

一种用双斜复合反射全息扩大全息激光防护镜防护角的方法

吴建宏 陈林森

(苏州大学激光研究室, 苏州 215006)

提要 提出了一种扩大全息激光防护镜防护角的方法:将两块条纹面与介质表面相倾斜的反射全息对称胶合,致使防护角与单片反射全息相比提高了一倍。实验结果表明 $0.53\ \mu\text{m}$ 的光在 -30° 至 27° 范围内入射时,双斜复合反射全息的光学密度在 2.3 至 3.5 之间变化,可见光透过率大于 60%。

关键词 全息反射镜,激光防护

1 引言

重铬酸明胶反射全息元件具有很高的衍射效率和较窄的反射带宽,它已被用于激光防护。美国休斯公司于八十年代研制出实验型激光防护面罩^[1],其测试结果为整个面罩对 $0.53\ \mu\text{m}$ 激光的反射率在 99.99% 至 97% 之间。Magariños 等人对全息激光防护眼镜和面罩的全息记录结构进行了理论分析^[2],给出了最佳记录条件。文献[3]也对这一问题进行了分析,并给出初步实验结果。文献[2,3]的分析是以小角度防护为基础,不能对眼睛的整个视网膜进行有效保护。本文将双斜复合元件用于防护眼镜以增大防护角。

2 设计原理

本文涉及的激光防护是防护 $0.53\ \mu\text{m}$ 的钕玻璃激光。文献[1]已指出为使眼睛在眼球的转动区域内得到保护,全息防护镜上的一点必须在一定的入射角度范围内对 $0.53\ \mu\text{m}$ 具有高反射率。这就要求反射全息具有一定的反射带宽,理想的透过率特性曲线如图 1 所示。 U 型槽部分表示这部分波长被反射,如果图 1 是入射光垂直于反射全息条纹面的透过率曲线,将拟防护波长 λ_0 控制在 U 型槽左侧。当入射角在条纹面法线附近变化时,据布喇格条件中心波长 λ 将向左移动,在一定角度范围 $\pm\theta_0$ 内 λ_0 始终落在 U 型槽中。由布喇格

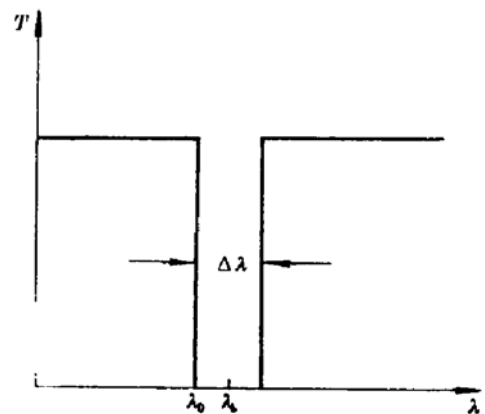


Fig. 1 The perfect transmission curve of holographic mirrors for eye protecting against laser

条件^[4]可以算出。

$$\theta_0 = \arccos \frac{\lambda_0 - \Delta\lambda/2}{\lambda_0 + \Delta\lambda/2} \quad (1)$$

推导时假定在 θ_0 范围内 $\Delta\lambda$ 是一常量。

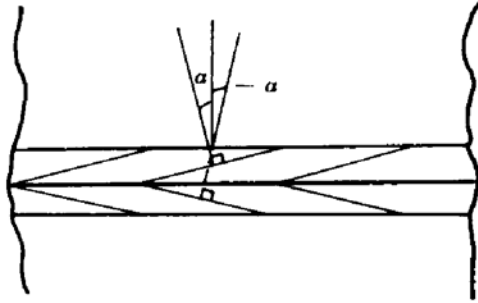


Fig. 2 Double-inclination compound holographic mirror

由扩大 $\Delta\lambda$ 来扩大 θ_0 在实验上虽可实现,但降低了可见光透过率,现采用两片具有倾斜条纹面的反射全息 H_1 和 H_2 对称复合的方法扩大防护角,对称复合示意图如图 2 所示,两条纹法线与介质表面的夹角分别为 α 和 $-\alpha$,显然如取 $\alpha = \theta_0$,则 H_1 和 H_2 分别能防护 $-2\theta_0$ 和 $2\theta_0$ 范围内的入射光,这就将防护角提高了一倍。

