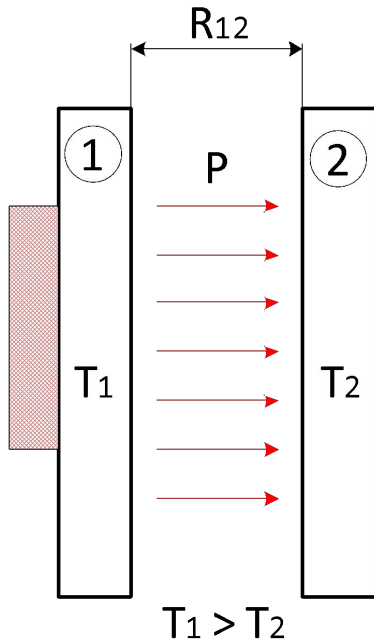


Тепловой расчёт

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

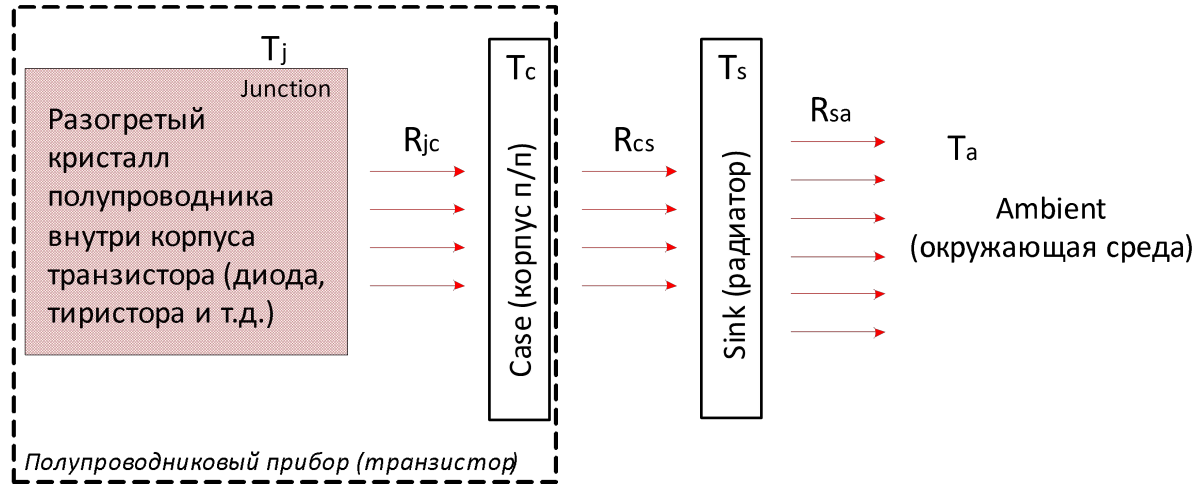
$$T_1 - T_2 = PR_{12}$$

Электротехническим аналогом этого уравнения выступает закон Ома

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

От точки с большим потенциалом φ_1 к точке с меньшим потенциалом φ_2 протекает ток I , преодолевая сопротивление R_{12} .

Тепловая модель полупроводникового прибора установленного на радиатор



T_j – температура кристалла;

T_c – температура корпуса;

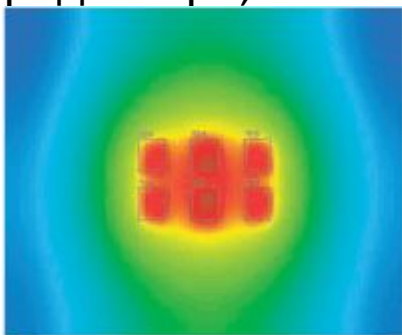
T_s – температура радиатора;

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

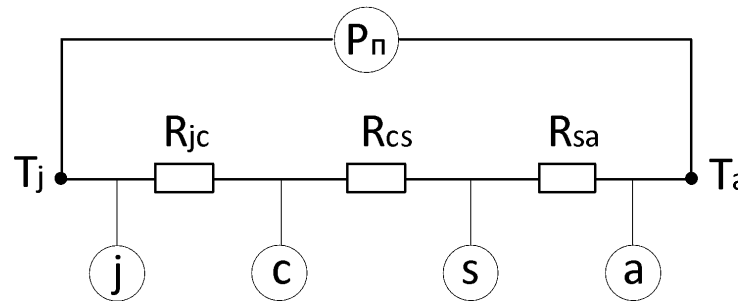
R_{cs} – тепловое сопротивление «корпус-радиатор»;

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

$P_{п}$ – 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° С/Вт

Полученное значение температуры кристалла T_j сравниваем со значением указанным в справочных данных (обычно максимальная температура кристалла 150°), 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 80⁰С.

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

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