

文章编号: 0258-7025(2006)07-0889-06

相位延迟器复合旋光器技术及其应用

胡建明^{1,2}, 曾爱军¹, 王向朝¹

(¹ 中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800; ² 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要 提出了一种将相位延迟器复合为旋光器的技术, 利用米勒矩阵对其原理与应用进行了分析。相位延迟器复合为旋光器时, 将相位延迟器置于两块 1/4 波片之间, 使两块 1/4 波片的快轴相互垂直且与相位延迟器的快轴分别成 $\pm 45^\circ$ 角。利用相位延迟器复合为旋光器技术, 可以将相位调制器转换为偏振方向调制器。实验验证了相位延迟器复合为旋光器和相位调制器转换为偏振方向调制器的可行性。

关键词 仪器; 偏振; 相位延迟器; 旋光器; 米勒矩阵

中图分类号 O 436.3 **文献标识码** A

Technique for Forming a Rotator by Retarders and Its Application

HU Jian-ming^{1,2}, ZENG Ai-jun¹, WANG Xiang-zhao¹

(¹ Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800, China)
(² Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract A technique for forming a rotator by retarders is presented. The principle to form the rotator and its application are analyzed with Mueller matrix. When a retarder is placed between two quarter-wave plates whose fast axes are perpendicular to each other and the angles between fast axes of the retarder and the two quarter-wave plates are $\pm 45^\circ$ respectively, the rotator is formed. Based on the technique, a phase modulator can be applied for the modulation of polarization direction. In the experiments, principle of forming the rotator and application of the phase modulator to modulation of polarization direction are verified.

Key words instrumentation; polarization; retarder; rotator; Mueller matrix

1 引 言

旋转线偏振光偏振方向的旋光器与调制光矢量方向的偏振方向调制器在制药、制糖、食品、化工、石油、电力等工业生产和科研领域中有广泛的应用^[1~4]。旋光器通常用旋光晶体制成。制作旋光器件的新途径就是将相位延迟器复合为旋光器使用^[5~7]。常用的偏振方向调制器件是基于法拉第效应的磁光体调制器^[8,9]。磁光体调制器的特点是调制电压低,易于实现,价格便宜。但是磁光调制器只能在可见光和近红外波段使用,且调制频率不能很高,难以满足高频偏振方向调制(如高达吉赫兹)和紫外、红外波段偏振方向调制的需求。相位调制器

如电光调制器、光弹调制器分别具有调制频率高、使用波段宽的特点。若能将相位调制器转换为偏振方向调制器使用,将能很好地弥补磁光调制器用于偏振方向调制所存在的缺陷。文献[5~8]中的相位延迟器复合旋光器技术主要对固定相位延迟量的二波片复合为旋光器进行了理论分析与实验研究,未涉及相位调制器转换为偏振方向调制器使用的技术。

本文提出了一种将相位延迟器复合为旋光器的技术,获得了一种新型的旋光器,为旋光器的使用者提供了一种新的选择。应用相位延迟器复合旋光器技术将相位调制器转换为偏振方向调制器,可以解决现有偏振方向调制中存在的问题,大大拓宽了偏振方向调制技术的应用范围。

收稿日期: 2005-09-07; 收到修改稿日期: 2005-12-19

作者简介: 胡建明(1974—),男,重庆忠县人,中国科学院上海光学精密机械研究所博士研究生,主要从事精密光电检测技术与光学仪器的研究。E-mail: hujianming@siom.ac.cn

导师简介: 王向朝(1957—),男,辽宁凌源人,中国科学院上海光学精密机械研究所研究员,博士生导师,主要从事信息光电子技术方面的研究。E-mail: wxz26267@siom.ac.cn

2 原 理

2.1 相位延迟器复合为旋光器

在偏振光学中,偏振器件对偏振光的偏振态变

换特性可以用米勒矩阵来描述^[10]。在相位延迟器表面所处的平面内建立平面坐标系 xy ,若相位延迟器的快轴与 x 轴的夹角为 θ ,相位延迟量为 δ ,其米勒矩阵为

$$\mathbf{M}_w(\delta, \theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (\cos 2\theta)^2 + (\sin 2\theta)^2 \cos \delta & (1 - \cos \delta) \sin 2\theta \cos 2\theta & -\sin \delta \sin 2\theta \\ 0 & (1 - \cos \delta) \sin 2\theta \cos 2\theta & (\sin 2\theta)^2 + (\cos 2\theta)^2 \cos \delta & \sin \delta \cos 2\theta \\ 0 & \sin 2\theta \sin \delta & -\cos 2\theta \sin \delta & \cos \delta \end{bmatrix}. \quad (1)$$

