

Секция 3

ПРИБОРЫ И ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

УДК 535.317

Н. Т. АВЛАСЕВИЧ, А. Ю. ЛИЦКЕВИЧ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ МИКРОСТРУКТУР

Разработан экспериментальный стенд, предназначенный для исследования и измерительного контроля параметров одно- и многомерных периодических микроструктур пропускающего типа. Представлены результаты по созданию лазерного интерферометра, предназначенного для измерительного контроля параметров микроструктур пропускающего типа.

В настоящее время отмечается определенный интерес к объектам, имеющим одно- и многомерную периодическую структуру. Это дифракционные оптические элементы, микролинзовые растры, поверхности полупроводников и металлов с субмикронными структурами, сформированными лазерным излучением, магнитные пленки с полосовой доменной структурой и т. д.

Представлены результаты по созданию экспериментальной установки, содержащей лазерный интерферометр и интерферометрическую оптическую систему. Данный экспериментальный стенд предназначен для измерительного контроля параметров микроструктур пропускающего типа. На рисунке 1 изображена оптическая схема разработанного стенда, содержащая гелий-неоновый лазер LS, телескопическую систему в виде микрообъектива LM, пространственного фильтра SF₁, установленного строго в задней фокальной плоскости микрообъектива и представляющего собой непрозрачный экран с отверстием 20 мкм, и линзу L₁. Формирование объектного и опорного световых пучков в устройстве реализовано на базе классического интерферометра Маха-Цендера, выполненного в виде пар светоделительных кубиков BS₁, BS₂ и зеркал M₂, M₃.

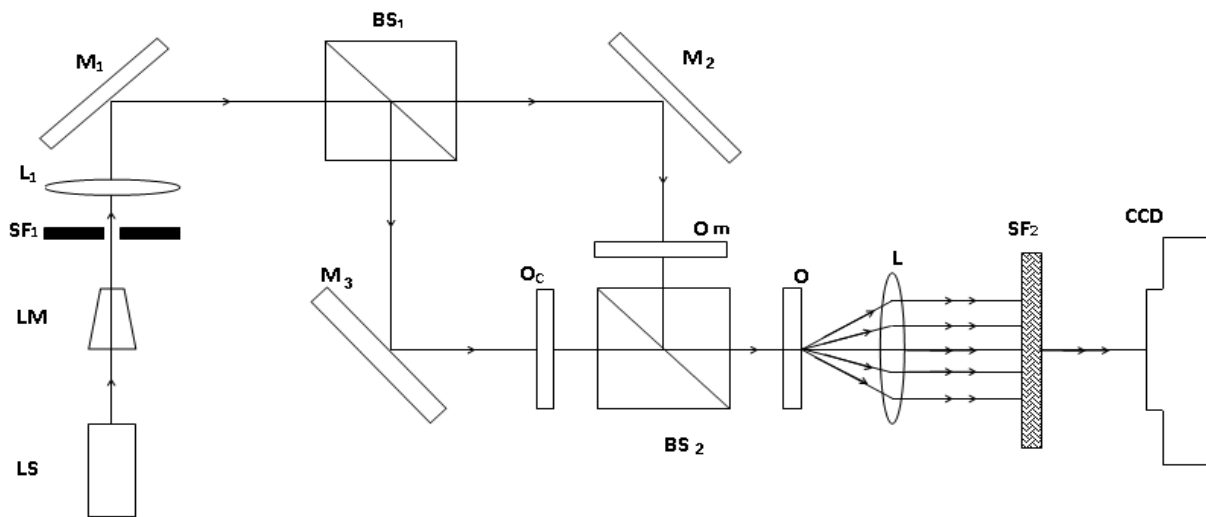


Рисунок 1 – Оптическая схема разработанного экспериментального стенда

Для изучения профиля поверхности, а также визуализации макроскопических дефектов, одиночная прозрачная микроструктура устанавливается в положение O. В случае наличия значительной кривизны поверхности микроструктуры, а также отступления периодичности от постоянной величины выявление отклонений профиля поверхности и периодичности от нормы дополнительно используется эталонная микроструктура. В этом случае контролируемая и эталонная микроструктуры устанавливаются в положениях O_c и O_m. Выделение дифракционных порядков света на периодических микроструктурах осуществляется оптической системой в виде линзы L₂ и непрозрачного экрана SF₂ с отверстием. Интерференционные картины, отображающие профиль поверхности микроструктуры или макродефекты, формируются в оптически

сопряженной со структурами O или O_c , O_m посредством линзы L_2 плоскости и регистрируются цифровой камерой.

Для усовершенствования процесса измерительного контроля микроструктур предполагается осуществить автоматическую настройку полос в интерференционной картине посредством управления светоделительным кубиком BS_2 , установленного в оптический держатель, оснащенный приводами с шаговыми двигателями, которые позволяют вращать кубик относительно двух осей с переменным углом между ними. Программное обеспечение на персональном компьютере PC анализирует интерференционную картину, регистрируемую цифровой камерой CCD и на основе полученных данных программой вырабатываются команды управления шаговыми двигателями SM приводов (управление шаговыми двигателями осуществляется с помощью контроллера шаговых двигателей SMC), в результате чего производится настройка полос интерференционной картины. На рисунке 2 представлена блок-схема системы управления поворотом кубика BS_2 .

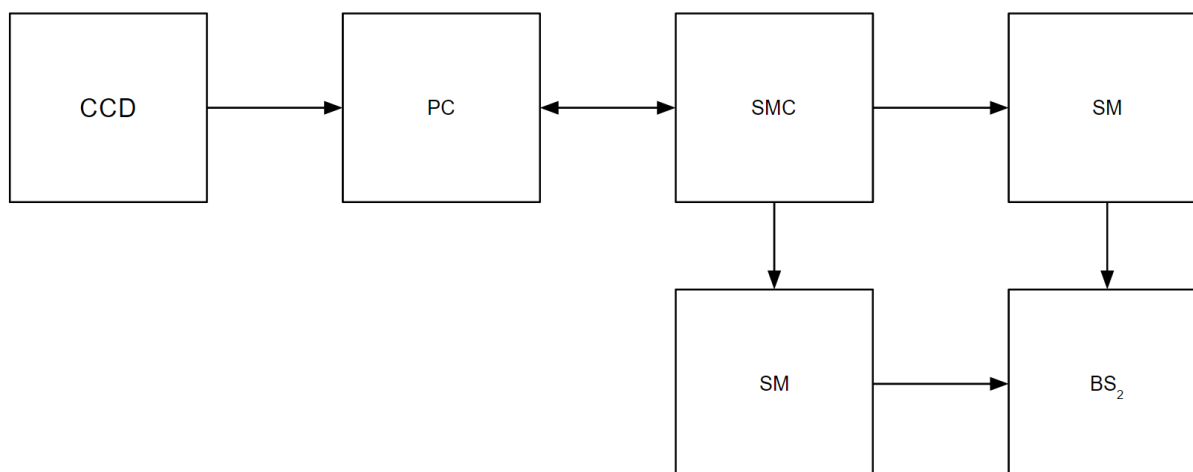


Рисунок 2 – Блок-схема системы управления поворотом кубика BS_2

Разработанный экспериментальный стенд позволяет реализовать различные способы отображения профиля поверхности микроструктуры или макродефектов с использованием как одиночной [1], так и нескольких [2] периодических микроструктур.

Список литературы

1. Ляликов, А. М. Использование систем оптической диагностики фазовых объектов для дефектоскопии периодических структур / А. М. Ляликов, М. Ю. Серенко // Оптический журнал. – 2000. – Т. 67, № 6. – С. 111–114.
2. Ляликов, А. М. Визуализация дефектов отдельных компонент тонких композитных элементов с одномерной дифракционной структурой / А. М. Ляликов // Журнал технической физики. – 2015. – Т. 85, № 12. – С. 114–119.

The experimental stand is developed for a research and measuring monitoring of parameters one- and many-dimensional periodic microstructures of the transmissive type. The results on creation of the laser interferometer are presented, intended for measuring parameters control microstructures of the transmissive type.

Авласевич Наталья Тадеушевна, аспирант, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, avlnt@grsu.by.

Лицкевич Александр Юрьевич – аспирант, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, a.litskevich@mail.ru.

Научный руководитель – *Ляликов Александр Михайлович*, доктор физико-математических наук, профессор, кафедра информационных систем и технологий, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь.

УДК 621.745.012

Е. С. АСТРАШЕВСКАЯ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА ПРЕДПРИЯТИЯ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Эффективное использование энергоресурсов – ключ к повышению конкурентоспособности белорусских предприятий. Статья показывает реализованный инвестиционный проект по энергоэффективности с использованием энергосберегающего потенциала на предприятии «Гродненский комбинат строительных материалов». Показана достигнутая экономия топливно-энергетических ресурсов в ходе реализации инвестиционного проекта.

Интенсивный рост цен на энергоносители является актуальной проблемой для большинства промышленных предприятий. Эффективное использование энергоресурсов – самый экономичный способ повышения прибыльности предприятия, и как следствие – повышение его конкурентоспособности. На любом предприятии есть потенциал для внедрения мер по энергоэффективности [1, 3]. Эти меры отличаются объемом требуемых инвестиций, периодом окупаемости, однако такие меры позволят предприятию работать более устойчиво. Белорусская промышленность является энергоемкой. Это обусловлено многими факторами: рост цен на энергоносители; повышение эффективности использования энергетических ресурсов; обновление основных фондов за счет внедрения передовых высокоэкономичных и ресурсосберегающих технологий и оборудования; оптимизация режимов работы электроприемников [2]. В связи с этим, перед предприятиями Республики Беларусь стоит задача эффективного использования энергоресурсов. В Беларуси принята серия программ по достижению энергетической безопасности [4]. Они сводятся к уменьшению потребления российского газа в общем балансе и к уменьшению потребления энергии на единицу продукции вообще. В рамках этих программ особое место занимает энергосбережение. В силу того, что Беларуси досталась очень энергоемкая и расточительная советская технологическая база, резервы экономии за счет энергосбережения – очень велики. Данная статья показывает реализованный инвестиционный проект по энергоэффективности с использованием энергосберегающего потенциала на предприятии «Гродненский комбинат строительных материалов».

Рассматриваемый инвестиционный проект предприятия «Гродненский комбинат строительных материалов» заключается в модернизации основного оборудования котельной. Взамен котлов ДЕ-25-14ГМ, выработавших свой ресурс, установлены 2 жаротрубных паровых котла ТТ-200 (ОАО «Энтророс») с экономайзерами паропроизводительностью 10 т/ч каждый, укомплектованные двумя газовыми блочными горелками «Oilon GP-700M» (Финляндия) теплопроизводительностью по 8,4 МВт, новыми питательными насосами (2 раб., 2 рез.) Helix V 2216-3/30/E/K/400-500 («Wilо» Германия) с частотными приводами работающими на поддержание номинального давления (насосы установлены у каждого котла индивидуально, что обеспечивает возможность гибкого регулирования путем отключения котла вместе с циркуляционным насосом при сохранении гидравлического режима остального оборудования котельной). Установлена современная система подготовки питательной воды на основе обратного осмоса «Акватон-ЭКО MBS 20000», что позволило уменьшить величину непрерывной продувки на котлах до 0,3 %.

Благодаря вводу нового оборудования достигается экономия топливно-энергетических ресурсов за счёт следующих мероприятий:

1. Выработка тепловой энергии на котлоагрегате с более высоким КПД.

КПД существующих паровых котлов ДЕ-25-14 составляет – 91,7 %. КПД устанавливаемых котлов ТТ-200 с экономайзером составляет – 95 %.

Экономия условного топлива от изменения КПД котла брутто:

$$\Delta B_1 = 841,1 \text{ т.у.т.}$$

2. Внедрение установки обратного осмоса для очистки подпиточной воды. Годовая экономия топлива от внедрения обратного осмоса:

$$\Delta B_2 = 54,6 \text{ т.у.т.}$$

3. Внедрение регулируемого электропривода сетевого насоса. Годовая экономия условного топлива от внедрения регулируемого электропривода с учетом потерь на транспорт электроэнергии в электросетях (с учетом распределительных):

$$\Delta B_3 = 76,4 \text{ т.у.т.}$$

4. Использование качественного погодного регулирования температуры теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха. Годовая экономия тепловой энергии $\Delta Q_{\text{год}}$ составит:

$$\Delta Q_{\text{год}} = 984,0 \text{ Гкал.}$$

Годовая экономия условного топлива составит:

$$\Delta B_4 = 142,2 \text{ т.у.т.}$$

5. Замена электроосвещения на энергоэффективное.

Установленная электрическая мощность освещения существующей котельной – 9,62 кВт.

Установленная электрическая мощность освещения модернизируемой котельной – 3,71 кВт.

Экономия в установленной электрической мощности составит – 5,91 кВт.

Годовая экономия условного топлива составляет:

$$\Delta B_5 = 10,97 \text{ т.у.т.}$$

Суммарная экономия потребления топлива составит [5]:

$$\Delta B = \Delta B_1 + \Delta B_2 + \Delta B_3 + \Delta B_4 + \Delta B_5; \quad (1)$$

$$\Delta B = 841,1 + 54,6 + 76,4 + 142,2 + 10,97 = 1125,27 \text{ т.у.т.}$$

При привлечении финансовых средств (кредиты банка, заемные средства), используемых для финансирования энергосберегающих мероприятий, целесообразно использовать показатель – динамический срок окупаемости, определяющий фактический период времени, в течение которого инвестиционные вложения

покрываются суммарными доходами от внедрения мероприятия, т. е. фактический срок возможного возврата кредита или других заемных инвестиций [6]. Динамический срок окупаемости составляет 8 лет (рисунок 1). Таким образом, возврат заемных средств (кредитов банка) возможен по истечению 8 лет после начала инвестирования и внедрения энергосберегающего мероприятия.

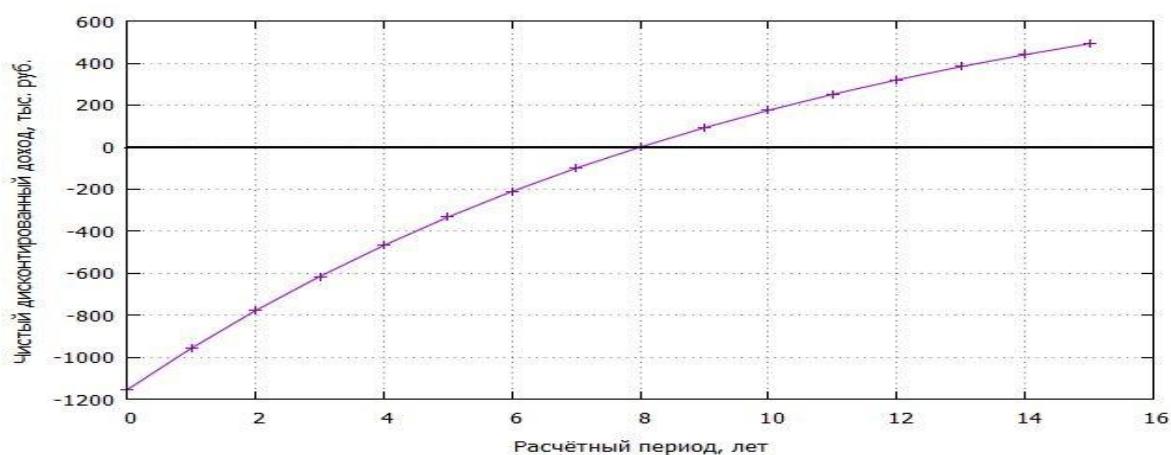


Рисунок 1 – Динамический срок окупаемости

Выводы: реализация требуемых инвестиций обеспечивает снижение затрат на топливо-энергетические ресурсы, обновление основных фондов предприятия, базирующихся на энергоэффективном оборудовании, снижение себестоимости продукции, и как следствие – увеличение конкурентоспособности.

Список литературы

1. Дайнеко, Ю. С. Направления ресурсосбережения в топливно-энергетическом комплексе / Ю. С. Дайнеко // Актуальные проблемы науки XXI века : сб. ст. участников II науч.-практ. семинара молодых ученых, Минск, 16 февраля 2012 г. / редкол.: В. В. Гедранович [и др.]. – Минск : Изд-во МИУ, 2012. – С. 28–33.
2. Кропачева, Л. В. Принципы формирования энергосистемы и перспективы ее развития / Л. В. Кропачева, В. Н. Комар, Е. А. Иванова. – Гродно: ГрГУ, 2015. – 39 с.
3. Янковский, К. П. Организация инвестиционной и инновационной деятельности : учеб. пособие / К. П. Янковский, И. Ф. Мухарь. – СПб. : Питер, 2001. – 448 с.
4. Мясникова, О. В. Экономика и управление ресурсосбережением : учеб.-метод. комплекс / О. В. Мясникова ; ЧУП «Минский институт управления». – 2-е изд. – Минск : Изд-во МИУ, 2011. – 385 с.
5. Сайт департамента по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://energoeffekt.gov.by/finances/information/2279-1-2017-.html>. – Дата доступа: 20.11.2016.
6. Шумак, В. В. Экономика и управление ресурсосбережением : курс лекций / В. В. Шумак, Г. В. Колосов. – Минск : Современная школа : Мисанта, 2011. – 166 с.

The effective utilization of energy resources is a key to increase of competitiveness of the Belarus enterprises. The considered investment project of the enterprise « Grodno combine of building materials » consists in modernization of the capital equipment of a boiler-house. The reached saving of fuel and energy resources during realization of the investment project is shown.

Астрашевская Екатерина Сергеевна, студентка 5 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, astrashevskaya.es.15@itim.by.

Научный руководитель – *Кропачева Людмила Владимировна*, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра электротехники и электроники, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, k_lv@mail.ru.

УДК 532.57

М. В. БАКУН, А. Б. КРОТ, Д. С. МИХЕЕВ

НЕОПРЕДЕЛЁННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ЖИДКОСТИ В ОТКРЫТЫХ КАНАЛАХ

Предложен способ расширения динамического диапазона измерения расхода жидкости в открытых каналах, а также созданы методика и программа оценивания неопределенности измерений расхода жидкости в открытых каналах.

Измерение расхода в открытых каналах имеет определенные особенности и представляет собой достаточно сложную задачу. Для повышения точности измерений расхода жидкости в открытых каналах требуется расширение динамического диапазона средств измерений.

Модернизация действующих методов измерения расхода жидкости в открытых каналах позволит расширить динамический диапазон измерений

В настоящее время в Республике Беларусь методы измерения расхода воды в открытых каналах с помощью прямоугольных и треугольных (V-образный вырез) водосливов с тонкой стенкой при условиях безнапорного потока устанавливается стандартом СТБ ISO 1438-2012 [1].

Для контроля и учета безнапорных потоков применяется небольшое количество приборов и их принципиально можно разделить по способу измерения потока на два типа:

1. Приборы, измеряющие только уровень потока, а значение расхода определяют по теоретической расходной характеристике канала с учетом информации об измерительном сечении;
2. Приборы, измеряющие расход по принципу «площадь – скорость», то есть осуществляющие измерение уровня и скорости потока [2].

К недостатком действующих методов можно отнести узкий динамический диапазон измерений. Решить эту проблему можно с помощью разделения диапазона измерений на поддиапазоны. На рисунке 1 представлена схема разделения водослива с тонкой стенкой на поддиапазоны.

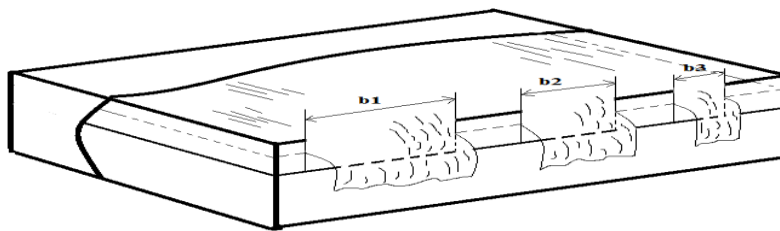


Рисунок 1 – Схема разделения потока жидкости на поддиапазоны для расширения динамического диапазона измерений

Результаты измерения должны снабжаться единой характеристикой точности, которой в настоящее время в соответствии с международными требованиями является «неопределенность» [3].

Заявляемая неопределенность измерения расхода в канале характеризуется четырьмя отдельными составляющими неопределенности: 1) неопределенность измерения напора в канале; 2) неопределенность размеров конструкции; 3) неопределенность коэффициента расхода, указанного в настоящем стандарте, на основании лабораторной калибровки рассматриваемой структуры потока; 4) неопределенность распределения скорости в канале, связанная с коэффициентом скорости C_v .

Для большинства измерительных систем результат измерения рассчитывается на основании нескольких переменных. Например, измерение расхода Q в прямоугольном канале можно выразить как функцию независимых переменных:

$$Q = b \times h \times \bar{V} \tag{1}$$

где b – ширина канала; h – глубина воды в канале; \bar{V} – средняя скорость.

Эти три составляющие измеряются независимо и объединяются для расчета значения Q .

Вклад, который каждый параметр уравнения расхода вносит в неопределенность измерения расхода $U(Q)$, рассчитывается с использованием частных дифференциалов уравнения расхода.

С этой целью уравнения для прямоугольной и треугольной форм канала упрощаются следующим образом:

$$Q_r = J_r \sqrt{g} C_d b_e h_e^{1.5} \tag{2}$$

$$Q_t = J_t \sqrt{g} C_d t g_2^{\frac{5}{2}} h_e^{2.5} \tag{3}$$

где J – константа, зависящая от формы водослива, но не подверженная погрешности. Индексы r и t означают прямоугольную и треугольную форму водослива соответственно.

На основании анализа входных величин и их стандартных неопределенностей оцениваются суммарные и расширенные неопределенности расхода жидкости, а также составляются бюджет неопределенности.

Суммарная неопределенность измерения расхода жидкости в прямоугольном $(u_c^*(Q)_r)$ и треугольном $(u_c^*(Q)_t)$ водосливах :

$$u_c^*(Q)_r = \sqrt{(u^*(C_d))^2 + u^*(b_e)^2 + [1.5u^*(h_e)]^2} \tag{4}$$

$$u_c^*(Q)_t = \sqrt{\left(u^*(C_d)^2 + \left[\operatorname{tg}\left(\frac{\delta}{2}\right) \right]^2 + [2.5u^*(h_e)] \right)^2} \quad (5)$$

Для автоматизации процесса оценивания неопределенности измерения расхода жидкости в открытых каналах разработана прикладная компьютерная программа.

Главный интерфейс программы приведен на рисунке 2.

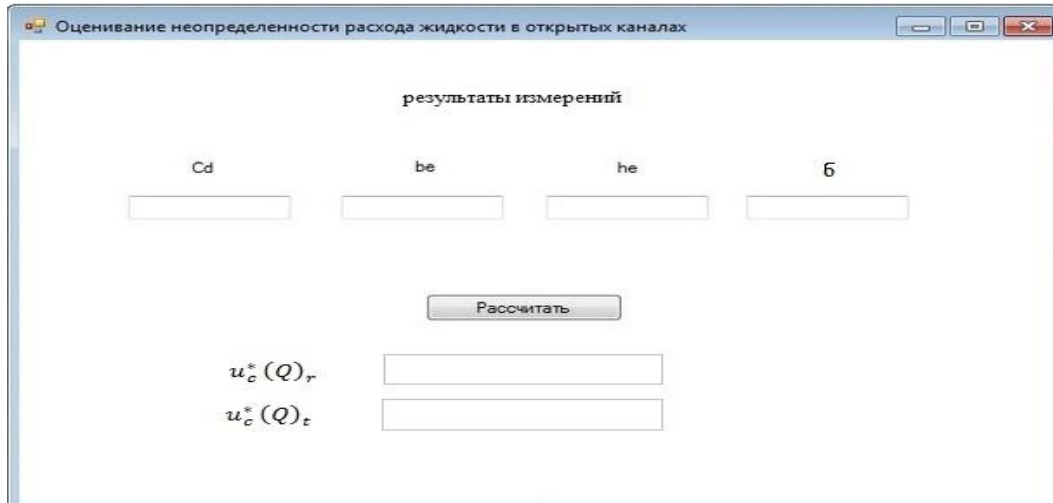


Рисунок 2 – Главный интерфейс программы оценивания неопределенности измерений расхода жидкости в открытых каналах

Работа выполнена по заявке Гродненского центра стандартизации, метрологии и сертификации

Список литературы

1. Государственный стандарт Республики Беларусь СТБ ISO 1438-2012 «Измерение расхода воды в открытых каналах с помощью водослива с тонкой стенкой».
2. Мамолина, А. П. Выбор преобразователя расхода жидкостей в открытых каналах для учета сточных вод промышленных предприятий / А. П. Мамолина // Молодой ученый. – 2015. – № 21.2. – С. 33–35.
3. Ефремова, Н. Ю. Оценка неопределенности в измерениях : практическое пособие / Н. Ю. Ефремова. – Минск : БелГИМ, 2003.

This paper presents the method of expansion the dynamic range of liquid discharge in open channels as well as the methods and the estimating program for uncertainty of liquid discharge measurement in open channels was created.

Бакуп Марина Викторовна, студентка 5 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, bakup-1990@mail.ru.

Крот Анна Брониславовна, студентка 5 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, krot.anyal0@mail.ru.

Михеев Денис Сергеевич, студент 5 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, fantastic.mr.fox02@gmail.com.

Научный руководитель – *Василюк Геннадий Тимофеевич*, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра общей физики, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, vasilyuk@grsu.by.

УДК 621.004:316:728.1

А. В. БАЛАН, Ю. М. КОРОВКИНА, В. В. ГРИГУТЬ

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ЖИЛОГО ДОМА

Представлена разработка программного обеспечения для взаимодействия пользователей с системой дополнительного электропитания жилого дома на примере солнечной батареи. Приведено описание характеристик такого программного обеспечения.

Эффективность использования дополнительного электропитания на примере солнечной батареи обусловлена правильным набором действий и своевременным их выполнением в зависимости от мощности потребителя, а также времени эксплуатации, т. к. на сегодняшний день тарифы на электроэнергию в периоды минимальных и максимальных нагрузок отличаются.

Качество решения таких задач существенно повышается при использовании интеллектуальной системы управления, в нашем случае – веб-приложения. Удобство использования именно веб-технологии заключается в том, что осуществлять выбор источника питания, будь то сеть или дополнительный источник электропитания, можно с любого устройства, имеющего выход в интернет: ноутбука, планшета, либо смартфона, вне зависимости от операционной системы.

Также дополнительный источник электропитания позволяет сохранять резервный запас электрической энергии на случай длительного отключения основной сети. Веб-приложение отслеживает прогноз погоды и в случае штормового предупреждения переходит в режим максимальной экономии электроэнергии от дополнительного источника, т. е. перестаёт расходовать её на потребителей, пока аккумулятор не будет полностью заряжен, далее расходуя только излишки.

Параметры, которые необходимо отслеживать при использовании такой технологии:

1. Количество электрической энергии, приходящей от солнечной батареи.
2. Количество энергии, которое реально можно использовать от аккумулятора (минус резервный запас).
3. Расход электроэнергии на каждого потребителя.
4. Расход сетевой энергии на потребителей, который не покрывает солнечная батарея.

Все данные хранятся в базе данных (БД), и пользователь имеет к ним доступ в любое время. Также в БД хранится информация о тарифах на электроэнергию.

Веб-приложение может самостоятельно управлять выбором источника энергии между основной сетью и дополнительным источником электропитания, но в случае необходимости пользователь может самостоятельно подключить нужный ему источник.

Также он может регулировать количество резервного запаса электроэнергии в случае данных об отключении основной сети, к примеру, проведения запланированных профилактических работ на участке.

Веб-приложение выбирает время подключения дополнительного источника самостоятельно, в зависимости от тарифов на электроэнергию на данное время суток, но это может осуществлять и сам пользователь.

Данное программное обеспечение разработано на объектно-ориентированном языке программирования C# под технологией создания веб-приложений от компании Майкрософт – ASP.NET (Active Server Pages для .NET).

Одним из преимуществ использования такой технологии является то, что она компилируемая. Компилируемый код выполняется быстрее и большинство ошибок выявляются исправляются ещё на стадии разработки.

ASP.NET имеет преимущество в скорости по сравнению с другими технологиями, основанными на скриптах.

Также веб-приложение должно осуществлять безопасность данных.

Безопасность – важнейшая часть веб-приложений, и она должна приниматься во внимание с первого этапа процесса разработки. Для ее обеспечения используется несколько механизмов, включая идентификацию пользователей, выдачу или отзыв прав доступа к важным ресурсам, а также защиту информации, хранящейся на сервере и передающейся по сети. Во всех этих случаях необходима некая фундаментальная платформа, обеспечивающая базовую функциональность безопасности. ASP.NET удовлетворяет эту потребность благодаря встроенным средствам, которые можно применять для обеспечения защиты своих приложений.

Платформа безопасности ASP.NET включает классы для аутентификации и авторизации пользователей, а также для обращения с аутентифицированными пользователями в приложениях. Она также включает высокоуровневую модель для управления пользователями и ролями, как программно, так и с помощью инструментов администрирования. Более того, платформа .NET Framework сама по себе предоставляет набор базовых классов для обеспечения конфиденциальности и целостности через шифрование и цифровые подписи.

Аутентификация с помощью форм – это система аутентификации общего назначения, основанная на двух концепциях.

Первая из них – страница входа (login page), которая может удостоверить действительность пользователей (обычно сверяя комбинацию имени и пароля с базой данных или другим хранилищем данных).

Вторая – это механизм предохранения и восстановления контекста безопасности при каждом запросе (обычно с применением cookie-набора). Таким образом, пользователю понадобится войти только один раз.

Поскольку аутентификация с помощью форм использует стандартные формы HTML для ввода удостоверений, имя и пароль пользователя передаются по сети в виде простого текста. Это представляет собой очевидный риск для безопасности – любой, кто перехватит сетевой трафик, сможет прочитать имена и пароли, введенные в форме входа. По этой причине требуется шифровать трафик между браузером и сервером с использованием SSL – по крайней мере, пока пользователь обращается к странице входа.

Технология SSL (Secure Sockets Layer – уровень защищенных сокетов) позволяет шифровать коммуникации через HTTP.

Протокол SSL поддерживается широким кругом браузеров и гарантирует, что передача информации между клиентом и веб-сервером не может быть расшифрована злоумышленниками.

Список литературы

1. РУП «Гродноэнерго» [Электронный ресурс] / РУП «Гродноэнерго». – Гродно, 2010. – Режим доступа: <http://www.energo.grodno.by>. – Дата доступа: 15.02.2017.
2. Шарп, Джон. Microsoft Visual C#. Подробное руководство / Джон Шарп. – 8-е изд. – СПб. : Питер, 2017. – 848 с.
3. Агуров, П. В. С#. Сборник рецептов / П. В. Агуров. – СПб. : БХВ-Петербург, 2007. – 432 с.
4. Мак-Дональд, Мэтью. Microsoft ASP.NET 4 с примерами на C# 2010 для профессионалов / Мэтью Мак-Дональд, Адам Фримен, Марио Шпуста. – М. : Вильямс, 2011. – 1424 с.

The description of Software characteristics designed for user interacting with a dwelling additional power supply system (on the example of the solar battery). Software was developed using the object-oriented programming language C# and the technology of creating web applications ASP.NET.

Балан Алеся Владимировна, студентка 5 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, alesya_94_08@mail.ru.

Коровкина Юлия Михайловна, студентка 5 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, tigrass_yulka@mail.ru.

Григуть Валерий Владимирович, аспирант, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, valer.grigut@yandex.by.

Научный руководитель – *Григуть Валерий Владимирович*, магистр физико-математических наук, инженер кафедры электротехники и электроники, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, valer.grigut@yandex.by.

УДК 53.089.6

П. Е. БЕКИШ, Е. Г. КЛЁНИН

ОПТОВОЛОКОННЫЙ ЭТАЛОН ДЛИНЫ ДЛЯ ПОВЕРКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Предложен компактный лабораторный оптоволоконный эталон длины для поверки геодезических приборов и оценены его метрологические характеристики.

Средства линейных измерений, основанные на принципах лазерной дальнометрии, широко используются в настоящее время. Развитие и совершенствование лазерных дальномеров, возрастающие требования к их точности и надежности приводят к необходимости создания новых методов и средств контроля метрологических характеристик таких приборов.

На данный момент при метрологическом контроле лазерных дальномеров в соответствии с действующими в Республике Беларусь техническими нормативно-правовыми актами используется геодезический полигон (ГП). ГП является носителем единиц геодезических величин – длин линий, превышений, значений углов, азимутов и ускорений силы тяжести. ГП представляет собой открытый участок местности, предназначенный для метрологической аттестации или поверки геодезического оборудования, протяженностью несколько километров [1].

Использование ГП в качестве эталона длины ведет к усложнению работ по метрологическому контролю, увеличению их стоимости и продолжительности. Существенными недостатками ГП являются большие габаритные размеры и нестабильные метеоусловия, часто препятствующие проведению поверки. Эти недостатки устраняются при использовании компактного лабораторного базиса [2].

В данной работе предложен компактный лабораторный оптоволоконный эталон длины для поверки геодезических приборов и оценены его метрологические характеристики. Оптическое волокно обладает способностью практически без потерь передавать световой сигнал на большие расстояния [3]. Схема поверки лазерного дальномера с применением оптоволоконного эталона длины (рисунок 1).

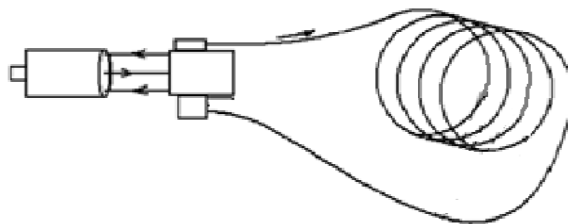


Рисунок 1 – Схема поверки лазерного дальномера с применением оптоволоконного эталона длины

При использовании оптического волокна в качестве базиса для проверки дальномерного блока тахеометра нужно принимать во внимание изменение показателя преломления сердечника и длины оптического кабеля, так как эти изменения вызывают погрешность измерения длины базиса [4].

Температурное (в том числе деформационно-температурное) изменение показателя преломления сердечника:

$$\Delta n = \left[\left(\frac{\partial n}{\partial T} \right)_T + \left(\frac{\partial n}{\partial T} \right)_R \right] \Delta T. \quad (1)$$

Первое слагаемое изменения показателя преломления зависит от температуры. Для кварцевого стекла:

$$\frac{1}{n} \left(\frac{\partial n}{\partial T} \right)_T = 0,68 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}. \quad (2)$$

Деформационная составляющая производной показателя преломления сердечника волокна:

$$\left(\frac{\partial n}{\partial T} \right)_R = \frac{\partial n_{\text{ср}}}{\partial R} \frac{\partial R}{\partial T} = 0,03 \frac{n^3 \alpha^3}{R^2 (T_0 - T)}. \quad (3)$$

Значение оценки (на основании этой формулы) относительного изменения показателя преломления сердечника оптического волокна, вызванного деформацией изгиба или кручения за счет теплового расширения, составляет порядка 10^{-5} .

Оценка полной погрешности измерения длины оптического кабеля с помощью лазерного дальномера составляет 0,005% на строительную длину, или 25 мм на 500 метров.

Конструктивно предложенный оптоволоконный эталон длины выполнен в виде цилиндра, на который намотан в 2 слоя оптический кабель внешним диаметром 2,4 мм, длиной 300 м (рисунок 2).

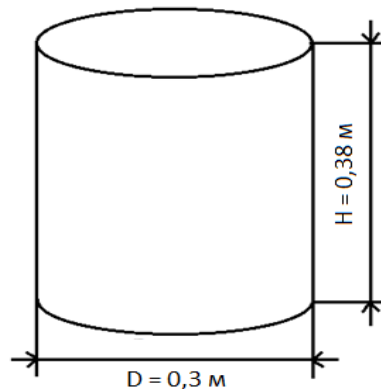


Рисунок 2 – Габаритный чертёж компактного оптоволоконного эталона длины

Работа выполнена по заявке РУП «Гродненский центр стандартизации, метрологии и сертификации».

Список литературы

1. СТО-02570823-19-05. Базисы линейные эталонные. Общие технические требования. – Введ. 2006. 01.01. – М., 2005.
2. Бекиш, П. Е. Альтернативные методы поверки лазерных дальномеров / П. Е. Бекиш // Физика конденсированного состояния : материалы XXIV междунар. науч.-практ. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Гродно, 21 апр. 2016 г. / ГрГУ им. Я. Купалы, физ.-техн. фак. ; редкол.: В. Г. Барсуков (гл. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2016. – С. 142–144.
3. Виноградов, Н. С. Разработка методов метрологического контроля измерительных систем лазерного дальномера : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.11.01 / Н. С. Виноградов ; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. – Санкт-Петербург, 2012.
4. Резак, Е. В. Учет погрешности измерения длины оптического волокна / Е. В. Резак, М. Р. Прокопович. – Минск, 2008. – С. 167–171.

In this paper we propose a compact laboratory fiber optic standard length for calibration of surveying instruments and evaluated its metrological characteristics.

Бекиш Павел Евгеньевич, магистрант, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, bekishpasha@gmail.com.

Клёнин Егор Германович, студент 4 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, e_glgor@mail.ru.

Научный руководитель – Василюк Геннадий Тимофеевич, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра общей физики, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, vasilyuk@grsu.by.

Г. В. БУРДЕНЯ, А. И. ПОЛУБЯТКО, Д. И. МИСТЕРЕВИЧ

ИЗМЕРИТЕЛЬ ОСВЕЩЁННОСТИ, ВЛАЖНОСТИ, ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА AT89C2051 ФИРМЫ ATMEL

Представлено устройство, позволяющее измерять освещенность, температуру и влажность в помещении и выводить заданные параметры на четырехразрядный светодиодный индикатор. В качестве управляющего устройства выступает микроконтроллер AT89C2051 фирмы Atmel.

Используемый микроконтроллер является системой гарвардской архитектуры, в состав его входят: 8-разрядный процессор, резидентная память программ (РПП) объемом 2 кБ; резидентная память данных (РПД) объемом 128 байт; 2 параллельных порта ввода-вывода; два 16-разрядных таймера-счетчика и двухуровневый блок обработки прерываний с пятью источниками запросов [1].

Для измерения освещенности в устройстве используется датчик BH1750 компании ROHM [2]. Его преимущество заключается в наличии цифрового интерфейса, который позволяет измерять освещенность в определенных единицах измерения и дает возможность работать с микроконтроллером по протоколу I²C. В качестве чувствительного элемента датчика BH1750 выступает фотодиод. Для работы датчика необходимо напряжение питания в пределах 2.4–3.6 В. Протокол I²C, по которому работает датчик освещенности, конструктивно представляет два провода-линии SCL и SDA. Первая предназначена для синхронизации, вторая – отвечает за передачу данных.

Измерение температуры и влажности окружающего воздуха реализовано с использованием датчика DHT22 (AOSONG) [3]. DHT22 (кодовое название AM2303) – это два датчика в одном корпусе, результаты измерения которых передаются на цифровой блок с встроенным аналого-цифровым преобразователем, на выходе которого представлен цифровой сигнал, который может быть непосредственно подан на входные линии микроконтроллера. Для работы датчика используется напряжение питания 3.3–6 В. Датчик имеет очень низкое энергопотребление и откалиброван на заводе-изготовителе. Интерфейс обмена похож на 1-wire протокол, но не аналогичен.

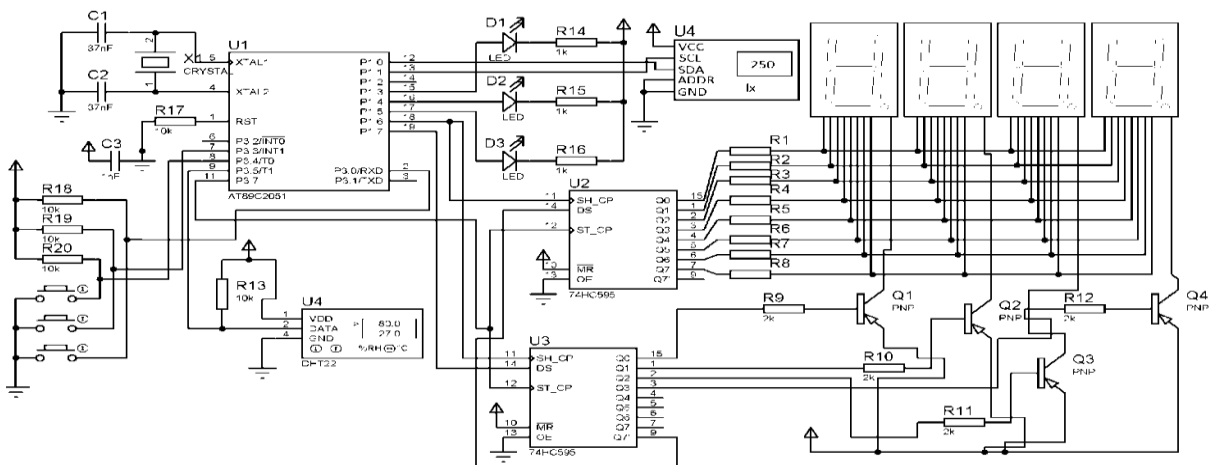


Рисунок 1 – Схема электрическая принципиальная устройства

Датчик работает только в одном направлении (на передачу), и в целом процесс передачи можно разделить на три этапа: запрос на передачу, формируемый контроллером; подтверждение запроса, вырабатываемое датчиком; передача данных от датчика. Очевидный минус датчика – невозможность параллельной работы с другими датчиками на одной линии связи.

Индикация выполнена в виде четырехразрядного семисегментного светодиодного индикатора. В основе цифрового дисплея лежат микросхемы сдвиговых регистров 74HC595 [4], применение которых позволяет сократить количество линий, необходимых для управления индикатором.

