



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2009110155/28, 09.08.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.08.2007

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
22.08.2006 US 11/507,660

(43) Дата публикации заявки: 27.09.2010 Бюл. № 27

(45) Опубликовано: 27.11.2011 Бюл. № 33

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: JP 02-106978 A, 19.04.1990. JP 3263878 A,
25.11.1991. JP 3165068 A, 17.07.1991. US
2002002992 A1, 10.01.2002. US 20040113146 A1,
17.07.2004. US 2003168096 A1, 11.09.2003. RU
2170994 C1, 20.07.2001.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 23.03.2009

(86) Заявка РСТ:
US 2007/017664 (09.08.2007)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2008/024205 (28.02.2008)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул.Б.Спаская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. Ю.Д.Кузнецову,
рег.№ 595

(72) Автор(ы):

КРАСНОВ Алексей (US)

(73) Патентообладатель(и):

ГАРДИАН ИНДАСТРИЗ КОРП. (US)

**(54) ФРОНТАЛЬНЫЙ КОНТАКТ С ТСО С ВЫСОКОЙ РАБОТОЙ ВЫХОДА ДЛЯ
ПРИМЕНЕНИЯ В ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ УСТРОЙСТВЕ И СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ**

(57) Реферат:

Фронтальный контакт, используемый в
фотоэлектрическом устройстве, согласно
изобретению включающем в себя активную
полупроводниковую пленку, причем
фронтальный контакт содержит переднюю
стеклянную подложку; первую пленку из по
существу прозрачного проводящего оксида
(ТСО); и вторую пленку из по существу

прозрачного проводящего оксида (ТСО),
имеющую высокую работу выхода, причем
работа выхода второй ТСО-пленки выше, чем
у первой ТСО-пленки; причем первая ТСО-
пленка находится между стеклянной
подложкой и второй ТСО-пленкой, при этом
вторая ТСО-пленка, имеющая высокую работу
выхода, располагается по существу сплошным
слоем над первой ТСО-пленкой и

контактирует с ней таким образом, что вторая ТСО-пленка находится между первой ТСО-пленкой и самым верхним участком полупроводниковой пленки фотоэлектрического устройства и контактирует с ними; и причем первая ТСО-пленка является более проводящей, чем вторая ТСО-пленка. Также предложены

фотоэлектрическое устройство и способ его получения. Изобретение обеспечивает возможность получения улучшенного фронтального контакта для фотоэлектрического устройства, который уменьшает потенциальный барьер для дырок, извлекаемых из устройства фронтальным контактом. 3 н. 18 з.п. ф-лы, 3 ил.

RU 2 4 3 5 2 5 0 C 2

RU 2 4 3 5 2 5 0 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21)(22) Application: **2009110155/28, 09.08.2007**(24) Effective date for property rights:
09.08.2007

Priority:

(30) Priority:
22.08.2006 US 11/507,660(43) Application published: **27.09.2010 Bull. 27**(45) Date of publication: **27.11.2011 Bull. 33**(85) Commencement of national phase: **23.03.2009**(86) PCT application:
US 2007/017664 (09.08.2007)(87) PCT publication:
WO 2008/024205 (28.02.2008)

Mail address:

**129090, Moskva, ul.B.Spaskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. Ju.D.Kuznetsovu, reg.№ 595**

(72) Inventor(s):

KRASNOV Aleksej (US)

(73) Proprietor(s):

GARDIAN INDASTRIZ KORP. (US)**(54) FRONT CONTACT WITH HIGH-WORK FUNCTION TCO FOR USE IN PHOTOVOLTAIC DEVICE AND METHOD OF MAKING SAID CONTACT**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: front contact used in the photovoltaic device according to the invention has an active semiconductor film. The front contact comprises: a front glass substrate; a first film of an essentially transparent conductive oxide (TCO); a second film of an essentially transparent conductive oxide (TCO), having a high work function, wherein the work function of the second TCO film is higher than that of the first TCO; wherein the first TCO film lies between the glass substrate and the second TCO film. The second TCO film, having a higher work function, lies in an essentially solid layer

over the first TCO film and is in contact with it such that the first TCO film lies between the first TCO film and uppermost area of the semiconductor film of the photovoltaic device and is in contact with them; and where the first TCO film is more conductive than the second TCO film. The invention also discloses a photovoltaic device and a method of making said device.

EFFECT: invention enables to obtain an improved front contact for a photovoltaic device which lowers the potential barrier for holes extracted from the device by the front contact.

21 cl, 3 dwg

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Настоящее изобретение относится к фотоэлектрическому устройству, включающему в себя фронтальный контакт. В некоторых примерных вариантах осуществления фронтальный контакт фотоэлектрического устройства включает в себя прозрачный проводящий оксид (ТСО) с низкой работой выхода из такого материала, как оксид олова, оксид цинка или подобное, и тонкий ТСО с высокой работой выхода из такого материала, как обогащенный кислородом ИТО (оксид индия-олова) или подобного. ТСО с высокой работой выхода находится между ТСО с низкой работой выхода и самым верхним полупроводниковым слоем фотоэлектрического устройства, чтобы обеспечить в устройстве достаточное соответствие работ выхода между ТСО с низкой работой выхода и самым верхним полупроводниковым слоем с высокой работой выхода, чтобы уменьшить потенциальный барьер для дырок, извлекаемых из устройства фронтальным контактом.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ И РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Фотоэлектрические устройства в уровне техники известны (см., например, патенты США №6784361, 6288325, 6613603 и 6123824, описания которых настоящим включены в настоящий документ по ссылке). Например, фотоэлектрические устройства на основе аморфного кремния включают фронтальный контакт или электрод. Обычно прозрачный фронтальный контакт сделан из прозрачного проводящего оксида (ТСО), такого как оксид цинка или оксид олова, на подложке, такой как стеклянная подложка. Во многих случаях прозрачный фронтальный контакт образован из одного слоя с применением способа химического пиролиза, в котором предшественники напыляются на стеклянную подложку при температуре примерно 400-600°C.

