УДК 621.357.7

#### замена серебряных покрытий на сплав никель-бор в

#### коммутирующих изделиях

**Балакай К.В., студент; Балакай В.И., зав. каф., профессор, д.т.н.**

*(Южно-Российский государственный технический университет*

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

Одним из направлений экономии драгоценных металлов является попытка создать контактные материалы из недефицитных материалов, обладающих рядом свойств благородных металлов. Особый интерес в этом смысле представляет замена драгоценных металлов в слаботочных контактах, которые являются основными их потребителями.

В настоящее время для электрических контактов, коммутирующих токи малой мощности в условиях трения скольжения и в производстве печатных плат, применяют материалы на основе благородных металлов. Однако возникает необходимость снизить их потребление или заменить на другие композиции металлов при условии сохранения требуемых физико-механических характеристик. С этой точки зрения наибольший интерес вызывает применение различных сплавов на основе олова и никеля. Это позволит: получить ряд ценных физико-механических свойств (способность к пайке спиртово-канифольными флюсами, сохранность электрических, коррозионных и механических характеристик в течение длительного времени), экономить драгоценные металлы.

Высокая стоимость благородных металлов, как материала для электрических контактов, ограничивает их использование в изделиях радиоэлектронной промышленности. В настоящее время для контактов, коммутирующих токи малой мощности в условиях трения скольжения, применяют материалы на основе таких драгоценных металлов как серебро, золото, палладий, платина и т.д. Основными требованиями, предъявляемыми к слаботочным скользящим контактам, являются низкое по величине и стабильное во времени контактное электрическое сопротивление, высокая электропроводность, коррозионная стойкость и сопротивление износу. Известно получение покрытий взамен серебра и золота, с низким переходным сопротивлением, высокими коррозионной стойкостью и сопротивлением механическому износу.

В качестве контактного материала предлагается сплав на основе никеля, обладающий целым рядом электрофизических свойств, необходимых для контактов. С применением сплавов на основе никеля удалось получить покрытия, обладающие качествами, необходимыми для слаботочных электрических контактов. Однако эти сплавы обладают и рядом недостатков.

Полученные нами результаты показали перспективность применения гальванического сплава никель-бор для замены драгоценных металлов.

С использованием метода математического планирования экстремальных экспериментов разработан хлоридный электролит для нанесения сплава никель-бор, обладающего свойствами, необходимыми для электрических контактов, состава, г/л: хлорид никеля шестиводный 200 – 250, сульфат никеля семиводный 2,5 – 5,0, борная кислота 25 – 35, хлорамин Б 0,5 – 1,5, соль анионного полиэдрического бората соль анионного полиэдрического бората общей формулой MzCnBmHx (где М – натрий, калий или аммоний; z = 1, 2; n = 0, 2; = 3, 9, 10, 12; х = 8, 10, 12) 0,5 – 4,0. Режимы электролиза: рН 1,0 – 5,5, температура 18 – 30 оС, плотность тока 0,5 – 10 А/дм2.

Скорость осаждения сплава никель-бор при комнатной температуре может достигать 60 мкм/ч, при выходе по току 96 – 98 %. Осадки блестящие, мелкокристаллические, пластичные, хорошо сцепленные с основой из стали меди и ее сплавов, практически беспористые уже при толщине 3 – 5 мкм. Рассеивающая способность хлоридного электролита выше, чем у применяемых в промышленности сульфатных и сульфатно-хлоридных электролитов никелирования.

Для исследования физико-механических свойств покрытий на основе сплава никель-бор выбрали покрытия, которые осаждали из электролитов, приготовленных на нижнем, среднем и верхнем уровнях компонентов разработанного электролита, а результаты измерений приведены в табл. 1. Как видно из табл. 1, переходное электрическое сопротивление сплава никель-бор с содержанием 0,5 – 1,0 мас. % бора при нагрузке на контакт 5 – 250 г составляет (2,5 – 8,0)·103 Ом, а удельная электропроводность 0,07 – 0,08 Ом·мм2/м.