Список литературы

1. Герман, А. Е. Микроконтроллеры семейства Intel MCS-51 : учеб. пособие / А. Е. Герман. – Гродно : ГрГУ, 2003. – 153 с.

2. Датчик освещенности BH1750 Схем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cxem.net/izmer/izmer154.php>. – Дата доступа: 22.10.2016.
3. Занимательная робототехника [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://edurobots.ru/2015/02/arduino-dlya-nachinayushhix-urok-9-podklyuchenie-datchika-temperatury-i-vlazhnosti-dht11-i-dht22/> – Дата доступа: 12.12.2016.
4. TENCICALDATA//74HC595 [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: http://www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT595.pdf. – Дата доступа: 31.12.2016.
5. Герман, А. Е. Основы автоматизации эксперимента : лабораторный практикум / А. Е. Герман, Г. А. Гачко. – Гродно : ГрГУ, 2005.

In ours project you can see device which measures the lighting (illuminance), the temperature and humidity in the room and displays the set parameters to a 4-digit LED. AT89C2051 microcontroller company Atmel is an a control device.

Бурденя Глеб Васильевич, студент 5 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, burdenya.gleb@yandex.ru.

Полубяtko Андрей Иванович, студент 5 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, PoludronDron@mail.ru.

Мистереvич Дмитрий Иванович, студент 5 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, PelshValdis1993@mail.ru.

Научный руководитель – *Герман Андрей Евгеньевич*, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, german@grsu.by.

УДК 541.133

Г. А. ВОВК, В. А. ЗАМАН

ДВУХКАНАЛЬНЫЙ ТАЙМЕР-СЧЁТЧИК С USB ИНТЕРФЕЙСОМ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО МЕХАНИКЕ

Реализовано устройство, фиксирующее временные интервалы, формируемые передвижением объектов через оптоэлектронные инфракрасные датчики, реализованные в виде оптической рамки. Устройство позволяет проводить различные лабораторные и экспериментальные измерения в области механики.

Основная задача двухканального таймера-счетчика – измерение интервалов времени при перемещении через оптический датчик и количества этих перемещений. Программное обеспечение комплекса позволяет использовать его автономно и совместно с персональным компьютером.

На рисунке 1 представлена блок-схема таймера-счетчика.

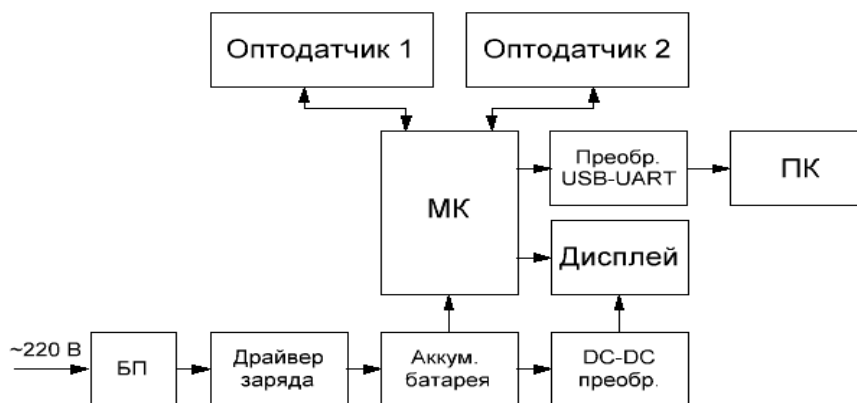


Рисунок 1 – Блок-схема двухканального таймера-счётчика

Для реализации устройства, в качестве основного управляющего элемента был выбран микроконтроллер компании ST Technology STM32F030C8T6, что обусловлено лучшими показателями цена/качество и развитой поддержкой разработчиков. МК содержит 32-битный ARM Cortex-M0 процессор, до 64 кб Flash памяти и до 8кб SRAM памяти, 12-бит АЦП и ЦАП, 7 таймеров (16 и 32 разрядности). В качестве преобразователя интерфейсов USB – UART выбран драйвер FT232R, позволяющий, при минимуме настроек осуществлять передачу данных с микроконтроллера на ПК и обратно.

Источником энергии для функционирования устройства является внешний блок питания (5В, 2А), подключённый к драйверу заряда внутреннего Li-ion аккумулятора ёмкость 2000 мАч (TP4056) который необходим для использования устройства в автономном режиме и предотвращения потери данных при отключении внешнего питания. Для отображения информации используется 2-строчный дисплей WH1602L.

Для обеспечения работы LCD дисплея и драйвера преобразователя интерфейсов USB – UART (5 В), использован DC-DC преобразователь MC34063 в режиме повышающего преобразователя, в силу его дешевизны, простоты и распространённости.

Возможные режимы работы устройства:

1. Измерение времени, за которое объект пересекает промежуток между двумя рамками с датчиками. (рамка – рамка).

2. Измерение количества переходов через рамку.

3. Измерение периода колебаний перемещения объекта через рамку.

4. Измерение времени от первого до повторного перемещения объекта через рамку.

5. Режим секундомера (старт – стоп – сброс).

Режимы 2, 3, 4 возможны для каждой рамки в отдельности.

На рисунке 2 приведен общий вид передней панели устройства с отображением на LCD дисплее включённого режима 1.



Рисунок 2 – Общий вид передней панели устройства

Технические характеристики:

- Напряжение питания – 5 В.
- Потребляемый ток – 120 мА.
- Расчётное время работы – 5000 ч.
- Вес – 1,5 кг.
- Габариты – 190x140x50 мм.

В дальнейшем предполагается модернизация устройства, а также написание программы с пользовательским графическим интерфейсом для управления и взаимодействия с таймером-счётчиком посредством персонального компьютера через беспроводной интерфейс.

Список литературы

1. Datasheet по микроконтроллеру STM32F030C8T6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet.L2989P>. – Дата доступа: 06.02.2017
2. Datasheet по микросхеме FT232R [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT232R.pdf. – Дата доступа: 10.02.2017
3. Datasheet по дисплею WH1602L [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/W/H/1/6/WH1602L.shtml. – Дата доступа: 11.02.2017
4. Datasheet по драйверу заряда Li-ion аккумуляторов TP4056 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cdn.sparkfun.com/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf>. – Дата доступа: 11.02.2017
5. Datasheet по DC-DC преобразователю MC34063 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sparkfun.com/datasheets/IC/MC34063A.pdf>. – Дата доступа: 13.02.2017

Implemented device fixing time interval formed by moving objects through the infrared optoelectronic sensors realized in the form of optical frames. The device allows for a variety of laboratory and experimental measurements in the field of mechanics.

Вовк Георгий Анатольевич, студент 5 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, vgerk95@gmail.com.

Заман Витольд Андреевич, аспирант, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, defiks_by@mail.ru.

Научный руководитель – *Василевич Александр Евгеньевич*, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры электротехники и электроники ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, vasil@grsu.by.

В. В. ГОРЕГЛЯД

ТЕРМИСТОРЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Терморезистивные датчики основаны на принципе изменения электрического сопротивления (полупроводника или проводника) при изменении температуры. Основным элементом является терморезистор – элемент, изменяющий свое сопротивление в зависимости от температуры окружающей среды. Такие датчики можно разделить на три группы: резистивные датчики температур, детекторы на p-n-переходах и термисторы.

Термин термистор образовался в результате соединения двух слов: тепловой и резистор. Это название дано металл-оксидным детекторам, имеющим форму бусинок, стержней, цилиндров, прямоугольных пластин и толстых пленок.

Термисторы относятся к классу датчиков абсолютной температуры, показания которых соответствуют абсолютной температурной шкале. Все термисторы делятся на две категории: с отрицательным температурным коэффициентом (ОТК) и положительным температурным коэффициентом (ПТК) сопротивления. Для проведения прецизионных измерений используются термисторы только с ОТК. Обычные металл-оксидные термисторы обладают ОТК. Это значит, что при увеличении температуры их сопротивление падает. Сопротивление термисторов с ОТК, так же, как и любых других резисторов, определяется их геометрическими размерами и удельным сопротивлением материала. Зависимость между величиной сопротивления и температурой является сильно нелинейной. Эта проблема решается линеаризацией характеристики путем последовательного или параллельного подсоединения дополнительных (линеаризующих) сопротивлений (рисунок 1) с целью уменьшения измерительного тока. Однако это приводит к уменьшению сигнала и требует дополнительного усилительного элемента, что, в свою очередь, приводит к схемотехническому усложнению и удорожанию устройства в целом.

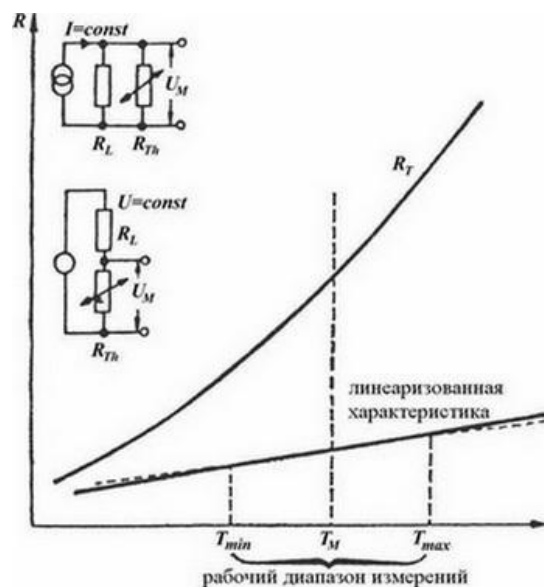


Рисунок 1 – Схема линеаризации характеристики кремниевого датчика температуры

При проведении прецизионных измерений, или при работе в широком температурном диапазоне нельзя напрямую использовать характеристики термисторов, приведенные в документации на них, поскольку типовые допуски на номинальные значения серийно выпускаемых изделий при температуре 20 °С составляют порядка $\pm 20\%$. Поэтому для достижения высокой точности измерений термисторы необходимо индивидуально калибровать в широком температурном диапазоне. Правда, существуют и прецизионные термисторы, характеристики которых в заводских условиях доводятся до требуемых методом лазерной подгонки. Этот процесс проводится под непрерывным контролем за номинальными значениями сопротивлений при заданной температуре. Однако такая процедура настройки термисторов приводит к значительному повышению их стоимости. Поэтому на практике чаще применяется метод индивидуальной калибровки термисторов или выборки по требуемым номиналам из массовой партии. В процессе калибровки измеряется сопротивление термистора при помещении его в среду с точно известной температурой (для этих целей часто применяется камера, в которую может быть залита вода, но чаще минеральное масло или специальный состав, например, Флюорент). Если требуется многоточечная калибровка, эта процедура выполняется при разных температурах. Естественно, что качество проведенной калибровки сильно зависит от точности эталонного термометра. Для

определения сопротивления термистор включается в измерительную цепь, по измерению тока в которой судят о величине сопротивления. При использовании термистора в качестве датчика абсолютной температуры предполагается, что при прохождении через него электрического тока, его собственная температура не изменится, что означает, что он не внесет в систему значительных тепловых возмущений, способных повлиять на точность измерений.

В этом случае говорят, что термистор обладает «нулевой мощностью». Увеличение температуры термистора в установившемся режиме вследствие явления саморазогрева описывается уравнением:

$$\Delta T_H = r \frac{N^2 V^2}{S}, \quad (1)$$

где r – тепловое сопротивление между термистором и окружающей средой;

N – рабочий цикл измерений (например, $N = 0.1$ означает, что постоянное напряжение подается на термистор только на время, равное 10 % от полного времени измерений);

V – приложенное постоянное напряжение;

S – сопротивление термистора при измеряемой температуре.

При проведении измерений по постоянному току $N = 1$. Из уравнения (1) видно, что для выполнения условий «нулевой мощности» необходимо, чтобы:

- 1) термистор обладал высоким удельным сопротивлением;
- 2) термистор и объект измерения имели хорошую тепловую связь друг с другом (что должно снизить значение r);
- 3) измерения проводятся при небольшом постоянном напряжении, подаваемом в течение короткого интервала времени.

Термисторы находят применение во многих областях. Практически ни одна сложная печатная плата не обходится без термисторов. Они используются в температурных датчиках, термометрах, практически в любой, связанной с температурными режимами, электронике.

Список литературы

1. Шашков, А. Г. Терморезисторы и их применение / А. Г. Шашков. – М., 1967.
2. Термоэлектрические измерительные преобразователи. Лекция по курсу «Электрические измерения механических величин». – Ростов на/Д, 1977.
3. Сэми, К. Измерительные термодпары и терморезисторы / К. Сэми // Отомэсэн. – 1988. – Т.33, № 5.

Thermistor in most cases are non-linear device and mostly have wide range parameters. Advantages of thermal resistive sensors are sensitive, easy in creating interface devices and long-term stability.

Горегляд Виктория Викторовна, студентка 5 курса, факультет радиотехники и электроники, БГУИР, Минск, Беларусь, victoria.goreglyad@gmail.com.

Научный руководитель – *Родионов Юрий Анатольевич*, кандидат технических наук, доцент, БГУИР, Минск, Беларусь, rodionov@bsuir.by.

УДК 004.932

Т. И. ГОРКАВИК, А. П. СКОРБ

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЁЖНОСТИ ИНСТРУМЕНТОВ КОМПАНИИ MICROSOFT ПО РАСПОЗНАВАНИЮ ЭМОЦИЙ

Рассматривается технология по распознаванию эмоций и, в частности программный продукт, предложенный компанией Microsoft. Выполнено тестирование программного инструмента Emotion API, результаты которого представлены в виде таблицы.

Распознавание эмоций является непростым направлением исследований в таких областях науки, как «Распознавание образов» и «Обработка визуальной информации». В наши дни технологии по распознаванию перестают быть недостижимыми и привлекают всё больше людей, заинтересованных в методах идентификации и обработки найденных объектов и их признаков.

На рынке систем распознавания эмоций (emotion-recognition systems) одним из лучших и более интересным для рассмотрения, в контексте задачи распознавания эмоций, является продукт FaceReader голландской компании Noldus Information Technology. Средний процент распознавания эмоций данной программой равен 89 %. Для некоторых эмоций он выше, для некоторых ниже.

Ещё одним примером ПО по распознаванию эмоций является система eMotion Software, известная тем, что ее основатели распознали эмоции на картине «Мона Лиза». Также система известна тем, что это, по сути, первое коммерческое платное «коробочное» решение. Наряду с данным решением, группа разработчиков запустила сайт GladOrSad.

Если человек проявляет эмоции, улыбается, хмурится или корчит гримасу, тысячи мелких мышц лица находятся в работе. Система распознавания эмоций, или ERS (Emotion-recognition system), создает 3D-модель лица, с выявлением 12 ключевых областей, таких как уголки глаза и уголки рта [3].

Компания Microsoft предлагает новый программный инструмент Emotion API. Данное ПО позволяет искусственному интеллекту определять эмоции по изображениям лиц. Сервис способен «считать» с изображения сразу несколько смешанных эмоций и представить их численное соотношение.

Как рассказали представители компании на конференции Future Decoded в Великобритании, эта разработка является частью проекта The Oxford Project, посвящённого исследованию искусственного интеллекта. Этот проект включает в себя распознавание лиц, верификацию, перевод голоса в текст и наоборот, а также некоторые другие инструменты.

Программный инструмент Emotion API способен находить на фотографиях лица людей и определять, какие чувства они испытывали в тот момент и насколько сильны были их эмоции.

На данный момент программа определяет восемь типов эмоционального состояния: гнев, презрение, отвращение, страх, радость, печаль, удивление и нейтральное состояние [1].

Бета-версия программного инструмента Emotion API позволяет загружать изображения в формате JPEG, PNG, GIF, BMP размером не более 4 МВ. Результат работы приложения представлен на рисунке 1.

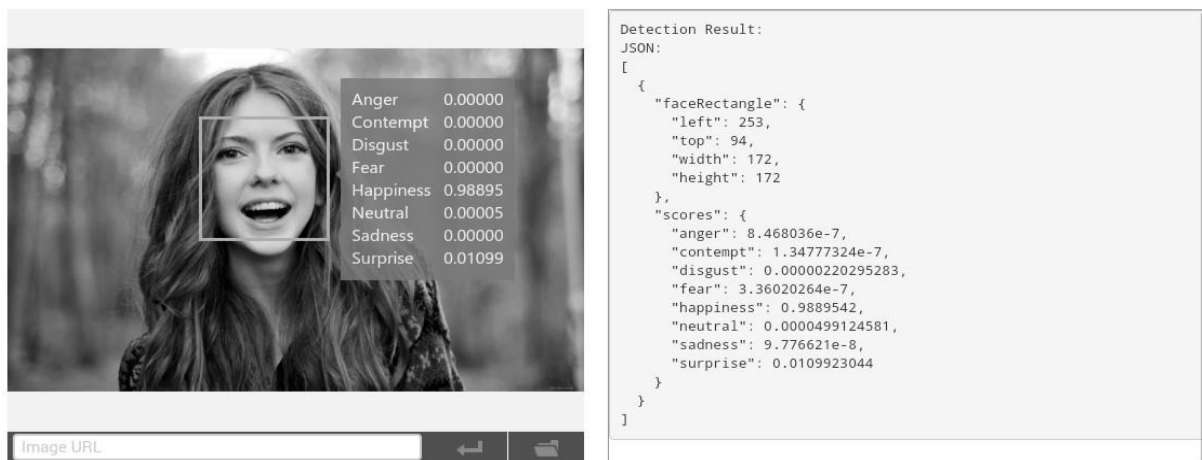


Рисунок 1 – Пример работы бета-версии программного инструмента Emotion API

В правой части представлены данные о квадратной области, обозначающей положение лица (координаты левого верхнего угла, ширина и высота рамки). В следующем блоке отображены показатели для семи видов эмоций и нейтрального состояния [2].

Протестировав данный программный инструмент на различных фотографиях, были получены следующие результаты.

Таблица 1 – Результаты работы приложения

Эмоции, отображённые на фото	Численное соотношение эмоций, распознанных программным инструментом Emotion API							
	гнев	презрение	отвращение	страх	радость	нейтральное	печаль	удивление
Печаль	0,00019	0,00036	0,00308	0,19480	0,00014	0,00923	0,78721	0,00497
Удивление	0,00003	0,00000	0,00000	0,00023	0,00000	0,00000	0,00000	0,99973
Грусть	0,00220	0,04487	0,00300	0,00045	0,06289	0,78972	0,09611	0,00072
Злость	0,23301	0,00000	0,00061	0,24058	0,00148	0,00004	0,00001	0,52423
Гнев	0,99922	0,00003	0,00073	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Презрение	0,05871	0,53366	0,11615	0,00002	0,02704	0,26343	0,00082	0,00012
Страх	0,00003	0,00000	0,00002	0,81073	0,00000	0,00000	0,00642	0,13277
Отвращение	0,00765	0,00939	0,44856	0,00174	0,00080	0,03835	0,48532	0,00816
Радость	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	1,0	0,00000	0,00000	0,00000
Радость	0,00175	0,00013	0,00239	0,00010	0,98561	0,00447	0,00401	0,00150
Печаль	0,00256	0,00001	0,00412	0,00019	0,00169	0,00002	0,99138	0,00000
Нейтральное	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,99975	0,00018	0,00000
Радость	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,99998	0,00001	0,00000	0,00000

По результатам исследования программа Emotion API достаточно точно определяет ярко выраженные эмоции такие, как радость, гнев, страх, удивление. Слабо выраженные эмоции чаще всего распознаются как

нейтральные. Помимо этого возникают случаи, когда результат анализа изображения спорный или вовсе неверный. Специалисты Microsoft объяснили, что это преодолимо. Дело в том, что для самообучения программе требуется доступ к большой базе фотографий людей, испытывающих различные эмоции. Так что в будущем программа сможет стать умнее даже без посторонней помощи.

По словам специалистов, эта разработка позволит не только находить нужные кадры, но и откроет новые возможности для маркетологов, которые смогут автоматически отслеживать реакцию людей на определённые товары.

Основное применение Emotion API разработчики видят в мобильных приложениях – их создатели смогут интегрировать основанную на облачном сервисе Microsoft функцию распознавания эмоций пользователя.

Сейчас сервис находится в статусе бета-версии, к результатам «гадания по фотографии» следует относиться соответственно. В будущем, скорее всего, наработки Microsoft в распознавании лиц будут внедрены в поиск по картинкам Bing.

Список литературы

1. Программа распознавания эмоций от Microsoft [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://iar1.ru/программа-распознавания-эмоций-от-microsoft/>. / – Дата доступа 22.02.2017.
2. Бета-версия программного инструмента Emotion API [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.microsoft.com/cognitive-services/en-us/emotion-api> – Дата доступа 22.02.2017.
3. Исследование рынка систем распознавания эмоций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/133686/> – Дата доступа 22.02.2017.

This article examines a new Microsoft software product Emotion API. This technology deals with the recognition of emotions and their representation in numbers. Authors have provided the results of emotion testing on different images and shown the possibilities of the product use in the future applications.

Горкавик Татьяна Ивановна, студентка 3 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, gorkavik97@mail.ru.

Скорб Андрей Павлович, студент 3 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь.

Научный руководитель – *Ассанович Борис Алиевич*, кандидат технических наук, доцент, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, bas@grsu.by.

УДК 004.021

С. С. ГУЩИНСКИЙ, С. А. ГЕРАСИМЧИК

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ГОЛОСОВОГО СИГНАЛА И ПОДАВЛЕНИЕ В НЁМ ШУМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ БИБЛИОТЕКИ NAUDIO

Voice activity detector (VAD) – детектор активности речи – технология сжатия речевого сигнала, за счет кодирования пауз. Для увеличения объемов передаваемой информации применяется множество различных методов, например, частотное и временное уплотнение сигналов. Речь как природный источник информации обладает избыточностью, т. е. в ней содержится множество данных, не несущих смысловую нагрузку. В связи с этим, было создано большое количество различных алгоритмов, которые устраняют избыточность речи, пытаясь выделить только значимые параметры речи. Наиболее распространенным способом сжатия речевых данных является удаление пауз между фразами, словами, отдельными звуками [1].

Существует много алгоритмов VAD, главное отличие которых в используемых характеристиках. Среди всех характеристик, Short-term Energy и zero-crossing rate из-за своей простоты использовались чаще. Однако они сильно деградируют при наличии шумов. Для того чтобы исправить этот недостаток, были предложены разные устойчивые акустические характеристики на основе – функции автокорреляции, спектра (spectrum based), мощности на узкополосном отрезке (power in the band-limited region), MFCC (Mel-frequency Cepstral Coefficients – Кепстральные коэффициенты тональной частоты), дельта-спектральных частот (delta line spectral frequencies) и статистик высшего порядка.

Некоторые методы используют модели шумов или используют улучшенный спектр речи, полученный после статистической фильтрации шумов фильтром Винера (Wiener filter). Большинство характеристик предполагают наличие стационарного шума в течение определенного периода, поэтому они чувствительны к изменениям в SNR обрабатываемого сигнала. Некоторые работы предлагают вычисление шума и адаптацию для улучшения устойчивости VAD, но эти методы имеют большую вычислительную сложность. Также существуют стандарты VADs, которые используются для создания новых методов детектирования. Среди них GSM 729, ETSI AMR и AFE. Например, стандарт GSM 729 использует линейный спектр пары частот, full-band energy и low-band energy, zero-crossing rate и применяет классификатор с использованием фиксированных границ в ограниченном пространстве [2].

Алгоритм работы нашего VAD-фильтра [3]:

1. Устанавливаем порог.
2. Получаем значение одной из составляющих голосового сигнала.
3. Сравниваем полученное значение с порогом.
4. На основании сравнения узнаем, есть ли звук на данном речевом отрезке или нет.
5. Если речь присутствует, то записываем в wav-файл.
6. Строим спектр полученного речевого отрезка.

Пример результата работы программы показан на рис. 1.

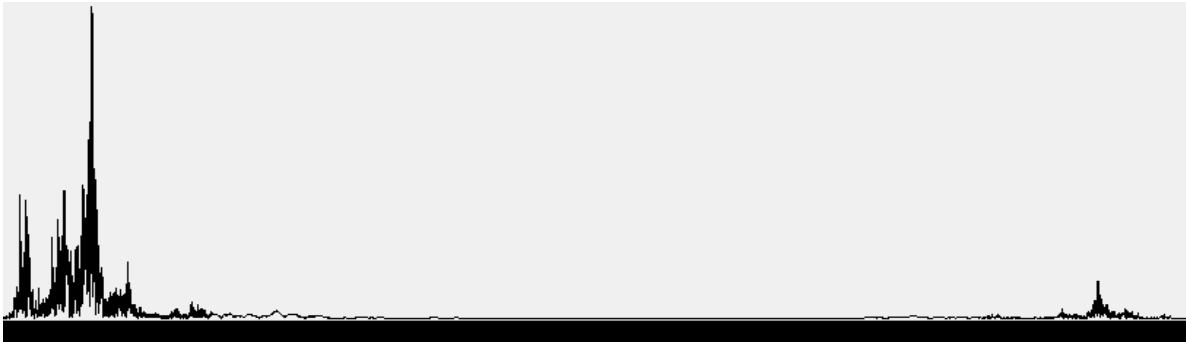


Рисунок 1 – Результат работы VAD-фильтра

NAudio является открытым исходным кодом аудио API для .NET написан на C#, содержащей множество полезных классов, связанных с аудио, предназначенных для ускорения разработки аудио связанных утилит в .NET, которые проигрывают, или записывают аудио, или позволяют манипулировать аудиофайлами [4].

Захват аудио обеспечивают Interop-оболочки Windows-функций WaveIn. События этой функции:

- **DataAvailable** – принимает исходные аудиоданные,
- **RecordingStopped** – закрывает ранее созданный временный WAV-файл.

Всякий раз, когда звуковая карта сообщает о появлении нового буфера записанного аудиопотока, мы принимаем его содержимое в обработчике события **DataAvailable**. По окончании записи мы получаем WAV-файл [5].

В конце стоит отметить, что использование библиотеки NAudio упрощает работу с аудиофайлами. А применение VAD-фильтра даёт возможность работать с полезным сигналом речевого отрезка, избегая лишних шумов. Данная технология может применяться в приложениях для идентификации и верификации личности по голосу, а так же управления голосом различными процессами.

Список литературы

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://celnet.ru/vad.php>. – Дата доступа: 22.02.2017
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/192954/>. – Дата доступа: 22.02.2017
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://metanit.com/sharp/articles/VAD_filter.php. – Дата доступа: 22.02.2017
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://naudio.codeplex.com/documentation>. – Дата доступа: 22.02.2017
5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blogs.msdn.microsoft.com>. – Дата доступа: 22.02.2017

Voice activity detection (VAD) refers to the problem of distinguishing speech segments from background noise in an audio stream. This is a fundamental task which finds a wide range of applications in voice technology: speech coding, automatic speech recognition (ASR), audio surveillance and monitoring, speech enhancement, or speaker and language identification. In the workflow of these applications, VAD is generally involved as the very first block. As a consequence, the main characteristics expected from VAD algorithms are generally a high efficiency and robustness to noise, as well as a low computational latency.

Гуцинский Сергей Сергеевич, студент 4 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, liberq1@gmail.com.

Герасимчик Сергей Александрович, студент 4 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь.

Научный руководитель – *Ассанович Борис Алиевич*, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем и технологий, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, bas@grsu.by.

ДАТЧИК НАХОЖДЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ НАРКОТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Рассмотрена конструкция для обнаружения малых количеств наркотических веществ (НВ), разработанная на принципе спектрометрии ионной подвижности (СИП). Приведены возможные методы ионизации, представлена дрейфовая трубка на основе печатных плат и дан перечень наиболее известных детектируемых наркотических веществ.

Поиск и обнаружение наркотических веществ, как составляющие оперативной задачи поиска и обнаружения предметов контрабанды, в настоящее время приобрели особую актуальность. Все увеличивающийся объем потребления наркотических веществ в разных странах, а следовательно, их перемещение через государственные границы, вступление нашей страны в международный Совет таможенного сотрудничества и после Указа «Об установлении безвизового порядка въезда и выезда иностранных граждан» вытекающие из этого обязательства потребовали от наших таможенных служб более целенаправленной организации работы по выявлению в перемещаемых через госграницу объектах наркотических веществ (НВ).

В мировой таможенной практике пока отсутствуют технические средства, позволяющие однозначно с высокой степенью достоверности заменить специально обученных собак. Наиболее перспективным и наиболее чувствительным методом обнаружения наркотических веществ является спектрометрия ионной подвижности (СИП).

Метод спектрометрии ионной подвижности основан на том факте, что ионизованная молекула любого вещества обладает вполне определенной подвижностью в слабом электрическом поле. Идентификацию молекулы требуемого типа осуществляют по измерению ее подвижности. Для реализации СИП-метода молекулу ионизуют, дают ей возможность продрейфовать в постоянном электрическом поле определенное расстояние и фиксируют время пролета молекулы до детектирующего узла, измеряющего ионный ток. Типовая конструкция датчика представлена на рис. 1 [1].

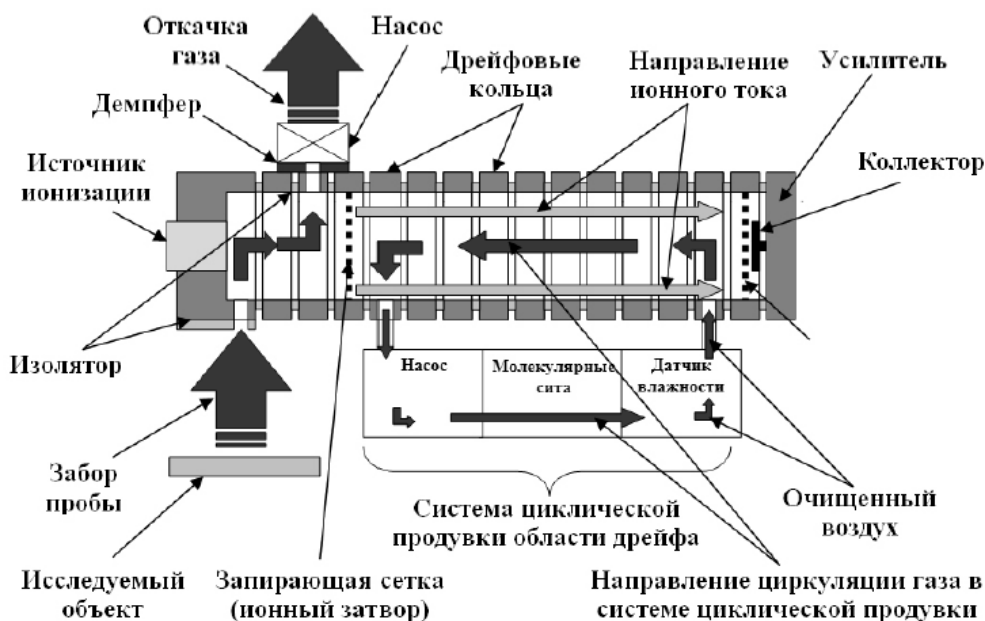


Рисунок 1 – Типовая конструкция СИП

Процесс ионизации молекул исследуемого вещества происходит в несколько этапов. При работе прибора в разрядной камере образуются положительно и отрицательно заряженные ионы окружающего воздуха (реактант-ионы), концентрация которых существенно превышает концентрацию детектируемых веществ. При попадании в прибор целевых веществ реактант-ионы передают их молекулам заряд по механизму химической ионизации при атмосферном давлении.

Неионизированные молекулы целевых веществ и воздуха удаляются из системы, а полученные ионы удерживаются в камере ионизации с помощью ионного затвора. Через определенные промежутки времени ионный затвор открывается, и порция ионов попадает в камеру дрейфа с градиентом электрического поля E (В/см).

Ионизированные молекулы разных веществ имеют разную скорость движения в дрейфовой камере v_d в зависимости от их заряда, массы и размера. Ионы с небольшой массой приходят раньше, ионы с большой массой двигаются медленнее и прибывают к коллектору позже.

Молекулярные ионы разных соединений отличаются временем прибытия к коллектору, что позволяет определить их природу. Это время пропорционально длине дрейфовой камеры L (см) и обратно пропорционально градиенту электрического поля E :

$$\tau_d = (1/K) \cdot (L/E)$$

где K – коэффициент подвижности, имеющий размерность $\text{см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$. Это соотношение носит статистический характер, т.е. верно только для скопления ионов, но не для индивидуальных ионов. Ионная подвижность зависит от температуры и давления. Для того, чтобы можно было сравнивать значения ионной подвижности, полученные в разных условиях, значения K приводят к нормальным условиям:

$$K_0 = K \cdot (P/760) \cdot (273/T)$$

где T – температура (Кельвин) и P – давление (мм рт. ст.) в газовой атмосфере, в которой движутся ионы. K_0 называется приведенной подвижностью (или приведенным коэффициентом подвижности) [2].

Наркотические вещества в большинстве своем имеют положительную полярность, небольшой их перечень представлен в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Краткий перечень наркотических веществ

№ п/п	Полное наименование	полярность	Маркер	Химическая формула
1	Амфетамин	+	AMP	$\text{C}_9\text{H}_{13}\text{N}$
2	Метамфетамин	+	MET	$\text{C}_{10}\text{H}_{15}\text{N}$
3	Кокаин	+	COCB, COCS	$\text{C}_{17}\text{H}_{21}\text{NO}_4$
4	Героин	+	HER	$\text{C}_{21}\text{H}_{23}\text{NO}_5$
5	Тетрагидроканнабиол	+	THC	$\text{C}_{21}\text{H}_{30}\text{O}_2$
6	Морфин	+	MORP	$\text{C}_{17}\text{H}_{19}\text{NO}_3$
7	Кодеин	+	CODN	$\text{C}_{18}\text{H}_{21}\text{NO}_3$

В качестве источника ионизации можно было использовать: радиоактивный изотоп, ультрафиолетовое или лазерное излучение. Но для повышения эффективности работы системы лучше использовать импульсный коронный разряд с геометрией типа «острие-острие».

Спектрометр ионной подвижности содержит несущую печатную плату 1 с закрепленными на ней электродами 2, которые формируют камеру дрейфа рис. 2.

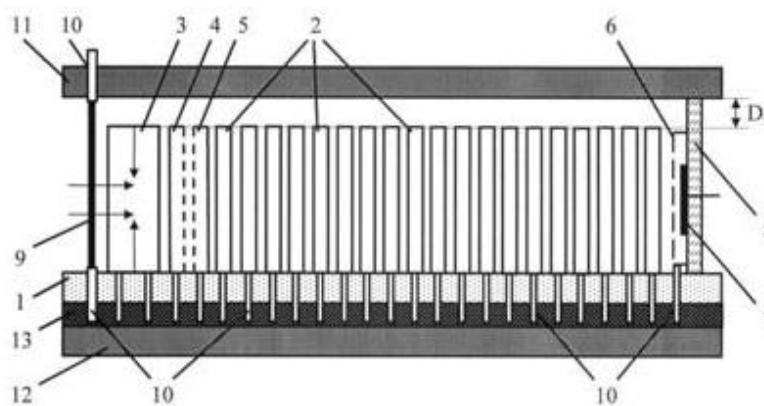


Рисунок 2 – Устройство дрейфовой трубки спектрометра ионной подвижности

С одного торца несущей печатной платы 1 закреплены электрод 3, включающий в себя импульсный источник ионизации на основе коронного разряда и формирующий область ионизации, и электроды 4 и 5, образующие электростатический затвор между областями ионизации и дрейфа. С другого торца несущей печатной платы 1 закреплена коллекторная диэлектрическая печатная плата 8. Коллектор 7 может представлять собой участок металлизации на данной плате или быть отдельным элементом из проводящего материала. Электрод 6, выполняющий функцию апертурной сетки и экранирующий коллектор при подлете сгустка ионов и тем самым снижающий наведенный сигнал, также припаивается к коллекторной печатной плате. Электроды 4, 5 и 6, представляющие собой вырезанные лазером сетки из листового металла с прямоугольными или круглыми ячейками. Для крепления электродов к несущей печатной плате 1 используются штыри 10, изготовленные на торцах электродов. Технология крепления заключается в том, что штыри 10 входят в сквозные отверстия на несущей печатной плате 1 и закрепляются пайкой [4].

Мы приступили к разработке аналогичной камеры на основе микроэлектронной технологии кремния.

Список литературы

1. Мельников, В. А. Спектрометр ионной подвижности / В. А. Мельников, Е. Н. Свиридович, В. А. Шубарев. – СПб. : ОАО «Авангард», 2011.
2. Головин, А. В. Спектрометр ионной подвижности с источником ионизации на основе импульсного коронного разряда / А. В. Головин. – М. : ФГУП «НПП ВНИИЕМ», 2010.
3. Руководство по эксплуатации. Ионно-дрейфовые детекторы Кебрер, Кербер-Т / ООО Модус. – М., 2010.
4. Белаков, В. В. Устройство дрейфовой трубки спектрометра ионной подвижности / В. В. Белаков, В. С. Першенков, А. В. Головин. – М. : МИФИ, 2010.

In this work the design to detect small amounts of drugs, developed on the principle of ion mobility spectrometry (IMS). The possible methods of ionization and the drift tube is provided on the basis of printed circuit boards and provides a list of the most prominent drugs detected.

Жукович Максим Борисович, студент 4 курса, факультет радиоэлектроники, БГУИР, Минск, Беларусь, maskim.zhukovich.94@mail.ru.

Шамборский Андрей Михайлович, студент 4 курса, факультет радиоэлектроники, БГУИР, Минск, Беларусь, andreysamborsky2@mail.ru.

Научный руководитель – *Родионов Юрий Анатольевич*, кандидат технических наук, доцент, БГУИР, Минск, Беларусь. youri_rodionov@tut.by.

УДК 537.633;533.9.03

А. И. ЗАНЬКО, Б. М. ШАНДАРОВИЧ

ИСТОЧНИК ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ИОННО-ЛУЧЕВОЙ ОЧИСТКИ В ВАКУУМЕ

Представлены результаты исследования модернизированного протяженного ионного источника. Построена модель магнитной системы данного источника, приведены результаты моделирования величины индукции магнитного поля в ускорительном канале. Представлены результаты экспериментальных исследований вольт-амперных характеристик разряда.

В настоящее время источники ионов широко используются в технике для осуществления различных технологических процессов: очистки и активации поверхности перед нанесением покрытия, размерной обработки поверхности прецизионных деталей, пассивирования поверхности металлов, синтеза алмазоподобных пленок на поверхности твердого тела, либо удаления пленок с этой поверхности. Одним из наиболее распространенных источников является ускоритель с анодным слоем. Достоинствами этих источников являются – отсутствие ограничения по плотности ионного тока, сравнительная простота конструкции, использование только одного источника питания, высокая газовая эффективность и др.

Физический принцип работы источника ионов с анодным слоем (ИИАС) основан на ускорении ионов самосогласованным электрическим полем, которое создается в плазме в результате уменьшения подвижности электронов поперек силовых линий магнитного поля. Особенностью разряда является то, что он горит в области скрещенных магнитного и электрического полей: магнитное поле имеет в основном поперечную компоненту, а электрическое – продольную по отношению к стенкам канала, что приводит к возникновению азимутального дрейфа электронов в данной области. Под воздействием возникшего электрического поля электроны устремляются от катода к аноду практически без потерь энергии, что приводит к сильному увеличению потенциала плазмы у анода, в результате чего основная доля генерации и ускорения ионов происходит в тонкой области около анода, которая называется анодным слоем. Образующиеся ионы из-за большой по сравнению с электроном массой не испытывают значительного снижения своей подвижности и, будучи ускоренными сильным электрическим полем в области анодного слоя, покидают ускорительный канал, образуя ионно-пучковую плазму. Важной особенностью ИИАС является то, что ВЕ-разряд, возникающий при работе данного устройства, является самоподдерживающимся, т. е. не требует внешнего источника электронов.

Исходя из основных физических принципов ИИАС, оптимизации геометрических параметров ускорительного канала, а также применяя моделирования магнитных полей с использованием программного комплекса Comsol Multiphysics, была разработана конструкция ИИАС протяженной геометрии. Схематическое изображение сечения разработанного ИИАС представлено на рисунке 1.

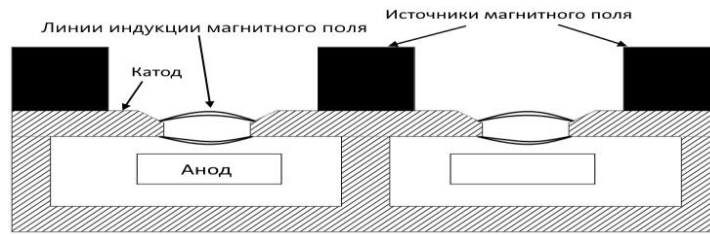


Рисунок 1 – Схематическое изображение разработанного ионно-лучевого источника с анодным слоем

Как видно из рисунка 1, источники магнитного поля расположены на катодах сверху, что позволило минимизировать потери магнитного потока. В качестве источника поля использованы постоянные магниты из NdFeB с намагниченностью $9,5 \cdot 10^{-5}$ А/м. В полость, где находится анод, через газораспределитель подается рабочее вещество.

Основная задача в процессе моделирования заключалась в коррекции величины индукции магнитных полей на линейном участке, в торце и на поворотном участке ускорительного канала с целью получения его одинаковой величины в максимуме вдоль всего канала. Это важно для обеспечения генерации одинакового по плотности тока ионного пучка вдоль всего ускорительного канала и исключения диагонального эффекта характерного для систем с разрядом в скрещенных электрическом и магнитном полях. На рисунке 2 представлено распределение величины магнитной индукции в зависимости от расстояния до анода в центре ускорительного канала.

Как видно из приведенных зависимостей на рисунке 2а величина индукции поля на разных участках вдоль ускорительного канала имеет заметные отличия от 15 до 40 мТл, что позволяет говорить о возможности возникновения диагонального эффекта из-за изменения ларморовского радиуса электронов в анодном слое и снижения эффективности ионизации. Поэтому подбором геометрических параметров магнитной системы была выполнена оптимизация и достигнута практически одинаковая величина индукции магнитного поля на протяжении всего ускорительного канала представленная на рисунке 2б.

