

ектор по
ского физико-
луга
, университета),
ских наук, профессор

Горшков

Олег Анатольевич

2015 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию **Смольниковой Елены Александровны** «Исследование структурных и автоэмиссионных характеристик нанографитных холодных катодов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния»

Диссертационная работа Смольниковой Е.А. посвящена экспериментальному исследованию взаимосвязи структурных и автоэмиссионных характеристик наноуглеродных материалов. В работе проводится сравнительное исследование наноуглеродных структур с графитоподобным типом межатомных связей и с высоким аспектным отношением, включая углеродные нанотрубки, одно- и многослойный графен, мезопористые наографитные пленки. Особое внимание в работе уделяется изучению влияния факторов, которые потенциально могут воздействовать на структурные и автоэмиссионные характеристики наноуглеродного материала катодов, в процессе изготовления и эксплуатации вакуумных электронных приборов на их основе. К числу таких

факторов, влияние которых изучалось в работе, относятся нагрев в кислородсодержащей среде, воздействие остаточных газов, длительность работы, некоторые конструктивные особенности катодно-сеточных узлов. Указанные исследования проводились в том числе в составе прототипов электровакуумных устройств и/или электронно-лучевых пушек входящих в их состав. Экспериментальные исследования в ряде случаев дополнены компьютерным моделированием.

Вся совокупность рассмотренных в диссертации проблем относится к **актуальным** фундаментальным и прикладным областям современной науки, включая физику конденсированного состояния вещества, наноматериалы и нанотехнологии, вакуумную электронику. Конкретные направления исследований, реализованных в работе, имеют высокую степень **научной новизны и практической значимости**.

Общий объем диссертационной работы Смольниковой Е.А. составляет 146 страниц текста, включая 65 рисунков и библиографию из 144 наименований. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитируемой литературы.

Во **введении** кратко обоснована актуальность темы диссертационной работы, отражена ее научная новизна и практическая значимость, сформулированы цель и основные задачи исследований. Более подробное обоснование выбранных целей и задач, а также путей их достижения дается в **первой главе** диссертации, в которой представлен обзор по теоретическим и экспериментальным исследованиям в области автоэлектронной эмиссии (АЭ), физическим свойствам и методам получения различных углеродных наноструктурированных материалов. В частности отмечается, что в ранее выполненных исследованиях было показано, что для автокатодов на основе углеродных наноматериалов характерна АЭ электронов с особенно высокой эффективностью, проявляющейся в низких значениях пороговых полей, высоких значениях максимальных плотностей тока, высокой стабильности.

Однако было также обнаружено, что экспериментально наблюдаемые зависимости в ряде случаев не могут быть объяснены в рамках стандартной теории Фаулера-Нордхейма, что требует проведения их дополнительного изучения. На основании анализа литературных данных делается вывод, что наноуглеродные холодные катоды являются привлекательными для применения в различных устройствах в качестве источников электронов. Однако, несмотря на проведенные многочисленные исследования, до настоящего времени остается невыясненным ряд важных научных проблем, связанных с взаимосвязью АЭ со структурными характеристиками наноуглеродных материалов, а также с механизмами изменения этих структурных характеристик под воздействием различных факторов. Выявленные нерешенные проблемы служат основанием для формулировки целей и задач работы.

Вторая глава диссертации посвящена описанию использованных методик и оборудования, включая методы получения наноуглеродных материалов, методы изучения их состава и структурных свойств, методы модификации поверхности, а также методы исследования АЭ характеристик.

Оригинальные результаты, полученные в ходе выполнения исследований, представлены в *третьей и четвертой главах*. При этом в третьей главе приводятся результаты сравнительных исследований АЭ из различных типов наноуглеродных материалов, а в четвертой главе результаты исследований зависимости свойств автокатодов на их основе от некоторых видов воздействий, связанных с процессом изготовления и эксплуатации вакуумных электронных приборов. Исследования АЭ свойств, представленные в этих разделах, анализируются в совокупности с данными комплексного исследования их структурных особенностей, проведенного с использованием Рамановской спектроскопии, электронной сканирующей и просвечивающей микроскопии. Экспериментальные исследования в ряде случаев дополнены компьютерным моделированием.

Основные результаты и выводы работы формулируются в *заключении*.

По работе Смольниковой Е.А. можно сделать ряд замечаний:

- 1) Используемый в работе термин «нанографитные материалы» определен недостаточно четко. Вызывает сомнение вводить такой единый термин для углеродных нанотрубок, графена и нанографитных кристаллитов. В любом случае следовало бы дать более подробное обоснование для введения такого термина.
- 2) Состав и парциальные давления различных компонент в остаточных газах могут сильно отличаться от воздушной атмосферы. По этой причине следовало бы изучить влияние газов различного типа на АЭ характеристики, а также на изменение структурных и эмиссионных характеристик при нагреве.
- 3) В работе приводятся результаты по созданию АЭ наноуглеродных катодов большой площади, однако ничего не говорится об их практическом применении. По этой причине остается непонятным для какой цели создавались такие катоды.


Сделанные замечания не затрагивают основных выводов диссертационной работы и не снижают ее общую высокую оценку. В целом диссертация выполнена и изложена на высоком уровне, она является цельным и законченным исследованием. Новизна и достоверность результатов не вызывают сомнений. Автореферат и опубликованные работы полно и правильно отражают содержание диссертации. Представленные результаты докладывались на престижных международных семинарах и конференциях. Результаты работы могут быть использованы и развиты в Институте кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН (Москва), Гос. Университете телекоммуникаций им. М.А. Бонч-Бруевича (С. Петербург), ФГУП НИИ «Исток» (Фрязино), ФГУП НИИ «Платан» (Фрязино), ФГУП НИИ «Волга» (Саратов), Технологическом институте сверхтвердых и новых углеродных материалов (Троицк), НИИ Графит (Москва).

Автореферат полностью и точно отражает содержание диссертации и отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния», а её автор, Смольникова Елена Александровна, заслуживает присвоения ей ученой степени кандидата физико-математических наук.

Отзыв на диссертацию составлен доктором физико-математических наук, профессором Шешиным Евгением Павловичем и обсужден на научном семинаре кафедры вакуумной электроники МФТИ «31» февраля 2015 г., протокол №1/15.

Председатель семинара,

Заведующий кафедрой
вакуумной электроники МФТИ,
доктор физ.-матем. наук, профессор



Шешин
Евгений Павлович

Секретарь семинара



Шорникова
Анна Львовна

аспирант

Почтовый адрес: 141700, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер., 9
Телефон: 8 (495) 408 59-44

Адрес электронной почты: shesin.ep@mipt.ru

Организация – место работы: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)»