

使用掺杂液晶的相共轭器件的研究

王勇竞 郭转运

(南开大学现代光学研究所, 天津 300071)

摘 要 首次报道了掺偶氮染料液晶盒中相位共轭输出的现象. 测量了它的响应时间、衍射效率和阈值功率. 讨论了该器件的分辨率. 实验表明: 它具有 ms 级的响应时间和 mW 级的阈值功率, 是一种有前途的新型相位共轭器件.

关键词 液晶, 相位共轭, 偶氮染料.

1 引 言

相位共轭镜, 以其在图像处理、相位共轭激光器等方面的广泛用途, 受到人们的重视. 基于四波混频的相位共轭镜, 多采用光折变晶体来作. 但由于此类晶体材料本身的性质所决定, 作成的相位共轭镜其灵敏度-响应速度综合性能不理想. 即较高的灵敏度往往以牺牲响应速度为代价, 反之亦然. 同时此类晶体器件也难以作成较大的有效面积. 文献[1,2]中, 报道了一种具有相共轭性能的液晶光阀, 这种器件在一定程度上克服了光折变晶体器件的弱点. 它利用光导效应产生的转移电压来改变液晶层中分子的取向, 改变液晶的折射率分布, 形成一种动态全息光栅, 形成了共轭反射光. 这里, 共轭光的产生, 经历了光-电与电-光过程, 这是一种间接的光-光调制. 近年来, 发展的偶氮染料掺杂液晶器件^[3~5], 其思想以染料分子吸收光能, 改变构像, 导致液晶分子的重新取向从而产生直接的光-光调制.

本文提出一种新的、使用掺杂染料液晶的相共轭装置. 初步实验表明, 与相共轭液晶光阀相比, 其结构简单、制作容易、分辨率较高. 与光折晶体器件相比, 它有较好的灵敏度-响应速度特性, 也比较容易作成大面积器件.

2 基本原理

偶氮染料分子, 通常具有顺式和反式两种构相. 常温下, 反式是优势构相, 如图 1 所示. 当分子受光照(吸收峰在 $0.51 \mu\text{m}$ 处, 如图 2)以后, 构相就变为顺式的^[6]. 若把一定的有序度引入偶氮染料, 则这种构相的变化就表现为折射率的变化, 具有和光折变晶体类似的性能.

将偶氮染料溶于液晶, 液晶作为一种长程有序的液态晶体, 可以给染料分子提供一种有序排列的条件. 同时, 光照后染料分子构相的变化, 也可以引起液晶分子的重新取向. 由于

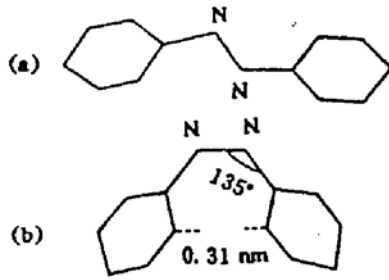


Fig. 1 Configuration of the azobenzene
(a) trans-state; (b) cis-state

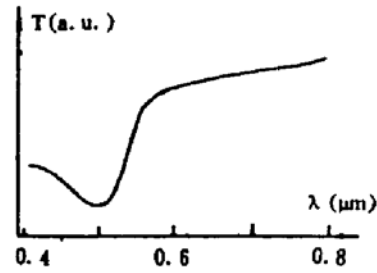


Fig. 2 Absorption spectrum for methyl red sodium salt

液晶具有很大的双折射系数, 其分子的重新取向能引起较大的折射率变化, 这就产生了一种加强了复合光折变效应. 这种效应在光计算和信息处理中可能有广泛的应用前景.

随着液晶盒表面处理工艺的不同, 这种光折变效应可以是暂时的, 也可以被长久地保留下来^[7]. 如果用聚乙烯醇(PVA)作表面定向材料, 则这一效应的产生和消失时间都在 10 ms 量级. 这就有可能利用这一效应制作一种新型的相共轭器件.

3 器件的制备

把分析纯的甲基红钠溶于液晶 PCB, 制成 25°C 时的饱和溶液, 浓度大约为 1%. 用光学玻璃作液晶盒基片, 涂以定向材料聚乙烯醇后, 摩擦定向, 制成 50 μm、100 μm、150 μm 几种规格的液晶盒, 充填液晶-甲基红钠溶液后供实验使用. 实验温度控制在 25°C~30°C 之间.

4 实验装置

实验装置如图 3 所示, 氩离子激光器的 0.51 μm 光束, 经扩束镜 E, 被半反半透镜 S₁ 分为两束, 分束比约为 1:1. 其中一束经反射镜 M₂ 后反向照射在相共轭镜 C 上, 作为读出光. 另一束, 入射到可调交角分束镜 P 上, 分为功率比为 3:2 的两束, 强的一束作为物光, 弱的一束作为参考光. 两束光以一定交角交汇于 C 上. 通常情况下光束强度在 10 mW/cm² 左右. 当读出光和参考光重合时, 在与物 G 关于半反半透镜 S₂ 的对称处, 可以观察到物的共轭像 G*.

