

Секция 3

ПРИБОРЫ И ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

УДК 681.5.08

А. В. АВДЕЕВ, П. В. ПЕТРОВ, Н. Н. КОЛЬЧЕВСКИЙ

СИСТЕМА СВЕТОДИОДНОЙ ПОДСВЕТКИ ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЦИФРОВЫХ КАМЕР

Для решения проблемы ошибочного считывания данных при использовании измерительных видеокамер предлагается использовать инфракрасную светодиодную подсветку. Изготовлена система, состоящая из web-камеры и ИК подсветки. Моделируется освещенность ИК-подсветки с целью обеспечения равномерного освещения объекта.

В настоящее время теория компьютерного зрения – это постоянно развивающийся, самостоятельный раздел кибернетики, включающий ряд организаций, занимающихся исследованиями в данной области, например: SPIE (Международное сообщество по оптической инженерии), IEEE Computer Society (Institute of Electrical and Electronics Engineers), РОФДЗ (Общество содействия развитию фотограмметрии и дистанционного зондирования). Основные направления, которые следует выделить в области компьютерного зрения: зрение роботов, средства автоматизации обработки визуальных данных и информации, распознавание буквенно-символьной информации, детектирование наличия движущихся объектов в поле зрения камеры, задачи мультисенсорного распознавания, различного рода системы мониторинга. Наиболее распространённым и хорошо разработанным является направление компьютерного зрения, используемого в системах автоматизации обработки информации, поступающей от видеокамер. Примером использования таких камер может послужить системы, декодирующие информацию, содержащуюся на штриховых кодах или системы автоматической сортировки корреспонденции. Основными характеристиками систем видеонаблюдения являются: цветность изображения (черно-белая или цветная), разрешение изображения (измеряется в количестве точек либо в пикселях), чувствительность (измеряется в люксах), подсветка (опционально, обычно светодиоды). Одной из проблем распознавания информации с помощью цифровых камер является образование бликов и засветов на экранах измерительных приборов вследствие изменения условий естественного внешнего освещения. Из-за световых бликов происходит потеря и искажение части информации с этих участков поверхности. Одним из методов борьбы с бликами является изменение освещения вплоть до полного затемнения помещения, но тогда встает вопрос о недостаточной освещенности для качественного восприятия информации камерой. Цифровые камеры чувствительны в диапазонах видимого человеческого глазу спектра (350–800 нм), и ИК-диапазонах (800–1100 нм). Для того чтобы увеличить процент распознаваемой информации, необходимо обеспечивать равномерную подсветку исследуемой поверхности, например, экрана измерительного прибора.

Целью работы является решение задачи формирования равномерного распределения освещенности с помощью матрицы ИК светодиодов. Для формирования равномерной освещенности с помощью ИК светодиодов необходимо задать распределение яркости в матрице светодиодов и геометрию расположений светодиодов в зависимости от положения и геометрии объекта.

Для решения проблемы равномерного освещения ИК-светодиодами ранее была разработана установка, представляющая из себя веб-камеру модели Ritmix RVC-017M со следующими характеристиками: сенсор: 1,3 Мп, полноцветный CMOS, угол обзора объектива: 54°, с ручной фокусировкой – от 5 см, разрешение до 1600x1200. В корпусе камеры изначально были установлены светодиоды работающие в видимом спектре, но они были извлечены и заменены на ИК-светодиоды модели REC-LA304IRT-2D (рис. 1а) с регулировкой их яркости. Светодиоды имеют номинальную мощность 8 мВт/ср и углы освещения 30 градусов, излучают в диапазоне 840–850 нм (близки границы видимого диапазона). Выбор данного диапазона излучения обусловлен чувствительностью матрицы камеры (рис. 1б). Стекло хорошо пропускает ИК излучение вплоть до 3.5 мкм, ИК излучение ближнего диапазона ведет себя в основном так же, как и видимое излучение.

На следующем этапе исследования изготавливалась матрица светодиодов с регулировкой яркости каждого отдельно от других, а также математически моделировалась освещенность от данной матрицы на плоские объекты. В среде программирования C++ написана программа, которая рассчитывала оптимальное расстояние между светодиодами и их яркость в зависимости от заданных первоначальных условий.

В программе для начала расчета необходимо задать некоторые начальные параметры:

- 1) Для случая работы с линией светодиодов – количество светодиодов, в случае работы с матрицей светодиодов – размерность матрицы.
- 2) Положение светодиодов.
- 3) Положение и геометрия освещаемой площадки.
- 4) Шаг, с которым ведется расчет освещаемого поля.

- 5) Характеристики светодиодов – спектр, диаграмма направленности.
- 6) Интервал изменения яркости светодиода.
- 7) Требуемая точность и погрешность расчета.

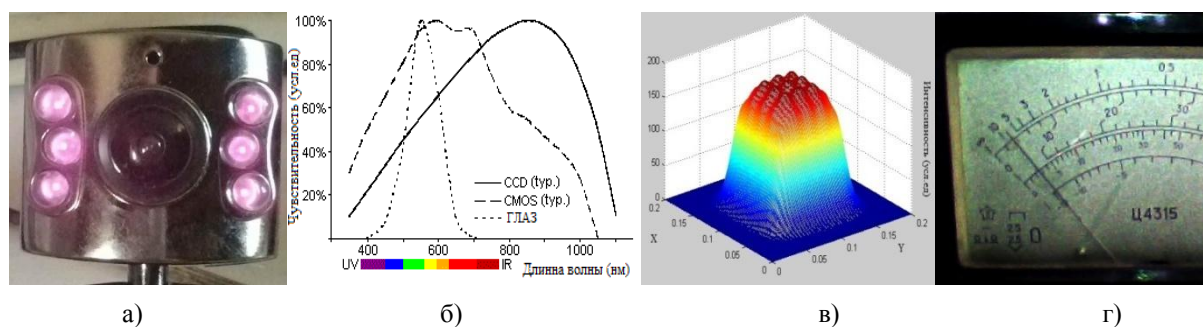


Рисунок 1 – а) фотография web-камеры со встроенными ИК-светодиодами, б) график чувствительности матриц и глаза к ИК излучению, в) график распределения интенсивности излучения на тестовой площадке, г) фотография, полученная web-камерой при наличии ИК подсветки

Освещенность от всех СД в любой точке площадки определялась суммой:

$$S(x, y, z) = \sum_{ij} \frac{I(\theta_{ij} + \varphi_{ij})}{(X_{ij} - X)^2 + (Y_{ij} - Y)^2 + (Z_{ij} - H)^2}$$

где X, Y, Z – координаты точек на освещаемой площадке, угол θ – между нормалью площадки светодиодов и направлением на точку расчета, X_{ij}, Y_{ij}, Z_{ij} – координаты светодиодов, φ – углы поворота светодиодов.



Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма программы

Все три изменяемых параметра изменяются в цикле (рис. 2), таким образом, перебирались все возможные комбинации из этих параметров, после чего они проверялись на соответствие заданным условиям неравномерности и требуемой освещенности. Любой из этих параметров можно задать константой и искать модели матриц светодиодов по оставшимся двум. Например, можно зафиксировать светодиоды на определенном расстоянии друг от друга и изменяя характеристики излучения и расстояние до освещаемой площадки искать соответствие для заданной неравномерности освещенности. Или, зафиксировав матрицу светодиодов на расстоянии H от освещаемой площадки, отодвигать их друг от друга и менять силу излучения. Пример расчета распределения освещенности показан на рисунке 1в (в данном примере использована сетка из 9 светодиодов и расстояние до освещаемой площадки 180 см). Результаты эксперимента показаны на рисунке 1г.

Список литературы

1. Алфёров, Ж. И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур / Ж. И. Алфёров // Физика и техника полупроводников. – 1998. – Т. 32, № 1. – С. 3–18.
2. Гутцайт, Э. М. Влияние поворотов светодиодов на распределение освещенности [Электронный ресурс] / Э. М. Гутцайт. – Режим доступа: <http://lib.convdocs.org/docs/index-234627.html>. – Дата доступа: 20.01.2015.
3. Datasheet VishayTsal 6100 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vishay.com/docs/81009/tsal6100.pdf>. – Дата доступа: 20.01.2015.
4. Керниган, Б. Язык программирования Си / Б. Керниган, Д. Ритчи. – М.: Фин. и стат., 1992. – 253 с.
5. Лысенко, О. Машинное зрение от SICK/IVP / О. Лысенко // Журнал Компоненты и технологии. – 2007. – № 1. – С. 36–42.
6. Расчет диаграмм направленности светоизлучающих диодов в пластмассовом корпусе: свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2012618099/ А. А. Титова, Д. А. Филиппов, В. Е. Удальцов, опубл. 07.09.2012.

Infrared led illumination for improving contrast of measuring cameras is proposed. Made system consisting of a web camera and IR illumination is made. Results of simulation IR illumination to produce uniform illumination on the object are discussed.

Авдеев Антон Владимирович, студент факультета радиофизики и компьютерных технологий БГУ, Минск, Беларусь; antonizminsk@gmail.com.

Кольчевский Николай Николаевич, доцент, кандидат физико-математических наук, доцент факультета радиофизики и компьютерных технологий БГУ, Минск, Беларусь, kolchevsky@bsu.by.

УДК 535.428

Ю. Ю. АДАМОВИЧ, А. А. КАЗАК, А. Л. ТОЛСТИК

ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДИФРАКЦИИ СВЕТА НА УПРАВЛЯЕМЫХ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ

В работе представлен метод создания управляемых дифракционных структур на основе фотоориентации молекул нематического жидкого кристалла. Оптимизированы условия создания разработанных ЖК элементов. Экспериментально исследованы поляризационные особенности распространения и дифракции света на управляемых пространственно-структурированных слоях ЖК.

В настоящее время наряду с традиционными сферами использования жидких кристаллов активно исследуются пути создания на их основе новых управляемых структур, формирующих световые поля с необходимыми свойствами. Одним из направлений развития ЖК элементов является разработка элементов, позволяющих изменять не только пространственную структуру пучка, но и контролировать его поляризационные характеристики.

Для создания представленных элементов, управляющих свойствами оптических пучков, необходимо сформировать определенную ориентацию молекул в слоях нематического жидкого кристалла. Фотоиндуцированная ориентация (фотоориентация) нематических жидких кристаллов (ЖК) на протяжении последних лет активно исследуется и используется в качестве одной из базовых технологий создания многодоменных ЖК ориентирующих слоев. В основе фотоориентации лежит фотохимическая запись анизотропии поверхности полимерного слоя под действием линейно-поляризованного активирующего излучения. Запись фотоанизотропии не предполагает механического контакта с поверхностью слоя, поэтому метод фотоориентации пригоден для создания локально-неоднородной ориентации, т. е. для создания в пределах одной поверхности участков с различной величиной анизотропии и различным направлением ее оптической оси. Ориентирующие слои с заданной топологией анизотропии могут быть использованы для изготовления на основе ЖК различных поляризационно-фазовых оптических элементов как статического, так и динамического типов.

В представленной работе для этой цели использовался фотоориентирующий бензальдегидсодержащий фотополимер нанесенный толщиной $\sim 0,1$ мкм методом центрифугирования из 2 % раствора полимера в этилацетате на стеклянные подложки, покрытые прозрачным токопроводящим слоем окиси индия. Для задания необходимого направления ориентации жидкого кристалла производилось экспонирование обоих слоев поляризованным УФ излучением. Один из слоев засвечивался через предварительно рассчитанную маску-транспарант на кварцевом стекле, представляющую собой классическую дифракционную решетку либо более сложную дифракционную структуру. Необходимо отметить, что второй слой был равномерно засвечен излучением, поляризованным ортогонально относительно излучения, засвечивающего первый слой. Таким образом, в слоях ЖК формировалась модулированная твист-структура и необходимая анизотропия показателя преломления.

Электрическое управление созданным элементом осуществляется подачей управляющего сигнала частотой 1 КГц с необходимым напряжением. Ранее было обнаружено [1, 2], что для создаваемых элементов существует «оптимальное» напряжение, величина которого зависит от толщины ЖК ячейки. При подаче этого напряжения в отдельных случаях дифракционная эффективность элемента достигает значения 27 %, близкого к предельному для тонких фазовых голограмм.

В представленной работе рассмотрено экспериментальное изучение поляризационных особенностей дифракции света на создаваемых структурах, проведено экспериментальное исследование зависимости состояния поляризации пучков в порядках дифракции от приложенного к ЖК-ячейке напряжения. Обнаружено, что при подаче на ячейку «оптимального» напряжения, соответствующего максимальной дифракционной эффективности не происходит поворота плоскости поляризации характерного для твист-структуры нематического жидкого кристалла. Таким образом, можно использовать разрабатываемые элементы и в качестве устройств, формирующих световое поле с заданными свойствами, в том числе и с необходимым состоянием поляризации.

На основе проведенных исследований разработан и создан ряд оптических элементов для управления пространственными и фазовыми характеристиками световых пучков, включая элементы, формирующие сингулярные и Бесселевы световые пучки. Показана возможность управления состоянием поляризации таких пучков.

Список литературы

1. Kazak, A. A. Operation with Laser Radiation by Using of Liquid Crystal Elements / A. A. Kazak, E. A. Melnikova, A. L. Tolstik, A. A. Komar // Nonlinear Phenomena in Complex Systems. – 2013. – Vol. 16, no. 3. – pp. 302–308.
2. Kazak A. A. Diffraction liquid crystals elements for formation vortex light fields / A. A. Kazak, L. A. Kazak, E. A. Melnikova, A. L. Tolstik // Journal of BSU. – 2011. – Issue. 1, № 1.

Polarization properties of light diffraction on controllable liquid crystal elements have been investigated. As a result, was designed and developed a series of optical elements for controlling the spatial and phase characteristics of light beams.

Адамович Юлия Юрьевна, БГУ, Минск, Беларусь, ylia@adamovich@mail.ru.

Казак Александр Александрович, научный сотрудник БГУ, Минск, Беларусь, kazakAA@bsu.by.

Толстик Алексей Леонидович, доктор физико-математических наук, профессор, БГУ, Минск, Беларусь, tolstik@bsu.by.

УДК 621.3.038.825.2

М. Б. БАРАШКОВА, К. Н. ГОРБАЧЕНЯ, В. Э. КИСЕЛЬ,
А. С. ЯСЮКЕВИЧ, С. В. КУРИЛЬЧИК, Н. В. КУЛЕШОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КРИСТАЛЛА $\text{Er}:\text{LiLuF}_4$ ПРИ РЕЗОНАНСНОЙ НАКАЧКЕ В СПЕКТРАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ 1,5–1,6 мкм

Исследованы генерационные характеристики кристаллов $\text{Er}:\text{LiLuF}_4$ лазера при резонансной накачке в спектральной области 1,5–1,6 мкм. Получена лазерная генерация на длине волны 1609 нм с дифференциальной эффективностью генерации по поглощённой мощности накачки 40 %.

Лазеры, излучающие в области около 1,6 мкм, являются условно безопасными для зрения. Они находят многочисленные применения в системах оптической локации и дальнометрии. На сегодняшний день существует ряд лазерных источников, излучающих в спектральной области около 1,6 мкм. Однако наибольшее практическое распространение получили твердотельные лазеры на ионах эрбия. Для получения генерации в области спектра 1,5–1,6 мкм на эрбиевых средах традиционно используются материалы соактивированные ионами Yb^{3+} и Er^{3+} . Накачка происходит в полосу поглощения иттербия с последующим переносом энергии на уровень $^4\text{I}_{11/2}$ и дальнейшей релаксацией на верхний лазерный уровень $^4\text{I}_{13/2}$. В последнее время для эрбиевых сред находит все большее применение накачка в области около 1,5 мкм (так называемая резонансная накачка). В этом случае осуществляется прямое возбуждение ионов Er^{3+} непосредственно на верхний лазерный уровень $^4\text{I}_{13/2}$. Данный подход позволяет существенно снизить тепловыделение из-за малой разности энергий квантов накачки и генерации, а также исключает потери энергии при переносе с промежуточного уровня $^4\text{I}_{11/2}$.

Группой исследователей из Германии под руководством проф. Г. Хубера была впервые осуществлена резонансная накачка лазера на основе кристалла $\text{Er}:\text{LiLuF}_4$ на длине волны 1620 нм. Максимальная выходная мощность составила 1,24 Вт, дифференциальная эффективность по отношению к падающей мощности накачки достигла 19 % [1]. В настоящей работе ставилась задача повысить дифференциальный КПД за счет оптимизации условий накачки и параметров резонатора.

Кристалл LiLuF_4 , является одноосным анизотропным кристаллом [2]. Образец кристалла был выращен сотрудниками Казанского федерального университета методом Чохральского. В качестве источника резонансной накачки $\text{Er}:\text{LiLuF}_4$ лазера использовался $\text{Er}, \text{Yb}:\text{YAB}$ лазер [3]. Максимальная выходная мощность составила 1 Вт на длине волны 1522 нм. Профиль распределения интенсивности в поперечном сечении лазерного пучка являлся гауссовым, параметр качества пучка генерации $M^2 < 1,2$, что соответствует TEM_{00} моде резонатора.

Для оценки параметров фокусировки излучения накачки и моды резонатора $\text{Er}:\text{LiLuF}_4$ лазера с резонансной накачкой было проведено моделирование непрерывного режима генерации в рамках системы балансных уравнений [4]. По результатам моделирования сделан вывод, что при фокусировке излучения накачки в пятно с диаметром около 60 мкм и использовании выходного зеркала с коэффициентом пропускания около 1 % максимальная выходная мощность составит 69,5 мВт (рис. 1).

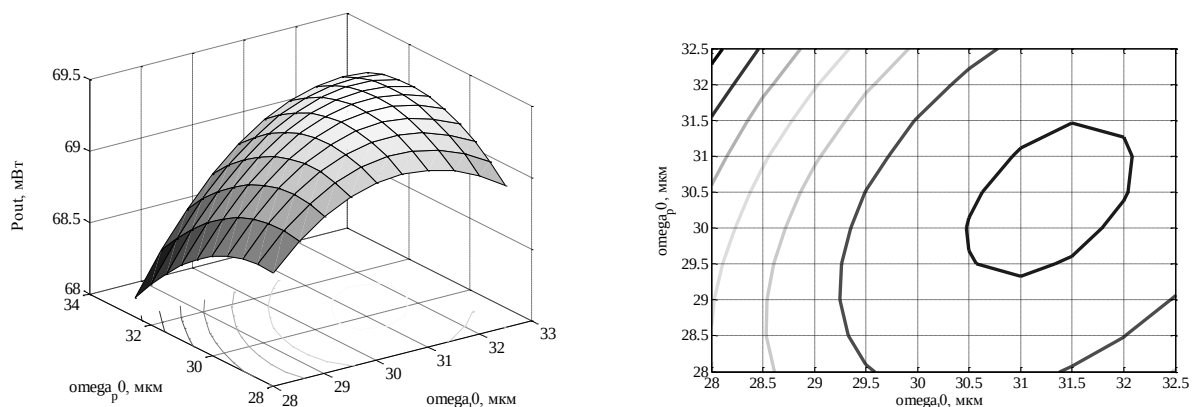


Рисунок 1 – Зависимость расчетной выходной мощности лазера от размера перетяжки пучка накачки и моды резонатора

Лазерные эксперименты в непрерывном режиме генерации проводились в трёхзеркальном резонаторе, схема которого приведена на рисунке 2. Резонатор состоял из сферического зеркала 3 с радиусом кривизны 150 мм с коэффициентом отражения $R > 99.6\%$ на длине волны генерации и коэффициентом пропускания $T > 80\%$ на длине волны накачки, активного элемента 4, глухого зеркала 6 с радиусом кривизны 75 мм с высоким коэффициентом отражения на длинах волн накачки и генерации и плоского выходного зеркала 7 с пропусканием 1 % на длине волны генерации. Активный элемент 4 – кристалл $\text{Er}:\text{LiLuF}_4$ толщиной 5,5 мм, вырезанный для работы вдоль оси c (c -cut) – был закреплён на медном теплоотводе 5 без активного охлаждения. На оба торца активного элемента были нанесены антиотражающие покрытия в спектральном диапазоне накачки и лазерной генерации. Излучение фокусировалось в активный элемент линзой 2 с размером перетяжки, близким к размеру моды резонатора.

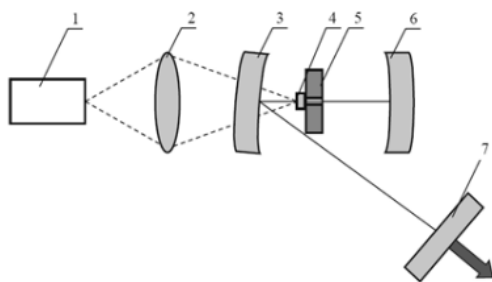


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки для исследования генерационных характеристик лазера на кристалле $\text{Er}:\text{LiLuF}_4$ с резонансной накачкой

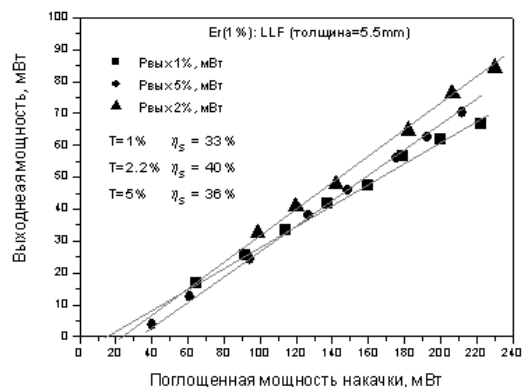


Рисунок 3 – Выходные характеристики лазера на основе кристалла $\text{Er}:\text{LiLuF}_4$ с резонансной накачкой

Зависимость выходной мощности лазерной генерации от поглощённой мощности накачки для выходных зеркал с коэффициентом пропускания 1 %, 2 % и 5 % на длине волны генерации приведена на рис. 3. При использовании выходного зеркала с коэффициентом пропускания 2 % максимальная выходная мощность составила 85 мВт на длине волны 1609 нм. Дифференциальная эффективность генерации по поглощённой мощности накачки достигала 40 %, порог генерации составил около 13 мВт. При увеличении коэффициента пропускания выходного зеркала до величины 5 % максимальная выходная мощность лазера уменьшилась до 70 мВт, а дифференциальная эффективность по поглощённой мощности накачки и порог генерации увеличились до 36 % и 24 мВт, соответственно.

Таким образом, благодаря оптимизации параметров резонатора и условий накачки удалось достичь увеличения дифференциального КПД лазера на основе кристалла $\text{Er}:\text{LiLuF}_4$ до 40 %.

Список литературы:

1. Moglia, F., Brandt, C., & Huber, G. (2012, January). Inband-pumped $\text{Er}:\text{LiLuF}_4$ Laser Emitting in the 1.6 μm spectral range. In *Advanced Solid-State Photonics* (pp. AM4A-22). Optical Society of America.

2. Lin, W., & Benson, K. E. (1987). The science and engineering of large-diameter Czochralski silicon crystal growth. Annual Review of Materials Science, 17(1), 273–298.
3. Tolstik, N. A., Kurilchik, S. V., Kisel, V. E., Kuleshov, N. V., Maltsev, V. V., Pilipenko, O. V., ... & Leonyuk, N. I. (2007). Efficient 1 W continuous-wave diode-pumped Er, Yb : YAl₃ (BO₃)₄ laser. Optics letters, 32(22), 3233–3235.
4. Yasyukevich, A. S., Mandrik, A. V., Troshin, A. E., & Kuleshov, N. V. (2007). Modeling the cw lasing regime for diode-pumped solid state lasers. Journal of Applied Spectroscopy, 74(1), 60–66.

