

Проектирование гибко-жестких печатных плат

Материалы, конструкции и особенности проектирования

В предыдущей статье [1] мы рассказали о преимуществах, которые дает разработчику применение гибких и гибко-жестких плат, и описали основные варианты их применения. Теперь давайте разберемся, из каких материалов такие платы выполнены, каковы наиболее типовые конструкции, а также какие моменты следует учитывать разработчику при их проектировании.

Рубрику ведет
Александр Акулин

akulin@pcbtech.ru

Виды гибких и гибко-жестких плат

Рассмотрим основные виды гибких плат (рис. 1):

- Однослойная плата с двусторонним доступом позволяет создать площадки под пайку не только с верхней, но и с нижней стороны платы, что зачастую упрощает конструирование изделия. Однако такой технологией владеют далеко не все фабрики, производящие гибкие платы.
- Двухслойная гибкая плата с металлизацией отверстий — пожалуй, самая распространенная конструкция. Она предоставляет разработчику достаточно большие возможности, как по количеству и плотности соединений, так и по наличию штыревых и планарных посадочных мест под пайку и по трассировке между ними. Пайка компонентов, впрочем, допускается только в тех местах, которые укреплены жесткой накладкой (далее будем называть ее «упрочнитель»).
- Многослойную гибкую плату применяют при большей насыщенности соединений. В ней также возможна металлизация сквозных отверстий и наличие площадок под пайку с обеих сторон платы. Основным недостатком такой конструкции — существенное снижение гибкости. Для сохранения гибкости разработчики часто используют конструкцию с воздушными прослойками между слоями, где каждый из них выполняется как однослойная печатная плата.
- Гибко-жесткая печатная плата — дальнейшее развитие гибкой конструкции, с жесткими областями, в которых применяются уже не упрочняющие элементы, а полноценные жесткие печатные платы с металлизацией отверстий. С одной стороны, такая плата наиболее универсальна и удобна для разработки, а с другой — это самая дорогостоящая технология из всех перечисленных.

Материалы для гибких плат

Материалы, используемые для изготовления гибких плат (рис. 2):

- Адгезив — клеящее вещество, посредством которого скрепляются слои гибкой платы. Разработ-

чик может применять слои адгезива как отдельные элементы в конструкции гибкой платы.

- Полиимид с адгезивным слоем применяют, как правило, в качестве покрывного слоя (coverlay) для защиты проводников гибкой платы. Его функция в чем-то аналогична функции паяльной маски на жестких платах. Заметим, что окна в полиимидном покрытии вырезаются заранее, поэтому есть ограничение на минимальную ширину полоски полиимида — она в несколько раз больше, чем минимальная ширина полоски маски. Кроме того, для вырубки отверстий в покрытии часто используют сверление или штамп, поэтому производители опытных образцов гибких плат предпочитают открывать даже прямоугольные площадки отверстиями круглой формы, а ряды планарных площадок — одним большим прямоугольным вырезом.
- Полиимид с адгезивом с двух сторон — конструктивный элемент, который можно применять для склейки гибких частей в тех случаях, когда невозможно обойтись только слоем адгезива. Например, при склейке двух гибких слоев, если каждый из них имеет на поверхности медные проводники, просто слоя адгезива недостаточно — необходима полиимидная прослойка.
- Полиимид с адгезивом и медной фольгой — именно этот материал применяют как основу для изготовления однослойных гибких плат. На этой фольге в процессе изготовления вытравливают рисунок проводников и затем поверх нее напрессовывают покрывной слой — тоже полиимид с адгезивным слоем.

