

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

УДК 621.357.9

Нияковский
Александр Александрович

**Оптимизация паяемости функциональных покрытий изделий
электроники методами растекания припоя и смачивания расплавами**

АВТОРЕФЕРАТ

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
Ланин Владимир Леонидович
д.т.н., профессор

Минск, 2020

ВВЕДЕНИЕ

Технологический процесс пайки является неотъемлемой частью производственного процесса изготовления современной радиоэлектронной аппаратуры. Одним из приоритетов при изготовлении радиоэлектронной аппаратуры также является снижение совокупной стоимости изделия путем исключения применения дорогого сырья (в частности драгоценных металлов) с сохранением достигнутых показателей надежности и функциональности.

Ключевая характеристика процесса пайки – паяемость – способность материала смачиваться расплавленным припоем и образовывать с ним качественное паяное соединение. Паяемость определяется физико-химической природой материалов и припоя, способом и режимами пайки, флюсующими средами, условиями подготовки паяемых поверхностей. Паяное соединение может быть образовано при условии возможности смачивания поверхности металла расплавом припоя, что в дальнейшем послужит для создания между материалом и припоем химических соединительных связей. Основным требованием к пайке является способность обеспечить герметичное соединение и требуемую его прочность при рабочих температурах. Показатель паяемости является ключевым параметром при подборе материалов покрытий.

Для того чтобы пайка электронных модулей прошла успешно, покрытия компонентов и печатных плат (финишные покрытия) должны хорошо сочетаться, поскольку при пайке они находятся в одинаковых условиях и по припою, и по флюсу, и по температурно-временным режимам. Этим обусловлена необходимость объективной оценки эффективности применяемого типа покрытия. Для избежания возникновения брака в процессе выполнения паяных соединений на плате, а также для защиты проводника, поверхности, предназначенные для пайки, имеют металлические покрытия, которые должны обладать способностью к смачиванию припоем и длительное время сохранять эту способность. Для улучшения качества паяных соединений и снижения их переходного сопротивления, а также для повышения скорости пайки на выводы элементов, коммутационных устройств и на проводники печатных плат наносят функциональные покрытия. Одним из методов нанесения финишных металлических покрытий является гальваническое осаждение.

Целью данной работы является анализ устройств для оценки паяемости, их применимости, задействованных критериев паяемости. Кроме того задачей является моделирование процессов, сопровождающих работу устройства для оценки паяемости при помощи электромагнитных датчиков. Также рассматривается методика проведения исследований, регистрации данных при использовании прибора для оценки паяемости гальванических покрытий.

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».

Цель и задачи исследования

Целью диссертации является оптимизация оценки паяемости функциональных покрытий изделий электроники методами растекания припоя и смачивания расплавами.

Для достижения поставленной цели необходимо было выполнить следующие задачи:

1. Анализ технологий и оборудования для оценки паяемости функциональных покрытий изделий электроники.
2. Определение взаимосвязи между коэффициентами растекаемости по площади и высоте капли припоя.
3. Построение математической модели, анализ результатов моделирования и оптимизация технологических режимов оценки паяемости функциональных покрытий изделий электроники.
4. Экспериментальное исследование паяемости функциональных покрытий изделий электроники.

Объект исследования: гальванические покрытия из сплавов олова и серебра.

Предмет исследования – электромагнитные поля, возникающие при работе индуктивных датчиков устройства для измерения паяемости, в зависимости от расстояния до проводящей поверхности образца и массы капли припоя.

Научная новизна и значимость полученных результатов

В работе выполнено компьютерное моделирование индукционных датчиков прибора для измерения паяемости и исследованы показатели паяемости покрытий методами усилия смачивания. Результаты моделирования позволяют подобрать соответствующие технологические режимы работы прибора для оптимизации исследовательского процесса.

Положения, выносимые на защиту

1. Аналитические выражения, устанавливающие взаимосвязь между коэффициентами растекаемости по площади и высоте капли припоя, что позволило привести показатели паяемости, полученные различными методиками, к Европейскому стандарту NF89400.
2. Оптимальные параметры индуктивных датчиков прибора для оценки паяемости, полученные моделированием взаимодействия катушек индуктивности с металлической поверхностью тестовых пластин и капель припоя.
3. Экспериментальные данные по паяемости покрытий Sn/Ni и Sn/Pb (Sn – 50%) при различных дозах припоя и типах применяемых флюсов и припоев.

Личный вклад соискателя

Все основные научные результаты, представленные в работе, получены соискателем самостоятельно. В диссертации изложены результаты научно-исследовательских работ, выполненных автором (4 публикаций).

Участие научного руководителя: доктора технических наук, профессора кафедры ЭТТ БГУИР Ланина В. Л. заключалось в обсуждении структуры, целей и задач исследований, обсуждении и обобщении результатов теоретических и практических исследований, проведенных автором самостоятельно.

