

文章编号: 0258-7025(2003)05-0445-04

# TeO<sub>x</sub> 和 Ag-In-Sb-Te-O 薄膜动态 存储特性的测试

李青会, 顾冬红, 干福熹

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

**摘要** 采用真空蒸镀法制备了以 TeO<sub>x</sub> 薄膜为记录层的可录光盘, 采用溅射法制备了以 Ag-In-Sb-Te-O 为记录层的可擦重写光盘, 并测试了这两种光盘在波长为 514.5 nm 的动态存储特性。实验结果表明, 可录光盘的载噪比在波长 514.5 nm 时达到 30 dB, 波长 780 nm 时达到 41 dB; 可擦重写光盘的载噪比在波长 514.5 nm 时达到 25 dB, 波长 780 nm 时达到 38 dB。对光盘载噪比偏低的可能原因及改进方法进行了讨论。光盘动态存储性能测试证明了这两种薄膜可用作蓝绿光波段高密度光存储介质。

**关键词** 信息光学; 光存储; 溅射法; TeO<sub>x</sub> 薄膜; Ag-In-Sb-Te-O 薄膜; 动态存储特性

**中图分类号** TQ597.3 **文献标识码** A

## Testing of Dynamic Recording Properties for TeO<sub>x</sub> and Ag-In-Sb-Te-O Thin Films

LI Qing-hui, GU Dong-hong, GAN Fu-xi

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800, China)

**Abstract** The recordable disks using TeO<sub>x</sub> thin films as the recording medium and the crasable disks using Ag-In-Sb-Te-O thin films as the recording medium were fabricated by the methods of vacuum evaporation and by the method of sputtering, respectively. Dynamic recording properties of the two kinds of disks at 514.5 nm were reported. The carrier to noise ratio (CNR) of the recordable disk could reach about 30 dB at 514.5 nm and 41 dB at 780 nm; that of the crasable disk could reach about 25 dB at 514.5 nm and 38dB at 780 nm. The reasons which caused the low CNR were discussed. The two kinds of films had the potential for using as blue-green short-wavelength high density optical storage media.

**Key words** information optics; optical storage; sputtering technique; TeO<sub>x</sub> thin film; Ag-In-Sb-Te-O thin film; dynamic recording properties

### 1 引言

1982年日本的N. Akahira等发现次氧化物如TeO<sub>x</sub>, SbO<sub>x</sub>, MoO<sub>x</sub>和GeO<sub>x</sub>的薄膜, 在加热到一定临界温度或光脉冲辐射时, 薄膜的吸收系数和折射率会发生较大的变化, 他们认为这些次氧化物薄膜有应用于光存储的可能, 并开展了一系列的研究<sup>[1]</sup>。在这些次氧化物薄膜中, TeO<sub>x</sub>薄膜有较高的写入

灵敏度和良好的存储稳定性, 在其中掺入Pd或Ge和Sn可使薄膜用作可录或可逆光存储介质<sup>[2,3]</sup>。1998年, K. Nishiuchi等以记录波长680 nm, 数值孔径(NA)为0.6, 按照DVD-RAM的规格, 在以Te-O-Pd(Te<sub>42</sub>O<sub>46</sub>Pd<sub>12</sub>)为存储介质的可录双层光盘上, 以10 mW和12 mW的记录能量进行了单面5.2 GBit的高密度记录<sup>[4]</sup>。Guo-Fu Zhou等发现在Ge-Sb-Te薄膜中掺杂一定量的氧可提高薄膜的结

收稿日期: 2002-02-08; 收到修改稿日期: 2002-04-01

基金项目: 国家自然科学基金(59832060)资助课题。

作者简介: 李青会(1973—), 男, 山西运城人, 中国科学院上海光学精密机械研究所博士生, 主要从事光存储薄膜、晶体合成研究。E-mail: qinghuil@sina.com

