

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 201000446 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2011.08.30

(51) Int. Cl. H01L 31/0392 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2008.02.27

(54) СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

(86) PCT/AZ2008/000002

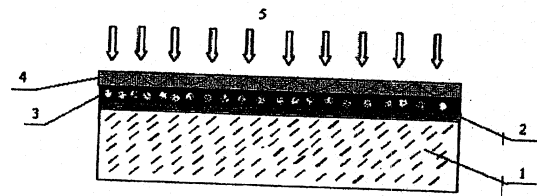
(87) WO 2009/105840 2009.09.03

(71) Заявитель:
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ
НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА (AZ)

(72) Изобретатель:
Гашимов Ариф Мамед оглы,
Байрамов Азад Агалар оглы,
Мурсакулов Ниязи Несреддин оглы,
Сафаров Нуру Араб оглы (AZ)

(74) Представитель:
Байрамов А.А. (AZ)

(57) Способ повышения эффективности преобразования солнечной энергии в электрическую и устройство его реализации, заключающийся в том, что преобразование солнечного света в электрический ток происходит в более широком диапазоне спектра, в видимом и инфракрасном, за счет следующего: преобразование солнечного света в электрический ток происходит в более широком диапазоне спектра, в видимом и инфракрасном, за счет гибридного использования узкозонного материала кристаллического кремния (ширина запрещенной зоны $E_g = 1,1$ эВ) и полупроводникового широкозонного полимерного материала (oligohydroquinone, oligo- α -naphthol, oligo- β -naphthol или oligo-amino-phenylen) с шириной запрещенной зоны $E_g > 2$ эВ; за счет использования текстуры с антиотражающим покрытием, нанесенной поверх полимерной пленки, отраженный от поверхности материалов свет вновь возвращается в рабочий объем гибридного фотовольтаического преобразователя. Этим способом достигается более высокая эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую (КПД), а также снижение стоимости единицы выходной мощности электрической энергии. Гибридный фотоэлектрический преобразователь, содержащий пленку из полупроводникового полимерного широкозонного фотоэлектрического преобразователя и прозрачную пленку окиси титана (TiO_x), размещен на низкоомном кристаллическом кремнии, а поверх полимерной пленки нанесена текстура с антиотражающим покрытием.



A1

201000446

201000446

A1

Способ повышения эффективности преобразования солнечной энергии в электрическую и устройство для его реализации

Область техники

Изобретение относится к гелиотехнике, фотоэлектрическим преобразователям на основе полупроводниковых материалов для производства электрического тока, и может быть использовано для преобразования солнечной лучистой энергии в электрическую. Это устройство можно применять как источник электрической энергии в промышленности, народном хозяйстве и в быту для питания радиоэлектронной аппаратуры и подзарядки различных аккумуляторных батарей.

Предшествующий уровень техники

Известен фотоэлектрический преобразователь солнечной энергии в электрическую на основе кристаллического кремния (см. обзоры [1,2]). Этот преобразователь состоит из низкоомного 1-2 оМ-см кремния n - или p - проводимости. Рабочая поверхность преобразователя текстурирована антиотражающим покрытием. Ориентация пластин кремния $\langle 100 \rangle$. Тыльная поверхность - в зависимости от модификации может быть как гладкой, так и текстурированной. Контакты на рабочей и тыльной поверхности - сетчатые, полученные осаждением металлических паст методом трафаретной печати. Все элементы, как n -, так и p -типа, прозрачны для инфракрасной области спектра, что приводит к меньшей нагреваемости элементов на солнце и соответственно увеличению их

эффективности. В среднем, эффективность преобразования (КПД) фотоэлектрического преобразователя на основе кристаллического кремния составляет $< 16\%$.

Основными недостатками фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии в электрическую на основе кристаллического кремния является низкий КПД и высокая стоимость единицы получаемой энергии: (2+3) долларов США за 1 ватт.

Известен фотоэлектрический преобразователь солнечной энергии в электрическую на основе различных кристаллических двойных соединений полупроводниковых материалов, а также термофотовольганческие преобразователи (см. обзор [3]). Структура этих преобразователей также имеет вид, описанный выше. Для этих фотоэлектрических преобразователей КПД достигает до 35%.

