

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по НИР ФГБОУ ВО

«Кабардино-Балкарский государственный

университет им. Х.М. Бербекова

профессор Ю. А. Малкандин



октября 2018 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования «Кабардино-Балкарский  
государственный университет» им. Х.М. Бербекова

Диссертационная работа Хамдохова Эльдара Залимовича на тему  
«Формирование графитоподобных наноструктур в углеродных пленках,  
полученных электродуговым методом» выполнена в федеральном  
государственном бюджетном образовательном учреждении высшего  
профессионального образования «Кабардино-Балкарский государственный  
университет» им. Х.М. Бербекова. В период подготовки Хамдохов Эльдар  
Залимович работал в ЧОУ ДПО «Институт новых форм обучения» в  
должности научного сотрудника.

В 2008 году Хамдохов Э.З. окончил Кабардино-Балкарский  
государственный университет им. Х.М. Бербекова по направлению  
«Электроника и микроэлектроника» с присуждением степени «магистр  
техники и технологии».

В 2011 году Хамдохов Э.З. окончил очную аспирантуру Кабардино-Балкарского государственного университета по специальности 01.04.15.- физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика.

Справка № 48 о сдаче кандидатских экзаменов выдана 09 октября 2017г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Кабардино-Балкарский государственный университет» им. Х.М. Бербекова.

Научный руководитель - Тешев Руслан Шахбанович, доктор технических наук, работает в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Кабардино-Балкарский государственный университет» им. Х.М. Бербекова в должности заведующего кафедрой электроники и информационных технологий.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

**Личное участие автора.** Представленные в диссертации экспериментальные данные получены автором самостоятельно. Планирование работы, постановка цели и задач диссертации и анализ полученных результатов проводилось совместно с научным руководителем. Соавторы по публикациям принимали участие в технической реализации идей, сформулированных автором в ходе диссертационного исследования.

**Достоверность результатов.** Степень достоверности экспериментальных результатов обуславливается использованием для их получения общепризнанных и широко известных методов, таких как: растровая электронная микроскопия, атомно-силовая микроскопия, резерфордовское обратное рассеяние, рентгеноструктурный анализ, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, метод комбинационного рассеяния света. Интерпретация полученных результатов базируется на

современных представлениях о структуре и физико-химических свойствах углеродных наноматериалов.

**Научная новизна.** Наиболее существенные научные результаты полученные автором в ходе диссертационного исследования заключаются в следующем:

1. Впервые предложен способ получения углеродной пленки путем электродугового распыления графита в магнитном поле.
2. Установлено, что использование никелевой дуги для непосредственного нагрева структуры Si/TiN/C/Ni в вакууме исключает необходимость последующего термического отжига структуры Ni/C для формирования в углеродной пленке графитоподобных наночастиц с размерами ~3 нм.
3. Показано, что нагрев структуры Si/SiO<sub>2</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/C/Ni или Si/SiO<sub>2</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/Ni/C в вакууме при температуре 1100° С вызывает преобразование аморфной углеродной пленки наноразмерной толщины в стопку из графеновых слоев.
4. Установлено, что трансформация аморфной углеродной пленки в графеновые слои зависит от температуры отжига и толщины пленки катализатора (Ni).
5. Впервые предложен способ изготовления автокатода на основе микроканальной пластины (МКП) с каналами, внутри которых электродуговым способом сформированы регулярно расположенные эмиттеры, защищенный патентом РФ.
6. Показана перспективность использования каталитической пленки из никрома для синтеза графитоподобных нанокластеров в аморфной углеродной пленке.

**Практическая значимость работы.** Разработанный технологический процесс формирования наноструктур в аморфных углеродных пленках может использоваться для изготовления автоэмиссионных СВЧ приборов. Исследования, проведенные в ФГУП «Научно-исследовательский институт

физических проблем имени Ф.В. Лукина» и Национальном исследовательском университете «МИЭТ», подтвердили эффективность использования упомянутых пленок в функции автоэмиссионных сред; - получены акты, подтверждающие использование результатов диссертационной работы при выполнении научно-исследовательских работ: «Исследование перспективных типов сверхвысокочастотных приборов и структур, разработка технологических принципов их изготовления (сильноточные автоэмиссионные СВЧ в диапазоне частот 30 ГГц и более)» (ГК №14.427.11.0003); «Разработка и исследование технологии формирования графеновых структур для приборных применений» (ГК № 14.749.11.0060).

