

文章编号: 1001-3806(2006)06-0636-02

楔型液晶盒对入射激光偏振态的影响

张大勇, 刘仓理*, 李剑峰, 罗 飞, 骆永全, 沈志学, 刘海涛, 李建明
(中国工程物理研究院 流体物理研究所, 绵阳 621900)

摘要: 为了研究手性液晶传输距离的变化对入射激光偏振态的影响, 通过连续改变入射激光在手型液晶中的传输距离, 楔型手性液晶盒可以有效地改变入射激光束的偏振状态, 使之从初始的线偏振状态变成了近似的圆偏振光, 且同初始的入射偏振方向无关。理论计算和实验结果表明, 该方法可用于液晶退偏器的理论分析和设计。

关键词: 激光光学; 楔型液晶盒; 手性液晶; 双折射; 退偏

中图分类号: O753+.2 文献标识码: A

The influence of wedge liquid crystals cell on input laser polarization

ZHANG Da-yong, LIU Cang-li, LI Jian-feng, LUO Fei

LUO Yong-quan, SHEN Zhì-xue, LIU Hai-tao, LI Jian-ming

(Institute of Fluid Physics, Chinese Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, China)

Abstract The polarization state of input laser induced by the change of transmitted distance is studied. From theory analysis and experiment data, the polarization of input laser can be changed by wedge cholesteric liquid crystal cell through continual adjusting the transmitted distance. The input linearly polarized laser is changed to circularly polarized light. This change is not dependent on the first polarize angle. The results show that wedge cholesteric liquid crystal cell can be used in the design and analysis of liquid crystal depolarizer.

Key words laser optics; wedge liquid crystal cell; cholesteric liquid crystal; birefringence; depolarizer

引 言

液晶是一种非常好的各向异性材料, 当入射光在液晶中传播时, 会发生双折射现象^[1-3]。如果入射光线是一束线偏振光, 随着光线在液晶中传输距离的变化, 其偏振态将在椭圆偏振态、线偏振态和圆偏振态三者之间连续变化。手性液晶由于具有螺旋结构而具有一些特殊的光学特性: 当手性液晶的螺距同入射光线波长基本上相等时, 手性液晶可以对入射光线产生布喇格反射现象^[4-6]; 当手性液晶的螺距大于入射光线波长时, 手性液晶可以对入射光线产生旋光作用, 使入射光线的偏振方向发生旋转^[7-9]。当入射激光通过在厚度方向上连续改变的手性液晶膜后, 出射激光的偏振态要发生变化。

1 分析模型和计算结果

分析模型是一个楔型手性液晶盒, 其结构示意图

项目基金: 中国工程物理研究院面上科学基金资助项目 (20040427)

作者简介: 张大勇 (1975-), 男, 博士研究生, 现主要从事液晶器件研究。

* 通讯联系人。E-mail: cangli@sohu.com

收稿日期: 2005-10-18 收到修改稿日期: 2005-11-29

图 1 所示。

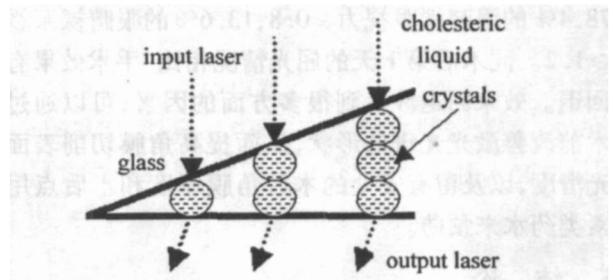


Fig 1 Analysis model

假设入射激光束沿着手性液晶的螺旋轴方向前进, 其琼斯矢量可以用复数电场振幅来描述, 分别表示为:

$$E_x = E_{0x} \exp\{i\omega[(n_{\parallel}/c)z - t]\} \quad (1)$$

$$E_y = E_{0y} \exp\{i\omega[(n_{\perp}/c)z - t]\} \quad (2)$$

式中, E_{0x} , E_{0y} 分别表示在 x 方向和 y 方向上的入射光电场强度, ω 表示入射光的角频率; $n_{\parallel} = n_e$, 表示异常光的折射率; $n_{\perp} = n_o$, 表示寻常光的折射率; c 表示光速, z 表示光线传播的距离。假设激光在手性液晶中传播的距离是 d , 那么两个偏振光之间的相位差如下:

$$\Delta\varphi = (2\pi/\lambda)\Delta nd \quad (3)$$

式中, $\Delta n = n_e - n_o$, λ 表示入射激光的波长。由于手性液晶具有旋光作用, 在一个螺距 P 内液晶分子指向矢的方向旋转了 2π 角度。所以在计算中把厚度为 d 的液晶膜分成 m 层, 每一薄层旋转的角度 θ 表示为:

$$\theta = \frac{2\pi d}{m P} \quad (4)$$

式中, 每一薄层的琼斯矩阵 J 在局部坐标中表示为:

$$J = \begin{bmatrix} \exp(i\Delta\varphi/2m) & 0 \\ 0 & \exp(-i\Delta\varphi/2m) \end{bmatrix} \quad (5)$$

旋转矩阵 $R(\theta)$ 可以表示为:

$$R(\theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \quad (6)$$

设入射激光束是线偏振光, 初始偏振角为 α , 其琼斯矩阵 M_0 表示为:

$$M_0 = \begin{bmatrix} \cos\alpha \\ \sin\alpha \end{bmatrix} \quad (7)$$

入射激光束通过第 1 个薄层后的琼斯矩阵表示为:

$$M_1 = R(\theta)JR(-\theta)M_0 \quad (8)$$

入射激光束通过第 2 个薄层后的琼斯矩阵表示为:

$$M_2 = R(2\theta)JR(-2\theta)M_1 \quad (9)$$

以此类推, 可以得到入射激光束通过一定传输距离后的琼斯表达式。对于所讨论的分析模型, 可以通过改变激光束在手性液晶中的传输距 d , 得到不同的琼斯表达式。由于激光束的发散角较小, 可以把激光束分成无数个微光束, 然后通过微光束的叠加作用, 整个入射激光束将会在空间叠加, 改变了入射激光的偏振态。

利用 MATLAB 程序对上面的分析模型进行数值计算, 得到具有一定偏振方向的线偏振光通过楔型手性液晶盒后的偏振态。在计算当中取 $\Delta n = 0.22$, $P = 1.6\mu\text{m}$, 楔型液晶盒的高度 $H = 75\mu\text{m}$, 宽度 $L = 5\text{mm}$, 假设激光入射口径是 2mm , 根据手性液晶盒的结构可知, 在光斑范围内激光传输距离的变化量 $\Delta d = 30\mu\text{m}$, 计算结果如图 2 所示。

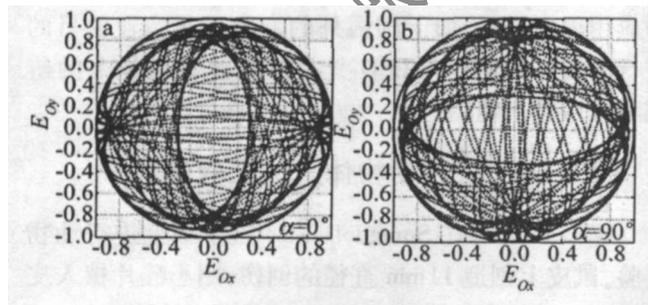


Fig 2 Calculated results when $\Delta d = 30\mu\text{m}$

从图 2 的计算结果可知, 当一束线偏振光通过手性液晶后, 初始的线偏振状态会发生改变。输出的激光偏振状态是一个包括多种偏振状态和偏振方向激光的相互叠加合成。在各个偏振方向上, 输出激光的光强将近似相等。

为了对比分析, 还计算了在减小楔型液晶盒倾角, 即激光传输距离变化量变为 $\Delta d = 20\mu\text{m}$ 时激光的偏振态, 如图 3 所示。

