

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті
Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева



**«ҚАЗІРГІ ЗАМАНДАҒЫ МАТЕРИАЛТАНУ: ТӘЖІРИБЕЛЕР,
МӘСЕЛЕЛЕР ЖӘНЕ ДАМУ КЕЛЕШЕГІ»**

Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция

ЕҢБЕКТЕРІ

ТРУДЫ

международной научно-практической конференции

**«СОВРЕМЕННОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ: ОПЫТ,
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»,**

PROCEEDINGS

International scientifically-practical conference

**«CONTEMPORARY MATERIALOLOGY: EXPERIENCE, PROBLEMS
AND DEVELOPMENT PERSPECTIVES»**

Алматы 2015 Almaty

УДК 620.2 (063)
ББК 30.3
Қ 22

Главный редактор: Адилов Ж.М., академик

Редакционная коллегия

Дуйсемалиев У.К., профессор, Сейткулов А.Р., доцент, Тусупбеков М.Р., профессор, Смагулов Д.У., профессор, Утепов Е.Б., профессор, Машеков С.А., профессор, Дегтярева А.С., доцент, Шокобаева Г.Т., доцент.

Қ 22 Қазіргі замандағы материалтану: тәжірибелер, мәселелер және даму келешегі. Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияның материалдары. = Современное материаловедение: опыт, проблемы и перспективы развития Труды международной научно-практической конференции. = Contemporary materiology: experience problems and development perspectives. Proceedings international scientifically-practical conference. – Алматы, Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ, 2015. – 246 бет. – Қазақша, орысша, ағылшынша.

ISBN 978-601-228-801-8

Еңбектер жинағына машина жасаудағы наноматериалдар және жаңа функционалды материалдар туралы ғылыми жетістіктерді сипаттайтын мақалалар енгізілген. Жарияланып отырған жұмыстардың тақырыптары дүниежүзілік жетістіктерді ескере отырып, наноматериалтану саласындағы болашағы зор жаңа функционалды материалдарды жасау және өндіру саласындағы алдыңғы қатарды технологиялар мен іргелі және қолданбалы ғылыми зерттеу нәтижелеріне арналған мәселелерін қамтиды.

В сборник трудов включены статьи, отражающие достижения науки о наноматериалах и новых функциональных материалах в машиностроении. Тематика опубликованных работ посвящена результатам фундаментальных и прикладных исследований, перспективных технологий в области наноматериалов, разработке и производству новых функциональных материалов с учетом мирового опыта.

Proceedings include the papers, reflecting achievements of science of nanomaterials and new functional materials in mechanical engineering. Subject of published works devoted to the results of basic and applied research, advanced technologies in the area of nanomaterials, the development and production of new functional materials based on worldwide experience.

