

文章编号:1007-2780(2015)03-0538-05

一种新的视角可控的液晶显示仿真研究

吴婷婷*, 苏子芳, 钟德镇, 姜丽梅
(昆山龙腾光电有限公司, 江苏 昆山 215301)

摘要:在 PVA 显示模式的基础上,研究了一种新型的液晶显示视角切换技术。通过增大液晶分子在暗态下的倾斜角度控制暗态亮度,实现了宽视角下暗态低,显示对比度高;窄视角下暗态高,在相同白态亮度下,显示对比度低。实施可行性:在时序控制芯片系统(Timing Controlling, T_{con})中烧录两版 code,使用者根据不同环境下对宽窄视角的特性需求选择相应的显示模式,通过宽窄视角下分别采用不同的 T_{con} code 编译驱动电压以实现宽窄视角的面板显示。模拟结果表明:宽视角显示上下左右视角达到 80° 以上,而窄视角显示上下左右视角均不足 40° ,从模拟结果看本文提供的宽窄视角显示方法是有效的。

关键词:视角可控;对比度;PVA 模式

中图分类号:PACS **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20153003.0538

New viewing angle controllable LCD

WU Ting-ting*, SU Zi-fang, ZHONG De-zhen, JIANG Li-mei

(InfoVision Optoelectronics (Kunshan) Co., LTD., Kunshan 215301, China,)

Abstract: Based on the PVA mode, this paper researches a new technology of viewing angle controllable LCD. By increasing the pretilt angle of liquid crystal molecular at dark states, it realizes a high contrast with low dark luminance at wide-viewing angle(WVA) mode and low contrast with high dark luminance at narrow-viewing angle(NVA) mode. By burning different code to T_{con} ROM, according to the demand of users to realize WVA or NVA at different conditions, it gets two types of source voltages. The simulation results show that the up/down/left/right view angle are more than 8° at WVA and less than 40° at NVA, the results show that the new viewing angle controllable technology is effective.

Key words: view angle controllable; contrast; PVA mode

1 引言

薄膜晶体管液晶显示器(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display, TFT-LCD)由于其

低辐射、轻薄、低功耗等特点已成为发展最为迅速的平板显示技术之一^[1]。扭曲向列相(TN:Twist Nematic)液晶显示模式的发明带来的技术革命使 TFT-LCD 几乎占领了全部的桌上型显示器市场。然而较窄的可视角度范围视角窄限制了

收稿日期:2014-10-13;修订日期:2014-11-23.

* 通信联系人, E-mail: wutingting_0218@126.com

TFT-LCD 在如医疗、航空设计以及电视等领域的应用。

传统 TN 型显示模式通过使用视角补偿膜型偏光片,在很大程度上扩大了显示视角,但在大视角观察时仍存在灰阶反转及色偏现象^[2]。目前市面上应用最广泛的广视角技术如垂直取向(Vertical Alignment, VA)通过在电极上形成凸起物(Protrusion)或电极狭缝(Slit)以实现液晶分子不同畴的指向矢分布,在外加电压下液晶分子由垂直站立转到平行基板排列。VA 显示技术因其宽视角、高对比度、无需摩擦配向等优势,被广泛应用于 TV 等大尺寸应用领域。面内转换开关(In-Plane Switching, IPS)^[3-4]技术是指通过控制液晶分子在平面内转动以实现亮度控制,使得人眼在接近 85°的倾斜角下观看仍可获得较高的图像显示质量。相比 TN 显示模式,上述两种模式因在视野角特性、动态清晰度、色彩还原效果方面的优势,已被广泛应用于航天、医疗、TV、个人移动设备等领域。

而作为个人移动终端设备应用,在某些特定场合的保密性要求日趋增高,同时又要具备很好的观赏性。使用者对于分享性及资料机密性具有不同的视角需求,单一视角模式的显示器件已经不能满足使用者的需求。以手机屏为例,在公共场合与家人朋友发短信或视频时希望窄视角的显示达到保护私人信息的目的,而有时又希望可以切换到宽视角模式与家人朋友一起分享显示内容。

目前针对视角切换模式研究的几种方法包括^[5-7]:(1)改变出射光线方向实现宽窄视角显示^[8];(2)控制不同方向优化像素结构;(3)控制不同暗态电压以实现宽窄视角切换,如在液晶盒上添加一个单层补偿膜^[9]。

