

偶氮聚合物结构与表面起伏光栅参数 对液晶取向的影响*

郭妙才^{1,2} 和亚宁¹ 王晓工^{1**}

(¹ 清华大学 教育部先进材料重点实验室 化工系 高分子研究所 北京 100084)

(² 中航复合材料有限责任公司中航复合材料技术中心 北京航空材料研究院先进复合材料重点实验室 北京 100095)

摘 要 利用几种含不同生色团和具有不同生色团密度的偶氮聚合物刻写了表面起伏光栅 (SRGs), 研究了偶氮聚合物结构、不同起伏深度、周期和写入偏振态的表面起伏光栅对液晶取向性能的影响. 对线偏振 $p + p$ 干涉激光在 BP-AZ-CN 膜上刻写的表面起伏光栅, 随着表面起伏深度增加, 对 5CB 液晶的取向能力逐渐增强. 在 BP-AZ-CA 和 PA-AZ-CA 薄膜上刻写的周期为 800 和 1200 nm 的光栅, 在光栅深度从 16 ~ 100 nm 都能诱导液晶均一取向排列. 对起伏深度接近的 BP-AZ-CA 膜 SRGs, 周期为 800 nm 的 SRGs 诱导液晶的取向的能力明显优于周期 1200 nm 的 SRGs. 对周期同样为 1200 nm, PA-AZ-CA 表面光栅比 BP-AZ-CA 光栅具有更好的液晶取向能力. 对于用圆偏振 RCP + LCP 干涉激光在 PA-AZ-CA 膜上刻录的 SRGs, 则观察不到液晶在 SRGs 表面的单轴取向. 基于上述结果, 对不同偶氮聚合物的分子结构及其 SRGs 的表面沟槽和膜内分子取向等因素对液晶取向的影响进行了讨论.

关键词 偶氮聚合物, 液晶, 取向, 表面起伏光栅, 结构

液晶显示在现代社会的方方面面发挥着十分重要的作用. 使液晶分子在液晶盒内均匀可控取向是液晶显示器制作的关键. 通过摩擦法在聚酰亚胺薄膜表面产生沟槽, 是目前制备液晶定向层的主要方法. 该方法在显示设备制作中获得了广泛应用的同时, 也存在着一些问题和局限性, 如摩擦产生灰尘、静电等, 会严重影响显示器的质量; 同时摩擦法不利于制备大面积定向层, 也难以得到多畴或曲面分布的定向层等^[1-3].

由于以上问题, 有关新型的液晶定向层材料和制备的研究在近年来成为了关注的焦点. 提出的定向层制备的其他方法包括: SiO₂ 倾斜蒸镀膜法、线性偏振光聚合法、利用干涉激光在聚合物表面刻写微沟槽等^[4-7]. 光诱导产生偶氮聚合物表面起伏光栅 (SRGs) 是偶氮聚合物的一种独特性能^[8]. 利用表面起伏光栅是一种非接触法制备液晶定向层的新途径^[9-12]. 和亚宁等初步研究了液晶在一种环氧树脂基偶氮聚合物光栅的定向性能, 表明偶氮光栅对液晶具有较好的定向^[11]. Kim

等研究了不同偏振光场刻录的偶氮 SRGs 对液晶定向的影响^[9], 发现写入光的偏振态对液晶在光栅表面的取向起着决定性作用. Lee 等的结果则表明液晶在光栅表面的取向是偶氮生色团取向和光栅形貌这两种因素的叠加^[12]. 利用软印刷复制偶氮聚合物表面起伏光栅, 还可进一步拓展利用表面起伏光栅制备液晶定向层的方法^[13,14]. 在避免摩擦法局限性的同时, 该技术有望用来制造柔性显示器. 但以上研究均没有针对不同分子结构的偶氮聚合物得到的光栅的液晶取向特性, 偶氮聚合物由于结构、官能团、官能团密度之间差异会对液晶取向性能带来较大的影响.

