

## ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОВЫВОДОВ ПРИПОЯ НА КОНТАКТНЫХ ПЛОЩАДКАХ ИМПУЛЬСНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Фам В.Т.

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

Ланин В.Л. – д.т.н., профессор

Получена зависимость температуры в тепловой зоне шарика от количества воздействующих импульсов лазера в пакете SolidWorks Flow Simulations. Использование лазерного излучения на второй гармонике (SH, 532 нм) дает возможность сокращения времени обработки.

Формирование выводов для *flip-chip* технологии — это сложный и многоэтапный технологический процесс по сравнению с другими методами, как разварка проволокой. Для его реализации широко применяется способ нагрева лазерным излучением. Большое значение в формировании шарика при обработке плавящегося припоя единичным импульсом имеет перераспределение жидкой фазы до момента затвердевания. В результате этого форма шарика может значительно отличаться от той, которая в момент окончания импульса определялась геометрией луча, кинетикой испарения и гидродинамикой выброса в жидкой фазе. На рисунке 1 показана базовая схема воздействия лазерного луча.

Одной из важных особенностей импульсных лазеров является большая пиковая мощность. Она в большей степени отражает короткую продолжительность импульса, чем общую достижимую энергию. Например, пиковая мощность 1 МВт у лазера с длительностью импульса 10 нс соответствует энергии 10 мДж. Для разумной частоты повторения импульсов порядка 5 Гц средняя мощность будет менее 1 Вт. Тем не менее пиковые интенсивности (т. е. число фотонов в пересчете на единицу площади в единицу времени) действительно очень высоки.

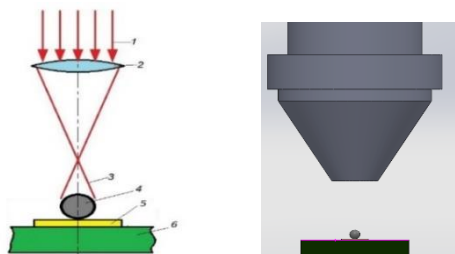


Рисунок 1 – Схема воздействия лазерного луча: 1 – лазерный пучок, 2 – фокусирующая линза, 3 – лазерное излучение, 4 – шарик припоя, 5 контактная площадка, 6 печатная плата

В настоящее время разработано и выпускается промышленностью большое количество импульсных лазеров различных типов. Лазеры, работающие в режиме модулированной добротности, дают импульсы длительностью  $10^{-8}$ — $10^{-9}$  с, а в режиме синхронизации мод — до  $10^{-12}$  с [1]. К недостаткам лазеров следует отнести то, что в результате большой мощности импульсов в образцах могут возникать специфические лазерные эффекты и кроме того, в фотохимически активных системах происходит быстрый фотолиз вещества.

Моделирование термопрофилей процесса лазерного нагрева шариковых выводов припоя в пакете SolidWorks Flow Simulations позволило получить зависимость температуры в тепловой зоне шарика от количества воздействующих импульсов лазера. В модели используются характеристики лазерной установки LS-2131M малогабаритный Nd:YAG лазер, показаны в таблице 1. Распределение подающей энергии в зоне нагрева считается равномерным распределением

Таблица 1 – Характеристики лазерной установки LS-2131M [2]

Параметры	Значение
Диаметр луча, мм	2
Энергия импульса, мДж	200, 100
Расстояние до поверхности, мм	5,5
Частота повторения импульсов, Гц	10
Длина волны лазера, нм	1064, 532
Длительность импульса, нс	8-10
КПД источника лазера, %	20%

Для монтажа электронных модулей как BGA широко применяются бессвинцовые шариков припоя: 96,5Sn-3Ag-0,5Cu. В данном исследовании для построения модели использованы тепловые характеристики такого шарикового припоя, показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики шариковых выводов припоя для моделирования