Типичные ТСО, используемые для определенных фронтальных контактов фотоэлектрических устройств, имеют n-тип и, следовательно, могут создавать барьер Шотки на границе раздела между ТСО и самым верхним полупроводниковым слоем фотоэлектрического устройства (например, слой p-типа на основе кремния) в направлении, обратном встроенному полю. Этот барьер может действовать как барьер для дырок, извлекаемых из устройства фронтальным контактом, приводя тем самым к неэффективным рабочим характеристикам.

Таким образом, следует понимать, что в данной области существует потребность в улучшенном фронтальном контакте для фотоэлектрического устройства, который может уменьшить потенциальный барьер для дырок, извлекаемых из устройства фронтальным контактом.

Чтобы решить вышеуказанную задачу, разработан фронтальный контакт фотоэлектрического устройства, содержащий как (а) ТСО с низкой работой выхода из такого материала, как оксид олова, оксид цинка или подобное, так и (b) ТСО с высокой работой выхода из такого материала, как тонкий слой обогащенного кислородом ИТО или подобное. ТСО с высокой работой выхода расположен между ТСО с низкой работой выхода и самым верхним полупроводниковым слоем фотоэлектрического устройства, чтобы обеспечить в устройстве достаточное соответствие работ выхода между ТСО с низкой работой выхода и самым верхним полупроводниковым слоем с высокой работой выхода, чтобы снизить потенциальный барьер для дырок, извлекаемых из устройства фронтальным контактом.

В некоторых примерных вариантах осуществления настоящего изобретения предоставляется фотоэлектрическое устройство, содержащее фронтальную стеклянную подложку; активную полупроводниковую пленку; электропроводящий и по существу прозрачный фронтальный контакт, расположенный между по меньшей

мере передней стеклянной подложкой и полупроводниковой пленкой; причем фронтальный контакт содержит (а) первую пленку из прозрачного проводящего оксида (ТСО), имеющего относительно низкую работу выхода, и (b) вторую ТСО-пленку, имеющую относительно высокую работу выхода; и причем вторая ТСО-пленка имеет относительно высокую работу выхода, которая выше, чем работа выхода первой ТСО-пленки, находящейся между первой ТСО-пленкой и самой верхней частью полупроводниковой пленки и контактирующей с ними.

В других примерных вариантах осуществления настоящего изобретения предоставляется фронтальный контакт, подходящий для применения в фотоэлектрическом устройстве, включающем в себя активную полупроводниковую пленку, причем фронтальный контакт содержит переднюю стеклянную подложку; первую пленку из по существу прозрачного проводящего оксида (ТСО); вторую пленку из по существу прозрачного проводящего оксида (ТСО), имеющего высокую работу выхода, причем работа выхода второй ТСО-пленки выше, чем у первой ТСО-пленки; и причем первая ТСО-пленка находится между стеклянной подложкой и второй ТСО-пленкой, так что вторая ТСО-пленка, имеющая высокую работу выхода, может быть помещена между первой ТСО-пленкой и самой верхней частью полупроводниковой пленки фотоэлектрического устройства в контакте с ними.

В дальнейших примерных вариантах осуществления настоящего изобретения предоставляется способ получения фотоэлектрического устройства, причем способ включает: предоставление стеклянной подложки; осаждение первой пленки из по существу прозрачного проводящего оксида (ТСО) на стеклянную подложку; осаждение второй пленки из по существу прозрачного проводящего оксида (ТСО), имеющего относительно высокую работу выхода, на стеклянную подложку и в контакте с первой ТСО-пленкой, причем вторая ТСО-пленка имеет более высокую работу выхода, чем первая ТСО-пленка; и формирование фотоэлектрического устройства так, чтобы вторая ТСО-пленка, имеющая относительно высокую работу выхода, помещалась между каждой первой ТСО-пленкой и полупроводниковой пленкой фотоэлектрического устройства и находилась в контакте с ними.

Краткое описание чертежей

Фиг.1 является сечением примерного фотоэлектрического устройства согласно одному примерному варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг.2 является графиком, иллюстрирующим положение полосы и уровней Ферми некоторых ТСО-материалов и a-Si:H p-типа относительно уровня вакуума и стандартного водородного электрода (NHE).

Фиг.3(a)-3(g) являются графиками, иллюстрирующими относительные положения отдельных ТСО слоев и слоев a-Si:H.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Фотоэлектрические устройства, такие как солнечные элементы, преобразуют солнечное излучение и другой свет в годную к употреблению электрическую энергию.

Преобразование энергии происходит обычно в результате фотогальванического эффекта. Солнечная радиация (например, солнечный свет), падая на фотоэлектрическое устройство и поглощаясь активной зоной полупроводникового материала (например, полупроводниковой пленки, содержащей один или более полупроводниковых слоев, таких как слои a-Si), создают пары электрон-дырка в активной зоне. Электроны и дырки можно разделить электрическим полем перехода в фотоэлектрическом устройстве. Разделение электронов и дырок переходом приводит к образованию электрического тока и напряжения. В некоторых примерных вариантах

осуществления электроны текут к зоне полупроводникового материала, имеющей проводимость n-типа, а дырки текут к области полупроводника, имеющей проводимость p-типа. По мере того как свет продолжает создавать пары электрон-дырка в фотоэлектрическом устройстве, ток может течь через внешнюю цепь,
5 соединяющую область n-типа с областью p-типа.

