

文章编号 1004-924X(2016)01-0039-06

板上芯片集成封装发光二极管的光色检测系统

裘燕青^{1*}, 张刘刘¹, 陈苗根¹, 王成群²

(1. 中国计量学院 光学与电子科技学院, 浙江 杭州 310018;

2. 浙江理工大学 信息学院, 浙江 杭州 310018)

摘要:针对板上芯片(COB)集成封装发光二极管(LED)补粉排测设备对光色参数检测的需求,研制了一套基于光纤光谱仪的LED快速光色检测系统。该系统包括光色参数检测模块、LED测试机械结构及显示模块等3个部分。光色参数检测模块主要由自制光谱仪构成,用于对测量获得的光谱数据进行计算,进而得出LED的光色参数。LED测试机械结构由积分球和可加装不同COB封装LED的夹具测试平台构成。基于该系统架构,可快速测量LED的光通量、色坐标及色温等参数。利用该设备进行了COB封装LED的快速扫描并测量了它的光色参数,期间操作者可根据实际测量结果进行相应的补粉。结果表明:在测试10颗LED时,单次测量时间少于3s;LED色坐标准确度优于 ± 0.003 ,色坐标重复性小于0.0005,色温测试精度为0.6%@5700K,色温重复性误差小于0.0008。测试结果满足了当前大功率COB封装LED测试系统对速度、准确性和重复性的要求。

关键词:光色检测;发光二极管(LED);板上芯片(COB);色坐标;色温;光通量

中图分类号: TN312.8; TB96 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/OPE.20162401.0039

Photoelectric parameter measurement system for chip-on-board wafer level packaging LEDs

QIU Yan-qing^{1*}, ZHANG Liu-liu¹, CHEN Miao-gen¹, WANG Cheng-qun²

(1. College of Optical and Electronic Technology,
China Jiliang University, Hangzhou 310018, China;

2. School of Informatics and Electronics,
Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

* Corresponding author, E-mail: qyqhz@cjlu.edu.cn

Abstract: According to the demands of Chip-on-board(COB) wafer level packing Light Emitting Diode(LED) powder complement and discharge equipment for the photoelectric parameter measurement, this paper develops a self-designed fast LED photoelectric parameter measurement system based on a fiber optic spectrometer. The system consists of an optical parameter detection module, a mechanical structure of LED measurement and a display module. The optical parameter detection module mainly consists of a homemade spectrometer for acquiring the spectral data to get the chromatic parameters of the LED. The mechanical structure of LED measurement consists of an integrating sphere and a test platform to be mounted different holders of COB packaging LED. It can measure the luminous flux,

收稿日期:2015-08-14;修订日期:2015-10-10.

基金项目:浙江省科技厅公益技术应用研究项目(No. 2014C31114)

color coordinates and color temperatures fast. The designed LED photoelectric parameter measurement system is used to scan the COB packaging LED and measure photoelectric parameters, meanwhile the operator can repair powders based on actual measurement results. The results for the measurement of 10 LEDs show that the single measurement time is less than 3 s, the color coordinate accuracy and color coordinate repeatability are better than 0.003 and less than 0.000 5, respectively, and the color temperature precision and color temperature repeatability are 0.6% @ 5700K and less than 0.000 8, respectively. It satisfies the requirements of measurement system for the high-power COB packaging LED and is characterized by fast speeds, higher accuracy and higher repeatability.

