РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 702 855**(13) **C2**

(51) МПК
H01L 33/50 (2010.01)
F21K 9/64 (2016.01)
F21K 9/65 (2016.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H01L 33/50 (2019.05); F21K 9/64 (2019.05); F21K 9/65 (2019.05)

(21)(22) Заявка: **2017129551, 12.01.2016**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.01.2016

Дата регистрации:
11.10.2019

Приоритет(ы):
(30) Конвенционный приоритет:
23.01.2015 EP 15152250.5

(43) Дата публикации заявки: **25.02.2019** Бюл. № **6**

(45) Опубликовано: **11.10.2019** Бюл. № **29**

(85) Дата начала рассмотрения заявки PCT на национальной фазе: **23.08.2017**

(86) Заявка PCT:
EP 2016/050469 (12.01.2016)

(87) Публикация заявки PCT:
WO 2016/116327 (28.07.2016)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Большая Спасская, д. 25, строение 3, ООО "Юридическая фирма Городисский и Партнеры"

(72) Автор(ы):
КОРНЕЛИССЕН Хуго Йохан (NL),
ЮЙ Цзянхун (NL),
ЧЕННИНИ Джованни (NL),
БРУР Дирк Ян (NL),
КУМАР Камлеш (NL)

(73) Патентообладатель(и):
ФИЛИПС ЛАЙТИНГ ХОЛДИНГ Б.В. (NL)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 2011176076 A1, 21.07.2011. US 2012018754 A1, 26.01.2012. US 2014070250 A1, 13.03.2014. JP 2010027586 A, 04.02.2010.**

(54) СВЕТОДИОД С ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНЫМ ОСЛАБЛЕНИЕМ СВЕТИМОСТИ ПО ЛИНИИ ЧЕРНОГО ТЕЛА

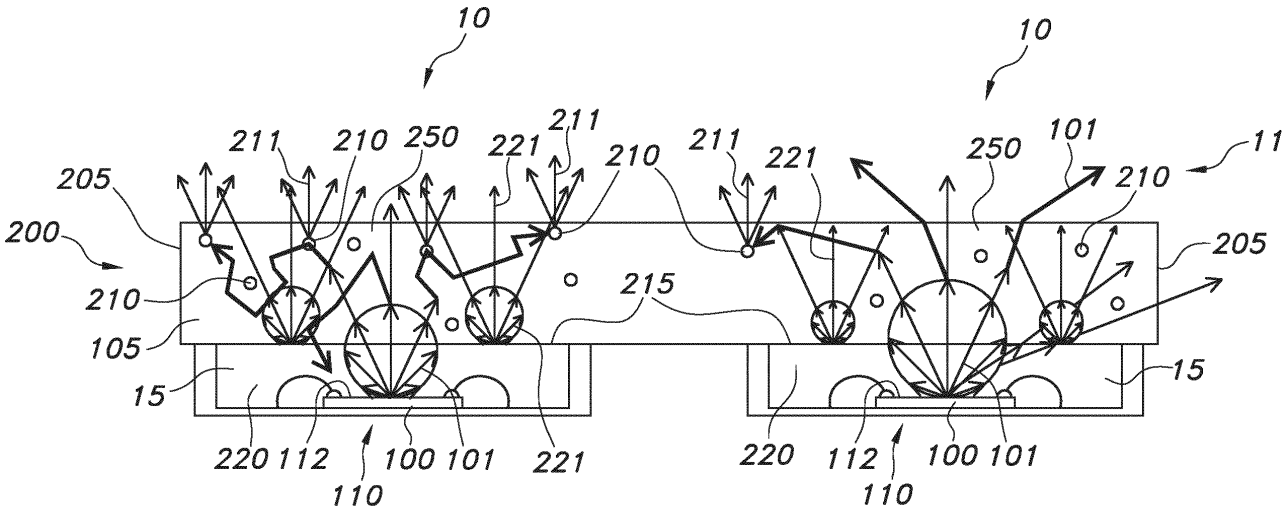
(57) Реферат:

Изобретение относится к области осветительной техники и касается осветительного устройства. Устройство содержит источник света и светопреобразующий элемент, включающий в себя светопропускающую матрицу. Светопропускающая матрица сконфигурирована в тепловом контакте с источником света и содержит первый люминесцентный материал и термочувствительное жидкокристаллическое соединение. Первый люминесцентный материал выполнен с возможностью преобразования по меньшей мере части света источника света и, опционально, света второго люминесцентного материала в свет первого люминесцентного материала. Осветительное устройство выполнено с возможностью обеспечения света осветительного устройства, включающего в себя свет источника света, свет первого люминесцентного материала и, опционально, свет второго люминесцентного материала. Светопреобразующий элемент выполнен с возможностью изменения посредством

RU 2702855 C2

RU 2702855 C2

подаваемого на источник света электрического питания одного или более из цвета и цветовой температуры света осветительного устройства. Технический результат заключается в упрощении конструкции и обеспечении возможности автоматического изменения спектра излучаемого света по линии черного тела при изменении светимости осветительного устройства. 3 н. и 12 з.п. ф-лы, 11 ил., 1 табл.



ФИГ.1

RU 2702855 C2

RU 2702855 C2

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 702 855**(13) **C2**

(51) Int. Cl.
H01L 33/50 (2010.01)
F21K 9/64 (2016.01)
F21K 9/65 (2016.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
H01L 33/50 (2019.05); F21K 9/64 (2019.05); F21K 9/65 (2019.05)

(21)(22) Application: **2017129551, 12.01.2016**

(24) Effective date for property rights:
12.01.2016

Registration date:
11.10.2019

Priority:
(30) Convention priority:
23.01.2015 EP 15152250.5

(43) Application published: **25.02.2019** Bull. № **6**

(45) Date of publication: **11.10.2019** Bull. № **29**

(85) Commencement of national phase: **23.08.2017**

(86) PCT application:
EP 2016/050469 (12.01.2016)

(87) PCT publication:
WO 2016/116327 (28.07.2016)

Mail address:
129090, Moskva, ul. Bolshaya Spasskaya, d. 25, stroenie 3, OOO "Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):
CORNELISSEN, Hugo Johan (NL),
YU, Jianghong (NL),
CENNINI, Giovanni (NL),
BROER, Dirk Jan (NL),
KUMAR, Kamlesh (NL)

(73) Proprietor(s):
PHILIPS LIGHTING HOLDING B.V. (NL)

RU 2702855 C2

(54) LIGHT-EMITTING DIODE WITH HEAT-SENSITIVE LIGHT ATTENUATION ALONG BLACK BODY LINE

(57) Abstract:

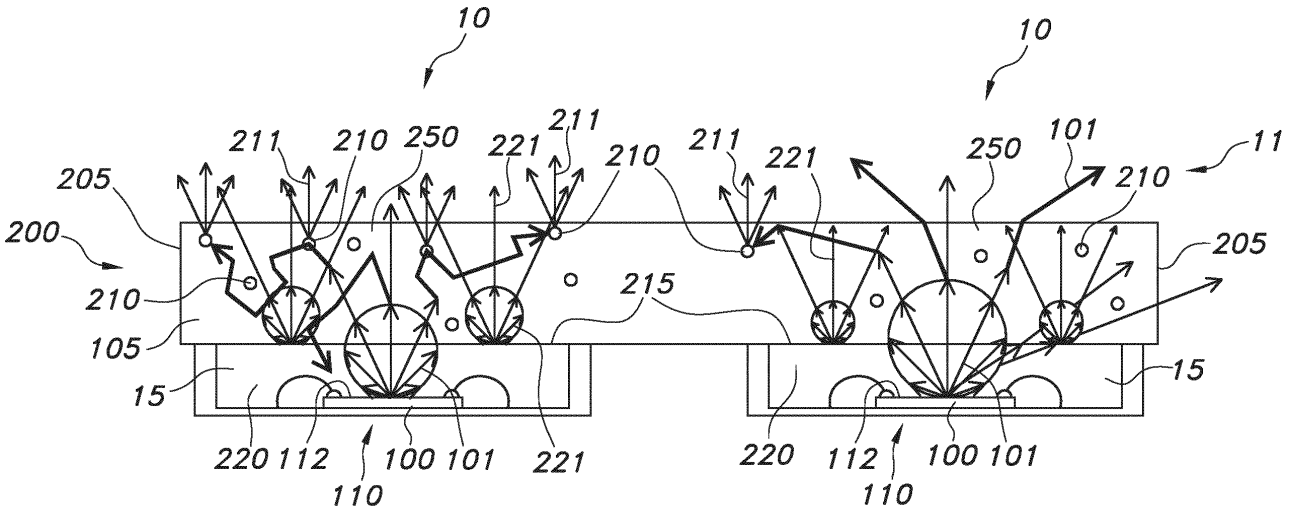
FIELD: lighting.

SUBSTANCE: invention relates to the field of lighting equipment and concerns a lighting device. Device has a light source and a light-converting element, which includes a light-transmitting matrix. Light-transmitting matrix is configured in thermal contact with the light source and comprises a first luminescent material and a heat-sensitive liquid crystal connection. First luminescent material is configured to convert at least part of the light source light and, optionally, the light of the second luminescent material into the light of the first luminescent material. Illumination device is designed so that to enable light of the lighting device including light of the light source, light of the first luminescent material and, optionally, light of the second luminescent material. Light-converting element is made with possibility of changing by means of electric power supplied to light source one or more of color and light color temperature of lighting device.

EFFECT: technical result consists in simplification of design and possibility of automatic change of spectrum of emitted light along line of black body at change of illumination device luminosity.

RU 2702855 C2

15 cl, 11 dwg, 1 tbl



ФИГ.1

RU 2702855 C2

RU 2702855 C2

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение относится осветительному устройству, содержащему источник света и люминесцентный материал. Кроме того, изобретение относится также к способу индивидуальной настройки (существующего) осветительного устройства.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

В данной области техники известно использование в осветительных приложениях материалов на основе жидких кристаллов. Например, публикация WO2010035171 описывает осветительное устройство, содержащее источник света, выполненный с возможностью генерации света источника света, опциональный люминесцентный материал и температурно-изменяемый отражающий элемент. Опциональный люминесцентный материал расположен после источника света и выполнен с возможностью преобразования по меньшей мере части света источника света в свет люминесцентного материала. Когда источник света генерирует свет источника света, один или более из источника света и опционального люминесцентного материала выделяет тепло. Температурно-изменяемый отражающий элемент расположен после источника света и опционального люминесцентного материала. Температурно-изменяемый отражающий элемент имеет первое состояние, в котором он является по существу светоотражающим, и второе состояние, в котором он является по существу светопропускающим, при этом теплота обуславливает его переход от первого состояния ко второму состоянию. Температурно-изменяемый отражающий элемент выполнен с возможностью - находясь во втором состоянии - пропускания по меньшей мере части одного или более, выбранных из группы, состоящей из света источника света и света опционального люминесцентного материала. Осветительное устройство выполнено с возможностью переноса теплоты, выделяемой одним или более из источника света и опционального люминесцентного материала, температурно-изменяемому отражающему элементу.

В документе JP2010027586 раскрыт жидкокристаллический затемняющий затвор или высокополимерный распределенный жидкокристаллический затемняющий затвор, который расположен перед светоизлучающим диодом. Сила света рассеянного света, ослабленного света, а также необходимый цвет света обеспечивается путем добавления в жидкокристаллический затемняющий затвор или диспергирования в нем предопределенного люминофора или красящего вещества. Этот затвор содержит электрически активируемый жидкокристаллический материал.

Патентная заявка US2011/0176076 описывает осветительное устройство, содержащее источник света, выполненный с возможностью генерации света источника света, опциональный люминесцентный материал и температурно-изменяемый отражающий элемент. Опциональный люминесцентный материал обеспечен после источника света и выполнен с возможностью преобразования по меньшей мере части света источника света в свет люминесцентного материала. Когда источник света генерирует свет источника света, один или более из источника света и опционального люминесцентного материала выделяют тепло. Температурно-изменяемый отражающий элемент расположен после источника света и опционального люминесцентного материала. Температурно-изменяемый отражающий элемент имеет первое состояние, в котором он является по существу светоотражающим, и второе состояние, в котором он является по существу светопропускающим, при этом теплота обуславливает его переход из первого состояния во второе состояние. Температурно-изменяемый отражающий элемент выполнен с возможностью - находясь во втором состоянии - пропускания по меньшей мере части одного или более, выбранных из группы, состоящей из света

источника света и света опционального люминесцентного материала. Осветительное устройство выполнено с возможностью переноса теплоты, выделяемой одним или более из источника света и опционального люминесцентного материала температурно-изменяемому отражающему элементу.