本文的视角切换技术是一种基于 VA 模式的显示设计。与上述第 3 种方法不同的是本文通过在系统 Tcon ROM 中烧录两版 code,宽窄视角显示时分别采用不同的 T_{con} code 编译驱动电压从而实现宽窄视角切换。本文提供的方法结构简单,使用者只需选择不同的显示模式而无需外置视角控制开关,可以大大减轻面板重量,节省成本。

2 器件设计原理

本文提出一种基于 PVA(Patterned Vertical

Alignment)液晶显示技术的视角切换模式技术,如图 1 所示。PVA 分别在上、下玻璃基板蚀刻出条形电极,利用上、下基板条形电极间形成的斜向边沿电场使负性液晶分子在开态时倒向不同方向获得宽视角特性。PVA 结构消除了 MVA 技术中凸起附近的黑态漏光而有效地提高了对比度。

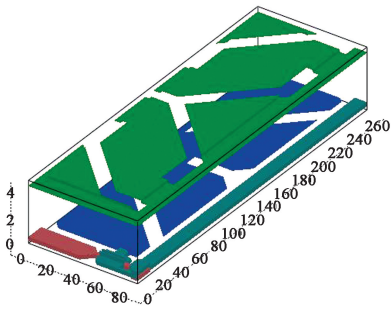


图 1 PVA 液晶显示面板子像素示意图
Fig. 1 Diagram of sub-pixel with PVA LCD

本文的技术方案是在 PVA TFT-LCD 显示驱动电路上设置用于宽视角与窄视角切换的开关。搭配 T_{con} 存储单元中用于显示灰阶的代码实现宽视角与窄视角模式间的切换,如图 2 所示。

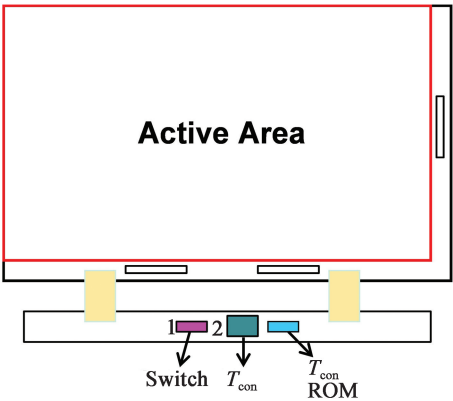
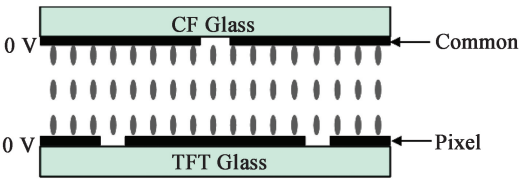


图 2 视角可控显示器的系统功能示意图
Fig. 2 Schematic diagram of system function of viewing angle controllable LCD

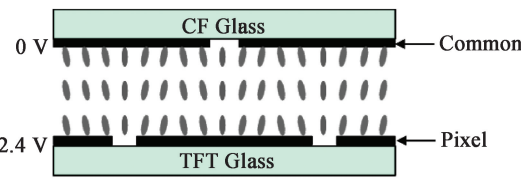
具体操作:(1)当开关切换到宽视角模式(WVA Mode)时, T_{con} 按照信号来源需求的灰阶信息向面板提供灰阶电压。此时液晶分子指向矢分布如图 3(a)(c)所示,暗态液晶分子垂直玻璃基板排列;亮态液晶分子由于受上下垂直电场的作用,分子短轴平行电场线排列,液晶分子长轴则垂直于玻璃基板排列,ITO slit 处的液晶分子由于无电场作用仍保持垂直站立。(2)当开关切换

到窄视角模式(NVA Mode)时,若信号来源需求输出最高灰阶数时,强制输入面板的灰阶电压为宽视角模式时最大灰阶电压。例如,针对一个设计可输出 6 bit(0~63 共 64 个灰阶显示)系统,选择 $X=10$ 的设计,则当开关切换至窄视角模式,外部输入信号要求显示 0 灰阶时,实际通过 T_{con} 控制输入面板的驱动信号为宽视角模式时 10 灰阶的信号。如图 3(b)所示,窄视角模式下的暗态液晶分子在不加电的黑态不是完全垂直排列,而是和基板有一定的倾斜角度。当外部输入需求显示大于等于 53 灰阶的信号,则强制全部输出宽视角模式时 63 灰阶的电压。如图 3(d)所示,亮态下



