

文章编号: 1001-3806(2003)06-0560-03

OE 双输出棱镜的分束角和光强分束比研究

王 伟 吴福全 苏富芳
(曲阜师范大学激光研究所, 曲阜, 273165)

摘要: 分析了非偏振光经过 OE 双输出棱镜起偏、分束后, o 光, e 光之分束角及其光强分束比随入射角(视场角内)的变化关系。结果表明, 当入射角变化 α 时, 分束角随之变化 2α ; 而光强分束比不再保持 $1/2$, 而是呈现一种非线性变化关系。

关键词: OE 双输出棱镜; 入射角; 分束角; 透射光强
中图分类号: O435 文献标识码: A

Researches of splitting angle and splitting intensity ratio of OE double escape prism

Wang Wei, Wu Fuquan, Su Fufang
(Institute of Laser Research, Qufu Normal University, Qufu, 273165)

Abstract: In this paper, the splitting angle and the light intensity splitting ratio of o ray and e ray changing with incident angle are analyzed after non polarized light penetrates the OE double escape prism. The result proves that the splitting angle changes 2α when the incident angle changes α . At the same time, the intensity splitting ratio doesn't remain $1/2$, but presents to be a nonlinear relation.

Key words: OE double escape prism; incident angle; splitting angle; transmission intensity

引 言

关于 OE 双输出棱镜和 90° 分束偏光镜的设计以及光强分束比的研究已有报道^[1-3], 但这些研究都是仅限于正入射的情况, 对于非正入射的情况还未见有报道。文献[1]中给出了 OE 双输出棱镜的设计思想: 非偏振光经棱镜后, 不但可获得偏振方向相互垂直的 o, e 两束线偏振光, 且对于正入射的光, o, e 光均垂直于其输出端面射出, 故棱镜的两结构角是一致的。在这种情况下, 对于正入射的光, 分束角约为 102° , 光强分束比近似为 $1/2$ 。本文中, 对非正入射的光, 其分束角和光强分束比的变化情况、相对于入射角有怎样的变化关系进行具体的分析, 这不仅更加完善了对 OE 双输出棱镜性能的研究, 而对于实际的应用工作, 也具有重要的现实意义。

1 OE 双输出棱镜的分束角

OE 双输出棱镜的结构及分光光路如图 1 所示^[4],

作者简介: 王 伟, 女, 1978 年 10 月出生。硕士研究生。现主要从事激光偏光技术方面的研究。

收稿日期: 2002-12-23; 收到修改稿日期: 2003-06-03

图中 S 为棱镜的结构角, α 为光在棱镜上的入射角, ω 为 o, e 光之分束角, 双箭头表示晶体光轴的方向。

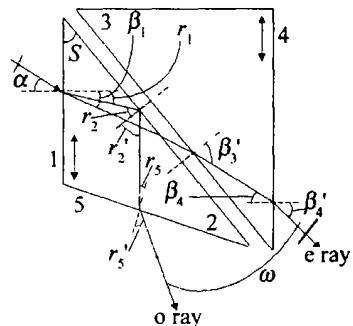


Fig. 1 Configuration of OE double escape prism and beam path figure

为方便起见, 约定: (1) 入射光为单色自然光; (2) 研究限定在晶体无吸收的光谱范围; (3) 凡涉及与光有关的角度均以从光线到界面法线逆时针为正, 顺时针为负。

透射的 e 光波在 1, 4 界面上有如下关系:

$$\begin{cases} \sin\alpha = n_e' \sin\beta_1 \\ n_e' \sin\beta_4 = \sin\beta_4' \end{cases} \quad (1)$$

式中, n_e' 是晶体中 e 光波的折射率。它由下式给出^[5]:

$$n_e' = n_o n_e (n_o^2 \sin^2 \varphi + n_e^2 \cos^2 \varphi)^{-1/2} \quad (2)$$

式中, n_o, n_e 分别是晶体中 o, e 光波的主折射率, φ 是 e 光波与晶体光轴之夹角。由于 $\varphi = 90^\circ - \beta_1$, 通过(2)式、(3)式便可得 n_e' 与入射角 α 的关系:

$$n_e' = \frac{[n_o^2 n_e^2 + (n_o^2 - n_e^2) \sin^2 \alpha]^{1/2}}{n_o} \quad (3)$$

由于介面 1 和 4, 2 和 3 相互平行, 且前后两部分的晶体光轴平行, 显然 $\beta_4 = \beta_1$, 由(1)式可得 $\beta_4' = \alpha$ 。即出射的 e 光相对于入射光不变向; 相对于介面 4 而言, 出射角 β_4' 的变化与入射角 α 是相同的。

