

# Ламинаты и бессвинцовая пайка

Уэйн Ротшильд и Джозеф Кужински, IBM

*Печатные платы с определенными конструктивными особенностями, изготовленные на основе практически любых ламинатов, предлагаемых на рынке в качестве совместимых с процессом бессвинцовой пайки, имеют предрасположенность к образованию трещин в структуре при воздействии присущих этому процессу высоких температур. Такие трещины, увеличивающие вероятность возникновения разрывов и коротких замыканий, образуются внутри слоя смолы и/или на границе раздела стеклоткани и препрега. Проблемы, связанные с увеличивающейся частотой возникновения трещин, и воздействие, которое они оказывают на надежность устройства в целом, требуют самого пристального внимания. К направленным на это мерам можно отнести разработку и применение более совершенных методов обнаружения трещин и прогнозирующих тестов.*

*Кроме того, необходимы корректирующие действия, такие как снижение содержания пустот внутри ламината или конечного продукта, снижение содержания влаги при производстве печатной платы и последующей ее обработки (куда может входить адаптация уровня влажности по стандарту JSTD-020) и/или разработки новых смол и связующих агентов, более устойчивых к внутреннему давлению пара и термическому воздействию. По-видимому, все это потребует большей интеграции различных этапов производственной цепочки.*

Несмотря на то, что электронные модули, применяемые в серверах, в настоящее время освобождены от введенного Евросоюзом запрета на использование свинца в процессе пайки, IBM уже проводит определенную работу, направленную на решение технических проблем, которые могут возникнуть, если вышеупомянутое освобождение будет в будущем отменено. Кроме того, существующая практика изготовления сборок по смешанной технологии (с применением эвтектических припоев олово/свинец для установки корпусов BGA) не имеет долгой перспективы по причине явно выраженной рыночной тенденции к поставкам BGA-компонентов исключительно с шариками из олова-серебра-меди (SAC).

Особое внимание привлекает воздействие более высоких температур бессвинцовой пайки на целостность и надежность функционирования печатных плат, которые, как ожидается, будут применяться в серверных блоках. В случае изготовления устройств по смешанной технологии ожидаемая температура на поверхности печатной платы будет составлять порядка 245°C. Для бессвинцовой пайки этот показатель находится в диапазоне от 235 до 255°C во время поверхностного монтажа и доходит до 245°C во время устранения брака.

Первоочередного внимания заслуживают и ответные реакции слоистых структур на воздействие более высоких температур. Хорошо известно, что несоответствие значений коэффициента теплового расширения меди и

ламината внутри структуры печатной платы может привести к увеличению давления на слой меди. В результате вполне возможно образование разрывов в переходных отверстиях, разрывов между внутренними слоями и стенками сквозных металлизированных отверстий и даже обрывов проводников на поверхности. Целостность ламината самого по себе также может нарушиться, приводя к таким нежелательным эффектам, как образование дендритов и коробление, что, в свою очередь, может представлять угрозу для целостности соединений между компонентами и печатной платой.

Ниже излагаются имеющиеся на сегодняшний день сведения, которые были получены в результате изучения влияния различных высокотемпературных профилей, примененных в процессе пайки, на целостность ряда конструкций печатных плат. Кроме того, значительное внимание было уделено дополнительным механиче-

ским воздействиям, возникающим в процессе сборки, и их последующему влиянию на образование скрытых дефектов.

Большая часть испытаний (изучение наиболее уязвимых участков плат, подвергшихся термическим и механическим нагрузкам, подобным тем, что имеют место во время высокотемпературных процессов сборки) проводилась на тестовых образцах. Влияние смоделированных нагрузок на свойства плат контролировалось электрически и/или посредством визуального осмотра поверхностей и поперечных сечений. Однако отдельные аспекты исследований дополнялись визуальным осмотром реальных производственных печатных плат, подвергшихся соответствующим термическим нагрузкам.

При испытаниях применялись два температурных профиля оплавления. Первая группа тестовых образцов (как правило, более тонкие платы для бес-

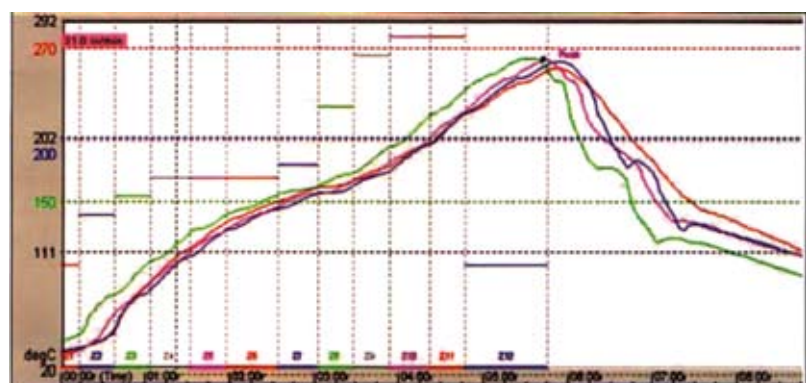


Рис. 1. Типовой профиль температур

свинцовой пайки), предназначенные для сборки по смешанной технологии, подвергались пяти проходам по профилю с пиковым значением температуры 245°C. Тестовые образцы второй группы (как правило, более толстые, также предназначенные для бессвинцовой пайки), подвергались комбинации из двух проходов через профиль с пиковой температурой 245°C, после чего следовали три прохода через профиль с пиковым значением температуры 260°C (см. рис. 1).

Не забывая о традиционных проблемах, преследующих печатные платы, подвергаемые пайке олово/свинцовыми припоями, мы призываем еще более пристальное внимание уделить проблемам, связанным с целостностью слоистой структуры. Необходимость лучшего понимания механизмов отказов ускорила проведение вспомогательных исследований, включая термомеханические исследования и исследования поведения влаги внутри печатных плат, о чем в данной статье упоминается кратко.

### ОПИСАНИЕ ТЕСТОВЫХ ОБРАЗЦОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Подавляющее большинство тестов проводилось на печатных платах, изготовленных на основе ламинатов, предлагающихся на рынке в качестве совместимых с температурами бессвинцовой пайки. Подавляющее большинство этих печатных плат были тестовыми образцами, изготовленными начиная с последних месяцев 2004 года девятью производителями с применением восьми различных ламинатов (см. таблицу 1). Семь из них имели эффективный тангенс угла потерь порядка 0,02. Ламинат №5 имел эффективный тангенс угла потерь менее 0,01. Каждый производитель изготовил до трех различных ламинатов. Некоторые ламинаты производились двумя и тремя производителями. В дальнейшем будут проведены дополнительные исследования сочетаний «ламинат/производитель».

В подавляющем большинстве испытаний использовались тестовые образцы, изготовленные по специальному заказу, сконструированные под конкретные задачи, так чтобы свойства печатных плат гарантированно испытали нежелательные изменения,

Таблица 1. Производители и ламинаты, толщина тестовых образцов, мм

	Ламинаты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Tg, °C	180	175	175	135	210	170	175	180
Td, °C	325	350	365	360	400	340	340	340
Производитель								
A							1,91	
B		3,30				2,54		3,30
C						3,30		
D	4,06							
E					4,83			
F				2,54				
G			4,06					
H			3,30					3,30
I			3,30					3,30

происходящие, когда плата подвергается воздействию нагрузок во время сборки или эксплуатации потребителем. По мере того как становились понятными риски, связанные с воздействием высоких температур, присутствующих данному проекту, конструкции тестовых образцов изменялись и/или разрабатывались заново.

Каждый тестовый образец из комплекта имел большое количество специфических рисков позиций. В любую конструкцию тестового образца можно было внести изменения для обеспечения гибкости в выборе количества слоев (а следовательно, общей толщины) без необходимости новой разводки. Количество слоев и их толщины имели значения, близкие к указанным в таблице 2, при этом большинство испытаний проводилось с использованием конструкций толщиной от 2,54 до 3,3 мм.

В отчет включены результаты для типовых образцов стеклоткани (например, 106, 1080, 2113), в соответствии с их присутствием в использованном ламинате. Также изложены результаты для образцов двух толщин медной фольги.

