

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011153969/28, 27.05.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.05.2010

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
04.06.2009 ЕР 09161945.2

(43) Дата публикации заявки: 20.07.2013 Бюл. № 20

(45) Опубликовано: 20.08.2014 Бюл. № 23

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: EP1769193A2, 04.04.2007.
JP2008053702A, 06.03.2008. US2008025047A1,
31.01.2008. US2009008573A1, 08.01.2009.
US2003230751A1, 18.12.2003. RU82035U1,
10.05.2009. RU2219622C1, 20.12.2003(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 10.01.2012(86) Заявка РСТ:
IB 2010/052365 (27.05.2010)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2010/143093 (16.12.2010)Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"(54) ЭФФЕКТИВНОЕ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТАКОГО
УСТРОЙСТВА

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к светоизлучающему устройству (2), содержащему источник (10) первичного света, светопреобразующую среду (14) и оптическую структуру (16). Источник первичного света располагается на подложке (11). Светопреобразующая среда, содержащая фосфоры (14), предназначена для преобразования, по меньшей мере, части первичного света во вторичный свет (II) другой длины. Светопреобразующая среда образует

(72) Автор(ы):

ФАНКСАЛИ Эрно (NL),
СМИТС Виллем Хендрик (NL),
БЛУМЕН Паскаль Жан Анри (NL)

(73) Патентообладатель(и):

КОНИКЛЕЙКЕ ФИЛИПС
ЭЛЕКТРОНИКС Н.В. (NL),
ФИЛИПС ЛЮМИЛЕДС ЛАЙТИНГ
КОМПАНИ (ХОЛДИНГ) Б.В. (NL)

RU

2 5 2 5 6 2 0

C 2

дистанционную фосфорную конфигурацию. Оптическая структура предназначена для приема части вторичного света (II) из светопреобразующей среды и приспособлена для перенаправления части вторичного света по направлению к первой плоскости, но от источника (10) первичного света. Оптическая структура (16) содержит множество поверхностей (17), которые ориентированы так, что часть вторичного света, перенаправляемого по направлению к первой плоскости, задает область,

R U 2 5 2 5 6 2 0 C 2

по меньшей мере, частично окружающую источник первичного света. Благодаря обеспечению оптической структуры, перенаправляющей вторичный свет от источника первичного света, можно существенно снизить или устранить поглощение вторичного света

источником первичного света и, кроме того, световую эффективность можно повысить, перенаправляя этот вторичный свет в таком направлении, чтобы он передавался от светоизлучающего устройства. 3 н. и 10 з.п. ф-лы, 4 ил.

R U 2 5 2 5 6 2 0 C 2

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2011153969/28, 27.05.2010

(24) Effective date for property rights:
27.05.2010

Priority:

(30) Convention priority:
04.06.2009 EP 09161945.2

(43) Application published: 20.07.2013 Bull. № 20

(45) Date of publication: 20.08.2014 Bull. № 23

(85) Commencement of national phase: 10.01.2012

(86) PCT application:
IB 2010/052365 (27.05.2010)(87) PCT publication:
WO 2010/143093 (16.12.2010)

Mail address:

129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, stroenie 3,
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij Partnery"

(72) Inventor(s):

FANKSALI Ehrno (NL),
SMITS Villem Khendrik (NL),
BLUMEN Paskal' Zhan Anri (NL)

(73) Proprietor(s):

KONINKLEJKE FILIPS EhLEKTRONIKS
N.V. (NL),
FILIPS LJU MILEDS LAJTING KOMPANI
(KhOLDING) B.V. (NL)R U
2 5 2 5 6 2 0
C 2

(54) EFFECTIVE LIGHT EMITTING DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURE OF SUCH DEVICE

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: group of inventions relates to a light emitting device (2) comprising a source (10) of the primary light, a light-transforming medium (14) and an optical structure (16). The source of the primary light is located on the substrate (11). The light-transforming medium containing phosphors (14) is designed to transform at least a part of the primary light into secondary light (II) of different length. The light-transforming medium forms remote phosphoric configuration. The optical structure is designed to receive a part of the secondary light (II) from the light-transforming medium and is designed to redirect the part of the secondary light in the direction of the first plane, but from the source (10) of the primary light.