对于在介面 2 上全反射的 o 光, 由于 $r_2 = r_2'$, 可得 $r_1 = r_5$, 进而可得到 $r_5' = -\alpha$ 。至此, 由图 1 可得出:

$$\omega = 180^\circ - 2S - 2\alpha \quad (4)$$

当光正入射时(即 $\alpha = 0$), o, e 光之分束角:

$$\varphi = 180^\circ - 2S \quad (5)$$

$$\begin{cases} R_{e_1}(\alpha) = R_{e_4}(\alpha) = \frac{(A \tan \alpha - \sin \alpha)^2 (A - \tan \alpha \sin \alpha)^2}{(A \tan \alpha + \sin \alpha)^2 (A + \tan \alpha \sin \alpha)^2} \\ R_{e_2}(\alpha) = R_{e_3}(\alpha) = \frac{(AC - AB \sin S - BC \cos S \sin \alpha)^2 (AB - AC \sin S - C \cos S \sin \alpha)^2}{(AC + AB \sin S + BC \cos S \sin \alpha)^2 (AB + AC \sin S + C \cos S \sin \alpha)^2} \end{cases} \quad (8)$$

式中:

$$\begin{cases} A = (n_e' - \sin^2 \alpha)^{1/2} \\ B = (n_e' - \sin^2 \alpha)^{1/2} - \tan S \sin \alpha \\ C = (n_e' - \sin^2 \alpha)^{1/2} \tan S + \sin \alpha \end{cases} \quad (9)$$

设入射光光强为 I , 且是非偏振光。则 e 光的透射光强为:

$$I_e = \frac{I}{2} [1 - R_{e_1}(\alpha)] [1 - R_{e_3}(\alpha)] \quad (10)$$

对于 o 光, 它在介面 2 上是全反射, 因此只需要考虑 o 光在介面 1 和 5 上反射比对透射光强的影响。由于 $r_1 = r_5$, 因此有:

$$R_{o_1} = R_{o_5} = \frac{\sin^2(\alpha - r_1)}{\sin^2(\alpha + r_1)} \quad (11)$$

联系 $\sin \alpha = n_o \sin r_1$, 可得:

$$R_{o_1}(\alpha) R_{o_5}(\alpha) = \left[\frac{(n_o^2 - \sin^2 \alpha)^{1/2} - \cos \alpha}{(n_o^2 - \sin^2 \alpha)^{1/2} + \cos \alpha} \right]^2 \quad (12)$$

那么 o 光的透射光强为:

$$I_o = \frac{I}{2} [1 - R_{o_1}(\alpha)]^2 \quad (13)$$

至此, 便可得 OE 双输出棱镜对非偏振光的光强分束比:

$$F = I_e / I_o \quad (14)$$

3 测试

3.1 分束角的测试

对 OE 双输出棱镜分束角的测试是在精度为 0.5'' 测角仪上进行的, 测试光路如图 2 所示。样品

2 OE 双输出棱镜的光强分束比

首先分析 e, o 光在各介面上的反射比与入射角 α 的关系。对于 e 光, 从上面的分析可知, 它在介面 1 和 4, 2 和 3 上的反射比是相等的, 即 $R_{e_1} = R_{e_4}$, $R_{e_2} = R_{e_3}$ 。由于 e 光的振动方向在入射面内, 因此^[6]:

$$\begin{cases} R_{e_1} = \frac{\tan^2(\alpha - \beta_1)}{\tan^2(\alpha + \beta_1)} \\ R_{e_3} = \frac{\tan^2(\beta_2 - \beta_2')}{\tan^2(\beta_2 + \beta_2')} \end{cases} \quad (6)$$

由于

$$\begin{cases} \beta_2 = S + \beta_1 \\ n_e' \sin \beta_2 = \sin \beta_2' \end{cases} \quad (7)$$

结合(2)式, 便可得到 R_{e_1}, R_{e_2} 关于入射角 α 的函数关系:

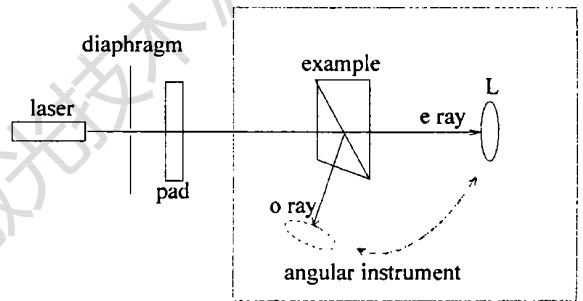


Fig. 2 Measurement setup of splitting angle

棱镜放在测角仪的样品台上, 样品台可以旋转, 且可以读出旋转的角度。光路中加光阑的目的是为了便于利用反射光调整光在棱镜上的正入射; 加入衰减器是为了对眼睛的保护。目镜 L 可以随其摆臂绕轴自由转动, 对应每一个入射角 α , 均用目镜分别对准 o, e 光, 目镜转过的角度即是 o, e 光的分束角。对一只结构角 $S = 38.88^\circ$ 的 OE 双输出棱镜分束角的测试结果(实验值)与理论值列于表 1。

Table 1 Theoretical value and experiment value of splitting angle

incident angle	theoretical value	experiment value
-3°	108.24'	108.19'
-2°	106.24'	106.20'
-1°	104.24'	104.24'
0°	102.24'	102.24'
1°	100.24'	100.20'
2°	98.24'	98.19'
3°	96.24'	96.22'

