

文章编号: 1007-2780(2012)02-0139-05

胶囊化胆甾液晶薄膜在不同基板下的光电性能

蔡林君, 王文超, 颜竹君*

(复旦大学 材料科学系, 上海 200433, E-mail: cailinjun6560@gmail.com)

摘 要: 采用紫外光聚合诱导相分离法制备了胶囊化胆甾液晶薄膜, 系统研究了玻璃和塑料基板对于驱动电压、反射率及对比度等显示性能的影响。研究表明: 不论是玻璃或塑料基板, 液晶胶囊化均有助于显示对比度的提升, 同时相应的驱动电压也有所增加。相较于刚性的玻璃基板, 在柔性基板下液晶胶囊化前后的驱动电压由 70 V 增加到 200 V, 显示对比度达到 6.2:1。总体而言, 初步实现了胆甾液晶的柔性显示。

关 键 词: 胶囊化; 聚合诱导相分离; 胆甾型液晶; 柔性显示

中图分类号: O753+.2

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20122702.0139

Electro-Optical Properties of Encapsulated Cholesteric Liquid Crystal Film on Different Substrates

CAI Lin-jun, WANG Wen-chao, YEN Chu-chun*

(Department of Materials Science, Fudan University, Shanghai 200433, China, E-mail: cailinjun6560@gmail.com)

Abstract: Encapsulated cholesteric liquid crystal (CLC) film is prepared by means of polymerization induced phase separation (PIPS) method. The electro-optical properties of encapsulated CLC on glass and plastic substrates have been studied in detail, mainly focusing on the driving voltage, reflection and contrast ratio. It shows that no matter on glass or plastic substrate, the encapsulation contributes to improving the display contrast, though the driving voltage accordingly increases. In comparison with the glass substrate, the driving voltage of the encapsulated CLC on the plastic substrate increases from 70 V to 200 V, while the contrast ratio arrives to 6.2:1. In conclusion, our present goal has been achieved on flexible display based on CLC.

Key words: encapsulation; polymerization induced phase separation; cholesteric liquid crystal; flexible display

1 引 言

胆甾型液晶显示器(CH-LCD)为反射式显示器, 相对于传统的液晶显示器具有低功耗、双稳态、不需要背光源和偏振膜等优点, 成为当今反射

式显示器件的研究热点^[1-2]。然而, 在显示器柔性化的发展过程中, 由于液晶的流动性当基板弯曲或受压折叠时, 容易出现压点等问题^[3], 这成为当下制约液晶显示器柔性化的主要障碍。

如今压点问题的主要解决方法是对液晶进行

收稿日期: 2011-12-01; 修订日期: 2011-12-13

基金项目: 国家自然科学基金(No. 20904004); 上海青年科技启明星计划(No. 10QA1400400); 博士学科点专项科研基金新教师基金(No. 200802461084)

作者简介: 蔡林君(1987—), 男, 浙江温岭人, 硕士研究生, 主要从事胆甾液晶柔性显示方面的研究。

* 通讯联系人, E-mail: cyen@fudan.edu.cn

胶囊化包覆^[3-4],而目前的途径主要有两种,一种是以 Kodak 公司为代表的乳化聚合法^[5],另一种是以 Kent Displays 公司为代表的聚合诱导相分离(PIPS)法^[3,6-10]。其中 Kent 公司的 PIPS 法是将胆甾液晶和聚合物前体混合,并大范围地直接照射紫外光进行聚合,利用聚合后聚合物交联网络对液晶的锚定作用以及聚合物的机械性能来提高液晶的稳定性^[3,6]。然而,此法存在光聚合后薄膜的机械变形能力与柔性基板不匹配的缺点,无法直接应用于实际显示。为了克服上述问题,Philips 公司的研究人员利用矩形格子阵列掩模板进行图案化聚合,形成规整盒子状阵列,即向列型液晶包覆在盒子里的聚合物胶囊^[9-10]。其中盒子壁为聚合物,使薄膜的机械变形能力增强,但是该法聚合配方中的一些药品获得不易。此外矩形格子阵列胶囊化包覆技术多用于向列型液晶显示^[9-11],用于胆甾液晶显示的文献却少见报道。

