

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202292977 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2022.12.30

(51) Int. Cl. H01G 9/20 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2021.03.17

(54) ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО

(31) 20170140.6

(72) Изобретатель:

(32) 2020.04.17

Линдстрем Хенрик, Фили Джованни  
(SE)

(33) EP

(86) PCT/EP2021/056888

(74) Представитель:

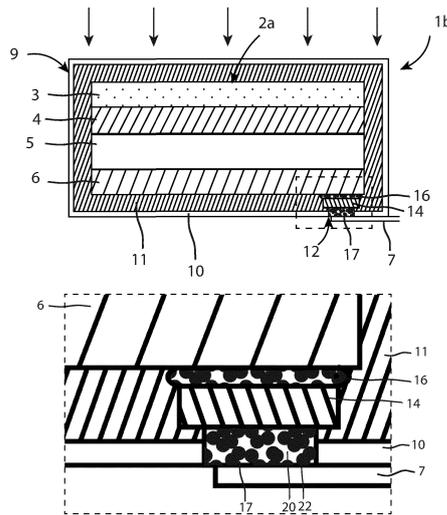
(87) WO 2021/209221 2021.10.21

Медведев В.Н. (RU)

(71) Заявитель:

ЭКСЕГЕР ОПЕРЕЙШНЗ АБ (SE)

(57) Изобретение относится к фотоэлектрическому устройству (1а), содержащему блок (2а) солнечного элемента, включающий в себя рабочий электрод, содержащий светопоглощающий слой (3), противоэлектрод, содержащий пористый проводящий слой (6), и проводящую среду для переноса зарядов между противоэлектродом и рабочим электродом, и проводник (7), электрически соединенный с пористым проводящим слоем (6). Блок (2а) солнечного элемента содержит по меньшей мере один сцепляющий слой (8), размещенный между проводником (7) и пористым проводящим слоем (6), для присоединения проводника к пористому проводящему слою. Сцепляющий слой (8) содержит адгезив и проводящие частицы, распределенные в адгезиве так, что в адгезиве образована проводящая сеть.



A1

202292977

202292977

A1

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-575513EA/081

### ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО

#### Область техники

Настоящее изобретение относится к фотоэлектрическим устройствам. Более конкретно, изобретение относится к фотоэлектрическим устройствам, содержащим проводящие слои и проводники, присоединенные к проводящим слоям.

#### Предпосылки изобретения

Фотоэлектрические устройства обеспечивают преобразование света в электричество. Типичное фотоэлектрическое устройство содержит один или более солнечных элементов. Солнечные элементы представляют собой общеизвестные устройства для преобразования солнечного излучения в электрическую энергию. Солнечный элемент имеет переднюю сторону, которая обращена к солнцу во время нормальной работы, для сбора солнечного излучения, и заднюю сторону, противоположную передней стороне.

В EP2625703B1 раскрыт сенсibilизированный красителем солнечный элемент, содержащий противоэлектрод, включающий в себя пористый проводящий слой. Пористый проводящий слой находится в контакте с электролитом, включающим в себя ионы для переноса электронов с противоэлектрода на рабочий электрод. Электролит проникает сквозь пористый проводящий слой. Электролит является очень коррозионным. Таким образом, материал пористого проводящего слоя должен быть стойким к коррозии. Пористый проводящий слой может состоять из титана, никеля, молибдена, вольфрама, кобальта, ниобия, циркония и их сплавов или их смесей.

В WO2019/219538 раскрыто фотоэлектрическое устройство, содержащее блок солнечного элемента, включающий в себя рабочий электрод, содержащий пористый светопоглощающий слой, размещенный на верхней стороне блока солнечного элемента, пористый верхний проводящий слой для извлечения фотогенерированных электронов из светопоглощающего слоя, размещенного поверх верхнего проводящего слоя, пористую подложку, выполненную из изоляционного материала, причем пористый верхний проводящий слой сформирован на одной стороне пористой подложки, и противоэлектрод, включающий в себя пористый нижний проводящий слой, размещенный на нижней стороне блока солнечного элемента, причем пористый нижний проводящий слой сформирован на противоположной стороне пористой подложки. Фотоэлектрическое устройство содержит проводящую среду для переноса зарядов между противоэлектродом и рабочим электродом, такую как жидкий электролит. Пористый проводящий слой может состоять из титана или его сплава.

Фотоэлектрическое устройство содержит оболочку, заключающую в себе блок солнечного элемента, для предотвращения утечки электролита из солнечного элемента. Проблема с этим фотоэлектрическим устройством состоит в том, как выводить генерированное электричество из фотоэлектрического устройства, которое

инкапсулировано вместе с коррозионным электролитом, наружу фотоэлектрического устройства. Эта проблема решается нанесением проводников, выполненных из стойкого к коррозии материала, такого как титан или его сплав, на пористые проводящие слои. Проводники размещаются между блоком солнечного элемента и оболочкой. Оболочка снабжена каналами для доступа к мощности, производимой фотоэлектрическим устройством. Например, провода снаружи оболочки проходят через каналы и электрически соединены с проводниками. Каналы плотно прилегают вокруг проходящей через оболочку проводки, так что жидкость может проходить через каналы.

Однако проблемой является то, как присоединять проводник к пористому проводящему слою так, чтобы обеспечивать хороший электрический контакт между проводником и пористым проводящим слоем. Эффективность блока солнечного элемента снижается при плохом контакте между пористым проводящим слоем и проводником. Важно, чтобы электрическое сопротивление между проводником и пористым проводящим слоем было низким для достижения высокой эффективности солнечного элемента. Из-за высокой температуры плавления стойких к коррозии материалов, таких как титан, невозможно использовать сварку или пайку для соединения проводника и проводящего слоя. Другая проблема заключается в том, что проводящий слой является пористым и имеет шероховатую поверхность с полостями, что затрудняет достижение хорошего электрического и механического контакта между проводником и пористым проводящим слоем. Кроме того, пористость проводящего слоя делает его хрупким и чувствительным к механическим нагрузкам. Другой проблемой является высокая коррозионная активность и химическая реакционная способность электролита, инкапсулированного в блоке солнечного элемента. Важно, чтобы блок солнечного элемента был надлежащим образом герметизирован во избежание утечки электролита в окружающую среду.

#### Сущность изобретения

Цель настоящего изобретения состоит в по меньшей мере частичном преодолении вышеуказанной проблемы.

Эта цель достигается фотоэлектрическим устройством, которое охарактеризовано в пункте 1 формулы изобретения.

Фотоэлектрическое устройство содержит блок солнечного элемента, включающий в себя рабочий электрод, содержащий светопоглощающий слой, противоэлектрод, содержащий пористый проводящий слой, проводящую среду для переноса зарядов между противоэлектродом и рабочим электродом, и проводник, электрически соединенный с пористым проводящим слоем. Блок солнечного элемента содержит по меньшей мере один сцепляющий слой, размещенный между проводником и пористым проводящим слоем, для присоединения проводника к пористому проводящему слою, и сцепляющий слой содержит адгезив и проводящие частицы, распределенные в адгезиве так, что в адгезиве образуется проводящая сеть.

Проводник находится в электрическом контакте с проводящим слоем через сеть проводящих частиц в упомянутом по меньшей мере одном сцепляющем слое. Адгезив

делает возможным приклеивание к поверхности пористого проводящего слоя. Кроме того, нанесение адгезива не будет включать какие-либо механические нагрузки на пористый проводящий слой и соответственно не будет вызывать какое-либо повреждение поверхности пористого проводящего слоя.

Температура, необходимая для расплавления адгезива, является низкой по сравнению с температурой, требуемой для сварки или пайки. Изготовление блока солнечного элемента упрощается.

Пористый проводящий слой предпочтительно выполнен из коррозионностойкого материала, такого как любой из титана, никеля, молибдена, вольфрама, кобальта, ниобия, циркония и их сплавов или их смесей. Таким образом, пористый проводящий слой может выдерживать контакт с электролитом как средой для переноса зарядов.

