

文章编号:1007-2780(2013)03-0354-04

扭曲排列增强的广视角技术

李雪红, 邹忠飞, 钟德镇, 李永谦, 刘春凤, 洪崇益, 简廷宪

(昆山龙腾光电有限公司, 江苏 苏州 215000, E-mail:lxh676@126.com)

摘 要: 开发了液晶分子在双重电场作用下, 扭曲排列稳定性增强的广视角技术, 这种架构搭配负性液晶的开启响应速度略大于正性液晶, 关闭响应速度与正性液晶一致, 穿透率约提高了 10%。分析了三电极作用下穿透率分别与响应时间和电压的关系, 有效地解决了 FFS 和 IPS 对广视角技术的垄断。

关 键 词: 广视角; 负性液晶; 响应时间; 穿透率

中图分类号: TN27 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/JYXS20132803.0354

Wide Viewing Angle Technology of Twisted Arrangement Enhanced

LI Xue-hong, ZOU Zhong-fei, ZHONG De-zhen, LI Yong-qian,

LIU Chun-feng, HONG Chong-yi, JIAN Ting-xian

(Kunshan Infovion Optoelectronics Co., Ltd, Suzhou 215000, China, E-mail:lxh676@126.com)

Abstract: A new wide viewing angle liquid crystal device was developed using PET technology. The liquid crystal molecule was twisted by double electric field. The rising time of the design with negative liquid crystal is slightly greater than the positive's, and the falling time is accordance with the positive liquid crystal. Compared with positive liquid crystal, the transmittance is increased about 10%. The relationship of transmittance with response time and voltage, was analyzed in the effect of three electrodes. The wide viewing angle technology monopoly of FFS and IPS was effectively solved.

Key words: wide viewing angle; negative liquid crystal; response time; transmittance

1 引 言

薄膜晶体管液晶显示器由于低辐射、轻薄、低功耗等特点在平板显示领域得到广泛普及^[1-3]。随着工艺技术的成熟,人们对液晶显示器的要求越来越高,高分辨率、广视角、超薄、低成本等成为现阶段液晶显示追求的新目标。传统的 TN (Twisted Nematic, 扭曲向列相) 型液晶显示器,液晶分子在上下两个正交的平面内旋转,由于液晶分子的光学各向异性,会造成不同角度显示的画面效果不同。

为了解决视角问题, TN 型液晶显示器通常

采用加补偿膜的方式, 这种技术与成熟的 TN 工艺结合从而得到了广泛的应用, 然而, 由于补偿膜是固定的, 不能对任意灰阶任意角度进行补偿, 因此 TN 模式固有的灰阶反转现象依旧存在。其他广视角技术, 例如 MVA (Multi-Domain Vertical Alignment, 多畴垂直取向), PVA (Patterned Vertical Alignment, 垂直取向构型), CPA (Continuous Pinwheel Alignment, 连续焰火状排列), IPS (In-Plane Switching, 平面电场开关), FFS (Fringe Field Switching, 边缘电场开关) 等技术门槛高, 不易普及^[4]。

本论文开发了一种新型广视角技术, 具有较

收稿日期: 2012-11-17; 修订日期: 2013-02-19

作者简介: 李雪红(1985—), 女, 陕西宝鸡人, 硕士, 工程师, 主要研究液晶面板先进技术开发。

广的视角以及较低的操作电压。该技术中液晶盒中的液晶分子能够同时受到边缘电场和水平电场的双重作用,可以更快的转动,从而提高响应速度,降低驱动电压,并且提高穿透率。这种结构具有现有的 FFS(Fringe Field switching,广视角技术)和 IPS(In-Plane Switching,平面转换)两种显示模式的优点。

本文中开发的 PET (Pattern Enhanced Twist,扭曲排列增强构型)技术工艺简单,只需在现有的 TN 技术基础上,在下基板(即阵列基板)侧增加一道光罩,上基板(即彩色滤光片基板)与 TN 模式共用,简化了制作流程。PET 技术采用三电极架构,在上基板内侧制作另外一个公共电极,与现有的 IPS 和 FFS 模式不同,成盒后可以直接薄化,不需要在上基板外表面溅射一层 ITO(Indium Tin Oxides, 铟锡金属氧化物)来防止静电云纹(Mura,不均)。因此工序简单省时,容易实现。此外,PET 技术可以随意调整各电极的结构和排布方式从而在一个像素区域内实现多畴模式,其可以改善视角和色偏现象,从而达到更好的显示效果。