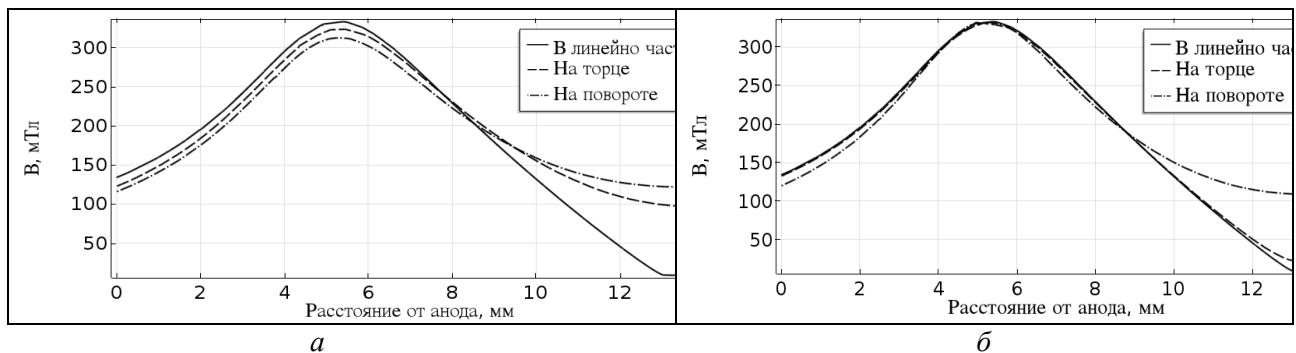


Рисунок 2 – Зависимость величины магнитной индукции от расстояния от анода: а) для стандартной конструкции; б) для модернизированной конструкции

На основе разработанной конструкции был изготовлен, собран и испытан макетный образец ионного источника с анодным слоем протяженной конфигурации с длиной ускорительного канала 350 мм. Результаты экспериментальных исследований вольтамперных характеристик разряда представлены на рисунке 3.

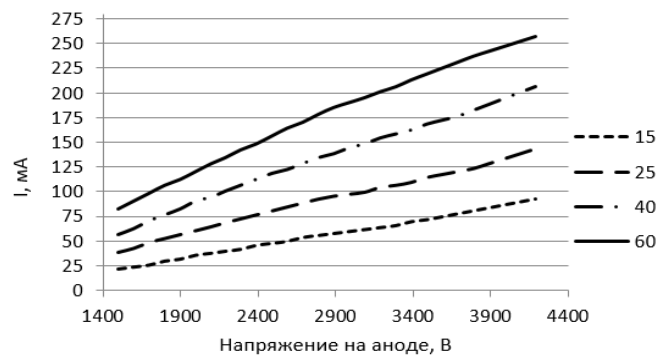


Рисунок 3 – Вольтамперные характеристики источника, при расходах газа 15, 25, 40 и 60 см³. Рабочий газ – аргон

Из приведенных зависимостей видно, что разработанное устройство устойчиво работает в диапазоне расходов рабочего вещества от 15 до 60 см³, и позволяет получать разрядный ток более 250 мА при напряжении разряда 4 кВ. Достигнутые параметры свидетельствуют о возможности применения данного источника ионов для проведения процессов очистки крупноформатных подложек.

Список литературы

1. Гришин, С. Д. Электрические ракетные двигатели космических аппаратов / С. Д. Гришин, Л. В. Лесков – М. : Машиностроение, 1989. – С. 3–4, 100–111, 120–129.
2. Маишев, Ю. П. Ионно-лучевая обработка / Ю. П. Маишев // Электронные, ионные и плазменные технологии. – 1999. – № 7. – С. 59–62.
3. Zhurin, V. V. Industrial ion sources: broadbeam gridless ion source technology / V. V. Zhurin. – Weinheim : Wiley-VCH, 2012. – С. 2–5, 24–25.
4. Zhurin, V. V. Hall-Current Ion Sources, Problems and Solutions / V. V. Zhurin // VTC. – 2010. – № 5. – С. 48–50.

The results of research of modified extended ion source were presented. The magnetic system model of development source was built; the results of the magnetic field density simulation in accelerating channel were shown. The experimental study results of discharge current-voltage characteristics were given.

Занько Андрей Иванович, студент 5 курса, факультет радиотехники и электроники, БГУИР, Минск, Беларусь, zanko.andrei@inbox.ru.

Шандарович Базен Михайлович, студент 5 курса, факультет радиотехники и электроники, БГУИР, Минск, Беларусь, bazhen.sh@gmail.com.

Научный руководитель – *Котов Дмитрий Анатольевич*, кандидат технических наук, доцент кафедры микро- и наноэлектроники БГУИР, Минск, Беларусь, kotov@bsuir.by.

УДК 681.518.3

А. А. КАЛИНОВ, Е. Г. КЛЁНИН

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ УДАЛЁННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

Целью данной работы является разработка и изготовление недорогого устройства на основе контроллера ArduinoUno, способного получать информацию с датчиков, установленных в помещении и предоставлять удаленный доступ к этой информации, а также производить автоматическое включение и выключение нагрузки при наступлении определенных условий.

Очень часто случаются ситуации, когда в помещении никого нет, а информацию о состоянии размещенных там объектов нам необходимо знать и при этом поддерживать постоянные параметры, например микроклимата. В таких ситуациях на помощь приходят системы «умный дом». Они позволяют удаленно получать информацию с датчиков, автоматически производить включение и выключение нагревателей, увлажнителей воздуха, кондиционеров, освещения и иной нагрузки. Такие системы могут поддерживать в помещении благоприятный микроклимат и уведомят нас при наступлении аварии, а также дают возможность наблюдать пользователю за состоянием параметров в реальном масштабе времени.

В основе предлагаемой системы лежит широко известная программно-аппаратная платформа Arduino на базе восьмибитного микроконтроллера фирмы Atmel–ATmega 328P [1–3]. Для связи устройства с сетью Интернет используется Ethernet модуль ENC28J60 [4]. В качестве датчиков используются:

- Датчик температуры и влажности DHT-11.
- Датчик горючих газов MQ-9.
- Фоторезистор.
- Датчик шума.
- Датчики открытия дверей и окон.
- Датчик движения.
- Датчик утечки воды.

Прошивка микроконтроллера написана в программной среде Arduino. Пользовательский интерфейс разработан на языке гипертекстовой разметки и языке PHP. Пример интерфейса управляющей программы представлен на рисунке 1.

При включении устройства аппаратная платформа Arduino обрабатывает информацию с датчиков и передает ее на web-сервер. Пользователь может ознакомиться с состоянием помещения в любой точке мира, где есть доступ к сети Интернет. Также при наступлении определенных условий микроконтроллер включит или отключит нагрузку.

Изготовленный комплекс имеет ряд преимуществ:

- Малые габариты.
- Низкое энергопотребление.
- Простота установки и эксплуатации.
- Низкая стоимость.
- Высокая отказоустойчивость.
- Низкое тепловыделение.
- Приемлемая точность датчиков.
- Не требует частой настройки и обслуживания.
- Высокая ремонтопригодность.
- Возможность простого расширения функционала.

Изготовленный комплекс не содержит принципиально новых решений, однако навыки, полученные автором при его изготовлении и отладке, будут использованы при разработке системы для автоматизации испытания образцов на коррозионную стойкость по заявке лаборатории рентгеноструктурного анализа ГрГУ им. Я. Купалы.

Датчик	Показания
Температура	25C
Влажность	30%
Освещение	300
Газ	0
Шум	25
Утечка воды	0

Рисунок 1 – Пользовательский интерфейс

Список литературы

1. Arduino.org [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://www.arduino.org/> – Дата доступа: 20.11.2016.
2. Сайт «Паяльник» [Электронный ресурс]. – 1999. – Режим доступа: <http://cxem.net/master/45.php> – Дата доступа: 21.11.2016.
3. Atmel [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://www.atmel.com/ru/ru/> – Дата доступа: 22.11.2016.
4. Электроника для всех [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://easyelectronics.ru/ethernet-modul-na-enc28j60.html>. – Дата доступа: 19.10.2016.
5. Герман, А. Е. Основы автоматизации эксперимента : лабораторный практикум / А. Е. Герман, Г. А. Гачко. – Гродно : ГрГУ, 2005.

The aim of this work is to develop and manufacture low-cost devices based on the Arduino Uno, is capable of receiving information from sensors installed in the room and provide remote access to this information, as well as to perform automatic switching of the load upon the occurrence of certain conditions.

Калинов Александр Алексеевич, студент 4 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, kalinovsasha@yandex.ru.

Клёнин Егор Германович, студент 4 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, e_1gor@mail.ru.

Научный руководитель – *Герман Андрей Евгеньевич*, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, german@grsu.by.

ОЦЕНИВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПОВЕРКЕ И КАЛИБРОВКЕ СКАНИРУЮЩИХ ЗОНДОВЫХ МИКРОСКОПОВ

Разработаны методика и прикладная компьютерная программа оценивания неопределенности измерений при калибровке сканирующих зондовых микроскопов.

Специфика нанотехнологий привела к необходимости зарождения и развития уникального направления в метрологии – нанометрологии, в котором отражены все теоретические и практические аспекты, связанные с «правильностью» измерений в нанотехнологиях, включая эталоны единиц физических величин, стандартные образцы состава, структуры, размера, свойств; методы и средства калибровки в нанометровом и субнанометровом диапазонах; реализацию наношкалы и многое другое, направленное в целом на обеспечение единства измерений [1].

Сканирующая зондовая микроскопия СЗМ (сканирующая атомно-силовая микроскопия АСМ и сканирующая туннельная микроскопия СТМ) – один из мощных современных методов исследования морфологии и локальных свойств поверхности твердого тела с высоким пространственным разрешением.

Сканирующие зондовые микроскопы только тогда могут считаться средствами измерений, когда их параметры будут соответствующим образом аттестовываться, калиброваться и контролироваться, причём последнее непосредственно в процессе измерений. Трёхмерные меры или эталоны сравнения – материальные носители размера – своеобразный мост между объектом измерений и эталоном метра, являются идеальным средством для осуществления таких операций.

При поверке (калибровке) СЗМ выполняют сканирование исследуемого элемента рельефной меры и записывают видеоизображение [2]. Видеопрофиль, приведенный на рисунке 1, соответствует элементу рельефа, изображенному на рисунке 2. Значения параметров, указанных на рисунке 1, определяют экспериментально путем обработки полученного видеопрофиля.

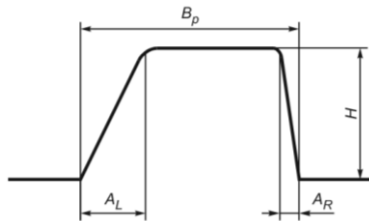


Рисунок 1 – Видеопрофиль (направление сканирования слева направо)

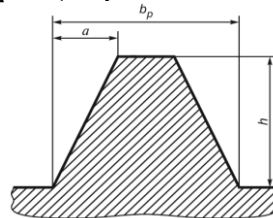


Рисунок 2 – Сечение исследуемого элемента рельефной меры

При обработке результатов измерений сравнивают паспортные значения параметров рельефной меры со значениями, полученными из видеопрофиля.

Основные контролируемые параметры: масштабный коэффициент видеоизображения микроскопа m_x , эффективный радиус острия зонда микроскопа r , цена деления вертикальной шкалы микроскопа m_z , относительное отклонение Z-сканера микроскопа от ортогональности Z_x .

Результаты измерений обязательно должны снабжаться единой характеристикой точности, которой в настоящее время по международным требованиям является «неопределенность» [3].

В настоящей работе создана методика оценивания неопределенности измерений при поверке (калибровке) СЗМ, а также разработана компьютерная программа для автоматизации процесса этой оценки.

Для каждого из четырех контролируемых параметров оценивают суммарную и расширенную неопределенности, зависящие от стандартных неопределенностей входных (измеряемых) величин.

1. Суммарная стандартная неопределенность $u_c(m_x)$, нм/пиксель, измерения масштабного коэффициента видеоизображения микроскопа m_x :

$$u_c(m_x) = m_x \sqrt{\left(\frac{u(a)}{a}\right)^2 + \left(\frac{u(A_R)}{A_R}\right)^2}, \quad (1)$$

$u(a)$ – стандартная неопределенность измерения проекции наклонной стенки выступа, приведенная в паспорте (формуляре) на рельефную меру, нм;

$u(A_R)$ – стандартная неопределенность измерения проекции наклонной стенки выступа рельефной меры A_R , пиксель;

2. Суммарная стандартная неопределенность $u_c(m_z)$, нм/пиксель, измерения цены деления вертикальной шкалы микроскопа m_z :

$$u_c(m_z) = m_z \sqrt{\left(\frac{u(h)}{h}\right)^2 + \left(\frac{u(H)}{H}\right)^2}, \quad (2)$$

$u(h)$ – стандартная неопределенность измерения высоты выступа, приведенная в паспорте (формуляре) на рельефную меру, нм;

$u(H)$ – стандартная неопределенность измерения высоты выступа рельефной меры по видеопрофилю, пиксель;

3. Суммарная стандартная неопределенность $u_c(r)$, нм, измерения эффективного радиуса острия зонда микроскопа r :

$$u_c(r) = 0,966 \sqrt{u_c^2(m_x) B_p^2 + u^2(B_p) + u^2(b_p)}, \quad (3)$$

$u(B_p)$ – стандартная неопределенность измерения ширины нижнего основания B_p по видеопрофилю, пиксель;

$u(b_p)$ – стандартная неопределенность измерения ширины нижнего основания выступа, приведенная в паспорте (формуляре) на рельефную меру, нм.

4. Суммарная стандартная неопределенность $u(Z_x)$ относительного отклонения Z-сканера микроскопа от ортогональности:

$$u(Z_x) = \sqrt{\frac{(A_L - A_R)^2 u_c^2(m_x) + m_x (u^2(A_L) + u^2(A_R))}{4 H^2 m_z^2} + Z_x^2 \left[\left(\frac{u(H)}{H}\right)^2 + \left(\frac{u_c(m_z)}{m_z}\right)^2 \right]}, \quad (4)$$

где A_L, A_R – проекции наклонных стенок выступа рельефной меры, измеренные по видеопрофилю в направлении слева направо, пиксели;

$u(A_L), u(A_R)$ – стандартные неопределенности измерений проекций наклонных стенок выступа рельефной меры по видеопрофилю, пиксели;

Z_x – относительное отклонение Z-сканера микроскопа от ортогональности по отношению к направлению сканирования, (безразмерная величина);

На основании рассчитанных характеристик неопределенности составляют бюджет неопределенности.

В качестве языка программирования выбран Visual Basic 2008. Главный интерфейс программы приведен на рисунке 3.

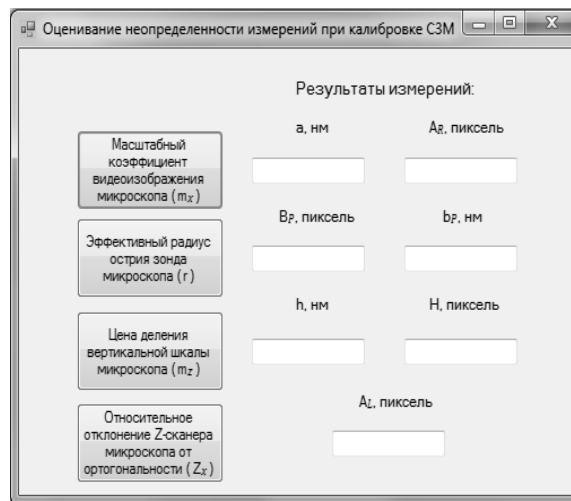


Рисунок 3 – Главный интерфейс программы

Работа выполнена по заявке РУП «Гродненский центр стандартизации, метрологии и сертификации».

Список литературы

1. Тодуа, П. А. Нанометрология – ключевое звено инфраструктуры нанотехнологий / П. А. Тодуа // Труды МФТИ. – 2011. – Т. 3, № 4 – С. 81–96.
2. ГОСТ Р 8.635–2007 «Государственная система обеспечения единства измерений. Микроскопы сканирующие зондовые атомно-силовые. Методика калибровки».

3. Ефремова, Н. Ю. Оценка неопределенности в измерениях : практ. пособие / Н. Ю. Ефремова. – Минск : БелГим, 2003. – 50 с.

A method and computer program to estimate uncertainties of measurements for scanning probe microscopes calibration were developed.

Карпач Павел Викторович, студент 4 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, pavel_karpach@mail.ru.

Научный руководитель – *Васильюк Геннадий Тимофеевич*, кандидат физико-математических наук, доцент, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, vasilyuk@grsu.by.

УДК 62-799

Е. Г. КЛЁНИН, П. Е. БЕКИЩ, А. А. КАЛИНОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОПТОВОЛОКОННОЙ ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ ДЛЯ ПОВЕРКИ ФАЗОВЫХ ЛАЗЕРНЫХ ДАЛЬНОМЕРОВ

Рассмотрены основные проблемы разработки и эксплуатации поверочного стенда на основе оптоволоконной линии задержки, предложены возможные пути их решения.

Создание и эксплуатация эталонов длины больших значений (геодезических полигонов) для метрологического контроля геодезических приборов (дальномеров) сопряжены с организационными, техническими и финансовыми сложностями, которых можно избежать, применяя компактный лабораторный эталон длины. Подобное устройство можно реализовать несколькими способами:

- искривляя траекторию лазерного луча, чтобы при большой фактической длине эталон имел компактные размеры;
- применяя систему зеркал для увеличения геометрической длины пути;
- на основе полученного от дальномера сигнала генерировать выходной сигнал, симулирующий сигнал, отраженный от удалённого препятствия.

Ранее были исследованы некоторые возможности применения оптоволоконной линии задержки для метрологического контроля лазерных дальномеров [1]. Существует также устройство, работающее по принципу имитации отражённого импульса средствами электроники – VRS. Симулятор расстояния для лазерных систем компании CI-Systems симулирует расстояние с точностью ± 2 м в диапазоне 100 м – 40 км [2]. Очевидно, что погрешность данного устройства делает его непригодным для поверочных испытаний.

Принцип работы фазового дальномера заключается в следующем: испущенный световой луч модулируется по интенсивности периодическим сигналом (частотой 100...500 МГц); отражаясь от препятствия, свет возвращается в приёмную часть устройства, где после усиления и фильтрации преобразуется во второй сигнал, разность фаз с исходным у которого

$$\Delta\varphi = 4\pi \frac{L}{c}, \quad (1)$$

где L – расстояние до отражающего препятствия.

Разность фаз затем преобразуется в значение длины.

Преимущество фазового способа по отношению к прямому измерению времени возвращения отраженного импульса заключается в возможности применения дешёвых и конструктивно простых аналоговых схем (рисунок 1) для преобразования периодических сигналов. Время-амплитудные преобразователи достаточной точности (1 мм свет проходит за время $\sim 3,4$ пс) стоят существенно дороже.

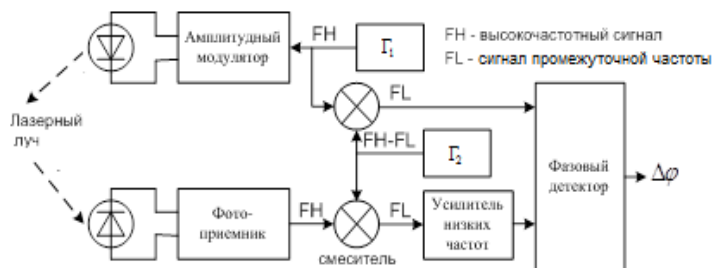


Рисунок 1 – Функциональная схема измерительного блока фазового дальномера (без учёта цепи усиления входного сигнала) [3]

При прохождении света через оптоволокно дальномер регистрирует оптическую длину пути:

$$L = \frac{L_0 \cdot n}{2}, \quad (2)$$

где L_0 – физическая длина, n – показатель преломления волокна.

Здесь учтено, что в обычных условиях луч проходит удвоенное расстояние: до препятствия и обратно.

Можно выделить следующие основные проблемы, которые необходимо решить при использовании для метрологического контроля дальномеров оптоволоконного эталона длины.

1. Искажение сигнала при прохождении через волокно. Вследствие дисперсии форма сигнала, прошедшего через световод, неизбежно исказится (рисунок 2). Необходимо определить, можно ли пренебречь данными искажениями, а также учесть их характер при определении хранимой и воспроизводимой эталоном длины. Так, например, если возвратившийся сигнал будет иметь форму, сильно отличающуюся от испущенного, появится дополнительная неопределенность измерения длины дальномером. Остаётся неясной и процедура признания воспроизводимой длины, достоверной в рамках законодательной метрологии [4], т. к. для дальномеров не существует методик проверки в условиях искажения сигнала. Тем не менее, на ожидаемых частотах модуляции ширина импульсов существенно выше ожидаемых искажений даже на расстояниях нескольких километров. Кроме того, остается возможность выбора волокна с низкими значениями дисперсии вблизи ожидаемого диапазона излучения.

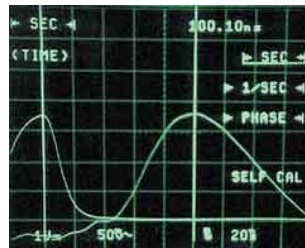


Рисунок 2 – Пример искажения импульса при прохождении через оптоволокно

2. Определение показателя преломления и оптической длины оптоволокна. Т. к. процедура проверки заключается в сравнении измеренного значения с эталонным, необходимо задать метод получения эталонного значения. Свойства оптоволокна неизбежно меняются со временем – при изменении температуры изменяется не только геометрическая длина оптоволокна, и конфигурация микро- и макроизгибов, что вызывает пьезооптические эффекты, изменяющие показатель преломления кабеля в целом. В таких условиях достоверно установить текущую оптическую длину проще всего путём прямого измерения, т. к. геометрические изменения в линии могут носить сильно выраженный случайный характер, что сделает невозможным их оценку на основе макроскопических параметров. Для прямого измерения фактически можно использовать дальномер, прошедший поверку, что даст на выходе эталонное значение с определённой погрешностью. Однако требуется учесть так же зависимость показателя преломления от длины волны, что делает необходимым предварительное измерение длины волны излучателя в поверяемом дальномере, чтобы произвести пересчёт оптической длины пути. Зависимость показателя преломления для кварцевого стекла в диапазоне длин волн 0,2 ... 2 мкм определяется уравнением Селлмейера [5]:

$$n^2(\lambda) = 1 + \frac{B_1 \cdot \lambda^2}{\lambda^2 - C_1} + \frac{B_2 \cdot \lambda^2}{\lambda^2 - C_2} + \frac{B_3 \cdot \lambda^2}{\lambda^2 - C_3}, \quad (3)$$

точные значения коэффициентов для выбранного оптоволокна следует уточнять у производителя.

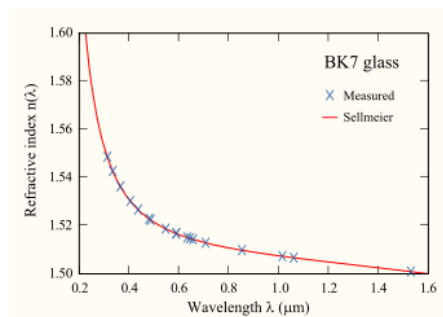


Рисунок 3 – Типичный вид зависимости $n(\lambda)$ для стекла

3. Минимизация погрешности эталона длины. Предварительные опыты подтвердили, что деформация волокна ощутимо влияет на оптическую длину. Как уже было сказано ранее, свойства оптоволоконной линии с

течением времени изменяются. Если эти изменения будут достаточно быстрыми и существенными, неопределенность длины оптоволокну может оказаться выше допустимой погрешности исследуемого дальномера. Во избежание этого следует разработать меры, минимизирующие изменения свойств оптоволокну. Такие как термостатирование для устранения температурных колебаний, конструктивные меры для снижения влияния вибраций, фиксация оптоволокну. Подобные меры могут оказаться важными, несмотря на то, что величина кратковременных изменений длины оптоволокну предполагается небольшой (порядка 1 мм/100 м [1]).

Список литературы

1. Виноградов, Н. С. Разработка методов метрологического контроля измерительных систем лазерного дальномера : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н. С. Виноградов. – М., 2012.
2. Variable Range Simulator [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.ci-systems.com/variable-range-simulator>.
3. Об обеспечении единства измерений : Закон Респ. Беларусь, с изм. и доп. от 4 января 2014 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/main.aspx?guid=3871&p0=v19503848>.
4. Денисюк, Р. Э. Исследование фазового детектора лазерного дальномера для систем машинного зрения роботов [Электронный ресурс] / Р. Э. Денисюк, Д. Н. Кузнецов. – Режим доступа: ea.donntu.org:8080/jspui/bitstream/123456789-21012/1/Денисюк_Кузнецов_Исследование_фазового_детектора.pdf.
5. Sellmeier formula [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.rp-photonics.com/sellmeier_formula.html.

Клёнин Егор Германович, студент 4 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, e_glgor@mail.ru.

Бекиш Павел Евгеньевич, магистрант, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь,

Калинов Александр Алексеевич, студент 4 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, kalinovsahsa@yandex.ru.

Научный руководитель – Герман Андрей Евгеньевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, german@grsu.by.

УДК 621.311

В. Д. КОЗЯЧИЙ

ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ НА БАЗЕ СОЛНЕЧНОГО ПЛОСКОГО КОЛЛЕКТОРА

Основной целью энергетической политики Беларуси является поиск путей и формирование механизмов надежного и эффективного энергообеспечения всех отраслей экономики и населения, способствующих достижению стандартов уровня и качества жизни населения высокоразвитых европейских государств, при сохранении экономически безопасной среды.

В данной статье предлагается система отопления загородного дома с помощью солнечного плоского коллектора.

Солнечный коллектор представляет устройство сбора тепловой энергии солнца для последующего нагрева воды. Коллектор обладает такими преимуществами, как: высокая производительность летом; отличное соотношение цены к производительности в теплое время; возможность установки под любым углом; способность очищаться от снега и инея. Как и любое устройство, плоский солнечный коллектор имеет свои недостатки, такие как: 1) высокие теплопотери; 2) низкая производительность в холодное время года; 3) высокая парусность; 4) сложность монтажа [4].

Принцип работы заключается в том, что солнечные лучи почти полностью проходят через верхнее защитное стекло, тем самым нагревая теплопоглотитель, который в свою очередь нагревает теплообменные трубки, а от них тепло передается циркулирующему по ним теплоносителю.

На базе вышеизложенной информации предлагаю систему отопления дома с 2 жилыми комнатами, санузлом, кухней, котельной и коридором, построенного из кирпича и утепленного пенопластом, с помощью плоского солнечного коллектора (рис. 1).



Рисунок 1 – План дома

Объем жилого помещения составляет $182,25 \text{ м}^3$. Для обогрева 1 м^3 такого помещения необходимо 30 Вт тепловой мощности. Стеклопакеты уменьшат потери тепла на 15% . Если комната угловая, то теплопотери будут на 20% больше, а если нет – то на 10% [3].

Тогда количество тепла для одной комнаты будет равно (1):

$$S_n * H * p * A_n * B_n = P, \quad (1)$$

где P – мощность; S_n – площадь n -й комнаты; H – высота комнаты; p – мощность, затраченная на обогрев 1 м^3 ; A_n – коэффициент теплопотерь за счет наличия стеклопакетов; B_n – коэффициент теплопотерь в зависимости от количества внешних стен.

Следовательно, расход мощности для данного дома составит:

$$15,1 * 2,7 * 30 * 0,85 * 1,2 + 15,1 * 2,7 * 30 * 0,85 * 1,2 + 5,2 * 2,7 * 30 * 0,85 * 1,3 + 12,6 * 2,7 * 30 * 0,85 * 1,1 + 7,0 * 2,7 * 30 * 0,85 * 1,1 + 7,0 * 2,7 * 30 * 0,85 * 1,3 + 5,5 * 2,7 * 30 = 5516,991 \text{ Вт} \quad (2)$$

Полученная цифра – это то количество мощности, которое должен отдать радиатор при охлаждении с температурой нагрева до комнатной температуры 20°C . Для надежности увеличим данную цифру на 20% и получим $6620,39 \text{ Вт}$.

Возьмем одну из самых простых и универсальных схем подключения плоского солнечного коллектора к отопительной системе дома (рис. 2).

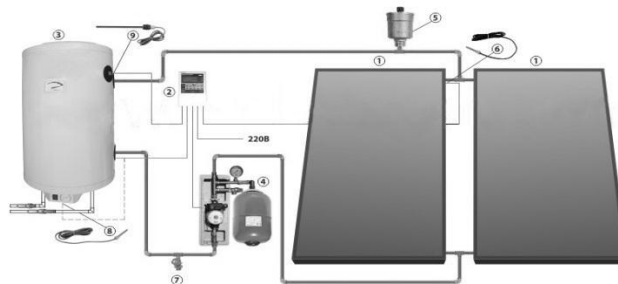


Рисунок 2 – Схема подключение плоского солнечного коллектора

Данная система состоит из: 1) солнечного коллектора; 2) контроллера; 3) бака накопительного; 4) циркуляционного узла; 5) воздухоотводчика; 6) термометра Т1 (в солнечный коллектор); 7) сливного – заливного крана; 8) термометра Т2 (температура в баке); 9) термометра Т3 (перегрева).

Преимущество этой схемы в том, что мы можем контролировать температуру воды, которая поступает в бак, и при недостаточной температуре воды можем в баке довести воду до нужной нам температуры.

Одним из важных компонентов данного проекта является плоский солнечный коллектор. При выборе данного устройства нужно опираться на следующие характеристики: мощность солнечного коллектора, коэффициент полезного действия солнечного коллектора, производительность солнечного коллектора, температура стагнации.

Проанализировав различные модели солнечных коллекторов, наиболее подходящий (цена – качество) для этого проекта является Ураган-700, разработанный Российскими специалистами, соответствующий ГОСТ 28310-89 и изготавливаемый в России [1].

Для данного проекта наиболее подходящими являются следующие компоненты: 1. Солнечный коллектор (Ураган-700, 1 шт., цена 454 \$). 2. Контроллер (SR 868C8Q, цена 115 \$). 3. Бак накопительный (AquasticAQPT 750, цена 560 \$). 4. Циркуляционный узел (PROFLineXF 15189, цена 197 \$). 5. Воздухоотводчик (цена 20 \$). 6. Термометр Т1 (в солнечный коллектор, цена 35 \$). 7. Сливной – заливной кран (цена 10\$). 8. Термометр Т2 (температура в баке, цена 35 \$). 9. Термометр Т3 (перегрева, цена 35 \$). 10. Радиатор алюминиевый (Armatura G350F/10, 8 шт., цена 296 \$). 11. Коллектор (Salus SRTZTP-2, цена 47 \$). 12. Трубы (п/п STABIPLUS3,2 (STRS020P20E), цена за 38,2 м = 68,76 \$).

Таким образом общая стоимость всех комплектующих для данного проекта составит 1872,76 \$ [1, 2], что является весьма недорогим для комфортной жизни в загородном доме.

Выводы:

1. Реализация данного проекта обеспечивает снижение затрат на ТЭР.
2. При реализации данного проекта, достигается и положительный экологический эффект.

Список литературы

1. Плоские солнечные коллекторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.teplodarom.com/site.xp/-049055052.html>. – Дата доступа: 08.02.2017.
2. Распределительные коллекторы PROFLine [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://euroterm.by/catalog/-kolektora/proflin_kolektora. – Дата доступа: 15.02.2017.

3. Расчет количества радиаторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://s-ka.by/articleview/214.html>. – Дата доступа: 02.02.2017.

4. Солнечный коллектор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечный_коллектор. – Дата доступа: 12.02.2017.

This article discusses how to use the solar collector on the basis of a specific house. This technology helps to save the cost of heating the room. The author presented the project of the heating system based on solar.

Козячий Вадим Дмитриевич, студент 3 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, vadik_karate@mail.ru.

Научный руководитель – *Кропочева Людмила Владимировна*, кандидат физико-математических наук, доцент, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, k_lv@mail.ru.

УДК 004.93

В. С. КОМАР, В. В. МЕРЧИ

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЙ ЛИЦА ЧЕЛОВЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ БИБЛИОТЕКИ EMGU CV

Emgu CV – кроссплатформенная «обёртка» для .NET библиотеки обработки изображений OpenCV от компании Intel. OpenCV (Open Source Computer Vision) – библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом. OpenCV написана на языке высокого уровня (C/C++) и содержит алгоритмы для интерпретации изображений, калибровки камеры по эталону, устранения оптических искажений, определения сходства, анализа перемещения объекта, определения формы объекта и слежения за объектом, 3D-реконструкции, сегментации объекта, распознавания жестов и т. д. [1].

В данной работе для детектирования состояний лица человека мы использовали метод Виолы–Джонса. Метод Виолы–Джонса (англ. Viola–Jones object detection) – алгоритм, позволяющий обнаруживать объекты на изображениях в реальном времени [2]. Его предложили Паул Виола и Майкл Джонс в 2001 году. Алгоритм хорошо работает и распознает черты лица под небольшим углом, примерно до 30 градусов.

Основные особенности, на которых основан метод, таковы:

- используются изображения в интегральном представлении, что позволяет быстро вычислять необходимые объекты;
- используются признаки Хаара, с помощью которых происходит поиск нужного объекта (в данном контексте, лица и его черт);
- используется бустинг (от англ. boost – улучшение, усиление) для выбора наиболее подходящих признаков для искомого объекта на данной части изображения;
- все признаки поступают на вход классификатора, который даёт результат «верно» либо «ложь»;
- используются каскады признаков для быстрого отбрасывания окон, где не найдено лицо.

Для того, чтобы производить какие-либо действия с данными, используется интегральное представление изображений [3] в методе Виолы–Джонса. Интегральное представление изображения – это матрица, совпадающая по размерам с исходным изображением. В каждом элементе ее хранится сумма интенсивностей всех пикселей, находящихся левее и выше данного элемента. Элементы матрицы рассчитываются по следующей формуле:

$$L(x, y) = \sum_{i=0, j=0}^{i \leq x, j \leq y} I(i, j), \quad (1)$$

где $I(i, j)$ – яркость пикселя исходного изображения.

Каждый элемент матрицы $L[x, y]$ представляет собой сумму пикселей в прямоугольнике от (0,0) до (x, y) , т. е. значение каждого пикселя (x, y) равно сумме значений всех пикселей левее и выше данного пикселя (x, y) . Расчет матрицы занимает линейное время, пропорциональное числу пикселей в изображении, поэтому интегральное изображение просчитывается за один проход.

Расчет матрицы возможен по формуле:

$$L(x, y) = I(x, y) - L(x - 1, y - 1) + L(x, y - 1) + L(x - 1, y), \quad (2)$$

Признак Хаара – отображение $f: X \Rightarrow D_f$, где D_f – множество допустимых значений признака. Если заданы признаки f_1, \dots, f_n , то вектор признаков $x = (f_1(x), \dots, f_n(x))$ называется признаковым описанием объекта $x \in X$. Признаковые описания допустимо отождествлять с самими объектами.

При этом множество $X = D_{f_1} * \dots * D_{f_n}$ называют признаковым пространством [4].

Признаки делятся на следующие типы в зависимости от множества D_f :

- бинарный признак $D_f = \{0,1\}$;
- номинальный признак: D_f – конечное множество;
- порядковый признак: D_f – конечное упорядоченное множество;
- количественный признак: D_f – множество действительных чисел.

Вычисляемым значением такого признака будет:

$$F = X - Y, \quad (3)$$

где X – сумма значений яркостей точек закрываемых светлой частью признака, а Y – сумма значений яркостей точек закрываемых темной частью признака. Для их вычисления используется понятие интегрального изображения, рассмотренное выше.

Признаки Хаара дают точечное значение перепада яркости по оси X и Y соответственно. Алгоритм сканирования окна с признаками выглядит так:

- есть исследуемое изображение, выбрано окно сканирования, выбраны используемые признаки;
- далее окно сканирования начинает последовательно двигаться по изображению с шагом в 1 ячейку окна (допустим, размер самого окна есть 24×24 ячейки);
- при сканировании изображения в каждом окне вычисляется приблизительно 200 000 вариантов расположения признаков, за счет изменения масштаба признаков и их положения в окне сканирования;
- сканирование производится последовательно для различных масштабов;
- масштабируется не само изображение, а сканирующее окно (изменяется размер ячейки);
- все найденные признаки попадают к классификатору, который «выносит вердикт».

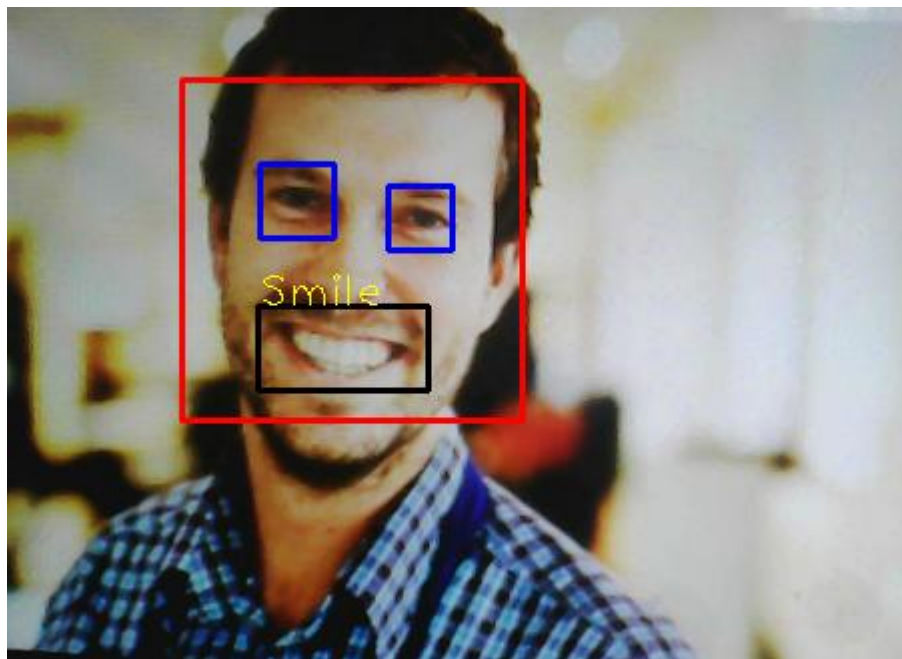


Рисунок 1 – Результат исполнения

В конце можно отметить, что библиотека Emgu CV в отличие от инструментов Microsoft имеет несколько достоинств. Во-первых, детектирование состояний лица человека на изображении в реальном времени. Во-вторых, работа в автономном режиме, т.е. распознавание происходит без использования интернета.

Список литературы

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/133826/> – Дата доступа: 22.02.2017.
2. P. Viola and M. J. Jones. Robust real-time face detection // International Journal of Computer Vision, vol. 57, no. 2, 2004, pp. 137–154.
3. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера, 2005.
4. P. Viola and M. J. Jones. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features // Proceedings IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2001), 2001.

Detection of the state of the human face using elements of Emgu CV. Algorithm allows to detect objects in the images in real time. The algorithm works well and recognize facial features at a slight angle, approximately 30 degrees.

Комар Виктор Сергеевич, студент 4 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, vitya.komar.95@mail.ru.

Мерчи Виталий Владиславович, студент 4 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь.

Научный руководитель – *Ассанович Борис Алиевич*, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем и технологий, ГрГУ им. Янки Купалы, Гродно, Беларусь, bas@grsu.by.

УДК 538.9

Н. А. КОРДИМУК, Д. В. МИР

ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ ИК-ИЗЛУЧЕНИЙ

Рассмотрен пирозлектрический датчик, его устройство и принцип действия. Пирозлектрический эффект возможен только в кристаллических структурах, имеющих полярную ось и не имеющих центра симметрии. Примером такого кристалла может служить структура кристалла титаната бария.

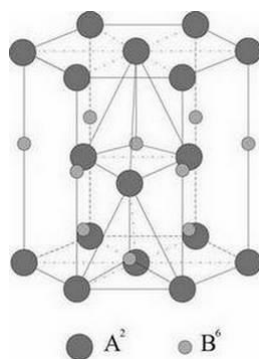


Рисунок 1 – Структура пирозлектрического кристалла титаната бария

Решетка титаната бария (элементарная ячейка вюрцита) представляет собой комбинацию двух тетрагональных подрешеток, вставленных друг в друга. При этом центры симметрии этих подрешеток смещены на незначительное расстояние, в результате чего формируется электрический диполь. Тетраэдры обладают элементарным дипольным моментом, т. к. ион А расположен ниже своего геометрического центра. Односторонняя направленность тетраэдров формирует по оси ячейки вюрцита электрический диполь (полярная ось). В итоге температура удлиняет эти диполи и хаотизирует их расположение. В результате происходит перераспределение зарядов, и на поверхностях с разной температурой будут разные электрические потенциалы. То есть мы создали термо-ЭДС.

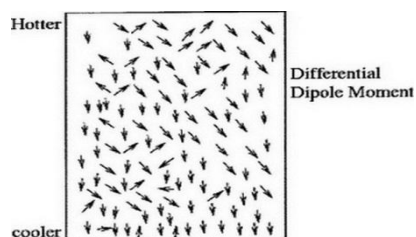


Рисунок 2 – Температурное перераспределение диполей

Кристаллические диэлектрики, обладающие пирозэффектом: линейные пирозлектрики (турмалин, вюрцит), сегнетоэлектрики (триглицинсульфат, сегнетова соль, ниобат лития, титанат бария).

Так же существуют термоэлектреты – диэлектрики, длительное время сохраняющие в объеме или на поверхности электрические заряды и создающие в окружающем пространстве электрическое поле (электреты), поляризация которых изменяется под действием температуры

Достоинства: высокая прочность, возможность создавать тонкие пленки вследствие растяжения термоэлектрета, высокие (в некоторых случаях рекордные) значения пирозкоэффициента.

