

## Резюме проекта, выполняемого

в рамках ФЦП

### «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

по этапу № 3

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.607.21.0075

Тема: «Разработка фотоэлектрических гетероструктурных преобразователей на основе кристаллического и аморфного кремния с конкурентными на мировом рынке энергетическими и экономическими показателями.»

Приоритетное направление: Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика

Критическая технология: Технологии новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетику

Период выполнения: 20.10.2014 - 31.12.2016

Плановое финансирование проекта: 78.00 млн. руб.

Бюджетные средства 46.00 млн. руб.,

Внебюджетные средства 32.00 млн. руб.

Получатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук

Участник Консорциума: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова"

Индустриальный партнер: Общество с ограниченной ответственностью "Хевел"

Ключевые слова: фотоэлектрический преобразователь, эффективность преобразователей, стоимость преобразователей, кристаллический кремний, аморфный кремний, фотоэлектрический модуль, гетеропереходная технология, текстурирование поверхности, плазмохимическая технология, проволоочные контакты, металлизация, трафаретная печать

## 1. Цель проекта

Разработать научные основы технологии и конструкций фотоэлектрических гетероструктурных преобразователя (ФЭП типа НПГ) на основе кристаллического и аморфного кремния для солнечных элементов и модулей с технико-экономическими характеристиками, обеспечивающими конкурентные преимущества на российском и мировом рынках по эффективности (не менее 20 %) и низкой стоимости удельной мощности. Разработать научные основы технологии создания фотоэлектрических гетероструктурных модулей (ФЭГПМ) на основе ФЭП.

Высокая эффективность ФЭП будет получена путем использования запатентованных технологий пассивации интерфейсов и плазмохимического осаждения аморфных слоев, а низкую стоимость – удешевлением технологии, использованием промышленного оборудования и потенциально большим объемом производства солнечных модулей (до 1 ГВт в год) в условиях завода Новочебоксарска.

## 2. Основные результаты проекта

Разработана программа и методики исследовательских испытаний экспериментальных образцов ФЭП, которые содержат требования к условиям, обеспечению и проведению исследовательских испытаний, требования к безопасности, программу, методы и режимы испытаний. Исследовательские испытания экспериментальных образцов ФЭП показали, что наиболее высокое качество имеют подложки со структурой в виде пирамид с квадратными основаниями (1-5 мкм), размерами по высоте - 0.1 мкм и более, временем жизни неосновных носителей заряда - 0.1 мсек и более, малой долей отраженного (потерянного) света - 10% и более). В НТЦ разработан процесс формирования гетеропереходов при помощи реакторов КАИ, позволяющий изготавливать прототипы промышленных солнечных элементов НТ с эффективностью свыше 20%

Получены следующие результаты:

1. При изготовлении ФЭП использовалась методика обработки кремниевых подложек способами мокрой химии, которая включала от 6 до 20 этапов химических процедур очистки, удаления нарушенного слоя, кислотного и щелочного травления, очистки от грязи, пассивации.
2. Для нанесения тонких пленок аморфного кремния использовались реакторы КАИ при площади реактора, соответствующей

загрузочной паллете с размерами необходимыми для размещения 48 пластин кремния размером 156x156 мм2. Образцы были изготовлены с использованием технологии формирования контактной сетки типа «Smartwire» и «Busbar».

3. При использовании площади реактора, соответствующей загрузочной паллете с размерами необходимыми для размещения 48 пластин кремния размером 156x156 мм2, получена высокая равномерность свойств : отклонения по параметрам ФЭП в пределах  $\pm 0.5$  абс. %.

4. Проведенные исследования температурных зависимостей основных фотоэлектрических параметров ГФЭП показали, что на фоне монотонного роста тока короткого замыкания в диапазоне температур от 80 К до 420 К напряжение холостого хода ( $U_{xx}$ ), коэффициент заполнения ВАХ ( $FF$ ) и максимальная выходная мощность ( $P_{max}$ ) достигают предельных значений при 200 – 250 К.

5. Причин спада  $U_{xx}$  связана с включением при низких температурах туннельного рекомбинационного тока. О существенной роли туннельного рекомбинационного тока, свидетельствует, в частности, форма ВАХ при температурах ниже 180 К. На понижение  $FF$  и  $P_{max}$  влияет еще и рост последовательного сопротивления структуры при низких температурах, связанный с увеличением контактного сопротивления.

### 3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

Подана заявка на патент России. Изобретение Способ получения светопоглощающей кремниевой структуры. Авторы: Бобыль А.В., Никитин С.Е., Нашекин А.В., Терукова Е.Е. № 2015127517 от 10.07.2015.

### 4. Назначение и область применения результатов проекта

Использования разработанных ФЭП и модулей на их основе в условиях промышленного производства завода Новочебоксарска.

### 5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Повышение мощности выпуска солнечных модулей на заводе Новочебоксарска.

### 6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

На данном этапе не планировались.

### 7. Наличие соисполнителей

Физический факультет МГУ. Привлекались в 1-ом и 2-ом полугодии, 2015 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской  
академии наук

\_\_\_\_\_  
заместитель директора

(должность)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
Лебедев С.В.

(фамилия, имя, отчество)

### Руководитель работ по проекту

\_\_\_\_\_  
зав.лабораторией

(должность)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
Теруков Е.И.

(фамилия, имя, отчество)

М.П.