Патентная заявка US2012/018754 описывает светоизлучающее устройство, сборку или лампу, которые содержат и световой излучатель, и материал управления светопропусканием, чтобы замаскировать внешний вид, по меньшей мере излучателя света. В одном варианте осуществления раскрыта лампа на основе светоизлучающего диода (светодиода), содержащая светодиодный источник света. На удалении от источника света расположен люминофор, таким образом, что свет, испускаемый из источника света, проходит через этот люминофор и преобразуется этим люминофором. Материал управления светопропусканием нанесен по меньшей мере частично с внешней стороны светодиодного источника света и люминофора, чтобы обратимо маскировать внешний вид светодиодного источника света и люминофора. Когда светодиодный источник света активизирован, материал управления светопропусканием маскируется в меньшей степени. Кроме того, раскрыт способ маскировки внешнего вида неактивных световых излучателей, который включает в себя обеспечение по меньшей мере одного светового излучателя. Каждый из по меньшей мере одного светового излучателя поверх светового излучателя обеспечен материалом управления светопропусканием, чтобы обратимо маскировать внешний вид световых излучателей, в то время как эти световые излучатели являются неактивными. При этом, когда светодиодный источник света активен, материал управления светопропусканием, маскируется в меньшей степени.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Светоизлучающие диоды (светодиоды) быстро заменяют традиционные лампы накаливания для применений, связанных с общим освещением, вследствие их гораздо более высокого энергетического выхода и более продолжительного срока службы. Светодиоды с различными оттенками белого стали широко доступными; они характеризуются коррелированной цветовой температурой (КЦТ). Она представляет собой температуру излучателя с характеристиками абсолютного "черного тела", который воспринимается человеческим глазом как излучающий такой же белый свет, что и светодиоды. Лампочка накаливания представляет собой такой излучатель "абсолютного черного тела" с КЦТ около 2700 К. Величины КЦТ обычно используемых светодиодов изменяются от "холодного белого" с КЦТ в 6500 К, что похоже на дневной свет, через "нейтрально белый" с КЦТ в 4000 К и до "теплого белого" с КЦТ в 2700 К, как у лампочки накаливания.

Мы очень привыкли к тому факту, что если свечение обычной лампочки накаливания уменьшено, то ее спектр изменяется и становится более красноватым, т. е. КЦТ уменьшается. Это естественным образом следует из того факта, что уменьшение мощности приводит к снижению температуры раскаленной нити и, следовательно, влияет на спектр, излученный абсолютно черным телом.

В отличие от лампы накаливания светодиод при снижении своей светимости спектр излучения не меняет и, следовательно, его цветовая температура не уменьшается. В некоторых приложениях это воспринимается как нечто неестественное, и существует потребность в светодиодных системах освещения, которые при снижении светимости следуют линии черного тела.

Очень специфическая проблема возникает, когда покрытые люминесцентным материалом "белые" светодиоды работают не в воздухе, а полностью погружены в диэлектрическую среду, такую как стекло или прозрачный полимер. При этом видно,

что цветовая температура значительно увеличивается. Это обусловлено повышенной эффективностью извлечения для синего света, вследствие чего имеет место меньшее преобразование в желтую часть спектра.

Известный способ решить вышеупомянутую проблему снижения светимости по линии черного тела состоит в том, чтобы объединить в одной сборке или в системе различные светодиоды с разными спектрами и электронным образом - посредством управления токами возбуждения отдельных светодиодов - сформировать результирующий спектр. При низкой выходной мощности спектр должен быть более красноватым, при высокой выходной мощности - более синеватым. Это может быть достигнуто включением в аппаратный состав некоторых электронных схем возбуждения. Но для углового и пространственного смешения света составляющих сборку светодиодов необходимо также привлечение оптических средств. Следовательно, существующие системы имеют недостаток, заключающийся в стоимости и в сложности электроники и оптических компонентов. Кроме того, в таких системах не все установленные светодиоды будут вносить свой вклад в световой выход при всех установках. Например, светимость красного светодиода при высоких уровнях светового выхода будет понижена, потому что спектр должен быть синеватым. Кроме того, масштабирование этих систем вверх или вниз также ограничено, например, система может состоять из 3 белых светодиодов и 1 красного светодиода. Масштабирование до более крупных систем должно выполняться посредством добавления неразделяемых групп множественных (3+1) светодиодов. Это является проблемой в приложениях с точечным освещением, где пространство обычно ограничено.

Следовательно, одним из объектов изобретения является создание альтернативного осветительного устройства, которое, предпочтительно, в еще большей степени по меньшей мере частично устраняет один или более из вышеописанных недостатков. Еще одним объектом изобретения является индивидуальная настройка существующих осветительных устройств таким образом, чтобы они по меньшей мере частично устраняли один или более из вышеописанных недостатков.

Настоящее изобретение направлено на преодоление проблем, связанных с дополнительной стоимостью, масштабируемостью и сложностью электронных и оптических компонентов посредством создания единого светодиода, который при снижении светимости может по существу автоматически следовать линии черного тела. Здесь описано, что коррелированная цветовая температура светодиодной сборки с понижаемой светимостью может быть установлена таким образом, чтобы следовать линии черного тела путем введения термочувствительного рассеивающего материала в люминесцентный смеси, который возбуждается синим или УФ-светодиодом. Этот материал увеличивает длину оптического пути через люминофор зависящим от температуры образом. При низкой мощности возбуждения длина пути больше и, следовательно, большее количество света преобразуется в свет более длинных волн, что приводит к более красноватому, более теплому спектру. При высокой мощности возбуждения термочувствительный материал рассеивает меньшее количество света, и испускается более синеватый, более холодный спектр. Преимущество заключается в том, что снижение светимости по линии черного тела может быть достигнуто посредством одного единственного светодиода, что обуславливает меньшую сложность электроники и (или) цветосмесительной оптики. Преимущество настоящего устройства заключается в том, что оно предоставляет производителю осветительного устройства простой способ добиться снижении светимости по линии черного тела без необходимости использования дополнительной электроники возбуждения или цветосмесительной

оптики, хотя посредством настоящего изобретения могут создаваться и другие оптические эффекты.

Таким образом, согласно первому аспекту изобретения предоставляется осветительное устройство (здесь по тексту называемое также "устройством"), содержащее источник света, выполненный с возможностью генерации света источника света, и светопреобразующий элемент (здесь по тексту называемый также "световым преобразователем"; светопреобразующий элемент может быть также назван "элементом светового преобразования"), в котором светопреобразующий элемент содержит светопропускающую матрицу, содержащую (i) первый люминесцентный материал, выполненный с возможностью преобразования по меньшей мере части одного или более из (a) света источника света и (b) по выбору, света второго люминесцентного материала из опционального второго люминесцентного материала в свет первого люминесцентного материала, и (ii) термочувствительное жидкокристаллическое соединение, при этом светопропускающая матрица, предпочтительно, сконфигурирована в тепловом контакте с источником света, и при этом осветительное устройство дополнительно выполнено с возможностью обеспечения света осветительного устройства, содержащего упомянутый свет источника света (или по меньшей мере часть его видимой части), упомянутый свет первого люминесцентного материала и, по выбору, упомянутый свет второго люминесцентного материала, как правило, после упомянутой светопропускающей матрицы, причем упомянутый светопреобразующий элемент, предпочтительно, выполнен с возможностью изменения посредством подаваемой на источник света электрической мощности одного или более из цвета и цветовой температуры света осветительного устройства, а более предпочтительно, - в котором упомянутый светопреобразующий элемент выполнен с возможностью изменения посредством подаваемой на источник света электрической мощности цветовой температуры света источника света.

Согласно еще одному аспекту изобретения, кроме того, предоставляют способ индивидуальной настройки осветительного устройства, такого как заявленное осветительное устройство, выполненное с возможностью генерации белого света осветительного устройства, в котором осветительное устройство содержит светоизлучающую поверхность, при этом способ включает в себя обеспечение покрытия на упомянутую светоизлучающую поверхность, при этом покрытие содержит светопреобразующий элемент, каковой светопреобразующий элемент включает в себя светопропускающую матрицу, содержащую (i) первый люминесцентный материал, выполненный с возможностью преобразования по меньшей мере части света осветительного устройства в свет первого люминесцентного материала, и (ii) термочувствительное жидкокристаллическое соединение, при этом покрытие является светопропускающим для по меньшей мере части упомянутого света осветительного устройства, и при этом свет осветительного устройства после упомянутого покрытия дополнительно содержит по меньшей мере часть упомянутого света первого люминесцентного материала.

Описанное здесь осветительное устройство может, предпочтительно, использоваться для обеспечения света осветительного устройства, в котором посредством (величины) подаваемой на источник света электрической мощности изменяется одно или более из цвета и цветовой температуры. Более предпочтительно, - такое осветительное устройство может быть выполнено с возможностью обеспечения белого света осветительного устройства, в котором цветовая температура света осветительного устройства с увеличением электрической мощности увеличивается, а с уменьшением электрической

мощности уменьшается, - по меньшей мере в части диапазона электрической мощности. Таким образом, настоящее изобретение позволяет посредством единственного устройства и без сложной электроники, фильтров, оптики, подвижных частей и т.п. осуществлять настройку цвета и (или) цветовой температуры. Более того, настоящее изобретение обеспечивает "естественное" поведение осветительного устройства в том смысле, что цветовая температура может уменьшаться, когда интенсивность осветительного устройства тоже уменьшается (прямо как и в случае с лампочками накаливания). Кроме того, неожиданно оказывается возможным обеспечить осветительное устройство, дающее белый свет, цветовая точка которого по существу, следует линии черного тела в зависимости от приложенной к осветительному устройству мощности, по меньшей мере в части (возможного) диапазона электрической мощности.

Осветительное устройство, в том виде, как оно определено выше, представляет собой, как правило, единую сборку с одним или более (светодиодными) источниками света. Источник света, предпочтительно, представляет собой источник света, который во время работы испускает по меньшей мере свет (свет источника света), на длине волны, выбранной в диапазоне 200-490 нм, предпочтительно, - в диапазоне 400-490 нм, еще более предпочтительно, - в диапазоне 440-490 нм. Этот свет частично может использоваться наночастицами преобразователя длины волны (см. также далее). Таким образом, в одном конкретном варианте осуществления источник света выполнен с возможностью генерации синего света. В одном конкретном варианте осуществления источник света содержит твердотельный светодиодный источник света (такой как светодиод или лазерный диод). Термин "источник света" может также относиться ко множеству (различных) источников света, таких как 2-20 (твердотельных) светодиодных источников света. Следовательно, термин "светодиод" может относиться также ко множеству светодиодов. Таким образом, вообще говоря, свет осветительного устройства будет содержать по меньшей мере часть (видимого) света источника света. В еще одном другом варианте осуществления источник света содержит светодиод, излучающий белый свет.

Осветительное устройство, в том виде, как оно здесь описано, может быть обеспечено в нескольких вариантах осуществления. Например, в одном варианте осуществления осветительное устройство без светопропускающей матрицы, содержащее первый люминесцентный материал и термочувствительное жидкокристаллическое соединение (уже) может обеспечивать белый свет (см. также выше). Эта дополнительная светопропускающая матрица может использоваться для настройки белого света. В таком варианте осуществления (и в его модификациях) дополнительная светопропускающая матрица может включать в себя (в качестве первого люминесцентного материала), предпочтительно, красный люминесцентный материал, а более предпочтительно, - красный люминесцентный материал, который (также) поглощает часть зеленого и (или) желтого света света осветительного устройства. Таким образом, свет осветительного устройства за светопропускающей матрицей может содержать красную составляющую, которая в конкретных вариантах осуществления при уменьшении мощности осветительного устройства относительно возрастает (относительно, например, сине-зеленого излучения или сине-желтого излучения или сине-зелено-желтого излучения) (см. также далее). Следовательно, таким образом можно осуществлять "тонкую " регулировку существующих осветительных устройств. Например, на такое уже существующее осветительное устройство может быть нанесено покрытие, содержащее светопропускающую матрицу (см. также далее). Тем самым существующее осветительное устройство, которое может иметь спектр излучения,

который является по существу независимым от мощности осветительного устройства, теперь может стать зависимым от мощности этого осветительного устройства. В еще одном варианте осуществления для обеспечения белого света как такового по существу необходим первый люминесцентный материал. Как правило, это может быть в том случае, когда осветительное устройство без первого люминесцентного материала дает синий и зеленый свет, делая необходимым для обеспечения белого света присутствие красной составляющей, или когда осветительное устройство обеспечивает синий и зелено-желтый свет, но в таком соотношении, в котором для обеспечения белого света также необходимо присутствие красной составляющей.

Осветительное устройство, в том виде, как оно здесь описано, как правило, выполнено с возможностью обеспечения белого света, особенно с переменной цветовой температурой, при этом цветовая температура является зависимой от подаваемой на осветительное устройство электрической мощности. Но это осветительное устройство в соответствии с принципом изобретения может быть выполнено также с возможностью обеспечения, окрашенного света, при этом матрица, содержащая первый люминесцентный материал и термочувствительное жидкокристаллическое соединение, может также применяться для цветных источников света. Кроме того, в соответствии с настоящим изобретением возможно не только обеспечить осветительное устройство, цветовая температура белого света которого по существу следует линии черного тела, но можно также построить осветительное устройство, которое выполнено с возможностью обеспечения - в зависимости от подаваемой мощности - белого света или окрашенного света.

Описанный здесь, светопреобразующий элемент является, как правило, светопропускающим световым преобразователем и, предпочтительно, светопропускающим для по меньшей мере части света источника света. Поэтому при подаче света источника света на светопреобразующий элемент часть света источника света может быть обнаружена за светопреобразующим элементом. Когда светопреобразующий элемент применяют к существующему осветительному устройству, тогда этот светопреобразующий элемент (также), как правило, является светопропускающим световым преобразователем и, предпочтительно, является светопропускающим для по меньшей мере части света источника света. Поэтому при подаче света осветительного устройства на светопреобразующий элемент некоторая часть света осветительного устройства может быть обнаружена за светопреобразующим элементом (но обогащенная некоторым количеством света первого люминесцентного материала).

