



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014115713/28, 23.03.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.03.2012

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
20.09.2011 EP 11181914.0

(43) Дата публикации заявки: 27.10.2015 Бюл. № 30

(45) Опубликовано: 10.06.2016 Бюл. № 16

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: EP1686630A2, 02.08.2006. EP1588427A2,
26.10.2005. JP2007234637A, 13.09.2007.
US2008089053A1, 17.04.2008. US200823339A1,
29.05.2008. WO2010002708A1, 07.01.2010.
US2010258828A1, 14.10.2010. WO2011033406A2,
24.03.2011. RU2083031C1, 27.06.1997.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 21.04.2014(86) Заявка РСТ:
IB 2012/051405 (23.03.2012)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2013/041979 (28.03.2013)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

ЯГТ Хендрик Йоханнес Баудевейн (NL),
ВДОВИН Александр Валентинович (NL),
ВЕРСЮРЕН Кун Адрианус (NL),
КЛЕЙНЕН Кристиан (NL),
ДЕЙКЕН Дюрандус Корнелиус (NL),
КРЕЙН Марселлиус Петрус Каролус
Михаэль (NL)

(73) Патентообладатель(и):

КОНИНКЛЕЙКЕ ФИЛИПС Н.В. (NL)

(54) СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИЙ МОДУЛЬ, ЛАМПА, ОСВЕТИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО И УСТРОЙСТВО
ОТОБРАЖЕНИЯ

(57) Реферат:

Светоизлучающий модуль (150) излучает свет через окно (104) выхода света и содержит основу (110), твердотельный излучатель (154, 158) света и частично рассеивающий отражающий слой (102). Основа (110) имеет светоотражающую поверхность (112), которая обращена к окну (104) выхода света. Светоотражающая поверхность (112) имеет коэффициент R_{base} отражения основы, который задан отношением между количеством света, которое отражено светоотражающей

поверхностью, и количеством света, которое падает на светоотражающую поверхность. Твердотельный излучатель (154, 158) света излучает свет первого цветового диапазона (114), содержит верхнюю поверхность (152, 158) и имеет коэффициент R_{SSL} отражения твердотельного излучателя света, который задан отношением между количеством света, которое отражается твердотельным излучателем (154, 156) света, и количеством света, которое падает на верхние

поверхности (152, 158) твердотельного излучателя (154, 156) света. Наибольший линейный размер d_{SSL} верхней поверхности (106) по меньшей мере одного твердотельного излучателя света задается как наибольшее расстояние от точки на верхней поверхности (152, 158) по меньшей мере одного твердотельного излучателя света до другой точки на верхней поверхности (152, 158) по меньшей мере одного твердотельного излучателя света вдоль прямой линии. Окно (104) выхода света содержит, по меньшей мере, часть частично рассеивающего отражающего слоя (102). Отношение площадей твердотельного излучателя света ρ_{SSL} задается как отношение между площадью верхней поверхности по меньшей мере одного твердотельного излучателя света и площадью светотражающей поверхности

основы. Зазор с расстоянием h присутствует между верхней поверхностью (152, 158) по меньшей мере одного твердотельного излучателя (154, 156) света и частично рассеивающим отражающим слоем (102). Относительно эффективный светоизлучающий модуль может быть получен, если линейный размер $0,3 \times d_{SSL} \leq h \leq 5 \times d_{SSL}$ для $0 < \rho_{SSL} < 0,1$, $0,15 \times d_{SSL} \leq h \leq 3 \times d_{SSL}$ для $0,1 \leq \rho_{SSL} \leq 0,25$, и $0,1 \times d_{SSL} \leq h \leq 2 \times d_{SSL}$ для $\rho_{SSL} > 0,25$, и если значение коэффициента R_{base} отражения основы превышает 70% и превышает коэффициент R_{SSL} отражения твердотельного излучателя света. Изобретение обеспечивает формирование относительно эффективного светоизлучающего модуля. 4 н. и 11 з.п. ф-лы, 21 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2014115713/28, 23.03.2012**(24) Effective date for property rights:
23.03.2012

Priority:

(30) Convention priority:
20.09.2011 EP 11181914.0(43) Application published: **27.10.2015** Bull. № 30(45) Date of publication: **10.06.2016** Bull. № 16(85) Commencement of national phase: **21.04.2014**(86) PCT application:
IB 2012/051405 (23.03.2012)(87) PCT publication:
WO 2013/041979 (28.03.2013)

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, stroenie 3,
OOO "JURidicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**YAGT KHendrik Jokhannes Baudevejn (NL),
VDOVIN Aleksandr Valentinovich (NL),
VERSYUREN Kun Adrianus (NL),
KLEJNEN Kristian (NL),
DEJKEN Dyurandus Kornelius (NL),
KREJN Marsellinus Petrus Karolus Mikhael
(NL)**

(73) Proprietor(s):

KONINKLEJKE FILIPS N.V. (NL)(54) **LIGHT-EMITTING MODULE, LAMP, LIGHTING DEVICE AND DISPLAY DEVICE**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: light emitting unit (150) emits light through window (104) and light output comprises base (110), solid state emitter (154, 158) and partially diffusing light reflecting layer (102). Base (110) has light-reflecting surface (112), facing window (104) of light output. Light-reflecting surface (112) has coefficient of reflection R_{base} base, which is ratio between amount of light reflected light-reflecting surface, and amount of light incident on light-reflecting surface. Solid-state light emitter (154, 158) emits light of first colour range (114), comprises top surface (152, 158) and has coefficient of reflection R_{SSL} of solid-state light emitter, which is defined by ratio between amount of light which is reflected by solid-state emitter (154, 156) of light and light incident on upper surface (152, 158) of solid-state light emitter (154, 156). Largest linear size d_{SSL} of upper surface (106) at least one of solid-state light emitter is set as maximum distance from point on upper surface (152, 158) at least one of

solid-state light emitter to other point on upper surface (152, 158) at least one of solid-state light emitter along a straight line. Window (104) of light output comprises at least a portion of partially scattering reflecting layer (102). Ratio of areas of solid-state light emitter ρ_{SSL} is set as ratio between area of upper surface of at least one of solid-state light emitter and area of light-reflecting surface of base. Gap with distance h exists between upper surface (152, 158) of at least one of solid-state light emitter (154, 156) and partially scattering reflecting layer (102). Relative efficient light-emitting module can be obtained, if linear size of $0.3 \times d_{SSL} \leq h \leq 5 \times d_{SSL}$ for $0 < \rho_{SSL} < 0.1$, $0.15 \times d_{SSL} \leq h \leq 3 \times d_{SSL}$ for $0.1 \leq \rho_{SSL} \leq 0.25$, and $0.1 \times d_{SSL} \leq h \leq 2 \times d_{SSL}$ for $\rho_{SSL} > 0.25$, and if coefficient of reflection R_{base} base exceeds 70 % and exceeds R_{SSL} coefficient of reflection of solid-state light emitter.

EFFECT: invention enables to form in relation to efficient light-emitting module.

R U 2 5 8 6 3 8 5 C 2

R U 2 5 8 6 3 8 5 C 2

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Изобретение относится к светоизлучающему модулю, который содержит люминесцентный слой и твердотельный излучатель света. Изобретение также относится к лампе, осветительному устройству и устройству отображения, содержащим

5 светоизлучающий модуль.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

В опубликованной заявке на патент US2009/0322208 A1 раскрыто светоизлучающее устройство. Светоизлучающий диод (LED) находится внутри конической полости, сформированной корпусом с углублением. На передней стороне корпуса с углублением

10 коническая полость покрыта прозрачным теплопроводящим слоем, на котором находится термостойкий люминесцентный слой. В основной плате корпуса с углублением находится теплоотвод, и боковые стенки корпуса с углублением покрыты металлическим каркасом. Коническая полость может быть заполнена материалом, таким как кремнийорганический материал.

15 LED излучает свет первого цвета в направлении люминесцентного слоя. Часть излучаемого света может быть отражена или рассеяна обратно в полость люминесцентным слоем. Другая часть излучаемого света преобразуется люминесцентным слоем в свет второго цвета. Когда люминесцентный слой излучает свет второго цвета, этот свет излучается во всех направлениях, и, таким образом, часть

20 света другого цвета излучается в полость. Свет, который отражен обратно в полость, или свет второго цвета, который излучается в полость, частично падает на основание полости, частично падает на стенку полости и частично падает на LED. На поверхностях LED и на поверхностях полости свет частично отражается и частично поглощается. В частности, поглощение света приводит к неэффективности светоизлучающего

25 устройства.

Некоторые производители световых модулей предоставляют светоизлучающие модули, которые содержат полость с основанием. Эти модули часто имеют множество излучателей света, таких как, например, LED, расположенных на основании. В некоторых вариантах осуществления этих светоизлучающих модулей люминесцентный

30 слой наносится непосредственно поверх излучателей света, например, через связывающий слой, и в других вариантах осуществления люминесцентный слой представляет собой так называемый удаленный люминесцентный слой, что означает наличие относительно большого расстояния между излучателем света и люминесцентным слоем, составляющего сантиметры по порядку величины.

35 Проблема светоизлучающих модулей, у которых люминесцентный слой находится непосредственно поверх излучателей света, состоит в том, что свет, направленный обратно от люминесцентного слоя к LED, имеет низкую эффективность повторного использования вследствие того, что задние отражатели в LED имеют ограниченный коэффициент отражения (обычно, заднее зеркало сделано из серебра, с 90%-м

40 коэффициентом отражения). В действительности фактический коэффициент отражения еще ниже, поскольку материал излучателя света, которым обычно является GaN/InGaN или AlInGaN, имеет высокий показатель преломления, что приводит к захвату света в излучателе света, и, таким образом, еще больше ограничивает отражение металла.

Типичные коэффициенты отражения LED близки к 70% (усреднено по видимому спектру частот и измерено при нормальном падении). Другая проблема данных светоизлучающих

45 модулей заключается в формировании участков локального перегрева, в которых большая часть света сконцентрирована в области наверху LED, и, следовательно, светоотдача модуля является очень неравномерной, что приводит к наличию участков

локального перегрева как по светоотдаче, так и по распределению тепла. Кроме того, слой люминофора наверху кристалла LED может стать относительно горячим и возбуждаться с высокой магнитной индукцией, приводя к неоптимальной эффективности преобразования люминофора, таким образом, ограничивая эксплуатационные

5 характеристики люминесценции.

Светоизлучающие модули с удаленным люминесцентным слоем обычно более эффективны, чем светоизлучающие модули с излучателями света, у которых люминесцентный слой находится непосредственно поверх них, вследствие более эффективного повторного использования света в полости. Также светоотдача этих

10 модулей обычно более однородна, что снижает число участков локального перегрева. Однако светоизлучающие модули с удаленным люминесцентным слоем имеют относительно большой размер по сравнению со светоизлучающими модулями с излучателями света, у которых люминесцентный слой находится непосредственно

15 поверх них. Относительно крупногабаритные решения для удаленного люминесцентного слоя не могут применяться в применениях с ограниченным размером, таких как точечный осветитель, например, галогеновые лампы и лампы с параболическим отражателем.

Другой недостаток светоизлучающих модулей с удаленными люминесцентными слоями состоит в том, что относительно большая площадь люминесцентного слоя

20 приводит к относительно высокому уровню стоимости материалов. Кроме того, проводимость тепла в пределах слоя люминофора направлена только поперечно к боковым стенкам излучателям света, и вследствие их крупногабаритной конструкции возможность отведения тепла от удаленной пластины люминофора может быть ограничена.

В EP1686630 A2 раскрыто устройство LED, имеющее рассеивающую отражающую поверхность, которое содержит кристалл LED, излучающую свет, чашу отражателя, на нижней поверхности которой находится кристалл LED, и который имеет наклонную

25 поверхность, которая отражает с рассеянием свет, излученный кристаллом LED, и преобразующий свет материал, обеспеченный в чаше отражателя и преобразующий

30 свет, излученный кристаллом LED, в лучи видимого света. Преобразующий свет материал пространственно отделен от кристалла LED на расстояние, большее либо равное максимальной длине кристалла LED.

В работе Luo Hong et al. "Analysis of high-power packages for phosphor-based white-light-emitting diodes", Applied Physics Letters, AIP, American Institute of Physics, Melville, NY, US,

35 vol. 86, no. 24, 8 June 2005, pp. 243505-1 - 243505-3 раскрыта оптимизированная конструктивная конфигурация для высокоомощных ламп на излучающих белый свет диодах (LED), в которых используется рассеивающая чаша отражателя, большое

40 расстояние между первичным излучателем (кристаллом LED) и преобразователем длины волны (люминофором) и заключение в оболочку полусферической формы.

В EP1930959 A1 раскрыто светоизлучающее устройство, содержащее кристалл LED и линзу, размещенную вне кристалла на расстоянии, по меньшей мере в два раза

45 превышающем длину самой длинной стороны указанного кристалла, а также слой люминофора, содержащийся внутри или нанесенный на поверхность указанной линзы для преобразования по меньшей мере части излучения, излучаемого кристаллом, в видимый свет. Размещение слоя люминофора на расстоянии от LED улучшает

эффективность устройства и позволяет обеспечить более согласованное воспроизведение света.

В US2006/097245 A1 раскрыто светопрозрачное покрытие, нанесенное по меньшей

мере на один светоизлучающий кристалл. Люминофор размещается на имеющем форму купола светопрозрачном покрытии или внутри него. Люминофор выдает преобразованный свет в ответ на облучение по меньшей мере одной излучающей свет кристаллом. Герметик, по существу, заполняет внутренний объем, заданный

5 светопрозрачным покрытием и печатной платой.

В US2006/171152 A1 раскрыто светоизлучающее устройство, имеющее светоизлучающий элемент с перевернутым монтажом, подложку, на которую установлен светоизлучающий элемент, состоящую из неорганического материала, запечатывающую часть для запечатывания светоизлучающего элемента, при этом запечатывающая часть

10 состоит из запечатывающего неорганического материала, сформированную оптическую часть с формой, близкой к полусферической, при этом оптическая часть состоит из запечатывающего неорганического материала, и сформированную люминофорную часть, покрывающую оптическую часть.

В US2008/054281 A1 раскрыто светоизлучающее устройство, имеющее источник света для излучения коротковолнового излучения и оптическое устройство,

15 сконфигурированное для приема излучения, излученного источником света. Устройство направляет по меньшей мере часть коротковолнового излучения, излученного источником света, на оптическое устройство, при этом материал, преобразующий частоту излучения с понижением, принимает по меньшей мере часть коротковолнового

20 излучения, направленного на оптическое устройство, в одной спектральной области, и излучает излучение в другой спектральной области.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Целью настоящего изобретения является предоставление светоизлучающего модуля, который является относительно эффективным.

В первом аспекте изобретения представлен светоизлучающий модуль, как заявлено в пункте 1. Во втором аспекте изобретения представлена лампа, как заявлено в пункте 13. В третьем аспекте изобретения представлено осветительное устройство, как заявлено в пункте 14. В четвертом аспекте изобретения представлено устройство отображения, как заявлено в пункте 15. Предпочтительные варианты осуществления определены в

30 зависимых пунктах.

Светоизлучающий модуль в соответствии с первым аспектом изобретения излучает свет через окно выхода света. Светоизлучающий модуль содержит основу, по меньшей мере один твердотельный излучатель света и частично рассеивающий отражающий слой, который представляет собой слой, обладающий рассеивающими отражающими

35 свойствами, при этом по меньшей мере часть падающего света отражается с рассеиванием, и по меньшей мере часть падающего света передается через этот слой. Основа имеет поверхность, и по меньшей мере часть поверхности основы отражает свет, который падает на поверхность основы. Часть поверхности основы, которая отражает свет, далее в настоящем документе называется светоотражающей

40 поверхностью основы. Светоотражающая поверхность имеет коэффициент отражения основы, который определяется отношением между количеством света, которое отражено светоотражающей поверхностью основы, и количеством света, которое падает на светоотражающую поверхность основы. По меньшей мере один твердотельный излучатель света сконфигурирован для того, чтобы излучать свет в первом цветовом

45 диапазоне, и имеет верхнюю поверхность и коэффициент отражения твердотельного излучателя света, который определяется отношением между количеством света, которое отражено по меньшей мере одним твердотельным излучателем, и количеством света, которое падает на верхнюю поверхность по меньшей мере одного твердотельного

излучателя света. Наибольший линейный размер верхней поверхности по меньшей мере одного твердотельного излучателя света задается как наибольшее расстояние от точки на верхней поверхности по меньшей мере одного твердотельного излучателя света до другой точки на верхней поверхности по меньшей мере одного твердотельного излучателя света вдоль прямой линии. Окно выхода света содержит, по меньшей мере, часть частично рассеивающего отражающего слоя. Отношение площадей твердотельного излучателя света задается как отношение между площадью верхней поверхности по меньшей мере одного твердотельного излучателя света и площадью светоотражающей поверхности основы. Значение коэффициента отражения основы составляет более 70% и превышает коэффициент отражения твердотельного излучателя света. Между верхней поверхностью по меньшей мере одного твердотельного излучателя света и частично рассеивающим отражающим слоем имеется зазор. Зазор определяется расстоянием между верхней поверхностью по меньшей мере одного твердотельного излучателя света и частично рассеивающим отражающим слоем. Это расстояние находится в диапазоне с минимальным значением, большим либо равным 0,3, умноженным на наибольший линейный размер верхней поверхности, и максимальным значением, меньшим либо равным 5, умноженным на наибольший линейный размер верхней поверхности, для относительно малого значения отношения площадей твердотельного излучателя, то есть меньшего чем 0,1. Для промежуточных значений отношения площадей твердотельного излучателя, то есть в диапазоне с минимальным значением, которое больше либо равно 0,1, и максимальным значением, которое меньше либо равно 0,25, расстояние находится в диапазоне с минимальным значением, большим либо равным 0,15, умноженным на наибольший линейный размер верхней поверхности, и максимальным значением, меньшим либо равным 3, умноженным на наибольший линейный размер верхней поверхности. Для относительно большого значения отношения площадей твердотельного излучателя, то есть большего чем 0,25, расстояние находится в диапазоне с минимальным значением, большим либо равным 0,1, умноженным на наибольший линейный размер верхней поверхности, и максимальным значением, меньшим либо равным 2, умноженным на наибольший линейный размер верхней поверхности.

Расстояние между верхней поверхностью твердотельного излучателя света и частично рассеивающим отражающим слоем задается как длина самой короткой линейной траектории между верхней поверхностью по меньшей мере одного твердотельного излучателя света и поверхностью частично рассеивающего отражающего слоя, которая обращена в направлении по меньшей мере одного твердотельного излучателя света. Если светоизлучающий модуль содержит более одного твердотельного излучателя света, то расстояние между верхними поверхностями твердотельных излучателей света и частично рассеивающим отражающим слоем представляет собой среднее расстояний между каждой из верхних поверхностей твердотельных излучателей света и частично рассеивающим отражающим слоем.

Наибольший линейный размер верхней поверхности твердотельного излучателя света задается как наибольшее расстояние от точки на верхней поверхности по меньшей мере одного твердотельного излучателя света до другой точки на верхней поверхности по меньшей мере одного твердотельного излучателя света вдоль прямой линии. Если светоизлучающий модуль содержит более одного твердотельного излучателя света, то используется среднее значение наибольших линейных размеров верхних поверхностей. Верхняя поверхность может иметь любую форму, например, квадрат, прямоугольник, круг или эллипс. Для квадрата или прямоугольника наибольшее линейное расстояние

равно длине диагонали квадрата или прямоугольника. Для круга наибольшее линейное расстояние равно длине диаметра круга.

Изобретателями было обнаружено с помощью экспериментов, что расстояние между твердотельным(-и) излучателем(-ями) света и частично рассеивающим отражающим
5 слоем должно иметь минимальное значение, выше которого можно получить относительно большую светоотдачу светоизлучающего модуля, и которое зависит от отношения площадей твердотельного излучателя. Ниже этого минимального значения светоизлучающий модуль работает менее эффективно, и слишком много света отражается, подвергается обратному рассеянию и/или повторно излучается частично
10 рассеивающим отражающим слоем на по меньшей мере один твердотельный излучатель света. Кроме того, изобретатели обнаружили, что когда расстояние между по меньшей мере одним твердотельным излучателем света и частично рассеивающим отражающим слоем становится слишком большим, светоотдача начинает уменьшаться, и поэтому это становится невыгодным, и также зависит от значения отношения площадей
15 твердотельного излучателя. Уменьшение является результатом большего поглощения света, потому что свет проходит более длинный путь через светоизлучающий модуль и, следовательно, может испытать больше событий поглощения.

Значение коэффициента отражения основы, по меньшей мере, больше, чем значение коэффициента отражения твердотельного излучателя света, и, следовательно, основа
20 поглощает меньше света, чем твердотельный излучатель. Это является преимуществом, поскольку основой отражается больше света, и, следовательно, больше света может быть излучено через окно выхода света в окружающую среду светоизлучающего модуля. Это фактически означает, что основой отражается больше света, который впоследствии повторно используется, а не поглощается. Эффективность светоизлучающего модуля
25 в целом улучшается, поскольку потери света в светоизлучающем модуле по изобретению минимизируются. По сравнению со светоизлучающими модулями с люминесцентным слоем, расположенным непосредственно сверху твердотельного излучателя света, меньше света теряется при поглощении света твердотельного излучателя света. По сравнению со светоизлучающими модулями с удаленным люминесцентным слоем,
30 выполняющим роль частично рассеивающего отражающего слоя, свет, который был отражен, обратно рассеян и/или повторно излучен частично рассеивающим отражающим слоем во внутреннюю часть модуля, повторно используется с большей эффективностью, поскольку он меньше взаимодействует (отражается) в модуле до выхода из окна выхода света. В результате светоизлучающий модуль по изобретению является относительно
35 эффективным.

Изобретатели экспериментально обнаружили, что конкретная комбинация коэффициента отражения основы, превышающего коэффициент отражения твердотельного излучателя света согласно ранее заданному критерию, и критерия
40 расстояния между верхней поверхностью твердотельного(-ых) излучателя(-ей) и люминесцентным слоем, находящегося в конкретном диапазоне, приводит к относительно высокой светоотдаче и, следовательно, делает светоизлучающий модуль относительно эффективным.

Зазор должен интерпретироваться в широком смысле. Его значение заключается в том, что частично рассеивающий отражающий слой не находится в непосредственном
45 контакте с верхней поверхностью или верхними поверхностями по меньшей мере одного твердотельного излучателя света, и в наличии некоторого расстояния между по меньшей мере одним твердотельным излучателем света и частично рассеивающим отражающим слоем. Зазор может быть заполнен воздухом, но в зазоре также может присутствовать

по существу прозрачный материал.

Если частично рассеивающий отражающий слой не будет находиться в непосредственном контакте с верхней поверхностью твердотельного излучателя света или твердотельных излучателей света, то относительно большее количество света будет
5 отражено и излучено в направлении светоотражающей поверхности. Если, по изобретению, у светоотражающей поверхности будет более высокий коэффициент отражения, чем у по меньшей мере одного твердотельного излучателя света, то больше света будет отражено обратно к частично рассеивающему отражающему слою и, следовательно, будет получена более высокая светоотдача.

10 Изобретатели экспериментально обнаружили, что оптический эффект относительно высокого коэффициента отражения может еще больше увеличить светоотдачу. Если имеется зазор между твердотельным(-и) излучателем(-ями) света и частично рассеивающим отражающим слоем, то по меньшей мере один твердотельный излучатель света не становится настолько же теплым, как это было бы, если бы частично
15 рассеивающий отражающий слой был расположен наверху или очень близко к твердотельному(-м) излучателю(-ям) света. Это дополнительно повышает эффективность по меньшей мере одного твердотельного излучателя света и может позволить более высокую токовую нагрузку до достижения критической температуры в твердотельном излучателе света или паяном соединении твердотельного излучателя света.

20 Следовательно, достигается более высокая абсолютная светоотдача. Кроме того, если частично рассеивающий отражающий слой не является непосредственно термически связанным по меньшей мере с одним твердотельным излучателем света, то он не получает тепло от по меньшей мере одного твердотельного излучателя света. То, насколько хорошо частично рассеивающий отражающий слой может быть охлажден,
25 зависит от качества теплового взаимодействия с основой и возможного теплоотвода, с которым соединен модуль.

Таким образом, конкретная комбинация коэффициента отражения основы, превышающего коэффициент отражения твердотельного излучателя света в соответствии с наличием зазора, приводит к более высокой светоотдаче, чем можно ожидать только
30 на основе оптического эффекта более высокого отражения светоотражающей поверхностью основы.

В одном из вариантов осуществления частично рассеивающий отражающий слой содержит люминесцентный материал для преобразования, по меньшей мере, части света первого цветового диапазона в свет второго цветового диапазона. Свет второго
35 цветового диапазона излучается люминесцентным материалом во всех направлениях, и часть этого света также излучается в направлении по меньшей мере одного твердотельного излучателя света или в направлении светоотражающей поверхности основы.

При преобразовании света из первого спектра частот во второй спектр частот в
40 случае, когда частично рассеивающий отражающий слой выполняет функцию люминесцентного слоя, происходит частичное преобразование энергии света в тепло, обычно называемое потерями 'Стоксова сдвига'. Кроме того, на практике квантовый выход (QE) люминесцентного(-ых) материала(-ов) ограничен, например, значением 0,9, что приводит к дальнейшему термическому нагреву частично рассеивающего
45 отражающего слоя, содержащего люминесцентный материал, далее в настоящем документе называемого люминесцентным слоем. Эффективность люминесцентного материала выше, если температура люминесцентного материала остается в рамках приемлемых пределов. Этого можно достичь путем ограничения нагрузки светового

потока, то есть, распределения плотности потока, на люминесцентном материале, например, посредством использования конкретного расстояния между твердотельными излучателями света и люминесцентным слоем, что позволяет свету рассеиваться, посредством чего снижается плотность потока на люминесцентном слое. Однако, более

5 предпочтительной является оптимизация теплового сопротивления между люминесцентным слоем и основой и между люминесцентным слоем и теплоотводом с целью достижения низкого теплового сопротивления. Это может быть достигнуто различными средствами, например, посредством соединения люминесцентного слоя с теплопроводящей стенкой по окружности выходного окна, или посредством нанесения

10 между излучателями и основой и люминесцентным материалом теплопроводящего материала, такого как теплопроводящее стекло или керамика, или посредством нанесения на люминесцентный слой теплоотводящих слоев или структур, таких как несущая основа, к которой прикреплен люминесцентный слой, обладающая теплопроводящими свойствами. Таким образом, путем применения этих мер, зазор

15 между твердотельным(-и) излучателем(-ями) света и люминесцентным слоем приводит к возникновению фототермического эффекта, повышающего эффективность люминесцентного слоя.

Кроме того, зазор между по меньшей мере одним твердотельным излучателем света и частично рассеивающим отражающим слоем приводит к более равномерному

20 распределению светового потока через частично рассеивающий отражающий слой по сравнению с относительно высоким световым потоком в очень узкой области частично рассеивающего отражающего слоя. Также снижение количества участков локального перегрева и температурных градиентов достигается таким образом в случае, когда частично рассеивающий отражающий слой содержит люминесцентный материал.

25 Люминесцентные материалы имеют тенденцию быть чувствительными к фотонасыщенности, что означает, что при световом потоке, превышающем некоторое значение, люминесцентный материал преобразует свет с более низкой эффективностью. Таким образом, при наличии зазора между твердотельным(-и) излучателем(-ями) света и частично рассеивающим отражающим слоем, содержащим люминесцентный материал,

30 фотонасыщенность люминесцентного материала предотвращается, и повышается эффективность.

В одном из вариантов осуществления верхняя поверхность по меньшей мере одного твердотельного излучателя света направлена к окну выхода света. В одном из вариантов осуществления один из твердотельных излучателей света представляет собой так

35 называемый торцевой излучатель. В одном из вариантов осуществления по меньшей мере один твердотельный излучатель света излучает свет в направлении, по меньшей мере, части окна выхода света.

В одном из вариантов осуществления светоизлучающий модуль содержит множество твердотельных излучателей света. Каждый из твердотельных излучателей света

40 сконфигурирован для излучения света в конкретном цветовом диапазоне. В другом варианте осуществления множество твердотельных излучателей света представлено на мнимой плоскости, которая находится между основой и окном выхода света. В еще одном варианте осуществления по меньшей мере один из множества твердотельных излучателей света излучает свет в направлении, по меньшей мере, конкретной части

45 окна выхода света. Дополнительно или альтернативно, у по меньшей мере одного из множества твердотельных излучателей света имеется верхняя поверхность, обращенная к окну выхода света. Коэффициент отражения твердотельного излучателя света задается как среднее значение коэффициентов отражения множества твердотельных излучателей

света. В еще одном варианте осуществления верхняя поверхность по меньшей мере одного твердотельного излучателя света обращена к окну выхода света, и верхняя поверхность другого твердотельного излучателя света не обращена к окну выхода света.

5 В некоторых вариантах осуществления излучатель света может представлять собой комбинацию множества твердотельных излучателей света, при этом их светоизлучающие поверхности расположены очень близко друг к другу в одной плоскости. "Очень близко" означает, что расстояние между индивидуальными твердотельными излучателями света имеет порядок десятков микрометров, но не превышает 0,2 мм. Такие близко
10 расположенные твердотельные излучатели света в контексте настоящего изобретения рассматриваются как единичный излучатель света, также называемый многокристальный LED. Верхняя поверхность представляет собой комбинацию верхних поверхностей индивидуальных твердотельных излучателей света очень близко расположенных твердотельных излучателей света. Следует отметить, что очень близкое
15 размещение относится к кристаллам твердотельных излучателей света, а не к очень близкому размещению корпусов твердотельного излучателя света.

Светоизлучающий модуль способен излучать больше света, если предоставлено более одного излучателя света. Больше света, в абсолютных значениях, будет отражено в пределах светоизлучающего модуля и, следовательно, излучено обратно в направлении
20 твердотельных излучателей света и светоотражающей поверхности основы. Таким образом, если светоотражающая поверхность основы имеет более высокий коэффициент отражения, чем твердотельные излучатели света, то больше света, в абсолютных значениях, может быть повторно использовано путем отражения света через отражающую поверхность обратно к частично рассеивающему отражающему слою
25 (и через окно выхода света). Кроме того, у светоизлучающего модуля с множеством твердотельных излучателей света есть те же самые преимущества, что и у светоизлучающего модуля с единственным твердотельным излучателем света. В случае двух или более твердотельных излучателей света суммарная площадь верхних поверхностей твердотельных излучателей света используется в вычислении отношения
30 площадей твердотельных излучателей света.

В одном из вариантов осуществления значение коэффициента отражения основы больше, чем коэффициент отражения твердотельного излучателя плюс фактор s , умноженный на разность между 1 и коэффициентом отражения твердотельного излучателя света. Значение фактора s зависит от значения отношения площадей
35 твердотельных излучателей света, которое задается как отношение между площадью верхней поверхности по меньшей мере одного твердотельного излучателя света и площадью светоотражающей поверхности основы. Если отношение площадей твердотельного излучателя света является относительно малым, то есть имеет значение, меньшее 0,1, то относительно эффективный светоизлучающий модуль обеспечивается,
40 если фактор s больше либо равен 0,2. Если отношение площадей твердотельного излучателя света находится в промежуточном диапазоне, то есть, в диапазоне с минимальным значением, которое больше либо равно 0,1 и максимальным значением, которое меньше либо равно 0,25, то относительно эффективный светоизлучающий модуль обеспечивается, если фактор s больше либо равен 0,3. Если отношение площадей
45 твердотельного излучателя света является относительно большим, то есть имеет значение, которое больше, чем 0,25, то относительно эффективный светоизлучающий модуль обеспечивается, если фактор s больше либо равен 0,4. Максимальное значение фактора составляет 1, поскольку значение коэффициента отражения не может быть

больше чем 1. На практике значение отношения площадей твердотельного излучателя находится в диапазоне от 0 до 1.

Свет первого цветового диапазона, который падает на частично рассеивающий отражающий слой, рассеивается и частично отражается в направлении по меньшей мере одного твердотельного излучателя света и основы вследствие отражения поверхностью частично рассеивающего отражающего слоя, и вследствие внутренних отражений, и вследствие обратного рассеяния в частично рассеивающем отражающем слое, и также частично проходит через частично рассеивающий отражающий слой.

