

ОТЗЫВ

официального оппонента Хасанова А. И. на диссертацию 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.

Актуальность диссертационной работы связана с развитием микро- и нанoeлектроники, технологиями жидкофазного спекания микро- и нанопорошков, получением биметаллических пленок, контактно-реактивной пайки, металлизации керамик и полупроводников. Экспериментальные данные о контактном плавлении меди с алюминием и фазообразовании в контактных прослойках могут быть использованы для развития теории высокотемпературного контактного плавления и оптимизации технологии контактно-реактивной пайки меди и алюминия.

В работе показано применение данных полученных с помощью современных электронных и атомно-силовых микроскопов для описания на наноуровне взаимосвязей между поверхностными свойствами и морфологическими свойствами пленок.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

В первой главе диссертации проводится анализ современного состояния изучения контактного плавления медь-алюминий, никель-алюминий и никель-олово. Показано, что зависимость квадрата толщины контактной прослойки от времени линейна. Это указывает на диффузионный характер контактного плавления в изученных системах.

Вторая глава посвящена методике изучения контактного плавления и фазообразования в изучаемых в работе системах. Показано, что использование современной аппаратуры: электронной и атомно-силовой

микроскопии позволяют получать надежные данные о морфологических особенностях, возникающих при контактном плавлении.

В третьей главе приводятся результаты исследований контактного плавления и фазообразования в системах медь-алюминий, никель-алюминий и никель-олово. Изучение контактных прослоек контактного плавления в системе медь-алюминий проводились на сколах. Были обнаружены микроскопические фазы сферической формы размером 10–14 мкм. Данные рентгенофазового анализа показали, что это фазы CuAl_2 , которые имеют поликристаллическую структуру с размерами зерен 1–2 мкм. На микрофотографиях областей, прилегающих к меди, наблюдаются стержнеобразные включения чистого алюминия размером 50–200 мкм и шириной 10 мкм. Ширина контактной прослойки, полученной при контактном плавлении в течение 20 минут оказалась равной 12,8 мкм.

Далее в третьей главе изучались кинетика контактного плавления и фазообразования в системе медь-алюминий марки АМГ-2. Обнаружено образование фаз в виде пирамид. Микропирамиды имеют размер порядка 2 мкм и видимо являются причиной охрупчивания контактных прослоек. Изучение кинетики контактного плавления показало, что добавки магния ускоряют контактное плавление. Эта же закономерность наблюдается при контактном плавлении меди со сплавом Al-0,4 ат.% Li. Контактные прослойки образуют интерметаллиды, которые охрупчивают контактную прослойку.

Подводя итоги работы, делаются следующие выводы:

1. Показано что в системе медь-алюминий при контактном плавлении в контактных прослойках, прилегающих к Al, обнаруживаются фрагменты на основе интерметаллида CuAl_2 размером 10-15 мкм, а на участках, прилегающих Cu, образуются пластинчатые включения длиной 70-200 мкм и шириной 10 мкм. Выявлено, что добавки щелочных и щелочноземельных элементов увеличивают

скорость КП меди с алюминием марки АМГ-2, содержащей от 1.8 до 2.8 масс% Mg-(щелочноземельной добавки) и меди с литий содержащим сплавом Al-0.4 атм.% Li. Показано, что кинетика контактного плавления меди с алюминием марки АМГ-2 подчиняется закономерности $\delta^2 \sim t$ т.е. протекает по диффузионному механизму. На шлифах контактных прослоек наблюдаются эвтектические структуры и интерметаллиды, которые охрупчивают межфазную границу медь-алюминий.

2. Показано, что скорость КП сплавов с металлами зависит от радиуса ячеек Вигнера-Зейтца атомов примеси. По уравнениям линейных зависимостей $\langle v \rangle$ от r_s , можно предсказывать скорости КП.
3. Методом растровой электронной, атомно-силовой микроскопии и рентгенофазового анализа выявлены эвтектика и интерметаллиды фазы $AlCu_4$ на поверхности бинарных пленок $Cu-Al$. Установлено, что в двухслойной пленке Ni/Al после отжига при $650^\circ C$ появляются эвтектические структуры. При напылении олова на никелевые подложки марки НП-2 на пленках образуются сферические фазы.
4. Изучено влияние давления на температуру контактного плавления разрыхленных нанопленок и наночастиц. Показано, что с увеличением толщины пленки фактор разрыхленности пленок ($\delta \sim 1/h$) уменьшается, что должно приводить к росту $T_{кп}$. Давление приводит к увеличению температуры КП разрыхленных пленок. Также показано, что с уменьшением размеров наночастиц уменьшается зависимость температуры КП от давления.

В рамках метода функционала электронной плотности исследована межфазная энергия на границе наночастица свинца, погруженного в металлическую матрицу олова. Показано, что при увеличении размера наночастицы свинца от 20 до 200 нм (и более) межфазная энергия возрастает

и приближается к межфазной энергии на границе массивных металлов.

По работе можно сделать следующие замечания:

1. В тексте диссертации не для всех металлов приводится их чистота, а в автореферате и вовсе не приводится;
2. Не всегда указывается, какой образец при контактном плавлении находится снизу, а какой – сверху;
3. Нет внедрений полученных результатов;
4. Оценки межфазной энергии в рамках метода функционала электронной плотности проведены для системы свинец-олово, а для систем никель-олово и никель-алюминий данные отсутствуют.

Однако эти замечания не снижают ценность диссертационной работы, которая по объему, научной новизне и практической значимости соответствует требованиям ВАК, а её автор, Лайпанов Мурат Занарустумович, заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

И. о. зав. кафедрой физической электроники
ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет»,

кандидат физ.-мат. наук

г. Грозный ул. А. Шерипова, 32

Тел.: 8 (8712) 29-55-51

E-mail: aslan2001@rambler.ru

01.11.2019 г.


Личную подпись Асламов
Асламова Асламбек Ибрагимович
Заведующий: Начальник отдела кадров персонала
Асламбек Ибрагимович
(подпись) (РАСШИФРОВКА)

А. И. Хасанов

