

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ БЕССВИНЦОВЫХ ПАЯЕМЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ОЛОВА С РЕГУЛИРУЕМЫМ СОСТАВОМ И СВОЙСТВАМИ

© 2017 г. В.К. ВАСИЛЕЦ, И.И. КУЗЬМАР, Л.К. КУШНЕР, А.А. ХМЫЛЬ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск  
e-mail: kushner@bsuir.by

Сплавы на основе олова, полученные электрохимическим методом, широко используются при производстве электро- и радиоаппаратуры. Замена традиционных свинцово-оловянных припоев на не содержащие свинца покрытия из легкоплавких сплавов толщиной от десятых долей до десяти и более микрометров является актуальной задачей не только из-за экологической безопасности, но и в связи с проблемами энерго- и материалосбережения, поскольку обеспечивает локальное и строго дозированное нанесение материала для пайки. Применение нестационарного электролиза является эффективным методом решения этой проблемы, так как позволяет управлять соотношением металлов в сплавах, их фазовым составом, структурой, свойствами [1].

Изучено влияние параметров импульсного и реверсированного токов на состав и структуру покрытий сплавами на основе олова: Sn-Ag, Sn-Cu, Sn-Bi, Sn-Cu-Ag - с варьируемым соотношением металлов, а также с неметаллической дисперсной фазой – наночастицами ультрадисперсного алмаза (УДА) (рис. 1-3, табл. 1). Электроосаждение проводили на высокочастотном источнике питания гальванической ванны импульсно-реверсированным током ИП-24-5, предназначенным для формирования импульсов тока положительной и отрицательной полярности частотой 1...1000 Гц, разработанном в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники.

Установлено, что покрытия, полученные в условиях нестационарного электролиза, плотные, мелкозернистые, светло-серые. Изменение плотности тока, частоты, длительности паузы, прямого и обратного импульсов позволяет регулировать состав покрытий под пайку. С увеличением частоты импульсного тока от 1 до 1000 Гц наблюдается повышение количества меди в осадках от 4,67 до 9,48 мас.%, висмута - от 0,02 до 0,75 мас.%, УДА - до 0,18 мас.%.

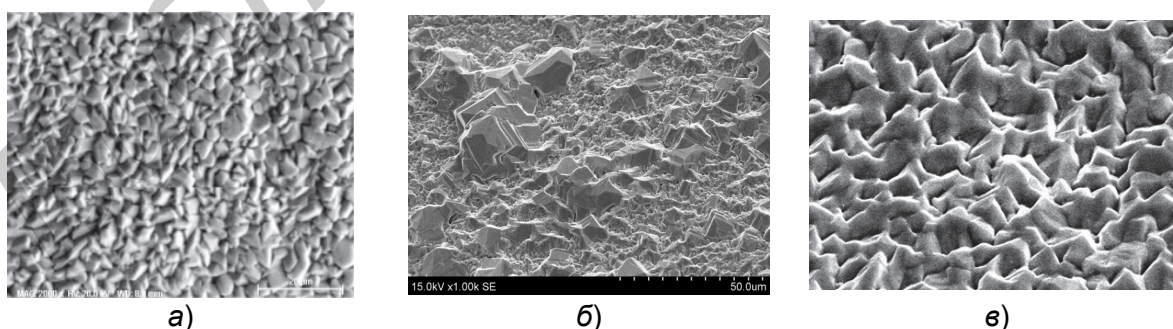


Рис. 1. Микрорельеф поверхности покрытий сплавом на основе олова:  
а) Sn-Bi (0,48 мас.% Bi); б) Sn-Cu (10,93 мас.% Cu), в) Sn-УДА, полученных на импульсном токе.

При действии обратного импульса тока вследствие большей степени растворения олова, как более электроотрицательного компонента, увеличивается содержание легирующих компонентов в покрытии в 2-3 раза по сравнению с постоянным током. При-

менение периодического тока позволяет получать качественные осадки при большей плотности тока. Растворение наиболее активных участков катода при реверсном режиме электролиза приводит к выравниванию поверхности, делая ее энергетически более однородной, снижается число дефектов кристаллической решетки, пористость. Осаждение на импульсном и реверсированном токе позволяет повысить функциональные и защитные свойства покрытий сплавами на основе олово, и, как следствие, возможно снижение толщины покрытия под пайку (табл. 1).

