

液晶光阀的电光色散特性研究

黄 翀¹, 周学平¹, 欧阳艳东¹, 林旭升¹, 吴永俊², 黄远明¹

1. 汕头大学物理学系, 广东 汕头 515063

2. 汕头超声显示器有限公司, 广东 汕头 515041

摘 要 分析液晶光阀(LCLV)的电光色散特性, 重点研究扭曲向列型液晶光阀 TB3639 的电光色散特性。在温度为 27 °C 时, 将 TB3639 液晶光阀置于频率为 1 000 Hz 的交流电场中, 测出电光特性 $T-\lambda$ 曲线, 同时得到不同波长的 $T-V$ 电光特性曲线, 确定对比度与光波波长的函数关系 $k(\lambda)$, 并得出电光色散特性关系曲线 $k(\lambda) \sim \lambda$ 。分析结果表明, TB3639 液晶光阀在可见光区域, 具有相对较高的对比度, 其色散较小。波长在 450~750 nm 区域其对比度均大于 0.8; 其中波长在 550~670 nm 区域其对比度变化不大, 均大于 0.95, 其色散最小。

主题词 液晶光阀; 光谱色散; 电光特性

中图分类号: O734

文献标识码: A

文章编号: 1000-0593(2006)03-0539-03

引 言

液晶作为一种应用广泛的特殊功能材料, 其结构介于固态晶体与各向同性液体之间, 从宏观物理性质看, 它既具有液体的流动性、粘滞性, 又具有晶体的各向异性, 能如晶体一样发生双折射、布拉格反射、衍射及旋光效应, 也能在外场作用下产生热光、电光或磁光效应。液晶光阀(liquid crystal light valve, 简称 LCLV)就是利用液晶的光学特性制作的空时光调制器, 已广泛应用于光通信、光计算及光信息处理的许多方面^[1, 2]。

因折射率的各向异性导致液晶呈现出许多有用的光学性质, 能使入射光的前进方向偏于分子长轴方向; 能够改变入射光的偏振状态或方向; 能使入射偏振光以左旋光或右旋光进行反射或透射。这些光学性质都是液晶能作为显示材料应用的重要原因, 而色散特性能反映液晶材料的折射率随光波波长的变化关系^[3]。色散特性将会影响液晶光阀的选频和滤波作用, 目前关于光学元器件色散的文献很多^[4-7], 但对液晶光阀的色散研究很少有报道。高质量的液晶光阀有比较理想的电光调制曲线, 有较高的对比度, 有较小色散。因此, 有必要对其色散特性进行研究, 这项工作特别是对彩色液晶显示器件的色散特性研究有指导意义, 更加具有实际应用价值。本文主要分析和研究 TB3639 型液晶光阀的电光色散特性。

1 基本原理

当对液晶盒加上外部电压时, 由于液晶介电常数和电导率的各向异性, 液晶分子受到一种使分子轴取向改变的作用力。这种电场所引起的转矩, 会使分子轴发生旋转。由于电场的作用, 双折射率也会受影响, 因而会改变液晶分子的排列状态, 液晶的光学性质与加电场前有比较大的变化。外电场可以改变液晶盒的光轴, 光轴的倾斜随电场的变化而变化。当入射光为复色光时, 出射光的颜色也随之变化。

在液晶电光特性中, 色散特性反映了液晶材料的折射率随光波波长变化关系。白光通过液晶光阀, 由于不同波长通过相同厚度的液晶层, 其双折射效果不同, 使某一波长的光透射最小, 其他波长的光透射并非最小, 因此产生色散, 所以液晶光阀在暗态时呈蓝黑色, 在亮态时呈黄白色, 降低了液晶光阀的对比度。

透射光强的变化满足以下关系

$$I(\lambda) = I_0 \sin^2 2\alpha \sin^2 \frac{d[n_o(\lambda) - n_e(\lambda)]\pi}{\lambda}$$

式中 n_o 为正常光折射率; n_e 为非常光折射率; d 为液晶厚度; α 为液晶光轴与起偏器透射轴之间的夹角。

1.1 测出 $T-\lambda$ 关系曲线

在不同电压 V 作用下, 测出液晶光阀相对透射光谱特性曲线 $T-\lambda$ 。

收稿日期: 2005-01-06, 修订日期: 2005-04-28

基金项目: 广东省自然科学基金(32050)和广东省科委项目(130-122084)资助

作者简介: 黄 翀, 1960 年生, 汕头大学物理系副教授

1.2 确定 T - V 电光特性曲线

由 T - λ 关系曲线可以得到光波对液晶光阀的透射率 T 随外部电压 V 产生的电场的变化关系, 可以作出不同波长的液晶光阀静态 T - V 电光特性曲线。

1.3 确定液晶光阀的对比度

液晶光阀透光的对比度 $k = \frac{I_{00} - I_{\min}}{I_{00} + I_{\min}}$, 对比度为光波波长的函数 $k(\lambda)$ 。