Key words: chromatic parameter measurement; Light Emitting Diode(LED); Chip-on-board(COB); color coordinate; color temperature; luminous flux

1 引言

随着固态照明技术的不断进步,发光二极管(Light Emitting Diode, LED)应用市场逐渐成熟,LED产业将成为未来新的经济增长点^[1]。LED产业进程的加快推进 LED 封装产业的快速崛起及其技术的不断进步,板上芯片(Chip-on-board, COB)集成封装技术逐渐成为该领域的研究热点。该技术可进一步提高 LED 组件的密度,缩小和减轻整个 LED 器件的体积和重量^[2-6]。COB 光源与传统的半导体集成电路进行大规模集成后可以实现 LED 灯具模块化,同时 COB 光源还具有光通量大、出光密度高、发光均匀等特性^[7-8],因此在筒灯、球泡灯、路灯以及工矿灯等室内外照明灯具中得到了广泛的应用^[9]。

与传统功率型 LED 器件不同,COB 是一种通过黏胶剂或焊料将 N 个 LED 晶片直接粘贴在印制电路板上,再通过引线键合实现晶片与电路板间互连的封装技术^[10]。该技术整体上增加了光源的功率,不需要额外的芯片散热和电极引线框架等结构,不仅简化了 LED 封装工艺,更重要的是节约了封装成本^[11-12]。

由于 COB 封装 LED 主要用于照明,对色温的敏感性最高,且 COB 光源面积较大,会出现荧光粉涂覆不均匀的情况,从而造成同一批次光源在色温上有较大的差异;因此,一般在生产过程中需要实时检测每颗 COB 封装的 LED 的色温与光通量。若色温不合理,则需实时进行补粉(添加荧光粉),色温在合适容差范围内方可出厂。由于 COB 封装本身的外形尺寸各异,需要适配不同的夹具,这给补粉排测带来困难,因此与传统 top 型 LED 的分光机不同,COB 封装 LED 技术需要一

种新型的 LED 检测设备来检测 COB 封装的 LED 的色温、光通量等参数。本文根据 COB 检测的实际需求,开发了一种 COB 快速光色实时检测系统,利用不同夹具适配不同封装的 LED,可方便用户进行补粉操作。该系统检测快速、准确^[13-14],且适用于不同厂家 COB 的封装生产。

2 系统的构成及其工作原理

2.1 系统的硬件构成

本系统由电源、光色参数检测模块、LED 测试机械结构和显示模块组成,总体结构如图 1 所示。其中电源采用高精度恒流恒压源;光色参数检测模块由 LED 切换控制板和光谱仪组成,安装在工控主机内;显示模块与工控主机相连。电源采用香蕉线与主机内部的切换板相连;光谱仪为 USB 接口,直接与机箱内部的主板相连;主机通过 20 针的双排插针与 LED 测试机械结构相连,包括切换电源与各颗 LED 的选通线。

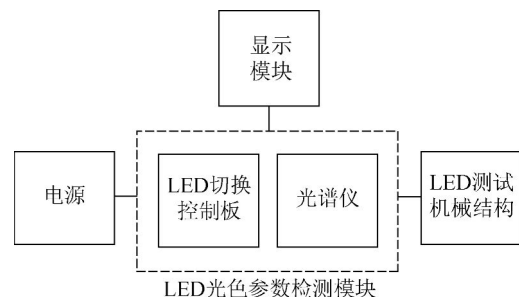


图 1 COB 封装 LED 光色检测系统总体结构框图

Fig. 1 Block diagram of photoelectric parameter measuring system for COB packaging LEDs

2.2 系统的工作原理

利用自编的操作软件选取合适的积分时间,控制 LED 切换控制板对 LED 测试机械结构中的

LED 进行轮询点亮,测量其正向导通电压,同时控制光谱仪的触发模式,测量 LED 的光通量、色坐标、色温等光色参数,并在上位机软件上实时显示这些参数。在实际操作过程中,可根据前期样品灯的测量值设定各种参数的一个打靶区间,实测参数显示在这个范围内的 LED 可定义为良品;若测得的任何一个参数不在此范围则为非良品,操作者根据显示的参数判断其原因。由于 COB 封装的 LED 主要关注色温,因此一般将色温值用特大字符显示,操作者可实时检测各工位的 LED 的色温情况,考虑是否需要通过补粉来改良非良品,从而提高产品的达标率。

