

# Особенности проектирования печатных плат на металлическом основании

Муравьёв Ю.В.

# Возникновение температурного ПОЛЯ

- Только 5-10% потребляемой электронными устройствами мощности превращается в мощность полезных сигналов
- Остальные 90-95% потребляемой мощности рассеиваются в виде тепловой энергии, что приводит к возникновению температурного ПОЛЯ

# Решение задач теплового проектирования методом иерархического моделирования

5 уровней иерархического  
моделирования

# Пятый уровень

Моделирование температурно-влажностного режима помещения, в котором будет устанавливаться и эксплуатироваться проектируемое электронное изделие

# Четвертый уровень

Моделирование и расчет поля  
температуры и влажности воздушной  
среды внутри каждой стойки  
проектируемого электронного устройства

# Третий уровень

Моделирование и расчет поля температуры, скорости движения и влажности воздушной среды, протекающей внутри панелей проектируемого электронного устройства

# Второй уровень

Моделирование теплового режима каждого электронного модуля в панели: температурное поле печатной платы с установленными на ней электронными компонентами, температура корпусов электронных компонентов

# Первый уровень

Моделирование температуры на  
кристалле электронного компонента

# Влияние температуры на кристаллах ИС на

## эксплуатационные характеристики электронного изделия

- Надежность
- Работоспособность
- Помехоустойчивость
- Быстродействие

# Печатные платы – второй уровень иерархического моделирования

# Пример теплового расчета

- Рассеиваемая мощность на светодиоде:

$$PD = VF * IF$$

*Где*

*IF = Прямой ток*

*VF = Прямое напряжение*

# Тепловой расчет

- тепловое сопротивление между р-п переходом и окружающей средой  $\theta_{Ja}$

$$\theta_{Ja} = (T_J - T_A) / P_D$$

Где

$T_J$  - рекомендуемая температура р-п перехода

$T_A$  - температура окружающей среды

# Тепловой расчет

- Тепловое сопротивление светодиода  $\theta_{JV}$

$$\theta_{JV} = \theta_{Jc} + \theta_{cb}$$

Где

$\theta_{Jc}$  – тепловое сопротивление между р-п переходом и корпусом

$\theta_{cb}$  – тепловое сопротивление (припоя, пасты) между корпусом и печатной платой

# Тепловой расчет

- Тепловое сопротивление печатной платы  $\theta_{ВА}$

$$\theta_{ВА} = \theta_{Ja} - \theta_{JB}$$

Где

$\theta_{Ja}$  – тепловое сопротивление между р-п переходом и окружающей средой

$\theta_{JB}$  – Тепловое сопротивление светодиода

# Расчет минимальной ширины проводника

**Calculating  
Minimum  
Trace  
Width**

$$W_C = \left[ \frac{T_S I^2 R_S}{K_S T_{RISE}} + T_S^2 \right]^{1/2} - T_S$$

where:

$W_C$  = Conductor Width (meters)

$T_S$  = Dielectric Thickness (meters)

$I$  = Current (Amps)

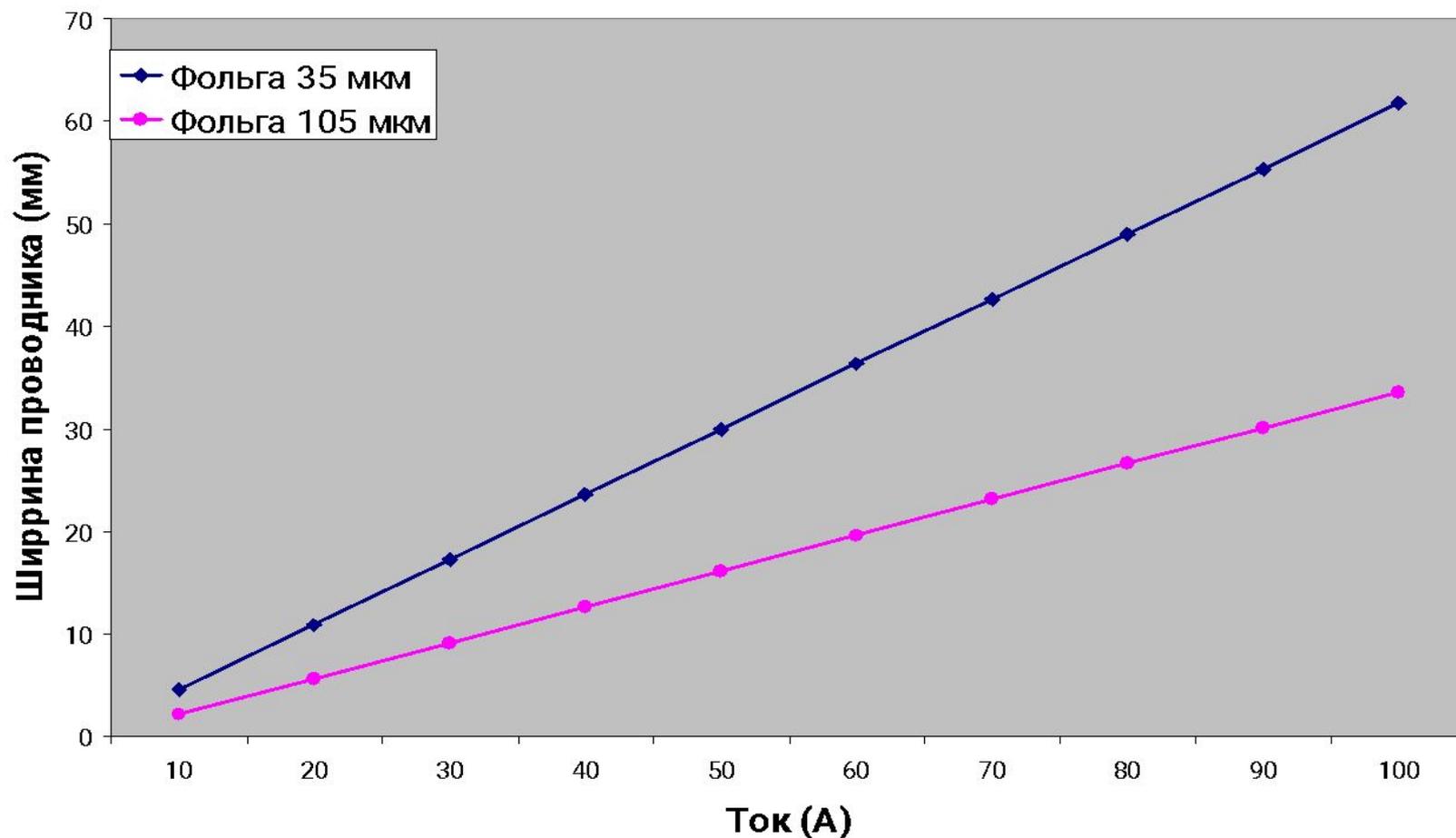
$R_S$  = Circuit Sheet Resistivity  $\frac{1.78 \times 10^{-8} \Omega \cdot m}{T_C}$

$T_C$  = Foil Thickness (meters)

