

·信号与信息处理·

## 负性 VA-LCD 三基色阈值特性分析

黄 翀<sup>1</sup>, 许国栋<sup>1</sup>, 杨玮枫<sup>1</sup>, 欧阳艳东<sup>1</sup>, 吴永俊<sup>2</sup>

(1. 汕头大学理学院, 广东 汕头 515063; 2. 汕头超声显示器有限公司, 广东 汕头 515041)

**摘要:**彩色液晶显示器件(CLCD),在相同电压驱动条件下各波长透射率有很大的差别,从而引起图像显示的色彩饱和度或还原性不够。用UV-Vis8500型双光束紫外/可见分光光度计测量在不同电压驱动下负性VA-LCD的电光特性,对三基色的阈值特性和阈值特性随波长变化关系进行分析。结果表明,阈值电压 $V_{th}$ ,饱和电压 $V_{sat}$ 和中值电压 $V_{50}$ 都是随着波长的增加而逐渐增大,并且饱和电压与阈值电压之差随着波长的增加而变大。对常用三种中心波长500.0 nm、550.0 nm和600.0 nm的中值电压 $V_{50}$ 作为驱动电压进行分析,其结果为CLCD选取驱动电压提供一定的指导作用。

**关键词:**负性VA-LCD;阈值特性;三基色;驱动电压

中图分类号:O433.1;O753<sup>+</sup>.2

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2014)-04-0034-05

## Threshold Characteristic Analysis of Negative VA-LCD Three Primary Colors

HUANG Chong<sup>1</sup>, XU Guo-dong<sup>1</sup>, YANG Wei-feng<sup>1</sup>, OUYANG Yan-dong<sup>1</sup>, WU Yong-jun<sup>2</sup>

(1. Department of Science, Shantou University, Shantou 515063, China; 2. Shantou Goworld Display Co. Ltd, Shantou 515041, China)

**Abstract:** The electro-optical characteristics of negative VA-LCD driven by different voltage are measured by UV-Vis8500 double beam ultraviolet (UV)/ visible spectrophotometer. The threshold characteristics of three primary colors and the characteristics variation with wavelength are analyzed. The results show that threshold voltage ( $V_{th}$ ), saturation voltage ( $V_{sat}$ ) and mid-value voltage ( $V_{50}$ ) all increase gradually with the increasing of wavelength. And the difference between  $V_{sat}$  and  $V_{th}$  becomes larger gradually with the increasing of wavelength. Common used mean voltage  $V_{50}$  of three kinds of central wavelength such as 500.0 nm, 550.0 nm and 600.0 nm is taken as driving voltage to analyze. The results can provide certain guidance for choosing the driving voltage of colorful liquid crystal display (CLCD).

**Key words:** negative VA-LCD; threshold characteristic; three primary colors; driving voltage

随着液晶显示技术不断发展,液晶显示器件被广泛地应用于军事、通信、财政、教育、科研以及大小面积电子设备,如车载、手机等方面。由于液晶材料的双折射效应引起了液晶显示器的电光效应<sup>[1-2]</sup>,TN和STN型LCD的电光特性已经有很多报道<sup>[3-7]</sup>,FTF型LCD的电光特性也有很多报道<sup>[8-9]</sup>。随着VA型广视角显示器(VA-LCD)被广泛

应用于汽车,手机和电脑等,成为人们生活必不可少的日常用品。VA-LCD也成为人们研究的对象。VA-LCD盒内液晶分子的排列方式是垂直排列的,垂直排列 vertical array 简称VA<sup>[10-15]</sup>。目前,对VA型液晶显示器三基色的阈值特性报道不多,文中就是对负性VA-LCD三基色的阈值特性进行分析。

收稿日期:2014-05-16

基金项目:国家自然科学基金项目(11274220)和广东省“扬帆计划”引进紧缺拔尖人才项目支持

作者简介:黄 翀(1960-),男,副教授,硕士研究生导师,主要从事光电材料与器件研究;许国栋(1988-),男,在读硕士研究生,主要从事光电器件的研究;杨玮枫(1977-),男,教授,硕士研究生导师,主要从事微纳光学和光电子全息等研究。

