

文章编号: 1007-2780(2012)04-0481-05

新型多畴扭曲向列相液晶显示器

胡霄骁, 孙玉宝*

(河北工业大学 应用物理系, 天津 300401)

摘 要: 提出在像素电极下方放置凸起物, 获得具有宽视角特性的多畴扭曲向列相液晶显示器。该模式比传统的多畴 TN 模式摩擦过程少, 工艺过程简单。在这种液晶显示器中, 初始状态(未加电)时, 分子排列结构和普通单畴 TN 模式相同, 在加电压状态时, 由于凸起物的存在, 液晶分子沿着 4 个不同的方向排列形成多畴区域。文中运用专业液晶模拟软件模拟, 对该液晶显示器的电光特性进行研究, 结果表明, 该液晶显示器具有宽视角、色散小及色彩还原性较好的特性。

关 键 词: 多畴; 扭曲向列相; 液晶显示器; 视角

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20122704.0481

Novel Multi-Domain Twisted Nematic Mode Liquid Crystal Display

HU Xiao-xiao, SUN Yu-bao*

(Department of Applied Physics, Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China)

Abstract: This paper proposed a wide viewing angle twisted nematic (TN) liquid crystal display (LCD) with a protrusion structure under the pixel electrode. The proposed LCD mode avoids the complex rubbing processes because of the protrusion which induces the multi-domain structure like the conventional multi-domain TN mode. As no voltage applied, the LC profile is the same as that of the normal TN cell, the LC molecules tilted four different directions to obtain the multi-domain structure while the operate voltage is applied. In this paper, the electro-optic characteristics is simulated using the professional software, and the results show that the proposed multi-domain TN LCD has the wide viewing characteristics and low color shift.

Key words: multi-domain; twisted nematic; liquid crystal display; viewing angle

1 引 言

液晶显示器由于其个体轻薄、驱动电压低、低功耗等优点被广泛地应用于各个领域^[1]。随着液晶显示器市场的不断发展, 许多种显示模式被相继提出, 如扭曲向列相模式(TN)、垂面排列模式(VA)及共面转换模式(IPS)等。现在, 人类对高

品质需求愈发强烈, 大屏幕和广视角尤为突出。在诸多显示模式中, 扭曲向列相显示模式(TN-LCD)具有响应速度快、制备工艺简易等优点, 并且膜补偿的 TN 液晶显示器也是在中小尺寸液晶显示器中应用的主要模式, 因此对该显示模式的研究始终受到人们的关注^[2-3]。

单畴无补偿膜 TN 模式的视角特性较差, 无

收稿日期: 2012-03-09; 修订日期: 2012-03-30

基金项目: 国家自然科学基金(No. 10974042); 教育部新世纪优秀人才支持计划(No. NCET-11-0931)

作者简介: 胡霄骁(1985—), 男, 山西介休人, 硕士研究生, 从事液晶显示器件研究。

* 通讯联系人, E-mail: sun_yubao@163.com

法应用于较大屏幕和高品质显示器。原因是液晶分子单方向的倾起决定了传统单畴 TN 模式的视角有优先视向方向^[4]。目前有两种主要的方法来解决这个问题：一个是通过使用补偿膜达到广视角的目的；另一个是应用多畴模式来实现^[5-8]。采用 Fuji 膜补偿的 TN 模式具有较好的视角特性，但补偿膜的结构复杂；传统的多畴 TN 模式制备过程非常复杂，而且成本也较高。之前的方法是将 TN 型的液晶显示器中的一个像素分为 4 个区域，然后在每个区域内摩擦出不同的方向，从而实现多畴的目的，尽管视角可以达到 60°，但是制作工艺复杂而难以实现。

为此，人们提出了许多新颖的模式来简化多畴模式的形成过程，但它们都不是很理想，并且液晶分子初态排列都不同于传统的单畴 TN 模式^[9-15]。我们提出了一种新颖的多畴 TN 模式，通过在像素电极下方放置特殊形状的凸起物，不需要复杂的摩擦过程就能够很容易地得到，并且通过使用简单的 a 波片和 c 波片，获得较高的对比度和较宽的视角。

