

相变光盘膜系计算和设计

王之焘

(北京航空航天大学 非晶态研究室)

提 要

本文提出一种计算相变型光盘膜系光学特性的方法。并以 TeSbSe 光记录介质为例, 讨论了三层膜相变光盘的优化设计。

关键词: 相变光盘, 减反膜。

一、引 言

在相变型光盘的擦、写、读过程中, 光学薄膜起着至关重要的作用。它一方面作为保护膜, 使记录介质与基底或空气隔离免被氧化, 并保护记录膜在功率密度为每平方微米几毫瓦到几十毫瓦的激光重复照射下不引起烧蚀, 从而提高光盘的稳定性和擦、写循环次数; 另一方面, 合适的膜系匹配不仅能使晶态和非晶态的反差增大, 而且又可减少反射引起的激光能量损失, 使尽可能多的激光能量进入记录膜, 从而提高光盘的载噪比和灵敏度。所以相变光盘膜系的优化设计是光盘研制中的关键问题之一。

光学膜系的计算一般采用导纳矩阵法, 计算过程比较复杂。针对相变光盘的设计要求, 本文提出一种在正入射情况下计算膜系光学特性的办法。此法简单明瞭, 易于编程计算。编写绘图程序后, 计算结果可输入绘图机绘出膜系的光学特性曲线。

二、膜系光学特性的计算

先考虑单层吸收膜在正入射情况下的光学特性计算。图 1 中吸收膜厚度为 d_2 , 其入射波、透射波、反射波各为 E_{12}^+ 、 E_{31}^+ 和 E_{12}^- (均指电矢量的切向分量, 下同)。 r_1, r_2 各为界面 1, 2 的非涅耳反射系数。其值为^[1]:

$$r_L = \frac{N_L - N_{L+1}}{N_L + N_{L+1}}, \quad (1)$$

N_1 和 N_3 为入射介质(空气)和基底的复数折射率, N_2 为吸收膜的复数折射率:

$$N_2 = n_2 - ik_2, \quad (2)$$

若界面 2 左侧的入射波为 E_{22}^+ , 则有

$$E_{22}^- = r_2 E_{22}^+. \quad (3)$$

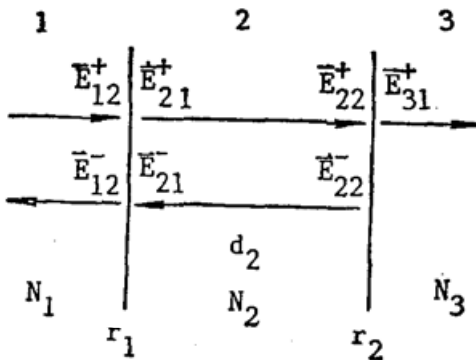


Fig. 1 Wave field in film

由于在基底中没有负向行进的波, 在界面 2 应用 E 的切向分量在界面两侧连续的边界条件可得

$$E_{31}^+ = E_{22}^+ (1 + r_2), \quad (4)$$

在界面 1 右侧, E_{21}^+ 和 E_{21}^- 可写为:

$$E_{21}^+ = E_{22}^+ e^{i\delta_2}, \quad (5)$$

$$E_{21}^- = E_{22}^- e^{-i\delta_2}, \quad (6)$$

式中

$$\delta_2 = \frac{2\pi}{\lambda} N_2 d_2, \quad (7)$$

在界面 1 应用边界条件可推得

$$E_{12}^+ = (E_{22}^+ e^{i\delta_2} + E_{22}^- e^{-i\delta_2} \cdot r_1) / (1 + r_1), \quad (8)$$

$$E_{12}^- = E_{22}^- e^{-i\delta_2} (1 - r_1) + E_{12}^+ r_1. \quad (9)$$

设

$$E_{22}^+ = 1, \quad (10)$$

则(4)、(8)、(9)式变为

$$E_{31}^+ = 1 + r_2, \quad (11)$$

$$E_{12}^+ = (e^{i\delta_2} + r_1 r_2 e^{-i\delta_2}) / (1 + r_1), \quad (12)$$

$$E_{12}^- = r_2 e^{-i\delta_2} (1 - r_1) + E_{12}^+ r_1. \quad (13)$$

所以只要知道图 1 中的各 N_L 和吸收膜的厚度 d_2 , 就可由式(1)、(7)和(11)、(12)、(13)求得膜的透射波 E_{31}^+ , 入射波 E_{12}^+ 和反射波 E_{12}^- , 从而可求得膜的反射率 R 和透射率 T :

$$R = \left(\frac{E_{12}^-}{E_{12}^+} \right) \left(\frac{E_{12}^-}{E_{12}^+} \right)^*, \quad (14)$$

$$T = \left(\frac{E_{31}^+}{E_{12}^+} \right) \left(\frac{E_{31}^+}{E_{12}^+} \right)^*. \quad (15)$$