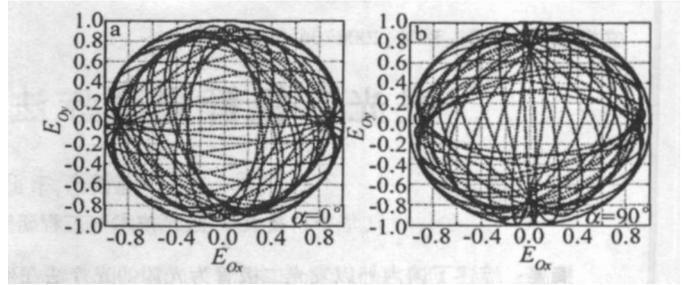


Fig 3 Calculated results when $\Delta d = 20\mu\text{m}$

从图 2 和图 3 的比较可知, 随着在光斑辐照范围内的楔型液晶盒倾角的增加, 光线传输距离的变化在增加, 引起微光束叠加合成后所包含的偏振状态数目也在增加, 对入射光线的退偏效果也随之增强。

2 实验结果

制作了同计算条件相同的楔型手性液晶盒, $\Delta d = 30\mu\text{m}$ 。所用的手性液晶混合物为 SLC9023 ($\Delta n = 0.22$) 同 R811 的混合物, 通过调整 R811 的浓度使手性液晶的螺距 $P = 1.6\mu\text{m}$, 把手性液晶混合物经充分加热后灌入楔型液晶盒。实验检测了楔型液晶盒对入射激光偏振态的影响, 实验光路图如图 4 所示。

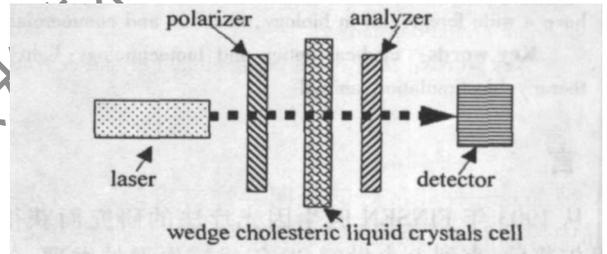


Fig 4 Experimental setup

在实验中选用的激光器是 $0.532\mu\text{m}$ 的半导体激光器, 激光口径为 2mm 。经激光器发射的椭圆偏振态激光束经过起偏器后变成线偏振光, 通过楔型手型液晶盒后再经过一个检偏器照射到硅光电探测器上。在实验中固定一个起偏方向后, 均匀旋转检偏器, 通过检测光电探测器输出信号的变化得到出射激光光强的变化过程。然后改变起偏方向, 再次均匀旋转检偏器, 得到出射激光光强的变化过程。实验结果如图 5 所示。

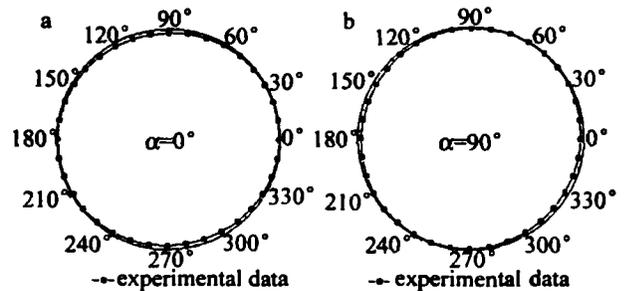


Fig 5 Experimental results

实验结果进行了归一化处理, 从图 5 和图 2 的比较可知, 实验结果同数值计算结果基本相符, 通过楔型

(下转第 660 页)

运动速度不够,无法达到最大的数据获取速度,但实验结果表明,该方案有极大的应用前景。

4 小结

提出了一种基于智能相机的高速三维信息获取传感器,介绍了智能相机的构成和功能,指出这种基于DSP的集成图像获取和处理系统在高速激光三角测量和三维信息获取方面的应用前景。在Vision Components公司的VC2038智能相机平台上,构建了高速三角测量系统。实验结果表明,其三维信息获取速度可达5600点/s。

由于被测物表面的物理特性影响,对激光三角测量的结构形式也在不断改进,进一步的工作包括研究开发其它不同结构形式的基于智能相机的高速测量系统;进一步完善测量系统的控制以及实现测量系统产业化。