2 液晶盒结构和原理

图 1 所示为电极下方放置有凸起物的多畴扭曲向列相模式(MTN)的示意图。图 1(a)中上玻璃基板上方依次为 a 波片、c 波片和检偏器；下玻璃基板下方对称为 a 波片、c 波片和起偏器；上下两个偏振片的偏振方向彼此正交。像素电极和公共电极均使用透明电极(ITO)，像素电极下方箭头所指区域为设计中使用的凸起物。取向层(PI)之间液晶层使用的为 90°扭曲的向列相液晶，其上下表面的方位角和所对应的上下偏光片的透光轴方向是相同的，即上层为 0°，下层为 90°。液晶层厚度 $d = 4\ \mu\text{m}$ ，液晶的光学各向异性 $\Delta n = 0.12$ ，液晶的介电各向异性为 10.2，弹性常数分别为： $K_{11} = 9.8\ \text{pN}$ ， $K_{22} = 5.2\ \text{pN}$ ， $K_{33} = 16.9\ \text{pN}$ ，凸起物的高度为 $l = 0.4\ \mu\text{m}$ ，PI 层厚度超过凸起物的高度，形成平整的表面。

我们提出的多畴 TN 模式与传统多畴 TN 模式的不同之处是没有复杂的摩擦过程。该模式的驱动方法和普通单畴 TN 模式相同，在像素电极和公共电极之间形成垂直于基板的驱动电场。在关态(0 V)时，液晶分子排列和普通的单畴扭曲向列相模式是相同的，是 90°扭曲排列。当施加驱

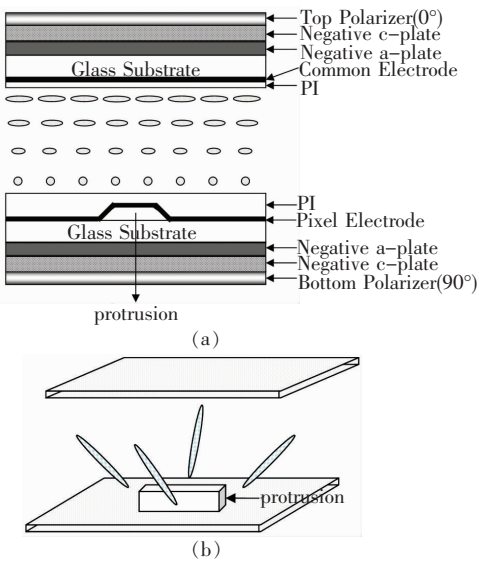


图 1 放置有凸起物电极结构的 MTN 示意图。(a)剖面图；(b)凸起物引起的多方向倾起。

Fig. 1 Schematic diagram of MTN mode with the protrusion under the pixel electrode. (a) the profile; (b) multi-directional inclination caused by the protrusion.

动电压之后，由于其特殊电极结构作用，这种 MTN 模式中液晶分子沿着电场线的方向排列，以凸起物为中心实现多方向倾起，如图 1(b)所示。

3 模拟结果

应用专业的液晶模拟软件 TechWiz LCD(由 Sanayi 公司设计)对该液晶显示器进行模拟计算，图 2 所示为模拟出的电压为 1.8 V 时，在水平剖面和垂直剖面的液晶分子分布图。从每个剖面方向观察，我们都可以看到液晶分子以凸起物的中心轴线为对称轴排列分布，即分别形成两个不同方向的倾起。所以在每一个像素中，在凸起物周围的液晶分子至少向 4 个不同的方向排列。究其原因这是由于凸起物的存在，使得像素电极和公共电极之间产生斜向电场。模拟中我们采用的 LC 材料为正性液晶 MLC-2043，其 $\Delta\epsilon > 0$ ，施加电压后液晶分子会沿着电场线方向排列。图 3 所示为，当选取凸起物的厚度为 $0.4\ \mu\text{m}$ 时，模拟出的新型 MTN 液晶显示器的像素电极处在 1.8 V 电压下的透过率图。图中绿色方框表示为像素电极下方放置的凸起物。从图中可以清晰地观察

到,MTN 模式中有条明显的光学畴线,表明此处液晶分子排列不同于其他地方。随着电压继续增大,畴线会消失进而达到暗态。在整个过程中,MTN 模式不加电压状态和高电压状态与传统单畴 TN 模式相同,在加电过程中这种新型的 MTN 模式与传统多畴 TN 模式相似,即出现多畴状态。

