

Заключение диссертационного совета МГУ.013.3
по диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Решение диссертационного совета от 25 мая 2023 г. № 6
О присуждении Мусину Артему Игоревичу, гражданину Российской Федерации,
ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование механизмов распыления монокристаллов методами молекулярной динамики» по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния принята к защите диссертационным советом МГУ.013.3 13 апреля 2023 г., протокол №3.

Соискатель Мусин Артем Игоревич, 1994 года рождения, в 2018 году окончил магистратуру физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», в 2022 году окончил аспирантуру Государственного образовательного учреждения высшего образования Московской области «Московский государственный областной университет».

Соискатель работает в должности ассистента кафедры фундаментальной физики и нанотехнологии физико-математического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Государственный университет просвещения».

Диссертация выполнена на кафедре фундаментальной физики и нанотехнологии физико-математического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный областной педагогический университет».

Научный руководитель – Самойлов Владимир Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Официальные оппоненты:

Бачурин Владимир Иванович, доктор физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории диагностики микро- и наноструктур Ярославского Филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Физико-технологический институт имени К.А. Валиева Российской академии наук»;

Борисюк Петр Викторович, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой «Физико-технические проблемы метрологии» Института лазерных и плазменных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»;

Буга Сергей Геннадьевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник отдела алмазной электроники Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 25 опубликованных работ, в том числе 8 работ по теме диссертации, из них 3 статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Перечень статей, опубликованных в рецензируемых научных журналах, индексируемых в базах данных Web of Science, Scopus и RSCI:

1. Мусин А.И. Об особенностях распределений перефокусированных распыленных атомов, эмитированных с грани (001) Ni, по углам и энергии / Самойлов В.Н., Мусин А.И., Ананьева Н.Г. // Известия РАН. Серия физическая. — 2016. — Т. 80, № 2. — С. 122-125.

Musin A.I. Specific features of the angular and energy distributions of overfocused sputtered atoms ejected from the (001) Ni face / Samoilo V.N., Musin A.I., Ananieva N.G. // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. — 2016. — V. 80, no. 2. — P. 109-112. IF = 0.238 (Scopus), вклад автора – 0,6.

2. Мусин А.И. Эффекты фокусировки атомов, эмитированных с грани (001) Ni, с разрешением по углам и энергии / Самойлов В.Н., Мусин А.И. // Известия РАН. Серия физическая. — 2018. — Т. 82, № 2. — С. 171-176.

Musin A.I. Effects of focusing for atoms sputtered from a (001) Ni face with angle and energy resolution / Samoilo V.N., Musin A.I. // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. — 2018. — V. 82, no. 2. — P. 150-154. IF = 0.238 (Scopus), вклад автора – 0,7.

3. Мусин А.И. Эволюция энергетических и угловых распределений эмитированных атомов с изменением атомного номера вещества мишени / Самойлов В.Н., Мусин А.И. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. — 2020. — № 7. — С. 104-112.

Musin A.I. Evolution of the energy and angular distributions of emitted atoms with a variation in the atomic number of the target substance / Samoilo V.N., Musin A.I. // J. Surf. Investig. — 2020. — V. 14, no. 4. — P. 743-750. IF = 0.206 (Scopus), вклад автора – 0,7.

На автореферат поступили 8 дополнительных отзывов, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их профессиональной квалификацией и наличием публикаций в области физики конденсированного состояния.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании совокупности выполненных автором исследований получены научные результаты и решены научные задачи, имеющие значение для развития физики конденсированного состояния.

Основные результаты работы:

– Рассчитаны распределения атомов, распыленных с поверхности монокристалла (001) Ni, по начальному азимутальному углу и энергии наблюдения. Обнаружена многозначность фокусированных и перефокусированных атомов по начальному азимутальному углу при низких энергиях наблюдения. Установлено, что многозначность связана с двумя различными траекториями рассеяния перефокусированных атомов.

– Найдены такие телесные углы и значения энергии наблюдения, в которых все распыленные атомы на 100% являются перефокусированными. В распределении с

разрешением одновременно по полярному углу и энергии разрешаются отдельные максимумы для фокусированных и перефокусированных атомов в виде «хребтов». Показано, что сигнал перефокусированных атомов можно выделить экспериментально при достаточном разрешении по углам и энергии.

– Обнаружены сильные сдвиги максимумов в распределении атомов по углам и энергии с ростом энергии связи и фазовом переходе II рода из парамагнитного в ферромагнитное состояние. При увеличении энергии связи максимумы фокусированных и перефокусированных атомов смещаются вправо по оси энергий. Сформулированы условия лучшего разрешения максимумов фокусированных и перефокусированных атомов – использование мишени с большей энергией связи.

– Именно поверхностные механизмы фокусировки ответственны за формирование пятен Венера, поскольку в распределении распыленных атомов по начальному полярному углу (рассчитанному на расстоянии 0.3 \AA от поверхности) отсутствует максимум на угле 45° , наличие которого предсказывается фокусионным механизмом, а также другими каскадными механизмами.

Результаты исследований, полученные в диссертационной работе, вносят вклад в развитие физических представлений о механизмах формирования угловых и энергетических распределений атомов, распыленных с поверхности монокристаллов под действием ионной бомбардировки, и могут служить основой для дальнейших теоретических разработок в области физики взаимодействия ионов с поверхностью, а также практических разработок для развития и усовершенствования методов анализа структуры и элементного состава поверхности твердых тел, таких как масс-спектрометрия вторичных ионов и масс-спектрометрия распыленных нейтральных атомов.

Предложенная и реализованная с помощью технологий параллельных вычислений упрощенная модель 20 атомов позволит обнаружить новые эффекты при распылении грани (001), что поможет приблизиться к решению задачи обратного преобразования распределения распыленных атомов.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Поверхностные механизмы фокусировки адекватно описывают формирование углового распределения атомов, эмитируемых с поверхности грани (001) Ni, даже при отсутствии каскадных механизмов. Имеет место высокая эффективность фокусировки эмитируемых атомов в процессе вылета в потенциальном поле поверхности монокристалла.

2. При эмиссии атомов с поверхности грани (001) Ni эффект перефокусировки играет важную роль. При этом возможно наблюдение перефокусированных атомов в экспериментах с высоким разрешением одновременно по углам и энергии.

3. Перефокусированные атомы многозначны по начальной энергии эмиссии вследствие многократного рассеяния на атомах поверхности.

4. Фокусированные и перефокусированные атомы чувствительны к изменению атомного номера вещества мишени, энергии связи и магнитного состояния.

На заседании 25.05.2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Мусину Артему Игоревичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 5 докторов наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – 16, «против» – 2, действительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета МГУ.013.3
доктор физико-математических наук,
профессор, академик РАН

А.Р. Хохлов

Ученый секретарь
диссертационного совета МГУ.013.3
кандидат физико-математических наук, доцент

И.А. Малышкина

25 мая 2023г.

Подписи А.Р. Хохлова и И.А. Малышкиной заверяю.
Ученый секретарь физического факультета МГУ,
профессор

В.А. Карavaев