

# Печатные платы. Температурные свойства базовых материалов

Аркадий Медведев, профессор МАИ

*Подавляющее большинство базовых материалов имеет органическое содержание. По крайней мере, связующие оснований печатных плат — углеводороды, имеют относительно меньшую температурную устойчивость, чем неорганические составляющие композиционных материалов. Многолетними усилиями химиков улучшались температурные свойства полимеров, используемых в качестве связующих, но эти свойства все же оставались далеки от температурной устойчивости армирующих стеклянных волокон, керамических наполнителей, металлической фольги.*

*Используемая в широко распространяющихся бессвинцовых технологиях, на первый взгляд, незначительно увеличенная температура пайки, на самом деле, оказалась существенно превышенной для температурной устойчивости полимеров связующих материалов печатных плат.*

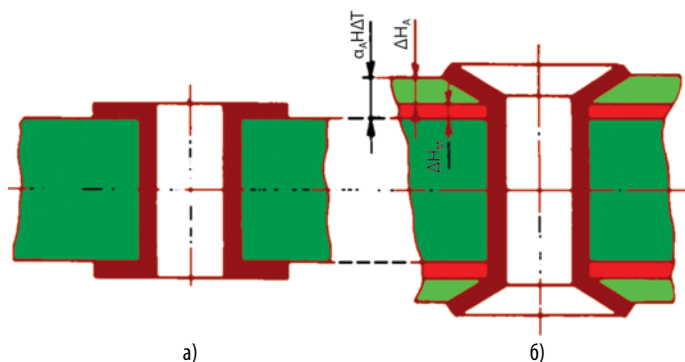


Рис. 1. Растяжение металлизации отверстия за счет большого расширения диэлектрика: а) исходное состояние; б) расширения при температурах пайки

Наиболее важным свойством диэлектрических оснований печатных плат является их температурное расширение в трансверсальном направлении, т.е. поперек армирующих волокон — по оси Z (рис. 1 и 2). Это становится особенно актуально для HDI-плат, которые отличаются использованием тонких металлизированных отверстий в толстых основаниях плат (рис. 3). Разница в

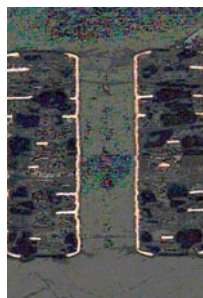


Рис. 2. Микрошлиф сквозного металлизированного отверстия после нагрева до температур пайки

температурном расширении основания и металла в отверстиях могло бы приводить к значительному снижению надежности межсоединений, если бы не громадные усилия технологов, предпринимаемые для обеспечения

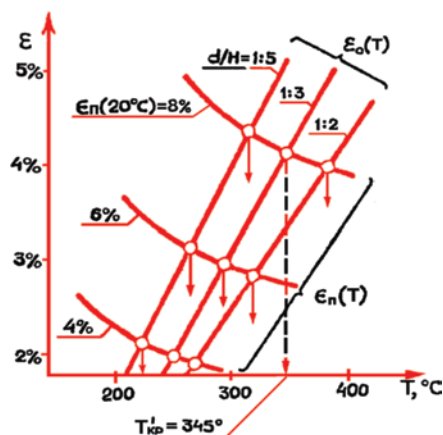


Рис. 3. Увеличивающееся расширение металлизации отверстий по мере утонения отверстий (уменьшения отношения диаметра отверстий к толщине платы)

сопротивляемости тонкой металлизации отверстий разрывным усилиям, возникающим от большого расширения диэлектрического основания — гораздо большего чем у меди.

Зависимость расширения от температуры имеет излом, после которого расширение резко увеличивается, создавая еще большие напряжения в медной металлизации. На рис. 4 показаны эпюры расширения диэлектрика (кривая 1), меди (кривая 3) и результирующее расширение металлизации отверстия (2). Из рис. 4 явствует, что для обеспечения устойчивости металлизированного отверстия нужно уменьшать температурное расширение диэлектрика за счет увеличения температуры излома и увеличения пластичности медных осадков, чтобы они поддавались удлинению без разрывов.

