

ВЛИЯНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА НА КОНТАКТНОЕ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ И ПАЯЕМОСТЬ ПОКРЫТИЙ СПЛАВОМ ОЛОВО-МЕДЬ-УЛЬТРАДИСПЕРСНЫЙ АЛМАЗ

Гульня Д.Ю., Ордо С.В.

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

Научный руководитель: Кузьмар И.И. – к. т. н., доцент, зав. НИЛ 2.2 НИЧ БГУИР

Аннотация. Экспериментально исследовано изменение контактного электросопротивления и паяемости покрытий на основе олова от формы и средней плотности тока, а также длительности импульсов. Установлено, что лучшие результаты достигнуты при осаждении на реверсированном токе.

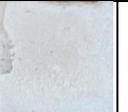
Ключевые слова: электрохимическое покрытие олово-медь-ультрадисперсный алмаз, коэффициент растекания припоя, паяемость, контактное электросопротивление.

Введение. Поскольку гальванический метод нанесения паяемых материалов обладает рядом преимуществ, такими как легкость управления толщиной осаждаемого покрытия, отсутствие локального нагрева, доступность и низкая стоимость оборудования для реализации, возможность управления составом и функциональными свойствами осадков, паяемые электрохимические покрытия широко применяются в современной электротехнике. В зависимости от условий проведения электролиза определяется надёжность паяемых покрытий [1].

Введение в состав оловянных покрытий дополнительных компонентов даёт возможность управления их физическими свойствами. Однако при лужении деталей их электрические свойства резко ухудшаются, что недопустимо при изготовлении радиоэлектронных приборов. В данной работе рассмотрено влияние условий электрохимического осаждения, такие как плотность, форма и длительность тока, на функциональные особенности к пайке и контактному электросопротивлению.

Основная часть. В ходе исследования рассмотрены покрытия сплавом олово-медь-ультрадисперсный алмаз (Sn-Cu-УДА), полученные при различных параметрах тока и импульсов. Для электроосаждения покрытий использован сульфатно-тиомочевинный электролит. [2] Контактное электрическое сопротивление измерили трехзондовым методом по четырехпроводной схеме с применением двух токовых и двух потенциальных проводников. Сила тока через исследуемый контакт составила 15 мА. Методика определения коэффициента растекания припоя приведена в [2]. В качестве варьируемых параметров для проведения исследования взяли длительность тока, частоту f и среднюю плотность тока i . Результаты приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Результаты проведения проверки на паяемость

Параметр тока	постоянный ток				импульсный ток			
					$\tau_{пр} : \tau_{паузы}$ 3:7			
длит-ость, мс	-				100			
f , Гц	-							
i , А/дм ²	1	3	5	7	1	3	5	7
покрытие после осаждения								
покрытия после паяемости								

Продолжение таблицы 1

Параметр тока	импульсный ток				реверсированный ток			
длит-ость, мс	$\tau_{пр}: \tau_{паузы}$ 30:70				$\tau_{пр}: \tau_{обратн}$ 10:1			
$f, Гц$	10				90,9091			
$i, А/дм^2$	1	3	5	7	1	3	5	7
покрытия после осаждения								
покрытия после паяемости								
Параметр тока	реверсированный ток							
длительность, мс	$\tau_{пр}: \tau_{обратн}$ 100:10				$\tau_{пр}: \tau_{обратн}$ 1000:100			
$f, Гц$	9,0909				0,9091			
$i, А/дм^2$	1	3	5	7	1	3	5	7
покрытия после осаждения								
покрытия после паяемости								

Таблица 2 – Результаты измерений и вычислений

№	Условия электроосаждения	$i_{ср}, А/дм^3$	R, мОм	K, %
1	постоянный ток -	1	1,81	53,24
		3	1,72	83,89
		5	1,60	82,48
		7	1,64	79,04
2	импульсный ток $\tau_{пр}: \tau_{паузы} = 3:7$ мс	1	1,45	20,69
		3	1,85	87,20
		5	1,45	86,25
		7	1,35	87,53
3	импульсный ток $\tau_{пр}: \tau_{паузы} = 30:70$ мс	1	1,45	46,22
		3	1,64	93,13
		5	1,48	83,36
		7	1,17	88,14
4	реверсированный ток $\tau_{пр}: \tau_{прямого} = 10:1$ мс	1	1,43	24,46
		3	1,71	81,60
		5	2,84	88,01
		7	1,11	91,04
5	реверсированный ток $\tau_{пр}: \tau_{обратн} = 100:10$ мс	1	1,39	18,87
		3	1,56	94,20
		5	1,87	39,76
		7	1,69	87,80
6	реверсированный ток $\tau_{пр}: \tau_{обратн} = 1000:100$ мс	1	1,40	16,11
		3	1,77	84,50
		5	1,71	89,15
		7	1,71	93,33