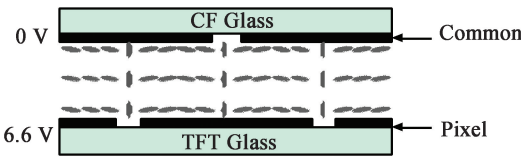
(a)宽视角模式暗态时的液晶指向

(a)LC Director at the off state of WVA mode



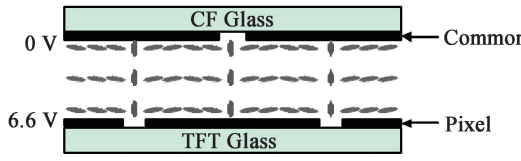
(b)窄视角模式暗态时的液晶指向

(b)LC director at the off state of the NVA Mode



(c)宽视角模式亮态时的液晶指向

(c)LC director at the on state of WVA Mode



(d)窄视角模式亮态时的液晶指向

(d)LC director at the on state of NVA Mode

图 3 宽视角模式与窄视角模式液晶指向比较示意图

Fig. 3 LCdirector comparison between WVA and NVA mode

液晶分子平行于玻璃基板排列,且两种模式液晶分子排布指向矢相同。此时两种模式的伽玛曲线如图 4 所示。

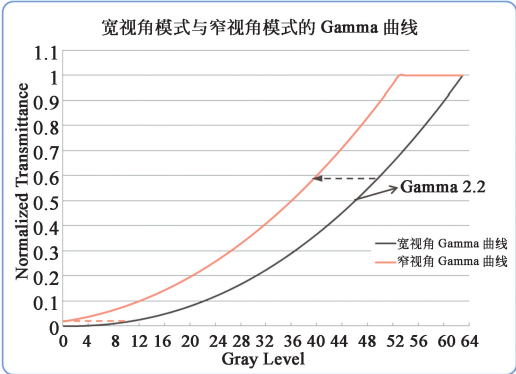


图 4 宽窄视角模式伽马曲线对比

Fig. 4 Gammacurve comparison between the WVA and NVA mode

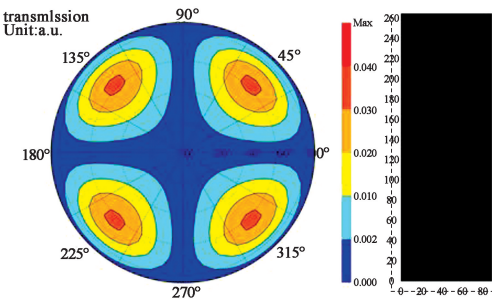
3 仿真结果及分析

PVA 显示为一种垂直配向的常黑模式,它使用的液晶分子为一轴性媒质,PVA 透过率特性和 IPS 显示一样,公式如下^[2]:

$$T = \frac{1}{2} \sin^2 2\varphi \sin^2 \frac{\pi \Delta n d}{\lambda} = \frac{1}{2} \sin^2 \frac{\pi \Delta n d}{\lambda}, \varphi = 45^\circ, \quad (4)$$

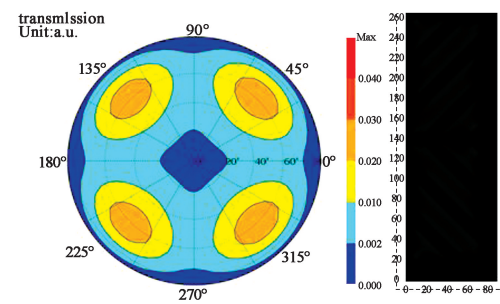
φ 为偏光片吸收轴与液晶分子转动面之间的夹角,当 $\varphi=45^\circ$ 时,PVA 显示的光利用效率最高,通过液晶分子转动改变液晶的 $\Delta n d$ 从而实现亮暗显示。

