

Таблица 1 – Объемные доли фаз Bi, Sn и Cd

Слой фольги	Объемные доли фаз		
	V_{Bi}	V_{Sn}	V_{Cd}
A	0,54	0,25	0,21
B	0,54	0,28	0,18
C	0,57	0,24	0,19
Ср. знач.	0,55	0,26	0,19

Средние значения хорд случайных секущих, попадающих на сечения фаз, представлены в таблице 2. В слое C данный параметр имеет более высокое значение, чем в слоях вблизи поверхности фольги. Различие его значения в слое C и в слоях A и B достигает 20 %.

Таблица 2 – Среднее значение хорд секущих, попадающих на сечения фаз Bi, Sn и Cd

Слой фольги	Средние значения хорд, мкм		
	d_{Bi}	d_{Sn}	d_{Cd}
A	0,94	0,55	0,43
B	1,15	0,62	0,50
C	0,87	0,52	0,46
Ср. знач.	0,99	0,26	0,46

Изучено распределения хорд случайных секущих, попадающих на сечения фаз висмута, олова и кадмия, по размерным группам. Максимальная доля хорд, находящихся на сечениях висмута, приходится на размерную группу от 0,45 до 0,90 мкм, а для хорд на сечениях олова и кадмия – от 0 до 0,45 мкм.

Быстрозатвердевшие фольги сплава характеризуются преимущественной ориентацией зерен. Рассчитаны значения полюсных плотностей дифракционных линий висмута, олова и кадмия. Максимальные значения полюсных плотностей принадлежит дифракционным линиям $10\bar{1}2$ висмута, 200 олова и 0002 кадмия. Таким образом, при высокоскоростной кристаллизации формируются текстуры $(10\bar{1}2)$ висмута, (100) олова и (0001) кадмия. Доля объема фаз с выше указанными ориентациями, у которых соответствующие кристаллографические плоскости рас-

полагаются параллельно поверхности фольги, составляют 75 % для висмута, 78 % для олова и 63 % для кадмия. Следует отметить, что аналогичные текстуры формируются в фольгах, изготовленных из используемых компонентов сплавов на их основе [6 – 8], что обусловлено преимущественным ростом кристаллитов с указанными ориентировками в направлении теплоотвода.

1. Пашков, И.Н. Разработка процессов получения и применения сплавов припоев в дисперсном состоянии с микрокристаллической или аморфной структурой / И.Н. Пашков, М.В. Пикунов, С.А. Таволжанский, А.И. Пашков // *Металлург.* 2010, № 6. С. 43 – 45.
2. Гусакова, О.В. Быстрозатвердевшие сплавы олова / О.В. Гусакова, В.Г. Шепелевич – Минск: РИВШ, 2012. – 150 с.
3. Салтыков, С.А. Стереометрическая металлография / С.А. Салтыков – М.: Металлургия, 1976. – 272 с.
4. Русаков, А.А. Рентгенография металлов / А.А. Русаков – Атомиздат, 1977. – 480 с.
5. Таран, Ю.М. Структура эвтектических сплавов / Ю.М. Таран, В.И. Мазур, – М.: Металлургия, 1978. – 312 с.
6. Шепелевич, В.Г. Взаимосвязь структуры и физических свойств сплавов висмут – сурьма / В.Г. Шепелевич, Э.Е. Гречанников – Мозырь: УО МГПУ им. И.П. Шамякина, 2007. – 128 с.
7. Гусакова, О.В. Зеренная структура и текстура быстрозатвердевших фольг олова, полученных при различных скоростях охлаждения / О.В. Гусакова, В.Г. Шепелевич // *Материалы, технологии, инструменты.* 2010. Т. 15, № 2. С. 54 – 57.
8. Шепелевич, В.Г. Структура и микротвердость быстрозатвердевших фольг сплава Bi – 50 ат. % Sn / В.Г. Шепелевич, О.В. Гусакова // *Материалы, технологии, инструменты.* 2012. Т. 17, № 4. С. 35 – 38.

УДК 538.9: 669.6

СТРУКТУРА И ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ ФОЛЬГ СПЛАВОВ Sn-Cu

Шепелевич В.Г., Ковалёнок А.О.

Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь

При разработке бессвинцовых припоев на основе олова в качестве легирующих элементов используются металлы с высокой температурой плавления (медь, серебро, хром, никель и др.), которые незначительно растворяются в олове и образуют с ним металлургические фазы [1-3]. В связи с этим актуальными являются исследова-

ния структуры сплавов олово–медь, полученных методом сверхбыстрой закалки из расплава.