В некоторых примерных вариантах осуществления однопереходные фотоэлектрические устройства на основе аморфного кремния (a-Si) включают в себя три полупроводниковых слоя. В частности, p-слой, n-слой и i-слой, который находится
10 внутри. Пленка аморфного кремния (которая может включать в себя один или более слоев, таких как слои p-, n- и i-типа) в некоторых случаях может быть из гидрогенизированного аморфного кремния, но в некоторых примерных вариантах осуществления настоящего изобретения она может также состоять из или включать в
15 себя сплав аморфного гидрогенизированного кремния с углеродом, или сплав аморфного гидрогенизированного кремния с германием, или подобное. Например и без ограничений, когда фотон света поглощается в i-слое, он создает единицу электрического тока (пара электрон-дырка). Слои p- и n-типа, которые содержат заряженные легирующие ионы, создают электрическое поле через i-слой, который
20 вытягивает электрический заряд из i-слоя и посылает его на необязательную внешнюю цепь, где он может давать мощность для электрических компонентов. Отмечается, что хотя некоторые примерные варианты осуществления настоящего изобретения относятся к фотоэлектрическим устройствам на основе аморфного кремния, настоящее изобретение этим не ограничено, и в некоторых случаях оно может
25 использоваться в сочетании с другими типами фотоэлектрических устройств, в том числе, но без ограничений, устройств, содержащих другие типы полупроводниковых материалов, батареи тонкопленочных солнечных элементов и подобное.

Фиг.1 является сечением фотоэлектрического устройства согласно примерному варианту осуществления настоящего изобретения. Фотоэлектрическое устройство
30 включает прозрачную переднюю стеклянную подложку 1, фронтальный электрод или контакт 3, который сделан из или включает в себя как (a) TCO 3a с низкой работой выхода, такой как оксид олова, легированный фтором оксид олова, оксид цинка, легированный алюминием оксид цинка, оксид индия-цинка или подобное, так и (b) TCO
35 3b с высокой работой выхода, сделанный из или включающий в себя такой материал, как обогащенный кислородом ИТО или подобное, активную полупроводниковую пленку 5 из одного или более полупроводникового слоя, задний электрод или контакт 7, который может быть из TCO или металла, необязательный герметик 9 или
40 адгезив из такого материала, как этилвинилацетат (ЭВА) или подобное, и необязательную заднюю подложку 11 из такого материала, как стекло. Конечно, в устройстве может быть предусмотрен другой слой или слои, которые не показаны. Фронтальная стеклянная подложка 1 и/или задний слой (подложка) 11 в некоторых примерных вариантах осуществления настоящего изобретения могут быть сделаны из
45 натрий-кальциево-силикатного стекла. Хотя в некоторых примерных вариантах осуществления настоящего изобретения подложки 1, 11 могут быть из стекла, вместо него могут использоваться другие материалы, такие как кварц или подобное. Кроме того, в некоторых случаях задняя подложка 11 является необязательной. В некоторых
50 примерных вариантах осуществления настоящего изобретения стекло 1 и/или 11 может быть, а может и не быть закаленным и/или узорчатым. Кроме того, следует понимать, что слово "на", как оно используется здесь, относится к слою, который находится на чем-то напрямую или опосредованно, причем в промежутке могут находиться другие

слои.

В некоторых примерных вариантах осуществления настоящего изобретения фотоэлектрическое устройство может быть получено, предоставляя стеклянную подложку 1 и затем осаждая (например, напылением или другим подходящим методом) ТСО 3а на подложку 1. Затем на подложку 1 наносится ТСО 3b с высокой работой выхода, который соприкасается с ТСО 3а. После этого структура, содержащая подложку и фронтальный контакт 3, соединяется с остальным устройством, чтобы образовать фотоэлектрическое устройство, показанное на Фиг.1. Например, затем на подложке 1 может быть сформирован полупроводниковый слой 5 поверх структуры фронтального контакта, или альтернативно он может быть сформирован на другой подложке и после этого соединен со структурой фронтального контакта. В некоторых примерных вариантах осуществления настоящего изобретения слои 3а и 3b фронтального контакта типично являются сплошными или по существу сплошными, имеющимися по существу на всей поверхности полупроводниковой пленки 5.

В некоторых примерных вариантах осуществления настоящего изобретения фронтальный контакт 3 фотоэлектрического устройства содержит как ТСО 3а с низкой работой выхода (например, n-типа) из такого материала, как оксид олова, оксид цинка или подобное, так и тонкий ТСО 3b с высокой работой выхода из такого материала, как тонкий слой обогащенного кислородом ИТО или подобного. ТСО 3b с высокой работой выхода находится между ТСО 3а с низкой работой выхода и самой верхней полупроводниковой частью (например, полупроводниковая часть p-типа) пленки 5 фотоэлектрического устройства, чтобы обеспечить в устройстве достаточное соответствие работ выхода между ТСО 3а с низкой работой выхода и самой верхней полупроводниковой частью с высокой работой выхода устройства, чтобы снизить потенциальный барьер для дырок, извлекаемых из устройства фронтальным контактом. В некоторых примерных вариантах осуществления настоящего изобретения слой 3b может быть образован распылением керамической ИТО-мишени в газовой атмосфере, содержащей смесь Ag (и/или любого другого инертного газа) и кислородных газов. В других примерных вариантах осуществления слой 3b может быть образован распылением металлической InSn-мишени в газовой атмосфере, содержащей смесь Ag (и/или любого другого инертного газа) и кислородных газов, причем для обогащения ИТО слоя 3b кислородом и придания ему высокой работы выхода используется большое количество газообразного кислорода.

