



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012104520/28, 08.02.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.02.2012

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
09.02.2011 JP 2011-026344
05.01.2012 JP 2012-000681
05.01.2012 JP 2012-000680

(45) Опубликовано: 27.10.2013 Бюл. № 30

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: JP 2010123745 A, 03.06.2010. JP 2008166677 A, 17.07.2008. JP 2008311412 A, 25.12.2008. JP 2007305690 A, 22.11.2007. JP 2006191000 A, 20.07.2006. JP 2004193500 A, 08.07.2004. JP 2002118245 A, 19.04.2002. US 5371397 A, 06.12.1994. US 7087945 B2, 08.08.2006. US 7259791 B2, 21.08.2007. US 2005/0253212 A1, 17.11.2005. WO 2007/037294 A1, 05.04.2007.

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

**КАТО Таро (JP),
САВАЯМА Тадаси (JP),
ИКАКУРА Хироси (JP)**

(73) Патентообладатель(и):

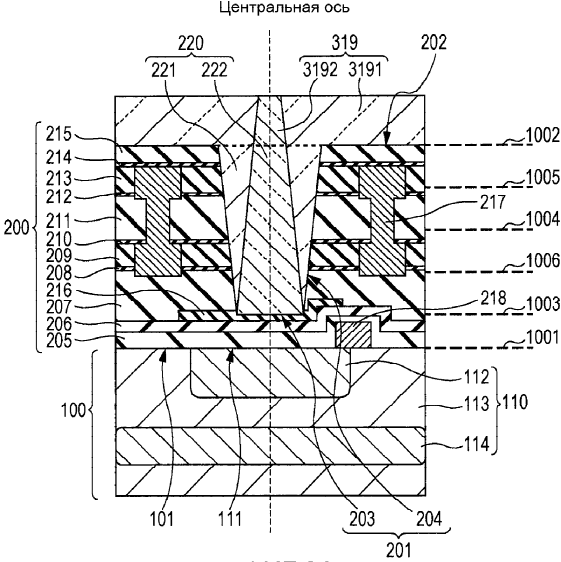
КЭНОН КАБУСИКИ КАЙСЯ (JP)**(54) ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗУЮЩИЙ ЭЛЕМЕНТ, ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО И СИСТЕМА ДЛЯ СЧИТЫВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к фотоэлектрическому преобразующему устройству, имеющему конфигурацию светонаправляющего тракта. Сущность изобретения: фотоэлектрический преобразующий элемент для создания светового тракта к упомянутому участку фотоэлектрического преобразования включает в себя средний участок и периферийный участок, имеющий показатель преломления, отличающийся от показателя преломления среднего участка, в пределах некоторой плоскости, параллельной светоприемной поверхности участка фотоэлектрического преобразования, и в пределах другой

плоскости, расположенной ближе к светоприемной поверхности, чем упомянутая некоторая плоскость, и параллельной светоприемной поверхности, причем периферийный участок выполнен неразрывным со средним участком и окружает средний участок, показатель преломления периферийного участка больше, чем показатель преломления изолирующей пленки, а толщина периферийного участка в пределах упомянутой другой плоскости меньше, чем толщина периферийного участка в пределах упомянутой некоторой плоскости. Изобретение обеспечивает повышение чувствительности фотоэлектрических преобразующих элементов, повышая

эффективность использования падающего
света. 14 н. и 14 з.п. ф-лы, 11 ил.



RU 2 4 9 7 2 3 4 C 2

RU 2 4 9 7 2 3 4 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2012104520/28, 08.02.2012**(24) Effective date for property rights:
08.02.2012

Priority:

(30) Convention priority:
09.02.2011 JP 2011-026344
05.01.2012 JP 2012-000681
05.01.2012 JP 2012-000680(45) Date of publication: **27.10.2013 Bull. 30**

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

KATO Taro (JP),
SAVAJaMA Tadasu (JP),
IKAKURA Khironi (JP)

(73) Proprietor(s):

KEhNON KABUSIKI KAJSJJa (JP)(54) **PHOTOELECTRIC CONVERSION ELEMENT, PHOTOELECTRIC CONVERSION DEVICE AND IMAGE READING SYSTEM**

(57) Abstract:

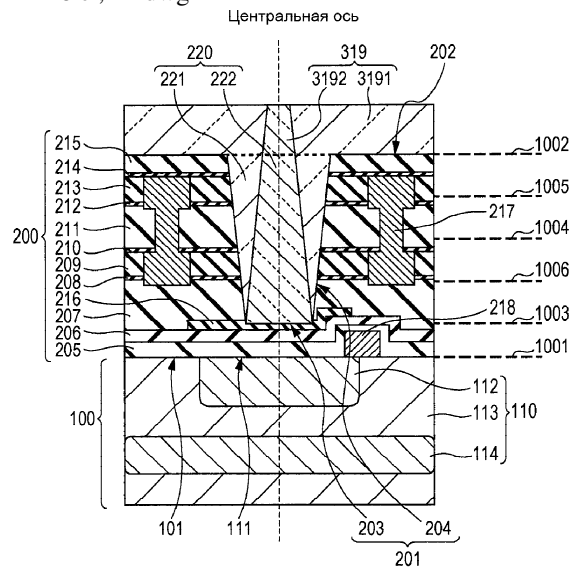
FIELD: physics.

SUBSTANCE: photoelectric conversion element for making a light path to said photoelectric conversion portion includes a middle portion and a peripheral portion having a refraction index different from that of the middle portion, within a certain plane parallel to the light-receiving surface of the photoelectric conversion portion, and within another plane lying closer to the light-receiving surface than said certain plane, and parallel to the light-receiving surface, wherein the peripheral portion is continuous with the middle portion and surrounds the middle portion; the refraction index of the peripheral portion is greater than that of the insulating film and the thickness of the peripheral portion within said other plane is smaller than that of the peripheral portion within said certain plane.

EFFECT: high sensitivity of photoelectric conversion elements with high efficiency of using

incident light.

28 cl, 11 dwg



ФИГ. 2А

Предпосылки создания изобретения

Область техники, к которой относится изобретение

Данное изобретение относится к фотоэлектрическому преобразующему устройству, имеющему конфигурацию светонаправляющего тракта.

Характеристика предшествующего уровня техники

В случае фотоэлектрического преобразующего устройства, включающего в себя многочисленные фотоэлектрические преобразующие элементы, чтобы увеличить количество участков фотоэлектрического преобразования и/или уменьшить габариты фотоэлектрического преобразующего устройства, приходится уменьшать ширину светоприемной поверхности. Соответственно, может снизиться чувствительность самих фотоэлектрических преобразующих элементов. Поэтому чувствительность можно увеличивать, повышая эффективность использования падающего света.

Действенной мерой повышения эффективности использования падающего света является обеспечение светопроводного тракта к светоприемной поверхности фотоэлектрического преобразующего элемента (светоприемного участка), как описано в выложенном патенте Японии № 2008-166677.

Краткое изложение существа изобретения

В первом варианте осуществления данного изобретения предложен фотоэлектрический преобразующий элемент, включающий в себя участок фотоэлектрического преобразования и элемент для создания светового тракта, нанесенный на участок фотоэлектрического преобразования и окруженный изолирующей пленкой, при этом элемент для создания светового тракта включает в себя первый участок и второй участок, имеющий такой же стехиометрический состав, как первый участок, а также имеющий больший показатель преломления, чем показатель преломления первого участка, при этом второй участок выполнен неразрывным с первым участком и окружает первый участок, а кроме того, показатель преломления первого участка больше, чем показатель преломления изолирующей пленки, в пределах некоторой плоскости, параллельной светоприемной поверхности участка фотоэлектрического преобразования, и в пределах другой плоскости, параллельной светоприемной поверхности и находящейся ближе к светоприемной поверхности, чем упомянутая некоторая плоскость, и при этом толщина второго участка в пределах упомянутой другой плоскости меньше, чем толщина второго участка в пределах упомянутой некоторой плоскости.

Во втором варианте осуществления данного изобретения предложен фотоэлектрический преобразующий элемент, включающий в себя участок фотоэлектрического преобразования и элемент для создания светового тракта, нанесенный на участок фотоэлектрического преобразования и окруженный изолирующей пленкой, при этом изолирующая пленка включает в себя первый изолирующий слой и второй изолирующий слой оксида кремния или силикатного стекла, при этом элемент для создания светового тракта включает в себя первый участок и второй участок, имеющий меньший показатель преломления, чем показатель преломления первого участка, при этом второй участок выполнен неразрывным с первым участком и окружает первый участок, а кроме того, показатель преломления второго участка больше, чем показатель преломления изолирующей пленки, в пределах некоторой плоскости, параллельной светоприемной поверхности участка фотоэлектрического преобразования, и в пределах другой плоскости, параллельной светоприемной поверхности и находящейся ближе к светоприемной поверхности, чем упомянутая некоторая плоскость, и при этом

толщина второго участка в пределах упомянутой другой плоскости меньше, чем толщина второго участка в пределах упомянутой некоторой плоскости.

Дополнительные признаки данного изобретения станут очевидными из нижеследующего описания возможных вариантов осуществления со ссылками на прилагаемые чертежи.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 представлен схематический чертеж поперечного сечения для описания примера фотоэлектрического преобразующего элемента.

На фиг. 2 (включающей в себя фиг. 2А и фиг. 2В) представлен схематический чертеж поперечного сечения части фотоэлектрического преобразующего элемента для описания примера первого варианта осуществления.

На фиг. 3 (включающей в себя фиг. 3А и фиг. 3В) представлен схематический чертеж для описания первого варианта осуществления.

На фиг. 4 (включающей в себя фиг. 4А и фиг. 4В) представлен схематический чертеж поперечного сечения части фотоэлектрического преобразующего элемента для описания примера второго варианта осуществления.

На фиг. 5 (включающей в себя фиг. 5А и фиг. 5В) представлен схематический чертеж поперечного сечения части фотоэлектрического преобразующего элемента для описания примера третьего варианта осуществления.

На фиг. 6 (включающей в себя фиг. 6А и фиг. 6В) представлен схематический чертеж поперечного сечения части фотоэлектрического преобразующего элемента для описания примера четвертого варианта осуществления.

На фиг. 7 (включающей в себя фиг. 7А и фиг. 7В) представлен схематический чертеж поперечного сечения части фотоэлектрического преобразующего элемента для описания примера пятого варианта осуществления.

На фиг. 8 (включающей в себя фиг. 8А и фиг. 8В) представлен схематический чертеж поперечного сечения части фотоэлектрического преобразующего элемента для описания примера шестого варианта осуществления.

На фиг. 9 (включающей в себя фиг. 9А и фиг. 9В) представлен схематический чертеж поперечного сечения части фотоэлектрического преобразующего элемента для описания примера седьмого варианта осуществления.

На фиг. 10 представлен схематический чертеж для описания седьмого варианта осуществления.

На фиг. 11 представлен схематический чертеж для описания примера фотоэлектрического преобразующего устройства и системы для считывания изображений.

Описание вариантов осуществления

Сначала со ссылками на фиг. 1 будет дано общее представление о фотоэлектрическом преобразующем элементе. На фиг. 1 представлен схематический чертеж поперечного сечения, изображающий пример фотоэлектрического преобразующего элемента.

Фотоэлектрический преобразующий элемент 1 включает в себя участок 110 фотоэлектрического преобразования. Многочисленные фотоэлектрические преобразующие элементы 1 скомпонованы в виде одномерного или двумерного образования, составляя фотоэлектрическое преобразующее устройство. Фотоэлектрическое преобразующее устройство будет описано ниже со ссылками на фиг. 11, но фотоэлектрическое преобразующее устройство может дополнительно включать в себя периферийную схему для управления сигналами, получаемыми от

фотоэлектрических преобразующих элементов 1.

Участок 110 фотоэлектрического преобразования нанесен на подложку 100. В рассматриваемом фотоэлектрическом преобразующем устройстве, единственная подложка 100 включает в себя многочисленные участки 110 фотоэлектрического преобразования, а каждый из многочисленных участков 110 фотоэлектрического преобразования составляет часть отдельного фотоэлектрического преобразующего элемента 1.

В связи с участком 110 фотоэлектрического преобразования отметим, что верхняя боковая поверхность на рассматриваемом чертеже представляет собой светоприемную поверхность 111. Мнимая (геометрическая) плоскость, включающая в себя светоприемную поверхность 111, будет именоваться первой плоскостью 1001. Как правило, участок 110 фотоэлектрического преобразования сформирован путем введения примеси в более глубокий участок, чем главная поверхность 101 полупроводниковой подложки 100. Поэтому, как правило, светоприемная поверхность 111 участка 110 фотоэлектрического преобразования, по существу, совпадает, по меньшей мере, с частью главной поверхности 101 подложки 100, а первая плоскость 1001 включает в себя главную поверхность 101 подложки 100.

Вместе с тем, за счет придания полости главной поверхности 101 полупроводниковой подложки 100, участок 110 фотоэлектрического преобразования можно формировать на более глубоком участке, чем поверхность дна этой полости. В альтернативном варианте, на главной поверхности стеклянной пластины или аналогичного средства можно сформировать тонкую пленку, имеющую конфигурацию типа структуры «металл - диэлектрик - полупроводник» (МДП-структуры). В этих случаях, главная поверхность 101 подложки 100 и светоприемная поверхность 111 участка 110 фотоэлектрического преобразования не всегда находятся в пределах одной и той же плоскости.

На подложку 100 (на главную поверхность 101) нанесена, по меньшей мере, изолирующая пленка 200, которая покрывает одну главную поверхность 101, где находится участок 110 фотоэлектрического преобразования подложки 100. То есть, нижняя поверхность изолирующей пленки 200 находится в контакте с главной поверхностью 101 подложки 100. В случае примера, показанного на фиг. 1, изолирующая пленка 200 покрывает главную поверхность 101 подложки 100 и светоприемную поверхность 111 участка 110 фотоэлектрического преобразования. Изолирующая пленка 200 обладает изолирующими свойствами до такой степени, при которой многочисленные участки 110 фотоэлектрического преобразования оказываются не электропроводными (обладают меньшей удельной электропроводностью, чем удельная электропроводность подложки 100). Как правило, изолирующая пленка 200 является прозрачной. Изолирующая пленка 200 может быть однослойной пленкой, состоящей из материала одного вида, но, как правило, изолирующая пленка 200 является многослойной пленкой, в которой наслоены многочисленные слои, состоящие из взаимно различных материалов.

Теперь будет описан пример изолирующей пленки 200 в случае многослойной пленки. При наличии изолирующей пленки 200, в указываемом ниже порядке от стороны главной поверхности 101 последовательно уложены первый изолирующий слой 205, второй изолирующий слой 206, третий изолирующий слой 207, четвертый изолирующий слой 208, пятый изолирующий слой 209, шестой изолирующий слой 210, седьмой изолирующий слой 211, восьмой изолирующий слой 212, девятый изолирующий слой 213, десятый изолирующий слой 214 и одиннадцатый изолирующий

слой 215. Изолирующая пленка 200 также включает в себя двенадцатый изолирующий слой 216, расположенный между частью второго изолирующего слоя 206 и частью третьего изолирующего слоя 207.

Из этих изолирующих слоев, второй изолирующий слой 206, пятый изолирующий слой 209, седьмой изолирующий слой 211, девятый изолирующий слой 213 и одиннадцатый изолирующий слой 215 выполнены из оксида кремния (SiO_2). Третий изолирующий слой 207 выполнен из борофосфосиликатного стекла (БФСС), но может быть выполнен из фосфосиликатного стекла (ФСС) или боросиликатного стекла (БСС) или оксида кремния (SiO_2) вместо БФСС. Из этих изолирующих слоев, первый изолирующий слой 205, четвертый изолирующий слой 208, восьмой изолирующий слой 212, десятый изолирующий слой 214 и двенадцатый изолирующий слой 216 выполнены из нитрида кремния (Si_3N_4).

К внутреннему участку изолирующей пленки 200 может быть проложена электропроводка 217. Электропроводка 217 может быть многослойной электропроводкой. Фиг. 1 иллюстрирует пример, в котором электропроводка 217 выполнена из первого слоя 2171 электропроводки, второго слоя 2172 электропроводки и штекерного слоя 2173. Штекерный слой 2173 расположен между первым слоем 2171 электропроводки и вторым слоем 2172 электропроводки и соединяет первый слой 2171 электропроводки со вторым слоем 2172 электропроводки. Хотя показан пример, в котором количество слоев электропроводки равно двум, можно предусмотреть три или более слоев электропроводки, дополнительно нанося слой электропроводки между первым слоем 2171 электропроводки и вторым слоем 2172 электропроводки. В качестве материала электропроводки можно применять электропроводный материал, такой, как медь, алюминий, вольфрам, тантал, титан, поликристаллический кремний или аналогичный материал. Типичная электропроводка 217 непрозрачна и имеет металлический блеск. На главную поверхность 101 полупроводниковой подложки 110 нанесен электрод 218 затвора вентиля переноса, имеющего конфигурацию структуры «метал - оксид - полупроводник» (МОП-структуры). Электрод 218 затвора выполнен из поликристаллического кремния и соединен с первым слоем 2171 электропроводки посредством не показанного штекера.

Теперь будет показан пример, касающийся электропроводки 217. Не показанный штекер может быть сформирован способом формирования одиночного муарового узора с использованием вольфрама в качестве основного компонента. Первый слой 2171 электропроводки может быть сформирован способом формирования одиночного муарового узора с использованием меди в качестве основного компонента. Штекерный слой 2173 и второй слой 2172 электропроводки могут быть выполнены как единое целое способом формирования двойного муарового узора с использованием меди в качестве основного компонента. При этом четвертый изолирующий слой 208, шестой изолирующий слой 210 и восьмой изолирующий слой 212 можно использовать в качестве слоя управления травлением и слоя, где медь отсутствует, а десятый изолирующий слой 214 можно использовать в качестве слоя, где медь отсутствует. Отметим, что первый слой 2171 электропроводки, второй слой 2172 электропроводки, контактный слой 2173 и штекер могут иметь защитный металл около поверхности раздела с изолирующей пленкой 200 и тантал в качестве основного компонента.

Изолирующая пленка 200 имеет участок 201 проема (участок отверстия). Хотя участок проема может состоять из сквозного отверстия или участка выемки, фиг. 1

иллюстрирует конфигурацию в случае, когда участок 201 проема состоит из участка выемки. Изолирующая пленка 200 является, по существу, плоской и имеет верхнюю поверхность 202, параллельную главной поверхности 101 подложки 100. Здесь

5 одинадцатый изолирующий слой 215 образует верхнюю поверхность 202 изолирующей пленки 200. Мнимая (геометрическая) плоскость, включающая в себя верхнюю поверхность 202, будет именоваться второй плоскостью 1002. Вторая плоскость 1002 параллельна первой плоскости 1001, а первая плоскость 1001 и вторая плоскость 1002 разделены, по существу, за счет толщины изолирующей пленки 200.

10 Участок 201 проема выполнен неразрывным с верхней поверхностью 202. Если говорить подробнее, то участок 201 проема состоит из поверхности дна и боковой поверхности 204. Здесь двенадцатый изолирующий слой 216 образует поверхность 203 дна. Мнимая (геометрическая) плоскость, включающая в себя поверхность 203 дна,

15 будет именоваться третьей плоскостью 1003. Поверхность 203 дна расположена в области, соответствующей светоприемной поверхности 111. Если говорить подробнее, то поверхность 203 дна расположена так, что попадает на ортогональную проекцию от светоприемной поверхности 111 в направлении, параллельном главной поверхности 101 (направлении, параллельном первой плоскости 1001 третьей

20 плоскости 1003). Таким образом, светоприемная поверхность 111 поверхность 203 дна обращены друг к другу через часть изолирующей пленки 200. Третья плоскость 1003 параллельна второй плоскости 1002 (и первой плоскости 1001), а вторая

плоскость 1002 и третья плоскость 1003 разделены, по существу, за счет глубины участка 201 проема. Боковая поверхность 204 выполнена неразрывной с верхней

25 поверхностью 202 и поверхностью 203 дна. Соответственно, боковая поверхность 204, по существу, проходит между второй плоскостью 1002 и третьей плоскостью 1003. Отметим, что форма поперечного сечения участка 201 проема будет U-образной, а граница между поверхностью 203 дна и боковой плоскостью может на самом деле и не

30 быть явно выраженной. Даже в этом случае, третья плоскость 1003 включает в себя, по меньшей мере, точку, ближайшую к подложке 100 по поверхности на стороне, противоположной той стороне изолирующей пленки 200, где находится подложка 100 (т.е. противоположной дну участка 201 проема). Как описано выше, поверхность

35 изолирующей пленки 200 на стороне, противоположной той, где находится подложка 100, имеет верхнюю поверхность 202, поверхность 203 дна и боковую поверхность 204. Поверхность изолирующей пленки 200 на стороне, где находится подложка 100, является нижней поверхностью изолирующей пленки 200. Как можно заметить из вышеизложенного описания, расстояние между первой плоскостью 1001 и

40 третьей плоскостью 1003, по существу, эквивалентно разности между толщиной изолирующей пленки 200 и глубиной участка 201 проема.

В одном варианте осуществления, глубина участка 201 проема составляет одну четверть толщины изолирующей пленки 200 или более, а может составлять и половину

45 толщины изолирующей пленки 200 или более. Кроме того, глубина участка 201 проема больше, чем длина волны падающего света. Типичная длина волны падающего света составляет 0,55 мкм для зеленого света, а расстояние D равна или больше, чем 0,55 мкм. Соответственно, толщина изолирующей пленки 200 превышает 0,55 мкм. Толщина изолирующей пленки 200 может быть равна или больше, чем 1,0 мкм. При

50 чрезмерном утолщении изолирующей пленки 200 увеличивается механическое напряжение или уходит большее время на изготовление, и поэтому толщина Tz изолирующей пленки 200, по существу, равна или меньше 1,0 мкм, а также может не превышать 5,0 мкм.

Плоская в сечении форма боковой поверхности 204 участка 201 проема (форма участка 201 проема в пределах плоскости, параллельной первой плоскости 1001) представляет собой форму замкнутого контура и может иметь круглую форму, эллиптическую форму, скругленную прямоугольную форму, прямоугольную форму или шестиугольную форму. В данном случае, Плоская в сечении форма боковой поверхности 204 участка 201 проема имеет круглую форму. Отметим, что поверхность 203 дна также имеет круглую форму. Ширина (диаметр) края проема участка 201 проема (боковой поверхности 204 в пределах второй плоскости 1002), как правило, равна или меньше 10 мкм, а также может не превышать 5,0 мкм. Данное изобретение демонстрирует явно выраженное преимущество в случае, когда ширина края проема равна или меньше 2,0 мкм.

Форма поперечного сечения участка 201 проема (форма участка 201 проема в пределах плоскости, перпендикулярной первой плоскости 2001, проходящей через срединную ось) может иметь форму перевернутой трапеции, форму равнобокой трапеции, форму прямоугольника, форму квадрата или эшелонированную форму, являющуюся комбинацией этих форм.

Внутри участка 201 проема расположен элемент 220 для создания светового тракта. Чтобы свет мог проходить сквозь элемент 220 для создания светового тракта, этот элемент 220 для создания светового тракта выполнен прозрачным. Отметим, что употребляемый здесь термин «прозрачный» может относиться к избирательности по длинам волн в той степени, в которой удовлетворяется требование достаточной прозрачности применительно к свету, по существу, в полосе длин волн, обеспечивающей фотоэлектрическое преобразование.

