

# 普通照明用 LED 模块热测量的分析与探讨

陈 鹏,刘光熙

(国家轻工业电光源材料质量监督检测中心,江苏 南京 210015)

[摘要] 介绍了 LED 模块热测试方法的现状,分析了国内相关标准中的热特性测量的要求及测量方法的原理和步骤.通过实验,找出了 LED 不同的工作特性与其光通输出的关系,结合 LED 模块热测试中的函数方程关系,对热特性测量步骤中可能出现的问题进行讨论,并提出改进,为准确测量 LED 模块的性能和保证检测的重现性提供了帮助.

[关键词] LED 模块,热测试方法,标准,热测量步骤

[中图分类号]TM923.07 [文献标志码]A [文章编号]1672-1292(2013)02-0018-04

## Analysis and Discussion on the General Lighting with LED Modules for Thermal Measure

Chen Peng, Liu Guangxi

(The National Light Industry Electronic Light Source Material Quality Surveillance Examining Center, Nanjing 210015, China)

**Abstract:** This article introduced the present situation of the LED module hot test method, and analyzed the requirements of thermal characteristics measurement in the relevant standards of China, the principles and the steps of the measuring techniques. By means of the experiments, test, the relationship between the different LED working characteristics and its luminous flux outputs is found out, and combining with the functional equation relations in the LED module hot test, the problems possibly appearing in the steps of thermal characteristics measurement are discussed, and their corresponding improvements are proposed which offers a help for the accurate survey of LED module performance and the guarantee of examination reproducibility.

**Key words:** LED modules, hot test method, standard, hot measurement step

在测试一个普通照明用 LED 模块(不带整体式控制装置的 LED 模块简称为“LED 模块”<sup>[1]</sup>)时,在确定的环境温度和没有散热器的情况下,当热阻较小时,光通量几乎与正向电流成正比增加;当热阻较大时,由于 PN 结温度不断上升,光通量将趋于饱和,随后逐渐下降.因此在测试 LED 模块性能时,要保证检测数据的准确性和重现性,需监测 LED 模块工作的热阻.

## 1 LED 模块热测试方法的现状及国内相关标准要求

### 1.1 LED 模块热测试方法的现状

对于 LED 模块来说,结温( $T_j$ )和热阻是两个关键的热参数. LED 结温是指 PN 结区的温度(通常被理解成 LED 芯片的温度),热阻是指沿热流通道上的温度差与通道上耗散的功率之比,且热阻过大会直接导致 LED 结温上升. 由于不同结构和粘结工艺的器件热阻存在明显差别,因此确定热阻首先要测量 LED 的结温. 基于 LED 的结构特征,其发热层通常位于内部 nm 量级的量子阱有源区,工作温度难以直接测量,因此目前大都采用间接的方法对结温进行测量或计算<sup>[2]</sup>,如热敏电阻法、红外热成像法、峰值波长移动法、电学参数法—正向电压法.

热敏电阻法需要改变 LED 自身的封装结构,增加了 LED 封装的生产成本和 LED 整体的热阻. 红外热

收稿日期:2012-12-25.  
通讯联系人:陈鹏,工程师,研究方向:光源及发光材料. E-mail:CoLin158@163.com

成像法无法测试已封装的 LED 结温,且受测试环境、测试距离等因素的影响,测试误差比较大. 峰值波长移动法则是由于不同的 LED 材料随温度变化,峰值波长的变化很复杂,因此在实际应用中有其局限性. 正向电压法是在电学参数法中拓展出来,它是基于 LED 的正向压降  $V_f$  与结温之间良好的线性关系( $K$  系数),在获取  $K$  系数后,以 LED 电压的变化来得到 LED 的热阻,然后推算出结温. 该方法的测试理论和方法相对成熟,是目前最通用的评估 LED 结温的测试方法.

1.2 国内相关标准的要求

目前国内对 LED 模块性能的检测方法,执行的国家标准有:GB/T24824—2009《普通照明用 LED 模块测试方法》,行业标准有:SJ/T11394—2009《半导体发光二极管测试方法》和 QB/T4057—2010《普通照明用发光二极管性能要求》.

