

## 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: 14.607.21.0001

Тема: «Полупроводниковые наногетероструктуры АЗВ5 для вертикально-излучающих лазеров ближнего ИК-диапазона.»

Приоритетное направление: Индустрия наносистем (ИН)

Критическая технология: Нано-, био-, информационные, когнитивные технологии

Период выполнения: 03.06.2014 - 31.12.2016

Плановое финансирование проекта: 88.50 млн. руб.

Бюджетные средства 43.50 млн. руб.,

Внебюджетные средства 45.00 млн. руб.

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

Индустриальный партнер: Открытое акционерное общество "ОКБ-Планета"

Ключевые слова: наногетероструктура, оптический микрорезонатор, распределенный брэгговский отражатель, вертикально-излучающий лазер, молекулярно-пучковая эпитаксия

### 1. Цель проекта

Настоящий проект направлен на создание технологических основ отечественной технологии маломощных компактных источников лазерного излучения ближнего ИК-диапазона с вертикальным оптическим микрорезонатором. Цель проекта заключается в разработке вариантов конструкций, базовой технологии синтеза методом молекулярно-пучковой эпитаксии (МПЭ) и методов диагностики параметров полупроводниковых наногетероструктур АЗВ5 для вертикально-излучающих лазеров (ВИЛ) ближнего ИК-диапазона.

Для достижения поставленной цели в рамках четвертого этапа основные усилия были посвящены апробации технологии молекулярно-пучковой эпитаксии полупроводниковых квантово-размерных наногетероструктур активной области и распределенных брэгговских отражателей, а также разработке методик измерения характеристик тестовых кристаллов ВИЛ ближнего ИК-диапазона.

### 2. Основные результаты проекта

В рамках выполнения первого этапа настоящих ПНИ получены следующие ключевые результаты: проведены патентные исследования; разработан метод математического моделирования и проведено моделирование квантово-размерных наногетероструктур активной области (КР НГ АО) для ВИЛ спектральных диапазонов (840-895) нм и (950-1060) нм; разработана эскизная конструкторская документация (ЭКД) и лабораторные технологические инструкции (ЛТИ) на технологию МПЭ-синтеза макетов КР НГ АО для ВИЛ спектральных диапазонов (840-895) нм и (950-1060) нм; разработаны программы и методики исследовательских испытаний (ПМ ИИ) макетов КР НГ АО для ВИЛ спектральных диапазонов (840-895) нм и (950-1060) нм; изготовлены макеты КР НГ АО для ВИЛ спектральных диапазонов (840-895) нм и (950-1060) нм, и проведены исследовательские испытания; разработаны ЭКД на тестовые кристаллы ВИЛ спектральных диапазонов (840-895) нм и (950-1060) нм; Индустриальным партнером закуплено технологическое оборудование для последующей разработки планарной технологии тестовых кристаллов ВИЛ.

В рамках выполнения второго этапа настоящих ПНИ получены следующие ключевые результаты: разработан метод математического моделирования и проведено моделирование наногетероструктур распределенных брэгговских отражателей (РБО) спектральных диапазонов (840-895) нм и (950-1060) нм; разработана ЭКД и ЛТИ на технологию МПЭ-синтеза макетов РБО спектральных диапазонов (840-895) нм и (950-1060) нм; разработаны программы ПМ ИИ макетов РБО спектральных диапазонов (840-895) нм и (950-1060) нм; изготовлены макеты РБО спектральных диапазонов (840-895) нм и (950-1060) нм, и проведены исследовательские испытания; разработаны ЛТИ на прецизионное сухого травления многослойных наногетероструктур, планаризацию диэлектриком с низкой диэлектрической проницаемостью, формирование омических

контактов к полупроводниковым контактными слоям AlxGal-xAs; Индустриальным партнером закуплено технологическое оборудование для последующей разработки планарной технологии тестовых кристаллов ВИЛ.