По меньшей мере один твердотельный излучатель света имеет ограниченный коэффициент отражения твердотельного излучателя вследствие его конструкции, что означает, что значительная часть света, который падает на по меньшей мере один твердотельный излучатель света, поглощается по меньшей мере одним твердотельным излучателем света. Верхняя поверхность по меньшей мере одного твердотельного излучателя света отражает относительно небольшую часть света, который падает на верхнюю поверхность, и относительно большая часть этого света передается в ядро твердотельного излучателя света. Задняя поверхность и полупроводниковые области в твердотельном излучателе света поглощают значительную часть света и, вследствие этого, ограниченное количество света, который входит в ядро твердотельного излучателя света, излучается назад в окружающую среду твердотельного излучателя света. Часто слово 'кристалл' используется для кристалла твердотельного излучателя света, и оба термина относятся к полупроводниковому устройству, в котором генерируется свет. Полупроводниковое устройство содержит полупроводниковый материал, который фактически генерирует свет, и также содержит электрод, сегментирование, сквозные отверстия, задние зеркала, и, например, защитные слои. Следует отметить, что в некоторых применениях твердотельные излучатели света выращиваются на прозрачной подложке, например, на сапфире. После производства подложка может все еще присутствовать на кристалле твердотельного излучателя света, и свет, который генерируется в твердотельном излучателе света, излучается через подложку для выращивания. Термин 'верхняя поверхность' относится не к поверхности подложки для выращивания, а к поверхности кристалла твердотельного излучателя света, которая излучает большую часть света. В некоторых вариантах осуществления излучение света через верхнюю поверхность в основном происходит в направлении окна выхода света.

Было замечено, что если коэффициент отражения основы является в достаточной степени более высоким, чем коэффициент отражения твердотельного излучателя света, то эффективность светоизлучающего модуля в целом существенно улучшается. Кроме того, значительное улучшение было замечено выше конкретной разности коэффициентов отражения в зависимости от отношения площадей твердотельных излучателей света. Таким образом, в соответствии с данным вариантом осуществления, коэффициент отражения основы, по меньшей мере, больше, чем значение коэффициента отражения твердотельного излучателя света плюс фактор c , умноженный на разность между 1 и значением коэффициента отражения твердотельного излучателя света. Если предположить, что R_{base} представляет собой коэффициент отражения основы, и R_{SSL} представляет собой коэффициент отражения твердотельного излучателя света, то данный критерий может быть представлен формулой: $R_{base} > R_{SSL} + c \cdot (1 - R_{SSL})$. Таким образом, если отношение площадей твердотельного излучателя является относительно малым, то есть меньшим чем 0,1, что означает, что отражающая поверхность основы имеет относительно большую площадь по сравнению с площадью верхней поверхности

твердотельного излучателя света, то относительно эффективный модуль освещения может быть обеспечен при $c \geq 0,2$. Например, если в этом случае $R_{SSL}=0,7$, то коэффициент отражения отражающей поверхности основы должен быть больше либо равен 0,76 для того, чтобы обеспечить относительно эффективный светоизлучающий модуль. Если отношение площадей твердотельного излучателя находится в промежуточном диапазоне, то есть, находится в диапазоне с минимальным значением, которое больше либо равно 0,1, и максимальным значением, которое меньше либо равно 0,25, что означает, что площадь отражающей поверхности основы сопоставима с площадью верхней поверхности твердотельного излучателя света, то относительно эффективный модуль освещения может быть обеспечен при $c \geq 0,3$. Например, если в этом случае $R_{SSL}=0,7$, то коэффициент отражения отражающей поверхности основы должен быть больше либо равен 0,79, чтобы получить относительно эффективный светоизлучающий модуль. Если отношение площадей твердотельного излучателя является относительно большим, то есть является большим чем 0,25, что означает, что отражающая поверхность основы имеет относительно небольшую площадь по сравнению с площадью верхней поверхности твердотельного излучателя света, то фактор c должен быть больше либо равен 0,4 для того, чтобы получить относительно эффективный светоизлучающий модуль. Например, если в этом случае $R_{SSL}=0,7$, то коэффициент отражения отражающей поверхности основы должен быть больше либо равен 0,82 для того, чтобы обеспечить относительно эффективный светоизлучающий модуль.

Следует отметить, что коэффициенты отражения представляют собой средние значения по всей поверхности, к которой они относятся. Светоотражающая поверхность основы может содержать, например, области, которые являются менее отражающими, чем другие области, например, при использовании различных материалов и/или различных толщин отражающего слоя на основе. Кроме того, отражение света различных длин волн может отличаться, однако, предпочтительно, коэффициент отражения представляет собой взвешенное среднее по спектру частот, который включает, по меньшей мере, свет первого цветового диапазона, и также по распределению угла падения.

В некоторых случаях по меньшей мере один твердотельный излучатель света прикреплен к подложке, например, керамической подложке, и комбинация подложки и по меньшей мере одного твердотельного излучателя света прикреплена к другому несущему слою. Этот несущий слой может, например, представлять собой печатную плату на металлической основе (MCPCB), также называемую изолированной металлической подложкой (IMS), или стандартный PCB, такой как FR4, или другой керамический кристаллоноситель, такой как окись алюминия или нитрид алюминия. В этих случаях основа светоизлучающего модуля представляет собой комбинацию еще одного несущего слоя и подложки, к которой прикреплен по меньшей мере один твердотельный излучатель света. Другими словами, основа представляет собой комбинацию материалов и/или слоев, на которых обеспечен(-ы) твердотельный(-е) излучатель(-и) света. Следовательно, в этом конкретном случае, коэффициент отражения основы представляет собой взвешенное среднее коэффициентов отражения подложек и несущего слоя. Во избежание противоречий, в процессе вычислений площадь отражающей поверхности основы не включает площадь, которая покрыта по меньшей мере одним твердотельным излучателем света.

Когда отношение площадей твердотельного излучателя является относительно малым, то есть меньшим 0,1, то более эффективный светоизлучающий модуль может

быть получен в случае, когда $0,4 \leq c \leq 1$. Еще более эффективный светоизлучающий модуль может быть получен в этом случае при $0,6 \leq c \leq 1$. Когда отношение площадей твердотельного излучателя находится в промежуточном диапазоне, то есть находится в диапазоне с минимальным значением, которое больше либо равно 0,1, и максимальным значением, которое меньше либо равно 0,25, то более эффективный светоизлучающий модуль может быть получен в случае, когда $0,6 \leq c \leq 1$. Еще более эффективный светоизлучающий модуль может быть получен в этом случае при $0,84 \leq c \leq 1$. Если отношение площадей твердотельного излучателя света является относительно большим, то есть больше чем 0,25, то более эффективный светоизлучающий модуль может быть получен в случае, когда $0,8 \leq c \leq 1$.

В одном из вариантов осуществления по меньшей мере один твердотельный излучатель света обеспечен на светоотражающей поверхности основы. Во избежание противоречий, в процессе вычислений площадь отражающей поверхности основы не включает площадь, которая покрыта по меньшей мере одним твердотельным излучателем света. Однако в других вариантах осуществления по меньшей мере один твердотельный излучатель света может быть расположен на сети проводов, которые обеспечены между основой и окном выхода света. В таком варианте осуществления провода являются носителями излучателя(-ей) света и обеспечивают питание излучателя (-ей) света. Провод может содержать металлическое ядро и защитное пластмассовое покрытие, и может быть электрически присоединен только в точке соприкосновения к подложке или носителю излучателя, например, посредством паяного соединения.

В одном из вариантов осуществления светоизлучающий модуль содержит стенку, помещенную между основой и окном выхода света. Основа, стенка и окно выхода света окружают полость. Стенка содержит светоотражающую поверхность стенки, обращенную к полости, и светоотражающая поверхность стенки имеет коэффициент отражения, который определяется отношением между количеством света, которое отражено светоотражающей поверхностью стенки, и количеством света, которое падает на светоотражающую поверхность стенки. В этом варианте осуществления коэффициент эффективного отражения задается как взвешенное среднее коэффициентов отражения основы и стенки, например, взвешенное в соответствии с размерами соответствующих площадей поверхности. В этом варианте осуществления коэффициент эффективного отражения, по меньшей мере, больше чем 70%, и также больше, чем коэффициент отражения твердотельного излучателя света. Таким образом, светоизлучающий модуль относительно эффективен, если объединенный коэффициент эффективного отражения основы и стенки имеет заданное значение.

В еще одном варианте осуществления коэффициент эффективного отражения, по меньшей мере, больше, чем коэффициент отражения твердотельного излучателя плюс фактор s , умноженный на разность между 1 и коэффициентом отражения твердотельного излучателя света. Критерии для фактора s аналогичны варианту осуществления без стенок, и единственное отличие заключается в том, что полная отражающая поверхность теперь включает отражающую поверхность стенки и отражающую поверхность основы. Таким образом, отношение покрытия твердотельного излучателя теперь задается как отношение между площадью верхней поверхности по меньшей мере одного твердотельного излучателя света и суммой площади отражающей поверхности основы и площади отражающей поверхности стенки. Следует отметить, что, в соответствии с коэффициентом отражения основы и твердотельного излучателя света, коэффициент отражения стенки представляет собой взвешенное среднее отражения света в заранее определенном спектре света. Следует отметить, что стенки могут иметь дополнительную

функцию, такую как отведение тепла от частично рассеивающего отражающего слоя, который содержит в этом примере люминесцентный материал, к основе. Основа часто соединяется с теплоотводом, и люминесцентный слой может стать относительно горячим в результате тепловыделения в случае, если свет первого цветового диапазона преобразуется в свет второго цветового диапазона. Отражающая поверхность стенок способствует получению относительно эффективного светоизлучающего модуля.

В одном из вариантов осуществления коэффициент отражения стенки, то есть, коэффициент отражения стенки, по меньшей мере, меньше 95%, и расстояние между верхней поверхностью твердотельного излучателя света и частично рассеивающим отражающим слоем находится в диапазоне с минимальным значением 0,3, умноженным на наибольший линейный размер верхней поверхности (или среднее значение наибольших линейных размеров верхних поверхностей) и максимальным значением, меньшим чем 0,75, умноженным на наибольший линейный размер верхней поверхности (или среднее значение наибольших линейных размеров верхних поверхностей) для относительно малого значения отношения площадей твердотельного излучателя, то есть меньшего 0,1. Для промежуточных значений отношения площадей твердотельного излучателя, то есть, в диапазоне с минимальным значением, которое больше либо равно 0,1, и максимальным значением, которое меньше либо равно 0,25, расстояние в этом случае находится в диапазоне с минимальным значением 0,15, умноженным на наибольший линейный размер верхней поверхности (или среднее значение наибольших линейных размеров верхних поверхностей) и максимальным значением, меньшим чем 0,3, умноженным на наибольший линейный размер верхней поверхности (или среднее значение наибольших линейных размеров верхних поверхностей). Для относительно большого значения отношения площадей твердотельного излучателя, то есть большего чем 0,25, расстояние в этом случае находится в диапазоне с минимальным значением 0,1, умноженным на наибольший линейный размер верхней поверхности (или среднее значение наибольших линейных размеров верхних поверхностей) и максимальным значением, меньшим чем 0,2, умноженное на наибольший линейный размер верхней поверхности (или среднее значение наибольших линейных размеров верхних поверхностей). Изобретателями было обнаружено, что для этих критериев может быть получен относительно эффективный светоизлучающий модуль.

В одном из вариантов осуществления коэффициент отражения стенки больше либо равен 95%, и относительно эффективный светоизлучающий модуль может быть получен, если расстояние между верхней поверхностью твердотельного излучателя света и частично рассеивающим отражающим слоем находится в диапазоне с минимальным значением 0,75, умноженным на наибольший линейный размер верхней поверхности (или среднее значение наибольших линейных размеров верхних поверхностей) и максимальным значением 2, умноженным на наибольший линейный размер верхней поверхности (или среднее значение наибольших линейных размеров верхних поверхностей) для относительно малого значения отношения площадей твердотельного излучателя, то есть меньшего чем 0,1. Для промежуточных значений отношения площадей твердотельного излучателя, то есть значений в диапазоне с минимальным значением, которое больше либо равно 0,1, и максимальным значением, которое меньше либо равно 0,25, расстояние в этом случае находится в диапазоне с минимальным значением 0,3, умноженным на наибольший линейный размер верхней поверхности (или среднее значение наибольших линейных размеров верхних поверхностей) и максимальным значением 0,7, умноженным на наибольший линейный размер верхней поверхности (или среднее значение наибольших линейных размеров верхних

поверхностей). Для относительно большого значения отношения площадей твердотельного излучателя, то есть больших чем 0,25, расстояние в этом случае находится в диапазоне с минимальным значением 0,2, умноженное на наибольший линейный размер верхней поверхности (или среднее значение наибольших линейных размеров верхних поверхностей) и максимальным значением 0,5, умноженным на наибольший линейный размер верхней поверхности (или среднее значение наибольших линейных размеров верхних поверхностей).

В одном из вариантов осуществления изобретения, по меньшей мере, часть отражающей поверхности основы находится ближе к частично рассеивающему отражающему слою, чем верхняя поверхность твердотельного излучателя света. В этом варианте осуществления эффективный светоизлучающий модуль может быть получен, если расстояние между верхней поверхностью и частично рассеивающим отражающим слоем находится в диапазоне с минимальным значением $0,4 \cdot d_{SSL} + \Delta h/2$ и максимальным значением $5 \cdot d_{SSL} + \Delta h/2$ для отношения площадей твердотельных излучателей света, меньшего чем 0,1, в диапазоне с минимальным значением $0,15 \cdot d_{SSL} + \Delta h/2$ и максимальным значением $3 \cdot d_{SSL} + \Delta h/2$ для отношения площадей твердотельных излучателей света, которое находится в диапазоне с минимальным значением, большим либо равным 0,1, и максимальным значением, меньшим либо равным 0,25, или в диапазоне с минимальным значением $0,1 \cdot d_{SSL} + \Delta h/2$ и максимальным значением $2 \cdot d_{SSL} + \Delta h/2$ для отношения площадей твердотельных излучателей света, большего чем 0,25. Параметр d_{SSL} представляет собой наибольший линейный размер верхней поверхности по меньшей мере одного твердотельного излучателя света, и параметр Δh представляет собой абсолютное значение разности между расстоянием между верхней поверхностью по меньшей мере одного твердотельного излучателя света и частично рассеивающим отражающим слоем и расстоянием, или средним расстоянием, между отражающей поверхностью основы и частично рассеивающим отражающим слоем. В случае множества твердотельных излучателей света используются средние значения. В этом варианте осуществления основа имеет, например, одно или более углублений, в которых размещен(-ы) твердотельный(-е) излучатель(-и) света.

В одном из вариантов осуществления стенка содержит по меньшей мере один из следующих материалов: алюминий, медь, аналогичная керамике окись алюминия, теплопроводящие полимеры, такие как полиамиды или спектралон (spectralon).

В другом варианте осуществления по меньшей мере одна из светоотражающей поверхности основы и/или светоотражающей поверхности стенки содержит светоотражающее покрытие, светоотражающее литье, светоотражающую керамику или светоотражающую фольгу. Светоотражающее покрытие может использоваться для увеличения коэффициента отражения соответствующих светоотражающих поверхностей, таким образом, повышая эффективность светоизлучающего модуля. В предпочтительном варианте осуществления светоотражающая поверхность основы и/или стенки диффузно рассеивает свет, который может быть получен посредством белого покрытия. Диффузно рассеивающаяся поверхность дополнительно повышает эффективность повторного использования для светоизлучающего модуля. В другом варианте осуществления светоотражающая поверхность основы и/или стенки может быть зеркально отражающей, что может быть обеспечено посредством металлического зеркала (например, из защищенного серебра или алюминия). В еще одном варианте осуществления светоотражающая поверхность основы и/или стенки может представлять собой комбинацию диффузно рассеивающего материала и зеркально отражающего

материала.

В еще одном варианте осуществления светоотражающая поверхность стенки наклонена относительно оси нормали основы с целью увеличения отражения света в направлении окна выхода света. В еще одном варианте осуществления светоотражающая поверхность стенки искривлена с целью увеличения отражения света в направлении окна выхода света. Такая наклоненная поверхность стенки или искривленная поверхность стенки приводит к формированию выпуклой полости, если смотреть изнутри полости. Кроме того, наклон или изгиб сделаны таким образом, что края светоотражающей поверхности стенки, которые касаются основы, находятся ближе друг к другу, чем края светоотражающей поверхности стенки, которые касаются частично рассеивающего отражающего слоя. Выпуклая полость с такой наклоненной или искривленной светоотражающей поверхностью стенки лучше отражает свет, который падает на светоотражающую поверхность стенки в направлении частично рассеивающего отражающего слоя (и, таким образом, в направлении окна выхода света). По меньшей мере частично предотвращается отражение света светоотражающей поверхностью стенки в направлении внутренней части полости, что приводит к увеличению поглощения в другой точке отражения или поглощения твердотельным излучателем света. Следовательно, эффективность светоизлучающего модуля повышается. Это особенно выгодно при относительно высоком значении отношения площадей твердотельных излучателей света.

В одном из вариантов осуществления частично рассеивающий отражающий слой формирует окно выхода света. У частично рассеивающего отражающего слоя есть край, и край частично рассеивающего отражающего слоя находится в контакте с основой. Конструкция в соответствии с вариантом осуществления предотвращает использование стенок между частично рассеивающим отражающим слоем и основой, что может быть выгодно в некоторых применениях. В этом варианте осуществления полость сформирована окном выхода света и основой. Также это может привести к более широкому угловому распределению светотдачи.

В другом варианте осуществления светоизлучающий модуль содержит по существу прозрачный материал, расположенный между одним или более твердотельными излучателями света и люминесцентным слоем, при этом прозрачный материал оптически соединен с одним или более твердотельными излучателями света. По существу прозрачный материал способствует выводу излучения света из твердотельного излучателя света. Материал твердотельного излучателя света обычно имеет относительно высокий показатель преломления, и поэтому существенное количество света оказывается захваченным в пределах твердотельного излучателя света вследствие полного внутреннего отражения (TIR). По существу прозрачный материал имеет показатель преломления, который ближе к показателю преломления твердотельного излучателя света, чем показатель преломления, например, воздуха, и вследствие этого больше света излучается в прозрачный материал и, следовательно, в конечном счете, излучается из светоизлучающего модуля. Прозрачный материал может иметь показатель преломления, близкий к показателю преломления твердотельного излучателя света. Если твердотельный излучатель света имеет тип материалов InGaN, то показатель преломления излучателя близок к 2,4, и стекло или керамика с высоким показателем преломления, прикрепленные к поверхности излучателя, извлекут большую часть света из кристалла. Прозрачный материал может содержать различные материалы, нанесенные в различных слоях или в виде смеси. Например, керамическая подложка с высоким показателем преломления может быть приклеена стеклом или смолой с высокими

показателями преломления к по меньшей мере одному твердотельному излучателю света. По существу прозрачный материал может представлять собой, например, купольный или плоский герметик, размещенный на по меньшей мере одном твердотельном излучателе света. В одном из вариантов осуществления показатель преломления прозрачного материала превышает 1,4. В другом варианте осуществления показатель преломления прозрачного материала превышает 1,7.

В еще одном варианте осуществления по существу прозрачный материал оптически и термически связан с люминесцентным слоем. Например, все пространство между основой и частично рассеивающим отражающим слоем может быть заполнено прозрачным веществом, и, таким образом, прозрачный материал также будет оптически связан с частично рассеивающим отражающим слоем, что приводит к меньшему отражению на поверхности раздела между частично рассеивающим отражающим слоем и полостью. Следовательно, больше света излучается в среду светоизлучающего модуля. Кроме того, если прозрачный материал находится в контакте с частично рассеивающим отражающим слоем, то прозрачный материал также термически связан с частично рассеивающим отражающим слоем и помогает в отведении тепла от частично рассеивающего отражающего слоя, например, к основе. В результате частично рассеивающий отражающий слой становится менее нагретым, что в целом является более эффективным и увеличивает продолжительность его эксплуатации. Например, в случае, когда частично рассеивающий отражающий слой представляет собой люминесцентный слой, прозрачный материал, таким образом, обеспечивает улучшенный термоконтакт между люминесцентным материалом и основой по сравнению с воздушным зазором. Поскольку воздух имеет удельную теплопроводность, составляющую около 0,025 Вт/м*К, кремнийорганическая смола с удельной теплопроводностью, составляющей около 0,3 Вт/м*К, обеспечит лучшее тепловое взаимодействие, тогда как стеклянная подложка, такая как натриево-кальциевое силикатное стекло, имеющее удельную теплопроводность около 1,0 Вт/м*К, будет еще лучше, тогда как боросиликатное стекло или кварцевое стекло, имеющее теплопроводность около 1,3 Вт/м*К, полупрозрачная поликристаллическая подложка из окиси алюминия, имеющая теплопроводность около 30 Вт/м*К, и сапфировая подложка, имеющая теплопроводность 42 Вт/м*К, будут намного лучше. Необязательно, по существу прозрачный материал может представлять собой спеченный полупрозрачный поликристаллический глинозем, при этом зернистость, предпочтительно, превышает 44 мкм или, предпочтительно, меньше, чем 1 мкм, с целью обеспечения относительно высокой светопропускаемости, объединенной с очень хорошими тепловыми характеристиками.

В другом варианте осуществления по существу прозрачный материал содержит по меньшей мере одно из: прозрачной смолы, прозрачного геля, прозрачной жидкости, прозрачного стекла, прозрачного полимера и прозрачной керамики. "Прозрачный" относится к отсутствию существенного поглощения света в области спектра первого и второго диапазона длин волн. Некоторые ограниченные уровни рассеивания могут допускаться в прозрачных слоях, особенно если это рассеивание является прямым рассеянием по своему типу. Следовательно, может допускаться наличие некоторых центров рассеяния в по существу прозрачном материале между люминесцентным материалом и основой, например, посредством использования полупрозрачного слоя немного мутного материала.

В еще одном варианте осуществления люминесцентный материал включает по меньшей мере один материал из: неорганический люминофор, органический люминофор,

керамический люминофор и квантовые точки, или другое флуоресцирующее вещество, или смесь указанного. Следует отметить, что люминесцентный слой может содержать несущий слой, например стеклянную подложку, и слой люминесцентного материала, или что люминесцентный слой содержит распределенные случайным образом частицы люминесцентного материала в несущем слое, или, в случае керамического люминофора, по существу весь люминесцентный слой представляет собой люминесцентный материал. Также следует отметить, что люминесцентный слой может состоять из различных отдельных люминесцентных слоев, установленных один на другой или расположенных через небольшое расстояние. Различные люминесцентные материалы могут использоваться в различных слоях. Однако люминесцентные материалы также могут быть смешаны вместе в тех же самых слоях. Примеры неорганических люминесцентных материалов могут включать легированный Ce YAG ($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$) или LuAG ($\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$), но не ограничиваются указанным. Легированный Ce YAG излучает желтый свет, и легированный Ce LuAG излучает желто-зеленый свет. Примеры других неорганических люминесцентных материалов, которые испускают красный свет, могут включать, но не ограничиваются, ECAS (ECAS, который представляет собой $\text{Ca}_{1-x}\text{AlSiN}_3:\text{Eu}_x$; где $0 < x \leq 1$; в частности $x \leq 0,2$) и BSSN (BSSNE, который представляет собой $\text{Ba}_{2-x-z}\text{M}_x\text{Si}_{5-y}\text{Al}_y\text{N}_{8-y}\text{O}_z:\text{Eu}_z$ ($\text{M}=\text{Sr}, \text{Ca}$; $0 \leq x \leq 1$, в частности $x \leq 0,2$; $0 \leq y \leq 4$, $0,0005 \leq z \leq 0,05$)).

В одном из вариантов осуществления окно выхода света также содержит рассеивающий слой для получения излучения рассеянного света, для получения излучения света, однородного в пространстве, по цвету или по зависимости цвета от угла, и для получения излучения света со смешанными цветами. Окно выхода света может также содержать дихроичный слой корректировки изменений цвета от угла или однородности света. В дополнение к влиянию на характеристики света с помощью люминесцентного слоя, другие оптические слои также могут использоваться для того, чтобы влиять на характеристики света, который излучается через окно выхода света в среду светоизлучающего модуля, например, может использоваться оптический элемент для обеспечения требуемой формы светового луча.

В одном из вариантов осуществления рассеивающий слой для получения излучения рассеянного света, для получения излучения света, однородного в пространстве, по цвету или по зависимости цвета от угла, а также для получения излучения света со смешанными цветами, обеспечен на расстоянии от стороны частично рассеивающего отражающего слоя, направленной в другую сторону относительно по меньшей мере одного твердотельного излучателя света.

В одном из вариантов осуществления полярирующий элемент расположен на стороне частично рассеивающего отражающего слоя, направленной в другую сторону относительно по меньшей мере одного твердотельного излучателя света.

Согласно второму аспекту изобретения представлена лампа, которая содержит светоизлучающий модуль по изобретению. Лампа может содержать множество светоизлучающих модулей. Лампа может включать модернизированную лампу накаливания, модернизированную лампу с параболическим алюминиевым отражателем (PAR), точечный осветитель, лампу потолочного светильника, модернизированную галогенную лампу или модернизированный световой колодец.

Согласно третьему аспекту изобретения представлено осветительное устройство, которое содержит светоизлучающий модуль по изобретению или которое содержит лампу по изобретению. Осветительное устройство может содержать множество светоизлучающих модулей.

Согласно четвертому аспекту изобретения представлено устройство отображения, которое содержит светоизлучающий модуль по изобретению. В процессе применения светоизлучающий модуль может выполнять роль модуля подсветки для устройства жидкокристаллического дисплея. Поскольку светоизлучающий модуль генерирует относительно эффективный (поляризованный свет), то снижается уровень стоимости дисплея.

Лампа, осветительное устройство и устройство отображения согласно, соответственно, второму, третьему и четвертому аспекту изобретения, обеспечивают те же самые преимущества, что и светоизлучающий модуль согласно первому аспекту изобретения, и имеют аналогичные соответствующим вариантам осуществления светоизлучающего модуля варианты осуществления с аналогичными эффектами.

В данном контексте свет из цветового диапазона обычно содержит свет, имеющий заранее определенный спектр. Заранее определенный спектр может, например, содержать основной цвет, имеющий конкретный диапазон частот вокруг заранее определенной длины волны, или может, например, содержать множество основных цветов. Заранее определенная длина волны представляет собой среднюю длину волны спектрального распределения мощности излучения. В этом контексте свет заранее определенного цвета также включает невидимый свет, такой как ультрафиолетовое излучение. Свет основного цвета, например, включает красный, зеленый, синий, желтый и янтарный свет. Свет заранее определенного цвета может также включать смесь основных цветов, например, синий и янтарный, или синий, желтый и красный. Следует отметить, что первый цветовой диапазон может также включать свет, который является невидимым для человеческого глаза, такой как ультрафиолетовый свет или инфракрасный свет. Термины "фиолетовый свет" или "фиолетовое излучение", в частности, относятся к свету, имеющему длину волны в диапазоне около 380-440 нм. Термины "синий свет" или "синее излучение", в частности, относятся к свету, имеющему длину волны в диапазоне около 440-490 нм (включая некоторые фиолетовые и синие оттенки). Термины "зеленый свет" или "зеленое излучение", в частности, относятся к свету, имеющему длину волны в диапазоне приблизительно 490-560 нм. Термины "желтый свет" или "желтое излучение", в частности, относятся к свету, имеющему длину волны в диапазоне около 560-590 нм. Термины "оранжевый свет" или "оранжевое излучение", в частности, относятся к свету, имеющему длину волны в диапазоне около 590-620 нм. Термины "красный свет" или "красное излучение", в частности, относятся к свету, имеющему длину волны в диапазоне около 620-750 нм. Термины "янтарный свет" или "янтарное излучение", в частности, относятся к свету, имеющему длину волны в диапазоне около 575-605 нм. Термины "видимый" свет или "видимое излучение" относятся к свету, имеющему длину волны в диапазоне около 380-750 нм.

Эти и другие аспекты изобретения будут очевидны и будут объяснены в отношении вариантов осуществления, описанных ниже в настоящем документе.

Специалистам в данной области техники будет понятно, что два или больше из упомянутых выше вариантов осуществления, реализаций и/или аспектов изобретения могут быть объединены произвольным образом, признанным целесообразным.

Кроме того, термины "первый", "второй", "третий" и т.п. в описании и в формуле изобретения используются для того, чтобы различить аналогичные элементы, и не обязательно используются для того, чтобы описать последовательный или хронологический порядок. Следует понимать, что термины, использованные таким образом, являются взаимозаменяемыми при соответствующих обстоятельствах, и что варианты осуществления изобретения, описанные в настоящем описании, могут

функционировать в последовательностях, отличных от описанных и проиллюстрированных в настоящем описании.

Изменения и вариации светоизлучающего модуля, лампы, осветительного устройства и/или устройства отображения, которые соответствуют описанным изменениям и вариациям светоизлучающего модуля, могут быть выполнены специалистом в данной области техники на основании настоящего описания.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

На чертежах:

На фиг. 1a и 1b схематически показаны сечения вариантов осуществления светоизлучающего модуля по изобретению,

На фиг. 2a и 2b схематически показан вид сверху вариантов осуществления светоизлучающего модуля по изобретению,

На фиг. 3a схематически показан вариант осуществления светоизлучающего модуля по изобретению, содержащий полость,

На фиг. 3b схематически показан вариант осуществления светоизлучающего модуля по изобретению, имеющий цилиндрическую форму,

На фиг. 4a и 4b схематически показаны варианты осуществления сечения варианта осуществления светоизлучающего модуля по изобретению, содержащие полость,

На фиг. 5a и 5b схематически показано множество сечений вариантов осуществления светоизлучающего модуля по изобретению,

На фиг. 6 схематически показано множество сечений вариантов осуществления светоизлучающих модулей по изобретению с люминесцентным слоем, формирующим окно выхода света, и краем люминесцентного слоя, касающимся основы,

На фиг. 7a и 7b схематически показаны сечения вариантов осуществления по изобретению для гибкого светоизлучающего модуля,

На фиг. 8a, 8b и 8c схематически показаны сечения вариантов осуществления светоизлучающего модуля по изобретению,

На фиг. 9 показан график с результатами измерений варианта осуществления светоизлучающего модуля по изобретению,

На фиг. 10a показано схематическое сечение первого контрольного светоизлучающего модуля,

На фиг. 10b показано схематическое сечение второго контрольного светоизлучающего модуля,

На фиг. 10c показано схематическое сечение светоизлучающего модуля по изобретению,

На фиг. 11, 12, 13, 14 и 15 показаны графики с результатами моделирований варианта осуществления светоизлучающего модуля по изобретению,

На фиг. 16a и 16b схематически показаны сечения вариантов осуществления светоизлучающего модуля по изобретению,

На фиг. 16c показан график с результатами моделирований вариантов осуществления светоизлучающего модуля в соответствии с фиг. 16a и 16b,

На фиг. 17a схематически показан вид сверху варианта осуществления светоизлучающего модуля по изобретению,

На фиг. 17b, 17c и 17d показаны три других графика с результатами моделирований варианта осуществления светоизлучающего модуля с фиг. 17a,

На фиг. 18 показан другой график с результатами моделирований светоизлучающего модуля по изобретению,

На фиг. 19a и 19b показаны два варианта осуществления ламп согласно аспекту

изобретения,

На фиг. 19с показан вариант осуществления осветительного устройства согласно аспекту изобретения,

На фиг. 20 схематически показан вариант осуществления сечения варианта осуществления светоищлучающего модуля по изобретению, и

На фиг. 21 показан вариант осуществления устройства отображения согласно аспекту изобретения.

Следует отметить, что элементы, обозначенные одинаковыми ссылочными позициями на различных фигурах, имеют одинаковые конструктивные детали и одинаковые функции, или представляют собой одни и те же сигналы. Если функция и/или структура такого элемента была объяснена, то отсутствует необходимость ее повторного объяснения в подробном описании.

Фигуры являются схематическими и не являются изображениями в масштабе. В частности, для обеспечения ясности, некоторые размеры сильно преувеличены.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Первый вариант осуществления показан на фиг. 1а, на которой показано сечение светоищлучающего модуля 100 согласно первому аспекту изобретения. Светоищлучающий модуль 100 имеет окно 104 выхода света. Окно 104 выхода света в этом варианте осуществления сформировано люминесцентным слоем 102, который содержит люминесцентный материал. Люминесцентный материал преобразует, по меньшей мере, часть света первого цветового диапазона 114, который падает на люминесцентный материал, в свет второго цветового диапазона 116. На другой стороне светоищлучающего модуля 100 обеспечена основа 110, которая имеет светоотражающую поверхность 112, которая обращена к окну 104 выхода света. На основе 110 обеспечен твердотельный излучатель 108 света, который излучает, в процессе применения, свет первого цветового диапазона 114 в направлении части окна 104 выхода света. Основа обычно снабжена электродными структурами для взаимодействия с кристаллом или множеством кристаллов твердотельного излучателя 108 света с целью подачи электроэнергии. Электродные структуры не показаны на фигурах. Поверхность основы 110, которая покрыта твердотельным излучателем 108 света, не включается в светоотражающую поверхность 112 основы 110.

