

文章编号: 0258-7025(2002)05-0436-03

AgO_x 薄膜的光开关特性和机理研究

熊曹水^{1,2}, 熊永红³, 赵天鹏², 罗震林², 明 海²

(中国科学技术大学¹ 结构成分分析中心,² 物理系,³ 天文与应用物理系, 安徽合肥 230026)

摘要 用磁控溅射法制备了具有超分辨近场结构的系列薄膜, 测量了非线性层 AgO_x 的光开关特性及其结构随温度的变化, 分析了 AgO_x 的光开关特性与微结构之间的内在联系。

关键词 磁控溅射, 超分辨近场结构, AgO_x 薄膜, 开关特性

中图分类号 O 484.1 文献标识码 A

An Approach for Optical Switching Property and Mechanism of AgO_x Thin Films

XIONG Cao-shui^{1,2}, XIONG Yong-hong³, ZHAO Tian-peng², LUO Zhen-lin², MING Hai²

(¹Structure Research Laboratory, ²Department of Physics, ³Department of Astronomy and Applied Physics, University of Science and Technology of China, Hefei 230026)

Abstract A series of super RENS thin films were fabricated using magnetron sputtering technique. The dependence of relative transmission intensity and microstructure of AgO_x (magic layer) on temperature was measured. The interrelation between the optical switching property and microstructure of AgO_x film was analysed.

Key words magnetron sputtering technique, super RENS, AgO_x thin film, optical switching property

1 引 言

为了提高光存储密度, 近几年人们提出了各种新思想、新概念和新理论, 相应的新材料、新器件和新技术也竞相问世。比如全息存储和近场光学存储, 从原理上说有其可行之处, 但是却很难在实际中应用。因为近场光学存储中光纤探针和记录介质间的距离难以控制, 全息存储又难以与光盘兼容。1998 年发展起来的超分辨近场结构 (Super-RENS (super resolution near-field structure)) 克服了上述重大障碍, 成为超高密度大容量光盘存储最明朗、最有前途的发展方向。预计到 2005 年, 记录密度大于 10 Gb/cm² 的超高密度大容量光盘可以面世, 它比现有的光盘记录密度要高 1 个数量级以上。

利用超分辨近场结构的超高密度大容量数据存储材料的研制和开发是近两年来国际上的一个研究热点, 日本的 J. Tominaga, 台湾大学的蔡定平已经进行了一些原型实验, 并取得了可喜的进展^[1~3]。但

是尚有许多关键问题, 尤其是材料和机理的研究亟待解决。

利用上述技术的关键是 PC (0.6 mm)/SiO₂ (170 nm)/Sb (15 nm)/SiO₂ (20 nm)/Ge₂Sb₂Te₅ (15 nm)/SiO₂ (20 nm) 系列薄膜样品和 PC (0.6 mm)/ZnS:SiO₂ (130 nm)/AgO_x (15 nm)/ZnS:SiO₂ (40 nm)/Ge₂Sb₂Te₅ (20 nm)/ZnS:SiO₂ (20 nm) 系列薄膜样品中的非线性层 (magic layer) Sb 和 AgO_x 所起的重要的光开关作用。

对于 Sb 或 AgO_x 的光开关效应产生的机理目前并不十分清楚, 几种现有的解释为: 对于 Sb, 当激光束聚焦在 Sb 薄膜上时, 在 90℃ 附近引起了一个从非晶态到晶态的转变, 在 Sb 薄膜层对于激光束高斯光束的非线性光学吸收, 从而形成了超瑞利分辨极限的孔径, 因此光学的近场记录和读出可以通过这些孔径进行。对于 AgO_x, 则认为可能是在 180℃ 附近有一个分解过程, 即 AgO_x 分解成 Ag 颗

收稿日期: 2001-03-01; 收到修改稿日期: 2001-05-21

基金项目: 国家重点基础研究 973 项目 G19990330 资助项目。

作者简介: 熊曹水 (1953—), 男, 毕业于中国科学技术大学物理系, 现为华中科技大学物理系教授。主要从事磁性材料、薄膜材料和纳米材料的制备、结构和物性分析。E-mail: csxiong@hust.edu.cn

粒和 O_2 , 早期人们依据无孔近场扫描显微镜原理提出近场记录模型。最近蔡定平又进一步解释: 即在 Ag 颗粒周围会产生一些表面等离子体, 由于表面等离子体的增强效应而起到了光开关作用, 实现了近场光记录。