Laser performance of in-band pumped Er : LiLuF₄ crystal was demonstrated. Maximal slope efficiency of 40 % and output power of 85 mW was obtained for Er : LiLuF₄ crystal.

Барашкова Мария Борисовна, студентка 5 курса БГУ, Минск, Беларусь, marsha.barashkova@gmail.com.

Горбаченя Константин Николаевич, аспирант БНТУ, Минск, Беларусь, gorby@bntu.by.

Кисель Виктор Эдвардович, зав. НИЦ Оптические материалы и технологии БНТУ, Минск, Беларусь, VEKisel@bntu.by.

Ясюкевич Анатолий Сергеевич, ведущий научный сотрудник НИЦ Оптические материалы и технологии БНТУ, Минск, Беларусь, anatol@bntu.by.

Курильчик Сергей Владимирович, старший научный сотрудник НИЦ Оптические материалы и технологии БНТУ, Минск, Беларусь, s_kurilchik@bntu.by.

Кулешов Николай Васильевич, заведующий кафедрой Оптические материалы и технологии БНТУ, Минск, Беларусь, nkuleshov@bntu.by.

Научный руководитель – *Ясюкевич Анатолий Сергеевич*, кандидат физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник НИЦ «Оптических материалов и технологий» БНТУ, Минск, Беларусь, anatol@bntu.by.

УДК 539.319:621.81

А. И. БОЖКО, М. С. ЛУШАКОВА

ВЛИЯНИЕ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ СТЕНКАМИ КАТОДА НА УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА С ЭФФЕКТОМ ПОЛОГО КАТОДА

Рассмотрены особенности влияния конструктива разрядной системы, в частности расстояния между пластинами, на процесс возбуждения тлеющего разряда с эффектом полого катода с целью минимизации энергозатрат для химико-термической обработки.

В настоящее время актуальна задача внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий во всех отраслях машиностроения. Исследования в этом направлении идут уже на протяжении долгого времени. Все больший интерес приобретает область вакуумной ионно-плазменной обработки материалов и физико-технические особенности тлеющего разряда [1].

Импульсные методы воздействия позволяют расширить диапазон операционных параметров для обработки материалов, избирательно управлять параметрами среды, в которой происходит процесс, значительно повысить плотность импульсной плазмы при небольшом уровне средней мощности, отдаваемой в нагрузку [2].

Целью данной работы являлось изучения влияния конструктива разрядной системы на режимы формирования импульсного разряда при низком вакууме в режиме полого катода.

Для создания разряда внутри камеры используется источник электрических импульсов, питаемый от промышленной трёхфазной сети.

На катод подается импульсное напряжение отрицательной полярности, частота импульсов порядка 50 кГц. В качестве источника питания выбран источник электрических импульсов, генерирующий импульсы отрицательной полярности. Необходимость использования импульсов отрицательной полярности связана со специфическими эффектами формирования разряда с эффектом полого катода, так как на плоскопараллельный катод должно подаваться отрицательное напряжение [3].

В качестве плазмообразующих газов использовался азот получаемый с помощью генератора чистого азота, используемый совместно с блоком очистки воздуха.

В качестве изменяемого параметра конструктива разрядной системы изменялось расстояние между пластинами плоскопараллельного катода в пределах 3–7 мм.

Полученные результаты представлены на рисунке 1.

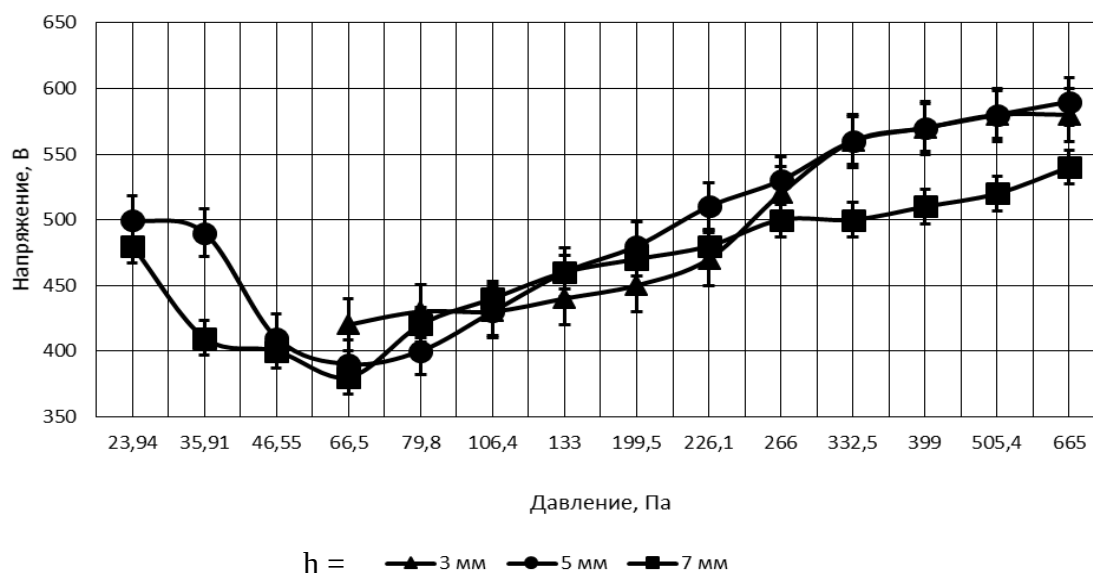


Рисунок 1 – Зависимость величины напряжения возбуждения разряда с эффектом полого катода от давления азота при различных расстояниях между стенками полого катода

Полученные зависимости показывают, что минимальное давление, необходимое для возникновения разряда, 66 Па. При отклонении от этого значения необходимо повышать напряжение для поддержания разряда.

Анализ полученных данных указывает на то, что при увеличении расстояния между пластинами напряжение, необходимое для поддержания разряда с эффектом полого катода, уменьшается. Это обусловлено улучшенными условиями ионизации, по причине которой происходит плазмообразование. При небольшом расстоянии между стенками плоскопараллельного катода условия ионизации ухудшаются вследствие чего, разряд не зажигается при малых величинах давления.

Список литературы

1. Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Вводный том / под ред. В. Е. Фортова. – М.: Наука, 2000. – Кн. 1. – 586 с.
2. Божко, А. И. Особенности формирования и поддержания импульсного разряда с полым катодом при низком вакууме / А. И. Божко, Н. В. Козак // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций (РТ-2013): материалы 9-й междунар. молодежной науч.-техн. конф., Севастополь, 22–26 апреля 2013 г. / СевНТУ; редкол.: Ю. Б. Гимпилович [и др.]. – Севастополь, 2013. – С. 397.
3. Божко, А. И. Электрические характеристики возбуждения разряда с эффектом полого катода при низком вакууме / А. И. Божко, С. В. Бордусов // Международная научно-техническая конференция, приуроченная к 50-летию МРТИ-БГУИР: материалы конф. В 2 ч., Минск, 18–19 марта 2014 г. / БГУИР; редкол.: А. Н. Осипов [и др.]. – Минск, 2014. – Ч. 2. – С. 194–195.

The features of the influence of constructive discharge system, in particular the distance between the plates, the process of excitation of glow discharge with hollow cathode effect for minimization of power consumption for chemical and heat treatment.

Божко Андрей Игоревич, БГУИР, Минск, Беларусь, bozhkin@mail.ru.

Лушакова Мария Сергеевна, БГУИР, Минск, Беларусь, masha_lushakova@mail.ru.

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

УДК 519.248

В. Б. БУТЬКО

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ С ЭПИТАКСИАЛЬНЫМИ ПЛЁНКАМИ

Рассмотрены проблемы оценки качества микросхемных изделий, в частности интегральных микросхем на основе монокристаллического кремния с последующим нанесением и травлением тонких пленок. Основной задачей данной статьи является улучшение качества микросхемных изделий, а также увеличение процента выхода годной продукции.

Одной из важнейших задач и проблем современного производства является повышение производительности при минимально возможных затратах. Очевидно, что для того, чтобы повысить производительность предприятия, нужно либо повышать количество выпускаемой продукции, либо уменьшать процент брака. В данном вопросе необходимо учитывать множество различных факторов: погрешность при выполнении операций на маршруте, погрешность промежуточных измерений, а также флуктуации параметров. Для производства интегральных микросхем (ИМС) основными операциями являются: эпитаксия, т. е. ориентированный рост монокристаллического слоя (формирование тонких плёнок), напыление металлов и размерное травление для формирования определенной топологии в ИМС. Также для производства ИМС применяют фотолитографию, которая создает определенный рисунок, необходимый для выполнения следующих операций, термодиффузию и ионное легирование, позволяющее путем добавления в материал различных примесей изменять его физический и (или) химический состав. Зачастую операции выполняются с определенной погрешностью и, даже в том случае, если полученный результат входит в заданную норму для этой операции, но находится на верхней или нижней границе, то такое изделие все равно имеет шанс быть забракованным по параметру в том случае, если последующие операции, влияющие на данный параметр, будут выполнены с определенным отклонением в ту же сторону, что и первоначальная. Таким образом будет наблюдаться эффект наложения отклонений друг на друга, что в конечном итоге может привести к выходу некачественной продукции. В данном случае можно использовать более жесткие нормы, либо корректировку норм по мере прохождения изделия по маршруту. Также на практике возможно использование предварительного анализа и статистической обработки данных, полученных в ходе эксперимента. Основная задача анализа сводится к нахождению оптимального способа обработки данных, а также последующее грамотное построение эмпирических зависимостей. Статистическая обработка данных должна проводиться без потерь важной информации. Условно можно разбить статистическую обработку на несколько этапов, в первом из которых информация будет представлена графически в виде гистограмм, временных диаграмм или упорядоченных таблиц. На данном этапе рассматривается распределение случайных величин, попавших в выборку, их анализ и возможные пути устранения результатов, не являющихся нормой. На втором этапе мы анализируем распределение результатов по всему изделию. Для этого проводят замер в нескольких точках (от 3 до 72) в зависимости от величины разброса. Далее исключаются резко выделяющиеся параметры (выбросы), где явно заметны грубые механические ошибки, допущенные при замере изделия. На этом этапе дается предварительная оценка данному изделию, исходя из замеренных параметров. Выбросами могут являться и данные, которые визуально не отличимы от основной массы замеров. Для этого нужно проводить дополнительный анализ данного параметра. Также существует вероятность того, что резко отличающееся значение может оказаться довольно существенной частью выборки и будет отражать реальное значение параметра в данном месте. Именно поэтому не стоит сразу целиком исключать все выбросы из-за ненадежности данной методики. В этом случае обычно производится повторное измерение параметра в данном месте на другой установке или вручную на установке Л2-56 для исключения погрешности измерения. Третьим этапом является сглаживание ряда оценок. Многие задачи анализа вовсе не требуют единой аналитической формулы для всех данных, т.е. необходимо лишь устранить «шум» эксперимента, сохранив информацию об истинной функции путем сглаживания эмпирических данных. Сглаживание временного ряда означает представление тренда в данной точке посредством взвешенных средних значений, наблюдаемых в окрестности этой точки, т.е. «нерегулярный» график наблюдений заменяется, например, гладким графиком скользящего среднего, который является стандартным методом проведения процедуры сглаживания экспериментальных данных. Этот метод, несмотря на простоту реализации, имеет ряд недостатков, в частности – высокую чувствительность среднего значения к одиночным выбросам. Для этого необходимо перед выполнением процедуры сглаживания исключить те значения, которые резко отличаются от других и их информативность не была подтверждена.

Эффективность предложенной нами методики проверена на примере предварительной статистической обработки результатов измерения параметров изделий микроэлектроники. В условиях производства УП «Завод полупроводниковых приборов» разрабатывалась и исследовалась стойкая к воздействию субмикронная технология и элементная база для изготовления КМОП ИМС с проектными нормами 0,35 мкм, предназначенными для использования в устройствах специального применения. На одном из этапов отработки технологии был предусмотрен эксперимент по реализации диффузионных резисторов в различных слоях (N^+ , P^+ , нелегированный ПКК, легированный ПКК) с формированием силицида (полицида) титана для снижения контактного сопротивления. Анализ начинался с контроля внешнего вида изготовленных пластин на наличие явных дефектов, на следующем этапе проводился замер вольтамперных характеристик. После ручной проверки правильности замеров проводилась обработка результатов измерений и выбор образцов для более глубокого анализа вольт-амперных характеристик. После этого замерялась цепочка контактов и сопротивлений диффузионных резисторов. Из всей совокупности экспериментальных данных было отобрано шесть выборок из 50 наблюдений, при этом выбирались измерения с резко различающимися свойствами. В качестве исходных данных использовались результаты измерения поверхностного сопротивления резисторов в слое «База», Ом (выборки X1, X4, X6); поверхностного сопротивления резисторов в слое « N^+ стоки», Ом (выборки X2, X5); поверхностного сопротивления резисторов в слое «Нелегированный ПКК», КОм (выборка X3). Для оценки

закон распределения данных выборок были построены гистограммы распределения. Однако, без предварительной обработки результатов измерений, опытные данные могут содержать выбросы, что существенно искажает их графическое представление (рис. 1).

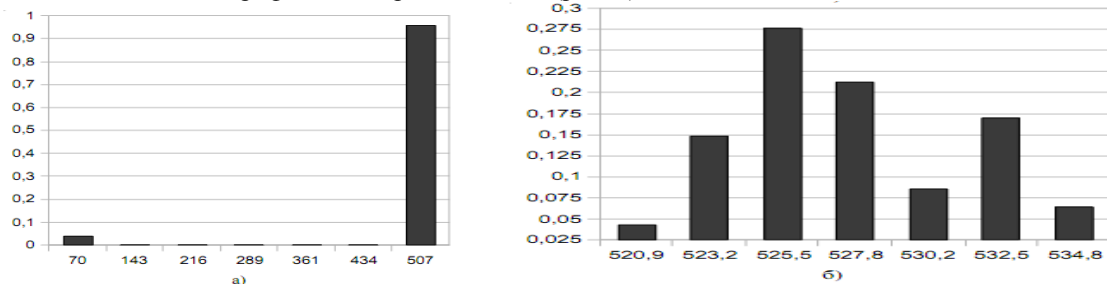


Рисунок 1 – Гистограммы распределения выборки X4 до (а) и после (б) исключения выбросов

На заключительном этапе проведен сравнительный анализ различных методов сглаживания экспериментальных данных, в ходе которого были адаптированы теоретические методы для обработки результатов измерения параметров приборов микроэлектроники. Для того чтобы устранить отсутствие сглаживания по краям исследуемой выборки, предложен метод оптимизированной медианной фильтрации, при использовании которого набор данных рассматривается не как временной ряд, а замкнутая последовательность данных. Учет полученных результатов, а также статистическая обработка на всех последующих этапах проектирования и изготовления ИМС, позволяют значительно повысить эффективность и точность статистического анализа и оптимизации в сквозном цикле проектирования технологии/прибора/схемы/системы.

Список литературы

1. M. Krasikov, V. Nelayev, V. Stempitsky, V. Syakerckii. End-to-end statistical process/device/circuit/system design. Proc. of SPIE. 2009. Vol. 7377-40.
2. Гайдышев, И. Анализ и обработка данных: специ. справ. / И. Гайдышев. – СПб.: Питер, 2001. – 752 с.

In this article considered methods of quality assessment of microelectronic products. Shown problems and shortcomings of methods. Sets objectives to improve productivity. Named ways of solutions, which can rise up effectiveness of plant/enterprise.

Бутько Владислав Борисович, БГУИР, Минск, Беларусь, bytsko.vlad@yandex.ru.

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

УДК 62.791.2

В. В. ВЕНСКОВИЧ, Е. В. КИСЕЛЕВСКИЙ, Т. А. СИТКЕВИЧ

АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ДВИГАТЕЛЯМИ С USB ИНТЕРФЕЙСОМ

Представлено аппаратно-программное обеспечение управления электрическими двигателями с USB интерфейсом, где пользователь управляет устройством посредством программного обеспечения, установленного на компьютере. Аппаратная часть имеет микроконтроллер, управляющий тремя драйверами, USB обеспечивает связь с компьютером.

Данное устройство поддерживает возможность работы с различными видами электрических двигателей. Оно может использоваться для учебной деятельности в качестве демонстрационного макета, наглядно показывающего особенности работы того или иного вида электрических двигателей. А именно: двигателями переменного тока – синхронными, асинхронными; двигателями постоянного тока – коллекторными, бесколлекторными; кроме того, имеется возможность управления сервоприводами. [1].

Устройство способно обеспечивать одновременное управление шестью электрическими двигателями при помощи трех драйверов на базе микросхем L293DD. Это дает возможность собирать и в дальнейшем управлять работой новых устройств, имеющих в своем составе несколько электрических двигателей (плоттер). Режим работы драйвера задается при помощи микроконтроллера, им же может задаваться мощность работы двигателя при помощи ШИМ, реализованным непосредственно на микроконтроллере.

Структурная схема устройства изображена на рисунке 1.

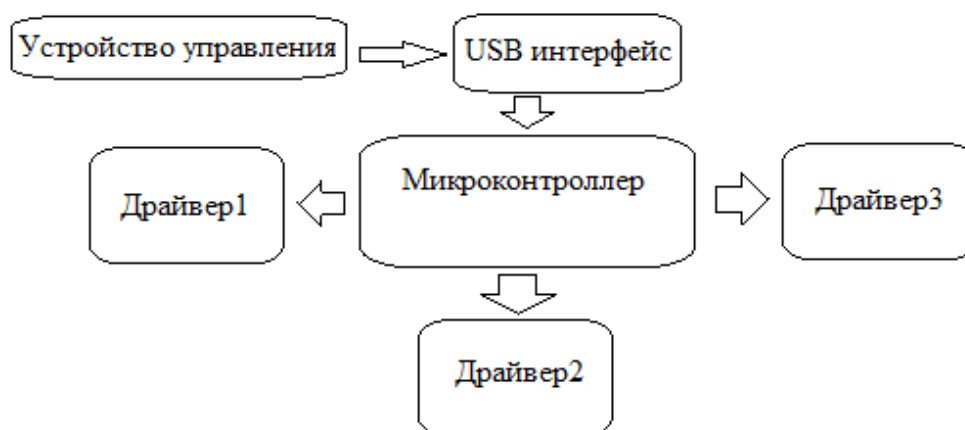


Рисунок 1 – Структурная схема устройства

В основе рассматриваемого устройства используется 8-битный микроконтроллер фирмы Atmel ATmega16A. Данный микроконтроллер построен по RISC архитектуре, оснащен АЦП, имеет рабочую тактовую частоту 16 МГц. [2].

Связь микроконтроллера с компьютером обеспечивается при помощи микросхемы преобразователя интерфейса USB-USART FT232RL. Передача пакетов данных отображается на светодиодах. Используемое программное обеспечение написано на языке программирования C++, которое содержит собственную программную оболочку, базирующуюся на технологии GLFW и OpenGL. В программном обеспечении реализовано два режима управления электрическими двигателями: ручной и автоматический. Ручной режим управления осуществляется непосредственно через клавиатуру или интерфейс программы с возможностью регулирования скорости вращения двигателей. В автоматическом режиме происходит интерпретация управляющих команд Gerber или G-коды в команды управления электрических двигателей.

Из возможностей программы следует отметить:

1. Автоматическое определение подключаемого устройства.
2. Возможность выбора режима управления электрическими двигателями.
3. Возможность формирования команд управления в соответствии с типом используемых электрических двигателей.
4. Регулирование скорости вращения двигателей.

Для связи программы с микросхемой преобразователем используется библиотека LibUSB. Код программы микроконтроллера записан в его внутренней флеш-памяти. Для связи с одним драйвером используются четыре выходных вывода микроконтроллера.

Обработанные команды управления, представляющие собой восьмиразрядный двоичный код, поступают на драйверы. Данное устройство содержит три независимых друг от друга драйвера управления электрическими двигателями. Один драйвер способен управлять работой двух двигателей постоянного тока или одним шаговым двигателем. [3].

Готовое устройство представляет собой программно-аппаратный комплекс и используется для управления электрическими двигателями. [4]. Данное устройство оптимально подходит для обучающих целей, получения основ числового программного управления (ЧПУ), также может использоваться в качестве инструмента в инженерной лаборатории для отладки, настройки и тестирования разного рода электронных устройств, содержащих электрические двигатели.

Список литературы

1. Москаленко, В. В. Электрический привод: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / В. В. Москаленко. – М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 368 с.
2. Кенио, Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления: пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 200 с.
3. Евстифеев, А. В. Микроконтроллеры AVR семейств Mega. Руководство пользователя / А. В. Евстифеев. – М.: Изд. дом «Додека». 2007. – 592 с.
4. Башарии, А. В. Управление электроприводами: учеб. пособие для вузов / А. В. Башарии, В. А. Новиков, Г. Г. Соколовский. – Л.: Энергоиздат., Ленингр. отд-ние, 1982. – 392 с.

This article describes the providing of hardware and software control electric motors with USB interface when the user can control a device through the software which is installed on computer. The hardware has three drivers USB PC connectivity for managing.

Венскович Валентин Валерьевич, студент физико-технического факультета ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, Venskovich_VV_10@student.grsu.by.

Киселевский Евгений Валентинович, студент физико-технического факультета ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, ewgenijus@mail.ru.

Ситкевич Татьяна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной электроники ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, sittan@tut.by.

Научный руководитель – *Ситкевич Татьяна Анатольевна*, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной электроники ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, sittan@tut.by.

УДК 681.586.372

В. В. ГРИГУТЬ

ОБЗОР РЫНКА ЦИФРОВЫХ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ И УСКОРЕНИЯ ДЛЯ УЧЕБНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Проведён обзор цифровых датчиков температуры и ускорения от ведущих фирм производителей: Maxim, Analog Device, STMicroelectronics, Texas instruments, Freescale Semiconductor. Приведены примеры датчиков, подходящих для реализации учебного эксперимента в школах, колледжах и вузах.

Применение цифровых датчиков имеет ряд преимуществ перед аналоговыми. Они не требуют калибровки, обработка выходных данных более проста и разработка устройств с их применением происходит значительно быстрее.

На сегодняшний день существует достаточно широкий спектр цифровых датчиков. Они должны удовлетворять соотношению цена/возможности, обладать малым энергопотреблением и массогабаритными показателями.

Датчики температуры. В большинстве случаев диапазон значений температур в лабораторных экспериментах не выходит за пределы – 10–140 °С. Точность измерения должна быть не менее 1 °С. В таблице 1 представлены основные параметры цифровых датчиков температуры, соответствующих вышеописанным критериям.