由于(4)、(8)、(9)式右侧都有 E_{22}^+ 的因子, 故(10)式的设定并不影响 R , T 的计算结果。

如果膜系中有 L 层介质(吸收)膜, 只要知道各层膜的光学常数及厚度, 将上述过程重复 L 次, 便可求得膜系的总反射率和总透射率。

三、三层结构相变光盘的设计

设计中所考虑的相变光记录介质为 TeSbSe。其非晶态和晶态的复数折射率分别为 $N_a = 4.9 - 1.4i$ 和 $N_c = 5.5 - 2.4i$ 。介质层为 ZnS ($n = 2.35$)。激光波长为 830 nm, 其底材料为 PMMA ($n = 1.5$)。

三层结构光盘膜系的设计过程依次如下:

1. 单层结构

其示意图见图 2。图 3 是根据以上参数算得的 TeSbSe 记录膜在非晶态和晶态时的反射率 R 随厚度 d 的变化曲线。如定义对比度

$$C = \frac{R_c - R_a}{R_c + R_a}, \quad (16)$$

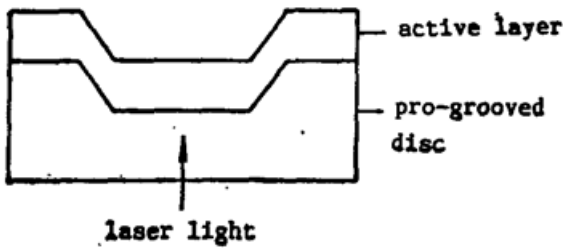


Fig. 2 One-layer structure

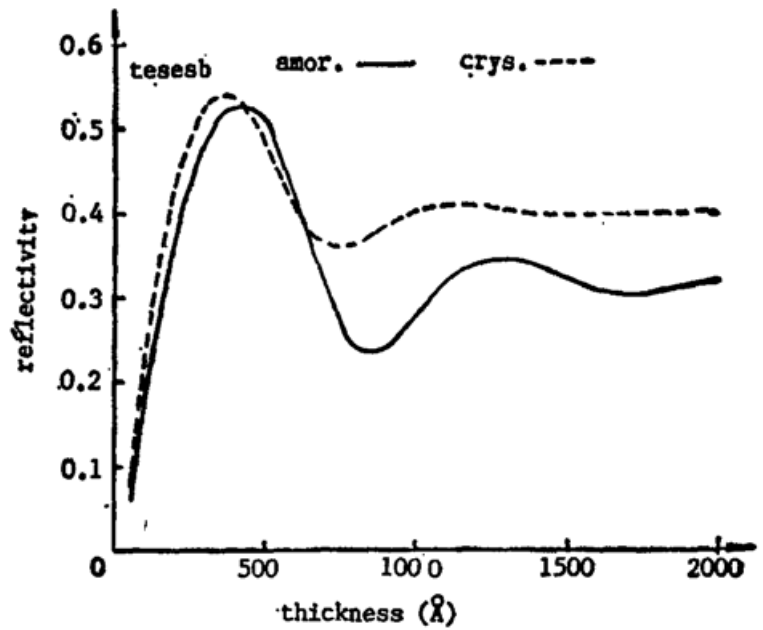


Fig. 3 Reflectance vs. thickness of AL (Active Layer)

式中 R_a , R_c 分别为非晶态和晶态时的反射率。则从图 2 可得, 当非晶膜的光学厚度为 $\lambda/2$, 即 $d=850 \text{ \AA}$ 时, 对比度 O 有最大值 0.23, 依此可确定记录膜的最佳厚度。

对 Te_4GeSb_2 ($N_a=4.7-1.3i$, $N_c=6.9-2.6i$)^[23], TeGeSnO ($N_a=4.12-1.04i$, $N_c=4.95-2.38i$)^[23], 和 TeGe ($N_a=4.4-1.1i$, $N_c=5.4-1.7i$)^[43] 等多种光记录介质的计算结果都表明, 当非晶膜的光学厚度为 $\lambda/2$ 时, 记录膜在晶态和非晶态时的对比度为最大。

2. 双层结构

为了使激光能量能尽可能多地耦合到记录膜中, 在记录膜前需先淀积上一层减反射膜 (见图 4)。当记录膜的最佳厚度确定以后, 可分别计算出记录膜在晶态和非晶态时双层结构膜的总反射率随介质膜 (ZnS) 厚度变化的曲线 (图 5)。由图 5 知, 当介质膜厚度为 760 \AA 时

