

文章编号:1007-2780(2009)02-0179-04

极性自组装单层膜取向铁电液晶器件

邹忠飞<sup>1,2</sup>, 唐先柱<sup>1,2</sup>, 季新建<sup>1,2</sup>, 鲁星海<sup>1</sup>, 宣 丽<sup>1</sup>

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所 应用光学国家重点实验室, 吉林 长春 130033, E-mail: zouzhu@sohu.com;  
2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

**摘 要:** 采用极性自组装单层膜和摩擦的方法制备了非对称的液晶盒。在铁电液晶相变的过程中不施加电场, 得到了排列均一的铁电液晶器件。实验表明: 极性自组装单层膜极性越大器件的对比度越高。经过分析得出该器件液晶分子取向机理为: 基板附近的铁电液晶通过偶极和极性自组装膜的作用, 使得靠近自组装膜表面处的偶极和靠近摩擦表面的偶极的指向相同, 通过分子的相互作用使得体内分子排列方向一致。

**关 键 词:** 铁电液晶; 自组装单层膜; 单畴  
**中图分类号:** O753<sup>+</sup>.2      **文献标识码:** A

1 引 言

目前各种液晶显示器件普遍采用的是向列相液晶材料。对于高品质的显示器及一些主动光学器件而言, 虽然已经有了很多快速响应措施将向列相液晶的响应时间降低到了几毫秒, 但这个速度仍不能满足要求。表面稳定的铁电液晶虽然具有微秒级的响应速度<sup>[1]</sup>, 但其缺点是难以实现连续灰度显示。具有 N\*-SmC\* 相的铁电液晶可实现连续灰度的显示, 同时具有快速响应、宽视角和高对比度的优点, 是很有应用前景的快速响应液晶显示模式。N\*-SmC\* 相铁电液晶现在的主要问题是难以获得排列均一的铁电液晶器件: 在铁电液晶从 N\* 相降温到 SmC\* 相的过程中, 分子会发生倾斜, 用偏光显微镜观察, 发现器件内部形成明、暗相间的两个畴。施加某一极性的电场只能驱动一种畴变亮, 而另一种畴为暗态。器件内部存在两种畴结构不利于高对比度的实现。

为了得到排列均一的结构, 可以在铁电液晶相变的过程中施加直流电场, 通过电场和铁电液晶偶极的相互作用, 使得铁电液晶在相变的过程中分子倾斜一致<sup>[2]</sup>。现在 N\*-SmC\* 相铁电液晶的取向主要有自组装单层膜、硅烷基光控取向膜<sup>[3,4]</sup>、聚合物稳定铁电液晶<sup>[5]</sup>等方法。但在相

变过程中不加电场时, 自组装单层膜<sup>[6]</sup>、硅烷基光控取向膜、聚合物稳定铁电液晶器件<sup>[7]</sup>的电光特性均为“V”字形, 说明器件内部存在两种畴结构。

最近, Mokabe 等人在基板表面涂覆一层极性聚合物膜, 在不施加电场的情况下, 得到了均一排列的铁电液晶器件<sup>[8]</sup>。本文通过自组装的方法, 在基板上形成一层高有序度的极性膜, 得到了排列均一、电光特性为半“V”字形的器件, 通过改变末端基团改变自组装单层膜的极性, 分析了取向膜的极性对铁电液晶分子取向的影响。

2 实 验

实验中, 取向剂采用的是 RN-1199 (Nissan chem)。铁电液晶材料为 R-2301 (AZ electric materials), 相序为: isotropic 86 °C — N\* 64. 7 °C — SmC\* — 4 °C, 自发极化  $P_s = 3. 5 \text{ nc/cm}^2$ 。在 ITO 玻璃基板上蒸镀一层 SiO<sub>2</sub> 用以保护 ITO, 然后在玻璃基板上旋涂一层取向剂, 固化后摩擦处理。自组装单层膜的结构<sup>[9]</sup>如图 1 所示。实验中制备了两种液晶盒: 用一片带有自组装单层膜的基板和一片摩擦过的基板组成液晶盒, 末端基团为 CN 的自组装单层膜制成的液晶盒为样品 S<sub>1</sub>, 末端基团为 CF<sub>3</sub> 的自组装单层膜制成的液晶盒为样品 S<sub>2</sub>; 采用两片摩擦的基板组成的液晶盒为

