

Продолжение. Начало в № 4'2015

Начальный курс производства электроники.

Часть четвертая. Гибкие и гибко-жесткие печатные платы. Конструкции и материалы

В очередной статье начального курса производства электроники дано описание процессов изготовления гибких и гибко-жестких печатных плат (ГПП и ГЖПП).

Аркадий Медведев
Аркадий Сержантов

Введение

Большинство таких процессов, как формирование рисунка, металлизация и травление, аналогичны тем, что описаны для производства двусторонних и многослойных ПП. В то же время существуют

и различия, связанные с использованием в гибких платах тонких материалов, а также с необходимостью проведения специальных операций по нанесению защитных покрытий и оконтуриванию гибких плат. Общий вид структуры гибко-жесткой печатной платы представлен на рис. 1.

В состав гибкой платы входят три основных компонента: медная фольга, диэлектрик и адгезив. На рис. 2 показаны два примера использования гибких плат как межсоединений.

В следующих разделах будет дано детальное описание технологии производства гибких и жестко-гибких плат.

Классификация гибких плат

Назначение гибких плат:

- электрическое соединение печатных плат и/или других компонентов;
- образование пространственной трехступенной подложки для поверхностного монтажа компонентов (например, в фото- и видеокамерах);
- создание устойчивого к воздействиям динамическогогиба межсоединений;
- формирование гибко-жестких плат как составной части гибких ПП.

Основные типы гибких плат

Существует пять основных типов гибких плат.

Односторонние гибкие платы

Простейший тип, состоящий из тонкого гибкого основания, на которое с помощью адгезива наносится медная фольга (рис. 3).

Для установки компонентов или соединительных штырей в гибкой плате просверливаются или пробиваются неметаллизированные отверстия. Отверстия в защитном покрытии должны быть просверлены/пробиты до его нанесения на гибкую плату (рис. 4).

