

激光高效偏光镜的研究

吴福全 李国华 宋连科 代作晓

(曲阜师范大学激光研究所, 曲阜 273165)

提要 给出了一种新型组合偏光镜设计;研究了激光高效偏光镜的机理;其性能测试表明:消光比优于 10^{-5} ,对非偏振光的透射比高达 89%。

关键词 激光高效偏光镜,透射比,消光比

本文采用器件组合的方法,研制出一种对非偏振激光的透射比达 88~90% 的激光高效偏光镜,不但满足了许多激光应用研究工作的需要,而且为研制高性能激光偏光镜提供了一种新的方法。

1 原理分析

激光高效偏光镜的结构和原理光路如图 1 所示。 A 是一只平行分束偏光镜^[1], B 是半波片(或 90° 旋光器), C 是格兰型偏光棱镜。

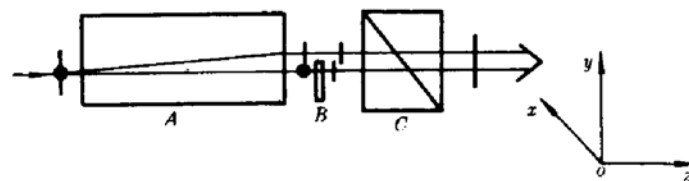


Fig. 1 The schematic diagram of high efficiency polarizers

A : parallel beamsplitting polarizer; B : $\lambda/2$ retardation plate; C : Gian-Taylor prism

我们的设计思想是:使被 A 平行分束的两振动面相互垂直的线偏振光之一通过 B ,使其振动面绕光传播方向旋转 90° ,这样便可得到光矢量振动方向平行,传播方向一致,只有一微小间隔的两线偏振光,从而实现了非偏振激光高效起偏的目的。光路中加起偏器 C 的目的在于提高透射光束的偏振度。

设 A, C 器件坐标如图 1 所示, A, C 内 o, e 光的光矢量分别平行于 x, y 轴。设入射光是光强为

1 的自然光,且光在各界面上的反射系数为零。那么由 A 分束的 o 、 e 光可用琼斯矢量表示为

$$\begin{cases} E_{ox} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}^{[2]} \\ E_{oy} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \end{cases} \quad (1)$$

半波片 B 的快轴与 x 轴成 45° ,因此它的琼斯矩阵为

$$W = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

起偏器 C 只允许光矢量平行于 y 轴的光通过,其琼斯矩阵为

$$P = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

由 A 分束的光矢量平行于 x 轴的光,经过整个过程后光的琼斯矢量应为

$$E_x' = PWE_{ox} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

这是光矢量沿 y 轴振动的光。表明由 A 分束的光矢量平行于 x 轴的光,其光矢量的振动面已旋转了 90° ,并通过了起偏器 C 。

由 A 分束的光矢量平行于 y 轴的光,经过整个过程后光的琼斯矢量应为

$$E_y' = PE_{oy} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

上式表明由 A 分束的光矢量平行于 y 轴的光,光矢量的振动面没有发生变化,也通过了起偏器 C 。

那么出射光的总光强应为

$$I = |E_x'|^2 + |E_y'|^2 = 1$$

以上分析表明:自然光经图 1 所示的光路后,两出射光均为光矢量平行于 y 轴的线偏振光;在不考虑组成系统各器件表面反射及其他光能损失的情况下,出射的线偏振光的光强等于入射的自然光的光强,效率为 100%。

但是事实上,即使组成系统的各分立器件的表面均镀增透膜,各器件的透射比也不可能达到 100%,因此在激光高效偏光镜总透射比的实际计算中,总透射比可按下式计算

$$T = T_A T_B T_C \quad (6)$$

式中 T_A 、 T_B 、 T_C 为图 1 中器件 A 、 B 、 C 的透射比。

2 性能测试

样品棱镜 1~3 适用于 632.8 nm 波长的氦氖激光,4~6 适用于 780 nm 波长的半导体激光。组成激光高效偏光镜的各分立器件的通光表面均对所使用波长镀了硬质增透膜;半波片的相位延迟偏差小于 2%。样品棱镜的设计参数:透射比为 89%,消光比优于 10^{-5} 。

样品棱镜透射比、消光比的测试均采用常规测量方法,并在消光比的测试中采取了一些必要的措施^[3];光源均为非偏振光。6 只样品棱镜的测试结果列于表 1。

Table 1 The testing results of the sample prism transmittance and extinction ratio

Sample	1	2	3	4	5	6
Transmittance (%)	89.6	90.2	89.8	90.0	88.8	89.2
Extinction ratio	$<10^{-5}$	$<10^{-5}$	$<10^{-5}$	$<10^{-5}$	$<10^{-5}$	$<10^{-5}$

测试结果表明：激光高效偏光镜的消光比优于 10^{-5} ，这与当前优秀的格兰型偏光镜的指标相同；对非偏振激光的透射比高达 89% 左右，这与以上原理分析值是一致的。总之，对非偏振激光高效起偏的特性得到了证实。

参 考 文 献

- 1 李国华, 吴福全. 平行分束偏光镜设计与研制. 应用激光联刊, 1988, 7(4): 215~217
- 2 李家泽, 朱宝亮, 魏光辉. 晶体光学. 北京: 北京理工大学出版社, 1989. 148
- 3 李国华, 赵明山, 吴福全等. 高消光比测试系统的研究. 中国激光, 1990, 17(1): 51~53

Study of High Efficiency Laser Polarizers

Wu Fuquan Li Guohua Song Lianke Dai Zuoxiao

(Laser Institute, Qufu Normal University, Qufu 273165)

Abstract The design of a newtype group polarizer is given. The principle of laser high efficiency laser polarizer is studied. Its performance testing demonstrates: the extinction ratio is better than 10^{-5} , and the transmittance against unpolarized light is as high as 89%.

Key words laser high efficiency polarizer, transmittance, extinction ratio