

文章编号:1007-2780(2014)03-0403-07

一种大面积 OLED 模组均匀调光技术研究

缪智华,徐 胜,李福山,林志贤*

(福州大学 物理与信息工程学院,福建 福州 350002)

摘要:针对大面积 OLED 模组中出现的颜色漂移、亮度不均匀等问题,本文从三基色白光 OLED 光源的电源管理和 RGB 三基色亮度系数配比调节两方面着手,研究一种改善 OLED 模组色温及亮度均匀性的控制方法。首先,通过电源管理改变 OLED 模组的工作电压,从而对 OLED 模组的亮度进行粗调。然后,采用调节 RGB 三基色亮度系数方式,改变 R/G/B 三基色的配比及大小,实现对 OLED 模组亮度进一步地细调以及色温的连续调控。实验结果表明,该方法较好地解决了 OLED 模组中各个 OLED 色块由于负载、工艺制作等原因造成的色温和亮度差异,使得各个 OLED 色块之间亮度及色温的偏差分别缩小到 5 cd/m^2 、100 K 范围内。有效提高了 OLED 模组发光的均匀性,实现了 OLED 光源照明的大面积化。

关键词: OLED 模组;色温;亮度;均匀性

中图分类号: TN702; TN27 **文献标识码:** A **doi:** 10. 3788/YJYXS20142903. 0403

Uniform dimming technologies for large-area OLED module

MIAO Zhi-hua, XU Sheng, LI Fu-shan, LIN Zhi-xian*

(College of Physics and Information Engineering of Fuzhou University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: Organic light emitting diode (OLED) lighting module often has the problems of nonuniform distribution of luminance and color drift. In order to solve these problems, an improved control method of color temperature and luminance uniformity of OLED module is introduced in this paper, which is based on power management and luminance coefficient of RGB tricolor for white OLED lighting. Firstly, the power management changes the OLED module's working voltage, and then the OLED module's brightness is controlled coarsely. What's more, with the way of adjusting three primary colors RGB's coefficient, by changing the ratio and the size of the three primary colors R/G/B, it can realize the further fine tuning for the OLED module's brightness and its color temperature continuously. The experiment result shows that the method can solve the OLED module's color temperature and brightness deviation due to the OLED color block's load, production process and other reasons, thus each OLED color block's brightness and color temperature deviation is reduced to range of 5 cd/m^2 and 100 K. While it improves the uniformity of the OLED module's luminescence

收稿日期:2013-09-18;修订日期:2013-10-13.

基金项目:国家“863”重大专项(No. 2012AA03A301, No. 2013AA030601);国家自然科学基金(No. 61101169, No. 61106053);福建省自然科学基金(No. 2011J01347);福建省教育厅 A 类(No. JA11013)

* 通信联系人, E-mail: lzx2005000@163. com

and realizes OLED light source illuminate at a large area.

Key words: OLED module; color temperature; luminance; uniformity

1 引言

OLED 照明作为半导体照明技术之一,与传统光源相比,具有节能(发光效率高)、环保(无汞和紫外线)、轻薄(面发光、散热简便)、易调光调色、可制成柔性、显色指数高、低压驱动等优势^[1-2],因此,具有广阔的应用前景。但是 OLED 应用于照明领域尚处于实验阶段^[3],目前工艺上还很难实现 OLED 光源的大面积化及发光的均匀性和稳定性。由于三基色 OLED 光源产生的白光可以通过调整 RGB 三基色光通量配比及大小产生任意色温及亮度,并且发光效率高^[4]。因此,在目前 OLED 器件结构和工艺技术基础上,本文从驱动电路设计方面入手,研究三基色 OLED 照明模组色温及亮度的大面积均匀调控方法,从而提高 OLED 光源发光的均匀性及光集成度^[5-6]。

