

PDLC的膜厚对其性能的影响

任娇燕^{1,2}, 冯亚云^{1,2}, 崔宏青^{1,2}, 陈冬静^{1,2}, 凌志华¹

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林长春 130033;

2.中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 用光聚合相分离的方法制备了不同厚度的聚合物分散液晶(PDLC)膜, 研究了膜厚对于PDLC膜形态和电光性能各方面的影响, 考察了不同厚度PDLC膜的聚合物网络形貌、饱和电压及对比度等方面。研究发现随着膜厚的增加, PDLC膜中聚合物网络的网眼分布均匀; 其暗态的透过率降低, 对比度明显增大; PDLC膜的饱和电压也随着膜厚的增加而升高。试验结果表明, 当膜厚在30 μm左右时, PDLC膜综合性能较好。

关键词: 聚合物分散液晶; 膜厚; 电光性能; 对比度

中图分类号: TN104.3 文献标识码: A

Effect of Membrane Thickness on Properties of Polymer Dispersed Liquid Crystals

REN Jiao-yan^{1,2}, FENG Ya-yun^{1,2}, CUI Hong-qing^{1,2},

CHEN Dong-jing^{1,2} LING Zhi-hua¹

(1.Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences. Jilin Changchun 130033, China;

2.Graduate School of Chinese Academe of Science, Beijing 100039, China)

Abstract: PDLC films with different membrane thickness were prepared using photopolymerization induced phase separation method. The effects of membrane thickness on morphology and the electro-optical properties of PDLC films were investigated. The network appearance, contrast ratio and the saturation voltage of the films with different thickness were specially researched. It is found that with the increase of the membrane thickness the meshes of networks distribute uniform, the transmission of the opaque state decreases and the contrast ratio enhancements evidently. The saturation voltage of the films along with the increase of membrane thickness rises. The experiment results indicates, the PDLC films have preferable properties when the membrane thickness is about 30 μm.

Keywords: polymer dispersed liquid crystals (PDLC); membrane thickness; electro-optical properties; contrast ratio

1 引言

聚合物分散液晶(PDLC)是将低分子液晶与预聚物相混合,经聚合反应,形成微米级的液晶微滴均匀分散在聚合物网络中的电光复合材料,其电光特性基于液晶微滴的电控光散射性质,当在PDLC膜两端加一定的电场时,液晶微滴中分子的指向矢沿电场方向取向一致,若选取的液晶与聚合物网络折射率匹配,则PDLC膜呈透明态;当外加电场消失时,由于液晶分子与聚合物网络界面之间的锚定作用,液晶分子指向矢杂乱分布,此时,液晶微滴的有效折射率与聚合物网络不匹配,则PDLC呈散射不透明乳白色状态^[1-3]。相对于传统的液晶显示器件来说,聚合物分散液晶显示器(PDLCD)具有很多优点,例如不需偏振片,制备工艺简单,易于实现大面积柔性显示器等等,在光学调制器、智能玻璃、投影显示和电子书等方面有广阔的应用前景^[4-7]。

制备PDLC膜的方法主要有聚合引发相分离(PIPS)、热引发相分离(TIPS)、溶剂引发相分离(SIPS)和微胶囊封装法^[5]。影响PDLC膜性能的主要因素包括混合物中液晶浓度、制备条件、预聚物中各组分的物理性质等方面,其中膜厚对于PDLC膜电光特性的影响也是很重要的,采用适当的膜厚制备的薄膜可以具有较好的对比度和较低的驱动电压。本文将一定比例的预聚物与液晶的均相体系灌注到预先制备好的不同盒厚的ITO空盒中,采用光聚合引发相分离的方法制备了不同厚度的PDLC膜,研究了膜厚对于PDLC膜形态和电光特性的影响,选取适合制备PDLC膜的膜厚。

2 试验

2.1 PDLC的制备

预先制作从5.9 μm 到40 μm 的ITO空盒样品,如表1所示。将液晶与预聚物按一定比例混合^[1],混合物中的成分及比例如表2所示。本文所选用的齐聚物CN966J75(Staromer提供)为丙烯酸酯聚氨酯类,该类齐聚物的耐光,耐候性优良,不易黄变,一般黏度较低,固化膜较柔韧,对基板

的附着力较好,综合性能比较好^[8];所选用的单体HPA(Aldrich提供)是液晶与齐聚物的良溶剂。将混合物加热到60 $^{\circ}\text{C}$ 并充分搅拌后,混合物呈现透明态为均相体系^[9],在40 $^{\circ}\text{C}$ 下将混合物灌入不同厚度的空盒中,将液晶盒放在光强为5 mW/cm^2 的紫外灯下照射15min进行相分离反应,最后以2 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的降温速度冷却,制备不同厚度的PDLC薄膜。