3 光机系统设计

3.1 光谱仪光路设计

光谱仪的光路设计采用 Czerny-Turner 结构^[15],利用氧化发黑的 LY12 铝材作为系统的外壳材料,其光路结构如图 2 所示。光谱仪采用入射与聚焦等焦距的结构,焦距为 60 mm,光栅采用 600 gr/mm 的平面衍射光栅^[16],闪耀波长为 450 nm,入射狭缝为 50 μm ,闪耀波长处的分辨率为 0.3 nm。一般而言,COB 封装的 LED 主要为白光,不过即便是单色 LED,其半峰全宽 (FWHM) 也较大,因此光谱仪的分辨率可以满足光色参数测量的需要^[17]。测量时亦可采用较宽的狭缝,使得在直径较大的积分球测量的情况下,COB 封装 LED 仍可获得较好的灵敏度,进而获得准确的光色参数。

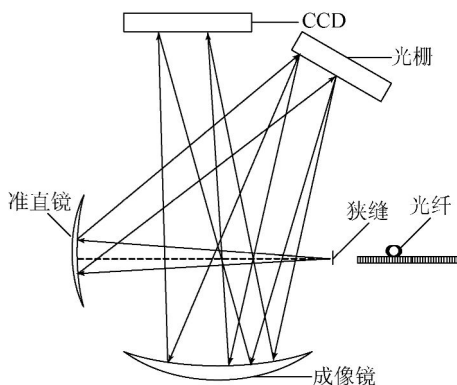


图 2 光谱仪光路结构图
Fig. 2 Optical paths of spectrometer

3.2 LED 测试机械结构设计

LED 测试机械结构如图 3 所示,采用下扣式积分球作为 LED 混光测试装置,在积分球下部开

孔并设计可推拉式 LED 装夹机构。该机构采用顶针设计,不同颗数 LED 夹具对应不同的顶针机构。当测试推拉杆将 LED 测试板推进积分球底部时,顶针自动顶入接触到 LED 的电极,测试板与积分球底部接触良好,使得 LED 发光在积分球混光后能够得到良好的检测。此外,在积分球顶部开一个小孔,再安装一个小积分球后与光纤光谱仪的光纤相连,对 LED 发光进行二次混光,以提高 LED 光色参数测量的准确性。



图 3 LED 测试机械结构
Fig. 3 Mechanism of LED measurement

4 系统控制电路设计

4.1 系统切换控制板的设计

系统主控板和切换板分别集成在两块电路板上,其中,主控板采用 Cortex-M3 作为主处理器,通过 USB2.0 接口与工控主机进行通讯。图 4 为 LED 切换板中的一个单路设计,采用一个大电流、高耐压的功率型 MOSFET 作为切换的开关器件,其控制脉冲由 M3 控制器产生,经过一个射极跟随的信号三极管 8050 后与高耐压的隔离光耦相连,通过光耦来控制 MOSFET,同时光耦保护低压直流控制部分。

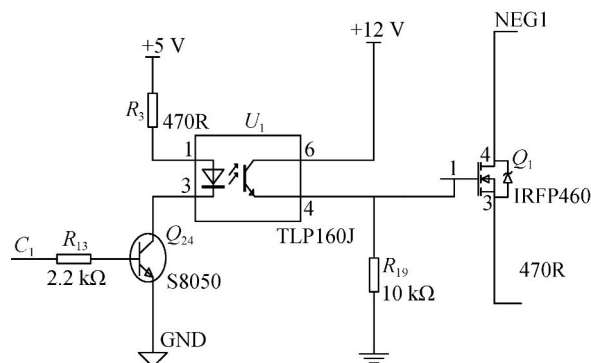


图 4 LED 切换电路
Fig. 4 Switch circuit for LED

5 系统的软件设计

系统软件部分采用双 USB 设计,因此需要对下位机的 USB 口编写不同的 VID 和 PID,以供上位机进行区分,系统软件的测量界面如图 5 所示。



图 5 软件测量界面

Fig. 5 Measurement interface of software

主体部分各方框对应 LED 的检测个数,方框中显示各个 LED 的测量参数,方框的排布可根据实际测量 LED 模块的 LED 颗数进行修改,如 $4 \times 10, 2 \times 5$ 等。同时软件还可以切分为双屏显示,以方便用户进行双工位的扩展操作。