Недостатки: сложность при получении поляризованной структуры, сильно выраженный эффект «старения», нелинейная зависимость поляризации от температуры.

Для создания в пьезокристалле эффекта, подобного пирозффекту, необходимо использовать срез ацентричного кристалла и создавать в нем условия для анизотропного ограничения деформаций.

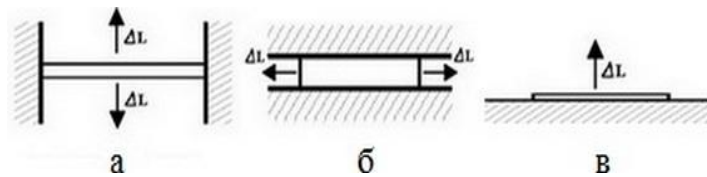


Рисунок 3 – Особенности механического воздействия для реализации искусственного пирозффекта: а – запрещены тангенциальные расширения; б – запрещены нормальные деформации; в – разрешены нормальные деформации, но запрещены тангенциальные деформации «планарно зажатые»

Электрическая схема замещения пиродатчика представлена на рис. 4.

Пирозэлектрические датчики также относятся к классу пассивных ИК детекторов. Активные структуры датчика размещаются в металлических корпусах ТО-5 или ТО-39, что обеспечивает хорошее экранирование и защиту от окружающей среды. Окошко, пропускающее излучение, обычно изготавливается из кремния (кремний пропускает ИК-лучи).

Внутреннее пространство корпуса часто заполняется сухим азотом. Обычно используют два чувствительных элемента, соединенных последовательно или параллельно навстречу друг другу, для лучшей компенсации быстрых изменений тепловых потоков и механических нагрузок, возникающих из-за акустических шумов и вибраций.

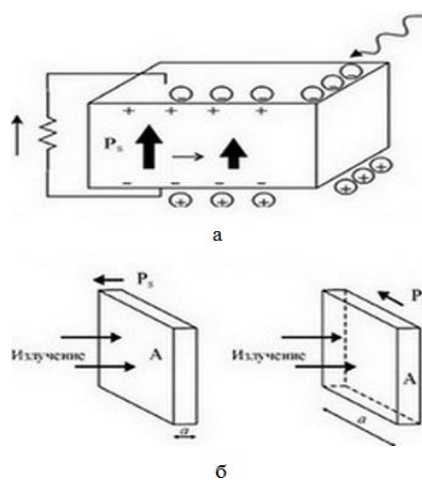


Рисунок 4 – Принцип работы пиродатчика (а) и вариации ориентации пирозэлемента относительно излучения (б)

Области применения пиродатчиков – энергетика (определение дефектных контактов в линиях силовых сетей), медицине (определение злокачественных опухолей, вызывающих экзотермические эффекты), военное дело (обнаружение нахождения и передвижения биологических объектов в любое время суток и при любых погодных условиях). Мы начали разрабатывать пирозэлектрические датчики на основе ниобата лития.

Список литературы

1. Шарапов, В. М. Пьезоэлектрические датчики / В. М. Шарапов, М. П. Мусиенко, Е. В. Шарапова. – М. : Техносфера, 2006. – 632 с.
2. Джексон, Р. Г. Новейшие датчики / Р. Г. Джексон – М. : Техносфера, 2007.

In this paper we were to review the main pyroelectric material, the principle of pyroelectric sensors, key processes and their applications.

Кордимук Никита Андреевич, студент 4 курса, факультет радиоэлектроники, БГУИР, Минск, Беларусь, kordimyk@gmail.com.

Мир Дмитрий Владимирович, БГУИР, Минск, Беларусь, dmitriy.mir@tut.by.

Научный руководитель – *Родионов Юрий Анатольевич*, кандидат технических наук, доцент, БГУИР, Минск, Беларусь. youri_rodionov@tut.by.

Ю. М. КОРОВКИНА, А. В. БАЛАН, В. В. ГРИГУТЬ

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В ЖИЛОЙ ДОМ

Приведена система дополнительного электроснабжения жилого дома, которую целесообразно использовать как резервную в часы отключения электропитания или в часы максимальных нагрузок. Разработана структурная схема данной системы и описан ее принцип работы.

На сегодняшний день в мире используется огромное количество солнечных батарей с широким спектром действия. В Республике Беларусь применение такого рода источника питания вызывает ряд трудностей.

Одной из причин малого использования солнечных батарей в Республике Беларусь является то, что число облачных и пасмурных дней в Беларуси значительно преобладает над числом ясных. Так, пасмурных дней насчитывается от 175 на северо-западе до 135 на юго-востоке, ясных – от 30–35 за год на северо-западе до 40–42 на юго-востоке [1].

Постановление Министерства экономики Республики Беларусь от 7 августа 2015 г. № 45 «О тарифах на электрическую энергию, производимую из возобновляемых источников энергии на территории Республики Беларусь индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами, не входящими в состав государственного производственного объединения электроэнергетики «Белэнерго», и отпускаемую энергоснабжающим организациям данного объединения» гласит о тарифах для установок с использованием энергии солнца: первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок – 2,7; последующие десять лет эксплуатации установок – 0,85; свыше двадцати лет эксплуатации установок – 0,45 [2]. Таким образом, государство готово покупать энергию по повышенному тарифу у индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, у физических же лиц такой прерогативы нет, и это является очередной причиной неиспользования солнечных батарей в жилом доме.

Население Республики Беларусь может оплачивать электрическую энергию по дифференцированному тарифу по временным периодам: в часы минимальных нагрузок (с 22:00 до 17:00) за 1 кВтч стоимость составляет 0,133 руб; в часы максимальных нагрузок (с 17:00 до 22:00) – 0,38 руб. [3]. Таким образом, энергию, выработанную солнечными батареями, целесообразнее использовать в часы максимальных нагрузок.

Для интеграции солнечной батареи с энергосистемой жилого дома разработана система дополнительного электропитания, рисунок 1.

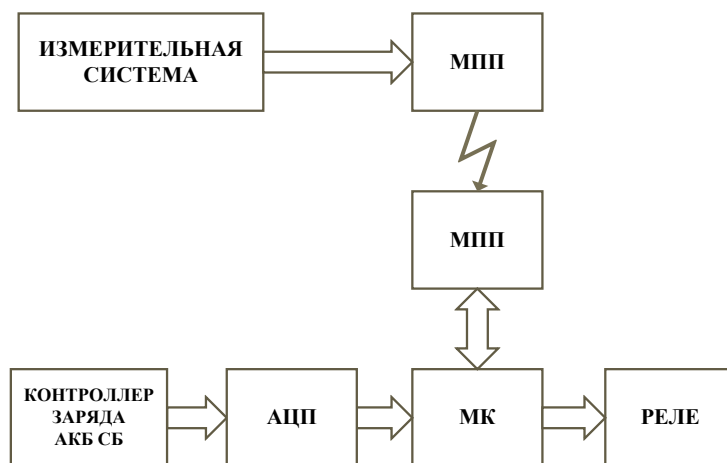


Рисунок 1 – Структурная схема системы дополнительного электропитания

Она автоматически контролирует заряд на аккумуляторах, соединённых с солнечной батареей, и подключает дополнительное электропитание к нагрузке в заданные периоды времени. Особенностью представленной разработки является работа в качестве резервного источника электроэнергии с возможностью выбора нагрузки, которая будет подключена к ней.

Система дополнительного электропитания работает в соответствии со следующим алгоритмом. **Измерительная система** контролирует мощность потребляемую нагрузкой и передаёт её значение по радиоканалу через модуль приёма-передачи **МПП** к микроконтроллеру **МК**. К **МК** поступают результаты аналого-цифрового преобразования **АЦП**, по их значениям производится оценка уровня заряда аккумулятора солнечной батареи **АКБ СБ**. В соответствии с выбранным пользователем режимом работы **МК** при помощи **реле** подключает доплнительное электропитание к нагрузке. Система дополнительного электропитания

реализована на основе микроконтроллера Atmega 168, который обладает требуемой вычислительной мощностью и АЦП. В качестве модуля приёма-передачи применён Wi-fi модуль на базе чипа ESP8266, он имеет малые размеры (15x30 мм) и позволяет достичь дальности связи до 40 м в условиях дома. Контроль и управление работой системы возможны как по средствам Web-интерфейса, так и при помощи специального приложения.

Список литературы

1. Научно-практический журнал «Наука и инновации» [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: http://innosfera.by/sun_future. – Дата доступа: 15.01.2017.
2. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=W21530189>. – Дата доступа: 15.01.2017.
3. РУП «МинскЭнерго», филиал «Энергосбыт» [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://www.energo-sbyt.by/tariffs.php>. – Дата доступа: 15.01.2017.

In this work was considered a system of additional power in the house. A block diagram was developed and its operating principle was described. It is more expedient to use the system as a backup system when the power is turned off or when the maximum load.

Коровкина Юлия Михайловна, студентка 5 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, tigress_yulka@mail.ru.

Балан Алеся Владимировна, студентка 5 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, alesya_94_08@mail.ru.

Григуть Валерий Владимирович, аспирант, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, valer.grigut@yandex.ru.

Научный руководитель – *Григуть Валерий Владимирович*, старший преподаватель кафедры теоретической физики и теплотехники, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, valer.grigut@yandex.ru.

УДК 621.396.6.049.77.001.4(075.8)

Ю. А. КРИВКО

ЛАКТАТНЫЙ БИОСЕНСОР НА ОСНОВЕ ПЛАНАРНОГО ЭЛЕКТРОДА

Разработка высокочувствительных, надежных и экспрессных методов определения лактата представляет большой интерес. В настоящее время для определения лактата широко используются биосенсоры, основанные на действии фермента лактатоксидазы, в таком случае осуществляется детектирование пероксида водорода, выделяющегося в ходе ферментативной реакции. На сегодняшний день наиболее эффективными сенсорами на пероксид водорода являются электроды, модифицированные берлинской лазурью, которая позволяет избирательно определять пероксид водорода по реакции его восстановления в присутствии кислорода. Лактатоксидаза – очень подвижный фермент, поэтому повышение стабильности является одной из ключевых задач при создании биосенсоров на ее основе.

Наиболее широко для количественного определения лактата в реальных образцах используется амперометрическая детекция пероксида водорода. Все виды биоселективных элементов можно комбинировать с различными преобразователями сигнала. В качестве биоузнающего элемента наибольшую популярность приобрели ферментные и клеточные биосенсоры. Типы преобразователей определяются физико-химическими основами их действия и позволяют разделить биологические сенсоры на следующие основные категории: электрохимические, оптические и гравиметрические. Бесспорное преимущество принадлежит электрохимическим биосенсорам, они менее зависимы от эффектов окружающей среды, чем оптические, при этом устройства позволяют осуществлять перенос информации, преобразованной в электрический сигнал, непосредственно на персональный компьютер. Амперометрические и потенциометрические преобразователи сигнала наиболее широко используются при создании электрохимических биосенсоров. В потенциометрических устройствах аналитическая информация получается путем преобразования процесса биораспознавания в сигнал потенциала с использованием ионселективных электродов. В амперометрических устройствах происходит измерение тока при наложении постоянного потенциала. Амперометрические биосенсоры имеют большее распространение в связи с высокой чувствительностью и широким линейным диапазоном определяемых концентраций, а также они проще подвергаются миниатюризации, а обычное для них массовое производство обеспечивает низкую себестоимость.

Суть метода амперометрии заключается в измерении тока окисления или восстановления электроактивных частиц. На рабочем электроде задается постоянный потенциал относительно электрода сравнения, при котором происходит поляризация рабочего электрода. Наблюдаемый ток пропорционален объемной концентрации электроактивных частиц, или скорости ее изменения в биокаталитическом слое. Оксидазы катализируют окисление своего специфического субстрата кислородом воздуха, при этом кислород

восстанавливается до пероксида водорода. Принцип действия оксидазосодержащих биосенсоров основан на детекции либо субстрата ферментативной реакции – кислорода, либо продукта – пероксида водорода.

Наряду с определением кислорода при функционировании биосенсоров можно использовать метод детекции пероксида водорода, образующегося в ходе ферментативной реакции, который основан на окислении или восстановлении H_2O_2 . В биосенсорах для определения лактата в качестве электрокатализаторов используют берлинскую лазурь и фталоцианин кобальта. Наиболее эффективное определение пероксида водорода – по его восстановлению, что обеспечивает наивысшую чувствительности и низкий предел обнаружения аналита.

По данному принципу работают биосенсоры первого поколения, ниже представлена схема работы:

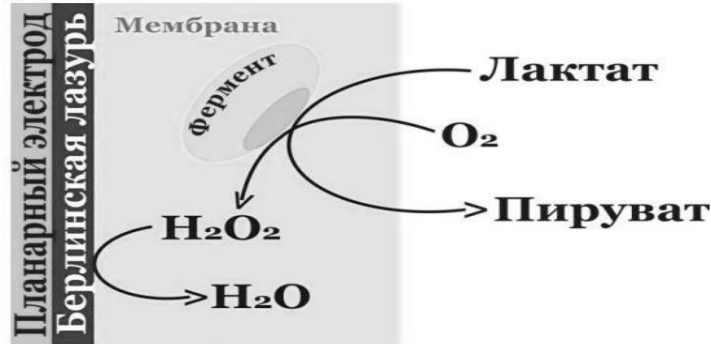
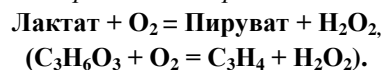
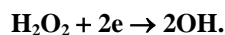


Рисунок 1 – Общая схема работы лактатного биосенсора

1. Окисление лактата и образование пероксида водорода



2. Восстановление пероксида водорода



Таким образом, берлинская лазурь является наилучшим известным электрокатализатором восстановления пероксида водорода, возможность проведения экспериментов при потенциале 0.00 В позволяет избавиться от мешающего влияния восстановителей, присутствующих в биологических жидкостях. Стабильность, широкий диапазон определяемых концентраций и высокая селективность в присутствии кислорода позволяют успешно применять электроды, модифицированные берлинской лазурью, в качестве основы при создании биосенсоров для анализа биологических объектов.

Список литературы

1. Биосенсоры: устройство, классификация и функциональные характеристики / А. Карякин [и др.] // Сенсор. – 2002.
2. Yang, Q. Needle-type lactate biosensor / Q. Yang, P. Atanasov, E. Wilkins // Biosens. Bioelectron. – 1999.
3. Wang, K. Biocomposite of cobalt phthalocyanine and lactate oxidase for lactate biosensing with MnO₂ nanoparticles as an eliminator of ascorbic acid interference / K. Wang, J.-J. Xu, H.-Y. Chen // Sens. Actuators B. – 2006.

Кривко Юрий Андреевич, студент 5 курса, факультет радиотехники и электроники, БГУИР, Минск, Беларусь, yurikrivko1501@gmail.com.

Научный руководитель – Родионов Юрий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, БГУИР, Минск, Беларусь; rodionov@bsuir.by.

УДК 621.79:620.178.152.341

Р. В. КУКОЛЬНИК

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЁРДОСТИ И МИКРОТВЁРДОСТИ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ АРМАТУРЫ ДЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Проанализированы требования, предъявляемые нормативными документами к измерению твердости и микротвердости сварного соединения арматуры ненапрягаемой для железобетонных конструкций класса S500, полученного ручной дуговой сваркой. Показано, что оптимальным выбором для получения объективных экспериментальных данных при испытаниях сварных соединений на твердость и микротвердость является метод измерения по Виккерсу.

Твёрдость и микротвёрдость материала характеризует его сопротивление пластической деформации [1]. Величины твердости и микротвердости зависят от физических свойств материала, способов его обработки и

метода испытания и не являются однозначными техническими характеристиками. В то же время измерения твёрдости и микротвёрдости, как методы механического испытания материалов широко используются в науке и технике, поскольку результаты таких исследований позволяют делать выводы о структурном и микроструктурном состоянии вещества, его прочности и пластичности.

Одной из причин хрупкого разрушения металлических конструкций являются концентраторы напряжений, которыми служат дефекты сварных швов. Для повышения работоспособности сварного соединения особое значение придается исследованию механических свойств различных участков металла сварного шва. Такие испытания регламентированы ГОСТ 6996-66 «Сварные соединения. Методы определения механических свойств» [2] и РД 26-11-08-86 «Соединения сварные. Механические испытания» [3]. Изучение твердости и микротвердости сварных соединений строительной арматурной стали является важной составляющей таких испытаний.

Актуальность исследования механических свойств сварного соединения арматуры для железобетонных конструкций класса S500 обусловлена ее широкой востребованностью в современной строительной практике, поскольку она легко свариваема, экономична и эффективна в эксплуатации.

Для эксперимента используется арматура ненапрягаемая для железобетонных конструкций периодического профиля класса S500, имеющая в соответствии с СТБ 1704-2012 «Арматура ненапрягаемая для железобетонных конструкций» [4] следующие геометрические характеристики:

Класс арматуры	Номинальный диаметр, $d_{ном}$	Номинальная площадь поперечного сечения, $мм^2$
S500	12	113,0

Арматура S500 представляет собой сталь конструкционную углеродистую обыкновенного качества и согласно ГОСТ 52544-2006 «Прокат арматурный свариваемый периодического профиля классов А500С и В500С для армирования железобетонных конструкций» [5] изготавливается из сталей Ст5сп и Ст5пс. Продольное соединение арматурных стержней, выполненных ручной дуговой сваркой по ГОСТ 14098-2014 «Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций», имеет вид [6]:

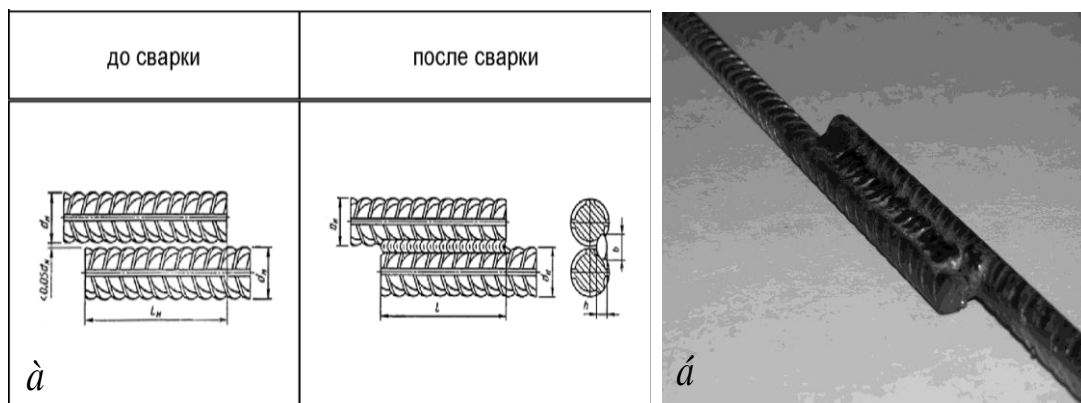


Рисунок 1 – Сварное соединение арматурных стержней по ГОСТ 14098-2014 [6] (а); сварное соединение арматурных стержней класса S500, выполненное ручной дуговой сваркой (б)

Для получения объективной информации о твердости и микротвердости сварного шва, наплавленного металла и основного материала сварного соединения арматурных стержней важно правильно выбрать метод измерений и подготовить рабочие образцы для испытаний.

Значительное влияние на результаты испытаний на твёрдость оказывает состояние поверхности измеряемого материала. Если поверхность неровная – криволинейная или с выступами, то отдельные участки в различной степени участвуют в сопротивлении вдавливанию и деформации, что приводит к ошибкам в измерении. Чем меньше нагрузка для вдавливания, тем более тщательно должна быть подготовлена поверхность. Стандарты измерения микротвердости [7, 8] материалов устанавливают, что измерения должны проводиться на плоской, гладкой, свободной от посторонних веществ, включений и загрязнения на участке нанесения отпечатка поверхности. Шероховатость испытываемой поверхности изделия не должна быть грубее $R = 0,32$ мкм. Индентированная поверхность должна обеспечивать точное измерение длины диагоналей отпечатков. Эти требования невыполнимы для изучения микротвердости методом вдавливания алмазных

инденторов изделий сложной формы. К таким случаям относятся испытания на микротвердость сварных соединений. На рисунке 2 приведены фото типичных сварных соединений строительной арматуры.

При измерении микротвердости изделия с криволинейной поверхностью, когда радиус кривизны на один-два порядка больше размера отпечатка, числа микротвердости определяется с применением поправочных коэффициентов, приведенных в ГОСТ 9450-76 [7] в приложении В. Требования к подготовке образцов и расположению групп отпечатков при определении твердости сварных швов в материалах с металлическими свойствами сформулированы в ГОСТ Р ИСО 22826-2012 [8]. При подготовке образцов для измерения микротвердости нужно помнить, что любые внешние воздействия изменяют механические свойства материала и могут существенно влиять на результаты испытаний. Отпечатки микротвердости имеют небольшую глубину, поэтому подготовку поверхности следует проводить с особой осторожностью. Рекомендуется использовать полировку или электрополировку в зависимости от свойств материала.

При измерении твердости на выпуклых цилиндрических и сферических поверхностях по методу Роквелла к полученным в процессе измерений значениям твердости прибавляются поправки, приведенные в ГОСТ 9013-59 [9]. Для определения твердости на вогнутых поверхностях поправки к значениям твердости по Роквеллу устанавливаются в нормативно-технической документации на металлопродукцию.

С учетом рекомендаций ГОСТ 9450-76 [7], приведенных в Приложении 2 «Указания по выбору формы рабочей части алмазного наконечника при проведении испытаний на микротвердость», для получения достоверных и стабильных результатов измерений микротвердости при соблюдении всех требований настоящего стандарта для испытаний рекомендуется применять алмазный наконечник с формой рабочей части в виде четырехгранной пирамиды с квадратным основанием. То есть оптимальным выбором для проведения испытаний на твердость и микротвердость в основном металле, в зоне термического влияния и в металле сварного шва является метод измерения по Виккерсу [7, 8, 10].

Особую сложность представляют собой измерения микротвердости сварного соединения арматуры периодического профиля. Ни размеры сварной конструкции, ни крайне неровная и шероховатая поверхность зоны сварки (рисунок 1б) не позволяют проводить эксперимент на полученных после сварки соединениях с помощью современных стационарных микротвердомеров, предназначенных для испытаний по методу Виккерса. Для проведения эксперимента из исходной сварной заготовки необходимо подготовить рабочий образец согласно п. 6 ГОСТ 6507-1 [10], характер обработки которого должны отвечать требованиям к чистоте рабочей поверхности, а размеры – содержанию поставленной научной задачи.

Выбор нагрузок и техника проведения испытаний должны удовлетворять следующим требованиям ГОСТ 9450-76 [7]: диапазон используемых нагрузок должен составлять 0,001–0,3 Н, причем для получения более точного значения микротвердости нагрузка F должна быть наибольшей; время действия нагрузки – 10 с; температура окружающей среды – $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$.

Число микротвердости для четырехгранной пирамиды с квадратным основанием (HV) вычисляют по формуле:

$$HV = 0,189 \frac{F}{d^2},$$

где F – нормальная нагрузка, приложенная к алмазному наконечнику в ньютонах; d – среднее арифметическое длин обеих диагоналей квадратного отпечатка в миллиметрах.

За число микротвердости принимается среднее арифметическое результатов отдельных измерений, усреднение результатов рекомендуется проводить по 30 уколам. Отпечатки, в которых размеры двух диагоналей d_1 и d_2 одного отпечатка диагоналей превышают 3 % от меньшего значения, отбраковываются.

Изложенная методология испытания на твердость и микротвердость сварных соединений строительной арматуры периодического профиля позволяет определять локальные значения твердости и микротвердости в любой точке сварного соединения и проводить исследования распределения микротвердости в зоне сварного шва, наплавленного металла и основного материала арматуры. Диаграмма распределения микротвердости, полученная путем замеров значений микротвердости в направлении, перпендикулярном сварному шву позволяет достаточно точно установить ширину сварного шва и размеры переходной зоны наплавленного металла.

Список литературы

1. Григорович, В. К. Твердость и микротвердость металлов / В. К. Григорович – М. : Наука, 1976. – 230 с.
2. Сварные соединения. Методы определения механических свойств : ГОСТ 6996-66. – Введ. 01.01.67. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 83 с.
3. Соединения сварные. Механические испытания : РД 26-11-08-86. – Введ. 01.01.1987. – Волгоград, 1994. – 67 с.
4. Арматура ненапрягаемая для железобетонных конструкций : СТБ 1704-2012. – Введ. 20.04.2012. – Минск : Госстандарт, 2013. – 20 с.
5. Прокат арматурный свариваемый периодического профиля классов А500С и В500С для армирования железобетонных конструкций : ГОСТ Р 52544-2006. – Введ. 01.01.2007. – М. : Стандартинформ, 2006. – 23 с.
6. Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры : ГОСТ-14098-2014. – Введ. 01.07.2015. – М. : Стандартинформ, 2015. – 22 с.

7. Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников : ГОСТ 9450-76. – Введ. 01.01.1977. – М. : Изд-во стандартов, 1993 – 36 с.
8. Испытания разрушающие сварных швов в материалах с металлическими свойствами. Испытание на прочность узких сварных соединений, полученных лазерной сваркой и электронно-лучевой сваркой (Определение твердости по Виккерсу и Кнупу) : ГОСТ Р ИСО 22826-2012. – Введ. 15.11.2012. – М. : Кодекс, 2012. – 20 с.
9. Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу : ГОСТ 9013-59. – Введ. 01.01.1960. – М. : Стандартиформ, 2001. – 9 с.
10. Металлы и сплавы. Измерение твердости по Виккерсу. Часть 1. Метод измерения: ГОСТ Р ИСО 6507-1-2005. – Введ. 08.01.08. – М. : Стандартиформ, 2008. – 19 с.

Requirements imposed by regulating documents to measurement of hardness and microhardness of welded joints of the armature which isn't strained for steel concrete designs of the class S500 received by manual arc welding are analyzed. It is shown that the optimum choice for receipt of objective experimental data when testing for hardness and microhardness of welded joints is the Vickers hardness test.

Кукольник Родион Валентинович, магистрант, инженерно-строительный факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь.

Научный руководитель – *Чикова Тамара Семеновна*, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры технической механики, инженерно-строительный факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь.

УДК 532.61:546.442

А. А. КУРАПЦОВА

ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПЕНСАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗАРЯДА ИОННОГО ЛУЧА ИОННО-ЛУЧЕВОГО ИСТОЧНИКА КАУФМАНА

Проводится анализ проблемы влияния пространственного заряда ионного луча в сеточном многоапертурном ионно-лучевом источнике на форму луча и на сформированные структуры на подложке. Предложено решение проблемы обеспечения равномерности компенсации пространственного заряда пучка.

Сегодня требования к качеству процессов микро- и нанoeлектроники продолжает повышаться. Обеспечение, управление и постоянное повышение качества интегральных схем и изделия тонкопленочной технологии (покрытия, в том числе оптические, линзы, оптические фильтры, тонкопленочные элементы микро- и нанoeлектроники) на всех этапах жизненного цикла (разработка, производство, применение) – актуальная проблема, которая в большой степени зависит от используемого оборудования.

Сеточные многоапертурные ионно-лучевые источники сегодня используются в широком спектре вакуумных процессов, таких как ионно-лучевое ассистирование при термическом и электронно-лучевом напылении, предварительная очистка и активация поверхности, модификация поверхностей, непосредственное нанесение тонких пленок, нанесение методом ионно-лучевого распыления одно- и многослойных структур, ионное травление элементов поверхности в любых материалах, очистка, доводка и придание формы прецизионным деталям с помощью ионного пучка, полировка ионным пучком при подготовке образцов для микроскопа.

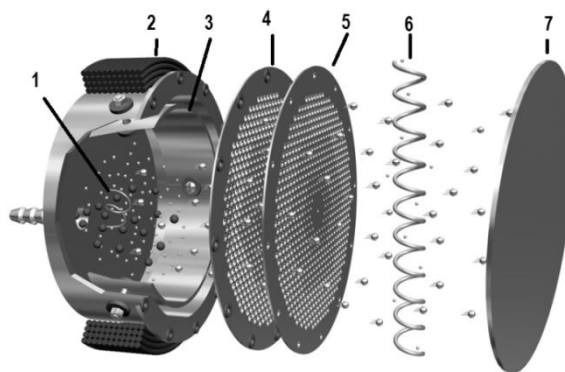


Рисунок 1 – Ионно-лучевой источник Кауфмана

Конструкция сеточного ионно-лучевого источника Кауфмана показана на рисунке 1. Горячий катод 1 в разрядной камере эмитирует электроны. Соударяясь с нейтральными атомами в разрядной камере, электроны выбивают из них вторичные электроны, тем самым ионизируя атомы. Анод 3 и соленоид 2 создают скрещенные электрическое и магнитное поля, что увеличивает длину траектории электронов, тем самым увеличивая вероятность соударений и ионизации. Электроны, не попавшие на анод, отталкиваются экранирующей сеткой

4, которая в то же время притягивает положительно заряженные ионы. С помощью ускоряющей сетки 5 ионы ускоряются в направлении подложки, формируя пучок. Часто используется третья сетка, с помощью которой происходит регулирование энергии ионов и создание моноэнергетического пучка. Компенсатор 6 эмитирует электроны, компенсируя положительный пространственный заряд пучка. В идеале на подложку 7 должен попасть полностью нейтральный пучок.

Одним из определяющих факторов, влияющих на качество пучка ускоренных частиц, является пространственный заряд ионного пучка. В первую очередь он вызывает расхождение луча за счет электростатических сил отталкивания. Отыскание формы пучка при заданных граничных условиях (скорость пучка на выходе из отверстия, начальный диаметр пучка), наталкивается на известные трудности, связанные с решением уравнения Пуассона (фактически нужно решать систему – уравнение Пуассона, уравнение непрерывности, уравнение движения), и даже при решении простейших задач подобного типа приходится пользоваться существенными допущениями. В первую очередь можно пренебречь полем за ускоряющей сеткой, считая, что до введения пучка пространство его пролета было эквипотенциально. Это значительно упрощает уравнение Пуассона. Тогда можно пренебречь членом учитывающим распределение потенциала и уравнение записать в виде:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial U}{\partial r} \right) = -4\pi\rho.$$

Введем следующее упрощение. Предположим, что плотность пространственного заряда постоянна во всем поперечном сечении пучка, т. е. $\rho(R) = \rho = const.$. В этом случае предположение состоит в том, что потенциал может меняться в левой части уравнения Пуассона, но постоянен в правой части, т. е. частицы движутся с постоянной скоростью, не ощущая ослабления потенциала, обусловленного пространственным зарядом. Если перванс пучка не слишком велик, это предположение приводит к решению, весьма близкому к реальному.

Определение формы расплывающегося пучка сводится к интегрированию уравнения радиального движения периферийной частицы

$$M \ddot{r} = F_e = \frac{2I_e}{rv_z}.$$

Трудность проблемы пространственного заряда хорошо демонстрируется тем фактом, что даже уравнение параксиальных лучей, записанное для нерелятивистского пучка с постоянной плотностью заряда, движущегося в области пространства, свободной от внешних сил, является нелинейным дифференциальным уравнением второго порядка решаемое только численно.

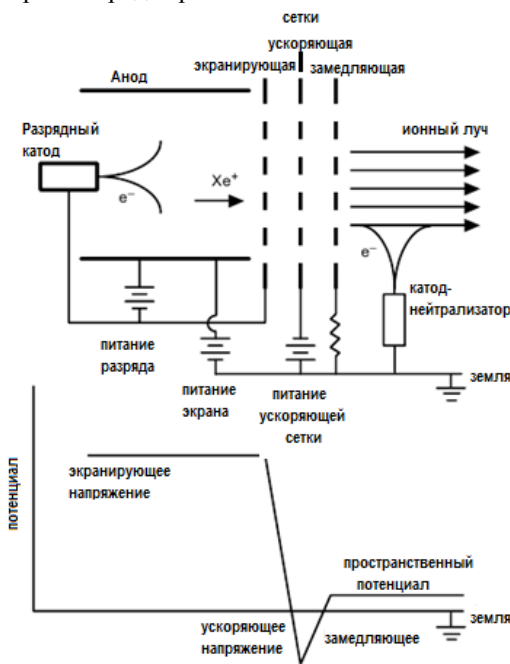


Рисунок 2 – Схема сеточного ионного источника и распределение потенциала

положительно заряженную сетку, притягивающую электроны. После настройки компенсатора при текущем режиме измеряющие клетки Фарадея убираются (положительно заряженная сетка остается), и можно приступить к непосредственному выполнению процесса.

Как правило, компенсатор находится под тем же потенциалом, что и ускоряющая сетка, что обеспечивает отсутствие электромагнитного поля за ускоряющей сеткой (рис. 2).

Второе на что требуется обратить внимание – это пространственный заряд, попадающий на подложку. Он может существенно влиять на ранее сформированные структуры, например, широко используемые МОП-транзисторы, чьи характеристики сильно зависят от паразитных зарядов в подзатворном диэлектрике. Сейчас обеспечивается компенсация примерно 70 % пространственного заряда. Основным источником электронов сейчас является вольфрамовая проволока или спираль, которая не обеспечивает равномерной плотности электронов по площади поперечного сечения пучка. Также она отклоняет траектории положительно заряженных ионов, изменяя распределение пучка по площади. Альтернативным способом компенсации является компенсация электронными пушками, направленными на пучок с трех сторон, для обеспечения равномерного распределения электронов и создания электронного облака. Тем не менее возможна так называемая перекомпенсация создающая отрицательно заряженные ионы. Для настройки мощности компенсатора можно использовать сетку клеток Фарадея, расположенную до и после компенсатора, что позволит построить распределение плотности тока по площади. Так как кроме ионного тока клетка Фарадея будет измерять еще и электронный ток, вызванный так называемыми космическими электронами, следует вокруг пучка разместить

Распространение ионных пучков относится в настоящее время к одной из немногих «недоисследованных» областей в физике плазмы. Вместе с тем, актуальность этой задачи очевидна для целого ряда направлений практической деятельности, такой как работа ионных источников, используемых в ряде технологических процессов.

Список литературы

1. Елизаров, А. А. Физика интенсивных электронных и ионных пучков : учеб. пособие / А. А. Елизаров – Минск : Наука, 2007. – 40 с.
2. Власов, М. А. К теории разряда в скрещенных полях / М. А. Власов // Журнал технической физики. – 2001. – Т. 71, вып. 12. – С. 34–42.
3. Промышленные источники широких ионных пучков // Актан Вакуум. Вакуумная техника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.actan.ru/e_vacomp_ions_tl_tn01.html.
4. Goebel, Dan M. Fundamentals of Electric Propulsion: Ion and Hall Thrusters / Dan M. Goebel, Ira Katz, John Wiley and Sons. – Ltd – United States, 2008.

This paper analyzes the problem of the influence of the ion beam space charge of the multi-aperture gridded ion-beam source on the shape of the ion beam and on the structures formed on the substrate. A solution to the problem of ensuring equability of the ion beam space charge compensation was offered.

Куратцова Анна Андреевна, магистрант, факультет радиотехники и электроники, БГУИР, Минск, Беларусь, ankuflamma@mail.ru.

Научный руководитель – *Родионов Юрий Анатольевич*, кандидат технических наук, доцент, БГУИР, Минск, Беларусь, youri_rodionov@tut.by.

УДК 006.91:681.26.074

Р. А. ЛОПАТИК, В. Г. РОВБА

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЦЕНИВАНИЯ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПОВЕРКЕ ЭТАЛОНОВ МАССЫ

Разработаны методика и прикладная компьютерная программа оценивания неопределенности измерений при поверке эталонов массы.

Важность точного измерения массы и развитие техники ее измерения приводят к необходимости модернизации методов и средств метрологического контроля эталонов массы.

Результаты измерений должны снабжаться единой характеристикой их точности, которой в настоящее время в соответствии с международными требованиями является неопределенность измерений [1].

Неопределенность (измерения) – это параметр, связанный с результатом измерений, который характеризует разброс значений, который могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине [2].

Меры (эталон) массы – гири, воспроизводящие с определенной точностью единицу массы, применяемые при взвешивании, для градуировки и поверки весов.

Основной поверяемой метрологической характеристикой эталонов массы (гирь) являются условная масса m_c [3].

Определение массы гирь при поверке проводят сличением с помощью компаратора. При этом применяют один из методов точного взвешивания:

- метод двойного взвешивания (метод Гаусса);
- метод замещения: метод Д. И. Менделеева; метод Борда (взвешивание на одном плече).

Компаратор массы – высокоточное метрологическое устройство, предназначенное для калибровки и поверки гирь, а также определения массы различных объектов.

Значение условной массы поверяемой гири m_{ct} вычисляют по следующим формулам:

- с учетом поправки на действие выталкивающей силы воздуха

$$m_{ct} = m_{cr} + \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n \Delta_i + \left\{ m_{cr} (\rho_{ai} - \rho_0) \left(\frac{1}{\rho_t} - \frac{1}{\rho_r} \right) \right\} \right], \quad (1)$$

$$m_{ct} = m_{cr} + \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n \Delta_i + (\rho_{ai} - \rho_0) (V_t - V_r) \right]; \quad (2)$$

- без учета поправки на действие выталкивающей силы воздуха

$$m_{ct} = m_{cr} + \overline{\Delta m_c} = m_{cr} + \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n \Delta I_i \right], \quad (3)$$

где m_{ct} – условная масса испытуемой гири, m_{cr} – условная масса эталонной гири, $\overline{\Delta m_c}$ – среднее значение результата измерений разности масс сличаемых гирь, ΔI_i – разность между показаниями масс испытуемой и эталонной гирь, полученными на весах, ρ_{ai} – плотность влажного воздуха, ρ_0 – нормальная плотность воздуха.

Результаты измерений снабжаются значениями их неопределенности – единой характеристикой точности.

В настоящей работе созданы методика и компьютерная программа оценивания неопределенности измерений при поверке эталонов массы.

На основании анализа входных величин и оценки их стандартных неопределенностей составлен бюджет неопределенности и оценены суммарная неопределенность измерений условной массы поверяемой гири.

Суммарная стандартная неопределенность определения значения условной массы гири:

$$u_c(m_{ct}) = \sqrt{u_w^2(\overline{\Delta m_c}) + u^2(m_{cr}) + u_b^2 + u_{ba}^2} \quad (4)$$

Если при расчетах используют значение плотности материала равное $8.0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, то:

$$u_c(m_{ct}) = \sqrt{u^2(m_{cr}) + u_w^2(\overline{\Delta m_c}) + u_{ba}^2 + \frac{1}{3} \left[(\rho_a - \rho_0) (V_r' - V_t') \right]^2}, \quad (5)$$

$$u_c(m_{ct}) = \sqrt{u^2(m_{cr}) + u_w^2(\overline{\Delta m_c}) + u_{ba}^2 + \frac{1}{3} \left[m_{cr} (\rho_a - \rho_0) \left(\frac{1}{\rho_t'} - \frac{1}{\rho_r'} \right) \right]^2}, \quad (6)$$

где V_r' и V_t' – значения объемов эталонной и поверяемой гирь в соответствии со свидетельством о поверке, ρ_r' и ρ_t' – значения плотности материала эталонной и поверяемой гирь в соответствии со свидетельством о поверке, u_w – неопределенность, обусловленная процессом взвешивания, u – стандартная неопределенность, u_b – стандартная неопределенность определения поправки на действие выталкивающей силы воздуха, u_{ba} – неопределенность, обусловленная погрешностью весов.

В качестве языка программирования выбран Visual Basic 2008.

На рисунке 1 приведен главный интерфейс программы оценивания неопределенности измерений условной массы поверяемой гири.

The screenshot shows a software window titled "Оценивание неопределенности измерений условной массы по...". The main heading is "Результаты измерений". The interface includes several input fields for data entry:

- m_{cr} , кг
- V_r , м³
- V_t , м³
- u , кг
- ρ_0 , кг·м⁻³ (value: 1.2)
- ρ_r , кг·м⁻³
- ρ_t , кг·м⁻³
- u_b , кг
- ρ_{ai} , кг·м⁻³
- I_{ri}
- I_{ti}
- u_{ba} , кг
- u_w , кг
- m_{ct} , кг
- $u_c(m_{ct})$, кг

There are two radio buttons at the bottom left:

- С учетом поправки на действие выталкивающей силы воздуха
- Без учета поправки на действие выталкивающей силы воздуха

 A "Принять" button is located near the u_w field, and a large "Расчитать" button is at the bottom right.

Рисунок 1 – Главный интерфейс программы оценивания неопределенности измерений условной массы поверяемой гири

Список литературы

1. Ефремова, Н. Ю. Оценка неопределенности в измерениях : практ. пособие. / Н. Ю. Ефремова. – Минск : БелГИМ, 2003.
2. Guide to the Expression of Uncertainty in measurement : First edition. ISO, Geneva. 1993.
3. ГОСТ OIML R 111-1-2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Гири классов $E_1, E_2, F_1, F_2, M_1, M_{1-2}, M_2, M_{2-3}, M_3$. Часть 1. Метрологические и технические требования.

The article describes the developed methods and application computer program for the evaluation of the inaccuracy of measurements in the process of mass standards verification.

Лопатик Роман Александрович, студент 5 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, romanlopatik@gmail.com.

Ровба Владимир Геннадиевич, студент 5 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, govba-v@mail.ru.

Научный руководитель – *Васильюк Геннадий Тимофеевич*, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, vasilyuk@grsu.by.

УДК 533.9.03

М. С. ЛУШАКОВА, О. И. ТИХОН

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВЧ ПРЕДЫОНИЗАЦИИ НА УСЛОВИЯ ПРОБОЯ В МОЛЕКУЛЯРНЫХ ГАЗАХ В РАЗРЯДНОЙ СИСТЕМЕ Е-ТИПА

Проведено исследование характеристик возбуждения, поддержания и погасания разряда в молекулярных газах для селективного травления материалов плазмой низкочастотного разряда (10–30 кГц) Е-типа в условиях предыонизации плазмы СВЧ разрядом.

