



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F21V 9/00 (2021.02); A01G 9/20 (2021.02)

(21)(22) Заявка: 2020131399, 24.09.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.09.2020

Дата регистрации:
21.04.2021

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 24.09.2020

(45) Опубликовано: 21.04.2021 Бюл. № 12

Адрес для переписки:
690922, Приморский край, г. Владивосток, о.
Русский, п. Аякс, 10, отдел интеллектуальной
собственности ДВФУ, Кан Мария Романовна

(72) Автор(ы):
Кульчин Юрий Николаевич (RU),
Субботин Евгений Петрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт автоматки и
процессов управления Дальневосточного
отделения Российской академии наук (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2668841 C1, 03.10.2018. RU
2661329 C1, 13.07.2018. RU 2504143 C2,
20.01.2014. US 2015162505 A1, 11.06.2015.

(54) СВЕТИЛЬНИК

(57) Реферат:

Изобретение относится к осветительным устройствам, обеспечивающим освещение светом, максимально соответствующим спектру солнечного света за счет использования светоизлучающих диодов. Светильник содержит набор светодиодов с разными спектрами излучения, лежащими в диапазоне длин волн фотосинтетически активной части солнечного спектра порядка 390-740 нм, снабженных драйверами питания. Используются светодиоды, спектры излучения которых находятся в диапазоне 390-740 нм. Спектры использованных светодиодов перекрывают друг друга в разных спектральных участках диапазона, предпочтительно на уровне 0,1-0,8 от максимальной амплитуды на центральной длине волны излучения. Используются шесть типов светодиодов разного спектра мощностью от 0,1 до 500 Вт. Излучаемый спектр включает спектры излучения таких светодиодов, как Белый,

Ультрафиолетовый, Синий, Красный, Инфракрасный и Растительный свет. Драйверы названных светодиодов выполнены с возможностью подачи энергии питания такой величины, чтобы уровень светового потока от соответствующих светодиодов был равным 1; 0,21; 0,83; 0,09; 0,71 от уровня светового потока, излучаемого светодиодом Растительный свет. Тип спектра сформирован набором однотипных светодиодов с возможностью генерирования мощности светового потока, одинаковой для каждого отдельного типа спектра. Названные светодиоды имеют максимальное излучение на длинах волн, соответственно, 583, 403, 490, 630, 737 и 647 нм. Использование изобретения позволит обеспечить светильнику, состоящему из светодиодов шести разных типов излучения, спектр излучения наиболее близкий солнечному свету. 2 з.п. ф.лы, 3 табл., 7 ил.

RU 2 746 809 C1

RU 2 746 809 C1





FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
F21V 9/00 (2021.02); *A01G 9/20* (2021.02)

(21)(22) Application: **2020131399, 24.09.2020**

(24) Effective date for property rights:
24.09.2020

Registration date:
21.04.2021

Priority:

(22) Date of filing: **24.09.2020**

(45) Date of publication: **21.04.2021** Bull. № 12

Mail address:

**690922, Primorskiy kraj, g. Vladivostok, o. Russkiy,
p. Ayaks, 10, otdel intellektualnoj sobstvennosti
DVFU, Kan Mariya Romanovna**

(72) Inventor(s):

**Kulchin Iurii Nikolaevich (RU),
Subbotin Evgenii Petrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
uchrezhdenie nauki Institut avtomatiki i
protseosov upravleniia Dalnevostochnogo
otdeleniia Rossiiskoi akademii nauk (RU)**

(54) **LAMP**

(57) Abstract:

FIELD: lighting.

SUBSTANCE: invention relates to lighting devices that provide illumination with light that maximally corresponds to the spectrum of sunlight due to the use of light-emitting diodes. The lamp contains a set of LEDs with different radiation spectra, lying in the wavelength range of the photosynthetically active part of the solar spectrum of the order of 390-740 nm, equipped with power drivers. LEDs with emission spectra in the range of 390-740 nm are used. The spectra of the LEDs used overlap each other in different spectral parts of the range, preferably at the level of 0.1-0.8 of the maximum amplitude at the central wavelength of the radiation. Six types of LEDs of different spectrum with a power from 0.1 to 500 W are used. The emitted spectrum includes the emission spectra of LEDs such

as White, Ultraviolet, Blue, Red, Infrared, and Plant light. The drivers of these LEDs are made with the possibility of supplying power of such a magnitude that the level of luminous flux from the corresponding LEDs is equal to 1; 0.21; 0.83; 0.09; 0.71 of the level of the luminous flux emitted by the Plant light LED. The spectrum type is formed by a set of the one-type LEDs with the ability to generate a luminous flux power that is the same for each individual spectrum type. These LEDs have the maximum radiation at the wavelengths, respectively, 583, 403, 490, 630, 737 and 647 nm.

EFFECT: use of the invention will make it possible to provide a lamp consisting of LEDs of six different types of radiation, with the radiation spectrum closest to sunlight.

3 cl, 3 tbl, 7 dwg



Фиг.3

Изобретение относится к осветительным устройствам, обеспечивающим освещение светом, максимально соответствующим спектру солнечного света за счет использования светоизлучающих диодов.