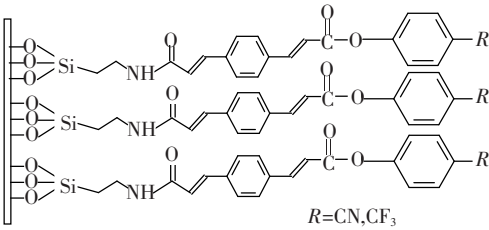


图 1 自组装膜的分子结构

Fig. 1 Chemical structure of self-assemble monolayer

样品  $S_3$  液晶盒的盒厚均为  $2\text{ }\mu\text{m}$ 。将铁电液晶在各向同性相下注入液晶盒,以  $1\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$  的降温速率缓慢冷却,在相变的过程中不施加任何电场。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 取向效果

在偏光显微镜下观察液晶的排列结构如图 2。

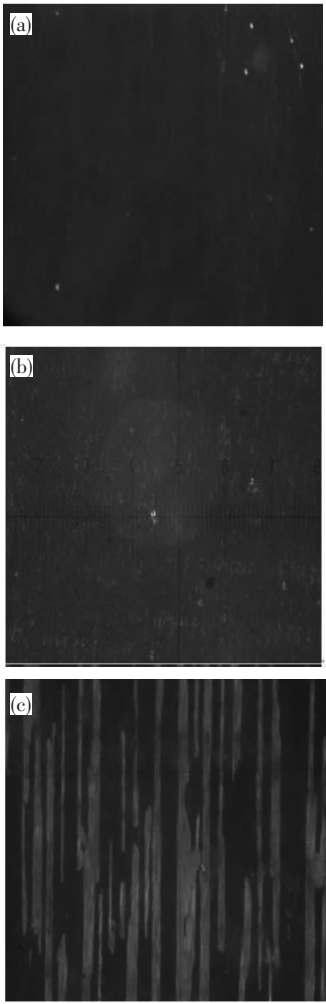


图 2 样品  $S_1$  (a)、 $S_2$  (b)、 $S_3$  (c) 偏光显微镜照片。  
Fig. 2 Polarization microscopy images of sample  $S_1$  (a),  $S_2$  (b) and  $S_3$  (c).

从图 2 中可以看出在相变过程中不施加电场的情况下,一面采用极性自组装膜,另一方面采用摩擦取向的液晶盒  $S_1$ 、 $S_2$  中得到了排列均一的铁电液晶器件,两个基板都摩擦的液晶盒  $S_3$  中,铁电液晶器件内部得到了两种畴结构。采用 LCT-5016C 液晶综合参数仪测量了 3 种样品的对比度分别为 700、500、100。对比度反应液晶排列的一致性,进一步说明了采用自组装单层膜的液晶盒对铁电液晶的取向有很大的影响。

#### 3.2 电光特性曲线

用单极脉冲测量了 3 种样品的电光特性曲线如图 3。从图 3 中可以看出  $S_1$ 、 $S_2$  样品的电光特性曲线为半“V”字形,当施加正电压时,铁电液晶分子发生翻转,透过率改变。当施加负电压时,铁电液晶分子不响应,透过率保持不变。这说明器件内部偶极指向一个方向。 $S_3$  样品的电光特性曲线为“V”字形,当施加正、负电压时铁电液晶分子都发生翻转,透过率都增大,这说明在器件内部,铁电液晶分子的偶极指向两个方向,体内存在两种畴结构。