Риски, вызывающие особую обеспокоенность, в большинстве тестовых образцов увязаны друг с другом для обеспечения мониторинга изменения устойчивости, которые могут произойти в результате приложенных усилий. Сюда входит мониторинг целостности переходных отверстий и обеспечения проводимости между контактными площадками и сквозными металлизированными отверстиями по мере того как тестовые образцы подвергаются воздействию термических нагрузок, а также формирования дендритов между соседними переходными отверстиями в

Таблица 2. Толщина и количество слоев тестовых образцов

Толщина, мм	Количество слоев
1.91	14
2.54	20
3.30	26
4.06	28
4.83	32

Таблица 3. Диаметр и шаг сквозных металлизированных отверстий внутри тестовых образцов

Диаметр, мм	Шаг, мм	Примечания
0,20	0,8	Различные размеры матрицы
	1,0	
0,25	0,8	Различные размеры матрицы
	1,0	
0,56		Для разъема с прессовой установкой
0,61		Для разъема с прессовой установкой
1,02		

условиях высокой температуры, повышенной влажности и приложенного напряжения. Некоторые тестовые образцы были предназначены для обнаружения формирования дендритов между контактными площадками силовых цепей и переходными отверстиями, а также между контактными площадками силовых цепей и сквозными металлизированными отверстиями, в которые производилась запрессовка выводов.

Во все позиции по рискам были включены сквозные отверстия; глухие или внутренние переходные отверстия не рассматривались. В таблице 3 представлены данные о величинах диаметра и шага для сквозных переходных отверстий, имевшихся в тестовых образцах.

Для некоторых тестовых образцов применялось связывание позиций по рискам, с тем чтобы иметь возможность адаптации передовых идей для усовершенствованных методов тестирования эффективности и чувствительности. В будущем, как полагают, мониторинг структурной целостности ламинатов смогут проводить посредством измерения емкостного сопротивления у более новых конструкций тестовых образцов.

Тестирование не ограничивалось только лишь применением тестовых образцов. Небольшое количество реальных производственных плат подверглось воздействию профилей температур, присущих поверхностному монтажу с последующим оптическим контролем поверхностей и поперечных сечений. Эти платы были изготовлены различными производителями из ламинатов, имеющихся на рынке в качестве совместимых с условиями процесса бессвинцовой пайки. В целях проведения сопоставительных испытаний в качестве оценочных объектов были включены ламинаты, изготовленные с применением процесса термоотверждения (DICU). Для всех тестовых образцов применялась OSP-обработка поверхности.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПАЙКИ

Большинство тестовых образцов и несколько производственных плат подвергались нескольким проходам через процесс оплавления в 8-зонной печи Senju или 10-зонной печи Electrovert. Для моделирования обще-

го нагрева печатной платы в процессе пайки по смешанной или бессвинцовой технологии устанавливались один или два профиля температур. Например, пять проходов через профиль с пиковой температурой 245°C для печатных плат толщиной до 2,54 мм. Для более толстых печатных плат применялись два прохода через профиль с пиковой температурой 245°C и три прохода через профиль с пиковой температурой 260°C (см. рис. 1).

Небольшое количество производственных плат подверглось воздействию парофазного процесса оплавления с пиковой температурой 240°C. Эффект от воздействия локализованного нагрева, связанного с ремонтом платы, будет изучен в дальнейшем. Некоторые тестовые образцы перед прохождением через смоделированный процесс оплавления подверглись 24-часовой сушке при температуре 125°C. Несколько образцов в экспериментальных целях подверглись 12- или 36-часовой предварительной сушке.

## ОЦЕНКА ЯВНЫХ И СКРЫТЫХ ДЕФЕКТОВ

После осуществления пяти проходов через смоделированный процесс пайки поверхности тестовых образцов визуально исследовались на предмет наличия повреждений, вызванных термическим воздействием. В отдельных случаях осмотр тестовых образцов проводился после каждого прохода.

В некоторых тестовых образцах была произведена запрессовка выводов в соответствующие сквозные металлизированные отверстия, при этом измерялись усилия, прикладываемые при запрессовке. Данные образцы затем подвергались циклическому термическому воздействию и последующим поперечным сечениям для проведения визуальной оценки на предмет наличия внутренних повреждений сквозных металлизированных отверстий и контактных площадок.

Для большинства образцов далее проводилось тестирование надежности. Один из тестовых образцов подвергся многократным температурным испытаниям с диапазоном температур от -40 до +90°C с частотой 1 цикл в час. Периодически измерялось сопротивление, что позволяло осуществлять мониторинг целостности переходных отверстий или соединений

между внутренними проводниками и стенками сквозных металлизированных отверстий большего диаметра. Большинство отказов (о чем свидетельствовало изменение величины сопротивления по меньшей мере на 10% относительно первоначального значения) было подтверждено посредством визуального контроля поперечных сечений областей, предположительно содержащих точку, в которой имеет место отказ.

Тестовый образец другой конструкции испытывался на сопротивление изоляции, который заключался в приложении разницы потенциалов в 15 вольт между соседними зонами потенциального риска на длительный период при температуре окружающего воздуха 50°C и относительной влажности 80%. Периодически измерялись значения сопротивления, что позволяло осуществлять мониторинг возможного образования дендритов между соседними переходными отверстиями или между проводниками силовых цепей и сквозными металлизированными отверстиями, предназначенными для прессовой установки разъемов. Места видимых дефектов, о которых свидетельствовали достаточно низкие значения сопротивления, были электрически изолированы с целью идентификации причины, которая выявлялась последующим осмотром поперечного сечения.

В некоторых областях каждой тестовой платы после прохождения смоделированного процесса сборки с применением оплавления были вскрыты поперечные сечения для визуального контроля. Для большинства тестовых образцов перед таким анализом проводились испытания на надежность. Все разрезы производились в вертикальном направлении.

Комплект для испытаний содержал дополнительные пробные образцы. В их составе имелись пробы для нагрузочных испытаний межсоединений с дополнительными сквозными металлизированными отверстиями, каждое из которых было соединено с различными проводниками силовой цепи. Для отдельных пробных образцов от различных производителей испытания межсоединений проводились до и после того как они подвергались одному или более термическим воздействиям, подобным профилям печей, в которых оплавляются реальные



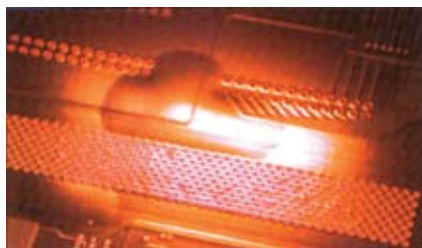


Рис. 2. Пример видимого внешнего отслоения

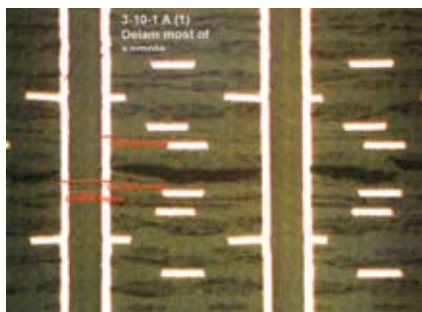


Рис. 3. Пример образования внутренних трещин

печатные платы. С этой целью проводились измерения емкости между соседними проводниками силовых цепей.

Пробные образцы  $31,75 \times 31,75$  мм со сквозными металлизированными отверстиями диаметром 1,02 мм и неиспользованные контактные площадки слоев 2 и N – 1 (или 3 и N – 2) также являлись частью комплекта тестового образца. В отдельных случаях они подвергались испытанию на текучесть припоя. После предварительного спекания при температуре  $100^\circ\text{C}$  в течение как минимум 6 часов каждый пробный образец шесть раз, как поплавок, укладывался на расплавленный припой, имеющий температуру  $288^\circ\text{C}$ , на 10 секунд, после чего каждый раз следовал двухминутный период охлаждения при комнатной температуре. Тщательно отполированные участки были таким образом подготовлены к осмотру случайным образом выбранных рядов сквозных металлизированных отверстий на предмет признаков наличия разрывов на внутренних поверхностях раздела проводник — стенка отверстия.

### ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ

Кинетика поглощения влаги измерялась гравиметрически (посредством весового анализа) как функция времени при температуре  $50^\circ\text{C}$  и от-

носительной влажности 80%. Вначале производилась сушка тестовых образцов при температуре  $125^\circ\text{C}$  в течение двух часов для удаления случайно попавшей или образовавшейся влаги. Тестовые образцы регулярно вынимались для обдува фильтрованным сжатым воздухом перед повторным взвешиванием.

