

文章编号 :1006-6268(2012)04-0029-05

基于 Spectro320e 光谱仪的白光 LED 荧光粉性能测试

陈国龙,薛浩,张纪红,吕毅军,朱丽虹,陈忠

(厦门大学电子科学系,福建省半导体照明工程技术研究中心,福建厦门 361005)

摘要:我国 LED 产业发展非常迅速,稀土铝石榴石(YAG)系列荧光粉广泛应用于白光 LED。德国 Instrument Systems 公司的 Spectro320e 光谱仪适合光谱的精确测量,文章结合 Spectro320e 和远方公司的 PE-5 荧光粉激发装置,实现蓝光激发下黄色 YAG 荧光粉的色品坐标、相对亮度、量子效率等参数精确的测试,研究了仪器在不同的测试条件如暗电流、光电倍增管、密度滤光片等设置的不同,对测试结果的影响,并给出利用本装置测试荧光粉时应该注意的事项。

关键词: 荧光粉;暗电流;光电倍增管;密度滤光片

中图分类号:TN29

文献标识码:A

White LED Phosphor Performance Tested by Spectro320e Spectrometer

CHEN Guo-long, XUE Hao, ZHANG Ji-hong, LV Yi-jun, ZHU Li-hong, CHEN Zhong
(Department of Electronic Science, Fujian Engineering Research Center for Solid-state Lighting, Xiamen University, Xiamen Fujian 361005, China)

Abstract: LED industry in china develops rapidly. Yttrium aluminum garnet (YAG) phosphors are widely applied in white LEDs. The Instrument Systems company's Spectro320e spectrometer is suitable for accurate measurement of the spectrum. It is combined in this paper with the Everfine company's PE-5 phosphor excitation device to achieve the accurate testing of yellow YAG phosphors excited by blue light, such as chromaticity coordinates, relative brightness and quantum efficiency. We also studied the influence of different testing conditions on the results, such as dark current, PMT and density filter. The cautions are provided here when using the Spectro320e spectrometer.

Keywords: phosphor; dark current; PMT; density filter

引言

传统光谱仪主要是由步进马达和位于步进马

达与衍射光栅中间的正弦量规驱动装置组成,主要存在的问题是:正弦量规要求机械高精度,从而增加光栅转动的复杂性以及降低光栅转动的速率;机

械后座力导致波长偏移和滞后,温度波动以及机械振动引起波长非线性变化;在某些情况下,利用步进马达将光栅移动到非扫描点位置,导致测试结果发生偏差。

德国 Instrument Systems 公司的 Spectro320e 扫描式光谱辐射分析仪通过 DC 马达,以恒定速度旋转衍射光栅。取消正弦量规装置,降低系统复杂性,通过软件控制实现数据正弦内插。采用这种方法可以大大提高光谱扫描速度。高精度角度编码器(angle encoder)安装于光栅转台,以便在转动过程中实时采集数据。因为没有机械后座力作用于光栅和角度编码器,可以保证高精度、稳定波长的采集。通过有效的光学设计、制冷光电倍增管以及扫描过程中不间断的采集数据,可以保证系统高灵敏性。该仪器配有光电倍增管探测器和 InGaAs 探测器,光谱测试范围为 190~1,700nm,能够覆盖紫外光、可见光和红外光 LED 的光谱范围,可以自动切换光栅和入光口径大小,自动选择适当的光栅分辨率进行测量。Spectro320e 光谱仪特别适合光谱的精确测量,特别低的杂散光和记录光谱时信号增益动态调节保证了高的信号动态范围和测量精度^[1]。

荧光材料和自发光体的不同处在于:它只能在其它光源照射下才有光发射。它和一般物体的区别是:不仅能反射或透射一部分照射光的光谱成分,而且在照明光的激发下,还能发射一定成分的光谱,而这些发射光的波长在照明光束中可能是不存在的。所以荧光材料的颜色决定于它的出射光谱,即反射和发射光谱的总和,在这两部分中,发射光谱往往起主要作用^[2]。