Согласно варианту исполнения фотоэлектрическое устройство содержит оболочку, заключающую в себе блок солнечного элемента, причем оболочка снабжена проникающим отверстием, содержащим по меньшей мере часть упомянутого сцепляющего слоя, и проводник присоединен к сцепляющему слою и простирается снаружи оболочки. Сцепляющий слой герметизирует проникающее отверстие и предотвращает утечку проводящей среды из солнечного элемента через проникающее отверстие. Благодаря сети проводящих частиц в сцепляющем слое, проводник не должен входить через проникающее отверстие для обеспечения электрического контакта с пористым проводящим слоем. Таким образом, дополнительно уменьшается риск утечки проводящей среды. Проводник размещен снаружи оболочки и имеет электрический контакт с пористым проводящим слоем через сцепляющий слой. Следовательно, проводник не находится в контакте с проводящей средой и не должен быть выполнен из коррозионностойкого материала. Таким образом, проводник может быть выполнен из любого обычно применяемого проводящего материала, такого как медь или серебро.

Сцепляющий слой имеет три функции: обеспечения электрического соединения между проводником и пористым проводящим слоем, присоединения проводника к пористому проводящему слою, герметизации проникающего отверстия и предотвращения утечки проводящей среды наружу из солнечного элемента, и предотвращения контакта между проводником и проводящей средой внутри блока солнечного элемента.

Согласно варианту исполнения оболочка содержит склеивающий слой для присоединения оболочки к блоку солнечного элемента, и склеивающий слой выполнен из такого же материала, как адгезив в сцепляющем слое. Это является преимущественным, поскольку к склеивающему слою оболочки и адгезиву предъявляются одинаковые требования по способности выдерживать воздействие электролита. Это также облегчит изготовление фотоэлектрического устройства, поскольку адгезив и склеивающий слой оболочки имеют одинаковую температуру плавления.

Согласно варианту исполнения блок солнечного элемента содержит непористый проводящий барьер, расположенный между проводником и пористым проводящим слоем, и упомянутый по меньшей мере один сцепляющий слой содержит первый сцепляющий

слой, расположенный между пористым проводящим слоем и проводящим барьером, для присоединения проводящего барьера к пористому проводящему слою, и второй сцепляющий слой, расположенный между проводящим барьером и проводником для присоединения проводника к проводящему барьеру. Если проводящая среда представляет собой электролит, включающий в себя ионы, ионы могут перемещаться через сцепляющий слой. Для предотвращения этого между первым и вторым сцепляющими слоями размещают проводящий барьер.

Согласно варианту исполнения оболочка окружает первый и второй сцепляющие слои и проводящий барьер. Оболочка предотвращает поступление ионов в электролите во второй сцепляющий слой и тем самым утечку наружу из блока солнечного элемента.

Проводящий барьер предпочтительно представляет собой сплошной плоский элемент (деталь), выполненный из проводящего материала, который может выдерживать воздействие проводящей среды солнечного элемента.

Согласно варианту исполнения толщина проводящего барьера составляет по меньшей мере 10 нм.

Согласно варианту исполнения проводящий барьер содержит любое из титана, никеля, молибдена, вольфрама, кобальта, ниобия, циркония и их сплавов или их смесей.

Согласно варианту исполнения проводящий барьер выполнен из титана или его сплава. Это предотвратит коррозию проводящего барьера, поскольку титан может выдерживать воздействие электролита.

Согласно варианту исполнения толщина сцепляющего слоя составляет по меньшей мере 3 мкм, предпочтительно по меньшей мере 5 мкм и наиболее предпочтительно по меньшей мере 10 мкм. Это гарантирует хороший механический контакт между сцепляющим слоем и пористым проводящим слоем.

Согласно варианту исполнения сцепляющий слой содержит не более 40 об.% проводящих частиц, причем «об.%» представляет процентную долю от общего объема сцепляющего слоя. Это значит, что сцепляющий слой содержит по меньшей мере 60 об.% адгезива. Таким образом достигают достаточной клеящей способности сцепляющего слоя.

Согласно варианту исполнения сцепляющий слой содержит по меньшей мере 20 об.% проводящих частиц. Это гарантирует хорошую электрическую проводимость сцепляющего слоя.

Сцепляющий слой предпочтительно содержит между 20 и 40 об.% проводящих частиц.

Согласно варианту исполнения по меньшей мере 80 мас.% проводящих частиц имеют размер 5 мкм или менее, причем «мас.%» представляет процентную долю от общей массы проводящих частиц. Предпочтительно по меньшей мере 80 мас.% проводящих частиц имеют размер 3 мкм или менее. Это обеспечит хороший электрический контакт с пористым проводящим слоем. Благодаря тому, что проводящие частицы являются мелкими (небольшими), они могут соответствовать (помещаться в) неровностям и полостям на поверхности пористого проводящего слоя, так что между проводящими

частицами и пористым проводящим слоем достигается хороший электрический контакт.

Согласно варианту исполнения сцепляющий слой содержит смесь проводящих частиц, имеющих размер менее 200 нм, и проводящих частиц, имеющих размер более 1 мкм. Смесь более крупных и более мелких частиц улучшит проводящую сеть, образованную в адгезиве, поскольку мелкие частицы заполняют пространство между более крупными частицами и электрически соединят более крупные частицы.

Согласно варианту исполнения массовое отношение проводящих частиц размером более 1 мкм и проводящих частиц менее 200 нм составляет между 1,5 и 3. Под массовым отношением понимается масса крупных частиц в склеивающем слое, деленная на массу мелких частиц в склеивающем слое. Это будет дополнительно улучшать образованную в адгезиве проводящую сеть.

Адгезив предпочтительно выполнен из химически стойкого пластического материала. Если проводящая среда представляет собой электролит, адгезив должен быть выполнен из материала, способного выдерживать воздействие электролита, и который не реагирует с ионами в электролите. Большинство известных пластических материалов не будет стойкими при контакте с электролитом. Известный склеивающий пластический материал, такой как эпоксидная смола, будет немедленно реагировать с электролитом и не может применяться.

Согласно варианту исполнения адгезив представляет собой полиэтилен или полипропилен, или иономер, или их смеси. Эти материалы могут выдерживать воздействие электролитов, применяемых в солнечных элементах.

Согласно варианту исполнения адгезив содержит полиэтилен. Испытания показали, что полиэтилен имеет хорошую способность приклеиваться к некоррозионному материалу, такому как титан, и может выдерживать воздействие электролитов в солнечных элементах, таких как электролиты, содержащие ионные пары  $\Gamma$ ,  $I_3^-$ . Кроме того, полиэтилен является недорогим материалом.

Согласно варианту исполнения склеивающий слой содержит полиэтилен или полипропилен, или иономер, или их смеси.

Согласно варианту исполнения температура плавления адгезива и склеивающего слоя по существу одинаковы или температура плавления адгезива ниже температуры плавления оболочки. Это облегчает изготовление фотоэлектрического устройства, поскольку адгезив расплавляется во время наслаивания оболочки. Таким образом, во время изготовления фотоэлектрического устройства не требуется дополнительной стадии нагревания.

Согласно варианту исполнения адгезив содержит полиэтилен, и склеивающий слой оболочки содержит полиэтилен. Испытания показали, что полиэтилен является пригодным материалом, поскольку он может выдерживать воздействие электролита.

В одном аспекте проводящая среда представляет собой электролит. В другом аспекте проводящая среда представляет собой электролит на ионной основе. Электролит может быть жидкостным электролитом, гелем или даже твердым телом.

В одном аспекте электролит представляет собой какой-либо из иодид/трийодидного электролита, электролит на основе комплекса меди или электролит на основе комплекса кобальта, или их комбинацию.

Согласно варианту исполнения проводящие частицы содержат углерод. Преимущественным является применение углерода в проводящих частицах, если пористый проводящий слой выполнен из титана, поскольку углерод обеспечивает хороший электрический контакт с титаном. Кроме того, углерод является недорогим материалом.

В одном аспекте проводящие частицы выполнены из углерода батарейного сорта. Обычный углерод содержит примеси, например, железо, которые могут быть вредными для производительности солнечного элемента. Углерод батарейного сорта разработан для углерода в батареях и топливных элементах и имеет более высокую степень чистоты, чем обычный углерод, и поэтому пригоден для применения в солнечных элементах.

Согласно варианту исполнения проводящие частицы выполнены из графита батарейного сорта и технического углерода батарейного сорта. Графит батарейного сорта представляет собой более крупные частицы углерода, а технический углерод батарейного сорта представляет собой более мелкие частицы углерода. Применение смеси графита батарейного сорта и технического углерода батарейного сорта обеспечит хорошую проводящую сеть в адгезиве, поскольку мелкие частицы будут заполнять пространство между более крупными частицами и электрически соединять более крупные частицы.

