

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **046404**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.03.08

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

(21) Номер заявки
202391801

(22) Дата подачи заявки
2022.03.08

(54) **ЭЛЕМЕНТ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ, СОДЕРЖАЩИЙ ПОРИСТЫЕ СЛОИ И ПРОВОДЯЩУЮ ЗАРЯД СРЕДУ, ПРОНИКАЮЩУЮ ЧЕРЕЗ ПОРИСТЫЕ СЛОИ**

(31) **21163437.3**

(56) KR-A-20120107253
US-A1-2009293950
EP-B1-2834824

(32) **2021.03.18**

(33) **EP**

(43) **2023.11.22**

(86) **PCT/EP2022/055892**

(87) **WO 2022/194618 2022.09.22**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ЭКСЕГЕР ОПЕРЭЙШНЗ АБ (SE)

(72) Изобретатель:
**Линдстрём Хенрик, Фили Джованни
(SE)**

(74) Представитель:
**Билык А.В., Поликарпов А.В.,
Соколова М.В., Путинцев А.И.,
Черкас Д.А., Игнатъев А.В., Дмитриев
А.В., Бучака С.М., Бельтюкова М.В.
(RU)**

(57) Изобретение относится к элементу (1a) солнечной батареи, содержащему стопку пористых слоев, опорную подложку (2) для поддержки стопки и проводящую заряд среду (7), проникающую через пористые слои. Стопка содержит пористый светопоглощающий слой (3), пористый первый проводящий слой (4), содержащий проводящий материал для извлечения фотогенерированных электронов из светопоглощающего слоя, пористый противоэлектрод (6), содержащий проводящий материал, и разделительный слой (5), выполненный из пористого электроизолирующего материала и расположенный между проводящим слоем (4) и противоэлектродом (6), причем проводящий слой (4) расположен ближе к светопоглощающему слою (3), чем противоэлектрод (6). Опорная подложка (2) является пористой, и проводящая заряд среда (7) проникает через опорную подложку (2).

B1

046404

046404

B1

Область техники

Настоящее изобретение относится к элементам солнечной батареи (далее солнечным элементам) для преобразования энергии света в электрическую энергию, содержащим пористые слои и проводящую заряд среду, проникающую через пористые слои.

Предпосылки изобретения

Элементы солнечной батареи (солнечные элементы) для преобразования света в электрическую энергию, содержащие пористые слои, хорошо известны в технике.

Известно, что сенсibilизированные красителем солнечные элементы (DSSC), содержащие пористый светопоглощающий слой, пористые проводящие слои и пористый изолирующий слой, обладают высоким потенциалом для производства в промышленных масштабах с использованием известных производственных способов, таких как трафаретная печать, струйная печать или нанесение с использованием шелевой экструзионной головки.

Производство в промышленных масштабах сенсibilизированных красителем солнечных элементов включает обработку больших площадей тонких слоев компонентов солнечных элементов. Эти компоненты во время производства проходят различные технологические этапы, такие как печать, термообработка, вакуумная обработка, химическая обработка. Это означает, что для обработки солнечного элемента важна его архитектура, чтобы иметь возможность механически обрабатывать компоненты и выполнять различные обработки, не повреждая основные компоненты. Архитектура солнечного элемента также важна для общей производительности этого элемента.

Известная процедура изготовления сенсibilизированных красителем солнечных элементов представляет собой процесс непрерывного проката (рулонной технологии). В публикации EnergyTrend 20180614 "Ключи к массовому производству гибких солнечных элементов: инкапсуляция элементов и долговечность" исследователи описывают, что гибкие сенсibilизированные красителем солнечные элементы, произведенные в процессе непрерывного проката, могут быть коммерциализированы благодаря эффективности способа производства.

В процессе непрерывного проката солнечный элемент содержит твердую подложку, такую как гибкая проводящая фольга, которую можно поместить на конвейерную ленту и которая действует как механически устойчивая подложка для размещения других компонентов солнечного элемента. Патент США № 8658455 описывает процесс непрерывного проката, в котором используют гибкую подложку, на которой формируют слой TiO_2 , при этом слой TiO_2 спекают, снабжают красителем и наполняют электролитом, после чего для герметизации DSSC сэндвич-типа сверху добавляют вторую гибкую подложку. Утверждается, что этап герметизации, также включающий процесс непрерывного проката, снижает риск утечки или испарения жидкого электролита.

Известна гибкая проводящая фольга, такая как фольга из титана, нержавеющей стали или других металлов, или фольга с покрытием из проводящих полимеров, или тонкие пленки из проводящего стекла.

Проблема с производством сенсibilизированных красителем солнечных элементов с использованием процесса непрерывного проката связана с тем, что некоторые процессы, такие как термообработка или вакуумная обработка, должны происходить по мере того, как конвейерная лента проходит через печи или ящики для химической обработки. Это требует места и времени для этих процессов.

Другой способ изготовления сенсibilизированного красителем солнечного элемента описан в европейском патенте № 2834823 B1, в котором показан монолитный сенсibilизированный красителем солнечный элемент, в котором все слои компонентов являются пористыми. Пористая изолирующая подложка из тканых и нетканых стеклянных волокон во время изготовления действует как опорная конструкция, а пористые проводящие металлические слои печатаются на обеих сторонах пористой изолирующей подложки. На одной стороне пористого проводящего слоя печатается слой TiO_2 , а на другой стороне на пористый проводящий слой наносится катализатор. Слой TiO_2 погружается в краситель и добавляется электролит по мере того, как ячейки разрезаются на подходящие куски для ламинирования защитной фольги. Во время этапов процесса, включающих термическую обработку, вакуумную обработку или различные химические обработки, обрабатываемая заготовка является полностью пористой, при этом несколько заготовок могут быть скреплены скобами друг над другом, не препятствуя, например, отводу выделяющихся газов. Пористая изолирующая подложка, используемая при производстве в качестве опорной подложки, будет выполнять функцию изолирующего слоя между рабочим электродом и противозлектродом в готовом солнечном элементе. Толщина пористой изолирующей подложки, таким образом, будет компромиссом между достаточно тонким изолирующим слоем, чтобы уменьшить резистивные потери в солнечном элементе, и достаточной толщиной пористой подложки, чтобы обеспечить достаточные механические свойства для использования в качестве опорной конструкции. Во время изготовления опорная конструкция должна быть повернута, чтобы печатать на обеих ее сторонах.

В европейском патенте № 1708301 описан сенсibilизированный красителем солнечный элемент с архитектурой, включающей набор пористых слоев, расположенных друг над другом, электролит, встроенный в поры пористых слоев, и опорную конструкцию для поддержки стопки пористых слоев из керамики, металла, смолы или стекла.

Другая проблема с сенсibilизированными красителем элементами солнечной батареи связана с

испарением или истощением раствора электролита или возможной утечкой электролита особенно при длительном использовании элемента.

Сущность изобретения

Целью настоящего изобретения является по меньшей мере частичное преодоление вышеуказанной проблемы и создание усовершенствованного солнечного элемента.

Эта цель достигается с помощью солнечного элемента, заявленного в п.1 формулы изобретения.