- результаты диссертационной работы легли в основу проектов, поддержанных фондом содействия развития малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках конкурсов У.М.Н.И.К. (договор № 39 от 30 января 2012 г.) и «Сарт-15-1» (договор № 961 ГС1/17699 от 16.12.2015 г.).

**Ценность научной работы соискателя** состоит в том, что в диссертационной работе Хамдохова Э.З. решена важная научная проблема: впервые предложен новый способ формирования графена на диэлектрической подложке, который может быть использован для создания приборов и устройств микро- и наноэлектроники.

**Полнота изложения материалов диссертации.** Основные результаты диссертации опубликованы в 21 статье, в том числе 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК, и получены 2 патента РФ.

1. Ильичев Э.А., Кириленко Е.П., Петрухин Г.Н., Рычков Г.С., Сахаров О.А., Хамдохов Э.З., Чернявская Е.С., Шупегин М.Л., Щекин А.А. Особенности формирования графеновых слоев из аморфных углеродных и кремний-углеродных пленок // Письма в ЖТФ. -2014. -Т.40. -Вып. 2.- С.10-14.

2. Ильичев Э.А., Кириленко Е.П., Петрухин Г.Н., Рычков Г.С., Сахаров О.А., Хамдохов З.М., Хамдохов Э.З., Чернявская Е.С., Шупегин М.Л., Щекин А.А. Способ формирования графеновых пленок // ЖТФ. -2014. -Т.84.- Вып. 7. С.62-66.
3. Khamdokhov E. Z., Khamdokhov Z.M., Kulikauskas V. S., Chernykh P. N., Serushkin S. V., Migunova E. S. Effect of Thermal Annealing on the Properties of a C/Ni Heterostructure // The Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques.- 2014. -Vol.8.- № 6.- P. 1299-1301.
4. Хамдохов Э.З., Тешев Р.Ш., Хамдохов З.М., Хамдохов А.З., Калажоков З.Х., Калажоков Х.Х. Получение углеродных пленок методом электродугового распыления графита в магнитном поле // Поверхность. Синхротронные и нейтронные исследования. -2014. -№ 12.- С. 68-73.
5. Хамдохов Э.З., Тешев Р.Ш., Хамдохов З.М., Калажоков З.Х., Калажоков Х.Х., Куликаускас В.С., Ерискин Ф.Ф. Свойства хром - никелевого сплава после воздействия пучка ионов углерода // Известия КБНЦ РАН. -2015.- № 5 (67). -С. 18-23.

Основные результаты, полученные в работе, докладывались и обсуждались на следующих всероссийских и международных конференциях:

Международная научно-практическая конференция «Микро-и нанотехнологии в электронике» (Нальчик, 2009, 2010, 2011, 2014 гг.); Международная конференция по физике взаимодействия заряженных частиц с кристаллами (Москва, 2011, 2012, 2015 гг.); Республиканская конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективные инновационные проекты молодых ученых КБР » (Нальчик, 2011, 2014, 2015 гг.); Международный симпозиум «Устойчивое развитие: проблемы, концепции, модели» (Нальчик, 2013). Международная научно-практическая конференция «Интеллектуальные системы и микросистемная техника» (КБР, пос. Эльбрус, 2018). С. 84-90.

В работе не содержится материал или отдельные результаты без ссылок на авторов или источники заимствования.

Диссертационное исследование «Формирование графитоподобных наноструктур в углеродных пленках, полученных электродуговым методом» представляет собой научно-квалификационную работу и удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемых к кандидатским диссертациям (раздела II «Положение о порядке присуждения ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. З 842). Тема и содержание диссертации соответствует паспорту специальности 01.04.15.- Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика, п.п. 1,2,4.

По объему выполненных работ и новизне полученных результатов диссертационная работа Хамдохова Э.З. «Формирование графитоподобных наноструктур в углеродных пленках, полученных электродуговым методом» рекомендуется для защиты на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.15.- физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика,

Заключение принято на заседании кафедры «Электроника и информационные технологии».

Присутствовало на заседании 17 человек. Результаты голосования: «за» 17 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет. Протокол № 3 от « 5 » октября 2018 г.

Председатель заседания,

зам. зав. кафедрой электроники и информационных технологий,

д-р ф-м. наук, профессор,

Секретарь заседания,

к.хим.н., доцент

А.М. Кармоков

Д.С. Гаев

Подпись Д.С. Гаев

заслуживаю

Начальник управления кадрового, правового обеспечения и делопроизводства КБГУ

Д.С. Гаев  
Машукова  
«09» 10 2018 г.

