

文章编号:1002-2082(2003)04-0040-02

复合消色差补偿器

郑春红¹, 宋连科¹, 梁荣饶², 朱化凤¹

(1. 曲阜师范大学 激光研究所, 山东 曲阜 273165; 2. 青岛市第三中学, 山东 青岛 266041)

摘要: 给出一种新的三元复合式消色差补偿器, 该补偿器具有调节方便、精度高、在一定波长范围内消色差性能良好等优点。

关键词: 补偿器; 消色差; 复合片

中图分类号: TH744. 2⁺¹

文献标识码: A

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。常见的有巴俾涅补偿器、塞拿蒙补偿器、斜片补偿器和索累补偿器等。分析它们的结果发现, 除了塞拿蒙补偿器外, 其它的补偿器都是通过调节双折射晶片的厚度来改变其延迟量的, 而且每种补偿器的标定都是对某一固定波长而言, 对于其它波长需要重新标定。有的补偿器还附有校正表格或校正曲线, 使用极不方便, 并且对复色光的使用更是无能为力。鉴于此, 我们研制出二元复合式消色差补偿器^[1], 得到了良好的使用结果。本文在此基础上研制出一种新的消色差补偿器, 即三元复合式消色差补偿器。使用时只须改变入射偏振光的振动方向, 即可改变其延迟量。这种补偿器与二元复合式消色差补偿器相比具有更高的消色差性能。

1 理论分析

根据复合波片理论^[2], 如果延迟量分别为 δ_1 和 δ_2 的两晶片的快轴 F_1 和 F_2 的夹角为 α (如图1), 入射偏振光的振动方向与 F_1 的夹角为 θ , 则该复合片的延迟量 Δ 满足

$$\text{tg}\Delta = - \left(\frac{\sin\delta_1 \cos\delta_2 + \cos\delta_1 \sin\delta_2 \cos 2\alpha}{\sin\delta_1 \sin\delta_2 - \cos\delta_1 \cos\delta_2 \cos 2\alpha} \right) \frac{\sin 2\theta - \sin 2\alpha \cos 2\theta \sin\delta_2}{\sin 2\theta + \sin 2\alpha \cos 2\theta \cos\delta_2} \quad (1)$$

即 Δ 是 α 和 θ 的函数。若令 $\alpha = 45^\circ$, $\delta_1 = 90^\circ$, 由(1)式可得

$$\Delta = \delta_2 - 2\theta \quad (2)$$

因此, 当 θ 改变时 Δ 也发生相应的变化, 并且成线性

关系。

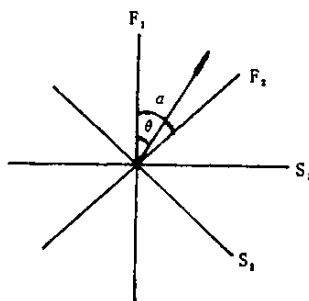


图1 复合波片原理

Fig. 1 Principle of composite wave plate

为了提高补偿器的消色差性能, 我们采用三元消色差波片组合的方式。文献[3]显示以 MgF_2 、ADP、KDP 三种材料组合的消色差波片的最大延迟误差在 400~700 nm 范围内只有 $\pm 0.4\%$ 。对于 $\lambda/4$ 波片, 要求 MgF_2 的厚度是 $97.46 \mu\text{m}$, ADP 的厚度是 $4.10 \mu\text{m}$, KDP 的厚度是 $19.86 \mu\text{m}$ 。我们取 $d_{\text{MgF}_2} = 97.5 \mu\text{m}$, $d_{\text{ADP}} = 4.1 \mu\text{m}$, $d_{\text{KDP}} = 19.9 \mu\text{m}$, 利用延迟量公式

$$\delta = 2\pi(\Delta n_1 d_{\text{MgF}_2} + \Delta n_2 d_{\text{ADP}} + \Delta n_3 d_{\text{KDP}}) / \lambda \quad (3)$$

计算, 结果如表1所示。上式中 Δn_1 , Δn_2 和 Δn_3 分别是 MgF_2 , ADP 和 KDP 的双折射率, 其数值由文献[3~4]给出; λ 是光的波长。

表1 不同波长时复合 $\lambda/4$ 波片的延迟量

Table 1 Delay of composite $\lambda/4$ wave plate at different wavelength

$\lambda(\text{nm})$	400	450	500	550	600	650	700
$\delta(\text{deg})$	90.0	90.5	90.2	89.8	90.1	89.9	90.4

