

Реализация высоких токов на печатных платах. Часть 2

Компанией Häusermann закончена разработка технологии *HSMtec* для реализации высоких токов на печатных платах. Данная технология готова для использования в серийном производстве. По сравнению с применяемыми до сих пор другими технологиями она обладает многими преимуществами относительно производственных затрат, экологичности производства и занимаемой площади печатной платы. Решения для отвода тепла могут быть также осуществлены на ограниченной площади.

Лотар Оберендер

lothar.oberender@hausermann.co.at

Перевод: Андрей Новиков

andrej.novikov@uni-rostock.de

Введение

Функциональность печатных плат постоянно возрастает. Наряду с логическими схемами и функциями управления необходима также интеграция многоамперных проводников, что связано с повышенным потреблением энергии отдельными компонентами. Повышенное потребление энергии и эквивалентная ему тепловая мощность ведет к переносу тепла в печатную плату. В связи с этим возникает проблема отвода излишнего тепла от электронного узла. Частыми причинами возрастающей мощности потерь на электронном узле и, как следствие, увеличения температуры являются:

- повышение уровня интеграции компонентов на электронном узле;

- плотность монтажа компонентов силовой электроники;
- увеличение тактовой частоты.

Опыт показывает, что невыгодно устранять эти причины в электронном узле только для того, чтобы предотвратить его перегрев, гораздо выгоднее использовать возможности теплоотвода для установления теплового равновесия в области допустимых температур на электронном узле и в окружающей среде.

Основные принципы теплоотвода

Реализация различных возможностей теплоотвода базируется на таких законах физики, как:

- теплопроводность;
- конвекция;
- теплоизлучение.

На уровне монтажа приборов и отдельных электронных узлов задействуются все три принципа (рис. 1). При конструировании печатной платы, как правило, должна учитываться прежде всего «только» теплопроводность. Использование вынужденного охлаждения непосредственно на электронном узле, например с помощью вентилятора, оказывает принципиальное влияние на организацию теплоотвода на печатной плате.

Технологические требования

Необходимо использовать определенные стандарты для отвода тепла непосредственно от отдельных компонентов или группы компонентов. При этом должны быть учтены следующие условия:

- оптимальное использование площади;
- использование устоявшихся технологий производства печатных плат;
- реализация теплоотвода и многоамперных проводников с помощью одной технологии;
- простая технология соединения с остальными проводниками на печатной плате.

В технологии *HSMtec* используются медные профили и проволоки (рис. 2). На первом этапе были

Теплопроводность	Конвекция	Теплоизлучение
Материал с высоким λ	Вентилятор Конвекция воздухом	Излучение в сторону слабо отражающей поверхности
Теплопроводность	Конвекция	Теплоизлучение
$R_{th} = \frac{d}{\lambda \cdot A} \text{ [K/W]}$	$R_{th} = \frac{1}{\delta \cdot A} \text{ [K/W]}$	$R_{th} = \frac{1}{\varphi \cdot A} \text{ [K/W]}$ (Действительно только без учета конвекции)
R_{th} = Тепловое сопротивление [K/W]	R_{th} = Тепловое сопротивление [K/W]	R_{th} = Тепловое сопротивление [K/W]
d = Толщина [мм]		
A = Площадь [мм ²]	A = Площадь [мм ²]	A = Площадь [мм ²]
λ =	δ =	φ =

Рис. 1. Принципы теплоотвода



Рис. 3. Примеры ультразвуковой технологии соединения

Стандарт			Особые профили
Проволока 500 мкм	Профиль 2000x500 мкм	Профиль 4000x500 мкм	Профиль тах. 24 000x500 мкм

Рис. 2. Геометрические размеры проволоки и профилей

разработаны три варианта со стандартизированными геометрическими размерами, с помощью которых могут быть обеспечены различные требования относительно высоких токов и теплоотвода на печатной плате.

Интеграция проволок и профилей не должна оказывать влияния на изначально применяемую технологию изготовления печатной платы. С помощью специально разработанной технологии соединения ультразвуком проволоки и профили могут быть размещены на любом слое платы (рис. 3).

Конструкции печатных плат с профилями для теплоотвода

Как уже упоминалось выше, особую роль для печатных плат играют законы теплопроводности. Следующие примеры конструкций (рис. 4 и 5) показывают разностороннее применение технологии *HSMtec*. При расчете (рис. 4б) важно учитывать параллельные сопротивления (\leftarrow) с действующими в направлении слоев (\uparrow) тепловыми сопротивлениями, так как за счет своей параллельности они снижают общее сопротивление (разнос тепла).

