

# Материалы для печатных плат на металлической основе

Максимов А.А.

# Теплопроводность материалов

Материал	Теплопроводность, Вт/(м·К)
Алмаз	1001-2600
Серебро	430
Медь	382-390
Золото	320
Алюминий	202-236
Латунь	97-111
Железо	92
Платина	70
Олово	67
Сталь	47
Кварц	8
Стекло	1

# Применение плат с металлическим основанием

- Светодиодные устройства
- Преобразователи тока
- Приводы электродвигателей
- Блоки питания
- Сварочная техника

# Употребляемые названия плат металлическим основанием

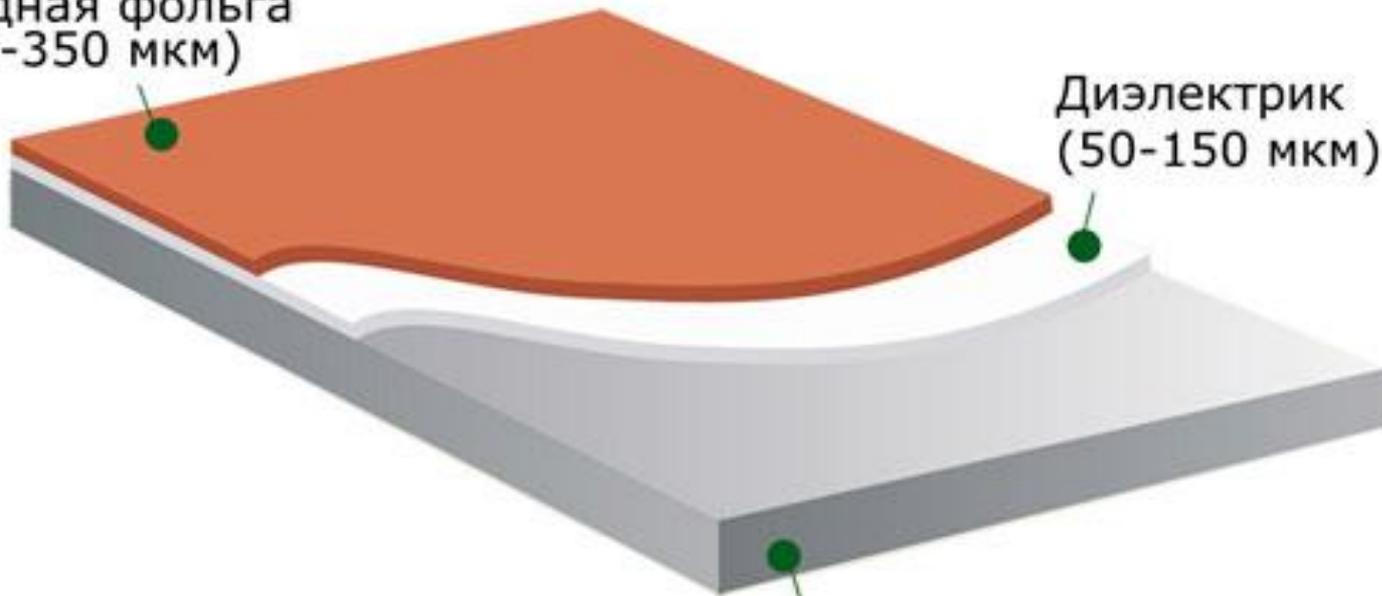
- IMST (Insulated Metal Substrate Technology)
- MCS (Metal Core Substrate),
- Hitt Plate
- IMS (Insulated Metal Substrate)

# Конструкция материала

Медная фольга  
(35-350 мкм)

Диэлектрик  
(50-150 мкм)

Металлическое основание  
(0.5-3.2мм)



# Металлическая основа

- Алюминий
  - 1100 (АД)
  - 5052 (АМГ2,5)
  - 6061 (АД33)
- Медь
- Железо
- Нержавеющая сталь

# Алюминий 1100 (АД)

- хорошая теплопроводность  $220 \text{ W/mK}$ ,
- пластичен,

Недостатки:

- невысокая механическая прочность,
- высокая вязкость, что затрудняет фрезерование

