

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010111739/04, 14.08.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.08.2008

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
28.08.2007 KR 10-2007-0086483
31.07.2008 KR 10-2008-0075181

(43) Дата публикации заявки: 10.10.2011 Бюл. № 28

(45) Опубликовано: 20.12.2012 Бюл. № 35

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: WO 2006043682 A1, 27.04.2006. US 7229571
B2, 12.06.2007. KR 1020060134728 A,
28.12.2006. WO 2007069869 A1, 21.06.2007. RU
2258979 C1, 20.08.2005.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 29.03.2010(86) Заявка РСТ:
KR 2008/004734 (14.08.2008)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2009/028818 (05.03.2009)Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. Ю.Д.Кузнецову

(72) Автор(ы):

ЛИ Чунг Хоон (KR),
ТЕВС Вальтер (DE),
РОТ Гундула (DE),
ТЕВС Стефан (DE)

(73) Патентообладатель(и):

СЕУЛ СЕМИКОНДАКТОР КО., ЛТД. (KR)

(54) СВЕТОИЗЛУЧАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО, ИСПОЛЬЗУЮЩЕЕ НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИЕ
ТЕТРАГОНАЛЬНЫЕ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫЕ СИЛИКАТНЫЕ ЛЮМИНОФОРЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к светоизлучающим устройствам, использующим нестехиометрические тетрагональные щелочноземельные силикатные люминофоры. Предложенное светоизлучающее устройство включает в себя светоизлучающий диод, излучающий свет в ультрафиолетовой или видимой части спектра, и нестехиометрический люминесцентный материал, размещенный вокруг светоизлучающего диода.

Люминесцентный материал поглощает по меньшей мере часть света, излучаемого светоизлучающим диодом, и излучает свет с отличающейся от поглощенного света длиной волны. Нестехиометрический люминесцентный материал имеет тетрагональную кристаллическую структуру и содержит больше кремния в кристаллической решетке, чем его содержится в кристаллической решетке силикатных люминофоров, имеющих стехиометрическую кристаллическую

структуру. Технический результат - благодаря использованию нестехиометрических тетрагональных щелочноземельных силикатных люминофоров могут быть

получены светоизлучающие устройства, обладающие повышенной стойкостью к воздействию температуры и влажности. 18 з.п. ф-лы, 12 ил., 3 табл., 3 пр.

RU 2 4 7 0 4 1 1 C 2

RU 2 4 7 0 4 1 1 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

H01L 33/00 (2010.01)*C07F 7/02* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2010111739/04, 14.08.2008**(24) Effective date for property rights:
14.08.2008

Priority:

(30) Convention priority:

28.08.2007 KR 10-2007-0086483**31.07.2008 KR 10-2008-0075181**(43) Application published: **10.10.2011 Bull. 28**(45) Date of publication: **20.12.2012 Bull. 35**(85) Commencement of national phase: **29.03.2010**

(86) PCT application:

KR 2008/004734 (14.08.2008)

(87) PCT publication:

WO 2009/028818 (05.03.2009)

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. Ju.D.Kuznetsovu**

(72) Inventor(s):

LI Chung Khoon (KR),**TEVS Val'ter (DE),****ROT Gundula (DE),****TEVS Stefan (DE)**

(73) Proprietor(s):

SEUL SEMIKONDAKTOR KO., LTD. (KR)**(54) LIGHT-RADIATING DEVICE, USING NON-STOICHIOMETRIC TETRAGONAL RARE-EARTH SILICATE LUMINOPHORS**

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention relates to light-radiating devices using non-stoichiometric tetragonal rare-earth silicate luminophors. The proposed light-radiating device comprises a light-emitting diode, which emits light in an ultraviolet or visible part of spectrum, and a non-stoichiometric luminescent material arranged around the light-emitting diode. The luminescent material absorbs at least some light emitted by the light-emitting diode, and radiates light with a wavelength differing from the absorbed

light. The non-stoichiometric luminescent material has a tetragonal crystalline structure and comprises more silicon in a crystalline grid compared to its content in the crystalline grid of silicate luminophors, having a stoichiometric crystalline structure.

EFFECT: due to usage of non-stoichiometric tetragonal rare-earth silicate luminophors, light-radiating devices may be produced, which have higher resistance to impact of temperature and moisture.

19 cl, 12 dwg, 3 tbl, 3 ex

Область техники

Настоящее изобретение относится к светоизлучающему устройству, в частности к светоизлучающему устройству, использующему нестехиометрические тетрагональные щелочноземельные силикатные люминофоры, которые могут быть использованы в качестве температуростойкого люминесцентного материала, предназначенного для возбуждения ультрафиолетовым или видимым светом.

Уровень техники

Светоизлучающее устройство (LED) широко используется для индикаторов, отображающих панелей и отображающих приборов, поскольку такое светоизлучающее устройство способно реализовывать (воспроизводить) цвета. Белый цвет также может быть реализован, так что светоизлучающее устройство используют для общего освещения. Поскольку светоизлучающее устройство имеет высокую эффективность и длительный срок службы и является экологически чистым, те области, в которых используется светоизлучающее устройство, непрерывно расширяются.

В области LED предлагались различные способы реализации цветов, например, белого цвета, при этом для реализации белого цвета обычно используют метод размещения люминофоров вокруг светоизлучающего диода и объединения света, излучаемого светоизлучающим диодом, и света, излучаемого люминофорами.

Между тем, стехиометрические силикаты, такие как ортосиликаты, дисиликаты и хлорсиликаты, хорошо известны в качестве материалов-преобразователей для коротковолнового или длинноволнового возбуждения типа ультрафиолетового излучения, а также излучения дневного света (G. Roth et al. "Advanced Silicate Phosphors for Improved White LED" (Phosphor Global Summit. Seoul/Korea, March 5-7, 2007)).

В частности, в светоизлучающих устройствах для реализации белого света или цвета, требуемого для нескольких применений, используют силикатные люминофоры, возбуждаемые синим светом от LED и излучающие преобразованный свет. В последние годы использование силикатов для применений в LED возрастает.

LED и особенно LED высокой мощности вырабатывают большое количество тепла во время работы. Кроме того, LED должны выдерживать высокую температуру окружающей среды свыше 80°C. Люминофоры сами по себе имеют систему, зависящую от температурного поведения. Яркость большинства люминофоров снижается при повышении температуры.

Это так называемое температурное тушение зависит от взаимодействия между активатором и решеткой-хозяином и подвержено влиянию состава матрицы, структуры, решеточных эффектов, концентрации, а также вида активатора. В частности, на прочность связывания внутри кристаллической матрицы влияет величина параметров решетки и, исходя из этого, эмиссионные свойства ионов активатора.

Более того, при повышении температуры колебание ионов внутри решетки усиливается. Из-за этого вероятность взаимодействия с ионами активатора повышается, что приводит в результате к повышающейся потере энергии возбуждения в виде тепла. Эта так называемая фотон-фотонная связь сильно зависит от структуры и окружения ионов активатора. Чем жестче кристаллическая решетка, тем слабее взаимодействие между ионами и активатором.

Яркость ортосиликатов, дисиликатов, а также хлорсиликатов, активированных двухвалентным европием, сильно снижается при более высоких температурах вплоть до 150°C, поскольку решетка становится не такой жесткой, а прочность связи не такой

высокой.

Этот эффект приводит, например, к изменению цвета LED во время работы. Это является серьезным недостатком использования всех известных до настоящего времени силикатов, применяемых в LED. Кроме того, чувствительность к воздействию
5 воды является сравнительно высокой, что вызвано слабой решеткой и сильно гетерополярной связью между ионом силиката и щелочноземельными ионами.

В последние годы силикатные люминофоры разрабатывались в качестве люминесцентных материалов для белых LED (WO 02/054503, WO 02/054502, WO
10 2004/085570).

Ортосиликаты в качестве люминесцентного материала с возбуждаемостью от коротковолнового ультрафиолетового излучения до видимого света могут быть использованы в качестве люминофоров для флуоресцентных ламп (Barry T.L.,
15 “Fluorescence of Eu^{2+} -activated Phases in Binary Alkaline Earth Orthosilicate Systems”, J. Electrochem. Soc., 115, 1181 (1968)).