Поскольку элемент 220 для создания светового тракта расположен на внутренней стороне участка 201 проема, элемент 220 для создания светового тракта располагается выше участка 110 фотоэлектрического преобразования и окружен изолирующей пленкой 200. Если говорить подробнее, то элемент 220 для создания светового тракта окружен боковой поверхностью 204 участка 201 проема и находится в контакте с боковой поверхностью 204 изолирующей пленки 200. Кроме того, элемент 220 для создания светового тракта также находится в контакте с поверхностью 203 дна участка 201 проема. Помимо этого, если говорить подробнее, то элемент 220 для создания светового тракта окружен третьим изолирующим слоем 207, четвертым изолирующим слоем 208, пятым изолирующим слоем 209, шестым изолирующим слоем 210, седьмым изолирующим слоем 211, восьмым изолирующим слоем 212, девятым изолирующим слоем 213, десятым изолирующим слоем 214 и одиннадцатым изолирующим слоем 215 изолирующей пленки 200. Тогда элемент 220 для создания светового тракта находится в контакте с двенадцатым изолирующим слоем 216, образующим поверхность 203 дна участка 201 проема. Таким образом, элемент 220 для создания светового тракта расположен в области, соответствующей участку 110 фотоэлектрического преобразования (области ортогональной проекции светоприемной поверхности 111). Отметим, что в случае, если в качестве участка 201 проема вместо участка выемки принято сквозное отверстие, светоприемная поверхность 111 образует поверхность 203 дна участка 201 проема. Иными словами, элемент 220 для создания светового тракта находится в контакте с участком 110 фотоэлектрического преобразования. Глубина участка 201 проема, по существу, равна толщине изолирующей пленки 200.

Форма элемента 220 для создания светового тракта в целом согласуется с формой участка 201 проема. В данном варианте осуществления, элемент 220 для создания

светового тракта имеет форму усеченного конуса, но может иметь форму усеченной пирамиды, форму призмы или цилиндрическую форму, соответствующую форме участка 201 проема. Элемент 220 для создания светового тракта имеет форму, обладающую осевой симметрией относительно срединной оси. Ширина (диаметр) элемента 220 для создания светового тракта, как правило, равна или меньше 10 мкм, и может не превышать 5,0 мкм. Данное изобретение демонстрирует явно выраженное преимущество в случае, когда ширина края проема равна или меньше 2,0 мкм.

Показатель преломления, по меньшей мере, части элемента 220 для создания светового тракта больше, чем показатель преломления изолирующей пленки 200. Отметим, что в нижеследующем описании показатель преломления изолирующей пленки 200 будет описан как показатель преломления материала, из которого состоит большинство изолирующей пленки 200. Показатель преломления части элемента 220 для создания светового тракта может быть равен показателю преломления изолирующей пленки или быть меньше него. В случае просто упоминания показателя преломления в связи с данным изобретением, это означает, что речь идет об абсолютном показателе преломления. Хотя показатели преломления отличаются в зависимости от длин волн, показатель преломления, упоминаемый здесь, представляет собой показатель преломления, по меньшей мере, на длине волны света, который может генерировать заряд сигнала на участке 110 фотоэлектрического преобразования. Кроме того, в случае, когда фотоэлектрические преобразующие элементы 1 имеют участок выбора длины волны, такой, как цветной светофильтр или аналогичное средство, применяется длина волны света, пропускаемого этим участком выбора длины волны. Однако в практических целях длину волны падающего света можно считать соответствующей 0,55 мкм - длине волны зеленого света, к которому чувствительны глаза человека, и в нижеследующем описании показатель преломления будет описываться как показатель преломления, соответствующий длине волны 0,55 мкм.

В случае если показатель преломления наружного слоя элемента 220 для создания светового тракта больше, чем показатель преломления изолирующей пленки 200, а элемент 220 для создания светового тракта и изолирующая пленка 200 образуют поверхность раздела, полное внутреннее отражение оптически и геометрически происходит на этой поверхности раздела, которая направляет падающий свет в элемент 220 для создания светового тракта и - вследствие этого - может направлять его к светоприемной поверхности 111.

Отметим, что известна такая конфигурация, представляющая собой конфигурацию светонаправляющего тракта, при наличии которой между элементом для создания светового тракта и боковой поверхностью предусмотрена непрозрачная пленка, чтобы предотвратить вступление элемента для создания светового тракта в контакт с изолирующей пленкой (см., например, выложенный патент Японии № 2002-118245). В случае, если предусматривается непрозрачная пленка, можно уменьшить количество света, утечка которого происходит с боковой поверхности 204, становящееся причиной рассеянного светового излучения. Кроме того, в случае, если непрозрачная пленка представляет собой пленку, имеющую металлический блеск (пленку металла или аналогичную пленку), в этой непрозрачной пленке возникает отражение от металла, и поэтому падающий свет можно направлять к светоприемной поверхности внутри элемента для создания светового тракта. Вместе с тем, когда непрозрачная пленка располагается между элементом 220 для создания светового тракта и боковой поверхностью 204, свет, который не попал в элемент 220 для создания светового

тракта, но попал в изолирующую пленку 200, оказывается заметно хуже используемым, поскольку этот свет не попал в элемент 220 для создания светового тракта. С другой стороны, в случае, если непрозрачная ленка не предусматривается, то, когда элемент 220 для создания светового тракта находится в контакте с боковой

5 поверхностью 204 изолирующей пленки 200, свет, попадающий в изолирующую пленку 200, будет попадать изолирующей пленки 200 в элемент 220 для создания светового тракта, вследствие чего можно повысить эффективность использования света.

10 Материал (прозрачный материал) элемента 220 для создания светового тракта может быть органическим материалом или неорганическим материалом. Вместе с тем, желательными являются неорганические материалы, поскольку неорганические материалы химически стабильны. Примеры смол включают в себя смолу на основе

15 силикоксановой системы и полиимидную или аналогичные смолы. В качестве неорганических материалов пригодны нитрид кремния (Si_3N_4), оксинитрид кремния (SiO_xN_y) и оксид титана (TiO_2). Элемент 220 для создания светового тракта может быть выполнен из одного-единственного материала или может быть выполнен из нескольких материалов. Ниже будут упомянуты приближенные значения

20 показателей преломления тех материалов, которые приведены в качестве примеров материалов элемента 220 для создания светового тракта и изолирующей пленки 200. Эти значения составляют 1,4-1,5 для оксида кремния, 1,6-1,9 для оксинитрида кремния, 1,8-2,3 для нитрида кремния, 2,5-2,7 для оксида титана и 1,4-1,6 для боросиликатного стекла, фосфосиликатного стекла и борофосфосиликатного стекла

25 (БСС, ФСС и БФСС). Отметим, что значащие цифры величин коэффициентов преломления, упоминаемые здесь, являются двумя цифрами, а вторая десятичная цифра после десятичной запятой отброшена в результате округления.

Вышеупомянутые значения являются лишь примером, и даже в случае тех же самых

30 материалов отношение компонентов нестехиометрического состава или плотность материала изменяется за счет изменения способа формирования пленки, вследствие чего можно должным образом задавать показатель преломления. Отметим, что показатель преломления обычной смолы составляет 1,3 - 1,6, и даже смола с высоким

35 показателем преломления имеет соответствующее значение 1,6-1,8, а эффективный показатель преломления можно увеличить за счет введения в смолу неорганического материала с высоким показателем преломления, такого как оксид металла или аналогичное вещество. Примеры неорганических материалов с высоким показателем преломления, вводимых в смолу, включают в себя оксид титана, оксид тантала, оксид

40 ниобия, оксид вольфрама, оксид циркония, оксид цинка, оксид индия и гафний окисления или аналогичное вещество.

Хотя подробности применительно к варианту осуществления будут описаны ниже, все же отметим, что в данном изобретении элемент 220 для создания светового тракта имеет распределения показателя преломления, которое образовано первой областью

45 высокого показателя преломления и второй областью высокого показателя преломления, имеющей больший показатель преломления, чем показатель преломления первой области высокого показателя преломления. Это распределения показателя преломления сформировано в пределах участка (среднего участка и

50 периферийного участка), занятого тем же материалом, что и составляющий, по меньшей мере, часть элемента 220 для создания светового тракта. На практике, показатель преломления элемента 220 для создания светового тракта равен или больше, чем 1,6. Кроме того, на практике разность между максимальным значением и

минимальным значением показателей преломления в распределении показателей преломления, характерном для участка, занимаемого вышеупомянутым одним материалом, равна или больше, чем 0,025, и может составлять может быть равна или больше, чем 0,050. Отметим, что, как правило, разность между максимальным значением и минимальным значением показателей преломления равна или меньше 0,50, а практически равна или меньше 0,25. При таком распределении показателя преломления, граница между первой областью высокого показателя преломления и второй областью высокого показателя преломления может быть отчетливо наблюдаемой или может не быть отчетливо наблюдаемой. Например, в случае, если показатель преломления плавно изменяется от центральной оси к изолирующей пленке 200, то граница между первой областью высокого показателя преломления и второй областью высокого показателя преломления не будет отчетливо наблюдаемой. В таком случае границу между первой областью высокого показателя преломления и второй областью высокого показателя преломления можно определить следующим образом. В частности, получают промежуточное значение между максимальным значением и минимальным значением показателей преломления участка, выполненного из одного и того же материала в пределах элемента 220 для создания светового тракта (т.е., (максимальное значение + минимальное значение)/2). При таком распределении показателя преломления в пределах элемента 220 для создания светового тракта, линия, соединяющая точку, служащую в качестве этого промежуточного значения, можно определить как границу между первой областью высокого показателя преломления и второй областью высокого показателя преломления. Излишне говорить, что первая область высокого показателя преломления включает в себя участок, показатель преломления которого является минимальным, а вторая область высокого показателя преломления включает в себя участок, показатель преломления которого является максимальным.

Отметим, что термин «один и тот же (тот же самый) материал» означает материалы, имеющие один и тот же стехиометрический состав. Соответственно, материал, состав которого отличается от стехиометрического (т.е. имеющий другой, нестехиометрический состав), и материал, кристалличность которого, плотность материала, плотность включения (меньшая, чем у основного материала), материал примеси (концентрация которого равна или меньше 1 масс. %) и плотность примеси отличаются, можно назвать одним и тем же материалом. Например, хотя отношение компонентов стехиометрического состава нитрида кремния составляет Si:N=3:4, материалы, фактические отношения между Si и N в которых взаимно отличаются в пределах диапазона, где отношения компонентов стехиометрического состава являются такими же, можно считать одним и тем же материалом. Кроме того, например, монокристаллический кремний и поликремний (поликристаллический кремний) рассматриваются как один и тот же материал. Отметим, что материалы, имеющие отличающийся стехиометрический состав, не являются одним и тем же материалом. Например, хотя и монооксид титана (TiO), и диоксид титана (TiO₂) являются соединениями оксида и титана (т.е. представляют собой оксид титана), эти материалы являются стехиометрически разными. Как описано выше, нитрид кремния имеет значительно больший показатель преломления, чем показатель преломления оксида кремния, а также имеет более широкий диапазон доступного показателя преломления по сравнению с оксинитридом кремния, и поэтому оказывается подходящим в качестве материала, имеющего вышеуказанное распределения показателя преломления. В случае применения нитрида кремния в качестве

элемента 220 для создания светового тракта, вышеуказанное распределения показателя преломления можно сформировать, изменяя способ формирования пленки нитрида кремния во время формирования пленки. Кроме того, в случае применения смолы, в которой диспергированы частицы оксида металла для получения

5 элемента 220 для создания светового тракта, вышеупомянутое распределения показателя преломления также можно сформировать, изменяя плотность неорганического материала с высоким показателем преломления, вводимого в смолу. Хотя распределение показателя преломления в элементе 220 для создания светового

10 тракта можно сформировать, воспользовавшись материалами, отличающимися друг от друга, данное изобретение демонстрирует явно выраженное преимущество в случае, когда распределение показателя преломления в элементе 220 для создания светового тракта сформировано с использованием одного и того же материала вышеописанным способом.

15 Способ формирования элемента 220 для создания светового тракта и изолирующей пленки 200 не ограничивается каким-либо конкретным способом. Как правило, можно применять первый способ формирования, при осуществлении которого - после формирования изолирующей пленки 200, имеющей участок 201 проема, за счет того,

20 что изолирующую пленку, не имеющую участка 201 проема, подвергают обработке травлением, - материал элемента 220 для создания светового тракта осаждают на участок 201 проема, тем самым формируя элемент 220 для создания светового тракта. Кроме того, можно применять второй способ формирования, при осуществлении которого повторяют процесс обеспечения проема за счет того, что изолирующие слои

25 подвергают травлению каждый раз, когда формируют каждый изолирующий слой, составляющий изолирующую пленку 200, и проводят процесс осаждения материала элемента 220 для создания светового тракта в проем. Кроме того, можно применять третий способ формирования, при осуществлении которого - после ранее

30 проведенного размещения элемента 220 для создания светового тракта - размещают часть изолирующих слоев изолирующей пленки 200 вокруг элемента 220 для создания светового тракта. Можно также применять четвертый способ формирования, при осуществлении которого - после формирования изолирующей пленки, не имеющей участка 201 проема, - улучшают часть изолирующей пленки, соответствующую

35 элементу 220 для создания светового тракта, тем самым формируя элемент 220 для создания светового тракта.

Что касается примера на фиг. 1, то здесь показан пример, в котором применен первый способ формирования. Двенадцатый изолирующий слой 216 составляет часть

40 изолирующей пленки 200 и образует поверхность 203 дна участка 201 проема. Двенадцатый изолирующий слой 216 размещен на верхнем участке светоприемной поверхности 111 и на верхнем участке части электрода 218 затвора. Площадь двенадцатого изолирующего слоя 216 в направлении плоскости больше, чем площадь поверхности 203 дна. Площадь двенадцатого изолирующего слоя 216 в направлении

45 плоскости меньше, чем площади первого изолирующего слоя 205 и второго изолирующего слоя 206. В данном случае, поверхность 203 дна участка 201 проема располагается в диапазоне, где существует третий изолирующий слой 207. Иными словами, третий изолирующий слой 207 располагается в пределах третьей

50 плоскости 1003. Поверхность дна участка 201 проема (третья плоскость 1003) может находиться ближе к полупроводниковой подложке 100, чем первый слой 2171 электропроводки.

Двенадцатый изолирующий слой 216 может служить в качестве средства остановки

травления во время формирования участка 201 проема в многослойной изолирующей пленке 200. Чтобы двенадцатый изолирующий слой 216 мог служить в качестве средства остановки травления, применяют материал, отличающийся от слоя, который находится в контакте с верхней поверхностью двенадцатого изолирующего слоя 216 (в данном случае - это материал третьего изолирующего слоя 207, выполненного из БФСС). Фиг. 1 иллюстрирует режим, в котором - во время формирования участка 201 проема - в результате того, что двенадцатый изолирующий слой 216 подвергается некоторому травлению, поверхность 203 дна располагается ближе к стороне участка 110 фотоэлектрического преобразования, чем верхняя поверхность двенадцатого изолирующего слоя 216. В результате этого, двенадцатый изолирующий слой 216 образует малый участок боковой поверхности 204, расположенный ближе к поверхности 203 дна. Двенадцатый изолирующий слой 216, служащий в качестве средства остановки травления, может не подвергаться травлению вовсе, и в этом случае двенадцатый изолирующий слой 216 образует лишь поверхность 203 дна.

В случае, если между вторым изолирующим слоем 206 и участком 110 фотоэлектрического преобразования предусмотрен слой (в данном случае - первый изолирующий слой 205, выполненный из нитрида кремния), имеющий показатель преломления между показателем преломления второго изолирующего слоя 206 и показателем преломления участка 110 фотоэлектрического преобразования, пропускание от элемента 220 для создания светового тракта к участку 110 фотоэлектрического преобразования улучшается.

Как описано выше, по меньшей мере, элемент 220 для создания светового тракта и изолирующая пленка 200 имеют конфигурацию светонаправляющего тракта, а свет, попадающий в фотоэлектрический преобразующий элемент 1, принципиально распространяется к участку 110 фотоэлектрического преобразования через элемент 220 для создания светового тракта. Над элементом 220 для создания светового тракта и изолирующей пленкой 200А предусмотрена прозрачная пленка 319.

На той стороне светоприемной поверхности 111, которая противоположна прозрачной пленке 319, в указываемом ниже порядке от стороны прозрачной пленки 319 последовательно уложены второй слой 320 со средним показателем преломления, слой 321 с низким показателем преломления, первый слой 322 со средним показателем преломления, второй слой 323 подложки линзы, второй слой 324 тела линзы, второй слой 325 покрытия тела линзы, сплюснутая пленка 326, слой 327 цветного светофильтра, первый слой 328 подложки линзы и первый слой 329 тела линзы. Хотя подробности этих слоев будут описаны ниже, отметим, что, без внесения ограничений в эту конфигурацию, можно воплотить различные ее модификации. Например, можно исключить, по меньшей мере, один из первого слоя 329 тела линзы (и первого слоя 328 подложки линзы) и второго слоя 324 тела линзы (и второго слоя 323 подложки линзы). В случае исключения второго слоя 324 тела линзы (и второго слоя 323 подложки линзы), можно также исключить сплюснутую пленку 326. Кроме того, можно исключить слой 327 цветного светофильтра, или возможна ситуация, в которой слой 327 цветного светофильтра также служит для выполнения функции сплюснутой пленки 326.

Прозрачная пленка 319 управляет расстоянием (длиной пути света) от наружной поверхности фотоэлектрического преобразующего элемента 1 (в данном случае - от поверхности первого слоя 329 тела линзы) к изолирующей пленке 200 и элементу 220 для создания светового тракта. Типичная толщина прозрачной пленки 319 равна или больше, чем 0,080 мкм. С другой стороны, при чрезмерном утолщении прозрачной

пленки 319 уменьшается количество света, падающего на элемент 220 для создания светового тракта. Толщина прозрачной пленки 319 равна или меньше глубины участка 201 проема, а также может не превышать половину глубины участка 201 проема. Типичная толщина прозрачной пленки 319 равна или меньше 0,50 мкм.

Хотя материал прозрачной пленки 319 может отличаться от материала элемента 220 для создания светового тракта, желательно чтобы оба они были одним и тем же материалом. В случае, если материал прозрачной пленки 319 и материал элемента 220 для создания светового тракта одинаковы, элемент 220 для создания светового тракта и прозрачную пленку 319 выполняют как единое целое, и поэтому граница между элементом 220 для создания светового тракта и прозрачной пленкой 319 может не оказаться отчетливо наблюдаемой. Как описано выше, элемент 220 для создания светового тракта располагается на внутренней стороне участка 201 проема (между второй плоскостью 1002 и третьей плоскостью 1003), а прозрачная пленка 319 находится на внешней стороне участка 201 проема. Соответственно, элемент 220 для создания светового тракта и прозрачную пленку 319 можно различать, определяя, есть ли прозрачный материал на внутренней стороне участка 201 проема или на внешней стороне участка 201 проема. Разграничение между внутренней стороной и внешней стороной участка 201 проема можно осуществить за счет воображаемого продолжения верхней поверхности 202 изолирующей пленки 200 вверх выше участка 201 проема (верхний край боковой поверхности 204 воображаемо соединены прямой линией) посредством наблюдаемого изображения поперечного сечения фотоэлектрического преобразующего элемента 1.

Вышеизложенное описание составлено в контексте общего представления о фотоэлектрических преобразующих элементах 1. Далее, со ссылками на фиг. 2-10, будет описан вариант осуществления распределения показателя преломления, которое характерно для элемента 220 для создания светового тракта. Отметим, что на фиг. 2 и 4-9 изображены лишь подложка 100, показанная на фиг. 1, участок от первой плоскости 1001 до второй плоскости 1002 и прозрачная пленка 319. Касательно участков над прозрачной пленкой 319 отметим, что их конфигурация является обычной, и ее можно также изменять соответствующим образом, поэтому их описание будет опущено. Кроме того, на этих чертежах элемент или участок, имеющий ту же функцию, обозначен той же позицией, а его подробное описание будет опущено.

Первый вариант осуществления

На фиг. 2А представлен чертеж поперечного сечения в направлении, перпендикулярном главной поверхности 101 (и светоприемной поверхности 111) участка фотоэлектрического преобразующего элемента 1 в соответствии с первым вариантом осуществления, а на фиг. 2В представлен чертеж поперечного сечения в направлении, параллельном главной поверхности 101 (и светоприемной поверхности 111) участка фотоэлектрического преобразующего элемента 1 в соответствии с первым вариантом осуществления.

Помимо первой плоскости 1001, второй плоскости 1002 и третьей плоскости 1003, описанных со ссылками на фиг. 1, на фиг. 2А изображены четвертая плоскость 1004, пятая плоскость 1005 и шестая плоскость 1006. Четвертая плоскость 1004 расположена между второй плоскостью 1002 и третьей плоскостью 1003 и является плоскостью, находящейся на одинаковом расстоянии от второй плоскости 1002 и третьей плоскости 1003. То есть четвертая плоскость 1004 расположена посередине между второй плоскостью 1002 и третьей плоскостью 1003. Пятая плоскость 1005 расположена между второй плоскостью 1002 и четвертой плоскостью 1004, а шестая

плоскость 1006 расположена между третьей плоскостью 1003 и четвертой плоскостью 1004. То есть пятая плоскость 1005 является плоскостью, представляющей собой верхний участок элемента 220 для создания светового тракта (половину входной стороны) и - для удобства - принимается в данном случае за плоскость, находящуюся на одинаковом расстоянии от второй плоскости 1002 и четвертой плоскости 1004. Аналогичным образом, шестая плоскость 1006 является плоскостью, представляющей собой нижний участок элемента 220 для создания светового тракта (половину выходной стороны) и - для удобства - принимается в данном случае за плоскость, находящуюся на одинаковом расстоянии от третьей плоскости 1003 и четвертой плоскости 1004.

Вид S1 на фиг. 2B иллюстрирует поперечное сечение во второй плоскости 1002, вид S2 иллюстрирует сечение в пятой плоскости 1005, вид S3 иллюстрирует поперечное сечение в четвертой плоскости 1004, а вид S4 иллюстрирует поперечное сечение в шестой плоскости 1006. Вид S5 иллюстрирует ближнюю к элементу 220 для создания светового тракта сторону третьей плоскости 1003, а в частности, иллюстрирует поперечное сечение на нижнем краю участка, который составляет третий изолирующий слой 207 боковой поверхности 204.

Элемент 220 для создания светового тракта имеет, по меньшей мере, средний участок 222 и периферийный участок 221. Периферийный участок 221 расположен между средним участком 222 и изолирующей пленкой 200.

Периферийный участок 221 окружает средний участок 222. Периферийный участок 221 выполнен из того же материала, что и средний участок 222. По меньшей мере, между участком периферийного участка 221 и участком среднего участка 222 нет участка, выполненного из материала, отличающегося от материала периферийного участка 221 и среднего участка 222, и один и тот же материал продолжается от среднего участка 222 до периферийного участка 221. Соответственно, можно сказать, что периферийный участок 221 неразрывен со средним участком 222. Желательно, чтобы между всем периферийным участком 221 и всем средним участком 222 не было участка, выполненного из материала, отличающегося от материалов этих участков. Что касается примера, показанного на фиг. 2, то желательно, чтобы периферийный участок 221 находился в контакте с изолирующей пленкой 200.

В данном варианте осуществления, показатель преломления среднего участка 222 больше, чем показатель преломления изолирующей пленки 200. Показатель преломления периферийного участка 221 больше, чем показатель преломления среднего участка 222. Соответственно, показатель преломления периферийного участка 221 также больше, чем показатель преломления изолирующей пленки 200.