对于光矢量旋转角度为 β 的旋光器,其米勒矩阵为

$$\mathbf{M}_R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos 2\beta & -\sin 2\beta & 0 \\ 0 & \sin 2\beta & \cos 2\beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

其中 β 的正、负分别表示左、右旋旋光器。旋光元件的米勒矩阵仅与偏振方向旋转角度有关,而与旋光元件的方位无关。相位延迟器的米勒矩阵中既包含延迟量,还包含有快、慢轴方位信息。如按一定的条件组合相位延迟器,消除其方位信息,就可以将相位延迟器转换为旋光器。实验采用三块相位延迟器复合成旋光器。

相位延迟器复合为旋光器的原理图如图 1 所示。为了简化计算过程,不妨建立图 1 所示的坐标系,即光束的传播方向为 z 轴,相位延迟器 2 的快轴为 x 轴。相位延迟器 2 的米勒矩阵为

$$\mathbf{M}_w(\delta, 0) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos \delta & \sin \delta \\ 0 & 0 & -\sin \delta & \cos \delta \end{bmatrix}. \quad (3)$$

若相位延迟器 1 和相位延迟器 3 的快轴与 x 轴

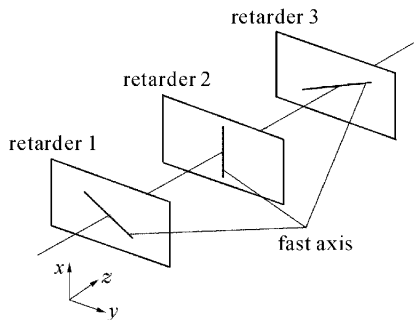


图 1 相位延迟器复合为旋光器的原理图

Fig. 1 Schematic diagram of forming a rotator by retarders

的夹角分别为 θ_1, θ_2 , 相位延迟量分别为 δ_1, δ_2 , 则三块相位延迟器组合后的米勒矩阵为

$$\mathbf{M}_{CR} = \mathbf{M}_w(\delta_1, \theta_1) \cdot \mathbf{M}_w(\delta, 0) \cdot \mathbf{M}_w(\delta_2, \theta_2) = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & M_{14} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & M_{24} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & M_{34} \\ M_{41} & M_{42} & M_{43} & M_{44} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

(4) 式展开后的表达式很复杂,矩阵中的每一项用符号 M_{ij} ($1 \leq i, j \leq 4$, 分别表示行和列) 简化表示。若将三块相位延迟器复合为旋光器,要求(4)式中的 $M_{12}, M_{13}, M_{14}, M_{21}, M_{24}, M_{31}, M_{34}, M_{31}, M_{32}, M_{43}$ 项为零, M_{11}, M_{44} 项为 1, 第 $M_{22}, M_{23}, M_{32}, M_{22}$ 项不含方位信息, M_{22} 和 M_{33} 相同而 M_{23} 和 M_{32} 相反。

若相位延迟器 1, 3 均为 $1/4$ 波片, 其快轴互相垂直且与相位延迟器 2 的快轴分别成 $45^\circ, -45^\circ$ 夹角时, 即相位延迟器 1, 3 的米勒矩阵分别为

$$\mathbf{M}_w\left(\frac{\pi}{2}, 45^\circ\right) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (5)$$

$$\mathbf{M}_w\left(\frac{\pi}{2}, -45^\circ\right) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

三块相位延迟器组合后的米勒矩阵可以表达为

$$\mathbf{M}_{CR} = \mathbf{M}_w\left(\frac{\pi}{2}, 45^\circ\right) \cdot \mathbf{M}_w(\delta, 0) \cdot \mathbf{M}_w\left(\frac{\pi}{2}, -45^\circ\right) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \delta & -\sin \delta & 0 \\ 0 & \sin \delta & \cos \delta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (7)$$

(7) 式为一个光矢量旋转角度为 $\delta/2$ 的左旋旋光器的米勒矩阵表达式。若相位延迟器 1, 3 均为 $1/4$ 波片, 其快轴互相垂直且与相位延迟器 2 的快轴分别

