

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

На правах рукописи

УДК (621.7.029+621.791):621.38

ДРОЗД
Роман Викторович

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАТЕРИАЛА ПОКРЫТИЯ И РЕЖИМА
ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ МИКРОСВАРНЫХ СОЕДИНЕ-
НИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ**

АВТОРЕФЕРАТ

магистерской диссертации на соискание степени
магистра технических наук

по специальности 1-39 81 01 «Компьютерные технологии проектирования
электронных систем»

Научный руководитель
д-р техн. наук, профессор
ХМЫЛЬ Александр
Александрович

Минск 2015

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель:

Хмыль Александр Александрович,
доктор технических наук, профессор кафедры электронной техники и технологии «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент:

Бондарик Василий Михайлович,
кандидат технических наук, доцент, декан факультета непрерывного и дистанционного обучения «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Защита диссертации состоится «23» января 2015 г. года в 8³⁰ часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г.Минск, ул. П.Бровки, 6, 1 уч. корп., ауд. 415, тел.: 293-20-88, e-mail: kafpiks@bsuir.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап научно–технического прогресса характеризуется бурным развитием электронной, радиотехнической и электротехнической промышленности, интенсивным внедрением выпускаемой продукции в многочисленных сферы человеческой деятельности: космос, медицина, транспорт, связь и др. Но созданные радиотехнические и электронные устройства, комплексы и системы различного назначения эффективно выполняют предписанные им функции только при условии обеспечения изготовителем высокой степени их надежности. Производство высоконадежных изделий включает широкое использование тонкопленочных систем металлизации в виде функциональных электрохимических покрытий, которые наносят на поверхности конструкционных материалов при изготовлении электрических контактов, печатных плат, полупроводниковых приборов, интегральных микросхем и многих других специальных деталей электронной аппаратуры.

Широкое использование в радиоэлектронике ФЭП обусловлено уникальными свойствами наносимых слоев, которые не могут быть достигнуты физическими методами, а также технологическими возможностями метода электрохимического осаждения. Наиболее важными свойствами являются: высокая электрическая проводимость и ее постоянство во время эксплуатации, коррозионная стойкость в агрессивных средах и жестких условиях эксплуатации, низкие значения контактного сопротивления и термо–э.д.с., способность противостоять термоударам, высокое сопротивление механическому и эрозионному износу, хорошая обрабатываемость, паяемость и свариваемость, высокие отражательная способность и усталостная прочность, низкие внутренние напряжения и др. В совокупности перечисленные физико–механические свойства ФЭП определяют не только работоспособность элементной базы, отдельных электронных модулей, но и надежность радиоэлектронной аппаратуры в целом. К технологическим возможностям метода относятся высокая производительность, низкие температуры проведения процессов, широкая универсальность, получение разнообразных по природе, структуре, составу и свойствам слоев (металлы, сплавы, композиты, диэлектрики), их высокая чистота, простота оборудования и его низкая стоимость, легкость управления и регулирования свойств.

Среди специальных электрохимических систем металлизации, обеспечивающих высокое качество и надежность радиоэлектронной аппаратуры, выделяются покрытия благородными металлами (золотом, серебром, палладием и сплавами на их основе), которые в наибольшей степени обладают перечисленными выше свойствами. Но интенсивное использование в технике благородных металлов неизбежно ведет к дисбалансу между производством и потреблением. В мире наблюдается тенденция к снижению объемов добычи золота, серебра, палладия из–за истощения природных ресурсов и увеличению их стоимости. Это нацеливает ученых на поиск путей наиболее рационального использования благородных металлов и разработку новых матери-

алов с необходимыми для радиоэлектроники свойствами, обеспечивающими высокий экономический эффект в народном хозяйстве.

