ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

Конструкция

Технология изготовления

Основные параметры

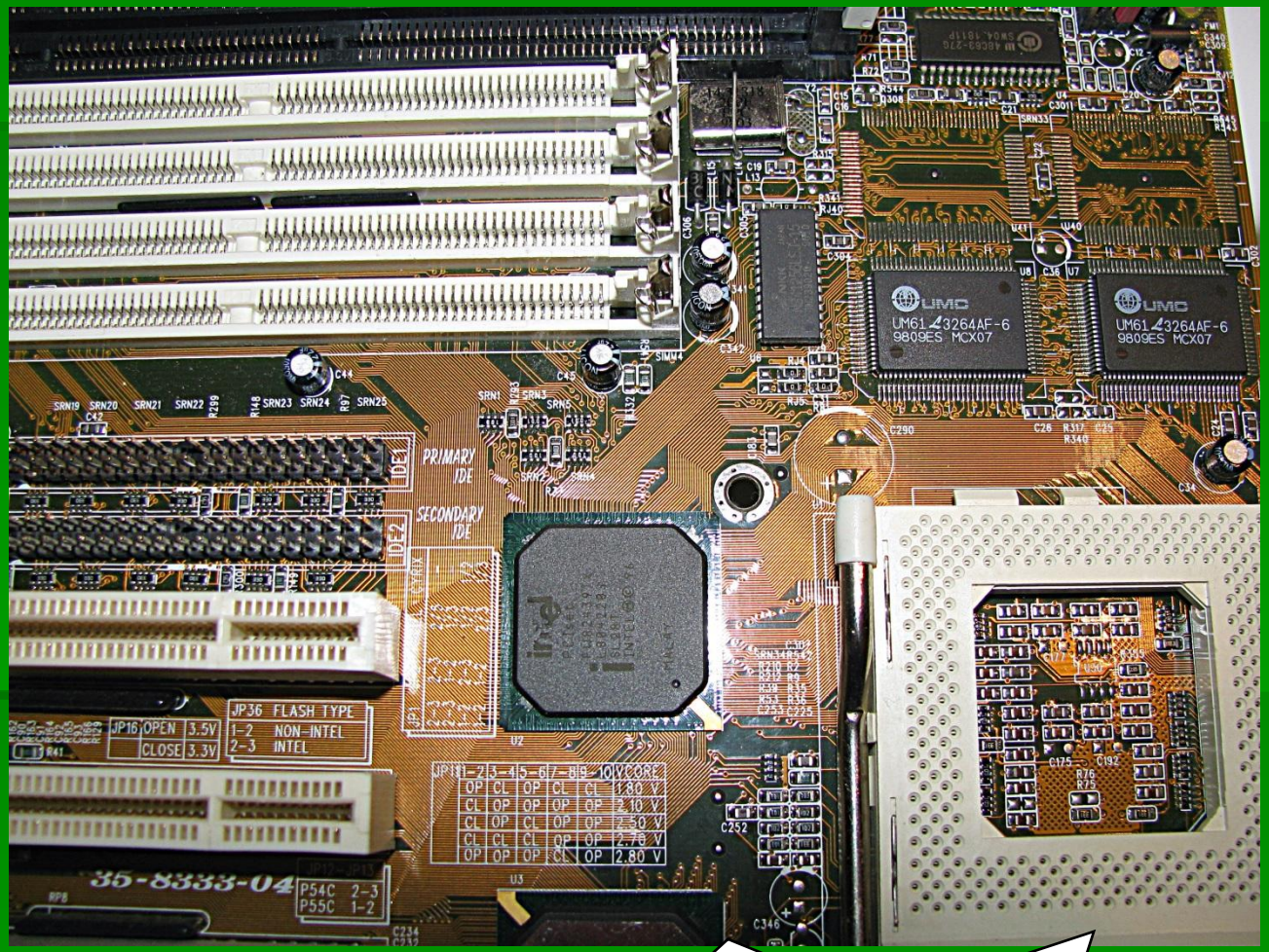
Материнская плата персонального компьютера с установленными на нее элементами

DIP элементы

Планарные элементы

Маркировка

Проводники



Монтажное отверстие

Контактные площадки

Конструкция печатной платы

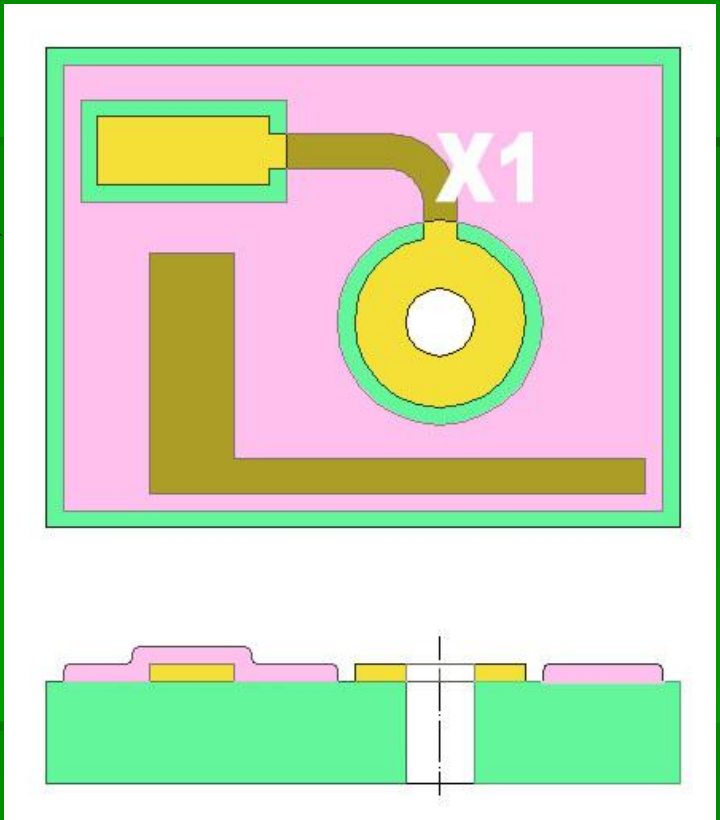
Планарная контактная площадка

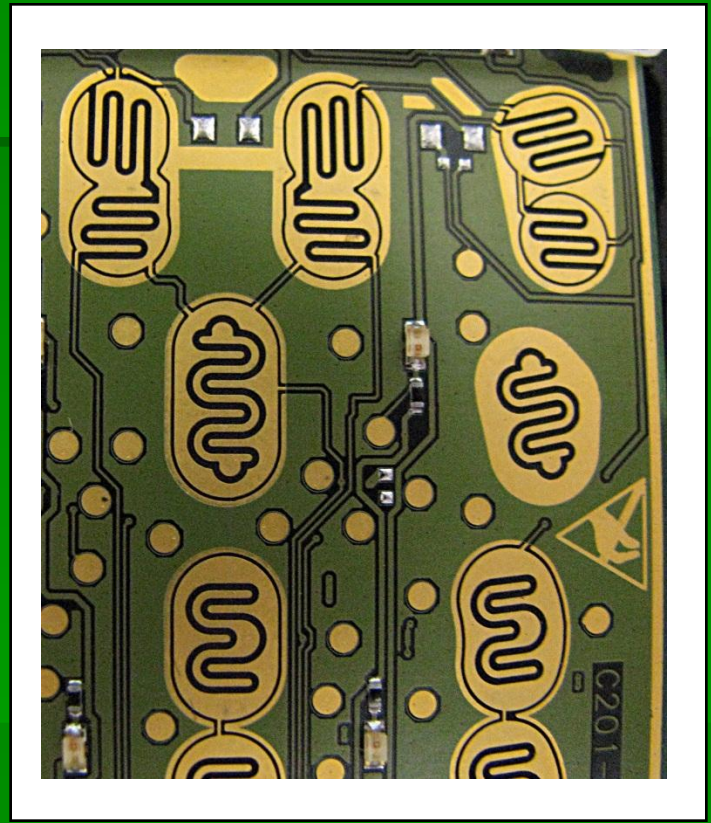
Маркировка

Паяльная маска

Контактная площадка с отверстием

Медный проводник

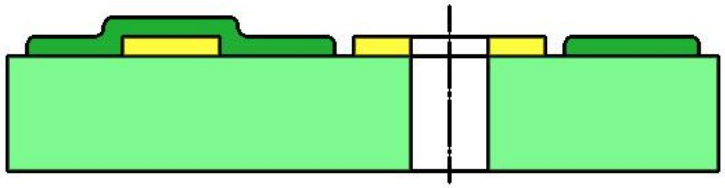




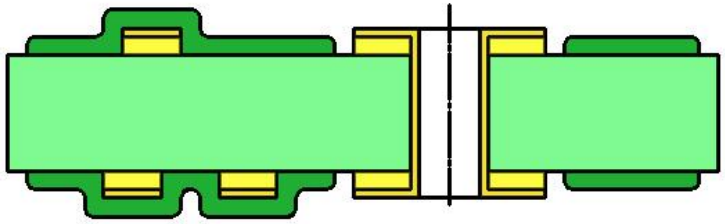
Диэлектрическое основание

Сквозное отверстие

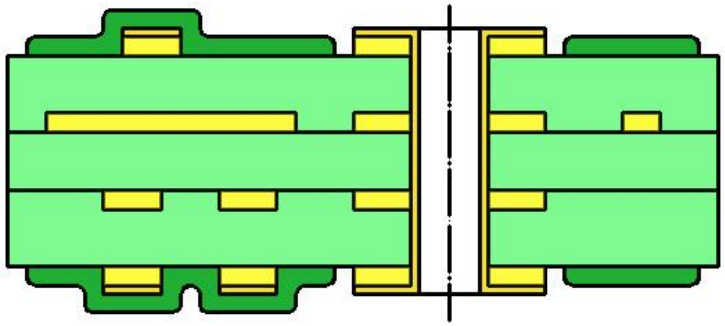
Типы печатных плат



Односторонняя печатная плата



Двусторонняя печатная плата



Многослойная печатная плата

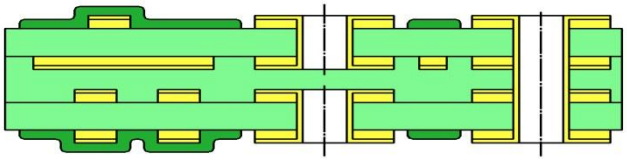
Односторонние печатные платы
- простые задачи (блоки питания, пульты)
– малая стоимость

Двусторонние печатные платы
- Самые распространенные,
- относительно просты,
- умеренная стоимость,
- хорошая коммутационная способность.

