

МИКРОСТРУКТУРА БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ СПЛАВОВ Bi – Sn – Ag

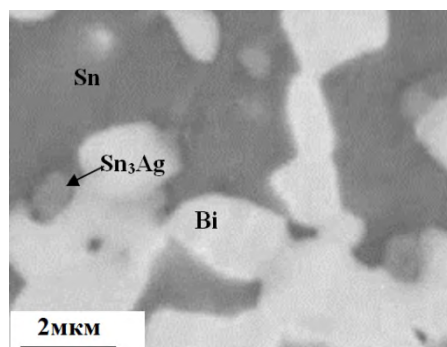
Гусакова О.В.¹, Шепелевич В.Г.², Гусакова С.В.²¹Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова БГУ²Белорусский государственный университет,

Минск, Республика Беларусь

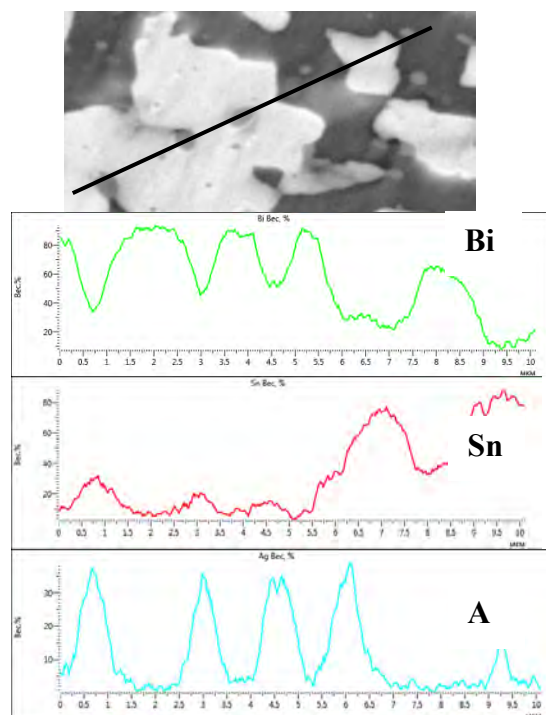
Ограничение на использование легкоплавких припоев, содержащих опасные для человека и окружающей среды свинец, кадмий и другие компоненты, вызвали проведение исследований по разработке новых припоев. К таким припоям относятся и эвтектические сплавы систем Sn – Bi, Sn – In, и такие сплавы составы которых незначительно отличаются от эвтектического [1,2]. Качество пайки при использовании указанных припоев можно улучшить, используя дополнительное легирование третьим компонентом [3-5]. Компоненты, заменяющие свинец в припоях, значительно дороже свинца, что повышает себестоимость новых припоев. Поэтому при изготовлении бессвинцовых припоев целесообразно применение ресурсо- и энергосберегающих технологий, к которым относится и сверхбыстрое охлаждение жидкой фазы со скоростью не менее 10^5 К/с [6,7]. Быстрозатвердевшие сплавы могут быть получены в виде фольг толщиной в несколько десятков микрон, что позволяет расширять область применения припоев, а также автоматизировать процесс пайки [8]. В данной работе представлены результаты исследования микроструктуры быстрозатвердевших фольг сплавов системы висмут-олово, дополнительно легированных серебром.

Сплав Bi – 62 ат.% Sn легировался серебром, их состав определялся формулой $(\text{Bi} - \text{Sn})_{100-x}\text{Ag}_x$ ($x=0.8, 1.5$ и 3.0). Капля расплава выплескивалась на внутреннюю полированную поверхность быстровращающегося медного цилиндра [7]. При затвердевании получалась фольга длиной до 15 см и шириной до 10 мм. Для исследования использовались фольги толщиной 30...70 мкм. Средняя скорость охлаждения расплава, как показал расчет [6], выше 10^5 К/с.

Изучение микроструктуры быстрозатвердевших сплавов проведено на растровом электронном микроскопе LEO 1455 имеющем приставку, позволяющую проводить рентгеноспектральный микроанализ, исследовать структуру фаз и зерен. При обработке фотографий микроструктуры применялся метод случайных секущих [9]. Изображение микроструктуры быстрозатвердевшей фольги сплава $(\text{Bi} - \text{Sn})_{97}\text{Ag}_3$, полученное через 70 часов после ее изготовления, приведено на рисунке 1. Наблюдаются белые, серые и черные зоны.

Рисунок 1 – Изображение микроструктуры фольги сплава $(\text{Bi} - \text{Sn})_{97}\text{Ag}_3$

Распределение интенсивностей линий висмута, олова и серебра при сканировании электронного луча вдоль линии на поверхности А фольги приведено на рисунке 2.

Рисунок 2 – Распределение интенсивностей линий висмута, олова и серебра при сканировании электронного пучка по поверхности фольги сплава $(\text{Bi} - \text{Sn})_{97}\text{Ag}_3$

Сопоставление их с изображением фольги позволяет утверждать, что белые зоны соответствуют висмуту, черные – олову, а серые – про-

межуточному соединению олова и серебра. Согласно диаграмме состояния [10], таким соединением может быть Sn_3Ag (ϵ -фаза).

Гистограмма распределения хорд случайных секущих, расположенных на сечениях висмута фольг сплава $(\text{Bi} - \text{Sn})_{97}\text{Ag}_3$ по размерным группам представлена на рисунке 3. Максимальная доля хорд приходится на размерную группу 0,45...0,85 мкм. Максимальная длина хорд случайных секущих не превышает 6 мкм. Средние размеры хорд на сечениях выделений висмута и олова равны $D_{\text{Bi}}=1,2$ мкм $D_{\text{Sn}}=1,3$ мкм соответственно. Удельная поверхность межфазных границ равна $S=1,5$ мкм⁻¹.

