

**Резюме проекта (ПНИР), выполняемого
в рамках ФЦП
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-
технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»
по этапу №1**

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.604.21.0008 от «17» июня 2014 г.

Тема: «Разработка концепции и технологии создания полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей на основе гетеровалентных наноструктур соединений групп АЗВ5 и А2В6».

Приоритетное направление: Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика

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

Период выполнения: 17 июня 2014 г. – 31 декабря 2015 г.

Плановое финансирование проекта: 11,765 млн. руб.

Бюджетные средства 10 млн. руб.,

Внебюджетные средства 1,765 млн. руб.

Исполнитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

Индустриальный партнер: Закрытое Акционерное Общество «Светлана-Рост» (ЗАО «Светлана-Рост»)

Ключевые слова: многопереходные солнечные элементы, КПД, полупроводниковые соединения группы АЗВ5, полупроводниковые соединения группы А2В6.

Цель прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

Реализуемый проект направлен на развитие высокотехнологичного производства концентраторных гетероструктурных фотоэлектрических преобразователей нового поколения, эффективность которых заметно превышала бы все существующие на сегодняшний день мировые аналоги.

Целью реализуемого проекта является разработка оригинальной конструкции и технологии изготовления 4х-переходного солнечного элемента на основе германия, соединений группы АЗВ5 (InGaAs, InAlGaAs) и соединений группы А2В6 (ZnCdSSe), оптимизированного по величине коэффициента полезного действия в условиях 500 солнц – не менее 38%, что на 9% превышает типичные параметры промышленно изготавливаемых в России 3х-переходных солнечных элементов и является рекордным значением для российских лабораторных разработок. На основе полученных результатов должен быть разработан Проект технического задания на проведение ОКР, нацеленных на реализацию многопереходных фотоэлектрических преобразователей с оптимизированными характеристиками фотоактивных переходов и суммарной эффективностью более 40%.

1. Основные результаты проекта

С учетом сделанного анализа литературных данных и проведенного патентного поиска показано, что выбранное направление исследований является важным и актуальным, а сформулированные способы достижения поставленных целей проекта не противоречат современным представлениям и представляются достаточно обоснованными.

С использованием выбранного и обоснованного полуаналитического метода выполнено теоретическое моделирование электрооптических характеристик 3-х и 4-х переходных гетеровалентных фотоэлектрических преобразователей на основе Ge, соединений АЗВ5 (InGaAs, InAlGaAs) и соединений А2В6 (ZnCdSe) и показано, что в рамках разрабатываемой концепции принципиально достижима эффективность преобразования, заложенная в ТЗ проекта - 38% при 500 солнцах.

В рамках метода плавных огибающих функций выполнено теоретическое моделирование зонных параметров псевдоморфных сверхрешеток в системе (Zn,Cd)(S,Se) с постоянной решетки германия и твердого раствора InGaAs с 20-35% индия. Показана принципиальная

достижимость параметров сверхрешетки, необходимых для достижения эффективности фото-вольтаического преобразования, определяемого техническим заданием проекта.

Разработана “Программа и методики оптических испытаний тестовых структур короткопериодных сверхрешеток ZnSSe/CdSe”, позволяющая осуществить оптимизацию технологии молекулярно-пучковой эпитаксии и являющуюся важным элементом проекта, обеспечивающим разработку технологии создания полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей на основе гетеровалентных наноструктур соединений групп A3B5 и A2B6.

Определены калибровочные зависимости и последовательности технологических операций, определяющие существо разработанной методики (лабораторного регламента) изготовления тестовых структур метаморфного фотоэлектрического преобразователя в системе (In,Ga,Al)As.

Определены калибровочные зависимости и последовательности технологических операций, определяющие существо разработанной методики (лабораторного регламента) изготовления слоёв в системе (In,Ga,Al)As с параметром решётки Ge.

Разработанная и обоснованная оригинальная конструкция 4х-переходного солнечного элемента на основе германия, соединений группы A3B5 (InGaAs, InAlGaAs) и соединений группы A2B6 (ZnCdSSe), оптимизированного по величине коэффициента полезного действия в условиях высокой концентрации солнечного излучения.

Калибровочные зависимости и последовательности технологических операций, определяющие существо методик изготовления тестовых структур метаморфного фотоэлектрического преобразователя в системе (In,Ga,Al)As и слоёв в системе (In,Ga,Al)As с параметром решётки Ge.

Конструкция и способ изготовления 4х-переходного солнечного элемента на основе германия, соединений группы A3B5 (InGaAs, InAlGaAs) и соединений группы A2B6 (ZnCdSSe) ранее не предлагались, в патентных и других научно-технических источниках информации не описывались и являются патентоспособными.