2 实验设计

本文中开发的液晶显示面板,其画素为 PET 结构的广视角技术,是三电极结构,像素电极和其中一个公共电极位于下方的阵列基板的的不同层,另外一个公共电极位于上方的彩色滤光片基板上,其中阵列基板的像素电极和公共电极形成边缘电场,和彩色滤光片基板的公共电极形成平面电场。图 1(a)所示为 PET 的俯视结构图,(b)为画素中 TFT(Thin Film Transistor,薄膜晶体管)

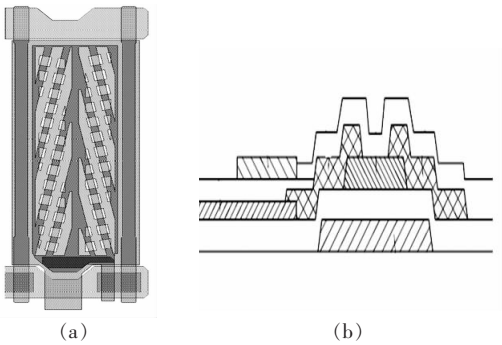


图 1 画素结构。(a)画素俯视图;(b)TFT 开关处剖面图。
Fig. 1 Structure of pixel. (a) Top view of pixel; (b) Cross section of pixel at thin film transistor.

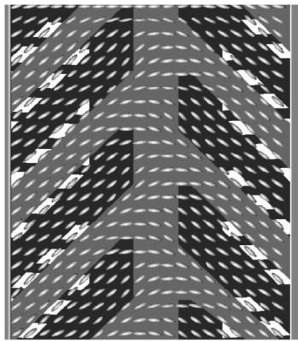


图 2 电场作用下液晶分子排列
Fig. 2 Alignment of liquid crystal molecules with the electric field effect

开关处的剖面图。图 2 为液晶分子在电场作用下的排列^[5]。

3 实验结果

3.1 穿透率与响应时间关系

图 3 的模拟结果表示为:负性液晶搭配 PET 架构下透率与响应时间的关系。其中开启响应时间表示从穿透率的 10%上升到 90%所用的时间,而关闭响应时间表示从穿透率的 90%下降到 10%所用的时间。在模拟实验结果中,开启响应时间 t_{on} 大致为 23.9 ms,而关闭响应时间 t_{off} 大致为 13.41 ms,而现有的 FFS 液晶显示面板若采用负性液晶分子,其开启的响应时间 t_{on} 一般均在 50 ms 以上。而在模拟实验中,采用正性液晶分子的 FFS 模式液晶显示装置,其开启响应时间大致为 18.5 ms,而其关闭的响应时间大致为 13.24 ms,即 PET 架构液晶显示装置的开启的响应时间 t_{on} 大于采用正性液晶分子的 FFS 模式液晶显示装

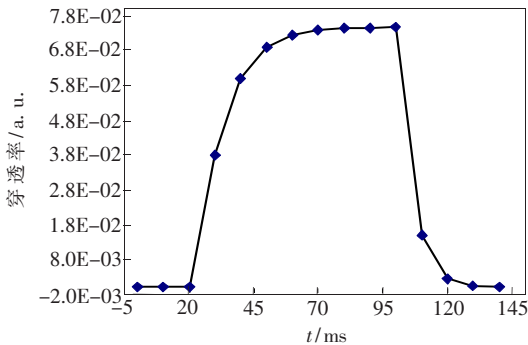


图 3 负性液晶在 PET 架构中的穿透率和响应时间的关系
Fig. 3 Relationship of transmittance and response time with negative liquid crystal using PET technology

置,而 PET 架构液晶显示装置的关闭的响应时间 t_{off} 与采用正性液晶分子的 FFS 模式液晶显示装置大致相同^[2]。

3.2 穿透率与电压关系

图 4 所示为两种不同电极结构搭配正负性液晶的穿透率效果对比图。三角形曲线代表的液晶显示面板,其画素结构包括三电极结构并搭配负性液晶;而圆点曲线代表的液晶显示面板,其画素结构中只有两个电极结构,即在上基板没有公共电极,搭配正性液晶。从图中可以看出,三电极搭配负性液晶的架构与两电极搭配正性液晶的架构相比,穿透率更高。例如 6 V 电压下,三电极结构的穿透率比两个电极大致提高了 10%^[5]。

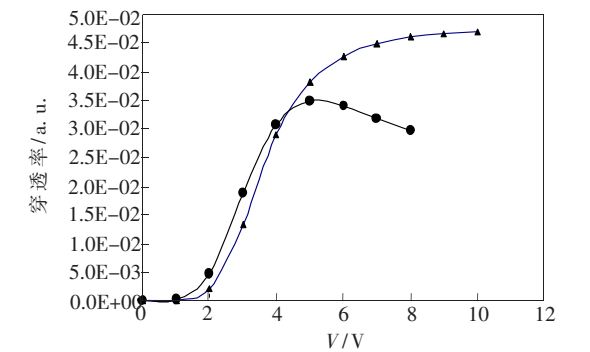


图 4 穿透率和电压的关系(▲:三电极+负性液晶;●:二电极+正性液晶)