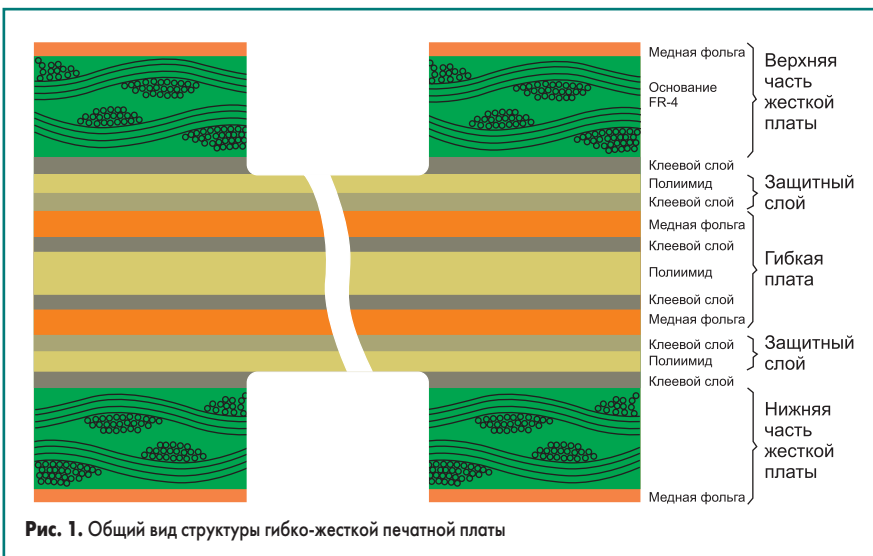


Рис. 1. Общий вид структуры гибко-жесткой печатной платы

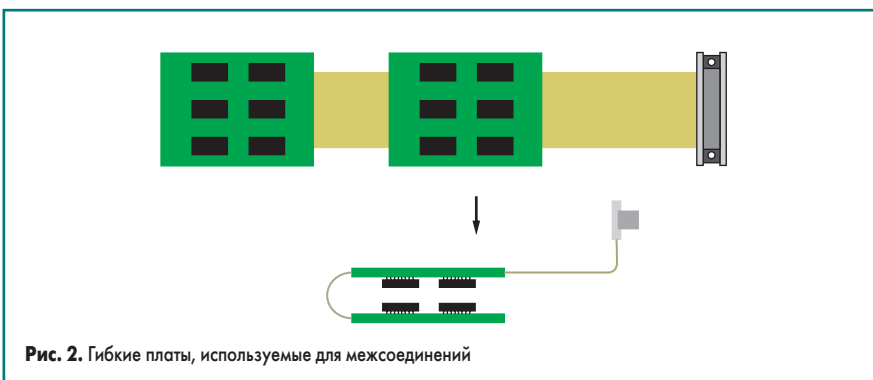


Рис. 2. Гибкие платы, используемые для межсоединений

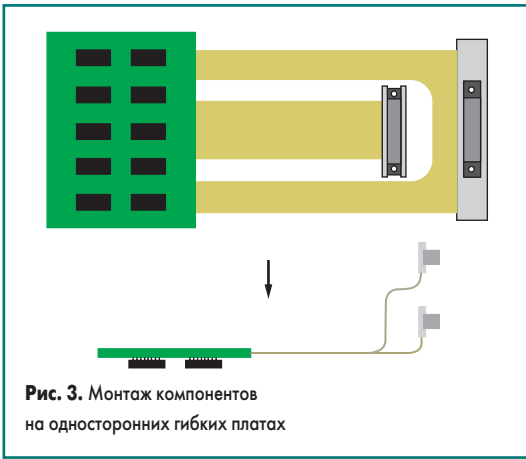


Рис. 3. Монтаж компонентов на односторонних гибких платах

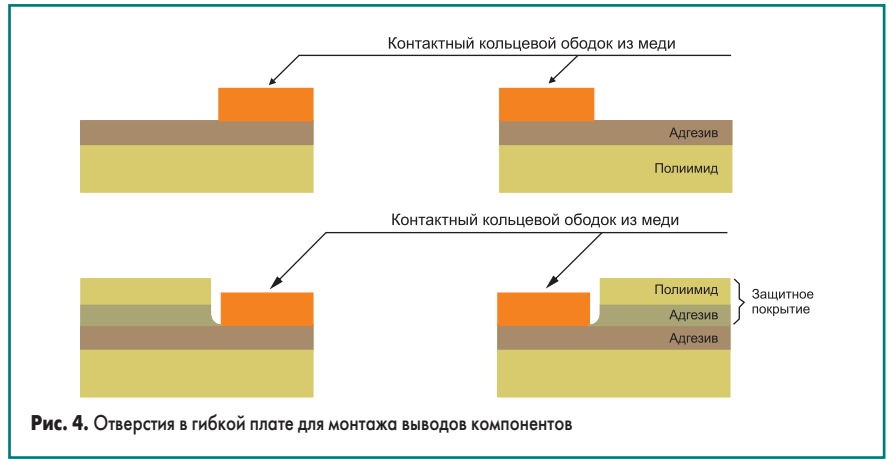


Рис. 4. Отверстия в гибкой плате для монтажа выводов компонентов

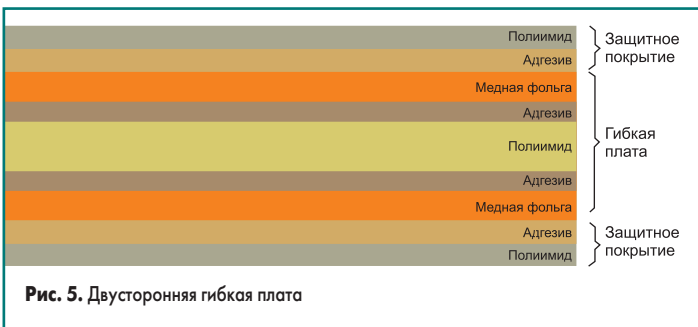


Рис. 5. Двусторонняя гибкая плата

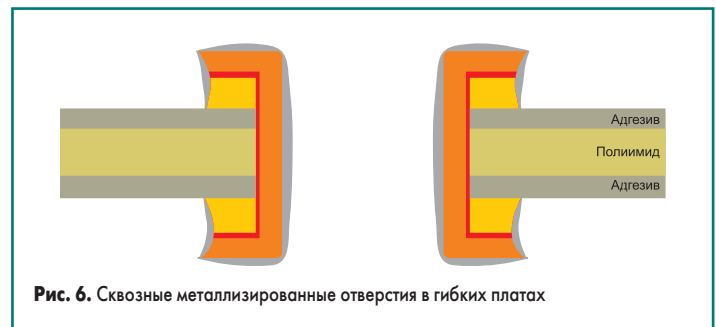


Рис. 6. Сквозные металлизированные отверстия в гибких платах

Двусторонние гибкие платы

Платы этого типа представляют собой тонкие гибкие основания, с обеих сторон покрытые медной фольгой. По завершении обработки медных поверхностей на плату обычно наносят защитное покрытие (рис. 5).

