如何正确理解热导率

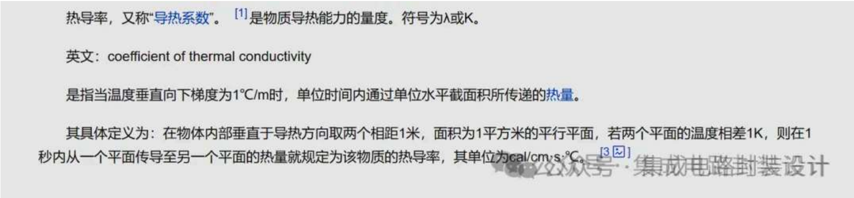
原创 Old_Hao 集成电路封装设计 2025年12月1日 23:24

其实这篇文章是很早之前写的，当时写出来是为了给自己做个备份，担心时间久了自问时又得重新去扒它。赶巧上一篇讲热阻，这篇热导率也就丢出来献献丑了！

转正文：

在我们封装工艺岗位，绝大多数人第一次接触散热相关知识，都是从热导率开始的。我们也都知道其本质是热导率越大，散热效果越好。关于热传导的问题在建立这个公众号之初就有详细介绍过，今天为什么把这个冷饭拿出来又炒一炒呢？因为近期在写体积电阻率的时候，对于其单位的理解挺费劲的，回头想想热导率也如出一辙，单位为W/(℃*m)，所以打算再拿出来扒一扒。

先看看百度百科这个晦涩难懂的解释：



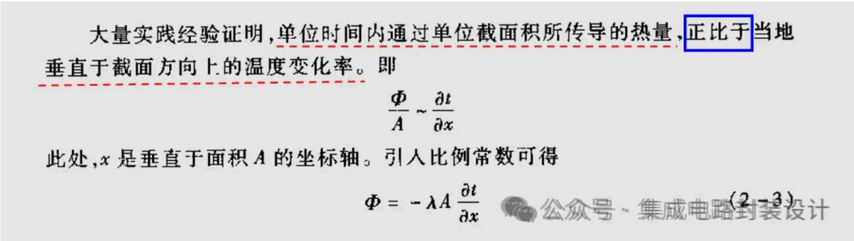
热导率，又称"导热系数"。[1]是物质导热能力的量度。符号为λ或K。

英文：coefficient of thermal conductivity

是指当温度垂直向下梯度为1℃/m时，单位时间内通过单位水平截面积所传递的热量。

其具体定义为：在物体内部垂直于导热方向取两个相距1米，面积为1平方米的平行平面，若两个平面的温度相差1K，则在1秒内从一个平面传导至另一个平面的热量就规定为该物质的热导率，其单位为cal/cm·s·℃。[3]

不知道你们看懂了没，反正这个描述我是看着挺糊涂的。相对而言《传热学》一书中的描述就人性化很多。



大量实践经验证明，单位时间内通过单位截面积所传导的热量，正比于当地垂直于截面方向上的温度变化率。即

$$\frac{\Phi}{A} \sim \frac{\partial t}{\partial x}$$

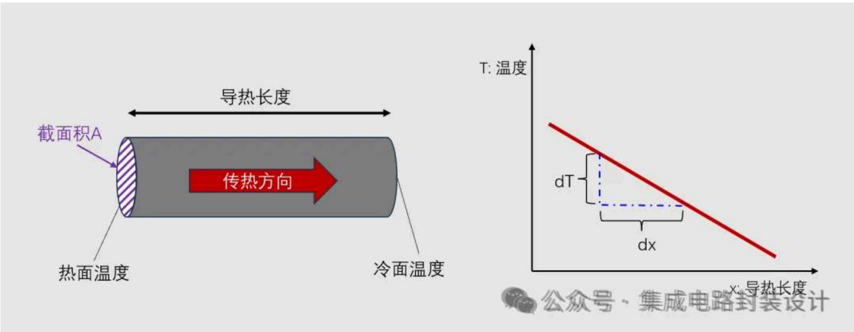
此处，x 是垂直于面积 A 的坐标轴。引入比例常数可得

$$\Phi = -\lambda A \frac{\partial t}{\partial x} \tag{2-3}$$

拆解下这句话。

1. 单位时间内通过单位截面积的热量：热量我们知道就是能量，单位是焦耳(J)，单位时间的能量，就是功率(W=J/s)，因此这句话就可以解读为通过单位截面积的功率，即Φ/A(文中将功率用Φ来表示，面积用A表示)；