Солнечный элемент содержит стопку пористых слоев, расположенных друг над другом, проводящую заряд среду, проникающую через пористые слои, и опорную подложку для поддержки пористых слоев. Пористые слои содержат светопоглощающий слой, первый проводящий слой, содержащий проводящий материал для извлечения фотогенерированных электронов из светопоглощающего слоя, противоэлектрод, содержащий проводящий материал, и разделительный слой, выполненный из пористого электроизолирующего материала и расположенный между первым проводящим слоем и противоэлектродом. Стопка пористых слоев расположена поверх опорной подложки, причем опорная подложка является пористой, а проводящая заряд среда проникает через пористую опорную подложку.

Стопка пористых слоев представляет собой активные слои, а это означает, что они участвуют в производстве энергии. Необходимо, чтобы проводящая заряд среда могла проникать через стопку активных пористых слоев, чтобы обеспечивать перенос зарядов между светопоглощающим слоем и противоэлектродом. Опорная подложка не является активным слоем в солнечном элементе, т.е. не участвует в выработке энергии. Основная функция опорной подложки - служить опорой для стопки активных слоев.

Подложка является пористой, и проводящая заряд среда проникает в поры подложки, а также в поры пористых слоев солнечного элемента. Из-за пористости подложки поры подложки функционируют как резервуар проводящей заряд среды. Таким образом, общий объем проводящей заряд среды в солнечном элементе увеличивается. Следовательно, если количество проводящей заряд среды в солнечном элементе уменьшается из-за утечки или испарения, время, пока общее содержание проводящей заряд среды в солнечном элементе не достигнет минимального уровня и элемент перестанет работать, продлевается. Чем толще подложка и выше пористость, тем больше резервуар для проводящей заряд среды. Поскольку опорная подложка не участвует в выработке электроэнергии, толщина опорной подложки не является критической и не влияет на выработку электроэнергии.

Другое преимущество пористой подложки заключается в том, что она упрощает достижение равномерного заполнения проводящей заряд среды в солнечном элементе во время изготовления элемента. Это является проблемой при производстве тонких и широких солнечных элементов. Например, площадь солнечного элемента может быть 1 м^2 , а его толщина может быть 0,2 мм. Проводящая заряд среда должна проникать в пористые слои большого солнечного элемента, и предпочтительно все поры в пористых слоях солнечного элемента должны быть заполнены проводящей заряд средой. Благодаря пористой подложке в нижней части солнечного элемента проводящая заряд среда может быть введена с нижней стороны солнечного элемента и за счет капиллярных сил заполнить проводящей заряд средой большую часть пор в пористых слоях в стопке.

Еще одним преимуществом пористой подложки является то, что не требуется вакуумное заполнение ячейки проводящей средой, как в предшествующем уровне техники. Вакуумное заполнение занимает много времени и требует дополнительного оборудования.

Еще одним преимуществом пористой подложки является то, что она удерживает проводящую среду за счет капиллярных сил и тем самым предотвращает выливание проводящей среды. Поэтому в случае поломки солнечного элемента проводящая среда останется в пористой подложке и не будет выливаться.

Другое преимущество укладки пористых слоев на пористую опорную подложку вместо твердой опорной подложки, как в предшествующем уровне техники, заключается в том, что это облегчает изготовление солнечных элементов больших размеров, поскольку позволяет газу выходить через подложку во время вакуумного спекания солнечного элемента, а также при воздушном спекании солнечного элемента, когда дымовые газы должны быть удалены на более поздних этапах, когда слои, содержащие диоксид титана, TiO_2 , спекаются на воздухе, а дымовые газы из органических веществ должны быть удалены путем сжигания. Таким образом, производство солнечного элемента ускоряется.

Солнечный элемент предпочтительно представляет собой монолитный элемент. Монолитный солнечный элемент отличается тем, что все пористые слои прямо или косвенно нанесены на одну и ту же подложку.

Благодаря наличию пористой опорной подложки в нижней части пористых активных слоев при изготовлении монолитной структуры солнечного элемента можно получить преимущество из преимущественной процедуры сшивания заготовок во время производственного процесса. Еще одним преимуществом является то, что опорная подложка в нижней части активных слоев, на которой формируются активные слои, состоит в том, что во время производственного процесса нет необходимости поворачивать заготовку.

Другое преимущество настоящего изобретения состоит в том, что разделительный слой из пористого электроизолирующего материала не ограничивается опорной подложкой. Пористый разделительный слой между пористыми электропроводящими слоями может быть сформирован с помощью экономично-

го процесса печати и изготовлен из различных материалов. Толщина разделительного слоя может быть рассчитана для оптимизации эффективности солнечного элемента.

В соответствии с одним аспектом солнечный элемент содержит оболочку, герметизирующую пористые слои, опорную подложку и проводящую среду, причем пористые слои расположены на одной стороне опорной подложки, а противоположная сторона опорной подложки обращена к инкапсуляции.

Каждый пористый слой и опорная подложка имеют поры. Проводящая заряд среда проникает через поры пористых слоев и опорной подложки. Проводящая заряд среда полностью расположена в порах пористых слоев и порах опорной подложки.

В соответствии с одним аспектом средний размер пор множества пористых слоев меньше среднего размера пор опорной подложки, так что капиллярные силы в порах пористых слоев больше, чем капиллярные силы в опорной подложке. Из-за того что размеры пор в пористых слоях поверх опорной подложки меньше, чем размер пор в опорной подложке, капиллярная сила пористых слоев будет предпочтительно накачивать проводящую заряд среду вверх, где капиллярные силы сильнее, чем капиллярные силы в опорной подложке. Это действие аналогично действию капиллярного насоса. Это означает, что при наличии утечки проводящей заряд среды, в верхних активных слоях проводящая заряд среда предпочтительно будет перекачиваться из резервуара вверх к активным слоям, а опорная подложка будет действовать как резервуар, подающий проводящую заряд среду к активным слоям.

Размеры пор в подложке и пористых слоях можно, например, измерить с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ).

В соответствии с одним аспектом по меньшей мере 80% пор в подложке имеют размер более 3 мкм и по меньшей мере 80% пор в пористых слоях имеют размер менее 3 мкм. Предпочтительно по меньшей мере 90% пор в подложке-подложке имеют размер более 3 мкм и по меньшей мере 90% пор в пористых слоях имеют размер менее 3 мкм. Предпочтительно по меньшей мере 80% пор в опорной подложке имеют размер от 3 до 10 мкм, а наиболее предпочтительно по меньшей мере 90% пор в опорной подложке имеют размер от 3 до 10 мкм. Таким образом, поры в пористых слоях обычно имеют размер менее метра, т.е. менее 3 мкм, а поры в опорной подложке обычно находятся в диапазоне микрометров, т.е. 3-10 мкм. Разница в размерах пор между опорной подложкой и пористыми слоями приводит к тому, что капиллярные силы в пористых слоях больше, чем капиллярные силы в опорной подложке, и, следовательно, проводящая заряд среда будет перекачиваться вверх к активным слоям, если содержание проводящей заряд среды в активных слоях солнечного элемента уменьшается.

В соответствии с одним аспектом толщина подложки составляет по меньшей мере 20 мкм, предпочтительно по меньшей мере 30 мкм и наиболее предпочтительно по меньшей мере 50 мкм. Чем толще подложка, тем больше резервуар проводящей заряд среды.

