

文章编号: 1007-2780(2011)05-0608-04

辊压法制备柔性双稳态液晶显示器件

夏 亮^{1,2}, 徐 琮^{1,2}, 陆红波¹, 唐龙祥², 邱龙臻^{1*}

- (1. 特种显示技术教育部重点实验室, 特种显示技术国家工程实验室, 现代显示技术省部共建国家重点实验室培育基地, 合肥工业大学 光电技术研究院, 安徽 合肥 230009, E-mail: uliangxia@163.com;
2. 合肥工业大学 化学工程学院 高分子科学与工程系, 安徽 合肥 230009)

摘 要: 基于 PET 塑料薄膜取代硬质玻璃作为基板材料制备柔性液晶盒时, 采用传统制备工艺会产生盒厚度不均以及盒中残留气泡等现象, 导致柔性液晶器件性能变差。采用辊压工艺可以有效地解决上述问题, 文章对其工艺流程进行了详细描述。实验发现, 通过在辊压工艺中加热两片基板以降低溶液的黏度, 能够有效地避免气泡残留, 获得厚度均匀的柔性液晶盒。应用辊压工艺和聚合物分散胆甾相液晶, 成功地制备了尺寸为 7 cm² 的反射式柔性双稳态液晶盒。利用正交偏光显微镜观察了聚合物分散液晶的相形态, 紫外分光光度计测试了其光电性能: 最高反射率为 22.8%, 对比度为 2.259, 阈值电压为 78 V, 饱和电压为 99 V。

关 键 词: 聚合物分散胆甾相液晶; 柔性液晶盒; 辊压法; 光电性能

中图分类号: O753⁺.2 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20112605.0608

Fabricating Flexible Reflective Bistable LC Cells via Rolling Process

XIA Liang^{1,2}, XU Qiong^{1,2}, LU Hong-bo¹, TANG Long-xiang², QIU Long-zhen^{1*}

(1. Key Lab of Special Display Technology, Ministry of Education,

National Engineering Lab of Special Display Technology,

National Key Lab of Advanced Display Technology, Academy of Opto-Electronic Technology,

Hefei University of Technology, Hefei 230009, China, E-mail: uliangxia@163.com;

2. Department of Polymer Science and Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: As substrate materials rigid glass is commonly replaced by PET plastic films for preparing flexible LC cells, the traditional process may cause nonuniform thickness and trap air bubbles in LC cells which deteriorate property of flexible LC device. These problems can be effectively solved by a rolling technique. The detail process has been described in this paper. It was found that the viscosity of solution was reduced by heating the two substrates which avoids the interfusion of air bubbles in the solution and results in LC cells with uniform thickness. 7 cm²-sized flexible reflective bistable LC cells are prepared successfully by polymer dispersed cholesteric liquid crystal method. Polymer dispersed cholesteric liquid crystal texture is studied by polarizing microscope. Electro-optical of flexible liquid crystal cell is measured by ultraviolet. The film provided with max reflectivity 22.8%, contrast 2.259, threshold voltage 78 V and saturation voltage 99 V.

Key words: polymer dispersed cholesteric liquid crystal; flexible LC cell; rolling process; electro-optical property

收稿日期: 2011-02-28; 修订日期: 2011-04-06

基金项目: 国家“973”计划前研专项(No. 2010CB334704); 国家自然科学基金(No. 61040015)

作者简介: 夏亮(1987—), 男, 湖北汉川人, 硕士研究生, 主要从事柔性液晶显示器的研究。

* 通讯联系人, E-mail: lzqiu@ustc.edu

1 引 言

柔性显示器因质量轻、厚度小、易卷曲、携带方便等优点引起了人们广泛关注,为便携式电脑、智能卡片的应用以及各种显示创意设计的实施^[1-4]等方面提供了可能。目前应用在柔性显示器的技术主要有液晶显示技术、有机发光二极管、电泳技术等。由于液晶显示技术目前应用最为广泛,所以其可柔性化技术尤为引人注目。Jae-Hoon Kim^[1]等提出了像素隔离液晶模式,成功地制备了 7.62 cm(3 in)的柔性液晶显示器;Satyendra Kumar^[2-3]等提出了聚合物复合薄膜模式,利用相分离制备了快速响应柔性液晶盒;Fumio^[4]等利用铁电液晶材料制备了 A4 大小的柔性彩色显示器。

