

文章编号: 1007-2780(2011)03-0315-05

无汞平面光源区域调光方法的设计与实现

王兴常, 刘 震, 胡文波*, 雷 磊

(西安交通大学 电子物理与器件教育部重点实验室, 陕西 西安 710049)

摘 要: 为了提高无汞平面光源(FFL)的发光效率和避免放电收缩, 设计并制作了一种新型的具有弧形电极结构的无汞平面光源, 该结构光源在单极性脉冲作用下具有高亮度、高发光效率以及高工作余度等特性; 另外, 设计了一种可实现区域调光的电极结构, 基于该结构光源, 提出了一种调光方法及调光电路; 最后, 完成了基于 81 cm (32 in) 无汞平面光源的模型验证。实验结果表明: 所设计的平面光源可采用脉冲密度调制或者脉冲频率调制的调光方法来实现亮度的行列可调, 在最大亮度时, 其功耗为 256 W; 而当其亮度降低至 400 cd/m² 时, 其功耗降低至 15 W, 此时 FFL 有最高发光效率为 29 lm/W。采用区域调光方法可以在获得 100%~6% 宽范围亮度调节的同时, 有效降低 FFL 背光源的功耗。

关 键 词: 平面光源; 区域调光; 亮度; 发光效率

中图分类号: TN27; TM923.01

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20112603.0315

Local Dimming Method for Mercury Free Flat Fluorescent Lamp with Arc-Like Electrode

WANG Xing-chang, LIU Zhen, HU Wen-bo*, LEI Lei

(Key Laboratory for Physical Electronics and Devices of the Ministry of Education,
Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: An electrode structure for local dimming was presented in this article with a newly developed co-planar type mercury free flat fluorescent lamp (FFL), which showed a large operating margin, high luminance and high luminous efficacy in the case of unipolar driving. Furthermore, the dimming circuit and method were presented and a 81 cm (32 in) FFL prototype was built and verified. The experiment results show that a local dimming can be implemented horizontally and vertically with the proposed electrode structure by pulse density modulation (PDM) method or frequency modulation method. It also demonstrates that the power consumption can be reduced since the light output of FFL can be controlled. The power varied with brightness from 100% of the max power consumption 256 W to 6% of the max power consumption, the luminous efficacy increased as the luminance decreased, a max system efficiency about 29 lm/W could be obtained when the luminance decreased to 400 cd/m² and a dimming range about 100%~6% can be achieved by using the proposed method.

Key words: flat fluorescent lamp; local dimming; luminance; luminous efficacy

收稿日期: 2010-11-24; 修订日期: 2011-03-03

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金(No. 201061)

作者简介: 王兴常(1986—), 男, 山东潍坊人, 硕士研究生, 研究方向为平板显示器件与驱动电路设计。

* 通讯联系人, E-mail: huwb@mail.xjtu.edu.cn

1 引 言

近年来,液晶显示器件逐渐向大尺寸、薄型化以及低功耗方向发展。对液晶显示器件而言,其系统功耗在很大程度上取决于背光源的功率消耗。当前,液晶背光源多采用线光源的冷阴极气体放电灯(Cold Cathode Fluorescent Lamp, CCFL),为了提高亮度均匀性,需要添加许多附加的光学组件,不利于液晶显示器的大型化和薄型化;另外,CCFL 的响应时间较长,很难实现宽范围的亮度调节,不利于提高显示器的对比度以及节约能源。

基于上述原因,国内外很多公司和机构开始研究可替代 CCFL 的平面光源(FFL)^[1-4],其中无汞平面光源(FFL)以高亮度均匀性、低响应时间、长寿命以及无污染等优点,被认为是 CCFL 的理想替代品,受到了广泛的关注。

传统的 FFL 由于受制于其电极结构,因而在调光时只能采取整体调光的方法。为了进一步降低系统功耗以及提高显示图像的对比度,有必要对 FFL 光源的亮度进行局部调节。为此,Juk-Wang Lee 等^[5]提出了一种采用子场驱动的区域调光方法,该调光方法结合辅助电极可以实现多灰度级显示;Yong-Min Jung 等^[5]也设计了一种具有特殊结构的 FFL 屏并采用脉冲数调节来实现区域调光。然而上述两种区域调光方法在控制策略以及调光电路上过于复杂,使得电路的规模过于庞大。

基于此,本文首先设计了一种新型的具有弧形电极结构的无汞平面光源,该结构平面光源能有效提高 FFL 的发光效率以及亮度均匀性,从而可以有效提升 FFL 的性能;其次基于上述弧形电极结构给出了一种可实现区域调光的 81 cm (32 in)无汞平面光源结构并完成了该原型的分析与验证;最后给出了一种可用于区域调光的控制方法及调光电路。