记录反射全息时,两相干光入射角 θ_r 和 θ_0 的选取应考虑到重铬酸明胶在处理时会发生膨胀这一因素。膨胀时条纹间隔和倾角发生了变化,利用全息干涉条纹结构表达式^[5]可以得到

$$\theta_0 = \arctg\left(\frac{k}{\text{tg}\alpha}\right) + \arcsin\left(\frac{\sqrt{k^2 + \text{tg}^2\alpha}}{\mu} \cos\alpha\right) \quad (2)$$

$$\theta_r = \arctg\left(\frac{k}{\text{tg}\alpha}\right) - \arcsin\left(\frac{\sqrt{k^2 + \text{tg}^2\alpha}}{\mu} \cos\alpha\right) \quad (3)$$

式中 $\mu = \lambda_0/\lambda$, λ 为记录波长, k 为膨胀系数, (2), (3) 式中 θ_0 , θ_r 和 α 均为介质中的量。

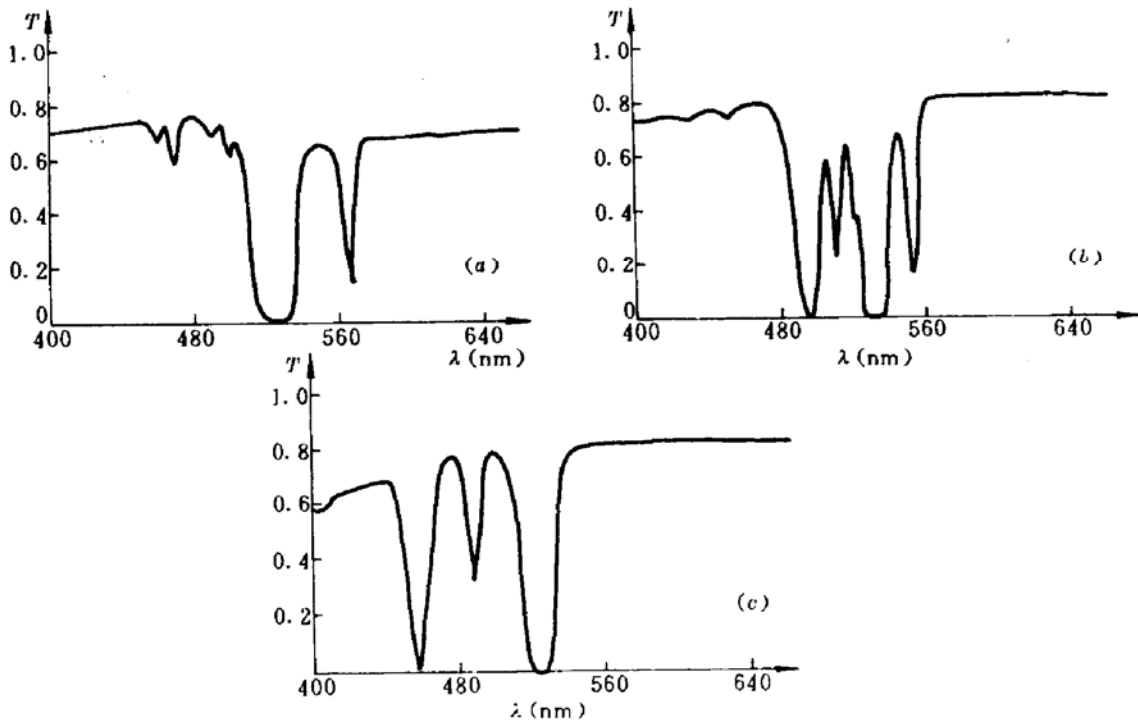


Fig. 3 The transmission curves of double-inclination compound holographic mirror, (a) $\theta_c = 0^\circ$, (b) $\theta_c = 15^\circ$, (c) $\theta_c = 30^\circ$