Существенным недостатком этих фотоэлектрических преобразователей является очень высокая стоимость единицы получаемой энергии: более 10 долларов США за 1 ватт.

Известны фотоэлектрические преобразователи солнечной энергии в электрическую на основе полимерных и аморфных материалов [4]. Эти преобразователи отличаются низкой стоимостью вырабатываемой энергии, менее 1 доллара США за 1 ватт.

Недостатком этих фотоэлектрических преобразователей является малая долговечность и низкий уровень КПД: менее 10%.

Известно устройство, представляющее собой полимер-кремниевую гетероструктуру и предназначенную для детектирования ионизирующего излучения и газов [5]. Это устройство состоит из кристаллического кремния, на поверхность которого с одной стороны нанесен электропроводящий слой пленки полианилина.

Недостатком этого соединения является то, что данный полимер является узкозонным. Это устройство является хорошим детектором

ионизирующего излучения и газов, однако не пригодно в качестве фотоэлектрического преобразователя, поскольку имеет низкий КПД.

Известно соединение, состоящее из следующих слоев: Al-Si-SiO₂-полимер-метал [6]. В качестве полимерной пленки использовался широкозонный материал полидефиниленталид. В качестве металла использовали медь. Однако, это соединение использовали только для изучения проводимости полимерного материала.

Прототипом способа предлагаемого изобретения является способ изготовления кремниевополимерного фотоэлектрического модуля, выполненного на основе монокристаллического кремния, которого в качестве рабочего элемента опускают в гальваническую ванну с раствором, состоящим из 1,8 моль/л раствора соляной кислоты и смеси мономеров анилина, силаноанилина и стануманилина, создают режим потенциостатического циклирования при потенциале 7,5-10 В и от -3 до -5,5 В и синтезируют полимерную смесь до образования на рабочем элементе пленки из смеси трех проводящих полимеров - полистануманилина, полисиланоанилина и полианилина в массовом соотношении 10:8:4 [7].

Недостатками этого способа является:

- режим потенциостатического циклирования нанесения полимерной пленки, что усложняет технологию и повышает стоимость единицы получаемой энергии;
- использование смеси полимеров.

Прототипом устройства предлагаемого изобретения является устройство, представляющее собой фотоэлектрический преобразователь на основе полимер-TiO₂-полимер гетероструктуру [8]. Авторы данного фотоэлектрического преобразователя соединили в одно целое два фотоэлектрических преобразователя на основе полупроводниковых полимерных материалов с различными ширинами запрещенной зоны, т.е. различными поглотительными характеристиками. Это было сделано с целью

использовать более широкий диапазон солнечного спектра (один слой воспринимает более короткие, другой — более длинные волны). Батарея была изготовлена путём последовательного осаждения слоёв из раствора, содержащего полупроводники-полимеры и производные фуллеренов, сформировавшие гетероструктуры. Слой из прозрачной окиси титана (TiO_2) разделяет (и скрепляет) переднюю и заднюю стороны фотоэлектрического преобразователя. Этот слой служит для транспорта электронов с первого слоя и также является прочной основой для второго фотоэлектрического слоя.

10 Данный фотоэлектрический преобразователь имеет КПД 6,5% (при освещённости в 0,2 ватта на квадратный сантиметр), что выше, чем у имеющихся солнечных панелей, сделанных из органических материалов. Преимуществом этой тандемной солнечной батареи в том, что полимерные / органические фотоэлектрические преобразователи
15 представляют интерес в силу своей дешевизны и простоты изготовления. Тандемные полимерные солнечные батареи стоят всего 0,1 доллара США за ватт выходной мощности, что в 20 раз дешевле, чем обычные батареи на базе кремния.

Недостатком этой солнечной батареи является очень низкий, на
20 сегодняшний день, уровень КПД по сравнению с твердотельными фотоэлектрическими преобразователями. Поэтому это устройство не может быть широко использовано.

Раскрытие изобретения

Изобретение решает задачу разработки простого и дешевого способа
улучшения эффективности солнечных фотопреобразователей на основе
25 кристаллического кремния в широком, от рентгеновского до инфракрасного диапазона спектра и создания простого, надежного, прочного устройства

гибридного фотоэлектрического преобразователя с высокой долговечностью, высоким КПД и низкой стоимостью единицы выходной электрической мощности. При этом одновременно обеспечивается снижение стоимости изготовления.

