

Резюме
проекта НИР, выполняемого в рамках ФЦП
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития
научно-технологического комплекса России на 2007 – 2013 годы»
ИТОВОЕ

Номер контракта: от «12» октября 2011 г. № 16.513.11.3113

Тема: «Разработка технологии изготовления метаморфных наногетероструктур InAlAs/InGaAs/GaAs для диапазона частот 60-80 ГГц»

Приоритетное направление: индустрия наносистем

Критическая технология: технология наноустройств и микросистемной техники

Период выполнения: с 12 октября 2011 г. по 05 сентября 2012 г.

Плановое финансирование проекта: 10,0 млн. руб.,

 Бюджетные средства - 8,0 млн. руб.,

 Внебюджетные средства - 2,0 млн. руб.

Исполнитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники Российской академии наук

Ключевые слова: НАНОГЕТЕРОСТРУКТУРЫ, АРСЕНИД ГАЛЛИЯ, ФОСФИД ИНДИЯ, МОНОЛИТНЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ, МИЛЛИМЕТРОВЫЙ ДИАПАЗОН ДЛИН ВОЛН, ПСЕВДОМОРФНЫЕ НАНОГЕТЕРОСТРУКТУРЫ, МЕТАМОРФНЫЕ НАНОГЕТЕРОСТРУКТУРЫ

1. Цель исследования, разработки

1.1 Разработка и создание материалов, наноструктур и наносистем на их основе для нового поколения высокоэффективных инновационных СВЧ технологий и терагерцовых устройств, в обеспечение направлений технологического развития, определенных в Технологической платформе «СВЧ технологии».

1.2 Разработка и создание новой научно-технической продукции – метаморфных наногетероструктур InAlAs/InGaAs/GaAs на подложках арсенида галлия, предназначенных для КВЧ электронной компонентной базы диапазона частот 60-80 ГГц.

1.3 Разработка базовой лабораторной технологии изготовления методом молекулярно-лучевой эпитаксии метаморфных наногетероструктур InAlAs/InGaAs/GaAs на подложках арсенида галлия с содержанием индия в канале 30-35%, 40-45% и 50-55%.

2. Основные результаты проекта

Выполнены патентные исследования в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96. 3.

Проведен аналитический обзор информационных источников по геометрии, составу и условиям эпитаксиального роста метаморфных наногетероструктур на подложках арсенида галлия с содержанием индия в активных слоях 30%-75%.

Определены возможные направления исследований по разработке технологии изготовления метаморфных наногетероструктур InAlAs/InGaAs/GaAs для диапазона 60-80 ГГц.

Проведены экспериментальные работы по определению основных технологических операций по получению метаморфных наногетероструктур InAlAs/InGaAs/GaAs.

Проведено компьютерное моделирование геометрии активных слоев метаморфных наногетероструктур InAlAs/InGaAs/GaAs и ее влияния на электрофизические параметры.

Проведены теоретические и экспериментальные исследования оптимальной геометрии, состава и режимов роста метаморфного буфера с различным содержанием индия в канале наногетероструктур InAlAs/InGaAs/GaAs.

Проведены исследования пробных метаморфных наногетероструктур с различными метаморфными буферными слоями. Исследована морфология выращенных образцов с использованием различных режимов оптического микроскопа и с помощью сканирующей зондовой микроскопии. Высота характерного рельефа поверхности оптимальных метаморфных структур, измеряемая как значение среднеквадратичного отклонения от плоскости, находится на мировом уровне ($RMS < 3$ нм по полю 10×10 мкм²).

Исследованы свойства выращенных метаморфных буферных слоев, определены основные критерии качества выращенных буферных слоев с различным содержанием индия. Использовались методы фотолуминесценции, вторично-ионной масс-спектрологии, рентгеновской дифракции, атомно-силовой микроскопии.

Исследовано влияние метаморфного буферного слоя на основные электрофизические характеристики выращенных макетов наногетероструктур. Показано, что при правильном выборе геометрии метаморфного буфера и активных слоев, можно получить значения концентрации и подвижности носителей в канале гетероструктур, удовлетворяющие требованиям ТЗ и имеющие хорошую морфологию поверхности. Исследованы спектры фотолюминесценции канала гетероструктур при комнатной температуре.

Разработана эскизная конструкторская и технологическая документация для создания экспериментальных образцов метаморфных наногетероструктур InAlAs/InGaAs/GaAs трех типов.

Разработаны программа и методики исследовательских испытаний экспериментальных образцов метаморфных наногетероструктур InAlAs/InGaAs/GaAs трех типов.

Изготовлены экспериментальные образцы метаморфных наногетероструктур InAlAs/InGaAs/GaAs трех типов и проведены исследовательские испытания образцов. Параметры образцов, полученные при испытаниях, полностью соответствуют требованиям ТЗ.

Изготовлены тестовые полевые транзисторы с содержанием индия в канале 38% с барьером Шоттки с длиной затвора 0,53 мкм и измерены их частотные характеристики, подтверждающие перспективность использования метаморфных структур в мм диапазоне. Производство длины затвора в микронах на предельную частоту усиления по току в гигагерцах равно 16,8, предельная частота усиления по мощности 90-100 ГГц. Указанные параметры демонстрируют высокое качество гетероструктур.

Разработаны предложения и рекомендации по внедрению разработанных метаморфных наногетероструктур InAlAs/InGaAs/GaAs и монолитных интегральных схем (МИС) на их основе на предприятии ОАО «НИИПП» для разработки радиорелейных линий прямой видимости в диапазоне частот 71-76 ГГц. Ожидается увеличение пропускной способности линий на порядок величины.

Разработан проект технического задания для проведения последующей ОТП «Разработка промышленной технологии изготовления метаморфных наногетероструктур для создания на их основе СВЧ монолитных интегральных схем диапазона частот 60-80 ГГц»

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках исследования, разработки

1. Секрет производства (ноу-хау) «Базовый технологический маршрут молекулярно-лучевой эпитаксии метаморфной НЕМТ наногетероструктуры InAlAs/InGaAs/GaAs с напряжёнными сверхрешётками InAlAs/InGaAs в метаморфном буфере».

2. Секрет производства (ноу-хау) «Базовый технологический маршрут молекулярно-лучевой эпитаксии метаморфной НЕМТ наногетероструктуры InAlAs/InGaAs/GaAs с инверсными ступенями в метаморфном буфере».

4. Назначение и область применения результатов проекта

Результаты НИР могут быть использованы для проведения опытно-конструкторских (технологических) работ Санкт-Петербургским академическим университетом – НОЦ нанотехнологий РАН.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Совершенствование технологических процессов эпитаксиального выращивания метаморфных наногетероструктур на подложках арсенида галлия и широкого использования МИС на их основе для СВЧ полупроводниковой электроники мм диапазона частот.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Коммерциализация проектом не предусмотрена.