Использование медных профилей, например толщиной 500 мкм, уменьшает расстояние плохо проводящего тепло материала FR4 в направлении слоев по сравнению с медной фольгой толщиной 105 мкм. Размещение на печатной плате дополнительных сквозных соединений, идущих от источника тепла, приводит к следующим соотношениям (рис. 4б).

Правила проектирования и конструирования печатных плат по технологии *HSMtec* согласованы с разнообразными требованиями к различным вариантам многоамперных проводников и теплоотвода настолько, что эта технология предоставляет практически неограниченные возможности реализуемых геометрических размеров. На рис. 5 представлены некоторые правила проектирования и возможные конструкции.

Профили, проволоки и трехмерные конструкции

Применение профилей и проволок для трехмерных конструкций представляет собой дополнительный вариант применения технологии *HSMtec*. В данном варианте комбинирует

ся применение профилей для теплоотвода и реализация многоамперных токопроводящих структур в электронном узле. Ранее распространенные применения с фрезерованными в глубину печатными платами из материала FR4 с медным фольгированием показали, что эта технология часто ведет к отказам из-за повышенной чувствительности медной фольги к образованию трещин. Проволока и профиль, например толщиной 500 мкм, устойчивы на излом при сгибании в «трехмерной области». Проволока и профиль в области перехода запрессованы в композитном материале FR4 толщиной 1,5 мм и соединены с медными структурами с помощью ультразвукового метода. Поэтому при сгибании

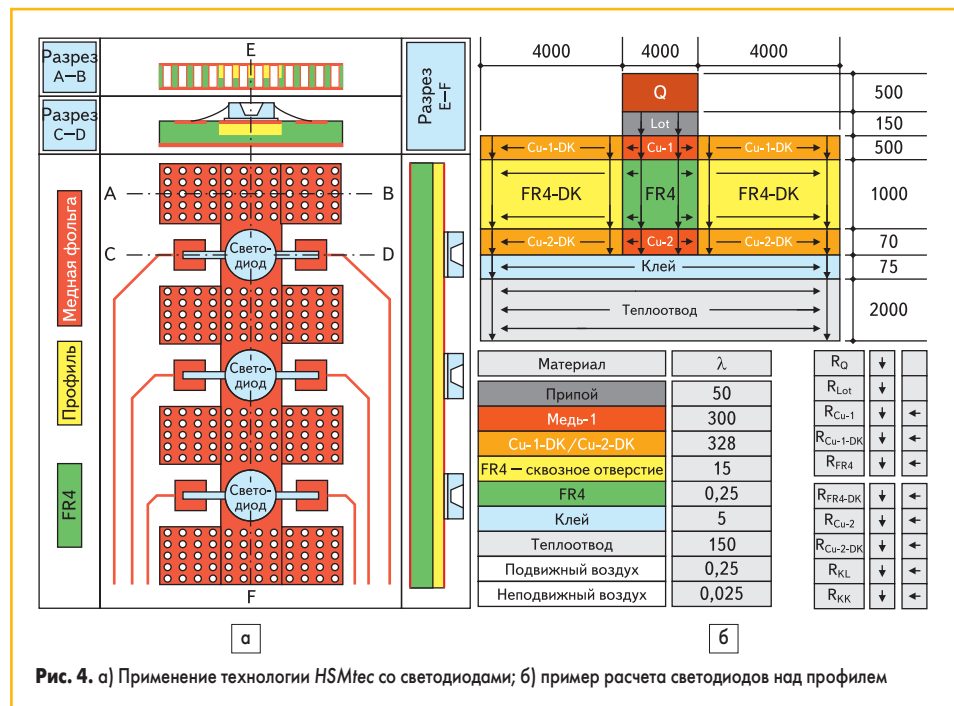


Рис. 4. а) Применение технологии *HSMtec* со светодиодами; б) пример расчета светодиодов над профилем

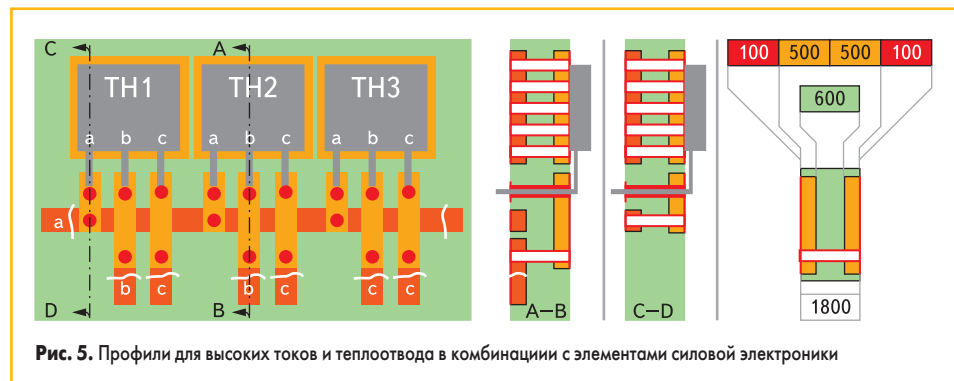


Рис. 5. Профили для высоких токов и теплоотвода в комбинации с элементами силовой электроники

