

单元大分束角双反射偏光分束镜研制

吴福全 李国华

(曲阜师范大学激光研究所, 曲阜)

摘要: 通过对双反射偏光分束镜中 o 、 e 光的分裂角与晶体光轴取向和棱镜切角关系的分析, 给出了一种可获得大分束角的单元结构双反射偏光分束镜设计。

The study of single unit bireflective polarization beam-splitting prism with larger splitting angle

Wu Fuquan, Li Guohua

(Laser Institute, Qufu Normal University)

Abstract: The dependence of splitting angle between o and e light on the orientation of optical axis and cut angle of the bireflective polarization beam-splitting prism is discussed. A new kind of single unit bireflective beam-splitting polarization prism which can give a larger splitting angle is presented in this paper.

一、引言

利用晶体的双折射原理制作偏光分束棱镜, 已为人们所熟知, 至今使用的偏光分束棱镜均为双折射型的, 如Wollaston棱镜、Rochon棱镜等。利用晶体的双反射原理设计偏光分束棱镜, 1988年才见报道。目前, 我们已研制出多种系列的双反射偏光分束镜。就单元结构的该类棱镜而言, 不仅在偏光分束镜的主要技术指标——消光比、总透射比、抗光损伤阈值等优于双折射型偏光分束镜, 而且可同时实现光束转向, 这一特点是对偏光分束棱镜应用范围的重要开拓。该棱镜一般设计成双 45° 直角棱镜的形式, 其分束角接近 10° , 这对多数应用的需要是满足的, 但是, 一些应用要求偏光分束镜提供更大的分束角。本文将通过对该类棱镜经镜面全反射而分开的 o 、 e 光的分裂角与晶体光轴取向和棱镜切角关系的分析, 给出一种可获得大分束角的单元结构双反射偏光分束镜设计。其样品棱镜的实测与理论计算是一致的。

二、分裂角与晶体光轴取向和棱镜切角的关系

设棱镜光路的一般形式如图1所示, 棱镜内晶体光轴 oo' 的取向在图中的平面内是任意的。按一般棱镜设计的习惯, 把图1中的 AB 与 BC 之夹角称为棱镜的切角, 另外, 把经介面 BC 全反射而分开的 o 光与 e 光传播方向的夹角 δ 称为 o 、 e 光的分裂角。显然, 该类棱镜的分束角的大小取决于 δ 的大小。

一般情况下, 当光正入射时, 在 BC 界面上, 对于 o 光有 $\angle\theta_o = \angle\theta = \angle S$, 而对于 e 光有:

$$n_e' \sin s = n_e'' \sin \theta_e \quad (1)$$

式中, n_e' 、 n_e'' 分别为e光全反射前后对应的晶体折射率, 它们分别由下式给出:

$$\begin{cases} n_e'^2 = n_o^2 n_e^2 / (n_o^2 \sin^2 \varphi' + n_e^2 \cos^2 \varphi') \\ n_e''^2 = n_o^2 n_e^2 / (n_o^2 \sin^2 \varphi'' + n_e^2 \cos^2 \varphi'') \end{cases} \quad (2)$$

式中, φ' 、 φ'' 分别为e光全反射前后与晶体光轴的夹角。由图1可知:

$$\delta = |\theta_e - \theta_o| = |s - \sin^{-1}(n_e' \sin s / n_e'')| \quad (3)$$

