

文章编号: 1001-3806(2007)06-0671-02

改进型对称分束偏光棱镜

张 旭^{1,2}, 吴福全^{1*}, 何 杰², 彭捍东¹, 郝殿中¹, 闫 斌¹

(1. 曲阜师范大学 激光研究所, 曲阜 273165; 2 曲阜师范大学 物理系, 曲阜 273165)

摘要: 为了得到对称分束的偏光棱镜, 采用了常规渥拉斯顿棱镜进行改进的方法, 即通过修正 o 光束的出射端面来实现对称分束。得到了 o 光束出射端面的修正角与棱镜的结构角之间的关系式。以 632.8nm 波长为例分析了 o 光束出射端面的修正角与棱镜的结构角之间的关系曲线和修正角与波长的关系曲线。结果表明, 此种设计既可实现对称输出, 并且具有设计简单, 加工方便等特点。

关键词: 激光技术; 偏光分束镜; 渥拉斯顿棱镜; 对称分束

中图分类号: O436.3 文献标识码: A

Modified symmetric beam splitting prism

ZHANG Xu^{1,2}, WU Fu-quan^{1*}, HE Jie², PENG Han-dong¹, HAO Dian-zhong¹, YAN Bin¹

(1. Laser Research Institute, Qufu Normal University, Qufu 273165, China; 2. Department of Physics, Qufu Normal University, Qufu 273165, China)

Abstract In order to get a symmetric beam splitting prism, the conventional Wollaston prism was modified, i.e. to modify the surface of o light and get symmetric beam splitting. The relation between the correction angle and prism's structure angle was given. Taking 632.8nm for example, the relation curve between the correction angle and prism's structure angle was obtained. Furthermore, the relation curve between the correction angle and wavelength was also obtained. The results indicate that this design can get symmetric beam splitting and it is simple and easy to process.

Key words laser technique; beam splitting prism; Wollaston prism; symmetric beam splitting

引 言

在现代光学与光电子应用技术中, 偏光分束镜是一种应用非常广泛的光学器件^[1-3], 其中由于渥拉斯顿棱镜的 o 光, e 光束均发生偏折, 因而分束角较大。常规渥拉斯顿棱镜的分束角一般按对称来处理, 这种近似处理能满足一般应用要求, 但在某些偏光应用技术中, 要求分束角严格对称^[4-6], 而常规的渥拉斯顿棱镜却不能满足需要。本文中针对这一问题, 提出了一种解决的方案, 以使棱镜的分束角相对入射光方向高度对称。

1 渥拉斯顿棱镜的基本原理及改进设计

渥拉斯顿棱镜的结构及光路见图 1, 出射的 o 光、e 光均是依据它们在棱镜前半部分中的属性定义的^[7,8]。

渥拉斯顿棱镜的精确分束角由下式给出^[9]:

$$\begin{cases} \varphi_1 = \sin^{-1} \{ \sin [(n_o^2 - n_e^2 \sin^2 s)^{1/2} - n_e \cos s] \} \\ \varphi_2 = \sin^{-1} \{ \sin [n_o \cos s - (n_e^2 - n_o^2 \sin^2 s)^{1/2}] \} \end{cases} \quad (1)$$

作者简介: 张 旭 (1979-), 男, 助教, 硕士研究生, 现主要从事薄膜光学与光电测试的研究。

* 通讯联系人。E-mail: fqwu@mail.qfnu.edu.cn

收稿日期: 2006-07-11; 收到修改稿日期: 2006-08-27

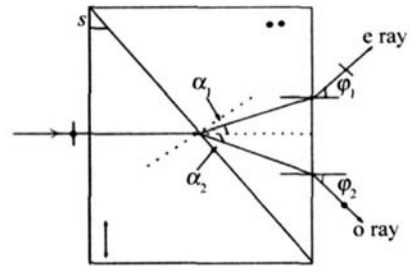


Fig 1 The optical path of Wollaston prism

$$\text{分束角: } \varphi = \varphi_1 + \varphi_2 \quad (2)$$

式中, n_o , n_e 分别为 o 光、e 光的主折射率。以波长 632.8nm 为例, φ_1 , φ_2 随结构角的变化曲线如图 2 所示。

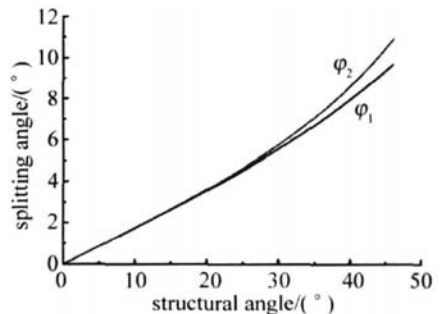


Fig 2 The relation curve between the splitting angle φ_1 , φ_2 and the structure angle s

从图2可以明显看出,分束角 φ_1, φ_2 是不相等的,也就是说分束角是不对称的。在结构角大于 20° 以后, φ_1, φ_2 的差值逐渐增大。通常情况下渥拉斯顿棱镜的结构角一般取 $20^\circ \sim 40^\circ$ 之间,此时, φ_1, φ_2 的差值一般在 $0.05^\circ \sim 0.65^\circ$ 左右。由图中曲线还可以看出,分束角 φ_2 总是大于 φ_1 ,既然 φ_2 较大,则可以采取措施使 φ_2 减小,最终使分束角相对入射光方向相等。设计光路见图3即对o光线所在的出射端面进行修正,