# Алюминий 5052 (АМГ2,5)

Наиболее употребителен

Преимущества:

- хорошо обрабатывается фрезерованием,
- относительно дешев

Недостатки:

- не очень высокая теплопроводность порядка  $140 \text{ W/mK}$

# Алюминий 6061 (АД33 )

## Преимущества:

- повышенная коррозионная стойкость,
- хорошо обрабатывается фрезерованием,
- достаточно высокая теплопроводность порядка  $170 \text{ W/mK}$

## Недостатки:

- высокая цена

# Тепловые свойства сплавов

	Точка кипения °C	Коэффициент теплового расширения $10^{-6}\text{K}^{-1}$ (20/100°C)	Теплоемкость J/kg-K (0/100°C)	Теплопроводность W/m-K (20°C)
1100	643/657	23.6	904	222
5052	605/650	23.8	900	138
6061T6	582/652	23.6	896	167

# Медное основание

Преимущества:

- высочайшая теплопроводность,  $390 \text{ W/mK}$

Недостатки:

- плохо обрабатывается фрезерованием
- низкая коррозионная стойкость
- высокая цена

# Нержавеющая сталь

Преимущества:

- высокая коррозионная стойкость
- высокая механическая прочность

Недостатки:

- низкая теплопроводность
- плохо обрабатывается фрезерованием
- высокая цена

# Диэлектрик

В качестве диэлектрика могут быть использованы:

- препреги FR4 (стеклоткань с эпоксидным связующим);
- препреги на основе стеклоткани и эпоксидной смолы с теплопроводящим наполнителем;
- теплопроводящие композитные материалы;
- ПОЛИИМИД.