The optical structure (16) comprises a plurality of surfaces (17) which are oriented so that the part of the secondary light redirected towards the first plane defines an area at least partially surrounding the source of the primary light.

EFFECT: due to providing an optical structure that redirects the secondary light from the source of the primary light, it is possible to reduce substantially or eliminate the absorption of the secondary light by the source of the primary light and, in addition, the light efficiency can be increased by redirecting this secondary light in such direction that it is transmitted from the light emitting device.

13 cl, 4 dwg

Область техники

Группа изобретений относится к области светоизлучающих устройств и к способам изготовления таких устройств. Такие устройства можно использовать, например, для освещения. В частности, изобретение относится к повышению эффективности

5 светоизлучающих устройств, в которых свет источника первичного света преобразуется во вторичный свет с использованием светопреобразующей среды.

Уровень техники

Использование твердотельных источников света, содержащих, например, светодиоды (СИД), для освещения и других применений быстро растет. Твердотельные

10 осветительные приборы оправдывают связанные с ними ожидания в плане обеспечения очень эффективного освещения, и технологический прогресс направлен на дополнительное повышение эффективности светоизлучающих устройств, используемых в таких осветительных устройствах.

Часто требуется, чтобы осветительные устройства, применяемые в таких областях

15 техники, излучали белый свет. Один подход к получению таких осветительных устройств предусматривает преобразование, по меньшей мере, части первичного света твердотельных источников света во вторичный свет с использованием разновидностей фосфора (люминофора). Белый свет можно получать путем частичного преобразования синего света с помощью материала преобразования длины волны, содержащего такой

20 фосфор (люминофор). Синий свет, излучаемый, например, светодиодом (СИД), частично поглощается фосфором, заставляя фосфор излучать свет другого цвета, например желтый свет. Синий свет, излучаемый СИД, смешивается с желтым светом, излучаемым фосфором, и наблюдатель воспринимает результирующую смесь синего и желтого света как белый свет.

25 Однако разновидности фосфора излучают вторичный свет (например, желтый свет) с изотропной характеристикой распределения света (т.е. вторичный свет излучается в телесном угле 4π). Поэтому, по меньшей мере, часть вторичного света излучается обратно в направлении источника первичного света и может поглощаться, что снижает эффективность светоизлучающего устройства. Поглощение вторичного света может

30 достигать 50%.

В US 2009/0001399 раскрыт способ повышения световой эффективности белого светодиода, в котором используются кристалл СИД и фосфор. Первичный свет излучается кристаллом СИД и преобразуется во вторичный свет фосфором. Между кристаллом СИД и фосфором предусмотрен, по меньшей мере, один дополнительный 35 слой или материал, который прозрачен для первичного света из кристалла СИД и отражает вторичный свет фосфора. Дополнительный слой или материал позволяет снижать поглощение вторичного света.

Прозрачность и отражательная способность дополнительного слоя или материала для первичного света и вторичного света, соответственно, не являются оптимальными. 40 Поэтому эффективность светоизлучающего устройства можно дополнительно повысить.

Сущность изобретения

Раскрыто светоизлучающее устройство, содержащее источник первичного света, светопреобразующую среду и оптическую структуру. Источник первичного света, предназначенный для излучения первичного света, располагается в первой плоскости 45 (образованной, например, несущим элементом для источника первичного света).

Светопреобразующая среда предназначена для преобразования, по меньшей мере, части первичного света во вторичный свет, длина волны которого отличается от длины волны первичного света. Светопреобразующая среда располагается во второй плоскости

на расстоянии от источника первичного света. Оптическая структура предназначена для приема части вторичного света из светопреобразующей среды и приспособлена для перенаправления части вторичного света по направлению к первой плоскости и от источника первичного света для обеспечения передачи вторичного света. Для этого

5 оптическая структура, содержащая множество поверхностей, причем поверхности ориентированы так, что часть вторичного света перенаправляется по направлению к первой плоскости, образует область, по меньшей мере, частично окружающую источник первичного света.

10 Раскрыто также осветительное устройство для освещения области или пространства, где располагается такое светоизлучающее устройство.