Аналогичным же образом, описанная здесь светопропускающая матрица, таким образом, как правило, представляет собой светопропускающий световой преобразователь и, предпочтительно, является светопропускающей для по меньшей мере части света источника света. Поэтому при подаче света осветительного устройства на светопропускающую матрицу некоторая часть света источника света может оказаться за светопропускающей матрицей. Когда эту светопропускающую матрицу прилагают к существующему осветительному устройству, тогда эта светопропускающая матрица (также), как правило, является светопропускающей матрицей и, предпочтительно, является светопропускающей для по меньшей мере части света источника света. Поэтому при подаче света осветительного устройства на светопропускающую матрицу некоторая часть света осветительного устройства может оказаться за светопропускающей матрицей (но обогащенная некоторым количеством света первого люминесцентного материала). Заметим, что в одном варианте осуществления светопреобразующий элемент может

содержать другие элементы, такие как, например, один или более (оптически активных) слоев в дополнение к светопропускающей матрице (или к светопропускающим матрицам). Однако в еще одном другом варианте осуществления светопреобразующий элемент по существу состоит из светопропускающей матрицы (или светопропускающих матриц).

Термины "перед" и "после " относятся к расположению позиций или признаков относительно распространения света из светоизлучающего средства (здесь, как правило, - источника света), при этом относительно первого положения внутри светового пучка из светоизлучающего средства второе положение внутри светового пучка, более близкое к светоизлучающему средству, является расположенным "перед" ним, а третье положение внутри этого светового пучка, более удаленное от светоизлучающего средства, является расположенным "после" него.

Как правило, материал (светопропускающей матрицы или светопропускающих матриц или же (всего) светопреобразующего элемента) для света, генерируемого источником света или осветительным устройством, имеет светопропускание в диапазоне 50-100%, предпочтительно, - в диапазоне 70-100%, и длину волны, выбранную из длин волн видимого диапазона. Таким образом, светопреобразующий элемент является светопропускающим для видимого света из источника света или из осветительного устройства. В этом случае термин "видимый свет", как правило, относится к свету, имеющему длину волны, выбранную из диапазона 380-780 нм. Пропускание света или светопроницаемость может быть определена посредством подачи на материал света определенной длины волны с первой интенсивностью и соотнесения интенсивности света этой длины волны, измеренной после прохождения через этот материал, к первой интенсивности света, поданного на этой же длине волны на материал (см. также главы E-208 и E-406 Справочника по химии и физике, изд. CRC, 69-е издание, 1088-1989 [CRC Handbook of Chemistry and Physics, 69th edition]).

Светопреобразующий элемент включает в себя светопропускающую матрицу, содержащую первый люминесцентный материал и термочувствительное жидкокристаллическое соединение (по меньшей мере два функциональных материала). Такая матрица может, например содержать в себе люминесцентный материал в виде частиц люминесцентного материала, что особенно предпочтительно в случае применения неорганических люминесцентных материалов. Однако эта матрица может также содержать в себе органические люминесцентные материалы, которые могут быть, например, диспергированы в материале матрицы (на молекулярном уровне). Таким образом, матрица содержит материал матрицы, включающий в себя функциональные материалы (по меньшей мере, два). Материал матрицы, предпочтительно, может содержать один или более материалов, выбранных из группы, состоящей из подложки из светопропускающего проницаемого органического материала, из подложки из неорганического материала и из подложки из гибридного материала, таких как выбранные из группы, состоящей из полиэтилена (ПЭ), полипропилена (ПП), полиэтиленнафталата (ПЭН), полиметилакрилата (PMA), полиметилметакрилата (ПММА) (плексиглас или перспекс), ацетобутирата целлюлозы (АЦБ), силикона, поливинилхлорида (ПВХ), полиэтилентерефталата (ПЭТФ) (полиэтилентерефталат, модифицированный гликолем), полидиметилсилоксана (ПДМС), циклоолефинового сополимера (ЦОС). Как правило, материал матрицы содержит силикон или полисилоксаны, такие как ПДМС, полидифенилсилоксан или полисилоксан, содержащие метильные и фенильные группы и т. д. Светопреобразующий элемент, как правило, может быть выполнен в виде массива или листа. Такие материалы, как те, которые

указаны выше, могут обеспечить светопропускающую матрицу. Силиконы представляют собой полимеры, которые включают в себя повторяющиеся цепочки силоксана, часто скомбинированные с углеродом и (или) водородом, то есть, метильные и (или) фенильные группы.

Матрица может предпочтительно включать в себя смесь термочувствительного жидкокристаллического соединения и первого люминесцентного материала. Например, первые люминесцентные материалы могут быть внедрены в термочувствительное жидкокристаллическое соединение, или же как первый люминесцентный материал, так и термочувствительное жидкокристаллическое соединение могут быть внедрены в основной материал, такой как полимерный материал.

Термин "светопреобразующий элемент" может относиться также к множеству (разных) светопреобразующих элементов. Они могут быть сконфигурированы в физическом контакте друг с другом, но могут также быть сконфигурированы с ненулевымм расстоянием друг от друга. Вообще говоря, может быть по меньшей мере, один светопреобразующий элемент, после которого и относительно которого может быть виден по существу весь свет осветительного устройства.

Как указано выше, люминесцентный материал можно выбирать из неорганического люминесцентного материала и органического люминесцентного материала. Термин "люминесцентный материал" может относиться также к множеству различных люминесцентных материалов. Аналогичным образом, термины "первый люминесцентный материал" или "второй люминесцентный материал" могут относиться, соответственно, к множеству (разных) первых люминесцентных материалов или к множеству (разных) вторых люминесцентных материалов.

Подходящие люминесцентные материалы включают неорганические люминофоры, такие как легированный (церием) алюмоиттриевый гранат (АИГ), лютеций-алюминиевый гранат LuAG, органические люминофоры, органические флуоресцентные красители, квантовые точки и т. д., которые в высокой степени подходят для целей вариантов осуществления настоящего изобретения, как это описано далее.

Квантовые точки представляют собой небольшие кристаллы полупроводникового материала, обычно имеющие ширину или диаметр всего в несколько нанометров. При возбуждении падающим светом квантовая точка испускает свет цвета, определенного размером и материалом кристалла. Поэтому свет определенного цвета может быть получен путем адаптации размера точек. Наиболее известные квантовые точки с излучением в видимом диапазоне основаны на селениде кадмия (CdSe) с оболочкой, такой как сульфид кадмия (CdS) и сульфид цинка (ZnS).

Термин "квантовые точки" или "люминесцентные квантовые точки" может относиться также к комбинации квантовых точек различных типов, то есть к квантовым точкам, которые имеют разные спектральные характеристики. Квантовые точки здесь по тексту называются "наночастицами преобразователя длины волны". Термин "квантовые точки", в частности, относится к квантовым точкам, которые люминесцируют в одном или более из ультрафиолетового, видимого и инфракрасного диапазона (при возбуждении соответствующим излучением, таким как УФ излучение).

Квантовые точки или люминесцентные наночастицы, которые здесь по тексту называются "наночастицами преобразователя длины волны", могут, например, содержать квантовые точки полупроводниковых соединений групп II-VI, выбранные из группы, состоящей из (квантовые точки типа "ядро-оболочка" с ядром, выбранным из группы, состоящей из) CdS, CdSe, CdTe, ZnS, ZnSe, ZnTe, HgS, HgSe, HgTe, CdSeS, CdSeTe, CdSTe, ZnSeS, ZnSeTe, ZnSTe, HgSeS, HgSeTe, HgSTe, CdZnS, CdZnSe, CdZnTe,

CdHgS, CdHgSe, CdHgTe, HgZnS, HgZnSe, HgZnTe, CdZnSeS, CdZnSeTe, CdZnSTe, CdHgSeS, CdHgSeTe, CdHgSTe, HgZnSeS, HgZnSeTe и HgZnSTe. В другом варианте осуществления люминесцентные наночастицы могут быть, например, квантовыми точками полупроводниковых соединений групп II-VI, выбранными из группы, состоящей из (квантовые точки типа "ядро-оболочка" с ядром, выбранным из группы, состоящей из) GaN, GaP, GaAs, A1N, A1P, AlAs, InN, InP, InGaP, InAs, GaNP, GaNAs, GaPAs, A1NP, AINAs, AlPAs, InNP, InNAs, InP As, GaAlNP, GaAlNAs, GaAlPAs, GalnNP, GalnNAs, GalnPAs, InAlNP, InAlNAs и InAlPAs. В еще одном варианте осуществления люминесцентные наночастицы могут представлять собой, например, полупроводниковые квантовые точки типа халькопирита I-III-VI2, выбранные из группы, состоящей из (квантовые точки типа ядро-оболочки с ядром, выбранным из группы, состоящей из) $CuInS_2$, $CuInSe_2$, $CuGaS_2$, $CuGaSe_2$, $AgInS_2$, $AgInSe_2$, $AgGaS_2$ и $AgGaSe_2$.

Кроме того, можно использовать органические флуоресцентные красители. При этом молекулярная структура может быть построена таким образом, чтобы можно было настраивать положение спектрального пика. Примерами подходящих органических флуоресцентных красителей являются органические люминесцентные материалы на основе производных перилена, например, соединения, продаваемые компанией BASF под названием Lumogen®. Примеры подходящих соединений включают, но ими не ограничиваются, красный Lumogen® Red F305, оранжевый Lumogen® Orange F240, желтые Lumogen® Yellow F083 и Lumogen® F170. Соответствующими примерами органических люминесцентных материалов являются, например, перилены (такие, как люминесцентные материалы, известные под своей торговой маркой Lumogen от компании BASF, Людвигсхафен, Германия: оранжевый Lumogen F240 Orange, красные Lumogen F300 Red, Lumogen F305 Red, желтые Lumogen F083 Yellow, Lumogen F170 Yellow, зеленый Lumogen F850 Green), желтый Yellow 172 от компании Neelikon Food Dyes & Chemical Ltd., Мумбаи, Индия, и люминесцентные материалы, такие как кумарины (например, Coumarin 6, Coumarin 7, Coumarin 30, Coumarin 153, Basic Yellow 51), нафталимиды (например, желтые растворители Solvent Yellow 11, Solvent Yellow 116), Fluorol 7GA, пиридины (например, пиридин 1), пиррометены (такие как Pyrromethene 546, Pyrromethene 567), уранин, родамины (например, Rhodamine 110, Rhodamine B, Rhodamine 6G, Rhodamine 3B, Rhodamine 101, Sulphorhodamine 101, Sulphorhodamine 640, Basic Violet 11, Basic Red 2), цианины (например, фталоцианин, DCM), стильбены (например, Bis-MSB, DPS), имеющиеся от многих продавцов. Можно использовать некоторые другие люминесцентные материалы, такие как кислотные красители, основные красители, прямые красители и дисперсионные красители, если они показывают достаточно высокий квантовый выход флуоресценции для предполагаемого использования. Представляющие особый интерес органические материалы, которые могут применяться, включают, например, BASF Lumogen 850 для зеленой люминесценции, BASF Lumogen F083 или F 170 для желтой люминесценции, BASF Lumogen F 240 для оранжевой люминесценции и BASF Lumogen F 300 или F305 для красной люминесценции.

Люминесцентный материал может быть также неорганическим люминофором. Примеры неорганических люминофорных материалов включают, но ими не ограничиваются, легированный церием (Ce) АИГ ($Y_3Al_5O_{12}$) или лютеций-алюминиевый гранат LuAG ($Lu_3A_{15}O_{12}$). Легированный церием АИГ (коротко называемый алюмоиттриевым гранатом - "АИГ") испускает желтоватый свет, тогда как легированный церием LuAG (коротко обозначаемый как "LuAG") излучает желтовато-

зеленоватый свет. Примеры других неорганических люминофорных материалов, излучающих красный свет, могут включать, но ими не ограничиваются ими, ECAS и BSSN; ECAS представляет собой $Ca_{1-x}AlSiN_3:Eu_x$, где $0<x\leq l$, в других вариантах осуществления $0<x\leq 0,2$; а BSSN представляет собой $Ba_{2-x-z}M_xSi_{5-y}AlyN_{8-y}O_y:Eu_z$, где M представляет Sr или Ca, $0\leq x\leq 1$, $0<y\leq 4$, и $0,0005\leq z\leq 0,05$, а в некоторых вариантах осуществления $0\leq x\leq 0,2$.