表1 不同厚度的ITO空盒 表2 混合物的成分

样品	盒厚(μm)	组分	材料	比例(%)
1	5.9	液晶 单体 齐聚物 引发剂	7014-100 ($n_o=1.511, \Delta n=0.165$) HPA CN966J75 二月桂酸二丁基锡	55 25 15 5
2	10			
3	15			
4	20			
5	30			
6	40			

2.2 PDLC性能测试

PDLC的电光性能测试使用改装过的DH-JD2型功率计(北京大学物理系工厂),采用50Hz正弦波电压,采用的激光光源的波段是632.8nm。测试完成后将样品盒浸没在正己烷中36h,使液晶充分溶解在正己烷中,而聚合物网络保留在基板上,从正己烷中取出样品盒,待正己烷完全挥发后,小心掰开样品盒以免破坏网络结构,进行适当干燥处理,表面喷金,使用扫描电子显微镜(SEM, S-4800型)观察聚合物网络的微观形貌。

3 结果与讨论

3.1 厚度对PDLC膜聚合物网络形貌的影响

膜厚在一定程度上影响PDLC膜中液晶微滴的大小和密度。液晶微滴的大小和分布主要受到液晶含量、制备条件、预聚物与液晶的性质的影响^[1]。图1是不同厚度的PDLC膜的聚合物网络扫描电镜图,从图中可以看出在膜厚较小($< 20\mu\text{m}$)时,网眼的大小及分布受膜厚影响较大;在膜厚较大($> 20\mu\text{m}$)时,聚合物网络受薄膜厚度的影响较小,网眼较小且分布均匀。分析认为,如果预聚混合物中的成分及比例一定,且紫外光强度和照射时间相同,在聚合相分离过程中,由于聚合物对基

板的附着力比液晶对基板的附着力要好, 在膜厚较小时, 聚合物大部分附着在基板上, 使得 PDLC 薄膜体系内的液晶浓度受到较大影响, 导致聚合物网络的网眼较大且分布不均匀; 在 PDLC 膜的厚度增大后, 界面对薄膜体系的影响相对较小, 聚