Термомеханический анализ проводился на прямоугольных образцах, вырезанных из соответствующих тестовых образцов на установке Perkin-Elmer TMA 7e, оборудованной кварцевым зондом диаметром 1 мм и специальной платформой. Производилась оценка образцов, содержащих матрицы переходных отверстий  $3 \times 3$ , и образцов, не имевших переходных отверстий. Зонд приводился в контакт с образцом с силой 20 мН, а печь разогревалась до  $260^\circ\text{C}$  или  $288^\circ\text{C}$  со скоростью  $5^\circ\text{C}/\text{мин}$ . По достижении заданной точки постоянно производился мониторинг положения зонда при изотермических условиях. Во время изотермической выдержки наблюдалось, как медленно монотонно убывает высота зонда. Расслаивание сопровождалось восходящим, зачастую заметным перемещением зонда. Вычислялось время от начала изотермического шага до момента достижения расслаивания. Факт расслаивания или образования трещин подтверждался визуально при 40-кратном увеличении.

### ЦЕЛОСТНОСТЬ ЛАМИНАТА

В целях проведения сопоставительных испытаний небольшое количество печатных плат, содержащих термоотвержденные ламинаты (DICU), подверглись воздействию парофазного процесса оплавления с пиковой температурой  $240^\circ\text{C}$ . Ранее мы уже выяснили, что визуальное исследование способно выявить внутреннее повреждение ламината, которое бывает достаточно сильным, что делает его заметным на поверхности печатной платы иногда уже после первого прохода через процесс оплавления. Эти же проблемы могут наблюдаться у печатных плат, содержащих DICU-ламинаты, причем признаки расслаивания начинают наблюдаться при воздействии достаточно низких пиковых температур — порядка  $230^\circ\text{C}$ .

Вся наша последующая деятельность была сфокусирована на печат-

ных платах, изготовленных с использованием ламинатов, имеющих на рынке в качестве совместимых с повышенными значениями температуры, характерными для процессов смешанной или бессвинцовой пайки. Общая тенденция, отмеченная при данном исследовании, состоит в том, что свойства таких ламинатов в должной мере обеспечивают приемлемую надежность переходных отверстий в исследованных структурах. Однако определенные конструкции печатных плат при воздействии более высоких температур пайки показали неприемлемый уровень риска возникновения повреждений ламинатов.

Особую обеспокоенность вызывают трещины, разрастающиеся внутри ламината в результате воздействия более высоких значений температуры пайки. Подобное расслаивание бывает заметно уже при визуальном осмотре поверхности печатной платы (см. рис. 2). Обычно видимые повреждения появляются в стороне от таких элементов конструкции, как матрицы переходных отверстий.

Еще большее беспокойство вызывают трещины внутри ламината, появляющиеся в глубине печатной платы (см. рис. 3), без каких-либо признаков их образования на поверхности. В этом случае даже тщательный осмотр ничего не даст, несмотря на то что трещины достаточно ярко выражены или имеют широкую площадь распространения. Данное явление многократно рассматривалось в отчетах других исследователей, однако авторы статьи полагают, что индустрия в целом только выиграет от более широкого обсуждения указанного дефекта, заключающего в себе немалые риски для надежности.

Во время визуального исследования вертикальных поперечных сечений были выявлены общие тенденции относительно этих трещин в ламинате. Предполагается, что некоторые тенденции еще предстоит изучить. Не подлежит сомнению, что исследования с привлечением большего количества комбинаций ключевых параметров, до сих пор не учитывавшихся, дадут еще больше пищи для размышлений.

В первом приближении, параметры, вызывающие обеспокоенность, сгруппированы по профилю температур, конструкции печатной платы,

материалам и технологиям, используемым при изготовлении печатных плат.

В основе большинства исследований лежит тестирование печатных плат с силовыми проводниками из медной фольги 1/2 и 1 унции. Результаты исследований приведены ниже (результаты ограниченных исследований печатных плат, имеющих более толстые слои меди, с привлечением большего количества параметров, представлены далее):

- трещины в ламинате встречаются в любых из трех самых глубоких слоев печатной платы. Воздействию подвержена как стеклоткань, так и препрег (вклад каждого из этих составляющих еще не подведен);

- трещины образуются внутри ламината между препрегом и стеклотканью (см. рис. 4) и/или внутри слоя препрега (см. рис. 5), причем то место, где трещина начинается, при исследовании поперечного сечения определить невозможно;

- большинство трещин в ламинате обнаружено во время исследования поперечных сечений, приготовленных из тестовых образцов после 3—5 проходов через профиль температур с пиком в 260°C;

- единственными тестовыми образцами, оцениваемыми на предмет присутствия трещин в ламинате после нескольких проходов, были несколько проб для нагрузочных испытаний межсоединений, для которых после каждого прохода через смоделированный процесс пайки производился мониторинг емкости между соседними проводниками силовых цепей. По крайней мере в одном случае изменения емкости были отмечены уже после одного прохода через профиль температур с пиком в 260°C (см. рис. 6). Исследование поперечных сечений пробных образцов, у которых наблюдалось изменение емкости, выявило наличие трещин в ламинате (см. рис. 7);

- предрасположенность к образованию трещин после воздействия пиковой температуры оплавления в 260°C возрастает по мере увеличения толщины печатной платы при прочих равных условиях. В платах толщиной 3,3 мм обнаружено значительно больше трещин, чем в платах толщиной 2,54 мм. Единственным исключением были тестовые образцы, изготовлен-

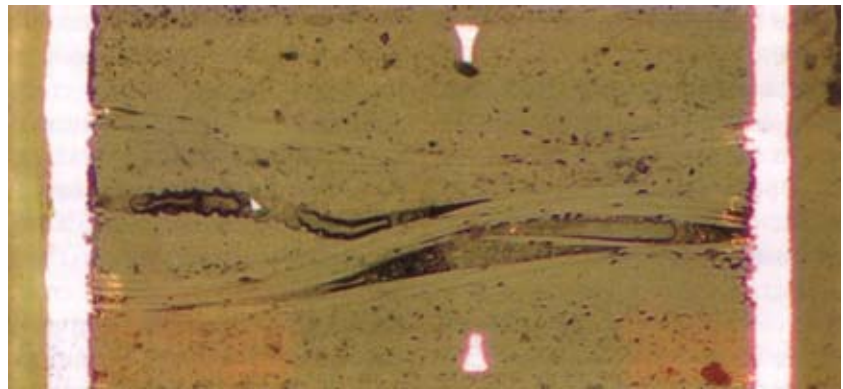


Рис. 4. Разделение между стеклотканью и препрегом

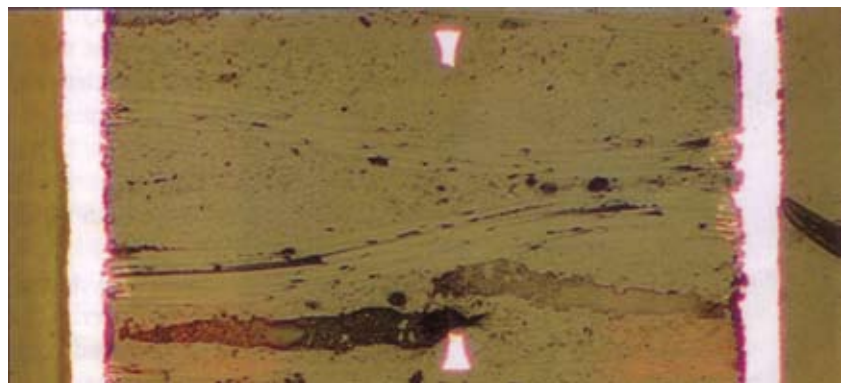


Рис. 5. Разделение внутри препрега в ламинате

ные производителем E с применением ламината 5, у которых образование трещин в слоистой структуре не было отмечено;

- значительно меньше трещин обнаружено после воздействия температуры оплавления с пиком в 245°C у печатных плат толщиной до 2,54 мм. Склонность к образованию трещин при такой температуре у плат толщи-

ной более 2,54 мм не изучалась, но ожидается, что с увеличением толщины склонность к образованию трещин будет выше при температуре 260°C, чем при 245°C;

- предрасположенность к образованию внутренних трещин значительно выше в местах под установку корпусов BGA. Трещины, отмеченные за пределами мест установки корпусов

