

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

УДК 621.791.318.4

На правах рукописи

ЛАВОР
Тимофей Эдуардович

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ МОНТАЖА
SMD КОМПОНЕНТОВ В ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЯХ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени магистра техники и технологии
по специальности 1-39 81 01 Компьютерные технологии проектирования
электронных систем

Научный руководитель
ЛАНИН Владимир Леонидович
д-р техн. наук, профессор

Минск 2016

Работа выполнена на кафедре электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель:

Ланин Владимир Леонидович,
доктор технических наук, профессор кафедры электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент:

Таборовец Вячеслав Васильевич
канд.техн. наук, доцент, профессор кафедры информационных технологий Минского инновационного университета

Защита диссертации состоится «20» января 2016 г. года в 15⁰⁰ 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. 413, тел.: 293-89-92, e-mail: kafpiks@bsuir.by.

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

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы формирования паяных соединений в технологии изделий электроники (ИЭ) имеют особую актуальность по целому ряду причин. Операции сборки и монтажа являются до сих пор самыми трудоемкими при изготовлении ИЭ и занимают до 50...70 % всей трудоемкости изготовления изделий. Статистические данные показывают, что 50...80 % всех отказов в ИЭ происходит вследствие дефектов соединений, причем стоимость обнаружения и исправления отказа на этапе сборки блока обходится в 100 раз дешевле, чем при испытаниях аппаратуры.

Высокую функциональную сложность электронных модулей и высокую степень интеграции электронных компонентов невозможно реализовать без принципиального совершенствования системы контактных соединений. Разработка микропроцессоров с рабочей частотой сигнала до 3,5 ГГц увеличивает число выводов до 1000.

Переход на бессвинцовые припои при монтаже ИЭ ставит ряд задач по обеспечению хорошей смачиваемости поверхностей, оптимизации температурных профилей нагрева, контролю качества соединений. С повышением функциональной сложности ИЭ растут проблемы их демонтажа с поверхности плат, в особенности многовыводных корпусов BGA, контактируемых с помощью шариковых выводов.

Особенностями процессов формирования контактных соединений в ИЭ являются: широкая номенклатура используемых электронных компонентов, интегральных микросхем, микросборок; различные виды соединений электронных компонентов на печатных, двусторонних и многослойных платах; микросоединений на подложках, микроплатах, в многокристальных модулях; разнообразные по физической природе источники теплового излучения: потоки расплавленного припоя, нагретый инструмент, концентрированные потоки энергии электромагнитных полей в широком частотном диапазоне.

Процесс инфракрасного теплообмена используется для монтажа и демонтажа электронных компонентов и модулей с печатных плат. Сам процесс требует максимально точного контроля температуры в зоне нагрева, поскольку стоимость модулей и печатных плат достигает нескольких тысяч долларов и более, а зачастую стоимость самой печатной платы может в несколько и более раз превышать стоимость самого электронного компонента. В процессе длительного времени воздействия высокой температуры на печатную плату возможно её коробление, что приведёт к ухудшению её механических и прочностных характеристик, и как следствие к ухудшению электрических параметров (волновое сопротивление, удельное сопротивление материала, микротрещины в медных проводниках, что приводит к нарушению целостности электрического соединения).

При монтаже (демонтаже) мелких электронных компонентов (выводных компонентов с достаточно широким шагом выводов (не более 100 выводов)) в мелкосерийном, единичном производстве или в процессе ремонта достаточно широко распространён процесс конвективного нагрева. Однако при монтаже

(демонтаже) многовыводных компонентов (100 выводов и более), особенно при использовании таких корпусов как BGA, QFP, PLCC в основном используется инфракрасный нагрев.

В современной практике проектирования радиоэлектронных устройств различного назначения повсеместно используются поверхностно монтируемые компоненты, для монтажа которых существуют различные способы и оборудование.

Моделирование процесса нагрева печатной платы при монтаже поверхностно монтируемых компонентов даёт возможность выбрать оптимальный температурный режим пайки.

Правильно выбранная методика процесса поверхностного монтажа даёт возможность с высокой точностью контролировать температурный режим пайки и качество паяного соединения.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Применение SMD компонентов в электронных модулях повышает плотность монтажа, что в свою очередь ставит задачи по локализации нагрева в рабочей зоне. Применение ИК пайки является перспективным направлением в технологии поверхностного монтажа, которое обеспечивает уменьшение затрат на эксплуатацию оборудования при одновременном повышении качества паяных соединений. Для успешного применения ИК источников нагрева необходима оптимизация их параметров с помощью трехмерного компьютерного моделирования.

