

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шепелева Артема Сергеевича
«Транспорт неравновесных носителей заряда в облученных кремниевых
детекторах при температуре сверхтекучего гелия»
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 1.3.11 «Физика полупроводников»

Рецензируемая диссертационная работа направлена на исследование транспорта неравновесных носителей заряда в кремниевых детекторах протонов, функционирующих при температуре сверхтекучего гелия.

Актуальность работы не вызывает сомнений, т.к. она связана с задачей мониторинга поля рассеянных протонов в области сверхпроводящих магнитов Большого Адронного Коллайдера (БАК) в ЦЕРНе. В такой системе возникает необходимость контролировать радиационное поле вблизи сверхпроводящих обмоток электромагнитов ускорителя, что накладывает требования к компактности устройства и необходимость функционирования в широком диапазоне воздействия протонов высокой энергии.

Исследования построены на базе экспериментальных данных исследований кремниевых p^+n - детекторов, проведенных в ЦЕРНе при температуре 1.9К и дополненных результатами исследований, выполненных соискателем по исследованию закономерностей транспорта носителей заряда в чувствительной области детекторов в интервале температур 6К - 300К в лаборатории ФТИ им. А.Ф. Иоффе. Полученные в работе методические результаты позволили количественно описать транспорт носителей в кремниевых детекторах.

Наиболее важными среди представленных в автореферате научных результатов являются следующие:

- разработан универсальный алгоритм обработки кремниевых p^+nn^+ - детекторов, позволяющий восстановить распределение электрического поля и анализировать механизмы переноса носителей заряда, что расширяет возможности метода переходного тока,

- исследована ионизация атомов фосфора в области пространственного заряда p-n-перехода детектора при температуре 6К,

- показана необходимость учета комплекса факторов - эффекта Пула-Френкеля, туннелирования электронов и размножения неравновесных носителей заряда в области сильного электрического поля вблизи контактов, в том числе, и при анализе радиационного ресурса детекторов.

Новизна представленных в работе результатов подтверждается грамотным учетом радиационных процессов при облучении кремниевых детекторов протонами, использования моделей структур и математического аппарата. Основные результаты работы опубликованы в ведущих физических журналах, включенных в базы данных Scopus и Web of Science, апробированы на международных конференциях в период с 2018г. по 2022 г. Список публикаций в реферируемых журналах приведен и включает 8 наименований.

Получено много практически важных результатов. Построена и аргументирована феноменологическая модель формирования токового отклика детектора, учитывающая различные механизмы, влияющие на форму импульса, включая влияние цепи регистрирующей электроники. Обработка экспериментальной информации была осуществлена с помощью развитых соискателем алгоритмов восстановления физической формы токовых откликов детектора и ее связи с профилем электрического поля в исследуемом детекторе. В результате была создана модель транспорта носителей заряда в кремниевых детекторах, облучаемых in-situ протонами при температуре 1.9К.

В автореферате последовательно описано содержание и результаты всех глав диссертации, включая обзор литературы и методов исследования

(главы 1 и 2). Представлен разработанный алгоритм обработки токовых импульсных откликов детекторов с целью получения количественной информации о распределении электрического поля в их чувствительной области (глава 3). Исследовано формирование электрического поля в детекторах в диапазоне температур 6-300К (глава 4) и представлена созданная модель транспорта заряда в кремниевых детекторах облучаемых *in situ* при целевой температуре 1.9К (глава 5).

Сформулированные в Заключение результаты показывают значимую новизну выполненных исследования и перспективность их использования, для построения сценариев радиационной деградации детекторов работающих при криогенных температурах. Корректность выводов не вызывает сомнений, а их совокупность показывает, что поставленная задача автором решена.

Автореферат не свободен от недостатков, которые могут быть сформулированы в виде следующих замечаний:

1 приведенное на стр.1 краткое описание раздела 2.2 не позволяет оценить характеристики использованных соискателем экспериментальных установок и использованного оборудования ФТИ им. А.Ф. Иоффе,

2 не приведены конструктивные особенности p^+np^+ - детекторов, состав контактов и напряжение питания,

3 энергетический спектр генерируемых высокоэнергетическими протонами неравновесных носителей заряда – электронов и дырок существенно отличается от спектра носителей при оптической генерации, и отсутствие информации о характеристиках использованного в исследованиях лазерного излучения не позволяет сравнить начальные подвижности генерируемых носителей в этих двух случаях,

4 приведенные на рисунках 1 и 2 результаты восстановления физической формы токовых откликов и восстановления распределения электрического поля при отсутствии используемых в этих процедурах аналитических соотношений не позволяют в полной мере оценить корректность применяемых процедур обработки экспериментальных данных,

5 при учете роли фононов в туннелировании электронов целесообразно привести оценку концентрации фононов при температуре 1,9К.

В целом диссертационная работа, судя по автореферату и публикациям, по своей актуальности, научной новизне и практической значимости отвечает критериям действующего положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Шепелев Артем Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 – «Физика полупроводников».

Отзыв обсужден на заседании НТС института ядерной и радиационной физики ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», протокол от 13.04.2023 №3.

Отзыв составили:

Главный научный сотрудник института
ядерной и радиационной физики,
доктор физико-математических наук

А.В. Грунин

Начальник научно-исследовательского
отдела института ядерной и
радиационной физики,
кандидат физико-математических наук

С.А. Лазарев

Подписи А.В. Грунина и С.А. Лазарева ~~заверяю~~

Ученый секретарь,
кандидат физико-математических наук

А.О. Бликов

Федеральное государственное унитарное предприятие ~~РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ~~
~~ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР~~ Всероссийский научно-исследовательский институт
экспериментальной физики ФГУП "РФЯЦ - ВНИИЭФ":
607188, Нижегородская обл., г. Саров, пр. Мира, 37
Тел.: 8 (83130) 2-48-02
Факс: 8 (83130) 2-94-94
E-mail: staff@vniief.ru
WWW: <http://www.vniief.ru>