

doi: 10.3788/gzxb20124102.0218

LED 用于彩色全息图照明的色度研究

刘翠萍, 于佳, 黎旭艳, 王金城

(中国海洋大学 信息科学与工程学院, 山东 青岛 266100)

摘 要: 基于制作全息灯箱背光源的需要, 从色度上分析研究了发光二极管用于彩色全息图照明的可行性, 对使用发光二极管和定向照明卤钨灯照明再现的彩色全息图进行了色度测量与评价. 实验测量并计算了发光二极管与卤钨灯光谱功率分布 RGB 成分比, 给出了在 CIE1976 均匀颜色空间中两种光源再现图像与原图像之间的色差. 结果表明, 发光二极管用作彩色全息图照明光源是可行的, 可以作为全息灯箱背光源.

关键词: 视觉光学; 照明光源; 色度; LED; 全息

中图分类号: O432.3

文献标识码: A

文章编号: 1004-4213(2012)02-0218-4

0 引言

当前, 以数字技术制作的大幅面显示全息图已逐渐被用于三维图像广告^[1], 但全息图灯箱的制作一直受到背光源的限制而难以实现. 发光二极管 (Light Emitting Diode, LED) 光源以其体积小、光束方向性好, 便于平面分布等特点为这一问题的解决提供了可能.

英国的 Hans I. Bjelkhagen 和 Evangelos Mirlis 对从 LED 特性上提出白光 LED 用于彩色全息图照明的可能性. 同济大学胡德静、李佛生从光谱特性上提出用单色 LED 再现全息图的可能性. 但上述研究均没有对白光 LED 照明彩色全息图进行实验研究. 市场方面, 国外已出现使用 4° 发散角的 LED 制作的射灯和球形灯泡, 专用于全息图的照明, 但该光源目前主要用于单色全息图照明, 目前国内外尚没有 LED 光源照明彩色全息图报道, 也未见彩色全息图灯箱研究报告.

自 2011 年以来, 为了更广泛地实现图像的三维显示, 本课题组着手研制以 LED 为背光照明全息显示灯箱. 就此, 本文运用色度学的方法研究了 LED 光源对彩色全息图颜色显示的效果, 与定向照明卤素灯进行了比较, 对 LED 用于彩色全息图照明的可行性进行了实验与分析, 并对以 LED 和卤素灯为照明光源时再现图像的质量进行了评价, 为彩色全息图灯箱的制作及质量评价提供了理论与实验基础.

1 LED 的光谱功率分布色度分析

为使全息图的再现图像具有理想的颜色, 全息图的照明光源应该具有颜色均衡的光谱分布, 从而达到良好的显色性要求.

目前, 显示全息图的照明光源主要使用定向照明卤素灯. 卤素灯的光谱为宽频的连续光谱, 光谱中红光的成分比较多, 蓝光成分比较少, 颜色显示偏暖色较明显. Hans 研究表明, 使用卤素灯照明再现出来的图像颜色失真较大^[2-3]. 另外, 卤素灯光效低、发散角较大、体积偏大, 不适于全息图灯箱的背光照明.

随着 LED 技术的不断成熟, 高亮度的白光 LED 已越来越多的用作照明光源.

1.1 LED 特性

与定向照明卤素灯相比, LED 具有很多优势^[2]:

- 1) 寿命长, 最高可达 10 万小时.
- 2) 结构坚固、耐热、抗震.
- 3) 方向可控性好, 可以提高能量利用率, 减小光能浪费.
- 4) 体积小, 方向性好, 驱动电路简单, 便于集成使用. 对于大面积彩色全息图来说, 可以实现平面分布照明, 能有效增强再现图像的亮度与均匀度.
- 5) 光波长可控, 便于进行彩色控制, 使光波长与记录光波长匹配.