此外有关定向层诱导液晶分子的取向一直存在两种不同的理论. 一是基于膜表面或内部各向异性的分子排列对液晶分子产生各向异性的相互作用力, 提出各向异性相互作用诱导液晶分子取向. 二是根据液晶分子在沟槽里排列的最低弹性原理, 认为液晶分子倾向于沿着沟槽方向排列^[15]. 但传统的摩擦法在产生表面沟槽的同时,

* 2013-04-01 收稿, 2013-05-31 修稿; 国家自然科学基金 (基金号 51061130556) 资助项目.

** 通讯联系人, E-mail: wxg-dce@mail. tsinghua. edu. cn

也会导致表面分子的取向排列. 因此, 很难确定究竟那一种作用是主要因素. 利用不同方法构造具有沟槽和分子取向的膜, 研究液晶的定向机理已有报道^[16]. 研究不同结构的偶氮聚合物得到的表面光栅可以更深入地理解这两种机制的对取向的影响, 并进一步探索偶氮分子结构对这两种因素的影响, 对设计适用的偶氮聚合物材料具有一定参考意义.

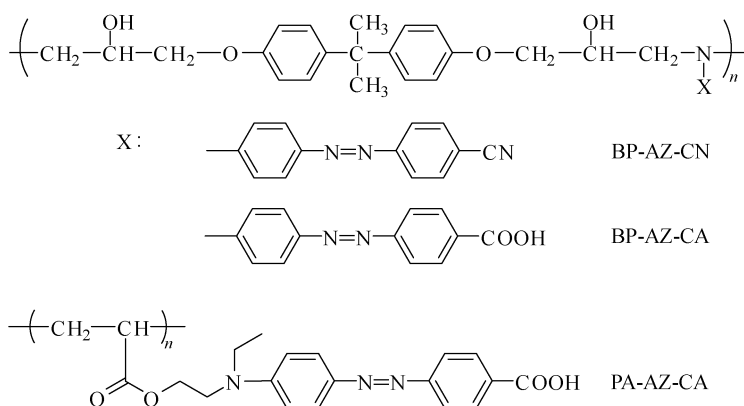
在研究中, 我们选取了 3 种含不同偶氮生色团和生色团密度的偶氮聚合物 (BP-AZ-CN, BP-

AZ-CA 及 PA-AZ-CA), 研究了聚合物结构、光栅周期、光栅深度和写入光偏振态对光栅的液晶定向能力的影响, 探讨了上述因素对液晶定向的影响规律和机理.

1 实验部分

1.1 材料及处理

实验中所用偶氮聚合物的化学结构和简称如下:



上述聚合物均为本实验室合成. BP-AZ-CA 和 BP-AZ-CN 的合成先利用苯胺与双酚 A 聚合得到环氧预聚物, 再通过重氮化偶合得到, 其合成步骤和表征参考文献[17]方法. PA-AZ-CA 通过先合成得到聚丙烯酰氯, 再与 4-(4'-(N-乙基-N-羟乙基)氨基苯基偶氮)苯甲酸反应得到, 其合成步骤和表征参考文献[18,19]方法. 5CB 液晶购自石家庄实力克液晶技术有限公司.

1.2 基板处理

ITO 玻璃通过商业途径购置, ITO 玻璃的表面先利用铬酸洗液浸泡 10 min, 随后用水冲洗, 再用去离子冲洗, 最后在乙醇中超声 5 min 后, 利用吹风机吹干备用.

1.3 旋涂膜制备

将 BP-AZ-CA、BP-AZ-CN、PA-AZ-CA 分别溶于 DMF 配成 10 wt% 的溶液, 用 0.45 μm 的微孔滤膜过滤后, 放置备用. 将玻璃片置于旋涂机上吸牢, 吹热后快速涂上一层偶氮聚合物溶液, 800 r/min 旋涂 35 s, 然后于 70 $^{\circ}\text{C}$ 真空烘箱中烘干备用.

1.4 表面起伏光栅 (SRGs) 的制备

SRGs 的刻录分别利用两束干涉的线偏振方向平行于入射光平面的 Ar^+ 激光 (p + p 偏振) 和

两束分别为左右圆偏振的干涉激光 (RCP + LCP), SRGs 的深度通过写入时间和衍射效率控制.

