

ОТЗЫВ

Научного консультанта доктора физико-математических наук Баранова Павла Георгиевича о научной деятельности соискателя ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 «Физика конденсированного состояния» Бреева Илья Дмитриевича

И.Д. Бреев пришёл на работу в ФТИ им. А.Ф. Иоффе в лабораторию микроволновой спектроскопии кристаллов в 2016 году. За это время он проявил себя как целеустремленный и талантливый сотрудник. Его специализацией является оптически-детектируемый магнитный резонанс на центрах окраски в широкозонных полупроводниках. Во время научной работы И.Д. Бреев освоил методы оптической спектроскопии и комбинационного рассеяния света, экспериментальные техники регистрации оптически-детектируемого магнитного резонанса и спектроскопии анти-пересечения уровней. Для анализа экспериментальных данных соискатель изучил большое количество литературы по спектроскопии магнитного резонанса и центрам окраски в карбиде кремния. Для получения экспериментальных данных, лежащих в основе диссертационной работы, И.Д. Бреев разработал программное обеспечение и, работая в команде, модернизировал экспериментальную установку для регистрации оптически детектируемого магнитного резонанса при комнатной температуре с высоким пространственным разрешением.

Диссертационная работа И.Д. Бреева посвящена исследованию зависимости спиновых свойств вакансионных центров кремния со спином $3/2$ в карбиде кремния, или V_{Si} центров, от механических деформаций и температуры, а также определению структуры возбужденного состояния данных центров. Данные исследования были проведены на установках по оптически детектируемому магнитному резонансу, оптической спектроскопии, комбинационному рассеянию света в лаборатории микроволновой спектроскопии кристаллов в ФТИ им. А.Ф. Иоффе, а также в других международных исследовательских центрах.

По результатам исследования было установлено, что на интерфейсе гетероструктур $AlN/4H-SiC$ и $AlN/6H-SiC$ образуются механические деформации сжатия вплоть до $-0,1\%$ кристаллической решетки. С помощью метода оптически детектируемого магнитного резонанса соискателем установлена зависимость расщепления в нулевом магнитном поле спиновой системы V_{Si} центров в карбиде кремния $4H-SiC$ и $6H-SiC$ от статических механических напряжений и предложена связь спинового Гамильтониана с механическими напряжениями. Также И.Д. Бреев установил поляризацию излучения V_{Si} центров и направление преимущественного излучения для $6H-SiC$ и сделал теоретические выводы о структуре возбужденного состояния и энергетическом порядке расположения спиновых подуровней для разных V_{Si} центров. Соискателем обнаружено критическое температурное поведение V_{Si} центров $V3$ в $6H-SiC$ в окрестности критической температуры $T_c=16$ К, а также описаны предполагаемые причины подобного поведения. Кроме того, была продемонстрированы когерентные свойства V_{Si} центров в $6H-SiC$ при температуре ниже критической.

И.Д. Бреев является соавтором 13 публикаций в рецензируемых журналах по теме диссертации, а также 19 публикаций в материалах тезисов конференций. Результаты исследований И.Д. Бреева опубликованы в ведущих российских и международных рецензируемых журналах, таких как Письма в ЖЭТФ, Письма в ЖТФ, *Physical Review B*, *npj Quantum Information*, *Applied Physics Letters*. Результаты исследования были представлены соискателем лично на 11 всероссийских и международных конференциях в формате устных и стендовых докладов.

Соискатель получил грант Умник, Квантовые Технологии II, "Разработка микро-размерных оптоволоконных квантовых сенсоров магнитного поля и температуры на основе V-центров в карбиде кремния" в 2020 г. Соискатель являлся призером премии для молодых ученых ФТИ «за лучшую научную работу» 2020 г. Также, соискатель получил стипендию президента РФ молодым ученым и аспирантам 2022 г. И.Д. Бреев участвовал в подготовке выпускных работ студентов 3-6 курсов, помогал в освоении студентами экспериментальных установок и теории.

Считаю, что И.Д. Бреев является сформировавшимся и самостоятельным исследователем, и он заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. «Физика конденсированного состояния».

Научный консультант,
Зав. лаб. микроволновой спектроскопии кристаллов
ФТИ им. А.Ф. Иоффе
Профессор, доктор физико-математических наук

/П.Г. Баранов/

Подпись Баранов П.Г. достоверно
зав. отделом кадров ФТИ им. А.Ф. Иоффе