Некоторые конкретные неорганические люминесцентные материалы обсуждаются ниже. Для зеленых излучателей возможны несколько вариантов, включая один или более из (Ca, Sr, Ba) $(Al, Ga, In)_2(0, S, Se)_4:Eu^{2+}$, тиогаллат, в частности, люминесцентный материал, который содержит, по меньшей мере Sr, Ga и S, - такой как $SrGa_2S_4:Eu^{2+}$. Эти типы люминесцентных материалов могут быть, как правило, узкополосными зелеными излучателями. Как вариант или альтернативно, неорганический люминесцентный материал может содержать материал $M_3A_5O_{12}:Ce^{3+}$ (материал гранат), где M выбирается из группы, состоящей из Sc, Y, Tb, Gd и Lu, A выбирается из группы, состоящий из Al и Ga. M, предпочтительно, содержит по меньшей мере один или более из Y и Lu, а A содержит по меньшей мере мере Al. Материалы этих типов могут обеспечивать максимальные эффективности. Варианты реализации с гранатами, как правило, включают в себя гранаты $M_3A_5O_{12}$, где M содержит по меньшей мере иттрий или лютеций, и где A содержит по меньшей мере алюминий. Такой гранат может быть легирован церием с празеодимом или комбинацией церия и празеодима; однако, предпочтительно, - по меньшей мере с церием. В частности, A содержит алюминий (Al), однако A может также частично включать в себя галлий (Ga), и (или) скандий (Sc) и (или) индий (In), предпочтительно, - примерно до 20% Al, более предпочтительно, - примерно до 10% Al (т.е. ионы A, по существу, состоят на 90 или более мольных% из Al и на 10 или менее мольных% из одного или более из Ga, Sc и In); A, предпочтительно, может включать в себя примерно вплоть до 10% галлия. В другом варианте A и O могут быть по меньшей мере частично замещены кремнием (Si) и азотом (N). Элемент M, предпочтительно, может быть выбран из группы, состоящей из иттрия (Y), гадолиния (Gd), тербия (Tb) и лютеция (Lu). Кроме того, Gd и (или) Tb, предпочтительно, присутствуют в количестве только примерно до 20% от M. В конкретном варианте осуществления люминесцентный материал граната содержит $(Y_{1-x}Lu_x)_3Al_5O_{12}:Ce$, где x равно или больше 0 и равно или меньше 1. Термин ":Ce" или "Ce^{3+}" указывает, что часть ионов металлов (то есть в гранатах - часть ионов «M») в люминесцентном материале замещена церием (Ce). Гранат, содержащий лютециум, как правило, может обеспечить желаемую люминесценцию, особенно когда лютеций составляет по меньшей мере 50% от M. Дополнительно или альтернативно, неорганический люминесцентный материал может также содержать люминесцентный материал, выбранный из группы, состоящей из двухвалентного европия, содержащего нитридный люминесцентный материал, или двухвалентного европия, содержащего оксонитридный люминесцентный материал, такой как один или более материалов, выбранных из группы, состоящей из (Ba, Sr, Ca) S:Eu, (Mg, Sr, Ca) AlSiN3:Eu и $(Ba,Sr,Ca)_2Si_5N_8:Eu$. В этих соединениях европий (Eu) является по существу или только двухвалентным и заменяет один или более из указанных двухвалентных катионов. В общем случае Eu присутствует в количествах, не превышающих 10% катиона, предпочтительно, - в диапазоне около 0,5-10%, более предпочтительно, - в диапазоне около 0,5-5% относительно катиона(ов), который он

замещает. Термин ":Eu" или ":Eu^{2+}" указывает, что часть ионов металлов замещена европием (Eu) (в этих примерах - европием Eu^{2+}). Например, полагая наличие в $CaAlSiN_3$:Eu 2% европия, правильная формула может быть $(Ca_{0.98}Eu_{0.02})AlSiN_3$. Двухвалентный европий обычно замещает двухвалентные катионы, такие как вышеупомянутые двухвалентные щелочноземельные катионы, особенно Ca, Sr или Ba. Материал (Ba, Sr, Ca)S:Eu также может быть обозначен как MS:Eu, где M представляет собой один или более элементов, выбранных из группы, состоящей из бария (Ba), стронция (Sr) и кальция (Ca); как правило, M содержит в этом соединении кальций или стронций, или кальций и стронций, более предпочтительно, - кальций. В данном случае введен Eu, который замещает по меньшей мере часть M (то есть одного или более из Ba, Sr и Ca). Кроме того, материал $(Ba,Sr,Ca)_2Si_5N_8$:Eu может быть также обозначен как $M_2Si_5N_8$:Eu, где M представляет собой один или более элементов, выбранных из группы, состоящей из бария (Ba), стронция (Sr) и кальция (Ca); предпочтительно, M в этом соединении содержит Sr и (или) Ba. В следующем конкретном варианте осуществления M состоит из Sr и (или) Ba (не принимая во внимание присутствие Eu), предпочтительно, 50-100%, более предпочтительно, - 50-90% Ba и 50-0%, предпочтительно, - 50-10% Sr, в таком виде как $Ba_{1.5}Sr_{0.5}Si_5N_8$:Eu, (то есть, 75% Ba; 25% Sr). В данном случае введен Eu, который замещает по меньшей мере часть M (то есть одного или более из Ba, Sr и Ca). В данном случае введен Eu, который замещает по меньшей мере часть M (то есть одно или более из Ba, Sr и Ca).

В одном варианте осуществления неорганический люминесцентный материал, предпочтительно, содержит (Ca, Sr, Mg) $AlSiN_3$:Eu, предпочтительно $CaAlSiN_3$:Eu. Далее, в другом варианте осуществления, который может быть объединен с предыдущим, неорганический люминесцентный материал содержит $(Ca,Sr,Mg)AlSiN_3$:Eu, предпочтительно $(Sr,Ba)_2Si_5N_8$:Eu. Выражение "(Ca,Sr,Ba)" указывает, что соответствующий катион может быть занят кальцием, стронцием или барием. Оно указывает также на то, что в таком материале соответствующие катионные участки могут быть заняты катионами, выбранными из группы, состоящей из кальция, стронция и бария. Таким образом, материал может содержать, например, кальций и стронций, или только стронций и т. д.

Неорганический люминесцентный материал может также содержать один или более люминесцентных материалов, выбранных из группы, состоящей из граната, содержащего трехвалентный церий (см. выше), и содержащего трехвалентный церий оксонитрида. Материалы оксонитрида в соответствующей области техники часто называются также оксинитридными материалами.

Как указано выше, осветительное устройство по меньшей мере содержит первый люминесцентный материал, но, как вариант, может содержать также и второй люминесцентный материал. По меньшей мере один из первого люминесцентного материала и второго люминесцентного материала является возбуждаемым источником света. То есть, источником света могут возбуждаться первый люминесцентный материал, или второй люминесцентный материал, или оба - и первый, и второй люминесцентные материалы.

Когда имеются как первый люминесцентный материал, так и второй люминесцентный материал, в некоторых вариантах осуществления по меньшей мере один из них альтернативно или дополнительно может возбуждаться посредством люминесценции другого люминесцентного материала. Например, существуют люминофоры с красным

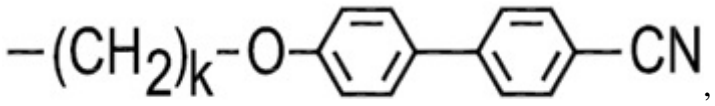
светоиспусканием, которые поглощают в синей и зелено-желтой областях. Представляется удивительным, что когда люминесцентный материал находится в матрице, содержащей также термочувствительное жидкокристаллическое соединение (в дополнение к люминесцентному материалу), наилучшие результаты могут быть получены тогда, когда такой люминесцентный материал может быть способен поглощать по меньшей мере часть люминесценции другого люминесцентного материала (см. также далее).

Термочувствительное жидкокристаллическое соединение, предпочтительно, может быть материалом, имеющим жидкокристаллические свойства или имеющим группу, обладающую такими свойствами. Одним из материалов, который может быть использован для этой цели, является полимер-диспергированные жидкие кристаллы (ПДЖК). ПДЖК может быть получен, например, когда молекулы жидких кристаллов диспергируют в изотропном полимере. Поэтому материал матрицы (матрицы, содержащей термочувствительное жидкокристаллическое соединение), предпочтительно, содержит изотропный полимер (каковой изотропный полимер, таким образом, содержит упомянутый (первый) люминесцентный материал и упомянутое термочувствительное жидкокристаллическое соединение). Ниже температуры изотропного перехода жидкого кристалла система является двулучепреломляющей, а молекулы ориентированы случайным образом и, следовательно, обуславливают светорассеяние. Выше температуры просветления или температуры перехода жидкого кристалла материал становится изотропным, и когда показатель преломления изотропной фазы по существу сравнивается с показателем преломления полимера, выше температуры изотропного перехода система может стать по существу прозрачной. Кроме того, можно использовать жидкий кристалл с высокой плотностью дефектных точек, например, обусловленных присутствием примесей, таких как полимерные, но они могут быть также и частицами. Такая система из-за наличия дефектов, которые вызывают образование доменов, обладает высоким светорассеянием. При нагреве системы выше температуры изотропного перехода система по мере исчезновения анизотропии системы становится прозрачной. Таким же образом холестерическая текстура без макроскопической ориентации может иметь так называемую фокальную коническую текстуру, обусловленную наличием в жидком кристалле дефектов, таких как частицы и полимер, вызывая сильное рассеяние света. И в этом случае снова - при нагреве системы выше температуры ее изотропного перехода светорассеяние исчезает. Холестерический жидкий кристалл может также находиться в состоянии макроскопической ориентации, выявляющем цвета отражения. И в этом случае при нагревании системы отражение также исчезает, и система становится прозрачной. Таким образом, можно использовать, например, системы, которые изменяют свое состояние из смектического при низкой температуре до изотропного состояния при повышенной температуре.

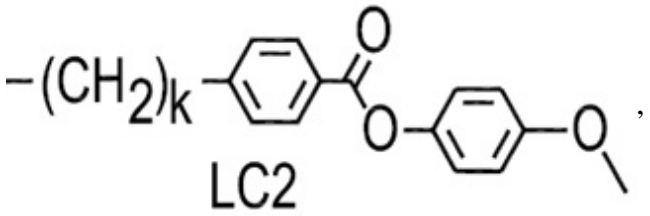
Следовательно, термочувствительное жидкокристаллическое соединение, как правило, представляет собой материал, который выполнен с возможностью принуждения светопропускающей матрицы изменяться в зависимости от температуры от менее прозрачной до более прозрачной или наоборот (предпочтительно, - от менее прозрачной (более высокое светорассеяние) при низких температурах до более прозрачной (меньшее рассеяния) при высоких температурах). Кроме того, могут использоваться комбинации ПДЖК различных типов.

Представляется, что в таком случае при уменьшении температуры люминесценция первого люминесцентного материала активизируется относительно света источника света (и (или) относительно света источника света (и (или) люминесценции второго

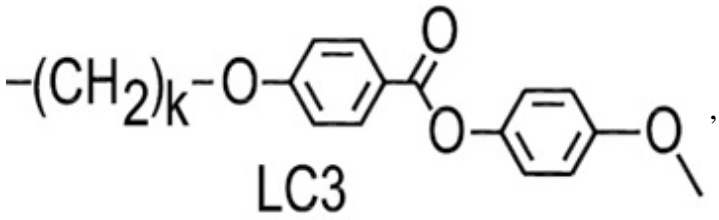
люминесцентного материала) (или, в вариантах осуществления, - относительно света осветительного устройства до светопреобразующего элемента). Когда, например, первый люминесцентный материал обеспечивает красную люминесценцию, вклад красного цвета при более высокой рабочей температуре, то есть при более высокой электрической мощности, может быть относительно более низким, чем при более низкой рабочей температуре, то есть при меньшей электрической мощности. Это может быть обусловлено более сильным светорассеянием при пониженных температурах (ниже температуры перехода термочувствительного жидкокристаллического соединения). В одном варианте осуществления это термочувствительное жидкокристаллическое соединение содержит одну или более групп, выбранных из группы, состоящей из LCI, LC2 и LC3:



LC1,



LC2,



LC3.

Здесь k, предпочтительно, равно 6. Однако изобретение не ограничено этими группами. Кроме того, возможны также варианты этих групп, такие, как с k, равной по меньшей мере 2, такие как с k, равной по меньшей мере 4, как равной по меньшей мере 6, такой как находящейся в диапазоне 4-20, такой как находящейся в диапазоне 6-10.

Кроме того, как правило, такая жидкокристаллическая группа может являться функциональной группой, привитой к полимеру матрицы. Поэтому, имея в виду, например, силиконорганическую матрицу, термочувствительное жидкокристаллическое соединение может содержать силикон с термочувствительной жидкокристаллической группой. Следовательно, таким образом может быть обеспечено термореактивное жидкокристаллическое соединение. Поэтому в конкретном варианте осуществления светопропускающая матрица содержит силикон, а термореактивное жидкое кристаллическое соединение содержит функционализированную силиконом жидкокристаллическую группу. Следовательно, в вариантах осуществления светопропускающая матрица может содержать силикон, содержащий молекулы кремния, привитые термореактивным жидкокристаллическим группам (таким, например, как указано выше), т.е. термочувствительное жидкое кристаллическое соединение (соединения).

Как указано выше, светопропускающая матрица находится в тепловом контакте с источником света. Это может означать, что светопропускающая матрица находится в

физическом контакте с источником света, таком как физический контакт со светодиодным кристаллом. Однако в других вариантах осуществления между светопропускающей матрицей и источником света может не быть никакого физического контакта. Следовательно, в другом варианте осуществления светопропускающая матрица сконфигурирована без физического контакта с упомянутым светодиодным кристаллом. Это может быть, например, случай так называемых «дистанционных конфигураций», то есть, случай, когда светопропускающая матрица или, более конкретно, - (первый) люминесцентный материал сконфигурирован не на ненулевом расстоянии от источника света (излучающей поверхности, такая как светодиодный кристалл). Например, источник света может содержать (синий) светодиод со светодиодным кристаллом. Однако в тех случаях, когда между светоиспускающей поверхностью источника света, такого как светодиодный кристалл, и светопропускающей матрицей нет никакого физического контакта, тепловая энергия источника света может передаваться на светопреобразующий элемент посредством тепловой проводимости и (или) теплового излучения. Однако расстояние между источником света и светопропускающей матрицей и расположение источника света и светопропускающей матрицы может быть выбрано таким, чтобы обеспечить отвод теплоты источника света посредством одного или более из тепловой проводимости и (или) теплового излучения. Кроме того, это может, например, означать, что тепловой радиатор может быть меньшего размера или может не нужным. В одном варианте осуществления светопропускающая матрица находится в физическом контакте с источником света, в частности, со светодиодным кристаллом.