基金项目: 山东省科技攻关计划 (No. 2005GG1107001) 资助

第一作者: 刘翠萍 (1987-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为色度学. Email: iuuuig@163.com

导师 (通讯作者): 王金城 (1955-), 男, 教授, 硕士, 主要研究方向为色度学与激光全息技术. Email: hololab@ouc.edu.cn

收稿日期: 2011-09-13; **修回日期:** 2011-10-18

1.2 光谱成分分析

为了分析比较 LED 与卤素灯色度特性,研究了它们的光谱功率分布,考虑到全息干版乳胶对不同波长的光吸收不同,用分光光度计测量了 LED 及卤钨灯的透过全息光栅的光谱功率分布.其中,实验所

用 LED 为白光 LED,为蓝光芯片激发 YAG 荧光粉混色得到白光,圆头,发散角为 15°;卤钨灯为冷反射定向照明卤钨灯,发光角度为 36°;全息光栅使用的 CH-RD 银盐感红版,测量结果如图 1.

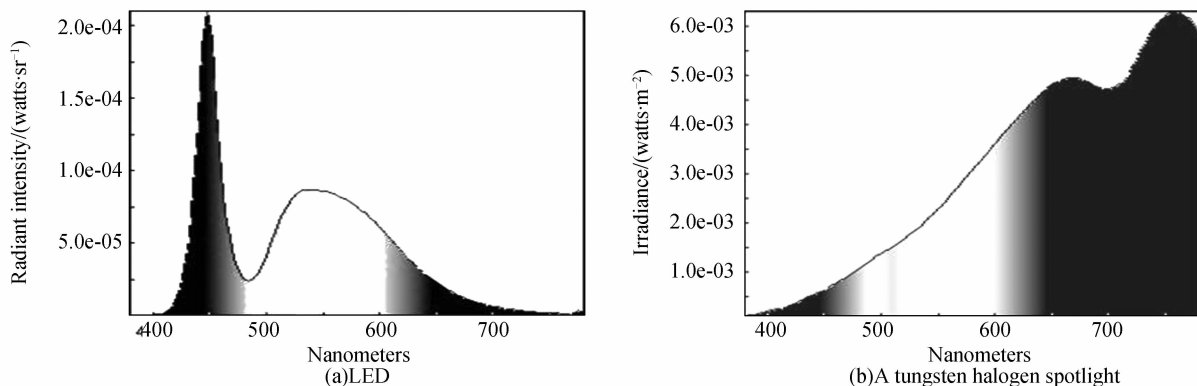


图 1 LED 和卤钨灯透过一维光栅后的光谱功率分布

Fig.1 The relative spectral power distributions of a LED and a tungsten halogen spotlight behind a dimensional grating

由光谱功率分布和 1931CIE-RGB 标准色度观察计算可得,其 LED 光源 RGB 所占比例为 1 : 1.4 : 1.7. 而卤钨灯的红光成分所占比例较大,蓝光成分所占比例较小,其 RGB 所占比例为 6.4 : 3.2 : 1. 由此可知,LED 的 RGB 成分比例比卤钨灯的更加均衡,从光谱成分组成上看,LED 用作彩色全息图照明光源有更好的显示效果.

紫、黑、灰 9 种颜色的六边体彩色图像,如图 2. 使用 CRT 显示器显示彩色图像,用 PR-650 正对显示器测量,得到 9 种颜色在 CIE1976 UCS 色度图中的色品坐标,如表 1.

2 LED 照明彩色全息图质量评价

实验首先制作一幅彩色图像,测量其各部分色度值,然后拍摄成彩色全息图,使用 LED 和卤素灯照明全息图,测量再现图像各部分色度值,比较分析再现图像质量.

