

掺杂染料的向列相液晶微粒材料的 非线性光学研究*

周海光

(厦门大学物理系, 福建, 厦门, 361005)

摘要 对布满液晶微粒的聚合物(PDLC)进行了简并四波混频及光学双稳态的研究,并在文中对相关的 PDLC 中的分子重取向和热效应的非线性光学效应进行了讨论.

关键词 液晶微粒聚合物, 非线性光学效应.

NONLINEAR OPTICAL EFFECTS IN DYE-DOPED NEMATIC LIQUID CRYSTAL DROPLET MATERIALS

ZHOU Hai-Guang

(Department Of Physics, Xiamen University, Xiamen, Fujian 361005, China)

Abstract Optical bistability and degenerate four-wave mixing arrangement in polymer dispersed liquid crystal (PDLC) droplets were studied. Both re-orientational and thermal nonlinearities of PDLC were discussed by using the concepts presented in the paper.

Key words PDLC, nonlinear optical effects.

引言

20 世纪 80 年代以来,已开始探讨将布满液晶微粒的聚合物(PDLC)^[1]应用在光学和光电子装置上,并研究它们的非线性光学特性.对它们的研究将推动大面积、可切割、可弯曲的液晶显示器及液晶聚合物光电器件的研制.

本文探讨了激光通过 PDLC 产生的非线性光学效应,重点观察了光学双稳态和四波混频现象,分析了产生的机理.

1 液晶微粒聚合物(PDLC)的制作

我们采用两种方法来制作液晶微粒聚合物(PDLC)^[1~3].第一种是在液晶内掺杂染料 R6G,液晶采用向列相液晶 5CB(液晶态 22℃~35.3℃),染料(R6G)的浓度从 0.7%到 1.2%.仍后将液晶、树脂、固化剂按 1:1:1 的比例混合,液晶呈微粒状态均匀分布在固化的树脂中.这些微粒嵌入在各向同性的固态的聚合物中,微粒通常是均匀弥散分布,大小

直径约在 0.1~10 μm 之间,这些包含液晶微粒的材料所用的液晶是掺杂少量染料的向列相液晶,以便达到控制在最优化衬比和响应状态.该方法的缺点是较难于均匀弥散分布,基体和液晶的折射率匹配较困难控制.第二种是用具有海绵状连续细孔的纤维膜浸渍向列型液晶而得到的复合膜制成的.

PDLC 显示的基本原理是用电场改变散在聚合场内的向列型液晶微粒中的液晶取向,使折射率的调制与聚合相基体折射率相匹配.在无电场的关态时,液晶滴的光轴是随机排列的,异常光折射率与聚合物基体折射率不一致,因光散射显示不透明的白色.在电场作用下的开态,液晶滴的光轴是按电场方向排列,散射减少因而透明,见图 1 和 2.

目前彩显液晶屏幕的制作一般都是用两片玻璃之间毛细现象吸涂一小层液晶制成的,中间容易形成气泡,且面积一大,这种气泡的形成是不可避免的,由于液晶材料粘滞系数都很大,不易均匀,故面积做不大.而我们的方法正克服了这些问题,有望制作大面积、可切割、可弯曲的液晶显示器及液晶聚合物光电器件.