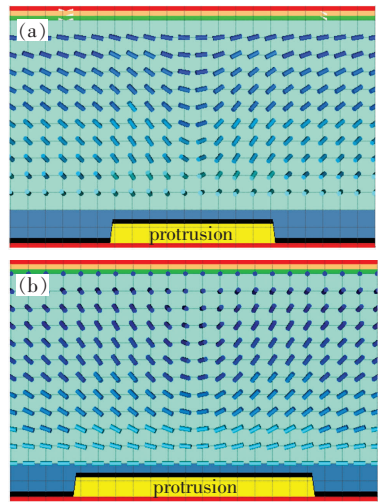


图 2 模拟出的液晶分子在 1.8 V 时的剖面图。(a)水平剖面;(b)垂直剖面。
Fig. 2 Cross-sectional profile LC directors as the driven voltage equal to 1.8 V. (a) Horizontal direction; (b) Vertical direction.

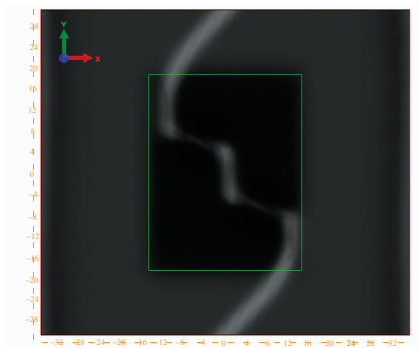


图 3 像素上的透过率的模拟俯视图
Fig. 3 Top view of the simulated transmittance of the pixel

图 4 所示为提出的 MTN 模式和传统 TN 模式的透过率随电压变化的曲线,4.5 V 驱动时透过率随时间变化的曲线。在模拟过程中,除 MTN 模式在像素电极下方放置凸起物外,两种模式的其他参数和条件都相同。从电压-透过率图(图 4(a))可以看出在这两种模式中,阈值电压

和饱和电压都没有发生变化,并且最大透过率也几乎没有发生改变。从时间-透过率图(图 4(b))可以得出,在几乎不损失透过率的情况下,这种新型 MTN 模式相比普通的 TN 模式响应速度略有提高,响应时间缩短了 1 ms。

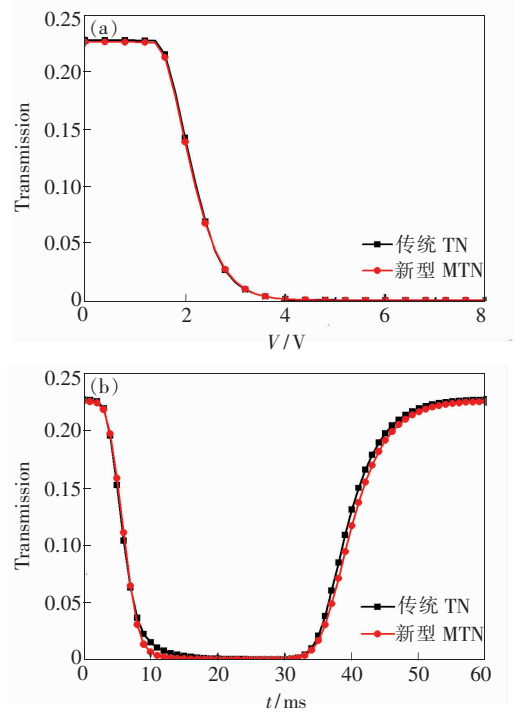


图 4 传统 TN 模式和新型 MTN 模式。(a)电压和透过率关系图;(b)时间和透过率关系图。
Fig. 4 Simulated (a) voltage vs. transmission and (b) time vs. transmission curves of the conventional and proposed TN mode

图 5 所示为模拟出的传统 TN 型液晶显示器和新型 MTN 型液晶显示器的等对比度视角图,(a)为传统 TN 型不加补偿膜的情况,从图中可以看出该模式视角特性不是很理想,视角较窄,对比度也不是很高;(b)为新型 MTN 液晶显示器不加补偿膜的情况,从图中可看出,多畴结构使视角特性在各方向比较均匀,较传统 TN 模式在 on 轴上视角有一些提高,但是整体来说视角并不够大;(c)为 MTN 模式(如图 1 所示)加补偿膜后的视角图,从图中可以看出对比度大于 10:1 的视角范围左右为 $\pm 80^\circ$,上下为 $\pm 60^\circ$ 。此外还计算了这种新型 MTN 模式的色彩偏移情况(如图 6)。图 6 所示为当电压为 7 V 时,MTN 模式下方位角在 $0^\circ \sim 360^\circ$ 以及极角 $0^\circ \sim 80^\circ$ 内的色谱坐标图。从图中可以看出,MTN 模式的红色离基准点较远,