Согласно варианту исполнения проводящие частицы выполнены из одного или более в группе, состоящей из: кристаллического графита, аморфного углерода, углеродных нанотрубок и графена.

Согласно варианту исполнения проводящие частицы выполнены из металла или металлического сплава, содержащего один или более из следующего: титана, никеля, молибдена, кобальта и ниобия. Металлические сплавы могут представлять собой нитрид, гидрид, силицид или карбид любого из металлов, такие как гидрид титана, нитрид бора или силицид титана.

Согласно варианту исполнения проводящие частицы выполнены из титана или его сплава.

Согласно варианту исполнения пористый проводящий слой состоит из любого из титана, никеля, молибдена, вольфрама, кобальта, ниобия, циркония и их сплавов или их смесей.

Согласно варианту исполнения пористый проводящий слой содержит титан или его сплав. В одном аспекте пористый проводящий слой состоит из титана или его сплава.

Согласно варианту исполнения блок солнечного элемента содержит пористую подложку, выполненную из изоляционного материала, верхний проводящий слой, сформированный на одной стороне пористой подложки, для извлечения фотогенерированных электронов из светопоглощающего слоя, и второй проводник, находящийся в электрическом контакте со вторым проводящим слоем, причем часть

пористой подложки содержит проводящий материал, расположенный между вторым проводником и верхним проводящим слоем, и фотоэлектрическое устройство содержит по меньшей мере один сцепляющий слой, содержащий упомянутый адгезив, включающий в себя упомянутые проводящие частицы, и расположенный между вторым проводником и упомянутой частью пористой подложки, для присоединения второго проводника к пористой подложке.

#### Краткое описание чертежей

Изобретение теперь будет разъяснено более подробно путем описания различных вариантов исполнения изобретения и со ссылкой на прилагаемые фигуры.

Фиг. 1 показывает первый пример фотоэлектрического устройства согласно изобретению.

Фиг. 2 показывает первый пример сцепляющего слоя, расположенного между проводником и пористым проводящим слоем.

Фиг. 3 показывает второй пример сцепляющего слоя, расположенного между проводником и пористым проводящим слоем.

Фиг. 4 показывает второй пример фотоэлектрического устройства согласно изобретению.

Фиг. 5 показывает часть фотоэлектрического устройства, показанного на фигуре 4, в увеличенном виде.

Фиг. 6 показывает второй пример сцепляющих слоев, расположенных между проводником и пористым проводящим слоем на фигуре 4.

Фиг. 7 показывает третий пример фотоэлектрического устройства согласно изобретению.

Фиг. 8 показывает четвертый пример фотоэлектрического устройства согласно изобретению.

#### Подробное описание изобретения

Аспекты настоящего раскрытия будут описаны здесь далее более полно со ссылкой на сопроводительные чертежи. Однако, фотоэлектрическое устройство может быть реализовано в многих различных формах и не должно толковаться как ограниченное изложенными здесь аспектами. Подобные номера на чертежах ссылаются на подобные элементы во всем описании.

Применяемая здесь терминология предназначена только с целью описания конкретных аспектов изобретения и не предназначена для ограничения изобретения. Используемые здесь формы единственного числа предназначены включать в себя также формы множественного числа, если в контексте ясно не указано иное.

Если не определено иное, все использованные здесь термины имеют такое же смысловое значение, которое обычно понимается специалистом в данной области техники, к которой принадлежит это раскрытие.

Фигура 1 показывает первый пример фотоэлектрического устройства 1a согласно изобретению. Фотоэлектрическое устройство 1a содержит блок 2a солнечного элемента,

включающий в себя рабочий электрод, содержащий светопоглощающий слой 3, противоэлектрод, содержащий пористый проводящий слой 6, и проводящую среду (не показана) для переноса зарядов между противоэлектродом и рабочим электродом. Блок 2а солнечного элемента содержит проводник 7 и сцепляющий слой 8, расположенный между проводником 7 и пористым проводящим слоем 6. Сцепляющий слой 8 находится в непосредственном механическом и электрическом контакте с пористым проводящим слоем 6. Сцепляющий слой 8 приклеен к пористому проводящему слою 6. Проводник 7 присоединен к пористому проводящему слою 6 посредством сцепляющего слоя 8. Сцепляющий слой 8 действует как клей между проводником 7 и пористым проводящим слоем 6.

Проводник 7 представляет собой, например, проволоку или проводящую шину. Фотоэлектрическое устройство 1а содержит оболочку 9, заключающую в себе блок 2а солнечного элемента, включающий в себя проводящую среду. Оболочка 9 предотвращает утечку проводящей среды из блока солнечного элемента. Проводник 7 присоединен к сцепляющему слою 8 и простирается снаружи оболочки 9.

В одном аспекте светопоглощающий слой 3 является пористым и размещен на верхней стороне блока 2а солнечного элемента. Светопоглощающий слой 3 обращен к солнцу и принимает свет. Блок 2 солнечного элемента дополнительно содержит верхний пористый проводящий слой 4 для извлечения фотогенерированных электронов из светопоглощающего слоя 3. В этом примере светопоглощающий слой 3 размещен поверх верхнего проводящего слоя 4. В этом примере блок 2а солнечного элемента содержит пористую подложку 5, выполненную из изоляционного материала, и верхний проводящий слой 4 сформирован на одной стороне пористой подложки 5. Проводящий слой 6, впоследствии называемый нижним проводящим слоем 6, размещен на нижней стороне блока солнечного элемента. В этом примере нижний проводящий слой 6 сформирован на противоположной стороне пористой подложки 5. Проводящая среда, например, электролит, просачивается в поры пористого светопоглощающего слоя 3, верхний и нижний пористые проводящие слои и пористую подложку 5. Проводящая среда переносит заряды между нижним проводящим слоем 6 и светопоглощающим слоем 3. В одном аспекте проводящая среда представляет собой электролит. Проводящая среда может быть электролитом на ионной основе. Например, электролит представляет собой какой-либо из иодид/трийодидного электролита, электролита на основе комплекса меди или электролита на основе комплекса кобальта, или их комбинации. Такие электролиты могут быть очень коррозионными.

Предпочтительно, но без ограничения этим, верхний и нижний пористые проводящие слои выполнены из коррозионностойкого материала, такого как титан, никель, молибден, вольфрам, кобальт, ниобий, цирконий и их сплавов или их смесей. Таким образом, пористые проводящие слои могут выдерживать контакт с электролитом в качестве среды для переноса зарядов. Верхний и нижний пористые проводящие слои предпочтительно содержат титан или его сплав.

Сцепляющий слой 8 содержит адгезив и проводящие частицы, распределенные в адгезиве так, что в адгезиве образуется проводящая сеть для обеспечения электрического контакта между проводником 7 и нижним пористым проводящим слоем 6. Фигуры 2 и 3 показывают два примера сцепляющих слоев 8a и 8b, расположенных между проводником 7 и нижним пористым проводящим слоем 6. Сцепляющий слой 8 может быть любым из сцепляющих слоев 8a и 8b. Каждый из сцепляющих слоев 8a и 8b содержит адгезив 20 и проводящие частицы 22, 22a-b, распределенные в адгезиве 20 так, что в адгезиве образуется проводящая сеть. Это значит, что проводящие частицы находятся в электрическом контакте друг с другом, так что они образуют электрический путь через адгезив. Проводящие частицы предпочтительно хорошо диспергированы в адгезиве.

Толщина сцепляющих слоев 8a, 8a-b составляет по меньшей мере 3 мкм, предпочтительно по меньшей мере 5 мкм и наиболее предпочтительно по меньшей мере 10 мкм для достижения достаточного механического контакта между проводником 7 и нижним пористым проводящим слоем 6. Предпочтительно по меньшей мере 80 мас.% проводящих частиц 22, 22a, 22b имеют размер 5 мкм или менее, и наиболее предпочтительно проводящие частицы 22, 22a, 22b имеют размер 3 мкм или менее. Под «мас.%» подразумеваются процентные доли общей массы проводящих частиц в сцепляющем слое. Это обеспечит хороший электрический контакт с пористым проводящим слоем 6. Поскольку проводящие частицы являются небольшими, они могут заполнять неровности и полости на поверхности пористого проводящего слоя, так что достигается хороший электрический контакт между проводящими частицами и пористым проводящим слоем 6.