Светоотражающая поверхность 112 имеет коэффициент R_{base} отражения основы, который задается как отношение между количеством света, которое отражено светоотражающей поверхностью 112, и количеством света, которое падает на светоотражающую поверхность 112. Твердотельный излучатель 108 света имеет коэффициент отражения твердотельного излучателя R_{SSL} , который задается как отношение между количеством света, которое отражено твердотельным излучателем 108 света, и количеством света, которое падает на твердотельный излучатель 108 света. Следует отметить, что оба коэффициента отражения представляют собой среднее коэффициентов отражения, относящихся к свету различных длин волн, например, (взвешенное) среднее по свету первого цветового диапазона 114 и свету второго цветового диапазона 116.

Люминесцентный слой 102 не расположен непосредственно на верхней поверхности 106 твердотельного излучателя 108 света, а расположен на расстоянии h от твердотельного излучателя 108 света. Если твердотельный излучатель 108 света излучает свет первого цветового диапазона 114, то по меньшей мере часть света первого цветового диапазона 114 отражается люминесцентным слоем 102 в направлении основы 110 и твердотельного излучателя 108 света. Часть света первого цветового диапазона

114 отражается люминесцентным слоем 102 вследствие отражения на поверхности, на которую падает свет, или вследствие внутреннего отражения или обратного рассеяния. Свет, который был отражен обратно, частично падает на твердотельный излучатель 108 света и частично падает на светоотражающую поверхность 112 основы 110.

5 Другая часть света первого цветового диапазона 114 может быть передана через люминесцентный слой 102 в среду светоизлучающего модуля 100. Еще одна часть света первого цветового диапазона 114 преобразуется люминесцентным материалом в свет второго цветового диапазона 116. Люминесцентный материал излучает свет второго цветового диапазона 116 во множестве направлений и, следовательно, часть света
10 второго цветового диапазона 116 излучается в среду светоизлучающего модуля 100, и другая часть света второго цветового диапазона 116 излучается в направлении основы 110 и твердотельного излучателя 108 света.

Свет, который падает на верхнюю поверхность 106 твердотельного излучателя 108 света, частично отражается и частично передается в полупроводниковый материал
15 твердотельного излучателя 108 света. В твердотельном излучателе 108 света поглощается часть света, и некоторая другая часть света отражается обратно к верхней поверхности 106 и излучается обратно к окну 104 выхода света. Значение коэффициента R_{SSL} отражения твердотельного излучателя света определяет, какая часть падающего света отражается обратно, и значение $(1-R_{SSL})$ определяет, какая доля падающего света
20 поглощается твердотельным излучателем 108 света. На практике, твердотельный излучатель 108 света имеет относительно низкое значение коэффициента R_{SSL} отражения твердотельного излучателя света, обычно составляющее порядка 0,7.

Свет, который отражается, рассеивается, то есть, отражается с рассеиванием, или излучается люминесцентным слоем в направлении основы 110, и который не падает на
25 твердотельный излучатель 108 света, в большой степени отражается светоотражающей поверхностью 112 основы 110. Однако небольшое количество света все же может быть поглощено в поверхности или в лежащих ниже слоях. Коэффициент R_{base} отражения основы определяет, какая часть падающего света отражается обратно светоотражающей поверхностью 112, и значение $(1-R_{base})$ определяет, какая доля падающего света
30 поглощается светоотражающей поверхностью 112.

Значение коэффициента R_{base} отражения основы и коэффициента отражения твердотельного излучателя R_{SSL} всегда представляет собой значение между 0 и 1. Следует отметить, что количество света, которое сгенерировано твердотельным излучателем 108 света, не принимается во внимание при определении коэффициента
35 отражения твердотельного излучателя R_{SSL} . Часть света, которая отражается, является частью количества света, которое падает на твердотельный излучатель 108 света.

В соответствии с изобретением, значение коэффициента R_{base} отражения основы, по меньшей мере, больше, чем значение коэффициента R_{SSL} отражения твердотельного излучателя света. Предпочтительно, значение коэффициента R_{base} отражения основы,
40 по меньшей мере, больше, чем значение коэффициента R_{SSL} отражения твердотельного излучателя света плюс фактор c , умноженный на разность между 1 и коэффициентом R_{SSL} отражения твердотельного излучателя света. Таким образом, $R_{base} > R_{SSL} + c * (1 - R_{SSL})$. Таким образом, светоотражающая поверхность 112, в среднем, отражает больше света, чем твердотельный излучатель 108 света, со значением, которое равно,
45 по меньшей мере, значению c , умноженному на разность между полным отражением твердотельного излучателя света, то есть, коэффициентом отражения 100%, и фактическим коэффициентом отражения используемого твердотельного излучателя 108 света. Фактор c зависит от отношения общей площади твердотельного излучателя

108 света и суммарной отражающей площади основы 110, которое далее в настоящем описании называется отношением площадей твердотельного излучателя света ρ_{SSL} :

$\rho_{SSL} = (A_{SSL}/A_{base})$, где A_{SSL} представляет собой суммарную площадь верхней

поверхности 106 твердотельного излучателя 108 света, и A_{base} представляет собой суммарную площадь отражающей поверхности 112 основы 110. На практике отношение площадей твердотельного излучателя света ρ_{SSL} имеет максимальное значение 1,0.

Если значение отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} меньше чем 0,1, то есть $\rho_{SSL} < 0,1$, что указывает на относительно большую отражающую область

основы 110 по сравнению с областью верхней поверхности 106 твердотельного излучателя 108 света, то для фактора c должен выполняться критерий $c \geq 0,2$ для того, чтобы светоизлучающий модуль являлся относительно эффективным. Если

$0,1 \leq \rho_{SSL} \leq 0,25$, что указывает на отражающую область основы 110, которая сопоставима с областью верхней поверхности 106 твердотельного излучателя 108 света, то для

фактора c должен выполняться критерий $c \geq 0,3$ для того, чтобы светоизлучающий модуль являлся относительно эффективным. Если $\rho_{SSL} > 0,25$, что указывает на

относительно малую отражающую область основы 110 по сравнению с областью верхней поверхности 106 твердотельного излучателя 108 света, то для фактора c должен

выполняться критерий $c \geq 0,4$ для того, чтобы светоизлучающий модуль являлся относительно эффективным. Значение фактора c во всех случаях фактически меньше чем 1,0.

Поскольку значительное количество света отражается, рассеивается или излучается люминесцентным слоем 102 в направлении от люминесцентного слоя 102 к основе 110,

целесообразно повторно использовать этот свет, отражая свет обратно к окну 104 выхода света, чтобы повысить эффективность светоизлучающего модуля 100.

Коэффициент R_{SSL} отражения твердотельного излучателя света часто не может быть выбран, поскольку он представляет собой фиксированную характеристику конкретного

твердотельного излучателя 108 света, который должен использоваться в светоизлучающем модуле 100. Поэтому, чтобы улучшить эффективность

светоизлучающего модуля 100, целесообразно иметь светоотражающую поверхность 112 основы 110, которая отражает падающий свет лучше, чем твердотельный излучатель 108 света. Кроме того, было обнаружено, что значительное повышение эффективности может быть достигнуто, если $R_{base} > R_{SSL} + c \cdot (1 - R_{SSL})$.

Изобретатели также обнаружили, что еще более эффективные светоизлучающие модули можно получить, если $c \geq 0,4$ для $0,0 < \rho_{SSL} < 0,1$, $c \geq 0,6$ для $0,1 \leq \rho_{SSL} \leq 0,25$, и $c \geq 0,8$ для $\rho_{SSL} > 0,25$. И еще более эффективные светоизлучающие модули можно получить, если $c \geq 0,6$ для $0,0 < \rho_{SSL} < 0,1$ и $c \geq 0,84$ для $0,1 \leq \rho_{SSL} \leq 0,25$.

Свойства частично рассеянного отражающего света важны для получения

эффективного светоизлучающего модуля в соответствии с эффективностью, и поэтому в соответствии с изобретением люминесцентный слой может также быть заменен другим слоем, который обладает свойствами частично рассеивающего отражения, при которых падающий свет частично отражается с рассеянием и частично пропускается.

В зависимости от применения, существуют различные требования к светоизлучающим модулям относительно их светосилы и размера светоизлучающей области светоизлучающего модуля и твердотельного излучателя света. Для применений, в которых необходимо конкретное угловое распределение интенсивности света, обычно применяются оптические элементы, формирующие диаграммы излучения. Для

преобразования профиля пучка светового пучка твердотельного излучателя света, который обычно близок к профилю ламбертовского излучателя, в коллимированный пучок, необходимо поддерживать относительно малым размер исходного излучения света. В этом случае яркость светоизлучающего модуля должна быть относительно

5 высокой, что определяется светосилой и связано с суммарной площадью светоизлучающей поверхности 106 твердотельного излучателя 108 света, которая, например, также может быть увеличена путем использования более одного твердотельного излучателя 108 света. Для этих применений необходимо относительно

10 высокое отношение площадей твердотельного излучателя света ρ_{SSL} . Примером является модуль для модернизированной галогенной лампы.

В применениях, в которых отсутствуют строгие требования к уровням яркости светоизлучающего модуля, конкретной форме пучка или общей излучающей площади твердотельного излучателя 108 света, является предпочтительным наличие относительно

15 большой отражающей поверхности 112 основы по сравнению с частично поглощающей поверхностью 106 твердотельного излучателя 108 света, чтобы обеспечить более эффективное повторное использование света и более высокую эффективность. Для этих применений предпочтительно относительно низкое отношение площадей твердотельного излучателя света ρ_{SSL} . Примером является узел с высокой светосилой,

20 реализованный в применениях модернизированной лампы, который накладывает только небольшие ограничения на геометрию светоизлучающего модуля.

Следует отметить, что коэффициенты отражения представляют собой средние значения по всей поверхности, к которой они относятся. Светоотражающая поверхность основы может содержать, например, области, которые являются менее отражающими,

25 чем другие области. Кроме того, отражение света различных длин волн и при различных углах падения может отличаться. Предпочтительно, коэффициент отражения усреднен по спектру частот и по распределению угла падения, например, по спектру частот дневного света, или по спектру частот, который включает конкретные значения из

30 первого цветового диапазона и второго цветового диапазона. Измерение коэффициента отражения часто выполняется путем направления коллимированного светового пучка из спектрального диапазона на объект, коэффициент отражения которого должен быть измерен, и измерения количества отраженного света. Это обычно выполняется при

35 одном или более углах падения, и коэффициент отражения представляет собой взвешенное среднее полученных коэффициентов отражения для случаев различных углов падения, при этом весовой коэффициент зависит от количеств света, которые падают на объект при различных углах падения в светоизлучающем модуле.

В некоторых случаях твердотельный излучатель света присоединен к подложке, например, керамической или кремниевой подложке, и комбинация подложки и

40 твердотельного излучателя света присоединена к другому несущему слою. Этот несущий слой может, например, представлять собой печатную плату на металлической основе (МСПСВ), также называемую изолированной металлической подложкой (IMS), или стандартный РСВ, такой как FR4, или другой керамический кристаллоноситель, такой как окись алюминия или нитрид алюминия, или кремниевая подложка. В таких случаях

45 основа светоизлучающего модуля представляет собой комбинацию другого несущего слоя и подложки, к которой присоединен твердотельный излучатель света. Другими словами, основа представляет собой комбинацию материалов и/или слоев, на которых обеспечены твердотельные излучатели света. Следовательно, в этом конкретном случае, коэффициент отражения основы представляет собой взвешенное среднее коэффициентов отражения подложек и несущего слоя. Не является необходимым, чтобы подложка, к

которой присоединен твердотельный излучатель света, или подложка несущего слоя была абсолютно плоской. Обычно на подложках будут присутствовать металлические электроды с геометрической высотой, такие как проводящие медные дорожки, с целью подачи питания излучателям. Кроме того, может присутствовать слой распределения

5 тепла, присоединенный к поверхности. Часть подложки несущего слоя может иметь локальные утолщения с целью получения дополнительной поддерживающей структуры, например, для того, чтобы зафиксировать модуль, или для присоединения коллиматоров к модулю, или для задания края, например, с целью отделения оптических функций от электрических функций. На подложке или носителе могут присутствовать другие

10 электрические детали, такие как конденсаторы, температурные датчики, например NTC, резисторы, диоды для защиты от ESD, стабилитроны, варисторы, светочувствительные элементы, такие как фотодиод, или интегральные схемы (IC). Эти компоненты могут быть, вероятно, размещены вне окружности оптического выходного окна, но, в принципе, также могли бы быть размещены внутри окружности оптического

15 выходного окна. В последнем случае они будут вносить вклад в средний коэффициент отражения основы. Эти компоненты могут быть покрыты отражающим слоем с целью минимизации оптических потерь.

На фиг. 1b показан другой вариант осуществления светоизлучающего модуля 150 согласно первому аспекту изобретения. Светоизлучающий модуль 150 имеет структуру,

20 аналогичную структуре светоизлучающего модуля 100, однако, в этом случае обеспечено множество твердотельных излучателей света 154, 156, которые излучают свет первого цветового диапазона 114 в направлении люминесцентного слоя 102. В отношении светоизлучающего модуля 150, коэффициент R_{SSL} отражения твердотельного излучателя света задается как среднее коэффициентов отражения света для множества

25 твердотельных излучателей света 154, 156.

Как можно видеть на фиг. 1b, отношение площадей твердотельного излучателя света ρ_{SSL} светоизлучающего модуля 150 больше, чем аналогичное отношение для

светоизлучающего модуля 100, при этом для вычисления ρ_{SSL} общая суммарная площадь

30 верхних поверхностей 152, 158 твердотельных излучателей света должна быть подставлена вместо A_{SSL} . Таким образом, в светоизлучающем модуле 150 относительно большее количество света падает на твердотельные излучатели 154, 156 света, и, таким образом, относительно большее количество света поглощается твердотельными излучателями 154, 156 света по сравнению со светоизлучающим

35 модулем 100. Светоизлучающий модуль 150 является примером светоизлучающего модуля, в котором отношение площадей ρ_{SSL} больше, чем 0,25, и при этом значение фактора ρ должно быть больше либо равно 0,4 для того, чтобы получить относительно эффективный светоизлучающий модуль.

Следует отметить, что в других вариантах осуществления, разные твердотельные

40 излучатели 154, 156 света излучают в разных цветовых диапазонах. Кроме того, люминесцентный слой 102 может содержать различные люминесцентные материалы, каждый из которых может иметь различные характеристики преобразования, в результате чего свет, который проходит через окно 104 выхода света, содержит больше, чем только первый цветовой диапазон 114 и второй цветовой диапазон 116.

На фиг. 1a и фиг. 1b у каждого из твердотельных излучателей света 108, 154, 156 есть

45 верхняя поверхность 106, 152, 158, которая обращена в направлении окна 104 выхода света и люминесцентного слоя 102. Верхние поверхности 106, 152, 158 являются поверхностями, через которые свет первого цветового диапазона 114 в основном

излучается в направлении люминесцентного слоя. Расстояние между верхними поверхностями 106, 152, 158 твердотельных излучателей света 108, 154, 156 и поверхностью люминесцентного слоя 102, которая обращена к верхним поверхностям 106, 152, 158, представляет собой расстояние h , которое задается как длина самого короткого линейного пути между верхними поверхностями 106, 152, 158 твердотельных излучателей света 108, 154, 156 и поверхностью люминесцентного слоя 102, которая обращена к верхним поверхностям 106, 152, 158.

Изобретателями было экспериментально обнаружено, что оптический эффект увеличения отражения светоотражающей поверхностью не является единственным фактором, который способствует более высокой светоотдаче. Зазор и расстояние h между твердотельными излучателями света 108, 154, 156 и люминесцентным слоем 102 также способствуют эффективности и светоотдаче светоизлучающего модуля. Каждая из верхних поверхностей 106, 152, 158 имеет наибольший линейный размер d_{SSL} ,

определяемый как наибольшее линейное расстояние вдоль линии на верхней поверхности 106, 152, 158. Если верхние поверхности являются круговыми, то наибольший линейный размер d_{SSL} представляет собой длину диаметра круга. Если верхняя поверхность имеет форму квадрата или прямоугольника, то наибольший линейный размер d_{SSL}

представляет собой длину диагонали квадрата или прямоугольника. Изобретатели осознали, что если расстояние h является слишком малым, то слишком много света падает обратно на твердотельные излучатели света 108, 154, 156, в результате чего слишком много света поглощается твердотельными излучателями света 108, 154, 156.

И изобретатели также поняли, что если расстояние h больше, чем конкретное значение, то количество света, излучаемое обратно к твердотельным излучателям 108, 154, 156, по сравнению с количеством света, которое излучается обратно к светоотражающей поверхности, может быть таким, что будет невозможно достичь значительного улучшения эффективности при дальнейшем увеличении расстояния h . Кроме того, изобретатели обнаружили, что диапазон значений расстояния h , который обеспечивает относительно эффективный светоизлучающий модуль, зависит от отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} .

Расстояние h между верхними поверхностями 106, 152, 158 и люминесцентным слоем 102 предпочтительно находится в диапазоне, минимальное значение которого составляет 0,3, умноженное на наибольший линейный размер d_{SSL} верхних поверхностей 106, 152, 158, и максимальное значение которого составляет 5, умноженное на наибольший линейный размер d_{SSL} верхних поверхностей

106, 152, 158 для $\rho_{SSL} < 0,1$. Для $0,1 \leq \rho_{SSL} \leq 0,25$ расстояние h между верхними поверхностями 106, 152, 158 и люминесцентным слоем 102 предпочтительно находится в диапазоне, минимальное значение которого составляет 0,15, умноженное на наибольший линейный размер d_{SSL} верхних поверхностей 106, 152, 158, и максимальное

значение которого составляет 3, умноженное на наибольший линейный размер d_{SSL} верхних поверхностей 106, 152, 158. Для $\rho_{SSL} > 0,25$ расстояние h между верхними поверхностями 106, 152, 158 и люминесцентным слоем 102 предпочтительно находится в диапазоне, минимальное значение которого составляет 0,1, умноженное на наибольший линейный размер d_{SSL} верхних поверхностей 106, 152, 158, и максимальное значение которого составляет 2, умноженное на наибольший линейный размер d_{SSL} верхних поверхностей 106, 152, 158.

Светоизлучающие модули 100 и 150 могут быть еще более эффективными, если в представленных выше формулах и критериях фактор s будет больше, чем упомянутые

выше значения. Увеличение эффективности порядка 40% может быть достигнуто относительно твердотельного излучателя света с люминесцентным слоем, расположенным непосредственно на верхней поверхности.

В светоизлучающем модуле 150 обеспечено множество излучателей света 154, 156, и каждое множество излучателей света 154, 156 может иметь различное расстояние до люминесцентного слоя 102. Если расстояния отличаются, то среднее расстояние должно находиться в одном из диапазонов, которые определены выше. Если каждый из твердотельных излучателей света 154, 156 имеет различную форму и/или размер своей верхней поверхности 152, 158, то наибольший линейный размер d_{SSL} задается как среднее наибольших линейных размеров d_{SSL} верхних поверхностей множества твердотельных излучателей света 154, 156.

Если имеется зазор и расстояние h между твердотельными излучателями света 108, 154, 156 и люминесцентным слоем 102, то твердотельные излучатели света 108, 154, 156 не будут настолько сильно нагреваться, как это было бы в случае, если бы люминесцентный слой 102 был расположен наверху, или очень близко к твердотельным излучателям света 108, 154, 156. В этом случае, люминесцентный слой 102 непосредственно термически не связан с твердотельными излучателями света 108, 154, 156 и выдает или получает тепло от твердотельных излучателей света 108, 154, 156 в меньшей степени. Эффективность люминесцентного материала более высока, если температура люминесцентного материала остается в рамках приемлемых пределов. Кроме того, эффективность твердотельных излучателей света 108, 154, 156 более высока, если температура твердотельных излучателей света 108, 154, 156 остается в рамках приемлемых пределов. Таким образом, расстояние h между твердотельными излучателями света 108, 154, 156 и люминесцентным слоем 102 приводит в фототермическому эффекту более эффективного люминесцентного слоя 102. Кроме того, расстояние h между твердотельными излучателями света 108, 154, 156 и люминесцентным слоем 102 приводит к более однородному распределению светового потока через люминесцентный слой 102 вместо относительно высокого светового потока в очень узкой области люминесцентного слоя 102. Люминесцентные материалы имеют тенденцию быть чувствительными к фотонасыщенности, что означает, что выше конкретного значения потока люминесцентный материал преобразует свет с более низкой эффективностью. Также некоторые люминесцентные материалы или связующие вещества этих материалов, такие как органические люминофоры или органические связующие вещества, имеют тенденцию быть чувствительными к фоторазложению, что означает, что выше конкретного значения потока люминесцентный материал или связующее вещество начинает разлагаться, что обычно приводит к понижению эффективности. Таким образом, посредством создания расстояния h между твердотельными излучателями света (108, 154, 156) и люминесцентным слоем 102, возникновение эффектов фотонасыщенности и фоторазложения люминесцентного материала может быть предотвращено. Также расстояние h способствует получению более однородного распределения светотдачи в выходном окне и способствует смешиванию распределений цветов между первым(-и) спектром(-ами) частот и вторым (-и) спектром(-ами) частот. Таким образом, улучшается как пространственная, так и угловая однородность цветов. Дальнейшие улучшения могут быть получены с помощью рассеивающего или дихроичного слоя, расположенного сверху твердотельного излучателя света или в окне выхода света.

Твердотельные излучатели света 108, 154, 156 могут представлять собой светодиоды (LED), органические светодиоды (OLED) или, например, лазерные диоды, например,

лазер поверхностного излучения с вертикальным объемным резонатором (VCSEL).

На фиг. 2а и фиг. 2b представлены виды сверху светоизлучающих модулей 200, 250 согласно первому аспекту изобретения. Представленные виды сверху можно увидеть, если смотреть в направлении поверхности основы светоизлучающих модулей 200, 250, на которой установлены твердотельные излучатели света, через окно выхода света. Следует отметить, что люминесцентный слой не показан на фиг. 2а и 2b.

На фиг. 2а изображена светоотражающая поверхность 204 основы и верхняя поверхность 206 твердотельного излучателя света. Стрелка 202 указывает наибольший линейный размер d_{SSL} верхней поверхности 206 твердотельного излучателя света.

Площадь верхней поверхности 206 твердотельного равна $L_w L_h$. Площадь светоотражающей поверхности 204 основы равна $(B_w B_h - L_w L_h)$, что представляет собой суммарную площадь за вычетом площади основы, которая занята твердотельным излучателем света. Таким образом, площадь светоотражающей поверхности 204 основы не включает площадь основы, которая покрыта твердотельным излучателем света.

На фиг. 2b показана светоотражающая поверхность 254, первая верхняя поверхность 256 первого твердотельного излучателя света и вторая верхняя поверхность 258 второго твердотельного излучателя света. Наибольшее линейное расстояние для прямоугольного первого твердотельного излучателя показано стрелкой 252. Площадь первой верхней поверхности 256 первого твердотельного излучателя света равна $L1_w L1_h$. Вторая верхняя поверхность 258 второго твердотельного излучателя света является круглой и ее диаметр показан стрелкой 260. Площадь второй верхней поверхности 258 второго твердотельного излучателя света равна $\frac{1}{4}\pi(L2_d)^2$. Площадь светоотражающей

поверхности 254 основы в этом случае равна $(B_w B_h - L1_w L1_h - \frac{1}{4}\pi(L2_d)^2)$.

На фиг. 3а представлен вариант осуществления светоизлучающего модуля 300, который содержит полость 316. Светоизлучающий модуль 300 содержит основу 309, которая имеет светоотражающую поверхность 306 внутри полости 316. На светоотражающей поверхности 306 обеспечен твердотельный излучатель 312 света, который излучает свет в первом цветовом диапазоне в направлении окна выхода света. Окно выхода света сформировано люминесцентным слоем 308. Между основой 309 и люминесцентным слоем 308 обеспечены стенки 314, в данном случае, четыре стенки 314. Внутренние поверхности 304 стенок 314 являются светоотражающими и имеют коэффициент R_{wall} отражения стенки. Коэффициент отражения стенки представляет собой отношение между количеством света, которое отражено светоотражающей поверхностью 304 стенок 314, и количеством света, которое падает на светоотражающую поверхность 304 стенок 314. Твердотельный излучатель 312 света имеет коэффициент R_{SSL} отражения твердотельного излучателя света. Светоотражающая поверхность 306 основы 309 имеет коэффициент R_{base} отражения основы. Определения коэффициента отражения основы и коэффициента отражения твердотельного излучателя света даны в описании фиг. 1а и 1b.

Стенки 314 могут состоять из различных материалов. Материал стенок может обеспечивать высокий коэффициент отражения, например, при использовании рассеивающей керамики, такой как отражающая окись алюминия, двуокись циркония или другая керамика, рассеивающего стекла, рассеивающего пигментированного полимера, такого как белый полиамид; или рассеивающих фторполимеров, таких как спектралон или рассеивающая кремнийорганическая смола. Стенки 314 также могут состоять из металлического материала, такого как алюминий или серебро. Металл

может представлять собой металлическую фольгу или пленку, например, промышленные металлические зеркала с высоким отражением под торговой маркой Аланод (Alanod).

Материал стенок также может иметь низкий коэффициент отражения и может быть покрыт отражающим слоем. В этом случае стенка может содержать другой материал, такой как теплопроводящий полимер, например, углепластик, например, полиамид, или металлические материалы, такие как медь, никель, нержавеющая сталь, или керамические материалы, такие как нитрид алюминия (AlN). Эти материалы обычно имеют высокую удельную теплопроводность, что является выгодным, например, медь ~400 Вт/м*К, AlN~140 Вт/м*К. Отражающий слой может представлять собой покрытие, пленку или тонкий слой. Отражающий слой может представлять собой, например, слой отлитого, погруженного, распределенного или распыленного белого кремнийорганического материала или белого золь-геля, например, основанный на алкилсиликате материал, окрашенный рассеивающими частицами, такими как TiO₂ или ZrO₂. Или отражающий слой может, например, представлять собой тонкое

металлическое покрытие, такое как защищенное серебро или алюминий, который может быть нанесен испарением или напылением на материал стенки. Стенки 314 могут иметь множество форм, таких как, например, круговая, кольцевая, цилиндрическая, квадратная или треугольная. Стенка может содержать поверхностные структуры, такие как ребра, в целях способствования охлаждению.

Материал стенок может также состоять из тонкопленочного слоя, такого как отражающее покрытие или простая пленка. В этом случае отражатель стенки может покрывать края твердого материала, находящегося между основой и люминесцентным материалом, такого как окружность стеклянной или керамической подложки.

Стенка может представлять собой рассеивающий отражатель или зеркальный отражатель. В некоторых вариантах осуществления стенка с зеркальным отражением демонстрирует лучшие характеристики, чем стенка с рассеивающим отражением, и в других вариантах осуществления стенка с рассеивающим отражением демонстрирует лучшие характеристики, чем стенка с зеркальным отражением.

Кроме того, основа 306 и стенки 314 могут содержать теплопроводящий материал. Люминесцентный слой 308, предпочтительно, термически соединен со стенками 314 на краях люминесцентного слоя 308. Например, теплопроводящая паста или теплопроводящий клейкий материал могут быть использованы для соединения люминесцентного слоя 308 со стенками 314. В основе 306 может быть обеспечена граница раздела с теплоотводом (не показана). Основа 306 может быть частью теплоотвода, или основа 306 может формировать теплоотвод. Твердотельный излучатель 312 света обеспечен в пределах полости 316 и прикреплен к светоотражающей основе 306. Контакт между твердотельным излучателем 312 света и светоотражающей основой 306 сделан таким образом, чтобы твердотельный излучатель 312 света был термически связан с основой 306. Твердотельный излучатель 312 света может быть спаян или склеен посредством клейкого проводящего материала, например, клейкого материала с металлическими частицами, со светоотражающей основой 306. Основа 306 полости 316 и/или стенки 314 может содержать теплоотводящие сквозные отверстия в целях дальнейшего улучшения теплообмена. Например, основа 306 может быть сделана из керамической окиси алюминия, которая содержит отверстия, металлизированные медью. Медь обладает более высокой удельной теплопроводностью (приблизительно 400 Вт/м*К по сравнению с окисью алюминия (20-30 Вт/м*К)). Твердотельный излучатель 312 света также может быть соединен с помощью электрических сквозных отверстий через основу 306 полости 316 с источником питания. Электрические сквозные

отверстия также могут проводить тепло.

Люминесцентный слой может содержать люминофоры для преобразования света в первом цветовом диапазоне в свет второго цветового диапазона. Второй цветовой диапазон, предпочтительно, отличается от первого цветового диапазона, однако диапазоны могут частично перекрываться. Люминофор может представлять собой желтый люминофор, такой как YAG:Ce, LuAG:Ce или LuYAG:Ce, для частичного преобразования синего света, сгенерированного твердотельным излучателем света, в желтый свет, таким образом, чтобы могло быть получено объединенное излучение, по существу, белого света. В другом варианте осуществления люминофор может представлять собой люминофор с полным преобразованием, такой как BSSNE:Eu или ECAS:Eu, для того, чтобы полностью преобразовать синий свет в желтый свет или красный свет, соответственно. Люминесцентный слой может содержать комбинацию люминофоров, например, YAG:Ce и ECAS:Eu, чтобы получить излучение более "теплого" белого света.

Преобразование света первого цветового диапазона в свет второго цветового диапазона имеет высокую эффективность, однако, часть света поглощается и преобразуется в тепло. В частности, у твердотельных излучателей света большой мощности количество поглощенной энергии может быть относительно высоким. Эффективность люминесцентного слоя может ухудшиться, если люминесцентный слой 308 становится слишком горячим, например, имеет температуру более 200°C. Кроме того, люминесцентный слой может содержать материалы, которые разлагаются при высоких температурах, в результате чего их характеристики свечения также ухудшаются. В светоизлучающем модуле выработанное тепло передается через стенки и основу к теплоотводу. При этом люминесцентный слой не становится слишком горячим.

Люминесцентный слой может представлять собой керамический люминофор, который производится в форме сплавленного макроскопического тела через спекание частиц порошка люминофора или из порошков предшественника, которые формируют люминофор в процессе реакционного спекания. Такой керамический люминофор производится в пластинах, и эти пластины механически нарезаются с целью получения подходящего размера, соответствующего окну выхода света. Следует отметить, что один лист люминесцентного материала, такой как лист керамического люминофора, может покрывать множество соседних полостей.

Керамический люминофор является относительно хорошим проводником тепла. Удельная теплопроводность зависит от типа керамического люминофора и остаточной пористости. Например, типичная удельная теплопроводность для керамического легированного Ce YAG люминофора составляет 9-13 Вт/м*К при комнатной температуре. Типичная удельная теплопроводность слоя порошкового люминофора в связующей смоле, такой как кремнийорганический материал или органический полимер, в основном определяется связующим веществом, имеющим удельную теплопроводность около 0,15-0,3 Вт/м*К. Слой керамического люминофора может составлять около 10-300 мкм по толщине, обычно около 100 мкм, и поэтому является жестким, самонесущим, следовательно, дополнительная несущая подложка для люминесцентного слоя не требуется.

Люминесцентный слой также может представлять собой стеклянную подложку, на которую нанесен слой полупрозрачной смолы, содержащей частицы люминофора. Например, порошок с частицами люминофора, которые диспергированы в связующем веществе, обычно кремнийорганической смоле. Однако предпочтительно, чтобы связующее вещество лучше проводило тепло, например, чтобы оно представляло собой

стекло, или приготовленный золь-гель-методом силикат, или алкилсиликат с типичной удельной теплопроводностью около 1 Вт/м*К. Люминесцентный слой может также быть заключен между двумя другими слоями, например, люминесцентный слой может быть нанесен на стеклянный слой, и сверху люминесцентного слоя может быть нанесен 5 стеклянный слой, что улучшает распределение тепла. Примеры других комбинаций слоев включают керамический слой - люминесцентный слой - стеклянный слой и керамический слой - люминесцентный слой - керамический слой.

В одном из вариантов осуществления дополнительный слой размещен наверху люминесцентного слоя, который выполняет функцию рассеивателя, в результате чего 10 светоизлучающий модуль 300 излучает свет во множестве выходных направлений с улучшенной угловой цветной однородностью. Люминесцентный слой будет преобразовывать свет, проходящий более или менее перпендикулярно через люминесцентный слой, меньше, чем свет, проходящий под большими углами к нормали. В случае, когда используется частично преобразующий люминесцентный слой, это 15 приводит к излучению большего объема света (обычно синего цвета) вблизи нормали, чем под большими углами. Это приводит к недопустимым изменениям цвета в зависимости от угла. Рассеиватель смешивает свет до излучения в окружающую среду с целью улучшения однородности цвета в зависимости от угла. Рассеиватель, предпочтительно, в основном осуществляет прямое рассеяние.

