

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Кондакова Михаила Николаевича на тему «**Омические контакты на основе системы металлизации Mo/Al/Mo/Au к гетероструктурам AlGa_xN/GaN**», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 – Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники, состоявшейся в НИТУ «МИСиС» 20.02.2020 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 09.12.2019 г., протокол № 14.

Диссертация выполнена на кафедре полупроводниковой электроники и физики полупроводников Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС»), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Диденко Сергей Иванович, работает заведующим кафедрой полупроводниковой электроники и физики полупроводников НИТУ «МИСиС».

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» (протокол № 14 от 09.12.2019 г.) в составе:

1. Ховайло Владимир Васильевич – доцент, д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ «МИСиС» – председатель комиссии;
2. Мурашев Виктор Николаевич – профессор, д.т.н., профессор кафедры полупроводниковой электроники и физики полупроводников НИТУ «МИСиС»;
3. Бублик Владимир Тимофеевич – профессор, д.ф.-м.н., профессор кафедры материаловедения полупроводников и диэлектриков НИТУ «МИСиС»;
4. Якимов Евгений Борисович – профессор, д.ф.-м.н., заведующий лабораторией локальной диагностики полупроводниковых материалов федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов Российской академии наук;
5. Слепцов Владимир Владимирович – профессор, д.т.н., заведующий кафедрой радиоэлектроника, телекоммуникации и нанотехнологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

В качестве ведущей организации утвержден АО «НИИМЭ».

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработана технология формирования низкоомных омических контактов на основе системы металлизации Mo/Al/Mo/Au к гетероструктурам Al_xGa_{1-x}N/GaN: определены оптимальный температурно-временной режим отжига и оптимальные соотношения

толщин слоев металлов, необходимые для достижения требуемых электрических параметров и морфологии поверхности контакта;

- выявлены закономерности изменения параметров омических контактов при изменении общей толщины системы металлизации Mo/Al/Mo/Au с сохранением соотношения толщин слоев металлов;
- выявлены особенности формирования омических контактов на основе системы металлизации Mo/Al/Mo/Au к гетероструктурам $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$;
- разработан новый метод измерения слоевого сопротивления двумерного электронного газа (ДЭГ) в областях под омическими контактами, демонстрирующий заметные преимущества перед существующими методами;
- предложены механизмы токопереноса в омических контактах на основе системы металлизации Mo/Al/Mo/Au к гетероструктурам $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$, сформированных при различных температурах отжига.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- разработан новый метод измерения слоевого сопротивления полупроводника под омическим контактом; на примере омических контактов на основе систем металлизации Mo/Al/Mo/Au и Ti/Al/Mo/Au к гетероструктурам $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ проведено сравнение данного метода с существующими методами;
- проведено исследование механизмов токопереноса через омические контакты на основе систем металлизации Mo/Al/Mo/Au и Ti/Al/Mo/Au к гетероструктурам $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$, учитывающее изменение слоевого сопротивления ДЭГ.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработана и внедрена технология формирования омических контактов на основе системы металлизации Mo/Al/Mo/Au к нелегированным гетероструктурам $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$, позволяющая получать величины контактного сопротивления на уровне 0.14 – 0.20 Ом·мм;
- морфология поверхности полученных омических контактов на основе Mo/Al/Mo/Au позволяет использовать их металлизацию в качестве знаков совмещения при проведении процессов электронно-лучевой литографии;
- разработан метод измерения слоевого сопротивления полупроводника под омическим контактом, имеющий упрощенную технологию изготовления тестовых структур;
- результаты проведенной работы внедрены в АО «НПП «Пульсар» и используются при разработке СВЧ транзисторов с высокой подвижностью электронов на основе гетероструктур $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$, монолитных интегральных схем на их основе, СВЧ шумовых и переключающих диодов на основе GaN.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- достоверность научных результатов подтверждается использованием современных методик исследования, аттестованных измерительных установок и приборов, согласованностью результатов, полученных различными методами.

Личный вклад соискателя состоит в том, что результаты, составившие основу диссертации, получены лично автором или при его определяющем участии. Автор лично проводил эксперименты и занимался обработкой результатов экспериментов.

Материалы диссертации Кондакова М. Н. опубликованы в 11 печатных работах, в том числе 5 работ опубликованы в журналах, входящих в перечень ВАК (2 работы входят в Scopus) Также получено свидетельство о государственной регистрации топологии интегральной схемы.

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ «МИСиС» соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Кондакова М. Н. соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС», так как в ней на основании выполненных автором исследований содержится решение задачи разработки технологии формирования низкоомных омических контактов на основе системы металлизации Mo/Al/Mo/Au к гетероструктурам $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$, демонстрирующих приемлемую морфологию поверхности и кромки, а также раскрыты особенности механизма формирования и механизм токопереноса в них. Полученные в работе результаты имеют важное научное значение и являются перспективными в решении практических задач.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Кондакову Михаилу Николаевичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 – «Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники».

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 5, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии



В.В. Ховайло

20.02.2020