

可调剪切差平行分束偏光器

吴福全 于德洪 李国华 宋连科

(曲阜师范大学激光研究所, 曲阜 273165)

摘要 本文给出了一种可调剪切差的平行分束偏光器设计; 它调整方便, 可获得较大平行剪切差, 为现代偏光技术提供了一种新型平行分束偏光器件。

关键词: 偏振; 可调剪切差; 平行分束

1 引言

平行分束偏光镜^[1]属于偏光分束镜的范畴。常规偏光分束镜(如洛涵棱镜、渥拉斯顿棱镜^[2]等)产生的两线偏光相互间有一定的夹角, 称为偏光分束镜的分束角; 平行分束偏光镜产生的两线偏光间的夹角为零, 但相互间分开一定距离, 通常把这一距离称为横向剪切差。对于一只常规的平行分束偏光镜, 它产生的横向剪切差是一个定值; 而且由于材料的原因, 得不到较大的剪切差。本文描述的由两只渥拉斯顿型设计组成的平行分束偏光器, 其横向剪切差不但具有较大取值, 而且可调, 这显明的特点, 无疑将拓宽平行分束偏光器件的应用范围。

2 器件结构与原理分析

可调剪切差平行分束偏光器是一种复合结构, 其光路结构如图 1 所示, 它是由两只结构角相同的渥拉斯顿结构棱镜复合而成。当棱镜 2 相对棱镜 1 做平行移动时, 横向剪切差 Δ 即随之改变。

该平行分束偏光器的关键设计是: 两组合棱镜的结构角相同(即 $S_1 = S_2$), 且按通光方向平行放置。令光正入射于棱镜 1, 图 1 中角 β 的下标

o, e 随两线偏光的电矢量在晶体中的相对方位而定, 当电矢量与晶体光轴方向垂直或平行时, 其对应的折射率分别为 n_o 或 n_e 。正入射于棱镜 1 的非偏振光, 在其前半部被分成偏振面

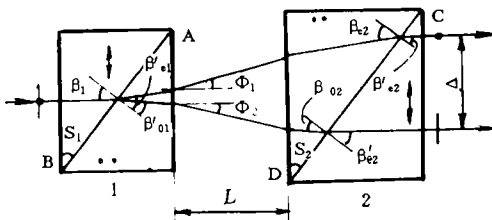


图 1

相互垂直的两线偏光 o 光和 e 光，但是 o 、 e 光并不分开，只产生相位差；它们经 AB 介面折射进入棱镜 1 的后半部才被分束，按费涅耳理论，它们遵从下面关系式：

$$\begin{cases} n_o \sin \beta_1 = n_e \sin \beta'_{e1} \\ n_e \sin \beta_1 = n_o \sin \beta'_{o1} \end{cases} \quad (1)$$

这里 β_1 、 β'_{e1} 、 β'_{o1} 分别是在 AB 介面光的入射角和 e 、 o 光波的折射角。

棱镜 1 后半部中的 e 、 o 光波经过再次折射，分束角进一步加大，然后折射进入棱镜 2 的前半部。根据前面提出的关键设计，容易看出棱镜 2 前半部中的 e 、 o 光波与其在棱镜 1 后半部的传播方向一致，且图 1 中的介面 CD 平行于 AB ，因此有

$$\begin{cases} \beta_{e2} = \beta'_{e1} \\ \beta_{o2} = \beta'_{o1} \end{cases} \quad (2)$$

e 、 o 光波经 CD 介面折射而进入棱镜 2 的后半部，其在此介面折射的关系式为

$$\begin{cases} n_e \sin \beta_{e2} = n_o \sin \beta'_{o2} \\ n_o \sin \beta_{o2} = n_e \sin \beta'_{e2} \end{cases} \quad (3)$$

由 (1)、(2)、(3) 式可以得到

$$\beta'_{o2} = \beta'_{e2} = \beta_1 \quad (4)$$

也就是说，被分束的 o 、 e 光波在棱镜 2 后半部的传播方向相同，且与棱镜 1 前半部中光的传播方向一致；对整个系统而言，只要是正入射的光，被系统分束后，出射的两线偏光就相互平行，从而达到了平行分束的目的。

由图 1 可以看出，剪切差 Δ 与两棱镜之距成正比。也就是说，通过调整两镜之距 L ，就可以获得不同的剪切差 Δ 。

3 剪 切 差

从图 1 可知，这种平行分束偏光器设计，其剪切差由系统中棱镜的几何结构和两组合棱镜的相对位置决定。当棱镜的几何结构确定后，该设计的剪切差就只决定于系统中两棱镜的相对位置。取两棱镜之距 $L = 0$ 时的剪切差为 Δ_1 ，那么 Δ_1 是该系统能够获得剪切差的最小值，称之为“基差”；随两棱镜之距 L 改变成正比变化的剪切差用 Δ_2 表示，称之为：变差。