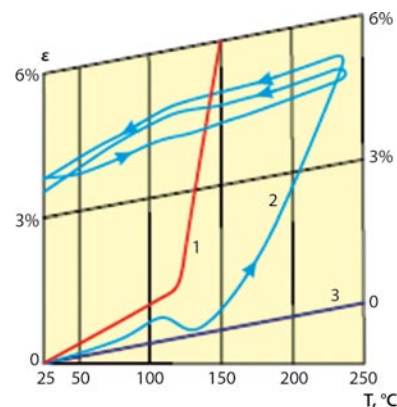


Рис. 4. Эпюры расширения диэлектрика (1), меди (3) и результирующего расширения металлизации отверстий (2)

Излом в температурной зависимости расширения полимеров в химии полимеров называется «Температурой перехода», а в зарубежной терминологии —  $T_g$  (*Glass-temperature*). Исторически сложилось так, что  $T_g$  широко используется для классификации базовых материалов печатных плат и считается одним из наиболее важных параметров, занесенных в стандарты МЭК и IPC. Материалы с высоким значением  $T_g$  рассматривались как более надежные. Но сегодня вопрос выбора никогда не сводится к тому, чтобы просто заказать материал с высоким значением  $T_g$ . Переход на бессвинцовую пайку вызвал дополнительное переопределение того, какие свойства необходимо обеспечить для заданного уровня надежности. Это обусловлено тем, что сплавы, используемые при пайке бессвинцовыми припоями, требуют более высоких пиковых температур, чем те, что использовались при пайке с применением сплава олова и свинца. Эти более высокие пиковые температуры могут подойти к значению, при котором многие базовые материалы начинают интенсивно разлагаться. По этой причине температура разложения  $T_f$  становится еще одним параметром, используемым для классификации базовых материалов. На рис. 5 показаны типичные для всех полимеров фазовые переходы на температурной шкале. Эта шкала может быть отнесена только к термореактивным полимерам, не плавящимся при переходе через температуру стеклования. Термопластичные полимеры типа полиэтилена, полистирола, полиэфира (лавсан), поливинилхлорида при нагреве просто плавятся и теряют свою первоначальную форму и здесь не рассматриваются.

### ТЕМПЕРАТУРА СТЕКЛОВАНИЯ, $T_g$

Температура  $T_g$  полимерной системы является температурой, при которой материал переходит из относительно жесткого, «стекловидного» состояния, в более податливое или умягченное состояние. Это термодинамическое изменение материала является обратимым до тех пор, пока полимерная система не деградировала. Иначе говоря, когда материал был нагрет свыше температуры  $T_g$ , а затем охлажден до температуры  $T_g$ , то он возвращается в более жесткое состояние в основном с теми же свойствами,

что и прежде. Однако если материал был нагрет до температуры, намного превышающую  $T_g$ , то могут произойти необратимые изменения его свойств. Температура, при которой это происходит, меняется с типом материала и связана с разложением полимера.

Материал не переходит в жидкое состояние, когда он нагрет свыше  $T_g$ , как это свойственно термопластам. Это температура, при которой происходят физические изменения из-за ослабления молекулярных связей внутри материала. Температуру стеклования  $T_g$  обычно представляют как фиксированную величину, но это в какой-то степени является неверным, потому что физические свойства материалов могут начать меняться уже по мере приближения к  $T_g$ . По мере роста температуры все больше связей оказываются ослабленными, пока все они не окажутся таковыми. Это объясняет плавный, а не резкий переход из одного состояния в другое, как показано на рис. 6.

Понятие  $T_g$  полимерной системы имеет несколько значений. Они включают в себя:

- температурное расширение и его изменение при переходе через  $T_g$ ;
- степени твердости полимерной системы до и после  $T_g$ .

### ТЕМПЕРАТУРНОЕ РАСШИРЕНИЕ

Все материалы меняют свои физические размеры в ответ на изменение температуры. Коэффициенты расширения материала, армированного стекловолокном, отличаются по соответствующим осям из-за направленности армирования. В длину и ширину слоистый пластик или печатная плата занимают плоскость X, Y, тогда как Z — ось, перпендикулярна этой плоскости.

