

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук Павленко Анатолия Владимировича на диссертацию Алероева Муслима Ахметхановича «**Исследование влияния внешних воздействий на поверхностные характеристики легкоплавких металлов и сплавов**», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния

Актуальность темы исследования

В науке о поверхности функциональных структур к числу наиболее существенных и важных процессов относится адсорбция. Поэтому теоретическому и экспериментальному исследованию этого процесса в зависимости от внешних условий посвящены многочисленные работы. Несмотря на имеющиеся успехи в исследованиях адсорбционных процессов на поверхности твердых тел, на сегодняшний день мало изученным эффектом для ряда технологически важных металлов является влияние некоторых внешних воздействий на процессы адсорбции. Особенно актуальным этот вопрос стал, когда появились современные инновационные методы диагностики поверхности, у которых в качестве зондов используются источники заряженных частиц. Учитывая относительную новизну данного направления физики поверхности конденсированных сред, многие вопросы, как фундаментального, так и прикладного характера, остаются открытыми и не решенными. В связи с этим, актуальность темы представленной работы, направленной на установление закономерностей адсорбции и формирования оксидных слоев, не вызывает сомнений.

Содержание работы и оценка научной новизны

Во введении отражены актуальность темы исследования, степень разработанности, цель и задачи, научная новизна полученных результатов, теоретическая и практическая значимость, научные результаты, выносимые на защиту, личный вклад автора, степень апробации результатов. Отражены объем и структура диссертации.

Первая глава содержит обзор литературной информации по диссертационной теме. Здесь рассмотрены современные методы исследования поверхности металлов, проанализированы результаты экспериментальных исследований адсорбции кислорода на поверхности ряда металлов, а также такие характеристики как поверхностное натяжение, поверхностные концентрации некоторых химически активных металлов.

Во второй главе описана экспериментальная техника, с использованием которой выполнялись эксперименты. Перед началом экспериментов автором была проделана значительная работа по модернизации имеющегося экспериментального оборудования. Модернизация приемного тракта электронного спектрометра поверхности и разработанное программное обеспечение на языке DELPHI обеспечило накопление и эффективную

математическую обработку первичной экспериментальной информации. Помимо этого, появилась возможность проводить и контролировать эксперименты по физике поверхности в удаленном режиме.

Автором детально описываются процедуры приготовления и сохранения в сверхвысоком вакууме атомарно-чистых поверхностей. Подробно описаны устройства приготовления и хранения образцов с атомарно-чистыми поверхностями для химически активных металлов.

В третьей главе представлены экспериментальные результаты исследования процессов адсорбции и образования оксидных слоев на поверхности индия, таллия, серебра после внешнего воздействия электронами, а также ионами, атомами и молекулами кислорода.

Прежде чем приступить к изучению процессов образования оксидных слоев диссертант изучил влияние остаточной газовой среды и электронного зонда на исследуемые поверхности в сверхвысоком вакууме. Были определены состав остаточной среды сверхвысоковакуумной камеры спектрометра и плотность электронного тока, при которых это влияние минимально. На примере таллия было показано, что со временем выдержки образца в сверхвысоком вакууме после получения атомарно-чистой поверхности концентрация кислорода на поверхности возрастает. Как обоснованно считает автор, в этом случае наблюдалась миграция кислорода с неочищенных участков поверхности образца. Чтобы исключить этот процесс автор использовал сканирующую ионную обработку всей поверхности образцов.

Литературный анализ работ, посвященных исследованию окисления серебра, показал, что на практике используются два способа окисления серебра при низкой температуре - кислородом, активированным в газоразрядной плазме и атомарным кислородом, полученном различными способами. Поэтому в работе было изучено состояние поверхности серебра после воздействия на поверхность ионами кислорода и парами воды.

Автор установил, что бомбардировка поверхности поликристаллического серебра моноэнергетическими (100-300 эВ) ионами кислорода приводит к формированию кластерных структур, а воздействие парами воды при атмосферном давлении и $T = 1073$ К приводит к образованию на поверхности слоя из молекулярного кислорода, а в приповерхностных слоях - оксида кислорода в октаэдрических пустотах.

