

---



# LED热学参数测试研究

浙江大学光电系  
鲍超

---



# 引言

LED器件的热学性能会直接影响到器件发光效率、强度、光谱特性、工作稳定性和使用寿命。因此对LED器件的热学参数进行分析研究，采用标准化的方法进行测量，同时开发商业化的测量设备，满足检测中心和企业需要；同时为满足仲裁测试、数据报告等组建公共测试平台，这些都是半导体照明工程中的一项关键性工作。



# 热阻基本概念

$$R_{JX} = \left[ \frac{T_J - T_X}{P_{JX}} \right]$$

$T_J$  : LED结温

$T_X$  : LED器件参考点温度

LED热学设计的目的在于预言LED芯片的结温，所谓结温是指LED芯片PN结的温度。

热阻定义为热流通道上的温度差与通道上耗散功率之比

# 结—管壳热阻

$J_C$

$$J_C = \frac{T_J}{P_H} - \frac{T_{Pfinal} - T_{Pinitial}}{P_H}$$

$P_H$  : 芯片耗散功率

$T_{Pinitial}$  : 热平衡初始管壳温度

$T_{Pfinal}$  : 热平衡初始管壳温度

- ❁ LED结到管壳之间形成的热阻。
- ❁ 要求一个无穷大热沉和管壳顶面相接触。
- ❁ 可以用内部嵌有热电偶的大块无氧铜替代。
- ❁ 记录热沉的温度变化，达到稳态时测试。

