РЕЦЕНЗИЯ

на диссертационную работу Чучваги Николая Алексеевича «Исследование и оптимизация гетеропереходных солнечных элементов на основе кремния»,

представленную на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 6D072300 - Техническая физика

1. Актуальность темы исследования и ее связь с общенаучными и общегосударственными программами

Концепция получения гетеропереходных солнечных элементов на основе кремния очень сложна и интересна. Отсюда пристальное и тщательное изучение ее многими исследователями. Просмотр литературных данных по этому вопросу указывает на изобилие научных источников. Тем не менее, автором установлено, что, несмотря на широкое применение фотоэлементов на основе кристаллического кремния, в которых при помощи диффузии создан p-n – переход, сведения о них и о прогнозировании свойств либо весьма ограничены или противоречивы, либо вообще отсутствуют. Это касается исследований относительно коэффициента полезного действия и технологической достаточности, а также физических основ влияния технологических режимов плазмохимического осаждения на параметры рабочих слоёв высокоэффективных кремниевых фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) на основе гетероструктуры аморфный кремний-кристаллический кремний (a-Si/c-Si).

В связи с этим тема диссертационной работы Н. Чучваги является актуальной. Работа выполнена в соответствии с целевыми республиканскими программами фундаментальных и прикладных исследований ГР№0115РК00384.

2. Научные результаты в рамках требовании к диссертациям (пп.127, от 31.03.11г., «Правила присуждения ученых степеней»)

Детальный и конкретный анализ научной, патентной и технической литературы по модификации физических свойств фотоэлементов позволил Н.А.Чучваге обосновать направление своих исследований.

Интересно отметить, что решение всех проблем в диссертационной работе, касаются ли они научных (изучение эмиттерного слоя p-типа проводимости, исследование компьютерной модели фотоэлемента HIT, Оптимизация компьютерной модели структуры HIT и др.) или технологических вопросов (разработка способов Оптимизация толщины BSF-слоя, разработка методов Оптимизации толщины встроенного i-слоя собственного типа проводимости) осуществляется автором на методически обоснованном уровне.

Поскольку вся работа направлена на формирование и модификацию гетеропереходных солнечных элементов на основе кремния, то естественно, что весь упор в теоретической части работы сделан на исследование механизмов изменения свойств полупроводниковые фотоэлектрических преобразователей под влиянием различных факторов.

Ряд научных положений, сформулированных Н. Чучвагой, вносят определенный вклад в теорию модификации солнечных элементов. Так, автором впервые на основании совокупности различных физических методов анализа высказано предположение о том, что моделирование тонко измерительных диапазонов в толщине слоя и легировании в многослойных солнечных элементах осуществляется с помощью последовательности простых систем. Показано, что моделирование солнечных элементов, при помощи программных пакетов «PC1D» и «AFORS-HET» целесообразно использовать для определения основных факторов, влияющих на эффективность солнечных элементов на основе кремния. Этот вывод сделан автором на основании исследований измерение оптических и ВАХ характеристик на установке «IV-16L», а также методом сканирующей электронной микроскопии; измерение времени жизни ННЗ на установке «SINTON» и др.

Диссертантом при исследовании режимов синтеза гетеропереходных солнечных элементов фотоэлементы со встроенным тонким аморфным слоем на базе подложки из монокристаллического кремния n-типа проводимости впервые дана интерпретация причин снижения эффективности фотоэлементов. Для оптимизации структуры p-a-Si:H / i-a-Si:H / n-c-Si / i-a-Si:H/ n+ a-Si:H и установления оптимальных параметров фотоэлементов использовано компьютерное моделирование в программном пакете AFORS-HET.

Значительный интерес в научном и практическом отношении представляют исследования возможности получения КПД фотоэлементов HIT: на основе монокристаллической пластины n-типа проводимости регулированием толщины эмиттерного p-слоя; на основе монокристаллической пластины n-типа регулированием толщины фронтального и тыльного слоёв аморфного кремния i–типа, а также установлен способ достижения максимального значения КПД фотоэлементов HIT (более 20%) оптимизацией с помощью компьютерного моделирования.