GB/T24824 标准要求:被测 LED 模块在试验或测量时应工作在热平衡状态下,在监视环境温度的同时,最好能监视 LED 模块自身的工作温度,以保证试验的可复现性. 如可能监测 LED 模块的结电压,则应首选监测结电压. 否则,应监测 LED 模块指定温度测量点的温度. QB/T4057 标准也是要求通过监测 LED 模块的结电压来监测 LED 自身的工作温度. 从上述表述中可以看出这两份标准中关于热测试的规定都是基于正向电压法,通过监测结电压来得到 LED 的热阻. 但是,两份标准中都没有规定具体的测量方法、原理、步骤及相关条件.

在 SJ/T11394 标准第 5.6 项中,对此做了要求. 测量原理如图 1 所示.

测量步骤以 5 个函数方程式为主线,如表 1 所示,分别测量出未知数,推算出 LED 工作热阻.

表 1 SJ/T11394 标准在热测试中规定的函数方程式

Table 1 SJ/T11394 standard in thermal test specified in the function equation

函数方程式				
1	2	3	4	5
$\Delta V_F =  V_{Fi} - V_{Ff} $	$\Delta T_j = K \times \Delta V_F$	$T_j = T_{ji} + \Delta T_j$	$K =  (T_{high} - T_{low}) / (V_{low} - V_{high}) $	$R = \Delta T_j / P_H$

2 实验部分

2.1 实验要求

按照 SJ/T11394 标准中的测量原理、步骤及相关条件的要求.

2.2 仪器及样品

经过计量的直流稳流稳压源、控温积分球、光谱测试系统、智能电量测量仪以及商用大功率 LED 模块.

3 结果与讨论

3.1 LED 不同的工作特性与其光通输出的关系

参照 GB/T24824 的标准要求,首选的测试 LED 模块性能的检测方法是光通输出与其热阻应该同时进行,因此首先找出了 LED 不同的工作特性与其光通输出之间的相互关系如图 2 所示,由图可知,光通输出受正向电流、正向电压和结温的影响.

在测试过程中,当 LED 在额定电流下被点亮并达到热平衡后,随着工作温度的升高,光通输出与正

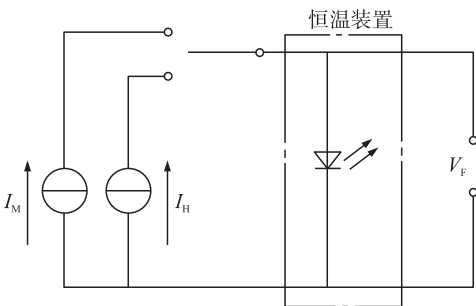


图 1 LED 结温测量原理图

Fig. 1 LED junction temperature measurement principle diagram

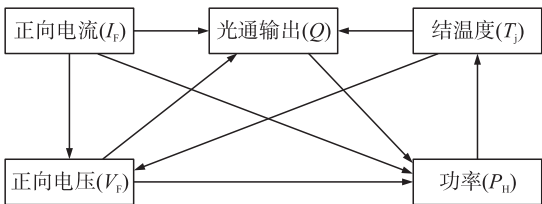


图 2 LED 不同的工作特性与其光通输出的关系  
Fig. 2 LED different job characteristics and its light on the relationship between the output

向电压逐渐下降,如图 3 所示.

这使得同一个样品在做重复测试时,测试数据无法复现. 对此,首先选择对 LED 模块样品在测试前先做结温下的老炼试验(但老炼时间不能过长,否则热测量的数据会出现明显偏差),在此试验后,正向电压在重复操作中的变化明显趋于一致,由图 4 可见,在结温以下的温度区间,正向电压随时间的变化基本与图 4 一致,且在 10 s 后正向电压可达到稳定状态.