Анализ тенденций развития электрохимических процессов в радиоэлектронике показывает, что в науке наметились два основных направления решения этой проблемы. Первое из них объединяет традиционные (стационарные) методы изменения физико–химических условий электролиза: разработка новых электролитов, введение поверхностно–активных веществ, подогрев и перемешивание растворов, которые имеют хорошую теоретическую базу и широко используются на практике. В последние годы все более широкое распространение получает новое научное направление — нестационарный электролиз, основанный на применении разнообразных форм периодического тока для эффективного воздействия на структуру и свойства гальванических покрытий. Несмотря на известные достоинства нестационарных процессов электролиза, их промышленное освоение сдерживается из–за ограниченности исследований, недостаточной изученности закономерностей электроосаждения и отсутствия мощных источников питания гальванических ванн с широким диапазоном изменения параметров. В этой области и до настоящего времени преобладают разрозненные экспериментальные исследования, характер которых определяется конкретной практической задачей.

Исследования показали, что максимального эффекта при получении тонких пленок металлов, сплавов и композиционных материалов с требуемыми уникальными свойствами можно достичь рациональным сочетанием традиционных методов с нетрадиционными: комбинированием форм периодического тока, программным изменением режима электролиза, стимулированием электроосаждения пленок лазерным излучением, возбуждением в электролите плазмы, введением в металлическую матрицу различных органических и неорганических наполнителей. Однако отсутствие достаточно развитой теории электроосаждения в нестационарных условиях электролиза, механизма подбора состава электролита для определенной формы тока, закономерностей формирования многослойных структур не позволяют с единых методологических позиций целенаправленно воздействовать на процесс электроосаждения, управлять свойствами тонких пленок и разрабатывать новые эффективные технологические процессы. Современный уровень развития математических методов и вычислительной техники позволяет для решения указанной задачи использовать математическое моделирование всего комплекса динамических процессов электролиза.

В соответствии с вышеизложенным диссертационная работа, посвященная исследованию влияния материала покрытия и режима его получения на прочность микросварных соединений при производстве изделий электронной техники является актуальной.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В процессе производства изделий электронной техники применяет-

ся огромное количество различных видов контактных элементов и соединений выполненных пайкой или сваркой. От надежности этих соединений во многом зависит надежность радиоаппаратуры. Поэтому разработка новых контактных материалов, технологии их получения и осуществление надежного соединения является всегда актуальной.

Степень разработанности проблемы

Электрохимические и тонкопленочные материалы широко применяются при изготовлении электрических контактов. Многие из них в дальнейшем поступают на технологический процесс сварки, который обеспечивает надежность полученного соединения. Поэтому материал должен обладать не только высокими электрофизическими свойствами, но и такими технологическими свойствами, как паяемость, свариваемость, а также быть экономичным. Однако предлагаемые способы получения таких материалов изучены недостаточно и требуется их оптимизация.

Цель и задачи исследования

Целью диссертации является разработка технологии получения надежных сварных соединений при производстве изделий электронной техники.

Для выполнения поставленной цели в работе были сформулированы **следующие задачи:**

- разработать технологию получения тонкопленочного материала для контактных соединений выполненных сваркой;
- разработка метода сварки, обеспечивающего высокую надежность сварных соединений.

Объектом исследования является тонкопленочный материал, полученный электрохимическим методом.

Предметом исследования являются электрофизические и технологические свойства тонкопленочных материалов.

Область исследования. Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-39 81 01 «Компьютерные технологии проектирования электронных систем».

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли результаты известных исследований отечественных и зарубежных учёных в области тонкопленочных структур.

Для получения теоретических результатов исследования применялись существующие математические модели для оптимизации различных процессов.

Информационная база исследования для сравнительного и результирующего анализа сформирована на основе научных разработок.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке

нового способа контактной активации процессов ультразвуковой микросварки.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Влияние нестационарных режимов электролиза на электрофизические свойства тонкопленочных контактных материалов.

2. Прочность микросварных соединений.

3. Процессы и свойства ультразвуковой микросварки.