УДК 620.2 (063)
ББК 30.3

ISBN 978-601-228-801-8

© Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева, 2015

<i>Сейткулов А.Р., Косьминов А.А.</i>	
ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА МЕТОДОВ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЁВ ДОЛБЕЖНОГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ.....	193
<i>Мионов В.Г., к.т.н., Шилов Г.Т., Ильмалиев Ж.Б.</i>	
СОЗДАНИЕ ОПЫТНОГО ПРОИЗВОДСТВА САМОФЛЮСУЮЩЕГОСЯ ПОРОШКОВОГО НАПЛАВОЧНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА.....	196
<i>Сейткулов А.Р. (КазНТУ), Верецака А.С. (МГТУ), Ескара Е.С.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ.....	198
НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ	202
<i>Приходько О.Ю., Михайлова С.Л., Манабаев Н.К., Гусейнов Н.Р., Максимова С.Я, Мухамткаримов Е.С.</i>	
ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА АЛМАЗОПОДОБНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ПЛЕНОК, ЛЕГИРОВАННЫХ НАНОКЛАСТЕРАМИ МЕТАЛЛА.....	202
<i>Яр-Мухамедова Г.Ш., Кошимова К.О., Сабиров Н.У., Шаиков Е.Г.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ НАНО - КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ХРОМА.....	203
<i>Досимбеков Д., Ешманова Г., Жанизаков К., Шамельханова Н.А.</i>	
СЗМ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ И ПОЛУЧЕНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР.....	208
<i>Дүйсенбаева А.А.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОСТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ С ЦЕЛЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ ИХ В СФЕРЕ МАШИНОСТРОЕНИЯ.....	210
<i>Айттемишов А.Ы., Малаев С.А., Ускенбаева А.М.</i>	
АЛЮМИНИЙ НАНОКОМПОЗИТТИ МАТЕРИАЛЫН ЗЕРТТЕУЛЕРІ.....	212
<i>Диханбаев К.К., Манаков С.М., Мукашев Б.Н., Танатов Н.Н., Укенова Г., Толепберген К.Ж.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕГИРОВАННОГО СЛОЯ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ В КАЧЕСТВЕ АНТИОТРАЖАЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА.....	216
<i>Сембаева Н.Е., Ускенбаева А.М.</i>	
К СОЗДАНИЮ НОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	219
<i>Диханбаев К.К., Бейсенбаев М.А., Топанов Б.Г.</i>	
РАЗРАБОТКА СВЕТОДИОДНЫХ СТРУКТУР, СФОРМИРОВАННЫХ НИТРИДИЗАЦИЕЙ НАНОПОРИСТОГО GaP МЕТОДОМ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ.....	221
<i>Мухамбетов Д.Г., Каргин Д.Б., Чалая О.В.</i>	
ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА ПУТЕМ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОКСИДАЦИИ НЕЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ.....	224
<i>Куралбаева Г.А., Сатаева Г.Е., Мырзахмет М.К., Копышева А.К., Дәуренбек Н.М.</i>	
ОПАЛДЫ МАТРИЦАЛАРДЫҢ ЕКІНШІЛІК СӘУЛЕЛЕНУ СПЕКТРЛЕРІН ТАЛШЫҚТЫ -ОПТИКАЛЫҚ АНАЛИЗДЕУ ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕУ.....	228
<i>Дүйсемалиев У.К., Седачева Е.</i>	
АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НАНОМАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ.....	231
<i>Абдуллин Х.А.¹, Гриценко Л.В.², Калкозова Ж.К.¹, Кумеков С.Е.², Мукаш Ж.О.², Саитова Н.К.², Султамуратова А.С.²</i>	
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СЛОЁВ ОКСИДА ЦИНКА.....	235
<i>Татыбаев М.К., Муртазина Б.Т., Тултебаев Б.Т.</i>	
ДОКУМЕНТАЦИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА - МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ ИСО 9001:2008.....	238

Диханбаев К.К., Манаков С.М., Мукашев Б.Н., Танатов Н.Н., Укенова Г., Топенберген К.Ж.
Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕГИРОВАННОГО СЛОЯ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ В КАЧЕСТВЕ АНТИОТРАЖАЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА

В работе показано, что с помощью проведения диффузии фосфора через слой наноструктурированного пористого кремния можно сформировать стабильную структуру солнечного элемента с наилучшим выходным параметрами, вследствие уменьшения тока насыщения р-п-перехода.

Введение

Среди материалов, перспективных для создания солнечных элементов с высокими эксплуатационными параметрами, значительное место занимает монокристаллический кремний. Особый интерес представляет создание солнечных элементов, в которых антиотражающая поверхность представляет собой развитую структуру пористого типа [1].

В настоящей работе исследована возможность использования пористых структур в качестве антиотражающих слоев для солнечных элементов. Были проведены процессы термодиффузии для создания р-п-переходов кремниевого солнечного элемента и исследованы поведение обратного темнового тока насыщения I_0 от приложенного напряжения, при наличии легирующего оксида и без него.

Многие авторы отмечают преимущества пористого кремния (ПК), как антиотражающего слоя по сравнению с другими покрытиями [2]. В этой работе отмечается, что эффективное отражение, получаемое с применением ПК значительно меньше, чем с применением классического покрытия из TiO_2 . В работе [3] получены меньшие значения коэффициента отражения по сравнению с антиотражающим слоем из ZnS. Такой же результат было получено в [4].

В данной работе рассматриваются экспериментальные методы и режимы проведения процесса термодиффузии в пористом кремнии, определения глубины проникновения фосфора в кремний, а также диффузия примесей фосфора через оксидную плёнку пористого кремния.

Методика измерения.