Альтернативно, дихроичный или интерференционный слой может присутствовать 20 сверху люминесцентного слоя с целью исправления погрешности распределения цвета в зависимости от угла для света, излучаемого через люминесцентный слой. Дихроичный слой состоит из множества тонких слоев с альтернативными более высокими и более низкими показателями преломления, с которыми интерферирует свет. Оптические 25 характеристики дихроичного слоя таковы, что синий свет больше отражается вблизи нормали и отражается меньше, или вообще не отражается, под большими углами, при этом отражение изменяется постепенно. Избыток синего для твердотельного излучателя света вблизи нормали через люминофор позднее компенсируется более высоким обратным отражением дихроичного слоя. Обратно отраженный синий свет частично 30 возбуждает люминофор, и будет подвергаться преобразованию цвета и частично повторно использоваться в полости. Дихроичный слой может присутствовать в форме тонкой пленки на подложке несущего слоя, такого как стекло, и соединяется с люминофором. Соединение может быть выполнено с использованием клейкого материала.

Альтернативно, люминофор может присутствовать в форме покрытия на той же 35 самой подложке, что и дихроичный слой, на противоположной стороне. Подложка несущего слоя дихроичного слоя может представлять собой теплопроводящую прозрачную подложку, такую как керамика.

Свет, который отражается или рассеивается люминесцентным слоем, и который 40 излучается люминесцентным слоем, также отражается в направлении стенок 314 и отражается светоотражающими поверхностями 304 стенок 314. Поэтому свет, который не был сразу передан через окно выхода света в окружающую среду, отражается через светоотражающие поверхности 304 стенок 314 и/или светоотражающую поверхность 306 основы 309. Таким образом, свет, который не был сразу передан в окружающую 45 среду, повторно используется более эффективно и способствует эффективности светоизлучающего модуля. В этом случае коэффициент эффективного отражения, R_{eff} задается как взвешенное среднее коэффициента отражения основы и стенок, или, другими словами, эффективная отражающая способность представляет собой взвешенное среднее

коэффициентов отражения основы и стенок. Коэффициент $Reff$ эффективного отражения может быть задан как:

$$Reff = \frac{R_{base} \cdot A_{base} + R_{wall} \cdot A_{wall}}{A_{base} + A_{wall}} \quad (1)$$

где коэффициент R_{base} отражения основы представляет собой коэффициент отражения светоотражающей поверхности 306 основы 309, коэффициент R_{wall} отражения стенки представляет собой коэффициент отражения светоотражающих поверхностей 304 стенок 314, A_{base} представляет собой общую площадь отражающей поверхности 306 основы 309, и A_{wall} представляет собой общую площадь отражающих поверхностей 304 стенок 314.

В этом варианте осуществления значение коэффициента $Reff$ эффективного отражения должно быть, по меньшей мере, больше, чем значение коэффициента R_{SSL} отражения твердотельного излучателя света. Предпочтительно, значение коэффициента $Reff$ эффективного отражения должно быть, по меньшей мере, больше, чем значение коэффициента R_{SSL} отражения твердотельного излучателя света плюс фактор c , умноженный на разность между 1 и коэффициентом R_{SSL} отражения твердотельного излучателя света. Таким образом, $Reff > R_{SSL} + c(1 - R_{SSL})$. Фактор c , аналогично вариантам осуществления, описанным на фиг. 1a и 1b, зависит от отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} , которое в этом случае задается как:

$$\rho_{SSL} = \frac{A_{SSL}}{A_{base} + A_{wall}} \quad (2)$$

Таким образом, в отличие от вариантов осуществления на фиг. 1a и 1b, в данном случае площадь отражающих поверхностей 304 стенок 314 также принимается в расчет, то есть, суммарная отражающая область теперь включает основу и отражающую область стенок. Если $\rho_{SSL} < 0,1$, что указывает на относительно большую отражающую область основы 309 и стенок 314 по сравнению с областью верхней поверхности твердотельного излучателя 312 света, то значение фактора c должно быть больше либо равно 0,2 для того, чтобы светоизлучающий модуль являлся относительно эффективным. Если $0,1 \leq \rho_{SSL} \leq 0,25$, что указывает на отражающую область основы 309 и стенок 314, которая сопоставима с областью верхней поверхности твердотельного излучателя 312 света, то значение фактора c должно быть больше либо равно 0,3 для того, чтобы светоизлучающий модуль являлся относительно эффективным. Если $\rho_{SSL} > 0,25$, что указывает на относительно малую отражающую область основы 309 и стенок 314 по сравнению с областью верхней поверхности твердотельного излучателя 312 света, то значение фактора c должно быть больше либо равно 0,4 для того, чтобы светоизлучающий модуль являлся относительно эффективным. Значение фактора c во всех случаях фактически меньше чем 1,0.

На фиг. 3b показан другой вариант осуществления светоизлучающего модуля 350 согласно первому аспекту изобретения. Светоизлучающий модуль 350 аналогичен светоизлучающему модулю 300 с фиг. 3a. Однако имеются некоторые незначительные отличия. Светоизлучающий модуль 350 имеет круговую основу 358 со светоотражающей поверхностью 354, которая обращена в направлении полости. Полость окружена основой 358, цилиндрической стенкой 362 и люминесцентным слоем 352. Поверхность цилиндрической стенки 362, обращенная к полости, является светоотражающей поверхностью 356 стенки. На светоотражающей поверхности 354 основы 358 обеспечено множество твердотельных излучателей света, которые излучают свет первого цветового

диапазона в направлении окна выхода света полости. Окно выхода света полости сформировано люминесцентным слоем 352, который содержит люминесцентный материал для того, чтобы преобразовывать часть света первого цветового диапазона в свет второго цветового диапазона.

Также для данного варианта осуществления ρ_{SSL} задается как отношение общей просуммированной площади верхних поверхностей твердотельных излучателей 360 света и площади отражающей поверхности 354 основы 358. Применяются те же самые критерии и диапазоны, которые были описаны в отношении фиг. 3а.

Сечение светоизлучающего модуля 300 с фиг. 3а вдоль линии А-А' представлено на фиг. 4а. Окно выхода света обозначено как 402. Окно 402 выхода света является частью люминесцентного слоя 308, поскольку часть люминесцентного слоя 308 расположена наверху стенок 404, 314, которые имеют конкретную толщину. Альтернативно, может иметься углубление в крае стенки, под которое может быть подогнан люминесцентный слой 308 в качестве опоры люминесцентного слоя 308. Клейкий материал может быть использован для присоединения люминесцентного слоя 308 к вершине стенки или углублению в стенке. В случае, когда углубление используется для присоединения люминесцентного слоя 308, имеется дополнительное преимущество обеспечения теплового взаимодействия боковой поверхности люминесцентного слоя 308 со стенкой.

Таким образом, значение коэффициента R_{eff} эффективного отражения должно быть, по меньшей мере, больше, чем значение коэффициента R_{SSL} отражения твердотельного излучателя света. Предпочтительно, значение коэффициента R_{eff} эффективного отражения должно быть, по меньшей мере, больше, чем значение коэффициента R_{SSL} отражения твердотельного излучателя света плюс фактор s , умноженный на разность между 1 и коэффициентом R_{SSL} отражения твердотельного излучателя света. Фактор s , аналогично вариантам осуществления, описанным в отношении фиг. 1а и 1b, зависит от отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} , которое в данном варианте осуществления также включает площадь отражающей поверхности 356 стенок 362. Если $\rho_{SSL} < 0,1$, что указывает на относительно большую отражающую область основы 309 и стенок 404, 314 по сравнению с областью верхней поверхности твердотельного излучателя 312 света, то значение фактора s должно быть больше либо равно 0,2 для того, чтобы светоизлучающий модуль являлся относительно эффективным. Если $0,1 \leq \rho_{SSL} \leq 0,25$, что указывает на отражающую область основы 309 и стенок 404, 314, которая сопоставима с областью верхней поверхности твердотельного излучателя 312 света, то значение фактора s должно быть больше либо равно 0,3 для того, чтобы светоизлучающий модуль являлся относительно эффективным. Если $\rho_{SSL} > 0,25$, что указывает на относительно малую отражающую область основы 309 и стенок 404, 314 по сравнению с областью верхней поверхности твердотельного излучателя 312 света, то значение фактора s должно быть больше либо равно 0,4 для того, чтобы светоизлучающий модуль являлся относительно эффективным. Значение фактора s во всех случаях фактически меньше, чем 1,0.

Расстояние h между верхней поверхностью 412 твердотельного излучателя 312 света и люминесцентным слоем 308 предпочтительно находится в диапазоне, минимальное значение которого составляет 0,3, умноженное на наибольший линейный размер d_{SSL} верхней поверхности 412, и максимальное значение которого составляет 5, умноженное на наибольший линейный размер d_{SSL} верхней поверхности 412 для значений отношения площадей твердотельного излучателя света ρ_{SSL} , меньшего чем 0,1. Для $0,1 \leq \rho_{SSL} \leq 0,25$

расстояние h между верхней поверхностью 308 и люминесцентным слоем 102 предпочтительно находится в диапазоне, минимальное значение которого составляет 0,15, умноженное на наибольший линейный размер d_{SSL} верхней поверхности 308, и максимальное значение которого составляет 3, умноженное на наибольший линейный размер d_{SSL} верхней поверхности 308. Для $\rho_{SSL} > 0,25$ расстояние h между верхней поверхностью 308 и люминесцентным слоем 102 предпочтительно находится в диапазоне, минимальное значение которого составляет 0,1, умноженное на наибольший линейный размер d_{SSL} верхней поверхности 308, и максимальное значение которого составляет 2, умноженное на наибольший линейный размер d_{SSL} верхней поверхности 308.

Следует отметить, что если твердотельный излучатель 312 света выполняет вышеупомянутые критерии, то светоизлучающий модуль 300 является относительно эффективным светоизлучающим модулем. Поглощение твердотельным излучателем света вносит значительный вклад в неэффективность, в то время как все другие расстояния, размеры и коэффициенты отражения оптимизированы для максимальной светоотдачи. Светоизлучающий модуль 300 может быть еще более эффективным, если в представленных выше формулах фактор s будет больше, чем упомянутые выше значения. Может быть достигнуто увеличение эффективности порядка 40% относительно светоизлучающего модуля с люминесцентным слоем, расположенным непосредственно на верхней поверхности твердотельного излучателя света.

Люминесцентный слой 308 размещается на верхнем краю стенок 404, 314, и поэтому люминесцентный слой 308 термически связан со стенками 404, 314. Люминесцентный слой 308 нагревается вследствие поглощения энергии люминесцентным материалом в процессе преобразования им света первого цветового диапазона в свет второго цветового диапазона. Тепловое соединение между люминесцентным слоем 308 и стенками 404, 314 позволяет стенкам 404, 314 отводить тепло люминесцентного слоя к основе 309, которая может содержать границу раздела для соединения основы 309 с теплоотводом. Данный механизм обеспечивает эффективное управление нагревом светоизлучающего модуля 300 и предотвращает чрезмерный нагрев люминесцентного слоя 308, что повышает эффективность и увеличивает срок эксплуатации люминесцентного материала. Кроме того, полость 316 может быть заполнена по существу оптически прозрачным веществом. Если вся полость заполнена прозрачным веществом, то прозрачный материал также термически связан с люминесцентным слоем 308, и может отводить тепло от люминесцентного слоя к стенкам 404, 314 и основе 309 намного более эффективным способом, чем при использовании воздушного зазора. Как будет обсуждаться в контексте фиг. 5а, прозрачное вещество обладает дополнительными преимуществами, такими как увеличение вывода излучения света от твердотельного излучателя 412 света.

По существу прозрачный материал обычно представляет собой твердый материал, такой как кристаллизованная или отвержденная кремнийорганическая смола с удельной теплопроводностью от 0,2 до 0,3 Вт/м*К. Существует множество типов таких материалов, начиная от твердых кремнийорганических смол и заканчивая мягкими кремнийорганическими смолами и гибкими эластичными кремнийорганическими смолами или гелеобразными смолами. Другие материалы могут включать эпоксидные смолы, множество типов оптически прозрачных полимеров, известных специалистам в данной области техники. В других вариантах осуществления может использоваться широкий диапазон материалов стеклянного типа, таких как натриево-кальциевое силикатное стекло с удельной теплопроводностью около 1,0 Вт/м*К или боросиликатное стекло, или

кварцевое стекло, имеющее теплопроводность около 1,3 Вт/м*К. Кроме того, могут использоваться керамические материалы, такие как полупрозрачная поликристаллическая подложка из окиси алюминия, имеющая удельную теплопроводность около 30 Вт/м*К, сапфировые подложки, имеющие удельную

теплопроводность 42 Вт/м*К, AlON с удельной теплопроводностью 9,5 Вт/м*К, шпинель с удельной теплопроводностью 15 Вт/м*К или YAG с удельной теплопроводностью 7 Вт/м*К. Комбинации таких материалов также могут использоваться. Например, твердые

стеклянные или керамические подложки могут быть соединены с излучателями и/или основой. Кроме того, в качестве по существу прозрачного материала может

использоваться спеченная полупрозрачная поликристаллическая окись алюминия, при этом зернистость, предпочтительно, превышает 44 мкм или, предпочтительно, меньше, чем 1 мкм, с целью получения относительно высокого прямого пропускания света.

Полное прямое пропускание света превышает 84% для материала толщиной 1 мм и зернистости, меньшей чем 1 мкм. Полное прямое пропускание света превышает 82%

для материала толщиной 1 мм и зернистости, превышающей 44 мкм. Поликристаллическая окись алюминия может быть получена, например, с помощью

технологии обработки керамического порошка, в которой порошок Al_2O_3 формуется, например, посредством полусухого прессования, шликерного литья, литья под

давлением, и предварительного спекания и окончательного спекания. Относительно большая зернистость, то есть, превышающая 44 мкм, может быть достигнута с

применением порошка окиси алюминия с относительно большой зернистостью, посредством увеличения времени спекания и/или посредством повышения температуры

спекания, посредством использования меньшего количества подавляющего рост гранул легирования MgO (<300 ч/млн), и/или посредством применения гранулярных легирующих

примесей стимулирования роста, или посредством комбинации одного или более указанных выше способов. Предпочтительно, зернистость составляет меньше 120 мкм

в целях предотвращения образования микротрещин в поликристаллической окиси алюминия. Таким образом, отличные тепловые свойства этого материала, вследствие его удельной теплопроводности, составляющей 30 Вт/м*К, объединяются с относительно

высокой светопрозрачностью. Необязательно, может достигаться оптическое и тепловое взаимодействие с поверхностью излучателя, например, с целью извлечения большего количества света

из излучателя, при этом воздушный зазор все еще присутствует между твердым материалом и основой. Это может способствовать более эффективному

распространению света посредством канализации света в твердом материале с целью повышения однородности света. Для оптимального теплового контакта твердые

подложки могут также быть присоединены к основе, например, с использованием клейкого материала. Твердая подложка выполняет функцию слоя распределения тепла

и материала теплового взаимодействия в случае, когда она также соединена с люминесцентным слоем. Твердый материал может также присутствовать на излучателе,

например фрагмент сапфира или кремниевого карбида SiC, который может представлять собой подложку для выращивания, на которой был сформирован кристалл излучателей.

Кроме того, на кристалле может присутствовать оптический элемент в форме купола или линзы, обычно имеющий размер, по меньшей мере в 2 раза превышающий

наибольший линейный размер, который может, например, состоять из кремнийорганической смолы стеклянного материала. Элемент в форме купола или линзы может быть покрыт другим прозрачным веществом.

По существу прозрачное вещество, предпочтительно, имеет относительно высокий

показатель преломления, если оно находится в оптическом взаимодействии с кристаллом излучателя. Поскольку типичные твердотельные излучатели света, такие как GaN, или InGaN, или AlInGaN, имеют высокий показатель преломления, составляющий около 2,4, то при контакте с высоким показателем преломления из кристалла извлекается больше света путем снижения полного внутреннего отражения в кристалле твердотельного излучателя света. Наиболее прозрачные материалы имеют показатели преломления в пределах от 1,4 до 1,6, обычно 1,5. Некоторые примеры материалов с высоким показателем преломления, подходящих для прикрепления к излучателю, представляют собой стекла с высоким показателем преломления, такие как LaSFN9, или керамические материалы, такие как сапфир ($n \sim 1,77$), окись алюминия ($n \sim 1,77$), YAG ($n \sim 1,86$), двуокись циркония ($n \sim 2,2$) или кремниевый карбид (SiC, $n \sim 2,6$). Оптическое соединение с высоким показателем преломления может использоваться для присоединения подложки, например, стекло с высоким показателем преломления или смола с высоким показателем преломления. Смола с высоким показателем преломления может состоять из связующего вещества с низким показателем преломления, заполненного наночастицами с высоким показателем преломления, например, кремнийорганическая смола, заполненная наночастицами TiO_2 , имеющими диаметр менее 100 нм, или другими наночастицами с высоким показателем преломления, такими как ZrO_2 или титанаты, такие как $BaTiO_3$, $SrTiO_3$. В некоторых типах кристаллов излучателей типичные подложки для выращивания, такие как сапфир и кремниевый карбид, могут все еще присутствовать на кристалле. Предпочтительно, в этом случае кристаллы покрываются материалом с высоким показателем преломления, таким как описан выше.

Альтернативно, также могут использоваться жидкие материалы, такие как кремнийорганического масла ($n \sim 1,4$) или минеральные масла ($n \sim 1,5$), или большое множество жидкостей, таких как алифатические или ароматические углеводороды, или жидкости с высоким показателем преломления, известные специалистам в данной области техники. В случае использования жидкости является предпочтительной наличие плотной изоляции вокруг краев выходного окна в целях предотвращения утечки из светоизлучающего модуля. Жидкость может использоваться для охлаждения люминесцентного слоя конвекционным потоком и/или посредством циркуляционного охлаждения.

На фиг. 4b показано сечение другого варианта осуществления светоизлучающего модуля фиг. 3a. Светоизлучающий модуль 450 содержит корпус 455, полость 460, люминесцентный слой 465, границу раздела 470 с теплоотводом 480 и окно 472 выхода света. Корпус 455 в этом случае содержит и основу, и стенки со светоотражающей поверхностью 462 основы, и светоотражающие поверхности 466, 468 стенок. Показан конкретный тип твердотельного излучателя 482 света, который соединен с источником питания посредством двух проводов 492. LED часто имеет проводные соединители 492, которые соединены с твердотельным излучателем 482 света на верхней поверхности 483 твердотельного излучателя 482 света. Верхняя поверхность 483 представляет собой поверхность твердотельного излучателя 482 света, которая является ближайшей к люминесцентному слою 465, и где свет излучается в полость 460. В некоторых вариантах осуществления на верхней поверхности 483 имеется два электрических проводных контакта, и в других вариантах осуществления имеется один электрический проводной контакт в верхней поверхности 483 и один электрический контакт в нижней поверхности твердотельного излучателя 482 света к основе.

Как можно видеть на фиг. 4b, граница раздела 470 с теплоотводом 480 обеспечена

на задней стороне светоизлучающего модуля 450. Следует отметить, что задняя сторона представляет собой, по существу, сторону, противоположную стороне, на которой присутствует люминесцентный слой 465, и что часть корпуса, которая формирует заднюю сторону, также формирует основу полости 460. Как видно на фиг. 4b, твердотельный излучатель 482 света присоединен к светоотражающей основе 462 полости 460. Взаимодействие между твердотельным излучателем 482 света и корпусом 455 сделано таким образом, чтобы обеспечивалось хорошее тепловое соединение между твердотельным излучателем 482 света и корпусом 455, и, следовательно, твердотельным излучателем 482 света и теплоотводом 480.

Альтернативно, твердотельный излучатель 482 света может быть установлен через отверстие в светоотражающей основе таким образом, чтобы свет излучался в полость 460, и чтобы у твердотельного излучателя 482 света было хорошее тепловое соединение с корпусом 455.

Проводное верхнее соединение 492 представляет собой провод, который электрически соединен с областью электрического контакта в верхней поверхности 483 LED 482, который обычно является металлизированным, и провод подает электроэнергию для LED 482. Верхняя поверхность 483 LED 482 часто также является светоизлучающей поверхностью LED 482. Светоизлучающая поверхность LED 482 задается как незагороженная область излучающей поверхности LED 482, с которой свет, сгенерированный LED 482, излучается в полость 460. В данном варианте осуществления верхняя поверхность 483 LED 482 представляет собой поверхность, которая обращена к люминесцентному слою 465.

Использование люминесцентного слоя 465, который реализован как керамический люминофор, или который реализован как слой люминофора, нанесенный, например, на стеклянную подложку, в комбинации с LED 482 с верхним проводным соединением 492 оказалось сложным. Провода 492 препятствуют размещению такого слоя керамического люминофора сверху светоизлучающей поверхности. Решение может состоять в просверливании прецизионных отверстий в керамическом люминофоре, через которые прокладывается провод, что является относительно дорогим процессом. Однако, трудно предотвратить утечку света через прецизионные отверстия вдоль провода. Это приводит к снижению контроля цвета. В частности, когда люминесцентный слой 465 должен преобразовывать большую часть света в первом цветовом диапазоне, утечка света приводит к недопустимо сниженной насыщенности цвета. Кроме того, отверстия обычно просверливались бы посредством лазерного выжигания, для которого имеется риск повреждения люминофора около просверленных отверстий, в результате которого побочные продукты выжигания будут поглощать свет, и часть люминофора будет деактивирована.

Типичные керамические люминофоры, такие как YAG:Ce и барий-стронциевый нитрид кремния янтарного цвета (BSSNE:Eu), имеют показатель преломления около 1,86 и 2, соответственно. Таким образом, прозрачная смола с показателем преломления выше 1,4 может обеспечить относительно хорошую оптическую связь между этими конкретными LED и обсуждаемыми выше конкретными керамическими люминофорами. Могут быть включены дополнительные центры рассеяния, такие как рассеивающие частицы, предпочтительно, с характеристиками прямого рассеяния.

Вариант осуществления обеспечивает эффективное и выгодное решение для преобразования света LED 482 с одним или более верхними проводными соединениями 492 в другой цвет. Полость 460 предоставляет пространство для проводов 492, и вследствие отражений света в полости тень проводов 492 не видна в окне 472 выхода

света. Следует отметить, что полость 460 из варианта осуществления является относительно большей по сравнению с размером светоизлучающего модуля 450, и поэтому может наблюдаться меньше теней проводов по сравнению с известными светоизлучающими модулями, в которых полость является относительно небольшой.

Использование верхнего проводного соединения 492 вместе с прозрачной смолой 498, которая размещается между LED 482 и люминесцентным слоем 465, является целесообразным. Прозрачная смола 498 может быть введена в полость 460 после установки LED 482 в корпус 455. Во время инъекции прозрачная смола 498 находится в жидком состоянии и может течь к каждому углу полости. Провода 492 не являются препятствием для введенных прозрачных смол, и поэтому хороший контакт может быть установлен между прозрачной смолой 498 и всей верхней поверхностью LED 482. Таким образом, прозрачная смола 498 увеличивает вывод излучения света от LED 482. Кроме того, если прозрачная смола 498 затвердевает, то верхние проводные соединения 492 закрепляются смолой 498, и будут менее чувствительны к повреждению, например, если светоизлучающий модуль 450 подвергается вибрации, например, в автомобильных применениях.

На фиг. 5 представлено несколько альтернативных вариантов осуществления светоизлучающего модуля согласно первому аспекту изобретения. Светоизлучающий модуль 500, изображенный на фиг. 5a (i), содержит основу 518, множество LED 514, обеспеченных на подложках 516, стенки 510, первый люминесцентный слой 506 и второй люминесцентный слой 504, обеспеченные на краю стенок и формирующие окно выхода света. LED 514 излучают свет первого цветового диапазона, и все LED 514 имеют один и тот же размер с наибольшим линейным размером d . Первый люминесцентный слой 506 содержит люминесцентный материал для преобразования света первого цветового диапазона в свет второго цветового диапазона. Второй люминесцентный слой 504 содержит другой люминесцентный материал для преобразования света первого цветового диапазона в свет третьего цветового диапазона, или для преобразования света второго цветового диапазона в свет третьего цветового диапазона. Стенки 510, основа 518 и первый люминесцентный слой 506 ограничивают полость, которая заполнена прозрачным материалом 502. Таким образом, прозрачный материал помещен между LED 514 и первым люминесцентным слоем 506. Прозрачный материал имеет оптическое соединение с LED 514, и оптически и термически связан с первым люминесцентным слоем 506. Расстояние между излучателями света и первым люминесцентным слоем 506 обозначено h . На поверхности стенок 510, которые обращены к полости, нанесено светоотражающее покрытие 508. Пространство между LED 514 и прозрачным материалом 502 заполнено светоотражающим материалом 512, покрывающим основу 518 и подложки 516. Светоотражающая поверхность сформирована поверхностью светоотражающего материала 512, который помещен между LED 514. Светоотражающий материал имеет коэффициент R_{base} отражения основы. Кристаллы LED имеют коэффициент отражения R_{SSL} . Светоотражающее покрытие 508 имеет коэффициент R_{wall} отражения стенки. Параметры светоизлучающего модуля 500 связаны друг с другом в соответствии с теми же критериями, которые описаны в предыдущих вариантах осуществления в отношении фиг. 1a, 1b, 3a, 3b и 4a, при этом область верхней поверхности твердотельного излучателя света A_{SSL} в данном варианте осуществления вычисляется как сумма суммарных площадей верхних поверхностей множества LED 514.

Вместо светоотражающего покрытия также могут использоваться светоотражающая фольга или пленка, которые могут быть прикреплены или перенесены на основу и/или

стенки. Для присоединения может использоваться клейкое вещество, такое как чувствительное к давлению клейкое вещество. Слой отражающего покрытия может представлять собой диэлектрический слой, который обычно используется в несущем слое МСРСВ для изолирования поверхностных электродов от металлического узла, или маску припоя, обычно используемую в несущем слое МСРСВ или РСВ для экранирования поверхностных электродов. Поскольку подложка 516 покрыта отражающим слоем и, следовательно, оптически экранирована, она может состоять из материала с плохой отражающей способностью, такого как нитрид алюминия (AlN). Преимуществом AlN является очень высокая удельная теплопроводность, составляющая около 140 Вт/м*К. Следовательно, оптические функции могут быть экранированы от тепловых функций посредством использования отражающего покрытия или фольги, что позволяет проводить целесообразную индивидуальную оптимизацию обеих функций.

Светоотражающее покрытие или пленка могут состоять из материала, отражающего с рассеянием, такого как белое покрытие, состоящее из связывающего вещества, заполненного рассеивающим пигментом или различными рассеивающими пигментами. Подходящие связывающие вещества представляют собой кремнийорганические материалы или силикатные материалы, или алкилсиликатные материалы, или эпоксидные материалы, или полиимидные материалы, или фторполимеры, или полиамиды, или полиуретаны, или другие полимерные материалы. Покрытие может также состоять из материала с высоким отражением на основе сульфата бария (BaSO_4). Примерами рассеивающих пигментов являются пигменты TiO_2 , пигменты ZrO_2 , пигменты Al_2O_3 , но также может использоваться множество других рассеивающих частиц, известных специалистам в данной области техники. Отражающее покрытие или пленка могут также состоять из слоев металла, такого как алюминий или серебро. Металл может представлять собой металлическую фольгу или пленку, например, промышленные металлические зеркала с высоким отражением под торговой маркой Аланод (Alanod). Тонкий слой металла может быть нанесен испарением или напылением на материал стенки. Металлическая фольга может использоваться как вставка, присоединенная/связанная/спаянная с основой. Слой металла может быть покрыт слоем белого покрытия, например, белым кремнийорганическим материалом или слоем белого алкилсиликата, например, пигментированного метилсиликата. Керамический отражающий слой может также использоваться на основе или стенах, например, рассеивающий слой окиси алюминия, обычно пористый, или другого отражающего керамического материала.

Светоизлучающий модуль 520, изображенный на фиг. 5а (ii), аналогичен светоизлучающему модулю 500, однако, стенки 522 сами по себе состоят из светоотражающего материала, и поэтому на стенки 522 не наносится дополнительное покрытие. Кроме того, наносится только один люминесцентный слой 506. Подложки 524, на которых обеспечены LED 514, также состоят из светоотражающего материала, и поэтому только пустоты между подложками 524 заполняются светоотражающими частицами 512.

Светоизлучающий модуль 530, изображенный на фиг. 5а (iii), представляет собой еще одну вариацию, в которой используются так называемые куполообразные LED 514. LED 514 обеспечены на подложке 516, и купола 502 из прозрачного материала размещены сверху LED. Купол 502 из прозрачного материала имеет оптическое соединение с кристаллом LED. Кроме того, полость заполнена еще одним прозрачным материалом 532. Еще один прозрачный материал 532 оптически соединен с куполами 502 из прозрачного материала и оптически соединен с первым люминесцентным слоем

506. Это облегчает тепловую передачу выделяемого в люминесцентном слое тепла к основе и теплоотводу, к которому обычно присоединяется основа.

Светоизлучающий модуль 540, изображенный на фиг. 5a (iv), аналогичен светоизлучающему модулю 500, однако, стенки 542 наклонены относительно оси нормали к основе 518. Стенки 542 наклонены таким образом, что свет, который падает на наклонные стенки 542, отражается в направлении первого люминесцентного слоя 506 вместо направления к основе 518. Наклонные стенки 542 направляют свет, отраженный от стенок 542, к люминесцентному слою 506, и предотвращают многократное отражение световых лучей между стенками 542 и основой, что предотвращает ненужное поглощение света, а именно, каждое отражение не является идеальным, и при каждом отражении поглощается небольшое количество света.

Светоизлучающий модуль 550, изображенный на фиг. 5a (v), представляет собой вариант светоизлучающего модуля 540. Стенки 552 светоизлучающего модуля 550 искривлены таким образом, что свет, который падает на искривленные стенки 552, отражается в направлении первого люминесцентного слоя 506 и, таким образом, в направлении окна выхода света. Кроме того, поверхности подложки 516 не покрыты, но пространство 512 между подложками покрыто отражающим материалом. Подложка 516 может состоять из отражающего материала, такого как рассеивающая керамика, например, окись алюминия, которая содержит рассеивающие поры и/или рассеивающие частицы, такие как частицы двуокиси циркония. Таким образом, коэффициент отражения светоотражающей поверхности основы 518 представляет собой среднее коэффициента отражения подложки 516 и пространства 512, взвешенное по площади.

Светоизлучающий модуль 560, изображенный на фиг. 5a (vi), представляет собой другую вариацию, которая не содержит второй люминесцентный слой 504. Полость заполнена по существу прозрачным веществом 562 и имеет кривую поверхность на стороне выхода света светоизлучающего модуля. Первый люминесцентный слой 506 обеспечен сверху прозрачного материала 562. Как показано, расстояния между LED 514 и первым люминесцентным слоем 506 различны. Два LED расположены на расстоянии h_1 от первого люминесцентного слоя 506, и два LED расположены на расстоянии h_2 от первого люминесцентного слоя 506. Значение расстояния h между верхней поверхностью LED 514 в этом варианте осуществления должно рассчитываться как среднее расстояние: $h = (h_1 + h_2) / 2$. В случае если три или более LED используются в светоизлучающем модуле, формула расчета среднего расстояния настраивается соответствующим образом.

В еще одном варианте осуществления, который не показан, кристаллы твердотельных излучателей соединены непосредственно с платой несущего слоя без дополнительной промежуточной подложки. Это дополнительно снижает тепловое сопротивление между кристаллом и платой, а также кристаллом и теплоотводом, к которому обычно присоединяется плата. Могут присутствовать проводные соединения для электрического взаимодействия с верхом кристалла LED.

На фиг. 5b представлено четыре альтернативных светоизлучающих модуля 570, 580, 590, 595. Светоизлучающий модуль 570, изображенный на фиг. 5b (i), аналогичен светоизлучающему модулю 520 и имеет в полости дополнительный люминесцентный слой 572. Таким образом, например, слой с другим типом люминесцентного материала, который отличается от люминесцентного материала, нанесенного в первом люминесцентном слое 506, может быть нанесен на светоотражающие стенки 522 и светоотражающую поверхность основы 518. Этот другой люминесцентный материал преобразует свет первого цветового диапазона в свет третьего цветового диапазона.

Альтернативно, тот же самый люминесцентный материал, который используется в первом люминесцентном слое, может быть нанесен на светоотражающие стенки 522 и светоотражающую поверхность основы 518. Не весь свет, который падает на дополнительный люминесцентный слой 527, преобразуется, и часть света излучается в направлении светоотражающих стенок 522 и светоотражающей поверхности основы 518 и впоследствии отражается назад в направлении полости и, следовательно, к окну выхода света. Например, это может использоваться для добавления дополнительного красного света к белому излучению в целях достижения "теплого" белого излучения.

Светоизлучающий модуль 580, изображенный на фиг. 5b (ii), аналогичен светоизлучающему модулю 500. Первое отличие заключается в том, что только один люминесцентный слой 506 обеспечен в окне выхода света. При производстве люминесцентный слой 506 наносится на прозрачную подложку 582, которая является, например, стеклянной. Подложка 582 с люминесцентным слоем 506 разрезается на куски, например, пилой, или просверливается, и фрагмент подложки 582 с люминесцентным слоем 506 наносится на стенки 510 светоизлучающего модуля 580.