1.5 液晶盒组装

将一对表面刻有光栅深度和周期相近的偶氮 SRGs 的 ITO 片, 利用 25 μm 厚的聚酰亚胺间隔膜组装成液晶盒, 利用环氧基 AB 胶封装. 等胶固化后, 将液晶盒和 5CB 都加热到 40 $^{\circ}\text{C}$ 或以上, 将处于各向同性的 5CB 利用毛细作用缓慢灌注入液晶盒中, 随后冷却到室温并封装灌入口.

1.6 表征及其它

SRGs 深度的测定使用 NanoscopeIIIa 型扫描探针显微镜, 利用 Tapping 模式测量光栅的深度. 液晶盒亮暗态照片拍摄是将同一组液晶盒一起置于带有偏振片的灯箱上, 在液晶盒上方覆盖一个正交的偏振片, 转动液晶盒可以观察到液晶盒的明暗周期变化, 液晶盒的照片利用 Nikon coolpix 4500 数码相机拍摄. 采用 Olympus B2 series 偏光显微镜观察偏光显微图, 并利用 Nikon coolpix 4500 相机进行拍摄. 透过率-角度曲线测定是将透过显微镜的光接入到光探头中, 在完全无光的情况下定义为 0 点, 取 2 个偏振片平行时的光强为 I_0 , 置于液晶盒后, 取透过正交起偏器和检偏器

后的光强为 I , $T = I/I_0 \times 100\%$.

2 结果与讨论

2.1 光栅材料和参数对液晶取向的影响

本文中选取的 BP-AZ-CN 为一种线性环氧树脂主链,侧链为末端带有氰基的偶氮生色团的聚合物,BP-AZ-CA 和 PA-AZ-CA 则侧链为末端带有羧基的偶氮生色团的聚合物,而 PA-AZ-CA 的主链为丙烯酸酯,因此相对于另外两种偶氮聚合物具有较高的生色团密度. 本文以这 3 种聚合物作为表面起伏光栅的材料,探讨偶氮生色团和生色团密度对液晶取向行为的影响.

液晶显示器为被动器件,液晶盒在正交偏振光场中根据取向方向不同会呈现交替的明暗变化,这种对比度可以作为液晶定向层对液晶定向能力,即诱导液晶单轴取向有序度能力的一个依据. 在 BP-AZ-CN 膜上刻写不同深度的光栅诱导液晶定向的比较见图 1. 图 1 上下两行分别为利用线偏振 $p + p$

干涉激光在 BP-AZ-CN 膜上刻录的 SRGs 作为定向层组装的液晶盒的暗态和亮态图,分别对应光栅沟槽方向与起偏器平行和 45 度角两种情况. 其中明暗明显变化区域是刻有光栅的区域. 图下方数据为光栅深度,周期均为 800 nm.

从图 1 可以看到随着光栅深度增加,SRGs 对液晶的定向能力逐步增强,在光栅深度达到一定值以后才对 5CB 液晶有微弱的定向,在光栅深度到 100 nm 以上对 5CB 液晶才有较好的定向. 液晶盒对比度数据由透过率-角度关系曲线取 $T_{\max}/T_{\min}$ 给出,测试区域在光栅内圆心附近,由此得到从浅到深的光栅组装的液晶盒的对比度依次为 2.5,10.3,9.3,11.9,11.6,12.0,当光栅深度达到 138 nm 以后,液晶盒对比度趋近于极限值. 从图 1 还可以看到另一个特征,即随着光栅深度的增加,定向较好的区域也逐渐扩大. 这说明在有光栅部分的液晶分子取向可带动在相邻区域的液晶分子有序排列.