I_{00} 为 $V = 0$ 时透过液晶光阀的光强。由 T - V 电光特性曲线可得, 当电压 V 加大到 T 饱和时, 透射光强为 I_{\min} 。

1.4 确定液晶光阀电光色散特性曲线 $k(\lambda) \sim \lambda$

可从不同波长的 T - V 电光特性曲线求出 $k(\lambda)$ 。作出液晶光阀的电光色散特性曲线 $k(\lambda) \sim \lambda$ 。

2 测试和分析方法

光谱特性可根据兰伯-比耳定律测量

$$A(\lambda) = \lg \frac{I_0}{I} = \lg \frac{1}{T(\lambda)}$$

其中: $A(\lambda)$ 为吸光度; I_0 为入射光强; I 为透射光强; $T(\lambda)$ 为透过率^[8, 9]。

测定光谱特性所用的分析仪器是 UV-Vis 8500 型双光束紫外-可见分光光度计, 波长范围为 190~1 100 nm, 波长调节量为 0.1 nm^[8, 9]。

TB3639 液晶光阀的已知参数: 液晶层厚度为 7.425 μm , 驱动条件为 5 V_{op} , 1/1Duty, 1/1Bias。

在温度为 27 $^{\circ}\text{C}$ 下, 驱动条件: 交流电场频率为 1 000 Hz, 电压 0~5 V, 测量可见分光光谱(我们选定波长范围为 400~800 nm), 参比样品为空气, 波长调节量用 1.0 nm。

在液晶光阀前、后放置起偏器和检偏器, 并使其偏振化方向平行, 在不施加电场时, 一束白光射入液晶光阀, 使入射光的偏振光轴顺从液晶分子的扭曲而旋转 90 $^{\circ}$ 。因而当光进入检偏器时, 由于偏振光轴互相垂直, 光不能通过检偏器, 外视场呈暗态。当增加电压超过某一值时, 外视场呈亮态。

测量液晶光阀的电光特性关系曲线 T - λ 。结果只能代表相对透射光谱^[8, 9]。

3 结果及分析

在不同电压 V 作用下, 测出液晶光阀的电光透射光谱特性关系曲线 T - λ , 见图 1。图 2 是不同波长(450, 500, 550, 600, 650, 700 和 750 nm)时的 T - V 特性曲线。

从图 1 中可以看出, 在可见光区域液晶的吸收变化不大, 液晶的吸收带主要集中在紫外区域。图 1 和图 2 可知, 外部施加电场 $V = 0$ V 时, 透过液晶光阀的光强 I_0 不为最大值, 而是当 $V = 1.25$ V 时透过液晶光阀的光强才达到最大值, 这主要是由于 TB3639 液晶光阀的预倾角引起的(预倾角约为 2.5 $^{\circ}$), 当外部施加小电场时, 液晶分子的排列比没有加电场时更加有序。

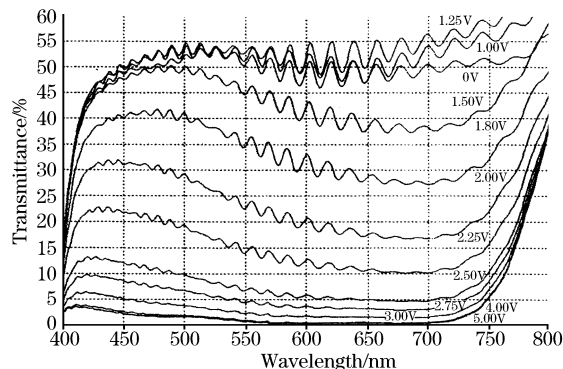


Fig. 1 Electro-optical transmission spectral characteristic relation of different voltage

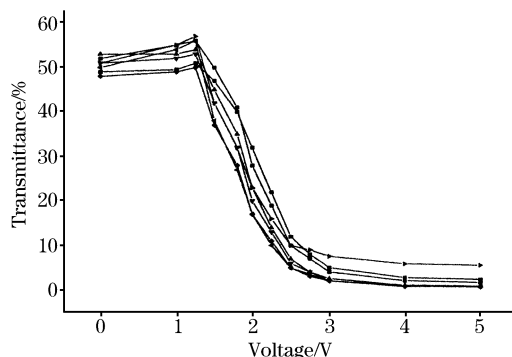


Fig. 2 The relation between transmission light intensity and voltage of different wavelength

