

Новая генерация технологий печатных плат — ультратонкие МПП

Недавно в компании ООО «Остек-Сервис-Технология» состоялся очередной международный семинар, посвященный новым процессам и программным продуктам поддержки технологий печатных плат, на котором прозвучал доклад «Ультратонкие печатные платы. Что это? И зачем?» [1]. Статья излагает краткое содержание этого доклада.

Аркадий Медведев,
д. т. н., профессор МАИ

До сих пор бытует мнение, что по мере роста интеграции микросхем нужда в печатных платах постепенно исчезнет [2]. Тем не менее возникают новые генерации технологий, поддерживающих и развивающих высокую интеграцию межсоединений [3, 4]. В отечественных стандартах появились нормы проектирования плат вплоть до седьмого класса точности [5], а также технология послойного наращивания (built-up) с глухими отверстиями, заполненными металлом [6, 7], реализуются конструкции многослойных печатных плат, сочетающих тонкие межсоединения, сильноточные цепи и встроенный теплоотвод [8], предлагаются технологии встроенных в плату компонентов [9] и, наконец, зарождается новая технология ультратонких печатных плат, позволяющая разместить типовую многослойную структуру из 12 слоев в толщине 0,4 мм (рис. 1) [1].

Разумеется, новая технология опирается на использование очень тонких материалов, о которых давно мечтали конструкторы и технологи печатных плат. Эту мечту реализовала японская фирма HITACHI Chemical [10], создавшая как вариант совершенно новый класс материалов с полиимидным



Рис. 1. Тонкая плата приобретает гибкость

связующим и кварцевой армирующей тканью. Такое сочетание, кроме всего прочего, дает низкие значения диэлектрической проницаемости и потерь в СВЧ-диапазоне. что очень важно для формирования линий связи в тонких структурах.

Сортамент тонких материалов приведен в таблице 1. Здесь видно, что в случае применения тонкой фольги тонкие печатные платы не могут быть большими по конструктивным причинам. По технологическим соображениям подобных ограничений нет, поскольку хорошая размерная стабильность данных матери-

Таблица 1. Сортамент тонких материалов

	Толщина, мкм	
	меди	диэлектрика
Односторонний (MCF-5000IS)	9	5, 7, 9
Двухсторонний (MCF-5000ID)	9	12, 16, 20
Медная фольга с адгезивом (MCF-5000IR)	9	30
Адгезив (AS-5000IA)	-	25

Таблица 2. Характеристики тонких материалов Hitachi

Параметры	Значения параметров		
	MCF-5000IS	MCF-5000ID	MCF-5000IR
Температура стеклования T_g , °C	350–380		240–260
Коэффициент термического расширения по всем осям (X-Y-Z), $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	20–22		150–180 по осям X-Y, 20–22 по Z
Стойкость к припою, с	>180		
Модуль упругости, ГПа	3,5–5		2–3
Диэлектрическая проницаемость на 1 ГГц*	2,9–3		-
Тангенс угла диэлектрических потерь	0,002		-
Водопоглощение (за 3 ч), %	0,6–0,8		0,8–1
Усилие на отрыв полоски фольги, кН/м	0,8–1		
Геометрическая стабильность после прессования, %	-0,01 \pm 0,03		-
Горючесть (по UL94)	V-0		

*Примечание. Резонансный метод измерения на трехполосковой линии.

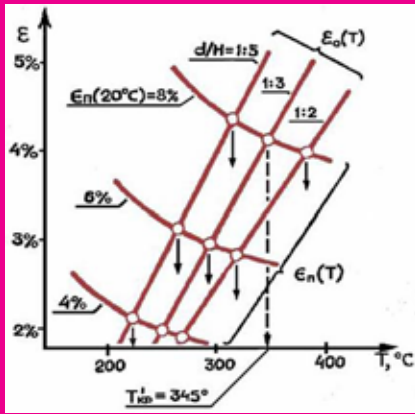


Рис. 2. При увеличении соотношения «диаметр отверстия/толщина платы» (h/d) растет температурная деформация металлизации $\epsilon_0(T)$ и, следовательно, повышаются требования к пластичности $\epsilon_n(T)$

алов позволяет на больших размерах достичь нужного совмещения элементов межсоединений в многослойных структурах.

В таблице 2 показаны характеристики сортамента этих материалов (табл. 1). В частности, можно видеть, что их геометрическая стабильность заметно лучше традиционных стеклоэпоксидных композитов.