Припой	SAC305
Состав	96,5% Sn – 3,5% Ag – 0,5% Cu
Диаметр шарика	760 мкм
Температура плавления	212 <sup>0</sup> C
Температуропроводность	3.10 <sup>-3</sup> м <sup>2</sup> /с
Теплопроводность	0,18 Вт/(м·К)

При использовании лазерного излучения в цели нагрева металлов очевидна необходимость понимания того, как происходит поглощение лазерного излучения на металлах. Поглощение лазерного излучения в металле рассчитывается по закону Бугера [3], в которой величина  $A = 1 - R$  показывает поглощательную способность металлов, являющуюся одним из важнейших для пратики параметров, где  $R$  – коэффициент отражения. Величина  $A$  можно оценить, используя из экспериментальных исследований в зависимости от длины волны  $\lambda$  воздействующего излучения. Получено тепловое поле в зоне воздействия лазерного излучения в зависимости от времени при использовании лазеров с другой длиной волны (рисунок 2), а графики на рисунке 3.

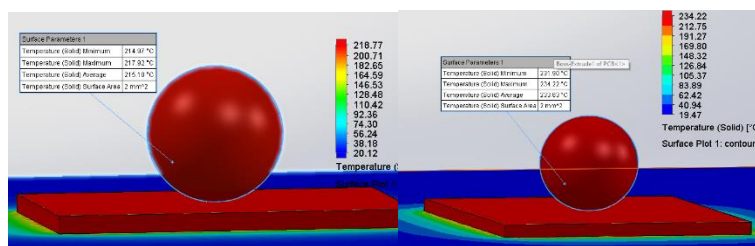


Рисунок 2 – Тепловые зоны процесса нагрева шариков припоя лазерным излучением с длиной волны 1064 нм (а) и 532 нм (б)

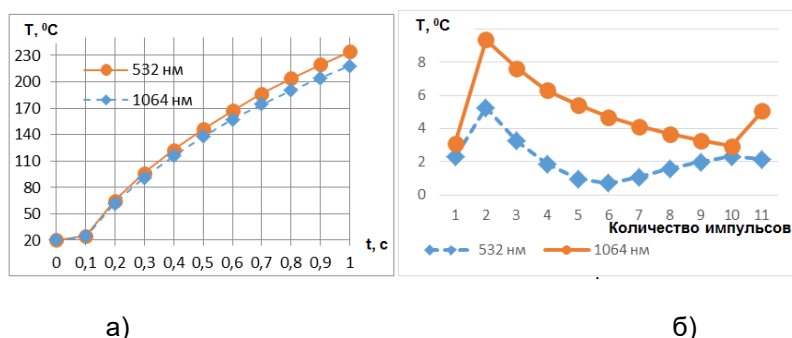


Рисунок 3 – Зависимость средней температуры при нагрева шариков припоя лазерным излучением 532 нм и 1064 нм (а) и разности максимальной и минимальной температуры в шарике по импульсам (б)

В результате моделирования видно, что припой во всех случаях расплавляется после 10 импульсов. Установлено, что использовании лазерного излучения на второй гармонике (SH, 532 нм) дает возможность сокращения времени обработки на 18%. Это объясняется со связью к коэффициенту отражения  $R$  металлов, который разрешает эффективность поглощения лазерного излучения в металлах. Таким образом, рекомендуется лазерное излучение с длиной волны 532 нм для нагрева шариковых припоя.

**Список использованных источников:**

1. Вейко, В.П. Сборник задач по лазерным технологиям / В.П. Вейко, Е.А. Шахно. – Изд. 3-е, испр. и дополн. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2007. – 11 с
2. LS-2131M Малогабаритный Nd:YAG Лазер [Электронный режим] – Режим доступа: <https://www.lotis-tii.com/rus/productid85.php>
3. Вакс, Е.Д. Практика прецизионной лазерной обработки / Е.Д. Вакс, М.Н. Миленький, Л.Г. Сапрыкин. – М.: Техносфера, 2013. – 87с.