Степень разработанности проблемы

Исходя из особенностей поглощения ИК излучения, возникает ряд проблем в практическом применении инфракрасного монтажа компонентов в технологии пайки:

- неравномерность нагрева различных компонентов и зон на поверхности платы из-за разной степени черноты материалов и массы компонентов;
- плохая воспроизводимость режимов нагрева вследствие рассогласования спектра излучения источника и спектров поглощения конструктивных элементов платы;
- необходимость подбора режимов нагрева плат различной геометрии, массы и т. п.;
- проблемы пайки участков платы, на которые не попадает прямое ИК излучение (затененные участки);
- проблемы защиты поверхности ИК излучателей от испаряющихся при пайке веществ.

В диссертационной работе рассмотрены вопросы трехмерного компьютерного моделирования формирования контактных соединений инфракрасным нагревом с целью оптимизации процессов монтажа SMD компонентов в электронных модулях с высокой плотностью соединений.

Цель исследований

Цель работы состоит в исследовании процессов монтажа SMD компонентов в электронных модулях с помощью инфракрасного нагрева и создании трехмерной компьютерной модели для последующей оптимизации физических процессов создания контактных соединений высокой плотности в электронных модулях.

Задачи исследований

1. Анализ устройств и технологии пайки с применением инфракрасного нагрева.
2. Трехмерное компьютерное моделирование тепловых полей в процессах пайки SMD компонентов с помощью инфракрасного нагрева.
3. Построение математической модели, исследование и оптимизация процесса инфракрасной пайки.

Объект исследования – электронные модули с многовыводными поверхностно монтируемыми компонентами.

Предмет исследования – трехмерное компьютерное моделирование формирования контактных соединений инфракрасным нагревом, устройства для монтажа и демонтажа многовыводных поверхностно монтируемых компонентов.

Область исследования

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

Теоретической основой исследований являются теоретические и практические положения отечественных и зарубежных исследований ученых по проблеме инновационной деятельности: В.Л. Ланин, А.П. Достанко, Д.Б. Зворыкин, Ф. Крейт, F. Clyde. Coombs, Jr., Ning-Cheng Lee, H. John, M. Inoue, T. Koyanagawa и др.

Методологической основой исследования являются разработки отечественных и зарубежных авторов, методические материалы, труды отечественных и зарубежных учёных и научные труды в области формирования контактных соединений инфракрасным нагревом. В работе использованы следующие общенаучные методы: эмпирического исследования (эксперимент, измерение, научное исследование), обще логические (анализ, аналогия, системный подход), метод факторного и сравнительного анализа, методы компьютерного моделирования и оптимизации: конечных элементов, прямого расчета (*Direct Sparse*), регрессионный анализ.

Информационная база исследования для оптимизации процессов ИК пайки сформирована на основе экспериментальных данных, научных публикаций известных зарубежных ученых (Clyde F. Coombs, Jr., Ning-Cheng Lee, H. John, M. Inoue, T. Koyanagawa,) и Республики Беларусь (В.Л. Ланин, А.П. Достанко), а также сайтов компаний–производителей ИК оборудования: <http://www.elstein.com>, <http://www.lisma-guprm.ru>.

Инструментальная база.

Экспериментальные исследования производились с помощью керамического нагревателя *SHTS/4* фирмы *Elstein*. Для исследования тепловых полей использовали устройство термопрофилирования.

Научная новизна и значимость полученных результатов.

В работе выполнено трехмерное компьютерное моделирование тепловых полей в пакете *Solidworks 2014 FlowSimulation* и исследованы процессы инфракрасного нагрева. Результаты моделирования позволяют оптимальным образом подобрать технологические режимы, что позволит обеспечить бездефектную пайку многовыводных микросхем в оптимальных температурно-временных режимах пайки ИК излучением, с градиентом тепловых полей порядка 20...30 °С, и разностью механических напряжений в электронном модуле не превышающими 5...10 МПа.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Трехмерная компьютерная модель тепловых полей электронных модулей при ИК нагреве, позволяющая оптимизировать температурные профили нагрева SMD компонентов, включая многовыводные ИС в корпусе BGA.

2. Методики исследования термопрофилей инфракрасного нагрева, температурных полей с применением контактных и бесконтактных датчиков и компьютера, контроля качества паяных соединений SMD-компонентов.