Предпочтительно, но без ограничения этим, проводящие частицы 22, 22a-b выполнены из углерода. Преимущественным является применение углерода в проводящих частицах, если пористый проводящий слой 6 выполнен из титана, поскольку углерод обеспечивает хороший электрический контакт с титаном. Проводящие частицы предпочтительно выполнены из углерода батарейного сорта. Обычный углерод может содержать примеси, которые могут быть вредными для производительности солнечного элемента. Углерод батарейного сорта разработан для углерода в батареях и топливных элементах и имеет более высокую степень чистоты, чем обычный углерод, и поэтому пригоден для применения в солнечных элементах. Проводящие частицы 22, 22a-b, например, выполнены из кристаллического графита, аморфного углерода, углеродных нанотрубок или графена.

Если проводящая среда представляет собой электролит на ионной основе, адгезив 20 должен быть выполнен из материала, способного выдерживать воздействие электролита, и который не реагирует с ионами в электролите. Подходяще, если адгезив 20 выполнен из химически стойкого пластического материала. Например, адгезив выполнен из полиэтилена или полипропилена, или иономера, или их смесей. Эти материалы пригодны, поскольку они могут выдерживать воздействие электролитов, обычно применяемых в солнечных элементах. Например, адгезив 20 выполнен из полиэтилена.

Испытания показали, что полиэтилен имеет хорошую способность прилипать к некоррозионному материалу, такому как титан, и может выдерживать воздействие электролитов, используемых в солнечных элементах, таких как электролиты, содержащие иодид-ионы  $I^-$  и/или триодид-ионы  $I_3^-$ .

Оболочка 9 может содержать по меньшей мере частично прозрачный верхний лист, покрывающий верхнюю сторону блока 2а солнечного элемента, и нижний лист, покрывающий нижнюю сторону блока солнечного элемента. Оболочка 9 может включать в себя несколько слоев с различными функциями. Оболочка 9 может содержать барьерный слой 10, предотвращающий утечку проводящей среды из солнечного элемента. Оболочка 9 может дополнительно содержать склеивающий слой 11 для присоединения оболочки 9 к солнечному элементу. Склеивающий слой 11 размещен между барьерным слоем 10 и солнечным элементом 2а. Склеивающий слой 11 также действует как барьер, предотвращающий утечку проводящей среды из солнечного элемента. Если проводящая среда представляет собой коррозионный электролит, склеивающий слой 10 оболочки должен быть выполнен из материала, который может выдерживать воздействие электролита. Преимущественно, если адгезив 20 и оболочка 9 выполнены из одинакового материала, поскольку к оболочке и адгезиву предъявляют одинаковые требования по способности выдерживать воздействие электролита. Это также облегчит изготовление фотоэлектрического устройства, поскольку адгезив и оболочка имеют одинаковую температуру плавления. Подходяще, если адгезив и оболочка выполнены из полиэтилена. Например, склеивающий слой 11 образован из полиэтилена или полипропилена, или иономера, или их смесей. Например, оболочка 9 выполнена из полиэтилена. Полиэтилен является подходящим материалом, поскольку он может выдерживать воздействие электролита и прозрачен.

В одном аспекте оболочка 9 содержит проникающее отверстие 12, предназначенное для соединения фотоэлектрического устройства 1а с внешним устройством и таким образом доступа к энергии, производимой фотоэлектрическим устройством. Проникающее отверстие 12 представляет собой сквозное отверстие в оболочке. Проникающее отверстие содержит по меньшей мере часть сцепляющего слоя 8, так что проникающее отверстие 12 герметично закрыто, и газ или жидкость не могут проходить через проникающее отверстие. Сцепляющий слой 8 заполняет проникающее отверстие 12 и соответственно герметизирует проникающее отверстие, и тем самым предотвращает утечку проводящей среды наружу из фотоэлектрического устройства через проникающее отверстие. Благодаря наличию сети проводящих частиц в сцепляющем слое 8 не требуется, чтобы проводник 7 проходил через проникающее отверстие 12 для обеспечения электрического контакта с нижним пористым проводящим слоем 6. Таким образом дополнительно уменьшается риск утечки проводящей среды. Проводник 7 размещен снаружи (на наружной части) оболочки и имеет электрический контакт с пористым проводящим слоем 6 через сцепляющий слой 8. Следовательно, проводник 7 не находится в контакте с проводящей средой и не требуется его выполнение из

коррозионностойкого материала. Таким образом, проводник 7 может быть выполнен из любого обычно применяемого проводящего материала, такого как медь или серебро.

Фигура 2 показывает пример сцепляющего слоя 8a, содержащего адгезив 20 и проводящие частицы 22, распределенные в адгезиве. Сцепляющий слой 8a расположен между проводником 7 и нижним пористым проводящим слоем 6. В этом примере проводящие частицы 22 имеют по существу одинаковый размер.

Фигура 3 показывает другой пример сцепляющего слоя 8a, расположенного между проводником 7 и нижним пористым проводящим слоем 6. В этом примере сцепляющий слой 8b содержит смесь проводящих частиц 22a, имеющих размер более 1 мкм, и проводящих частиц 22b, имеющих размер менее 200 нм, распределенных в адгезиве 20. Смесь более крупных и более мелких частиц будет улучшать проводящую сеть, образованную в адгезиве 20, поскольку мелкие частицы заполняют пространство между более крупными частицами и электрически соединят более крупные частицы между собой. Массовое отношение проводящих частиц 22a размером более 1 мкм и проводящих частиц 22b менее 200 нм предпочтительно составляет между 1,5 и 3. Это дополнительно улучшит образованную в адгезиве 20 проводящую сеть. Под массовым отношением подразумевается общая масса  $M_1$  крупных частиц 22a, деленная на общую массу  $M_2$  мелких частиц 22b в сцепляющем слое.

$$1,5 < M_1/M_2 < 3$$

Фигура 4 показывает второй пример фотоэлектрического устройства 1b согласно изобретению, содержащего блок 2a солнечного элемента. Фигура 5 показывает часть фотоэлектрического устройства 1b в увеличенном виде. Если проводящая среда представляет собой включающий в себя ионы электролит, ионы могут перемещаться через сцепляющий слой, поскольку проводящие частицы могут уменьшать герметизирующую способность адгезива 20. Для предотвращения этого между первым и вторым сцепляющими слоями 16, 17 размещают проводящий барьер 14. Блок 2b солнечного элемента отличается от блока 2a солнечного элемента, поскольку он содержит непористый проводящий барьер 14, расположенный между проводником 7 и нижним пористым проводящим слоем 6, и упомянутый по меньшей мере один сцепляющий слой содержит первый сцепляющий слой 16, расположенный между нижним пористым проводящим слоем 6 и проводящим барьером 14, для присоединения проводящего барьера 14 к нижнему пористому проводящему слою 6, и второй сцепляющий слой 17, размещенный между проводящим барьером 14 и проводником 7, для присоединения проводника 7 к проводящему барьеру 14. Таким образом, первый сцепляющий слой 16 действует как клей между нижним пористым проводящим слоем 6 и проводящим барьером 14, и второй сцепляющий слой 17 действует как клей между проводящим барьером 14 и проводником 7. Первый сцепляющий слой 16 находится в непосредственном механическом и электрическом контакте с нижним пористым проводящим слоем 6. Проводящий барьер 14 имеет две поверхности на противоположных сторонах барьера 14. Первый сцепляющий слой 16 также находится в непосредственном

механическом и электрическом контакте с одной из поверхностей проводящего барьера 14, и второй сцепляющий слой 17 находится в непосредственном механическом и электрическом контакте с другой из поверхностей проводящего барьера 14. Проводник 7 размещен снаружи оболочки 9.

Второй сцепляющий слой 17 размещен в проникающем отверстии 12 так, что проникающее отверстие 12 герметизировано, и газ или жидкость не могут проникать через проникающее отверстие.

Первый и второй сцепляющие слои 16, 17 содержат проводящие частицы, распределенные в адгезиве 20 так, что в адгезиве образуется проводящая сеть. Подходяще, если первый и второй сцепляющие слои 16, 17 выполнены из одинакового типа адгезива 20 и проводящих частиц 22, 22a-b, как сцепляющий слой 8. Сцепляющие слои 16, 17 могут быть того же типа, как любой из сцепляющих слоев 8a и 8b. Проводник 7 имеет электрический контакт с нижним пористым проводящим слоем 6 через первый и второй сцепляющие слои 16, 17 и проводящий барьер 14.