2 总体电路设计

OLED 照明模组通常是将 OLED 色块串联后并联的方式实现^[7],其电路模型如图 1 所示。

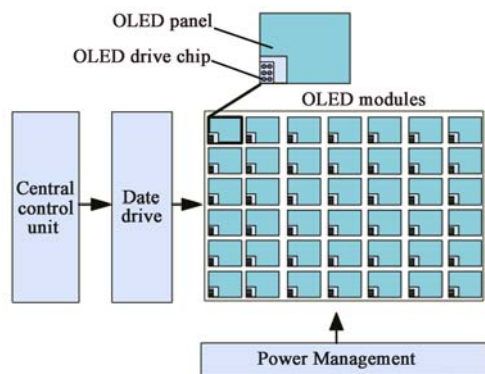


图 1 OLED 模组电路模型

Fig. 1 Circuit model of the OLED module

但是,实验发现 OLED 照明模组中容易出现某些色块工作不正常、色块之间亮度及色温不一致等问题,主要原因在于通过简单级联的 OLED 色块之间负载、制作工艺等存在差异,导致分压不

均,使得 OLED 光源发光不均匀。

因此,改进 OLED 照明模组驱动电路对于改善 OLED 模组色温及亮度的均匀性是十分必要的。本文结合 OLED 光源电源管理和 RGB 三基色亮度系数调节两方面,设计了基于 OLED 模组亮度及色温的自反馈校正电路。如图 2 所示,自反馈校正电路包括反馈网络、电源管理、脉冲幅度调制等模块,其中反馈网络通过传感器得到反馈信号,然后与理论值进行比较分析产生偏差值,再通过电源管理和脉冲幅度调制电路产生校正信号,实现 OLED 模组色温及亮度的调节^[7-10]。

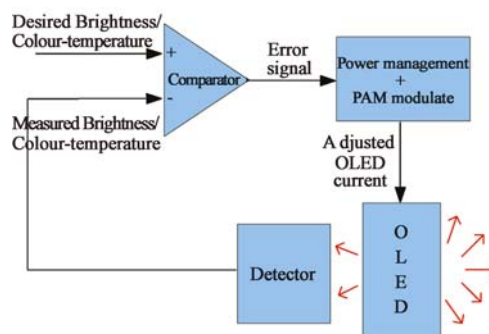


图 2 OLED 模组亮度及色温校正电路

Fig. 2 Correction circuit of OLED module brightness and color temperature

2.1 电源管理

在正常工作电压范围内,一般可以通过改变 OLED 供电电压来调节其亮度,本实验中选用奇景光电公司生产的 C0283QGLD-T 型 AMOLED 模块,并使用 SR-3A 分光辐射计测量 OLED 光源的亮度。同时,将其分割成 16 宫格样式,然后进行多点测量,求其平均值。如图 3(a)所示,工作电压为 3.5 V 时 OLED 光源各点亮度的测量情况。

通过测量获得不同工作电压下 OLED 光源的亮度,并对采集数据进行多项式曲线拟合,得到 OLED 光源工作电压与亮度的 $L-V$ 关系拟合曲线,如图 3(b)所示,其 $L-V$ 曲线函数表达式为:

$$L = -1092.2 + 703.7 V - 76.6 V^2, \quad (1)$$

其中: L 代表 OLED 色块光源亮度, V 代表工作电压。

$$\begin{cases} X_w = X_r + X_g + X_b \\ Y_w = Y_r + Y_g + Y_b \\ Z_w = Z_r + Z_g + Z_b \end{cases} \quad (4)$$

