

КЛАССЫ ТОЧНОСТИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Задача соотношения конструктивных требований к печатным платам с технологическими возможностями производств – одна из важнейших задач института стандартизации. Как известно, отечественные стандарты на печатные платы не менялись с середины 1980-х годов, что де-факто привело к массовому использованию в нашей стране стандартов IPC. В российских и международных стандартах используются несколько различные понятия, критерии и нормы оценки печатных плат, уровней их сложности и качества. Разобраться в отдельных аспектах этой проблемы призвана предлагаемая статья. Отметим, что приведенные в ней сведения отражают частное мнение автора, сложившееся при работе с конкретными отечественными и зарубежными производствами, и может не отражать ситуации в отрасли в целом.

Основные элементы конструкции печатных плат и их наименьшие номинальные размеры (для узкого места), в зависимости от классов точности, приведены в ГОСТ 23751-86 (табл.1, рис.1). Современные возможности производств ПП, прежде всего зарубежных, существенно превосходят параметры, приведенные в ГОСТ 23751-86 (табл.2). Поэтому очень важно понимать, какие нормативные документы следует использовать и на какие конструктивные параметры ПП обращать особое внимание при разработке проекта ПП с учетом технологических возможностей того или иного производства.

ГАРАНТИЙНЫЙ ПОЯСОК

Согласно ГОСТ 20406-75 (Платы печатные. Термины и определения), гарантийный поясок – это минимально допустимая ширина контактной площадки отверстия печатной платы в узком месте. Иначе говоря, под гарантийным пояском следует понимать не номинальную ширину пояска металлизации в

файле трассировки печатной платы, а минимальное расстояние от края отверстия до края контактной площадки в готовой плате (рис.2). В зарубежной терминологии поясок металлизации называется Annular Ring (буквально – кольцевой ободок). Согласно международному стандарту качества изготовления плат IPC-A-600, минимальный поясок металлизации для внешних и внутренних слоев рассчитывается по-разному.

На внешних слоях минимальный поясок определяется минимальным расстоянием (в самом узком месте) между краем контактной площадки и краем отверстия после металлизации (рис.3а). В отличие от внешних слоев, минимальный поясок на внутренних слоях определяется минимальным расстоянием (в самом узком месте) между краем контактной площадки и краем отверстия до металлизации (без учета металлизации отверстия) (рис.3б).

Как видно из рис.2 и 3, в определении величины пояска металлизации отверстий есть небольшое различие

Таблица 1. Наименьшие номинальные значения размеров основных элементов конструкции ПП для 3–5 классов точности

| Параметр | Класс точности | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|-------|
| | 3 | 4 | 5 |
| Ширина печатного проводника, t , мм | 0,25 | 0,15 | 0,10 |
| Расстояние между краями соседних элементов проводящего рисунка, S , мм | 0,25 | 0,15 | 0,10 |
| Гарантийный поясок, b , мм | 0,10 | 0,05 | 0,025 |
| Отношение номинального значения диаметра наименьшего из металлизированных отверстий к толщине печатной платы, γ | 1/3 | 1/4 | 1/5 |

Таблица 2. Технологические возможности зарубежных производств в зависимости от их срочности и серийности

| Основное назначение производства | Крупносерийное и массовое производство, а также срочные прототипные производства | Мелко- и среднесерийные производства с разной срочностью изготовления | Единичное и мелкосерийное производство |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Технологические возможности | Стандартные параметры | Улучшенные параметры | Предельные параметры |
| Минимальные ширина проводника / зазор, мм (mil) | 0,127/0,127 (5/5) | До 0,075/0,075 (3/3) | До 0,04/0,04 (1,6/1,6) и менее |
| Номинальный поясок металлизации отверстия, мм (mil) | Не менее 0,127 (5) | До 0,1 (4) | До 0,1 (4) |
| Стартовая толщина фольги, мкм | 18 | 18 | 5 или 9 |
| Минимальный диаметр сквозного отверстия, мм | 0,2 | 0,2 (до 0,15) | 0,2 (до 0,15) |
| Минимальное аспектное отношение γ | 1/8 | 1/12 | Менее 1/12 |