Совместно легированные силикаты тристронция описаны как желто-оранжевый люминесцентный материал (H.G. Kang, J.K Park, J.M-Kom, S.C. Choi; Solid State Phenomena, Vol.124-126 (2007), 511-514), двухвалентный европий - как активатор для
20 силикатов (S.D. Jee, J.K. Park, S.H. Lee; “Photoluminescent Properties of Eu^{2+} -activated Sr_3SiO_5 Phosphors”, J. Mater. Sci. 41 (2006), 3139-3141, и Barry, T.L.; “Equilibria and Eu^{2+} Luminescence of Subsolidus Phases Bounded by $\text{Ba}_3\text{MgSi}_2\text{O}_8$, $\text{Sr}_3\text{MgSi}_2\text{O}_8$ and $\text{Ca}_3\text{MgSi}_2\text{O}_8$ ”, J. Electrochem. Soc., 115, 733, 1968), а флуоресценция при возбуждении УФ и синим
25 излучением описана в нескольких силикатных системах в виде ортосиликатов и дисиликатов (G. Blasse, W.L Wanmaker, J.W. ter Vrugt and A. Bril; “Fluorescence of Europium $^{2+}$ -activated Silicates”, Philips Res. Repts 23, 189-200, 1968).

Недостаток всех этих люминофоров заключается в том, что они подвержены сильному температурному тушению и сильному сдвигу полосы испускания с
30 температурой. Интенсивность излучения может снизиться вплоть до 50% при 150°C.

Раскрытие изобретения

Техническая задача

Цель настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить светоизлучающее
35 устройство, у которого уменьшение его яркости из-за повышения температуры может быть предотвращено или снижено.

Другая цель настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить светоизлучающее устройство с меньшей чувствительностью к воздействию воды, влажности и полярных растворителей.
40

Еще одна цель настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить светоизлучающее устройство, которое демонстрирует коэффициент цветопередачи (CRI) в 80-95, в частности 90-95, и имеет высокий диапазон цветовой температуры от примерно 2000K до 8000K или 10000K.

Техническое решение

Согласно вариантам осуществления настоящего изобретения предложено светоизлучающее устройство, использующее нестехиометрические тетрагональные щелочноземельные силикатные люминофоры. Светоизлучающее устройство включает
50 в себя светоизлучающий диод, излучающий свет в ультрафиолетовой или видимой части спектра, и нестехиометрический люминесцентный материал, размещенный вокруг светоизлучающего диода. Люминесцентный материал поглощает по меньшей мере часть света, излучаемого светоизлучающим диодом, и излучает свет с

отличающейся от поглощенного света длиной волны. Нестехиометрический люминесцентный материал имеет тетрагональную кристаллическую структуру и содержит больше кремния в своей кристаллической решетке, чем его содержится в кристаллической решетке силикатных люминофоров, имеющих стехиометрическую кристаллическую структуру.

Кроме того, люминесцентный материал содержит в своей матрице двухвалентную медь и может содержать европий в качестве активатора.

Основной энергетический уровень двухвалентного европия $4f^7$ может быть возбужден ультрафиолетовым, а также синим излучением. Двухвалентный европий излучает свет в зависимости от расщепления кристаллического поля от примерно 365 нм в ультрафиолетовой области при небольшом расщеплении кристаллического поля, например, в тетраборатных люминофорах, и до 650 нм с красным излучением при сильном расщеплении кристаллического поля, например, в нитридах.

Само излучение зависит как от ковалентности, так называемого нефелоксетического эффекта, так и от напряженности кристаллического поля. Напряженность кристаллического поля зависит от расстояния между ионами активатора и кислородом в решетке-хозяине. Оба эффекта ведут к снижению и расщеплению возбужденного уровня $4f^65d$ двухвалентного европия и приводят в результате к сдвигу излучения к большим длинам волн и меньшей энергии излучения.

Разница между возбуждающим излучением и испускаемым излучением представляет собой Стоксов сдвиг. В ортосиликатах, дисиликатах и хлорсиликатах Стоксов сдвиг составляет от 160 нм до 360 нм и зависит от возбуждающего излучения, а также от возбудимости двухвалентного европия в решетке-хозяине.

В ортосиликатах, например, ион активатора европия²⁺ окружен ионами кислорода на различном расстоянии, обусловленном орторомбической структурой. Наилучшая температурная стабильность наблюдалась в богатых барием системах, в которых ионы европия сокращали решетку-хозяина и стабилизировали кристаллическую структуру.

Введение, помимо бария, еще и стронция или кальция или других катионов в решетку ортосиликата может нарушить симметрию вблизи ионов активатора и привести к энергетическим ловушкам и более сильным взаимодействиям между европием и этими ловушками решетки. Такие ловушки играют важную роль в процессе температурного тушения, и процесс переноса энергии внутри кристалла нарушается. Кроме того, с повышением числа дефектов решетки, таких как ловушки, повышается чувствительность к влажности.

Важным моментом является снижение взаимодействий между редкоземельным металлом европием и стабилизация его окружения. Это было установлено при разработке тетрагональных силикатов щелочноземельных металлов и меди (CSE), активированных двухвалентным европием. Ионы двухвалентной меди в структуре тетрагонального силиката приводят к меньшим параметрам решетки (например, $(\text{Cu}, \text{Sr})_3\text{SiO}_5$ с $a=6,91\text{Å}$, $c=9,715\text{Å}$), чем для тетрагональной решетки без меди (например, Sr_3SiO_5 с $a=6,93\text{Å}$, $c=9,73\text{Å}$).

Эти параметры решетки сильно отличаются от параметров решетки хорошо известных ортосиликатов с $a=5,682\text{Å}$, $b=7,09\text{Å}$ и $c=9,773\text{Å}$. В данном случае, на окружение двухвалентного европия влияет орторомбическая структура.

Тетрагональные силикаты щелочноземельных металлов и меди проявляют более стабильное температурное поведение при температуре выше 100°C . В данном случае медь является очень важной для получения люминофора. При введении меди в

обычный силикат щелочноземельного металла могут быть получены три эффекта.

Во-первых, медь ускоряет твердофазную реакцию во время процесса нагревания. Во-вторых, медьсодержащие люминофоры демонстрируют повышенные интенсивности излучения по сравнению с люминесцентными материалами, не содержащими этого компонента в решетке-хозяине, и стабилизирование медью окружения вокруг активатора. В-третьих, медьсодержащие люминофоры демонстрируют сдвиг излучения к более длинным волнам.

Медь в качестве основного элемента не действует как активатор, однако использование этого иона оказывает влияние на расщепление кристаллического поля, а также на ковалентность. К удивлению, введение меди ускоряет твердофазную реакцию во время температурной обработки и приводит к получению гомогенного люминофора с высокой яркостью, который стабилен при высоких температурах.

Медь(II) имеет меньший ионный радиус (примерно 60 пм), а ее электроотрицательность (1,8) выше электроотрицательности бария, стронция и кальция (1). Кроме того, медь(II) имеет положительный потенциал электрохимического восстановления +0,342, в отличие от отрицательного потенциала щелочноземельных металлов (от -2,8 до -2,9). Показано, что медь стабилизирует излучение европия в силикатной решетке-хозяине.

Кроме того, может быть улучшена стойкость к воздействию воды. Известно, что щелочноземельные силикатные люминофоры нестабильны в воде, влажности воздуха, водяном паре или полярных растворителях.

Силикаты с орторомбической структурой, а также структурами акерманита или мервинита проявляют более или менее высокую чувствительность к воде, влажности воздуха, водяному пару или полярным растворителям, вызываемую высокой основностью. Благодаря более высокой ковалентности и более низкой основности, а также положительному восстановительному потенциалу, введение меди в качестве основного компонента матрицы в решетке-хозяине улучшает поведение люминесцентных силикатов при воздействии воды, влажности воздуха, водяного пара или полярных растворителей.

Недостаток сильной температурной зависимости может быть преодолен посредством изменения состава люминофора и дополнительно посредством введения меди в такую тетрагональную силикатную матрицу, а также посредством получения специальных нестехиометрических силикатов щелочноземельных металлов и меди с помощью методики высокотемпературного прокаливания.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения используются устойчивые к воздействию высокой температуры люминофоры на основе тетрагональных силикатов щелочноземельных металлов и меди, активированных по меньшей мере двухвалентным европием, который излучает свет в пределах диапазона от 500 нм до 630 нм. Такие люминофоры проявляют более высокую стойкость к воздействию воды и влажности и могут быть преимущественно использованы для применений в LED с высокой яркостью. Эти люминофоры представлены следующей формулой 1.