5 Поставленная задача достигается тем, что предлагается:

1. Способ повышения эффективности кремниевополимерного фотоэлектрического модуля солнечных фотоэлектрических преобразователей на основе монокристаллического кремния в широком, от рентгеновского до инфракрасного диапазона спектра, согласно изобретению,
10 за счет:

- гибридного использования узкозонного материала кристаллического кремния (ширина запрещенной зоны $E_g=1,13\text{В}$) и полупроводникового широкозонного полимерного материала (oligohydroquinone, oligo- α -naphthol, oligo- β -naphthol, oligo-amino-phenylen) с шириной запрещенной зоны $E_g>2$
15 эВ;

- использования текстуры с антиотражающим покрытием, нанесенной поверх полимерной пленки, за счет чего отраженный от поверхности материалов свет вновь возвращается в рабочий объем гибридного фотовольтаического преобразователя.

2. Гибридный фотоэлектрический преобразователь, содержащий пленку из полупроводникового полимерного широкозонного фотоэлектрического преобразователя и прозрачную пленку окиси титана (TiO_2), согласно изобретению, эти пленки размещены на низкоомном кристаллическом кремнии, а поверх полимерной пленки нанесена текстура с
25 антиотражающим покрытием.

Этим способом достигается более высокая эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую (КПД), а также снижение стоимости единицы выходной мощности электрической энергии.

Гибридный фотоэлектрический преобразователь, содержащий пленку

из полупроводникового полимерного широкозонного фотоэлектрического преобразователя и прозрачную пленку окиси титана (TiO_x), размещен на низкоомном кристаллическом кремнии, а поверх полимерной пленки нанесена текстура с антиотражающим покрытием.

5 Гибридный фотоэлектрический преобразователь (рис.1) состоит из низкоомного кристаллического кремния (1) с омическим сопротивлением $R = (1+2)$ ом, толщиной 300мкм, ориентацией кристаллической решетки $\langle 100 \rangle$, р-типа или n-типа проводимости. Поверхность кремния имеет структуру:

- 10
- $n^+ - p - p^+$ - при использовании базового кремния р-типа;
 - $p^+ - n - n^+$ - при использовании базового кремния n-типа.

На поверхность кремния методом вакуумного напыления нанесен тонкий прозрачный слой окиси титана (TiO_x) толщиной 0,1 мкм (2). Поверх пленки окиси титана нанесена пленка полимерного материала (3). Нанесение 15 полимерной пленки проводилось методом центрифугирования: кремниевая пластина укреплялась на центрифуге, затем на нее наносился раствор полимера в циклогексаноне. После центрифугирования и сушки, на кремнии образовывался слой полимера толщиной 1,2 мкм. Поверх полимерной пленки нанесена текстура с антиотражающим покрытием (4), на которую падает 20 солнечный свет (5).

Работает гибридный фотоэлектрический преобразователь следующим образом. Солнечный свет через текстуру с антиотражающим покрытием (4) падает на пленку полимерного материала (3), проникает через тонкий прозрачный слой окиси титана (2) и достигает поверхности кремния (1). 25 Отраженный свет от поверхности полимерной пленки, слоя окиси титана и поверхности кремния посредством антиотражающего покрытия частично возвращается в рабочую область фотоэлектрического преобразователя. Носители зарядов электроны, образовавшиеся в полимерной пленке (3) за счет поглощения в инфракрасной области спектра, транспортируются

посредством пленки окиси титана (2) в рабочую область кремния (1). Эти электроны суммируются с носителями зарядов, образовавшимися в слое кремния за счет поглощения в видимой области спектра. Таким образом, происходит увеличение эффективности преобразования солнечного света в электрический ток. При этом КПД гибридного фотоэлектрического преобразователя достигает >20%, а стоимость единицы выходной мощности < 1 доллара США.