参 考 文 献

- [1] WANG X J, GAO J, WANG L. Survey on the laser triangulation [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument 2004, 25(4): 601~604 (in Chinese).
- [2] WANG DM, ZHU ZhH, YANG ShD. The research and realization on profile numerical controlled profiling system [J]. Machinery & Electronics 2000(6): 50~52 (in Chinese).
- [3] ZHANG B, ZHANG R J. Research on the technology of initiation

measurement and 3-D forming in engrave system [J]. Journal of University of Shanghai for Science and Technology, 1999, 21(2): 163~168 (in Chinese).

- [4] WANG P J, CHEN JH, ZHOU J *et al*. Digital profiling and manufacturing system based on laser probe [J]. China Mechanical Engineering 1998, 9(5): 45~48 (in Chinese).
- [5] DU L B, GAO X H, XIA J J *et al*. Research of a novel 3-D laser scanning system [J]. Laser Technology, 2005, 29(4): 366~369 (in Chinese).
- [6] ZOU X P, SU J Y, ZHANG Q C. Methods of improving the depth resolution in optical 3-D profilometry with laser sheet [J]. Laser Technology, 2004, 28(2): 196~198 (in Chinese).
- [7] ZHANG X B, QI J, ZHANG Y *et al*. A research on the method of calibrating parameters of laser triangulation of long displacement [J]. Chinese Journal of Quantum Electronics 2002, 19(1): 74~77 (in Chinese).
- [8] LI J, WU Zh J. Laser double triangulation method measurement for 3-D surface based on image processing [J]. Laser & Infrared 2001, 31(2): 87~89 (in Chinese).
- [9] Vision Components. Document and software overview VCM sensor cameras [M]. Germany: Vision Components GmbH, Ettlingen, 2003, 4~10.
- [10] FISHER R B, VAJDA D K. A comparison of algorithms for subpixel peak detection [OL/EB]. <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/PAPERS/peaktest.ps.gz> 2005-12-09.
- [11] dePIERO FW, TRIVEDI M. 3-D computer vision using structured light: design, calibration and implementation issues [OL/EB]. http://www.ee.calpoly.edu/~fdepiero/fdepiero_publications/papers/prime_aic.pdf 2005-12-09.

(上接第637页)

手性液晶盒传输后的激光束变成了近似的圆偏振光。

3 结 论

从理论分析、数值计算结果和实验结果可知,由于液晶的双折射传输效果、手性液晶的旋光作用和微光束的叠加作用,通过连续改变入射激光的传输距离,楔型手性液晶盒可以有效地改变入射激光束的偏振状态,使之从初始的线偏振状态变成了不依赖偏振方向的近似圆偏振光,且同初始的入射偏振方向无关。

参 考 文 献

- [1] SHARP R C, RESLER D P. Electrically tunable liquid crystal wave plate in the infrared [J]. Opt Lett 1990, 15(1): 87~89.
- [2] MAO Ch Ch, XU M. Liquid-crystal applications in optical telecommu-

nication [J]. SPIE, 2003, 5003: 121~129.

- [3] WANG W, LI G H, HAO D Zh *et al*. Experimental study of electric-optic effect of nematic liquid crystal [J]. Laser Technology 2004, 28(3): 275~277 (in Chinese).
- [4] KHOO I C, WU S T. Optics and nonlinear optics of liquid crystals [M]. Singapore: World Scientific, 1993, 106~108.
- [5] deGENNES P G. The physics of liquid crystals [M]. Oxford: Clarendon Press, 1974, 263~268.
- [6] CHANDRASEKHAR S. Liquid crystals [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1992, 213~215.
- [7] ST. JHN W D. Bragg reflection from cholesteric liquid crystals [J]. Phys Rev, 1995, E51(2): 1191~1198.
- [8] DREHER R. Optical properties of cholesteric liquid crystals [J]. Phys Rev, 1973, A8(3): 1616~1623.
- [9] COLLINGS P J. Handbook of liquid crystal research [M]. Oxford: Oxford University Press, 1997, 29~30.