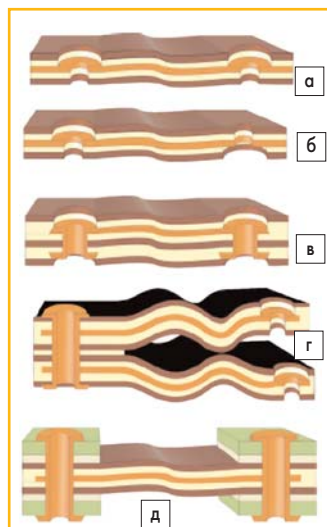


Рис. 1. Основные виды гибких плат:

- однослойная гибкая плата;
- однослойная с двусторонним доступом;
- двухслойная с металлизацией отверстий;
- многослойная с воздушной прослойкой;
- гибко-жесткая печатная плата



Рис. 2. Материалы для изготовления гибких плат

- Полиимид с адгезивом и медной фольгой с двух сторон используют как основу для двухслойных плат с металлизацией отверстий. В такой основе сверлят и металлизуют переходные и монтажные отверстия, потом вытравливают проводники, а затем с обеих сторон напрессовывают покрывной слой с адгезивом. Не следует забывать, что металлизированные отверстия нельзя располагать в областях изгиба, иначе надежность платы существенно снижается.
 - Полиимид, ламинированный медью, (безадгезивный вариант) позволяет разработчику добиться снижения толщины гибкой платы — за счет исключения слоя адгезива. Кроме того, вследствие исключения адгезива повышается надежность многослойных гибких и гибко-жестких плат — об этом речь пойдет далее.
- Эти материалы доступны на заводах по производству гибких плат, как правило, только в определенном ассортименте. В частности, полиимид + медь (безадгезивный вариант) стал сейчас популярен в Европе, однако весьма редко пока что применяется азиатскими заводами. Кроме того, определенным производствам может быть доступен не весь ряд толщин.

Элементы конструкции гибкой платы

Рассмотрим основные элементы конструкции гибкой платы:

- гибкая часть с проводниками;
- ножевой разъем;
- жесткая область с планарными площадками;
- жесткая область со штыревыми площадками;
- упрочняющий элемент для укрепления жесткой области;
- планарные площадки;
- отверстия под пайку;
- переходные отверстия;
- крепежные отверстия;
- клеевые элементы.

В гибкой части проводники лежат на полиимидном основании и закрыты полиимидным покрывным слоем. Как правило, площадки или отверстия в тех частях, которые в рабочем состоянии подлежат изгибанию, не делают.

Ножевой разъем предназначен для подсоединения к другой печатной плате напрямую или через розетку. Как правило, это розетка с «нулевым усилием», или ZIF (zero insertion force). Ножевой разъем под ZIF-розетку должен иметь заданную толщину вставляемой части. Площадки на нем вскрываются единым прямоугольным вырезом в покрытии, а затем наносят иммерсионное золото по подслою никеля. Наличие полосок покрывного слоя между площадками разъема невозможно.

Жесткая область с планарными площадками предназначена под пайку планарных компонентов или низкопрофильных планарных соединительных разъемов. Стык между жесткой и гибкой областью — место, более всего подверженное излому, поэтому его укрепляют специальными методами.

Жесткую область со штыревыми площадками, как правило, выполняют с использованием более толстого упрочняющего слоя,

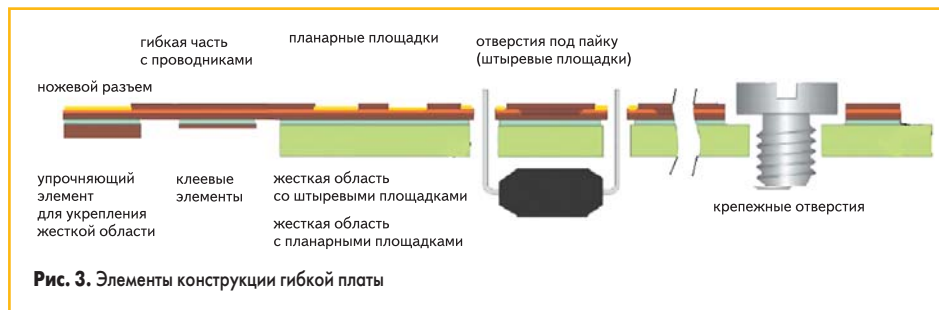


Рис. 3. Элементы конструкции гибкой платы

для придания большей жесткости и удержания тяжелых компонентов. Компоненты крепятся к плате механически не за счет пайки, а за счет механического контакта их корпуса с поверхностью платы. В этом — основное отличие от штыревой пайки на обычную жесткую плату.