Известен светильник, содержащий набор светодиодов с разными спектрами излучения, снабженных драйверами, при этом в составе светильника использованы двенадцать красных светодиодов с длиной волны 660 нм, шесть оранжевых светодиодов с длиной волны 612 нм и один синий светодиод с длиной волны 470 нм (см. US № 6921182, 2005).

Известен также светильник, содержащий набор известных светодиодов с разными спектрами излучения, лежащими в диапазоне порядка 400-800 нм, снабженных драйверами (см. RU № 2504143, 2014). При этом в составе светильника использованы по меньшей мере два типа светодиодов, причем предпочтительно, чтобы светодиоды первого типа излучали в области синего цвета с длиной волны от 400 нм до 500 нм, а светодиоды второго типа излучали в области красного цвета с длиной волны от 600 нм до 700 нм, причем свет, излучаемый первой группой светодиодов, состоит приблизительно из 80%-90% красного света и 10%-20% синего света.

Все перечисленные решения были направлены на получение оптимального сочетания длин волн для усиления темпов роста растений, а также снижение энергопотребления и увеличение срока службы светильников, при их технической реализации по сравнению с существующими свето-выращивательными технологиями, но не обеспечивают спектр излучения, близкий к спектру солнца. Кроме того, сочетание длин волн, выбранных для усиления роста растений в существующих технических решениях, непривлекательно для людей, наблюдающих освещенное растение, а иногда даже вредно для глаз.

Известен также светильник, содержащий набор известных светодиодов с разными спектрами излучения, лежащими в диапазоне порядка 400-800 нм, снабженных драйверами, отличается тем, что спектры, составляющие набор отобранных светодиодов, перекрывают друг друга в разных спектральных участках диапазона, предпочтительно на уровне 0,5 от максимальной амплитуды, причем использованы два теплых белых и один зеленый светодиоды с мощностью излучения 10 Вт каждый, синий, голубой, два светодиода полного спектра и по одному светодиоду глубокий красный и инфракрасный светодиоды с мощностью излучения 3 Вт каждый. Изобретение обеспечивает светильнику спектр излучения, соответствующий солнечному свету, при минимизации общего количества используемых светодиодов (см. RU № 2661329, 2018).

Известен также светильник, содержащий набор известных светодиодов с разными спектрами излучения, лежащими в диапазоне длин волн порядка 400-800 нм, снабженных драйверами питания, отличается тем, что использованы светодиоды, спектры излучения которых находятся в диапазоне 400-730 нм, при этом спектры использованных светодиодов перекрывают друг друга в разных спектральных участках диапазона, предпочтительно на уровне 0,4-0,6 от максимальной амплитуды на центральной длине волны излучения, причем использованы девять типов светодиодов разного спектра мощностью от 0,1 до 200 Вт и более каждый, а излучаемый спектр включает спектры излучения таких светодиодов, как Теплый белый, Фиолетовый, Королевский синий, Синий, Голубой, Зеленый, Глубокий красный, Инфракрасный и Растительный свет, с возможным отклонением от центральной длины волны на ± 15 нм, при этом драйверы названных светодиодов выполнены с возможностью подачи энергии питания такой величины, чтобы уровень светового потока от соответствующих светодиодов был равным 1,19; 0,95; 0,24; 0,85; 0,99; 1,08; 0,38 и 1,03 от уровня светового потока, излучаемого светодиодом Растительный свет, с возможным отклонением указанных значений энергии на $\pm 30\%$ (см. RU № 2660245, 2018).

Два перечисленных решения были направлены на обеспечение в светильнике спектра излучения, соответствующего спектру солнечного света в моделируемом диапазоне 400-800 нм, и могут быть использованы для усиления темпов роста растений. Кроме того, сочетание длин волн, выбранных для усиления роста растений в данных технических решениях, привлекательно для людей, наблюдающих освещенное растение. Однако для достижения данного технического эффекта требуется большое количество разных типов светодиодов, излучающих свет разной длины волны, и их точная настройка по уровню светового потока и длине излучаемой волны, что приводит к излишней сложности и дороговизне.

Наиболее близким техническим решением является светильник, содержащий набор известных светодиодов с разными спектрами излучения, лежащими в диапазоне длин волн порядка 400-800 нм, снабженных драйверами питания, отличающийся тем, что использованы светодиоды, спектры излучения которых находятся в диапазоне 430-660 нм, при этом спектры использованных светодиодов перекрывают друг друга в разных спектральных участках диапазона, предпочтительно на уровне 0,4-0,6 от максимальной амплитуды на центральной длине волны излучения, причем использованы шесть типов светодиодов разного спектра мощностью от 0,1 до 200 Вт и более, а излучаемый спектр включает спектры излучения таких светодиодов, как Теплый белый, Королевский синий, Синий, Голубой, Зеленый и Растительный свет, с возможным отклонением от центральной длины волны на ± 15 нм, при этом драйверы названных светодиодов выполнены с возможностью подачи энергии питания такой величины, чтобы уровень светового потока от соответствующих светодиодов был равным 0,94; 0,22; 0,57; 0,81; 0,89 от уровня светового потока, излучаемого светодиодом Растительный свет, с возможным отклонением указанных значений энергии на $\pm 30\%$ (см. RU № 2668841, 2018).