В некоторых примерных вариантах осуществления настоящего изобретения слой 3b с высокой работой выхода имеет работу выхода от примерно 4,5 до 5,7 эВ, более предпочтительно от примерно 4,5-5,3 эВ, еще более предпочтительно от примерно 4,7-5,3 эВ и, возможно, от примерно 4,9-5,3 эВ. В некоторых примерных вариантах осуществления настоящего изобретения слой 3b с высокой работой выхода имеет толщину от примерно 10-300 Å, более предпочтительно от примерно 10-100 Å. В некоторых примерных вариантах осуществления настоящего изобретения работа выхода слоя 3b выше, чем у ТСО-слоя 3а, и ниже или сравнима с работой выхода самой верхней части (например, a-Si:H p-типа) полупроводниковой пленки 5.

В некоторых примерных вариантах осуществления настоящего изобретения весь фронтальный контакт 3, в том числе оба ТСО слоя 3а и 3b, могут иметь поверхностное сопротивление (R_s) от примерно 7-50 Ом/см², более предпочтительно от примерно 10-25 Ом/см² и наиболее предпочтительно от примерно 10-15 Ом/см², при использовании эталонной неограничивающей полной толщины от примерно 1000 до 2000 ангстрем.

Активная полупроводниковая зона или пленка 5 могут включать в себя один или более слоев и могут быть из любого подходящего материала. Например, активная полупроводниковая пленка 5 одного типа однопереходного фотоэлектрического устройства на основе аморфного кремния (a-Si) включает три полупроводниковых слоя, а именно p-слой, n-слой и i-слой. В некоторых примерных вариантах осуществления настоящего изобретения самой верхней частью полупроводниковой пленки 5 может быть a-Si слой p-типа полупроводниковой пленки 5; и i-слой типично помещается между слоями p- и n-типа. Эти слои пленки 5 на основе аморфного кремния могут в некоторых случаях быть аморфным гидрогенированным кремнием, но также могут быть или включать аморфный гидрогенизированный сплав кремния с углеродом или аморфный гидрогенизированный сплав кремния с германием, или, в примерных вариантах осуществления настоящего изобретения, другие подходящие материалы. В альтернативных вариантах осуществления настоящего изобретения возможно, чтобы активная зона 5 была двухпереходного типа.

Задний контакт или электрод 7 может быть из любого подходящего электропроводящего материала. Например и без ограничений, в некоторых случаях задний контакт или электрод 7 может быть из ТСО и/или металла. Примерные ТСО-материалы для использования в качестве заднего контакта или электрода 7 включают оксид индия-цинка, оксид индия-олова (ИТО), оксид олова и/или оксид цинка, который может быть легирован алюминием (который может быть, а может и не быть легирован серебром). ТСО заднего контакта 7 может в разных случаях быть однослойного или многослойного типа. Кроме того, задний контакт 7 в некоторых случаях может включать в себя и ТСО-участок, и металлический участок. Например, в примерном многослойном варианте осуществления ТСО-участок заднего контакта 7 может включать в себя слой из такого материала, как оксид индия-цинка (который может быть, а может и не быть легирован серебром), оксид индия-олова (ИТО), оксид олова и/или оксид цинка рядом с активной зоной 5, а задний контакт может включать другой проводящий и, возможно, отражающий слой из такого материала, как серебро, молибден, платина, сталь, железо, ниобий, титан, хром, висмут, сурьма или алюминий, дальше от активной зоны 5 и ближе к задней подложке 11. Металлический участок может быть ближе к задней подложке 11 относительно ТСО-участка заднего контакта 7.

В некоторых примерных вариантах осуществления фотоэлектрический модуль может быть герметизирован или частично покрыт герметизирующим материалом, таким как герметик 9. Типичным герметиком или адгезивом для слоя 9 является ЭВА. Однако в других случаях для слоя 9 могут использоваться другие материалы, такие как пластик типа Tedlar, пластик типа Nuvasil, пластик типа Tefzel или подобное.

ТСО-материалы, обычно используемые в качестве фронтальных контактов в тонкопленочных фотоэлектрических устройствах (например, солнечных элементах), часто являются материалами n-типа и, таким образом, создают барьер Шотки на границе раздела между ТСО и самым верхним полупроводниковым участком устройства, который может быть a-Si:H участком/слоем p-типа (таким образом, барьер Шотки может быть в направлении, обратном встроенному полю). Этот барьер проблематичен в том, что он может образовывать барьер для дырок, извлекаемых из элемента фронтальным контактом, что тем самым приводит к неэффективной работе устройства. Чтобы решить эту проблему, используется материал с более высокой работой выхода.

