

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.063.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ИМ. А.М. ПРОХОРОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 27 января 2020 г. № 129.

О присуждении Куркиной Ирине Ивановне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Тонкие пленки из суспензии фторированного графена: создание, свойства и перспективы применения», по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния принята к защите 23 сентября 2019 г. (протокол заседания № 120) диссертационным советом Д 002.063.02, созданном на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки (ФГБУН) Института общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук (ИОФ РАН), 119991 ГСП-1, Москва, ул. Вавилова, д. 38, совет создан приказом Рособнадзора № 2048–1308 19 октября 2007 г.

Соискатель Куркина Ирина Ивановна 1988 года рождения, в 2010 г. окончила Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова».

С 2012 г. по 2016 г. училась в аспирантуре того же университета по специальности 01.04.03 радиофизика, в настоящее время работает на кафедре «Радиофизика и электронные системы» Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова в должности инженера-исследователя.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова».

Научный руководитель – Антонова Ирина Вениаминовна, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории физики и технологии трехмерных структур Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

Чернозатонский Леонид Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук;

Алексеев Николай Игоревич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И.Ульянова (Ленина)»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук в своем положительном заключении, подписанном Курмаевым Эрнстом Загидовичем, доктором физико-математических наук, профессором, главным научным сотрудником Лаборатории рентгеновской спектроскопии и Гудиной Светланой Викторовной, кандидатом физико-математических наук, И.о. ученого секретаря ИФМ УрО РАН, утвержденный Директором Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН, Академиком РАН Мушниковым Николаем Варфоломеевичем, указала, что диссертационная работа Куркиной Ирины Ивановны «Тонкие пленки из суспензии фторированного графена: создание, свойства и перспективы применения», отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ей ученой степени

кандидата физико-математических наук по специальности 01.04. 07 – Физика конденсированного состояния.

Соискатель имеет 21 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации 9 работ; опубликовано в изданиях, рекомендованных ВАК 8 работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Nebogatikova N. A., Antonova I. V., Prinz V. Y., Vdovin V. I., Zakirov E. R., Kesler V. G., Kurkina I. I., Aleksandrov G. N., Timofeev V. B., Smagulova S. A. Fluorinated graphene dielectric films obtained from functionalized graphene suspension: preparation and properties // Physical Chemistry Chemical Physics. 2015. Vol. 17. No 20. pp.13257-13266.

2. Nebogatikova N. A., Antonova I. V., Soots R. A., Vdovin V. I., Prinz V. Ya., Kurkina I. I., Timofeev V. B., Smagulova S. A. Fluorinated graphene suspension for inkjet printed technologies // Nanotechnology. 2016. Vol. 27. No. 20. P. 205601.

3. Kurkina I. I., Kapitonov A. N., Smagulova S. A., Antonova I. V., Nebogatikova N. A. Resistive switching effect and traps in partially fluorinated graphene films // Journal of Physics D: Applied Physics. 2016. Vol. 49. No. 9. P. 095303.

4. Antonova I. V., Kotin I. A., Kurkina I. I., Ivanov A. I., Yakimchuk E. A., Nebogatikova N. A., Vdovin V. I., Gutakovskii A. K. and Soots R. A. Graphene/Fluorinated Graphene Systems for a Wide Spectrum of Electronics Application // Journal of Material Sciences & Engineering. 2017. Vol. 6. No. 5. P. 1000379.

5. Antonova I. V., Kurkina I. I., Gutakovskii A. K., Kotin I. A., Ivanov A. I., Nebogatikova N. A., Soots R. A., Smagulova S. A. Fluorinated graphene suspension for flexible and printed electronics: flakes, films, and heterostructures // Materials and design. 2019. Vol. 164. P. 107526.

На автореферат диссертации поступило семь отзывов:

1. Из Федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный Университет», подписали отзыв главный научный сотрудник НИЛ Перспективные углеродные материалы, доктор физико-математических наук Таюрский Дмитрий Альбертович, младший научный сотрудник НИЛ Перспективные углеродные материалы, кандидат химических наук Ханнанов Артур Айдарович и младший научный сотрудник НИЛ Перспективные углеродные материалы, кандидат физико-математических наук Киямов Айрат Газинурович. Отзыв положительный, содержит два замечания: 1) не приведена модель струйного принтера, применявшегося тонких пленок суспензии фторированного графена; 2) на рис.1 приводятся РФЭС-спектры сформированных из суспензии фторированного графена пленок. Приводятся CIS и FIS спектры углерода и фтора, соответственно. Для значения энергии связи 288,8 эВ наблюдается максимум интенсивности, который автор рассматривает как проявления C-F связи. Однако, на FIS РФЭС-спектрах существование C-F связи никак не проявляется. В то же время двойная связь между углеродом и кислородом C=O имеет энергию связи 288,6 эВ. Последние два факта вызывают сомнения в действительности формирования C-F связей, которые могут быть разрешены с привлечением альтернативных физических методов исследования.
2. Из Федерального государственного автономного учреждения высшего образования Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина), подписал отзыв доцент кафедры микро- и наноэлектроники, кандидат физико-математических наук Бройко Антон Петрович. Отзыв положительный, замечаний нет.