柔性液晶显示器件采用塑料薄膜取代传统的硬质玻璃作为基板材料,适用于辊对辊^[1,4]大面积商业化生产。利用塑料薄膜作为基板材料制备柔性液晶盒会遇到很多问题,其中主要的两点是:器件在卷曲时上下塑料基板容易开裂和液晶在弯曲时存在流动性^[1]。采用聚合物分散液晶模式^[5]可以有效地解决上述问题。而采用胆甾相液晶材料取代传统的向列相液晶材料,可制备不需要偏光片、背光源的反射式液晶盒^[6],其在零场下具有双稳态^[7]的特性,可以大大降低器件的能耗。

本文介绍了一种制备柔性液晶盒的方法及其工艺流程。采用聚合物分散胆甾相液晶(Polymer dispersed cholesteric liquid crystal, PD-CLC)模式,利用辊压法成功制备了反射式柔性双稳态液晶盒,测试了其光电性能,观察了液晶的相形态。

2 实 验

2.1 材料制备

实验选用的胆甾相液晶为向列相液晶 P0616(永生华清液晶有限公司)与手性材料 R1011(永生华清液晶有限公司),以质量比为 10:1 混配而成,将混合好的胆甾相液晶与硫醇类单体 NOA65(Norland)按质量比为 7:3 配制,并向其中加入质量分数为 2%,直径为 7.75 μm 的玻璃珠间隔子,在 80 $^{\circ}\text{C}$ 下搅拌 2 h 混合均匀。

2.2 样品测试

采用岛津 UV-2550 型紫外可见分光光度计

测定 PDCLC 膜的光电性能。XPN-203E 型偏光显微镜观察液晶相形态。

3 结果与讨论

3.1 柔性液晶盒制备方法

图 1 为 PET 基板液晶盒制备流程图。首先将附有 ITO(In_2O_3)的 PET 塑料薄膜裁剪成所需尺寸,对 PET 薄膜进行超声、乙醇清洗、去离子水清洗、风刀吹干等操作,对表面进行清洗和干燥。将处理好的 PET 薄膜放在 110 $^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中预烘 5 min。然后将预烘完毕的 PET 薄膜放置在匀胶机上,表面涂上瑞红光刻胶 RZJ304 后旋涂均匀,放置在 110 $^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中坚膜 30 min。最后依次对附有光刻胶的 PET 薄膜 UV(光强为 3.6 mW/cm^2)部分曝光 16 s、显影(3038 显影剂)1 min、风刀吹干、王水刻蚀 5 min、清洗、风刀吹干、丙酮去胶处理、清洗、风刀吹干、110 $^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘 5 min,处理完毕的 PET 膜如图 1(a)所示。取出一片基板将其四周涂上环氧胶,用辊压的方法将带有间隔子的单体液晶混合物置于两 PET 基板之间,上下 PET 基板电极交叉放置如图 1(b)所示,制备的液晶盒如图 1(c)所示。将液晶盒置于 80 $^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中固化 60 min,固化完毕的液晶盒采用一定光强的紫外光辐照引发相分离,如图 1(d)所示。试验中紫外光强为 0.05 mW/cm^2 ,水浴控制固化温度为 20 $^{\circ}\text{C}$,每组样品辐照时间为 1.5 h。

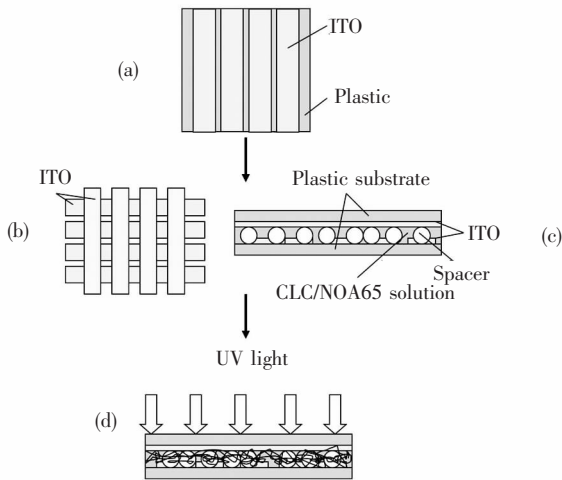


图 1 PET 基板液晶盒制备方法

Fig.1 Fabrication method for PET substrates LC cell

3.2 辊压方法

图 2 为辊压方法以及实际操作图。用自制滚

筒(表面用硅橡胶包裹)将上基板压在下基板上,液晶盒的盒厚用间隔子控制,如图 2(a)所示。实验中发现,辊压后两片 PET 基板边缘部分容易分开,导致液晶盒中的混合物分散不均匀,固化后影响器件的光电性能。在上基板四周涂上环氧胶后这种问题得到了很好的解决。为了避免空气残留在液晶盒中,合适的溶液黏度以及辊压速度很重要。增加温度可以降低溶液黏度,但温度太高会使 PET 基板变形,所以热台温度应控制在 80 ℃ 左右。控制辊压速度,让滚筒缓慢压过基板,使小气泡有充足的时间排离出液晶盒以及防止两片基板相互滑动。辊压一次后往回辊压,让环氧胶充分接触上下 PET 基板,缓慢地拿起滚筒将制备好的液晶盒置入 80 ℃ 的烘箱中 60 min,使环氧胶完全固化,如图 2(b)、2(c)所示。

