

**Соглашение о субсидии № 14.607.21.0071 от 20 октября 2014 г.
тема «Разработка технологии получения эпитаксиальных
гетероструктур арсенидов галлия и алюминия для нового поколения
силовых приборов»**

в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по
приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса
России на 2014 - 2020 годы»,

лот «Разработка технологий получения эпитаксиальных широкозонных
гетероструктур для нового поколения СВЧ- и/или силовых приборов»

шифр лота 2014-14-579-0096

(шифр заявки «2014-14-579-0096-001»)

Уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта)
RFMEFI60714X0071.

Этап 2 «Теоретические и экспериментальные исследования»

В ходе выполнения проекта на этапе № 2 в период с 01.01.2015 по 30.06.2015
выполнены следующие работы:

1 Работы, выполненные за счет средств субсидии

Выполнены исследования контактных систем для анодной и катодной
поверхности чипов гетероэпитаксиальных структур на основе арсенидов
галлия и алюминия для силовых р-і-n диодов и выбор оптимального
варианта.

Проведены экспериментальные исследования особенностей процессов
дефектообразования в гетероэпитаксиальных структурах и их влияния на
электрофизические параметры;

Выполнено исследование возможностей методов ВИМС Холла и DLTS
для анализа высокоомных образцов AlGaAs.

Проведены теоретические исследования процессов взаимодействия
комплекса примесей, используемых для тонкого легирования слоев р-і-n
структуры, и основных кристаллообразующих компонентов.

Разработана термодинамическая модель взаимодействия легирующих
окислов между собой и с компонентами раствора-расплава.

Проведены экспериментальные исследования влияния ориентации
исходных подложек и метода получения исходных монокристаллов арсенида
галлия на структурное совершенство и пробивное напряжение
гетероэпитаксиальных структур на основе арсенидов галлия и алюминия.

Выполнено исследование и сравнительный анализ параметров подложек,
полученных из монокристаллов, выращенных различными методами (VGF,
LEC).

Проведены экспериментальные исследования влияния технологических
режимов процесса получения термоэлектрических материалов на их
структурные и электрофизические свойства.

2 Работы, выполненные за счет внебюджетных средств

Выполнено исследование закономерностей процессов пассивации боковой поверхности гетероэпитаксиальных структур на основе арсенидов галлия и алюминия.

Проведена экспериментальная апробация термодинамической модели взаимодействия легирующих окислов между собой и с компонентами раствора-расплава.

Проведена оптимизация технологии финишной отмычки при производстве подложек качества epi-ready (готовых к эпитаксии) для последующего использования в процессах жидкофазной эпитаксии.

Разработаны оснастка и приспособления для получения термоэлектрических материалов.

Проведены исследования технологических режимов монтажа чипов на основе гетероэпитаксиальных структур на основе арсенидов галлия и алюминия на кристаллодержатель с использованием различных типов припоя.

2 Основные результаты, полученные в отчётный период

На этапе 2 были получены следующие основные результаты:

1. Определена оптимальная температура термического отжига контактов к сильнолегированному GaAs, при которой достигается низкое контактное сопротивление без деградации контакта, $T = 450 \pm 25^\circ\text{C}$.

2. Разработан режим послойного анализа примесей методом ВИМС в структурах, полученных методом жидкофазной эпитаксии, обеспечивший повышение чувствительности к содержанию примесей в глубоко залегающих слоях. Метод состоит в разделении процесса на два этапа: 1- быстрое травление с выходом на стационарное содержание примесей; 2- длительное накопление сигнала для повышения интегральной чувствительности при пониженной энергии распыляющих ионов, 0,5 кэВ для ионов Cs.

3. Разработана теоретическая термодинамическая модель взаимодействия легирующих окислов между собой и с компонентами раствора-расплава в процессах жидкофазной эпитаксии.

4. По результатам экспериментального исследования параметров гетероэпитаксиальных p-i-n структур AlGaAs/GaAs, выращенных на подложках из слитков GaAs, полученных методом Чохральского (LEC) и методом вертикальной направленной кристаллизации (VGF), оптимальным вариантом признано использование слитков LEC и ориентации среза по кристаллографической плоскости (100).

5. Определены оптимальные параметры процесса горячего вакуумного прессования порошков термоэлектрических материалов: давление прессования (50 МПа), температура прессования (420°C), время прессования (5 мин.).

6. Результаты экспериментальной проверки теоретической термодинамической модели взаимодействия легирующих окислов между собой и с компонентами раствора-расплава в процессах жидкофазной эпитаксии показали, что расчет позволяет с достаточно высокой точностью

прогнозировать распределение электрически активных примесей по глубине структуры в зависимости от условий процесса. Это позволило во многих случаях заменить моделированием проведение дорогостоящих тестовых экспериментальных процессов.

7. Подобран новый состав для ультразвуковой обработки подложек арсенида галлия. По сравнению с традиционным составом время ультразвуковой очистки сократилось с десяти до шести минут при лучшем качестве, что не только увеличивает производительность процесса, но и уменьшает вероятность механического разрушения подложек. Оптимизирована пропорция разведения исходного состава деионизованной водой в соотношении 1:1. Такой состав позволяет эффективно и быстро удалять загрязнения, оставшиеся после шлифовки и химико-механической полировки, и в тоже время достаточно экономичен для использования.

8. Разработана ЭКД и изготовлена технологическая оснастка для получения термоэлектрических материалов методом горячего вакуумного прессования.

9. Определены оптимальные технологические условия формирования паяного соединения на этапе монтажа диодных чипов в корпус: марка припоя (ПСр 2.5); толщина припойного шва (30-40 мкм); температура пайки (350 ± 5 °С с плавным нагревом – охлаждением); газовая среда пайки (азот).

Работы, запланированные на этап 2, выполнены. Полученные результаты соответствуют техническим требованиям к выполняемому проекту. Работы будут продолжены на последующих этапах проекта.

Комиссия Минобрнауки России признала обязательства по Соглашению на отчетном этапе исполненными надлежащим образом.