Сплав Sn–4,0 мас. % Cu получен раствором меди в жидком олове в вакуумированных кварцевых ампулах при температуре 800°C в течение 24 ч, последующей гомонизацией при 400°C в течение 3 суток и охлаждением ампулы

с расплавом в холодной воде. Полученный сплав использовался для изготовления других сплавов олова с концентрацией меди 0,5, 1,0, 2,0 и 3,2 мас. %. Быстрозатвердевшие фольги сплавов получены кристаллизацией капли расплава на внутренней полированной поверхности медного вращающегося цилиндра. Скорость охлаждения расплава составляла $\approx 5 \cdot 10^5$ К/с. Методы измерения параметров структуры и свойств описаны в [4].

Частицы η -фазы имеют преимущественно равноосную форму (рисунок 1 А). Их размер с ростом концентрации меди в олове до 4,0 мас. % увеличивается, но не превышает 1 мкм. При отжиге средний размер частиц также увеличивается с увеличением длительности отжига, что говорит о процессе коалесценции, проходящем в сплаве.



Рисунок 1 – Микроструктура быстрозатвердевшей фольги сплава Sn–2масс.% Cu: А) - исходное состояние, Б) – после отжига в течение 12 ч при 170 °С

На рисунке 2 представлена зависимость микротвердости фольг от времени выдержки на воздухе. Фольги быстрозатвердевающего сплава Sn-Cu находятся в неустойчивом состоянии. При комнатной температуре происходит немонотонное изменение HV .

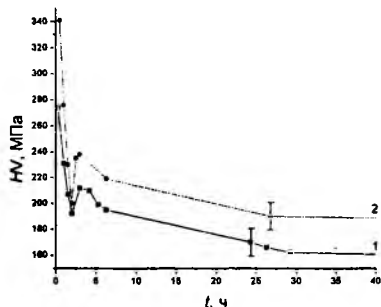


Рисунок 2 – Зависимость микротвердости фольг сплавов Sn-1,0 мас. % Cu (1) и Sn-2,0 мас. % Cu (2) от времени после получения

Для выявления причин такой зависимости микротвердости были проведены рентгенографические исследования. На рисунке 3 представлена дифракционная линия 600 твердого раствора олова. Данная линия смещается в сторону больших углов, что приводит к уменьшению межплоскостного расстояния, как следствие к уменьшению параметра решетки. Также, с течением времени линии становятся тоньше, что свидетельствует об уменьшении микродеформаций в сплаве.

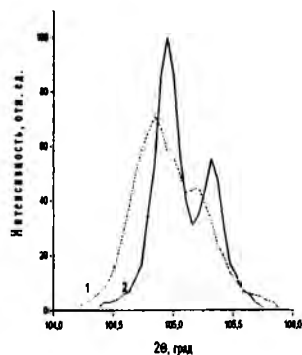


Рисунок 3 – Рентгенограмма фольги сплава Sn- 2,0 мас. % Cu, 1 – через 30 мин после получения, 2 – через 24 часа

Следует отметить, что по Полингу, радиус ионов меди превышает ионный радиус олова [5], поэтому выход атомов меди из узлов кристаллической решетки олова может приводить к уменьшению параметра кристаллической решетки. Таким образом, при комнатной температуре в фольгах Sn-Cu наблюдается уменьшение микродеформаций и выход атомов меди из узлов кристаллической решетки (т. е. распад пересыщенного твердого раствора меди в олове). В сумме данные процессы и дают немонотонное изменение микротвердости.

Быстрозатвердевшие материалы находятся в неустойчивом состоянии, при их термической обработке наблюдается изменение структуры, механических и физических свойств.

Для исследования термической стабильности полученных сплавов проводился изохронный отжиг через 20 °С в интервале от 20 до 210 °С. Время выдержки при каждой температуре отжига 30 мин. После отжига при конкретной температуре проводились измерения микротвердости образцов, результаты которых представлены на рисунке 4.

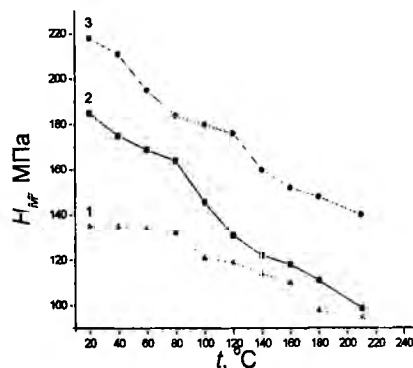


Рисунок 4 – Зависимость микротвердости быстрозатвердевших фольг Sn–Cu с различной концентрацией меди при изохронном отжиге (1 –Sn-0,5%Cu; 2 – Sn-2%Cu; 3– Sn-4%Cu)

Микротвердость фольг олово-меди монотонно падает с увеличением температуры от-

жига и приближается к значению твердости массивных образцов. Также при отжиге наблюдалось ослабление текстуры (таблица 1).

