

"УТВЕРЖДАЮ"

Директор Обнинского института атомной  
энергетики – филиала федерального  
государственного автономного  
образовательного учреждения высшего  
профессионального образования  
«Национальный исследовательский  
ядерный университет «МИФИ»



Н.Г. Айрапетова

2016 г.

### Отзыв

**ведущей организации на диссертационную работу Багова Артура  
Мишевича «Влияние электропереноса на взаимную диффузию и  
макроскопическое течение расплава, образующегося при контактном  
плавлении», представленную на соискание ученой степени кандидата  
физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика  
конденсированного состояния**

#### **Актуальность темы исследования**

Диссертационная работа Багова А.М. посвящена, в основном, экспериментальному изучению переноса вещества в жидких металлических растворах в результате совместного действия градиента химического потенциала и электрического тока. Исследуются системы, которые образуются в результате контактного плавления разнородных металлов, образцы которых приводятся в соприкосновение при температуре, превышающей температуру плавления эвтектики соответствующей системы. Сочетание контактного плавления и электропереноса позволяет получать сведения как о диффузионных характеристиках расплава, так и об

электрических параметрах ионов. До настоящего времени исследований, в которых сочетаются контактное плавление и электроперенос, явно недостаточно.

Исследования роста промежуточных фаз между разнородными образцами при одновременном воздействии электрического могут быть использованы для технологий, в которых важную роль имеют характеристики слоев, выращиваемых между и на поверхности различных материалов.

Таким образом, тема исследования является актуальной.

### **Оценка степени новизны исследований и полученных результатов, выводов и рекомендаций, представленных в диссертации**

Основная часть обсуждаемой диссертации связана с полученными экспериментальными результатами. Поэтому особое внимание уделено методике эксперимента. В частности, в опытах, исследующих макроскопическое смещение жидкой прослойки, применена новая методика введения инертных меток. Традиционно такими метками являлись опилки из тугоплавкого материала. В обсуждаемой работе применяли сетку в форме круга, свободно перемещающийся в капиллярной трубке.

В процессе исследования влияния электрического тока на кинетику роста контактной прослойки применяли изменение направления тока от ускоряющего до замедляющего. При этом наблюдали частичную кристаллизацию жидкой прослойке в результате затвердевания жидкости от исходных твердых образцов. Впервые экспериментально установлено, что при электрокристаллизации протяженность закристаллизованных зон обратно пропорциональна величине тока, а отношение протяженностей закристаллизованных областей от величины тока не зависит.

В работе впервые показано, что макроскопическое смещение жидкой прослойки определяется как неравенством коэффициентов диффузии компонентов, так и направлением и величиной электрического тока.

Выдвинута гипотеза, что для проявления метастабильного контактного плавления наличие промежуточного химсоединения на диаграмме состояния системы необязательно.

### **Значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки**

Значимость обсуждаемой диссертации определяется прежде всего полученными экспериментальными результатами, а также их интерпретацией.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и основных выводов. Диссертация изложена на 155 страницах, включает в себя 32 рисунка, восемь таблиц и список литературы из 219 наименований.

Исследовано контактное плавление сопровождаемое пропуском электрического тока. Выявлены закономерности роста жидкой прослойки при различных направлениях тока. Показано, что результаты опытов позволяют определить коэффициенты диффузии компонентов, их эффективные заряды и подвижности.

Исследовано явление электроконтактной кристаллизации, которая происходит при смене направления тока с ускоряющего (вариантом является бестоковый режим) на замедляющий, при этом наблюдается частичная кристаллизация жидкой прослойки. Выявлены закономерности электроконтактной кристаллизации.

Исследовано смещение инертных меток в процессе контактного плавления. По мнению автора диссертации, наблюдаемое смещение меток обусловлено неравенством парциальных коэффициентов диффузии компонентов. Интересным является наблюдение зависимости величины смещения метки от направления тока. Важным результатом работы является использование результатов этого смещения в качестве индикатора общего смещения жидкой прослойки при контактном плавлении сопровождаемом электропереносом.

Подробно исследовано явление соединения разнородных образцов при температурах ниже наименьшей температуры на линии ликвидуса. Применялись системы, имеющие качественно различное строение, в частности, без промежуточных твердых фаз. Исследовали образцы с различной формой контактируемой поверхности, при различных временах продолжительности контакта. Соединения образцов интерпретировано как результат метастабильного контактного плавления.

