

Дисциплина «Конструирование электронных узлов  
приборов/  
Конструирование модулей ЭС»

Лекция № 11

*к.т.н., доцент каф. №23*

*Ваганов М.А.*



# Печатные платы на металлическом основании (Metal Core Printed Circuit Boards, MCPCB)

**Платы на металлической основе** применяются для изделий, в которых необходимо рассеивать большую тепловую мощность.

- В светодиодных устройствах.
- В различных преобразователях тока.
- В СВЧ – устройствах.
- В приводах электродвигателей.
- В блоках питания.
- В сварочной технике и т.п.

## Преимущества

- Важным преимуществом ППМО по сравнению со стандартными печатными платами на основе диэлектрика FR4 является возможность отказаться от радиаторов. Это позволяет уменьшить массу и габариты устройств, упростить их конструкцию, сделать их надежнее и дешевле.
- Механическая прочность ППМО во много раз выше, чем у стеклотекстолита.
- Возможность уменьшить размеры элементов топологии сильноточных цепей без использования медной фольги повышенной толщины. Она появляется благодаря эффективному отводу тепла от проводников в ППМО.
- При изготовлении ППМО из стали обеспечивается эффективное магнитное экранирование.

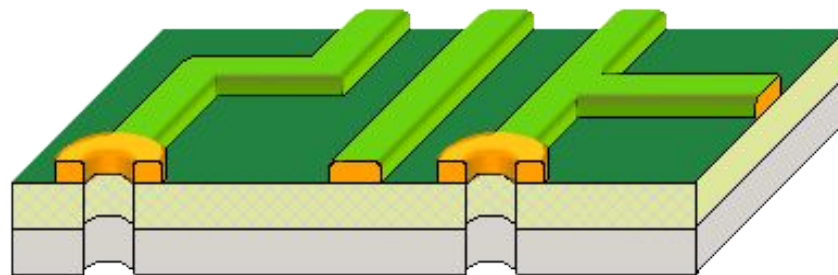


**Рис.3. Упрощение конструкции устройств при применении ППМО:**  
**а – печатные платы на основе диэлектрика FR4 с компонентами для монтажа в отверстия; б – ППМО с SMD-компонентами**

## Односторонние ПШМО:

состоят из металлической пластины, слоя диэлектрика и медной фольги.

Односторонние платы рассчитаны на установку компонентов в SMD-корпусах.



Медная фольга  
(35–350 мкм)

Диэлектрик  
(50–150 мкм)

Металлическое основание  
(0,5–3,2 мм)

## Тепловые характеристики различных материалов ПП

Площадь, необходимая для рассеивания 1 Вт тепла при максимальной температуре ПП 115° С и температуре воздуха 25° С

Материал	Требуемая площадь, см <sup>2</sup>
Стеклотекстолит	26
Керамическая плата	13
Алюминиевая плата	6

## **Металлическое основание**

**В качестве металлической основы используются различные сплавы алюминия, а также медь, железо и нержавеющая сталь.**



## Материалы металлических оснований

<b>Металл/сплав</b>	<b>Удельная теплопроводность (Вт/м·К)</b>	<b>Коэффициент теплового расширения (ppm/К)</b>
Медь	400	17
Алюминий	140-240	25
Нержавеющая сталь (304)	16	16.3
Холоднокатаная сталь	50	12.5
Железо	80	11.8
Медь – инвар- медь (СІС)	20	5.2
Медь-молибден-медь (СМС)	200	6.5
Алюминий-карбид кремния (20%) ALSIC	175	15



Материал		Достоинства	Недостатки
Алюминий	1100 (АД)	хорошая теплопроводность (220 Вт/(м·К)) и пластичностью	невысокая механическая прочность и высокая вязкость
	5052 (АМг2,5)	технологичность и дешевизны	не самая высокая теплопроводность 140 Вт/(м·К)
	6061 (АД33)	повышенная коррозионная стойкость достаточно высокой теплопроводность (170 Вт/(м·К)) хорошо обрабатывается фрезерованием	высокая цена
Медь		высочайшая теплопроводность (390 Вт/(м·К))	Вязок (плохо обрабатывается фрезерованием;) низкая коррозионная стойкость и очень высокая цена
Нержавеющая сталь		высокая коррозионная стойкость и механическая прочность	низкая теплопроводность и относительно высокая цена

## **Факторы, которые целесообразно принимать во внимание при выборе варианта базового металлического слоя ПШ:**

- Коэффициент теплового расширения и теплового рассеивания материала.
- Характеристики паяемости материала.
- Весовые характеристики, степень гибкости и тягучести материала.
- Возможности электрического соединения с базовым металлическим слоем и межслойного соединения через базовый слой.
- Возможности финишной обработки.
- Ценовые параметры.