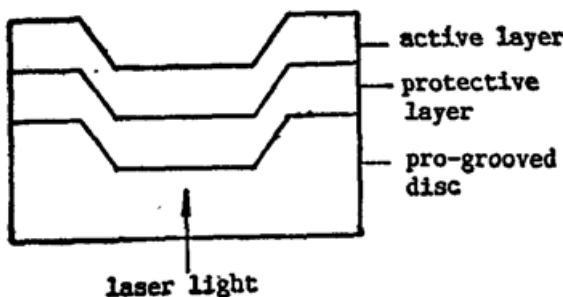


Fig. 4 Two-layer structure

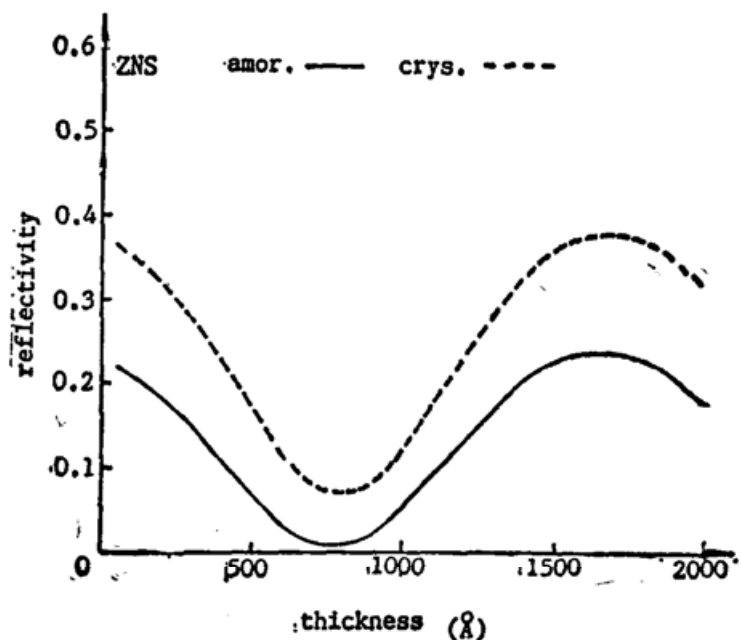


Fig. 5 Reflectance vs. thickness of FPL (Front Protective Layer)

其减反效果最佳,即此时耦合进记录膜的能量最大。但是,光盘机光学头在聚焦、跟踪光盘轨道时要求盘片有一定的反射率。根据盘机设计者提出的盘片初始反射率不低于 10% 到 15% 的要求,我们把非晶态时膜系的初始反射率定为 0.15。由此算得减反介质膜的厚度为 1220 \AA 。此时的对比度为 0.25, 非晶态时的吸收率为 0.77, 晶态时的吸收率为 0.74。

值得一提的是,对某些记录介质,当减反膜(FPL)的厚度到一定值时,FPL的折射率可以在很宽的范围内变化,向双层膜系在晶态和非晶态时的反射率基本不变(图6)。这对FPL材料的选取和保证光盘制备的重复性是十分有利的。图6中记录介质为 Sb_2Se_3 ($N_o=3.7-0.1i$, $N_c=4.7-0.8i$)^[3]。FPL为 ZnS , 厚 1700 \AA 。

3. 三层结构

示意图见图7。考虑到制备工艺上的原因,记录膜(AL)前后的介质膜(FPL和BPL)选取相同材料。当图7中AL和FPL的厚度先后确定以后,便可确定BPL的最佳厚度。图8是三层膜系总反射率随BPL厚度变化的曲线。在BPL厚度为 2200 \AA 处对比度有最大值 0.35。此时,AL为非晶态时膜系的反射率为 0.12, 符合光盘机要求。AL在晶态和非晶态时膜系的吸收率分别为 0.74 和 0.78。至此,三层膜的厚度可全部确定。

在实际计算中,有时当选定BPL厚度后,虽然膜系有最大对比度,但是其初始反射率却过多偏离设计要求。此时可适当改变FPL厚度,重复以上计算,直至满足设计要求为止。

表1为上述三种情况下,膜系在非晶态和晶态时的反射率、吸收率和对比度的理论计算结果。表2为根据以上设计所制备光盘样品的测试结果。测试仪器为P-E公司的Lambda 9型分光光度计,选用波长 830 nm 。从表1、表2可见实测结果与计算值相符,且三