本文报道了我们进一步探讨 AgO_x 的光开关特性和机理的研究的一些实验结果, 着重讨论了温度效应对 AgO_x 光开关层的影响。

2 实验方法

采用磁控溅射法制备了几个系列样品, 制备条件为: 直流溅射电压 260 V, 电流 0.2 A; 射频溅射功率 200 W; 溅射前本底真空为 9×10^{-5} Pa, 溅射时压强为 3 Pa; 溅射时气流分别为: Ar—10SCCM, O_2 —10SCCM, 其中 SCCM=每分钟标准毫升; 基片为玻璃或聚碳酸酯(简称为 PC), 基片温度分别为室温和 100°C。在制备样品的过程中, 我们改变了不同非线性层材料(AgO_x 和 Sb), 不同厚度(5 nm, 10 nm, 15 nm 和 20 nm), AgO_x 中不同氧含量、不同的缓冲层和保护层(SiO_2 , SiN 和 ZnS: SiO_2 等), 目的是想重点研究非线性层或光开关层(magic layer)中 AgO_x 或 Sb 这一类光开关层材料所起的重要作用, 以便从机理上搞清楚, 并指导下一步的研究。

样品的结构分析是在日本的精密 X 射线衍射仪(MXP18AHF)上完成的, 测量温度从室温升到 210°C, 然后再降回室温, 以测量样品的结构随着温度上升和下降时的变化情况。

样品的光开关效应, 是指样品的相对透射光率随温度的变化关系, 作者制作了专门测试装置, 测量样品的光开关特性, 所用的光源是 650 nm, 5 mW 半导体激光器。

样品的微结构是在扫描隧道显微镜(STM)上测量的。

3 结果和讨论

经过初步测量 $SiO_2/AgO_x/SiO_2$ (50 nm/15 nm/15 nm) 和 $SiO_2/Sb/SiO_2$ (50 nm/15 nm/15 nm) 两个系列的样品后, 发现 $SiO_2/AgO_x/SiO_2$ 的光开关效果最好。图 1 给出了 $SiO_2/AgO_x/SiO_2$ 薄膜的相对透射光强随温度的变化关系(插图是 $SiO_2/Sb/SiO_2$ 薄膜的相对透射光强随温度的变化关系)。由

图 1 可以看出, $SiO_2/AgO_x/SiO_2$ 薄膜在 180°C 附近, 透射光强有明显的增强, 而 $SiO_2/Sb/SiO_2$ 薄膜在 90°C 附近, 透射光强只有缓慢的增加。这些结果与别的研究小组报道的研究结果基本类似。

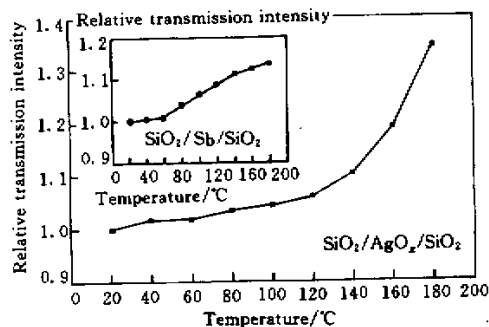


图 1 相对透射光强与温度的变化关系

Fig. 1 Dependence of relative transmission intensity on temperature

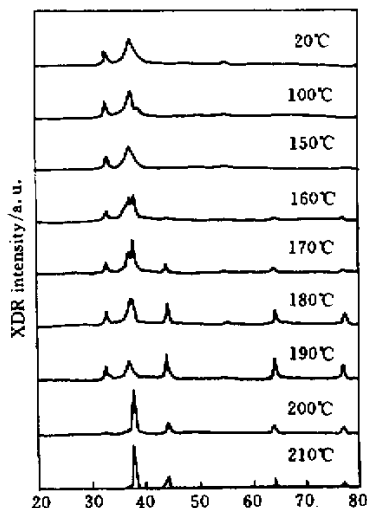


图 2 不同温度时的 X 射线衍射图

Fig. 2 X-ray diffraction patterns of AgO_x at different temperature

通过进一步结构分析, 初步探讨了 AgO_x 的光开关效应的机理。图 2 给出了不同温度的 X-射线粉末衍射图。由这些衍射图可以看出, 在室温时, 光开关层的基本成分为 $AgO_{0.5}$ 。随着温度的升高, $AgO_{0.5}$ 开始分解, 在 200°C 附近, $AgO_{0.5}$ 完全分解为 Ag 和 O_2 , 这一结果与别的研究小组报道的结果相同, 但是我们首先给出了完整的 AgO_x 的 X-射线粉