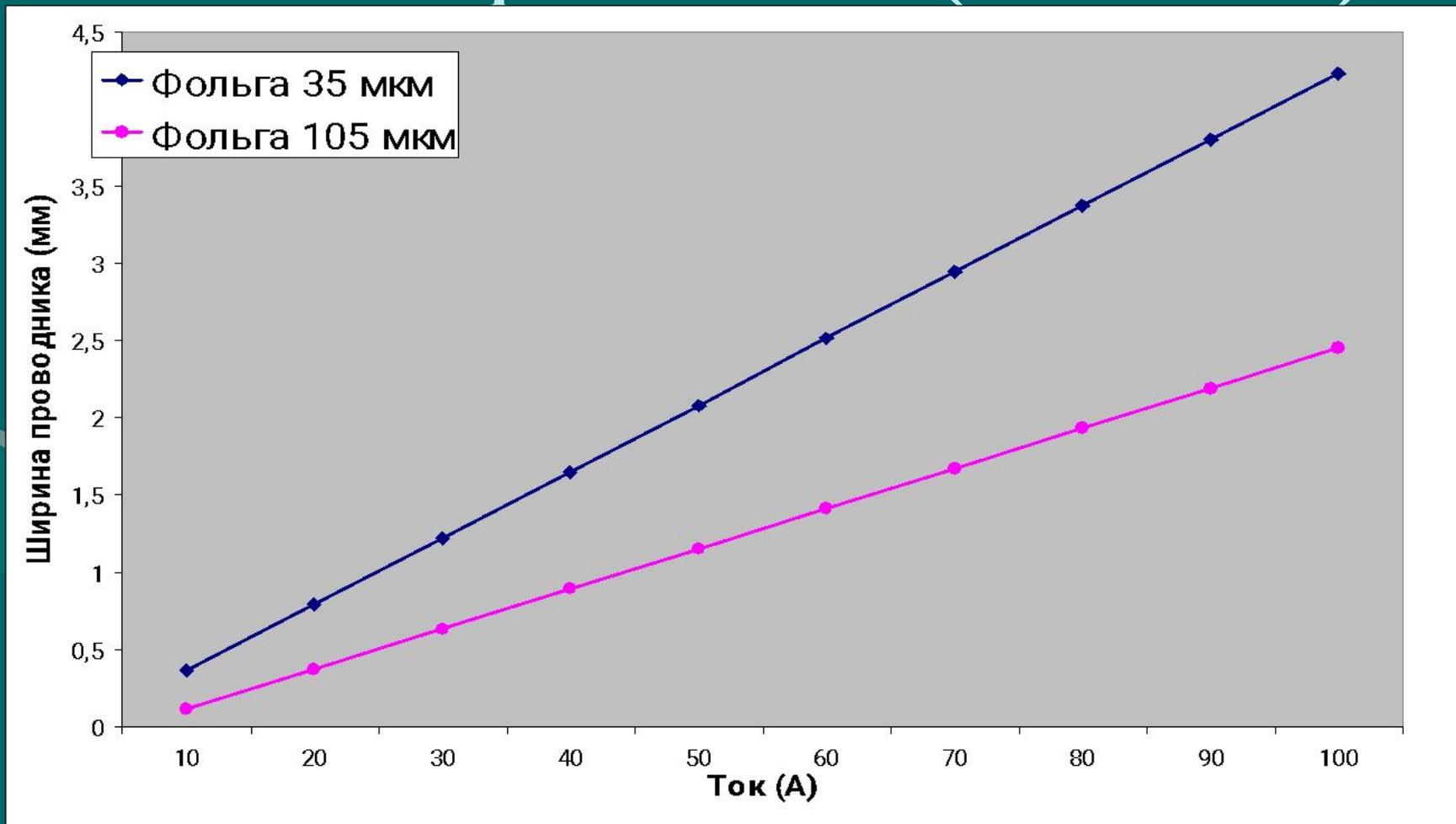
$K_S$  = Thermal Conductivity of the Dielectric (W/m-K)

$T_{RISE}$  = Allowable Temperature Rise (K)

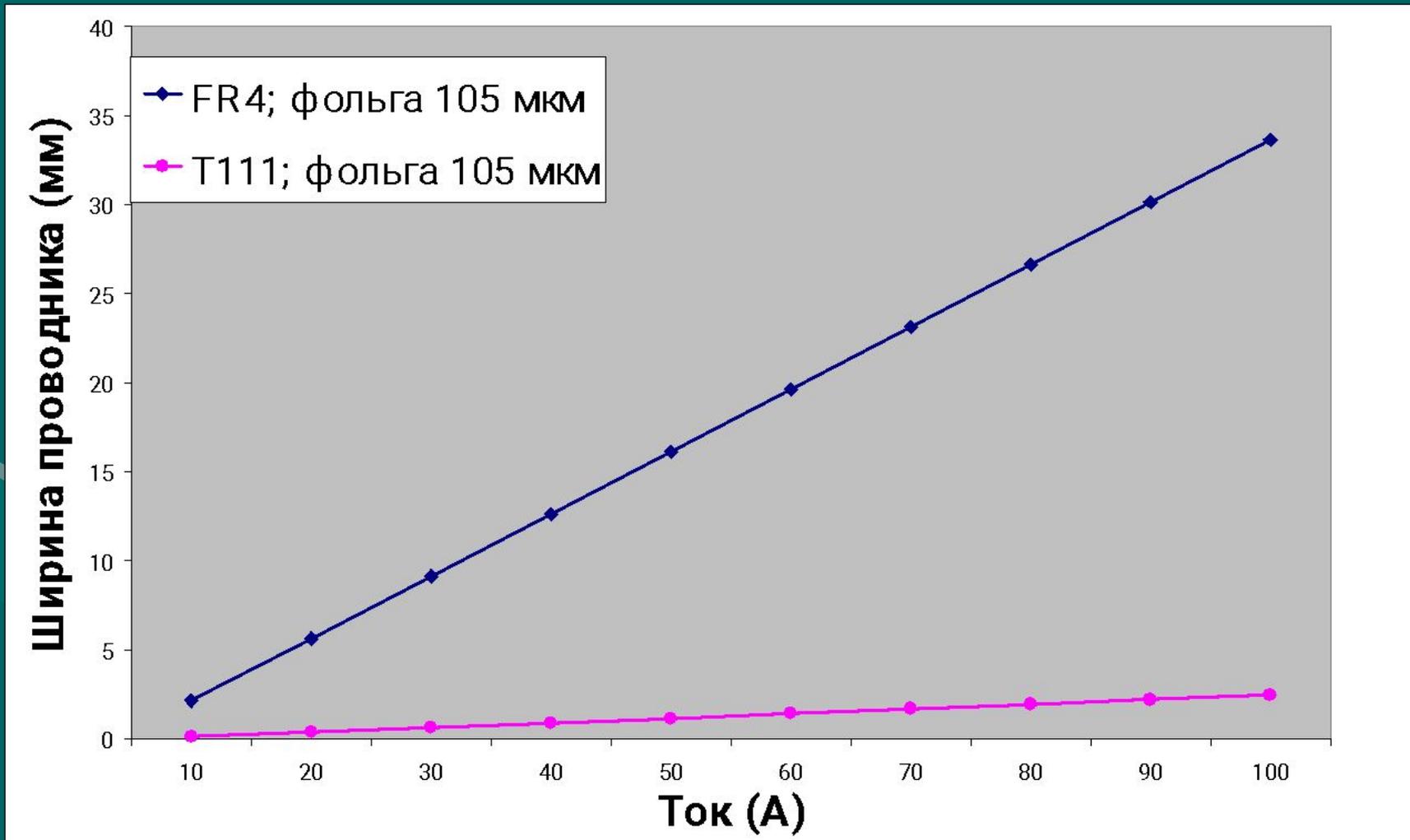
# Ширина проводника в зависимости от толщины фольги для материала FR4 ( $\Delta T - 10^{\circ}\text{C}$ )