В соответствии с одним аспектом толщина подложки составляет от 20 до 200 мкм.

В соответствии с одним аспектом пористость опорной подложки составляет по меньшей мере 50%, предпочтительно по меньшей мере 70% и наиболее предпочтительно по меньшей мере 80%. Чем выше пористость, тем больше резервуар проводящей заряд среды.

В соответствии с одним аспектом пористость опорной подложки составляет от 50 до 90%, предпочтительно от 70 до 90%.

В соответствии с одним аспектом подложка содержит тканые и/или нетканые микроволокна. Микроволокно представляет собой волокно диаметром менее 10 мкм и более 1 нм.

В соответствии с одним аспектом опорная подложка содержит неорганические волокна.

В соответствии с одним аспектом опорная подложка содержит по меньшей мере одно из следующего: стекловолокно, керамическое волокно и углеродное волокно.

В соответствии с одним аспектом микроволокна имеют диаметр от 0,2 до 10 мкм, предпочтительно от 0,2 до 5 мкм, более предпочтительно от 0,2 до 3 мкм и наиболее предпочтительно от 0,2 до 1 мкм.

В соответствии с одним аспектом опорная подложка содержит слой плетенных микроволокон. Плетенные микроволокна гибкие, соответственно и солнечный элемент становится гибким.

В соответствии с одним аспектом опорная подложка содержит слой нетканых микроволокон, расположенных на слое тканых микроволокон. Тканые микроволокна и нетканые микроволокна являются гибкими, и соответственно солнечный элемент становится гибким. Нетканые микроволокна действуют как пружинная подушка, эффективно поглощая и демпфируя поступающую механическую энергию, а также распределяют поступающую механическую энергию по большей площади, тем самым уменьшая локальный эффект. Преимущество укладки пористых слоев на подложку, содержащую слой тканых микроволокон и нетканого материала, заключается в том, что опорная подложка становится амортизирующей и, следовательно, более механической прочной в случаях, когда солнечный элемент подвергается, например, механическому изгибу или скручиванию или растяжению или воздействию ударной силы. Это является преимуществом, когда солнечный элемент интегрирован в потребительские товары, такие как наушники, пульта дистанционного управления и сотовые телефоны.

В соответствии с одним аспектом слой нетканых микроволокон расположен ближе к противоположному электроду, чем слой тканых микроволокон. Предпочтительно слой нетканых микроволокон примыкает к противоположному электроду.

В соответствии с еще одним аспектом слой тканых микроволокон расположен ближе к противоэлектроду, чем слой нетканых микроволокон. Предпочтительно слой переплетенных микроволокон прижимается к противоэлектроду.

В соответствии с одним аспектом слой тканых микроволокон содержит нити с образованными между ними отверстиями, и по меньшей мере часть нетканых микроволокон скапливается в отверстиях между нитями.

В соответствии с одним аспектом толщина разделительного слоя составляет от 3 до 50 мкм, предпочтительно от 4 до 20 мкм. Желательно сделать разделительный слой как можно тоньше, чтобы уменьшить резистивные потери в солнечном элементе и, соответственно, повысить эффективность элемента. Однако, если разделительный слой становится слишком тонким, возникает риск короткого замыкания между проводящим слоем и противоэлектродом.

В соответствии с одним аспектом разделительный слой содержит пористый электроизолирующий материал. Предпочтительно электроизолирующий материал выполнен из электроизолирующих частиц. Такой разделительный слой может быть изготовлен путем нанесения нескольких слоев изолирующих частиц друг на друга для достижения требуемой толщины разделительного слоя. Таким образом, можно регулировать толщину разделительного слоя и выбирать толщину разделительного слоя в зависимости от необходимости.

В соответствии с одним аспектом указанные электроизолирующие частицы состоят из изолирующего материала.

В соответствии с одним аспектом указанные электроизолирующие частицы содержат сердцевину из полупроводникового материала и внешний слой из электроизолирующего материала, покрывающий сердцевину.

В соответствии с одним аспектом изолирующий материал внешнего слоя из изолирующих частиц содержит один или несколько материалов из группы, состоящей из оксида алюминия (Al_2O_3), оксида циркония (ZrO_2), оксида кремния (SiO_2) и алюмосиликата. Алюмосиликат представляет собой, например, Al_2SiO_5 .

В соответствии с одним аспектом изолирующий материал внешнего слоя из изолирующих частиц представляет собой один или несколько материалов из группы, состоящей из оксида алюминия (Al_2O_3), оксида циркония (ZrO_2), оксида кремния (SiO_2) и алюмосиликата. Алюмосиликат представляет собой, например, Al_2SiO_5 .

В соответствии с одним аспектом полупроводниковый материал в сердцевине изолирующей частицы содержит диоксид титана (TiO_2).

В соответствии с одним аспектом полупроводниковый материал в сердцевине изолирующей частицы представляет собой диоксид титана (TiO_2).

В соответствии с одним аспектом электроизолирующий материал изолирующих частиц содержит один или несколько материалов из группы, состоящей из оксида алюминия (Al_2O_3), оксида циркония (ZrO_2), оксида кремния (SiO_2) и алюмосиликата. Алюмосиликат представляет собой, например, Al_2SiO_5 . В соответствии с еще одним аспектом изолирующим материалом может быть стекло.

В соответствии с одним аспектом электроизолирующий материал из изолирующих частиц представляет собой один или несколько материалов из группы, состоящей из оксида алюминия (Al_2O_3), оксида циркония (ZrO_2), оксида кремния (SiO_2) и алюмосиликата.

Алюмосиликат представляет собой, например, Al_2SiO_5 . В соответствии с еще одним аспектом изолирующим материалом может быть стекло.

В соответствии с одним аспектом проводящая заряд среда представляет собой жидкий электролит.

Некоторые проводящие среды, такие как электролиты на основе комплексов меди и электролиты на основе комплексов кобальта, могут иметь очень низкую электропроводность, что приводит к очень большим электрическим резистивным потерям. Низкая электропроводность возникает из-за того что электролиты имеют большие ионы с низкой скоростью диффузии. При переносе заряда жидким электролитом заряды движутся с броуновским движением, т. е. хаотично перемещаются за счет столкновений с быстро движущимися атомами или молекулами жидкости. Медь и кобальт имеют относительно большие ионы, которые медленно движутся и, следовательно, имеют низкую проводимость. Эффективность использования таких электролитов значительно повышается за счет небольшого расстояния между противоэлектродом и светопоглощающим слоем. Настоящее изобретение позволяет выбирать толщину разделительного слоя и, соответственно, в зависимости от электролита, выбирать подходящее расстояние между противоэлектродом и светопоглощающим слоем.

В соответствии с одним аспектом проводящая заряд среда содержит комплексы меди. Преимущество использования комплексов меди для переноса заряда состоит в том, что проводящая среда является нетоксичной. Было показано, что использование меди в качестве проводящей среды дает очень высокое результирующее фотонапряжение. Солнечный элемент, выполненный в соответствии с изобретением, позволяет использовать медные комплексы благодаря тому, что расстояние между противоэлектродом и светопоглощающим слоем можно сделать небольшим.

