

Д.Ю. Гульпа, аспирант,
И.И. Кузьмар, канд. техн. наук,
Л.К. Кушнер, ст. науч. сотр.,
А.В. Левко, магистрант
А.А. Хмыль, проф., д-р техн. наук,
БГУИР, Минск

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭЛЕКТРОЛИЗА НА СКОРОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ И ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОКРЫТИЙ СПЛАВОМ ОЛОВО-МЕДЬ

Электрохимические покрытия широко применяются в производстве электронной техники для улучшения функциональных свойств используемых конструкционных материалов. Среди них по объему использования выделяются паяемые материалы, которые во многом определяют надежность работы электронных приборов. Гальванические материалы, имеющие относительно невысокую температуру плавления, используются в технологии посадки кристаллов ИС и корпусов, создании многокристальных модулей, МЭМС, производстве печатных плат и т.д.

Изучено влияние условий электроосаждения (формы тока, ультразвуковых колебаний) на скорость осаждения и элементный состав покрытий сплавом олово-медь. Осадки получены из сернокислого электролита [1]. В качестве анода использовали пластину из нержавеющей стали. Катодом служила латунная фольга (ЛС62) с электрохимическим никелевым покрытием толщиной 5 мкм в качестве барьерного слоя для предотвращения диффузии олова в медь и меди с цинком из подложки в покрытия.

Для анализа химического состава осадков использовали рентгенофлуоресцентный метод на спектрометре «ElvaX». Результаты элементного анализа образцов, полученных на постоянном токе при различных значениях плотности катодного тока, перемешивании и при воздействии ультразвуковых колебаний различной мощности приведены на рисунках 1–5.

Доля олова в сплаве нелинейно увеличивается с увеличением плотности тока до $2,5 \text{ А/дм}^2$ и достигает при этом максимального содержания олова 98,47%. Минимальное содержание олова в сплаве 88,21 мас. %. обеспечивается низкой плотности тока $0,5 \text{ А/дм}^2$, когда Перемешивание электролита незначительно увеличивает количество олова в сплаве с 95,33 мас. % при $i=1 \text{ А/дм}^2$ до 96,42 мас. %. Воздействие ультразвука на процесс электроосаждения сплава приводит к снижению содержания олова в сплаве при плотности

катодного тока в 1 А/дм^2 с 95,77 мас. % при мощности ультразвука $I=0,12 \text{ Вт/см}^2$ до 81,74 мас. % при $I=0,92 \text{ Вт/см}^2$. Одновременно при этом происходит увеличение доли меди в покрытии с 4,21 мас. % до 18,26 мас. %, так как с увеличением мощности ультразвука, вводимых в электролит происходит снижение концентрационной поляризации катода и создаются благоприятные условия для увеличения выделения меди в сплав.

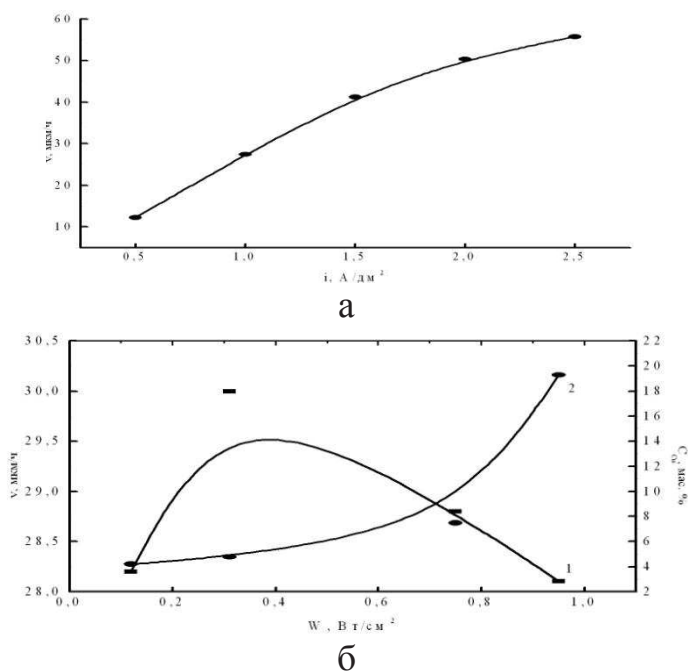


Рисунок 1 – Влияние плотности постоянного тока (а) и интенсивности ультразвуковых колебаний (б) на скорость осаждения и процентное содержание меди в осадке

