文章编号: 1008-1542(2008)04-0275-04

液晶器件电光特性及其实验方法的研究

韩佩琦, 刘天山, 高新存

(河北科技大学 理学院, 河北石家庄 050018)

摘 要: 在研究扭转丝状液晶电光效应曲线的基础上, 根据 Freedericksz 相变理论以及液晶的粘滞系数对显示器件响应时间的影响, 进行计算分析, 利用反推法得出了驱动电压与上升时间的函数表达式, 进而通过实验测定了响应时间, 求得了阈值电压, 获得了较好的实验结果验证。此种实验方法简洁, 节省时间, 精度较高。

关键词: 扭曲向列相液晶; 电光效应; 阈值电压; 响应时间; 陡度

中图分类号: O469 文献标识码: A

Study on electro-optical properties of LCD and experimental methods

HAN Pei-qi, LIU Tian-shan, GAO Xin-cun

(College of Sciences, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang Hebei 050018, China)

Abstract: Based on electro-optic effects curve of LCD and Freedericksz's phase transition theory, the relation between coefficient of viscosity and response time of LCD, was analyzed. A function expression of driving voltage and rise time was obtained by reverse educing method, the response time and threshold voltage were tested by experiment, and the result showed that the theory agree with the experimental facts.

Key words: twisted nematic liquid crystal; electro-optic effect; threshold voltage; response time; gradient

扭曲向列相液晶(twist nematic liquid crystal)显示简称 TN-LCD, 它是人们最早发明的液晶显示器, 也是应用范围最广、数量最多的、价格最便宜的液晶显示器[1]。目前中国已成为 TN-LC 的主要生产地区。TN-LC 电光特性很多理论模型都有论述。

笔者利用上海复旦大学天欣科教仪器公司生产的"(FD-LCE-1)液晶电光效应实验仪", 测绘了 90°扭转丝状液晶电光效应曲线, 同时利用该仪器进行改进, 设计了在不同偏压下对响应时间进行测定实验, 经过相关理论与公式计算, 求得临界电压值, 并与该器件电光效应曲线所得临界电压相比较, 得出一致结果, 从而得到一种新的求解临界电压的方法。该实验方法测量准确度高、便捷, 具有实际科研测试与应用价值。

1 实验原理

1.1 TN 型液晶显示器的结构及电光效应

TN 型液晶显示器的一般结构如图 1 所示。它是一个由上下两片导电玻璃制成的液晶盒, 盒内充有正性液晶, 四周用密封材料(一般为环氧树脂)密封, 盒的两个外侧贴有偏光片。液晶盒中上下玻璃片之间的间

收稿日期: 2007-12-21; 修回日期: 2008-05-23; 责任编辑: 王士忠

作者简介: 韩佩琦(1955-), 男, 河北保定人, 副教授, 主要从事基础理论应用方面的研究。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

隔,即通常所说的盒厚,一般为几个微米。上下玻璃片内侧,对应显示图形部分,镀有透明的氧化铟锡(简称 ITO)导电薄膜,即显示电极。电极的作用主要是使外部电信号通过其加到液晶上去。

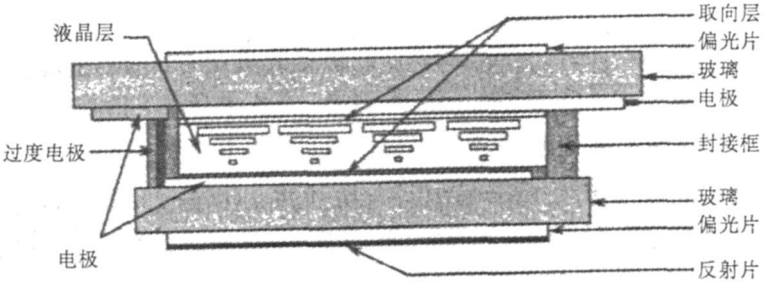


图 1 TN 型液晶显示器结构

Fig. 1 Structure of TN-LCD

液晶盒中玻璃片内侧的整个显示区覆盖着一层有机物聚酰亚胺取向薄层,这个取向层经用无绒斜纹棉布定向摩擦,在薄层上会形成数纳米宽的细沟槽,从而会使长棒型的液晶分子沿沟槽平行排列,因为只有这样才是较低能量状态。在组装液晶盒时,上基片的摩擦方向与下基片的摩擦方向垂直,这样就能使两个玻璃片内表面处的液晶分子的取向互相垂直。在两个玻璃片之间,液晶分子的取向(指向矢)逐渐扭曲。从上玻璃片到下玻璃片扭曲了 90°,这就是扭曲向列相液晶显示器名称的由来。

