

## 液晶光阀的电光色散特性研究

黄<sup>1</sup>, 周学平<sup>1</sup>, 欧阳艳东<sup>1</sup>, 林旭升<sup>1</sup>, 吴永俊<sup>2</sup>, 黄远明<sup>1</sup>

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 T2K 曲线, 同时得到不同波长的 T2V 电光特性曲线, 确定对比度与光波波长的函数关系  $k(K)$ , 并得出电光色散特性关系曲线  $k(K) \sim K$ 。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。

**关键词** 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)03-0053-03

### 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腔光调制器, 已广泛应用于光通信、光计算及光信息处理的许多方面<sup>[1, 2]</sup>。

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<sup>[3]</sup>。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<sup>[4, 7]</sup>, 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

$$I(K) = I_0 \sin^2 2A \sin^2 \frac{d[n_0(K) - n_e(K)]P}{K}$$

式中  $n_0$  为正常光折射率;  $n_e$  为非常光折射率;  $d$  为液晶厚度;  $A$  为液晶光轴与起偏器透射轴之间的夹角。

#### 1.1 测出 T2K 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 T2K。

收稿日期: 200501206, 修订日期: 20050428

基金项目: 广东省自然科学基金(32050)和广东省科委项目(130122084) 资助

作者简介: 黄<sup>1</sup>, 1960年生, 汕头大学物理系副教授

### 11.2 确定 T2V 电光特性曲线

由 T2K 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 T2V 电光特性曲线。

### 11.3 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(K)。

$I_{00}$  为 V = 0 时透过液晶光阀的光强。由 T2V 电光特性曲线可得, 当电压 V 加大到 T 饱和时, 透射光强为  $I_{min}$ 。

### 11.4 确定液晶光阀电光色散特性曲线 k(K) ~ K

可从不同波长的 T2V 电光特性曲线求出 k(K)。作出液晶光阀的色散特性曲线 k(K) ~ K。

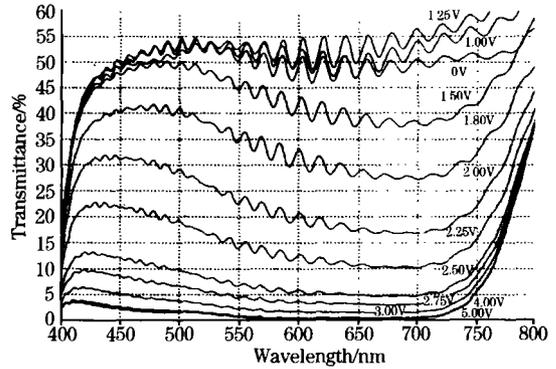


Fig 1 Electro-optical transmission spectral characteristic relation of different voltage

## 2 测试和分析方法

光谱特性可根据兰伯比耳定律测量

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

其中: A(K) 为吸光度;  $I_0$  为入射光强; I 为透射光强; T(K) 为透过率<sup>[8, 9]</sup>。

测定光谱特性所用的分析仪器是 UV2Vis 8500 型双光束紫外可见分光光度计, 波长范围为 190~ 1100 nm, 波长调节量为 0.1 nm<sup>[8, 9]</sup>。

TB3639 液晶光阀的已知参数: 液晶层厚度为 7.425 Lm, 驱动条件为 5V<sub>cp</sub>, 1/1Duty, 1/1Bias。

在温度为 27 e 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 0.1 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°。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 T2K, 结果只能代表相对透射光谱<sup>[8, 9]</sup>。

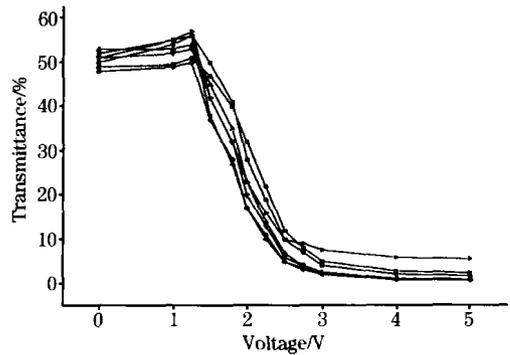


Fig 2 The relation between transmission light intensity and voltage of different wavelength

## 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 T2K, 见图 1。图 2 是不同波长(450, 500, 550, 600, 650, 700 和 750 nm) 时的 T2V 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°), 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。

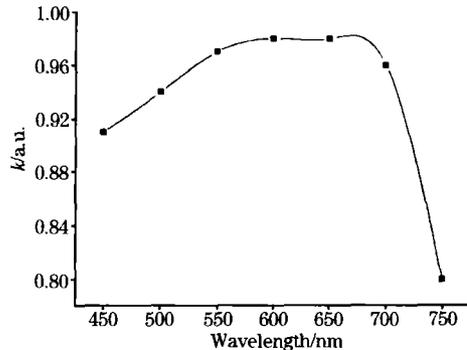


Fig 3 Electro-optical dispersion characteristic relation

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 0.98 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 e 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<sub>2</sub>K 曲线, 从不同波长的 T<sub>2</sub>V 电光特性曲线确定对比度与光波波长的函数 k(K), 得出液晶光阀的色散特性曲线 k(K) ~ K。

T B3639 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 Xiemin(黄锡珉). Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays(液晶与显示), 2000, 15(1): 1.
- [3] JIA Yaqing, ZHU Xiaonong(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 Haifeng, GU Peifu, 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 Ruobing, SUN Jinghua, PANG Dongqing, 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 Yandong, WU Yongjun, ZHAN Qianxian(黄 , 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 Xuoping, LIN Xu sheng, OUYANG Yandong(黄 , 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 Chong<sup>1</sup>, ZHOU Xuoping<sup>1</sup>, OUYANG Yandong<sup>1</sup>, LIN Xu sheng<sup>1</sup>, WU Yongjun<sup>2</sup>, HUANG Yuanming<sup>1</sup>

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

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

**Abstract** The electrooptical 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 e and a fixed frequency of 1 000 Hz, the transmitted light intensities (T) of the LCLV were measured as a function of wavelength (K) at different applied voltages. From the measured T<sub>2</sub>K curves, the dependence of contrast ratio k on the wavelength can be derived. The authors' results showed 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)