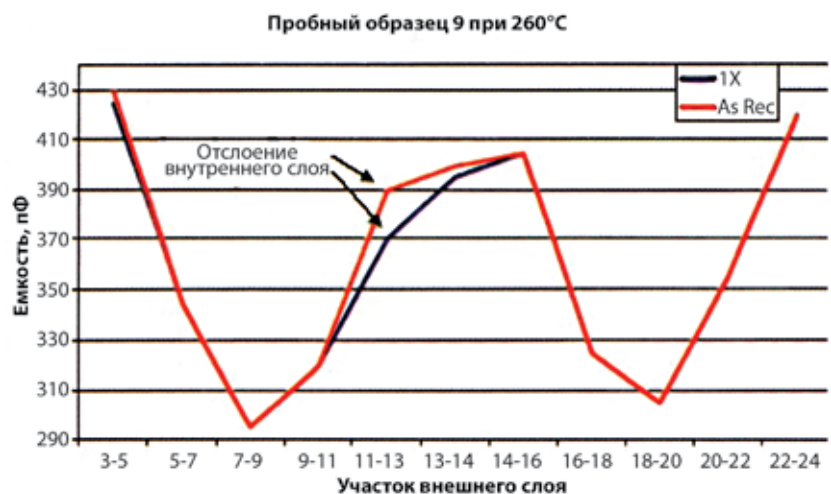


Рис. 6. Емкость между слоями пробного образца для нагрузочных испытаний межсоединений в исходном состоянии и после одного прохода через профиль температур с пиком в 260°C





Рис. 7. Соответствующая трещина в ламинате

BGA, располагались только лишь в направлении от мест их установки к областям без переходных отверстий. Два наглядных примера тому представлены с двумя различными значениями кратности увеличения. На рисунке 8 представлен микроснимок, произведенный с большей кратностью увеличения, на котором видно множество заметных трещин, расположенных между переходными отверстиями (области 2—4) и минимальное количество трещин, выходящих за пределы матрицы (область 1). На рисунке 9 представлен микроснимок области с образованием трещин, выполненный с меньшей кратностью увеличения (при таком увеличении трещины не видны); в этом случае заметны значительные продольные изгибы проводников силовых цепей внутри области матрицы;

— Образование трещин внутри областей установки корпусов BGA наблюдается в поперечном направлении, иногда полностью захватывая

области между соседними переходными отверстиями. Образование трещин может наблюдаться в одной или нескольких областях матрицы;

— Поперечные трещины, параллельные друг другу, расположенные по оси z, не наблюдались в области между соседними переходными отверстиями в конкретном слое основы или препрега, за исключением коротких участков;

— Предрасположенность к образованию трещин в зонах установки корпусов BGA становится более вероятной по мере уменьшения шага между центрами переходных отверстий. Ламинаты с матрицами отверстий с относительно большим шагом проявляют увеличение вероятности образования трещин по мере увеличения толщины платы. Образование трещин в слоистой структуре в основном наблюдается в области матриц отверстий, расположенных с шагом 0,8 мм на платах толщиной 3,3 мм. Частота случаев обнаружения трещин в матрицах отверстий с шагом 1 мм возрастает по мере увеличения толщины платы;

— Предрасположенность к образованию трещин в областях с плотным расположением отверстий под корпуса BGA возрастает по мере увеличения диаметра этих отверстий. При увеличении диаметра отверстий с 0,25 до 0,31 мм у матрицы с шагом 0,8 мм количество обнаруженных трещин увеличилось;

— В отдельных случаях предрасположенность к образованию трещин

внутри областей с плотным расположением отверстий возрастает по мере увеличения размеров матрицы. Такая тенденция наблюдалась в общем случае для матриц с шагом 0,8 мм у тестовых образцов толщиной 3,3 мм (для более толстых тестовых образцов исследование не проводилось);

— Существуют некоторые индикаторы того, что при меньших зазорах между проводниками силовых цепей возрастает вероятность образования трещин вблизи центра пакета. Вероятность образования трещин возрастает при замене 1-унциевой фольги на 2-унциевую. Например, трещины, обнаруженные в центре в ламинате тестового образца толщиной 3,18 мм с матрицей отверстий, расположенных с шагом 1 мм, при замене фольги 2 унции на 1 унцию, при изготовлении такого же тестового образца тем же производителем с применением такого же ламината, не наблюдались. Частота случаев образования трещин может подвергаться значительным изменениям в результате изменения технологии изготовления и применяемого ламината;

— Была отмечена разница в частоте случаев обнаружения трещин для двух партий тестовых образцов, изготовленных с разницей во времени в два дня. Производитель не сообщил о каких-либо изменениях технологии и материала для более поздней партии;

— Два производителя изготовили тестовые образцы одинаковой конструкции с применением одного и того же ламината на основе стеклоткани от одного и того же поставщика. У тестовых образцов одного из двух производителей частота случаев обнаружения трещин оказалась выше.

Как сообщалось в других источниках, было обнаружено, что у печатных плат, изготовленных с применением указанных ламинатов, предварительная сушка перед прохождением процесса высокотемпературного оплавления снижала частоту образования трещин. Ограниченные исследования группы тестовых образцов с большей толщиной выявили значительное снижение частоты случаев образования трещин по мере увеличения времени сушки до определенной точки. Похоже, положительные эффекты от сушки, а также от уменьшения скорости нарастания температуры во время процесса оплавления, наблюдавшие-

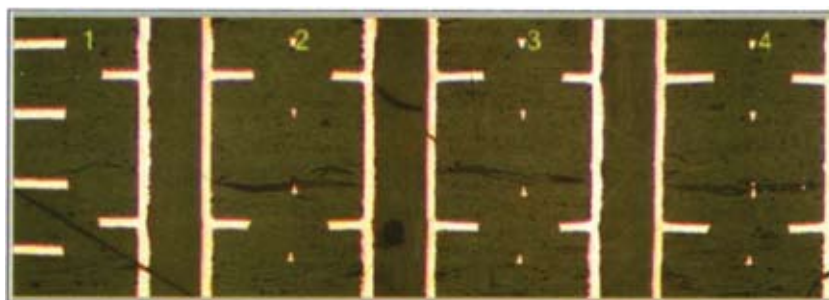


Рис. 8. Трещины в матрице отверстий после одного прохода через профиль температур с пиком в 260°C

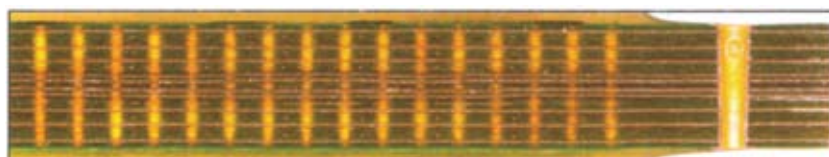


Рис. 9. Растрескивание ламината внутри матрицы

ся во время другой серии экспериментов, имеют устойчивый характер.

Тестирование для печатных плат, содержащих проводники силовых цепей с медной фольгой от 3 до 5 унций, проводилось в минимальном объеме. Как отмечалось ранее, при замене меди на силовых линиях с 1 унции на 2 унции предрасположенность к образованию трещин повышается. При применении еще более толстых силовых проводников эта тенденция имеет продолжение. В то время как в печатных платах с медной фольгой 1...2 унции образование трещин было отмечено вблизи самых глубоких слоев, у ламинатов с более тяжелой фольгой локализация этих трещин имела место ближе к местам расположения фольги (см. рис. 10). У ламинатов с более тяжелой фольгой склонность к образованию трещин на участках, содержащих матрицы сквозных металлизированных отверстий, отмечалась в большей степени, чем у ламинатов с более тонкими силовыми проводниками.

Отдельные эксперименты с привлечением 24-часовой предварительной сушки выявили минимальное снижение количества обнаруживаемых трещин у ламинатов с силовыми проводниками с более тяжелой фольгой после того как они были подвержены нескольким проходам через профиль температур с пиком 260°C.

Видимые снаружи расслоения наблюдались во всей индустрии печатных плат в течение многих лет. О них упоминается в ряде технических документов, в том числе IPC 6012. Однако несмотря на то, что в этих документах, включая и IPC 6012, говорится и об упомянутых в данной работе скрытых трещинах, при испытаниях тестовых образцов с имитацией процесса оплавления с эвтектическим припоем олово/свинец образования внутренних трещин в течение последних 10 лет в нашей лаборатории не наблюдалось. Увеличившаяся же частота случаев их обнаружения сигнализирует о необходимости постановки соответствующих вопросов и принятия серьезных мер.