В качестве исходного материала использовался монокристаллический кремний р-типа проводимости с удельным сопротивлением 1-3 Ом·см, толщиной 300 мкм. Тыльный контакт формировался напылением алюминия в высоком вакууме, после чего фронтальная поверхность анодировалась в растворе HF:этокситанол (1:2) в течение 30 с и тщательно промывалась в деионизованной воде.

Были использованы различные режимы травления кремния: при постоянной плотности тока, при градиентном уменьшении и возрастании плотности тока. Такой процесс анодизации приводил к формированию пористого кремния с различной степенью пористости. Использование неоднородных градиентных покрытий солнечных элементов могут приводить к увеличению их эффективности. Они создают сильное электрическое поле непосредственно на поверхности ПК, затягивая неосновные носители заряда из объёма кремния, тем самым увеличивает эффективность солнечных элементов.

Тонкий слой диффузанта, содержащий фосфорный ангидрид, тетраэтоксисилан и этиловый спирт наносился на поверхность пластины «spin-on» методом с последующей сушкой. Затем, пластины с твердым диффузантом помещались в рабочую зону установки быстрого импульсного отжига, при этом температура печи составляла от 900°C до 925°C в течении времени от 30 до 60 секунд. Контактная сетка на поверхности солнечных элементов наносилась методом трафаретной печати. Исследуемая в данной работе конструкция солнечного элемента с пористым кремнием представлена на рисунке 1.

Обсуждение экспериментальных данных

Диффузия из ограниченного источника может быть выполнена для получения наименьшего последовательного сопротивления солнечного элемента, что приводит к высокому коэффициенту заполнения световой вольт-амперной характеристики.

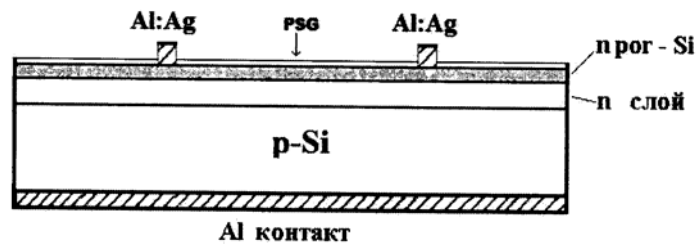


Рисунок 1 - Конструкция солнечного элемента с оксидным пористым кремнием (где, PSG-фосфоросиликатное стекло)

Кислотное травление кремния ведет к формированию слоев пористого кремния с коэффициентом отражения света в минимуме ниже 5%.

Спектральные зависимости коэффициент отражения текстурированных образцов пористого кремния, приготовленных при различных условиях (рисунок 2), показывают минимум в диапазоне 600-620 нм, отражающий свой цвет после травления. Наименьшее отражение наблюдалось для образцов пористого кремния толщиной 120 нм, приготовленных в режиме линейного уменьшения плотности тока анодизации. Отметим, что для исследуемых структур фосфоросиликатное стекло, образовавшееся на их поверхности после диффузии, не стравливалось.

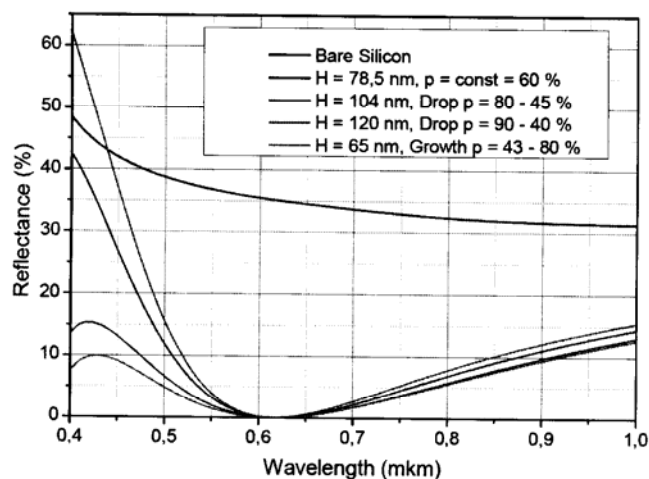


Рисунок - 2 Спектры отражения пористого кремния, полученные при различных условиях и характеризующиеся различной пористостью (p)

Из рисунка видно, что с увеличением пористости наноструктуры спектр отражения уменьшается в спектральном диапазоне от 400 до 1000 нм. В коротковолновой области интенсивность отражения с уменьшением пористости растет. Верхняя темная кривая соответствует коэффициенту отражения исходного кремния.