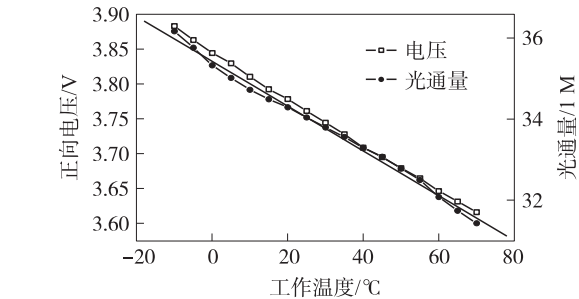


图 3 LED 正向电压、工作温度及光通输出的关系

Fig. 3 LED forward voltage, working temperature and light on the relationship between the output

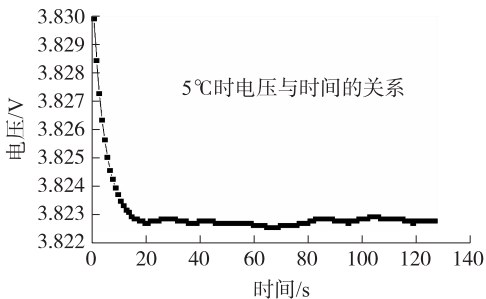


图 4 固定温度下正向电压与时间的关系

Fig. 4 Under fixed temperature forward voltage and time relations

3.2 结温的测量

按照 SJ/T11394 标准第 5.6.1.3 项的要求,基于结温测量的电流电压波形图如图 5 所示,在测试电流  $I_M$  向加热电流  $I_H$  转换的过程中,结温在成比例的增加. 考虑到:参照 GB/T24824 的标准要求,测量 LED 模块的光通输出是在其热平衡状态下,检测 LED 初始光色性能,应使用正常的工作电流应用在冷却的 LED 模块上. 因此,应在电流  $I_M$  快速替代  $I_H$  过程中(LED 是关闭状态),迅速冷却 LED 模块至测量环境温度(如 25 °C),冷却方法可以通过散热器或控温装置,这样测试出来的光色数据才能更准确地反映出 LED 模块在实际应用中的表现.

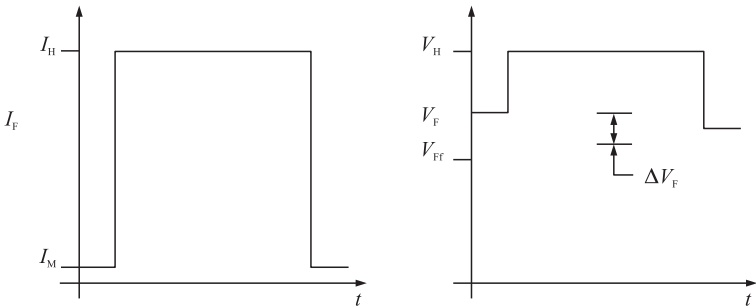


图 5 LED 结温测量的电流电压波形图

Fig. 5 LED junction temperature measurement of current and voltage waveform diagram

3.3 K 系数测量

按照 SJ/T11394 标准第 5.6.2 项的要求,K 系数是温度/电压(参照表 1 中函数式 4),并且是  $V_F-T_j$  直线斜率的倒数. 由于正向电压法的原理(在整个测量过程中 LED 既是被测对象也是温度传感器), $V_F$  与  $T_j$  之间的关系就可认为是 LED 作为温度传感器时,其正向电压与结温的关系. 若设此关系(也就是  $V_F-T_j$  的直线斜率)为  $S_F$ ,在测试过程中,由于初始的正向电压( $V_{Fi}$ )、在测量电流( $I_M$ )到加热电流( $I_H$ )的转换下的正向电压( $V_H$ )、最终的结电压( $V_{Ff}$ ),三者是不同的,因此在切换正向电流后,LED 最终的结电压应可表示为:

$$V_{Ff} = V_{Fi} + S_F \times \Delta T_j,$$

(1)

且 K 系数与  $S_F$  互为倒数. 从式(1)中可以看出,K 系数是结温与正向电压之间的关系,由于正向电压可能会出现的变化,K 系数的校准程序需重复多次.

在测试中发现,每个 LED 模块都需要单独校准,以获得其自身的 K 系数. 对于是在结温度下测试 LED 模块性能,本文提出应规定具体工作温度下的光色参数指标,如:55 °C、85 °C.

3.4 热阻测量

按照 SJ/T11394 标准第 5.6.3 项的要求,参照表 1 中函数方程式 5,在测试过程中,函数方程式 5 中标

准将功率  $P_H$  作为一个常数,而在实际操作中,两个加热电流的交替,使得 LED 模块样品在功率上是有变化的,如图 6 所示.