成 $-45^\circ, 45^\circ$ 夹角时, 相位延迟器组合后的米勒矩阵可以表达为

$$\mathbf{M}_{\text{CR}} = \mathbf{M}_W\left(\frac{\pi}{2}, -45^\circ\right) \cdot \mathbf{M}_W(\delta, 0) \cdot \mathbf{M}_W\left(\frac{\pi}{2}, 45^\circ\right) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\delta & \sin\delta & 0 \\ 0 & -\sin\delta & \cos\delta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (8)$$

(8) 式为一个光矢量旋转角度为 $\delta/2$ 的右旋旋光器的米勒矩阵表达式。

可见, 将相位延迟器置于快轴相互垂直的两块 $1/4$ 波片之间, 且使其快轴与两块 $1/4$ 波片的快轴夹角为 $\pm 45^\circ$, 即可将相位延迟器复合为旋光器。如果前后两块 $1/4$ 波片的快轴与相位延迟器的快轴夹角分别为 45° 和 -45° 时, 由相位延迟器复合而成的旋光器为左旋旋光器, 其光矢量旋转角度为相位延迟器的相位延迟量的一半; 若前后两块 $1/4$ 波片的快轴与相位延迟器的快轴夹角分别为 -45° 和 45° 时, 由相位延迟器复合而成的旋光器为右旋旋光器, 其光矢量旋转角度为相位延迟器的相位延迟量的一半。

2.2 相位调制器转换为偏振方向调制器

相位延迟器复合旋光器技术的一个重要应用是将相位调制器转换为偏振方向调制器。相位调制器是一种相位延迟量随时间周期变化的特殊相位延迟器^[11]。将相位调制器和两块 $1/4$ 波片组合, 可获得一种光矢量旋转角度随时间周期变化的旋光器, 即形成偏振方向调制器。

在图 1 中, 将相位延迟器 2 替换为相位调制器, 即为相位调制器转换为偏振方向调制器的原理图。偏振光通过相位调制器, 其在相位调制器的快、慢轴方向上两偏振分量的相位延迟量是一个随时间变化的函数。该延迟量可以表达为

$$\delta(t) = \delta_0 \sin(\omega t), \quad (9)$$

其中 ω 为调制频率, δ_0 为峰值延迟量。当相位调制器的快、慢轴在 x 轴上时, 其米勒矩阵为

$$\mathbf{M}_M = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos[\delta_0 \sin(\omega t)] & \sin[\delta_0 \sin(\omega t)] \\ 0 & 0 & -\sin[\delta_0 \sin(\omega t)] & \cos[\delta_0 \sin(\omega t)] \end{bmatrix}, \quad (10)$$

将(10)式代入(7)式, 替换相位延迟器 2 的米勒矩阵, 可得两个 $1/4$ 波片和相位调制器组合后的米勒矩阵为

$$\mathbf{M}_{\text{CM}} = \mathbf{M}_W\left(\frac{\pi}{2}, 45^\circ\right) \cdot \mathbf{M}_M \cdot \mathbf{M}_W\left(\frac{\pi}{2}, -45^\circ\right) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos[\delta_0 \sin(\omega t)] & -\sin[\delta_0 \sin(\omega t)] & 0 \\ 0 & \sin[\delta_0 \sin(\omega t)] & \cos[\delta_0 \sin(\omega t)] & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (11)$$

(11) 式为左旋偏振方向调制器的米勒矩阵。将(10)式代入(8)式, 替换相位延迟器 2 的米勒矩阵, 可得两个 $1/4$ 波片和相位调制器组合后的米勒矩阵为

$$\mathbf{M}_{\text{CM}} = \mathbf{M}_W\left(\frac{\pi}{2}, -45^\circ\right) \cdot \mathbf{M}_M \cdot \mathbf{M}_W\left(\frac{\pi}{2}, 45^\circ\right) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos[\delta_0 \sin(\omega t)] & \sin[\delta_0 \sin(\omega t)] & 0 \\ 0 & -\sin[\delta_0 \sin(\omega t)] & \cos[\delta_0 \sin(\omega t)] & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (12)$$

