

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО НАГРЕВА ШАРИКОВ ПРИПОЯ ПРИ СБОРКЕ 3D ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

В.Т. Фам, В.Л. Ланин

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники»,
e-mail: vlanin@bsuir.by*

Summary. Laser heating is a promising method for forming solder balls during the assembly of 3D electronic modules since it is sufficient for melting the high melting point solders, like SAC solder. For the optimal mode recommended using 532 nm laser since it allows to reach the melting temperature of the solder faster than 1064 nm laser.

Компьютерное моделирование имеет решающее значение в конкурентной среде для оптимизации условий процесса обработки и разработки на этапе проектирования. При моделировании требуются использовать реальные параметры лазера и объекта. Следовательно, после выполнения моделирования необходимо анализировать полученные результаты и сравнивать с экспериментальными данными [1].

Критерием оптимизации модели является производительность, определяемая скоростью нагрева в зоне воздействия излучения. При моделировании предполагаем, что энергия излучения распределена по уравнению гауссовского распределения от лазерного пятна, а задача теплопроводности рассматривается в одномерном приближении при условии, что основной поток теплоты в материале распространяется нормально поверхности в глубину тела по оси Oz .

Разработана модель процесса формирования шариковых выводов припоя лазерным нагревом при сборке 3D электронных модулей в среде COMSOL Multiphysics. В этой модели концентрация теплового потока находится в центре излучения, и, удаляясь от него, тепловой поток экспоненциально уменьшается. Математическое уравнение гауссовского распределения теплового потока имеет следующий вид [2]:

$$E(x, y) = \frac{E}{\pi \cdot r_G^2} \exp \left[-\left(\frac{r^2}{r_G^2} \right) \right], \quad (1)$$

где $E(x, y)$ – поглощенный тепловой поток, E – мощность лазера, r_G – радиус пятна лазерного излучения, r – расстояние от считаемой точки до центра излучения на шарике, рассчитываемое по формуле (2):

$$r = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}, \quad (2)$$

где x_0, y_0 – x - y -местоположение лазерной фокальной точки. Плотность мощности тепла, подающая на поверхность шарика от источника вычисляется как: $q_n = \eta_{эф} E$, где $\eta_{эф}$ – КПД источника лазера, $\eta_{эф} = 20\%$.

Распределение температуры по всей модели зависит от исходных параметров моделирования. При монтаже современных электронных модулей широко применяются 3D электронные модули как BGA и CGA. Для пайки используются бессвинцовые шариковые припоя: 96,5Sn-3Ag-0,5Cu. Параметры материалов и компонентов, а также лазерного излучения, приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Материалы и параметры модели для моделирования

Деталь	Размеры	Материал
Припой	Шарик диаметром 200 мкм	SAC305
Печатная плата	1x2x0,5 мм	FR4
Контактная площадки	200x200x35 мкм	Медь

Моделирование термопрофилей при формировании шариковых выводов припоя с использованием лазерного нагрева в среде COMSOL Multiphysics позволило получить зависимость температуры припоя от времени нагрева и состава припоя (рисунок 1). Видимо, что при мощности лазерного излучения 2 Вт температура плавления припоя может быть достигнута за 4 с. Скорость теплопередачи при использовании лазера с длиной волны 532 нм была выше, чем с длиной волны 1064 нм. Такие скорости являются оптимальными для производства.

Таблица 2 – Параметры применяемого лазера

Диаметр пятна, мм		2
Средняя мощность лазерного излучения, Вт		2
Длина волны, нм		532, 1064
Коэффициент отражения	1064 нм	0,9
	532 нм	0,7

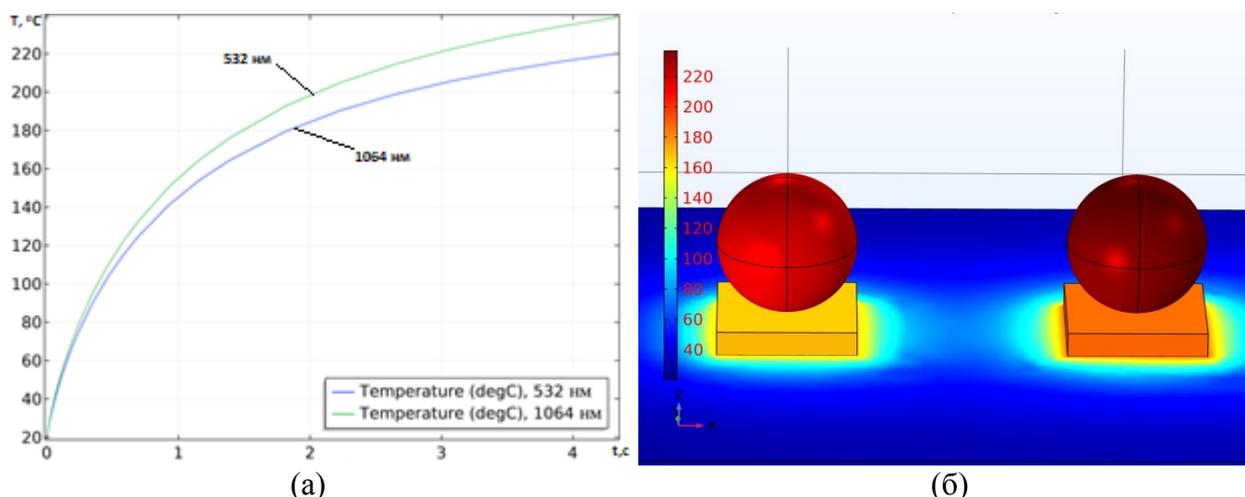


Рисунок 1 – Зависимость температуры нагрева шариков припоя (а) и тепловые зоны (б) процесса нагрева шариков припоя лазерным излучением 532 нм (левый) и 1064 нм (правый) в течении времени 4 с

Таким образом, лазерный нагрев является перспективным методом для формирования шариковых выводов припоя при сборке 3D электронных модулей, так как он достаточен для расплавления припоя с высокой температуры плавления, как припой SAC. Установлено, для оптимального режима необходимо использовать лазерное излучения с длиной волны 532 нм, так как оно позволяет достигать температуры плавления припоя быстрее, чем с длиной волны 1064 нм.

Литература

1. Tian, Y. Characteristics of Laser Reflow Bumping of Sn3.5Ag and Sn3.5Ag0.5Cu Lead-Free Solder Balls / Y. Tian, C. Wang // J. Mater. Sci. Technol.– 2008, №2.– P. 220–226.
2. Manca, O. Transient heat conduction in solids irradiated by a moving heat source with combined donut and gaussian distributions / O. Manca, A.A. Minea // International Review of Mechanical Engineering. – 2010, №4. – P. 123–127.