Задача, на решение которой направлено изобретение - обеспечение в светильнике спектра излучения, близкого к спектру солнечного света в диапазоне длин волн 390-740 нм.

Технический результат, проявляющийся при решении поставленной задачи, заключается в обеспечении для светильника спектра излучения, близкого к спектру излучения солнечного света в моделируемом диапазоне, при минимизации общего количества используемых светодиодов.

Для решения поставленной задачи светильник, содержащий набор известных светодиодов с разными спектрами излучения, лежащими в диапазоне длин волн фотосинтетически активной части солнечного спектра, снабженных драйверами питания, отличается тем, что в нем использованы светодиоды, спектры излучения которых находятся в диапазоне 390-740 нм, при этом спектры использованных светодиодов перекрывают друг друга в разных спектральных участках диапазона, предпочтительно на уровне 0,1-0,8 от максимальной амплитуды на центральной длине волны излучения, причем использованы шесть типов светодиодов разного спектра мощностью от 0,1 до 500 Вт, а излучаемый спектр включает спектры излучения таких светодиодов, как Белый, Ультрафиолетовый, Синий, Красный, Инфракрасный и Растительный свет, с возможным отклонением от центральной длины волны на ± 15 нм, при этом драйверы названных светодиодов выполнены с возможностью подачи энергии питания такой величины, чтобы уровень светового потока от соответствующих светодиодов был равным 1; 0,21; 0,83; 0,09; 0,71 от уровня светового потока, излучаемого светодиодом Растительный свет, с возможным отклонением указанных значений энергии на $\pm 30\%$.

Кроме того, тип спектра сформирован набором однотипных светодиодов, с

возможностью генерирования мощности светового потока, одинаковой для каждого отдельного типа спектра.

Кроме того, названные светодиоды имеют максимальное излучение на длинах волн, соответственно 583, 403, 490, 630, 737 и 647 нм.

5 Сопоставительный анализ признаков заявленного решения с признаками прототипа и аналогов свидетельствует о соответствии заявленного решения критерию «новизна».

При этом совокупность признаков отличительной части формулы изобретения обеспечивает светильнику спектр излучения, близкий к солнечному свету, причем признаки отличительной части формулы изобретения обеспечивают решение

10 нижеследующего комплекса функциональных задач:

Признаки «использованы светодиоды, спектры излучения которых находятся в диапазоне 390-740 нм» обеспечивают максимально полное приближение к спектру солнечного света в диапазоне фотосинтетически активной радиации, при минимальном количестве используемых типов светодиодов.

15 Признаки «спектры использованных светодиодов перекрывают друг друга в разных спектральных участках диапазона» способствуют выравниванию (снижению волнистости) суммарного спектра светильника.

Признаки, указывающие что спектры, составляющие набор светодиодов, перекрывают друг друга «предпочтительно на уровне 0,1-0,8 от максимальной

20 амплитуды на центральной длине волны излучения» также способствуют снижению волнистости суммарного спектра светильника.

Признаки, указывающие что «использованы шесть типов светодиодов разного спектра мощностью от 0,1 до 500 Вт, а излучаемый спектр включает спектры излучения таких светодиодов, как Белый, Ультрафиолетовый, Синий, Красный, Инфракрасный

25 и Растительный свет» обеспечивают формирование светильником спектра излучения, близкого к солнечному свету, в диапазоне 390-740 нм.

Признаки, указывающие что возможно отклонение излучаемого светодиодами спектра «от центральной длины волны на ± 15 нм» задают параметры, обеспечивающие компоновку линейки или матрицы светодиодов.

30 Признаки, указывающие что «драйверы названных светодиодов выполнены с возможностью подачи энергии питания такой величины, чтобы уровень светового потока от соответствующих светодиодов был равным 1; 0,21; 0,83; 0,09; 0,71 от уровня светового потока, излучаемого светодиодом Растительный свет» обеспечивают необходимое выравнивание излучений светодиодов, снижающее волнистость суммарного

35 спектра светильника в диапазоне 390-740 нм.

Признаки, указывающие, что возможно отклонение уровня энергии, подаваемой на светодиоды на $\pm 30\%$, задают параметры подачи энергии на светодиоды, обеспечивающие оптимальную компоновку линейки или матрицы светодиодов.

40 Признаки, указывающие что «тип спектра сформирован набором однотипных светодиодов, с возможностью генерирования мощности светового потока, одинаковой для каждого отдельного типа спектра» обеспечивают возможность использования как одиночного светодиода большой мощности, так и матрицы, сформированной из нескольких светодиодов малой мощности.

Признаки, указывающие что «названные светодиоды имеют максимальное излучение

45 на длинах волн, соответственно, 583, 403, 490, 630, 737 и 647 нм» конкретизируют технические характеристики светодиодов.

На фиг.1 показаны спектры излучения шести типов использованных светодиодов, выровненных по мощности излучения.