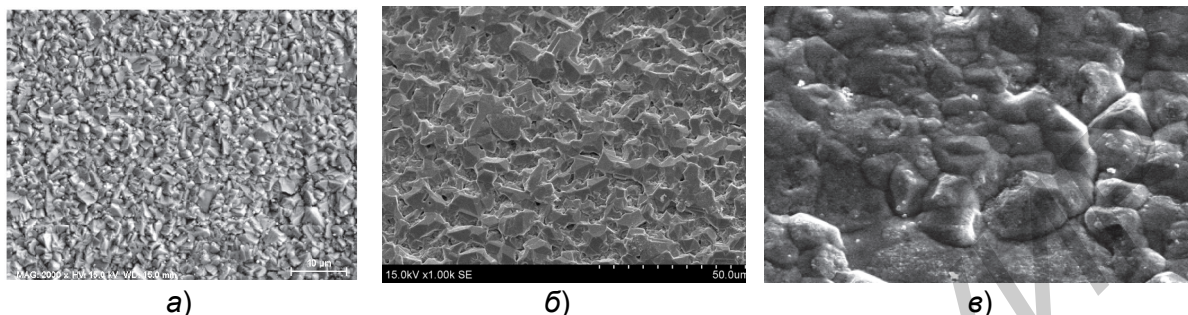


Рис. 2. Микрорельеф поверхности покрытий сплавом на основе олова: а) Sn-Bi (0,23 масс.% Bi); б) Sn-Cu (8,17 масс.% Cu), е) Sn-УДА, полученных на реверсированном токе.

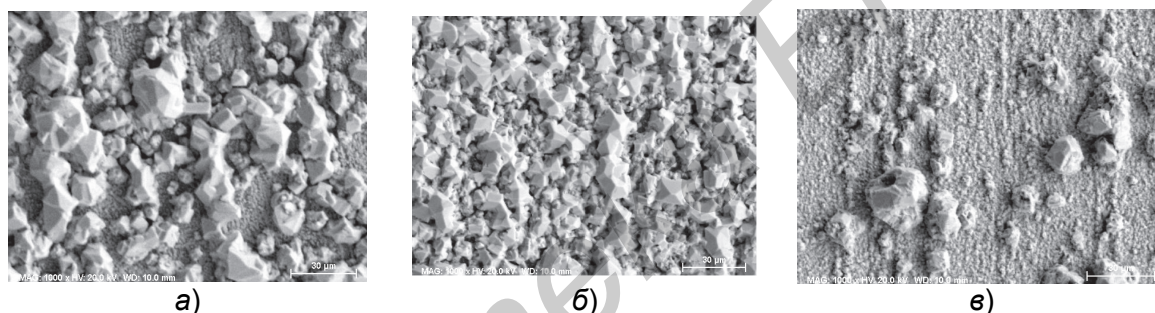


Рис. 3. Микрорельеф поверхности покрытий трехкомпонентным сплавом Sn-Cu-Ag, полученных с применением постоянного (мас. %: Cu – 10,80; Ag – 1,33) (а), импульсного (Cu – 7,29; Ag – 1,14) (б), реверсированного (Cu – 29,89; Ag – 2,90) (е) токов.

Таблица 1

Влияние параметров импульсно-реверсированного тока на функциональные свойства покрытий сплавом на основе олова

Параметры тока		Sn-УДА		Sn-Cu		Sn-Bi	
частота	скважность/ отношение прямого и обратного импульса	К, %	R, мОм	К, %	R, мОм	К, %	R, мОм
Постоянный ток $i=1$ А/дм <sup>2</sup>		90,39	2,24	98,44	2,05	89,5	2,45
Импульсный ток							
0,1	3,33			94,39	2,36	89,01	1,80
1	3,33			94,78	1,79	91,40	1,87
10	3,33	91,76	2,17	98,44	2,03	90,49	1,83
100	3,33	93,37	2,18	75,28	2,21	84,60	1,62
1000	3,33			71,73	5,87	90,53	1,65
10	1,25	92,05	3,25	75,01	3,17	90,05	1,90
10	5,00	90,85	2,33	83,12	2,76	85,40	2,55
Реверсированный ток							
10	10:1	91,99	2,83	96,45	1,84	83,00	2,76