# 结 — 管壳热阻

$J_A$

- ❁ LED结到周围环境形成的热阻。
- ❁ 测试时，器件放入1立方英尺容器。
- ❁ 仅对自然对流冷却环境估算结温有用。

$$J_A = \frac{T_J}{P_H} - \frac{T_{Afinal} - T_{Ainitial}}{P_H}$$

$T_{Ainitial}$        $T_{Afinal}$

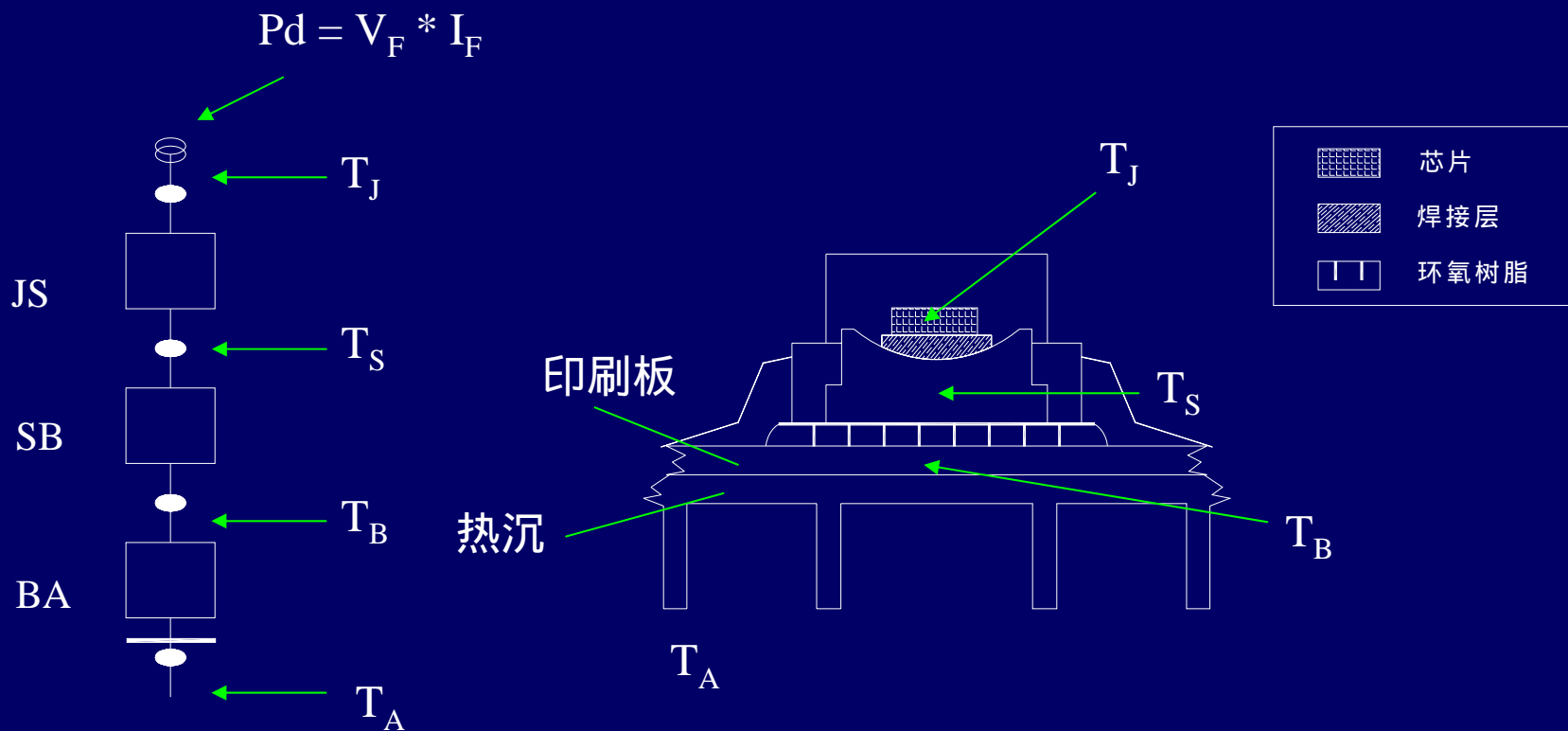
分别表示容器内一个限定位置的热平衡初始和最终温度。



# 流动空气环境热阻

- ✿ 固定在标准的热试验板上的芯片/管壳组合在流动空气环境形成的热阻。
- ✿ 管壳顶上加热沉。
- ✿ 可应用于计算在空气速度已知的强迫对流环境的结温。

# LED热学模型



LED PN结内产生的热量从芯片开始沿着下述热学通道传输：

PN结——反射腔——印刷板——空气（环境）



# LED热学模型

- 总热阻可以表示为从结—环境这一热路（thermal path）中各个单个热阻之和。

$$J_A = J_S + S_B + B_A$$

$J_S$

为芯片和芯片粘结剂到反射腔之间形成的热阻。

$S_B$

为反射腔，环氧树脂到印刷板间的热阻。

$B_A$

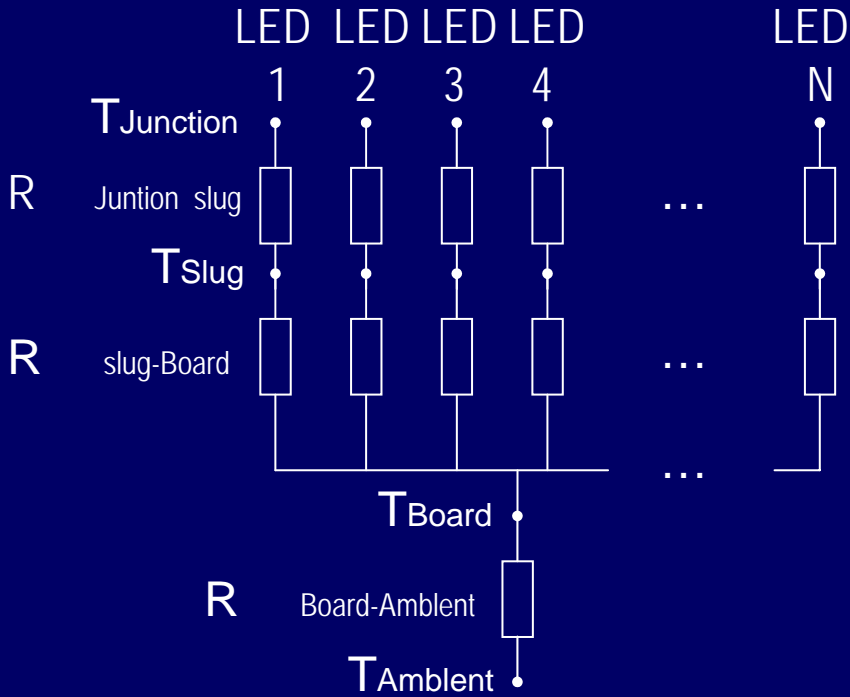