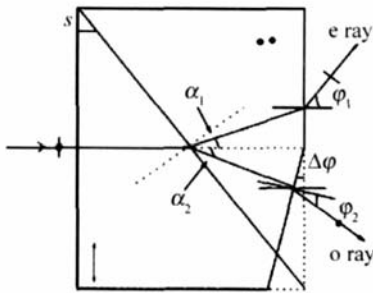


Fig 3 The structure and light splitting path of the prism

使 φ_2 减小到 $\varphi_2 + \Delta\varphi = \varphi_1$ 。修正的角度标为 $\Delta\varphi$,并称之为修正角。

2 棱镜修正角

2.1 修正角与棱镜结构角的关系

如图3所示,在o光出射端面有 $n_e \sin(\alpha_2 - \Delta\varphi) = n_o \sin\varphi_2$,所以:

$$\varphi_2 = \sin^{-1} [n_e \sin(\alpha_2 - \Delta\varphi)] \quad (3)$$

当实现对称分束时,应有:

$$\varphi_2 + \Delta\varphi = \varphi_1 \quad (4)$$

式中, φ_1 由(1)式给出,那么修正角为:

$$\Delta\varphi = \sin^{-1} \left\{ \frac{\sin^2(\alpha_2 - \Delta\varphi) - n_o^2 \cos^2 \alpha_2}{n_e^2 - n_o^2 \sin^2 \alpha_2} \right\} - \sin^{-1} [n_e \sin(\alpha_2 - \Delta\varphi)] \quad (5)$$

以冰洲石晶体对 632.8nm 的主折射率($n_e = 1.48515, n_o = 1.65567$),由(5)式计算的修正角 $\Delta\varphi$ 随结构角 s 的变化曲线如图4所示。从图中曲线可见,随着结构角的增大,修正角 $\Delta\varphi$ 也增大。

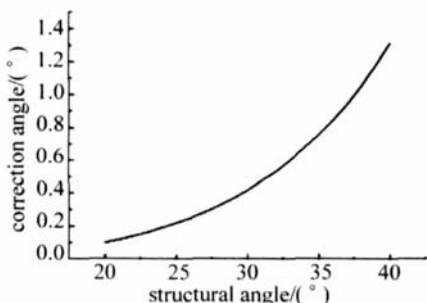


Fig 4 The relation curve between the correction angle $\Delta\varphi$ and the structure angle s

2.2 修正角与波长的关系

以上分析只是针对 632.8nm 波长进行的,如果选取一个较大的波长范围,又会出现什么情况呢?取定棱镜的结构角 $s = 30^\circ$,由(5)式及冰洲石晶体在不同波长下的主折射率,可以得出如图5所示的曲线。从

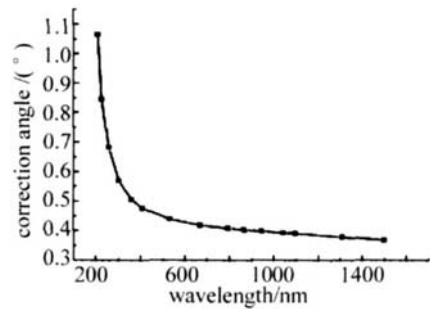


Fig 5 The relation curve between the correction angle and the wavelength

图中曲线可以看出,取定棱镜的结构角之后,愈是趋向于短波长方向,修正角越大;愈是倾向于长波长方向,修正角越小。在可见光范围,修正角随波长的变化趋向平缓,在 0.45 左右。换言之,一只对于可见光某一波长设计的改进型对称分束偏光棱镜,其分束角的对称性在可见光及近红外区域是近似消色差的。

3 结论

通过对渥拉斯顿棱镜o光出射端面的修正得到了对称分束的偏光棱镜,既具有非常好的偏光性能,又可实现对称输出,并且其分束角的对称性在可见光及近红外区域具有较好的消色差性,故是一类较理想的对称分束偏光器件。此种棱镜在加工工艺上不存在任何困难。

参考文献

- [1] LI G H, XIAO S H, LI J Zh *et al* Study on phase retardation of a Wollaston prism in convergent light [J]. Chinese Journal of Lasers 1992, 19(7): 512~516 (in Chinese).
- [2] MA Y W, HUANG L Analysis of Wollaston polarizer in imaging systems [J]. Laser Technology, 1996, 20(2): 68~72 (in Chinese).
- [3] YU Y J, LI P Sh, QIAN X F, *et al* An analysis of the adjustment for optical path in a heterodyne interferometer [J]. Opto-Electronic Engineering 2000, 27(1): 44~47 (in Chinese).
- [4] ZHAO M Sh, LI G H. Symmetric beam-splitting polarization prism [J]. Laser Journal 1991, 12(3): 136~139 (in Chinese).
- [5] MA L L, SONG L K, WU F Q Design of parallel and symmetric beam splitting prism based on Wollaston prism [J]. Optical Technique 2003, 29(5): 602~603 (in Chinese).
- [6] HUANG J Y, WU F Q, LI G H. Symmetry of beam splitting angle for uniaxial crystal prism [J]. Laser Technology, 1996, 20(2): 104~107 (in Chinese).
- [7] LI J Zh Hand book of optics [M]. Xi'an Shanxi Science Technology Press 1980 258~271 (in Chinese).
- [8] JIANG M H. Crystal physics [M]. Jinan Shandong Science Technology Press 1980 258~271 (in Chinese).
- [9] LI G H, WU F Q. Splitting angle asymmetric of beam splitting polarization prism [J]. Applied Optics 1991, 12(4): 21~25 (in Chinese).