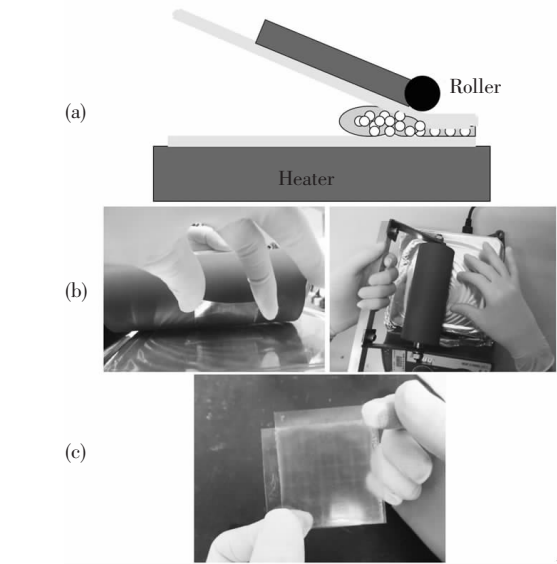


图 2 辊压方法以及操作图
Fig. 2 Rolling process and operating

3.3 PDCLC 膜的光电性能及织构

图 3 是 PDCLC 膜在零电场下的反射特征曲线以及光电特性曲线。图 3(a)所示为 PDCLC 膜呈现典型的胆甾相液晶的反射特征,在零电场下具有平面织构态(P 态)和焦锥态(FC 态)两种稳定状态,在电场的作用下两种状态可以相互转化。P 态反射特征曲线在 450~540 nm 区间存在明显的反射峰,峰值(R_p)出现在 484 nm 处反射率为 22.8%;而 FC 态在这段区间没有明显的反射峰出现。在 400 nm 处 P 态和 FC 态存在一个反射波峰,可能是由于液晶分子与 PET 塑料基板散射

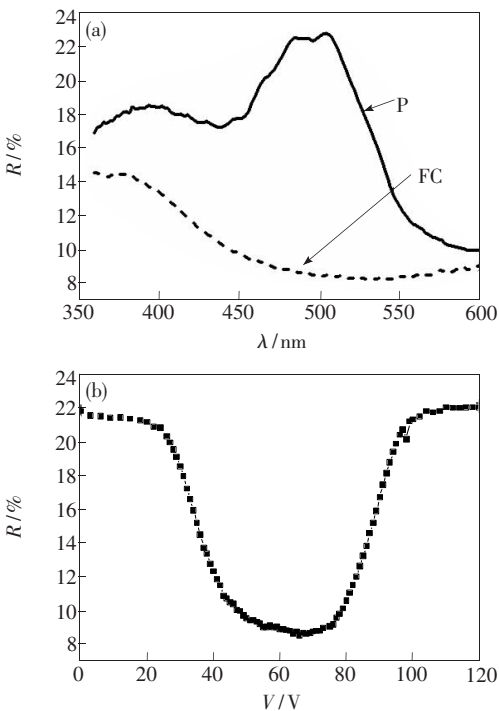


图 3 PDCLC 膜的反射特征曲线以及光电曲线(NOAA65 单体质量分数 30%, 固化温度 20 ℃, 光强 0. 05 mW/cm²).
Fig. 3 Reflectance curve of PDCLC films and electro-optical curve (30% mass fraction of NOAA65 monomer, cure temperature of 20 ℃ and UV cure power of 0. 05 mW/cm²).

作用较强造成的。图 3(b)所示为 PDCLC 膜的光电特性曲线,初始状态为 P 态。可以看出当电压小于 20 V 时,液晶分子处于 P 态,反射率没有明显的变化;当电压大于 20 V 时液晶分子慢慢转变为 FC 态,散射作用的增强导致反射率下降,去电压后这部分液晶分子状态不变,随着电压的增加,有更多的液晶分子转变为 FC 态使反射率降到最低;当外加电压大于 78 V 时,液晶分子在脉冲电压的作用下由透明态转变为 P 态,反射率增加,去电压后这部分液晶分子状态不变,当电压增加到 99 V 时液晶分子处于 P 态,反射率达到最大值。

