

# 磁控溅射法制备的高反 $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$ 相变薄膜的光谱性质及短波长静态记录性能

刘惠勇 姜复松 门丽秋 范正修 干福熹

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

**摘 要** 研究了磁控溅射制备的  $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$  相变薄膜的光谱及短波长静态记录性能。研究表明, 晶态薄膜反射率较高, 并在 600~900 nm 波长范围内, 晶态与非晶态的反射率和折射率相差很大。在 CD-E 系统的工作波长 780 nm 处, 晶态反射率高达 50%, 光学常数为  $5.34 - 1.0i$ ; 非晶态反射率为 23%, 光学常数为  $2.5 - 1.03i$ 。从这一角度讲,  $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$  相变薄膜适于做 CD-E 系统的记录介质。另外, 采用波长为 514.4 nm 的短波长光学静态记录测试仪对  $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$  薄膜的记录性能进行了测试。结果表明, 这种薄膜短波长记录性能较好, 它在较低功率和短脉宽的激光束作用下就可得到较高的反射率对比度。

**关键词** 磁控溅射, 可擦写 CD 系统, 静态性能。

近年来, CD 制式光盘的研究发展十分迅速, 其产品也从只读的 CD-ROM 和 VCD 发展到可录的 CD-R。近两年可擦写 CD (CD-E) 光盘的研究也在加紧进行, CD-E 光盘系统的标准已于 96 年 10 月制订出台。为了能与原有的 CD 产品兼容, CD-E 空白盘的反射率应较高。作者所在的单位承担了中国科学院的一个攻关项目, 任务书中要求空白盘的反射率为 60%。因此对于高反射膜系的研究就显得十分重要。由于相变材料具有优良的写擦循环性能, 因此绝大多数 CD-E 光盘的研究都以相变材料作为记录介质。目前有关高反 CD-E 膜系的研究较少, 并且这些研究中均是采用在膜系中加入高反射率的  $\text{SiO}_2$  保护层或采用两层金属反射层的膜系来达到反射率的要求, 但这些膜系的记录功率都远高于 CD-E 系统的要求<sup>[1]</sup>。研究工作中所采用的记录膜与商品化的相变光盘的记录膜相同, 其反射率很低。本文作者考虑采用高反射的记录膜来进行高反 CD-E 光盘的膜系设计。

当今光存储技术另一个发展趋势是高密度存储技术。采用短波长激光器可使激光光斑和记录畴变小, 是提高存储密度的一种有效方法<sup>[2]</sup>。CD 制式光盘产品也向高密度、短波长方向发展。考虑到同以后 CD 产品的互换性, CD-E 光盘的记录膜也应有良好的短波长记录性能。

本文作者用磁控溅射法制备了 Ag-In-Te-Sb 合金薄膜, 通过成分的调整, 得到了晶态反射率较高的  $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$  薄膜。本文研究了高反射率的  $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$  相变薄膜的光谱性能及短波长 (波长 514.5 nm) 静态记录性能。

## 1 实验过程

### 1.1 薄膜的制备

非晶态的  $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$  薄膜由射频磁控溅射法制备, 所采用的直径  $\phi 100$  mm 的  $\text{Ag-In-Sb-Te}$  合金靶材是通过真空熔炼方法制备的。射频频率为 13.6 MHz, 溅射前预真空抽至  $4 \times 10^{-3}$  Pa, 然后充高纯氩气至 0.65 Pa 后开始溅射, 溅射功率为 200 W, 基片为  $\text{K}_9$  玻璃。

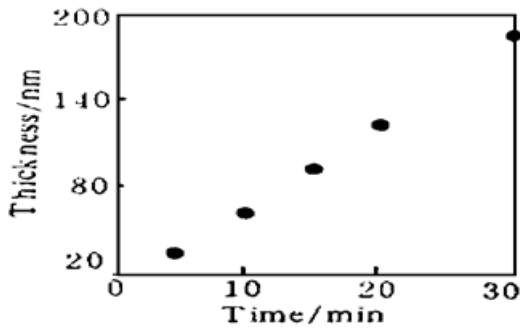


Fig. 1 Relation between film thickness and deposition time

实验表明在以上实验条件下制备出的薄膜质量较好。图1为在本条件下薄膜厚度与溅射时间的关系曲线。可看出, 薄膜厚度与溅射时间呈线性关系, 因此溅射速率在溅射过程中是恒定的, 在此实验条件下溅射速率约为 6.75 nm/min。因此可以通过控制溅射时间来控制膜厚。沉积态薄膜为非晶态, 通过真空热处理可使薄膜晶化。为了研究晶态薄膜的光谱性质, 对非晶态薄膜进行了真空热处理。热处理过程为: 首先抽真空至  $1.3 \times 10^{-4}$  Pa, 以  $10^\circ\text{C}/\text{min}$  的升温速度升至设定温度,