Сквозные металлизированные отверстия в двусторонних гибких платах обычно производят сверлением (рис. 6).

Сверху на двусторонние гибкие платы наносят защитное покрытие (рис. 7).

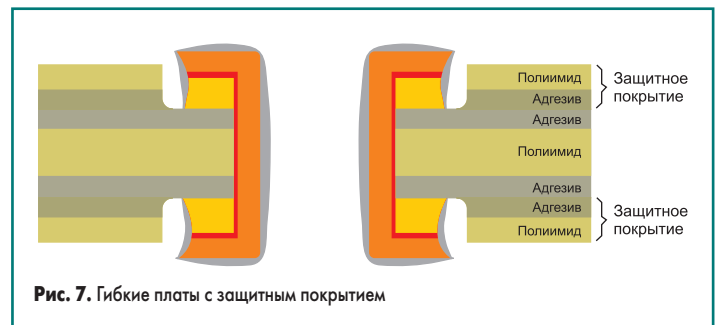


Рис. 7. Гибкие платы с защитным покрытием

Многослойные гибкие платы

Многослойные гибкие платы состоят из тонких гибких оснований и слоев медной фольги, скрепленных адгезивом. Скрепление слоев адгезивом производится аналогично прессованию жестких многослойных плат. На внешние медные поверхности наносят защитное покрытие (рис. 8). Сквозные металлизированные отверстия выполняются так же, как и в двусторонних гибких платах.

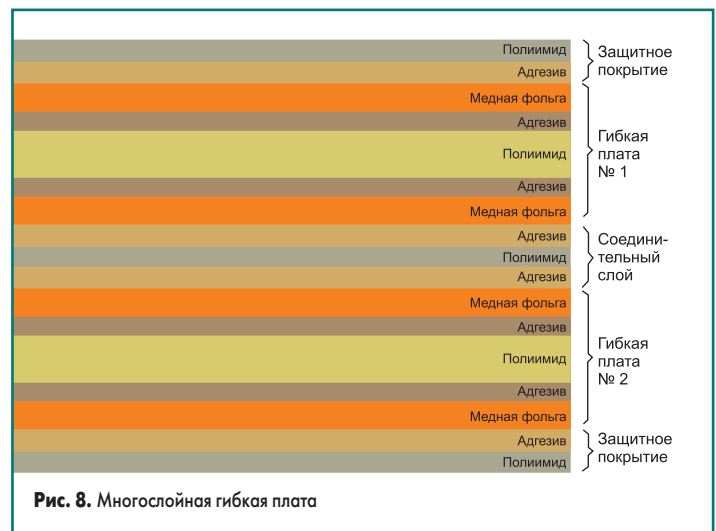


Рис. 8. Многослойная гибкая плата

Гибко-жесткие платы

Гибко-жесткие платы представляют собой комбинацию жестких плат и гибких межсоединений. Межсоединения входят в платы через их соединительный слой (рис. 9).