基于上述胆甾型液晶胶囊化的技术,本文提出一种新的配方,并通过光掩模板进行图案化聚合,制备出具有盒子阵列式的液晶胶囊显示薄膜。系统研究了玻璃和塑料基板对于这种新配方的胶囊化胆甾液晶薄膜光电性能的影响,着重讨论了驱动电压、反射率及对比度特性。

2 实 验

2.1 样品制备

实验选用的胆甾液晶材料为 BN1-12A-460-1(石家庄永生华清液晶有限公司),光引发剂 IRG651(2,2-二甲氧基-2-苯基苯乙酮),聚合物前体为单体 EMA(甲基丙烯酸乙酯),交联剂 TRI(三羟甲基丙烷三丙烯酸酯)混合而成,其中 EMA、IRG651 及 TRI 的质量百分含量分别为 30%、2%和 12%,在 70℃左右混合均匀。利用毛细原理,用注射器将加热到清亮点的混合物分别注入到间隙为 5 μm 的 ITO 玻璃基板的液晶盒和 PET 塑料基板的液晶盒中。采用掩模板单元格子尺寸为 400 μm ×360 μm ,在一定光强的紫外光下掩模照射,引发混合物相分离形成聚合物墙体,调节样品与光源距离控制固化光强;每组样品曝光强度为 3 mW/cm²,时间 1 h。为做对比实验,还制备了纯胆甾液晶材料的相同液晶盒。

2.2 样品测试

采用高量子化率光谱仪(复想光源,PG-2000)

和可编程矩形脉冲交变电场(日本 nF 公司,EC1000S)测定液晶盒的光电性能,驱动电场频率 50 Hz;使用偏光显微镜(LEICA,DM-2500P)观察液晶盒在电场下的织构变化。

3 结果与讨论

3.1 基板对于纯胆甾型液晶光电性能的影响

3.1.1 驱动电压的影响

图 1 为纯胆甾液晶材料的玻璃液晶盒在不同电场下的织构变化。可以看到胆甾液晶由初始平面态织构(P 态)转变为焦锥态织构(FC 态)的驱动电压大约在 20 V,即完成亮态到暗态的转变,说明玻璃基板下液晶的饱和驱动电压为 20 V。随着电压逐渐升高,液晶在 40~50 V 左右时又重新恢复成初始的 P 态,继续增加电压液晶可保持这种平面织构直至液晶盒击穿。由此可判定这种多次复现的亮暗态转变对应驱动电压的周期变化约在 50 V。

图 2 为纯胆甾液晶材料的 PET 液晶盒在不同电场下的织构变化。驱动电压大约在 40 V,高于在玻璃液晶盒中的相应驱动电压。随电压进一

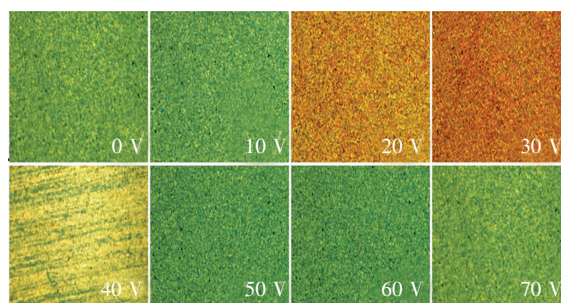


图 1 不同电场下纯胆甾液晶在玻璃液晶盒中的织构变化

Fig. 1 Texture transformation of pure CLC in glass cell under different electric fields

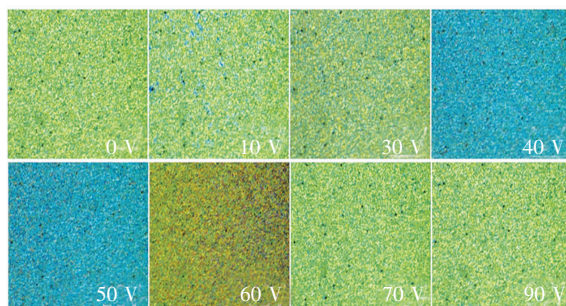


图 2 不同电场下纯胆甾液晶在 PET 液晶盒中的织构变化

Fig. 2 Texture transformation of pure CLC in PET cell under different electric fields