Таблица 1 – Основные параметры цифровых датчиков

Датчик	Интерфейс	Диапазон измеряемых температур, °С	Максимальная точность, °С	Упит, В	Цена, \$
ADT7410	I2C	-55-150	-0,5 при t (-40 +105°C)	2,7-5	1,32
ADT7408	I2C	-20-125	±1 при t (-20 +125°C)	3-3,6	0,87
ADT7301	DSP Serial	-40-150	±1 при t (0 +70°C)	2,7-5,5	1,21
TMP112	2-Wire I2C SMBus	-40-125	±0,5 при t (0 +60°C)	1,4-3,6	0,8
TMP75	2-Wire I2C SMBus	-55-125	±0.25 при t (0 +70°C)	1,4-3,6	0,47
MAX31820	1-Wire	-55-125	±0,5 при t (+10 +45°C)	3-3,7	1,12
DS18B20	1-Wire	-55-125	±0,5 при t (-10 +85°C)	3-5,4	1,88
MAX31725	2-Wire I2C SMBus	-55-150	±0,5 при t (-40 +105°C)	2,5-3,7	1,28

Перечень датчиков не является исчерпывающим, в нём не указаны модели, различающихся второстепенными параметрами. Например, датчик ADT7310 отличается от представленного в таблице ADT7410 только интерфейсом.

Все современные цифровые датчики температуры выпускаются в достаточно миниатюрных корпусах: Soic N, Sc-70, TDFN и др, имеют малый вес, ток потребления в рабочем режиме не превышает нескольких миллиампер. Совокупность этих факторов, вместе с низким напряжением питания существенно упрощает их

применение, в том числе в беспроводных устройствах регистрации. Следует отметить, что сенсоры MAX31820 и DS18B20 способны осуществлять питание от сигнальных линий микроконтроллера.

Датчики ускорения (акселерометры). Этот вид датчиков представляет собой микроэлектромеханическую систему (MEMS) совмещённую с микропроцессорным блоком. Они предназначены для измерения ускорения вдоль одной, либо несколько осей, возможны совмещённые варианты с измерителем угловой скорости и температуры, например MPU-6050. Также в их составе есть система самодиагностики, программируемый фильтр низких частот для снижения зашумленности выходного сигнала паразитной вибрацией, блок регистров для хранения данных и управления работой датчика.

Для учебного эксперимента цифровые датчики ускорения должны быть оптимизированы по соотношению цена/возможности и соответствовать следующим критериям: диапазон измеряемых ускорений 0–8 g, возможность работы по осям X,Y,Z, частота обновления показаний не менее 100 Гц, разрешение выходного сигнала не менее 10 бит, малый ток потребления и габаритные размеры. В таблице 2 приведены основные параметры цифровых акселерометров, соответствующих указанным характеристикам.

Большинство существующих датчиков ускорения имеют интерфейс I2C либо SPI, в некоторых они совмещены. Ток потребления в активном режиме не превышающий нескольких миллиампер и питающее напряжение от 1,7 до 5,5 В позволяют применять цифровые акселерометры в портативных устройствах. Как правило в них реализован спящий режим и выход датчика из него при появлении ускорения, что делает их ещё более экономичными.

При выборе датчика необходимо учитывать такие параметры как температурную нелинейность и дрейф нуля, частоту среза встроенного фильтра низких частот, время старта микропроцессорной системы.

Таблица 2. Основные параметры цифровых датчиков ускорения

Датчик	Диапазон измеряемых ускорений, g	Частота обновления показаний, Гц	Разрешение, ЕМР/g	Цена, \$
ADXL362	±2/4/8	12,5-400	250-1000	3,97
ADXL344	±2/4/8/16	0,1-3200	32-256	1,15
ADXL345	±2/4/8/16	0,1-3200	32-256	3,04
AIS328BQ	±2/4/8	50-1000	256-1000	3,5
MPU-6050	±2/4/8/16	4-1000	2048-16384	1
LIS3DSH	±2/4/8/16	3,1-1600	2048-16384	1,5
FXLS8471Q	±2/4/8	12,5-800	1024-4096	0,95
MMA8451Q	±2/4/8	1,56-800	1024-4096	0,86

В таблице приведена часть датчиков, которые соответствуют указанным условиям, и не включены схожие модели, отличающиеся лишь второстепенными параметрами. Все представленные датчики выпускают в миниатюрных корпусах, таких как LGA и QFN.

Список литературы

1. Temperature sensors [Электронный ресурс] // Analog Devices. – Режим доступа: http://www.analog.com/en/mems-sensors/digital-temperature-sensors/products/index.html#Digital_Temperature_Sensors. – Дата доступа: 1.02.2015.
2. Local Temperature Sensors, Digital Output [Электронный ресурс] // Texas Instruments Incorporated. – Режим доступа: <http://www.ti.com/lscs/ti/sensors/digital-output-products.page>. – Дата доступа: 10.01.2015.
3. Parametric search, temperature sensors [Электронный ресурс] // Maxim Integrated. – Режим доступа: http://para.maximintegrated.com/en/search.mvp?fam=temp_sens&723=Local. – Дата доступа: 30.01.2015.
4. Parametric product catalog, MEMS Accelerometers [Электронный ресурс] // STMicroelectronics. – Режим доступа: <http://www.st.com/stonline/stappl/productcatalog/app?page=productSelector>. – Дата доступа: 31.01.2015.
5. MEMS Accelerometers [Электронный ресурс]. // Analog Devices. – Режим доступа: http://www.analog.com/en/mems-sensors/mems-accelerometers/products/index.html#MEMS_Accelerometers. – Дата доступа: 2.02.2015.
6. 3-Axis Accelerometers [Электронный ресурс] // Freescale Semiconductor. – Режим доступа: <http://www.freescale.com/webapp/sps/site/taxonomy.jsp?code=3-AXIS&cof=0&am=0>. – Дата доступа: 5.02.2015.
7. MPU-6050 datasheet [Электронный ресурс] // Invensense. – Режим доступа: <http://www.invensense.com/mems/gyro/documents/RM-MPU-6000A.pdf>. – Дата доступа: 1.02.2015.

Overview made digital temperature sensors and acceleration of the leading companies by: Maxim, Analog Device, STMicroelectronics, Texas instruments, Freescale Semiconductor in this article. This article contains the name of the sensors are suitable for educational experiment with the use of wireless devices registration of physical values.

Григуть Валерий Владимирович, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, valer.grigut@yandex.ru.

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

И. Д. ДЕМИДОВ

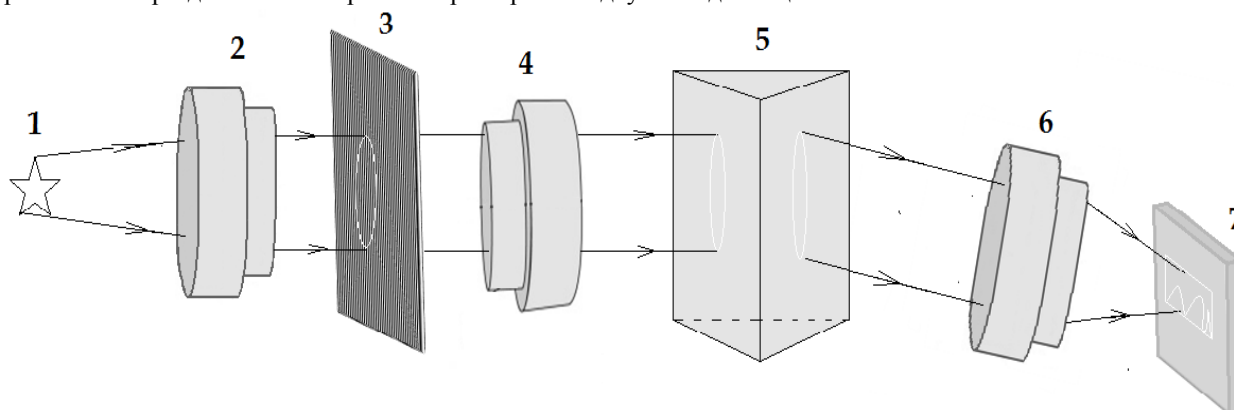
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АПРОБАЦИЯ МНОГОЩЕЛЕВОГО ДИСПЕРСИОННОГО СПЕКТРОМЕТРА

Представлено схемное решение многощелевого дисперсионного спектрометра, предназначенного для однокадровой регистрации пространственно-спектральной информации. Приведены результаты тестовых экспериментов с макетом прибора. Продемонстрирована возможность регистрации множества спектров в одном кадре с разнесением информации по трем каналам RGB фотоприемной матрицы.

В современной прикладной спектроскопии интенсивное развитие получили методы, позволяющие регистрировать спектроскопическую информацию об объекте с пространственным разрешением. Методы находят все более широкое применение в таких областях, как медицинская диагностика, дистанционный мониторинг земной поверхности, криминалистика, полиграфия и др.

Наиболее распространенными подходами в спектроскопии с пространственным разрешением являются методы, основанные на сканировании входного поля и использовании дисперсионных приборов (гиперспектроскопия), и методы мультиспектральной съемки, основанные на использовании светофильтров. Основным недостатком названных методов является необходимость организации мультикадровой съемки, что влечет за собой технические сложности и невозможность работы с нестационарными объектами. Наиболее перспективным на этом фоне представляется так называемый “Snapshot” подход [1], регистрация гиперспектрального куба в котором происходит за один кадр.

На кафедре лазерной физики и спектроскопии БГУ разработан макет многощелевого мультиобъектного спектрометра, построенного по принципу “Snapshot” спектроскопии. Оптическая схема макета приведена на рисунке 1. Ключевым элементом схемы является многощелевая маска 3, представляющая собой периодически транслируемую вертикальную щель шириной 20 мкм, расстояние между щелями составляет 800 мкм. Объектив 2 проецирует изображение исследуемого объекта на многощелевую маску 3, которая расположена в фокальной плоскости коллиматорного объектива 4. В качестве дисперсионного элемента в схеме используется призма 5. Камерный объектив 6 проецирует диспергированный пучок света на фотоприемную матрицу 7 (матрица фотоаппарата Nikon D50 с числом элементов 3000x2000). Фокусные расстояния коллиматорного и камерного объективов составляют 85 мм (Юпитер-37А). В этом случае, если не учитывать изменение масштаба изображения в направлении дисперсии, которое создается диспергирующим элементом, можно считать, что оптическая система, представленная на рисунке 1, создает монохроматические изображения входных щелей на фотоприемнике в масштабе 1:1. При соответствующем выборе дисперсии призмы обеспечивается пространственное разделение спектральных разверток от двух соседних щелей маски 3.



1 – исследуемый объект; 2 – изображающий объектив; 3 – многощелевая маска; 4 – коллиматорный объектив;
5 – дисперсионный элемент; 6 – камерный объектив; 7 – многоэлементный фотоприемник

Рисунок 1 – Принципиальная схема многощелевого мультиспектрального спектрометра



Рисунок 2 – Спектрально диспергированные изображения щелей при освещении светом ртутной лампы



Рисунок 3 – Фрагмент спектра в G-канале, содержащий дублет 577/579 нм и линию 546 нм

На рисунке 2 представлено зарегистрированное спектральное изображение многощелевой маски при освещении объекта (белый экран) излучением ртутной лампы. Увеличенный фрагмент рисунка демонстрирует 3 линии ртути – синюю (435 нм), зеленую (546 нм) и желтый дублет (577/579 нм). Следует принимать во внимание, что спектральная информация будет характеризоваться ограниченным пространственным разрешением, определяемым конфигурацией многощелевой маски. В направлении вдоль щелей (Y) система не создает принципиальных ограничений в разрешении, а в направлении (X), перпендикулярном щелям (т. е. в направлении дисперсии), разрешение ограничено расстоянием между щелями. При достаточно большом числе щелей рассматриваемое решение может считаться практически приемлемым в отношении пространственного разрешения. Дальнейшее увеличение пространственного разрешения без потери спектрального разрешения предполагает создание более сложной конфигурации многощелевой маски.

Для управления съемкой и обработки экспериментальных результатов используется оригинальное программное обеспечение, которое позволяет анализировать монохроматические изображения зарегистрированной спектральной картины по трем каналам фотоприемной матрицы – RGB (рисунок 4). На рисунке 4 в монохроматических каналах доминируют линии, соответствующие определенному спектральному диапазону. Их положение соответствует положению в полноцветной спектральной картине, что позволяет проводить идентификацию даже «перекрытых» спектральных разверток. Возможность использовать дополнительную «цветовую» информацию позволяет расширить рабочий спектральный диапазон предложенной схемы.

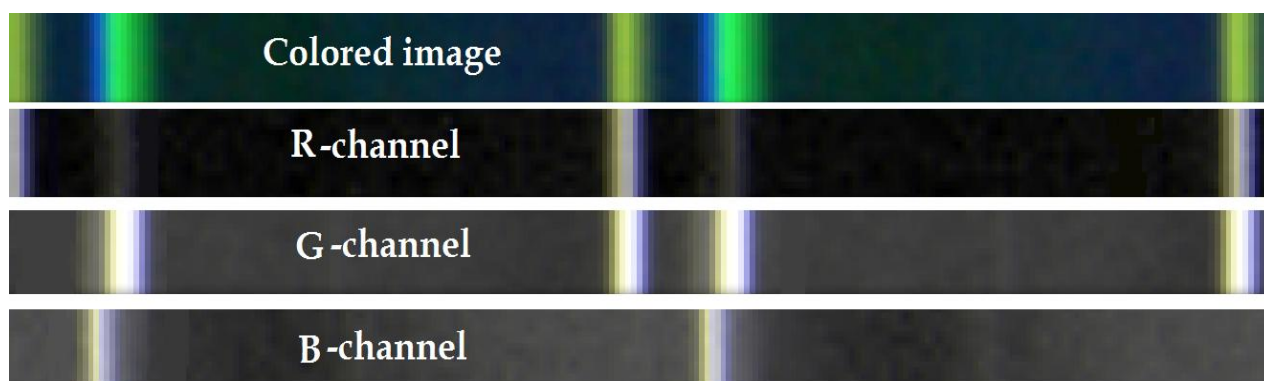


Рисунок 4 – Набор спектров малой пространственной протяженности от отдельных щелей спектров

Программное обеспечение позволяет проводить вывод спектров по каналам RGB в численном виде и графическом представлении (рисунок 3). Из рисунка нетрудно сделать оценку ширины аппаратной функции прибора для изображаемой спектрально области – примерно 10 нм.

Список литературы

1. Borengasser, M. Hyperspectral remote sensing: principles and applications / M. Borengasser, W. Hungate // CRC Press, – 2007.

The design of a multiple entrance-slit dispersion spectrometer intended for the snapshot recording of space and spectral information is presented. The results of testing experiments obtained for the model spectrometer are given. The possibility for the snapshot recording of multiple spectra with the use of three separate RGB channels of the photodetector array is demonstrated.

Демидов Иван Дмитриевич, аспирант физического факультета БГУ, Минск, Беларусь, ivandemidov@tut.by.

Научный руководитель – *Гулис Игорь Михайлович*, доктор физико-математических наук, профессор кафедры лазерной физики и спектроскопии физического факультета БГУ, Минск, Беларусь, gulis@bsu.by.

УДК 62.519

Е. В. КИСЕЛЕВСКИЙ, В. С. САБАДАШ, Т. А. СИТКЕВИЧ

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММИРУЕМОГО ТРЁХМЕРНОГО СВЕТОДИОДНОГО ИНДИКАТОРА

В статье рассмотрены структурная схема трёхмерного светодиодного индикатора, его возможности, дальнейшее развитие и использование в научных и учебных целях. Данный вид индикации основан на оптическом феномене зрительного восприятия.

В настоящее время светодиодные индикаторы имеют возможность управления подключением к ПЭВМ при помощи различных протоколов. Они превосходят по своим характеристикам все аналогичные устройства. Преимуществом светодиодных индикаторов является расстояние видимости, которое в несколько раз больше, чем у жидкокристаллических, проекционных и плазменных экранов; высокая теплостойкость, что даёт возможность на использования их в наружной рекламе; высокая надёжность, низкое энергопотребление и доступная стоимость.

Структурная схема приведена на рисунке 1.

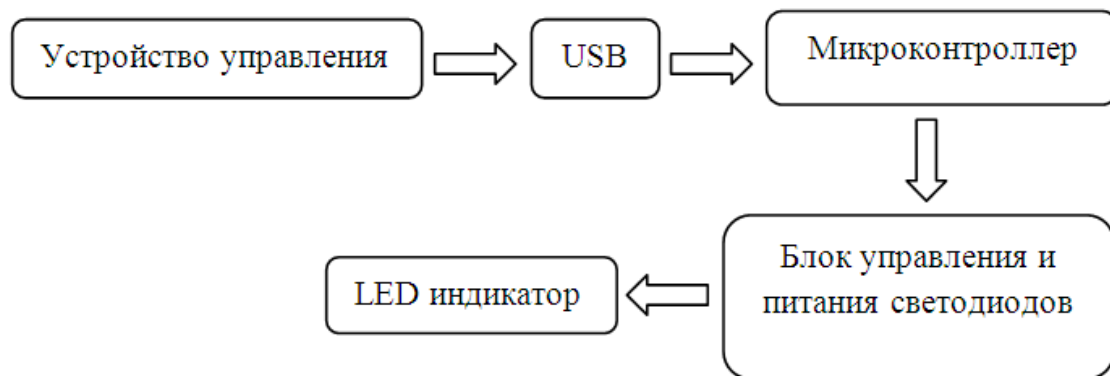


Рисунок 1 – Устройство трёхмерного светодиодного индикатора

В основе рассматриваемого устройства используется 32-битный микроконтроллер фирмы atmega32a-ру, оснащённый встроенным АЦП, ОЗУ 2 кб и тактовой частотой 16 МГц, которые позволяют формировать сложную графику, применяя высокоуровневые языки программирования. Atmega32 имеет 32 GPIO (General Purpose IO) контакта, два из которых используются для последовательной связи (TX, RX), три – для ISP (In-Circuit Serial Programming), остальные – для управления индикатором. В данном микроконтроллере существует 4 порта PORTA, PORTB, PORTC и PORTD, которые используются для управления шиной данных массива триггеров SN74HC573N и транзисторных сборок ULN2003 [1].

В качестве устройства управления может использоваться ЭВМ, имеющая USB интерфейс, которая непосредственно связывает его с микроконтроллером для передачи данных. При использовании интерфейса USB-USART, который имеет два устойчивых состояния 0 В и 5 В, последовательная связь требует точного времени передачи, поэтому в данной разработке используется внешний кристалл 14.7456 МГц. Если время будет другим, то есть вероятность, что передача одного бита информации может потеряться или быть посчитанной дважды. Это отобразится на индикаторе в виде светящегося или потухшего вокселя в неподходящем месте [2]. Чтобы получить последовательную связь без потерь, необходимо использовать тактовую частоту, кратную частоте последовательной передаче.

Заданная программа микроконтроллера отображается на LED индикаторе, который конструктивно представляет светодиодную матрицу, состоящую из 14 слоёв; в каждом из них 8 линеек по 8 светодиодов. Аноды светодиодов соединены в каждом слое и коммутируются с шиной питания PORTA и PORTB посредством двух мощных составных ключей с защитными диодами на выходе ULN2003. Эта микросхема – набор из семи дарлингтоновских ключей, каждый из которых представляет собой пару Дарлингтона – электрическое соединение двух транзисторов. Они работают как единый транзистор с коэффициентом усиления по току, равным произведению коэффициентов первого и второго транзисторов. Микросхема имеет номинальный ток одного коллектора 500 мА и высоковольтный выход до 50 В. Наличие защитных диодов позволяет подключаться к индикатору без дополнительной защиты от выбросов обратного напряжения [3]. В

индикаторе катоды каждого предыдущего слоя соединены с катодами следующего слоя, которые и составляют линейку. Каждая линейка управляется триггером SN74HC573N через микроконтроллер, которые регулирует порядок включения светодиодов. Запись информации в триггер регистра происходит при подаче логической единицы на вход LE, в этом случае сигналы на выходах регистра повторяют входные. При подаче логического нуля на вход LE регистр переходит в режим хранения информации [4]. В каждый момент времени, для того, чтобы включить светодиод, сигнал с портов А или В микроконтроллера подаётся на один из входов микросхемы ULN2003, тем самым подавая напряжение на один из слоёв индикатора. В тот момент, когда светодиоды находятся в режиме ожидания, включаются 8 параллельно включенных триггеров и на заданном входе у определённого триггера появляется логическая единица, которая и зажигает светодиод.

В данном устройстве используется метод динамической индикации, в котором отображение целостной картинки происходит через быстрое последовательное отображение отдельных элементов этой картинки. Трёхмерный эффект достигается с помощью скоростного переключения светодиодов. Если вспышка светодиода будет достаточно быстрой, то переключение светодиода будет некоторое время оставаться на сетчатке глаза. Именно такое наложение серий двумерных изображений поверх друг на друга даёт трёхмерный эффект изображению [5].

Для отображения выводимых данных используется программное обеспечение на языке C++, которое имеет собственную программную оболочку, обладающую следующими возможностями:

1. Автоматическое определение подключенного устройства.
2. Непосредственное создание эффектов.
3. Создание списка быстрых команд для управления эффектами.
4. Возможность интерактивного управления индикатором.
5. Ручное переключение анимации.
6. Интерпретатор команд в эффекты для индикаторного устройства.

В основе данного устройства лежит вывод текста и отображение трёхмерной информации. Кроме того, предусмотрен автономный режим работы без применения ЭВМ.

Совокупность рассмотренных блоков и программного обеспечения оптимально подходит для обучающих целей в виде стенда для изучения профильных дисциплин, может найти применение в рекламной индустрии, развлекательных центрах, дизайне и оформлении помещений.

Список литературы

1. Евстифеев, А. В. Микроконтроллеры AVR семейств Mega. Руководство пользователя / А. В. Евстифеев. – М.: Изд. дом «Додека», 2007. – 592 с.
2. Агуров, П. В. Интерфейс USB. Практика использования и программирования. / П. В. Агуров. – изд. 2-е. – М.: BHV, 2008. – 256 с.
3. Шило, В. Л. Линейные интегральные схемы в радиоэлектронной аппаратуре. / В. Л. Шило, Е. И. Гальперина. – М.: Советское радио, 1974. – 221 с.
4. Дмитриев, А. С. Генерация хаоса. / А. С. Дмитриева [и др.]. – М.: Техносфера, 2012. – 424 с.
5. Быстров, Ю. А. Электронные приборы для отображения информации / Ю. А. Быстров, И. И. Литвак, Г. М. Персианов. – М.: Радио и связь, 1985. – 173 с.

The structural scheme of a programmable 3D LED indicator, its capabilities, further development and possibility for using in scientific and educational purposes are considered in the article. This indication is based on the optical phenomenon of visual perception.

Киселевский Евгений Валентинович, студент физико-технического факультета ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, ewgenijus@mail.ru.

Сабадаш Владимир Сергеевич, студент физико-технического факультета ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, Sabadash.vs@gmail.com.

Ситкевич Татьяна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра промышленной электроники, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, sittan@tut.by.

Научный руководитель – *Ситкевич Татьяна Анатольевна*, кандидат технических наук, доцент, кафедра промышленной электроники, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, sittan@tut.by.

УДК 62-791.2

Е. В. КИСЕЛЕВСКИЙ, В. В. ВЕНСОВИЧ, Т. А. СИТКЕВИЧ

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ ATMEGA8

В статье рассмотрены блок-схема информационно-управляющей системы, принцип ее работы и применение. Мощность микроконтроллера Atmega8 является вполне достаточной для управления процессами, которые используются в данной системе.