Гибкие платы (межсоединения) изготавливаются отдельно, а затем уже устанавливаются в жесткие платы (рис. 1). Существует симметричное (по центру жесткой платы) и несимметричное (с ее внешней стороны) соединение гибких и жестких частей плат.

Твердая часть жестко-гибких плат снабжена сквозными отверстиями для электрического соединения ее рисунка в слоях и для монтажа выводов компонентов (рис. 10). Отверстия производятся по технологии жестких многослойных плат.

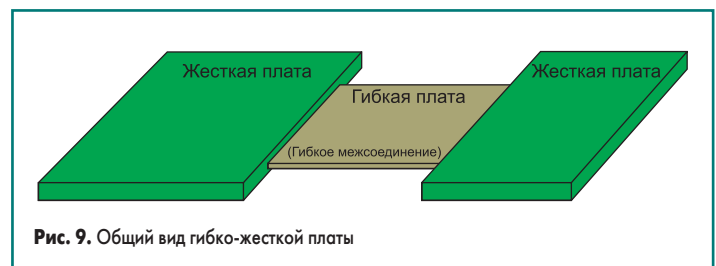


Рис. 9. Общий вид гибко-жесткой платы

Гибкие платы с жесткими участками

В некоторых случаях бывает необходимо установить на гибкую плату относительно тяжелые компоненты или соединители (разъемы). Для этого выполняют укрепление монтажной части платы путем ее скрепления с торцевой жесткой платой либо наложения тонкого полиимидного слоя или слоя стеклоткани с эпоксидной пропиткой (рис. 11).

Производимые в гибкой плате монтажные окна должны быть шире контактных площадок сквозных металлизированных отверстий (рис. 12).

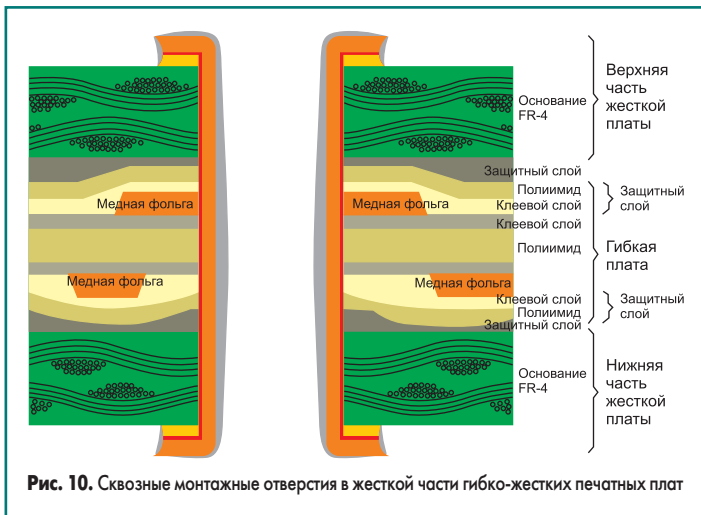


Рис. 10. Сквозные монтажные отверстия в жесткой части гибко-жестких печатных плат



Рис. 11. Придание жесткости концевой части гибкой платы

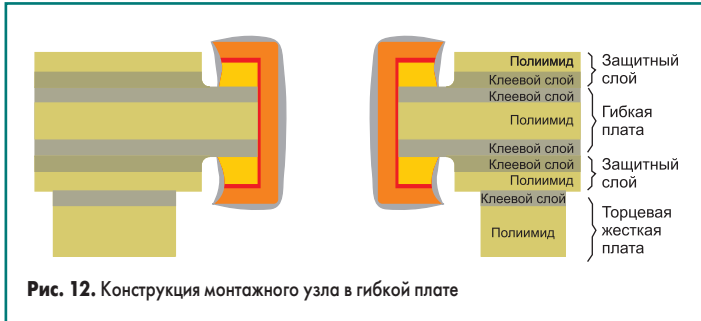


Рис. 12. Конструкция монтажного узла в гибкой плате

Описание материалов

В состав гибких плат входят:

- медная фольга;
- диэлектрические основания и диэлектрические защитные покрытия;
- адгезивы.

