

文章编号: 0253-2239(2007)12-2184-5

等离子体显示大面积闪烁的客观评价*

张宇宁 雷 威 李晓华 张晓兵 王保平

(东南大学电子科学与工程学院, 南京 210096)

摘要: 针对等离子体显示普遍存在的大面积闪烁现象, 提出了一种基于时变光信号亮度测量系统的大面积闪烁客观评价方法。时变光信号亮度测量系统利用光电管和亮度计, 实现了对显示屏输出光信号亮度值随时间变化的快速、准确记录。基于阴极射线管显示临界闪烁频率估算模型, 通过主观视觉感知实验, 利用测量系统得到亮度随时间的变化关系, 建立了平均感知闪烁程度估算模型。估算模型输出结果与视觉感知实验数据相关系数达到 0.98。该测量系统与估算模型实现了对等离子体显示大面积闪烁的客观度量, 并与主观视觉感知实验结果相吻合, 是等离子体显示屏优化设计和显示行业标准建立的有效工具。

关键词: 应用光学; 客观评价; 大面积闪烁; 等离子体显示

中图分类号: TN27 文献标识码: A

Objective Evaluation of Large Area Flicker for Plasma Displays

Zhang Yuning Lei Wei Li Xiaohua Zhang Xiaobing Wang Baoping

(School of Electronic Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096)

Abstract: An objective characterization method for large area flicker of plasma display panel is proposed. A measuremental setup based on a photo diode and a luminance meter, was built to record the light behavior quickly and accurately. Based on model of critical flicker frequency calculation for cathode ray tube, an analytical model was built to predict the perceived large area flicker seriousness level based on the measured light behavior. The output of the analytical model had a coefficient of correlation as high as 0.98 with perception experimental results. The measuremental setup and the simulative model enable objective evaluation for large area flicker of plasma displays, it is consistent with experimental results. It helps with plasma display panel design optimization and industrial standardization.

Key words: applied optics; objective evaluation; large area flicker; plasma displays

1 引 言

随着高清、数字电视的不断发展, 液晶显示器(Liquid crystal display, LCD)^[1]、等离子体显示屏(Plasma display panel, PDP)^[2]在人们的日常生活中日益普及。不过这些新型显示器件, 与传统的阴极射线管(Cathode ray tube, CRT)相比^[3,4], 仍存在不少问题, 比如液晶显示的运动模糊, 等离子体显示的动态伪轮廓^[5], 以及本文主要讨论的等离子体显

示的大面积闪烁^[6]。

众所周知, 等离子体显示屏可以看作由一组亚毫米量级的微型荧光灯管阵列构成。这些微型灯管在驱动电路的控制下, 有规律地发出光信号, 被人眼感知接受, 形成图像信息。因为是利用等离子体放电产生紫外线, 进而轰击荧光粉发光^[2], 每个像素单元只有开关两种状态, 为了产生灰度, 等离子体显示普遍采用了脉冲宽度调制的方法。即将每帧时间按

* 国家 973 计划(2003CB314706)和高等学校学科创新引智计划(B07027)资助课题。

作者简介: 张宇宁(1981—), 男, 江苏如东人, 博士研究生, 主要从事新型显示器件的开发设计和显示器件的性能测试等方面的研究。E-mail: zyn@seu.edu.cn

导师简介: 雷 威(1967—), 男, 四川成都人, 教授, 博士生导师, 主要从事新型显示器件的开发和光电显示材料等方面的研究。E-mail: lw@seu.edu.cn

收稿日期: 2007-04-02; 收到修改稿日期: 2007-05-29

照一定比例划分成不同宽度的子场。正是由于这种子场方式,在显示屏面积较大或者亮度较高时,观察者会感觉到明显的闪烁^[6],通常称之为大面积闪烁(Large area flicker),或者简称闪烁(Flicker)。闪烁容易引起视觉疲劳,严重的甚至会导致观察者头晕等不良反应^[7~9]。如何避免或者减轻闪烁程度,是等离子体显示设计开发过程中必须考虑的因素之一。如何评价闪烁程度和定义可接受闪烁程度阈值是平板显示行业标准制定工作中的焦点之一。

从根本上讲,闪烁是人眼对光信号随时间变化感知的结果^[7,8]。早期有较多关于阴极射线管显示闪烁的研究^[10,11],本文正是基于原有阴极射线管显示闪烁现象的研究成果,针对等离子体显示的特点,通过对等离子显示屏的发光特性的客观测量,分析人眼感知闪烁程度的规律,建立一个平均感知闪烁程度估算模型。估算模型通过对光信号的测量,直接给出人眼平均感知闪烁程度(Flicker seriousness level, FSL)。

