

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **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

Актуальность темы. Несмотря на то, что автоэлектронная эмиссия была экспериментально открыта и получила теоретическое объяснение около 100 лет назад, в настоящее время продолжают интенсивные исследования, направленные как на выяснение важных деталей фундаментальных механизмов, так и на практические применения этого явления. Повышенное внимание уделяется изучению автоэлектронной эмиссии из наноструктурированных материалов и, особенно, из наноструктурированного углерода. Цели и задачи диссертационной работы Е.А. Смольниковой соответствуют вопросам первостепенной важности в этой области, включая создание и изучение наноструктурированных углеродных материалов. Таким образом, тематика работы, поставленные цели и задачи, несомненно, имеют высокую степень научной актуальности также и в областях, связанных с физикой конденсированного состояния вещества, наноматериалами и нанотехнологиями. Проведенные в работе экспериментальные исследования и полученные диссертантом экспериментальные данные имеют высокую научную и практическую ценность для дальнейшего развития современных представлений об углеродных наноструктурах, механизмах их формирования, особенностях физических свойств и возможных областей их практического применения.

Основные научные результаты и их новизна.

В диссертационной работе получили развитие исследования по изучению автоэмиссии из наноуглеродных материалов. Для создания таких материалов диссертант использовал ранее развитую методику осаждения из газовой фазы, активированной разрядом постоянного тока в газовой смеси из метана и водорода, в которую были внесены существенные дополнения с целью оптимизации свойств получаемых автокатодов. Кроме этого разработана новая методика, предназначенная для нанесения тонких диэлектрических слоев на поверхность наноуглеродной пленки. Эта методика потенциально может способствовать улучшению эксплуатационных характеристик катодов, включая длительность их работы, пассивацию поверхности к

воздействию окружающей среды в процессе создания и эксплуатации электровакуумных приборов.

Комплексное исследование, проведенное в работе, позволило выявить важные взаимосвязи между структурными характеристиками наноуглеродных пленочных материалов и их автоэмиссионными свойствами. Особую ценность представляет то, что данные исследования были проведены в ходе испытаний прототипов электронно-лучевых пушек, предназначенных для использования в системе солнечного электрического паруса. Это позволило получение уникальных экспериментальных данных, впервые подтверждающих ранее предполагавшуюся возможность долговременной работоспособности наноуглеродных автокатодов.

В ходе работы автором были проведены подробные исследования структурных особенностей и физических свойств получаемых наноуглеродных материалов с помощью современных методов сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии, комбинационного рассеяния света и др. Полученные в ходе этих исследований данные отличаются высоким уровнем новизны и, в ряде случаев, получены впервые. Одним из таких результатов стало впервые полученное экспериментальное подтверждение ранее сформулированных модельных представлений о структуре наноуглеродных материалов и их изменении под воздействием различных факторов.

Практическая значимость работы. Практическая ценность диссертации заключается в возможности использования полученных результатов при разработке методов получения наноуглеродных пленочных материалов для применения в вакуумной электронике, электрохимии, оптике и др. областях. Разработанные в ходе работы и представленные в диссертации методики могут стать основой при разработке промышленных технологий производства наноуглеродных материалов с различными функциональными характеристиками, а также при создании на их основе разнообразных приборов и устройств. Комплексное исследование полученных наноуглеродных материалов, а также процессов их формирования может послужить основой для дальнейших фундаментальных и прикладных исследований в данной области. Результаты научных исследований диссертанта могут найти практическое применение в исследовательских и проектных центрах, предприятиях и организациях, занимающихся теоретическими и экспериментальными работами в области наноматериалов, нанотехнологий, наноустройств и т.п., включая ИНЭОС РАН, ИОФ РАН, ТИСНУМ, ФТИ, РАН МФТИ, ФИ РАН и др.

Достоверность полученных результатов. Достоверность выполненных автором исследований подтверждена результатами экспериментальных исследований, работоспособностью разработанных методик и оборудования. Характеристики полученных материалов определены с использованием самых современных и апробированных методик и оборудования.

Недостатки работы. У оппонента имеются следующие замечания по содержанию диссертации:

1. Представляется целесообразным дополнить методики, использованные в работе, исследованием структурных свойств материалов, с помощью рентгеновской дифракции.

2. Результаты работы свидетельствуют о том, что основной вклад в эмиссию из графитных пленок вносят иглоподобные образования в виде наноконических структур. При этом остается неясной роль и вклад пластинчатых графитных структур, составляющих основную часть материала пленок.

3. Из текста диссертации остается неясной цель создания катодов большой площади.

Оформление работы. Диссертация написана ясным языком, с использованием принятой терминологии, оформление диссертации замечаний не вызывает.

Публикации научных результатов. Содержание диссертации в достаточной степени отражено в 7 научных публикациях автора как в ведущих российских, так и в зарубежных журналах. Значительная часть результатов работы неоднократно докладывалась на международных и российских конференциях и широко известно научной и технической общественности, а ее основные положения обстоятельно изложены в автореферате.

Общее заключение.

Диссертация Е.А. Смольниковой представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную на высоком научном и техническом уровне. В работе решена актуальная как в научном, так и в практическом плане задача по разработке методов получения наноконических автокатодов, изучению их свойств и взаимосвязи автоэмиссионных характеристик и структурных свойств материала.

Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации. Имеющиеся замечания по работе не меняют ее общей положительной оценки. Считаю, что рецензируемая диссертационная работа отвечает требованиям ВАК России к кандидатским диссертациям, а её автор Е.А. Смольникова заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент

Д.ф. – м.н., заведующий лабораторией

ФГБНУ ТИСНУМ

142190, Москва, г. Троицк, ул. Центральная 7А

Телефон: +7 (499) 400 62 25

E-mail: mikhail.popov@tisnum.ru



Попов М.Ю.

Подпись Попова М.Ю. удостоверяю

к.т.н., Ученый секретарь ФГБНУ

Батов Д.В.