由于 TN 型液晶盒内液晶分子形成一种扭曲结构,无外电场时,因为可见光波长远小于向列相液晶的扭曲螺矩,当线偏振光垂直地入射时,若偏振方向与液晶盒上表面分子的取向相同,则线偏振光将随液晶分子轴方向逐渐旋转 90°,平行液晶盒下表面分子轴方向射出,若检偏镜的偏振方向平行于起偏镜的偏振方向,光不能通过检偏镜,这种设置称为“黑态”(黑底白字的常黑型),若检偏镜的偏振方向垂直于起偏镜的偏振方向,光将完全透过检偏镜,这种设置称为“白态”(白底黑字的常白型)。如图 2 所示。

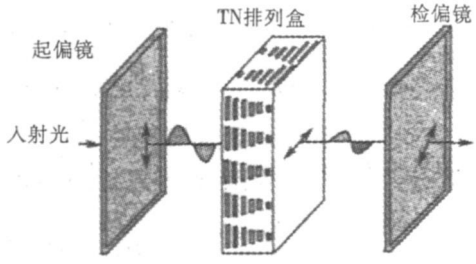


图 2 无外加电压

Fig. 2 Voltage is zero

对 90°扭曲排列的液晶盒施加交流电压,则从阈值电压[2](U_{th})起,液晶分子的长轴就开始向电场方向倾斜。然而,在施加的电压为 U_{th} 的 2 倍时,除了电极近旁的分子以外,其他分子的长轴又都沿着平行于电场的方向重新排列,从而导致 90°旋光性的消失。其电光曲线如图 3 所示。

液晶显示器件显示部分亮度的变化达到最大变化量的 10%时,施加的驱动电压的有效值称为阈值电压(U_{th}),而液晶显示器件显示部分亮度的变化达到最大变化量的 90%时,施加的驱动电压的有效值称为饱和电压(U_{sat})。

衡量电光曲线变化的陡峭程度用陡度因子 γ 来表示,$\gamma=\frac{U_{90}}{U_{10}}$,陡度因子是液晶显示器用于大信息容量显示时的一个重要参数,越接近 1 显示的信息量越大。

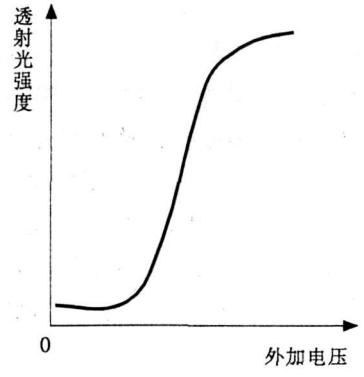


图 3 外加电压与透射光强度关系

Fig. 3 Relation between applied voltage and output optical intensity

TN 效应的阈值电压 U_{th} 与 NP 液晶的介电各向异性 $\Delta\varepsilon$ 和弹性常数 K_{11}, K_{22}, K_{33} 之间的关系[3]为

$$U_{th}=\pi\sqrt{\frac{K_{11}+(K_{33}-2K_{22})/4}{\varepsilon_0\Delta\varepsilon}}, \qquad (1)$$

其中 K_{11}, K_{22}, K_{33} 分别称为展曲、扭曲、弯曲系数。

根据 Freedericksz 相变理论,外加电场或磁场时,相变阈值为

$$H_{thi}=\frac{\pi}{d}\sqrt{\frac{K_{ii}}{\mu_0\Delta x}}\ \text{(磁场)},\quad U_{thi}=\pi\sqrt{\frac{K_{ii}}{\varepsilon_0\Delta\varepsilon}}\ \text{(电场)}。(2)$$

1.2 液晶器件的响应时间(求得临界电压的新方法)

对液晶显示影响最大的参数之一是液晶的粘滞系数,各种液晶显示的响应时间都直接正比于液晶的某一个粘滞系数,当外加一个超过临界电压的方波使液晶开始做旋转时,液晶的粘滞系数对显示器件的响应时

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

间 t_r 和下降时间 t_d 产生较大的影响, 其表达式[4]为

$$t_d = (c\eta z^2)/K_{ii}\pi^2, \tag{3a}$$

$$t_r = (4\pi\eta z^2)/(\Delta\varepsilon U^2 - 4\pi^2 K_{ii})。 \tag{3b}$$

其中: η 为液晶的体粘滞系数; z 为液晶层厚度; K_{ii} 为液晶的弹性系数; U 为外加电压; c 为液晶的特性常数。液晶显示器件响应时间曲线如图 4 所示。