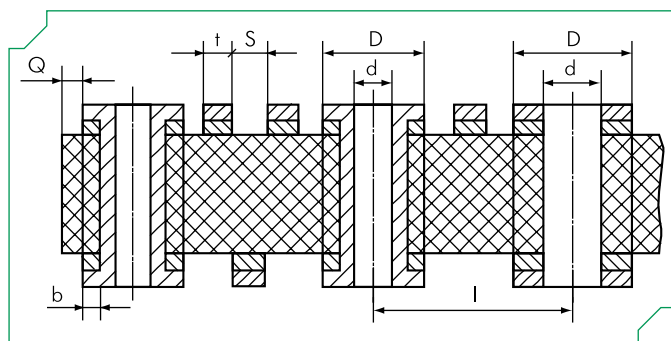


Рис. 1 Обозначения размеров конструкции печатных плат: D – диаметр контактной площадки; d – диаметр отверстия, Q – расстояние от края печатной платы, выреза, паза до элементов проводящего рисунка

между ГОСТ 20406-75 и IPC-A-600, но оно касается только внешних слоев.

Согласно ГОСТ 23751-86, на принадлежность платы конкретному классу точности влияет не номинальный поясок металлизации в проекте платы, а некий "гарантийный поясок", который появляется в готовой плате и характеризует не столько

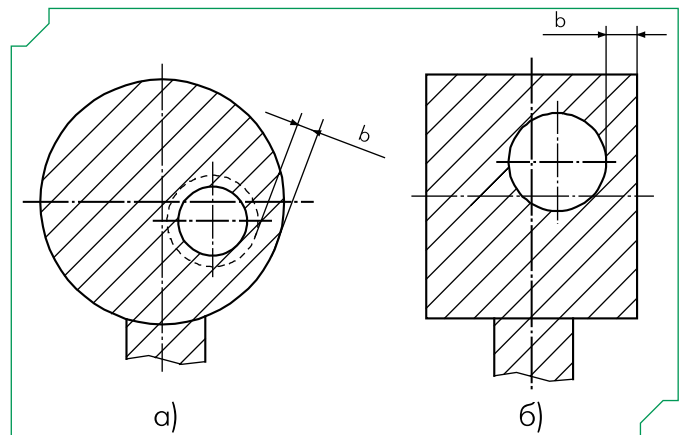


Рис. 2 Гарантийный поясок для металлизированного отверстия (а) и для неметаллизированного отверстия (б)

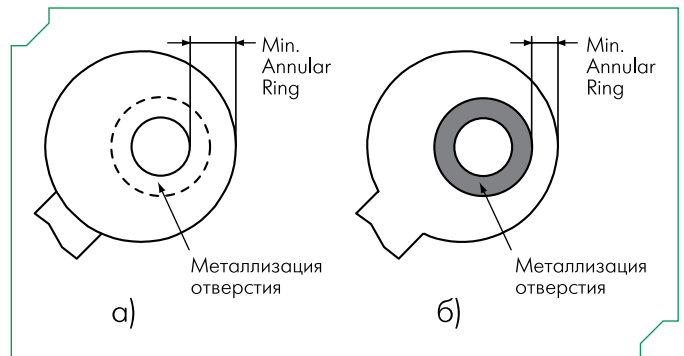


Рис. 3 Поясок металлизации, согласно IPC-A-600: для внешних (а) и для внутренних (б) слоев

исходную сложность платы, сколько возможности конкретного производства. В ГОСТ 23751-86 вообще нет такого понятия, как "номинальный поясок металлизированного отверстия" (поясок металлизации в проекте печатной платы) – именно его было бы правильно использовать для определения соответствия платы конкретному классу точности. Применение же абстрактного понятия "гарантийный поясок" создает большие трудности в понимании того, какого именно размера должна быть контактная площадка в проекте печатной платы.

