

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

УДК 621.367

КУЗНЕЦОВА  
Анна Александровна

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ  
ПАЯЕМЫХ КОНТАКТНЫХ МАТЕРИАЛОВ, НЕ СОДЕРЖАЩИХ ЛЕ-  
ГИРУЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ НА ОСНОВЕ СВИНЦА**

**АВТОРЕФЕРАТ**

магистерской диссертации на соискание степени  
магистра технических наук  
по специальности 1 - 41 80 02 «Технология и оборудование для производства  
полупроводников, материалов и приборов электронной техники»

Научный руководитель  
Хмыль Александр Александрович  
д-р технических наук, профессор

Минск 2016

## ВВЕДЕНИЕ

В производстве радиоэлектронной аппаратуры широко используются паяные соединения для обеспечения надёжности которых, детали предварительно покрывают тонкими пленками, обеспечивающими высокую надежность. В качестве материала покрытия чаще всего используются сплавы олова со свинцом. Однако, вследствие директивы по вопросам отходов от электрического и электронного оборудования (*WEEE- Waste Electrical and Electronic Equipment*) и директивы об ограничении использования определенных опасных веществ *RoHS – Restriction of Hazardous Substances*) в этих видах оборудования, в том числе свинца, ртути, кадмия и шестивалентного хрома, ученые проводят многочисленные исследования по поиску адекватной замены легирующего компонента в сплавах для паяных соединений.

С точки зрения безопасности для окружающей среды и стоимости, наиболее приемлемым является оловянное покрытие. Однако чистое олово в радиоэлектронной промышленности практически не применяется из-за его аллотропических превращений при низких температурах и склонности к росту усюв. Данный недостаток можно исправить легированием олова. По результатам литературного анализа наиболее перспективным легирующим компонентом был признан никель, а электролит для нанесения покрытия олово-никель – фторидно-хлоридный (в силу его относительной дешевизны и простоты в эксплуатации, не агрессивностью по отношению к оборудованию и безопасностью для окружающей среды и персонала).

Проблема повышения надёжности изделий электронной техники и их конкурентоспособности решается в настоящее время путём создания новых высокоэффективных технологий, характеризующихся высокой производительностью, низкой энергоёмкостью, безотходностью, экологической чистотой, экономичностью и обеспечивающих высокое качество изготавливаемых изделий. Эта задача особенно актуальна для процессов электрохимического осаждения металлов, которые широко применяются на практике, но отличаются низким уровнем автоматизации, вредными условиями производства. Одним из путей решения этой проблемы является применение нестационарного электролиза, основанного на использовании разнообразных форм периодического тока, которые изменяют кинетические закономерности выделения металлов и позволяют формировать необходимые физико-механические свойства тонких плёнок.

Таким образом, разработка физико-химических и технологических основ электрохимических методов формирования тонкоплёночных систем металлизации в условиях нестационарного электролиза, новых методов управления их структурой и свойствами, создание на этой основе высокоэффективных тех-

нологических процессов и оборудования представляет собой актуальную научно-техническую и практическую задачу, имеющую важное значение для промышленности.

Библиотека БГУИР

# ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

## Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами

Тема диссертационной работы утверждена Советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники». Диссертационная работа выполнялась на кафедре «Электронной техники и технологии» в рамках следующей научной программы:

1. ГБ № 11-2020 «Материалы, технологические процессы и устройства радиоэлектронной, электротехнической и медицинской техники».

## Цель и задачи исследования

**Целью** исследования в рамках данной диссертации является разработка и исследование процесса получения тонкопленочных контактных материалов на основе олова, не содержащих вредных примесей.

**Задачами** исследования являются следующие пункты: анализ влияния различных добавок в электролит оловянирования на паяемость тонкопленочных материалов, исследование влияния никеля и нестационарных режимов электролиза на физико-механические свойства тонкопленочных материалов.

**Объектом** исследования является электролит оловянирования.

**Предметом** исследования – физико-механические свойства тонких пленок.

## Положения, выносимые на защиту

1. Введение во фторид-хлоридный электролит оловянирования комплексной добавки, включающей 2,3,4-три-(морфолинометил)-фенол, *N*-ацетонитрил-морфолин, приводит к увеличению поляризации катода, что в свою очередь приводит к измельчению структуры, увеличению микротвердости, коррозионной стойкости.

2. Условия, при которых содержание *Ni* – 0,1-10% - введение ПАВ (ОС-20, диэтилдециламин, циклогенсиланилина ГХ, полиэтиленполиамин), а также снижение температуры до 15-20°C.

3. Электроосажденные слои сплава *Sn-Ni* являются гомогенной эквиатомной фазой, кристаллическая решётка которой аналогична фазе  $Ni_3Sn_2$ , но имеет большие размеры элементарной ячейки.

