УДК 621.357.7

**УВЕЛИЧЕНИЕ надежности и срока службы слаботочных электрических контактов**

**Балакай К.В., студент; Балакай И.В., аспирант; Кукоз Ф.И., проф., д.т.н.** *(Южно-Российский государственный технический университет*

*(Новочеркасский политехнический институт), г. Новочеркасск, Россия)*

Слаботочные электрические контакты, используемые в радиотехнической, электротехнической промышленности и приборостроении являются главными потребителями благородных и редкоземельных металлов. Уже сейчас во всем мире сложилась остродефицитная ситуация с серебром, золотом, платиной, палладием и т.д. Высокая стоимость и дефицитность этих материалов ставит перед собой задачу экономии, частичной и полной их замены в контактных и других устройствах радиоэлектронной техники без ухудшения основных физико-механических свойств.

 Широкое распространение в радиоэлектронной промышленности нашли сплавы серебра или золота с другими различными благородными и неблагородными металлами. Однако частичная экономия драгоценных металлов за счет применения их сплавов с менее дорогими металлами приводит к изменению их физико-механических свойств, а особенно к изменению их электрических характеристик.

 Важное значение для гальванотехники приобретает разработка новых видов покрытий, обладающих повышенной твердостью, износостойкостью, коррозионной устойчивостью, высокими электрическими свойствами и т.д. Среди большого разнообразия гальванических покрытий особое место занимают покрытия из благородных металлов, из которых чаще всего применяют серебро. Это объясняется, с одной стороны высокими электрическими, химическими и другими свойствами серебра, а с другой стороны – меньшей его стоимостью по сравнению с другими благородными металлами.

Значительный интерес в гальванотехнике представляют сплавы на основе серебра, так как легирование серебра другими металлами позволяет не только улучшить некоторые физико-химические свойства серебра, но и значительно сократить его расход.

Для электроосаждения сплавов на основе серебра до настоящего времени используют преимущественно цианистые электролиты. Из нецианистых электролитов практическое применение получили дицианоаргентатные и железистосинеродистые электролиты. Они менее токсичны, чем цианистые. Наряду с этим они имеют и ряд существенных недостатков, к которым следует в первую очередь отнести низкую производительность и неустойчивость состава. Применение сплавов серебра с другими благородными металлами ограничено из-за их высокой стоимости. Поэтому весьма выгодно использовать сплавы серебра с неблагородными металлами. В качестве контактных материалов нашли применение сплавы серебро-медь, серебро-кадмий, серебро-сурьма и др. Причем последний представляет значительный интерес, как материал для электрических контактов, работающих на истирание. Данные сплавы имеют повышенную твердость и износостойкость, коррозионную стойкость в среде, содержащей соединения серы, однако при этом ухудшаются электрические характеристики покрытий.

Предварительные исследования показали, что сплав серебро-сурьма-бор представляет значительный интерес в качестве износостойкого покрытия для электрических контактов, работающих на истирание. Поэтому важными его характеристиками являются микротвердость, износостойкость, электрическое удельное и переходное сопротивление, коррозионная устойчивость в атмосфере промышленных газов, содержащих различные сернистые соединения. Для улучшения значений электрических характеристик в состав электролита было предложено дополнительно вводить боросодержащую добавку (БСД). Данная добавка выпускается промышленностью.

Используя метод математического планирования экстремальных экспериментов Бокса-Уилсона ("метод крутого восхождения") разработан электролит для нанесения покрытий серебро-сурьма-бор, обладающих низкими значениями переходного и удельного электрического сопротивления, а также высокими значениями микротвердости, износостойкости и коррозионной стойкости, состава, г/л: калия дицианоаргентат (в пересчете на металл) 35 – 50, калий роданистый 200 – 250, калий углекислый 20 – 30, калий-натрий виннокислый 50 – 60, оксид сурьмы 20 – 30, БСД 1 – 4. Режимы электролиза: температура 18 – 30 оС, катодная плотность тока 0,5 – 1,2 А/дм2.

