

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 21205

(13) С1

(46) 2017.08.30

(51) МПК

H 01L 31/042 (2014.01)

B 82B 1/00 (2006.01)

(54)

ФОТОЭЛЕМЕНТ

(21) Номер заявки: а 20140599

(22) 2014.11.12

(43) 2016.06.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Есман Александр Константинович; Потачиц Владимир Александрович; Кулешов Владимир Константинович; Зыков Григорий Люцианович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) ВУ 16388 С1, 2012.

RU 2212733 С1, 2003.

RU 2008137904 А, 2010.

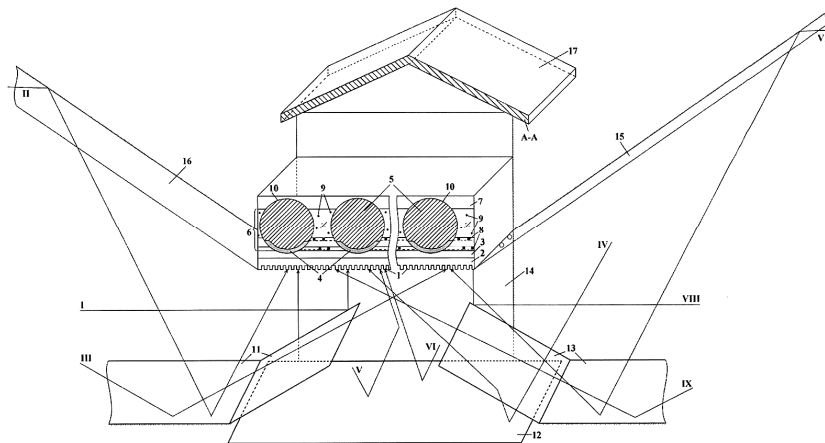
UA 67809 С2, 2004.

US 4614835 А, 1986.

US 6355873 В1, 2002.

(57)

1. Фотоэлемент, содержащий токосъемные фронтальный прозрачный электрод, на внешней поверхности которого расположен антиотражающий оптически прозрачный диэлектрический слой с наружной наноструктурированной поверхностью, и тыльный электрод, сферические полупроводниковые частицы, диаметр каждой из которых равен длине свободного пробега электронов в ней, а внутренняя и внешняя области выполнены с противоположными типами проводимости, и размещенный между указанными частицами изолирующий слой из оптически прозрачного диэлектрика, содержащий металлические частицы размером менее длины волны в максимуме спектра падающего электромагнитного излучения и спиральные двухзаходные антенны, внешние концы каждой из которых соединены с областями противоположного типа проводимости двух соседних сферических частиц, не образуя замкнутой электрической цепи, причем внешние концы спиральных антенн, соединенные с областями проводимости n-типа, образуют в точках контакта с



Фиг. 1

ВУ 21205 С1 2017.08.30

ними диоды Шоттки, а внутренние концы каждой антенны расположены на нанорасстоянии друг от друга, **отличающийся** тем, что содержит оптически и термически связанные с антиотражающим слоем концентрирующие отражатели падающего излучения, размещенные с возможностью взаимодействия с ним в определенное время суток и выполненные с площадями, обеспечивающими выравнивание суммарной мощности излучения, отраженного ими в совокупности в течение светового дня, и выполнен с возможностью установки антиотражающим слоем вниз и закрепления под заземленной металлической крышей, термически связанной с тыльным электродом через один концентрирующий отражатель, механически связанный с остальными отражателями.

2. Фотоэлемент по п. 1, **отличающийся** тем, что содержит по меньшей мере шесть попарно оптически связанных друг с другом концентрирующих отражателей разной площади, по меньшей мере два из которых выполнены двухсторонними.

Изобретение относится к преобразователям энергии электромагнитного излучения в электрическую энергию и может быть использовано при разработке высокоэффективных и надежных солнечных элементов.

Известно устройство [1], состоящее из множества сферических частиц, внутренняя часть которых выполнена с одним типом проводимости, в то время как внешняя часть выполнена с обратным типом проводимости, содержащее токосъемные фронтальный и тыльный электроды и изолятор, расположенный между электродами и зонами проводимости, причем изолятор выполняют из оптически прозрачного диэлектрика, содержащего металлические частицы размером порядка или менее длины волны в максимуме спектра падающего электромагнитного излучения, а фронтальный контакт на внешней поверхности содержит слой из оптически прозрачного диэлектрика.

