

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

УДК 621.365.51

Васильев
Алексей Сергеевич

**Поверхностный монтаж электронных модулей с активирующим
воздействием концентрированных потоков электромагнитной энергии
среднечастотного диапазона**

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-38 80 03

«Приборы, системы и изделия медицинского назначения»

Научный руководитель
Ланин Владимир Леонидович
д.т.н., профессор

Минск 2017

ВВЕДЕНИЕ

Поверхностный монтаж — технология изготовления электронных модулей на печатных платах с использованием безвыводных компонентов, а также связанные с данной технологией методы конструирования печатных узлов.

Данная технология является наиболее распространенным на сегодняшний день методом конструирования и сборки электронных модулей на печатных платах. Основным ее отличием от «традиционной» технологии монтажа в отверстия является то, что компоненты монтируются на поверхность печатной платы, однако преимущества технологии поверхностного монтажа печатных плат проявляются благодаря комплексу особенностей элементной базы, методов конструирования и технологических приемов изготовления печатных узлов.

Основным отличием поверхностного монтажа от «традиционной» технологии сквозного монтажа в отверстия является то, что компоненты монтируются на поверхность печатной платы, однако преимущества технологии поверхностного монтажа печатных плат проявляются благодаря комплексу особенностей элементной базы, методов конструирования и технологических приемов изготовления печатных узлов.

Данная технология позволила существенно уменьшить массу и габариты печатных узлов, улучшить электрические характеристики и повысить технологичность сборки устройств на печатных платах. Также поверхностный монтаж SMD-компонентов в электронных модулях повышает плотность монтажа, что в свою очередь ставит задачи по локализации нагрева в рабочей зоне. Активирующее воздействие потоков электромагнитной энергии обеспечивает уменьшение затрат на эксплуатацию оборудования и повышение качества паяных соединений. Одним из самых перспективных ~~непопулярных~~ методов воздействия электромагнитной энергией является индукционный высокочастотный нагрев.

Индукционные устройства на магнитопроводе способны с высокой точностью поддерживать температуру нагрева деталей при высокой теплоотдаче в процессе монтажной пайки. Максимальная скорость нагрева при оптимальных параметрах процесса достигает $80\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$, что позволяет реализовать бесконтактный нагрев небольших по размеру деталей в зазоре магнитопровода индуктора. Воздействие энергии электромагнитного поля позволяет осуществить не только высокопроизводительный бесконтактный нагрев деталей с помощью наведенных в них вихревых токов ВЧ, но и активировать

припой за счет вихревых токов и пондеромоторных сил, и улучшить его растекание по паяемым поверхностям.

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, электронно-оптической и медицинской техники»

Цель и задачи исследования

Целью диссертации является исследование активирующего воздействия концентрированных потоков электромагнитной энергии и его использование для поверхностного монтажа электронных модулей

Для достижения поставленной цели необходимо было выполнить следующие задачи:

1. Анализ технологии пайки электронных SMD-компонентов с применением концентрированных потоков электромагнитной энергии.
2. Компьютерное моделирование процессов пайки SMD-компонентов с применением концентрированных потоков электромагнитной энергии.
3. Исследование и оптимизация процесса поверхностного монтажа с применением концентрированных потоков электромагнитной энергии среднечастотного диапазона.

Объект исследования – электронные модули с поверхностно-монтируемыми компонентами.

Предмет исследования – компьютерное моделирование формирования контактных соединений в электронных модулях с активирующим воздействием концентрированных потоков электромагнитной энергии среднечастотного диапазона.

Научная новизна и значимость полученных результатов. В работе выполнено компьютерное моделирование формирования контактных

соединений в электронных модулях с помощью программного комплекса *COMSOL Multiphysics* и исследованы процессы высокочастотного индукционного нагрева. Результаты моделирования позволяют оптимальным образом подобрать технологические режимы, что позволит обеспечить бездефектную пайку микросхем в оптимальных температурно-временных режимах пайки высокочастотным электромагнитным излучением, с величиной смещения компонентов в электронном модуле не превышающими 50...100 мкм.

Положения, выносимые на защиту

1. Компьютерные модели процесса индукционного нагрева в зазоре магнитопровода, распределение мощности нагрева,

2. Методики контроля качества паяных соединений SMD-компонентов, температурных полей при различных частотах и величинах зазора магнитопровода.

3. Экспериментально установленные оптимальные режимы пайки активирующим воздействием концентрированных потоков электромагнитной энергии, позволяющие снизить неравномерность нагрева печатных плат в процессе монтажа/демонтажа поверхностно-монтируемых компонентов и внутренние механические напряжения в электронном модуле.

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: II международной научно-практической конференции «Topical Problems of Modern Science and Possible Solutions»; XIX международной научно-технической конференции «Современные средства связи»; 9-й международной научно-технической конференции «Приборостроение – 2016»; 9-й международной научно-технической конференции молодых ученых и

студентов «Новые направления развития приборостроения»; Белорусско-Китайский молодежный инновационный форум «Новые горизонты – 2016»; Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения»; 52 научно-технической конференции студентов и магистрантов БГУИР; а также публикациях: в журнале «Технологии в электронной промышленности. №5, 2015».

Опубликованность результатов диссертации

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

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертация состоит из Введения, пяти глав, Заключение, списка цитируемой литературы из 48 наименований. Общий объем диссертации 60 страниц, в том числе 30 иллюстрации и 6 таблиц.

Во Введении приводится обоснование актуальности работы.

