

**ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ ТОНКИХ
ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК Cu\Sn**

Макрушина А.Н., Плотников В.А.

*Алтайский государственный университет,
г. Барнаул, Россия, E-mail: makrushina3008@mail.ru*

Структурное состояние и фазовый состав тонких бинарных пленок Cu/Sn определяются процессами, протекающими при конденсации слоев меди и олова на подложку из силикатного стекла. Согласно диаграмме состояния Cu-Sn фазовый состав тонкой бинарной пленки определяют интерметаллические соединения Cu_6Sn_5 и Cu_3Sn , а также остаточные Cu и Sn [1]. Основным процессом, формирующим структуру тонкой бинарной, является диффузия компонент в реакционные области (реакционные островки). На рисунке 1 приведена островковая структура бинарных пленок Cu/Sn, сконденсированных при температуре подложки 50 (а) и 100 (б) °С, полученная с помощью сканирующего зондового микроскопа.

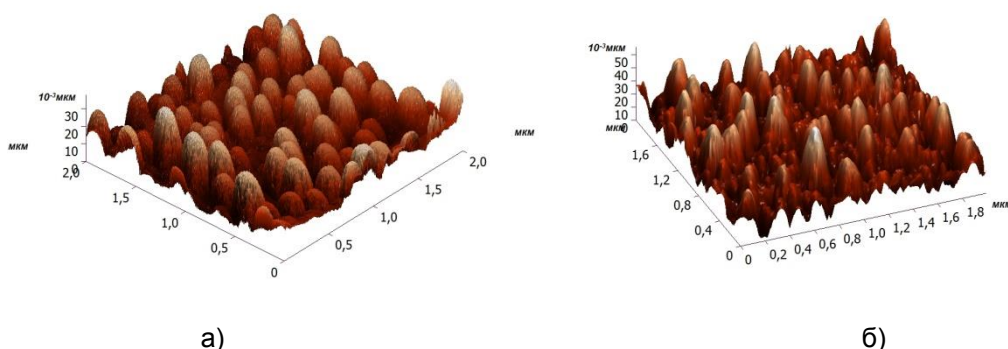


Рисунок 1 – СЗМ-изображение поверхности тонких интерметаллических пленок, полученных при температурах подложки 50 °С (а), 100 °С (б)

Островковая структура является типичной для тонких бинарных металлических пленок, получаемых путем конденсации металлических слоев на аморфную подложку. Характерно, что средняя высота островков, составляющих рельеф поверхности пленки, коррелирует с температурой. Средняя высота островков при 50 °С составляет 30 нм, а при температуре 100 °С – 50 нм.

На рисунке 2 приведены данные электронной микроскопии бинарной пленки Cu/Sn, сконденсированной на аморфную подложку из силикатного стекла при 50 и 100 °С. Как следует из приведенных данных структура пленок поликристаллическа, а фазовый состав определяется наличием как минимум двух фаз. Действительно, как показывает дифракция электронов (вставки на рис.2) кольцевые рефлексы обусловлены поликристаллической структурой пленки как при 50, так и при 100 °С, причем точечная электронограмма (рис.2,б) свидетельствует об увеличении размеров кристаллов при конденсации металлических слоев на подложку при 100 °С. Средний размер кристаллов, сформированных на подложке при 50 °С, не превышает 10 нм, а размер кристаллов, сформированных на подложке при 100 °С, составляет 50-100 нм. Сложная структура рефлексов обусловлена многофазностью пленок, в составе которых могут быть не только интерметаллические соединения системы Cu-Sn, но и исходные медь и олово.

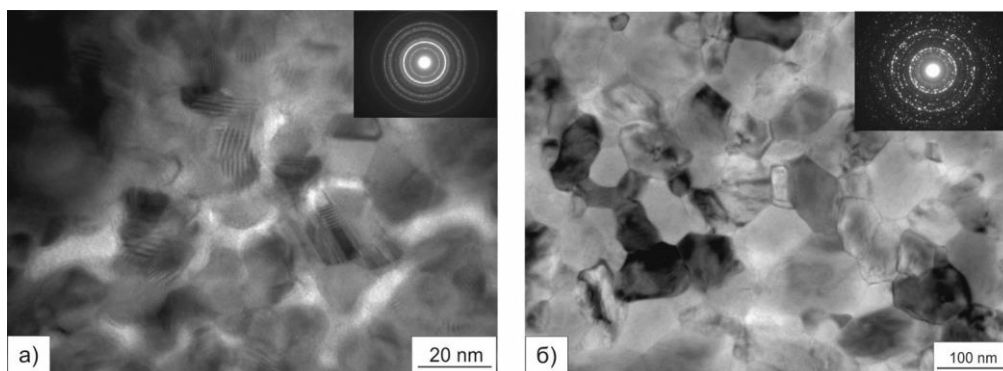


Рисунок 2 – Структура тонкой бинарной пленки Cu/Sn, полученной конденсацией на аморфную подложку из силикатного стекла при 50 °С (а) и 100 °С (б)

Характерной особенностью бинарных пленок Cu/Sn является наличие субструктурных объектов, имеющих запрещенную симметрию (рис.3).