其响应特性参数如下。

开启滞后时间 t_d: 开始输入启动脉冲到电光信号达到稳定值的 10% 时的时间间隔。

上升时间 t_r: 电光信号从稳定值的 10% 变化到 90% 时的时间间隔。

开启时间 t_{on}: 开启滞后时间(t_d)与上升时间(t_r)之和。

断开滞后时间 t_s: 输入的驱动脉冲终止到电光信号回到稳定值的 90% 时的时间间隔。

下降时间 t_f: 电光信号从稳定值的 90% 变化到 10% 时的时间间隔。

断开时间 t_{off}: 断开滞后时间(t_s)与下降时间(t_f)之和。

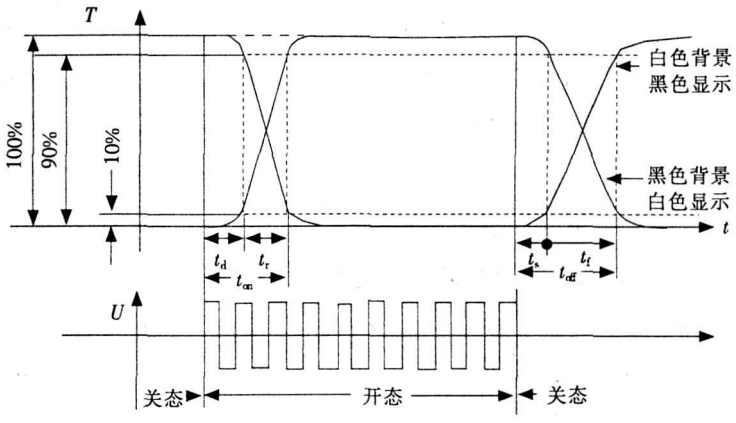


图 4　液晶显示器件响应时间定义曲线

Fig. 4　Response time curve of LCD

据式(1)、式(2), 可将式(3b)写成 $t_r = 4\pi\eta z^2/\Delta\varepsilon(U^2 - 4\varepsilon_0 U_{th}^2)$, (4)

所以 $\frac{1}{t_r} = \frac{\Delta\varepsilon(U^2 - 4\varepsilon_0 U_{th}^2)}{4\pi\eta z^2} = \frac{\Delta\varepsilon}{4\pi\eta z^2}U^2 - \frac{4\varepsilon_0\Delta\varepsilon}{4\pi\eta z^2}U_{th}^2 = AU^2 - B$, (5a)

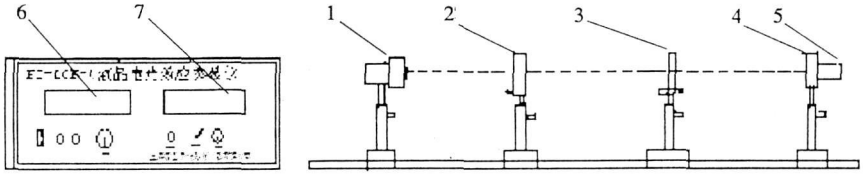
其中 $A = \frac{\Delta\varepsilon}{4\pi\eta Z^2}$, $B = 4\varepsilon_0 A U_{th}^2$, 则

$$U_{th} = \sqrt{\frac{B}{4\varepsilon_0 A}}。 \tag{5b}$$

在一定温度下, 对于确定的液晶盒, 其阈值电压 U_{th} 是唯一的, 则驱动电压 U 与上升时间 t_r 有着一一对应关系, 因此可以测量不同的驱动电压和其对应的上升时间, 作图求得 A, B, 再由式(5b)求得 U_{th} 的值。

2　实验装置简介

本实验使用的是上海复旦大学天欣科教仪器公司生产的"液晶电光效应实验仪", 装置如图 5 所示。仪器技术指标:



1—半导体激光器; 2—起偏器; 3—液晶样品; 4—检偏器;
5—光电探测器; 6—方波有效值电压表; 7—光功率计

图 5　液晶电光效应实验仪

Fig. 5　Experiment instrument of Lcd electro-optic response

1) 半导体激光器, 波长 650 nm。

2) 方波电源 0~ 10 V(有效值) 连续可调, 频率 500 Hz 左右。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3) 光功率计量程 0~ 2 mW。