Данная информационно-управляющая система разработана для автоматизации учета информации об исследуемом объекте и контроля оборудования на основе применения трансиверов в организации беспроводной сети. В качестве интересующего объекта исследования может быть выбран любой, вследствие его замены контрольно-измерительные и управляющие приборы будут также заменены; но принципиальных изменений в информационно-управляющей системе произведено не будет. Система производит дистанционный сбор показаний и контроль состояния объекта. Общая структура системы представлена в виде блок-схемы на рисунке 1.

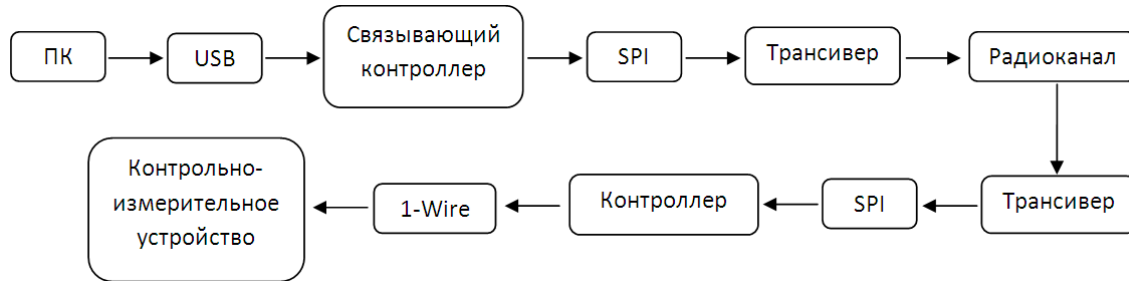


Рисунок 1 – Блок-схема информационно-управляющей системы

Система передачи данных состоит из:

1. Программного обеспечения верхнего уровня, установленного на персональный компьютер, выполняющего функции терминала для оператора системы, а также центрального вычислительного центра.
2. Связывающего контроллера, осуществляющего переправку команд и данных от персонального компьютера в сторону объекта и обратно через интерфейсы USB и SPI.
3. Трансиверов, являющимися узлами беспроводной сети.
4. Контроллера сбора данных и управления объектом.

Взаимосвязь персонального компьютера и связующего контроллера осуществляется с помощью интерфейса USB. Питание схемы этого контроллера осуществляется также по этому интерфейсу.

В USB уровень сигнала составляет 3,3 В, а в устройстве используется 5В-логика, поэтому для согласования в схеме установлены стабилитроны для уменьшения уровня сигнала с микроконтроллера на гасящих резисторах до уровня 3,5 В, необходимых по стандарту. Для определения версии протокола в схеме задействован делитель напряжения на резисторах, который обеспечивает 3,4 В на холостом ходу. При этом оба стабилитрона находятся в закрытом состоянии [1].

При этом связующий контроллер выполняет функцию подчиненного устройства, компьютер – хоста. Все действия, инициируемые в системе, производятся по запросам компьютера. Функции, выполняемые данным контроллером, следующие:

1. Конфигурация трансивера MRF49XA после подключения питания к данному узлу.
2. Переправка команд и данных от ПК к трансиверу MRF49XA во время работы.

Взаимосвязь связующего контроллера и трансивера осуществляется по интерфейсу SPI.

Также в схеме со связующим контроллером присутствуют дополнительные выводы, предназначенные для подключения устройств контроля и измерения. Это необходимо, когда подключение по сети не будет востребованным, а все необходимые действия можно выполнить на месте. По этой же причине схемы связующего контроллера, контроллера сбора данных и управления не совмещены со схемами трансиверов.

MRF49XA – многоканальный, малопотребляющий радиочастотный приёмопередатчик с нулевой промежуточной частотой (zero-IF), интегрированный в одну микросхему. Он предназначен для приложений беспроводной связи с двусторонним обменом в нелицензируемой полосе частот 400...1000 МГц. Загрузка необходимых данных и команд производится микроконтроллером по интерфейсу SPI. Приемопередатчик производит FSK – модуляцию/демодуляцию данных, принимаемых либо передаваемых антенной [2].

Схема контроллера сбора данных и управления объектом аналогична схеме связующего контроллера, за исключением возможности подключения по интерфейсу USB и наличия программируемого цифрового термометра DS18B20. Питание этой схемы осуществляется от внешнего источника питания с выходным напряжением от 3 до 5 В.

Термодатчик подключается по схеме включения к шине 1-Wire с внешним питанием: вывод Vdd подключается к внешнему источнику питания, вывод DQ – к шине данных, соединенной с шиной питания через резистор номиналом 4,7 кОм, вывод GND – к общей шине. Кроме того, здесь реализована возможность дополнительного подключения контрольно-измерительных модулей для увеличения возможных функциональных качеств ИУС [3].

В микроконтроллере ATMEGA8, как и в трансивере MRF49XA, данный интерфейс реализован аппаратно. Для его инициализации в программе микроконтроллера используется функция SPI_Init(), которая

конфигурирует порт и регистр управления SPI, называемый SPCR. Отправка данных производится путем записи в передающий регистр SPDR микроконтроллера, получение данных – чтение из регистра. По завершению приема/передачи выставляется флаг прерывания SPIF в регистре статуса SPSR.

Для осуществления инициализации трансивера либо отправки через него данных микроконтроллер отправляет по шине SPI адрес нужного регистра, т.е. производит выбор регистра, в который будут помещаться данные. После этого по SPI отправляется байт данных либо команда.

Для чтения данных из трансивера на линию FSEL подается логический «0». Это сигнализирует о том, что из регистра FIFO будут считываться данные по шине SPI микроконтроллером. После этого производится считывание данных, а по завершении на линию FSEL устанавливается первоначальное значение, что будет означать окончание передачи [4].

Преимущества данного устройства заключаются в возможности сопряжения с любыми операционными системами благодаря использованию USB-HID интерфейса, увеличения количества решаемых задач за счет наличия дополнительных конвекторов на платах устройств, реализации любого стандарта связи между участниками при помощи изменения структуры передаваемых данных.

Данная информационно-управляющая система может применяться в современных системах удаленного мониторинга и контроля в промышленности, транспортной и складской логистике, а также в других сферах деятельности.

Список литературы

1. Мишунин, В. В. Информационно-измерительные и управляющие систем: учеб. пособие / В. В. Мишунин. – Белгород: БелГУ, 2010. – 129 с.
2. Организация распределенной системы управления уличным освещением на основе беспроводной сети стандарта zigbee. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dspace.susu.ac.ru/bitstream/handle/0001.74/967/20.pdf?sequence=1>. – Дата доступа: 04.02.2015.
3. 1-Wire. Работа с DS18B20. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://chipenable.ru/index.php/programming-avr/item/80-1-wire-rabota-s-ds18b20-chast-1.html>. – Дата доступа: 15.02.2015.
4. Раннев, Г. Г. Измерительные информационные системы: учеб. пособие / Г. Г. Раннев. – М., 2010. – 336 с.

This article describes the block diagram of management information system, its principles of operation and application. The capacity of Atmega8 microcontroller is sufficient to control the processes that are used in such systems.

Киселевский Евгений Валентинович, студент физико-технического факультета ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, ewgenijus@mail.ru.

Венскович Валентин Валерьевич, студент физико-технического факультета ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, Venskovich_VV_10@student.grsu.by.

Ситкевич Татьяна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра промышленной электроники, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, sittan@tut.by.

Научный руководитель – *Ситкевич Татьяна Анатольевна*, кандидат технических наук, доцент, кафедра промышленной электроники, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, sittan@tut.by.

УДК 631.5

Н. В. КОВАЛЬЧУК

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ г. ГРОДНО

Представлены результаты определения валового содержания тяжелых металлов в почвенном покрове, отобранном из различных районов Гродно. Исследования показали, что концентрации Cd, Ni и Sn превышают предельно допустимые концентрации.

В условиях урбанизированной среды, подверженной интенсивным техногенным воздействиям, происходит существенная геохимическая трансформация почвенного покрова. Среди огромного числа загрязнителей, поступающих в городскую среду, особое место занимают тяжелые металлы. Поступая в почву при техногенном воздействии, металлы аккумулируются в ее верхних горизонтах. Помимо этого почвенный покров урбанизированных территорий в большей степени представлен насыпными грунтами со значительной примесью строительного и бытового мусора (до 20–50 %) [1], что также способствует увеличению содержания тяжелых металлов по сравнению с фоновыми точками.

Цель данного исследования заключалась в изучении валового содержания тяжелых металлов в почвах урбанизированных территорий на примере Гродно.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись почвенные образцы, отобранные в 5 районах Гродно с различной степенью антропогенной нагрузки и разными видами техногенного воздействия. Данные о точках отбора проб представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика точек отбора почвенных проб

№ ТОП	Адрес точки пробоотбора	Название городской зоны
1.	За деревней Лососно	смешанная
2.	БЛК, 11	смешанная
3.	ул. Городничанская, 30	жилая (старая застройка) с 2- и 3-этажной застройкой
4.	ул. Комбайнерская, 7	жилая с частной застройкой и высотными домами
5.	ул. Соколовского, 37	транспортная

Для проведения исследования отбирался верхний 0-20 см слой почвы. Валовое содержание тяжелых металлов в почвенных образцах определяли рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре энергий рентгеновских излучений СЕР-01 [2]. Нормативной базой для оценки состояния загрязнения почв тяжелыми металлами служили нормативы региональных кларков, ПДК (ОДК).

Результаты и их обсуждение. Оценка валового содержания тяжелых металлов в поверхностном слое почв Гродно показала, что все проанализированные образцы почвенного покрова подвержены воздействию тяжелых металлов. Результаты анализа почвенных образцов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Валовое содержание тяжелых металлов в почвенных образцах Гродно

Элемент	ТОП 1	ТОП 2	ТОП 3	ТОП 4	ТОП 5	Региональный кларк [3]	ПДК [4]
Cd	39,317	6,026	34,704	40,798	34,551		0,5
Cr	110,573	62,095	75,556	112,400	78,702	36,0	100,0
Cu	17,203	15,768	47,281	39,910	19,761	13,0	55,0
Fe	9188,039	8981,471	6959,125	9628,769	8170,679		
Mn	399,603	459,113	272,773	377,225	410,070	247,0	1500,0
Ni	39,846	39,967	31,167	48,596	47,298	20,0	20,0
Pb	0,440	6,694	4,825	5,854	5,661	12,0	32,0
Sb	35,052	25,772	53,452	51,246	60,125		
Sn	23,827	15,710	20,757	16,321	21,455	1,0	4,5
Ti	2310,049	2231,920	1543,760	1637,782	1858,290		
V	310,679	302,992	304,392	187,538	252,437		
Zn	28,670	27,699	133,625	185,790	32,968	35,0	55,0
Zr	234,039	225,650	145,991	170,698	165,996	200,0	

Примечание. ТОП – точка отбора проб.

Элементный анализ почвы, отобранный на территории Гродно, выявил аномально высокое превышение установленных нормативов ПДК по кадмию, никелю и олову. Так, приоритетным загрязнителем почвенного покрова Гродно повсеместно выступает кадмий, представляющий собой токсикант кумулятивного действия с выраженными канцерогенными свойствами. Содержание в почвах данного тяжелого металла, вероятно, связано с близко расположенными крупными автодорогами, стоянками автомобилей.

Особое внимание следует обратить на содержание в почвенных образцах таких малоизученных тяжелых металлов, как Zr и Sn. При этом, следует отметить, что концентрации Sn значительно превышают как региональный фон, так и установленные нормативы ПДК, что свидетельствует о постоянном поступлении поллютанта в почвенный покров городской среды.

По сравнению со среднебелорусскими региональными кларками, исследованные почвы характеризуются также значительным накоплением Cr, Cu, Mn. Для отдельных точек отмечено увеличение концентраций Zn и Zr. Основной источник загрязнения, обуславливающий превышение кларка по Zn в жилых зонах города, вероятно, объясняется наличием дизельного автотранспорта.

Одним из наиболее сильных загрязнителей окружающей среды, связанных с выбросами автотранспорта, является свинец и его соединения. Сопоставление полученных данных с кларками для почв Беларуси в поверхностном горизонте городских почв не выявлено аномальных участков свинцового загрязнения.

Заключение. Все проанализированные образцы почвенного покрова Гродно подвержены воздействию тяжелых металлов. Полученные данные свидетельствуют о сложном экологическом состоянии почвенного покрова Гродно и необходимости дальнейшего его детального изучения.

Список литературы

1. Гринь, А. В. Поступление тяжелых металлов (цинка, кадмия, свинца) в растения в зависимости от их содержания в почве / А. В. Гринь, С. К. Ли, Н. Г. Зырин // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. – Л.: Гидрометеиздат. 1980. – С. 198–202.
2. Рентгенофлуоресцентный метод анализа: методические указания к лабораторным работам / сост.: А. А. Комиссаренко, С. Б. Андреев – СПб.: СПбГТУРП, 2008. – 36 с.
3. Петухова, Н. Н. К кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси / Н. Н. Петухова, В. А. Кузнецов // Доклады АН Беларуси. – 1992. – Т. 26, № 5. – С. 461–465.
4. Гигиеническая оценка почвы населенных мест: Инструкция 2.1.7.11-12-5-2004. – Минск, 2004. – 39 с.

The article presents the results of determining the total content of heavy metals in the soil cover, selected from different parts of the city of Grodno. Studies have shown that the concentration of Cd, Ni and Sn exceeds the maximum permissible concentration.

Ковальчук Наталия Викторовна, магистрант факультета биологии и экологии ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, kov_natalyka_91@mail.ru.

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

УДК 334.716:005.591.6

С. Н. КРИВЕЦ

МОДИФИКАЦИЯ МАРКИРОВКИ ТРАФИКА В УСЛОВИЯХ ПОТЕРЬ И ИСКАЖЕНИЙ МЕЖПАКЕТНЫХ ИНТЕРВАЛОВ

Рассматривается метод коррекции выпадающих бит. Автором предлагается усовершенствование метода таким образом, что количество битов и кодовых слов за единицу времени значительно возрастает. Это достигается за счет увеличения устойчивости к сериям ошибок типа выпадений и инверсий в результате применения матрицы перемежения, что также связано с дополнительными затратами на ее обработку.

Известен метод коррекции выпадающих бит и их инверсии в работе [1]. Данный метод позволяет исправить один выпадающий и инверсионный бит в одном кодовом слове за единицу времени. Целью текущей разработки является усовершенствование разработанного метода путем добавления процедуры перемежения на основе заданной матрицы в алгоритм обработки пакетов и, как следствие, получение возможности исправления последовательных серий бит с инверсиями или выпадениями. Цикл обработки данных в исходной схеме выглядит следующим образом:

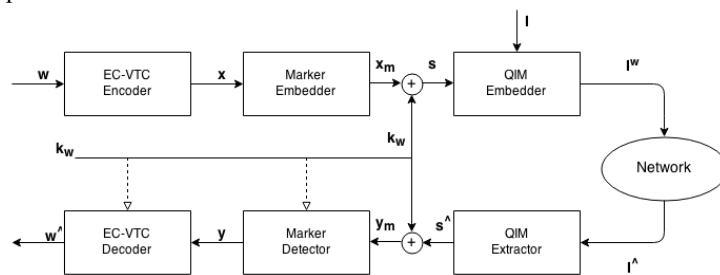


Рисунок 1 – Исходная схема

Исходный цикл предусматривает собой возможность исправления одного выпадающего и инвертированного бита в одном кодовом слове за единицу времени. На первом этапе в блоке «ЕС-VTC Encoder» происходит получение исходных бит w для внедрения и их дальнейшая обработка путем сопоставления двухбитной последовательности определенного кодового слова с получением конечных бит x . Кодовые слова выбираются следующим образом: принимая параметр a как $0 \leq a \leq n$ в VT-кодах, $VT_a(n)$ коды это набор бинарных слов $x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ с длиной n , такие, что выполняется равенство:

$$\sum_{i=1}^n ix_i \equiv a \pmod{n+1} \quad (1)$$

Данный тип кодов – простые корректирующие коды выпадения и вставок. Принимая $a = 0$, используются только оптимальные из них. Например, после подсчета $\sum_{i=1}^n ix_i \equiv 0 \pmod{7}$ код $VT_0(6)$ с длиной блока $n = 6$ получается, что $VT_0(6) = \{000000, 001100, 010010, 011110, 100001, 101101, 110011, 110100, 111111\}$. Любое кодовое слово из $VT_0(6)$ может быть использовано, чтобы надежно обмениваться данными по каналу,

который вводит более одного удаления бита в блоке длины n . Ливенштейн предложил простой алгоритм детектирования [2] для VT-кодов, который будет описан ниже. Предположим, что будут использованы кодовые слова $VT_0(n)$.

1. Предположим, что кодовое слово $x \in VT_0(n)$ передается по каналу, причем бит на позиции p был удален и кодовое слово y было получено.

Пусть L_0 нулевой и L_1 биты левее удаленного, а R_0 нулевой и R_1 биты правее удаленного (где $p = 1 + L_0 + L_1$),

2. Подсчитаем вес $wt(y) = L_1 + R_1$ и контрольную сумму $\sum_i iy_i$. Если удаленный бит равен нулю, новая контрольная сумма $R_1 (\leq wt(y))$ будет меньше чем предыдущая. Если удаленный бит равен единице, то новая контрольная сумма будет равна $p + R_1 = 1 + L_0 + L_1 + R_1 = 1 + wt(y) + L_0 (> wt(y))$, т.е. меньше своего предыдущего значения.

3. Таким образом, если найденная контрольная сумма (предположим, контрольная сумма равна D), меньше либо равна $wt(y)$, значит, можно сделать вывод о том, что «0» бит был удален и мы восстанавливаем его слева от самого правого бита R_1 . В противном случае, делается вывод о том, что был удален бит «1», и он должен быть восстановлен справа от самого левого бита L_0 .

Мы используем данный результат и предлагаем подход, чтобы найти замену и удаление в блоке с исправлением, используя VT код. Алгоритм построения кода содержит следующие шаги: организация кодовых слов $VT_0(n)$ кода в лексикографическом порядке, выбор k линейных независимых кодовых слов максимального веса, сохраняя условие $d(x_i; x_j) \geq d_{min}$.

Если мы отбросим кодовые слова, которые не являются кодовыми словами из $VT_0(6)$, мы можем выделить подкод с необходимыми кодовыми словами $C^* = \{(000000), (110100), (011110), (101101), (110011)\}$, состоящий из пяти кодовых слов. C^* – это линейный код коррекции ошибок с $d_{min} = 3$ и подкод $VT_0(6)$ в одно и тоже время. C^* может быть использован для коррекции ошибок инверсии и удаления.

В данной работе C^* содержит все кодовые слова за исключением (000000), т. к. для вставки (на следующем этапе) специального маркера, который определяет разделитель между последовательностью бит, используется последовательность (000).

На последнем этапе передачи используется QIM модуляция для корректировки и определения задержек. Пример работы QIM модуляции описан в работе [1] в п 3.2 рис. 2. Модифицированная схема обработки выглядит следующим образом:

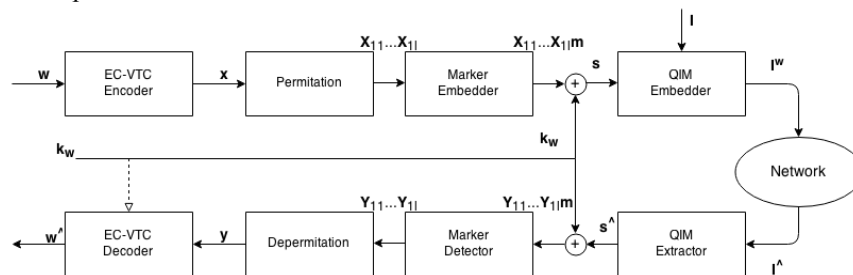


Рисунок 2 – Модифицированная схема

Модифицированный цикл обработки отличается от базового добавлением перемножителя со стороны кодирования и делителя со стороны декодирования. На этапе перемножителя формируется матрица X которая состоит из l кодовых слов размерностью $l \cdot n$, элементами которой являются биты $x_{11}, x_{12} \dots x_{ln}$. Например, имеется матрица X размерностью 4×6 , с элементами $x_{11}, x_{12} \dots x_{ln}$:

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

При передаче X по строкам получаем следующую последовательность бит $x_{11}x_{21} \dots x_{l1} \dots x_{n1}x_{n2} \dots x_{nl} = 101100011010000110000111000001010000011000$. При прохождении через сеть данная последовательность в конечном итоге попадает на делитель, где преобразовывается в исходную матрицу. В данном примере мы использовали матрицу из четырех кодовых слов для передачи в одном цикле, которые считываются так же по столбцам, что в итоге повышает возможность коррекции удаления и инверсии бит в четыре раза. Исходя из данного примера, стала возможной коррекция четырех удалений и четырех инверсий бит за один цикл. Важно заметить, что при повышении размерности матрицы, в частности количества строк, можно добиться большего количества коррекций удалений и инверсий за один

проход, т. е. $u \sim l$, где u – количество возможных коррекций удалений и инверсий. Таким образом, в работе предложено увеличение устойчивости к сериям ошибок типа выпадений и инверсий в результате применения матрицы перемежения, что так же связано с дополнительными затратами на ее обработку.

Список литературы:

1. Assanovich, B. Use of Linear Error-Correcting Subcodes in Flow Watermarking for Channels with Substitution and Deletion Errors / B. Assanovich, W. Puech, I. Tkachenko // Lecture Notes in Computer Science: Proceedings of 14th IFIP TC 6-TC 11 Int. Conf. Communications and Multimedia Security. Germany, September 25-26, 2013 / Editors: Bart De Decker [et al.]. – Magdeburg, 2013. – pp. 105–112.
2. Vladimir I. Levenshtein. 1966. Binary codes capable of correcting deletions, insertions and reversals. Soviet Physics-Doklady. 10, 8. (Feb. 1966). 707–710.
3. Ассанович, Б. А. Определение и устранение помех при передаче сигналов с помощью QIM модуляции / Б. А. Ассанович, А. В. Просвирыков // Физика конденсированного состояния: материалы XXII междунар. науч.-практ. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Гродно, апр. 2013 г. / ГрГУ им. Я. Купалы [и др.]; редкол.: В. Г. Барсуков (гл. ред.) [и др.]. – Гродно, 2013. – С. 33–35.

The article describes the research of drop-down bits correction method and inversion in work. This method allows to fix one drop-down and inversion of bits in one code word for the unit of time. The aim of the research is to improve the current design method by adding an interleaving procedure based on assignment matrix algorithm for processing packets and, as a result, the opportunity to fix a series of successive bit inversions or fallout.

Кривец Сергей Николаевич, работник ИООО «ЭПАМ Системз», Гродно, Беларусь, sergey@devit.by.

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

УДК 616-073.584:691.433-431

Н. Н. КУРЬЯН, С. С. АНУФРИК

ЛАЗЕРНО-ЭМИССИОННЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПЛИТКИ

Описан лазерно-эмиссионный спектральный анализ элементного состава керамической плитки производства ОАО «Керамин», изготовленной из белой глины.

Керамические плитки представляют собой изделия, изготовленные из смеси глины разных сортов, с добавлением других натуральных компонентов, предварительно спрессованные под давлением около 500 кг/см² и затем обожженные в печах при температуре от 1040 до 1300 °C [2].

