

ЛАЗЕРНАЯ МИКРОПАЙКА SMD ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ СБОРКЕ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

© 2016 г. В.Л. ЛАНИН, А.М. КОЛОС

УО «Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники», г. Минск
e-mail: vlanin@bsuir.by

По мере увеличения сложности электронных модулей растет плотность монтажа поверхностно монтируемых SMD (surface mount devices) компонентов. Обеспечение качественных паяных соединений вызывает необходимость совершенствования технологии и оборудования групповой пайки компонентов на плате. Современные технологии лазерной и инфракрасной пайки обеспечивают высокую скорость нагрева, возможность точного соблюдения заданного термопрофиля при формировании паяных соединений с плотным поверхностным монтажом с высокой производительностью. При этом наиболее важными факторами являются: температура предварительного нагрева платы, температура пайки, время пайки, марка паяльной пасты, скорость охлаждения [1]. Применение SMD типа 01005 размером 0,4x0,2 мм вызывает необходимость локализации зоны нагрева при сборке электронных модулей.

Условия современной микроминиатюризации электронных сборок повышают спрос на полностью контролируемый способ селективной пайки лазерным излучением. Он позволяет выполнять пайку в труднодоступных местах изделий при 3D компоновке модулей, а также паять термочувствительные компоненты, дозируя необходимую порцию энергии [2].

Лазерное излучение представляет собой когерентный монохроматический поток энергии, генерируемый оптическим квантовым генератором (ОКГ), имеющий малую расходимость и высокую степень фокусировки для концентрации энергии излучения. Энергия излучения E , падающая на поверхность S , расположенную нормально к направлению распространения излучения, определяется соотношением [3]:

$$E = Pt = qSt = 0,785d^2qt, \quad (1)$$

где P – мощность излучения,
 q – плотность мощности излучения,
 t – время действия излучения,
 d – диаметр пятна излучения.

При фокусировании излучения линзой с фокусным расстоянием F , диаметр пятна излучения составит:

$$d = 2 \cdot F \cdot \operatorname{tg} \theta = 2,44 \cdot \lambda \cdot F / d_0, \quad (2)$$

где θ – угловая расходимость лазерного луча,
 d_0 – диаметр луча на выходе из резонатора.

Повышение плотности мощности в плоскости фокусировки достигается уменьшением F , а также использованием излучения с меньшей длиной волны. Увеличение энергетического выхода осуществляют увеличением плотности мощности или времени.

Разработана методика формирования паяных соединений под воздействием импульсов оптического излучения на лазерной установке ЛОТИС (рис. 1) с выходной энергией 0,15–2,0 Дж и диаметре пятна излучения 0,5–1,0 мм и частоте импульсов 5–10 Гц. Оптическая система формировала пространственные характеристики пучка как инструмента обработки. Фокусное расстояние оптической системы составляло 150 мм. Для наводки оптического излучения и юстировки оптической системы использовался маломощный газовый лазер, излучение от которого вводилось в оптическую систему формирования лазерного излучения с помощью полупрозрачного зеркала. Для позиционирования изделий применен координатный стол с двумя степенями свободы и точностью позиционирования $\pm 0,1$ мм. В установке применена двухконтурная система охлаждения лазера с теплообменным устройством типа «вода-вода» с термостабилизацией охлаждающей жидкости, циркулирующей по замкнутому контуру при помощи жидкостного насоса УО-1 [4].



Рис. 1. Установка лазерной микропайки ЛОТИС.

Исследованы глубина проплавления зоны нагрева объектов лазерным излучением в зависимости от энергии, частоты следования импульсов, смещения зоны нагрева от осевой линии излучателя, диаметра пятна лазерного излучения. Глубина проплавления материала контакта линейно растет с увеличением энергии импульсов и достигает максимума при 5,0 Дж (рис. 2). Показано, что скорость роста температуры на начальном участке зависит от частоты и диаметра луча, так для частоты 10 Гц при диаметре луча 2 мм она равна $200\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$, а для диаметра луча 1 мм – $400\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$.