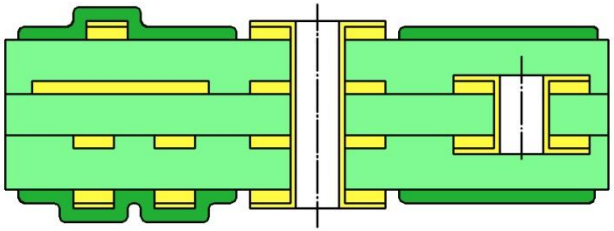
Многослойные печатные платы
- дороже своих конкурентов,
- высокая плотность монтажа электрон-ных компонентов,
- возможность коммутации современных микросхем с высокой плотностью выводов (например, BGA).

..

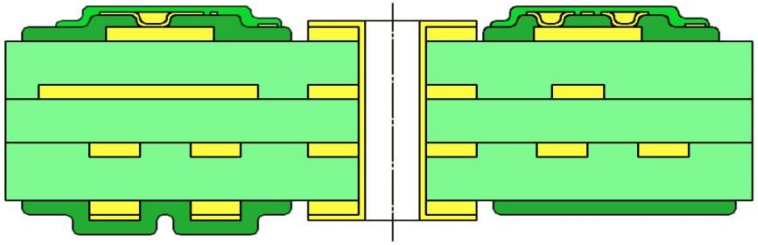
Некоторые виды многослойных плат



Попарно-двухслойная плата



Плата со скрытыми отверстиями



Плата с микроотверстиями

Попарно-двухслойные платы

- Спрессовываются из двухсторонних – повышенная коммутационная способность за счет несквозных отверстий

Платы со скрытыми отверстиями

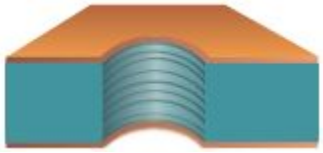
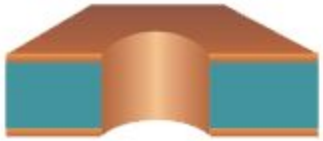
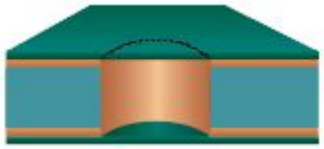
Позволяют максимально использовать наружные поверхности многослойной платы, что позволяет уплотнить монтаж элементов а также повысить коммутационную способность плат.

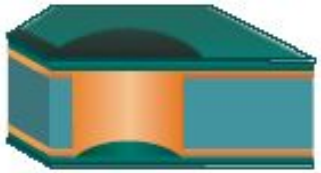
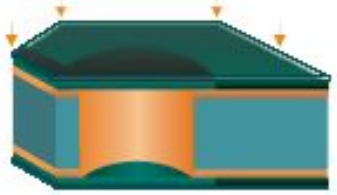
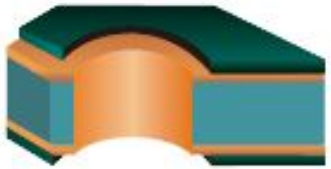
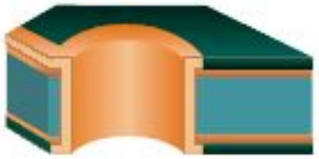
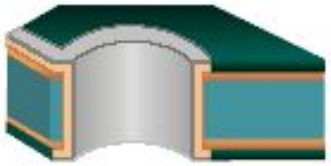
Платы с микроотверстиями

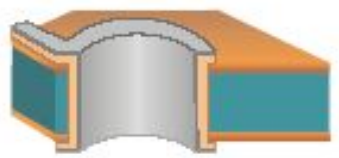
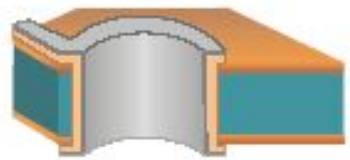
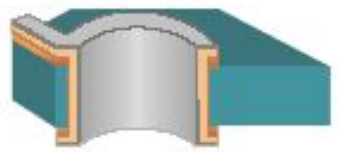
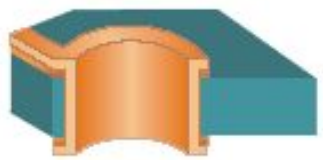
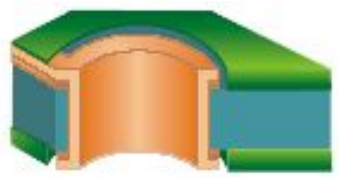
- размер микроотверстия – 100 мкм,
- самая высокая коммутационная способность,
- высокая стоимость.

..

Технология изготовления двухсторонних печатных плат

	1. БЕРЕМ ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ Стеклотекстолит толщиной от 0,25 до 3,5 мм, с медной фольгой от 5 до 100 мкм с двух сторон
	**2. СВЕРЛИМ СКВОЗНЫЕ ОТВЕРСТИЯ** В заготовке высверливаются все отверстия на станке с числовым программным управлением
	**3. ХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ МЕДИ** Наносится тонкий проводящий слой меди, поскольку он рыхлый и нестойкий, сразу проводится первая гальваническая металлизация
	**4. НАНОСИМ ФОТОРЕЗИСТ** Нанесение чувствительного к ультрафиолетовому излучению пленочного фоторезиста

	**5. СОВМЕЩАЕМ ФОТОШАБЛОНЫ** С заготовкой совмещаются фотошаблоны с рисунками верхнего и нижнего слоев
	**6. ЭКСПОНИРУЕМ ФОТОРЕЗИСТ** Сквозь прозрачные участки фотошаблона ультрафиолет полимеризует фоторезист
	**7. ПРОЯВЛЯЕМ ФОТОРЕЗИСТ** Специальным травителем удаляется весь неполимеризованный фоторезист
	**8. ГАЛЬВАНИЧЕСКИ НАРАЩИВАЕМ МЕДЬ** Медь толщиной около 25 мкм осаждается на все незакрытые места (торцы отверстий и будущие проводники и контактные площадки)
	**9. Гальванически осаждаем металлорезист** Нанесение проводящего, стойкого к травителям меди материала (Ni, Au, Pb-Sn)

	**10. УДАЛЯЕМ ФОТОРЕЗИСТ** Снимаются остатки фоторезиста, остается медь покрытая или непокрытая металлорезистом
	**11. ТРАВИМ МЕДЬ** Вся незащищенная металлорезистом медь удаляется, остается окончательный рисунок платы
	**12. УДАЛЯЕМ МЕТАЛЛОРЕЗИСТ** Иногда металлорезист не удаляется, а остается как подслой для нанесения финишного покрытия
	**13. НАНОСИМ ПАЯЛЬНУЮ МАСКУ** Вся поверхность платы покрывается фоточувствительным защитным слоем, затем после экспонирования открываются контактные площадки
	**14. ОБЛУЖИВАЕМ КОНТАКТНЫЕ ПЛОЩАДКИ** Открытые контактные площадки покрываются припоем для дальнейшей пайки на них элементов

Материалы ПП

- **Геттинакс, текстолит, стеклотекстолит, фторопласт**.
- Бумага, ткань, стеклоткань пропитанные смолой и спрессованые в листы толщиной от 0,05 до 3,2 мм
- **Медная фольга** толщиной 5, 9, 18, 35, 70,105 мкм
- **СЕМ-1, СЕМ-3, FR-4, FR-5, RO-4350**
- **ФАФ-4Д**