Таким образом, элемент 220 для создания светового тракта выполнен из материала с высоким показателем преломления, имеющего больший показатель преломления, чем показатель преломления изолирующей пленки 200. Материал с высоким показателем преломления имеет распределение показателя преломления, конфигурация которого предусматривает первую область высокого показателя преломления и вторую область высокого показателя преломления, имеющую больший показатель преломления, чем показатель преломления первой области высокого показателя преломления. В данном варианте осуществления, средний участок 222 представляет собой первую область высокого показателя преломления, а периферийный участок 221 представляет собой вторую область высокого показателя преломления. Фиг. 2A иллюстрирует ситуацию, в которой существует заметное различие между показателями преломления среднего участка 222 и периферийного

участка 221. Например, в случае, если показатель преломления среднего участка 222 составляет 1,83, а показатель преломления периферийного участка 221 составляет 1,90, при рассмотрении через электронный микроскоп наблюдаемого изображения поперечного сечения элемента 220 для создания светового тракта в направлении, перпендикулярном главной поверхности 101, можно заметить, что в изображении есть различие между средним участком 222 и периферийным участком 221.

Чтобы сформировать распределение показателя преломления при использовании нитрида кремния, можно применить, например, нижеследующие способы. Что касается первого способа, то сначала формируют первую пленку нитрида кремния на боковой поверхности 204 путем увеличения количества кремниевых компонентов относительно нитридных компонентов пленкообразующего материала. После этого формируют вторую пленку нитрида кремния поверх первой пленки нитрида кремния путем уменьшения - по сравнению с формированием первой пленкой нитрида кремния - количества кремниевых компонентов относительно количества нитридных компонентов пленкообразующего материала. При этом, одно из количества кремниевых компонентов и количества нитридных компонентов или оба они могут быть разными во время формирования первой пленки нитрида кремния и во время формирования второй пленки нитрида кремния. В соответствии с этим первым способом, можно сформировать элемент 220 для создания светового тракта, в котором первая пленка нитрида кремния составляет периферийный участок 221, а вторая пленка нитрида кремния составляет средний участок 222. Вот почему даже в случае, если отношение компонентов в стехиометрическом составе составляет $\text{Si:N} = 3:4$, то по поводу нестехиометрического состава, в котором отношение кремния к азоту (Si/N) относительно велико, можно отметить, что такой состав имеет больший показатель преломления, чем показатель преломления нитрида кремния, в котором отношение кремния к азоту (Si/N) относительно мало. Что касается нитрида кремния, получаемого обычным способом формирования пленки, таким, как способ химического осаждения из паровой фазы (ХОПФ), то отношение кремния к азоту составляет от $1/2$ до $3/2$, а как правило, от $3/5$ до 1. Отметим, что показатель преломления нитрида кремния, в котором отношение кремния к азоту составляет $3/4$, иными словами, показатель преломления нитрида кремния для того нитрида кремния, фактический состав которого совпадает со стехиометрическим составом, может составлять 2,0.

Что касается второго способа, то сначала формируют первую пленку нитрида кремния, адгезионная способность и плотность материала которой велики, на боковой поверхности 204 путем уменьшения энергии, подводимой в пленкообразующий материал. После этого, поверх первой пленки нитрида кремния формируют вторую пленку нитрида кремния, внедряемость которой является высокой, а плотность материала - малой, путем увеличения энергии, подводимой в пленкообразующий материал. Таким образом, можно сформировать элемент 220 для создания светового тракта, в котором первая пленка нитрида кремния составляет периферийный участок 221, а вторая пленка нитрида кремния составляет средний участок 222. Вот почему плотная пленка нитрида кремния, в которой плотность материала относительно велика, имеет больший показатель преломления, чем крупнозернистая пленка, в которой плотность нитрида кремния относительно мала.

Чем ближе периферийный участок 221 к светоприемной поверхности 111, тем меньше становится толщина периферийного участка 221. Подробности будут пояснены со ссылками на фиг. 2В. Величины DS1 , DS2 , DS3 , DS4 и DS5 отображают

ширину (диаметр) участка 201 проема в поперечных сечениях S1 - S5. В данном варианте осуществления, боковая поверхность 204, показанная на фиг. 1, имеет форму с прямой конусностью по отношению к светоприемной поверхности 111, и имеет соотношение $DS1 > DS2 > DS3 > DS4 > DS5$.

Величины DL1, DL2, DL3, DL4 и DL5 отображают ширину (диаметр) среднего участка 222 в поперечных сечениях S1 - S5. Центральная ось проходит через средний участок 222, и этот средний участок 222 постоянно простирается вдоль центральной оси без разрывов. В данном варианте осуществления, средний участок 222 имеет форму усеченного конуса, а внешняя поверхность среднего участка 222 (поверхность на стороне периферийного участка 221) имеет форму с прямой конусностью по отношению к светоприемной поверхности 111. внешняя поверхность среднего участка 222 концентрична центральной оси и обладает осевой симметрией вокруг оси вращения, а также имеет соотношение $DL1 < DL2 < DL3 < DL4 < DL5$. Отметим, что DL5 - это величина, меньшая, чем DS5, но чрезвычайно близкая к DS5.

Величины TH1, TH2, TH3 и TH4 отображают толщину (ширину) периферийного участка 221 в поперечных сечениях S1-S4. В данном варианте осуществления, внутренняя поверхность периферийного участка 221 (поверхность на стороне среднего участка 222) и внешняя поверхность периферийного участка 221 (поверхность на стороне изолирующей пленки 200) имеют форму с обратной конусностью по отношению к светоприемной поверхности 111. Выдерживается соотношение $TH1 > TH2 > TH3 > TH4 > TH5$. В данном случае, величина TH5 (не показана) отображает толщину периферийного участка 221 в поперечном сечении S5, представляет собой величину, эквивалентную величине $(DS5 - DL5)/2$, и является величиной, чрезвычайно близкой к 0. Таким образом, периферийный участок 221 постоянно простирается вдоль боковой поверхности 204 изолирующей пленки 200 без разрывов.

В данном случае, хотя отношение $(TH1/TH5)$ между максимальным значением (TH1) и минимальным значением (TH5) толщины периферийного участка 221 почти бесконечно, минимальное значение толщины периферийного участка 221 равно или меньше половины максимального значения (т.е., $(\text{максимальное значение})/(\text{минимальное значение}) \geq 2$). В предположении, что длина волны света, попадающего в элемент 220 для создания светового тракта, равна λ , показатель преломления изолирующей пленки 200 равен n_0 , а показатель преломления периферийного участка 221 равен n_1 , максимальное значение толщины периферийного участка 221 больше, чем $\lambda / 2 \sqrt{(n_1^2 - n_0^2)}$. Кроме того, минимальное значение толщины периферийного участка 221 меньше, чем $\lambda / 4 \sqrt{(n_1^2 - n_0^2)}$. Толщина периферийного участка 221 имеет максимальное значение на верхнем участке элемента 220 для создания светового тракта (от второй плоскости 1002 до четвертой плоскости 1004). Кроме того, толщина периферийного участка 221 имеет минимальное значение на нижнем участке элемента 220 для создания светового тракта (от четвертой плоскости 1004 до третьей плоскости 1003).

Даже в части периферийного участка 221, где его толщина находится между минимальным значением и максимальным значением, толщина в плоскости, расположенной ближе к светоприемной поверхности 111, равна или меньше 1/2. В примере, показанном на фиг. 2A и 2B, толщина (TH3) периферийного участка 221 в четвертой плоскости 1004 равна 1/2 толщины (TH1) периферийного участка 221 во второй плоскости 1002. Кроме того, толщина (TH4) периферийного участка 221 в

шестой плоскости 1006 меньше $1/2$ толщины (ТН2) периферийного участка 221 в пятой плоскости 1005.

Фиг. 3А иллюстрирует распределения напряженности поля в то время, когда свет попадает в элемент 220 для создания светового тракта параллельно центральной оси элемента 220 для создания светового тракта, в данном варианте осуществления. Если говорить подробнее, то три распределения напряженности поля являются распределениями напряженности поля в пределах плоскости, параллельной светоприемной поверхности 111, в трех положениях, которые отличаются по высоте в пределах элемента 220 для создания светового тракта. Положение поперечной оси указывает высоту в пределах элемента 220 для создания светового тракта.

Руководствуясь понятиями волновой оптики, можно представить себе, что свет склонен концентрироваться в области, имеющей высокий показатель преломления. Следовательно, напряженность поля периферийного участка 221 больше, чем напряженность поля среднего участка 222, в положении, где толщина периферийного участка 221, имеющего больший показатель преломления, чем показатель преломления среднего участка 222, велика. Кроме того, из элемента 220 для создания светового тракта в изолирующую пленку 200, имеющую меньший показатель преломления, чем показатель преломления периферийного участка 221, вряд ли происходит утечка света. Поэтому считается, что происходит подавление потери света.

В данном варианте осуществления, толщина периферийного участка 221 постепенно уменьшается по мере приближения периферийного участка 221 к участку 110 фотоэлектрического преобразования. Следовательно, свет, количество которого находится на таком же уровне, как в положении, где толщина велика, не сможет распространяться по периферийному участку 221 в той его части, где толщина периферийного участка 221 мала. Соответственно, свет, распространение которого по периферийному участку 221 предотвращается, совершает переход к среднему участку 222. В данном варианте осуществления, один и тот же материал простирается по периферийному участку 221 и среднему участку 222, и поэтому подавляется потеря света на этом переходе. Вообще говоря, можно понять, что показатель преломления претерпевает скачкообразное изменение на поверхности раздела между разными материалами. С другой стороны, периферийный участок 221 и средний участок 222 выполнены из одного и того же материала, и поэтому показатель преломления на границе между периферийным участком 221 и средним участком 222 изменяется монотонно.

Когда происходит излучение света с более широкого среднего участка 222, возникновение дифракции между элементом 220 для создания светового тракта и участком 110 фотоэлектрического преобразования предотвращается, в отличие от случая, когда происходит излучение света с более узкого периферийного участка 221. Поэтому предполагается, что происходит подавление потерь из-за того, что свет, излучаемый из элемента 220 для создания светового тракта, подвергается дифракции, и его попадание на участок 110 фотоэлектрического преобразования предотвращается.

Как описано выше, в данном варианте осуществления можно предположить, что при распространении света происходит подавление потерь света между элементом 220 для создания светового тракта и изолирующей пленкой 200 в пределах элемента 220 для создания светового тракта, а также между элементом 220 для создания светового тракта и участком 110 фотоэлектрического преобразования, и соответственно повышается чувствительность.

Как показано в данном варианте осуществления, желательно, чтобы толщина

периферийного участка 221 непрерывно уменьшалась по мере приближения периферийного участка 221 к светоприемной поверхности 111. То есть, желательно, чтобы толщина периферийного участка 221 монотонно убывала в узком смысле по мере сокращения расстояния до светоприемной поверхности 111. На самом же деле, толщина периферийного участка 221 уменьшается скачкообразно по мере приближения периферийного участка 221 к светоприемной поверхности 111. То есть, толщину периферийного участка 221 можно сделать монотонно убывающей в широком смысле по мере сокращения расстояния до светоприемной поверхности 111. Вместе с тем, можно предположить, что при скачкообразно убывающей толщине периферийного участка 221 вышеупомянутый переход к среднему участку 222 относительно мал в той части периферийного участка 221, где его толщина постоянна. Следовательно, можно предположить, что при внезапном убывании толщины периферийного участка 221 облегчается появление перехода к изолирующей пленке 200 в дополнение к переходу к среднему участку 222, и соответственно возникают потери.

Фиг. 3В иллюстрирует чувствительность во время изменения угла падения относительно центральной оси элемента 220 для создания светового тракта в данном варианте осуществления. Отметим, что это режим приведен в качестве сравнительного примера, в котором элемент 220 для создания светового тракта не имеет распределения показателя преломления. Как можно понять из фиг. 3В, в соответствии с данным вариантом осуществления, повышается чувствительность к свету, падающему под наклоном. В результате этого, можно улучшить линейность значения F . Отметим, что когда свет попадает в фотоэлектрический преобразующий элемент 1 параллельно его центральной оси, фокальная точка образуется на внутреннем участке элемента 200 для создания светового тракта, причем возможно также образование фокальной точки между второй плоскостью 1002 и четвертой плоскостью 1004. Как правило, когда свет попадает в фотоэлектрический преобразующий элемент 1 параллельно его центральной оси, фокальная точка образуется в пределах среднего участка 222. С другой стороны, когда свет попадает в фотоэлектрический преобразующий элемент 1 под наклоном к его центральной оси, фокальная точка принципиально образуется в пределах периферийного участка 223.

В случае если изолирующая пленка 200 представляет собой многослойную пленку, показатель преломления части слоев этой многослойной пленки может иметь величину, не меньшую, чем показатель преломления среднего участка 222 элемента 220 для создания светового тракта, а также может иметь величину, не меньшую, чем показатель преломления периферийного участка 221. Такой слой, который имеет показатель преломления, не меньший, чем показатель преломления первой области высокого показателя преломления, будет именоваться изолирующим слоем с высоким показателем преломления. С другой стороны, остающийся слой многослойной пленки, имеющий меньший показатель преломления, чем показатель преломления среднего участка 222 элемента 220 для создания светового тракта, иными словами, имеющий показатель преломления, меньший чем показатель преломления первой области высокого показателя преломления, будет именоваться изолирующим слоем с низким показателем преломления.

С одной стороны, в случае данного варианта осуществления, третий изолирующий слой 207, пятый изолирующий слой 209, седьмой изолирующий слой 211, девятый изолирующий слой 213 и одиннадцатый изолирующий слой 215 изолирующей пленки 200, которые выполнены из оксида кремния или силикатного стекла и

составляют боковую поверхность 204 участка 201 проема, являются изолирующими слоями с низким показателем преломления. Изолирующие слои с низким показателем преломления окружают элемент 220 для создания светового тракта. Например, в случае, если показатель преломления среднего участка 222 равен 1,83, а показатель преломления периферийного участка 221 равен 1,90, когда показатели преломления третьего изолирующего слоя 207, пятого изолирующего слоя 209, седьмого изолирующего слоя 211, девятого изолирующего слоя 213 и одиннадцатого изолирующего слоя 215 равны 1,46, эти изолирующие слои являются изолирующими слоями с низким показателем преломления. Отметим, что второй изолирующий слой 206 тоже является изолирующим слоем с низким показателем преломления, но не составляет боковую поверхность 204 участка 201 проема. Хотя боковая поверхность 204 показана на фиг. 2В в поперечных сечениях S1 - S5, если говорить подробнее, то боковая поверхность 204 в каждом из поперечных сечений соответственно образована разными изолирующими слоями, как можно понять из фиг. 2А. В частности, боковая поверхность 204 в поперечном сечении S1 образована одиннадцатым изолирующим слоем 215, боковая поверхность 204 в поперечном сечении S2 образована девятым изолирующим слоем 213, боковая поверхность 204 в поперечном сечении S3 образована седьмым изолирующим слоем 211, а боковая поверхность 204 в поперечных сечениях S4 и S5 образована третьим изолирующим слоем 207. С другой стороны, поскольку периферийный участок 221 и средний участок 222 выполнены из нитрида кремния и - соответственно - изолирующей пленки 200, четвертый изолирующий слой 208, шестой изолирующий слой 210, восьмой изолирующий слой 212 и десятый изолирующий слой 214, которые выполнены из нитрида кремния и составляют боковую поверхность 204 участка 201 проема, являются изолирующими слоями с высоким показателем преломления. Эти изолирующие слои с высоким показателем преломления окружают элемент 220 для создания светового тракта. Например, в случае, если показатель преломления среднего участка 222 равен 1,83, а показатель преломления периферийного участка 221 равен 1,90, когда показатели преломления четвертого изолирующего слоя 208, шестого изолирующего слоя 210, восьмого изолирующего слоя 212 и десятого изолирующего слоя 214 равны 2,03, эти изолирующие слои являются изолирующими слоями с высоким показателем преломления. Отметим, что первый изолирующий слой 205 также является изолирующим слоем с высоким показателем преломления, но не составляет боковую поверхность 204 участка 201 проема. Таким образом, в данном примере изолирующий слой с высоким показателем преломления выполнен из того же материала, что и периферийный участок 221 и средний участок 222, а изолирующий слой с низким показателем преломления выполнен из материала, отличающегося от материалов периферийного участка 221 и среднего участка 222.

Вместе с тем, нежелательно, чтобы слой, имеющий показатель преломления, не меньшей, чем показатель преломления такого элемента 220 для создания светового тракта (слой с высоким показателем преломления), составлял большинство боковой поверхности 204 участка 201 проема. Причина заключается в том, что оказываются вероятными распространение света, попадающего в элемент 220 для создания светового тракта, в пределах изолирующего слоя с высоким показателем преломления и утечка с участка 201 проема. Поэтому, боковая поверхность 204 участка 201 проема, которую составляет изолирующий слой с высоким показателем преломления, занимает менее половины площади всей боковой поверхности 204 участка 201 проема,

и может занимать менее 1/4 этой площади. Иными словами, в многослойной пленке слой, имеющий показатель преломления, меньший чем показатель преломления элемента 220 для создания светового тракта (изолирующий слой с низким показателем преломления) занимает не менее половины площади всей боковой поверхности 204 участка 201 проема, и может занимать не менее 3/4 этой поверхности. Площадь боковой поверхности 204, которую занимает каждый слой, можно регулировать, задавая надлежащим образом толщину каждого слоя или угол боковой поверхности 204. Толщина одного изолирующего слоя с низким показателем преломления, как правило, равна или больше, чем 0,10 мкм, а также равна или меньше 0,60 мкм. Когда предполагают, что длина волны света, попадающего в элемент 220 для создания светового тракта, равна λ , а показатель преломления изолирующего слоя с низким показателем преломления равен n_{0H} , толщина изолирующего слоя с низким показателем преломления может не превышать $\lambda/2 n_{0H}$, а также может не превышать $\lambda/4 n_{0H}$. Толщина изолирующего слоя с высоким показателем преломления, как правило, равна или больше, чем 0,010 мкм, а также равна или меньше 0,10 мкм.

Второй вариант осуществления

На фиг. 4А представлен чертеж поперечного сечения в направлении, перпендикулярном главной поверхности 101 (и светоприемной поверхности 111) части фотоэлектрических преобразующих элементов 1 в соответствии со вторым вариантом осуществления, а на фиг. 4В представлен чертеж поперечного сечения в направлении, параллельном главной поверхности 101 (и светоприемной поверхности 111) части фотоэлектрических преобразующих элементов 1 в соответствии со вторым вариантом осуществления.

В данном варианте осуществления также средний участок 222 представляет собой первую область высокого показателя преломления, а периферийный участок 221 представляет собой вторую область высокого показателя преломления, имеющую больший показатель преломления, показатель преломления первой области высокого показателя преломления (среднего участка 222).

Определения первой плоскости 1001, второй плоскости 1002, третьей плоскости 1003, четвертой плоскости 1004, пятой плоскости 1005, шестой плоскости 1006, величин S1-S5, DS1-DS5, DL1-DL5 и TH1-TH5 являются такими же, как приведенные в связи с фиг. 2А и 2В, и поэтому их описание будет опущено.

В данном варианте осуществления также - аналогично тому, что описано в связи с первым вариантом осуществления, - боковая поверхность 204 имеет форму с прямой конусностью. С другой стороны, средний участок 222 имеет цилиндрическую форму, а внешняя поверхность среднего участка 222 (поверхность на стороне периферийного участка 221) перпендикулярна светоприемной поверхности 111. Выдерживается соотношение $DL1=DL2=DL3=DL4=DL5$. Кроме того, хотя внутренняя поверхность периферийного участка 221 (поверхность на стороне среднего участка 222) перпендикулярна светоприемной поверхности 111, внешняя поверхность периферийного участка 221 (поверхность на стороне изолирующей пленки 200) имеет форму с обратной конусностью по отношению к светоприемной поверхности 111. Выдерживается соотношение $TH1>TH2>TH3>TH4>TH5$.

Теперь будет описана модификация (не показана) данного варианта осуществления. Боковая поверхность 204 изолирующей пленки 200 может не иметь коническую форму, а может быть перпендикулярной к светоприемной поверхности 111 ($DS1=DS2=$

DS3=DS4=DS5). В этом случае, внешняя поверхность среднего участка 222 должна иметь форму с прямой конусностью по отношению к светоприемной поверхности 111 ($DL1 < DL2 < DL3 < DL4 < DL5$). Кроме того, боковая поверхность 204 изолирующей пленки 200 может иметь форму с обратной конусностью, и тогда может
 5 выдерживаться соотношение $DS1 < DS2 < DS3 < DS4 < DS5$. В этом случае, внешняя поверхность среднего участка 222 должна иметь форму с прямой конусностью, обладающую меньшим наклоном, чем боковая поверхность 204, по отношению к светоприемной поверхности 111. То есть, выдерживается соотношение $DS1 - DL1 > DS2 -$
 10 $DL2 > DS3 - DL3 > DS4 - DL4 > DS5 - DL5$, вследствие чего можно реализовать соотношение $TH1 > TH2 > TH3 > TH4 > TH5$.

Третий вариант осуществления

На фиг. 5А представлен чертеж поперечного сечения в направлении, перпендикулярном главной поверхности 101 (и светоприемной поверхности 111) части
 15 фотоэлектрических преобразующих элементов 1 в соответствии с третьим вариантом осуществления, а на фиг. 5В представлен чертеж поперечного сечения в направлении, параллельном главной поверхности 101 (и светоприемной поверхности 111) части фотоэлектрических преобразующих элементов 1 в соответствии с третьим вариантом
 20 осуществления.

В данном варианте осуществления также средний участок 222 представляет собой первую область высокого показателя преломления, а периферийный участок 221 представляет собой вторую область высокого показателя преломления, имеющую
 25 больший показатель преломления, показатель преломления первой области высокого показателя преломления (среднего участка 222).

Определения первой плоскости 1001, второй плоскости 1002, третьей плоскости 1003, четвертой плоскости 1004, пятой плоскости 1005, шестой плоскости 1006, величин S1-S5, DS1-DS5, DL1-DL5 и TH1-TH5 являются такими же, как
 30 приведенные в связи с фиг. 2А и 2В, и поэтому их описание будет опущено.

В данном варианте осуществления также - аналогично тому, что описано в связи с первым вариантом осуществления, - боковая поверхность 204 имеет форму с прямой конусностью. С другой стороны, часть верхнего участка среднего участка 222 (часть от второй плоскости 1002 до пятой плоскости 1005) имеет цилиндрическую форму.
 35 Остальная часть верхнего участка среднего участка 222 (часть от пятой плоскости 1005 до четвертой плоскости 1004) и нижний участок среднего участка 222 имеют форму правильного усеченного конуса. Выдерживается соотношение $DL1 = DL2 < DL3 < DL4 < DL5$. Кроме того, внешняя поверхность периферийного участка 221
 40 (поверхность на стороне изолирующей пленки 200) имеет форму с обратной конусностью по отношению к светоприемной поверхности 111. Выдерживается соотношение $TH1 > TH2 > TH3 > TH4 > TH5$.

Четвертый вариант осуществления

На фиг. 6А представлен чертеж поперечного сечения в направлении, перпендикулярном главной поверхности 101 (и светоприемной поверхности 111) части
 45 фотоэлектрических преобразующих элементов 1 в соответствии с четвертым вариантом осуществления, а на фиг. 6В представлен чертеж поперечного сечения в направлении, параллельном главной поверхности 101 (и светоприемной поверхности 111) части фотоэлектрического преобразующего элемента 1 в
 50 соответствии с четвертым вариантом осуществления.