При изучение спектров фотолюминесценции выращенных образцов, подтверждают, что свойства легированного пористого кремния остаются стабильными в течении длительного времени [5].

Глубина диффузии p-n перехода определяется по формуле

$$X_i = \pi / \ln 2 \cdot \sqrt{D\tau} \quad (1)$$

Приняв коэффициент диффузии фосфора в кремнии при 920°C, равным $5 \cdot 10^{-14}$ см²/с, то поставляя время диффузии $\tau = 20$ мин в формулу $X_i = 5,4\sqrt{D\tau}$, находим глубину p-n перехода диффузионного слоя. Таким образом, по режиму проведенного эксперимента расчетная глубина будет равна $X_i \sim 0,42$ мкм. Такое же значение глубины p-n перехода было получено методом окрашивания.

На рисунке 3 представлено поперечное сечение структуры пористого кремния, полученного в режиме линейного уменьшения тока. Верхний слой представляет легирующую оксидную пленку, средний – пористая пленка, снизу объемный кремний. Как видно из рисунка верхние наноструктурированные слои характеризуются большей пористостью, по сравнению с нижними

слоями. Калибровочные эксперименты по выращиванию пористого кремния при постоянном токе дают диапазон изменения пористости от 90% до 40%.

Обычно, уменьшение обратного тока насыщения приводит к увеличению U_{oc} - напряжения холостого хода солнечного элемента в соответствии с выражением:

$$U_{oc} = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{I_{sc}}{I_0}\right), \quad (2)$$

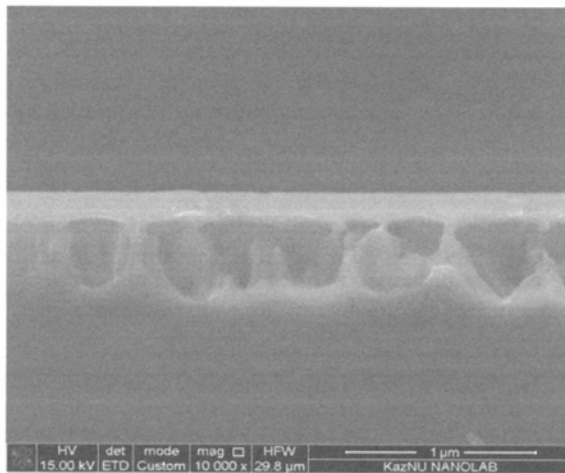


Рисунок 3- Поперечная структура пористого кремния

где k – постоянная Больцмана, T – термодинамическая температура, q – заряд электрона, I_{sc} – ток короткого замыкания, I_0 – обратный ток насыщения.

На характеристике Л2-56 были измерены вольтамперные характеристики СЭ с нанопористым кремнием при освещении белым светом с мощностью 87 мВт/см^2 (рисунок 4).

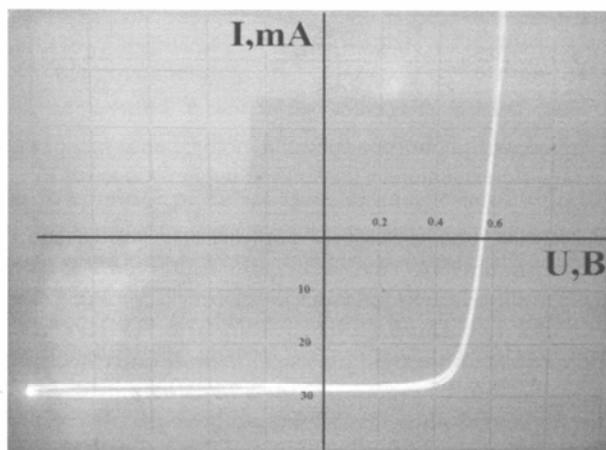


Рисунок 4 – Световая вольтамперная характеристика

Из вольтамперной характеристики видно, что коэффициент заполнения составляет порядка 75% что указывает на низкое последовательное сопротивление диффузионного слоя. Кроме того, плотность тока короткого замыкания достигает $28\text{-}30 \text{ мА/см}^2$.