Фиг.2 дает сводку положений полосы и уровней Ферми для обычных ТСО

материалов и a-Si:H p-типа относительно уровня вакуума и стандартного водородного электрода (NHE). Легированный Al оксид цинка (ZnO:Al) из-за его низкой стоимости, высокой электропроводности и высокой степени прозрачности рассматривался как TCO для одноплёночного фронтального контакта для солнечных элементов на основе a-Si:H. Однако из-за образования выпрямляющего контакта между a-Si:H p-типа и легированным Al оксидом цинка n-типа может снижаться коэффициент заполнения солнечных элементов однослойными фронтальными контактами легированного Al оксида цинка. Также, в элементах с единственными слоями легированного Al оксида цинка для фронтальных контактов могут иметь место высокие рекомбинационные потери по сравнению с легированным фтором оксидом олова из-за образования SiO₂ в переходной области. Кроме того, работа выхода у ZnO:Al ниже, чем у SnO₂:F, что в результате приводит к более высокому барьеру для дырок на границе раздела между ZnO:Al и a-Si:H и к более широкой обедненной области в пленке a-Si:H.

Согласно Фиг.2 работа выхода оксида индия-олова (ITO) зависит от условий осаждения и подготовки поверхности и варьируется от примерно 4 до 5,3 эВ. При осаждении с использованием керамической ITO-мишени в газовой атмосфере чистого Ar, пленки ITO имеют низкую работу выхода, примерно 4,0-4,4 эВ, что означает высокое положение уровня Ферми. Такие слои обнаруживают высокую плотность поверхностных состояний. Однако избыток кислорода в ITO-пленке вызывает компенсацию заряда из-за образования нейтральных комплексов [2Sn_{in}O_i], что приводит к более низкому положению уровня Ферми и, следовательно, к более высоким значениям работы выхода, до примерно 5,3 эВ или около того, или выше. Однако проводимость ITO уменьшается с повышением содержания кислорода и, таким образом, может оказаться не подходящей для однослойного фронтального контакта (она также может быть не подходящей для однослойного фронтального контакта из-за своей гладкой поверхности, которая может захватывать меньше света, и из-за своей высокой стоимости). Таким образом, следует понимать, что осаждение ITO с обогащением кислородом выгодно тем, что в результате можно получить высокую работу выхода, это же можно использовать для слоя 3b с высокой работой выхода для фотоэлектрического устройства с Фиг.1.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения многослойный фронтальный контакт 3 получается формированием тонкого обогащенного кислородом ITO-слоя 3b на подложке 1 в контакте с объемным TCO-слоем 3a с высокой электропроводностью (из или включающего оксид цинка, оксид олова или подобное), чтобы обеспечить приближенное или более соответствующее согласование работ выхода между передним высокопроводящим прозрачным контактом 3a n-типа и самой верхней частью полупроводниковой пленки 5, которая может быть a-Si:H поглощающим слоем p-типа или подобным.

В некоторых примерных вариантах осуществления уровень кислорода постепенно повышается от границы раздела TCO/ITO (граница раздела между слоями 3a и 3b) к границе раздела ITO/a-Si (граница раздела между слоями 3b и 5). Другими словами, слой 3b с высокой работой выхода может быть градиентно окисленным, чтобы иметь более высокое содержание кислорода в его части, непосредственно примыкающей к полупроводниковой пленке 5, чем в его части, соседней с TCO 3a; по причинам, обсуждаемым здесь, это может помочь в улучшении рабочих характеристик.

Фиг.3 используется для иллюстрации преимуществ, связанных с этой идеей.

Фиг.3(a) иллюстрирует относительные положения разделенных слоев ZnO и a-Si:H;

уровень Ферми a-Si:H ниже, чем у ZnO. Когда эти два материала приводятся в контакт, как в обычных солнечных элементах, их уровни Ферми по существу выравниваются, что приводит тем самым к более высокой степени искривления проводимости и валентных зон, как показано на Фиг.3(b). Фиг.3(c) иллюстрирует, что меньшая степень искривления границ зоны происходит в случае границы раздела между a-Si:H и оксидом олова, показывая тем самым, что граница раздела приводит к чуть лучшим характеристикам, когда в качестве однослойного фронтального контакта используется оксид олова. Фиг.3(d) и 3(e) демонстрируют существенное искривление зон при контакте a-Si:H p-типа и ИТО с низкой работой выхода, что невыгодно тем, что это приводит к образованию инвертного барьера Шотки у этой границы раздела, что может снизить эффективность и/или рабочие характеристики устройства. Таким образом, из Фиг.3(a)-3(e) должно быть ясно, что высокие степени искривления границ зон, нежелательные в этой работе устройства, могут быть снижены.

Однако, как показано на Фиг.3(f), когда используется тип ИТО с высокой работой выхода, выравнивание уровней Ферми на границе раздела не приводит к существенному повышению проводимости и расширению валентной зоны полосы a-Si:H p-типа. В зависимости от значения работы выхода полосы могут оставаться плоскими, немного отклоняться вверх или лишь незначительно искривляться, как показано на Фиг.3(f), тем самым способствуя эффективной экстракции дырок из фотоэлектрического устройства.