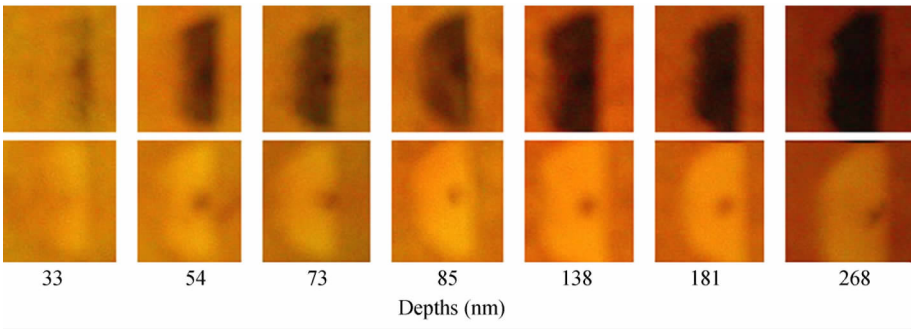


Fig. 1 Optical images of LC cells at dark (upper) and bright (lower) states
The LC cells were fabricated by two pieces of ITO slides coated with BP-AZ-CN gratings of different depths recorded by $p + p$ interfering beams. Period: 800 nm

图 2 为线偏振 $p + p$ 干涉激光在 BP-AZ-CA 膜上刻录的 SRGs 作为定向层组装的液晶盒的暗态和亮态图. 图中数据为光栅深度,SRGs 周期均

为 800 nm. 与 BP-AZ-CN 不同,对于 BP-AZ-CA 膜上刻录的光栅,在光栅起伏深度很小情况下 (12 nm),对液晶就有很好的定向,光栅从浅到深对比

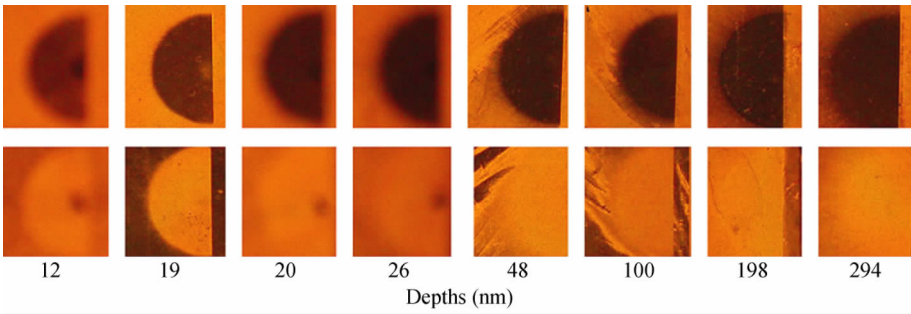


Fig. 2 Optical images of LC cells at dark (upper) and bright (lower) states
The LC cells were fabricated by two pieces of ITO slides coated with BP-AZ-CA gratings of different depths recorded by $p + p$ interfering beams. Period: 800 nm

度依次为: 7.5, 11.2, 10.3, 10.0, 12.7, 11.8, 12.7, 12.2. 在光栅起伏深度达到 20 nm 时候, 就有较好的明暗对比度, 当光栅达到 48 nm 以上后, 对比度趋近于一个极限值. 图 2 和图 1 不同的一点是, 不管光栅深度多少, 液晶在整个光栅区域都有比较均一的定向. 上述实验结果说明, BP-AZ-CA 是一种较适合制备液晶定向层的材料.

表面起伏光栅的另一个重要参数是光栅周期. 将光栅周期为 1200 nm 的 SRGs 作为定向层组装液晶盒, 研究了其对液晶的定向性能. 图 3 为利用线偏振 p + p 干涉激光在 BP-AZ-CA 膜上刻录 SRGs 组装得到液晶盒的暗态和亮态图. 图下方数据为上下两片定向层 SRGs 的表面起伏深度, SRGs 周期均为 1200 nm. 从图 3 可以看到对于这种周期为 1200 nm 的 SRGs, 对液晶分子的定向能力明显弱于周期为 800 nm 的 SRGs. 而且随光栅深度的增加, 对液晶定向能力的变化呈现先增强, 而后减弱的趋势. 从浅到深的光栅组装的液晶盒对比度依次为: 4, 6, 9, 5, 4. 这些数据表明, 对于周期为 1200 nm 的 BP-AZ-CA 膜上刻录的 SRGs, 对 5CB 液晶的定向效果不明显.

