

文章编号: 1001-3806(2006)04-0436-02

椭圆偏振光与部分偏振光检验的理论分析

赵 爽^{1,2}, 吴福全^{1*}, 唐恒敬¹

(1. 曲阜师范大学 激光研究所, 曲阜 273165; 2. 泰山医学院 放射系, 泰安 271000)

摘要: 为了检测部分偏振光与椭圆偏振光, 从复合波片的理论出发, 借助于数学工具, 对检测方法做了较为详尽的理论分析。结果表明, 只要 $\lambda/4$ 波片的快(慢)轴与椭圆偏振光的长(短)轴方位一致, 则任何椭圆偏振光经过 $\lambda/4$ 波片后均可以补偿为线偏振光, 而部分偏振光经过 $\lambda/4$ 波片后仍为部分偏振光。并搭建了实验光路, 测试结果与理论分析完全吻合。

关键词: 物理光学; 椭圆偏振光; 部分偏振光; $\lambda/4$ 波片; 快轴; 慢轴

中图分类号: O436.3 **文献标识码:** A

Theoretical analyses of the detection of elliptically polarized light and partially polarized light

ZHAO Shuang^{1,2}, WU Fu-quan¹, TANG Heng-jing¹

(1. Institute of Laser Research, Qufu Normal University, Qufu 273165, China; Department of Radiation, Taishan Medical College, Taian 271000, China)

Abstract: For detecting elliptically polarized light and partially polarized light, the detection method is analyzed from the view of the composite retardation plate theory. The results indicate any elliptically polarized light can be compensated to become linearly polarized light through $\lambda/4$ wave-plate as long as the fast-axis (slow-axis) of $\lambda/4$ wave-plate and the long-axis (short-axis) of elliptically polarized light are in the same orientation, but partially polarized light can't. Experiments are performed and the test results accord with theoretical analyses.

Key words: physical optics; ellipse polarizable light; partial polarizable light; $\lambda/4$ wave-plate; fast-axis; slow-axis

引 言

随着偏光技术的发展, 偏振光的应用越来越广泛^[1~3]。光波的偏振态通常分为自然光、部分偏振光、线偏振光、圆偏振光和椭圆偏振光。在偏光技术的应用中, 线偏振光、圆偏振光和椭圆偏振光为最常用到的偏振光。而自然光与圆偏振光、部分偏振光和椭圆偏振光在光强分布上是完全相同, 这就需要在使用的过程中加以检验。对于自然光与圆偏振光的检验方法一般理论上很容易理解, 但椭圆偏振光与部分偏振光的检验方法, 从理论上却很难理解。现有文献^[4~7]多是集中在光波偏振态的表示研究, 而对与偏振光的检验却少有报道。而个别教材上^[8]仅仅给出了检测方法而缺乏必要理论分析。作者从复合波片的理论^[9]出发, 在理论上给出了较为详尽的描述, 并从实验上进行了验证, 这对于理解与正确使用偏振光是十分必要的。

作者简介: 赵 爽 (1974-), 女, 讲师, 硕士研究生, 主要从事双折射晶体及偏光器件的设计与测试研究。

* 通讯联系人。E-mail: fqwu@mail.qfnu.edu.cn

收稿日期: 2005-05-27; 收到修改稿日期: 2005-08-31

1 理论分析

一般椭圆偏振光均可以看作一线偏振光经过一延迟量为任意值的波片形成的, 如图 1 所示, 一位相延迟

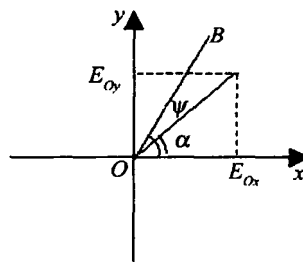


Fig 1 The relation between wave plate and linearly polarized light
为 δ_1 的波片, 快轴沿 x 轴方向, 慢轴沿 y 轴方向, 线偏振光与 x 轴夹角为 α , 经过此波片后, 为确保出射光为一般椭圆偏振光, 令 $\delta_1 \neq \pi/2$, $\alpha \neq 0$ 或 $\pi/2$, 则椭圆方程为^[10]:

$$\left(\frac{E_x}{E_{0x}}\right)^2 + \left(\frac{E_y}{E_{0y}}\right)^2 - 2\frac{E_x E_y}{E_{0x} E_{0y}} \cos \delta_1 = \sin^2 \delta_1 \quad (1)$$