## 1 测试原理

国际发光照委员会(CIE)规定红、绿、蓝三基色光的波长分别为 700.0 nm、546.1 nm、435.8 nm。与光谱每一波长为 $\lambda$ 的等能光谱色对应的红、绿、蓝三基色数量,称为光谱三刺激值。

根据兰伯—比尔定律测量在光通过不同电压驱动下样品的电光光谱特性,表达式如下

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

其中, $A(\lambda)$ 为吸光度; $I$ 为投射光强; $T(\lambda)$ 为透射率; $I_0$ 为入射光强<sup>[16-18]</sup>。

## 2 测试方法

采用的仪器设备是与计算机相连的 UV-Vis 8500 型双光束紫外/可见分光光度计,其波长范围为 190~1 100 nm,波长调节量为 0.1 nm。在温度为 15℃ 的环境下,选定波长为 400~800 nm 可见光区,波长调节量为 1.0 nm,参比样品为空气。利用信号发生器对负性 VA-LCD 施加频率为 100 Hz,通过改变电压的大小,测出在不同电压驱动下 VA-LCD 的电光特性,如图 1 所示。

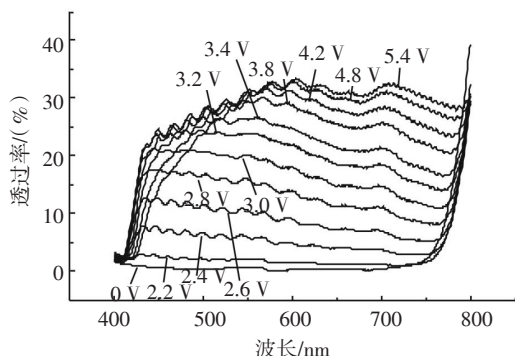


图 1 不同电压驱动下 VA-LCD 的电光特性

## 3 结果与分析

### 3.1 透过率随电压变化关系

从图 1 中选取三基色红(700.0 nm)、绿(546.1 nm)、蓝(435.8 nm)和中心波长(500.0 nm)做出其电光特性曲线图,如图 2 所示。

从图 2 中可以得出,红基色是随着驱动电压的增加,透过率不断上升,最后到一稳定值。而绿基

色和蓝基色,以及中心波长(500.0 nm)都是随着驱动电压的增加,透过率先上升到最大值,然后下降。从总体上来说,绿基色比中心波长透过率高,而中心波长的透过率要比蓝基色的高。而红基色则在驱动电压未达到 3.5 V 之前,透过率是这四种波长最差的,而在驱动电压达到 3.5 V 之后,透过率逐渐增大,最后在这四种波长中是透过率最好的。

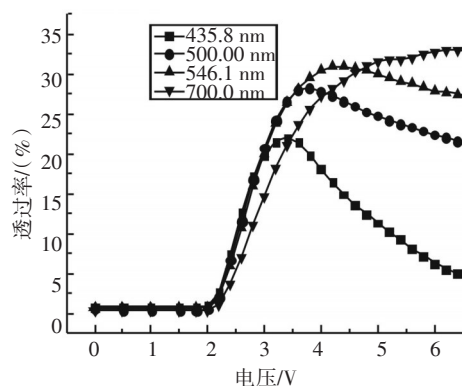


图 2 三基色和中心波长(500.0 nm)的电光特性曲线

### 3.2 三基色和中心波长(500.0 nm)的阈值特性

对图 2 中的三基色和中心波长,根据电光特性曲线得到的阈值特性:阈值电压  $V_{th}$ ,饱和电压  $V_{sat}$  和中值电压  $V_{50}$ <sup>[19-20]</sup>,做出三基色和中心波长的阈值电压、中值电压和饱和电压如图 3 所示。

从图 3 中可以得出,红基色、绿基色、蓝基色和中心波长所对应的阈值电压  $V_{th}$ ,饱和电压  $V_{sat}$  和中值电压  $V_{50}$ ,以及由陡度公式  $\gamma = \frac{V_{sat}}{V_{th}}$  计算得到的数值,如表 1 所示。