保温 20 min, 自然冷却后取出。

### 1.2 晶态与非晶态 $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$ 薄膜的光谱测量

晶态与非晶态  $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$  薄膜的反射、透过和吸收光谱是在室温、正入射条件下, 采用 Perkin-Elmer Lambda 9UV/VIS/NIR 光谱仪测量得到的。薄膜的几何厚度是用多光束干涉仪测量得到, 薄膜的光学常数(复折射率的实部  $n$  和虚部  $k$ ) 是根据薄膜的光谱曲线和几何厚度利用光学原理计算得到。

### 1.3 短波长光学静态记录实验

图2为采用的短波长光学静态记录测试仪的装置示意图, 该装置采用波长为 514.5 nm、功率为 100 mW 的氩离子激光器。激光束由声光调制器调制, 输出激光的脉宽和功率可通过由计算机控制的可编程脉冲发生器来改变。入射到样品表面的激光束直径小于  $1 \mu\text{m}$ , 入射到样品表面的激光功率和脉宽的可变化范围分别为  $0.1 \text{ mW} \sim 30 \text{ mW}$  和  $0.1 \mu\text{s} \sim 6 \mu\text{s}$ 。采用一束 1 mW、300 ns 的激光束来检测薄膜在激光写入前后的反射率, 反射率对比度  $C$  定义为:

$$C = \frac{2(R_f - R_i)}{R_f + R_i} \quad (1)$$

其中  $R_i$ 、 $R_f$  分别为写入前、后薄膜的反射率。

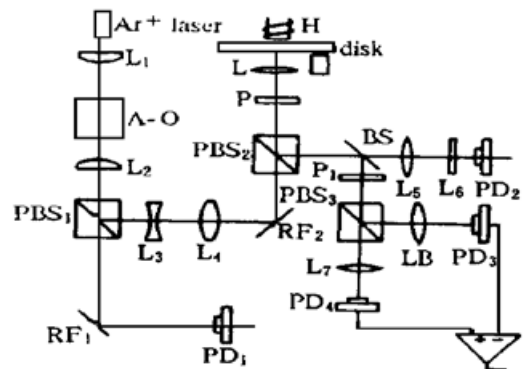


Fig. 2 Schematic presentation of short wavelength static optical recording tester

## 2 结果与讨论

### 2.1 光谱性能

图3(a)、3(b)分别为非晶态和晶态  $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$  薄膜(厚度为 67.5 nm)的光谱曲线。两态薄膜的透过率和吸收随波长的变化大致相同, 而反射率的变化有所不同。晶态薄膜的反射率较高, 从 500 nm 开始反射率随波长的增大而增加, 在 820 nm 处反射率最高, 为 52%; 而非晶态的反射率相对较小, 从 400 nm 开始随波长的增大而减小, 780 nm 处反射率最小, 为

23%。在波长较大的范围里,不但晶态薄膜的反射率较高,并且两态的反射率差值也较大,在 CD-E 系统的工作波长780 nm 处,晶态反射率为50%,两态的反射率差为27%,这不但利于满足 CD-E 空白盘高反射率的要求,并有助于提高光盘的载噪比。