末衍射图与温度的变化关系。表 1 给出了 $\text{AgO}_{0.5}$ 和 Ag 的结构参数。

表 1 $\text{AgO}_{0.5}$ 和 Ag 的结构参数

Table 1 Structure parameters of $\text{AgO}_{0.5}$ and Ag

$\text{AgO}_{0.5}$			Ag		
Cubic system $P_{\text{N}3\text{M}}(224)$			Cubic system $F_{\text{M}3\text{M}}$		
Cu $\lambda = 0.15405 \text{ nm}$			Cu $\lambda = 0.15405 \text{ nm}$		
d / nm	I	hkl	d / nm	I	hkl
0.3348	4	110	0.2359	100	111
0.2734	100	111	0.2044	40	200
0.3670	35	200	0.1445	25	220
0.1674	18	200	0.1231	26	311

根据这些结果,我们可以初步判断,温度效应也可以使 AgO_x 分解为 Ag 和 O_2 ,从而产生光开关效应。

图 3 为 STM 的测试结果。所用样品为两组,一组是升温前的薄膜,由于此时样品为氧化物,电阻非常大,因而无法用 STM 测量;另一组样品为升温到 200°C 时的薄膜,此时样品已经成为 Ag 薄膜。由图 3 可以看出,Ag 膜是由一些颗粒大小不均匀的团簇组成,最小的团簇大约为 30 nm ,最大的团簇大约为 200 nm 。

图 4 是图 3 的放大,并加上了三维旋转技术而得。由图可以看出,颗粒或团簇不太均匀,表面略有些不平整。

综上所述,我们认为,由于激光束照射或温度效应,使得 AgO_x 分解为颗粒大小不均匀的 Ag 团簇,而且表面不平整。正是这样的粗糙表面和无序的介质分布,满足了产生局域表面等离子体的激发和

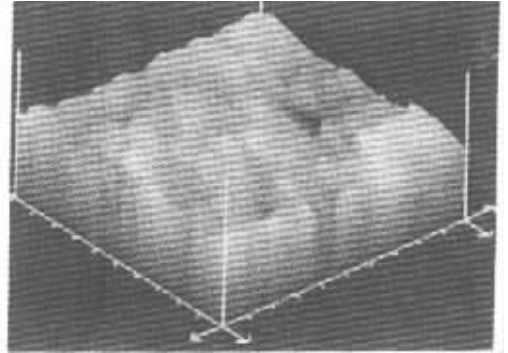


图 4 图 3 的放大图

Fig. 4 Magnified picture of Fig. 3

效应的条件,保证了激光束在通过 AgO_x 非线性层时近场强度的增加和聚焦斑点的减小,最终完成了超高密度的光存储的记录和读出。

致谢 作者感谢材料科学和工程系李晓光教授提供镀膜设备,理化中心陈琳教授测量薄膜样品的结构与温度的变化关系。

参 考 文 献

- 1 J. Tominaga, T. Nakano, N. Atoda. An approach for recording and readout beyond the diffraction limit with an Sb thin film [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1998, **73**(15): 2078~2080
- 2 T. Fukaya, J. Tominaga, T. Nakano *et al.*. Optical switching property of a light-induced pinhole in antimony thin film [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1999, **75**(20): 3114~3116
- 3 Din Ping Tsai, Wei Chih Lin. Probing the near fields of the super-resolution near-field optical structure [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2000, **77**(10):1413~1415

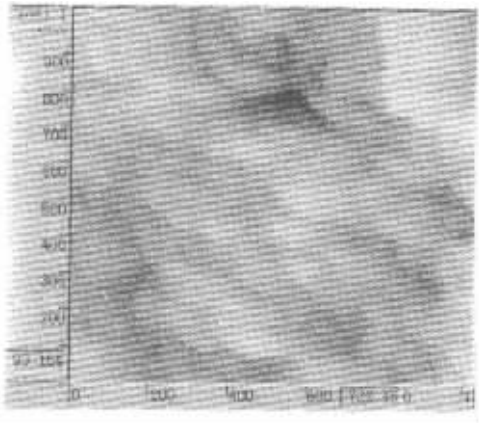


图 3 Ag 膜的 STM 图像

Fig. 3 STM picture of Ag film