

doi:10.3788/gzxb20134207.0768

以发光二极管为背光源的平板显示对人体非视觉的影响

宋丽妍¹, 李俊凯², 牟同升¹

(1 浙江大学 光电信息工程学系, 杭州 310027)

(2 杭州浙大三色仪器有限公司, 杭州 310027)

摘 要: 针对以发光二极管为背光源的平板显示对人体生理节律等非视觉的影响, 采用节律因子评价模型设计了实验系统. 通过全空间平均辐射法, 采用国际电工委员会标准中平均图像电平的节目画面, 测量显示不同图像时以发光二极管为背光源的平板显示器光辐射的节律因子. 结果发现: 以发光二极管为背光源的平板显示器在显示白场和大部分彩色图像时的节律因子为 5.0 以上, 其非视觉效应比普通照明要强得多, 且与显示的图像内容密切相关; 该平板显示器的光学辐射对人体生理节律等非视觉具有不可忽视的影响.

关键词: 以发光二极管为背光源的平板显示; 非视觉效应; 量化; 节律因子

中图分类号: TN27

文献标识码: A

文章编号: 1004-4213(2013)07-0768-4

Non-visual Effects of Flat Panel Display with Light Emitting Diode Backlight on Human

SONG Li-yan¹, LI Jun-kai², MOU Tong-sheng¹

(1 Department of Optical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

(2 SENSING Instruments Co., Ltd, Hangzhou 310027, China)

Abstract: Aiming at the non-visual effects of optical radiation of the flat panel display with light emitting diode backlight on human circadian rhythms, an experimental system is designed using a model of the evaluation of the circadian factor. By the method of average radiation in total space, the circadian factors of different pictures displayed on flat panel display with light emitting diode backlight are measured, and the pictures are all from the program of Average Picture Level in the International Electrotechnical Commission standard. It is found that the circadian factors of flat panel display with white and majority of colorful backgrounds are above 5.0, which are much stronger than ordinary lighting source, and are closely related to the content is displayed. The result suggests that the non-visual effect of the optical radiation of flat panel display on human circadian rhythms should be considered.

Key words: Flat panel display with light emitting diode backlight; Non-visual effect; Quantization; Circadian factor

0 引言

2002 年美国 David Berson 等发现了人眼中第三种感光细胞. 自此, 人们知道光线进入眼睛, 不仅

会产生视觉影响(看到物体的明暗、颜色等), 还有非视觉效应. 眼睛对光的传递包括两个通路: 视觉通路和非视觉通路^[1-2]. 人体非视觉通路的存在表明光线具有非视觉效应. 例如光对人体昼夜节律、警觉度、

基金项目: 国家创新基金(No. 10C26213304121)资助

第一作者: 宋丽妍(1987-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为 LED 检测技术. Email: 21030047@zju.edu.cn

导师(通讯作者): 牟同升(1963-), 男, 教授, 硕士, 主要研究方向为照明和显示光电检测技术、光度测量标准、光生物安全、光与辐射安全标准. Email: tsmou@zju.edu.cn

收稿日期: 2013-01-10; 录用日期: 2013-03-21

工作表现的影响等^[3],其中昼夜节律包括核心体温、褪黑激素分泌、睡眠时间以及基因表达等^[4].研究已经证明,昼夜节律的紊乱可能会导致人体细胞和器官系统出现问题,如工作表现、睡眠质量差或出现消化问题,同时增加患癌症,心血管异常等各种疾病的风险^[5-7].而许多研究显示给予适当的光照,可以有效缓解某些疾病的症状,如早期的阿尔茨海默病、睡眠障碍等^[8-9].

光照的视觉效应和非视觉效应主要涉及到光的五个特性:光照强度、光谱分布、时间点、持续时间以及空间分布.在可见光谱范围内,非视觉效应在短波区域灵敏度较高,而视觉系统则对黄绿光更加敏感^[10].

显示器件的光辐射对人体昼夜节律也存在很多潜在的影响.常用的平板显示器件中,以发光二极管(Light Emitting Diode, LED)为背光源的平板显示器已经在家庭电视、电脑领域占据着统治地位.LED光源的主波长通常处于短波段,而该波段恰好是褪黑激素抑制的主导波段.因此研究以LED为背光源的平板显示器对人体昼夜节律的影响具有重要的实践意义.Figueiro等^[11]利用文献^[12]提出的昼夜刺激模型估算了某些台式显示器、笔记本显示器以及手机等显示器的褪黑激素抑制程度,并通过主观实验发现夜间使用电脑确实会抑制人体褪黑激素的分泌.

