

УДК 621.3.049.75

ЛОКАЛЬНЫЙ ТЕПЛОТВОД НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ СКВОЗНЫХ ОТВЕРСТИЙ

Николай Павлович Поручиков

студент 4 курса

Кафедра «Электронные технологии в машиностроении»

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель Ю.С. Боброва,

Ассистент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»

Ключевые слова: локальный теплоотвод (*local heat sink*), тепловое сопротивление (*thermal resistance*), теплоотводящее основание (*heat sink base*)

Аннотация: Проблема обеспечения теплоотвода является значимой при проектировании печатных плат для коммутации теплонагруженных электронных компонентов. В данной статье приведены результаты эксперимента по обеспечению теплоотвода от электронного компонента к металлическому основанию с помощью металлизированных отверстий, в ходе которого варьировался их диаметр и количество.

В настоящее время наблюдается быстрый рост количества компонентов, расположенных на поверхности печатной платы и выделяемой ими тепловой мощности. При увеличении плотности расположения элементов на поверхности печатной платы возникает проблема отвода тепла от термонагруженных компонентов. Данную проблему предлагается решить с помощью локального теплоотвода на основе металлизированных сквозных отверстий. Такой подход является эффективным при необходимости местного отвода тепла от электронных компонентов чувствительных к температуре и в условиях сильной миниатюризации печатных плат. Данная статья является продолжением развития идей, представленных в публикациях [1 - 2].

Локальный теплоотвод представляет собой металлизированное сквозное отверстие с большой теплопроводностью, служащее для отвода тепла от термонагруженного компонента к металлическому основанию.

Топология печатной платы

При проектировании электронных компонентов разработчик всегда стремится к уменьшению размера электронного компонента, чтобы конечное устройство имело как можно более высокую плотность размещения компонентов и, как следствие, было более компактным. Поскольку не вся подводимая к компонентам электрическая мощность преобразуется в мощность полезных сигналов, наблюдается выделение значительного количества тепла. Нарушение теплового режима работы схемы обычно приводит к снижению срока службы, быстродействия и помехоустойчивости. [1]

Обычно при расчетах термического сопротивления платы используют схему, в которой термическое сопротивление печатной платы представляется в виде параллельной комбинации всех термических сопротивлений через которые отводится тепло.

Основные тепловые параметры печатной платы:

Θ_{Cu} – тепловое сопротивление слоя меди в отверстиях, дорожек и полигонов платы

Θ_{JS} – тепловое сопротивление с кристалла в интегральную микросхему

Θ_{FR4} – тепловое сопротивление материала платы

Θ_{SA} – тепловое сопротивление с поверхности печатной платы в окружающую среду

Таблица 1. Параметры расчета термосопротивлений элементов ПП

Обозначение	Описание	Параметры	Формула
θ_{Cu_j}	Тепловое сопротивление металлизированного отверстия	d – диаметр отверстия, м ² s_1 – толщина слоя металлизации, м ² λ_{Cu} – теплопроводность меди, Вт/(м °C)	$\theta_{Cu} = s_1 / (\lambda_{Cu} \cdot a \cdot b)$
θ_{FR4}	Тепловое сопротивление слоя FR4	a – длина, м ² b – ширина, м ² s_2 – толщина FR4, м ² λ_{FR4} – теплопроводность FR4, Вт/(м °C)	$\theta_{FR4} = s_2 / (\lambda_{FR4} \cdot a \cdot b)$
$\theta_{LayerCu}$	Тепловое сопротивление слоя Cu	a – длина, м ² b – ширина, м ² s – толщина меди, м ² λ_{Cu} – теплопроводность меди, Вт/(м °C)	$\theta_{LayerCu} = s / (\lambda_{Cu} \cdot a \cdot b)$

Таблица 2. Расчет термосопротивлений элементов ПП

Обозначение	Параметры	Расчет, °C/Вт
$\theta_{Cu0.6}$	$d = 0.6 \cdot 10^{-3}$ м $s_1 = 70 \cdot 10^{-6}$ м $\lambda_{Cu} = 400$ Вт/(м·°C)	$\theta_{Cu} = 70 \cdot 10^{-6} / (400 \cdot \pi \cdot 0.6 \cdot 1.5 \cdot 10^{-6}) = 62$
$\theta_{Cu0.9}$	$d = 0.6 \cdot 10^{-3}$ м	$\theta_{Cu} = 70 \cdot 10^{-6} / (400 \cdot \pi \cdot 0.9 \cdot 1.5 \cdot 10^{-6}) = 41$
$\theta_{Cu1.1}$	$d = 0.6 \cdot 10^{-3}$ м	$\theta_{Cu} = 70 \cdot 10^{-6} / (400 \cdot \pi \cdot 1.1 \cdot 1.5 \cdot 10^{-6}) = 34$
$\theta_{Cu1.6}$	$d = 0.6 \cdot 10^{-3}$ м	$\theta_{Cu} = 70 \cdot 10^{-6} / (400 \cdot \pi \cdot 1.6 \cdot 1.5 \cdot 10^{-6}) = 23$
θ_{FR4}	$a = 0.04$ м ² $b = 0.025$ м ² $s_2 = 1.5 \cdot 10^{-3}$ м $\lambda_{FR4} = 0.2$ Вт/(м·°C)	$\theta_{FR4} = 1.5 \cdot 10^{-3} / (0.2 \cdot 0.04 \cdot 0.025) = 75$
$\theta_{LayerCu}$	$a = 0.04$ м ² $b = 0.025$ м ² $s = 35 \cdot 10^{-6}$ м $\lambda_{Cu} = 400$ Вт/(м·°C)	$\theta_{LayerCu} = 35 \cdot 10^{-6} / (400 \cdot 0.04 \cdot 0.025) = 8,75 \cdot 10^{-5}$

Из таблицы 2 можно заметить, что основной вклад в теплопроводность вносит слой FR4 - основание платы.

