

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЛАЗЕРНОЙ ПАЙКИ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА

Фам В. Т.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Ланин В. Л. – д-р т. н., профессор

Проведено моделирование процесса лазерной пайки поверхностного монтажа электронных компонентов, в результате чего получены зависимости температуры нагрева от времени и мощности лазерного излучения.

Лазерная пайка является бесконтактным процессом. Это 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 [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.

Лазерное излучение представляет собой когерентный монохроматический поток энергии, генерируемый оптическим квантовым генератором (ОКГ) и имеющий малую расходимость и, следовательно, степень фокусировки для достижения больших значений концентрации излучения. Большинство лазерных технологий основано на тепловом действии излучения, то есть предполагается необходимость нагревания объекта воздействия до заданной температуры [2]. Поэтому главной характеристикой лазера, используемого в таких технологиях, является его мощность. Кроме этого необходимо рассматривать другие основные параметры, характеризующие лазерное излучение: длина волны излучения, длительность воздействия излучения, энергия и частота следования импульсов, а также когерентность, направленность и поляризация излучения [3]. Энергия излучения E , падающая на поверхность S , расположенную нормально к направлению распространения излучения, определяется соотношением:

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

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

Направленность пучка излучения характеризуется углом расходимости пучка и пространственным распределением интенсивности. Распределение интенсивности излучения на выходной апертуре лазера определяется типом используемого резонатора и модовым составом излучения. Для одномодового лазера это распределение описывается распределением Гаусса:

$$I(w) = I_0 \exp\left(-\frac{w^2}{w_G^2}\right), \quad (2)$$

где I_0 – интенсивность излучения на оси пучка, w – текущий радиус (расстояние до оси пучка), w_G – радиус, при котором интенсивность излучения снижается в e раз.

Распространение излучения в веществе описывается законом Бугера:

$$q(x) = q_0(1-R)e^{-\alpha x}, \quad (3)$$

где R – коэффициент отражения, α – коэффициент поглощения излучения материалом, q_0 – плотность мощности излучения.

При исследовании используются параметры реального процесса лазерной пайки, которая происходит при использовании твердотельного ОКГ с длиной волны 1,06 мкм. Уровень мощности: 5-10 Вт, время пайки 1-2 с, фокусировка в зону диаметром 2 мм. Предпочтительны одиночные импульсы или последовательности импульсов с частотой до 10 Гц. Последовательность моделирования включает следующие шаги: навигатор моделирования, общие определения, создание геометрических моделей, получение решения и анализ результата.

В данном исследовании проведено моделирование процесса лазерной пайки поверхностного монтажа при различных режимах работы лазера в среде COMSOL Multiphysics. COMSOL Multiphysics® — это интегрированная платформа для моделирования, включающая в себя все его этапы: от создания геометрии, определения свойств материалов и описания физических явлений, до настройки решения и процесса постобработки, что позволяет получать точные и надежные результаты [4].

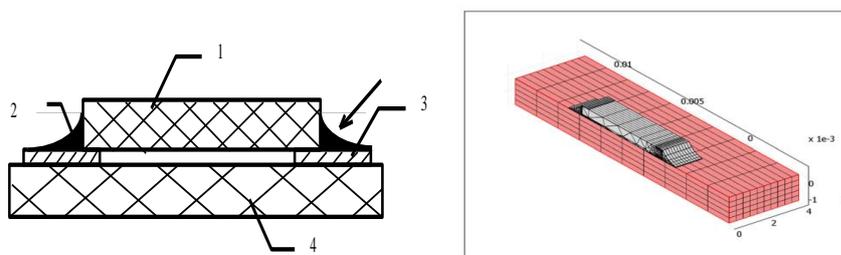


Рисунок 1 – Схема пайки SMD резистора на печатную плату: 1- SMD чип, 2 – припой, 3 – подложка, 4 – плата

