

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

УДК 621.791.318.5:621.3.049.77

Колос  
Александр Михайлович

**Лазерная микропайка SMD компонентов при сборке электронных модулей**

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1–41 80 02 Технология и оборудование для производства  
полупроводников, материалов и проборов электронной техники

Магистрант А.М. Колос

Минск 2017

## ВВЕДЕНИЕ

Лазерные технологии являются критически важными для многих областей промышленности. К отраслям, в наибольшей степени нуждающимся в лазерных технологиях, относятся радиоэлектронная промышленность, телекоммуникации, авиакосмическая сфера, металлургия и медицина.

Большое разнообразие интегральных микросхем (ИМС) позволяет разработчикам радиоэлектронной аппаратуры значительно сократить время на ее проектирование, снизить массогабаритные характеристики и повысить надежность. Применение ИМС с планарными выводами и под поверхностный монтаж повышает плотность упаковки элементов в модулях за счет двухстороннего их размещения на плате.

Наиболее перспективным методом монтажа таких ИМС является лазерная пайка в сочетании с применением паяльных паст, дозирование которых возможно в автоматическом режиме пневматическим дозатором. Отличительные особенности данного процесса: локальность теплового воздействия, высокая стабильность температурно-временных режимов, гибкое регулирование подводимой тепловой энергии, отсутствие контакта с паяемым изделием, высокая производительность, возможность автоматизации, высокое качество и надежность паяных соединений [1]. Лазерное излучение может быть сфокусировано в пятно диаметром около 0,1 мм, что в сочетании с высокой плотностью мощности излучения обеспечивает возможность пайки электронных компонентов, не допуская их перегрева и деформации печатных плат. Именно поэтому лазерная пайка является единственным способом, обеспечивающим возможность пайки компонентов, монтируемых на платах, наклеенных на металлические теплоотводы для рассеивания тепла, выделяемого микросхемами при их функционировании.

### **Цель и задачи исследования**

Целью диссертации является исследование лазерной микропайки при сборке в электронных модулях

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

- разработать методику проведения эксперимента процесса для лазерной микропайки SMD элементов;

- разработать систему микроконтроллерной системы управления координатным столиком;
- провести анализ температурных полей в процессе воздействия лазерного излучения;
- провести контроль качества паянных соединений.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы исследования**

Современное использование лазерных систем для микропайки SMD компонентов, характеризуется сложностью формирования технологического процесса, а также высокой стоимостью оборудования.

В диссертации рассматриваются особенности касающиеся лазерной микропайки SMD компонентов при сборке в электронных модулях.

Таким образом, актуальность темы обусловлена необходимостью разработки методики проведения исследования лазерной микропайки SMD компонентов.

### **Степень разработанности проблемы**

Системы лазерной микропайки SMD компонентов, представленные в Республике Беларусь, зачастую обладают недостаточным функционалом, либо имеют высокую стоимость. Поэтому существует необходимость разработки такого всестороннего решения, которое повысит эффективность процесса лазерной микропайки SMD компонентов.

### **Цель и задачи исследования**

Целью диссертации является исследование лазерной микропайки при сборке в электронных модулях

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

- разработать методику проведения эксперимента процесса лазерной микропайки
- разработать систему микроконтроллерной системы управления координатным столиком
- провести анализ температурных полей в процессе воздействия лазерного излучения;
- провести контроль качества паянных соединений.

**Объектом** исследования ПП для монтажа SMD компонентов.

**Предметом** исследования температурные профили паянных соединений получаемых в процессе лазерной микропайки, а также их прочностные характеристики.

### **Область исследования**

Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-41 80 02 Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и проборов электронной техники.

### **Теоретическая и методологическая основа исследования**

В основу диссертации легли работы белорусских и зарубежных ученых в области исследования лазерной микропайки поверхностного монтажа при сборке в электронных модулях.

**Теоретической основой исследований**, являются методы теории лазерной микропайки, теории поверхностного монтажа, работы систем лазерной микропайки. Для оценки эффективности предлагаемых решений используются методы математического и имитационного моделирования.