Формула 1



в которой $u+v+w+x=1$, $y=z+a$, $z \leq 2$, $0 < x \leq 1$, $0 < a \leq 0,5$ и $0 < b < 0,5$. Может быть также предусмотрен тетрагональный нестехиометрический силикат, в котором медь в основном составляет существенную часть матрицы.

Люминофоры могут быть получены в результате многостадийной

высокотемпературной твердофазной реакции между исходными материалами, содержащими избыток SiO_2 и соединения металлов, например, оксиды металлов и карбонаты металлов, которые разлагаются при высоких температурах на оксиды. Высокотемпературная твердофазная реакция может быть осуществлена при

температуре между 800°C и 1550°C . Между тем, светоизлучающее устройство может реализовывать белый свет или свет желаемого цвета в сочетании со светом, излучаемым светоизлучающим диодом, и светом, излучаемым люминесцентным материалом. Например, белый свет или свет желаемого цвета может быть реализован за счет смешивания света, излучаемого светоизлучающим диодом, и света, излучаемого люминесцентным материалом. Более того, для реализации света желаемого цвета может быть добавлен другой люминофор.

Например, излучающийся свет может реализовать белый свет с CRI Ra=80-95, в частности 90-95, с помощью светоизлучающего диода, излучающего синий свет, и люминесцентного материала.

Люминесцентный материал, т.е. люминофор, может быть размещен на по меньшей мере одной из боковых, верхней и нижней поверхностей светоизлучающего диода. Кроме того, люминофор может быть подмешан в клей или формовочный элемент, так что люминофор может быть размещен вокруг светоизлучающего диода.

Между тем, светоизлучающий диод и люминесцентный материал могут быть выполнены в одном корпусе. Кроме того, в этом же корпусе может выполняться другой светоизлучающий диод. Этот другой светоизлучающий диод может излучать свет такой же или иной длины волны, чем вышеупомянутый светоизлучающий диод. Например, другой светоизлучающий диод может излучать свет большей длины волны, чем пиковая длина волны излучения люминесцентного материала.

Корпус может включать в себя подложку, содержащую печатную (монтажную) плату или выводную рамку, на которой смонтирован светоизлучающий диод. Кроме того, корпус может дополнительно включать в себя отражатель, отражающий свет, излучаемый светоизлучающим диодом. В таком случае светоизлучающий диод смонтирован в отражателе.

Более того, светоизлучающее устройство может дополнительно включать в себя формовочный элемент, герметизирующий светоизлучающий диод на подложке. Люминесцентный материал может быть распределен в формовочном элементе, но не ограничивается этим.

Кроме того, корпус может включать в себя теплоотвод, и при этом светоизлучающий диод может быть смонтирован на теплоотводе.

В вариантах осуществления настоящего изобретения светоизлучающий диод может быть сформирован из композитного полупроводника на основе (Al, Ga, In)N.

Светоизлучающий диод может иметь, например, двойную гетероструктуру, структуру с одиночной квантовой ямой или структуру с множественными квантовыми ямами, которая имеет единственную активную область между слоями полупроводника n-типа и p-типа.

В ином случае, светоизлучающий диод может включать в себя множество светоизлучающих элементов (ячеек), расположенных отдельно друг от друга на единой подложке. Каждый из светоизлучающих элементов включает в себя активную область, и эти светоизлучающие элементы могут быть соединены друг с другом последовательно и/или параллельно проводами, так что светоизлучающие элементы могут быть непосредственно приведены в действие при подаче питания переменного тока. Такой работающий на переменном токе светоизлучающий диод может быть

приведен в действие при подключении к источнику питания переменного тока без внешнего преобразователя переменного тока в постоянный за счет образования мостового выпрямителя и линейной цепочки соединенных с этим выпрямителем светоизлучающих элементов, либо за счет образования линейной цепочки

5 светоизлучающих элементов на единой подложке, причем эти цепочки электрически соединены друг с другом встречно-параллельно.

Преимущества изобретения

Согласно вариантам осуществления настоящего изобретения благодаря

10 использованию нестехиометрических тетрагональных щелочноземельных силикатных люминофоров могут быть предложены светоизлучающие устройства, обладающие улучшенной температуро- и влагостойкостью. Более того, благодаря использованию люминофоров на основе тетрагональных силикатов щелочноземельных металлов и

15 меди, которые активированы двухвалентным европием (Eu) и излучают свет с длиной волны между примерно 500 нм и 630 нм, могут быть предложены светоизлучающие устройства с более высокой температурной стабильностью и меньшей чувствительностью к воде, влажности и полярным растворителям, а также с высоким диапазоном цветовой температуры от примерно 2000K до 8000K или 10000K,

20 демонстрирующие CRI в 80-95, в частности 90-95.

Краткое описание чертежей

Фиг.1 представляет собой вид в поперечном разрезе светоизлучающего устройства 100 согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг.2 представляет собой вид в поперечном разрезе светоизлучающего

25 устройства 200 согласно другому варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг.3 представляет собой вид в поперечном разрезе светоизлучающего устройства 300 согласно еще одному варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг.4 представляет собой вид в поперечном разрезе светоизлучающего

30 устройства 400 согласно очередному варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг.5 представляет собой вид в поперечном разрезе светоизлучающего устройства 500 согласно дальнейшему варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг.6 показывает спектры излучения новых нестехиометрических

35 оксиортосиликатов по сравнению со стехиометрическими люминофорами, причем как с медью, так и без нее, при длине волны возбуждения 450 нм.

Фиг.7 показывает влияние Ва на спектры излучения новых тетрагональных оксиортосиликатов.

Фиг.8 показывает рентгеновские дифрактограммы нестехиометрического,

40 медьсодержащего оксиортосиликата, имеющего тетрагональную структуру.

Фиг.9 показывает рентгеновские дифрактограммы нестехиометрического, излучающего желтый свет ортосиликата, имеющего структуру оливина.

Фиг.10 показывает рентгеновские дифрактограммы излучающего синий свет

45 ортосиликата, имеющего структуру мервинита.

Фиг.11 показывает рентгеновские дифрактограммы нестехиометрического оксиортосиликата с 0,4 моля Ва.

Фиг.12 показывает рентгеновские дифрактограммы стехиометрического

50 оксиортосиликата стронция.

Варианты осуществления изобретения

Далее светоизлучающие устройства согласно вариантам осуществления настоящего изобретения будут описаны со ссылкой на прилагаемые чертежи.

Светоизлучающее устройство

Фиг.1 представляет собой вид в поперечном разрезе светоизлучающего устройства 100 согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения. На фиг.1 показан корпус типа чипа, содержащий по меньшей мере один светоизлучающий диод и люминесцентный материал.

Обращаясь к фиг.1, электроды 5 могут быть сформированы на обеих сторонах подложки 1. Светоизлучающий диод 6, излучающий первичный свет, может быть смонтирован на одном из электродов 5. Светоизлучающий диод 6 может быть смонтирован на одном электроде 5 при помощи электропроводящей пасты 9, такой как серебряная (Ag) паста, и соединен с другим электродом 5 электропроводящим проводом 2.

Светоизлучающий диод 6 может излучать ультрафиолетовый или синий свет и может быть изготовлен из композитного полупроводника на основе нитрида галлия. В частности, светоизлучающий диод 6 излучает синий свет.

Люминесцентный материал 3 может быть помещен на верхнюю и боковые поверхности светоизлучающего диода 6. Светоизлучающий диод 6 может быть также герметизирован формовочным элементом 10, выполненным из термореактивной смолы. Люминесцентный материал 3 может быть размещен вблизи светоизлучающего диода 6, но не ограничивается этим. Люминесцентный материал 3 может быть также равномерно распределен в формовочном элементе 10. Такой способ распределения люминесцентного материала 3 внутри формовочного элемента 10 был описан в патенте США № 6482664.

