

Висновки. Таким чином, АМП в даний час і на найближчий період є ефективними заміниками нафтових палив. Слід мати на увазі, що головна роль у розробці та широкому використанні АМП з поліпшеними екологічними і експлуатаційними властивостями відводиться державним відомствам паливно-енергетичного комплексу та екологічної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Внукова Н. В. Альтернативне паливо як основа ресурсозбереження і екобезпеки автотранспорту / Н. В. Внукова, М. В. Барун // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2011. – № 9(91). – С. 45–55.
2. Химмотология наземных транспортно-технологических средств : навч. пособие / В. М. Коваленко, Л. Є. Пелевін, Г. О. Аржаєв, В. В. Слободчиков. – К. : Аграр Медіа Груп, 2012. – Ч. I : Палива моторні. – 300 с.
3. Полянський С. К. Эксплуатационные материалы для автомобилей и будівельно-дорожних машин : підручник / С. К. Полянський, В. М. Коваленко. – К. : Либідь, 2005. – 504 с.
4. Сафонов А. С. Автомобильные топлива: Химмотология, эксплуатационные свойства, ассортимент / А. С. Сафонов, А. И. Ушаков, И. В. Чечкенов. – СПб. : НПИКЦ, 2002. – 264 с.
5. Балака М. Н. Выброс вредных веществ с отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания / М. Н. Балака, В. В. Слободчиков, Г. А. Аржаєв // Транспортные и транспортно-технологические системы : материалы Междунар. науч.-техн. конф., 16 апр. 2014 г. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. – С. 18–22.

УДК 621.30.49.77

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СОЛНЕЧНОГО СВЕТА НА ОСНОВЕ НАНОТЕКСТУРИРОВАННЫХ СЛОЕВ ФОСФИДА ИНДИЯ

Я.А. Сычикова¹

¹кандидат физико-математических наук, доцент кафедры методики преподавания физико-математических дисциплин и информационных технологий в обучении, Бердянский государственный педагогический университет, г. Бердянск, Украина, e-mail: yanasuchikova@mail.ru

Аннотация. В работе проведено исследование возможности применения наноструктур на основе фосфида индия в качестве материала для изготовления солнечных элементов. Представлена технология получения текстурированной поверхности р-InP.

Ключевые слова: солнечные элементы, полупроводники, пористые материалы, фосфид индия.

SUNLIGHT CONVERTERS BASED ON NANOPARTICLES LAYERS INDIUM PHOSPHIDE

Yana Suchikova¹

¹Ph.D. in physical and mathematic, associate professor of teaching methods of physical and mathematic sciences and information technology in education, Berdyaev-sky State Pedagogical University, Berdyansk, Ukraine, e-mail: yanasuchikova@mail.ru

Abstract. The paper studied the possibility of using nanostructures based on indium phosphide as a material for the manufacture of solar cells. The technology of obtaining textured p-InP surface.

Keywords: solar cells, semiconductors, porous materials, indium phosphide.

Введение. Поиск новых источников энергии и повышение эффективности известных ранее является актуальной задачей современной индустрии, потребляющей все большее количество энергии во всех доступных для использования видах. Особое внимание заслуживают безопасные, экологически чистые виды энергии. К такой категории относятся преобразователи солнечного света в электричество с применением полупроводниковых материалов: кремния, арсенида галлия и др. Главным преимуществом солнечных элементов на сегодня является возможность получения полупрозрачных фотовольтаических элементов. В связи с этим на мировом рынке наблюдается усиленная работа по развитию технологий и снижению цен на солнечные батареи, над этим вопросом работают ведущие институты и производители мира. Правительства многих стран принимают Программы поддержки солнечной энергетики.

Одним из преимуществ использования солнечных батарей является тот факт, что фотоэлектрические электростанции (ФЭС) самые экологически чистые и легко возводимые, благодаря своей модульной конструкции. Кроме этого, ФЭС характеризует:

- высокая надежность (до сих пор они являются источником питания практически для всех спутников на земной орбите, потому что работают без поломок и почти не требуют технического обслуживания);
- низкие текущие расходы (благодаря отсутствию подвижных частей, ФЭС не требуют особого ухода);
- экологичность (это бесшумные и чистые модули, при их работе не происходит сжигания топлива);
- модульность (благодаря этому свойству, ФЭС могут достигать совершенно различных размеров, в зависимости от потребности в электроэнергии);
- длительный срок службы (работают до 30 лет);

- низкие затраты на строительство (обычно ФЭС строят близко к потребителю, т.е. нет нужды тянуть линии электропередач на дальние расстояния, не нужно закупать трансформаторы);

- независимость ФЭС от изменения цен на энергоносители.

В настоящее время конструктивно-технологические решения элементов солнечных батарей на монокристаллических полупроводниках достигли достаточно высокого уровня: коэффициент эффективности преобразования энергии повышается, понижается стоимость их производства, но технология остается достаточно сложной, значительна зависимость эффективности преобразования от уровня освещенности, требуются материалы высокой чистоты. Это ограничивает возможности широкого использования таких элементов.

