

УДК 621.357.7

И.И. Кузьмар, канд. техн. наук,  
Д.Ю. Гульпа, магистрант,  
Л.К. Кушнер, ст. науч. сотр.,  
(БГУИР, Минск)

## ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ ПОКРЫТИЙ СПЛАВОМ ОЛОВО-СЕРЕБРО

Электрохимические покрытия на основе олова применяют в качестве финишных покрытий для печатных плат. Исследованы особенности механизма формирования двухкомпонентного сплава Sn-Ag. Выбран состав электролита эффективный для формирования покрытий под пайку для замены покрытий олово-свинец. Изучено влияние условий электролиза на соотношение металлов в сплавах и микроструктуру.

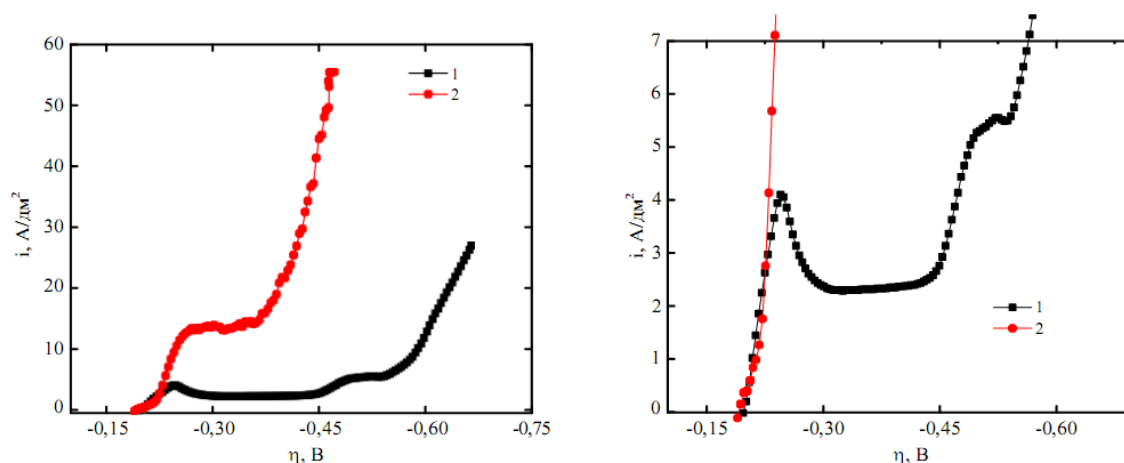
Покрытия сплавами на основе олова обладают хорошими паяемостью и механическими свойствами. Присутствие в сплаве серебра улучшает показатели надежности. Эвтектический сплав (Sn-3,5масс.%Ag) имеет температуру плавления 221 °С, что ниже чем у сплава Sn-0,7масс.%Cu (227 °С) и чистого олова (232 °С). Сплав Sn3,5Ag относительно дешев, но проявляет склонность к образованию «усов». Сплав Sn5,0Ag лишен подобного недостатка, но он дороже и имеет высокую температуру плавления [1].

Для электроосаждения используют электролиты метансульфоновые, фторборатные, сульфатные, пирофосфатно-йодидные. Для исследований выбран сульфатно-тиомочевинный электролит, содержащий 1,998М  $H_2SO_4$ , 0,2М  $SnSO_4$ , 0,1997М  $CS(NH_2)_2$ , 0,01М  $AgNO_3$ , с введением 0,0045М гидрохинона и 0,0259 М неионогенного ПАВ неонала АФ9-10 [2].

