

GeSb₂Te₄相变光存储薄膜材料的短波长静态记录特性的研究

门丽秋 姜复松 刘超 干福熹

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

摘 要 研究了单层 GeSb₂Te₄真空射频溅射薄膜在400 nm~ 830 nm 区域的吸收、反射光谱和光学常数 (n , k), 发现 GeSb₂Te₄薄膜在400 nm~ 600 nm 波长范围内具有较强的吸收。在短波长静态测试仪上测试了 GeSb₂Te₄薄膜的光存储记录特性, 发现在514.5 nm 波长用较低功率的激光辐照样品时薄膜在写入前后的反射率变化较大, 擦除前后的反射率对比度较低, 可通过膜层设计来提高。

关键词 相变材料, 光存储, 反射率对比度。

1 引 言

随着信息存储、处理和传输需求的日益提高, 现有的光存储器件已远远不能满足要求, 急需发展具有更高存储密度和更快传输速率的光存储技术^[1]。

提高存储密度的方法有几种途径: 如采用改变制式、记录方式和槽距的方法^[2], 进一步还可采用缩短波长^[3], 及利用近场光学, 使记录点缩小到纳米量级, 记录密度达7 Gbit/cm²^[4]等。光盘所记录的最小光斑尺寸、存储密度和读出比特分辨率均与波长有关。采用短波长光源, 使记录畴的尺寸相应地减小, 从而提高光盘的存储密度。现有最高水平的短波长器件是供只读型光盘使用的670 nm 波长二极管激光器。商品化的蓝-绿光二极管激光器还需一段时间。因而对短波长情况下(尤其是蓝-绿光)光存储材料的记录特性的研究具有重要意义。

自1970年 Ovshinsky^[5]首次报道硫系合金薄膜可用于相变光数据存储以来, 人们已发现了许多有吸收力的记录介质, 其中以 GeSb₂Te₄化合物半导体材料最有代表性。Yamada^[6]报道了采用 GeSb₂Te₄化合物材料实现50 ns 写入和擦除, Terao^[7]报道了以 GeSb₂Te₄为记录介质的单光束重写技术。而对 GeSb₂Te₄材料的短波长记录特性的研究却未见报道。本文将报道这方面的最新研究成果。

2 实验方法

2.1 样品制备

样品 GeSb₂Te₄薄膜是采用射频溅射方法制备的。多晶 GeSb₂Te₄合金靶采用真空熔炼法

制得。基片选择两面抛光的 K9玻璃基板。在室温及低于 1.33×10^{-3} Pa 的背景压力下采用射频溅射的方法将薄膜沉积在 K9玻璃基片上。膜厚为 43.22 nm。

2.2 静态记录特性测量

采用短波长的静态测试仪对 GeSb₂Te₄ 薄膜的静态记录特性进行了研究。图 1 为此短波长静态测试仪的装置示意图。该装置采用波长为 514.5 nm、输出功率为 100 mW 的氩离子激光器, 光束经聚焦后照射在薄膜表面, 所采用透镜的数值孔径 $NA = 0.6$, 光照区的直径小于 $1 \mu\text{m}$ 。在该区域上, 激光光强分布近似为高斯分布。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 $0.15 \mu\text{s} \sim 6 \mu\text{s}$ 。采用一束 1 mW 、 300 ns 的激光束来检测薄膜在光辐照前后的反射率差异。反射率对比度 C 定义为: $C = 2|R_f - R_i| / (R_f + R_i)$, 可作为相变光盘性能的品质因子。其中: R_i 为写入前薄膜的反射率, R_f 为写入后薄膜的反射率。静态测试仪的具体原理可参阅文献[8、9]。

3 实验结果与讨论

3.1 GeSb₂Te₄ 薄膜的光学特性

精确测量被测样品的光学参数, 对于研究薄膜的记录特性具有指导意义。作者采用复旦大学研制的全自动椭圆偏振光谱分析仪^[10]对 GeSb₂Te₄ 样品(厚度为 43.22 nm)的光学特性进行研究。实验中的入射角为 70° , 在 $1.5 \sim 4.5 \text{ eV}$ 光子能量区作变波长测量。GeSb₂Te₄ 薄膜在 $400 \sim 830 \text{ nm}$ 波长范围内折射率 n 与消光系数 k 的变化曲线示于图 2。从图中可以看出, GeSb₂Te₄ 薄膜的消光系数 k 曲线在 480 nm 附近出现极大值。图 3 示出了 GeSb₂Te₄ 薄膜在 $400 \sim 830 \text{ nm}$ 区域的反射、吸收光谱。从中可见吸收系数 A 随着波长的减小而增加, 故使用短波长激光可降低写入功率, 可用于实

