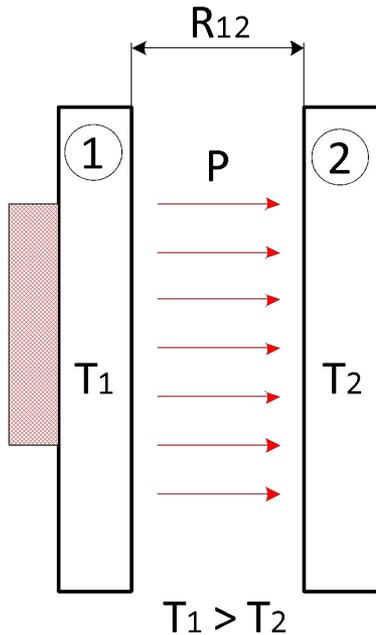


# Тепловой расчёт

## полупроводников



Обобщённая тепловая модель

Тепловая мощность  $P$  передаётся от более нагретого тела 1 (обладающего температурой  $T_1$ ), к менее нагретому телу 2 (обладающего температурой  $T_2$ ). Тепловая мощность передаётся преодолевая сопротивление теплопроводящей среды  $R_{12}$  (термопаста, изоляционная шайба, воздушный промежуток)

уравнение состояния теплового равновесия

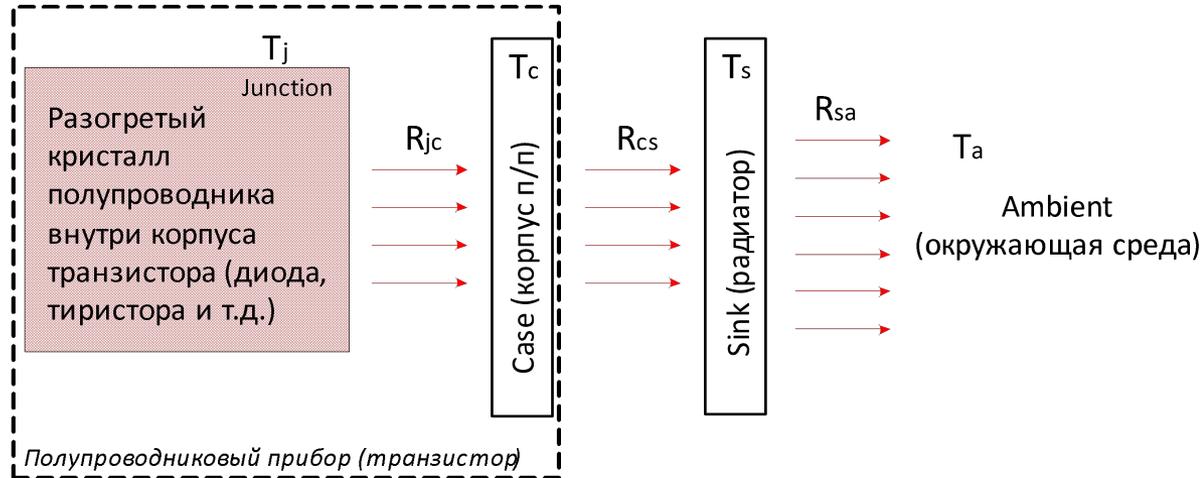
$$T_1 - T_2 = PR_{12}$$

Электротехническим аналогом этого уравнения выступает закон Ома

$$\varphi_1 - \varphi_2 = IR_{12}$$

От точки с большим потенциалом  $\varphi_1$  к точке с меньшим потенциалом  $\varphi_2$  протекает ток  $I$ , преодолевая сопротивление  $R_{12}$ .

# Тепловая модель полупроводникового прибора установленного на радиатор



$T_j$  – температура кристалла;

$T_c$  – температура корпуса;

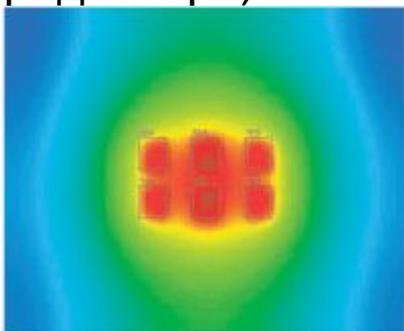
$T_s$  – температура радиатора;

$R_{jc}$  – тепловое сопротивление «кристалл-корпус»;