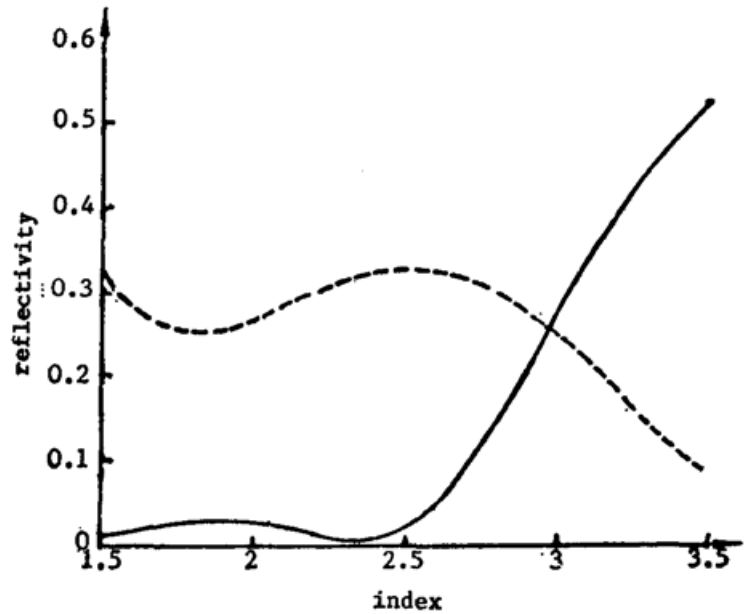


Fig. 6 Reflective vs. index of FPL where AL is Sb_2Se_3 and FPL thickness is 1700 \AA

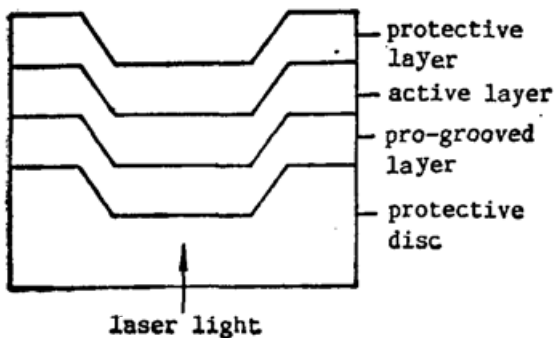


Fig. 7 Three-layer structure

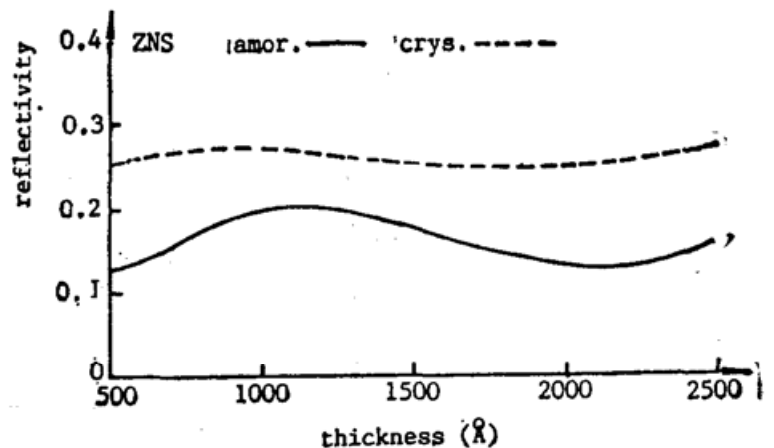


Fig. 8 Reflectance vs. thickness of BPL (Back Protective Layer)

Table 1 The calculation results

	Amorphous		Crystal		Contrast
	reflectance	absorbance	reflectance	absorbance	
one-layer	0.23	0.70	0.37	0.62	0.23
two-layer	0.15	0.77	0.25	0.74	0.25
three-layer	0.12	0.78	0.25	0.74	0.35

Table 2 The measurement results

	Amorphous		Crystal		Contrast
	reflectance	absorbance	reflectance	absorbance	
one-layer	0.26	0.68	0.37	0.62	0.17
two-layer	0.12	0.84	0.21	0.79	0.27
three-layer	0.13	0.83	0.24	0.76	0.30