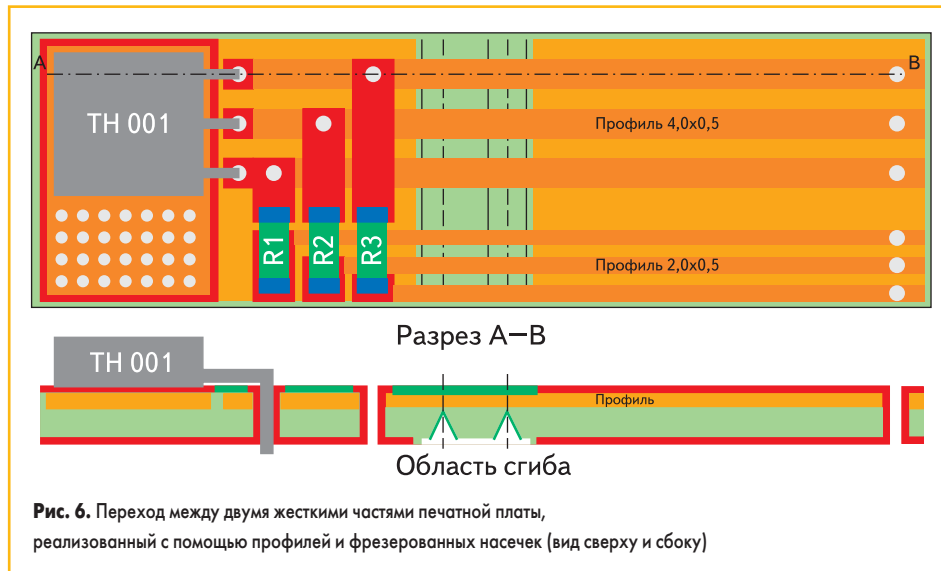


Рис. 6. Переход между двумя жесткими частями печатной платы, реализованный с помощью профилей и фрезерованных насечек (вид сверху и сбоку)

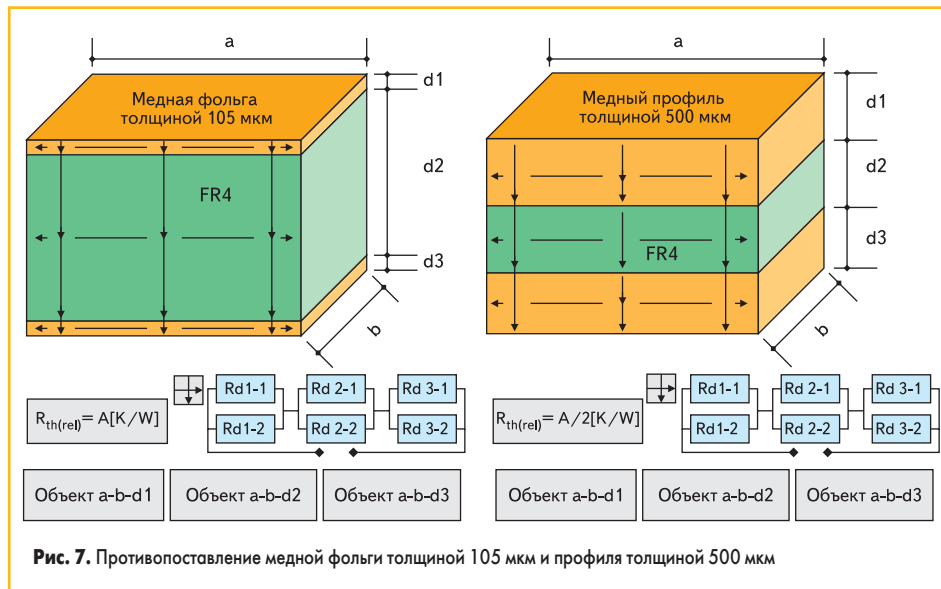


Рис. 7. Противопоставление медной фольги толщиной 105 мкм и профиля толщиной 500 мкм