Проводящий барьер 14 предпочтительно представляет собой сплошной элемент, выполненный из проводящего материала, который может выдерживать воздействие проводящей среды солнечного элемента. Например, проводящий барьер 14 содержит любое из титана, никеля, молибдена, вольфрама, кобальта, ниобия, циркония и их сплавов или их смесей. Проводящий барьер предпочтительно выполнен из титана или его сплава. Это предотвратит коррозию проводящего барьера, поскольку титан может выдерживать воздействие электролита. Например, проводящий барьер 14 выполнен из такого же материала, как нижний пористый проводящий слой 6.

Для дополнительного улучшения герметизирующей способности ширина проводящего барьера 14 больше ширины второго сцепляющего слоя 17, и периферия второго сцепляющего слоя 17 находится на расстоянии от периферии проводящего барьера 14. Это увеличивает путь, подлежащий прохождению ионами между первым и вторым сцепляющими слоями 16, 17, как показано в фигуре 5. Расстояние между периферией второго сцепляющего слоя 17 и периферией проводящего барьера 14 предпочтительно составляет более 1 мм.

Подходяще, если проводящий барьер 14 сформирован в виде пластины. Например, проводящий барьер 14 имеет круглую форму, такую как форма монеты. Однако, также возможны другие формы, такие как прямоугольная. Толщина проводящего барьера 14 предпочтительно составляет по меньшей мере 10 нм.

Для дополнительного улучшения герметизации солнечного элемента склеивающий слой 11 оболочки 9 окружает первый и второй сцепляющие слои 16, 17 и проводящий барьер 14. Склеивающий слой 11 препятствует поступлению ионов в электролите во второй сцепляющий слой 17 и тем самым предотвращает утечку ионов наружу блока солнечного элемента.

Фигура 5 показывает часть фотоэлектрического устройства, изображенного на фигуре 4, в увеличенном виде. В этом примере первый и второй сцепляющие слои 16, 17

содержат проводящие частицы 22, распределенные в адгезиве 20. В этом примере проводящие частицы 22 имеют по существу одинаковый размер.

Фигура 6 показывает другой пример первого и второго сцепляющих слоев 16, 17, изображенных на фигуре 4, в увеличенном виде. В этом примере сцепляющие слои 16, 17 содержат смесь проводящих частиц 22а, имеющих размер более 1 мкм, и проводящих частиц 22б, имеющих размер менее 200 нм, распределенных в адгезиве 20.

Фигура 7 показывает третий пример фотоэлектрического устройства 1с согласно изобретению. Блок 1с солнечного элемента отличается от фотоэлектрического устройства 1а и 1б тем, что блок 1с солнечного элемента содержит второй проводник 7б, находящийся в электрическом контакте с верхним проводящим слоем 4, и проводящая часть 23 пористой подложки 5 содержит проводящий материал 24. Кроме того, фотоэлектрическое устройство 1с содержит сцепляющий слой 25, расположенный между вторым проводником 7б и проводящей частью 23 пористой подложки 5, для присоединения второго проводника 7б к пористой подложке 5 и для обеспечения электрического контакта между верхним проводящим слоем 4 и вторым проводником 7б. Проводящая часть 23 расположена между сцепляющим слоем 25 и верхним проводящим слоем 4. Сцепляющий слой 25 находится в механическом и электрическом контакте с проводящей частью 23.

Второй проводник 7б размещен снаружи оболочки 9 и имеет электрический контакт с верхним пористым проводящим слоем 4 через сцепляющий слой 25 и проводящий материал 24 в пористой подложке 5. Следовательно, проводник 7б не находится в контакте с проводящей средой и не должен быть выполнен из коррозионностойкого материала. Второй проводник 7б может быть выполнен из любого обычно применяемого проводящего материала, такого как медь или серебро. Второй проводник 7б представляет собой, например, проволоку или проводящую шину.

Сцепляющий слой 25 содержит проводящие частицы 22, распределенные в адгезиве 20 так, что в адгезиве 20 образуется проводящая сеть, обеспечивающая электрический контакт между вторым проводником 7б и проводящим материалом 24 пористой подложки 5. Таким образом достигается электрический контакт между вторым проводником 7б и верхним пористым проводящим слоем 4. Подходяще, если сцепляющий слой 25 выполнен из одинакового типа адгезива 20 и проводящих частиц 22, как сцепляющий слой 8. Оболочка 9 содержит первое проникающее отверстие 12а для соединения первого проводника 7 с нижним пористым проводящим слоем 6 и второе проникающее отверстие 12б для соединения второго проводника 7б с верхним пористым проводящим слоем 4.

В этом примере нижний пористый проводящий слой 6 заканчивается на расстоянии от сцепляющего слоя 25, так что между сцепляющим слоем 25 и нижним пористым проводящим слоем 6 образуется изолирующий зазор 27, гарантирующий, что сцепляющий слой 25 и нижний пористый проводящий слой 6 электрически изолированы друг от друга.

Фигура 8 показывает четвертый пример фотоэлектрического устройства 1d

согласно изобретению. Блок 1d солнечного элемента отличается от фотоэлектрического устройства 1c тем, что блок 1d солнечного элемента содержит непористый проводящий барьер 14, расположенный между первым проводником 7 и нижним пористым проводящим слоем 6 таким же образом, как показано в фигуре 4. Блок 1d солнечного элемента содержит первый сцепляющий слой 16, расположенный между нижним пористым проводящим слоем 6 и проводящим барьером 14, для присоединения проводящего барьера 14 к нижнему пористому проводящему слою 6, и второй сцепляющий слой 17, размещенный между проводящим барьером 14 и первым проводником 7а, для присоединения первого проводника 7а к проводящему барьеру 14.

Блок 1d солнечного элемента дополнительно содержит второй непористый проводящий барьер 14b, расположенный между вторым проводником 7b и пористой подложкой 5, третий сцепляющий слой 26, расположенный между проводящей частью 23 пористой подложки 5 и вторым проводящим барьером 14b, для присоединения проводящего барьера 14b к пористой подложке 5, и четвертый сцепляющий слой 28, размещенный между вторым проводящим барьером 14b и вторым проводником 7b, для присоединения второго проводника 7b к проводящему барьеру 14b. Первый и второй проводящие барьеры 14а и 14b вместе действуют как барьеры для ионов в проводящей среде и предотвращают проникновение ионов наружу фотоэлектрического устройства через проникающие отверстия 12а-б. Проводящие барьеры 14а и 14b предпочтительно выполнены из одинакового материала. Поскольку проводящие барьеры 14а и 14b находятся в контакте с проводящей средой, они предпочтительно должны быть выполнены из коррозионностойкого материала, например, титана.

Третий и четвертый сцепляющие слои 26, 28 содержат проводящие частицы, распределенные в адгезиве 20 так, что в адгезиве образуется проводящая сеть, обеспечивающая электрический контакт между вторым проводником 7b и проводящим материалом 24 в пористой подложке 5. Подходяще, если сцепляющие слои 26, 28 выполнены из такого же типа адгезива 20 и такого же типа проводящих частиц 22, как проводящие слои 16, 17. Сцепляющие слои 26, 28 могут быть любыми из типов сцепляющих слоев 8а-б, описанных ранее со ссылкой на фигуры 2-3.

Сцепляющий слой 28 размещен в проникающем отверстии 12b так, что проникающее отверстие 12b загерметизировано, и газ или жидкость не могут проходить через проникающее отверстие. Например, проводящие барьеры 14, 14b имеют круглую форму. Однако, также возможны другие формы, такие как прямоугольные.

Настоящее изобретение не ограничено раскрытыми вариантами исполнения, но может быть изменено и модифицировано в пределах объема последующей формулы изобретения. Например, каждый из сцепляющих слоев 16, 17, 25, 26 и 28 может быть любым из типов, описанных со ссылкой на фигуры 2-3.