Светоизлучающий модуль 590, изображенный на фиг. 5b (iii), аналогичен светоизлучающему модулю 580, однако, полость заполнена не по существу прозрачным веществом, а фрагментом прозрачной подложки 582 с люминесцентным слоем 506. Фрагмент связывается, например, с помощью прозрачной смолы 592, со светоотражающими поверхностями стенок и светоотражающей поверхностью основы 518. Прозрачная подложка 582 имеет толщину, например, 2 мм, и, таким образом, обеспечивает разность высот между верхними поверхностями LED 514 и люминесцентным слоем 506, составляющую около 2 мм. Сверху устройства белая кромка кремнийорганического материала может быть нанесена по окружности люминесцентного слоя 506, чтобы предотвратить выход прямого света, излучаемого LED 514 (например, синего) (не показано).

Светоизлучающий модуль 595, изображенный на фиг. 5b (iv), аналогичен светоизлучающему модулю 520. Однако используются другие типы LED. Основа 598 представляет собой PCB на металлической основе (MCPCB). LED, не имеющие относительно большой подложки, могут быть установлены непосредственно на MCPCB. LED, которые являются подходящими для таких применений, представляют собой LED, которые произведены с применением так называемых технологий CSP или COB. COB относится к технологии монтажа кристаллов непосредственно на плате, при которой кристалл LED напаивается прямо на MCPCB. CSP относится к технологии "корпуса с размерами кристалла", при которой несущий слой наносится на пластину, на которой произведен LED, и пластина нарезается на куски для получения LED CSP. Такие LED CSP обеспечены в светоизлучающем модуле 595. В LED CSP несущий слой 597 имеет тот же самый размер, что и кристалл 596 LED. Боковые поверхности CSP могут быть отражающими, и поверхность PCB может быть отражающей, в результате чего может не потребоваться дополнительный (толстый) отражающий слой основы.

На фиг. 6 представлены другие схематически изображенные разрезы вариантов осуществления светоизлучающего модуля 600, 620, 630, 640, 650, 660. У светоизлучающих модулей 600, 620, 630, 640, 650, 660 нет стенок между люминесцентным слоем 604, 622, 632, 642, 652, 662 и основой, но у них есть люминесцентный слой 604, 622, 632, 642, 652, 662, край которого касается светоотражающей поверхности или основы 610, 664. Люминесцентный слой 604, 622, 632, 642, 652, 662 в целом формирует окно выхода света светоизлучающих модулей 600, 620, 630, 640, 650, 660. Светоизлучающие модули 600, 620, 630, 640, 650, 660 не только излучают свет в направлении, по существу параллельном

оси нормали к основе 610, 664, но также излучают свет при различных углах излучения света относительно оси нормали основы. На фиг. 6 (ii) показано схематическое сечение светоизлучающего модуля 620 и края 624 люминесцентного слоя 622. Как можно видеть, край 624 находится в контакте со светоотражающей поверхностью основы 610, и люминесцентный слой 622 может простирается на поверхности основы.

Светоизлучающий модуль 600, изображенный на фиг. 6 (i), содержит основу 610, на которой обеспечены подложки 608 с LED 606. Подложки 608 и LED 606 окружены светоотражающим материалом 612, который формирует светоотражающую поверхность. Светоизлучающие верхние поверхности LED 606 оптически связаны с прозрачным материалом 602, который также находится в контакте с люминесцентным слоем 604. Светоизлучающие модули 620, 630, 640 имеют люминесцентные слои 622, 632, 642 другой формы, и изображены на фиг. 6 (ii), 6 (iii) и 6 (iv), соответственно.

Светоизлучающий модуль 650, изображенный на фиг. 6 (v), имеет основу 610, на которой обеспечен единственный корпусной LED 656 с размерами кристалла. Часто аббревиатура CSP-LED используется для корпусного LED 656 с размерами кристалла - такой LED 656 с корпусом с размерами кристалла не содержит дополнительную подложку, как показано в предыдущих вариантах осуществления. Вокруг LED 656 наносится светоотражающий материал 612, который создает светоотражающую поверхность, обращенную к люминесцентному слою 652. Поверх LED 656 и светоотражающего материала 612 размещен купол 654 из прозрачного материала, на котором расположен люминесцентный слой 652. Радиус r является расстоянием между LED 656 и люминесцентным слоем 652. Определение расстояния h в этом случае заменено радиусом r .

Светоизлучающий модуль 660, изображенный на фиг. 6 (vi), не содержит купол из прозрачного материала, но содержит прозрачный материал 663 прямоугольной формы. Кроме того, основа 664 сделана из светоотражающего материала, и поэтому дополнительный слой светоотражающего материала не обеспечен на поверхности основы 664, которая обращена к люминесцентному слою 662. Также могут быть предусмотрены другие формы и комбинации.

Схематически показанные светоизлучающие модули 500, 520, 530, 540, 550, 560, 600, 620, 630, 640, 650, 660 могут обладать (круговой) симметрией, но также могут быть асимметричными в боковой плоскости изображенного сечения. Например, модуль может быть удлиннен в направлении глубины относительно плоскости бумаги, например, может иметь удлиненную форму, форму трубки, стержня или цилиндра. Множество излучателей может образовывать матрицу излучателей в направлении глубины. Такая форма может, например, использоваться в уличном фонаре с LED или модернизированной TL-лампе LED. В принципе могут использоваться матрицы излучателей LED с количеством LED от десятков до сотен. Может присутствовать различное количество излучателей в целях обеспечения соответствия светоотдаче, требующейся в соответствующем применении.

На фиг. 7a показан светоизлучающий модуль 700, который произведен на фольге 712 с гибкой основой. Твердотельные излучатели света 706, которые обеспечены на небольшой подложке 708, которая оборудована электродными контактными площадками (не показаны), обеспеченными на фольге 712 с гибкой основой, и область между подложками 708 заполнена светоотражающими материалами 710. Излучатели 706 света оптически связаны со слоем гибкого прозрачного материала 704. Поверх гибкого прозрачного материала 704 обеспечен люминесцентный слой 702, содержащий по меньшей мере один люминесцентный материал. Не вся поверхность гибкого

прозрачного материала 704 должна быть покрыта люминесцентным слоем 702; часть поверхности может быть, например, заблокирована верхним отражателем. Как можно видеть на фиг. 7а, светоизлучающий модуль 700 содержит множество твердотельных излучателей 706 света. В одном из вариантов осуществления представлена относительно

5 большая двумерная матрица твердотельных излучателей с целью получения относительно большого окна выхода света. В соответствии с предыдущими вариантами осуществления, расстояние между твердотельным излучателем света 706 и люминесцентным слоем 702 должно находиться в диапазоне, который зависит от

10 наибольшего линейного размера верхней поверхности твердотельных излучателей 706 света, и средний коэффициент отражения светоотражающей поверхности основы 712, сформированной комбинацией подложек 708 и светоотражающего материала 710, должен быть, по существу, больше, чем коэффициент отражения твердотельного

15 излучателя 706 света. Кроме того, твердотельные излучатели света должны покрывать только относительно небольшую часть светоотражающей поверхности, сформированной светоотражающими материалами 710 и подложками 708. Следует отметить, что коэффициент отражения R_{base} светоотражающей поверхности задается как средний коэффициент отражения всей светоотражающей поверхности. Таким образом, коэффициент отражения R_{base} представляет собой взвешенное среднее коэффициента

20 отражения подложек и коэффициента отражения светоотражающего материала, при этом, предпочтительно, веса пропорциональны долям общей площади, которые покрыты конкретными материалами.

На фиг. 7b представлен другой вариант осуществления гибкого светоизлучающего модуля 750. Светоизлучающий модуль 750 аналогичен светоизлучающему модулю 700, однако, основа присутствует только в форме светоотражающей фольги 754, которая

25 наносится на одну из сторон прозрачного материала 704. На другой стороне гибкого прозрачного материала 704, которая находится напротив стороны, к которой прикреплена светоотражающая фольга 754, расположен люминесцентный слой 702. В пределах проводов из прозрачного материала обеспечены панели или стержни 752, которые поддерживают подложки 708, на которых обеспечены твердотельные

30 излучатели 706 света. Провода, панели или стержни 752 обеспечивают электроэнергию для твердотельных излучателей 706 света. Расстояние от верхней поверхности твердотельных излучателей света до люминесцентного слоя 702 обозначено h . Расстояние h , предпочтительно, больше либо равно $0,3$, умноженному на наибольший линейный размер d_{SSL} верхних поверхностей твердотельных излучателей 706 света, и меньше либо

35 равно 5 , умноженному на наибольший линейный размер d_{SSL} верхних поверхностей твердотельных излучателей 706 света в случае, когда значение отношения площадей твердотельного излучателя света ρ_{SSL} меньше, чем $0,1$. Для значения отношения площадей твердотельного излучателя света ρ_{SSL} , находящегося в диапазоне с

40 минимальным значением, большим либо равным $0,1$, и максимальным значением, меньшим либо равным $0,25$, расстояние h , предпочтительно, больше либо равно $0,15$, умноженному на наибольший линейный размер d_{SSL} верхних поверхностей твердотельных излучателей 706 света, и меньше либо равно 3 , умноженному на наибольший линейный размер d_{SSL} верхних поверхностей твердотельных излучателей

45 706 света. Для значения отношения площадей твердотельного излучателя света ρ_{SSL} , большего $0,25$, расстояние h , предпочтительно, больше либо равно $0,1$, умноженному на наибольший линейный размер d_{SSL} верхних поверхностей твердотельных излучателей

706 света, и меньше либо равно 2, умноженному на наибольший линейный размер d_{SSL} верхних поверхностей твердотельных излучателей 706 света. Следует отметить, что этот критерий также применяется к светоизлучающему модулю 700. Кроме того, в соответствии с ранее обсужденными вариантами осуществления, коэффициент R_{base} отражения основы светоотражающей фольги 754 превышает коэффициент R_{SSL} отражения твердотельного излучателя света твердотельных излучателей света 706, и, предпочтительно коэффициент R_{base} отражения основы светоотражающей фольги 754 связан со значением коэффициента R_{SSL} отражения твердотельного излучателя света твердотельных излучателей света 706 формулой: $R_{base} > R_{SSL} + c(1 - R_{SSL})$, при этом в данном случае значение фактора c также зависит от отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} , которое в этом случае включает только отражающую область основы, как описано в некоторых из предыдущих вариантов осуществления.

На фиг. 8a-8c показаны схематические сечения вариантов осуществления светоизлучающих модулей по изобретению. На фиг. 8a показано схематическое сечение светоизлучающего модуля 2000, содержащего кристаллы 2030 LED на несущем слое 2020 подложки, например, содержащем окись алюминия или нитрид алюминия. Несущий слой 2020 подложки электрически соединен с контактными площадками печатной платы 2010 через электрические контакты 2015, например контакты припоя. Печатная плата 2010 может представлять собой печатную плату на металлической основе, содержащую алюминиевую основу, покрытую диэлектрическим изоляционным слоем (не показан). На диэлектрическом слое обеспечены электропроводящие электроды и контактные площадки, и электроды защищены защитным слоем маски припоя (не показано). Кристаллы 2030 LED покрыты прозрачным защитным слоем 2035, например прозрачным слоем кремнийорганического материала. Между корпусными LED или устройствами, которые содержат кристаллы 2030 LED, несущий слой 2020 подложки и прозрачный защитный слой 2035, обеспечен отражающий слой 2040, например белый пигментированный TiO_2 кремнийорганический материал. Полость задается печатной платой 2010, 2050 стенками и люминесцентным слоем 2060. Стенки 2050 например, содержат TiO_2 , распределенный в кремнийорганическом материале, и люминесцентный слой 2060, например, содержит материал люминофора. На прозрачном защитном слое 2035 и отражающем слое 2040 обеспечен слой 2045 оптической связи, содержащий, например, кремнийорганический материал, который обеспечивает оптическую связь между прозрачным защитным слоем 2035 и слоем 2055 наполнителя, при этом слой 2055 наполнителя содержит, например, стекло, и по существу заполняет полость между слоем 2045 оптической связи, люминесцентным слоем 2060 и стенкам 2050.

На фиг. 8b показано схематическое сечение светоизлучающего модуля 2100, содержащего кристаллы 2130 LED на несущем слое 2120 подложки, например содержащем окись алюминия или нитрид алюминия. Несущий слой 2121 подложки электрически соединен с контактными площадками печатной платы 2110 через электрические контакты 2115, например, контакты припоя. Печатная плата 2110 может представлять собой печатную плату на металлической основе, как описано в отношении светоизлучающего модуля с фиг. 8a. Кристаллы 2130 LED покрыты прозрачным защитным слоем 2135, например прозрачным слоем кремнийорганического материала. На прозрачном защитном слое 2135 каждого кристалла 2135 LED обеспечен слой 2145 оптической связи, содержащий, например, кремнийорганический материал. Между корпусными LED или устройствами со слоем 2145 оптической связи, при этом корпусные LED или устройства содержат кристаллы 2130 LED, несущий слой 2121 подложки и

прозрачный защитный слой 2135, обеспечен отражающий слой 2140, например белый пигментированный TiO_2 кремнийорганический материал. Полость задается печатной платой 2110, стенками 2150 и люминесцентным слоем 2160. Стенки 2150, например, содержат TiO_2 , распределенный в кремнийорганическом материале, и люминесцентный
 5 слой 2160, например, содержит материал люминофора. Слой 2155 наполнителя, который содержит, например, стекло, по существу заполняет полость между слоем 2145 оптической связи, отражающим слоем 2140, люминесцентным слоем 2160 и стенками 2150. Слой 2145 оптической связи оптическую связь между прозрачным защитным
 10 слоем 2135 и слоем 2155 наполнителя. Отражающий слой 2140 обеспечен между корпусными LED или устройствами, посредством, например, недозаполнения или многослойного литья после связывания корпусных LED или устройств со слоем 2155 наполнителя через слой 2145 оптической связи.

На фиг. 8с показано схематическое сечение светоизлучающего модуля 2300, содержащего кристаллы 2330 LED на несущем слое 2320 подложки, например
 15 содержащем окись алюминия или нитрид алюминия. Несущий слой 2320 подложки электрически соединен с контактными площадками печатной платы 2310 через электрические контакты 2315, например контакты припоя. Печатная плата 2310 может представлять собой печатную плату на металлической основе, как описано в отношении
 20 светоизлучающего модуля с фиг. 8а. Между корпусными LED или устройствами, которые содержат кристаллы 2330 LED и несущий слой 2323 подложки, обеспечен отражающий слой 2340, например белый пигментированный TiO_2 кремнийорганический материал. Полость задается печатной платой 2310, стенками 2350 и люминесцентным слоем 2360. Стенки 2350, например, содержат TiO_2 , распределенный в кремнийорганическом
 25 материале, и люминесцентный слой 2360, например, содержит материал люминофора. На отражающем слое 2340 обеспечен слой 2345 оптической связи, содержащий, например, кремнийорганический материал, который обеспечивает оптическую связь между корпусными LED или устройствами и слоем 2355 наполнителя, при этом слой 2355 наполнителя содержит, например, стекло, и по существу заполняет полость между
 30 слоем 2345 оптической связи, люминесцентным слоем 2360 и стенками 2350. Данный светоизлучающий модуль 2300 отличается от светоизлучающего модуля 2000, который изображен на фиг. 8а, в том, что кристаллы LED 2330 покрыты не прозрачным защитным слоем, а слоем 2345 оптической связи.

Несколько вариантов осуществления были произведены в соответствии с
 35 изобретением. В первом эксперименте светоизлучающий модуль Philips Fortimo SLM использовался в качестве контрольного, при этом он содержал 16 LED с люминофором непосредственно сверху кристаллов со световым потоком 1800 люмен. Светоизлучающие модули согласно варианту осуществления изобретения содержали 16 LED, излучающих синий свет, в смесительной камере с высоким отражением Lumiramic™ со слоем
 40 люминофора на расстоянии 2,1 мм от LED и с диаметром полости 22 мм. При 640 мА степень преобразования электрической энергии в оптическую (WPE) увеличивалась на значение, находящееся в диапазоне от 30% до 50%. Степень преобразования электрической энергии в оптическую представляет собой эффективность преобразования энергии, с которой электроэнергия преобразуется в оптическую энергию (в Ваттах), и
 45 также задается как отношение потока излучения (то есть, энергии излучения на единицу времени, также называемой мощностью излучения) к входной электроэнергии. На фиг. 9 показаны результаты измерений, которые выполнялись для различных уровней тока на одном из светоизлучающих модулей согласно варианту осуществления изобретения,

имеющем 16 LED. На горизонтальной оси X представлен уровень тока, и на вертикальной оси Y представлено усиление или улучшение потока излучения одного из светоизлучающих модулей согласно варианту осуществления изобретения, имеющему 16 LED, относительно потока излучения контрольного светоизлучающего модуля с 16 LED, имеющими люминофор, расположенный непосредственно на LED. На фиг. 9 показано, что улучшение потока излучения относительно контрольного светоизлучающего модуля возрастает с увеличением тока, что может быть объяснено улучшением фототепловых характеристик слоя люминофора относительно контроля.

В другом эксперименте светоизлучающие модули были произведены согласно варианту осуществления изобретения, содержащему 9 LED, каждый из которых имел площадь верхней поверхности 1 мм^2 , и содержащему 4 LED, каждый из которых имел площадь верхней поверхности 2 мм^2 , при этом каждый из них имел слой люминофора Lumiramic™ на расстоянии 2,1 мм от LED. Измерения потока излучения показали улучшение потока излучения относительно контрольного светоизлучающего модуля с 16 LED с люминофором, расположенным непосредственно наверху LED, в диапазоне от 20% до 40%.

На фиг. 10а-с показаны схематические сечения другого сравнительного эксперимента. На фиг. 10а показано схематическое сечение первого контрольного светоизлучающего модуля 850, содержащего четыре LED 852 (один LED не показан) с люминесцентным слоем 853, расположенным непосредственно на вершине, и размещенных на подложке 851 основы. Каждый LED покрыт куполообразным оптическим элементом 854. На фиг. 10b показано схематическое сечение второго контрольного светоизлучающего модуля 860, который отличается от первого контрольного светоизлучающего модуля вследствие отражающего слоя 855, который нанесен на подложку 851 основы между LED. На фиг. 10с показано схематическое сечение светоизлучающего модуля 870 согласно варианту осуществления изобретения, содержащему четыре LED 872 (один LED не показан) на подложке 871 основы, которая покрыта отражающим слоем 875. LED размещены в полости 874, которая покрыта люминесцентным слоем 873 на расстоянии 2,1 мм от верхней поверхности LED 872.

Измерения потока излучения показывают улучшение потока излучения второго контрольного светоизлучающего модуля 860 относительно потока излучения первого контрольного светоизлучающего модуля 850 приблизительно на 4% (измерено при 700 мА), что происходит в основном вследствие наличия дополнительного отражающего слоя 855 во втором контрольном светоизлучающем модуле 860. Измеренное улучшение потока излучения светоизлучающего модуля 870 согласно варианту осуществления изобретения относительно потока излучения первого контрольного светоизлучающего модуля 850 составляет около 25% (измерено при 700 мА).

На фиг. 11, 12, 13 и 14 показаны графики с результатами моделирования светоизлучающего модуля по изобретению. С помощью пакета программного обеспечения для отслеживания световых лучей была построена оптическая модель светоизлучающих модулей по изобретению. Модель включает семь LED, излучающих синий свет, с кристаллами, каждый из которых имеет верхнюю поверхность $1 \times 1 \text{ мм}^2$. Таким образом, наибольший линейный размер d_{SSL} верхних поверхностей этих LED составляет приблизительно 1,4 мм. Кристаллы LED обладают рассеивающим отражением со взвешенным средним по первому и второму спектру частот, составляющим приблизительно 70%, что соответствует типичной шероховатой поверхности GaN кристалла LED. Полость имеет форму с изменяющимся диаметром. LED равномерно

распределены на подложке с высоким коэффициентом отражения и окружены стенками с высоким коэффициентом отражения, формирующими полость. Окно выхода света полости покрыто люминесцентным слоем, содержащим керамический люминофор и дополнительный слой покрытия с частицами другого люминофора в кремнии. Свет, излучаемый светоизлучающим модулем через окно выхода света, имеет "теплую" белую цветовую точку.

Оптические моделирования показывают, что тот факт, что стенки и/или основа отражают с рассеиванием или являются зеркально отражающими, или имеется комбинация этого, имеет незначительное влияние, порядка нескольких процентов, на характеристики светоизлучающего модуля. Это влияние зависит, помимо прочего, от отношения площадей и геометрии полости.

На фиг. 11 показано влияние фактора s на оптическую эффективность для нескольких значений отношения площадей твердотельного излучателя. На фиг. 11 по вертикальной оси Y представлено оптимальное значение эффективности оптических характеристик, выраженное отношением потока белого излучения, выходящего из смешивающей полости W_{white} (единицы: Ватт) и полного синего потока, излучаемого твердотельными излучателями света в первом спектре частот, обычно, в синем спектре частот W_{blue} (единицы: Ватт). Оптимальное значение оптической эффективности определяется посредством изменения расстояния h между верхней поверхностью твердотельного излучателя света и люминесцентным слоем. По горизонтальной оси X представлен фактор s из формулы $Reff > R_{SSL} + s \cdot (1 - R_{SSL})$. Кривая 801 представляет диапазон относительно низких значений отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} , в этом случае изменяющегося между 0,01 и 0,02, кривая 802 представляет промежуточный диапазон значений отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} , в этом случае, изменяющегося между 0,19 и 0,28, и кривая 803 представляет диапазон с относительно высокими значениями отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} , в этом случае изменяющегося между 0,39 и 0,68. Контрольный светоизлучающий модуль с люминесцентным слоем, расположенным непосредственно сверху LED, демонстрирует оптическую эффективность около 0,5; таким образом, улучшение эффективности по сравнению с контрольным светоизлучающим модулем в этом случае достигается для значения оптической эффективности, составляющего более 0,5. На фиг. 11 показано, что фактор s должен быть больше чем приблизительно 0,2, для того, чтобы получить оптическую эффективность, большую чем 0,5 в диапазоне относительно низких значений отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} , больше чем приблизительно 0,3, для того, чтобы получить оптическую эффективность, большую чем 0,5, в промежуточном диапазоне значений отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} , больше чем приблизительно 0,4, для того, чтобы получить оптическую эффективность, большую чем 0,5, в диапазоне относительно высоких значений отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} . Еще лучшие значения оптической эффективности могут быть достигнуты для больших значений фактора s в соответствующих диапазонах отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} .

На фиг. 12 показана зависимость оптимального расстояния h , обозначенного как Норт на графике, от коэффициента отражения стенки полости R_{wall} . Оптимальное расстояние Норт представляет собой расстояние h между верхней поверхностью твердотельного излучателя света и люминесцентным слоем, при котором оптическая эффективность светоизлучающего модуля оптимальна, например, имеет локальный

максимум. На фиг. 12 по вертикальной оси Y представлено частное оптимального расстояния, H_{opt} , и наибольшего линейного размера LED d_{SSL} , и по горизонтальной оси X представлен коэффициент отражения стенки полости R_{wall} , в %. В этом случае отношение площадей LED ρ_{SSL} относительно основы и стенок изменяется для каждой из кривых, потому что каждая из кривых 811, 812, 813 представляет изменяющееся расстояние h между верхней поверхностью LED и люминесцентным слоем, и, следовательно, изменяющуюся высоту стенок, и, таким образом, изменяющееся отношение площади LED ρ_{SSL} относительно суммарной отражающей площади стен и основы. Для кривой 811 суммарное отношение площадей LED ρ_{SSL} изменяется между 0,01 и 0,02, для кривой 812 суммарное отношение площадей LED ρ_{SSL} изменяется между 0,16 и 0,22, и для кривой 813 суммарное отношение площадей LED ρ_{SSL} изменяется между 0,28 и 0,41. Коэффициент R_{base} отражения основы в этом случае находится в диапазоне между 85% и 95%. Оптимальное расстояние H_{opt} между люминесцентным слоем и LED определяется балансом потерь поглощения света в LED и стенках полости. При относительно низких значениях расстояния h между верхней поверхностью LED и люминесцентным слоем свет, излучаемый LED, будет преимущественно взаимодействовать с LED, подложкой LED и поверхностью отражающей основы в LED. При относительно больших значениях расстояния h между верхней поверхностью LED и люминесцентным слоем площадь стенок станет доминирующей, и потери вследствие поглощения будут в основном иметь место на стенках. Оптимальное расстояние H_{opt} между люминесцентным слоем и LED зависит главным образом от коэффициента отражения поверхностей стенок R_{wall} и параметра отношения площадей LED ρ_{SSL} . В среднем, для относительно низкого отношения площадей LED ρ_{SSL} и типовых значений коэффициента R_{wall} отражения стенки, например, в диапазоне от 80% до 90%, оптимальное расстояние H_{opt} составляет порядка половины наибольшего линейного размера LED d_{SSL} . Увеличение значения коэффициента R_{wall} отражения стенки, например до значения, превышающего 95%, приведет к увеличению оптимального расстояния H_{opt} между LED и люминесцентным слоем. Увеличение отношения площадей LED ρ_{SSL} приведет к уменьшению оптимального расстояния H_{opt} . Было обнаружено, что относительно эффективный модуль освещения обеспечивается, если $R_{wall} < 95\%$ и $0,3 \cdot d_{SSL} \leq h \leq 0,75 \cdot d_{SSL}$ для $0 < \rho_{SSL} < 0,1$, $0,15 \cdot d_{SSL} \leq h \leq 0,3 \cdot d_{SSL}$ для $0,1 \leq \rho_{SSL} \leq 0,25$ и $0,1 \cdot d_{SSL} \leq h \leq 0,2 \cdot d_{SSL}$ для $\rho_{SSL} > 0,25$. Кроме того, было обнаружено, что в случае, когда $R_{wall} > 95\%$, относительно эффективный модуль освещения обеспечивается, когда для модуля освещения выполняются следующие критерии: $0,75 \cdot d_{SSL} \leq h \leq 2 \cdot d_{SSL}$ для $0 < \rho_{SSL} < 0,1$, $0,3 \cdot d_{SSL} \leq h \leq 0,7 \cdot d_{SSL}$ для $0,1 \leq \rho_{SSL} \leq 0,25$ и $0,2 \cdot d_{SSL} \leq h \leq 0,5 \cdot d_{SSL}$ для $\rho_{SSL} > 0,25$. В результатах, представленных на фиг. 12, рассматриваются только полости со стенками, ортогональными к основе, и равномерным размещением LED. Для наклонных стенок и/или неравномерного размещения LED оптимальное расстояние между LED и люминесцентным слоем может увеличиться.

На фиг. 13 показано влияние суммарного отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} на оптическую эффективность для нескольких комбинаций коэффициентов отражения основы и стенок. На фиг. 13 по вертикальной оси Y представлено оптимальное значение эффективности оптических характеристик, выраженное отношением потока белого излучения, выходящего из смешивающей полости W_{white} (единицы: Ватт) и полного синего потока, излучаемого твердотельными

излучателями света в первом спектре частот, обычно, в синем спектре частот W_{blue} (единицы: Ватт). Оптимальное значение оптической эффективности определяется посредством изменения расстояния h между верхней поверхностью твердотельного излучателя света и люминесцентным слоем. По горизонтальной оси X представлено отношение площадей твердотельного излучателя света ρ_{SSL} относительно площади основы и стенок. Всего показано шесть кривых 821, 822, 823, 824, 825, 826 для двух различных значений коэффициента R_{base} отражения основы и трех различных значений коэффициента отражения стенки полости R_{wall} . Кривая 821 представляет $R_{base}=80\%$ и $R_{wall}=90\%$, кривая 822 представляет $R_{base}=80\%$ и $R_{wall}=98\%$, кривая 823 представляет $R_{base}=90\%$ и $R_{wall}=90\%$, кривая 824 представляет $R_{base}=90\%$ и $R_{wall}=98\%$, кривая 825 представляет $R_{base}=98\%$ и $R_{wall}=90\%$, и кривая 826 представляет $R_{base}=98\%$ и $R_{wall}=98\%$. На фиг. 13 показано наличие обратной зависимости между оптимальным значением оптической эффективности полости смешивания света и отношением площадей твердотельного излучателя света ρ_{SSL} . На фиг. 13 также показано, что можно выделить три диапазона значений отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} : относительно низкие, промежуточные и относительно высокие значения отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} . При относительно низких значениях ρ_{SSL} , например $\rho_{SSL} < 0,1$, влияние значения коэффициента R_{wall} отражения стенки на значение оптической эффективности почти незначительно по сравнению с влиянием значения коэффициента R_{base} отражения основы, то есть, изменение значения коэффициента R_{base} отражения основы оказывает влияние на оптическую эффективность светоизлучающего модуля, а изменение значения коэффициента R_{wall} отражения стенки влияет на оптическую эффективность незначительно в этом диапазоне относительно низких значений отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} . При относительно высоких значениях ρ_{SSL} , например, если $\rho_{SSL} > 0,25$, влияние значения коэффициента R_{wall} отражения стенки на значение оптической эффективности сопоставимо с влиянием коэффициента R_{base} отражения основы, то есть изменение значения коэффициента отражения основы, R_{base} оказывает влияние на оптическую эффективность светоизлучающего модуля, сопоставимое с влиянием изменения значения коэффициента R_{wall} отражения стенки в этом диапазоне высоких значений отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} . При промежуточных значениях ρ_{SSL} , например $0,1 \leq \rho_{SSL} \leq 0,25$, влияние коэффициента R_{base} отражения основы на значение оптической эффективности больше, чем влияние значения коэффициента отражения стен R_{wall} , в этом диапазоне не являющееся пренебрежимо малым, то есть изменение значения коэффициента R_{base} отражения основы оказывает влияние на оптическую эффективность светоизлучающего модуля, и изменение значения коэффициента R_{wall} отражения стенки также влияет на оптическую эффективность, но в меньшей степени, в этом диапазоне промежуточных значений отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} .

На фиг. 14 показана зависимость максимального возможного отношения площадей твердотельных излучателей света, при котором достигается увеличение оптической эффективности, как функция коэффициента R_{eff} эффективного отражения основы и стенок согласно аспекту изобретения. По вертикальной оси Y на фиг. 14 представлено максимальное возможное отношение площадей твердотельного излучателя света, обозначенное как $\rho_{SSL, MAX}$, при котором достигается улучшенная оптическая эффективность относительно светоизлучающего модуля с люминесцентным слоем,

размещенным непосредственно сверху твердотельного излучателя света. По горизонтальной оси X представлен коэффициент эффективного отражения основы полости и поверхностей стенок Reff . Набор точек данных 831 представляет расстояние h между поверхностью твердотельного излучателя света и люминесцентным слоем, составляющее 0,35, умноженное на наибольший линейный размер d_{SSL} твердотельного излучателя света, набор точек данных 832 представляет расстояние h , составляющее 1,04, умноженное на наибольший линейный размер d_{SSL} твердотельного излучателя света, и набор точек данных 833 представляет расстояние h , составляющее 1,73, умноженное на наибольший линейный размер d_{SSL} твердотельного излучателя света. Результаты позволяют предсказывать максимальное возможное отношение площадей твердотельного излучателя света ρ_{SSL} , MAX при конкретном расстоянии h , которое все еще позволяет достичь относительно высокой эффективности повторного использования света и относительно хорошей производительности по сравнению с тем же самым количеством твердотельных излучателей света с люминесцентным слоем, размещенным непосредственно на твердотельных излучателях света. На основании фиг. 14 можно заключить, что большее значение коэффициента Reff эффективного отражения допускает большее значение отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} , MAX (в зависимости от расстояния h между верхней поверхностью твердотельных излучателей света и люминесцентным слоем), все еще позволяя достичь улучшенной оптической эффективности относительно контрольной ситуации, в которой люминесцентный слой размещен непосредственно на твердотельных излучателях света. Увеличение расстояния h между твердотельным излучателем света и люминесцентным слоем уменьшает максимальное разрешенное отношение площадей твердотельного излучателя света ρ_{SSL} , MAX при аналогичных значениях коэффициента Reff эффективного отражения, которое все еще обеспечивает улучшенную оптическую эффективность относительно контрольной ситуации, в которой люминесцентный слой размещен непосредственно на твердотельных излучателях света.

