

Вибрация служит для направления частиц на конвейерную ленту, над которой находятся оптические приборы для распознавания цвета стекла, а также инфракрасный спектрометр для пластиковых материалов. Сортировка происходит в автоматическом режиме, сжатым воздухом с системы соленоидных клапанов, каждый клапан отвечает своему типу материала. Параллельно к вибробункеру с объемным материалом, находится вибробункер с пластинками и пленками, разница заключается в подаче плоских частиц, для этого необходимо модернизировать бункер захватным устройством. Процесс сортировки похож по предыдущий, разница состоит только в отсутствии сортировки стекла по цветам. Время наполнения и период стерилизации можно назвать тактом, при котором за один такой такт можно обработать ограниченное количество материала, поэтому для непрерывной работы можно увеличить количество автоклавов [3].

В перспективе разработки проекта будет исследовано технологические особенности метода полностью автоматизированной системы сорти-

ровки ТБО, с целью улучшения технических характеристик. Для конкурентной способности данного метода с другими более простыми методами, необходимо показать несравненно лучшие технические показатели, а также уменьшить габариты системы для широкого распространения в черте города.

Литература

1. Горлицкий, Б. А. Обращение с бытовыми и промышленными отходами – основные изменения стратегии и тактики // Экология и здоровье человека. Охрана воздушного водного бассейнов. Утилизация отходов: Тезисы докл. XIV Междунар. научно-пр. конф. – Харьков – Щелкино, 2006. – С. 192.
2. Стельмах Н. Автоматизований модуль сортування пластикових відходів / Н. Стельмах, С. Сапон, О. Бельман // Технічні науки та технології, 2021. – № 1 (23), 2021. – С. 37–44.
3. Стельмах Н. Вибір оптимального технологічного процесу на базі автоматизованої оцінки його техніко-економічних параметрів / Н. Стельмах, С. Сапон, Я. Рижук // Технічні науки та технології, 2020. – № 1 (19). – С. 89–97.

УДК 621.315.375

АППРОКСИМАЦИЯ КРИВЫХ СИЛЫ СВЕТА RGB СВЕТОДИОДОВ Богдан П.С., Зайцева Е.Г., Баранов П.О., Степаненко А.И., Шишурин Д.А.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Предложены и проанализированы различные варианты аппроксимации кривых силы света RGB светодиодов для использования в методике расчета освещенности поверхностей.

Ключевые слова: сила света, индикатриса распределения силы света, RGB светодиод, параметры освещения, спектральный состав излучения.

APPROXIMATION OF THE LIGHT INTENSITY CURVES OF RGB LEDs Bogdan P., Zaitseva E., Baranov P., Stepanenko A., Shishurin D.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Belarus*

Abstract. Various variants of approximation of the light intensity curves of RGB LEDs for use in the method of calculating the illumination of surfaces are proposed and analyzed.

Key words: light intensity, light intensity distribution indicator, RGB LED, lighting parameters, spectral composition of radiation.

*Адрес для переписки: Зайцева Е.Г., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: bntu@bntu.by*

Концепция «интеллектуальная окружающая среда» подразумевает наличие благоприятных условий освещенности помещения на рабочем месте и в домашних условиях. Очевидно, что параметры освещения являются функциями выполняемой человеком деятельности, а также его физиологического и психологического состояния. Создана нормативная база рекомендуемых освещенностей в зависимости от рода выполняемых работ [1, 2]. В соответствующих документах указан уровень необходимой освещенности, ее равномерности, но не нормируется спектральный

состав светового излучения и его изменение во времени. Известные в настоящее время методики расчета параметров, количества и расположения светильников достаточно просты, но не позволяют конкретизировать спектральный состав излучения и его неравномерность в пространстве. В тоже время конкретные рекомендации к параметрам светового излучения в зависимости от состояния человека не разработаны.

Чтобы создать осветительные системы, обеспечивающие оптимальные параметры освещенности, необходимо разработать методику расчета

освещенности с учетом спектрального состава излучения. Особенно актуальна эта задача вследствие все более широкого использования светодиодных RGB осветительных систем, позволяющих варьировать спектральный состав излучения в широком диапазоне. Решение этой задачи позволит производить компьютерное моделирование источников освещения.