Скорость, с которой материал расширяется, значительно меньше при температурах ниже  $T_g$ , чем при температурах, превышающих это значение. С помощью термомеханического анализа (ТМА) измеряются изменения размеров в зависимости от температуры. Экстраполяция линейных участков кривой по направлению к точке, при которой они пересекаются, дает оценку величины  $T_g$  (см. рис. 7). Наклоны линейных участков этой кривой выше и ниже  $T_g$  представляют относительные скорости теплового расширения, или как их обычно на-

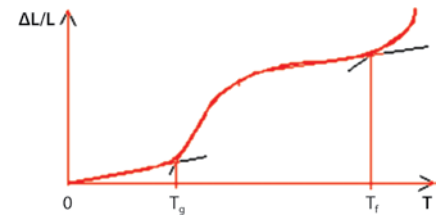


Рис. 5. Фазовые переходы при нагреве термореактивных полимеров:  $T_g$  — температура стеклования,  $T_f$  — температура разложения

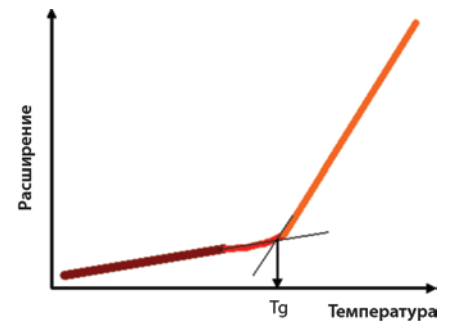


Рис. 6. Определение температуры стеклования из эюр температурного расширения полимера

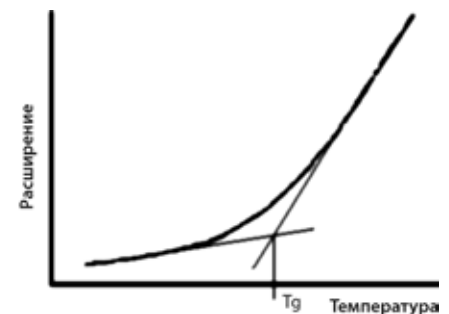


Рис. 7. Определение температуры стеклования методом термомеханического анализа

зывают, температурные коэффициенты расширения (КТР). Значения КТР очень важны, поскольку они оказывают влияние на надежность платы. Это расширение гораздо больше в трансверсальном направлении. В направлении армирования оно сдерживается стеклянной тканью, имеющей относительно малый КТР. Поэтому меньшее температурное расширение по оси Z будет означать большую степень надежности и меньшие напряжения, оказываемые этим расширением на металлизацию отверстий.

Обращает на себя внимание общее изменение значений КТР по мере роста  $T_g$ . Более высокое значение  $T_g$

задерживает наступление быстрого расширения, которое происходит после достижения температуры стеклования. Также заслуживает внимания то, что материалы с наполнителями демонстрируют меньшие уровни расширения по оси Z по сравнению с аналогичными материалами без наполнителей (см табл. 1).

### СТЕПЕНЬ ОТВЕРЖДЕНИЯ

Используемые в базовых материалах полимерные системы изначально имеют компоненты, содержащие активные группы в своих молекулярных структурах. Приложенное к ним тепло и наличие катализаторов отверждения вынуждают активные группы устанавливать мостиковые связи, т.е. соединяться вместе. Этот процесс отверждения полимерной системы вызывает физические изменения в материалах пропорционально степени возникновения мостиковых связей, включая рост величины  $T_g$ . Когда большинство активных групп оказываются связанными между собой, говорят, что произошло полное отверждение материала и установились его основные физические свойства. Этот процесс экспоненциален во времени, поэтому полное отверждение прохо-

дит за время, неприемлемое для массового производства материалов. За 1,5...2 часа пребывания материала в горячем прессе степень его полимеризации едва может достигнуть 96%. В дальнейшем процесс полимеризации идет при складировании и транспортировке материала, причем очень медленно. Это вынуждает производителей плат проводить, так называемую термостабилизацию, чтобы хоть в какой-то мере довести материал почти до полной полимеризации.

Показанные на рисунках термомеханические кривые получены с использованием приборов термомеханического анализа (ТМА), фиксирующих температурные расширения. Помимо ТМА также широко используются две другие методики теплового анализа для измерения  $T_g$  и степени отверждения: дифференциальная сканирующая калориметрия (DSC) и динамомеханический анализ (DMA).

Методом дифференциальной сканирующей калориметрии измеряют тепловой поток в зависимости от температуры, а не изменение размеров, как в случае ТМА. Поглощенное или выделенное тепло также изменяются по мере роста температуры при прохождении через точку  $T_g$  полимерной

системы. Величина  $T_g$ , измеренная при использовании DSC, часто несколько выше, чем при измерениях с помощью ТМА.

