

关于空气间隔棱镜空气隙厚度的再研究

李国华 窦晓明 李 艺 李继仲 肖胜安

(曲阜师范大学激光研究所, 273165)

提要: 空气间隔偏振棱镜的气隙厚度可无穷减小, 以获得大的半视场角, 但其消光比将受到严重影响。本文给出获得高消光比的条件。

关键词: 偏振棱镜, 空气隙, 消光比, 渐衰波

Research on air-gap thickness of air-spaced polarising prism

Li Guohua, Dou Xiaoming, Li Yi, Li Jizhong, Xiao Sheng'an

(Laser Institute, Qufu Normal University, Qufu)

Abstract: For the air-spaced polarising prism the air-gap thickness can be decreased infinitely to gain the large semi-field angle, or otherwise the extinction ratio is affected seriously. In this paper we give one of the conditions for gaining high extinction ratio.

Key words: polarising prism, air-gap, extinction ratio, evanescent wave

一、引言

Decker、Stanford、Bennet^[1]在1970年美国光学学会上发表文章指出: 空气隙偏光棱镜, 由于其空气间隔不为零对半视场角的影响不可忽略, 因此为了获得较大的视场角, 应尽量减小空气隙的厚度。但是我们发现: 如果其厚度太小, 消光比将受到影响。为了寻找空气隙偏光棱镜的气隙厚度与消光比的关系, 本文以格兰·泰勒棱镜为例进行了详尽的讨论, 其结果和实践一致。

二、空气隙厚度对消光比的影响分析

如图1, 任意一束光 a 入射到格兰·泰勒棱镜上, 振动方向平行于入射面的 e 光将通过棱镜射出; 振动矢量垂直于入射面的 o 光将在 AB 界面被全反射, 这就是格兰·泰勒棱镜的起偏原理。但是 o 光发生全反射时其空气隙 B 内不是完全不存在波场, 而是以 o 光的倏逝波形式存在于 B 内, 它的强度沿界面 AB 的法向迅速衰减至0, 其有效穿透深度 dz 为^[2]

$$dz = \frac{1}{\sqrt{\sin^2 \theta - \sin^2 \theta_c}} \cdot \frac{\lambda}{2\pi} \quad (1)$$

式中 λ 为入射光波波长, θ 为入射到 AB 面的入射角, θ_c 为 o 光对 AB 界面的临界角, $\theta \geq \theta_c$, θ_c

满足条件

$$\sin \theta_c = 1/n_0 \quad (2)$$

如果空气隙的厚度较小, o 光的倏逝波的能量就耦合进入 BC 界面, 又混入 e 光一同射出。

o 光的倏逝波透过空气隙 B 耦合出射的透射比 T_o 为^[3]

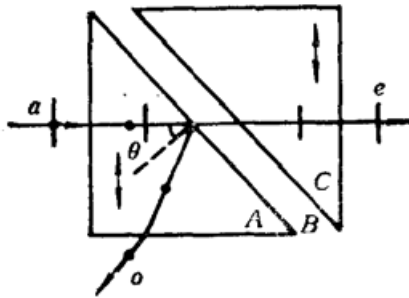


Fig. 1 Schematic diagram for Glan-Taylor prism

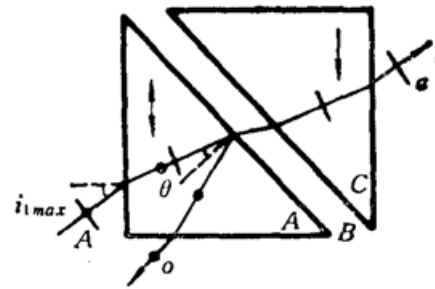


Fig. 2 Schematic diagram of Glan-Taylor prism for oblique incident ray

$$T_o = 1 / \left\{ 1 + \left[\frac{(n_0^2 - 1) \sinh \psi}{2n_0 \beta \cos \theta} \right]^2 (n_0^2 \sin^2 \theta - \cos^2 \theta) \right\} \quad (3)$$