(12) 式为右旋偏振方向调制器的米勒矩阵。可见, 将相位调制器置于快轴相互垂直的两块 $1/4$ 波片之间, 且使其快轴与两块 $1/4$ 波片的快轴夹角为 $\pm 45^\circ$, 即可将相位调制器转换为偏振方向调制器, 其峰值光矢量旋转角度为相位调制器的峰值相位延迟量的一半。

在偏振相位调制技术中, 常用的有电光调制器^[11]和光弹调制器^[12]。电光调制器是利用电光效应对偏振光的相位进行调制, 其特点是调制效率和调制频率高, 调制频率可高达几十吉赫兹量级, 并可以应用在红外波段。光弹调制器是一种基于光弹性效应的相位调制器件, 具有驱动电压低、功耗小和使用波段宽等优点, 光弹调制器可以使用在紫外、红外波段, 是目前紫外波段唯一实用的偏振相位调制器件。利用两块快轴互相垂直的 $1/4$ 波片与相位调制器组合, 当相位调制器的快、慢轴与两个 $1/4$ 波片的快轴的夹角为 $\pm 45^\circ$ 时, 它们的组合就构成了一个偏振方向调制器。如果该相位调制器为电光调制器, 复合之后的偏振方向调制器的调制频率可高达几十吉赫兹, 能很好地满足高频偏振方向调制的需要。 $1/4$ 波片可用于紫外、红外波段, 若光弹调制器与用于紫外波段的 $1/4$ 波片组合则可以构成紫外波段的偏振方向调制器。同时, 电光调制器或光弹调制器与用于红外波段的 $1/4$ 波片组合则可以构成用于红外波段的偏振方向调制器。利用相位延迟器复合旋光器技术将相位调制器转换为偏振方向调制器, 则可以实现偏振方向的高频调制, 并将偏振方向调制

技术的波长使用范围扩展到紫外、红外波段,弥补了磁光体调制器的不足。

3 实 验

3.1 相位延迟器复合为旋光器

相位延迟器复合为旋光器的实验光路如图 2 所示,光源为半导体激光器,其波长为 785 nm。准直激光束依次通过起偏器、三块 1/4 波片和检偏器,从检偏器出射的光强被光电二极管接收。中间一块 1/4 波片的快轴与起偏器的透光轴平行,而与前、后两块 1/4 波片快轴的夹角分别为 45°和 -45°。检偏器可旋转调整以改变透光轴的方向,其初始方向与起偏器的透光轴平行。起偏器和检偏器为格兰-泰勒棱镜,1/4 波片为石英波片,探测器为光电二极管。

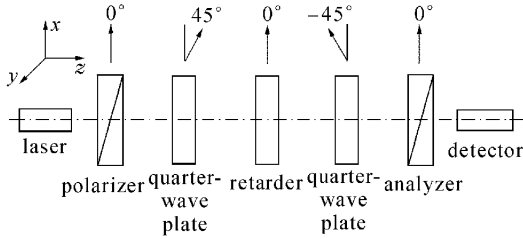


图 2 实验光路

Fig. 2 Optical system for experiment

起偏器出射线偏振光的斯托克斯列矢量为

$$\mathbf{I}_p = I_0 \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (13)$$

其中 I_0 为初始光强。设检偏器的透光轴与 x 轴的夹角为 γ , 检偏器的米勒矩阵可以表示为

$$\mathbf{S}_A(\gamma) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & \cos 2\gamma & \sin 2\gamma & 0 \\ \cos 2\gamma & (\cos 2\gamma)^2 & \cos 2\gamma \sin 2\gamma & 0 \\ \sin 2\gamma & \cos 2\gamma \sin 2\gamma & (\sin 2\gamma)^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (14)$$

检偏器出射的线偏振光的斯托克斯列矢量为

$$\begin{aligned} \mathbf{S} &= \mathbf{S}_A(\gamma) \mathbf{M}_w\left(\frac{\pi}{2}, 45^\circ\right) \cdot \mathbf{M}_w\left(\frac{\pi}{2}, 0\right) \cdot \\ &\mathbf{M}_w\left(\frac{\pi}{2}, -45^\circ\right) \mathbf{I}_p = \\ &\frac{1}{2} \begin{bmatrix} I_0(1 + \sin 2\gamma) \\ I_0(1 + \sin 2\gamma) \cos 2\gamma \\ I_0(1 + \sin 2\gamma) \sin 2\gamma \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (15) \end{aligned}$$

