

Сведения о ходе выполнения проекта

«Исследование и разработка технологии изготовления сверхвысококачественных монолитных интегральных схем на основе гетероструктур InAlN/GaN для изделий космического применения»

Руководитель проекта д-р физ.-мат. наук Брудный В.Н.

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от 26 сентября 2017 г. № 14.578.21.0240 с Минобрнауки России в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» на этапе № 3 в период с 01.01.2019 г. по 31.12.2019 г. выполнены следующие работы:

1. Скорректирована технология эпитаксиального выращивания гетероструктур для СВЧ InAlN/GaN транзисторов и пассивных элементов СВЧ МИС по результатам исследовательских испытаний.
2. Скорректирована технология изготовления СВЧ InAlN/GaN транзисторов и пассивных элементов СВЧ МИС на гетероструктурах InAlN/GaN по результатам исследовательских испытаний.
3. Изготовлены экспериментальные образцы эпитаксиальных гетероструктур для изготовления экспериментальных образцов СВЧ InAlN/GaN транзисторов и пассивных элементов СВЧ МИС.
4. Изготовлены экспериментальные образцы СВЧ InAlN/GaN транзисторов и пассивных элементов СВЧ МИС.
5. Проведены исследовательские испытания технологии эпитаксиального выращивания гетероструктур для СВЧ InAlN/GaN транзисторов и пассивных элементов СВЧ МИС после проведения ее доработки.
6. Разработан проект ТЗ на ОКР «Технология изготовления сверхвысококачественных монолитных интегральных схем на основе гетероструктур InAlN/GaN для изделий космического применения».
7. Обобщены результаты проекта и проведена оценка полноты решения задач ПНИЭР.
8. Проведена сравнительная оценка полученных результатов ПНИЭР с достигнутым современным научно-техническим уровнем.
9. Разработаны рекомендации и предложения индустриальному партнеру по использованию полученных результатов ПНИЭР в целях их дальнейшего внедрения (промышленного освоения).
10. Скорректирована технология изготовления топологических элементов размером 0.1 и 0.15 мкм на подложках SiC с эпитаксиальными гетероструктурами для InAlN/GaN транзисторов методом электронно-лучевой литографии.
11. Скорректирована технология изготовления низкоомных омических контактов для СВЧ InAlN/GaN транзисторов.
12. Скорректирована электрофизическая модель СВЧ InAlN/GaN транзистора по результатам исследовательских испытаний.
13. Скорректирована технология монтажа СВЧ GaN транзисторов на теплопроводящее основание по результатам исследовательских испытаний.
14. Проведены исследовательские испытания технологии изготовления СВЧ InAlN/GaN транзисторов и пассивных элементов СВЧ МИС после проведения ее доработки.

15. Проведены дополнительные патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011–96.
16. Скорректирована малосигнальная модель СВЧ InAlN/GaN транзистора по результатам исследовательских испытаний.
17. Скорректирована большесигнальная модель СВЧ InAlN/GaN транзистора по результатам исследовательских испытаний.

Основные результаты проекта:

Разработана и скорректирована по результатам испытаний технология эпитаксиального выращивания гетероструктур для InAlN/GaN транзисторов и пассивных элементов СВЧ МИС со слоевой проводимостью менее 250 Ом/кв при подвижности электронов более 1200 см²/В*с. Полученные результаты соответствуют требованиям проекта и текущему мировому уровню.

Разработана и скорректирована по результатам испытаний технология изготовления СВЧ InAlN/GaN транзисторов для частоты 30-40 ГГц с удельной выходной СВЧ мощностью 3.5 Вт/мм, и КПД не менее 45 %. Полученные результаты соответствуют требованиям и текущему мировому уровню. По ряду важных параметров – усилению и удельной мощности, разработанные транзисторы лучше аналогов, изготовленных по технологии QGaN15 (компания Qorvo). Разработаны и скорректирована электрофизическая, малосигнальная и большесигнальная модели СВЧ InAlN/GaN транзисторов, соответствующие требованиям проекта и современным мировым требованиям к моделям.

Разработана и скорректирована по результатам испытаний технология изготовления пассивных элементов СВЧ МИС на гетероструктурах InAlN/GaN - МДМ конденсаторов с напряжением пробоя не менее 100В и отклонением от номинального значения емкости не более 5 %, и эпитаксиальных резисторов с максимальной плотностью тока не менее 0.2 А/мм и отклонением от номинального сопротивления менее 10 %. Полученные результаты соответствуют требованиям проекта и текущему мировому уровню технологии.

Разработана и скорректирована по результатам испытаний технология изготовления топологических элементов размером 0.1 и 0.15 мкм на подложках SiC с эпитаксиальными гетероструктурами для InAlN/GaN транзисторов методом электронно-лучевой литографии и отклонением размера топологических элементов от номинала – 10 %, что соответствует текущим требованиям к мировому уровню технологии мощных СВЧ транзисторов для частоты 30-40 ГГц.

Разработана и скорректирована по результатам испытаний технология изготовления низкоомных омических контактов для СВЧ InAlN/GaN транзисторов с сопротивлением менее 0.3 Ом*мм, что соответствует текущим требованиям проекта и требованиям к мировому уровню технологии мощных СВЧ транзисторов для частоты 30-40 ГГц.

Разработана и скорректирована по результатам испытаний технология монтажа СВЧ InAlN/GaN транзисторов на теплопроводящее основание с отклонением поверхностной температуры в центрах внутренних секций транзистора от среднего значения – ±10 С и площадью пустот на поверхности при монтаже кристаллов должна

составлять не более 5 %, что соответствует текущим требованиям к мировому уровню технологии мощных СВЧ транзисторов для частоты 30-40 ГГц.

Реализация проекта позволит снизить влияние санкций и иных экспортных ограничений на возможности развитие информационно-телекоммуникационного и космического секторов промышленности. Развитие направления СВЧ наногетероструктурной электроники, а также становление отечественного промышленного производства СВЧ МИС на основе GaN транзисторов будет способствовать активному развитию отечественного полупроводникового материаловедения и укреплению независимости российской радиоэлектронной промышленности от зарубежных поставок СВЧ МИС путем обеспечения производства продуктов телекоммуникации отечественной элементной компонентной базой, имеющей технико-экономические параметры на уровне мировых показателей.