

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Лайпанова Мурата Занарустумовича «Контактное плавление и фазообразование макро-, микроразмерных систем медь-алюминий, никель-алюминий, никель-олово», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Совершенствование технологий контактно-реактивной пайки, металлизации керамик, полупроводников, создания биметаллических пленок и новых композиционных материалов методом контактного плавления (КП) является **актуальной научно-прикладной** задачей физики конденсированного состояния.

В диссертации описаны результаты теоретических и экспериментальных исследований процессов КП в системах металлов медь-алюминий, никель-алюминий, никель-олово, а также процессов фазообразования в контактных прослойках.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- исследованы сколы контактной прослойки, полученной при высокотемпературном контактном плавлении меди с алюминием в нестационарном диффузионном режиме с методами растровой электронной микроскопии;

- установлен и исследован размерный эффект КП при плавлении меди с алюминием;

- доказано, что добавки щелочных и щелочноземельных элементов в спай меди с алюминием повышают скорость КП, на шлифах контактных прослоек наблюдаются эвтектические структуры и интерметаллиды, которые охрупчивают межфазную границу медь-алюминий;

- получена зависимость между величиной радиуса ячеек Вигнера-Зейтца атомов примеси и средней скоростью КП металлов с твердыми растворами;

- выявлены эвтектические и интерметаллические кубические структуры $AlCu_4$ на поверхности бинарных пленок Cu-Al;

- изучена морфология поверхности двухслойной пленки Ni/Al и олова, напыленной на никелевую фольгу, и свойства пленок в различных физических условиях.

Достоверность полученных результатов подтверждается условиями осуществления КП (в высокотемпературной вакуумной камере), а также применением современных методов экспериментальных исследований: растровой электронной микроскопии, атомно-силовой микроскопии, рентгенофазового анализа.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в том, что полученные результаты направлены на оптимизирование технологии контактно-реактивной пайки, металлизации керамик, полупроводников, создания биметаллических пленок и новых композиционных материалов методом КП.

Содержание диссертации достаточно апробировано: опубликованы 16 работ, из них 7 статей в журналах из списка ВАК, 2 в наукометрических базах Scopus и WOS. Основные результаты доложены на 9 научных форумах.

По автореферату имеются отдельные **замечания**.

1. В формулах (1), (2), (3) нет расшифровки величины P^* . В формуле (4) содержатся обозначения плотности зарядов n_+ , n_- , n , тогда как в тексте используются - n_1 , n_2 , n_3 .

2. На рис. 23 кривая содержит два участка: на первом с увеличением числа атомов свинца в наночастице до 4000 межфазная энергия увеличивается, а при дальнейшем увеличении числа атомов энергия не меняется. Последнее требует дополнительного пояснения.

3. В тесте автореферата имеется ряд опечаток: на с. 11— указан рис. 3.11 вместо рис.9; на с. 12 – (eV) вместо $(эВ)$, ссылка на (3.3) вместо (3); на с. 18 непонятна ссылка [67].

Несмотря на замечания, работа выполнена на высоком научном уровне. Тема и содержание диссертации соответствуют Паспорту специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния. По актуальности, научной новизне, практической значимости и личному вкладу соискателя диссертационная работа удовлетворяет требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям. Соискатель, Лайпанов Мурат Занарустумович, заслуживает присуждения ученой степени - **кандидата физико-математических наук**.

Зав. каф. высшей математики ИКТИБ ЮФУ
доктор физико-математических наук
профессор

Куповых Геннадий Владимирович
01.11.2019

Место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», Институт компьютерных технологий и информационной безопасности.

Научная специальность: 25.00.30 Метеорология, климатология, агрометеорология.

Адрес: г. Таганрог, Ростовская обл., пер. Некрасовский 44, ГСП 17А, 347928, тел.: 8(8634)371636, e-mail: kupovykh@sfedu.ru

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Личную подпись *Куповых Г.В.*

ЗАВЕРЯЮ:

Специалист по работе с персоналом I категории *А.А. Шумская*

«*01*» *11* 20 *19*г.