本文基于欧盟提出的光源节律因子^[13-14]评价模型,采用全空间平均辐射法,实现以LED为背光源的平板显示器非视觉效应的量化评价.相比于Rea的昼夜刺激模型^[12],本模型仅涉及光源的光谱分布,而显示器在显示某一画面时其光谱分布是固定的,因此本模型可以建立显示器的视觉效应与非视觉效应之间的快速、简单转换关系,并具有普遍性.研究发现,以LED为背光源的平板显示器在显示不同图片时,其非视觉效应表现出明显的不同,且远远强于普通照明光源.可以采用以LED为背光源的平板显示器在白场下的节律因子来表征其潜在的非视觉效应,从而评价不同平板显示器非视觉效应的强弱.

1 实验原理

节律因子是基于视网膜感光神经节细胞光谱响应的有效辐射量与明视觉光谱响应的辐射量的比值,表征了光源非视觉效应的强弱^[13-14],表达式为(其中 C/P 为节律因子)

$$C/P = \frac{Km' \int_{380}^{780} P(\lambda)C(\lambda)d\lambda}{Km \int_{380}^{780} P(\lambda)V(\lambda)d\lambda} = \frac{Km' \sum_{380}^{780} P'(\lambda)C(\lambda)\Delta\lambda}{Km \sum_{380}^{780} P'(\lambda)V(\lambda)\Delta\lambda}$$

式中 Km 为明视觉最大光谱光效函数(681 lm/W); Km' 为非视觉效应的最大光谱光效函数(3 616 lm/W); $P(\lambda)$ 为绝对光谱能量分布, $P'(\lambda)$ 为相对光谱能量分布, $P(\lambda) = \alpha P'(\lambda)$, α 为常数; $V(\lambda)$ 为明视觉光谱光效函数; $C(\lambda)$ 为基于人体褪黑激素的抑制作用的光谱生物响应曲线,用来表征人体对与不同光谱所引起生物效应的强弱程度.

2 实验设计

由于显示器显示的图像是动态的、不断变化的,因此进入到人眼的光的照度、色温等参数也是动态的,这样就使实验设计变得较为复杂.首先需测量显示器在显示不同单色(红、蓝、绿三原色等)以及不同灰度等级图片时的相对光谱功率分布,根据节律因子的公式计算其非视觉效应并进行比较.为了与日常生活更加接近,本文从国际标准视频(该视频中包含了各国电视节目画面,使得实验结果具有普遍性)中截取出若干彩色图片,测量并计算出显示器在显示彩色图片时的节律因子,最后对实验结果进行分析与讨论.

实验装置如图1.本实验采用积分球 4π 测量方法对待测样品进行测量.实验装置包括:信号源——测试样品提供测试图片;积分球——使放入其中的测试样品均匀混光后进入探测装置.探测装置包括用于测量相对光谱分布的光谱仪、传输光信号的光纤、用于处理数据的计算机.在开始测量测试样品之前,需使用标准光源对光谱仪定标.本文采用色温为2 856 K的标准白炽灯来校正整个系统.

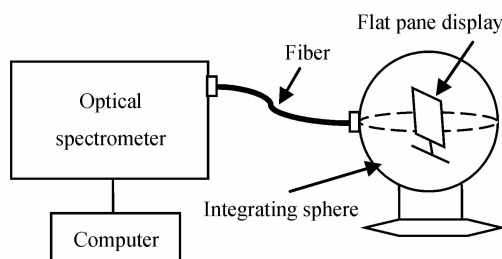


图1 平板显示节律因子测量系统

Fig. 1 Measurement system diagram of circadian factor for flat panel display

实验共选取市面上常见的四种平板显示器作为样品(背光源均为白光LED).首先测量并计算平板显示器在显示单色(红、蓝、绿等)以及不同灰度等级图片时的节律因子.实验系统搭建好后,测量显示器在显示8种颜色的单色图片(黑、白、红、绿、蓝色等)以及10个灰度等级图片时的相对光谱功率分布,其中10个灰度等级分别为:0、36、66、73、109、127、146、182、219、255.

由于日常生活中进入人眼光线的亮度、颜色都

是不断变化的,因此在评价以 LED 为背光源的平板显示器的非视觉效应时,也要考虑到彩色图像的评价方法.

根据分析,本文设计实验系统来评价四台显示器样本在播放视频中彩色图像时的非视觉生物效应. 2008 年国际电工委员会(International Electrotechnical Commission, IEC)为测量电视机功耗,统计了各国电视节目画面的平均图像电平(Average Picture Level, APL)分布,并按照此分布定制了标准视频,时长为 10 min 39 s. 实验以该标准视频作为测量的信号源. 在视频的播放过程中,每帧图像切换的速度非常快,难以实现实时测量. 因此,在播放过程中,每隔一段时间截取出一张图片,然后测量显示器在显示图片时的光色参数. 实验截取了各种类型的图书 36 幅,对这些图片的光谱进行测量,从而描绘出节律因子变化曲线并计算其平均值.