Fig. 4 Relationship of transmittance and voltage (▲: three electrodes+negative liquid crystal; ●: two electrodes+positive liquid crystal)

4 讨论与分析

4.1 双重电场作用下响应速度快

液晶显示器的开启时间和关闭时间推导公式如下:

$$t_{\text{on}} = \frac{\gamma_1}{\epsilon_0 \Delta\epsilon E^2 - \frac{\pi^2 K_{22}}{d^2}} = \frac{\gamma_1}{\epsilon_0 \Delta\epsilon (E^2 - E_{\text{th}}^2)} \quad (1)$$

$$t_{\text{off}} = \frac{\gamma_1 d^2}{\pi^2 K_{22}} = \frac{\gamma_1}{\epsilon_0 \Delta\epsilon E_{\text{th}}^2} \quad (2)$$

$$E_{\text{th}} = \frac{\pi}{d} \sqrt{\frac{K_{22}}{\epsilon_0 |\Delta\epsilon|}} \quad (3)$$

其中 t_{on} 为开态响应时间, t_{off} 为关态响应时间, $\Delta\epsilon$ 为介电各向异性, $\Delta\epsilon = \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp}$, K_{22} 为液晶的扭曲弹性系数, E_{th} 为阈值电场强度, γ_1 为液晶的转动黏度。

由公式(1)、(2)可以得出, γ_1 与 t_{on} 和 t_{off} 成正比。降低液晶黏度 γ_1 可以提高液晶的响应速度。 t_{on} 对应外加电压时液晶的转动状态,外加电压越大,产生的力矩越大,液晶转动越快。如果将液晶盒厚 d 设计的更小,阈值电压就会增大,但必须在亮态时施加更大的外加电压,形成更强的扭转力矩。事实上降低盒厚 d 对减小 t_{on} 值的作用不是很明显。根据式(2),而降低盒厚 d 对减小 t_{off} 值的作用却非常明显^[6]。 t_{off} 和 $\gamma_1 d^2$ 成正比,如果把液晶盒厚 d 设计得更小, t_{off} 会随着 d^2 成比例减小,即响应速度会随着 d^2 成比例提高。图 5 所示为 IPS、FFS、PET 三种架构对比示意图,可以发现 PET 结合了 IPS 和 FFS 的两种电场模式^[7-8]。液晶分子在两个电场作用下电场强度 E 相对更大,响应速度就会提高。

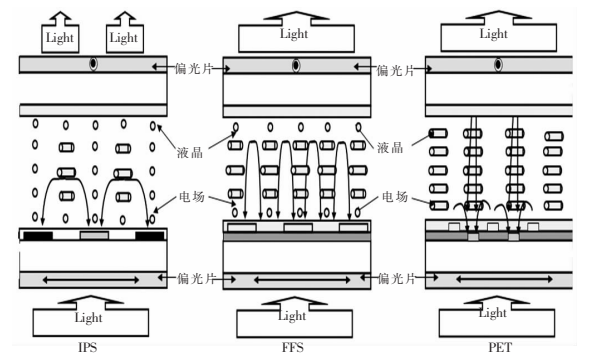


图 5 IPS、FFS、PET 架构对比示意图。
Fig. 5 Comparison of IPS、FFS、PET structure.

4.2 双重电场作用下负性液晶水平面内旋转提高穿透率

如图 6 所示,液晶分子垂直电场排列时转动

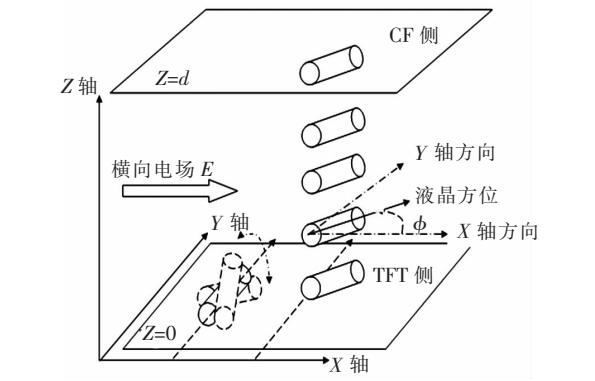


图 6 液晶分子转动的立体空间
Fig. 6 Three-dimensional space of liquid crystal molecules rotation