步升高,到 70 V 时液晶才完全恢复成初始 P 态,此电压也高于在玻璃液晶盒中的相应驱动电压,之后继续加压液晶仍保持 P 态直到被击穿。

3.1.2 反射率及对比度的影响

反射率的测定是在搭建好光路后,先由基板测量入射面反射(玻璃基板和塑料基板),扣除由于基板入射面的反射,再进行反射实验。通过改变电压测量样品在接受不同波长光时(400~1 100 nm)的反射率变化,再对每个电压对应的反射率相对波长进行统计平均,得到不同电场下胆甾液晶的反射率变化图。

图 3 为纯胆甾液晶在玻璃液晶盒和 PET 液晶盒中的反射率随电压变化曲线。由图可知对于玻璃液晶盒,0 V 时液晶处于亮态,反射率为 16%;随电压升高,反射率不断下降,20 V 时反射率降至 3.7%,呈暗态。亮暗态之间的对比度约为 5:1。随着电压的继续升高,在 40 V 时反射率又开始逐步回升,到 50 V 时即恢复到 16%,又转变为亮态。而对于 PET 液晶盒来说,反射率变化过程类似于玻璃液晶盒,但从亮态到暗态的驱动电压为 40 V,高于玻璃液晶盒的相应电压(20 V),反射率从零场时的 12.6%降至 2.3%,对比度约为 5.5:1。而从暗态再次转变为亮态的驱动电压为 70 V,也高于玻璃液晶盒的相应电压(50 V)。由此可知柔性基板下的胆甾液晶仍然保持玻璃基板下的特性,并且能被成功驱动。

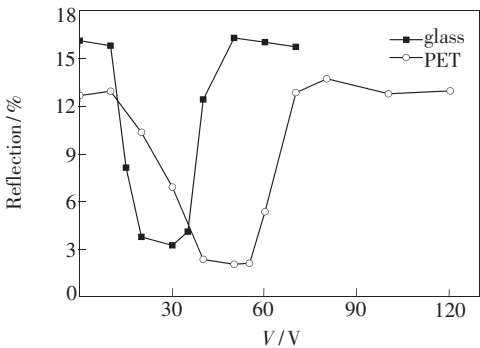


图 3 纯胆甾液晶在玻璃和 PET 液晶盒中的双稳态曲线比较

Fig. 3 Comparison of bistable curves of pure CLC in glass and PET cells

3.2 基板对于胶囊化胆甾型液晶光电性能的影响

3.2.1 驱动电压的影响

图 4 为不同电场下胶囊化胆甾液晶在玻璃液

晶盒的织构变化。图中的矩形(Box)阵列即为胶囊化的胆甾液晶,Box 尺寸为 400 μm $\times$ 360 μm 。由图可知在未加电压时,被包覆的液晶处于 P 态,呈现偏绿的颜色(即此胆甾液晶的选择性反射色),亮度较高。但随着电压升高,到 30 V 时 Box 中的液晶颜色开始变浅,入射到液晶的光散射逐渐增加,反射光逐渐减少,即织构开始向 FC 态转变。50 V 时,液晶颜色最浅,亮度最暗,表明液晶已完全转变为 FC 态。没有呈现出纯液晶的典型焦锥织构的原因可能是以下两方面:一是在 Box 区域(液晶显示区域)内并非完全由纯液晶组成,可能含有少量的聚合物颗粒或者未聚合前体,如此导致焦锥态织构被破坏;二是聚合物墙对液晶有一定锚定作用,使得转变的焦锥织构不能充分展现。随电压的进一步升高,液晶颜色又重新变深,亮度增加,到 80 V 时,亮度又达到最大,表明液晶又转变为 P 态。

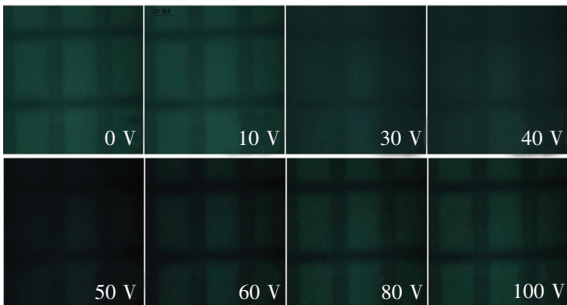


图 4 不同电场下胶囊化胆甾液晶在玻璃液晶盒中的织构变化

Fig. 4 Texture transformation of encapsulated CLC in glass cell under different electric fields