Люминесцентный материал 3, будучи размещенным вокруг светоизлучающего диода 6, поглощает по меньшей мере часть света, излучаемого светоизлучающим диодом, и излучает свет с отличающейся от поглощенного света длиной волны. Люминесцентный материал 3 представляет собой нестехиометрический силикатный люминофор, имеющий тетрагональную кристаллическую структуру и содержащий больше кремния в своей кристаллической решетке, чем в кристаллической решетке силикатных люминофоров, имеющих стехиометрические кристаллические структуры. Подробное описание люминесцентного материала 3 будет приведено ниже.

Светоизлучающий диод 6 может быть электрически соединен с внешним источником питания через электроды 5 и, таким образом, излучает первичный свет. Люминесцентный материал 3 поглощает по меньшей мере часть первичного света и излучает вторичный свет с большей длиной волны, чем длина волны первичного света. В результате, первичный свет, излучаемый светоизлучающим диодом 6, и вторичный свет от люминесцентного материала 3 смешиваются, и из светоизлучающего устройства излучается смешанный свет. Таким смешанным светом может быть реализован свет желаемого цвета, например белый свет.

Светоизлучающее устройство 100 может включать в себя два или более светоизлучающих диода. Такие светоизлучающие диоды могут иметь одинаковые друг с другом пики излучения или же могут иметь отличные друг от друга пики излучения. Например, светоизлучающее устройство 100 может включать в себя одинаковые или различные светоизлучающие диоды, каждый из которых излучает ультрафиолетовый или синий свет. Кроме того, светоизлучающее устройство 100 может включать в себя светоизлучающий диод, например красный светодиод, излучающий свет с большей длиной волны, чем пиковая длина волны излучения люминофоров. Такой диод, излучающий свет с большей длиной волны, может быть использован для улучшения CRI светоизлучающего устройства 100. Более того, помимо

нестехиометрического люминесцентного материала 3, светоизлучающее устройство 100 может дополнительно включать в себя другие люминофоры. Другие люминофоры могут включать стехиометрические силикатные люминофоры, люминофоры на основе алюмоиттриевого граната (АИГ) или титогаллатные люминофоры, но не ограничиваются ими. Соответственно, при правильном выборе светоизлучающего диода 6 и люминофоров может быть реализован свет желаемого пользователями цвета.

В частности, при правильном выборе светоизлучающего диода 6, люминесцентного материала 3 и других люминофоров может быть получено светоизлучающее устройство, имеющее высокий диапазон цветовой температуры от примерно 2000K до 8000K или 10000K и CRI 80-95, в частности 90-95.

Фиг.2 представляет собой вид в поперечном разрезе светоизлучающего устройства 200 согласно другому варианту осуществления настоящего изобретения. Фиг.2 показывает примерный корпус с поверхностным монтажом («top-view»), имеющий отражатель 21.

Обращаясь к фиг.2, светоизлучающее устройство 200 имеет аналогичную конструкцию, что и вышеописанное светоизлучающее устройство 100, и снабжено отражателем 21 на подложке 1. Светоизлучающий диод 6 смонтирован в отражателе 21. Отражатель 21 отражает свет, излучаемый светоизлучающим диодом 6, повышая яркость под определенным углом обзора.

Между тем, как описано со ссылкой на фиг.1, люминесцентный материал 3, будучи размещенным вокруг светоизлучающего диода 6, поглощает по меньшей мере часть света, излучаемого светоизлучающим диодом, и излучает свет, имеющий иную длину волны, чем поглощенный свет. Люминесцентный материал 3 точно нанесен на светоизлучающий диод 6 в отражателе 21 или равномерно распределен в формовочном элементе 10 из термореактивной смолы. Подробное описание люминесцентного материала 3 будет приведено ниже.

Светоизлучающее устройство 200 может также включать в себя два или более светоизлучающих диода, имеющих одинаковые друг с другом пики излучения или отличные друг от друга пики излучения, и может дополнительно включать в себя другие люминофоры, помимо нестехиометрического люминесцентного материала 3, как описано со ссылкой на фиг.1.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения светоизлучающее устройство 100 или 200, показанное на фиг.1 или фиг.2, может включать в себя подложку из металлического материала, например металлическую печатную плату (PCB), которая имеет хорошую теплопроводность. Такая подложка способна легко рассеивать тепло от светоизлучающего диода 6. Кроме того, в качестве подложки может быть использована выводная рамка, включающая в себя внешние выводы. Такую выводную рамку может окружать и поддерживать формовочный элемент 10, герметизирующий светоизлучающий диод.

Показанный на фиг.2 отражатель 21 может быть выполнен из материала, отличного от материала подложки 1, но не ограничивается этим. Отражатель 21 может быть также выполнен из такого же материала, как и подложка 1. Например, выводная рамка с внешними выводами может быть залита (т.е. отлита методом формования со вставкой) пластиком, таким как полифталамид (ПФА), который образует вместе подложку 1 и отражатель 21. Затем внешние выводы сгибают, получая электроды 5.

Фиг.3 представляет собой вид в поперечном разрезе светоизлучающего

устройства 300 согласно еще одному варианту осуществления настоящего изобретения. Светоизлучающее устройство 300 известно как светоизлучающая диодная рампа.

5 Обращаясь к фиг.3, светоизлучающее устройство 300 может иметь пару выводных электродов 31, 32, и при этом на верхнем конце одного выводного электрода 31 может быть выполнен чашеобразный участок 33, имеющий форму чаши. На чашеобразном участке 33 может быть смонтирован по меньшей мере один светоизлучающий диод 6, электрически соединенный электропроводящим проводом 2 с другим выводящим
10 электродом 32. При монтаже на чашеобразном участке 33 множества светоизлучающих диодов они могут излучать свет с одинаковой длиной волны или отличными друг от друга длинами волн.

Кроме того, вокруг светоизлучающего диода 6 размещен люминесцентный материал 3. Как описано со ссылкой на фиг.1, люминесцентный материал 3, будучи
15 размещенным вокруг светоизлучающего диода 6, поглощает по меньшей мере часть света, излучаемого светоизлучающим диодом, и излучает свет, имеющий другую длину волны, чем поглощенный свет. Люминесцентный материал 3 точечно нанесен на светоизлучающий диод 6 на чашеобразном участке 33 или равномерно распределен в
20 формовочном элементе 34 из термореактивной смолы, сформированном на чашеобразном участке 33. Подробное описание люминесцентного материала 3 будет приведено ниже.

Между тем, формовочный элемент 10 герметизирует светоизлучающий диод 6, люминесцентный материал и части пары выводных электродов 31 и 32. Формовочный
25 элемент может быть сформирован из эпоксидной смолы или силикона.

Светоизлучающее устройство 300 было описано имеющим пару выводных электродов 31 и 32. Однако светоизлучающее устройство 300 может иметь больше выводных электродов, чем пара выводных электродов 31 и 32.

30 Фиг.4 представляет собой вид в поперечном разрезе светоизлучающего устройства 400 согласно очередному варианту осуществления настоящего изобретения. На фиг.4 показан корпус со светоизлучающим диодом большой мощности.

Обращаясь к фиг.4, светоизлучающее устройство 400 включает в себя
35 теплоотвод 41, предусмотренный в кожухе 43. Нижняя поверхность теплоотвода 41 обращена наружу. Выводные электроды 44 обнажены внутри кожуха 43 и проходят через него. По меньшей мере один светоизлучающий диод 6 установлен на верхней поверхности теплоотвода 41 при помощи электропроводящего клея 9 и электрически
40 соединен с одним из выводных электродов 44 при помощи электропроводящего провода. Кроме того, другой электропроводящий провод может соединять другой выводной электрод 44 с теплоотводом 41, так что светоизлучающий диод 6 может быть электрически соединен с каждым из двух выводных электродов 44.

Кроме того, вокруг светоизлучающего диода 6 на теплоотводе 41 размещен
45 люминесцентный материал 3. Как описано со ссылкой на фиг.1, люминесцентный материал 3, будучи размещенным вокруг светоизлучающего диода 6, поглощает по меньшей мере часть света, излучаемого светоизлучающим диодом, и излучает свет, имеющий другую длину волны, чем поглощенный свет. Люминесцентный материал 3
50 точечно нанесен на светоизлучающий диод 6 на теплоотводе 41 или равномерно распределен в формовочном элементе (не показан), закрывающем светоизлучающий диод. Подробное описание люминесцентного материала 3 будет приведено ниже.