Следовательно, во время работы осветительного устройства, по меньшей мере при максимальной мощности источник света будет нагреваться. При этом часть тепловой энергии будет передаваться на светопреобразующий элемент. Поэтому источник света и светопропускающая матрица сконфигурированы таким образом, чтобы при максимальной электрической мощности осветительного устройства светопропускающая матрица имела повышенную температуру, например выше 40°C, предпочтительно, - выше 60°C, такую, как температура, выбранная из диапазона 50-150°C. При средних мощностях светопропускающая матрица может также иметь более низкие температуры. В одном конкретном варианте осуществления светопропускающая матрица при максимально интенсивной работе осветительного устройства (при максимальном световом выходе) имеет температуру T_{max} (температура матрицы при максимальной рабочей мощности осветительного устройства), а термочувствительное жидкокристаллическое соединение имеет температуру перехода, выбираемую из диапазона 10-90%, такого как 5-85% от T_{max}. Другими словами, осветительное устройство выполнено с возможностью нагрева светопропускающей матрицы при максимально интенсивной работе осветительного устройства до температуры T_{max}. Здесь термин "максимально интенсивная работа" может, как правило, указывать на максимальную мощность (в частности, в ваттах), которая определена для такого осветительного устройства. Кроме того, этот термин, в частности, указывает на работу в окружении при температуре около 20-25°C, например, при температуре около 20°C. Следовательно, осветительное устройство, как правило, выполнено с возможностью нагрева светопропускающей матрицы тепловой энергией источника света. Температура светопропускающей матрицы, таким образом, может масштабироваться по мощности, как масштабируется по мощности температура источника света. С увеличением мощности температура источника света возрастает, а вследствие теплового контакта

возрастает температура светопропускающей матрицы. В частности, в данном случае термочувствительная жидкость, таким образом, возбуждается не электрически, а по существу, лишь посредством теплоты. Это позволяет создать устройство, более простое, чем устройства предшествующего уровня техники, в которых источник света возбуждается электрически, а светопропускающей матрицы изменяет характеристики в зависимости от температуры источника света.

Как указывалось ранее, осветительное устройство выполнено с возможностью обеспечения света осветительного устройства. Кроме того, как также указывалось ранее, этот свет может быть светом осветительного устройства как такового, или же светом осветительного устройства, "обогащенным" светом первого люминесцентного материала. Оба этих варианта названы "светом осветительного устройства". Далее, когда осветительное устройство содержит второй люминесцентный материал, тогда свет осветительного устройства может включать в себя также и свет второго люминесцентного материала. Заметим, что термин "свет осветительного устройства" не определяет свет фиксированного цвета и (или) фиксированной цветовой точки. В зависимости от подаваемой на осветительное устройство электрической мощности цвет и (или) цветовая температура могут изменяться, что является достоинством настоящего изобретения.

В частности, осветительное устройство может быть сконфигурировано для работы в режиме пропускания. Следовательно, светопреобразующий элемент расположен после источника света, и после светопреобразующего элемента с другой стороны светопреобразующего элемента можно видеть свет источника света и свет светопреобразующего элемента (то есть, по меньшей мере свет первого люминесцентного материала). Таким образом, свет источника света проходит через светопреобразующий элемент с одной стороны до другой стороны, и часть света источника света выходит с другой стороны.

Как упоминалось выше, светопреобразующий элемент (или светопропускающая матрица) может быть, например, покрытием. Такое покрытие может быть нанесено на осветительное устройство или его элемент. Следовательно, в одном варианте осуществления осветительное устройство содержит подложку, а светопропускающая матрица сконфигурирована в виде покрытия на упомянутой подложке. Подложка может быть, например, светодиодным кристаллом. Однако подложка может также содержать купол. Подложка может содержать смолу, содержащую второй люминесцентный материал (см. также ниже), который, таким образом, может быть сконфигурирован в виде второй светопропускающей матрицы. Но может также включать в себя керамический материал, такой как люмирамик. Подложка, когда она не является светоизлучающей поверхностью, такой как светодиодный кристалл, может быть сконфигурирована на удалении от светоизлучающей поверхности или же может находиться в физическом контакте со светоизлучающей поверхностью. Светопреобразующий элемент может быть расположен перед подложкой, (когда подложка не является светоизлучающей поверхностью), и (или) же она может быть расположена после подложки. Дополнительным преимуществом изобретения является то, что светопропускающая матрица может быть легко нанесена в качестве покрытия, например, посредством отверждаемой смолы или другого отверждаемого материала (см. также далее).

В одном варианте осуществления светопропускающая матрица содержит упомянутый первый люминесцентный материал и упомянутый второй люминесцентный материал, причем упомянутый второй люминесцентный материал выполнен с возможностью

преобразования по меньшей мере части одного или более из (a) света источника света и (b) возможно, света первого люминесцентного материала в свет второго люминесцентного материала, при этом свет первого люминесцентного материала имеет первую преобладающую длину волны, отличную от второй преобладающей длины волны света второго люминесцентного материала. Например, упомянутый первый люминесцентный материал может представлять собой красный излучающий люминесцентный материал, а упомянутый второй люминесцентный материал может быть желтым и (или) зеленым излучающим люминесцентным материалом, таким как церийсодержащий ИАГ и (или) LuAG, а источником света может быть, в частности, синий источник света, такой как имеющий преобладающую длину волны в диапазоне 440-475 нм. Следовательно, в таком варианте осуществления преобладающая длина волны первого люминесцентного материала имеет бóльшую длину волны, чем преобладающая длина волны второго люминесцентного материала. Фраза "первая преобладающая длина волны, отличная от второй преобладающей длины волны" и аналогичные фразы может, в частности, указывать на разницу в длинах волн в по меньшей мере 20 нм, такую как по меньшей мере 40 нм, как по меньшей мере 50 нм.

Выше изобретение, помимо всего прочего, было описано применительно к одной светоизлучающей матрице. Однако светопреобразующий элемент также включать в себя может множество светоизлучающих матриц. Например, светопреобразующий элемент может включать в себя множество слоев. Но, как указано выше, может также использоваться и множество светопреобразующих элементов. Следовательно, светопреобразующий элемент может включать в себя первую светопропускающую матрицу и вторую светопропускающую матрицу. Вообще говоря, варианты осуществления описанные выше применительно к одной светопропускающей матрице, могут также применяться к одной или более из первой светопропускающей матрицы и второй светопропускающей матрицы.

Заметим, что присутствие первой светопропускающей матрицы и второй светопропускающей матрицы не исключает наличия дополнительных светопропускающих матриц. Термин "вторая" используется, как правило, только для указания иной функциональности. Как можно заключить из вышесказанного, термин "первая светопропускающая матрица" или термин "вторая светопропускающая матрица" может относиться также ко множеству (разных) первых светопропускающих матриц или ко множеству (разных) вторых светопропускающих матриц. Кроме того, единственная первая светопропускающая матрица может быть объединена со множеством вторых светопропускающих матриц, или же множество первых светопропускающих матриц может быть объединено с единственной второй светопропускающей матрицей и т. д.

В конкретном варианте осуществления данное осветительное устройство содержит первую светопропускающую матрицу и вторую светопропускающую матрицу, при этом одна из светопропускающих матриц содержит упомянутый первый люминесцентный материал и термочувствительное жидкокристаллическое соединение, и при этом другая из светопропускающих матриц содержат второй люминесцентный материал (и, как вариант, - тоже (другое) термочувствительное жидкокристаллическое соединение), причем свет первого люминесцентного материала имеет первую преобладающую длину волны, отличную от второй преобладающей длины волны света второго люминесцентного материала. Следовательно, по меньшей мере одна из светопропускающих матриц содержит термочувствительное жидкокристаллическое соединение, хотя в вариантах осуществления термочувствительное

жидкокристаллическое соединение содержат также обе светопроницаемые матрицы. Заметим, что в таких вариантах осуществления термочувствительные жидкокристаллические соединения в разных светопроницаемых матрицах могут также отличаться друг от друга. Материал матриц обеих светопропускающих матриц может быть идентичным, но может также и различаться. Могут различаться между собой по меньшей мере люминесцентные материалы в светопропускающих матрицах. Как вариант, это положение может также включать в себя, что светопропускающие матрицы могут различаться по составу люминесцентных материалов. Например, как вариант, обе светопропускающие матрицы могут содержать как первый люминесцентный материал, так и второй люминесцентный материал, но в разных соотношениях. Светопропускающая матрица, содержащая упомянутое термочувствительное жидкокристаллическое соединение, как правило, находится в тепловом контакте с источником света.

В еще одном конкретном варианте осуществления, особенно в сочетании с вышеупомянутым вариантом осуществления с двумя светопропускающими матрицами, первая светопропускающая матрица сконфигурирована после упомянутой второй светопропускающей матрицы, а указанная первая светопропускающая матрица содержит упомянутое термочувствительное жидкокристаллическое соединение. Следовательно, свет за второй светопропускающей матрицей может входить в первую светопропускающую матрицу, и по меньшей мере частично передаваться через эту первую светопропускающую матрицу, с возможностью восприятия его после (с другой стороны) первой светопропускающей матрицы (но обогащенный светом первого люминесцентного материала). В еще одном конкретном варианте осуществления источник света, в частности, может содержать синий светодиод со светодиодным кристаллом, при этом вторая светопропускающая матрица сконфигурирована в физическом контакте со светодиодным кристаллом, и при этом первая светопропускающая матрица находится в физическом контакте со второй светопропускающей матрицей. В еще одном варианте осуществления первый люминесцентный материал выполнен с возможностью преобразования по меньшей мере части света второго люминесцентного материала в свет первого люминесцентного материала. Очевидно, что такой вариант осуществления может давать свет осветительного устройства, предназначенный для следования линии черного тела при увеличении или уменьшении электрической мощности, по крайней мере в части диапазона мощности, принципиально аналогично лампам накаливания.

Вышеупомянутые варианты осуществления могут включать в себя упомянутое осветительное устройство, в котором, в частности, свет второго люминесцентного материала имеет вторую преобладающую длину волны в зеленой или желтой области видимого спектра, и при этом свет первого люминесцентного материала имеет первую преобладающую длину волны в красной области видимого спектр. Однако возможны и другие варианты осуществления.

Как указано выше, светопреобразующий элемент может быть сконфигурирован в виде, например, слоя. Например, может быть обеспечена жидкая смесь, содержащая подходящие мономеры для получения полимерной вмещающей матрицы, такой как силиконовая матрица, в сочетании, например, с первым люминесцентным материалом (и, как вариант, - со вторым люминесцентным материалом (материалами) и с термочувствительным жидкокристаллическим соединением). Эта смесь может дополнительно содержать катализатор или инициатор полимеризации. Например, при нагревании или облучении светом эта жидкая смесь может затвердевать и образовывать,

например, первую светопропускающую матрицу. Тем самым может быть обеспечен светопреобразующий элемент, а именно, - светопропускающая матрица. Преимущество такого способа с жидкой смесью, как указано выше, заключается в том, что она может быть нанесена в виде покрытия, например, для индивидуальной настройки существующих осветительных устройств. Следовательно, настоящее изобретение может использоваться на позднем этапе производственного процесса при адаптации (настройке) осветительных устройств.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Теперь - всего лишь в качестве примера - будут описаны варианты осуществления изобретения со ссылкой на сопроводительные схематичные чертежи, на которых соответствующие части определены соответствующими ссылочными позициями и в которых:

фиг. 1 схематично показывает некоторые аспекты работы термочувствительного рассеивающего материала в люминофорной смеси, который возбужден синим светодиодом;

фиг. 2a-2e изображают некоторые варианты осуществления осветительного устройства;

фиг. 3a-3c изображают некоторые компоненты варианта осуществления светопропускающей матрицы (a, b), а также некий вариант (c); а

фиг. 4a-4b приводят некоторые данные.

Схематичные чертежи не обязательно выполнены в масштабе.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Как указано выше, когда белые светодиоды с люминесцентным преобразованием работают не в воздухе, а полностью погружены в диэлектрическую среду, такую как стекло или прозрачный полимер, может возникнуть проблема. При этом видно, что цветовая температура значительно увеличивается. Это обусловлено повышенной эффективностью извлечения для синего света, вследствие чего имеет место меньшее преобразование в желтую часть спектра. Этот эффект проиллюстрирован в нижеприведенной таблице. В светодиоде с люминофором, который работает в воздухе, определенная часть синего света отражается назад в люминофорный слой и преобразуется во втором проходе. Важным отражающим процессом является полное внутреннее отражение, которое происходит на границе раздела между светодиодом и воздухом. Когда светодиод погружен, например, в силикон, то сразу же извлекается бóльшая часть синего света. Следовательно, процесс преобразование длины волны происходит с меньшей степени, и цветовая температура повышается. В нижеприведенной таблице приведена конфигурация синего светодиода с иттрийалюминиевым гранатом (ИАГ) на светодиодном кристалле (в воздухе), светодиода с ИАГ, погруженного в различные прозрачные силиконы, и светодиода с ИАГ, погруженного в рассеивающий силикон. Измерялось влияние на цветовую температуру, которое и показано в нижеприведенной таблице: погружение в силикон повышает КЦТ с 3100 К до 4300 К, при добавлении рассеяния она снижается до 2100 К. На ток светодиода все это влияния оказывает.

Тип	КЦТ, К
Прозрачные силиконы	4000-4500
На воздухе	~3100
Рассеивающий силикон	~2100

В воздухе 14% излучения находится в синей части спектра. При погружении светодиодов в прозрачный силикон эта доля возрастает до 20%. При добавлении

рассеивающих частиц эта доля уменьшается до 4%.

Ясно, что матрица и рассеяние могут сильно влиять на коррелированную цветовую температуру.