Преимущества ультратонких плат:

1. Устойчивость к термоударам. Известно, что для увеличения трассировочной способности уменьшают размеры контактных площадок, а значит, сокращают и диаметры отверстий. Таким образом, технологии призваны добиться большей пластичности металлизации, поскольку при увеличении соотношения толщины плат к диаметру отверстий повышается температурная деформация металлизации, как видно на рис. 2. Относительно большие объемы «толстых» плат содержат больше влаги, которая при термоударе, собственном групповому нагреву при пайке, интенсивно испаряется и разрушает плату, как условно показано на рис. 3. Во всяком случае, металлизация отверстий подвергается

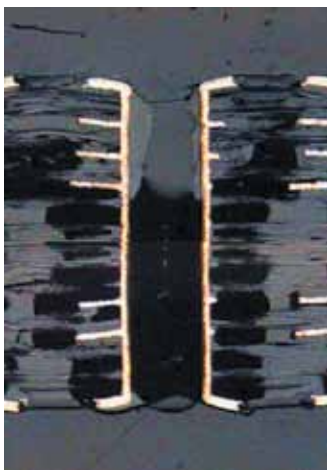


Рис. 4. Фотография металлографического шлифа металлизированного отверстия после многократных термоциклов

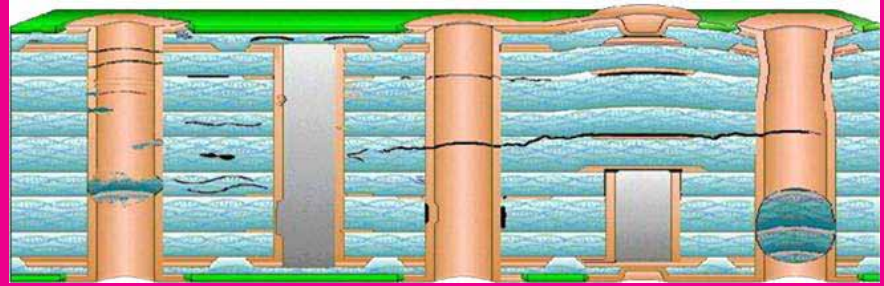


Рис. 3. Имитационная картина разрушения платы в результате термоудара при пайке

растягивающим усилиям при термических нагрузках (рис. 4).

2. Из пункта 1 есть еще одно следствие: в тонких платах нет необходимости создавать толщину металлизации отверстий 25 мкм, аналогичную той, что обеспечивает устойчивость соединений в «толстых» платах. Ведь в тонких платах деформационные нагрузки гораздо меньше, а потому вполне достаточна металлизация толщиной 15 мкм, при которой образуется однородная пленка без разрывов и пазух. Это экономит время на операции без потери надежности.
3. Из пункта 1 также можно сделать вывод, что условия металлизации отверстий в тонких основаниях гораздо лучше: меньше градиенты электрического поля в электролите меднения, лучше условия обмена электролита в отверстиях.
4. В тонких платах легче формировать отверстия, как механическим сверлением, так и лазером.
5. Тонкие платы имеют меньшее тепловое сопротивление, за счет чего можно создать лучшие условия для теплоотвода.

Типичная структура 6-слойной платы толщиной 0,2 мм показана на рис. 5. Ее отличают:

- хорошая размерная стабильность при использовании материала MCF-5000ID;
- оптимальный баланс между гибкостью и жесткостью, хорошая сопротивляемость щелочам (модифицированный полиимид);

- хорошая обрабатываемость сверлением и лазером;
- хорошая размерная устойчивость слоев.

Тонкие полиимидные материалы хорошо встраиваются в структуру МПП на стеклоэпоксидном основании с надстройкой из полиимида. На рис. 6 показан фрагмент структуры послойного наращивания из такого сочетания.

Модифицированные полиимидные материалы демонстрируют хорошие электроизоляционные свойства в широком диапазоне внешних климатических воздействий. На рис. 7 демонстрируется устойчивость материала к воздействию влаги, а на рис. 8 — устойчивость к образованию анодных нитей внутри слоев между отверстиями.

Благодаря низкому значению коэффициента термического расширения полиимида и малой толщине ультратонких печатных плат, они показывают исключительно большую устойчивость к термическим нагрузкам (рис. 9).

Заключение

Одним из важных двигателей прогресса в конструкциях и технологиях печатных плат, как, впрочем, и в других областях техники, является появление новых улучшенных материалов. В данном случае новые материалы, при незначительных изменениях технологии и несущественных капитальных затратах, значительно улучшают

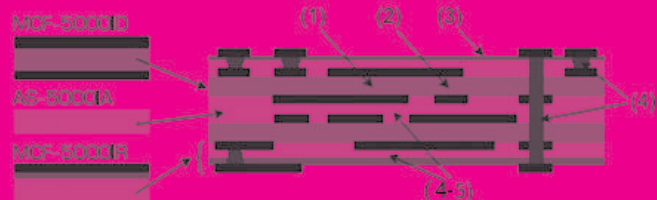


Рис. 5. Структура 6-слойной платы толщиной 0,2 мм: 1 — двусторонний материал MCF-5000ID; 2 — основание для надстройки послойного наращивания; 3 — медная фольга с адгезивом (MCF-5000IR); 4 — адгезив AS-5000IA; 5 — медная фольга с адгезивом (MCF-5000IR)