为印刷板和接触环境空气的热沉之间组合的热阻。

结温计算：

$$T_J = T_A + P_d \times J_A$$



# 多元LED热阻



多元LED产品的热阻可以采用并联热阻的模型来确定。

$$R_{J-B} = R_{J-S} + R_{J-B}$$

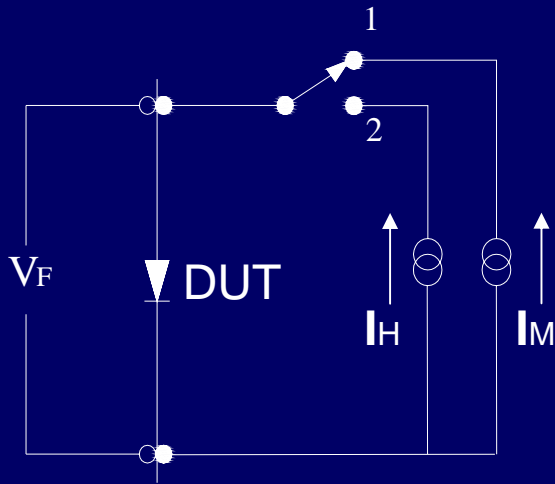
$$Total\_Array\_R_{J-B} = \frac{LED\_Emitter\_R_{J-B}}{N}$$

$$\frac{1}{Total\_Array\_R_{J-B}} = \frac{1}{LED(1)\_R_{J-B}} + \dots + \frac{1}{LED(N)\_R_{J-B}}$$

# LED结温测量的电试验法

在低正向电流时，PN结温升和正向电压增量成线性相关。

相关系数K即温度—电压敏感系数，  
单位： /mv



- 开关置1，加电流 $I_M$ ，测得正向电压 $V_{Fi}$ 。
- 开关置2，快速加上加热电流 $I_H$ ，测量正向电压 $V_H$
- 开关置1，快速加电流 $I_M$ ，测量正向电压 $V_{Ff}$ 。

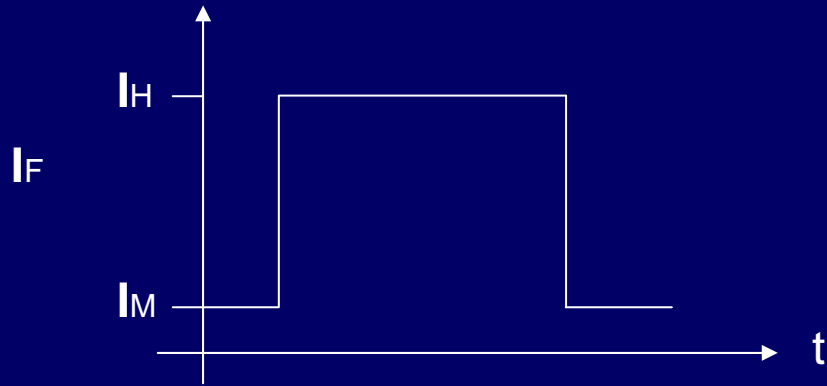
$$V_F = I \quad V_{Fi} - V_{Ff} \quad I$$