На фиг. 15 показано сравнение результатов оптического моделирования для светоизлучающего модуля по изобретению со стенками, ортогональными к основе, и полостями с наклоненными стенками. Результаты были получены посредством оптического имитационного моделирования с четырьмя LED, каждый из которых имел площадь кристалла 2 мм^2 . Диаметр люминесцентного слоя составлял 6,5 мм, и отношение площади LED ρ_{SSL} относительно только основы составляет 0,241 и 0,298 для ортогональных и наклоненных стенок, соответственно. Также в этом случае отношение площади LED ρ_{SSL} относительно основы и стенок изменяется как функция расстояния h между LED и люминесцентным слоем. Угол между отражающей поверхностью наклоненных стенок и отражающей поверхностью основы находится в этом случае в диапазоне от 5 до 33 градусов. На фиг. 15 по вертикальной оси Y представлена эффективность оптических характеристик, выраженная отношением потока белого излучения, выходящего из смешивающей полости W_{white} (единицы: Ватт) и полного синего потока, излучаемого твердотельными излучателями света в синем спектре частот W_{blue} (единицы: Ватт), и по горизонтальной оси X представлено расстояние h между верхней поверхностью LED и люминесцентным слоем в миллиметрах. Кривая 841 представляет светоизлучающий модуль с ортогональными стенками, и кривая 840 представляет светоизлучающий модуль с расположенными под углом или наклоненными стенками. Очевидно, что относительно большая оптическая

эффективность может быть достигнута посредством наклона стенок в этом варианте осуществления, в котором отношение площадей LED ρ_{SSL} находится в промежуточном диапазоне значений. Оптимальное значение оптической эффективности в этом случае достигается при расстоянии h между верхней поверхностью LED и люминесцентным слоем, составляющем около 1,1 мм и 0,75 мм для наклоненных и ортогональных стенок, соответственно, при котором отношение области LED ρ_{SSL} относительно основы и стенок составляет 0,18 для светоизлучающего модуля с прямыми стенками и 0,21 для светоизлучающего модуля с расположенными под углом или наклоненными стенками. Для светоизлучающих модулей с промежуточным отношением площадей LED ρ_{SSL} существенное количество света, отраженного от стен, может падать на плохо отражающую область LED. Наклон стен улучшает ситуацию посредством более эффективного перенаправления света к выходному окну, содержащему люминесцентный слой, в результате чего достигаются относительно большие значения W_{white}/W_{blue} , и, таким образом, достигается улучшение оптической эффективности. Этот эффект становится более явным для относительно больших значений отношения площадей LED ρ_{SSL} . Для относительно малых значений отношения площадей LED ρ_{SSL} стенки более удалены от LED, и наклон стен будет иметь относительно малое влияние на оптическую эффективность.

С производственной точки зрения кристаллы LED могут быть размещены на обладающей высокой отражающей способностью плате PCB, без заполнения пространства между корпусными LED белым отражающим материалом. В этом случае отражающая поверхность основы может быть расположена на значительно более низком уровне, чем поверхность кристаллов LED. Влияние расстояния h между верхней поверхностью LED и люминесцентным слоем и расстояния между поверхностью отражающей основы и люминесцентным слоем, обозначенным как h_2 , на оптимальное положение люминесцентного слоя было исследовано посредством оптического моделирования хода луча светоизлучающего модуля с одним LED по изобретению. На фиг. 16a показано сечение первого светоизлучающего модуля 900, имеющего основу 906, твердотельный излучатель света 908, например LED, и отражающую поверхность 901 основы, которая находится дальше от люминесцентного слоя 902, чем верхняя поверхность 903 LED 908, то есть $h_2 > h$. На фиг. 16b показано сечение второго светоизлучающего модуля 910, например LED, в котором отражающая поверхность 901 основы находится ближе к люминесцентному слою 902, чем верхняя поверхность 903 LED, то есть $h_2 < h$. В последнем случае имеется отверстие или углубление в центре отражающей основы, с углом, например, 45 градусов.

На фиг. 16c показаны результаты моделирования, на которых по вертикальной оси Y представлена эффективность оптических характеристик, выраженная отношением потока белого излучения, выходящего из смешивающей полости W_{white} (единицы: Ватт) и полного синего потока, излучаемого твердотельными излучателями света в первом, синем, спектре частот W_{blue} (единицы: Ватт), и по горизонтальной оси X представлено расстояние h между люминесцентным слоем 902 и верхней поверхностью 903 твердотельного излучателя света 908. На фиг. 16c показано семь кривых 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, каждая из которых представляет различные значения для разности между расстоянием h_2 между отражающей поверхностью 901 основы и люминесцентным слоем 902 и расстоянием h между верхней поверхностью 903 LED и люминесцентным слоем 902. Кривые 951, 952 и 953 представляют вариации первого светоизлучающего модуля 900, при которых отражающая поверхность 901 основы находится дальше от

люминесцентного слоя 902, чем верхняя поверхность 903 LED, то есть, $h_2 > h$: кривая 951 представляет $h_2 = h + 1,5$ мм, кривая 952 представляет $h_2 = h + 1,0$ мм, и кривая 953 представляет $h_2 = h + 0,5$ мм. Кривая 954 представляет ситуацию, при которой расстояние h_2 между отражающей поверхностью 901 основы и люминесцентным слоем 902 равно
 5 расстоянию h между верхней поверхностью 903 LED и люминесцентным слоем 902, то есть $h_2 = h$. Кривые 955, 956 и 957 представляют вариации второго светоизлучающего модуля 910, при которых отражающая поверхность 901 основы находится ближе к люминесцентному слою 902, чем верхняя поверхность 903 LED, то есть, $h_2 < h$: кривая 955 представляет $h_2 = h - 0,5$ мм, кривая 956 представляет $h_2 = h - 1,0$ мм, и кривая 957
 10 представляет $h_2 = h - 1,5$ мм. На основании кривых на фиг. 16с можно заключить, что для устройства LED 910, в котором отражающая поверхность 901 основы ближе к люминесцентному слою 902, чем верхняя поверхность 903 LED, то есть, $h_2 < h$, оптимальное значение расстояния h между верхней поверхностью 903 LED и люминесцентным слоем 902, которое представляет собой значение расстояния h , для
 15 которого оптическая эффективность имеет оптимум, например, локальный максимум, почти не зависит от расстояния h_2 между отражающей поверхностью 901 основы и люминесцентным слоем 902. Таким образом, критерии для расстояния h между верхней поверхностью твердотельного излучателя света и люминесцентным слоем, которые были определены выше, также могут быть применены для данного первого
 20 светоизлучающего модуля 900. Когда отражающая поверхность 901 основы ближе к люминесцентному слою 902, чем верхняя поверхность 903 LED, например, в случае, когда LED размещен в углублении в отражающей основе, то есть $h > h_2$, расстояние h , при котором эффективность имеет оптимум, больше относится к ситуации, в которой отражающая поверхность 901 основы и поверхность 903 LED имеют одинаковое
 25 расстояние до люминесцентного слоя 902. Для второго светоизлучающего модуля 910, в котором отражающая поверхность 901 основы ближе к люминесцентному слою 902, чем верхняя поверхность 903 LED, то есть $h_2 < h$, критерии для расстояния изменяются на: $0,4 * d + \Delta h / 2 < h < 5 * d + \Delta h / 2$ для $\rho_{SSL} < 0,1$, $0,15 * d + \Delta h / 2 < h < 3 * d + \Delta h / 2$ для $0,1 \leq \rho_{SSL} \leq 0,25$, и $0,1 * d + \Delta h / 2 < h < 2 * d + \Delta h / 2$ для $\rho_{SSL} > 0,25$, где Δh представляет собой абсолютное значение
 30 расстояния между отражающей поверхностью 901 основы и верхней поверхностью 903 LED, то есть $\Delta h = |h_2 - h|$.

Относительное расположение или размещение множества твердотельных излучателей света на основе представляет собой еще один параметр конструкции. Размещение
 35 твердотельных излучателей света в полости может влиять на распределение и однородность оптического потока в выходном отверстии полости, содержащей люминесцентный слой. Является желательным избегание оптических "горячих точек", которые могут привести к возникновению участков локального перегрева. Это особенно важно для центра полости, где тепловой поток в люминесцентном слое труднее
 40 транспортировать к плате PCB и к теплоотводу, например, вследствие относительно большого расстояния и/или вследствие относительно низкой удельной теплопроводности оптического материала, заполняющего полость, относительно, в некоторых вариантах осуществления, высокой удельной теплопроводности стенок полости.

Влияние различных распределений LED в полости на эффективность и на оптимальное
 45 расстояние между LED и люминесцентным слоем исследовано посредством оптического моделирования хода луча светоизлучающего модуля по изобретению. На фиг. 17а показан схематический вид сверху светоизлучающего модуля 980 со стенкой 981 и поверхностью 982 основы, в котором один LED 984 расположен в центре основы 982,

и шесть других LED 983 расположены на мнимой окружности с радиусом размещения r_{pl} , на одном и том же расстоянии от центра и на одном и том же расстоянии друг от друга. Светоизлучающий модуль 980 в этом случае содержит семь LED, каждый из которых имеет площадь $1 \times 1 \text{ мм}^2$. Вычисления выполняются для трех различных значений радиусов основы r_{base} , соответственно, 7,46 мм, 3,05 мм и 2,36 мм. Расстояние между верхней поверхностью LED и люминесцентным слоем изменялось, что приводило к различным значениям высоты стенок, и, таким образом, к различным площадям стенок. Поэтому значение отношения площадей твердотельного излучателя ρ_{SSL} относительно основы и стенок находилось в диапазоне между 0,02 и 0,04 для случая, когда r_{base} составлял 7,46 мм, между 0,09 и 0,22 для случая, когда r_{base} составлял 3,05 мм, и между 0,13 и 0,39 для случая, когда r_{base} составлял 2,36 мм. На фиг. 17b, 17c и 17d показаны результаты оптических моделирований трассировки лучей, на которых по вертикальной оси Y представлена эффективность оптических характеристик, выраженная отношением потока белого излучения, выходящего из смешивающей полости W_{white} (единицы: Ватт) и полного синего потока, излучаемого твердотельными излучателями света в синем спектре частот W_{blue} (единицы: Ватт), и по горизонтальной оси X представлено расстояние h , в миллиметрах, между люминесцентным слоем и верхней поверхностью LED. Различные кривые на фиг. 17b, 17c и 17d представляют различные значения радиуса размещения r_{pl} . На фиг. 17b показаны результаты для радиуса основы r_{base} , равного 7,46 мм, и кривая 1101 представляет $r_{pl}=1,2$ мм, кривая 1102 представляет $r_{pl}=1,5$ мм, кривая 1103 представляет $r_{pl}=2,5$ мм, кривая 1104 представляет $r_{pl}=3,5$ мм, кривая 1105 представляет $r_{pl}=4,5$ мм, кривая 1106 представляет $r_{pl}=5,5$ мм и кривая 1107 представляет $r_{pl}=6,5$ мм. На фиг. 17c показаны результаты для радиуса основы r_{base} , равного 3,05 мм, и кривая 1111 представляет $r_{pl}=1,2$ мм, кривая 1112 представляет $r_{pl}=1,4$ мм, кривая 1113 представляет $r_{pl}=1,8$ мм, и кривая 1114 представляет $r_{pl}=2,2$ мм. На фиг. 17d показаны результаты для радиуса основы r_{base} , равного 2,36 мм, и кривая 1121 представляет $r_{pl}=1,2$ мм, кривая 1122 представляет $r_{pl}=1,4$ мм, и кривая 1123 представляет $r_{pl}=1,6$ мм.

Сравнение кривых с фиг. 17b с кривыми на фиг. 17c и 17d показывает, что влияние различного расположения LED на оптическую эффективность и оптимальное расстояние верхней поверхности LED до люминесцентного слоя, при котором у эффективности имеется оптимум, является более явным для полости с относительно низким отношением площадей LED ρ_{SSL} , результаты для которой показаны на фиг. 17b. На фиг. 17b также показаны два крайних случая размещения LED, в которых внешние LED размещены относительно близко к центру, что соответствует наименьшему значению радиуса размещения r_{pl} и кривой 1101, или относительно близко к стенкам, что соответствует наибольшему значению радиуса размещения r_{pl} и кривой 1107. Оба крайних случая дают относительно низкое значение оптической эффективности.

Когда LED размещены относительно близко друг к другу, таким образом, что пространство между LED сопоставимо с размером LED, тогда коэффициент отражения поверхности основы вокруг каждого из LED снижается значительно, и ситуация может быть аппроксимирована моделью одного большого кристалла LED (многокристалльного LED). В этом случае многокристалльного LED оптимальное расстояние между верхними поверхностями LED и люминесцентным слоем увеличивается с целью достижения эффективного повторного использования света, что ясно видно для светоизлучающего

модуля с относительно низким отношением площадей LED ρ_{SSL} (см. фиг. 17b). Этот эффект является менее явным для светоизлучающих модулей с отношением площадей LED ρ_{SSL} от среднего до высокого (фиг. 17c и 17d). Для этих последних светоизлучающих модулей имеется меньшее влияние размещения LED на оптическую эффективность, а именно, размещение LED ближе к центру или ближе к стенкам полости имеет меньше влияния на оптическую эффективность, чем для светоизлучающих модулей с относительно низким значением отношения площадей LED ρ_{SSL} .

Для оптической эффективности является предпочтительным размещение твердотельных излучателей света на равном расстоянии друг от друга и на равном расстоянии от стенок. Неравномерное размещение твердотельных излучателей света приводит к образованию участков локального перегрева и также увеличивает потери при поглощении света в твердотельных излучателях света. Относительно высокое значение отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} снижает чувствительность оптической эффективности W_{white}/W_{blue} к размещению твердотельных излучателей света также потому, что в этом случае имеется меньше физического пространства на светоизлучающем модуле для изменения расположения LED. Значение оптимального расстояния между верхней поверхностью твердотельного излучателя света и люминесцентным слоем, которое соответствует расстоянию, дающему наиболее высокую оптическую эффективность, обычно ниже для относительно больших значений отношения площадей твердотельных излучателей света ρ_{SSL} .

Для достижения высоких значений эффективности полости является предпочтительным, чтобы все поверхности в полости имели высокую отражающую способность по всему спектру частот устройства. С этой целью не только поверхности стенок, но также и пространство между корпусными LED и самими подложками LED дополнительно покрываются, например, белым отражающим покрытием, например, заполненным TiO_2 кремнийорганическим материалом. По практическим причинам этап нанесения отражающего покрытия на корпусные LED представляет трудности. Поэтому коэффициенты отражения поверхностей рядом с LED, отличных от поверхности основы, на практике являются относительно низкими.

На фиг. 18 показаны результаты оптических моделирований трассировки лучей, на которых по вертикальной оси Y представлена эффективность оптических характеристик, выраженная отношением потока белого излучения, выходящего из смешивающей полости W_{white} (единицы: Ватт) и полного синего потока, излучаемого твердотельными излучателями света в синем спектре частот W_{blue} (единицы: Ватт), и по горизонтальной оси X представлено расстояние h в миллиметрах между люминесцентным слоем и верхней поверхностью LED. Моделирование проводилось для четырех LED, каждый из которых имел площадь кристалла 2 мм^2 , и диаметр люминесцентного слоя составлял 6,5 мм. Кривая 1152 представляет корпусный LED без покрытия, и кривая 1151 представляет корпусный LED, покрытый отражающим слоем. На фиг. 18 показано, что непокрытые корпусные LED имеют немного более низкую оптическую эффективность относительно корпусных LED с отражающим покрытием, но при этом не наблюдалось каких-либо существенных изменений в оптимальной поверхности LED для расстояния h до люминесцентного слоя. Эти результаты моделирования были проверены посредством эксперимента с непокрытыми и покрытыми корпусными LED, который показал увеличение около 7% в оптической эффективности для корпусного LED с отражающим покрытием относительно непокрытого корпусного LED.

На фиг. 19a показан вариант осуществления лампы 1000 согласно второму аспекту

изобретения. Лампа 1000 содержит модернизированную лампочку 1002, которая соединена с цоколем 1006 лампы, который содержит теплоотвод, усилитель мощности и электрические соединения. На цоколе 1006 лампы обеспечен светоизлучающий модуль 1004 согласно первому аспекту изобретения. Следует отметить, что варианты осуществления лампы не ограничены лампами, имеющими размер традиционной лампочки. Также возможны другие формы, такие как трубка. Альтернативные типы ламп, такие как точечные светильники или потолочные светильники, также могут использоваться. Лампы также могут содержать множество светоизлучающих модулей.

На фиг. 19b показан другой вариант осуществления лампы 1020. Лампа 1020 является точечным светильником, которая содержит отражатель 1022 для того, чтобы коллимировать свет, который излучается светоизлучающим модулем 1004. Светоизлучающий модуль 1004 термически связан с теплоотводом 1024 с целью отведения тепла от светоизлучающего модуля 1004 и выдачи тепла в окружающую среду лампы 1020. Теплоотвод 1024 может быть охлаждаться пассивно или активно.

На фиг. 19c показан вариант осуществления осветительного устройства 1050 согласно третьему аспекту изобретения. Осветительное устройство 1050 содержит светоизлучающий модуль 1052 согласно первому аспекту изобретения. В других вариантах осуществления осветительное устройство 1050 содержит лампу согласно второму аспекту изобретения.

Лампа согласно второму аспекту изобретения и осветительное устройство согласно третьему аспекту изобретения имеют варианты осуществления, аналогичные вариантам осуществления светоизлучающего модуля по первому аспекту изобретения, в соответствии с описанным в отношении фиг. 1-18с, и имеют аналогичные эффекты.

На фиг. 20 представлен другой вариант осуществления светоизлучающего модуля по изобретению. Светоизлучающий модуль 1300 содержит основу 518, множество светодиодов 514, обеспеченных на подложках 524, люминесцентный слой 506, отражающие стенки 522, прозрачный материал 502, и заполненный светотражающими частицами слой 512, аналогично светоизлучающему модулю 520. Однако слой воздуха 1301 и поляризующий элемент 1302 расположены на люминесцентном слое 506 на стороне, направленной в сторону от светодиодов 514. Светоизлучающий модуль 1300 генерирует, в процессе эксплуатации, поляризованный свет, который может использоваться, помимо прочего, для уличного освещения, офисного освещения и освещения торговых точек, и способен снижать количество бликов в этих применениях. Альтернативно, он может применяться в применениях подсветки жидкокристаллического дисплея (LCD), снижая уровень стоимости, поскольку при этом отсутствует необходимость в отдельном поляризаторе. Свет, выходящий из люминесцентного слоя 506 и падающий на поляризующий элемент 1302 с корректной поляризацией, передается через поляризующий элемент, в то время как свет с некорректной поляризацией направляется обратно в люминесцентный слой 506 и полость светоизлучающего модуля 1300. Этот свет будет случайным образом поляризован или деполаризован посредством рассеяния в люминесцентном слое 506 и/или отражения с рассеиванием в полости через отражающие стенки 522, и/или через заполненный светотражающими частицами слой 512, будет снова отражен в направлении поляризующего элемента 1302, и свет с корректной поляризацией будет пропущен через поляризующий элемент 1302.

Непрошедший свет снова направляется обратно в люминесцентный слой 506 и полость, где этот процесс будет повторен. Вследствие относительно высокой эффективности повторного использования в полости, светоизлучающий модуль 1300, является относительно эффективным источником поляризованного света. Поляризующий элемент

1302 отделен от люминесцентного слоя 506 слоем 1301 воздуха в целях улучшения температурной устойчивости поляризующего элемента 1302 относительно тепла, генерируемого в люминесцентном слое 506. В альтернативном варианте осуществления поляризующий элемент 1302 находится в прямом контакте с люминесцентным слоем 506, например, на керамическом слое, который содержит люминесцентный материал. Поляризующий элемент 1302 может представлять собой отражающий или рассеивающий поляризатор. Поляризующий элемент 1302 может представлять собой отражающую поляризующую фольгу, например, доступную в продаже фольгу Vikuity DBEF от компании 3M. Альтернативно, поляризующий элемент 1302 содержит узкие металлические токопроводящие дорожки с высоким коэффициентом отражения, например доступные в продаже от компании Moxtek. Путем изменения ширины металлических токопроводящих дорожек и/или расстояния между металлическими токопроводящими дорожками, может быть оптимизирован объем поляризации по сравнению с пропусканием света.

На фиг. 21 показан вариант осуществления устройства 1400 отображения согласно четвертому аспекту изобретения. Устройство отображения содержит светоизлучающий модуль по изобретению, как описано в отношении фиг. 1-18 и 20. В процессе эксплуатации светоизлучающий модуль может выполнять роль модуля подсветки для жидкокристаллического дисплея или модуля источника света для введения поляризованного света в слой световода системы подсветки. Поскольку светоизлучающий модуль генерирует относительно эффективный (поляризованный свет), то уровень стоимости устройства 1400 отображения снижается.

Во всех соответствующих вариантах осуществления в полости может быть обеспечен твердотельный излучатель света, который излучает свет по меньшей мере в одном боковом направлении. Боковое излучение обычно достигается посредством предоставления двух дополнительных слоев сверху универсального твердотельного излучателя света, которые представляют собой слой прозрачного материала и слой светоотражающего материала. LED, который является твердотельным излучателем света, часто производится на подложке из прозрачного сапфира. После производства во многих случаях слой сапфира удаляется. Однако, когда сапфир не удален, или только частично удален, добавление светоотражающего покрытия на поверхность слоя сапфира, который находится в основном напротив LED, приводит к производству твердотельного излучателя света с боковым излучением. Альтернативно, фрагмент стекла или сапфира может быть приклеен к LED.

В другом варианте осуществления один или более дополнительных твердотельных излучателей света могут быть обеспечены на стенке светоизлучающего модуля. В этом случае площадь отражения поверхности стенок должна быть скорректирована с учетом площади твердотельного(-ых) излучателя(-ей) света, которые обеспечены на стенке светоизлучающего модуля.

В одном из вариантов осуществления светоизлучающий модуль дополнительно содержит оптический элемент в форме купола или линзы, который может присутствовать на стороне частично рассеивающего отражающего слоя, направленной от окна выхода света. Альтернативно, или дополнительно, рассеивающий слой для получения излучения рассеянного света, для получения излучения света, однородного в пространстве, по цвету или по зависимости цвета от угла, и для получения излучения света со смещенными обеспечен на расстоянии от стороны частично рассеивающего отражающего слоя, направленной в противоположную сторону от по меньшей мере одного твердотельного излучателя света.

Для всех соответствующих вариантов осуществления стенки и основа могут быть произведены из одного и того же материала и склеены. В другом варианте осуществления стенки и основа сделаны из различных материалов. Следует отметить, что основа, как изображено, может простираться вне стенок, например, когда одна

основа совместно используется множеством соседних светоизлучающих модулей, например, когда основа представляет собой теплопроводящую печатную плату. Изобретение обычно может применяться на уровне модулей, например платы PCB, которая содержит по меньшей мере один, но, обычно, множество, корпусных LED. Однако изобретение может также применяться на корпусных LED, содержащих один

или больше чем один кристалл или кристалл LED. Также кристаллы или кристаллы LED могут содержать так называемый кристалл с монтажом на плате, когда кристаллы LED непосредственно присоединяются к плате (PCB) без промежуточных корпусных LED. Дополнительно, могут использоваться проводные соединения между кристаллом (-ами) LED и платой.

Следует отметить, что вышеупомянутые варианты осуществления поясняют, а не ограничивают изобретение, и что специалисты в данной области техники будут в состоянии разработать множество альтернативных вариантов осуществления, не отступая от объема прилагаемой формулы изобретения. В формуле изобретения любые обозначения, размещенные между круглыми скобками, не должны рассматриваться как ограничение пункта формулы. Использование глагола "содержит" и его спряжений не исключает присутствия элементов или этапов помимо изложенных в пункте формулы. Если элемент указан в единственном числе, это не исключает присутствия множества таких элементов. Изобретение может быть реализовано посредством аппаратных средств, содержащих несколько отдельных

элементов, и посредством соответствующим образом запрограммированного компьютера. В пунктах, относящихся к устройству, при перечислении нескольких средств, несколько из этих средств могут быть воплощены посредством одного и того же элемента аппаратных средств. Сам факт того, что конкретные меры указываются во взаимно различных зависимых пунктах, не указывает на то, что комбинация этих мер не может быть использована с выгодой.

Формула изобретения

1. Светоизлучающий модуль (100, 150, 300, 350) для излучения света через окно (104, 402) выхода света светоизлучающего модуля (100, 150, 300, 350), при этом

светоизлучающий модуль (100, 150, 300, 350) содержит:
основу (110, 309, 358), содержащую светоотражающую поверхность (112, 306, 354), обращенную к окну (104, 402) выхода света, при этом светоотражающая поверхность (112, 306, 354) имеет коэффициент (R_{base}) отражения основы, заданный как отношение между количеством света, которое отражено светоотражающей поверхностью (112, 306, 354) основы, и количеством света, которое падает на светоотражающую

поверхность (112, 306, 354) основы,
по меньшей мере один твердотельный излучатель (108, 154, 156, 312, 360) света, обеспеченный на основе (110, 309, 358) и сконфигурированный для излучения света первого цветового диапазона (114), при этом по меньшей мере один твердотельный излучатель (108, 154, 156, 312, 360) света имеет верхнюю поверхность (106, 152, 158, 412) и имеет коэффициент (R_{SSL}) отражения твердотельного излучателя света, заданный как отношение между количеством света, которое отражено по меньшей мере одним твердотельным излучателем (108, 154, 156, 312, 360) света, и количеством света, которое

падает на верхнюю поверхность (106, 152, 158, 412) по меньшей мере одного твердотельного излучателя (108, 154, 156, 312, 360) света, при этом верхняя поверхность (106, 152, 158, 412) по меньшей мере

одного твердотельного излучателя (108, 154, 156, 312, 360) света обращена к окну (104, 402) выхода света,

стенку (314, 362, 404), помещенную между основой (110, 309, 358) и окном (104, 402) выхода света, при этом основа (110, 309, 358), стенка (314, 362, 404) и окно (104, 402) выхода света ограничивают полость (316), стенка (314, 362, 404) содержит светоотражающую поверхность (304, 406) стенки, обращенную к полости (316), и светоотражающая поверхность (304, 406) стенки имеет коэффициент (R_{wall}) отражения стенки, заданный как отношение между количеством света, которое отражено светоотражающей поверхностью (304, 406) стенки, и количеством света, которое падает на светоотражающую поверхность (304, 406) стенки,

при этом коэффициент (R_{eff}) эффективного отражения задан как взвешенное среднее коэффициента (R_{base}) отражения основы и коэффициента (R_{wall}) отражения стенки,

при этом отношение (ρ_{SSL}) площадей твердотельного излучателя света задается как отношение между площадью верхней поверхности (106, 152, 158, 412) по меньшей мере одного твердотельного излучателя света и суммой площади светоотражающей поверхности основы и площади светоотражающей поверхности (304, 406) стенки, и при этом наибольший линейный размер (d_{SSL} , 202, 252, 260) верхней поверхности (106, 152, 158, 412) по меньшей мере одного твердотельного излучателя света задается как самое большое расстояние от точки на верхней поверхности (106, 152, 158, 412) по меньшей мере одного твердотельного излучателя света до другой точки на верхней поверхности (106, 152, 158, 412) по меньшей мере одного твердотельного излучателя света вдоль прямой линии, и

частично рассеивающий отражающий слой (102, 308, 352), при этом окно (104, 402) выхода света содержит по меньшей мере часть частично рассеивающего отражающего слоя (102, 308, 352), при этом зазор с расстоянием (h , h_1 , h_2) присутствует между верхней поверхностью (106, 152, 158, 412) по меньшей мере одного твердотельного излучателя света и частично рассеивающим отражающим слоем (102, 308, 352), при этом $0,3 \cdot d_{SSL} \leq h \leq 0,75 \cdot d_{SSL}$ для $0 < \rho_{SSL} < 0,1$, $0,15 \cdot d_{SSL} \leq h \leq 0,3 \cdot d_{SSL}$ для $0,1 \leq \rho_{SSL} \leq 0,25$, и $0,1 \cdot d_{SSL} \leq h \leq 0,2 \cdot d_{SSL}$ для $\rho_{SSL} > 0,25$, и

при этом значение коэффициента (R_{eff}) эффективного отражения больше 70% и больше коэффициента (R_{SSL}) отражения твердотельного излучателя света, и при этом коэффициент (R_{wall}) отражения стенки меньше 95%.

2. Светоизлучающий модуль (100, 150, 300, 350) по п. 1, в котором частично рассеивающий отражающий слой (102, 308, 352) содержит люминесцентный материал для преобразования по меньшей мере части света первого цветового диапазона (114) в свет второго цветового диапазона (116).

3. Светоизлучающий модуль (100, 150, 300, 350) по п. 1 или 2, содержащий множество твердотельных излучателей (108, 154, 156, 312, 360) света, при этом каждый из твердотельных излучателей (108, 154, 156, 312, 360) света сконфигурирован для излучения света с конкретным цветом, и каждый из твердотельных излучателей света имеет верхнюю поверхность (106, 152, 158,

412), и при этом коэффициент (R_{SSL}) отражения твердотельного излучателя света задан как среднее значение коэффициентов отражения множества твердотельных излучателей (108, 154, 156, 312, 360) света.

4. Светоизлучающий модуль (100, 150, 300, 350) по п. 1, в котором значение коэффициента (R_{eff}) эффективного отражения больше, чем коэффициент (R_{SSL}) отражения твердотельного излучателя света плюс фактор s , умноженный на разность между 1 и коэффициентом (R_{SSL}) отражения твердотельного излучателя света, при этом $0,2 \leq s \leq 1$ для $0 < \rho_{SSL} < 0,1$, $0,3 \leq s \leq 1$ для $0,1 \leq \rho_{SSL} \leq 0,25$, и $0,4 \leq s \leq 1$ для $\rho_{SSL} > 0,25$.

5. Светоизлучающий модуль (910) по п. 1 или 4, в котором по меньшей мере часть отражающей поверхности (901) основы (906) ближе к частично рассеивающему отражающему слою (902), чем верхняя поверхность (903) по меньшей мере одного твердотельного излучателя света (908),

и при этом расстояние (h) между верхней поверхностью (903) и частично рассеивающим отражающим слоем (902) составляет $0,4 \cdot d_{SSL} + \Delta h/2 \leq h \leq 5 \cdot d_{SSL} + \Delta h/2$ для $0 < \rho_{SSL} < 0,1$, $0,15 \cdot d_{SSL} + \Delta h/2 \leq h \leq 3 \cdot d_{SSL} + \Delta h/2$ для $0,1 \leq \rho_{SSL} \leq 0,25$, и $0,1 \cdot d_{SSL} + \Delta h/2 \leq h \leq 2 \cdot d_{SSL} + \Delta h/2$ для $\rho_{SSL} > 0,25$, где Δh представляет собой абсолютное значение разности между расстоянием (h) между верхней поверхностью (903) по меньшей мере одного твердотельного излучателя света и частично рассеивающим отражающим слоем (902) и наименьшим расстоянием (h_2) между отражающей поверхностью основы (901) и частично рассеивающим отражающим слоем (902).

6. Светоизлучающий модуль (100, 150, 300, 350) по п. 1, в котором светоотражающая поверхность (304, 406) стенки наклонена относительно оси нормали основы (110, 309, 358) для увеличения отражения света в направлении окна (104, 402) выхода света, или в котором светоотражающая поверхность (304, 406) стенки искривлена для увеличения отражения света в направлении окна (104, 402) выхода света.

7. Светоизлучающий модуль (100, 150, 300, 350) по п. 1, в котором частично рассеивающий отражающий слой (102, 308, 352) образует окно (104, 402) выхода света, причем частично рассеивающий отражающий слой (102, 308, 352) имеет край (624), и край (624) частично рассеивающего отражающего слоя (102, 308, 352) находится в контакте с основой (110, 309, 358).

8. Светоизлучающий модуль (100, 150, 300, 350) по пп. 1, 2, 4, 6 или 7, содержащий по существу прозрачный материал, расположенный между по меньшей мере одним твердотельным излучателем (108, 154, 156, 312, 360) света и частично рассеивающим отражающим слоем (102, 308, 352), при этом прозрачный материал оптически связан с по меньшей мере одним твердотельным излучателем (108, 154, 156, 312, 360) света.

9. Светоизлучающий модуль (100, 150, 300, 350) по п. 8, в котором по существу прозрачный материал дополнительно оптически и термически связан с частично рассеивающим отражающим слоем (102, 308, 352).

10. Светоизлучающий модуль (100, 150, 300, 350) по п. 9, в котором по существу прозрачный материал представляет собой спеченную полупрозрачную поликристаллическую окись алюминия с зернистостью, которая больше 44 мкм или меньше 1 мкм.