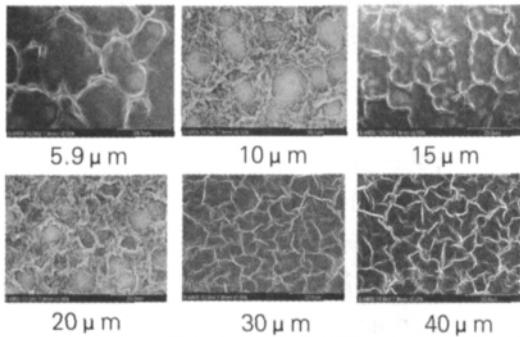


图 1 不同厚度的 PDLC 膜的聚合物网络扫描电镜图片

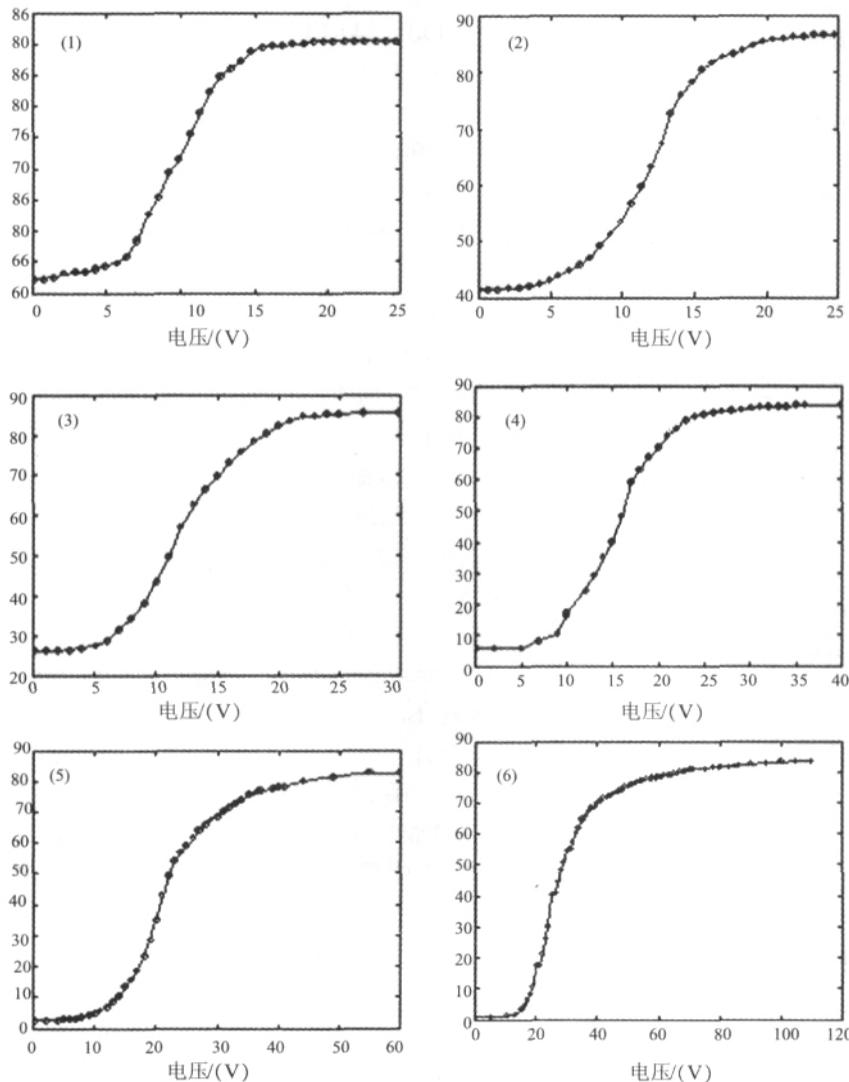


图 2 不同厚度的 PDLC 膜的电光曲线。

(1) $5.9\mu\text{m}$; (2) $10\mu\text{m}$; (3) $15\mu\text{m}$; (4) $20\mu\text{m}$; (5) $30\mu\text{m}$; (6) $40\mu\text{m}$.

合物网络的网眼较小并且分布均匀。

3.2 厚度对 PDLC 膜电光性能的影响

图 2 给出了不同厚度 PDLC 膜电光曲线。从试验结果中可以看出薄膜的厚度对于不加电压时 PDLC 的关态透过率 T_{off} 影响很大。在膜厚小于 $20\mu\text{m}$ 的条件下, PDLC 膜的 T_{off} 较大, 暗态显示效果较差; 这是因为当薄膜厚度较小时, 聚合物网络中网眼的数量很少, 从图 1 中的 SEM 图可以观察到聚合物网络的网眼的尺寸较大且分布不均匀, 因此液晶微滴的数量也很少, 尺寸也较大且分布不均, 在不加电压是液晶微滴的光散射强度降低, 薄膜的漏光现象严重^[10], 使得 PDLC 薄膜的

T_{off} 较大。当 PDLC 膜的厚度大于 $20\mu\text{m}$ 时, T_{off} 较小并随着薄膜厚度的增加而减小, 暗态显示效果较好; 这是由于当薄膜的厚度增加后, 网眼的数量增多, 从图 1 中的 SEM 图还可以观察到聚合物网络的网眼的尺寸较小且分布变得均匀, 因此液晶微滴也有相同的变化趋势, 这使得 PDLC 膜在不加电压时光散射强度增大, 漏光现象也得到改善, 薄膜透过率降低。

试验结果还表明本文中制备的不同厚度的 PDLC 膜在加合适电压后, 亮态透过率 T_{on} 均高于 82%, 亮态显示效果较好。分析认为这主要是由于试验中采用的液晶材料的折射率与高分子聚合体的折射率在加电压后能达到较好的匹配^[11], 因此薄膜的 T_{on} 较大并且膜厚的增加对 T_{on} 影响很小。在这种情况下, PDLC 膜的对比度就会随着厚度的增加而明显增大, 如图 3 所示。