3 实验结果

3.1 通过测定电光效应曲线求得阈值电压

使用“液晶电光效应实验仪”, 在室温(= 16.0 ℃)下, 采用 500 Hz 方波测得型号为 SHJO5101101 液晶晶片电光曲线如图 6 所示。

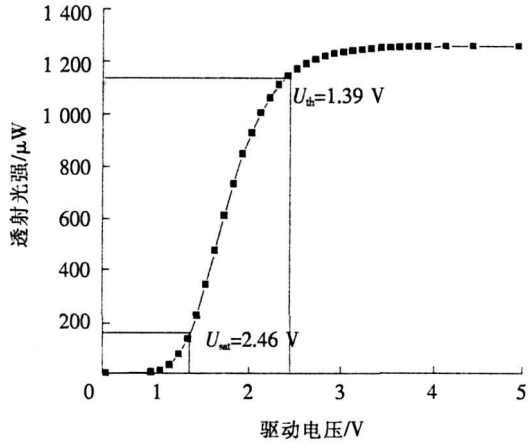


图 6 电光效应曲线

Fig. 6 Electro-optic effects curve

从图 6 中可知阈值电压 U_{th}为 1.39 V, 其变化范围为 U_{10}~ U_{90}之间, 陡度因子 $\gamma = \frac{U_{90}}{U_{10}} = 1.77$, 整个图形与理论曲线符合较好。

3.2 通过测量响应时间求得阈值电压

将信号发生器输出端分别接至液晶 ITO 电极和示波器通道 1, 另将光探测器输出端接至示波器通道 2, 调节示波器触发电平合适。在同样室温下, 采用 500 Hz 方波, 设置不同的驱动电压, 测量相应电压下液晶盒的上升时间 t_r。并对于每一驱动电压测量 10 次, 求出相应时间的平均值。作 $\frac{1}{t_r} - U^2$ 关系曲线如图 7 所示。

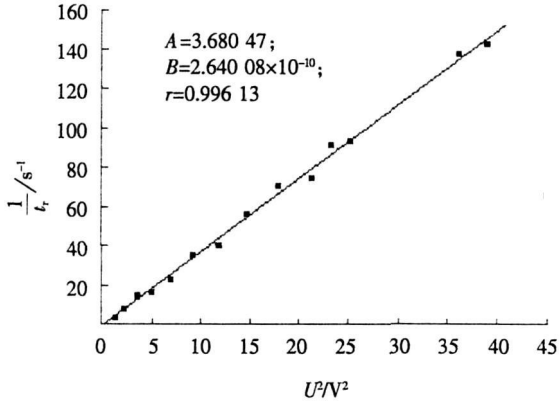


图 7 响应时间曲线

Fig. 7 Response time

测量中发现:

1) t_r 略大于 t_f(或 t_d)。

2) 施加电压接近 U_{th}时, t_r 急剧变大, 因此, 在低驱动电压情况下, 测量电光曲线获得稳定值将要花费较长时间。这与之前测定电光曲线的情况完全吻合。

3) 由 t_r 的测量结果计算 U_{th}

$$U_{th} = \sqrt{\frac{B}{4A\varepsilon_0}} = \sqrt{\frac{2.640\,08\times10^{-10}}{4\times3.680\,47\times8.854\,19\times10^{-12}}} = 1.42\ \text{V}。$$

与测量电光曲线求得的 U_{th}= 1.39 V 相比较, 显然这种新的方法精度较高, 而且不用花费较长时间, 而在电光效应曲线测量中, 必须缓慢控制驱动电压变化以保证液晶分子准静态变化, 所以很费时间。故比前面方法较优越。

从图中可看出, 在 U_{th}至 $2U_{th}$范围内线性较好, 这是因为随着驱动电压的增高, 响应时间变短, 所以驱动电压在大于 $2U_{th}$时存在较大误差。

4 结 语

随着液晶产业在中国的迅速发展及液晶显示器的大量推广应用, 对液晶相关特性参数的测量将成为高校物理基础实验中的重要实验内容。因此, 研究其实验方法具有一定的意义和应用价值。本文提出的新的求 TN 型液晶电压的简捷方法, 可用于对液晶光阈的电光效应、临界电压、驰豫时间等的测量。

参考文献:

[1] 王 伟, 商彦平, 郝彦忠. 聚噻吩修饰纳米结构 TiO_2 膜电极光电性能研究[J]. 河北科技大学学报, 2007, 28(1): 14-18.

[2] 谢疏章. 液晶物理学[M]. 北京: 科学出版社, 1988.

[3] 范志新. 液晶器件工艺基础[M]. 第 3 版. 北京: 北京邮电大学出版社, 2004.

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net