В соответствии с еще одним аспектом проводящая заряд среда содержит йодид (I^-) и трийодид (I_3^-).

Другой целью настоящего изобретения является создание способа изготовления солнечного элемента. Способ включает

- использование пористой опорной подложки;
- нанесение пористого противоэлектрода на пористую опорную подложку;
- нанесение пористого разделительного слоя на противоэлектрод;
- нанесение пористого проводящего слоя на разделительный слой;
- нанесение пористого светопоглощающего слоя на проводящий слой;

введение проводящей заряд среды в стопку и опорную подложку до тех пор, пока проводящая заряд среда не проникнет в опорную подложку и стопку, герметизацию солнечного элемента.

В соответствии с одним аспектом нанесение пористого противоэлектрода включает нанесение пористого второго проводящего слоя и пористого каталитического слоя поверх второго проводящего слоя.

В соответствии с одним аспектом проводящую заряд среду вводят со стороны опорной подложки, которая обращена от стопки, так что опорная подложка и стопка пропитываются указанной средой.

Нанесение пористого противоэлектрода, пористого разделительного слоя, пористого первого проводящего слоя и пористого светопоглощающего слоя осуществляют, например, с помощью технологии распыления или печати, такой как струйная печать или трафаретная печать.

Краткое описание чертежей

Ниже изобретение объяснено более подробно с помощью описания различных вариантов выполнения изобретения и со ссылкой на прилагаемые чертежи.

Фиг. 1 изображает вид в поперечном разрезе примера солнечного элемента, выполненного в соответствии с изобретением.

Фиг. 2 изображает вид в поперечном разрезе другого примера солнечного элемента, выполненного в соответствии с изобретением.

Фиг. 3 изображает СЭМ-изображение поперечного сечения примера варианта выполнения изобретения.

Фиг. 4 изображает СЭМ-изображение поперечного сечения другого примера варианта выполнения изобретения.

Фиг. 5 изображает блок-схему примера способа изготовления солнечного элемента, в соответствии с изобретением.

Подробное описание

Далее аспекты настоящего изобретения описаны более полно со ссылкой на прилагаемые чертежи. Однако устройство с солнечным элементом может быть реализовано во многих различных формах, и его не следует рассматривать как ограниченное изложенными здесь аспектами. Одинаковые номера на чертежах относятся к одинаковым элементам.

Фиг. 1 изображает вид в поперечном разрезе примера солнечного элемента 1а, выполненного в соответствии с изобретением. Солнечный элемент 1а содержит опорную подложку 2 и стопку 12 пористых слоев 3-6, расположенных поверх опорной подложки 2. Стопка 12 пористых слоев содержит светопоглощающий слой 3, служащий рабочим электродом, проводящий слой 4 из пористого проводящего материала, служащий токосъемником, разделительный слой 5 из пористого электроизолирующего материала и противоэлектрод 6 из пористого проводящего материала. Противоэлектрод 6 сформирован на одной стороне пористой подложки 2. В этом примере противоэлектрод представляет собой пористый проводящий слой. Разделительный слой 5 расположен между противоэлектродом 6 и проводящим слоем 4. Разделительный слой 5 выполняет функцию физического и электрического разделения проводящего слоя 4 и противоэлектрода 6 во избежание прямого электронного короткого замыкания между ними. В этом примере разделительный слой 5 сформирован на противоэлектроде 6, а проводящий слой 4 сформирован на разделительном слое 5. Светопоглощающий слой 3 расположен поверх проводящего слоя 4. Первый проводящий слой 4 содержит проводящий материал для извлечения фотогенерированных электронов из светопоглощающего слоя 3. Светопоглощающий слой 3 может быть выполнен по-разному. Например, светопоглощающий слой может содержать молекулы красителя, адсорбированные на поверхности полупроводниковых частиц, или кластеры красителя, или зерна из полупроводникового материала, такого как кремний.

Пористые слои 3-6 являются активными слоями, а значит, участвуют в выработке энергии. Опорная подложка 2 не является активным слоем в солнечном элементе, т.е. не участвует в выработке энергии. Опорная подложка 2 поддерживает стопку 12 пористых слоев 3-6. Кроме того, опорная подложка 2 позволяет печатать на ней противоэлектрод 6 во время изготовления солнечного элемента. Пористые слои 3-6 расположены на одной стороне опорной подложки 2.

Каждый из сформированных на подложке пористых слоев имеет большое количество пор. Солнечный элемент дополнительно содержит проводящую заряд среду 7, проникающую в поры пористых слоев 3-6 для обеспечения переноса зарядов между светопоглощающим слоем 3 и противоэлектродом 6. Опорная подложка 2 также является пористой и содержит поры. Проводящая заряд среда 7 проникает в поры опорной подложки 2, а также в поры пористых слоев 3-6 солнечного элемента. Из-за пористости подложки 2 поры подложки функционируют как резервуар для проводящей заряд среды.

В одном аспекте средний размер пор пористых слоев 3-6 в стопке 12 меньше, чем средний размер пор опорной подложки 2, так что капиллярные силы в порах пористых слоев 3-6 больше, чем капиллярные силы в опорной подложке 2. Разница в размерах пор между опорной подложкой 2 и пористыми слоями 3-6 делает капиллярные силы в пористых слоях более сильными, чем капиллярные силы в опорной подложке 2, и, следовательно, проводящая заряд среда 7 будет перекачиваться вверх к активным слоям 3-6, если содержание проводящей заряд среды в активных слоях солнечного элемента уменьшится.

Предпочтительно, чтобы по меньшей мере 80% пор в подложке 2 были больше 3 мкм, а по меньшей мере 80% пор в пористых слоях были меньше 3 мкм. Более предпочтительно по меньшей мере 90% пор в опорной подложке 2 имеют размер более 3 мкм, а по меньшей мере 90% пор в пористых слоях 3-6 имеют размер менее 3 мкм. Например, по меньшей мере 80% пор в опорной подложке 2 имеют размер от 3 мкм до 10 мкм.

Чем толще опорная подложка 2, тем больше резервуар для проводящей заряд среды в солнечном элементе. Обычно толщина подложки 2 составляет от 20 до 200 мкм. Предпочтительно толщина подложки составляет по меньшей мере 30 мкм.

Чем выше пористость опорной подложки, тем больше резервуар для проводящей заряд среды 7. Предпочтительно пористость опорной подложки составляет по меньшей мере 50%, а наиболее предпочтительно по меньшей мере 70%. Если опорная подложка слишком пористая, механическая прочность подложки будет слишком низкой. Предпочтительно пористость опорной подложки составляет от 50% до 90%.

Солнечный элемент дополнительно содержит оболочку 10, герметизирующую пористые слои 3-6, опорную подложку 2 и проводящую среду 7. Стопка 12 пористых слоев расположена на одной стороне опорной подложки 2, а на противоположной стороне опорная подложка обращена к оболочке 10.