Для того чтобы минимизировать влияние термосопротивления FR4, была взята плата с более тонким основанием, это обеспечило выигрыш в массе и теплопроводности, но также это привело к потере жесткости и прочности готового изделия. Поэтому для увеличения жесткости конструкции предлагается, напрессовывать тонкий фольгированный стеклотекстолит на медное основание, которое будет выполнять роль радиатора. Схема конструкции представлена на рис.1.

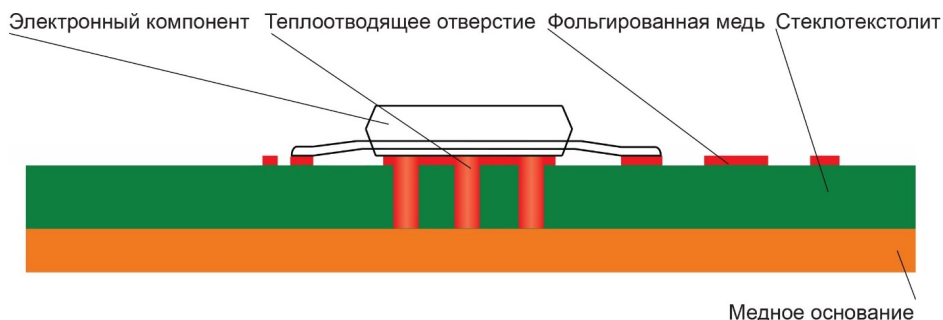


Рис.1. Схема расположения отверстий

Для организации теплоотвода через слой стеклотекстолита автор предлагает использовать металлизированные отверстия, расположенные под компонентом. Поскольку диаметр отверстий, необходимых для обеспечения требуемого теплоотвода не известен, был проведен ряд экспериментов. По результатам расчетов следует, что чем больше площадь теплоотводящего слоя меди, тем ниже термосопротивление, т.е. выше теплопроводящая способность. Данное утверждение было подтверждено экспериментально.

Испытания макетов печатных плат

Для исследования возможностей теплоотвода на основе металлизированных отверстий были изготовлены макеты печатных плат. Макет печатной платы представляет собой фольгированную с двух сторон пластину FR4 размерами 40x25 мм. Толщина меди с каждой стороны составляет 35 мкм. В макете печатной платы просверлены отверстия, которые далее были металлизированы. Каждый макет содержит 60 просверленных отверстий, их диаметр и расстояние между ними различны.

В качестве источника нагрева был использован термостол Weller WHP 300, на поверхности которого были установлены образцы. Для оценки теплоотводящей способности образцы подвергались нагреву до 85 °С, а затем охлаждению на воздухе до температуры 40 °С, при этом фиксировалось время, которое прошло с момента снятия заготовки со стола до момента остывания до требуемой температуры. Данный метод позволяет оценить способность образцов к переносу тепла, т.е. оценить тепловое сопротивление. Во время охлаждения были симитированы похожие условия охлаждения, как и в корпусе электронного устройства. Температура до которой охлаждался образец была выбрана исходя из климатических условий работы электронного устройства, описанных в ГОСТ.

В ходе экспериментов были измерены времена остывания тестовых образцов. Данные экспериментов приведены в таблице 3:

Таблица 3. Данные экспериментов

Образец	Диаметр отверстий, мм	Расстояние между отверстиями, мм	Время остывания, с
1	0.6	2	110
2	0.9	2	108
3	1.1	2	104
4	1.6	2	100
5	0.6	3	154
6	0.9	3	137
7	1.1	3	131
8	1.6	3	128

Из данных, представленных в таблице 3, видно, что с увеличением площади теплоотводящей поверхности снижается время охлаждения образца до нужной температуры. Это связано с тем, что теплопроводность меди, осажденной в отверстиях выше, чем теплопроводность стеклотекстолита основания. Так же было установлено, что при расстоянии 1 мм между стенками для отверстий диаметрами 0.9, 1.1, 1.6 мм весь массив с отверстиями отделился от поверхности тестового образца. Из данного факта можно сделать вывод, что расстояние 1 мм является критическим для данных диаметров и для стеклотекстолита марки ISOLA FR408.

Заключение

Организация теплоотвода с помощью металлизированных отверстий, расположенных под электронным компонентом, является достаточно эффективным для обеспечения, требуемого теплового режима для долговечной работы электронного устройства.

С конструкторской точки зрения предложенный в статье метод достаточно прост для реализации и не требует специфической оснастки. Отсутствие иных способов реализации локального теплоотвода дает выигрыш в конечной массе готового изделия.

Использование медного основания вместо алюминиевого радиатора является преимуществом, так как пропадает необходимость защиты медного основания во время производственного процесса. Медь, которая является основным конструкционным материалом при производстве ПП, позволяет провести с собранным пакетом печатной платы комплекс технологических операций без загрязнения технических растворов инородными металлами.

Литература

1. Особенности проектирования и производства печатных плат на металлическом основании [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/logistic/doc/50682/> Заглавие с экрана. – (Дата обращения 15.03.2016)
2. Леонов А. Рекомендации по проектированию печатных плат для интегральных модулей питания серии LMZ // Компоненты и технологии. Электрон. журн. 2010. №11. Режим доступа: http://kit-e.ru/articles/circuit/2010_11_161.php (Дата обращения 15.03.2016).
3. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.