Фиг.5 представляет собой вид в поперечном разрезе светоизлучающего

устройства 500 согласно дальнейшему варианту осуществления настоящего изобретения.

Обращаясь к фиг.5, светоизлучающее устройство 500 включает в себя кожух 53 и множество теплоотводов 51 и 52, присоединенных к кожуху и изолированных один от другого. Светоизлучающие диоды 6 и 7 смонтированы на теплоотводах 51 и 52 при помощи электропроводящих клеев и соответственно соединены электрически с выводными электродами 54 при помощи электропроводящих проводов (не показано). Выводные электроды 54 выходят изнутри кожуха 53 наружу. На фиг.5 показано два выводных электрода 54, однако может быть использовано большее количество выводных электродов.

Кроме того, как описано со ссылкой на фиг.4, вокруг по меньшей мере одного из светоизлучающих диодов 6 и 7 может быть размещен люминесцентный материал 3. Подробное описание люминесцентного материала 3 будет приведено ниже.

В вышеописанных вариантах осуществления настоящего изобретения описывается, что светоизлучающий диод 6 смонтирован на подложке 1 или на теплоотводе при помощи электропроводящего клея 9 и электрически соединен с электродом или выводным электродом при помощи электропроводящего провода. Эти варианты ограничены тем случаем, когда светоизлучающий диод 6 представляет собой «кристалл с одним присоединением» ("one-bond die"), имеющий свои электроды на его верхней и нижней стороне соответственно. В том случае, если светоизлучающий диод 6 представляет собой «кристалл с двумя присоединениями», имеющий свои два электрода на его верхней стороне, светоизлучающий диод 6 может быть электрически соединен с электродами или выводными электродами соответственно при помощи двух электропроводящих проводов. В таком случае клей не должен быть электропроводящим.

В вариантах осуществления настоящего изобретения светоизлучающий диод 6 может быть выполнен из композитного полупроводника на основе (Al, Ga, In)N.

Светоизлучающий диод 6 может иметь, например, двойную гетероструктуру, структуру с одиночной квантовой ямой или структуру с множественными квантовыми ямами, имеющую единственную активную область между слоями полупроводника n-типа и p-типа.

В ином случае, светоизлучающий диод 6 может включать в себя множество светоизлучающих элементов (ячеек), расположенных отдельно друга от друга на единой подложке. Каждый из светоизлучающих элементов включает в себя активную область, и эти светоизлучающие элементы могут быть соединены друг с другом последовательно и/или параллельно проводами так, что светоизлучающие элементы могут быть непосредственно приведены в действие при подаче питания переменного тока. Такой работающий на переменном токе светоизлучающий диод может быть приведен в действие при подключении к источнику питания переменного тока без внешнего преобразователя переменного тока в постоянный за счет образования мостового выпрямителя и линейной цепочки соединенных с этим выпрямителем светоизлучающих элементов, либо за счет образования линейной цепочки светоизлучающих элементов на единой подложке, причем эти цепочки электрически соединены друг с другом встречно-параллельно. Рабочее напряжение работающего на переменном токе светоизлучающего диода может быть повышено до напряжения бытового потребления, например 110 В или 220 В, поскольку светоизлучающие элементы соединены последовательно. Таким образом, может быть получено светоизлучающее устройство, которое может приводиться в действие бытовым

источником питания.

Кроме того, люминесцентный материал 3 может быть размещен между светоизлучающим диодом 6 и подложкой 1 либо теплоотводом, на которой(ом) смонтирован светоизлучающий диод, и может быть распределен в клее 9. Такой люминесцентный материал 3 поглощает по меньшей мере часть света, излучаемого вниз светоизлучающим диодом 6, и излучает свет, имеющий иную длину волны, чем поглощенный свет.

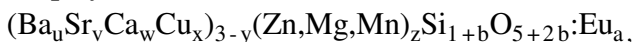
Хотя выше было приведено описание нескольких конструкций светоизлучающего устройства, настоящее изобретение не ограничивается этими конструкциями, и конструкция светоизлучающего устройства согласно настоящему изобретению может быть модифицирована в зависимости от вида светоизлучающего диода, способа его электрического соединения, желаемого угла обзора света, назначения использования светоизлучающего устройства и т.д.

Люминесцентный материал

Далее следует описание люминесцентного материала 3, используемого в вариантах осуществления настоящего изобретения.

Люминесцентный материал является нестехиометрическим люминесцентным материалом, который представляет собой силикатный люминофор, имеющий тетрагональную кристаллическую структуру и содержащий больше кремния в кристаллической решетке, чем его содержится в кристаллической решетке силикатных люминофоров, имеющих стехиометрическую кристаллическую структуру. Кроме того, люминесцентный материал содержит в своей матрице двухвалентную медь и может содержать европий в качестве активатора.

Такой люминесцентный материал может быть представлен следующей формулой 1.
Формула 1



в которой $u+v+w+x=1$, $y=z+a$, $z \leq 2$, $0 < x \leq 1$, $0 < a \leq 0,5$, а $0 < b < 0,5$.

Люминесцентный материал представляет собой силикатный люминофор, имеющий тетрагональную кристаллическую структуру, отличную от ортосиликатных люминофоров, имеющих орторомбическую кристаллическую структуру.

Может быть также предусмотрен тетрагональный нестехиометрический силикат, в котором медь составляет в основном существенную часть матрицы.

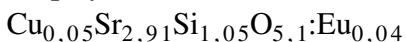
Люминесцентный материал может быть получен в результате многостадийной высокотемпературной твердофазной реакции между исходными материалами, содержащими избыток SiO_2 и соединения металлов, например оксиды металлов и карбонаты металлов, которые разлагаются при высоких температурах на оксиды.

Ниже описаны несколько примеров полученных люминесцентных материалов для использования в светоизлучающем устройстве по настоящему изобретению и их характеристики.

Пример 1

Далее следует описание способа получения люминесцентного материала, представленного следующей формулой 2.

Формула 2



В качестве исходных материалов для 1 моля люминофора используют CuO (3,98 г), $SrCO_3$ (429,60 г), SiO_2 (63,09 г), Eu_2O_3 (14,08 г) и/или любые их сочетания. Исходные материалы в виде высокочистых оксидов, а также карбонатов смешивают с соответствующим избытком диоксида кремния вместе с небольшими количествами

флюса (NH_4Cl -16 г). На первой стадии смесь прокаливают в корундовом тигле при 1350°C в атмосфере инертного газа (N_2 или благородный газ) в течение 2-4 часов. После предварительного прокаливания материал размалывают. На второй стадии смесь прокаливают в корундовом тигле при 1350°C в слабавосстановительной атмосфере в течение еще 4 часов. Затем материал размалывают, промывают, сушат и просеивают. Люминесцентный материал имеет максимум излучения при примерно 580 нм (показано на фиг.7) и кристаллизуется в тетрагональной структуре (показано на фиг.8), явно отличающейся от ортосиликатов (показаны на фиг.9 и 10).

В таблице 1 приведены результаты рентгеновского дифракционного анализа. Из фиг.8-11 и таблицы 1 очевидно, что структура изменилась вследствие нестехиометрии и меди. Подобное различие также четко видно при сравнении фиг.8 для нестехиометрического и фиг.12 для стехиометрического оксиортосиликата, особенно для дифрактограммы на участке $2\Theta=32-42^\circ$.