При использовании динамомеханического метода измеряют модуль упругости материала в зависимости от изменения температуры. Этот метод также будет давать несколько завышенные значения  $T_g$ .

Кроме того, для определения степени полимеризации используют метод экстракции недополимеризованной фракции связующего с помощью аппарата Сокслета (F. R. Soxhlet, 1848-1926, нем. химик). Материалы, в которых отверждение произошло не до конца, могут вызвать проблемы в процессе изготовления плат и в обеспечении надежности готовых печатных узлов. Например, не до конца отвердевшая многослойная плата в процессе сверления отверстий может дать избыточное намазывание смолы на торцы внутренних слоев в образованном отверстии. Это происходит из-за не до конца отвердевшей полимерной системы, и, получившаяся в результате более низкая, чем должная,  $T_g$  становится причиной избыточного умягчения полимера при воздействии на него тепла, создаваемого при сверлении отверстий. Если этот размазанный полимер полностью не удалить, то он станет причиной потери электрического соединения металлизации отверстий с торцами контактных площадок внутренних слоев. Кроме того, готовые печатные платы, в которых полимерная система отвердела не до конца, могут давать большее температурное расширение по оси Z. Это неблагоприятно влияет на надежность платы из-за увеличения нагрузки на металлизированные сквозные отверстия при ее расширении.

Поскольку усиленные мостиковые связи потребуют больше энергии (тепла) для их ослабления в структуре полимерной системы, то измерения  $T_g$  можно использовать для определения степени отверждения полимерной системы. Например, мера степени отверждения может быть получена выполнением двух тепловых анализов одного и того же образца. После первого анализа образец подвергается воздействию нагрева, предназначенного для дополимеризации, после чего выполняется второй тепловой анализ. Степень отверждения

Таблица 1. Величины  $T_g$ ,  $T_f$  и КТР при 40%-м содержании смолы в некоторых часто используемых базовых материалах

Материал	$T_g$ (°C)	Температура разложения $T_f$ (5% потеря веса), °C	Расширение по оси Z (% 50...260°C)	КТР (ppm/°C -40...125°C)
FR-4 с эпоксидным связующим	140	315	4,5	13—16
FR-4 с улучшенным эпоксидным связующим	140	345	4,4	13—16
Армированный наполнителем FR-4 с улучшенным эпоксидным связующим	150	345	3,4	13—16
FR-4 с эпоксидным связующим с высоким значением $T_g$	175	305	3,5	13—16
FR-4 с улучшенным эпоксидным связующим с высоким значением $T_g$	175	345	3,4	13—16
Армированный наполнителем FR-4 с улучшенным эпоксидным связующим с высоким значением $T_g$	175	345	2,8	12—15
Смесь BT и эпоксидной смолы	190	320	3,3	14—16
РРО и эпоксидная смола	175	345	3,8	15—16
Смесь-A эпоксидных смол с низким значением диэлектрических потерь	200	350	2,8	11—15
Смесь-B эпоксидных смол с низким значением диэлектрических потерь	180	380	3,5	13—15
Современный диэлектрических потерь	215	363	2,8	13—14
Цианатный полиэфир	245	375	2,5	11—13
Полиимид	260	415	1,75	12—16
FR-4 с не содержащим галогенов связующим с высоким значением $T_g$ , армированное наполнителем	175	380	2,8	13—16

измеряется путем сравнения разницы измеренной величины  $T_g$  после выполнения двух анализов (рис. 8). Если отверждение материала произошло полностью, то разность между  $T_{g2}$  и  $T_{g1}$  будет очень маленькой, обычно в пределах нескольких градусов по шкале Цельсия. Отрицательные разности измерений этих величин или отрицательные  $\Delta T_g$ , когда  $T_{g1}$  больше, чем  $T_{g2}$ , также указывают на полное отверждение. Однако при использовании этих методов для оценки степени отверждения требуется проявлять большую тщательность. Не все полимеры будут вести себя одинаково при проведении последовательных испытаний, подобных этому. Степень отверждения для некоторых современных полимерных систем не всегда легко оценить с помощью этих методик. Кроме того, методы подготовки образцов, в частности, их термообработка до проведения испытания, также могут повлиять на результаты анализа степени отверждения связующего.

### ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ВЫСОКИХ ЗНАЧЕНИЙ $T_g$

Мы всегда неявно подразумеваем, что более высокие значения  $T_g$  всегда лучше. Но это не всегда так. Хотя и справедливо то, что более высокие значения  $T_g$  будут задерживать начало интенсивного температурного расширения для данной полимерной системы, все же суммарное расширение может отличаться от материала к материалу. Материал с более низким значением  $T_g$  может демонстрировать меньшее суммарное расширение, чем материал с более высоким значением  $T_g$ , благодаря различным значениям КТР полимеров, или за счет использования наполнителей в полимерной системе, которые понижают КТР композиционного материала. Это иллюстрируется на рис. 9. У материала «С»  $T_g$  выше, чем у материала «А», но материал «С» обладает большим тепловым расширением, потому что величина его КТР при температурах, превышающих  $T_g$ , значительно выше. С другой стороны, при одних и тех же значениях КТР для температур ниже, чем  $T_g$ , материал «В» с большим значением  $T_g$  демонстрирует меньшее тепловое расширение, чем материал «А». И, наконец, несмотря на то, что величины  $T_g$  одни и те же, материал

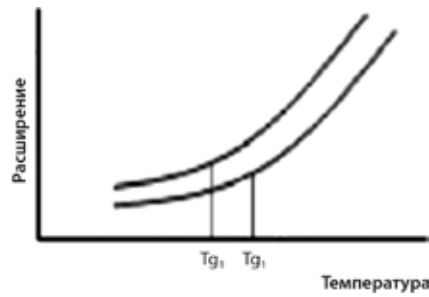


Рис. 8. Оценка степени отверждения с помощью измерений разницы в значениях  $T_g$  до и после термостабилизации

«В» демонстрирует меньшее тепловое расширение, чем материал «С» из-за более низкого значения КТР при температурах выше, чем  $T_g$ .

Существуют также и другие соображения. Замечено, что многие обычные материалы FR-4 с температурой  $T_g$  в  $140^\circ\text{C}$  демонстрируют более высокие температуры разложения  $T_f$ , чем стандартная температура  $T_f$ , равная  $170^\circ\text{C}$  для FR-4.  $T_f$  является показателем важного свойства для бессвинцовой пайки, для которой ранее считались предпочтительнее более высокие значения  $T_g$ . Современные полимерные системы FR-4 должны сочетать одновременно высокую величину как  $T_g$ , так и  $T_f$ .

Следует учитывать, что полимерные системы с повышенной температурой  $T_g$  могут оказаться более жесткими и хрупкими, чем системы с низкими значениями  $T_g$ . Это может неблагоприятно сказываться на производительности процесса изготовления печатных плат. В частности, может замедлиться процесс сверления отверстий в печатных платах или понизиться срок службы сквозных отверстий, либо может потребоваться уменьшение высоты пакетов при использовании материалов с высокими значениями  $T_g$ .

Уменьшение прочности сцепления медной фольги и уменьшение стойкости к расслоению могут также быть связаны с повышенными значениями  $T_g$ , хотя на это могут влиять также и другие факторы. Время до начала расслоения является мерой прочности сцепления полимера и меди или полимера и армирующего материала. Спустя какое-то время они начнут отделяться друг от друга или расслаиваться. Время расслоения может коррелировать с величиной  $T_f$ . Тест на определение времени до начала рас-

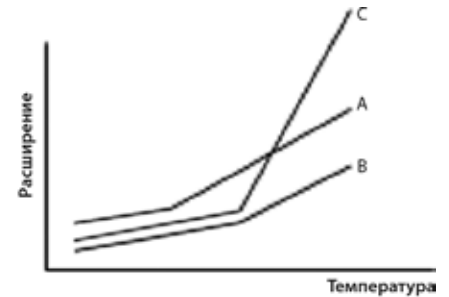


Рис. 9.  $T_g$  в сопоставлении с температурным расширением

слоения использует средства ТМА, с помощью которых образцу задается определенная температура, а затем измеряется время, которое пройдет до его повреждения. Обычно повреждением становится расслоение между полимером и медной фольгой, или полимером и стекловолокном внутри основания платы. Для этого теста обычно используется температура в  $260^\circ\text{C}$  ( $T_{260}$ ) и в  $288^\circ\text{C}$  ( $T_{288}$ ).