Устройство имеет недостаточно высокую эффективность преобразования солнечного излучения в электрическую энергию, так как сферические частицы одного размера эффективно взаимодействуют с соответствующими длинами волн солнечного излучения. Кроме этого, динамическое нагревание устройства излучением Солнца и окружающей среды может стать причиной временной или катастрофической его деградации.

Наиболее близким по технической сущности является фотоэлемент [2], содержащий сферические частицы, диаметр которых равен длине свободного пробега электронов в них, внутренняя часть которых выполнена с одним типом проводимости, а внешняя - с обратным типом проводимости; токосъемные тыльный электрод и фронтальный прозрачный электрод, на внешней поверхности которого расположен антиотражающий слой из оптически прозрачного диэлектрика, а между электродами и зонами проводимости сферических частиц расположен изолирующий слой из оптически прозрачного диэлектрика, содержащего металлические частицы размером менее длины волны в максимуме спектра падающего электромагнитного излучения, внутри изолирующего слоя сформированы спиральные антенны, выполненные по меньшей мере двухзаходными, соединенные внешними концами с зонами проводимости противоположного типа соседних сферических частиц, не образуя замкнутых цепей, при этом внешние концы спиральных антенн, соединенные с зонами проводимости n-типа сферических частиц, образуют на переходах диоды Шоттки, а внутренние концы спиральных антенн расположены на нанорасстоянии друг от друга, причем внешняя поверхность указанного антиотражающего слоя выполнена наноструктурированной.

Фотоэлемент не обеспечивает достаточно высокой эффективности преобразования солнечной энергии из-за зависимости выходной мощности от времени суток, погодных условий. Кроме этого, динамическое изменение температуры фотоэлемента при переменной облачности может стать причиной временной или катастрофической его деградации.

BY 21205 C1 2017.08.30

Техническая задача - выравнивание эффективности преобразования энергии солнечного излучения в электрическую энергию в течение светового дня при одновременном повышении надежности работы.

Поставленная техническая задача решается тем, что в фотоэлемент, содержащий токо-съемные фронтальный прозрачный электрод, на внешней поверхности которого расположен антиотражающий оптически прозрачный диэлектрический слой с наружной наноструктурированной поверхностью, и тыльный электрод, сферические полупроводниковые частицы, диаметр каждой из которых равен длине свободного пробега электрона в нее, а внутренняя и внешняя области выполнены с противоположными типами проводимости, и размещенный между указанными частицами изолирующий слой из оптически прозрачного диэлектрика, содержащий металлические частицы размером менее длины волны в максимуме спектра падающего электромагнитного излучения и спиральные двухзаходные антенны, этом внешние концы спиральных антенн, внешние концы каждой из которых соединены областями противоположного типа проводимости двух соседних сферических частиц, не образуя замкнутой электрической цепи, причем внешние концы спиральных антенн, соединенные с областями проводимости n-типа, образуют в точках контакта с ними диоды Шоттки, а внутренние концы каждой антенны расположены на нанорасстоянии друг от друга, содержит оптически и термически связанные с антиотражающим слоем концентрирующие отражатели падающего излучения, размещенные с возможностью взаимодействия с ним в определенное время суток и выполненные с площадями, обеспечивающими выравнивание суммарной мощности излучения, отраженного ими в совокупности в течение светового дня, и выполнен с возможностью установки антиотражающим слоем вниз и закрепления под заземленной металлической крышей, термически связанной с тыльным электродом через один концентрирующий отражатель, механически связанный с остальными отражателями.

Для эффективного решения поставленной технической задачи фотоэлемент содержит по меньшей мере шесть попарно оптически связанных друг с другом концентрирующих отражателей разной площади, по меньшей мере два из которых выполнены двухсторонними.

Совокупность указанных признаков позволяет решить техническую задачу за счет выравнивания выходной мощности преобразованной энергии солнечного излучения в электричество в течение светового дня при одновременном увеличении площади рассеивания тепла и исключения повреждения фотоэлемента сложными метеоусловиями.

Сущность изобретения поясняется фиг. 1 и 2, на фиг. 1 представлен общий вид устройства с вертикальным разрезом (А-А) металлической крыши, а на фиг. 2 - вертикальный разрез, где:

- 1 - наноструктурированная поверхность,
- 2 - слой из оптически прозрачного диэлектрика,
- 3 - фронтальный электрод,
- 4 - n-зона проводимости сферических частиц,
- 5 - p-зона проводимости сферических частиц,
- 6 - изолирующий слой,
- 7 - тыльный электрод,
- 8 - спиральные антенны,
- 9 - металлические частицы,
- 10 - сферические частицы,
- 11 - первый концентрирующий отражатель,
- 12 - второй концентрирующий отражатель,
- 13 - третий концентрирующий отражатель,
- 14 - четвертый концентрирующий отражатель,
- 15 - пятый концентрирующий отражатель,

16 - шестой концентрирующий отражатель,

17 - металлическая крыша.