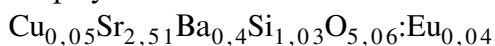
Таблица 1 Межплоскостные расстояния для 15 сильнейших отражений на порошковой рентгенограмме (излучение $\text{Cu-K}_{\alpha 1}$) некоторых силикатных люминофоров по сравнению с данными из литературы.						
№	Стехиометрический Sr_3SiO_5 (*) [Å]	Нестехиометрический ортосиликат $\text{Sr}_{1,78}\text{Ba}_{0,16}\text{Eu}_{0,06}\text{Si}_{1,04}\text{O}_{4,08}$ [нм]	Нестехиометрический ортодисиликат $\text{Ba}_{2,44}\text{Sr}_{0,5}\text{MgEu}_{0,06}\text{Si}_{2,07}\text{O}_{8,14}$ [нм]	Нестехиометрический оксиортосиликат $\text{Sr}_{2,94}\text{Cu}_{0,02}\text{Eu}_{0,04}\text{Si}_{1,03}\text{O}_{5,06}$ [нм]	Нестехиометрический оксиортосиликат $\text{Sr}_{2,74}\text{Cu}_{0,02}\text{Ba}_{0,2}\text{Eu}_{0,04}\text{Si}_{1,03}\text{O}_{5,06}$ [нм]	Нестехиометрический оксиортосиликат $\text{Sr}_{2,54}\text{Cu}_{0,02}\text{Ba}_{0,4}\text{Eu}_{0,04}\text{Si}_{1,03}\text{O}_{5,06}$ [нм]
1	3,595	0,4418	0,4023	0,5388	0,3642	0,3639
2	3,512	0,4063	0,2892	0,3633	0,2992	0,2988
3	2,967	0,3300	0,2793	0,2990	0,2927	0,2925
4	2,903	0,3042	0,2293	0,2923	0,2701	0,2707
5	2,675	0,2904	0,2007	0,2693	0,2461	0,2458
6	2,444	0,2847	0,1821	0,2460	0,2354	0,2356
7	2,337	0,2837	0,1771	0,2352	0,2201	0,2199
8	2,187	0,2416	0,1687	0,2201	0,1899	0,1898
9	1,891	0,2328	0,1630	0,1816	0,1818	0,1820
10	1,808	0,2176	0,1612	0,1771	0,1774	0,1778
11	1,660	0,2055	0,1395	0,1703	0,1705	0,1707
12	1,589	0,2030	0,1338	0,1667	0,1667	0,1666
13	1,522	0,1889	0,1282	0,1595	0,1598	0,1602
14	1,489	0,1842	0,1256	0,1568	0,1569	0,1569
15	1,343	0,1802	0,1206	0,1526	0,1527	0,1528

* Данные из литературы для Sr_3SiO_5 при ($10 \text{ Å} = 1 \text{ нм}$): R.W. Nurse, *J. Appl. Chem.*, 2, May, 1952, 244-246.

Пример 2

Далее следует описание способа получения люминесцентного материала, представленного следующей формулой 3.

Формула 3



В качестве исходных материалов для 1 моля люминофора используют CuO (3,98 г), SrCO_3 (376,46 г), BaCO_3 (78,94 г), SiO_2 (61,89 г), Eu_2O_3 (14,08 г) и/или любые их сочетания. Исходные материалы в виде высокочистых оксидов, а также карбонатов смешивают с избытком диоксида кремния вместе с небольшими количествами флюса (NH_4Cl -26,7 г). На первой стадии смесь прокаливают в корундовом тигле при 1300°C в атмосфере инертного газа в течение 2-6 часов. После предварительного прокаливания материал вновь размалывают. На второй стадии смесь прокаливают в корундовом тигле при 1385°C в слабавосстановительной атмосфере в течение еще 6

часов. Затем материал размалывают, промывают, сушат и просеивают.

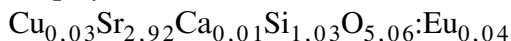
Люминесцентный материал имеет максимум излучения приблизительно при 582 нм (показано на фиг.7). Как показано в таблице 1 и на фиг.8, его структура аналогична примеру 1.

Замена всего лишь 0,2 моля бария на стронций приводит в результате к излучению между 1 и 3 на фиг.7 и к изменению в структуре.

Пример 3

Далее следует описание способа получения люминесцентного материала, представленного следующей формулой 4.

Формула 4



В качестве исходных материалов используют CuO (5,57 г), SrCO₃ (431,08 г), CaCO₃, (1,0 г), SiO₂ (61,89 г), Eu₂O₃ (14,08 г) и/или любые их сочетания. Исходные материалы в виде высокочистых оксидов, а также карбонатов смешивают с избытком диоксида кремния вместе с небольшими количествами флюса (NH₄Cl - 24 г). На первой стадии смесь прокаливают в корундовом тигле при 1300°C в атмосфере инертного газа в течение 2-6 часов. После предварительного прокаливания материал вновь размалывают. На второй стадии смесь прокаливают в корундовом тигле при 1370°C в слабовосстановительной атмосфере в течение еще 6 часов. Затем материал размалывают, промывают, сушат и просеивают. Люминесцентный материал имеет максимум излучения при 586 нм.

В нижеприведенной таблице 2 суммирована относительная яркость различных нестехиометрических силикатов щелочноземельных металлов и меди при 25°C, 100°C, 125°C и 150°C по сравнению с АИГ и обычными силикатными люминофорами при возбуждении на 455 нм.

Таблица 2 Относительная яркость нестехиометрических силикатов щелочноземельных металлов и меди при 25°C, 100°C, 125°C и 150°C по сравнению с АИГ и обычными силикатными люминофорами при возбуждении на 455 нм						
Состав	Длина волны возбуждения (нм)	Максимум излучения (нм)	25°C	100°C	125°C	150°C
АИГ	455	562	100	92	86	79
(Ba,Sr) ₂ SiO ₄ :Eu (565нм)	455	565	100	92	78	63
(Sr,Ca) ₂ SiO ₄ :Eu (612нм)	455	612	100	87	73	57
Sr _{2,96} SiO ₅ :Eu _{0,04}	455	582	100	96	94	90
Cu _{0,05} Sr _{2,91} Si _{1,05} O _{5,1} :Eu _{0,04}	455	580	100	98	97	94
Cu _{0,05} Sr _{2,51} Ba _{0,4} Si _{1,03} O _{5,06} :Eu _{0,04}	455	600	100	96	95	92
Cu _{0,07} Sr _{2,88} Ca _{0,01} Si _{1,03} O _{5,06} :Eu _{0,04}	455	586	100	95	94	91
Cu _{0,1} Ba _{0,1} Sr _{2,56} Mg _{0,1} Mn _{0,1} Si _{1,06} O _{5,12} :Eu _{0,04}	455	575	100	96	94	92
Cu _{0,1} Ba _{0,2} Sr _{2,46} Mg _{0,1} Ca _{0,1} Si _{1,08} O _{5,16} :Eu _{0,04}	455	572	100	95	94	91
Cu _{0,2} Ba _{0,1} Sr _{2,56} Zn _{0,1} Si _{1,02} O _{5,04} :Eu _{0,04}	455	574	100	97	95	93

Нестехиометрические оксиортосиликаты также проявляют более высокую эффективность эмиссии по сравнению со стехиометрическими. В обоих случаях введение Cu²⁺ в качестве компонента-хозяина приводит к улучшению яркости и эффективности эмиссии, как можно вывести из фиг.10 для типичных излучающих оранжевый свет веществ.

В нижеприведенной таблице 3 суммирована чувствительность нестехиометрических медьсодержащих новых люминофоров к влажности и температуре по сравнению с обычными силикатными люминофорами. В данном случае яркость измеряют при

длине волны возбуждения 450 нм со временем воздействия условий температуры 85°C и насыщенной влажности.

5

Таблица 3 Чувствительность нестехиометрических медьсодержащих новых люминофоров к влажности и температуре по сравнению с обычными силикатными люминофорами						
Образец	Яркость [%]					
	0 час	24 час	100 час	200 час	500 час	1000 час
Коммерческий желтый ортосиликат (565 нм)	100	98,3	98,7	93,3	84,7	79,3
Пример 1	100	99,6	99,2	97,8	94,8	91,5
Пример 2	100	98,9	99,1	96,4	93,9	90,7
Пример 3	100	99,0	98,7	98,2	95,4	93,8

10

15

Как можно видеть из таблицы 3, все новые люминофоры проявляют намного лучшую устойчивость к воздействию воды и влаги, чем обычные ортосиликаты.

Формула изобретения

1. Светоизлучающее устройство, включающее в себя:

светоизлучающий диод; и

20

нестехиометрический люминесцентный материал, будучи размещенным вокруг светоизлучающего диода, поглощающий по меньшей мере часть света, излучаемого светоизлучающим диодом, и излучающий свет с отличающейся от поглощенного света длиной волны,

25

при этом нестехиометрический люминесцентный материал представляет собой силикатный люминофор, имеющий тетрагональную кристаллическую структуру и содержащий больше кремния в кристаллической решетке, чем его содержится в кристаллической решетке силикатных люминофоров, имеющих стехиометрическую кристаллическую структуру.