#### **Ссылочные позиции**

1а-d фотоэлектрическое устройство

2а, 2b блок солнечного элемента

- 3 светопоглощающий слой
- 4 верхний пористый проводящий слой
- 5 пористая подложка
- 6 нижний пористый проводящий слой
- 7 проводник
- 7b второй проводник
- 8, 8a-b сцепляющий слой
- 9 оболочка
- 10 барьерный слой оболочки
- 11 склеивающий слой оболочки
- 12, 12a-b проникающие отверстия
- 14, 14a-b непористый проводящий барьер
- 16 первый сцепляющий слой
- 17 второй сцепляющий слой
- 20 адгезив
- 22, 22a, 22b проводящие частицы
- 23 проводящая часть пористой подложки
- 24 проводящий материал
- 25 сцепляющий слой
- 26 третий сцепляющий слой
- 27 изолирующий зазор
- 28 четвертый сцепляющий слой

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Фотоэлектрическое устройство (1a-d), содержащее:

- блок (2a; 2b) солнечного элемента, включающий в себя:

рабочий электрод, содержащий светопоглощающий слой (3),

противоэлектрод, содержащий пористый проводящий слой (6), и

проводящую среду для переноса зарядов между противоэлектродом и рабочим электродом, и

- проводник (7), электрически соединенный с пористым проводящим слоем (6),

отличающееся тем, что блок (2a, 2b) солнечного элемента содержит по меньшей мере один сцепляющий слой (8; 8b; 8a; 16, 17), размещенный между проводником (7) и пористым проводящим слоем (6), для присоединения проводника (7) к пористому проводящему слою, и сцепляющий слой (8; 8b; 8a; 16, 17) содержит адгезив (20) и проводящие частицы (22; 22a-b), распределенные в адгезиве так, что в адгезиве образована проводящая сеть.

2. Фотоэлектрическое устройство по п. 1, причем фотоэлектрическое устройство (1a-b) содержит оболочку (9), заключающую в себе блок (2a; 2b) солнечного элемента, причем оболочка снабжена проникающим отверстием (12), содержащим по меньшей мере часть упомянутого сцепляющего слоя (8; 8b; 8a; 16, 17), и проводник (7) присоединен к сцепляющему слою и простирается снаружи оболочки.

3. Фотоэлектрическое устройство по п. 2, в котором оболочка (9) содержит склеивающий слой (11) для присоединения оболочки к блоку (2a; 2b) солнечного элемента, и склеивающий слой (11) выполнен из такого же материала, как упомянутый адгезив (20).

4. Фотоэлектрическое устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором блок (2a, 2b) солнечного элемента содержит непористый проводящий барьер (14), расположенный между проводником (7) и пористым проводящим слоем (6), и упомянутый по меньшей мере один сцепляющий слой содержит первый сцепляющий слой (16), расположенный между пористым проводящим слоем (6) и проводящим барьером (14), для присоединения проводящего барьера (14) к пористому проводящему слою (6), и второй сцепляющий слой (17), расположенный между проводящим барьером (14) и проводником (7), для присоединения проводника к проводящему барьеру (14).

5. Фотоэлектрическое устройство по п. 4, причем фотоэлектрическое устройство (1a-b) содержит оболочку (9), заключающую в себе блок (2a; 2b) солнечного элемента, и оболочка (9) окружает первый и второй сцепляющие слои (16, 17) и проводящий барьер (14).

6. Фотоэлектрическое устройство по п. 4 или 5, в котором проводящий барьер (14) содержит титан или его сплав.

7. Фотоэлектрическое устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором толщина упомянутого сцепляющего слоя (8; 8b; 8a; 16, 17) составляет по меньшей мере 3 мкм и предпочтительно по меньшей мере 5 мкм, а наиболее

предпочтительно по меньшей мере 10 мкм.

8. Фотоэлектрическое устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором сцепляющий слой (8; 8b; 8a; 16, 17) содержит между 20 и 40 об.% упомянутых проводящих частиц (22; 22a-b).

9. Фотоэлектрическое устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором по меньшей мере 80 мас.% упомянутых проводящих частиц (22; 22a-b) имеют размер 5 мкм или менее, а предпочтительно по меньшей мере 80 мас.% упомянутых проводящих частиц имеют размер 3 мкм или менее.

10. Фотоэлектрическое устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором сцепляющий слой (8; 8b; 8a; 16, 17) содержит смесь проводящих частиц (22a), имеющих размер менее 200 нм, и проводящих частиц (22b), имеющих размер более 1 мкм.

11. Фотоэлектрическое устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором упомянутый адгезив (20) представляет собой полиэтилен или полипропилен, или иономер, или их смесь.

12. Фотоэлектрическое устройство по п. 3, в котором упомянутый адгезив (20) и упомянутый склеивающий слой (11) содержат полиэтилен.

13. Фотоэлектрическое устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором упомянутые проводящие частицы (22; 22a-b) содержат углерод.

14. Фотоэлектрическое устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором упомянутые проводящие частицы (22; 22a-b) содержат титан или его сплав.

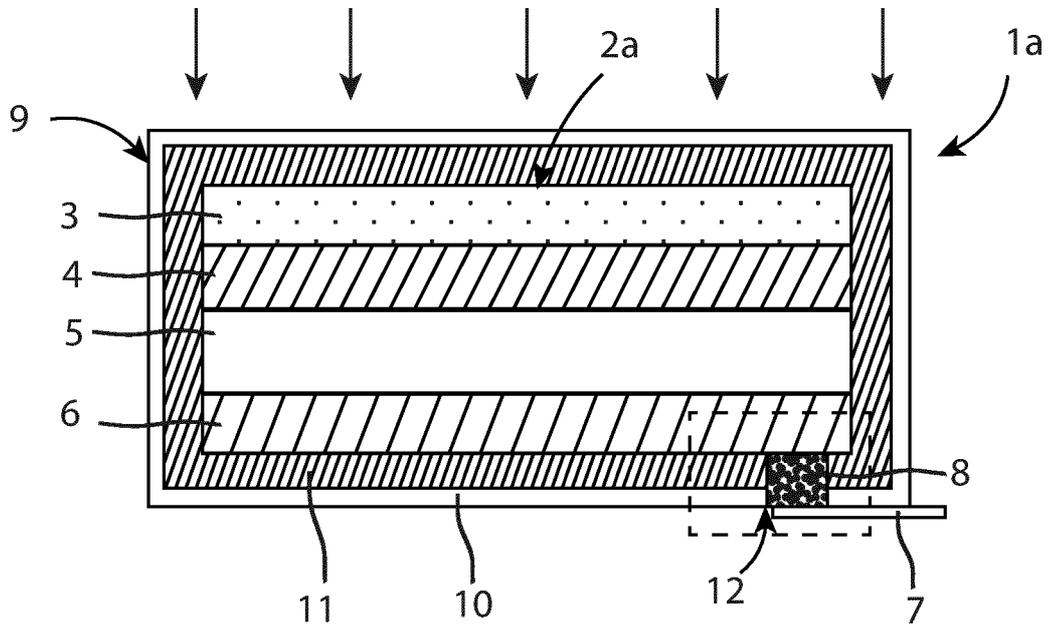
15. Фотоэлектрическое устройство по любому из предшествующих пунктов, в котором блок (1a; 1b) солнечного элемента содержит:

- пористую подложку (5), выполненную из изоляционного материала,
- верхний проводящий слой (4), сформированный на одной стороне пористой подложки (5), для извлечения фотогенерированных электронов из светопоглощающего слоя (3) и

