

УДК: 532.538.4: 541.1.14

ДИФфуЗИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ И ФАЗООБРАЗОВАНИЕ В ПЛЕНКАХ НИКЕЛЬ-АЛЮМИНИЙ

С.Н. Ахкубекова¹, В.К. Кумыков¹, М.З. Лайпанов², А.Р. Манукянц³, В.А. Созаев³,
Б.М. Хуболов¹

¹ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова»

360004, Россия, Нальчик, ул. Чернышевского, 173

²ФГБОУ ВО «Карачаево-Черкесский государственный университет им. У.Д. Алиева»
369202, Россия, Карачаевск, ул. Ленина, 29

³ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)»
362021, Россия, Владикавказ, ул. Николаева, 44
sozaeff@mail.ru

DOI: 10.26456/pcascnn/2017.9.045

Аннотация: В настоящей работе методом контактного плавления при 650 °С в вакууме получены биметаллические пленки никель-алюминий. С помощью растровой электронной микроскопии обнаружены эвтектические образования, возникающие на поверхности пленок вследствие диффузионного взаимодействия.

Ключевые слова: контактное плавление, интерметаллиды, фазообразование, эвтектика.

1. Введение

Контактное плавление (КП) может использоваться во многих практических важных технологических процессах [1]: жидкофазном спекании микро и нанопорошков, получении биметаллических систем [2], контактно-реактивной пайки, металлизации керамики и полупроводников и т.д. [3, 4]. Эффективность КП зависит в том числе и от поверхностного натяжения контактирующих металлов [5, 6].

В работе [7] изучено взаимодействие алюминия и никеля при контактном плавлении массивных образцов алюминия марки АД1 и никеля марки НП2 (4+4 мм), осуществленного взрывом и последующим изотермическим отжигом при 640 °С. Металлографический анализ показал, что на межслойной границе образуется сплошная диффузионная зона. Методом рентгеновского энергодисперсионного микроанализа установлено, что со стороны никеля образуется интерметаллид Ni_2Al_3 (содержание алюминия: ~56,3 % по массе), а со стороны алюминия – $NiAl_3$ (содержание алюминия: ~39,8 % по массе). В алюминиевой матрице присутствует только включение $NiAl_3$. Увеличение температуры и времени жидкофазного взаимодействия приводит к росту суммарной толщины плоской диффузионной зоны и объемного содержания $NiAl_3$ в закристаллизовавшемся расплаве алюминия.

Надо отметить, что в [7] КП осуществляли в макроскопических

образцах. В настоящей работе предпринята попытка создания методом КП двухслойных металлических пленок *Ni/Al*. Некоторые соединения *Ni/Al* могут использоваться в технологиях соединения материалов методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза [8-10].

2. Методика исследований

Пленки никеля и алюминия напылялись методом термического испарения на установке УВН-3М на стеклянные подложки, изготовленные из оптического стекла марки С-8 диаметрах 26 мм и толщиной 1 мм. Подложки предварительно нагревались до 200 °С. Затем двухслойные пленки отжигались в вакууме 10^{-2} Па при температуре 650 °С в течение 1 часа. Далее морфология поверхности пленок изучалась на микроскопе Phenom.

3. Результаты исследований и обсуждение

На рис. 1 показана фотография двухслойной пленки *Ni/Al*. Видно, что после отжига при 650 °С появляются эвтектические структуры. Эвтектические структуры образуются вследствие диффузионного взаимодействия пленок никеля и алюминия при температуре КП.