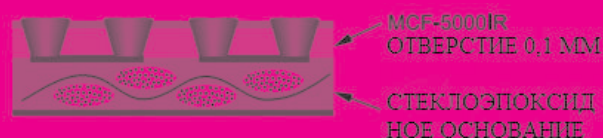


Рис. 6. Фрагмент платы с наращиванием слоя из полиимидного материала

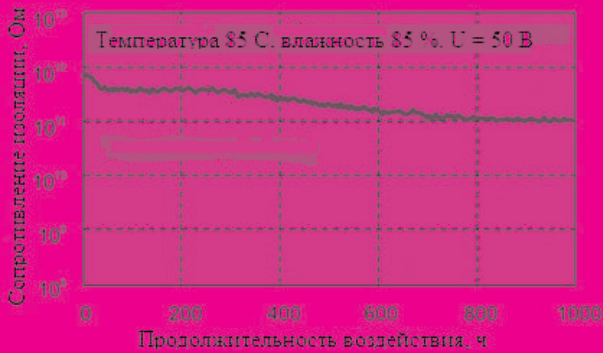


Рис. 7. Зависимость от влаги сопротивления изоляции модифицированного полиимида фирмы Hitachi Chemical

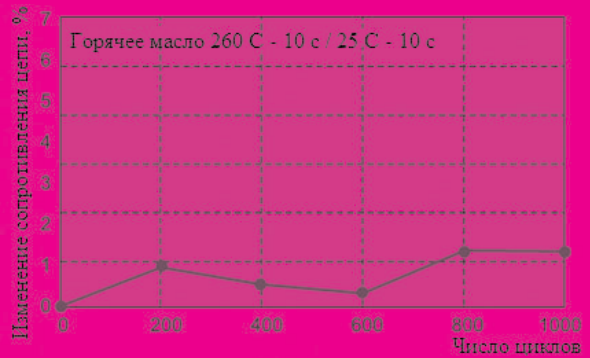


Рис. 9. Изменение омического сопротивления электрических цепей («ныряющего проводника») к многократному воздействию термостративов

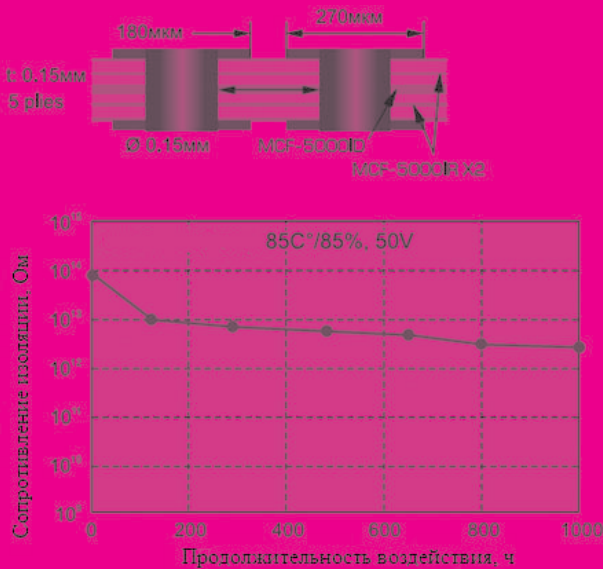


Рис. 8. Демонстрация устойчивости ультратонких плат к электрохимической миграции вдоль слоев в стенке между металлизированными отверстиями

Литература

1. Международный семинар «Новые технологии и программные продукты» // Материалы семинара ООО «Остек-Сервис-Технология». Москва. Октябрь 2013.
2. Медведев А., Можаров В. Плотность межсоединений электронных компонентов // Печатный монтаж (приложение к журналу «Электроника. НТБ»). 2011. № 3.
3. Медведев А., Мылов Г. Эволюция технологий электрических межсоединений в электронном приборостроении // Сборка в машиностроении, приборостроении, 2013, № 2.
4. Медведев А. Перспективы технологий электрических межсоединений в электронных системах авионики // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания, 2013, № 1, 2.
5. ГОСТ Р 53429-2009. Платы печатные. Основные параметры конструкции.
6. Медведев А. Металлизация глубоких отверстий // Технологии в электронной промышленности, 2013, № 4.
7. Медведев А. Технологии выполнения переходов в платах HDI // Технологии в электронной промышленности, 2012, № 7.
8. Сержантов А. Конструкции и технологии высокоплотных печатных плат со встроенными силовыми цепями // Материалы семинара ООО «Остек-Сервис-Технология». Москва. Октябрь 2013.
9. Медведев А. Поверхностный монтаж — новая технологическая операция в изготовлении многослойных печатных плат со встроенными компонентами (МПП ВК) // Международный симпозиум Асолд 2011 «Технологическое будущее электроники». Материалы симпозиума ЗАО «Предприятие Остек». 2011
10. Каталог по базовым материалам компании Hitachi Chemical. Working On Wonders. // www.ostec-st.ru

конструкционные характеристики печатных плат. Цель настоящей статьи — не просто подробно описать характеристики новых материалов, но привлечь внимание к новинкам в этой области.