

1.11. АНАЛИЗ ГИБКО-ЖЕСТКИХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Цель лекции: *Анализ технологических процессов изготовления гибко-жестких печатных плат. Обзор используемых материалов для производства основания, проводящего рисунка, а также соединительных материалов. Изучение процесса соединения гибких и жестких частей в единую структуру. Описание особенностей получения и металлизации сквозных отверстий в ГЖПП, а также особенностей пайки.*

1.11.1. ГИБКО-ЖЕСТКИЕ ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ (ГЖПП)

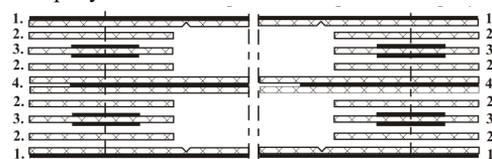
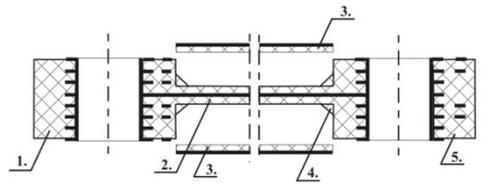
Гибко-жесткая ПП (табл. 1.8, п. 13) представляет собой два или несколько жестких участков, электрически и конструктивно соединенных между собой гибкими печатными проводниками (шлейфами). В элетронном модуле второго уровня жесткие участки (модули первого уровня) с навесными компонентами могут размещаться на разных уровнях в дву- и трехмерном пространстве за счет гибкости токоведущих шлейфов. В составе ГЖПП отсутствуют внутренние соединители-разъемы, так как гибкие токоведущие шины опрессованы вместе со слоями жестких участков и электрически соединены с ними с помощью сквозных металлизированных отверстий.

Наличие в плате гибких и жестких участков требует применения большей номенклатуры исходных конструкционных материалов по сравнению с материалами ОПП, ДПП и МПП. Так, проводящий рисунок гибких участков платы (шлейфов) изготавливают из односторонне фольгированного ($h_{\phi} = 18; 35$ мкм) полиимида химическим методом. Гибкие участки могут состоять из нескольких слоев, соединяемых в монолит прессованием с применением акрилового или полиимидного адгезива.

В состав пакета перед прессованием вводят тонкую покровную пленку полимера (например, полиимида или полиэфира), герметично с двух сторон защищающую гибкую часть платы (табл. 1.23, этап 2). Толщина слоя адгезива покровной пленки должна быть оптимальной, чтобы опрессовать проводящий рисунок без воздушных включений. Для толщины проводящего рисунка 18 мкм достаточно 25 мкм адгезива, для 35 мкм – 50 мкм адгезива. Покровную пленку наносят на гибкую часть платы до сборки и прессования её в составе пакета жестких участков (табл. 1.23, этап 3).

Таблица 1.25

Изготовление гибко-жестких печатных плат.

| Этап ТП | Технологическое воздействие на материал | Характерные признаки состояния материала, эскиз заготовки |
|---------|--|---|
| 1 | Получение заготовки из гибкого фольгированного полиимида 2, полиимидной покровной пленки 1 с адгезивом, препрега 3, ламината 4 или фольгированного диэлектрика для внутренних слоев жесткой части ПП и упрочнителя. | <p>Заготовки всех слоев, входящих в состав ГЖПП</p>  <p>1. покровная пленка 2. фольгированный полиимид гибкой части 3. покровная пленка 4. препрег 5. ламинат внутренних жестких слоев, фольгированный диэлектрик</p> |
| 2 | Получение проводящего рисунка на гибкой части ПП и на заготовках слоев жесткой части химическим методом. Опрессовка гибкой части покровной пленкой с двух сторон. | <p>1–2–1 – гибкая часть ПП с проводящим рисунком и герметичным покрытием; 4 – заготовки внутренних слоев жесткой части с проводящим рисунком</p>  |
| 3 | Сборка слоев ГЖПП в пакет со взаимной ориентацией по реперным знакам или базовым отверстиям. Установка в пакет упрочнителей 1 с прорезями (канавками) препрега 2, жестких слоев с проводящим рисунком 3, гибкой части платы 4. Прессование пакета (<i>p, T</i>). | <p>Заготовки всех слоев ГЖПП собраны в пакет с обеспечением взаимной ориентации проводящих рисунков.</p>  |
| 4 | Сверление и металлизация сквозных отверстий в жестких частях ПП с одновременным получением проводящего рисунка на наружных слоях ПП. Освобождение гибкой части ПП от упрочнителя путем вскрытия окон по прорезям. Нанесение силиконовых валиков на стыках гибкой и жесткой частей ПП | <p>Гибко-жесткая ПП с освобожденной от упрочнителя гибкой частью; 1 и 5 – жесткая часть, 2 – гибкая часть, 3 – удаляемый упрочнитель, 4 – силиконовый валик</p>  |

Для жестких участков ГЖПП применяют фольгированный стеклотекстолит, аналогичный материалам ДПП и МПП. Структура жестких участков соответствует структуре МПП с металлизацией сквозных отверстий. Поэтому проводящий рисунок внутренних слоев при отсутствии межслойных переходов получают химическим методом (табл. 1.5).

Опрессованную гибкую часть платы и заготовки слоев жестких участков собирают в пакет с установкой между заготовками слоев препрега, который после прессования обеспечит монолитную структуру ГЖПП.

Количество слоев жестких частей платы должно быть одинаково, чтобы избежать разновысотности собранного пакета и обеспечить равные условия прессования (табл. 1.14, этап 3) всех участков платы.

