

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

Диссертационная работа М.А. Чумака посвящена исследованию влияния тонких пленок оксидов металлов (TiO_2 и NiO) на полевую эмиссию углеродных нанотрубок (УНТ). Катоды на основе УНТ для полевых эмиттеров, покрытые TiO_2 и NiO , обладают рядом привлекательных свойств (высокая стабильность токов эмиссии, возможность модифицировать электронную структуру острия под определенную задачу и т.п.), что делает их очень перспективными материалами для применения в различных устройствах. При высоком значении электрического поля в композитных полевых катодных структурах – остриях, покрытых наноразмерными пленками оксидов металлов – происходит ряд сложных и взаимосвязанных процессов, которые существенно влияют на эмиссионные характеристики. Понимание этих процессов дает возможность не только исследовать электрофизические свойства металлических оксидов, но и найти подходящее им применение для вакуумной наноэлектроники. Поэтому проведенное М.А. Чумаком исследование фундаментальных физических механизмов влияния тонкопленочных металл-оксидных покрытий на электронную эмиссию полевых катодов является **актуальным**.

Автореферат М.А. Чумака содержит подробное изложение достижений данной работы. К ее достоинствам следует отнести следующие **новые** результаты.

– Установлено, что снижение работы выхода автоэмиссионных катодов достигается за счет применения тонких металлических оксидных покрытий, например, TiO_2 , обладающих более низким значением работы выхода - 3.68

эВ при толщине оксида 6 нм, что ниже по сравнению с чистыми УНТ. Указанное уменьшение работы выхода позволяет снизить локальные электрические поля, необходимые для автоэлектронной эмиссии.

– Показано, что прохождение теста на соответствие классическому закону полевой эмиссии Фаулера-Нордгейма (теста на «ортодоксальность») зависит от геометрических особенностей полевых катодов, при которых локальные электрические поля лежат в допустимых пределах.

Представленные результаты исследований подтверждены публикациями в рецензируемых журналах, включая высокорейтинговые издания Multidisciplinary Digital Publishing Institute, Royal Society of Chemistry и апробацией на всероссийских и международных конференциях.

По содержанию автореферата можно сделать следующие замечания:

1. Было бы полезно раскрыть причины выбора NiO и TiO_2 в качестве материалов покрытия катодов.
2. В автореферате не указано, при каком полном энергетическом разрешении и температуре образца регистрировались спектры РФЭС. Без этой информации неясно, какова погрешность при определении энергии компонент фотоэлектронных спектров на рис. 7 и 10 (в тексте значения энергий приводятся с точностью 0.01 эВ).
3. На некоторых рисунках, например, рис. 6, обозначения невозможно прочитать.

Перечисленные замечания не влияют на общее мнение о диссертации Чумака М.А. и приведенные в ней выводы. Работа выполнена на высоком научном уровне и заслуживает положительной оценки.

По объему исследований, новизне, качеству и значимости полученных результатов диссертация Чумака М. А. «Влияние оксидных покрытий на полевые эмиссионные характеристики углеродных нанотрубок» соответствует всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук (от 20.12.2021), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Чумак Максим Александрович, заслуживает

присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.5 – Физическая электроника.

Отзыв составил:

Заведующий лабораторией
физики элементарных структур на поверхности
ФТИ им. А.Ф. Иоффе,
к.ф-м.н.

Кузьмин М. В.

16 мая 2025 г.

Адрес: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.26, 194021.

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

Подпись Кузьмина М. В. заверяю

Ученый секретарь

М.И. Патров