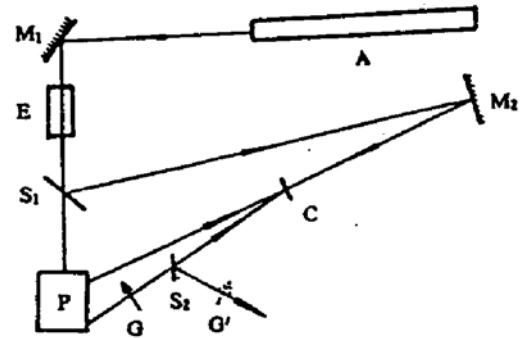


Fig. 3 The experimental setup

Ar⁺-Ar⁺ laser; M₁, M₂—mirror; S₁, S₂—beam splitter; E—beam expander; P—adjustable cross angle beam splitting prism; C—liquid crystals cell; G—object; G*—conjugation image

5 结论与讨论

实验测量了产生共轭光的响应时间, 器件的阈值功率和效率.

5.1 响应时间

对 70 μm 厚的液晶盒来说, 共轭光输出功率和时间的关系如图 4 所示, 其上升沿即动态光栅的建立时间, 也就是共轭光的响应时间为 5.7 ms. 它具有一个衰减相. 可以看到, 与光折晶体共轭器件相比, 这一器件具有较快的响应时间. 一般说来, 向列型液晶器件的响应时

间和液晶层厚度的平方成正比. 5.7 ms 远小于同样厚度的普通液晶器件的响应时间. 作者认为, 这是由于染料溶于液晶, 染料分子的构相变化以及由此而引起的液晶重新取向, 具有体效应的某些特征. 所以它有较快的响应时间, 并且响应时间也不随厚度的增加很快地增长. 这样就能通过适当增加液晶层的厚度来增加光折变的调制度, 提高衍射效率, 而对响应时间影响不大.

5.2 阈值功率

观测表明, 当输入光强大于 6 mW/cm 时, 都能观测到共轭光.

综合以上两点, 新器件具有较好的灵敏度-响应时间综合特性.

5.3 衍射效率

为了测量方便, 可以使读出光和参考光稍作偏离, 用功率计测量了衍射一级和零级之比为 1.67%.

5.4 分辨率

由于采用了直接的光-光调制, 该器件没有相共轭液晶光阀中最小可分辨单元这一限制. 但是, 由于液晶本身的散射作用和读出光的作用, 形成的动态光栅对比度会随着时间而降低, 导致共轭光输出的下降. 这一效应随着空间频率的增加而增大, 如图 5 所示. 这是该器件中影响分辨率的主要因素之一.

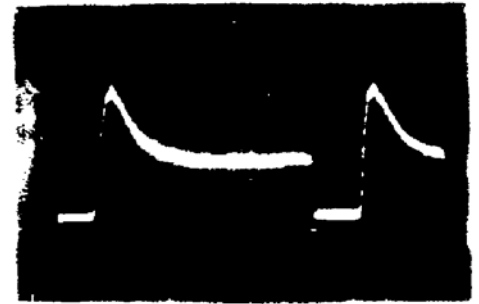


Fig. 4 Response time



Fig. 5 Variation of the conjugation beam intensity with time

(a) 401 p/mm approximate 20 mw/cm²; (b) 201p/., approximate 10 mw/c,²

结 论 初步的实验结果表明: 掺偶氮染料的液晶相共轭器件, 在灵敏度, 响应时间和制造成本等指标上都有一定的优越性. 它作为一种薄膜器件, 制作上也比较简单, 可以制成面积较大的器件从而有较高的解像力. 若能找到一种具有较宽吸收带染料^[8], 则可使这种相共轭器件的工作波长达到方便实用的范围.

参 考 文 献

- [1] E. Marom, U. Rfron, Phase conjugation of low power optical beams using crystal light valves. *Opt. Lett.*, 1987, 12(7): 504~506
- [2] 郭转运, 朱强国, 相共轭液光阀的研制. *光子学报*, 1992, 21(5): 161~166
- [3] Alan G. -S. CHen, D. J. Brady, Surface-stabilized holography in azo-dye-doped liquid crystals. *Opt. Lett.*,

1992, 17(17) : 1231~1233

- [4] Alan G. -S. CHen, D. J. Brady, Real-time holography in azo-dye-doped liquid crystals. *Opt. Lett.* , 1992, 17 (6) : 441~443
- [5] S. Hvilsted, F. Andruzzi, P. S. Ramanujam, Side-chain liquid crystalline polyesters for optical information storage. *Opt. Lett.* , 1992, 17(17) : 1234~1236
- [6] J. H. Wendorfe, M. Eich, Nonlinear optical phenomena in liquid crystalline side chain polymers. *Mol. Cryst. & Liq. Cryst.* , 1989, 169 : 133~166
- [7] N. A. Clark, Surface memory effect in liquid crystal; influence of surface composition. *Phys. Rev. Lett.* , 1985, 55(3) : 292~295
- [8] Shaotang Sun, Wayne M. Gibbons, Paul J. Shannon, Alignment of guest-host liquid crystals with polarized laser light. *Liquid Crystals* , 1992, 12(5) : 869~874

Optical Phase Conjugate in Azo-Dye-Doped Liquid Crystals Cell

Wang Yongjing Guo Zhuanyun

(*Institute of Modern Optics, Nankai University, Tianjin 300071*)

(Received 25 October 1993)

Abstract An observation of optical conjugation in azo-dye-doped liquid crystals cell is reported for the first time. Its response time, diffraction efficiency and threshold intensity were measured, and the resolution was analysed. It is shown that it's a novel promising phase conjugate device.

Key words liquid crystals, phase conjugation, azo.