

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Альсурайхи Абдулазиза Салеха Али на тему «Поверхностные свойства легкоплавких сплавов бинарных и тонкопленочных систем с участием щелочных металлов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

### 1. Актуальность

Выполненные диссертантом экспериментальные и теоретические исследования поверхностных свойств бинарных и тонкопленочных систем с участием щелочных металлов является актуальной задачей, так как знание физических свойств поверхностей, таких как поверхностное натяжение (ПН), работа выхода электрона (РВЭ), адгезии, адсорбции и другие обеспечивают условия для использования их в тепло–энергетике как теплоносители, в материаловедении для создания композиционных материалов, работающих в экстремальных условиях, как защитные покрытия поверхности материалов.

Диссертантом убедительно показана целесообразность выбора метода получения тонкопленочных систем, содержащих щелочные металлы в связи с необходимостью защиты используемых материалов от коррозии.

### 2. Общая характеристика полученных результатов, степень новизны

Диссертация состоит из введения, трех глав, списка литературы, включающего 140 наименований и 8 приложений. Она изложена на 152 страницах машинописного текста и включает 71 рисунок и 40 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследований, перечисляются основные положения, выносимые на защиту, изложены научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе проведен литературный обзор методов получения тонких плёнок, измерения работы выхода электрона из металлов и сплавов, а также описаны существующие в литературе разработки, связывающие поверхностное натяжение (ПН) с РВЭ металлов и сплавов, в том числе в твердом состоянии.

Подробный анализ методов получения тонких пленок позволил автору диссертации прийти к выводу, что наиболее подходящим для этой цели является различные варианты термовакuumного напыления, включая молекулярно – лучевую эпитаксию.

Определение элементного состава тонкопленочных систем проведено на современной установке рентгеновского фотоэлектронного спектрометра (РФЭС) системы K-Alpha фирмы Thermo Fisher Scientific с достаточной точностью.

Для экспериментального определения работы выхода тонких плёнок бинарных металлических систем с участием щелочных металлов был выбран фотоэлектронный метод Фаулера.

**Вторая глава** посвящена получению и исследованию составов и свойств плёночных систем (ПС) Sn–Na–Sn и In–Na–In на поверхности кремния грани (100).

Основным достоинством установки для получения тонкопленочных систем (ТПС), сконструированной при непосредственном активном участии диссертанта, является возможность при одном и том же технологическом процессе получать металлические пленки различной толщины и заданных составов, включая сложные многослойные композиции из разнородных металлов.

Всего изучены 8 образцов плёнок олово–натрий–олово и 5 образцов индий–натрий–индий. В диссертации приведены результаты в виде двух таблиц и в виде 13 обзорных спектров.

Полученные результаты по изучению ТПС показали, что поверхности ТПС содержат адсорбированные атомы натрия и большое количество кислорода и углерода, а также их соединений.

Перед исследованием поверхности образцов очищались путем ионного облучения, и производились расчеты концентраций олова, индия и натрия в уже очищенных тонких пленках.

Точность определения концентраций на установке РФЭС составляет около  $\pm 0,05$  ат. %, а энергия связи электрона в атомах  $\sim \pm 0,1 \div 0,2$  эВ.

В диссертации проведено измерение работы выхода электрона тонких пленок Sn–Na и In–Na в зависимости от концентрации натрия методом Фаулера при температуре  $T = 300$  К. На экспериментальных изотермах РВЭ обнаружены минимумы при концентрациях 25 ат.% и 15 ат.% Na и пологие максимумы при 70 и 60 ат.% Na, соответственно. Такое поведение изученных сплавов автор связывает с высокой поверхностной активностью в области малых концентраций натрия и с особенностями диаграммы состояний указанных систем.

В диссертации отдельно проведено определение работы выхода электрона поликристаллических пленок лития, по-видимому, из-за противоречивых результатов, полученных в литературе по РВЭ лития. На основании экспериментальных данных автором диссертации составлено уравнение (2.15), из которого следует, что при  $T = 300$  К, работа выхода электрона лития равна 2,54 эВ, а при температуре плавления  $\sim 2,56$  эВ, что противоречит некоторым литературным данным. Показано, что в результате фильтрации жидкого лития через молибденовую сетку и трехкратной термической дистилляции в сверхвысоком вакууме РВЭ лития повышается на 10% (до 2.64 эВ) в сравнении с РВЭ исходного лития ЛЭ-1 технической чистоты (2.38 эВ).

В заключительной третьей главе теоретически рассмотрены поверхностные свойства сплавов бинарных легкоплавких и щелочных металлов, включая тонкие пленки.