2.1 彩色全息图的制作与颜色测量

在计算机上制作一幅具有红、橙、黄、绿、青、蓝、

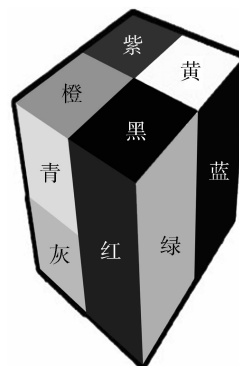


图 2 原图像
Fig.2 The original picture

表 1 原图像各颜色的 RGB 值、原图像和再现图像在 CIE1976 UCS 色度图的色品坐标

Table 1 RGB value of the original picture, and chromaticity coordinates of both the original picture and the reproduced images in CIE1976 UCS diagram

Physical quantities		Red	Orange	Yellow	Green	Cyan	Blue	Purple	Black	Grey
Original picture	R	255	247	255	0	0	0	255	0	190
	G	0	148	255	255	255	0	0	0	190
	B	0	28	0	0	255	255	255	0	190
	u'	0.433 4	0.302 2	0.201 1	0.112 9	0.131 8	0.173 2	0.291 3	0	0.193 9
	v'	0.523 1	0.537 9	0.550 7	0.560 5	0.435 9	0.169 5	0.328 3	0	0.454 7
Reproduced image	LED u'	0.278 4	0.288 3	0.204 7	0.120 8	0.137 4	0.208 6	0.183 8	0	0.151 6
	LED v'	0.535 3	0.530 2	0.548 6	0.556 2	0.447 8	0.186 8	0.274 2	0	0.459 3
	halogen u'	0.350 2	0.299 5	0.199 7	0.133 6	0.157 3	0.184 6	0.214 1	0.179 5	0.158 3
	spotlight v'	0.542 6	0.546 2	0.555 7	0.556 8	0.500 2	0.424 2	0.406 0	0.525 3	0.477 3

经空间光调制器投射到毛玻璃上,漫射至全息干版,与参考光干涉拍摄成二步法的假彩色编码彩色全息图.彩色图像为一个具有红、橙、黄、绿、青、

蓝、紫、黑、灰 9 种颜色的六边体,其中各颜色的 RGB 值见表 1.

拍摄得到的全息图一级衍射角为 45°,编码对

应 RGB 三原色光波长分别是 700 nm、546.1 nm 和 435.5 nm, 母版红绿蓝三通道的狭缝均宽 5 mm.

2.2 再现彩色全息图的质量评价

用两种光源实验中, 在暗室里, 通过调节功率、亮度衰减等方式, 将 LED 与卤钨灯亮度调至基本相等, 这样可以不计亮度对色品的影响, 分别以 45° 入射照明全息图, 使用 PR-650 在干版另一侧正对干版方向, 测量再现图像各颜色在 CIE1976 UCS 色度

图的色品坐标, 多次测量选取平均值, 得到较客观可靠的实验数据, 见表 1.

在 CIE1976 UCS 色坐标体系中, 颜色的偏差用测量点在 CIE1976 UCS 色度图中的欧氏距离 $\Delta u'v'$ 定量描述. $\Delta u'v'$ 的定义由式(1)给出

$$\Delta u'v' = \sqrt{(u'_1 - u'_2)^2 + (v'_1 - v'_2)^2} \quad (1)$$

计算再现图像与原图像之间的 $\Delta u'v'$ 值, 见表 2.

表 2 再现图像与原图像之间的 $\Delta u'v'$ 值

Table 2 The values of $\Delta u'v'$ between the original picture and the reproduced images

Physical quantities	Red	Orange	Yellow	Green	Cyan	Blue	Purple	Black	Grey
$\Delta u'v'$ -LED	0.155 5	0.015 9	0.004 2	0.009 0	0.012 5	0.039 4	0.120 3	0	0.042 5
$\Delta u'v'$ -halogen spotlight	0.085 5	0.008 7	0.005 2	0.021 0	0.069 2	0.255 0	0.109 5	0.555 1	0.042 2

两种光源再现图像整体均存在一定的颜色失真, 原因有三: 一是全息图制作过程中, 红绿蓝三通道存在一定宽度, 从而导致再现图像饱和度偏低; 二是再现时照明光的角度与记录时的相干角不严格相等; 三是照明光源 RGB 成分比例不均衡.

本实验重点比较两种照明光源对再现图像质量带来的影响大小.

