

文章编号 1004-924X(2006)03-0402-04

激光显示的原理与实现

张岳,郝丽,柳华,刘伟奇

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所,吉林长春 130033)

摘要:基于三基色激光显示具有亮度高、色彩鲜艳、清晰度高等特点,给出了大屏幕激光显示技术的原理,介绍了本实验室应用波长分别为 671 nm、532 nm 和 473 nm,功率为 1.3 W、0.32 W 和 3.5 W 的红、绿、蓝固态激光器制造的大屏幕激光彩色电视。针对激光显示中干涉散斑现象和颜色失真提出的瞬间小视场变波前消干涉方法和颜色扩展方法,在实验中取得了良好效果。

关键词:激光显示;大屏幕显示;激光电视;彩色电视

中图分类号:TN949.15 **文献标识码:**A

Principle and realization of laser display technique

ZHANG Yue, HAO Li, LIU Hua, LIU Wei-qi

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics and Physics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: The principle and technique to realize laser color video display were introduced. A large screen laser color display system was proposed on the basis of the blue, green and red diode pumped solid state lasers at wavelengths of 473 nm, 532 nm and 671 nm, the output powers of 1.3 W, 0.32 W and 3.5 W, respectively. The technical approach was presented to eliminate the laser interference, improve the uniformity of optical field, transform the chromaticity and extend the virtual color. The experimental results show that the laser projection display can agree with design well in fully saturated colors, higher contrast ratio and high resolution.

Key words: laser display; large screen display; laser TV; color TV

1 引言

随着社会的进步,人们对图像显示方面的需要飞速发展。由于激光自身具有亮度高、单一波长等特有性质,与其它显示方式相比较,激光显示技术(LDT)受到人们更多的关注。该技术以其

色域宽广、亮度高、饱和度高以及可以更真实再现自然界多姿多彩的颜色世界等优点,在第二代显示技术革命中成为人们研究的热点。自从 1965 年美国 ZENITH 无线电公司研制出了第一台激光彩色显示器^[1](该系统光源为 Kr-Ar 激光器,调制和扫描采用声光扫描器,图像分辨力可达 340 l)以来,激光显示技术已经发展了几十年。

收稿日期:2005-11-22;修订日期:2006-05-18.

基金项目:国家“863”计划资助项目(No. 2002AA311130);中国科学院知识创新工程项目(No. C02E05Z);吉林省科技厅资助项目(No. 20030302)

早期的激光显示应用氦氖激光器致使光束能量利用率非常低,加上庞大的水冷系统,体积非常笨重,各国的激光电视都停留在试验阶段,无法实用化真正投入市场。近些年随着固态激光器的发展,相继发明了各种颜色、能量达到瓦级、体积小巧的固态二极管泵浦激光器(Diode Pumped Laser),激光显示技术得以迅速发展。在国际上,美国、德国、韩国等国家相继开展了激光显示的研究^[2,4,5,9]。在国内,我们应用红、绿、蓝三色固体激光器,根据三基色原理,已经制造出国内第一台激光显示样机。

2 激光显示的原理

根据色度学原理^[3],在 XY 色坐标系统中,颜色信息全部包含在由光谱色坐标连接的马蹄形区域内,在光谱轨迹外的颜色,是物理上不能实现的。位于光谱轨迹上的单色光其饱和度为 100%,沿等色调波长线越往中心饱和度越低。选取任意三点对应的颜色作为基色,则由此三基色所能合成的所有颜色都包含在以这三点为顶点的三角形内。三角形的面积大,表示可以显示的颜色多,显示颜色饱和度高,色彩表现力强。激光的光谱是线谱,本身显现的颜色为光谱色。如图 1 所示,用红、绿、蓝激光器作为光源所构成的色域空间更大,大约是传统 CRT 电视色域空间的 2.3 倍。与传统显示方式相比,激光显示可以获得更高的饱和度,更丰富的颜色和更逼真的视频效果。

