

文章编号:1007-2780(2017)04-0249-04

低电压高透过率的波纹电极透反蓝相液晶显示器

宋雅莉,王琼华*

(四川大学 电子信息学院,四川 成都 610065)

摘要:本文提出了一种基于波纹形结构的透反聚合物稳定蓝相液晶显示器。为了匹配透射区和反射区的相位延迟,提出了两种周期性的波纹形电极结构来产生分布于整个液晶层的强水平电场。第一种结构采用的是相同的电极倾斜角度,但在透射区和反射区的液晶盒厚不同;第二种结构是在透射区和反射区采用相同的液晶盒厚,但是电极倾斜角度不同。两种结构都能获得良好匹配的电压-透射率和电压-反射率曲线。当该显示器的工作电压为 9.7 V 时,透过率可以达到 89.05%。所提出的结构具有低工作电压、高透过率和宽视角的特点。

关键词:蓝相;透反液晶显示;波纹形电极

中图分类号:TN141 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20173204.0249

Low voltage and high transmittance transflective blue-phase liquid crystal display with corrugated electrodes

SONG Ya-li, WANG Qiong-hua*

(School of Electronics and Information Engineering, Sichuan University,
Chengdu 610065, China)

Abstract: A transflective polymer-stabilized blue-phase liquid-crystal display (BP-LCD) with a corrugated electrode structure is proposed. To balance the optical phase retardation between the transmissive (T) and reflective (R) regions, two device structures are proposed. The periodic corrugated electrodes generate a strong horizontal electric field symmetrically distributed across the entire LC layer. The first device structure employs the same inclination angles but different cell gaps in the T and R regions. And the second device structure employs the same cell gap but different inclination angles in the T and R regions. Both of the device structures can obtain well-matched VT and VR curves. When the operating voltage is 9.7 V, the transmittance can achieve 89.05%. The proposed structure exhibits low operating voltage, high optical efficiency, and a wide viewing angle.

Key words: blue phase; transflective liquid-crystal display; corrugated electrode

收稿日期:2016-11-11;修订日期:2016-12-02.

基金项目:国家自然科学基金项目(No. 61535007, No. 61320106015)

Supported by National Natural Science Foundation of China(No. 61535007, No. 61320106015)

* 通信联系人, E-mail: qhwang@scu.edu.cn

1 引言

聚合物稳定蓝相液晶显示^[1-4]是如今显示领域里的研究热点,并且有望成为最有前景的液晶显示技术。相对于传统的向列型显示,它具有显著的优点:(1)亚毫秒范围的响应时间,可以实现场序色彩显示^[5];(2)不需要取向层^[6];(3)当不加电压时呈现光学各向同性,导致偏振无关的相位调制,有助于增大显示器的视角^[7]。但是,它也存在一些劣势:工作电压相对较高、迟滞效应、残留双折射、充电导致电容增大等问题。目前,蓝相液晶显示器发展迅速,为了降低工作电压,人们提出了多种电极结构:加强型的面内转换电极、墙形电极、凸起电极、波纹形电极等,它们可以使得工作电压降低到 10 V 以下。

由于良好的感光性以及低功耗使得透反液晶显示^[8-10]在移动设备中得到广泛的应用。最近,多种透反液晶显示都是运用聚合物稳定蓝相液晶^[11-14]。透反液晶显示器设计的关键是在于匹配两个区域的相位延迟。目前人们提出了很多匹配相位的方案,使显示器可以得到低的工作电压,很好地匹配透过率和反射率曲线,但是光利用率相对较低。

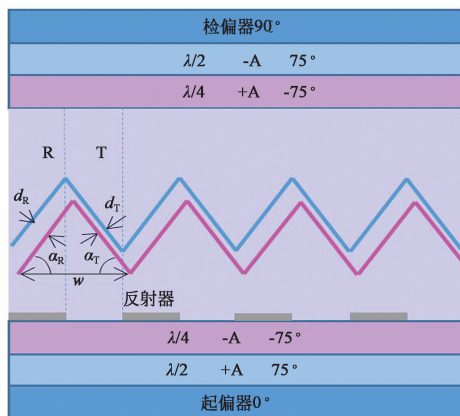
在本文中我们提出了一种波纹形透反蓝相液晶显示器,采用波纹形的电极不仅可以降低工作电压还可以得到高的透过率,而且错位的波纹形电极使透射区和反射区有不同的电极间隙来匹配两个区域的相位延迟。