В фотоэлементе оптически последовательно связаны: наноструктурированная поверхность 1, слой из оптически прозрачного диэлектрика 2, фронтальный электрод 3, n- и р-зоны проводимости 4, 5 сферических частиц 10 и тыльный электрод 7. Изолирующий слой 6 с металлическими частицами 9 вместе с расположенными внутри него спиральными антеннами 8 находится между электродами 3, 7 и сферическими частицами 10 и оптически с ними связан. Спиральные антенны 8 внешними концами соединены с соседними сферическими частицами 10, при этом если первые внешние концы антенн соединены с р-зонами проводимости, то вторые их концы - с n-зонами проводимости соседних сферических частиц 10 (ближних и диагональных), не образуя замкнутых цепей. Внутренние концы спиральных антенн 8 расположены на нанорасстоянии друг от друга. Первый-шестой концентрирующие отражатели 11-16 оптически и термически связаны со сферическими частицами 10 и спиральными антеннами 8, а фотоэлемент расположен фоточувствительной стороной вниз под заземленной металлической крышей 17, термически связанной с тыльным электродом 7 через четвертый концентрирующий отражатель 14, который механически связан с остальными отражателями 11-13 и 15, 16. Части первого 11 и третьего 13 концентрирующих отражателей, расположенных под углом к горизонту, выполнены двухсторонними.

В конкретном исполнении наноструктурированная поверхность 1 выполнена наноимпринтлитографией, когда внешняя поверхность слоя оптически прозрачного диэлектрика 2 механически под давлением взаимодействует с нагретой наноструктурированной жесткой матрицей, выполненной фотолитографией. Слой из оптически прозрачного диэлектрика 2 выполнен из поликарбоната, как в [2]. Фронтальный электрод 3 выполнен из окиси титана аналогично прототипу. Зона проводимости n-типа 4 сферических частиц 10 получена ионной имплантацией фосфором, а р-зону проводимости 5 сферических частиц 10 и сами частицы получают при их изготовлении в специальной плазменной печи, как в [3]. Диаметр сферических частиц 10 равен длине свободного пробега электронов в них - 30 мкм. Изолирующий слой 6 с металлическими частицами 9 выполнен из поликарбоната, содержащего наночастицы металла, например серебра или меди, как в [2]. Изолирующий слой 6 с металлическими частицами 9 размещен между электродами 3, 7 и сферическими частицами 10 методом прессования, как в прототипе. Затем с полученной заготовки с обеих сторон стравливают поликарбонат до появления сферических частиц 10. На верхней стороне изолирующего слоя 6 с металлическими частицами 9 методами вакуумной технологии выполняют из алюминия сначала нижние части всех спиральных антенн 8, затем наносят слой толщиной 100 нм поликарбоната, который определяет величину зазора между внутренними концами спиральных антенн 8, потом проводят ионную имплантацию фосфором, далее выполняют из алюминия верхние части всех спиральных антенн 8 по стандартной технологии изготовления диодов Шоттки. Верхние части спиральных антенн 8 покрывают тонким слоем поликарбоната, на котором и на n-зонах проводимости 4 сферических частиц 10 выполняют методами вакуумной технологии фронтальный электрод 3 из окиси титана. Тыльный электрод 7 выполняют, как в [2], из алюминия методом контактной сварки. Металлические частицы 9 - это наночастицы серебра, добавленные в изолирующий слой 6 перед его прессованием. Первый-шестой концентрирующие отражатели 11-16 выполнены из полированного сплава Д 16Т, на поверхностях которых по стандартной вакуумной технологии выполнены зеркальные слои, например, из алюминия. Металлическая крыша 17 изготовлена из листовой нержавеющей стали толщиной 3 мм.

