

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

УДК 621.791.318.4

Лаппо  
Александр Игоревич

Технология инфракрасной пайки поверхностно-монтируемых электронных компонентов с применением высокотемпературных керамических нагревателей

**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, 2015

## ВВЕДЕНИЕ

Современное производство изделий электроники невозможно без разработки новых технологий и оборудования групповой пайки, которое обеспечит качественные паяные соединения при возросшей сложности и плотности монтажа поверхностно монтируемых компонентов. Поверхностно монтируемые компоненты (SMD) в корпусах: 01005, 0805, 1210, *MELF*, *SOD*, *SOT*, *PLCC*, *QFP*, *BGA* и т.д., нашли повсеместное применение в различной электронной технике: мобильный телефон, персональный компьютер, бытовых и промышленный приборах.

Популярность инфракрасной технологии пайки обусловлена развитием электроники, минимизацией и сложностью электронных корпусов, увеличением плотности поверхностного монтажа. Сам принцип использования инфракрасного излучения используется давно. Поверхностный монтаж в инфракрасных печах пришел на смену конвекционным печам. Это позволило лучше поддерживать необходимый температурный профиль пайки, и не требовало предварительного приклеивания компонентов к плате.

Инфракрасные паяльные станции идеальны для работы с бессвинцовыми припоями. Инфракрасные керамические нагреватели за счет большой температуры нагрева и высокой инерционности поддерживают стабильную температуру, что очень важно для бессвинцовой пайки. В инфракрасных паяльных станциях применяют излучатели, с помощью которых возможно достижение высокой температуры за минимальное время.

Технология ИК пайки зарекомендовавшая себя рядом достоинств, такими как: высокая скорость нагрева; возможность управления термопрофилем; избирательность нагрева. Данная технология для увеличения качества монтажа и демонтажа поверхностных компонентов требует дальнейшего развития.

Основным фактором, обеспечивающий качество паяных соединений поверхностно монтируемых компонентов в процессе монтажа, и сохранности ремонтируемого изделия во время демонтажа неисправного компонента, является правильный выбор источника нагрева. Применение инфракрасных (ИК) источников позволяет осуществить локальный нагрев, уменьшить время нагрева ремонтируемого изделия и снизить риск повреждения электронного компонента.

Для выбора источников ИК нагрева необходим анализ тепловых полей, оценка влияния расстояния от нагревателя до печатной платы на равномерность и скорость нагрева.

## **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. Государственная программа научных исследований ГПНИ «Функциональные и машиностроительные материалы, наноматериалы» на 2014-2015 гг., ГБЦ 14-3128 по теме «Формирование микро- и наноструктурированных контактных соединений в микропроцессорных электронных модулях».

2. ГБЦ № 14-3086 «Разработка бессвинцовых материалов, модифицированных графеном, и материаловосберегающих технологий для контактных соединений в изделиях электроники».

### **Цель и задачи исследования**

Целью диссертации является исследование процесса формирования паяных соединений при проведении монтажа поверхностно монтируемых компонентов инфракрасным излучением.

Для достижения поставленной цели необходимо было выполнить следующие задачи:

1. Повести анализ используемых диапазонов инфракрасного излучения в технологии монтажа, современных технологических установок на базе инфракрасных излучателей, установить требования и характеристики поверхностно монтируемых компонентов.

2. Разработать модель и провести моделирование процессов нагрева поверхностно монтируемых компонентов на электронном модуле, с использованием галогенной инфракрасной лампы накаливания и керамического высокотемпературного нагревателя.

3. Разработать методики исследования нагрева галогенной инфракрасной лампы накаливания и керамического высокотемпературного нагревателя, а также контроля качества паяных соединений.

4. Провести исследование нагрева галогенной инфракрасной лампы накаливания и керамического высокотемпературного нагревателя. Провести анализ полученных соединений SMD компонентов на соответствие критериям качества электронных сборок, стандарта IPC-A-610D.

5. Подготовить практические рекомендации по использованию результатов исследования.

#### **Личный вклад соискателя**

Все основные научные результаты, представленные в работе, получены соискателем самостоятельно. В диссертации изложены результаты научно-исследовательских работ, выполненных автором лично (2 публикации) и в соавторстве (6 публикации). В публикациях с соавторами личный вклад соискателя заключается в разработке методик исследований, постановке основных экспериментов, проведении теоретических и экспериментальных исследований.

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: XIX международной научно-технической конференции «Современные средства связи»; 7-й международной научно-технической конференции «Приборостроение – 2014»; международной научно-технической конференции «INTERMATIC – 2014»; Белорусско-Китайский молодежный инновационный форум «Новые горизонты 2014»; 8-й международной научно-технической конференции «Новые направления развития приборостроения»; 51 научно-технической конференции студентов и магистрантов БГУИР и публикациях: техническом журнале «Технологии в электронной промышленности. №3, 2015».

#### **Опубликованность результатов диссертации**

По материалам диссертации опубликовано 8 печатных работ, из них 7 статьи в материалах научных конференций, 1 статьи в периодических научных журналах.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертация состоит из Введения, пяти глав, Заключение, списка цитируемой литературы из 30 наименований. Общий объем диссертации 56 страниц, в том числе 59 иллюстрации и 10 таблиц.