### 3.3 阈值特性随波长的变化关系

从图 1 测量在不同电压驱动下的电光光谱特性图中,从波长 420 nm 到波长 780 nm,每隔 20 nm 为一个波长,分别做出它们的阈值特性图和得到的数值,以及三基色和中心波长(500.0 nm)的阈值特性的数值,作出阈值电压  $V_{th}$ 、饱和电压  $V_{sat}$  和中值电压  $V_{50}$  随波长变化的曲线图,如图 4 所示。

从图 4 中可以得出,阈值电压  $V_{th}$ 、饱和电压  $V_{sat}$  和中值电压  $V_{50}$  都是随着波长的增加而逐渐增大。从图 4 中也可以得出,饱和电压的变化趋势比阈值电压的变化趋势快,即饱和电压与阈值电压的差值随着波长的增加而变大。

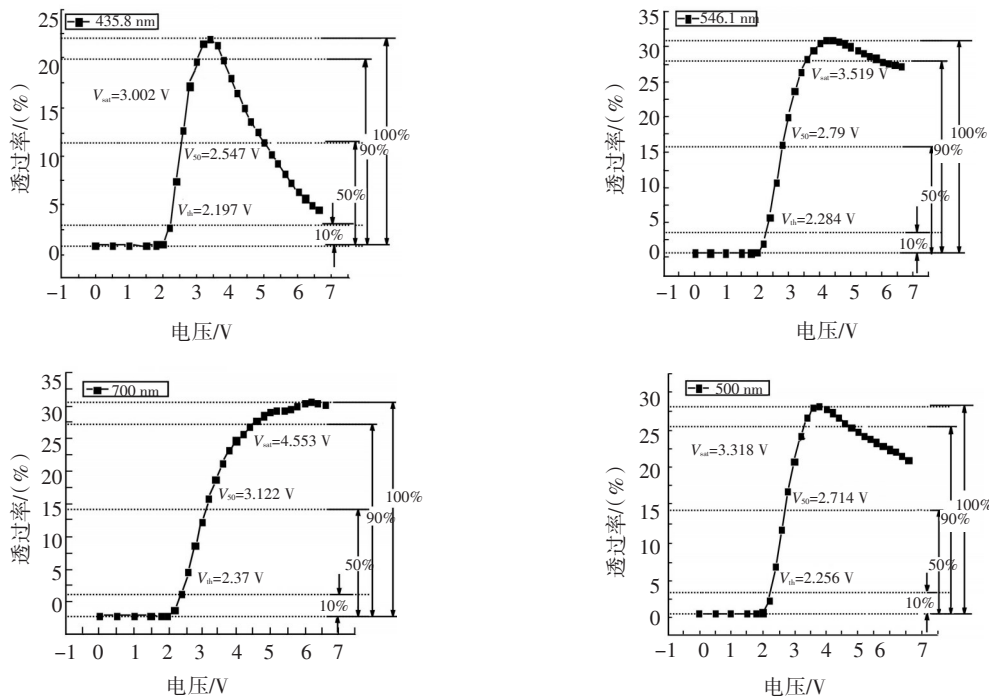


图3 三基色和中心波长(500.0 nm)的阈值特性

表1 三基色和中心波长的阈值特性数值表

电压/V	波长/nm			
	蓝基色(435.8)	中心波长(500.0)	绿基色(546.1)	红基色(700.0)
阈值电压 $V_{th}$	2.197	2.256	2.284	2.37
饱和电压 $V_{sat}$	3.002	3.318	3.519	4.553
中值电压 $V_{50}$	2.547	2.714	2.79	3.122
$\gamma = \frac{V_{sat}}{V_{th}}$	1.366	1.471	1.541	1.921

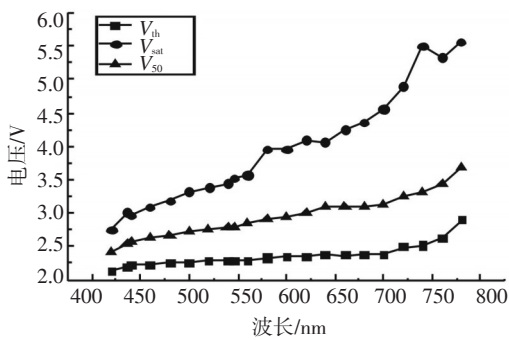


图4 阈值特性随波长的变化关系

产生阈值电压  $V_{th}$ 、饱和电压  $V_{sat}$  和中值电压  $V_{50}$  都是随着波长的增加而逐渐增大的主要原因都是相同的,是光通过液晶分子时产生双折射。由于不同波长的光的折射率不同,通过折射后就可以把不同波长的光分化出来。所以,当液晶分子偏转角度由小到大,