晶速率<sup>[5]</sup>。非化学计量氧化物薄膜是一种很有应用前景的可录或可擦除光存储介质。我们曾对  $\text{TeO}_x$  和 Ag-In-Sb-Te-O 薄膜的结构、光学和静态存储特性进行了较详细的研究<sup>[6~8]</sup>。本文将报道以这两种薄膜为记录层的光盘动态存储特性的最新研究成果。

## 2 实验方法

以  $\text{TeO}_x$  为记录层的可录光盘的大致结构为:聚碳酸酯(PC)或玻璃基底/ $\text{TeO}_x$  记录层/Al 反射层/紫外胶保护层,光盘的结构相对较简单。 $\text{TeO}_x$  记录层由真空蒸镀化学纯  $\text{TeO}_2$  粉末制备,记录层的厚度可通过  $\text{TeO}_2$  粉末的用量控制。Al 反射层也由真空蒸镀法制备,反射层的厚度在 70 nm 以上。制备光盘时首先以蒸镀法在基片上制备一层  $\text{TeO}_x$  薄膜,然后通过蒸镀法制备一层 Al 膜,最后用甩胶法旋涂一层蜡克保护层。光盘盘基有两种:一种是直径为 133 mm,厚度为 1.2 mm 的 K9 玻璃圆片;另一种是直径为 127 mm,厚度为 1.2 mm 的带预刻槽的 PC 基片,该基片为实用化光盘的盘基。

以 Ag-In-Sb-Te-O 为记录层的可擦重写光盘采用较为复杂的多层膜结构,光盘的大致结构为:PC 或玻璃基底/ $\text{SiN}_x$  (140 nm)/AgInSbTeO(25 nm)/ $\text{SiN}_x$  (30 nm)/Al(70 nm)/紫外胶保护层。紫外胶保护层(蜡克)采用旋涂法制备,光盘中的其余各个膜层均采用溅射法制备。采用中国科学院沈阳科学仪器研制中心的 DS-J-III 型磁控溅射设备制备各个膜层,溅射的工艺参数大多经过了优化。 $\text{Ag-In-Sb-Te-O}$  薄膜通过反应溅射法制备,溅射功率为 180 W,选择了 1% 和 2% 两个氧分压,溅射气压分别为 1 Pa 和 1.6 Pa。制备的光盘先初始化后进行动态测试。采用 POP120-5F 型初始化仪进行初始化,初始化仪的激光光斑大小为  $1 \mu\text{m} \times 192 \mu\text{m}$  (FWHM, 1800 mW),波长为 810 nm,初始化采用恒线速度模式(CLV 模式)。

薄膜的厚度用 Alpha-Step 500 表面轮廓仪测得,该仪器的表面粗糙度的测量精度为 0.6 nm。光盘动态性能测试在自行研制的动态测试仪上进行,所用的光源波长为 514.5 nm 或 780 nm,物镜的 NA 为 0.6,光斑尺寸在 780 nm 时为  $0.82 \mu\text{m}$ ,在 514.5 nm 时为  $0.55 \mu\text{m}$ 。动态测试仪具体的原理可参阅相关文献[9]。动态性能测试是一种对光盘样品的综合测试,是使光盘处于近乎实用条件下进

行写入、读出和擦除的全过程操作,获得不同条件下的数据以便分析被测光盘的整体性能。动态测试结果往往与光盘材料、制盘工艺等环节相关。载噪比是衡量光盘质量、判断光盘可用性等不可缺少的重要参数,对其进行了测试,它的定义如下式所述