На фиг.2 показан спектр суммарного излучения шести светодиодов, наиболее близкий солнечному спектру, где пунктирная кривая (Спектр Солнца) - спектр солнца, а кривая (Нормир Сумма) - спектр светильника из шести типов светодиодов.

На фиг.3 показана матрица, состоящая из 24 светодиодов мощностью по 3 Вт шести разных типов, формирующая суммарный спектр излучения в диапазоне длин волн 390-740 нм, который близок к солнечному спектру.

На фиг.4 показан реальный суммарный спектр излучения матрицы (кривая Реальный) при сравнении с расчетным спектром (пунктирная кривая Расчет).

На фиг.5 показаны спектры ФАР облученности в фитобоксе с заявленным светильником (Фитобокс) и в контроле в светокультуральной (Светокультуральная).

На фиг.6 показаны сравнительные фотографии роста картофеля сорта Невский в фитобоксе БС (фото сверху (а)) и в контроле (фото снизу (б)).

На фиг.7 показана плотность мощности излучения светодиодов разного номинала мощности, составляющих матрицу, и их суммарной мощности (сплошная жирная кривая) без применения регулирования драйверами.

В настоящее время промышленность выпускает различные светодиоды с узкой и широкой полосой излучения, с пиком излучения, приходящимся на одну или несколько определенных длин волн излучаемого света. Охвачен широкий диапазон длин волн света от УФ излучения до красного и инфракрасного. Кроме того, имеются светодиоды белого света с различной цветовой температурой и светодиоды растительного света, которые имеют две основные длины волны излучения, приходящиеся на 440 и 660 нм.

Таким образом, если имеется набор светодиодов с различными спектрами (фиг.1), то из них можно набрать линейку или матрицу светодиодов с перекрытием спектральных кривых на уровне примерно 0,1-0,8 и тогда они, суммируя свои энергетические параметры, будут формировать спектр излучения, наиболее близко похожий на солнечный свет (см. фиг.2). Таким образом, если известен моделируемый диапазон спектра солнечного излучения, то подбирая различные светодиоды с разным спектром и задавая им разную интенсивность излучения, можно получить источник света, очень похожий по своему спектру на солнечное излучение.

Трудность заключается в том, что светодиоды имеют очень узкий спектр генерирования излучения определенной длины волны и непостоянный уровень мощности излучения при одних и тех же номиналах выпускаемой продукции у разных производителей и даже в пределах одной партии у одного и того же производителя. Поэтому для перекрытия всего диапазона фотосинтетически активной радиации от 390 до 740 нм солнечного спектра требуется большое количество разных типов светодиодов. Однако чем больше количество используемых светодиодов, тем труднее подобрать их точные параметры излучения, а именно: мощность, длину волны излучения и режимы питания по току, чтобы синтезируемая полоса излучения в точности соответствовала солнечному спектру.

Для того чтобы спектр светового излучения получившегося светильника не имел волнообразный характер, а был бы равномерным, надо чтобы спектры отдельных светодиодов были бы примерно одинаковой формы (ширины) и пересекались друг с другом на уровне 0,4-0,6 от максимума, как это описано в патенте 2018 года (см. RU № 2668841, 2018). Однако это требование вынуждает ограничить полосу излучения светильника в пределах 430-660 нм. Для растений требуется всё излучение, попадающее в диапазон фотосинтетически активной радиации, которая равна 390-740 нм. Поэтому для расширения полосы излучения применяют увеличение количества типов светодиодов до 9 (см. RU № 2660245, 2018). Однако можно получить расширенную полосу излучения

с помощью меньшего количества разных типов светодиодов, если спектры отдельных светодиодов пересекались бы друг с другом на уровне 0,1-0,8 от максимума.

На фиг.1 изображены спектры излучения шести типов светодиодов по отдельности (Белый, Ультрафиолетовый, Синий, Красный, Инфракрасный и Растительный свет), а на фиг.2 их суммарного спектра. Для сравнения на фиг.2 приведен спектр Солнца, изображенный пунктирной линией, и желтым фоном выделен диапазон моделирования солнечного излучения 390-740 нм. Хорошо видно, что достигается весь диапазон излучения от 390 до 740 нм без участков с нулевым уровнем излучения. Неравномерность суммарной кривой примерно одинакова во всем диапазоне излучения.

По каждому типу светодиодов спектрофотометром «ТКА-Спектр» были сняты спектральные и энергетические параметры (фиг.1), которые позволили сформировать излучение светильника, близкое к солнечному спектру (фиг.2).

Моделируемый диапазон 390-740 нм из диапазона фотосинтетически активной радиации солнечного спектра, составляющего 400-800 нм, реализуется набором из шести типов светодиодов, имеющих одинаковую мощность (см. фиг.3).