因此,投射到光电二极管上的光强应为

$$I(\gamma) = \frac{I_0}{2}(1 + \sin 2\gamma). \quad (16)$$

在实验过程中,使检偏器从与 x 轴平行的位置顺时针步进旋转一周,步进旋转的步长为 5°,探测光强 $I(\gamma)$ 归一化后的变化曲线如图 3 所示。同时,在图 3 中做出函数 $1 + \sin 2\gamma$ 的归一化变化曲线。从图 3 可以看出, $I(\gamma)$ 的变化曲线和函数 $1 + \sin 2\gamma$ 曲线很好地吻合,即探测光强与检偏器透光轴方向的变化关系符合公式(16)。其中,两条变化曲线之间的偏差主要是由光源的光强波动与检偏器的旋转角度误差所引起的。可见,实验很好地验证了相位延迟器和 1/4 波片组合构成旋光器的原理。

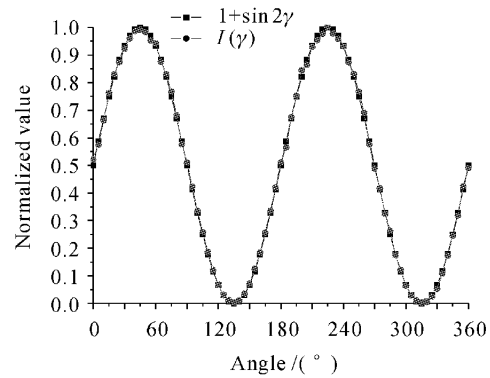


图 3 相位延迟器复合为旋光器的实验结果

Fig. 3 Experimental result of forming a rotator by retarders

3.2 相位调制器转换为偏振方向调制器

相位调制器转换为偏振方向调制器的实验光路也用图 2 表示,只是将两块 1/4 波片之间的相位延迟器改为光弹调制器。起偏器和检偏器的透光轴方向保持平行,前后两块 1/4 波片的快轴和光弹调制器振动轴的夹角分别为 -45°和 45°。相位调制器为 Hinds 公司 PEM-90 系列的 I/FS50 型光弹调制器,调制频率为 50 kHz,其光谱使用范围为 170~2600 nm。

检偏器的米勒矩阵可以表示为

$$\mathbf{S}_A(0^\circ) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (17)$$

检偏器出射线偏振光的斯托克斯列矢量为

$$\mathbf{S} = \mathbf{S}_A(0^\circ) \mathbf{M}_w\left(\frac{\pi}{2}, 45^\circ\right) \cdot \mathbf{M}_M \cdot$$

$$\mathbf{M}_w\left(\frac{\pi}{2}, -45^\circ\right)\mathbf{I}_p = \frac{I_0}{2} \begin{bmatrix} 1 + \cos[\delta_0 \sin(\omega t)] \\ 1 + \cos[\delta_0 \sin(\omega t)] \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (18)$$

因此,投射到光电二极管上的光强为

$$I = \frac{I_0}{2} \{1 + \cos[\delta_0 \sin(\omega t)]\}, \quad (19)$$

将公式(19)进行傅里叶级数展开得到^[13,14]

$$I = \frac{I_0}{2} [1 + J_0(\delta_0) + 2J_2(\delta_0) \cdot \sin(\omega t) + \dots], \quad (20)$$

其中 $J_k(\delta_0)$, $k=0, 2$ 分别为零阶、二阶贝塞耳函数。可见,探测光强中包含直流分量、二次谐波分量及高次谐波分量,其直流分量和二次谐波分量分别为

$$I_{dc} = \frac{I_0}{2} [1 + J_0(\delta_0)], \quad (21)$$

$$I_{2f} = I_0 J_2(\delta_0), \quad (22)$$

因此,当光弹调制器的峰值延迟量变化时,探测光强的直流分量和二次谐波分量理论上应该按照公式(21)和(22)变化,即与光弹调制器峰值延迟量成零阶、二阶贝塞耳函数关系。