### РАССЛОЕНИЕ ЛАМИНАТА — УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ МЕТОДЫ ТЕСТИРОВАНИЯ И ОБНАРУЖЕНИЯ

Все описанные выше испытания были основаны на воздействии

на печатную плату смоделированных профилей температур, присутствующих реальному процессу пайки. Это обусловлено тем, что тестированию сопутствуют значительные затраты, связанные с применением автоматов сборки. Основываясь на роли температурного профиля пайки в образовании трещин, важно понимать, какие ограничения может наложить моделирование профиля температур, чтобы настраивать его по необходимости. Также чрезвычайно важно обратить внимание на постоянно возрастающее число публикаций недокументированных отчетов об обнаружении внутренних трещин в слоистых структурах, образующихся в собранных модулях, подвергшихся воздействию высоких температур при пайке.

Необходимо иметь в виду, что для многих исследователей или специалистов контроля качества печи, в которых производится операция оплавления, не всегда легко доступны. Существует потребность в большем количестве практических методов моделирования профиля температур, характерных для процесса пайки.

Подавляющая доля собранной нами информации о наличии внутренних трещин в ламинате была получена на основании исследования вертикальных поперечных сечений. Исследование поперечного сечения может вскрыть важные детали, но только в ограниченном поле обзора образца. При тестировании плат, нагретых до 260°C, последний (третий) проход через эту температуру был по сути дополнительным. Однако, основываясь на исследованиях, ясно дающих понять, что образование большинства трещин начинается при первом проходе, и исходя из того, что, в соответствии с имеющимися знаниями о механизме их распространения при достаточных нагрузках, мы предполагали, что во время третьего прохода произойдет разрастание трещин, что облегчит их обнаружение.

Тем не менее, на этапе исследований нового ламината и/или элемента конструкции может потребоваться изучение значительного количества поперечных сечений. Наличие определенного опыта может послужить руководством по снижению степени углубленности исследований, но при

выявлении новых факторов риска может потребоваться более тщательное изучение.

Необходимы усовершенствованные методы обнаружения внутренних пустот в слоистой структуре. Желательно иметь и прочие методы с меньшими трудозатратами, которые, как минимум, направляют исследователя к зонам, более всего подходящим для подготовки поперечных сечений, а лучше всего, предлагают автономные системы показателей. Кроме того, желательно использование неразрушающих инструментов, потенциально позволяющих производить мониторинг тестовых образцов по мере прохождения ими термических нагрузок. Также может потребоваться оборудование, применяемое для контроля качества. Перспективным представляется метод мониторинга изменений емкости между соседними проводниками силовых цепей.

Как уже отмечалось ранее, расслоения в глубине печатной платы при визуальном исследовании ее поверхности, как правило, не обнаруживались. Разумеется, возможности человеческого зрения ограничены. Для того чтобы предпринять любую попытку мониторинга смещения по оси z во время нагревания с применением более точных механических методов, потребуются наличие зондов, размеры которых значительно меньше, чем размер переплетения стеклоткани ламината. К сожалению, диаметр ком-

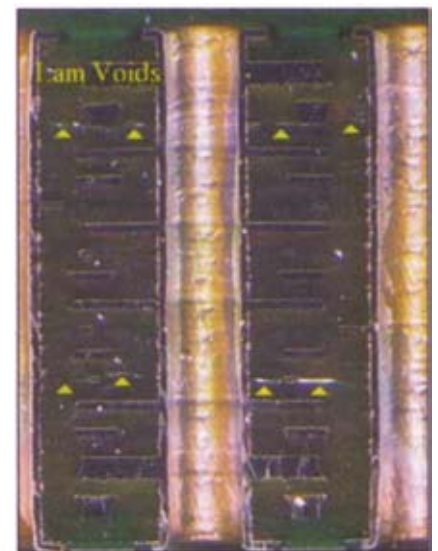


Рис. 10. Растрескивание ламината в печатной плате с силовыми проводниками с тяжелым слоем меди

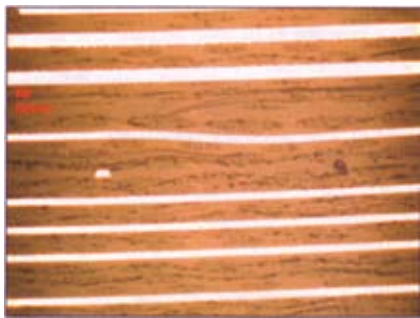


Рис. 11. Пример деформации силовой линии вблизи трещины

мерческих зондов, предназначенных для использования в составе термомеханического оборудования, измерения увеличения размера по оси  $z$ , как правило, не бывает менее 1 мм. Присущие данному размеру ограничения очевидны, исходя из результатов тестирования образцов с различными размерами шага переходных отверстий при  $t_{260}$ . У одного образца нагрев до этой температуры происходил от 65,2 до 71,1 минуты при переходе от пустой области до области внутри матрицы переходных отверстий, расположенных с шагом 1,27 мм. У другого образца нагрев до  $t_{260}$  происходил от 152,3 до 161,3 минуты при перемещении от внешней области переходных отверстий, расположенных с шагом 1 мм, до другой области с шагом 0,8 мм. Наглядность результатов для матриц отверстий обеспечивается в большей степени медью, чем ламинатом.

### ОБРАЗОВАНИЕ ТРЕЩИН В ЛАМИНАТЕ – ПРЕДМЕТ ОБЕСПОКОЕННОСТИ

Необходимо точно, до степени, диктуемой ожиданиями основного производителя оборудования относительно рабочих характеристик и надежности продукта, понимать, к каким последствиям приводит образование внутренних трещин. Предмет беспокойности заключен в нижеследующих положениях, но не ограничивается только ими:

- Образование трещин в ламинате обеспечивает предпосылки для роста проводящих анодных волокон — перемычек между проводниками, имеющими разное напряжение.

- Вблизи мест расположения трещин ламината, сформировавшихся после того, как некоторые тестовые

образцы прошли смоделированную операцию высокотемпературного оплавления (например, рис. 9 и 11), была замечена значительная деформация силовых проводников. Предполагается, что величины сил, ответственных за сцепление, если бы они присутствовали, должно было быть достаточно для того, чтобы началось образование трещин, а следовательно, и обрывов цепей. В действительности, в индустрии опубликован ряд недокументированных отчетов о разрывах, обнаруженных в непосредственной близости от внутренних трещин после сборки.

- Данные о механизме образования трещин свидетельствуют о том, что предрасположенность к их распространению проявляется при воздействии достаточных нагрузок. Это наводит на размышления о вероятности образования трещин вблизи внешних слоев (например, в печатных платах с силовыми проводниками с тяжелой медной фольгой), распространяющихся при запрессовке выводов компонентов. Предполагается, что вблизи внешних поверхностей могут присутствовать тонкие трещины, не заметные при визуальном исследовании, которые способствуют образованию лунок или воронок на контактных площадках.

- Некоторую обеспокоенность вызывает возможность изменения электрических характеристик сетей коротких шин, расположенных вблизи трещин.

### ВНУТРЕННИЕ ТРЕЩИНЫ – МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ

Лучшее понимание причин образования трещин в слоистой структуре позволит выбрать правильные корректирующие меры. Для объяснения большинства результатов наблюдений, приведенных выше, предлагается следующий механизм. Многие из идей находятся в соответствии с результатами различных исследований и теоретическими разработками для подобных систем, включая параметры, касающиеся сил, действующих на границе эпоксидный компаунд/стеклоткань, и отрыв корпусов электронных устройств под действием высоких температур.

Предполагается, что в механизме отказов важную роль играет присутствие влаги. При помощи экспери-

ментов было доказано, что склонность к образованию трещин снижалась при применении операции предварительной сушки при температуре, которая, как ожидалось, не имеет значительного воздействия на химию слоистой структуры, являющейся предметом изучения. Маловероятно, что воздействие этих температур сушки способно привести к разрушению слоистой структуры. Положительный эффект от сушки не может быть приписан какому бы то ни было снижению нагрузки, которое оно может обеспечить. Кроме того, влага играет важную роль в формировании трещин в подобных системах.

Чтобы понять роль влаги в механизме отказов, важно осознать, что ламинат в составе конечного продукта, по сути, перемежается различными пустотами, имеющимися внутри препрега и на границе между стеклотканью и препрегом. В качестве примера таких пустот можно привести области в зазорах, не полностью заполненные в процессе изготовления слоистого материала. Могут также иметь место пустоты, образующиеся на границе препрег-стеклоткань вблизи просверленных отверстий под воздействием таких факторов, как механическое напряжение, возникающее при сверлении этих отверстий, о чем иногда свидетельствует растрескивание меди, заметное при изучении поперечных сечений. Было замечено, что при сверлении более хрупкого ламината вблизи создаваемых отверстий образуются микротрещины. Количество пустот между слоями препрега и стеклоткани может изменяться в зависимости от химического состава препрега, типа стеклоткани, связующего агента и процесса изготовления слоистой структуры (и основы, и препрега), а также от восприимчивости связующего агента к гидролизу.