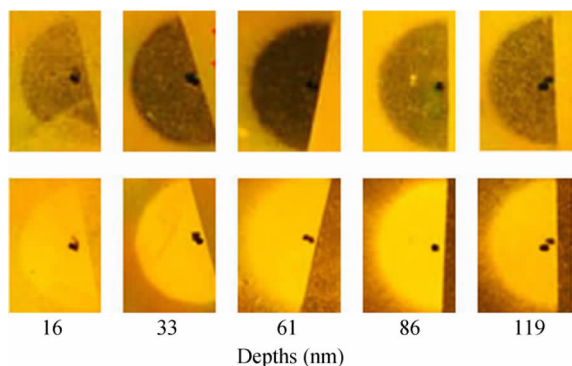


Fig. 3 Optical images of LC cells at dark (upper) and bright (lower) states
The LC cells were fabricated by two pieces of ITO slides coated with BP-AZ-CA gratings of different depths recorded by p + p interfering beams. Period: 1200 nm

图 4 为利用线偏振 p + p 干涉激光在 PA-AZ-CA 膜上刻录的 SRGs 作为定向层组装的液晶盒的暗态和亮态图. 图 4 下方数据为上下 2 片 SRGs 的表面起伏深度, 光栅周期均为 1200 nm. 可以看到, 在 PA-AZ-CA 膜上刻录的 SRGs, 在其他条件相近的情况下, 对 5CB 液晶定向能力强于 BP-AZ-CA. 从浅到深的光栅组装的液晶盒对比度依次为 11.3, 11.8, 11.8, 11.6, 12.5. 结果说明, 周期为 1200 nm 的 PA-AZ-CA 膜上刻录的 SRGs 对 5CB

液晶具有较好的定向能力. 此外, 从图上看到, 不仅液晶在整个刻有光栅的半圆形区域都有均匀的定向效果, 当在光栅深度足够大时, 光栅区域外部的液晶盒内 5CB 液晶分子也诱导取向.

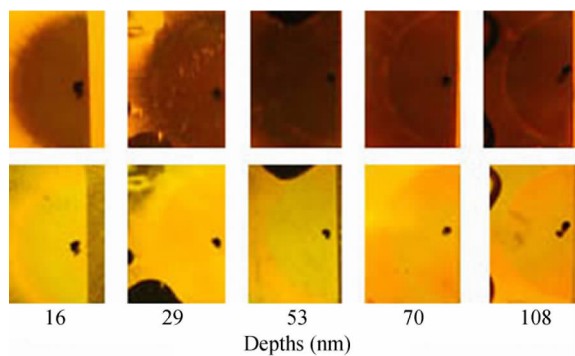


Fig. 4 Optical images of LC cells at dark (upper) and bright (lower) states
The LC cells were fabricated by two pieces of ITO slide coated with PA-AZ-CA gratings of different depths recorded by p + p interfering beams. Period: 1200 nm

2.2 写入光偏振态对液晶取向的影响

图 5 为圆偏振 RCP + LCP 偏振干涉激光刻写得到的 PA-AZ-CA 光栅制作的液晶盒的暗态和亮态图. 图下方数据为上下 2 片光栅的深度, 周期均为 1200 nm. 可以看到即使对于 132 nm 的光栅, 仍然无法诱导液晶均一取向. 与线偏振激光刻写的光栅不同, 对于 RCP + LCP 刻写的 SRGs, 偶氮聚合物中偶氮生色团没有在面内的宏观各向异性. 因此, 在相当深的 SRGs 上, 液晶分子仍然无法沿沟槽方向均一排列, 表现为液晶盒几乎没有明暗变化.

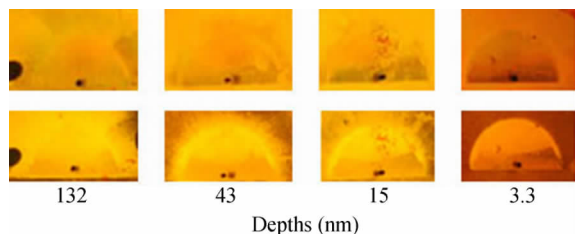


Fig. 5 Optical images of LC cells at dark (upper) and bright (lower) states
The LC cells were fabricated by two pieces of ITO slide coated with PA-AZ-CA gratings of different depths recorded by RCP + LCP interfering beams. Period: 1200 nm