В данном варианте осуществления также средний участок 222 представляет собой первую область высокого показателя преломления, а периферийный участок 221

представляет собой вторую область высокого показателя преломления, имеющую больший показатель преломления, чем показатель преломления первой области высокого показателя преломления (среднего участка 222).

Определения первой плоскости 1001, второй плоскости 1002, третьей плоскости 1003, четвертой плоскости 1004, пятой плоскости 1005, шестой плоскости 1006, величин S1-S5, DS1-DS5, DL1-DL3 и TH1-TH3 являются такими же, как приведенные в связи с фиг. 2А и 2В, и поэтому их описание будет опущено.

В данном варианте осуществления также - аналогично тому, что описано в связи с первым вариантом осуществления, - боковая поверхность 204 имеет форму с прямой конусностью и выдерживается соотношение $DS1 \geq DS2 \geq DS3 \geq DS4 \geq DS5$. С другой стороны, данный вариант осуществления отличается от вариантов осуществления с первого по третий тем, что периферийный участок 221 и средний участок 222 расположены между второй плоскостью 1002 и шестой плоскостью 1006, а не между шестой плоскостью 1006 и третьей плоскостью 1003. В данном варианте осуществления, элемент 220 для создания светового тракта имеет участок 2221 излучения, имеющий меньший показатель преломления, чем показатель преломления периферийного участка 221. Показатель преломления участка 2221 излучения больше, чем показатель преломления изолирующей пленки 200, и, как правило, является таим же, как показатель преломления среднего участка 222. Соответственно, в данном варианте осуществления, средний участок 222 и участок 2221 излучения составляют первую область высокого показателя преломления, а периферийный участок 221 представляет собой вторую область высокого показателя преломления, имеющую больший показатель преломления, чем показатель преломления первой области высокого показателя преломления (среднего участка 222).

Участок 2221 излучения расположен между третьей плоскостью 1003 и шестой плоскостью 1006. То есть участок 2221 излучения расположен между средним участком 222 и участком 110 фотоэлектрического преобразования, а конкретнее - расположен между поверхностью 203 дна, показанной на фиг. 1, и средним участком 222. Участок 2221 излучения выполнен из того же материала, что и средний участок 222 (и периферийный участок 221), и выполнен неразрывным со средним участком 222. Величины DL4 и DL5, показанные на фиг. 6В, обозначают ширину (диаметр) участка 2221 излучения. Участок 2221 излучения имеет форму обратного усеченного конуса.

В данном варианте осуществления также - аналогично тому, что описано в связи с третьим вариантом осуществления, - часть верхнего участка среднего участка 222 (часть от второй плоскости 1002 до пятой плоскости 1005) имеет цилиндрическую форму. Кроме того, остальная часть верхнего участка среднего участка 222 и часть нижнего участка среднего участка 222 (часть от четвертой плоскости 1004 до шестой плоскости 1006) имеют форму правильного усеченного конуса.

Остальная часть верхнего участка среднего участка 222 (часть от пятой плоскости 1005 до четвертой плоскости 1004) и нижний участок среднего участка 222 (участок от четвертой плоскости 1004 до шестой плоскости 1006) имеют форму правильного усеченного конуса. Выдерживается соотношение $DL1 = DL2 < DL3 < DL4 < DL5$. Отметим, что участок 2221 излучения находится в контакте с изолирующей пленкой 200, и выдерживаются соотношения $DL4 = DS4$ и $DL5 = DS5$. Кроме того, выдерживается соотношение $TH1 > TH2 > TH3 > TH4$.

Пятый вариант осуществления

На фиг. 7А представлен чертеж поперечного сечения в направлении,

перпендикулярном главной поверхности 101 (и светоприемной поверхности 111) части фотоэлектрических преобразующих элементов 1 в соответствии с пятым вариантом осуществления, а на фиг. 7В представлен чертеж поперечного сечения в направлении, параллельном главной поверхности 101 (и светоприемной поверхности 111) части фотоэлектрических преобразующих элементов 1 в соответствии с пятым вариантом осуществления.

В данном варианте осуществления также средний участок 222 представляет собой первую область высокого показателя преломления, а периферийный участок 221 представляет собой вторую область высокого показателя преломления, имеющую больший показатель преломления, показатель преломления первой области высокого показателя преломления (среднего участка 222).

Определения первой плоскости 1001, второй плоскости 1002, третьей плоскости 1003, четвертой плоскости 1004, пятой плоскости 1005, шестой плоскости 1006, величин S1-S5, DS1-DS5, DL3-DL5 и TH3-TH5 являются такими же, как приведенные в связи с фиг. 2А и 2В, и поэтому их описание будет опущено.

В данном варианте осуществления также - аналогично тому, что описано в связи с первым вариантом осуществления, - боковая поверхность 204 имеет форму с прямой конусностью и выдерживается соотношение $DS1 > DS2 > DS3 > DS4 > DS5$. С другой стороны, данный вариант осуществления отличается от вариантов осуществления с первого по четвертый тем, что периферийный участок 221 и средний участок 222 расположены между пятой плоскостью 1005 и третьей плоскостью 1003, а не между второй плоскостью 1002 и пятой плоскостью 1005.

В данном варианте осуществления, элемент 220 для создания светового тракта имеет участок 2212 падения, имеющий больший показатель преломления, чем показатель преломления среднего участка 222. Показатель преломления участка 2212 падения больше, чем показатель преломления изолирующей пленки 200, и, как правило, является таким же, как показатель преломления периферийного участка 221. Соответственно, в данном варианте осуществления, средний участок 222 представляет собой первую область высокого показателя преломления, а периферийный участок 221 и участок 2212 падения составляют вторую область высокого показателя преломления, имеющую больший показатель преломления, чем показатель преломления первой области высокого показателя преломления (среднего участка 222).

Участок 2212 падения расположен между второй плоскостью 1002 и пятой плоскостью 1005. То есть, участок 2212 падения расположен между прозрачной пленкой 319 и периферийным участком 221. Участок 2212 падения выполнен из того же материала, что и периферийный участок 221 (и средний участок 222), и выполнен неразрывным с периферийным участком 221. Величины DL1 и DL2, показанные на фиг. 7В, отображают ширину (диаметр) участка 2212 падения. Участок 2212 падения имеет форму обратного усеченного конуса.

В данном варианте осуществления, средний участок 222 имеет форму конуса, но может иметь и форму усеченного конуса. Выдерживается соотношение $DL3 < DL4 < DL5$. Отметим, что участок 2212 падения находится в контакте с изолирующей пленкой 200, и выдерживаются соотношения $DL4 = DS4$ и $DL5 = DS5$. Также выдерживается соотношение $TH1 > TH2 > TH3 > TH4$. Средний участок 222, имеющий такую форму конуса или форму усеченного конуса, можно сформировать, применяя способ изготовления устройства типа Спиндта (Spindt) для излучения электронов (т.е. применяя затенение вращением (rotary shadowing)).

Шестой вариант осуществления

На фиг. 8А представлен чертеж поперечного сечения в направлении, перпендикулярном главной поверхности 101 (и светоприемной поверхности 111) части фотоэлектрических преобразующих элементов 1 в соответствии с шестым вариантом осуществления, а на фиг. 8В представлен чертеж поперечного сечения в направлении, параллельном главной поверхности 101 (и светоприемной поверхности 111) части фотоэлектрических преобразующих элементов 1 в соответствии с шестым вариантом осуществления. В данном варианте осуществления также средний участок 222 представляет собой первую область высокого показателя преломления, а периферийный участок 221 представляет собой вторую область высокого показателя преломления, имеющую больший показатель преломления, показатель преломления первой области высокого показателя преломления (среднего участка 222).

Определения первой плоскости 1001, второй плоскости 1002, третьей плоскости 1003, четвертой плоскости 1004, пятой плоскости 1005, шестой плоскости 1006, величин S1-S5, DS1-DS5, DL1-DL4 и TH1-TH4 являются такими же, как приведенные в связи с фиг. 2А и 2В, и поэтому их описание будет опущено.

В данном варианте осуществления, элемент 220 для создания светового тракта имеет участок 2211 излучения. Участок 2211 излучения неразрывен с периферийным участком 221 и выполнен из того же материала, что и периферийный участок 221. Показатель преломления участка 2211 излучения больше, чем показатель преломления среднего участка 222. Толщина участка 2211 излучения мала. В данном варианте осуществления, средний участок 222 представляет собой первую область высокого показателя преломления, а периферийный участок 221 и участок 2211 излучения составляют вторую область высокого показателя преломления, имеющую больший показатель преломления, чем показатель преломления первой области высокого показателя преломления (среднего участка 222). Величина TH5 на фиг. 8В отображает ширину (диаметр) участка 2211 излучения, и в данном случае выдерживается равенство $TH5 = DS5$.

В вышеописанных вариантах осуществления с первого по шестой описан режим, в котором периферийный участок 221 находится в контакте с боковой поверхностью 204 изолирующей пленки 200. Вместе с тем, один или более слоев, составляющих часть элемента 220 для создания светового тракта, могут лежать между периферийным участком 221 и боковой поверхностью 204 изолирующей пленки 200, при этом периферийный участок 221 не будет находиться в контакте с боковой поверхностью 204 изолирующей пленки 200.

Например, элемент 220 для создания светового тракта может иметь слой с низким показателем преломления (не показан), имеющий показатель преломления, меньший, чем показатель преломления периферийного участка 221, и находящийся между периферийным участком 221 и изолирующей пленкой 200. Показатель преломления этого слоя с низким показателем преломления больше, чем показатель преломления изолирующей пленки 200, и может быть меньше, чем показатель преломления среднего участка 222. Отметим, что материал слоя с низким показателем преломления может быть тем же самым, что и материал периферийного участка 221 (и среднего участка 222), или может отличаться от него. При наличии такого слоя с низким показателем преломления можно снизить потери света. Кроме того, этот слой с низким показателем преломления может окружать периферийный участок 221.

Помимо этого, например, элемент 220 для создания светового тракта может иметь слой с высоким показателем преломления (не показан) между периферийным

участком 221 и изолирующей пленкой 200, имеющий больший показатель преломления, чем показатель преломления периферийного участка 221 и выполненный из материала, отличающегося от материала периферийного участка 221. Вместе с тем, можно предположить, что при чрезмерном увеличении показателя преломления такого слоя с высоким показателем преломления по сравнению с показателем преломления периферийного участка 221 и/или при чрезмерном увеличении толщины слоя с высоким показателем преломления, свет, попадающий в элемент 220 для создания светового тракта, будет концентрироваться на этом слое с высоким показателем преломления. Вследствие этого, по существу, не может быть достигнуто преимущество в соответствии с данным вариантом осуществления. Поэтому желательно, чтобы разность показателей преломления между периферийным участком 221 и слоем с высоким показателем преломления была меньше, чем разность показателей преломления между периферийным участком 221 и средним участком 222. Желательно также, чтобы в произвольном поперечном сечении толщина слоя с высоким показателем преломления была меньше, чем толщина периферийного участка 221. Такой слой с высоким показателем преломления или слой с низким показателем преломления может выполнять функцию, которая обуславливает форму периферийного участка 221 или повышение адгезии к участку 201 проема элемента 220 для создания светового тракта. Кроме того, в случае применения органического материала (смолы) в качестве материалов периферийного участка 221 и среднего участка 222, вышеописанный слой с высоким показателем преломления или слой с низким показателем преломления служит в качестве защитного слоя (пассивирующего слоя) по отношению к органическим материалам. В качестве материала такого защитного слоя желательно применять нитрид кремния.

Отметим, что на внутренней стороне среднего участка 222 может существовать область, состоящая из материала, отличающегося от того, из которого выполнен средний участок 222, или полость, которая окружена средним участком 222. Вместе с тем, когда показатель преломления такой области меньше, чем показатель преломления среднего участка 222, или когда показатель преломления этой области больше, чем показатель преломления периферийного участка 221, желательно, как можно большей вероятностью исключить такую область.

Теперь будет описана прозрачная пленка 319, являющаяся общим признаком для вариантов осуществления с первого по шестой. Как показано на фиг. 2 и 4-8, прозрачная пленка 319 нанесена на верхняя поверхность 202 изолирующей пленки 200. Прозрачная пленка 319 выполнена из того же материала, что и периферийный участок 221 и средний участок 222, и имеет больший показатель преломления, чем показатель преломления изолирующей пленки 200 (в данном случае, одиннадцатого изолирующего слоя 215). Показатель преломления прозрачной пленки 319 больше, чем показатель преломления среднего участка 222, и может быть таким же, как показатель преломления периферийного участка 221. В частности, если предположить, что показатель преломления прозрачной пленки 319 равен n_3 , показатель преломления среднего участка 222 равен n_2 , а показатель преломления периферийного участка 221 равен n_1 , то желательно, чтобы выдерживалось соотношение $(n_1 + n_2)/2 < n_3 < (3n_1 - n_2)/2$.

Теперь будет приведено подробное описание прозрачной пленки 319. Как показано в первом варианте осуществления (фиг. 2), втором варианте осуществления (фиг. 4), третьем варианте осуществления (фиг. 5), четвертом варианте осуществления (фиг. 6) и шестом варианте осуществления (фиг. 8), прозрачная пленка 319 имеет первую область 3191 и вторую область 3192. Вторая область 3192 прозрачной пленки 319

выполнена неразрывной со средним участком 222, который представляет собой первую область высокого показателя преломления. Первая область 3191 прозрачной пленки 319 выполнена неразрывной с периферийным участком 221, который представляет собой вторую область высокого показателя преломления, и расположена на изолирующей пленке 200. Показатель преломления первой области 3191 больше, чем показатель преломления второй области 3192, и прозрачная пленка 319 имеет некоторое распределение показателя преломления. Первая область 3191 окружает вторую область 3192. Если есть свет, который распространился в направлении попадания на верхнюю поверхность 202 изолирующей пленки 200, а не участка 201 проема, то прозрачная пленка 319 может направлять этот свет в элемент 220 для создания светового тракта. В частности, перед тем, как попасть в изолирующую пленку 200, свет пытается распространиться в пределах прозрачной пленки 319 (первой области 3191), имеющей больший показатель преломления, чем изолирующая пленка 200, имеющая меньший показатель преломления, чтобы попасть в первую область 3191 прозрачной пленки 319. Свет, распространяющийся через прозрачную пленку 319, попадает на периферийный участок 221, выполненный из того же материала, что и первая область 3191 прозрачной пленки 319 с малыми потерями. Поэтому можно повысить эффективность использования света. Чтобы получить такое преимущество, в предположении, что длина волны света, попадающего в элемент 220 для создания светового тракта, равна λ , а показатель преломления прозрачной пленки 319 равен n_3 , толщина прозрачной пленки 319 должна находиться в пределах диапазона от $\lambda/4 n_3$ или более до $2\lambda/n_3$ или менее. В пятом варианте осуществления, показанном на фиг. 7, прозрачная пленка 319 неразрывна с участком 2212 падения, и эта прозрачная пленка 319 имеет тот же показатель преломления, что и участок 2212 падения. Прозрачная пленка 319, по существу, не имеет распределения показателя преломления. Как описано выше, в случае, если прозрачная пленка 319 имеет первую область 3191 и вторую область 3192, желательно, чтобы свет мог концентрироваться в первой области 3191, выполненной неразрывной с периферийным участком 221.

Седьмой вариант осуществления

Данный вариант осуществления - это вариант осуществления, в котором соотношение параметров «большой/малый» между периферийным участком 221 и средним участком 222, существовавшее в первом варианте осуществления, изменяется на обратное, а принципиальное описание будет приведено со ссылками на фиг. 9А и 9В.

Элемент 220 для создания светового тракта имеет, по меньшей мере, средний участок 224 и периферийный участок 223. Периферийный участок 223 расположен между средним участком 224 и изолирующей пленкой 200. Периферийный участок 223 окружает средний участок 224. Хотя периферийный участок 223 может быть выполнен из материала, отличающегося от материала среднего участка 224, желательно, чтобы периферийный участок 223 был выполнен из того же материала, что и средний участок 224. Желательно, чтобы, по меньшей мере, между участком периферийного участка 223 и участком среднего участка 224 не было участка, выполненного из материала, отличающегося от материалов периферийного участка 223 и среднего участка 224, а один и тот же материал продолжался от среднего участка 224 до периферийного участка 223. В этом случае можно сказать, что периферийный участок 223 выполнен неразрывным со средним участком 224. Желательно, чтобы между всем периферийным участком 223 и всем средним участком 224 не было участка

из материала, отличающегося от материалов обоих этих участков.

В данном варианте осуществления, показатель преломления периферийного участка 223 больше, чем показатель преломления изолирующей пленки 200. Тогда показатель преломления среднего участка 224 больше, чем показатель преломления периферийного участка 223. Поэтому показатель преломления среднего участка 224 также больше, чем показатель преломления изолирующей пленки 200. В частности, в данном варианте осуществления, периферийный участок 223 представляет собой первую область высокого показателя преломления, а средний участок 224 представляет собой вторую область высокого показателя преломления, имеющую больший показатель преломления, чем первая область высокого показателя преломления (периферийный участок 223).

Толщина периферийного участка 223 последовательно уменьшается по мере приближения периферийного участка 223 к светоприемной поверхности 111. Подробности этого будут описаны со ссылками на фиг. 9В. Величины DS1, DS2, DS3, DS4 и DS5 отображают ширину (диаметр) участка 201 проема в поперечных сечениях S1-S5. В данном варианте осуществления, боковая поверхность 204, показанная на фиг. 9А, имеет форму с прямой конусностью по отношению к светоприемной поверхности 111, и выдерживается зависимость $DS1 > DS2 > DS3 > DS4 > DS5$.

Величины DH1, DH2, DH3, DH4 и DH5 отображают ширину (диаметр) среднего участка 224 в поперечных сечениях S1-S5. В данном варианте осуществления, средний участок 224 имеет форму усеченного конуса, а внешняя поверхность среднего участка 224 (поверхность на стороне периферийного участка 223) имеет форму с прямой конусностью по отношению к светоприемной поверхности 111. Выдерживается зависимость $DH1 < DH2 < DH3 < DH4 < DH5$. Величины TL1, TL2, TL3, TL4 и TL5 отображают толщину (ширину) периферийного участка 223 в поперечных сечениях S1-S5. В данном варианте осуществления, внутренняя поверхность периферийного участка 223 (поверхность на стороне среднего участка 224) и внешняя поверхность периферийного участка 223 (поверхность на стороне изолирующей пленки 200) имеют форму с обратной конусностью по отношению к светоприемной поверхности 111. Выдерживается зависимость $TL1 > TL2 > TL3 > TL4 > TL5$.

В данном случае, хотя отношение $(TL1/TL5)$ между максимальным значением (TL1) и минимальным значением (TL5) толщины периферийного участка 223, в общем, бесконечно, минимальное значение толщины периферийного участка 223, по меньшей мере, равна или меньше половину максимального значения (т.е. $(\text{максимальное значение}/\text{минимальное значение}) > 2$). Если предположить, что длина волны света, попадающего в элемент 220 для создания светового тракта, равна λ и показатель преломления изолирующей пленки 200 равен n_0 , а показатель преломления периферийного участка 223 равен n_1 , максимальное значение толщины периферийного участка 223 больше, чем $\lambda / 2\sqrt{(n_1^2 - n_0^2)}$. Кроме того, минимальное значение толщины периферийного участка 221 меньше, чем $\lambda / 4\sqrt{(n_1^2 - n_0^2)}$. Толщина периферийного участка 223 имеет максимальное значение на верхнем участке элемента 220 для создания светового тракта (от второй плоскости 1002 до четвертой плоскости 1004). Кроме того, толщина периферийного участка 223 имеет минимальное значение на нижнем участке элемента 220 для создания светового тракта (от четвертой плоскости 1004 до третьей плоскости 1003).

Даже в части периферийного участка 223, где его толщина находится между

минимальным значением и максимальным значением, толщина в плоскости, расположенной ближе к светоприемной поверхности 111, равна или меньше $1/2$. В примере, показанном на фиг. 9А и 9В, толщина периферийного участка 223 в четвертой плоскости 1004 (TL3) равна $1/2$ толщины периферийного участка 223 во второй плоскости 1002 (TL1). Кроме того, толщина периферийного участка 223 в шестой плоскости 1006 (TL4) меньше $1/2$ толщины периферийного участка 223 в пятой плоскости 1005 (TL2).

Фиг. 10 иллюстрирует распределения напряженности поля в то время, когда свет попадает в элемент 220 для создания светового тракта параллельно центральной оси элемента 220 для создания светового тракта, в данном варианте осуществления. Если говорить подробнее, то три распределения напряженности поля являются распределениями напряженностей поля в пределах плоскости, параллельной светоприемной поверхности 111, в трех положениях, которые отличаются по высоте в пределах элемента 220 для создания светового тракта. Положение поперечной оси указывает высоту в пределах элемента 220 для создания светового тракта.

Руководствуясь понятиями волновой оптики, можно представить себе, что свет склонен концентрироваться в области, имеющей высокий показатель преломления. Следовательно, напряженность поля среднего участка 224 больше, чем напряженность поля периферийного участка 223, в положении, где толщина среднего участка 224, имеющего больший показатель преломления, чем показатель преломления периферийного участка 223, велика. Кроме того, большинство света распространяется через средний участок 224, вследствие чего можно уменьшить количество света, утечка которого происходит из элемента 220 для создания светового тракта в изолирующую пленку 200. Поэтому считается, что происходит подавление потерь света. Соответственно, эффективность использования света, попадающего в фотоэлектрический преобразующий элемент 1 параллельно его центральной оси, можно улучшить по сравнению с вариантами осуществления с первого по шестой. Свет, идущий параллельно центральной оси фотоэлектрического преобразующего элемента 1, по существу, является светом, вводимым перпендикулярно светоприемной поверхности участка 110 фотоэлектрического преобразования и представляющим собой свет, в типичном случае падающий на участок 110 фотоэлектрического преобразования. Соответственно, можно получить фотоэлектрические преобразующие элементы 1, обладающие высокой чувствительностью.

Автор данного изобретения и другие лица провели исследование чувствительности во время попадания света в элемент 220 для создания светового тракта параллельно центральной оси элемента 220 для создания светового тракта в соответствии с тремя моделями, построенными в предположении, что длина волны падающего света составляет 550 нм (зеленый свет), показатель преломления изолирующей пленки 200 равен 1,46, а показатель преломления элемента 220 для создания светового тракта составляет от 1,83 до 1,90. Первая модель - это модель, в которой показатель преломления среднего участка и показатель преломления периферийного участка оба составляют 1,83, а элемент 220 для создания светового тракта не имеет распределения показателя преломления. Вторая модель - это модель, в которой показатель преломления среднего участка и показатель преломления периферийного участка оба составляют 1,90, а элемент 220 для создания светового тракта не имеет распределения показателя преломления. Третья модель - это модель, соответствующая данному варианту осуществления, в которой показатель преломления среднего участка 224 равен 1,90, а показатель преломления периферийного участка 223 равен 1,83. Если бы

нормализованная чувствительность согласно первой модели составила 1,00, то нормализованная чувствительность третьей модели составила бы 1,05, а нормализованная чувствительность второй модели составила 1,04. Таким образом третья модель может способствовать повышению чувствительности фотоэлектрических преобразующих элементов 1 за счет задания показателя преломления среднего участка 224 превышающим показатель преломления периферийного участка 223, касающийся первой модели, или задания показателя преломления периферийного участка 223 меньшим, чем показатель преломления среднего участка 224, касающийся второй модели.