Упрочняющий элемент, или упрочнитель (stiffener), служит для придания жесткости и, в некоторых случаях, заданной толщины областям гибкой платы. Упрочнитель приклеивается к поверхности платы с помощью слоя адгезива. Материал упрочнителя — это, как правило, стеклотекстолит FR4 для укрепления областей под пайку и полиимид для укрепления областей под планарные разъемы. В различных местах платы, с любой стороны, можно применять упрочнители разной толщины и из различных материалов. Однако для удешевления конструкции лучше уменьшить их разнообразие.

Планарные площадки выполняют путем вырезания окон в покрывном слое. Так как медь имеет низкую адгезию к основанию, рекомендуется вскрывать делать меньше, чем размер площадок, чтобы покрывной слой удерживал площадку на поверхности платы.

Отверстие под пайку должно быть дополнительно вскрыто и в упрочняющем элементе, который укрепляет область пайки, причем так, чтобы обеспечить доступ жалу паяльника к металлической площадке этого отверстия.

Переходные отверстия размещают только в жестких частях платы, иначе они могут быть разрушены при перегибе платы вследствие больших напряжений изгиба.

Крепежные отверстия выполняют и используют почти так же, как в жестких платах. Однако рекомендуется делать вырезы под винты в гибком материале (рис. 3), потому что его плавучесть может привести к потере жесткости крепления.

Клеевые элементы удобны для фиксации элементов платы внутри электронного модуля. Их можно разместить в различных областях платы и покрыть временным защитным слоем, который легко снимается при монтаже платы в изделие.

Гибко-жесткая плата в САПР

Гибко-жесткая плата может быть представлена инженером-конструктором как многослойная плата, в которой некоторые из слоев меди и диэлектрика существуют только в заданных областях, а другие в качестве диэлектрика содержат полиимид (рис. 4).

В системе проектирования (САПР ПП) необходимо задавать общий контур платы, а в особом слое прорисовать контуры как каж-

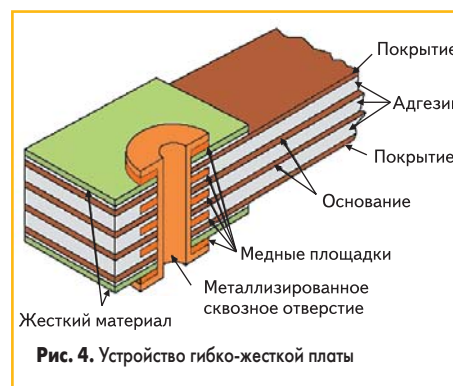


Рис. 4. Устройство гибко-жесткой платы

дой жесткой части, так и каждой гибкой части, с четким текстовым обозначением, какие части являются жесткими, а какие — гибкими. Отдельно должны быть обозначены места стыков, и показано, на какую глубину в жесткую часть заходит покрывной слой из гибкой части.

Жесткие части должны иметь одинаковую структуру, единую для всей платы. Материал жесткой части — стеклотекстолит, покрытие проводников — паяльная маска, и в целом проектирование жесткой части во многом схоже с проектированием обычной многослойной платы. Просто в качестве одного или нескольких внутренних слоев в ней используются слои из гибкой части.

Гибкая часть гибко-жесткой платы схожа по конструкции и функциям с конструкцией гибких печатных плат, рассмотренных ранее. Однако есть ряд ограничений:

- Не используйте планарные ножевые разъемы в гибкой части.
- Не делайте в гибкой части отдельную металлизацию отверстий.
- Не вскрывайте площадки в гибкой части.

Игнорирование этих ограничений существенно удорожает изготовление.

Стык между гибкой и жесткой частью должен быть проработан очень тщательно. Это место с повышенной вероятностью излома или расслоения. Обычно в инженер-конструктор предусматривает нанесение силиконового валика в место стыка: для предотвращения изгиба с недопустимо малым радиусом.