Конкретные типы этих материалов выбирают в зависимости от области применения гибких плат. При проектировании гибких плат основой для выбора материалов становятся требования к многократным или однократным изгибам гибких элементов конструкций.

Однократно (двукратно и более) изгибаемые гибкие платы могут быть использованы как временные трехступенные системы соединения в электронных конструкциях вместо проводных соединений.

Подвижные (динамические) гибкие платы весьма разнообразны и специфичны; при их проектировании и изготовлении необходимо обеспечивать многократные изгибы без разрушения на все время экс-



Рис. 13. Типичная кристаллическая структура электролитической (ED) фольги

плуатации электронных устройств (например, принтеров или сканеров с движущейся головкой). Многие из них должны быть рассчитаны на несколько сотен миллионов сгибов. В качестве примера также можно привести дисковые приводы компьютеров.

Медная фольга

В качестве проводникового материала чаще всего используют медь. Обычно применяют два типа медной фольги.

Электролитическая (ED) медь

Данный тип медной фольги формируют электрохимическим способом, аналогичным используемому для жестких ПП. Такая фольга имеет шероховатость с одной стороны, что улучшает ее адгезию с основанием платы.

Отличительная характеристика ED-меди — ее структура. Поскольку фольга наращивается в ходе электрохимического процесса, она имеет вертикальную структуру. По этой причине она не обладает высокой гибкостью и не подходит для использования в подвижных гибких платах. На рис. 13 показано вертикальное строение ED-фольги. Стандартные значения ее толщины для гибких плат — 17,5; 35; 70; 105 и 140 мкм.

Катанная (RA) медь

Данный тип фольги получают раскатыванием на блюмингах-слябингах при высокой температуре до нужных толщин. Полученную таким образом фольгу отжигают в нейтральной среде для придания ей гибкости.

В противоположность электролитической фольге (ED) раскатываемая и термообработанная медь (RA) имеет горизонтальное расположение кристаллитов (рис. 14). Такая структура обеспечивает значительно лучшую гибкость и прочность фольги, поэтому для динамических (подвижных) схем лучше применять RA-фольгу.

Недостатком RA-меди является ее гладкая поверхность. Из-за этого снижается адгезия фольги с основанием платы; дополнительная химическая обработка поверхности RA-меди способна усилить адгезию без ухудшения гибкости фольги.

Стандартные значения толщины RA-фольги для гибких плат — 17,5; 35; 70; 105 и 140 мкм.

Диэлектрические основания и электроизоляционные защитные покрытия

Существует несколько видов оснований гибких плат. Обычно используют полиимидные и полиэфирные пленки. Они также подходят и для защитных покрытий.

Полиимид

Полиимид, также известный под фирменным названием Каптон (торговая марка компании DuPont de Nemours), лучше всего подходит для применения в гибких платах. Он обладает следующими отличительными характеристиками:

- высокая термостойкость — позволяет производить пайку без опасности повреждения гибкой платы;
- отличные электрические свойства;
- хорошая химическая защита.

Основные недостатки:

- достаточно высокая стоимость материала;
 - относительно большое влагопоглощение.
- Стандартные значения толщины полиимида — 12,7; 25; 50; 75 и 127 мкм.

