

Сверхплотные коммутационные платы 5–6 класса точности с двухуровневой разводкой

Трудно себе представить, что в ближайшее время перед разработчиками современной электронной аппаратуры не возникнет очередная задача, связанная с повышением плотности коммутации, улучшением массо-габаритных характеристик, повышением надежности аппаратуры и снижением ее стоимости.

Геннадий Плаксин

2004platex@rambler.ru

Вячеслав Салтыков

Saltikov@OAOkomponent.ru

Производители элементной базы постоянно объявляют о новых достижениях в области интеграции микросхем. В связи с этим совершенствуются технологии монтажа, а также конструкции и технологии изготовления печатных плат. Особенно это стало очевидно при использовании микросхем в BGA-корпусах с матричным расположением выводов, для которых требуются печатные платы 5-го и выше класса точности. За рубежом — иная классификация сложности печатных плат, и в качестве пути решения проблем коммутации в сложных электронных узлах предлагаются конструкции многослойных плат с большим количеством слоев, со сквозными, «глухими» и скрытыми металлизированными отверстиями — межслойными переходами. При этом отмечается общая тенденция увеличения слойности, уменьшения диаметра отверстий и ширины проводников и зазоров.

Увеличение количества слоев влечет за собой:

- необходимость применения прецизионных методов совмещения слоев при прессовании;
- увеличение расхода материалов;
- повышение количества стравливаемой меди;
- коробление плат;
- увеличение толщины платы.

Уменьшение диаметров отверстий для межслойных переходов влечет за собой:

- необходимость прецизионного сверлильного оборудования и инструмента;
- наличие специальной технологии обработки отверстий перед металлизацией;
- наличие специального оборудования и технологии гальванической металлизации отверстий;
- снижение надежности межслойных переходов.

Для отечественного производителя важно еще и то, что он не обладает сегодня многими технологическими приемами, необходимыми для реализации таких сложных конструкций МПП.

Несмотря на то, что для их освоения требуется уникальное и дорогостоящее оборудование, увеличивается цикл изготовления таких плат, а их себестоимость выходит за рамки конкурентоспособности, многие фирмы вынуждены идти по такому пути. Это в первую очередь относится к флагманам отечественного производства печатных плат. Однако среднему производителю с небольшим объемом производства сложных плат приобрести дорогое оборудование трудно, да и нецелесообразно.

За рубежом в последние годы активно развиваются конструкции плат с сквозными микропереходами в наружных слоях МПП — так называемая microvia-технология [1, 2], при этом внутренние слои платы, которые могут содержать и «скрытые» отверстия, составляют «ядро» МПП, а две пары наружных топологических слоев (с одной и другой стороны «ядра») имеют микропереходы, образуемые обычно лазером с последующим заполнением их гальванической медью.

Ввиду отсутствия в отечественной промышленности оборудования для лазерного сверления стеклотекстолитовых плат авторами был разработан и предложен российскому производителю новый конструктивно-технологический вариант изготовления печатных плат повышенной точности, названный двухуровневыми платами (ДУП).

Основными целями данного проекта являются снижение слойности, отказ от отверстий малого диаметра (менее 0,4 мм), повышение надежности межуровневых переходов и снижение при всем этом стоимости печатных плат по сравнению со схемотехническими МПП-аналогами традиционных конструкций. Общий подход к разработке технологии изготовления двухуровневых плат заключался в том, чтобы максимально использовать типовые технологические приемы и производственную базу, которыми обладают предприятия отечественной промышленности, исключив при этом, по возможности, новые техпроцессы, требующие больших материальных затрат и длительного времени их освоения (рис. 1).

Для всех конструкций 2-уровневых плат при их изготовлении в общем виде можно определить следующие технологические блоки:

1) Изготовление основания платы и формирование печатного рисунка первого коммутационного

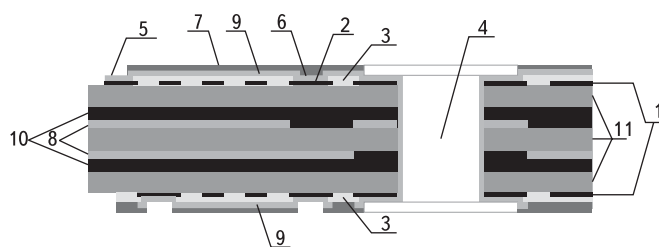


Рис. 1. Конструкция многослойной печатной платы с 2-уровневой разводкой:

