

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ СПЛАВОМ ОЛОВО-ВИСМУТ

Левко А.В., Василец В.К., Мельникова Г.Б.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Кузьмар И.И. – к.т.н.

В современной технологии радиоэлектронного приборостроения широко используются функциональные электрохимические покрытия сплавом Sn-Bi. Однако на сегодняшний день отсутствуют систематические исследования по влиянию формы импульсного тока, режима сверхвысокой амплитуды и частоты на процессы, происходящие на границе раздела фаз, и особенности кристаллизации металлов.

Электроосаждение покрытий проводили на постоянном, импульсном и реверсированном токах. Перемешивание электролита осуществляли при помощи магнитной мешалки.

В результате проведенной работы установили влияние изменения параметров тока на структуру, состав, функциональные свойства электрохимических покрытий сплавом Sn-Bi: средняя плотность тока i_{cp} от 0,5 до 2 А/дм²; максимальная амплитуда импульса – до 100 мА; частота следования импульсов – от 0,1 Гц до 1000 Гц, длительность импульса – от 200 мкс до 8 с.

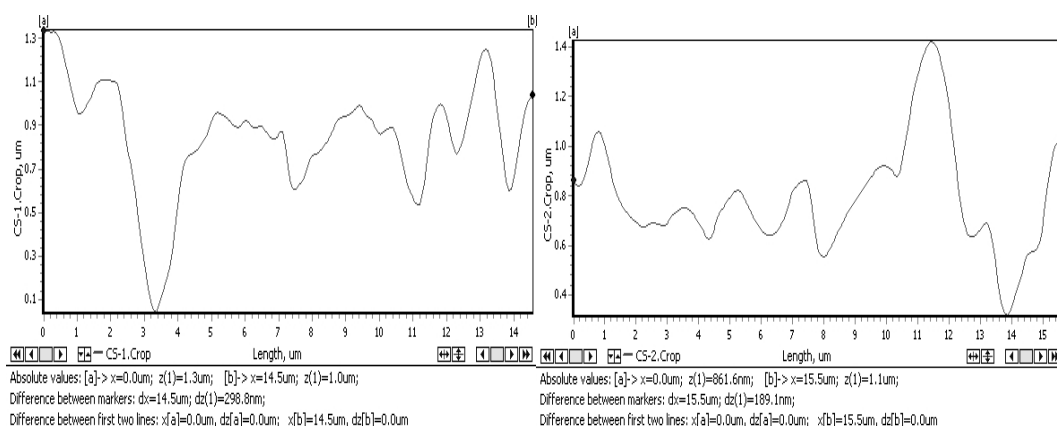
Установлено, что применение периодических токов позволяет увеличить содержание висмута в покрытии. Так, при осаждении на постоянном токе в сплав включается 0,25...0,6 % висмута, на импульсном – 0,6...1,1 %; на реверсированном – 1,5...2,2 масс. %.

При электроосаждении на постоянном токе ухудшение качества поверхности наблюдается уже при плотности тока 1,0 А/дм². Повышение температуры выше 25 °С ускоряет процесс окисления ионов Sn²⁺ и органических добавок, что приводит к ухудшению качества покрытий.

Покрытия сплавом олово-висмут, сформированные в импульсном режиме на низких плотностях тока (до 1,5 А/дм²) и больших длительностях импульсов (сотни мс), однородные, имеют серую матовую поверхность. При росте средней плотности тока отмечается появление блеска по краям катода и серого матового пятна посередине ($i_{cp}=2,0$ А/дм², $f=1$ Гц). Покрытия при электроосаждении на реверсированном токе имеют сглаженную мелкокристаллическую структуру. Однако при низкой плотности тока 1 А/дм² покрытие крупнокристаллическое, игольчатое.

Методом атомно-силовой микроскопии изучены эксплуатационные свойства этих покрытий.

В таблице приведена сравнительная информация, отражающая влияние условий электроосаждения на свойства формируемых покрытий двухкомпонентным бессвинцовым сплавом Sn-Bi. Как показали результаты исследований, в зависимости от условий формирования электрохимических покрытий величина модуля упругости изменяется от 980 ГПа (постоянный ток) до 105 ГПа (импульсный ток). Методом наноцарапания качественно определена износостойкость покрытий в зависимости от режима осаждения. На постоянном токе $k_{тр}=0,851$, а на импульсном – 0,356. Полученные данные хорошо коррелируют с величиной модуля упругости: чем выше его значение, тем больше износостойкость покрытий (рисунок 2).



