

文章编号: 1000-7032(2009)01-0123-03

液晶面板取向层与液晶层界面的电荷累积效应分析

张方晖, 席俭飞, 王秀峰, 魏楠, 朱晓娟

(陕西科技大学 电信学院, 陕西 西安 710021)

摘要: TN模式的电荷累积缺陷,是液晶显示器生产中一个相当棘手问题。由于累积电荷量难于定量测量来进行研究,所以该问题一直悬而未决。着重分析了液晶显示器电荷累积缺陷,发现当它们介电常数与电导率的比值相差越大,电荷累积值越大;当取向层的介电常数与电导率的比值和液晶的不相等时,二者的交界面将产生电荷积聚;并且发现当取向层的介电常数与电导率的比值和液晶的相等时,二者的交界面将不产生电荷积聚,图像残留、显示速度减慢等问题也就可以消除。

关键词: 液晶显示器; 电荷累积; 介电常数

中图分类号: TN873.93

PACC: 6130

文献标识码: A

1 引言

随着显示技术的飞速发展,液晶显示器以其体积小、质量轻、容易彩色化、尺寸范围广、功耗低和低辐射等优点,已经在显示技术领域占据核心地位,被广泛的应用于电视、监视器、手机、PDA、车载显示、电子仪表显示等领域。目前液晶显示器工作的主要模式有:扭曲向列液晶显示模式(简称TN模式)、超扭曲向列液晶显示模式(简称STN模式)、共面开关模式(简称IPS模式)和多畴垂直取向模式(简称MVA模式)。其中TN模式以生产工艺相对比较成熟,原材料供应链完备,成本低,液晶分子偏转速度快,易提高其响应时间^[1,2]。另外因为TN+Film可以满足普通应用中的视角要求,彩色化方面,TN模式采用色彩抖动技术之后,TN模式LCD的显示色彩得到了提高,使原来普通彩色只能显示26万色的TN面板获得了16.2M的显示能力^[3,4],而且TN模式成本相对较低,所以TN模式仍被广泛地应用于各种中低端显示器件中。现在市场上一般在8ms响应时间以内的产品大多都采用的是TN液晶面板,像字符型的显示器件、光阀产品及车载音响显示方面通常都采用TN模式。但是,TN模式仍有悬而未决的问题:电荷累积缺陷就是其中的一种。

电荷累积的直接影响就是容易形成残像,从而影响画面显示效果^[5~7]。由于液晶显示器件的累积电荷量难以定量测量,对它的研究一直进展缓慢。本文首先介绍了液晶显示器实际生产中时常出现的电荷累积缺陷,并对其产生的原因进行了分析。

2 取向层与液晶层界面的电荷累积效应分析

液晶面板是由多层结构组成的,一般来说包括取向层(PI)、液晶层、透明导电层(ITO)、彩色滤色膜、绝缘层等,并且上下基板的取向层完全相同。根据麦克斯韦电磁理论,当在液晶显示器的com电极和子像素的ITO电极上施加电压时,由于取向层与液晶层的电导率不同,在其交界面往往出现电荷累积效应,电压消失后,由于液晶分子的导电性很差,这些累积的电荷将会缓慢释放,此过程往往会持续一定时间,造成液晶显示器的图像残留、显示速度减慢等。

设电压 V 作用在液晶盒上,如图1所示,取向层与液晶分子层的厚度分别为 d_1 、 d_2 ,介电常数分别为 ϵ_1 、 ϵ_2 ,电导率分别为 γ_1 与 γ_2 ,电场强度分别为 E_1 、 E_2 ,下面将分析取向层与液晶层交界面电荷的累积情况。

(1) 初始状态,取向层与液晶层中的电场分布

收稿日期: 2008-08-25; 修订日期: 2008-11-24

基金项目: 陕西省专利产业项目(2005ZZ-04); 陕西省教育厅产业化项目(06JC23)资助项目

作者简介: 张方晖(1966-), 山西曲沃人, 博士, 教授, 主要从事平板显示技术的研究。

E-mail: zhangfanghui@sust.edu.cn

同理可以求出液晶中的电场强度 E_2 为:

$$E_2 = \frac{\gamma_1}{\gamma_1 d_2 + 2\gamma_2 d_1} + \left(\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_1 d_2 + 2\varepsilon_2 d_1} - \frac{\gamma_1}{\gamma_1 d_2 + 2\gamma_2 d_1} \right) V e^{-\frac{t}{\tau}}$$