Полиэфир

Полиэфир, известный как лавсан или Mylar (торговая марка компании DuPont de Nemours), чаще используется в дешевых гибких платах. Его основные характеристики:

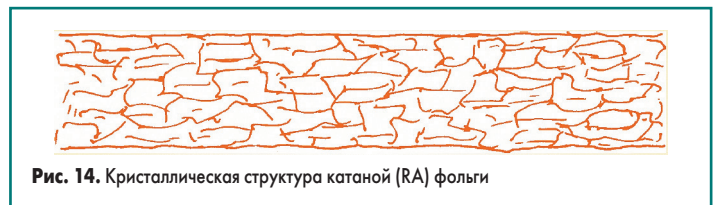


Рис. 14. Кристаллическая структура катаной (RA) фольги

- отличные электрические свойства;
- высокая стабильность размеров;
- хорошая химическая защита;
- низкое влагопоглощение;
- низкая стоимость материала.

Основной недостаток полиэфира:

- плохая термостойкость — усложняет или делает невозможной пайку.

По причине плохой термостойкости полиэфира его не применяют в двусторонних гибких платах.

Стандартные значения толщины полиэфира — 12,7; 25; 50; 75; 127; 178 и 356 мкм.

Другие материалы

В состав гибких плат могут входить и другие материалы, однако в связи с их редким применением ограничимся лишь кратким описанием.

Тефлон

Самый дорогой материал, используемый только если его применение обусловлено замечательными термическими и высокочастотными свойствами, что оправдывает высокую стоимость тефлона.

Стеклоткань с эпоксидной пропиткой

Применяется в тех редких случаях, когда производимая плата не рассчитана на многократный изгиб, так как иначе будет повреждена стеклоткань.

Random Fiber Aramid

Данный материал также известен как Nomex (торговая марка компании DuPont de Nemours), характеризуется хорошей термостойкостью и низкой стоимостью. Недостатками его являются слабая механическая прочность и высокое влагопоглощение.

Адгезивы

Если основания жестких ПП образуются скреплением базовых материалов и медных фольг посредством выделяемого из препрега адгезива (смолы), то в гибких платах подобное скрепление фольги и пленочного основания достигается с помощью систем адгезивов. Они делятся на две основные группы: термопластики и терморезистивные полимеры. Выбор обычно обуславливается используемой технологией и областью применения гибких плат.

Полиэфирные адгезивы

Полиэфирные адгезивы принадлежат к термопластикам; они способны выдерживать лишь малые рабочие температуры с сохранением адгезии. Недопустимо применение полиэфирных адгезивов при наличии в техпроцессе последующих стадий с участием высоких температур и давления, так как при их размягчении может быть смещен медный рисунок платы.

Сверление отверстий в двусторонних платах, сопровождающееся нагревом сверла, способно привести к нежелательному покрытию отверстий адгезивом, что снизит качество их металлизации. Если же затем предстоит лужение платы, то в результате будет нарушен слой самого полиэфирного адгезива.

Таблица 1. Полиимид с односторонним фольгированием

Медь		Полиимид	
мкм	oz.	мкм	mil
17,5	0,5	25	1
35	1	25	1
70	2	25	1
17,5	0,5	50	2
35	1	50	2
70	2	50	2
35	1	75	3

Таким образом, полиэфирные адгезивы могут быть использованы в изделиях массового потребления с механически обжимаемыми контактами (непаяными соединениями).

Эпоксидные адгезивы

Они относятся к терморезистивным адгезивам и поэтому способны выдерживать температуру пайки и высокую температуру окружающей среды. Однако они обладают ограниченной гибкостью, поэтому эпоксидные адгезивы не используют для гибких плат с многократными перегибами.

Акриловые адгезивы

Относятся к адгезивам на основе терморезистивной смолы, но устойчивы к действию высоких температур (пайка и ламинирование). Обладают хорошей гибкостью и потому используются в гибких платах с многократными динамичными перегибами.

Во избежание замазаливания адгезивом монтажных поверхностей Acrylic Adhesive должен быть слаботекучим или нетекучим.