折射出来的光就是按波长逐渐增大。而产生饱和电压与阈值电压的差值随着波长的增加而变大的原因主要有两方面:(1)当加在VA-LCD的驱动电压刚刚可以使液晶分子偏转时,液晶分子的偏转随着电压的改变比较敏感,到达一定程度后,改变相同的电压,液晶分子偏转的角度就相对变小。(2)根据马吕斯定律,从下偏振片与液晶分子的夹角从  $90^\circ$  到  $0^\circ$ ,其透过率是慢慢增大,而且增大的速率先变快到后变慢。综合上面两点,可以得出饱和电压与阈值电压的差值随着波长的增加而变大。

### 3.4 驱动电压的选取

从图1中可以看出,在同一驱动电压下,不同波长对应的透过率也有所不同,这就会使得色彩饱和度或图像显示还原性不够。如何选取驱动电压,使

得其对不同波长光的透过率差别相对比较小,使得图像显示还原性更好。通常选取波长为 500.0 nm、550.0 nm、600.0 nm 为中心波长,因此选取波长为 500.0 nm、550.0 nm、600.0 nm,做出他们的阈值电压  $V_{th}$ 、饱和电压  $V_{sat}$  和中值电压  $V_{50}$  的图,如图 5 所示。

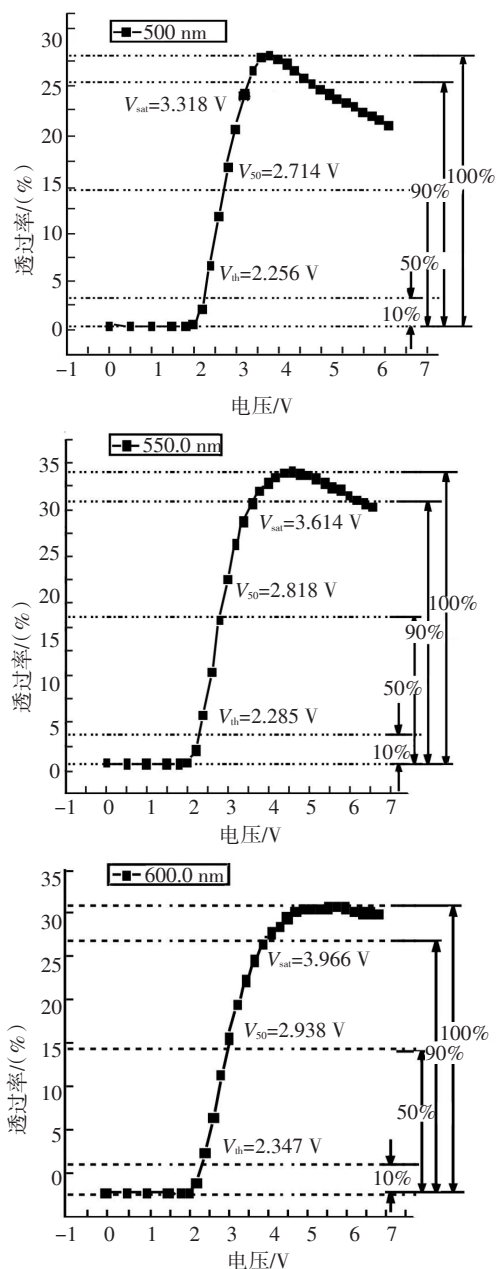


图5 三种波长的阈值电压( $V_{th}$ )、饱和电压( $V_{sat}$ )和中值电压( $V_{50}$ )