Источники информации

1. <http://www.solarhome.ru/ru/pv/cells.htm>
2. A.M. Pashayev, A.A. Bayramov, H.O. Ojagov Perspective non-polluting energy sources in Azerbaijan. Proceeding TPE-2002, Baku, pp.659-663.
3. A. Bayramov, A. Hashimov, N. Safarov, G. Akhmedov Thermophotovoltaic solar energy converters on the basis AVBVI. Proc. IEEE 4th World conference on Photovoltaic Energy Conversion, 2006, Waikoloa, Hawaii, USA. v.1, pp.651-654.
4. Е.Л.Александрова Светочувствительные полимерные полупроводники. Обзор. ФТП, 2004, т.38, в.10, с.1153-1194; B. Wang, M.R. Wasilevski. Polymer photoelectrical sells J. Amer. Chem. Soc., 119, 12 (1997); A.A. Farach, J.G. Veinot. Polymer photocells. Pure Appl. Chem. A, 37 (11), 1507(2000).
5. J. M. G. Laranjeira, H. J. Khoury, W. M. de Azevedo, E. A. de Vasconcelos, and E. F. da Silva Jr. A Silicon-Polymer Heterostructure for Sensor Applications. Braz. J.Phys. vol.32 no.2a São Paulo, 2002.
6. Р.Б.Салихов, А.Н.Лачинов, Р.Г.Рахмеев О механизмах проводимости в гетероструктурах кремний-полимер-металл. ФТП, 2007, т.41, в.10, с.1182-1186.
7. Чугунов Л.С., Терехов А.К., Радин С.А. Кремниевый фотоэлектрический модуль и способ его изготовления. Патент RU 2292097 C1 H01L 31/18.
8. Jin Young Kim, Kwanghee Lee, Nelson E. Coates, Daniel Moses, Thuc-Quyen Nguyen, Mark Dante, Alan J. Heeger Efficient Tandem Polymer Solar Cells Fabricated by All-Solution Processing. Science 13 July 2007: Vol. 317. no. 5835, pp. 222 – 225.

Формула изобретения

1. Способ повышения эффективности кремневополимерного фотоэлектрического модуля солнечных фотоэлектрических преобразователей на основе монокристаллического кремния в широком, от рентгеновского до инфракрасного диапазона спектра, отличающийся тем, что преобразование солнечного света в электрический ток происходит за счет:

- гибридного использования узкозонного материала кристаллического кремния (ширина запрещенной зоны $E_g=1,1\text{эВ}$) и полупроводникового широкозонного полимерного материала (oligohydroquinone, oligo- α -naphthol, oligo- β -naphthol или oligo-amino-phenylen) с шириной запрещенной зоны $E_g > 2\text{эВ}$;

- использования текстуры с антиотражающим покрытием, нанесенной поверх полимерной пленки, за счет чего отраженный от поверхности материалов свет вновь возвращается в рабочий объем гибридного фотовольтаического преобразователя.

2. Гибридный фотоэлектрический преобразователь, содержащий пленку из полупроводникового полимерного широкозонного фотоэлектрического преобразователя и прозрачную пленку окиси титана (TiO_2), отличается тем, что эти пленки размещены на низкоомном кристаллическом кремнии, а поверх полимерной пленки нанесена текстура с антиотражающим покрытием.

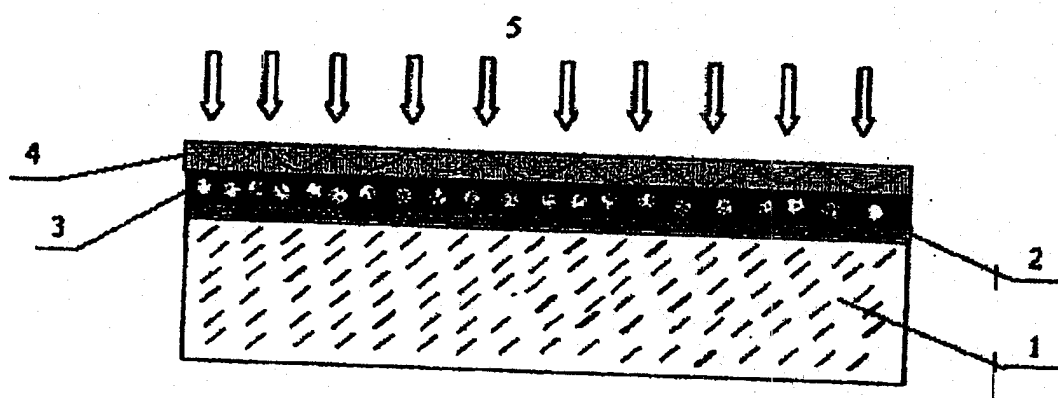


Рис. 1