

Резюме проекта, выполняемого

в рамках ФЦП

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

по этапу № 2

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.576.21.0055

Тема: «Разработка технологии выращивания методом жидкофазной эпитаксии гетероструктур кадмий-ртуть-теллур со слоями n- и p-типа электропроводности для фотовольтаических приемников инфракрасного излучения»

Приоритетное направление: Индустрия наносистем

Критическая технология: Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов

Период выполнения: 21.10.2014 - 31.12.2016

Плановое финансирование проекта: 20.01 млн. руб.

Бюджетные средства 15.96 млн. руб.,

Внебюджетные средства 4.05 млн. руб.

Получатель: Акционерное общество "Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности "Гиредмет"

Индустриальный партнер: Закрытое акционерное общество "Научно-производственный центр "Реагент"

Ключевые слова: КАДМИЙ-РТУТЬ-ТЕЛЛУР, ИНФРАКРАСНЫЙ ФОТОПРИЕМНИК, ЖИДКОФАЗНАЯ ЭПИТАКСИЯ, ФОТОДИОД, ДАЛЬНИЙ ИНФРАКРАСНЫЙ ДИАПАЗОН, ЛЕГИРОВАНИЕ, АКЦЕПТОРНАЯ ПРИМЕСЬ, ДОНОРНАЯ ПРИМЕСЬ, МЫШЬЯК, СУРЬМА, ИНДИЙ, АКТИВАЦИОННЫЙ ОТЖИГ

1. Цель проекта

1.1 Проект направлен на обеспечение электронной компонентной базой производства отечественных инфракрасных (ИК) фотоприемников и тепловизоров гражданского назначения.

1.2 Целями проекта являются

- Разработка полупроводниковых фоточувствительных материалов и лабораторной технологии их получения для матричных ИК фотоприемников и тепловизоров гражданского назначения с повышенной рабочей температурой не менее чем в 1,3 раза и/или сниженным энергопотреблением не менее чем в 2 раза и/или уменьшенными габаритами и весом не менее чем в 2 раза.
- Разработка технологии выращивания методом жидкофазной эпитаксии (ЖФЭ) гетероструктур кадмий-ртуть-теллур (КРТ) со слоями n- и p-типа электропроводности, легированными донорной (индий) и акцепторными примесями (мышьяк, сурьма) для матричных ИК фотоприемников в геометрии p/r+, а также фотовольтаических детекторов длинноволнового лазерного ИК излучения, работающих при термоэлектрическом охлаждении.

1.3 Результаты исполнения проекта позволят организовать производство фоточувствительного материала для ИК фотоприемников и тепловизоров с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

2. Основные результаты проекта

2.1 Достигнуты следующие результаты:

- Подобрана и проанализирована научно-техническая литература, нормативная документация по теме ПНИ. Составлен аналитический обзор;
- Проведены патентные исследования;
- Разработана технологическая схема получения гетероструктур КРТ со слоями n- и p-типов электропроводности легированными донорной (In) и акцепторными примесями (As, Sb);
- Выбраны и обоснованы направления исследований и пути их реализации;
- Выращены кристаллы и изготовлены подложки КЦТ для проведения процессов эпитаксии слоев КРТ легированных As или Sb. Проведены измерения оптических свойств подложек;
- Разработаны режимы синтеза лигатуры (Te+As) и (Te+Sb) с однородным распределением примеси по объему слитка;
- Проведены процессы выращивания эпитаксиальных слоев КРТ из растворов-расплавов на основе Te с содержанием As или Sb в интервале концентраций от 10^{15} до 10^{18} см⁻³;