白光 LED 灯用稀土黄色荧光粉试验方法(GB/T 23595.1~6-2009)规定采用 440~480nm 蓝光激发。白光 LED 灯用稀土黄色荧光粉的性能指标有光谱性能、色品坐标、相对亮度、热稳定性、PH 值和电导率。样品荧光粉的亮度和同牌号标准样品的亮度之比称为相对亮度。灯用荧光粉一般用相对亮度来评价荧光粉的发光效率的高低,但这种方法需要标准荧光粉作参考,而标准荧光粉的制备、存储及稳定性都有很高的要求。而且相对亮度只是比较两种色温、光谱功率分布相近的荧光粉才有意义,当两种荧光粉的色温明显不同时,相对亮度还不能真正反应荧光粉的发光性能的优劣。因此在 LED 荧光粉的效率评价中,我们引入发光效率、量子效率及能量效率三个指标。LED 荧光粉的激发光波长不同,其发光效

能、量子效率及能量效率都会有明显不同^[3]。只要测出激发光谱、发射光谱和含激发的出射光谱,YAG 荧光粉的色品坐标、相对亮度、发光效能、量子效率及能量效率等指标就可测出或算出。

考虑到 Spectro320e 光谱辐射分析仪特别适合光谱的精确测量,我们结合了远方公司的 PE-5 荧光粉激发装置对 YAG 荧光粉的性能指标进行了测试,同时探讨了使用该光谱仪进行荧光粉测试时,不同的测试条件对测试结果造成的影响。

1 实验原理

荧光粉的发光效能 η_L ,指荧光粉在一定短波光激发下,发射光的光通量 $\Phi_v(\text{lm})$ 与激发光功率 $\Phi_E(\text{mW})$ 之比,即

$$\eta_L = \frac{\Phi_v}{\Phi_E}$$

荧光粉的量子效率 η_Q ,指荧光粉在一定短波光的激发下,发射光的光子数 $N_{\text{发射}}$ 与激发光的光子数 $N_{\text{激发}}$ 之比,即

$$\eta_Q = \frac{N_{\text{发射}}}{N_{\text{激发}}}$$

荧光粉的能量效率 η_E ,指荧光粉在一定短波光激发下,发射光的能量(或光功率) $\Phi_{e,\text{发射}}$ 与激发光的能量(或光功率) $\Phi_{e,\text{激发}}$ 之比,即

$$\eta_E = \frac{\Phi_{e,\text{发射}}}{\Phi_{e,\text{激发}}}$$

2 实验

激发装置采用远方公司的 PE-5 荧光粉激发装置,因 Spectro320e 光谱分析仪的光纤接头与 PE-5 不匹配,需设计一个合理的光纤转换头,以便 Spectro320e 光谱分析仪的光纤能接入 PE-5 荧光粉激发装置。转换头剖面图和实验装置分别如图 1 和图 2 所示。



图 1 光纤转换头剖面图

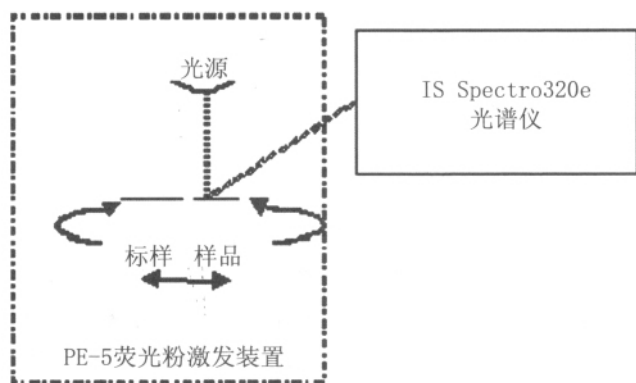


图 2 荧光粉测试系统

实验步骤和数据处理过程如下：

(1) 分别把硫酸钡粉、待测荧光粉和标准荧光粉装入 PE-5 荧光粉激发装置的各个样品盘中,用平面玻璃将粉末压平,使平面平整,应使待测荧光粉的质量和密实程度与标准粉一致；