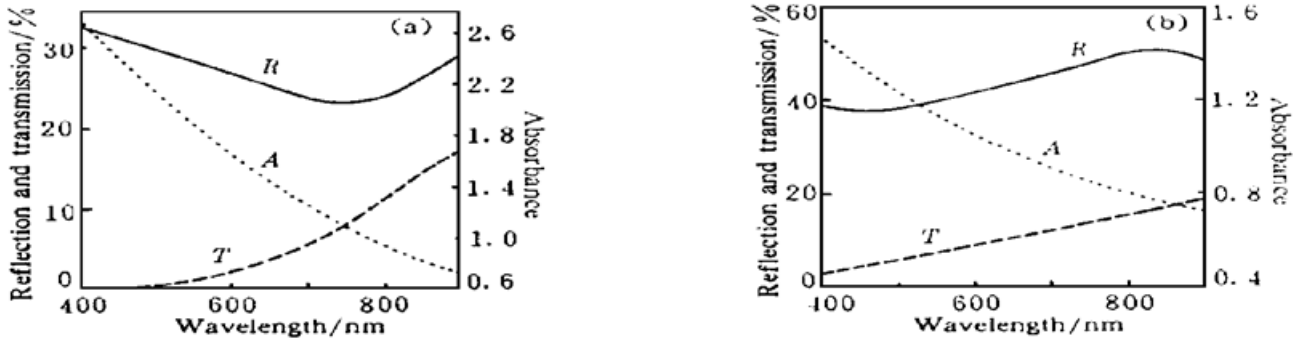


Fig. 3 Optical spectra of the  $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$  thin film. (a) The amorphous film, (b) The crystalline film

图4(a)、4(b)分别为非晶态和晶态薄膜的光学常数随波长的变化曲线。晶态薄膜的折射率  $n$  随波长的增大而迅速增大,而非晶态的折射率  $n$  随波长的变化较为平缓。在波长较大的范围里晶态薄膜的  $n$  值较大,两态的  $n$  值相差较大。在780 nm 处,晶态薄膜的光学常数为  $5.34 - 1.0i$ ,非晶态的光学常数为  $2.5 - 1.03i$ 。采用高  $n$  值和低  $k$  值的记录膜易于实现高反膜层的设计<sup>[3]</sup>,因此从光谱性能考虑, $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$  薄膜适于作 CD-E 系统的记录介质。

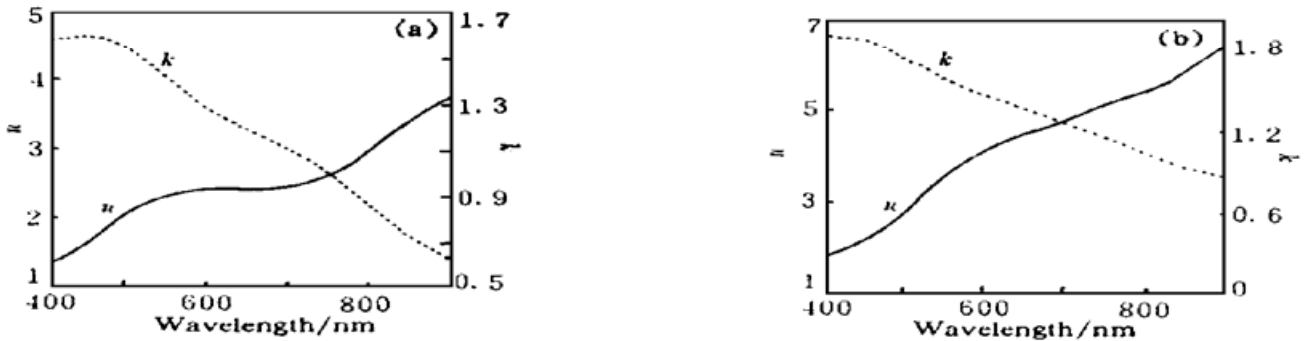


Fig. 4 Refractive index  $n$  and extinction coefficient  $k$  of the  $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$  film. (a) The amorphous film, (b) The crystalline film

## 2.2 静态短波长记录性能

图5和图6为  $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$  薄膜(厚度为37.5 nm)的静态短波长记录性能的测试结果。图5为三种脉宽条件下记录功率与反射率对比度的关系,三条曲线所对应的脉宽分别为300 ns、500 ns 和700 ns。随记录功率的增加,反射率对比度也增大。另外记录功率阈值随脉宽的增加而变小,对于300 ns、500 ns 和700 ns 记录脉宽,记录阈值分别为6.5 mW、4.5 mW 和2.5 mW。在同一记录功率条件下,脉宽越大,反射率对比度也越大。假定  $C$  大于15%时,表明写入过程已完成,则300 ns、500 ns 和700 ns 脉宽所对应的最小写入功率分别为11.5 mW、7.5 mW 和5.5 mW。

图6为11.5 mW 记录功率下反射率对比度和记录脉宽的关系。反射率对比度随脉宽的增大而增大,这一点与图5中的结论相同。反射率对比度在300 ns 处变化最为剧烈,当脉宽大于400 ns 时,对比度随脉宽的增加而缓慢增大。在300 ns 处对比度已大于15%。

