

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Куланчикова Юрия Олеговича на тему **«Исследование влияния облучения электронным пучком на свойства полупроводниковых структур»**, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности

1.3.11 - «Физика полупроводников», состоявшейся в НИТУ МИСИС 04.12.2024 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 09.09.2024, протокол № 22.

Диссертация выполнена на кафедре полупроводниковой электроники и физики полупроводников и в лаборатории ультраширокозонных полупроводников НИТУ МИСИС.

Научный руководитель – Якимов Евгений Борисович, д.ф.-м.н., профессор кафедры полупроводниковой электроники и физики полупроводников НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол № 22 от 09.09.2024 г.) в составе:

1. Ховайло Владимир Васильевич – д.ф.-м.н., профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ МИСИС – председатель комиссии;
2. Родин Алексей Олегович – д.ф.-м.н., профессор кафедры физической химии НИТУ МИСИС;
3. Пархоменко Юрий Николаевич – д.ф.-м.н., профессор кафедры материаловедения полупроводников и диэлектриков НИТУ МИСИС;
4. Таперо Константин Иванович – д.т.н., заместитель генерального директора по науке и инновациям АО «Научно-исследовательский институт приборов», ГК «Росатом»;
5. Боргардт Николай Иванович – д.ф.-м.н., директор Института физики и прикладной математики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники».

В качестве ведущей организации утверждено федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твёрдого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук, г. Черноголовка.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

проведено комплексное исследование влияния облучения низкоэнергетического электронного пучка с подпороговой энергией первичных электронов на дефектообразование в полупроводниковых материалах. В частности, были проведены исследования образования состояний на границе раздела SiO_2/Si методами вольт-фарадных характеристик и катодоллюминесценции, и на основании исследований выявлено существенное различие в чувствительности к облучению для образцов $\text{Al}/\text{SiO}_2/\text{Si}$ на подложках p и n-типа проводимости. Проведены исследования влияния термического отжига на вольт-фарадные характеристики и спектры катодоллюминесценции. Впервые исследовано влияние приложенного при облучении

напряжения, что позволило выявить роль электронов в образовании ловушек на интерфейсе SiO_2/Si .

Впервые показано, что дислокации в GaN под воздействием электронного пучка двигаются при низких температурах, близких к температуре жидкого азота. Проведена оценка энергии активации рекомбинационно-ускоренного движения дислокаций, и получены значения не превышающие 10-20 мэВ. Проведены исследования влияния термического отжига на динамику введенных дислокаций в GaN, и впервые показано, что в GaN динамикой дислокации управляют два механизма, преодоление барьера Пайерлса и преодоление локализованных препятствий, которые работают одновременно.

Исследована трансформация спектров катодolumинесценции MAPbBr_3 под воздействием облучения низкоэнергетичным электронным пучком. Разложение спектров позволило выявить зависимость отдельных компонент спектра от дозы облучения. Установлено, что использование больших энергий электронного пучка (> 20 кэВ) предпочтительно для минимизации повреждения MAPbBr_3 при изучении методами растровой электронной микроскопии.

Научная и практическая значимость исследования заключается в:

- исследовании влияния низкоэнергетического электронного пучка на дефектообразование в SiO_2 , что может быть полезно при создании приборов для космической отрасли, а также при учёте радиационной стойкости материала при создании защитного покрытия;

- исследовании движения дислокаций в GaN при облучении электронным пучком, что может быть полезно для понимания механизмов деградации оптоэлектронных приборов. Механизмы, стимулирующие движение дислокаций, могут быть подобны проявляющимся при работе мощных светоизлучающих приборов;

- полученных результатах исследования движения дислокаций в GaN под действием электронного пучка, а также выявления механизмов, определяющих динамику движения дислокаций, которые могут быть использованы при разработке технологии создания приборных структур на основе GaN с заданными характеристиками стойкости к воздействию ионизирующих излучений;

- исследовании влияния электронного пучка на свойства органо-неорганических галогенидных перовскитов, что необходимо для понимания механизмов деградации материала, а также для прогнозирования деградации приборных структур на основе данного материала в условиях воздействия ионизирующих излучений;

- определении оптимальных значений энергии электронного пучка (не менее 20 кэВ) при исследовании органо-неорганических перовскитов методом растровой электронной микроскопии, что позволяет минимизировать повреждения исследуемого образца электронным пучком при проведении исследований и тем самым повысить достоверность получаемых результатов.

Достоверность научных результатов подтверждаются корректностью постановки цели и задач, выбранными методами исследования, использованием современных методов исследования емкостных свойств и спектров катодolumинесценции. Степень достоверности представленных количественных данных определяется инструментальной погрешностью используемого оборудования и хорошо согласуется с результатами теоретических расчетов и данными других исследовательских групп.

Личный вклад автора в настоящую работу состоит в анализе литературных данных, определении и постановке целей и задач, описании и реализации основных экспериментальных подходов, анализе и обобщении полученных результатов, формировании основных положений и выводов, участие в написании и подготовке к публикации статей, описывающих результаты исследований, представлении результатов на конференциях.

По теме диссертации опубликованы 4 печатные работы в рецензируемых научных журналах, входящих в базы Scopus и Web of Science.

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Куланчикова Юрия Олеговича соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней на основании выполненных автором исследований содержится описание результатов комплексных экспериментальных исследований электрически и оптических свойств полупроводниковых материалов SiO_2 , GaN и MAPbBr_3 и их изменение под воздействием низкоэнергетического пучка электронов. Полученные в работе результаты имеют важное научное значение и являются перспективными в решении практических задач.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Куланчикову Юрию Олеговичу ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 - «Физика полупроводников».

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 4 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 4, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии



В.В. Ховайло

04.12.2024