(2) 每次先将装满硫酸钡粉盘旋转至激发光源下方,测试激发光谱,波长扫描范围为 400~480nm,扫描步进 1nm,然后将装满待测荧光粉样品盘和标准荧光粉样品盘旋转至激发光源下方,分别测试荧光粉发射光谱(波长扫描范围为 480~780nm)和含激发的出射光谱(波长扫描范围为 380~780nm),扫描步进 1nm^[4-8]；

(3) 荧光粉的激发峰值波长、发射主峰波长、色品坐标、相关色温、激发光功率、发射光功率、发射光光通量、出射光光通量可以通过所测的光谱由软件 SpecWin3.4 提供,能量效率、量子效率、发光效能和相对亮度可以通过所测到的相关数据根据定义分别算出。

3 实验结果与分析

3.1 PMT 暗电流是否校正的影响

所谓光电倍增管(PMT)的暗电流,是指在没有

信号和背景辐射时 PMT 输出的电流。暗电流是决定光电倍增管测量阈值的因素之一,是 PMT 的一项重要质量指标。阳极灵敏度越高,暗电流越小,则光电倍增管能测量更为微弱的光信号。在实际应用中,常常将光电倍增管致冷以减小暗电流^[9]。

由于暗电流对测试结果会造成较大的影响,因此我们在每次实际测试前,必须先进行暗电流的校正,以便消除暗电流对实际测试结果的影响。这里我们做一个实验:在 PMT2 且其它测试条件全部设置相同的情况下,第一次测试前未先进行暗电流的校正,而第二次测试前先进行了暗电流的校正,两次荧光粉性能测试的结果如表 1 所示,从表中的数据我们不难看出暗电流对实际测试结果的影响有多大。

3.2 不同 PMT 等级下测试结果与分析

Spectro320e 光谱分析仪中光电倍增管有 4 个不同的等级,不同等级下 PMT 允许的最大光子数如表 2 所示。应注意的是,在不知道样品光通量大致范围时,探测器选取 PMT1 档,密度滤光片选 OD3 档,以起到保护 PMT 的作用。

针对 PMT 等级的不同选择,考查其对实际测试结果的影响,我们做了一次实验。实际测试前都先进行了暗电流的校正,第一次到第四次测试分别选择 PMT1、PMT2、PMT3 和 PMT4,都不采用密度滤光片,而其它测试条件全部设置相同。4 次荧光粉性能测试的结果如表 3 所示,从表中数据我们可以发现,选择不同的 PMT 等级对实际测试结果会造成一定的影响。PMT1 时所测到的能量效率、量子效率、发光效能、色品坐标和相关色温数据与 PMT2、PMT3 和 PMT4 时测得的数据差异较明显,分析原因是 PMT1 时 PMT 所测到的光子数很少,影响了测量精度。所以在测量时,必须注意 PMT 所测得的光子数,选用合适的 PMT 等级。

表 1 PMT2 条件下是否进行暗电流校正的测试结果

测试条件	激发峰值波长(nm)	能量效率 (%)	量子效率 (%)	发光效能 (lm/W)	色品坐标(x, y)	相关色温 (K)	相对亮度 (Y/Y ₀)	发射主峰波长(nm)
暗电流未校正	458.4	58.1	73.4	261.7	(0.4400, 0.5406)	3,785	1.161	551.0
暗电流校正	458.4	60.7	77.1	267.2	(0.4402, 0.5396)	3,774	1.159	562.0

表 2 不同等级下 PMT 允许的最大光子数

PMT 等级	PMT1- 400V	PMT2- 560V	PMT3- 700V	PMT4- 1000V
允许的最大光子数	200	2,000	20,000	32,000

3.3 不同密度滤光片测试结果与分析

在 Spectro320e 光谱分析仪中有 3 个嵌入式密度滤光片(OD1~OD3),可以由测试者自行选择 3 个嵌入式密度滤光片中的任意一个或者都不选。每个滤光片对应的光学密度如表 4 所示。

滤光片的真实光学强度相对上述值有细微偏差,从一个滤光片到另一个滤光片也有变化。由于滤光片没有光谱平面,因此 Spectro320e 光谱分析仪在出厂前都要进行滤光片的光谱校正^[10]。