Фиг. 1 схематично изображает основные принципы работы термочувствительного рассеивающего материала в люминофорный смеси, который возбуждается синим светодиодом. Слева изображена ситуация с низким электрическим током, а справа изображена ситуация с высоким электрическим током. Фиг. 1 показывает вариант осуществления осветительного устройства 10, содержащего источник 100 света, выполненный с возможностью генерации света 101 источника света, и светопреобразующий элемент 200. Этот светопреобразующий элемент 200 содержит светопропускающую матрицу 205, содержащую (i) первый люминесцентный материал 210, выполненный с возможностью преобразования по меньшей мере части одного или более из (a) света 101 источника света и (b) опционально, света 221 второго люминесцентного материала из опционального второго люминесцентного материала 220 в свет 211 первого люминесцентного материала. В данном случае второй люминесцентный материал 220 присутствует. Например, второй люминесцентный материал 220 может содержать ИАГ, который дает желтый свет, а первый люминесцентный материал 210 может содержать красный светоизлучающий люминесцентный материал, который, кроме того, может быть способен поглощать по меньшей мере часть света 221 второго, желтого люминесцентного материала, в дополнение к некоторому количеству синего света 101 источника света. Далее, светопропускающая матрица 205 содержит (ii) термочувствительное жидкокристаллическое соединение 250. Эта светопропускающая матрица 205 сконфигурирована в тепловом контакте с источником 100 света. Однако, как это показано, в этом схематично изображенном варианте осуществления между источником 100 света и светопропускающей матрицей 205 нет никакого физического контакта. Кроме того, как это показано, осветительное устройство 10 выполнено с возможностью испускания света 11 осветительного устройства, содержащего упомянутый свет 101 источника света, свет упомянутого первого люминесцентного материала 210 и, возможно, свет 221 упомянутого второго люминесцентного материала. В этом схематично изображенном варианте осуществления источник 100 света содержит синий светодиод 110 со светодиодным кристаллом 112. Кроме того, осветительное устройство содержит подложку 15, а на ней сконфигурирована светопропускающая матрица 205. Например, светопропускающая матрица 205 содержит покрытие (или представляет собой покрытие). В этом случае подложка 15 может быть, например, второй светопропускающей матрицей содержащей второй люминесцентный материал 220, такой как силикон, содержащий ИАГ (см. также выше).

Фиг. 2a-2e схематично показывают несколько вариантов осуществления и их модификации. На этих чертежах помимо всего прочего, изображены варианты осуществления осветительного устройства 10, при этом осветительное устройство содержит первую светопропускающую матрицу 1205 и вторую светопропускающую матрицу 2205, причем, одна из светопропускающих матриц 1205, 2205 содержит упомянутый первый люминесцентный материал 210 и упомянутое термочувствительное жидкокристаллическое соединение 250, причем, другая из светопропускающих матриц 1205, 2205 содержит упомянутый второй люминесцентный материал 220, и причем, свет 211 первого люминесцентного материала имеет первую преобладающую длину волны, отличную от второй преобладающей длины волны света 221 второго люминесцентного материала.

Фиг. 2a схематично изображает вариант осуществления, в котором термочувствительная люминофорная смесь (то есть, первая светопропускающая матрица 1205) покрывает сверху белый светодиод с люминофором, в зависимости от температуры преобразуя дополнительную часть генерируемого синего и зеленого света. Ею может быть, например, покрытие, состоящее из жидкокристаллического материала с диспергированным полимером (PDLC), смешанного с красным люминофором. Заметим, что на фиг. 2a, например, вторая светопропускающая матрица 2205 содержит упомянутый второй люминесцентный материал 220, который может, например, давать (уже) белый свет 11 осветительного устройства. Обеспечением первой светопропускающей матрицы 1205 термочувствительным жидкокристаллическим соединением 250 и первым люминесцентным материалом 210 можно производить индивидуальную настройку осветительного устройства 10 и его света 11 осветительного устройства. Свет 11 осветительного устройства из-за присутствия первой светопропускающей матрицы 1205 будет изменяться, поскольку к спектру света 11 осветительного устройства добавляется по меньшей мере свет 211 первого люминесцентного материала, но, как вариант, часть света осветительного устройства может поглощаться первым люминесцентным материалом с генерацией упомянутого света 211 первого люминесцентного материала. Поэтому свет 11 осветительного устройства направляется на светопреобразующий элемент 200 с его внутренней стороны, а на внешней стороне светопреобразующего элемента 200 обеспечен свет осветительного устройства, "обогащенный" светом 211 первого люминесцентного материала и, как вариант, - относительно ослабленным одним или более из света 101 источника света и света 221 второго люминесцентного материала. В этом случае светопреобразующий элемент 200 является, таким образом, светопропускающим для по меньшей мере части света осветительного устройства и (или) света источника света. Под термином "светопропускающий" может, например, иметься в виду "полупрозрачный" или "прозрачный". В одном состоянии (состояниях) полупрозрачность может быть более высокой, а в другом состоянии (особенно при более высокой температуре), прозрачность может быть более высокой (чем в другом состоянии (состояниях) с более низкой температурой).

Следующий вариант осуществления схематично изображен на фиг. 2b. В этом случае термочувствительная люминофорная смесь добавлена вблизи удаленной люминофорной пластины, которая возбуждается решеткой синих светодиодов. Термореактивная люминофорная смесь находится в тепловом контакте с удаленным люминофорным элементом, но не в контакте с источником (источниками) света. Светопропускающая матрица 205, - в данном случае первая светопропускающая матрица 1205, может нагреваться посредством теплопередачи. При этом фиг. 2b схематично изображает вариант осуществления с синими светодиодами в смесительной полости, покрытой удаленной люминофорной пластиной и термочувствительной люминофорной смесью (то есть первой светопропускающей матрицей 1205).

В другом варианте осуществления, см. фиг. 2c изображена конфигурация "чип на плате". В этом случае в люминофорный слой (в данном случае - вторая светопропускающая матрица 2205) погружены "синие" светодиоды 110. Термочувствительная люминофорная смесь (в данном случае - первая светопропускающей матрицей 1205) нанесена над люминофорным слоем. Таким образом, фиг. 2c схематично изображает вариант осуществления с конфигурацией "чип на плате" с синими светодиодами 110 на плате в люминофорном слое, покрытыми термочувствительной люминофорной смесью.

В схематично изображенном варианте осуществления по фиг. 2d показано, что термочувствительная люминофорная смесь (в данном случае светопропускающая матрица 205) также может заменять обычную люминофорную смесь, которая в светодиодной сборке покрывает синий светодиод. Этот вариант осуществления имеет то преимущество, что в производстве требует меньшее количество этапов. Следовательно, эта фиг. 2d показывает синий светодиод 110 в обычной светодиодной сборке, заполненной термочувствительной люминофорной смесью, содержащей первый люминесцентный материал 210, второй люминесцентный материал 220 и термочувствительное жидкокристаллическое соединение 250.

Следующие варианты термочувствительных люминофорных смесей находятся в области цветных светодиодов, как это показано на фиг. 2e. Эти термочувствительные люминофорные смеси могут применяться с разными цветными люминофорами, имеющими различное тепловое поведение. При повышении температуры светорассеяние может становиться сильнее, что приводит к более длинному оптическому пути и большему преобразованию длины волны. Или же с повышением температуры светорассеяние может ослабевать, приводя к более короткому оптическому пути и уменьшению преобразования длины волны. Температура перехода различных термочувствительных материалов может быть разной, например, один из них реагирует на средние температуры, а другой реагирует на высокие температуры. Таким образом может быть построена система, которая, например, в зависимости от температуры изменяет цвет от синего (низкая температура) до красного (высокая температура) или от синего (низкая температура) до зеленого (средняя температура), до красного (высокая температура) и т. д., - в зависимости от температуры окружающей среды или от температуры, наведенной током самого светодиода. Фиг. 2e, в частности, изображает конфигурацию термочувствительного цветового светодиода. Синий светодиод находится внутри сборки и покрыт двумя термочувствительными люминесцентными смесями то есть первой светопропускающей матрицей 1205 и второй светопропускающей матрицей 2205 (перед первой светопропускающей матрицей 1205). Эти смеси могут иметь разные цветные люминофорные материалы и различное тепловое поведение.

В качестве приложений, среди прочего, может быть наружное освещение или освещении в сауне, в холодильнике, в бассейне, в кране, в душевой кабине, в утюге, в сушилке, в стиральной машине, в кондиционере и т. д.

Была подготовлена библиотека жидкокристаллических соединений на основе силикона и были исследованы термооптические свойства этих соединений. Представленный здесь материал претерпевает переход от светорассеивающего смектического жидкокристаллического состояния к прозрачному изотропному состоянию при 50°C, что делает его превосходным кандидатом для использования на светодиодах. Фиг. 3a показывает жидкокристаллический компонент на основе силикона, то есть вариант осуществления термочувствительного жидкокристаллического соединения 250, а фиг. 3b показывает полимеризуемую матрицу, в данном случае - диакрилат бисфенола A (матрица SR349). С целью создания печатной краски со стабильными свойствами жидкий кристалл на основе силикона смешивают в соотношении 1:1 с диакрилатом бисфенола A (см. фиг. 3b), при этом полимеризуемая матрица выбрана из-за ее показателя преломления, который такой же, что и средний показатель преломления силикона. После полимеризации эта краска образует на стеклянных слайдах и на светодиодах рассеивающее покрытие. Могут быть достигнуты и другие температуры перехода, как это показано на фиг. 3c, которая приводит таблицу, указывающую температуру перехода между различными фазами в зависимости от

компонентов, причем S обозначает фазу смектика, N обозначает фазу нематика, а I обозначает изотропную фазу. Например, A160I показывает, что при температуре около 160°C материал переходит от смектической фазы (рассеяние) к изотропной фазе (меньшее рассеяния или отсутствие рассеяния). SI-S3 показывают три различных (не ограничивающих) примера силиконов; LC1-LC3 показывают три различных (не ограничивающих) примера жидкокристаллических функциональных групп, которые могут быть привиты к цепочкам силикона S-S3. На фиг. 3a и 3c m и n, в частности, могут быть равными около 6, хотя возможны и другие значения. Далее, цепочки силикона могут быть также и циклическими (см. далее). На фиг. 3a-3c, индекс k также может быть равен 6, хотя возможны и другие значения (см. также выше). Заметим, что боковые группы R в SI, S2 и S3 могут быть одинаковыми, как это показано в таблице, но в других вариантах осуществления могут содержать также две или более разных групп. Фиг. 3a представляет собой комбинацию силикона S2 и группы LC3.

Далее, цепочки силикона SI-S3 на фиг. 3c являются не ограничивающими примерами. В качестве примера, SI включает в кольцо из 5 атомов кремния. Однако это кольцо может также включать в себя более 5 атомов кремния, в том числе, - до 40 атомов кремния. В качестве примера, - оба индекса m и n в S2 могут быть равными около 6, хотя m и n могут также отличаться друг от друга и (или) отличаться от значения около 6 (см. также S3). Кроме того, цепочка силикона S3 имеет в качестве примера форму значения около 17 и величину для n около 9. И опять, - одно или более из этих значений (в других вариантах осуществления) могут быть различными. В одном варианте осуществления m и n могут быть независимо выбраны из группы, состоящей из 2-25, как, например, 4-20 или, например 4-10.

Оценивались характеристики при добавлении в температурно-изменяемый материал люминофора, - см. фиг. 4a. При этом на "теплый белый" светодиод средней мощности с люминесцентным преобразованием сверху накладывали 100 мкм слой, содержащий компоненту красного люминофора, а также рассеивающие частицы из TiO_2. Степень рассеяния увеличивалась посредством увеличения плотности рассеивающих частиц. Соответствующие КЦТ изменялись при этом от 3000 K до 4000 K. Цветовые точки следовали относительно близко к линии черного тела. Следовательно, эффективность термочувствительного материала, не содержащего люминофор, при добавлении красного люминофора повысилась. Линия, обозначенная позицией I, показывает расчетные координаты цветовой точки, когда рассеяние изменяется от сильного до слабого. Соответствующие КЦТ при этом изменяются от 3000K до 4000K. Линия, обозначенная позицией I, относится к варианту осуществления, показанному на фиг. 2a; линия, обозначенная позицией II, относится к варианту осуществления, показанному на фиг. 2d. В соответствии с этими предварительными результатами вариант I следует линии черного тела в наилучшей степени. Однако при некоторой оптимизации вариант II также может хорошо следовать линии черного тела. Кроме того, настоящее изобретение не ограничено вариантами осуществления, в которых свет осветительного устройства при увеличении или уменьшении подаваемой на осветительное устройство электрической мощности следует линии черного тела.

Дополнительные результаты экспериментальной проверки вариантов осуществления по фиг. 4a приведены на фиг. 4b. В этих экспериментах пустые чашки с синим светодиодным чипом заполняли смесью термочувствительного рассеивающего жидкокристаллического материала и желтого люминофора. Эта фигура показывает измеренные цветовые точки светодиодных чашек, заполненных смесью термочувствительного ЖК и желтого люминофора. Точки, обозначенные ссылочной

позицией II, имеют 4 вес.% люминофора с куполом. Точки, обозначенные ссылочным номером I, имеют 4 вес.% люминофора без купола. Когда ток через светодиод изменялся от 10 мА до 80 мА, измеренная цветовая температура изменялась от 5000 К до 6800 К в одном случае и от 7300 К до 9800 К в другом случае.

Данное осветительное устройство может быть частью, например, офисной системы освещения, систем бытового применения, систем освещения магазинов, домашнего системы освещения, системы акцентного освещения, системы точечного освещения, театральной системы освещения, волоконно-оптических прикладных систем, проекционных систем, систем подсветки дисплея, пиксельных систем воспроизведения изображения, сегментированных систем воспроизведения изображения, систем предупреждающих знаков, осветительных систем медицинских приложений, систем указательных знаков, системы декоративного освещения, портативных системы, автомобильных прикладных систем, систем освещения теплиц, садового освещения или подсветки ЖК-дисплея или же может быть применено в них.