# Термическое сопротивление

$$R = t / \sigma A$$

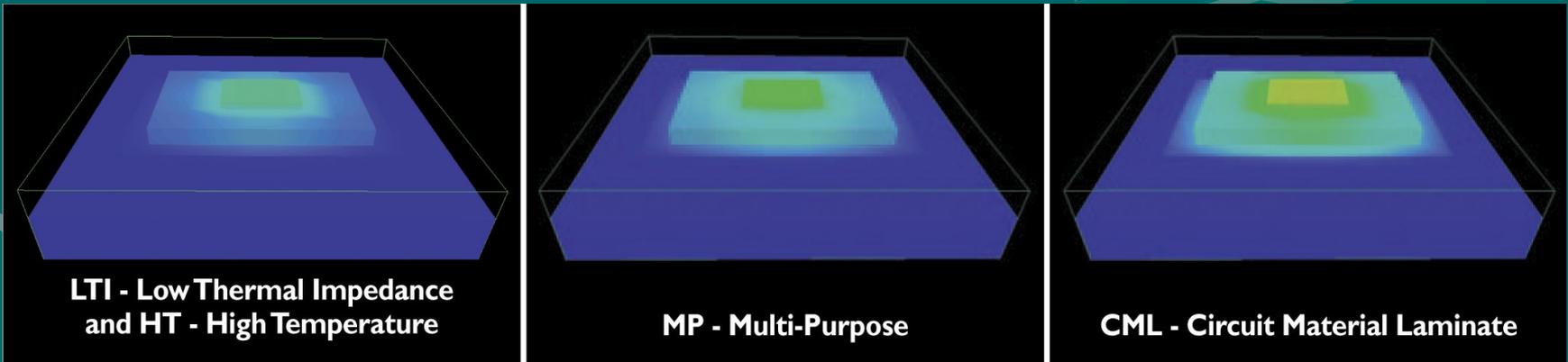
$t$  — Толщина диэлектрика

$\sigma$  — Теплопроводность

$A$  — площадь

# Тепловая модель

Тепловая модель для различных типов диэлектрика на примере Bergquist



# Деградация светодиодов

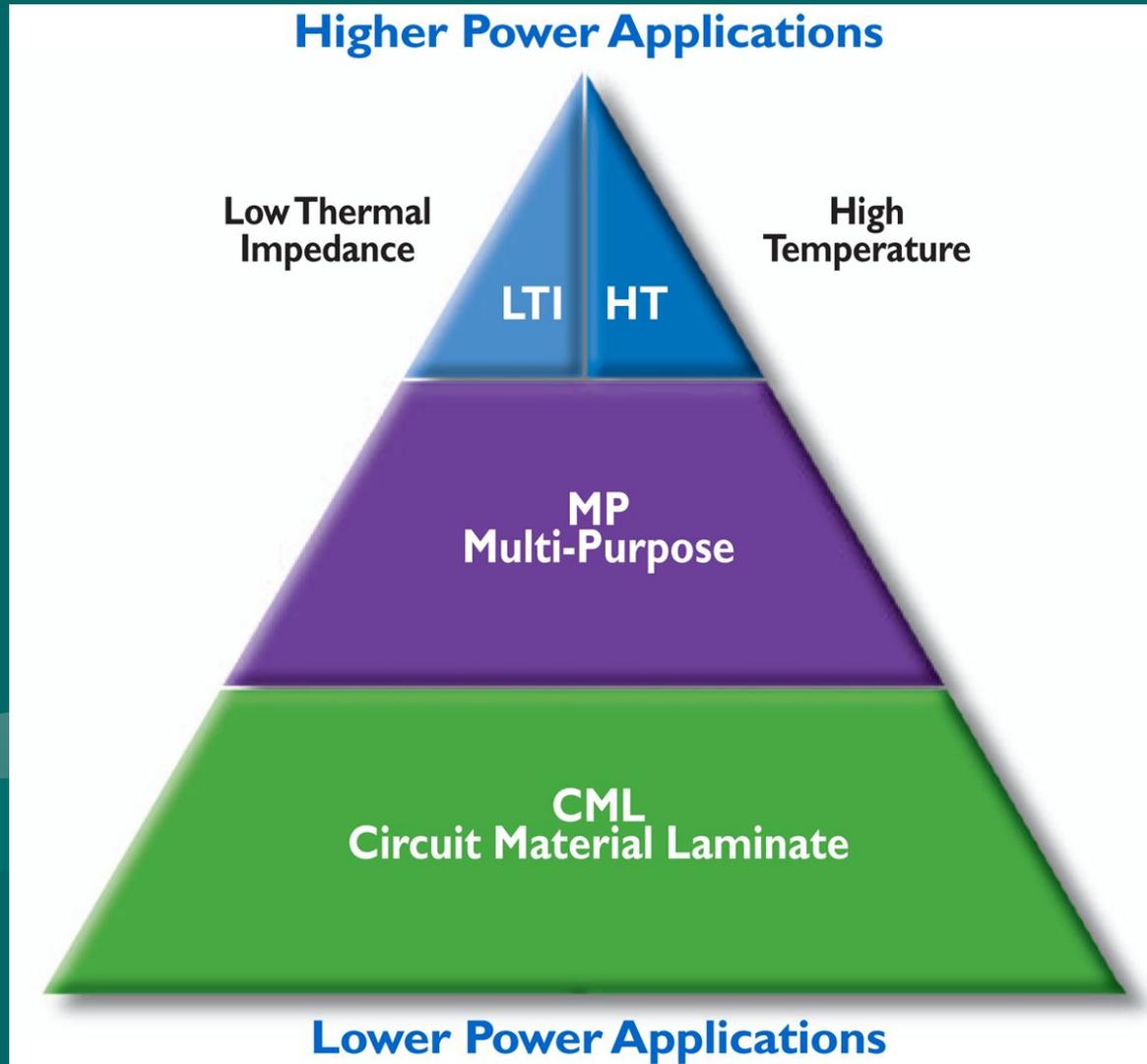
Деградация светодиодов белого света в зависимости от типа диэлектрика



# Производители материалов

- Bergquist (США),
- Laird (Thermagon) (США),
- Totking (Китай),
- Ruikai (Китай),
- Denka (Япония),
- и др.