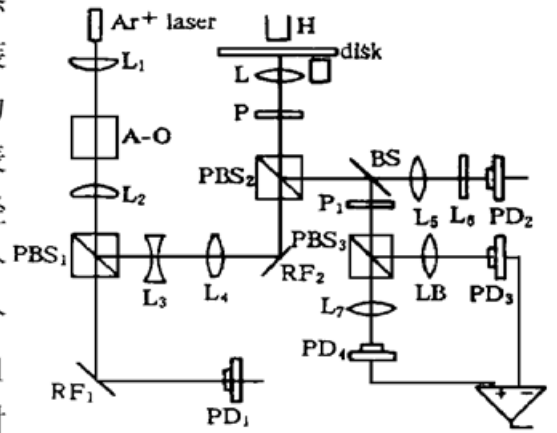


Fig. 1 Schematic representation of a short wavelength static optical recording tester

L_1 、 L_2 : $1 \cdot 1$ telescope; A-O: acoustic-optical modulator; PBS₁、PBS₂、PBS₃: polarizing beam splitter; RF₁、RF₂、RF₃: mirrors; L₃、L₄: $1 \cdot 2$ telescope; P: $1/4$ wave plate; L: focussing lens; H: applied magnetic field; BS: beam splitter; PD₂: quadrant detector; PD₁、PD₃、PD₄: photo detector; L₅、L₇、L₈: lens; L₆: cylindrical lens

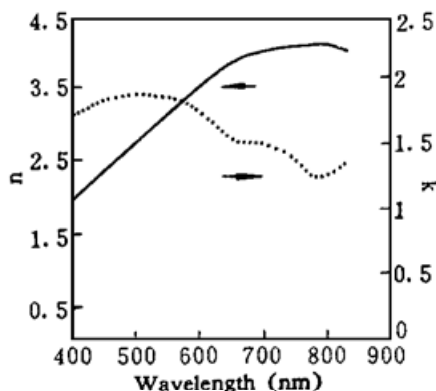


Fig. 2 Wavelength dependences of the refractive index (n)、absorption coefficient (k) curves of GeSb₂Te₄ thin film

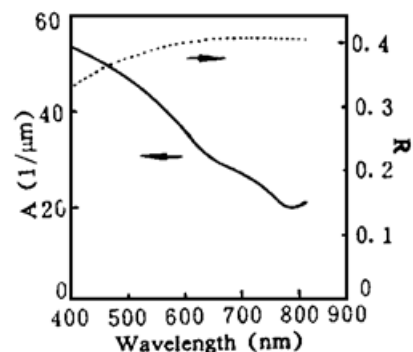


Fig. 3 Absorbance (A)、reflectance (R) spectra of GeSb₂Te₄ thin film (thickness, 43.22 nm)

现低功率的可擦重写相变光盘。

从图 2、图 3 看出, GeSb_2Te_4 薄膜在 400~ 600 nm 波长具有优良的吸收、反射特性, 有可能作为该波长范围的光存储介质。下面以 GeSb_2Te_4 作为记录介质制成样品并在光盘静态测试仪上测定有关性质, 用以评价其作为短波长高密度光存储介质的可能性。

3.2 GeSb_2Te_4 薄膜的记录特性

用静态测试仪测得 43.22 nm 厚的 GeSb_2Te_4 薄膜样品的光学记录特性。由图 4 可见, 随着写入功率的增加, 反射率对比度也随之增加。写脉宽为 500 ns 的写光束, 写入阈值大约为 4 mW。当写入功率为 12.5 mW 时, 其写入前后的反射率对比度可达到 25%。图 5 为 GeSb_2Te_4 薄膜在写入前后的反射率对比度与写入激光脉宽之间的关系。由图 5 可见, 随着写入脉宽的增加, 其反射率对比度也随之增加。图中的 1~ 4 曲线分别对应于写入功率为 8.5 mW, 11.3 mW, 14.1 mW, 17.6 mW。其写入前后的反射率对比度趋于饱和所对应的写入脉宽分别为: 500 ns, 300 ns, 250 ns, 150 ns。

图 6 示出了 GeSb_2Te_4 薄膜的擦除对比度与擦脉宽的关系曲线。其中的写功率为 17.6 mW, 写脉宽为 600 ns; 擦功率为 6.4 mW, 擦脉宽的变化范围为 100~ 1000 ns。擦除对比度 C : 5%~ 17%。

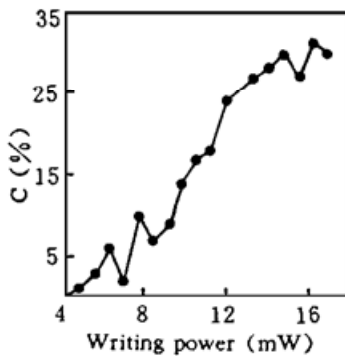


Fig. 4 The recording characterization curve of GeSb_2Te_4 thin film: reflectivity contrast versus writing power. Writing pulse width: 500 ns; reading power: 1 mW; reading pulse width: 300 ns

