

ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

А.М. КОЛОС, В.Л. ЛАНИН

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», vlanin@bsuir.by

УДК 621.373.826:621.396.69

As a result of modeling of influence of laser radiation at soldering of terminating connections of integrated microcircuits optimum parameters of process are defined: power of radiation, beam radius, influence time.

Лазерное излучение применяют для монтажа электронных модулей ввиду следующих достоинств:

- высокой локализации мощности в зоне нагрева;
- безинерционности воздействия излучения, что позволяет вести нагрев импульсами малой длительности 1–10 мс и очень точно дозировать энергию излучения;
- очень малой зоны термического влияния (0,03–0,25 мм) при минимальном диаметре пятна нагрева до 0,01 мм;
- не требуется вакуум, возможна работа в атмосфере любого состава;
- возможны соединения материалов существенными различиями оптических, теплофизических и механических свойств;
- расфокусировкой луча создают необходимый уровень плотности энергии.

Точность, производительность и удобство лазерного излучения в значительной степени определяются характеристиками лазерной установки. Для достижения требуемых параметров пайки длина волны лазерного излучения выбирается, равной 1,06 мкм, диаметр луча лазера – не более 2,5 мм, а выходная энергия – 0,7–1,0 Дж. Прочность контактных соединений находится в диапазоне 1–3 Н.

При монтаже современных электронных модулей широко применяются такие типы интегральных микросхем как SO, SSOP-20M, QFP 44. Для пайки используются оловянно-свинцовые припой типа ПОС 61 и бессвинцовые: 96,5Sn-3Ag-0,5Cu.

Критерием оптимизации формирования соединений является производительность, определяемая скоростью нагрева в зоне воздействия излучения, и воспроизводимость качества соединений. При моделировании предполагаем, что энергия излучения распределена равномерно по лазерному пятну, а задача теплопроводности рассматривается в одномерном приближении при условии, что основной поток теплоты в материале распространяется нормально поверхности в глубину тела по оси OZ (рисунок 1). Одномерное по оси OZ температурное поле, создаваемое в полубесконечном теле однородным излучением с равномерным распределением энергии, описывается следующим уравнением (при $t > \tau_n$) [1]:

$$T(z, t) = \frac{2q_n \bar{a}}{\lambda_T} \bar{t} \operatorname{ierfc} \frac{z}{2\sqrt{at}} - \frac{\bar{t} - \tau_n}{2} \operatorname{ierfc} \frac{\frac{z^2 + r_n^2}{2at - \tau_n}}{2\sqrt{at - \tau_n}}, \quad (1)$$

где z – расстояние по оси OZ , t – время действия лазерного излучения, q_n – плотность мощность излучения, $a = \lambda_T / (c\gamma)$ – коэффициент температуропроводности, λ_T – теплопроводность, $c\gamma$ – объемная теплоемкость, ierfc – функция интеграла вероятности.

Плотность мощности теплового источника вычисляется как: $q_n = \eta_{\text{эф}} E$. При $0 < t < \tau_n$ уравнение (1) приводится к упрощенному виду

$$T(z, t) = \frac{2q_0}{\lambda_T} \sqrt{at} \operatorname{ierfc} \frac{z}{2\sqrt{at}}. \quad (2)$$

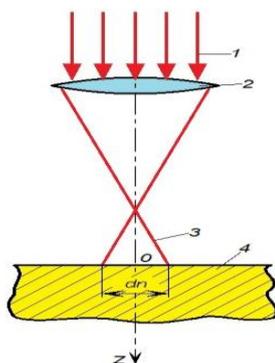


Рисунок 1 – Схема воздействия лазерного луча: 1 – лазерный пучок, 2 – фокусирующая линза, 3 – лазерное излучение, 4 – подложка

Исходные данные для моделирования процесса воздействия лазерного излучения на зону присоединения внешних выводов интегральных микросхем следующие [2]: радиус пятна лазерного излучения на поверхности $r_n = 0,8$ мм, КПД источника нагрева $\eta_{эф} = 20\%$, мощность излучения $P_n = 20$ Вт, теплопроводность материала внешнего вывода (сплав 29Н18К) $\lambda_T = 0,18$ Вт/(м·К), теплоемкость материала подложки $c = 481$ Дж/(кг·К). Используя формулу (2) вычисляем распределение температуры в зоне нагрева при постоянной величине z . Полученные данные представлены в виде зависимости температуры от времени воздействия лазерного излучения (рисунок 2).

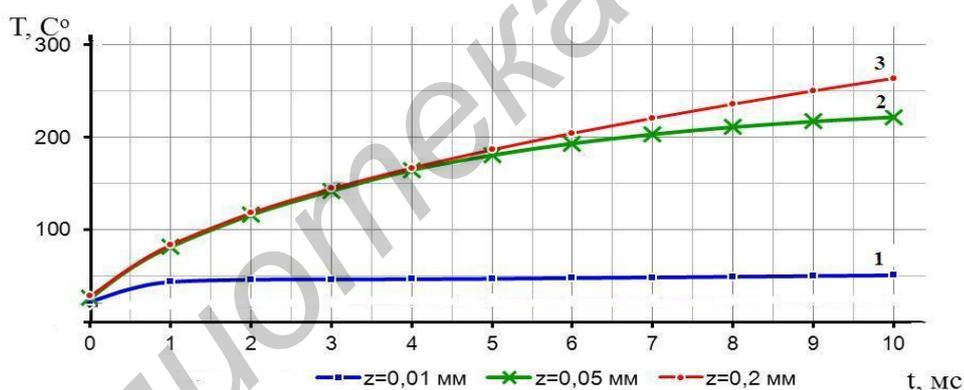


Рисунок 2– Зависимости температуры в зоне нагрева от времени воздействия лазерного излучения

В том случае, если весь поток излучения отражается поверхностью ($z=0$), поверхность тела практически не нагревается. С увеличением глубины проникновения лазерного луча ($z \geq 0,05$) средняя скорость нагрева растет до $30^\circ\text{C}/\text{с}$.

Таким образом, оптимальными параметрами воздействия лазерного излучения при формировании высокой плотности соединений внешних выводов интегральных микросхем являются следующие: $P_n = 20\text{--}30$ Вт; $r_n = 0,2\text{--}0,4$ мм; $t = 10\text{--}15$ мс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьянц, А.Г. Основы лазерной обработки материалов / А.Г. Григорьянц. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.
2. Ланин, В.Л. Формирование токопроводящих контактных соединений в изделиях электроники / В.Л. Ланин, А.П. Достанко, Е.В. Телеш. – Минск: Издательский Центр БГУ.– 2007. – 574 с.