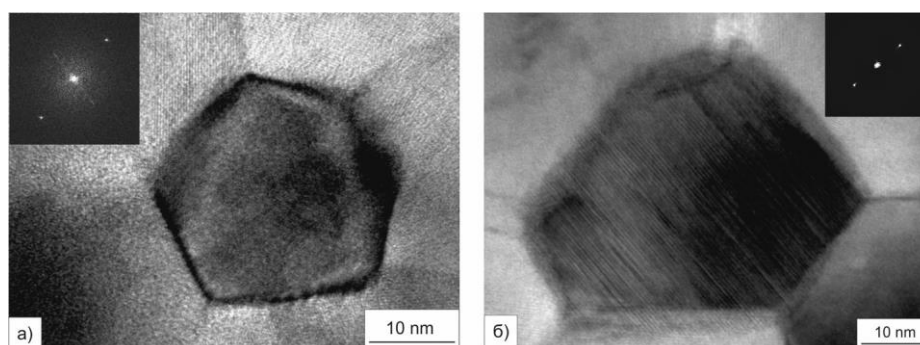


Рисунок 3 – Субструктурные элементы в бинарных пленках Cu/Sn. Масштаб 10 нм

Межплоскостные расстояния кристаллов на рисунке 3,а,б равные соответственно 3,33 и 5,21 Å, принадлежат нанокристаллам интерметаллического соединения Cu_3Sn , ориентированных по отношению к электронному пучку плоскостями {131} (рис.3,а) и {130} (рис.3,б) соответственно. Известно, что пентагональная симметрия кристаллов является типична для ГЦК кристаллов в различных видах кристаллизации [2]. В электролитически осажденных пленках меди были получены пентагональные кристаллы микронных размеров, хотя считается, что устойчивыми могут быть кристаллы размером около 100 нм. Однако приведенный на рисунке 3,а нанометровый пентагональный кристалл Cu_3Sn имеет орторомбическую решетку и находится в гексагональной матрице интерметаллического соединения Cu_6Sn_5 .

Действительно, как следует из анализа кристаллографических параметров матричной фазы, пентагональные нанокристаллы, формирующейся фазы Cu_3Sn , расположены в матричной фазе, кристаллическая структура которой приведена на рисунке 4.

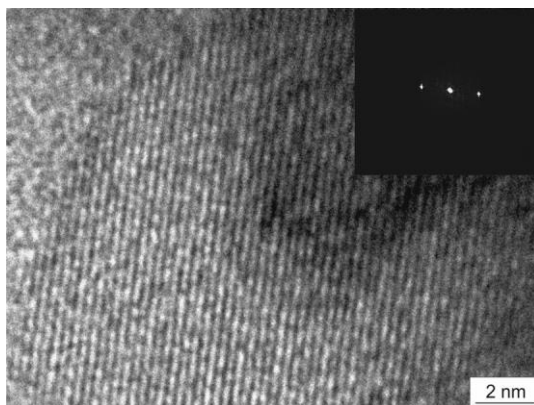


Рисунок 4 – Фрагмент нанокристалла матричной фазы Cu_6Sn_5

На рисунке 4 хорошо видны атомные плоскости, межплоскостное расстояние между которыми 2,96 Å, а на микроэлектроннограмме (вставка на рис.4) отображены точечные рефлексы, индексы которых $(0\bar{1})$ и $(0\bar{1})$ принадлежат плоскостям {101} кристалла интерметаллического соединения Cu_6Sn_5 . Таким образом, нанокристаллы фазы Cu_3Sn формируются в матричной фазе Cu_6Sn_5 .

Проведенный анализ структурно-фазового состояния бинарных тонких пленок Cu/Sn свидетельствует, что синтезируемое интерметаллическое соединение Cu_6Sn_5 является первичной фазой, а интерметаллид Cu_3Sn – вторичной, формирующейся в матричной Cu_6Sn_5 фазе.

Список литературы:

1. Плотников В.А., Макаров С.В., Макрушина А.Н. Структурно-фазовое состояние бинарной тонкопленочной системы Cu-Sn // *Фундаментальные проблемы современного материаловедения* // 2014. №1. С. 120-126;
2. Викарчук А.А., Ясников И.С., Довженко О.А. и др. Пентагональные кристаллы меди электролитического происхождения: строение, модели и механизмы их образования и роста // *Вестник СамГУ*. 2006. №3. С. 51-64.