В качестве сырья для производства керамической плитки используются смеси различных материалов:

- глинистые материалы, которые обеспечивают пластичность влажной массы, необходимую для формовки заготовок плитки. В общем случае глинистые материалы можно подразделить на красные и белые глины;
- кварцевое сырье – в основном кварцевый песок, который образует «скелет» керамического изделия, то есть выполняет структурную функцию, необходимую для того чтобы ограничить и контролировать изменение размеров изделия, неизбежное при сушке и обжиге;
- материалы, содержащие полевые шпаты (алюмосиликаты натрия, калия, кальция и т.д.) или карбонаты (в частности, кальция), благодаря которым при обжиге достигается нужная вязкость, которая обеспечивает стекловидную и плотную структуру готового изделия.

Обычно элементный химический анализ плитки производят с использованием химических методов, которые в большинстве случаев обладают достаточно низкой экспрессностью и точностью. По нашему мнению, наиболее наилучшим методом анализа, по сравнению с химическими методами является лазерно-эмиссионный спектральный анализ, который позволяет за достаточно краткий промежуток времени произвести спектральный анализ исследуемого материала или объекта. Также следует учесть тот факт, что при проведении лазерно-эмиссионного анализа, не происходит изменение химического состава либо повреждения поверхности исследуемого объекта.[1]

Для проведения спектрального химического анализа использовался портативный лазерный анализатор элементного состава (LIBS), который, был разработан в ГНУ «Институт физики им Б. И. Степанова НАНБ». Основной анализатора является используется лазер Nd-YAG (модель LS 2134 U Белорусско-японской фирмы Lotis ТП). Установка работает в двухимпульсном режиме. Параметры излучения: длина волны 1064 нм, стабильность энергии $\pm 3\%$, абсолютная длительность 7–8 нс и частота повторения импульсов генерации 15 Гц. Диаметр пучка составляет 6 мм, расходимость 0.8 мрад. Далее излучение лазера фокусируется короткофокусной линзой ($f = 50$ мм) на поверхность исследуемого объекта. Конструкция лазера обеспечивает автономность и возможность установки на подвижной платформе, что позволяет дистанционно изучать химический состав плитки, непосредственно в реальных условиях (здания, сооружения) [3]. Установленное

программное обеспечение (QSp Client; CCD Tool) используется для контроля и установки и также для получения и оценки данных.

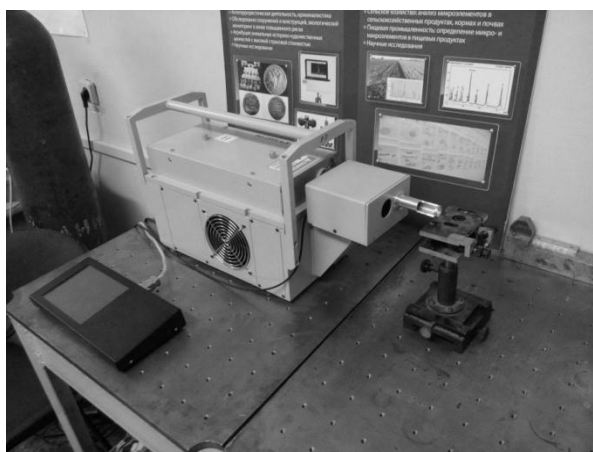


Рисунок 1 – Общий вид анализатора (LIBS)

В качестве объектов исследования были взяты образцы напольной (с не глазированной лицевой стороной) (ГОСТ 6787-2001) и настенной (с глазированной лицевой стороной) (ГОСТ 6141-91) керамической плитки производства ОАО «Керамин», выполненных из белой глины.

При проведении исследования, лазерное излучение фокусировалась на гладкой не шероховатой поверхности керамической плитки в пятно диаметром 1мм. Ток накачки составлял 20 А, задержка между импульсами 8 мс, частота генерации импульсов 5 Гц. Соответственно энергия генерации лазерного излучения, при указанных параметрах накачки, составляла 19 мДж. По исследуемым образцам керамической плитки производилось 5 импульсов из Nd-YAG лазера, после чего данные отображались в окне программы QSp Client. При проведении спектрального анализа спектрограмм было выявлено содержание следующих химических элементов. Результаты исследования лицевой и тыльной сторон напольной представлены на рисунке 2, и для настенной плитки соответственно на рисунке 3.

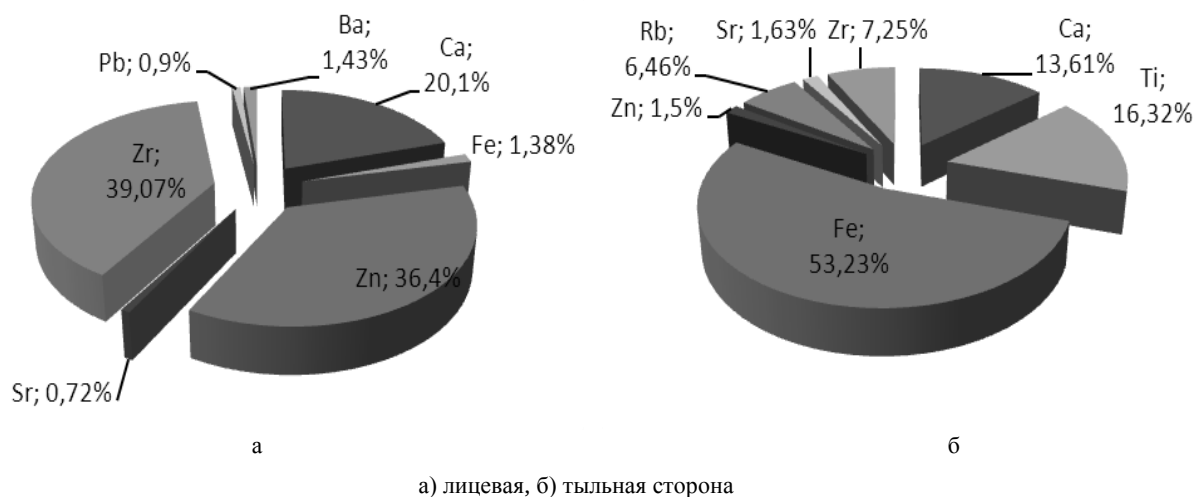


Рисунок 2 – Состав напольной керамической плитки

Исходя, из выше указанного можно сделать вывод о том, что в половой керамической плитки (тыльная сторона) содержатся следующие химические элементы как: Ca (13.61 %), Fe (53.23 %), Zn (1.5 %), Zr (7.25 %), Rb (6.46 %), Ti(16.32 %), Sr (1,63 %); настенная керамическая плитка (тыльная сторона): Fe (27.3 %), Zn (2.5 %), Rb (1.39 %), Sr (0.76 %), Zr (3.37 %), Pb (0.678 %), Ca (4.5 %), К (47 %). В лицевой стороне напольной плитки содержатся такие элементы как: Zr (39.07 %), Zn (36.4 %), Sr (0.72 %), Fe (1.38 %), Ca (20.1 %), Ba (1.43 %), Pb (0.9 %); настенной плитки: Zr (41.7 %), Cr (5.06 %), Y (0.193 %), Ca (25.32 %), Fe (8.34 %), Zn (15.6 %), Fe (8.34 %), Rb (0.86 %).

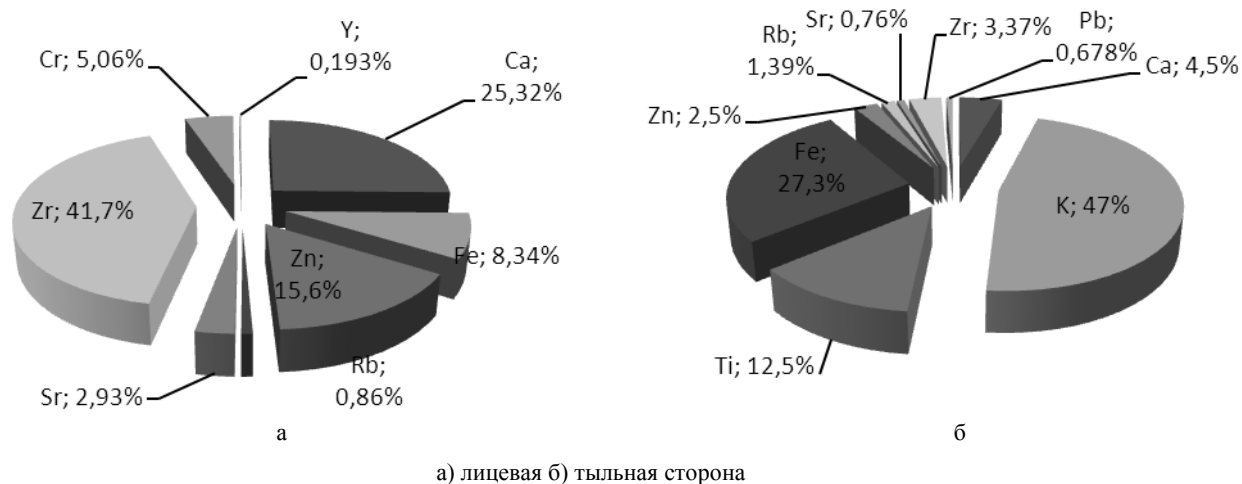


Рисунок 3 – Состав настенной керамической плитки

При проведении сравнительного анализа, полученных экспериментальных данных и данных взятых из государственных стандартов по настенной (ГОСТ 6141-91) и напольной (ГОСТ 6787-2001) керамической плитки было выявлено полное элементное соответствие химического состава исследуемых образцов керамической плитки.

Список литературы

1. Керамическая плитка – физика [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://stroitelmaterialy.ru/keramicheskaja-plitka.html>. – Дата доступа: 15.01.2015.
2. Керамическая плитка. Состав, производство, основные характеристики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kayros.biz/stati/keramicheskaya-plitka-sostav-proizvodstvo-osnovnye-harakteristiki> – Дата доступа: 15.01.2015.
3. Радиемски, Л. Лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия / Л. Радиемски, Д. Кремерс. – М., 2009. – 306с.

This article describes a laser-emission spectral analysis of the elemental composition of the ceramic tiles produced by "Keramin" made of white clay.

Курьян Николай Николаевич, аспирант физико-технического факультета 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 616-073.584:661.174

Н. Н. КУРЬЯН, С. С. АНУФРИК

ЛАЗЕРНО-ЭМИССИОННЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АНТИПИРЕНА

Описан лазерно-эмиссионный спектральный анализ огнезащитных жидкостей (антипиренов).

Дерево является самым востребованным строительным материалом. Оно очень широко используется в строительстве жилых домов. Дерево является не только экологически чистым строительным продуктом, но и обладает замечательными строительными качествами. Однако именно дерево больше всего подвержено воздействию всевозможных грибков и бактерий, которые со временем разрушают его, как строительный материал. В последнее время большое внимание уделяется применению покрытий и пропиток, которые способны максимально предохранить древесину от воздействия грибков и огня. Дерево, как известно, горит очень долго и возгорается достаточно быстро, поэтому существуют специальные покрытия, которые, не разрушая структуру материала, придают ему защитные свойства. Можно воспользоваться специальными красками и лаками, в состав которых входят защитные материалы. Также существуют специальные средства, которые придают особую красоту дереву, при этом защищая его от всевозможных вредных воздействий. Такими материалами являются пропитки, которые в свою очередь по степени воздействия разделяются на поверхностные и глубокие [1].

При использовании огнезащитной пропитки следует знать, к какой группе защиты она относится и что входит в ее состав. Наиболее точно и быстро элементный химический состав пропитки можно определить с помощью метода лазерно-эмиссионного анализа. Также следует учесть тот факт, что при проведении лазерно-

эмиссионного анализа не происходит изменение химического состава либо повреждения поверхности исследуемого объекта.

Для проведения спектрального химического анализа использовался лазерный анализатор элементного состава (LIBS). Портативная установка LIBS, была разработана ГНУ «Институт физики им. Б. И. Степанова НАНБ». Для генерации плазмы используется лазер Nd-YAG (модель LS 2134 U белорусско-японской фирмы Lotis TII). Установка работает в двухимпульсном режиме. Параметры излучения: длина волны 1064 нм, стабильность энергии $\pm 3\%$, абсолютная длительность 7-8 нс при частоте повторения импульсов генерации 15 Гц, соответственно, диаметр пучка составляет 6 мм, при расходимости 0.8 мрад. Далее излучение лазера фокусируется короткофокусной линзой ($f = 50$ мм) на поверхность исследуемого объекта. Лазер может быть установлен на подвижной платформе, что позволяет дистанционно изучать химический состав пропитки, непосредственно в реальных условиях (здания, сооружения).

Установленное программное обеспечение (QSp Client; CCD Tool) используется для контроля установки и обработки полученных результатов. Эмиссионный спектр пропитки регистрировался оптическим многоканальным анализатором (Орминс, Беларусь) на основе ПЗС линейки (Toshiba 1205D), имеющей 2048 светочувствительных пикселей с размерами 14x200 мкм. Область спектральной чувствительности (по уровню 0.1) составляет 200–1060 нм.

В общем случае древесина преимущественно состоит из органических веществ (99 % общей массы). Элементный химический состав древесины разных пород практически одинаков. Абсолютно сухая древесина в среднем содержит 49 % углерода, 44 % кислорода, 6 % водорода, 0,1–0,3 % азота. При сжигании древесины остаётся её неорганическая часть – зола. В состав золы входят кальций, калий, натрий, магний и другие элементы [2].

Анализ литературных [3] и интернет источников [1, 4] показал, что основой антипиренов в большинстве случаев являются следующие вещества: фосфорнокислый аммоний, сернокислый аммоний, фтористый аммоний, нитрат аммония, хлористый аммоний, фосфорнокислый натрий, сернокислый натрий, тетра борат натрия, соединения сурьмы, некоторые хлорированные углеводороды, карбонат калия.

Таким образом, потенциальными индикаторами антипиренов могут быть следующие элементы: фосфор, хлор, сера, бор, сурьма, калий и натрий (при значительном содержании исходных веществ). Небольшие количества фтора и азота также всегда содержатся в древесине, однако их наличие методом LIBS затруднено т. к. в атмосфере находится 75,6 % азота, а фтор является очень трудноопределимым элементом для эмиссионного анализа.

В качестве исследуемых образцов был взят препарат антипирен ХМФС (ГОСТ 28815-96) двух марок: с бифторид-фторидом аммония и с фторидом аммония. Результаты исследования лазерно-эмиссионным анализом антипиренов представлены на рисунке 1. Как видно из рисунка, состав исследуемых образцов антипирена ХМФС (разных марок) содержит следующие химические элементы: сера (S), молибден (Mo), ванадий (V), марганец (Mn), медь (Cu), цинк (Zn), калий (K), углерод (C), магний (Mg). Из которых, молибден (Mo), ванадий (V), марганец (Mn), медь (Cu), цинк (Zn), углерод (C), магний (Mg) являются примесями древесины. Такие элементы как: хлор, бор, сурьма, натрий, в образцах антипиренов, с помощью метода LIBS, не были обнаружены. Это связано с тем что методом LIBS достаточно сложно определять содержание элементов в биообъектах. Поэтому для дальнейшего исследования был применен метод рентгено-флуоресцентного анализа. Использовалась установка LVX.

По наличию индикаторов (фосфор, хлор, сера, бор, сурьма, калий и натрий) можно утверждать о наличии компонентов антипирена. Данные о составе пропитки ХМФС (марок: с бифторид-фторидом аммония, с фторидом аммония) соответствующих ГОСТ 28815-96 приведены в таблице 1.

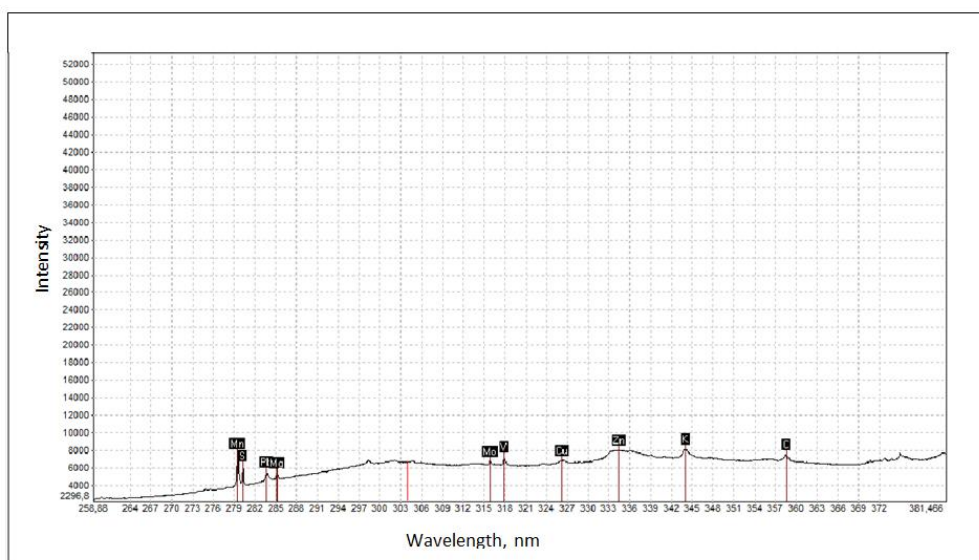


Рисунок 1 – Спектр антипирена

Как видно из таблицы, в состав пропиток входят следующие компоненты: натрий бихромат, калий бихромат, медный купорос, аммоний бифторид-фторида, сода кальцинированный, аммоний фторида, количество, которых может быть идентифицировано с помощью рентгено-флуоресцентного спектрального анализа.

Таблица 1 – Содержание компонентов антипиренов

Препарат	Марка препарата	Содержание компонентов препаратов в частях массы				
		натрия бихромата ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) по ГОСТ 2651 или калия бихромата по ГОСТ 2652	купороса медного ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) по ГОСТ 19347	аммония бифторид-фторида ($\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF} \pm \text{NH}_4\text{F}$) по нормативной документации	сода кальцинированной (Na_2CO_3) по ГОСТ 5100	аммония фторида $[(\text{NH}_4\text{F})]$ по ГОСТ 4518
ХМФС	С бифторид-фторидом аммония	1,0	1,0	1,0	4,0	-
	С фторидом аммония	1,0	1,0	-	3,0	2,0

При проведении рентгено-флуоресцентного спектрального анализа был выявлен количественный состав пропитки. (рисунок 2) Как видно из диаграммы антипирен содержит следующие химические элементы: Na (30,52 %), P(23,57 %), B(16,35 %), Sb(14,30 %), S(6,35 %), K(6,89 %), Cl(2,03 %).

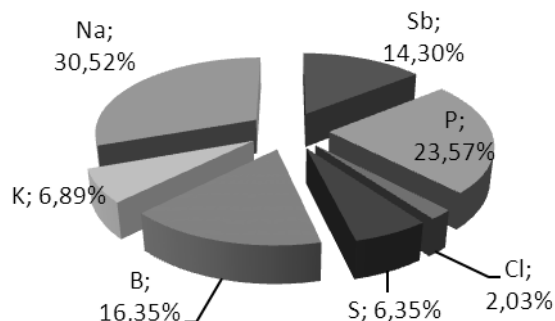


Рисунок 2 – Элементный химический состав антипирена

Таким образом, при сравнительном анализе полученных экспериментальных данных с помощью метода LIBS и рентгено-флуоресцентного анализа, можно утверждать о полном соответствии элементного состава исследуемых марок антипиренов. Показано что содержание в антипиренах химических соединений

соответствующих государственному стандарту ГОСТ 28815-96 (таблица 1) находится в корреляции с обнаруженными элементами, которые входят в состав этих соединений.

Список литературы

1. Пропитка огнезащитным составом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.krassp.ru/Public/Page_139. – Дата доступа: 16.01.2015.
2. Химический состав древесины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.znaytovar.ru/new2530.html>. – Дата доступа: 16.01.2015.
3. Радиемски, Л. Лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия / Л. Радиемски, Д. Кремерс. – М., 2009. – 306с.
4. Огнезащитная пропитка древесины. Описание и применение – физика. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://build-chemi.ru/ognezashitnaya-propitka-drevesiny--opisanie-i-primeneniye-articles_415.html. – Дата доступа: 16.01.2015.

This article describes a laser-emission spectral analysis of flame retardant liquids (flame retardants).

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

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

УДК 681.527: 681.3.015

А. Ю. ЛИЦКЕВИЧ

КОНТРОЛЛЕР RFID-МЕТОК ДЛЯ УЧЕТА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

Разработан и собран контроллер RFID-меток для учета измерительных приборов и оборудования.

Проблема автоматизации учета материальных ценностей (оборудования и измерительных приборов) является актуальной в условиях производства, а также в научных лабораториях. Для ее решения удобно использовать автоматизированные системы, обеспечивающие контроль за выдачей и использованием оборудования с автоматическим формированием необходимых отчетных документов и ведением баз данных.

Нами разработана универсальная система, включающая контроллер, предназначенный для считывания данных с беспроводных меток и передачи их посредством последовательного интерфейса USB управляющему компьютеру, который также осуществляет управление электронным замком помещения (сейфа), в котором хранится дорогостоящее оборудование.

Контроллер собран на основе микроконтроллера ATMEGA328P-PU с использованием приемника беспроводных меток RFID RC522 Funduino. Блок-схема системы представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Блок-схема системы

Программное обеспечение для микроконтроллера написано с использованием среды разработки C/C++.

Принцип работы системы: При поднесении RFID-метки к считывателю, последний излучает радиочастотный сигнал, энергия которого используется передатчиком метки для генерации ответного сигнала, содержащего идентификационный код, который принимается считывателем, декодируется, после чего

передаётся в микроконтроллер, обрабатывается и пересылается в контроллер USB для передачи управляющему компьютеру. В компьютере принятый идентификационный код сверяется с базой данных, в которой хранятся индивидуальные идентификационные коды сотрудников, которым разрешён доступ к сейфу с хранящимися приборами. Если принятый код совпадает с одним из кодов базы данных, программное обеспечение компьютера фиксирует момент времени, а также данные сотрудника в электронном журнале и посылает контроллеру команду открыть замок сейфа. К каждому хранящемуся в сейфе прибору прикреплена своя уникальная RFID-метка. При извлечении, либо помещении в сейф прибора, передаётся его идентификационный номер управляющему компьютеру, где эти данные привязываются ко времени открытия сейфа и сотруднику открывшему сейф. На основании полученной информации ведётся электронный журнал учёта использования измерительных приборов и оборудования, в котором регистрируется: время открытия сейфа и данные сотрудника, открывшего сейф, какие приборы, когда и кем извлечены либо помещены в сейф, а также информация о приборах, находящихся в текущий момент в сейфе.

Список литературы:

1. Илюшечкин, В. М. Основы использования и проектирования баз данных. / В. М. Илюшечкин. – М.: Юрайт, 2010. – 213 с.
2. Схема электрическая принципиальная Arduino Uno R3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://arduino.cc/en/uploads/Main/Arduino_Uno_Rev3-schematic.pdf. – Дата доступа: 10.02.2015.
3. Программирование на языке C для AVR и PIC микроконтроллеров. / Сост. Ю. А. Шпак – К.: МК-Пресс, 2006. – 400 с.
4. Рихтер, Дж. CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework 4.5 на языке C#.4-е изд. 2013.

Designed and built controller radio frequency identification tags to account for instrumentation and equipment.

Лицкевич Александр Юрьевич, магистрант ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, litskevichalexander@gmail.com.

