

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

Актуальность темы

Одним из наиболее перспективных методов количественного анализа веществ и материалов, позволяющих получать данные об элементном и фазовом составе, типе химических связей, оптических свойствах, а также фоновых модах с высоким пространственным разрешением (до 1 нм) является спектроскопия характеристических потерь энергии неупруго рассеянных электронов (EELS), реализуемая на базе современных электронно-зондовых систем диагностики (СЗМ, РЭМ и др.). Актуальность исследований, направленных на дальнейшее совершенствование таких параметров EELS, как энергетическая и временная разрешающая способность, определяется необходимостью адаптации метода для проведения анализа объектов естественного и искусственного происхождения, чувствительных к воздействию сфокусированных электронных пучков (например, динамических сред и полимерных материалов).

Несмотря на то, что на сегодняшний день уже существуют и применяются технические решения, позволяющие получать значения энергетического разрешения EELS до 0,1 эВ за счет применения современных монохроматоров, по-прежнему нерешенной остается задача преодоления имеющегося фундаментального ограничения метода: конечной ширины на полувысоте энергетического спектра электронов источника.

В связи с этим, несомненно, является актуальной тема диссертационной работы Смердова Р.С., целью которой является усовершенствование метода спектроскопии характеристических потерь энергии неупруго рассеянных электронов и реализующих его приборных систем за счет разработки и применения новых источников носителей заряда с узким энергетическим спектром.

Результаты исследований, их новизна

В рамках диссертационной работы автором был проведен комплекс теоретических и экспериментальных исследований, направленных на решение поставленной задачи.

- Разработан новый автоэмиссионный низкопороговый катод на базе функционализированной углеродными наноструктурами пористой матрицы с высоким аспектным соотношением. По величине пороговой напряженности поля, значениям эмиссионного тока и высоты потенциального барьера для электронов прототип не уступает современным и перспективным разработкам, а по ряду параметров и превосходит их.

- С использованием теоретического, расчетного и экспериментального обоснования доказана возможность и целесообразность применения нового низкопорогового катода с целью увеличения энергетического и временного разрешения, а также снижения порога детектирования EELS (на 20 %, 17 % и 9 %, соответственно).

- Разработана новая модель явления низкопороговой эмиссии, в основе которой лежит представление об отрицательной корреляционной энергии Хаббарда, описывающая связь физических процессов и явлений в предложенном наноструктурированном низкопороговом катоде с регистрируемыми сигналами автоэлектронной эмиссии.

Следует также отметить высокую квалификацию соискателя, что позволило ему впервые выполнить достаточно сложные физические исследования и получить новые фундаментальные результаты.

Значимость полученных результатов для науки и практики

Полученные в работе научные результаты открывают новые возможности для анализа наноструктурированных материалов переменного фазового состава методом EELS с точки зрения как области основных, так и малых потерь энергии неупруго рассеянных электронов, где высокое энергетическое разрешение и плотность эмиссионного тока чрезвычайно важны для определения

колебательных состояний системы (фононов), а также проведения зондовых исследований коллективных электронных явлений (в т.ч. плазмонов).

Методами энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии и растровой электронной микроскопии проведен анализ структуры и морфологии поверхности материалов, использованных для создания низкопороговых полевых катодов на базе пористого кремния. На основании результатов анализа предложена модель эффекта низкопороговой эмиссии электронов из композиционных структур, позволяющая на физическом уровне описывать процесс выхода электронов из целого ряда материалов с дефектами, включая аморфные.

Выполненные с применением модели квантового ограничения исследования спектров комбинационного рассеяния композиционных материалов, использованных для создания низкопорогового катода, позволяют связать модификацию кристаллической структуры кремниевой матрицы в процессе ее функционализации с эффектом деформации, сопровождающимся образованием нанокристаллитов в структуре материала в результате осаждения наночастиц в порах на поверхности матрицы.

В качестве замечания отмечу следующее: на мой взгляд, целесообразно было бы кратко включить в рассмотрение представленные непосредственно в диссертации, но, к сожалению, не отраженные в автореферате результаты исследования устойчивости композиционных материалов, использованных при синтезе прототипов электродов, к воздействию жесткого гамма-излучения, поскольку эти данные представляют интерес с точки зрения разработки высокоэффективных термоэмиссионных преобразователей при создании источников энергии для космических аппаратов.

Приведенное замечание носит частный характер и не снижает ценности полученных Смердовым Р.С. результатов.

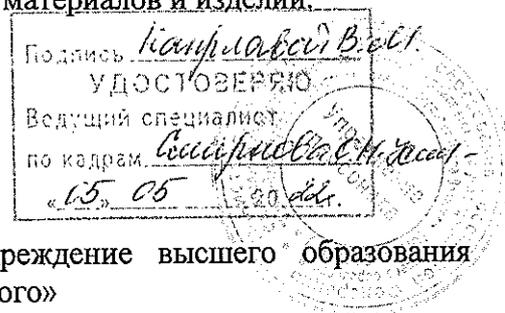
Автореферат диссертации написан хорошим научно-техническим языком, содержание автореферата в достаточной мере характеризует проведенные автором исследования, разделы работы логически связаны. Результаты исследований, выводы и рекомендации отражены в публикациях в рецензируемых журналах из перечня ВАК, WoS и Scopus.

Диссертация Смердова Р.С. представляет собой законченное исследование, в котором с использованием современных методов аналитических расчетов, техники моделирования и экспериментов получены новые фундаментальные результаты, обладающие ярко выраженным практическим применением в рамках общей цели по совершенствованию характеристик и параметров метода спектроскопии характеристических потерь энергии электронов.

Диссертация «Повышение разрешающей способности и снижение порога детектирования систем электронно-зондовой спектроскопии за счет разработки и применения низкопороговых 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.

Капралова Виктория Маратовна
195251, г. Санкт-Петербург;
ул. Политехническая, дом 29, 2 уч. корпус, каб. 451;
e-mail: kapralova2006@yandex.ru
раб. тел.: +7(812) 552-76-21

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»
доцент высшей школы электроники и микросистемной техники
канд. физ.-мат. наук, доцент



«15» мая 2022 г.

В.Смердов –

Капралова Виктория Маратовна