Стопка 12 пористых слоев может содержать другие пористые слои, расположенные между пористыми слоями 3-6. Например, может иметься пористый каталитический слой, расположенный между опорной подложкой 2 и противоэлектродом 6 или между противоэлектродом 6 и разделительным слоем 5, как показано на фиг. 1. Кроме того, между проводящим слоем 4 и светопоглощающим слоем 3 может быть расположен пористый отражающий слой. Те же условия, которые упоминались выше в отношении размера пор, применяются ко всем слоям в стопке 12 пористых слоев, независимо от количества слоев.

На фиг. 2 изображен вид в поперечном разрезе другого примера солнечного элемента 1b, выполненного в соответствии с изобретением. Солнечный элемент 1b содержит опорную подложку 2 и стопку 12 пористых слоев 3-6, расположенных поверх опорной подложки 2. Солнечный элемент 1b отличается от солнечного элемента 1a тем, что противоэлектрод 6 солнечного элемента 1b содержит второй пористый проводящий слой 6a и пористый каталитический слой 6b, сформированный поверх пористого проводящего слоя 6a.

В этом примере опорная подложка 2 содержит слой 2a тканых микроволокон и слой 2b нетканых микроволокон, расположенных на слое 2a тканых микроволокон. Противоэлектрод 6 расположен на слое 2b нетканых микроволокон. В этом примере пористый проводящий слой 6a противоэлектрода 6 сформирован на слое 2b нетканых микроволокон. В качестве альтернативы каталитический слой 6b расположен на слое 2b нетканых микроволокон. Слой 2a тканых микроволокон содержит нити с образованными между ними отверстиями, и по меньшей мере часть нетканых микроволокон скапливается в отверстиях между нитями. Предпочтительно микроволокна в слое 6b нетканых микроволокон имеют диаметр от 0,2 мкм до 5 мкм, чтобы получить поры, имеющие размер более 1 мкм. В европейском патенте № 2834824 В1 описаны способы изготовления подложки 2, содержащей как тканые, так и нетканые микроволокна.

Солнечные элементы 1a и 1b представляют собой элементы монолитного типа. Это означает, что все пористые слои прямо или косвенно нанесены на одну и ту же опорную подложку 2. Солнечные элементы 1a и 1b могут, например, представлять собой сенсibilизированные красителем солнечные элементы (DSSC).

На фиг. 3 показано СЭМ-изображение вида в поперечном разрезе одного примера одного варианта выполнения изобретения, показывающее опорную подложку 2, содержащую слой 2a тканых микроволокон поверх слоя 2b нетканых микроволокон. На опорной подложке 2 расположен второй пористый проводящий слой 6a, затем каталитический слой 6b и поверх каталитического слоя - разделительный слой 5. Поверх разделительного слоя 5 расположен первый проводящий слой 4, а на нем - светопоглощающий слой 3.

На фиг. 4 показано изображение вида в поперечном разрезе другого примера одного варианта выполнения изобретения, полученное с помощью сканирующего электронного микроскопа, на котором показана опорная подложка 2, содержащая слой 2b нетканых микроволокон поверх слоя 2a тканых микроволокон. На опорной подложке 2 расположен второй пористый проводящий слой 6a, затем каталитический слой 6b и поверх каталитического слоя - разделительный слой 5. Поверх разделительного слоя 5 расположен первый проводящий слой 4, а на нем - светопоглощающий слой 3.

Предпочтительно размер пор светопоглощающего слоя 3 равен или меньше размера пор первого проводящего слоя 4, размер пор первого проводящего слоя 4 равен или меньше размера пор разделяющего слоя 5, а размер пор разделяющего слоя 5 равен или меньше размера пор слоев противоэлектрода 6, 6a, 6b. Размер

пор противоэлектрода 6, 6a, 6b предпочтительно меньше размера пор опорной подложки 2, 2a, 2b.

В одном варианте выполнения изобретения размер пор в стопке 12 пористых слоев уменьшается от противоэлектрода 6 к светопоглощающему слою 3. Например, размер пор светопоглощающего слоя 3 меньше, чем размер пор первого проводящего слоя 4, размер пор первого проводящего слоя 4 меньше размера пор разделительного слоя 5, а размер пор разделительного слоя 5 меньше размера пор противоэлектрода 6, 6a, 6b. Размер пор противоэлектрода 6, 6a, 6b меньше размера пор опорной подложки 2, 2a, 2b. Этот вариант выполнения усиливает разницу в капиллярных силах в пористых слоях по сравнению с капиллярными силами в опорной подложке 2.

Светопоглощающий слой 3 обращен к падающему свету. Светопоглощающий слой 3 может быть выполнен по-разному. Например, светопоглощающий слой 3 может содержать пористый слой TiO_2 , нанесенный на первый проводящий слой 4. Слой TiO_2 может содержать частицы TiO_2 , на поверхности которых адсорбированы молекулы красителя. В другом примере светопоглощающий слой 3 содержит множество зерен легированного полупроводникового материала, такого как кремний, нанесенных на проводящий слой 4. Проводящая заряд среда целиком размещена в порах, образованных между зернами. Толщина светопоглощающего слоя 3 может варьироваться и зависит от типа светопоглощающего слоя 3.

Верхняя сторона солнечного элемента 1a; 1b должна быть обращена к свету, чтобы свет мог попасть на светопоглощающий слой 3. В соответствии с некоторыми аспектами, светопоглощающий слой представляет собой слой пористых наночастиц TiO_2 с адсорбированным органическим красителем или молекулами металлоорганического красителя или молекулами природного красителя. Однако светопоглощающий слой 3 может также содержать зерна легированного полупроводникового материала, например Si, CdTe, CIGS, CIS, GaAs или перовскита.

Проводящий слой 4 служит задним контактом, который извлекает фотогенерированные заряды из светопоглощающего слоя 3. Пористость проводящего слоя 4 предпочтительно может составлять от 30% до 85%. В зависимости от того, какой материал используется для проводящего слоя 4 и какой способ изготовления используется, толщина проводящего слоя 4 может варьироваться от 1 до 50 мкм. Например, проводящий слой 4 изготовлен из материала, выбранного из группы, состоящей из титана, сплавов титана, сплавов никеля, графита и аморфного углерода или их шихт. Наиболее предпочтительно проводящий слой выполнен из титана или титанового сплава или их шихт. В таком случае толщина проводящего слоя 4 предпочтительно составляет от 4 до 30 мкм.

Разделительный слой 5 служит в качестве электрического разделения между проводящим слоем 4 и противоэлектродом 6 во избежание короткого замыкания между ними. Расстояние между противоэлектродом 2 и светопоглощающим слоем 3 зависит от толщины разделительного слоя 5 и должно быть как можно меньше, чтобы перенос зарядов между противоэлектродом 2 и светопоглощающим слоем 3 стал максимально быстрым, насколько это возможно и, следовательно, уменьшить резистивные потери в солнечном элементе. Толщина разделительного слоя составляет, например, от 3 до 50 мкм, предпочтительно от 4 до 20 мкм. Разделительный слой содержит пористый электроизолирующий материал. Например, разделительный слой содержит пористый слой электроизолирующих частиц. Например, изолирующие частицы имеют сердцевину из полупроводникового материала и внешний слой из электроизолирующего материала. Например, на поверхности полупроводникового материала сформирован слой из изолирующего оксида. Подходящим полупроводниковым материалом является диоксид титана (TiO_2). Изолирующим материалом является, например, оксид алюминия или оксид кремния. В качестве альтернативы все частицы могут состоять из изолирующего материала, например из оксида алюминия (Al_2O_3), оксида кремния (SiO_2) или оксида циркония (ZrO_2).