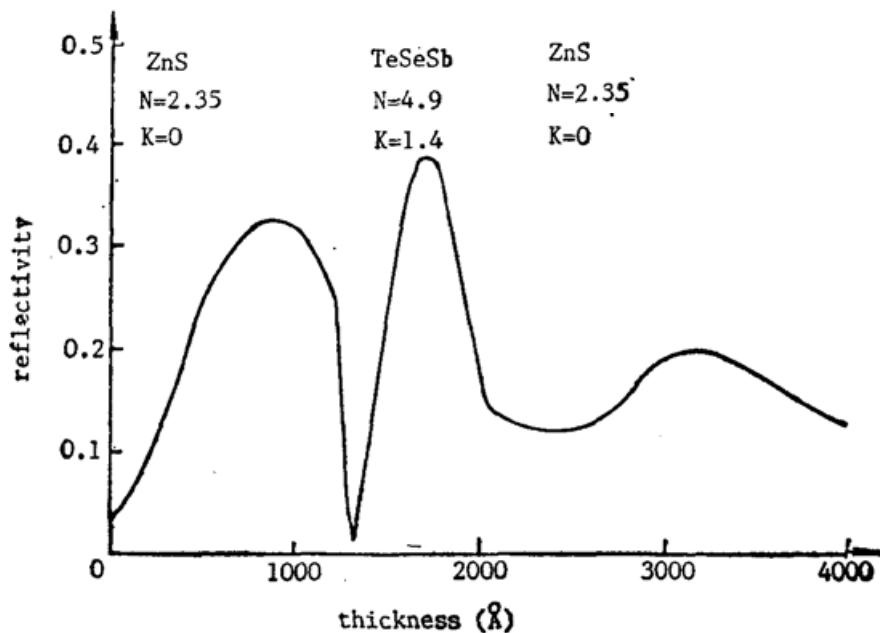


Fig. 9 Computer model plot of reflectance vs. thickness

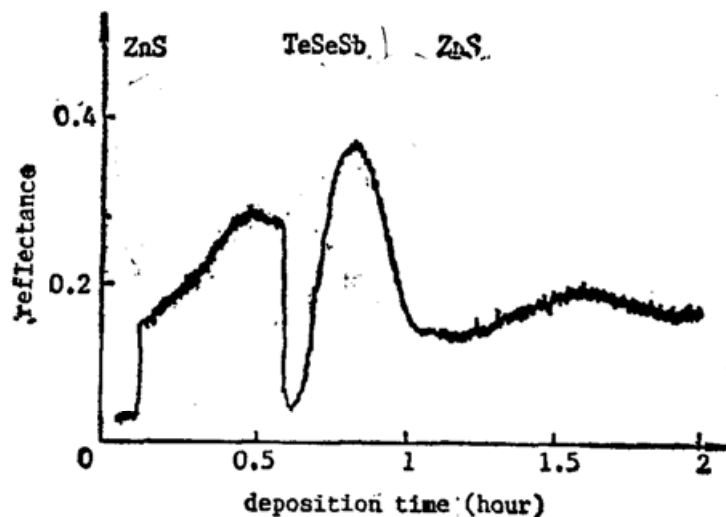


Fig. 10 Optical monitor output, reflectance vs. deposition time

层膜比单层记录膜对比度明显提高并改善对激光能量的吸收。

图 9 是根据上述设计结果由计算机绘得的三层膜系在淀积过程中反射率随厚度变化的曲线。图 10 是此膜系在制备过程中由光学膜厚监控仪绘出的反射率随淀积时间变化的曲线,二者基本一致。因此,在光盘制备过程中,依照理论曲线对淀积进行实时监控,可进一步保证光盘制备工艺的重复性。

四、结 论

利用本文提出的膜系特性计算方法,可以方便地计算出正入射时多层结构相变光盘的反射率、透射率等特性。依据计算结果对多层膜光盘进行优化设计,可明显提高光盘的各项性能。计算结果还可为光盘淀积过程提供最佳实时监控曲线,保证光盘制备的重复性。

参 考 文 献

- [1] 唐晋发,郑权;《实用薄膜光学》,(上海科学技术出版社,1984),30。
- [2] Nobaru Yamada *et al.*; *Japan J. Appl. Phys.*, 1987, **26**, Supplement, No. 26-4, 61~66.
- [3] R. C. Ross *et al.*; *Materials Issues in Amorphous Semiconductor Technology*, 1986, **12**, No. 4 (Apr), 15~18.
- [4] Fumiaki Ueno; *Japan J. Appl. Phys.*, 1987, Supplement, No. 26-4, 55~60.

Design and Calculation of multilayer for phase-change optical disc

WANG ZHITAO

(*Amorphous Research Laboratory, Beijing University of Aeronautics and Astronautics*)

(Received 13 March 1989; revised 11 May 1990)

Abstract

The method for calculating optical properties of multilayer for phase-change optical disc is presented. As an example, the optimum design of three-layer optical disc is discussed.

Key words: phase-change optical disc; anti-reflection film.