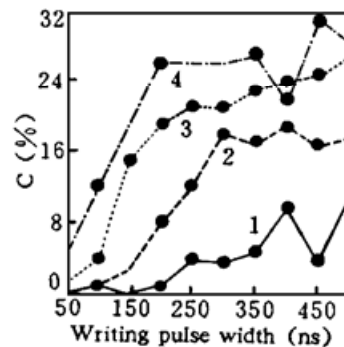


Fig. 5 The recording characterization curve of GeSb_2Te_4 thin film: reflectivity contrast versus writing pulse width. Writing power: 1. 8.5 mW; 2. 11.3 mW; 3. 14.1 mW; 4. 17.6 mW reading power: 1 mW; reading pulse width: 300 ns

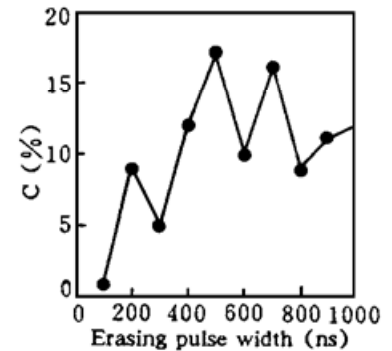


Fig. 6 The erasing characterization curve of GeSb_2Te_4 thin film: reflectivity contrast versus erasing pulse width. Writing power: 17.6 mW; writing pulse width: 600 ns; reading power: 1 mW; reading pulse width: 300 ns

结 论 通过测量单层 GeSb_2Te_4 薄膜的光学写入特性发现: 在用较低功率的激光辐照前后可以获得较高的反射对比度, 说明该材料可作为短波长光存储记录介质; 擦除前后的擦除对比度较低, 可通过膜层设计来提高。进一步降低写入功率的研究正在进行。

感谢复旦大学物理系的陈良尧老师在光谱测量方面所给予的帮助; 感谢张国轩老师、徐文东老师在静态测试过程中所给予的帮助。

参 考 文 献

- [1] 干福熹主编, 数字光盘与光存储技术. 第一版, 上海, 上海科学技术出版社, 1992: 2~ 16
- [2] Naoyasu Miyaawa, Yasuhiro Gotoh, Eiji Ohno *et al.*, Land and groove recording for high track density on phase-change optical disks. *Japan. J. Appl. Phys.*, 1993, **32**(11B): 5324~ 5328
- [3] H. Ooki, Development of optical disk technology in the 1990s. *Opt. & Quant. Electron.*, 1993, **25**(9): S587~ S595
- [4] E. Betzig, J. K. Trautman, R. Wolfe *et al.*, Near-field magneto-optics and high density data storage. *Appl. Phys. Lett.*, 1992, **61**(2): 142~ 144
- [5] S. R. Ovshinsky, An introduction to ovonic research. *J. Non-Cryst. Solids*, 1970, **2**: 99~ 106
- [6] N. Yamada, E. Ohno, N. Akahira *et al.*, High speed overwritable phase change optical disk material. *Japan. J. Appl. Phys.*, 1987, **26**(supplement 4): 61~ 66
- [7] M. Terao, T. Nishida, Y. Miyauchi *et al.*, Sn-Te-Se Films for reversible phase-change optical recording. *Japan. J. Appl. Phys.*, 1989, **28**(5): 804~ 809
- [8] 陈仲裕, 何国珍, 相变光盘材料的静态测试装置. 中国激光, 1987, **14**(10): 627~ 629
- [9] 陈仲裕, 甘柏辉, 刘海清, 磁光盘静态测试仪. 光学学报, 1991, **11**(12): 1110~ 1114
- [10] Liang-Yao Chen, Xing-Wei Feng, Yi Su *et al.*, Design of a scanning ellipsometer by synchronous rotation of the polarizer and analyzer. *Appl. Opt.*, 1994, **33**(7): 1299~ 1305

Optical Recording Performance of GeSb₂Te₄ Phase Change Thin Film Material Using Short-Wavelength (514.5 nm) Laser

Men Liquu Jiang Fusong Gan Fuxi

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

(Received 15 January 1996)

Abstract The optical properties of monolayer GeSb₂Te₄ thin film prepared by vacuum RF-sputtering method at the region 400~ 830 nm were studied. A comparatively large absorption was observed in the wavelength range of 400~ 600 nm. The optical storage characteristics of GeSb₂Te₄ thin film indicated that larger reflectivity contrast can be obtained at lower writing power Argon laser (514.5 nm). The erasing reflectivity contrast is low, but it can be improved by multi-layer films match.

Key words phase-change material, optical storage, reflectivity contrast.