3. Экспериментально установленные оптимальные температурно-временные режимы пайки ИК излучением, позволяющие снизить градиент температур на 10 °С, неравномерность нагрева печатных плат в процессе монтажа/демонтажа поверхностно-монтируемых компонентов и внутренние механические напряжения в электронном модуле.

Теоретическая значимость. Установлены оптимальные параметры формирования контактных соединений поверхностно-монтируемых электронных компонентов инфракрасным нагревом в диапазоне длин волн 2...10 мкм.

Практическая значимость. Проведенные исследования позволили провести оптимизацию режима процесса ИК пайки: исследован термопрофиль нагрева печатной платы и монтируемых на ней компонентов, определены оптимальные расстояния между ИК излучателем и печатной платой, предложена методика выравнивания температуры электронного компонента во избежание термоудара.

Апробация и внедрение результатов исследования. Основные положения работы и результаты диссертации изложены в 6 опубликованных работах, в том числе в виде материалов и тезисов докладов:

XVIII республиканская НТК, Гродно, 2010 (4 стр.), 8-я Международная научно-техническая конференция молодых ученых и студентов, Минск, БНТУ 2015 (1 стр.), XX международная НТК, Минск, ВГКС, 2015 (2 стр.), а также в следующих научных журналах: «Технологии в электронной промышленности» (3 стр.), «Вестник ПГУ» (5 стр.).

Структура и объем работы. Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения и библиографического списка. Общий объем диссертации – 73 страницы. Работа содержит 8 таблиц, 42 рисунка. Библиографический список включает 30 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние технологии формирования паяных соединений, актуальность ее проблем, особенности процессов пайки и тенденции в совершенствовании системы контактных соединений.

В **общей характеристике работы** определены основные направления исследований, обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи работы, изложены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава представляет собой литературный обзор по теме диссертации. В ней проведен анализ методов и устройств инфракрасного нагрева для сборки и монтажа электронных модулей с smd-компонентами. В первом разделе приведены и раскрыты методы локального инфракрасного нагрева для процессов формирования контактных соединений пайкой с пояснением физики процесса. Во втором разделе рассмотрены особенности конструкции smd-компонентов в электронных модулях. Третий раздел главы содержит анализ устройств инфракрасного нагрева для монтажа и демонтажа поверхностно-монтируемых электронных компонентов. Анализ литературных данных показал, что ввиду высокой степени интеграции современных микросхем, большой номенклатуры корпусов и высокой плотности монтажа печатных плат в мелкосерийном, серийном и массовом производстве широкое распространение получили установки инфракрасного нагрева, которые способны эффективно выполнять монтаж и демонтаж компонентов в корпусах типа BGA, CSP, PGA, SOIC, QFP, PLCC. Однако исходя из особенностей поглощения ИК излучения, возникает ряд проблем в практическом применении ИК нагрева в технологии пайки:

- неравномерность нагрева различных компонентов и зон на поверхности платы из-за разной степени черноты материалов и массы компонентов;
- плохая воспроизводимость режимов нагрева вследствие рассогласования спектра излучения источника и спектров поглощения конструктивных элементов платы;

– необходимость подбора режимов нагрева плат различной геометрии, массы и т. п.;

– проблемы пайки участков платы, на которые не попадает прямое ИК излучение (затененные участки);

– проблемы защиты поверхности ИК излучателей от испаряющихся при пайке веществ.

Исследование необходимо для определения оптимальных режимов процесса ИК пайки и выработки рекомендаций по их практическому использованию.

Во **второй главе** проведено моделирование инфракрасной системы нагрева и оптимизация её параметров с предварительным выбором модели и определением исследуемых параметров системы инфракрасного нагрева.

Для моделирования процесса нагрева инфракрасным излучением применен программный комплекс Flow Simulation (приложение программы Solid-Works), основанной на методе конечных элементов. Наряду с моделированием диффузии тепла в текучей среде, в этом комплексе моделируется также теплопередача в анизотропной среде с помощью уравнения :

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) + Q_H,$$

где u – удельная внутренняя энергия ($u = cT$), кДж/кг;

c – удельная теплоёмкость, кДж/(кг·К);

T – температура, К;

λ – теплопроводность, Вт/(м·К);

Q_H – удельное (в единице объёма) тепловыделение источника тепла, кДж/кг;

ρ – плотность, кг/м³.