$$\text{载噪比(CNR)} = \text{均方根信号} / \text{均方根噪声} \\ (30 \text{ kHz 带宽测量})$$

实验中测试系统采用中心频率 0.5 MHz,占空比 1:3 的信号,用 30 kHz 带宽频谱仪测量光盘载噪比。

## 3 结果及讨论

实验中测试了不同  $\text{TeO}_x$  记录层厚度的可录光盘在波长为 780 nm 和 514.5 nm 时的动态记录特性。图 1 为  $\text{TeO}_x$  薄膜厚度为 18 nm 和 50 nm 左右时,沉积在 K9 玻璃基底上的  $\text{TeO}_x$ /Al 双层薄膜在 400~800 nm 波长范围内的反射率曲线。光线从基底侧面入射。从图 1 可以看出,在  $\text{TeO}_x$  薄膜厚度在 18 nm 左右时双层薄膜的反射率在 72% 左右,而  $\text{TeO}_x$  薄膜厚度在 50 nm 左右时双层薄膜的反射率仅在 46% 左右, $\text{TeO}_x$  薄膜厚度对双层薄膜光学特性的影响是很明显的。图 2 为波长在 780 nm 时光盘的载噪比和写入功率的关系曲线,写入脉宽 500 ns,使用的盘基为 PC 基片。从图中可以看出载噪比先随着写入功率的增加而增加,随后开始减小,这可能和太高的记录功率引起记录点和基片的变形有关。光盘在 780 nm 时具有良好的记录灵敏度,在写入功率为 6 mW 时载噪比最高可达到 41 dB。

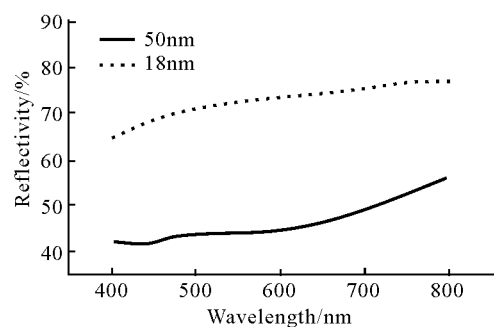


图 1 不同  $\text{TeO}_x$  薄膜厚度 K9 玻璃基底上的  $\text{TeO}_x$ /Al 双层薄膜的反射率曲线

Fig. 1 Reflectivity of the  $\text{TeO}_x$ /Al double-layer films on K9 glass substrate at different thickness of  $\text{TeO}_x$  film

图 3 为波长 514.5 nm 时  $\text{TeO}_x$  薄膜厚度在 30 nm 和 50 nm 时光盘动态性能测试信号曲线,写

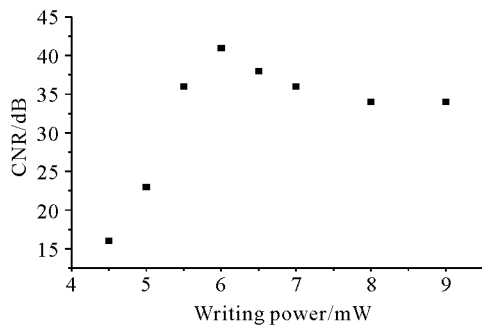


图2 波长为 780 nm 时光盘的载噪比和写入功率关系曲线(写入脉宽 500 ns)

Fig. 2 Dependence of the CNR on writing power at wavelength of 780 nm (writing pulse width: 500 ns)

入功率 12 mW, 写入脉宽 500 ns, 使用的盘基为 K9 玻璃基片。图中在 0.5 MHz 附近较强的峰值为信号峰值。载噪比为信号峰值与背景噪声峰值的差值。从图 3 可以看出,  $\text{TeO}_x$  薄膜厚度在 30 nm 时光盘的载噪比为 20 dB 左右, 而  $\text{TeO}_x$  薄膜厚度在 50 nm 时光盘的载噪比为 30 dB 左右, 这说明  $\text{TeO}_x$  薄膜厚度对光盘动态存储性能的影响也是很大的。与波长在 780 nm 时相比, 光盘在波长为 514.5 nm 时的载噪比下降了大约 10 dB。光盘的载噪比偏低主要是因为波长为 514.5 nm 时, 记录点的几何尺寸减小, 在进行光盘动态性能测试时对光盘的制备工艺和测试仪器如轨道追踪伺服、信号探测的要求提高了。从图 3 也可以看出, 在光盘的动态测试信号曲线中的噪声较高, 这与光盘制备过程中的洁净度、膜厚的均匀性以及仪器噪声等因素有关。