三种波长 500.0 nm、550.0 nm 和 600.0 nm 的阈值电压  $V_{th}$ 、饱和电压  $V_{sat}$  和中值电压  $V_{50}$ , 以及由陡度公式  $\gamma = \frac{V_{sat}}{V_{th}}$  的值以及 420.0 nm 和 780.0 nm 阈值电压  $V_{th}$ 、饱和电压  $V_{sat}$  和中值电压  $V_{50}$  的数值, 如表 2 所示。

表 2 五种波长的阈值特性数值表

电压/V	波长/nm				
	420.0	500.0	550.0	600.0	780.0
$V_{th}$	2.136	2.256	2.284	2.347	2.887
$V_{sat}$	2.744	3.318	3.643	3.955	5.558
$V_{50}$	2.425	2.714	2.811	2.938	3.691
$\gamma = \frac{V_{sat}}{V_{th}}$	1.285	1.471	1.596	1.685	1.925

从表 2 中可以看出, 波长为 420.0 nm 的饱和电压  $V_{sat}$  比 780.0 nm 的阈值电压  $V_{th}$  还要小, 所以无论选择什么样的电压作为其驱动电压, 都会对可见光的短波长超过其饱和电压  $V_{sat}$  或者长波长处超过阈值电压  $V_{th}$ 。因此, 只能选择相对比较合适的电压作为其驱动电压, 使得选取的驱动电压在可见光的短波长(长波长)处满足驱动电压在阈值电压和饱和电压之间, 而在可见光的长波长(短波长)处利用补偿膜来解决。如果选择波长为 500.0 nm 的中值电压  $V_{50}=2.714$  V 为其驱动电压, 比可见光的短波长 420.0 nm 的饱和电压小, 可以满足驱动电压在阈值电压和饱和电压之间, 而在可见光 760.0 nm 处也同样可以满足, 而比 760.0 nm 长的波长就要利用补偿膜来解决。如果选取波长 550.0 nm 的中值电压  $V_{50}=2.811$  V, 则无论是可见光的长波长还是短波长都不满足驱动电压在阈值电压和饱和电压之间, 比蓝基色短的波长需要补偿, 而同样比 760.0 nm 长的波长也需要补偿。如果选取波长为 600.0 nm 的中值电压  $V_{50}=2.938$  V 为其驱动电压, 比可见光的蓝基色短的波长就要利用补偿膜来补偿, 而在可见光 780.0 nm 处可以满足驱动电压在阈值电压和饱和电压之间。

通过上面的比较, 并综合考虑节能等方面, 选取波长为 500.0 nm 的中值电压  $V_{50}=2.714$  V 为其驱动电压是比较合适的。

### 4 结 论

(1)VA-LCD 的电光特性, 从总体上来说, 绿基色比中心波长透过率高, 而中心波长的透过率要比蓝基色的高。而红基色则在驱动电压未过到 3.5 V 之前, 透过率是这四种波长最差的, 而在驱动电压达到 3.5 V 之后, 透过率逐渐增大, 最终在这四种波长中是透过率最好的。(2)通过负性 VA-LCD 的电光特性算出三基色和中心波长的阈值特性: 阈值电压

$V_{th}$ 、饱和电压  $V_{sat}$  和中值电压  $V_{50}$ 。(3) 阈值电压  $V_{th}$ 、饱和电压  $V_{sat}$  和中值电压  $V_{50}$  都是随着波长的增加而逐渐增大, 而且饱和电压与阈值电压之间的差值随着波长的增加而变大。(4) 通过对常用三种波长的阈值电压  $V_{th}$ 、饱和电压  $V_{sat}$  和中值电压  $V_{50}$  的比较, 选取波长为 500.0 nm 的中值电压  $V_{50}$  为其驱动电压更为合适。

## 5 展望

通过对负性 VA-LCD 阈值特性的分析, 可以把波长为 500.0 nm 的中值电压  $V_{50}$  作为其驱动电压, 使得其在可见光范围的透过率更加均匀、更加合理, 色彩饱和度或图像显示还原性更好, 同时也能降低能耗。