Данная область науки относительно молода, однако **методологическая основа** для проведения исследований в этой области уже сформирована. Об этом свидетельствуют работы таких ведущих исследователей, как Т.Х. Майман, А. Джаван, А.М. Прохоров, Н.Г. Басов, У. Р. Беннет и др.

**Информационная база** исследования сформирована на основе открытой информации, предоставляемой производителями систем лазерной микропайки, а также материалов научных конференций и семинаров.

**Инструментальной базой** исследований являются программные комплексы САПР такие как ANSYS, SolidWorks. Программные комплексы для работы с данными MicrosoftWord, MicrosoftExcel.

### **Научная новизна**

Научная новизна и значимость полученных результатов заключается в следующем:

- разработана методика проведения эксперимента для исследования процесса лазерной микропайки SMD компонентов при сборке в электронных модулях;
- разработана система микроконтроллерной системы управления координатным столиком;
- разработана методика проведения оценки прочностных характеристик паянных соединений для SMD компонентов при сборке в электронных модулях.

Теоретическая значимость диссертации заключается в том, что в ней предложена методика исследования температурных профилей выводов SMD компонентов.

Практическая значимость диссертации состоит в том, что использование полученных результатов температурных полей выводов SMD компонентов позволит улучшить качественные характеристики процесса лазерной микропайки в дальнейших исследованиях. Также предложенную методику исследования процесса лазерной микропайки SMD элементов при сборке в электронных модулях можно включить в образовательную программу обучения студентов.

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Температурные модели тепловых полей SMD компонентов получаемые в процессе лазерной микропайки.
2. Зависимость усилия на разрыв от времени нагрева лазерным лучом при следующих параметрах пайки:  $V = 0,8 \text{ кВ}$ ,  $f = 12 \text{ Гц}$ ,  $V = 0,8 \text{ кВ}$ ,  $f = 15 \text{ Гц}$ ,  $V = 0,8 \text{ кВ}$ ,  $f = 20 \text{ Гц}$
3. Зависимости температуры от времени нагрева лазерным лучом при следующих параметрах пайки:  $V = 0,8 \text{ кВ}$ ,  $\nu = 10$  импульсов в секунду;  $V = 0,3 \text{ кВ}$ ,  $\nu = 3$  импульса в секунду.

### **Структура и объем работы.**

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав с краткими выводами по каждой главе, общими выводами, заключением, библиографического списка и приложений.

**В первой главе** приведен анализ литературных источников, рассмотрены основные виды лазеров и их особенности, также рассмотрено основное оборудование для лазерной пайки. **Во второй главе** представлено моделирование температурных полей SMD компонентов. **В третьей главе** разрабатывается методика проведения эксперимента. **В четвертой главе** приведены результаты экспериментов, в ходе которых анализируются полученные результаты. **В пятой главе** приводится контроль качества паянных соединений.

Объем диссертационной работы составляет 75 страниц. Работа содержит 39 иллюстраций, 10 таблиц, библиографический список из 27 наименований.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лазерная пайка SMD компонентов имеет особые технологические свойства, заключающиеся в локальности теплового воздействия, отсутствии контакта с паяемым компонентом, высокой производительности процесса, возможности автоматизации, высоком качестве и надежности паяных соединений.

В результате исследований, были определены температурные профили лазерного нагрева, а также зависимости прочности соединения от длительности пайки. Экспериментально установлено, что наиболее оптимальным режимом считается пайка при следующих параметрах:  $f = 15$  Гц,  $t = 16$  с. При этом режиме соединение имеет хорошую прочность, а также требуется меньшее время для пайки.

Преимущества лазерного излучения, по сравнению с инфракрасным, заключаются в высокой локализации мощности в зоне нагрева, безинерционности воздействия, что позволяет вести нагрев импульсами малой длительности, и точно дозировать энергию излучения при малой зоне термического влияния (0,25–2,0 мм).

Для электронных модулей с плотным поверхностным монтажом перспективно использование лазерных управляемых технологических систем со встроенной системой контроля качества соединений.

Оптимизация параметров импульсного лазерного излучения позволяет вести прецизионную скоростную пайку планарных выводов ИМС и многовыводных МабИС к контактным площадкам печатных плат, безвыводных "чиповых" элементов на платы микросборок с высоким качеством, автоматизировать процесс, что наиболее полно отвечает требованиям современной технологии поверхностного монтажа.