同样, 对以  $\text{Ag-In-Sb-Te-O}$  为记录层的可擦写光盘在波长为 780 nm 和 514.5 nm 的动态光存储性能进行了测试, 使用的盘基为 PC 基片。表 1 给出了与光盘动态测试和制备相关的一些参数。在表 1 中列出的参数范围内选用不同条件对光盘进行初始化后, 光盘的各种性能如写入功率、阈值功率变化很小。在氧分压为 1% 时光盘的载噪比稍高于氧分压为 2% 时光盘的载噪比, 在写入波长为 780 nm, 写入功率为 13.5 mW 时获得了最高为 38 dB 的载噪比。以相同合金靶材制备的  $\text{Ag-In-Sb-Te}$  薄膜为记录层的可擦写光盘在波长为 780 nm 时的载噪比也在 40 dB 左右。掺氧后光盘的载噪比没有明显降低, 只是擦除功率增加了大约 1 mW。

与波长为 780 nm 时相比, 以  $\text{Ag-In-Sb-Te-O}$  为记录层的同一光盘在波长为 514.5 nm 时载噪比也有较大的下降, 最高达到 25 dB, 光盘的记录功率

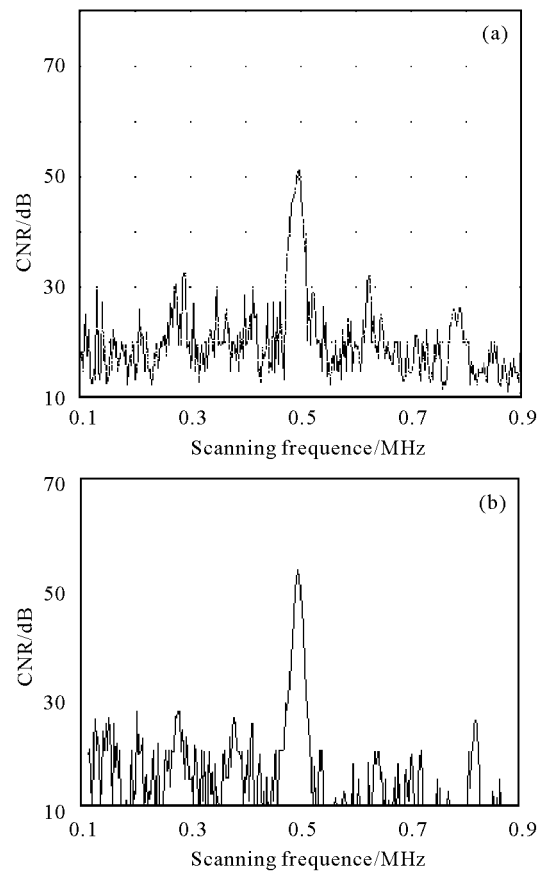


图3 波长 514.5 nm 时  $\text{TeO}_x$  薄膜厚度在 30 nm(a) 和 50 nm(b) 时光盘动态性能测试信号曲线

Fig. 3 Signal curve of the dynamic properties testing at wavelength of 514.5 nm thickness of the  $\text{TeO}_x$  film: (a) 30 nm, (b) 50 nm (writing power: 12 mW, writing pulse width: 500 ns)

也提高了大约 2 mW。图 4 为波长 514.5 nm 时以  $\text{Ag-In-Sb-Te-O}$  为记录层的光盘动态性能测试信号曲线, 写入功率 15 mW, 写入脉宽 500 ns, 图中光盘的载噪比在 20 dB 左右。如图 3 一样, 从图 4 中也可以看出光盘的读出信号还是很强的, 可以达到 43 dB 左右, 但是光盘的背景噪声比较强, 在 24 dB 左右。光盘载噪比偏低除上面提到的原因外, 可能还因以下因素造成: 一是光盘的膜层结构在 514.5 nm 时为非优化结构; 二是在光盘的实际制备过程中各膜层厚度的控制依据溅射时间而定, 因此造成的误差较大。尤其是当薄膜厚度很小时这种误差更大, 实验中制备的光盘的记录膜和上介质层的膜厚较小, 误差对光盘膜系的光学性质的影响较大。目前, 商业化光盘的载噪比在 45 dB 左右, 一般需要在专门的生产线进行制作。本文所制备的两种光盘性能

