

**Заключение диссертационного совета «НИ ТГУ.1.3.01»  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук**

аттестационное дело № 78003/26 КН 1.3.01

решение диссертационного совета от 24.11.2022 № 36

О присуждении **Соколову Денису Витальевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Исследование электрофизических свойств индивидуальных многостенных углеродных нанотрубок с примесями и дефектами методами сканирующей силовой микроскопии»** по специальности **1.3.8. Физика конденсированного состояния** принята к защите диссертационным советом «НИ ТГУ.1.3.01» 17 октября 2022 г., протокол № 29.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Омском научном центре Сибирского отделения Российской академии наук, в лаборатории физики наноматериалов и гетероструктур.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор **Болотов Валерий Викторович**, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Омский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория физики наноматериалов и гетероструктур, главный научный сотрудник.

Научный консультант – кандидат физико-математических наук, доцент **Давлеткильдеев Надим Анварович**, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Омский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория физики наноматериалов и гетероструктур, старший научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

1. доктор физико-математических наук, профессор **Кривобоков Валерий Павлович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Научно-образовательный центр Б. П. Вейнберга, заведующий кафедрой – руководитель научно-образовательного центра на правах кафедры;

2. доктор технических наук **Легостаева Елена Викторовна**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности

и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория физики наноструктурных биоккомпозитов, старший научный сотрудник;

3. кандидат физико-математических наук **Седельникова Ольга Викторовна**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория физикохимии наноматериалов, старший научный сотрудник.

Научный руководитель, научный консультант и официальные оппоненты представили положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 62 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 22 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ (в том числе в зарубежном научном журнале, входящем в Scopus, опубликована 1 работа, в российских научных журналах, переводные версии которых входят в Scopus, опубликовано 4 работы), в сборниках материалов конференций, представленных в изданиях, входящих в Scopus, опубликовано 5 работ, в прочих научных журналах опубликовано 3 работы, в сборниках материалов международных и всероссийских научных и научно-практических конференций, симпозиумов опубликовано 8 работ; патент Российской Федерации получен 1. Общий объем публикаций по теме диссертации – 4,96 а.л., авторский вклад – 1,18 а.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На автореферат поступило 7 положительных отзывов. Отзывы представили: 1. **Корусенко П. М.**, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник кафедры электроники твердого тела Санкт-Петербургского государственного университета, *без замечаний*. 2. **Подъячева О. Ю.**, д-р хим. наук, ведущий научный сотрудник отдела гетерогенного анализа Федерального исследовательского центра «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук», г. Новосибирск, *с вопросами*: Сколько исследовалось индивидуальных МУНТ при определении средних значений электрофизических параметров? Как автор может объяснить, что отжиг N-МУНТ в аргоне при 800°C сопровождается уменьшением вклада графитоподобного азота и увеличением вклада пиридиноподобного азота? и *с замечанием*: из автореферата неясно, почему для В-МУНТ, несмотря на увеличение удельной проводимости по

– *показана* применимость разработанной методики определения электрофизических параметров индивидуальных многостенных углеродных нанотрубок на примере исследования нанотрубок с различным дефектным составом и электрофизическими характеристиками.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

– *теоретически проанализированы* особенности контраста изображений индивидуальных многостенных углеродных нанотрубок в электростатической силовой микроскопии;

– *показана* возможность варьирования электрофизических свойств многостенных углеродных нанотрубок путем введения примеси, термической и ионной обработок.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

– *разработан* способ бесконтактной оценки проводимости индивидуальных многостенных углеродных нанотрубок на основе совместного использования методов проводящей атомно-силовой микроскопии и электростатической силовой микроскопии;

– *определено* влияние легирования, термической и ионной обработок на удельную проводимость, работу выхода электрона, плотность электронных состояний, подвижность и концентрацию свободных носителей заряда для индивидуальных МУНТ.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

– *использован* подход на основе современных методов сканирующей силовой микроскопии и корректном анализе полученных с их помощью данных;

– *идея базируется* на проведенном анализе современной литературы по исследованию индивидуальных МУНТ с помощью методов П-АСМ и ЭСМ;

– *установлено* качественное согласие результатов исследования с теоретическими и экспериментальными данными, полученными другими научными коллективами;

**Установлено наличие следующих соответствий:**

1. *Соответствие критическим технологиям:* 11. Технологии диагностики наноматериалов и наноустройств.

2. *Соответствие приоритетным направлениям:* 2. Индустрия наносистем.

3. *Соответствие приоритетам научно-технологического развития:* Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям,

роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

– **научная новизна** полученных результатов заключается в том, что разработан оригинальный метод бесконтактной оценки удельной проводимости индивидуальных многостенных углеродных нанотрубок; определено влияние легирования, термической и ионной обработок на удельную проводимость, работу выхода электрона, плотность электронных состояний, подвижность и концентрацию свободных носителей заряда для индивидуальных нанотрубок; выявлена зависимость электрофизических параметров индивидуальных многостенных углеродных нанотрубок от химических состояний легирующих атомов азота в структуре нанотрубок; установлено влияние термической и ионной обработок на сенсорные характеристики индивидуальных легированных нанотрубок;

– **личный вклад** соискателя состоит в проведении исследования с помощью методов сканирующей силовой микроскопии, включая подготовку образцов и статистическую обработку всех экспериментальных данных, приведенных в диссертации, разработке физических основ модели для определения удельной проводимости индивидуальных многостенных углеродных нанотрубок на основе электростатической силовой микроскопии, описании экспериментальных исследований и подготовке их к опубликованию. Соискателем лично выполнен обзор отечественной и зарубежной научной литературы по теме диссертации. Постановка цели и задач исследования, анализ и интерпретации полученных результатов, формулировка выводов и научных положений осуществлялась совместно с руководителем и научным консультантом.

Диссертация является научно-квалификационной работой, отвечающей критериям, установленным действующим Положением о порядке присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук Национальным исследовательским Томским государственным университетом.

На заседании 24.11.2022 диссертационный совет принял решение присудить **Соколову Денису Витальевичу** ученую степень кандидата физико-математических наук.



При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 7 докторов наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета



Шарапов Алексей Анатольевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

Панченко Елена Юрьевна

24.11.2022