На постоянном токе наиболее высокое значение контактного электросопротивления наблюдается при плотности тока $i = 1 А/дм^2$. Далее его значение уменьшается при $5 А/дм^2$, после чего фиксируется рост. На импульсном токе с частотой $f = 100 Гц$ наиболее высокое

значение электросопротивления зафиксировано при $i = 3 \text{ А/дм}^2$. Впоследствии значение уменьшается. На импульсном токе с $f = 10 \text{ Гц}$ наиболее высокое значение электросопротивления наблюдается при $i = 3 \text{ А/дм}^2$. Далее значение уменьшается. На реверсированном токе с $f = 90,9091 \text{ Гц}$ самое высокое значение сопротивления фиксируется при $i = 5 \text{ А/дм}^2$ и является максимальным в сравнении с другими результатами. При $i = 7 \text{ А/дм}^2$ значение электросопротивления резко уменьшается – минимальное значение среди всех результатов. Та же закономерность видна при $f = 9,0909 \text{ Гц}$. На $f = 0,9091 \text{ Гц}$ максимальное значение электросопротивления наблюдается при $i = 3 \text{ А/дм}^2$, после чего происходит спад.

Высокий процент коэффициента растекания припоя на постоянном токе наблюдается при $i = 3 \text{ А/дм}^2$, после чего фиксируется плавный спад. На импульсном токе с $f = 100 \text{ Гц}$ виден рост при $i = 3 \text{ А/дм}^2$, затем идёт спад и снова рост при $i = 7 \text{ А/дм}^2$. На той же форме тока при $f = 10 \text{ Гц}$ наблюдается аналогичная закономерность с большим значением абсолютных величин. На реверсированном токе с $f = 90,9091 \text{ Гц}$ происходит непрерывный рост коэффициента растекания припоя. На $f = 9,0909 \text{ Гц}$ коэффициент растёт при $i = 3 \text{ А/дм}^2$ и имеет максимальный процент среди всех результатов, затем уменьшается и снова увеличивается. На $f = 0,9091 \text{ Гц}$ наблюдается непрерывное возрастание коэффициента растекания припоя, причём начальное значение является минимальным среди всех полученных результатов.

Заключение. В процессе работы исследовано влияние нестационарного электролиза на контактное электросопротивление и паяемость покрытий сплавом олово-медь-ультрадисперсный алмаз, которое проявляется изменением данных параметров в зависимости от формы и средней плотности тока, а также длительности импульсов. Получены изображения свежесозданных осадков, сформированных при разных показателях тока, и поверхностей покрытий после исследования на растекание припоя. Установлено, что самые высокие показатели коэффициента растекания припоя достигнуты на реверсированном токе с длительностью импульсов $\tau_{\text{пр}}: \tau_{\text{паузы}} = 1000:100 \text{ мс}$ на плотности тока 7 А/дм^2 и составляют 93,33%, а контактного электросопротивления на реверсированном токе с частотой 9,0909 Гц, плотностью тока 5 А/дм^2 и составило 1,87 мОм.

Список литературы

1. Контактно-барьерные структуры субмикронной электроники / А. П. Достанко [и др.]; под ред. А. П. Достанко, В. Л. Ланина. Минск: Бестпринт, 2021.
2. Исследование процесса электрохимического формирования покрытий оловом / Г. А. Бразаускас, Д. Ю. Гульпа., И. И. Кузьмар // Материалы 60-й юбилейной научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск: 2024.

UDC 621.357.7

THE EFFECT OF UNSTEADY ELECTROLYSIS FOR ELECTRICAL CONTACT RESISTANCE AND SOLDERABILITY OF ALLOY COATINGS TIN-COPPER-ULTRADISPERSE DIAMOND

Gulpa D.Y., Ordo S.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kuzmar I.I. – Cand. of Sci., Associate Professor, Head of the Research Laboratory 2.2 of R&D Department

Annotation. The variation of the contact electrical resistance and solderability of tin-based coatings from the shape and average current density, as well as pulse duration, was investigated. Recorded that the best results are achieved with reversed current deposition. Images of freshly deposited sediments formed at different current readings and coating surfaces were obtained.

Keywords: electrochemical tin-copper-ultradisperse diamond coating, solder melting coefficient, solderability, contact electrical resistance.