

ОТЗЫВ

научного руководителя

на соискателя Сиделева Алексея Владимировича, представившего диссертационную работу на тему «Разработка детекторов поглощенной дозы ионизирующего излучения с чувствительными элементами на основе р-канальных МНОП-транзисторов» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.2. Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств.

Сиделев Алексей Владимирович в 2008 году окончил федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Государственный технологический университет «Московский институт стали и сплавов» по специальности «Микроэлектроника и твердотельная электроника». С 2008 по 2012 год обучался в аспирантуре при федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по специальности 05.27.01 – «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах». Параллельно с обучением в аспирантуре А.В. Сиделев работал в ФГУП «НПП «Пульсар», где занимался разработкой мощных СВЧ-приборов и детекторов на широкозонных полупроводниковых материалах, а с 2012 по 2020 г. он работал в ФГУП «ВНИИА им. Н.А. Духова», где активно занимался исследованиями и разработкой полупроводниковых детекторов ионизирующего излучения. С 2020 года А.В. Сиделев возглавляет в АО «НИИП» управление научных исследований и инновационных разработок. Одним из приоритетных направлений его работы в АО «НИИП» является разработка полупроводниковых детекторов ионизирующих излучений, в частности, дозиметров.

Областью научных интересов А.В. Сиделева является исследование и моделирование радиационных эффектов в изделиях электронной техники, полупроводниковые преобразователи энергии различного применения, технология микро- и нанoeлектроники. Работая в АО «НИИП», А.В. Сиделев реализовал в качестве руководителя и ответственного исполнителя ряд проектов в рамках Единого отраслевого тематического плана Госкорпорации «Росатом», направленных на разработку различных детекторов ионизирующих излучений, рассчитанных на различные условия применения: дозиметров на основе MNOS- и SONOS-структур, пиксельных координатно-чувствительных детекторов на основе кремниевых биполярных структур. Также А.В. Сиделев имеет успешный опыт реализации в качестве научного руководителя проекта в рамках Комплексной программы «Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации» (программа РТТН), ставшей 14-м национальным проектом.

А.В. Сиделев склонен к научно-исследовательской работе. Успешному выполнению работы во многом способствовали такие черты его характера как умение структурировать проблему в сложных задачах и определять оптимальные пути ее решения, целеустремленность, высокая степень трудолюбия, умение добиваться решения поставленных задач, широкий научный кругозор и системные знания. Во многом благодаря его научно-обоснованным решениям и опыту, в АО «НИИП» в настоящее время успешно развиваются новые научно-технические направления, связанные с разработкой полупроводниковых детекторов ионизирующего излучения, а также разработкой изделий специального приборостроения.

Основной материал, вошедший в диссертацию «Разработка детекторов поглощенной дозы ионизирующего излучения с чувствительными элементами на основе р-канальных МНОП-транзисторов», был получен в период с 2021 по 2025 год, однако выбор решаемой научной задачи и направлений исследований в рамках диссертации, а также обоснование базовых конструктивно-технологических вариантов, взятых за основу в рамках диссертационного исследования, во многом были определены предыдущим накопленным опытом в области разработки полупроводниковых детекторов, как на основе кремния, так и на основе других материалов, например, арсенида галлия.

Целью диссертационной работы А.В. Сиделева являлась разработка детекторов поглощенной дозы ионизирующего излучения с чувствительными элементами на основе р-канальных МНОП-транзисторов для различных применений: в *in vivo* дозиметрии, в составе радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов и на объектах использования атомной энергии (ОИАЭ), в том числе для радиационных испытаний, а также для регистрации «аварийных» доз персонала на ОИАЭ. К основным результатам диссертации, имеющим научную и практическую значимость, относятся:

- Разработана физическая модель накопления радиационно-индуцированного заряда в подзатворных диэлектриках р-канального МНОП-транзистора, позволяющая прогнозировать радиационную чувствительность и диапазон измеряемых доз детекторов при использовании данного транзистора в качестве чувствительного элемента, учитывающая динамику изменения напряженности электрических полей в подзатворных диэлектриках при воздействии ионизирующего излучения и специфику выхода заряда при различных напряженностях электрических полей в диоксиде кремния, в том числе при слабых электрических полях с напряженностью менее 10^3 В/см.

- Установлен эффект восстановления характеристик детектора поглощенной дозы ионизирующего излучения с чувствительным элементом на основе р-канального МНОП-транзистора при приложении на затвор детектора во время воздействия ионизирующего излучения сначала напряжения одной полярности, а затем обратной полярности.

- Показано, что зависимость радиационной чувствительности детектора поглощенной дозы ионизирующего излучения с чувствительным элементом на основе р-канального МНОП-транзистора от отрицательного напряжения на затворе во время воздействия ионизирующего излучения имеет немонотонный характер с выраженным максимумом: сначала чувствительность растет при увеличении отрицательного напряжения на затворе за счет увеличения выхода заряда, обусловленного увеличением напряженности электрического поля в диоксиде кремния, а затем снижается за счет достижения предельно допустимой напряженности электрического поля в слое диоксида кремния, и(или) в слое нитрида кремния.

- Установлен эффект нелинейности дозовой зависимости значения информативного параметра детектора поглощенной дозы ионизирующего излучения с чувствительным элементом на основе р-канального МНОП-транзистора в режиме постоянного напряжения на затворе в процессе облучения, являющийся следствием накопления заряда на границе раздела диэлектриков, приводящего к снижению напряженности электрического поля в диоксиде кремния и критическому увеличению напряженности электрического поля в нитриде кремния.

Научно-техническая значимость работы, а также её актуальность, подтверждена практическим применением разработанных и изготовленных детекторов совместно с разработанными и изготовленными дозиметрами в *in vivo* дозиметрии, радиоэлектронной аппаратуре космических аппаратов, дозиметрии на объектах

использования атомной энергии, дозиметрии при проведении радиационных испытаний и в персональной дозиметрии для регистрации «аварийных» доз персонала на ОИАЭ.

Основные результаты по теме диссертации опубликованы в 9 научных работах: 7 из них в изданиях, рекомендованных ВАК и 2 в изданиях, индексируемых в базах цитирования Scopus и Web of Science, а также в 20 тезисах докладов. Основные результаты по теме диссертации докладывались на Всероссийской научно-технической конференции «Радиационная стойкость электронных систем» с 2021 по 2025 год, а также на научно-технической конференции «Ядерное приборостроение. Актуальные вопросы разработки, производства, эксплуатации. Метрология ионизирующих излучений» в 2021 году, научно-технической конференции «Ядерное приборостроение: история, современность, перспективы» в 2022 году.

Представленная диссертационная работа является законченным научным исследованием, отличающимся актуальностью, высокой степенью научной новизны и практической значимости. Диссертация полностью соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям. С учетом ценности полученных результатов, научных положений, выносимых на защиту, а также учитывая персональные качества соискателя, считаю, что Сиделев Алексей Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.2. Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств.

Научный руководитель

Таперо Константин Иванович

Доктор технических наук по специальности 05.27.01, старший научный сотрудник, заместитель генерального директора по науке и инновациям Акционерного общества «Научно-исследовательский институт приборов» (предприятие Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом»)

Адрес: 140080, Московская обл., г. Лыткарино, промзона Тураево, строение 8.

Телефон (рабочий): 8-495-663-90-95.

Адрес электронной почты: kitapero@rosatom.ru

Сайт организации: <http://www.niipribor.ru/>

Подпись д.т.н., с.н.с. Таперо К.И. заверяю:

Заместитель генерального директора АО «НИИП»

по управлению персоналом

/ Л.А. Чернякова