

## Влияние фазовых переходов на процессы поверхностной сегрегации в твердых сплавах индий – олово\*

О.Г. Ашхотов<sup>1</sup>, И.Б. Ашхотова<sup>1</sup>, Т.Т. Магкоев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик, Россия*

<sup>2</sup>*Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, г. Владикавказ, Россия*

Представлены новые экспериментальные данные по поверхностному составу твердых сплавов In–Sn на всем интервале объемных концентраций. Поверхностная сегрегация компонентов в двойных твердых сплавах In–Sn исследована методом электронной оже-спектроскопии. Сплавы приготавливались в инертной среде при 573 К с контролем объемного состава рентгенофлуоресцентной спектроскопией. Перед анализом поверхности образцы сплавов доводились до атомарно-чистого состояния облучением ионами аргона ( $E = 700$  эВ,  $J = 1$  мкА/см<sup>2</sup>) с последующим отжигом для достижения равновесного состояния. Измерения амплитуд оже-пиков выполнялись в условиях сверхвысокого вакуума (остаточное давление  $10^{-7}$  Па) от комнатной температуры до 443 К на всем интервале объемных концентраций, включающем твердые растворы, гомогенные и двухфазные области, а также фазовые переходы. По данным оже-анализа, проведенного для MNН-переходов In и Sn, были рассчитаны поверхностные концентрации образцов. Построенные изотермы поверхностного состава показали, что в изученном интервале температур наблюдается взаимная сегрегация компонентов. По полученным значениям поверхностных концентраций рассчитаны энергии сегрегации индия и олова в области твердых растворов, подтверждающие поверхностную активность обоих компонентов. Установлено, что полимеры поверхностного состава аппроксимируются линейными уравнениями с положительными и отрицательными температурными коэффициентами.

**Ключевые слова:** поверхность, вакуум, адсорбция, электроны, сегрегация, индий, олово.

### Введение

Бинарные сплавы In–Sn благодаря уникальному сочетанию свойств компонентов часто используются в качестве бессвинцовых припоев [1, 2]. Их отличает хорошая смачиваемость меди, широко используемой в качестве подложек в электронной промышленности [3]. Они используются в качестве компонентов в сложных припоях, в стоматологических сплавах [4], а также в качестве элементов электрических цепей в устройствах систем безопасности [5]. В связи с этим исследование сплавов In–Sn, а именно их фазового состава, микроструктуры и других физических свойств, распределение компонентов в объеме и между поверхностью и объемом имеет научное и прикладное значение. Анализ литературных данных показывает, что для этой системы объемные и поверхностные параметры изучены достаточно подробно. Но если данные разных исследователей по объемным характеристикам достаточно хорошо согласуются между собой, то результаты исследования поверхности часто отличаются не только количественно, но и качественно. Качественно отличаются друг от друга и экспериментальные данные по изотермам поверхностного натяжения ( $\sigma$ ) этих сплавов. В [6] показано, что, если у авторов работ [7, 8] изотермы этой системы передаются монотонной кривой, то в [9] на изотермах  $\sigma$  выявлены минимумы эквимолярных составов. Здесь следует также отметить, что поверхности сплавов в жидком состоянии исследуются чаще, чем твердые сплавы.

Из изложенного выше следует, что процессы распределения компонентов между поверхностью и объемом в твердом состоянии изучены недостаточно. Между тем такие исследования позволят изучить закономерности формирования поверхностных фаз. Новые экспериментальные данные по поверхностному составу двойных твердых сплавов In–Sn в гомогенных и двухфазных областях, а также при фазовых переходах необходимы при разработке бессвинцовых припоев для прогнозирования оптимальных составов. Поэтому цель настоящей работы – исследование процессов поверхностной сегрегации в твердых сплавах In–Sn на всем интервале объемных концентраций.

### Экспериментальная часть

Для приготовления двойных сплавов In–Sn использовали металлы высокой чистоты (индий ИН-000, олово Sn-000). Сплавы In–Sn (5.11, 11.75, 24.66, 47.0, 63.63, 81.22, 92.84, 98.13 ат.% Sn)

\* Работа выполнена в рамках госзадания СОГУ Минобрнауки РФ (код научной темы: FEFN-2024-0002).