

反射式全息滤光片背景噪声的抑制

刘大禾 黄婉云 唐伟国 梁竹健
(北京师范大学 物理系)

提 要

与传统的干涉滤光片相比,背景噪声高是全息滤光片的主要缺点。本文介绍了用倾斜条纹抑制全息滤光片背景噪声的方法,可以收到较好的效果。

关键词:全息滤光片;背景噪声;倾斜条纹。

一、引 言

全息滤光片是一种新型的全息光学元件^[1],它具有效率高、带宽窄,调谐性能好,成本低等一系列优点。但与传统的干涉滤光片相比,它的背景噪声较高^[2],即在光谱特性曲线中有较高的本底。如何抑制这种背景噪声,是进一步改善全息滤光片性能的关键。我们采用倾斜条纹的方法,大大降低了全息滤光片的背景噪声。

二、产生背景噪声的原因

对于全息滤光片来说,产生背景噪声的因素有多种,例如散射噪声等。但对于用重铬酸盐明胶(DCG)介质制作的全息滤光片,这种散射噪声是极小的^[3]。我们发现,较大的背景噪声主要是由于介质表面的镜面反射所引起的。

制作反射式全息滤光片通常采用图1所示的光路。所得全息滤光片的结构及工作原理如图2。所以看到,当光由空气射入滤光片时,介质表面的镜反射方向与全息滤光片的衍射

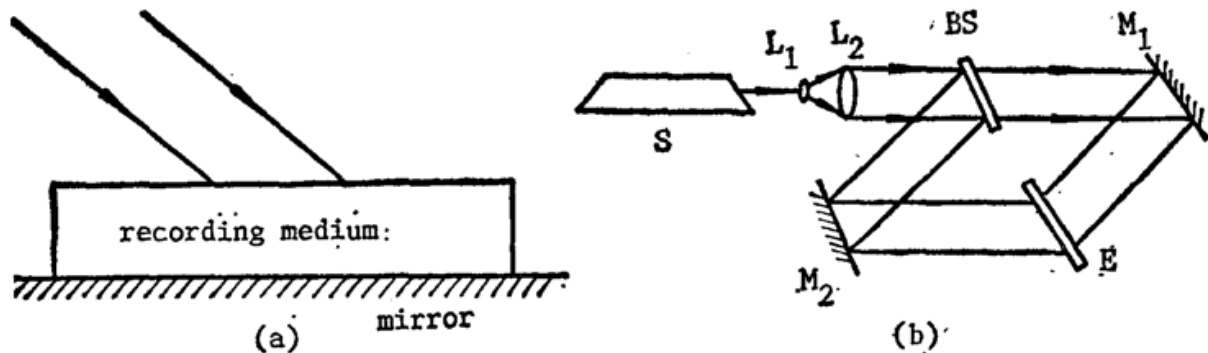


Fig. 1 The set-up geometry of holographic filters

(a) lippman model (b) symmetric model.

S: Ar⁺ laser, M: mirrors, L₁: expanding lens, L₂: collimating lens.

BS: beam splitter, E: recording medium

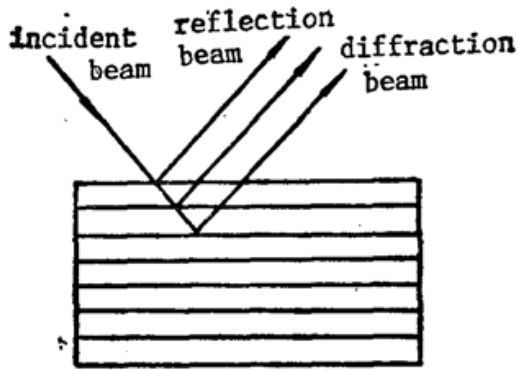


Fig. 2 The structure of holographic filter with unslanted fringes

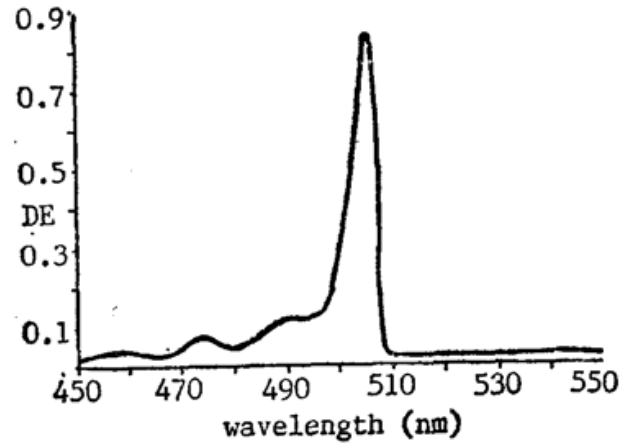


Fig. 3 The spectrum of holographic filter with unslanted fringes.