Отметим, что можно применить компоновку, которая предусматривает модификацию седьмого варианта осуществления, в котором соотношение параметров «большой/малый» между периферийным участком 221 и средним участком 222, существовавшее в вариантах осуществления с первого по шестой, изменяется на обратное. Например, возможна компоновка, в которой периферийный участок 221 принимается за первую область высокого показателя преломления, а средний участок 222 и участок 2221 излучения принимаются за вторую область высокого показателя преломления, имеющую больший показатель преломления, чем первая область высокого показателя преломления (периферийный участок 221), в соответствии с четвертым вариантом осуществления. В альтернативном варианте, возможна компоновка, в которой периферийный участок 221 и участок 2212 падения принимаются за первую область высокого показателя преломления, а средний участок 222 принимается за вторую область высокого показателя преломления, имеющую больший показатель преломления, чем первая область высокого показателя преломления (периферийный участок 221), в соответствии с пятым вариантом осуществления. Кроме того, возможна компоновка, в которой периферийный участок 222 и участок 2211 излучения принимаются за первую область высокого показателя преломления, а средний участок 222 принимается за вторую область высокого показателя преломления, имеющую больший показатель преломления, чем первая область высокого показателя преломления (периферийный участок 221), в соответствии с шестым вариантом осуществления.

Кроме того, прозрачная пленка 319 имеет первую область 3193 и вторую область 3194. Вторая область 3194 прозрачной пленки 319 выполнена неразрывной со средним участком 224, который представляет собой первую область высокого показателя преломления. Первая область 3193 прозрачной пленки 319 выполнена неразрывной с периферийным участком 223, который представляет собой вторую область высокого показателя преломления, и расположена на изолирующей пленке 200. Показатель преломления второй области 3194 больше, чем показатель преломления первой области 3193, и прозрачная пленка 319 имеет некоторое распределение показателя преломления. Первая область 3193 окружает вторую область 3194. Таким образом, свет, попадающий на прозрачную пленку 319, можно направлять к среднему участку 224 элемента 220 для создания светового тракта, а эффективность использования света можно повысить.

Седьмой вариант осуществления обуславливает режим, в котором периферийный участок 221 находится в контакте с боковой поверхностью 204 изолирующей пленки 200. Вместе с тем, аналогично вариантам осуществления с первого по шестой, один или более слоев, составляющих часть элемента для создания светового тракта, могут лежать между периферийным участком 223 и боковой поверхностью 204 изолирующей пленки 200, а периферийный участок 223 при этом не будет находиться в

контакте с боковой поверхностью 204 изолирующей пленки 200.

Например, в одном варианте осуществления, светонаправляющий тракт может иметь слой с низким показателем преломления (не показан), имеющий меньший показатель преломления, чем показатель преломления периферийного участка 223, между периферийным участком 221 и изолирующей пленкой 200. Показатель преломления этого слоя с низким показателем преломления больше, чем показатель преломления изолирующей пленки 200, и может быть меньше, чем показатель преломления среднего участка 224. Отметим, что материал слоя с низким показателем преломления быть тем же самым, что и материал периферийного участка 223 (и среднего участка 224), или может отличаться от него. При наличии такого слоя с низким показателем преломления можно снизить потери света. Кроме того, этот слой с низким показателем преломления может окружать периферийный участок 223.

Помимо этого, например, конфигурация светонаправляющего канала может иметь слой с высоким показателем преломления (не показан), имеющий больший показатель преломления, чем показатель преломления периферийного участка 223, и выполненный из материала, отличающегося от материала периферийного участка 223. Вместе с тем, можно предположить, что при чрезмерном увеличении показателя преломления такого слоя с высоким показателем преломления по сравнению с показателем преломления периферийного участка 223 и/или при чрезмерном увеличении толщины слоя с высоким показателем преломления, свет, попадающий в элемент 220 для создания светового тракта, будет концентрироваться на этом слое с высоким показателем преломления. Вследствие этого, по существу, не может быть достигнуто преимущество в соответствии с данным вариантом осуществления. Поэтому желательно, чтобы разность показателей преломления между периферийным участком 223 и слоем с высоким показателем преломления была меньше, чем разность показателей преломления между периферийным участком 223 и средним участком 224. Желательно также, чтобы в произвольном поперечном сечении толщина слоя с высоким показателем преломления была меньше, чем толщина периферийного участка 221. Такой слой с высоким показателем преломления или слой с низким показателем преломления может выполнять функцию, которая обуславливает форму периферийного участка 221 или повышение адгезии к участку 201 проема элемента 220 для создания светового тракта. Кроме того, в случае применения органического материала (смолы) в качестве материалов периферийного участка 221 и среднего участка 222, вышеописанный слой с высоким показателем преломления или слой с низким показателем преломления служит в качестве защитного слоя (пассивирующего слоя) по отношению к органическим материалам. В качестве материала такого защитного слоя желательно применять нитрид кремния.

Чтобы сформировать распределение показателя преломления при использовании нитрида кремния, можно применить, например, нижеследующие способы. Что касается первого способа, то сначала формируют первую пленку нитрида кремния на боковой поверхности 204 путем уменьшения количества кремниевых компонентов относительно нитридных компонентов пленкообразующего материала. После этого формируют вторую пленку нитрида кремния поверх первой пленки нитрида кремния путем увеличения - по сравнению с формированием первой пленкой нитрида кремния - количества кремниевых компонентов относительно нитридных компонентов пленкообразующего материала. При этом, одно из количества кремниевых компонентов и количества нитридных компонентов или оба они могут быть разными во время формирования первой пленки нитрида кремния и во время формирования

второй пленки нитрида кремния. В соответствии с этим первым способом, можно сформировать элемент 220 для создания светового тракта, в котором первая пленка нитрида кремния составляет периферийный участок 223, а вторая пленка нитрида кремния составляет средний участок 224. Вот почему даже в случае, если отношение
 5 компонентов в стехиометрическом составе равно $\text{Si:N}=3:4$, то по поводу нестехиометрического состава, в котором отношение кремния к азоту (Si/N) относительно велико, можно отметить, что такой состав имеет больший показатель преломления, чем показатель преломления нитрида кремния, в котором отношение
 10 кремния к азоту (Si/N) относительно мало

Что касается второго способа, то сначала формируют первую пленку нитрида кремния, плотность материала которой мала, поверх боковой поверхности 204 путем относительного увеличения энергии, подводимой в пленкообразующий материал. После этого, формируют вторую пленку нитрида кремния, плотность материала
 15 которой больше, чем у первой пленки нитрида кремния, путем уменьшения энергии, подводимой в пленкообразующий материал, по сравнению с формированием первой пленки нитрида кремния. Таким образом, можно сформировать элемент 220 для создания светового тракта, в котором первая пленка нитрида кремния составляет
 20 периферийный участок 223, а вторая пленка нитрида кремния составляет средний участок 224. Вот почему плотная пленка нитрида кремния, в которой плотность материала относительно велика, имеет больший показатель преломления, чем крупнозернистая пленка нитрида, в которой плотность нитрида кремния
 25 относительно мала.

Подробности фотоэлектрических преобразующих элементов

Подробное описание примера фотоэлектрических преобразующих элементов 1 будет приведено со ссылками на фиг. 1. В полупроводниковую подложку 100, выполненную из кремния N-типа, внедрена область 112 полупроводника N^+ -типа. Для
 30 круга, включающего в себя нижний участок области 112 полупроводника N^+ -типа, предусмотрена область 113 проводника N-типа. Для нижнего участка область 113 проводника N-типа предусмотрена область 114 полупроводника P-типа. Область 112 полупроводника N^+ -типа служит в качестве области накопления заряда. Область 112
 35 полупроводника N^+ -типа, область 113 проводника N-типа и область 114 полупроводника P-типа составляют часть участка 110 фотоэлектрического преобразования.

Поверхность входной стороны (верхняя поверхность на фиг. 1) первого слоя 328 подложки линзы имеет выпуклую идеальную сферическую поверхность или
 40 асферическую поверхность по направлению к входной стороне (в нижеследующем тексте собирательно именуемую «криволинейной поверхностью»), т.е. имеет форму выпуклой линзы. Таким образом, свет, попадающий в слой 329 тела линзы приближается к центральной оси и конденсируется. Слой 328 подложки линзы и
 45 слой 329 тела линзы обоюдно выполнены из одного и того же органического материала (смолы), причем слой 328 подложки линзы и слой 329 тела линзы находятся в контакте друг с другом. То есть, слой 328 подложки линзы и слой 329 тела линзы, по существу, выполнены как единый узел. Зачастую трудно наблюдать границу между
 50 слоем 328 подложки линзы и слоем 329 тела линзы. В этом случае, плоскость, соединяющую края области криволинейной поверхности слоем 329 тела линзы, можно задать в качестве воображаемой границы. Отметим, что возможна компоновка, в которой первый слой 329 тела линзы и слой 327 цветного светофильтра находятся в контакте друг с другом за счет отсутствия первого слоя 328 подложки линзы.

Свойства материала (в частности, показатель преломления) и форма криволинейной поверхности (в частности, ее кривизна, высота и ширина) первого слоя 329 тела линзы оказывают огромное влияние на положение фокальной точки. Вообще говоря, чем большей задана кривизна, тем дальше положение фокальной точки от первой плоскости 1001. Свойства материала (в частности, показатель преломления) и толщина слоя 328 подложки линзы оказывают влияние на расстояние, на которое свет оказывается ближе к центральной оси в пределах слоя 328 подложки линзы, и эти особенности, соответственно, составляют один из факторов для определения фокальной точки. Типичный показатель преломления первого слоя 329 тела линзы составляет от 1,6 до 2,0.

Слой 327 цветного светофильтра выполнен из органического материала (смолы), включая в себя окрашивающий материал. Хотя в качестве окрашивающего материала можно применять краску, возможно и применение пигмента. Свойства материала (в частности, показатель преломления) и толщина слоя 327 цветного светофильтра оказывают влияние на расстояние, на которое свет, отражаемый на поверхности раздела между слоем 328 подложки линзы и слоем 327 цветного светофильтра, становится ближе к центральной оси в пределах слоя 327 цветного светофильтра, и эти особенности, соответственно, составляют один из факторов для определения фокальной точки 500. Типичная толщина слоя 327 цветного светофильтра составляет от 0,1 до 1,0 мкм, а типичный показатель преломления составляет от 1,4 до 1,6.

Сплюснутая пленка 326 состоит выполнена из органического материала (смолы) и имеет функцию регулировки расстояния между первым слоем 329 тела линзы и вторым слоем 324 тела линзы. Кроме того, сплюснутая пленка 326 сплюснута до такой степени, что приобретает форму криволинейной поверхности второго слоя 324 тела линзы, и имеет функцию подавления наклона светового тракта в слое 327 цветного светофильтра, первом слое 328 подложки линзы и первом слое 329 тела линзы. Толщина самого тонкого участка сплюснутой пленки 326, как правило, составляет от 0,1 до 0,5 мкм, а показатель преломления сплюснутой пленки составляет от 1,4 до 1,5.

Второй слой 323 подложки линзы и второй слой 324 тела линзы выполнены из нитрида кремния, и второй слой 324 тела линзы имеет форму выпуклой линзы (форму плосковыпуклой линзы). Отметим, что показатель преломления второго слоя 324 тела линзы больше, чем показатель преломления сплюснутой пленки 326. Поэтому оказывается возможным дополнительная конденсация света, конденсирующегося в первом слое 329 тела линзы.

Второй слой 325 покрытия тела линзы выполнен из оксида кремния и имеет показатель преломления между показателем преломления второго слоя 324 тела линзы и показателем преломления сплюснутой пленки 326. Таким образом, в случае, если второй слой 325 покрытия тела линзы имеет показатель преломления между показателем преломления второго слоя 324 тела линзы и показателем преломления сплюснутой пленки 326, количество света, падающего из сплюснутой пленки 326 на второй слой 324 тела линзы, увеличивается. Вот почему можно подавить отражение на поверхности раздела между сплюснутой пленкой 326 и вторым слоем 324 тела линзы, которое может происходить, если не предусмотрен второй слой 325 покрытия тела линзы, и можно увеличить коэффициент пропускания.

В одном варианте осуществления, толщина второго слоя 325 покрытия тела линзы меньше, чем толщина второго слоя 324 тела линзы, и толщина второго слоя 324 тела линзы равна или меньше 1/2. Толщина второго слоя 325 покрытия тела линзы в (М-

0,5)/4n₃₂₅ -(M+0,5)/4n₃₂₅ раз больше, чем длина волны падающего света, и эта толщина также может быть в M/4n₃₂₅ раз больше длины волны падающего света. Здесь M - нечетное число, а n₃₂₅ - показатель преломления второго слоя 325 покрытия тела линзы. M равно 1 или 3. В случае если толщина второго слоя 325 покрытия тела линзы задана таким образом, можно ослабить интерференцию из-за отраженного света на поверхности второго слоя 324 тела линзы, а также можно уменьшить количество отраженного света на поверхности второго слоя 325 покрытия тела линзы, и поэтому функция подавления отражения - с точки зрения волоконной оптики - выполняется.

Первый слой 322 со средним показателем преломления предусмотрен между вторым слоем 323 подложки линзы и слоем 321 с низким показателем преломления, а второй слой 320 со средним показателем преломления предусмотрен между слоем 321 с низким показателем преломления и прозрачной пленкой 319. Материалы первого слоя 322 со средним показателем преломления и второго слоя 320 со средним показателем преломления состоят из оксинитрида кремния, а материалом слоем 321 с низким показателем преломления является оксид кремния.

Верхняя поверхность первого слоя 322 со средним показателем преломления образует поверхность раздела вместе с нижней поверхностью второго слоя 323 подложки линзы, а показатель преломления первого слоя 322 со средним показателем преломления меньше, чем показатель преломления второго слоя 323 подложки линзы. Верхняя поверхность слоя 321 с низким показателем преломления образует поверхность раздела с нижней поверхностью первого слоя 322 со средним показателем преломления, а показатель преломления слоя 321 с низким показателем преломления меньше, чем показатель преломления первого слоя 322 со средним показателем преломления. Следовательно, первый слой 322 со средним показателем преломления имеет показатель преломления между показателем преломления второго слоя 323 подложки линзы и показателем преломления слоя 321 с низким показателем преломления. Верхняя поверхность второго слоя 320 со средним показателем преломления образует поверхность раздела вместе с нижней поверхностью слоя 321 с низким показателем преломления, а показатель преломления второго слоя 320 со средним показателем преломления больше, чем показатель преломления слоя 321 с низким показателем преломления. Нижняя поверхность второго слоя 320 со средним показателем преломления образует поверхность раздела вместе с верхней поверхностью прозрачной пленки 319, а показатель преломления второго слоя 320 со средним показателем преломления меньше, чем показатель преломления прозрачной пленки 319. Следовательно, второй слой 320 со средним показателем преломления имеет показатель преломления между показателем преломления слоя 321 с низким показателем преломления и показателем преломления прозрачной пленки 319. Таким образом, показатель преломления любого из первого слоя 322 со средним показателем преломления и второго слоя 320 со средним показателем преломления меньше, чем показатели преломления второго слоя 323 подложки линзы и второго слоя 324 тела линзы, и поэтому первый слой 322 со средним показателем преломления, слой 321 с низким показателем преломления и второй слой 320 со средним показателем преломления можно собирательно именовать пленкой с низким показателем преломления. Отметим, что, по меньшей мере, один из первого слоя 322 со средним показателем преломления и второго слоя 320 со средним показателем преломления можно исключить из пленки с низким показателем преломления, а пленку с низким показателем преломления можно принять за однослойную пленку или двухслойную

пленку. Отметим, что пленку с низким показателем преломления также можно исключить.

Показатель преломления пленки 321 с низким показателем преломления меньше, чем показатель преломления первого слоя 322 со средним показателем преломления, и поэтому свет отражается в соответствии с законом Шелла по направлению к центральной оси участка 201 проема и к элементу 220 для создания светового тракта в пределах слоя 321 с низким показателем преломления. Поэтому количество света, попадающего на участок 201 проема (в элемент 220 для создания светового тракта), можно увеличить. Даже в случае, если первый слой 322 со средним показателем преломления отсутствует, показатель преломления пленки 321 с низким показателем преломления меньше, чем показатель преломления первого слоя 322 со средним показателем преломления, и поэтому может возникнуть одинаковое преломление. Вместе с тем, в соответствии с разностью коэффициентов преломления между вторым слоем 323 подложки линзы и слоем 321 с низким показателем преломления, отражение падающего света может возникнуть на поверхности раздела между вторым слоем 323 подложки линзы и слоем 321 с низким показателем преломления. Кроме того, в соответствии с разностью показателей преломления между слоем 321 с низким показателем преломления и прозрачной пленкой 319, отражение падающего света может возникнуть на поверхности раздела между слоем 321 с низким показателем преломления и прозрачной пленкой 319. При этом отражательную способность R можно представить выражением $R = (n_{321} - n_{319})^2 / (n_{321} + n_{319})^2$. В данном случае n_{321} - показатель преломления слоя 321 с низким показателем преломления, а n_{319} - показатель преломления прозрачной пленки 319. В примере на фиг. 1 как разность показателей преломления между вторым слоем 323 подложки линзы и первым слоем 322 со средним показателем преломления, так и разность показателей преломления между первым слоем 322 со средним показателем преломления и слоем 321 с низким показателем преломления меньше, чем разность показателей преломления между вторым слоем 323 подложки линзы и слоем 321 с низким показателем преломления. Соответственно, можно улучшить пропускание из второго слоя 323 подложки линзы в слой 321 с низким показателем преломления, и можно увеличить количество света, попадающего в слой 321 с низким показателем преломления. Показатель преломления прозрачной пленки 319 больше, чем показатель преломления второго слоя 320 со средним показателем преломления, и поэтому свет преломляется в соответствии с законом Шелла в направлении от центральных осей участка 201 проема и элемента для создания светового тракта внутри прозрачной пленки 319. Следовательно, поток света, попадающего на периферийный участок 221 (или периферийный участок 223), можно увеличить. Кроме того, поскольку угол относительно боковой поверхности 204 можно уменьшить, поток света, попадающего на боковую поверхность 204 под углом падения, не меньшим, чем критический угол, можно увеличить, а количество света, утекающего с боковой поверхности 204 участка 201 проема, можно уменьшить. Даже в случае, если второй слой 320 со средним показателем преломления исключен, такое преломление может возникнуть за счет того, что показатель преломления слоя 321 с низким показателем преломления может стать меньшим, чем показатель преломления прозрачной пленки 319. В примере на фиг. 1, как разность показателей преломления между слоем 321 с низким показателем преломления и вторым слоем 320 со средним показателем преломления, так и разность показателей преломления между вторым слоем 320 со средним показателем преломления и прозрачной пленкой 319, меньше,

чем разность показателей преломления между слоем 321 с низким показателем преломления и прозрачной пленкой 319. Соответственно, можно улучшить пропускание из слоя 321 с низким показателем преломления в прозрачную пленку 319, а количество света попадающего в прозрачную пленку 319 можно увеличить.

В одном варианте осуществления, толщина первого слоя 322 со средним показателем преломления в $(M-0,5)/4n_{322}-(M+0,5)/4n_{322}$ раз больше длины волны падающего света, и это толщина также может быть в $M/4n_{322}$ раз больше длины волны падающего света. Здесь M - нечетное число, а n_{322} - показатель преломления первого слоя 322 со средним показателем преломления. M равно 1 или 3. В случае, если толщина первого слоя 322 со средним показателем преломления задана таким образом, можно ослабить интерференцию отражаемого света на поверхности раздела между первым слоем 322 со средним показателем преломления и вторым слоем 323 подложки линзы, а также можно уменьшить количество отраженного света на поверхности раздела между первым слоем 322 со средним показателем преломления и слоем 321 с низким показателем преломления; соответственно, можно выполнить функцию подавления отражения с точки зрения волновой оптики.

Аналогичным образом, толщина второго слоя 320 со средним показателем преломления в $(M-0,5)/4n_{320}-(M+0,5)/4n_{320}$ раз больше длины волны падающего света, а толщина этого слоя может быть в $M/4n_{320}$ раз больше длины волны падающего света. Здесь M - нечетное число, а n_{320} - показатель преломления. M равно 1 или 3.

Чтобы увеличить преломление с целью прохождения света ближе к центральной оси в пределах пленки с низким показателем преломления в диапазоне, где толщина каждого слоя ограничена, желательно задавать толщину первого слоя 322 со средним показателем преломления и толщину слоя 321 с низким показателем преломления следующим образом. Во-первых, сравнивают относительный показатель преломления между вторым слоем 323 подложки линзы и первым слоем 322 со средним показателем преломления и относительный показатель преломления между первым слоем 322 со средним показателем преломления и слоем 321 с низким показателем преломления. Толщину среды (одного из первого слоя 322 со средним показателем преломления и слоя 321 с низким показателем преломления) на выходной стороне, где относительный показатель преломления больше, задают как превышающую толщину среды (другого из первого слоя 322 со средним показателем преломления и слоя 321 с низким показателем преломления) на входной стороне, где относительный показатель преломления меньше. Отметим, что упоминаемый здесь относительный показатель преломления - это отношение (показатель преломления среды на входной стороне)/(показатель преломления среды на выходной стороне), а его величина больше 1 в данном варианте осуществления. Отметим, что когда в предшествующем описании заходила речь просто о «показателе преломления», это означало, что имеется в виду абсолютный показатель преломления. В соответствии с законом Шелла, чем больше относительный показатель преломления, тем больше угол выхода, вследствие чего излучаемый свет можно дополнительно приблизить к центральной оси путем увеличения толщины среды на выходной стороне, где относительный показатель преломления больше. Например, в случае, если показатель преломления второго слоя 323 подложки линзы равен 2,00, показатель преломления первого слоя 322 со средним показателем преломления равен 1,72, а показатель преломления слоя 321 с низким показателем преломления равен 1,46, то выдерживается соотношение $2,00/1,72 < 1,72/1,46$. Соответственно, толщина слоя 321 с низким показателем преломления должна быть увеличена по сравнению с толщиной первого

слоя 322 со средним показателем преломления.

Фотоэлектрическое преобразующее устройство
и система для считывания изображений

Теперь, со ссылками на фиг. 11 будет описан пример фотоэлектрического
преобразующего устройства 10 и системы 30 для считывания изображений.

Фотоэлектрическое преобразующее устройство 10 можно применять, например, в
качестве датчика изображения, датчика расстояния или фотометрического датчика.

Фотоэлектрическое преобразующее устройство 10 также может иметь

многочисленные функции из числа функций датчика изображения, датчика расстояния
или фотометрического датчика.

Система 30 для считывания изображений включает в себя фотоэлектрическое
преобразующее устройство 10, и в нее также может быть встроено устройство 20 для
обработки сигналов, в который вводится электрический сигнал, выдаваемый из
фотоэлектрического преобразующего устройства 10, для обработки этого
электрического сигнала. На фиг. 11 представлен чертеж, иллюстрирующий пример
системы 30 для считывания изображений. С выходов Вых1 и Вых2

фотоэлектрического преобразующего устройства 10 выдаются электрические сигналы.

Хотя приведен пример, в котором предусмотрены два маршрута выдачи согласно
выходам Вых1 и Вых2, количество маршрутов выдачи может быть равно единице,
или может быть равно трем или более. Электрические сигналы вводятся на вход ВХ
устройства 20 для обработки сигналов. Электрические сигналы могут быть сигналами
тока или сигналами напряжения, а также могут быть аналоговыми сигналами или
цифровыми сигналами. Вместо электрических сигналов можно применять световые
сигналы.

