

四向宽窄视角可切换的液晶显示技术

钟德镇, 刘显贺, 姜丽梅

引用本文:

钟德镇, 刘显贺, 姜丽梅. 四向宽窄视角可切换的液晶显示技术[J]. 液晶与显示, 2020, 35(12): 1278–1283.

ZHONG De-zhen, LIU Xian-he, JIANG Li-mei. Four-ways viewing angle switchable liquid crystal display technology[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(12): 1278–1283.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.37188/YJYXS20203512.1278>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

负性液晶边缘场切换模式的性能分析及优化

Performance analysis and optimization of fringe field switching with negative dielectric liquid crystal

液晶与显示. 2020, 35(9): 914–920 <https://doi.org/10.37188/YJYXS20203509.0914>

一种采用介电突起消除边缘场效应的LCoS

Eliminating fringe field effect using dielectric protrusions in LCoS

液晶与显示. 2020, 35(1): 12–18 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203501.0012>

改善大视角下LCD灰阶图像质量的研究进展

Progress in improving the gray scale image quality of LCD under large viewing angle

液晶与显示. 2020, 35(7): 710–724 <https://doi.org/10.37188/YJYXS20203507.0710>

一种宽视角和快速响应的连续视角可控液晶显示

Continuous viewing angle controllable liquid crystal display with wide viewing angle and fast response

液晶与显示. 2016, 31(7): 661–666 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20163107.0661>

窄视角蓝相液晶显示器

Blue phase liquid crystal display for narrow viewing angle

液晶与显示. 2016, 31(9): 847–852 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20163109.0847>

文章编号:1007-2780(2020)12-1278-06

四向宽窄视角可切换的液晶显示技术

钟德镇*, 刘显贺, 姜丽梅

(昆山龙腾光电股份有限公司 江苏省龙腾平板显示技术研究院, 江苏 昆山 215301)

摘要: 为了提升人们对于电子设备的个人信息隐私保护, 在许多公共场合都需要显示装置具备宽视角与窄视角相互切换的功能。本文研究了一种可实现四向防窥的宽窄视角可切换的液晶显示技术, 通过特定的像素电极结构设计将一个子像素分割为两部分, 采用单一液晶配向方式来实现宽视角与四向窄视角模式的自由切换。本文所述的液晶显示装置其上基板一侧设有视角控制电极, 下基板一侧设有像素电极和公共电极。当视角控制电极给公共电极信号时, 下基板侧的像素电极和公共电极所形成的边缘电场使液晶分子向不同方向水平旋转, 实现宽视角显示模式。当视角控制电极施加偏置的交流电压时, 液晶分子在水平电场和垂直电场共同作用下进行旋转并形成较大的倾角, 使液晶分子在离轴方向具有较大的相位延迟, 形成大视角的暗态漏光, 从而实现四向窄视角显示模式。实验结果表明: 宽视角显示模式时, 其上下左右视角均可达到 60° 以上, 且画面清晰可见。窄视角显示模式时, 其视角在上下大于 60° 、左右大于 45° 时, 具有良好的防窥效果。本技术架构简单, 无需额外增加任何器件, 通过单一液晶显示面板, 单一背光源下即可实现四向视角进行宽窄切换的目的。

关键词: 液晶显示; 四向防窥; 像素分割; 视角可控

中图分类号: TN141.9; TN27 **文献标识码:** A **doi:** 10.37188/YJYXS20203512.1278

Four-ways viewing angle switchable liquid crystal display technology

ZHONG De-zhen*, LIU Xian-he, JIANG Li-mei

(*Institute of Jiangsu (IVO) Flat-Panel-Display Technologies,
InfoVision Optoelectronics (Kunshan) Co., Ltd., Kunshan 215301, China*)

Abstract: In order to improve the privacy protection of personal information for electronic devices, the display devices are required to have the function of switching between wide and narrow view angle, especially in many public places. In this paper, a four-ways view angle controllable liquid crystal display technique is investigated with a specially designed pixel by dividing a sub-pixel into two domains, which realizes the wide and four-ways narrow view angle switchable with a single liquid crystal alignment direction. The display device described in this paper includes a view angle controllable electrode in the top substrate, the pixel and common electrodes are placed in the bottom substrate. When the view angle controllable electrode is set as common voltage, the fringe field is formed between pixel and common electrodes make the liquid crystal rotate horizontally toward different directions, so the wide view angle mode is realized. When the alternating voltage is applied to the view angle controllable

收稿日期: 2020-05-20; 修订日期: 2020-09-06.