11. Светоизлучающий модуль (100, 150, 300, 350) по пп. 1, 2, 4, 6 или 7, в котором окно (104, 402) выхода света дополнительно содержит по меньшей мере одно из следующего:

рассеивающий слой для получения излучения рассеянного света, для получения излучения света, однородного в пространстве, по цвету и по зависимости цвета от угла, и для получения излучения света со смешанными цветами,

дихроичный слой для исправления изменений цвета от угла или однородности света,

и

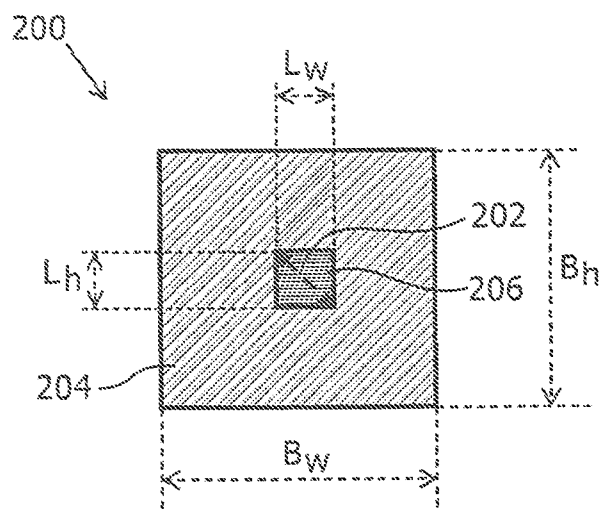
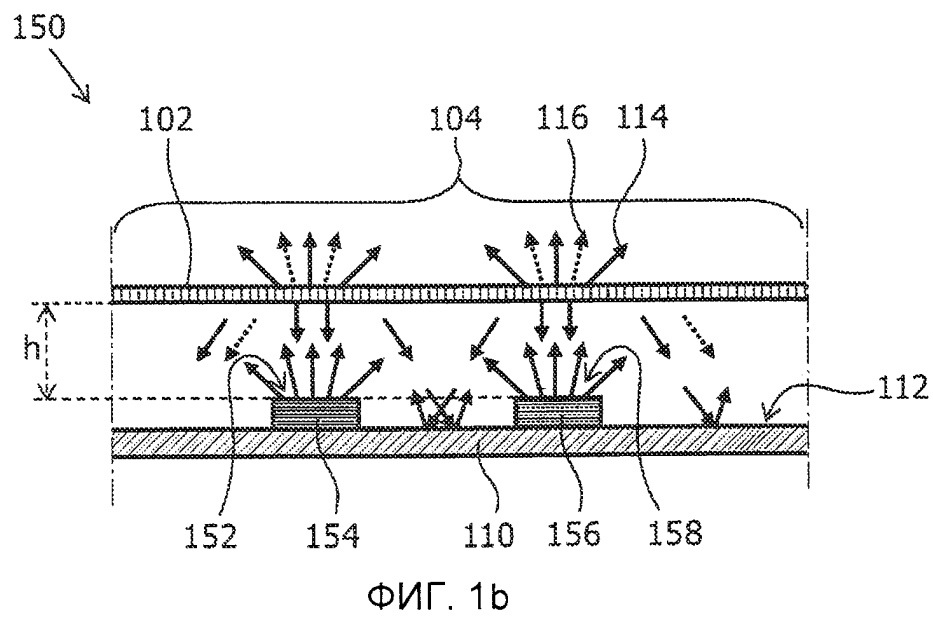
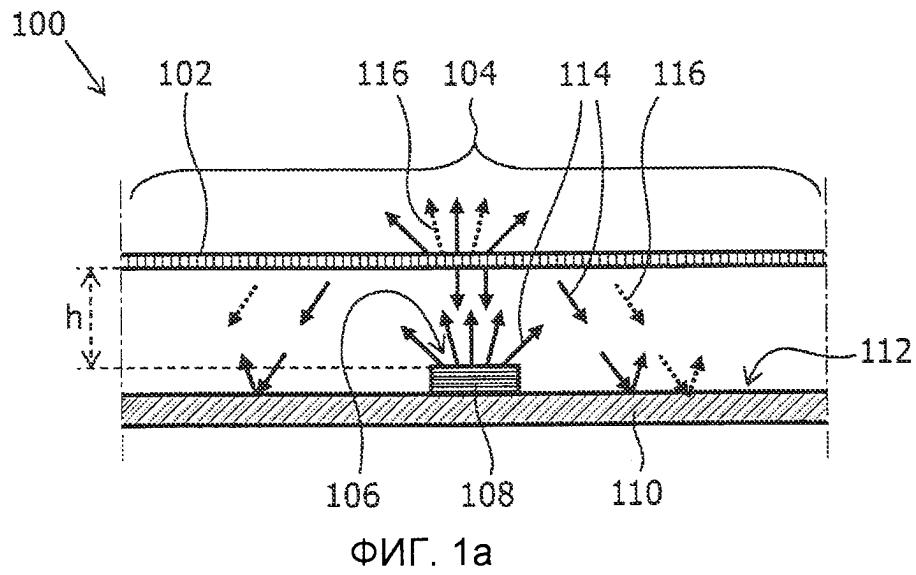
оптический элемент для обеспечения требуемой формы светового пучка.

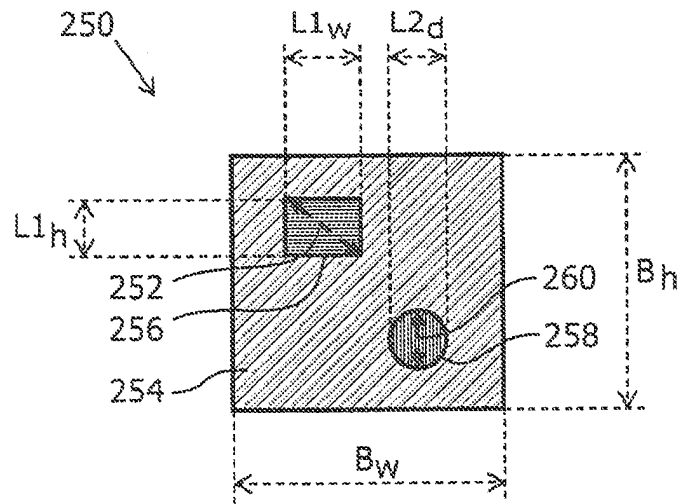
12. Светоизлучающий модуль (100, 150, 300, 350) по пп. 1, 2, 4, 6 или 7, в котором рассеивающий слой для получения излучения рассеянного света, для получения излучения света, однородного в пространстве, по цвету и по зависимости цвета от угла, и для получения излучения света со смешанными цветами, обеспечен на расстоянии от стороны частично рассеивающего отражающего слоя, обращенной в другую сторону от по меньшей мере одного твердотельного излучателя света.

13. Лампа (1000, 1020), содержащая светоизлучающий модуль (100, 150, 300, 350) по любому из пп. 1-12.

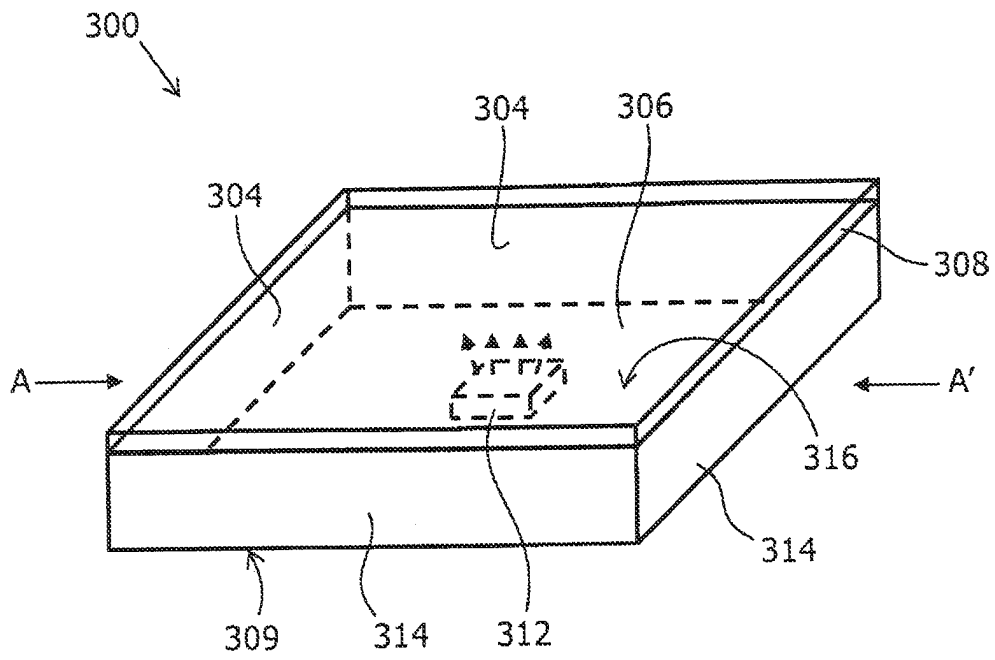
14. Осветительное устройство (1050), содержащее светоизлучающий модуль (100, 150, 300, 350) по любому из пп. 1-12, или содержащее лампу (1000, 1020) по п. 13.

15. Устройство отображения (1400), содержащее светоизлучающий модуль (100, 150, 300, 350, 1300) по любому из пп. 1-12.