极大(Bragg 衍射)方向重合。这是一种非倾斜条纹的结构,根据电磁理论,对于通常的非色散介质,可见光中各个波长的光的反射率基本相同,若入射光为白光,则镜面反射光仍为白光。因此,这部分镜面反射光就作为噪声(称为白噪声)而出现在滤光片的出射光(即衍射光)中,这就是全息滤光片的背景噪声。这种背景噪声反映在滤光片的光谱特性曲线中就产生了光谱曲线中较高的本底。如图 3 所示。

镜面反射所产生的背景噪声,其强度与光的入射角度有关。接近正入射时,反射率约为 4%。当入射角增大时,反射率随之增大,滤光片的背景噪声增大,光谱曲线中的本底也明显增高。

三、背景噪声的抑制

由前面的分析可知,只要能使全息滤光片的镜面反射方向与衍射极大(Bragg 衍射)方向彼此分开,使它们不重合,就可以(有除白噪声,从而大大降低滤光片的背景噪声。为此,我们采用了倾斜条纹的方法。制作滤光片时,仍采用图 1 的光路,但使介质倾斜一个角度,这样,干涉条纹与介质表不平行。图 4 为倾斜条纹全息滤光片的结构及工作原理。由图可以清楚地看出,这种倾斜条纹结构的全息滤光片,介质镜面反射光的方向与衍射极大的方向彼此完全分开。因而,这种滤光片的背景噪声低。图 5 是倾斜条纹全息滤光片的光谱特性曲线,其本底很低。在偏离峰值波长半个带宽处,本底的幅度已小于 0.005。而对于非倾斜条纹的全息滤光片,镜面反射方向与衍射极大方向重合,而镜面反射光的反射率至少有 4%,因此,光谱曲线中本底的幅度不会小于 0.04,(见图 3)。图 5 与图 3 相比,可以明显看到倾斜条纹对抑制背景噪声的作用。

倾斜条纹方法可以较好地抑制背景噪声,但它对全息滤光片的其他参数也带来了不利影响,尤其是采用李普曼光路时[图 1(a)],这种影响更为明显。

由于记录介质的吸收作用,光在记录介质内部的强度随距离的增大而呈指数衰减,故介质内不同距离处的曝光量是不同的,前表面附近的曝光量大,后表面附近的曝光量小。(对李普曼光路)。曝光时所形成的干涉条纹如图 6(a)。而对于重铬酸盐明胶(DCG)介质,在处理过程中,曝光多的地方膨胀较小,曝光少的地方膨胀较大。因此,处理后的条纹要发生

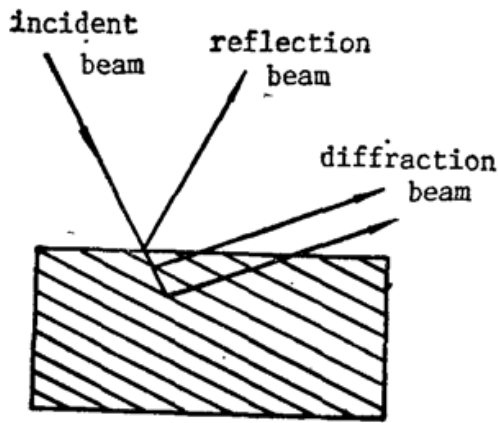


Fig. 4 The structure of holographic filter with slanted fringes

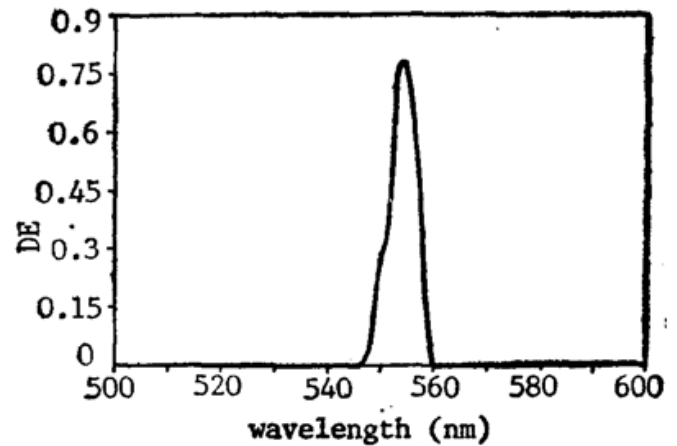


Fig. 5 The spectrum of holographic filter with slanted fringes



(a) the fringe during exposure; (b) the fringe after processing

Fig. 6 The fringes in hologram made by dichromated gelatin(DCG).

弯曲,而且条纹间距也发生变化^[3],[见图 6(b)].这就使全息滤光片成为一种非均匀的结构,这种非均匀性会使衍射效率有所降低,带宽有所增加。在制作全息滤光片时,应根据实际使用情况来决定是采用倾斜条纹方法还是非倾斜条纹方法。在采用倾斜条纹方法时,也应在抑制背景噪声的前提下尽量减小条纹的倾斜程度,以使全息滤光片的各项参数均能达到较好的指标。本文所给的光谱特性曲线均为实测结果,测试装置见文献[1]。

参 考 文 献

- [1] 刘大禾等;《光学学报》,1990, 10, No. 6 (Jun),
- [2] T. A. Shankoff; *Appl. Opt.*, 1968, 7, No. 10 (Oct), 2101~2105.
- [3] Sven Sjölander; *Opt. Acta* 1984, 31, No. 9 (Sep), 1001~1012.

Depression of background noise in reflection holographic filters

LIU DAHE, HUANG WEUYUN, TANG WEIGUO AND LIANG ZHUJIAN
(Department of Physics, Beijing Normal University)

(Received 18 December 1989)

Abstract

Compared to the conventional interference filter, the main disadvantage of holographic filter is its higher background noise. In this paper, a method using slanted fringes is introduced, with which the background noise of a reflection holographic filter can be depressed greatly.

Key words: holographic filter; background noise; slanted fringes.