* 通信联系人, E-mail: smartchung@ivo.com.cn

electrode, the liquid crystal molecules rotate and have a large tilted angle under the action of horizontal and vertical electric fields, the liquid crystal molecules have a large phase delay at off-axis direction, and induce the light leakage in the dark state, so the four-ways narrow view angle effect is achieved. The experiment results show that the wide view angle can reach more than 60° in vertical and horizontal direction and the pictures are clearly visible. In the narrow view angle mode, it is perfect blocked in the view angle at 60° of polar angle in vertical direction and 45° in horizontal direction. The technical structure is simple, without any extra components, and the four-ways view angle switchable structure can be realized with one liquid crystal cell and one backlight.

Key words: liquid crystal display; four-ways privacy mode; pixel division; viewing angle controllable

1 引言

液晶显示器(Liquid Crystal Display, LCD)因其轻薄、节能、低功耗以及低辐射等优点已经成为当前使用最为广泛的显示设备之一^[1-4],主要应用于手机、笔记本电脑以及平板电脑等便携式电子产品上。边缘场切换技术(Fringe Field Switching, FFS)是目前普遍使用的广视角技术,其承接了平面转换(In-Plane Switching, IPS)技术的广视角特性,使人们在不同的观察角度均能够看到清晰完整的显示画面。

然而,在一些公共场所使用显示设备时,人们对于个人信息的隐私保护越来越重视,因此需要显示装置具备宽视角(Wide Viewing Angle, WVA)与窄视角(Narrow Viewing Angle, NVA)相互切换的功能^[5-10],即在家庭聚会等休闲娱乐场合,希望在家庭成员之间进行信息分享时具有宽视角的显示模式,而在公共场合进行密码输入或私人文件查阅时希望显示设备可以切换到窄视角的显示模式,从而达到个人信息的有效保护。

本文所介绍的四向宽窄视角可控液晶显示技术是基于现有的 FFS 显示模式,主要采用单一配向、单层液晶盒以及不同位置像素电极排列设计,通过视角控制电极的信号切换,使不同位置的液晶分子形成一定的倾角来实现宽窄视角模式的转换。本技术所实现的宽视角与四向窄视角可控模式可以为顾客提供更好的隐私保护,解决了显示屏在横屏显示与竖屏显示切换的使用场合时现有双向视角防窥所不能解决的问题。用户可在横屏与竖屏切换之间进行宽视角与窄视角防窥模式的自由切换,此技术在防窥显示领域具有良好的应用前景。

2 工作原理

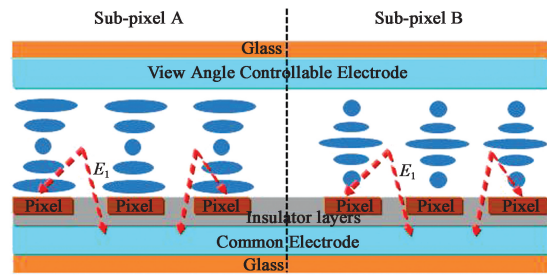
2.1 宽窄视角显示模式的工作原理

本文提出的四向宽窄视角切换架构的剖面图如图 1(a)和图 1(b)所示,彩膜(Color filter, CF)基板一侧设有整面的视角控制电极,阵列(Thin film transistor, TFT)基板一侧设置有像素电极、公共电极以及绝缘层,上下偏光板轴向正交(图中未示出)。图 1(c)为设计的像素电极结构平面图,如图所示,像素电极被分割为上下两部分,即 Sub-pixel A 和 Sub-pixel B,上下像素电极所形成的夹角在 $30^\circ \sim 90^\circ$ 之间,液晶的配向方向为 -55° ,上下像素电极的开口率设计为 $1:1$ 也可为 $1:0.5$ 。