# Ширина проводника в зависимости от толщины фольги для материала T111 ( $\Delta T - 10^{\circ}\text{C}$ )



# FR4 и платы на алюминиевом основании ( $\Delta T - 10^{\circ}\text{C}$ )

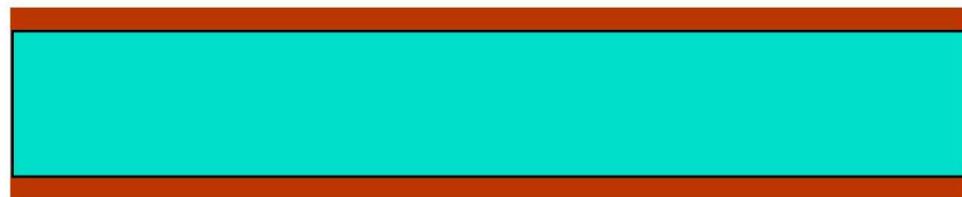


# Конструкции печатных плат

# T-прег

с медной фольгой на обеих сторонах

T-прег



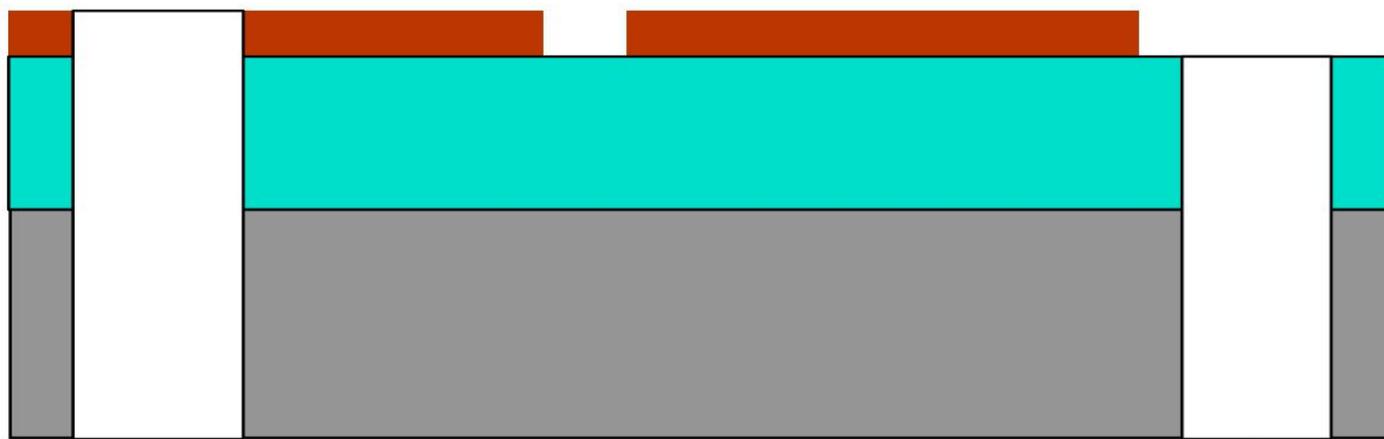
Медная фольга