2 结构和原理

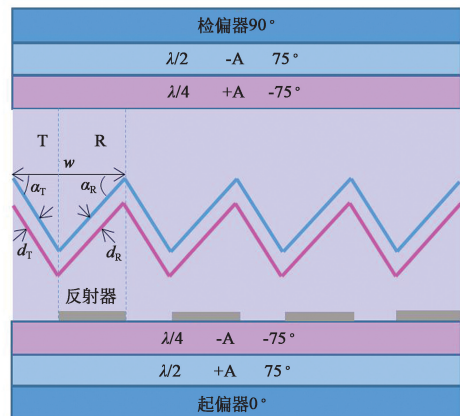
图 1(a)和 1(b)分别是两种结构的示意图。每个像素都是由透射区和反射区构成。其中,正性 A 型和负性 A 型的波片具有宽带和广视角的特性^[15]。反射区有漫反射膜,透射区和反射区采用的是波纹形电极。结构参数定义如下: w 是电极间的间隙, α_T 是透射区的电极倾角, α_R 是反射区的电极倾角, d_T 是透射区液晶盒厚, d_R 是反射区液晶盒厚。

如图 1(a)所示,在第一种结构中,透射区和反射区的波纹电极采用的是相同的倾角即 $\alpha_T = \alpha_R$,不同的液晶盒厚即 $d_T < d_R$ 。为了调整穿过

液晶层两次的环境光产生的不同相位延迟,反射区通过错位采用了相对于透射区较大的盒厚,来得到较小的电场。如图 1(b)所示,对于第二种结构,透射区和反射区采用的是不同的倾角,即 $\alpha_T > \alpha_R$,盒厚 $d_T = d_R$ 。较小的倾角产生了较小水平分量的电场作为反射区,较大倾角产生较大水平分量的电场作为透射区。



(a)



(b)

图 1 (a)第一种结构示意图;(b)第二种结构示意图

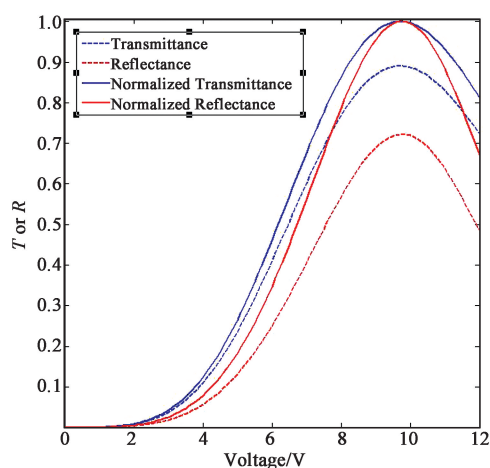
Fig.1 Schemes of (a) the first device structure and (b) the second device structure for the trans-reflective blue-phase liquid crystal displays with corrugated electrodes

3 仿真结果和讨论

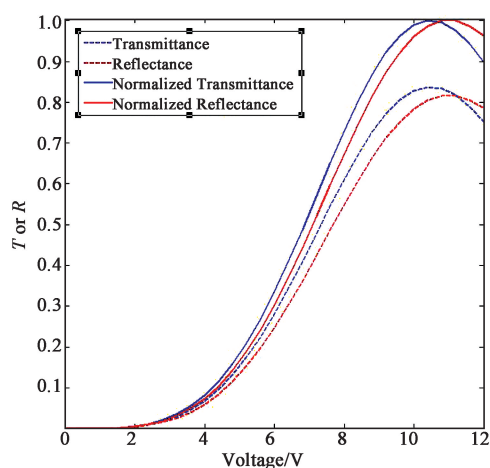
与通常的向列型液晶显示不同,对于蓝相液晶,电场感应双折射是由克尔效应支配的^[16-18]。为了测评这个波纹形结构,我们用 TechWizLCD 3D 做了一系列仿真。在我们的仿真中,采用的入射光波长为 550 nm,克尔系数为 16.3 nm/V²,固