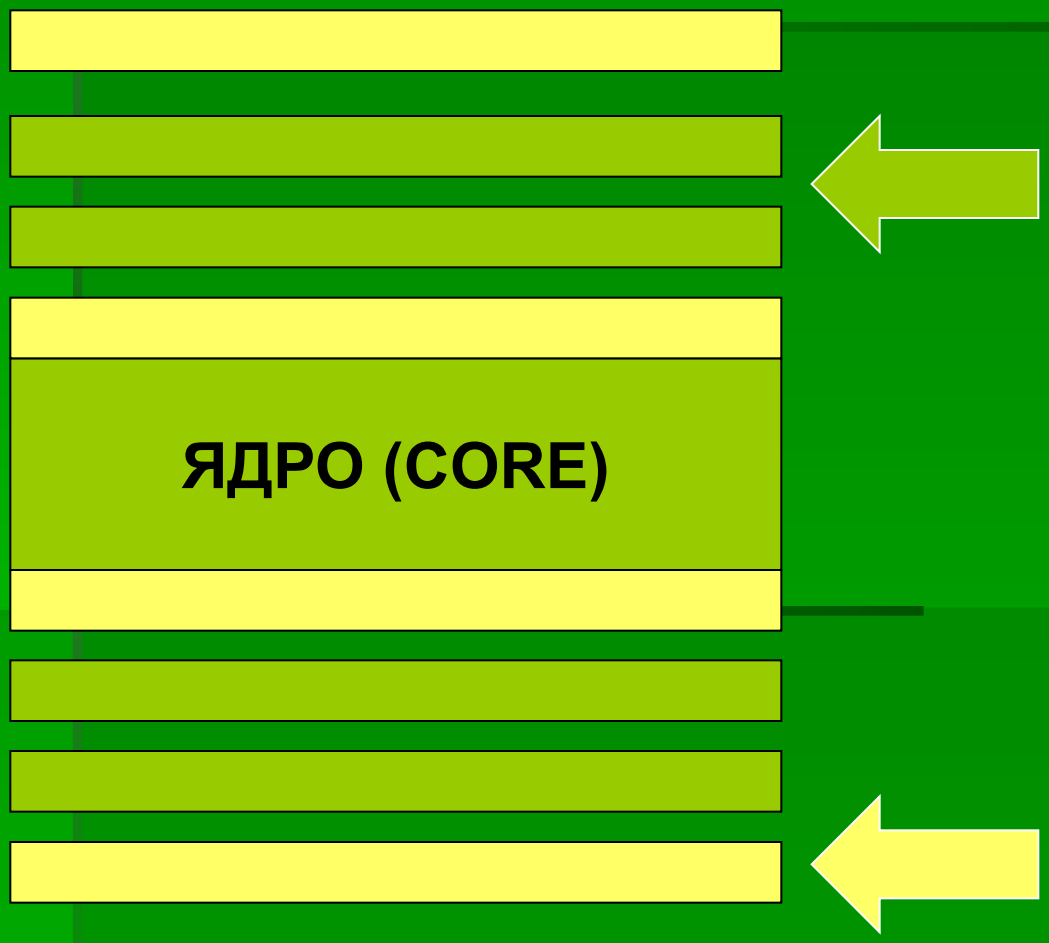
Материалы ПП

- Стеклотекстолит фольгированный СФ2-18-1,5
- Laminate KB-6150-1.5- H/H

Толщина фольги	
5 мкм	1 / 8
9 мкм	1 / 4
18 мкм	½ H (Half)
35 мкм	1унция/кв фут = 1
70 мкм	2
105 мкм	3

Толщина 0,25; 0,5; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 3,5 мм

Многослойные платы



PREPREG (ПРЕПРЕГ)

ЛАКОТКАНЬ

0,05 – 0,21 мм

Медная Фольга

0,005 – 0,105 мм

Покрытия контактов

Тип	Описание
HASL, HAL (hot air solder leveling)	ПОС-61 или ПОС-63, оплавленный и выровненный горячим воздухом
Immersion gold, ENIG	Иммерсионное золочение по подслою никеля
OSP, Entek	Органическое покрытие, защищает поверхность меди от окисления до пайки
Immersion tin	Иммерсионное олово, более плоская поверхность, чем HASL
Lead-free HAL	Бессвинцовое лужение
Hard gold, gold fingers	Гальваническое золочение контактов разъема по подслою никеля

Тип	Толщина
HASL, HAL (hot air solder leveling)	15–25 мкм
Immersion gold, ENIG	Au 0,05–0,1 мкм/Ni 5 мкм
OSP, Entek	При пайке полностью растворяется
Immersion tin	10–15 мкм
Lead-free HAL	15–25 мкм
Hard gold, gold fingers	Au 0,2–0,5 мкм/Ni 5 мкм

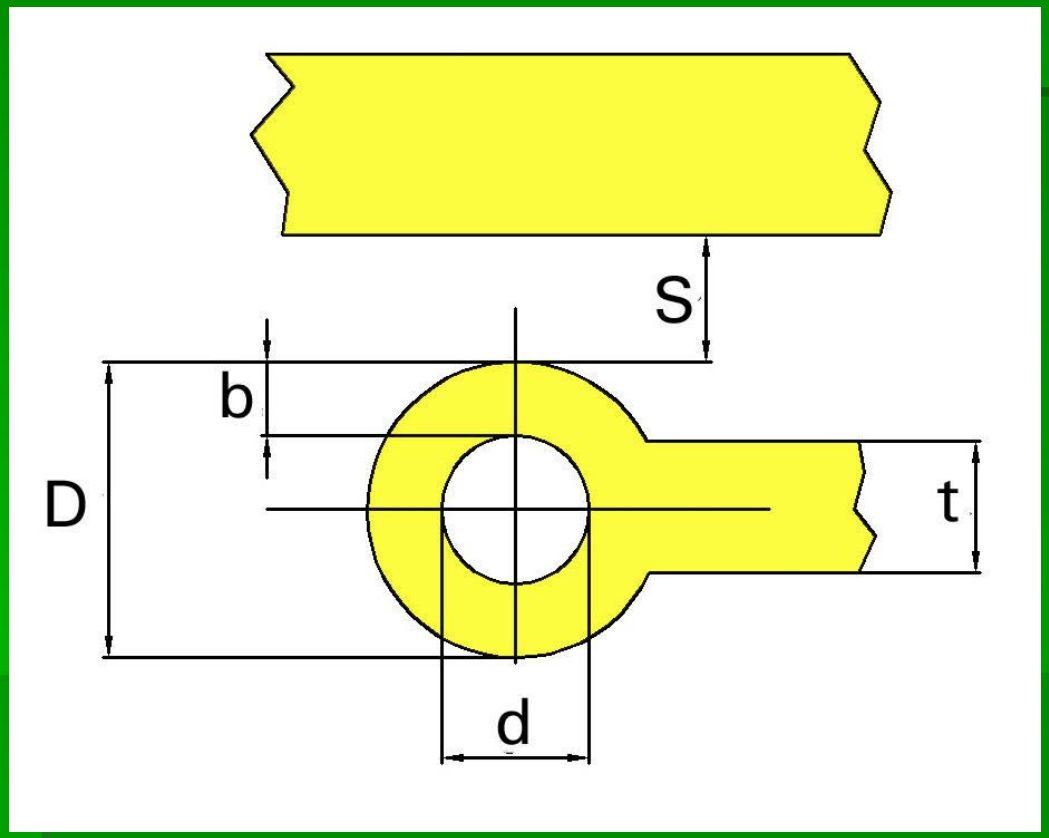
Покрытия платы

Тип	Назначение и особенности
Паяльная маска	Для защиты при пайке Цвет: зеленый, синий, красный, желтый, черный, белый
Маркировка	Для идентификации Цвет: белый, желтый, черный
Отслаиваемая маска	Для временной защиты поверхности При необходимости легко удаляется
Карбон	Для создания клавиатур Имеет высокую износостойкость
Графит	Для создания резисторов Желательна лазерная подгонка
Серебряное покрытие	Для создания перемычек Используется для ОПП и ДПП

Основные параметры печатных плат

- Геометрические размеры элементов топологии и точность их исполнения
- Электрические параметры
- Механические свойства
- Тепловые параметры