Экспонирование In в среде кислорода при комнатной температуре стимулирует образование на поверхности слоистой структуры с толщиной, соизмеримой со средней длиной свободного пробега электронов Оже М-серии для индия. Об образовании оксидного слоя при бомбардировке поверхности индия ионами кислорода (100-300 эВ) свидетельствует сдвиг оже-пиков In $M_{IV,V}N_{4,5}N_{4,5}$ в сторону меньших энергий на 4.4 эВ при том, что энергия связи на 3d-уровне возрастает на 0.3 эВ.

В третьей главе также обсуждаются поверхностные характеристики чистых таллия, висмута, натрия и калия, и их бинарных сплавов Na-K и Tl-Bi в различных фазовых состояниях, полученные в одинаковых

экспериментальных условиях *in situ*. Были построены изотермы поверхностного натяжения и поверхностных концентраций для двух двойных систем - сплавов Na-K и Tl-Bi. Установлено, что на всем интервале объемных концентраций на поверхности преобладает калий и висмут соответственно. В работе обсуждаются причины отличия полученных значений поверхностного натяжения от литературных данных и автор приходит к выводу о синергетическом влиянии внешних факторов и методических особенностях выполненных экспериментов.

*Оценка значимости для науки и практики полученных
в диссертации результатов*

Основные результаты рассматриваемой диссертационной работы имеют высокую степень значимости для науки и практики.

Предложен и успешно апробирован способ очистки поверхности химически активных металлов, основанный на бомбардировке электронами.

Экспериментальным путем установлено, что на In и Tl возможно получение локальных оксидных покрытий с использованием ионных и электронных пучков.

Экспериментально получены данные по поверхностному натяжению и поверхностным концентрациям для двух бинарных систем и на основе этих результатов построены изотермы.

Публикация основных результатов

По теме диссертационной работе с участием автора опубликованы 25 научных работ, из которых 12 – статьи, опубликованные рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ, и 9 – в журналах, индексируемых в Scopus и Web of science.

*По мнению оппонента, рассматриваемая диссертационная работа
содержит некоторые недостатки*

1) При описании методики измерений поверхностного натяжения следовало бы конкретизировать способ расчёта поверхностного натяжения по координатам поверхности лежащей капли.

2) Метод измерения поверхностного натяжения предполагает равновесное состояние капли. В работе ничего не говорится о том, возможно ли получение равновесного состояния в сверхвысоковакуумных рабочих камерах электронных спектрометров.

3) Результаты подобных исследований других авторов представлены поверхностно. Сообщается только, что они противоречивы и даны ссылки на некоторые источники.

4) На рисунках в диссертации автору для более четкого восприятия хорошо было бы использовать так же и цветные рисунки особенно в тех случаях, где представлены результаты компонентного анализа (например – рис. 3.19) или одновременно несколько зависимостей (например – рис. 21).

Однако, отмеченные недостатки и сделанные замечания не ставят под сомнение полученные результаты, не снижают научной новизны и практической ценности диссертационной работы и, в целом, не влияют на общее положительное впечатление о диссертации.

Заключение

Диссертация выполнена на актуальную тему. Основные результаты обладают научной новизной и практической ценностью. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключение обоснованы. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Материалы диссертации опубликованы в авторитетных научных изданиях и представлены на Международных конференциях. Содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния.

Считаю, что работа «Исследование влияния внешних воздействий на поверхностные характеристики легкоплавких металлов и сплавов» представляет собой законченную научно-квалификационную работу и удовлетворяет требованиям ВАК РФ предъявляемым к кандидатским диссертациям (п.п. 9, 10 «Положение о порядке присуждения ученых степеней» утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842), а ее автор Алероев Муслим Ахметханович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент, доктор
физико-математических наук,
заведующий лабораторией
наноразмерных активных сред
и материалов ФГБУН (ЮНЦ РАН)



Павленко А. В.

30.10.2020

Подпись д.ф.-м.н. Павленко А.В. заверяю
Ученый секретарь ЮНЦ РАН



Булешева Н.И.

Адрес: 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Южный научный центр Российской академии наук»

Телефон: +7 905 430 50 06

E-mail: tolik_260686@mail.ru