## Диэлектрики

В качестве диэлектрика используются:

- препреги FR4 (стеклоткань с эпоксидным связующим);
- препреги на основе стеклоткани и эпоксидной смолы с различными теплопроводящими наполнителями;
- теплопроводящие композитные материалы;
- полиимид.



## **Компании-производители ПШМО**

- Bergquist (США). Материал для ПП с алюминиевым и медным основанием (ThermalClad).
- Laird (торговая марка – Thermagon) (США).
- Totking (Китай).
- Ruikai (Китай).
- Denka (Япония).

**Таблица 3.** Свойства материалов Bergquist различных типов



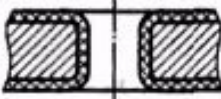
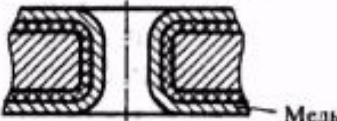
Тип материала	CML	MP	LTI	HT
Диэлектрическая постоянная	7			
Напряжение пробоя, кВ	10	8,5	6,5–11,0	6,0–11,0
Температура стеклования, °С	90	90	90	150
Теплопроводность, Вт/(м·К)	1,1	1,3	2,2	2,2
Горючесть*	94V-0			

**Таблица 4.** Материалы компании Totking

Класс	Тип	Описание
Материалы на алюминиевой основе	T-101-G	Алюминий с медной фольгой, выгодная цена
	T-101	Импортные алюминий и фольга, более термостойкий
	T-111	Импортные алюминий и фольга, диэлектрик без стеклоткани, теплопроводность 1,8–3,0 Вт/(м·К)
	T-112	Импортные алюминий и фольга, диэлектрик без стеклоткани, теплопроводность 2,5–5,0 Вт/(м·К)
	T-113	Импортные алюминий и фольга, температура стеклования 180°C
	T-114	Импортные алюминий и фольга, диэлектрик без стеклоткани, выдерживает 300°C 10 мин, $\varepsilon = 3,9$
Специальные материалы	T-200	Ламинат с толстой фольгой (140–350 мкм), для высокомошных цепей
	T-300	Ламинат на основе железа, высокие магнитопроводность и прочность
	T-400	Ламинат на основе нержавеющей стали, высокая коррозионностойкость
	T-500	Ламинат на основе меди, высочайшая теплопроводность



## Основные этапы ТП изготовления ПШМО

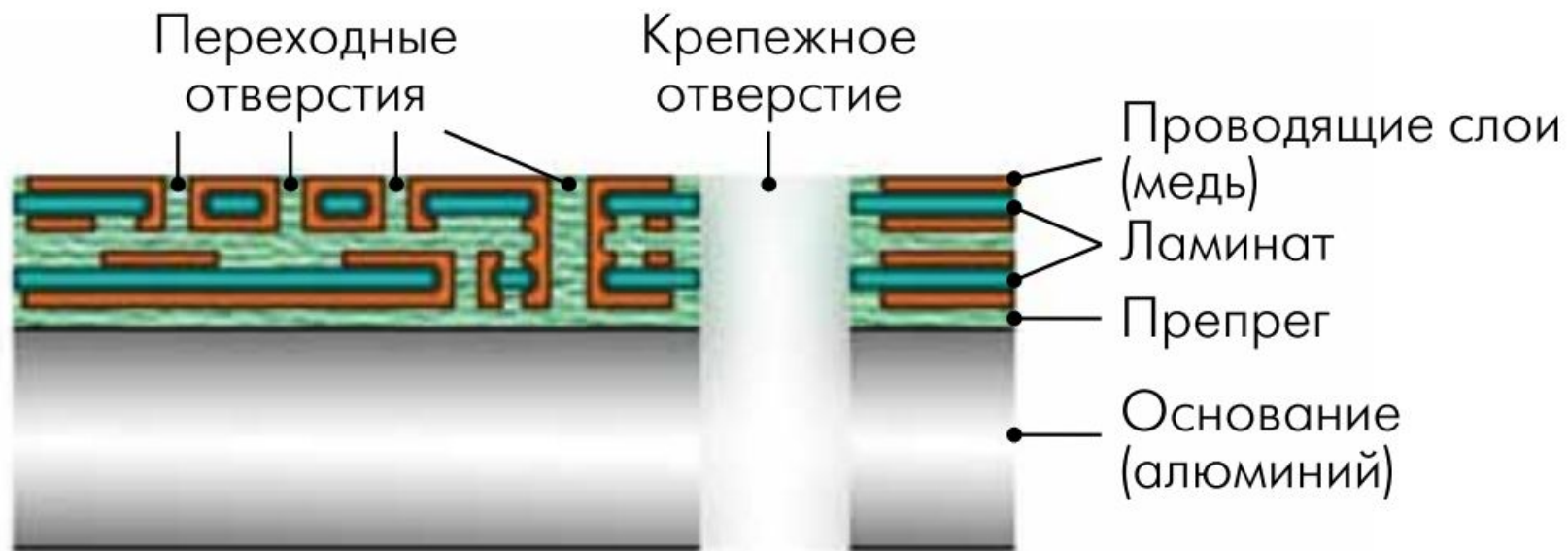
№ п/п	Основной этап ТП	Возможный способ получения	Эскиз этапа изготовления ДПП
1	Входной контроль металла		
2	Получение заготовки	Резка	
3	Рихтовка		
4	Получение фиксирующих отверстий	Сверление	
5	Получение монтажных отверстий	Сверление	
6	Нанесение изоляционного покрытия с заполнением отверстий	1. Электростатический метод нанесения эпоксидной композиции. 2. Нанесение лака методом электрофореза	
7	Повторная обработка монтажных отверстий	Сверление и шлифование	
8	Подготовка поверхности	1. Физические методы. 2. Химические методы	
9	Предварительная металлизация заготовок	1. Химическое меднение 3...5 мкм. 2. Химико-гальваническое меднение 5...10 мкм	
10	Подготовка поверхности	1. Суспензия пемзового абразива. 2. Подтравливание покрытия	