1931-CIE 标准中规定光源亮度只与 Y 有关, 即 $Y_w = L_w = L_r + L_g + L_b$, 则根据公式(4), 光源的三刺激值可用色度与亮度表示:

$$\begin{cases} X_r = \frac{x_r}{y_r} L_r, Y_r = L_r, Z_r = \frac{z_r}{y_r} \cdot L_r \\ X_g = \frac{x_g}{y_g} L_g, Y_g = L_g, Z_g = \frac{z_g}{y_g} \cdot L_g \\ X_b = \frac{x_b}{y_b} L_b, Y_b = L_b, Z_b = \frac{z_b}{y_b} \cdot L_b \\ X_w = \frac{x_w}{y_w} L_w, Y_w = L_w, Z_w = \frac{z_w}{y_w} \cdot L_w \end{cases} \quad (5)$$

根据公式(3)~(5), 混合色的色坐标可表示为:

$$\begin{cases} x_w = \frac{\frac{L_r \cdot x_r}{y_r} + \frac{L_g \cdot x_g}{y_g} + \frac{L_b \cdot x_b}{y_b}}{\frac{L_r}{y_r} + \frac{L_g}{y_g} + \frac{L_b}{y_b}} \\ y_w = \frac{1}{\frac{L_r}{L_w \cdot y_r} + \frac{L_g}{L_w \cdot y_g} + \frac{L_b}{L_w \cdot y_b}} \end{cases} \quad (6)$$

令 $T_r = \frac{L_r}{L_w}, T_g = \frac{L_g}{L_w}, T_b = \frac{L_b}{L_w}$, T_r, T_g, T_b 为

红绿蓝三基色的亮度系数, 则可得:

$$\begin{cases} x_w = \frac{\frac{T_r \cdot x_r}{y_r} + \frac{T_g \cdot x_g}{y_g} + \frac{T_b \cdot x_b}{y_b}}{\frac{T_r}{y_r} + \frac{T_g}{y_g} + \frac{T_b}{y_b}} \\ y_w = \frac{1}{\frac{T_r}{y_r} + \frac{T_g}{y_g} + \frac{T_b}{y_b}} \end{cases} \quad (7)$$

由于在不同亮度下经光谱法测量的三原色的色品坐标变化比较小^[14-15], 所以, 只要已知红绿蓝三基色的色品坐标和亮度, 就可以确定 OLED 光源目标混合色的色品坐标及亮度, 反之亦然。

实验中测得 OLED 光源红、绿、蓝三基色的色坐标分别为 (0.656 8, 0.337 6)、(0.322 6, 0.633 1)、(0.143 6, 0.042 8)。因此, 将所测的三基色色品坐标代入公式(7), 就可得到 OLED 光源混合色温与亮度系数的对应关系。表 1 给出了部分色温 T_c 的色品坐标以及计算所得的亮度系数。

表 1 色温与亮度系数对应关系

Tab. 1 Correspondence between the color temperature and luminance coefficient

T_c/K	x_w	y_w	T_r	T_g	T_b
2 000	0.526 6	0.413 3	0.521 7	0.472 9	0.005 4
2 500	0.476 9	0.413 7	0.425 2	0.563 3	0.011 5
3 000	0.437 0	0.403 9	0.362 7	0.619 2	0.018 1
3 500	0.405 1	0.390 9	0.317 8	0.657 5	0.024 8
4 000	0.380 4	0.376 7	0.286 6	0.682 2	0.031 2
4 500	0.361 2	0.363 8	0.263 3	0.699 7	0.037 0
5 000	0.345 0	0.351 6	0.244 1	0.713 3	0.042 6
5 500	0.332 4	0.339 8	0.231 5	0.720 6	0.047 9
6 000	0.321 9	0.332 3	0.217 0	0.731 2	0.051 9
6 500	0.313 6	0.323 5	0.209 0	0.734 9	0.056 1
7 000	0.306 1	0.316 8	0.199 7	0.740 6	0.059 7
7 500	0.300 4	0.310 2	0.194 4	0.742 4	0.063 2