针对密度滤光片的不同选择,考查其对实际测试结果的影响,我们再做一次实验。实际测试前都先进行了暗电流的校正,在 PMT4 和其它测试条件全部设置相同的情况下,第一次测试选择不使用滤光片,第二次到第四次测试分别选择密度滤光片 OD1、OD2 和 OD3。结果发现后 3 次测试所花费的时间要比第一次长一些。4 次荧光粉性能测试的结果如表 5 所示,从表中数据我们可以发现,选择不同的滤光片对实际测试结果会造成一定的影响。后 3 次测试的能量效率、量子效率、发光效能、色品坐标和相关色温数据与第一次测试的数据相比,差异较明显,特别是第四次对激发波长和相对亮度等参数影响很大,主要是此时 PMT 所测到的光子数很少,影响了测量精度。所以考虑到测量时间和测

表 4 每个滤光片对应的光学密度

滤光片	光学密度
OD1	10
OD2	100
OD3	1,000

表 3 不同 PMT 下暗电流校正后的测试结果

测试条件	激发峰值波长(nm)	能量效率(%)	量子效率(%)	发光效能(lm/W)	色品坐标(x,y)	相关色温(K)	相对亮度(Y/Y ₀)	发射主峰波长(nm)
PMT1	458.3	65.1	83.6	275.1	(0.4417,0.5370)	3,744	1.161	554.2
PMT2	458.4	60.7	77.1	267.2	(0.4402,0.5396)	3,774	1.159	562.0
PMT3	458.3	58.5	74.4	257.0	(0.4403,0.5394)	3,771	1.162	560.8
PMT4	458.3	60.1	76.4	265.1	(0.4400,0.5398)	3,779	1.176	554.3

表 5 PMT4 下暗电流校正后不同滤光片的测试结果

测试条件	激发峰值波长(nm)	能量效率(%)	量子效率(%)	发光效能(lm/W)	色品坐标(x,y)	相关色温(K)	相对亮度(Y/Y ₀)	发射主峰波长(nm)
OD0	458.3	60.1	76.4	265.1	(0.4400,0.5398)	3,779	1.176	554.3
OD1	458.3	56.1	71.3	246.0	(0.4387,0.5405)	3,809	1.160	551.3
OD2	458.4	54.4	68.9	241.5	(0.4369,0.5420)	3,837	1.164	553.1
OD3	458.9	53.2	67.2	242.8	(0.4395,0.5421)	3,804	1.269	549.1

量精度,应当尽量选择不使用密度滤光片。

4 结论

本文主要探讨基于德国 Instrument Systems 公司的 Spectro320e 光谱仪结合 PE-5 荧光粉激发装置,实现蓝光激发下黄色 YAG 荧光粉的参数测试及仪器在不同的测试条件,如暗电流校正、光电倍增管 PMT 等级、密度滤光片等设置的不同,对测试结果的影响。实验结果表明用 Spectro320e 光谱仪测试荧光粉先要进行 PMT 的暗电流校正, PMT 等级的不同对测试结果有所影响,必须注意 PMT 所测得的光子数,选用合适的 PMT 等级。建议在 PMT 所测得的光子数不超限的情况下,不采用密度滤光片,这样既减少测试时间,又可预防测量精度的降低。

Spectro320e 光谱仪光谱扫描范围宽,又特别适合光谱的精确测量,配合不同的荧光粉激发装置,测试能力能够得到很大的扩展。

参考文献

- [1] <http://www.instrumentsystems.com/products/spectrometers/spectro-320/>.
- [2] 荆其诚,焦书兰,喻柏林等.色度学[M].北京:科学出版社,1979.
- [3] WANG Yi, MOU Tong-sheng, LI Li. Characterization and Measurement of White LED Phosphors [J]. Opto-Electronic Engineering, 2010, 37(9): 127-132.
- [4] GB/T23595.1-2009.白光 LED 灯用稀土黄色荧光粉试