式中, E_{0x} , E_{0y} 分别为线偏振光振幅矢量在 x , y 轴方向的投影, $\delta_1 = \delta_y - \delta_x$ 为沿 y , x 轴振动的光矢量通过波片后的位相差。

(1)式对应的椭圆形状如图 2 所示, Ψ 角表示椭

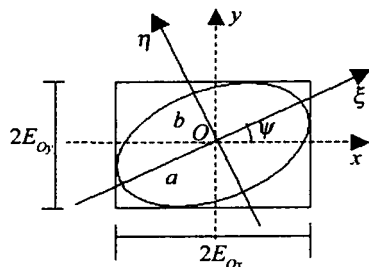


Fig 2 The ellipse graph corresponding to equation (1)

圆的取向,且有: $\tan \chi = \pm (b/a)$ (2)

式中, χ 表示椭圆率, a, b 为椭圆的长轴与短轴。

$$\tan 2\Psi = (\tan 2\alpha) \cos \delta_1 \quad (3)$$

式中, $\tan \alpha = \frac{E_{Oy}}{E_{Ox}}$ ($0 \leq \alpha \leq \pi/2$)。

让此椭圆偏振光通过一 $\lambda/4$ 波片,且使 $\lambda/4$ 波片快轴与椭圆长轴方向一致,即 $\lambda/4$ 波片与位相差为 δ_1 的波片快轴夹角为 Ψ 。如图 1 所示, B 为 $\lambda/4$ 波片快轴方向,第 1 波片的快轴仍沿 x 轴方向,线偏振光仍与 x 轴夹角为 α ,则两波片组合后的位相延量为^[11]:

$$\delta = \arctan \{ [(\sin \delta_1 \cos \delta_2 + \cos \delta_1 \sin \delta_2 \cos 2\Psi) \sin 2\alpha - \sin 2\Psi \cos 2\alpha \sin \delta_2] / [(\sin \delta_1 \sin \delta_2 - \cos \delta_1 \cos \delta_2 \cos 2\Psi) \sin 2\alpha + \sin 2\Psi \cos 2\alpha \cos \delta_2] \} \quad (4)$$

式中, δ_2 为 $\lambda/4$ 波片的位相延迟量,则:

$$\delta_2 = \pi/2 \quad (5)$$

把 (5) 式和 (3) 式代入 (4) 式,得: $\delta = 0$ 或 π 。

这说明线偏振光通过组合波片后,其出射光仍为线偏振光;或者说,任意椭圆偏振光通过一 $\lambda/4$ 波片后,只要使 $\lambda/4$ 波片的快慢轴与椭圆长短轴方向一致,则出射光可以补偿为一线偏振光。

而部分偏振光可看作各个方向振幅不相等的线偏振光组成,如图 3 所示,设 $\lambda/4$ 波片的快慢轴分别沿

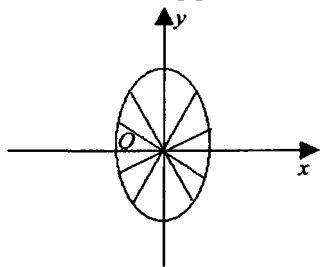


Fig 3 The sketch map of partially polarized light

x, y 轴,由图 3 可知:部分偏振光通过 $\lambda/4$ 波片后,除与快慢轴平行的两条线偏振光其出射光仍为线偏振光外,其余的线偏振光均变为椭圆偏振光与圆偏振光,转动 $\lambda/4$ 波片快慢轴的方位,所得结果与上同。即部分偏振光通过 $\lambda/4$ 波片后,无论怎样调整 $\lambda/4$ 波片的方位,其出射光仍为部分偏振光。这样通过一 $\lambda/4$ 波片就把椭圆偏振光与部分偏振光区分开。