Суммарный катодный выход металлов по току ВТк увеличивается с 86,90% при $i=1,5 \text{ А/дм}^2$, а затем опять снижается и достигает 70,08% при $i=2,5 \text{ А/дм}^2$. Низкое значение ВТк при $i=0,5 \text{ А/дм}^2$ можно объяснить тем, что в этих условиях наблюдается низкое значение поляризации катода, плотность адсорбционных пленок на нем невысока и создаются благоприятные условия для адсорбции атомов водорода. При увеличении плотности катодного тока условия для разряда ионов Sn и Cu улучшаются и суммарное значение катодного выхода по току увеличивается, достигая своего оптимума. Дальнейшее увеличение i приводит к снижению величины pH в диапазоне 0,5 – 2, что создает благоприятные условия для восстановления водорода наряду с катодным выделением металлов. Перемешивание электролита магнитной мешалкой или с использованием ультразвуковых колебаний благоприятно сказывается на увеличении ВТк и достигает значений, близких или равных 100%.

Скорость осаждения покрытий определяется плотностью катодного тока и величиной суммарного катодного выхода металлов по току. Хорошее качество внешнего вида обеспечивается в диапазоне плотности тока от 0,5 до 2,5 А/дм². Максимальное значение скорости осаждения сплава Sn-Cu при $i=1$ А/дм² получено при воздействии на процесс УЗ мощностью 0,31 Вт/см² и составило 30 мкм/ч.

Параметры нестационарных режимов электролиза оказывают существенное влияние на характеристики осаждаемых покрытий.

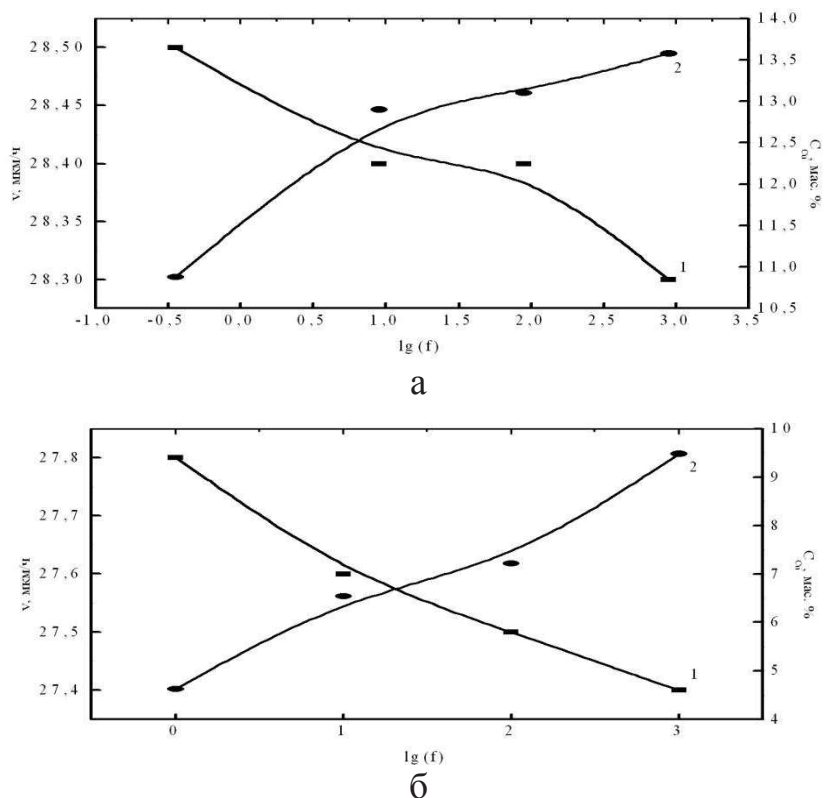
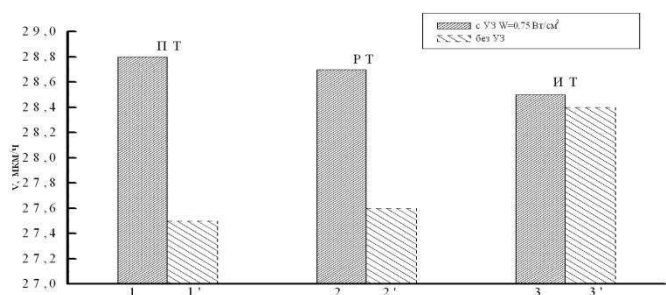