### ТЕМПЕРАТУРА ДЕСТРУКЦИИ, $T_f$

По мере нагревания материала, достигается значение температуры, начиная с которого происходит разложение полимера. Химические связи внутри полимерной системы постепенно разрушаются, и начинают выделяться летучие компоненты (низкомолекулярные фракции), что приводит к уменьшению массы образца. Традиционно  $T_f$  определяется как точка, в которой из-за разложения теряется 5% первоначальной массы. Однако 5% являются слишком большой величиной, если рассматривать надежность многослойной печатной платы, а температуры, при которых начинается нижний порог разложения, очень важны для понимания, особенно в отношении бессвинцовой пайки. Для иллюстрации этого, обратимся к рис. 10.

На рис. 10 представлены кривые для двух материалов типа FR-4. «Традиционный FR-4», имеющий в этом случае температуру  $T_g$ , равную  $140^\circ\text{C}$ , имеет температуру разложения  $320^\circ\text{C}$ , если использовать определение 5% уровня потерь массы. «Усовершенствованный FR-4» имеет температуру разложения в  $350^\circ\text{C}$ , если использовать определение 5% уровня потери массы. Многие стандартные материалы марки FR-4 с высоким значением  $T_g$  фактически имеют температуры



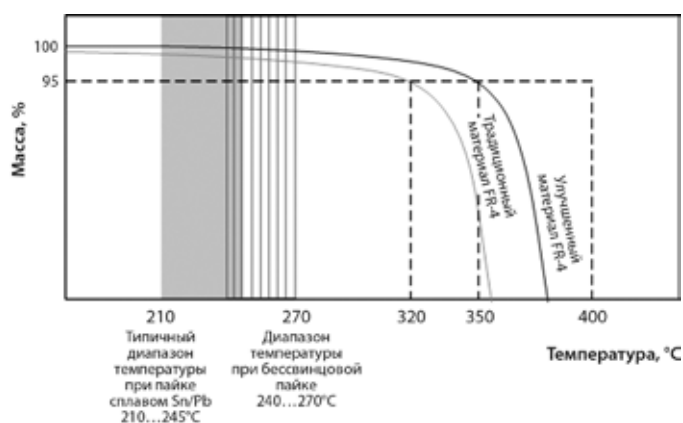


Рис. 10. Иллюстрация кривых разложения

разложения в диапазоне 290...310°C, тогда как материалы марки FR-4, имеющие  $T_g$ , равную 140°C, обычно имеют несколько более высокие значения  $T_f$ .

Заштрихованные области указывают диапазоны пиковых температур для стандартной пайки припоем из свинца и олова, а также для бессвинцовой пайки. Очень часто задают вопрос: если печатная плата паяется при 260°C, а материал имеет температуру разложения в диапазоне 310...320°C, то почему тогда он может оказаться несовместим с бессвинцовой пайкой?

Ответ кроется в уровне деструкции для тех температурных диапазонов, при которых будет выполняться пайка. В диапазоне температур, соответствующем использованию сплава олова и свинца, ни один из материалов

не демонстрирует заметного уровня разложения. Однако в температурном диапазоне бессвинцовой пайки традиционный материал марки FR-4 начинает терять 1,5...3% своей массы. Этот уровень разложения может неблагоприятно сказаться на долгосрочной надежности или привести к появлению дефектов, таких как расслоение, особенно в случае нескольких выполняемых одновременно циклов пайки или нескольких циклов переделки.

### ВРЕМЯ ДО НАЧАЛА РАССЛОЕНИЯ

Определение времени до начала расслоения относится к определенной процедуре тестирования, используемой для выяснения того, как долго материал будет сопротивляться образованию вздутий или расслоению при заданной температуре. В

процедуре применяется термомеханический анализатор (ТМА), в котором образец нагревается до заданной температуры. Наиболее широко используемой температурой является 260°C. Этот тест чаще всего так и называют — тест T260. Также используются и другие температуры, такие как 288 или 300°C. В табл. 2 сравниваются характеристики различных типов материалов. Просматривая эту таблицу, важно отметить большие вариации, которые могут быть между аналогичными материалами разных производителей. На значения T260 могут влиять конкретные смолы и отвердители, используемые для данного материала, а также различия в значениях КТР у компонентов образца.

### УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РАСШИРЕНИЕМ

Коэффициент температурного расширения зависит от состава компонентов базового материала и их относительных концентраций. Полимерная система имеет более высокий коэффициент температурного расширения по сравнению с материалом стекловолокна или других неорганических материалов, применяемых для армирования.

При регулировании расширения по оси Z ключевыми факторами, которые необходимо учитывать, являются тип полимерной системы, ее температура стеклования, а также доля полимера в базовом материале. Для понижения коэффициента КТР материала можно использовать дополнительно к стеклянной ткани другие наполнители. В табл. 1 сравниваются коэффициенты температурного расширения нескольких серийно выпускаемых базовых материалов. Приведенные значения могут существенным образом изменяться в зависимости от точного содержания смолы в материале или в тестируемой печатной плате. В многослойных печатных платах содержание меди в образце также будет оказывать заметное влияние, поскольку расширение меди по оси Z очень низкое по сравнению с полимерной системой.

Обращает на себя внимание общее изменение значений КТР по мере роста  $T_g$ . Более высокое значение  $T_g$  задерживает наступление быстрого расширения, которое происходит после достижения температуры стеклования. Также заслуживает внимания

Таблица 2. Время до начала расслоения и данные по дугостойкости для широко применяемых материалов

Материал	$T_g$ (°C)	T260	T288	Дугостойкость
Стандартный FR-4 с эпоксидным связующим	140	8—18	—	65—120
FR-4 с улучшенным эпоксидным связующим	140	20—30	5—10	75—120
Армированный FR-4 с улучшенным эпоксидным связующим	150	25—45	6—12	80—120
FR-4 с эпоксидным связующим с высоким значением $T_g$	175	4—10	—	70—120
FR-4 с улучшенным связующим с высоким значением $T_g$	175	30+	7—15	70—120
Армированный FR-4 с улучшенным эпоксидным связующим с высоким значением $T_g$	175	30+	8—16	80—120
Смесь BT и эпоксидной смолы	190	30+	2—8	100—120
PPO + эпоксидная смола	175	30+	8—20	110—120
Смесь-A эпоксидных смол с низким значением диэлектрических потерь	200	30+	6—12	110—125
Смесь-B эпоксидных смол с низким значением диэлектрических потерь	180	30+	10—20	110—120
Современная смесь с низким значением диэлектрических потерь	220	30+	15—35	110
Полиимид	260	30+	30+	120—130
Армированный FR-4 со связующим, не содержащим галогена, с высоким значением $T_g$	175	20—30	8—12	120—130

то, что материалы с наполнителями демонстрируют меньшие уровни расширения по оси Z по сравнению с аналогичными материалами без наполнителей.

Хотя тестам по определению времени до начала расслоения и было уделено достаточно большое внимание по мере того, как бессвинцовые технологии стали приобретать широкое распространение, очень важно не ограничиваться исключительно одной характеристикой или типом измерения при определении материала для технологии бессвинцовой пайки. Во-первых, корреляция между временем до начала расслоения и пригодностью того или иного материала для сборки без применения свинца не всегда очевидна. Большая длительность промежутков T260 или T288 сама по себе не гарантирует высокой степени надежности применительно к бессвинцовой пайке. И наоборот, некоторые материалы с достаточными, но не обязательно большими интервалами T260 или T288 демонстрируют прекрасные характеристики для их применения в бессвинцовых технологиях пайки. И хотя важно учитывать такую характеристику, как время до начала расслоения, при определении подходящих для бессвинцовой пайки материалов,

ее не следует считать единственной. Для успешного применения в бессвинцовой технологии необходим баланс нескольких свойств материала.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В отличие от отечественных производителей базовых материалов за рубежом постоянно идут интенсивные поиски улучшения качественных характеристик базовых материалов для печатных плат. Это обусловлено не только расширением использования бессвинцовых технологий пайки. Не менее важно, что уплотнение межсоединений за счет уменьшения диаметров отверстий приводит к большим нагрузкам на металлизацию из-за интенсивного расширения диэлектрических оснований.