表 2 中, 使用 LED 照明时黑色部分测量时由于光线太弱测不到数据, 人眼观察时这部分基本全黑, 没有光线, 这说明 LED 的方向性较好, 杂散光影响基本可以忽略. 与之相比, 卤钨灯发光角度太大, 杂散光影响很强.

从表 2 可以看出, 与卤钨灯再现图像相比, LED 再现图像中, 黑、绿、青、蓝部分有更小的色差, 红、黄、紫部分色差较卤素灯稍大. 从整体来看使用 LED 和卤素灯对彩色全息图再现效果相差不大. 因此, LED 可以用作彩色全息图照明光源.

3 结论

研究表明: 与彩色全息图常用照明光源卤钨灯相比, LED 光谱成分更为均衡, 再现效果与卤钨灯再现效果相差不大, 因此可以用作彩色全息图照明光源. 并且, 从光谱成分上看, 采用三基色 LED 混色方法得到的白光 LED 可以调节各种颜色成分的比例, 从而得到最佳的 RGB 成分比.

同时, LED 具有方向性好、体积小、便于平面分

布、光波长可控等卤素灯无可比拟的独特优势, LED 作为彩色全息灯箱背光源是可行的.

参考文献

- [1] XU Da-xiong, YU Chong-xiu. Digital composite holograms[J]. *Holography News Report*, 2001, **9**:3-4. 徐大雄, 余重秀. 数字合成全息图[J]. 全息通讯, 2001, **9**:3-4.
- [2] BJELKHAGEN H I, MIRLIS E. Color holography to produce highly realistic three-dimensional images [J]. *Applied Optics*, 2008, **47**(4): A123-A133.
- [3] HU De-jing, LI Fo-sheng. Practical and original restoration light source of hologram [J]. *Applied Laser*, 2003, **23**(2): 107-108. 胡德敬, 李佛生. 实用新颖全息照相再现光源[J]. 应用激光, 2003, **23**(2): 107-108.
- [4] 徐海松. 颜色信息工程[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2005: 43-82.
- [5] LU Xiao-xu, ZHONG Li-yun, ZHANG Yong-an, et al. Study on color holographic advertising lampbox [J]. *Optical Technology*, 2002, **28**(2): 103-107. 吕晓旭, 钟丽云, 张永安, 等. 彩色全息广告灯箱的研制[J]. 光学技术, 2002, **28**(2): 103-107.
- [6] 王其祥. 全息广告灯箱: 中国, 88215537[P]. 1989-08-02.
- [7] 吕晓旭, 钟丽云, 熊秉衡, 等. 透射型真彩色全息广告灯箱: 中国, 2457693 [P]. 1989-08-02.
- [8] FARAS F, KANG H, ONURAL L. Real-time phase-only color holographic video display system using LED illumination [J]. *Applied Optics*, 2009, **48**(34): H48-H53.
- [9] YARAS F, KANG H, ONURAL L. Speckle noise reduction on kinoform reconstruction using a phaseonly spatial light modulator[J]. *Applied Optics*, 1995, **34**(3): 3165-3171.
- [10] YARAS F, ONURAL L. Color holographic reconstruction using multiple SLMs and LED illumination[C]. *SPIE*, 2009, **7237**: 72370O.

Colorimetric Research on LED Displaying Color Holograms

LIU Cui-ping, YU Jia, LI Xu-yan, WANG Jin-cheng

(College of Information Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao, Shandong 266100, China)

Abstract: Based on making holographic lampbox backlights need, the possibility of using LEDs as the illumination sources for reconstruction of color holograms is studied on chrominance, compared with tungsten halogen spotlights which are common practiced currently. And the reproduced images those are displayed by a LED and a tungsten halogen spotlight are evaluated. In experiments, the RGB proportions in spectral power distributions of a LED and a tungsten halogen spotlight are calculated. Color differences, in CIE1976 uniform color space, between an original picture and the reproduced images are also calculated and analyzed separately. Results indicate that it is feasible to use LEDs to illuminate color holograms, and feasible to use LEDs as holographic lampbox backlights.

Key words: Visual optics; Illumination source; Chrominance; LED; Holography