Эффективно формирование многослойных покрытий, состоящих из тонких чередующихся микрослоёв, сплавами на основе олово путем программного управления

гальванической ванной. Применение программируемых режимов электролиза позволяет получать многослойные гальванические покрытия с высокой износо- и коррозионной стойкостью, управлять преимущественной ориентацией и размером кристаллитов, влиять на морфологию поверхности осадков и существенно интенсифицировать технологический процесс. Увеличение количества чередующихся микрослоев при постоянной суммарной толщине покрытия обеспечивает уменьшение пористости осадка, за счет перекрытия микропор в чередующихся микрослоях.

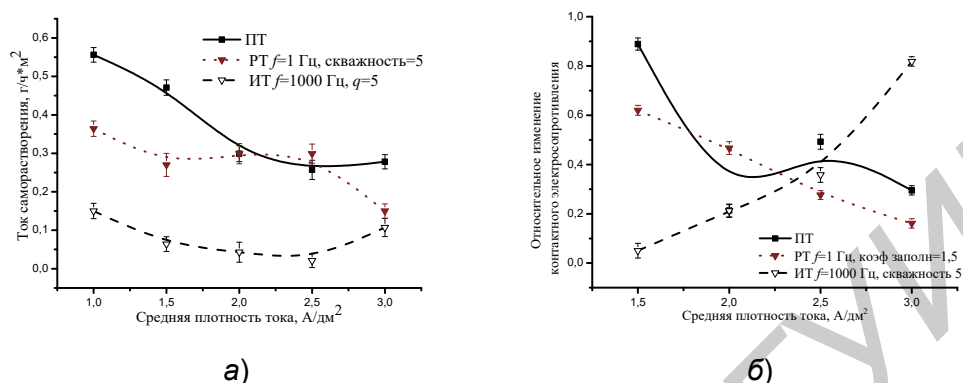


Рис. 4. Влияние условий формирования на защитные свойства (а) и электросопротивление (б) многослойных покрытий.

Происходящие изменения структуры положительно влияют на процесс старения покрытий, снижается количество образующихся «усов», при этом функциональные свойства ухудшаются в меньшей степени, особенно это характерно для покрытий, полученных на реверсированном токе (рис. 3).

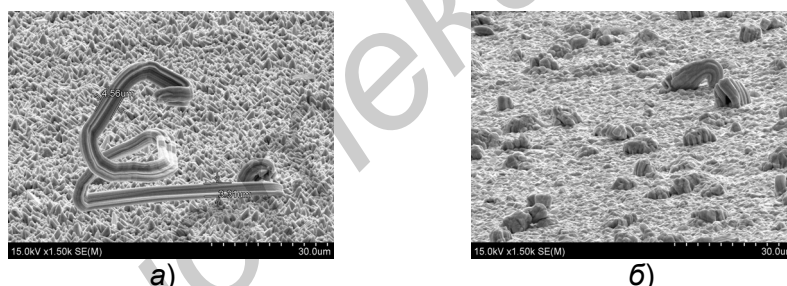


Рис. 5. СЭМ снимки поверхности оловянного покрытия, полученного при осаждении на постоянном токе (а) и сплава на основе олова, полученного при электролизе реверсированным током, после года хранения в условиях лаборатории.

Результаты исследований позволили установить закономерности влияния условий электролиза (плотности тока, частоты, продолжительности прямого и обратного импульсов) на соотношение металлов в сплавах, их микроструктуру, и разработать технологические режимы формирования покрытий с управляемыми свойствами, определяемыми их практическим применением.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Василец В.К., Хмыль А.А., Кушнер Л.К., Кузьмар И.И. В.К. Влияние режимов нестационарного электролиза на кинетические закономерности осаждения сплава олово-висмут // «Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-технических наук». – 2016, № 2, с. 11–16.