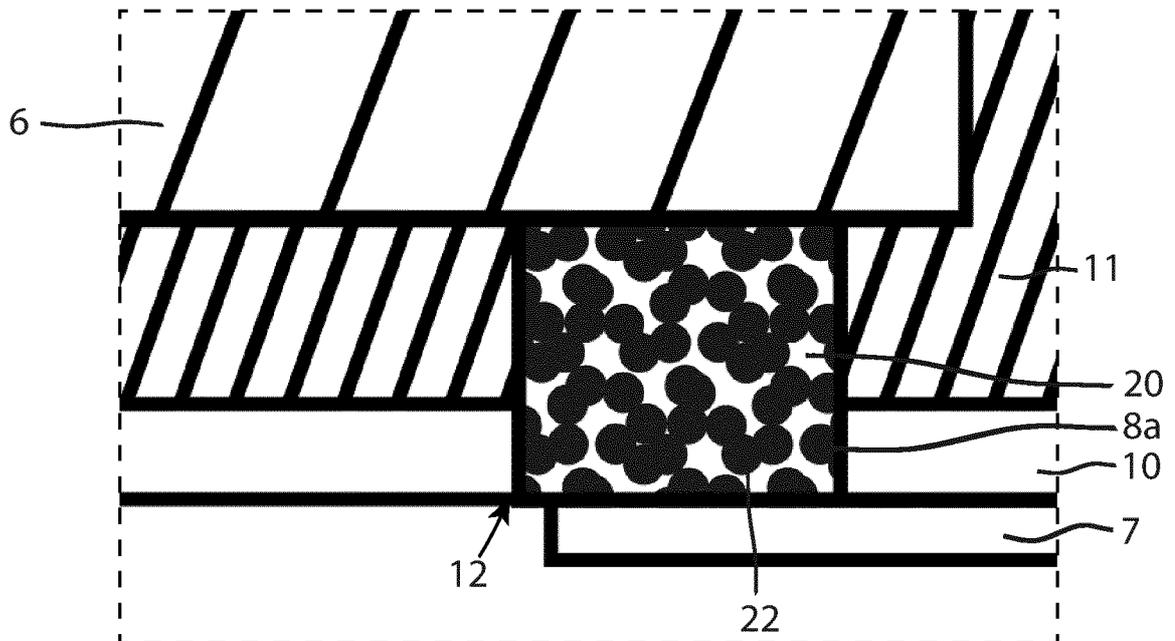
- второй проводник (7b), находящийся в электрическом контакте с верхним проводящим слоем (4), причем проводящая часть (23) пористой подложки (5) содержит проводящий материал (24), и фотоэлектрическое устройство содержит по меньшей мере один сцепляющий слой (25; 26, 28), содержащий упомянутый адгезив (2), включающий в себя упомянутые проводящие частицы (22; 22a, 22b), и расположенный между вторым проводником (7b) и упомянутой проводящей частью (23) пористой подложки, для присоединения второго проводника (7b) к пористой подложке (5).