Используемый здесь термин "белый свет" специалистам в данной области техники известен. Он, как правило, относится к свету, имеющему коррелированную цветовую температуру между, примерно, 2000 К и 20000 К, предпочтительно, - 2700-20000 К, для общего освещения - как правило, в диапазоне около 2700 К и 6500 К, а для целей подсветки - как правило, в диапазоне от около 7000 К и до 20000 К, и, предпочтительно, - в пределах около 15 SDCM (стандартное отклонение цветового соответствия) от линии черного тела, предпочтительно, - в пределах около 10 SDCM от линии черного тела, еще более предпочтительно, - в пределах около 5 SDCM от линии черного тела.

Термины "фиолетовый свет" или "фиолетовое излучение", как правило, относятся к свету, имеющему длину волны в диапазоне около 380-440 нм. Термины "синий свет" или "синее излучение", как правило, относятся к свету, имеющему длину волны в диапазоне около 440-495 нм (включая некоторые фиолетовые и зеленовато-голубые оттенки). Термины "зеленый свет" или "зеленое излучение", как правило, относятся к свету, имеющему длину волны в диапазоне около 495-570 нм. Термины "желтый свет" или "желтое излучение", как правило, относятся к свету, имеющему длину волны в диапазоне около 570-590 нм. Термины "оранжевый свет" или "оранжевое излучение" особенно относятся к свету, имеющему длину волны в диапазоне около 590-620 нм. Термины "красный свет" или "красное излучение", как правило, относятся к свету, имеющему длину волны в диапазоне около 620-780 нм. Термин "розовый свет" или "розовое излучение", как правило, относится к свету, имеющему синюю и красную компоненты. Термины "видимый", "видимый свет" или "видимое излучение" относятся к свету, имеющему длину волны в диапазоне около 380-780 нм.

Используемый здесь термин "по существу", в таком виде как "по существу весь свет" или "по существу содержит", специалистам в данной области техники будет понят. Термин "по существу" может также включать в себя варианты "полностью", "совершенно", "все" и т. д. Следовательно, в вариантах использования прилагательное[4)] "по существу" может быть и удалено. Там, где это применимо, термин "по существу" также может относиться к 90% или более, например, 95% или более, как правило, 99% или более, или даже 99,5% или более, включая 100%. Термин "содержать" включает также варианты, в которых термин "содержит" означает "состоит из". Термин "и (или) ", в частности, относится к одной или нескольким из позиций, упомянутым до и после "и (или)". Например, фраза "позиция 1 и (или) позиция 2" и ей подобные фразы могут относиться к одной или нескольким позициям 1 и 2. Термин "содержащий" в одном варианте осуществления может означать "состоящий из, а в другом варианте

осуществления может также относиться к "содержащий по меньшей мере определенные виды и, как вариант, один или более других видов".

Кроме того, термины первый, второй, третий и т.п. в описании и в пунктах формулы изобретения используются для ввода различия между аналогичными элементами, а не обязательно для описания последовательного или хронологического порядка. Следует понимать, что используемые таким образом термины при соответствующих обстоятельствах являются взаимозаменяемыми, и что описанные здесь варианты осуществления изобретения могут работать в других последовательностях, чем описано или проиллюстрировано здесь.

Упомянутые здесь устройства, помимо всего прочего, описаны во время работы. Как будет понятно специалисту в данной области техники, изобретение не ограничивается описанными способами работы или работающими устройствами.

Следует заметить, что вышеупомянутые варианты осуществления иллюстрируют, а не ограничивают изобретение, и что специалисты в данной области техники смогут построить много альтернативных вариантов осуществления, не выходя за рамки объема приложенных пунктов формулы изобретения. В этих пунктах формулы изобретения любые ссылочные позиции, помещенные между скобками, не должны истолковываться как ограничивающие данный пункт. Использование глагола "содержать" и его спряжений не исключает присутствие элементов или этапов, отличных от тех, что указаны в пункте формулы изобретения. Признаки единственного числа, предшествующие какому-либо элементу, не исключает наличия множества таких элементов. Изобретение может быть реализовано посредством аппаратных средств, содержащих несколько отдельных элементов, и посредством соответствующим образом запрограммированного компьютера. В относящемся к устройству пункте формулы изобретения с перечислением несколько средств, некоторые из этих средств могут быть реализованы одним и тем же элементом аппаратных средств. Тот простой факт, что некоторые размеры приведены во взаимно различных зависимых пунктах формулы изобретения, не означает, что для получения преимущества не может быть использована комбинация этих размеров.

Настоящее изобретение дополнительно относится к устройству, содержащему один или более характерных признаков, описанных в описании и (или) показанных на приложенных чертежах. Изобретение дополнительно относится к способу или процессу, содержащему один или более характерных признаков, описанных в описании и (или) показанных на приложенных чертежах.

Различные аспекты, обсуждаемые в этом патенте, могут быть скомбинированы для обеспечения дополнительных преимуществ. Кроме того, специалист в данной области техники поймет, что варианты осуществления могут быть объединены, и что могут быть объединены более двух вариантов осуществления. Кроме того, некоторые из признаков могут составить основу для одной или более выделенных патентных заявок.

(57) Формула изобретения

1. Осветительное устройство (10), содержащее источник (100) света, выполненный с возможностью генерации света (101) источника света, и светопреобразующий элемент (200), при этом светопреобразующий элемент (200) содержит светопропускающую матрицу (205) и при этом светопропускающая матрица (205) содержит

(i) первый люминесцентный материал (210), выполненный с возможностью преобразования по меньшей мере части одного или более из (a) света (101) источника света и (b) опционально, света (221) второго люминесцентного материала из

опционального второго люминесцентного материала (220) в свет (211) первого люминесцентного материала; и

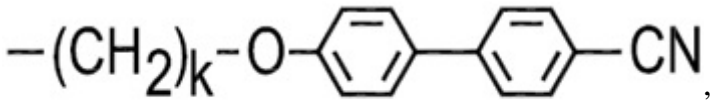
(ii) термочувствительное жидкокристаллическое соединение (250), при этом светопропускающая матрица (205) сконфигурирована в тепловом контакте с источником (100) света,

при этом осветительное устройство (10) дополнительно выполнено с возможностью обеспечения света (11) осветительного устройства, включающего в себя упомянутый свет (101) источника света, упомянутый свет первого люминесцентного материала (210) и, опционально, упомянутый свет (221) второго люминесцентного материала, причем упомянутый светопреобразующий элемент (200) выполнен с возможностью изменения посредством подаваемого на источник (100) света электрического питания одного или более из цвета и цветовой температуры света (11) осветительного устройства.

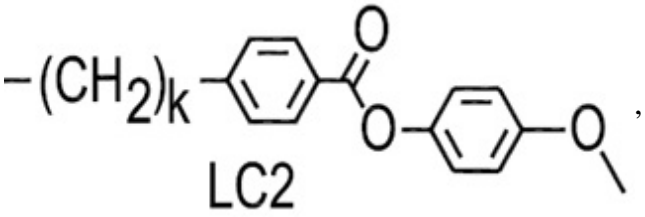
2. Осветительное устройство (10) по п. 1, в котором источник (100) света содержит синий светодиод (110) со светодиодным кристаллом (112) и в котором светопропускающая матрица (205) сконфигурирована без физического контакта с упомянутым светодиодным кристаллом (112).

3. Осветительное устройство (10) по любому из предшествующих пунктов, при этом осветительное устройство содержит подложку (15) и при этом светопропускающая матрица (205) сконфигурирована в виде покрытия (16) на упомянутой подложке (15).

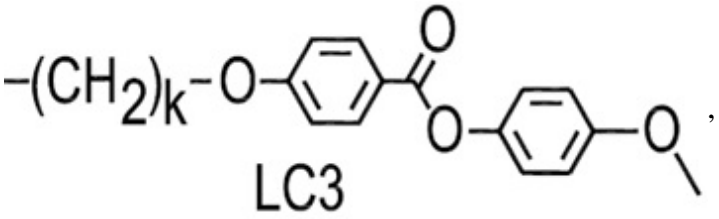
4. Осветительное устройство (10) по любому из предшествующих пунктов, в котором термочувствительное жидкокристаллическое соединение (250) содержит одно или более из группы, состоящей из



LC1



LC2



LC3

где k изменяется в диапазоне 4-20.

5. Осветительное устройство (10) по любому из предшествующих пунктов, в котором светопропускающая матрица (205) содержит силикон и в котором термочувствительное жидкокристаллическое соединение (250) содержит функционализированный силикон жидкокристаллической группы.

6. Осветительное устройство (10) по любому из предшествующих пунктов, в котором светопропускающая матрица (205) при максимальной рабочей мощности осветительного устройства (10) имеет температуру T_{max} матрицы и в котором термочувствительное жидкокристаллическое соединение (250) имеет температуру перехода, выбранную из

диапазона в 15-85% от T_{max}(°C).

7. Осветительное устройство (10) по любому из предшествующих пунктов, в котором светопропускающая матрица (205) содержит упомянутый первый люминесцентный материал (210) и упомянутый второй люминесцентный материал (220), при этом упомянутый второй люминесцентный материал (220) выполнен с возможностью преобразования по меньшей мере частично одного или более из (a) света (101) источника света и (b) опционально света (211) первого люминесцентного материала в свет (221) второго люминесцентного материала, при этом свет (211) первого люминесцентного материала имеет первую преобладающую длину волны, отличную от второй преобладающей длины волны света (221) второго люминесцентного материала.

8. Осветительное устройство (10) по п.1, содержащее первую светопропускающую матрицу (1205) и вторую светопропускающую матрицу (2205), в котором одна из светопропускающих матриц (1205, 2205) содержит упомянутый первый люминесцентный материал (210) и упомянутое термочувствительное жидкокристаллическое соединение (250) и в котором другая из светопропускающих матриц (1205, 2205) содержит второй люминесцентный материал (221), при этом свет (211) первого люминесцентного материала имеет первую преобладающую длину волны, отличную от второй преобладающей длины волны света (221) второго люминесцентного материала.

9. Осветительное устройство (10) по п. 8, в котором первая светопропускающая матрица (1205) сконфигурирована после упомянутой второй светопропускающей матрицы (2205) и в котором упомянутая первая светопропускающая матрица (1205) содержит упомянутое термочувствительное жидкокристаллическое соединение (250).

10. Осветительное устройство (10) по п. 9, в котором источник (100) света содержит синий светодиод (110) со светодиодным кристаллом (112), при этом вторая светопропускающая матрица (2205) сконфигурирована в физическом контакте со светодиодным кристаллом (112) и при этом первая светопропускающая матрица (1205) находится в физическом контакте со второй светопропускающей матрицей (2205).

11. Осветительное устройство (10) по любому из пп. 7-10, в котором первый люминесцентный материал (210) выполнен с возможностью преобразования по меньшей мере части света (221) второго люминесцентного материала в упомянутый свет (211) первого люминесцентного материала.

12. Осветительное устройство (10) по любому из пп. 7-11, в котором упомянутый свет (221) второго люминесцентного материала имеет вторую преобладающую длину волны в зеленой или в желтой части видимого спектра и в котором свет (211) первого люминесцентного материала имеет первую преобладающую длину волны в красной части видимого спектра.

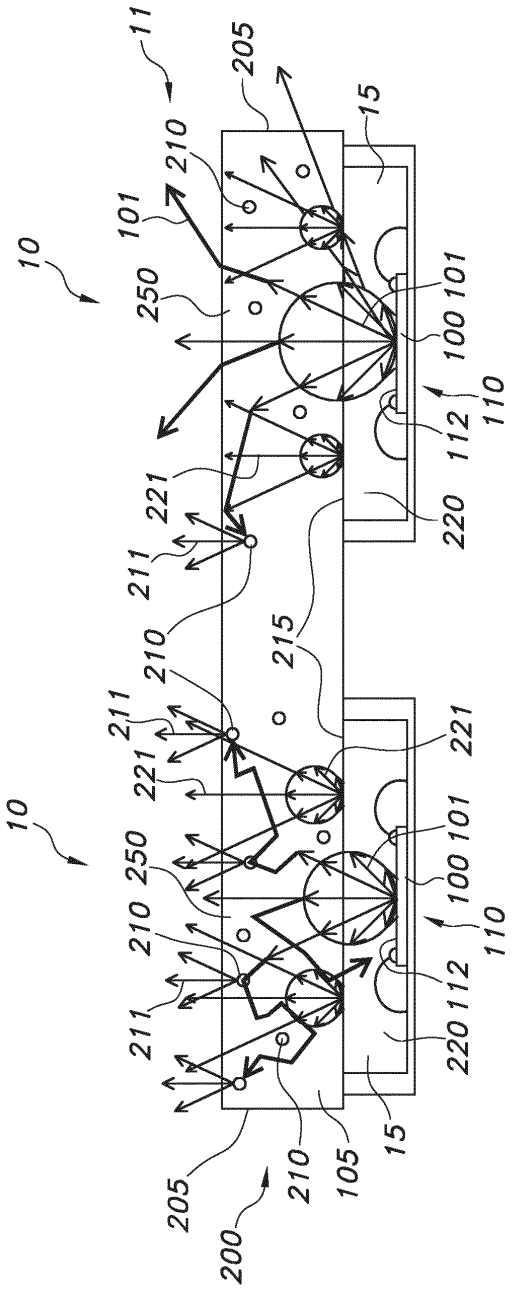
13. Применение осветительного устройства (10) по любому из предшествующих пп. 1-12 для обеспечения света (11) осветительного устройства, в котором посредством подаваемого на источник (100) света электрического питания изменяется одно или более из цвета и цветовой температуры.