2 电极结构

图 1 为本文所设计并采用的新型 81 cm (32 in)无汞平面光源的结构图。其中阳极被制作成具有弧形的电极结构,而阴极上分布着一些与该弧形相对应的小突起,阳极与阴极之间的平均距离为 12 mm,相邻两突起之间的间距为 9 mm,阴

极与阳极组成共面结构。当在阳极与阴极间施加一定的电压时,FFL 便会发生放电,形成图 1 中所示的扇形放电区域 A 以及非放电区域 B。同传统电极结构相比,弧形电极结构可以提高无汞平面光源的发光效率以及改善亮度均匀性。

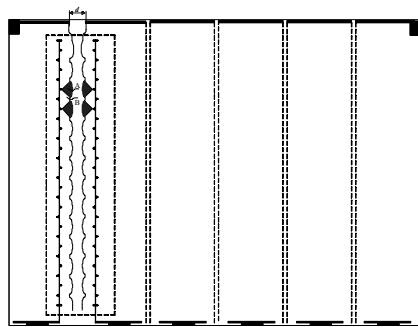


图 1 新型 81 cm FFL 电极结构图

Fig. 1 Electrode structure of proposed 81 cm FFL

为了实现区域调光控制,整个 FFL 屏被分割成 6 个区域,相邻区域间以阳极分隔。为了减小非发光区域面积,相邻区域之间的间隔距离 d 非常小,约为 2~4 mm。

3 等效模型及电路结构

3.1 等效模型

在实际应用中,当 FFL 两相邻区域间的亮度不一致时,在相邻区域间会出现剧烈的闪烁,即发生放电耦合现象。

对 FFL 而言,其电路模型可以简单等效为由电容和电阻组成的串并联结构。图 2 为 81 cm FFL 两相邻单元间的等效电路模型。由于我们只是研究相邻单元间的耦合现象,因而放电空间的等效电阻可以忽略。其中 C_{d1} 、 C_{d2} 表示介质层与电极间的等效电容, C_{g1} 、 C_{g2} 表示放电空间的等效电容, C_{yx} 为单元 1 阴极与单元 2 阳极间的等效电容, C_{xy} 为单元 1 阳极与单元 2 阴极间的等效电容, C_A 为相邻两单元阳极间的等效电容, C_B 为相邻两单元阴极间的等效电容。由于阳极之间的间距非常小,因而上述等效电容满足如下关系式:

$$C_A > C_{g1} > C_{yx} > C_B \quad (1)$$

$$C_{g1} = C_{g2} \quad (2)$$

$$C_{yx} = C_{xy} \quad (3)$$

当在某一个单元施加驱动脉冲时,由于单元间的寄生电容效应,在相邻单元间也会产生耦合

5 实验装置及实验结果

5.1 实验装置

为了实现亮度的行列可调,本文在图 1 所示电极结构的基础上增加了图 5 所示的辅助电极。辅助电极的驱动电路可以采用半桥、全桥或者反激逆变器结构,本设计为了简化电路结构,采用了反激逆变结构。

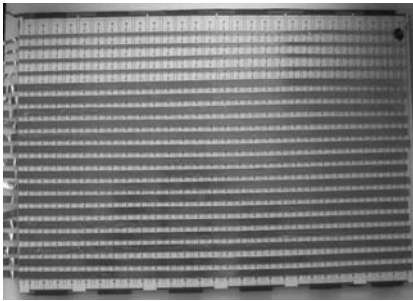


图 5 带辅助电极的区域调光电极结构
Fig. 5 Electrode structure for local dimming

5.2 实验结果

图 6 为分别采用行、区域调光时 FFL 的放电发光图像。从图中可以看出,FFL 的亮度在水平方向和垂直方向上逐渐递减,从最大亮度降低至最大亮度的 6%左右。理论上由于 FFL 的启动时间非常短,因而可以实现 100%~0%宽范围的亮度调节。在全屏亮度最大时,FFL 的系统功耗为 256 W;随着亮度的逐渐降低,功耗也逐渐降低,当亮度为最大亮度的 6%时,其功耗降低至 20 W左右。在亮度为 400 cd/m² 时,发光效率可达 29 lm/W。对每行负载而言,在基本工作频率为 60 kHz、调光脉冲占空比为 100%时,其最大功耗为 7 W。

图 6 为 FFL 区域调光图像。图 7 为实测的图 6(b)所示 FFL 电极两端的驱动波形。其中通道 1、2、3 分别为区域 2、3、4 的调光脉冲信号,通道 4 为区域 5 电极两端的电压波形。从图中虚线处可以看出,采用将阳极电位保持一致的方法,可以有效降低相邻区域间的放电耦合现象。