图 5 为不同电场下胶囊化胆甾液晶在 PET 液晶盒的织构变化。同样图中的矩形(Box)阵列尺寸为 400 μm $\times$ 360 μm 。由图可知在未加电压时,被

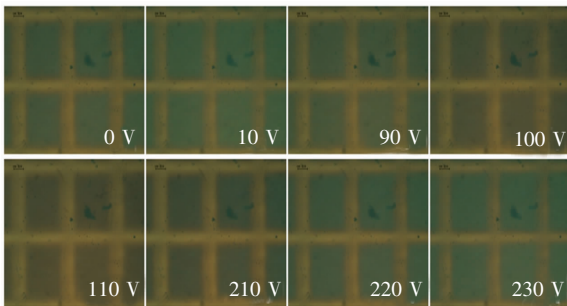


图 5 不同电场下胶囊化胆甾液晶在 PET 液晶盒中的织构变化

Fig. 5 Texture transformation of encapsulated CLC in PET cell under different electric fields

包覆的液晶为 P 态,呈现偏绿的颜色,亮度较高。随着电压升高,到 90 V 时 Box 中液晶颜色开始变浅,织构开始向 FC 态转变。110 V 时,液晶颜色达到最浅,亮度最暗,表明液晶已完全转变为 FC 态。随电压进一步升高,液晶颜色又重新变深,亮度在 220 V 时达到最大,液晶又重新恢复成 P 态。

3.2.2 反射率及对比度的影响

图 6 为胶囊化胆甾液晶在玻璃液晶盒和 PET 液晶盒的反射率随电压变化曲线。从图中可以看出胶囊化液晶和纯液晶的变化相似,从亮态转变为暗态(对应液晶从 P 态转变为 FC 态),胶囊化液晶在玻璃液晶盒的转变电压为 40 V,比相应纯液晶的电压增加了 20 V,反射率从零场时的 12.4% 降至 1.5%,对比度 8.3:1,高于相应纯

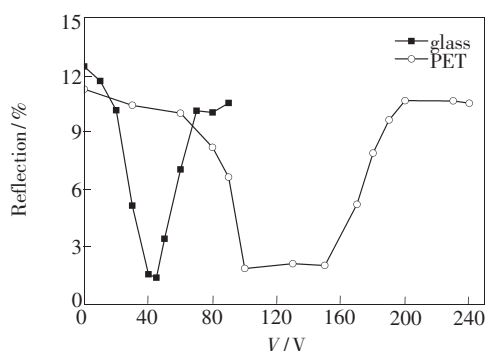


图 6 胶囊化液晶在玻璃和 PET 液晶盒中的双稳态曲线比较

Fig. 6 Comparison of bistable curves of encapsulated CLC in glass and PET cells

液晶的 5:1。而胶囊化液晶在 PET 液晶盒的转变电压则达到了 100 V,比相应纯液晶的电压增加了 60 V,零场反射率从 11.2% 降至 1.8%,对比度为 6.2:1,高于相应纯液晶时的 5.5:1。这说明聚合物的加入有利于提高液晶的显示对比度。

而从暗态到亮态(对应 FC 态到 P 态)胶囊化液晶在玻璃液晶盒的转变电压为 70 V,高于相应纯液晶的 50 V;在 PET 液晶盒的转变电压则达到了 200 V,远高于相应纯液晶的 70 V。这说明在柔性基板下制得的胶囊化胆甾型液晶虽然能够成功驱动,对比度也比纯液晶时高,但驱动电压却大幅度增加,还需进一步改进。

4 结 论

利用紫外光聚合诱导相分离法制得了一种新型胶囊化胆甾型液晶薄膜,系统研究了玻璃和塑料基板对于驱动电压、反射率及对比度等液晶显示性能的影响。研究发现,不论是玻璃基板还是塑料 PET 基板,液晶的胶囊化均有助于提升显示对比度,但同时相应的驱动电压增加。相比在刚性玻璃基板中的驱动电压(70 V),胶囊化液晶在柔性基板中的驱动电压大幅度增加(200 V),显示对比度相比于纯液晶时提升至 6.2:1。