$$T_i = K \cdot V_F$$

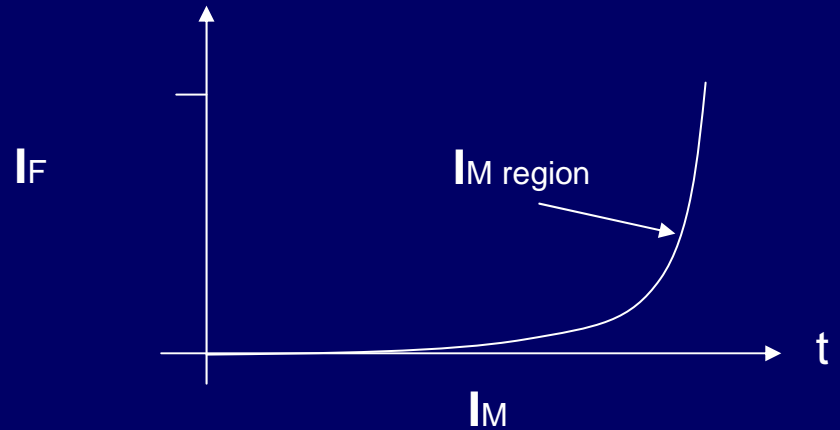
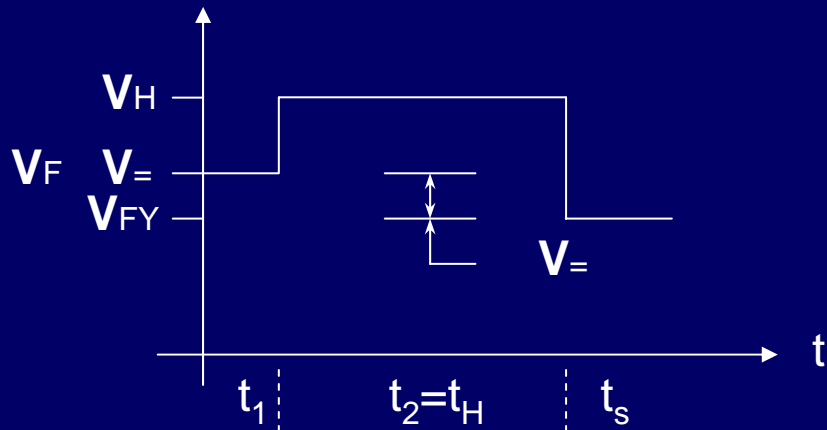
$$T_J = T_{Ji} + T_i$$