由此可以得到,任意时刻 t :

$$J_1 - J_2 = r_1 E_1 - r_2 E_2 = \frac{r_1 \varepsilon_2 - r_2 \varepsilon_1}{\varepsilon_1 d_2 + 2\varepsilon_2 d_1} V e^{-\frac{t}{\tau}}$$

上基板取向层与液晶分子交界面的电荷密度为:

$$\int_0^{\infty} (J_1 - J_2) dt = \tau \frac{r_1 \varepsilon_2 - r_2 \varepsilon_1}{\varepsilon_1 d_2 + 2\varepsilon_2 d_1} V = \frac{\varepsilon_0 (r_1 \varepsilon_2 - r_2 \varepsilon_1)}{r_{12} + 2d_1 r_2} V$$

下基板取向层与液晶分子交界面电荷密度为:

$$\int_0^{\infty} (J_2 - J_3) dt = \frac{\varepsilon_0 (r_2 \varepsilon_1 - r_1 \varepsilon_2)}{r_1 d_2 + 2d_1 r_2} V$$

可得到电荷面密度:

$$\sigma = \frac{\varepsilon_0 (\gamma_1 \varepsilon_2 - \gamma_2 \varepsilon_1)}{2\gamma_2 d_1 + \gamma d_2} V \quad (5)$$

图 2 取向层与液晶层交界面的电荷积聚

Fig. 2 The charge accumulation between alignment layer and liquid crystal layer

由式(5)可知,取向层与液晶交界面产生电荷积聚(如图2),不仅与其极化有关,也与它们的导电性有关,由材料的介电常数 ε 与电导率 γ 的比值决定。为了描述两种材料交界面的电荷累积特性,这里定义一个材料的电荷累积常数 K_C :

$$K_C = \frac{\varepsilon}{\gamma}$$

K_C 是一个由材料本身特性所决定的常数,量纲为 S/m。将 K_C 代入式(5),可以得到:

$$\sigma = \frac{\varepsilon_0 (K_{C2} - K_{C1})}{\frac{2d_1}{\gamma_1} + \frac{d_2}{\gamma_2}} \quad (6)$$

由式(6)可以发现:

当取向层与液晶分子层的介电常数与电导率的比值相等,即 $K_{C1} = K_{C2}$ 时,界面上不会积聚电荷;

当 $K_{C1} > K_{C2}$,也就是说,取向层介电常数与电

图 1 电场作用下的液晶盒中的取向层与液晶层

Fig. 1 Alignment layer and liquid crystal layer of liquid crystal cell under the electric field

$$\begin{cases} \varepsilon_1 E_{10} = \varepsilon_2 E_{20} \\ V = E_{10} d_1 + E_{20} d_2 + E_{10} d_1 = 2E_{10} d_1 + E_{20} d_2 \end{cases}$$

求得取向层和液晶层的电场强度为:

$$\begin{cases} E_{10} = \frac{\varepsilon_2 V}{2\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 d_2} \\ E_{20} = \frac{\varepsilon_1 V}{2\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 d_2} \end{cases} \quad (1)$$

(2) 任意时刻 t 液晶盒的中电荷累计情况流经取向层与液晶层的电流密度为:

$$J = \gamma_1 E_1 + \varepsilon_0 \varepsilon_1 \frac{dE_1}{dt} = \gamma_2 E_2 + \varepsilon_0 \varepsilon_2 \frac{dE_2}{dt} \quad (2)$$

$$V = 2E_1 d_1 + E_2 d_2 \quad (3)$$

将式(3)代入式(2)消去 E_2 :

$$\gamma_1 E_1 + \varepsilon_0 \varepsilon_1 \frac{dE_1}{dt} = \gamma_2 \frac{V - 2E_1 d_1}{d_2} - 2\varepsilon_0 \varepsilon_2 \frac{d_1}{d_2} \frac{dE_1}{dt}$$

可得:

$$\frac{dE_1}{dt} + \frac{\gamma_1 d_2 + 2\gamma_2 d_1}{\varepsilon_0 \varepsilon_1 d_2 + 2\varepsilon_0 \varepsilon_2 d_1} E_1 = \frac{\gamma_2 V}{\varepsilon_0 \varepsilon_1 d_1 + 2\varepsilon_0 \varepsilon_2 d_2} \quad (4)$$

$$\text{令 } \tau = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_1 d_2 + 2\varepsilon_0 \varepsilon_2 d_1}{\gamma_1 d_2 + 2\gamma_2 d_1}$$