Основные размеры топологии



t – ширина проводника

S – зазор между элементами рисунка,

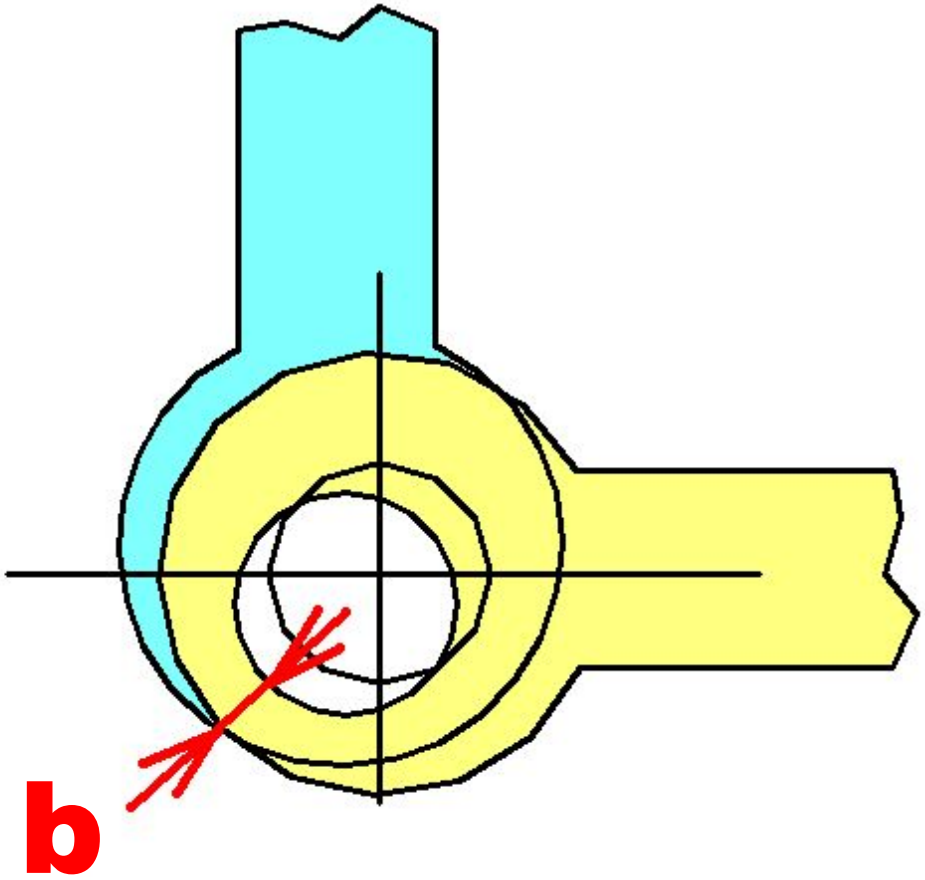
D – диаметр контактной площадки

d – диаметр отверстия

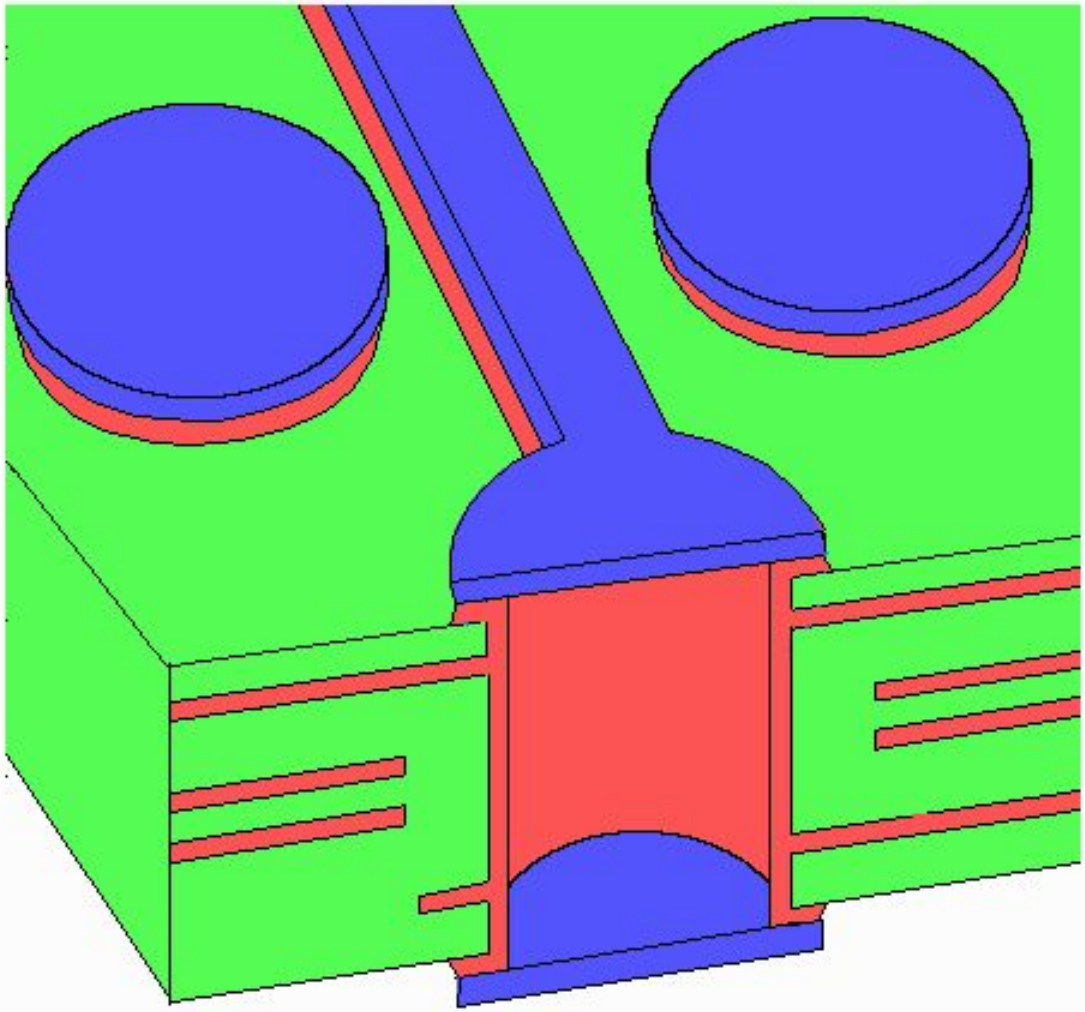
b – гарантированный поясок

$$b = (D-d)/2 \qquad D = d + 2*b$$

Гарантированный поясок



Травление многослойной платы



Классы точности печатных плат по ГОСТ 23.751-86

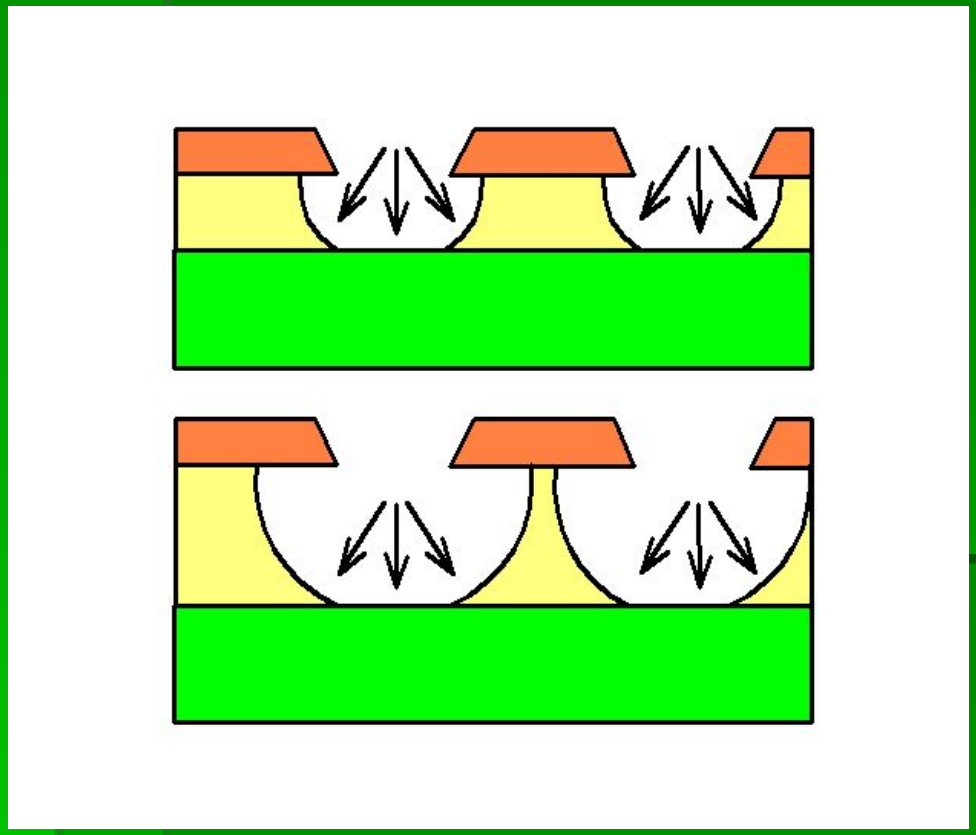
Условное обозначение	Номинальное значение параметров для класса точности				
	1	2	3	4	5
t, mm	0.75	0.45	0.25	0.15	0.1
S, mm	0.75	0.45	0.25	0.15	0.1
b, mm	0.3	0.2	0.1	0.05	0.025
f	0.4	0.4	0.33	0.25	0.2

f – соотношение минимального диаметра отверстия к толщине печатной платы

Технологические возможности производства

	Параметры (размеры даны в мм)	Упрощенный	Стандарт	Усложненный
1	Количество слоев МПП	до 6	до 24	до 64
2	Ширина проводника	0,15	0,1	0,075
3	Зазор между проводниками	0,15	0,1	0,075
4	Поясок металлизированного отверстия	0,2	0,15	0,1
5	Диаметр сквозного перехода	0,2	0,15	0,1
6	Минимальная площадка сквозного перехода	0,6	0,45	0,35
7	Зазор от отверстия до металла в слоях МПП	0,4	0,35	0,3
8	Отношение толщины печатной платы к диаметру переходного отверстия	6:1	10:1	18:1
9	Толщина МПП	0,8–2,4	0,5–4,5	0,3–8,0
10	Максимальный размер ПП	400×600	600×600	1100×600
11	Минимальный размер ПП	50×50	30×30	15×15
12	Зазор от металла до края ПП	0,5	0,25	0,2
13	Зазор от края отверстия до края ПП	0,5	0,4	0,3
14	Зазор от площадки до маски	0,1	0,075	0,05
15	Минимальная ширина полоски маски	0,1	0,075	0,05
16	Диаметр «глухого» отверстия	0,2	0,15	0,1
17	Диаметр площадки «глухого» отверстия	0,6	0,45	0,3

Толщина фольги и размеры топологии



Чем толще фольга – тем шире должны быть проводники и тем больше между ними зазоры

Электрические параметры ПП

- Удельное сопротивление диэлектрика
- Пробивное напряжение диэлектрика
- Удельное сопротивление проводящего слоя
- Диэлектрическая постоянная
- Тангенс угла потерь

Пробивное напряжение ПП ГОСТ 23751-86

Напряжение U, в	Зазор А, мм
10 / 25	0,1 - 0,2
30 / 50	0,2 – 0,3
100/400	0,7 – 1,2
250/1500	5,0 – 7,5

Нормальные условия

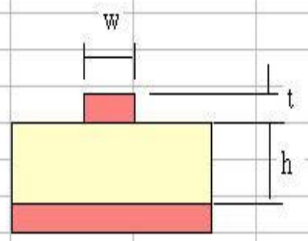
Влажность, пониженное давление

Сопротивление проводников ГОСТ 23751-86

- Внешние слои - макс. ток 250 А/мм^2
- Внутренние слои – 100 А/мм^2

- При токе 3А проводник шириной 1 мм при толщине фольги 35 мкм перегревается на 20^0 С при естественной конвекции

Волновое сопротивление проводников



$$Zo = \frac{87}{\sqrt{(Er + 1.41)}} \ln \frac{5.98h}{0.8w + t}$$

Er	h	w	t	Z0(ohm)	Expected on PCB
4,600	0,120	0,200	0,035	46,238	51,238
4,600	0,180	0,300	0,018	50,692	55,692
4,600	0,200	0,200	0,035	64,366	69,366
4,600				#DIV/0!	
4,500				#DIV/0!	
4,500				#DIV/0!	
4,500				#DIV/0!	
4,600				#DIV/0!	
4,500				#DIV/0!	
4,600				#DIV/0!	