1 — проводники 1-го уровня; 2 — контактные площадки для межуровневых переходов; 3 — фотополимерный изоляционный слой (ФИС); 4 — отверстие межслойного перехода; 5 — монтажные контактные площадки; 6 — межуровневый переход; 7 — защитный слой (паяльная маска); 8 — внутренние слои; 9 — проводники 2-го уровня; 10 — препрег; 11 — стеклотекстолит

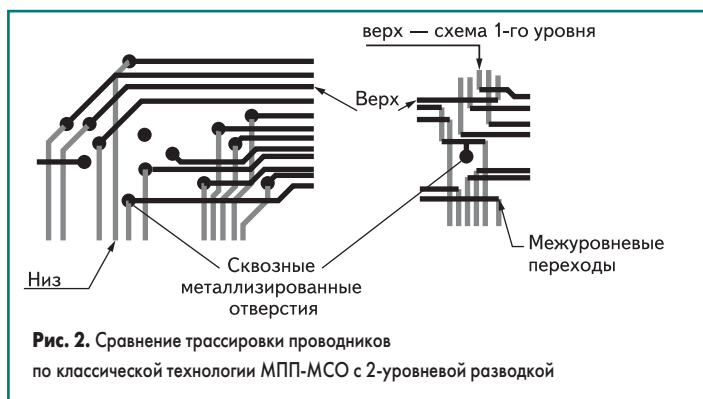


Рис. 2. Сравнение трассировки проводников по классической технологии МПП-МСО с 2-уровневой разводкой

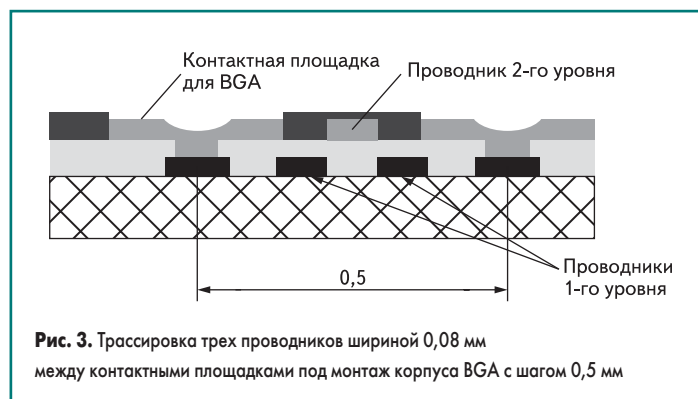


Рис. 3. Трассировка трех проводников шириной 0,08 мм между контактными площадками под монтаж корпуса BGA с шагом 0,5 мм

уровня (на одной или на обеих сторонах основания). Понятно, что изготовление основания требуется только в том случае, если оно многослойное. Во всех других случаях используется двухсторонний фольгированный стеклотекстолит.

- 2) Получение изоляционного слоя (слоев) с окнами для межуровневых переходов.
- 3) Формирование печатного рисунка второго коммутационного уровня (также на одной или обеих сторонах основания) вместе со сквозными металлизированными отверстиями.
- 4) Оформление окончательной конструкции ДУП: нанесение защитной паяльной маски, горячее лужение, маркировка, механическая обработка контура платы и др. в соответствии с требованиями чертежа.

Любая многослойная плата 5 класса точности — это прецизионное изделие с печатным рисунком высокой разрешающей способности, в котором межсоединения расположены в нескольких слоях с малыми размерами печатных элементов. Поэтому точность выполнения печатного рисунка на слоях до и после их прессования, точность попадания программы сверления в рисунок контактных площадок, а также точность совмещения комплекта рабочих фотошаблонов для таких плат определяют конечное качество и технические параметры МПП. Современное оптико-механическое оборудование, применяемое для совмещения слоев и фотошаблонов при изготовлении многослойных печатных плат, обычно обеспечивает рассовмещение по всей рабочей площади плат не более ± 25 мкм. Именно такой допуск на точность совмещения применяется для расчета конструкций МПП 5 класса точности, но может быть уже недостаточным для более сложных конструкций.