实验过程中,使光弹调制器的峰值延迟量从 0 逐步增加到 1.28π ,增加的步长为 0.04π ,探测光强的直流分量 I_{dc} ,二次谐波分量 I_{2f} 归一化后的变化曲线如图 4 所示,同时在图 4 中做出函数 $1 + J_0(\delta_0)$, $J_2(\delta_0)$ 的归一化变化曲线。从图 4 可以看出, I_{dc} , I_{2f} 的变化曲线分别和函数 $1 + J_0(\delta_0)$, $J_2(\delta_0)$ 很好地吻合,即探测光强与光弹调制器峰值延迟量的变化关系符合公式(20)。其中,两条变化曲线之间的偏差主要是由光弹调制器的标定误差与光源的光强波动引起的。可见,实验很好地验证了相位调制器转换

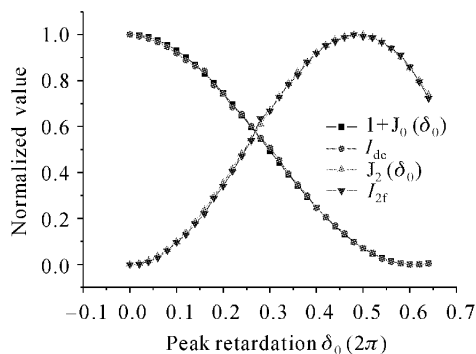


图 4 相位调制器应用在偏振方向调制中的实验结果
Fig. 4 Experimental result of application of a phase modulator to the modulation of polarization direction

为偏振方向调制器的原理。

4 结 论

提出了一种相位延迟器复合为旋光器的技术,利用米勒矩阵对其原理及其应用进行了分析。该技术的一个重要应用是将相位调制器转换为偏振方向调制器。实验验证了相位延迟器复合为旋光器以及相位调制器转换为偏振方向调制器的原理,给出了相应的实验结果。相位延迟器复合为旋光器,为制作旋光器提供了一种新的选择。利用相位延迟器复合为旋光器技术将相位调制器转换为偏振方向调制器,可以实现偏振方向调制的高频调制,并将波长使用范围扩展到紫外、红外波段,为偏振光学的研究提供了更为灵活的手段。

参 考 文 献

- Xu Guibao, Xu Xinguang, Yu Xiaoqiang *et al.*. High isolation broadband optical isolator with Fresnel rhomb [J]. *Acta Optica Sinica*, 2003, **23**(8):997~999
- 许贵宝,许心光,于晓强等. 采用菲涅耳菱体的高隔离度宽带光隔离器[J]. *光学学报*, 2003, **23**(8):997~999
- Dong Xiaona, Gao Limin, Shen Xiaojun *et al.*. Passing azimuth vertically with the technique of magneto-optic modulation [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2001, **30**(11):1389~1391
- 董晓娜,高立民,申小军等. 利用磁光调制实现方位角垂直传递[J]. *光子学报*, 2001, **30**(11):1389~1391
- Jianming Hu, Aijun Zeng, Xiangzhao Wang. A position sensor based on grating projection with spatial filtering and polarization modulation [J]. *Chin. Opt. Lett.*, 2006, **4**(1):18~20
- Aijun Zeng, Xiangzhao Wang, Dailin Li *et al.*. A novel polarization modulator for a Moire system with grating imaging [J]. *Chin. Opt. Lett.*, 2005, **3**(7):407~409
- Chen Ligang, Li Guohua, Feng Weiwei *et al.*. The design of adjustable compound polarization apparatus [J]. *J. Qufu Normal University*, 2005, **31**(1):53~54
- 陈立刚,李国华,冯伟伟等. 可调复合旋光器的研制[J]. *曲阜师范大学学报*, 2005, **31**(1):53~54
- Wang Guanghui, Wu Fuquan, Li Guohua *et al.*. The new design of linear-adjustable-rotator [J]. *J. Qufu Normal University*, 1998, **24**(2):70~72
- 王光辉,吴福全,李国华等. 新型连续可调旋光器[J]. *曲阜师范大学学报*, 1998, **24**(2):70~72
- Liu Yan, Li Guohua. The research of rotatory apparatus with compound wave plates [J]. *Applied Optics*, 2004, **25**(5):16~17
- 刘雁,李国华. 波片复合旋光器研究[J]. *应用光学*, 2004, **25**(5):16~17
- Guo Jihua, Zhu Zhaoming, Deng Weimin. A novel magneto-optic modulator [J]. *Acta Optica Sinica*, 2000, **20**(1):110~113
- 郭继华,朱兆明,邓为民. 新型磁光调制器[J]. *光学学报*, 2000, **20**(1):110~113
- Martin Gaugitsch, Hans Hauser. Optimization of a magneto-optical light modulator-part I: modeling of birefringence and Faraday effect [J]. *J. Lightwave Technol.*, 1999, **17**(12):2633~2644