На фиг.7 видно, что максимальные значения плотности мощности излучения, измеренные прибором спектрофотометром «ТКА-Спектр» на расстоянии 50 см от центра светодиодов, по их оси, имеют разную амплитуду и разные пики излучения. В данном случае на все 3 Вт светодиоды подавался один и тот же ток 700 мА (Табл.1). Если просто просуммировать мощности всех спектров излучения указанных светодиодов, то суммарный спектр будет иметь форму, далекую от спектра солнечного света (на фиг.7 кривая «Сумма» красного цвета). Для того чтобы из этого набора светодиодов получить спектр солнца в диапазоне длин волн 390-740 нм, необходимо привести все пики излучения к одной и той же величине, т.е. пронормировать. Для этого существует два способа: первый - регулировка осуществляется изменением тока питания с помощью токовых драйверов питания у каждого светодиода; второй - регулировка осуществляется подбором количества однотипных по длине волны излучения светодиодов, работающих в номинальном рабочем режиме, но которые имеют разную мощность излучения, т.е. разный паспортный номинал мощности. После приведения уровня излучения всех типов светодиодов к одной и той же величине, спектр излучения всех светодиодов примет вид, изображенный на фиг.1. При этом названные области спектров излучения светодиодов перекрывают друг друга в разных спектральных участках моделируемого диапазона излучения, где-то на уровне 0,1-0,8 от максимальной амплитуды.

Таблица 1

Параметры питания и максимальные амплитуды излучения светодиодов

Цвет	Длина волны (нм)	Ток (мА)	Максимальная амплитуда излучения на соответствующей длине волны в полосе 3,4 нм, измеренная в (мВт/м ²)
Белый	433 и 584	700	4,75 и 3,5
Ультрафиолетовый	403	700	21,2
Синий	490	700	9,6
Красный	630	700	23,3
Инфракрасный	737	700	9,9
Растительный свет	447 и 647	700	6,4 и 4,4

Желтым фоном на фиг.2 выделена область моделирования солнечного спектра в диапазоне длин волн 390-740 нм. В таблице 2 приведены параметры шести типов светодиодов (или наборов светодиодов одного и того же типа), моделирующих диапазон 390-740 нм солнечного спектра после их приведения к одной и той же плотности

излучения и нормирования.

Из табл. 2 видно, что у двух светодиодов имеется два спектральных пика мощности излучения: один из которых Белый - на длине волны 433 нм (максимальная амплитуда равна 1), а на длине волны 584 нм - 0,73; другой светодиод Растительный свет с максимальной амплитудой на длине волны 647 нм - 0,69, а на длине волны 447 нм - 1. Все остальные светодиоды имеют один пик излучения. Измерения проводились спектрофотометром «ТКА-Спектр», на расстоянии 500 мм от центра светодиодов по их оси.

Таблица 2

10 Параметры светодиодов, моделирующих диапазон 390-740 нм солнечного спектра

Цвет	Длина волны (нм)	Максимальная нормированная амплитуда излучения на соответствующей длине волны в полосе 3,4 нм
Белый	433 и 584	1 и 0,73
Ультрафиолетовый	403	1
Синий	490	1
Красный	630	1
Инфракрасный	737	1
Растительный свет	447 и 647	1 и 0,69

20 Если каждый светодиод будет излучать световую энергию, измеренную в Вт/м² в пропорциях, соответствующих коэффициентам, приведенным в табл. 3, то получится суммарный спектр мощности излучения светильника, показанный на фиг.2. (кривая Нормир Сумма), который хорошо совпадает со спектром мощности излучения Солнца в этом диапазоне.

25 В этом случае все светодиоды должны получать энергию от токовых драйверов питания таким образом, чтобы их излучение соответствовало коэффициентам таблицы 3. В результате будет сформирован суммарный спектр излучения светильника, наиболее близко повторяющий спектр излучения солнечного света (фиг.2, пунктирная кривая). Спектр мощности солнечного света измерялся спектрофотометром марки «ТКА-Спектр» во Владивостоке 11.02.2017 в 10-38 местного времени.

30 В процессе работы была сформирована действующая матрица светодиодов (фиг.3), состоящая из шести групп разных типов светодиодов по 4 штуки в каждой группе. В матрице каждая группа светодиодов была запитана током с помощью токовых драйверов таким образом, чтобы мощность излучения каждой группы светодиодов, измеренная на расстоянии 50 см от светодиодов, давала вклад в суммарное излучение в соответствии с режимами, указанными в таблице 3.

Таблица 3

Параметры коэффициентов мощности излучения светодиодов

Цвет	Длина волны (нм)	Коэффициент
Белый	433 и 584	1
Ультрафиолетовый	403	0,21
Синий	490	0,83
Красный	630	0,09
Инфракрасный	737	0,71
Растительный свет	447 и 647	1

40 При включении всех светодиодов с указанными режимами спектр мощности излучения светильника характеризовался зависимостью, показанной на фиг.5 (кривая Фитобокс). Полученная всего из шести разных типов светодиодов, плотность мощности излучения,

в среднем равная 40 мВт/м^2 в диапазоне длин волн 390-740 нм на расстоянии 50 см от светильника, имеет гладкий волнообразный характер и наиболее близко соответствует солнечному спектру со среднеквадратичной ошибкой отклонения, не превышающей 32%.