Апробация результатов диссертации

Основные теоретические и практические результаты диссертационной работы были представлены в следующих научных конференциях: 12-ая Международная научно-техническая конференция молодых ученых и студентов «Новые направления развития приборостроения», г. Минск; 55-й научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, 2019 г., г. Минск; Международная научно-техническая конференция молодых ученых «Инновационные материалы и технологии 2020», г. Минск.; периодическое издание “Current Topics in Electrochemistry”, изд. Research Trends 2019.

Опубликованность результатов диссертации

По материалам диссертации опубликовано 4 печатных работ, из них 3 материалы научных конференций, 1 статья в периодическом научном журнале.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка цитируемой литературы из 15 наименований. Общий объем диссертации 55 страницы, в том числе 35 иллюстрации и 9 таблиц.

Во введении приводится обоснование актуальности работы.

Первая глава носит обзорный характер. В ней приводятся методики, оборудование и краткая характеристика отдельно взятых способов оценки паяемости.

Вторая глава посвящена разработке методики моделирования, создание математических и физических моделей в программном комплексе MagSense. Проанализированы значения параметров индуктивных датчиков и определены их оптимальные значения, в частности частотный диапазон.

Третья глава содержит методики оценки паяемости функциональных покрытий методами растекания припоя и усилия смачивания, а также предложенный прибор для оценки паяемости методов усилия смачивания.

В четвертой главе диссертации представлены:

- зависимости угла растекания от площади растекания по массе капли припоя;
- зависимости угла растекания от массы припоя для различных материалов покрытия;
- зависимости коэффициентов растекания по высоте капли от угла смачивания и начальной высоты дозы припоя K_h , а также от угла смачивания и массы доза припоя K_s ;
- кривые смачивания для флюсов ФКСП и ЛТИ.

Пятая глава дает практические рекомендации по использованию результатов исследования. Даны рекомендации, касающиеся используемого оборудования. Поставлена и выполнена лабораторная работа на тему «Оценка паяемости гальванических покрытий».

В заключении сформулированы основные результаты диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках диссертационной работы был проведен анализ методов и устройств для оценки паяемости функциональных покрытий изделий электроники. В процессе формирования литературного обзора был изучен значительный объем релевантной литературы на тему паяемости и методов ее оценки.

Было проведено моделирование электромагнитных полей индуктивных датчиков в зависимости от расстояний до проводящей поверхности образца и массы капли припоя и оптимизация частотного диапазона измерений. По материалам полученных данных сделаны выводы об оптимальном диапазоне частот 1...10 МГц для индуктивных датчиков прибора для оценки паяемости в силу особенностей взаимодействия катушек индуктивности с металлической поверхностью тестовых пластин и капель припоя при заданных габаритах устройства.

По рамках выполнения методической части были рассмотрены методики оценки паяемости функциональных покрытий методами растекания припоя и усилия смачивания, а также методика компьютерной регистрации параметров оценки паяемости. В результате экспериментальных исследований получены данные о паяемости отдельно взятых материалов покрытий. Исходя из значения угла смачивания для различных материалов можно сделать вывод, что наилучшими показателями паяемости обладают покрытия Sn/Ni и Sn/Pb (Sn – 50 %) с $10 < \theta < 25$ в большинстве из рассмотренных случаев.

Согласно полученным экспериментальным данным, исходя из значения угла смачивания, что активный флюс ФКСП способствует более высоким показателями паяемости металлических покрытий, нежели ЛТИ.

Исходя из заданных значений массы припоя были построены графики зависимости угла растекания припоя от площади растекания припоя для различных материалов покрытия. По характеру полученной зависимости можно сделать вывод о негативном влиянии массы припоя на его растекаемость.

По материалам проведенных исследований на базе прибора для оценки паяемости поставлена и выполнена лабораторная работа на тему «Оценка паяемости гальванических покрытий».

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

[1] Нияковский, А. А. Оценка паяемости покрытий в зависимости от коэффициента растекания припоя / А. А. Нияковский, В. Л. Ланин// Материалы 12-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов «Новые направления развития приборостроения», г. Минск / БНТУ; редкол.: О. К. Гусев [и др.]. – Минск, 2019. – С. 139.

[2] Нияковский, А. А. Методика оценки паяемости гальванических покрытий по коэффициенту растекания припоя / А. А. Нияковский, В. Л. Ланин// 55-я юбилейная конференция аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 22-26 апреля 2019 г., БГУИР, Минск, Беларусь: тезисы докладов. – Мн. – 2019. – XXX с.; ил. – Минск, 2019.

[3] Нияковский, А. А. Критерии паяемости гальванических покрытий деталей и электронных компонентов и прибор для оценки паяемости / А. А. Нияковский, В. Л. Ланин// Материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых «Инновационные материалы и технологии 2020», г. Минск. – Минск, 2019. – С. 82–85

[4] Нияковский, А. А. Solderability assessment of galvanic coatings in electronics / А. А. Нияковский, В. Л. Ланин. // Current Topics in Electrochemistry. – 2019. – №21. – P. 83–92.