По доверенности

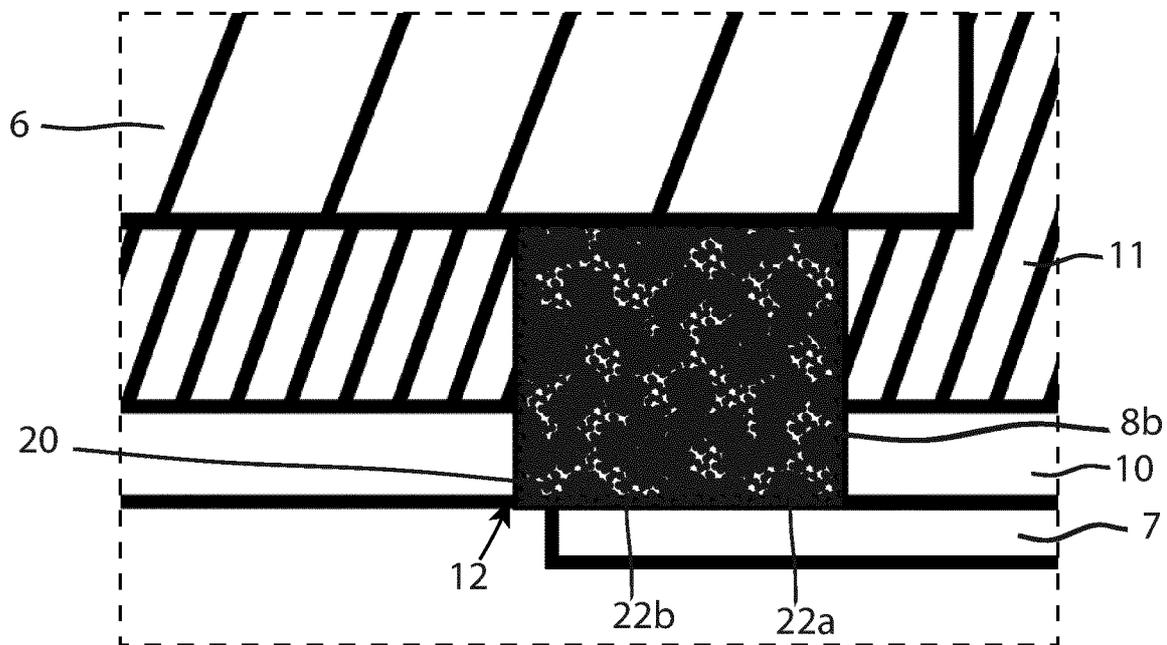
1/4



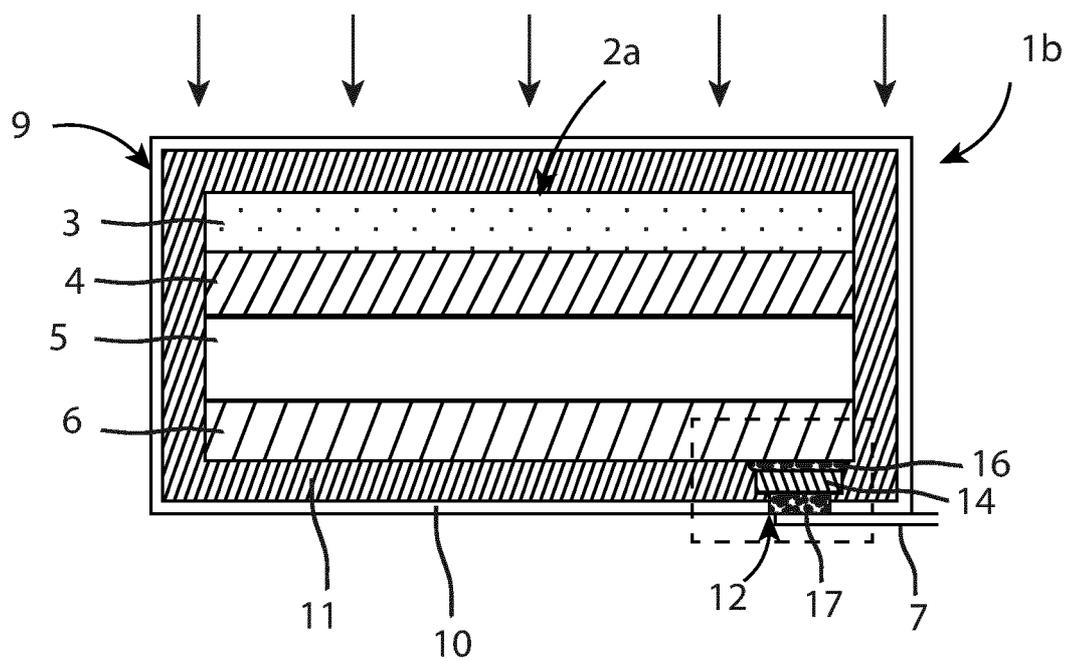
ФИГ. 1



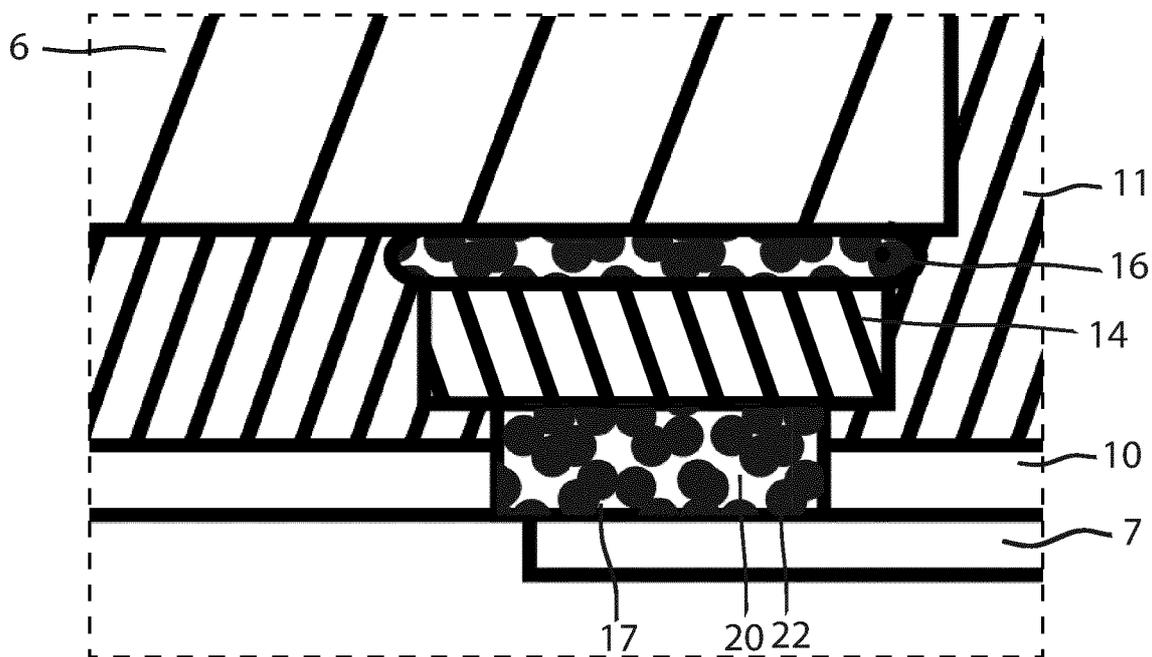
ФИГ. 2



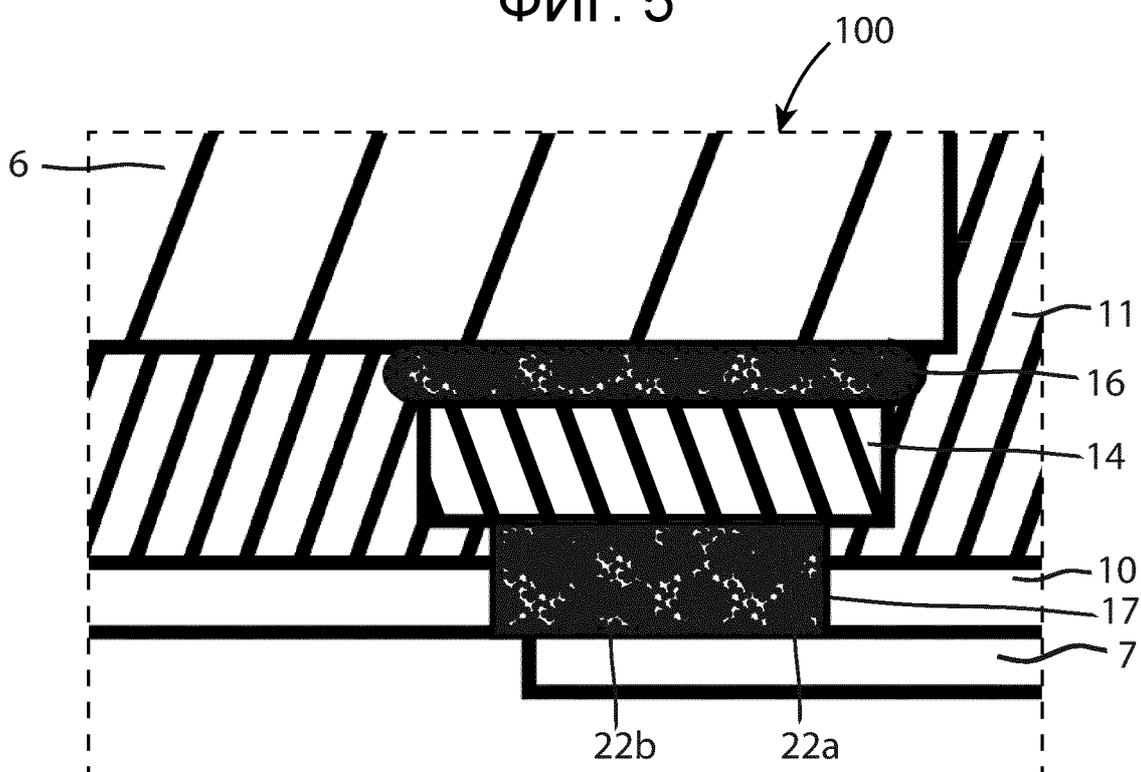
ФИГ. 3



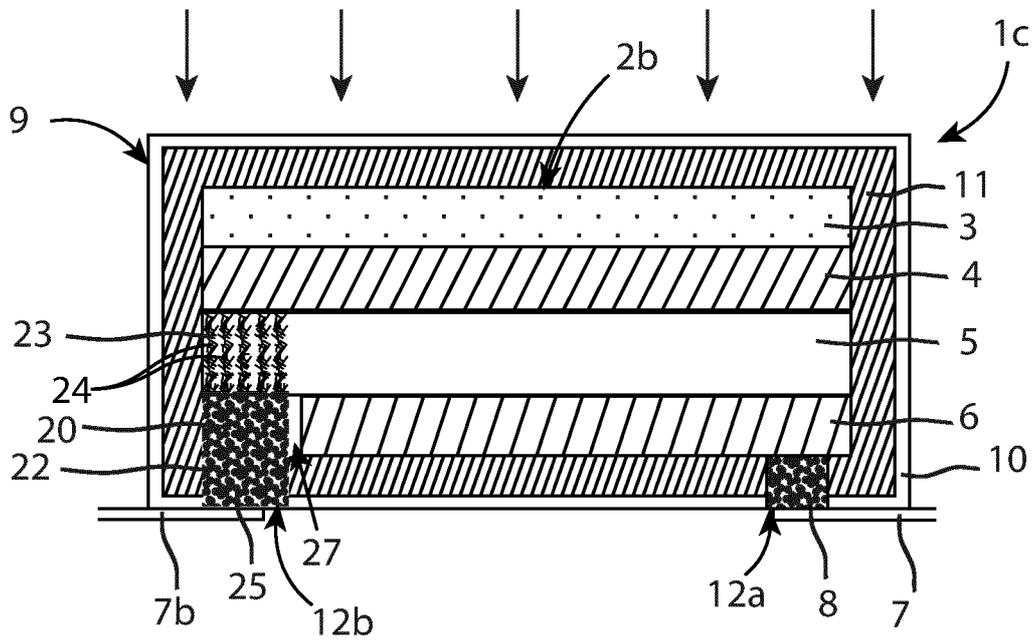
ФИГ. 4



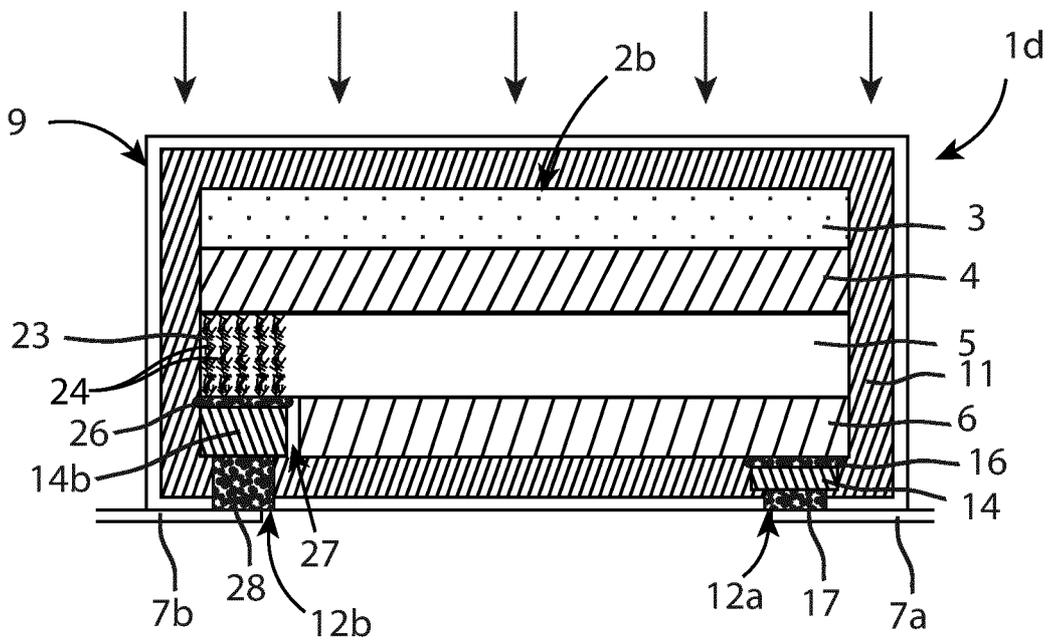
ФИГ. 5



ФИГ. 6



ФИГ. 7



ФИГ. 8