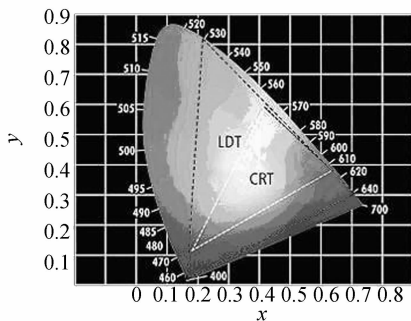


图 1 激光显示色域与传统 CRT 色域比较

Fig. 1 Color space of LDT vs CRT

3 激光显示系统组成

如图 2 所示,激光显示主要由红、绿、蓝三色

激光器,空间光调制器和视频信号处理系统等几部分组成。本项目采用波长分别为 671 nm、532 nm 和 473 nm 的红、绿、蓝三色全固态激光器。经过光学元件调整,光强在符合白平衡条件下,红、绿、蓝激光器输出功率分别为 2.5 W,0.6 W 和 5.6 W。输出光束通过一系列高反射率镜进入光束扫描系统,如图 3 是由 60 面变倾角扫描转镜和高精度电机组成的。每两面相邻的镜子依次有一定的倾斜角度,用单镜实现二维扫描^[11]。这种结构代替了用两组扫描系统实现二维扫描的传统方法,不仅可以有效抑制激光散斑,而且减少了机械磨损率,使机械运转更稳定从而延长机械使用寿命,为激光显示产品化提供便利条件。扫描后的光面经光学组件进入空间光调制系统,空间光调制器通过寻址电路对视频信号加以识别,对像素进行选通控制。同步控制红、绿、蓝、三路信号,同时控制光阀透光量,进而获得红、绿、蓝三幅单色图像,再经过光学系统合成为一幅图像,投影到屏幕上。在整个系统中,由于所用固体激光器的功率限制和合成标准白场等原因,反射和投射镜要尽可能的少,从而不但可以减少光能损失,还减少了对匹配好的白平衡的影响。

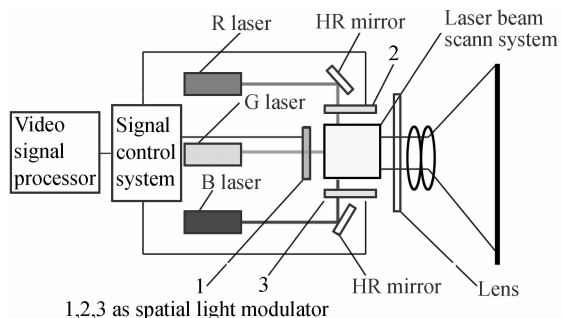


图 2 激光显示系统简图

Fig. 2 Schematic diagram of the laser projection display system



图 3 可实现二维扫描的扫描转镜

Fig. 3 Rotating polygon mirror with 2-D scanning

所研制成功的激光显示原理样机,光源采用红、绿、蓝三色激光器,波长分别 671 nm、532 nm、473 nm,屏幕尺寸为 137 cm(54 吋),分辨率为 $1\ 024 \times 768$,可以接收 PAL、NTSC、S-VIDEO 等电视信号,也可以接收电脑输出的 VGA、XGA 等视频信号。图 4 是装配好的激光背投样机,在图中可以看出激光显示高饱和度,色彩极为丰富的特点。



图 4 激光彩色电视

Fig. 4 Laser color TV

4 抑制激光干涉散斑

由于激光的干涉性,激光作为光源照射到粗糙物体表面会形成激光散斑,在激光显示中散斑的存在严重影响了成像质量,使分辨率下降。国际上已经有研究机构提出减少散斑的方法^[6-8]。针对显示图像中的激光干涉散斑现象,本文利用人眼视觉暂留的特性,提出了瞬间小视场变波前消干涉方法,在不降低光束质量的前提下,有效抑制散斑。通过扫描转镜扫出的光照面,显现的散斑为‘沸腾’散斑。由于人眼的积分效应,当扫描转镜达到一定速度时候,散斑在时间上被积分累加,在视觉上大大减小了散斑效应。通过实验,此种方法对激光干涉散斑有明显的抑制作用,现已应用到实际的激光显示系统中。

5 以三色激光为三原色的色度模型的建立

激光显示选用三色激光作为三基色,色域三角形大约为传统 CRT 显示的 2.3 倍,同时造成激光显示色域和现有电视颜色坐标系的偏差,如图 5、6 分别表示在匹配等能白的时候 CRT 三基色

和激光三基色的比例关系,可以明显看出两比例关系的差异。这种情况表明应该对激光显示建立新的颜色坐标系,并且为了适应现有电视制式的要求,应当建立现有 CRT 显示与激光显示对应的颜色映射关系。对于 CRT 颜色坐标系和激光显示颜色坐标系来说,都是和设备有关的颜色坐标系统^[3]。这里取 CIE1931 标准颜色坐标系统作为中间过度,用多元回归方法分别建立 CRT 颜色坐标系统、激光显示颜色坐标系统与 CIE1931 标准颜色坐标系统的关系,经过线性变换,得到如下关系式:

$$\begin{pmatrix} R_L \\ G_L \\ B_L \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.628 & 0.2929 & 0.0774 \\ 0.1021 & 0.9483 & -0.05 \\ 0.0164 & 0.0975 & 0.8869 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R_c \\ G_c \\ B_c \end{pmatrix}$$