当 $L = 0$ 时的光路如图 2 所示，基差 Δ_1 由组成系统的棱镜结构角以及棱镜几何边长 a 与 b 决定。设棱镜的切割延伸到棱镜端面，且光正入射于棱镜中部，由图中的三角关系可得

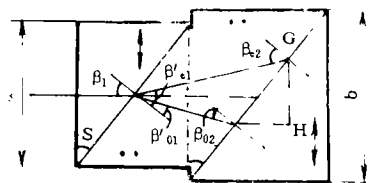


图 2

$$\Delta_1 = GH = \frac{(a+b)\sin S [\sin(\beta'_{e1} - S)\cos\beta'_{o1} + \sin(S - \beta'_{o1})\cos\beta'_{e1}]}{2\cos\beta'_{e1}\cos\beta'_{o1}} \quad (5)$$

式中:

$$\beta'_{e1} = \sin^{-1}\left(\frac{n_o}{n_e}\sin S\right)$$

$$\beta'_{o1} = \sin^{-1}\left(\frac{n_e}{n_o}\sin S\right)$$

关于变差 Δ_2 与两棱镜之距 L 的关系, 若 φ_1 、 φ_2 表示棱镜 1 产生的 e 、 o 光之分束角 (见图 1), 则有

$$\Delta_2 = (\operatorname{tg}\varphi_1 + \operatorname{tg}\varphi_2)L \quad (6)$$

其中

$$\varphi_1 = \sin^{-1}\left\{\sin S [n_o \cos S - (n_e^2 - n_o^2 \sin^2 S)^{\frac{1}{2}}]\right\}^{[3]}$$

$$\varphi_2 = \sin^{-1}\left\{\sin S [n_e^2 - n_o^2 \sin^2 S]^{\frac{1}{2}} - n_e \cos S\right\}$$

那么这种可调剪切差平行分束偏光器产生的总剪切差为

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 \quad (7)$$

4 剪切差的测试与测试结果

剪切差的测试光路如图 3 所示。可调剪切差平行分束偏光器系统中的两棱镜之距 L 可在 0~50mm 之间连续变化, 其读数精度为 ± 0.5 mm。He-Ne 激光被系统分束后到达光阑, 光阑装在五维支架上; 调整光阑, 使被测光束刚好能通光阑。依次让两光束通过 (调整支架, 使光功率计上的光功率显示为

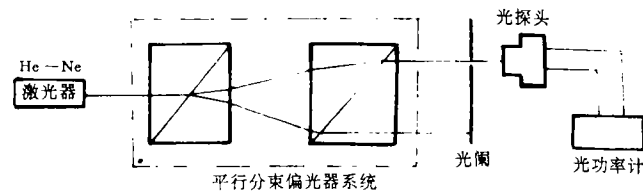


图 3

表 1

L (mm)	Δc (mm)	Δ_1 (mm)
0	0.7	0.68
5	1.6	1.63
10	2.6	2.58
20	4.5	4.48
30	6.3	6.39
40	8.1	8.29

最大), 支架上水平位移量即为测得系统产生的剪切差 (水平位移可读精度为 0.1mm)。用于测试的两只棱镜的结构角 $S = 29^\circ$, 边长 $a = b = 10$ mm, 对于不同的 L 值测得的剪切差 Δc 以及相应的计算值 Δ_1 列于下表。

由表中所列数据可见:

- 1 剪切差的测量值与计算值是一致的。
- 2 该组合平行分束偏光器不但可获得较大横向剪切差, 而且剪切差连续可调。

以上分析首先设定了组成系统的两只棱镜的结构角相同并平行放置，进一步的实验和分析表明，只要系统的结构条件保证，光束的入射角对系统的平行分束和可调都没有影响，这就为该平行分束偏光器的调整和使用带来更大方便。

参 考 文 献

- [1] 李国华, 吴福全, 应用激光联刊, 1988, 215 (4)
- [2] W. G. Driscall, Handbook of Optics, 10—58
- [3] 李国华等, 应用光学, 1991, 8 (4)

The Design of a Parallel Beamsplitting Device Having Adjustable Beam-displacement

Wu Fuquan, Li Guohua, Yu Dehong and Song Lianke

(*Laser Institute of Qufu Normal University, Qufu 273165*)

Abstract

Authors give the design of a parallel beamsplitting polarization device whose beam-displacement is not only larger but also adjustable, and supply the modern polarization technology with a new kind of parallel beamsplitting device.

Key Words: Polarization, Adjustable beam-displacement, Parallel-beamsplitting