6 测量实验与结果

6.1 准确性实验

由于光度学参数本是心理物理学量,因此设备的准确性评判是通过与国内权威公司杭州远方光电信息股份有限公司的 HAAS-2000 测试结果进行比较来完成的。实验采用的 LED 由宁波升谱光电科技有限公司提供,采用的电源为精密数控电源,选取 10 颗 COB 封装的 LED 进行测试,编号为 1~10。每颗 LED 均采用瞬态测量,对比结果如表 1 所示。

表 1 LED 测试结果对比

Tab. 1 Comparison of measurement results of LED between proposed method and HAAS-2000

编号	色温/K	误差	色坐标 x	准确度	色坐标 y	准确度	光通量/lm
1	5 724	-2	0.328 0	-0.000 5	0.339 4	+0.000 3	3 405.78
	5 722		0.327 5		0.339 7		3 404.15
2	5 739	-3	0.327 7	-0.000 5	0.340 1	-0.000 6	3 416.46
	5 736		0.327 2		0.339 5		3 440.88
3	5 738	+6	0.327 7	-0.000 2	0.341 1	0	3 431.72
	5 744		0.327 5		0.341 1		3 419.51
4	5 764	-42	0.327 1	+0.000 4	0.341 0	-0.001 3	3 428.67
	5 722		0.327 5		0.339 7		3 411.78
5	5 752	-49	0.327 4	+0.000 5	0.341 5	-0.001 4	3 501.91
	5 703		0.327 9		0.340 1		3 420.27
6	5 747	+10	0.327 5	-0.000 2	0.340 0	-0.000 2	3 434.77
	5 757		0.327 3		0.339 8		3 411.88
7	5 738	+7	0.327 7	-0.000 1	0.339 8	-0.000 2	3 411.88
	5 745		0.327 6		0.339 6		3 404.25
8	5 718	+11	0.328 1	-0.000 2	0.341 4	-0.000 4	3 511.07
	5 729		0.327 9		0.341 0		3 512.59
9	5 730	-17	0.327 9	-0.000 2	0.340 7	-0.000 8	3 506.49
	5 713		0.327 7		0.339 9		3 415.86
10	5 795	-30	0.326 4	+0.000 2	0.341 1	-0.002 6	3 485.13
	5 765		0.326 6		0.338 5		3 548.43

* 表中:光色参数测量的结果中上面的为杭州远方光电信息股份有限公司的 HAAS-2000 标准系统的测量数据;下面的为本系统的测量数据。

由表 1 可以看出,本系统 LED 的色温、色坐标 x 和色坐标 y 等光色参数测试结果和 HAAS-2000 标准系统相比,LED 色坐标的准确度为 ± 0.003 ,色温测试精度为 $0.6@5700\text{K}$ 。

表 2 重复性测试结果

Tab.2 Measurement result of repeatability

序号	色温/K	色坐标 x	色坐标 y	光通量/lm
1	5 736	0.326 8	0.338 7	3 494.28
2	5 727	0.327 4	0.339 3	3 385.86
3	5 731	0.327 3	0.339 6	3 442.59
4	5 732	0.327 3	0.339 3	3 441.07
5	5 722	0.327 5	0.339 7	3 405.15
6	5 736	0.327 2	0.339 5	3 440.88
7	5 729	0.327 9	0.339 3	3 392.05
8	5 738	0.327 7	0.339 8	3 411.88
9	5 732	0.327 3	0.339 5	3 440.48
10	5 729	0.327 9	0.339 3	3 381.37

参考文献:

- [1] 屠大维,吴仍茂,杨恒亮,等. LED 封装光学结构对光强分布的影响[J]. 光学精密工程,2008,16(5):832.
TU D W, WU N M, YANG H L, *et al.*. Effect of optical structure on output light intensity distribution in LED package [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2008, 16(5): 832-838. (in Chinese)
- [2] 杨初,金尚忠,邵茂丰,等. 玻璃基板 COB 封装的 LED 性能研究[J]. 激光与光电子学进展,2015,52(1):203-207.
YANG CH, JIN SH ZH, ZHAO M F, *et al.*. Research on LED performance of glass substrate with COB packaging. [J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2015, 52(1):203-207. (in Chinese)
- [3] YU H, SHANG J, XU C, *et al.*. Chip-on-board (COB) wafer level packaging of LEDs using silicon substrates and chemical foaming process (CFP)-made glass-bubble caps[C]. *Electronic Packaging Technology and High Density Packaging (ICEPT-HDP)*, 2011 12th International Conference on. IEEE, 2011: 1-4.

6.2 重复性实验

实际应用中还需测试设备的重复性,故选取编号 1 的 LED 进行 10 次重复性测试。每颗 LED 均采用瞬态测量,两次测量的时间间隔为 5 min,其结果如表 2 所示。

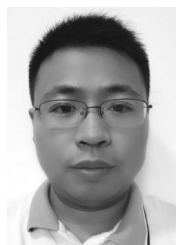
7 结 论

本文针对 COB 集成封装的 LED 补粉排测设备对光色参数检测的需求,研制了一套基于光纤光谱仪的 LED 快速光色检测系统。着重叙述了系统的组成、结构及其工作原理,并进行了实验测试。结果表明:在测试 10 颗 LED 的情况下,单次测量时间少于 3 s;LED 色坐标的准确度为 ± 0.003 ,色坐标的重复性误差小于 0.000 5,色温测试精度小于 $0.6\%@5700\text{K}$,色温的重复性误差小于 0.000 8。本系统的测量结果与标准设备的误差较小,且测试快速、准确、重复性高,可以满足 COB 封装 LED 补粉排测机的实际测量要求。

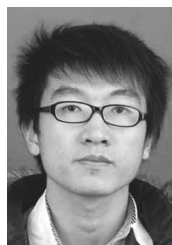
- [4] 赵刚,孙青林,赵英,等. 板上芯片(COB)技术的特点及应用[J]. 电子展望与决策,1995,1:29-31.
ZHAO G, SUN Q L, ZHAO Y, *et al.*. The characteristics and applications of the chip on board (COB) technology [J]. *Electronic Outlook and Decision-making*, 1995, 1:29-31. (in Chinese)
- [5] 白一鸣,罗毅,韩彦军,等. 集成封装发光二极管光提取效率的计算及优化[J]. 光学精密工程,2014,22(5):1129-1137.
BAI Y M, LUO Y, HAN Y J, *et al.*. Calculation and optimization of light extraction efficiency for integrated LED [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2014, 22(5): 1129-1137. (in Chinese)
- [6] 汤坤,卓宁泽,施丰华,等. LED 封装的研究现状及发展趋势[J]. 照明工程学报,2014,25(1):26-30.
TANG K, ZHUO N Z, SHI F H, *et al.*. Research status and development trends of LED package [J]. *China Illuminating Engineering Journal*, 2014, 25(1): 26-30. (in Chinese)
- [7] 祁姝琪,丁申冬,郑鹏,等. COB 封装对 LED 光学性能影响的研究[J]. 电子与封装,2012,3:6-9.
QI SH Q, DING SH D, ZHENG P, *et al.*. Research on the effects of COB encapsulation to LED optical property [J]. *Electronics & Packaging*,