В случае применения фотоэлектрического преобразующего устройства 10 в
качестве датчика изображения, устройство 20 для обработки сигналов имеет

конфигурацию, обеспечивающую выдачу сигналов изображения с выхода Вых3
путем ввода электрических сигналов на вход ВХ. В случае применения

фотоэлектрического преобразующего устройства 10 в качестве датчика расстояния
для обнаружения фокальной точки, устройство 20 для обработки сигналов имеет
конфигурацию, обеспечивающую выдачу с выхода Вых3 сигнала привода для

приведения в движение объектива, предусмотренного перед фотоэлектрическим
преобразующим устройством 10, путем ввода электрических сигналов на вход ВХ. В
случае применения фотоэлектрического преобразующего устройства 10 в качестве
фотометрического датчика, устройство 20 для обработки сигналов имеет

конфигурацию, обеспечивающую выдачу сигнала управления, предназначенного для
управления затвором с целью регулировки времени экспозиции, с выхода Вых3,
путем ввода электрических сигналов на вход IN. Отметим, что вышеупомянутый
затвор может быть механическим затвором или электронным затвором, а в случае
электронного затвора, фотоэлектрическое преобразующее устройство 10 оказывается,
по существу, управляемым. В частности, удобно применять фотоэлектрическое
преобразующее устройство 10 в соответствии с данным изобретением как датчик
изображения, получая с его помощью удовлетворительные изображения.

Теперь будет описан пример фотоэлектрического преобразующего устройства 10 в
системе 30 для считывания изображений, показанной на фиг. 11. В данном примере, в
качестве датчика изображения применяется фотоэлектрическое преобразующее
устройство, предусматривающее усиление сигналов пикселей и служащее
фотоэлектрическим преобразующим устройством 10. На фиг. 11 показано, что

фотоэлектрическое преобразующее устройство 10 включает в себя область 611 пикселей, схему 612 вертикальной развертки, две схемы 613 считывания, две схемы 614 горизонтальной развертки и два выходных усилителя 615. Область, не являющаяся областью пикселей, будет именоваться областью периферийных схем.

В области 611 пикселей большое количество фотоэлектрических преобразующих элементов 1 расположены в форме двумерного образования. Каждый из фотоэлектрических преобразующих элементов 1 эквивалентен одному пикселю. Интервал между центральными осями взаимно соседних фотоэлектрических преобразующих элементов 1 (шаг пикселей), как правило, равен или меньше 10 мкм, равен или меньше 5,0 мкм и может не превышать 2,0 мкм. В области периферийных схем предусмотрены схемы 613 считывания и, например, усилитель столбцов, схема системы цветного отображения (СЦО) и т.д., которые подвергают сигнал, считываемый посредством шины сигнала вертикальной развертки из пикселя в строке, выбранной схемой 612 вертикальной развертки, усилению, сложению или аналогичной операции. Для каждого столбца или для каждых нескольких столбцов предусмотрены усилитель столбцов, схема СЦО, схема суммирования и т.п. Схемы горизонтальной развертки генерируют сигналы для последовательного считывания сигналов схем 613 считывания. Выходные усилители усиливают и выдают сигналы в столбцах, выбранных схемами 614 горизонтальной развертки.

Вышеописанная конфигурация является лишь примером конфигурации фотоэлектрического преобразующего устройства 10, и данное изобретение ею не ограничивается. Схемы 613 считывания, схемы 614 горизонтальной развертки и выходные усилители 615 составляют маршруты выдачи (с выходов Вых1 и Вых2) двух систем, и поэтому они в некоторый момент времени расположены так, что один оказывается выше области 611 пикселей, другой - ниже нее, а она оказывается заключенной между ними.

Примеры типичной системы 30 для считывания изображений включают в себя съемочные аппараты, такие, как фотоаппараты для съемки актерских проб, рабочих моментов и рекламных фотографий, видеокамеры и т.д. Система 30 для считывания изображений также может включать в себя транспортный блок (не показан) которые обеспечивает транспортировку фотоэлектрического преобразующего устройства 10. Примеры транспортного блока включают в себя колеса с электродвигателем, поршневым двигателем, роторно-поршневым двигателем или аналогичным средством в качестве источника мощности, а также включают в себя движительные устройства, такие, как пропеллеры, турбодвигатели, ракетные двигатели и т.д. Такая система для считывания изображений, включающая в себя транспортный блок, может быть воплощена путем установки фотоэлектрического преобразующего устройства 10 и устройства 20 для обработки сигналов на автомобиле, железнодорожном вагоне, корабле, самолете, спутнике или аналогичном объекте.

Как описано выше, с помощью данного изобретения, которое имеет варианты осуществления с первого по седьмой, можно получить фотоэлектрические преобразующие элементы, обладающие большой эффективностью использования света. В частности, в вариантах осуществления с первого по шестой, включенных в первый аспект данного изобретения, можно обеспечить фотоэлектрические преобразующие элементы с повышенной линейностью величины F. Кроме того, в седьмом варианте осуществления, включенном во второй аспект данного изобретения, можно обеспечить фотоэлектрические преобразующие элементы с повышенной чувствительностью к свету, параллельному центральной оси.

Хотя данное изобретение описано со ссылками на возможные варианты осуществления, должно быть ясно, что изобретение не ограничивается описанными возможными вариантами осуществления. Объем притязаний нижеследующей формулы изобретения следует толковать в самом широком смысле как охватывающий все такие модификации и эквивалентные конструкции.

Формула изобретения

1. Фотоэлектрический преобразующий элемент, содержащий
 - участок фотоэлектрического преобразования и элемент для создания светового тракта к упомянутому участку фотоэлектрического преобразования, нанесенный на упомянутый участок фотоэлектрического преобразования и окруженный изолирующей пленкой, при этом упомянутый элемент включает в себя
 - первый участок и
 - второй участок, имеющий такой же стехиометрический состав, как упомянутый первый участок, а также имеющий больший показатель преломления, чем показатель преломления упомянутого первого участка,
 - и при этом упомянутый второй участок выполнен неразрывным с упомянутым первым участком и окружает упомянутый первый участок, а показатель преломления упомянутого первого участка больше, чем показатель преломления упомянутой изолирующей пленки, в пределах некоторой плоскости, параллельной светоприемной поверхности упомянутого участка фотоэлектрического преобразования, и в пределах другой плоскости, параллельной упомянутой светоприемной поверхности и находящейся ближе к упомянутой светоприемной поверхности, чем упомянутая некоторая плоскость, и при этом толщина упомянутого второго участка в пределах упомянутой другой плоскости меньше, чем толщина упомянутого второго участка в пределах упомянутой некоторой плоскости.
 2. Фотоэлектрический преобразующий элемент, содержащий
 - участок фотоэлектрического преобразования и элемент для создания светового тракта к упомянутому участку фотоэлектрического преобразования, нанесенный на упомянутый участок фотоэлектрического преобразования и окруженный изолирующей пленкой, при этом упомянутая изолирующая пленка включает в себя первый изолирующий слой и второй изолирующий слой оксида кремния или силикатного стекла, при этом упомянутый элемент включает в себя
 - первый участок из нитрида кремния и
 - второй участок из нитрида кремния, имеющий большую плотность нитрида кремния, чем плотность нитрида кремния на упомянутом первом участке,
 - и при этом упомянутый второй участок расположен между упомянутым первым участком и упомянутым первым изолирующим слоем, и упомянутый второй участок выполнен неразрывным с упомянутым первым участком и окружает упомянутый первый участок в пределах некоторой плоскости, параллельной светоприемной поверхности упомянутого участка фотоэлектрического преобразования,
 - и при этом упомянутый второй участок расположен между упомянутым первым участком и упомянутым вторым изолирующим слоем, а, кроме того, упомянутый второй участок выполнен неразрывным с упомянутым первым изолирующим участком и окружает упомянутый первый участок в пределах другой плоскости,

параллельной светоприемной поверхности упомянутого участка фотоэлектрического преобразования и находящейся ближе к упомянутой светоприемной поверхности, чем упомянутая некоторая плоскость,

и при этом толщина упомянутого второго участка в пределах упомянутой другой плоскости меньше, чем толщина упомянутого второго участка в пределах упомянутой некоторой плоскости.

3. Фотоэлектрический преобразующий элемент, содержащий участок фотоэлектрического преобразования и

элемент для создания светового тракта к упомянутому участку фотоэлектрического преобразования, нанесенный на упомянутый участок фотоэлектрического преобразования и окруженный изолирующей пленкой, при этом упомянутая изолирующая пленка включает в себя первый изолирующий слой и второй изолирующий слой оксида кремния или силикатного стекла,

при этом упомянутый элемент включает в себя

первый участок из нитрида кремния и

второй участок из нитрида кремния, имеющий больший индекс кремния для нитрида, чем индекс кремния для нитрида упомянутого первого участка,

и при этом упомянутый второй участок расположен между упомянутым первым участком и упомянутым первым изолирующим слоем и упомянутый второй участок выполнен неразрывным с упомянутым первым участком и окружает упомянутый первый участок в пределах некоторой плоскости, параллельной светоприемной поверхности упомянутого участка фотоэлектрического преобразования,

и при этом упомянутый второй участок расположен между упомянутым первым участком и упомянутым вторым изолирующим слоем и упомянутый второй участок выполнен неразрывным с упомянутым первым участком и окружает упомянутый первый участок в пределах другой плоскости, параллельной упомянутой светоприемной поверхности участка фотоэлектрического преобразования и находящейся ближе к упомянутой светоприемной поверхности, чем упомянутая некоторая плоскость,

и при этом толщина упомянутого второго участка в пределах упомянутой другой плоскости меньше, чем толщина упомянутого второго участка в пределах упомянутой некоторой плоскости.

4. Фотоэлектрический преобразующий элемент, содержащий участок фотоэлектрического преобразования и

элемент для создания светового тракта к упомянутому участку фотоэлектрического преобразования, нанесенный на упомянутый участок фотоэлектрического преобразования и окруженный изолирующей пленкой,

при этом упомянутый элемент включает в себя

первый участок и

второй участок, имеющий меньший показатель преломления, чем показатель преломления упомянутого первого участка,

и при этом упомянутый второй участок выполнен неразрывным с упомянутым первым участком и окружает упомянутый первый участок, а показатель преломления упомянутого второго участка больше, чем показатель преломления упомянутой изолирующей пленки, в пределах некоторой плоскости, параллельной светоприемной поверхности упомянутого участка фотоэлектрического преобразования, и в пределах другой плоскости, параллельной упомянутой светоприемной поверхности и находящейся ближе к упомянутой светоприемной поверхности, чем упомянутая

некоторая плоскость,

и при этом толщина упомянутого второго участка в пределах упомянутой другой плоскости меньше, чем толщина упомянутого второго участка в пределах упомянутой некоторой плоскости.

5 5. Фотоэлектрический преобразующий элемент, содержащий участок фотоэлектрического преобразования и

элемент для создания светового тракта к упомянутому участку фотоэлектрического преобразования, нанесенный на упомянутый участок фотоэлектрического преобразования и окруженный изолирующей пленкой, при этом упомянутая
10 изолирующая пленка включает в себя первый изолирующий слой и второй изолирующий слой оксида кремния или силикатного стекла,

при этом упомянутый элемент включает в себя

первый участок из нитрида кремния и

15 второй участок из нитрида кремния, имеющий меньшую плотность упомянутого нитрида кремния, чем плотность на упомянутом первом участке,

и при этом упомянутый второй участок расположен между упомянутым первым участком и упомянутым первым изолирующим слоем и упомянутый второй участок
20 выполнен неразрывным с упомянутым первым участком и окружает упомянутый первый участок в пределах некоторой плоскости, параллельной светоприемной поверхности упомянутого участка фотоэлектрического преобразования,

и при этом упомянутый второй участок расположен между упомянутым первым участком и упомянутым вторым изолирующим слоем и упомянутый второй участок
25 выполнен неразрывным с упомянутым первым участком и окружает упомянутый первый участок в пределах другой плоскости, параллельной упомянутой светоприемной поверхности и находящейся ближе к упомянутой светоприемной поверхности, чем упомянутая некоторая плоскость,

и при этом толщина упомянутого второго участка в пределах упомянутой другой
30 плоскости меньше, чем толщина упомянутого второго участка в пределах упомянутой некоторой плоскости.

6. Фотоэлектрический преобразующий элемент, содержащий участок фотоэлектрического преобразования и

элемент для создания светового тракта к упомянутому участку фотоэлектрического преобразования, нанесенный на упомянутый участок фотоэлектрического преобразования и окруженный изолирующей пленкой, при этом упомянутая
35 изолирующая пленка включает в себя первый изолирующий слой и второй изолирующий слой оксида кремния или силикатного стекла,

при этом упомянутый элемент включает в себя

первый участок из нитрида кремния и

второй участок из нитрида кремния, имеющий индекс кремния для нитрида ниже,
40 чем индекс кремния для нитрида упомянутого первого участка,

и при этом упомянутый второй участок расположен между упомянутым первым участком и упомянутым первым изолирующим слоем и упомянутый второй участок
45 выполнен неразрывным с упомянутым первым участком и окружает упомянутый первый участок в пределах некоторой плоскости, параллельной светоприемной поверхности упомянутого участка фотоэлектрического преобразования,

и при этом упомянутый второй участок расположен между упомянутым первым участком и упомянутым вторым изолирующим слоем и упомянутый второй участок
50 выполнен неразрывным с упомянутым первым участком и окружает упомянутый

первый участок в пределах другой плоскости, параллельной светоприемной поверхности упомянутого участка фотоэлектрического преобразования и находящейся ближе к упомянутой светоприемной поверхности, чем упомянутая некоторая плоскость,

и при этом толщина упомянутого второго участка в пределах упомянутой другой плоскости меньше, чем толщина упомянутого второго участка в пределах упомянутой некоторой плоскости.

7. Фотоэлектрический преобразующий элемент по п.4, в котором упомянутый второй участок имеет тот же стехиометрический состав, что и упомянутый первый участок.

8. Фотоэлектрический преобразующий элемент по любому из пп.1-6, в котором показатели преломления упомянутого первого участка и упомянутого второго участка непрерывно изменяются от оси, перпендикулярной упомянутой светоприемной поверхности и проходящей через упомянутый первый участок по направлению к упомянутой изолирующей пленке в пределах упомянутой некоторой плоскости и упомянутой другой плоскости.

9. Фотоэлектрический преобразующий элемент по любому из пп.1-6, в котором толщина упомянутого второго участка в пределах упомянутой другой плоскости является равной или меньшей, чем половина толщины упомянутого второго участка в пределах упомянутой некоторой плоскости.

10. Фотоэлектрический преобразующий элемент по п.9, в котором упомянутый элемент предусмотрен в пределах участка проема упомянутой изолирующей пленки, который имеет боковую поверхность, неразрывно идущую от верхней поверхности упомянутой изолирующей пленки, и нижнюю поверхность, неразрывную с упомянутой боковой поверхностью, и при этом плоскость, включающая в себя упомянутую светоприемную поверхность, принята за первую плоскость, а плоскость, включающая в себя упомянутую верхнюю поверхность, параллельная упомянутой первой плоскости, принята за вторую плоскость, причем упомянутая плоскость дна расположена между упомянутой первой плоскостью и упомянутой второй плоскостью в пределах третьей плоскости, параллельной упомянутой первой плоскости,

и при этом плоскость, расположенная на одинаковом расстоянии от упомянутой второй плоскости и упомянутой третьей плоскости, параллельная упомянутой третьей плоскости, принята за четвертую плоскость,

и при этом плоскость, расположенная на одинаковом расстоянии от упомянутой второй плоскости и упомянутой четвертой плоскости, параллельная упомянутой первой плоскости, принята за пятую плоскость,

и при этом плоскость, расположенная на одинаковом расстоянии от упомянутой третьей плоскости и упомянутой четвертой плоскости, параллельная упомянутой первой плоскости, принята за шестую плоскость,

и при этом упомянутая некоторая плоскость представляет собой упомянутую пятую плоскость или расположена между упомянутой четвертой плоскостью и упомянутой пятой плоскостью, а упомянутая другая плоскость расположена между упомянутой третьей плоскостью и упомянутой четвертой плоскостью.

11. Фотоэлектрический преобразующий элемент по любому из пп.1-6, в котором, если принять длину света, поступающего в упомянутый элемент, равной λ , показатель преломления упомянутой изолирующей пленки равным n_0 и показатель преломления упомянутого второго участка равным n_1 , то максимальное значение толщины упомянутого второго участка больше, чем $\lambda / 2\sqrt{(n_1^2 - n_0^2)}$, а минимальное значение

толщины упомянутого второго участка меньше, чем $\lambda / 4 \sqrt{(n_1^2 - n_0^2)}$.

12. Фотоэлектрический преобразующий элемент по п.1 или 4, в котором упомянутая изолирующая пленка представляет собой многослойную пленку,
5 включающую в себя

первый и второй изолирующие слои с высоким показателем преломления, каждый из которых имеет показатель преломления, не меньший, чем показатели преломления, по меньшей мере, одного из упомянутого первого участка и упомянутого второго участка, и окружают упомянутый элемент, и

10 первый и второй изолирующие слои с низким показателем преломления, каждый из которых имеет показатель преломления, меньший, чем показатели преломления обоих из упомянутого первого участка и упомянутого второго участка, и окружают упомянутый элемент,

15 и при этом толщина каждого из упомянутых первого и второго изолирующих слоев с высоким показателем преломления меньше, чем толщина каждого из упомянутых первого и второго изолирующих слоев с низким показателем преломления,

и при этом упомянутый первый изолирующий слой с низким показателем преломления расположен между упомянутым первым изолирующим слоем с низким
20 показателем преломления и упомянутым вторым изолирующим слоем с низким показателем преломления,

и упомянутый первый изолирующий слой с низким показателем преломления расположен в пределах упомянутой некоторой плоскости, а упомянутый второй
25 изолирующий слой с низким показателем преломления расположен в пределах упомянутой другой плоскости, и при этом толщина упомянутого второго участка в пределах упомянутой другой плоскости является равной или меньшей половины толщины упомянутого второго участка в пределах упомянутой некоторой плоскости.

13. Фотоэлектрический преобразующий элемент по любому из пп.2, 3, 5 и 6, в
30 котором упомянутая изолирующая пленка включает в себя третий и четвертый изолирующие слои нитрида кремния, каждый из которых окружает упомянутый элемент и каждый имеет толщину, равную или большую, чем 0,01 мкм, а также равную или меньшую, чем 0,10 мкм, причем первый изолирующий слой расположен
35 между упомянутым третьим изолирующим слоем и упомянутым четвертым изолирующим слоем, а толщина упомянутого второго участка в пределах упомянутой другой плоскости равна или меньше, чем половина толщины упомянутого второго участка в пределах упомянутой некоторой плоскости.

14. Фотоэлектрический преобразующий элемент по любому из пп.1-3, в котором
40 упомянутый элемент включает в себя третий участок, имеющий тот же стехиометрический состав, что и упомянутый второй участок, и имеющий показатель преломления выше, чем показатель преломления упомянутого первого участка, между упомянутым первым участком и упомянутым участком фотоэлектрического
45 преобразования, или фотоэлектрический преобразующий элемент по любому из пп.4-6, в котором упомянутый элемент для создания светового тракта к упомянутому участку фотоэлектрического преобразования включает в себя третий участок, имеющий тот же стехиометрический состав, что и упомянутый второй участок, и также имеющий меньший показатель преломления меньше, чем показатель
50 преломления упомянутого первого участка, между упомянутым первым участком и упомянутым участком фотоэлектрического преобразования.

15. Фотоэлектрический преобразующий элемент по любому из пп.1-6, в котором упомянутый второй участок находится в контакте с упомянутой изолирующей

пленкой, или между упомянутым вторым участком и упомянутой изолирующей пленкой предусмотрен слой с низким показателем преломления, имеющий меньший показатель преломления, чем показатель преломления упомянутого второго участка.

16. Фотоэлектрический преобразующий элемент по любому из пп.1-6, содержащий слой с высоким показателем преломления, имеющий стехиометрический состав, отличающийся от упомянутого второго участка, и имеющий больший показатель преломления, чем показатель преломления упомянутого второго участка, между упомянутым вторым участком и упомянутой изолирующей пленкой.

17. Фотоэлектрический преобразующий элемент по любому из пп.1-6, в котором ширина упомянутого элемента в пределах упомянутой другой плоскости меньше, чем ширина упомянутого элемента в пределах упомянутой некоторой плоскости, причем упомянутый второй участок неразрывно простирается вдоль упомянутой изолирующей пленки между упомянутой некоторой плоскостью и упомянутой другой плоскостью, а толщина упомянутого второго участка непрерывно уменьшается по мере приближения упомянутого второго участка к упомянутой светоприемной поверхности.

18. Фотоэлектрический преобразующий элемент по любому из пп.1-3, в котором предусмотрена прозрачная пленка, которая имеет тот же стехиометрический состав, что и упомянутый первый участок, и простирается от верха упомянутого элемента до верха упомянутой изолирующей пленки,

и при этом упомянутая прозрачная пленка включает в себя первую область, выполненную неразрывной с упомянутым вторым участком, и вторую область, выполненную неразрывной с упомянутым первым участком, и при этом упомянутая первая область окружает упомянутую вторую область в пределах плоскости, параллельной упомянутой светоприемной поверхности, и при этом показатель преломления упомянутой первой области выше, чем

показатель преломления упомянутой второй области, или фотоэлектрический преобразующий элемент по любому из пп.4-6, в котором предусмотрена прозрачная пленка, которая имеет тот же стехиометрический состав, что и упомянутый первый участок, и простирается от верха упомянутого элемента до верха упомянутой изолирующей пленки,

и при этом упомянутая прозрачная пленка включает в себя первую область, выполненную неразрывной с упомянутым вторым участком, и вторую область, выполненную неразрывной с упомянутым первым участком, и при этом упомянутая первая область окружает упомянутую вторую область в пределах плоскости, параллельной упомянутой светоприемной поверхности, и при этом показатель преломления упомянутой первой области больше, чем показатель преломления упомянутой второй области.

19. Фотоэлектрический преобразующий элемент по любому из пп.1-6, в котором предусмотрено множество слоев электропроводки, взаимно соединенных посредством штекерного слоя, в пределах упомянутой изолирующей пленки, а на стороне упомянутого участка фотоэлектрического преобразования, противоположной упомянутому элементу, предусмотрены первый слой тела линзы и второй слой тела линзы, расположенный между первым слоем тела линзы и упомянутым элементом.

20. Фотоэлектрический преобразующий элемент по п.1 или 7, в котором материалами упомянутого первого участка и упомянутого второго участка является нитрид кремния или смолы.

21. Фотоэлектрическое преобразующее устройство, в котором скомпоновано

множество пикселей, соответствующих фотоэлектрическим преобразующим элементам по п.1 или 7, а интервал осей, проходящих через упомянутый первый участок в пределах упомянутой некоторой плоскости и упомянутой другой плоскости перпендикулярно упомянутой светоприемной поверхности каждого из взаимно соседних фотоэлектрических преобразующих элементов, равен или меньше чем 5,0 мкм.

22. Фотоэлектрическое преобразующее устройство, в котором скомпоновано множество пикселей, соответствующих фотоэлектрическим преобразующим элементам по п.8, а интервал осей, проходящих через упомянутый первый участок в пределах упомянутой некоторой плоскости и упомянутой другой плоскости перпендикулярно упомянутой светоприемной поверхности каждого из взаимно соседних фотоэлектрических преобразующих элементов, равен или меньше чем 5,0 мкм.