本文使用 Techwiz3D 模拟软件,通过建立基



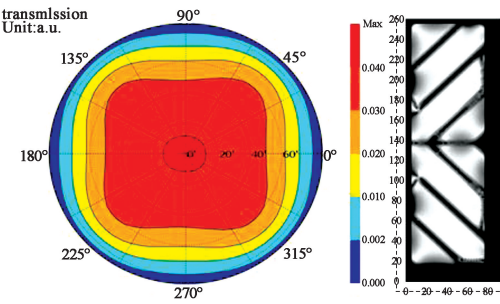
(a)宽视角模式暗态透过率分布

(a)The off state transmittance distribution of WVA Mode



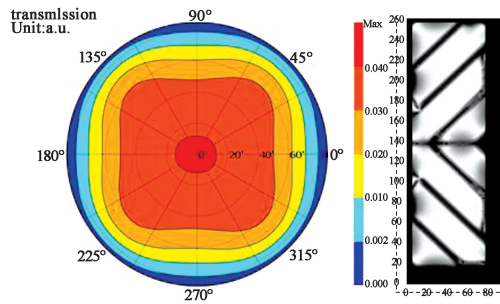
(b)窄视角模式暗态透过率分布

(b)The off state transmittance distribution of NVA Mode



(c)宽视角模式亮态透过率分布

(c)The on state transmittancedistribution of WVA Mode



(d)窄视角模式亮态透过率分布

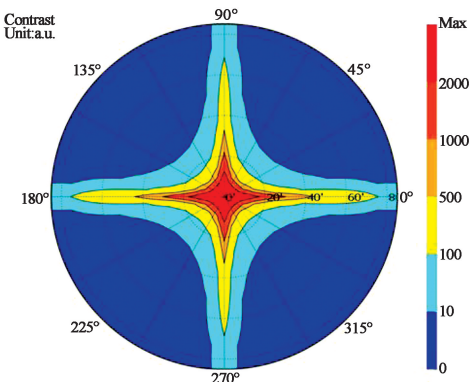
(d)The on state transmittance distribution of NVA Mode

图 5 透过率分布模拟结果

Fig. 5 Simulation results of transmittance distribution

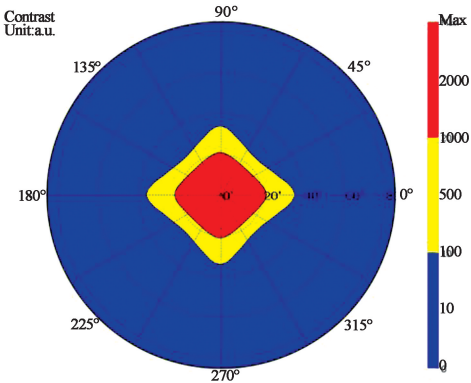
于 VA 模式的像素电极模型 ,液晶使用负性液晶 Merk131496, $\Delta n=0.109\ 2$, $\Delta\epsilon=-3.7$, $\gamma_1=86\ \text{m}\cdot\text{Pa}\cdot\text{s}$,cell gap 设置为 $3.2\ \mu\text{m}$ 。透过率分布模拟结果如图 5 所示。由于暗态时使用了较高的驱动电压,窄视角模式在暗态时体现了较大的暗态漏光,从其像素正面透光图也能看到明显的漏光。

而亮态显示时,由于宽视角模式与窄视角模式使用了相同的驱动电压,所以亮态的透过率分布相同。针对该技术的视角特性仿真结果如图 6 所示。



(a)宽视角模式全视角等对比度图

(a)Iso-Contrast plots of the WVA Mode



(b)窄视角模式全视角等对比度图

(b) Iso-Contrast plots of the NVA Mode

图 6 视角特性比较

Fig. 6 Comparison of view angle characteristics

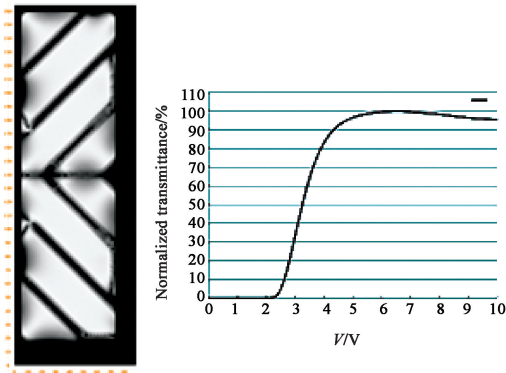


图 7 宽视角模式的 V-T 曲线模拟结果

Fig. 7 Simulation result of the V-T curve of the wide-viewing mode



图 8 (a)宽视角模式下在上/下/左/右视角 80°的视角;(b)窄视角模式下在上/下/左/右视角 20°的视角.