Взаимная ориентация проводящих рисунков слоев платы (и соосность контактных площадок) осуществляется с помощью реперных знаков, точное расположение которых перенесено с фотошаблонов слоев. Эта промышленно применяемая система ориентации без базовых отверстий называется *MAS-LAM* и обеспечивает точность совмещения до 5 мкм.

Наличие в собранном пакете гибкой части из тонкого фольгированного полиимида с тонкой покровной пленкой может привести к смещению проводящего рисунка шлейфа при сборке и прессовании. Поэтому в состав пакета включены два наружных слоя ужесточителя (табл. 1.14, этап 3), изготовленных из фольгированного диэлектрика. Для того чтобы обеспечить гибкость шлейфа готовой платы, в ужесточителе необходимы окна над её гибким участком. В связи с этим в нужных местах до сборки в ужесточителе на внутренней стороне, обращенной к пакету, прорезают канавки.

На окончательной стадии изготовления платы канавки прорезают на внешней стороне ужесточителя и, вскрыв окно, удаляют жесткий участок, освобождая гибкую часть платы (табл. 1.14, этап 4).

В ГЖПП возникают дополнительные трудности при сверлении и металлизации сквозных отверстий в жесткой многослойной части платы. В отличие от обычных МПП приходится сверлить и материалы гибкой части: фольгированный полиимид, полиимид покровных пленок, слои адгезива. Кроме «гвоздевого эффекта», при прохождении сверлом слоев фольги (расплющивание торцов контактных площадок) аналогичный эффект возникает в результате деформации и смещения пленки полиимида в сторону адгезивного слоя. К наволакиванию эпоксидной смолы добавляется наволакивание адгезива на стенки просверленных отверстий.

Эффективным методом очистки отверстий от наволакивания смолы и адгезива является плазмохимическая очистка в среде ионизированных газов (кислород, фреон). Плазма растворяет слои наволакивания на стенках отверстий и подтравливает материалы диэлектриков на глубину 5–10 мкм, оголяя торцы контактных площадок внутренних слоев. Подтравливание увеличивает площадь контакта слоя металлизации отверстий с контактными площадками проводящего рисунка. Недостатком метода очистки является необходимость удаления продуктов растворения из отверстий малого диаметра (0,2–0,6 мм).

На последнем этапе изготовления ГЖПП получают проводящий рисунок на наружных слоях жестких участков с одновременной металлизацией

сквозных отверстий. Это обеспечивает типовой комбинированный позитивный метод (см. табл. 1.6). При этом качество металлизированных отверстий определяет надежность гибко-жесткой платы как коммутационной структуры, позволяющей электрически соединить модули 1-го уровня (жесткие участки ГЖПП с навесным монтажом) в трехмерном пространстве ЭВС, не прибегая к традиционным разъемам.

Передовые производства и фирмы переходят от предварительной химико-гальванической металлизации отверстий к технологии прямой металлизации. Диспергированный на поверхности диэлектриков (стеклоткань, полиимид, адгезив) палладий электропроводен и образует тонкую сплошную пленку, на поверхность которой гальванически наращивается слой меди заданной толщины (технология *System-S* фирмы *I-Kem International*).

ГЖПП не технологичны для горячего лужения с помощью HALS-процесса мест пайки проводящего рисунка с навесными компонентами. Гибкие участки мешают погружению платы в горячий припой и снятию его излишков пневмоножами при извлечении платы из ванны с припоем. Поэтому на поверхности проводящего рисунка, предназначенные для пайки, наносят покрытия, обладающие способностью к смачиванию припоем и длительно её сохраняющие. Это может быть гальванически осажденный и оплавленный металлорезист (SnPb) и иммерсионные покрытия: NiAu, NiPd, NiPdAu, Imm Ag и другие. Толщина иммерсионных покрытий не превышает одного микрометра.

Рассмотренные вопросы технологии гибко-жестких плат иллюстрируют сложность, дороговизну, трудоемкость их изготовления и необходимость применения большой номенклатуры различных материалов. Однако их применение в модулях ЭВС необходимо, оно позволяет упростить традиционную компоновку аппаратуры, снизить вес конечного изделия, снизить трудоемкость монтажа и повысить его плотность.

Тесты к лекции 1.11

1. Что такое гибко-жесткая печатная плата?
 - а) Несколько жестких участков с закрепленными на них электронными компонентами, электрически и конструктивно соединенных между собой гибкими печатными проводниками (шлейфами);
 - б) То же, что и гибкий печатный кабель;
 - в) Совокупность гибких печатных кабелей (шлейфов) и закрепленных на них электрических компонентах.

2. Какой материал используют в качестве основания гибких частей ГЖПП?
 - а) Фольгированный полиимид;
 - б) Фольгированный стеклотекстолит;
 - в) Адгезив.

3. Для чего используют реперные знаки?
 - а) Для взаимной ориентации проводящих слоёв ГЖПП;
 - б) При производстве ГЖПП их не используют;
 - в) Для маркировки отверстий в ГЖПП.

4. Для чего на этапе сборки в состав пакета включают два наружных слоя жесточителя?
 - а) Для предотвращения смещения проводящего рисунка шлейфа при сборке и прессовании;
 - б) Для получения жестких участков ГЖПП;
 - в) Для того чтобы предотвратить излишнюю гибкость шлейфа готовой платы.

5. Для чего необходима плазмохимическая очистка в среде ионизированных газов?
 - а) Для очистки от наволакивания эпоксидной смолы и адгезива стенок отверстий ГЖПП;
 - б) Для очистки ГЖПП от флюса;
 - в) Для растворения полиимида на стенках отверстий ГЖПП.