На сегодняшний день существует несколько технологий производства солнечных батарей, основанных на использовании того или иного материала при изготовлении пластины. Основано это на различном поглощении разными материалами солнечного излучения. Среди широко используемых материалов можно назвать моно- и поликристаллический кремний, а также GaAs, CdTe, аморфный кремний и многие другие. В соответствии с выбранным материалом применяется определенная технология, которая отличается этапами производства и набором оборудования. КПД пластин на основе кремния колеблется в пределах от 13 до 18%. Такие пластины очень хрупкие, требуют дополнительной защиты, но значительно дешевле пластин из других материалов.

Солнечная энергетика имеет перспективы своего развития и распространения на мировом рынке благодаря открытию нового класса материалов – наноматериалов, данное направление изучается ведущими научными группами мира [1, 2]. В частности, следует выделить пористые материалы – благодаря многократному увеличению рабочей площади пластины (из-за присутствия огромного числа пор на поверхности), ожидается значительное увеличение КПД солнечных элементов, а также их интенсивности поглощения света, возможностью накапливания больших объемов энергии, более долгим сроком эксплуатации (повышение времени жизни устройства) [3, 4].

Снижение стоимости солнечных элементов может быть достигнуто за счет оптимизации технологии их изготовления, например изготовление структур ПДП (полупроводник-диэлектрик-полупроводник). Данный метод исключает из технологической цепочки высокотемпературные процессы эпитаксии.

Кроме того, значительного удешевления солнечных элементов можно достичь за счет увеличения активной рабочей поверхности элемента. Увеличение активной поверхности обычно происходит за счет ее текстурирования селективным химическим травлением. В результате на поверхности базового полупроводникового материала образуются инверсные пирамиды или усеченные конусы [5].

Наноструктурированная поверхность является предельным случаем текстурирования. Такая поверхность обладает максимальной величиной поверхности, поэтому изучение возможности использования полупроводниковых материалов с наноструктурированной активной поверхностью в фотоэлектрических приборах представляется весьма актуальным.

Цель работы – исследование возможности получения фотовольтаических элементов на основе нанотекстурированного фосфида индия.

Материал и результаты исследований. В качестве материала для исследования был выбран полупроводник фосфид индия InP с р-типом проводимости.

Фосфид индия является одним из самых многообещающих материалов фотовольтаики, благодаря уникальному свойству – запрещенная зона InP соответствует энергии фотонов максимума излучения солнечной радиации [6].

Образцы очищались и подвергались анодному электролитическому травлению. Электролитом служили водные и спиртовые растворы кислот.

В результате на поверхности полупроводников образовались наноструктуры, представляющие собой кластеры, поры, пирамиды и т.д.

Целью эксперимента являлось получение на поверхности полупроводника плотно упакованного массива пирамидальных кластеров. Такие структуры были сформированы на поверхности фосфида индия при электрохимической обработке в бромистой кислоте при освещении вольфрамовой лампой. Экспериментальным путем установлено оптимальную концентрацию электролита, плотности тока и времени травления для получения наиболее однородной по высоте и форме текстуры:

- состав травителя $\text{HBr}:\text{H}_2\text{O} = 1:1$;
- плотность тока 150 мА/см^2 ;
- время травления 8 минут;
- мощность вольфрамовой лампы 200 Вт.

Рис.1 демонстрирует морфологию текстурированной пластины фосфида индия. Из рисунка видно, что на поверхности монокристалла образуется плотная картина пирамидальных наростов, которые имеют наклон, связанный с анизотропией кристалла, а также направлением тока. Высота пирамид варьируется от 0,7 до 1,1 мкм.