- Разработан проект методики выполнения измерений относительной интенсивности фотоотклика фотодиодов на длине волны 10,6 мкм;
 - Исследован химический состав эпитаксиальных слоев, выращенных из растворов-расплавов с известным содержанием акцепторной примеси, и разработаны режимы выращивания методом ЖФЭ эпитаксиального слоя кадмий–ртуть–теллур с заданным содержанием мышьяка или сурьмы в интервале концентраций от 5×10^{16} до 5×10^{17} см⁻³;
 - Экспериментально проверены и откорректированы режимы легирования эпитаксиальных слоев кадмий–ртуть–теллур акцепторной примесью (мышьяк, сурьма);
 - Разработаны методические подходы к исследованию глубины залегания p/r+ перехода и электрофизических свойств слоев в составе гетероструктуры.
- 2.2 Методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой определены концентрации легирующих примесей (мышьяк, сурьма) в эпитаксиальных слоях кадмий–ртуть–теллур (КРТ), выращенных методом ЖФЭ из растворов-расплавов на основе теллура. Рассчитаны коэффициенты распределения мышьяка ($K_{As}=0,001$) и сурьмы ($K_{Sb}=0,008$) в процессах ЖФЭ КРТ. Разработаны режимы воспроизводимого легирования эпитаксиальных слоев КРТ в интервале концентраций мышьяка или сурьмы от 5×10^{16} до 5×10^{17} см⁻³.
- Проработаны варианты измерения глубины залегания p/r-перехода методом наведенных токов, который позволяет визуализировать положение p/r-перехода при исследовании скола гетероструктуры, а также, рассмотрена возможность определения положения p/r-перехода в гетероструктуре по интерференционной картине на спектрах отражения в инфракрасной области спектра. Проведены теоретические расчеты условий возникновения оптической границы в области p/r-перехода. В части исследования электрофизических свойств слоев в составе гетероструктуры проанализированы следующие возможности:
- по измерениям вольт-фарадных характеристик меза-структур, изготовленных на образцах-спутниках;
 - определение концентрации свободных носителей заряда в верхнем слое гальваномагнитным методом (по эффекту Холла);
 - определение концентрации свободных носителей заряда в нижнем слое гальваномагнитным методом при послойном травлении или при вскрытии подконтактных областей к нижнему слою химическим травлением.
- 2.3 Степень новизны полученных результатов будет определена после проведения дополнительных патентных исследований, запланированных на следующем этапе исполнения ПНИ.
- 2.4 Ожидаемые результаты работ по проекту соответствуют мировому уровню.

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

На данном этапе исполнения проекта охраняемые результаты интеллектуальной деятельности не получены.

4. Назначение и область применения результатов проекта

4.1 Разрабатываемые фоточувствительные (ФЧ) p/r+ гетероструктуры КРТ предназначены для использования в разработках и освоении производства отечественных матричных ИК фотоприемников и тепловизоров гражданского назначения, которые находят широкое применение в самых различных отраслях экономики.

Еще одной областью применения разрабатываемых ФЧ гетероструктур является их использование в разработках и освоении производства отечественных умеренно охлаждаемых фотовольтаических детекторов длинноволнового лазерного ИК-излучения, которые востребованы в системах активной лазерной локации, промышленной лазерной безопасности, в медицине, в авиации, в т.ч. в беспилотной авиации и в навигационных системах, например, в системах посадки воздушных судов в непогоду по "лазерной тропе", в системах экологического мониторинга и др. отраслях экономики.

4.2 Результаты работ будут внедрены в ЗАО «НПЦ «Реагент» в соответствии с Договором о дальнейшем использовании результатов ПНИ от 28 сентября 2014 г.

4.3 Результаты работ по проекту позволят индустриальному партнеру ЗАО «НПЦ «Реагент» организовать производство и выпустить на отечественный рынок фотовольтаические детекторы длинноволнового лазерного ИК-излучения, работающие при термоэлектрическом охлаждении.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Увеличение сроков эксплуатации, снижение стоимости, расширение областей гражданского применения ИК фотоприемников, разработка и производство тепловизоров нового поколения.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Организация серийного производства детекторов лазерного ИК-излучения в ЗАО «НПЦ «Реагент»: 2017г.-ОТР и технологическая подготовка производства; 2018г.-освоение производства, выпуск до 1500 шт/год (15 млн.руб/год); 2019г.- выпуск 3000 шт/год (30 млн.руб/год); 2020г.-6000 шт/год (60 млн.руб/год)

7. Наличие соисполнителей

Соисполнителей нет

Акционерное общество "Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности "Гиредмет"

Заместитель директора по науке

(должность)

(подпись)

Едреникова Е.Е.

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель работ по проекту

Заведующий лабораторий

(должность)

(подпись)

Денисов И.А.

(фамилия, имя, отчество)

М.П.