3. Из Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова Объединенного института ядерных исследований, подписал отзыв старший научный сотрудник ЛТФ ОИЯИ, кандидат физико-математических наук Катков Всеволод Леонидович. Отзыв положительный, содержит три замечания: 1) в автореферате уделено недостаточно внимания вопросам стабильности наблюдаемых эффектов. Хотелось бы получить более точную информацию, характеризующую пленку, к примеру, каково распределение размеров частиц графена и размеров фторированных/не фторированных островков на них. Эффекты переключения и отрицательного дифференциального сопротивления в пленках аморфных проводников известны достаточно давно, поэтому, было бы разумно упомянуть те механизмы, которые рассматривались ранее как основные для описания данных эффектов; 2) в положении № 3 используется аббревиатура ДМФ, нигде ранее не поясненная; 3) присутствует определенное количество грамматических ошибок и опечаток.
4. Из «Института ядерных проблем» Белорусского государственного университета, подписал отзыв заведующий лабораторией Нанoeлектромагнетизма, кандидат физико-математических наук Кужир Павел Петрович. Отзыв положительный, замечаний нет.
5. Из Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН, подписал отзыв старший научный сотрудник лаборатории физики нелинейных сред, кандидат физико-математических наук Пономарев Александр Николаевич. Отзыв положительный, замечаний нет.
6. Из Национального исследовательского технологического университета «МИСиС», подписал отзыв ведущий научный сотрудник лаборатории «Неорганические наноматериалы», доктор физико-математических наук, профессор Сорокин Павел Борисович. Отзыв положительный, содержит три замечания: 1) полученные энергии активации в пленках

фторграфена приведены без погрешностей; 2) не совсем логичной выглядит вставка с литературным обзором, занимающим целую страницу 17; 3) встречаются неудачные выражения.

7. Из Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института неорганической химии им. А.В. Николаева, СО РАН, подписал отзыв главный научный сотрудник, доктор химических наук, профессор Федоров Владимир Ефимович. Отзыв положительный, содержит три замечания: 1) в автореферате не нашлось места для описания исходных образцов - графеновых частиц – и каким методом они были получены; 2) не правильное выражение «водный раствор плавиковой кислоты», в химической литературе принято называть плавиковой кислотой именно водный раствор HF, так что определение «водный» здесь излишне.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты и сотрудники ведущей организации широко известны своими достижениями в соответствующей области науки и способны оценить научную и практическую значимость рассматриваемой в диссертации проблему.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Определены параметры фторирования графеновых частиц суспензии в растворе фтороводородной кислоты и обнаружено, что электрические свойства пленок фторированного графена зависят от степени фторирования. Показано, что суспензию фторированного графена можно использовать в качестве чернил для создания диэлектрических слоев методом 2D печати. Установлено, что пленки, созданные из фторированной графеновой суспензии, выдерживают растягивающие деформации, возникающие при изгибе, без заметных изменений своих свойств до радиусов изгиба 2 – 2,5 мм.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Предложена модель протекания тока в пленках фторированного графена, демонстрирующих отрицательное дифференциальное сопротивление (ОДС). Определены границы областей, где происходят изменения электрических свойств пленок фторированного графена в зависимости от степени фторирования.

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

Определены параметры фторирования графеновых частиц суспензии в растворе фтороводородной кислоты, вариация которых позволяет контролируемо изменять свойства пленок от проводящих (демонстрирующих ОДС или эффект резистивного переключения) до изолирующих. Для пленок со степенью фторирования ~10-25 % впервые обнаружены участки ОДС, для пленок со степенью фторирования ~25-30 % обнаружен эффект резистивного переключения, и пленки со степенью фторирования, превышающей 30 %, демонстрируют сверхнизкие величины фиксированных зарядов, низкие токи утечки и высокие значения напряженности электрического поля пробоя, причем лучшие значения достигнуты для структур, созданных с помощью 2D струйной печати. Пленки фторированного графена начинают менять свои свойства при радиусах изгиба около 2 мм при растягивающих деформациях.

Практическая значимость обоснована тем, что:

Варьируя степень фторирования можно настраивать свойства пленок от ВАХ, демонстрирующих участки ОДС (перспективно для создания генераторов высокой частоты, элементов логических устройств) через эффект резистивного переключения (широко исследуемый для создания энергонезависимой мемристорной памяти) до изолирующих слоев (перспективных для создания диэлектрических слоев и защитных покрытий). Фторированные графеновые суспензии перспективны в качестве материалов чернил для печати компонентов электронных схем на гибких подложках.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

Показана воспроизводимость результатов; экспериментальные результаты получены на сертифицированном оборудовании; применены

современные методы обработки при анализе результатов;
непротиворечивость с результатами других научных исследований.

Личный вклад соискателя состоит в том, что:

Исследования, проводимые на установке электрофизических измерений, зарядовой спектроскопии Q-DLTS и на системе Integra Spectra, интегрирующей методы атомно-силовой микроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния света, проводились соискателем лично и в полном объеме; Обработка экспериментальных данных, представление результатов исследований на российских и международных конференциях выполнены лично автором; Постановка задач, обсуждение результатов, их интерпретация, подготовка материалов для публикации проводились соискателем совместно с научным руководителем и соавторами статей.

На заседании 27 января 2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Куркиной И.И. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – 1, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель диссертационного совета
член–корреспондент РАН:

И.О.ученого секретаря,
доктор физ.– мат. наук:



С.В. ГАРНОВ

В.В. ГЛУШКОВ

« 29 » января 2020 г.