Существуют также модификации Acrylic Adhesives, содержащие небольшое количество эпоксидной смолы. Такие адгезивы более грубые, поэтому неприменимы для динамичных гибких плат с многократными перегибами.

Полуфабрикаты

Выше было приведено описание основных материалов, составляющих гибкие платы. Однако в настоящее время существуют уже готовые полуфабрикаты, позволяющие производителю гибких плат не обрабатывать вышеописанные базовые материалы (медные фольги, диэлектрические основания и адгезивы). Чтобы обеспечить возможность обработки полуфабрикатов, например сверление и ламинирование, они снабжаются полуотвержденным (в стадии В) нетекучим адгезивом.

Поскольку полиимидные диэлектрические основания используются чаще всего, ниже приведено описание процессов с их применением. Также существуют полуфабрикаты на основе Nomex Framid paper (особая бумага) и полиэфирных пленок, но их мы рассматривать не будем, так как это не даст нам дополнительной информации.

Полиимидные пленки с медным покрытием

Существует множество способов комбинирования полиимидных пленок, медных фольг и слоев адгезива. Каждый произво-

Таблица 2. Полиимид с двусторонним фольгированием

Медь		Полиимид		Медь	
мкм	oz.	мкм	mil	мкм	oz.
17,5	0,5	25	1	17,5	0,5
35	1	25	1	35	1
70	2	25	1	70	2
17,5	0,5	50	2	17,5	0,5
35	1	50	2	35	1
70	2	50	2	70	2
35	1	75	3	35	1

дитель выбирает наиболее подходящую ему комбинацию, ориентируясь на данные в таблицах 1 и 2.

В зависимости от области применения гибкой платы медные фольги могут быть электrolитическими (ED) или катаными (RA).

При использовании ED-меди следует применять либо слаботекучий эпоксидный адгезив толщиной 25 мкм, либо модифицированный акриловый адгезив толщиной 12–15 мкм. При использовании RA-меди необходимо применять слаботекучий акриловый адгезив толщиной 25 мкм.

Материалы защитных покрытий

Кроме того, существуют уже готовые защитные покрытия — полиимидные пленки с нанесенным слоем адгезива (рис. 15). В таблице 3 приведены возможные значения толщин пленок и адгезивов.

Можно использовать либо слаботекучий, либо модифицированный акриловый адгезив. Требуемая его толщина зависит от высоты медного рисунка платы, так как в процессе ламинирования адгезив должен заполнить все углубления рисунка. Обычно при толщине используемой под рисунок медной фольги 35 и 70 мкм применяют адгезив толщиной 25 и 50 мкм соответственно.

Требуемая толщина защитной полиимидной пленки зависит от толщины основания

Таблица 3. Толщины полиимидных и адгезивных пленок

Полиимид		Адгезив	
мкм	mil	мкм	mil
25	1	25	1
25	1	38	1,5
25	1	50	2
25	1	75	3
50	2	25	1
50	2	38	1,5
50	2	50	2
75	3	25	1
75	3	38	1,5
75	3	50	2
125	5	25	1
125	5	50	2