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

УДК.543.423.1,543.427.4

Д. Р. ЛОБАНОВ, Н. Н. КУРЬЯН, В. С. ЮДИН

ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННЫЙ АНАЛИЗ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПЛИТКИ

Описаны лазерно-эмиссионный и рентгенофлуоресцентный спектральные анализы элементного состава керамической плитки производства ОАО «Керамин».

Трудно найти более универсальный отделочный материал, чем плитка. Плиткой облицовывают полы и стены, ее используют в жилых и в нежилых помещениях. По прочности она не уступает природному камню, а насчет привлекательного внешнего вида и говорить не приходится: поверхность плитки может повторять величественность мрамора и оникса, что позволяет выкладывать прекрасные мозаичные панно. Ухода требует минимального, а красоту и прочность сохраняет очень долго.

В качестве природного сырья для производства керамической плитки могут использоваться смеси различных материалов, такие как:

1) глина – весьма распространённая горная порода, находящаяся в сухом состоянии, при добавлении воды становится пластичной. Глина содержит песчаные и карбонатные частицы. Породообразующим минералом в глине является каолинит, он состоит из 47 % (мас) оксида кремния (IV) (SiO_2), 39 % оксида алюминия (Al_2O_3) и 14 % воды (H_2O). Al_2O_3 и SiO_2 -составляют значительную часть химического состава жёлтого, коричневого, синего, зелёного, лилового и даже чёрного цветов.

2) кварцевый песок, который образует «скелет» керамического изделия, то есть выполняет структурную функцию, необходимую для того, чтобы ограничить и контролировать изменение размеров изделия при сушке и обжиге;

3) карбонатные материалы, в зависимости от характера действия, разделяющиеся на плавни (полевые шпаты-алюмосиликаты кальция, калия, натрия, пегматит, доломит и др.), благодаря которым обеспечивается вязкость при обжиге, для создания стекловидной и плотной структуры материала [1].

Для того чтобы проверить содержание химических элементов сырьевого материала керамической плитки, был проведён элементный анализ. По нашему мнению, одним из наиболее эффективных методов анализа элементного состава является лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия, которая позволяет за минимальный период времени получить наиболее полную и достоверную информацию об элементном составе образцов независимо от их агрегатного состояния и происхождения. Физическая основа данного метода состоит в том, что при воздействии мощного лазерного излучения анализируемая среда претерпевает фазовые превращения, образуется плазма, которая содержит возбуждённые пары вещества. Анализ спектра свечения

плазмы позволяет выделить и идентифицировать спектральные линии элементов исследуемого вещества и как следствие провести качественный анализ [2].



Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Анализатор (рисунок 1) включает в себя следующие составные части: импульсный Nd:YAG лазер с длиной волны 1064 нм, системы сбора, передачи и пространственного разложения оптического излучения на монохроматические составляющие-спектрографа; системы регистрации спектров: детектора, цифровой камеры; программно-аппаратного комплекса (ПАК) управления системой, отображения, архивирования спектров и результатов анализа.

При поведении элементного анализа керамической плитки использовалось 7 образцов плитки, из которых 3 – настенных (1, 2, 4), покрытых глазурью, и 4 – напольных образца (3, 5, 6, 7) (рисунок 2). Лицевая сторона плитки имеет глазурованную поверхность. Глазури окрашиваются оксидами металлов, керамическими пигментами. Цвет глазури, особенно при окрашивании оксидами металлов, зависит от ее химического состава, температуры обжига, количества красителя, среды обжига.

Применение глазури для покрытия поверхности керамической плитки не только придаёт ей важные эстетические свойства (цвет, блеск, декоративный рисунок), а также технические свойства (твёрдость, непроницаемость, лёгкость отчистки). Глазурь увеличивает прочность и как следствие износостойкость керамической плитки.

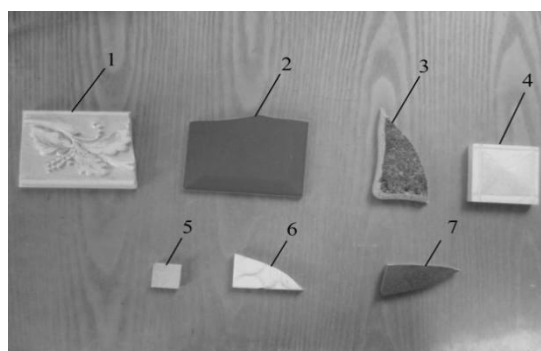


Рисунок 2 – Образцы керамической плитки

Исследование проводилось при помощи двух методов: лазерно-эмиссионный (LIBS) и рентгено-флуоресцентный спектральный анализ. Это связано с тем, что каждый из методов имеет лишь определённый диапазон обнаружения химических элементов.

Одной из наиболее сложных областей применения РФА является анализ горных пород, руд и продуктов их переработки. В них присутствует множество элементов в диапазоне чувствительности РФА (от 0.0001 до 99 %). Многие элементы имеют взаимное концентрационное влияние при анализе, и при этом необходимо их отдельное определение с требуемой точностью. Однако метод РФА может проникать через всю толщину исследуемого образца, для LIBS необходимо использовать повторяющиеся импульсы в одной точке воздействия, чтобы проникнуть к ниже лежащим слоям, что является не целесообразным. Поэтому, чтобы провести полный, а главное правильный качественный анализ, необходимо совместно использовать два метода ЛИЭС и РФА.

Для анализа использовали тыльную и лицевую стороны керамических плиток. В результате были получены спектрограммы. По полученным пикам был проведён качественный элементный анализ элементного состава тыльной и лицевой стороны керамической плитки (таблица 1).

Исходя из установленных химических элементов керамической плитки, представленных в таблице, можно увидеть, что найдены такие породообразующие элементы, как Al, Si, Mn. Химические элементы: Al, Ca, K, Ti, Fe, Zn, Rb, Sr, Zr, Pb, Ba, Cr, Se, Cd, In, Y, V, Ni, Sn отвечают за цвет использованной глазури для покрытия поверхности керамической плитки.

Таблица 1 – Химический состав керамической плитки

№ образца	Химические элементы
1	Mn, Sn, Si, Al, Ca, K, Ti, Fe, Zn, Rb, Sr, Zr, Pb, Ba
2	Mn, Sn, Si, Al, Ca, K, Ti, Fe, Zn, Rb, Sr, Zr, Pb, Ba, Cr, Se, Cd, In
3	Mn, Sn, Si, Al, Ca, Ti, Fe, Zn, Rb, Sr, Zr, Cr, Y
4	Mn, Sn, Si, Al, Ca, K, Ti, Fe, Zn, Rb, Sr, Zr, Pb, Ba, Cr, Y, V, Ni
5	Mn, Sn, Si, Al, Ca, K, Ti, Fe, Zn, Rb, Sr, Zr, Pb, In, Co
6	Mn, Sn, Si, Al, Ca, K, Ti, Fe, Zn, Rb, Sr, Zr, Co
7	Mn, Sn, Si, Al, Ca, K, Ti, Fe, Zn, Rb, Sr, Zr, Pb, Cr, V, Ni, Co, Sn

Список литературы

1. Производство керамической плитки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://itacom.ru/products/tablet/library/new1/> – Дата доступа: 28.01.2015.
2. Семёнов, Л. П. Бесконтактный дистанционный элементный анализ вещества / Л. П. Семёнов, А. М. Скрипкин // Труды ИЭМ. – 1997. – Вып. 29 (164). – С. 86–96.

This article describes the laser-emission and x-ray spectral analysis of the elemental composition of ceramic tile production ОАО “Keramin”

Лобанов Дмитрий Русланович, студент 5 курса физико-технического факультета ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, basanana123456@mail.ru.

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

Юдин Виталий Сергеевич, студент 5 курса физико-технического факультета ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, vit-9292@mail.ru.

Научный руководитель – *Ануфрик Славамир Степанович*, доктор физ-мат наук, профессор, зав. кафедрой лазерной физики и спектроскопии ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь.

УДК 621.316.9

О. А. ПАТОНИЧ, С. А. СОЛОМА

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СЕТЕВОЙ ФИЛЬТР

Разработан и изготовлен универсальный сетевой фильтр, предназначенный для защиты подключаемого оборудования от помех и высоковольтных импульсов в сети. Фильтр выполнен по стандартной многокаскадной схеме, отличается простотой и высоким коэффициентом ослабления помех в широком частотном диапазоне.

На рисунке 1 представлена электрическая принципиальная схема разработанного фильтра. Входное напряжение поступает через выключатель S1 и предохранитель F1 на первый каскад фильтра, построенный на основе двухобмоточной катушки индуктивности TV1(50 мкГн) и конденсаторов C1, C2. На входе также установлен варистор RU1 (480 В), обеспечивающий первую ступень защиты от высоковольтных выбросов.

Второй каскад использует отдельные индуктивности L1, L2 (50 мкГн) и конденсатор C3.

Третий каскад схемотехнически повторяет первый. На выходе фильтра включены высоковольтные конденсаторы C5, C6, обеспечивающие дополнительное ослабление высокочастотных помех путем отвода их на «землю».

Также установлены три варистора RU3-RU4 (300 В), обеспечивающие дополнительную защиту подключаемого оборудования. О наличии выходного напряжения сигнализирует светодиод HL1 с токоограничивающим резистором R1, подключенные параллельно нагрузке. Диод VD1 предназначен для защиты светодиода от обратного напряжения.

Изготовленный сетевой фильтр испытан в лабораторных условиях и показал высокий коэффициент ослабления помех в широком частотном диапазоне.

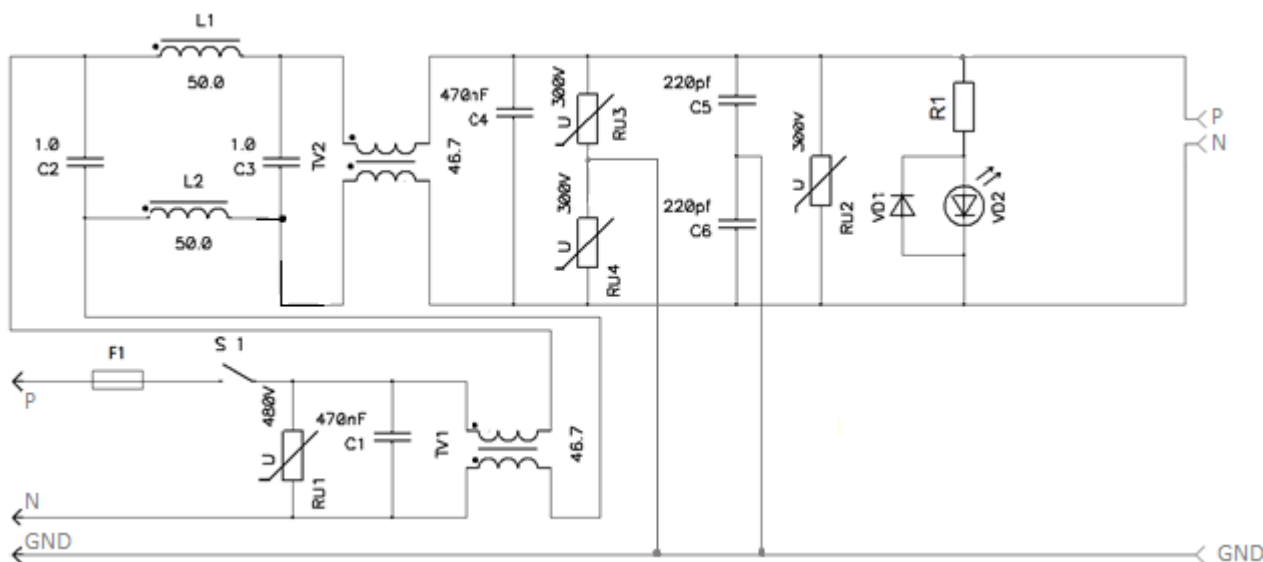


Рисунок 1 – Схема электрическая принципиальная универсального сетевого фильтра

Список литературы

1. Бушуев, В. М. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: учеб. пособие для вузов / В. М. Бушуев [и др.]. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009.

The universal line filter has been developed and produced for protection connected equipment from interference and high-voltage pulses on the network. The filter is made according to standard multistage circuit and it's distinguished by simplicity to use and high attenuation factor of interference in a wide frequency range.

Патонич Олег Александрович, студент ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь oleg.patonich@mail.ru.

Солома Сергей Александрович, студент ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, serioga.14@mail.ru.

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

УДК 621.793.18

Е. П. РОГОВСКИЙ

ИОННО-ЛУЧЕВОЙ ИСТОЧНИК ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ТВЁРДОГО ТЕЛА

Исследованы вольт-амперные характеристики и зависимость тока ионного луча от напряжения разряда при разных значениях расхода рабочего газа компактного ионно-лучевого источника с анодным слоем. Определены оптимальные рабочие параметры ионно-лучевого источника. Приведены результаты экспериментальных исследований по обработке поверхности диэлектрических образцов ионным лучом.

На сегодняшний день в вакуумной технологии производства изделий оптики, микро- и оптоэлектроники широко используются ионно-лучевые источники с анодным слоем (ИИАС) [1], при помощи которых осуществляется ионно-лучевая обработка (ИЛО) – процесс воздействия направленным потоком ионов на обрабатываемый образец [2].

Перед изучением возможности применения в ИЛО поверхности твердого тела разработанного компактного сильноточного ИИАС [3, 4], были исследованы его вольт-амперные характеристики и зависимость тока ионного луча от напряжения разряда при разных значениях расхода рабочего газа.

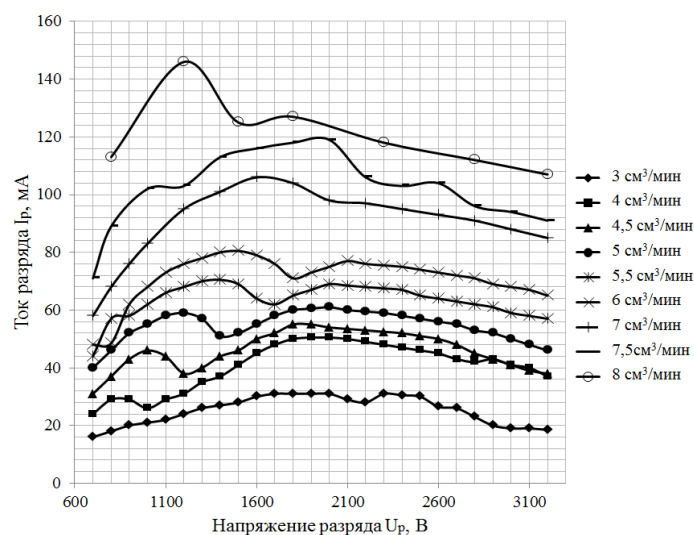


Рисунок 1 – Вольт-амперные характеристики разряда при разных значениях расхода рабочего газа

На рисунке 1 представлены ВАХ разряда ИИ при разных значениях расхода рабочего газа Q . При значениях Q менее $1 \text{ см}^3/\text{мин}$ (что соответствует давлению P в камере равному $0,725 \cdot 10^{-2} \text{ Па}$) инициализации разряда не происходит. В диапазоне значений Q от 1 до $3 \text{ см}^3/\text{с}$ (P изменяется от $0,725 \cdot 10^{-2}$ до $2,13 \cdot 10^{-2} \text{ Па}$) работа ИИ нестабильна, о чем свидетельствуют характерные отклонения кривых ВАХ от плавной кривой. Увеличение расхода рабочего газа при неизменном напряжении разряда приводит к росту тока разряда, т. к. увеличивается количество нейтральных атомов, подвергающихся ионизации. Следует отметить, что инициализация разряда в ИИАС не требует источника электронов, т. е. разряд является самоподдерживающимся [5].

Отклонения от гладкой кривой на ВАХ разряда говорят о наличии различных нестабильностей рабочих параметров ИИАС (пролетные, ионизационные, контурные, высокочастотные и СВЧ), исследование которых требует дополнительного сложного экспериментального оборудования. Данные нестабильности, как правило, наблюдаются в начале и в конце диапазона рабочих значений напряжения разряда [1, 5].

При величине расхода рабочего газа Q равной $3 \text{ см}^3/\text{с}$ и менее наблюдается нестабильность работы ИИ, поэтому использовать ИИ в данных режимах не рекомендуется. При Q более $6 \text{ см}^3/\text{с}$ тепловая мощность, выделяемая на корпусе ИИ, приводит к перегреву постоянных магнитов, уменьшению их намагниченности и ухудшению рабочих параметров ИИ. Таким образом, целесообразно использовать ИИ при Q от 4 до $6 \text{ см}^3/\text{с}$.

На рис. 2 представлена зависимость тока ионного луча $I_{\text{и}}$ от напряжения разряда $U_{\text{р}}$, при этом вид данной зависимости повторяет вид зависимости тока разряда $I_{\text{р}}$ от $U_{\text{р}}$. Следовательно, $I_{\text{и}}$ пропорционален $I_{\text{р}}$. Ток луча меньше тока разряда, т.к. неизбежны потери части генерируемых в ускорительном канале ионов из-за их попадания на внутренние части губок катода ИИ [5].

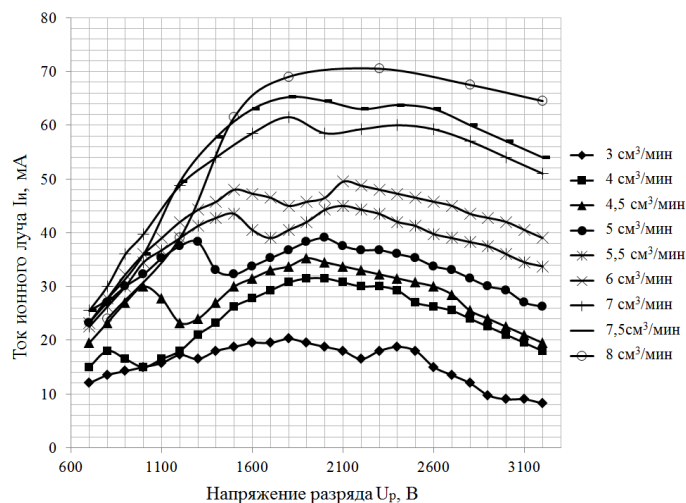


Рисунок 2 – Зависимость тока ионного луча от напряжения разряда при разных значениях расхода рабочего газа

Для исследования воздействия луча ионов, генерируемого разработанным ИИАС, на поверхности твердого тела была проведена серия экспериментов по обработке образцов диэлектрика (оптического стекла). Обрабатываемый образец помещался на расстояние, равное 13 см от выходного отверстия ИИ, при этом подавались напряжение разряда равное 2500 В и расход рабочего газа равный $4 \text{ см}^3/\text{мин}$, и обрабатывался в течении 20, 40 и 80 с. Значение арифметической шероховатости поверхности образцов до обработки R_a равно 1,0 нм, а кубической R_k – 1,6 нм. При кратковременной обработке ионным лучом шероховатость поверхности образцов уменьшалась по отношению к шероховатости исходного образца, так при 20 с обработки значение арифметической шероховатости R_a равно 0,4 нм, а кубической R_k – 0,6 нм; при 40 с: $R_a = 0,3$ нм, $R_k = 0,5$ нм; при 80 с: $R_a = 0,7$ нм, $R_k = 1,1$ нм.

В результате экспериментальных исследований разработанного источника ионов были получены вольт-амперные характеристики разряда и зависимости тока ионов от напряжения разряда при различных значениях расхода рабочего газа. Были определены оптимальные рабочие параметры ионно-лучевого источника: расход рабочего газа от 3 до $6 \text{ см}^3/\text{мин}$, напряжение разряда от 1500 до 3000 В. Экспериментальные исследования по обработке поверхности диэлектрических образцов ионным лучом показали уменьшение шероховатости поверхности после обработки, что говорит о возможности применения разработанного ионно-лучевого источника в целях ионно-лучевой полировки оптических компонентов.

Список литературы

1. Zhurin, V. V. Industrial ion sources: broadbeam gridless ion source technology / V. V. Zhurin. – Weinheim: Wiley-VCH, 2012. – 312 с.
2. Zhurin, V. V. Ion beam figuring / V. V. Zhurin // Vacuum technology and coating. – 2013. – № 6. – С. 19–29.
3. Роговский, Е. П. Исследование механизмов переноса и рассеяния тепла в конструкции ионно-лучевого источника / Е. П. Роговский, В. А. Савич // Физика конденсированного состояния: материалы XXI Международной научно-практической конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Гродно, 18–19 апр. 2013. – Гродно: ГрГУ, 2013. – С. 210–212.
4. Роговский, Е. П. Изучение характеристик компактного ионно-лучевого источника с анодным слоем / Е. П. Роговский [и др.]. // Взаимодействие излучения с твердым телом: материалы 10 Междунар. конф., Минск, 24–27 сент. 2013. – С. 366–368.
5. Zhurin V. V. Physics of closed drift thrusters / V. V. Zhurin, H. R. Kaufman, R. S. Robinson // Plasma sources sci. technology – 1999 (8). – 6, – 11–15.

In this article the volt-ampere characteristics and the ion beam dependency on discharge voltage in the feed rate of working gasses range $3\text{--}8 \text{ см}^3/\text{мин}$ were studied. Ion source application for ion beam figuring of dielectric surface was investigated.

Роговский Евгений Петрович, магистрант БГУИР, Минск, Беларусь, eugene.rogovsky@gmail.com.

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

УДК 535.853

Е. А. РУШНОВ

ЭЛЕМЕНТЫ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДИСПЕРСИОННОГО МНОГОЩЕЛЕВОГО СПЕКТРОМЕТРА

Исходя из требований к характеристикам разрабатываемого многощелевого дисперсионного спектрометра, предназначенного для регистрации пространственно-спектральных характеристик объектов в одном акте измерения, обоснован выбор объективов и дисперсионного элемента. Выполнены расчеты угловой дисперсии составной призмы, обеспечивающей существенное снижение изменения угловой дисперсии в пределах рабочей области спектрометра в сравнении с одиночной призмой.

Создание приборов, позволяющих получать спектроскопическую информацию об объектах с пространственным разрешением, рассматривается в настоящее время как одно из магистральных направлений в современной спектроскопии. Области применения спектроскопии с пространственным разрешением (СПР) многообразны и непрерывно расширяются (дистанционный мониторинг земной поверхности, медицинская диагностика, криминалистика, полиграфия, фармацевтическая промышленность и др.)

Широко используемые в настоящее время в СПР аппаратно-методические решения сводятся в основном к различным вариациям двух подходов: мультизональной (мультиспектральной) съемке – последовательной регистрации набора изображений объекта, получаемых с использованием сменяемых либо перестраиваемых полосовых светофильтров, и гиперспектроскопии, заключающейся в последовательной съемке спектров участков изображения объекта. В обоих случаях спектрально-пространственная информация об объекте может быть сформирована в т. н. гиперкуб $I(x, y, \lambda)$ – зависимость интенсивности от двух пространственных и спектральной координат. Принципиальными недостатками упомянутых подходов является значительное время, требуемое для получения гиперкуба и существенные погрешности в получаемой

информации, возникающие при работе с нестационарными объектами.