Рисунок 3 – Влияние частоты следования импульсов реверсированного (а) и импульсного (б) токов на скорость осаждения и процентное содержание меди в осадках

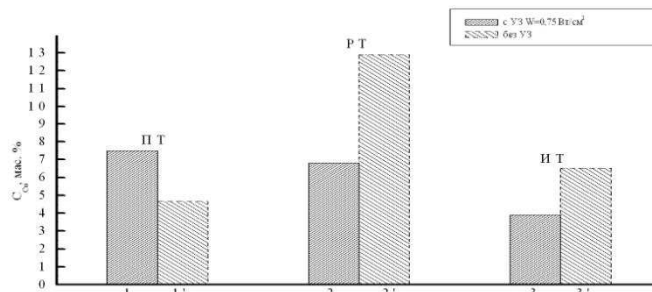
При осаждении на реверсированных токах при $i_{cp}=1$ А/дм² резко снижается количество олова в покрытии по сравнению с осаждением Sn-Cu сплава на постоянном токе аналогичной плотности. В то же самое время увеличивается количество меди в осаждаемом слое. Увеличение частоты реверсированного тока способствует как снижению количества олова в сплаве, так и увеличению количества меди в нем. Это происходит, по нашему мнению, в связи с тем, что при анодном периоде происходит растворение сплава и более благоприятные условия создаются для растворения олова. Суммарный катодный выход по току уменьшается с 90,1 до 85,3 мол. % при увеличении частоты с 0,91 до 909 Гц. Наложение ультразвуковых

колебаний мощностью $0,72 \text{ Вт/см}^2$ на процесс осаждения сплава на реверсном токе приводит к 100% катодному выходу металла по току и высокому содержанию олова в сплаве. На скорость осаждения сплава этот режим не оказывает существенного влияния (рисунок 3).

При осаждении *Sn-Cu* сплава на импульсном токе показывает, что состав покрытия с ростом частоты от 1 до 1000 Гц также изменяется: *Sn* уменьшается с 95,33 до 90,52 мол. %, а *Cu* увеличивается с 4,67 до 9,48 мол. %. Но эти изменения не так велики, как на реверсном токе и приближают показатели процесса импульсного электролиза к показателям, полученным на постоянном токе. Наложение УЗ на процесс импульсного электролиза также увеличивает до 100 % суммарный катодный выход металла по току (рисунок 3).



а



б

Рисунок 3 – Влияние ультразвука на скорость осаждения (а) и процентное содержание меди (б) при разных режимах электролиза (1, 2, 3 – без УЗ, 1', 2', 3' – с УЗ $W=0,75 \text{ Вт/см}^2$)

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмар, И.И. Особенности формирования паяемых и стабильных при хранении покрытий сплавами на основе олова / И.И. Кузьмар, Л.К. Кушнер, А.А. Хмыля, В.К. Василец, А.М. Гиро, Д.Ю. Гульпа // *Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения*. – 2018. – т. 18. – № 2. – С. 501-504.