2 测量系统

测量系统用于记录显示屏输出光信号亮度随时间变化的规律,其结构如图 1 所示。可编程信号发生器与计算机通过 I²C 接口连接,控制显示屏显示对应测试图案;亮度计测量显示屏上输出光信号的亮度和色度值,并将测量结果通过 RS232 接口传输给计算机。本文选择了日本 Hamamatsu 公司型号 S9219-01 的光电二极管记录光信号随时间的变化。该光电管光强敏感曲线与人眼非常相近,而且响应快(响应时间约为 0.5 μ s)。光电二极管将光信号转化成电信号,然后经放大电路放大和滤波去噪处理,被示波器记录。实验采用了 Tektronics 公司型号

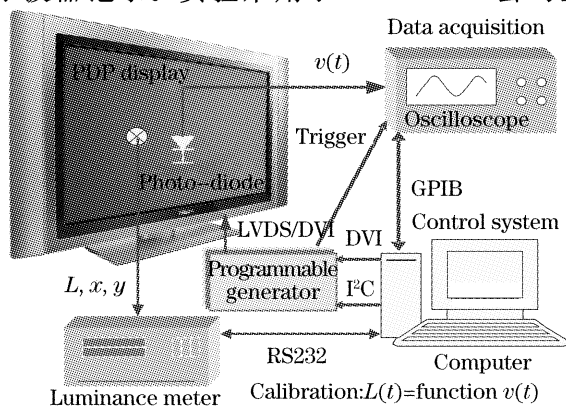


图 1 测量系统结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of measurement system framework

为 TDS754D 的示波器。该示波器将记录信号通过 GPIB 接口传输给计算机。计算机作为整个测试系统的控制中心,负责选择测试图案控制、信号采集和数据分析。通过比较亮度计记录数据与示波器记录的电压信号,可建立电压和亮度之间的对应关系,即将随时间变化的电压信号 $V(t)$ 转化为亮度信号 $L(t)$ 。

图 2 给出了一组测量结果,其中帧频为 60Hz,对应灰度值均为 255。从图 2 可以看出子场排布方式和荧光粉的延迟特性:蓝粉响应最快,子场边界也最清晰。下文着重建立人眼感知闪烁程度与类似图 2 所示显示屏输出光信号亮度随时间变化之间的对应关系。为了分析显示屏的整体特性,需要测出显示屏在所有不同灰度等级下光信号随时间变化的曲线。

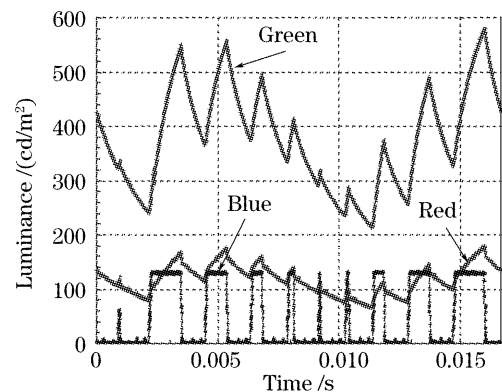


图 2 不同荧光粉工作时显示屏输出光信号亮度随时间的变化关系

Fig. 2 Examples of luminance profiles for different phosphors

3 闪烁程度估算模型

早在半个世纪前,科研工作者已在闪烁的产生机制和感知过程方面开展了大量的工作^[7,8];Joyce E. Farrell 等^[11]建立了一套针对阴极射线管显示的临界闪烁频率计算模型,通过测量荧光粉的延迟,在一定的精度范围内能够估算出阴极射线管显示的临界闪烁频率。

为了探究等离子体显示大面积闪烁程度,本文设计了一组视觉感知实验,共有 18 幅测试图案,分别对应不同的显示帧频、不同的子场方式,列于表 1, f_v 为显示屏的帧频, E_t 为总相对能幅。实验采用 101.6 cm (40 英寸) 等离子体显示屏,视觉张角为 30°,环境光小于 5 lx。共有 15 个来自不同国家、不同性别、不同年龄的观察者,分别对显示屏上测试图案感知闪烁程度打分。本文参考了 ITU-R BT. 500^[12] 标准的 5 分制。