由上表可以看出, 当厚度的精度要求降低一个数量级时, 其消色差性能也能达到较理想的程度, 但这对工艺加工却带来了极大的方便。在厚度上加倍即可

收稿日期: 2002-09-23

作者简介: 郑春红(1976-), 女, 曲阜师范大学激光研究所硕士研究生, 主要从事光学晶体偏光特性的研究工作。

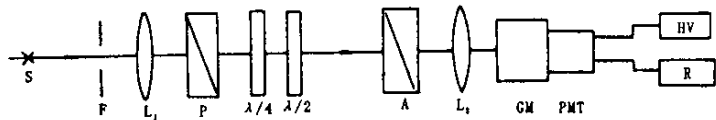
得到 $\lambda/2$ 波片。

由于上述波片的厚度要求太薄,加工时不容易实现,因此可以利用所谓“一级片”的加工方法得到^[4]。

2 实验及测试结果

测试装置如图2所示。从 $\lambda/2$ 波片出射的椭圆偏振光在 F_2 轴和 S_2 轴上分解成2个互相垂直的分量,其振幅分别为^[5]

$$A_{F_2}^2 = A^2 (\sin^2 \theta \cos^2 \alpha + \cos^2 \theta \cos^2 \alpha + 2 \sin \theta \cos \theta \sin \alpha \cos \alpha \cos \delta_1) \quad (4)$$



S: 卤钨灯; L_1, L_2 : 会聚透镜; P, A: 偏光棱镜; $\lambda/4, \lambda/2$: 消色差波片; GM: 光栅单色仪; PMT: 光电倍增管; HV: 高压电源; R: 光电处理系统

图2 实验装置图

Fig. 2 Diagram of the experiment setup

(8)式得:

$$|\cos \Delta| = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min}) \quad (9)$$

式中 I_{\max} 和 I_{\min} 分别是光强的最大值和最小值。因此,转动检偏镜 A, 可由记录设备记下最大光强和最小光强,再由(9)式计算出 Δ 。图3是固定 $\lambda = 6328 \text{ nm}$, 改变 θ 得到的 $\Delta \sim \theta$ 曲线。图4是固定 $\theta = 45^\circ$ 时的 $\Delta \sim \lambda$ 曲线;与理论计算基本相符。

3 结论

该补偿器避免了对其进行直接机械调节,只需2片消色差波片。使用时调节 P 的振动方向即可,操作极为方便,且精度高,具有较好的消色差性能。这在实

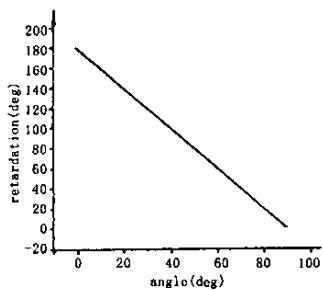


图3 不同 θ 时 δ 的测试结果

Fig. 3 Testing result of δ at different θ

$$A_{S_2}^2 = A^2 (\sin^2 \theta \cos^2 \alpha + \cos^2 \theta \cos^2 \alpha - 2 \sin \theta \cos \theta \sin \alpha \cos \alpha \cos \delta_1) \quad (5)$$

将 $\alpha = 45^\circ, \delta_1 = 90^\circ$ 代入(4)和(5)式得:

$$A_{F_2}^2 = \frac{1}{2} A^2 \quad (6)$$

$$A_{S_2}^2 = \frac{1}{2} A^2 \quad (7)$$

其中 A 是从 P 出射的线偏振光的振幅。经过 A 出射的线偏振光的光强表达式为

$$I = \frac{1}{2} I_0 (1 + \sin 2\varphi \cos \Delta) \quad (8)$$

式中, $I_0 = A^2$; φ 是 A 的偏振方向和 S_2 轴的夹角。由

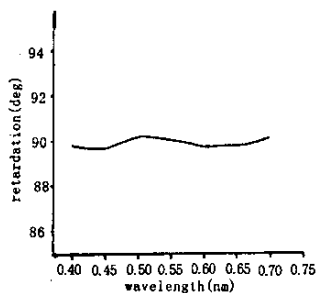


图4 不同波长时 δ 的测试结果

Fig. 4 Testing result of δ at different wavelength

际应用中非常有利。

参考文献:

- [1] 苏美开. 消色差复合片补偿器[J]. 光电子·激光, 1990, 1(1): 48~57.
- [2] 李国华, 苏美开, 宋连科. 复合延迟片理论[J]. 曲阜师范大学学报(自然版), 1990, 16(3): 48~51.
- [3] 金国藩, 李景镇. 激光测量学[M]. 北京: 科学出版社, 1998, 230~233.
- [4] 李景镇. 光学手册[M]. 西安: 陕西科技出版社, 1986, 567~576.
- [5] 李华. 光延迟器件的设计与参数稳定性分析[D]. 曲阜: 曲阜师范大学, 2000, 15~17.

THREE-IN-ONE COMPOSITE ACHROMATIC COMPENSATOR

ZHENG Chun-hong, SONG Lian-ke, LIANG Rong-rao, ZHU Hua-feng

(1. Laser Research Institute, Qufu Normal University, Shandong 273165, China;

2. The third high school, Qingdao 266041, China)

Abstract: A new composite achromatic compensator is introduced in this paper. As compared to common compensators, this compensator is convenient to operate, and has a high degree of accuracy and a good nature of achromatism.

Keywords: compensator; achromatism; composite wave plate