2.2.2 脉冲幅度调制电路设计

通过上述原理分析可知, 可通过改变红、绿、蓝三基色亮度系数的配比及大小来改变 OLED 光源的色温及亮度。本文采用脉冲幅度调制 (PAM) 方式^[16], 通过改变 OLED 驱动数据信号的灰度值, 得到对应三基色亮度系数, 其具体电路如图 6(a) 所示, 工作原理为: ARM 处理器产生 OLED 模组工作所需的控制信号和数据信号, 经三态缓冲器后, 将增强的信号传给驱动 IC, 实现对 OLED 光源色温及亮度的调节。其中, 控制信号 CSn 和 ENn 分别代表 OLED 光源的片选信号、使能信号, 如图 6(b) 所示, 采用行列扫描方

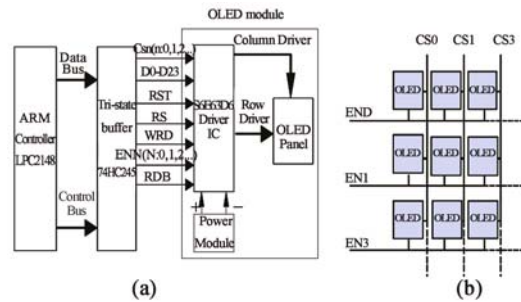


图 6 OLED 模组 RGB 三基色灰度调制电路

Fig. 6 Circuit of RGB grayscale modulation for OLED modules

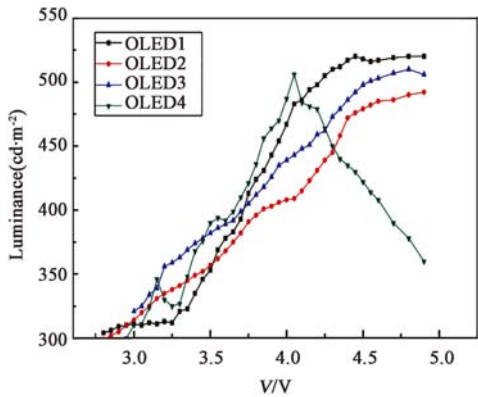
式,ARM 处理器通过 CSn 和 ENn 信号实现对各个色块运行状态的控制;产生的数据信号中 R/G/B 基色占比为 1:1:1,变化范围为 0x000000-0xFFFFFF,即单基色具有 256 个灰度等级,由于当 R/G/B 三基色的亮度系数不变时,OLED 光源色温就不变,因此,对于某一色温,OLED 模组具有 256 个亮度级别。

3 实验结果分析

图 7 为校正前后不同电源电压下 OLED 模组单元中各个色块的亮度变化情况。如图 7(a)所示,通过简单级联的各个 OLED 色块的 L-V 曲线存在差异,对于 OLED4 色块,当电源电压提高到 4 V 左右时,其亮度随着电源电压的增大而减

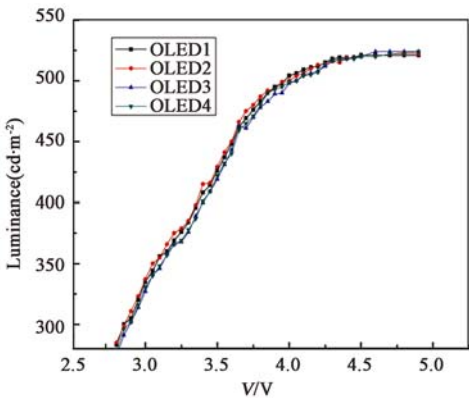
小;其他色块的亮度大体上随着电压的增大而增大,但是在电源电压在同一值时,各个色块的亮度偏差比较大。采用校正电路后,通过电源管理和调节 RGB 三基色的亮度系数,OLED 模组单元各个色块的 L-V 曲线如图 7(b)所示。对比可知,校正后 OLED 模组单元中各个色块的亮度随电源电压变化的趋势基本一致,有效解决了 OLED 模组中各个色块分压不均等问题,明显改善了 OLED 模组发光的均匀性。