Противоэлектрод 6 содержит пористый проводящий слой 6a. Противоэлектрод обычно также содержит каталитический слой 6b. Противоэлектрод 6 может иметь отдельный пористый каталитический слой 6b или иметь каталитические частицы, интегрированные в пористый проводящий слой 6a. Пористость противоэлектрода 6 предпочтительно может составлять от 30 до 85%. В зависимости от того, какой материал используется для противоэлектрода 6 и способа изготовления, толщина противоэлектрода 6 может варьироваться от 1 до 50 мкм. Например, противоэлектрод 6 изготовлен из материала, выбранного из группы, состоящей из титана, сплавов титана, сплавов никеля, графита и аморфного углерода или их шихт. Наиболее предпочтительно противоэлектрод 6 изготовлен из титана или титанового сплава или их шихт. В таком случае толщина проводящего слоя 4 предпочтительно составляет от 10 до 30 мкм. Для достижения каталитического эффекта противоэлектрод 6 может включать платинированные частицы проводящих оксидов металлов, таких как платинированные ИТО (индий-олово-оксид), АТО (сурьма-олово-оксид), РТО (фосфор-олово-оксид) и ФТО (фтор-олово-оксид), или частицы платинированной сажи или графита.

Опорная подложка 2 может представлять собой подложку на основе микроволокна, такую как подложка из стеклянного микроволокна или подложка из керамического микроволокна. Опорная подложка 2 может быть изготовлена из микроволокон. Микроволоконно представляет собой волокно диаметром менее 10 мкм и длиной более 1 нм. Соответственно опорная подложка 2 содержит тканые микроволокна. Микроволокна могут быть изготовлены из тугоплавкого и инертного материала, такого как стекло, SiO_2 , Al_2O_3 и алюмосиликат. Органические микроволокна представляют собой волокна, изготовленные из ор-

ганических материалов, таких как полимеры, такие как, например, поликапролактон, ПЭТ, ПЭО и т.д., или целлюлозы, такой как, например, наноцеллюлоза (MFC) или древесная масса. Опорная подложка 2 может содержать тканые микроволокна и нетканые микроволокна, расположенные на тканых микроволокнах. Соответственно опорная подложка 2 содержит стекловолокно. Например, пористая опорная подложка может быть изготовлена из тканых и нетканых стеклянных волокон. Толщина подложки 2 предпочтительно составляет от 10 мкм до 1 мм. Такой слой обеспечивает необходимую механическую прочность.

Проводящая заряд среда 7 расположена как единое целое в порах пористых слоев 3-6 и порах подложки 2 и переносит заряды между противоэлектродом 6 и светопоглощающим слоем 3. Проводящая заряд среда 7 может представлять собой любую подходящую проводящую среду, такую как жидкость, гель или твердый материал, такой как полупроводник. Примерами электролитов являются жидкие электролиты, например, на основе йодида (I^-)/трииодида (I_3^-)-ионов или комплексов кобальта в качестве окислительно-восстановительной пары, или гелевые электролиты, обычные полимерные электролиты. Предпочтительно проводящая среда представляет собой жидкий электролит, такой как электролит на основе ионной жидкости, электролит на основе комплекса меди или электролит на основе комплекса кобальта.

Солнечные элементы должны быть надлежащим образом герметизированы, чтобы избежать утечки проводящей заряд среды. Например, солнечный элемент имеет оболочку 10, вмещающую узел солнечного элемента. Однако, чтобы обеспечить доступ к энергии, вырабатываемой солнечным элементом, через оболочку необходимо каким-то образом проникнуть. Несмотря на то что отверстия герметизированы, существует риск медленной утечки проводящей заряд среды из солнечного элемента. Утечка может также происходить из запаянных краев оболочки. Медленная утечка проводящей заряд среды приводит к медленному ухудшению эффективности солнечного элемента. Когда содержание проводящей заряд среды в солнечном элементе достигает минимального уровня, способность солнечного элемента преобразовывать свет в электричество будет уменьшено. Этот процесс может занять несколько месяцев или даже лет в зависимости от качества оболочки и герметизации.

Оболочка 10 действует как барьер для защиты солнечного элемента от окружающей атмосферы и для предотвращения испарения или утечки проводящей заряд среды изнутри элемента. Оболочка 10 может содержать верхний лист, покрывающий верхнюю сторону солнечного элемента, и нижний лист, покрывающий нижнюю сторону солнечного элемента. Верхний лист на верхней стороне солнечного элемента покрывает светопоглощающий слой и должен быть прозрачным, чтобы пропускать свет. Нижняя сторона опорной подложки 2 обращена к нижнему листу оболочки 10. Светопоглощающий слой 3 обращен к верхнему листу оболочки 10. Верхний и нижний листы выполнены, например, из полимерного материала. Края верхнего и нижнего листов заклеены.

В соответствии с одним аспектом оболочка 10 солнечного элемента 1a, 1b содержит множество сквозных отверстий (не показаны на чертежах) для обеспечения доступа к энергии, вырабатываемой солнечным элементом. Сквозные отверстия принимают провода для электрического соединения с первым проводящим слоем 4 и противоэлектродом 6. Сквозные отверстия могут быть расположены в соединении с первым проводящим слоем 4 и противоэлектродом 6. Предпочтительно сквозные отверстия расположены сбоку оболочки под опорной подложкой 7.

На фиг. 5 показана блок-схема одного примера способа изготовления солнечного элемента, в соответствии с изобретением. Способ на фиг. 5 включает следующие этапы:

S1: подготовку пористой опорной подложки 2;

S2: нанесение пористого противоэлектрода 6 на пористую опорную подложку 2;

S3: нанесение пористого разделительного слоя 5 на противоэлектрод 6;

S4: нанесение первого пористого проводящего слоя 4 на разделительный слой 5;

S5: нанесение пористого светопоглощающего слоя 3 на первый проводящий слой 4;

S6: введение проводящей заряд среды 7 в стопку 12 и опорную подложку 2 до тех пор, пока проводящая заряд среда 7 не проникнет в опорную подложку 2 и стопку 12;

S7: герметизацию солнечного элемента.

В соответствии с одним аспектом проводящую заряд среду 7 вводят на стороне опорной подложки, которая обращена к стопке 12, так что опорная подложка и стопка пропитываются проводящей заряд средой.

Нанесение на этапах S2-S5 выполняют, например, с помощью технологии распыления или печати, такой как струйная печать или трафаретная печать.