## **Личный вклад соискателя**

Все основные научные результаты, представленные в работе, получены соискателем самостоятельно. В диссертации изложены результаты научно-исследовательских работ, выполненных автором лично (3 публикации). Участие научного руководителя: доктора технических наук, профессора Хмыля А.А. заключалось в обсуждении структуры, целей и задач исследований, обсуждении и обобщении результатов теоретических и практических исследований, проведенных автором самостоятельно.

## **Апробация результатов диссертации**

По теме диссертации сделаны доклад на IX Всероссийской научно-практической конференции «Вектор науки и техники: социально-экономические и гуманитарные исследования современности» (Ростов-н а-Дону), были опубликованы статьи в научно-практическом журнале «Заметки ученого» (№ 3 / 2015), в научно-практическом журнале «Аспирант»( № 8 / 2015).

## **Опубликованность результатов диссертации**

По материалам диссертации опубликовано 3 печатных работ, из них 1 статьи в материалах научных конференций, 2 статьи в периодических научных журналах.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав с выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации составляет 52 страницы, 7 иллюстраций, 24 таблицы, 32 наименования в библиографическом списке, 3 публикации.

Во введении приводится обоснование актуальности темы работы.

В главе 1 проведен обзор электрохимических сплавов для контактных соединений, не содержащих свинец, а также анализ составов электролитов для их осаждения. Рассмотрены методы улучшения качества покрытий под пайку. На основании всех данных выбрано покрытие олово-никель и фторидно-хлоридный электролит для его осаждения.

В главе 2 приведены методики исследования покрытий. Данные методики направлены на изучение таких свойств как: способность к пайке, микротвердость, рассеивающая способность электролита, количественный состав электролитического покрытия олово-никель, структуры покрытия, внутренние напряжения покрытия.

В главе 3 представлены результаты исследования состава электролита на катодную поляризацию, исследования факторов влияющих на микротвердость покрытий, на рассеивающую способность электролита, на внутренние напряжения покрытий, исследовано влияние количественного и фазового состава пленок на физико-механические и функциональные свойства покрытий сплавом олово-никель.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате магистерской диссертации на основании выданного задания был проведен анализ составов электролитов и технологических процессов для получения паяемых покрытий, не содержащих свинец, было выбрано оптимальное покрытие для решения поставленной задачи (олово-никель), а также исследовано влияние режимов электролиза на электрофизические, защитные и функциональные свойства покрытий сплавом олово-никель. Разработаны новые стабильные составы электролитов для осаждения пластичных и блестящих покрытий сплавом  $Sn-Ni$ , обеспечивающих высокую коррозионную стойкость (при содержании  $Ni > 25\%$ ) и длительное сохранение паяемости (при содержании  $Ni < 10\%$ ).

Показано, что на физико-химические и функциональные свойства покрытий сплавом олово-никель оказывают влияние количественный и фазовый составы тонких плёнок, а также их структура. Увеличение содержания фторидов в электролите, повышение температуры способствует увеличению содержания никеля в сплаве, а введение в электролит веществ, сильно повышающих катодную поляризацию, и увеличение катодной плотности тока увеличивает содержание олова в сплаве.

Установлено, что электроосаждённые слои сплава  $Sn-Ni$  являются гомогенной эквиатомной фазой, кристаллическая решётка которой аналогична фазе  $Ni_3Sn_2$ , но имеет большие размеры элементарной ячейки. При низком содержании никеля в сплаве покрытие представляет твёрдый раствор олова в решётке  $Ni_3Sn_2$ , в котором неравномерно распределены участки метастабильных фаз  $NiSn(OH)_4$  и  $NiSn$ . С увеличением содержания никеля сплав представляет собой твёрдый раствор с дефектной решёткой, состоящей из метастабильных фаз, которые при температуре более  $300^\circ C$  разлагаются с образованием  $Ni_3Sn_2$  и  $Ni_3Sn_4$ .

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

[A1] Кузнецова А.А. Исследование особенностей процесса получения тонких пленок на основе *Sn-Ni* / А.А. Кузнецова // Научно-практический журнал «Заметки ученого» - Ростов-на-Дону: - 2015. №3 - С. 161 - 163.

[A2] Кузнецова А.А. Исследование особенностей процесса получения тонких пленок на основе *Sn-Ni* / А.А. Кузнецова // Научно-практический журнал «Аспирант» - Ростов-на-Дону: - 2015. №8- С. 18 - 20.

[A3] Кузнецова А.А. Исследование особенностей процесса получения тонких пленок на основе *Sn-Ni* / А.А. Кузнецова // IX Всероссийской научно-практической конференции «Вектор науки и техники: социально-экономические и гуманитарные исследования современности» секция «Техника и технология: проблемы и перспективы развития», Ростов-на-Дону, 4 сентября 2015г.: с.97-100.

Библиотека БГУИР