* Er :Dielec
FR-4 : 4
* t : copper
* w : circui
* h : prepre

ε (Er)
Диэлектрическая постоянная

Стекло-текстолит	4,5-5,4
ФАФ	2,5
RO-4450	3,54

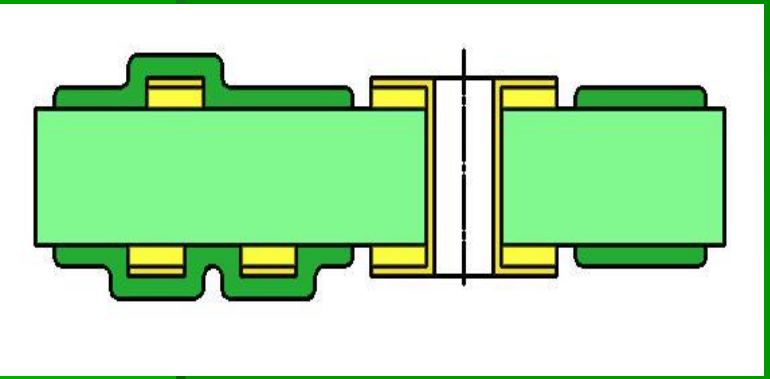
Механические и тепловые свойства

- Механическая прочность
- устойчивость к скручиванию
- Термостойкость
- Влагостойкость
- Адгезия проводящего слоя и маски
- Коэффициент термического расширения
- Теплопроводность

PCAD2006

Верхние слои

- Top Assy - рисунок для сборочного чертежа
- Top Silk – шелкография
- Top Mask – паяльная маска
- Top Paste – паяльная паста
- Top – проводники верхнего слоя



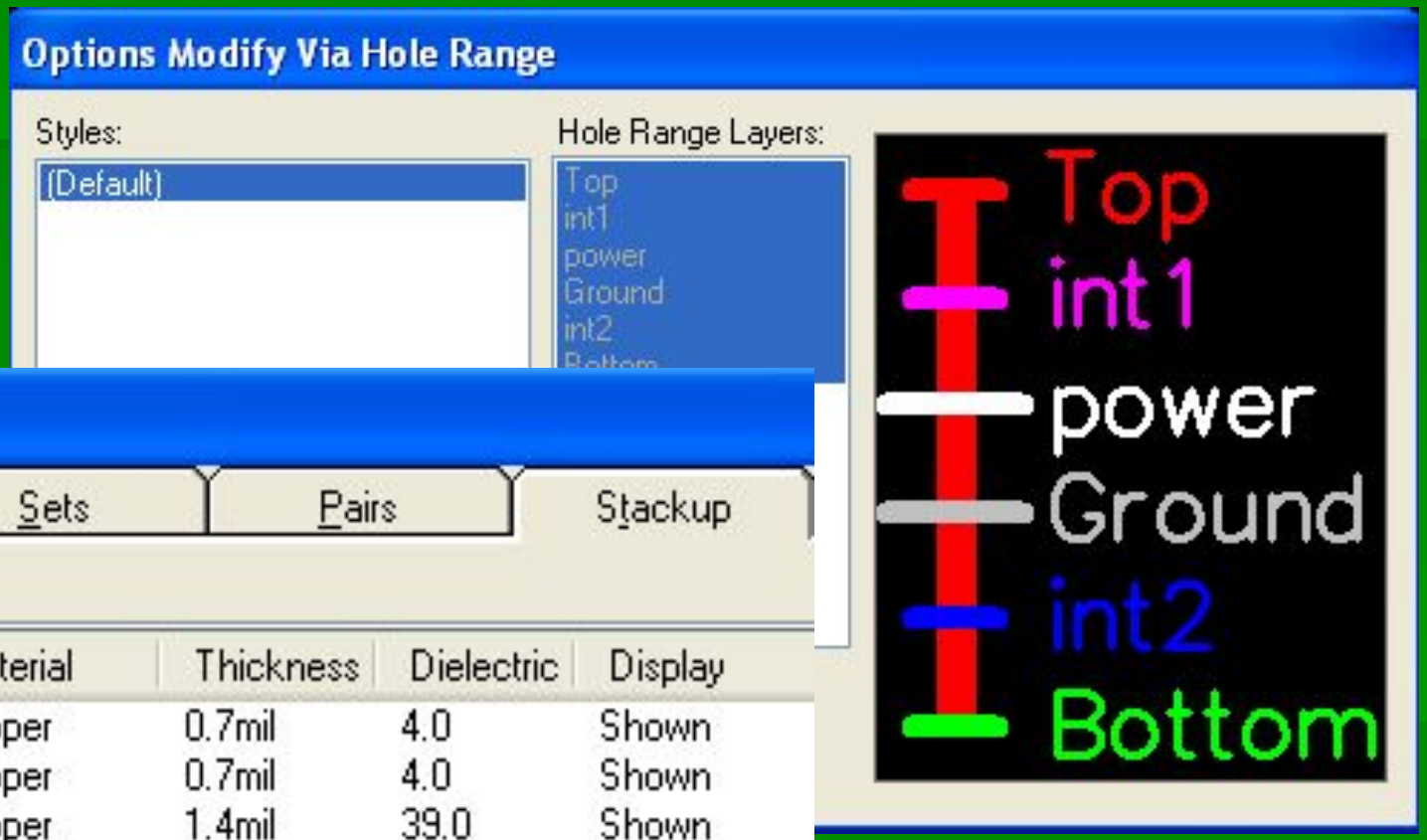
- Board – контур платы

- Bottom – проводники нижнего слоя

Нижние слои

- Bot Assy - рисунок для сборочного чертежа
- Bot Silk – шелкография
- Bot Mask – паяльная маска
- Bot Paste – паяльная паста