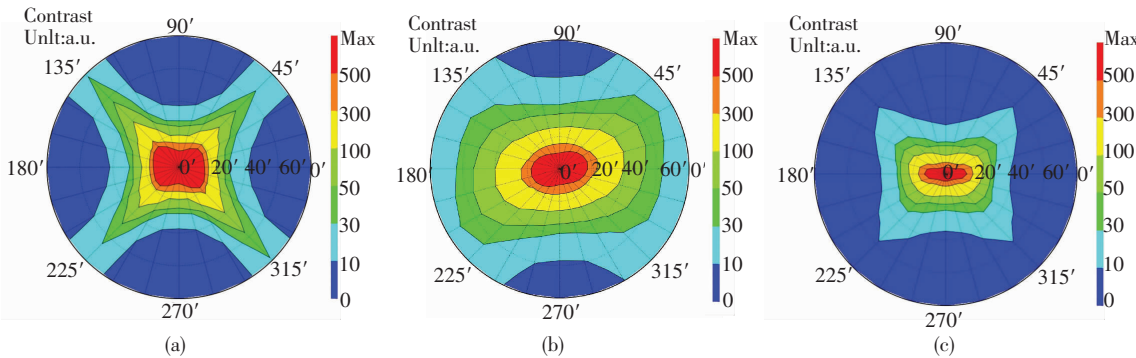


图 5 新型 MTN 液晶显示器(a)补偿前、(b)补偿后和普通 TN 液晶显示器补偿前(c)的等对比度视角图。
Fig. 5 Iso-contrast plot of the proposed MTN mode. (a) without compensation, (b) with compensation films and (c) conventional TN mode without compensation.

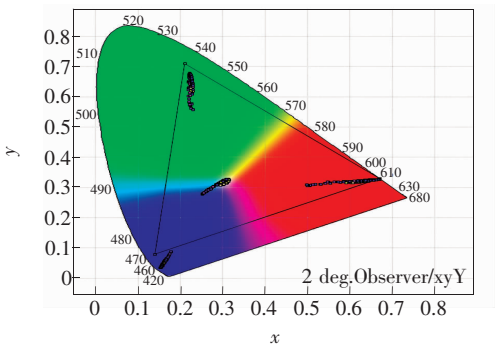


图 6 放置有凸起物 MTN 模式的色谱坐标图
Fig. 6 Color shift of the proposed MTN mode with the protrusion

但整体来说,各颜色还能够保持各自的纯度。图 7 为新型 MTN 模式中,当方位角分别为 0° 和 90° 时,极角 $0^\circ\sim 80^\circ$ 所对应的透过率随电压变化的曲线。从图 7(a)中可以看出,当方位角为 0° ,极角为 $60^\circ, 70^\circ$ 和 80° 时,透过率在电压为 3 V 左右时出现了增大后又逐渐减小,表明在极角大于 60° 之后的视角范围出现了灰阶反转;从图 7(b)中可以看出,当方位角为 90° 、极角为 60° 时, V - T 曲线虽然在 3 V 左右出现了一小段平滑区,但还是逐渐减小呈下降趋势,此时灰阶反转现象不严重,在极角为 70° 和 80° 时,随着电压的增大,透过率在 2.8 V 左右出现了增大,之后又逐渐减小,这表明在极角为 60° 之后出现了灰阶反转现象。因此整体来看,新型 MTN 液晶显示器在极角大于 60° 时出现了灰阶反转现象。