Электролит готовили на дистиллированной воде следующим образом. Отдельно растворяли все компоненты электролита и сливали их вместе. После доведения уровня электролита до необходимого, вводили БСД.

Для исследования физико-механических свойств покрытий на основе сплава серебро-сурьма-бор выбрали покрытия, которые осаждали из электролитов приготовленных на нижнем, среднем и верхнем уровнях компонентов разработанного электролита. Результаты измерений приведены в табл. 1. Измерение удельного и переходного электрических сопротивлений производили с помощью универсального измерительного прибора УПИП-60М и потенциостата П-5848 без отделения основы. При измерении переходного и удельного электрических сопротивлений использовалимедные проволочки диаметром 1 мм и длиной около 200 мм.

Как видно из табл. 1, удельные и переходные электрические сопротивления сплава серебро-сурьма-бор примерно равны удельным и переходным сопротивления серебряных покрытий, так как для серебряных покрытий переходное электрическое сопротивление при нагрузке на контакт 50 г и токе в цепи 25 мА равно (1,2 – 1,8)·10–3 Ом, а удельное электрическое сопротивление (1,9 – 2,1)·10–8 Ом·м. Микротвердость, сцепление, паяемость, которую определяли по коэффициенту растекания припой ПОС-61 при использовании спиртово-канифольный флюса, определяли по ГОСТ 9.302-94.

# Таблица 1 – Физико-механические свойства сплава серебро-сурьма-бор.

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование показателей электролита и сплава серебро-сурьма-бор  | Значения показателей электролита и сплава серебро-сурьма-бор |
| Микротвердость, МПа | 2100 – 2300 |
| Удельное электрическое сопротивление, Ом·м | 2,4·10–8 – 2,5·10–8 |
| Переходное электрическое сопротивление при токе в цепи 25 мА и нагрузке на контакт 50 г, Ом | 2,05·10–3 – 2,3·10–3 |
| Сцепление с основой из меди и ее сплавов | Удостоверяет ГОСТ 9.302-94 |
| Содержание сурьмы в сплаве, мас. %  | 0,5 – 2,0 |
| Содержание бора в сплаве, мас. %  | 1,0 – 3,0 |
| Стабильность электролита, % | 100 |
| Выход по току, % | 100 |
| Пористость при толщине покрытия 3 мкм, пор/см2 | Беспористые |
| Коэффициент растекания | 1,0 – 1,25 |
| Скорость осаждения, мкм/мин  | 0,32 – 0,97 |

Среди сплавов серебра с неблагородными металлами, сплав серебро-сурьма-бор наиболее устойчив против действия сернистых соединений. При содержании сурьмы около 0,5 – 2,0 мас. % и бора около 1,0 – 3,0 мас. % устойчивость покрытий к потускнению в атмосфере сернистого газа повышается по сравнению с чистым серебром примерно в 6 раз. Одновременно возрастает микротвердость более чем в 2,5 раза, а износостойкость при трении по никелю – в 4,5 раза. Определяющим в использовании сплава серебро-сурьма-бор является постоянство переходного сопротивления во времени, что в основном определяется: коррозионной стойкостью сплава, постоянством микротвердости, пластичности и высокой износостойкостью материала. Поэтому, сплав серебро-сурьма-бор является наиболее перспективным в качестве контактного сплава, особенно работающего на истирание.

 Исследовано влияние катодной плотности тока на микротвердость и износостойкость покрытия. Установлено, что с повышением катодной плотности тока микротвердость увеличивается, аналогично происходит изменение значений внутренних напряжений при изменении катодных плотностей тока. Переходное электрическое сопротивление сплава не меняется при его трехмесячном хранении в атмосфере лаборатории и кипячении в дистиллированной воде в течении одного часа.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что данный сплав позволяет заменить серебро, наносимое на электрические контакты, при этом увеличивается износостойкость, коррозионная стойкость, срок службы и надежность работы электрических контактов, работающих на истирание.