2 实验验证

实验光路如图 4 所示, P, A 分别为起偏镜与检偏

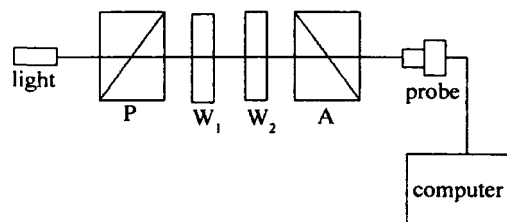


Fig 4 Experiment setup

镜,且 A 由步进电机带动,可绕光线轴作 360° 旋转。 W_1 为相位延迟为 δ_1 的波片, W_2 为 $\lambda/4$ 波片。光源为 670nm 的激光。首先在没有 W_2 的情况下,调节 W_1 ,使其快轴与 P 的透射光的振动方向成一任意的角度 α ,那么出射光应为一任意椭圆偏振光。作为验证,旋转检偏镜,同时把探测的光强经计算机处理,出射光强与检偏镜转动角度 θ 之间的关系如图 5 中曲线 a 所示,从图中可以看出,输出光为椭圆偏振光。将 W_2 放入光路,调节 W_2 使其快轴与椭圆偏振光的长(短)轴方位一致,检偏镜用步进电机带动,把探测的光强经计算机处理,出射光强与检偏镜转动角度 θ 之间的关系如图 5 中曲线 b 所示,从图中可以看出,输出光为线偏振光。

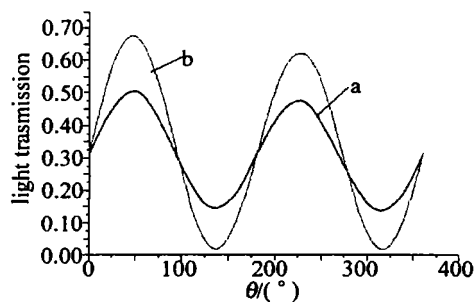


Fig 5 The relation between elliptically polarized light intensity and linearly polarized light intensity

在如图 4 所示的装置中把 W_1 换为一退偏器,则经过 P, W_1 后的出射光为部分偏振光,转动检偏镜,把探测的光强经计算机处理,无论 W_2 角度如何调整,输出光的光强与检偏镜转动角度之间的关系均为图 5 中曲线 a 所示的形状,这表明输出光仍为部分偏振光。

3 结论

从理论与实验均可以看出,只要 $\lambda/4$ 波片快(慢)轴与椭圆偏振光长(短)轴的方位一致,则任何椭圆偏振光均可以补偿为线偏振光,而部分偏振光通过 $\lambda/4$ 波片后仍为部分偏振光,但需注意,使用的 $\lambda/4$ 波片的快轴应与椭圆偏振光的长轴方向一致。这样通过 $\lambda/4$ 波片就可以把二者区分开来。

(下转第 448 页)

在高速脉冲电路中,寄生电感愈小,放电电流随时间的衰减愈快,脉宽愈窄,所以一般都采用碳合成电阻作为探测电阻。此外,为了减少和其它元件的耦合和感应,在功耗允许条件下应选用体积最小的电阻。除去电流较大的退耦电阻外,一般采用 1/8W 就足够了。

3 注意事项

3.1 高压直流电源的抗干扰方法

该电路的电源采用的是 400V 高压直流电源,为了减少电源对电路的影响,应当在供电回路接入 10 μ F 和 0.1 μ F 并联的旁路滤波电容。

3.2 电路板的设计

纳秒脉冲的高频特性要求元件的引线短、电路板布线紧凑,一块印刷板上的地线线条应该尽量宽以减少地线线条的阻抗,同时注意利用地线线条进行隔离,直角转弯时应沿 45° 切角切去多余金属部分,斜边长度为 1.6w (w 为线条的宽度),以尽量减少分布参数。

应把模拟电路集中于一块印刷板上或印刷板的某一个区域,模拟信号的输入、输出电缆转接头直接安装在这块板上。所有模拟电路的接地点自己连在一起,只在一点与数字电路地相连。这种方法可以大大减少其它电路对模拟电路的影响;必须采用单点接地,避免高频信号经地线传输或反射,影响电路的正常工作。

4 结论

该电路设计原理简单,主要工作在于电路的调试和器件参数的选择上,其指标已经达到了预期的效果,为下一步工作的开展奠定了基础。接下来,作者将用阶跃恢复二极管对脉冲进行整形,使脉宽进一步地变窄。