图 4 为 PDCLC 膜在偏光显微镜(POM)下的图片。从图中可以看出,小分子液晶以微滴形态不均匀地分散在固化好的聚合物基质中。大液晶微滴的形状为多边形,小液滴为椭圆形,且两者尺寸相差很大,整个分布的平均尺寸约为 100 μm。这可能是由于发生相分离时,低的固化温度(20 ℃)造成体系黏度较大,液晶分子

和预聚物扩散缓慢,析出的液晶微滴由于其表面作用的不同发生吞噬现象,形成了尺寸大小分布不均的液晶微滴^[8-9]。

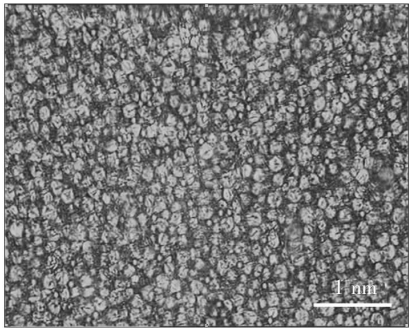


图 4 PDCLC 膜的偏光图
Fig. 4 POM of PDCLC films

3.4 7 cm² 柔性双稳态反射式液晶显示器件

采用上述方法成功制备了面积为 7 cm²、100 个像素(像素面积为 0.25 cm²)的柔性双稳态反射式液晶显示器件,如图 5 所示。制备紫外光强为 0.05 mW/cm²,固化温度为 20 ℃,辐照时间为 60 min。所有像素加上脉冲电压后,把液晶刷成 P 态作为背景,需要显示的像素加上不同的脉冲电压,刷成 FC 态。

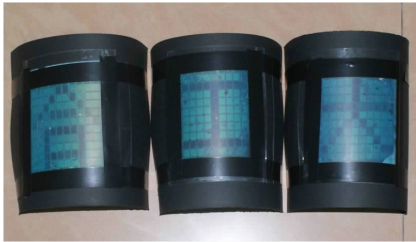


图 5 7 cm² 的柔性双稳态反射式液晶显示器件
Fig. 5 7 cm²-sized flexible reflective bistable LC display

4 结 论

介绍了一种制备柔性液晶盒的方法,对其工艺流程进行了详细的描述。辊压操作是能否成功制备柔性液晶盒的关键环节,在辊压过程中下层 PET 塑料基板加上热台,起着降低溶液的黏度、增强扩散、避免液晶盒残留空气泡的作用。用环氧胶封住液晶盒四周防止辊压后漏液,同时控制辊压速度,避免两 PET 基板相互滑动。利用这种方法成功制备了尺寸为 7 cm²、100 个面积为 0.25 cm² 像素的柔性双稳态反射式液晶显示器件,对其光电性能进行了表征,最高反射率为 22.8%,对比度为 2.259,阈值电压为 78 V,饱和电压为 99 V。

参 考 文 献:

[1] Jang S J, Jung J W, Kim J H, *et al.* Pixel-isolated liquid-crystal mode by using a patterned anisotropic phase separation for flexible LCDs[J]. *Journal of the SID*, 2007,15(2):119-125.

[2] Wang Q B, Guo R, Kumar S. Method for fabrication of liquid-crystal cells with narrow gap, fast switching, and flexible plastic substrates[J]. *J. Soc. Inf. Display*, 2006, 14(6):545-550.

[3] Vorflusev V, Kumar S. Phase-separated composite films for liquid crystal displays[J]. *Science*, 1999, 283(19): 1903-1905.

[4] Sato H, Fujikake H, Sato F, *et al.* A4-sized flexible ferroelectric liquid-crystal displays with micro color filters[J]. *Journal of SID*, 2005, 13(6):461-468.

[5] Carter S A, LeGrange J D, Wiltzius P, *et al.* Dependence of the morphology of polymer dispersed liquid crystals on the UV polymerization process[J]. *J. Appl. Phys.*, 1997, 81(9): 5992-5999.

[6] Kato K, Tanaka K, Tsuru S, Sakai S. Color image formation using polymer-dispersed cholesteric liquid crystal [J]. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1993(32):4600-4604.

[7] Huang Y P, Zhu X Y, Ren H W, *et al.* Full-color transfective cholesteric LCD with image-enhanced reflector[J]. *J. Soc. Inf. Display*, 2004, 12(4):417-422.

[8] 刘国柱,黄子强,杨文君,等. 低阈值电压聚合物分散性液晶膜的电光特性[J]. *液晶与显示*, 2009, 24(3):383-388.

[9] 王丽萍,许锐,黄顺刚,等. 添加液晶对 PDLC 膜电-光性能参数的影响[J]. *液晶与显示*, 2010, 25(4):554-557.