

文章编号: 0258-7025(2001)09-0821-02

三元复合式补偿器的设计与研制

云茂金¹ 李国华¹ 王美²

(¹ 曲阜师范大学激光所 曲阜 273165; ² 山东省章丘市第四中学 章丘 250200)

摘要 介绍了一种三元复合式补偿器,这种补偿器与常用的巴俾涅补偿器和索累补偿器相比有调节方便、调整容量大、价格便宜等优点。

关键词 复合式补偿器,旋转角,相位差

中图分类号 TN 761 **文献标识码** A

Design of Three-in-one Composite Compensator

YUN Mao-jin¹ LI Guo-hua¹ WANG Mei²

(¹ Institute of Laser, Qufu Normal University, Qufu 273165)
(² The Fourth Middle School of Zhangqiu City, Zhangqiu 250200)

Abstract This paper introduces a new kind of compensator: three-in-one composite compensator. By comparing with the usual compensator, operating is convenient and the limit of adjustment is extensive.

Key words composite compensator, angle of rotation, phase difference

1 引言

光学补偿器是偏光技术中一个重要的光学元件,是一种延迟量可以在一定范围内连续调节的延迟器件,多用于偏光分析、椭圆测量及光学调制中。常用的补偿器有巴俾涅补偿器和索累补偿器,它们都是通过机械平移组合双折射晶体改变晶体相对厚度实现延迟量的连续调节。基于补偿器在偏光技术中的重要性,我所研制开发了线性复合片补偿器^[1],并达到了使用要求。本文根据双λ/4波片的复合效应^[2-4]介绍了一种三波片组合的三元复合式补偿器,若第一波片和第二波片满足一定的条件,旋转第二波片即可实现延迟量的连续调节。并且这种补偿器与巴俾涅补偿器和索累补偿器相比具有调整限度较大、调节比较方便的优点。

2 理论分析

矩阵光学中的一个重要法则是:一连串的双折射器和旋光器组合的偏光系统等效于经过一个双折射器,再经过一旋光器;或先经过一旋光器,再经过

一双折射器。在此法则中若旋光器的旋光角为零,则一连串的双折射器可等效于一复合双折射器。并可以得出三片双折射晶体组等效于一复合双折射晶体的条件为^[5]

$$\cos 2\theta_3 = \tan \delta_1 / 2 \cot \delta_3 / 2$$

$$\cos 2\theta_2 = -\tan \delta_1 / 2 \cot \delta_2 / 2$$

其中 θ_i 为快轴方向与 x 轴方向的夹角, δ_i 为位相延迟。根据上述原理:一个三片双折射晶体组,如果第一片和最后一片的快轴方向平行、位相延迟相等(δ_1),中间片的位相延迟为 δ_2 ,快轴方向与第一片快轴方向成 θ_2 角,则此三片双折射晶体组将合成一个复合双折射晶体组。据此可以设计一个三波片组合的补偿器。假如第一片和最后一片为λ/4波片,并使其快轴方向与 x 方向平行($\theta_1 = \theta_3 = 0$)。第二片为λ/2波片,其快轴方向与 x 方向成 θ_2 (如图1)。

可得三波片的琼斯矩阵 M_1, M_2, M_3 分别为

$$M_1 = M_3 = \frac{1+j}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$M_2 = j \begin{bmatrix} \cos 2\theta_2 & \sin 2\theta_2 \\ \sin 2\theta_2 & -\cos 2\theta_2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

则光依次通过三波片后其等效矩阵 M 为

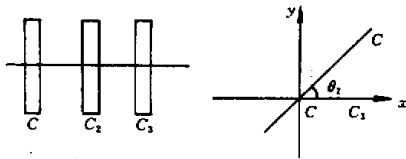


图1 三波片的相对位置

Fig. 1 Relative orientation of three wave-plate

$$M = M_3 M_2 M_1 = \frac{1+j}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \cdot j \begin{bmatrix} \cos 2\theta_2 & \sin 2\theta_2 \\ \sin 2\theta_2 & -\cos 2\theta_2 \end{bmatrix} \frac{1+j}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\cos 2\theta_2 & j \sin 2\theta_2 \\ j \sin 2\theta_2 & -\cos 2\theta_2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