Диссертационный проект выполнен самостоятельно, проверен в системе «Антиплагиат». Процент оригинальности составляет 65,9%. Цитирования обозначены ссылками на публикации, указанные в «Списке литературы».

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] OSTEC 2007 ТД Остек-Системы – Кабельные трассы [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://www.ostec.ru/smt>.
- [2] Manko, H. H. Solders and Soldering: Materials, Design, Production and Analysis for Reliable Bonding. N.Y. 2000. – 355 с.
- [3] Whitaker, J. C. Microelectronics. N.Y.: CRC, 2006. – 2566 с.
- [4] Wassink K. R. J. Soldering in Electronics. Ayr, Scotland, Electrochem. Publ., 2002. – 250 с.
- [5] Технология поверхностного монтажа / С.П. Кундас [и др.] – Минск: Армита, 2000. – 350 с.
- [6] Производственно-торговая фирма ООО «ТАБЕРУ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fr4.tabe.ru/fr4.html>
- [7] ЛОТИС ТИ Информация о компании. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.lotis-tii.com/rus/company.php>
- [8] Джюд, М. Пайка при сборке электронных модулей / М. Джюд, К. Бриндли. Пер. с англ. М.: Издательский дом «Технологии», 2006. – 416 с.
- [9] Голдберг, Г. Пайка диодным лазером: следующее поколение бесконтактной пайки / Г. Голдберг // Электронные компоненты. 2004. № 11. С. 43-45.
- [10] Nd:YAG-лазер. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Nd:YAG-%D0%BB%D0%B0%D0%B7%D0%B5%D1%80>
- [12] Ланин, В. Л. Лазерная пайка и микросварка изделий электроники/ В. Л. Ланин // Электронная обработка материалов. 2005. № 3.– С. 79–84.
- [13] Абакумов А. В., Ланин В. Л. Лазерная пайка интегральных микросхем на печатные платы // Радиопромышленность. 1991. № 5.–С. 16–19.
- [14] Lanin, V. L. Laser Soldering Surface Mount Components / V. L. Lanin, V. M. Bondarik, I. A. Zadrutskiy // Elektronika i Elektrotechnika. 1999. № 4. С.22.
- [15] Аллас, А. А. Лазерная пайка в производстве радиоэлектронной аппаратуры / А. А. Аллас. – СПбГУ: ИТМО, 2007. – 134 с.
- [16] ГОСТ 31581-2012 Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий.
- [17] Джюд, М. Пайка при сборке электронных модулей / М. Джюд, К. Бриндли– М.: Издательский Дом «Технологии», 2006. – 416 с.
- [18] Pulsed-laser Heating for Flip Chip Assembly / T. Thorsten; Z. E; A. Ghassem // Advanced Packaging; May/Jun 2006. – С.5–15.
- [19] Аллас, А.А. Лазерная пайка в производстве электронной аппаратуры / А.А. Аллас; под ред. В.П. Вейко. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2007. – 134 с.

- [20] Сборник технических статей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.teh-lib.ru/koe/tverdotelnye-lazery/Vse-stranitsy.html>
- [21] Научно-образовательный проект "Лазерный портал" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.laser-portal.ru/content\\_125](http://www.laser-portal.ru/content_125)
- [22] Энциклопедия физики и техники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.femto.com.ua/articles/part\\_1/0645.html](http://www.femto.com.ua/articles/part_1/0645.html)
- [23] Han's Laser Technology Industry Group Co., Ltd. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hanslaser.ru/products/gazovye-lazery/>
- [24] Сборник технических статей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.teh-lib.ru/koe/poluprovodnikovye-lazery.html>
- [25] Латиком - лазерные технологии и компоненты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.laticom.ru/oborudovanie/lazernaya-svarka-i-naplavka/seriya-mul/mul-1/>
- [26] Сборник технических статей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.teh-lib.ru/koe/poluprovodnikovye-lazery.html>
- [27] ОКБ «БУЛАТ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.laser-bulat.ru/products/lasersystems/lrs/#overview>