

液晶光阀大屏幕显示中的偏振分色系统

顾培夫 刘旭 李海峰 郑志东 唐晋发
(浙江大学光科系, 杭州 310027)

摘 要 在液晶光阀全彩色大屏幕显示中, 偏振分色系统是极其关键的, 它含偏振和分色两重功能于一体, 直接对显示图像的亮度、对比及色平衡等指标作出贡献。本系统共有 4 个偏振或消偏振分光镜和红、绿、兰三个修饰滤光片组成, 全部偏振分色滤光片被封在一个油箱内。该系统得到了很好的性能, 具有很高的消光比。

关键词 大屏幕显示, 偏振分色镜, 多层膜。

1 引 言

就大屏幕显示发展趋势而言, 对于 $1.5 \times 2 \text{ M}^2$ 屏幕用阴极射线管(CRT)投影系统可以获得很好的效果, 且功耗低, 结构紧凑。当屏幕达到 $3 \times 4 \text{ M}^2$ 以上时, 用 CRT 即感到亮度不够。一般采用光阀式投影系统^[1]。这类系统具有输入输出分离的特点, 能达到大屏幕、高亮度的要求, 如油腔光阀系统和液晶光阀系统等。前者虽亮度高, 但开机预热时间长, 系统结构复杂。而液晶光阀系统以其结构紧凑、稳定性好、图像质量高等优点受到人们的欢迎^[2]。

在液晶光阀大屏幕显示系统中, 除液晶光阀和 CRT 写入系统外, 偏振分色系统是至关重要的。它有二个主要的功能, 一是起偏、检偏; 二是分色、合成。偏振系统直接影响整机的对比度和亮度, 而分色系统直接关系到色平衡、色饱和等指标。偏振分色系统由四块偏振分色镜和红、绿、兰三块修饰滤光片组成。由于采用预偏系统, 而且整个系统浸于折射率匹配的油中, 设计的消光比可大于 1000 : 1。系统实际达到的消光比约为 500 : 1, 红、绿、兰投射光的能量比为 1 : 4.5 : 0.06, 达到较好的性能。

2 液晶光阀大屏幕显示系统

图 1 表示液晶光阀大屏幕显示系统。它是一个三光阀/单投影物镜方案, 由三只光阀分别投影红、绿、兰三原色图像, 再由一只投影物镜还原为全彩色图像。

氙灯 s 光束经过照明系统聚光、准直后, 经预偏振镜 f_1, f_2 到主偏振镜 f_3 , 分成两束: 第一束反射光照射在绿光阀 L_G 上, 另一束透射光经分色片 f_4 , 分别照射在红光阀 L_R 和兰光阀 L_B 上, 被液晶光阀调制后的三原色由主偏振镜 f_3 合成, 并由投影物镜 L 投影于屏幕上。

* 国防基金资助项目。

收稿日期: 1994 年 6 月 16 日

3 偏振分色系统

如图 1 所示, 偏振分色系统由 $f_{1,2}$ 和 $f_{R,G,B}$ 组成。 f_1 为绿预偏振镜, 其理想的分光透射曲线如图 2(a) 所示。 f_2 为红、兰预偏振镜图 2(b)。

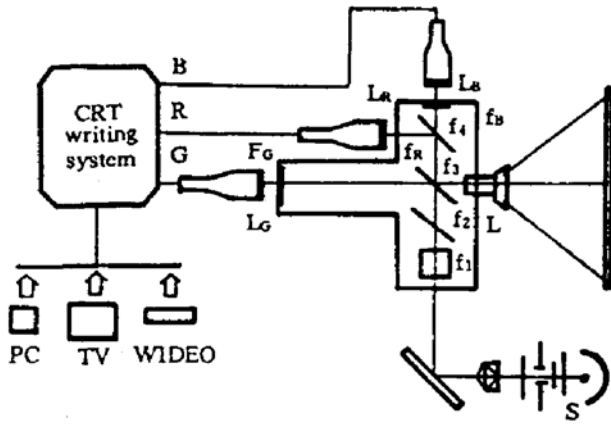


Fig. 1 Liquid crystal light large screen display system

可以知道, f_1 的 p 偏振光相对于 f_2 变成了 s 偏振光, 而 f_1 的 s 偏振光变成了 p 偏振光, 所以, 透过 f_2 的光束相对于主偏振镜/检偏镜 f_3 来说, 仅含绿 s 偏振光和红、兰 p 偏振光, 其中绿 s 偏振光被 f_3 反射, 经 f_0 修饰后入射到绿液晶光阀 L_0 上, 经光阀调制, 变成椭圆偏振光, 其中椭圆偏振光中 p 分量透过 f_3 , 由投影物镜投射至屏幕上。透过 f_3 的红、兰 p 偏振光, 被消偏振分色镜 f_4 分成二束, 其中红光被反射, 兰光被透射, 再