Общая методика анализа ИК нагрева в данном приложении включает: создание геометрической модели, задание свойств материала, задание граничных условий, настройка опций расчета, настройка сетки и просмотр результатов.

Обработка результатов и оптимизация процесса инфракрасной пайки проводилась с использованием регрессионного анализа. Оптимизация заключается в поиске минимумов кривых, полученных в результате регрессионного анализа, откуда определяются условия ИК пайки, являющиеся оптимальными для получения желаемого качества паяных швов.

В результате моделирования параметров инфракрасного нагрева установлено: в результате температура нагрева в зоне монтажа компонента увеличивается на 13...15 %, а нагрев платы снижается на 15...17 %; минимальный нагрев многовыводного электронного компонента при оптимальном расстоянии от нагревателя до платы 28,75 мм и применении защитной маски.

Полученные при моделировании оптимальные температурно-временные режимы пайки ИК излучением позволяют обеспечить бездефектную пайку многовыводных микросхем, с градиентом тепловых полей порядка 20...30 °С, и разностью механических напряжений в электронном модуле не

превышающими 5...10 МПа.

В **третьей главе** изложены методики исследования инфракрасного нагрева для сборки и монтажа электронных модулей с smd-компонентами.

В первом разделе главы описывается разработка макета системы инфракрасного нагрева SMD-компонентов. Значения температуры на поверхности микромодуля измеряются при помощи термопары и используются в качестве входных параметров системы регулирования.

Второй раздел содержит методику исследования термопрофилей инфракрасного нагрева с применением компьютера. На основании результатов моделирования и особенностей монтажа инфракрасными источниками разработана методика, включающая следующие этапы:

- 1) нанесение на контактные площадки паяльной пасты;
- 2) установка компонентов, если компонент многовыводной или BGA микросхема, необходимо воспользоваться специальными системами позиционирования;
- 3) на электронный компонент помещается температурный датчик (термопара), при этом на температурный датчик помещается теплоотражающий материал, для того чтобы он показывал температуру корпуса а не теплового потока;
- 4) при наличии нескольких датчиков температуры, один помещается на компонент, а другой на печатную плату около него, таким образом можно контролировать температуру компонента и области нагрева;
- 5) формирование (с помощью органов управления паяльной станции) теплового режима, соответствующего безопасной для компонента температуре (соответствующего термопрофилю);
- 6) неразрушающий контроль паяных соединений при помощи оптической и рентгеновской инспекции;
- 7) контроль параметров электрических соединений с помощью специализированных стендов;
- 8) на основании контроля качества делается заключение о пригодности применения данного режима пайки;
- 9) при демонтаже компонента необходимо использовать вакуумный пинцет или специализированный экстрактор, при этом термопрофиль устанавливается такой же как для монтажа.

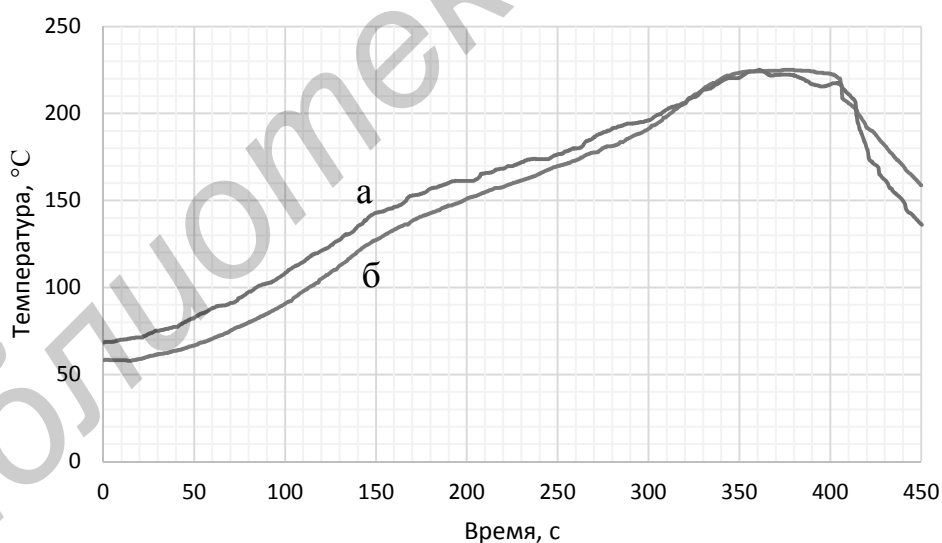
Следующий раздел посвящен исследованиям температурных полей. Для контроля температуры в рабочей зоне (зоне пайки) используют устройства термопрофилирования, которые способны нести в памяти множество различных профилей пайки в том числе для бессвинцовой технологии и производить запись термопрофиля текущего процесса с целью дальнейшей его оптимизации. Методика контроля качества паяных соединений заключается в проведении рентгеновского контроля электронного модуля, для обнаружения дефектов:

– пропущенные соединения из-за неправильно размещенного припоя на площадке, пропущенного шарика припоя на BGA или на перевернутом кристалле;

- перемычки припоя между контактами, т.е. короткое замыкание. Образуются из-за избытка припоя или неправильного его нанесения на один или оба соседних контакта. Выявляются в рентгеновском изображении как темные соединения между контактными площадками ПП. В процессе испытаний ПУ при электрической нагрузке перемычки могут вызвать выход из строя изделия;
- раковины в паяльной пасте. Проявляются как светлые пятна внутри темного участка шарика припоя в рентгеновском изображении. Допустимая норма: площадь раковин не должна превышать 20% площади BGA;
- обрывы соединений. Это холодная пайка, происходит из-за недостаточного расплавления припоя между BGA и контактной площадкой;
- неточное совмещение паяльной маски, BGA и паяльной пасты. Приводит к тому, что выводы компонентов не соприкасаются с припоем или контактной площадкой. Рентгеновское изображение не точно совмещенных элементов демонстрирует темные шарики припоя, слегка сдвинутые относительно более светлых контактов ПП.

В четвертой главе описаны проведенные экспериментальные исследования ИК нагрева при сборке и монтаже электронных модулей.

Исследование проводилось на лабораторном макете, в состав которого входили: блок питания, измеритель температуры, источник инфракрасного нагрева – керамический нагреватель *SHTS/4 Elstein*. Реальный термопрофиль, полученный в процессе пайки изображен на рисунке 1.



а) термопара; б) инфракрасный датчик

Рисунок – Термопрофиль пайки BGA

Пятая глава содержит практические рекомендации по использованию результатов исследования. При использовании керамических ИК нагревателей для монтажа/демонтажа электронных компонентов предпочтительнее использовать в качестве теплоносителя инертный газ, поскольку он переносит большее количество теплоты в рабочую зону, что способствует уменьшению вре-

мени температурного воздействия на печатную плату, не приводит к окислению выводов компонентов и контактных площадок при воздействии высокой температуры и способствует более равномерному распределению температуры по поверхности печатной платы.

Термопрофиль пайки (время, температура и т. д.) определяется типом BGA. При проектировании схемотехники и конструкции следует учитывать необходимость подбора BGA-компонентов с одинаковым термопрофилем пайки. Типовые резисторы, конденсаторы в корпусах типа SMD 0402...1206 рекомендуется паять по типовому термопрофилю, включающему такие этапы как преднагрев, термовыдержку, оплавление и охлаждение. Преднагрев с термовыдержкой рекомендуется проводить не более четырех минут с максимальным градиентом, равным 2,5 град/с, при том, что термовыдержка проводится не более двух минут. На этапе оплавления припоя минимальная температура пайки должна быть на 5...10 °С выше эвтектической температуры плавления припоя, а максимально допустимая температура должна быть по меньшей мере на 5...10 °С ниже температуры пластификации корпуса монтируемого электронного компонента из термопластичного материала (если таковой используется). Что касается времени – компоненты следует держать на данном этапе до обеспечения требуемого смачивания выводов компонентов. Этот этап составляет не более 85 с. На этапе охлаждения допустимый максимальный градиент температур составляет 4 град/с, а рекомендуемый 2 град/с или менее.

Для электронных компонентов в корпусах типа PBGA/HL-PBGA рекомендуется скорость предпрогрева 1...3 град/с до максимального значения температуры 100...140 °С. Этап термовыдержки и активации флюса должен находиться в диапазоне 120...170 °С не более 120 секунд. Время оплавления шариков припоя – 45...120 с при температуре более 183°С, но не выше 205...225 °С. Этап охлаждения рекомендуется осуществлять со скоростью 2...3 град/с.