- 2012, 3: 6-9. (in Chinese)
- [8] 王忆, 李冠群, 刘大伟, 等. LED COB 封装产品光照性质的研究[J]. 中国照明电器, 2013, 4: 10-12.
WANG Y, LI G Q, LIU D W, *et al.*. Research on light properties of LED COB packaging products [J]. *China Light & Lighting*, 2013, 4: 10-12. (in Chinese)
- [9] 郑峰, 刘丽莹, 刘小溪, 等. 多主色 LED 照明光源的相关色温调控[J]. 光学精密工程, 2015, 23(4): 926-933.
ZHENG F, LIU L Y, LIU X X, *et al.*. Control of correlated color temperature for multi-primary color LED illumination [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2015, 23(4): 926-933. (in Chinese)
- [10] 陆英艳, 刘乃涛, 侯君凯, 等. COB 集成封装技术相关专利分析[J]. 信息化研究, 2012, 38(5): 11-15.
LU Y Y, LIU N T, HOU J K, *et al.*. Patent analysis about COB integrated packaging technology [J]. *Information Research*, 2012, 38(5): 11-15. (in Chinese)
- [11] 马建设, 贺丽云, 刘彤, 等. 板上芯片集成封装的发光二极管结构设计[J]. 光学精密工程, 2013, 21(4): 904-910.
MA J SH, HE L Y, LIU T, *et al.*. Design of optical structure for chip-on-board wafer level packaging LEDs [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2013, 21(4): 904-910. (in Chinese)
- [12] 钟国文. 基于 COB 封装的贴片式 LED 元件工艺研究[J]. 通讯世界, 2014(4): 132-133.
ZHONG G W. Technology research based on the SMT type LED components of COB encapsulation [J]. *Telecom World*, 2014 (4): 132-133. (in Chinese)
- [13] 刘洪兴, 孙景旭, 刘则洵, 等. 氙灯和发光二极管作光源的积分球太阳光谱模拟器[J]. 光学精密工程, 2012, 20(7): 1447-1454.
LIU H X, SUN J X, LIU Z X, *et al.*. Design of integrating sphere solar spectrum simulator based on xenon lamp and LEDs [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2012, 20(7): 1447-1454. (in Chinese)
- [14] 汪黎栋, 茅振华, 倪魏. 基于 Cortex-M3 的快速发光二极管光电参数测量系统[J]. 光学精密工程, 2014, 22(4): 856-862.
WANG L D, MAO ZH H, NI W. Photoelectric parameter measurement system based on Cortex-M3 for LEDs [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2014, 22(4): 856-862. (in Chinese)
- [15] 刘怡轩, 颜昌翔, 李先锋, 等. 分光测色仪中的光谱仪系统[J]. 光学精密工程, 2015, 23(7): 1965-1971.
LIU Y X, YAN CH X, LI X F, *et al.*. Design of spectrometer in color measuring spectrophotometer [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2015, 23(7): 1965-1971. (in Chinese)
- [16] 郑玉权. 小型 Offner 光谱成像系统的设计[J]. 光学精密工程, 2005, 13(6): 650-657.
ZHENG Y Q. Design of compact Offner spectral imaging system [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2005, 13(6): 650-657. (in Chinese)
- [17] 齐向东, 撤芃芃, 潘明忠, 等. 凸面光栅成像光谱仪的光谱定标[J]. 光学精密工程, 2011, 19(12): 2870-2876.
QI X D, HAN P P, PAN M G, *et al.*. Spectral calibration of imaging spectrometer with convex grating [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2011, 19(12): 2871-2876. (in Chinese)

作者简介:



裘燕青(1980—),男,浙江临安人,博士,副教授,硕士生导师,2003年、2008年于浙江大学分别获得硕士、博士学位,主要从事光谱仪器、功能光纤材料等方面的研究。E-mail: qyqhz@cjlu.edu.cn



张刘刘(1991—),男,江苏宿迁人,硕士研究生,2010年于南京理工大学获得学士学位,主要从事光谱仪器方面的研究。E-mail: zhangdubliu@163.com