Fig. 8 (a) Viewing angle of up/down/left/right viewing at 80° of wide-viewing mode; (b) The viewing angle of up/down/left/right viewing at 20° of narrow-viewing mode.

从图 6 可以看出,当显示器件工作在窄视角模式时,其上、下、左、右 4 个方向的视角不足 40°,而当显示器工作在宽视角模式时,其上、下、左、右 4 个方向的视角均大于 80°.针对该技术的显示器件的 V-T 曲线仿真结果如图 7,使用该 V-T 曲线作为宽视角模式标准伽马曲线,图 8 是使用 Techwiz 3D 模拟在不同视角下观看图像得到的模拟图。

4 结 论

提出了一种基于 VA 模式的视角切换技术,使用者通过选择不同的 T_{con} code,两套 code 对应编译不同的驱动电压。当要求宽视角显示时, T_{con} 输出标准 Gamma2.2 曲线;当要求窄视角显示时,则 T_{con} 给面板一个预先设置的偏移量。通过使用三维仿真软件模拟分析发现,亮态下宽窄视角有相同的透过率分布,而在窄视角模式下斜视角方向有很大的暗态漏光,导致斜视方向对比度降低,视角变小。相比传统的在液晶盒上添加补偿膜技术,本文提供的方法可以很好地实现宽视角与窄视角模式切换,且不会带来额外的制作及材料成本,是一种理想的可实现宽窄视角切换的显示方法。

参 考 文 献:

[1] 钟德镇,李永谦,戴文君,等. 液晶显示装置:中国, 201110225983.5 [P]. 2011-11-23.
Zhong D Z, Li Y Q, Dai W J, *et al.* The Liquid crystal display device;Chinese, 201110225983.5 [P]. 2011-11-23. (in Chinese)

[2] 马群刚. TFT-LCD 原理与设计[M]. 北京:电子工业出版社, 2011:216-242.
Ma Q G. *Principle and Design of TFT-LCD*[M]. Beijing:Electronic industry Press,2011:216-242. (in Chinese)

[3] 田民波,叶锋. TFT 液晶显示原理与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2010:98-125.
Tian M B, Ye F. *The Principle and Technology of TFT-LCD*[M]. Beijing:Science Press,2010:98-125. (in Chinese)

[4] Lee S H, Kim H Y, LEE S, *et al.* Ultra-FFS TFT-LCD with super image quality ,fast response time, and strong pressure-resistant characteristics [J]. *Journal of the Society for Information Display*, 2002,10(2):117-122.

[5] Yeung F S, Li Y W, Kwok H S. Viewing angle switching of vertical alignment liquid crystal displays by controlling birefringence of homogenously aligned liquid crystal layer[J]. *Appl. Phys. Lett.* , 2006,88(4):041108.

[6] Yeung F S, Li Y W, Kwok H S. Pi-cell liquid crystal displays at arbitrary pretilt angles[J]. *Appl. Phys. Lett.* , 2007, 90(5):051116.

[7] Lim Y J,Kim J H, Her J H, *et al.* Viewing angle switching of liquid crystal display using fringe-field switching to control off-axis phase retardation[J]. *J. Phys. D:Appl. Phys.*, 2010,43:085501.

[8] Taira Y, Nakano D, Numata H, *et al.* Low-power LCD using a novel optical system[J]. *SID'02 Digest*,2002:1313-1315.

[9] 冷金苹.可控视角 LCD 的原理研究及验证[D]. 成都:电子科技大学, 2010.
Leng J B. The principle research and vertification of viewing angle controlled LCD[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology, 2010. (in Chinese)

作者简介:吴婷婷(1987—),女,安徽泗县人,硕士,高级工程师,主要从事液晶面板设计工作。E-mail: wutingting_0218@126.com