2.3 讨论

仅有表面起伏而没有分子间各向异性作用的光栅对液晶分子的锚定强度表达式为^[15,16]:

$$A_g = \frac{2\pi^3}{\lambda^3}ka^2 \tag{1}$$

其中 A_g 为锚定强度, λ 为光栅周期, k 为液晶弹性常数, a 为光栅深度, 光栅沟槽作用对液晶的锚定作用是随着光栅深度增加而按二次方增加, 而随着周期增加锚定强度按三次方变小. 从以上结果也可以看到, 对于线偏振 $p + p$ 干涉激光写入的光栅, 随着沟槽深度增加, SRGs 的液晶定向能力逐渐增强, 而周期为 800 nm 的 SRGs 相对于周期为 1200 nm 的 SRGs 具有较好的定向能力.

从图 1 可以明显看到光栅从浅到深时, 光栅对液晶的定向性能明显增强. 由于光束调制内在的特征, 干涉光表现的光强从靠近半圆直径位置到半圆边缘逐渐递减, 使得光栅的深度在半圆上分布并不均匀, 表现为从靠近直径位置到半圆边缘逐渐递减. 每一个深度的光栅 (数据为近圆心处光栅的深度) 也同样说明了这个趋势, 即越靠近直径或圆心处的位置, 对液晶的定向能力越强, 越靠近半圆边缘的位置, 对液晶的定向能力越弱. 以上说明对于 BP-AZ-CN 的光栅, 其对液晶的定向主要是由光栅沟槽决定的, 即液晶分子在沟槽里的最低弹性能原理起到了主导作用.

但上述实验结果同时说明, 不仅光栅的形状尺寸对液晶定向有重要作用, 分子间各向异性相互作用也十分重要. 对于偶氮聚合物 SRGs, 不仅表面具有正弦波形的起伏沟槽, 同时也存在分子的取向. 图 6 为线偏振 $p + p$ 干涉激光和圆偏振 RCP + LCP 干涉激光调制在膜表面产生的光场示意图. 对于 $p + p$ 干涉激光调制的光场, 其光场电矢量始终垂直于光栅沟槽, 强度按一定周期强弱变化. 因此, 由于光场的光致取向作用^[20,21], 诱导偶氮聚合物的偶氮生色团在平行于沟槽方向取向. 在此种情况下, 沟槽和分子间各向异性作用对液晶的定向作用是一致的, 即两种效应对液晶定向排列是叠加的. 而对于 RCP + LCP 干涉激光调制的光场, 其光场电矢量在平面内转动, 偶氮聚合物的偶氮生色团取向倾向于垂直于光场电矢量方向, 则认为分子在膜面内的分布是准各向同性的.

对比图 2 和图 3 可以看出, 当光栅沟槽的效应和分子取向诱导的效应一致时, 周期为 800 nm 的光栅的定向性能优于周期为 1200 nm 的光栅. 对比图 3 和图 4 可以看出, 对于 BP-AZ-CA 和 PA-AZ-CA, 由于后者的偶氮生色团密度明显较高, 偶氮分子取向诱导的效应占据了主要地位. 同时, 由

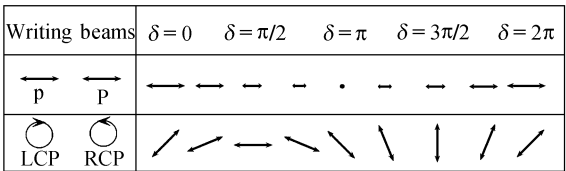


Fig. 6 Schematic diagram of optical phase variations using two interfering laser beams

于表面起伏光栅产生时, 先产生了分子取向, 随后才发生偶氮的宏观质量迁移^[21], 这导致对于光栅深度很浅的光栅反而对液晶较好的定向, 而且在整个范围内分布都比较均匀. 图 5 的结果可以进一步说明此点. 对于 PA-AZ-CA 的光栅, 利用圆偏振 RCP + LCP 刻写的周期为 1200 nm 的光栅在深度达 132 nm 时对液晶分子仍然没有明显的定向作用. 即对于 PA-AZ-CA, 分子取向对诱导液晶分子取向起到了主导性的作用.