分别经 f_R 和 f_B 修饰后入射至红光阀 L_R 和兰光阀 L_B 上, 由光阀调制得到的红、兰 s 偏振光再分别经 f_4 反射和透射, 最后由 f_3 反射投射至屏幕上。图 2(c) 和图 2(d) 分别表示 f_3 和 f_4 的理想分光透射曲线。

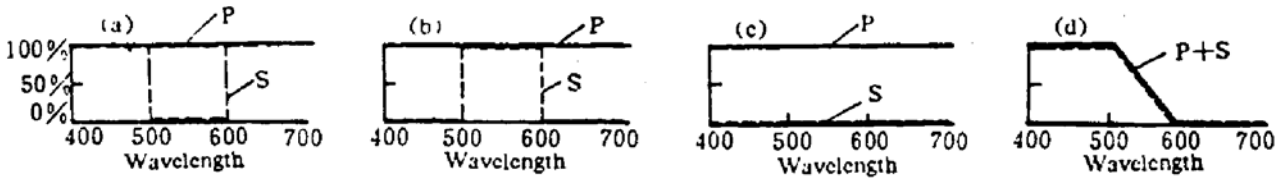


Fig. 2 The idealized transission curves for the polarization selective beamsplitter

考虑到立方棱镜偏振镜口径很大, 不仅加工困难, 且玻璃的应力将导致偏振度显著降低, 因此偏振分色膜均设计在平板上镀制。为了减小像差, 平板偏振分色透镜必须浸于折射率与玻璃相匹配的油中。这样的配置, 不仅可以显著提高偏振度, 且可使结构更紧凑。偏振分色镜的设计角度 θ_0 需根据油的折射率 n_0 和高、低折射率膜层的折射率 n_H 和 n_L 确定^[3],

$$\sin^2 \theta_0 = \frac{n_H^2 n_L^2}{n_0^2 (n_H^2 + n_L^2)}$$

一旦 n_H 和 n_L 被选定, 偏振分色镜的工作角度 θ_0 即被确定。

由于偏振片不胶合, 膜层直接暴露浸渍于匹配油中, 故必须考虑膜层材料在油中的耐久性。为此, 选择氧化物作为薄膜材料。这种偏振分色多层膜的设计难度很大。对绿预偏振镜 f_1 和红、兰预偏振镜 f_2 , 一方面选择的膜料要满足布儒斯特条件, 使 p 分量达到高透射率; 另一方面, 为使 s 分量达到理想曲线的要求, 可用负滤光片的设计原理设计 f_1 , 用宽带通滤光片的设计思想设计 f_2 。主偏振镜 f_3 需在可见光谱区满足布儒斯特条件。由于主偏振镜又是检偏镜, 所以 f_3 不仅要有非常高的消光比, 而且要有接近于 100% 的 p 分量透射率。否则显示图像的对比将显著下降。简单的计算表明, 为使显示图像的对比达到 30:1 以上, 主偏振镜的消光比要求达到 500, p 分量的透射率要求达到 99.5% 以上。分色镜 f_4 用消偏振技术设计。由于本系统先反射绿光, 所以 f_4 只需考虑红、兰波段, 而无需考虑绿光波段, 这给设计和制造都带来了极大的方便。修饰滤光片 $f_{R,G,B}$ 的设计相对说来比较容易, 采用长波通、短波通和宽带通滤光片即可实现。

4 制备及特性测试

在膜系设计过程中,考虑到膜厚监控,采用规整膜系,故用极值法即可实现厚度控制。由于选用的材料为氧化物,故采用电子束蒸发。为了减小氧化物膜的吸收,采用氧离子辅助淀积技术。

为了测量偏振分色镜在工作状态下的光谱分光特性,建立了如图3所示的偏振特性测量装置。白光光束经单色仪色散后,将单色光射入平行光管,并由格兰棱镜起偏器变成s或p分量的平行偏振光。偏振光束入射到样品盒中,样品盒中注满折射率与基板相匹配的油,整个样品盒固定在分光仪平台上,由于偏振分色镜的偏振度很高,仅用一个起偏器尚达不到要求,故需同时再使用一个检偏器。检偏器、积分球和光电倍增管一起固定在分光仪的转动臂上,不仅可以测量透射偏振特性,而且也可测量反射偏振特性。对应的入射角可从分光仪度盘上读取。图4是偏振分色镜 f_{1-4} 的实测特性曲线。这些曲线与理论设计曲线非常接近,具有优良的偏振分光性能。