通过分析,图 7(b)中各个色块 L-V 曲线出现偏差的主要原因包括仪器测量误差、数据计算过程中产生的人为误差、拟合曲线的精度误差、集成芯片的稳定性等。因此,实际应用中可以通过减小拟合误差、提高三基色的亮度系数以及灰度等级等方法进一步提高 OLED 模组光源发光的均匀性。图 8 所示为一组 OLED 模组单元实验前后的发光情况实物对照图。表 2 为图 8(b)实验后所测的一组数据,其中, T_m 、 T_d 、 L_m 、 L_d 、 V_i 分别表示 OLED 色块的色温实测值、色温理论值、亮度实测值、亮度理论值、工作电压。



(a)校正前

(a)Before the correction



(b)校正后

(b)After the correction

图 7 校正前后 OLED 模组单元 L-V 曲线对比

Fig. 7 L-V curves of OLED module unit before and after correction



图 8 OLED 模组单元实物对照

Fig. 8 A set of physical contrast of OLED module before and after the experiment

表 2 实验后所测 OLED 模组参数

Tab. 2 Measured parameters of OLED module after the experiment

OLED unit	T_m/K	T_d/K	$L_m/(cd \cdot m^{-2})$	$L_d/(cd \cdot m^{-2})$	V_i/V
upper left	6 423		516		4. 72
lower left	6 408	6 500	512	517	4. 69
upper right	6 465		518		4. 73
lower right	6 592		521		4. 78

4 结 论

针对 OLED 模组色温及亮度不均匀等问题,在不改变现有器件工艺结构基础上,研究一种结合电源管理和调节 RGB 三基色亮度系数的新方法,并引入自反馈校正控制电路,通过自动

调节电源电压的大小和 RGB 三基色的亮度系数,将各个级联 OLED 色块之间亮度及色温的最大偏差分别缩小为 5 cd/m^2 、100 K,并且实现 OLED 模组从 $2\,000 \sim 7\,000 \text{ K}$ 范围内色温和 256 级亮度连续可调,有效提高了 OLED 模组发光的均匀性,对于 OLED 光源的大面积化具有积极意义。

参 考 文 献:

- [1] 张积梅,刘畅,李诺,等. 大面积 OLED 照明器件的设计和制作[J]. 中国照明电器,2012(9):5-7.
Zhang J M, Liu C, Li N, *et al.* Design and fabrication of large-area OLED lighting devices [J]. *China Light & Lighting*, 2012(9):5-7. (in Chinese)
- [2] 姚其,陈大华. OLED 应用于照明领域的探讨[J]. 照明工程学报,2009,2(20):35-40.
Yao Q, Chen D H. The investigations of OLED's application on lighting [J]. *China Illuminating Engineering Journal*, 2009, 2(20):35-40. (in Chinese)
- [3] 施宇飞,杨洁翔,朱文清,等. OLED 模组的光电衰减特性研究[J]. 照明工程学报,2012,23(6):107-110.
Shi Y F, Yang J X, Zhu W Q, *et al.* Research on Af OLED lighting module [J]. *China Illuminating Engineering Journal*, 2012, 23(6):107-110. (in Chinese)
- [4] 郭靖,金尚忠. RGB LED 白光照明单元的组合设计[J]. 液晶与显示,2009,24(1):145-150.
Guo J, Jin S Z. Design for white light source based on RGB LED illumination module [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2009, 24(1):145-150. (in Chinese)
- [5] 王建立,刘欣悦. 智能光学的概念及发展[J]. 中国光学,2013,6(4):438-446.
Wang J L, Liu X Y. Concept and development of smart optics [J]. *Chinese Optical*, 2013, 6(4):438-446. (in Chinese)
- [6] 冯奇斌,何会杰,张伟伟,等. 用于侧出式发光二极管背光的全局动态调光算法[J]. 光学精密工程,2012,20(7):1456-1461.
Feng Q B, He H J, Zhang W W, *et al.* Global dimming algorithm for side-lit LED backlights [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2012, 20(7):1456-1461. (in Chinese)
- [7] Doutreligne J, Monte A, Windels J. Design of an integrated OLED driver for a modular large-area lighting system [C]// *WSEAS International Conference on Circuits, Systems and Signals(css-2013)*, Cambridge, USA: World Scientific and Engineering Academy and Society, 2013:172-176.
- [8] 常锋,孙志远,王瑞光,等. LED 显示图像的非均匀度校正改进方法[J]. 光学精密工程,2011,19(4):930-936.
Chang F, Sun Z Y, Wang R G, *et al.* Improvement of nonuniformity correction of LED display images [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2011, 19(4):930-936. (in Chinese)
- [9] Amelung J. Large-area organic light-emitting diode technology [EB/OL]. [2008-04]. <http://spie.org/x23960.xml>.
- [10] Robinson S, Ashdown I. Polychromatic optical feedback control, stability, and dimming [C]// *The International Society for Optical Engineering*, 2006, 6337:633714.
- [11] 荆其诚,焦书兰,喻柏林,等. 色度学 [M]. 北京:科学出版社,1979:220-226.
Jing Q C, Jiao S L, Yu B L, *et al.* *Colorimetry* [M]. Beijing: Science Press, 1979:220-226. (in Chinese)
- [12] 陈冬灵,林志贤. 三基色光源连续色温调控方法的研究[J]. 计算机与现代化,2012(6):180-182.
Chen D L, Lin Z X. Study on the method of adjusting color temperature continuously base on three primary lighting sources [J]. *Computer and Modernization*, 2012(6):180-182. (in Chinese)
- [13] 殷录桥,杨卫桥,李抒智,等. 基于三基色的动态色温白光发光二极管照明光源[J]. 光学学报,2011,5(31):05230043-05230046.

- Yin L Q, Yang W Q, Li S Z, *et al.* Dynamic color temperature white lighting source based on red green and blue lighting emitting diode [J]. *Acta Optica Sinica*, 2011, 5(31):05230043-05230046. (in Chinese)
- [14] 陈璟,张文明. 黑体轨迹色温匹配的混光算法[J]. 中国测试, 2010, 36(1):32-34.
- Chen Y, Zhang W M. Mixing arithmetic matching for color temperature on blackbody track [J]. *China Measurement & Test*, 2010, 36(1):32-34. (in Chinese)
- [15] 张家骅,吕伟,郝振东,等. 利用能量传递实现可调全色单一白光 $\text{BaMg}_2\text{Al}_6\text{Si}_9\text{O}_{30}:\text{Eu}^{2+}, \text{Tb}^{3+}, \text{Mn}^{2+}$ 荧光粉(特邀)[J]. 中国光学, 2012, 5(3):204-207.
- Zhang J H, LV W, Hao Z D, *et al.* Color-tunable white-lighting emitting $\text{BaMg}_2\text{Al}_6\text{Si}_9\text{O}_{30}:\text{Eu}^{2+}, \text{Tb}^{3+}, \text{Mn}^{2+}$ phosphors via energy transfer(Invited) [J]. *Chinese Optical*, 2012, 5(3):204-207. (in Chinese)
- [16] 项国庆,赵瑜,范义,等. 基于 CS-LCOS 显示系统的 RGB 光源时序驱动设计[J]. 液晶与显示, 2013, 28(5):732-735.
- Xiang G Q, Zhao Y, Fan Y, *et al.* Design of driving rgb timing light source for CS-LCOS display system [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(5):732-735. (in Chinese)

作者简介:缪智华(1990—),男,福建宁德人,硕士研究生,研究方向为信息显示技术。E-mail:863639077@qq.com

林志贤(1975—),男,福建泉州人,博士,教授,从事平板显示器驱动技术、信息显示技术等研究工作。E-mail:miaozhigua2013@163.com