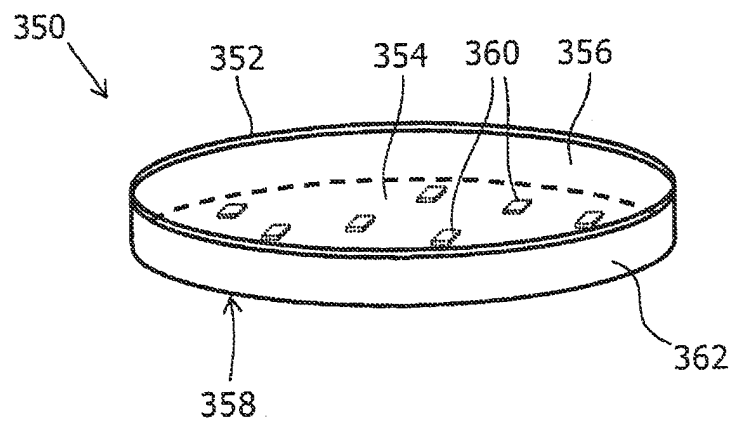




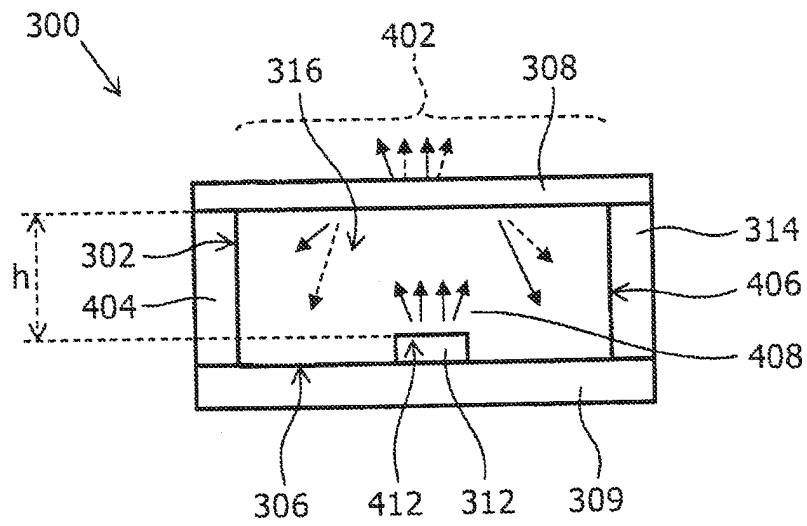
ФИГ. 2b



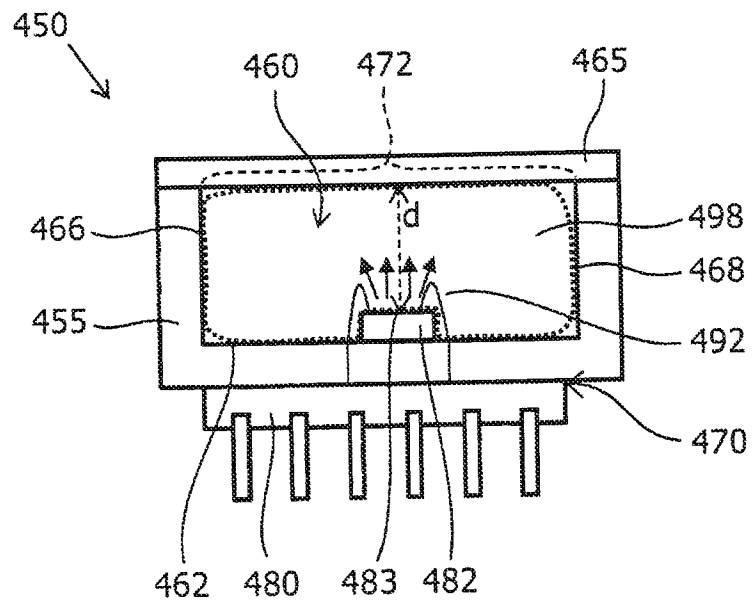
ФИГ. 3a



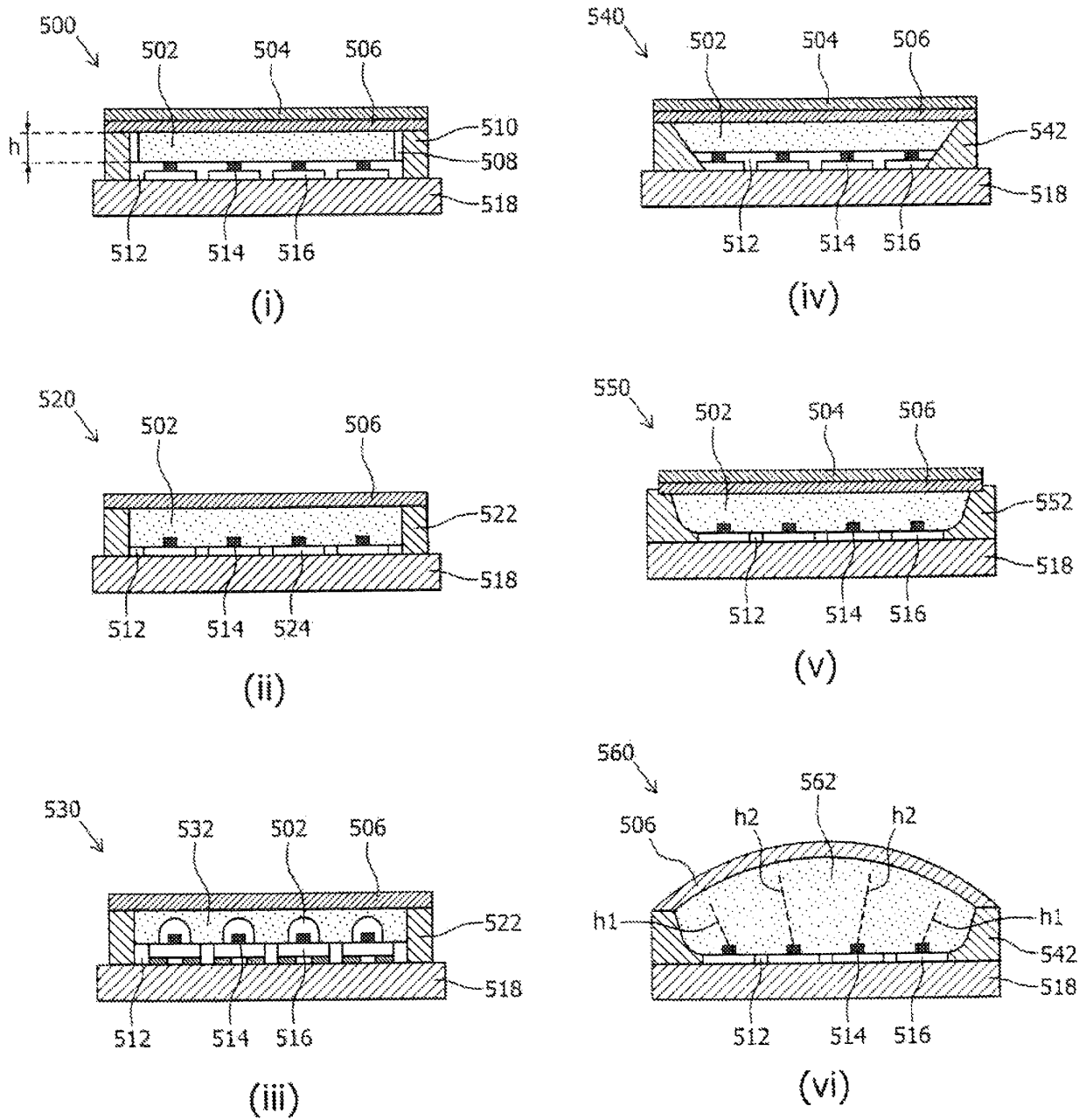
ФИГ. 3b



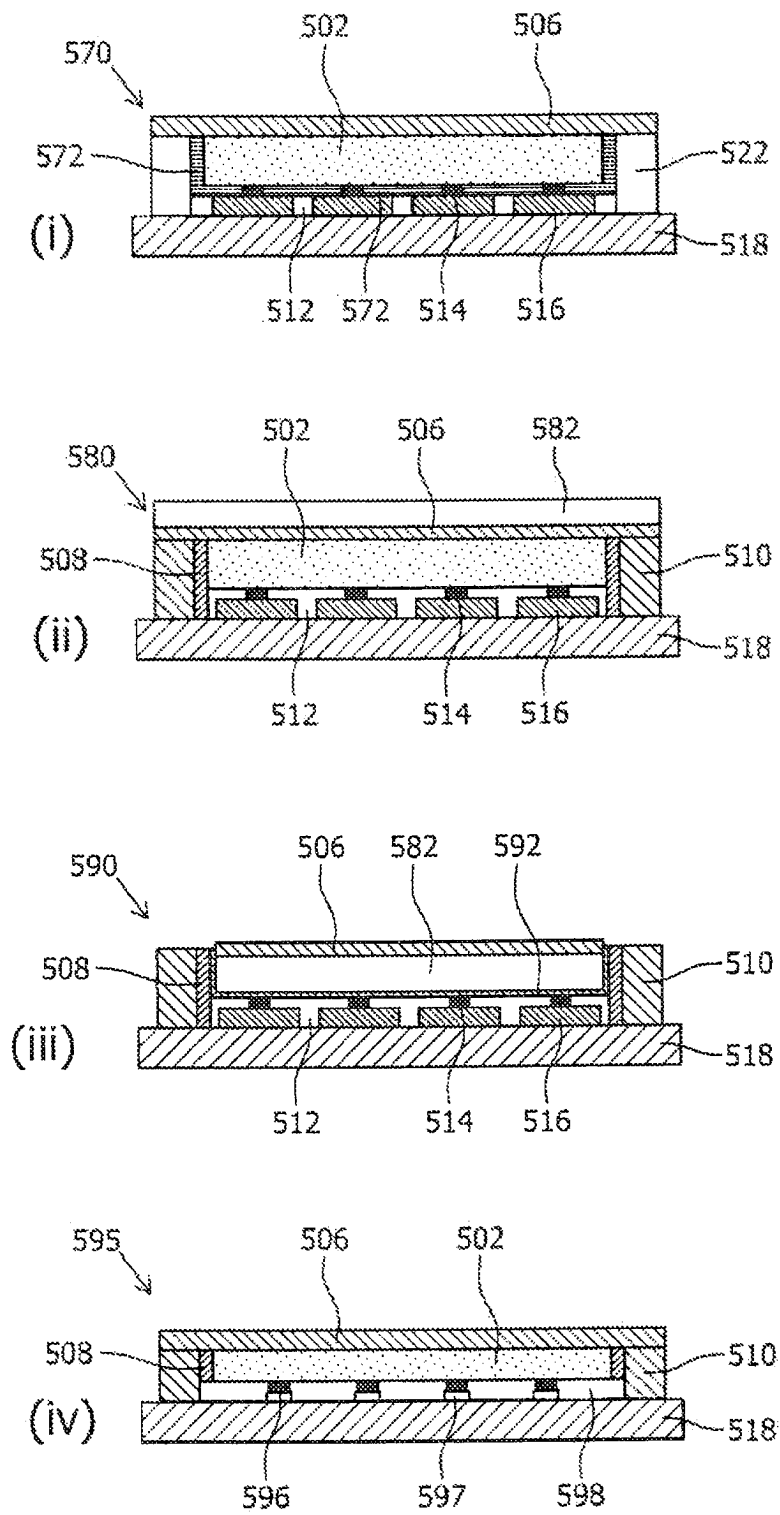
ФИГ. 4а



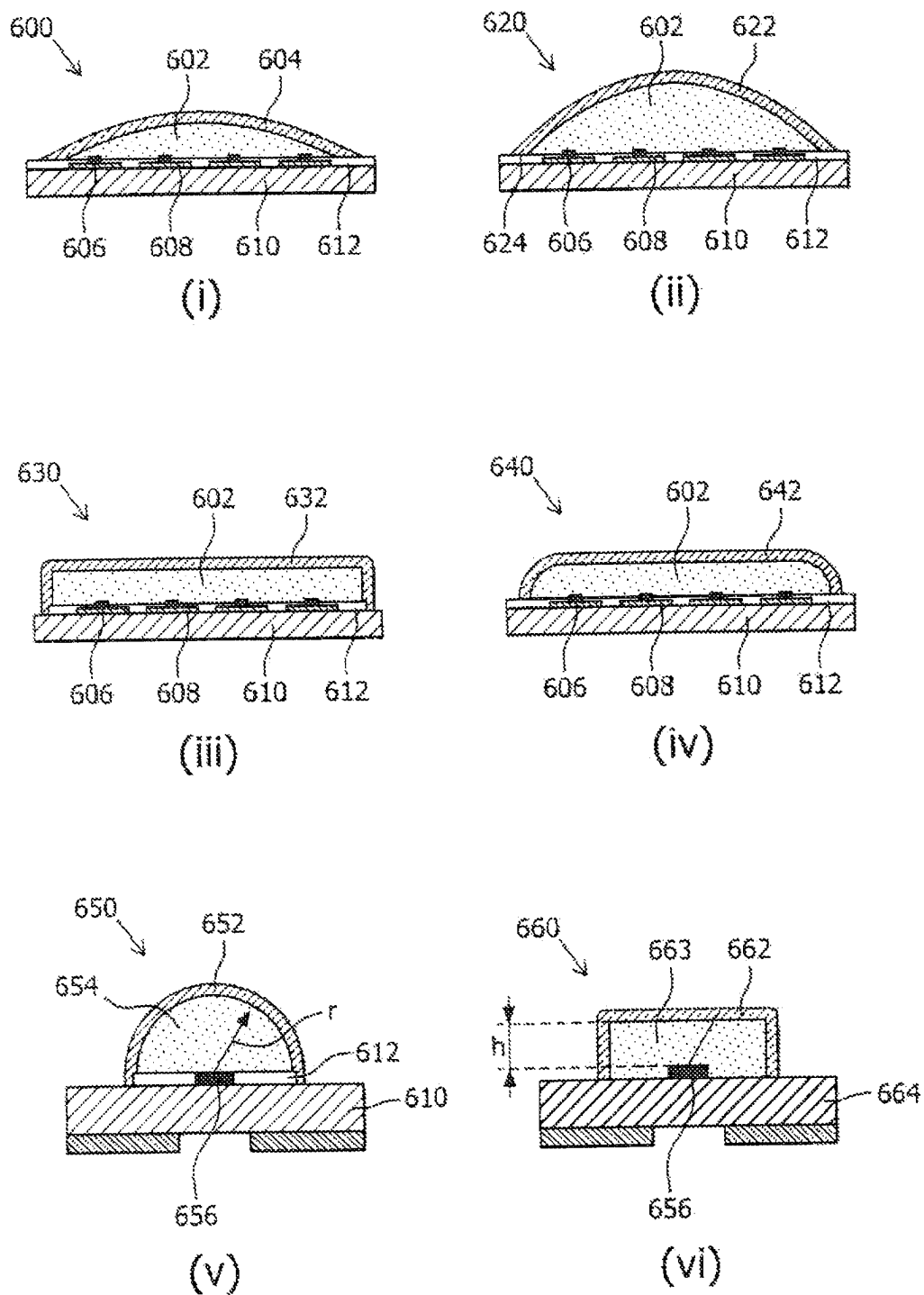
ФИГ. 4b



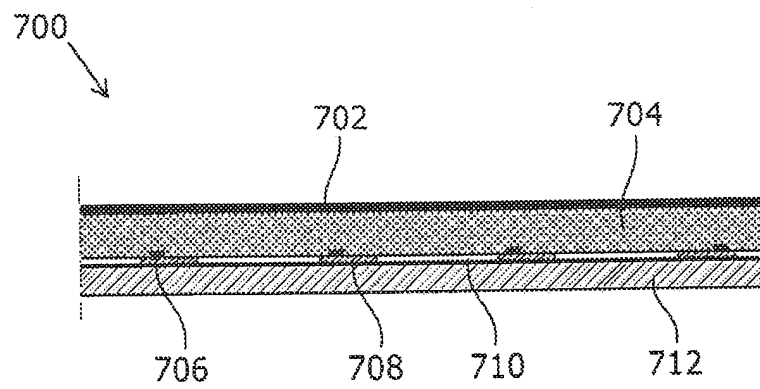
ФИГ. 5а



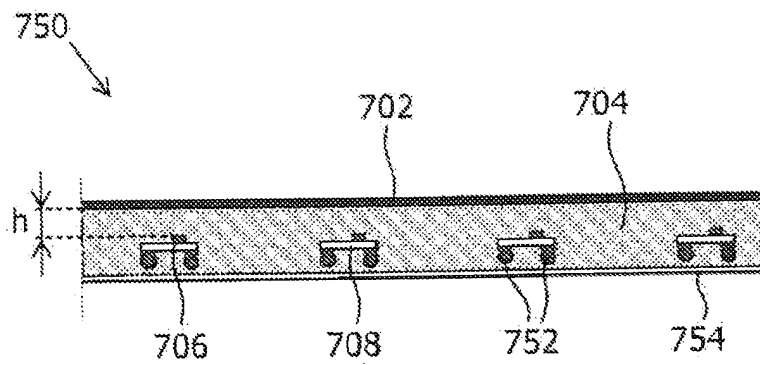
ФИГ. 5b



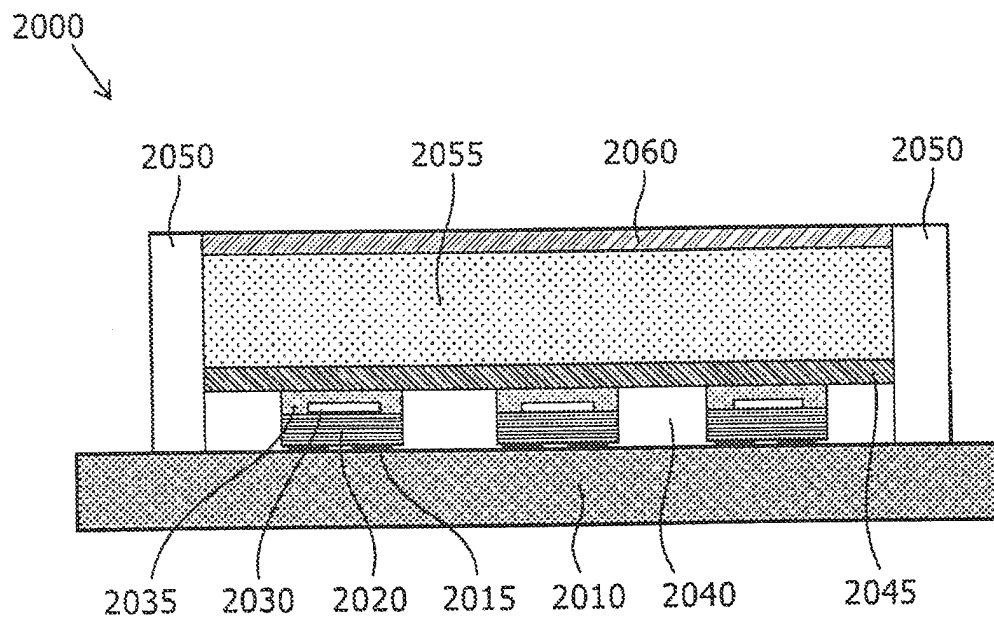
ФИГ. 6



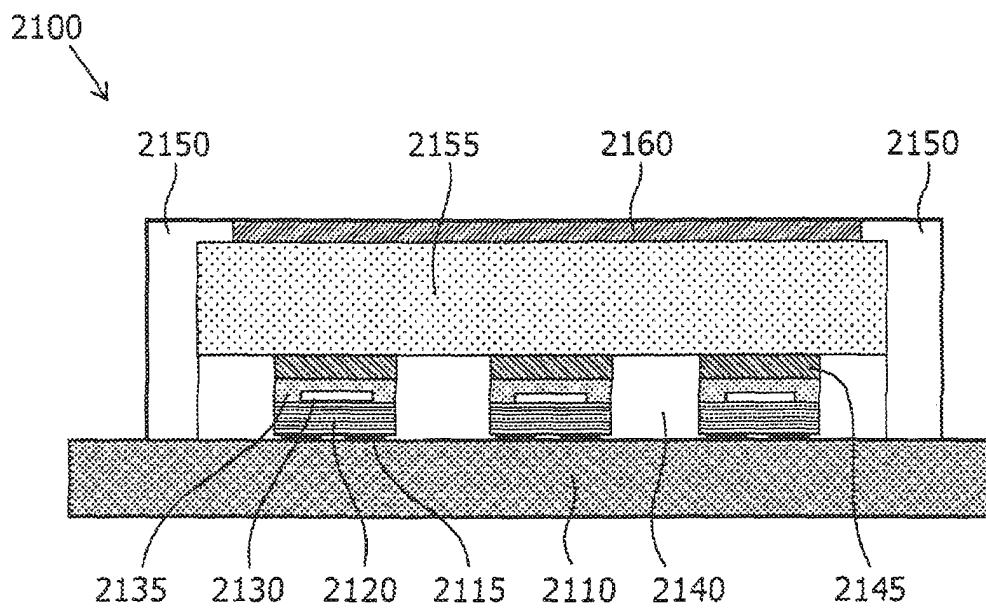
ФИГ. 7a



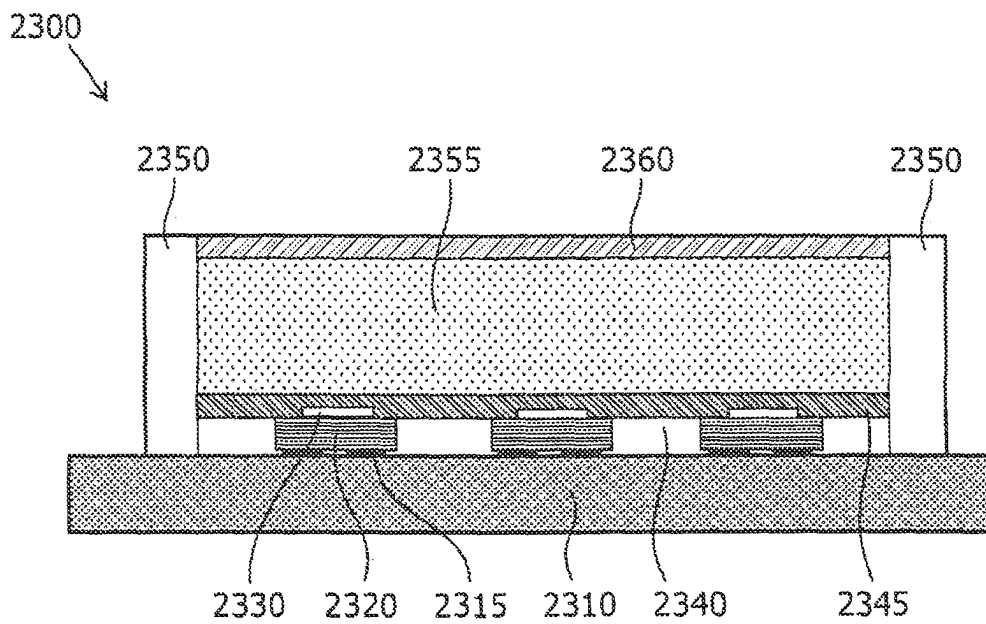
ФИГ. 7b



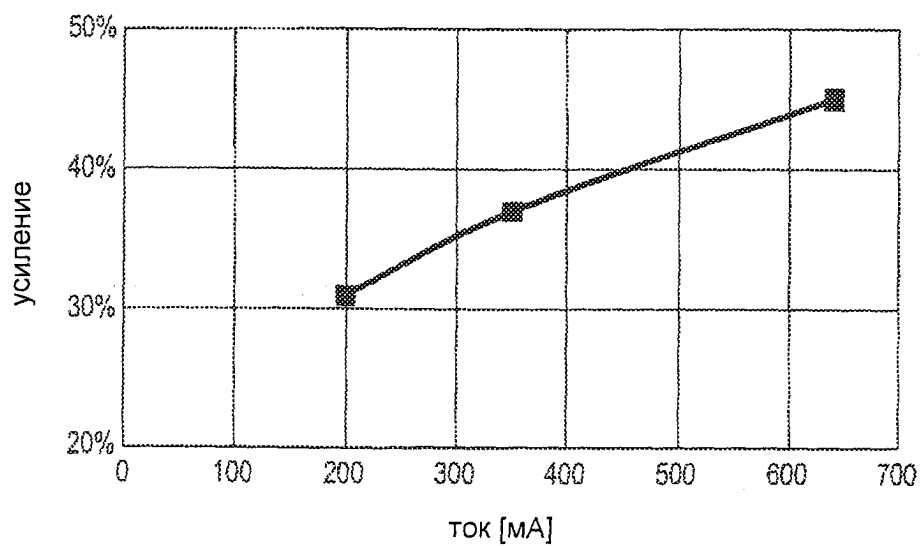
ФИГ. 8a



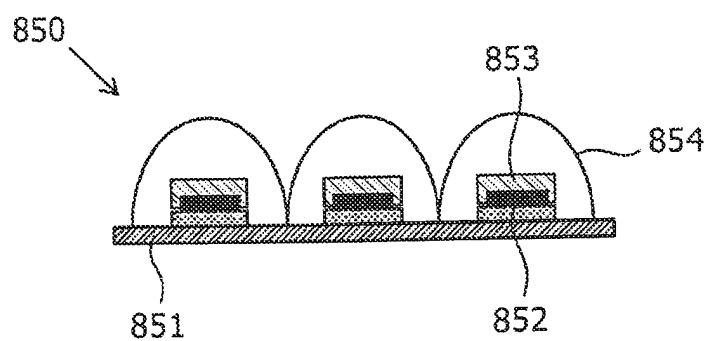
ФИГ. 8b



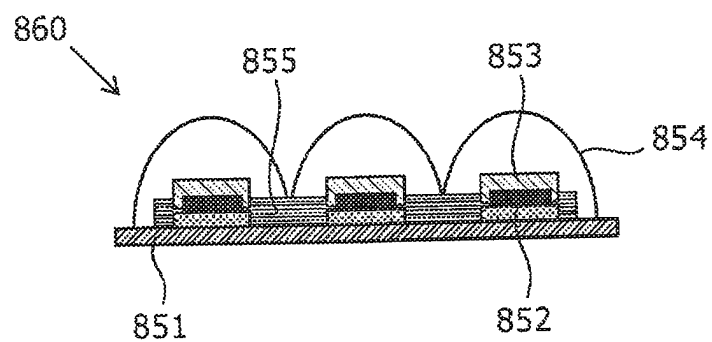
ФИГ. 8c



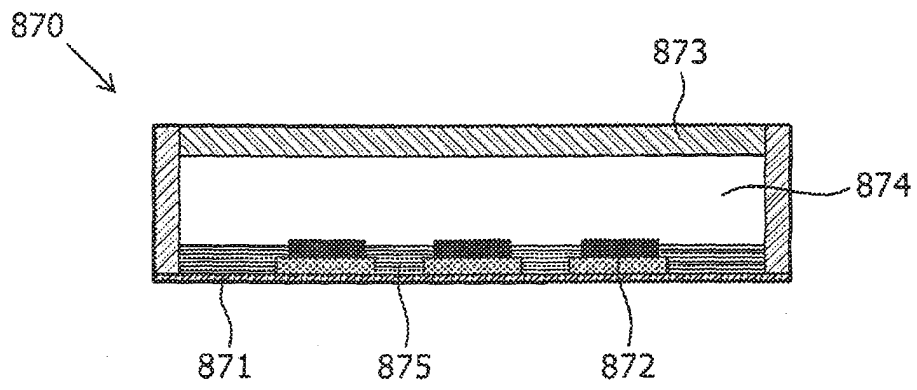
ФИГ. 9



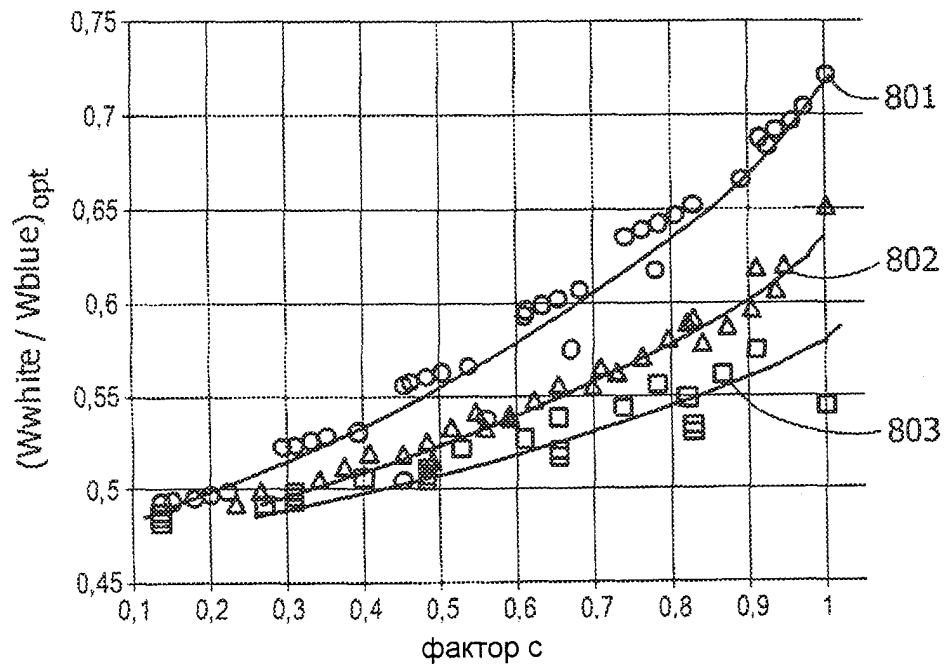
ФИГ. 10а



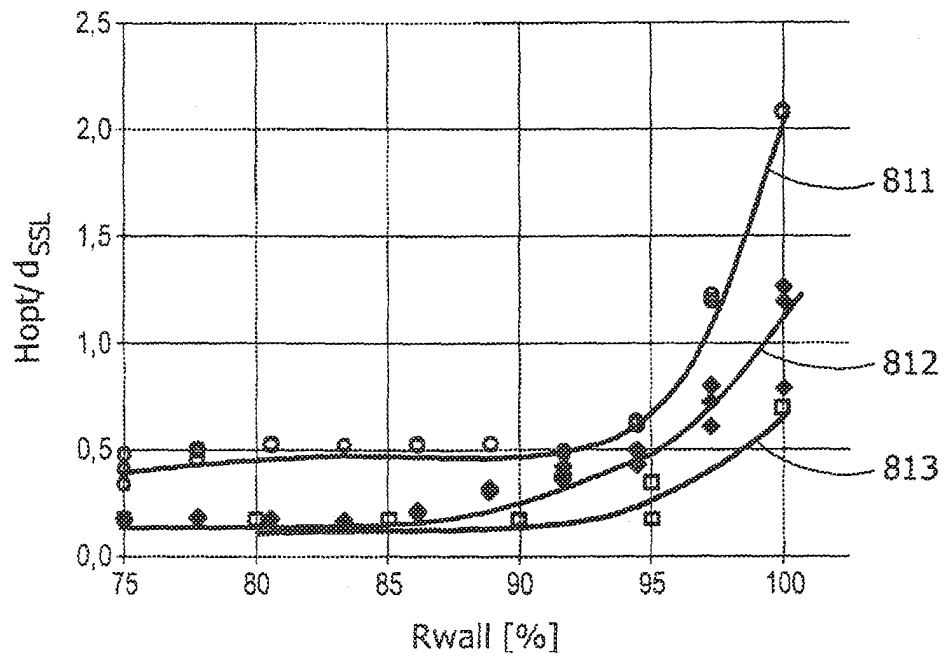
ФИГ. 10b



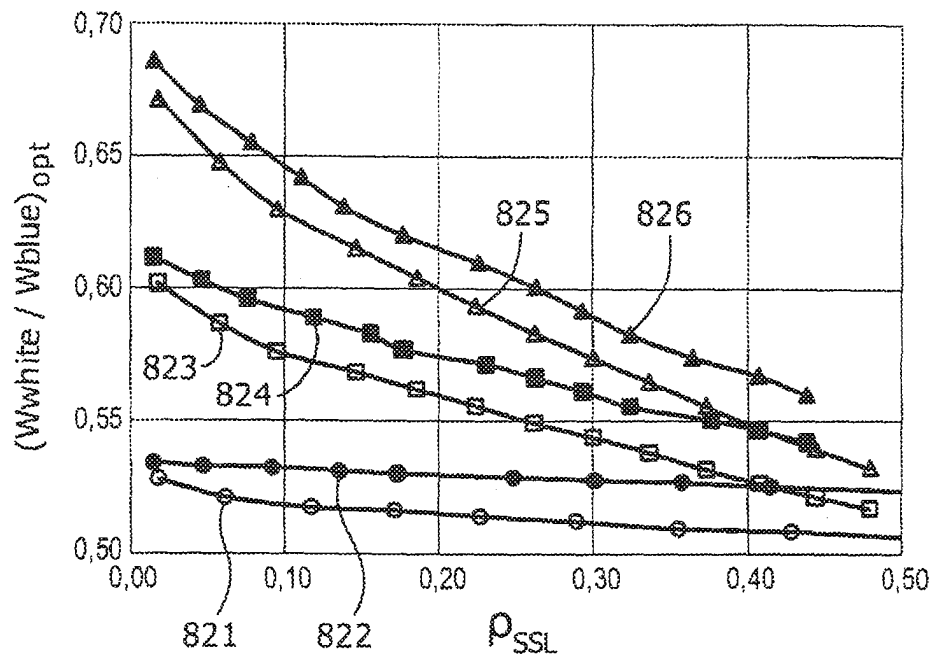
ФИГ. 10с



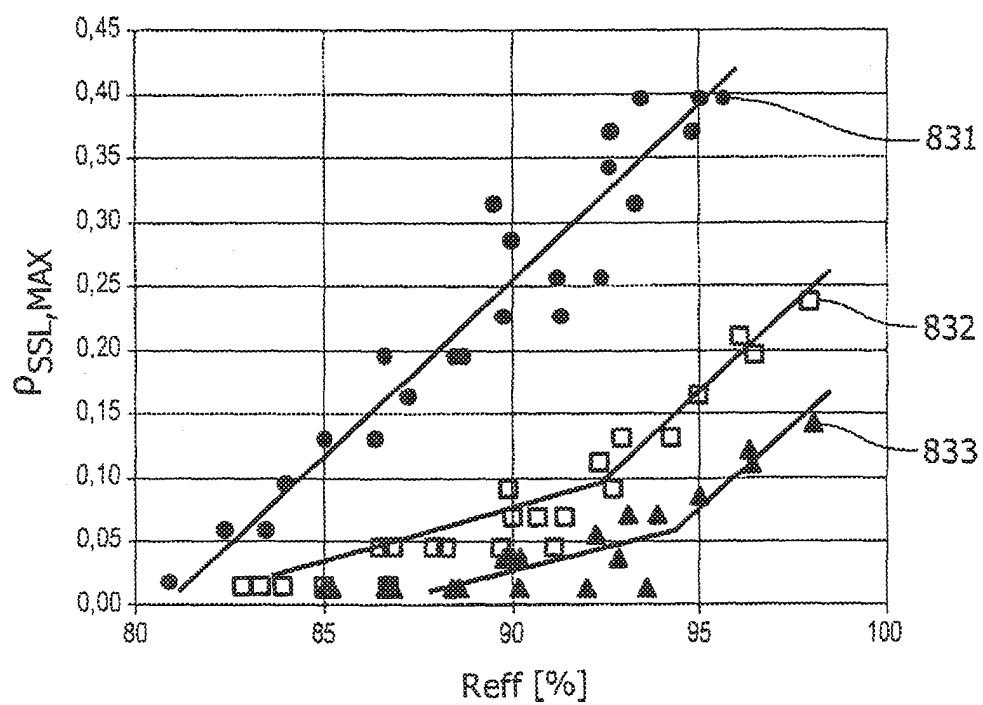
ФИГ. 11



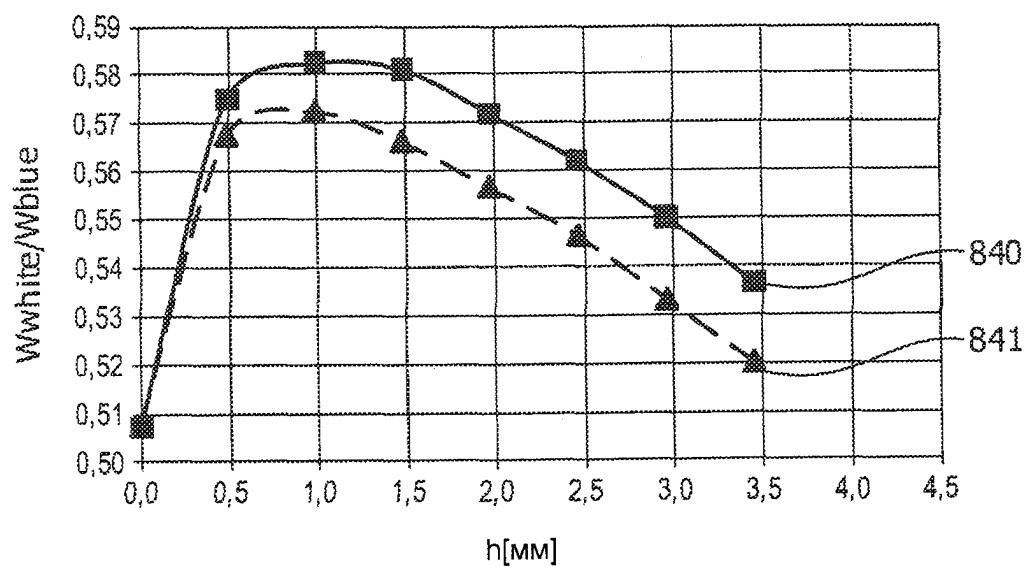
ФИГ. 12



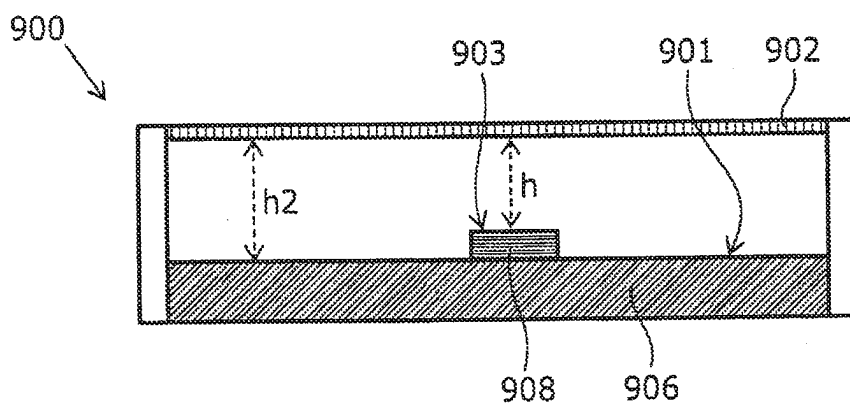
ФИГ. 13



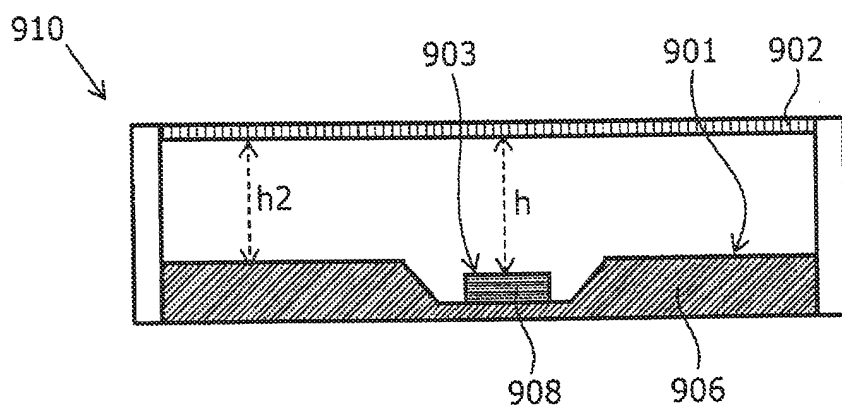
ФИГ. 14



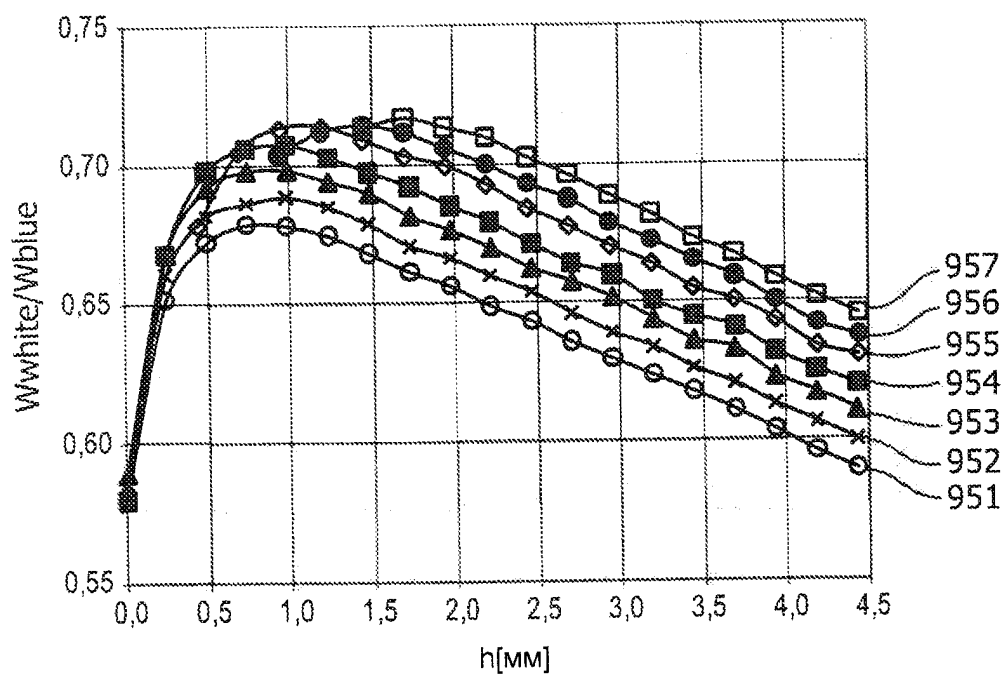
ФИГ. 15



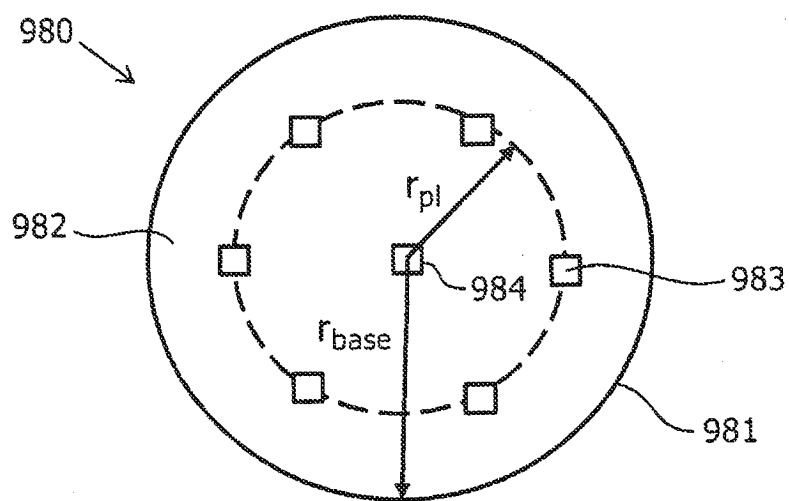
ФИГ. 16а



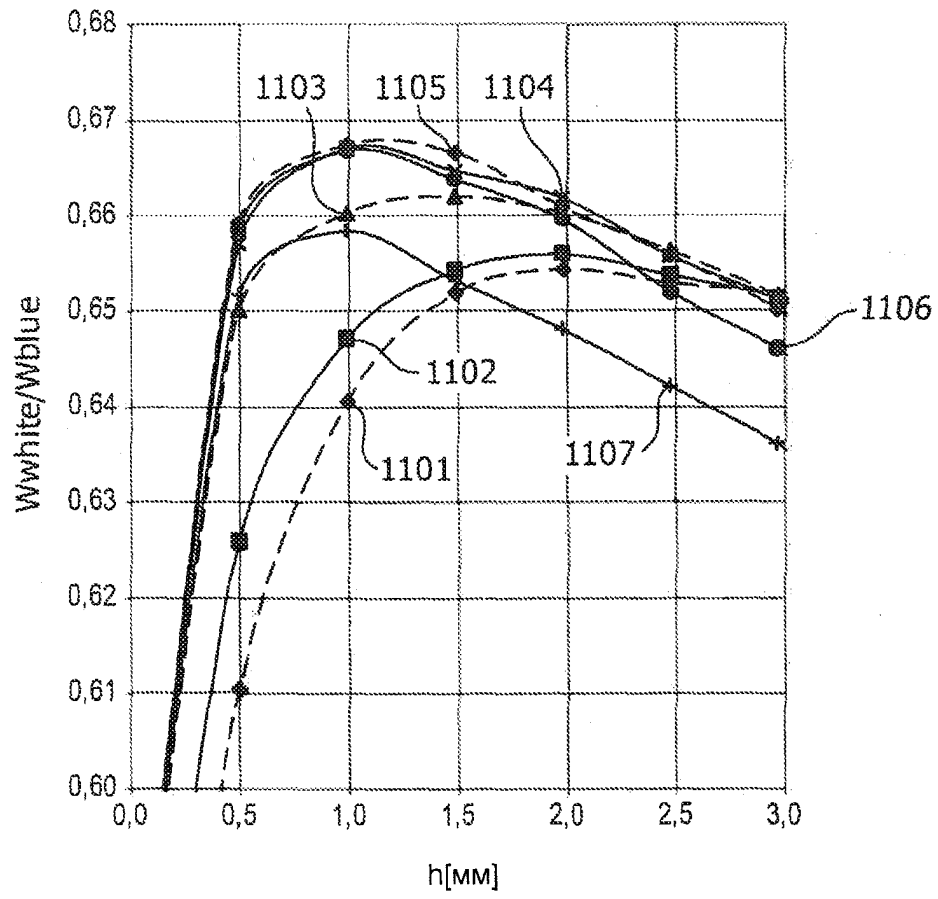
ФИГ. 16b



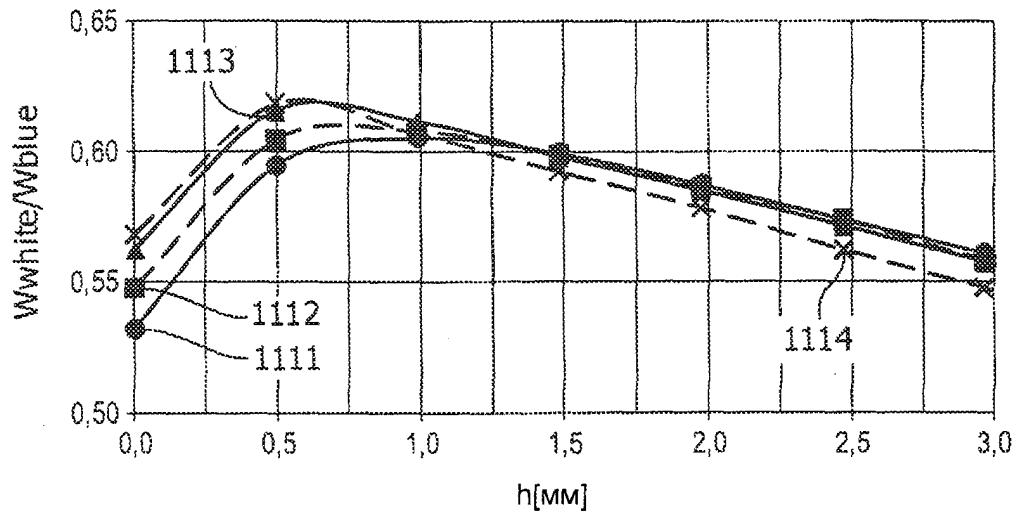
ФИГ. 16c



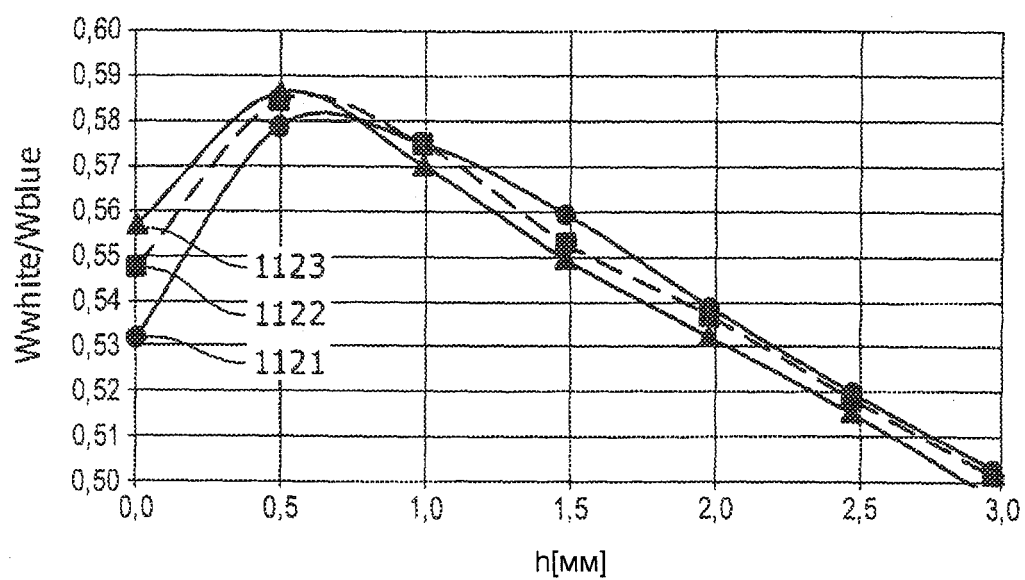
ФИГ. 17a



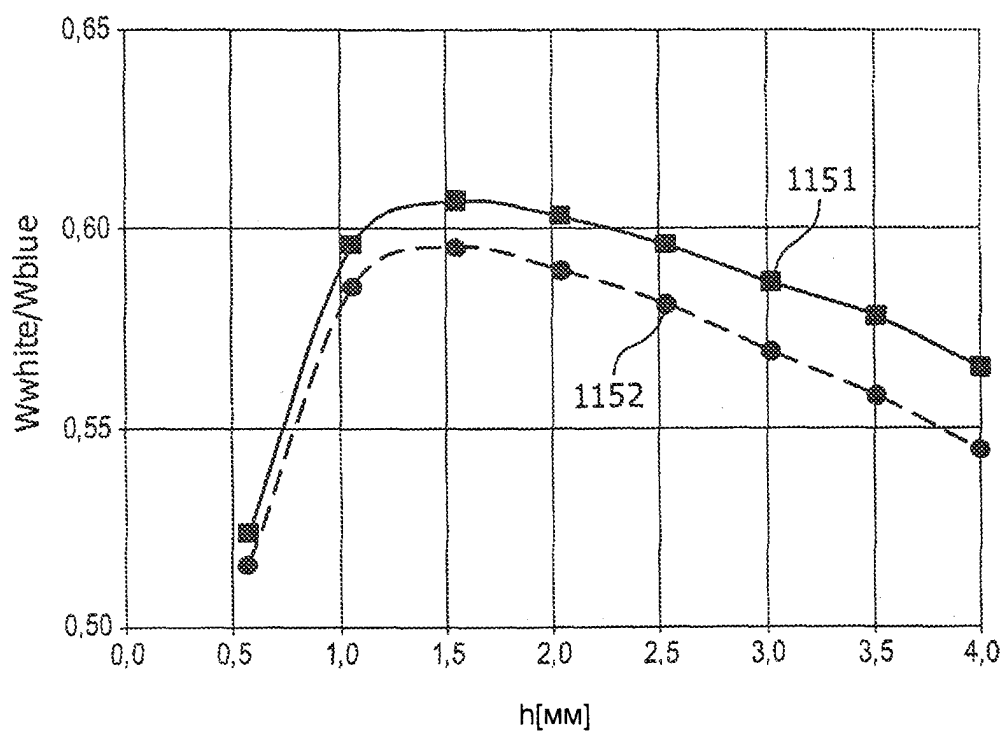
ФИГ. 17b



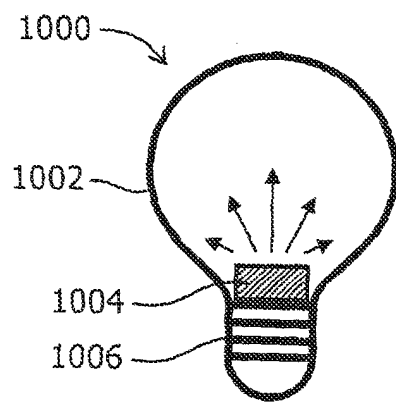
ФИГ. 17c



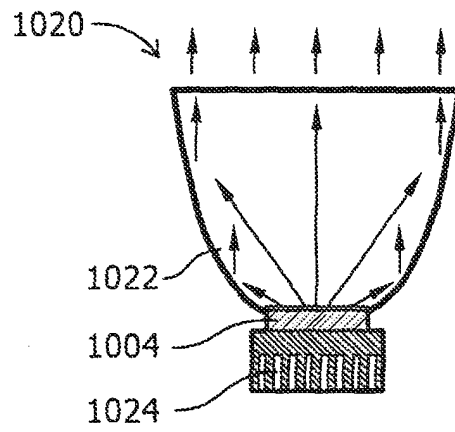
ФИГ. 17d



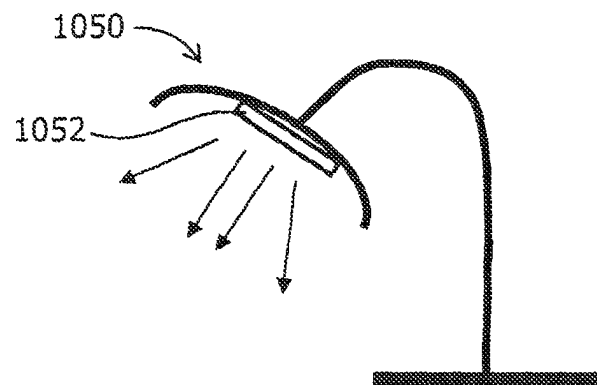
ФИГ. 18



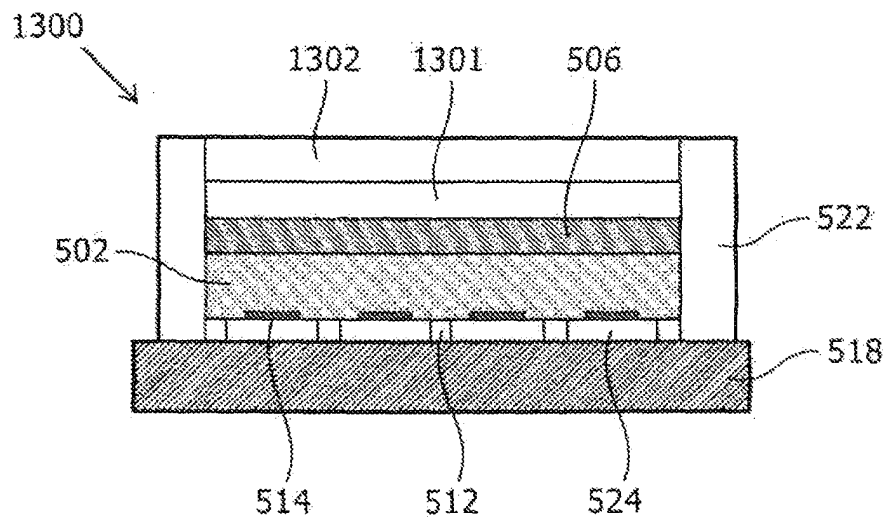
ФИГ. 19a



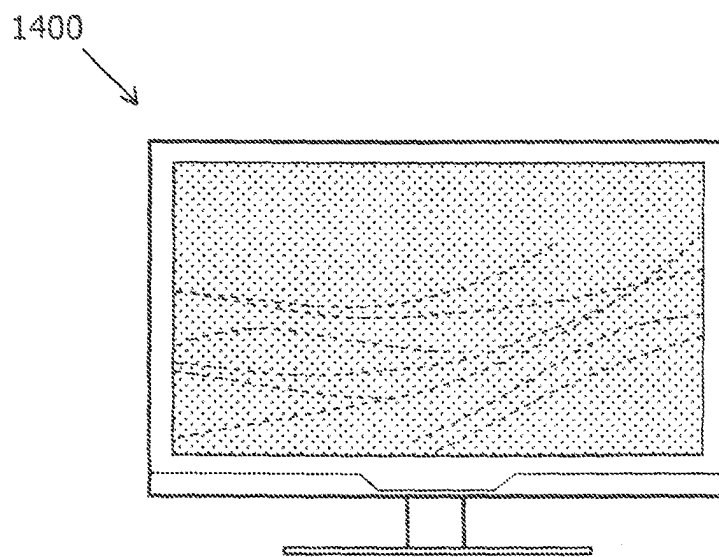
ФИГ. 19b



ФИГ. 19c



ФИГ. 20



ФИГ. 21