30

2. Светоизлучающее устройство по п.1, в котором люминесцентный материал содержит в матрице двухвалентную медь и европий в качестве активатора.

3. Светоизлучающее устройство по п.1, в котором люминесцентный материал включает в себя силикат, представленный формулой

35

$$(\text{Ba}_u\text{Sr}_v\text{Ca}_w\text{Cu}_x)_{3-y}(\text{Zn,Mg,Mn})_z\text{Si}_{1+b}\text{O}_{5+2b}:\text{Eu}_a,$$

в которой $u+v+w+x=1$, $y=z+a$, $z \leq 2$, $0 < x \leq 1$, $0 < a \leq 0,5$ и $0 < b < 0,5$.

4. Светоизлучающее устройство по любому из пп.1-3, в котором люминесцентный материал возбуждается излучением между 250 нм и 500 нм.

40

5. Светоизлучающее устройство по любому из пп.1-3, в котором люминесцентный материал излучает свет с длинноволновой стороны возбуждающего излучения.

6. Светоизлучающее устройство по п.5, в котором люминесцентный материал излучает свет с длиной волны между 500 нм и 630 нм.

45

7. Светоизлучающее устройство по любому из пп.1-3, в котором реализуется белый свет или свет желаемого цвета за счет смешивания света, излучаемого светоизлучающим диодом, и света, излучаемого люминесцентным материалом.

8. Светоизлучающее устройство по любому из пп.1-3, реализующее белый свет с CRI Ra=80-95 светоизлучающим диодом, излучающим синий цвет, и люминесцентным материалом.

50

9. Светоизлучающее устройство по любому из пп.1-3, в котором люминесцентный материал размещен на по меньшей мере одной из боковых, верхней и нижней поверхностей светоизлучающего диода.

10. Светоизлучающее устройство по п.9, в котором люминесцентный материал

подмешан в клей или формовочный элемент.

11. Светоизлучающее устройство по любому из пп.1-3, в котором светоизлучающий диод и люминесцентный материал выполнены в одном корпусе.

5 12. Светоизлучающее устройство по п.11, дополнительно включающее в себя: другой светоизлучающий диод, выполненный в том же корпусе, причем этот другой светоизлучающий диод излучает свет большей длины волны, чем пиковая длина волны излучения люминесцентного материала.

10 13. Светоизлучающее устройство по п.11, в котором корпус включает в себя подложку, и

при этом светоизлучающий диод смонтирован на подложке.

14. Светоизлучающее устройство по п.13, в котором подложка включает в себя печатную плату или выводную рамку.

15 15. Светоизлучающее устройство по п.13, в котором корпус дополнительно включает в себя отражатель, и

при этом светоизлучающий диод смонтирован в отражателе.

16. Светоизлучающее устройство по п.13, дополнительно включающее в себя: формовочный элемент, герметизирующий светоизлучающий диод на подложке.

20 17. Светоизлучающее устройство по п.16, в котором люминесцентный материал распределен в формовочном элементе.

18. Светоизлучающее устройство по п.11, в котором корпус включает в себя теплоотвод, и

при этом светоизлучающий диод смонтирован на теплоотводе.

25 19. Светоизлучающее устройство по любому из пп.1-3, в котором светоизлучающий диод представляет собой работающий на переменном токе светоизлучающий диод, имеющий множество светоизлучающих элементов.