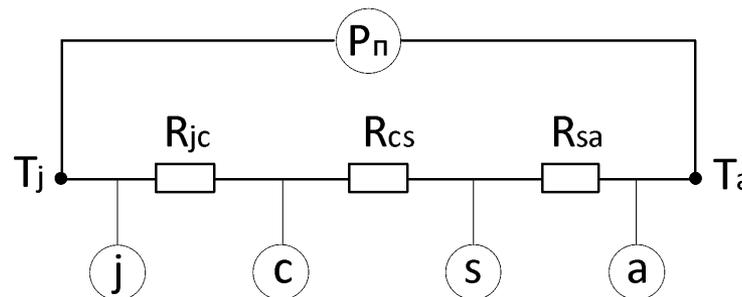
$R_{cs}$  – тепловое сопротивление «корпус-радиатор»;

$R_{sa}$  – тепловое сопротивление «радиатор окр. среда»;

$P_{\Pi}$  – мощность потерь п/п прибора.



Распределение температуры вдоль



Эквивалентная схема теплопередачи от кристалла в окр. среду.

! Целью всегда является ограничение температуры кристалла на допустимом уровне, за счет снижения суммарного теплового сопротивления.

### Тепловое сопротивление

Температурный градиент,  $R_{JC}$  возникающий на переходе «кристалл–корпус элемента», зависит от размеров, формы и материала теплопроводящего основания корпуса — базовой поверхности, свойств компаунда, крепящего кристалл к корпусу. Сопротивление  $R_{JC}$  — это технологический параметр, и для его снижения производители компонентов разрабатывают новые типы корпусов, новые материалы, оптимизируют размеры кристалла и способы крепления кристалла к корпусу. Например, для транзисторов фирмы International Rectifier в корпусе SuperTO-247 сопротивление  $R_{thJC} = 0,36$  °/Вт. Для транзисторов в корпусе TO-247, имеющем те же размеры,  $R_{thJC} = 0,64$  °/Вт.

### Тепловое сопротивление

Для достижения минимального значения  $R_{CS}$  необходимы следующие условия: Контактные поверхности модуля и теплоотвода должны быть максимально чистыми, плоскими и гладкими.

Контакт между модулем и теплоотводом должен быть заполнен теплопроводящим компаундом или пастой, которые вытесняют воздух и обеспечивают надежный и стабильный теплообмен. Обычно, для элемента посаженного на теплопроводную пасту, принимают  $R_{CS} = 1$  °/Вт.

## Тепловое сопротивление

Тепловое сопротивление  $R_{SA}$  «радиатор-окружающая среда» определяется большим числом факторов: площадью и конструкцией радиатора, скоростью обдува радиатора, расположением радиатора в пространстве, вязкостью среды, в которой находится радиатор и т.д.

Согласно уравнению теплового баланса запишем:

$$T_j = T_a + (R_{jc} + R_{cs} + R_{sa})P_{\Pi}$$

т.е. температура кристалла определяется суммарным тепловым сопротивлением, температурой окружающей среды и потерями возникающим на п/п элементе.

## Алгоритм теплового расчета (расчет радиатора)

### Допущения:

Полупроводниковый элемент установлен на чернёный алюминиевый радиатор, через термопасту.

Радиатор находится под обдувом со скоростью воздуха  $3 \div 5$  м/с.

1) Определяем суммарные потери в транзисторе, которые состоят из потерь проводимости  $P_{cond}$  и потерь на переключение  $P_{sw}$ .

$$P_s = P_{cond} + P_{sw}$$

2) Определяем необходимость установки элемента на радиатор.

$$T_j = T_a + R_{ja}P_{\Pi}$$

Температуру окр. среды  $T_a$  принимаем равной  $30 \div 35^{\circ}$  С

Тепловое сопротивление  $R_{ja}$  «кристалл-окр. среда» берем из справочных данных, если отсутствует принимаем равным  $40^{\circ}$ С/Вт

Полученное значение температуры кристалла  $T_j$  сравниваем со значением указанным в справочных данных (обычно максимальная температура кристалла  $150^{\circ}$ ), если оно превышает указанное значение – радиатор необходим.

3) Оцениваем требуемое тепловое сопротивление «радиатор - среда»

$$R_{sa} = \frac{T_j - T_a}{P_{\Pi}} - R_{jc} - R_{cs}$$

Температуру кристалла принимаем равной  $80^{\circ}\text{C}$ .

4) Определяем температуру радиатора

$$T_s = (T_j - P_{\Pi}(R_{jc} + R_{cs}))0,9$$

5) Определяем перегрев радиатора

$$\Delta T_s = T_s - T_a$$

6) Определяем площадь радиатора

$$S_p = \frac{P_{\Pi}}{\Delta T_s \alpha}, \quad \text{где } \alpha = 12 \div 14 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}}$$