Таким образом, результаты обсуждаемой работы значимы для развития физики конденсированного состояния, в частности, для исследования взаимодействия конденсированных фаз.

#### **Степень обоснованности положений диссертации, рекомендаций и выводов**

Высокая степень обоснованности положений диссертации, рекомендаций и выводов обусловлена использованием апробированных методов исследования контактного плавления и электропереноса. Интерпретация результатов сделана с опорой на эксперимент. Выводы не противоречат известным представлениям физики конденсированного состояния.

Основные результаты диссертации докладывались на Российских и международных конференциях и получили одобрение ведущих специалистов.

Основные результаты диссертации опубликованы в научных изданиях, в том числе входящих в список ВАК. Результаты диссертации достаточно полно изложены в опубликованных работах.

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

#### **Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы**

Результаты, представленные в диссертации, могут быть использованы в различных организациях, занимающихся разработкой и исследованиями

новых материалов: ФТИ им. А.Ф. Иоффе (С.-Петербург), МГУ (Москва), Нальчикском заводе полупроводниковых приборов, в Кабардино-Балкарском государственном университете, в Уральском федеральном университете, в НИИ физики Южного федерального университета и Северо-Кавказском горно-металлургическом институте.

**По материалу, изложенному в диссертационной работе, можно сделать некоторые замечания:**

- 1) Недостаточно четко сформулированы некоторые заключительные положения, например пункт 1, или 4 ("Исследована методика движения").
- 2) Предложенные практические применения могли быть описаны более развернуто, так как, тематика обсуждаемой диссертации представляет, в частности, интерес для разработки жидкометаллических теплоносителей в контурах реакторов атомных энергетических установок.
- 3) Непонятно, почему системы In-Sn, In-Tl, Cd-Sn причислены к системам без химических соединений (гл. 4, табл. 4.3). Каждая из этих систем образует от одной до двух промежуточных твердых фаз.
- 4) Нет ясности, каким путем производилось различие между метастабильным плавлением и твердофазным спеканием.

### **Заключение**

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности рассмотренной диссертационной работы и не оказывают решающего влияния на общую положительную оценку работы. Диссертация Багова А.М. является научно-квалификационной работой, в которой с помощью апробированных экспериментальных методов исследовано контактное плавление при наличии электропереноса в двойных металлических системах и получены новые результаты.

Предмет исследования, использованные методы, полученные в рассматриваемой диссертации результаты и выводы соответствуют области исследований специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния. Полученные научные результаты соответствуют формуле и

пунктам 1, 2, 3 паспорта специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

На основании вышеизложенного можно заключить, что диссертационная работа Багова А.М. «Влияние электропереноса на взаимную диффузию и макроскопическое течение расплава, образующегося при контактном плавлении» по актуальности, научной новизне, научной и практической значимости удовлетворяет требованиям, установленным пункту 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, № 842), а ее автор – Багов Артур Мишевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Отзыв на диссертацию обсужден на заседании кафедры Общей и специальной физики института атомной энергетики – филиала Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» 01.06.2016г. протокол № 9.

Зав. кафедрой,

д.ф.-м.н., профессор

Коровин Ю.А.

Профессор кафедры,

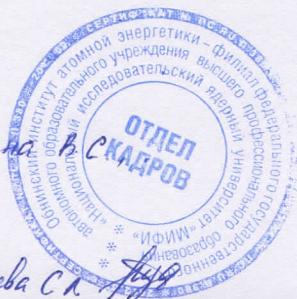
д.ф.-м.н., доцент

Саввин В.С.

Секретарь кафедры

Игнатова Е.Н.

Адрес организации  
249040, Россия, Калужская область,  
г. Обнинск, Студгородок 1.  
e-mail: [korovin@iate.obninsk.ru](mailto:korovin@iate.obninsk.ru)  
тел.(08439)3-83-20,  
<http://phys.iate.obninsk.ru/>



Подписи Коровина Ю.А., Саввина В.С.,  
Игнатовой Е.Н.  
удостоверяю  
специалист по кадрам Руднева С.А.