5 Очень важно отметить, что коэффициенты в таблице 3 относятся к плотности мощности излучения света, или к спектральной облученности, измеренной на одном и том же расстоянии одним и тем же прибором спектрофотометром. При этом
10 приведенные в табл. 3 коэффициенты никак не характеризуют потребляемую светодиодами энергию или величину тока, протекающую через светодиоды. Это связано с тем, что КПД у каждого светодиода разный и режимы питания тоже все разные. Если
15 есть два светодиода одинакового типа, но с разными КПД, например 15% и 30%, то спектральная облученность, полученная на одном и том же расстоянии, у первого светодиода будет в 2 раза меньше при одном и том же питании по току или потребляемой мощности, чем у второго. И если их запитать по току в соответствии с табл. 3, то
20 суммарный спектр всех светодиодов будет сильно отличаться от расчетного спектра, изображенного на фиг.2. В случае если имеются два светодиода с одинаковой длиной волны излучения, но разным номиналом мощности, например 1 Вт и 10 Вт, то первый тип светодиода можно запитать максимальным током 300 мА, а второй тип - 900 мА. Соответственно плотности мощности излучения световой энергии у них будут очень
25 сильно отличаться. Кроме того, очень важно использовать такие режимы питания всех шести типов светодиодов (или групп однотипных по длине волны излучения светодиодов в сборке), чтобы в каждой группе однотипные светодиоды (светодиоды, излучающие свет одной и той же длины волны) давали суммарный пик излучения одинаковой
30 величины, которую удобно приравнять к относительной единице, как это изображено на фиг.1.

Для проверки соответствия формируемого светильником искусственного солнечного света естественному был проведен биологический эксперимент на сорте картофеля «Невский». Эксперимент проводился на базе Федерального государственного
35 бюджетного учреждения науки «Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии» ДВО РАН.

Исходный безвирусный материал в виде ростков был помещен в одинаковую питательную среду в пробирках. Температура в помещении поддерживалась постоянной в течение всего эксперимента и равнялась 25°C . Режим светового дня и ночи
40 поддерживался в соотношении 16:8. Далее пробирки разделили на две группы: одну поместили в полностью закрытый от внешнего света фитобокс (БС), внутри которого светильник из шести групп светодиодов излучал свет, спектр которого в диапазоне 390-740 нм (фиг.4) наиболее близко соответствовал солнечному спектру. Для увеличения плотности мощности излучения и уменьшения рассеяния света фитобокс изнутри был
45 обшит светоотражающей алюминиевой пленкой с коэффициентом отражения, равным 95%. Вторую группу поместили в стандартные условия светокультуральной. Спектр и плотность мощности света в фитобоксе и в светокультуральной при проведении эксперимента приведены на фиг.5. Группа пробирок с картофелем в светокультуральной использовалась как контрольная.

В момент размещения растений в фитобоксе и светокультуральной, а также в конце
50 эксперимента, который длился 28 суток, пробирки фотографировались для сравнительного изучения роста (фиг. 6), а в конце эксперимента проводились инструментальные замеры следующих параметров: длины стебля, количества ярусов листьев, сырого веса корней и надземной части растений.

Анализ темпов роста и развития картофеля в пробирках (фиг. 6) показал, что в случае облучения растения искусственным солнечным светом оно развивается намного быстрее, чем в контрольной группе, что проявляется в толщине и длине стебля, величине площади листьев и массе растения. У растения в экспериментальном фитобоксе эти показатели оказались намного больше контрольных значений, полученных для растений, выращиваемых в светокультуральной. Кроме того, в фитобоксе с искусственным солнечным светом корнеобразование началось на 1 неделю раньше, и количество корневых волосков и их масса были значительно больше контрольных.

10 (57) Формула изобретения

1. Светильник, содержащий набор светодиодов с разными спектрами излучения, отличающийся тем, что использованы светодиоды, спектры излучения которых находятся в диапазоне длин волн фотосинтетически активной части солнечного спектра порядка 390-740 нм, снабженных драйверами питания, при этом спектры
15 использованных светодиодов перекрывают друг друга в разных спектральных участках диапазона, предпочтительно на уровне 0,1-0,8 от максимальной амплитуды на центральной длине волны излучения, причем использованы шесть типов светодиодов разного спектра мощностью от 0,1 до 500 Вт, а излучаемый спектр включает спектры излучения таких светодиодов, как Белый, Ультрафиолетовый, Синий, Красный,
20 Инфракрасный и Растительный свет с возможным отклонением от центральной длины волны на ± 15 нм, кроме того драйверы названных светодиодов выполнены с возможностью подачи энергии питания такой величины, чтобы уровень светового потока от соответствующих светодиодов был равным 1; 0,21; 0,83; 0,09; 0,71 от уровня светового потока, излучаемого светодиодом Растительный свет с возможным
25 отклонением указанных значений энергии на $\pm 30\%$.

