

crystal / K. N. Gorbachenya [et al.] // Inorganics. – 2024. – № 12. – P. 240–249.

4. Passively Q-switched Er,Yb:GdMgB₅O₁₀ pulse laser at 1567 nm / Y. Chen [et al.] // OSA Continuum. – 2019. – № 2. – P. 3598–3603.

5. Spectral-luminescent properties of vapor deposited Cr:ZnS thin films and their application as saturable absorbers for 1.5- μ m erbium lasers / N. Tolstik [et al.] // Opt. Mater. Express. – 2018. – № 8. – P. 522 – 530.

УДК 621.384.4

МОЩНЫЙ СВЕТОДИОДНЫЙ УФ-ИЗЛУЧАТЕЛЬ ДЛЯ АГРОФИЗИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

Аладов А. В.¹, Закгейм А. Л.¹, Иванова А. Е.^{1,2}, Черняков А. Е.¹

¹НТЦ микроэлектроники РАН

²СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. В работе представлены результаты разработки и исследований мощного светодиодного излучателя ближнего УФ-спектра ($\lambda = 370$ нм) для агрофизических применений. Исследованы особенности мощностных и спектральных характеристик при работе в режиме больших уровней возбуждения – выходная оптическая мощность до 8,5 Вт. С помощью тепловизионной техники оценены тепловые параметры светодиодного модуля. Оптическая схема излучателя на основе светодиодной матрицы формирует заданную кривую силы света и однородную облученность засвечиваемого поля.

Ключевые слова: светодиод, УФ-излучение, спектральные характеристики, агрофизика.

HIGH-POWER LED UV EMMITTER FOR AGROPHYSICAL APPLICATIONS

Aladov A.¹, Zakgeim A.¹, Ivanov A.^{1,2}, Chernyakov A.¹

¹SHM R&E Center, RAS

²ETU «LETI»

Saint-Petersburg, Russian Federation

Abstract. The paper presents the results of development and research of a powerful LED emitter of the near UV spectrum ($\lambda = 370$ nm) for agrophysical applications. The features of the power and spectral characteristics are investigated in the mode of high excitation levels - output optical power up to 8.5 W. Thermal imaging equipment is used to evaluate the thermal parameters of the LED module. The optical scheme of the emitter based on the LED matrix forms a given luminous intensity curve and uniform irradiance of the illuminated field.

Key words: ED, UV radiation, spectral parameters, agrophysics.

Адрес для переписки: Аладов А. В., ул. Политехническая, 26, г. Санкт-Петербург 194021, Российская Федерация, e-mail: aaladov@mail.ioffe.ru

Введение. В последние годы в технологии выращивания растений в условиях искусственного освещения широко внедряются светодиодные источники света с легко регулируемыми спектральными и мощностными характеристиками освещения. Одной из главных задач в этом случае является управление световой средой с целью повышения эффективности продукционного процесса растений, обусловленного, в частности, фоторегуляцией с помощью излучения ближнего ультрафиолетового (УФ) диапазона. Воздействие УФ-излучения на растения демонстрирует усиление фотосинтеза и роста, а также повышение питательности растений, производя антиоксидантные соединения [1], кроме того, оно запускает ряд фоторецепторов [2]. Кротохром, фитохром и, в меньшей степени, фитохром вызывают ряд изменений, в том числе увеличение выработки хлорофилла, формирование более крупных листьев, улавливающих больше света, и открытие устьиц на листьях, пропускающих больше углекислого газа [3].

Спектры излучения современных мощных УФ-светодиодов хорошо соответствуют основным тре-

бования по воздействию этого излучения на растения. Светодиоды, наряду с увеличенным сроком службы, сниженным потреблением электроэнергии, позволяют управлять световыми параметрами по заданному алгоритму. В данной работе на основе светодиодной матрицы СВМ-120-UV Luminus (США) разработан и исследован УФ-излучатель, предназначенный для фитотронных установок, используемых в Агрофизическом научно-исследовательском институте РАН (Санкт-Петербург).

В качестве элементной базы вышеприведенная матрица с длиной волны в максимуме $\lambda = 370$ нм (рисунок 1) использовалась для создания управляемого источника света.

Матрица площадью 3,5×4,5 мм² состоит из 12 параллельно включенных излучающих кристаллов на теплоотводящем основании, допускающем входной ток до 18 А и входную мощность до 80 Вт.

Детальные измерения электрических, световых и спектральных параметров проводились с помощью комплекса «OL770-LED High-speed Test and Measurement System» (Optronic Lab), а тепловых параметров с помощью тепловизора «Свифт», разработки ИФП СО РАН.