这里 $T_{Ji}$ 是测量开始前LED结温的初始温度

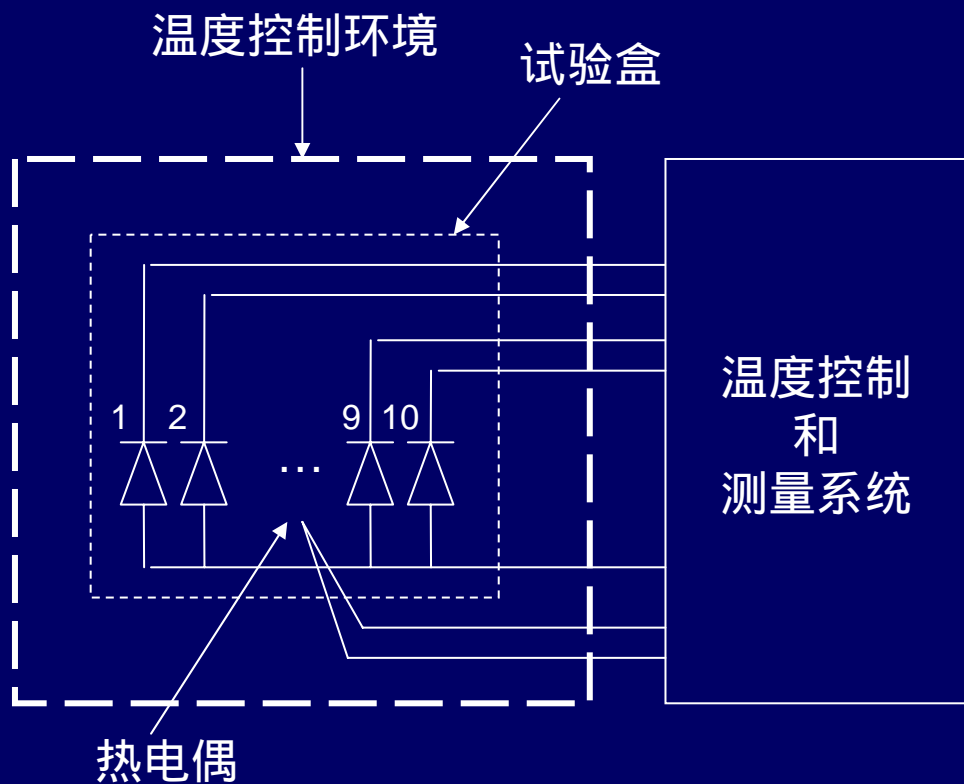
# LED结温测量的电流电压波形



$I_M$  选择至关重要。除取典型值0.1,1.0,5.0,10.0毫安外，可取伏安特性的击穿点。



# 测量较准方法



- 先使温度控制环境的初始温度稳定在接近室温的低温 ( $T_{low}$ ) 状态, 测量正向电压  $V_{low}$ .
- 使温度增加到高温 ( $T_{high}$ ), 稳定后测量  $V_{high}$  的数值。

$$K = \frac{T_{high} - T_{low}}{V_{low} - V_{high}}$$

# 热阻测量

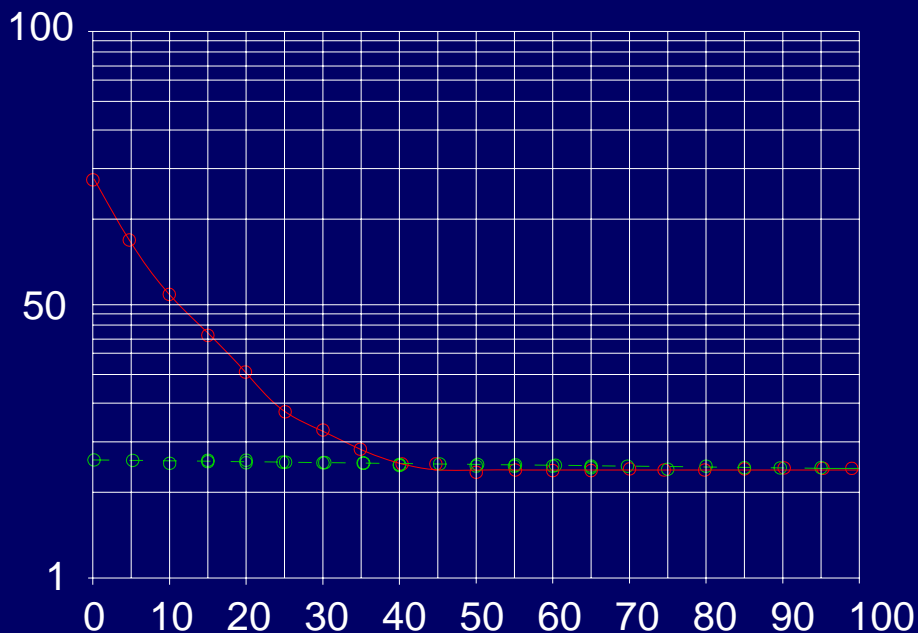
- 按照所施加的耗散功率和选择合适的加热时间，就可以按下述公式计算被测器件的热阻。

$$R_{JX} = \frac{T_J}{P_H} = \frac{T_{high} - T_{low}}{V_{low} - V_{high}}$$

- 测量LED热阻时，分为稳态热阻和瞬态热阻，稳态热阻确定了整个器件的热性能。测量瞬态热阻时采用加热脉冲宽度大于芯片而小于基板的热时间常数。加热脉冲宽度通常在1—几百ms。由于不同封装LED的热时间常数不同，因此选择合适加热脉冲宽度十分重要。