$\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$  薄膜在功率11.5 mW、脉宽300 ns 的脉冲激光束的作用下,可获得大于15%的反射率对比度,薄膜具有良好的短波长记录性能。

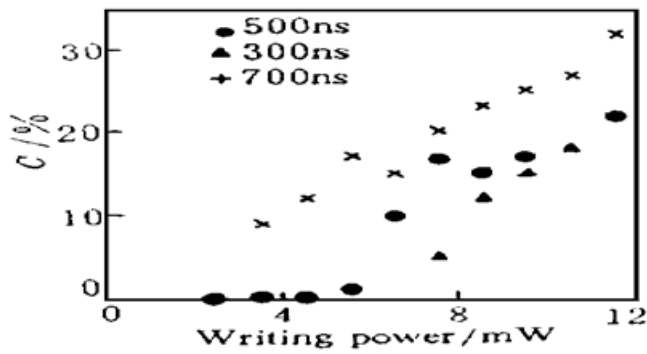


Fig. 5 Relation between reflectivity contrast and writing power of  $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$  film at three different pulse width

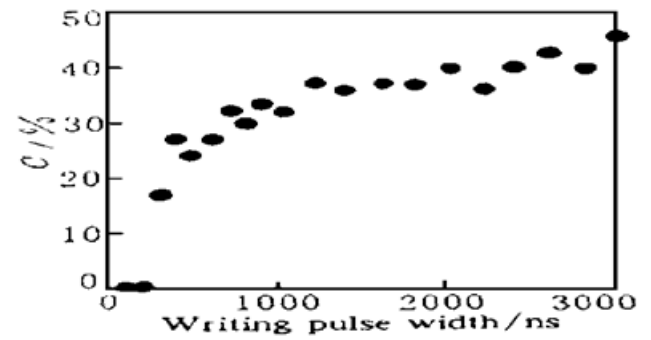


Fig. 6 Relation between reflectivity contrast and writing pulse of  $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$  film at writing power of 11.5 mW

**结 论** 1) 在工作气压0.65 Pa、溅射功率200 mW的条件下,可制备出质量较好的 $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$ 薄膜,这时沉积速率约为6.75 nm/min; 2)  $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$ 晶态薄膜反射率较高,两态薄膜在波长较大的范围里反射率和折射率相差都较大。在780 nm处,晶态薄膜反射率为50%,光学常数为 $5.34 - 1.0i$ ;非晶态反射率为23%,光学常数为 $2.5 - 1.03i$ ; 3)  $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$ 薄膜在514.5 nm条件下,用功率11.5 mW、脉宽300 ns的脉冲激光光束就可获得大于15%的反射率对比度。

### 参 考 文 献

- [1] Yoshihiro Ikari, High reflectivity erasable CD. *Technical Digest of International Symposium on Optical Memory and Optical Data Storage*. (July 8-12, 1996, Hawaii, USA) Optical Society 8 America, 1996 Technical Digest Series, 12·78a~79a
- [2] I. Morimoto, K. Furuya, K. Nishimura *et al.*, Ultrahigh density recording using overwriteable phase change optical disc, *Proc. SPIE*, 1992, 1663·294~304
- [3] E. Hamada, Y. Shin, T. Ishiguro, CD-compatible write-once disc with high reflectivity. *Proc. SPIE*, 1989, 1078·80~86

## Optical Spectral Properties and Short-Wavelength Optical Storage Properties of High Reflection $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{37}$ Phase Change Films Prepared by RF-Magnetron Sputtering Technology

Liu Huiyong Jiang Fusong Men Liqiu Fan Zhengxiu Gan Fuxi  
(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)

(Received 19 June 1997; revised 20 August 1997)

**Abstract** The optical spectra properties and short-wavelength optical storage properties of  $\text{Ag}_5\text{In}_5\text{Te}_{47}\text{Sb}_{33}$  films are reported. The films are prepared by RF-magnetron sputtering technology. The reflection of the crystalline film is 50% at 780 nm, and the difference of the reflection and reflectivity index is very large in the range of 600 nm to 900 nm, which shows the profitable characteristics as the recording layer for high reflection CD-E system. The film also shows good recording properties at short-wavelength (514.5 nm). A high reflectivity, larger than 15%, can be obtained with low power (11.5 mW) and short width (300 ns) laser beam.

**Key words** magnetron sputtering, CD-E system, static recording properties.