# ОТЗЫВ

**научного руководителя**

**на диссертационную работу ЧУЧВАГИ НИКОЛАЯ АЛЕКСЕЕВИЧА «Исследование и оптимизация гетеропереходных солнечных элементов на основе кремния» по специальности 6D072300 – Техническая физика на соискание ученой степени доктора философии (PhD)**

Целью диссертационной работы Чучваги Н.А. заключалась в оптимизации параметров рабочих слоев высокоэффективных (КПД ≥ 20%) кремниевых фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) на основе гетероструктуры аморфный кремний-кристаллический кремний (a-Si/c-Si) методом плазмохимического осаждения.

При этом основной упор делался на на разработке компьютерной модели гетероструктурного солнечного элемента и проверке расчетных величин на изготовленных структурах.

**Актуальность темы работы** Анализ тенденций развития рынка солнечной энергетики показывает, что при сохранении стоимости на кристаллический кремний на современном уровне в ближайшем будущем конкурентно способными будут технологии, обеспечивающие эффективность преобразования солнечного света порядка 20% и выше. Одной из наиболее привлекательных технологий изготовления солнечных элементов (СЭ) на основе кристаллического кремния (c-Si) является ***HIT*** *(Heterojunction with Intrinsic Thin layer)* ***технология***, базирующаяся на формировании гетероперехода при помощи тонких пленок аморфного кремния (a-Si:H), нанесенных на поверхность пластины c-Si. СЭ изготовленные по такой технологии обладают всеми преимуществами классических СЭ на основе кристаллического кремния, включая высокую эффективность достигающую на сегодняшний день 24,7%, что соответствует уровню рекордных величин для монокристаллического кремния, и в то время как они могут быть полностью изготовлены при низких температурах. Неоспоримым преимуществом данной технологии безусловно является высокий показатель КПД, достигающий уровня 24,7% в промышленном производстве.

Дополнительными преимуществами этой технологии являются низкий, по сравнению с классическими СЭ на c-Si, температурный коэффициент снижения мощности и низкотемпературный процесс формирования таких структур, что позволяет

использовать более тонкие пластины c-Si, и следовательно, производить более экономный расход материала, что невозможно при использовании высоких температур вследствие деформации пластин c-Si.

Для достижения поставленной цели Чучвагой Н.А. были решены следующие задачи:

1.Проведена оптимизация толщин эммитерного p-слоя, BSF- слоя и встроенного i-слоя гетеропереходного солнечного элемента.

2.Осуществлено компьютерное моделирование гетероструктурного солнечного элемента и изучено влияние параметров изготовления, влияющих на параметры солнечного элемента.

3. Осуществлен выбор оптимальной конструкции токосъема для HIT ФЭП

4.Изготовлены прототипы экспериментальных гетероструктурных солнечных элементов с эффективностью более 20 % и исследованы их характеристики.

Постановка задач и их последовательное решение свидетельствует о комплексном характере работы, в ходе выполнения которой Чучвага Н.А. Д.Л. самостоятельно получил ряд значимых научных и практических результатов, а именно:

1. Показал, что с уменьшением толщины p-слоя наблюдается увеличение тока короткого замыкания. Увеличение тока продолжается до толщины p-слоя порядка 8 нм, после чего наблюдается его уменьшение.

2. В ходе экспериментов было показано, что при толщине n-слоя в диапазоне от 8 до 30 нм величина напряжения холостого хода практически не меняется.

3. Показано, что оптимальное значение толщины i-слоя находится в пределах от 7 до 9 нм.

4. Был предложен метод оптимизации компьютерной модели гетероструктуного солнечного элемента на кремнии и опробованы различные варианты ее оптимизации с учетом эффекта пассивации дефектов на поверхности монокристаллических кремниевых пластин путем нанесения на их поверхность тонкого слоя собственного (i-слоя) аморфного гидрогенизированного кремния.

5. На основе проведенных исследований были разработаны и изготовлены прототипы солнечных HIT ячеек размером 156х 156 мм2 с эффективностью 21 %..

Чучвага Н.А. поступил в аспирантуру НКО» Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева» в 2012 году и начал заниматься разработкой технологии аморфных гидрогенизированных полупроводников и созданием тонкопленочных солнечных элементов на их основе.. За время обучения в аспирантуре Чучвага Н.А.. проявил себя квалифицированным специалистом, способным

самостоятельно ставить и решать сложные научные и технологические задачи, проводить экспериментальные исследования и анализировать их результаты. Комплексный характер диссертационной работы, включающей комьтереное моделирование, разработку технологии гетероструктурного солнечного элемента на кремнии, исследование и оптимизация его характеристик позволил Чучваге Н.А.. приобрести хорошие навыки экспериментальной работы.

Результаты научных исследований отражены в 4 статьях, Работа прошла широкую апробацию на научных конференциях и симпозиумах разного уровня. .

Считаю, что выполненная соискателем диссертационная работа по своей актуальности, новизне полученных результатов, их научной и практической значимости удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора философии (PhD) , а Чучвага Н.А. заслуживает присуждения ученой степени доктора философии по специальности 6D072300-Техническая физика.

Зарубежный научный консультант, д.т.н., профессор,
Зав. Лабораторией ФТИ им. Иоффе РАН Теруков Е.И.

Терукова Е.И
Подпись _____ удостоверяю
Зав. канцелярией
ФТИ РАН _____