

CdS 非线性干涉滤光片及其主要工艺技术

李 春

TH740.3

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

摘要 本文较详细地介绍了选用 CdS 材料为间隔层的非线性干涉滤光片的膜系设计及其主要工艺技术, 即监控片的位置、蒸镀方式、膜厚控制等, 并给出了用 CdS 材料制备出的 632.8nm 非线性干涉滤光片的光学性能。

1 引 言

光双稳器件是实现光计算不可缺少的器件。非线性干涉滤光片作为光双稳开关逻辑器件或阈值器件要求有高的对比度、高的增益、低的开关功率、快的响应速度以及优良的均匀性和稳定性。所有这些性能不仅取决于非线性材料的特性, 而且还取决于干涉滤光片的结构, 因此, 我们选用适当的膜系结构和 CdS 材料研制出了性能较好的非线性干涉滤光片。而且, 此滤光片光双稳性能较稳定。

2 光双稳性能与滤光片结构的关系

滤光片的结构由两边的反射板和中间间隔层等两个方面组成。而两边反射板的厚度和中间间隔层的级次决定了滤光片的半宽度大小、透过率高低和截止深度。这些滤光片的性能决定了光双稳性能的好坏。

光双稳性能主要由临界功率、对比度、增益等三方面体现。

2.1 临界功率

临界功率是表征光双稳器件特性的一个重要指标, 临界功率越低、产生光学双稳态所需的开启功率就越小。

临界光强可表示为:

$$I_c = \frac{\alpha \cdot \lambda \cdot K_S}{2\pi \cdot \frac{\partial n}{\partial I} \rho_0} \left[\frac{f(R_F, R_H, \alpha_D)}{\alpha_D} \right] \quad (1)$$

式中 $\alpha\lambda/\frac{\partial n}{\partial I}$ 是材料特性因子, 从(1)式可看出, 临界光强的大小不仅取决于介质非线性的大小, 而且还取决于滤光片的结构。

2.2 对比度

$$V_r = \frac{\tau_r}{\tau_i} = \frac{3 + (S + \sqrt{S^2 - 1})^2}{3 + (S - \sqrt{S^2 - 1})^2} \quad (2)$$

式中, $S = \delta_r / \delta_i$ $\delta_r = (3/F)^{1/2}$ δ_i —相对失谐量 F —精细度

从上式可知,对比度与滤光片的峰值透过率无关,只与滤光片的失谐程度和精细度有关。在相同的失谐条件下,精细度越高,对比度越大。另外,

$$F = 4R_s / (1 - R_s)^2 \quad \text{其中 } R_s = \sqrt{R_r R_p} e^{-2\alpha}$$

α —间隔层的吸收系数, R_r, R_p 是间隔层两侧反射膜堆的反射率,可见,两边反射板一定的情况下,若要高的精细度,则要求加厚间隔层的厚度,即提高间隔层的级次。

2.3 增益

光计算中,要实现联级,构成回路,光学双稳器件就必须有大于1的增益。影响增益的主要因素之一是高低态的透过率变化量。

$$\Delta\tau = \tau_h - \tau_l = \tau_{max} \frac{2S \sqrt{S^2 - 1} (S^2 - 1)}{(1 + \frac{1}{3}(S - \sqrt{S^2 - 1})^2) \cdot (1 + \frac{1}{3}(S + \sqrt{S^2 - 1})^2)}$$

因此, S 一定时,峰值透过率越大, $\Delta\tau$ 就越大增益也就越大。从上述讨论中可看出,要求滤光片透过率高,半宽度窄,峰值波长位置准确。

3 CdS 滤光片的制备

由于产生光双稳态必须具备两个条件:非线性介质和光反馈。在非线性干涉滤光片中,间隔层材料就是非线性介质。考虑到在 632.8nm 波长位置上使用,我们选用 CdS 材料。光反馈是由两边的反射堆来实现。

我们利用等效折射率概念根据上述要求设计膜系。通常,窄带滤光片的膜系为: $G|(HL)^s mH(LH)^s|A$

$$\because F = \frac{4R}{(1-R)^2} \doteq \frac{1}{T^2} (R_r = R_p)$$

$$\therefore \frac{\lambda_0}{\Delta\lambda_h} = m\mathcal{F} = \frac{m\pi \sqrt{F}}{2} \doteq \frac{m\pi}{T} \quad (3)$$

$$\text{而 } T = \frac{4n_L^{2x} \cdot n_S}{n_H^{2x-1}} \quad (4)$$

(4)代入(3):

$$\frac{\Delta\lambda_h}{\lambda_0} = \frac{4n_L^{2x} n_S}{m\pi \cdot n_H^{2x-1}} \quad (5)$$