Электрохимические покрытия получены с использованием высокочастотного источника питания гальванической ванны импульсно-реверсированным током ИП15-5, который позволяет формировать импульсы различной длительности тока положительной и отрицательной полярности, задаваемые с ПЭВМ. Для ультразвукового стимулирования использована, разработанная в БГУИР, экспериментальная установка, включающая генератор УЗГ53-22 с пьезокерамическим излучателем, работающим на частоте 36,7-38 кГц с мощностью акустической 15 Вт, потребляемой мощностью 40 Вт и возможностью варьирования интенсивности ультразвуковых колебаний в пределах 0,058-1,7 Вт/см<sup>2</sup>. Электрохимические процессы, происходящие на гра-

нице электрод-электролит, изучены с использованием импульсного потенциостата-гальваностата «ElinsP-45X». Потенциал рабочего электрода измерен относительно хлорсеребряного электрода сравнения и пересчитан относительно стандартной водородной шкалы. Скорость развертки потенциала - 5 мВ/с. Состав покрытий изучен рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре Elva X; микрорельеф покрытий – с помощью растрового электронного микроскопа S-4800.

Результаты поляризационных измерений приведены на рисунке 1. Соноэлектрохимическое осаждение приводит к деполаризации катодного процесса и увеличению предельного тока. Для предложенного электролита значение предельного тока  $4,1 \text{ А/дм}^2$  и оно увеличивается в 3 раза при электроосаждении с ультразвуковыми колебаниями при неизменной амплитуде катодной поляризации (рис. 1).



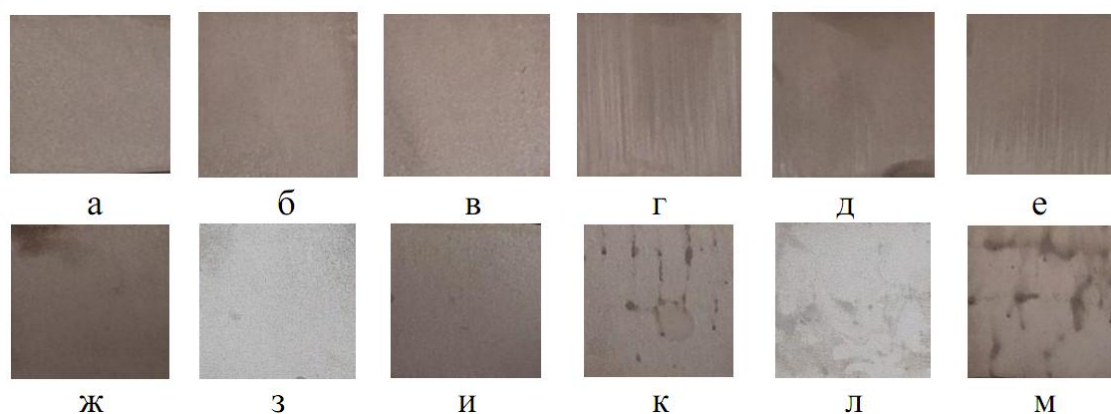
**Рисунок 1 – Поляризационная характеристика процесса формирования сплава *Sn-Ag* при электроосаждения без (1) и с ультразвуком (2)**

Поверхность сплава *Sn-Ag* в зависимости от условий формирования изменяет цвет от светло-серого до насыщенно-темно-серого матового (рисунок 2).