Используя уравнение И. Пригожина и Р. Дефея, автор развил теорию, описывающую концентрационную зависимость поверхностного натяжения и работы выхода электрона бинарных систем. Применяя эти уравнения к конкретным системам с участием щелочных металлов, получены множество эмпирических формул, позволяющих вычислять поверхностное натяжение и работу выхода электрона сплавов при различных концентрациях и температурах. Автором построены изотермы и политермы РВЭ многих двойных металлических сплавов.

Представляет особый интерес попытка диссертанта по расчету поверхностного натяжения сплавов бинарных систем в твердом состоянии

через работу выхода электрона в хорошем согласии с экспериментальными данными.

Вычислены адсорбции натрия в пленках Sn–Na и In–Na. Вычислены также адсорбции Na, K, Rb, Cs в системах индий – щелочной металл.

К наиболее важным результатам диссертационной работы, наряду с определением элементного состава тонкопленочных систем современной установкой РФЭС, относятся также количественные оценки концентрационных зависимостей адсорбции по Гуггенгейму–Адаму бинарных систем.

Значительный интерес представляют данные, полученные при измерении РВЭ очищенного лития по сравнению с литературными данными. Установлено увеличение РВЭ лития на 10% при повышении чистоты на один порядок.

Выводы, сделанные автором, представляются вполне обоснованными и отвечают постановке задачи исследования. Полученные автором результаты являются итогом самостоятельной работы или в соавторстве с научным руководителем и другими, представляются оригинальными, новыми и достаточно полно отражены в работе.

Научная новизна В диссертации впервые разработана методика получения пленочных систем на основе олова и индия с добавкой натрия, проведено определение элементного состава тонкопленочных систем с помощью рентгеновского фотоэлектронного спектрометра (РФЭС).

Измерены работы выхода электрона (РВЭ) тонких пленок в зависимости от концентрации натрия в системах Sn–Na и In–Na.

Построены впервые теоретические изотермы адсорбции натрия в тонких пленках выше указанных систем и других добавляемых компонентов в системах Sn–Bi, Sn–Pb, Pb–Li, In–Li, а также вычислены адсорбции K, Rb и Cs в бинарных системах щелочных металлов по N– варианту Гуггенгейма–Адама: Na–K(Rb, Cs), K–Rb(Cs), Rb–Cs и т.д.

Усовершенствованная диссертантом экспериментальная установка и методики проведения опытов по определению РВЭ тонких пленок используются в научно-исследовательской лаборатории и в лабораториях по

специальностям «Физика тонких плёнок» и «Физика межфазных явлений в конденсированных средах» для студентов по направлениям 03.02.03 – физика, бакалавр и 03.04.03 физика, магистр.

### **3. Полнота опубликования результатов и содержания автореферата**

По теме диссертации опубликованы 14 статей, 3 из которых, из перечня, рекомендуемых ВАК министерства образования и науки России.

Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации.

Научные положения, изложенные в диссертации, соответствуют области исследований по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния. Объекты исследований находились в твердом состоянии при определении РВЭ, либо в жидком состоянии при построении изотерм адсорбции изученных систем. Полученные диссертантом результаты соответствуют пунктам 1 и 2 Паспорта специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

### **4. Замечания**

В отношении диссертационной работы можно сделать некоторые замечания:

1. Работа выхода электрона из натрия меньше, чем у олова и индия. Не вполне понятно как производилось измерение РВЭ в зависимости от состава сплавов. Из какого компонента идет фотоэмиссия?
2. Не ясным остается каким образом повышали чистоту исходных образцов лития на порядок (с. 83).
3. Не ясен также, что означает термин монофазные (с. 12).
4. В диссертации имеются стилистические и грамматические ошибки: например, на страницах 7, 9, 12 и т.д.

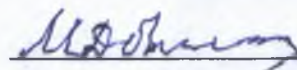
### **5. Заключение**

Несмотря на отмеченные недостатки, Альсурайхи Абдулазизом Салехом Али проведена большая экспериментально – теоретическая работа, отличающаяся надежностью и достоверностью. Для численной обработки полученных экспериментальных результатов диссертантом предложены аналитические уравнения, которые затем использованы для получения

эмпирических уравнений ПН и РВЭ легкоплавких и щелочных двойных систем, и для построения изотерм адсорбций.

Диссертация Альсурайхи Абдулазиза Салеха Али отвечает высоким требованиям и полностью соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК Министерства образования и науки РФ и он достоин присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Дохов Магомед Пашевич



Официальный оппонент, доктор технических наук, профессор кафедры технической механики и физики ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова»  
 Адрес: 360030, КБР, г. Нальчик, пр-кт Ленина, 1"В",  
 ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова»  
 Тел.: 89289167142  
 E – mail: vdokhova@yandex.ru

Подпись профессора Дохова М.П. удостоверяю:



*Алиханов М.П.*

28.05.2015