Теперь будет объяснен более подробно пример того, как может быть выполнен этап S3. Разделительную краску получают путем смешивания порошка изолирующих частиц с растворителем, диспергирующим агентом и связующим. Растворителем является, например, вода или органический растворитель. Связующим является, например, гидроксипропилцеллюлоза. Диспергирующим агентом является, например, Вук 180. Смесь перемешивают до тех пор, пока агрегированные частицы в порошке не разделятся на отдельные частицы, а частицы в краске не будут хорошо диспергированы. Разделительную краску наносят на противоэлектрод 6 способом распыления или печати. Нанесение разделительной краски можно повторять два, три и более раз до тех пор, пока на противоэлектрод не будет нанесен достаточно

толстый слой изолирующих частиц. Предпочтительно слой разделительной краски высушивают перед нанесением следующего слоя разделительной краски на ее предыдущий слой. Предпочтительно повторять нанесение разделительной краски два или большее количество раз, поскольку следующие слои краски устранят возможные дефекты в предыдущих слоях изолирующих частиц. Важно, чтобы в разделительном слое 5 не было дефектов, таких как трещины или отверстия, так как это приведет к короткому замыканию между противоэлектродом 6 и пористым первым проводящим слоем 4.

Солнечный элемент 1а на фиг. 1 пропитывают проводящей заряд средой 7 в поры светопоглощающего слоя 3, в поры первого проводящего слоя 4, в поры разделительного слоя 5, в поры противоэлектрода 6 и в поры подложки 2. Проводящая заряд среда образует непрерывный слой внутри пор проводящих слоев и между проводящими слоями внутри пор разделительного слоя, тем самым обеспечивая перенос электрического заряда между противоэлектродом 6 и рабочим электродом, включая первый проводящий слой 4 и светопоглощающий слой 3. Первый пористый проводящий слой 4 извлекает электроны из светопоглощающего слоя 3 и переносит электроны во внешнюю электрическую цепь, соединенную с противоэлектродом 6 (не показан на фиг. 1). Противоэлектрод 6 используется для переноса электронов в проводящую заряд среду 7. Проводящая среда 7 переносит электроны обратно в светопоглощающий слой 3, тем самым замыкая электрическую цепь.

В зависимости от природы проводящей заряд среды 7, между противоэлектродом и рабочим электродом могут переноситься либо ионы, либо электроны и дырки.

Электролиты в сенсублизированных красителем солнечных элементах обычно классифицируются как жидкие электролиты, квазитвердотельные электролиты или твердотельные электролиты. Электролиты могут присутствовать в виде жидкости, геля или в твердом состоянии. В литературе известно большое количество электролитов любого типа, см., например, публикацию Chemicals Reviews, 28 января 2015 г., "Электролиты в сенсублизированных красителем солнечных элементах". Электролиты являются дорогостоящим компонентом сенсублизированных красителем солнечных элементов. Противоэлектрод обычно имеет каталитическое вещество 6b, которое служит для облегчения переноса электронов в электролит.

Проводящая заряд среда проявляет определенное электрическое сопротивление переносимым зарядам. Электрическое сопротивление увеличивается с увеличением расстояния переноса заряда. Поэтому, когда электрический заряд переносится между противоэлектродом и светопоглощающим слоем, в проводящей среде всегда будут определенные электрические резистивные потери. Делая пористую подложку тоньше, резистивные потери можно уменьшить. Однако, когда пористая подложка становится тоньше, она также становится более хрупкой в механическом отношении.

Проводящей средой является, например, обычный Γ/I^{3-} электролит или аналогичный электролит или комплексный электролит Cu^+/Co^+ . Твердотельные комплексы на основе переходных металлов или органические полимерные дырочные проводники являются известными проводящими средами.

В соответствии с некоторыми аспектами проводящая среда содержит комплексы ионов меди. Проводящая среда, содержащая комплексы меди в качестве проводника заряда, является нетоксичной проводящей средой. Было показано, что использование комплексов меди в качестве проводящей среды дает очень высокое результирующее фотонапряжение.

Противоэлектрод 6 может быть, например, нанесен на опорную подложку 2 путем печати краской, содержащей твердые проводящие частицы. Проводящие частицы, такие как частицы гидрида металла, могут быть смешаны с жидкостью для образования краски, подходящей для процесса печати. Проводящие частицы также могут быть измельчены или иным образом обработаны для достижения подходящего размера частиц и, соответственно, требуемого размера пор пористого противоэлектрода 6. Твердые частицы предпочтительно имеют металлическую основу и могут быть чистыми металлами, металлическими сплавами или гидридами или гидридами металлов, металлических сплавов или их шихт.

Проводящий слой 4 может быть нанесен на разделительный слой 5 таким же образом, как противоэлектрод 6 нанесен на опорную подложку 2. Нанесенный слой может быть обработан с помощью этапа термообработки. При термообработке также должно происходить спекание частиц, что повышает проводимость и механическую стабильность проводящих слоев. Гидриды металлов превращаются в металл во время термической обработки. При нагревании в вакууме или инертном газе предотвращается загрязнение частиц и улучшается электрический контакт между частицами.

Используемая здесь терминология предназначена только для описания конкретных аспектов раскрытия и не предназначена для ограничения изобретения. Используемые здесь формы единственного числа предназначены также для включения форм множественного числа, если в контексте явно не указано иное.

Термины "фотоэлектрический элемент" и "солнечный элемент" являются синонимами.

Если не указано иное, все используемые здесь термины имеют такое же значение, которое обычно понимается специалистом в области, к которой относится данное раскрытие.

Настоящее изобретение не ограничено раскрытыми вариантами выполнения, но может быть изменено и модифицировано в пределах объема следующей формулы изобретения. Например, стопка пористых слоев может содержать другие пористые слои и порядок пористых слоев в стопке может быть изменен.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Солнечный элемент (1a; 1b), содержащий стопку (12) пористых слоев (3-6), опорную подложку (2) для поддержки стопки и проводящую заряд среду (7), проникающую через стопку, при этом стопка (12) содержит

пористый светопоглощающий слой (3);

пористый первый проводящий слой (4), содержащий проводящий материал для извлечения фотогенерированных электронов из светопоглощающего слоя;

пористый противоэлектрод (6), содержащий проводящий материал; и
разделительный слой (5), выполненный из пористого электроизолирующего материала и расположенный между первым проводящим слоем (4) и противоэлектродом (6), причем первый проводящий слой (4) расположен ближе к светопоглощающему слою (3), чем противоэлектрод (6),

отличающийся тем, что стопка пористых слоев (3-6) расположена поверх опорной подложки, опорная подложка (2) является пористой и проводящая заряд среда (7) проникает через опорную подложку (2).

2. Солнечный элемент по п.1, в котором проводящая заряд среда (7) расположена полностью в порах пористых слоев (3-6) и порах опорной подложки (2), а средний размер пор пористых слоев (3-6) меньше среднего размера пор опорной подложки (2), так что капиллярные силы в порах пористых слоев больше, чем капиллярные силы в порах опорной подложки.

3. Солнечный элемент по любому из пп.1, 2, в котором размер по меньшей мере 80% пор в пористых слоях (3-6) меньше 3 мкм.

4. Солнечный элемент по любому из предшествующих пунктов, в котором размер по меньшей мере 80% пор в опорной подложке (2) превышает 3 мкм.

5. Солнечный элемент по любому из предшествующих пунктов, в котором пористость опорной подложки (2) составляет по меньшей мере 50%, предпочтительно по меньшей мере 70% и наиболее предпочтительно по меньшей мере 80%.

6. Солнечный элемент по любому из предшествующих пунктов, в котором толщина опорной подложки (2) составляет по меньшей мере 20 мкм, предпочтительно по меньшей мере 30 мкм и наиболее предпочтительно по меньшей мере 50 мкм.