Для изготовления структур интегральных микросхем требуется обеспечить высокие скорости процесса формирования топологии изделия. Прямое увеличение мощности, вкладываемой в плазму разряда, в которой производится обработка, не всегда возможно, так как приводит к перегреву обрабатываемых поверхностей, связано с повышением радиационной дефектности обрабатываемых структур и т. д. [1]. Этого можно избежать при проведении предварительной ионизации плазмообразующего газа вне области обработки. Но этот подход недостаточно изучен и требует дополнительного теоретического и экспериментального исследования.

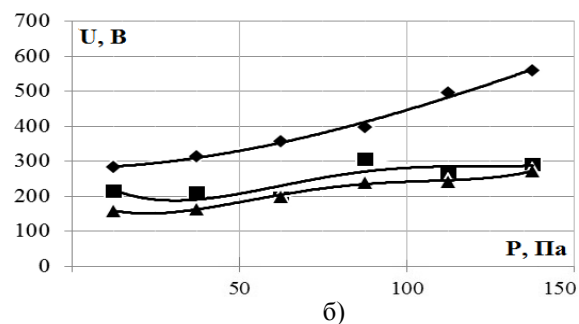
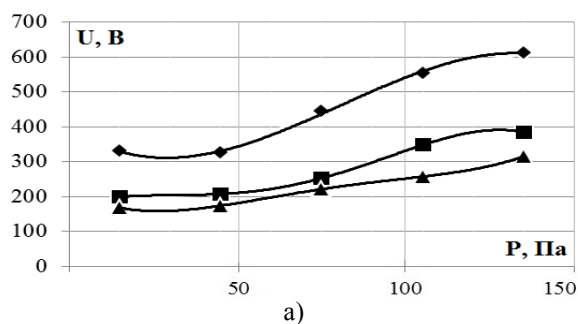
В качестве плазменного источника использовался СВЧ плазмотрон резонаторного типа, собранный на базе согнутого в кольцо прямоугольного волновода, имеющего на внутренней поверхности отверстия для поступления СВЧ энергии в резонирующую область. По оси волноводного излучателя располагалась кварцевая разрядная камера, в которой в условиях вакуума возбуждался газовый разряд. Обрабатываемые пластины размещались за пределами области СВЧ плазмообразования на горизонтальном подложкодержателе, являющимся элементом разрядной системы Е-типа.

Проведены эксперименты по зажиганию тлеющего разряда в вакуумной камере, с размещенной в ней кремниевой пластиной или без нее, в плазмообразующих газах – O_2 и N_2 , который получали с помощью генератора чистого азота, используемого совместно с блоком очистки воздуха.

Пробивное напряжение возбуждения и погасания разряда регистрировалось с помощью подключенного к компьютеру АЦП LA-1.5. Полученные данные обрабатывались с использованием программы PowerGraph 3.3 и по изменениям напряжения определялись моменты возбуждения разряда, установление стабильного горения и погасание разряда. Давление в вакуумной камере фиксировалось с помощью вакуумметра.

Из серий экспериментов получены зависимости пробивного напряжения разряда от давления для холостого хода перед возбуждением, напряжение поддержания разряда, нижний порог величины напряжения на разряде перед погасанием. Для экспериментов с пластиной использовались кремневые пластины диаметром 76 мм.

Представлены графические зависимости для плазмообразующих сред O_2 и N_2 , а также в среде O_2 при наличии в разрядной камере Si пластин диаметром 76 мм (рисунок 1 а, б, в).



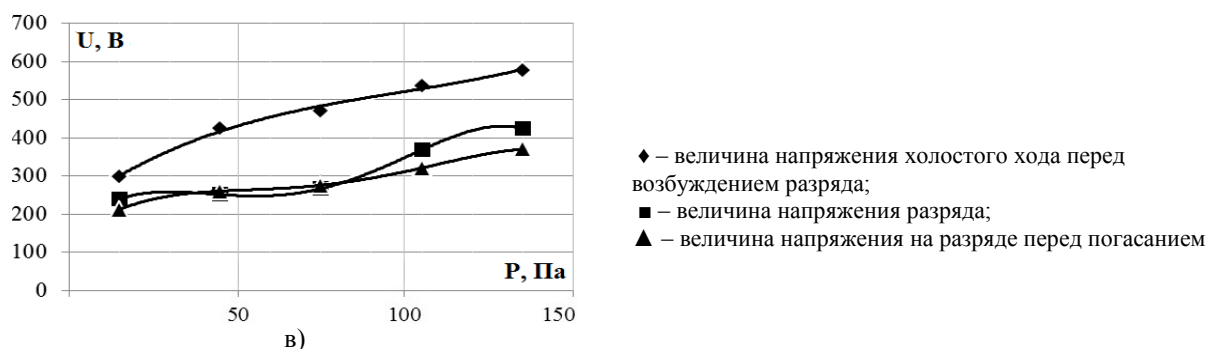


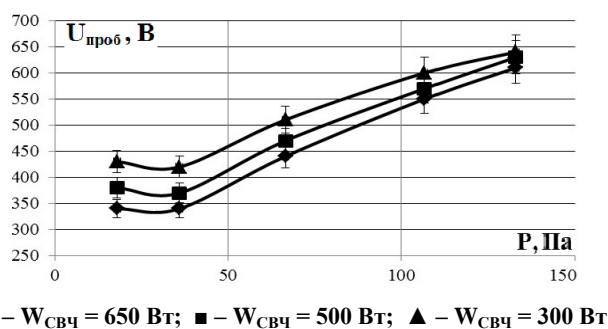
Рисунок 1 – Зависимость пробивного напряжения от давления без пластин в среде кислорода (а) и азота (б), с Si пластинами диаметром 76 мм в среде кислорода (в)

По полученным данным можно судить о резком спаде величины напряжения при зажигании разряда примерно на 120–140 В. Это можно пояснить тем, что до зажигания разряда необходима энергия для ионизации газа, а после того, как разряд уже зажегся, в плазме ионизация газа происходит за счет лавинных эффектов, которые требуют меньшего энерговклада и, следовательно, меньших значений напряжения.

Стабильность горения разряда довольно велика, чему соответствуют практически совпадающие величины напряжения разряда после загорания и перед потуханием. Характер зависимостей для O_2 и N_2 близок к линейному, небольшие различия в значениях напряжения объясняются различными физико-химическими свойствами молекулярных газов [2, 3].

Необходимо отметить, что графические зависимости пробивного напряжения от давления в камере без пластин и с пластинами не имеют существенных различий с учетом погрешности измерений (рисунок 1 в).

Экспериментально установлено, что по мере повышения давления в указанном диапазоне для исследованных газов степень влияния подводимой к области СВЧ разряда СВЧ мощности на величину пробивного напряжения для возбуждения разряда Е-типа снижается. На рисунке 2 приведен пример зависимости величины низкочастотного пробивного напряжения в среде O_2 от давления при разных значениях величины, генерируемой магнетроном СВЧ мощности.



◆ – $W_{\text{свч}} = 650$ Вт; ■ – $W_{\text{свч}} = 500$ Вт; ▲ – $W_{\text{свч}} = 300$ Вт

Рисунок 2 – Зависимость величины низкочастотного пробивного напряжения в среде O_2 от давления при разных значениях мощности СВЧ магнетрона, возбуждающего СВЧ разряд

Поведение кривых на графике в области низкого давления указанного диапазона (рисунок 2) характеризуется сильным влиянием дополнительной ионизации в области ближнего послесвечения плазмы СВЧ разряда. В области более высоких давлений указанного диапазона ввиду того, что вероятность столкновения и гибели электронов высокая и не может быть в достаточной степени компенсирована дополнительной ионизацией среды СВЧ разрядом, степень влияния СВЧ преддионизации на значения $U_{\text{проб}}$ значительно слабее.

Таким образом, для исследованных газов зависимости между величиной мощности СВЧ разряда и значением пробивного напряжения носят обратно пропорциональный характер и близки к линейным.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что разряд Е-типа в послесвечении плазмы СВЧ разряда имеет стабильные характеристики в интервале исследованных давлений 15–150 Па. Величина напряжения возбуждения разряда линейно возрастает по мере увеличения давления. Нахождение пластин диаметром 76 мм в камере не оказывает значительного влияния на процесс формирования плазмы. Эти данные позволяют осуществить выбор электрических режимов низкочастотного генератора для формирования разряда Е-типа применительно к условиям проведения процессов плазмохимической обработки материалов и изделий электронной техники в области послесвечения СВЧ разряда.

Список литературы

1. Плазменные процессы в производстве изделий электронной техники: в 3 т. / А. П. Достанко [и др.]. – Минск : ФУАинформ, 2001. – Т. 2. – 244 с.
2. Madveika, S. I. Theoretical analysis of low vacuum microwave discharge exciting and maintaining conditions in resonator type plasmatron / S. I. Madveika, S. V. Bordusau // Plasma Physics and Technology. – 2015. – V. 2, № 2. – P. 155–158.
3. Мадвейко, С. И. Исследование характеристик возбуждения и поддержания плазмы низкочастотного тлеющего разряда Е-типа в среде O_2 / С. И. Мадвейко, М. С. Лушакова, С. В. Бордусов // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций, РТ-2015 : материалы 11-й междунар. молодежной научн.-техн. конф., 16–20 ноября 2015 г. – Севастополь, 2015. – С. 121.

Investigation of the excitation, maintenance and extinction characteristics of the discharge in molecular gases for the selective etching of materials in low-frequency E-type plasma discharge (10–30 kHz) in conditions of preionization by microwave discharge has been performed.

Лушакова Мария Сергеевна, аспирант, факультет компьютерного проектирования, БГУИР, Минск, Беларусь, lushakova@bsuir.by.

Тихон Олег Игоревич, БГУИР, Минск, Беларусь.

Научный руководитель – Бордусов Сергей Валентинович, доктор технических наук, профессор, БГУИР, Минск, Беларусь, bordusov@bsuir.by.

УДК 621.039.587

ЛЭ ТХИ ЗИЕУ ХЬЕН

МОНТЕ-КАРЛО МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ ВЫГОРАНИЯ МАТЕРИАЛА РАДИАТОРА ИОНИЗАЦИОННОЙ КАМЕРЫ

Методами Монте-Карло исследовано изменение чувствительности ионизационной камеры деления со временем, обусловленное выгоранием делящегося вещества радиатора в нейтронных потоках. Приведены результаты зависимости чувствительности от времени для различных времен работы ионизационной камеры.

Наибольшее применение в ядерной энергетике при измерении потоков нейтронов получили ионизационные камеры деления (ИКД) [1, 2], чувствительные элементы которых содержат делящиеся вещества.

Одним из важных эффектов в ионизационной камере является выгорание материала радиатора, которое определяет изменение чувствительности ионизационной камеры со временем.

В настоящей работе с помощью Монте-Карло моделирования исследованы эффекты выгорания чувствительного материала со временем, рассчитано изменение чувствительности ИКД, вызванное этим выгоранием в нейтронных потоках различной интенсивности.

В простейшем случае ИКД состоит из двух электродов (плоских или цилиндрических), один из них (радиатор) покрывается тонким слоем делящегося вещества (обычно это ^{235}U). В цилиндрических камерах радиатор может быть как внешним электродом, так и внутренним электродом. Межэлектродное пространство заполнено рабочим газом, обычно это аргон с небольшой (~4 %) примесью азота или другого газа.

Для определенности, ниже рассмотрена Монте-Карло модель камеры типа КНТ-5, используемой в системе управления и защиты ядерных реакторов типа ВВЭР [2].

Эволюция ^{235}U в радиаторе ИКД может быть описана набором связанных кинетических интегро-дифференциальных уравнений. В этих условиях усредненные по спектру сечения деления и захвата нейтронов, также как и концентрацию ядер ^{235}U можно рассматривать как константы, не зависящие от радиуса.

В камере КНТ-5 уран наносится в виде оксида U_3O_8 , обогащенного изотопом ^{235}U на 90 %. Будем полагать, что нейтронный поток остается однородным в пределах ИКД и постоянным во времени, тогда эволюция ^{235}U в радиаторе может быть представлен в виде:

$$\frac{dN}{dt} = -\left(N(t)\Sigma_f + N(t)\Sigma_c + \lambda N(t)\right), \quad (1)$$

где $N(t)$ – число ядер ^{235}U в единице объема в момент t , Σ_f – усредненное по спектру сечение деления ^{235}U , Σ_c – усредненное по спектру сечение (без деления) захвата нейтрона ядром ^{235}U , λ – постоянная распада ^{235}U .

Начальные условия для решения этих уравнений : $N(t)_{t=0} = N_0$

Простейший способ решения этих уравнений – применение схемы Эйлера на временном шаге $(t, t + \Delta t)$. Этот подход позволяет использовать программу Монте-Карло моделирования переноса частиц в среде для

решения задачи о выгорании радиатора. В качестве такой программы использована программа MCNP (версия 4b).

На первом шаге в материальной карте, той части входного файла MCNP, который определяет состав материальных сред задачи, задаются исходные атомная плотность и атомные фракции всех нуклидов. С помощью Монте-Карло моделирования проводится расчет числа делений и других реакций под действием фиксированного потока нейтронов (одинакового на всех шагах), проходящего через рабочий объем камеры.

По этим величинам рассчитываются новые атомные плотности нуклидов и заносятся в материальную карту MCNP, и процедура повторяется для следующего шага, пока не будет исчерпан весь исследуемый временной интервал. Управление работой MCNP и пересчет атомных плотностей реализованы с помощью созданного на языке Perl скрипта.

В качестве характерных величин потоков при моделировании были выбраны потоки в диапазоне от низкой интенсивности, характерной для области за корпусом реактора, до средней и высокой интенсивности, характерных для внутренности его активной зоны: $2 \cdot 10^6 \div 2 \cdot 10^{15}$ нейтр.см⁻².с⁻¹ с энергетическим спектром, характерным для внутренности активной зоны реактора ВВЭР-1000.

Чувствительность камеры определяется согласно [1] отношением тока камеры к величине плотности потока нейтронов. Для изменения этой характеристики, нормированной на плотность поток нейтронов, во времени вследствие выгорания удобно использовать обратную ей величину, называемую эффективностью, имеющую общепринятый смысл эффективности регистрации прибора.

На рис. 1 показан результат моделирования эффективности камеры при низкой и высокой интенсивностях нейтронного потока, указанных выше.

Поведение эффективности со временем показывает, что для высокой интенсивности нейтронного потока необходимо вносить в показания прибора существенные поправки в зависимости от времени.

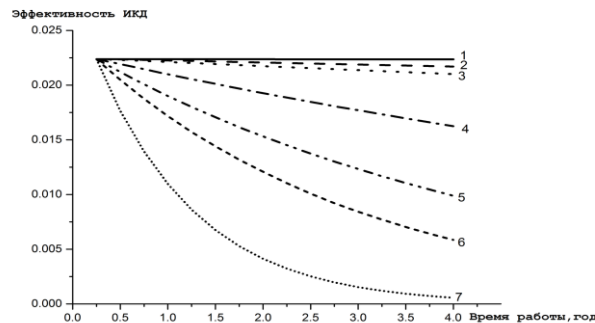


Рисунок 1 – Зависимость эффективности ИКД от времени для типичного спектра внутри активной зоны реактора ВВЭР для различных значений плотности потока нейтронов, нейтр.см⁻².с⁻¹: 1 – $\approx 2 \cdot 10^6$ – $2 \cdot 10^{10}$; 2 – $1 \cdot 10^{12}$; 3 – $2 \cdot 10^{12}$; 4 – $5 \cdot 10^{13}$; 5 – $1 \cdot 10^{14}$; 6 – $4 \cdot 10^{14}$; 7 – $1 \cdot 10^{15}$

В диапазоне потоков нейтронов $1 \cdot 10^{12}$ – $5 \cdot 10^{13}$ нейтр.см⁻².с⁻¹ поведение эффективности носит линейный характер, и поправки можно внести достаточно просто. Однако при потоке, большем, чем 10^{14} нейтр.см⁻².с⁻¹, эффективность со временем ведет себя нелинейно и введение поправок осложняется.

Ясно, что при этих потоках, возможно, предпочтительно использовать ионизационные камеры с компенсацией выгорания (камеры, в которых радиатор содержит нескольких нуклидов, способных делиться под действием нейтронов; убыль основного нуклида за счет выгорания компенсируется его генерацией нейтронами из других нуклидов) [1].

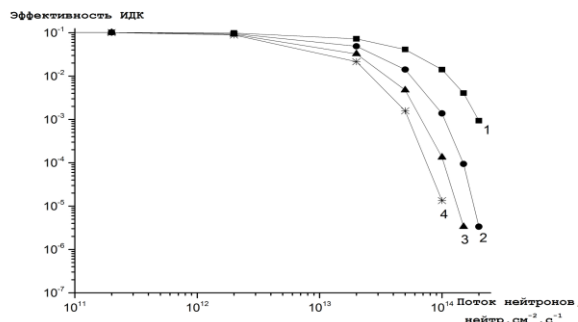


Рисунок 2 – Зависимость эффективности ионизационной камеры от величины потока нейтронов для различных времён работы: 1 – 1 год; 2 – 2 года; 3 – 3 года; 4 – 4 года (спектр нейтронов – распределение Максвелла)

Сильное выгорание урана и связанное с ним резкое падение эффективности регистрации хорошо демонстрирует рис. 2, где показан ход эффективности ИКД в зависимости от величины потока нейтронов для четырех времен, прошедших с момента начала работы камеры. Этот рисунок подтверждает сделанные выше выводы о необходимости вносить коррекцию на выгорание и даже на замену камеры в зависимости от интенсивности нейтронных потоков.

Список литературы

1. Малышев, Е. К. Газоразрядные детекторы для контроля ядерных реакторов / Е. К. Малышев, Ю. Б. Засадыч, С. А. Стабровский – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 241 с.
2. Дмитриев, А. Б. Нейтронные ионизационные камеры для реакторной техники / А. Б. Дмитриев, Е. К. Малышев. – М. : Атомиздат, 1975. – 95 с.

The change of sensitivity of the fission ionization chamber over time, caused by burnup of fissile material of the radiator at low and high intensity of the neutron flux has been considered.

Лэ Хи Зиеу Хьен, аспирантка физического факультета БГУ, Минск, Беларусь, hienle.job@gmail.com.

Научный руководитель – *Кутень Семен Адамович*, кандидат физико-математических наук, Институт ядерных проблем БГУ, semen_kuten@list.ru.

УДК 538.9

Д. В. МИР, Н. С. ПИСАРЕНКО

СПЕЦИФИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОДЛОЖЕК ГИС СВЧ-ДИАПАЗОНА

Рассмотрены особенности изготовления подложек в гибридных интегральных схемах (ГИС) СВЧ-диапазона в виде технологии на основе низкотемпературной совместно обжигаемой керамики (LTCC). Выделены основные методы нанесения пасты для изготовления LTCC. Приведены преимущества LTCC-технологии.

В технологии многослойных ИС на LTCC можно выделить два процесса: изготовление керамических листов и изготовление многослойных структур на их основе.

Изготовление керамических листов представляет собой процесс, в котором композитная паста в виде суспензии, состоящей из частиц керамики, боросиликатного стекла и различных модификаторов, наносится на плоскую поверхность, называемую основой.

Выделяют множество методов нанесения пасты, основными из которых являются: метод раскатывания и метод покрытия. При использовании метода раскатывания (рис. 1) основа перемещается относительно резервуара с пастой. Суспензия выдавливается через щель, ширина которой и определяет толщину раскатываемых листов. При использовании метода покрытия (рис. 2) гибкая основа протягивается через резервуар с пастой. В результате основа оказывается покрытой тонким слоем суспензии. В этом случае параметрами, определяющими толщину керамического листа, являются вязкость состава, скорость движения основы и угол, под которым основа выходит из пасты. Данный метод применяют при промышленном производстве LTCC.

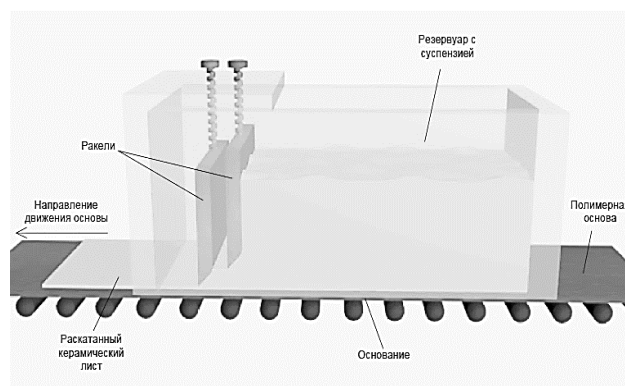


Рисунок 1 – Метод раскатывания

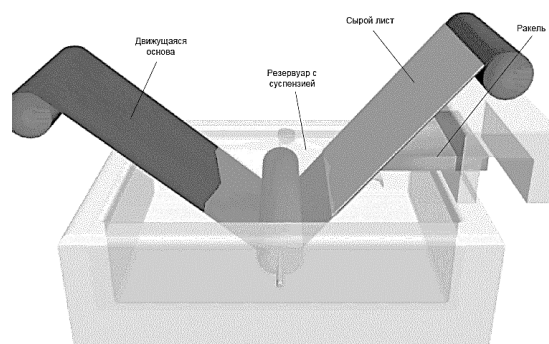


Рисунок 2 – Метод покрытия

После обрезки и температурной обработки получают так называемые «сырые» (необожженные) керамические листы толщиной 20...200 мкм. Свойства керамических листов определяются их химическим составом, в частности используемыми модификаторами.

Технологический процесс изготовления многослойных структур на основе LTCC состоит из нескольких этапов (рис. 3).

Вначале листы нарезаются в размер при помощи резака или лазерного луча умеренной мощности, чтобы предотвратить преждевременный обжиг LTCC. Некоторые материалы перед проведением последующих технологических операций требуют предварительной просушки.

Затем механическим способом или лазером в листах пробиваются отверстия для межслойных соединений. Минимально возможный диаметр отверстий зависит от способа пробивки и вязкости проводящей пасты, которая должна полностью заполнять отверстие для обеспечения надежного межслойного соединения. При механической пробивке минимальный диаметр отверстий составляет около 100 мкм, при пробивке лазером – до 25 мкм, и в любом случае он должен превышать толщину керамического листа. После пробивки производится заполнение отверстий проводящей пастой через трафареты из нержавеющей стали толщиной 150...200 мкм. Для нанесения пасты применяется ракель или специальный экструзионный пресс с давлением в 4...4,5 бар.

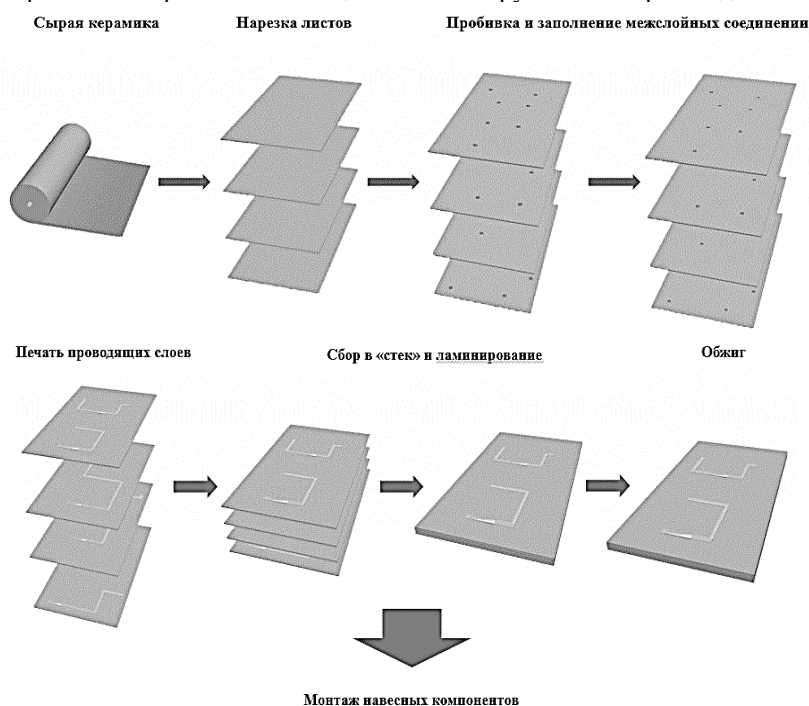


Рисунок 3 – Технологический процесс изготовления многослойных структур на основе LTCC

На следующем этапе на керамические листы методом трафаретной печати наносится рисунок топологии проводящих слоев ИС [1]. Технология получения рисунка топологии зависит от разрешающей способности трафаретной печати и условий её проведения. Нами были получены ширины проводящих слоев и расстояние между ними 90 мкм и 90 мкм соответственно.

Далее керамические листы совмещаются в «стек», ламинируются и обжигаются. Нами был реализован трехстадийный процесс термообработки керамики: процесс изостатического ламинирования проводился при температуре 80 °С под давлением; процесс выжигания органических веществ – при температуре 420 °С в течение 35 минут; процесс обжига – при температуре 830 °С в течение 25 минут. Во время процесса обжига происходит формирование всей LTCC структуры.

Основные преимущества LTCC-технологии: очень хорошие электрические характеристики и их стабильность до миллиметровых длин волн (диэлектрическая проницаемость такой керамики варьируется от 6 до 9, а тангенс угла диэлектрических потерь в ГГц-диапазоне от 0,001 до 0,006); превосходная механическая стабильность; низкий ТКР; хорошая теплопроводность; возможность 3D интеграции [2].

Список литературы

1. Симин, А. Многослойные интегральные схемы сверхвысоких частот СВЧ на основе керамики с низкой температурой обжига / А. Симин, Д. Холодняк // Компоненты и технологии. – 2005. – № 5.
2. Кондратюк, Р. LTCC – низкотемпературная совместно обжигаемая керамика / Р. Кондратюк // Наноиндустрия. Научно-технический журнал. – 2011. – № 6.

The main stages of technical process of production of substrates in hybrid integrated circuits are considered. The main technological modes are proved. The optimum scheme of production of substrates for hybrid integrated circuits of the increased security from electromagnetic radiation is chosen.

Мир Дмитрий Владимирович, студент 4 курса, факультет радиоэлектроники, БГУИР, Минск, Беларусь. dmitriy.mir@tut.by.

Писаренко Никита Сергеевич, БГУИР, Минск, Беларусь, crstianomantd@inbox.ru.

Научный руководитель – *Родионов Юрий Анатольевич*, кандидат технических наук, доцент, БГУИР, Минск, Беларусь, youri_rodionov@tut.by.

УДК 544.2

С. А. НИКИТЮК, Е. А. АРТЮХ, О. М. КОМАР

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА КРЕМНИЯ ИЗ ПЛАЗМЫ АТМОСФЕРНОГО РАЗРЯДА

Проведен аналитический обзор методов получения наноразмерных частиц из плазмы при атмосферном давлении. Апробирована методика создания наночастиц оксида кремния в плазме диэлектрического барьерного разряда при атмосферном давлении.

Современный уровень развития науки и техники выдвигает необходимость создания наночастиц различного состава для применения в различных областях. Например, наночастицы диоксида кремния входят в состав средств огнезащиты, термически устойчивых лакокрасочных покрытий, высокотемпературных клеев, огнеупорного стекла, пеногасителей, красок, антикоррозионных покрытий, различных строительных смесей. Кроме того, нанодисперсный диоксид кремния интенсивно используется в качестве добавок при производстве различных материалов – силикона, резины, каучука, полимеров, бетона, герметиков, бумаги. Более того, в последнее время наблюдается рост интереса к частицам с размерами несколько десятком нанометров, в которых наблюдается проявление новых свойств. Поэтому представляется актуальным их получение различными методами. Одним из перспективных является метод получения частиц из плазмы атмосферного разряда [1–3].

Нами были проведены исследования по получению частиц оксида кремния из тетраэтоксисилана (ТЭОС) импульсно-плазменным методом в плазме атмосферного диэлектрического барьерного разряда. Схематичное изображение схемы эксперимента для получения наночастиц представлено на рисунке 1. Разрядная система имеет коаксиальную конфигурацию. Электрод под высоким потенциалом, выполненный в виде стержня, закреплен в цилиндре из диэлектрического материала посредством кварцевого изолятора. Со второго торца цилиндра находится кварцевая трубка диаметром 11 мм. Снаружи трубки ближе к открытому торцу устройства был закреплен второй электрод, который заземлен. Питание осуществлялось переменным током с частотой 25 кГц и напряжением порядка 10 кВ, что позволило сформировать диффузный факел в объеме между электродами и на выходе кварцевой трубки. В зону разряда подавалась рабочая смесь аргона с тетраэтоксисиланом [1]. Газ-носитель прокачивался через емкость с ТЭОСом. Регулировкой температуры емкости изменялась скорость испарения жидкости.

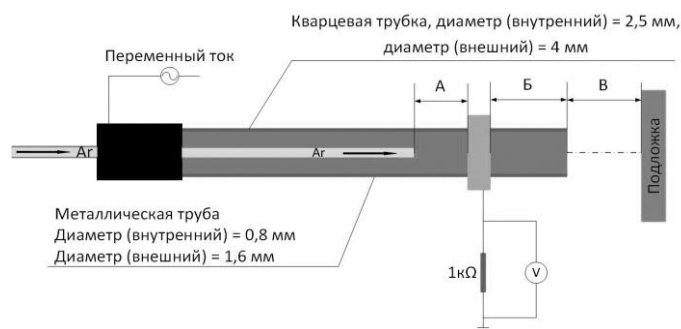


Рисунок 1 – Схема экспериментальной системы для формирования наночастиц оксида кремния

В общем случае размер частиц и производительность метода определяются мощностью разряда, соотношением подаваемых реагентов и геометрическими параметрами разрядной системы. На рисунке 2 приведена гистограмма распределения частиц по размерам полученных в результате обработки изображений с растрового электронного микроскопа при характерных режимах работы разрядной системы – мощности разряда 60–70 Вт. Из рисунка видно, что порошок из полученных наночастиц неоднороден по гранд составу и основная масса частиц по размерам находится в диапазоне от 50 до 80 нм. Это, несомненно лучше, чем гранд-состав, получаемый методом размолва в шаровых мельницах, однако для ряда применений этот разброс может быть критичным.

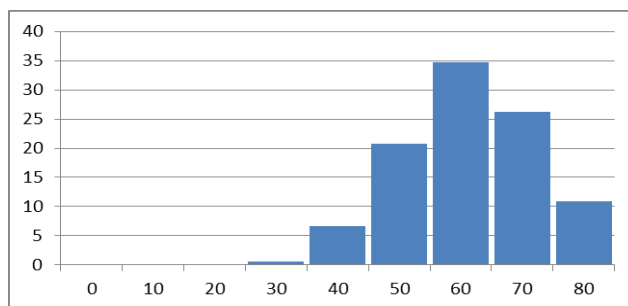
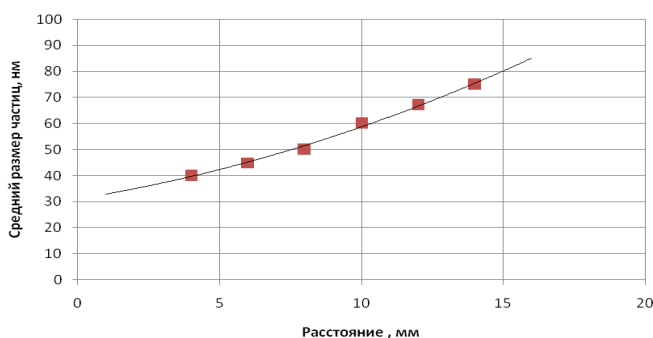
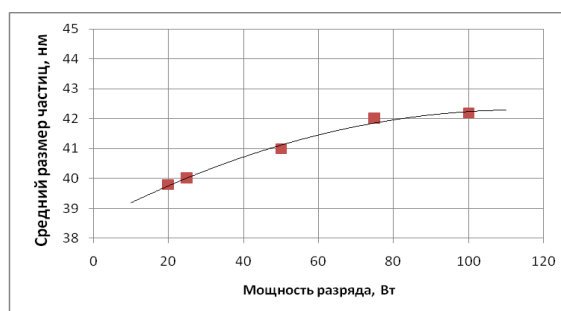


Рисунок 2 – Гистограмма распределения частиц по размерам, полученных в результате обработки изображений с растрового электронного микроскопа

Также размер частиц в значительной мере зависит от размеров А, Б и В, представленных на рисунке 1. Наибольшее влияние на размер формируемых частиц оказывает параметр А и дистанция агрегации В. Зависимость размера формируемых частиц от варьирования параметра А представлена на рисунке 3(а) и от мощности разряда – на рисунке 3(б).



а)



б)

Рисунок 3 – Зависимость средних размеров формируемых частиц от расстояния между электродами разрядной системы (а) и от мощности разряда при параметре А=5 мм (б)

Как видно из представленных зависимостей, диапазон варьирования средними размерами наночастиц ограничен значениями от 40 до 76 нм. Влияние параметра В менее значительно, но его регулировкой можно изменять гранд-состав получаемых частиц, так как более тяжелые из них, при удалении подложки от разрядной

системы, не долетают до последней. Мощность разряда также не оказывает значительного влияния на размеры формируемых частиц и позволяет регулировать их размер в диапазоне 1–3 нм.

Исходя из приведенных выше экспериментальных результатов, можно сделать вывод о пригодности импульсно-плазменного метода на основе плазмы атмосферного диэлектрического барьерного разряда для формирования наночастиц оксида кремния, однако требуются дополнительные исследования состава и стехиометрии получаемых частиц.

Список литературы

1. Sobota A, Guaitella O and Garcia-Caurel E. Experimentally obtained values of electric field of an atmospheric pressure plasma jet impinging on a dielectric surface // J. Phys. D : Appl. Phys., 2013, № 46. P. 1–5.
2. Vollath, D. Plasma Synthesis of Nanoparticles // KONA. – 2007. – № 25. – P. 39-54.
3. Edited by Horikoshi S. and Serpone N. Microwaves in Nanoparticle Synthesis: Fundamentals and Applications // WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2013. P. 1–10.

Analytical review of methods for producing nanoscale particles from the plasma at atmospheric pressure is carried out. Method of creation of the silicon oxide nanoparticles in dielectric barrier discharge plasma at atmospheric pressure is approved on.

Никитюк Сергей Анатольевич, студент 4 курса, факультет радиотехники и электроники, БГУИР, Минск, Беларусь, nikitas1995@mail.ru.

Комар Ольга Михайловна, аспирант, БГУИР, Минск, Беларусь, olga_komar@tut.by.

Артюх Евгений Александрович, студент, БГУИР, Минск, Беларусь.

Научный руководитель – *Котов Дмитрий Анатольевич*, кандидат технических наук, доцент, БГУИР, Минск, Беларусь, kotov@bsuir.by.

УДК 004.93'1

А. Д. ОПЕКУН

АВТОМАТИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ АВТОМОБИЛЯ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖЕСТОВОГО УПРАВЛЕНИЯ

Рассматриваются технологии, связанные с управлением цифровым устройством автомобиля без непосредственного прикосновения к нему водителя путем жестового управления. Также исследуются принципы работы приложений и разновидности программ, позволяющих управлять жестами.

В настоящее время получили широкое распространение «умные» технологии с «дружелюбным» по отношению к пользователю интерфейсом и графикой, отображаемой на мониторе, в том числе на бортовом компьютере автомобиля, что способствует улучшению связи с ним пользователя. В ближайшее время такой технологией может стать управление цифровым устройством автомобиля без непосредственного прикосновения к нему водителя, используя руки в качестве манипулятора.

Технология управления разработана на основе модели нажатия клавиши «мыши» с помощью какого-нибудь жеста и позволяющая, таким образом, выбирать и переносить ярлыки, нажимать кнопки и использовать все функции операционной системы. Например, для нажатия на кнопку необходимо жестом, отслеживаемым видеокamerой, подключенной к компьютеру, удерживать указатель и в течение двух секунд (при стандартных настройках программы) на месте. Далее открывается меню, где предложены варианты нажатий (одиночное нажатие, двойное, scroll). В Таблице 1 приведены примеры программ, позволяющих управлять жестами.

Таблица 1 – Программы жестового управления

Программа	Краткое описание
NPointer	Способна обнаружить любой движущийся объект и синхронизировать его координаты с указателем мыши. Программа предлагает массу настроек, с помощью которых можно изменить скорость движения, ускорение и другие параметры. Однако существенный её минус в том, что она работает только под Windows и не поддерживается Mac OSX.
Enable Viacam	Для выбора действий, которые пользователь может выполнить с манипулятором, используется специальная панель Enable Viacam. С помощью функций, вынесенных на эту панель, виртуальную мышь можно переводить в режим перетаскивания окон, выполнять имитацию нажатия на ней правой, левой и даже средней кнопки.
Head Mouse	Программа для управления курсором мыши при помощи движения головы, глаз и рта. Головой управляется курсор, а подмигиванием или открытием рта выполняются нажатия мышью.
Dmouse	Приложена для управления курсором мыши с помощью веб-камеры. Предварительно необходимо откалибровать веб-камеру, а затем управлять указателем можно будет "мановением руки"

Принцип работы приложений, которые управляют курсором мыши с помощью жестов головы, осуществляется путём:

- отслеживание положения головы и определение ее ориентации в трехмерном пространстве,
- преобразование имеющейся информации о положении головы в управляющие сигналы «мыши».

Определение ориентации головы. Основная идея предлагаемого алгоритма заключается в использовании двух детекторов лица, показания одного из которых инвариантны к повороту головы вне плоскости изображения, а другого, напротив, к нему чувствительны. Для определения ориентации головы в данной системе используется хорошо зарекомендовавшее себя как по устойчивости распознавание, так и по скорости работы: Color-Based Face. Этот алгоритм весьма нетребовательный к качеству и разрешению видео. Отслеживание по цветовой статистике. Для отслеживания положения головы применяется алгоритм, использующий цвет кожи как признак присутствия лица. Его основные преимущества: малая вычислительная сложность, устойчивость к изменению масштаба и повороту лица, устойчивость к изменению освещения, устойчивость к изменению выражения лица и частичному перекрытию лица другим объектом сцены. Для обнаружения пикселей цвета кожи был выбран метод Байесовской карты вероятностей. Данный метод позволяет значительно повысить надежность отслеживания лица по цвету кожи и в то же время не требует больших вычислительных затрат. Определение вектора направления головы осуществляется путём поиска вектора поворота головы.

Преобразование имеющейся информации о положении головы в управляющие сигналы «мыши». На этом этапе в системе уже имеется информация о векторе направления головы. Остается задача максимально эффективно преобразовать ее в управляющие сигналы «мыши». В системе предусмотрено два различных режима трансляции поворота головы в движения курсора – по скорости и по положению. Первый тип управления означает, что поворот головы на определенный угол влечет перемещение курсора в соответствующем направлении со скоростью, пропорциональной углу поворота. Во втором типе управления положение курсора напрямую зависит от угла поворота головы. На основе вычисленных координат u и v вектора поворота головы вычисляется перемещение курсора мыши.

Для выбора приложения подходящего для использования жестов для управления автомобилем были сформулированы требования:

- управлять функциями автомобиля с помощью ладони,
- управлять, не прикасаясь к экрану информационной системы,
- сканировать жесты людей в трех измерениях,
- отображение информации и значков функций на сенсорном дисплее,
- количество воспринимаемых системой жестов ограничено,
- жесты не отвлекают водителя и не уменьшают безопасность движения.

Анализ программ с учётом данных критериев позволяет определить, что наиболее подходящим приложением является Head Mouse.

Рассмотрим описание работы приложения Head Mouse, возможного для использования в автомобиле.

Программу можно настроить таким образом, чтобы движение курсора выполнялось быстрее, медленнее, в режиме зеркального отражения картинки камеры. Движение курсора может быть абсолютным, когда положение указателя жестко связано с жестами пользователя, или относительным, когда для управления курсором необходимо делать больше движений. В углу экрана постоянно отображается картинка с веб-камеры, по которой можно судить о том, насколько правильно ориентировано лицо пользователя. Еще одна интересная особенность Head Mouse – возможность идентифицировать команды, отдаваемые глазом пользователя или его губами. На практике, оказалось, очень удобно выделять текст, подмигивая одним глазом. Приложение может выполнять любые действия, которые возможно осуществить с помощью трехкнопочной мыши, а также позволяет запускать эти команды с определенной задержкой срабатывания.

В настройках Head Mouse можно даже записать клавиатурные макросы (Рисунок 1), которые значительно упростят выполнение наиболее часто используемых команд. Выглядит это примерно следующим образом: пользователь закрывает глаз – и на экране возникает меню с несколькими макросами. Управляя курсором, пользователь выбирает нужный пункт, и записанная ранее последовательность команд автоматически выполняется.

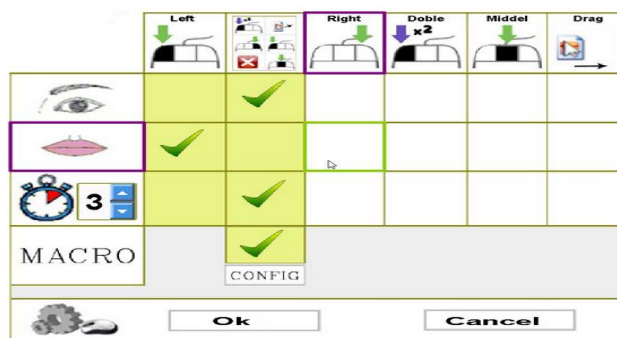


Рисунок 1 – Настройка макросов приложения

Таким образом, данная программа или аналогичные ей будут использоваться для автоматизации функциональности автомобиля.