23. Фотоэлектрическое преобразующее устройство, в котором скомпоновано множество пикселей, соответствующих фотоэлектрическим преобразующим элементам по п.10, а интервал осей, проходящих через упомянутый первый участок в пределах упомянутой некоторой плоскости и упомянутой другой плоскости перпендикулярно упомянутой светоприемной поверхности каждого из взаимно соседних фотоэлектрических преобразующих элементов, равен или меньше чем 5,0 мкм.

24. Фотоэлектрическое преобразующее устройство, в котором скомпоновано множество пикселей, соответствующих фотоэлектрическим преобразующим элементам по п.12, а интервал осей, проходящих через упомянутый первый участок в пределах упомянутой некоторой плоскости и упомянутой другой плоскости перпендикулярно упомянутой светоприемной поверхности каждого из взаимно соседних фотоэлектрических преобразующих элементов, равен или меньше чем 5,0 мкм.

25. Фотоэлектрическое преобразующее устройство, в котором скомпоновано множество пикселей, соответствующих фотоэлектрическим преобразующим элементам по п.13, а интервал осей, проходящих через упомянутый первый участок в пределах упомянутой некоторой плоскости и упомянутой другой плоскости перпендикулярно упомянутой светоприемной поверхности каждого из взаимно соседних фотоэлектрических преобразующих элементов, равен или меньше чем 5,0 мкм.

26. Фотоэлектрическое преобразующее устройство, в котором скомпоновано множество пикселей, соответствующих фотоэлектрическим преобразующим элементам по п.17, а интервал осей, проходящих через упомянутый первый участок в пределах упомянутой некоторой плоскости и упомянутой другой плоскости перпендикулярно упомянутой светоприемной поверхности каждого из взаимно соседних фотоэлектрических преобразующих элементов, равен или меньше чем 5,0 мкм.

27. Система для считывания изображений, содержащая фотоэлектрическое преобразующее устройство, в котором скомпоновано множество фотоэлектрических преобразующих элементов по п.19, и устройство для обработки сигналов, куда вводится сигнал, выдаваемый из упомянутого фотоэлектрического преобразующего устройства, и где упомянутый сигнал обрабатывается.

28. Система для считывания изображений, содержащая

фотоэлектрическое преобразующее устройство, в котором скомпоновано множество фотоэлектрических преобразующих элементов по любому из пп.1-7 и 10, и устройство для обработки сигналов, куда вводится электрический сигнал, выдаваемый из упомянутого фотоэлектрического преобразующего устройство, и где
5 упомянутый сигнал обрабатывается.