表 1 主观视觉感知实验测试图案参量

Table 1 Parameters of testing patterns for perception experiment

No.	Luminance / (cd/m ²)	Subfield scheme	f_v /Hz	E_t	Average score
1	270.1		25	23.4	3.5
2	271.8		25	2.2	0.5
3	275.1		25	2.5	0.5
4	328.7		30	13.8	3.2
5	327.8		30	7.7	2.0
6	328.7		30	10.2	2.5
7	364.8		30	5.2	1.2
8	329.3		50	2.9	0.7
9	339.5		50	1.1	0.4
10	351.1		50	2.1	0.4
11	341.1		50	1.4	0.5
12	190.1	A	60	3.5	0.9
13	93.7	A	60	2.0	0.6
14	150.7	A	60	2.8	0.7
15	433.0	A	60	2.8	0.7
16	338.8	B	60	1.2	0.3
17	436.6	B	60	2.7	0.8
18	497.1	B	60	1.6	0.4

根据测试结果,借鉴文献[11]关于临界闪烁频率的计算方法,通过曲线拟合,建立了平均感知闪烁程度的估算模型,可由公式表示为

$$F = \frac{8}{\pi} \arctan(0.006E_t^2 + 0.089E_t), \quad (1)$$

式中

$$E_t = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{E_i}{E(f_i)}, \quad E_i = E_{\text{ret}} A_i, \quad (2)$$

式中 A_i 对应频率 f_i (基频的 i 倍) 的归一化分量, $E(f_i)$ 为对应帧频 f_i 的能量幅度阈值^[10], E_{ret} 称为视网膜光强(Retinal illumination level)^[11], 主要由显示屏输出的平均亮度值决定:

$$E_{\text{ret}} = L_A \cdot \pi \cdot (d/2)^2, \quad (3)$$

$$d = 5 - 3 \cdot \tanh[0.4 \cdot \lg(3.183 \cdot L_A)],$$

式中 L_A 为显示屏上输出光信号的平均亮度, d 为瞳孔直径(单位为 mm)。

$$E(f) = a \cdot \exp(bf), \quad (4)$$

式中 a 、 b 为常量,与视觉张角相关,比如在 30° 视觉张角条件下, $a=0.1889$, $b=0.1203$ 。

因此可知显示屏输出光信号亮度值随时间的变化关系,可以通过简单信号分析和计算公式,得到平均感知闪烁程度值,实现了一个标准观察者的功能。

4 分析讨论

图 3 给出了拟合模型估算结果与实际视觉感知实验统计结果之间的关系。实线为拟合曲线,即模型

估算值,散点为主观视觉感知实验数据(对应表 1)。统计分析结果表明两者之间的相关系数为 0.98。

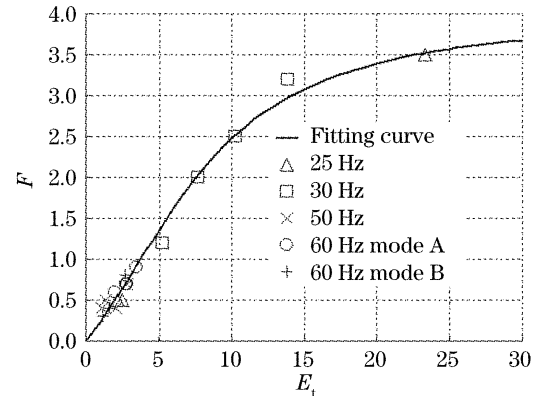
图 3 平均感知闪烁程度 F 随总相对能幅 E_t 的变化关系

Fig. 3 Perceived flicker seriousness level versus total relative energy amplitude

事实上,闪烁程度估算模型包含了人对闪烁程度感知的两个基本过程^[14]:相对客观的物质过程和相对主观的认知过程。人眼对时变光信号的感知具有滤波特性,从(2)式可以看出,相同幅度的时变光信号,在不同频率下对人眼的刺激程度是不等的,呈现如图 4 所示的滤波特性。这与早期 D. H. Kelly 等^[7]试图用信号系统模型分析人眼感知闪烁的思想是一致的。当频率高于 80 Hz 时,相对能幅已经非常接近 0,人眼已经基本感觉不到闪烁。同时(1)式还反映了对闪烁感知的非线性性,如图 3 所示。比较感知闪烁打分作为一个典型的认知过程^[14],是目

前作为人机界面的平板显示性能测试最直接的手段。因此本文的评价方法综合了视觉感知的客观物

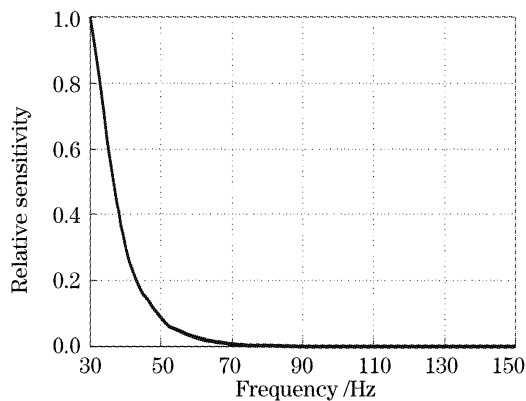


图 4 人眼对时变光信号的滤波特性

Fig. 4 Filtering property of human vision system while perceiving temporal variational light signal.