2. 垂直于截面方向的温度变化率：



热量在截面积相等，材质均匀的介质中沿截面垂直方向传播时，其温度随着传播传播长度线性变化，此时垂直于截面方向的温度变化率，即为右图直线的斜率，即dT/dx(原文温度用的小写"t"，为了避免与时间混淆，改为我们常用的大写T)；

3. 上文1和2成正比关系，并引入了比例系数λ：

$$\frac{\Phi}{A} = -\lambda \cdot \frac{d_T}{d_x} \quad \Longrightarrow \quad \Phi = -\lambda \cdot A \cdot \frac{d_T}{d_x}$$

关于这个负号，个人理解是这样的：从上文可以看到，温度沿x方向走得越远，温度越低，因此dT是个负数，为了确保我们所引入的比例系数λ为正，因此等式中多加了一个负。而这个比例系数λ，就是我们的热导率。

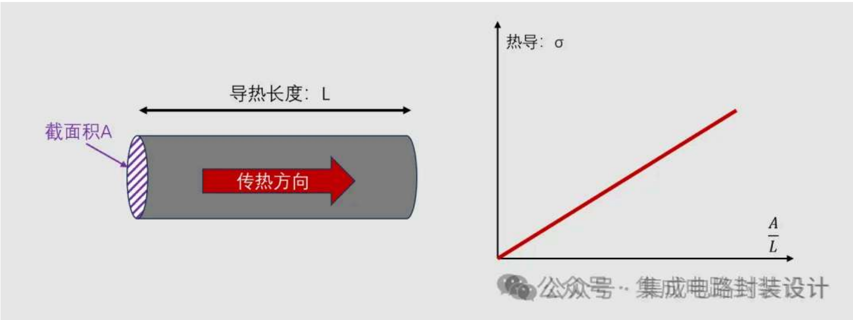
对等式进行变换，则可得到热导率的单位：

$$\lambda = -\frac{\Phi}{A} \cdot \frac{d_x}{d_T}$$

带入量纲并抵消负号：

$$\lambda = \frac{W}{m^2} \cdot \frac{m}{^\circ C} = \frac{W}{^\circ C \cdot m}$$

这是比较官方的理解，我个人更喜欢野路子的理解方式。野路子需要我们引入两个新的参量，分别是热阻(R)和热导(σ)。关于热阻我们大家都比较熟悉，表征材料阻碍热传导能力的参量，其单位是℃/W；而热导则是表征材料导热能力的参量，是热阻的倒数，单位便为W/℃；



野路子方面，我们就需要用到一些大家都了解的常识问题，即传热面积越大，散热越好；传热距离越大，散热越差；翻译过来就是，热导与传热面积成正比，与传热距离成反比：

$$\sigma \propto \frac{A}{L}$$

当热传导面积A=0时，材料的热导也就为0，因此该直线经过坐标轴0点。根据一元一次方程的通用关系式，过坐标0点的一元一次方程表达式为：Y=a*X；我们将热导σ和传热面积、长度比A/L带入式中，得到：

$$\sigma = a \cdot \frac{A}{L}$$

式中a为该直线的斜率，也就是我们讨论的热导率λ；用λ将a替换掉并进行等式变换：

$$\sigma = \lambda \cdot \frac{A}{L} \quad \Longrightarrow \quad \lambda = \sigma \cdot \frac{L}{A}$$

带入量纲：

$$\lambda = \frac{W}{^\circ C} \cdot \frac{m}{m^2} = \frac{W}{^\circ C \cdot m}$$

又因为热阻(R)和热导(σ)互为倒数，则可轻松根据热导率(λ)计算出传热面积不变的情况下均匀材料沿传热面垂直方向的热阻R：

$$R = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{L}{A}$$

作者提示: 个人观点，仅供参考