3 实 验

经实验测试,测得自涂布的重铬酸明胶膨胀率 $k = 1.06$, 拟防护波长取钕玻璃激光器的

倍频波长为 $0.53 \mu\text{m}$, 单片防护角选定为 $\pm 15^\circ$, 记录波长为 $0.488 \mu\text{m}$, 由(2)和(3)式可得两束光在空气中的入射角 $\theta_0' = 141.1^\circ$, $\theta_1' = 8.9^\circ$. 重铬酸明胶的厚度为 $30 \mu\text{m}$, 将两片重铬酸明胶干板分别曝光和处理。将它们胶层相对, 体条纹呈对称状胶合(图 2)形成双斜复合反射全息。复合全息的测试结果如图 3 和图 4 所示。图 3 为白光入射角分别为 0° , 15° 和 30° 时复合反射全息的透过率随入射波长变化的曲线。图 3 表明, 入射角在 0° , 15° 和 30° 时, $0.53 \mu\text{m}$ 处始终在曲线的底部平坦区域内, 对 $0.53 \mu\text{m}$ 的透过率很小, 并且在三个位置的透过率均大于 60% 。图中的其它较小的吸收峰是由于记录干板的前后表面反射而形成的干涉条纹的衍射引起。这些峰的存在仅影响可见光透过率。图 4 是 $0.53 \mu\text{m}$ 入射光在不同入射角下的吸光度 A 。 $A = \lg(T_0/T)$, T 为反射全息对 $0.53 \mu\text{m}$ 的透过率, T_0 为空气的透过率, 由图 4 可见, 在 -30° 至 27° 范围内吸光度大于 2.3, 即透过率小于 0.5% , 吸光度的最大值为 3.5。

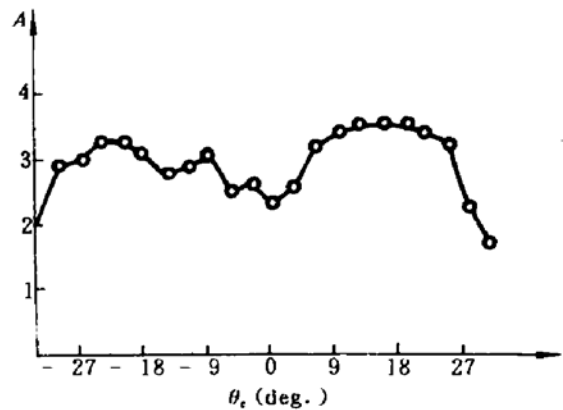


Fig. 4 The variation of absorbance with incident angle at the wavelength $0.53 \mu\text{m}$

以上实验结果表明, 双斜复合反射全息能在可见光透过率下降不大的情况下有效地扩大防护角。预计采用球面条纹的记录光路可制成性能良好的激光防护眼镜。

参 考 文 献

- 1 杨培根. 应用光学, 1990, (6): 22~30
- 2 José R. Magariños, Daniel J. Coleman. *Appl. Opt.*, 1987, 26(13): 2575~2581
- 3 刘大禾, 周 静等. 光学学报, 1990, 10(9): 851~856
- 4 于美文. 光学全息及信息处理, 北京: 国防工业出版社, 1984, 14
- 5 于美文. 光学全息及信息处理, 北京: 国防工业出版社, 1984, 5

A Method for Increasing Spectacle Protective Angle Against Laser by Using Double-inclination Compound Holographic Mirrors

Wu Jianhong Chen Linsen

(Suzhou University, Laser Research Section, Suzhou 215006)

Abstract A method of making the double-inclination compound holographic mirrors (DICHM) is proposed in order to increase protective angle of the spectacle against laser in this paper. The protective angle is twice as large as that one of single holographic mirror. Experimental results show that the optical density of DICHM at the wavelength $0.53 \mu\text{m}$ is in the range 2.3 to 3.5 and the transmission of visible light is larger than 60% as the incidence angle varies from -30° to 27° .

Key words holographic mirror, laser protection