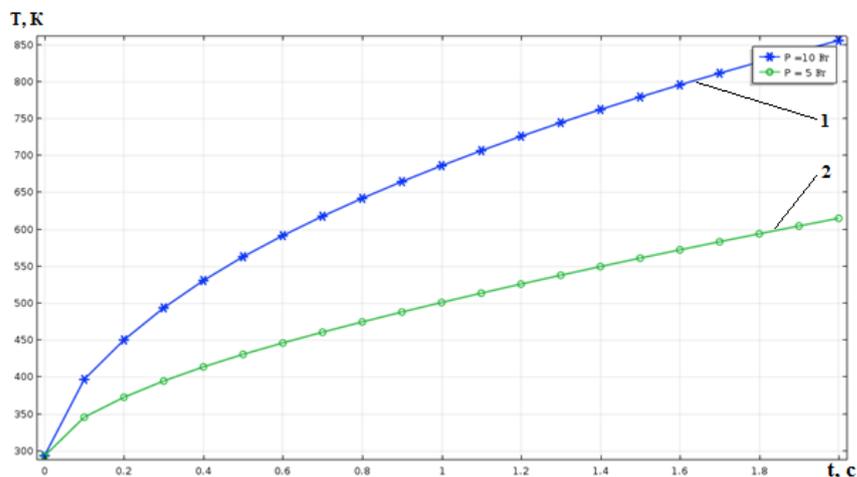


Рисунок 3 – Зависимость температуры контактной площадки во время пайки: 1 – Мощность излучения 10 Вт, 2 – Мощность 5 Вт

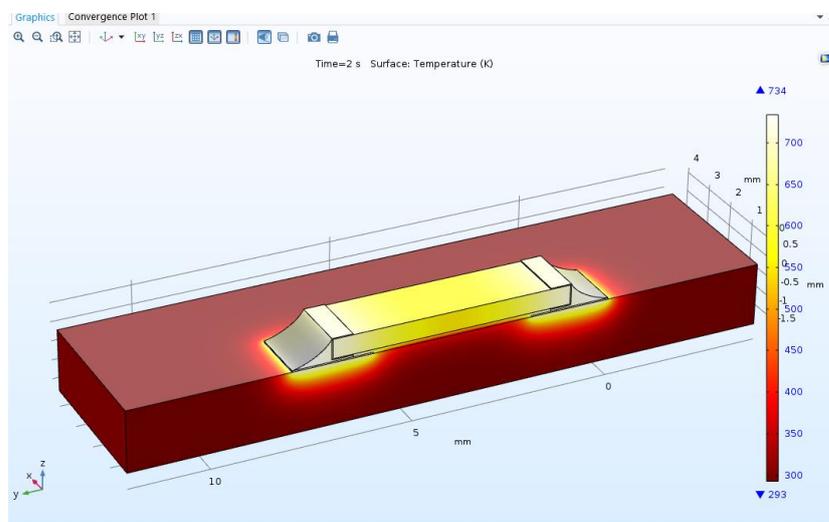


Рисунок 4 – Модель нагрева SMD компонента, P = 8 Вт

В результате моделирования можно отметить, что при мощности лазера 8-10 Вт максимальная температура в зоне пайки достигает 700-850K (около 400-550°C) за время 2 секунды. Такое значение достаточно для плавления припоя, не влияя на качество SMD компонента и печатной платы.

Список использованных источников:

1. Аллас, А.А. Лазерная пайка в производстве электронной аппаратуры / под ред. В.П. Вейко. СПб: СПбГУ ИТМО, 2007. – 15 с.
2. Ланин, В. Л. Лазерная пайка SMD компонентов при высокой плотности монтажа / В.Л. Ланин, А. Первенецкий, А.// Технологии в электронной промышленности. 2018. – №4. –С. 50-53.
3. Вейко В.П., Шахно Е.А. Сборник задач по лазерным технологиям. Изд. 3-е, испр. и дополн. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2007. – 67с.
4. Электронный ресурс: <https://www.comsol.ru/comsol-multiphysics>.