

УДК 538.9:669.2

### ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И МИКРОСТРУКТУРА СПЛАВА $\text{Bi}_{17}\text{In}_{25}\text{Sn}_{59}$ Шепелевич В.Г., Гусакова С.В., Гольцев М.В., Гусакова О.В.

Белорусский государственный университет  
Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Представлены результаты исследования фазового состава, микроструктуры, зеренной структуры тройного сплава Bi-In-Sn, полученного методом сверхбыстрой закалки из расплава при скорости охлаждения расплава  $10^5$  К/с. Показано, что при высокоскоростном затвердевании сплав состоит из двух мелкодисперсных фаз: BiIn ( $\epsilon$ -фаза) и  $\text{Sn}_4\text{In}$  ( $\gamma$ -фаза). Определены объемные доли каждой фазы и размеры их зерен. Изучена текстура фольги и рассмотрен механизм образования преимущественной ориентации зерен.

**Ключевые слова:** висмут, индий, олово, высокоскоростное затвердевание.

### PHASE COMPOSITION AND MICROSTRUCTURE OF $\text{Bi}_{17}\text{In}_{25}\text{Sn}_{59}$ ALLOY Shepelevich V., Husakova S., Goltcev M., Gusakova O.

Belarusian State University  
Minsk, Belarus

**Abstract.** The results of studying the phase composition, microstructure, and grain structure of the Bi-In-Sn ternary alloy obtained by rapid quenching from the melt at a melt cooling rate of  $10^5$  K/s are presented. It is shown that during rapid solidification, the alloy consists of two finely dispersed phases: BiIn ( $\epsilon$ -phase) and  $\text{Sn}_4\text{In}$  ( $\gamma$ -phase). The volume fractions of each phase and the sizes of their grains have been determined. The texture of the foil is studied and the mechanism of the formation of the preferred orientation of grains is considered.

**Key words:** bismuth, indium, tin, high speed solidification.

Адрес для переписки: Гусакова С.В., пр. Независимости, 4, г. Минск 220030, Республика Беларусь  
e-mail: husakova@bsu.by

Сплав олова с висмутом один из широко применяемых при низкотемпературной пайке изделий электронной промышленности.

В работе сплав синтезировался методом сверхбыстрой закалки из расплава при скорости охлаждения расплава  $10^5$  К/с. Припой, полученные методом сверхбыстрой закалки в виде фольги, имеют ряд преимуществ по сравнению с массивными. Использование фольги позволяет уменьшить расход материала, осуществлять пайку тонких изделий. Высокая химическая однородность материала обеспечивает сужение температурного интервала плавления и кристаллизации и уменьшение времени нагрева для получения гомогенного расплава, что понижает деструктивное влияние высокой температуры на элементы пайки. Исследования микроструктуры и свойств околэвтектических сплавов системы Bi-Sn показали, что при высокоскоростном затвердевании образуется ультрадисперсная структура, неустойчивая при комнатной температуре [1]. Для микроструктуры и свойств используется добавление третьего компонента [2]. Поэтому в настоящем исследовании представлены результаты по микроструктуре и свойствам тройного сплава Bi – In – Sn.

На дифрактограмме фольги сплава  $\text{Bi}_{17}\text{In}_{25}\text{Sn}_{59}$ , приведенной на рис. 1 наблюдаются дифракционные линии (101, 111, 200, 220 и др.) соединения BiIn ( $\epsilon$ -фаза) а также дифракционные линии, принадлежащие соединению  $\text{Sn}_4\text{In}$  ( $\gamma$ -фаза). Полученные данные позволяют утвер-

ждать, что быстрозатвердевшая фольга соединения  $\text{Bi}_{20}\text{In}_{28}\text{Sn}_{52}$  двухфазна.

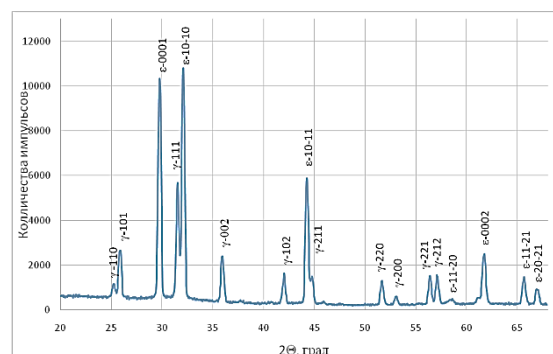
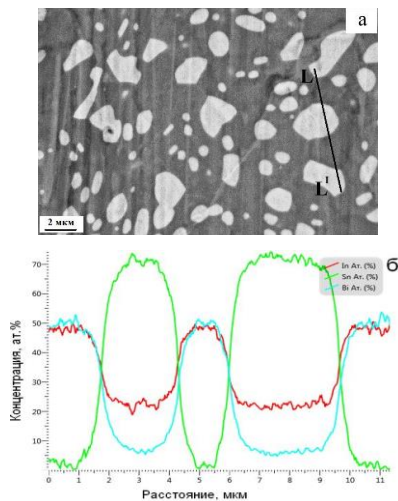