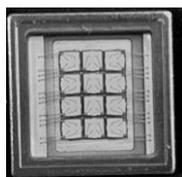


Рисунок 1 – Фотография общего вида светодиодной матрицы

Энергетические характеристики светодиодной матрицы: зависимости выходной оптической мощности P_{opt} и КПД от входной электрической мощности представлены на рисунке 2.

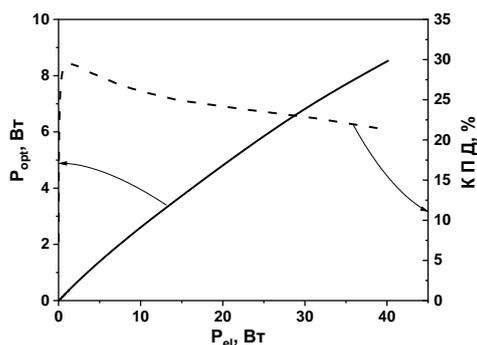


Рисунок 2 – Зависимости оптической мощности и КПД от входной электрической мощности

Как можно видеть, наблюдается хорошая линейность световой характеристики с достижением в предельном режиме оптической мощности 8,5 Вт при КПД 21 %. Достигнутые энергетические параметры позволяют использовать модуль в качестве источника для осветителя с большой площадью охвата растений и высокой плотностью освещения в излучателе с соответствующей оптической схемой формирования светового пучка. На рисунке 3 представлены спектральные характеристики модуля

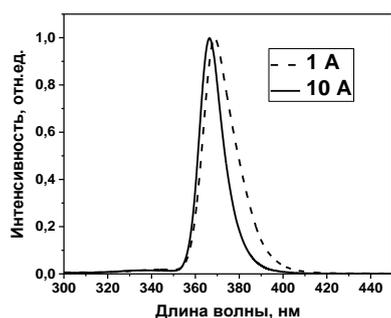


Рисунок 3 – Спектры излучения матрицы для двух значения тока 1 А и 10 А

Как видно из рисунка 3 спектры излучения остаются во всем диапазоне токов стабильными, небольшой сдвиг пиковой длины волны λ в пределах 3 нм, а также изменение полуширины в пределах 5 нм не существенны для рассматриваемых применений.

Измеренное температурное распределение по площади светодиодной матрицы выявило незначительную температурную неоднородность между центральными и периферийными областями даже на предельных токах, что позволяет стабилизировать и контролировать температуру непосредственно на корпусе.

Важным элементом конструкции разработанного УФ-излучателя является оптическая система для формирования заданного угла излучения и однородной облученности освещаемого поля. Для используемой матрицы были рассчитаны и проанализированы две оптические схемы, обеспечивающие формирование направленного в необходимом угле светового пучка с кривой силы света, создающей однородную освещенность. Одна из схем состоит из двух линз с высоким пропусканием системы 84 % и неравномерность освещенности не более 20 % на поле размером 300×300 мм. Вторая представляет собой трех линзовый объектив с факонном. Пропускание при этом ниже 76 %, однако, при этом неоднородность освещения уменьшилась и не превышает 15 %. С учетом запаса мощности используемой матрицы обе оптические системы можно использовать для данного излучателя в зависимости от решаемых агрофизических задач. Достижимый уровень облученности составляет до 80 Вт/м².

Конструктивно управляемый УФ-излучатель объединяет собственно матрицу излучателя, оптическую систему, источник питания и радиоканал обмена данными с управляющим компьютером. Соответствующий интерфейс позволяет контролировать интенсивность УФ-излучения и изменять ее во времени по заданному алгоритму, а также отображать значения в специальном окне дисплея.

В настоящее время проводится экспериментальная оценка применимости разработанного УФ-излучателя в качестве фитотронного модуля при выращивании различных растений.

Благодарности. Исследования параметров СД выполнены в ЦКП «Элементная база радиофотоники и нанoeлектроники: технология, диагностика, метрология».

Литература

1. Effects of light quality on CO₂ assimilation, chlorophyll-fluorescence quenching, expression of Calvin cycle genes and carbohydrate accumulation in *Cucumis sativus* / M. Bernal M. [et al.] // J. Photochem Photobiol B. – 2009. – V. 96, № 1. – P. 30–37.
2. Effect of supplemental UV-A irradiation in solid-state lighting on the growth and phytochemical content of microgreens / M. Bernal [et al.] // Int. Agrophys. – 2015. – V. 29, № 1. – P. 13–22.
3. Interactive effects of UV radiation and water availability on seedlings of six woody Mediterranean species / A. Brazaitytė [et al.] // Physiol Plant. – 2013. – V. 147, № 2. – P. 234–47.