# Платы на металлическом основании

- Однослойные печатные платы
- Двухслойные и многослойные печатные  
платы

# Базовый материал



Монтажное отверстие



# Используемые электронные КОМПОНЕНТЫ

- SMT – элементы

ДА

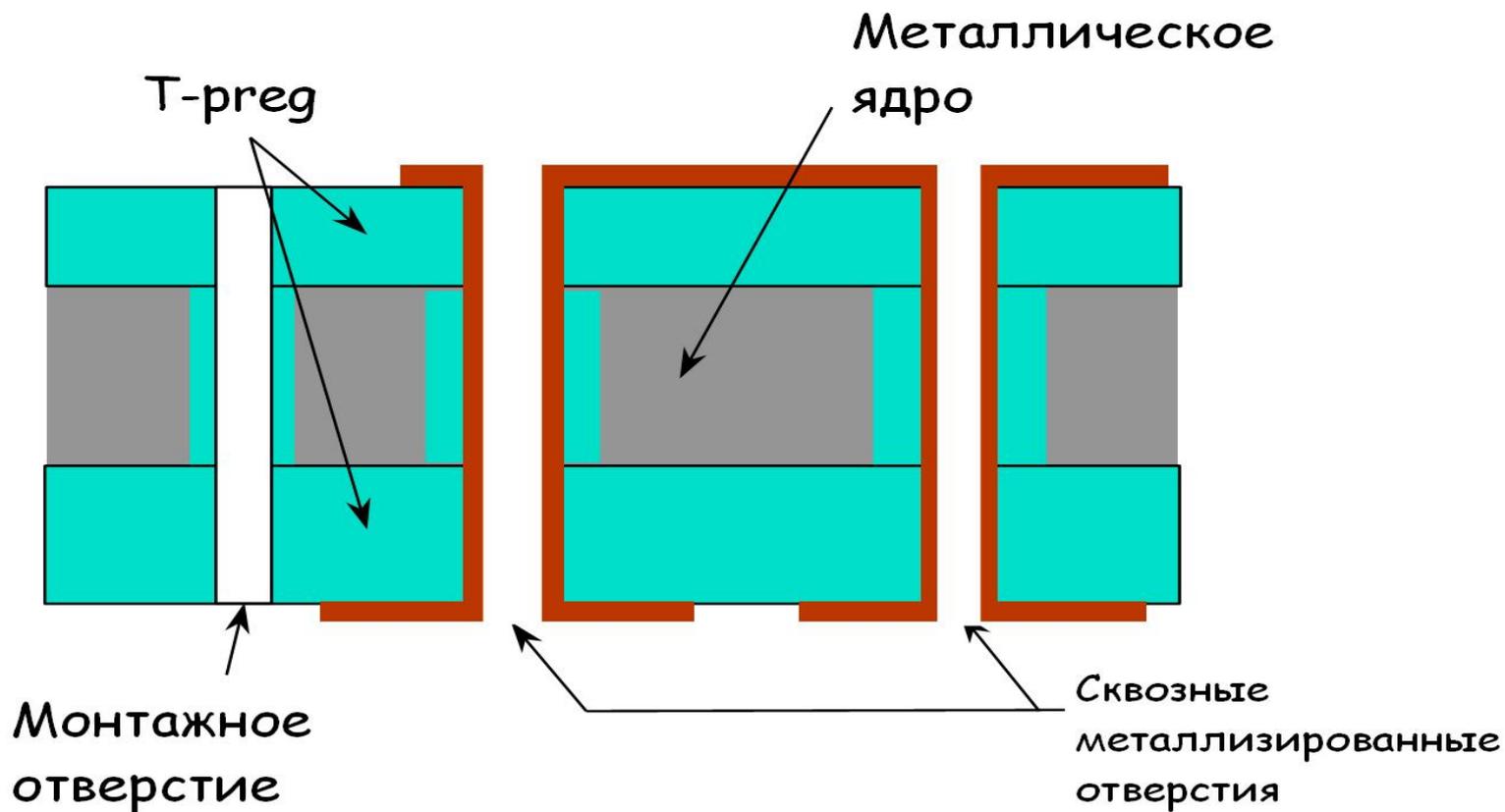
- DIP – элементы

НЕТ

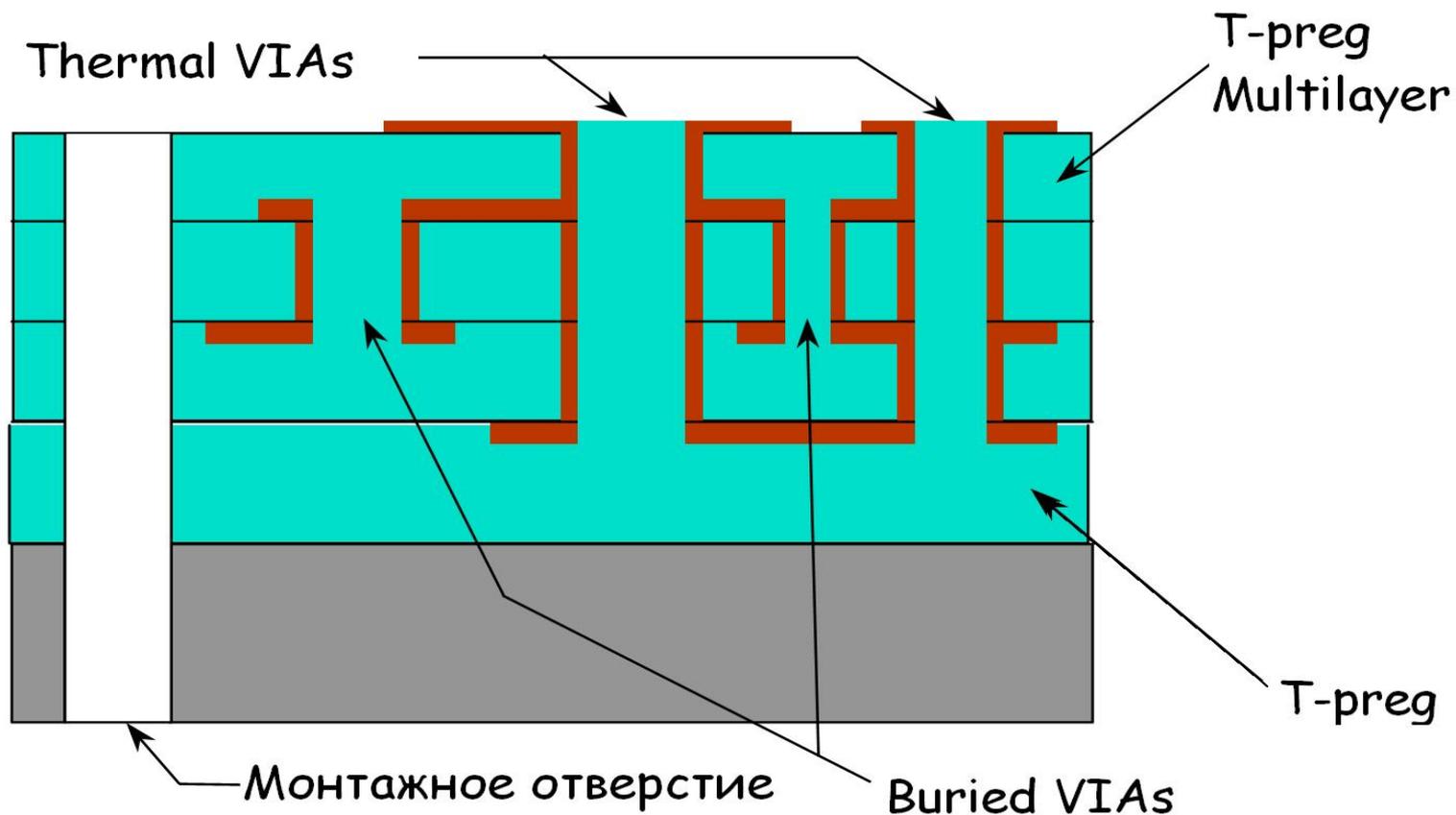




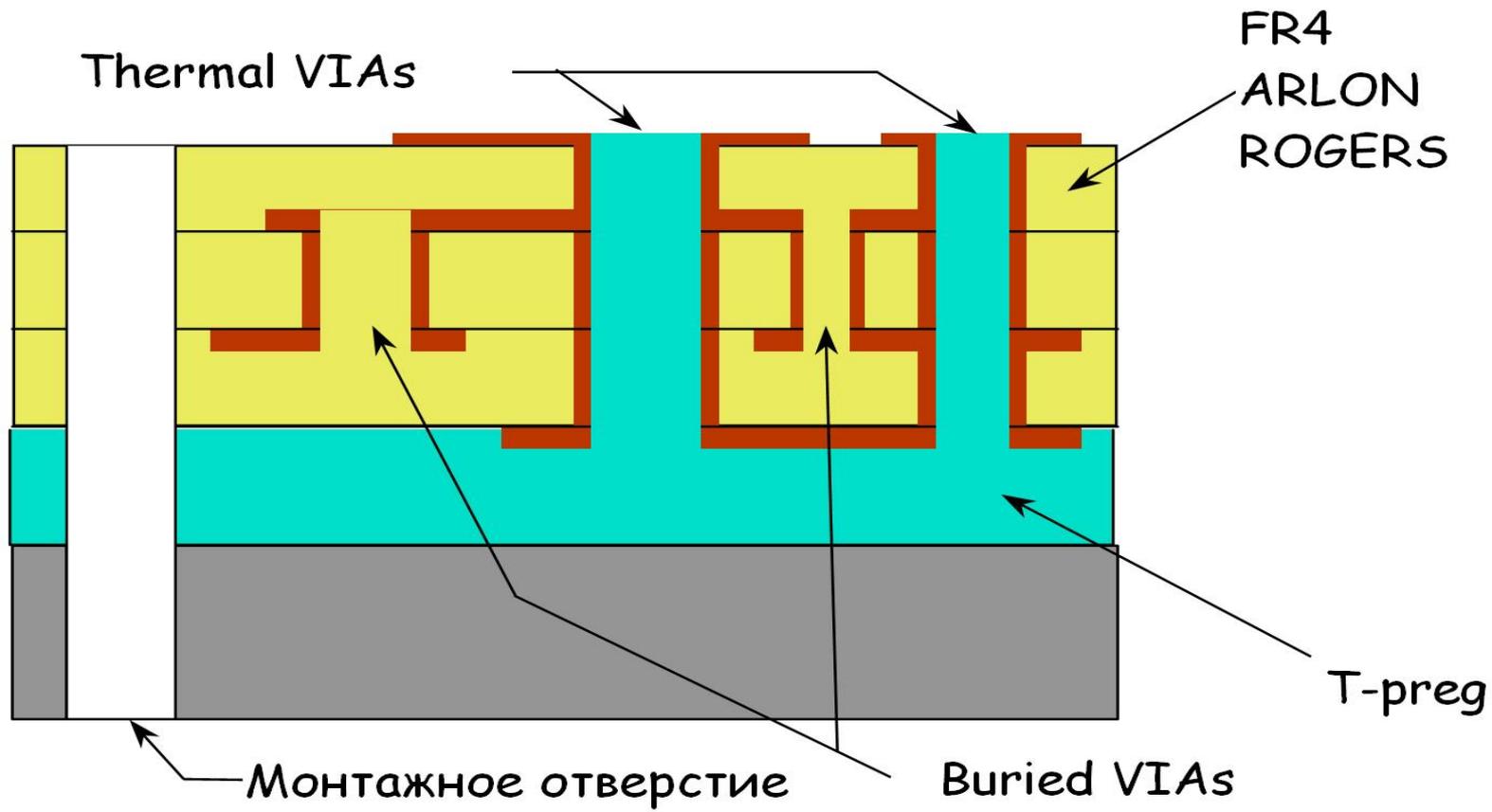
# Двухслойная печатная плата с металлическим ядром