7. Солнечный элемент по любому из предшествующих пунктов, в котором опорная подложка (2) содержит микроволокна.

8. Солнечный элемент по п.7, в котором опорная подложка (2) содержит микроволокна диаметром от 0,2 до 10 мкм, предпочтительно от 0,2 до 5 мкм и наиболее предпочтительно от 0,2 до 1 мкм.

9. Солнечный элемент по любому из предшествующих пунктов, в котором опорная подложка (2) содержит тканые и нетканые микроволокна.

10. Солнечный элемент по п.9, в котором опорная подложка (2) содержит слой (2a) тканых микроволокон и слой (2b) нетканых микроволокон, расположенных на слое (2a) тканых микроволокон (14).

11. Солнечный элемент по любому из предшествующих пунктов, в котором опорная подложка (2) является гибкой.

12. Солнечный элемент по любому из предшествующих пунктов, в котором толщина разделительного слоя (5) составляет от 3 до 50 мкм, предпочтительно от 15 до 35 мкм и наиболее предпочтительно от 4 до 20 мкм.

13. Солнечный элемент по любому из предшествующих пунктов, в котором проводящая заряд среда (7) представляет собой жидкий электролит.

14. Способ изготовления солнечного элемента по п.1, включающий

использование (S1) пористой опорной подложки (2);

нанесение (S2) пористого противоэлектрода (6) на пористую опорную подложку (2);

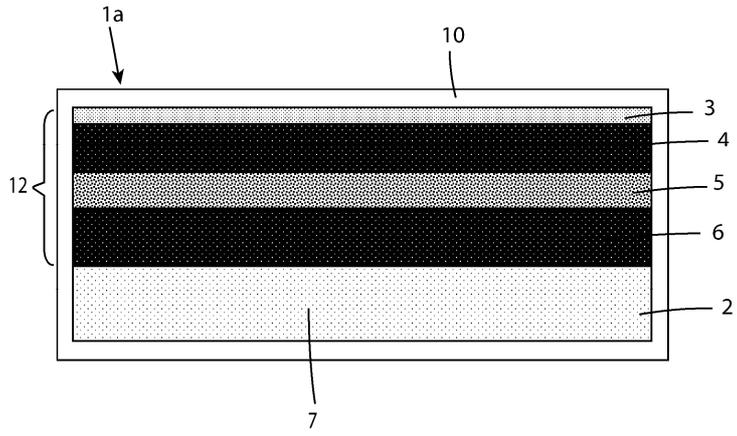
нанесение (S3) пористого разделительного слоя (5) на противоэлектрод (6);

нанесение (S4) пористого первого проводящего слоя (4) на разделительный слой (5);

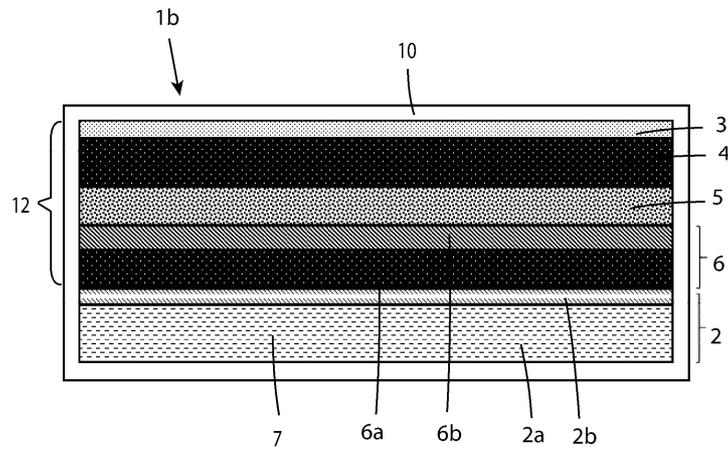
нанесение (S5) пористого светопоглощающего слоя (3) на проводящий слой (4);

введение (S6) проводящей заряд среды (7) в стопку (12) пористых слоев (3-6) и опорную подложку (2) до тех пор, пока проводящая заряд среда (7) не проникнет в опорную подложку (2) и стопку (12); и герметизацию (S7) солнечного элемента.

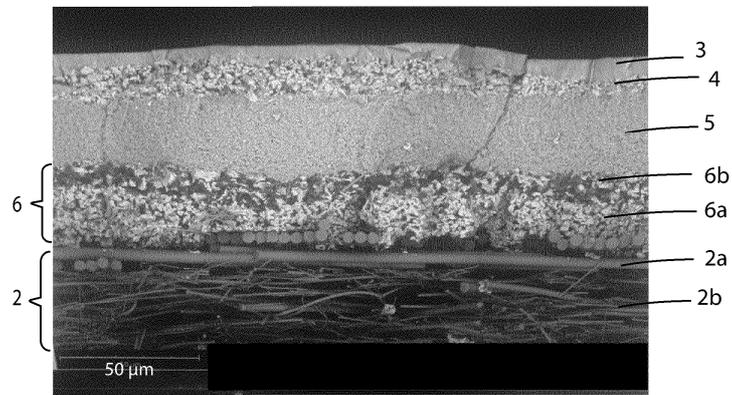
15. Способ по п.14, в котором при нанесении (S2) пористого противоэлектрода (6) наносят пористый второй проводящий слой (6a) и пористый каталитический слой (6b) поверх второго проводящего слоя (6a).



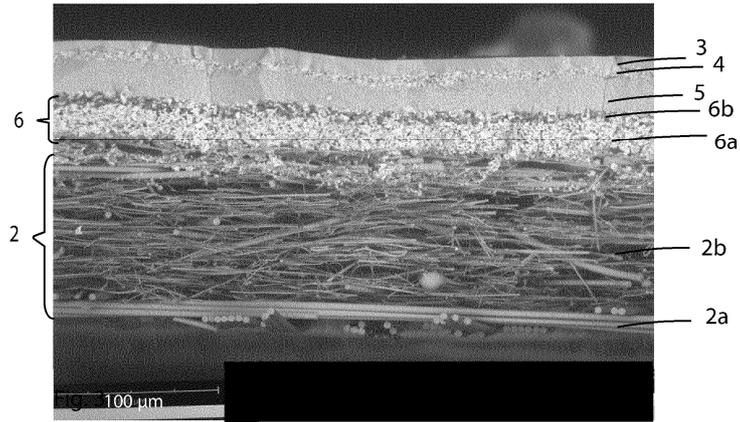
Фиг. 1



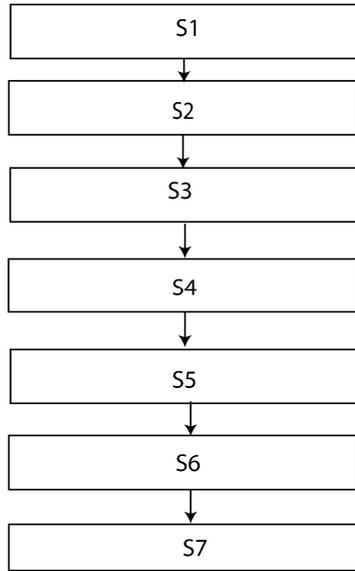
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5