3 结果与分析

如图 2 所示,四台样本显示器在显示全蓝色图片时节律因子最高(分别为 43.2、58.8、34.24、27.01),而显示全红色图片时最低(分别为 0.28、0.51、1.64、1.28). 不同显示器在显示相同纯色图片时其节律因子也不相同. 图片颜色越偏向蓝色,节律因子越高;反之越偏向红色,节律因子越低. 其中 Color1 为色橘红(较偏向于红色),节律因子较低;而 Color2 为浅蓝色(较偏向于蓝色),节律因子较高. 这主要是因为蓝光的光子能量高于红光. 四台显示器在显示白色图片时节律因子分别为 5.77、7.17、8.79、6.4.

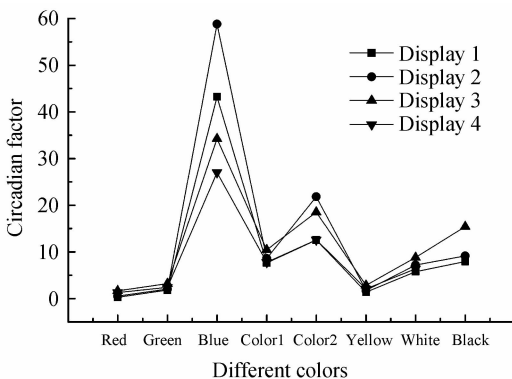


图 2 显示器在显示不同纯色图片时的节律因子折线
Fig. 2 Polygram of circadian factor of displays with different solid color

图 3 为四台样本显示器在显示 10 个灰度级图片时节律因子折线图. 显示器在显示不同灰度级图片时,其节律因子基没有明显的变化. 仅显示器 3 在

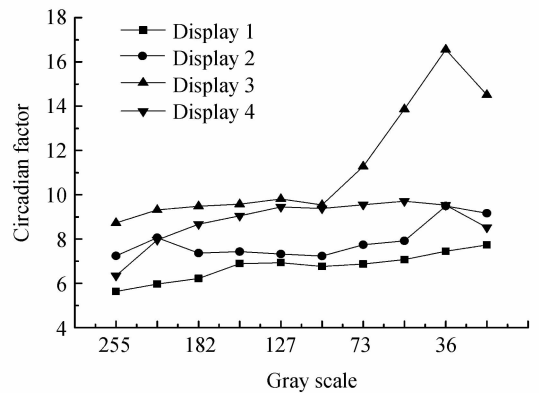


图 3 显示器在显示不同灰度图片时的节律因子折线
Fig. 3 Polygram of circadian factor of displays with different gray scale

显示灰度级分别为 73、66、36、0 的图片时,节律因子表现出了较大的波动.

显示器在显示 36 幅彩色图片时,其平均节律因子分别为:4.87、6.92、7.93、5.84. 该平均值非常接近于显示器在显示白色图片时的节律因子. 同时发现当画面中蓝色分量较多时,其节律因子较高;而当画面中红色分量较多时,其节律因子较低. 综上所述,虽然显示器在显示不同彩色图片时其节律因子有很大的差异,但其平均值接近于显示器在白场下的节律因子.

人体在白天维持较高水平的警觉程度,褪黑激素分泌非常低. 在这种兴奋的状态下人们完成日常工作或进行活动. 夜间在暗环境下人体的褪黑激素分泌升高,警觉度下降,最后进入睡眠来缓解一天的疲劳. 表 1 给出了几种常用光源的节律因子^[14]. 从表 1 中可以看出,常用照明灯具节律因子较低,夜间睡眠前适当的使用这些照明灯具基本上不会影响到后续睡眠以及人体健康;而以 LED 为背光源的平板显示器在白场下其节律因子高于普通照明光源的节律因子,即其具有较强的非视觉效应. 因此夜间使用以 LED 为背光源的平板显示器就会对后续睡眠以及人体健康造成潜在的威胁.

表 1 几种光源的节律因子

Table 1 Circadian factor of several light sources

Source(sorrelated color temperature)	Circadian factor
Incandescent(2 800 K)	3.49
Warm fluorescent lamp(2 827 K)	2.91
Cold fluorescent lamp(3 678 K)	3.49

图 4 为平板显示器 3 白场下的相对光谱功率分布. 从图中可以看出以 LED 为背光源的平板显示器之所以具有较高的节律因子,原因在于其蓝光含量非常丰富. 这可能与背光源白光 LED 的制作方法有关,例如大部分白光 LED 都由蓝光 LED 加荧光粉制作而成^[15].