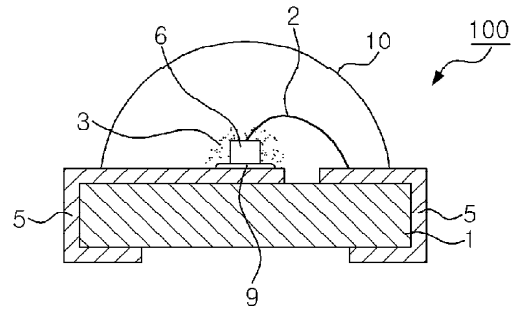
30

35

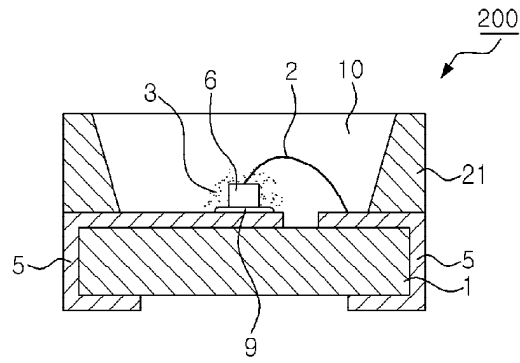
40

45

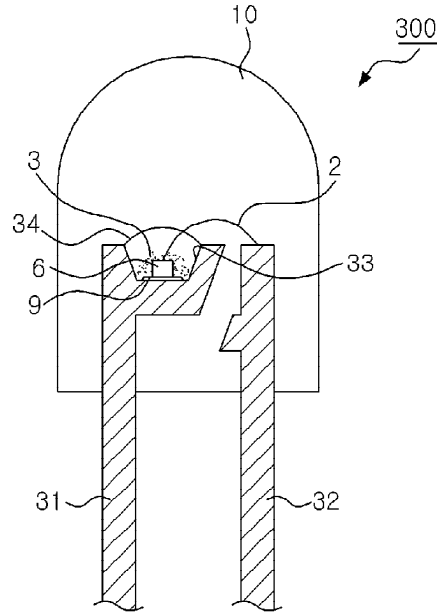
50



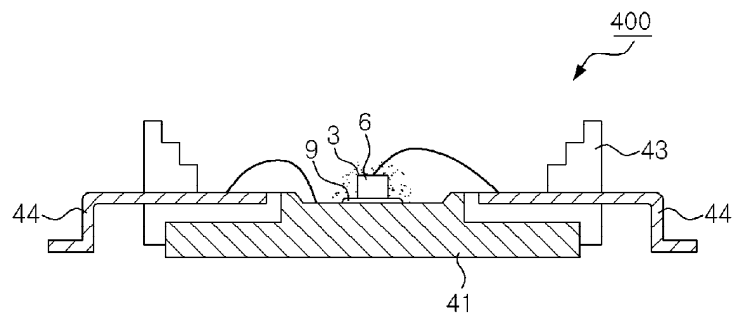
Фиг.1



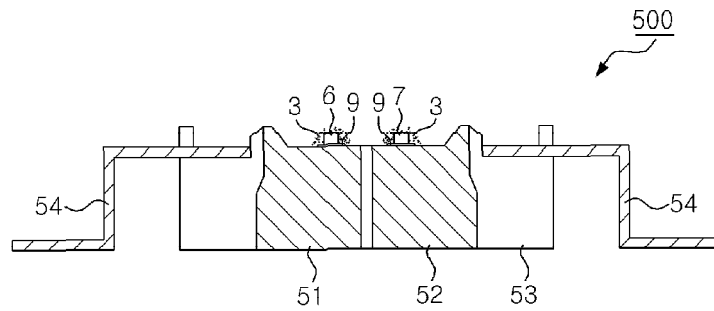
Фиг.2



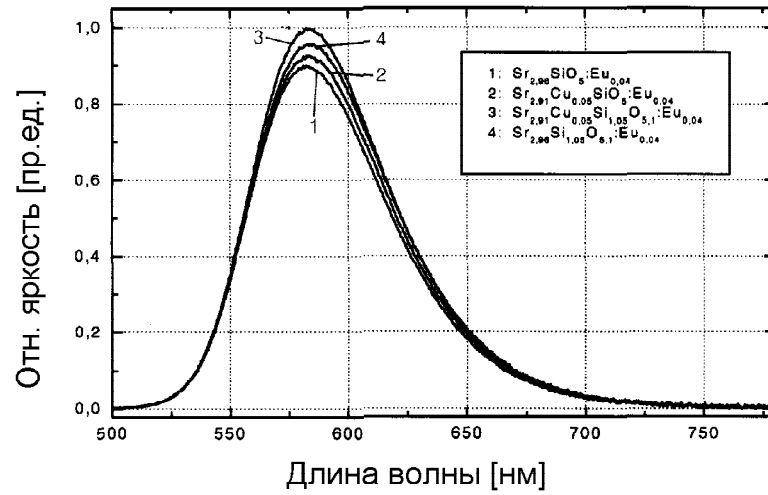
Фиг.3



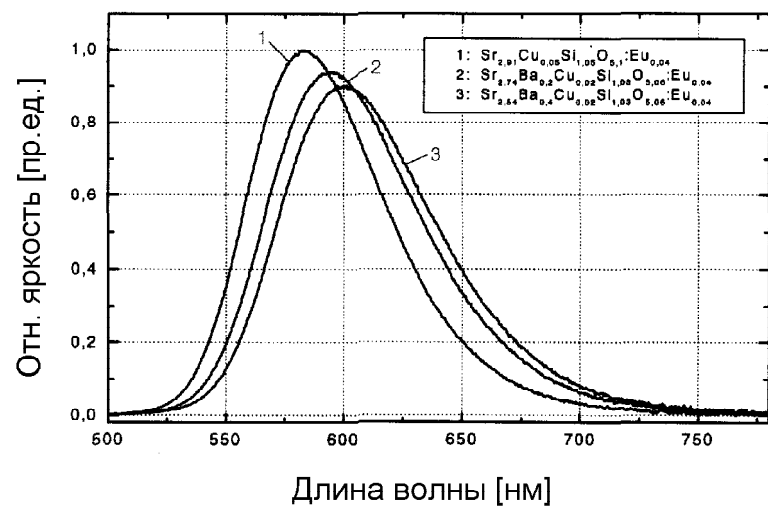
Фиг.4



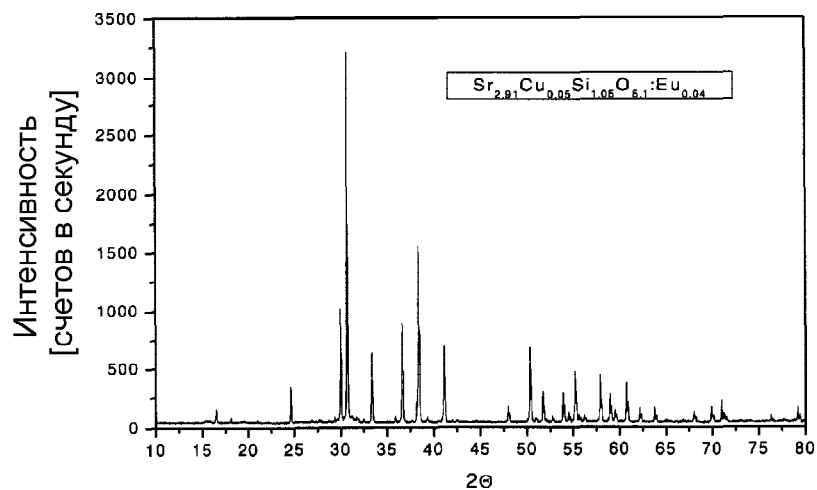
Фиг.5



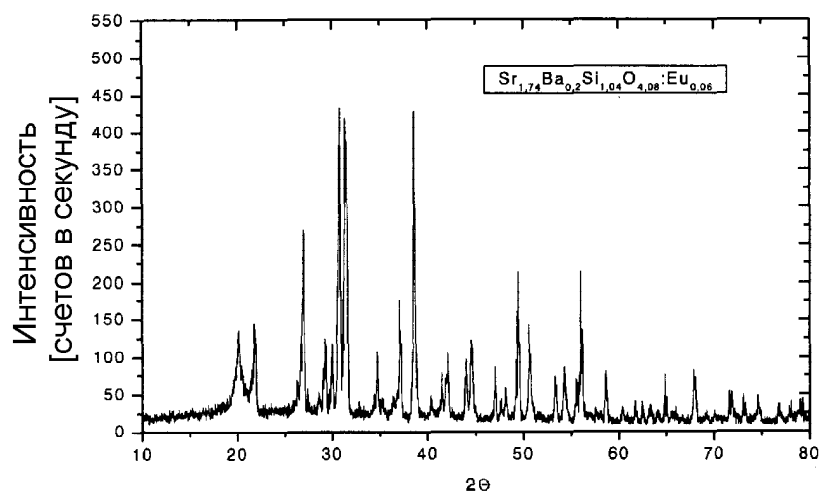
Фиг.6



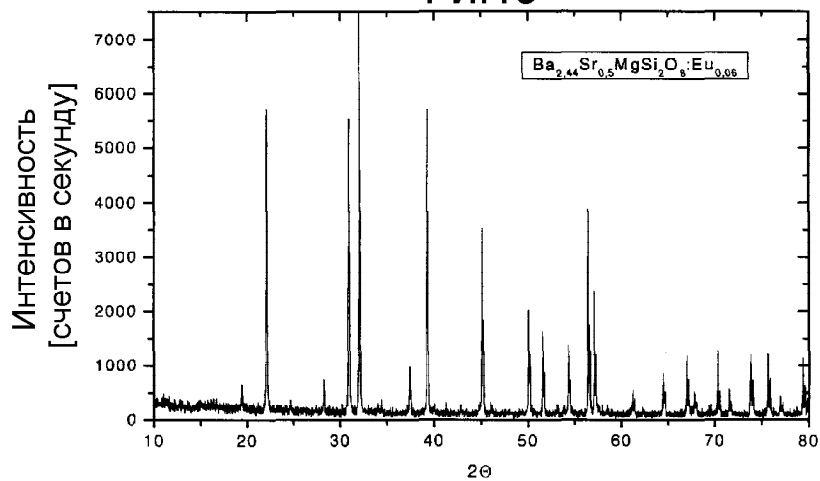
Фиг.7



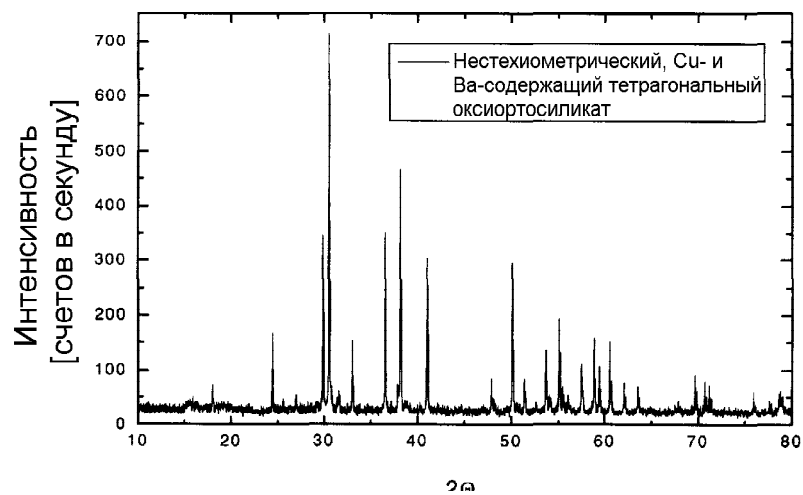
Фиг.8



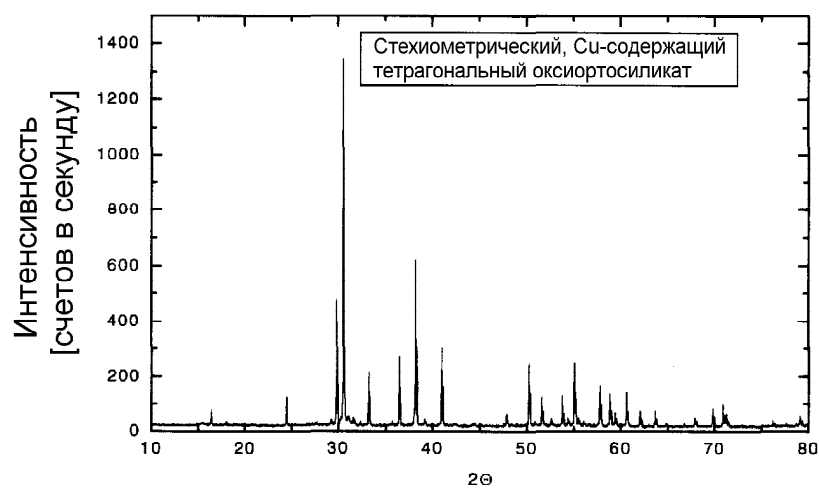
Фиг.9



Фиг.10



Фиг.11



Фиг.12