Стек печатной платы



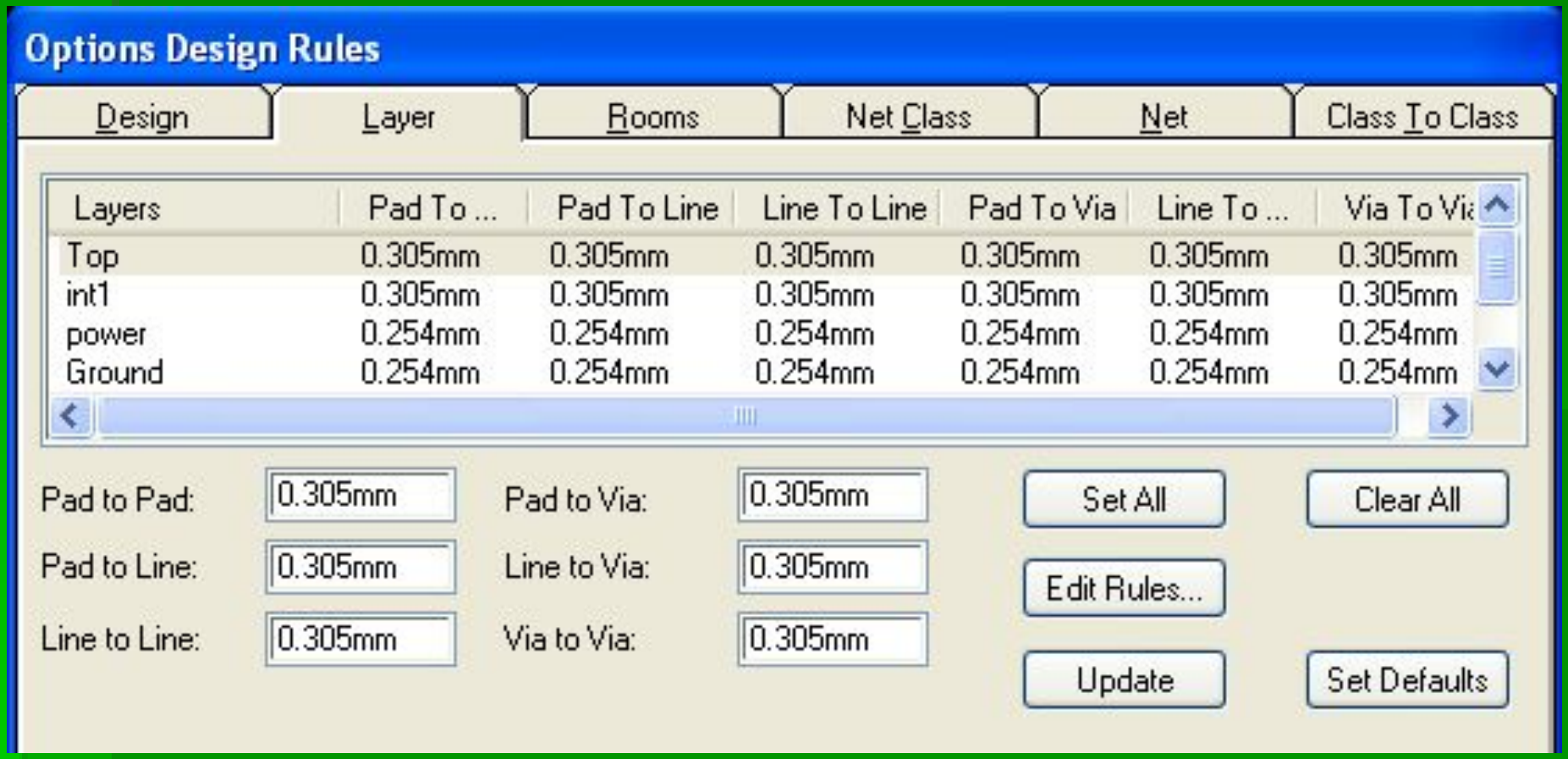
Options Layers

Layers | Sets | Pairs | Stackup

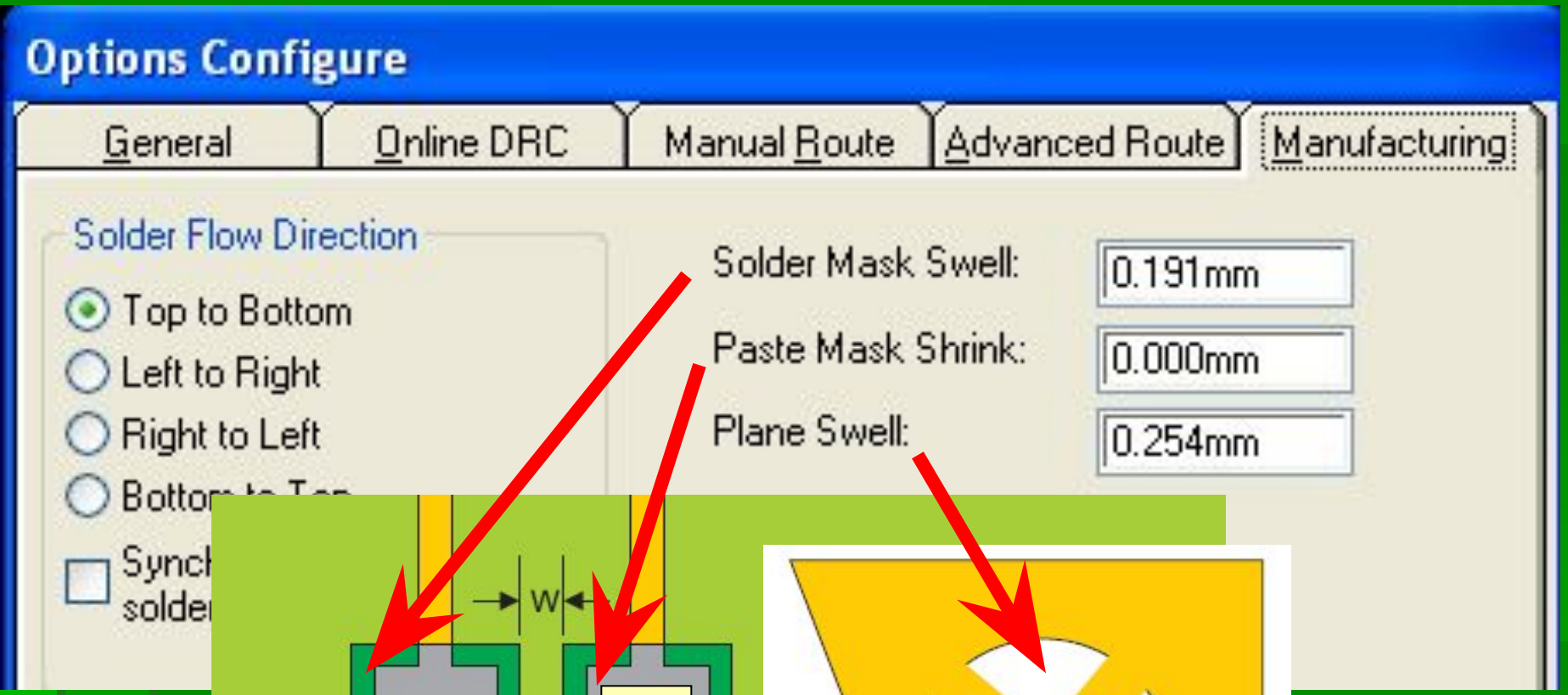
Layer Stackup:

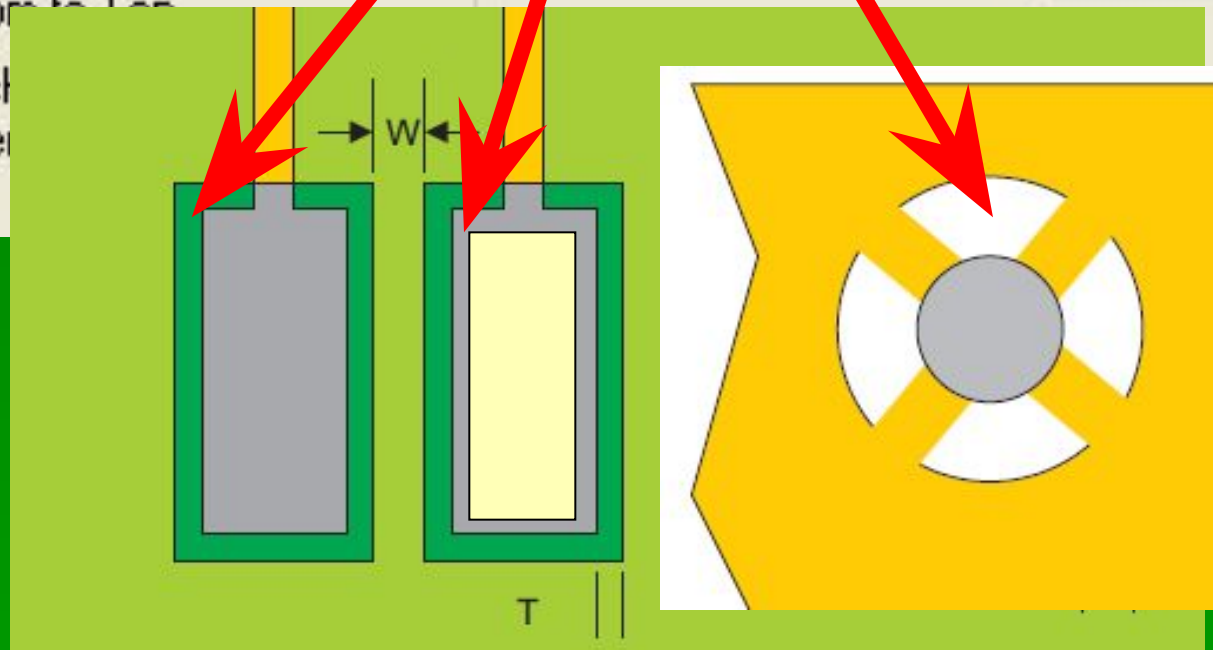
Name	Material	Thickness	Dielectric	Display
Top	Cooper	0.7mil	4.0	Shown
int1	Copper	0.7mil	4.0	Shown
power	Copper	1.4mil	39.0	Shown
Ground	Copper	1.4mil	4.0	Shown
int2	Copper	0.7mil	4.0	Shown
Bottom	Cooper	0.7mil	0.0	Shown