由(2)、(3)式可见, 分裂角 δ 与棱镜内晶体光轴的取向和棱镜切角均有关。

若只从棱镜内晶体光轴的取向考虑, 使e光全反射前对应的晶体折射率由最大 $n_e' = n_o$ (或

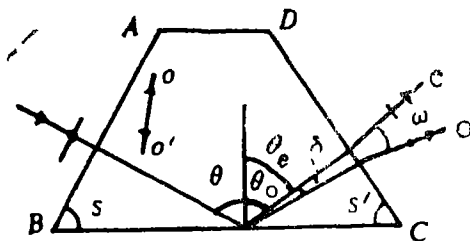


图1 棱镜光路图

最小 $n_e' = n_e$) 成为全反射后的最小 $n_e'' = n_e$ (或最大 $n_e'' = n_o$), 棱镜所产生的分裂角最大。

在光正入射的情况下, 对应的棱镜内晶体光轴的取向在图1的平面内有两个, 即晶体光轴在入射介面内垂直于入射介面。

下面只以晶体光轴在入射介面内的情况分析。 o 光与 e 光之分裂角 δ 与棱镜切角的关系。在这种情况下, 对于垂直入射的光有 $\varphi' = 90^\circ$, $\varphi'' = \theta_e + s - 90^\circ$, 代入(2)式得:

$$\begin{cases} n_e'^2 = n_o^2 \\ n_e''^2 = n_o^2 n_e^2 / [n_o^2 \sin^2(\theta_e + s - 90^\circ) + n_e^2 \cos^2(\theta_e + s - 90^\circ)] \end{cases} \quad (2')$$

(1)式两端平方再将(2')式代入得到,

$$\frac{\sin^2 \theta_e}{\sin s} = \sin^2(\theta_e + s - 90^\circ) + \frac{n_e^2}{n_o^2} \cos^2(\theta_e + s - 90^\circ)$$

上式两端同乘 $1/\cos^2(\theta_e + s - 90^\circ)$, 并利用三角关系

$$\sin \theta_e = \sin(\theta_e + s - 90^\circ) \cos(s - 90^\circ) - \cos(\theta_e + s - 90^\circ) \sin(s - 90^\circ)$$

$$\sin s = -\cos(s - 90^\circ)$$

得到:

$$\theta_e = \text{tg}^{-1}[(n_o^2 \text{tg}^2 s - n_e^2) / 2n_o^2 \text{tg} s] + 90^\circ - s \quad (4)$$

那么,

$$\delta = 2s - 90^\circ - \text{tg}^{-1}[(n_o^2 \text{tg}^2 s - n_e^2) / 2n_o^2 \text{tg} s] \quad (5)$$

图2是取 $n_o = 1.65567$ 、 $n_e = 1.48515$ 由(5)式计算的分裂角 δ 关于棱镜切角 s 的关系曲线。

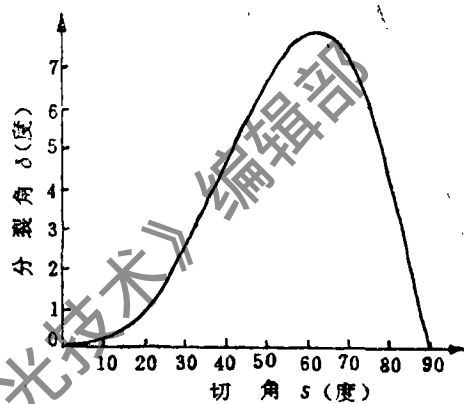


图2 δ - s 关系曲线

三、棱镜设计

以上分析表明,晶体光轴在图1的平面中且在入射介面内时,单元结构双反射偏光分束镜分束角的大小只取决于棱镜切角 s 。由于我们的目的是要求所设计的棱镜能获得尽可能大的分束角。因此,对棱镜切角的设计应取 o 光与 e 光的分裂角为最大时所对应的值,为此,对(5)式求导并使其等于零得到:

$$s = \text{tg}^{-1} \sqrt{3} n_o / n_e \quad (6)$$

这就是所要确定的棱镜切角。代入(5)式即得:

$$\delta_{m,x} = 2 \text{tg}^{-1} \sqrt{3} n_o / n_e - \text{tg}^{-1} \sqrt{3} n_e / 3 n_o - 90^\circ \quad (7)$$

关于两偏振光的出射端面与全反射介面夹角的取值可分以下两种情况考虑:

1. 由于 $n_e'' < n_o$, 为使棱镜产生尽可能大的分束角,使 e 光垂直出射,而只让 o 光发生折射,由图1可知,应取

$$s' = s - \delta_{m,x} \quad (8)$$

棱镜产生的分束角为

$$\omega = \sin^{-1}(n_o \sin \delta_{m,x}) \quad (9)$$

2. 使 o 、 e 光均发生折射,可取

$$s' = s - \delta_{m,x} / 2 \quad (10)$$

其对应的分束角为

$$\omega = \sin^{-1}[n_o \sin(\delta_{m,x} / 2)] + \sin^{-1}[n_e'' \sin(\delta_{m,x} / 2)] \quad (11)$$

四、样品棱镜的测试结果

下表列出了四只冰洲石样品棱镜的测试结果。表中 s 、 s' 以及 ω_j 为理论计算值, ω 为在

样 品	s	s'	ω_j	ω	消光比
1	62.62°	54.76°	13°5'	13°3'	10 ⁻⁶
2	62.62°	54.76°	13°5'	13°6'	10 ⁻⁶
3	62.62°	58.69°	12°55'	12°55'	10 ⁻⁶
4	62.62°	58.69°	12°55'	12°54'	10 ⁻⁶

6328 Å光源的测量值。测量是在32J 0.52s测角仪上进行的,该仪器测量精度为2s。从表中所例数据可见,该棱镜分束角的测量值与计算值是一致的,较双45°直角单元双反射偏光分束镜的分束角增大近4°,加上高抗光损伤阈值等突出特点,它是一种激光应用技术的理想偏光分束器件。

参 考 文 献

- [1] 李国华. 激光偏光镜与分束镜. 阜曲师院报(自然科学版), 1982, 8(4): 20~26
- [2] 李国华. 可调分束角棱镜. 应用激光联刊, 1982, 2(1): 60
- [3] 蒋民华编. 晶体物理. 济南: 山东科学技术出版社, 1980: 258~278
- [4] 李景镇主编. 光学手册. 西安: 陕西科学技术出版社, 1986: 502

· 单位简介 ·

国营中南光电仪器厂

Zhongnan Opto - Electronic Instrument Factory

国营中南光电仪器厂是中国兵器工业总公司所属生产光电元件和光电仪器的专业工厂，该厂位于豫西伏牛山区，属河南省南阳地区。工厂现有职工1900余人，其中高中级技术人员及管理人员200人；工厂占地600亩，固定资产3000余万元，拥有加工设备1000余台。现已建成几条生产线，其中从日本引进的光敏电阻生产线已经投产，即将建成光学元件生产线，将创造更好的经济效益。

该厂生产的民用产品主要有：

显微镜系列：10×~50×连续变倍解剖显微镜，30×解剖显微镜，山牌TX型连续变倍体视显微镜（12×~160×）。

照相镜头系列：山牌f105/2.5（中焦），f200/4，f300/4.5（长焦），f50、f75放大镜头。

仪器和医疗器械类：投影式测厚仪，双管测角仪，激光测流仪，红外警戒仪，TDP康复器，大光腔激光穴位治疗仪。

光学元件：各种光学平面镜，球面镜，锥体棱镜，多面体（正6~36面棱体），水泡，金属干涉滤光片，各种眼镜片，硫化镉光敏电阻，砷化镓大光腔激光器。

其它产品：摩托车离合器等。

国营中南光电仪器厂以改革开放为动力，依靠技术骨干和生产骨干，团结全厂职工，在“军转民”的大道上加快步伐，不断研制出深受国内外用户欢迎的新产品，其中多数产品已获得上级机关嘉奖。工厂愿以自己的各类产品为各界服务，欢迎来人或来函垂询。

通信地址：河南省镇平111信箱

Addr.: P.O.Box 111, Zhenping City,
Henan, China

电 话：镇平780，南阳23702

Tel.: 780 Zhenping, 23702 Nanyang

电报挂号：镇平2502

Cab.: 2502 Zhenping

邮政编码：474261

ZIP Code: 474261

*

*

*

作者简介：吴福全，男，1953年出生。讲师。多次获得省级以上的奖励；1990年获得山东省首届青年科技奖荣誉称号。现从事激光偏光器件和光学薄膜的研究工作。

收稿日期：1990年11月12日。 收到修改稿日期：1991年1月10日。