如图 1(a)所示为宽视角模式的亮态,CF 基板的视角控制电极与 TFT 基板的公共电极电位相同,如 0 V 。对 Sub-pixel A 和 Sub-pixel B 施加电压时,由于上下条状像素电极的位置及角度差异,液晶分子在其与公共电极所形成的边缘电场 E_1 的作用下向不同方向进行水平面内旋转,呈现宽视角模式。图 1(b)所示为窄视角模式的亮态,对 CF 基板的视角控制电极施加偏置的交流信号,同时对像素电极施加电压,液晶分子在垂直电场 E_2 和水平电场 E_1 的共同作用下向不同方向旋转并形成较大的倾角,使得水平和垂直方向的液晶分子在离轴方向具有较大的相位延迟,形成大视角的暗态漏光,进而侧视对比度降低,所观察到的影像模糊化,从而实现四向防窥的窄视角模式。

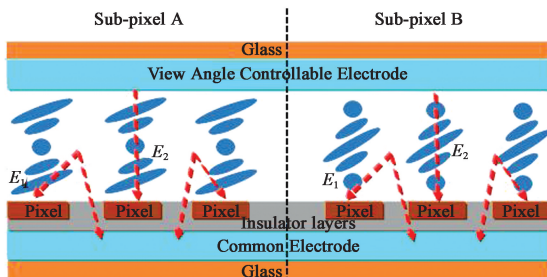
2.2 宽窄视角显示模式的驱动波形

以白态画面为例,宽视角显示模式时,视角控制电极电压为公共电极电位 0 V ,像素电极(Source)的驱动波形同窄视角模式的波形,像素



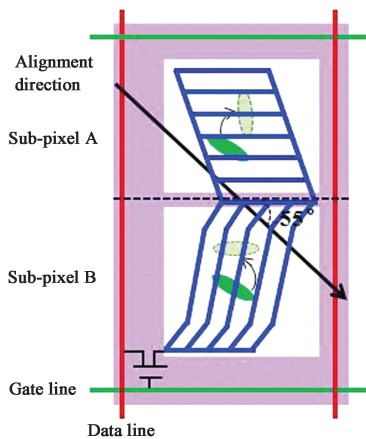
(a) 宽视角模式亮态

(a) ON state of WVA mode



(b) 窄视角模式亮态

(b) ON state of NVA mode



(c) 设计的像素电极结构图

(c) Pixel designed of view angle switchable LCD

图 1 四向宽窄视角切换架构的原理图

Fig.1 Principle diagram of four-ways view angle switchable structure

电极的电压为 ± 5.5 V。本技术架构窄视角显示模式的驱动波形如图 2 所示。现有的 FFS 显示模式常使用列反转进行驱动,为避免极性变换时偏压电极与像素电极的正负压差不等影响显示画质,本文所述的偏压极性随 Source 波形极性变换而交替变换。在 Frame N 时,视角控制电极与像素电极所形成的压差为 14.5 V,在 Frame N+1 时,偏置电压进行极性反转,视角控制电极与像

素电极所形成压差的绝对值仍为 14.5 V,即在同一灰阶,视角控制电极与像素电极所形成的压差保持一致。在视角控制电极与下基板所形成的垂直电场和边缘电场共同作用下,使液晶分子在离轴方向形成较高的倾角,从而造成大视角暗态漏光形成窄视角模式。

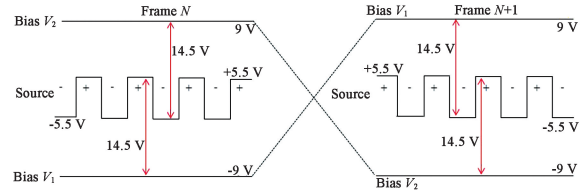


图 2 窄视角显示模式的驱动波形

Fig.2 Driving waveform of NVA mode

3 仿真分析与实验验证

FFS 显示模式同 IPS 显示一样均为常黑的显示模式,液晶分子在边缘电场的作用下沿着指定的方向转动,从而控制光的透过量。上下基板两侧的偏光板轴向垂直正交,透过下基板侧偏光板的光沿着液晶层垂直向上基板的方向传播,最终透过上基板侧的偏光板。光透过率的公式如式(1)所示:

$$T = \frac{1}{2} \sin^2(2\phi) \sin^2\left(\frac{\Gamma}{2}\right), \quad (1)$$

其中: ϕ 代表液晶分子的方位角, Γ 代表相位延迟。

$$\Gamma = \frac{\pi \Delta n d}{\lambda}, \quad (2)$$

如公式(2)所示,其中 Δn 为液晶分子的双折射率, d 为液晶盒厚, λ 为光波长。当 $\phi = 45^\circ$ 且 $\Gamma = 180^\circ$ 时,液晶盒可以获得最大的光透过率。当 $\phi = 0$ 或者 $\Gamma = 0$ 时,液晶盒可获得暗态的显示效果。

本文的光学评估及模型建立均是在 TechWize 仿真软件下进行的,所使用的液晶材料为适用于扭曲向列相显示的含手性剂的向列相液晶中去除手性剂而获得的液晶(液晶参数: $\Delta n = 0.112$, $\Delta \epsilon = 6.8$, $\gamma_1 = 100$ mPa · s),液晶盒厚设置为 $3.3 \mu\text{m}$ 。通过仿真发现,液晶的配向方向为 -55° 时能够兼顾较佳的宽视角和四向窄视角的显示效果。

为了对本文提出的四向宽窄视角可切换技术

的显示效果进行确认,在 34.29 cm(13.5 in)笔记本电脑产品上进行了相关实验验证。该产品采用 $1\,920 \times 1\,080$ 分辨率,像素大小为 $0.153\text{ mm} \times 10.153\text{ mm}$,像素密度(PPI)为 166,电极材料选用氧化铟锡,彩膜基板的预倾角为 $0^\circ \sim 2^\circ$,偏光板的平行透过率大于 30%,偏光板的垂直透过率小于 0.007%。

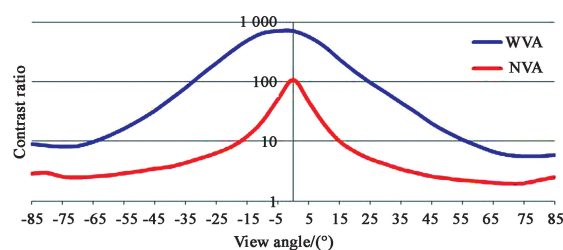
表 1 所示为 34.29 cm(13.5 in)液晶显示面板在宽视角和窄视角模式下的实测光学数据。相对于宽视角显示模式,其窄视角显示模式的白点偏蓝。在亮度方面,宽视角模式的白态亮度大于 300 cd/m^2 ,窄视角模式的白态亮度大于 160 cd/m^2 。在对比度方面,宽视角模式的中心对比度为 668:1。由于大视角侧视漏光的影响,窄视角模式的中心对比度为 110:1,且窄视角模式的色域(NTSC)小于宽视角模式。

表 1 34.29 cm(13.5 in)液晶显示面板的光学表现

Tab.1 Optical performances of 34.29 cm(13.5 in) liquid crystal display panel

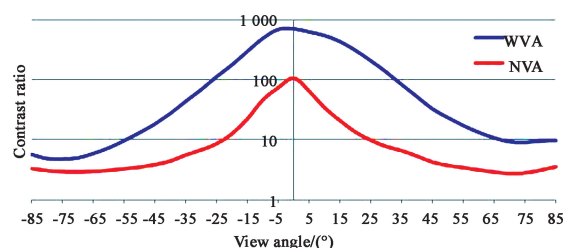
Optical performance			
Display mode	WVA	NVA	
W_x (CIE1931)	0.320	0.292	
W_y (CIE1931)	0.346	0.313	
White luminance/nits	312	164	
Contrast ratio	668	110	
View angle /($^\circ$)	Left	65	45
	Right	60	45
	Up	65	60
	Down	60	60
	CR ≥ 10	CR ≥ 3	
NTSC	68.5%	48.2%	