从上面的结果看到, 偶氮分子的表面沟槽及分子取向两个因素对诱导液晶分子定向排列均有显著的作用, 而且不仅仅是以往研究表明的光栅沟槽和写入光偏振态结构对液晶在偶氮光栅上的取向有着明显的影响, 偶氮聚合物本身的结构对其定向作用也有着显著的影响, 这种结构的差异可能造成光栅分子取向和光栅沟槽对液晶取向这两者因素中的主导的一方发生改变, 进而改变液晶分子在光栅上的取向性质. 对于上述 3 种材料, 侧链为氰基偶氮生色团的 BP-AZ-CN 的光栅沟槽效应起着主导作用, 侧链为羧基偶氮生色团的 BP-AZ-CA 的表面沟槽及分子取向均有重要作用; 而具有更高密度的侧链为羧基偶氮生色团的 PA-AZ-CA 则是取向起到了主导作用. PA-AZ-CA 光栅相对于 BP-AZ-CA 光栅具有更好的定向作用, 也可归因于羧基与液晶分子间作用较强所致, 而且 PA-AZ-CA 相对于 BP-AZ-CA 具有更高的羧基密度. 以上结果对于制备偶氮材料的定向层的材料选择和调控液晶分子在偶氮表面起伏光栅的取向也具有一定的参考意义.

3 结论

利用线偏振 $p + p$ 干涉激光在 3 种不同的偶氮聚合物: 侧链为氰基偶氮生色团的 BP-AZ-CN、侧链为羧基偶氮生色团的 BP-AZ-CA 和侧链为羧基偶氮生色团且具有更高官能团密度的 PA-AZ-CA 薄膜上刻写的不同深度和周期的 SRGs, 研究

了其作为液晶定向层对 5CB 液晶的定向能力. 研究发现对于 BP-AZ-CN 光栅,随着光栅深度增加,对液晶的定向能力逐渐增强,其定向能力主要由光栅的深浅决定. 而周期 800 nm 的 BP-AZ-CA 光栅和周期 1200 nm 的 PA-AZ-CA 光栅,在光栅深度从 16 ~ 100 nm 以上都能诱导液晶定向排列. 深

度接近的 BP-AZ-CA 光栅,周期 800 nm 的光栅诱导液晶定向的能力明显强于周期 1200 nm 的光栅. 周期同为 1200 nm 的 PA-AZ-CA 光栅具有比 BP-AZ-CA 光栅更好的液晶定向能力. 对于用 RCP + LCP 干涉激光在 PA-AZ-CA 光栅,则观察不到液晶在 SRGs 表面的单轴取向.