Покрывной слой гибкой платы рекомендуется заводить в жесткую часть только на несколько миллиметров от стыка. Опишем подробнее, с чем это связано.

Одна из серьезных проблем гибко-жесткой платы — большой коэффициент теплового расширения адгезива, который применен для склейки слоев полиимиды. Если в жесткой части платы присутствует несколько слоев адгезива, при пайке сквозных монтажных отверстий тепловое расширение этих слоев настоль-

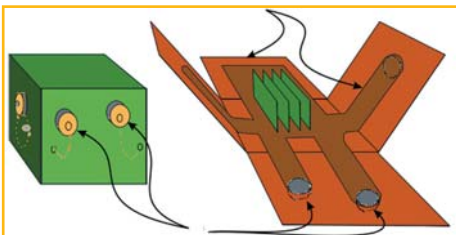


Рис. 5. Пример раскладки блока при макетировании гибкой платы

ко велико, что может привести к разрыву медных стенок отверстия и обрыву цепи.

В связи с этим конструкторы стремятся убрать адгезив из жесткой части, и удаление покрывного слоя делают именно с этой целью. Следующий шаг на пути к повышению надежности платы — использование безадгезивного полиимидного основания, что позволяет выполнить жесткую часть вообще без слоев адгезива.

Макетирование гибко-жесткой конструкции

Перед началом проектирования обязательно нужно выполнить макетирование объемной конструкции платы. Контур платы вырезается из пленки или плотной бумаги и размещается в корпусе устройства (рис. 5). Необходимо давать запас на возможное сжатие, растяжение и деформацию материала. Следует учитывать, что радиус изгиба платы ограничен неким минимальным значением.

Повышение надежности разводки

Общие рекомендации для повышения надежности гибкой платы:

- скруглять проводники (рис. 6а);
- делать «капельки» около штыревых площадок (рис. 6б, в);
- полигон заполнять сеткой (рис. 6г);
- фиксировать площадки полиимидом (рис. 6д);
- укреплять подсоединения проводников к планарным площадкам (рис. 6е).

Эти рекомендации проиллюстрированы на рис. 6 и не требуют особых пояснений.

Усиление гибкой части

Материал гибкой части весьма пластичен и вследствие этого подвержен излому и повреждению — как при изгибании, так и при случайном механическом воздействии, например в процессе транспортировки, монтажа или ремонта изделий.

Традиционные пути усиления гибкой части (рис. 7):

- усиливать гибкие части медью (рис. 7а);
- усиливать панели медью (рис. 7б);
- усиливать контур медью (рис. 7в).

Повышение прочности углов

Внутренние углы гибкой платы — это те места, где прикладывается напряжение изгиба.

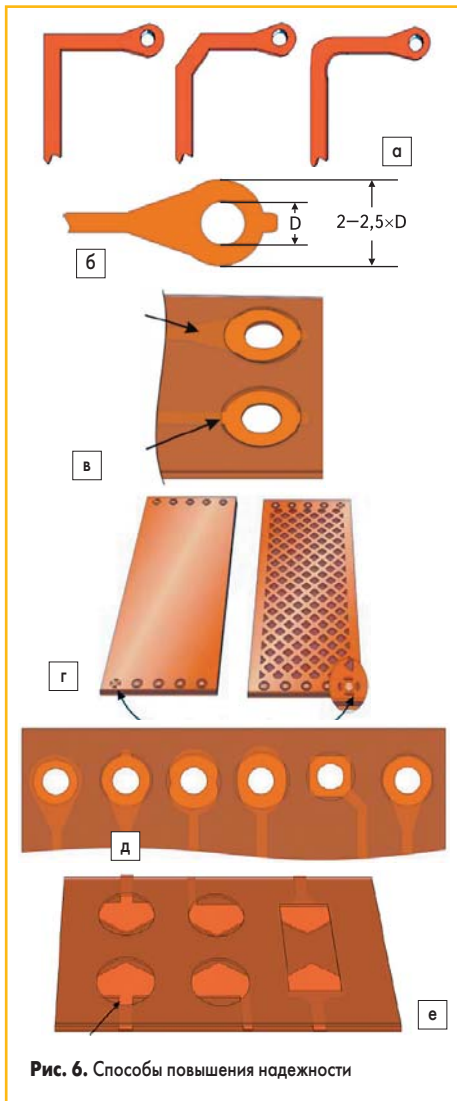


Рис. 6. Способы повышения надежности

В них более всего проявляется износ материала в случае динамического изгибания платы в процессе работы. Методы усиления внутренних углов (рис. 8):

