



В Диссертационный Совет Д 212.268.04

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники" (ТУСУР)

634050 Томск, Россия, пр. Ленина 40

Ученому секретарю Совета

д.т.н, профессору Ю.П. Акулиничеву

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации СИМА Павла Евгеньевича

«Исследование омических контактов НЕМТ транзисторов на основе GaN»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук

по специальности 01.04.04 - «Физическая электроника».

Диссертация П.Е. Сима посвящена чрезвычайно актуальной проблематике - разработке технологии получения низкоомных омических контактов для транзисторов с высокой подвижностью электронов (HEMT) на основе AlGaIn/GaN и InAlN/GaN, выращенных методом MOCVD на подложках сапфира, кремния и карбида кремния. Транзисторы HEMT широко используются в СВЧ-электронике. При этом HEMT на основе нитридных соединений III-N с гексагональной симметрией позволяют повысить выходную удельную мощность транзисторов по сравнению со структурами на основе кубических кристаллов. Такие транзисторы должны иметь низкоомные омические контакты, так как большое сопротивление контактов в значительной степени определяет вольт-амперную характеристику HEMT. Между тем, большие ширины запрещенной зоны нитридов и, соответственно, высоты барьеров Шоттки затрудняют получение низкоомных контактов. Несмотря на значительные усилия, прилагаемые во всем мире, включая США, Германию и Японию, экспериментальные и теоретические исследования контактов металл - нитридный полупроводник далеки от завершения, а задача получения низкоомных омических контактов для HEMT транзисторов на основе AlGaIn/GaN и InAlN/GaN не решена до конца.

Автор провел основательный и критический анализ литературы по теме диссертации и сформулировал ряд задач, работа над которыми позволила получить новую ценную информацию о технологических режимах использования металлизации Ti/Al/Mo/Au (20/50/40/25 нм) в качестве омического контакта в HEMT транзисторах на базе гетероструктур AlGaIn/GaN и InAlN/GaN.

В результате выполненных исследований были получены омические контакты с величиной контактного сопротивления (0.25 - 0.3) Ом·мм, с гладкой морфологией поверхности, резкой латеральной границей и высокой стабильностью к последующему термическому нагреву. Достоверность полученных результатов основана на использовании комплекса современных и информативных экспериментальных методов, включая контактную, электронно-лучевую и



лазерную литографию, электронно-лучевое осаждение тонких пленок, быстрый термический отжиг, реактивное ионное травление, рентгеновскую фотоэлектронную спектроскопию, растровую электронную микроскопию. Экспериментальные результаты сопровождаются расчетами и моделированием, что позволило значительно углубить их интерпретацию.

Заключение

Работа является законченной и выполнена автором самостоятельно на высоком научном уровне. Представленные в работе исследования достоверны, выводы и рекомендации обоснованы.

Автореферат содержит достаточное количество исходных данных, имеет пояснения, рисунки, графики. Написан технически квалифицированно и аккуратно оформлен. Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в автореферате.

Считаю, что автореферат отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, а его автор СИМ Павел Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.04 - «Физическая электроника».

Проф. Соболев Николай Андреевич

Место работы: Университет Авейро, Португалия
 Адрес: Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Campus de Santiago,
 3810-193 Aveiro, Portugal
 E-mail: sobolev@ua.pt; Тел.: +351 234 378 117

Подпись Соболева Н.А. заверяю



Директор Департамента физики Университета Авейро
 Prof. Dr. João Miguel Dias 234 424 965