# Линейка материалов Bergquist

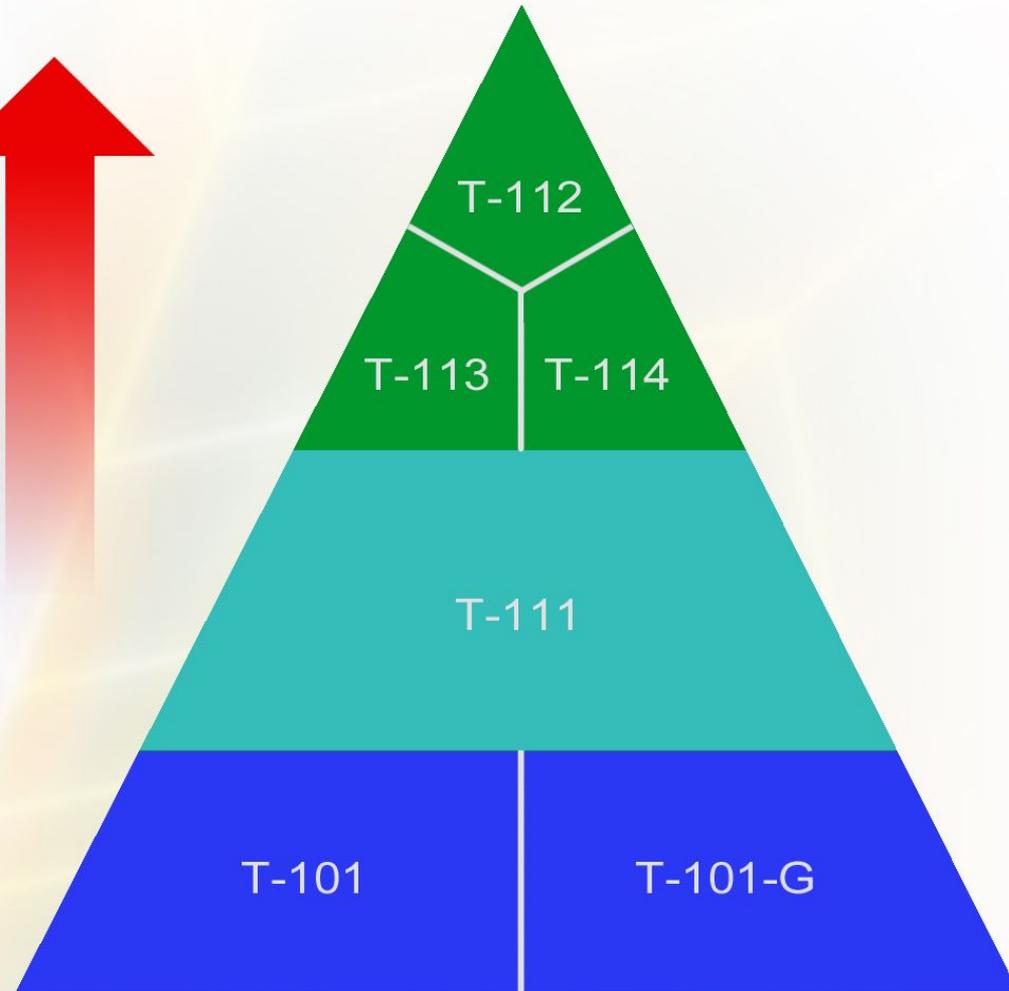


# Свойства материалов Bergquist

Показатель	Значение			
	CML	MP	LTI	HT
Диэлектрическая постоянная	7	7	7	7
Напряжение пробоя	10 KV	8,5 KV	6,5 – 11,0 KV	6,0 – 11,0 KV
Температура стеклования	90	90	90	150
Теплопроводность	1,1W/мК	1,3 W/мК	2,2W/мК	2,2W/мК
Горючесть	94V-0	94V-0	94V-0	94V-0

# Линейка материалов Totking

**导热系数**  
**THERMAL**  
**CONDUCTIVITY**



# Маркировка Totking

T

-

X X X

Тип:

- 1 — Стандартная теплопроводность
- 2 — Повышенная теплопроводность
- 3 — High Tg (MOT 180)
- 4 — Высокая термостабильность

Усиление диэлектрика:

- 0 — стеклоткань
- 1 — нет

Металл:

