

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

Ряд задач современного материаловедения (например, исследование элементного состава нанозерен и интерфейсов, образующихся на внутренней границе раздела фаз в керамике) требует проведения количественного анализа с высокой чувствительностью. В прошлом, метод энергодисперсионной спектроскопии (EDS/EDX) использовался в качестве основного для проведения такого микроанализа в связи с относительной простотой реализации и возможностью оперативного получения качественной информации о присутствии определенных (в первую очередь, тяжелых) элементов. Тем не менее, еще в 1970-х годах было установлено, что для легких элементов чувствительность метода спектроскопии характеристических потерь энергии электронов (EELS) окажется существенно выше, чем EDS.

Передовые разработки в области EELS привели к пониманию того факта, что для получения новой достоверной количественной информации не только об элементном и фазовом составе поверхности, но и о свойствах объектов (в особенности, рабочих элементов перспективных вакуумных и твердотельных приборов), необходим существенный рост характеристик данных систем. В этой связи работа Р.С. Смердова, как посвященная решению данной задачи на фундаментальном уровне, является **актуальной**.

Хотя на сегодняшний день метод EELS с монохроматизированными источниками (monochromated EELS) носителей заряда является одним из ведущих для изучения тех свойств материалов, которые соответствуют области малых потерь энергии (например, для измерения ширины запрещенной зоны, исследования плазмонов и экситонов) с наноразмерным пространственным разрешением, его применение при проведении количественных исследований в области основных потерь с высоким энергетическим разрешением (в том числе для анализа тонкой структуры спектра вблизи краев поглощения) может быть затруднено в связи с недостаточной яркостью подобных катодных источников.

В диссертации Смердова Ростислава Сергеевича предложено решение данной проблемы за счет разработки и применения новых источников электронов с узкой функцией распределения по энергии, в основе функционирования которых лежит физическое явление низкопороговой автоэлектронной эмиссии, для дальнейшего увеличения разрешающей способности систем EEL спектроскопии.

Полученные в ходе выполнения работы результаты исследования структуры, строения и свойств опытных образцов катодов, а также разработанных и

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-177 от 23.05.22 1
АУ ВС

использованных при их создании материалов способствуют более полному пониманию ряда физических и технологических особенностей, имеющих место в процессе их синтеза.

Предложенная автором новая модель низкопороговой эмиссии из материалов с отклонениями от идеальной решетки монокристалла (в том числе аморфных) значима как для решения **практических задач**, связанных с определением параметров полевой эмиссии из широкого ряда углеродных и композиционных структур (в том числе графеноподобных слоев), так и с точки зрения **фундаментальной науки**, поскольку позволяет получить более глубокое представление о процессах и явлениях, происходящих в них. Следует также отметить, что помимо заявленного применения разработанные автором новые автоэмиссионные низкопороговые «холодные» катоды благодаря низким значениям пороговой напряженности поля (≈ 2 В/мкм) и высоты потенциального барьера для электронов ($\approx 0,4$ эВ), а также высокой достигнутой плотности тока эмиссии (до 6 мА/см²) актуальны при создании микроплазменных газоанализаторов и детекторов на новых принципах столкновительной электронной спектроскопии.

Автореферат написан грамотным научным языком, построен логично, дает полное представление об объеме проведенных экспериментальных и теоретических исследований, а также компетентности диссертанта в данной области.

Достоверность полученных в ходе работы результатов определяется применением современной техники и методик исследований, высокой воспроизводимостью и повторяемостью результатов измерений. Обоснованность предложенных моделей подтверждается хорошим согласием расчетных и экспериментальных результатов, а также проведенным автором сравнением полученных данных с результатами ведущих отечественных и зарубежных научных групп.

По работе имеются следующие замечания:

1. Из текста автореферата неясно, как именно легирование серебром исходных функционализирующих наноструктур на базе фуллерена C₆₀ влияет на эмиссионные характеристики прототипа катода.

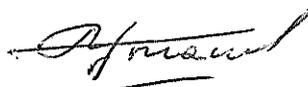
2. Несмотря на то, что автором в качестве предмета исследования был избран один из самых перспективных методов исследования высокого разрешения – EELS – остается непонятным, почему в тексте автореферата, по крайней мере кратко, не отражены основные рабочие и метрологические параметры систем, реализующих другие электронно-зондовые методы исследования (в том числе, спектроскопию вторичных электронов)?

Сделанные замечания носят частный характер и не затрагивают основных выводов и результатов работы. Диссертация Смердова Р.С. представляет собой законченный труд, в котором разработаны теоретические положения и практические рекомендации по увеличению энергетической и временной разрешающей способности, а также снижению порога детектирования систем спектроскопии характеристических потерь энергии электронов за счет применения новых полевых катодов на базе эффекта низкопороговой эмиссии.

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.

Цыганов Александр Борисович
191036, г. Санкт-Петербург,
Лиговский пр-кт, д.29, литер А, пом. 12-н
e-mail: intro-micro@mail.ru
раб. тел.: (812) 428-44-84
Общество с ограниченной ответственностью "ИНТРО-МИКРО"
Генеральный директор
кандидат физ.-мат. наук

«20» мая 2022 г.



Цыганов Александр Борисович