Помимо влаги, которая может присутствовать внутри препрега, может иметь место и присутствие влаги внутри некоторых пустот внутри ламината. Влага может попадать в различные из вышеупомянутых пустот, появляющихся в результате сверления, вследствие процессов накопления, которым подвергаются отверстия до создания достаточного водяного барьера во время процесса осаждения.



При нагревании вода, находящаяся внутри препрега и пустот внутри ламината, будет выводиться к внешним поверхностям печатной платы. Будучи ограниченной способностью проникать сквозь различные материалы и их расположение внутри печатной платы, влага станет искать пути наименьшего сопротивления при стремлении наружу. Там, где невозможно проникнуть сквозь медь и стеклоткань, вода найдет обходные пути через препрег и пустоты внутри ламината. Аргументы в пользу энтропии предполагают, что вода, особенно при более высоких температурах, на своем пути наружу будет мигрировать в пустоты. Эта влага существует в виде пара. Эффективное давление этого пара на границы пустот зависит от температуры, градиента концентрации влаги внутри окружающего ламината и эффективного коэффициента диффузии воды через материалы. Если давление, создаваемое паром, превосходит прочность самых слабых границ на периферии пустоты, она будет увеличиваться в размерах. Особенно важно то, что при визуальном исследовании пустота может выглядеть как начало трещины, распространяющейся под действием давления пара в сторону трещины большего размера. Она может в дальнейшем увеличиваться под воздействием и других факторов, таких как химическое воздействие воды на силу сцепления между препрегом и стеклотканью и препрегом и наполнителем, расширение препрега под воздействием высоких температур и т.д.

Трещины могут распространяться еще дальше, вплоть до слияния, как может произойти, например, в случае, если имеется ряд пустот на границе препрег-стеклоткань по всей длине ламината. Трещины могут продолжать распространяться при последующих циклах оплавления и/или ремонта.

Разумно предположить, что образование трещин в ламинате с большей вероятностью имеет место в местах с большей концентрацией влаги, особенно если эти области окружает слой меди, который служит как в качестве ограничителя распространения влаги из этой области, так и в качестве среды, передающей тепло. Таким образом, более высокому соотношению медь/ламинат, обеспечивающему

более высокие скорости распространения тепла и сдерживающему перемещение влаги, характерна предрасположенность к образованию трещин в самых глубоких слоях платы в местах запрессовки выводов компонентов. Этот эффект усиливает увеличение средней концентрации влаги, образующейся в процессе проведения технологической операции в совокупности с уменьшением шага сетки переходных отверстий. Прогнозируется, что образование трещин будет более вероятным в структурах, у которых меньше количество зазоров между силовыми проводниками в центральных слоях печатной платы.

Большой риск представляют печатные платы с силовыми проводниками из более тяжелой меди. Хотя в этом случае вероятность уплотнения шага матрицы отверстий мала, вследствие большей толщины площадок, увеличится скорость распространения тепла и могут иметь место проблемы, связанные с заполнением пустот внутри зазоров между этими проводниками.

### **ОБРАЗОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ ТРЕЩИН В ЛАМИНАТЕ – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ**

Результаты наблюдений, приведенные выше, а также понимание механизма возникновения отказов позволили наметить ряд отправных точек для предложения мер по снижению вероятности образования трещин. Может потребоваться системный подход с привлечением более одного элемента цепочки поставок, в зависимости от конструкции печатной платы, ее назначения и срока службы:

- Снизить содержание пустот внутри ламината в конечной печатной плате;

- Снизить уровень содержания влаги внутри печатной платы до того времени, когда она будет подвержена воздействию высокой температуры при выполнении операции пайки. Важно определить степень сухости, применительно к конкретной конструкции печатной платы, условиям сборки и требованиям конечного потребителя относительно надежности устройства. Следует продолжать уделять внимание к системе единиц измерений относительной влажности, предоставленной производителем

ламината (согласно IPC TM-650, метод 2.6.2.1) для каждого ламината. Не следует забывать и о влаге, образующейся внутри печатной платы в процессе ее изготовления. Может потребоваться операция сушки, не оказывающей агрессивного влияния на другие свойства платы (например, пригодность к пайке), с неременным решением вопроса о том, кто будет эту операцию выполнять: производитель печатной платы или монтажник. Имеет смысл также решить, как будет обрабатываться печатная плата после сушки, при определенной вероятности возникновения необходимости управления отдельными элементами в соответствии с уровнями чувствительности к влаге согласно IPC/JEDEC J-STD-020. Следует уделить внимание инфраструктуре цепочки поставок и логистике;

- Разработка и выбор ламината — при выборе ламината имеет важное значение рассмотрение более длительных  $t_{260}$  и  $t_{288}$  и более высокой Td, но эти показатели не реагируют адекватно на явление образования трещин, описываемое в данной работе. Следует рассматривать ламинаты (и рекомендованные процессы изготовления), уменьшающие количество пустот, а также ламинаты с повышенной устойчивостью к образованию трещин. Необходимо уделить большее внимание проектам, расширяющим цепочку поставок. Контуры обратной связи в цепочке поставок необходимы для оценки возможных кандидатов, а не для составления прогнозов относительно качества на основе свойств сырья, что не может более считаться адекватным или применимым. Может потребоваться новая метрическая система;

- Разработка процесса сборки. Следует рассматривать процессы, предполагающие более медленное образование влаги. В наиболее жестких условиях наилучшей альтернативой может оказаться использование процесса оплавления с паровой фазой. До тех пор, пока не будет достигнуто достаточно твердой уверенности в том, что предприняты должные меры по снижению вероятности образования трещин, может потребоваться мониторинг предрасположенности к их образованию. Следует разрабатывать практические методы их моделирования и обнаружения.

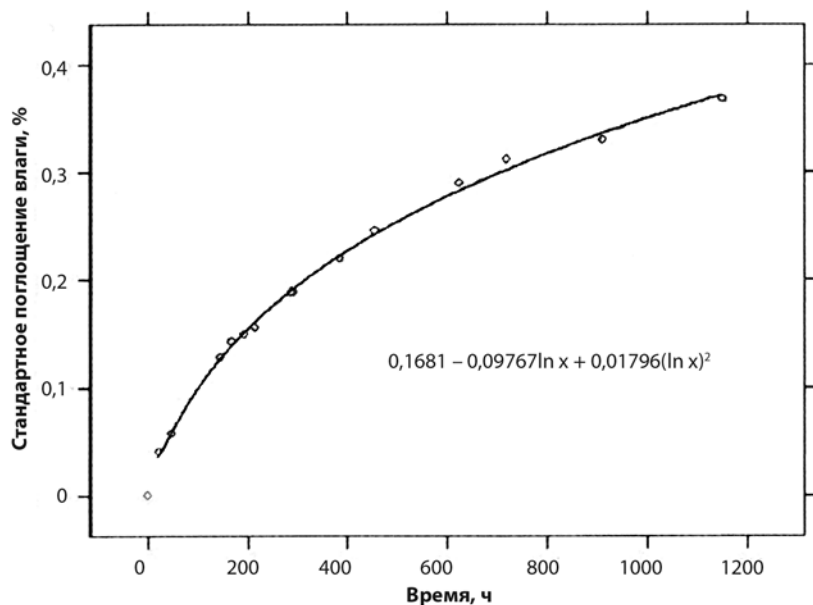


Рис. 12. Скорость поглощения влаги трещинами в ламинате тестового образца, предназначенного для испытания сопротивления изоляции

### НАДЕЖНОСТЬ ПЕРЕХОДНЫХ ОТВЕРСТИЙ

Все испытания проводились с применением тестовых образцов, произведенных с использованием ламинатов, посредством предварительных испытаний идентифицированных как обеспечивающие приемлемый уровень надежности переходных отверстий для значений диаметра и толщины печатных плат, представляющих интерес. В действительности, во время проверочных испытаний это было подтверждено при условии, что на стенках переходных отверстий имелся соответствующий слой меди. Отказы, причину которых относят на трещины внутри стенок переходных отверстий, имели, таким образом, в качестве источника области аномально тонкого слоя меди, получившегося в результате сбоя в процессе производства, таких как попадание загрязнения, блокировавшего поток гальванического раствора в изолированные отверстия. Ожидается, что большие нагрузки, направленные на переходные отверстия по оси z посредством высокотемпературной пайки, приведут к большей чувствительности к сбоям в процессе производства, имевшим меньшее влияние на надежность тогда, когда печатные платы проходили операцию пайки при более низких температурах, характерных для эвтектического припоя олово/свинец.