# 校准测量数据的冷却曲线

COOLING CURVE



被测器件撤除加热电流的瞬间，结温立即下降，但是电压测量和读数需要一定时间，因此所获得的测量数据有误差。通常要作出被测器件的冷却曲线从而对测量数据进行修正。

$$JX = \left[ \frac{K \times V_F}{I_H \times V_H} \right]$$

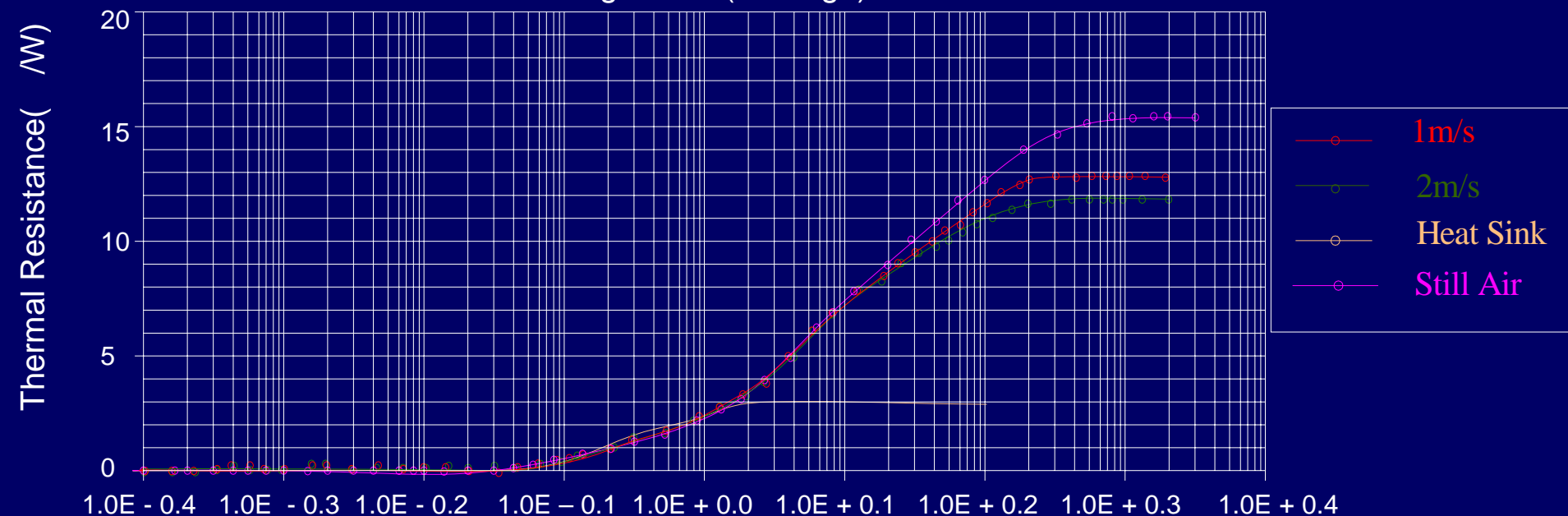
$$K = \left[ \frac{a}{b} \right] \times K$$

# 加热曲线

热流：结 → 芯片 → 封装底面 → 壳 → 环境  
产生的热 = 散去的热 → 平衡

加热曲线：  
器件在不同环境条件、  
施加确定的加热功率PM  
时，热阻和加热时间的  
关系曲线。

Heating Curve (Average)





# 结束语

- 以上主要讨论了稳态热阻测试的标准方法及有关问题。
- 半导体结与壳体或环境温度之间的稳态条件需数秒或数分钟才能达到。为提高效率，可以采用测量瞬态热阻抗的方法。
- 定义在某一给定时刻的热阻为瞬态热阻抗，瞬态热阻抗反映了传热体的热惯性在热量传递的瞬变过程中对热阻的改变。
- 对于各种LED器件而言，精确测量瞬态热阻抗值和如何估算半导体的最大温升，需要做许多研究，才能制定瞬态热阻抗测试标准。