Результаты исследований соответствуют основным требованиям и характеристикам НИР данного этапа, приведенным в Техническом задании.

Разработка 4х-переходного солнечного элемента на основе германия, соединений группы A3B5 (InGaAs, InAlGaAs) и соединений группы A2B6 (ZnCdSSe), а также способа изготовления 4х-переходного солнечного элемента является актуальной как с научной, так и с практической точек зрения, отвечает современным тенденциям развития солнечной энергетики и соответствует современному уровню в данной области техники. Значимость применяемых научных и технологических решений определяется отсутствием на отечественном и мировом рынке разработанных технологий воспроизводимого получения много-переходных гетеровалентных фотоэлектрических преобразователей, включающих фотоактивные переходы, выполненные на базе полупроводниковых соединений групп A2B6 и A3B5.

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

3. Назначение и область применения результатов проекта

Конечным изделием, в состав которого входит 4х-переходный гетеровалентный солнечный элемент, является компактный, мобильный, автономный источник энергии, востребованный в различных областях народного хозяйства, где требуется обеспечение энергией локальных потребителей в сравнительно небольших объемах (до 100 кВт). С другой стороны, модульный принцип построения устройств на основе концентраторных многопереходных фотоэлектрических преобразователей обеспечивает возможность создания крупных энергетических станций мощностью до тысячи кВт и более, характеризующихся высокой экологичностью.

Результаты проекта должны стать основой для проведения индустриальным партнером (ЗАО “Светлана-Рост”, Ст.Петербург) ОКР, нацеленной на разработку опытных образцов - прототипов

устройств концентраторных фотоэлектрических преобразователей. Результаты НИР должны быть внедрены в образовательный процесс (курсы лекций на кафедрах в СПб ГПУ, СПбГЭТУ, СПбАУ НОЦ ИТ РАН). По теме НИР будет подготовлена к защите диссертация на соискание ученой степени кандидата наук.

Внедрение и коммерциализация результатов проекта может стимулировать дальнейшие отечественные разработки в области конструирования и производства высокотехнологичного оборудования для эпитаксиального роста полупроводниковых гетероструктур.

4. Эффекты от внедрения результатов проекта

Основными преимуществами внедрения эффективных фотоэлектрических преобразователей являются: неисчерпаемость источника энергии, возможность производства энергии непосредственно вблизи конечного потребителя, экологичность процесса фотопреобразования. В некоторых отраслях хозяйства применение фотоэлектрических преобразователей является необходимым условием. Так, солнечные батареи на основе фотоэлектрических преобразователей являются основным источником энергопитания космических аппаратов, и их эффективность, надежность и другие эксплуатационные характеристики в существенной степени определяют успех программ по освоению космического пространства.

5. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Коммерциализация результатов проекта возможна в форме выполнения индустриальным партнером опытно-конструкторских работ, направленных на разработку комплекта рабочей конструкторской документации в объеме достаточном для постановки разработанных фотоэлектрических преобразователей на производство. Потенциальными потребителями данной разработки являются ОАО «НПП «Квант» (Москва) и ОАО «Сатурн» (Краснодар), специализирующиеся на коммерческом выпуске фотоэлектрических преобразователей.

Согласно аналитическим данным консалтинговой фирмы Lux Research на конец 2012 года объем мирового рынка солнечной энергетики составил 31 ГВт (~\$70 миллиардов). Пик ежегодного роста рынка солнечной энергетики пришелся на 2011 год и составил 77% по сравнению с предшествующим годом. Однако уже следующий (2012) год показал существенно меньший годовой рост мирового рынка - всего в 15%. По сегодняшним прогнозам к 2018 г. ожидается двукратный прирост по сравнению с 2012 годом, в первую очередь за счет Китая (12.4 ГВт), США (10.8 ГВт), Японии (7.9 ГВт) и Индии (5.6 ГВт), что составляет порядка 60% всего прогнозируемого объема рынка 2018 года. В настоящее время больше половины объема рынка солнечной энергетики приходится на страны Европы, Ближнего Востока и Африки, однако к 2018 году прогнозируется фактически нулевой рост этой части рынка и уменьшение ее относительной доли до 40%. Точный прогноз развития российского рынка солнечной энергетики в настоящее время затруднителен. Одним из заметных потребителей результатов проекта может стать российская космическая отрасль, связанная с осуществлением орбитальных полетов и освоения Луны.

6. Наличие соисполнителей

Не предусмотрены проектом.

ФТИ им. А.Ф. Иоффе

Директор ФТИ им. А.Ф. Иоффе

Руководитель работ по проекту

Заведующий лабораторией квантоворазмерных гетероструктур
ФТИ им. А.Ф. Иоффе



[Handwritten signature]

А.Г. Забродский

[Handwritten signature]

С.В. Иванов

М.П.