Практические рекомендации по данному вопросу дает другой документ – РД 50-708-91 (Требования к констру-

Таблица 3. Наименьшие номинальные диаметры контактных площадок, мм, для 3–5 классов точности, в зависимости от размеров ПП, для двухсторонних и многослойных ПП

| Диаметр отверстия, мм | Размер печатной платы по большей стороне, мм | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------------------------------------|------|------|---------|------|------|-----------|------|------|
| | До 180 | | | 180–360 | | | Свыше 360 | | |
| | Класс точности | | | | | | | | |
| | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 |
| 0,25 | 0,73 | 0,58 | 0,46 | 0,9 | 0,68 | 0,5 | 0,95 | 0,64 | 0,57 |
| 0,3 | 0,78 | 0,63 | 0,51 | 0,95 | 0,73 | 0,55 | 1,0 | 0,69 | 0,62 |
| 0,4 | 0,83 | 0,68 | 0,56 | 1,0 | 0,78 | 0,6 | 1,05 | 0,74 | 0,67 |
| 0,5 | 1,0 | 0,8 | 0,7 | 1,1 | 0,9 | 0,8 | 1,2 | 1,0 | 0,8 |
| 0,6 | 1,1 | 0,9 | 0,8 | 1,2 | 1,0 | 0,9 | 1,3 | 1,1 | 0,9 |

ированию печатных плат). В нем приведены сведения по выбору минимальных размеров контактных площадок металлизированных и неметаллизированных отверстий в зависимости от диаметра отверстия и класса точности печатной платы. Из этих рекомендаций следует удивительный вывод – класс точности (сложность платы) зависит также и от размеров платы. Для плат одного класса точности, при наличии минимальных отверстий одного и того же диаметра, с увеличением размера платы необходимо использовать большие размеры контактных площадок. Дело в том, что с увеличением размеров платы уменьшается точность совмещения центров отверстий и центров контактных площадок. Согласно ГОСТ 23751-86, с увеличением размеров платы разрешается больший допуск позиционного расположения осей отверстий и центров контактных площадок. Для

Таблица 4. Максимально допустимая толщина платы по ГОСТ 23751-86, мм, при различных аспектных соотношениях γ

| Диаметр отверстия, мм | γ (класс точности) | | |
|-----------------------|---------------------------|---------|---------|
| | 1/3 (3) | 1/4 (4) | 1/5 (5) |
| 0,2* | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| 0,25* | 0,75 | 1,0 | 1,25 |
| 0,3* | 0,9 | 1,2 | 1,5 |
| 0,4 | 1,2 | 1,6 | 2,0 |
| 0,5 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |

* Диаметры металлизированных отверстий, отсутствующие в ГОСТ10317-79, но давно применяющиеся при производстве плат

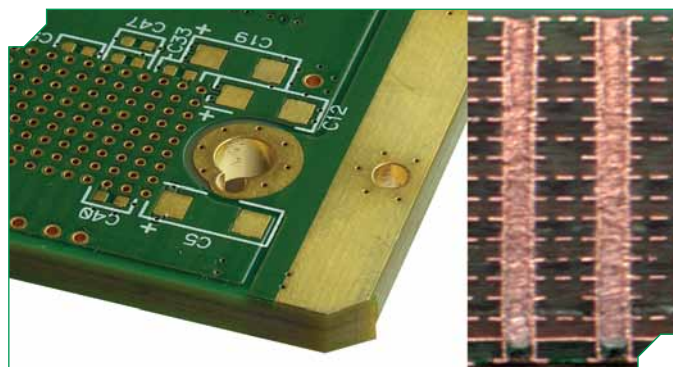


Рис. 4 18-слойная ПП с аспектным соотношением 1/16,7 (толщина ПП – 5,0 мм, диаметр переходных отверстий – 0,3 мм)

компенсации увеличения погрешности сверловки требуется увеличение размеров контактных площадок.

Различается три интервала размеров печатных плат, для которых нормируется значение позиционного допуска – до 180 мм по большей стороне платы, от 180 до 360 мм и свыше 360 мм (табл.3).

На зарубежных производствах, где приемка плат осуществляется в соответствии со стандартом IPC-A-600, различают три класса годности плат в зависимости от области применения плат и требований к их надежности (чем выше класс, тем надежнее плата). Чем жестче требования к надежности платы, тем более крупные нормы проектирования должны использоваться. В стандарте IPC-A-600 явно не указаны размеры контактных площадок, которые следует использовать при проектировании, там лишь приведены наиболее критичные условия приемки плат. В частности, для приемки по 3 классу необходимо, чтобы номинальный пояс металлзации был не менее 0,15 мм, а гарантийный пояс в готовой плате – не менее 0,05 мм. Очевидно, что очень сложные платы практически невозможно изготовить по классу приемки 3, поэтому большинство плат изготавливается по классу приемки 2.