Далее — по табл. 4.7, п. 7.



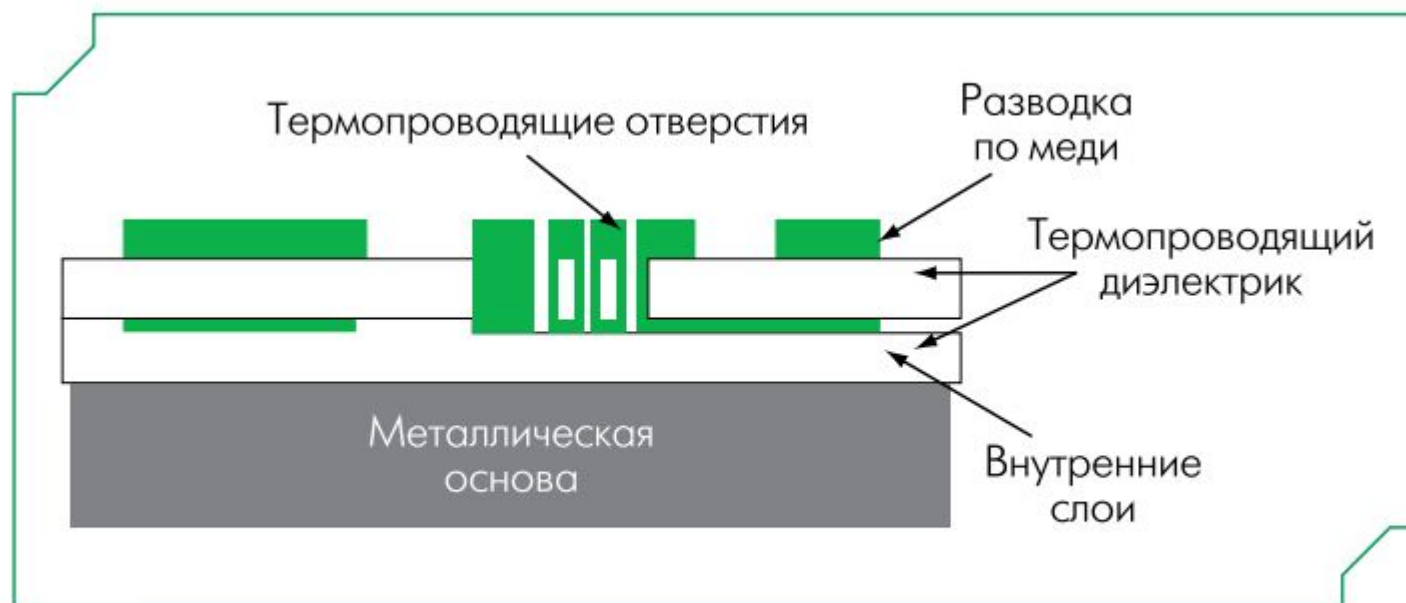
## Многослойные ППМО

Конструктивно представляют собой «сэндвич» из металлической пластины, теплопроводящего препрега и обычной печатной платы. В настоящее время возможности позволяют делать ПП на металлической основе с числом слоев не более 4-х.