* 稿件收到日期 2001-06-12,修改稿收到日期 2001-11-12

Received 2001-06-12, revised 2001-11-12

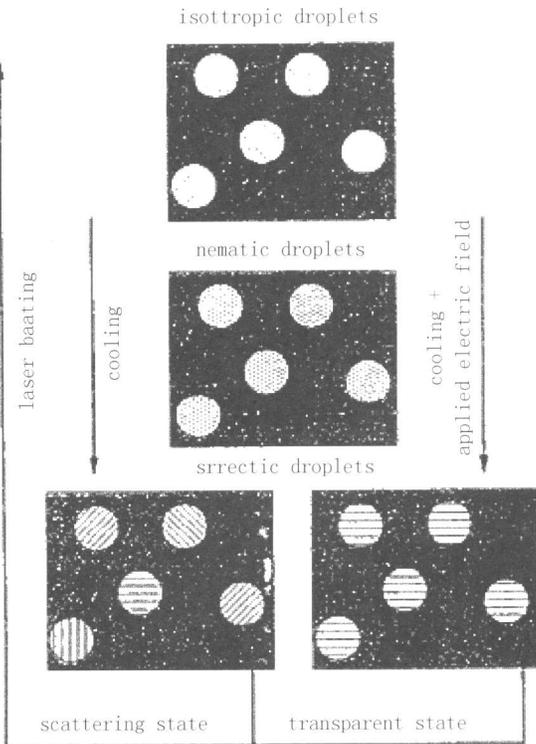


图1 在PDLC中激光感应储存效应的机理
Fig. 1 The mechanism of the laser induced memory effect in PDLC

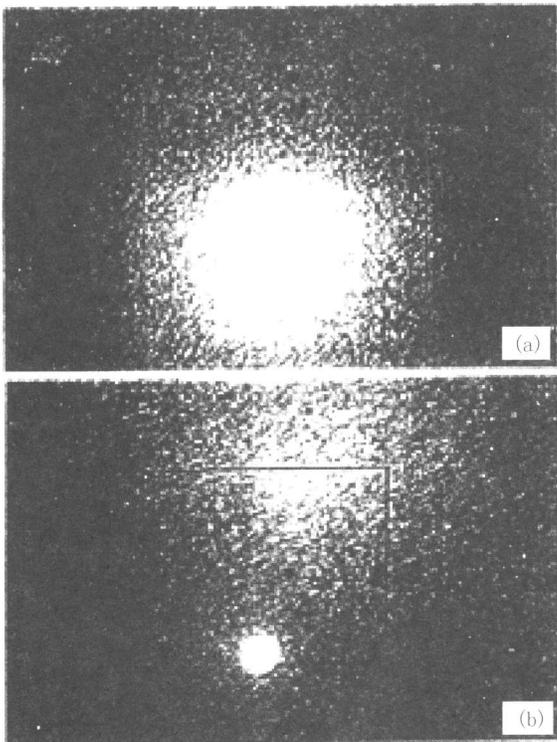


图2 在PDLC样品后光透射图
(a) 阈值下 (b) 阈值上

Fig. 2 Light transmission pattern after PDLC sample
(a) below the threshold of self transparency
(b) above the threshold

2 PDLC的非线性光学特性

我们利用PDLC进行光学双稳态研究,将激光入射到内放置有PDLC片的法布里-珀罗腔系统.采用氩离子激光器为光源,输出波长为514.5nm激光.激光经过光阑后,达到分束器,光束一部分反射达光电探测器,另一部分经法布里-珀罗腔系统达样品PDLC,由法布里-珀罗腔系统后镜片达另一光电探测器,这2个光电探测器分别与记录仪相连,所有测量都缓慢准静态进行.另外PDLC两侧导电膜上分别施加15V和50V电压,见图3.我们可观察到在不同电压下的双稳态曲线,见图4.

另一方面进行了PDLC的四波混频研究,利用Nd³⁺:YAG激光器,输出的激光经分束器BS1分为1、2两束光,交角小于5°.并分别经可变光阑S₁及S₂射入PDLC上,PDLC置于控温炉T中,温控误差为0.5°C, M₁及M₂为全反射镜,混频信号光经BS₂及光阑S₃达光电探测器PD,变为电讯号后与

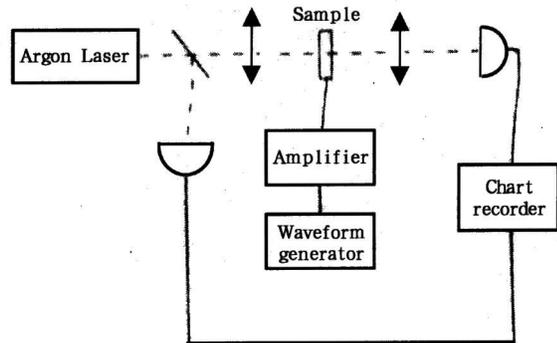


图3 在掺杂PDLC样品中测试全光双稳态的实验装置图
Fig. 3 Experimental set-up to detect all-optical bistability in a doped PDLC sample