Первая глава носит обзорный характер. В ней приводятся характеристика технологий воздействия концентрированными потоками электромагнитной энергии. Типы и особенности корпусов поверхностно монтируемых компонентов. Дается обзор современных технологических установок на базе высокочастотного индукционного нагрева.

Вторая глава посвящена разработке методики моделирования, создание математических и физических моделей в программном комплексе SolidWorks. Выполнено моделирование процесса индукционного нагрева в зазоре магнитопровода, а также распределение мощности нагрева по глубине и вдоль детали.

Третья глава содержит методики исследования электромагнитных полей и контроля качества паяных соединений SMD-компонентов и схема расчета параметров магнитопровода с немагнитным зазором.

В Четвертой главе диссертации представлены результаты исследования электромагнитных полей и термопрофилей, а также результаты контроля качества паяных соединений SMD-компонентов.

Пятая глава даёт практические рекомендации по точности позиционирования и установки SMD-компонентов. Представлен технологический процесс сборки электронных модулей с поверхностно-монтируемыми компонентами.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Благодаря простоте конструкции, высокой локализации нагрева, высокой плотности энергии и короткому времени нагрева, а также экологичности процесса наиболее оптимальным методом пайки малогабаритных электронных модулей и SMD-компонентов является индукционный нагрев в зазоре магнитопровода.

По результатам моделирования в программном комплексе *COMSOL Multiphysics*, 90% энергии электромагнитного поля выделяется на расстоянии 2 мм от края детали. Лучше всего это заметно на стальной детали. С ростом зазора мощность нагрева падает, но при этом увеличивается нагрев по остальному объему детали. Введение экрана из магнитного материала увеличило мощность нагрева в зоне до 2 мм от края детали на 50%, но при этом значительно уменьшило распределение мощности нагрева внутри объема детали. Наибольшая мощность нагрева характерна для металлов с наибольшей электропроводностью, т.е. Для меди. Плотность вихревых токов с повышением частоты увеличивается, так как сильнее сказывается скин-эффект. Скоростью и температурой нагрева можно управлять, изменяя величину тока в обмотках возбуждения.

Анализ температурных зависимостей в зоне нагрева показал, что магнитные материалы, такие как никелевые сплавы, нагреваются с большей скоростью, а затем в результате магнитных превращений скорость нагрева падает. Поэтому такая конструкция индукционного устройства рациональна для конструкционной пайки изделий небольших размеров из металлов и сплавов при полном перекрытии зазора магнитопровода.

Скорость нагрева электромагнитным полем растет в зависимости от частоты, поскольку уменьшается глубина проникновения электромагнитного поля в проводящий материал и в большей степени выражен поверхностный эффект. Максимальная скорость нагрева при полной выходной мощности генератора достигает 80 °C/с, что позволяет реализовать бесконтактный нагрев небольших по размеру деталей в зазоре магнитопровода индуктора.

Для снижения погрешности при монтаже SMD-компонентов необходимо использовать оптимальное количество паяльной пасты, так как если пасты недостаточно или слишком много, то растет погрешность позиционирования. С увеличением количества выводов и, тем самым, сложности компонента, точность позиционирования SMD повышается, что влечет за собой улучшение качества сборки электронных модулей.

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

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

[1] Васильев, А.С. Моделирование процесса индукционного нагрева в зазоре магнитопровода/ А.С. Васильев // 52 научно-техническая конференция студентов и магистрантов: Тезисы докладов – Минск, БГУИР, 2016. – С.45 – 46.

[2] Vasilyev A. Surface mounting of electronic assemblies with the use of manipulators – Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Scientific Issues of the Modernity, Vol. 1 (September 24-25, 2015, Dubai, UAE)". - Dubai.: Rost Publishing, 2015. – P. 12-14.

[3] Ланин В.Л., Васильев А.С. Модификация составов бессвинцовых припоев адгезионно-активными металлами / Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. Матер. конф. INTERMATIC, Москва 1–5 декабря 2015. М.: МИРЭА. – С. 157 – 160.

[4] Васильев, А. С. Высокочастотный нагрев в зазоре магнитопровода / А. С. Васильев, В. Л. Ланин // Новые направления развития приборостроения: материалы 9-й международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, Минск, 20–22 апреля 2016 г.: в 2 т. / Белорусский национальный технический университет; – Минск, 2016. – Т. 1. - С. 137-138.

[5] Васильев, А.С. Манипуляторы для поверхностного монтажа электронных модулей / А.С. Васильев // Технологии в электронной промышленности 2015, №5 – с. 40 – 44.

[6] Vasilyev A.S. The research of inductive heating process in the magnetic core gap / А.С. Васильев, В.Л. Ланин // Новые горизонты 2016: Материалы Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума – Минск, БНТУ, 2016 – С. 111 – 112.

[7] Васильев А.С. Моделирование мощности индукционного нагрева в зазоре магнитопровода /А.С. Васильев, В.Л. Ланин // Приборостроение 2016: материалы 9-й международной научно-технической конференции, Минск, 23-25 ноября 2016 г. / Белорусский национальный технический университет; – Минск, 2016. – С. 282-283.

[8] Ланин, В.Л. Высокочастотный инвертор для индукционного преобразователя на магнитопроводе / В.Л. Ланин, Е.А. Литвин, А.С. Васильев // Современные средства связи: Материалы XIX международной научно-технической конференции – Минск, ВГКС, 2015 – С.90 – 91.