# Таблица 1 – Физико-механические свойства покрытий

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование показателей электролита и сплава серебро-сурьма-бор  | Значения показателей электролита и сплава серебро-сурьма-бор  |
| Удельное электрическое сопротивление х108 Ом·м | 6,5 – 8,0 |
| Переходное электрическое сопротивление х 103 Ом | 3,5 – 8,0 |
| Сцепление с основой из меди и ее сплавов | Удостоверяет ГОСТ 9.302-94 |
| Содержание бора в сплаве, мас. %  | 0,5 – 2,8 |
| Стабильность электролита, % | 100 |
| Выход по току, % | 97 – 92 |
| Рассеивающая способность, %  | 10 – 15 |

Паяемость сплава никель-бор с применением спиртовоканифольного флюса удовлетворяет ГОСТ 20486-75. Так, при содержании бора в сплаве 0,5 – 2,8 мас. % коэффициент растекания припоя ПОС-61 находится в пределах 1,0 – 1,25. Коррозионная стойкость сплава никель-бор превышает коррозионную стойкость никеля в 2,0 – 2,5 раза.

Из полученных результатов видно, что удельное и переходное электрическое сопротивление сплава никель-бор выше, чем удельное и переходное сопротивление электроосажденного серебра в 1,7 – 1,8 и 1,4 – 1,7 раз, соответственно, однако износостойкость и микротвердость выше в 5 раз.

Все изученные параметры сплава стабильно воспроизводятся в течение двух месяцев хранения в условиях химической лаборатории. По мере увеличения содержания бора в сплаве удельное электрическое сопротивление возрастает. Так для сплава, содержащего до 3 мас. % бора, удельное электрическое сопротивление выше более чем в 1,5 раз по сравнению со сплавом содержащим 0,5 мас. %. В результате термообработки в изотермическом режиме в области температур 200 – 500 оС происходит падение удельного электрического сопротивления. При дальнейшем увеличении температуры до 700 оС величина удельного электрического сопротивления не изменяется. Так удельное электрическое сопротивление снижается от 8·10–8 до 4·10–8 Ом м при содержании бора в покрытиях 0,5 мас. % и термообработке при температуре 500 оС в течении 1 ч. Приведенные данные хорошо согласуются с результатами термографического и рентгеноструктурного анализа; резкое уменьшение удельного электрического сопротивления наблюдается в области тех температур, при которых происходит структурно-фазовое превращение, связанное с распадом исходного метастабильного твердого раствора и образованием стабильных структур.

Изменение удельного электрического сопротивления на первой стадии превращений в области температур 200 – 300 оС связано с выделением водорода из осадков и упорядочением кристаллической решетки.

При дальнейшем повышении температуры происходит распад твердого раствора и образование фаз боридов (Ni3B, Ni2B), вследствие чего наблюдается уменьшение удельного электрического сопротивления. В области температур около 500 оС структурно фазовые превращения заканчиваются, и дальнейшее повышение температуры уже не сказывается на величине удельного электрического сопротивления. Следует отметить, что удельное электрическое сопротивление для аморфных сплавов после термообработки почти на порядок выше, чем эта же величина для сплавов кристаллического строения. Такое аномально высокое электрическое сопротивление аморфных сплавов после термообработки можно было бы объяснить тем, что в этих богатых бором покрытиях велико содержание различных соединений с бором, приводящих к увеличению электрического сопротивления. Однако, такое объяснение не может быть исчерпывающим, ввиду того, что относительная доля боридов в сплаве должна увеличиваться пропорционально содержанию бора и, следовательно, электрическое сопротивление должно возрастать по линейному закону. Однако оно возрастает при переходе от одного структурного состояния к другому. Причины такого явления лежат в природе процессов, приводящих к образованию аморфных веществ, свойства которых могут существенно отличаться от кристаллических того же химического состава.

Паяемость покрытий определяли по величине коэффициента растекания припоя по поверхности образца. Максимальную паяемость покрытия имеют при концентрации добавки в электролите примерно 0,5 – 1,5 г/л.

В результате проведенных исследований предлагается нетоксичный электролит для электроосаждения сплава никель-бор взамен золота и серебра.