

- радиационной устойчивости растворов красителей // Спектроскопия и люминесценция молекулярных систем / БГУ, НАН Беларуси; под ред. Е.С.Воропая, К.Н.Соловьева, Д.С.Умрейко. Минск: БГУ, 2002. С. 275 – 286.
5. Попечиц, В.И. Влияние гамма-облучения на спектры поглощения растворов кислотных красителей / В.И.Попечиц // Журнал прикладной спектроскопии. – 2003. – Т. 70, № 1. – С. 34 – 37.
  6. Попечиц, В. И. Визуализаторы ионизирующего излучения на основе многокомпонентных растворов красителей / В.И.Попечиц // Проблемы инженерно-педагогического образования в Республике Беларусь: Материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. в 2 ч. – Минск, 2012. Ч. 2. С. 128 – 133.
  7. Попечиц, В. И. Дефектоскопия материалов и изделий с помощью многокомпонентных растворов красителей / В.И.Попечиц // Достижения физики неразрушающего контроля: сборник научных трудов Междунар. научно-технической конф., посвященной 50-летию Института прикладной физики НАН Беларуси / Институт прикладной физики. – Минск, 2013. – С. 284–289.
  8. Попечиц, В. И. Визуализаторы ионизирующего излучения на основе многокомпонентных растворов красителей / В.И.Попечиц // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: Материалы Междунар. науч.-технич. конф. (Могилев, 24–25 апр. 2014). Могилев, 2014. – С. 147–148.
  9. Попечиц, В. И. Влияние пероксида водорода на цветостойкость растворов органических красителей / В.И.Попечиц // Вестник БГУ, сер. 1. – 2015. – № 1. – С. 17–21.

УДК 624.94

## МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА НАКОПИТЕЛЬНОГО СУММИРОВАНИЯ СВЕТОВЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ВТОРИЧНОЙ ОПТИКИ СВЕТОДИОДОВ С БОЛЬШОЙ ПЛОЩАДЬЮ ИЗЛУЧАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Сернов С.П., Балохонов Д.В.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

Ввиду постоянного совершенствования светодиодов, изготавливаемых по технологии OLED с применением квантовых точек и увеличения их времени наработки до отказа (ведущая американская фирмы по изготовлению светодиодов с квантовыми точками Quantum Materials Corp выпускает продукцию, у которой это время составило не менее 1000 часов [1]), все более актуальным является улучшение методов расчета деталей вторичной оптики для учета большой излучающей поверхности данных светодиодов.

Выдвинутые ранее рекомендации о конструировании деталей вторичной оптики, пригодных для различных типов светодиодов [2] позволяют модифицировать метод накопительного суммирования световых потоков таким образом, чтобы можно было рассчитывать детали вторичной оптики даже для светодиодов с очень большой площадью излучающей поверхности (круг диаметром до 20 мм).

Кроме условия квазиточечности и условия охвата источника света, для расчета детали вторичной оптики по модифицированному методу накопительного суммирования световых потоков необходимо учесть различный угол преломления у граничных лучей: те лучи, которые находятся ближе к оптической оси, преломляются слабее, чем те, которые находятся дальше от оптической оси. Из-за этого даже при правильном разбиении светового потока от неточечного источника появятся скачки силы света в произвольных направлениях.

Чтобы избежать появления этих скачков, угловой интервал для засветки определенной части заданного распределения силы света можно дополнительно разделить на несколько участков и рассеять их по всему участку.

При расчете деталей вторичной оптики для неточечных источников света в центральной части детали вторичной оптики рассеяние света, вызванное неточечностью источника света, будет больше, чем на периферии детали, так что при разбиении светового потока светодиода нужно учесть, что центр детали вторичной оптики будет обеспечивать засветку всего заданного распределения силы света.

В то же время периферическая область детали вторичной оптики, которая работает в основном по принципу полного внутреннего отражения, из-за малого рассеяния света может быть использована для тонкой настройки распределения силы света источника с деталью вторичной оптики.

Чтобы рассчитать габаритные размеры детали вторичной оптики для светодиодов, которые нельзя считать точечными источниками света, предлагается использовать не некоторое произвольное значение рассеяния света в центральной области, а краевые углы заданного распределения силы света. Это позволяет, не выходя за габариты по толщине детали вторичной оптики, путем использования ее внутренней поверхности улучшить равномерность детали, что уменьшает ее массу и увеличивает технологичность. Кроме того, это позволяет снизить потери на пропускание за счет малой толщины материала детали вторичной оптики.