Список литературы

1. Система управления курсором «мышь» при помощи движений головы пользователя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://graphicon.ru/html/2006/proceedings/papers/wr48_90_VezhnevetsVezhnevets.pdf. – Дата доступа: 22.02.2017.
2. Как управлять компьютером жестами с помощью веб-камеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lookatme.ru/mag/how-to/inspiration-howitworks/199949-gesture-control>. – Дата доступа: 22.02.2017.
3. Управление компьютером через веб-камеру [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sites.google.com/site/upravleniekomputerombezruk/upravlenie-komputerom-veb-kamera> – Дата доступа: 22.02.2017.

This article discusses the technology associated with managing digital vehicle device without direct contact with him through the driver's gesture control. I have made a comparative analysis of programs that allow you to control gestures and choose the most suitable program for the automation of vehicle functionality.

Опекун Алексей Дмитриевич, студент 3 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, opkun1997@gmail.com.

Научный руководитель – *Ассанович Борис Алиевич*, доцент, кандидат технических наук, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, bas@grsu.by.

УДК 004.8

А. М. ОСТРИКОВ, А. Р. КОМАР

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИНТЕРНЕТЕ БОТОВ

Чат-бот представляет собой программу, которая может имитировать ведение осмысленного диалога с пользователем на понятном ему языке с использованием текста или речи. Целью такого диалога, как правило, является выполнение ботом команд и запросов пользователя. Как и любая новая технология, чат-бот является логическим развитием более привычных методов коммуникации и доведения информации до конечного пользователя: сайты, приложения, push-уведомления и т. п. При этом данная технология привлекательна, в первую очередь, ориентированностью бота на конечного пользователя, интегрированностью в конечную платформу, легкостью в использовании, интеллектуальностью, дружелюбием. Microsoft создали помощник для мобильных устройств Cortana; не совсем удачный, девушка-бот Тэй в Twitter; боты для Skype; наконец, фреймворк Microsoft Bot Framework для создания и интеграции собственных ботов под различные платформы.

Обычный чат-бот ограничен поверхностными ответами, которые определены заданными шаблонами. Обучаемый чат-бот (есть и такие) ищет ответы на похожие вопросы в своей базе диалогов, и иногда даже создавать новые шаблоны. Но все равно «ум» его обычно строго ограничен сверху заданным алгоритмом. А вот бот с нейронной сетью, работающей по принципу вопрос на входе – ответ на выходе теоретически ничем не ограничен.

После получения сообщения оно сначала отправляется в «умное» API Microsoft Cognitive Services – Language Understanding Intelligent Service, сокращенно «LUIS». Именно с использованием LUIS мы сможем обучить бота понимать естественный язык и отвечать. В ответ на каждое такое сообщение LUIS возвращает всю содержащуюся в нем информацию. Для создания и обучения рекуррентной нейронной сети использовалась свободная JavaScript библиотека RecurrentJS. Во всех режимах доступен автоперевод ответов на язык вопросов пользователя на базе сервисов Yandex Translate API и Bing Translate API. Также в качестве внешних сервисов используется сервис поиска картинок Custom Search API и Bing Image Search API. Поиск знаний реализован на базе Google Knowledge Graph Search API. Поиск музыки реализован на базе SoundCloud API. Калькулятор, прогноз погоды, курс валют, время реализованы на базе Wolfram|Alpha API.

Входной вектор сигнала поступает на группу нейронов INPUT, на группе нейронов CONTEXT нулевой сигнал. Далее сигнал распространяется в группу нейронов скрытого слоя HIDDEN, а затем преобразуется ими и попадает на нейроны выходного слоя OUTPUT. На следующей итерации вместе с вектором сигнала INPUT, на контекстную группу нейронов поступает копии сигналов с выходного слоя OUTPUT прошлой итерации.

Слой CONTEXT, INPUT и OUTPUT имеют по одному нейрону, значения сигнала на выходе которого ставится в соответствие индексу слова в наборе слов. Дополнительно вводится слово __end__ соответствующее концу предложения [2]. Сеть последовательно обучается предложениям вида: «Привет. Как дела? __end__ Привет. Нормально. __end__» Получение ответов на вопросы рекуррентной нейронной сетью происходит по следующей схеме (рис. 1).

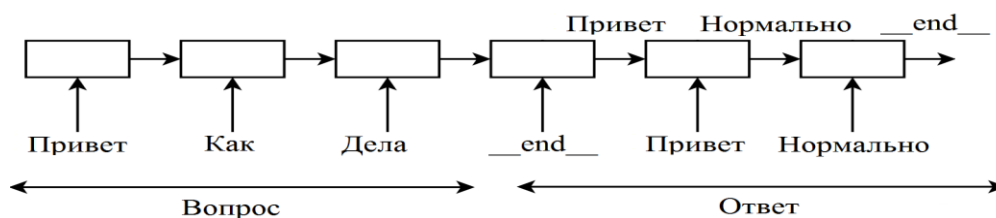


Рисунок 1 – Получение ответа на вопрос рекуррентной нейронной сетью

Объем слоев HIDDEN должен позволять запоминать весь набор предложений. Сеть обучается методом обратного распространения ошибки.

Искусственный нейрон состоит из синапсов, связывающих входы нейрона с ядром; ядра нейрона, которое осуществляет обработку входных сигналов и аксона, который связывает нейрон с нейронами следующего слоя. Каждый синапс имеет вес, который определяет, насколько соответствующий вход нейрона влияет на его состояние. Состояние нейрона определяется по формуле

$$S = \sum_{i=1}^n x_i w_i,$$

где n – число входов нейрона,

x_i – значение i -го входа нейрона,

w_i – вес i -го синапса.

Затем определяется значение аксона нейрона по формуле

$$Y = f(S),$$

где f – некоторая функция, которая называется *активационной*. Наиболее часто в качестве активационной функции используется так называемый *сигмоид*, который имеет следующий вид:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-ax}}$$



Heyyyo! This is Jessie

or Jess or J... NOT JESSICA 😊

how are you?



Been better... thx for askin.

Чат-ботов сейчас можно встретить практически на любой платформе, будь то мессенджер, веб-портал или смартфон. При этом все они используются в рамках определенных сценариев и под конкретные нужды пользователя. Принято проводить следующее деление по основным сценариям использования чат-ботов:

- боты, собирающие адреса E-mail из контактных форм и гостевых книг;
- боты, загружающие интернет-канал рекламой;
- собирающие информацию о безвредных сайтах, для использования её в автоматически создаваемых дорвеях;
- некоторые вирусы и черви, DoS- и DDoS-атаки;
- бот в компьютерных играх;
- автоответчики в электронной почте, чатах.

Список литературы

1. Проватар, А. И. Особенности и проблемы виртуального общения с помощью чат-ботов / А. И. Проватар, К. А. Ключко // Научные труды Винницкого национального технического университета. – 2013. – № 3. – С. 2.
2. Simpson, P. K. Artificial Neural Systems: Foundations, Paradigms, Applications and Implementations, PergamonPress / P. K. Simpson. – New York, 1990.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/> – Дата доступа: 23.02.20164.
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.microsoft.com/ru-by/> – Дата доступа: 23.02.2016.

Typically, bots are designed to do the job, uniform and repeatable, as fast as possible (of course, much higher than the human capacity). The person serving the servers can be placed on a server robots.txt file that contains the restrictions, which are obliged to obey the paper. Bots are also used in circumstances that require the best response in comparison with human capabilities (eg. game bots for online auctions, and so on. P.) Or, less often, to mimic human actions.

Остриков Артём Михайлович, студент 4 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, eghio@mail.ru.

Комар Андрей Романович, студент 4 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, andruha_kar@mail.ru.

Научный руководитель – *Ассанович Борис Алиевич*, кандидат технических наук, доцент, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, bas@grsu.by.

УДК 538.9

Н. С. ПИСАРЕНКО, Н. А. КОРДИМУК

ТВЁРДОТЕЛЬНЫЕ АКТЮАТОРЫ В МЭМС И ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОЗЕРКАЛ С ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИЕЙ НА ИХ ОСНОВЕ

Рассмотрены особенности изготовления твёрдотельных актюаторов в МЭМС, особенности изготовления интегральных микрозеркал с электростатической активацией, представлены волоконно-оптические переключатели и матрицы микрозеркал на кремниевом чипе, а также LIGA-процесс.

Актюаторы в микроэлектронике могут быть в виде мембраны, балки изгиба, балки кручения, микрошестеренок, микрофрикционных и т. д.

Для оценки микроактюаторов используют такие критерии качества, как линейность, точность, погрешность, повторяемость, разрешение, гистерезис, пороговое значение, люфт, шум, сдвиг, несущая способность, амплитуда, чувствительность, скорость, переходная характеристика, масштабируемость, выход по энергии.

Микросистема предполагает интеграцию ряда различных технологий (МЭМС, КМОП, оптической, гидравлической и т. д.) в одном модуле. Например, технологии изготовления МЭМС-устройств для СВЧ-применений (катушки индуктивности, варакторы, коммутаторы, резонаторы) подразумевают традиционные технологические циклы изготовления интегральных схем, адаптированные для создания трехмерных механических структур (это, например, объемная микрообработка, поверхностная микрообработка и, оригинальная, так называемая технология LIGA) [2].

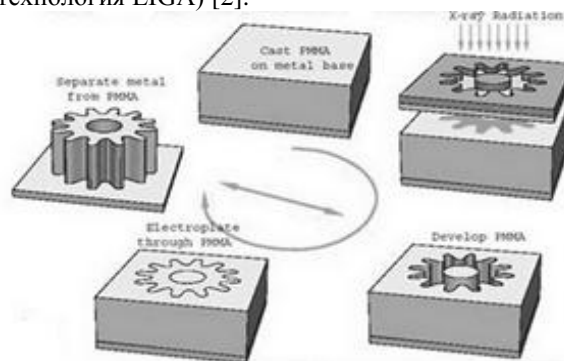


Рисунок 1 – Объёмная и поверхностная микрообработка: процесс, основные этапы

Принцип LIGA-процесса показан на рисунке 1. Существенным отличием от обычной в микроэлектронике ультрафиолетовой литографии являются два фактора: использование очень толстого фоторезиста на основе ПММА (полиметилметакрилат) и мощное синхротронное гамма-излучение вместо слабого ультрафиолетового.

На основе актюаторов создаются микрозеркала. Интегральные микрозеркала (рис. 2) с электростатической активацией находят широкое применение в миниатюрных робототехнических системах (в качестве оптических ключей) и системах анализа и обработки изображений (для отклонения лазерного луча и/или светового потока).



Рисунок 2 – Интегральное микрозеркало

Для отклонения микрозеркала используются два электростатических актюатора, создаваемых структурой микрозеркала и двумя электродами, расположенными под ним. Структуру микрозеркала заземляют и на отклоняющие электроды попеременно подают напряжение. Между структурой микрозеркала и отклоняющими электродами возникает электростатическая сила, которая отклоняет микрозеркало то в одну, то в другую сторону. Движение микрозеркала осуществляется за счет кручения торсионных балок. Возможно также движение микрозеркала реализовать за счет изгиба упругой консольной балки (рис. 3) [3].

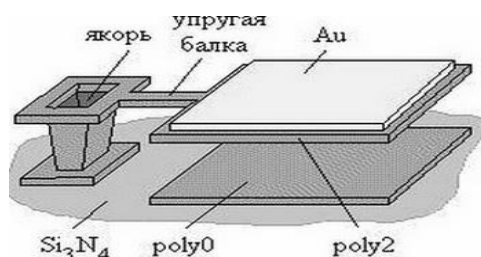


Рисунок 3 – Микрозеркало на изгибающей упругой консольной балке

Еще одним применением актюаторов являются волоконно-оптические переключатели. Переключатель состоит из трехмерного подвижного микрозеркала и четырех направляющих оптоволоконных рельсов (рис.4).

Зеркало состоит из покрытой золотом поликремниевой пластины, закрепленной на скользящей пластине. Отражающая способность зеркала при таком исполнении оценена в 93 % [1].

Мы предлагаем использовать зеркала с повышенной степенью очистки поверхности, что позволяет достигнуть отражающей способности в 98 %. Структура выполнена с использованием одноуровневой маски на кремниевой пластине (100). В методе используется ориентационно-чувствительное травлением объема пластины.



Рисунок 4 – Схематическое изображение обводного волоконно-оптического переключателя

Критическим моментом является выравнивание волокон относительно зеркала и друг друга. Системы скоростного управления лучом делятся на две категории: сканирующие микрозеркала и устройства управления лучом в режиме дифракции. Изготавливаются микрозеркала, имеющие большие значения угла отклонения лазерного луча – свыше 28 оптических градусов [2].

Список литературы

1. Гридчин, В. А. Физика микросхем : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В. А. Гридчин, В. П. Драгунов – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2004. – 416 с. – (Серия «Учебники НГТУ»).
2. Технология материалов микро- и нанoeлектроники : моногр. / Л. В. Кожитов, С. Г. Емельянов, В. Г. Косушкин [и др.] ; Минобрнауки России, Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск : ЮЗГУ, 2012. – 860, [1] с. : ил.
3. Полищук, Е. С. Измерительные преобразователи. / Е. С. Полищук. – Киев : Вища школа, 1981. – 296 с.

In this operation features of manufacture of solid-state actuator, features of manufacture of integral micromirrors with electrostatic activation are considered, fiber optical switches and matrixes of micromirrors on the silicon chip, and also LIGA-process are provided.

Писаренко Никита Сергеевич, студент 4 курса, факультет радиоэлектроники, БГУИР, Минск, Беларусь. crstianomantd@inbox.ru.

Кордимук Никита Андреевич, БГУИР, Минск, Беларусь, Kordimyk@gmail.com.

Научный руководитель – *Родионов Юрий Анатольевич*, кандидат технических наук, доцент, БГУИР, Минск, Беларусь. your_i_rodionov@tut.by.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ЛИГНИНА ПО СПЕКТРАМ ДИФФУЗНОГО ОТРАЖЕНИЯ В ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

Получены спектры диффузного отражения образцов лигнина с различным уровнем влажности в инфракрасном диапазоне длин волн. На основании полученных спектров определены виды градуировочных характеристик для полос поглощения воды на 1445 нм и 1934 нм.

Лигнин – сложное полимерное соединение, которое применяется при производстве топливных пеллет, также является сорбирующим продуктом для сбора нефти и нефтепродуктов. При автоматизации технологического процесса производства сыпучих и порошкообразных материалов одним из ключевых параметров является влажность [1]. Привычные лабораторные методы не позволяют решить задачи автоматизации в силу длительности проведения анализа. В качестве решения рассматриваемой проблемы могут быть применены системы непрерывного определения влажности сыпучих и порошкообразных материалов, работающие по принципу приема отраженного инфракрасного излучения [2].

Измерение влажности лигнина по спектрам диффузного отражения.

На рисунке 1 представлены спектры диффузного отражения образцов лигнина в диапазоне 1000–2700 нм при различных влажностях. На рисунке 2 представлены градуировочные уравнения на полосах поглощения 1445 нм и 1934 нм соответственно [1].

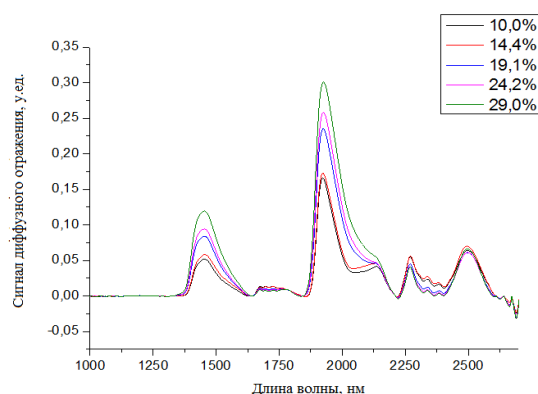


Рисунок 1 – Спектры диффузного отражения лигнина в диапазоне влажности 10–30 %

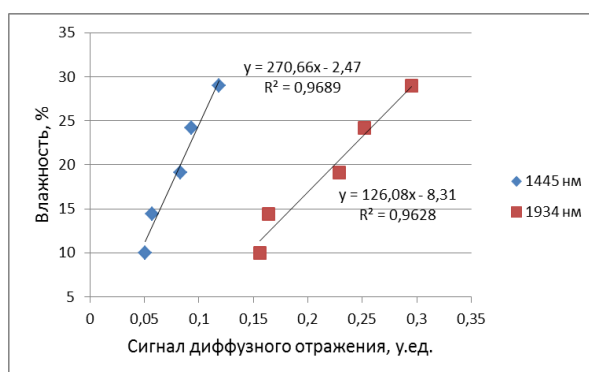


Рисунок 2 – Градуировочные уравнения для определения влажности лигнина на полосах поглощения 1445 нм и 1934 нм

Представленные результаты исследований могут быть использованы для решения проблем автоматизации технологического процесса при производстве топливных пеллет из лигнина с применением измерителей влажности, работающих непрерывно по спектрам диффузного отражения в инфракрасном диапазоне длин волн.

Список литературы

1. Воропай, Е. С. Анализ спектров диффузного отражения торфа / Е. С. Воропай, В. Г. Белкин, С. В. Проценко, К. В. Говорун, Е. А. Козлова // Вестник БГУ. Сер. 1 : Физика. Математика. Информатика. – 2016. – № 1. – С. 16–20.

2. Белкин, В. Г. Влияние влажности зеленой массы на ее спектры диффузного отражения в ближней инфракрасной области / В. Г. Белкин, С. В. Проценко // Вестник БГУ. Сер. 1 : Физика. Математика. Информатика. – 2014. – № 3. – С. 22–25.

We were obtained and studied diffusion reflection spectra of lignin samples with different levels of moisture in the infrared wavelength range. Based on the obtained spectra were identified types of calibration curves for the absorption bands of water for 1445 nm and 1934 nm.

Проценко Станислав Викторович, аспирант 2 курса, физический факультет, БГУ, Минск, Беларусь, staspro0@gambler.ru.

Научный руководитель – Воронай Евгений Семенович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой лазерной физики и спектроскопии физического факультета, БГУ, Минск, Беларусь, voronay@bsu.by.

УДК 621.3.062

В. Ю. РОЖКО

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОСХЕМ WS2811 ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛАНДШАФТНОЙ ПОДСВЕТКОЙ

Целью данной работы являлась разработка устройства на основе контроллера ArduinoNano, позволяющего динамически управлять ландшафтными светильниками и имеющего функцию дистанционного управления.

Архитектурная подсветка выполняет широкий спектр задач: она призвана подчеркнуть архитектурные преимущества жилых, административных и торговых зданий, памятников культуры и объектов общественного внимания. В задачу подсветки так же входит формирование гармонического и привлекательного имиджа города и его отдельных районов в темное время суток. Особый интерес представляет создание управляемой подсветки, в которой световые эффекты являются динамическими и программируемыми.

К созданию описываемого контроллера меня подтолкнуло увлечение светодинамическими устройствами. В основе схемы управления многоцветными светильниками использована микросхема WS2811[1] – трехканальный светодиодный драйвер с программируемым 8-битным широтно-импульсным модулятором. Управление драйвером происходит по однопроводному интерфейсу. Данные, передаваемые от управляющего микроконтроллера, поступают на входной порт драйвера, который в свою очередь считывает 24 бита информации (8 бит для каждого цвета RGB светодиода) и устанавливает содержимое соответствующих регистров. Далее поток данных передается на выходной порт к следующему драйверу. Проходя через очередной драйвер, поток данных уменьшается на 24 бита. После того как данные переданы всем драйверам в цепи, микроконтроллер устанавливает низкий уровень сигнала на время 50 мкс. Используемый метод передачи данных позволяет управлять каждым драйвером отдельно в длинной цепи, предоставляя возможность задавать цвет и яркость каждого из источников света. В настоящее время обсуждаемые микросхемы выпускаются в DIP8 корпусе, либо встраиваются в RGB светодиоды, которые широко используются для создания экранов, рекламных щитов, бегущих строк. Микросхема имеет большое преимущество перед аналогами за счет того, что управление происходит всего лишь по одной линии данных.

Например, если перед нами стоит задача изготовить бегущую строку размером 8x4 элемента, то нам понадобится 8 линий для управления строками и 24 линии для управления столбцами – итого 32 линии управления. Не всегда в управляющем микроконтроллере есть столько свободных линий ввода-вывода. Использование WS2811 для той же задачи позволит задействовать только одну линию микроконтроллера.

Схема светодиодного драйвера представлена на рисунке 1. В данной работе в качестве управляющего микроконтроллера используется ArduinoNano [2]. Для обеспечения функции дистанционного управления использован Wi-Fi контроллер ESP8266 [3]. Управляющая программа загружается в микроконтроллер через USB интерфейс. С целью удешевления системы планируется создание собственного простого управляющего контроллера на основе микроконтроллера семейства Intel MCS-51 [5].

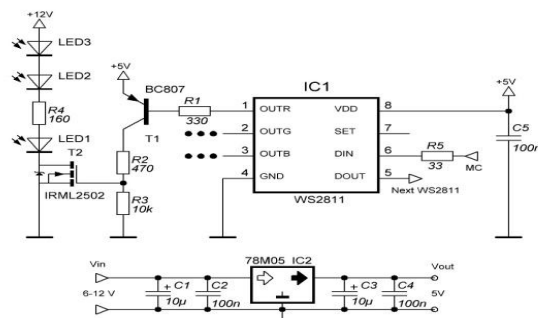


Рисунок 1 – Схема светодиодного драйвера

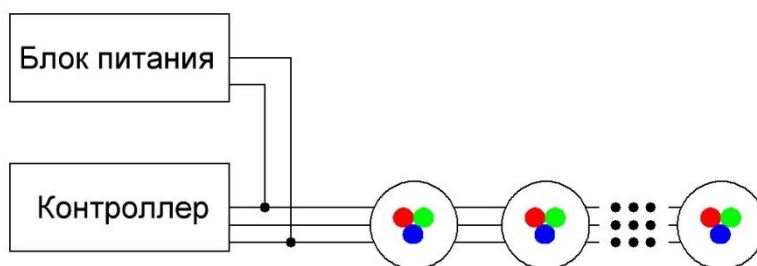


Рисунок 2 – Блок-схема подключения многоцветных светильников

Список литературы

1. Worldsemi [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.world-semi.com>. – Дата доступа: 10.02.2017.
2. ArduinoUSAONLY [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.arduino.cc/en/Reference/HomePage>. – Дата доступа: 10.01.2017.
3. Сообщество разработчиков ESP8266 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://esp8266.ru/esp8266-nodemcu-luauploader>. – Дата доступа: 10.02.2017.
4. Герман, А. Е. Основы автоматизации эксперимента : лабораторный практикум / А. Е. Герман, Г. А. Гачко. – Гродно : ГрГУ, 2005.
5. Герман, А. Е. Микроконтроллеры семейства Intel MCS-51 / А. Е. Герман. – Гродно : ГрГУ, 2003.

Architectural lighting performs a wide range of tasks: it is designed to emphasize the architectural advantages of residential, office and commercial buildings, cultural sites and objects of public attention. The control program is loaded into the controller via USB, remote on / off lighting effects realized by means of Wi-Fi module ESP8266.

Рожко Виталий Юрьевич, магистрант, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, salat00@yandex.ru.

Научный руководитель – *Герман Андрей Евгеньевич*, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, german@grsu.by.

УДК 621.311

А. Т. РОМАНЧУК

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОУСТАНОВОК

Ветрогенераторные установки надежны, экологически безопасны и практически не производят шума. Кроме того, в большинстве случаев ветрогенератор позволяет получать энергию именно тогда, когда в ней есть повышенная потребность. Ветрогенератор ещё выгоден и тем, что его можно сочетать с другими источниками энергии [3].

Согласно национальной программе развития местных и возобновляемых источников на 2011–2015 гг. на территории Республики Беларусь выявлено 1840 площадок, где можно разместить ветроустановки (ВЭУ). Общий энергетический потенциал при этом оценивается в 1600 МВт. Среднегодовая скорость фонового ветра колеблется от 3 до 4 м/с на высоте 10–12 метров. В настоящий момент на территории РБ действует 18 ветроустановок суммарной мощностью 4 МВт. ВЭУ действуют в Гродненской, Минской, Витебской, Могилевской областях. Самая крупная ветроустановка в Беларуси действует в Новогрудском районе, ее мощность составляет 1,5 МВт [2].

В Гродненском районе преобладают ветры с средней скоростью 5,7 м/с. С учётом скорости ветра и суточной нагрузки 12,7 кВт, наиболее подходящей моделью для нашего случая является ветрогенератор Н4.6–3000W (рис. 1)



Рисунок 1 – Ветрогенератор Н4.6–3000W

Н4.6-3000W имеет высокую эффективность и стабильность работы системы. Структура компактна, изготовлена из высококачественных и надежных материалов. Генератор имеет небольшой размер и вес. Благодаря уникальному дизайну, ветрогенератор можно быстро запустить при скорости ветра 2,5 м/с, а при скорости ветра 15 м/с он работает с максимальным КПД и максимальной выходной мощностью 4500 кВт. Имеется возможность регулировки максимальной скорости [1].

В его конструкции использовано несколько запатентованных технологий и особых материалов. Все автономно устанавливаемые ветрогенераторы идут в комплекте с контроллером гибридного инвертора энергии ветра/солнца, который позволяет подключить также и солнечную батарею мощностью до 1500 Вт. В комплекте с автономно устанавливаемым ветрогенератором могут идти 15 последовательно соединенных аккумуляторных батарей напряжением 12 В, а неавтономная система может подключаться к коммунальной системе электроснабжения.

Данное изделие может питать кондиционер (мощностью от 3 до 3,5 л. с.), насос или иные электроприборы (с потребляемой мощностью ≤ 3 кВт). Оптимально подходит для использования в:

- жилых домах,
- станциях связи,
- ретрансляторах телевизионного сигнала,
- постах наблюдения и мониторинга (военных, гидрологических, обсерваториях),
- водонасосных станциях [4].

На кривой мощности ветрогенератора (рис. 2) видно, что при скорости ветра 5,7 м/с, генератор будет вырабатывать 560 Вт/ч.

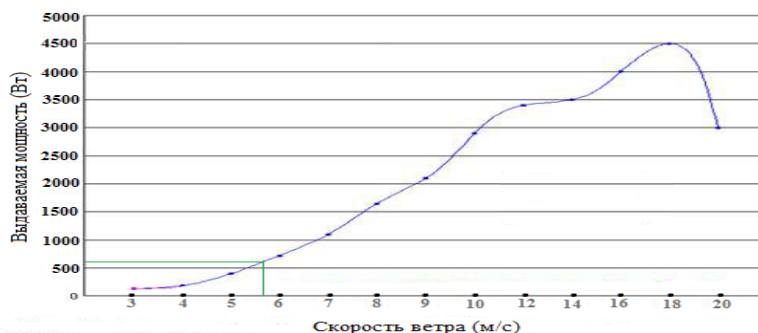
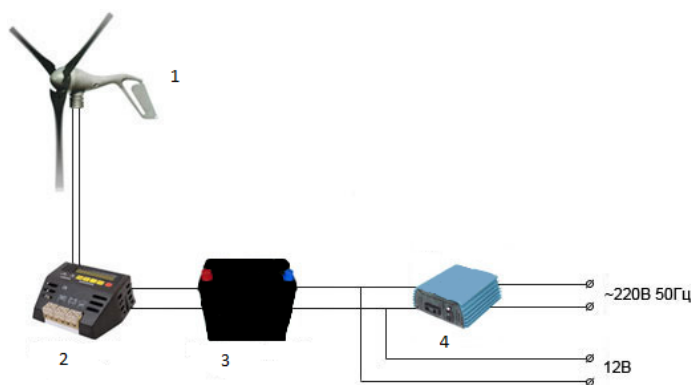


Рисунок 2 – Кривая мощности ветрогенератора

В сутки $560 \text{ г} \cdot 24 = 13440$ Вт (достаточно для покрытия суточной потребности).

Для осуществления электроснабжения загородного дома предлагается одна из самых простых и универсальных схем подключения ветрогенератора к электрической системе дома



1 – ветрогенератор, 2 – контроллер, 3 – аккумулятор, 4 – инвертор

Рисунок 3 – Схема подключения ветрогенератора к электрической системе дома

Исходя из вышесказанного, можно сделать следующие выводы:

1. Возможно использование энергии ветрогенератора в электроснабжении отдельно взятого дома.
2. Использование ветрогенератора эстетически и экологически выгодно.
3. Экономически выгодно за счет отсутствия затрат на строительство и техническую эксплуатацию ЛЭП.

Список литературы

1. Ветрогенератор Н4.6-3000W [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://algatec.by/products/catalog/vetro-generatory/power-min-1kv/h4.6-3kw>. – Дата доступа: 20.02.2017).
2. Ветроэнергетика в Беларуси сегодня, завтра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energya.by/vetro-energetika-v-belarusi-segodnya-i-zavtra>. – Дата доступа: 19.02.2017.
3. Преимущества ветрогенераторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ecoenergy-servise.com/vg_pg.html. – Дата доступа: 20.02.2017.
4. Умный дом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.umnydom-nn.ru/?p=4181>. – Дата доступа: 20.02.2017.

In this paper, a method of autonomous power private home. The possibility of use of a wind turbine for this purpose. It confirmed the possibility of using a wind turbine.

Романчук Александр Тадеушевич, студент 3 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, alex01011997@mail.ru.

Научный руководитель – *Кропачева Людмила Владимировна*, кандидат физико-математических наук, доцент, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, k_lv@mail.ru.

УДК 533.922

В. Г. РОМАНЧУК

ЧАСТОТНЫЙ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ДЕЗИНТЕГРАТОР ОБЪЕКТОВ ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Создан лабораторный макет маломощного частотного электрогидравлического дезинтегратора объектов из железобетона. Дезинтегратор предназначен для использования в подразделениях МЧС при разрушении бетонных объектов и их утилизации, а также решения ряда задач промышленности.

Одним из перспективных направлений использования электрогидравлических технологий является возможность безвзрывного разрушения объектов из бетона при проведении аварийно-спасательных работ [1, 2, 3]. Частотный режим работы устройства предоставляет возможность быстрой и безопасной утилизации старых строений за счет электрогидравлического измельчения бетона, камня и кирпича. Существующие установки имеют очень большие габариты и вес, который порой доходит до 10 тонн [4]. Это затрудняет их оперативное использование и требует для их транспортировки автомобилей большой грузоподъемности. В связи с этим представляет большой интерес создание сверхмощных, но компактных устройств, обладающих небольшим весом и габаритами [2, 3]. В нашем устройстве снижение веса (до 150–200 кг) и увеличение мощности достигаются путем использования, в частности, конденсаторов нового поколения с повышенной удельной энергоемкостью (более 1000 Дж/дм³), а также использования для питания ёмкостного накопителя мощных малогабаритных источников постоянного тока нового поколения. А частотный режим работы электрогидравлического устройства очень сильно расширяет спектр его прикладного применения в реальном секторе экономики.

Разработаны структурная и принципиальные схемы частотного электрогидравлического устройства. Для управления электрической силовой частью разработанного устройства используется стандартная система управления модулятором тока СУМ-10-В1 [5].

Источники выполняются в стоечном варианте и имеют блочную конструкцию. Источники состоят из следующих основных блоков (рисунок 1):

- источник тока;
- выпрямитель;
- система управления модулятором (СУМ-10В-1).



Рисунок 1 – Структурная схема частотного электрогидравлического устройства

На основе принятых решений по построению импульсного источника питания был создан лабораторный макет маломощного частотного электрогидравлического дезинтегратора и проведены его лабораторные испытания. В качестве объекта испытания был выбран фрагмент железобетонной плиты, которая была помещена в техническую воду, находящуюся в пластиковом баке.

Установка работала в частоте от 1 до 5 Гц. Энергия, выделяемая при генерации электрогидравлического эффекта, составляла от 100 до 200 Дж. Испытания показали правильность выбранных решений. При использовании даже такого маломощного лабораторного макета наблюдался устойчивый электрогидравлический эффект и происходила фрагментация железобетонной плиты. На рисунке 2 показаны последовательные фазы частотного электрогидравлического воздействия на фрагмент железобетонной плиты, находящейся в емкости с водой. Видно начало электрогидравлического эффекта (1), максимальная фаза (2) и финальный результат, сопровождающийся выбросом воды из емкости (3).



Рисунок 2 – Последовательные фазы частотного электрогидравлического воздействия на фрагмент железобетонной плиты, находящейся в емкости с водой: 1 – начало процесса, 2 – максимальная фаза, 3 – финальная фаза

На рисунке 3 показан результат кратковременного (2) и долговременного (3) частотного электрогидравлического воздействия на фрагмент железобетонной плиты, находящейся в емкости с водой. Рисунки показывают, что происходит полное разрушение фрагмента железобетонной плиты и разделение ее на бетонную крошку и стальную арматуру. И то, и другое может быть использовано в качестве вторичного сырья.

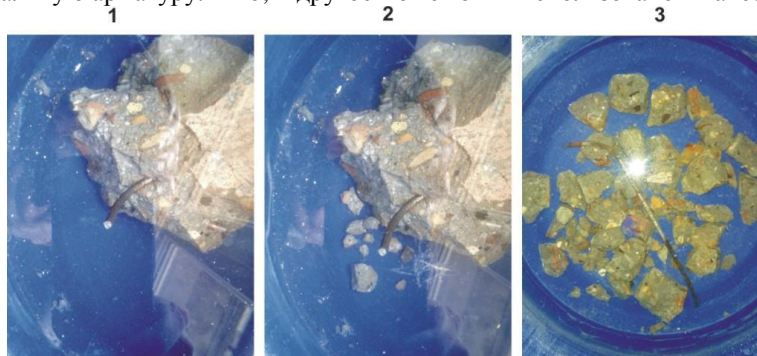


Рисунок 3 – Результат кратковременного частотного электрогидравлического воздействия на фрагмент железобетонной плиты, находящейся в емкости с водой

В ходе экспериментов было установлено, что эффективность частотного электрогидравлического дробления при одном и том же энергокладе существенно зависит от степени изоляции боковой поверхности излучателя от воды. Полученные результаты позволяют сконструировать мощное устройство, предназначенное для разрушения железобетонных объектов при проведении спасательных работ, а также решения ряда задач промышленности (очистки отливок от формовочной смеси; декольматации фильтров водозаборных скважин; очистки труб от наслоений; поиска места повреждения подземного кабеля; раскалывания гранитных негабаритов в карьерах; установки свай по технологии РИТ и др.). Наиболее перспективной областью использования частотного электрогидравлического дезинтегратора является утилизация старого железобетона. Предложенная технология обладает экологической чистотой, экономичностью, безопасна для людей и позволяет решить широкий круг задач в реальном секторе экономики.

Список литературы

1. Электрогидравлические технологии для МЧС / А. В. Леванович [и др.] // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2012. – Т. 7, № 1. – С. 39–44.
2. Электрогидравлическое устройство повышенной мощности для раскалывания объектов из бетона и горных пород при проведении спасательных работ / В. В. Тарковский [и др.] // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2015. – Т. 10, № 1. – С. 101–107.
3. Мощное, компактное электрогидравлическое устройство для раскалывания объектов из бетона и горных пород при проведении спасательных работ / В. В. Тарковский [и др.] // *BiTP Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*. – 2015. – Vol. 40. Issue 4. – P. 91–105.

4. Генератор импульсов тока энергией 120 кДж с четырехканальным выводом для мобильных электроимпульсных установок / Л. З. Бугулавский [и др.] // Вісник НТУ «ХПИ». – 2013. – № 27. – С. 27–32.

5. Вакуленко, В. М. Зарядная цепь емкостного накопителя с удвоением напряжения / В. М. Вакуленко, Л. П. Иванов // ПТЭ. – 1970. – № 5. – С. 110–112.

Created laboratory prototype of low-power frequency of the electro-disintegrator of objects made of reinforced concrete. Disintegrator is intended for use in the units of the Ministry of Emergency Situations in the destruction of concrete objects and their disposal, as well as solving a number of industrial applications.

Романчук Виталий Геннадьевич, студент 4 курса физико-технического факультета ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, romanчук-2012@mail.ru.

Научный руководитель – *Тарковский Викентий Викентьевич*, кандидат физико-математических наук, доцент, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, tarkovsky@grsu.by.

УДК 535.412

В. М. САВОНЬ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ВОЛНЫ С ПОМОЩЬЮ БИПРИЗМЫ ФРЕНЕЛЯ. АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ

Проанализирована методика выполнения лабораторной работы по определению длины волны света с помощью бипризмы Френеля. Выявлены источники систематических погрешностей. Предложена новая методика, позволяющая получать корректные значения длины волны света.

В процессе выполнения лабораторного практикума учащиеся приобретают навыки практического измерения физических величин, наблюдения физического явления. Здесь не только углубляются теоретические знания, полученные на лекционных и практических занятиях, но и приобретаются важнейшие практические знания и умения производить измерения физических величин, что способствует развитию профессиональных компетенций. В связи с этим очень важно, чтобы используемые методики были достаточно простыми и позволяли получать корректные результаты.

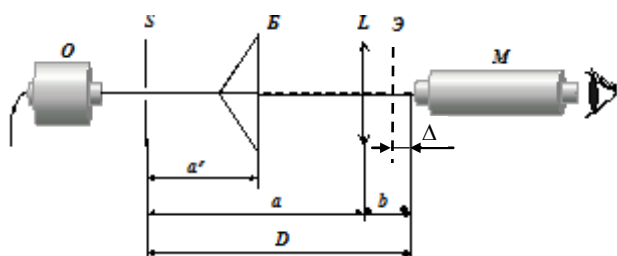
Все схемы, используемые для практического наблюдения интерференции, делятся на два типа: схемы, использующие деление волнового фронта, и схемы, использующие деление амплитуды [1, 2]. Наиболее простой в реализации является схема с бипризмой Френеля (рисунок), позволяющая осуществлять деление волнового фронта. Основной целью работы является определение длины волны излучения полупроводниковых источников. Практическое задание предполагает также нахождение расстояния между мнимыми источниками в соответствии с соотношением [1]:

$$l = \frac{a}{b} l' ,$$

где величина l' – расстояние между изображениями мнимых источников, определяемое с помощью отсчетного микроскопа, расстояния a и b понятны из рисунка. Значение длины волны света находят по формуле

$$\lambda = \frac{\Delta x l}{D} ,$$

где D – расстояние от щели S микроскопа, Δx – ширина полос интерференции.



O – осветитель, использующий три светодиода: синий, зеленый и красный; S – щель; B – бипризма Френеля; L – собирающая линза с фокусным расстоянием 10 ± 15 см; M – отсчетный микроскоп

Рисунок – Схема установки для определения длины волны света с помощью бипризмы Френеля

Таблица – Результаты определения длины волны с использованием бипризмы Френеля

№ п/п	Длина волны источника λ_0 , нм	$\lambda_{\text{эксп}}(\text{I})$, нм	$\lambda_{\text{эксп}}(\text{II})$, нм	$\lambda_{\text{эксп}}(\text{III})$, нм	Поправка Δ , см
1	479 нм	360	-	480	3,0
2	513	411	-	528	3,0
3	632	450	638	625	3,1

Использование новых источников в виде полупроводниковых светодиодов позволяет не только достичь экономии электроэнергии, но и выполнить измерение длины волны с большой точностью. Однако как видно из приведенных в таблице данных, полученные значения $\lambda_{\text{экс}}(\Pi)$, значительно отличаются от истинных значений λ_0 , причем ошибка практически в равной степени сохраняется для всех трех источников. На основании этих результатов можно сделать вывод, что имеет место систематическая ошибка. Анализ используемой методики позволяет предположить, что причиной возникновения систематической ошибки может быть тот факт, что измерялось расстояние от линзы до микроскопа и от щели до микроскопа; увеличение микроскопа рассчитывалось по изображению, которое предполагалось расположенным прямо в плоскости объектива. На самом деле изображение мнимых источников и изображение интерференционных полос получается не в плоскости объектива FF' , а на некотором расстоянии Δ примерно равном фокусному расстоянию объектива (рис. 1).

Для проверки данного предположения оптическая схема была модернизирована: перед микроскопом располагался экран-рассеиватель, на котором получалось изображение источников или интерференционные полосы (рисунок 1). Проведенные измерения показали, что вычисленные в этом случае значения длины волны для красного светофильтра составляет 638 нм, при этом расстояние от экрана до микроскопа $\Delta_{\text{кр}} = 3,1$ см (таблица).

Однако качество получаемой в этом случае интерференционной картины по причине большого рассеяния и наличия спекловой структуры изображений для зеленого и синего светодиодов чрезвычайно низкое.

Исходя из того, что значения длин волн были измерены независимым способом, мы рассчитали поправку (величину Δ , рисунок) для определения расстояний b и D . Усредненные значения Δ для синего и зеленого светодиода (таблица) оказались близкими к значению этой величины при использовании экрана-рассеивателя и соответствуют фокусному расстоянию объектива измерительного микроскопа.

Определенные значения длины волны с учетом введенной поправки близки к истинным. Относительная погрешность определения длины волны не превышает 3 %.

Таким образом, определен источник систематических погрешностей при определении длины волны света с помощью бипризмы Френеля. Для устранения предложено ввести поправку, соответствующую фокусному расстоянию объектива микроскопа.

Список литературы

1. Маскевич, А. А. Физический практикум по оптике : учеб. пособие / А. А. Маскевич. – Гродно : ГрГУ, 2001. – 251 с.
2. Маскевич, А. А. Оптика : учеб. пособие / А. А. Маскевич. – Минск : Новое знание ; М. : Инфра, 2012. – 656 с.

The paper analyzed the method of implementation of laboratory work to determine the wavelength of light using a Fresnel biprism. It was revealed the sources of systematic errors. A new technique that allows you to get the correct value of the wavelength of light it was proposed.

Савонь Виталий Марьянович, студент 4 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, savon.vitaliy.96@mail.ru.

Научный руководитель – *Маскевич Александр Александрович*, доктор физико-математических наук, доцент, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, amaskevich@grsu.by.