有双折射为 0.15,饱和电场为 $4.15 \text{ V}/\mu\text{m}$ 。正常情况下两个平行偏振片的透过率为 28.4%。

为了得到低电压高透过率,实现最优化,我们将第一个结构的透射区参数设置为 $w=40 \mu\text{m}$, $\alpha_T=60^\circ$,我们保持 $\alpha_T=\alpha_R=60^\circ$ 不变,通过错位移电极来优化改变透射区和反射区的盒厚,使得反射区和透射区的相位延迟相匹配,仿真结果如图 2(a)所示:当 $d_T=3.3 \mu\text{m}$, $d_R=5.7 \mu\text{m}$ 时电压-反射率曲线和电压-透过率曲线匹配。从图 2(a)可以看出透射区在工作电压为 9.7 V 时峰值透过率为 89.05%,反射区在工作电压 9.7 V 时峰值反射率为 72.85%。



(a)



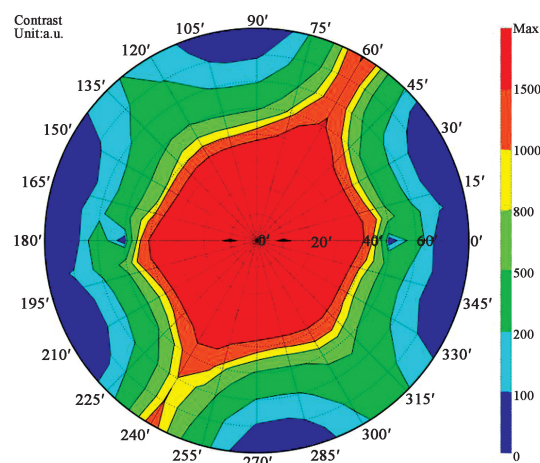
(b)

图 2 (a) 第一种结构电压-反射率曲线和电压-透过率曲线以及归一化曲线;(b)第二种结构电压-反射率曲线和电压-透过率曲线以及归一化曲线

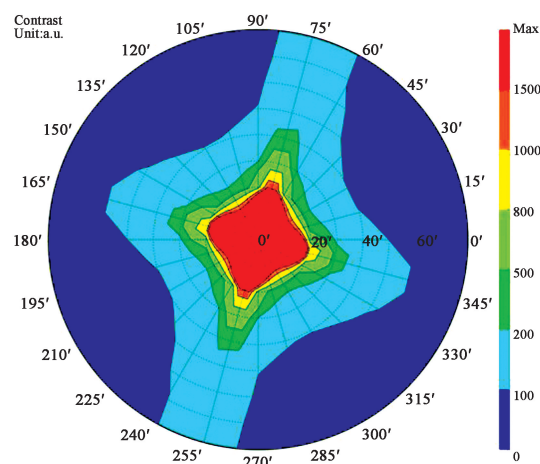
Fig.2 Simulated VT and VR curves and normalized VT and VR curves for (a) the first device structure and (b) the second device structure

同样,第二种结构,我们将透射区参数设置为 $w=40 \mu\text{m}$, $\alpha_T=60^\circ$,透射区和反射区的液晶盒厚相同 $d_T=d_R=3.5 \mu\text{m}$,然后优化改变反射区波纹型电极倾角 α_R ,使得反射区和透射区的相位延迟相匹配。如图 2(b)所示,最终得到, $\alpha_R=45^\circ$ 时,电压-反射率曲线和电压-透过率曲线匹配。此时,可以看出透射区在工作电压 10.4 V 时峰值透过率为 87.9%,反射区在工作电压 10.8 V 时峰值反射率为 83.7%。

图 3(a)和(b)分别表示第一种结构的透射区和反射区的等对比度视角图。由图可知,在透射区,对比度大于 1500:1 的区域覆盖了 35° 的视



(a)



(b)

图 3 (a) 第一种结构透射区视角图;(b) 第一种结构反射区视角图

Fig.3 Simulated isocontrast contour plots of (a) T mode and (b) R mode for the first device structure of the proposed