10

15

20

25

30

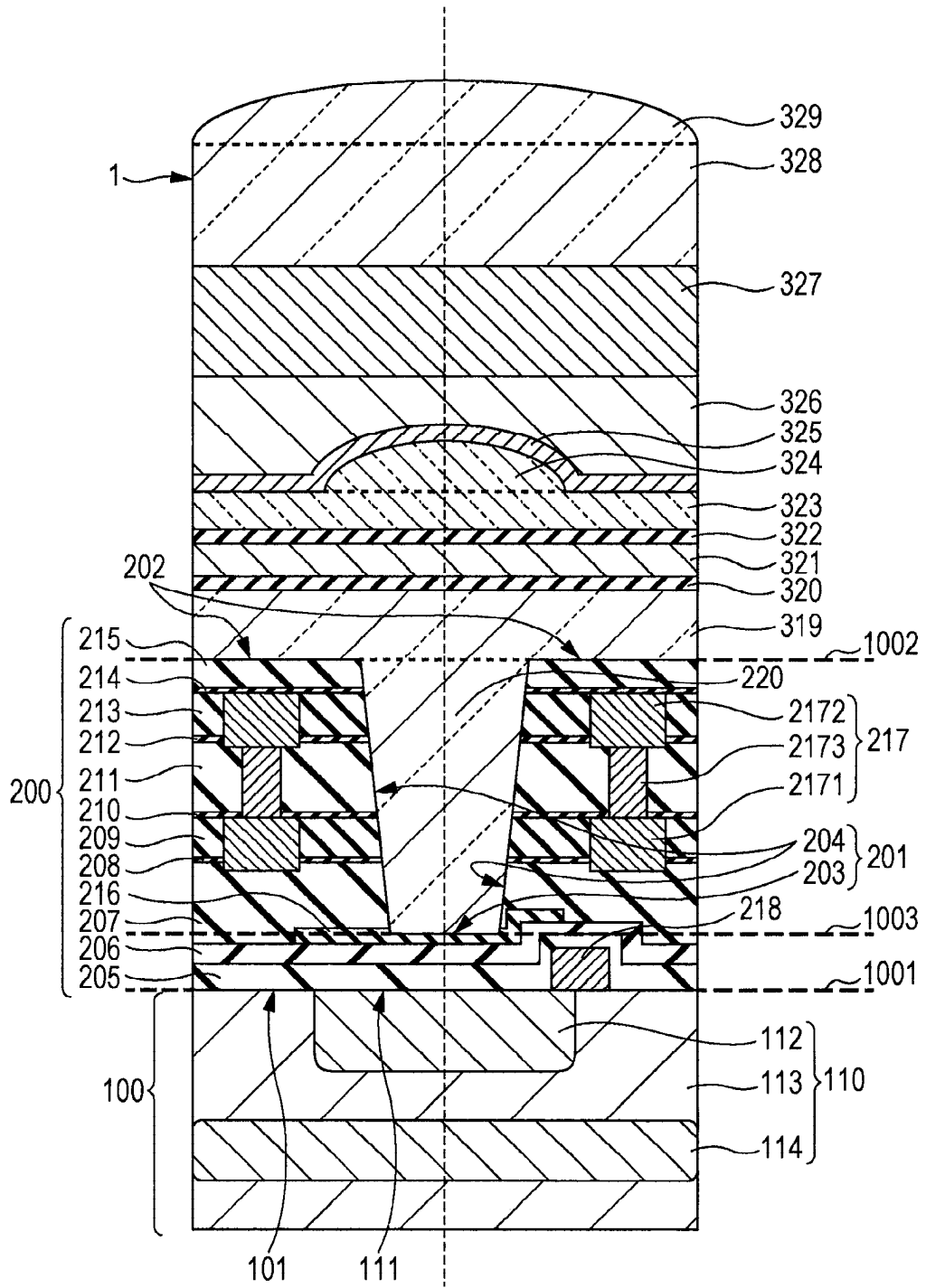
35

40

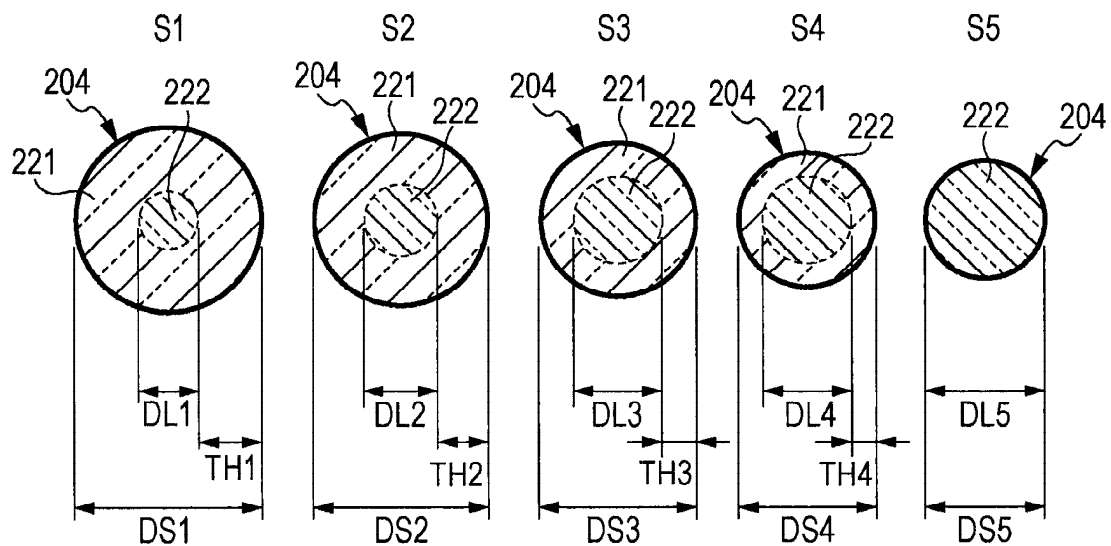
45

50

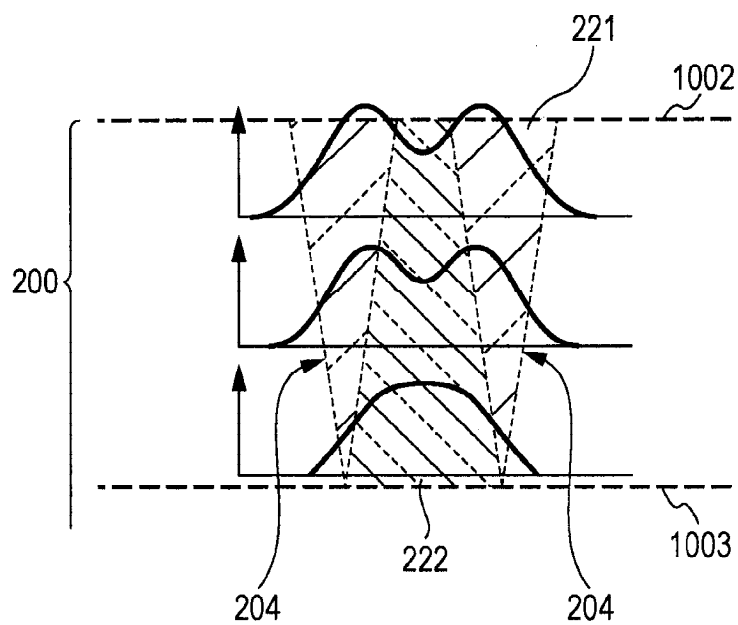
Центральная ось



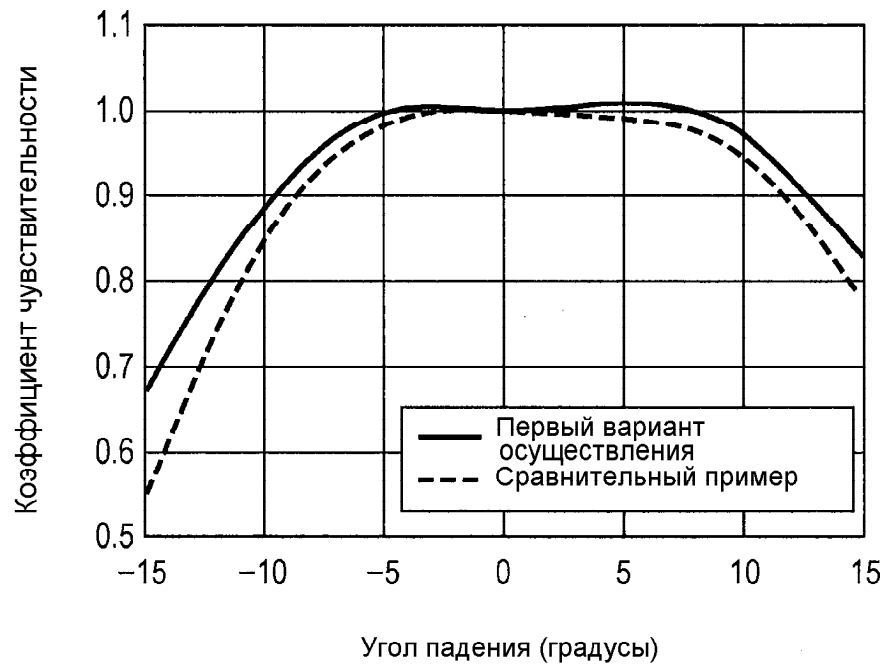
ФИГ.1



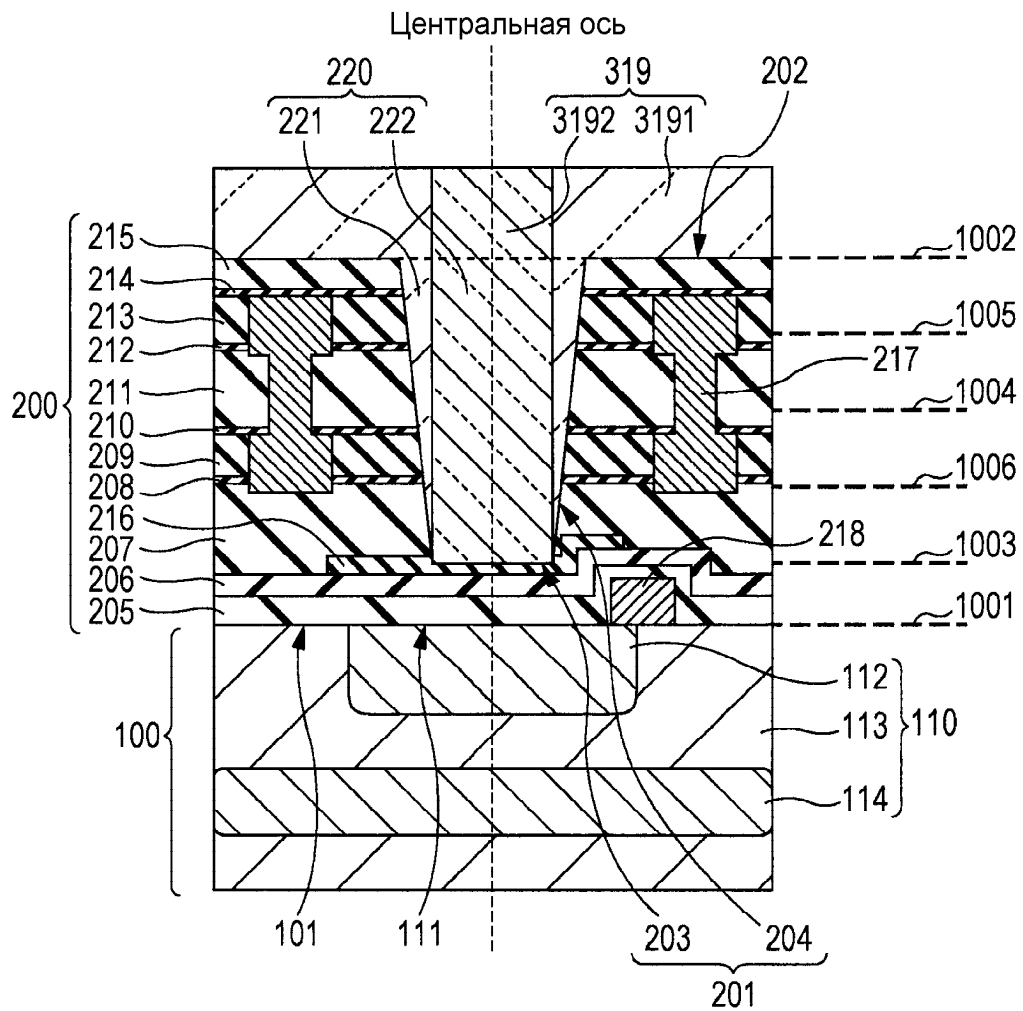
ФИГ.2В



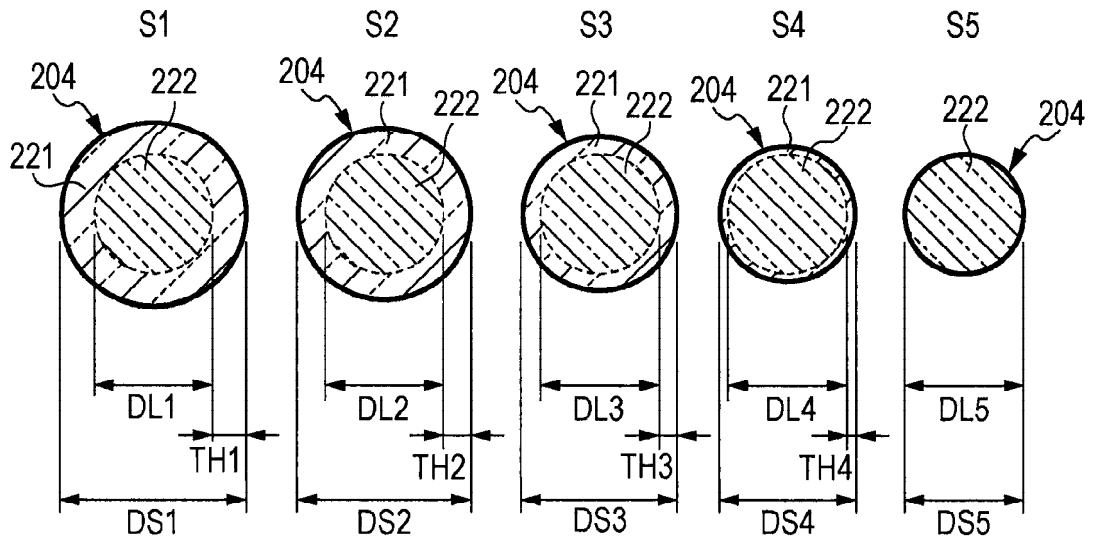
ФИГ.3А



ФИГ.3В

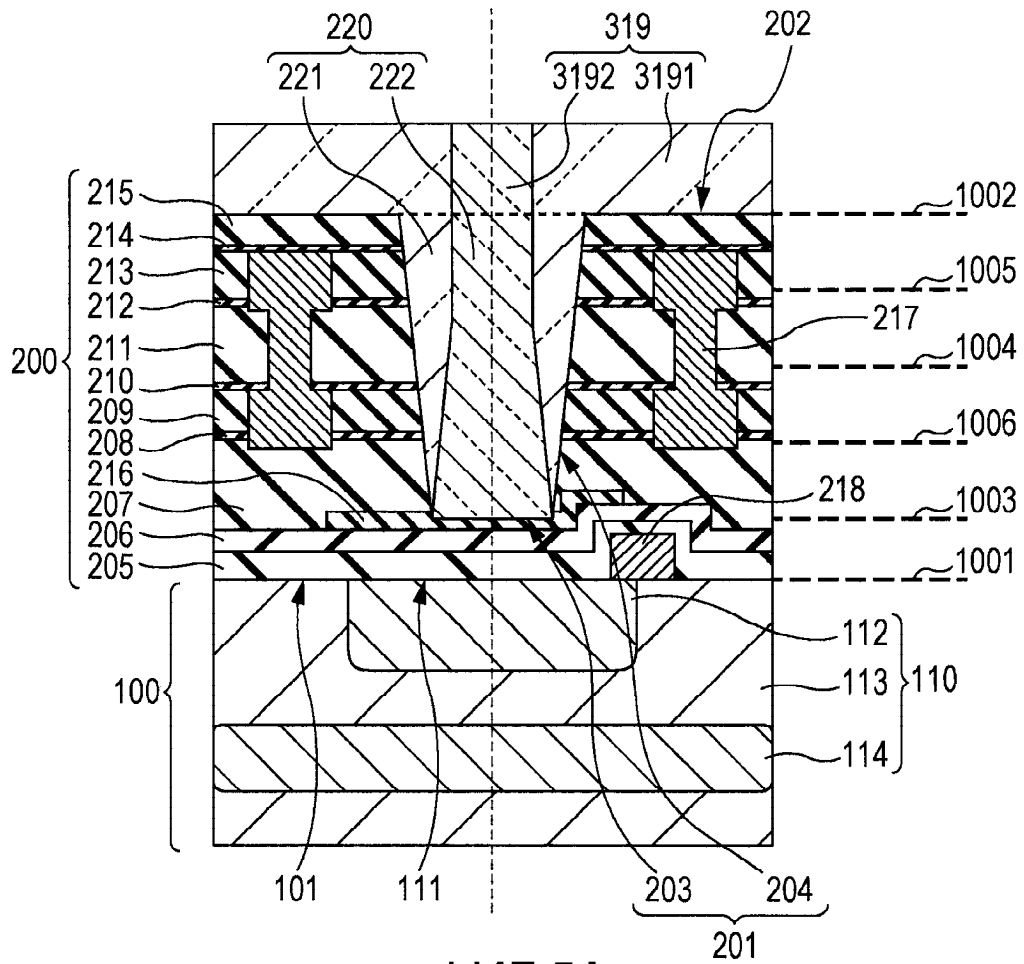


ФИГ.4А

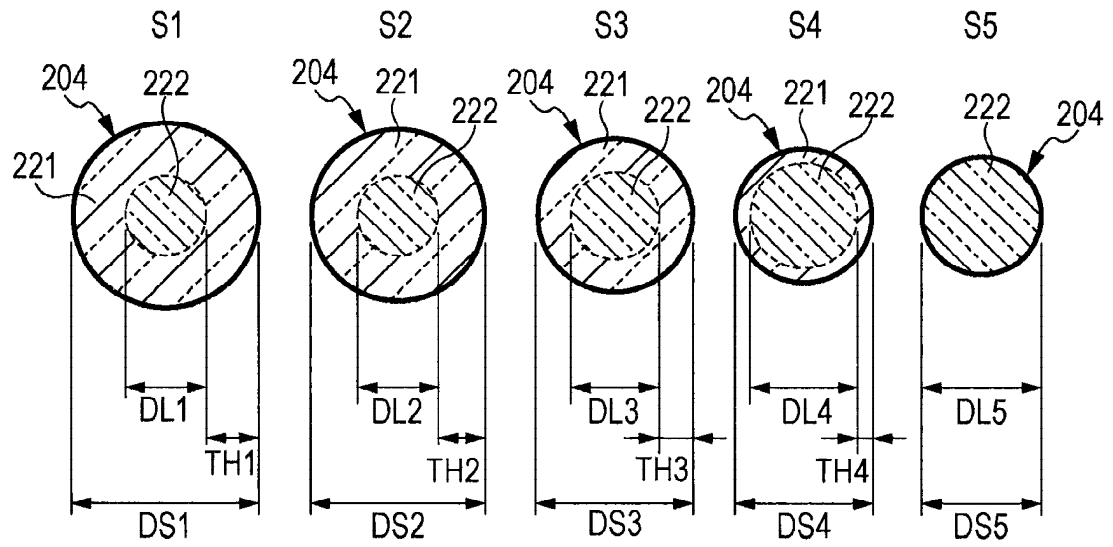


ФИГ. 4В

Центральная ось

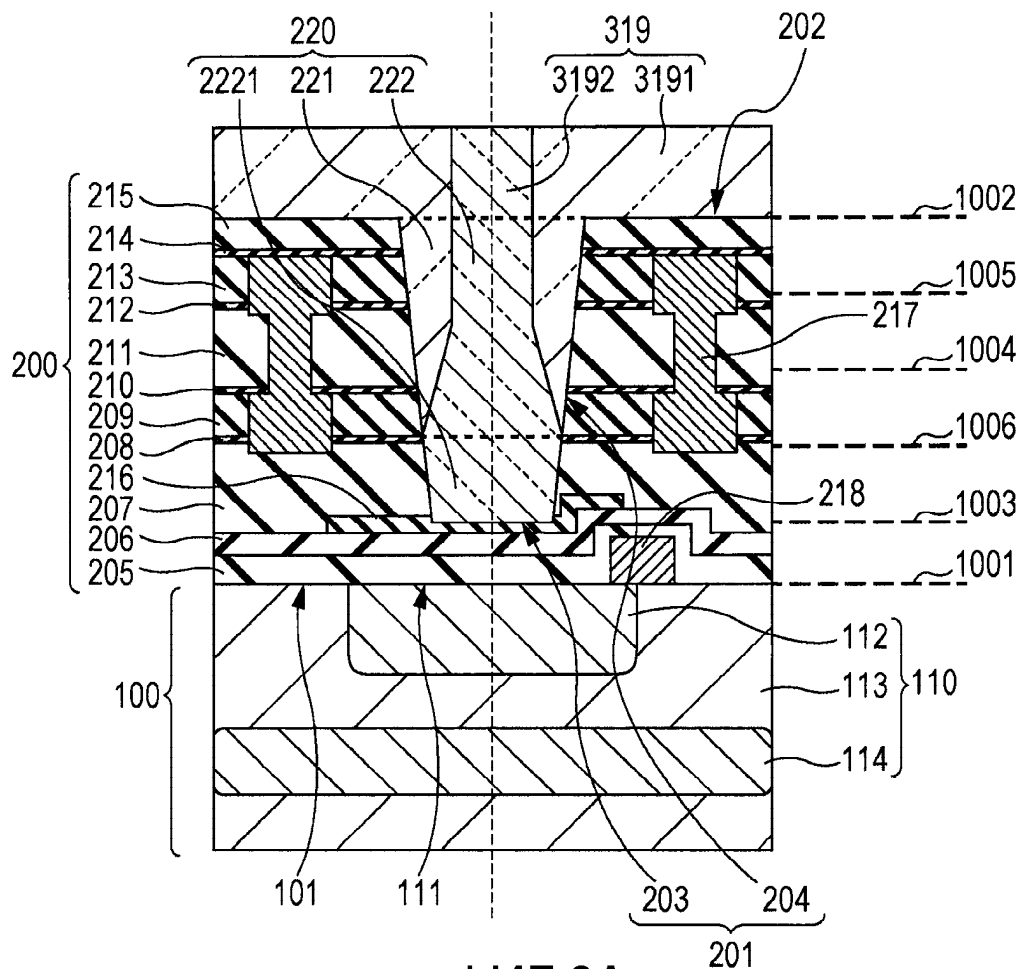


ФИГ. 5А

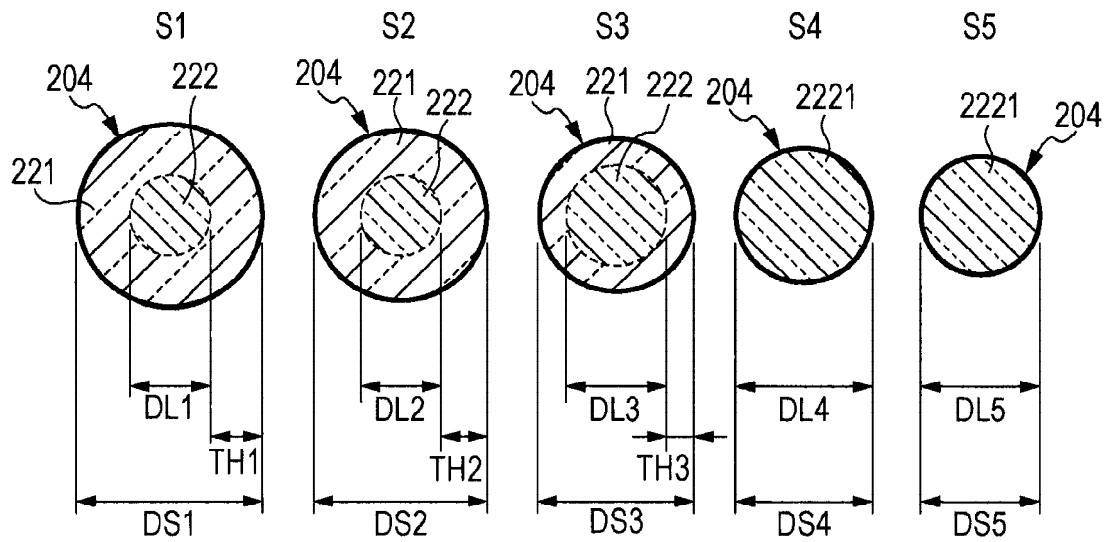


ФИГ.5В

Центральная ось

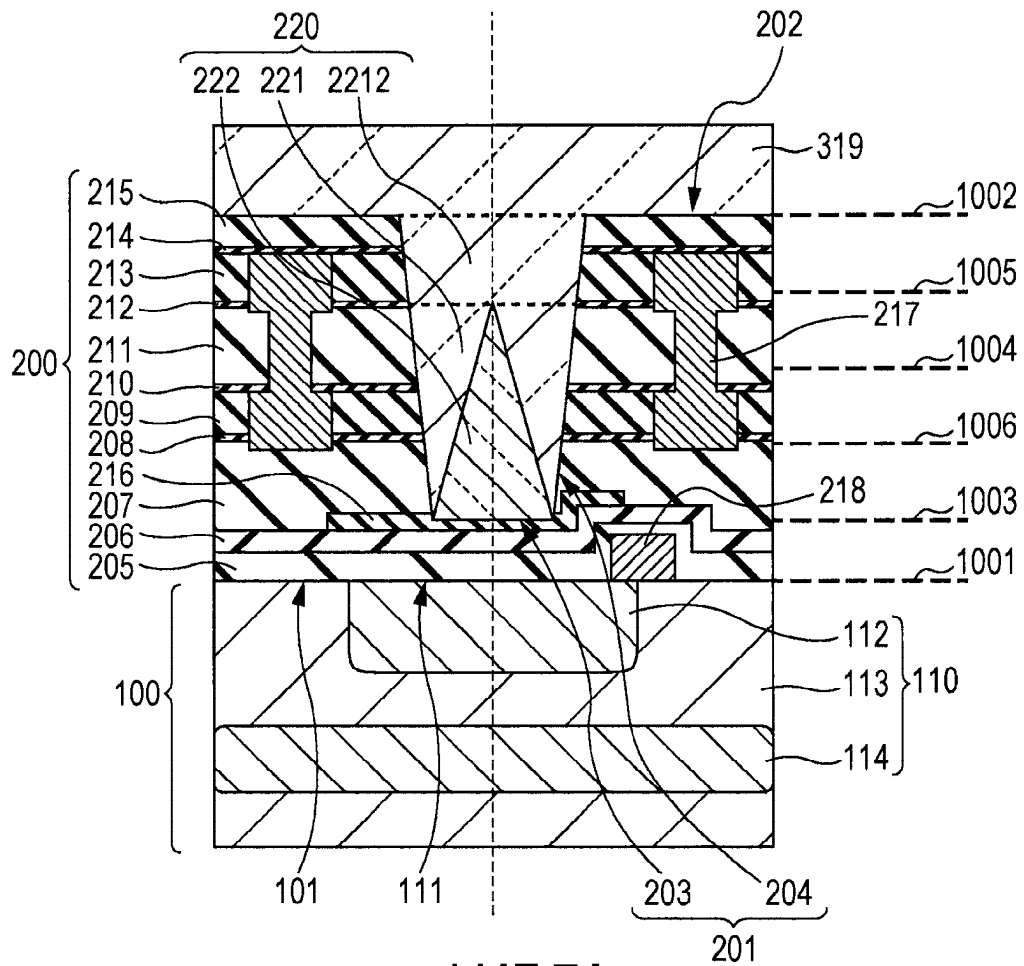


ФИГ.6А

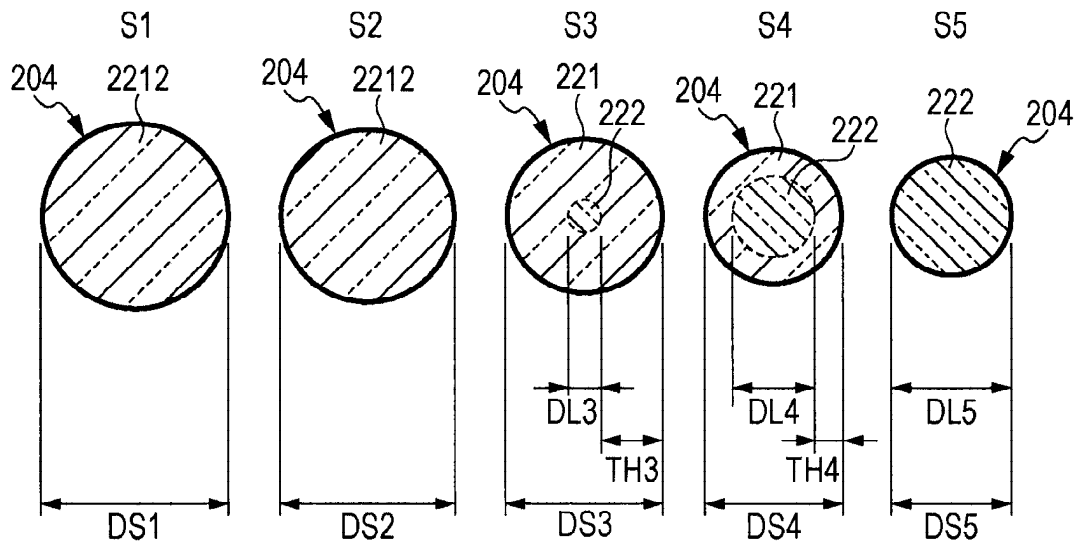


ФИГ.6В

Центральная ось

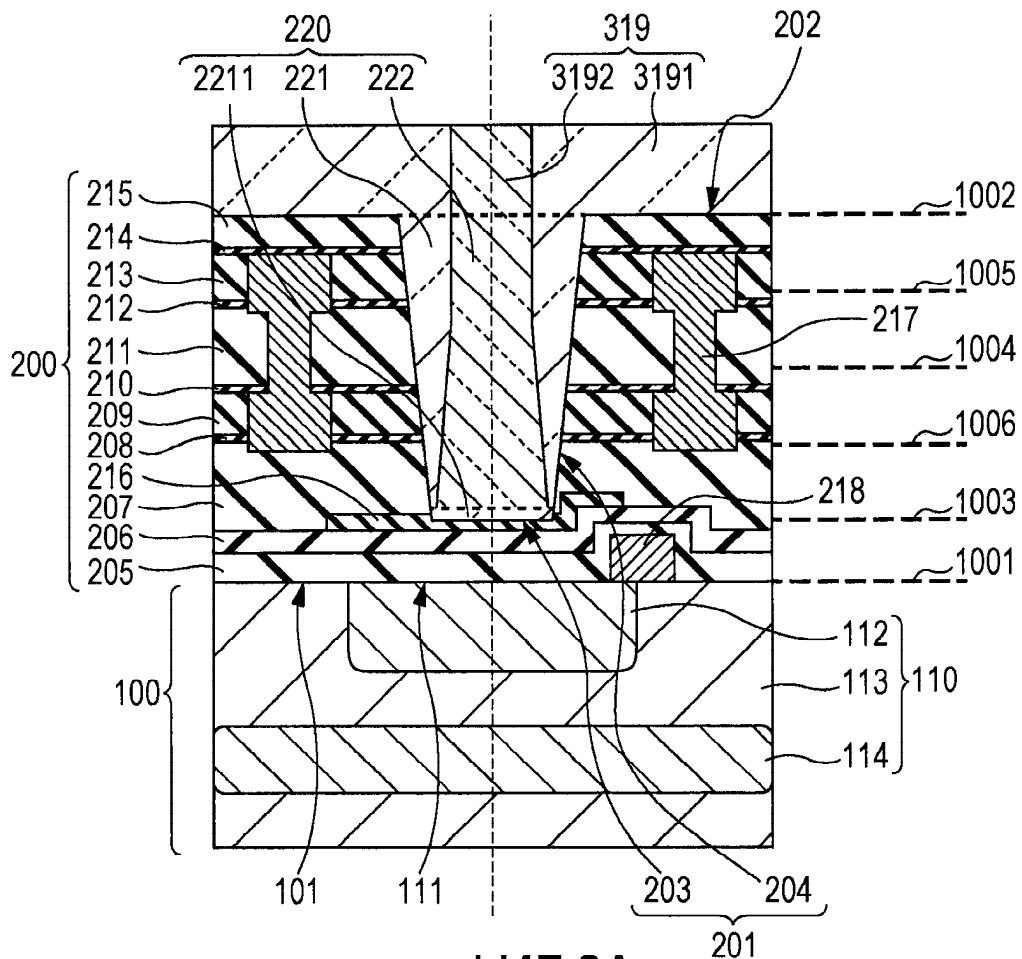


ФИГ.7А

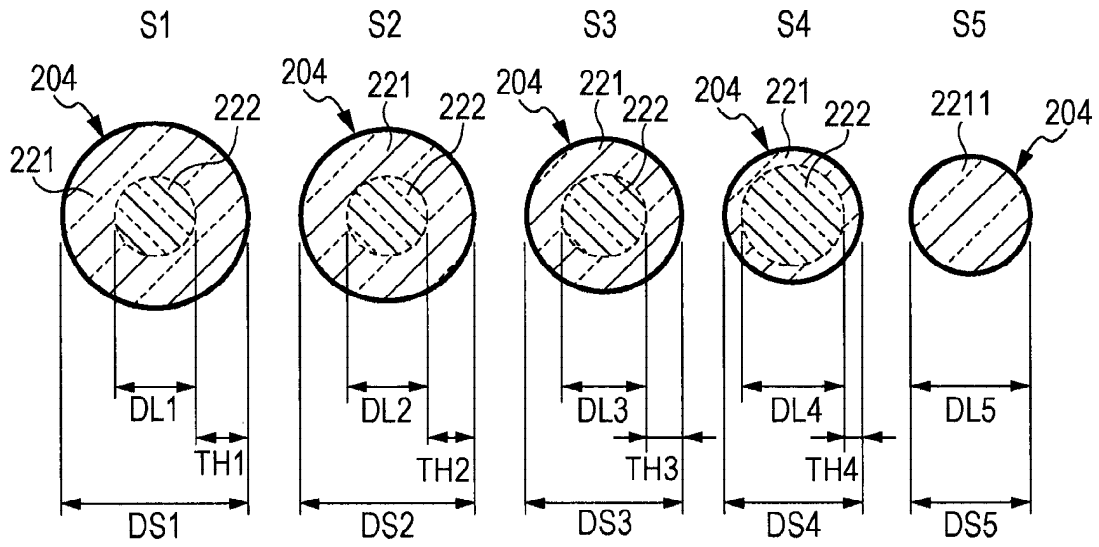


ФИГ.7В

Центральная ось

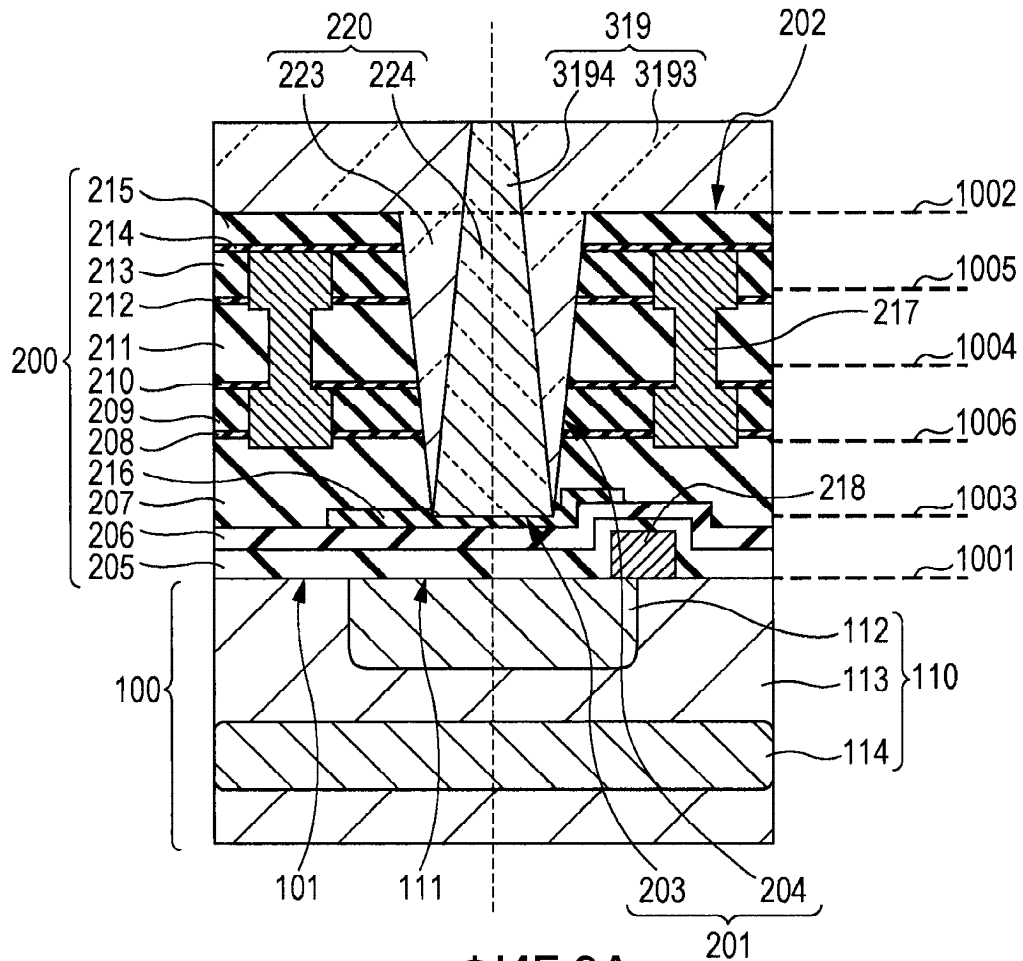


ФИГ.8А

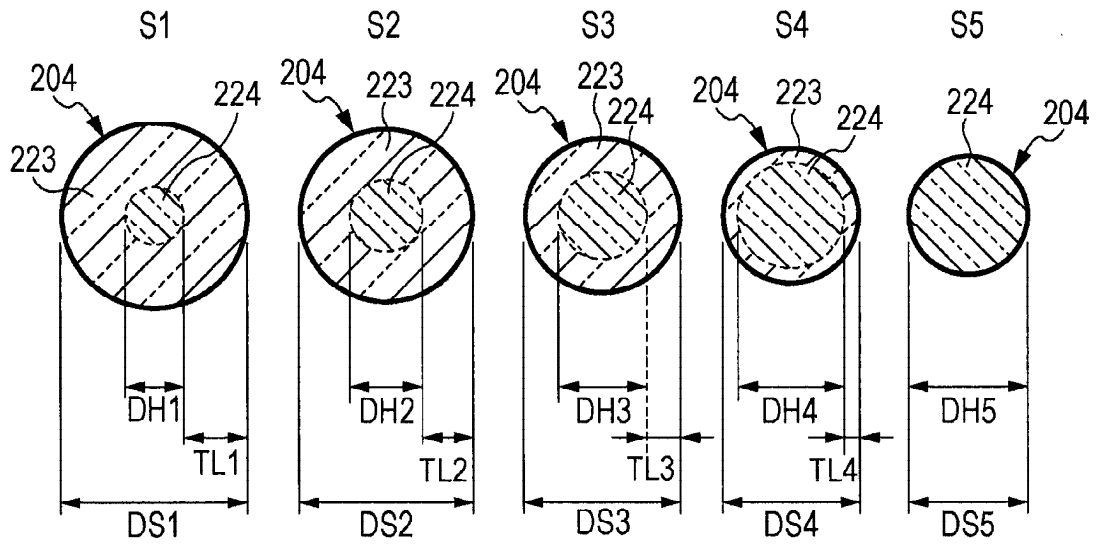


ФИГ.8В

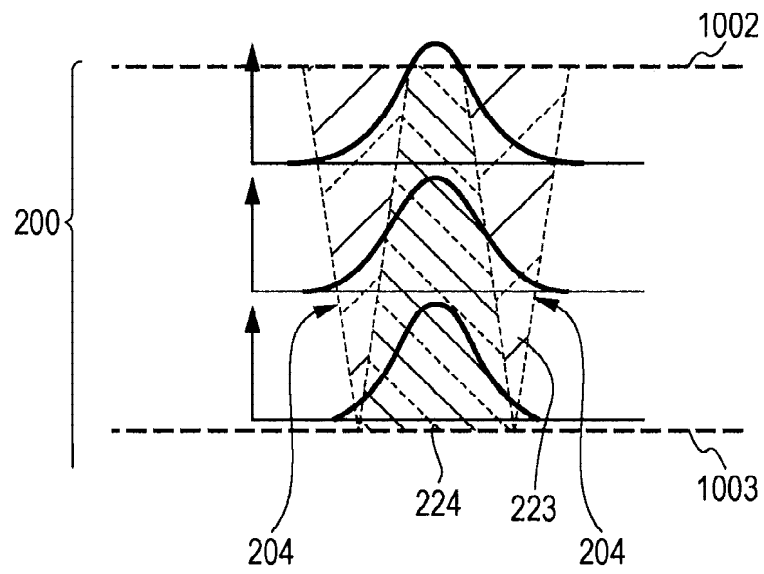
Центральная ось



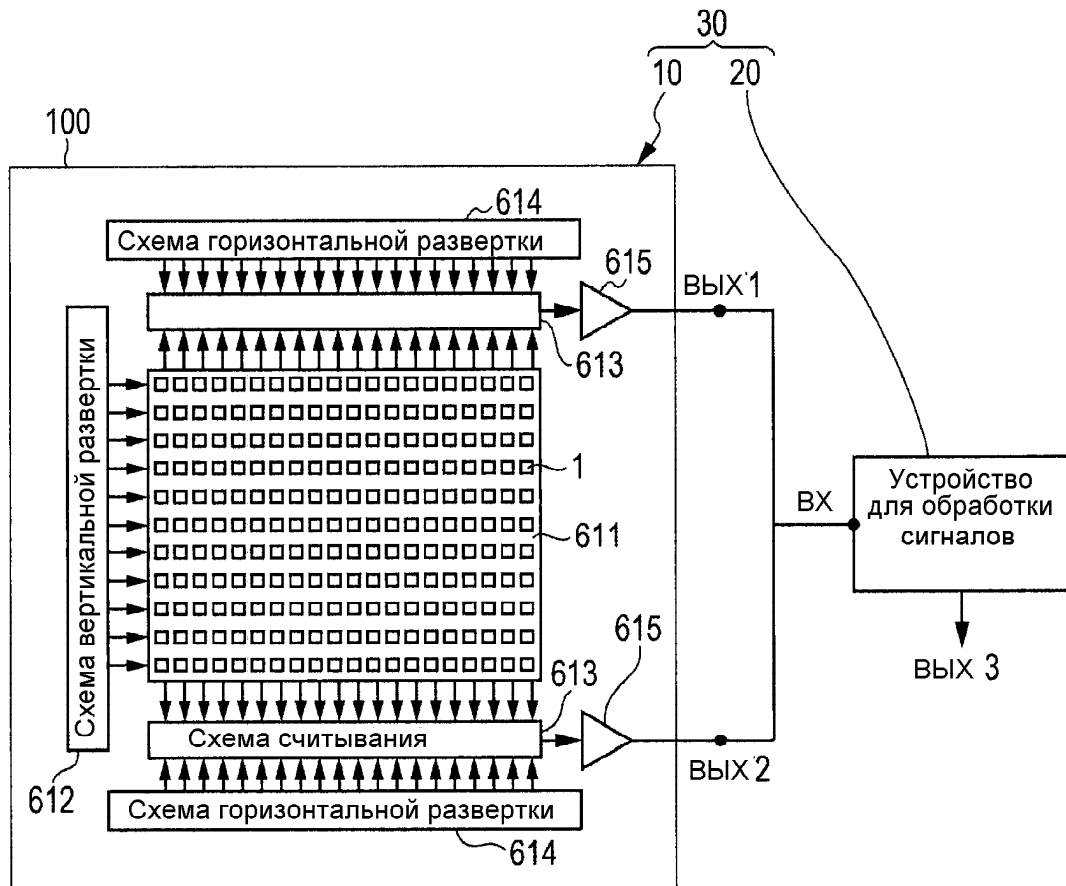
ФИГ.9А



ФИГ.9В



ФИГ.10



ФИГ.11