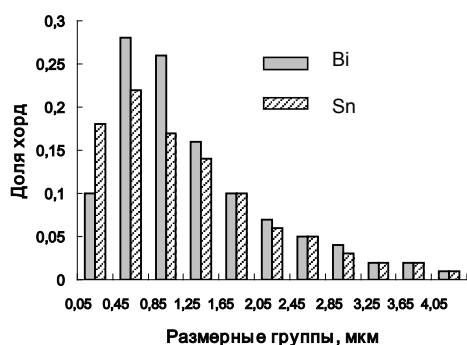


Рисунок 3 – Распределение длин хорд случайных секущих, расположенных на сечениях висмута и олова фольг сплава $(\text{Bi} - \text{Sn})_{97}\text{Ag}_3$ по размерным группам

Изображения зеренной структуры висмута и олова на поверхности А фольги сплава $(\text{Bi} - \text{Sn})_{97}\text{Ag}_3$ полученные через 72 часа после изготовления приведены на рисунке 4.

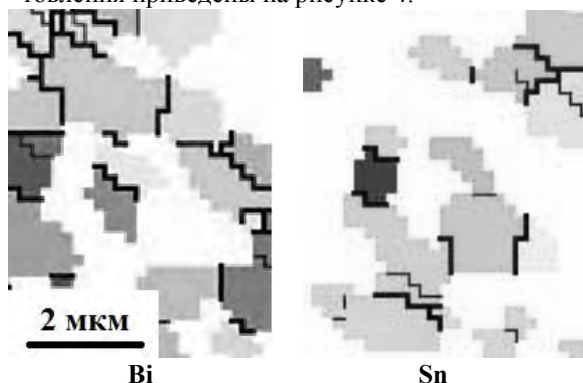


Рисунок 4 – Зеренная структура фольги быстрозатвердевшего сплава $(\text{Bi} - \text{Sn})_{97}\text{Ag}_3$

Толстые линии соответствуют высокоугловым границам зерен, а тонкие – малоугловым. Сечение висмута и олова может содержать несколько сечений зерен. Средние длины хорд случайных секущих на сечениях зерен висмута и олова равны $d_{\text{Bi}}=0,56$ мкм⁻¹ и $d_{\text{Sn}}=0,62$ мкм⁻¹ соответственно. Удельная поверхность высокоугловых границ зерен типа «грань» равна

$S_{\text{BVT}}^{\text{Bi}} = 0,60$ мкм⁻¹ и $S_{\text{BVT}}^{\text{Sn}} = 0,46$ мкм⁻¹ соответственно. Таким образом быстрозатвердевшие фольги сплавов $(\text{Bi} - \text{Sn})_{100-x}\text{Ag}_x$ являются микрокристаллическими. Удельная поверхность малоугловых границ в висмуте $S_{\text{MVT}}^{\text{Bi}} = 0,13$ мкм⁻¹ и в олове $S_{\text{MVT}}^{\text{Sn}} = 0,21$ мкм⁻¹.

Таким образом, быстрозатвердевшие фольги сплавов $(\text{Bi} - \text{Sn})_{100-x}\text{Ag}_x$ ($X=0,8, 1,5$ и $3,0$) состоят из трех фаз: висмута, олова и Sn_3Ag . Средние длины хорд секущих на сечениях этих фаз не превышают 1 мкм, а удельная поверхность межфазной границы достигает значения $1,5$ мкм⁻¹. Фольги имеют микрокристаллическую структуру.

1. О.В. Гусакова, В.Г. Шепелевич. Быстрозатвердевшие сплавы олова. Минск: РИВШ, 2012. – 150 с.
2. J.W. Morris Jr., J. L. F.U., Goldstein, Z. Mei. Microstructure and Mechanical Properties of Sn-In and Sn-Bi Solders // JOM, 1993, July. – P. 25–27.
3. K.-W. Moon, W.J. Boettinger, U.R. Kattor, C.A. Handwerker, J.-J. Lee. The Effect of pb Contamination on the Solidification Behavior of Sn-Bi Solder // J. Electron. Mater. – 2001, – 30. – P. 45–52.
4. R.M. Shalaby. Wettability and Electrical Properties of Bi-Based Lead Free Solder Alloys // Int. J. of Physics and Research. – 2013, – vol. 3, iss3. – P. 1–3.
5. M.H. Braga, J. Vizdal, A. Kroupa, J. Ferreira, L.F. Malheiros. The Experimental Study of the Bi-Sn, Bi-Zn, Bi-Sn-Zn System // Computer Coupling of Phase Diagrams Thermochemistry. – 2007, – 31. – P.468–467.
6. И.С. Мирошниченко. Закалка из жидкого состояния. – М.: Металлургия, 1982. – 168 с.
7. Ван Цзинцзе, В.Г. Шепелевич. Быстрозатвердевшие фольги индия. – Минск: РИВШ, – 2011. – 172 с.
8. И.Н. Пашков, М.В. Пикунов, С.А. Таволжанский, А.И. Пашков. Разработка процессов получения и применения сплавов припоев в дисперсионном состоянии с микрокристаллической или аморфной структурой // Металлургия. – 2010, №6. – С.43–45.
9. С.А. Салтыков. Стереометрическая металлография. – М.: Металлургия, 1976. – 272 с.
6. Диаграммы состояния двойных металлических сплавов /Спр. В 3 т./Под ред. А.П. Лякишева. М.: Машиностроение, 1996. Т.1. – 992 с.