Все испытания на надежность переходных отверстий проводились после моделирования процесса высокотемпературного оплавления. Из теста исключались зоны риска, в которых отмечено образование трещин, поскольку это, нежелательное в других случаях, явление действует как амортизатор, потенциально придавая переходным отверстиям видимость свойства большей прочности, чем той, что они обладали бы в присутствии ламината с неповрежденной структурой.

### ОТДЕЛЕНИЕ ВНУТРЕННЕЙ ПЛОСКОСТИ

Контроль потенциального развития процесса разделения между проводниками внутренних слоев и стенками сквозных металлизированных отверстий большего диаметра производился косвенным образом посредством мониторинга изменений сопротивления в сетях после того, как тестовые образцы подвергались смоделированному оплавлению (временоль) и периодически после этого во время циклической автоматической смены инструментов. В случаях, когда были отмечены отказы, меньшая их доля (если вообще имелась) была отмечена, когда идентичные тестовые зоны подвергались (отдельные пробные образцы 31,75 × 31,75 мм) шестикратному тесту с выкладыванием на расплавленный припой, подобно поплавку. Эти результаты служат во-

просами относительно применимости данного теста (при 288°C) в качестве индикатора отказов межсоединений при прохождении процессов высокотемпературной пайки. Это связано с возрастающим количеством случаев отделения внутренней плоскости, отмеченных при нагрузочных испытаниях межсоединений при повышенных температурах.

### ИСПЫТАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ИЗОЛЯЦИИ

Все испытания устойчивости изоляции проводились после моделирования оплавления при более высоких значениях температуры. Как и при испытаниях на надежность переходных отверстий, из теста исключались зоны риска, в которых было отмечено образование трещин, поскольку предполагается, что присутствие трещин в ламинате увеличивает вероятность формирования проводящих анодных волокон.

Может быть отмечен интересный набор парадоксов, если попытаться выполнить стандартный набор испытаний сопротивления изоляции с включением зон риска, имеющих трещины в ламинате, расположенные между переходными отверстиями. Там, где трещины в слоистой структуре обеспечивают путь для формирования проводящих анодных волокон, влага, требующаяся в качестве катализатора процесса их формирования, была вытеснена во время их образования. Это не просто вопрос повторного введения влаги в пробный образец для испытаний на сопротивление изоляции из окружающих условий высокой температуры и относительной влажности. На рисунке 12 представлен график изменения скорости поглощения влаги пробным тестовым образцом, имеющим толщину 2,54 мм и предназначенным для испытаний сопротивления изоляции. Миграция влаги в самый глубокий слой печатной платы, где наиболее вероятно образование трещин, будет происходить даже медленнее, чем показано здесь для основной массы слоев пробного образца. Отсюда возникают вопросы о значениях времени предварительного уравнивания и о том, как произвести учет коэффициента ускорения, который по ходу проведения теста может изменяться.



## НОВОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ

**Начато серийное производство печатных плат с финишным покрытием Organic Metal Nanofinish**

Всего через семь месяцев после первой публикации о революционной технологии «Organic Metal Nanofinish», компания Ormeson International, известная на рынке как производитель финишных покрытий для печатных плат на основе иммерсионного олова, начала серийное производство печатных плат с этим покрытием.

Об этом в своем докладе на конференции по печатным платам ECWC11 (19-20 марта 2008, Шанхай, Китай) сообщил д-р Берхард Весслинг, CEO Ormeson и изобретатель технологии Organic Metal Nanofinish.

По его словам, серийное производство продукта начато 26 марта, первоначально на небольшом количестве печатных плат. В настоящее время налажено постоянное производство в одну смену. Заказчик плат с новым финишным покрытием находится в США, однако имя его не разглашается.

В апреле компания планирует довести объемы производства до 100 000 кв. футов плат в месяц. В настоящее время Ormeson устанавливает семь технологических линий — одну в США, по две в Китае и Германии и по одной в Корее и Канаде.

В разработке находится 55 проектов, 14 из которых с OEM, 6 — с контрактными сборщиками и более 35 — с производителями печатных плат. По словам д-ра Весслинга, реакция рынка на новую технологию на удивление активна и позитивна.

Паяемое покрытие Organic Metal Nanofinish имеет толщину 50 нм, содержит 10% серебра и более 90% запатентованного компанией Organic Metal (органического нанометалла). Эффективность и стойкость к термическому старению покрытия Nanofinish превосходит все существующие металлические и OSP-покрытия.

По заявлению компании, новый процесс потребляет на 10% меньше энергии по сравнению с другими металлическими покрытиями и позволяет сохранить более 90% дорогостоящих и благородных материалов.

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

**Сделано на Урае!**

- контрактное производство
- прототипы печатных плат (от 2-х дней по умеренным ценам)
- мелкие и средние серии печатных плат
- срочное производство (3—5 дней, умеренные цены)
- суперэкспресс-производство печатных плат (1—2 дня)
- крупные серии (низкие цены, срок изготовления от 4-х недель)
- многослойные печатные платы

**ПРЕДПРИЯТИЕ — ИЗГОТОВИТЕЛЬ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ**

**ТЕХНО СВЯЗЬ**

Россия, 620014, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 26  
 тел.: (343) 376-4630  
 E-mail : [tssavlev@r66.ru](mailto:tssavlev@r66.ru)  
[www.techno-svyaz.ru](http://www.techno-svyaz.ru)



НОВОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ

**Компания Essemtec предлагает сборочный автомат Pantera-XV SMD для мелко- и среднесерийного производства**



Сборочный автомат Pantera-XV SMD компании Essemtec предназначен для использования в мелко- и среднесерийном производстве для монтажа компонентов от 0201 до 50 × 50 мм QFP на поверхность печатных плат.

Установка вобрала в себя все лучшее от предыдущих машин, FLX2010 и CSM7100-V — высокую точность, скорость, большие размеры плат, высокую надежность, низкую стоимость эксплуатации, малое

время для перенастройки и высокую экономическую эффективность.

Автомат Pantera-XV может монтировать SMD компоненты с размерами от 0201 до 50x50 мм QFP, с расстоянием между выводами до 0,4 мм. Спроектированный под многономенклатурное производство, автомат Pantera-XV имеет широкий набор интеллектуальных фидеров (до 108), которые распознаются автоматически, вне зависимости от используемого

слота, обеспечивая быструю и безошибочную смену компонентов.

Автомат Pantera-XV работает со скоростью до 4500 компонентов в час, при разрешении линейных двигателей 1 мкм. Механизм перемещения защищен от пыли и посторонних частиц. Лазерная система контроля позволяет измерять небольшие ИС и чипы «на лету», нижняя оптическая система используется для контроля корпусов fine-pitch или BGA. Дополнительно может быть установлена оптическая система для автоматической коррекции положения печатной платы, а также для обучения при определении позиций компонентов.

Машина Pantera-XV может модифицироваться по заказу пользователя под конкретные сборочные производства. Развитое программное обеспечение поддерживает практически все операции, выполняемые автоматом, и легко и быстро поддается изучению оператором. Данные формата CAD могут непосредственно преобразовываться в соответствующей сборочной программе. В случае отсутствия необходимых данных, параметры компонентов могут быть внесены в библиотеку вручную с помощью встроенной камеры.

[www.essemtec.com](http://www.essemtec.com)

НОВОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ

**Установка для 3D-контроля нанесения паяльных паст**

Компания CyberOptics анонсировала систему SE 300 Ultra™ для 3D-контроля нанесения паяльных паст на поверхность SMT-плат. Установка будет представлена на стенде компании AssemRus (зал 104, стенд 13) на выставке «ЭкспоЭлектроника» (15—18 апреля 2008 г., Крокус-Экспо, Москва).

SE 300 Ultra — установка нового поколения, может встраиваться в линию, обеспечивает точные, повторяемые результаты, высокую скорость контроля с программируемым временем. Имеется дополнительный датчик с увеличенной рабочей зоной, который позволяет контролировать отпечатки пасты высотой до 610 мкм.

Другие важные дополнения: датчик для считывания линейных и 2D-штрихкодов, отдельная (offline) рабочая станция для анализа дефектов, которая позволяет легко просматривать, как нанесена паста на контактные площадки с размерами до 01005; усовершенствованная схема компенсаций деформаций гибких печатных плат.