图 3 所示为宽窄视角显示模式分别在水平和垂直方向随视角变化的对比度曲线。从曲线图可以看出,当显示面板处于宽视角显示模式时,其在水平与垂直方向的宽视角效果相当,上下左右视角可达到 60° 。当显示面板切换到窄视角显示模式时,其在左右视角大于 45° 、上下视角大于 60° 时均具有良好的防窥效果。这是由于彩膜基板的视角控制电极与阵列基板形成的垂直电场作用,使上下



(a) 水平方向的宽窄视角对比度曲线

(a) Contrast ratio curves of WVA and NVA mode in horizontal direction



(b) 垂直方向的宽窄视角对比度曲线

(b) Contrast ratio curves of WVA and NVA mode in vertical direction

图 3 宽窄视角模式的对比度曲线

Fig.3 Contrast ratio curves of WVA and NVA mode

像素电极在水平和垂直方向的液晶翘起造成大视角的暗态漏光,从而形成四向防窥的窄视角模式。

图 4 为本技术提出架构的实际量测的光学视角图,其中绿色区域的对比度 ≥ 10 ,蓝色区域为对比度 ≥ 3 的边界区域。从视角图可知,其宽视角模式在上下左右的可视角度均可达到 60° ,具有良好的宽视角显示效果。其窄视角模式在水平方向大于 45° 及上下方向大于 60° 时具有良好的防窥效果。为了兼顾四向防窥显示效果,本文优选液晶配向方向为 -55° ,窄视角模式下的可视区域面积与其配向方向保持一致。与液晶配向方向垂

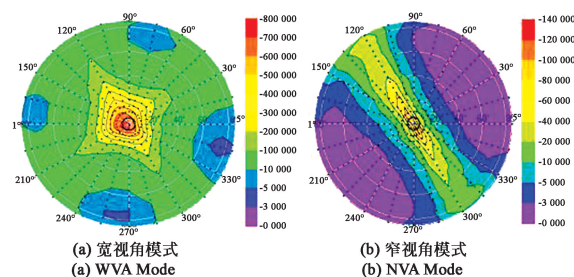


图 4 宽窄视角模式下的实测视角图

Fig.4 Actual view angle of WVA and NVA mode

直的两侧,由于液晶在上下基板间的垂直电场作用下表现的高倾角排列,产生大视角的相位延迟,形成大视角侧视漏光,从而对比度远低于中心区域的对比度。

图 5 所示为 34.29 cm(13.5 in)笔记本电脑产品实际的宽窄视角显示效果图。如图 5(a)所示,在宽视角显示模式下,其在上下左右 60°视角观看时文字清晰、图片颜色鲜艳,与常规宽视角模式具有同等的广视角显示效果。如图 5(b)所示,在窄视角显示模式下,其在上下 60°、左右 45°视角观看时内容模糊,基本不可识别,具有良好的四向防窥效果。

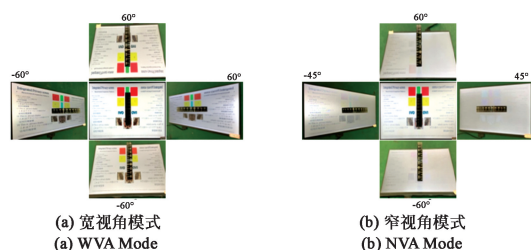


图 5 34.29 cm(13.5 in)显示面板宽窄视角显示效果图

Fig.5 Picture performance of 34.29 cm (13.5 in) display panel with the WVA and NVA mode

本文同步研究了本技术宽视角与窄视角模式在色坐标系 CIE1931 下的 NTSC 差异。图 6 所示为本技术制作成品的实测色域三角形,青色和粉红色三角形分别代表宽视角和窄视角的色饱和度。相比于宽视角模式,其窄视角模式下的白坐标蓝移,NTSC 由宽视角的 68.5%下降到窄视角的 48.2%。通过对比发现,宽视角模式与窄视角