- 10 Zhu Qingchun, Chen Shisheng Translated. Matrix Optics Introduction [M]. Shanghai, Science and Technology Literature Press, 1991
竺庆春, 陈时胜译. 矩阵光学导论[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1991. 10
- 11 Ma Yangwu, Wang Jinghuan, Bao Chengfang *et al.*. Optoelectronics [M]. The 2nd edition. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2002. 209~230
马养武, 王静环, 包成芳等. 光电子学[M]. 第二版. 杭州: 浙江大学出版社, 2002. 209~230
- 12 J. Badoz, M. P. Silverman, J. C. Canit. Wave propagation through a medium with static and dynamic birefringence; theory of the photoelastic modulator [J]. *J. Opt. Soc. Am. A*, 1990, 7(4):672~682
- 13 Zeng Aijun, Wang Xiangzhao, Li Dailin *et al.*. A new method to calibrate accurately a photoelastic modulator [J]. *Acta Optica Sinica*, 2005, 25(6):799~802
曾爱军, 王向朝, 李代林等. 精确标定光弹调制器的新方法[J]. 光学学报, 2005, 25(6):799~802
- 14 Hu Jianming, Zeng Aijun, Wang Xiangzhao. New method for measuring retardation of quarter-wave plate [J]. *Chinese J. Lasers*, 2006, 33(5):659~662
胡建民, 曾爱军, 王向朝. 精确测量 1/4 波片相位延迟量的新方法[J]. 中国激光, 2006, 33(5):659~662

中国光学学会 2006 年学术大会的通知

2006' General Congress of Chinese Optical Society

会议时间: 2006 年 9 月 3~5 日

会议地点: 中国·广州

主办单位: 中国光学学会

承办单位: 华南师范大学, 广东省光学学会

展馆地点: 中国·深圳 (2006 年 9 月 6~9 日)

协办单位: 清华大学精密测试技术及仪器国家重点实验室, 广州光学学会, 深圳光学学会, 中国光学学会国际会议展览工作委员会, 中国国际光电博览会(深圳), 广州光学光电子行业协会, 深圳光学光电子行业协会

会议宗旨: 两年一次的中国光学学会年会, 将于 2006 年 9 月 3~5 日在广州举行。由华南师范大学和广东省光学学会具体承办。本次会议将总结交流我国光学、光子学和工程光学领域的最新成果, 展望 21 世纪的发展方向, 为新老学者提供探讨新思想、交流新技术的讲台, 促进本领域的科技创新和成果转化。本次会议将与光学、光电子新技术和新产品大型国际展览会——中国国际光电博览会及中国光电产业高级论坛同期举行。

会议名誉主席: 王大珩(中国科学院)

会议主席: 母国光(南开大学)

节目委员会主席: 金国藩(清华大学)

组织委员会主席: 刘颂豪(华南师范大学)

大会秘书长: 邢 达(华南师范大学)

大会安排 15 个专题会议(分会场): 1) 量子光学与非线性光学, 2) 生物与医学光学, 3) 激光物理与技术, 4) 光学功能材料, 5) 集成光子学与光纤光学, 6) 光通信与光传感, 7) 光学存储与光全息, 8) 工程光学与光学制造, 9) 光电技术与系统, 10) 光学薄膜技术, 11) 超快光学, 12) 光学微系统与微纳米技术, 13) 颜色光学、眼(科)光学和仪器, 14) 激光加工技术, 15) 光学教学研究

会议论文提交截止时间: 2006 年 6 月 15 日(论文提交请见会议网站及第二轮通知)

承办单位地址: 广州市华南师范大学信息光电子科技学院, 邮政编码: 510631

电话: +86-020-39310309, +86-020-85216848, **传真:** +86-020-39310311, **联系人:** 崔红丽, 罗爱平

电子邮箱: guangd@scnu.edu.cn (崔红丽), luoaiping2003@126.com (罗爱平)

本会议建立了会议网页, 网址为: <http://laser.scnu.edu.cn/final/index2.htm>。敬请访问浏览, 了解会议细节和相关的最新信息。