

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Забавичева Ильи Юрьевича

«Отклик носителей заряда в Si и GaAs наноразмерных структурах на нейтронное воздействие с учетом динамики вторичных процессов дефектообразования и ионизации», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.2. – Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств

Забавичев Илья Юрьевич в 2015 году закончил радиофизический факультет и поступил в аспирантуру ННГУ по направлению «Физика и астрономия», и в 2019 году успешно ее закончил. Диссертация Забавичева И.Ю. посвящена исследованию отклика носителей заряда в Si и GaAs наноразмерных структурах на воздействие потока мгновенного спектра деления с учетом динамики вторичных процессов.

Развитие полупроводниковой электроники в первую очередь связано с сокращением размеров активных областей полупроводниковых структур, что в свою очередь увеличивает их чувствительность к воздействию отдельных ядерных частиц первичных атомов отдачи. В связи с этим становится необходим анализ особенностей переноса носителей заряда через формирующийся кластер радиационных дефектов. Одновременно с образованием разупорядоченной области происходит генерация электронно-дырочных пар, приводящая к протеканию импульса тока фемтосекундной длительности. Модельная оценка формы импульса тока позволит адекватно проводить расчет сбоев полупроводниковых приборов и интегральных схем – оценивать порог интенсивности воздействия потока нейтронов, приводящих к сбою интегральных схем. Не только временные, но и пространственные масштабы процесса образования даже одного кластера становятся сопоставимы с размерами активных областей современных полупроводниковых приборов. В этом случае особенно актуальным становятся вопросы не только общего количества кластеров, но и места их образования, так как от последнего будет зависеть степень деградации характеристик прибора.

Целью диссертационной работы И.Ю. Забавичева является построение физико-топологических моделей и проведение с их помощью исследований явлений отклика носителей заряда в Si и GaAs наноразмерных структурах на воздействие потока мгновенного спектра деления с учетом динамики вторичных процессов. Для этого И.Ю. Забавичевым были разработаны методика и пакет прикладных программ для теоретического анализа результатов моделирования образования дефектов в ПО TRIM и LAMMPS с целью оценки пространственной и временной эволюции процесса

формирования наноразмерной разупорядоченной области и комплекс численных моделей для анализа процессов переноса электронов в полупроводниковых структурах с учетом влияния внутренней структуры потенциала рассеяния на кластерах радиационных дефектов. Проведен анализ процесса переноса электронов в полупроводниковых структурах во время формирования единичного кластера радиационных дефектов и релаксации неравновесных радиационно-генерированных электронно-дырочных пар и его влияния на сбоеустойчивость современных ячеек статической памяти. И.Ю. Забавичев провел анализ изменения характеристик биполярного транзистора на основе GaAs с тонкой базой после формирования в ней единичного кластера радиационных дефектов в зависимости от его пространственного положения.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в том, что разработан пакет прикладных программ и методик для теоретического анализа пространственной и временной эволюции процесса формирования разупорядоченной области. С его помощью получено, что размеры кластера радиационных дефектов, возникающих на поверхности кремниевой пластины, составляют 5...10 нм, поэтому их невозможно обнаружить экспериментально с помощью метода атомно-силовой микроскопии. Разработан пакет прикладных программ для расчетной оценки реакции Si и GaAs приборов на воздействие потока мгновенных нейтронов спектра деления с учетом пространственной структуры потенциала рассеяния кластера радиационных дефектов. Теоретически получены оценки концентрации рассеивающих центров в канале субмикронного полевого транзистора с затвором Шоттки на основе GaAs, возникающих при радиационном воздействии потока нейтронов до $5 \times 10^{15} \text{ см}^{-2}$, которые составляют $10^{12} \dots 10^{14} \text{ см}^{-3}$. Разработан пакет прикладных программ для расчетной оценки реакции Si полевых транзисторов и диодов на формирование единичного кластера радиационных дефектов с учетом релаксации неравновесных радиационно-генерированных электронно-дырочных пар. Теоретически показано, что для ячеек статической памяти, выполненных по технологическим процессам 20 нм и 7 нм сечение сбоев на бит при формировании единичного кластера радиационных дефектов в транзисторе составляет $10^{-20} \dots 10^{-21} \text{ см}^2/\text{бит}$. Разработан пакет прикладных программ для расчетной оценки изменения характеристик биполярного транзистора на основе GaAs с тонкой базой в зависимости от положения единичного кластера радиационных дефектов. Показано, что наибольшее влияние на коэффициент усиления по постоянному току оказывает наличие единичный кластер в эмиттерном переходе транзистора, уменьшая его в 20 раз по сравнению со значением до воздействия.

Результаты диссертационной работы были представлены в трудах научных конференций и семинаров: XXIII, XXII, XXI, XX, XIX, XVII международные

конференции «Нанотехнологии и нанотехнологическая электроника», VI и VII Всероссийские конференции и школы молодых ученых и специалистов «Физические и физико-химические основы ионной имплантации», XVIII научная конференция по радиотехнике, XXII и XXIII нижегородская сессия молодых ученых (естественнонаучные дисциплины), всероссийские научно-технические конференции «Стойкость-2011», «Стойкость-2012», «Стойкость-2013», «Стойкость-2014», «Стойкость-2016», всероссийская конференция «Радиоэлектронные средства получения, обработки и визуализации информации» (РСПОВИ-2014), III Международная научно-техническая конференция «Современная элементная база».

По результатам исследований Забавичев И.Ю. опубликовал в соавторстве 78 публикаций, в том числе, в 18 статьях в журналах из списка ВАК.

При выполнении диссертационной работы Забавичев И.Ю. проявил себя самостоятельным, инициативным и высококвалифицированным специалистом, обладает потенциалом дальнейшего развития в качестве научного работника.

Диссертация Забавичева И.Ю. соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Считаю, что Забавичев Илья Юрьевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.2. – Электронная компонентная база микро- и нанотехнологии, квантовых устройств.

Научный руководитель:

доктор технических наук (05.27.01. –
Твердотельная электроника,
радиоэлектронные компоненты,
микро- и нанотехнологии, приборы на
квантовых эффектах), профессор,
заведующий кафедрой квантовой
радиотехники и электроники
радиотехнического факультета
Национального исследовательского
Нижегородского государственного
университета им. Н.И. Лобачевского
(ННГУ)

Адрес: 603022, г. Нижний Новгород,
пр. Гагарина, д. 23, корп.4, ауд.408,
ННГУ

Телефон: +7-952-472-19-46

Эл. почта: obolensk@rf.unn.ru

« 20 » 02 2025

Оболенский Сергей Владимирович