- 1 — Алюминий
- 2 — Толстая фольга (>140мкм)
- 3 — Железо
- 4 — Нержавеющая сталь
- 5 — Медь

# Материалы Totking

Класс	Тип	Описание
Материалы на алюминиевой Основе	<b>T-101-G</b>	Алюминий с медной фольгой, выгодная цена
	<b>T-101</b>	Импортные алюминий и фольга, более термостойкий
	<b>T-111</b>	Импортные алюминий и фольга, диэлектрик без стеклоткани, теплопроводность 1,8~3,0 Вт/(м·К)
	<b>T-112</b>	Импортные алюминий и фольга, диэлектрик без стеклоткани, теплопроводность 2,5~5,0 Вт/(м·К)
	<b>T-113</b>	Импортные алюминий и фольга, Tg180°C
	<b>T-114</b>	Импортные алюминий и фольга, диэлектрик без стеклоткани, выдерживает 300°C в течение 10мин, диэлектрическая постоянная 3,9
Специальные материалы	<b>T-200</b>	Ламинат с толстой фольгой (140 — 350 мкм), для высокомоощных цепей
	<b>T-300</b>	Ламинат на основе железа, высокая магнитопроводность, прочность
	<b>T-400</b>	Ламинат на основе нержавеющей стали, высокая коррозионностойкость
	<b>T-500</b>	Ламинат на основе меди, высочайшая теплопроводность