ВЛИЯНИЕ АСПЕКТНОГО СООТНОШЕНИЯ γ НА КЛАСС ТОЧНОСТИ ПЛАТЫ

Сложность ПП возрастает с уменьшением диаметров отверстий и с увеличением толщины платы, поскольку становится труднее обеспечивать качественную металлизацию внутри отверстия. ГОСТ 23751-86 в зависимости от классов точности ограничивает минимальное соотношение наименьшего из металлизированных отверстий к толщине печатной платы (аспектное соотношение, см. табл.1). Это соотношение можно наглядно представить на основе реальных значений диаметров отверстий и реальной толщины платы (табл.4).

В соответствии с табл.4, любая плата стандартной толщины (1,5–1,6 мм) с отверстием менее 0,3 мм будет считаться более сложной, чем это предусматривает ГОСТ 23751-86. Однако технологические возможности современных производств с 1986 года существенно возросли, и реальные значения аспектного соотношения достигают значений 1/8, 1/10, 1/12 и менее (рис.4). Влияние коэффициента γ на принадлежность платы к опреде-

Таблица 5. Минимально допустимые диаметры отверстий, мм, в зависимости от толщины платы

| Толщина платы, мм | Минимально допустимый коэффициент γ | | | |
|-------------------|--------------------------------------------|------|---------------|---------------|
| | 1/8 | 1/10 | 1/12 | 1/18* |
| 1,6 | 0,2 | 0,2 | 0,2 (до 0,15) | 0,2 (до 0,15) |
| 2,0 | 0,25 | 0,2 | 0,2 (до 0,15) | 0,2 (до 0,15) |
| 2,4 | 0,30 | 0,25 | 0,20 | 0,2 (0,15) |
| 3,0 | 0,4 | 0,30 | 0,25 | 0,2 |
| 4,8 | 0,6 | 0,5 | 0,40 | 0,3 |

* крайне трудно выполнимое значение коэффициента γ

ленному классу точности значительно снизилось. Поэтому посмотрим на минимально допустимые диаметры отверстий, исходя из реальных возможностей производства (табл.5).

Минимальный коэффициент γ у большинства зарубежных производств обычно составляет не хуже 1/10–1/12, а для большинства отечественных – не лучше 1/10. Поэтому, с точки зрения минимизации стоимости плат, не следует без необходимости превышать эти предельные значения.

РЕКОМЕНДАЦИИ

Фактическая сложность каждой конкретной платы определяется наибольшей сложностью любого из ее элементов. Например, ПП с проводниками/зазорами, соответствующими 3 классу точности, но с очень маленьким диаметром отверстия или его пояском металлизации будет принадлежать к более высокому клас-

су точности. С другой стороны, нет смысла стремиться делать большие отверстия в плате с малым шагом проводников – все элементы должны быть согласованы.

Много проблем возникает с размерами контактных площадок металлизированных отверстий. Ведь проводники и зазоры формируются посредством травления, точность этой технологии составляет до $\pm 0,02$ – $0,015$ мм при ширине проводников $0,1$ – $0,075$ мм. При сверловке погрешность позиционирования составляет $\pm 0,075$ – $0,08$ мм, погрешность диаметра отверстия – также $\pm 0,075$ – $0,08$ мм, что значительно больше погрешности травления. С увеличением диаметров отверстий абсолютная погрешность возрастает, поэтому пояски металлизации для больших отверстий следует делать больше.

В многослойных платах существует погрешность совмещения слоев. Чем больше слоев в плате, тем больше должен быть поясок металлизации. Наличие слепых (глухих) и погребенных (скрытых) отверстий требует нескольких поэтапных прессонок платы, что дополнительно увеличивает погрешность совмещения слоев. Поэтому для плат со слепыми и погребенными отверстиями площадки сквозных металлизированных отверстий (и соответственно пояски металлизации) должны быть сравнительно больше, чем допустимо для простых плат. Рекомендуется делать поясок металлизации не менее $0,127$ мм (5 mil) для МПП только со сквозными отверстиями и не менее $0,15$ мм для плат со слепыми/погребенными отверстиями. 