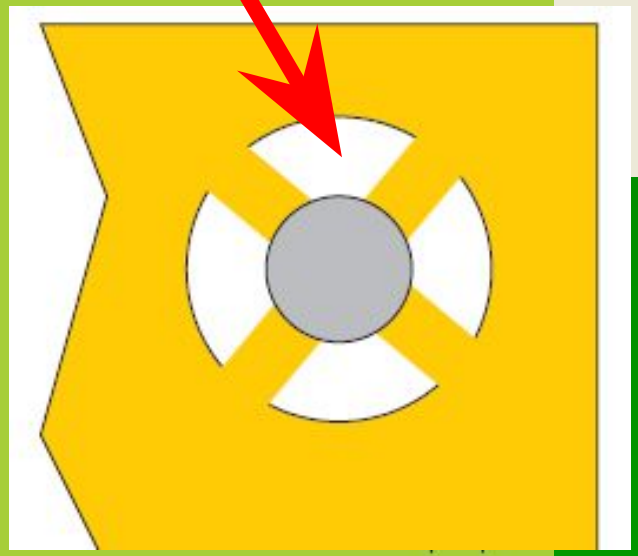
Учет технологии в САПР



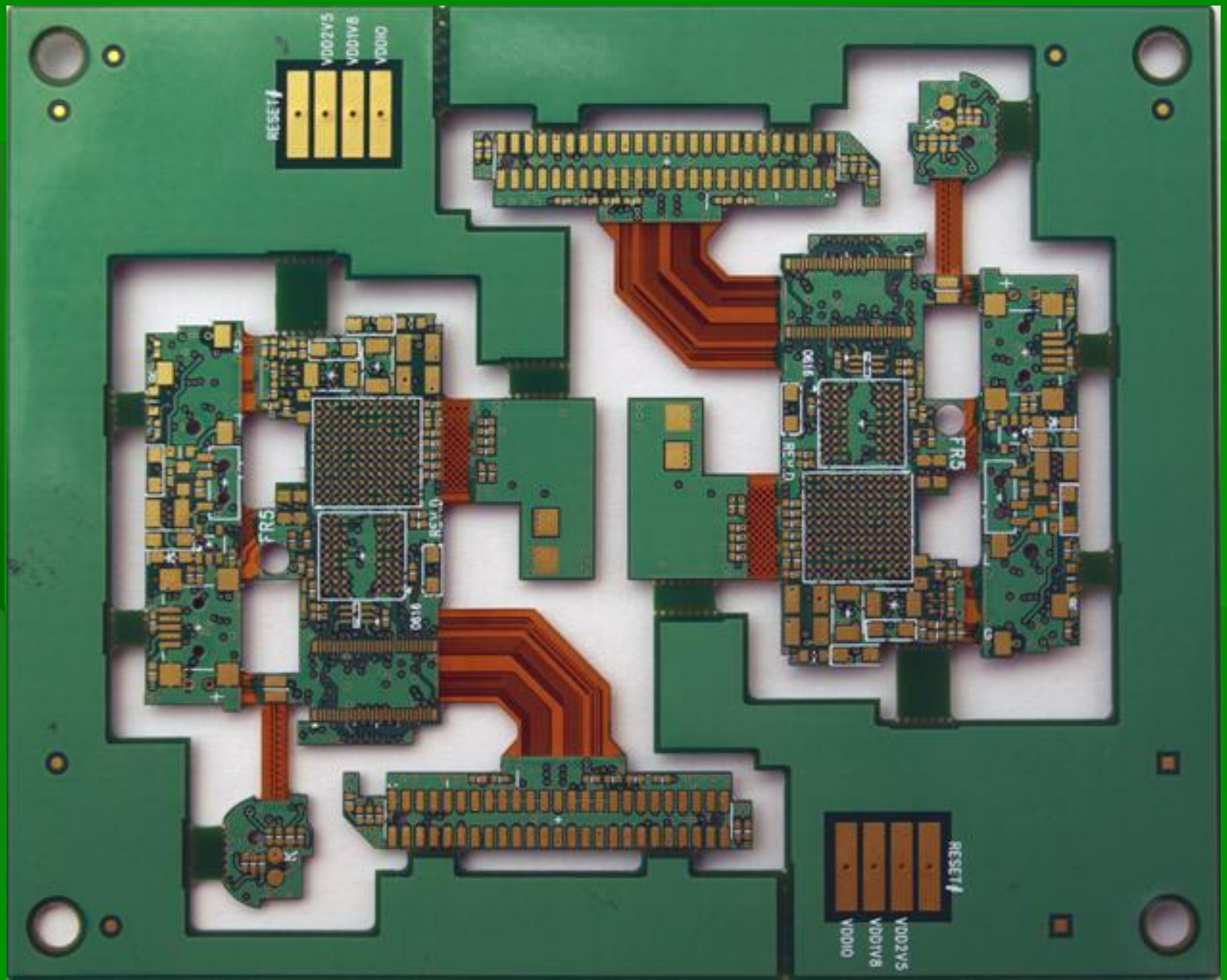
Учет технологии САПР







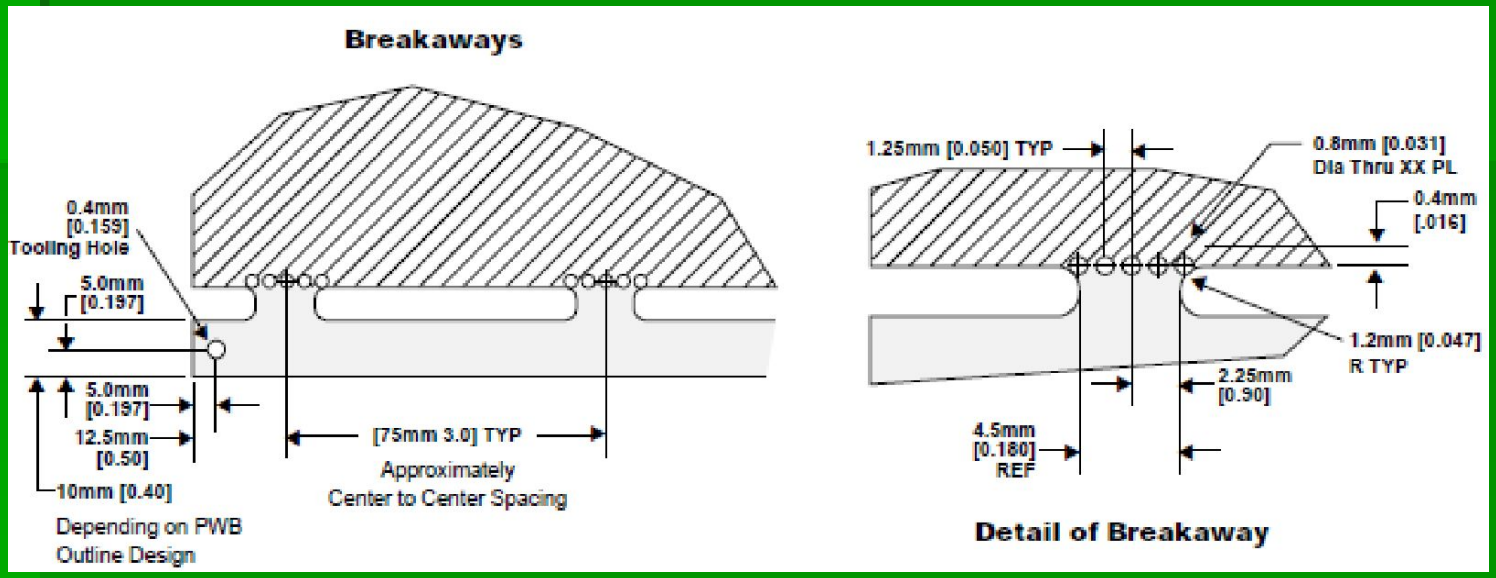
Групповые заготовки



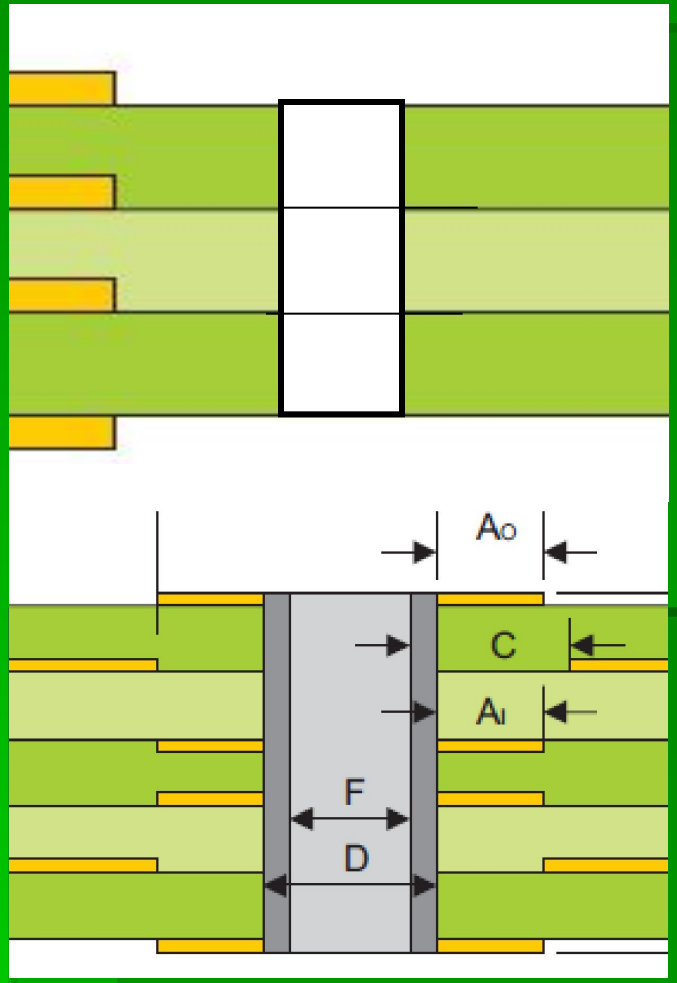
Обработка контура

Скрайбирование

Фрезеровка



Отверстия в печатных платах



1. НЕМЕТАЛЛИЗИРОВАННЫЕ (монтажные)
   (Mounting Hole) Nonplated

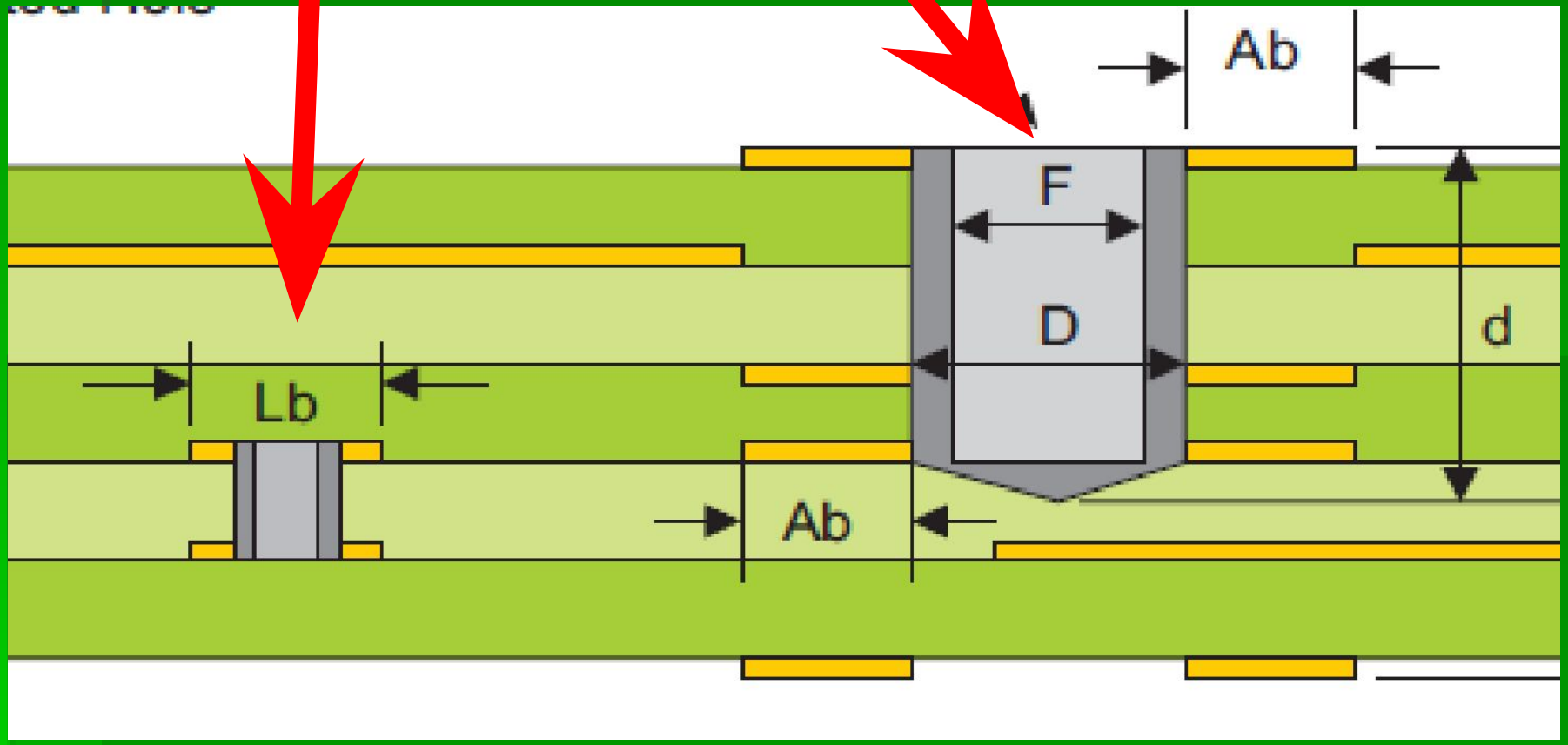
2. МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫЕ СКВОЗНЫЕ
   (Through Hole) Plated