Установка имеет простой в использовании интерфейс оператора и интерфейс для просмотра дефектов, конвейер с автоматической настройкой ширины плат (размером от 101 × 35 до 508 × 508 мм), программный вызов считывателя

штрихкода, возможность считывать маркировочные знаки и исключать данные из результатов проверки.

Дополнительную информацию можно найти по адресу: [www.cyberoptics.com/client\\_files/documents/SE\\_300\\_Ultra\\_data\\_sheet2.pdf](http://www.cyberoptics.com/client_files/documents/SE_300_Ultra_data_sheet2.pdf)

[www.cyberoptics.com](http://www.cyberoptics.com)

ООО «АссемРус» — дистрибьютор оборудования и технологий для автоматизированного производства электроники, предлагает своим клиентам в России и Республике Беларусь наиболее передовые технологические решения сборочно-монтажного оборудования и оборудования для контроля качества продукции от мировых лидеров — Assembleon, Speedline Technologies, CyberOptics, JOT Automation и др.

Специалисты компании имеют большой опыт оснащения различных предприятий электронной отрасли. Сервисная служба ООО «АссемРус» готова оказать все виды сервисных услуг, включая анализ изделий, разработку технологических процессов, техническую поддержку, запуск оборудования и обучения персонала заказчика.

НОВОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ

**Компания Kyzen на выставке ЭкспоЭлектроника 2008 представит свои мощные растворы**

Корпорация Kyzen Corp. представит на выставке ЭкспоЭлектроника-2008 на стенде своего дистрибьютора — компании «УниверсалПрибор» (стенд G09, павильон 3, зал 13) новую перспективную промывочную жидкость AQUANOX A4625B. AQUANOX A4625B — негорючая, не вызывающая коррозии моечная жидкость на водной основе, удаляет все типы флюсов, используемых при производстве электроники, включая бессвинцовые. Жидкость A4625B экологически чистая, невысокой стоимости, с длительным сроком хранения в емкостях. Поверхность покрытий остается зеркальной даже после нескольких циклов промывки.

Раствор может контактировать со всеми материалами, используемыми при изготовлении электронных устройств, раз-

лагается микроорганизмами, имеет минимальное количество летучих органических соединений, не содержат CFC и других опасных загрязнителей.

В лаборатории Kyzen Applications Laboratory были проведены испытания на эффективность удаления жидкостью остатков флюсов почти 300 используемых при пайке материалов от таких поставщиков, как Senju, Alpha, Kester, Indium, Aim, Koki, Nihon Superior, Amtech, Cobar, EFD, Florida Cirtech, Formosa, Heraeus, Interflux, Metallic Resource, Multicore, Promosol, Qualitek и Shenmao.

[www.kyzen.com](http://www.kyzen.com)

## НОВОСТИ РЫНКА

## Форум «Новая Электроника России»

*Основной движущей силой российской электроники, по мнению участников проходившего 27—28 марта 2008 г. форума «Новая электроника России», являются молодые частные инновационные компании, которые за 10—15 лет смогли стать лидерами российского, а в некоторых случаях и мирового рынков. Добиваться преимуществ перед зарубежными конкурентами российским компаниям удастся за счет концентрации на разработке и производстве наиболее сложной высокотехнологичной продукции.*

Форум руководителей российских предприятий по разработке и производству электроники — это место, где обсуждаются и формируются стратегии развития бизнеса, где демонстрируются достижения наиболее прогрессивных компаний и определяются возможности увеличения доли российских производителей на внутреннем и зарубежных рынках.

Большинство докладчиков подчеркивали важность развития кооперации между российскими разработчиками и производителями электроники. **Борис Рудяк, Компэл** (Москва), показал в своем докладе возможности повышения эффективности кооперации и развития новых форм сотрудничества между российскими компаниями.

**Борис Кривошеин, Терком** (С-Петербург), представил данные исследований рынка труда в области информационных технологий и электроники, кроме того, он предложил схему взаимодействия ВУЗов и компаний — участников рынка, которая позволит привлечь значительные инвестиции частного бизнеса в систему образования и мотивирует частный бизнес активно участвовать в подготовке кадров.

Как повысить эффективность разработок, количество успешных проектов — этим вопросам были посвящены выступления многих участников Форума, наиболее системно на них ответил в своем докладе **Роман Пахолков**, директор **Инновационной компании Promwad** (Минск). Доклад **Арега Мелик-Адамяна, ИТМ и ВТ** (Москва), был посвящен созданию в России сети дизайн-центров микроэлектроники, в докладе была представлена схема взаимодействия российских дизайн-центров с зарубежными и российскими заказчиками. Доклад директора «НТ-МДТ» (Москва) **Виктора Быкова** «Нанотехнологии в электронике» позволил получить профессиональную оценку рынка нанотехнологий и перспективы его развития.

**Антон Тюрин, «Танчер»** (Москва), в своем докладе показал принципы принятия стратегических решений, определяющих позиционирование компании на рынке.

Большой интерес вызвал доклад **Константина Авраменко, SPIRIT** (Москва), в котором был представлен опыт продвижения российских технологий на зарубежных рынках. **Константин Корнеев, «Доломант»** (Москва), пред-

ставил опыт участия частной компании в реализации государственных проектов по модернизации вооружений. Участники высоко оценили важность сотрудничества инновационных, высокотехнологичных частных компаний с российским ВПК.

**Алексей Бочаров, «Арсенал»** (Александров), показал возможности российских производителей бытовой электроники и представил инновационные проекты, реализуемые компанией.

Исполнительный директор **Ассоциации российских производителей электронных приборов и аппаратуры Михаил Маслов** рассказал о продвижении инициатив по отмене таможенных пошлин на импорт электронных компонентов.

На форуме проходило присуждение премии «Новая электроника России».

В номинации «**Инновационный лидер**» победителем стала компания «**Альтоника**» — лидер премиум-сегмента рынка автомобильных противобуксовочных систем (компания имеет патенты на технологии Black Bug, Reef и другие), а также ведущий российский производитель средств радиосвязи и медицинской электроники.

В номинации «**Глобальный бизнес**» убедительней других была презентация компании **Spirit** — мирового лидера рынка встраиваемых систем цифровой обработки голоса. Разработки компании используют лидеры рынка телекоммуникационного оборудования — NEC, Avaya, Cisco и многие другие. На форуме SPIRIT представила свою последнюю разработку — миниатюрный GPS+ГЛОНАСС-приемник с рекордно низким энергопотреблением.

Свои разработки для рынка ГЛОНАСС+GPS-навигаторов представил и дизайн-центр «**Цифровые решения**», ставший лауреатом премии в номинации «**На острие технологий**». Компания разработала 56-канальный приемник-микросхему, выполненную по технологии 0,18 мкм. Небольшой коллектив молодых инженеров за несколько месяцев реализует проекты, над которыми государственные исследовательские институты работают годами.

Премию «**Признание экспертов**» получила компания «**Нанотехнология-МДТ**», которая является мировым лидером на рынке измерительного и технологического оборудования для nanoиндустрии.

Большинство участников форума подчеркивали в своих выступлениях, что только в диалоге между государством и частным бизнесом может быть разработана эффективная модель инновационного развития российской экономики.

Результаты форума будут опубликованы в ежегоднике «Новая электроника России» в мае 2008 г.

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





**Еще вчера это казалось невозможным!**

**Модульный Автомат  
Установки Компонентов**

**NXT**

NXT — это автомат, в котором реализован принцип параллельной сборки печатных узлов. Автомат конфигурируется из отдельных модулей, монтируемых на специальную базу. Этот принцип позволяет обеспечить минимальные инвестиции при необходимости увеличения производительности. Максимальная производительность конструктивно не ограничена! Каждый установочный модуль оснащается сменной специализированной установочной головкой. Модельный ряд головок и их функциональные возможности делают NXT самым многофункциональным автоматом на сегодняшний день.



**Неограниченная производительность**

В случае возникновения необходимости, производительность может быть увеличена простым добавлением модулей.



**Высочайшая точность**

Благодаря универсальной камере центрирования сверхвысокого разрешения в автоматах Fuji NXT достигается высочайшая точность установки компонентов.



**Непревзойденная гибкость**

Уникальная конструкция Fuji NXT ускоряет и упрощает процедуру перенастройки, обеспечивая непревзойденную гибкость автомата.



**Максимальная функциональность**

Функции обучения новым компонентам, импорт исходных данных из всех CAD систем, и другие уникальные возможности автоматов Fuji NXT обеспечивают их максимальную функциональность.