从(4)、(5)式可知, λ_0 一定时, x 值越大, $\Delta\lambda_h$ 就越小。即反射堆层数越多,其半宽度越窄,但透过率随之下降;其次,间隔层的级次 m 越高,其半宽度也越小。但全介质滤光片间隔层的级次一般不能高于4级次。否则,膜层的散射增大,有损于滤光片的性能。因此,我们设计膜系为: $G|(HL)^4 10H'(LH)^4|A_{in}$ 。

我们用 ZnS 作为两个反射板中的高折射率材料, MgF_2 作为低折射率材料,间隔层材料选为 CdS,在北仪厂制造的“DMD-450”型高真空镀膜机中,用长光所9室研制的 RT-I 型双光束任意膜厚控制仪,采取直透法控制,按照设计好的膜系沉积在光洁度较高的 K₉ 玻璃基片上

成了滤光片。

4 主要工艺技术

滤光片的性能主要由镀制工艺如真空条件、膜厚控制等因素决定。膜厚控制是影响光学性能的一个主要因素,为了达到正确的膜厚控制,降低控制误差,提高控制精度,我们采取:

(1)正确使用监控片。整个膜系用两块监控片,而且监控片与被镀样品在同一个平面上并一同转动。

(2)蒸发材料自始至终尽量保持一个平面,光斑较大,约为 $\Phi 10\text{mm}$,蒸发速率慢,约为 $33.5\text{nm}/\text{min}$ 蒸发角度尽可能不变。这样,保证了材料沉积速率基本相同,达到了膜层厚度均匀。

通过采取上述措施,控制波长选为 63.3nm 在真空度大于 $2 \times 10^{-3}\text{Torr}$ 的条件下,制备出了透过率为 23% ,半宽度约为 2nm 的非线性干涉滤光片。见图1

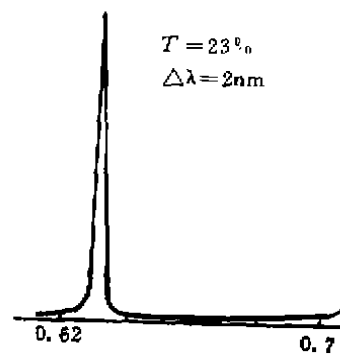


图 1

这种滤光片透过率低的原因,除了膜厚控制误差影响膜层间匹配外,主要是由薄膜的散射损耗造成的。因为散射损耗取决于薄膜各界面的粗糙度,而薄膜各界面的粗糙度由以下几个参数决定:基片表面的粗糙度;薄膜的生长状况;颗粒大小以及薄膜的厚度。

所以,我们要得到透过率高,半宽度窄的非线性干涉滤光片,首先要有光洁度好的基片,同时,对滤光片进行加温处理。由于在镀制过程中对基片加温有很大的杂光,对准确控制膜厚有极大的影响,所以,我们对滤光片进行真空室外加温。加温方式采取分段升温,最终控温的方式。结果滤光片的性能有很大的提高。如透过率由加温前的 20% 提高到 61% ,半宽度由加温前的 2nm 小到 1.2nm 等。

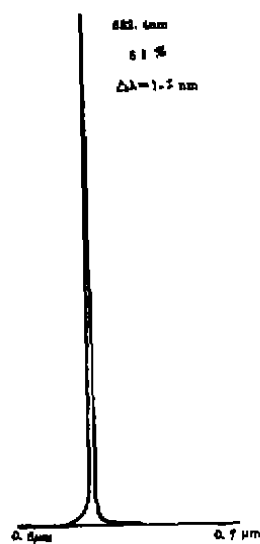


图 2

5 滤光片的光双稳性能

我们把研制出的 CdS/NLIF 在 20mW 、 632.8nm 激光照射下,进行光双稳实验。开启功率为 20mW 因光斑直径为 $75\mu\text{m}$,所以相应开启功率密度为 $0.455\text{kW}/\text{cm}^2$,而1984年美国的Olbright等人选 ZnSe 为间隔层而镀制的滤光片,峰值透过率为 23% ,半宽度为 3.7nm 其开启功率密度为 $76\text{kW}/\text{cm}^2$ 。

6 结 论

通过近两年的研制,我们发现选用 CdS 材料为间隔层制备出的 632.8nm 非线性干涉滤光片,有透过率高、半宽度窄等特点,而且它的开启功率密度较 ZnSe 材料为间隔层的非线性干涉滤光片的开启功率密度低得多。

参 考 文 献

- [1]B. S. whewett et al, J. Opt. Soc. Am. B, Vol. 3, NO. 2, 351(1986)
- [2]唐晋发等,《薄膜光学与技术》,机械出版社,1989 年
- [3]A. Macleod 著,周九林等译,《光学薄膜技术》,国防工业出版社,1976 年

CdS Nonlinear Interference Filter and Their Main Processing Technique

Li Chun

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics Chinese Academy of Sciences,
Changchun 130022)

Abstract

In this paper we introduce the design and fabrication technique of nonlinear interference filter using CdS as a spacer, and describe optical characteristics of the 632.8nm nonlinear interference filter made by this technique.