

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Анзора Артуровича Афашагова на тему «Термодинамические свойства плоской и искривленной границы раздела конденсированных фаз в бинарных металлических системах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа А.А. Афашагова посвящена исследованию термодинамических свойств границ раздела конденсированных фаз на плоских и искривленных границах раздела в металлических бинарных системах. Большой интерес к подобным исследованиям связан с появлением нового класса материалов – нанокристаллических сплавов, обладающих хорошими физическими свойствами и большой удельной плотностью внутренних границ раздела. Поэтому физико-химические свойства границ раздела конденсированных фаз для различных нанообъектов в настоящее время интенсивно изучаются. Такой интерес, не в последнюю очередь, вызван запросами материаловедения по созданию металлических сплавов с высокими эксплуатационными характеристиками, так как одним из свойств многокомпонентных сплавов, является состав фаз и характер их распределения, обусловленный условиями термической обработки и эксплуатации. В этом аспекте диссертационная работа А.А. Афашагова представляет собой повышенный интерес, а тематика ее диссертационной работы является, несомненно, важной и актуальной.

В своей работе А.А. Афашагов получил соотношения для расчета важной характеристики поверхности – поверхностного натяжения, а также составов фаз, термодинамических активностей на всем концентрационном интервале для ряда бинарных систем. Автор сначала получает уравнение для нахождения поверхностного натяжения для плоской границы раздела твердое – жидкость в зависимости от состава, а затем для искривленной границы дисперсная частица – дисперсионная среда в зависимости от размера частицы. Для этого используется надежный аппарат термодинамики поверхностных и межфазных явлений в гетерогенных системах с использованием метода слоя конечной толщины и метода разделяющих поверхностей, где в качестве разделяющей поверхности выбрана поверхность натяжения. Для плоской границы раздела полученное уравнение выведено в общем случае, а затем предложены попытки его решения в рамках различных моделей и приближений. По полученным соотношениям проведены расчеты для ряда металлических индиевых бинарных систем на плоской границе, которые представлены в работе.

Для расчета межфазного натяжения в случае искривленной границы, автор использует надежные экспериментальные и теоретические данные, полученные в современных научных работах по данной проблематике, и рассчитывает межфазное натяжение бинарной системы наночастица-матрица. При трактовке полученных результатов его выводы хорошо согласуются с имеющимися в литературе данными.

Интересным результатом работы, по нашему мнению, являются расчеты диаграмм состояния бинарных металлических сплавов для макроскопического случая и с учетом размерных эффектов, которым посвящена четвертая глава диссертации А.А. Афашагова. Построенные макроскопические диаграммы состояния для двойных металлических систем Al-In и Ag-Vi демонстрируют отличное совпадение с

экспериментальными диаграммами. Автор также рассчитал взаимную растворимость молибдена и рутения в твердом состоянии с учетом наноразмерных эффектов в бинарной системе Mo-Ru. При равновесии твердой фазы с ОЦК-структурой и твердой фазы с ГПУ-структурой был установлен факт сближения фаз при увеличении степени дисперсности, что говорит о флуктуационном характере зарождения второй фазы.

В работе имеется и ряд других интересных данных. В целом, диссертация сделана на хорошем экспериментальном и теоретическом уровне и представляет собой законченную научно-исследовательскую работу. Достоверность результатов, приведенных в тексте автореферата, обеспечена корректной постановкой задач, современными методами исследования и средствами измерения. В работе присутствует практическая значимость и новизна исследований. Результаты надежно апробированы. Они докладывались на многочисленных международных и национальных конференциях и опубликованы в пяти статьях в реферируемых журналах, входящих в Перечень ВАК.

В качестве пожелания я бы порекомендовал соискателю продолжить расчеты фазовых диаграмм состояния с учетом размерных эффектов, так как данные по аналогичным экспериментальным диаграммам на сегодняшний день весьма малочисленны.

Автореферат диссертации написан грамотно, он адекватно отражает содержание диссертационной работы. Сама диссертация Анзора Артуровича Афашагова на тему «Термодинамические свойства плоской и искривленной границы раздела конденсированных фаз в бинарных металлических системах», по нашему мнению, несомненно, является законченным исследованием и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к подобным работам действующим Положением о присуждении ученых степеней (утверждённых постановлением Правительства РФ от 24.09.13 №842), а её автор, Анзор Артурович Афашагов, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Заведующий Лабораторией поверхностей раздела в металлах Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела имени Ю.А.Осипяна Российской академии наук,  
доктор физ.-мат. наук



Б.Б.Страумал

Подпись Б.Б.Страумала заверяю:

Ученый секретарь ИФТТ РАН

Кандидат физ.-мат. наук

22.04.2024



А.Н.Терещенко

Я, Борис Борисович Страумал, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку

Сведения о рецензенте:

Страумал Борис Борисович; Доктор физико-математических наук,

Специальность 01.04.07 «физика конденсированного состояния»

Звание: старший научный сотрудник,

142432 Черноголовка Московской обл. Ул. Академика Осипяна, д. 2;

+7 49652 23800; E-mail: [straumal@issp.ac.ru](mailto:straumal@issp.ac.ru)