

Отзыв на автореферат диссертации Клеца Виктора Ивановича

«Эмиссия электронов из углеродных наноструктур», представленной на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

В работе описаны и рассмотрены проблемы физики автоэлектронной эмиссии, фотоиндуцированных и электромеханических эффектов в холодных катодах на основе разнообразных углеродных наноструктур, которые представляют особый интерес с прикладной точки зрения. Предложены научные принципы практического применения исследованных закономерностей и свойств электронных эмиттеров из углеродных наноструктур в различных электронных, электромеханических и оптоэлектронных устройствах.

В достижении цели работы основной упор сделан на решении ряда задач: изготовление холодных катодов; определение взаимосвязей в структурных и автоэмиссионных характеристиках; построение соответствующих моделей и проверка их адекватности путем сравнения с результатами эксперимента; исследование влияния нагрева и освещения, эффекта кулоновской блокады и квантового размерного эффекта; исследование электромеханических явлений; выявление особенностей эксплуатации холодных катодов на основе углеродных наноструктур в изготовленных прототипах вакуумных электронных устройств и разработанных конструкциях.

В связи с этим работа Клеца В.И., выполненная на высоком научно-техническом уровне, представляет решение задач, которые, безусловно, являются **актуальными**.

Автор работы успешно применяет комплексный подход с использованием различных взаимодополняющих методик, которые являются традиционными и хорошо апробированными в исследованиях автоэлектронной эмиссии и физике твердого тела. Применены стандартные аналитические методы, а численные расчеты проведены с помощью верифицированного программного обеспечения.

Результаты работы обладают несомненной научной **новизной**, в частности:

1. Впервые экспериментально обнаружен эффект возбуждения электромеханических автоколебаний в системах, содержащих углеродные холодные катоды, обладающие свойствами гибкости и упругости. Разработана математическая модель эффекта и установлена зависимость параметров возбуждаемых автоколебаний от механических и электропроводящих свойств катодов.
2. Впервые обнаружены периодические изменения в энергетическом спектре эмитированных электронов с напряжением и соответствующие им вольтамперные характеристики волнообразной формы для холодных катодов на основе алмазных микроигл и углеродных нанотрубок. Показано, что указанные особенности могут быть объяснены в рамках модели автоэлектронной эмиссии в режиме кулоновской блокады,

разработанной для системы, содержащей наноразмерный эмиттер, который отделен от тела катода туннельным барьером. Установлено, что возникновение режима кулоновской блокады связано с формированием наноразмерной структуры на окончании алмазной микроиглы или углеродной нанотрубки в результате структурной модификации их поверхности, происходящей в процессе автоэлектронной эмиссии.

3. Впервые обнаружено, что при определенных условиях эффект кулоновской блокады может возникать в рассматриваемых системах одновременно с квантовым размерным эффектом, что приводит к возникновению соответствующих особенностей в автоэмиссионных характеристиках, которые на качественном уровне находятся в согласии с разработанной моделью.

Стоит заметить, что в автореферате разработанные математические модели лишь продекларированы, и представлены результаты проведенного на их основе численного моделирования. Однако сами математические постановки решаемых при этом граничных и начально-краевых задач с дифференциальными уравнениями в частных производных в явном виде не указаны. Сделанное замечание не является принципиальным и не влияет на общее положительное впечатление о работе.

Клещ В.И. является участником множества российских и международных конференций, а также автором большого количества публикаций в реферируемых международных научных журналах, что указывает о прохождении автором научных дискуссий по теме диссертации и успешной **апробации** результатов. Автореферат написан грамотным языком и достаточно хорошо оформлен. Положения, выносимые на защиту, полностью соответствуют целям и задачам, решаемым в диссертации.

Диссертационная работа выполнена на высоком уровне и полностью удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук, а её автор Виктор Иванович Клещ заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Доктор физико-математических наук,
Почетный профессор СПбГУ,
заведующий кафедрой моделирования электромеханических и
компьютерных систем
факультета Прикладной математики – процессов управления СПбГУ,
198504, Россия, Санкт-Петербург,
Петергоф, Университетский просп., д. 35,
e-mail: n.v.egorov@spbu.ru
тел.: ·

14 марта 2024 года

/Н.В. Егоров/