方向不明确,外加电压无法有效控制液晶分子的工作状态,为了明确液晶分子施加电场后的转动方向,会预先设定其偏离 y 和 x 轴形成一个 $60^{\circ}\sim85^{\circ}$ 的方位角 φ ,随着外加电压的增加,液晶分子的方位角逐渐偏向 x 轴最终沿着指定的方向发生转动,从而增加了液晶面板的穿透率^[3]。此外,PET 架构使用负性液晶,在上下基板形成的双重电场中,液晶分子能保持很好的水平面内排列,不产生较大的倾角,从而提高穿透率。

$$T = \frac{1}{2} \sin^2 2\varphi \sin^2 \frac{\pi \Delta n d}{\lambda}$$

(4)

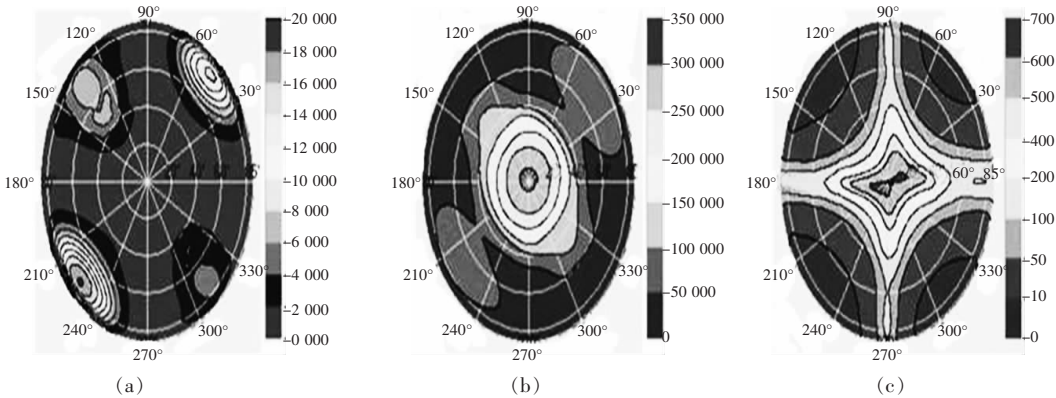


图 7 PET 架构对比度与视角图。(a)常温下全视角暗态亮度分布;(b)常温下全视角亮态亮度分布;(c)对比度视角图。
Fig. 7 Contrast and viewing angle of PET structure. (a)Dark luminance distribution of wholeperspective with room temperature;(b)Bright luminance distribution of whole perspective with room temperature; (c) Viewing angle of contrast.

5 结 论

本文开发的 PET 液晶显示器,其下基板(即阵列基板)使用 6 道光罩,与 TN 相比,仅增加了一道 ITO 层。上基板(彩色滤光片)的制造工艺完全兼容 TN 模式,只需在上基板内侧溅射整面

其中 φ 为液晶分子的方位角, Δn 表示液晶的双折射率, d 表示液晶盒的盒厚。

由于摩擦配向使靠近上基板和下基板的液晶分子具有预倾角,其在 $0^{\circ}\sim4^{\circ}$ 范围内。负性液晶分子的长轴在水平电场力作用下可以更好地保持在水平面内旋转。图 7 为 PET 架构液晶盒的光学测量结果:当上下左右的视角分别达到 85° 、 85° 、 85° 、 85° 时,对比度为 100:1。此外,从 45° 方向观察时,暗态会有斜向漏光现象,但是这种缺陷可以通过偏贴带有补偿膜的偏光片来改善。

ITO 电极,无需定义图形,省掉了薄化处理后上基板背面蒸镀 ITO 的工艺,制作过程简便易实现。此外,PET 架构液晶显示面板使用负性液晶,具有更高的穿透率,从而节省背光的功耗,节能环保,适用于中小尺寸、轻薄、便携式显示器件。

参 考 文 献:

[1] 夏亮,徐琼,陆红波,等. 聚合物分散胆甾相液晶相形态调控与光电性能[J]. 液晶与显示,2011,26(3):306-310.
[2] 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.
[3] 商广良,赵天月,赵星星,等. 低功耗 TFT-LCD 驱动方法[J]. 液晶与显示,2012,27 (6):785-788.
[4] 钟德镇,李永谦,戴文君,等. 液晶显示装置:中国,201110225983.5 [P]. 2011-11-23.
[5] 钟德镇,李永谦,廖家德,等. 液晶显示装置:中国,201210186741.4 [P]. 2012-09-26.
[6] 马群刚. TFT-LCD 原理与设计 [M]. 北京: 电子工业出版社,2011:216-242.
[7] 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.
[8] 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]. J. Society for Information Display, 2002,10(2):117-122.