# МПП с металлическим ОСНОВАНИЕМ



# МПП с металлическим ОСНОВАНИЕМ



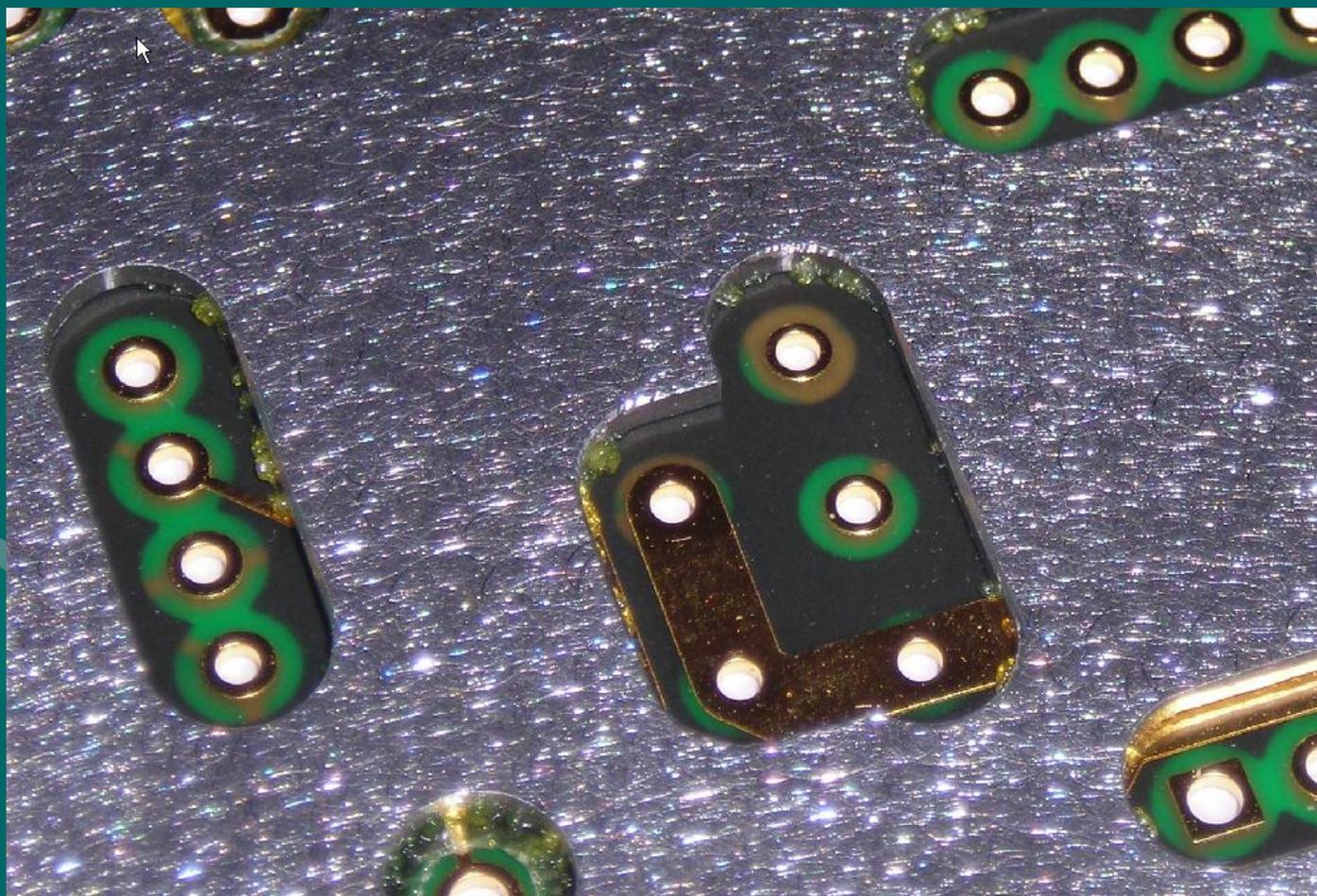
# Используемые электронные КОМПОНЕНТЫ

- SMT – элементы
- DIP – элементы

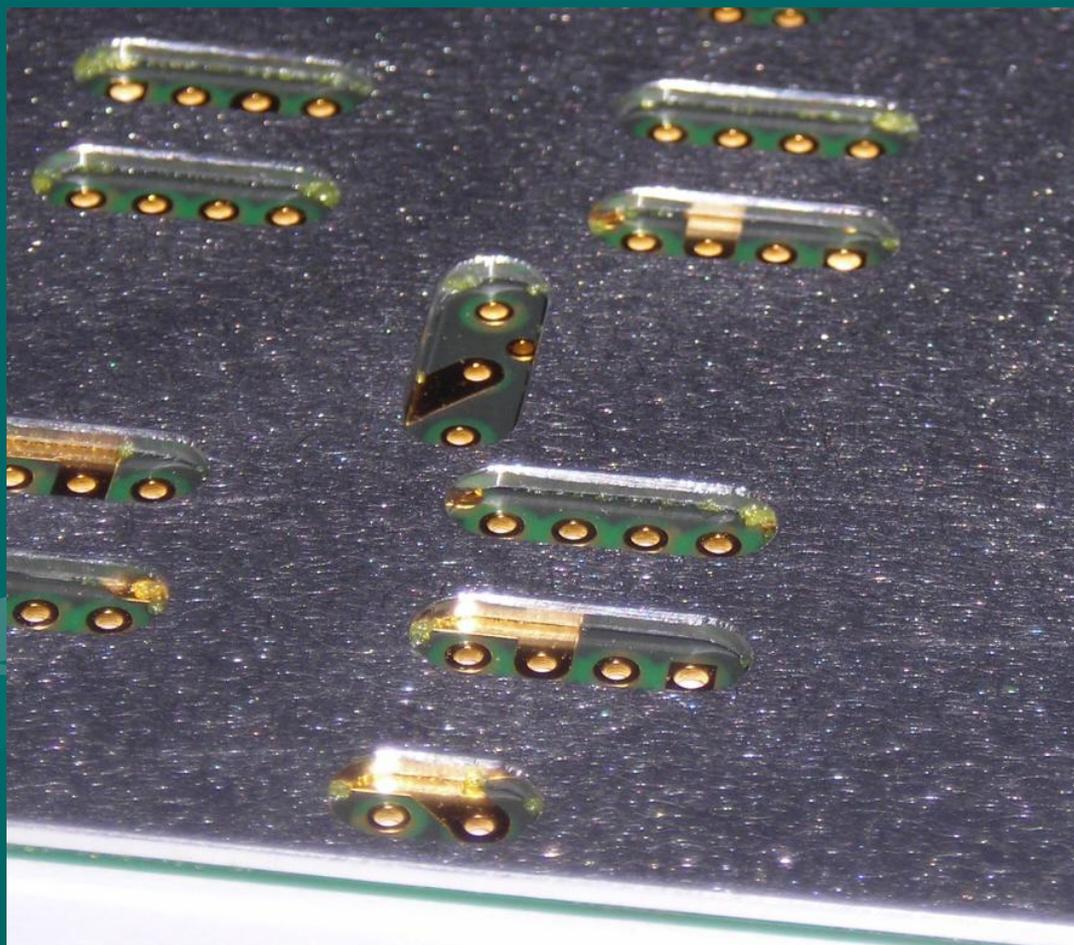
ДА

ДА

# Образец многослойной печатной платы с алюминиевым основанием



# Образец многослойной печатной платы с алюминиевым основанием



Краткий обзор материалов,  
используемых на нашем  
производстве

# Базовый материал

Медная фольга

Теплопроводящий изоляционный  
слой

Металлическое основание

# Медная фольга (однослойные платы)

- 35 мкм
- 70 мкм
- 105 мкм
- 140 мкм

# Металлическое основание

- Алюминий
- Медь
- Сталь

# Теплопроводность

- Алюминий -  $150\text{W/МК}$
- Медь -  $400\text{W/МК}$

# Толщина базового материала

## Срочное производство

- 1.5 мм

## Серийное производство

- 1.0 мм
- 1.5 мм
- 2.0 мм

Варианты  
теплопроводящего  
диэлектрика,  
использующегося на  
нашем производстве

# ИЗОЛЯЦИОННЫЙ СЛОЙ

Препрег на основе стекловолокна

- RUIKAI IMS-03
- 75 мкм
- $1.42^{\circ}\text{C}/\text{W}$

# ИЗОЛЯЦИОННЫЙ СЛОЙ

- Теплопроводящие материалы из полимеров на основании керамики
- RUIKAI; BERGQUIST; TOTKING
- От 75 мкм до 150 мкм
- От  $0.45^{\circ}\text{C}/\text{W}$  до  $1.0^{\circ}\text{C}/\text{W}$

# ИЗОЛЯЦИОННЫЙ СЛОЙ

- BERGQUIST
- От  $0.45^{\circ}\text{C}/\text{W}$  до  $0.7^{\circ}\text{C}/\text{W}$

# ИЗОЛЯЦИОННЫЙ СЛОЙ

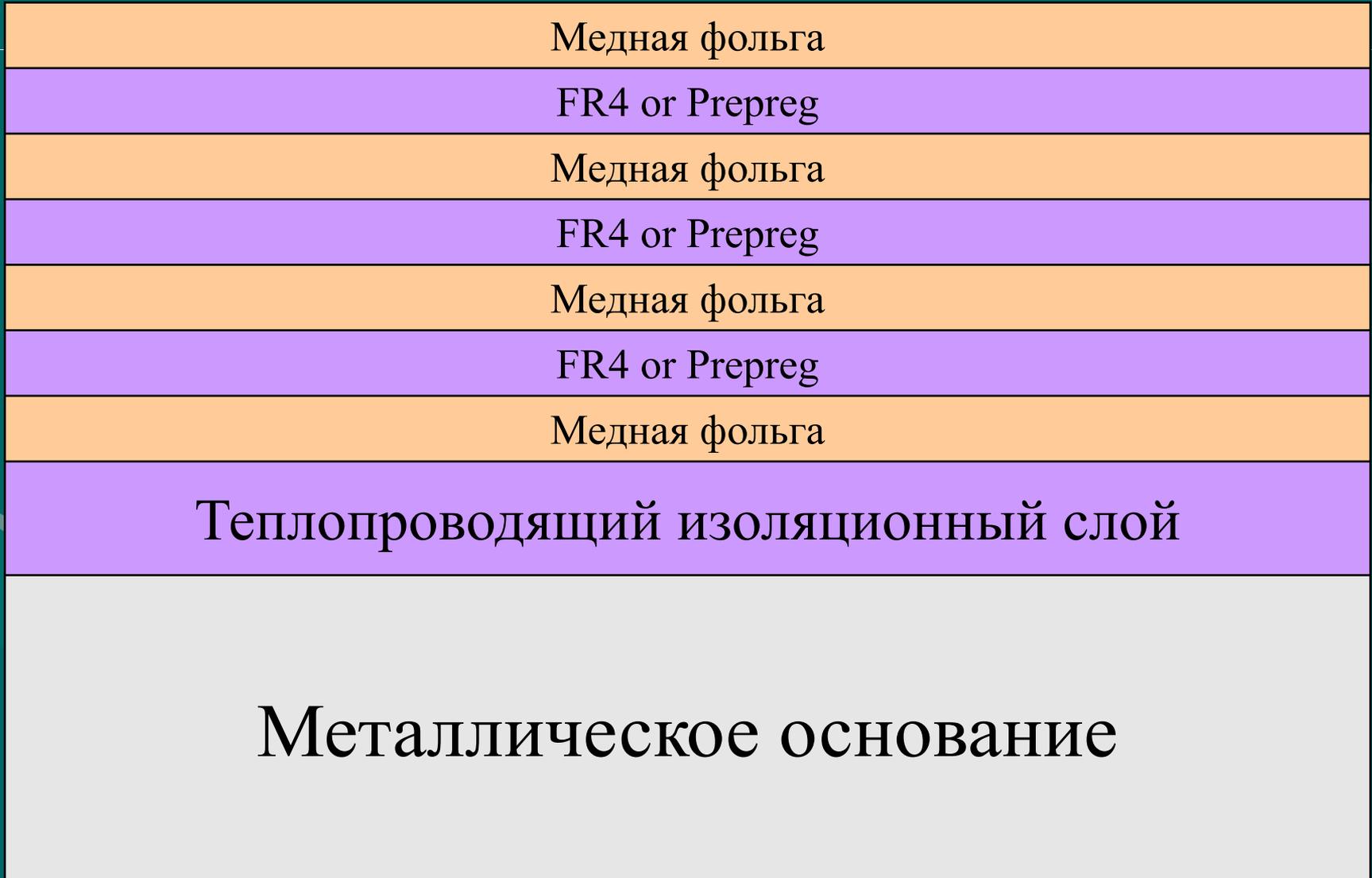
- TOTKING - T111
- 100 мкм
- $0.7^{\circ}\text{C}/\text{W}$