这个关系式表示出在 CRT 系统内的某种颜色如果要想在激光显示系统中得到同样的颜色感,两个坐标系中对应 R、G、B 的相对关系。通过这个关系模型用电子器件建立激光显示颜色变换矩阵应用于激光显示中,取得了良好效果。

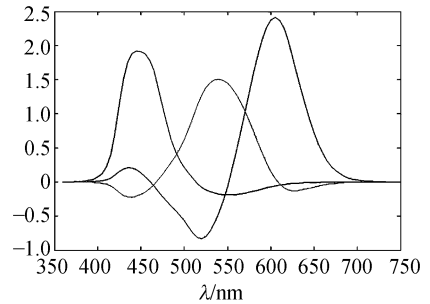


图 5 CRT 三基色在匹配等能白时的比例关系

Fig. 5 Three primary colors in some spectrum compose to any color with equal power of 1 W in CRT

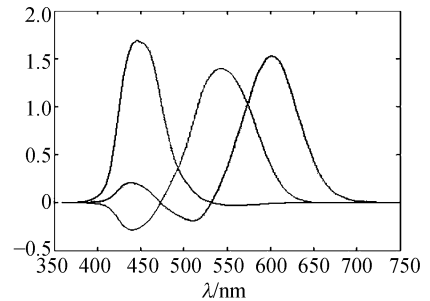


图 6 激光作为三基色匹配等能白时的比例关系

Fig. 6 Three primary colors in some spectrum compose to any color with equal power of 1 W in LDT

6 结 论

随着体积更小、发光更稳定、功率更大的固体激光器的不断发展,激光显示原有的技术瓶颈已经被打破。本文应用固体激光器经过研究试验,

完善了激光显示技术,提高了系统光效率和使用寿命。对激光散斑、颜色模型建立等困扰激光显示实用化的问题深入分析,提出了创造性方法,在国内率先利用固态激光器研制成功了激光显示原理样机。相信随着相应技术的发展,激光显示在显示的高端市场有着相当广阔的发展前景。

参考文献:

- [1] KORPEL A, ADLERA R, DESMARES P, *et al.* A television display using acoustic deflection and modulation of coherent light. [J]. *Appl. Opt.*, 1966, 5: 1667-1674.
- [2] HOLLEMANN G, BRAUN B. RGB lasers for laser projection displays[J]. *SPIE*. 2000, 3954: 140-151.
- [3] 荆其诚. 色度学[M]. 北京: 科学出版社, 1989, 49-55.
JING Q C. *Chroma*[M]. Beijing: Science Press, 1989, 49-55. (in Chinese)
- [4] MIESAK E. Compact video projection display utilizing RGB lasers[J]. *SPIE*, 2000, 3954: 156-158.
- [5] JIN H L, YONG K M, SANG W D, *et al.* Laser TV for home theater[J]. *SPIE*. 2002, 4657: .
- [6] WANG L L, TSCHUDI T, HALLDORSSON T, *et al.* Speckle reduction in laser projection systems by diffractive optical elements[J]. *Applied Optics*, 1998, 4(37): 10.
- [7] GOODMAN J W. Statistical properties of laser speckle patterns in laser speckle and related phenomena[J]. *Applied Physics*. 1975, 9: 9-76.
- [8] GOODMAN J W, TRISHADI J I. Speckle reduction by a moving diffuser in laser projection displays[C]. *Annual Meeting of the Optical Society of America, Rhode Island*, 2000.
- [9] KIM Y H, LEE H W, CHA S N, *et al.* Full color laser projection display using Kr-Ar laser (white laser) beam scanning technology[R]. Display and Materials Lab.
- [10] 马莹, 王成, 廖同群. VCSEL 直接倍频蓝光固态激光器的研究[J]. 光学精密工程, 2005, 13(3): 253-259.
MA Y, WANG CH, LIAO T Q. Blue light laser by direct frequency doubling of VCSEL[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2005, 13(3): 253-259. (in Chinese)
- [11] 刘伟奇. 全固态激光彩色视频显示技术[J]. 液晶与显示, 2004, 19(5): 325-328.
LIU W Q. Colcr video display technique based on diode pump laser[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and displays*. 2004, 19(5): 325-328. (in Chinese)

作者简介:张岳(1979-),男,吉林长春人,博士,主要从事视频显示技术,图像信息处理,激光投影电视方面的研究;
刘伟奇(1958-),男,吉林长春人,研究员,博士生导师,主要从事激光彩色视频显示技术、颜色光学、虚拟成像等技术的研究与开发。Email: pzzy_zhang@163.com