Целью настоящей работы является отработка решений по ключевым элементам (объективы, дисперсионное устройство) дисперсионного многощелевого спектрометра (ДМС) для видимой области спектра (400–800 нм). Проектируемый ДМС должен позволять зарегистрировать гиперкуб с размерностью до $N_x \cdot N_y \cdot N_\lambda = 400 \cdot 300 \cdot 40$ в одном акте измерения. Принцип системы состоит в использовании дисперсионного спектрометра, в котором во входной плоскости, на которую проецируется изображение объекта (она же является фокальной плоскостью коллиматорного объектива), размещена маска из множества щелей. На фотоприемной матрице в фокальной плоскости камерного объектива изображается множество «миниспектров». При соответствующем выборе расстояний между щелями маски и линейной дисперсии спектрального прибора можно добиться отсутствия перекрывания отдельных миниспектров во всем диапазоне. Оценки показывают, что для реализации требования по спектральному разрешению (порядка 10 нм) при использовании фотоприемной матрицы размером 24x36 мм, диаметр кружка рассеяния, даваемого коллиматорным и камерным объективами, должен не превышать 10 мкм, что является основополагающим для выбора объективов спектрометра. Таким образом, оба объектива должны обеспечивать разрешение на уровне 50 линий/мм. Среди доступных объективов этим требованиям удовлетворяет Nikkor 50mm 1/1.8D. При полностью открытой диафрагме (f/1.8) он обеспечивает разрешение по центру порядка 60 линий/мм, на краях – 40 линий/мм. Однако, при f/4 (f/5.6) достигается лучший результат: 72 (70) линий/мм по центру и 59 (63) линий/мм на краях.

Другим важным комплектующим спектрометра является дисперсионный элемент. Использование в качестве дисперсионного элемента дифракционной решетки невозможно вследствие наличия множества порядков дифракции, поэтому приходится остановиться на призме. Однако призмы имеют сильную зависимость угловой дисперсии от длины волны (различие может превышать порядок для диапазона 400–800 нм). В работах [1-2] проблема сильной зависимости дисперсии от длины волны решается путем использования составных призм (рис. 1). Применение таких призм позволяет, путем подбора на стадии расчетов марок стекол и преломляющих углов каждой призмы, изменять как угол отклонения, так и дисперсию.

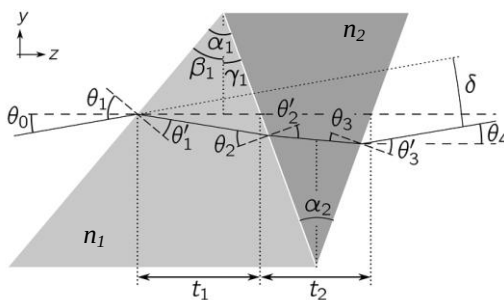


Рисунок 1 – Составная призма

Использование стекол с заметно отличающимися показателями преломления позволяет уменьшить зависимость дисперсии от длины волны. Для моделирования составного дисперсионного элемента была выбрана призма, состоящая из стекол ТФ5 и ЛК7. Расчеты проводились для угла наименьшего отклонения первого элемента (ТФ5). Суммарный угол отклонения определяется по следующей формуле [3-4]:

$$\delta = \delta_2 - \delta_1, \quad (1)$$

где

$$\delta_1 = \theta_1 + \theta_2 - \alpha_1 = 2 \arcsin(n_1 \sin(\alpha_1/2)) - \alpha_1, \quad (2)$$

$$\delta_2 = \theta_2 + \theta'_3 - \alpha_2 = \arcsin(n_1 \sin(\alpha_1/2)) + \arcsin(n_2 \sin(\alpha_2 - \arcsin(\frac{n_1}{n_2} \sin(\alpha_1/2)))) - \alpha_2. \quad (3)$$

Угловая дисперсия определяется как:

$$\begin{aligned} \frac{d\delta}{d\lambda} = & \frac{\sin(\alpha_1/2)}{\sqrt{1-n_1^2 \sin^2(\alpha_1/2)}} \frac{dn_1}{d\lambda} + \frac{1}{\sqrt{1-n_2^2 \sin^2(\alpha_2 - \arcsin(\frac{n_1}{n_2} \sin(\alpha_1/2)))}} \times (\sin(\alpha_2 - \arcsin(\frac{n_1}{n_2} \sin(\alpha_1/2))) \frac{dn_2}{d\lambda} + \\ & + n_2 \cos(\alpha_2 - \arcsin(\frac{n_1}{n_2} \sin(\alpha_1/2))) \times (-\frac{1}{\sqrt{1-(n_1/n_2)^2 \sin^2(\alpha_1/2)}} (\frac{\sin(\alpha_1/2)}{n_2^2} (n_2 \frac{dn_1}{d\lambda} - n_1 \frac{dn_2}{d\lambda}))) \end{aligned} \quad (4)$$

Задаваясь требованием длины каждого из миниспектров в 300 мкм, что отвечает разности углов отклонения $0,34^\circ$, а также требованием минимального изменения угловой дисперсии, после проведения расчетов и оптимизации, получены преломляющие углы 10° и 42° для ТФ5 и ЛК7 соответственно.

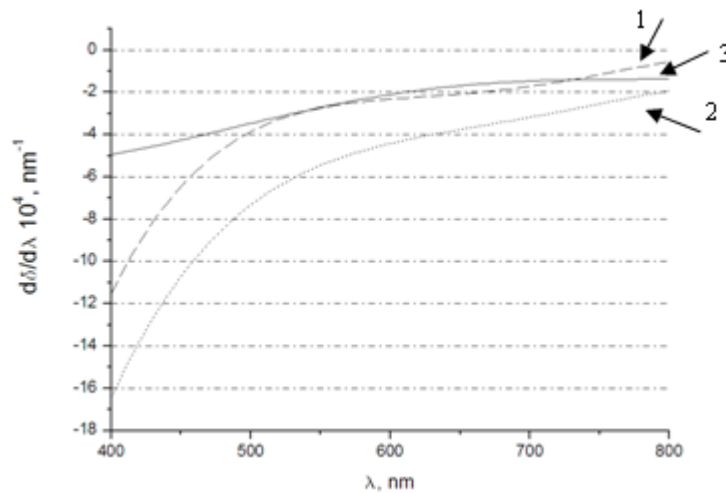


Рисунок 2 – Зависимость угловой дисперсии от длины волны 1 – ТФ5, 2 – ЛК7, 3 – составная призма

Для составной призмы значение угловой дисперсий на синем краю, больше чем на красном в 3,6, тогда как для призм из стекол ТФ5 и ЛК7 отношения угловых дисперсий на краях спектрального диапазона составляет 20 и 9 раз, соответственно. На рис. 2 показана зависимость угловой дисперсии от длины волны для составной призмы и отдельно для каждого элемента при условии, что угол падения излучения на призму равен углу наименьшего отклонения для первого элемента (стекло ТФ5).

Полученные результаты находятся в соответствии с результатами проведенного моделирования в оптическом дизайнера Zemax и могут служить основой для макетной реализации дисперсионного элемента.

Список литературы:

1. Hagen N., Tkaczyk T. Compound prism design principles, I // Appl Opt. 2011. V. 50. N. 25. – P. 4998–5011.
2. Brodzik A. K, Mooney J. M. Convex projections algorithm for restoration of limited-angle chromotomographic images // J. Opt. Soc. Am. A. 1999. – P. 246–257.
3. Зайдель, А. Н. Техника и практика спектроскопии / А. Н. Зайдель. – М.: Наука, 1972. – С. 68–122.
4. Тарасов, К. И. Спектральные приборы / К. И. Тарасов. – Ленинград: Машиностроение, 1968. – С. 120–121.

The selection of objective lenses and dispersion elements was made proceeding from the requirements to the designed multiple entrance-slit dispersion spectrometer that is intended for recording of the space-spectral characteristics of different objects during a single measurement procedure. The angular dispersion of the compound prism enabling a considerable reduction in the angular dispersion variations within the operating range of the spectrometer as compared to the separate prism is calculated.

Рушинов Евгений Александрович, физический факультет, БГУ, Минск, Беларусь, rushikev@gmail.com.

Научный руководитель – Гулис Игорь Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, БГУ, Минск, Беларусь, gulis@bsu.by.

УДК 004.514.62

В. С. САБАДАШ, Т. А. СИТКЕВИЧ, В. В. ВЕНСКОВИЧ

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА ИНДИКАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Разработана структурная схема устройства индикации динамически изменяющейся текстовой информации, а также рассмотрены области применения данного устройства.

В настоящее время существует потребность в лабораторных стендах для обучения программированию студентов и наглядного представления результата работы программного кода. Это устройство программируется на языке Assembler, что позволяет обучать студентов работать в данной среде программирования. При этом способ индикации информации посредством круговой развертки в 3D-пространстве способен заинтересовать и стимулировать заинтересованность в обучении. Также данное устройство можно применять в рекламной сфере

благодаря презентабельному представлению информации, а необычность ее отображения легко заинтересует аудиторию [1].

Структурная схема устройства разработана с учетом описанных выше потребностей и представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структурная схема устройства

Данная структурная схема состоит из модулей, которые выполняют отдельные независимые функции для реализации работы проекта. Назначение модулей следующее:

1. Источник питания 12 В питает все модули устройства.
2. Двигатель вращает схему управления и индикации для осуществления круговой развертки.
3. Генератор меандра используется для питания вращающейся части.
4. Вращающийся трансформатор выступает в роли линии питания и соединяет генератор меандра с вращающейся частью.
5. ИК-светодиод и ИК-фотоприемник образуют оптопару, выполняющую функцию синхронизации устройства с помощью генерации синхроимпульсов.
6. Выпрямитель-стабилизатор используется для преобразования напряжения в необходимый для питания схемы управления и индикации вид.
7. Схема управления и индикации выполняет функцию управления отображением информации. Важнейшей частью этого модуля являются микроконтроллер и система индикации, состоящая из светодиодов; что позволяет отображать информацию любого рода, т.к. изображение строится по пикселям [2].

На основе данной структурной схемы возможно выполнение несколько вариантов устройства при использовании микроконтроллеров разных семейств [3].

The block scheme of the device which can dynamically change text information on display and its application are described in this article.

Список литературы:

1. Микушин, А. В. Цифровые устройства и микропроцессоры: учеб. для вузов / А. В. Микушин, А. М. Сажнев, В. И. Сединин – БНУ, 2010. – 832 с.
2. Валенко, В. С. Электроника и микросхемотехника / В. С. Валенко, М. С. Хандорин. – Минск: Беларусь, 2000. – 320 с.

З. Рушания, Х. Ш. Микроконтроллеры / Х. Ш. Рушания. – УГАТУ, 2011. – 186 с.

Сабаша Владимир Сергеевич, студент физико-технического факультета ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, sabadash.vs@gmail.com.

Венскович Валентин Валерьевич, студент физико-технического факультета ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, venskovich_vv@student.grsu.by.

Научный руководитель – *Ситкевич Татьяна Анатольевна*, кандидат технических наук, доцент, кафедра промышленной электроники, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, sittan@tut.by.

УДК 528.9, 681.3.016.

А. Н. СЕДЛЯР

УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ GSM ТЕЛЕФОНОМ

Приведена реализация алгоритма управления GSM телефоном с помощью АТ-команд. Модель была разработана и протестирована в среде Proteus.

Управление GSM телефоном является одной из самых востребованных задач. В повседневной жизни мы встречаемся гораздо чаще, чем это можно себе представить. Например, охранная сигнализация, «умный дом». С помощью АТ команд, GSM телефон может выполнять множество различных функций. В основном это связано с прочным входом в нашу жизнь новых разработок, технологий.

Рассмотрим идею реализации устройства управления GSM телефоном на основе PIC контроллера. Ниже представлена структурная схема. Она состоит из: микроконтроллера PIC 16F877, COM порта для связи с GSM, управляющего сигнала (реле, кнопка, датчик), GSM модуля.

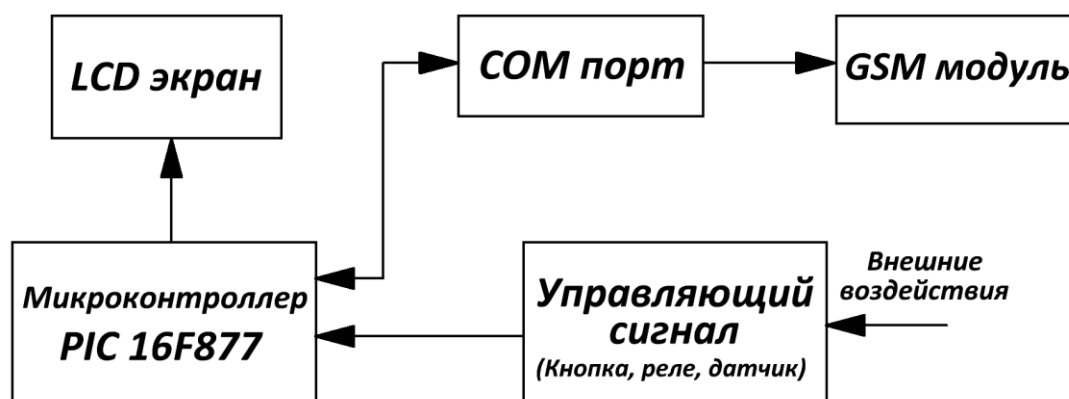


Рисунок 1 – Структурная схема модели

Схема работает следующим образом. Сначала мы нажимаем кнопку, которая у нас служит управляющим сигналом. Это значит мы приводим определённую команду в исполнение. В данном случае – это отослать сообщение или совершить вызов.

Так же имеется кнопка «IMEI», при нажатии на которую контроллер отправляет команду «AT+GSN» GSM контроллеру. Кнопка «Сброс» переводит микроконтроллер в исходное состояние и приводит информацию, отображаемую на LCD в первоначальный вид, т. е. «Ready...». После того как управляющий сигнал поступил на микроконтроллер, он обрабатывается и поступает на GSM модуль в виде соответствующей команды. LCD дисплей отображает информацию о работе микроконтроллера в настоящий момент. COM порт нужен для обмена данными микроконтроллера с GSM телефоном.

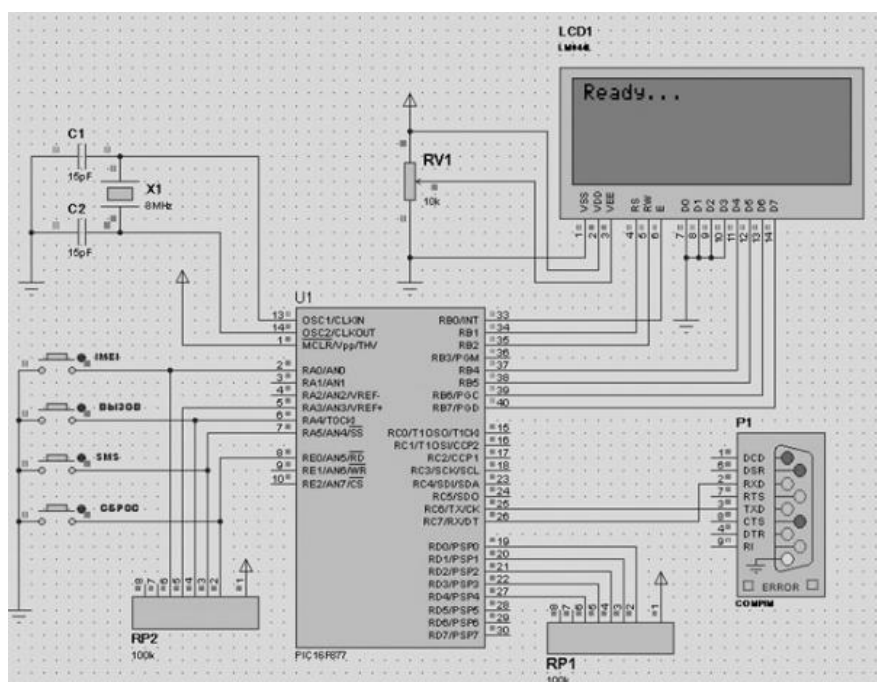


Рисунок 2 – Исходное состояние модели в Proteus

При запуске модели, она в исходном состоянии. На экране написано «Ready...». Эта надпись будет до тех пор, пока мы не нажмём на одну из трёх кнопок: вызов, sms и imei. Кнопка «СБРОС» переводит схему в исходное рабочее состояние.

При нажатии кнопки «SMS», микроконтроллер отправляет на GSM модуль команду «AT+CMGF=1» – устанавливает текстовый режим для SMS-сообщений. Затем GSM модуль присылает ответ «OK». После этого контроллер отправляет на модуль команду «AT+CMGS="*****"» и текст сообщения на номер «*****».

Если нажать кнопку «ВЫЗОВ», микроконтроллер отошлёт на GSM модуль команду «ATDT *****». Это значит, что будет осуществлён вызов на номер «*****».

Кнопке «IMEI» соответствует команда «AT+GSN». Она отображает на LCD экране международный идентификатор мобильного оборудования.

На основе вышесказанного можно сделать вывод, что GSM телефон является не только средством связи. С помощью его можно реализовать множество других задач.

Список литературы

1. Шпак, Ю. А Программирование на языке C для AVR и PIC микроконтроллеров. / Ю. А. Шпак. – Киев: МК-пресс, 2006.
2. PIC Microcontrollers – Programming in C // Milan Verle // mikroElektronika; 1st edition (2009).
3. Заец, Н. И. Радилюбительские конструкции на PIC-микроконтроллерах. С алгоритмами работы программ и подробными комментариями к исходным текстам. / Н. И. Заец. – Москва: СОЛОН-Пресс, 2003.

The controlling circuit device for GSM phone with the use of AT commands has been implemented. The model and the PIC C program of it was simulated approved in the Proteus environment.

Седляр Александр Николаевич, студент физико-технического факультета ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, sedlyar.alexander@tut.by.

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

УДК 621.316.933.9

С. А. СОЛОМА, О. А. ПАТОНИЧ

УНИВЕРСАЛЬНОЕ РЕЛЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Разработано устройство для защиты электрооборудования от перенапряжений, возникающих в сети. Устройство отличается простотой, доступностью используемых компонентов и может применяться для защиты практически любых приборов и оборудования, питающихся от промышленной сети 220 В, 50 Гц.

В условиях нестабильных параметров электрических сетей [1] имеется высокий риск повреждения питающихся от таких сетей оборудования высоковольтными скачками напряжения, возникающими по ряду причин. Наиболее частой из причин существенного повышения напряжения в сети являются неисправности электропроводки и устройств защиты в цепи нулевого провода, которые приводят к перераспределению напряжений между фазами обратно пропорционально подключенным к ним нагрузкам. Кроме этого возможны скачки напряжения из-за помех, создаваемых сторонними источниками, атмосферных явлений и т. д. Особенно часто наблюдаются скачки напряжения в сельской местности и старых городских районах в сетях, электрооборудование которых выработало свой ресурс.

Для защиты потребителей от недопустимого превышения напряжения получили широкое распространение реле напряжения [2]. Нами предложена простая конструкция реле напряжения, обеспечивающего отключение нагрузки при превышении установленного пользователем уровня в пределах 220–320 В. В основе конструкции реле напряжения – транзисторный ключ, сигнал управления которым формируется при помощи порогового элемента, отпирающегося при превышении на его входе заданного напряжения (точно устанавливается с помощью многооборотного переменного резистора). Транзисторный ключ коммутирует обмотку электромагнитного реле, нормально замкнутые контакты которого включены в цепь управления нагрузкой. Реле напряжения также содержит простейший трансформаторный источник питания элементов схемы.

Устройство выполнено на печатной плате размером 45х33 мм и может быть интегрировано в защищаемое оборудование или другие элементы систем защиты. Изготовленное устройство используется для защиты дорогостоящего измерительного оборудования в лаборатории молекулярной спектроскопии кафедры общей физики ГрГУ им. Я. Купалы.

Список литературы

1. Кадомская К. П., Лавров Ю. А., Рейхердт А. «Перенапряжения в электрических сетях различного назначения и защита от них»
2. Овчинников В. В. «Электромагнитные реле тока и напряжения»

A device worked out for protecting of electrical equipment from overstrains arising up in a network. A device differs in simplicity, availability of the used components and can be used for defence of practically any devices and equipment, feeding from the industrial network of 220V, 50Hz.

Солома Сергей Александрович, студент ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, serioga.14@mail.ru.

Патонич Олег Александрович, студент ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь.

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

УДК: 539.125.52, 535.314, 535-34

И. И. СОРОКО, О. И. КРАВЧЕНКО, Ю. Р. ЯСКЕВИЧ, П. В. ПЕТРОВ, Н. Н. КОЛЬЧЕВСКИЙ

ПРОТОТИП СИСТЕМЫ ГЕНЕРАЦИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРЕЛОМЛЯЮЩИХ ЛИНЗ

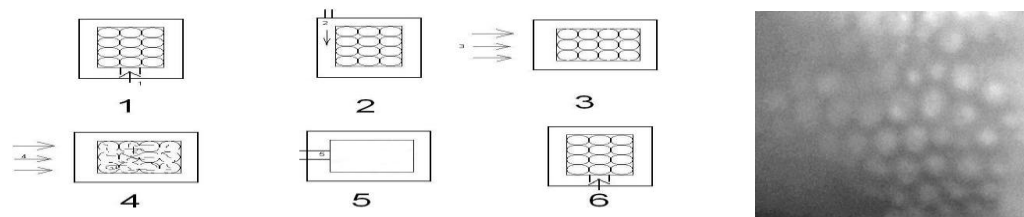
Многоэлементная составная линза, состоящая из большого числа двояковогнутых линз, может применяться для фокусировки потока нейтронов и рентгеновского излучения. В работе предлагается система генерации низкотемпературных преломляющих линз, реализующая функции генерации и отвердевание системы преломляющих линз, разрушения и очистки системы при радиационном разрушении или для обновления параметров структуры преломляющих линз.

Для фокусировки нейтронных и рентгеновских пучков можно использовать многоэлементные преломляющие структуры, содержащие большое число отдельных линз [1–5]. Показатель преломления вещества n для потока нейтронов и рентгеновского излучения можно записать в комплексной форме: $n=1-\delta+i\beta$, где δ – декремент показателя преломления, β – параметр, характеризующий поглощение веществом. Декремент показателя преломления зависит от длины волны λ и является малой величиной, т. е. действительная часть показателя преломления n меньше 1. Для нейтронного и рентгеновского излучения собирающей линзой будет являться вогнутая линза. Отдельная линза характеризуется большим фокусным расстоянием, что с учетом дифракционного уширения пучка приводит к практическим трудностям реализации фокусировки с помощью отдельной линзы. Для уменьшения фокусного расстояния используются набор двояковогнутых линз расположенных на одной оптической оси. Материалом, используемым для создания структуры двояковогнутых линз, являются слабо поглощающие и рассеивающие материалы для нейтронов и рентгеновского излучения.

Цель работы состоит в том, чтобы разработать прототип системы генерации набора двояковогнутых линз, пригодных для экспериментов с нейтронными и рентгеновскими пучками.

В процессе экспериментов с нейтронными и рентгеновскими пучками происходит радиационное повреждение материалов и разрушение их структуры, поэтому требуется оперативно создавать

многоэлементные преломляющие структуры с заданными параметрами. Предлагается использовать жидкости для генерации массивов пузырей, которые представляют собой двояковогнутые составные преломляющие линзы. Массивы пузырей предлагается замораживать до низких температур для увеличения времени жизни составных преломляющих структур под действием излучений. Основными этапами работы установки являются: генерация массива пузырей, отверждение структуры, применение, разрушение, очистка емкости (рисунок 1).