其中 $\beta = (n_0^2 \sin^2 \theta - 1)^{1/2}$

$\psi = [(2\pi b)/\lambda]\beta$, b 为空气隙的厚度

而棱镜的消光比

$$\rho = T_o/T_e \quad (4)$$

由式(3)知

$$T_o = 1 / \left\{ 1 + \left(\frac{n_0^2 - 1}{2n_0 \beta} \right)^2 \sinh^2 \psi (n_0^2 \tan^2 \theta - 1) \right\} \quad (5)$$

当入射光线在切割面上的入射角 θ 减小时, $\sinh^2 \psi$ 、 $\tan^2 \theta$ 减小得比 β 快得多, 因此 T_o 增大, ρ 的数值增大, 也就是说: 入射光线在切割面上入射角 θ 越小, o 光的倏逝波对消光比的影响就越大, 因为 $\theta \geq \theta_c$, 所以只要空气隙厚度适当, 保证以很接近半视场角 i_{1max} 入射的光线入射时消光比很高(如图 2, 即光线 A 在切割面 AB 的入射角 θ 接近 θ_c 时), 空气隙棱镜就能获得很高的消光比。

在可见光区, 假设入射光 $\lambda = 632.8 \text{ nm}$, $n_0 = 1.65560$, 那么 $\theta_c = 37.16^\circ$, 取 $\theta = 37.2^\circ$; 在红外区, 假设 $\lambda = 2 \mu\text{m}$, $n_0 = 1.62372$, 那么 $\theta_c = 38^\circ$, 取 $\theta = 38.1^\circ$, 为了便于计算, 对格兰·泰勒棱镜取 $T = 90\%$, 且不考虑其它因素, 由(1)、(2)、(3)、(4)四式经过计算, 描出 $\rho \sim b/\lambda$ 的关系曲线如图 3 所示。

由上图可知: (1) 当空气隙的厚度 $b \rightarrow 0$ 时, 消光比 $\rightarrow 1$; (2) 当 $0 < b/\lambda < dz/\lambda$ 时, 随着 b/λ 增加, 消光比逐渐提高; (3) 当 $b = dz$, 即

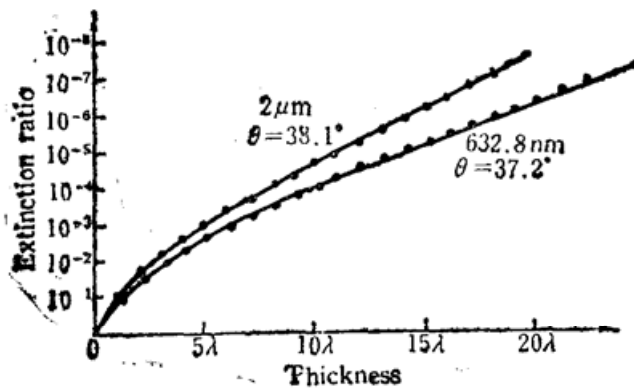


Fig. 3 Relation between extinction ratio and wavelength

b 为有效厚度时, $\rho \sim 10^{-3}$; (4) 当 $b/\lambda > d\epsilon/\lambda$ 时, 随着 b 增大, 消光比继续增高, 从图 3 看出, 当 $b \geq 24\lambda$ 时, 无论是红外还是可见, 都可获得优于 10^{-7} 的高消光比。由此可见空气隙厚度对消光比的直接影响。因此, 在梭镜的加工和制作过程中应严格控制空气隙的厚度, 我们一般取垫层厚度为上述有效厚度的 5~10 倍。

对于汤普逊胶合梭镜也存在同样的问题。实际上, 影响梭镜技术参数的因素是很多的, 对高质量梭镜的设计应全面考虑。

参 考 文 献

- 1 Decker *et al.*, *J. Opt. Soc. Am.*, **60**, 1557A (1970)
- 2 赵凯华, 钟锡华编, 光学, 北京大学出版社, 1984, 261
- 3 G. Schaefer, G. Gross, *Ann. d. Phys.*, **32**, 648 (1910)