3. ПЕРЕХОДНЫЕ (VIA)

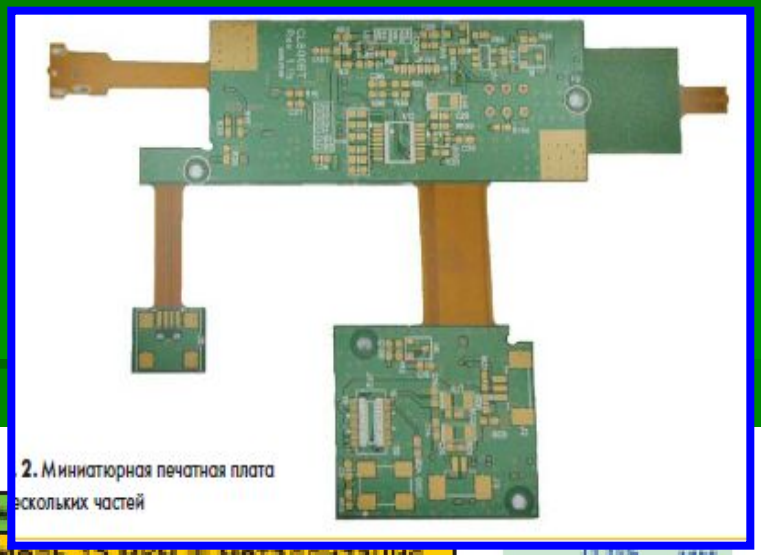
Отверстия в платах

«Скрытые», «погребенные» (BURIED VIA)

«Глухие», «слепые» (BLIND VIA)



Гибко-жесткие платы



2. Миниатюрная печатная плата нескольких частей

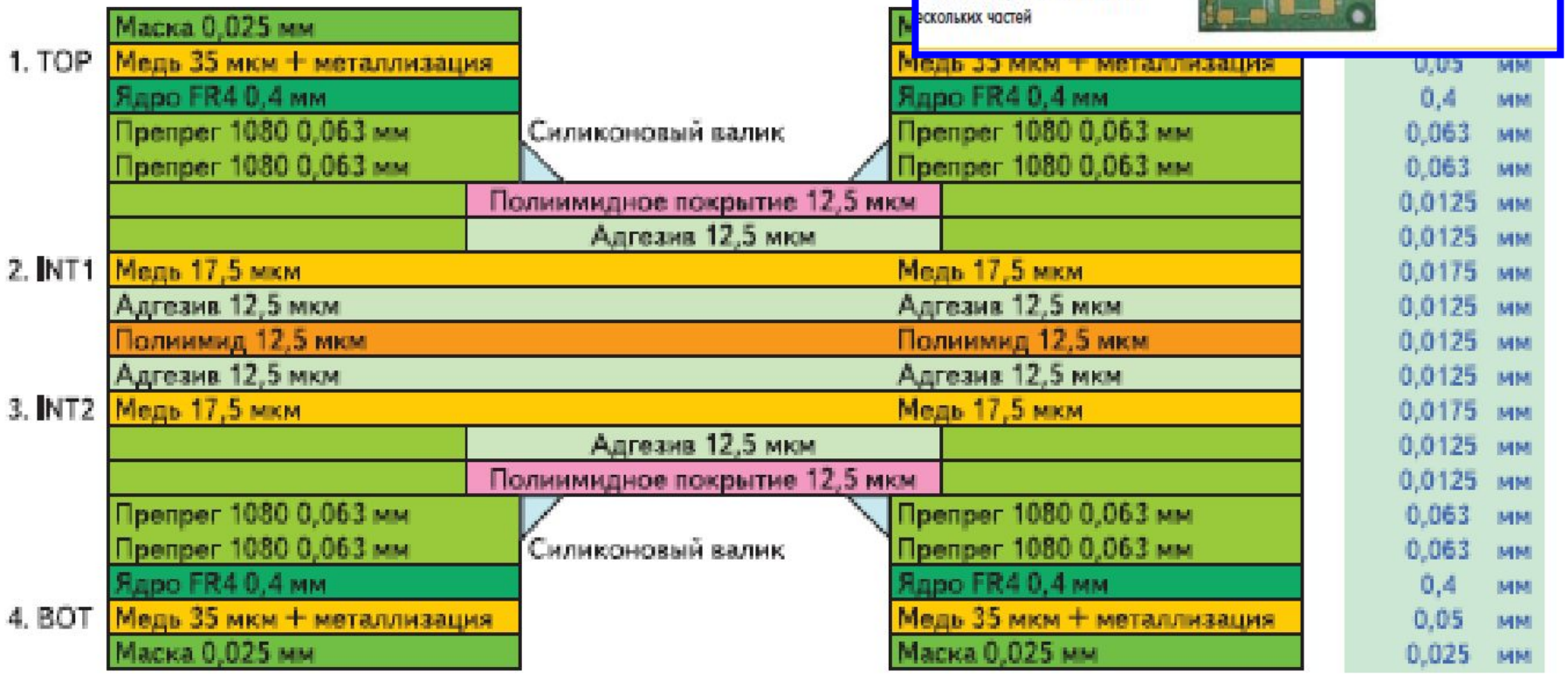
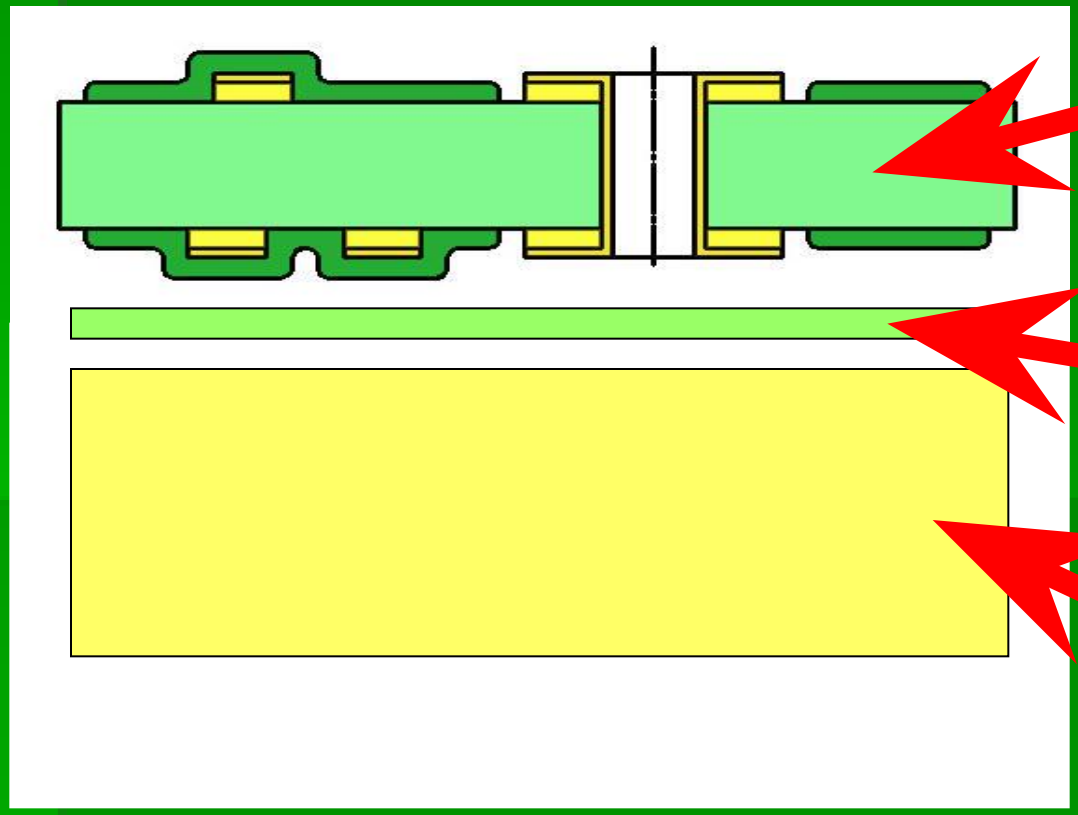


Рис. 8. Структура 4-слойной ГЖПП

Платы на металлическом основании