В рамках выполнения третьего этапа настоящих ПНИ получены следующие ключевые результаты: разработана ЭКД и ЛТИ на технологию МПЭ-синтеза макетов наногетероструктур АЗВ5 для ВИЛ спектральных диапазонов (840-895) нм и (950-1060) нм; изготовлены макеты наногетероструктур АЗВ5 для ВИЛ спектральных диапазонов (840-895) нм и (950-1060) нм, и проведены исследовательские испытания; проведены патентные исследования; разработана эскизная технологическая документация (ЭТД) на технологический процесс изготовления тестовых кристаллов ВИЛ диапазонов (840-895) нм и (950-1060) нм; Индустриальным партнером закуплено технологическое оборудование для последующей разработки планарной технологии и контроля характеристик тестовых кристаллов ВИЛ.

В рамках выполнения четвертого этапа настоящих ПНИ получены следующие ключевые результаты: проведена корректировка эскизной конструкторской документации (ЭКД) на квантово-размерные наногетероструктуры активной области для ВИЛ спектральных диапазонов (840-895) нм и (950-1060) нм (далее наногетероструктур АО-ВИЛ) и наногетероструктуры распределенных брэгговских отражателей спектральных диапазонов (840-895) нм и (950-1060) нм (далее наногетероструктур РБО), разработаны комплекты эскизной технологической документации (ЭТД) на изготовление МПЭ-методом соответствующих наногетероструктур; разработаны программы и методики исследовательских испытаний экспериментальных образцов наногетероструктур АО-ВИЛ и экспериментальных образцов наногетероструктур РБО; изготовлены экспериментальные образцы наногетероструктур АО-ВИЛ и экспериментальные образцы наногетероструктур РБО и проведены их исследовательские испытания; разработаны методики измерения вольт-ватт-амперных характеристик и спектров излучения тестовых кристаллов ВИЛ ближнего ИК-диапазона в диапазоне температур 15-85°C; Индустриальным партнером закуплено для контроля характеристик тестовых кристаллов ВИЛ.

Информация о ходе выполнения исследований размещена в сети Интернет на сайте Исполнителя по адресу:

<http://www.ioffe.ru/index.php?row=20&subrow=0>

Все поставленные задачи четвертого этапа ПНИ успешно выполнены, а достигнутые результаты полностью соответствуют требованиям ТЗ проекта.

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

патентная заявка на изобретение №2015154065 от 17.12.2015 "Полупроводниковый вертикально-излучающий лазер с внутрирезонаторными контактами", РФ

### **4. Назначение и область применения результатов проекта**

Разрабатываемые наногетероструктуры АЗВ5 с вертикальным оптическим микрорезонатором предназначены для создания нового поколения отечественных компактных источников лазерного излучения, применяемых в информационно-вычислительных системах и комплексах бортовой радиоэлектронной аппаратуры, для специализированных источников лазерного излучения в компактных атомных стандартах частоты и магнитометрических датчиков.

Перспективы внедрения результатов работы в целом связаны с созданием отечественной технологии производства вертикально-излучающих лазеров на базе профильных предприятий электронной промышленности (ОАО «ОКБ Планета», ОАО «НПП «Салют», ЗАО «Светлана-Электронприбор», ОАО «НПП «Полус», ООО «Коннектор Оптик» и др.). В случае успешного выполнения проекта у исполнителя будут все необходимые и экспериментально апробированные конструктивно-технологические наработки для постановки опытно конструкторской работы (ОКР) по созданию технологии производства ВИЛ ближнего ИК-диапазона.

### **5. Эффекты от внедрения результатов проекта**

В целом выполнение настоящего проекта позволит существенно развить научно-технический комплекс страны в области нанотехнологий, в том числе создать новые отечественные технологии и снизить зависимость от импортной компонентной базы, а также создать технологический задел в стратегически важном направлении – разработка компактных специализированных источников лазерного излучения.

### **6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта**

Постановка ОКР по созданию промышленной технологии МПЭ-синтеза наногетероструктур АЗВ5 для ВИЛ ближнего ИК-диапазона и организация производства, и ОКР по созданию планарной технологии изготовления ВИЛ ближнего ИК-диапазона и организация производства.

### **7. Наличие соисполнителей**

Общество с ограниченной ответственностью «Коннектор Оптик», работы по отработке технологии МПЭ-синтеза квантово-размерных наногетероструктур активной области и наногетероструктур распределенных брэгговских отражателей для ВИЛ