由表中数据可以看出, OE 双输出棱镜分束角的测试值与理论计算值之差在 6% 之内, 因此可以认为二者是一致的。

3.2 光强分束比的测试

OE 双输出棱镜光强分束比的测试光路如图 3 所示。样品棱镜放在测角仪的中部, 以调整光在棱

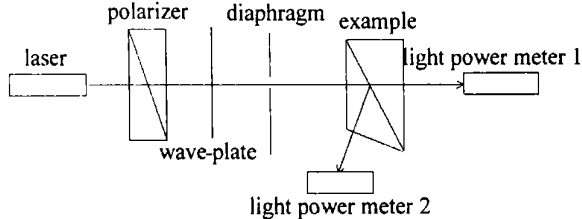


Fig. 3 Measurement setup of intensity splitting ratio

镜上的入射角。测角仪角度的读出精度为 15''; 两功率计是同一型号并且经过中国计量科学研究院对 633nm 进行了定标。光经过起偏器与 $\lambda/4$ 波片后成为圆偏振光(以消除 HeNe 激光器出射光的部分偏振对测量的影响), 经样品棱镜起偏分束后, 由光功率计 1 和光功率计 2 同时探测出射的 o, e 光的光强 I_o 和 I_e , 然后由 (10) 式得出光强分束比的实验值如图 4 所示。

图 4 中曲线 C 表示实验值, 曲线 D 表示理论计算值。由于测试条件的限制, 没有在更多的光源中做测试验证。但由上图可知, 对 633nm 光源而言, OE 双输出棱镜光强分束比的实测值与理论计算值是基本一致的; 对于 OE 双输出棱镜的光强分束比, 正的入射角的影响要比负的入射角大, 这是在使用这种棱镜时需要特别注意的。

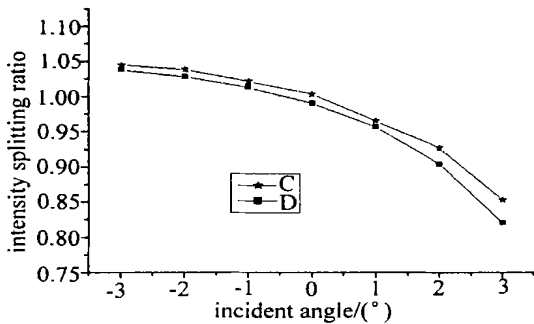


Fig. 4 The changeable relation of intensity splitting ratio with the incident angle

4 结 论

就 OE 双输出棱镜的分束角而言, 理论分析及实验测试的结果均表明: 当入射角变化为 α 时, 分束角的变化为 2α , 变化关系式为 $\omega = 180^\circ - 2S - 2\alpha$, 其中 S 为棱镜的结构角。

OE 双输出棱镜的光强分束比是随着入射角的改变呈现一种非线形的变化: 当光正入射时 ($\alpha = 0$), e, o 光之光强分束比 (I_e/I_o) 约为 1; 当 α 为负值时, $I_e/I_o > 1$; 当 α 为正值时, $I_e/I_o < 1$ 。

参 考 文 献

- [1] 李国华. 曲阜师范大学学报, 1984, 10(4): 49~ 51.
- [2] 吴福全, 李国华, 封太忠 et al. 曲阜师范大学学报, 1994, 20(2): 50~ 53.
- [3] 吴福全, 黄家寅, 封太忠 et al. 激光技术, 1994, 18(5): 310~ 312.
- [4] 宋连科, 林长春, 李 艺. 光学技术, 1993(2): 46~ 47.
- [5] 金国藩, 李景镇. 激光测量学. 北京: 科学出版社, 1998: 217.
- [6] 李景镇. 光学手册. 西安: 陕西科学技术出版社, 1986: 486.

(上接第 540 页)

in some acetic acid solutions. The quenching mechanism is owing to singlet-triplet transition and k_{SV} of different concentration series is calculated respectively. Even in very diluent solutions, acetic acid can emit strong fluorescence. The reason is that acetic acid molecules form a kind of planar and rigid structure joined by hydrogen bond and this structure enhances fluorescent emission.

References

- [1] Zelenchuk A R, Esher O, Howard K et al. Proc SPIE, 2002, 4613: 51~ 58.

- [2] Harris P D, Cable J, Tinsley R C. Parasitol Research, 1997, 83: 533~ 538.
- [3] Phowchinda O, Déliar Dupuy M L, Strehaiano P. Biotechnology Letter, 1995, 17: 237~ 242.
- [4] Buil S, Cootte P. Int J Food Microbiol, 1999, 50: 1~ 17.
- [5] Ameborg N, Jespersen L, Jakobsen M. Arch Microbiology, 2000, 174: 125~ 128.
- [6] Quintero O B, Rodriguez F M. Spectrochimica Acta, 1999, 55A: 279~ 288.
- [7] 刘 莹, 兰秀凤, 高淑梅 et al. 应用激光, 2002, 22(6): 559~ 562.
- [8] Verkade J G. A pictorial approach to molecular bonding and vibrations. Beijing: Springer Verlag, 1999: 86.
- [9] 陈国珍, 黄贤智. 荧光分析法. 2 版, 北京: 科学出版社, 1990: 112~ 138.