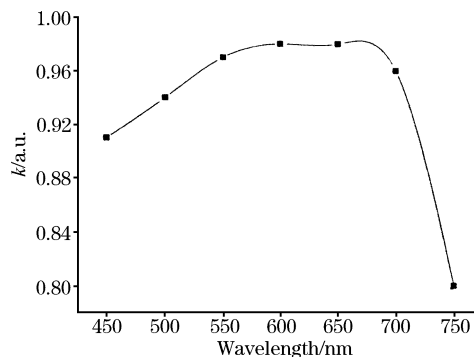


Fig. 3 Electro-optical dispersion characteristic relation

从图 3 液晶光阀的电光色散特性关系曲线可知, 在可见光区域具有相对较高的对比度, 其色散较小。波长在 450~750 nm 区域其对比度均大于 0.8。其中波长在 550~670 nm 区域其对比度变化不大, 均大于 0.95, 其色散最小; 波长在 450~550 nm 区域, 其对比度随波长的变大而增大, 对比度从 0.91 变化到 0.97; 而波长在 650~750 nm 区域, 其对比度从 680 nm 开始随波长的变大而减小, 对比度最小值为 0.8。

4 结 论

在温度为 27 °C 时, 液晶光阀外加频率为 1 000 Hz 的交流电场, 测出电光特性 T - λ 曲线, 从不同波长的 T - V 电光特性曲线确定对比度与光波波长的函数 $k(\lambda)$, 得出液晶光阀的色散特性曲线 $k(\lambda) \sim \lambda$ 。

TB3639 液晶光阀, 在可见光区域具有相对较高的对比度, 其色散较小。波长在 450~750 nm 区域其对比度均大于 0.8。其中波长在 550~670 nm 区域其对比度变化不大, 均大于 0.95, 其色散最小; 而波长在 650~750 nm 区域其对比度从 680 nm 开始随波长的变大而减小, 对比度最小值为 0.8。由于色散的影响, 所以液晶光阀在暗态时呈蓝黑色, 在亮态时呈黄白色。

参 考 文 献

- [1] Jeffrey A Davis, Dylan E Mc Namara, Don M Cottrell, et al. Appl. Opt., 2000, 39(10): 1549.
- [2] HUANG Xi-min(黄锡珉). Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays(液晶与显示), 2000, 15(1): 1.
- [3] JIA Ya-qing, ZHU Xiao-nong(贾亚青, 朱晓农). Acta Physica Sinica(物理学报), 2004, 53(9): 3065.
- [4] Fork R D, et al. Opt. Lett., 1984, 9: 150.
- [5] Zhu X, et al. Mod. Opt., 1996, 43: 1701.
- [6] LI Hai-feng, GU Pei-fu, LIU Xu, et al(李海峰, 顾培夫, 刘旭, 等). Acta Optica Sinica(光学学报), 1996, 16(7): 1006.
- [7] ZHANG Ruo-bing, SUN Jing-hua, PANG Dong-qing, et al(章若冰, 孙敬华, 庞冬青, 等). Acta Physica Sinica(物理学报), 2001, 50(5): 897.
- [8] HUANG Chong, OUYANG Yan-dong, WU Yong-jun, ZHAN Qian-xian(黄翀, 欧阳艳东, 吴永俊, 詹前贤). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2004, 24(5): 637.
- [9] HUANG Chong, ZHOU Xue-ping, LIN Xu-sheng, OUYANG Yan-dong(黄翀, 周学平, 林旭升, 欧阳艳东). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2006, 26(1): 175.

Study on Photoelectric Dispersion Characteristic of Liquid Crystal Light Valve

HUANG Chong¹, ZHOU Xue-ping¹, OUYANG Yan-dong¹, LIN Xu-sheng¹, WU Yong-jun², HUANG Yuan-ming¹

1. Department of Physics, Shantou University, Shantou 515063, China

2. Shantou Goworld Display Co. Ltd., Shantou 515041, China

Abstract The electro-optical properties and dispersion characteristics of a liquid crystal light valve (LCLV) were investigated. A 90° twisted light valve (model TB3639) was used as a typical LCLV in the authors' experiment. At 27 °C and a fixed frequency of 1 000 Hz, the transmitted light intensities (T) of the LCLV were measured as a function of wavelength (λ) at different applied voltages. From the measured T - λ curves, the dependence of contrast ratio k on the wavelength can be derived. The authors' results showd that the TB3639 LCLV has a comparatively high contrast ratio and low dispersion within the visible region. In the range of 450-750 nm, the contrast ratio, with its value higher than 0.8, does not change much with the wavelength. Particularly the contrast ratio is higher than 0.95 with a minimum dispersion in the range of 550-670 nm.

Keywords Liquid crystal light valve; Spectral dispersion; Photoelectric characteristic

(Received Jan. 6, 2005; accepted Apr. 28, 2005)