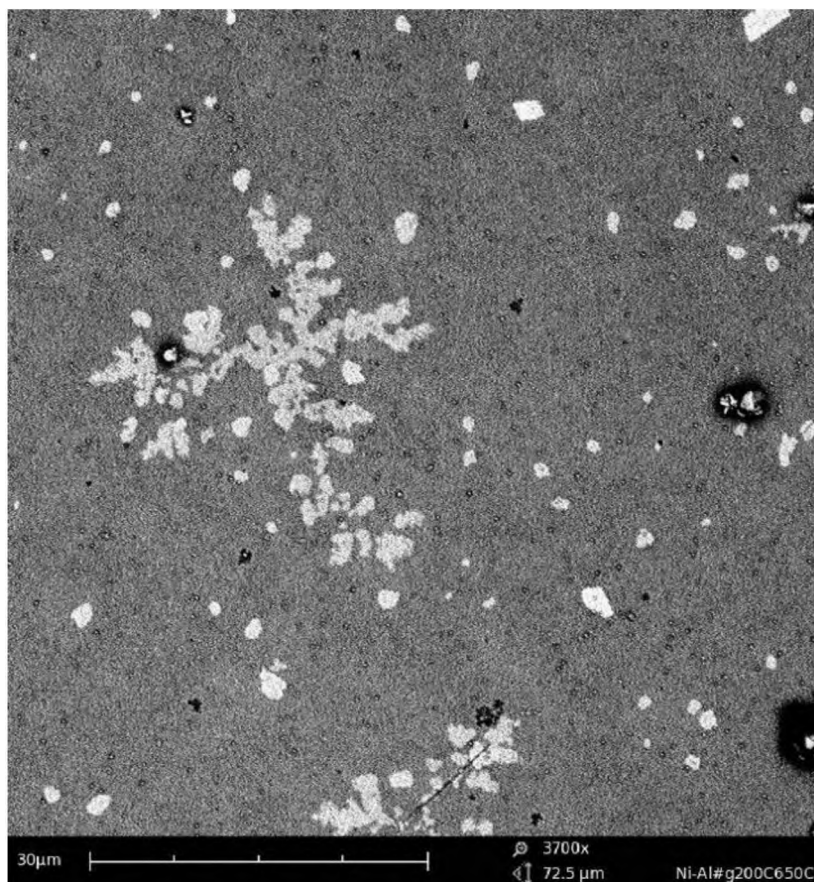


Рис. 1. Эвтектики в пленках никель-алюминий на стекле. Увеличение $\times 3700$.

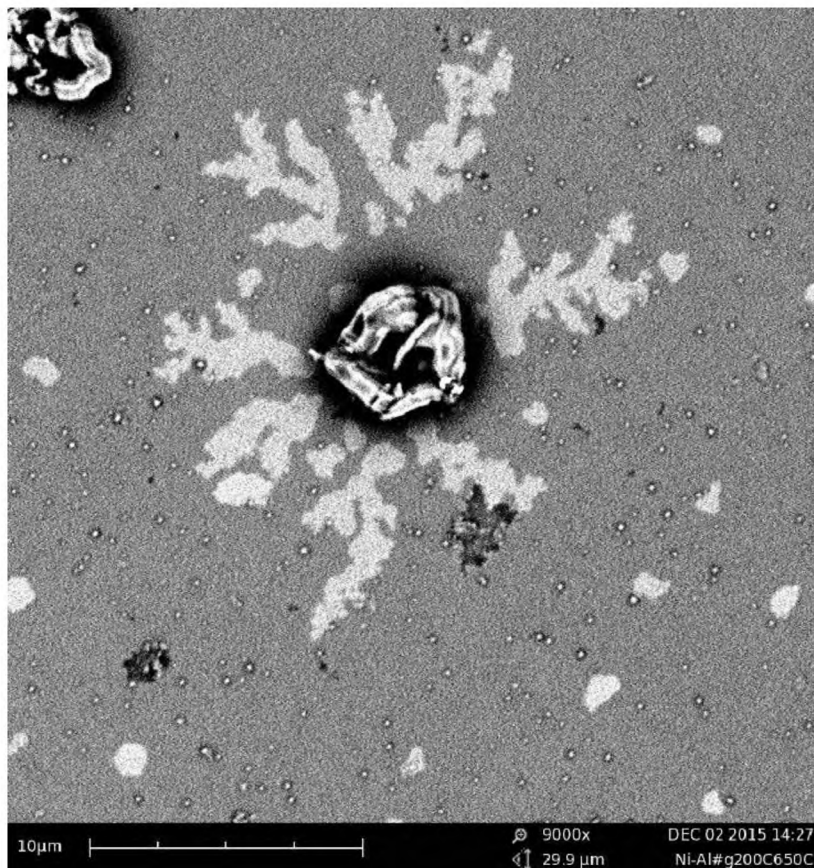


Рис. 2. Зародыш новой фазы в центре эвтектической структуры на пленке никель-алюминий на стекле. Увеличение $\times 9000$.