通过对负性 VA-LCD 的阈值特性的分析, 可以对其他的 CLCD 的选取驱动电压提供一个指导。

## 参考文献

- [1] 任广军, 李国华, 彭捍东. 液晶双折射效应的再研究[J]. 液晶与显示, 2004, 19(4): 270-273.
- [2] 高教波, 陈慧玲, 张戊寅. 液晶双折射  $\Delta n$  的测量[J]. 应用光学, 1993, 14(6): 53-57.
- [3] 王思齐, 孟颖, 高文莉, 等. 不同取向的向列型液晶盒的光电响应曲线[J]. 物理实验, 2012, 32(9): 12-17.
- [4] 陈杰, 朱振才, 顾培夫, 等. 垂直定向液晶光阀及光电特性的研究[J]. 红外与毫米波学报, 1996, 15(4): 303-308.
- [5] 郭建新, 吴声, 马振军, 等. 多畴 STN-LCD 的研究[J]. 液晶与显示, 1996, 11(3): 173-181.
- [6] 倪水彬, 朱吉亮, 钟恩伟, 等. 蓝相液晶光电特性研究[J]. 液晶与显示, 2012, 27(6): 719-723.
- [7] 程鸿飞. TN、STN 和 FSTN 液晶显示器件的视角特性[J]. 现代显示, 2002, 3: 54-58.
- [8] Chin-Chiuan Lin. Effects of screen luminance combination and text color on visual performance with TFT-LCD [J]. International Journal of Industrial Ergonomics 2005 (35): 229-235.
- [9] Charles Annis, Paul Semenza. 通过改进 TFT-LCD 生产工艺提高光透过率降低生产成本和能耗[J]. 现代显示, 2011, 120-121: 5-9.
- [10] Hicks S E, Hurley S P, Zola R S, et al. Polymer stabilized VA mode liquid crystal display [J]. Journal of Display Technology, 2011, 7(11): 619-623.
- [11] Seung Beom Park, SONG Jang-kun, Yoonsung Um, et al. Pixel-division technology for high-quality vertical-alignment LCDs [J]. IEEE Electron Device Letters, 2010, 31(9): 987-989.
- [12] GE Zhi-bing, ZHU Xin-yu, Thomas X Wu, et al. A single cell-gap transfective VA LCD using positive liquid crystal materials [J]. SID 06 Digest, 157: 802-805.
- [13] MA Ji, YANG Young-cheol, ZHENG Zhi-gang, et al. A multi-domain vertical alignment liquid crystal display to improve the V-T property [J]. Displays 30, 2009: 185-189.
- [14] 王志军, 朱修剑, 李荣玉. TFT-LCD 的新型 VA 八畴驱动技术[J]. 液晶与显示, 2009, 24(3): 372-376.
- [15] 武乃福, 赵静, 王晓燕, 等. 负性液晶垂直排列 (VA) 盒中壁的研究[J]. 现代显示, 2011, 120-121: 32-34.
- [16] 黄翀, 姜言森, 欧阳艳东, 等. LCD 三基色光谱特性的研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2007, 27(12): 2494-2497.
- [17] 黄翀, 周学平, 林旭升, 等. 太阳光对液晶显示器件光学特性的影响[J]. 光谱学与光谱分析, 2006, 26(1): 175-177.
- [18] 黄翀, 邹敏, 郭阳明, 等. 电阻触摸式 LCD 三基色电光特性研究[J]. 光电技术应用, 2012, 27(2): 9-13.
- [19] 张敏. LCD 的检测及显示测量系统[J]. 光电子技术, 1994, 14(4): 316-322.
- [20] 宋莉丽, 于海峰, 李燕. 阈值电压波动初探[J]. 液晶与显示, 2002, 17(2): 139-142.

## 欢迎利用期刊网站浏览本刊已发表文章

为了满足读者对《光电技术应用》期刊文章的快速、方便、阅读需求,《光电技术应用》期刊网站(网址为: <http://www.gdjsyy.com>), 为读者提供了《光电技术应用》期刊 2009~2012 年已发表文章的在线浏览。读者可在过刊目录下, 查阅 2009~2012 年期刊各期目录, 点击文章题目或摘要, 阅读文章全文。欢迎广大读者登陆期刊网站, 及时了解《光电技术应用》期刊已发表文章的最新信息。

《光电技术应用》编辑部