14. Применение по п. 13, в котором осветительное устройство (10) сконфигурировано с возможностью обеспечения белого света (11) осветительного устройства и в котором цветовая температура света (11) осветительного устройства увеличивается с повышением электрической мощности и уменьшается с уменьшением электрической мощности в по меньшей мере части диапазона электрической мощности.

15. Способ индивидуальной настройки осветительного устройства (10), выполненного с возможностью генерации белого света (11) осветительного устройства, в котором осветительное устройство (10) содержит светоизлучающую поверхность (215), при этом

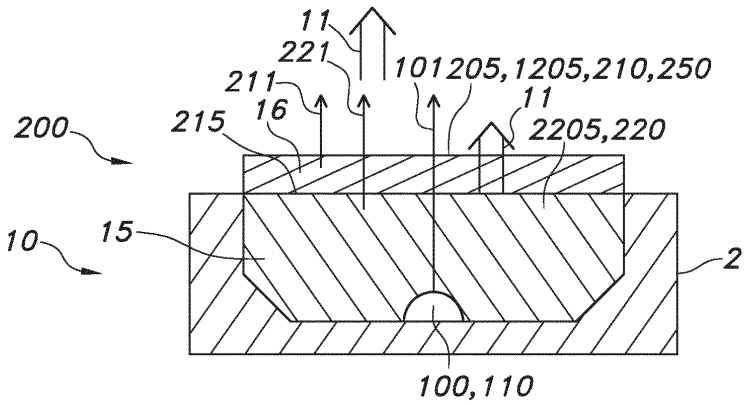
способ включает в себя обеспечение покрытия на упомянутой светоизлучающей поверхности (215), при этом покрытие содержит светопреобразующий элемент (200), при этом светопреобразующий элемент (200) включает в себя светопропускающую матрицу (205), содержащую (i) первый люминесцентный материал (210), выполненный с возможностью преобразования по меньшей мере части света (11) осветительного устройства в свет (211) первого люминесцентного материала, и (ii) термочувствительное жидкокристаллическое соединение (250), при этом покрытие является светопропускающим для по меньшей мере части упомянутого света (11) осветительного устройства и при этом свет (11) осветительного устройства после упомянутого покрытия дополнительно содержит по меньшей мере часть упомянутого света (211) первого люминесцентного материала.

1

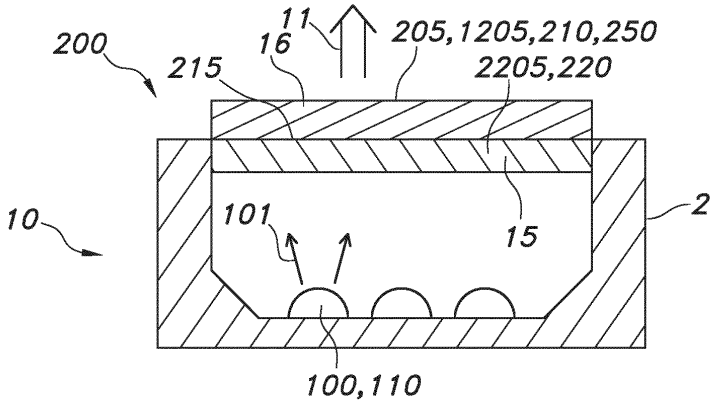

11
205
15
210
101
10
250
100 101
110
112
221
220
211
210
215
211
221
221
10
250
100 101
210
110
112
211
220 112
15
205
210
105
200

ФИГ.1

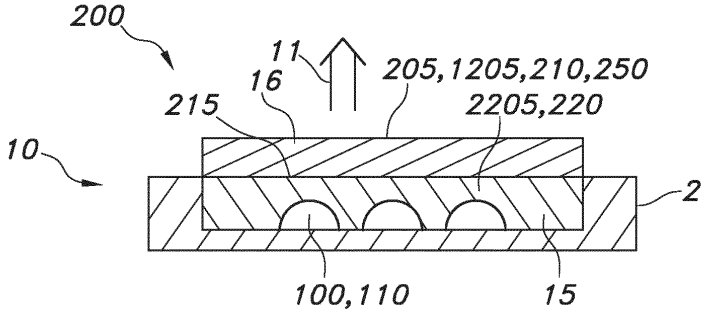
2



ФИГ.2A

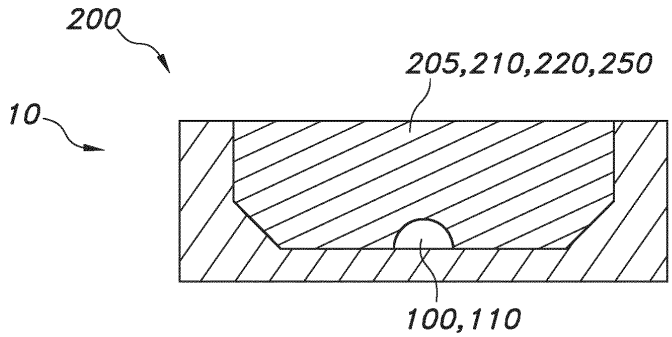


ФИГ.2B

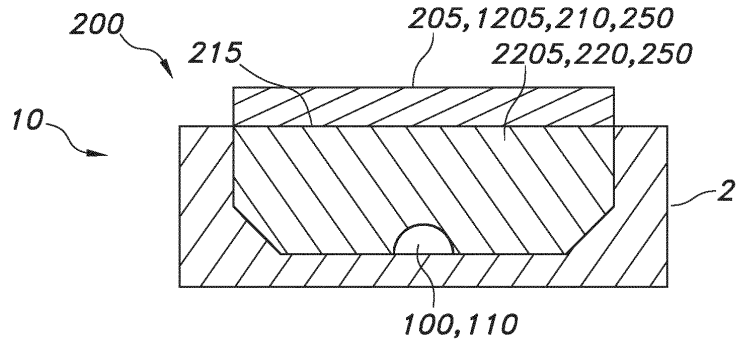


ФИГ.2C

3

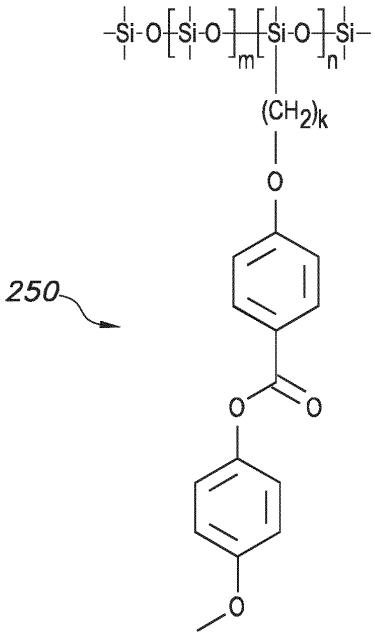


ФИГ.2D

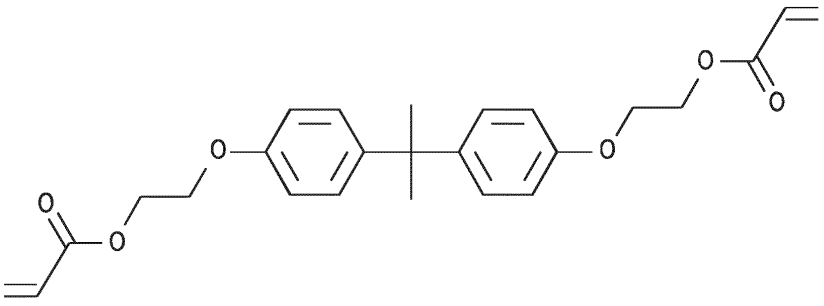


ФИГ.2E

4

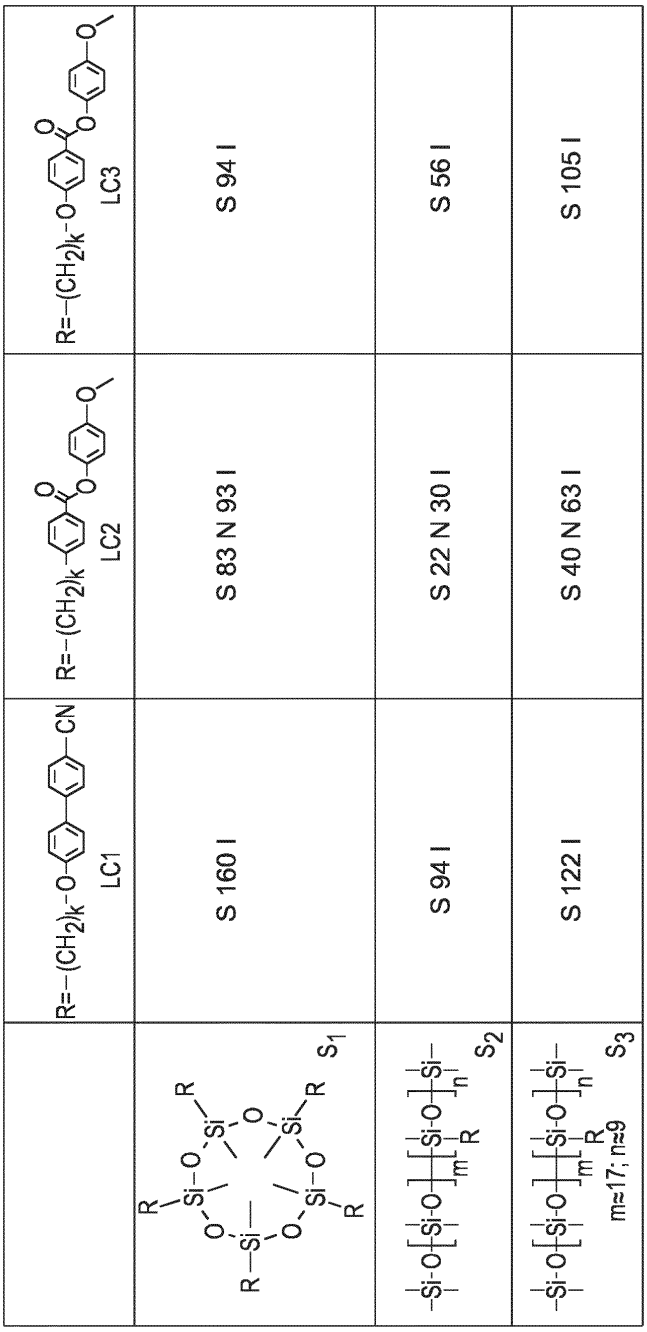


ФИГ.3А



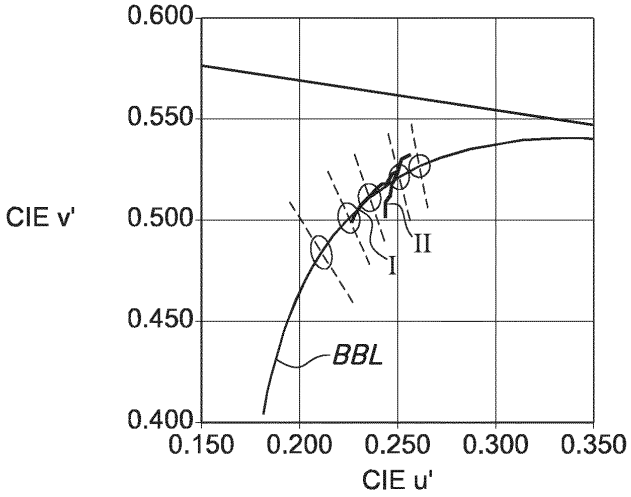
ФИГ.3В

5/6

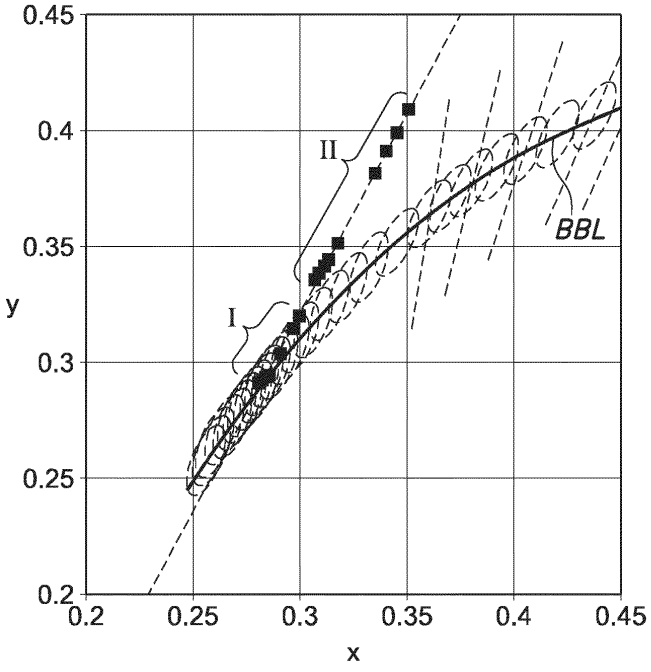

R=–(CH2)k–O–
CN
LC1
R=–(CH2)k–
O
O
O
LC2
R=–(CH2)k–O–
O
O
O
LC3
S 160 I
S 83 N 93 I
S 94 I
S1
S 94 I
S 22 N 30 I
S 56 I
S2
S 122 I
S 40 N 63 I
S 105 I
S3
m≈17; n≈9

ФИГ.3С

6


0.600
0.550
0.500
0.450
0.400
CIE v'
0.150
0.200
0.250
0.300
0.350
CIE u'
I
II
BBL

ФИГ.4A


0.45
0.4
0.35
0.3
0.25
0.2
y
0.2
0.25
0.3
0.35
0.4
0.45
x
I
II
BBL

ФИГ.4B