Исходной информацией для расчета являются индикатрисы силы света для RGB светодиодов и расстояние между данными элементами. На рис. 1 приведены индикатрисы распределения силы света для компонентов трех-кристального RGB-SMD-светодиода LM1-TPP1-01 TTQ фирмы COTCO с дельтаобразным расположением кристаллов внутри корпуса [3].

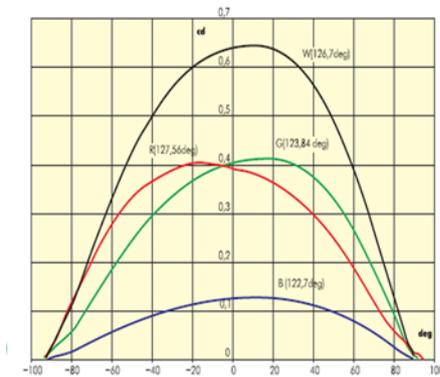


Рисунок 1 – Индикатрисы распределения силы света для трех-кристального RGB-SMD-светодиода LM1-TPP1-01 TTQ [3]: графики силы света светодиодных источников сверху вниз – суммарный в режиме баланса белого, красный компонент, зеленый, синий

Для представления этих кривых в аналитической форме были исследованы аппроксимации вида

$$I = d(\cos \beta)^n \quad (1)$$

где I – значение силы света, kd , β – угол между перпендикуляром к освещаемой поверхности и направлением луча света на индикатрисе, град, d – значение силы света при β , равном 0, n – показатель степени.

Расчет по формуле (1) был произведен для синего компонента светодиодного источника (нижний график на рис.1) для значений показателя степени n , равных 0,5, 1, 1,5, 2. Аппроксимируемый график и результаты расчетов представлены на рис. 2.

Анализ полученных значений показал, что в диапазоне от -90 градусов до 0 оптимально применить аппроксимацию с показателем степени n , равным 1,5, а от 0 до 90 градусов – с показателем, равным 0,5. При этом среднеквадратичное отклонение расчетных значений от фактических составило 0,077 %.

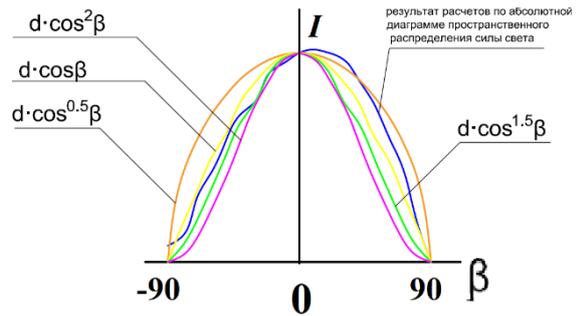


Рисунок 2 – Индикатриса силы света для синего компонента светодиода LM1-TPP1-01 TTQ и ее численные аппроксимации

Аппроксимация индикатрис силы света возможная также в пакетах Mathcad. Введенные численные значения соединяются отрезками прямых. В этом случае отклонение фактических и расчетных значений практически сводится к нулю, погрешность зависит от количества введенных фактических значений, формула аппроксимации не представляется в аналитическом виде. На рис. 3 представлен график такой аппроксимации и фактические значения для кривой силы света синего компонента светодиода LM1-TPP1-01 TTQ.

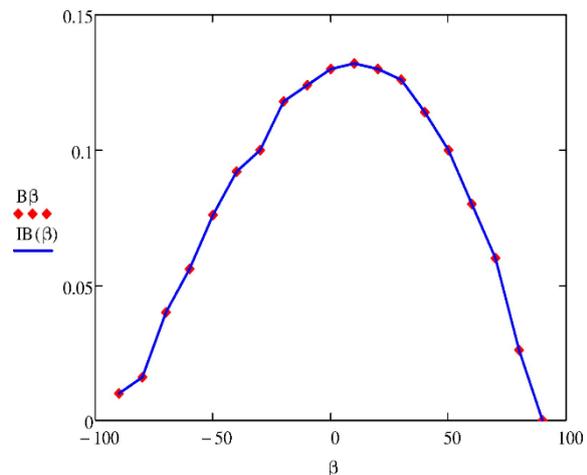


Рисунок 3 – Индикатриса силы света для синего компонента светодиода LM1-TPP1-01 TTQ и ее аппроксимация с использованием пакета Mathcad

Зная характер индикатрисы светодиода возможно рассчитать освещенность поверхности E_B в точке B (рис.4) по формуле [3]:

$$E_B = (I(\beta)/b^2)\cos \beta, \quad (2)$$

где b – расстояние между точками A и B .