15 Раскрыт также способ изготовления светоизлучающего устройства. Этапы изготовления включают в себя обеспечение источника первичного света на несущем элементе для обеспечения первичного света и размещение светопреобразующей среды на расстоянии от источника первичного света. Светопреобразующая среда способна преобразовывать, по меньшей мере, часть первичного света во вторичный свет, длина 20 волны которого отличается от длины волны первичного света. Предусмотрена оптическая структура, обращенная к источнику первичного света. Оптическая структура предназначена для приема части вторичного света из светопреобразующей среды и для перенаправления части вторичного света по направлению к несущему элементу и 25 от источника первичного света. Для этого оптическая структура, содержащая множество поверхностей (17), причем поверхности ориентированы так, что часть вторичного света перенаправляется по направлению к первой плоскости, образует область, по меньшей мере, частично окружающую источник первичного света.

30 Благодаря обеспечению оптической структуры, приспособленной для перенаправления вторичного света от источника первичного света, можно существенно снизить или устраниить поглощение вторичного света источником первичного света без необходимости в промежуточном слое или материале. Структурное изменение части светоизлучающего устройства обеспечивает перенаправление вторичного света от источника первичного света. Световую эффективность можно повысить, перенаправляя этот вторичный свет в таком направлении, чтобы он передавался от светоизлучающего устройства прямо или косвенно, т.е. через дополнительную перенаправляющую структуру.

35 Примером оптической структуры является структура наподобие линзы Френеля.

Очевидно, что, по меньшей мере, одна из первой плоскости и второй плоскости может содержать, например, искривленную плоскость. Пример второй непланарной 40 плоскости обеспечивается светопреобразующим материалом в форме купола, который будет дополнительно описан ниже.

Варианты осуществления по пп.2 и 13 обеспечивают эффективную оптическую структуру, которая позволяет перенаправлять часть вторичного света, будучи, по существу, независимой от соображений для этой структуры, касающейся прозрачности в отношении первичного света и отражательной способности в отношении части вторичного света.

45 Вариант осуществления по п.3 выгоден с точки зрения изготовления. Кроме того, оптическая структура может быть сформирована в светопреобразующей среде.

Вариант осуществления по п.4 имеет преимущество в том, что первичный свет эффективно перехватывается компонентом, содержащим светопреобразующую среду. Вариант осуществления по п. 5 выгоден тем, что оптический путь для первичного света в светопреобразующей среде, по существу, идентичен для всех углов излучения, что

позволяет равномерно генерировать вторичный свет на протяжении компонента.

Вариант осуществления по п.6 обеспечивает материалы компонентов, которым можно сравнительно легко и экономически эффективно придавать форму для обеспечения оптической структуры. Вариант осуществления по п.7 обеспечивает 5 преимущество дополнительного уменьшения количества света, распространяющегося к источнику первичного света, тем самым снижая потери на поглощении.

Варианты осуществления по пп.8 и 9 обеспечивают средство для дополнительного перенаправления перенаправленной части вторичного света для повышения 10 эффективности светоизлучающего устройства. Отражательная способность отражающей части составляет, по меньшей мере, 95%.

В WO 2008/060586 раскрыт вариант осуществления дистанционного фосфорного светоизлучающего устройства, в котором фосфорный слой сделан шероховатым на границе раздела с источником первичного света. Шероховатый фосфорный слой призван повышать эффективность преобразования фосфорного слоя за счет снижения отражения 15 первичного света, т.е. чтобы не (пере)направлять вторичный свет. Однако для вторичного света, шероховатый фосфорный слой будет обеспечивать ламбертово распределение вторичного света, в результате чего значительное количество этого вторичного света будет по-прежнему падать на источник первичного света.

Краткое описание чертежей

20 Фиг. 1 - схема осветительного устройства, содержащего светоизлучающее устройство согласно варианту осуществления изобретения.

Фиг. 2 - схематический вид сверху светоизлучающего устройства согласно варианту осуществления изобретения.

Фиг. 3А и 3В - схематические виды в разрезе светоизлучающего устройства,

25 показанного на фиг. 2, по линии III-III.

Фиг. 4А и 4В - альтернативные варианты осуществления светоизлучающих устройств.

Подробное описание чертежей

На фиг. 1 схематически показано осветительное устройство 1, приспособленное для освещения, например, области или пространства. Осветительное устройство 1 содержит 30 светоизлучающее устройство 2 и отражающие поверхности 3, например, дихроичные зеркала или отражатели. Для оптимального использования отражающих поверхностей 3, предпочтительно, чтобы диаметр D светоизлучающего устройства 2 был мал, имитируя точечный источник.