根据原理可知这样放置的三波片等效于一延迟片。设此延迟片的位相延迟为 δ ，快轴方向与 x 方向成 θ 角，则

$$M' = \begin{bmatrix} \cos \frac{\delta}{2} + j \sin \frac{\delta}{2} \cos 2\theta & j \sin \frac{\delta}{2} \sin 2\theta \\ j \sin \frac{\delta}{2} \sin 2\theta & \cos \frac{\delta}{2} - j \sin \frac{\delta}{2} \cos 2\theta \end{bmatrix} \quad (4)$$

应用 $M = M'$ 得

$$\cos 2\theta_2 = \cos \delta/2 \quad \sin 2\theta_2 = \sin 2\theta \sin \delta/2$$

$$\sin \delta/2 \cos 2\theta = 0$$

得出

$$\theta = \pi/4 \quad \delta = 2\pi - 4\theta_2 \quad (5)$$

即此等效双折射器的相位延迟为 $\delta = 2\pi - 4\theta_2$ ，且等效双折射器的快轴方向恒与 x 轴成 $\pi/4$ （与 θ_2 无关）。所以旋转第二波片可以实现延迟量的连续调节。并且由式(5)可知：

当 $\theta_2 = \pi/2$ 时， $\delta = 0$ ，复合系统等效于一全波片；当 $\theta_2 = \pi/4$ 时， $\delta = \pi$ ，复合系统等效于一 $\lambda/2$ 波片；当 $\theta_2 = 3\pi/8$ 时， $\delta = \pi/2$ ，复合系统等效于一 $\lambda/4$ 波片。

可见这种可调延迟组合系统完全符合补偿器的使用和要求，又可当作全波片， $\lambda/2$ 波片和 $\lambda/4$ 波片使用。

3 实验测试

实验装置如图2， P_1, P_2 为偏光镜， C 为三元复合补偿器， C_1 为退偏器， D 为探测器。以单色光入

射此系统，设 φ_1, φ_2 为两偏光镜的振动方向与 C 的等效快轴的夹角，则出射光的强度为^[4]

$$I = I_0 [\cos^2(\varphi_1 - \varphi_2) - \sin 2\varphi_1 \sin 2\varphi_2 \sin^2 \delta/2] \quad (6)$$

如令 $\varphi_1 = 45^\circ$ ，(6)式可写为

$$I = I_0 (1 + \sin 2\varphi_2 \cos \delta)/2 \quad (7)$$

由(7)式可得

$$\cos \delta = I_{\max} - I_{\min}/I_{\max} + I_{\min} \quad (8)$$

式中 I_{\max}, I_{\min} 为探测器测得的最大光强和最小光强，转动 θ_2 可得一系列 δ 值，据此实验可验证 δ 与 θ_2 的关系。

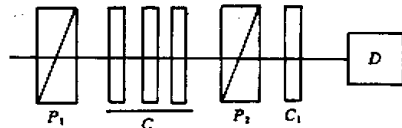


图2 实验装置

Fig. 2 Experiment setup

由此可见，当三波片的放置及位相延迟满足一定的条件时，其等效延迟片的相位延迟为 $\delta = 2\pi - 4\theta_2$ ， θ_2 的连续变化可使组合系统相当于一个延迟补偿器。由 $\delta = 2\pi - 4\theta_2$ 可知 δ 与 θ_2 成线性关系，且 1° 的变化可以引起 4° 的位相变化，因而这种补偿器与巴俾涅补偿器及索累补偿器相比有较大的调整限度，不仅有调节方便，价格便宜的优点，而且易做成大孔径器件。对用石英晶体研制的三元复合补偿器的研制和测试表明，其调整延迟偏差完全可以控制在 1% 以内，有较高的调整精度，是一种比较理想的新型补偿器，具有一定的实用价值。

参 考 文 献

- Li Guohua, Su Meikai, Song Lianke. Linear composite plate compensator. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 1992, 19(1):41-42 (in Chinese)
- Wu Fuquan, Li Guohua. Compound effects of two $\lambda/4$ retards. *J. Optoelectronics · Laser* (光电子·激光), 1998, 9(5):399-400 (in Chinese)
- Li Guohua, Su Meikai. An chromatic composite retarder. *Journal of Qufu Normal University* (曲阜师范大学学报), 1991, 17(1):66-68 (in Chinese)
- Su Meikai, Li Guohua, Song Lianke. An chromatic $\lambda/4$ wave-plate. *Laser Technology* (激光技术), 1996, 20(1):29-31 (in Chinese)
- Wei Guanghui. *Matrix Optics*. Publishing House of Enginry Industry. 170