则式(4)可以转化为:

$$\frac{dE_1}{dt} + \frac{1}{\tau} E_1 = \frac{\gamma_2 V}{(\gamma_1 d_2 + 2\gamma_2 d_1) \tau}$$

其解为:

$$\ln \left| E_1 - \frac{\gamma_2 V}{r_1 d_2 + 2r_2 d_1} \right| = -\frac{t}{\tau} + C_0$$

$$E_1 = \frac{\gamma_2}{\gamma_1 d_2 + 2\gamma_2 d_1} V + C e^{-\frac{t}{\tau}}$$

式中 C 为积分常数,代入初值条件可以得到取向层中的电场强度为:

$$E_1 = \frac{r_2}{r_1 d_2 + 2r_2 d_1} + \left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1 d_2 + 2\varepsilon_2 d_1} - \frac{r_2}{r_1 d_2 + 2r_2 d_1} \right) V e^{-\frac{t}{\tau}}$$

导率的比值大于液晶分子层的,其界面上将积聚起负电荷,而且 K_{C1} 与 K_{C2} 差值越大,界面上负电荷的积聚就越多,由于电荷积累所造成的图像残留、显示速度减慢等不良现象就越明显。当 $K_{C1} < K_{C2}$, 则界面上将积聚起正电荷。同样, K_{C1} 与 K_{C2} 差值也越大,界面上将积聚的正电荷也越多,图像残留、显示速度减慢等不良现象也越明显。

3 结 论

理论分析表明,当介电常数与电导率的比值

相等时,不存在电荷积累;当介电常数与电导率的比值大于液晶分子层的,其界面上将积聚起负电荷;当取向层介电常数与电导率的比值小于液晶分子层的,其界面上将积聚起正电荷。液晶显示器厂商在选择液晶材料时一定要考虑与之相邻取向层的具体特性,要使液晶材料的介电常数与电导率的比值与取向层的相等或者尽可能的小,以便减少或克服由于电荷积累所造成的显示图像残留、显示速度减慢等不良现象。

参 考 文 献:

- [1] Gray George W, Kelly Stephen M. Liquid crystal for twisted nematic display devices [J]. *J. Material Chem.*, 1999, **9** (5):2037-2050.
- [2] Chandrasekhar S Raja, Krishna V N S, Prasad S. Wide viewing angle and fast responding TN LCD [J]. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 2004, **410**(1):359-368.
- [3] Toyooka T, Yoda E. Viewing angle performance of TN-LCD with hybrid aligned nematic film [J]. *Displays*, 1999, **20** (5):221-229.
- [4] Zhou Fushan, Yang Deng-Ke. SID'06 [C]. San Francisco: SID, 2006,825-828.
- [5] Masanobu Mizusaki, Tetsuya Miyashita, Tatsuo Uchida. SID'06 [C]. San Francisco: SID, 2006, 673-676.
- [6] Lee Don-Gyou, Kim Il-Ho, Soh Hoe-Sup, et al. SID'02 [C]. Boston, USA: SID, 2002, 324-327.
- [7] Kim Kwi Hyun, Kim Hyang Yul, Jeong Youn Hak, et al. SID'06 [C]. San Francisco: SID, 2006,755-757.

Analysis of the Flaw of Electric Charges Accumulation between Alignment Layer and Liquid Crystal Layer of Liquid Crystal Cell

ZHANG Fang-hui, XI Jian-fei, WANG Xiu-feng, WEI Nan, ZHU Xiao-juan

(College of Electrical and Information Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: Since the application of liquid crystal begun in 1960s, the related manufacturing technology has already been considerably mature, but there are still many problems to desiderate to be resolved. The charge-accumulation of TN-LCD is the one of quite intractable problems in producing of LCD. Because quantitative measurement of charge-accumulation is hard to be done, the problem is still up in the air. Here the charge accumulation of LCD was analyzed from the opinion of the dielectric physics in this paper, and it was found that the accumulated charge can be produced in the interface when the ratio of dielectric constant and conductivity for alignment layer doesn't equal to that of LCD layer. The larger the ratio of dielectric constant and conductivity, the higher charge accumulation, and if the ratio of dielectric constant and conductivity equals to each other, there is no charge to be accumulated, this will be helpful to solve the problems such as image sticking, slow response etc.

Key words: LCD; charge accumulation; dielectric constant