Теоретическая значимость диссертации заключается в том, что в ней содержатся научные результаты, основанные на исследовании влияния параметров импульсно-реверсивных токов на структуру и функциональные свойства тонкопленочных материалов, а также активирующих воздействий на прочность микросварных соединений, выполненных под действием ультразвуковых колебаний.

Практическая значимость диссертации заключается в том, что в ней предложен способ контактной активации процессов ультразвуковой микросварки, обеспечивающий усиление диффузионных процессов во время выполнения соединений.

Публикации

Основные положения работы и результаты диссертации изложены в трех опубликованных работах общим объемом 3 страницы (авторский объем 3 страницы).

Структура и объем работы. Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, трёх глав и заключения, библиографического списка и приложения. Общий объем диссертации – 66 страниц. Работа содержит 15 таблиц, 25 рисунков. Библиографический список включает 65 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрена современная проблема необходимости разработки новых методов получения надежных сварных соединений, определены основные направления исследований, а также дается обоснование актуальности темы диссертационной работы.

В **общей характеристике работы** сформулированы ее цель и задачи, показана связь с научными программами и проектами, даны сведения об объекте исследования и обоснован его выбор, приведены сведения о личном вкладе соискателя, апробации результатов диссертации и их опубликованность, а также, структура и объем диссертации.

В **первой главе** рассматривается влияние нестационарных режимов электролиза на электрофизические свойства тонкопленочных контактных материалов. Исследование тонкой структуры электрохимических покрытий при

взаимодействии периодических токов. Влияние периодических токов на равномерность распределения ФЭП.

Во второй главе приведено исследование прочности микросварных соединений. Анализ влияния поверхности подложки и материалов покрытий на прочность микросварных электрических соединений. Зависимость прочности микросварных соединений от режимов формирования тонких пленок.

В третьей главе представлены результаты моделирования и оптимизации процессов ультразвуковой микросварки. Исследование надежности микросварных соединений. Активация процессов ультразвуковой микросварки.

В приложениях приведен графический материал, в виде презентации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлена взаимосвязь между материалом, режимами получения и свойствами тонких плёнок с прочностью и надёжностью контактных соединений, выполненных ультразвуковой микросваркой или пайкой мягким припоем, на основании которых сформулированы требования к качеству покрытий и определены оптимальные условия их формирования.

Получены математические модели для различных материалов, связывающие параметры ультразвуковой микросварки с качественными показателями сварных соединений. Анализ моделей позволил рассчитать оптимальные режимы получения сварных соединений на корпусах ИМС.

Разработан новый способ контактной активации процессов ультразвуковой микросварки, обеспечивающий усиление диффузионных процессов во время выполнения соединения. Для конкретных гетерофазных структур рассчитаны распределения примесных атомов и объёмная деформация в зависимости от значений коэффициентов диффузии, скорости дрейфа примесных атомов и времени сварки, из которых видно, что распределения диффундирующих атомов являются несимметричными между собой, а объёмная деформация в зависимости от соотношения параметров может быть положительной, отрицательной, симметричной или не симметричной относительно начальной границы.

Показано, что релаксационные процессы, происходящие с течением времени в тонких плёнках, по которым получены сварные соединения, и свойства интерметаллических фаз, которые формируются в зоне сварки под действием температуры и времени, определяют надёжность монтажа микроэлектронных устройств.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Дрозд, Р.В. Исследование надежности микросварных соединений / Р.В. Дрозд // 50-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студен-

тов БГУИР – Мн.:БГУИР, – 2014. – С.10-11.

2. Дрозд, Р.В. Зависимость прочности микросварных соединений от режимов формирования тонких пленок / Р.В. Дрозд, С.С. Макаров // 50-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР – Мн.:БГУИР, – 2014. – С.9-10.

3. Дрозд, Р.В. Влияние состояния подложки и материала покрытия на прочность сварных электрических соединений / Р.В. Дрозд, С.С. Макаров // 10-я Международная молодежная научно-техническая конференция «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2014», – Севастополь, 2014. – 15с.

Библиотека БГУИР