

ОТЗЫВ

На автореферат диссертационной работы Смердова Ростислава Сергеевича на тему «Повышение разрешающей способности и снижение порога детектирования систем электронно-зондовой спектроскопии за счет разработки и применения низкопороговых автоэмиссионных катодов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий

Среди важнейших задач развития электронно-зондовых методов анализа проблема увеличения разрешающей способности занимает особое место при проведении исследований элементного и фазового составаnanoструктурированных материалов. В нормальных условиях локальность классических методов оказывается ограниченной областью рассеяния электронного зонда внутри образца, в связи с чем обычно не превышает 1 мкм. Для достижения более высоких значений пространственного разрешения рабочие параметры электронной пушки изменяют для получения электронного пучка наименьшего достижимого диаметра, что неизбежно приводит к резкому падению яркости зонда и, как следствие, снижению отношения сигнал/шум (SNR) системы. Этот факт приводит к необходимости совершенствования существующих и разработки новых источников носителей заряда для целей снижения порогового напряжения, увеличения плотности тока и сокращения ширины на полуысоте энергетического спектра электронов. В ряде случаев требуются методы с гораздо более высоким пространственным, энергетическим и временным разрешением, чем может обеспечить классический электронно-зондовый анализ, поскольку оказывается необходимо проводить количественный анализ в низкоразмерных областях. Одним из таких методов является спектроскопия характеристических потерь энергии электронов (EELS).

В связи с этим тема диссертационной работы Смердова Р.С., цель которой – теоретическое и экспериментальное совершенствование характеристик метода EELS, несомненно, актуальна.

Для решения поставленной задачи Смердовым Ростиславом Сергеевичем был разработан, синтезирован и исследован с применением ряда современных экспериментальных техник новый прототип низкопорогового автоэмиссионного катода на основе пористого кремния, функционализированного допированными серебром углеродными структурами на базе фуллерена C₆₀. Проведенный автором анализ полученных с использованием спектроскопии комбинационного рассеяния, энергодисперсионной спектроскопии и электронно-абсорбционной спектроскопии данных позволил получить новую информацию о структуре, свойствах и особенностях физических процессов, происходящих в прототипе как в процессе его синтеза, так и в режиме штатного функционирования.

Путем расчетно-теоретического и экспериментального анализа автором была доказана возможность, целесообразность и значимость практического применения прототипа в системах спектроскопии EEL для увеличения энергетической (на 20 % по сравнению с зондовыми системами на базе золотого острийного холодного катода) и временной (на 17 % по сравнению с системами на базе углеродных нанотрубок) разрешающей способности, а также снижения минимального порога детектирования следовых концентраций химических элементов (на 9% по сравнению с системами на базе углеродных нанотрубок) за счет сужения ширины функции распределения электронов по энергии.

С фундаментальной точки зрения интерес вызывает предложенная модель явления низкопороговой эмиссии, разработанная Смердовым Р.С. на основе теории Мотта о строении неупорядоченных тел с учетом предположения о существовании двухзарядовых (электронных и дырокочных) состояний с отрицательной корреляционной энергией. Главная особенность предложенной модели заключается в возможности ее применения для оценки и расчета эмиссионных параметров из новых nanoструктурированных материалов с дефектами кристаллической структуры (вплоть до аморфных).

Текст автореферата изложен научным языком, содержание автореферата в полной мере отражает объем выполненных экспериментальных и теоретических исследований. Между разделами работы существует логическая связь. Основные результаты работы опубликованы как в российских, так и зарубежных рецензируемых научных изданиях, а также прошли апробацию на российских и международных научно-технических конференциях.

По тексту автореферата присутствует замечание: на мой взгляд, в рамках проведения анализа существующих и перспективных методов исследования элементного и фазового состава

наноматериалов автору следовало уделить больше внимания сравнению EELS, выбранного в качестве предмета исследования, с альтернативными техниками с точки зрения достижимых параметров и фундаментальных ограничений.

Замечание носит частный характер и не снижает общей научной ценности полученных Смердовым Р.С. результатов.

Диссертация «Повышение разрешающей способности и снижение порога детектирования систем электронно-зондовой спектроскопии за счет разработки и применения низкотемпературных автоэмиссионных катодов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 –Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного 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.

Ханин Самуил Давидович
194064, г.Санкт-Петербург;
Тихорецкий проспект, д.3;
e-mail: sd_khanin@mail.ru
раб. тел.: (812) 247-93-09

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного
заведующий кафедрой физики
доктор физ.-мат. наук, профессор

«17» июня 2022 г.



Ханин Самуил Давидович

А. Головин