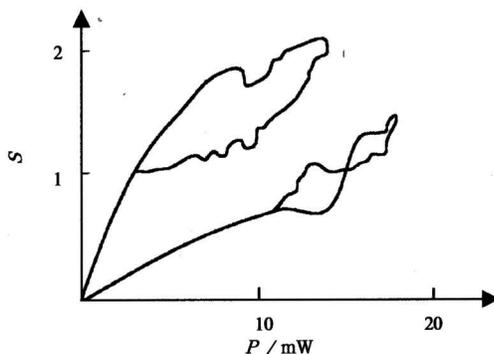


图4 施加2种不同电压下掺杂PDLC样品的光学双稳态
(a) 电压等于15V (2) 电压等于50V
Fig. 4 Optical bistability shown by a doped PDLC sample for two different applied voltages
(a) V=15V (b) V=50V

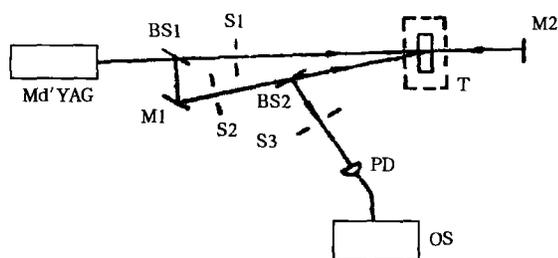


图5 实验装置图

Fig. 5 Schematic of the experimental setup

示波器等相连,见图5.

实验中,利用温控器将PDLC中液晶5CB分别控制在不同相态下,即在固态、液晶态、液态中,均观察到混频信号,据实验所测,将混频信号光强度与泵浦光束强度之比称为简并四波混频输出效率,大小为 $1 \times 10^{-3} \sim 3 \times 10^{-4}$,液态时大,固态时小.分析其原因,可能在固态,分子受到光场作用后形成重新取向较困难,这时主要依靠激光热效应形成温度的空间周期分布,即激光感生热光栅来产生混频信号,故混频信号较小.而在液态与液晶态,除了热效应外,还有分子重取向效应起作用,所以混频信号较大.

通过利用PDLC中5CB液晶($22^{\circ}\text{C} \sim 35.3^{\circ}\text{C}$)在不同温度不同相态时的实验证实了分子重取向和热效应对PDLC的作用.我们曾在PDLC光学双稳态实验中,发现激光感生分子重取向及热致折射率光

栅两者的竞争对双稳态回线的环数及走向有影响.在固态时,以热效应形成的热光栅为主.在液晶态,以分子重取向为主,从而形成在不同态时,双稳态回线走向相反.在相变点附近,二者竞争,造成双稳回线变成多级双稳态回线的现象.而在液晶的简并四波混频实验中,这二者的竞争,影响了混频信号光强度的大小.总之,在PDLC中,双折射的液晶微粒材料的非线性效应由激光场的作用引起取向轴排列变化效应及热效应引起的,有其独特的特点.

REFERENCES

- [1] Zumer S. Light scattering from nematic droplets: anomalous-diffraction approach. *Physical Review*, A, 1988, **37** (10):4006—4015
- [2] Fun A Y, Ko T C, Li M H. Polymer disperse liquid crystal films with memory characteristics. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1992, **31**:3366—3369
- [3] Stephen M Kelly. Anisotropic networks. *J. Mater. Chem.*, 1995, **5**(12):2047—2061
- [4] David H Gray, Douglas L Gin. Polymerizable lyotropic liquid crystals containing transition-metal ions as building blocks for nanostructured polymers and composites. *Chem. Mater.*, 1998, **10**:1827—1832
- [5] Adam E A Contoret, Simon R Fareat, Peregrine O Jackson, *et al.* Polarized electroluminescence from an anisotropic nematic network on a non-contact photoalignment layer. *Advanced Materials*, 2000, **12**(13):971—974