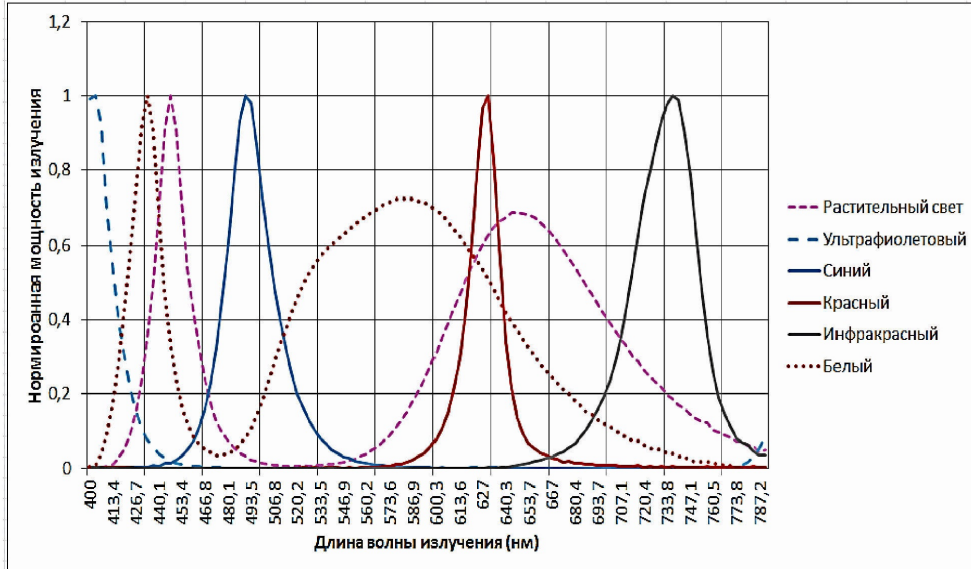
2. Светильник по п.1, отличающийся тем, что тип спектра сформирован набором однотипных светодиодов с возможностью генерирования мощности светового потока, одинаковой для каждого отдельного типа спектра.

3. Светильник по п.1, отличающийся тем, что названные светодиоды имеют
30 максимальное излучение на длинах волн, соответственно 583, 403, 490, 630, 737 и 647 нм.