角范围;在反射区,对比度大于 10 : 1 的区域覆盖了 40° 的视角范围。第二种结构得到类似的结果。

4 结 论

我们提出了一种基于波纹形结构的透反蓝

相液晶显示器。由于透射区背光源发出的光线仅经过液晶层一次,反射区环境光经过液晶层两次,所以为了匹配透射区和反射区的相位延迟,我们设计了盒厚不同和倾角不同的两种结构,都得到了很好匹配的 VT 和 VR 曲线。该透反蓝相液晶显示器具有低工作电压、高透过率和宽视角的特点。

参考文献:

- [1] KIKUCHI H, YOKOTA M, HISAKADO Y, *et al.* Polymer-stabilized liquid crystal blue phases [J]. *Nat. Mater.*, 2012, 1(1): 64-68.
- [2] HISAKADO Y, KIKUCHI H, NAGAMURA T, *et al.* Large electro-optic Kerr effect in polymer-stabilized liquid-crystalline blue phases [J]. *Adv. Mater.*, 2005, 17(1): 96-98.
- [3] CHOI S W, YAMAMOTO S I, HASEBA Y, *et al.* Optically isotropic-nanostructured liquid crystal composite with high Kerr constant [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2008, 92(4): 043119.
- [4] GE Z B, GAUZA S, JIAO M Z, *et al.* Electro-optics of polymer-stabilized blue phase liquid crystal displays [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2009, 94(10): 101104.
- [5] CHEN K M, GAUZA S, XIANYU H Q, *et al.* Submillisecond gray-level response time of a polymer-stabilized blue-phase liquid crystal[J]. *J. Disp. Technol.*, 2010, 6(2): 49-51.
- [6] RAO L H, GE Z B, WU S T, *et al.* Low voltage blue-phase liquid crystal displays [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2009, 95(23): 231101.
- [7] GE Z B, RAO L H, GAUZA S, *et al.* Modeling of blue phase liquid crystal displays [J]. *J. Disp. Technol.*, 2009, 5(7): 250-256.
- [8] LEE J H, ZHU X Y, WU S T, *et al.* Novel color-sequential transfective liquid crystal displays [J]. *J. Disp. Technol.*, 2007, 3(1): 2-8.
- [9] ZHU X Y, GE Z B, WU T X, *et al.* Transfective liquid crystal displays [J]. *J. Disp. Technol.*, 2005, 1(1): 15-29.
- [10] YOON S, KIM M, KIM M S, *et al.* Optimisation of electrode structure to improve the electro-optic characteristics of liquid crystal display based on the Kerr effect [J]. *Liq. Cryst.*, 2010, 37(2): 201-208.
- [11] LI Y, JIAO M Z, WU S T, *et al.* Transfective display using a polymer-stabilized blue-phase liquid crystal [J]. *Opt. Express*, 2010, 18(16): 16486-16491.
- [12] SONG C Q, WANG Q H, CUI J P, *et al.* Low voltage and high transmittance transfective display using polymer-stabilized blue-phase liquid crystal [J]. *J. Disp. Technol.*, 2011, 7(5): 250-254.
- [13] ZHOU F, CUI J P, WANG Q H, *et al.* A single-cell-gap transfective display using a blue-phase liquid crystal [J]. *J. Disp. Technol.*, 2011, 7(4): 170-173.
- [14] LI Y, WU S T. Transmissive and transfective blue-phase LCDs with enhanced protrusion electrodes [J]. *J. Disp. Technol.*, 2011, 7(7): 359-361.
- [15] GE Z B, JIAO M Z, LU R B, *et al.* Wide-view and broadband circular polarizers for transfective liquid crystal displays [J]. *J. Disp. Technol.*, 2008, 4(2): 129-138.
- [16] KERR J. A new relation between electricity and light: dielectrified media birefringent [J]. *Philos. Mag.*, 1875, 50 (332): 337-348.
- [17] RAO L H, YAN J, WU S T, *et al.* A large Kerr constant polymer-stabilized blue phase liquid crystal [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2011, 98(8): 081109.
- [18] YAN J, CHENG H C, GAUZA S, *et al.* Extended Kerr effect of polymer-stabilized blue-phase liquid crystals [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2010, 96(7): 071105.

作者简介:宋雅莉(1993—),女,湖北宜城人,硕士研究生,主要从事液晶显示方面的研究。E-mail:850538611@qq.com