

Отзыв на автореферат диссертации Чумака М.А.
«Влияние оксидных покрытий на полевые эмиссионные характеристики углеродных нанотрубок» представленную на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.5 — Физическая электроника

Современная полевая эмиссионная электроника, особенно в области вакуумной наноэлектроники, отличается как большой научной сложностью, так и востребованностью в широком спектре технических приложений. Критической проблемой является низкая стабильность и деградация эмиссионных характеристик полевых катодов. Нанесение тонкой пленки оксида металла на поверхность углеродных нанотрубок (УНТ) представляет собой перспективный подход к созданию стабильных и однородных эмиттеров электронов. В то же время, подробные исследования структурных и электронных особенностей оксидов металла и их влияние на улучшение полевых эмиссионных характеристик таких наноконструкций проведены недостаточно полно. Поэтому изучение физических закономерностей влияния тонкопленочных металл-оксидных покрытий на эмиссионные свойства углеродных нанотрубок является **актуальной** задачей.

В диссертации Чумака М.А. основное внимание уделено экспериментальным исследованиям наноконструктивных катодов с использованием методов спектрального анализа и непосредственному измерению полевых эмиссионных характеристик.

Результаты диссертационной работы имеют научную **новизну**, в частности:

1. Показано, что нанесение тонких слоев оксидов металлов позволяет регулировать работу выхода острых катодов и управлять поведением вольтамперных характеристик.
2. Для наноконструктивных катодов УНТ/NiO и УНТ/TiO₂ отсутствует этап тренировки, при котором не происходит явной деградации центров эмиссии в результате случайных вакуумных разрядов. Нанесение тонких покрытий NiO и TiO₂ на углеродные нанотрубки привело к значительной стабилизации токов эмиссии.
3. Решена сложная задача по измерению спектров валентной зоны и определению работы выхода для объектов со сложной геометрией, таких как пленки NiO и TiO₂ на поверхности УНТ.

Особое внимание заслуживает применение автором метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии для определения работы выхода по отсечке вторичных электронов. Этот подход ценен тем, что позволяет точно определить энергетическое положение электронных уровней и свойства поверхности образца. Полученные результаты дополняют данные, полученные из вольтамперных характеристик, что способствует более глубокому пониманию электронных процессов в исследуемых материалах. Такой комплексный подход повышает надежность анализа и делает работу особенно ценной для дальнейших исследований в области поверхности и электроники.

М.А. Чумак является участником российских и международных конференций, имеет более десятка публикаций, индексируемых в Scopus и Web of Science, что свидетельствует об успешной **апробации** результатов исследования. Автореферат написан ясным научным языком и хорошо иллюстрирован. Положения, выносимые на защиту, полностью

соответствуют цели и задачам диссертационной работы. Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне.

По автореферату имеются следующие незначительные замечания и вопросы:

1. До каких предельных температур нагревался катод при исследовании эмиссионных характеристик?
2. Как достигалась приоритетная ориентация углеродных нанотрубок при их изготовлении на плоских подложках?
3. На рисунках 12-14, 16 представлены последовательные регистрации вольт-амперных характеристик с последовательным увеличением напряжения на катоде. С чем связано смещение этих характеристик, которое наблюдается на всех исследуемых образцах?

Указанные замечания не являются принципиальными, не влияют на достоверность полученных результатов и не ухудшают общее положительное впечатление о диссертации. Работа автора выполнена на высоком научно-техническом уровне.

Диссертационная работа Чумака Максима Александровича «Влияние оксидных покрытий на полевые эмиссионные характеристики углеродных нанотрубок» полностью соответствует всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе РАН (от 20.12.2021), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Чумаков Максим Александрович, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.5 – Физическая электроника.

Отзыв составил:

Доцент кафедры физики

СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,

Канд. техн. наук

«30» 05 2025 г.

Закиров Ильдар Илюсович

Адрес: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. Профессора М.А. Бонч-Бруевича», Санкт-Петербург, пр. Большевиков д.22, к. 1, 193232

Сергеев Иван И.И. Закиров
Заслуженно

Начальник
УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ
СПбГУТ
А.Д. СМОРОДИНЦЕВА

30.05.2025

Я, Закиров Ильдар Илюсович, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета ФТИ 34.01.03 и их дальнейшую обработку.