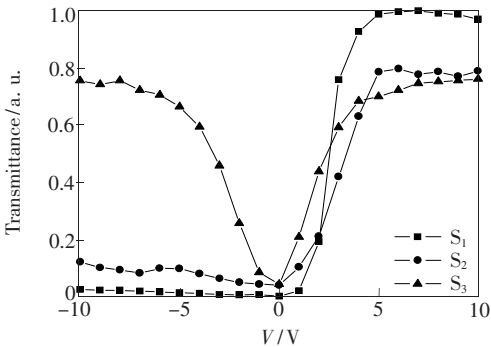


图 3 铁电液晶的电光特性曲线  
Fig. 3 Electro-optic response curves of FLC

#### 3.3 非对称极性液晶盒取向原因

从偏光显微镜照片和电光特性曲线可以看出,采用极性取向膜和摩擦的方法制成的液晶盒,在铁电液晶内部分子指向一致并且偶极指向也一致。这说明极性自组装单层膜对取向铁电液晶起到了关键作用。Clark 通过全内反射(total internal reflection)研究了铁电液晶表面取向,结果指出在铁电液晶和基板接触的表层,铁电液晶偶极指向液晶内部<sup>[10]</sup>。采用两基板摩擦的铁电液晶盒,其上下基板处的偶极指向相反。而铁电液晶内部分子的排列是经由表层取向的液晶决定,通过分子和分子

之间的相互作用使体内的铁电液晶分子排列。所以在铁电液晶内部存在两种偶极指向,最终导致双畴结构的产生。采用自组装单层膜的液晶盒,在自组装单层膜侧由于自组装单层膜含有电负性很强的 CN 和 CF<sub>3</sub> 基团,它们和铁电液晶分子的偶极产生极性力作用,在自组装单层膜一侧的铁电液晶分子偶极指向基板,而在摩擦处理的基板一侧铁电液晶分子的偶极指向液晶内,所以在整个器件内部,铁电液晶偶极只有一种指向,在相变完成后,铁电液晶形成单畴排列状态。

用计算软件利用半经典的量子化学方法计算了两种自组装单层膜的偶极矩。含有 CN 基的自

组装单层膜偶极矩为  $17.88 \times 10^{-30} \text{ C} \cdot \text{m}$ , 含有 CF<sub>3</sub> 的自组装单层膜偶极矩为  $12.61 \times 10^{-30} \text{ C} \cdot \text{m}$ , 这说明表面极性越强,铁电液晶分子偶极和自组装单层膜作用越强,使得表层铁电液晶分子排列的更整齐,从而器件的对比度更高。

4 结 论

用自组装的方法在基板上形成极性单层膜。采用自组装极性膜和摩擦处理的方法制备了非对称液晶盒,在铁电液晶相变的过程中不施加电场,得到了排列均一、对比度高、电光特性为半“V”字形的铁电液晶器件。

参 考 文 献:

[ 1 ] Clark N A, Lagerwall S T. Submicrosecond bistable electro-optic switching in liquid crystals [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1980, 36(11): 899-901.

[ 2 ] 乌日娜, 彭增辉, 鲁兴海, 等. N-Sc 相变铁电液晶的排列 [J]. *液晶与显示*, 2004, 19(6): 427-430.

[ 3 ] Walba David M, Charles A, Clark N A. Self-assembled monolayers for liquid crystal alignment: simple preparation on glass using alkyltrialkoxysilanes [J]. *Liquid Crystals*, 2004, 31(4): 481-489.

[ 4 ] Naciri J, Fang Y, Moore. Photosensitive triethoxysilane derivatives for alignment of liquid crystals [J]. *Chem. Mater.*, 2000, 12(11): 3288-3295.

[ 5 ] 李静, 邹忠飞, 乌日娜, 等. 柔性双官能团聚合物制备网络稳定铁电液晶器件 [J]. *液晶与显示*, 2002, 22(1): 6-10.

[ 6 ] Zou Z F, Yao L S, Xuan L. Fabrication a mono-domain alignment ferroelectric liquid crystal device using a polar self-assembled monolayer [J]. *Chin. Phys. Lett.*, 2008, 25(7): 2524-2526.