На фиг. 2 показан вид сверху светоизлучающего устройства 2 осветительного

35 устройства 1. На фиг. 3А и 3В показаны виды в разрезе по линии III-III на фиг. 2.

Светоизлучающее устройство 2 содержит источник 10 первичного света, обеспеченный на подложке 11. Источник 10 первичного света может содержать один или несколько светодиодов, установленных так, чтобы электрический ток мог течь 40 через эти диоды. В результате, диоды излучают первичный свет I первой длины волны (например, синий свет в диапазоне длины волны от 360 нм до 480 нм, например, 460 нм). Очевидно, что необязательно, чтобы все диоды излучали первичный свет одной длины волны. Можно предусмотреть гибридные решения, в которых некоторые диоды излучают свет первой длины волны (например, синий свет), и другие диоды излучают свет другой длины волны (например, красный свет). Поверх диода(ов) можно обеспечить 45 охватывающий материал (не показан), например, кремний, улучшающий отвод первичного света от диода(ов).

Светоизлучающее устройство 2 имеет так называемую дистанционную фосфорную конфигурацию, в которой компонент 13, содержащий фосфорные вещества 14,

располагается на расстоянии от источника 10 первичного света. Другими словами, источник 10 первичного света располагается в первой плоскости, тогда как фосфорные вещества находятся во второй (искривленной) плоскости, удаленной от первой плоскости. Типичное расстояние между источником 10 первичного света и компонентом

- 5 13 составляет от 1 до 10 мм. Фосфоры 14 известны своей способностью служить светопреобразующей средой, т.е. преобразовывать, по меньшей мере, часть первичного света I светодиодов первой длины волны во вторичный свет II второй длины волны, отличной от первой длины волны. В порядке примера, синий первичный свет может частично преобразовываться в желтый свет. Комбинация синего и желтого света
- 10 обеспечивает для наблюдателя яркость белого света W. Возможны различные преобразования (т.е. вторые длины волны), например, в зависимости от выбранного (ых) типа(ов) фосфора. В порядке примера, можно выбрать множество разных фосфоров, которые преобразуют первичный свет I во вторичный свет II разной длины волны, которые смешиваются для обеспечения яркости белого света W. Очевидно, что
- 15 можно также получить яркость вне белого света, в зависимости от типов фосфоров и первичного света.

Компонент 13 имеет конфигурацию в форме купола, причем источник 10 первичного света располагается в центре купола. Компонент в форме купола 13 обеспечивает равный оптический путь для первичного света I в элементе 13, независимо от

- 20 радиального направления. Купол 13 может образовывать воздушную камеру 15, для обеспечения заметной разности между показателем преломления купола 13 и воздушной камеры 15. Однако камера 15 также может быть наполнена веществом, имеющим нужную разность показателей преломления относительно купола 13.

Фосфоры 14 излучают вторичный свет II равномерно во всех направлениях. Поэтому

- 25 часть излучаемого вторичного света II неизбежно будет направляться обратно, по направлению к источнику 10 первичного света, вместо того, чтобы выходить наружу. Без принятия каких-либо мер, значительная часть этого вторичного света II будет поглощаться источником 10 первичного света, что снижает эффективность светоизлучающего устройства 2. Поглощение части вторичного света II будет больше
- 30 для более малых источников света в результате увеличения относительной площади источника 10 первичного света.

Задача варианта осуществления, представленного на фиг. 3А и 3В, состоит в том, чтобы, по существу, предотвратить поглощение источником 10 первичного света части вторичного света, которая излучается обратно в светоизлучающее устройство 2.

- 35 Для этого совместно с компонентом 13, сформирована оптическая структура 16. Оптическая структура 16 предназначена для приема части вторичного света II из фосфоров 14, как показано на фиг. 3В, и ей придана форма для перенаправления части вторичного света по направлению к подложке 11, но от источника 10 первичного света. Это позволяет, по существу, предотвратить поглощение части вторичного света II
- 40 источником 10 первичного света.

В частности, оптическая структура 16 содержит множество поверхностей 17 особой формы, которые ориентированы так, чтобы вторичный свет II, генерируемый фосфорами 14, преломлялся по направлению к подложке 11, но от источника 10 первичного света. Другая часть вторичного света II будет испытывать полное внутреннее отражение на 45 поверхностях 17 и может покидать компонент 13, не проникая в воздушную камеру 15.