При наличии BGA-компонентов с разными циклограммами пайки на плату необходимо первоначально устанавливать только BGA с минимальными температурами пайки. Остальные BGA-компоненты следует устанавливать и паять после того на ремонтном центре.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В работе выполнено трехмерное компьютерное моделирование тепловых полей в пакете *Solidworks 2014 FlowSimulation* и исследованы процессы инфракрасного нагрева. На основе полученных результатов исследований были сделаны следующие выводы:

2. Компьютерная модель печатной платы не в полной мере учитывает внутреннее распределение и размеры медных дорожек по слоям конкретной печатной платы (нами использовалась усредненная модель). Также модель не учитывает влияния на распределение температурного поля крупных (теплоемких) компонентов установленных на печатную плату. Поэтому при решении задачи пайки BGA на реальную плату следует учитывать эти особенности.

3. В результате моделирования параметров инфракрасного нагрева установлено: в результате температура нагрева в зоне монтажа компонента увеличивается на 13...15 %, а нагрев платы снижается на 15...17 %; минимальный нагрев многовыводного электронного компонента при оптимальном расстоянии от нагревателя до платы 28,8 мм и применении защитной маски. Картина теплового поля на печатной плате зависит не только от конфигурации верхнего нагревателя, но и во многом от свойств самой печатной платы.

4. Полученные при моделировании оптимальные температурно-временные режимы пайки ИК излучением позволяют обеспечить бездефектную пайку многовыводных микросхем, с градиентом тепловых полей порядка 20...30 °С, и разностью механических напряжений в электронном модуле не превышающими 5...10 МПа. Для исследования термопрофилей инфракрасного нагрева с применением компьютера разработана методика, основывающаяся на результатах моделирования и особенностях монтажа инфракрасными источниками, позволяющая проводить натурные эксперименты процесса ИК пайки с извлечением информации как о термопрофиле пайки, так и о распределении температурных полей по поверхности печатной платы с последующей оценкой качества паяных швов. Разработана методика контроля качества паяных соединений SMD-компонентов с помощью рентгенографии на базе системы *HPP5DX* фирмы *Hewlett-Packard*.

Необходимостью является применение двухстороннего нагрева, поскольку это позволяет равномерно распределить напряжение на печатной плате, что существенно снижает деформацию в области нагрева. При нагреве печатной платы только со стороны установки микросхемы возникает большой градиент температур печатной платы, равный (8...10) °С/10 мм. В результате возникает градиент напряжений (15 МПа), который приводит к деформации печатной платы и как следствие к нарушению электрического контакта. Для того, чтобы сгладить разность температур и уменьшить разницу напряжений применяют двухсторонний нагрев, а также принудительную конвекцию однако напряжения, возникающие на плате возрастают, но распределяются равномерно.

В результате проведенных исследований, было принято решение признать оптимальной конструкцию системы инфракрасного нагрева с обеспечением двухстороннего нагрева, благодаря которому удалось избежать механических повреждений печатной платы и максимально точно повторить параметры рекомендуемого производителем термопрофиля, что позволило избежать таких дефектов как непропай, коробление печатной платы, нарушение целостности печатных проводников, отслаивание контактных площадок.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1] Лавор, Т.Э. Воздействие ультразвуковых полей и электрического тока на диффузию при пайке / Т.Э. Лавор // Новые направления развития приборостроения. Материалы 8-й Международной НТК молодых ученых и студентов. – Минск: БНТУ, 2015 – С. 278.

[2] Лавор, Т.Э. Анализ методов и устройств инфракрасного нагрева для сборки и монтажа электронных модулей с SMD-компонентами / Т.Э. Лавор // Компьютерное проектирование и технология производства электронных систем: 51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. – Минск, 2015 – С. 214–215.

[3] Лавор, Т.Э. Моделирование инфракрасной системы нагрева и оптимизация ее параметров / Т.Э. Лавор // Компьютерное проектирование и технология производства электронных систем: 51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. – Минск, 2015 – С. 216–217.

[4] Лавор, Т.Э. Применение инфракрасного нагрева для монтажа и демонтажа поверхностно монтируемых компонентов / Т.Э. Лавор, А.И. Лаппо // Технологии в электронной промышленности, 2015, №3 – С. 60–62.

[5] Лавор, Т.Э. Моделирование инфракрасных источников нагрева для пайки VGA корпусов / Т.Э. Лавор // Компьютерное проектирование и технология производства электронных систем: 51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. – Минск, 2015 – С. 369–370.