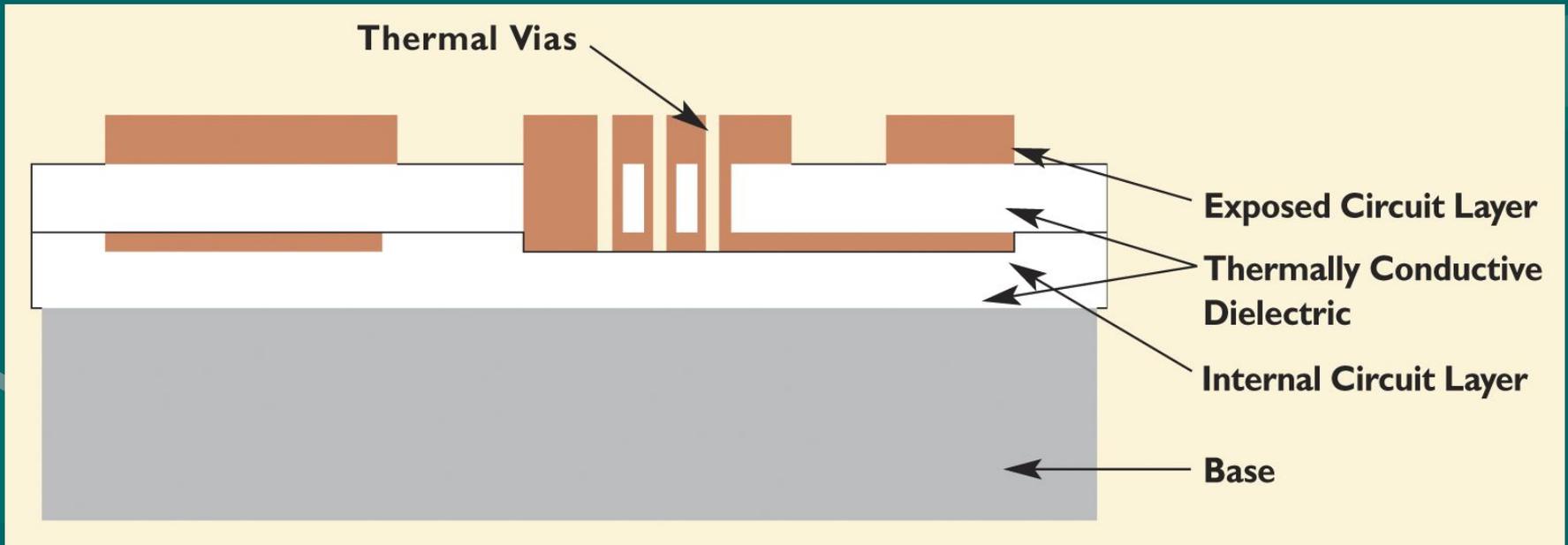
# Свойства Totking

Показатель	Значение			
	T-101	T-111	T-112	T-114
Усилие отрыва	1,5 N/мм	1,5 N/мм	1,3 N/мм	1,3 N/мм
Термоудар	288°С, 90сек	288°С, 60сек	288°С, 60сек	288°С, 600сек
Напряжение пробоя	30 KV/мм	30 KV/мм	30 KV/мм	30 KV/мм
Температкра стеклования	150	130	130	200
Поверхностное сопротивление	10(7)MΩ	10(6)MΩ	10(6)MΩ	10(8)MΩ
Объёмное сопротивление	10(8)MΩ×см	10(8)MΩ×см	10(8)MΩ×см	10(8)MΩ×см
Теплопроводность	1,5-2,0 W/мК	1,8-3,0 W/мК	2,5-5,0 W/мК	1,5-2,0 W/мК
Горючесть	94V-0	94V-0	94V-0	94V-0

# Свойства Ruikai

Показатель	Значение			
	LED-0602	IMS-H01	IMS-H02	IMS-03
Усилие отрыва	22 N/см	24 N/см	24 N/см	22 N/см
Термоудар	300°C, 5мин	300°C, 5мин	300°C, 5мин	300°C, 5мин
Напряжение пробоя	4,0 KV (AC)	8,0 KV (AC)	5,0 KV (AC)	4,0 KV (AC)
Диэлектрическая постоянная	4,8	4,6	4,3	3,7
Тангенс угла потерь	0,016	0,015	0,018	0,032
Поверхностное сопротивление	$6,0 \times 10^{13} \Omega$	$6,2 \times 10^{13} \Omega$	$6,1 \times 10^{13} \Omega$	$1 \times 10^{12} \Omega$
Объёмное сопротивление	$1,6 \times 10^{14} \Omega \times \text{см}$	$1,7 \times 10^{14} \Omega \times \text{см}$	$1,4 \times 10^{14} \Omega \times \text{см}$	$1,0 \times 10^{14} \Omega \times \text{см}$
Теплопроводность	1,1 W/мК	1,13 W/мК	1,3 W/мК	0,75 W/мК
Горючесть	94V-0	94V-0	94V-0	94V-0

# МПП на металлическом ОСНОВАНИИ



# Диэлектрики для МПП

- Bergquist ThermalClad Препреги и Ламинаты (теплопроводность 1,1 — 2,2 Вт/м·К)
- Arlon 91ML Препреги и Ламинаты (1,0 Вт/м·К)
- Arlon 99ML Препреги и Ламинаты (1,1 Вт/м·К)
- Arlon 92ML Препреги и Ламинаты (2,0 Вт/м·К)

# Свойства материалов Arlon

Показатель	Значение		
	91ML	99 ML	92ML
Термоудар	300°C, 10мин		300°C, 5мин
Температура стеклования Tg	170	170	170
Диэлектрическая постоянная	5,5 (1MHz)	5,1 (1MHz)	5,2 (1MHz)
Теплопроводность по Z	1,0 W/мК	1,1 W/мК	2,0 W/мК
Теплопроводность по X, Y	1,9 W/мК		3,5 W/мК
Горючесть	94V-0	94V-0	94V-0

# Механическая обработка

Мелкие и средние серии печатных плат

- Сверление (сверла такие же, как и при изготовлении стандартных ПП)
- фрезерование (используются специализированные фрезы типа МРК КЕММЕР ЕСА-30R)
- скрайбирование

# Механическая обработка

Крупные серии печатных плат

- штамп
- скрайбирование



# COOLPOLY® THERMALLY CONDUCTIVE PLASTICS

CoolPoly® D5108 Термопроводящий  
Polyphenylene Sulfide (PPS)

Теплопроводность 10 W/mK

Диэлектрическая  
постоянная (1МГц) 3,7

СТІ 580 kV

Электрическая  
прочность 29 kV/mm



Спасибо за внимание!

A faint, stylized illustration of two hands shaking, symbolizing agreement or partnership, is visible in the background behind the text.