## Конструкция многослойной ПП на металлическом основании



**Рис.7** Конструкция многослойной ПП  
на металлическом основании

**Таблица 7.** Свойства материалов компании Arlon

Материал	91ML	99 ML	92ML
Термоудар	300°C, 10 мин	Нет данных	300°C, 5 мин
Температура стеклования, °C	170	170	170
Диэлектрическая постоянная (1 МГц)	5,5	5,1	5,2
Теплопроводность по Z, Вт/(м·К)	1,0	1,1	2,0
Теплопроводность по X, Y, Вт/(м·К)	1,9	Нет данных	3,5
Горючесть	94V-0		

## **ПП с термопроводящим пластиком** (Cool Polymers, США).

Термопроводящий материал CoolPoly D5108 на основе сульфида полифенилена (Polyphenylene Sulfide – PPS).

- Удельная теплопроводность 10 Вт/(м·К).
- Диэлектрическая проницаемость 3,7 (1 МГц).
- Напряжение пробоя 29 кВ/мм.

**Высокая цена.**

(80–90 долларов за килограмм).





Технология низкотемпературной  
совместно обжигаемой керамики  
(LTCC - Low Temperature Co-fired  
Ceramic)

## **Основные материалы для производства МПП:**

- органические материалы с низкими значениями диэлектрической проницаемости (FR-4,  $\epsilon_r = 3,5 - 4,5$ );
- керамика с высокими значениями диэлектрической проницаемости ( $\epsilon_r = 10 - 12$ ).

Многослойные керамические платы первоначально изготавливались из оксида алюминия  $Al_2O_3$  (High Temperature Cofired Ceramic - НТСС-технология).

Достоинства:

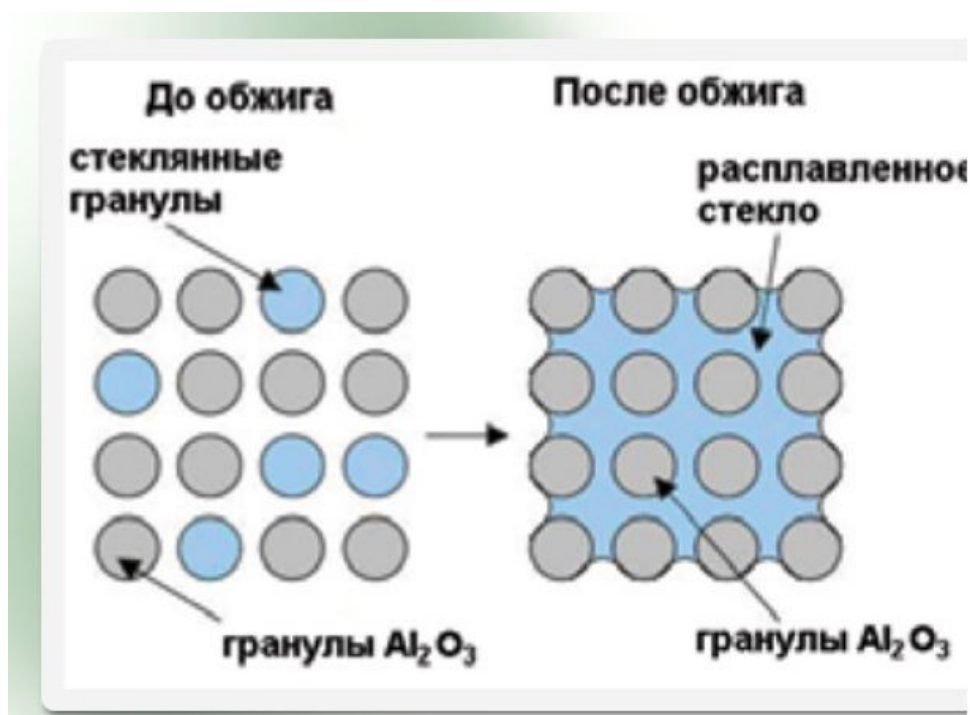
- высокая теплопроводность материала основания.
- механическая прочность.
- стабильность электрических параметров устройств .

Недостатки:

- Высокая температура обжига ( $T \geq 1500$  C).
- Слои металлизации выполнялись только из тугоплавких металлов: вольфрама и молибдена.



Своё дальнейшее развитие многослойная керамика получила с внедрением технологии LTCC, когда керамику начали смешивать со специальными стеклами.



Температура обжига керамики снизилась до 850 С.