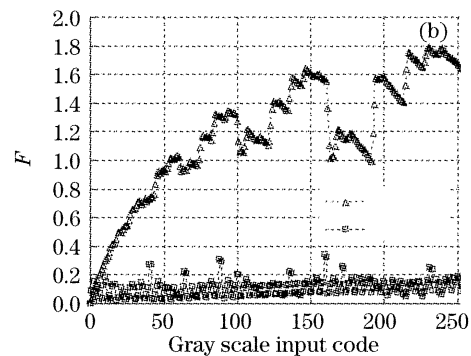
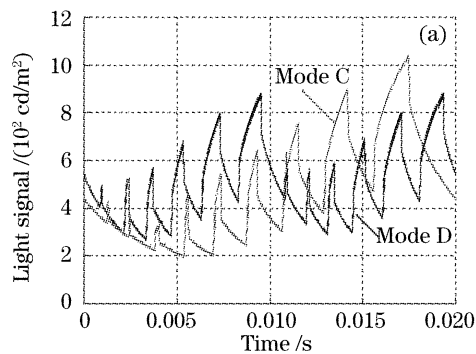


图 5 (a) 两种不同的子场排布方式($R=G=B=255$), (b) 不同灰度等级下的平均感知闪烁程度

Fig. 5 (a) Light behavior for different subfield schemes($R=G=B=255$), (b) The corresponding flicker seriousness level

该方法一方面可以用于测量比较不同显示屏、不同驱动时序下的大面积闪烁程度,作为产品筛选和改良的判断依据;另一方面在器件开发初期,应该合理调整、组合子场,减少基频分量,从而降低大面积闪烁。这种分析方法同样适用于背光扫描液晶闪烁的研究;不过目前只考虑了亮度信号随时间变化对闪烁的影响,有关颜色的影响,特别是对场序液晶显示,还有待进一步的研究。

5 结 论

时变光信号亮度测量系统利用光电二极管将亮度信号转化为电信号,并通过亮度计校正,实现了对显示屏输出光信号亮度随时间变化关系的快速、准确记录。基于阴极射线管显示临界闪烁频率估算模型,通过曲线拟合建立了主观视觉感知大面积闪烁程度和利用测量系统得到的亮度随时间变化曲线之间的对应关系,建立了平均感知闪烁程度估算模型。该估算模型输出结果与视觉感知实验数据相关系数

质过程和认知心理过程。

在同一显示屏上采用两种不同的子场方式(C和D),通过测量系统记录了两种子场方式下、所有灰度等级下光信号随时间变化的曲线,如图5所示。图5(a)给出了灰度等级为255时的情况。然后利用闪烁程度估算模型,得到两种子场方式下各个灰度等级时的平均感知闪烁程度,计算结果如图5(b)所示。对于子场方式C,大部分观察者可以感觉到比较严重的闪烁;而对于子场方式D,大部分观察者都感觉不到闪烁,即使有,也是5分制中的可察觉,但不讨厌(Perceptible, but not annoying);这与主观实验结果完全吻合。方式D称作重复子场方式^[13],对多数的灰度等级,基频被巧妙地提高到了双倍的帧频。但对少部分灰度值,在对称性不存在时,闪烁较为严重,从图5(b)也可看出。

达到0.98。基于物理测量系统的估算模型实现了对等离子体显示大面积闪烁的客观度量,并与主观视觉感知实验结果相吻合,有助于等离子体显示屏的优化设计和显示行业标准的建立。

致谢 本课题的部分工作是在荷兰飞利浦消费电子集团埃因霍温创新实验室(Innovation Lab in Eindhoven)完成的,感谢创新实验室的同事们,特别是Kees Teunissen先生的指导和帮助。

参 考 文 献

- 1 Gregory P. Crawford. Liquid crystal displays [J]. *IEEE Potentials*, 1998, 17(4): 38~42
- 2 J. P. Boeuf. Plasma display panels: physics, recent developments and key issues[J]. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2003, 36: R53~R79
- 3 I. Heynderickx, E. H. A. Langendijk. Image quality comparison of PDP, LCD, CRT and LCoS projection[C]. *Proc. Symposium on Information Display*, 2005, 36(1): 1502~1505
- 4 Shi Junsheng, Yun Lijun, Yang Jian *et al.*. Accuracy of colorimetric characterization and effect of black point for CRT monitor system[J]. *Acta Optica Sinica*, 2007, 27(2): 371~376