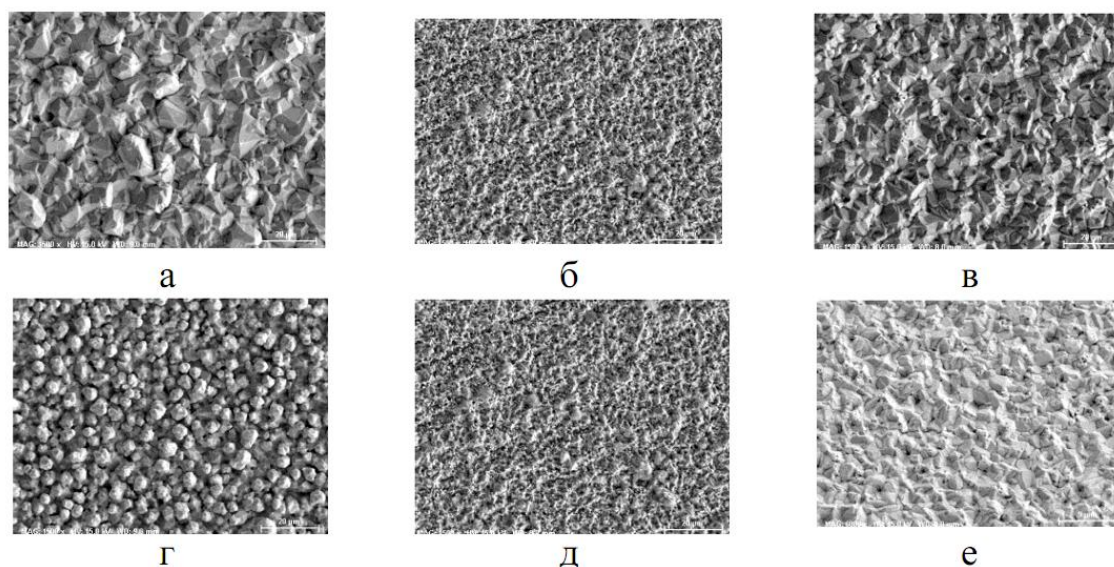
На постоянном токе осадки крупнокристаллические, неоднородные. На рисунках 3-5 приведены результаты исследования поверхности сплава методом РЭМ и сопутствующего EDX анализа.

С увеличением плотности тока количество серебра как более электроположительного компонента в сплаве *Sn-Ag* уменьшается. Применение нестационарных токов и ультразвуковых колебаний, варьирование их параметрами (длительностью и амплитудой прямого и обратного импульсов, интенсивностью ультразвука) изменяет механизм разряда ионов и формирования осадков, и способствует изменению состава сплава, структуры и свойств покрытий олово-серебро.

Мелкокристаллические равномерные плотноупакованные покрытия гальваническим сплавом получены с использованием реверсированного тока с параметрами – частота следования импульсов 9,09 Гц, коэффициент заполнения импульсов 1,33. Соноэлектро-химическом осаждение реверсированным током увеличивает содержание серебра, повышает однородность сплава по толщине.