# Напряжение пробоя

- TOTKING - 2.5KV
- RUIKAI - от 4.0KV до 8.0KV
- BERGQUIST - до 11KV

# Структура платы



# Медная фольга (двухслойные и многослойные печатные платы)

- 18 мкм
- 35 мкм
- 70 мкм
- 105 мкм
- 140 мкм

# Металлическое основание

- Алюминий
- Медь
- Сталь

# ИЗОЛЯЦИОННЫЙ СЛОЙ

- ARLON ML99
- ARLON ML92
- ARLON 49N

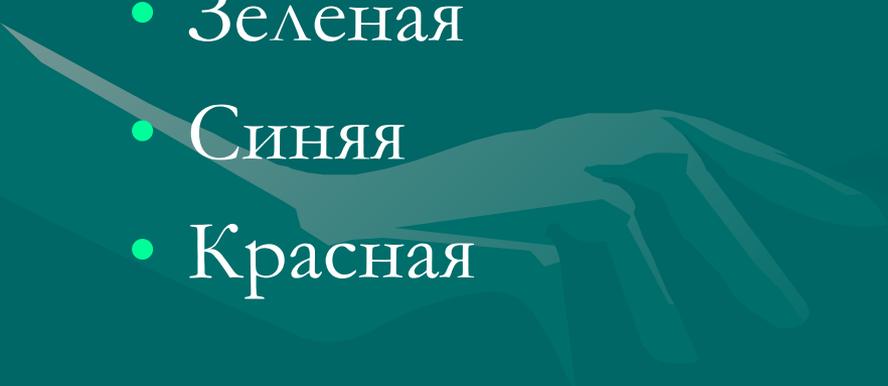
# Сравнение теплопроводности материалов

- FR4 0.25-0.35 W/MK
- ARLON 99ML 1.1 W/MK
- ARLON 92ML 2.0 W/MK
- ARLON 49N 0.25 W/MK

# Маскирующее покрытие

Двухкомпонентная жидкая паяльная маска

- Белая
- Черная
- Зеленая
- Синяя
- Красная



# Позиционные обозначения (шелкография)

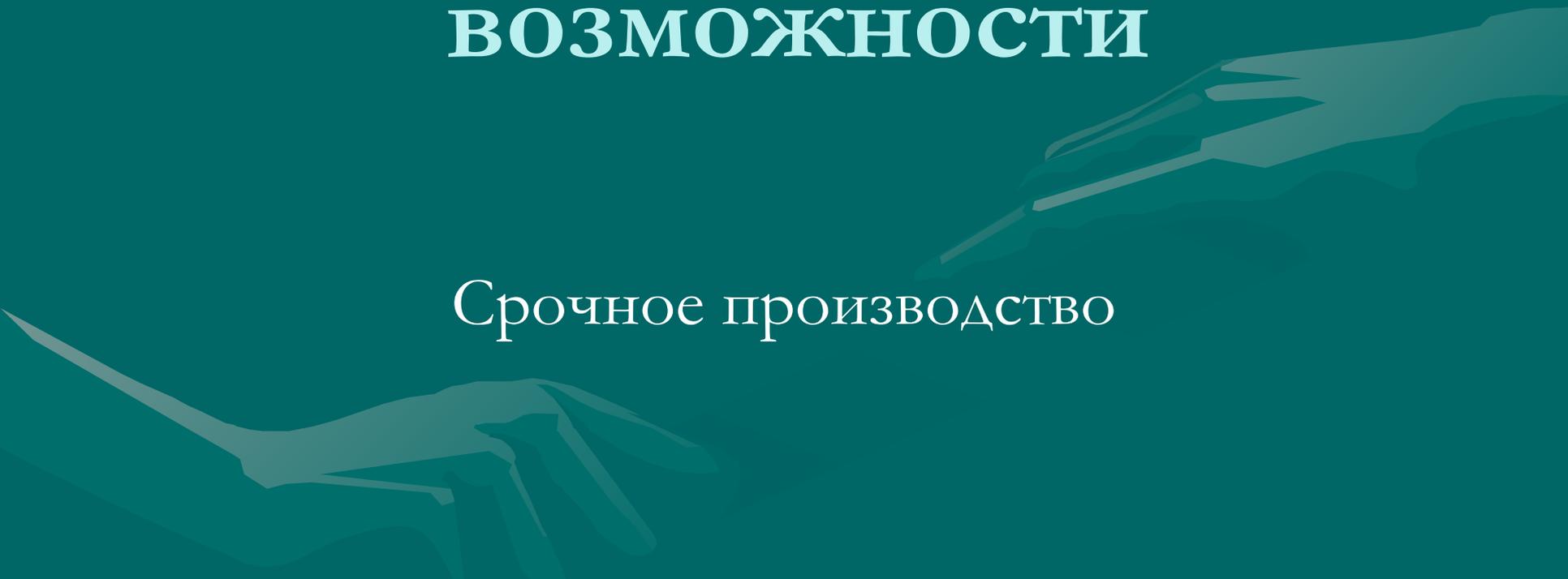
- Белый
- Черный
- Желтый
- Зеленый (срочное производство)

# Финишное покрытие

- HASL
- Lead Free HASL
- Immersion Gold
- Gold Plating
- Immersion Silver
- Immersion Tin

# Технологические ВОЗМОЖНОСТИ

Срочное производство



# Используемый материал

- TOTKING - T111
- Толщина алюминиевого основания – 1.5 мм
- Толщина диэлектрика - 100 мкм
- Толщина медной фольги – 35 мкм
- Тепловое сопротивление диэлектрика -  $0.7^{\circ}\text{C}/\text{W}$

