

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Смердова Ростислава Сергеевича  
«ПОВЫШЕНИЕ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И СНИЖЕНИЕ ПОРОГА  
ДЕТЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННО-ЗОНДОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ЗА СЧЕТ  
РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ НИЗКОПОРОГОВЫХ АВТОЭМИССИОННЫХ  
КАТОДОВ», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по  
специальность 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ,  
материалов и изделий

Диссертационная работа Смердова Р.С. посвящена вопросам увеличения разрешающей способности систем электронно-зондового анализа, в частности, метода спектроскопии характеристических потерь энергии электронов (EELS). Предлагается решение на основе использования в разработке спектроскопических установок электронных пушек нового типа, обеспечивающих лучшими характеристиками по плотности эмиссионного тока и обладающих значительно сниженными значениями энергии электронного пучка. Поэтому проведённые в диссертационной работе исследования новых эмиссионных материалов на основе полевых эмиттеров имеют несомненную научную актуальность и значительный практический интерес.

Автореферат диссертации показывает, что автором получен ряд новых научных результатов, основными из которых являются: 1. Разработан нанокомпозитный полевой эмиттер на основе пористого кремния, наночастиц серебра и фуллерена. 2. Для систем спектроскопии характеристических потерь энергии электронов дано теоретическое обоснование возможности увеличения энергетической и временной разрешающей способности, снижение порога детектирования минимальных атомных долей химических элементов за счет применения полевых катодов в качестве источников электронов.

К наиболее ярким и значащим практическим результатам диссертационной работы можно отнести: 1. Методами энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии и растровой электронной микроскопии проведен анализ структуры и морфологии поверхности материалов, использованных для создания полевых катодов на базе пористого кремния. 2. Получено выражение для расчета временной разрешающей способности системы EEL как функции квантовой эффективности регистрации и плотности тока электронов. Установлено, что использование датчиков прямого считывания позволяет увеличить временную разрешающую способность в 2.2 раза в режиме картирования элементного состава. Показано, что применение источников тока, характеризующихся более низкими значениями приложенного напряжения, позволит добиться значительного роста временной разрешающей способности.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-149 от 16.05.22  
АУ УС

Несомненным достижением диссертационной работы является комплексный системный подход к характеризации изучаемого материала. Автором были использованы экспериментальные методы исследования, включающие электронно-абсорбционную спектроскопию с последующей математической обработкой результатов по методу дифференциальной спектроскопии, спектроскопию комбинационного рассеяния, растровую электронную микроскопию, энергодисперсионную рентгеновскую спектроскопию, а также снятие вольт-амперных характеристик разработанного полевого эмиттера. Достоверность полученных экспериментальных данных не вызывает сомнений.

К замечаниям по автореферату и работе можно отнести следующее.

1. Автор активно ссылается на известную работу Р. Форбса 2001 года, в которой речь идёт о низких макроскопических полях для новых для того времени наноэмиттеров по сравнению с традиционными металлическими острыми эмиттерами. В этой связи не понятно, о какой низкопороговой характеристике идет речь в диссертации? Для доказательства работы эмиттера в режиме действительно низких локальных полей следует использовать тест на полевую эмиссию Форбса (2013 г.).

2. Что означает достигнутый эмиссионный ток для катода на базе углеродных нанотрубок (Таблица 2 автореферата)? Не являются ли опечаткой приведенные для CNT значения работы выхода?

3. Методом электронно-абсорбционной спектроскопии автором был успешно определен диаметр частиц композиционной структуры ПК-Ag 0.7 нм. Какова площадь эмиссии для Рис.5, получаемой в ходе применения стандартной обработки ВАХ в полулогарифмических координатах? Насколько обоснованным является использование в работе значение FEF, равное 100?

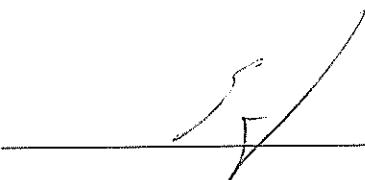
Отмеченные замечания не являются принципиальными, так как скорее относятся к способам трактовки результатов ВАХ, полученных на экспериментальной установке СПбПУ, которая, как известно, не позволяет оценивать число эмиссионных центров и однозначно отличить работу одноострийного эмиттера от LAFE.

Автореферат написан качественно, ясным и понятным языком, полностью раскрывающим содержание диссертации. Основные результаты работы были опубликованы в профильных рейтинговых журналах, и успешно апробированы на международных конференциях.

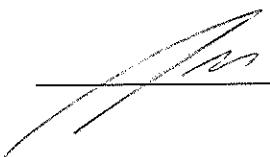
По объему исследований, новизне, качеству и значимости полученных результатов представленная диссертация полностью удовлетворяет всем критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»,

утверженного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм. а ее автор Смердов Ростислав Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 - Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Доктор физ.-мат. наук, доцент, в.н.с. циклотронной лаборатории  
Телефон: +7(812)2927977,  
E-mail e.popov@mail.ioffe.ru

 Попов Евгений Олегович

Доктор физ.-мат. наук, в.н.с., зам. руководителя Отделения физики плазмы, атомной физики и астрофизики  
Телефон: +7(812)2927318,  
E-mail Victor.Kuznetsov@mail.ioffe.ru

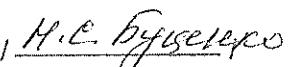
 Кузнецов Виктор Иосифович

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе» Российской академии наук, Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе, 194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26  
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе

«11» мая 2022 г.



Подпись Попова Е.О. удостоверяю  
зав.отделом кадров ФТИ им.А.Ф.Иоффе

 Попов  Кузнецова В.И.



Подпись Кузнецова В.И. удостоверяю  
зав.отделом кадров ФТИ им.А.Ф.Иоффе

 Кузнецова В.И. 