Чтобы продемонстрировать преимущество некоторых примерных вариантов осуществления настоящего изобретения, на Фиг.3(g) приводится сравнение между (i) a-Si:H на ZnO, как в предшествующем уровне техники, без использования слоя с высокой работой выхода (см. левую сторону Фиг.3(g)) и a-Si:H на ZnO со слоем 3b с высокой работой выхода между ними, согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения (см. правую половину Фиг.3(g)). Можно видеть, что наличие слоя 3b с высокой работой выхода (например, тонкого слоя, обогащенного кислородом ИТО) между ТСО 3a из оксида цинка и пленкой 5 из a-Si:H выгодно тем, что отсутствует существенное повышение проводимости и валентных зон a-Si:H (смотри правую часть Фиг.3(g)), тем самым давая в результате улучшенную экстракцию дырок. Таким образом, слой 3b, выравнивающий работы выхода, снижает искривление границ зоны у границы раздела ТСО/a-Si, тем самым снижая потенциальный барьер и улучшая работу устройства. Кроме того, стандартная энтальпия образования для ИТО составляет около -900 кДж/моль, что существенно выше, чем у ZnO (около 348 кДж/моль) и SnO₂ (около -577,6 кДж/моль), что тем самым снижает ионообмен между слоями ТСО и a-Si:H, что может объяснить, почему на границе раздела a-Si происходит меньше окисления и лучшие результаты в отношении рабочих характеристик.

Хотя в некоторых примерных вариантах осуществления настоящего изобретения для слоя 3b с высокой работой выхода применяется обогащенный кислородом ИТО, настоящее изобретение этим не ограничено, и в определенных случаях для ТСО-слоя 3b с высокой работой выхода слой вместо него могут использоваться другие материалы. Кроме того, в некоторых примерных вариантах осуществления настоящего изобретения возможно также, чтобы слой 3b с высокой работой выхода мог содержать несколько слоев.

Хотя изобретение было описано в связи с тем, что в настоящее время считается наиболее реальным и предпочтительным вариантом осуществления, следует

понимать, что изобретение не должно ограничиваться описанным вариантом осуществления, но, напротив, подразумевается, что оно охватывает различные модификации и эквивалентные структуры, включенные в сущность и объем приложенной формулы изобретения.

Формула изобретения

1. Фотоэлектрическое устройство, содержащее:

переднюю стеклянную подложку;

активную полупроводниковую пленку; и

электропроводящий и, по существу, прозрачный фронтальный контакт, расположенный между, по меньшей мере, передней стеклянной подложкой и полупроводниковой пленкой;

причем фронтальный контакт содержит (а) первую пленку из прозрачного проводящего оксида (ТСО), имеющую относительно низкую работу выхода, и (b) вторую ТСО-пленку, имеющую относительно высокую работу выхода;

причем вторая ТСО-пленка, имеющая относительно высокую работу выхода, которая выше, чем работа выхода первой ТСО-пленки, располагается, по существу, сплошным слоем над первой ТСО-пленкой и контактирует с ней таким образом, что вторая ТСО-пленка находится между первой ТСО-пленкой и самой верхней частью полупроводниковой пленки и контактирует с ними; и

причем вторая ТСО-пленка, имеющая относительно высокую работу выхода, содержит обогащенный кислородом оксид индия-олова (ИТО).

2. Фотоэлектрическое устройство по п.1, в котором первая ТСО-пленка имеет работу выхода не больше, чем примерно 4,4 эВ, а вторая ТСО-пленка имеет работу выхода, по меньшей мере, 4,5 эВ.

3. Фотоэлектрическое устройство по п.1, в котором вторая ТСО-пленка, имеющая относительно высокую работу выхода, имеет работу выхода от примерно 4,5 до 5,7 эВ.

4. Фотоэлектрическое устройство по п.1, в котором вторая ТСО-пленка, имеющая относительно высокую работу выхода, имеет работу выхода от примерно 4,7 до 5,3 эВ.

5. Фотоэлектрическое устройство по п.1, в котором первая ТСО-пленка, имеющая относительно низкую работу выхода, содержит одно или более из оксида олова и оксида цинка.

6. Фотоэлектрическое устройство по п.1, дополнительно содержащее задний электрод, причем активная полупроводниковая пленка находится между, по меньшей мере, фронтальным контактом и задним электродом.

7. Фотоэлектрическое устройство по п.1, в котором вторая ТСО-пленка, имеющая относительно высокую работу выхода, имеет толщину примерно 10-100 Å.

8. Фотоэлектрическое устройство по п.1, в котором вторая ТСО-пленка, имеющая относительно высокую работу выхода, изменяется по степени окисления, непрерывно или дискретно, чтобы иметь большее содержание кислорода вблизи полупроводниковой пленки, чем вблизи первой ТСО-пленки.

9. Фронтальный контакт, используемый в фотоэлектрическом устройстве, включающем в себя активную полупроводниковую пленку, причем фронтальный контакт содержит:

переднюю стеклянную подложку;

первую пленку из, по существу, прозрачного проводящего оксида (ТСО); и

вторую пленку из, по существу, прозрачного проводящего оксида (ТСО), имеющую высокую работу выхода, причем работа выхода второй ТСО-пленки выше, чем у

первой ТСО-пленки;

причем первая ТСО-пленка находится между стеклянной подложкой и второй ТСО-пленкой, при этом вторая ТСО-пленка, имеющая высокую работу выхода, располагается, по существу, сплошным слоем над первой ТСО-пленкой и контактирует с ней таким образом, что вторая ТСО-пленка находится между первой ТСО-пленкой и самым верхним участком полупроводниковой пленки фотоэлектрического устройства и контактирует с ними; и

причем первая ТСО-пленка является более проводящей, чем вторая ТСО-пленка.

10. Фронтальный контакт по п.9, в котором вторая ТСО-пленка содержит обогащенный кислородом оксид индия-олова (ИТО).

11. Фронтальный контакт по п.9, в котором первая ТСО-пленка имеет работу выхода не более 4,4 эВ, а вторая ТСО-пленка имеет работу выхода, по меньшей мере, 4,5 эВ.