- 验方法第 1 部分:光谱性能的测定[S].北京:国家质量监督检验检疫总局和国家标准化管理委员会,2009.
- [5] GB/T23595.2-2009.白光 LED 灯用稀土黄色荧光粉试验方法第 2 部分:相对亮度的测定[S].北京:国家质量监督检验检疫总局和国家标准化管理委员会,2009.
- [6] GB/T23595.3-2009.白光 LED 灯用稀土黄色荧光粉试验方法第 3 部分:色品坐标的测定[S].北京:国家质量监督检验检疫总局和国家标准化管理委员会,2009.
- [7] GB/T4070-1996.荧光粉性能试验方法[S].北京:国家技术监督局,1996.

- [8] PE-5 荧光粉激发装置用户手册,Ver2.00.
- [9] 郝允祥,陈遐举,张保洲.光度学[M].北京:北京师范大学出版社,1988.
- [10] The User Manual of Spectral Software for Windows, Version 3.4.

作者简介:陈国龙(1969-),男,福建莆田人,硕士,实验师,主要从事半导体照明器件性能检测研究, E-mail: glchen@xmu.edu.cn.

巴可再次荣膺 2011 广电设备科技创新奖

(中国北京,2012年3月23日)“中国广播电视设备工业协会科技创新奖”今天在北京人民大会堂隆重揭晓,比利时巴可公司再次不负众望,斩获五项大奖,成为此次颁奖典礼上耀眼的明星企业,彰显了其在科技创新方面的超强实力。

由国家科学技术奖励工作办公室批准设立的中国广播电视设备工业协会科技创新奖,自2006年首次举办以来,受到了广电行业、企业和社会的极大关注。在此次评选中,巴可共有三个项目及产品入围并最终获奖,其中最具代表的是助力央视新闻改革的巴可 DLP 大屏幕显示墙、巴可 DP2K-18CX 一体化数字电影放映系统、以及基于网络协作的 Transform-N 可视化决策系统均获“年度科技创新(国际)贡献奖”,而巴可公司更是凭借上述科技创新成就再次荣耀蝉联“年度科技创新(国际)贡献企业”荣誉称号。

助力广播电视数字化应用

本次获奖的巴可 DLP 大屏幕显示墙,参与了央视新闻频道的演播室的再次升级,被应用于多档新闻栏目中,如《焦点访谈》、《共同关注》、《环球视线》、《新闻直播间》、《午夜新闻》等。巴可针对广电定制的高分辨率背投模块支持 3,200K 色温匹配演播室灯光,提供出色的摄像性能、全锁相功能和宽视角、实现摄像位置最大灵活性和对原始画面最逼真的色彩还原性,此外,屏幕拼缝小、高亮度、低噪声以及采用全球领先的视频控制器等特点,使巴可背景大屏幕成为广电业演播室背景墙的理想选择。

专为中国设计的数字电影一体化系统

巴可获奖作品中另一个值得关注的亮点是 DP2K-18CX 数字电影一体机,由中影巴可(北京)电子有限公司推出。该系统成功开创了国内一体化数字电影放映系统的先河,高度整合了播放和放映功能的操作界面,可有效降低设备的操作、故障判断和维护难度。值得一提的是,DP2K-18CX 放映系统是在中国进行研发、制造和提供服务的,充分发挥了本地化优势。

网络协作可视化决策系统

巴可 Transform-N 网络协作可视化决策系统,是在现今控制室理念步入网络化整体解决方案的大时代下应运而生。该系统可根据客户实际需要,定制专属的网络化的信息决策应用平台,帮助决策者和利益相关方以更加高效、明智的方式进行决策,最终更快的解决危机或更高效的管理流程。

巴可公司全球副总裁、大中国区销售及董事总经理唐枫先生表示:“能够再次获奖是对巴可莫大的鼓励,同时也是对公司常年致力于技术创新和产品开发的认可。而在这些成就背后,是我们长期注重创新和研发投入的结果。未来,我们还将继续加大对中国市场的投资,巴可全球第二个研发中心即将要落户北京。这些实质性的战略举措验证了我们长期以来推动本地化服务的承诺。”