[6] Лавор Т.Э. Проблемы монтажа электронных компонентов на печатную плату с использованием технологии инфракрасного нагрева. / Т.Э. Лавор // Современные средства связи. Труды XX Международной НТК. – Минск: ВГКС, 2015. – С. 50–51.

[7] Лавор, Т.Э. Оптимизация параметров инфракрасного нагрева для монтажа электронных компонентов / Лавор Т. Э., Хотькин В.Т., Ланин В.Л. // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С. 2013, № 12. – С. 78–82.

РЭЗІЮМЭ
Лавор Цімафей Эдуардавіч
Мадэляванне і аптымізацыя працэсаў мантажу SMD кампанентаў у
электронных модулях

Ключавыя словы: фарміраванне кантактных злучэнняў, інфрачырвоны нагрэў.

Мэта працы: даследаваць працэсы мантажу SMD кампанентаў у электронных модулях з дапамогай інфрачырвонага нагрэву і стварыць трохмерную кампутарную мадэль для аптымізацыі фізічных працэсаў стварэння кантактных злучэнняў.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: у рабоце выканана трохмернае камп'ютэрнае мадэляванне цеплавых палёў у пакеце Solidworks 2014 FlowSimulation і даследаваны працэсы інфрачырвонага нагрэву. Вынікі мадэлявання дазваляюць аптымальным чынам падабраць тэхналагічныя рэжымы, што дасць магчымасць забяспечыць бездэфектную пайку многавывадных мікрасхем у аптымальных тэмпературна-часавых рэжымах паяння ВК выпраменьваннем, з градыентам цеплавых палёў парадку 20 ... 30 ° С, і розніцай механічных высілкаў у электронным модулі не перавышаюць 5 ... 10 Мпа.

Ступень выкарыстання: вынікі ўкаранёны ў навучальны працэс на кафедры праектавання інфармацыйна-камп'ютэрных сістэм у якасці матэрыялаў лекцыйнага і лабараторнага курсаў па дысцыпліне «Канструяванне і тэхналогія электронных прылад» для студэнтаў напрамкі спецыяльнасці 1-39 сакавіка 2. "Электронныя сістэмы бяспекі».

Вобласць ужывання: праектаванне і тэхналогіі фарміравання кантактных злучэнняў. адэляванне

РЕЗЮМЕ

Лавор Тимофей Эдуардович

Моделирование и оптимизация процессов монтажа SMD компонентов в электронных модулях

Ключевые слова: формирование контактных соединений, инфракрасный нагрев.

Цель работы: исследовать процессы монтажа SMD компонентов в электронных модулях с помощью инфракрасного нагрева и создать трехмерную компьютерную модель для оптимизации физических процессов создания контактных соединений.

Полученные результаты и их новизна: в работе выполнено трехмерное компьютерное моделирование тепловых полей в пакете Solidworks 2014 FlowSimulation и исследованы процессы инфракрасного нагрева. Результаты моделирования позволяют оптимальным образом подобрать технологические режимы, что позволит обеспечить бездефектную пайку многовыводных микросхем в оптимальных температурно-временных режимах пайки ИК излучением, с градиентом тепловых полей порядка 20...30 °С, и разностью механических напряжений в электронном модуле не превышающими 5...10 МПа.

Степень использования: результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем в качестве материалов лекционного и лабораторного курсов по дисциплине «Конструирование и технология электронных устройств» для студентов направления специальности 1-39 03 02 «Электронные системы безопасности».

Область применения: проектирование и технологии формирования контактных соединений.

SUMMARY

Lavor Timofey

Modelling and optimization of the process of installation of SMD components in electronic modules

Keywords: formation of contact connections, infrared heating.

Objective: To explore the process of installation of SMD components in the electronic module using infrared heating and create a three-dimensional computer model of the physical processes in order to optimize the creation of contact connection.

The results and their novelty: the three-dimensional computer simulation performed Teplov field in the packet FlowSimulation Solidworks 2014 and studied the processes infrared heating. The simulation results allow to optimally choose the technological regime that will ensure defect-free rations multiterminal chips in optimum time-temperature regime soldering infrared radiation, with gradients Teplov field of about 20 ... 30 ° C, and the difference in the mechanical stresses in the electronic module does not exceed 5 ... 10 MPa .

Extent of use: results introduced in the educational process at the department of design information and computer systems etc. The quality of materials and laboratory coursework lecture on the subject "Design and technology of electronic devices" for students of the specialty areas of 1-39 03 02"Electronic security systems".

Field application: Design and the formation of social contact connection.