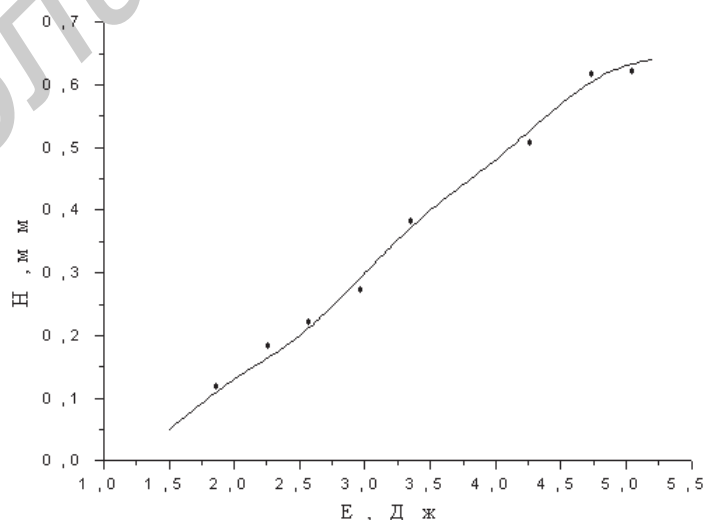


Рис. 2. Зависимость глубины проплавления от энергии излучения: длительность импульса 4 мс, диаметр лазерного пятна 0,5 мм.

Прочность соединений, выполненных лазерной микропайкой, достигает оптимальных значений при 4,0–5,0 Дж (рис. 3).

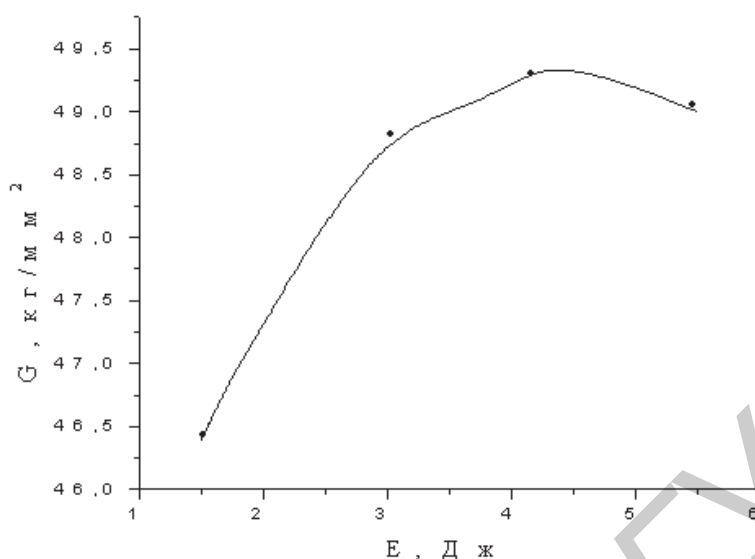


Рис. 3. Зависимость прочности соединений от энергии в импульсе.

Моделирование процесса нагрева лазерным излучением с помощью прикладного программного пакета MathCad 7 Pro в виде серии непрерывно действующих источников теплоты проведено на основе выражения, описывающего изменение температуры контактной площадки в 3-х мерном пространстве. Показано, что для расплавления материала контакта достаточно двух импульсов. В результате построения центрального композиционного ортогонального плана получено уравнение регрессии второго порядка, по которому построены сечения поверхностей отклика параметра оптимизации при частоте лазерного излучения 10 Гц, диаметре луча в зоне нагрева 1 и 2 мм, что позволило оптимизировать температурные режимы пайки соединений SMD компонентов.

Преимущества лазерного излучения, по сравнению с инфракрасным, заключаются в высокой локализации мощности в зоне нагрева, безынерционности воздействия, что позволяет вести нагрев импульсами малой длительности и точно дозировать энергию излучения в малой зоне термического влияния (0,25–2,0 мм). Лазерная пайка является бесконтактным процессом, что исключает внесение загрязнений в паяное соединение, что имеет место при использовании контактных способов пайки. Паяные соединения, выполненные лазерной пайкой, имеют глянцевую поверхность, хорошо сформированные галтели, отличаются повышенными прочностными свойствами. Возможность гибкого регулирования и точного дозирования подводимой энергии позволяет варьировать температуру и время пайки в широких пределах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ланин В.Л. Электромонтажные соединения в электронике. Технология, оборудование, контроль качества / В.Л. Ланин, В.А. Емельянов. – Минск: Интегралполиграф, 2013. – 406 с.
2. Джюд М. Пайка при сборке электронных модулей / М. Джюд, К. Бриндли. Пер. с англ. – М.: Издательский Дом Технологии, 2006 – 416 с.
3. Аллас А.А. Лазерная пайка в производстве радиоэлектронной аппаратуры / А.А. Аллас. Под ред. В.П. Вейко и В.С. Новосадова. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2007. – 134 с.
4. Ланин В.Л. Лазерная пайка при сборке электронных модулей / В.Л. Ланин // Технологии в электронной промышленности. – 2007. – № 6. – С. 40–44.