УДК 621.396.6.049.77.001.4(075.8)

Я. В. СИМАНОВИЧ

ВИБРАЦИОННЫЕ ГИРОСКОПЫ И ПРИНЦИП ИХ ДЕЙСТВИЯ

Гироскоп – устройство, способное реагировать на изменение углов ориентации тела, на котором оно установлено, относительно инерциальной системы отсчета. Простейший пример гироскопа – юла (волчок).

Вибрационные гироскопы – устройства, сохраняющие свои колебания в одной плоскости при повороте. Данный тип гироскопов является намного более простым и дешёвым при сопоставимой точности по сравнению с роторным гироскопом. Кроме того, микромеханические гироскопы имеют малые энергомассовые характеристики.

Разновидности: пьезоэлектрические гироскопы; твердотельные волновые гироскопы; камертонные гироскопы; вибрационные роторные гироскопы; МЭМС гироскопы.

Сила Кариолиса – одна из сил инерции, существующая в неинерциальной системе отсчёта из-за вращения и законов инерции, проявляющаяся при движении в направлении под углом к оси вращения.

$$\vec{F}_K = -2m(\vec{\omega} \times \vec{v}).$$

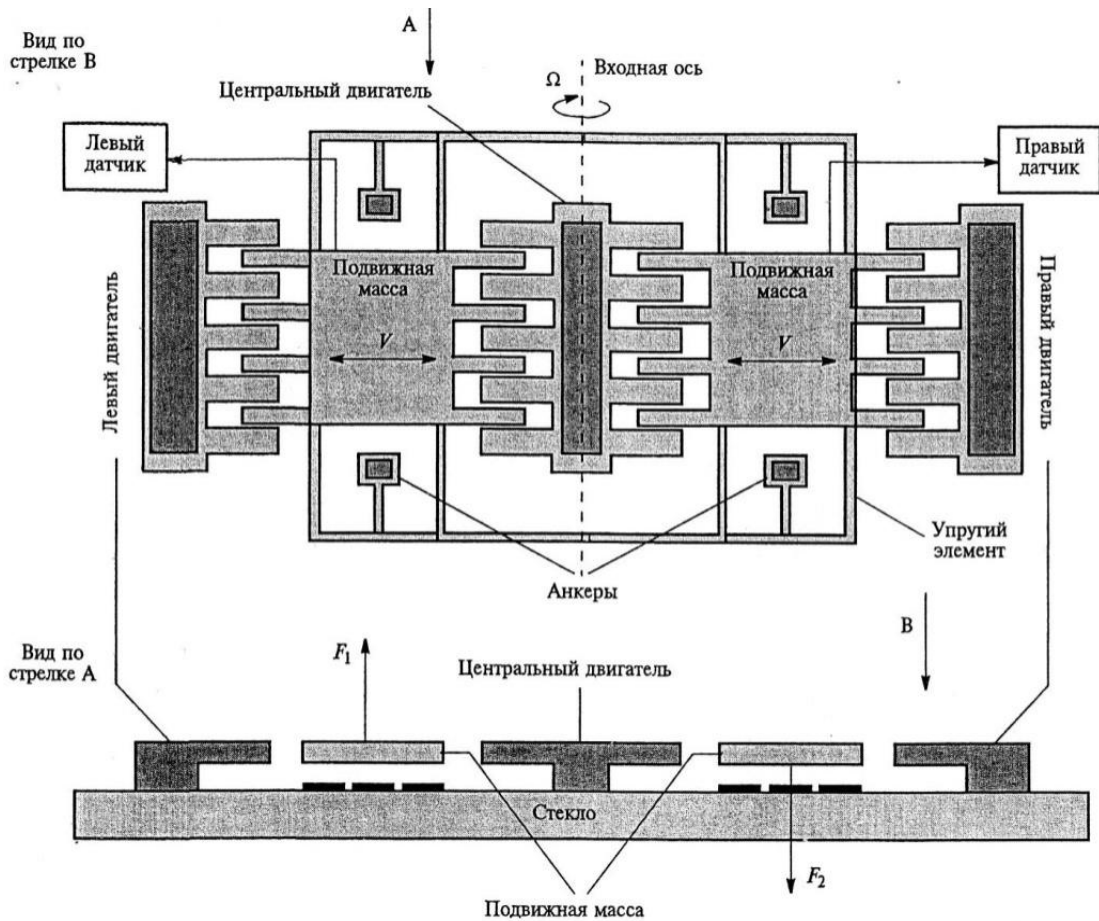


Рисунок 1 – Резонансный камертонный гироскоп

Принцип работы: при подаче отклоняющего напряжения U_1 на электрод 1 относительно инерционной массы на последнюю начинает действовать электростатическая сила.

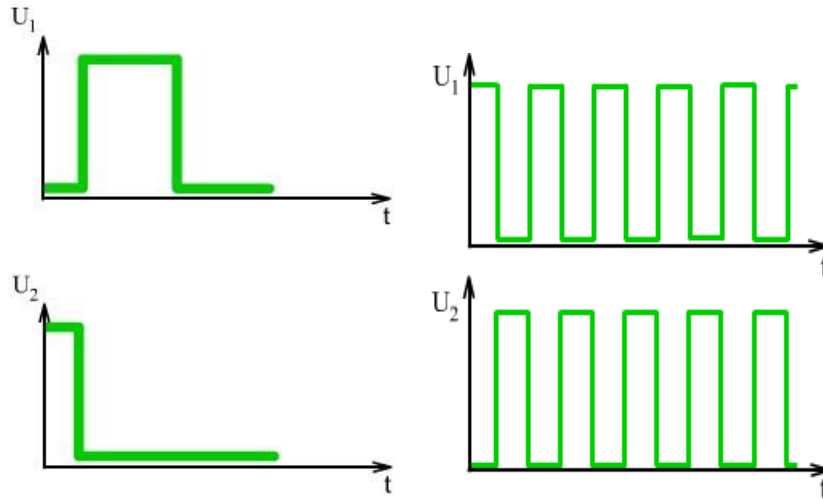


Рисунок 2 – Принцип работы гироскопа

Когда напряжение U_1 убирается, инерционная масса под действием силы упругости возвращается в исходное положение. Далее подается отклоняющее напряжение U_2 на электрод 2 электростатического актюатора относительно инерционной массы. Таким образом, инерционные массы приводятся в вибрационное движение со скоростью V параллельно плоскости подложки. Вектора скоростей ИМ находятся в противофазе друг другу.

Области применения гироскопов: судоходство, авиация, космонавтика. Чаще всего гироскоп применяется как чувствительный элемент указывающих гироскопических приборов и в качестве датчика угла поворота или

угловой скорости для устройств автоматического управления. В некоторых случаях возможно использование гироскопов в качестве генераторов момента силы или энергии.

Значительное удешевление производства МЭМС-гироскопов привело к тому, что они начинают использоваться в смартфонах и игровых приставках.

Список литературы

1. Бороздин, В. Н. Гироскопические приборы и устройства систем управления : учеб. пособие для вузов / В. Н. Бороздин. – М. : Машиностроение, 1990. – 272 с.
2. Сивухин, Д. В. Общий курс физики / Д. В. Сивухин. – 5-е изд., стер. – М. : Физматлит, 2006. – Т. I. Механика. – 560 с.
3. Павловский, М. А. Теория гироскопов : учеб. для вузов / М. А. Павловский. – Киев : Вища школа, 1986. – 350 с.

Симанович Яна Валерьевна, студентка 5 курса, факультет радиотехники и электроники, БГУИР, Минск, Беларусь, ia.esseker1234@mail.ru.

Научный руководитель – *Родионов Юрий Анатольевич*, кандидат технических наук, доцент; БГУИР, Минск, Беларусь; rodionov@bsuir.by.

УДК 006.91

В. С. СТАРОВОЙТОВА

МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПАРОВ ЭТАНОЛА В ВЫДЫХАЕМОМ ВОЗДУХЕ

Разработаны методика и компьютерная программа оценивания неопределённости измерений концентрации паров этанола в выдыхаемом воздухе.

Вопросы безопасности и охраны здоровья являются ключевыми для человечества. Одно из средств контроля за здоровьем – алкотестер. Алкотестер (алкометр) – средство измерений, предназначенное для измерения концентрации алкоголя в выдыхаемом человеком воздухе или в крови человека по выдыхаемому воздуху. Для повышения эффективности и качества метрологического контроля алкотестеров необходимо совершенствование его методов с применением стандартных образцов состава спиртовых смесей.

Результаты измерений, производимых при калибровке (поверке) алкотестеров, должны сопровождаться характеристикой их точности. По международным требованиям такой характеристикой является «неопределённость» [1]. Неопределённость измерения – это параметр, связанный с результатом измерений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

В настоящей работе созданы методика и прикладная компьютерная программа оценивания неопределённости измерений концентрации паров этанола в выдыхаемом воздухе.

При калибровке (поверке) алкотестеров применяются стандартные образцы состава водных растворов этанола [2] и генераторы спирто-воздушных смесей (ГСВС).

Стандартные образцы состава водных растворов этанола (ВРЭ-2) предназначены для приготовления спирто-воздушной смеси в устройствах типа ГСВС, предназначенных для градуировки и поверки средств измерений содержания паров этанола в выдыхаемом воздухе (алкометров, алкотестеров).

Генератор спирто-воздушных смесей предназначен для приготовления газовых смесей, используемых при проведении поверки и испытаний анализаторов (алкотестеров) паров этанола в выдыхаемом воздухе, в том числе для целей утверждения типа.

Массовая концентрация этанола в используемых спирто-воздушных смесях, измеряемая при калибровке (поверке) алкотестеров, является результатом косвенного измерения.

Математическая модель этой физической величины:

$$C_z = \frac{V_{ucx} \cdot \rho}{100 \cdot V_p \cdot A \cdot C_M},$$

где $V_{ucx} = \frac{100 \cdot V_p \cdot C_{жс} \cdot A}{\rho \cdot C_M}$ – объём исходного раствора, см³;

V_p – объём рабочего раствора, дм³;

$C_{жс}$ – массовая концентрация спирта в водно-спиртовом растворе, г/дм³;

A – кратность разбавления при получении исходного раствора;

ρ – плотность спирта, измеряемая с точностью до третьего знака ареометром, г/см³ (определяется по таблице при 20 °С);

C_M – массовая доля спирта в спирте – ректификате, определяется по таблице, при $t = 20$ °С.

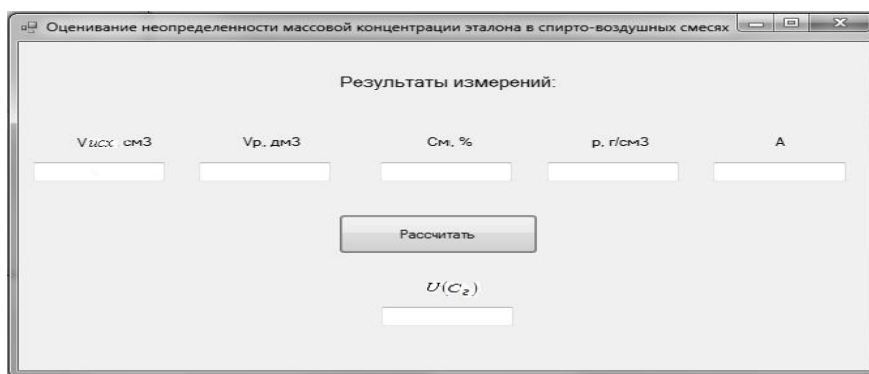


Рисунок 1 – Главный интерфейс программы оценивания неопределённости измерений концентрации паров этанола в выдыхаемом воздухе

Суммарная неопределенность массовой концентрации этанола в используемых спирто-воздушных смесях (в зависимости от стандартных неопределённостей входных величин):

$$U_C(C_2) = \sqrt{U^2(V_{исх}) + U^2(\rho) + U^2(V_p) + U^2(A) + U^2(C_M)}$$

По результатам анализа неопределённостей входных величин составлен бюджет неопределённости. В качестве языковой платформы выбран Visual Basic 2008. Главный интерфейс программы представлен на рисунке 1.

Работа выполнена по заявке Гродненского центра стандартизации, метрологии и сертификации.

Список литературы

1. Ефремова, Н. Ю. Оценка неопределенности в измерениях: практ. пособие / Н. Ю. Ефремова. – Минск : БелГИМ, 2003.
2. ГОСТ 8.315-97 ГСИ. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения.
3. Государственный стандартный образец состава водного раствора этанола ВРЭ-2 : ГСО 8789-2006 для калибровки и поверки анализаторов паров этанола в выдыхаемом воздухе.

The methods and computer program estimating the uncertainty of measurements of concentration of ethanol vapor in exhaled air were developed.

Старовойтова Виктория Сергеевна, студентка 4 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, ska-vika95@mail.ru.

Научный руководитель – *Гузатов Дмитрий Викторович*, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра общей физики, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, guzатов@grsu.by.

УДК 543.423.1:691.4

Е. В. СТОЛЯРЕВСКАЯ, Н. Н. КУРЬЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ОБРАЗЦА КРАСНОЙ ГЛИНЫ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНО-ЭМИССИОННОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Приведены результаты исследования количественного и качественного элементного химического состава красной глины методами лазерно-эмиссионного (LIBS) спектрального анализа.

Глина состоит из мельчайших кристаллов, которые формируют глинообразующий минерал класса силикатов – каолинит. Каолинит состоит из оксида кремния (SiO_2), оксида алюминия (Al_2O_3), воды (H_2O), микро- и макропримесей. Наиболее распространенными сортами глин являются: красная глина, белая глина, глина из песчаника, глина для производства фарфора и огнеупорная глина (каолин) [1]. Методы спектрального анализа широко применяются в строительстве для определения гидрофобных покрытий, анализа бетона на содержание хлоридов, количественного измерения содержания элементов в образцах металлов, глин и растворов и измерения распределения солей в различных материалах [2].

Элементный состав глин определялся лазерно-эмиссионным спектральным анализатором LIBS, методом добавок. При использовании данного метода брались три навески анализируемой пробы, содержащие

некоторое количество определяемого элемента (%) и вводили в них различные добавки того же элемента. Первая добавка была равна концентрации химического элемента в пробе. В следующих навесках концентрация добавки возрастала в 2 раза. Причем масса навески оставалась постоянной, уменьшалась лишь масса глины в таблетке. Для исследования проб использовался двухимпульсный режим работы лазера. Спектры анализируемых проб получались в строго идентичных условиях: энергия лазерного излучения составляла 9,3 мДж; задержка между импульсами – 130 мс; частота генерации импульсов – 5 Гц. Nd:YAG лазером проводилось по 5 серий импульсов в различные участки образцов. Далее проводился выбор аналитической линии и измерения ее интенсивностей для всех навесок. После чего строились градуировочные графики в координатах $I/I_0(C)$ на основании уравнения (1):

$$\frac{I}{I_0} = A(C+x)^b, \quad (1)$$

где I/I_0 – интенсивность спектральной линии в относительных единицах; A – величина, которая зависит от условий образования плазмы и от свойств регистрирующей аппаратуры; C – концентрация химического элемента в пробе, %; x – концентрация добавки, %; b – величина, зависящая от самопоглощения в зоне образования плазмы. При определении концентраций элементов считалось, что самопоглощение в аналитической линии отсутствует ($b=1$). В данном случае уравнение упрощалось и принимало вид: $I/I_0 = A(C+x)$.

По оси ординат при значении $x=0$ откладывались значения I/I_0 для анализируемой пробы, в которую не добавлен определенный химический элемент. Градуировочная прямая отсекала на оси ординат ($C=0$) отрезок, соответствующий интенсивности аналитической линии для анализируемого элемента в пробе без добавки. Концентрация элемента в пробе без добавки определялась путем экстраполяции градуировочного графика до пересечения его с осью абсцисс. Величина отрезка, отсекаемого прямой на оси OX , равнялась концентрации добавки [3].

Для определения содержания алюминия в пробе в качестве добавки в красную глину использовался нитрат алюминия ($Al(NO_3)_3$) $C_{Al} \sim 12.7$ %. Градуировочный график для определения содержания алюминия в пробе красной глины представлен на рисунке 1.

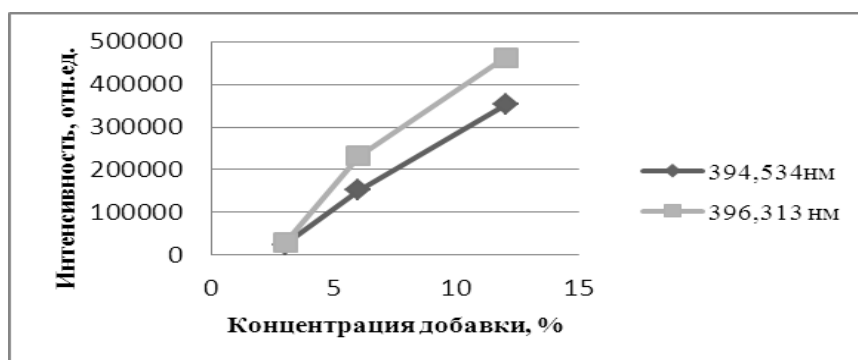


Рисунок 1 – Градуировочный график для определения содержания алюминия в пробе красной глины

Для проведения исследований, из таблиц спектральных линий были выбраны две наиболее интенсивные линии алюминия $\lambda_1 = 394,534$ нм и $\lambda_2 = 396,313$ нм. В качестве аналитической спектральной линии была взята линия $\lambda_1 = 394,534$ нм. Экстраполируя, прямую для $\lambda_1 = 394,534$ нм, на ось абсцисс была получена концентрация алюминия в пробе – $C_{Al} = 1,6$ %. Для остальных химических элементов (Ca, K, Mg, Na, Ti, Fe, Si, S), концентрация определялась аналогично.

На предприятии ОАО «Керамин» концентрации оксидов измеряются рентгенофлуоресцентным анализатором S4 PIONER. Элементный состав и концентрации химических элементов облицовочной керамической плитки, полученные на лазерно-эмиссионном анализаторе LIBS и рентгенофлуоресцентном приборе S4 PIONER представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Элементный состав и концентрации химических элементов облицовочной керамической плитки, полученные на лазерно-эмиссионном анализаторе LIBS и на рентгенофлуоресцентном приборе S4 PIONER

Химический элемент	Na	Mg	Al	Si	Ca	Ti	Fe	K	S
Концентрации хим. элементов, измеренные на лазерно-эмиссионном анализаторе LIBS, %	0,26	1.08	1.6	28.00	7.05	0.40	3.90	0.67	0.05
Концентрация хим. элементов, измеренные на рентгенофлуоресцентном приборе S4 PIONER, %	0.24	1.84	3.38	24.22	7.07	0.44	1.96	1.25	0.12

Из таблицы 1 видно, что результаты, полученные на приборах LIBS и S4 PIONER, незначительно отличаются для химических элементов: Na, Ca, Ti, S. Концентрации Na и Ca отличаются на 0.02 %, для S – 0.07 % и Ti на 0.04 %. Для других химических элементов разница намного больше, для K ~ 0.58 %, Mg отличается на 0.76 %, Al ~ 1.78 %, Fe ~ 1.94 % и Si ~ 3.78 %. Разница в концентрациях объясняется тем, что абсолютная погрешность измерений для K составляет ~ 0.46 %, Mg ~ 0.71 %, Al ~ 1.69 %, Fe ~ 1.8 % и Si ~ 3.5 %.

На анализаторе LIBS, методом добавок, были определены концентрации химических элементов (Ca, K, Mg, Na, Ti, Al, Fe, Si, S) для образца красной глины. Погрешность измерений составила ~ 0,5 %. При сравнении концентраций элементов, полученных на лазерно-эмиссионном анализаторе LIBS и на рентгено-флуоресцентном приборе S4 PIONER, наблюдается отличие в содержании основных компонентов глины на 0,02–3,78 %, что объясняется различными чувствительностями и величинами абсолютной погрешности измерений.

Список литературы

1. Виды глин [Электронный ресурс] // Керамика. – Режим доступа: http://olkolon.narod.ru/KERAMIKA/Dolors/Vidi_glin.htm. – Дата доступа: 06.12.2016.
2. Радиемски, Л. Лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия / Л. Радиемски, Д. Кремерс. – М. : Техносфера, 2009. – 306 с.
3. Зырин, Н. Г. Спектральный анализ почв, растений и других биологических объектов / Н. Г. Зырин, А. И. Обухов. – М. : Наука, 1977. – 200 с.

The results of the study of quantitative and qualitative elemental chemical composition of red clay based on laser emission (LIBS) spectral analyzes.

Столяревская Евгения Валерьевна, студентка 4 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, zhenka151295@mail.ru.

Курьян Николай Николаевич, аспирант, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, kurian90@mail.ru.

Научный руководитель – *Ануфрик Славмир Степанович*, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой лазерной физики и спектроскопии ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь.

УДК 628.953

Д. Х. ТАЙ, И. А. ВРУБЛЕВСКИЙ

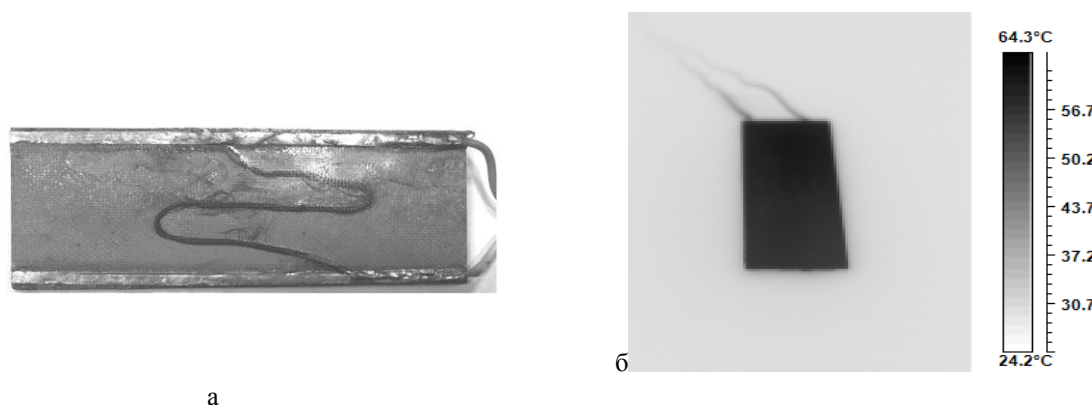
ТЕПЛОВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С АЛЮМИНИЕВЫМ ОСНОВАНИЕМ И СЛОЕМ НАНОПОРИСТОГО АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ ДЛЯ МОЩНЫХ СВЕТОДИОДОВ

Исследованы процессы теплового рассеивания для печатных плат с алюминиевым основанием и слоем нанопористого оксида алюминия. Показано, что такие печатные платы для мощных светодиодов имеют высокую тепловую эффективность.

В светодиодной светотехнике одной из главных задач является обеспечение эффективного теплоотвода. Как известно, коэффициент полезного действия мощных светодиодов значительно больше, чем традиционных ламп накаливания. Однако в силу специфики работы светодиода, большая часть энергии, потребляемой светодиодами (около 80 %) расходуется на тепловыделение. Поэтому с ростом светового потока от светодиодных источников растет тепловыделение и, как результат, встает проблема быстрого отвода избыточного тепла. Высокая температура печатной платы со светодиодами приводит к уменьшению количества и изменению спектра испускаемого света, увеличению стоимости света от светодиодного устройства, а также сокращению срока жизни светодиодов. Это связано со следующими особенностями влияния высоких температур на светодиоды, которые приводят к следующим эффектам:

– при нагреве светодиода падает световой поток, изменяется цветовая температура, уменьшается его эффективность и резко сокращается срок службы;

– из-за отрицательного температурного коэффициента прямого напряжения при повышении температуры происходит уменьшение прямого напряжения на светодиоде. Это может приводить к еще большему перегреву светодиода и выходу его из строя.



а

б

Рисунок 1 – Результаты тепловых исследований:

печатная плата на основе алюминия с нагревательным элементом на поверхности в виде углеродной нити (1) и тепловая картина на поверхности платы на основе алюминия после 60 сек. нагрева с мощностью 3,55 Вт (2)

Поэтому в светодиодной технике важно обеспечить температуру в области р-п перехода светодиода на уровне не более 80 °С. Одним из методов отведения избыточного тепла от мощных светодиодов является использование печатных плат с металлическим основанием со слоем диэлектрика с улучшенной теплопроводностью. Такие платы могут использоваться в изделиях, где имеет место повышенные локальные или распределенные по всей площади тепловые нагрузки. Наиболее эффективным решением для поверхностного монтажа светодиодов является печатная плата с алюминиевым основанием [1, 2]. Генерируемое тепло может быстро проходить через диэлектрик, а затем рассеиваться в алюминии – основании печатной платы.

Целью настоящей работы было исследовать тепловую эффективность печатных плат с алюминиевым основанием и слоем диэлектрика из нанопористого анодного оксида алюминия.

С целью создания источника нагрева на поверхности платы размещался тонкий ленточный нагреватель в виде углеродной нити. Плата имела размеры 60х 24 мм. Толщина основания из анодированного алюминия составляла 0,5 мм. Формирование пленки нанопористого оксида алюминия использовалось для улучшения адгезии армированного клеящего слоя – препрега к алюминию и получения диэлектрического слоя с хорошими изоляционными свойствами на поверхности алюминия.

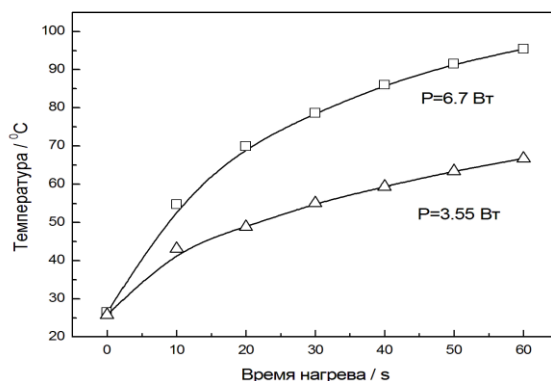


Рисунок 2 – Изменение температуры поверхности платы на основе алюминия во времени для мощности нагревателя 3,55 Вт и 6,7 Вт

Анодирование алюминия проводили в 0,3 М водном растворе щавелевой кислоты с постоянной плотностью тока 6 А см⁻² в течение 40 мин до достижения пленкой анодного оксида алюминия толщины 30 мкм. Армированный слой препрега до термообработки имел толщину около 80 мкм. Для изготовления нагревательного элемента использовалась нить из углеродного волокна с размерами 80 мкм (толщина)х 4 мм (ширина)х 170 (длина). Концы нити из углеродного волокна металлизировались слоем меди (толщина 30 мкм, гальваническое осаждение) для последующей пайки в процессе сборки. Электрический нагреватель с нитью из углеродного волокна имел электрическое сопротивление 60 Ом и рабочее напряжение до 30 В. Для исследования теплового поля образцов использовали неохлаждаемый тепловизор (MobIR M4).

При включенном электропитании нагревателя электроэнергия преобразуется в тепловую энергию, и начинаются процессы теплообмена, т. е. переноса тепла от нагреваемой поверхности к теплоотдающей поверхности. Оценку тепловой эффективности печатной платы для мощных светодиодов на основе алюминия со слоем нанопористого оксида алюминия проводили по результатам исследований динамики роста температуры на поверхности платы в зависимости от мощности рассеивания (3,55 и 6,7 Вт). Для этого для каждого образца, начиная с момента времени $t = 0$ и далее через каждые 10 секунд, в процессе нагрева делали снимки, с помощью тепловизора. Далее с помощью программы Launch Guide IrAnalyser измеряли распределение температуры на площади всего нагревателя. Эксперименты показали, что распределение температур по поверхности платы на основе алюминия после нагрева в течение заданного промежутка времени (до 60 сек.) характеризовалось высокой равномерностью. Такое поведение свидетельствовало о высокой скорости отвода выделяемого нагревателем тепла и последующем быстром его распределении в металлической основе платы. Увеличение мощности нагрева приводило к увеличению температуры платы, однако динамика нагрева платы во времени не изменялась.

Проведенные исследования показали высокую тепловую эффективность печатных плат на основе алюминия с нанопористым оксидом алюминия для работы мощных светодиодов. Применение таких печатных плат позволяет увеличить световую эффективность и повысить надежность работы мощных светодиодов в системах освещения.

Список литературы

1. Максимов, А. Сравнительное исследование теплопроводящих свойств материалов для печатных плат на алюминиевой основе / А. Максимов // Полупроводниковая светотехника. – 2013. – № 4. – С. 12–15.
2. Закс, М. Теплопроводящие печатные платы для монтажа мощных светодиодов / М. Закс // Полупроводниковая светотехника. – 2012. – № 1. – С. 32–35.

In the present study we investigated the processes of heat dissipation for the printed circuit boards with an aluminum base and a layer of nanoporous aluminum oxide. It was shown that such printed circuit boards for high-power LEDs have high thermal efficiency.

Тай Динь Чыу, аспирант, кафедра защиты информации, факультет телекоммуникаций, БГУИР, Минск, Беларусь, taidh75@gmail.com.

Научный руководитель – *Врублевский Игорь Альфонсович*, кандидат технических наук, доцент, кафедра защиты информации, БГУИР, Минск, Беларусь, vrublevsky@bsuir.edu.by.

УДК 629.3.018.2

А. Ю. ХАНЕВИЧ

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СТЕНДА ПО ПРОВЕРКЕ СВЕЧЕЙ ЗАЖИГАНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Разработка конструкции стенда по проверке свечей зажигания автомобиля позволяет проводить проверку свечей зажигания с предварительной очисткой электродов свечи от нагара.

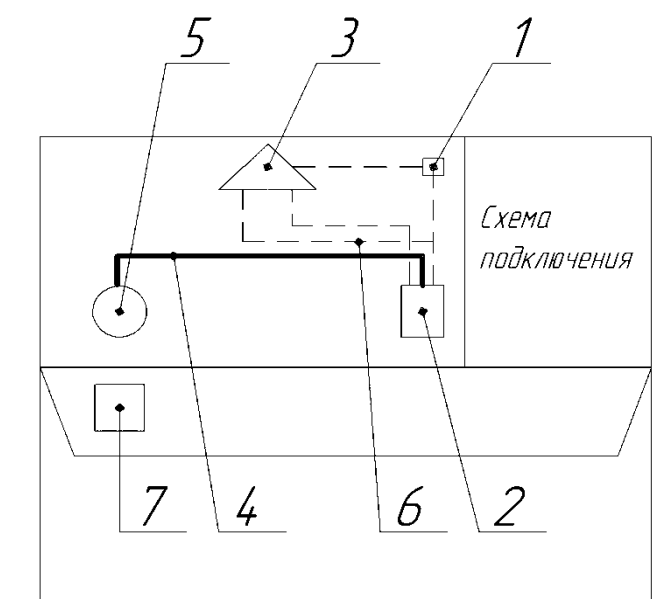
В настоящее время для обеспечения полного сгорания рабочей смеси в бензиновых двигателях необходим мощный искровой разряд между электродами свечи зажигания. В связи с тем, что свеча работает в трудных условиях, она испытывает переменные механические, тепловые и электрические нагрузки. Продукты сгорания горючей смеси вызывают коррозию электродов свечи, что приводит к образованию нагара [1].

Как известно, свеча зажигания предназначена для подачи высокого напряжения к камере сгорания и воспламенения воздушно-топливной смеси [2].

К основным неисправностям свечи зажигания можно отнести: трещины на изоляторе, загрязнение или пятна на изоляторе, образование нагара на электродах свечей, масло на электродах и резьбе свечей зажигания, топливо на резьбе и электродах, светло-серый или белый налет на электродах свечей, коррозия и оплавление электродов, неверно выставленный зазор между электродами [3–5].

В результате эксплуатации свечей зажигания с нагаром на электродах ухудшается запуск двигателя, повышается расход топлива, снижается мощность и приемистость двигателя, работа двигателя на холостом ходу становится нестабильной, повышается дымность [6].

Для проверки работоспособности свечей зажигания была разработана конструкция стенда по проверке свечей зажигания автомобиля (рис. 1), которая позволяет осуществлять проверку свечей зажигания по искровому разряду между электродами свечи [7, 8].



1 – пусковое устройство; 2 – катушка зажигания; 3 – коммутатор;
4 – высоковольтный провод; 5 – свеча зажигания; 6 – соединительные провода;
7 – устройство по очистке свечей зажигания

Рисунок 1 – Схема стенда по проверке свечей зажигания автомобиля

Стенд для проверки свечи зажигания работает следующим образом. При замыкании пускового устройства 1 ток от источника тока поступает на катушку зажигания 2, через соединительные провода на коммутатор 3 и через высоковольтный провод 6 на свечу зажигания 7.

Список литературы

1. Басс, Б. А. Свечи зажигания. Краткий справочник / Б. А. Басс. – М. : За рулем, 2007. – 112 с.
2. Коробейник, А. В. Ремонт автомобилей. Практический курс / А. В. Коробейник. – Ростов н /Д : Феникс, 2004. – 512 с.
3. Богатырев, А. В. Автомобили / А. В. Богатырев, Ю. К. Есеновский-Лашков, М. Л. Насоновский, В. А. Чернышев. – М. : КолосС, 2004. – 496 с.
4. Pischinger, S. Einfluss der Zündkerze auf zyklische Verbrennungsschwankungen im Ottomotor / S. Pischinger, J. V. Heywood // MTZ. – 1991. – № 52. – S. 82–92.
5. Wodarz, J. Flammenkernbildung / J. Wodarz, J. Köhler // FVV-Forschungsberichte Verbrennungskraftmaschinen. – 1992. – № 501. – S. 23–27.
6. Pischinger, F. Verbrennungsmotoren / F. Pischinger. – Aachen. : Vorlesungsumdruck, 1995. – 254 s.
7. Линник, Д. А. Стенд имитационных испытаний опор кабины водителя колесного трактора / Д. А. Линник, В. А. Ким // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 2. – С. 160–164.
8. Линник, Д. А. Стенд имитационных испытаний подвески кабины водителя колесного трактора / Д. А. Линник, В. А. Ким, С. Д. Лещик // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4. – С. 112–114.

Development of construction of stand on verification of spark-plugs of car allows to conduct verification of spark-plugs with pre-cleaning of electrodes of candle from a nakers.

Ханевич Артур Юрьевич, студент 5 курса, факультет инновационных технологий машиностроения, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, xalturik_93@mail.ru.

Научный руководитель – *Линник Дмитрий Александрович*, старший преподаватель, магистр технических наук, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, d.linnik@grsu.by.

УДК 538.9

А. М. ШАМБОРСКИЙ, М. Б. ЖУКОВИЧ

ДАТЧИК ОРГАНИЧЕСКИХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Рассмотрен современный газоаналитический принцип обнаружения органических взрывчатых веществ. Описаны характеристики устройства, построенного на данном методе. Описана практическая реализация данного метода. Проиллюстрирована конструкция прибора, где выделены все основные компоненты и их функциональное назначение.

Обнаружение взрывчатых веществ является важной проблемой современности. Уже долгое время для решения данной задачи применяются специально обученные собаки, но они имеют ряд существенных недостатков, что соответственно требует заниматься поиском новых решений.

Одним из таких решений является использование датчиков, обнаруживающих взрывчатые вещества или устройства по прямым или косвенным методам. Среди всего многообразия методов наиболее надёжным является использование так называемого «электронного носа» – детектора, построенного на основе газоанализатора.

Суть подхода заключается в захвате анализируемого газа из окружающей среды в режиме прямого времени, и непосредственный анализ захваченного газа на наличие в нём следов паров органических взрывчатых веществ. Сложность заключается в том, что испарения, выделяемые типичными взрывчатыми веществами, имеют очень малую концентрацию, это существенно повышает требования к пороговой чувствительности. Помимо этого, большой вклад в вероятность обнаружения взрывчатых веществ вносит температура среды и давление. Газоаналитические методы позволяют обнаружить концентрации паров взрывчатых веществ на исследуемых объектах порядка $10^{-14} \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ и менее, и имеют высокое быстродействие от 1–2 секунд до нескольких десятков, низкое энергопотребление [1].

Подавляющее большинство используемых на сегодняшний день взрывчатых веществ является нитросоединениями, нитратами спиртов: гексоген, нитроглицерин, тринитротолуол, нитрат аммония и другие. Возможно также использование их композиций с другими, химически не связанными с ними, веществами, которые не имеют взрывчатых свойств (регулирующие добавки, горючие окислители). Это означает, что, поскольку взрывчатые вещества производятся на нитроэфирах (органических нитратах), а в особенности полинитроэфирах, которые обладают большей чувствительностью, то устройство должно обнаруживать группы характеризующие такое соединение. Такой особенностью является наличие одной или нескольких O-NO₂ групп, связанных с атомом углерода. Однако, прежде чем говорить о способе обнаружения, необходимо подробнее отметить, что при помощи данного подхода могут быть обнаружены безопасные вещества, а значит – необходимо, чтобы прибор работал с высокой избирательностью и был бы помехоустойчивым (во избежание искажения показаний загрязнениями окружающей среды и изменениями температуры или атмосферного давления) [2].

Среди всех газоаналитических методов обнаружения «пластиков» наибольшее распространение получили два метода ионной спектрометрии. Суть методов заключается в измерении ионной подвижности или приращении ионной подвижности. Ионизированная молекула каждого вещества обладает строго определённой подвижностью в слабом электрическом поле, измеряя эту подвижность можно детектировать наличие молекул взрывчатых веществ в пробе. Метод приращения ионной подвижности является намного более точным, и поэтому будут рассматриваться его принцип работы, реализация этого принципа на практике и примерная конструкция реализации.

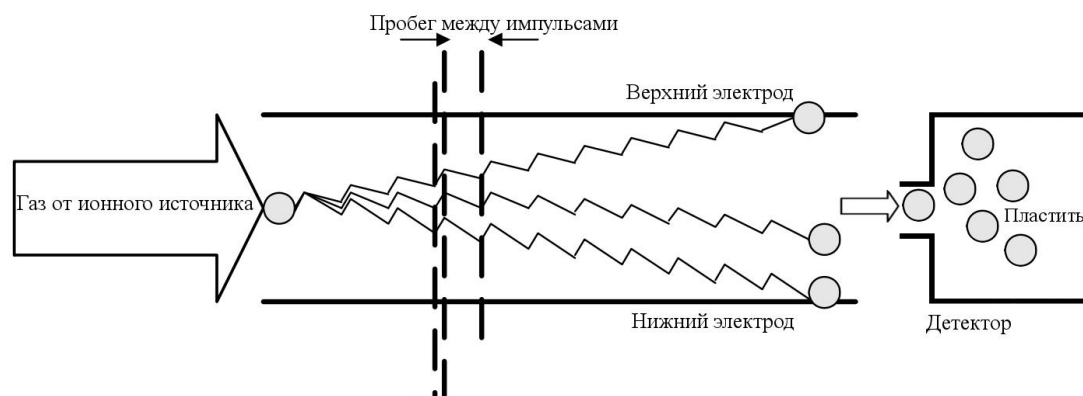


Рисунок 1 – Иллюстрация отсеивания ионов

Прибор представляет собой сочетание спектрометра ионной подвижности и масс-спектрометра, который работает по следующему алгоритму: ионизируются молекулы исследуемой пробы, для их ионизации могут использоваться: коронный разряд, поверхностная ионизация, лазерное или ультрафиолетовое излучение, радиоактивные изотопы. После ионизации ионы дрейфуют между обкладками конденсатора в потоке нейтрального газа. К обкладкам конденсатора приложен асимметричный по полярности сигнал и сканирующее поле. В зависимости от типа ионов требуется определённая комбинация сканирующего и высокочастотного полей, которая выделит нужные нам ионы. Эти ионы пройдут по определённой траектории и выйдут во вполне определённое место экстрагирующей диафрагмы. Все же остальные ионы будут разряжаться на обкладках.

Исходя из описанного алгоритма работы, прибор состоит из следующих компонентов: камеры ионизации, электростатического затвора, отделяющего камеру ионизации от камеры дрейфа (его прозрачность для ионов регулируется при помощи подаваемого на затвор потенциала). Камера дрейфа представляет собой такой же цилиндр, как и камера ионизации, но в нем присутствуют дрейфовые охранные кольца, расположенные вдоль стенок камеры и обкладки конденсатора, на которые подаётся высокочастотное асимметричное напряжение, которое постепенно «отсеивает» ионы веществ, не соответствующих искомому. В камере дрейфа также находится устройство накачки, которое подаёт в камеру навстречу дрейфу ионов инертный газ, дополнительно сепарирующий их посредством ион-атомного рассеяния. Камера дрейфа заканчивается апертурой, которая окончательно отсеивает все ионы, которые движутся непараллельно дрейфовой камере. Конструкция заканчивается устройством, которое может иметь разную компоновку, которая обеспечивает притяжение разноимённых зарядов. Формирование ионного тока с течением времени изображено на рисунке 2.