模式的色坐标在红画面和绿画面的色坐标差异大于在蓝画面的差异,当从宽视角模式切换至窄视角模式时, R_x 、 G_x 均往左偏移,色彩纯度降低,这是由于窄视角模式下的暗态漏光影响所致。

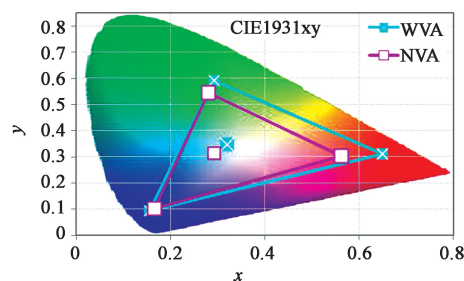


图 6 宽窄视角模式的色饱和度图

Fig.6 Color chromaticity diagram of the WVA and NVA mode

4 结 论

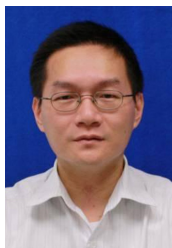
本文提出了一种基于向列相液晶的四向宽窄视角可切换技术,详细介绍了显示装置的结构、显示原理及其驱动波形,并在 34.29 cm(13.5 in)笔记本电脑产品上进行相关实验验证。实验结果表明:实测光学数据显示其广视角在上下左右 60°时画面清晰可见,色彩鲜艳。而切换至窄视角模式时,其视角在上下大于 60°,左右大于 45°时均呈现良好的防窥效果,从而实现全方位的四向宽窄视角显示模式。本文研究四向宽窄视角切换技术实现简易,操作便捷,对今后的液晶显示防窥技术的发展具有重要意义。

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.* Liquid crystal display device: CN, 201110225983.5 [P]. 2011-11-23. (in Chinese)
- [2] 马群刚.TFT-LCD 原理与设计[M].北京:电子与工业出版社,2011:216-242.
MA Q G. *Principle and Design of TFT-LCD* [M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2011: 216-242. (in Chinese)
- [3] TAIRA Y, NAKANO D, NUMATA H, *et al.* Low-power LCD using a novel optical system [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2002, 33(1): 1313-1315.
- [4] YEUNG F S, LI Y W, KWOK H S. Pi-cell liquid crystal displays at arbitrary pretilt angles [J]. *Applied Physics Letters*, 2006, 88(4): 041108.
- [5] 冷金革.可控视角 LCD 的原理研究及验证[D].成都:电子科技大学,2010.
LENGJ B. The principle research and verification of viewing angle controllable LCD [D]. Chengdu: University of E-

- lectronic Science and Technology, 2010. (in Chinese)
- [6] 吴婷婷, 苏子芳, 钟德镇, 等. 一种新的视角可控的液晶显示仿真研究[J]. 液晶与显示, 2015, 30(3): 538-542.
WU T T, SU Z F, ZHONG D Z, *et al.* New viewing angle controllable LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2015, 30(3): 538-542. (in Chinese)
- [7] BAEK J I, KWON Y H, KIM J C, *et al.* Dual-mode switching of a liquid crystal panel for viewing angle control [J]. *Applied Physics Letters*, 2007, 90(10): 101104.
- [8] 朱梦青, 陆建钢. 基于 FFS 架构实现宽窄视角切换[J]. 液晶与显示, 2018, 33(3): 182-187.
ZHU M Q, LU J G. New viewing angle controllable with FFS-LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2018, 33(3): 182-187. (in Chinese)
- [9] 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]. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 2010, 43(8): 085501.
- [10] 许雅琴, 苏子芳, 钟德镇, 等. 基于使用负性液晶的边沿场切换模式的局部残影分析[J]. 液晶与显示, 2015, 30(3): 399-403.
XU Y Q, SU Z F, ZHONG D Z, *et al.* Analysis of FFS image sticking with negative liquid crystal [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2015, 30(3): 399-403. (in Chinese)

作者简介:



钟德镇(1973—),男,中国台湾桃园人,硕士,1998 年于中国台湾中央大学获得硕士学位,主要从事液晶面板显示技术研究与开发。E-mail: smartchung@ivo.com.cn