Таким образом, легирующий твердый раствор на поверхности солнечных элементов сохраняет высокий уровень концентрации примеси под окислом, тем самым уменьшает обратные токи и увеличивает коэффициент заполнения световой ВАХ.

Заключение

Оксидированный пористый кремний с градиентной пористостью является лучшим оптическим окном и просветляющим покрытием с отражательной способностью ниже 10% в диапазоне от 400 до 1100 нм для кремниевого солнечного элемента. Спектр отражения имеет минимум в видимой области на длине волны 600 нм.

В результате эксперимента определена глубина диффузии p-n- перехода двумя методами: методом окрашивания p-n- перехода и по заданию режима проведения диффузии. Оба способа дали низкие результаты: $X_i \approx 0,42$ мкм.

Показано, что, наличие слоя из фосфоросиликатного стекла на поверхности солнечных элементов существенно уменьшает обратный ток насыщения солнечного элемента с пористым кремнием, в результате имеется возможность увеличения тока короткого напряжения и напряжения холостого хода. В условиях солнечного освещения AM1 $J_{sc} = 30-32$ мА/см² и $U_{oc} = 0,6$ В, а эффективность составляла 14-15%.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Strehlke S., Bastide S., Levy-Clement C. Optimization of porous silicon solar cells. //Solar Energy Materials & Solar Cells. – 1999. –Vol.58. - P. 399-409.
- 2 Takagahara T., Takeda K. Theory of quantum confinement effect on excitons in quantum dots of direct-gap materials //Phys. Rev. B. – 1992. –Vol.46, №23. -P.15578-15581.
- 3 Adamian Z.N., Hakhoian A.P., Aroutiounian V.M., Barseghian R.S., Touryan K. Solar cells with porous silicon as antireflection layer //Solar Energy Materials & Solar Cells. -2000. –Vol.64. - P. 347 - 351.
- 4 Chakravarty B.C., Tripathi J., Sharma A.K. et al. The growth kinetics and optical confinement studies of porous Si for application in terrestrial Si solar cells as antireflection coating //Solar Energy Materials and Solar Cells. -2007. –Vol.91, no. 8. –P.701–706.
- 5 Dikhanbayev K.K., Taurbayev E.T., Bayganatova Sh.B., Kablanbekov B.M. New effective methods for obtaining and optoelectronic properties of nanoporous silicon // Proceedings of the VIII International Conference "Advanced technologies, equipment and analytical systems for materials and anomaterials." - 2011. Almaty, P. 283-290.

УДК 620.18

Сембаева Н.Е., Ускенбаева А.М.

Казахский национальный технический университет имени К.И.Сатпаева

К СОЗДАНИЮ НОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Повышение прочностных свойств конструкционных материалов является важнейшей проблемой в машиностроении. Однако по мере увеличения прочности материалов происходит резкое снижение их пластичности, увеличивается склонность к хрупкому разрушению. Это сильно ограничивает использование высокопрочных материалов в качестве конструкционного материала.

Значительные успехи были достигнуты с развитием композиционных материалов (КМ) с металлической матрицей, упрочненной высокомолекулярными армирующими частицами, волокнами или усами.

Создание материалов, представляющих собой композиции из мягкой матрицы и распределённых в ней высокопрочных волокон второй фазы (обычно более прочной, чем матрица), значительно расширяет их эксплуатационные возможности.

Наибольшее распространение получили алюмоматричные КМ, упрочненные частицами оксидов, карбидов, нитридов, волокнами графита, бора и т.п. По сравнению с традиционными алюминиевыми сплавами КМ на их основе отличаются более высокими значениями удельной прочности и жесткости при сохранении или незначительном снижении электро- и теплопроводности, что обеспечивает им конкурентные преимущества в ряде отраслей науки и техники [1-3].

Стремительное развитие нанотехнологий позволило конструировать и изучать материалы на уровне отдельных атомов или кластеров. При переходе к наноразмерному состоянию материалы приобретают особую структуру и проявляют уникальные механические, электронные, тепловые свойства, значительно превосходящие характеристики макро- и микроматериалов. Дальнейшим