# Технологические требования срочного производства

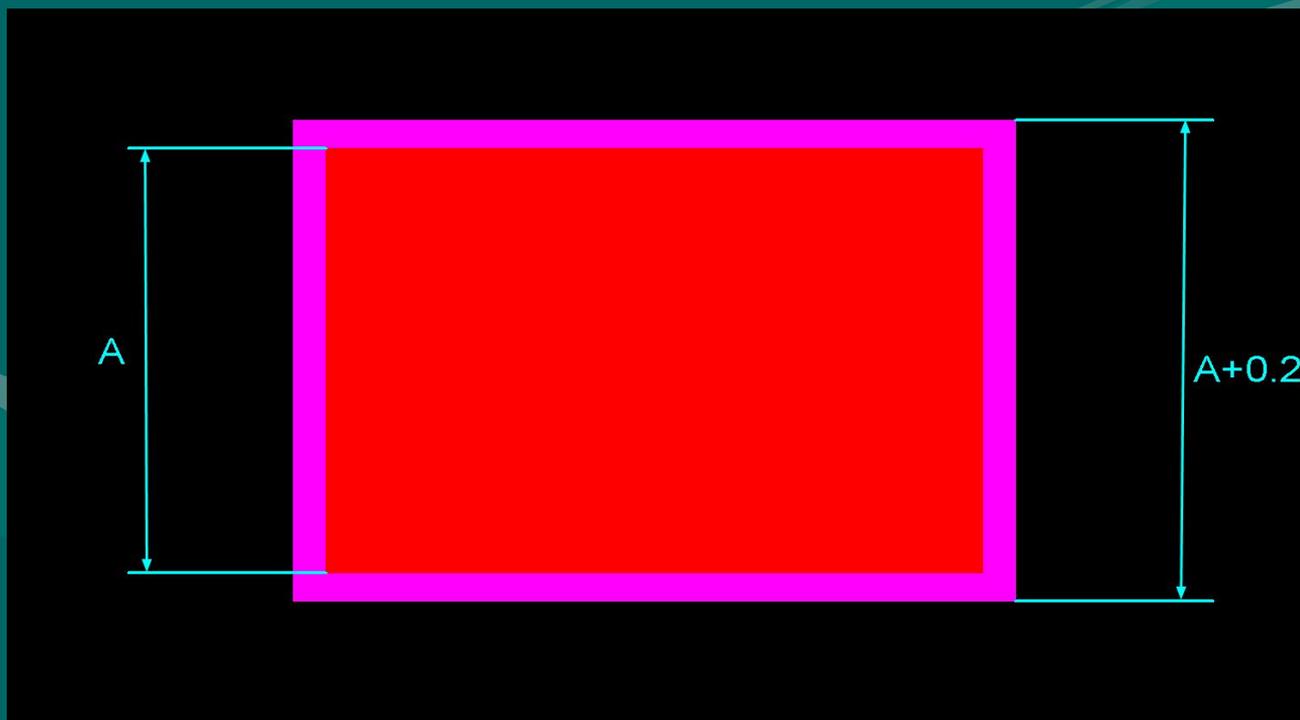
- Минимальный зазор – 0.24 мм
- Мин. ширина проводника – 0.24 мм
- Минимальное отверстие – 0.9 мм
- Отверстия более 4.0 мм - фрезеровка
- Максимальный размер готовой платы – 380 мм X 320 мм

# Технологические требования срочного производства

- Минимальный зазор от края платы до металла – 0.25 мм
- Минимальное расстояние от края платы до отверстия – одна толщина платы (1.5 мм)

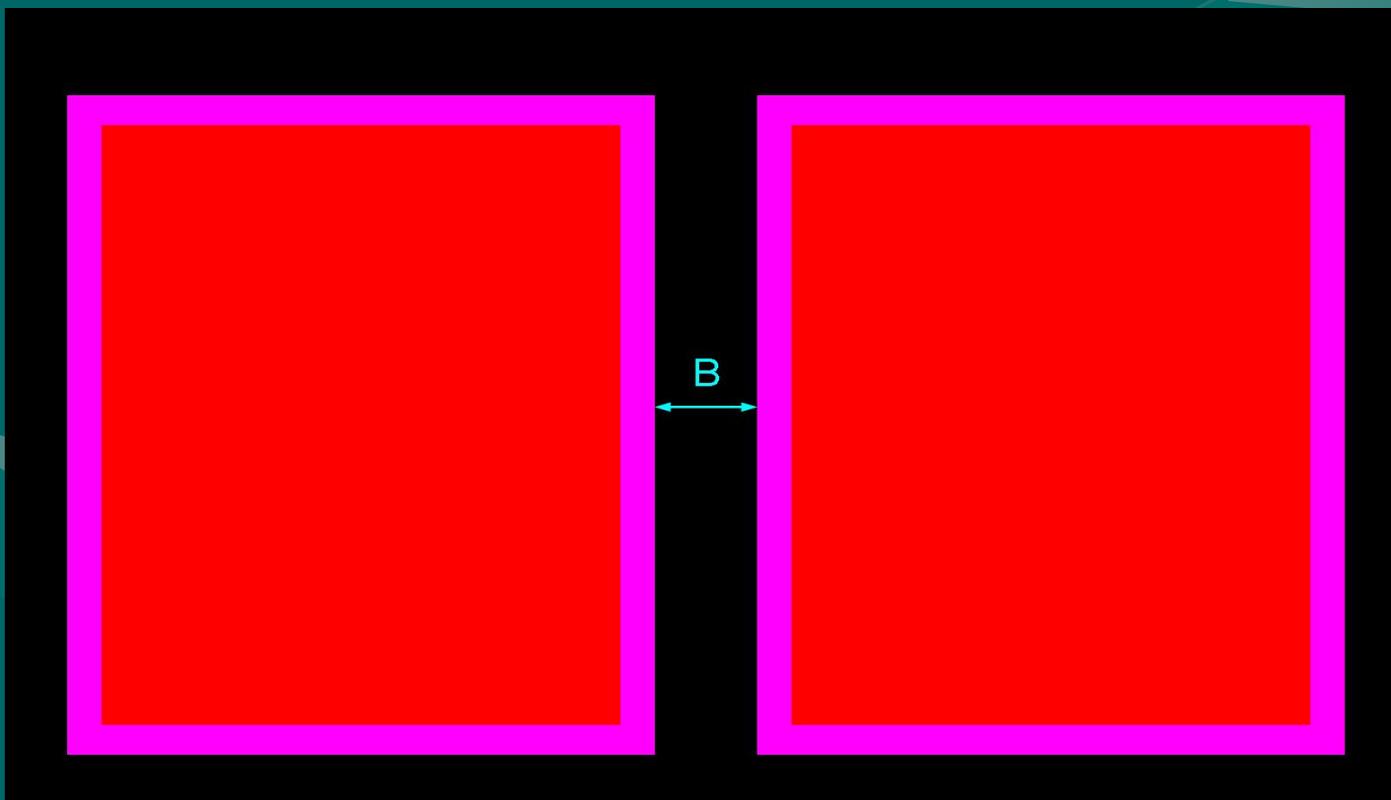
# Технологические требования срочного производства

- Минимальное вскрытие площадки в маске – размер площадки  $+0.20$  мм (0.10 мм на сторону)



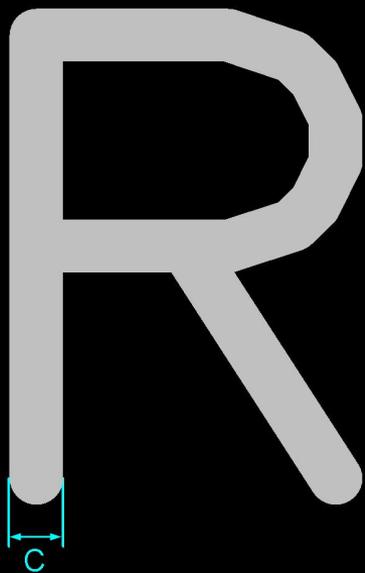
# Технологические требования срочного производства

- Минимальная ширина масочного мостика — 0.15 мм (желательно 0.20 мм)