参考文献

- [1] RAIV N, SHUKLA M, PANT H C *et al* Development of picosecond time resolution optical and X-ray streak cameras [J]. *Sadhana - Academy Proceedings in Engineering Sciences*, 1995, 20 (6): 937~954.
- [2] VANSHTEN S, KOSTAMOVARA J, KLEPELA A *et al* A novel compact 35A/150ps current pulse generator for a new generation of the laser radars [A]. *Proceedings of the 40th Midwest Symposium on Circuits and Systems* [C]. New York: IEEE, 1997. 148~151.
- [3] ZHANG L, QIN Sh Q, WANG Sh Sh *et al* Mini LD laser rangefinder used in intelligent vehicles [J]. *Laser Technology*, 2005, 29 (2): 130~131 (in Chinese).
- [4] MEIXLER L. Fast pulse techniques related to the x-ray laser project at PPPL [A]. *Proceedings of IEEE* [C]. New York: IEEE, 1992. 1188~1191.
- [5] KLEPELA A, KOSTAMOVARA J. Laser pulser for a time-of-flight laser radar [J]. *Review of Scientific Instruments*, 1997, 68 (6): 2253~2258.
- [6] BEIGH, QIU W F, WANG X B. Experimental study of electron-optical Q-switch circuits used in Nd:YAG laser [J]. *Laser Technology*, 1994, 18 (6): 379~381 (in Chinese).
- [7] RAMANA K S, RASTKO R S, DONALD T H *et al* Solid-state nanosecond pulse generator: Application in ultra-wideband bioeffects research [A]. *Conference Proceedings - IEEE Southeast Conference* [C]. Piscataway: IEEE, 2004. 281~284.
- [8] LUIS L M, ALAN M, FRED J Z *et al* Sub-nanosecond avalanche transistor drivers for low impedance pulsed power applications [A]. 13th *IEEE International Pulsed Power Conference* [C]. Las Vegas: IEEE, 2001. 178~181.
- [9] KANAD M. The theory of operation of transistorized Marx bank circuits [J]. *Review of Scientific Instruments*, 1999, 70 (4): 2155~2160.
- [10] AMITABH C, KANAD M, OAK S M. The principle of operation of the avalanche transistor-based Marx bank circuit: a new perspective [J]. *Review of Scientific Instruments*, 1998, 69 (5): 2166~2170.
- [11] RAIV N, SHUKLA M, KHARDEKAR R K A transistorized Marx bank circuit providing sub-nanosecond high-voltage pulses [J]. *Measurement Science & Technology*, 1994, 5 (4): 447~449.
- [12] LIU J Y, SHAN B, CHANG Z H. High voltage fast ramp pulse generation using avalanche transistor [J]. *Review of Scientific Instruments*, 1998, 69 (8): 3066~3067.

(上接第 437页)

参考文献

- [1] DING Y Ch, ZHANG Sh L, LI Y *et al* Experiment study on the self-mixture interferential with orthogonal polarized He-Ne light [J]. *Laser Technology*, 2004, 28 (1): 33~35 (in Chinese).
- [2] ZHOU H, LI S, SHI Y *et al* Effect of polarization on the far-field diffraction of ideal cube corner retroreflector [J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2004, 33 (4): 418~431 (in Chinese).
- [3] ZHANG J, CHEN L M, LI Y G *et al* The study on ejecting orientation of exceed strong electron that produced in laser plasma due to laser polarization [J]. *Nature Science Evolve*, 2003, 13 (5): 533~536 (in Chinese).
- [4] WANG J M, LI G H, WANG W *et al* Research of polarization state transferring in complex plane [J]. *Laser Technology*, 2003, 27 (1): 76~78 (in Chinese).
- [5] WANG W, LI G H, WANG J M *et al* Using polarizer and wave plate transform polarization state in Stokes space [J]. *Journal of Qufu Normal University*, 2002, 28 (7): 64~66 (in Chinese).
- [6] MA L L, LI G H. Polarized light expressed by Poincare sphere [J]. *Laser Technology*, 2003, 27 (4): 302~303 (in Chinese).
- [7] ZHAO P T, LI G H. Shown by using Stokes son space the state of polarization [J]. *Journal of Qufu Normal University*, 2004, 30 (1): 50~52 (in Chinese).
- [8] LI G H. Optics [M]. Ji'nan: Shandong Education Press, 1990. 417~418 (in Chinese).
- [9] XUE D, LI G H, HAO D Zh *et al* Achromatic analysis of the two-in-one composite 1/4 wave-plate [J]. *Laser Technology*, 2004, 28 (2): 184~185 (in Chinese).
- [10] BORN M WOLF E. Optics principle [M]. Beijing: Science Press, 1978. 44~45 (in Chinese).
- [11] LIAO Y B. Polarizing optics [M]. Beijing: Science Press, 2003. 215 (in Chinese).