图 8 为亮度、发光效率与扫描脉冲占空比 D 之间的关系。从图中可以看出,随着扫描脉冲占空比的增大,FFL 的亮度逐渐升高。在亮度为 400 cd/m² 时,发光效率为 29 lm/W;而当最高亮度为 7 800 cd/m² 时,其发光效率仍可达 18 lm/W。

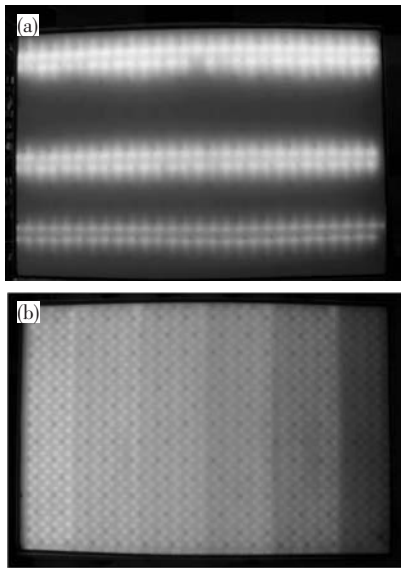


图 6 FFL 区域调光图像
Fig. 6 Discharge image of local dimming

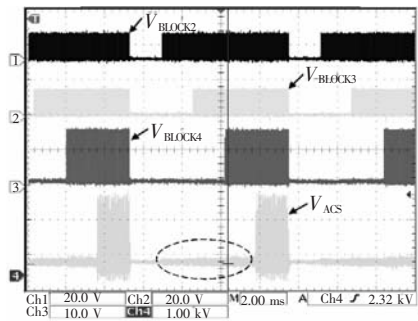


图 7 实测波形
Fig. 7 Measured waveform

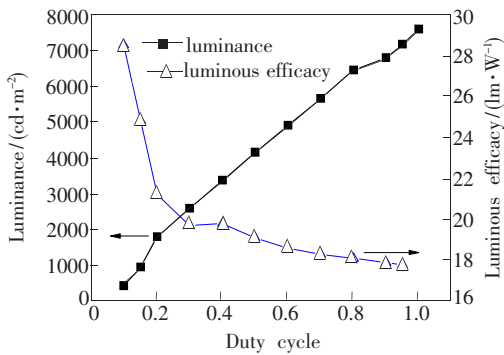


图 8 亮度、发光效率与扫描脉冲占空比 D 的关系曲线。
Fig. 8 Luminance and luminous efficacy with variation of duty cycle

6 结 论

设计并制作了具有弧形电极结构的 81 cm (32 in)无汞平面光源以及基于该结构的可实现

亮度行、列可调的调光电路及调光方法。实验结果表明,所设计的调光电路不仅可以有效降低相邻区域间由于放电耦合效应所导致的发光闪烁现象,而且由于在电路中采用单一开关管及零电压

开关的方式,因而有效降低了电路成本及功耗。所设计的调光方法可实现 $7\ 800\sim 400\ \text{cd}/\text{m}^2$ 宽范围的亮度调节。在此亮度调节范围内,系统的最大发光效率可达 $29\ \text{lm}/\text{W}$ 。

参 考 文 献:

[1] Urakabe T, Harada S, Saikatsu T, *et al.* A flat fluorescent lamp with Xe dielectric barrier discharge[J]. *J. Light Vis. Env.* , 1996, 20(2):20-25.

[2] Ikeda Y, Shiga T, Mikoshiba S, *et al.* Mercury-free, simple-structured flat discharge LCD backlights ranging from 0.5 to 5.2-in diagonals [C]//*The SID's Annual International Conference, Symposium, and Exhibition*, 2000, Long Beach, USA; SID, 2000;938-941.

[3] Ilmer M, Lecheler R, Schweizer H, *et al.* Hg-free flat panel light source plan on a promising candidate for future LCD backlights[C]//*The SID's Annual International Conference, Symposium, and Exhibition*, 2000, Long Beach, USA; SID, 2000;931-933.

[4] Kwak M G, Han J I. Mercury-free 18-in flat fluorescent lamp with good uniformity[J]. *J. SID*, 2001, 9(3):165-168.

[5] Beleznai S, Mihajlik G, Maros I, *et al.* Improving the efficiency of a fluorescent Xe dielectric barrier light source using short pulse excitation[J]. *J. Phys. D: Appl. Phys.* , 2008, 41(11):115202(1-3).

[6] Sowa W, Lecheler R, Bldb A, *et al.* Lamp driver concepts for dielectric barrier discharge lamps and evaluation of a 110 W ballast[C]//*39th IAS Annual Meeting. Conference Record of the 2004 IEEE*, Seattle, USA;IEEE, 2004; 1379-1385.

[7] 熊博,刘震,胡文波. 介质阻挡放电平面光源的高频高压电源电路研究[J]. *真空电子技术*, 2008,(6):8-12.