# Технологические требования срочного производства

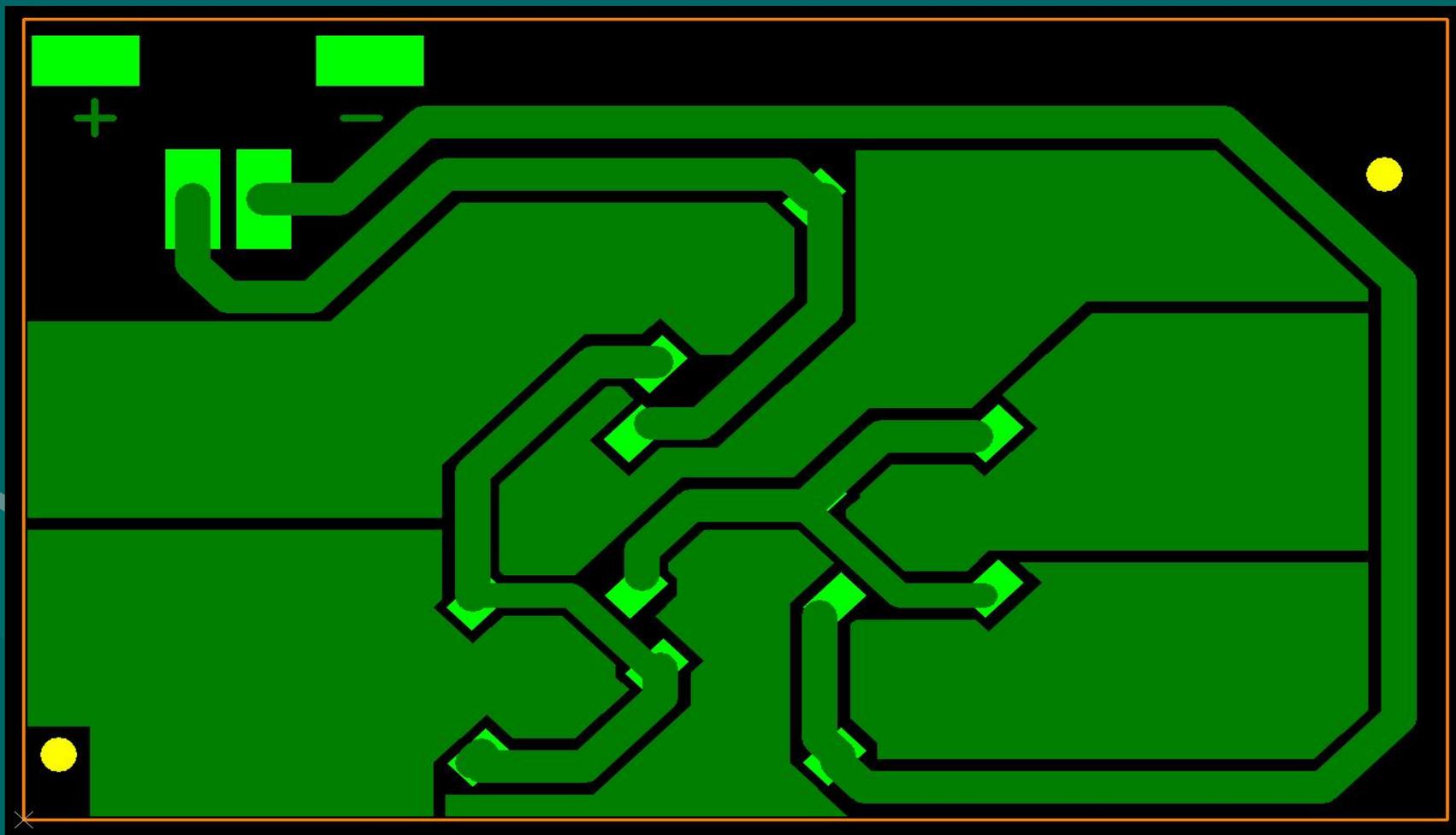
- Минимальная ширина линии маркировки — 0.15 мм



# Размер рабочего поля заготовки на срочном производстве

- Малая заготовка - 173 мм x 285 мм
- Большая заготовка - 320 мм x 380 мм
- Максимальный размер готовой платы – 380 мм X 320 мм

# Пример топологии платы на алюминиевом основании

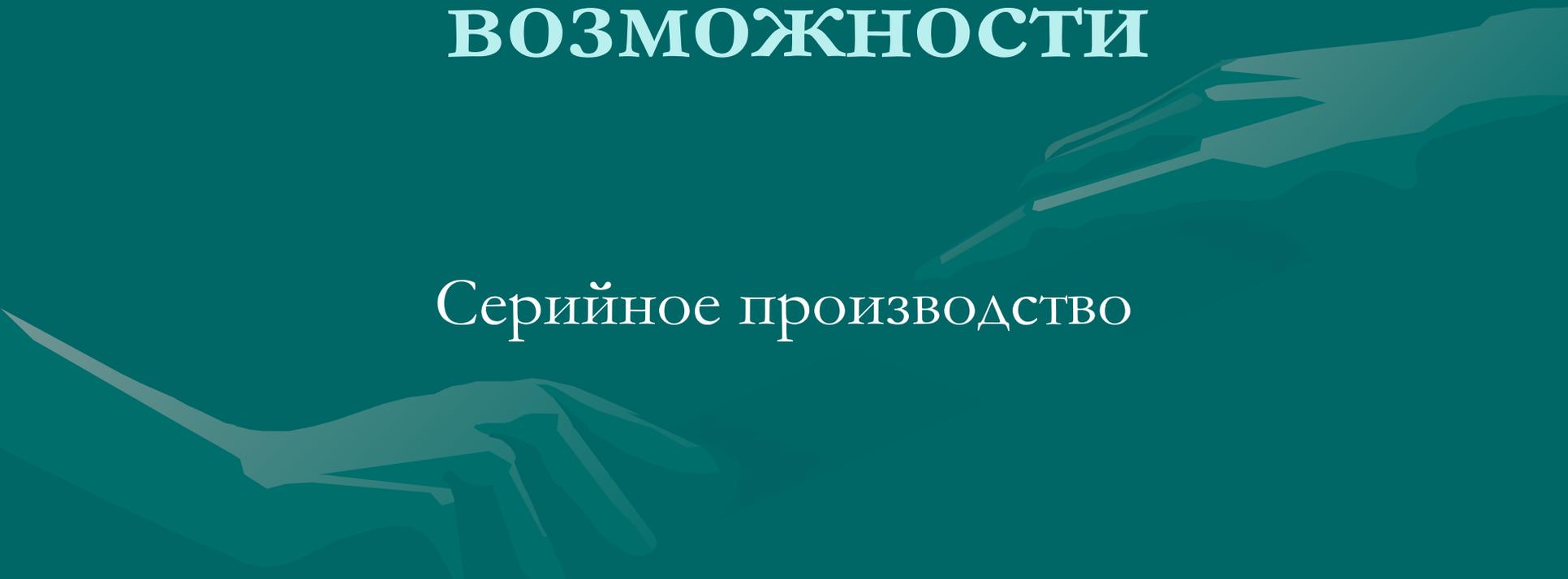


# Внимание!

## Паразитная емкость

# Технологические ВОЗМОЖНОСТИ

Серийное производство

The background of the slide features a large, semi-transparent illustration of two hands shaking, symbolizing agreement or partnership. The hands are rendered in a light teal color against the darker teal background.

# Используемые материалы (однослойные печатные платы)

- RUIKAI; BERGQUIST; TOTKING
- Толщина алюминиевого основания –
  - от 1.0 до 2.0 мм
- Толщина диэлектрика -
  - от 75 мкм до 150 мкм

# Используемые материалы (однослойные печатные платы)

- RUIKAI; BERGQUIST; TOTKING
- Толщина медной фольги —
  - от 35 мкм до 140 мкм
- Тепловое сопротивление диэлектрика —
  - от  $0.45^{\circ}\text{C}/\text{W}$  до  $1.42^{\circ}\text{C}/\text{W}$

# Медная фольга (двухслойные и многослойные печатные платы)

- 18 мкм
- 35 мкм
- 70 мкм
- 105 мкм
- 140 мкм

# Технологические требования серийного производства

- Минимальная ширина проводника/минимальный зазор
- Для фольги 18 мкм — 0.10/0.10 мм
- Для фольги 35 мкм — 0.15/0.15 мм
- Для фольги 70 мкм — 0.20/0.20 мм
- Для фольги 105 мкм — 0.25/0.25 мм
- Для фольги 140 мкм — 0.30/0.30 мм

# Технологические требования серийного производства

- Минимальный зазор от края платы до металла (фрезерование) – 0.20 мм
- Минимальный зазор от края платы до металла (скрайбирование) – 0.40 мм
- Минимальное расстояние от края платы до отверстия – одна толщина платы

# Технологические требования серийного производства

- Минимальное вскрытие площадки в маске – размер площадки  $+0.10$  мм ( $0.05$  мм на сторону)
- Минимальная ширина масочного мостика –  $0.15$  мм (желательно  $0.20$  мм)
- Минимальная ширина линии маркировки –  $0.15$  мм

Спасибо за внимание