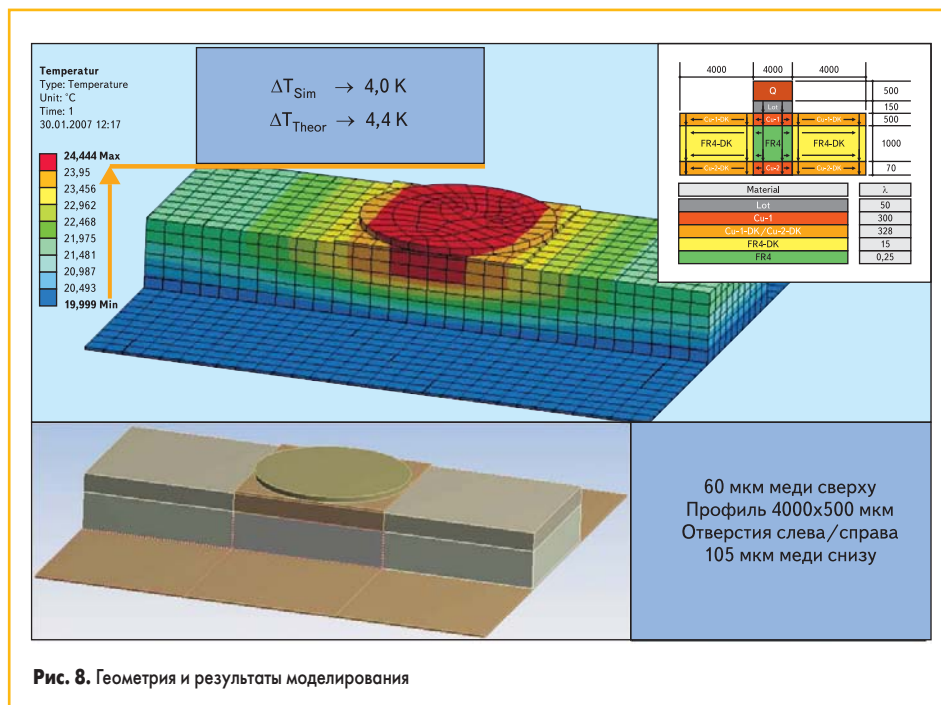


Рис. 8. Геометрия и результаты моделирования

деформируется лишь сама проволока без нагрузки на место соединения. Пример данной конструкции показан на рис. 6.

В месте сгиба производится фрезерование одной или нескольких насечек с узким допуском в глубину вместо фрезерования во всей

области сгиба, что было типично для прежде используемых технологий. После сгиба в смонтированном виде область фрезерования насечек может быть дополнительно запечатана.

Расчет и моделирование

Расчет теплового сопротивления с помощью эквивалентной электрической схемы является относительно сложным. Даже очень простые структуры ведут к эквивалентным схемам, требующим обширных расчетов (рис. 7). В связи с этим все чаще применяются специальные программы для расчета и моделирования. На данный момент доступно большое количество программ для решения подобных задач. Однако еще существует потребность в специальных программах для решения задач, обусловленных взаимосвязью между высокими токами и нагревом электронного узла.

Хорошо разработанные вспомогательные программы для моделирования должны предоставлять возможность простой подготовки геометрии конструкции и простой параметризации. На рис. 8 представлены результаты моделирования примера, описанного ранее на рис. 4.

Выводы и перспективы

Развитие технологий печатных плат относительно реализации высоких токов и эффективных вариантов теплоотвода происходило на многих этапах односторонне, без учета всех факторов. Практически все предлагаемые решения не являются экономически выгодными и экологичными. При этом имеются в виду технологические решения, в которых из слоя меди методом травления создаются отдельные сегменты проводников.

Технология *HSMtec* выполняет все требования, предъявляемые к технологии реализации высоких токов и теплоотвода для предотвращения максимально допустимого локального и глобального перегрева. К подобным технологиям предъявляются такие требования, как:

- оптимальное использование площади;
- использование устоявшихся технологий производства печатных плат;
- реализация теплоотвода и многоамперных проводников с помощью одной технологии;
- простая техника контактирования с остальными медными проводниками;
- минимальный расход меди;
- надежность технологии при эксплуатации электронного узла;
- экономическая выгода и экологичность технологии.

Наряду с реализацией высоких токов и теплоотвода на печатных платах применяемые проволоки диаметром 500 мкм (300 мкм) и профили толщиной 500 мкм дают дополнительную возможность для трехмерного применения (сгибание на переходе жестких частей печатной платы) со стабильной зоной сгиба без риска излома.

Примечание. Оригинал статьи опубликован в журнале *PLUS (Produktion von Leiterplatten und Systemen, 2007, № 4, Германия)*.