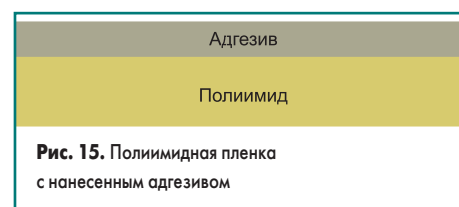


Рис. 15. Полиимидная пленка с нанесенным адгезивом

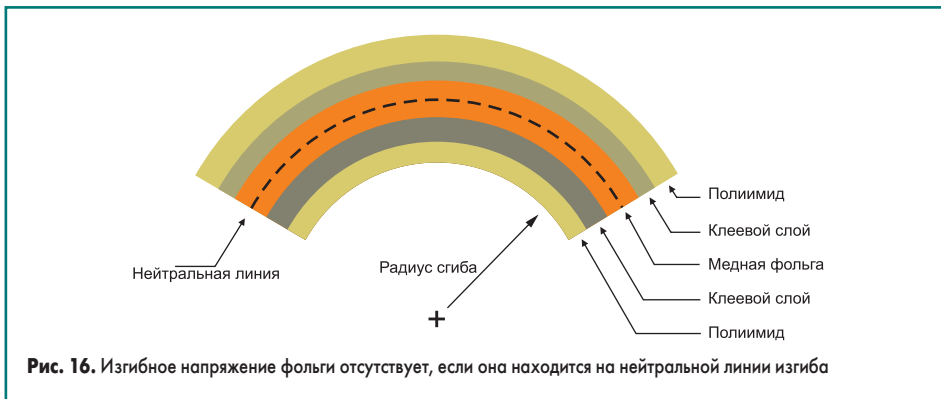


Рис. 16. Изгибное напряжение фольги отсутствует, если она находится на нейтральной линии изгиба

платы. При толщине полиимидной пленки основания 25 мкм необходимо использовать защитное покрытие толщиной 25 мкм (в частности, для гибких плат динамичного применения). Это обеспечивает симметричность строения платы, при котором медная фольга оказывается на так называемой нейтральной линии. Такое центральное положение меди позволяет избежать повреждения проводящего медного слоя при сгибе платы (рис. 16).

Скрепляющие слои

В некоторых случаях возникает необходимость в использовании полиимидной пленки с адгезивом с обеих сторон. В таблице 4 приведены возможные значения толщин ее составляющих.

Как и для защитных покрытий, адгезивом скрепляющих слоев может быть или слаботекучий, или модифицированный акрилат. Его толщина зависит от высоты медного рисунка, как и в случае с защитными покрытиями.

Листовые адгезивы

Чаще всего листовые адгезивы представляют собой лист слаботекучего акрила, нанесен-

Таблица 4. Защитные покрытия полиимидной пленки с двух сторон

Адгезив (одна сторона)		Полиимид		Адгезив (другая сторона)	
мкм	mil	мкм	mil	мкм	mil
25	1	25	1	25	1
38	1,5	25	1	38	1,5
50	2	25	1	50	2
75	3	25	1	75	3
25	1	50	2	25	1
38	1,5	50	2	38	1,5
25	1	75	3	25	1

ный на полипропиленовую бумагу, от которой он легко отделяется (рис. 17). Листовые адгезивы обычно используют для скрепления гибких плат в многослойные или же для скрепления их с торцевыми жесткими платами.

В таблице 5 приведены толщины существующих листовых адгезивов.

Стеклополотно

Пропитанное слаботекучим адгезивом стеклополотно выполняет те же функции, что и препрег с эпоксидной пропиткой в жестких многослойных платах. Стеклополотно



Рис. 17. Листовой адгезив на транспортной отделяемой бумаге

Таблица 5. Толщины листового адгезива

Адгезив	
мкм	mil
25	1
38	1,5
50	2
75	3

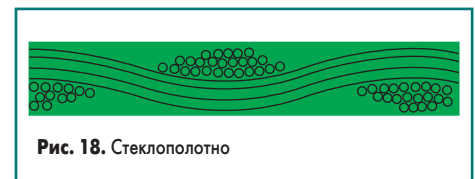


Таблица 6. Толщины стеклополотна

Тип стекла	Прессованная толщина		Содержание смолы, %
	мкм	mil	
108E	125	5	60
1673E	175	7	60
108E	190	7,5	75

(рис. 18) используется для скрепления гибких плат с жесткими или же для крепления теплоотводов на жесткие платы.

В таблице 6 приведены стандартные значения толщин существующих стеклополотен. Как и для препрега, основным их параметром является толщина после прессования.

Продолжение следует