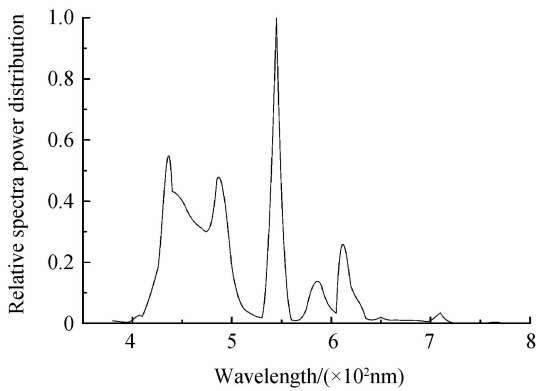


图4 显示器3在白场下的相对光谱功率分布

Fig.4 The relative spectral power distribution of display 3 with white background

4 结论

本文采用节律因子评价模型来研究了以LED为背光源的平板显示器对非视觉生物效应的影响。结果发现,此类显示器比普通照明光源潜在的非视觉效应更强。平板显示器在显示不同图片时,非视觉效应存在很大的差异。理论上,可以采用平板显示器在白场下的节律因子来表征其潜在的非视觉效应,利用节律因子的评价模型来比较不同显示器的非视觉效应强弱。

目前,非视觉生物效应还停留在实验研究层面,相信越来越多的研究会使其逐步走向实际应用。在未来的信息显示中,在保证显示的视觉性能要求下应该动态改变显示器的输出光学辐射,最大程度地符合使用者的身体生理节律。

参考文献

- [1] WENG Ji, CHEN Zhong-Lin, HU Ying-Kui, *et al.* Research and Summarize of Photic Biological Effect [J]. *Light&Lighting*, 2007, **31**(1): 1-3.
翁季,陈仲林,胡英奎,等.光生物效应研究综述[J].灯与照明, 2007,**31**(1):1-3.
- [2] BERSON D M, DUNN F A, TAKAO M. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock [J]. *Science*, 2002, **295**(5557): 1070-1073.
- [3] PHIPPS-NELSON J, REDMAN, J R, DIJK, D J, *et al.* Daytime exposure to bright light, as compared to dim light, decreases sleepiness and improves psychomotor vigilance performance[J]. *Sleep*, 2003, **26**(6): 695-700.
- [4] REA M S, BIERMAN Andrew, FIGUEIRO M G, *et al.* A new approach to understanding the impact of circadian disruption on human health [J]. *Journal of Circadian Rhythm*, 2008, **6**(1): 7-14.
- [5] COLLIS S J, BOULTON S J. Emerging links between the biological clock and the DNA damage response [J]. *Chromosoma*, 2007, **116**(4): 331-339.
- [6] SA'NCHEZ-BARCELO E J, COS S, MEDIAVILLA D, *et al.* Melatonin - estrogen interactions in breast cancer [J]. *Journal of Pineal Research*, 2005, **38**(4): 217-222.
- [7] KNUTSSON A. Health disorders of shift workers [J]. *Occupational Medicine*, 2003, **53**(2): 103 - 108.
- [8] FILIPSKI E, LI X M, LEVI F. Disruption of circadian coordination and malignant growth [J]. *Cancer Causes & Control*, 2006, **17**(4): 509-514.
- [9] STEVENS R G, BLASK D E, BRAINARD G C, *et al.* Meeting report: The role of environmental lighting and circadian disruption in cancer and other diseases [J]. *Environmental Health Perspectives*, 2007, **115**(9): 1357-1362.
- [10] REA M S. Light-much more than vision[C]. The Lighting Research Office of the Electric Power Research Institute, 2002: 1-15.
- [11] FIGUEIRO M G, ERDENER Basar, JAYAWARDENA Asiri, *et al.* Invited paper: the impact of self-luminous electronic devices on melatonin suppression[J]. *Society for Information Display*, 2011, **42**(1): 408-411.
- [12] REA M S, FIGUEIRO M G, BULLOUGH J D, *et al.* A model of phototransduction by the human circadian system [J]. *Brain Research Reviews*, 2005, **50**(2): 213-228.
- [13] JU Jia-qi, CHEN Da-hua, LIN Yan-dan. The non-visual biological effect of lighting and its practical meaning [J]. *China Illuminating Engineering Journal*, 2009, **20**(1): 25-28.
居家奇,陈大华,林燕丹.照明的非视觉效应及其实践意义 [J].照明工程, 2009, **20**(1): 25-28.
- [14] GALL D, LAPUENTE V. Beleuchtungsrelevante Aspekte bei der Auswahl eines förderlichen Lampenspektrums [J]. *Licht*, 2002, **54**(7/8): 860-871.
- [15] HAO Hong-gang, WANG Wen-liang, LUO Yuan, *et al.* LED spectrum modulation technique based on optical coating [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2012, **41**(9): 1081-1085.
郝宏刚,王文梁,罗元,等.基于光学薄膜的LED光谱调制技术[J].光子学报, 2012,**41**(9): 1081-1085.