REFERENCES

- 1 Shannon P J, Gibbons W M, Sun S T. *Nature*, 1994, 368: 532 ~ 533
- 2 Kim S I, Ree M, Shin T J, Jung J C. *J Polym Sci Part A*, 1999, 37: 2909 ~ 2921
- 3 Hoogboom J, Rasing T, Rowan A E, Nolte R J M. *J Mater Chem*, 2006, 16: 1305 ~ 1314
- 4 Schadt M, Schmitt K. *Jpn J Appl Phys*, 1992, 31: 2155 ~ 2164
- 5 Hahm S G, Lee T J, Ree M. *Adv Func Mater*, 2007, 17: 1359 ~ 1370
- 6 Lee S W, Kim S I, Lee B, Choi W Y, Chae B, Kim S B, Ree M. *Macromolecules*, 2003, 36: 6527 ~ 6536
- 7 Newsome C J, O' Neill M, Farley R J, Bryan-Brown G P. *Appl Phys Lett*, 1998, 72: 2078 ~ 2080
- 8 Rochon P, Batalla E, Natansohn A. *Appl Phys Lett*, 1995, 66: 136 ~ 138
- 9 Kim M H, Kim J D. *Liq Cryst*, 2000, 27: 1633 ~ 1640
- 10 Chung D H, Fukuda T, Takanishi Y, Ishikawa K, Matsuda H, Takezoe H, Osipov M A. *J Appl Phys*, 2002, 92: 1841 ~ 1844
- 11 He Yaning(和亚宁), Ren Hongfeng(任鸿烽), Shi Lin(石琳), Wang Xiaogong(王晓工). *Acta Polymerica Sinica(高分子学报)*, 2004, (8): 617 ~ 619
- 12 Lee G, Lee J, Kim J, Hwang U, Oh C, Park B, Lee Y, Paek S. *Mol Cryst Liq Cryst*, 2004, 424: 75 ~ 83
- 13 Kim Y T, Hwang S, Hong J H, Lee S D. *Appl Phys Lett*, 2006, 89: 173506
- 14 He Yaning(和亚宁), Liu Bin(刘斌), Ren Hongfeng(任鸿烽), Wang Xiaogong(王晓工). *Acta Polymerica Sinica(高分子学报)*, 2006, (7): 908 ~ 911
- 15 Berreman D W. *Mol Cryst Liq Cryst*, 1973, 23: 215 ~ 231
- 16 Lin C J, Hong G T, Pan R P. *Mol Cryst Liq Cryst*, 2009, 512: 91 ~ 99
- 17 He Y N, Wang X G, Zhou Q X. *Polymer*, 2002, 43: 7325 ~ 7333
- 18 He Y N, Wang H P, Tuo X L, Deng W, Wang X G. *Optical Materials*, 2004, 26: 89 ~ 93
- 19 He Yaning(和亚宁), Li Xinyang(李昕阳), Fan Pengwei(范鹏伟), Wang Xiaogong(王晓工). *Acta Polymerica Sinica(高分子学报)*, 2007, (3): 289 ~ 292
- 20 Kumar J, Li L, Jiang X L, Kim D Y, Lee T S, Tripathy S K. *Appl Phys Lett*, 1998, 72: 2096 ~ 2098
- 21 Pedersen T G, Johansen P M, Holme N C R, Ramanujam P S, Hilvsted S. *Phys Rev Lett*, 1998, 80: 89 ~ 92

EFFECTS OF AZO POLYMER STRUCTURES AND SURFACE-RELIEF GRATING PARAMETERS ON LIQUID CRYSTAL ALIGNMENT BEHAVIOR

Miao-cai Guo^{1,2}, Ya-ning He¹, Xiao-gong Wang¹

(¹ Department of Chemical Engineering, Key Laboratory of Advanced Materials MOE, Tsinghua University, Beijing 100084)

(² National Key Laboratory of Advanced Composites, AVIC Composites Company Ltd., AVIC Composites Center, Beijing Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095)

Abstract The liquid-crystal (LC) alignment properties of surface relief gratings (SRGs) of different azo polymers and their correlations with grating parameters and polarizations of writing beams were studied. Three azo polymers with different kinds of azo chromophores and different chromophore densities were used in this study. The contrasts ($T_{\max}/T_{\min}$) and optical photographs of different liquid crystal cells were compared to determine the alignment properties. For the gratings with a period of 800 nm recorded by p + p interfering Ar⁺ laser beams on the epoxy based azo polymer containing 4-cyanoazobenzene chromophores (BP-AZ-CN) films, the ability for aligning liquid crystal increased with the increase of grating depths. For gratings of the epoxy based azo polymer containing 4-carboxylazobenzene chromophores (BP-AZ-CA) with a period of 800 nm and the gratings of the polyacrylate based azo polymer containing 4-carboxylazobenzene chromophores (PA-AZ-CA) with a period of 1200 nm, the liquid crystal showed uniform alignment when the grating depth was in a range from 16 to 100 nm. For the BP-AZ-CA gratings with a similar depth, the liquid crystal showed better alignment on the gratings with a period of 800 nm than gratings with a period of 1200 nm. Compared with BP-AZ-CA and PA-AZ-CA gratings with a period of 1200 nm, liquid crystal shows a better alignment on the PA-AZ-CA gratings. For the PA-AZ-CA gratings inscribed by RCP + LCP interfering Ar⁺ laser beams, no unidirectional alignment was observed even for the gratings depths over 100 nm. Above results can offer a better understanding of the effect of polymer structures and grating parameters on the liquid crystal alignment performance.

Keywords Azo polymer, Liquid crystal, Alignment, Surface relief gratings, Structures