3. Степень обоснованности и достоверности каждого научного результата (научного положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации

Достоверность и обоснованность научных результатов не вызывают сомнения, так как они получены использованием апробированных и хорошо зарекомендовавших себя методик экспериментов, базируются на данных, полученных с применением известных и общепринятых в данной области физических методов исследования (растровой и просвечивающей электронной микроскопии, измерением вольт-амперных характеристик и фотолюминес-

ценции, и др.), объясняются закономерностями физики твердого тела и материаловедения. Высокая точность расчетов достигается также использованием в обработке результатов измерений современных вычислительных средств и прикладных компьютерных программ. Модельные расчеты параметров осаждения проведены с помощью пакете программ «AFORS-HET».

4. Степень новизны каждого научного результата (положения), вывода соискателя, сформулированных в диссертации.

Отдельные результаты, такие как оптимальная толщина сформированного аморфного слоя собственной проводимости, оптимальные значения параметров для формирования эмиттерного аморфного слоя являются новыми. Достоверность полученных результатов подтверждается также совпадением некоторых полученных автором результатов с данными, имеющимися в мировой литературе.

5. Практическая значимость полученных результатов

Полученные соискателем результаты направлены на решение актуальной проблемы получения материалов с заданными свойствами экономически выгодными способами. Они, безусловно, найдут применение в расчете конкретных технических проектов и объяснении явлений, происходящих при формировании высокоэффективных гетеропереходных кремниевых солнечных элементов. Практическая значимость подтверждается наличием Патента РК №30246 «Способ получения тонкопленочных структур на основе кремния».

6. Замечания, предложения по диссертации

В замечаниях к диссертационной работе следует отметить следующее:

1. Из содержания работы не ясно, на чем основано утверждение автора о том, что искривление линий на зонной диаграмме исходного солнечного элемента в диапазоне от 0 до 0,3 мкм связано с перераспределением зарядов у границ гетероперехода.

2. Имея обширный экспериментальный материал, соискатель не дает интерпретацию связи эффективности фотоэлементов с режимами формирования, что явилось бы интересным в научном плане.

3. Анализируя результаты исследования образцов методом фотолюминесценции при комнатной температуре (рисунки 3.27 – 3.29), автор лишь констатирует очевидные факты, что на образцах с меньшей толщиной слоя аморфного кремния интенсивность меньше, а на больших – больше, не раскрывая физических основ влияния режимов формирования фотоэлементов. Научное обоснование с применением математической модели было бы убедительней.

4. В диссертационной работе автор не приводит подробного анализа расчета слоев Шоттки с применением предложенных им новых подходов, кото-

рые использованы в программе AFORS-HET для компьютерного моделирования. При этом на стр. 79 название подпункта 3.2.4 отсутствует.

5. Автором приведен в качестве одного из методов исследования электронно-микроскопический, однако снимков представлено крайне мало и соответствующий анализ двух рисунков малоубедителен с научной точки зрения.

6. В диссертационной работе следовало бы более подробно представить моделирование процесса оптимизации параметров гетеропереходных солнечных элементов на основе кремния, которое использовалось для определения оптимальных значений уровней легирования функциональных слоёв фотоэлемента HIT, что могло бы составить основу новой наукоемкой технологии.

7. В диссертации в некоторых местах не указаны страницы при повторной ссылке на литературу (стр. 11, 18, 37 и др.), на отдельных рисунках (3.2, 3.3, 3.13, 3.27 и др) не указаны погрешности измерения, имеются стилистические и грамматические ошибки.

7. Соответствие содержания диссертации в рамках требований «Правила присуждения ученых степеней»

Несмотря на указанные замечания, результаты и выводы диссертационной работы Николая Чучваги значимы в научном, теоретическом и прикладном планах. По объему и содержанию диссертация отвечает требованиям «Правил присуждения ученых степеней» Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК и соответствует паспорту специальности.

Считаю, что диссертационная работа «Исследование и оптимизация гетеропереходных солнечных элементов на основе кремния», является законченной научно-исследовательской работой, выполнена на современном научном уровне, обладает новизной и научно-практической значимостью, соответствует специальности 6D072300 - Техническая физика, а ее автор Чучвага Николай Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени доктора философии PhD.

Рецензент:
доктор физико-математических
наук, профессор Г.Ш. Яр-Мухамедова

РАСТАЙМЫН
әл-Фараби атындағы ҚазҰУ Ғылыми кадр
даярлау және аттестаттау басқармасының
ЗАВЕРЯЮ
Начальник управления подготовки и атте
научных кадров КазНУ им. аль-Фараб
Р.Е. Кудайбергенова
«_____» _____ 20____ж./г.