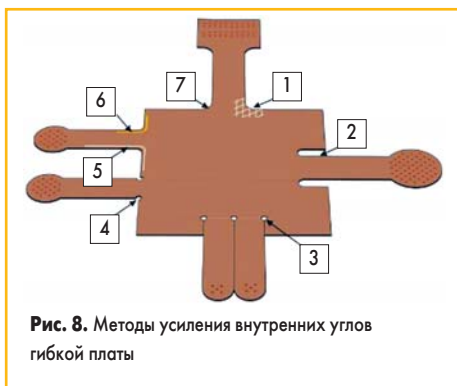


Рис. 8. Методы усиления внутренних углов гибкой платы

1. Усиление углов стеклотканью.
2. Углубленные вырезы.
3. Отверстия в прорезях.
4. Отверстия в углах.
5. Усиление волокном.
6. Усиление медью.
7. Большой радиус в углах.

Снижение вероятности излома на стыке

На стыке с жесткой частью или упрочнителем конструктор должен предусмотреть эле-

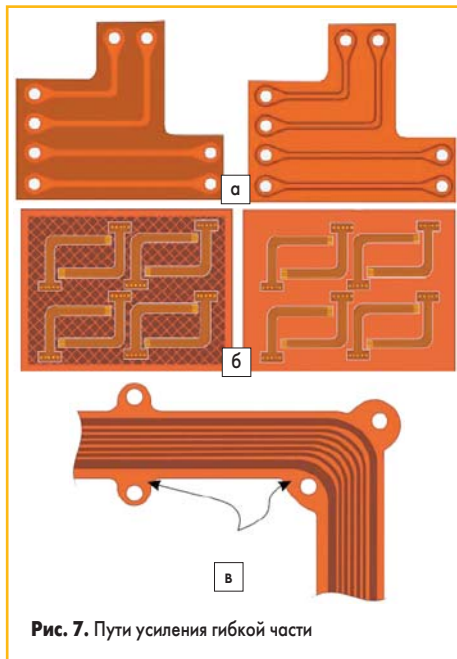


Рис. 7. Пути усиления гибкой части

менты, препятствующие надлому гибкой части. Надлом обычно происходит вследствие того, что радиус перегиба платы в области стыка стремится к нулю, что создает чрезмерное растяжение материала платы в очень узкой полосе сгиба и его разрыв. Два основных способа предотвращения излома (рис. 9):

- использовать фаску на упрочнителе;
- использовать силиконовый валик на стыке.

И тот, и другой способ как бы «смягчают», демпфируют гибкую плату в месте соединения с жесткой частью, препятствуя возникновению излишне резкого перегиба.



Рис. 9. Способы предотвращения излома

Заключение

Мы рассмотрели только некоторые особенности проектирования гибких и гибко-жестких плат. Были показаны основные отличия от традиционных методов разработки жестких плат, а также способы повышения надежности. В последующих публикациях мы планируем осветить вопросы обеспечения динамической гибкости, расчета минимального радиуса изгиба, оптимизации стоимости платы, а также приведем конкретные примеры структур гибких и гибко-жестких плат.

Литература

1. Акулин А. Варианты применения и конструкции гибко-жестких плат // Технологии в электронной промышленности. 2007. № 6.
2. Fjelstad J. Flexible Circuit Technology. ISBN 0-9667075-0-8. BR Publishing, Inc., PO Box 50, Seaside, OR 97138 USA
3. Гибкие и гибко-жесткие печатные платы. Комментарии к стандарту IPC-2223A // Электронные компоненты. 2005. № 10, 11.