Модифицированный метод накопительного суммирования световых потоков поощряет использование внутренней поверхности детали вторичной оптики, так как при его использовании нет необходимости обеспечивать плотный контакт излучающей поверхности источника и детали. Из-за этого внешняя поверхность детали вторичной оптики может быть выполнена гладкой (кусочно-

гладкой), что позволяет использовать деталь вторичной оптики как крышку, защищающую источник света от загрязнений и других воздействий окружающей среды. Таким образом, детали вторичной оптики с гладкой внешней поверхностью хорошо подходят для применения в модулях несменных источников света, которые кроме источника света содержат еще и схему питания, которую можно также разместить в пространстве под деталью. Используя модифицированный метод накопительного суммирования световых потоков, была определена теоретическая форма детали вторичной оптики для реализации распределения силы света стоп-сигнала. Компьютерное моделирование работы данной детали вторичной оптики с источниками света различных размеров показало, что даже в случае применения источника света большего размера, чем расчетный, при заданном световом потоке источника света деталь продолжает создавать распределение силы света, удовлетворяющее критериям соответствующего стандарта (Правила ЕЭК ООН №7), что отражено на рисунке 1.

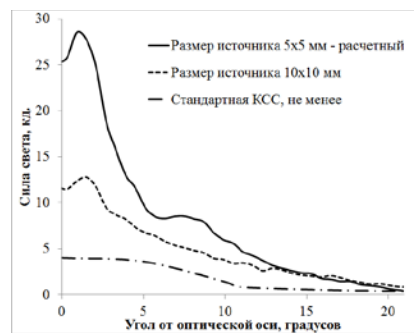


Рисунок 1 – Кривые силы света (КСС) для источников различного размер

1. 1000 Hour Quantum Dot LED Milestone Surpassed by Quantum Materials Corp // LED Professional Review [Electronic resource].-2017.-Mode of access: <https://www.led-professional.com/technology/light-generation/1000-hour-quantum-dot-led-milestone-surpassed-by-quantum-materials-corp> . - Date of access: 13.09.2017
2. Сернов С.П., Балохонов Д.В. Детали вторичной оптики адаптивных оптических систем транспортных средств с возможностью использования различных светодиодов // Приборостроение-2016: материалы 9-й МНТК, Минск, 23-25 ноября 2016 г. / редкол.: О.К. Гусев [и др.]. – Минск: БНТУ, 2016. – с 122

UDC 004.514

## HARDWARE AND SOFTWARE FOR REMOTE CONTROL AND MONITORING OF LABORATORY STAND FOR THE OPERATION RESEARCH OF SOLAR PANELS

Slabinoha M.O., Klochko N.B., Kuchirka Y.M.

*Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Modern trends in higher education promote the widespread use of distance learning methods for both: students of external education and for self-studying of full-time students. Undoubtedly, the use of such tools and techniques makes it easier for students to access educational materials. However, for many specialties that have their own learning process specifics this way of presenting information, demos and handouts creates a number of limitations. In particular, for students of technical specialties it is very important to work with real stands during laboratory works. Therefore, the problem is to develop laboratory facilities that allow remote experiments to be done by managing and monitoring the results of experiments using network technologies, especially the Internet.

The prototype of the laboratory stand on the research of solar panels work was developed at the department of information and measuring technologies of the Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas. Photo of the prototype is shown in Fig. 1.

The prototype consists of a solar panel mounted on a rack, positioned in the horizontal and vertical plane by two servo-drives SG-90. Servo drives are controlled by Arduino UNO microprocessor board. The solar panel output contacts are connected to the relay, which feeds the current panel to the input of one

of the two AD620 operational amplifiers. This operation is repeated every three seconds. The first amplifier is used to stabilize the voltage generated by the panel. The second amplifier is used to amplify the voltage falling on the resistor of a given resistance value (in this case, 10 kOhm). The signals from the outputs of both operational amplifiers are fed to the Arduino UNO board's analog inputs. Thus, the voltage and current strength produced by the panel are obtained with the Arduino Uno.

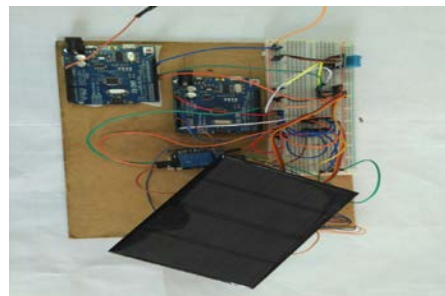


Figure 1 - Prototype of a laboratory stand for the operation research of solar panels

In addition to the data on the produced voltage and current at Arduino UNO, the DHT-11 sensor receives information about the temperature and humidity of