- (in Chinese)
石俊生, 云利军, 杨 健 等. 阴极射线管显示器特性化精度及黑点的影响[J]. 光学学报, 2007, **27**(2): 371~376
- 5 Zhang Yuning, Teunissen Kees, Lei Wei *et al.*. Method for predicting motion artifacts of plasma display panels [J]. *J. Southeast University (English Edition)*, 2007, **23**(1): 43~46
- 6 B. Salters, R. van Dijk. Reduction of large area flicker in plasma display panels[C]. *Proc. Symposium on Information Display*, 2001, **32**(1): 1098~1101
- 7 D. H. Kelly. Theory of flicker and transient responses, I. uniform fields[J]. *J. Opt. Soc. Am.*, 1971, **61**(4): 537~546
- 8 Vo Van Toi. Derivation of a unified transfer function in the theory of flicker[J]. *Opt. Lett.*, 1989, **14**(17): 907~909
- 9 Lu Fake, Li Haifeng, Gu Peifu *et al.*. Development of visible-light optical simulator based on liquid crystal on silicon technology[J]. *Acta Optica Sinica*, 2006, **26**(5): 736~739 (in Chinese)
- 鲁法珂, 李海峰, 顾培夫 等. 基于硅基液晶显示技术的可见光光学目标模拟器的研制[J]. 光学学报, 2006, **26**(5): 736~739
- 10 Russell Chaplin. An objective method for measuring VDU flicker [C]. *Proc. SPIE*, 1992, **1666**: 73~83
- 11 Joyce E. Farrell, Evanne J. Casson, Carl R. Haynie *et al.*. Designing flicker-free video display terminals [J]. *Displays*, 1988, **9**(3): 115~122
- 12 International Telecommunications Union, Rec. ITU-R BT. 500-11. Std. Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures, 2002
- 13 J. J. L. Hoppenbrouwers, R. van Woudenberg. 100-Hz video upconversion in plasma displays [C]. *Proc. Symposium on Information Display*, 2002, **33**(1): 922~925
- 14 Luo Yuejia. *Cognitive Neuroscience Tutorial* [M]. Beijing: Peking University Press, 2006. 1~21 (in Chinese)
罗跃嘉. 认知神经科学教程[M]. 北京: 北京大学出版社, 2006. 1~21

《中国激光》“综述”栏目征稿启事

《中国激光》创刊 30 多年以来,以反映我国激光领域的研究进展和成果为己任,见证了中国激光领域的发展历程和重大突破,在读者中树立了较高的学术地位,形成了较为成熟的办刊风格。近年来,激光研究的领域取得了令人瞩目的成就,在我国科技体系与国民经济中占据了越来越重要的地位,为了给广大研究人员提供更丰富、更全面的信息,应部分读者的要求,本刊增辟“综述”栏目,刊发综述类文章,反映激光领域热点专题的研究进展或动态。

具体要求:综述应尽可能就激光领域的研究热点结合最新的研究成果进行论述,涉及范围不需太大,但必须要有一定的深度和时间性,能反映出这一专题的历史背景、研究现状和发展趋势。文章必须有作者自己的研究经验或体会,所介绍的工作应尽量适合国内已开展的工作或将要开展工作的需要。

综述的写作格式一般包括四部分,即引言、正文、结论、参考文献。

引言,要用简明扼要的文字说明写作的目的、必要性、有关概念的定义,综述的范围,阐述有关问题的现状和动态,以及目前对主要问题争论的焦点等。引言一般以 200~300 字为宜,不宜超过 500 字。

正文,是综述的重点,应能较好地表达综合的内容。正文主要包括论据和论证两个部分,通过提出问题、分析问题和解决问题,比较不同学者对同一问题的看法及其理论依据,进一步阐明问题的来龙去脉和作者自己的见解。当然,作者也可从问题发生的历史背景、目前现状、发展方向等提出文献的不同观点。正文的重要部分应包括作者自己的工作实践。正文部分可根据内容的多少分为若干个小标题分别论述。

结论,是对综述正文部分作扼要的总结,作者应对各种观点进行综合评价,提出自己的看法,指出存在的问题及今后发展的方向和展望。

参考文献,是综述的重要组成部分。一般参考文献的多少可体现作者阅读文献的广度和深度,应以最近 3~5 年内的最新文献为主。

文章篇幅一般在 1 万字左右,一经录用,从速发表,稿酬从优。

《中国激光》编辑部