Анализ особенностей конструкций ДУП показал, что высокие требования к совмещению топологических слоев внешних уровней остаются, но совмещение внутренних слоев многослойного основания может быть менее точным. Это можно прокомментировать следующим образом. Многослойное основание ДУП обычно содержит во внутренних слоях только экранные слои «земли» и питания, освобождения в которых для прохождения металлизированных отверстий могут проектироваться заведомо большими в связи с тем, что количество таких мест в площади платы существенно меньше, чем в типичных МПП-МСО. Поэтому точность совмещения внутренних слоев основания ДУП может не пре-

вышать $\pm 0,1$ мм, что легко реализуется при изготовлении МПП-МСО средней сложности.

Другой привлекательной особенностью плат с 2-уровневой разводкой является повышенная разводимость, связанная со значительным уменьшением количества сквозных металлизированных отверстий, с наличием межуровневых переходов размером $0,2 \times 0,2$ мм, возможностью выполнения проводников и зазоров до 0,08 мм и применением специальных приемов при проектировании топологии ДУП.

На рис. 2 в одинаковом масштабе показаны фрагменты трассировки проводников для плат 5 класса точности, изготавливаемых по классической технологии МПП-МСО, и плат с 2-уровневой разводкой, где размер межуровневого перехода равен ширине проводника.

Размер межуровневого перехода $0,2 \times 0,2$ мм был выбран так, чтобы площадь гальванического контакта в переходе была не менее площади межслойного соединения с цилиндром металлизированного отверстия МПП диаметром 0,35 мм, которое можно надежно металлизировать по стандартной технологии и на оборудовании обычного класса.

Одним из приемов при проектировании двух уровней коммутации в ДУП является возможность создания проводников и контактных площадок в виде «грибка», как показано на рис. 3 (здесь приведен пример трассировки трех проводников шириной 0,08 мм между контактными площадками под монтаж корпуса BGA с шагом 0,5 мм).

Следует отметить то обстоятельство, что в коммутационных слоях плат ДУП проводники шириной до 0,08 мм создать легче, чем на обычных платах, изготавливаемых позитивным комбинированным методом. В ДУП первый коммутационный уровень формируется прямым травлением фольги толщиной 18 мкм, а второй — на слое металлизации толщиной всего 4–6 мкм (химическая металлизация и гальваническая «затяжка»), так что подтравливание проводников сводится к минимуму.

Принципиально новым технологическим моментом при изготовлении ДУП стало создание фоточувствительного изоляционного слоя (ФИС), разделяющего коммутационные слои первого и второго уровня. Основная составляющая ФИС — эпоксид-акриловая смола, которая в определенной пропорции смешивается с активированным порошком оксида титана. Изоляционный слой в жидком состоянии наносится на рисунок первого уровня методом сеткографии в два слоя для создания надежной изоляции.

После формирования методом фотолитографии окон межуровневых переходов поверхность ФИС подвергается обработке гидропемзовой смесью под высоким давлением для вскрытия активных центров с последующей химической металлизацией. Образовавшийся металлический слой является основой при формировании в дальнейшем проводников второго уровня методом гальванического наращивания меди, нанесения металлорезиста и травления меди.

В заключение хотелось бы еще раз остановиться на преимуществах печатных плат с 2-уровневой разводкой по сравнению с аналогами МПП-МСО. Это:

- высокая разводимость при сохранении размеров проводников и зазоров;
- надежность межуровневых переходов;
- снижение количества слоев;
- экономия материалов и трудозатрат;
- возможность изготовления плат 5 класса сложности и выше без металлизированных отверстий диаметром менее 0,35 мм;
- резкое сокращение объема стравливаемой меди благодаря уменьшению количества слоев и большой насыщенности их элементами коммутации;
- улучшение массо-габаритных характеристик плат и печатных узлов на них;
- снижение стоимости плат на 30–40% по сравнению с платами такого же класса сложности, изготовленных по традиционной технологии.

Наш опыт проектирования и изготовления ДУП — разработка более десяти конструкций плат различного функционального назначения, которые стали схемотехническими аналогами МПП с количеством слоев от 4 до 10.

Основные параметры конструкции 2-уровневых плат:

- максимальные габаритные размеры плат — 250×300 мм;
- минимально допустимая ширина проводников — 0,07 мм;
- минимально допустимая ширина зазоров — 0,08 мм;
- размер межуровневых переходов — $0,2 \times 0,2$ мм.

Литература

1. Rapala-Virtanen T. Trends in Build-up Board Technology. Proceedings of the EIPC Conference 2004.
2. Boisen F. Advanced microvia pcb design. Proceedings of the EIPC Conference 2004.