Работает устройство следующим образом. Входное солнечное излучение поступает на все концентрирующие отражатели 11-16, причем на первый 11 и шестой 16 в основном утром (лучи I, II, III, фиг. 1, 2), на второй 12 и четвертый 14 днем (лучи IV, V и VI, фиг. 1, 2), на третий 13 и шестой 16 (лучи VII, VIII, IX, фиг. 1, 2) - вечером. После однократного

ВУ 21205 С1 2017.08.30

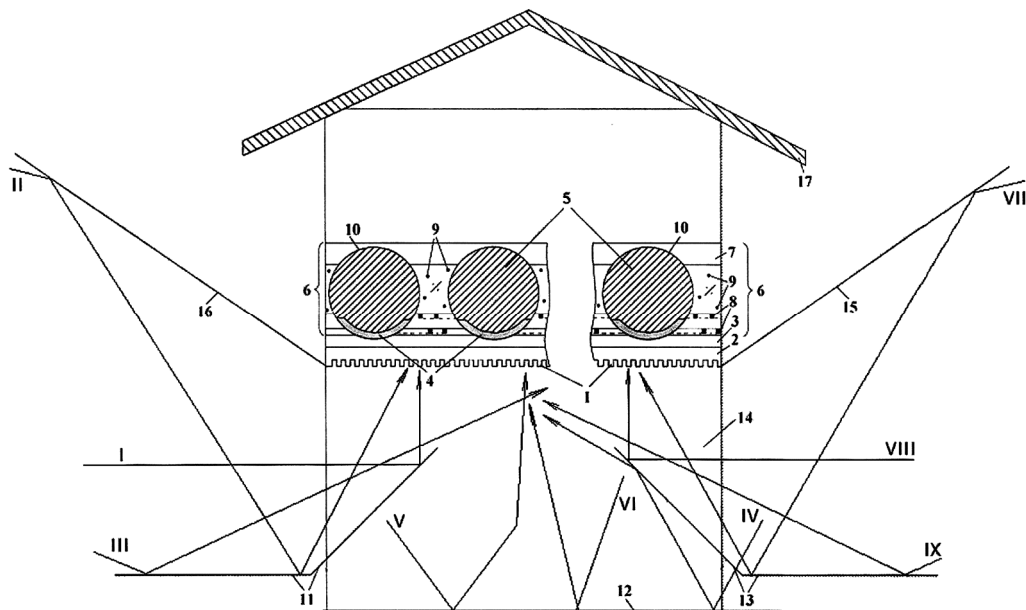
(лучи I, III, VI) или двукратного (лучи II, IV, VII) отражения от этих элементов солнечное излучение попадает на наноструктурированную поверхность 1. Так как наноструктурированная поверхность 1 имеет значение показателя преломления, близкое к единице, то отражение солнечного излучения на границе воздух - наноструктурированная поверхность 1 практически отсутствует. Следовательно, это излучение, прошедшее последовательно через наноструктурированную поверхность 1, слой из оптически прозрачного диэлектрика 2 и фронтальный электрод 3, почти все поступает в n- и p- зоны проводимости 4, 5 сферических частиц 10, а также в изолирующий слой 6. При этом, солнечное излучение, попадающее как непосредственно, так и за счет плазмонного рассеивания на металлических частицах 9 также поступает в n- и p- зоны проводимости 4, 5 сферических частиц 10 и вызывает в них дополнительную фотогенерацию носителей зарядов с последующим их разделением на границах разных зон проводимости (p-n переходах), создавая фото ЭДС между фронтальным электродом 3 и тыльным электродом 7.

А длинноволновая инфракрасная часть солнечного излучения, преобразуется с помощью спиральных антенн 8 в ток соответствующей частоты, детектирование которого осуществляется в местах контактов спиральных антенн 8 с n-зонами проводимости 4 сферических частиц 10 (т.е. диодами Шоттки). Так как диоды Шоттки соединены с p-n переходами, образованными в сферических частицах 10, то их токи суммируются на выходных электродах 3, 7 устройства.

В связи с тем, что отражающие площади первого-шестого концентрирующих отражателей 11-16 выполнены обратнопропорциональными интенсивностям падающих на них лучей (за счет разных размеров), мощность излучения, падающего на наноструктурированную поверхность 1 в течение светового дня выравнивается. Кроме того, термическая связь выполненных из металлов концентрирующих отражателей и металлической крыши со сферическими частицами 10 существенно (по сравнению с прототипом) увеличивает площадь рассеивания тепловой энергии, что снижает градиент температуры и его динамику в чувствительной части устройства в течение дня и при переменной облачности. Последнее стабилизирует и одновременно повышает выходную мощность фотоэлемента. Наличие металлической крыши исключает снижение работоспособности и повреждение устройства от внешних дестабилизирующих факторов (дождя, снега, града, молнии т.д.).

Источники информации:

1. RU 2 390 881, 2010.
2. ВУ 16388, 2012 (прототип).
3. Ishikawa Akira. Transistor on spherical surface. Bell Semiconductor Inc., Allen, Texas. October, 1997. www.ballsemi.com.



Фиг. 2