Согласно фиг. 3А и 3В, ориентация этих поверхностей 17 изменяется вдоль компонент 13 в зависимости от угловой позиции относительно источника 10 первичного света. В

частности, вблизи подложки 11 соседние поверхности 17 ориентированы перпендикулярно друг другу, тогда как над источником 10 первичного света (т.е. вблизи верхней точки купола) поверхности 17 образуют меньший угол.

Светоизлучающее устройство 2 содержит отражатель 18, обеспеченный на подложке 11 или над ней. Отражатель 18 может, по существу, окружать источник 10 первичного света, что можно видеть на фиг. 2. Часть вторичного света II, которая перенаправлена оптической структурой 16, предпочтительно, направляется к отражателю 18 для повышения вероятности того, что вторичный свет II, в конце концов, выйдет из светоизлучающего устройства 2, что повышает световую эффективность

10 светоизлучающего устройства 2.

Компонент 13, предпочтительно, выполнен из пластика (например, ПК или РММІ) или кремния. Эти материалы сравнительно недороги и сравнительно легко поддаются формовке для обеспечения оптической структуры 16. Альтернативно, компонент 13 выполнен из керамического материала.

15 Фосфор(ы) 14 можно добавлять до формовки элемента 13 или на более поздней стадии. Фосфоры также можно наносить на внешнюю поверхность компонента 13, т.е. на поверхность, обращенную от источника 10 первичного света, с образованием слоя или оболочки поверх нее.

20 Очевидно, что можно предложить различные модификации варианта осуществления, представленного на фиг. 2, 3А и 3В.

Один пример предусматривает применение разделительного слоя 20, наносимого на компонент 13, что схематически показано на фиг. 4А. Разделительный слой 20 содержит оптическую структуру 16 для перенаправления части вторичного света II по направлению к подложке 11, но от источника 10 первичного света, например, за счет

25 преломления части вторичного света.

Другой пример предусматривает другую конфигурацию компонента 13, т.е. конфигурацию компонента, отличную от куполообразной. На фиг. 4В схематически проиллюстрирован компонент 33 в форме перевернутой усеченной пирамиды, снабженная оптической структурой 36, содержащий поверхности 37, ориентированные таким образом, чтобы вторичный свет направлялся к подложке 31, но от источника первичного света 30, как описано выше. Поверхности 37 ориентированы так, что соседние поверхности 37 сходятся в точке А, и линия, проведенная между центром источника первичного света 30 и точкой А, делит острый угол между поверхностями 37, по существу, на равные части. Предусмотрена камера 35, наполненная веществом, например воздухом, имеющим более низкий показатель преломления, чем у компонента 33 в форме перевернутой усеченной пирамиды.

Специалисты в данной области техники могут предложить и реализовать другие разновидности раскрытых вариантов осуществления заявленного изобретения, изучив чертежи, описание и формулу изобретения. В формуле изобретения, слово "содержащий" не исключает наличия других элементов или этапов, и употребления их названий в единственном числе не исключает наличия их множества. Тот лишь факт, что некоторые меры упомянуты в разных зависимых пунктах, не исключает возможности выгодного использования комбинации этих мер. Никакие условные обозначения, присутствующие в формуле изобретения, не следует рассматривать в порядке ограничения ее объема.

45

Формула изобретения

1. Светоизлучающее устройство (2), содержащее
источник (10) первичного света для излучения первичного света, причем источник

первичного света располагается в первой плоскости,

светопреобразующую среду (14), предназначенную для преобразования, по меньшей мере, части первичного света во вторичный свет, длина волны которого отличается от длины волны первичного света, причем светопреобразующая среда располагается во

5 второй плоскости на расстоянии от первой плоскости,

оптическую структуру (16), расположенную между первой плоскостью и второй плоскостью, причем оптическая структура предназначена для приема части вторичного света из светопреобразующей среды и для перенаправления части вторичного света по направлению к первой плоскости и от источника первичного света для обеспечения

10 передачи вторичного света, причем оптическая структура (16) содержит множество поверхностей (17), поверхности которых ориентированы так, что часть вторичного света, перенаправляемого по направлению к первой плоскости, задает область, по меньшей мере, частично окружающую источник первичного света.