与商业化盘片有一定差距,但通过提高光盘的制备工艺和膜层优化设计,这两种光盘的载噪比有望进一步提高。

表 1 光盘动态性能测试和制备相关参数

Table 1 Some parameters concerned with the dynamic properties testing

Number	Initializing conditions		Writing power /mW	Critical power /mW	Erasing power /mW	CNR/dB		Refectivity before initialization /%	Reflectivity after initialization /%	Oxygen partial pressure /%
	Rotate speed/m/s	Power /mW				780 nm	514 nm			
1#	3.6~4.2	1300~1450	13~14	10	9	38	25	10	27	1
2#	3.6~4.2	1300~1450	13~14	10	9	35	23	11	33	2

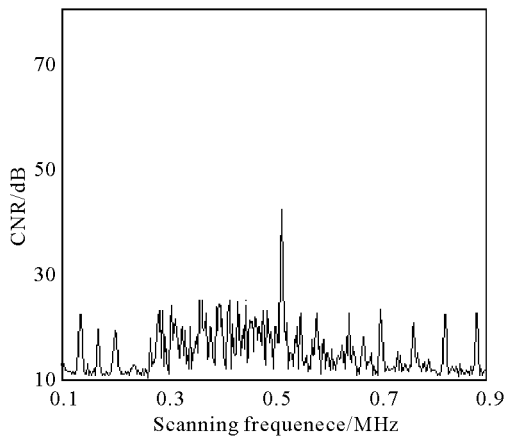


图 4 波长 514.5 nm 时可擦重写光盘动态性能测试信号曲线图

Fig. 4 Signal curve of the dynamic properties testing for erasable disk at wavelength of 514.5 nm (writing power: 15 mW, writing pulse width 500 ns)

### 参 考 文 献

- 1 N. Akahira, T. Ohta, N. Yamada *et al.*. Sub-oxide thin films for an optical recording disk [C]. *SPIE*, 1982, **329**:195~201
- 2 K. Kimura. Optical recording materials based on  $\text{TeO}_x$  films [J]. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1989, **28**(5):810~813
- 3 M. Takenaga, N. Yamada, S. Ohara *et al.*. New optical erasable medium using tellurium suboxide thin film [C]. *SPIE*, 1983, **420**:173~177
- 4 K. Nishiuchi, H. Kitaura, N. Yamada *et al.*. Dual-layer optical disk with Te-O-Pb phase-change film [J]. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1998, **37**(4B):2163~2167
- 5 Guo-Fu Zhou, Bernardus A. J. Jacobs. High performance media for phase change optical recording [J]. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1999, **38**(3B):1625~1628
- 6 Li Qinghui, Gan Fuxi. Observation of short-wavelength recorded marks in  $\text{TeO}_x$  thin film by atomic force microscopy [J]. *Appl. Surf. Sci.*, 2001, **181**(3-4):239~247
- 7 Li Qinghui, Sun Jieli, Wang Haifeng *et al.*. Atomic force microscope study of the structure of short-wavelength laser static recording bits in  $\text{TeO}_x$  thin film [J]. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 2001, **21**(10):1177~1181 (in Chinese)
- 8 Li Qing-hui, Hou Li-song, Li Jin-yan *et al.*. Optical properties and static optical recording performance of Ag-In-Te-Sb-O films using short-wavelength laser [J]. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 2001, **A28**(7):650~654 (in Chinese)
- 9 Gan Fuxi (Chief Editor). *Digital Optical Disks and Optical Storage Media* [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1992. 198~207 (in Chinese)