

**Резюме проекта, выполняемого
в рамках ФЦП
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-
технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»
по этапу №4**

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.604.21.0089

Тема: «Мощные фотоэлектрические преобразователи лазерного излучения с КПД более 60% для систем лучевой энергетики»

Приоритетное направление: Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика

Критическая технология: Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии

Период выполнения: 27.06.2014 - 31.12.2016

Плановое финансирование проекта: 31.50 млн. руб.

Бюджетные средства 25.00 млн. руб.,

Внебюджетные средства 6.50 млн. руб.

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

Индустриальный партнер Открытое акционерное общество "Ракетно-космическая корпорация "Энергия" имени С. П. Королева"

Ключевые слова: Эпитаксиальное выращивание, фотоэлектрическое преобразование энергии, КПД, гетероструктуры, технология, лазерное излучение

1. Цель проекта

Проект направлен на разработку технических средств для создания перспективных источников энергии на основе полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) лазерного излучения. Основной целью проекта является разработка и создание высокоэффективных мощных фотоэлектрических преобразователей лазерного излучения на основе АЗВ5 с КПД ~ 50 - 60% при преобразовании лазерного излучения в диапазоне длин волн 0.78 – 1.68 мкм для решения проблемы высокоэффективной передачи энергии по лазерному лучу.

Основной задачей проекта является разработка принципов построения, создание и исследование новых типов высокоэффективных наногетероструктурных фотопреобразователей мощного лазерного излучения для приема и преобразования энергии в системах лучевой с целью повышения КПД энергоснабжения наземных и космических объектов.

2. Основные результаты проекта

В ходе выполнения этапа №4 получены следующие основные научно-исследовательские результаты:

Эскизная конструкторская документация на макеты ФЭП.

Эскизная конструкторская документация на экспериментальные образцы модулей ФЭП.

В результате проведенных исследований и испытаний получены следующие результаты:

Проведена оптимизация эпитаксиальных гетероструктур фотоэлектрических преобразователей, включающая выбор электрической полярности, толщин и уровней легирования слоев. Определены диффузионные длины ННЗ в базе и эмиттере и, исходя из условий максимального собирания носителей заряда, выбраны оптимальные толщины их фотоактивной области.

Разработаны способы создания тыльной металлизации и низкоомных фронтальных контактных сеток к ФЭП лазерного излучения с длинами волн 809 нм, 1064 нм, 1550 нм.

Разработан лабораторный технологический регламент постростовой технологии создания ФЭП на основе AlGaAs/GaAs.

Проведены исследования по влиянию температуры отжига на процесс создания низкоомных контактов, смещения границы контакта и полупроводника, изменения контактного сопротивления при повышении температуры.

Из сравнения установленных зависимостей диффузионных длин ННЗ от уровня легирования слоев *p*-GaAs и *n*-GaAs следует, что для ФЭП на основе GaAs полярность *p-n* будет иметь преимущества по сравнению с обратной полярностью *n-p*.

Использование широкозонных материалов в качестве области эмиттера ФЭП лазерного излучения с $\lambda=809$ нм уменьшает рекомбинационные потери по сравнению с гомоматериалом.

Результаты научно-технической деятельности, полученные в процессе выполнения этапа № 4, были представлены в виде постерного доклада на международной школе-конференции в г. Санкт-Петербурге "Saint Petersburg OPEN 2016" (3 rd International School and Conference on Optoelectronics, Photonics, Engineering and Nanostructures).

Полученные результаты соответствуют требованиям технического задания проекта.

Научно-технические результаты, полученные в ходе выполнения этапа, являются новыми и находятся на уровне мировых достижений. Предполагаемые научно-технические решения соответствуют научно-техническому уровню, ожидаемому после 2016 года.

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

Не были запланированы, не подавались.

4. Назначение и область применения результатов проекта

Полученные результаты предназначены для создания фотоэлектрических панелей на основе разрабатываемых ФЭП лазерного излучения как для космического, так и для наземного применения. Для наземного использования систем беспроводной передачи энергии перспективными являются фотопреобразователи лазерного излучения для длин волн 0.78 -0.84 мкм (основе AlGaAs/GaAs структур) для преобразования лазерного излучения, передаваемого в том числе по оптоволокну.

Физико-математические модели для описания процессов преобразования потоков мощного лазерного излучения в ФЭП, полученные на основании расчета полупроводниковых структур и конструкций ФЭП, обеспечивающих высокоэффективное преобразование лазерного излучения с заданной длиной волны, а также разрабатываемая технология выращивания гетероструктур ФЭП методом МОС-гидридной эпитаксии, могут быть использованы для получения ФЭП лазерного излучения, которые необходимы, в частности, как составной элемент системы передачи энергии по лазерному лучу с борта на борт космических спутников, в которых отсутствует возможность применения солнечных батарей для получения электроэнергии.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Ожидаемые социально-экономические эффекты от использования товаров и услуг, созданных на основе полученных результатов заключаются в повышении производительности труда, а также снижении материало- и энергоёмкости производства.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

В результате разработки технологии получения высокоэффективных ФЭП после завершения проекта запланирована ее передача Индустриальному партнеру. Проектом предусмотрена коммерциализация – заключен Договор от 03.03.2014 г. с Индустриальным партнером Открытое акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королёва» (ОАО "РКК "Энергия") о дальнейшем использовании результатов ПНИ.

7. Наличие соисполнителей

Соисполнители не привлекались для выполнения работ по проекту.

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

Зам. директора ФТИ им. А.Ф. Иоффе

С.В. Лебедев

Руководитель работ по проекту

В.П. Хвостиков