Во Введении приводится обоснование актуальности работы.

Первая глава носит обзорный характер. В ней приводятся характеристика инфракрасного излучения. Типы и особенности корпусов поверхностно монтируемых компонентов. Дается обзор современных технологических установок на базе инфракрасных излучателей.

Вторая глава посвящена разработке методики моделирования, создание математических и физических моделей в программном комплексе SolidWorks. Также представлены результаты моделирования для галогенной инфракрасной лампы накаливания и керамического высокотемпературного нагревателя, и проведен анализ и выявление закономерностей. Определены оптимальные параметры инфракрасного нагрева.

Третья глава содержит методики исследования тепловых полей и термопрофилей инфракрасного нагрева с применением персонального компьютера, а также контроля на соответствие критериям качества электронных сборок, стандарту IPC-A-610D.

В Четвертой главе диссертации представлены:

- Термопрофили пайки галогенной ИК лампой накаливания КГМ 30/300 и керамическим ИК нагревателем *Elstein SHTS/4*.
- Термопрофили пайки керамическим ИК нагревателем *Elstein SHTS/4* с выявлением закономерности скорости пайки от расстояния между излучателем и печатной платой на которую производится монтаж.
- Тепловые поля отражающие скорость нагрева излучателями: галогенной ИК лампой накаливания КГМ 30/300 и керамическим ИК нагревателем *Elstein SHTS/4*.
- Рисунки полученных качественных и дефектных паянных соединений поверхностно монтируемых компонентов, с разъяснениями причины их появления и методов устранения.

Пятая глава даёт практические рекомендации по использованию результатов исследования. Представлен порядок проведения монтажа на разработанной ИК станции.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ИК излучение в диапазоне длин волн от 1,5 до 10 мкм (средняя ИК-область спектра) – лучше подходит для пайки SMD компонентов, в связи с глубоким проникновением энергии в объем нагреваемых поверхностей и равномерный прогрев паяльных соединений.

По результатам моделирования в программном комплексе *SolidWorks* 2012 керамический высокотемпературный нагреватель *Elstein SHTS/4*, имеет неравномерность прогрева печатной платы: 3 – 4%, корпусов: 8 – 12%, для галогенной лампы КГМ 30/300, неравномерность прогрева печатной платы составила 34 – 36%, и для корпусов: 26 – 44.

Для галогенной лампы накаливания характерен нагрев сосредоточенный в центре в форме круга диаметром около 15 мм.

Увеличению расстояния между платой и нагревателем снижает скорость нагрева в 2 раза на каждые 10 мм для ближневолновых нагревателей и в 1,5 для средневолновых.

Исследование температурных полей нагрева галогенной лампы накаливания, свидетельствует о высокой неравномерности процесса пайки, где максимальная скорость нагрева равная 20 – 22°C/с была зафиксирована на расстоянии 4 – 7мм от центра исследуемого печатного модуля.

Керамического ИК нагреватель, показал в среднем одинаковую максимальную скорость составила 3 – 4°C/с на поле в радиусе 25мм от центра.

Монтаж SMD компонентов на разработанной установке соответствуют критериям качества электронных сборок стандарта *IPC-A-610D*.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

[1] Лаппо, А.И. Моделирование тепловых полей инфракрасных источников нагрева / А.И. Лаппо //51 научно-техническая конференция студентов и магистрантов: Тезисы докладов – Минск, БГУИР, 2015. – С.21 – 22.

[2] Лаппо, А. И. Тепловые поля инфракрасных источников нагрева для монтажа электронных компонентов / А.И. Лаппо, В.Л. Ланин // Новые горизонты 2014: Материалы Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума. – Минск, БНТУ, 2014 – С.71 – 72.

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

[4] Лаппо, А.И. Термопрофили инфракрасной пайки ближнего и среднего диапазона излучения / А.И. Лаппо // Новые направления развития приборостроения: Материалы 8-й международной научно-технической конференции – Минск, БНТУ, 2015 – С. 46.

[5] Ланин, В.Л. Инфракрасная паяльная станция с микроконтроллерным управлением / В.Л. Ланин, А.И. Лаппо // Современные средства связи: Материалы XIX международной научно-технической конференции – Минск, ВГКС, 2014 – С.95 – 97.

[6] Лаппо, А.И. Микроконтроллерное управление инфракрасной пайкой поверхностно монтируемых компонентов / А.И. Лаппо, В.Л. Ланин // Приборостроение – 2014: Материалы VII международной научно-технической конференции – Минск, БНТУ, 2014 – С. 338 – 340.

[7] Ланин, В.Л. Формирование шариковых выводов из припоя для монтажа корпусов bga в электронных модулях / В.Л. Ланин, В.Т. Хотькин, А. И. Лаппо // INTERMATIC – 2014: Материалы международной научно-технической конференции – М.: МИРЭА, 2014 – С.129 – 132.

[8] Ланин, В.Л. Повышение прочности паяных соединений бессвинцовыми пропоями / В.Л. Ланин, А.И. Лаппо // Новые горизонты 2014: Материалы Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума – Минск, БНТУ, 2014 – С.69 – 70.