薄膜的胶囊化有效提高了液晶薄膜的柔性,显示对比度也有所提高,然而仍存在驱动电压过高的问题,这在以后的研究中有待进一步解决。

参 考 文 献:

- [1] 张俊,李青,韦静,等. 反射型胆甾相液晶显示器件多畴结构的形成及相变的研究 [J]. 光电子技术,2005,25(4): 226-228.
- [2] 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.
- [3] Schneider T, Nicholson F, Khan A, et al. Flexible encapsulated cholesteric LCDs by polymerization induced phase separation [J]. *SID Symposium Digest Tech. Papers*, 2005, 36(1): 1568-1571.
- [4] Khan A, Shiyonovskaya I, Schneider T, et al. Progress in flexible and drapable reflective cholesteric displays [J]. *J. Soc. Inf. Display*, 2007, 15 (1): 9-16.
- [5] Chari K, Rankin C M, Johnson D M, et al. Single-substrate cholesteric liquid crystal displays by colloidal self-assembly [J]. *J. Appl. Phys. Lett.*, 2006, 88 (4): 043502.
- [6] Schneider T, Nicholson F, Chien L C. Polymerization-encapsulated cholesteric liquid crystal for bistable reflective displays, US:7351506 B2 [P]. 2008-04-01.
- [7] 曹须,刘文菊,王杰,等. PDLC 制备过程中聚合物和液晶的选择 [J]. 液晶与显示,2006,21(5):414-417.
- [8] Kwon K S, Kang D. Fabrication of a flexible cholesteric liquid crystal display based on pixel isolation method [J]. *J. Inf. Display*, 2005, 6 (1): 8-11.

- [9] Penterman R, Klink S I, Koning H D, *et al.* Single-substrate liquid crystal displays by photo-enforced stratification [J]. *Nature*, 2002, 417(6884): 55-58.
- [10] Vogels J P A, Klink S I, Penterman R, *et al.* Robust flexible LCDs with paintable technology [J]. *J. Soc. Inf. Display*, 2004, 12(4): 411-416.
- [11] Jung J W, Park S K, Kwon S B, *et al.* Pixel-isolated liquid crystal mode for flexible display applications [J]. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 2004, 43(7A): 4269-4272.



《中国光学》征稿启事

《中国光学》,双月刊,A4开本;刊号:ISSN 2095-1531/CN22-1400/O4;国内外公开发行,邮发代号:国内 12-140,国外 BM6782。

- ★中国科技核心期刊
- ★中国光学学会会刊
- ★中国学术期刊(光盘版)源期刊
- ★万方数字化期刊全文数据库源期刊
- ★中国科技期刊数据库源期刊
- ★美国《化学文摘》(CA)源期刊
- ★美国乌利希国际期刊指南(Ulrich LPD)源期刊
- ★俄罗斯《文摘杂志》(AJ)源期刊
- ★波兰《哥白尼索引》(IC)源期刊

报道内容:基础光学、发光理论与发光技术、光谱学与光谱技术、激光与激光技术、集成光学与器件、纤维光学与器件、光通信、薄膜光学与技术、光电子技术与器件、信息光学、新型光学材料、光学工艺、现代光学仪器与光学测试、光学在其他领域的应用等。

发稿类型:学术价值显著、实验数据完整的原创性论文;研究前景广阔,具有实用、推广价值的技术报告;有创新意识,能够反映当前先进水平的阶段性研究简报;对当前学科领域的研究热点和前沿问题的专题报告;以及综合评述国内外光学技术研究现状、发展动态和未来发展趋势的综述性论文。

欢迎投稿、荐稿,洽谈合作。

主管单位:中国科学院

主办单位:中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

编辑出版:《中国光学》编辑部

投稿网址:<http://www.chineseoptics.net.cn>

邮件地址:chineseoptics@ciomp.ac.cn; zgngxn@126.com

联系电话:(0431)86176852; (0431)84627061 **传 真:**(0431)84613409

编辑部地址:长春市东南湖大路 3888 号(130033)

《中国光学》编辑部