[ 7 ] Shunsuke K, Jun X, Hirokazu F. Fabrication and electro-optic characteristics of polymer-stabilized V-mode ferroelectric liquid crystal display and intrinsic H-V-mode ferroelectric liquid crystal displays: their application to field sequential fullcolor active matrix liquid crystal displays [J]. *Opt. Eng.*, 2004, 43(2): 290-298.

[ 8 ] Okabe M, Sawatari N, Ishikawa M. A novel mono-domain alignment method for FLCs applied to half-V-shape-mode field-sequential-color displays [J]. *SID Digest*, 2005, 36(1): 1084-1087.

[ 9 ] 姚丽双. 铁电液晶周期性结构取向的排列研究 [D]. 长春: 长春光学精密机械与物理研究所, 2008: 28-31.

[ 10 ] Ue J, Clark N, Meadows M R. Surface orientation transitions in surface stabilized ferroelectric liquid crystal structures [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1988, 53(24): 2397-2400.

Alignment of Ferroelectric Liquid Crystal Device  
Using a Polar Self-Assembled Monolayer

ZOU Zhong-fei<sup>1,2</sup>, TANG Xian-zhu<sup>1,2</sup>, JI Xin-jian<sup>1,2</sup>, XUAN Li<sup>1</sup>

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences,  
Changchun 130033, China, E-mail: zouzhf@gmail.com;  
2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract

A mono-domain ferroelectric liquid crystal device (FLCD) has been fabricated using an

asymmetric cell, typically the combination of a polar self-assembled monolayer (SAM) for one substrate and a rubbed polyimide for the other substrate. The contrast ratio increases with the polarity of SAM. It is believed that the directions of  $P_s$  near the SAM and the rubbed substrates are same by the action of  $P_s$  and SAM, then via molecule-molecule correlation through a surface-bulk transition region, the molecule in bulk is aligned along one direction.

**Key words:** ferroelectric liquid crystal; self-assembled monolayer; mono-domain

作者简介:邹忠飞(1980—),男,内蒙古呼伦贝尔人,博士,主要从事铁电液晶器件的研究。

（上接 178）

例:[12]西安电子科技大学. 光折变自适应光外差探测方法:中国,01128777.2[P/OL]. 2002-03-06[2002-05-28]. <http://211.152.9.47/sipoasp/zljs/hyjs-yx-new.asp?recid=01128777.2&leixin=0>.

**电子文献:**[序号]主要责任者. 题名:其他题名信息[文献类型标志]. 出版地:出版者,出版年(更新或修改日期)[引用日期]. 获取和访问路径.

例:[13]PACS-L: the public-access computer systems forum[EB/OL]. Houston,Tex: University of Houston Libraries, 1989[1995-05-17]. <http://info.lib.edu/pacsl.html>.

例:[14]Online Computer Library Center, Inc. History of OCLC [EB/OL]. [2000-01-08]. <http://www.oclc.org/about/history/default.htm>.

2. 文后参考文献应在正文中引用该文献处进行标注。
3. 关于作者姓名,姓在前,名在后(拉丁文只用缩写);作者 3 人以下应全部列出,4 人以上仅列出前 3 人,其后加“等”(外文加“et al”)。
4. 注意参考文献标注的标点符号、次序,并不得缺项。
5. 参考文献著录不规范的有可能影响文章的录用。

注:文献类型和电子文献载体标志代码:

## 文献类型和标志代码

| 文献类型 | 标志代码 | 文献类型  | 标志代码 |
|------|------|-------|------|
| 普通图书 | M    | 报告    | R    |
| 会议录  | C    | 标准    | S    |
| 汇编   | G    | 专利    | P    |
| 报纸   | N    | 数据库   | DB   |
| 期刊   | J    | 计算机程序 | CP   |
| 学位论文 | D    | 电子公告  | EB   |

## 电子文献载体和标志代码

| 载体类型              | 标志代码 |
|-------------------|------|
| 磁带(magnetic tape) | MT   |
| 磁盘(disk)          | DK   |
| 光盘(CD-ROM)        | CD   |
| 联机网络(online)      | OL   |