文章编号:1673-9981(2014)04-0245-00

热效应对白光 LED 光电参数的影响*

许毅钦,李炳乾,赵 维,张 康,王君君,张志清,刘宁炀,苏海常

广东省工业技术研究院(广州有色金属研究院),广东 广州 510650

摘 要:分别采用 20 ms 快速脉冲测量和 20 s 持续直流测量的方法,对白光 LED 的光电参数进行测量, 研究热效应对白光 LED 的发光光谱、光通量、色温、荧光粉能量转换效率、光色变化等参数的影响.研究 结果表明,随着电流的增加,通过 20 s 持续直流后的白光 LED 的光通量增速变慢,荧光粉能量转换效率 降低,光色变化大.

关键词 :白光 LED ;热效应 ;光电参数

中图分类号:TN312.8 文献标识码:A

发光二极管(Light Emitting Diode, LED)作为 一种新型的半导体发光器件,以其光效高、寿命长、 结构牢固及节能环保等优点,已经在照明和指示场 所中得到了广泛地应用,而且还被誉为第四代照明 光源^[1-3].但是随着 LED 器件及灯具功率的不断增 大,LED 的发热问题也愈加严重,成为了阻碍 LED 发展的技术瓶颈之一.

LED 作为新型的半导体光源,其性能与温度有着密切的联系.芯片温度上升会导致器件性能的变化和衰减,甚至失效.从根本上讲,温度上升降低了PN 结发光复合的几率,导致发光亮度下降、LED 的发光光谱偏移及色温变化.目前,主要是从 LED 的发光光谱偏移及色温变化.目前,主要是从 LED 的现实使用中了解到热对 LED 的影响,并未见热效应对 LED 光电参数的影响及其物理机制方面的文献报道.本文通过实验,深入分析热效应给白光 LED 带来的一系列参数的变化及相应的物理机制.

1 实验部分

将同波长的蓝光 LED 芯片固定在 LED 支架

收稿日期:2014-03-13

上,然后在芯片上面点涂黄色荧光粉胶,结构如图 1 所示.本实验制作了两种样品,分别为样品 A 和样 品 B,两种样品均采用相同的芯片、荧光粉和硅胶, 样品 A 的荧光粉胶的量较少,样品 B 的荧光粉胶的 量较多.为提高实验数据的准确性,每种样品各制作 10个,分析时取 10个数据的平均值.实验采用 HASS-2000型光谱仪器进行测量,测量方式有两 种,分别为 20 ms 快速脉冲测量(以下称脉冲测量) 和 20 s 持续直流测量(以下称直流测量),电流变化 范围为 50~1000 mA,测量时的外界温度为 25℃.



Fig.1 packaging structure diagrams

^{*} 基金项目:国家自然科学基金(11304048);广东省战略性新兴产业LED 专项(2012A080302002,2010A081001001);广州市应用基础研 究专项(2013J4100014)

作者简介:许毅钦(1985-),男,广东揭阳人,研究生,工程师.

2 结果与分析

样品 A 和样品 B 在 350 mA 电流下的发光光 谱如图 2 所示 . 从图 2 可以看出 , 样品 A 的蓝光部 分较多 , 而样品 B 的黄光部分较多 . 这是因为样品 B 的荧光粉量比样品 A 的多 , 因此更多的蓝光被吸 收 , 而产生更多的黄光 .

样品 A 和样本 B 的光通量及光效随电流增加 的变化情况如图 3 和图 4 所示 .从图 3 可以看出,随 着电流增加,脉冲测量方式下样品 A 和样品 B 的光 通量增速比直流测量下的快 .这是因为直流测量方 式采用持续 20 s 的工作电流,LED 芯片发热大,降 低了 LED 的发光效率.当电流增大到 1000 mA 时, 样品 A 在直流模式下测量的光通量比在脉冲模式 下测量的光通量下降了 18.5%, 样本 B 的光通量下降了 23.9%.



图2 在 350 mA 电流下样品 A 和 B 的发光光谱

Fig.2 The luminescence spectrum of sample A and sample B under current of 350 mA



图 3 样品 A 和 B 的元迪重随电流的变化 (a)样品 A;(b)样品 B

Fig.3 The luminous fluxes of sample A and sample B with the increasing current
(a) sample A;(b) sample B

从图 4 可看到,两样品的光效均随电流的增大 而减小,在直流测量方式下的光效减小更快.直流测 量方式下,当电流从 50 mA 增加至 1000 mA 时,样 品 A 的光效下降了 63.71%,样品 B 的光效下降了 62.98%;在脉冲测量方式下,样品 A 的光效下降了 56.97%,样品 B 的光效下降了 57.21%.由此可以 看出,脉冲测量下,两种样品的光效下降均比直流测 试下的光效下降小.