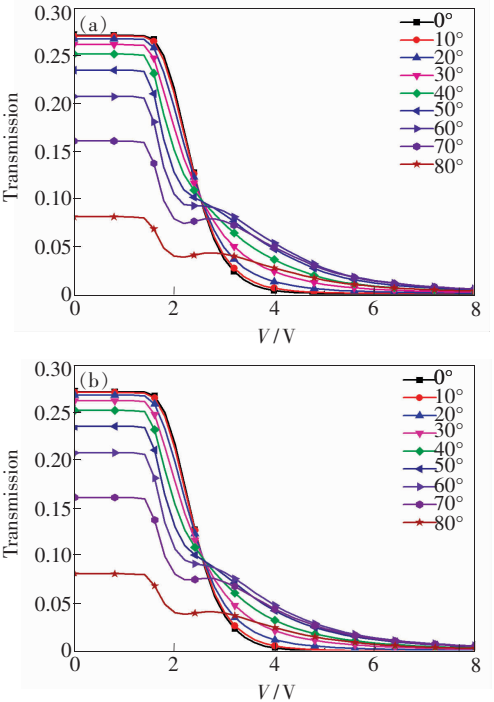


图 7 新型 MTN 在方位角为(a) 0° 、(b) 90° ,极角变化时的电压和透过率关系图。
Fig. 7 Simulated voltage $vs.$ transmission curve of the proposed MTN mode as various polar angle and the azimuth angle is (a) 0° and (b) 90° .

4 结 论

提出了一种新型的多畴 TN 模式,此 MTN 模式在像素电极下方放置凸起物,通过凸起的像素电极和公共电极之间形成斜向电场,在关态时,

液晶分子和普通的单畴 TN 模式排列是相同的,都为平行排列呈 90° 扭曲。当施加驱动电压之后,由于斜向电场的存在,液晶分子沿着电场线方向排列,出现多畴现象,继续增大电压之后,液晶分子都垂直于基板排列,此时和传统单畴 TN 模

式开态状态相同。这种新型的多畴 TN 模式和传统 MTN 模式相比,无需复杂的摩擦过程,工艺过程简单。对该液晶显示器的视角特性进行研究,结果表明,该液晶显示器具有宽视角、色彩偏移小及色彩还原性较好的特性。

参 考 文 献:

- [1] 黄锡珉. 液晶显示技术发展轨迹 [J]. 液晶与显示, 2003, 18(1): 1-6.
- [2] Schadt M, Helfrich W. Voltage-dependent optical activity of a twisted nematic liquid crystal [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1971, 18(4): 127-128.
- [3] 马红梅, 李志广, 张志东. 双轴补偿超扭曲相列相液晶显示设计软件 [J]. 液晶与显示, 2002, 17(5): 347-352.
- [4] 李宝忠, 何天白, 丁孟贤. 扭曲向列型液晶显示器的相补偿-应用各向异性薄膜增大扭曲向列液晶显示器的视角 [J]. 液晶与显示, 1996, 11(1): 26-33.
- [5] Hwang S H, Lim Y J, Lee M H, *et al.* Comparison of optical compensations based on discotic liquid crystals with linear and non-linear orientation for wide viewing angle twisted nematic liquid crystal displays [J]. *Current Applied Physics*, 2007, (7): 690-696.
- [6] Lin C H. Twisted-nematic liquid-crystal displays with small grayscale inversion and wide viewing angle [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2009, 94(18): 118109-118111.
- [7] Kwon D W, Lim Y J, Jeon E J, *et al.* Film compensation of twisted nematic liquid crystal display using a rod-like reactive mesogen [J]. *Current Applied Physics*, 2011, 11: 725-730.
- [8] Schadt M, Seiberle H, Schuster A. Optical patterning of multi-domain liquid-crystal displays with wide viewing angles [J]. *Nature*, 1996, 381: 212-215.
- [9] Na J H, Kim Y T, Hong J H, *et al.* Wide-viewing twisted-nematic liquid crystal display using a stamping-assisted rubbing process [C]//*SID 2010 Digest*, USA: SID, 2010: 1735-1737.
- [10] Lien A J, Challiss R A J. Two-domain TN-LCDs fabricated by parallel fringe field method [C]//*SID 1993 Digest*, USA: SID, 1993: 269-272.
- [11] Koma N, Baba Y, Matsuoka K. No-rub multi-domain TFT-LCD using surrounding electrode method [C]//*SID 1995 Digest*, USA: SID, 1995: 869-872.
- [12] Gunning W J, Winker B K, Koch G C. Pixelated compensators for twisted nematic liquid crystal displays: USA, US005589963A [P]. 1996-12-31.
- [13] Kim J H, Choi Y J, Yoon K H, *et al.* Method of fabricating a multi-domain liquid crystal cell: USA, US005909265A [P]. 1999-01-01.
- [14] Murai H, Suzuki M, Suzuki T. Multiple domain divided twisted nematic liquid crystal display with compensation film: USA, US006195144B1 [P]. 2001-02-27.
- [15] Kim K J, Yoo J J, Bae S J. Multi domain liquid crystal display device: USA, US006356335B1 [P]. 2002-03-12.