На рис. 2 показаны увеличенные фотографии эвтектик. Как правило, в центре эвтектических структур наблюдается зародыш новой фазы. Толщина пленок составляла 800 нм и соизмерима с толщиной контактных прослоек, полученных в работе [7] при контактном плавлении макроскопических образцов никеля с алюминием. Поэтому наблюдаемые эвтектические структуры частично связаны с образованием переходного слоя между пленкой никеля и алюминия, то есть переходный слой прорастал через всю толщину пленки.

Библиографический список:

1. **Ахкубеков, А.А.** Процессы взаимной диффузии компонентов, образующих эвтектики: монография / А.А. Ахкубеков, С.Н. Ахкубекова, М.-А.В. Зубхаджиев. – Владикавказ : ФГБОУ ВО «СКГМИ (ГТУ)», 2016. – 208 с.
2. **Eivani, A.R.** Interface proper-ties and shear bond strength of *Al/Cu* bimetallic rods produced by equal channel angular pressing / A.R. Eivani, H.R. Mirzakouchakshirazi, Sh. Kheirandish / XV International conference on intergranular and interphase boundaries in materials, Moscow, 23-27 May 2016: book of abstracts. – Moscow: NUST «MIS&S», 2016. – P. 23.

3. **Ахкубеков, А.А.** Контактное плавление металлов и наноструктур на их основе / А.А. Ахкубеков, Т.А. Орквасов, В.А. Созаев. – М.: Физматлит, 2008. – 152 с.
4. **Сергеев, И.Н.** Электронно-стимулированная десорбция с поверхности алюмооксидных керамик / И.Н. Сергеев, В.К. Кумыков, В.А. Созаев // Известия РАН. Серия физическая. – 2008. – Т. 72. – № 8. – С. 1186-1188;
5. **Созаев, В.А.** Влияние малых примесей кислорода в инертном газе и его давления на поверхностное натяжение жидкого индия / В.А. Созаев, И.Н. Сергеев, В.К. Кумыков, А.Р. Манукянц // Известия РАН. Серия физическая. – 2012. – Т. 76. – № 7. – С. 891-894;
6. **Сергеев, И.Н.** Радиационно-стимулированные эффекты на поверхности алюмооксидных керамик при облучении электронами и ионами высоких энергий / И.Н. Сергеев, Ф.М. Кожокова, В.К. Кумыков, О.А. Молоканов, В.А. Созаев // Известия РАН. Серия физическая. – 2009. – Т. 73. – № 7. – С. 972-974;
7. **Шморгун, В.Г.** Взаимодействие алюминия и никеля при контактном плавлении / В.Г. Шморгун, А.И. Богданов, А.О. Таубе, А.Г. Серов, В.М. Бакунцева // Новости материаловедения. Наука и техника. – 2015. – № 4. – С. 21-25.
8. **Мержанов, А.Г.** Процессы горения и синтез материалов / А.Г. Мержанов. – Черноголовка: Изд-во «ИСМАН», 1998. – 512 с.
9. **Мержанов, А.Г.** Самораспространяющийся высокотемпературный синтез: первые эксперименты в космосе / А.Г. Мержанов, А.С. Рогачев, А.Е. Сычев // Доклады Академии наук. – 1998. – Т. 362. – № 2. – С. 217-221.
10. **Мержанов, А.Г.** Самораспространяющийся высокотемпературный синтез наноматериалов / А.Г. Мержанов, А.Е. Сычев // Успехи химии. – 2004. – Т. 73. – № 2. – С. 157-170.