图 5 为实验所用的蓝光 LED 芯片在不同电流 下峰值波长变化情况.由图 5 可以看出,脉冲下测量 的蓝光芯片的峰值波长随着电流的增加持续降低, 而直流下测量的蓝光芯片的峰值波长随着电流的增 加,呈现先减少后增加的趋势.

246





图 4 样品 A 和 B 的光效随电流的变化 (a)样品 A;(b)样品 B

Fig.4 The luminous efficiency of sample A and sample B with the increasing current (a) sample A ;(b) sample B







这是由于载流子在导带(或价带)的弛豫时间比 载流子寿命短,因此随着注入电流增大,多量子阱区 的自由载流子增加,产生了与极化电场相反方向的 电场,屏蔽了部分内建电场,削弱了斯塔克效应^[4], 使量子阱中基态能升高,相当于 InGaN 的禁带宽度 增大,从而使 LED 峰值波长向短波方向移动^[5].同 时,PN 结温度对蓝光 LED 芯片的峰值波长也有影 响,PN 结温度升高会引起 LED 芯片的带隙收缩^[6]. 随着 PN 结温度的升高,电子在晶体中的公有化运 动加快,能级分裂严重,使得禁带宽度 E_s变小,因此 峰值波长发生红移.

主波长随温度的变化关系可以用下式表示^[7]: $\lambda_1(T_2) = \lambda_1(T_1) + \Delta T_1 \times 0.2.$ 式中 $\lambda_1(T_1)$ 为结温 T_1 时的主波长, $\lambda_1(T_2)$ 为结温为 T_2 时的主波长, ΔT_1 为结温的变化.该经验公式表明,结温每升高 10 °C, 主波长向长波长移动约 2 nm.

由于脉冲测量下电流注入时间仅为 20 ms,可 以忽略 LED 结温的变化,蓝光 LED 芯片的波长变 化主要跟注入电流的大小有关,因此随着电流注入 的增加,蓝光 LED 的峰值波长发生蓝移.直流测量 下,当注入电流小于 600 mA 时,芯片发热较少,芯 片的峰值波长随注入电流的增大发生蓝移;当电流 大于 600 mA 时,蓝光芯片发热严重,热效应成为峰 值波长变化的主要影响因素,蓝光芯片的发光波长 发生红移.因此,直流测量下随着电流增加,蓝光芯 片的峰值波长先蓝移再红移.

图 6 为在不同波长激发下实验所用的 YAG:Ce³⁺荧光粉的光致发光强度曲线.从图 6 可 以看到,该荧光粉的最优匹配激发波长为 463 nm, 当蓝光 LED 的峰值波长偏离至 463 nm 时,荧光粉 的转换效率降低.







图 7 为样品 A 和样品 B 光谱中蓝光和黄光的 最高绝对峰值的比值随电流增加的变化情况.从图 7 可以看出,脉冲测量下样品 A 光谱中蓝光与黄光 的最高绝对峰值比值随电流增加变化不大,样品 B 光谱中蓝光与黄光的最高绝对峰值比值随电流增加 而增加.这是因为脉冲测量下可以忽略热对 LED 的 影响,随着电流增加,蓝光 LED 的峰值波长持续蓝 移,LED 的峰值波长和荧光粉的激发波长主峰失配 加剧,荧光粉的转换效率降低.因此,蓝光照射荧光 粉蓝光转化成黄光部分的比值相应减少.同时随着 电流增加,蓝光 LED 芯片的发光效率会相应减少, 因此样品 A 光谱中蓝光与黄光的最高绝对峰值比 值随电流增加变化不大,而样品 B 中荧光粉量比样 品 A 的大,荧光粉转换效率下降引起的黄光减弱效 果更加明显.因此,样品 B 光谱中蓝光与黄光的最 高绝对峰值比值增加.