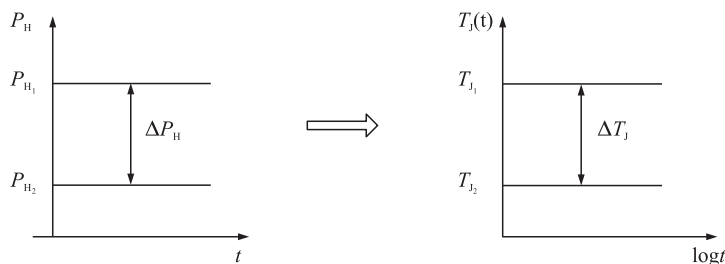


图 6 LED 热测试中功率变化与结温变化的关系

Fig. 6 LED heat test power change and junction temperature change relationship

为了避免功率上出现损耗,本文选择在 3.2 中提到的冷却方法,在冷却的模式下,功率上误差的变化小到可以被忽略,在函数式中就确保功率在转换后成为理论上要求的一个常数. 为了保证测试的准确性和可复现性,在测试过程中,热阻变化范围应在  $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## 4 结论

由于普通照明用 LED 模块性能受其工作温度的影响很大,国内对其热测试的方法也很多. 本文首先分析了各类热测试方法和国内相关标准,按照标准中规定的方法、原理及步骤对商用 LED 模块的热学特性(结温、 $K$  系数、热阻)做了测试. 在测试中,首先找出 LED 模块不同工作特性与光通输出的关系,据此对测量过程中可能出现的问题,如:对样品的预处理、稳定正向电压、结温测量、 $K$  系数的特点与校准、热阻测量等提出解决方案,并对测试过程中相关条件的变化提出了要求,为准确的测量 LED 模块的性能和保证检测的重现性提供了帮助.

## [参考文献](References)

- [1] 潘建根,李倩,伍德辉,等. GB/T24824-2009,普通照明用 LED 模块的测试方法[S]. 北京:中国标准出版社,2010.  
Pan Jiange, Li Qian, Wu Dehui, et al. GB/T24824-2009, Measurement methods of LED modules for general lighting[S]. Beijing: China Standards Press, 2010. (in Chinese)
- [2] 费翔,钱可元,罗毅. 大功率 LED 结温测量及发光特性研究[J]. 光电子-激光,2008(3):289-292.  
Fei Xiang, Qian Keyuan, Luo Yi. Junction temperature measurement and luminous properties research of high-power LED[J]. Journal of Optoelectronics Laser, 2008(3):289-292. (in Chinese)
- [3] 鲍超. SJ/T11394-2009,半导体发光二极管测试方法[S]. 北京:中国电子技术标准化研究所,2010.  
Bao Chao. SJ/T11394-2009, Measure methods of semiconductor light emitting diodes[S]. Beijing: China Electronics Technology Standardization Research Institute, 2010. (in Chinese)
- [4] 潘建根,李倩,李明远,等. QB/T4057-2010,普通照明用发光二极管性能要求[S]. 北京:中国轻工业出版社,2010.  
Pan Jiange, Li Qian, Li Mingyuan, et al. QB/T4057-2010, LEDs for general lighting-performance requirements[S]. Beijing: China Light Industry Press, 2010. (in Chinese)
- [5] Tomas D, Paolo T, Lukas V, et al. Comparison of constant and temperature dependent blood perfusion in temperature prediction for superficial hyperthermia[J]. Radio Engineering, 2010, 19(2):281-289.
- [6] 李鹏. LED 灯具的热分析与散热设计[J]. 中国照明电器,2008(12):17-19.  
Li Peng. Thermal analysis and cooling arrangement design for LED luminaire[J]. China Light and Lighting, 2008(12):17-19. (in Chinese)
- [7] 鲁祥友,华泽钊,刘美静,等. 基于热管散热的大功率 LED 热特性测量与分析[J]. 光电子-激光,2009(1):5-8.  
Lu Xiangyou, Hua Zechao, Liu Meijing, et al. Measurement and analysis on thermal characteristics of high power LED based on heat pipe[J]. Journal of Optoelectronics Laser, 2009(1):5-8. (in Chinese)

[责任编辑:刘 健]