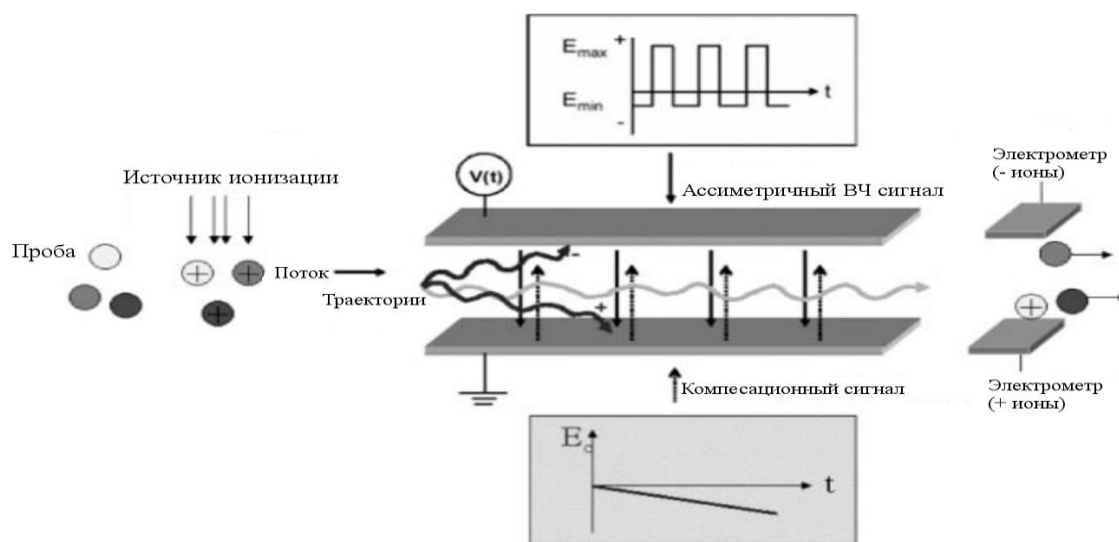


Рисунок 2 – Формирование ионного тока

Список литературы

1. Грузнов, В. Обнаружение взрывчатых веществ (современное состояние) [Текст] / В. Грузнов // Вопросы оборонной техники. – 2014. – № 3. – С. 94–96.
2. Нейланд, О. Органическая химия [Текст] / О. Нейланд // Высшая школа. – 1990. – С. 751.
3. Borsdorf, H., Mayer T. Zarejousheghani M. Recent Developments in Ion Mobility Spectrometry / H. Borsdorf, T. Mayer, M. Zarejousheghan. – 2015.
4. Беляков, В. Устройство дрейфовой трубки спектрометра ионной плотности [Текст] / В. Беляков, В. Першенков, А. Головин. – М., 2010.

Within this operation the reasons for development of detectors of explosives, one of the main implementation methods of such detectors were considered. Distinctive features on which traces of explosives are detected are specified. The main characteristics which are advantages were specified, the device constructed on such technology the method of detection and construction of the instrument on its basis is described.

Шамборский Андрей Михайлович, студент 4 курса, факультет радиоэлектроники, БГУИР, Минск, Беларусь, andreyshamborsky2@mail.ru.

Жукович Максим Борисович, БГУИР, Минск, Беларусь, Maksim.zhukovich.94@mail.ru.

Научный руководитель – *Родионов Юрий Анатольевич*, кандидат технических наук, доцент, БГУИР, Минск, Беларусь, youri_rodionov@tut.by.

УДК 537.633;533.9.03

Б. М. ШАНДАРОВИЧ, А. И. ЗАНЬКО

ИСТОЧНИК ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ИОННО-АССИСТИРОВАННОГО ОСАЖДЕНИЯ В ВАКУУМЕ

Представлены результаты исследования модернизированного торцевого холловского источника ионов. Построена модель магнитной системы данного источника, приведены результаты моделирования величины и конфигурации линий индукции магнитного поля в ускорительном канале. Предложена конструкция источника, адаптированная для работы при давлении от $8 \cdot 10^{-3}$ Па и применения в процессе ионно-лучевого ассистирования электронно-лучевому осаждению.

Актуальной задачей тонкопленочной технологии является формирование качественных функциональных покрытий из металлов, сплавов, диэлектриков и полупроводников.

Одним из рациональных путей решения вопроса является использование процессов ионно-лучевого ассистирования осаждению [1]. Одновременное облучение подложки потоком ионов в процессе осаждения позволяет получить функциональные слои с требуемыми свойствами. Комбинирование таких вакуумных осаждающих технологий, как испарение и распыление с одновременной бомбардировкой подложки ионами дает возможность независимого управления потоком частиц конденсирующихся на подложке и потоком энергии, и как следствие – достижение заданных свойств пленок в соответствии с их применением. Это ряд требований от оптических и электронных до коррозионных и защитных. Можно управлять такими свойствами формируемых пленок как: состав, микроструктура, плотность, адгезия, внутренние напряжения, коэффициенты отражения и поглощения и другие. Детальное рассмотрение этих процессов можно найти в ряде монографий и публикаций по этому предмету [1–3].

Актуальным направлением в области применения процессов ионного ассистирования является развитие методов способных обеспечивать промышленно приемлемые скорости осаждения покрытий, такие как электронно-лучевое испарение в вакууме [2]. Для того чтобы обеспечить реализацию преимуществ этой технологии и достичь оптимальных условий процесса требуются ионные источники с возможностью генерировать поток ионов низких энергий и высокой плотности в диапазоне давлений от $6 \text{ г } 10^{-3} \text{ Па}$ до $2 \text{ г } 10^{-2} \text{ Па}$ по большой площади. Решением этой проблемы представляется разработка технологических устройств, позволяющих генерировать ионные пучки инертных и химически активных газов и способных функционировать совместно с системами испарения и распыления. Одним из таких устройств является торцевой холловский источник ионов (ТХИ).

Классическая конструкция ТХИ, примененная Г. Кауфманом [3], которая до сих пор используется большинством производителей, представлена на рисунке 1а. Конструкция включает в себя анод с конусообразной полостью и отражатель с отверстиями для ввода газа, помещенные в магнитопроводящий корпус. Магнитное поле создается с помощью одного или нескольких постоянных магнитов размещенных на оси источника под отражателем. Форма линий магнитной индукции для данной конструкции показана на рисунке 1б.

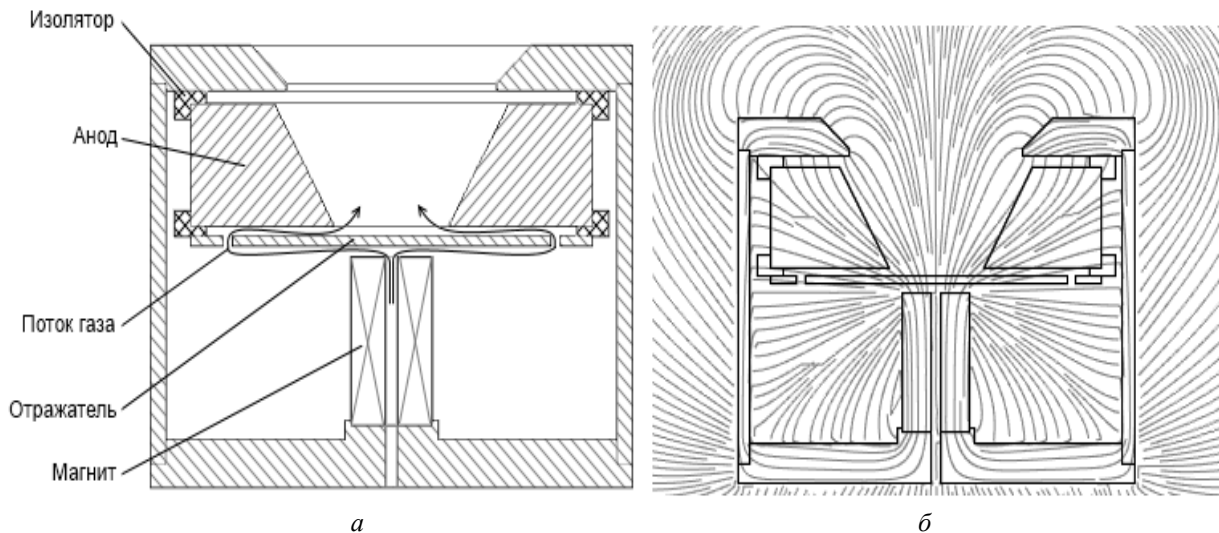


Рисунок 1 – а) классическая конструкция ТХИ;
б) форма линий магнитной индукции классического ТХИ

С использованием программного комплекса Comsol Multiphysics была построена модель магнитной системы классического ТХИ. В результате моделирования были получены графики, показывающие изменение значений составляющих индукции магнитного поля B_x , B_y по центральной оси источника (рисунок 2а) и по оси, проходящей через поверхность анода (рисунок 2б) при значении намагниченности магнита $9,5 \text{ г } 10^{-5} \text{ А/м}$.

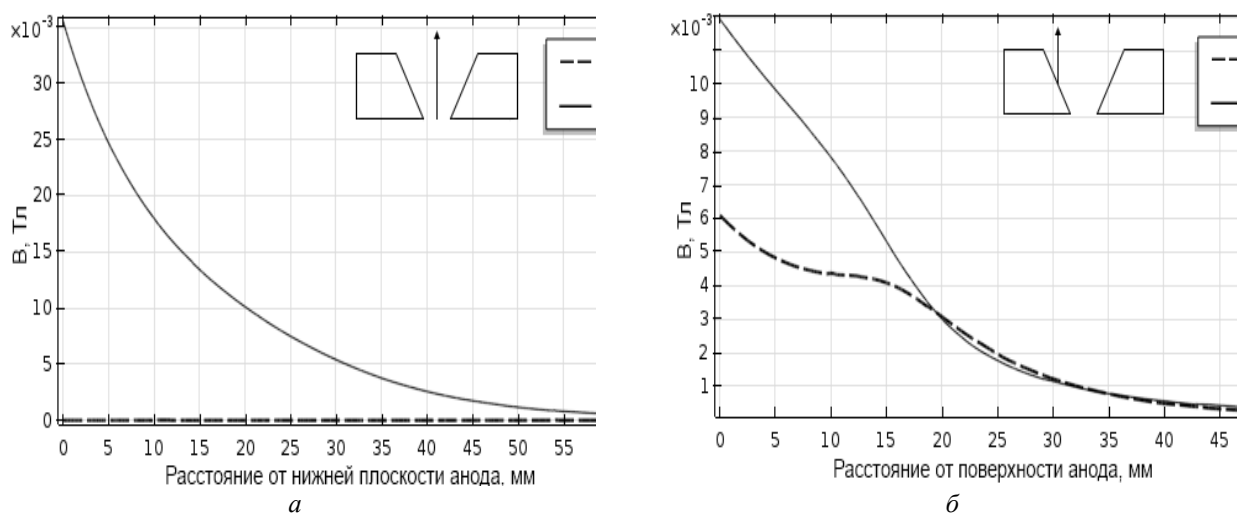


Рисунок 2 – Графики зависимости значений B_x , B_y от расстояния до анода для классического ТХИ: а) по центральной оси; б) по оси, проходящей через анод

Применение ТХИ в качестве ассистирующего источника при электронно-лучевом испарении накладывает на его работу ограничения по диапазону рабочего давления. При давлении в камере ниже $4 \cdot 10^{-2}$ Па происходит блокировка электронно-лучевого испарителя для исключения возникновения дуги и разрушения системы питания. Из этого следует, что в ТХИ необходимо обеспечить стабильную генерацию потока ионов с максимальным током при как можно более низком давлении. Этого в свою очередь можно добиться увеличением значения индукции магнитного поля над рабочей поверхностью анода.

Однако увеличение индукции поля приводит к повышению рабочего напряжения разряда и как следствие к повышению энергии генерируемых ионов, что является нежелательным. Поэтому мы использовали полюсный наконечник специальной формы, размещенный под анодом, который позволил повысить величину индукции магнитного поля возле поверхности анода со стороны газораспределителя, что показано на рисунках 3а, 3б, но при этом сохранить конфигурацию линий индукции, обеспечивающую формирование ионов с низкой энергией.

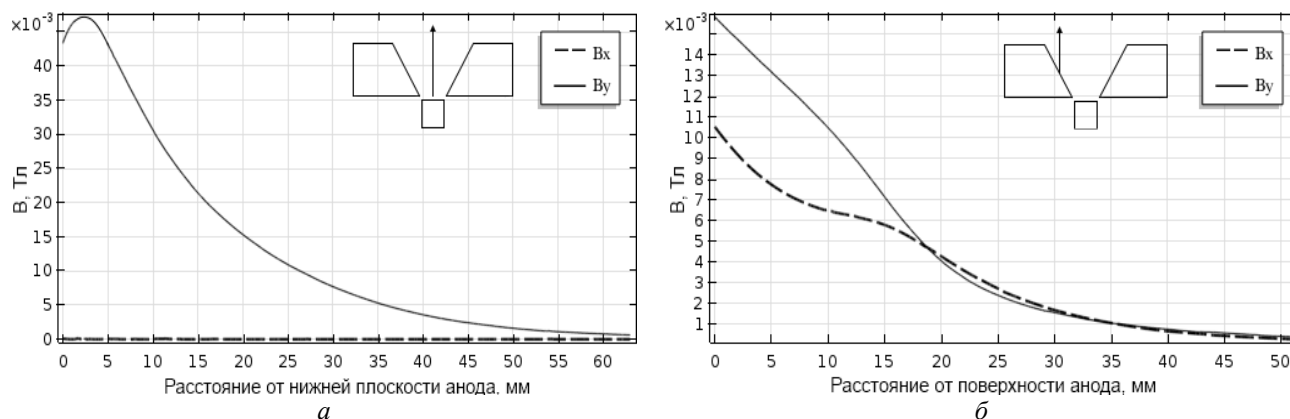


Рисунок 3 – Графики зависимости значений B_x , B_y от расстояния до анода для конструкции с полюсным наконечником: а) по центральной оси; б) по оси, проходящей через анод

Использованием в конструкции источника полюсного наконечника удалось добиться увеличения значений составляющей индукции магнитного поля B_y в зоне плазмообразования на 15 мТл и на 4 мТл в средней части анода, что позволяет говорить о повышении тока разряда при давлении $8 \cdot 10^{-3}$ Па и ниже.

Список литературы

1. Zhurin, V. V. Industrial Ion Sources / V. V. Zhurin // Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA. – 2012. – P. 5–84.
2. Ensinger, W. Ion sources for ion beam assisted thin-film deposition / W. Ensinger // Rev. Sci. Instrum. – 1992. – Vol. 63, № 11. – P. 5217–5233.
3. End-hall ion source: US. Pat. No. 4,862,032 / H. R. Kaufman, R. S. Robinson ; applicant H. R. Kaufman. – US 06/920,798 ; appl. 20.10.1986 ; pub. 29.08.1989 / UPSTO. – 1989. – P. 1–6.

The results of research of modified end-Hall ion source were presented. The magnetic system model of development source was built; the results of simulation of the magnetic field lines value and their configuration in the accelerating channel were shown. The source design adapted to operate at a pressure of $8 \cdot 10^{-3}$ Pa and application in the process of ion-beam assisting to electron-beam deposition was offered.

Шандарович Бажен Михайлович, студент 5 курса, факультет радиотехники и электроники, БГУИР, Минск, Беларусь, bazhen.sh@gmail.com.

Занько Андрей Иванович, студент 5 курса, факультет радиотехники и электроники, БГУИР, Минск, Беларусь, zanko.andrei@inbox.ru.

Научный руководитель – *Котов Дмитрий Анатольевич*, кандидат технических наук, доцент кафедры микро- и нанoeлектроники БГУИР, Минск, Беларусь, kotov@bsuir.by.

УДК 535.317

А. И. ШЕМЕТ, Т. Н. КАРПОВА

РАДУЖНАЯ ГОЛОГРАММА – НОВОЕ НАУЧНОЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ В СОВРЕМЕННОЙ ОПТИКЕ

Работа посвящена исследованию получения радужной голографии, применению такого типа голографии в сферах деятельности человека. Рассмотрены вопросы применения радужных голограмм для защиты изделий, документов, ценных бумаг и денежных знаков от подделок.

В настоящее время большое внимание уделяется исследованию возможности голограмм с целью использования их в разнообразных применениях. Радужные голограммы благодаря своей неповторимости цветопередачи и использованию высоких технологий при их изготовлении, из всего класса голограмм получили самую широкую востребованность. Это красочные радужные наклейки на аудио- и видеокассетах, голограммные товарные и защитные знаки на денежных билетах, кредитных картах и ярлыках товаров некоторых фирм, а также в качестве печатей паспортов некоторых стран. Ряд популярных журналов стал сопровождать свои номера радужными голограммами в рекламных целях.

Голография – это интерференционный метод регистрации световых волн, дифрагировавших на объекте, освещенном когерентным светом. При этом дифрагированные волны должны проинтерферировать с согласованной с ними по фазе опорной волной. Если волны обладают достаточной степенью когерентности, то распределение разности их фаз в пространстве остается постоянным в течение времени, необходимого для регистрации голограммы. Следовательно, возникает стационарная интерференционная картина с определенным распределением интенсивности. Радужная голограмма представляет собой особый вид голограмм, в которых для уменьшения требований к когерентности восстанавливающего источника исключается параллакс в одном направлении. Поскольку при восстановлении этой голограммы используется весь спектр белого света, а не узкая полоса частот, голограмма может быть очень яркой и восстанавливаться с помощью естественного света.

1. Получение радужных голограмм.

Метод Бентона состоит из двух этапов записи 2-х голограмм по схеме Лейта и Упатниекса. Сначала записывается обычная голограмма. Объект располагают от голограммы на расстоянии наилучшего зрения 25–30 см. С этой первичной голограммы восстанавливают действительное объемное голографическое изображение. Для этого используют восстанавливающий пучок лазерного света, сопряженный опорному пучку (рис. 1). При этом голограмму прикрывают вертикальной узкой и длинной щелью так, что восстановление действительного изображения происходит только с узкой вертикальной полоски на голограмме. В область действительного изображения помещают фоточувствительный слой и для записи второй голограммы направляют опорный пучок, когерентный световому пучку, восстанавливающему действительное изображение с первой голограммы. Таким образом записывается основная радужная голограмма. Если теперь полученную голограмму осветить пучком белого света, сопряженным опорному, то одновременно с ортоскопическим изображением объекта будет восстанавливаться и изображение полоски – щели, прикрывавшей первичную голограмму. Изображения щели в разных цветах в силу зависимости угла дифракции от длины волны λ будут занимать разное пространственное положение и поэтому в этой области наблюдается цветная полоса с чередованием всех цветов радуги.

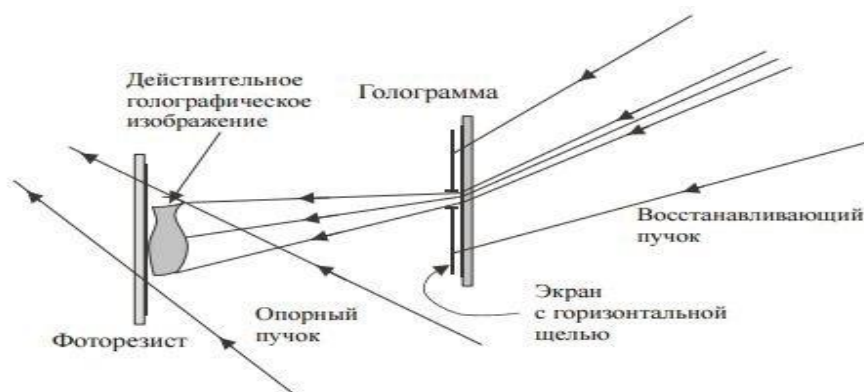


Рисунок 1 – Оптическая схема записи радужной

2. Рассмотрение свойств цветных радужных голограмм.

На радужной голограмме можно получить и цветное изображение, если на этапе записи использовать лазеры с красным, синим и зеленым светом. При восстановлении с таких голограмм изображений в белом свете первоначальное распределение цвета по изображению наблюдается только при одном направлении взгляда на голограмму. В других вертикальных положениях головы наблюдателя непрерывно изменяются все цвета восстановленного изображения. При этом возникают весьма необычные цветовые соотношения, и цветовая гамма восстановленного изображения оказывается более разнообразной, чем объекта – оригинала.

Радужные голограммы обеспечивают и более простой метод получения цветных голографических изображений. Действительно, поскольку радужная голограмма, записанная в монохроматическом свете, восстанавливает изображение во всех цветах радуги, то простое наложение двух или трех изображений в основных цветах обеспечит получение многоцветного изображения. Синтез цветного изображения, восстанавливаемого радужной голограммой, полученной с помощью одноцветного лазера и монохромной регистрирующей среды, чувствительной в узком спектральном диапазоне, основан на следующих свойствах голограмм. Если изменить угол падения на голограмму восстанавливающего светового пучка, то радужная полоса в области локализации изображения щели сместится. Следовательно, записывая цветоразделенные изображения (с использованием цветных фильтров) или различные фрагменты объекта на радужную голограмму при соответствующем образом рассчитанных углах падения опорного пучка, при восстановлении голографического изображения получим набор пространственно смещенных радужных полосок для соответствующих изображений.

3. Применение радужной голограммы.

Технологически простое тиражирование радужных голограмм и возможность восстановления с них изображений в белом свете определили их широкое использование в полиграфии, в рекламе в качестве фирменных значков различной продукции. Выпускаются специальные полимерные пленки (фольга) с переливающимся радужным рисунком, изготовленные по технологии радужных голограмм. Они используются в полиграфии для цветового оформления различной печатной продукции, журналов, листовок, брошюр, грамот, дипломов, календарей, визиток, афиш и т. д. Тисненые радужные голограммы используются в основном для производства декоративной фольги, а также для рекламных и защитных этикеток, марок малого формата. Особой областью применения радужных голограмм является защита различных изделий, ответственных документов, и ценных бумаг от подделок. Радужная голограмма может содержать ряд специальных световых меток, подвижных элементов изображения, индивидуальных знаков-сигналов, считываемых специальными устройствами. Эти качества голограммы в сочетании с наукоемкой и тонкой технологией изготовления голограммы-оригинала и ее полимерных копий делают подделку голографических знаков трудноразрешимой проблемой. Ярким примером использования радужных голограмм с целью защиты изделия является нанесение голограмм на денежные билеты. Такой способ защиты использует Китай (юань), Англия (фунт стерлинг), Чехия (крон), Германия (евро) и многие другие.

В настоящее время радужная голография составляет новое научное и техническое направление в современной когерентной оптике и ее приложениях. Радужные голограммы используют в голографической интерферометрии, в исследованиях быстропротекающих процессов, в технике цветных измерений и синтезе образцов цвета с заданными характеристиками. Особой областью применения радужных голограмм является защита различных изделий, ответственных документов, денежных билетов и ценных бумаг от подделок, обеспечивая максимальную степень защиты.

Список литературы

1. Власов, Н. Г. Радужная голография / Н. Г. Власов // Природа. – 1993. – № 8. – С. 74–80.
2. Оптическая голография / под ред. Г. Колфилда ; пер. с англ. – М. : Мир, 1982. – Т. 1. – 380 с.; Т. 2. – 736 с.
3. Гальперин, А. Д. О записи цветных радужных голограмм / А. Д. Гальперин, Б. К. Рожков, В. Г. Смаев // Оптика и спектроскопия. – 1987. – Т. 63, вып. 2. – С. 389.
4. Когерентная оптика и голография. Лабораторный практикум : пособие / Л. С. Гайда [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2013. – 91 с.

The paper is devoted to the exploring of rainbow holography, application of this type of holography in the fields of human activity. The article discusses the use of rainbow holograms to protect products, documents, securities and banknotes against counterfeiting.

Шемет Александр Иванович, студент 4 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, shemet.1996@mail.ru.

Карпова Татьяна Николаевна, студентка 5 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, taniakarпова@inbox.ru.

Научный руководитель – *Гайда Леонид Станиславович*, доктор физико-математических наук, профессор, кафедра лазерной физики и спектроскопии, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, gls@grsu.by.

УДК 535.3

В. С. ШЛЯХТЁНОК

БАРЬЕРНЫЕ ДЕТЕКТОРНЫЕ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ИМПЛАНТИРОВАННОГО ИОНАМИ БОРА НРНТ АЛМАЗА

Детекторы ультрафиолетового и ионизирующих излучений используются в современной науке, медицине, космических исследованиях, в промышленности. Изготовленные на основе алмаза детекторы являются более стойкими к радиационным воздействиям, чем изготовленные из других материалов. Алмазные детекторы, как правило, представляют собой фоточувствительные структуры резистивного типа, работающие при внешнем напряжении смещения. Под действием ионизирующих излучений в объеме такого детектора образуются дополнительные носители заряда, которые разделяются внешним электрическим полем, что приводит к увеличению тока. Детекторы барьерного типа имеют преимущество перед фоторезисторами, состоящее в возможности разделения неравновесных носителей заряда встроенным в объем детектора электрическим полем. Детекторы с встроенным электрическим полем могут работать без приложения внешнего смещения, отсутствие которого приводит к снижению уровня шумов.

Цель данной работы: создание барьерных структур в алмазе.

Барьерные структуры в алмазе были созданы с помощью имплантации ионов, которая сопровождается формированием структурных нарушений. При достаточно высоком уровне нарушений имплантированный слой является проводящим с признаками электронной проводимости [1]. В этом случае лучшие характеристики барьерной структуры ожидаются при использовании алмаза, легированного бором. Легированные бором кристаллы алмаза типа IIb были синтезированы методом высоких давлений и высоких температур в СООО «АдамасИнвест», Республика Беларусь. Из кристаллов были изготовлены полированные плоскопараллельные пластины толщиной около 600 мкм. Концентрация нескомпенсированного бора в образцах составляла $1,2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. В одну из поверхностей пластины имплантировали ионы бора с энергиями 20, 40, 65 и 100 кэВ. Полиэнергетическая имплантация использовалась для создания распространяющегося от поверхности квазиоднородного дефектного слоя толщиной 200 нм. Флюэенс облучения соответствовал концентрации бора в имплантированном слое порядка 10^{20} см^{-3} . Отжиг образцов не проводился, поэтому имплантированный бор не проявлял электрической активности. В то же время, электропроводимость приповерхностного слоя алмаза была изменена и осуществлялась по структурным нарушениям кристаллической решетки. При проведении электрических и фотоэлектрических измерений на неимплантированную поверхность пластин наносили контакт из серебряной пасты. Освещение барьерных структур излучением дейтериевой лампы в диапазоне длин волн 186–350 нм [2] осуществлялось со стороны имплантированной поверхности. На рисунке 1 приведена схема изготовленной барьерной структуры.

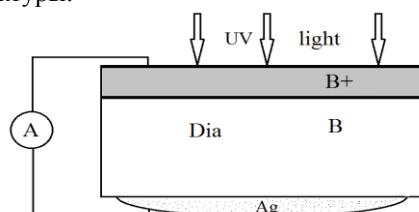


Рисунок 1 – Схематическое изображение барьерной структуры на алмазе

Вольтамперные характеристики (ВАХ) барьерных структур в темноте и при освещении излучением дейтериевой лампы измерялись с использованием автоматизированной установки на базе дозиметра ДКС АТ-5350. Дозиметр содержит встроенный источник напряжения, позволяющий варьировать напряжение смещения в диапазоне ± 400 В, и амперметр, позволяющий регистрировать величину силы тока в диапазоне $10^{-15} \div 10^{-6}$ А. Установка управляется компьютером и позволяет регистрировать ВАХ при заданном шаге изменения напряжения смещения, или регистрировать в течение времени силу тока при заданном напряжении смещения. Результаты измерений в обоих случаях были представлены в реальном времени на экране монитора и могли быть сохранены на жестком диске компьютера для последующей обработки.

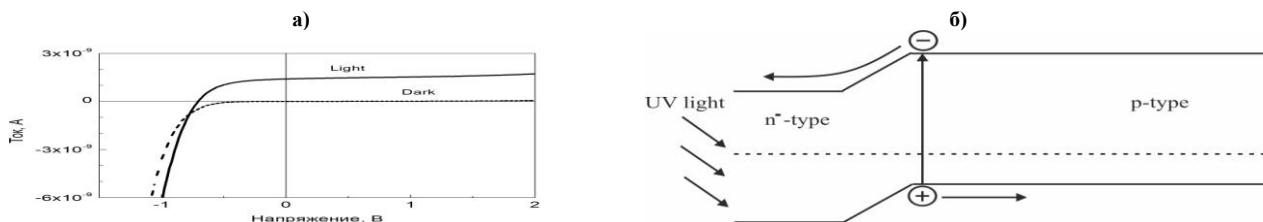


Рисунок 2 – ВАХ барьерной структуры в темноте и при освещении излучением дейтериевой лампы – (а), зонная диаграмма барьерной структуры – (б)

На рисунке 2а показаны ВАХ барьерной структуры в темноте и при освещении излучением дейтериевой лампы. Нелинейный ход зависимости величины тока от напряжения свидетельствует о существовании барьера. Более быстрому росту тока с ростом напряжения (прямое включение) соответствует приложение отрицательного смещения к имплантированному слою, обратному включению соответствует приложение к имплантированному слою положительного смещения. При освещении барьера излучением дейтериевой лампы ВАХ смещается вдоль оси ординат. Аналогично р-п-переходу в алмазной барьерной структуре при нулевом смещении наблюдается ток короткого замыкания, величина которого возрастает с ростом интенсивности освещения. Под действием встроенного в алмаз электрического поля созданные излучением дейтериевой лампы электроны движутся к имплантированной поверхности, а дырки – в объем пластины. Соответствующая созданной барьерной структуре зонная диаграмма показана на рисунке 2б.

С использованием технологии ионной имплантации изготовлены барьерные структуры на основе легированных бором синтетических алмазов отечественного производства, проведены их испытания. Созданные барьерные структуры фоточувствительны в ультрафиолетовой области спектра и способны работать без приложения внешнего напряжения смещения. Используемая технология может быть основой для изготовления алмазных детекторов барьерного типа для регистрации ультрафиолетового и ионизирующих излучений.

Автор признателен сотрудникам НИЛ высокоэнергетичной ионной имплантации и функциональной диагностике при кафедре физики полупроводников и нанoeлектроники Белорусского государственного университета за оказанную помощь при измерении характеристик детекторных структур и написании рукописи.

Список литературы

1. Русецкий, М. С. Формирование термочувствительных элементов в синтетическом алмазе с использованием радиационных дефектов ионной имплантации / М. С. Русецкий, Н. М. Казючиц, В. Н. Казючиц, Е. В. Наумчик // Приборостроение-2011 : материалы IV междунар. науч.-техн. конф. – М. : БНТУ, 2011. – С. 393–394.
2. Saunders, R. D. Spectral irradiance standard for the ultraviolet: the deuterium lamp / R. D. Saunders, W. R. Ott, J. M. Bridges // Applied Optics. Vol. 17 (1978) № 4.

Synthetic diamond barrier structure was formed using boron ion implantation technology. Obtained barrier structure is photosensitive in the ultraviolet range and can be work without external bias. Used technology could be the basis for the production of barrier type diamond detectors for registration of ultraviolet and ionizing radiation.

Шляхтёнок Владислав Сергеевич, студент 4 курса, физический факультет, БГУ, Минск, Беларусь, vlad_s1995@mail.ru.

Научный руководитель – Казючиц Николай Михайлович, заведующий НИЛ высокоэнергетичной ионной имплантации и функциональной диагностики при кафедре физики полупроводников и нанoeлектроники, БГУ, Минск, Беларусь, kazuchits@bsu.by.

УДК 621.382

Е. Т. ЯДЕШКО, В. А. ЗАМАН

ЦИФРОВОЙ ОСЦИЛЛОГРАФ С МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ГЕНЕРАТОРОМ

Разработан цифровой осциллограф с многофункциональным генератором для применения в учебном эксперименте. Представлена структурная схема прибора, компонентная база, рассмотрен функционал и описан принцип работы.

Использование цифровых технологий способствует значительному росту интереса к предмету и позволяет учащимся работать самим, при этом получая не только знания в области естественных наук, но и опыт работы с интересной и современной техникой, компьютерными программами, опыт взаимодействия исследователей, опыт информационного поиска и презентации результатов исследования [1]. Учащиеся получают возможность заниматься исследовательской деятельностью, не ограниченной темой конкретного задания, и самим анализировать полученные данные.

Оборудование для учебных экспериментов должно соответствовать оптимальному соотношению цена/возможности, быть простым в эксплуатации и обслуживании. Для решения поставленных задач разработан цифровой осциллограф с многофункциональным генератором.

Для упрощения конструкции и снижения себестоимости устройства используется компьютер. Обмен данными с компьютером осуществляется посредством USB интерфейса. Питание также осуществляется от USB порта, таким образом, отпадает необходимость использования дополнительного источника питания. На компьютере посредством специализированного ПО, осуществляется управление, а также настройка режимов работы генератора и осциллографа. Корректировку параметров допустимо производить в режиме реального времени без остановки устройства.

Технические характеристики цифрового осциллографа:

1. Входное сопротивление: 1 МОм;
2. Диапазон входного напряжения: 0,1–20 В;
3. Скорость выборки: 8 млн выб./с;
4. Аналоговая полоса пропускания: 600 кГц;
5. Разрешение АЦП: 8 бит.

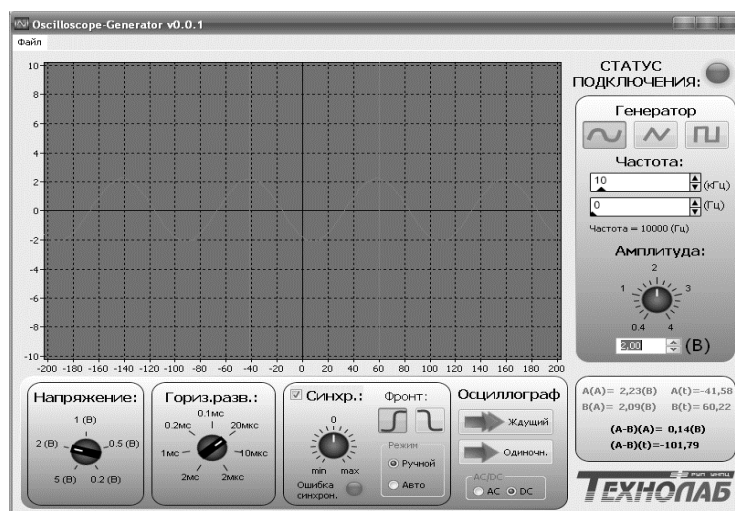


Рисунок 1 – Интерфейс программного обеспечения осциллографа

Технические характеристики цифрового генератора:

1. Максимальная частота генерации сигнала: 100 кГц;
2. Максимальная амплитуда выходного сигнала: 4 В;
3. Максимальный выходной ток: 40 мА;
4. Форма выходного сигнала: синус, треугольник, прямоугольник.

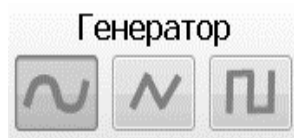


Рисунок 2 – Интерфейс программного обеспечения генератора

В устройстве предусмотрена функция перепрограммирования МК STM32F103C8 [1] через преобразователь USB-UART, что увеличивает возможности данного прибора, для его усовершенствования и перепрограммирования.

По результатам выполненной работы был разработан и изготовлен цифровой осциллограф с многофункциональным генератором с возможностью измерения сигналов частотой до 600 кГц, а также формирования сигналов синусоидальной, треугольной и прямоугольной формы частотой до 100 кГц и амплитудой до 4 В.

Устройство целесообразно использовать в учебных лабораториях при проведении демонстраций и учебных экспериментов по аналоговой и цифровой электронике.

Список литературы

1. STM32F103C8T6 datasheet // Stmicroelectronics [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://pdf.datasheet-su/stmicroelectronics/stm32f103c8t6.pdf>. – Дата доступа: 10.02.2017.

Designed a multifunction digital oscilloscope with a generator for use in a training experiment. The block diagram of the device, component base, examined and described the functional principle.

Ядешко Евгений Тадеушевич, студент 5 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, zhenia04.94@mail.ru.

Заман Витольд Андреевич, аспирант, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, defiks_by@mail.ru.

Научный руководитель – *Полягошко Юрий Григорьевич*, магистр естественных наук, старший преподаватель, кафедра электротехники и электроники, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, ugroly@tut.by.

УДК 62-791.2

Е. В. ЯНГОЛЕНКО

УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ НАМОТКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Рассмотрены структурная схема устройства для автоматической намотки трансформатора с использованием датчиков Холла и принцип его работы. Для автоматизации процесса намотки трансформатора вполне достаточно микроконтроллера ATmega328.

Источник питания является важнейшей и неотъемлемой частью любого радиоэлектронного устройства, питающегося от сети. Изменение уровня сетевого напряжения для питания устройства зачастую производится трансформатором. Однако при проектировании устройства могут возникать такие проблемы, как использование в устройстве нестандартного напряжения питания или, например, несоответствие массогабаритным характеристикам устройства уже имеющихся трансформаторов. В таком случае проблему можно решить использованием в источнике питания трансформатора собственной конструкции. Однако процесс изготовления трансформатора связан с дополнительными расчётами и значительной потерей времени на его изготовление. Автоматизация этого процесса позволит значительно упростить процесс изготовления трансформатора и источника питания в целом.

Структурная схема устройства приведена на рисунке 1.

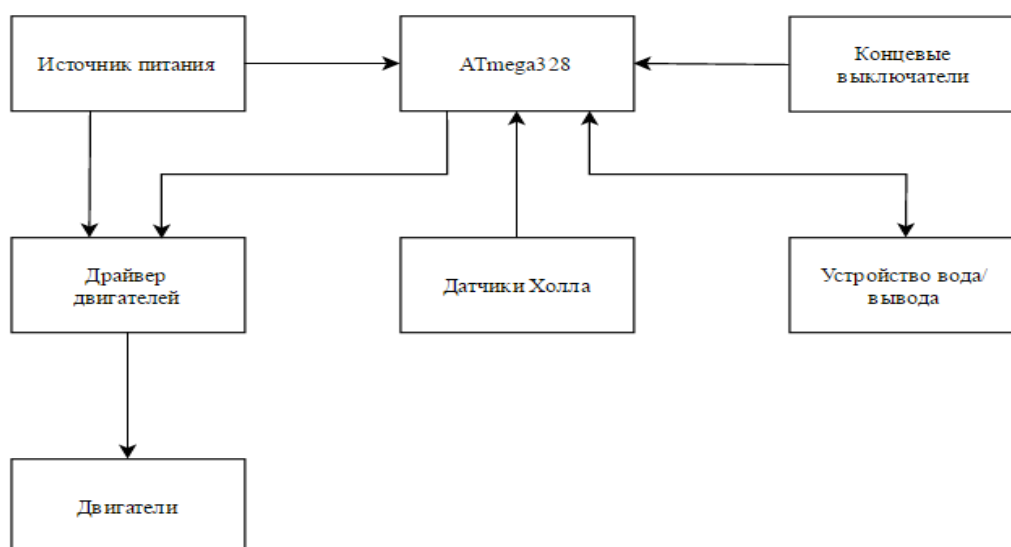


Рисунок 1 – Структурная схема устройства для намотки трансформаторов

Микроконтроллер ATmega328 – восьмиразрядный RISC микроконтроллер фирмы Atmel. Микроконтроллер содержит 32 кБ flash-памяти, 1 кБ EEPROM-памяти и 2 кБ SRAM-памяти, 23 линии ввода/вывода общего назначения, 32 рабочих регистра общего назначения, SPI и I²C интерфейсы и десятиразрядный АЦП. Рабочее напряжение микроконтроллера составляет 1,8–5,5 В, а быстродействие достигает величины до 20 MIPS на частоте 20 МГц [1].

Шаговый двигатель типа ПБМГ 200–265 способен обеспечивать точную и плотную укладку витков относительно друг друга путём точного перемещения укладчика витков. ПБМГ 200–265 – шаговый униполярный двигатель. Двигатель имеет две обмотки с отводами от средней точки и, соответственно, шесть выводов. За один шаг вал совершает поворот на 1,8 градуса и делает 200 шагов на один полный оборот. Сопротивление обмоток составляет 700 м, и потребляемый ток двигателя составляет 0,17 А при напряжении питания 12В [2]. Плотность намотки может достигаться натяжением наматываемого провода. Два двигателя постоянного тока способны организовать плавный запуск и постепенную остановку процесса намотки. Один двигатель отвечает за вращение подающей бобины, а второй – за вращение стержня трансформатора.

Необходимым элементом устройства для автоматической намотки трансформатора является счётчик витков. Счётчик может быть организован с использованием цифрового датчика Холла типа А3144. Диапазон напряжений питания датчика составляет 4,5–24 В. Сигнальный вывод представляет собой открытый коллектор. При попадании чувствительного элемента датчика Холла в магнитное поле, создаваемое магнитами, сигнальный вывод соединяется с общим проводом через *n-p-n*-переход, и датчик отправляет соответствующий логический сигнал на один из входов микроконтроллера [3]. Для более точного контроля над вращением стержня трансформатора в процессе намотки, на вал двигателя постоянного тока могут крепиться симметрично несколько магнитов. Для учёта вращения двигателей в обратную сторону целесообразно использовать два датчика Холла. На основе показаний со счётчика витков микроконтроллер может управлять скоростью вращения двигателей постоянного тока и скоростью перемещения укладчика витков.

Размеры будущего трансформатора могут задаваться перемещением двух концевых выключателей, перемещаемых параллельно стержню трансформатора. При достижении укладчика витков одного из концевых выключателей, сигнал с выключателя поступает на один из входов микроконтроллера, и микроконтроллер изменит направление вращения шагового двигателя, соответственно изменится направление перемещения укладчика витков.

Преимуществом данного устройства является достаточно низкая стоимость по сравнению с существующими аналогами, однако устройство позволяет производить достаточно точную намотку провода и избавляет оператора от необходимости контроля над скоростью вращения двигателей.

Список литературы

1. Микроконтроллер ATmega328 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/392243/ATMEL/ATMEGA328.html>.
2. Шаговый двигатель ПБМГ 200 265 – характеристики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://libixur.ru/2012/11/shagovyy-dvigatel-pbmg-200-265-harakteristiki>.
3. Датчик Холла А3144 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/55092-/ALLEGRO/A3144.html>.

The article describes the structural scheme of a device for the automatic winding of a transformer with the usage of Hall sensors and the principle of its work. To automate the process of winding enough the ATmega328 microcontroller.

Янголенко Евгений Владимирович, студент 4 курса, физико-технический факультет, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, zhenyaangolenko@mail.ru.

Научный руководитель – *Ситкевич Татьяна Анатольевна*, кандидат технических наук, доцент, кафедра электротехники и электроники, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, sittan@tut.by.