图 7 样品 A 和 B 光谱中蓝光与黄光的最高绝对峰值的比值随电流的变化 (a)样品 A;(b)样品 B

Fig.7 The variation of the samples absolute wavelength peak ratio of blue light and yellow light with the increasing current (a) sample A ; (b) sample B

直流测量下,样品 A 和样品 B 光谱中蓝光与黄 光的最高绝对峰值比值均随着电流的增加而减少, 表明样品 A 和样品 B 在直流测量下,其光谱的黄光 比例随着电流增加而增加.这是因为直流测量下,蓝 光 LED 的峰值波长随着电流的增加先蓝移再红移, 引起了与荧光粉激发主峰的失配.同时直流测量方 式使 LED 芯片 PN 结的温度及荧光粉温度升高,降 低了蓝光 LED 芯片的出光效率及荧光粉的转换效 率,样品 A 和样品 B 的蓝光与黄光的最高绝对峰值 比值均随着电流增加而减少.由此可见,荧光粉转换 效率的降低幅度比蓝光 LED 芯片出光效率降低 的小.

图 8 为样品 A 和样本 B 的色温随电流增加的 变化情况.由图 8 可以看出,随着电流增加,样本 A 和样品 B 的色温均随电流增加而增加,直流测量下 的样品色温增速更快.





(a)样品 A;(b)样品 B

Fig. 8 The variation of color temperature of sample A and sample B with the increasing current (a) sample A;(b) sample B

3 结 论

随着电流的增加,白光 LED 的色温增加幅度变 大、光通量减少、荧光粉转换效率下降及光谱发生漂 移现象.结果表明,LED 散热效果的好坏是影响白 光 LED 光品质及稳定性的关键因素之一.

参考文献:

- [1] LIU Muqing ,RONG Bifeng ,SALEMINK H W M .Evaluation of LED application in general lighting [J].Optical Engineering ,2007 ,46(7):74002.
- [2] YU Guiying ,ZHU Xuping ,HU Shuhong ,et al .Thermal simulation and optimization design on a high-power LED spot lamp[J].Optoelectronics Letters ,2011,7(2):1170121.
- [3] SCHUBERT E F,KIM J K.Solid-state light sources get-

ting smart[J].Science,2005,308:1274.

- [4] LEROUX M,GRANDJEAN N,LAUGT M, et al.Quantum confined stark effect due to built-in internal polarization fields in (AlGaN)/GaN quantum wells[J].Physical Review B,1998,58(20):13371-13374.
- [5] TRAETTA G, CARLO A D, REALE A, et al. Charge storage and sereening of the internal field in GaN /Al-GaN quantum wells[J].J Crystal Growth, 2001, 230(3): 492-496.
- [6] 林巧明,郭霞,顾晓玲,等.GaN 基蓝光发光二极管峰值 波长偏移的研究[J].半导体光电,2007,28 (3): 338-341.
- [7] MUKAIT, YAMADA M, NAKAMURA S. Current and temperature dependences of electroluminescence of In-GaN-based UV/blue/green light-emitting diodes[J].Jpn J Appl Phys, 1998, 37 (11B): L1358-L1361.

Influence of thermal effect on white LED photoelectric properties

XU Yiqin, LI Bingqian, ZHAO Wei, ZHANG Kang, WANG Junjun, ZHANG Zhiqing, LIU Ningyang, SU Haichang Guangdong General Research Institute for Industrial Technology (Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals), Guangzhou 510650, China **Abstract**: We analyzes the thermal effect on white LED by 20 milliseconds single pulse power supply and 20 seconds direct current (DC) power supply. The emission spectra, light output power, color temperature, phosphor energy conversion efficiency, light-color changed and so on was analyzed. The results show that the luminous flux increased slowly after lighting 20 seconds, the temperature color changed greatly, the phosphor conversion efficiency reduced and LED light-color changed a lot with the further increasing of injection current.

Key words: white LED; thermal effect; photoelectric parameters

(上接第 220 页)

Treatment status of waste water from rare earth deposition with oxalic acid

ZHU Wei ,LIU Zhiqiang ,GUO Qiusong ,LI Wei ,CAO Hongyang ,CHEN Huaijie

Guangdong General Research Institute for Industrial Technology (Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals), Guangdong Province Key Laboratory of Rare Earth Development and Application, Guangzhou 510650, China

Abstract: The paper described the source, components, and treatment status of waste water from rare earth with oxalic acid deposition in the process of rare earth production. With the current various treatment methods summarized, it covers suggestions on treatment of waste water from rare earth with oxalic acid deposition.

Key words : rare earth ; oxalic acid ; waste water