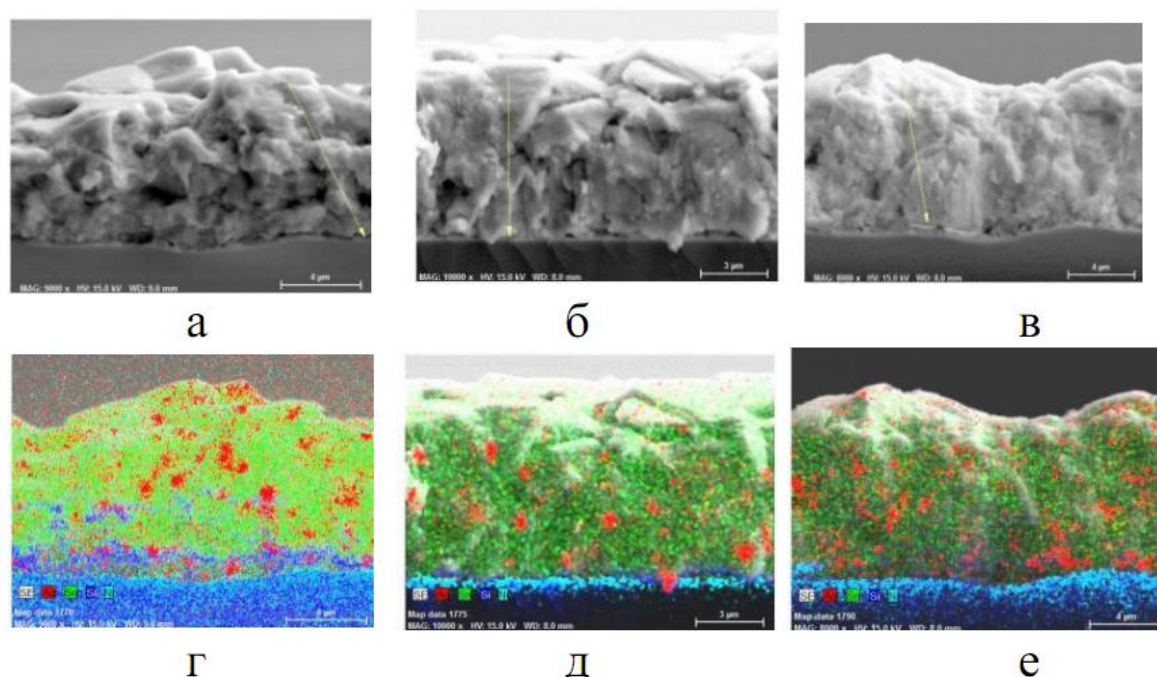


**Рисунок 2 – Покрытия сплавом  $Sn-Ag$ , полученные при электроосаждении без (а-е) и с ультразвуком (ж-м) при различном значении плотности тока,  $A/dm^2$ : а, ж – 1; б, з – 2; в, и – 2,5; г, к – 4; д, л – 5; е, м – 5,8**

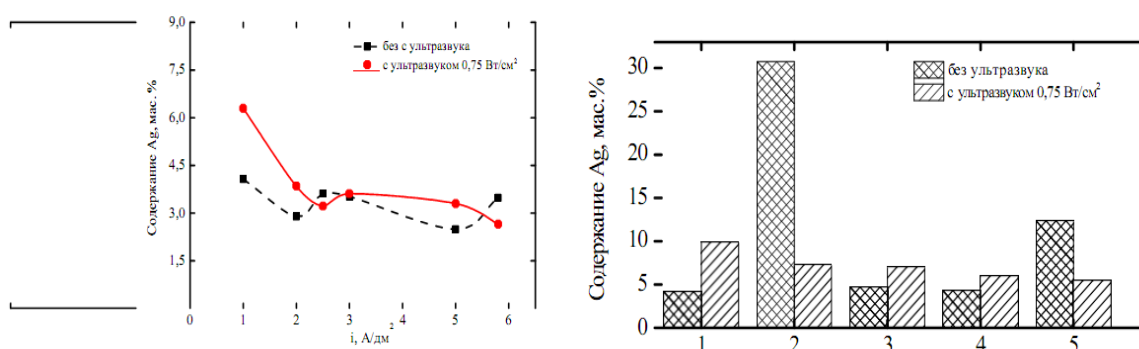


**Рисунок 3 –РЭМ-изображения сплава  $Sn-Ag$ , полученного в различных условиях электроосаждения: при воздействии постоянного (а, г), импульсного (б, д), реверсированного (в, е) токов и ультразвука (г-е)**

Проведенные исследования позволили получить сплав *Sn-Ag*, состав которого близок к эвтектическому (содержание серебра меньше 9 мас.%), который эффективно использовать при производстве радиоэлектронной аппаратуры.



**Рисунок 4 – РЭМ-изображения сплава *Sn-Ag*, полученного при различных условиях электроосаждения: при воздействии постоянного (а, г) и реверсированного токов (б, в, д, е) без (а-в) и с ультразвуком (г-е)**



**Рисунок 5. – Влияние условий электроосаждения на количество серебра в покрытиях сплавом *Sn-Ag* (б: 1 – постоянный ток, 2 – импульсный ток с частотой 10 Гц скважностью 3,33, 3-5 – реверсированный ток с частотой 90,91 (3), 9,09 (4), 0,91 (5) Гц и коэффициентом заполнения импульсов 1,33)**

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмар, И.И. Электрохимическое формирование покрытий сплавом олово-медь-серебро / И.И. Кузьмар, Л.К. Кушнер, А.А. Хмыль, Т.Н. Воробьева, Д.Ю. Гульпа // Материалы докладов Международной научно-технической конференции «Современные электрохимические технологии и оборудование». – БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь, 2019. – С. 365-369.

2. Электроосаждение покрытий сплавом олово-серебро из сульфатного электролита и их свойства / В.К. Василец, А.А. Хмыль // // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. – 2016. – Т. 16. – № 3. – С. 95-98.