Так как задачей расчета является распределение освещенности на освещаемой плоскости, необходимо перейти от зависимости освещенности от угла β к зависимости от пространственной координаты x в плоскости P .

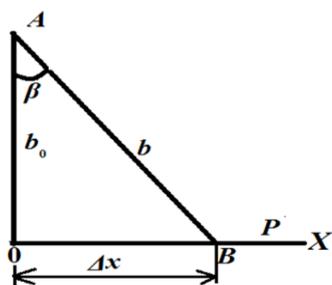


Рисунок 4 – Взаимное расположение источника света А и освещаемой точки В в плоскости Р

Из рис. 4 очевидно, что

$$E(x) = \frac{I(\arctg \frac{x}{b_0}) (\cos^3(\arctg \frac{x}{b_0}))}{b_0^2}, \quad (3)$$

где b_0 – расстояние между источником излучения А и плоскостью Р, x – координата освещаемой точки В, лежащей на плоскости Р.

Литература

1. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий : СанПиН 2.21/2.1.1/1278-03.
2. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений : ГОСТ 55719-2013.
3. Никифоров, С. Проблемы, теория и реальность светодиодов для современных систем отображения информации высшего качества / С. Никифоров // Компоненты и технологии. – 2005. – № 5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kit-e.ru/led/problemu-teoriya-i-realnost-svetodiodov-dlya-sovremennyh-sistem-otobrazheniya-informaczi-vysshego-kachestva/> – Дата доступа: 2.09.2021.
4. Бугров, В. Е. Оптоэлектроника светодиодов. Учебное пособие / В. Е. Бугров, К. А. Виноградова. – СПб : НИУ ИТМО, 2013 – 174 с.
5. Гуторов, М. М. Основы светотехники и источники света : учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., доп. и перераб. / М. М. Гуторов. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 384 с.

УДК 621.315.592

ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННЫЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ГЕРМАНИЙ-КРЕМНИЕВЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ

Гацкевич Е.И.¹, Ивлев Г.Д.², Малевич В.Л.^{3,4}

¹Белорусский национальный технический университет

²Белорусский государственный университет

³Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

⁴ГНУ «Институт физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси»
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Изучено перераспределение элементов по глубине в эпитаксиальных GeSi слоях при облучении наносекундными импульсами рубинового лазера. Проанализировано влияние сегрегации на формирование ячеистых структур в неравновесных условиях импульсного воздействия.

Ключевые слова: германий, кремний, гетероструктура, лазерное облучение, сегрегация.

LASER-INDUCED THERMOPHYSICAL PROCESSES IN EPITAXIAL GERMANIUM-SILICON HETEROSTRUCTURES

Gatskevich E.¹, Ivlev G.², Malevich V.^{3,4}

¹Belarusian National Technical University

²Belarusian State University

³Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

⁴B.I. Stepanov Institute of Physics of the NAS of Belarus
Minsk, Belarus

Abstract. The redistribution of elements in epitaxial GeSi layers under irradiation with nanosecond pulses of a ruby laser has been studied. The effect of segregation on the formation of cellular structures under nonequilibrium conditions of impulse influence is discussed.

Key words: germanium, silicon, heterostructure, laser irradiation, segregation.

Адрес для переписки: Гацкевич Е.И., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: gatskevich_elena@bk.ru

Одна из актуальных проблем полупроводниковой оптоэлектроники – создание эффективных источников света на основе германия, излучающих при комнатной температуре. В частности, гетероструктуры GeSi/Si были использованы при разработке фотодетекторов инфракрасного диа-

пазона [1] и лазерных структур [2]. Перспективы использования Ge/Si гетероструктур придают актуальность поиску альтернативных методов их создания и модификации. В недавних работах [3] было показано, что таким методом может быть импульсная лазерная обработка (ИЛО). В част-