膜厚的变化对 PDLC 膜的驱动电压也有很大的影响。驱动 PDLC 薄膜就是在膜两端加一定的电压, 使微滴中的液晶分子在

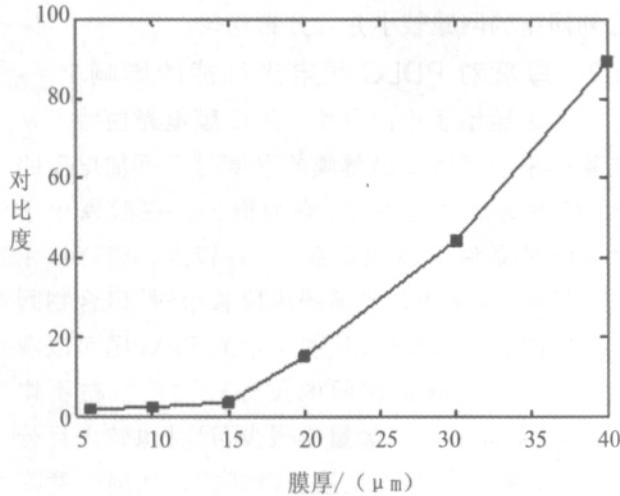


图3 PDLC膜的对比度随膜厚变化曲线

电场作用下克服高分子聚合物基体对它的锚定能,液晶分子的指向矢沿电场方向取向一致。当膜厚增大时,液晶与高分子聚合物基体的界面积增加^[12],因此基体对液晶分子的锚定强度增大,使得PDLC膜的驱动电压增高。图4给出的是不同膜厚的PDLC薄膜的饱和电压,从图4可以很明显的看出,随着薄膜厚度的增加,饱和电压呈上升趋势。

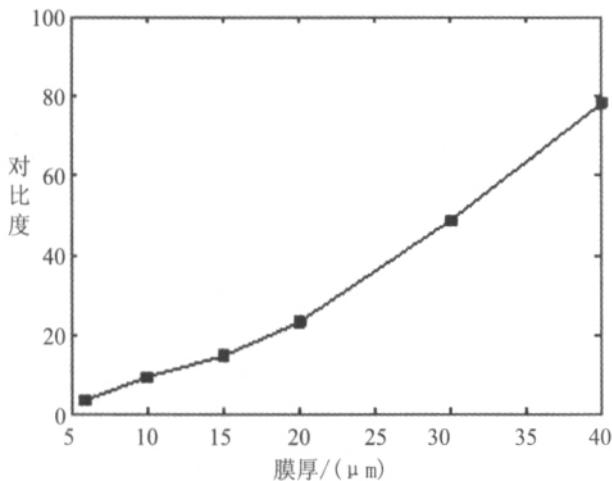


图4 PDLC膜的饱和电压随膜厚变化曲线

4 结论

PDLC膜的厚度对其聚合物网络形貌和光电特性都有较大的影响。在相同的制备条件下,PDLC的膜厚增大到一定厚度后,薄膜中的液晶微滴尺寸较小并且分布均匀;膜厚的增加还可以改善薄膜的暗态显示效果,增大PDLC膜的对比度;但是薄膜厚度的增加也会使得PDLC膜的驱动电

压升高。经比较得出膜厚在 $30\mu\text{m}$ 左右时,PDLC膜具有较高的对比度和较低的驱动电压,综合性能较好。

参考文献:

- [1] Mucha M. Polymer as an important component of blends and composites with liquid crystals [J]. Progress in Polymer Science, 2003, 28(5):837- 873
- [2] Spruce G, Pringle R D. Polymer dispersed liquid crystal (PDLC) films [J]. Electronics and Communication Engineering Journal, 1992, 4 (2):91- 100
- [3] William C. O'Mara Liquid crystal flat panel displays: manufacturing science & technology [M]. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993:144- 146
- [4] West J L. Polymer dispersed liquid crystal for optical application [J]. Mol. Cryst. Liq. Cryst., 1988, 157:427- 431
- [5] 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
- [6] James Dudek, Richard H Kim. Fast PDLC device: United States Patent, US 6,844,904 B2[P]. Jan.18,2005
- [7] 阎斌,王守廉,何杰,等.聚合物结构对PDLC性能的影响[J].液晶与显示,2007,22(2):129- 133
- [8] 王德海,江根,编著.紫外光固化材料-理论与应用[M].北京:辞学出版社,2001:120- 128
- [9] 潘祖仁,孙经武,编著.高分子化学[M].北京:化学出版社,1980:48- 51
- [10] Peng S C, Yu J W, Lee S N. Effect of droplet size on the dielectric properties of PDLC films [J]. J. Polym. Sci. B: Polym. Phys., 1997, 7 (35): 1373- 1381
- [11] 王庆兵,田颜青,高岩,等.聚合物分散型液晶薄膜中折射率匹配的优化[J].现代显示,1997(2):15- 17
- [12] 任洪文,黄锡民,凌志华,等.聚合物分散液晶膜中液晶分子的电场取向效应 [J].液晶与显示,1998,13(3):33- 35

作者简介:任娇燕(1983-),女,山东日照人,硕士研究生,主要从事聚合物分散液晶及铁电液晶器件与材料化学方面的研究,E-mail: renjiaoyan@163.com。