2. Чтобы уменьшить КТР основной печатных плат в трансверсальном направлении идут интенсивные разработки и постановки на производство полимерных систем с высокими значениями температуры стеклования, чтобы сдвинуть увеличение КТР в область более высоких температур.

3. Необходимость использования технологий бессвинцовых паек, связанных с более высокими температурами, сделала значимой характеристику устойчивости материалов к термодеструкциям.

4. Более существенными стали требования к полноте полимеризации связующего, ее тестированию и приемам дополимеризации путем использования операции термостабилизации.

5. Разработки отечественных стеклотекстолитов имеют сорокалетнюю давность, в то время как цивилизованный мир меняет свои технологии и вместе с этим базовые материалы с периодичностью в 5...6 лет. Это значит, что за 40 лет простоя сменилось много поколений технологий. И еще это значит, что для импортозамещения базовых материалов применительно к современным технологиям нужно предпринять гигантские усилия, на которые сегодня в России мало кто способен.

## ЛИТЕРАТУРА

1. С. Шкундина. Производство печатных плат: очистка электролитов меди от органических загрязнений/Производство электроники. Технологии, оборудование, материалы. 5/2010.

2. Печатные платы: Справочник. В 2-х книгах / Под редакцией К.Ф. Кумбза. — М.: Техносфера, 2011.

3. А. Медведев. Печатные платы. Конструкции и материалы. Москва: Техносфера. 2005.

## НОВОСТИ РЫНКА

### К 2015 г. ВВП российской микроэлектроники может удвоиться

На ежегодной международной выставке SEMICON Russia 2011 президент международной промышленной микроэлектронной ассоциации SEMI Europe Хайнц Кюндерт (Heinz Kundert), выступая на пресс-брифинге на тему «Европейский взгляд: российская микроэлектроника в глобальной полупроводниковой отрасли», рассказал о перспективах российской микроэлектроники на мировых рынках.

По его словам, годовой объем производства чипов и электронных компонентов в России составляет \$1,9 млрд. (валовая добавленная стоимость — 58,4 млрд. руб. в 2010 г.), что является 1% от мирового рынка микроэлектроники. Однако в дальнейшем в этой области Россия станет более привлекательной для глобальных компаний, которые будут размещать здесь свои лаборатории и производства, считает Хайнц Кюндерт. По его мнению, это станет следствием, в первую очередь, инициатив российского правительства по формированию государственной стратегии в области микроэлектроники и возобновлению проекта строительства в Зеленограде наноэлектронной фабрики производства чипов с проектными нормами 65/45 нм на 300 мм пластинах.

Президент SEMI Europe прогнозирует, что когда проект будет реализован, вокруг него сформируется технологичная экосистема с участием глобальных компаний, и уже к 2015 г. ВВП российской микроэлектронной отрасли может достигнуть \$4 млрд. Если же в ближайшее время будет выработана четкая государственная стратегия по поддержке отрасли, то к 2025 г. ее доходы могут увеличиться до \$10 млрд, и Россия займет 5% общемирового рынка микроэлектроники, полагает Кюндерт.

«В Европе давно поняли, что микроэлектроника — это основа инноваций, — отметил Хайнц Кюндерт. — Ваша страна становится все более заметной на международной карте производителей полупроводников. Мои коллеги из глобальных компаний, микроэлектронных кластеров Гренобля и Дрездена с оптимизмом смотрят на возможности сотрудничества с зеленоградским кластером и другими центрами развития российской микроэлектроники. «Микрон» уже сегодня отвечает самым высоким требованиям в плане готовности инфраструктуры, кадрового и научного обеспечения и является оптимальным местом для развития микроэлектроники в России».

По словам президента SEMI Europe, Евросоюз видит в России уже не только поставщика природных минералов, но и партнера в области высоких технологий, что дает европейцам возможность диверсифицировать геополитические риски, распределяя их между Россией и Азиатским регионом. Европейские члены SEMI заинтересованы в появлении в России следующего поколения технологий — 65/45 нм. Если этот проект будет осуществлен, мировое сообщество получит нового партнера в области наноэлектроники, что станет началом локализации производственной цепочки полупроводниковой отрасли в России, говорится в сообщении «Ситроникса», дочерняя компания которого — «Ситроникс Микроэлектроника» — выступила официальным партнером SEMICON Russia 2011.

[www.cnews.ru](http://www.cnews.ru)