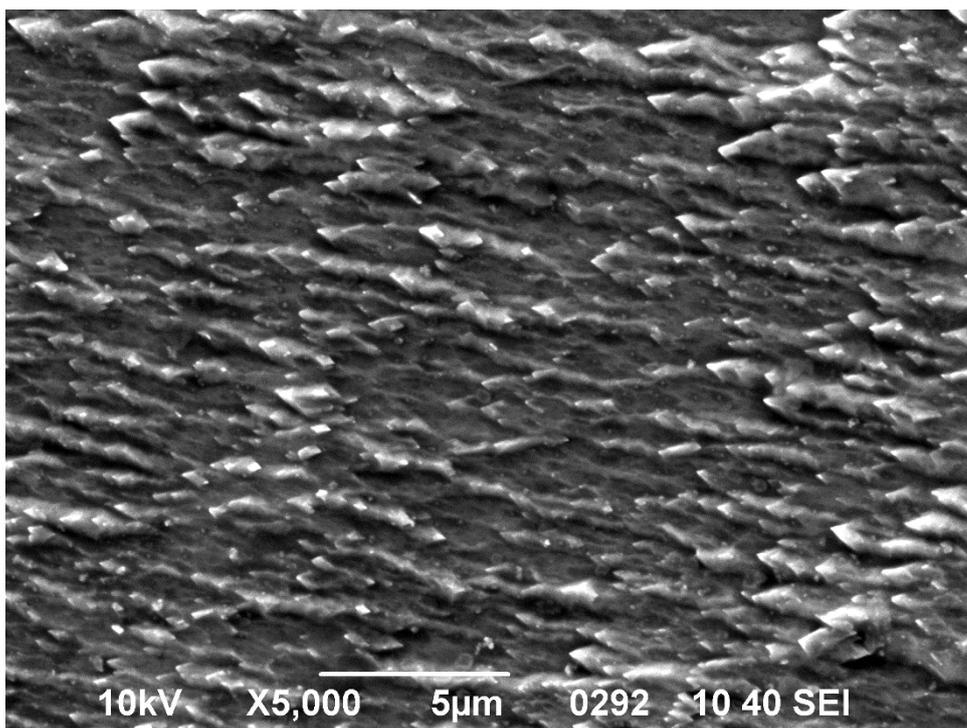


Рисунок 1 – Текстурированная поверхность p-InP

Полученные текстурированные слои характеризуются значительным увеличением площади поверхности полупроводника, что дает им преимущества перед классическими материалами фотовольтаических устройств. Кроме того, наклон граней пирамид значительно уменьшает коэффициент отражения света от рабочей поверхности. Данное свойство позволит изготавливать солнечные элементы минуя этап нанесения антиотражающего покрытия.

Учитывая классическую технологию производства солнечных элементов и предложенную нами модель повышения качества, предлагается двухступенчатая технология:

1ая ступень – получение наноструктурированных слоев фосфида индия;

2ая ступень – непосредственно производство солнечных элементов.

Текстурированный фосфид индия целесообразно получать, как было показано выше, методом электрохимического травления. Данная технология достаточно хорошо нами изучена и освоена. Кроме того, она имеет ряд преимуществ перед другими видами травления (плазменного, плазмохимического, ионного), среди которых:

- не требует специального дорогостоящего оборудования;
- является технологически простым;
- низкий температурный процесс;
- малое повреждение поверхности;

- низкая стоимость;
- позволяет получать пористые слои высокого качества;
- подбирая соответствующие условия, можно управлять диаметром пор, толщиной пористого слоя и пористостью.

Вывод. Изложенное выше позволяет сделать ряд важных выводов:

- разработана технология получения нанотекстурированных слоев фосфида индия р-типа проводимости;
- установлены оптимальные условия формирования пирамидальных кластеров на поверхности InP;
- показано перспективность использования текстурированного фосфида индия в качестве материала фотовольтаических устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алфёров Ж.И. Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики / Ж.И. Алфёров, В.М. Андреев, В.Д. Румянцев // Физика и техника полупроводников. – 2004. – Т. 38, Вып. 8. – С. 937 - 948.
2. Suchikova Y.A. Morphology of porous n-InP (100) obtained by electrochemical etching in HCl solution / Y.A.Suchikova, V.V. Kidalov, G.A. Sukach // Functional Materials. – 2010. – Vol.17, №1. – P. 1 – 4.
3. Швец Е.Я. Оценка перспектив применения арсенида галлия и сплавов на его основе в качестве материалов для солнечных элементов // Е.Я. Швец, А.Г. Колomoец // Металургия. – 2013. – 2 (30). – С. 132 – 136.
4. Сычикова Я.А. Влияние дислокаций на процесс порообразования в монокристаллах n-InP (111) / Я.А. Сычикова, В.В. Кидалов, Г.А. Сукач // Физика и техника полупроводников. – 2011. – Т. 45, № 1. – С. 123 – 126.
5. Дикусар А.И. Фотоэлектрические структуры на основе нанопористого p-InP/ А.И. Дикусар, Л.И. Брук, Э.В. Монайко // Электронная обработка материалов. – 2008. – Т. 1. – С. 4 – 9.
6. Сычикова Я.А. Зависимость величины порогового напряжения порообразования фосфида индия от состава электролита / Я.А. Сычикова, В.В. Кидалов, Г.А. Сукач // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2013. – № 5. – С. 1 – 6.

УДК 622.2:502.14

СЛАНЦЕВАЯ НЕФТЬ

Э.М. Шарафутдинов¹, Е.Г. Саитгареев²

¹студент 1 курса, группа БГР-14-12, Октябрьский филиал Уфимского Государственного Нефтяного Технического Университета, г. Октябрьский, респ. Башкортостан, Россия, email: darealdenja@gmail.com

²студент 1 курса, группа БГР-14-12, Октябрьский филиал Уфимского Государственного Нефтяного Технического Университета, г. Октябрьский, респ. Башкортостан, Россия, email: evgeni.96@mail.ru