12. Фронтальный контакт по п.9, в котором вторая ТСО-пленка имеет работу выхода от примерно 4,5 до 5,7 эВ.

13. Фронтальный контакт по п.9, в котором вторая ТСО-пленка имеет работу выхода от примерно 4,7 до 5,3 эВ.

14. Фронтальный контакт по п.9, в котором первая ТСО-пленка содержит одно или более из оксида олова и оксида цинка.

15. Фронтальный контакт по п.9, в котором вторая ТСО-пленка имеет толщину примерно 10-100 Å.

16. Фронтальный контакт по п.10, в котором вторая ТСО-пленка, имеющая высокую работу выхода, изменяется по степени окисления, непрерывно или дискретно, так, чтобы иметь большее содержание кислорода вблизи ее первой стороны, которую можно помещать рядом с полупроводниковой пленкой, чем вблизи первой ТСО-пленки.

17. Способ получения фотоэлектрического устройства, причем способ включает в себя

получение стеклянной подложки;

осаждение первой пленки из, по существу, прозрачного проводящего оксида (ТСО) на стеклянную подложку;

осаждение второй пленки из, по существу, прозрачного проводящего оксида (ТСО), имеющей относительно высокую работу выхода, на стеклянную подложку над первой ТСО-пленкой и в контакте с первой ТСО-пленкой, причем вторая ТСО-пленка имеет более высокую работу выхода, чем первая ТСО-пленка; и

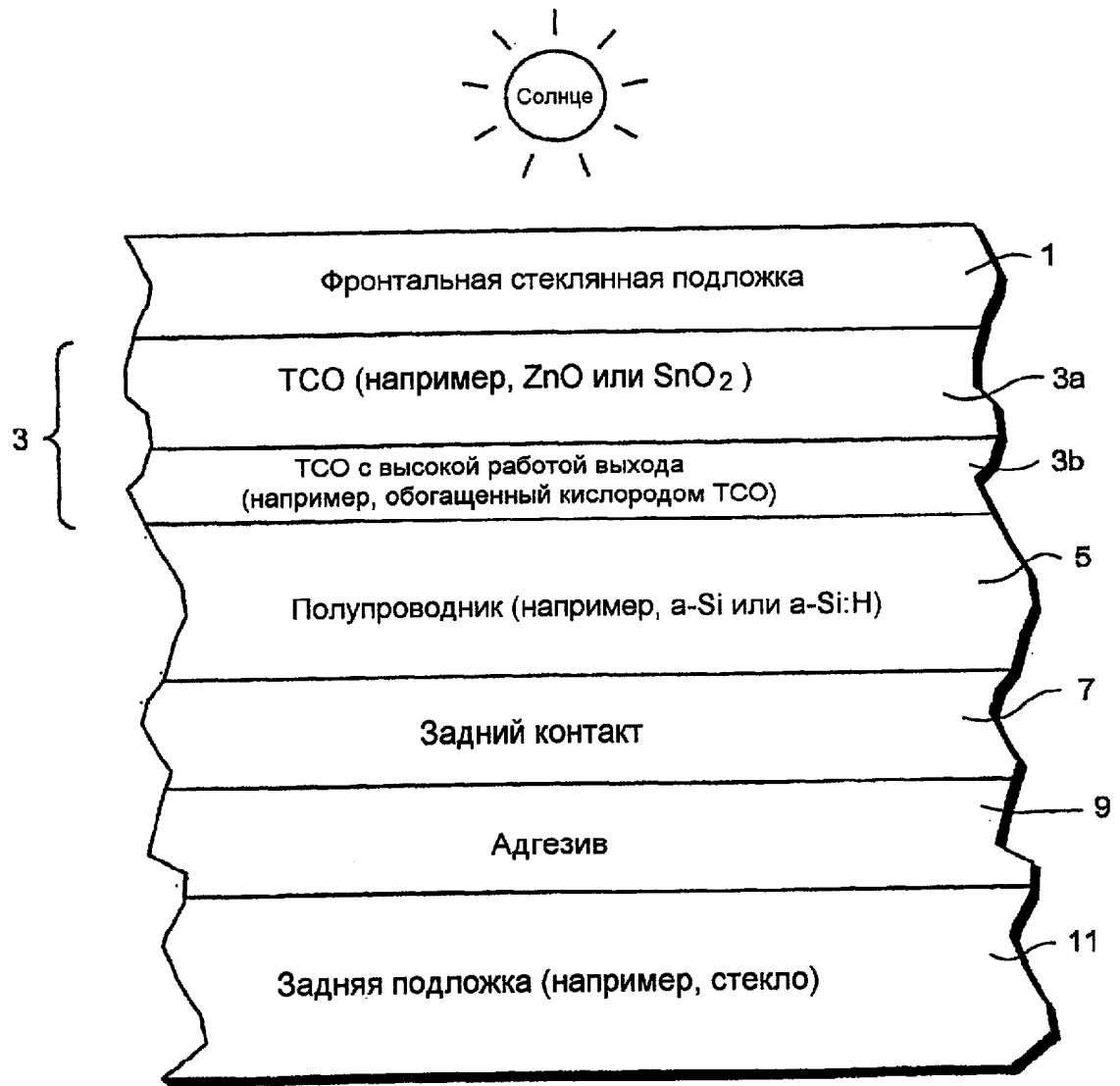
формирование фотоэлектрического устройства так, чтобы вторая ТСО-пленка, имеющая относительно высокую работу выхода, располагалась, по существу, сплошным слоем над первой ТСО-пленкой и контактировала с ней для того, чтобы вторая ТСО-пленка находилась между первым ТСО-пленкой и самой верхней частью полупроводниковой пленки фотоэлектрического устройства и контактировала с ними.

