

# АНО ВО РОССИЙСКИЙ НОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации МУСИНА Артема Игоревича  
**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ РАСПЫЛЕНИЯ  
МОНОКРИСТАЛЛОВ МЕТОДАМИ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ**  
представленной на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук по специальности  
**1.3.8 – «Физика конденсированного состояния»**

**КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ.** Диссертация посвящена исследованию механизмов ионного распыления однокомпонентных монокристаллов на примере грани (001) никеля. Исследование проводилось для двух моделей: (1) модели, содержащей 20 атомов никеля на поверхности грани (001) и не учитывающей падения ионов; (2) полномасштабной МД модели, учитывающей падение ионов на поверхность мишени. Рассчитаны распределения фокусированных и перефокусированных распыленных атомов по углам и энергиям наблюдения. Также рассчитаны сдвиги максимумов фокусированных и перефокусированных атомов при изменении параметров мишени.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Распыление твердых тел под действием ионной бомбардировки играет важную роль при создании термоядерных реакторов, производстве тонких пленок, ионной имплантации. Понимание механизма распыления необходимо для развития методов анализа поверхности путем регистрации распыленных атомов и других вторичных частиц. Поэтому исследование распыления монокристаллов методами молекулярной динамики, проведенное в диссертационной работе, является весьма актуальным.

**ВАЖНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ.** С помощью модели 20 атомов никеля получены угловые распределения распыленных атомов, которые соответствуют наблюдаемым экспериментальным распределениям. Доказано, что перефокусированные атомы на 100% формируют наблюдаемый сигнал в окрестности максимума. Исследовано влияние атомного номера и энергии связи мишени на положение максимумов фокусированных и перефокусированных атомов. Показано, что увеличение атомного номера приводит к смещению углового распределения в сторону нормали, а энергетического распределения – в сторону меньших энергий. Увеличение энергии связи приводит к сдвигу максимума распределения в сторону больших энергий.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Диссертационная работа МУСИНА Артема Игоревича выполнена на высоком научном уровне. Результаты диссертации опубликованы в 25 печатных работах, из них 3 статьи в журналах, индексируемых базами данных WEB OF SCIENCE и SCOPUS, докладывались на 15 конференциях, в том числе 13 – международных. Содержание автореферата соответствует всем требованиям и критериям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук на физическом факультете МГУ им. М. В. Ломоносова. **МУСИН Артем Игоревич** заслуживает присвоения ученой степени **КАНДИДАТ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК** по специальности **1.3.8 – физика конденсированного состояния.**

ТОЛМАЧЕВ Александр Иванович  
кандидат физико-математических наук  
доцент Института информационных технологий  
и инженерно-компьютерных систем  
Российского нового университета  
105005, Москва, улица Радио, 22  
Телефон рабочий 8 (495) 925-03-73  
Email рабочий tolmachevai@stud.rosnou.ru

Согласен на обработку моих персональных данных, связанных с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела Мусина А. И.

ДАТА 11/V - 2023 \_\_\_\_\_

Подпись А. И. Толмачева удостоверяю.

Отдел кадров  
Российского нового университета

ПЕЧАТЬ