2. Светоизлучающее устройство (2) по п.1, в котором оптическая структура (16)

15 содержит преломляющую структуру.

3. Светоизлучающее устройство (2) по п.1, в котором светопреобразующая среда (14) и оптическая структура (16) образуют единое целое.

4. Светоизлучающее устройство (2) по п.1, в котором светопреобразующая среда (14) содержится в компоненте (13), по меньшей мере, частично окружающем источник

20 первичного света.

5. Светоизлучающее устройство (2) по п.4, в котором компонент (13) является компонентом в форме купола.

6. Светоизлучающее устройство (2) по п.4, в котором компонент (13) содержит пластик, керамический материал или кремниевый материал.

25 7. Светоизлучающее устройство (2) по п.1, дополнительно содержащее пространство (15), задающее воздушный зазор между источником (10) первичного света и светопреобразующей средой (14).

8. Светоизлучающее устройство (2) по п.1, дополнительно содержащее отражатель (18), предназначенный для приема части вторичного света, перенаправленного

30 оптической структурой (16).

9. Светоизлучающее устройство (2) по п.8, в котором отражатель (18) располагается, по существу, в или параллельно первой плоскости, по меньшей мере, частично окружающей источник (10) первичного света.

10. Светоизлучающее устройство (2) по п.1, в котором источник (10) первичного

35 света содержит один или более светоизлучающих диодов для генерации первичного света, и светопреобразующая среда (14) содержит, по меньшей мере, один люминофорный компонент для генерации вторичного света.

11. Осветительное устройство (1), выполненное с возможностью освещения площади или комнаты, содержащее светоизлучающее устройство (2) по одному или более из

40 пунктов 1-10 и элемент (3), заключающий в оболочку светоизлучающее устройство (2), по меньшей мере, частично охватывающий светоизлучающее устройство, причем элемент содержит, по меньшей мере, одну отражающую поверхность, предназначенную для отражения света, излучаемого светоизлучающим устройством.

12. Способ изготовления светоизлучающего устройства (2), содержащий этапы, на

45 которых:

обеспечивают источник (10) первичного света на несущем элементе (11) для обеспечения первичного света,

размещают светопреобразующую среду (14) на расстоянии от несущего элемента,

причем светопреобразующая среда способна преобразовывать, по меньшей мере, часть первичного света во вторичный свет, длина волны которого отличается от длины волны первичного света,

обеспечивают оптическую структуру (16), содержащую множество поверхностей

5 (17), обращенную к источнику первичного света, причем оптическая структура предназначена для приема части вторичного света из светопреобразующей среды и для перенаправления части вторичного света по направлению к несущему элементу и от источника первичного света.

13. Способ по п.12, дополнительно содержащий этап, на котором обеспечивают

10 оптическую структуру (16) в компоненте (13), причем оптическая структура получается путем придания формы компоненту для обеспечения множества поверхностей (17), причем поверхности ориентированы так, что часть вторичного света перенаправляется по направлению к первой плоскости, задавая область, по меньшей мере, частично окружающую источник первичного света.