Рисунок 1 – Дифрактограмма сплава  $\text{Bi}_{17}\text{In}_{25}\text{Sn}_{59}$

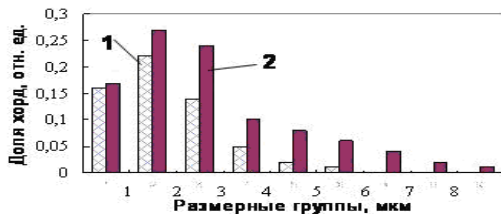
Изображение микроструктуры сплава  $\text{Bi}_{17}\text{In}_{25}\text{Sn}_{59}$ , и распределение элементов вдоль линии сканирования представлено на рис. 2. В микроструктуре фольги наблюдаются светлые и темные участки. Светлые участки, для которых отношение концентрации Bi и In близко к единице соответствует сечениям  $\epsilon$ -фазы (BiIn). В темных участках концентрации Bi, In и Sn равны 6, 22 и 74 ат.%, соответственно. Это позволяет считать, что темные участки являются сечениями выделений  $\gamma$ -фазы, в которой часть атомов олова замещена атомами висмута.

Металлографический анализ показал, что объемная доля  $\epsilon$ -фазы равна 0,28, а  $\gamma$ -фазы – 0,72. Распределение хорд случайных секущих  $\epsilon$ -фазы и  $\gamma$ -фазы приведен на рис. 3.



а – микроструктура, б – распределение концентрации элементов

Рисунок 2 – Микроструктура и распределение элементов вдоль линии сканирования L-L<sup>1</sup> быстрозатвердевшей фольги сплава Bi<sub>17</sub>In<sub>25</sub>Sn<sub>59</sub>



1 – ε-фаза, 2 – γ-фаза

Рисунок 3 – Распределение хорд случайных секущих на включениях сплава Bi<sub>17</sub>In<sub>25</sub>Sn<sub>59</sub>

Наибольшая доля хорд сечений приходится на размерную группу от 1 до 2 мкм. Наибольшие хорды сечений ε- и γ-фаз не превышают 6 и 9 мкм, соответственно. Средние сечения длин хорд для сечений ε- и γ-фаз составляют 1,7 мкм и 2,6 мкм, соответственно. Удельная поверхность межфазных границ, рассчитанная из стереографического соотношения [4] равна 0,86 мкм<sup>-1</sup>.

Изображение зеренной структуры фольги сплава Bi<sub>17</sub>In<sub>25</sub>Sn<sub>59</sub> приведено на рисунке 3.4. Средний размер зерна ε-фазы составляет 0,56 мкм, а γ-фазы – 4,3 мкм.

УДК 621.3.049.774

### ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ В КОРПУСАХ ИС С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗАТОРА МКМ-1 Ширяева В.Д.<sup>1</sup>, Щербакова Е.Н.<sup>2</sup>

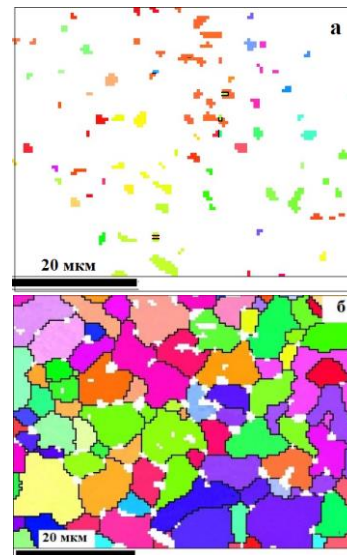
<sup>1</sup>ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Представлены результаты исследования содержания воды в корпусах интегральных схем. Исследования производились с использованием масс-спектрометрического комплекса МКМ-1.

**Ключевые слова:** интегральные микросхемы, содержание воды.



а – ε-фаза, б – γ-фаза

Рисунок 4 – Зеренная структура фаз фольги сплава Bi<sub>17</sub>In<sub>25</sub>Sn<sub>59</sub>

Текстура фольги исследована методом обратных полюсных фигур. Значения полюсных плотностей дифракционных линий для ε-фазы и γ-фазы, снятых на стороне фольги, прилегающей к кристаллизатору. Наибольшее значение полюсной плотности γ-фазы принадлежит дифракционной линии 0001, т.е. наблюдается текстура (0001), при которой более 50 % площади зерен данной фазы ориентировано плоскостью (0001) параллельно поверхности фольги. Образование такой текстуры обусловлено тем, что плоскость (0001) является наиболее плотноупакованной. В ε-фазе не наблюдается преимущественной ориентировки зерен.

#### Литература

1. Diffusionless (chemically partitionless) crystallization and subsequent decomposition of supersaturated solid solutions in Sn-Bi eutectic alloy / O. V. Gusakova [et al.] // Philosophical Transactions. Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences. – 2019. – Vol. 377. – P. (2143): 20180204.
2. Шепелевич, В. Г. Влияние легирования сурьмой на микроструктуру и свойства быстрозатвердевшего сплава Bi-60% (ат.) Sn / В. Г. Шепелевич, О. В. Гусакова // Материаловедение, 2019. – № 3. – С. 18–23.