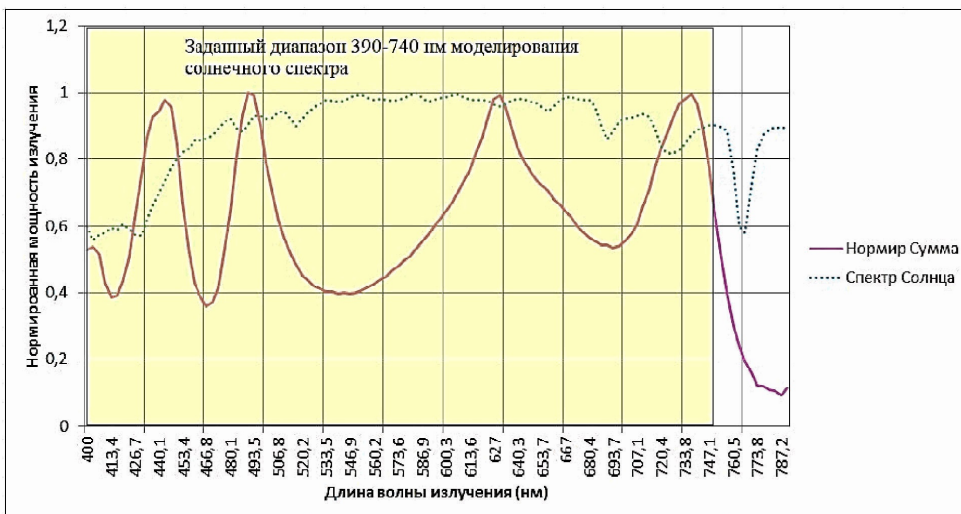
35

40

45



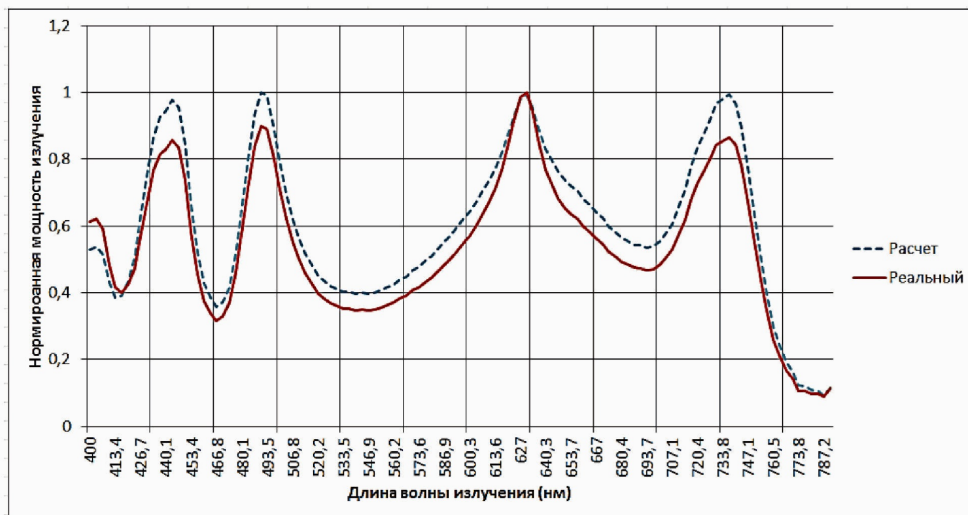
Фиг. 1



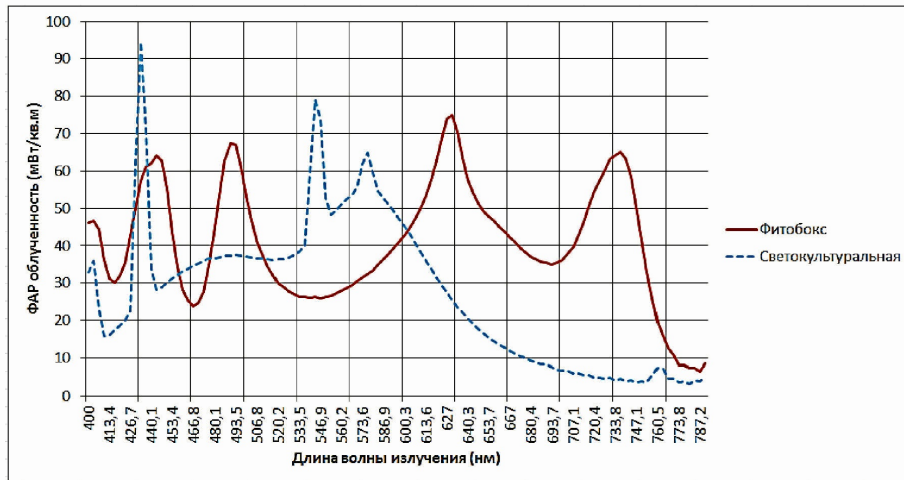
Фиг. 2



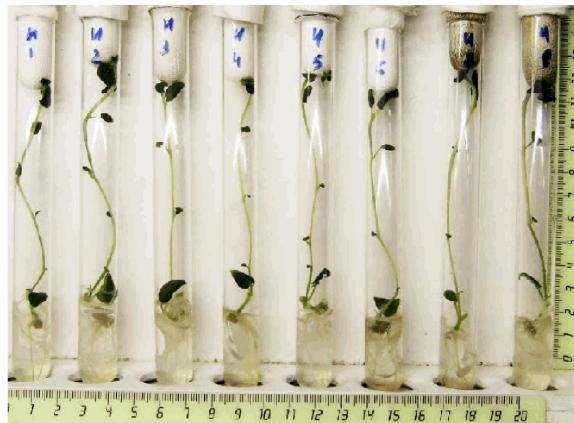
Фиг.3



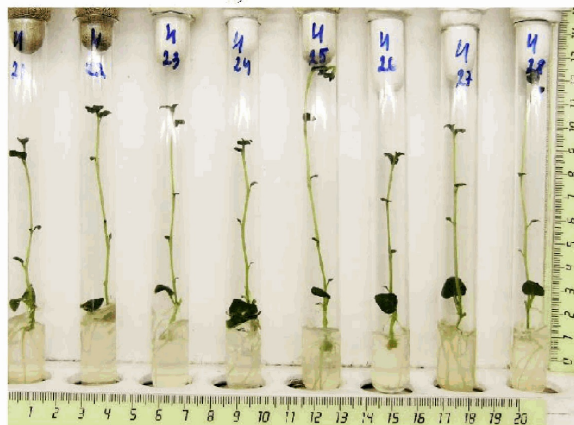
Фиг.4



Фиг. 5

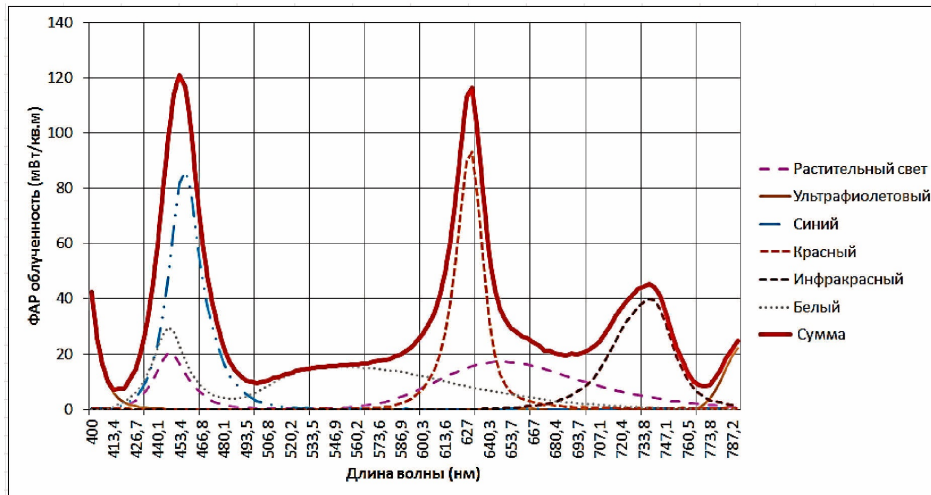


а)



б)

Фиг. 6



Фиг. 7