15

20

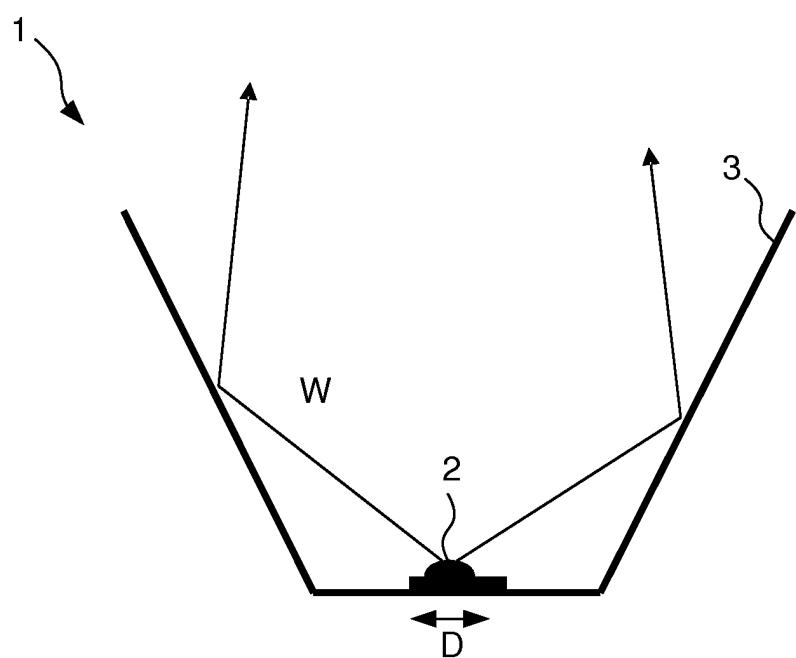
25

30

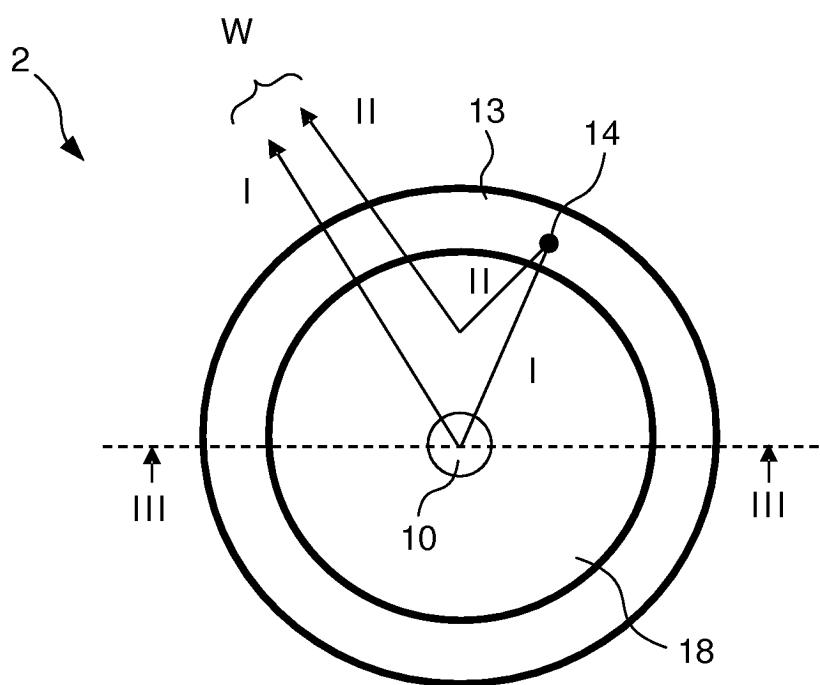
35

40

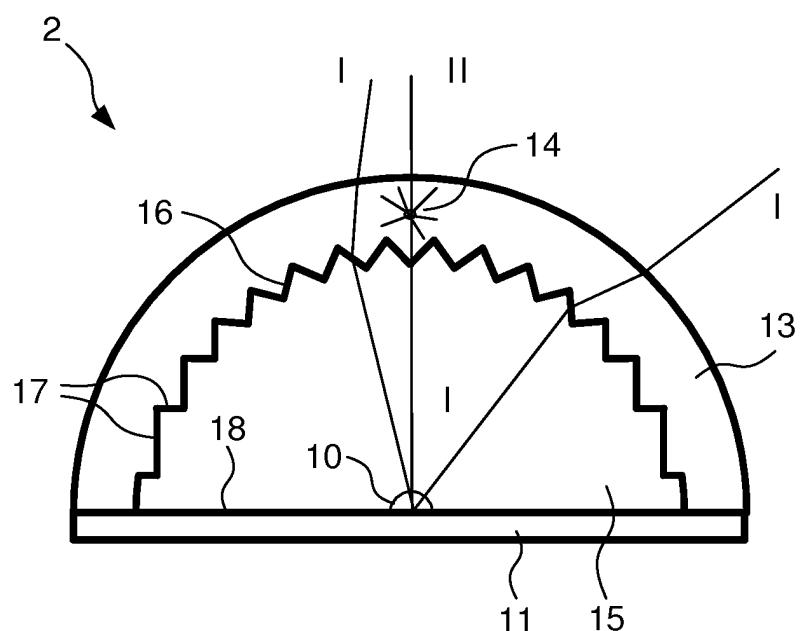
45