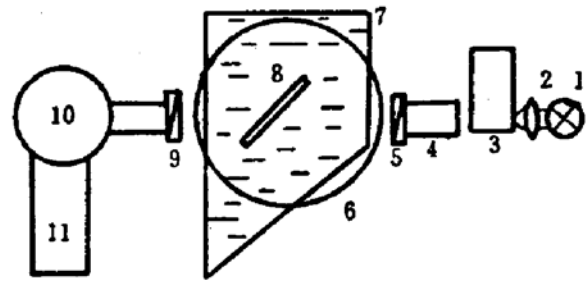


Fig. 3 Setup for measurement of polarized spectral performance

1, light source; 2, focus lens; 3, monochromator; 4, collimator; 5, polarizer; 6, spectrometer; 7, oil box; 8, specimen; 9, analyzer; 10, integrator; 11, PMT

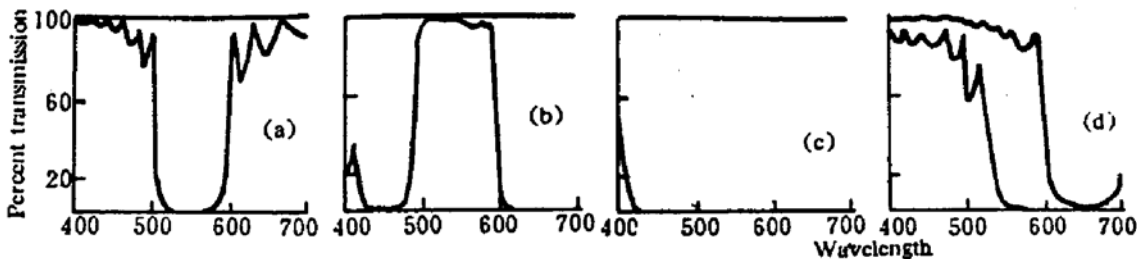


Fig. 4 Measured polarized spectral transmission curves

(a), green prepolarizer; (b), red-blue prepolarizer; (c), broadband polarizer; (d), red-blue color separator

这些偏振分色镜已用于液晶光阀大屏幕显示系统,用照度计测量整体系统的性能,红光和绿光的消光比均达到500:1,兰光的消光比较低,约为200:1。色平衡可通过调节红、绿、兰修饰滤光片来实现。目前,红、绿、兰投射光的能量比为1:4.5:0.06,获得了较好的色还原特性。

结论 已经证明,本文提出的偏振分色系统在理论上和实践上都是可行的,并已应用于液晶光阀大屏幕显示系统。目前整机达到的主要性能指标为:显示面积 $3 \times 4 \text{ m}^2$,显示亮度:白光光通量1500 lm,对比度:接近30:1,显示颜色:彩色。这说明偏振分色系统的研制是成功的,达到了理论预示的结果。

参 考 文 献

- [1] R. M. Carbone, D. MacIver, A survey of large-screen displays for C^3I applications. *Proc. SPIE*, 1987, 780: 6~10
- [2] R. S. Gold, A. G. Ledebuhr, Full color liquid crystal light valve projector. *Proc. SPIE*, 1985, 528: 51~58
- [3] H. F. Li, P. F. Gu, X. Liu et al., A study of CdS/CdSe LCLV for large screen displays. *Proc. SPIE*, 1993, 2000: 13~18

Polarization Selective Beamsplitter Used for Liquid Crystal Light Valve Large Screen Display

Gu Peifu Liu Xu Li Haifeng Zheng Zhidong Tang Jinfa

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

(Received 16 June 1994)

Abstract The polarization selective beamsplitter system used for a liquid crystal light valve (LCLV) full color image large screen display is a key subject. The function of such system involves both polarizing radiation and separating light beam into three primary colours. The properties of this system have great influence on the brightness, contrast and colour distortion of the display system. The polarization selective beamsplitter system consists of four polarizers or non-polarizer and three trimming filters. Whole system is immersed in an oil tank. Such a system has good performance, especially high extinction coefficient.

Key words large screen display, polarization selective beamsplitter, multilayer.