18. Способ по п.17, в котором вторая ТСО-пленка содержит обогащенный кислородом оксид индия-олова (ИТО).

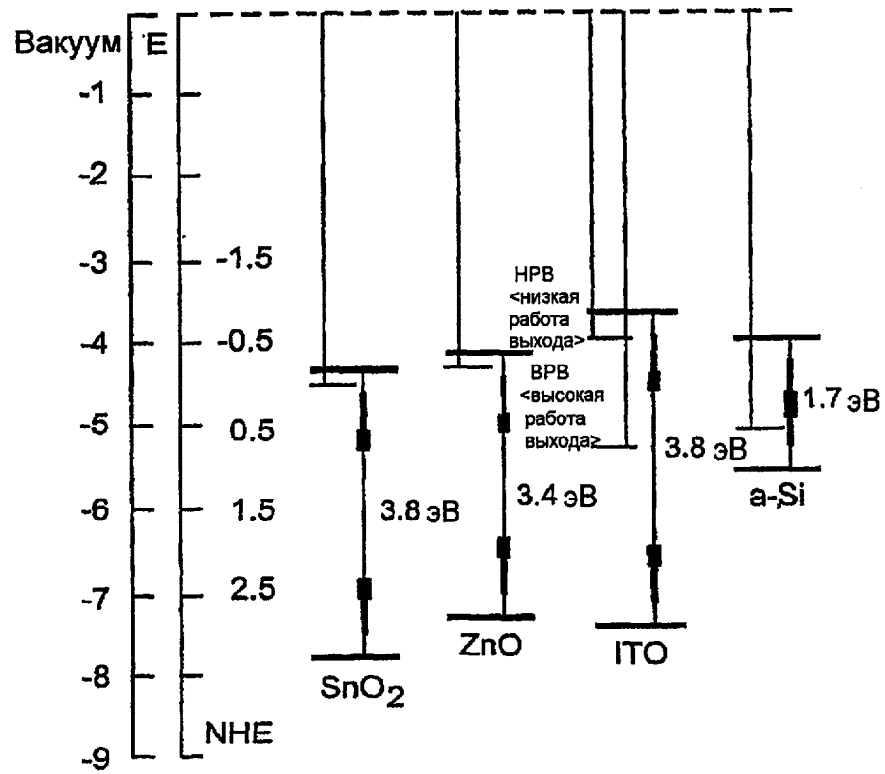
19. Способ по п.17, в котором первая ТСО-пленка имеет работу выхода не более 4,4 эВ, а вторая ТСО-пленка имеет работу выхода по меньшей мере 4,5 эВ.

20. Способ по п.17, в котором вторая ТСО-пленка имеет работу выхода от примерно 4,5 до 5,7 эВ.

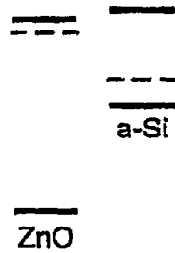
21. Способ по п.17, в котором каждый из указанных этапов осаждения включает напыление.



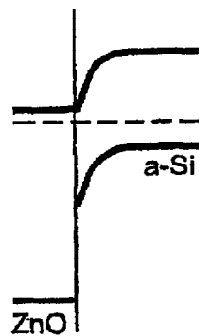
ФИГ.1



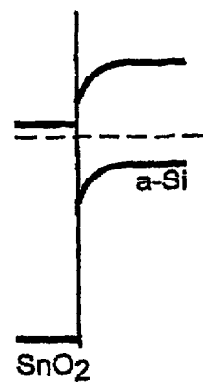
ФИГ.2



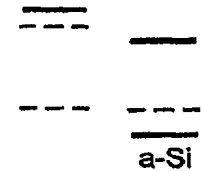
ФИГ.3(a)



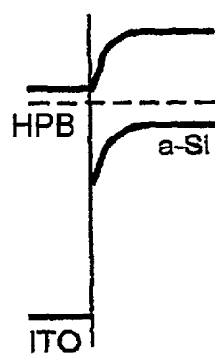
ФИГ.3(b)



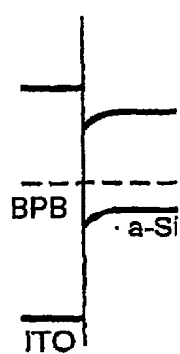
ФИГ.3(c)



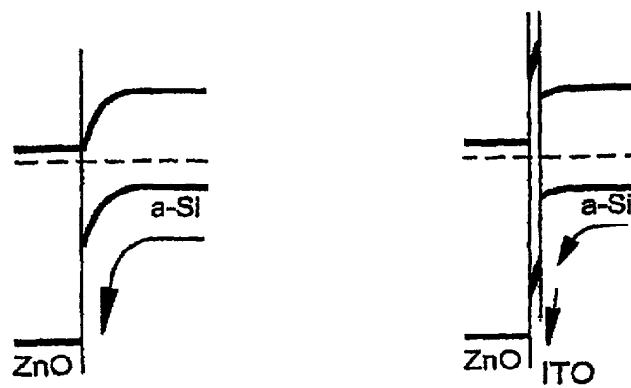
ITO
ФИГ.3(d)



ITO
ФИГ.3(e)



ITO
ФИГ.3(f)



ФИГ.3(г)