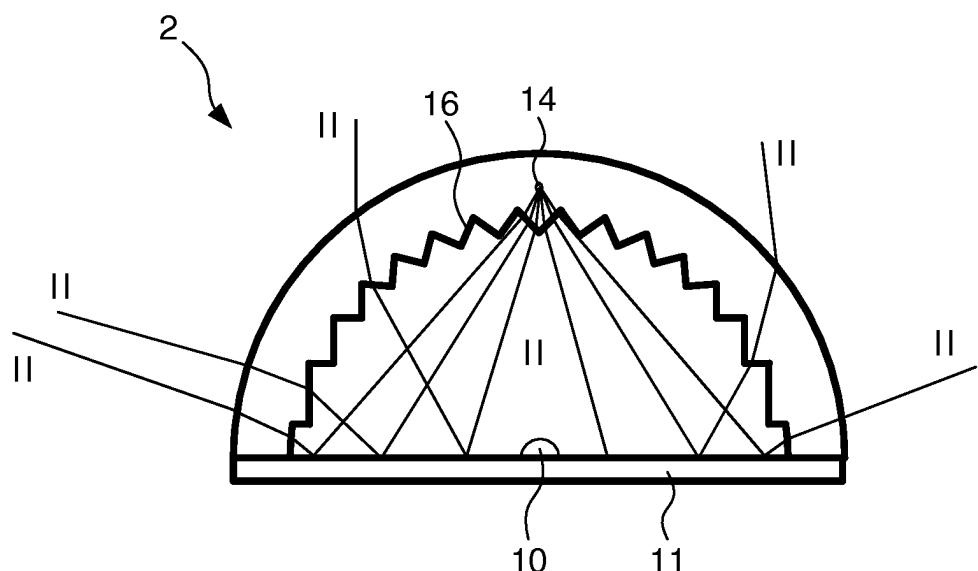
ФИГ. 1



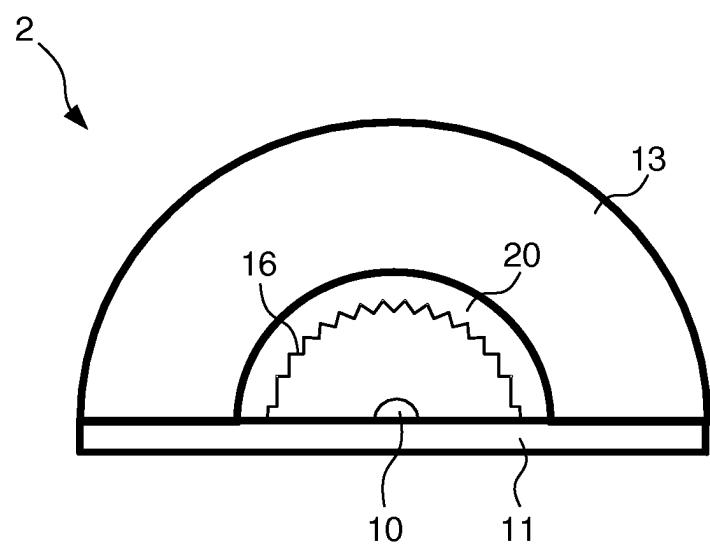
ФИГ. 2



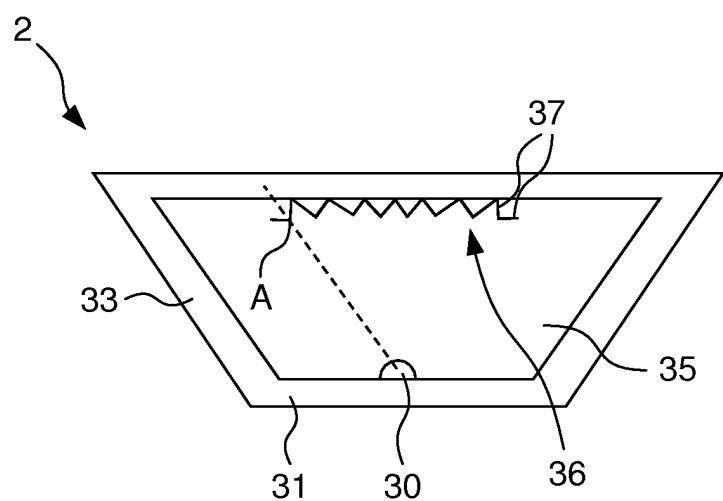
ФИГ. 3А



ФИГ. 3В



ФИГ. 4А



ФИГ. 4В