а

б

Рисунок 1 - Профиль покрытия осажденного на постоянном токе $i_{cp} = 0,5$ А/дм² (а) и на импульсном токе $i_{cp} = 1$ А/дм², $f=1$ Гц (б) после наноцарапания

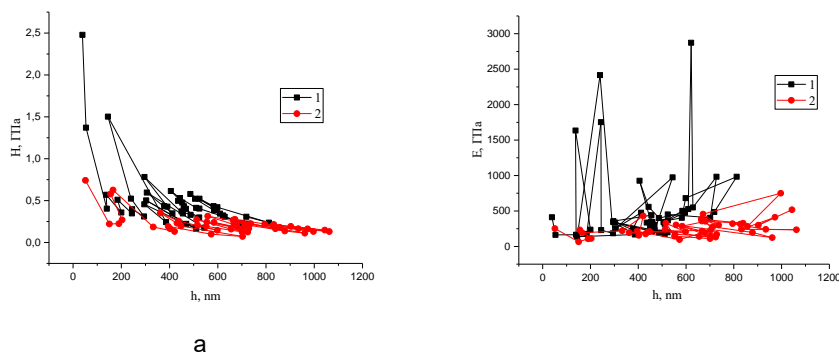


Рисунок 2 – Зависимость твердости (а) и модуля упругости (б) покрытий, полученных на постоянном токе (1) и импульсном токе (2) от глубины деформации

Таблица 1 – Свойства покрытий сплавом на основе олова, полученного при электроосаждении на постоянном, импульсном и реверсированном токах

Исследуемые параметры	Режим электроосаждения		
	постоянный ток	импульсный ток	реверсированный ток
Коэффициент трения, $k_{тр}$	1,925	0,356	0,414
Сила трения $F_{тр}$	104,420	79,596	92,530
Модуль упругости E , ГПа	281,025	250,471	455,898
Микротвердость H , ГПа	0,366	0,210	0,386

Установлена связь между условиями электроосаждения и характером катодной поляризации, которая имеет существенное значение не только для детального познания отдельных стадий процесса электроосаждения сплава олово-висмут, но и для практики электролитического осаждения паяемых покрытий. Исследованы функциональные свойства электрохимических бессвинцовых покрытий, осажденных при различных параметрах импульсного и реверсированного тока (варьировали частоту, длительности импульса и паузы).



Рисунок 3 – Структура покрытия олово-висмут, осажденная на импульсном токе $i_{cp}=0,5 \text{ A/дм}^2$, $f=10 \text{ Гц}$ (а) и реверсированном токе $i_{cp}=1 \text{ A/дм}^2$, $f=1 \text{ Гц}$ (б)

Использование полученных экспериментальных результатов позволило обоснованно выбрать оптимальный режим получения покрытий сплавом олово-висмут с заданными эксплуатационными свойствами. Важной особенностью таких покрытий является стабильность их свойств (контактное электросопротивление и паяемость) при эксплуатации и хранении.

Оптимальные условия получения покрытий сплавом олово-висмут:

- на импульсном токе: средняя плотность тока $0,5 \text{ A/дм}^2$, частота 10 Гц , скважность $1,25...2$;
- на реверсированном токе: средняя плотность тока $1,0 \text{ A/дм}^2$, частота 1 Гц , коэффициент заполнения импульсов $1,67$.

Разработанный процесс обладает следующими преимуществами:

- сохранение способности к пайке при длительном хранении и исключение оплавления покрытия после электроосаждения;
- повышение коррозионной стойкости за счет снижения пористости;
- интенсификация процесса осаждения.

Список использованных источников:

1. Василец В.К., Хмыль А.А., Кузьмар И.И., Дежунов Н.В. Влияние параметров электрического тока и ультразвуковых колебаний на микроструктуру и свойства электрохимических покрытий сплавом олово-висмут // «Проблемы физики, математики и техники». - 2016. № 3 (28). – С. 7-12.