Полученные данные свидетельствуют о незначительной зависимости текстуры образцов от времени отжига, следовательно, процесс рекристаллизации идет медленно, ускоряясь при температуре выше 190°C.

Таблица 1 – Изменение полюсных плотностей дифракционных линий быстрозатвердевших сплавов Sn-Cu при изохронном отжиге

состав	Т, °С	Дифракционные линии					
		20 0	10 1	22 0	21 1	30 1	11 2
Sn- 0,5%Cu	исх	5,6	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0
	190	5,6	0,2	0,2	0,7	0,0	0,0
	210	5,3	0,1	0,5	0,1	0,0	0,0
Sn- 1%Cu	исх	5,7	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
	190	5,3	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1
	210	4,7	0,2	0,2	0,3	0,1	0,5
Sn- 2%Cu	исх	4,2	0,2	1,4	0,2	0,0	0,0
	190	4,0	0,2	1,4	0,2	0,0	0,0
	210	1,1	0,8	1,4	0,6	2,5	0,5

Как было показано на рисунке 1, частицы второй фазы увеличиваются при отжиге, т.е. в фольгах Sn-Cu при отжиге происходит процесс коалесценции. При увеличении температуры отжига идет процесс рекристаллизации. В сумме эти два процесса и дают уменьшение микротвердости образцов

1. Ochoa, F. Effect of Cooling Rate on the Microstructure and Mechanical Behavior of Sn-3,5Ag solder / F. Ochoa, J.J. Williams, N. Chacola – JOM//2008.Vol. 55, №6. P.56-60.
2. El Said Gouda. A Study of microstructural development, hardness and micro-crip of Sn-3.5Ag-0.7Cu lead-free solder alloy prepared by rapid solidification// Eur.Phys.J.Plus.2011.Vol. 126.84.
3. Bali, R. Interfacial intermetallic phases and nanoeutectic in rapidly quenched Sn-Ag-Cu on Au under bump metallization / R. Bali, E. Fleury, S.H. Han, J.P. Ahn // J. of alloys and compounds. 2008. Vol. 457. P.113-117.
4. Шепелевич, В.Г. Структура, микротвердость и стабильность быстрозатвердевших фольг системы In-Sb / В.Г. Шепелевич, Ван Цзиндэ.// Неорганические материалы. 2010. Т.46. №4. С.393-397.
5. Ормонт, Б.Ф. Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников/ Б.Ф. Ормонт – М.: Высшая школа, 1968. – 489 с

УДК 615.849.19

НЕИНВАЗИВНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ КАЛИЯ В КРОВИ

Яковенко И.А., Клочко Т.Р.

Национальный технический университет Украины НТУУ «КПИ»
Киев, Украина

Обмен электролитов играет огромную роль в поддержании гомеостаза организма. Они отвечают за такие основные процессы как осмолярность плазмы крови, транспорт воды между кровеносными сосудами и тканями, участвуют в метаболических реакциях организма, активируя ферменты, определяют рН биологических жидкостей, имеют иммуотропную активность, а так же множество других биологических эффектов.

Среди электролитов особое место занимают ионы натрия и калия. Так, например, концентрация калия в крови в норме составляет, как правило, 3,5-5,0ммоль/л [1]. Симптомами недостаточности K⁺ у человека являются тошнота, рвота, мышечная слабость, атония кишечника и мочевого пузыря, сердечная слабость, а при гиперкалиемии клинически наблюдаются парестезии, сердечные аритмии, коллапс, брадикардия, помрачение сознания.

Основная функция калия это сохранение нормального функционирования клеточных стенок, что получается за счет равновесия с натрием. Поскольку калий находится в середине клетки, а натрий - снаружи.

В условиях острого дисбаланса необходимо постоянно следить за количеством ионов в крови.

В работе [2] был проведен анализ методов и аппаратов для определения ионов в крови. Условно эти методы можно разделить на 2 основные группы: in vivo (атомно - эмиссионная спектроскопия, ионметрия с использованием ионоселективных электродов, химические методы) и на in vitro (неинвазивный метод определения формулы крови метаболических и гомодинамических показателей гомеостаза, опосредованный метод определения ионов калия в крови).

Данные методы имеют ряд достоинств и недостатков. Так например методы in vivo имеют