1 – этап генерации жидкой структуры двояковогнутой линзы, 2 – отверждение с помощью жидкого азота, 3 – тестирование и экспериментальное применение, 4 – разрушение структуры, 5 – очистка, 6 – этап повторной генерации

Рисунок 1 – Этапы работы системы генерации низкотемпературных преломляющих линз и фотография замороженной структуры преломляющих линз

В работе обсуждаются особенности реализации системы генерации низкотемпературных преломляющих линз и функциональные возможности отдельных этапов работы прототипа. Результаты экспериментальных исследований (рисунок 1) и численные расчеты показывают возможность эффективного отверждения структурированных жидкостей с помощью жидкого азота.

Список литературы

1. Пинскер, З. Г. Рентгеновская кристаллооптика / З. Г. Пинскер. – М.: Наука, 1982. – 392 с.
2. Мишетт, А. Оптика рентгеновского излучения / А. Мишетт. – М.: Мир, 1989. – 353 с.
3. Compound refractive x-ray lenses for low energy neutrons: pat. US5880478, USA / David John Bishop, Peter Ledel Gammel, Eric D. Isaacs, Philip Moss Platzman; publ. date: Mar. 9. 1999.
4. Dudchik, Yu. I. A microcapillary lens for X-rays / Yu. I. Dudchik, N. N. Kolchevsky. – Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., vol. A 421. – 1998. – p. 361.
5. Жданович, И. В. Расчет геометрических характеристик 3D линзы / И. В. Жданович [и др.]. // Прил. к журн. «Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі» В 5 ч. Ч. 3., сер. физ.- мат. н. Нац. акад. наук Беларусі. – 2013. – С. 88–90.

Compound lens consisting of a large number of a biconcave lenses can be used for focusing neutrons and X-rays. This paper proposes a generation system of low-temperature refractive lenses under. Main stages of generation system are generation and hardening, destruction and purification of the system after radiation destruction or for regeneration of the new refractive lenses.

Сороко Илья Иванович; студент 5 курса БГУ, Минск, Беларусь, black.white.verse@gmail.com.

Кольчевский Николай Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент, БГУ, Минск, Беларусь, kolchevsky@bsu.by.

УДК 621.084.2

Н. Ф. СТОЛЯР

НАНОВАКУУМНЫЙ ГАРМОНИЧЕСКИЙ ДИНАТРОННЫЙ ГЕНЕРАТОР

Предлагается конструкция нановакуумного прибора, при функционировании которого используется вторичная электронная эмиссия. На основе данного прибора показана возможность создания гармонического динаatronного генератора. Характеристики нановакуумного прибора аналогичны характеристикам электронной лампы с вторичной эмиссией. При генерации первичных электронов используется полевая эмиссия.

В самом начале зарождения радиоэлектроники в качестве активных элементов схемы использовали электровакуумные лампы. Впоследствии электровакуумные лампы были заменены более технологичными полупроводниковыми приборами, такими как диоды, транзисторы. Однако по сравнению с полупроводниковой технологией, вакуумные приборы имеют лучшие характеристики среды для переноса заряда, так как перенос является баллистическим. Для сравнения: предел скорости электронов в полупроводниках может достигать 5×10^7 см/с, в то же время в вакууме этот предел может увеличиться до 3×10^{10} см/с.

Оказалось, что технологичность и малое энергопотребление полупроводников, а также свойства вакуумной среды можно совместить при реализации электровакуумных приборов в микро- и нанометровом масштабе. При уменьшении масштаба электровакуумного прибора, а следовательно, и уменьшения расстояния между электродами до размеров, соизмеримых с расстоянием свободного пролета электрона в воздухе, обеспечивается баллистический транспорт. При этом ввиду близкого расположения электродов друг к другу

появляется возможность полевой эмиссии электронов (холодная эмиссия). Чтобы реализовать такие приборы, используются полупроводниковые планарные или МЭМС-технологии.

Целью данной работы является конструкция приборной структуры нанометрового масштаба, которая по своим свойствам была бы идентична электровакуумной лампе с вторичной эмиссией и функционировала как гармонический динактронный генератор. На рисунке 1 схематично представлена конструкция такой структуры. Прибор состоит из элементов: 1 – катода-эмиттера; 2 – управляющих электродов-затворов; 3 – динода (электрод, покрытый веществом с коэффициентом вторичной эмиссии $\sigma > 1$); 4 – анодов.

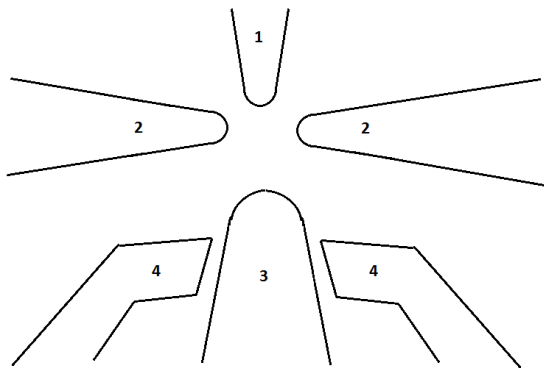


Рисунок 1 – Схема структуры электровакуумного наноразмерного прибора с вторичной эмиссией, выполненного по пленочной технологии

Для функционирования предложенной структуры между катодом (1) и анодом (4) создается определенная разность потенциалов, на катод подается отрицательный потенциал, на анод положительный. При подаче положительного потенциала на управляющие электроды-затворы (2) энергетический барьер между катодом и анодом уменьшается, что способствует выходу электронов из катода, которые переносятся полем к аноду. В результате переноса электронов через пространство прибора получаем анодный ток, который обусловлен сгенерированными на катоде первичными электронами. При вводе в конструкцию динода (3), расстояние от которого до катода меньше чем между анодом и катодом, и подаче на него определенного положительного потенциала (по величине меньше, чем на аноде), первичные электроны начинают его бомбардировку. Эта бомбардировка обуславливается тем, что электрону для перехода из катода на динод требуется меньше энергии, чем для перехода катод-анод. При бомбардировке динода первичными электронами из него выбиваются вторичные электроны. Причем, на один первичный приходится несколько вторичных электронов, так как $\sigma > 1$. Вторичные электроны после выбивания под действием поля анода притягиваются к аноду, так как потенциал анода больше, чем у динода. При некотором значении напряжения между катодом и динодом U_{max} все первичные электроны попадают на динод. В результате анодный ток начинает состоять в основном из вторичных электронов, а его значение становится в σ раз больше катодного.

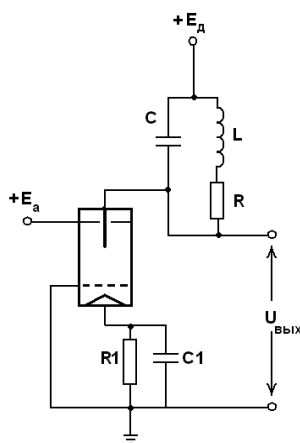


Рисунок 2 – Схема динактронного генератора

Поскольку в приборе с вторичной эмиссией динодный ток течет от динода во внешнюю цепь, то динод можно считать источником энергии, а значение тока отрицательным. При увеличении напряжения на диноде от 0 до U_{max} количество вторичных электронов увеличивается, следовательно, ток во внешней цепи тоже растет.

Учитывая отрицательное направление тока, можно сделать вывод, что динод обладает отрицательным сопротивлением. Известно, что, если к устройству с отрицательным сопротивлением присоединить колебательный контур, то в нем будут поддерживаться незатухающие гармонические колебания. При присоединении к диноду колебательного контура получим динаatronный генератор (рисунок 2). Сопротивление R представляет собой сопротивление потерь в контуре. Для поддержания в генераторе незатухающих колебаний необходимо, чтобы энергия, поступающая в контур из прибора, была не меньше энергии теряемой на сопротивлении R . Это означает, что энергия, поступающая каждый период из прибора в контур, больше энергии, расходуемой в нем. Как только напряжение на диноде приблизится к значению U_{max} , величина внутреннего отрицательного сопротивления сравняется с сопротивлением потерь в контуре. Это будет означать, что энергия, поступающая в контур, равна энергии, теряемой в нем. При этом в схеме установится постоянная амплитуда колебаний.

Таким образом, на основе предложенной конструкции нановакуумного прибора можно создать гармонический динаatronный генератор. Отличием такого прибора от макроскопического аналога является отсутствие экранирующей сетки и направляющих траверсов, а также использование для генерации первичных электронов полевой эмиссии.

Список литературы

1. Мельцер, В. Г. Лампы с вторичной эмиссией и их применение / В. Г. Мельцер. – М.: Энергия, 1964. – 24 с.
2. Као, К. Перенос электронов в твердых телах / К. Као, В. Хуанг. – М.: Мир, 1984. – 350 с.
3. Jin-Woo H. Vacuum nanoelectronics: Back to the future? – Gate insulated nanoscale vacuum channel transistor / H. Jin-Woo, Jae Sub Oh, M. Meuyappan. – Applied physics letters. – 2012. – Vol. 100. – P. 213–505.

This work describes construction of nanovacuum device which use secondary emission for working. It's possible to make dynatron generator on base of this device. Properties of nanovacuum devise corresponding properties of electron lamp with secondary emission. Field emission is used in generation of initial electrons.

Столяр Николай Федорович, БГУИР, Минск, Беларусь, n.stolyar@list.ru.

Научный руководитель – *Борисенко Виктор Евгеньевич*, доктор физико-математических наук, профессор, БГУИР, Минск, Беларусь.

УДК 528.9, 681.3.016.

Д. В. СТУПАКЕВИЧ

УСТРОЙСТВО БЕСПРОВОДНОГО УПРАВЛЕНИЯ НАГРУЗКОЙ

Разработана модель устройства беспроводного управления нагрузкой на основе протокола RC5, и приведены результаты моделирования в среде Proteus, подтверждающие ее адекватность.

Беспроводное управление, несомненно, одна из самых востребованных функций современного цифрового мира. Мы сталкиваемся с ней ежедневно. В основном это связано с прочным входом в нашу жизнь смартфонов, планшетных и мобильных компьютеров, которые, в том числе, могут служить универсальными пультами диспетчеризации автоматизированных систем управления, при условии постоянного доступа к сети Интернет, вне зависимости от того, перемещается ли терминал в пространстве.

Рассмотрим идею реализации устройства беспроводного управления нагрузкой на основе PIC контроллера. Представлена модель, использующая для коммутации инфракрасную связь, где данные шифруются используя протокол RC5. Система инфракрасного дистанционного управления RC5 была разработана фирмой Philips для нужд управления бытовой аппаратурой. Когда мы нажимаем кнопку пульта, микросхема передатчика активизируется и генерирует последовательность импульсов, которые имеют заполнение частотой 36 кГц. Светодиоды преобразуют эти сигналы в ИК-излучение. Излученный сигнал принимается фотодиодом, который снова преобразует ИК-излучение в электрические импульсы. Эти импульсы усиливаются и демодулируются контроллером приемника.

Кодовая последовательность состоит из 14 тактовых интервалов длительностью по 1,78 мс (64 периода частоты 36 кГц), в каждом из которых передают один разряд двоичного кода. Логической единице соответствует положительный перепад уровня в середине тактового интервала, логическому нулю — отрицательный.

Сама модель устройства представляет собой передатчик, построенный на основе контроллера PIC16F876, к которому подключены управляющие кнопки, транзистор, управляющий инфракрасным диодом и LCD экран, для отображения посланной команды. Приемник также построен на основе PIC16F876, к которому подключается фотодиод для приема инфракрасного излучения, LCD экран для отображения принятой команды, и симистор, для непосредственного подключения нагрузки к сети переменного тока. Структурная схема устройства приведена на рисунке 1.

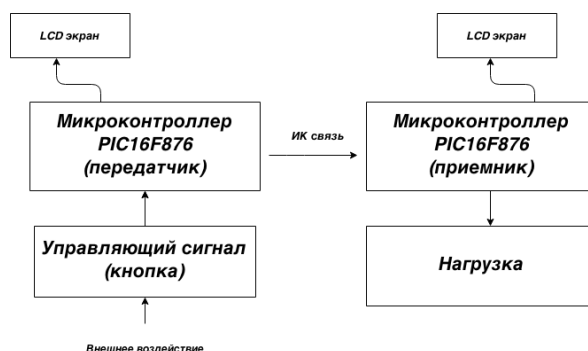


Рисунок 1 – Структурная схема устройства

После нажатия кнопки «включить» на экранах отображается информация о текущем состоянии нагрузки, а на экране, подключенном к контроллеру-приемнику, дополнительно отображается битовая последовательность, полученная с передатчика. На пин RC2 контроллера-приемника подается ток напряжением 5V и силой 0,02A, которого достаточно для открытия симистора, который, в свою очередь, подключает нагрузку к источнику переменного тока. Лампа загорается. После нажатия кнопки «выключить» на экранах отображается информация о том, что лампа выключена, ток с пина RC2 убирается и симистор закрывается.

Программирование микроконтроллеров производилось на языке Си. Отладка и компилирование проводилось в программе PCWHD Compiler.

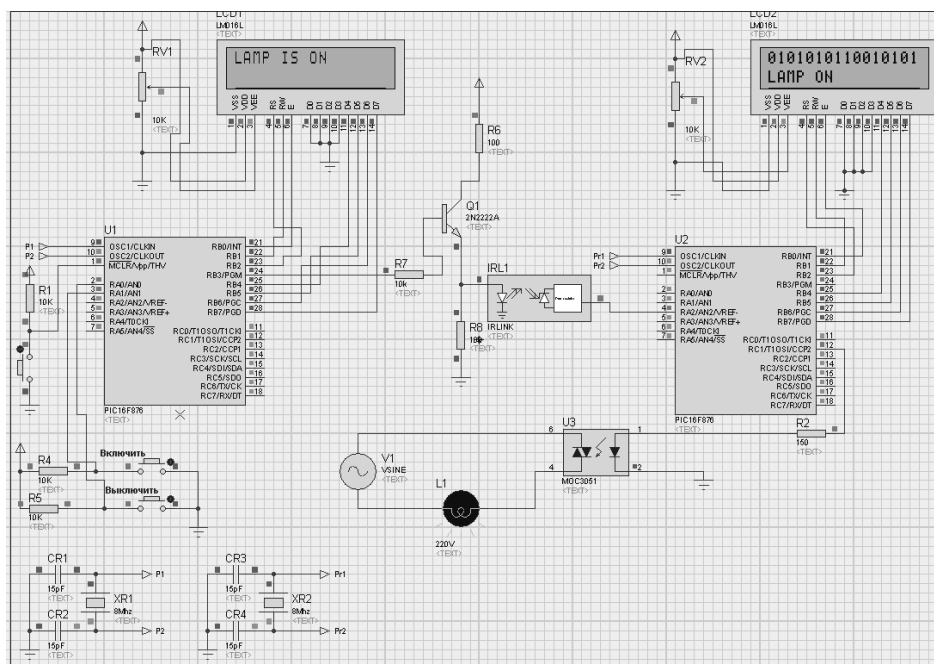


Рисунок 2 – Моделирование в среде Proteus

Список литературы

1. PIC Microcontrollers – Programming in C // Milan Verle, mikroElektronika; 1st edition (2009)
2. Применение кода RC-5, Журнал «Схемотехника» Л. Ридико (Москва: СОЛОН-Пресс, 2001. , выпуск №1, 2)

A model for the wireless load control with the use of RC5 protocol has been designed and the results of it's modeling in Proteus are shown, approving it's performance.

Ступакевич Даниил Викторович, студент физико-технического факультета ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, stupakevich.daniel@gmail.by.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТВЁРДОГО ОСТАТКА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ

Произведён рентгенофлуоресцентный спектральный анализ элементного состава питьевой воды в городе Гродно.

Вода является неотъемлемой частью человеческого существования. Большая часть организма человека состоит из воды и все биологические процессы в нём происходят при её участии. Это говорит о том, что наше здоровье напрямую зависит от качества и состава употребляемой воды.

Ухудшение состояния окружающей среды, рост промышленного производства, изнашивающаяся инфраструктура, недостаточная очистка, человеческий и геологический факторы неблагоприятно влияют на качество воды. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в настоящее время 1,2 млрд. человек не имеют её в необходимом количестве, миллионы людей умирают ежегодно от болезней, вызванных растворёнными в воде веществами. В январе 2008 года на Всемирном экономическом форуме ООН (World Economic Forum Annual Meeting 2008), проходившем в Швейцарии, утверждалось, что к 2025 году население более половины стран мира будет испытывать недостаток в чистой воде, а к 2050 году – 75 % [1].

Вследствие употребления некачественной питьевой воды возникают такие опасные заболевания, как дизентерия, брюшной тиф, гепатит, менингит. Через воду можно заболеть инфекционной желтухой, туляремией, водной лихорадкой, бруцеллёзом, полиомиелитом. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), 80 % всех болезней вызвано именно употреблением некачественной питьевой воды [1].

Для исследования химического состава питьевой воды используются фотометрические, спектрометрические, люминисцентные, нейтронноактивационные и другие методы. Нами был использован рентгенофлуоресцентный спектральный анализ.

Рентгенофлуоресцентный спектральный анализ является одним из наиболее эффективных, распространенных и востребованных методов элементного анализа, который позволяет за минимальный период времени получить наиболее полную и достоверную информацию об элементном составе вещества. Этот метод применяется вне зависимости от агрегатного состояния и происхождения вещества, позволяет определить свыше 80 химических элементов от бора до урана. Метод основан на зависимости интенсивности рентгеновской флуоресценции от концентрации элемента в образце. При облучении образца мощным потоком излучения рентгеновской трубки возникает характеристическое флуоресцентное излучение атомов, которое пропорционально их концентрации в образце. Метод РФА основан на анализе характеристического спектра вторичного флуоресцентного излучения пробы, возникающий под действием более жесткого рентгеновского излучения. Спектр вторичного излучения отражает элементный состав анализируемого вещества (атомам химических элементов присущи индивидуальные характеристические линии). Наличие в спектре характеристических линий позволяет качественно определить состав вещества, а их интенсивность количественно оценить концентрацию [2, 3].

Т. к. концентрации элементов в пробах воды слишком малы, то для того, чтобы можно было выполнить анализ, необходимо использовать методики, позволяющие перевести концентрацию элемента в диапазон обнаружения спектрометра. Для этого перед проведением исследований была выполнена пробоподготовка. Пробоподготовка осуществлялась с помощью метода выпаривания.

Выпаривание проб производилось при температуре 90 °С в печи, в которую помещают фарфоровые чашки (4 шт.), в каждой из которых содержится 50 мл. исследуемой воды. Так как для получения требуемого количества сухого остатка простым выпариванием пустой воды очень долго, при втором выпаривании мы добавляли в чашки немного целлюлозы и опять заливали в них по 50 мл. воды. После двух выпариваний полученный осадок аккуратно счищают и пересыпают в пресс-форму. Затем при помощи прессования получают таблетки, которые в дальнейшем и исследовались.

Из полученных результатов видно, что в питьевой воде присутствуют следы ртути, кадмия и селена. Зарегистрированные в этом случае концентрации этих элементов в большинстве проб ниже величины погрешности измерений и поэтому не могут быть определены количественно (таблица 1)

Количество свинца превышает ПДК, значения полученной концентрации на 0,56–2,79 мг/л превышает допустимое значение. Концентрации железа, марганца, хлора, меди и свинца в несколько раз превышают ПДК (концентрация железа на 5,8–6,7 мг/л; марганца на 5,3–8,3 мг/л; хлора в 2 раза выше, на 386–524 мг/л; меди на 1–3,73 мг/л; свинца на 0,012–0,15 мг/л).

Больше всего во всех образцах было обнаружено кальция, хлора, серы, калия, железа, цинка и стронция. Концентрация этих элементов с учётом погрешности немного выше ПДК по санитарным нормам и правилам. Это может быть вызвано загрязнением окружающей среды, а следовательно и природной воды, изнашиванием инфраструктуры, недостаточной очисткой и др.

Таблица 1 – Сравнение полученных концентраций с ПДК по санитарным нормам и правилам

Показатели	Нормативы предельно-допустимые концентрации (ПДК), не более, мг/л	Образцы		
		1, 3	4, 5, 8	2, 6, 7
		Концентрация, мг/л		
Алюминий(Al^{3+})	0,5	-	-	-
Барий(Ba^{2+})	0,1	-	-	-
Бериллий(Be^{2+})	0,0002	-	-	-
Бор(B)	0,5	-	-	-
Железо(Fe, суммарно)	0,3 (1,0) ₂	6.8720	7.6662	6.8024
Кадмий(Cd, суммарно)	0,001	0.0105	0.0132	0.0157
Марганец(Mn, суммарно)	0,1 (0,5)	0.7905	0.8766	0.5768
Медь(Cu, суммарно)	1,0	4.7354	3.3610	2.0710
Молибден(Mo, суммарно)	0,25	0.1707	0.1955	0.2592
Мышьяк(As, суммарно)	0,05	0.0632	0.0413	0.0553
Никель(Ni , суммарно)	0,1	0.5277	0.6427	0.5627
Нитраты(по NO_3^-)	45	-	-	-
Ртуть(Hg, суммарно)	0,0005	0.0126	0.0110	0.0152
Свинец(Pb, суммарно)	0,03	0.1889	0.1569	0.1767
Селен(Se, суммарно)	0,01	0.0366	0.0224	0.0569
Стронций(Sr^{2+})	7,0	9.7892	8.9845	7.5567
Сульфаты(SO_4^{2-})	500	575.7272	633.4335	518.5320
Фториды(F^-)	1,5	-	-	-
Хлориды(Cl^-)	350	736.9566	873.9330	673.9330
Хром(Cr^{6+})	0,05	0.0583	0.0675	0.0891
Цианиды(CN^-)	0,035	-	-	-
Цинк(Zn^{2+})	5,0	6.5109	4.5363	5.6289

Примечание. Величины, указанные в скобках, могут быть установлены по постановлению главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки

Полученные результаты говорят, что качество питьевой воды с учётом погрешности по большинству концентраций элементов соответствует санитарным нормам и правилам, если не учитывать такие элементы, как хлор, железо, марганец и медь, по которым ПДК несколько превышено. Такое несоответствие может быть вызвано состоянием водопровода конкретно в самих жилых домах, устаревшими очистительными системами на водозаборах, загрязнением окружающей среды и др.

Для улучшения качества воды нужно улучшать качество труб водопровода, использовать более новые и совершенные методы очистки воды на водопроводных станциях. Кроме того простым жителям рекомендуется устанавливать у себя очистительные фильтры.

Список литературы

1. Проблемы чистой питьевой воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://lektii.net/1-8971.html>. – Дата доступа : 24.01.2015
2. Черноруков Н. Г., Нипрук О. В. «Теория и практика рентгенофлуоресцентного анализа. Электронное учебно-методическое пособие» – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012.
3. Ширкин Л. А. «Рентгенофлуоресцентный анализ объектов окружающей среды: учебное пособие» / авт.-сост.: Л. А. Ширкин; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009.

Promoted X-ray fluorescence spectral analysis of the elemental composition of drinking water in the city of Grodno.

Юдин Виталий Сергеевич, студент 5 курса физико-технического факультета ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, vit-9292@mail.ru.

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

Лобанов Дмитрий Русланович, студент 5 курса, физико-технического факультета ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, basanana123456@mail.ru

Научный руководитель – Зноско Казимир Францевич, кандидат физико-математических наук, доцент, ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь