

GeSbTe 直接重写相变光盘动态 写擦特性研究

王瑞强 施宏仁 袁海骏 李锡善

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

摘 要 GeSbTe 体系是目前最适用于可重写相变光盘记录的材料, 本文利用自己研制成功的相变光盘动态测试装置对本所研制的 GeSbTe 相变光盘进行了光盘动态擦写实验和材料性能研究, 并实现了直接重写, 取得了较大的进展。实验中发现脉冲擦除比直流擦除有较好的擦除效果和较多的重写次数。

关键词 可重写相变光盘, 单光束直接重写。

1 引 言

用于计算机外存应用的记录光盘一般要求具有可擦重写性能。目前正在开发的可擦重写光盘主要有磁光盘和相变光盘。磁光盘重写技术已趋成熟, 重写次数可达 10^8 次以上, 而可重写相变光盘由于记录系统简单、读写信号水平高、对环境温度要求较低及驱动器跟一次性记录光盘有较好的兼容性等突出优点, 在研制开发中取得了很大进展。日本的松下、日立等公司已研制成可直接重写的相变光盘, 直接重写次数可达 10^6 次以上, 载噪比、误码率等性能均达到实用水平^[1, 2]。我所研制的 GeSbTe 直接重写相变光盘经动态擦写实验证明已实现了直接重写的功能, 有望在不久的将来实现实用化。

2 直接重写相变光盘的记录和擦除原理

可重写相变光盘是利用相变记录材料在激光作用下发生晶态和非晶态之间的可逆转换导致对激光的反射率变化的原理记录信息。记录信息以前相变光盘要进行初始化过程, 用一定功率的氩离子激光连续扫描盘面, 使整个盘面的记录层材料全部处于完全结晶状态, 使得以后的相变都是完全的可逆变化, 从而提高信号的稳定性。相变光盘的写入过程一般是非晶化过程, 即晶态 \rightarrow 非晶态的过程。这时激光功率波形如图 1 所示, 脉冲功率较大(如 14 mW), 作用时间较短, 该点的记录介质吸收光能量后, 温度迅速上升到介质熔点以上, 成熔融状态。光点扫描过后, 熔化材料以 $10^8 \sim 10^9$ K/s 的速度高速冷却。由于冷却速度极快, 材料没有足够时间结晶, 因此冻结成无序液态结构即非晶态, 在晶态环境中产生了非晶区, 其直径接近于激光光斑的有效直径(约 $1 \mu\text{m}$)。

擦除时,用中等功率(如 7 mW)的连续激光束在低于介质熔点温度下加热材料至高于玻璃转变温度而低于熔点温度,在此温度下非晶态区结晶成晶态,而晶态区则仍保持晶态,从而擦除信息。介质的结晶时间必须小于激光光点通过时间,否则结晶不完全,影响擦除效果。如果材料结晶时间较长,可用拉长光点长度、减慢光盘转速等延长加热时间的方法来解决。读出时则用较低功率(如 2 mW)的激光束连续扫描信息轨迹,利用光反射率的变化重现记录信息。由于读光束的功率很低,既不会使材料发生相变,也不会使记录信息失真。

如上所述,写入新数据要分擦除和重写两步完成。这主要是由于材料低于熔点温度时结晶速度太慢引起的。若材料结晶时间较短(小于 200 ns),则有可能用单光束实现直接重写。这时激光束功率分两个功率水平(如 14 mW 和 7 mW)按所需记录的信息进行调制,其调制波形如图 2 所示,在激光峰值时实现写入过程,而在激光谷值时实现擦除过程^[3]。在直接重写过程中,材料的自锐化效应有助于提高信号的载噪比。

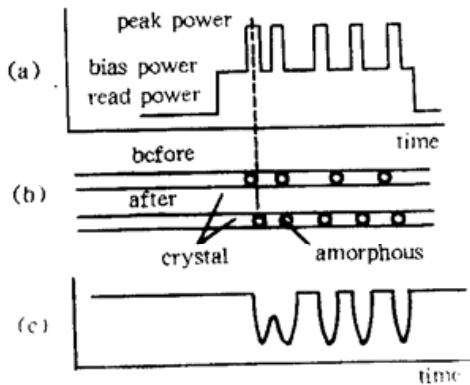


Fig. 1 Erase-and-write method for undirect-overwritable disk

(a) Laser power modulation scheme, (b) A track before and after writing, (c) Readout signal

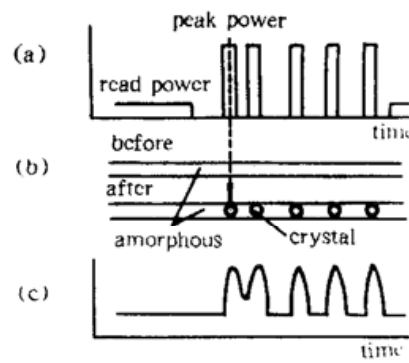


Fig. 2 Direct overwriting method for a PCE disk

(a) Laser power modulation scheme, (b) A track before and after overwriting, (c) Readout signal

可擦相变光盘的直接重写性能取决于三个因素:

- 1) 记录材料有较快的晶态和非晶态之间的转换速度,较低的熔化温度和合适的结晶温度;
- 2) 盘片多层膜结构的光学性质对写擦灵敏度和信号读出有极大的影响;
- 3) 直接重写次数与记录膜层对光束的热作用特性密切相关。

3 动态测试装置

对相变光盘擦写性能的测试是在作者最近研制成功的相变光盘动态测试装置上实现的,该装置的光路图如图 3 所示。该装置可采用读、写双光束盘面跟踪系统实现写入信号的即时读出,即读、写双光束错开一定的角度通过同一物镜入射盘面,在盘面上形成相隔一定距离的一对光点,沿光盘转动方向排列,写光束在前,读光束紧随其后,保持同步的读写方式,这样就保证了动态测试的时空同步,在技术上降低了对转台稳速、轨道跟踪的高难要求,对带预刻槽和不带预刻槽的光盘试样都可进行动态测试。另外,只要对光强和脉宽进行调制,该装置也可用于单光束直接重写。由于读、写双光束采用同一光源,所以要求光源有较高的光功率输出。采用 1.5 m 长的 He-Ne 激光器作光源,输出可达 65 mW,用声光调制器对激光束进行调制,用零级衍射光作写入光束,到达盘面的写入光峰值功率最大可达 30 mW 以上,功

率密度达 2 MW 左右,完全能满足相变光盘测试的功率要求。本文使写入信号的峰值功率和谷值功率、信号频率及脉宽占空比同时可调,光盘转速可在 0~2500 c/min 范围内连续可调,从而可以很方便地对相变光盘的擦写性能实现精确的测试。

4 实验部分

4.1 松下相变光盘的测试

为了验证测试装置的可靠性,对松下相变光盘进行了测试。用峰值功率为 24 mW、谷值功率为 11 mW、频率为 1 MHz、占空比为 1:1 波形调制的激光束对松下盘实现了单光束直接重写实验,读出信号载噪比达 48 dB。图 4 所示是读出信号波形,图 5 是该信号的载噪比测量波形。实验中发现,经过 30 分钟连续的直接重写后读出信号的载噪比仅降低 1 dB 左右,此时盘片的转速为 1800 c/min,表明此光盘的直接重写次数至少几万级以上。另外,该盘对写擦功率及信号频率允许有很大的变化范围,峰值功率可在 21 mW~26 mW 范围内变化,擦功率在 8 mW~18 mW 范围内变化,均可实现单光束直接重写,读出信号没有明显变差。当写入信号频率连续地从 0.5 MHz~3 MHz 改变时,可以从示波器上看到读出信号的频率随着即时改变,其擦除率达到很高的水平。



Fig. 4 Reproduced signals of Panasonic disk when being direct-overwritten ($\omega = 1800 \text{ r/min}$, $P_{\text{max}} = 24 \text{ mW}$, $P_{\text{min}} = 11 \text{ mW}$, $f = 1 \text{ MHz}$)

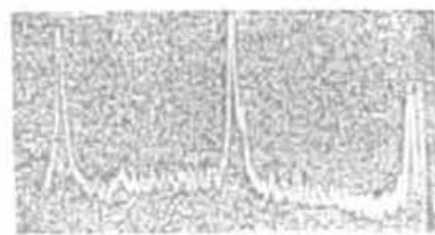


Fig. 5 CNR testing waveform of Panasonic disk, showing that CNR = 48 dB

4.2 本所相变光盘的测试

我所光盘实验室研制的直接重写相变光盘采用 GeSbTe 作为相变记录材料,测试的盘片分 1" 盘和 2" 盘,1" 盘以玻璃作基底,没有预刻槽,2" 盘以有机材料 PC 作基底,带有预刻槽,它们的膜层结构如图 6 所示。利用本装置对以上两种样盘进行了擦写性能的测试,结果如下:

4.2.1 写入功率

写入功率跟转速有关,光斑扫过轨迹上某一点的时间为 $t = d/v$,而 $v = 2\pi R \cdot n/60$ 。其中 d 为光斑直径 ($d = 1.2 \mu\text{m}$), R 为轨迹半径, v 为光斑移动的线速度, n 为转速。转速越慢,则得到同样大小读出信号所需的写入功率越低。

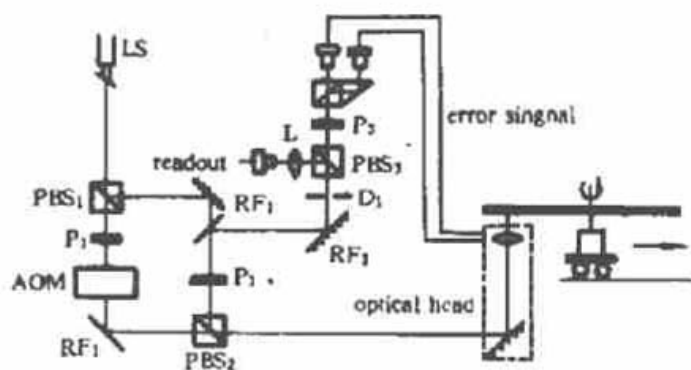


Fig. 3 Schematic configuration of the dynamic testing equipment of PCE disk

AIN	15nm
Al	65nm
80ZnS · 20SiO ₂	50nm
Ge45Sb10Te45	30nm
80ZnS · 20SiO ₂	135nm

Fig. 6 Cross sectional view of our disk
(a) sectional readout signal, (b) readout signal on the whole track

表 1 是 1[#] 盘写入功率阈值的测试结果。

Table 1. The test result of writing power for disk 1[#]

rotation rate (c/min)	frequency (MHz)	duty rate	radius (mm)	writing power (mW)
2000	1	1:1	45	30
1800	1	1:1	45	26.7
1500	1	1:1	45	23.6
1100	1	1:1	46	22.5

当写入功率较大时,整周各处的信号幅度不一致,如图7所示是转速为1500c/min、信

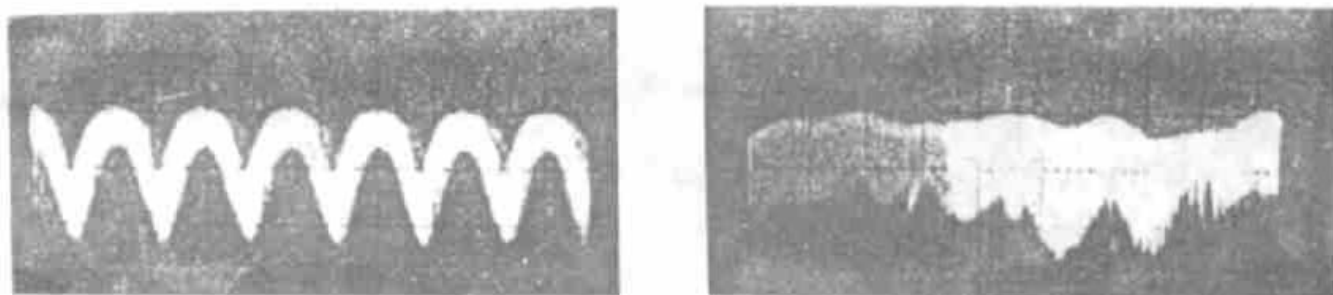


Fig. 7 Readout signals ($\omega = 1500$ r/min, $f = 666$ kHz, $P_{write} = 26.9$ mW), indicate that signal amplitude changes in different place when writing power is too high



Fig. 8 Readout signal when $P_{write} = 23.6$ mW, its amplitude changes less on the whole track

号频率为 666 kHz、写入功率为 26.9 mW 时的读出信号。当写入功率比较合适时,整个圆周信号幅度比较均匀,如图 8 所示为相同条件下用 23.6 mW 写入后读出的整周信号。

写入功率阈值也跟信号频率有关,更准确地说跟写入脉冲的宽度有关,这主要是由于热量累积效应。当写入脉冲宽度较大时,这一现象尤其明显。热量累积效应对材料破坏严重,因此写入时尽量采用高频短脉冲写入。

4.2.2 擦除性能

写入一信号后,用直流激光束扫描该轨迹,光束功率从低到高慢慢地连续调节,观察读出信号的变化情况。当光束功率增大到一定程度时,信号幅度开始减小,表明该盘片可以实现信号擦除。当信号幅度减小到最小时,记下此时的激光束功率,即为擦除功率。实验表明,当转速为 1500 c/min,写入信号频率 666 kHz,占空比 1:1,写入峰值功率为 23.6 mW,对 $R = 45$ mm 处写入后,可以用功率为 14 mW 左右的直流光束擦去,残余信号幅度大约为原来信号幅度的 10% 左右,如图 9 所示。有时候整个圆周上某些段可以擦得较干净,某些段则残余信号很大,如图 10 所示,而增大擦除功率时,会使残余信号减小,这说明记录材料的擦除功率较高。

4.2.3 重写性能

实验表明,用直流光束对光盘进行擦除后,用同样功率可以对原轨迹再次写入,写入信号幅度比第一次要小。重复擦写过程,较好的情况是当写入功率为 23.6 mW,擦除功率为 14 mW,转速为 1500 c/min 时,能重复擦写数次,直至残余信号增大而写入信号越来越小,最终

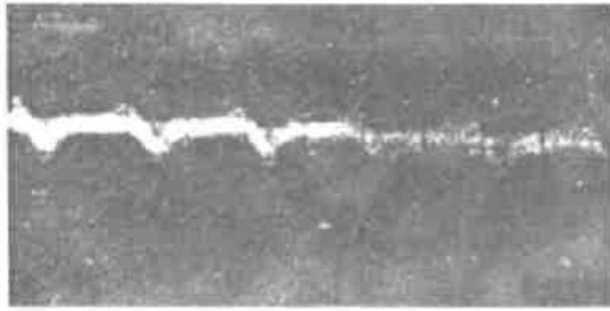


Fig. 9 Residuary signal when $P_{\text{write}} = 23.6 \text{ mW}$ and continuous erase power was 14 mW , about 10% of signal amplitude was remained



Fig. 10 Residuary signal on the whole track, showing that erasing ratio changes in different place

看不出重写现象。

跟 1[#] 盘比较, 2[#] 盘的写入功率低许多, 这是由于 PC 材料的散热比玻璃要慢得多。另外, 写入功率的大小跟记录膜层的厚度也有很大关系。表 2 给出 2[#] 盘擦写性能测试结果。

Table 2. Test of writing and erasing features of disk 2[#]

rotation rate (c/min)	writing power (mW)	erasing power (mW)	residuary rate
1900	18	13	10
1700	15.8	11.3	15
1000	13	9.3	20
800	10	7.6	30

4.2.4 直接重写性能

当作者选择较佳的一组写擦数据, 对 1[#] 盘写入功率为 23.6 mW , 擦除功率为 14 mW , 对 2[#] 盘写入功率为 18 mW , 擦除功率为 13 mW , 作为写光束的峰值功率和谷值功率进行光强调制, 对样盘进行直接重写试验时, 观察到示波器上的读出信号持续一段时间后逐渐变模糊, 表明有直接重写现象, 但直接重写次数不够, 这可能是由于残余信号过大引起的。

有趣的是, 在实验中观察到脉冲擦除现象^[4,5]。对 2[#] 盘片, 转速为 1900 c/min , $R = 35 \text{ mm}$, 用频率为 1 MHz 的信号写入, 光束脉冲的峰值和谷值分别为 20 mW 和 8.6 mW , 占空比为 1:1, 然后其它条件不变, 调节写入信号的占空比为 1:3 或更小, 再对信号轨迹进行写入, 发现原来的信号被擦除, 擦除率达到 90%, 且未加大圆周反射率不均匀。再用占空比为 1:1 信号写入, 读出信号较大, 这样的擦写过程可以重复 5 次左右, 比直流擦除效果要好。但试图用提高谷值功率、降低峰值功率、增加占空比的脉冲光束进行脉冲擦除时, 没有获得较好的效果。这一现象也跟热量累积效应有关, 直流光束热量累积太严重, 导致材料破坏, 致使擦除率降低, 重写次数减少, 而高功率窄脉冲光束则热量累积效应很小, 况且由于脉宽太窄其能量不足以对材料进行写入, 却正好足够用来擦除信号。这样多圈扫描后窄脉冲光束就实现了擦除效果。

如前所述, 用直流擦除光束对信号轨迹进行多圈扫描后, 往往使材料整个圆周反射率分布不均匀性显著增大, 有时则使残余信号段整体下沉, 信号增大, 这一切表明记录材料成分不均匀, 在相同的光能量作用下, 各部分达到不同的晶态或非晶态。同时也表明了材料初始化的重要性。没有经过初始化的材料, 其性能很不稳定, 没有稳定的可逆转的晶态和非晶态, 前几次写入信号时, 材料发生了许多不可逆的性质变化, 从而使材料的擦除率下降。

结 论 本文研制的 GeSbTe 相变光盘可以实现数次的擦除重写效果, 残余信号幅度为 10% 左右, 而且材料的灵敏度也有提高。对实验结果的分析表明, 材料的擦除速度较慢、膜层成份不够均匀, 从而造成热破坏严重, 可擦重写次数不够。用脉冲擦除可以降低热破坏现象, 提高重写次数。另外, 盘片应设法进行初始化。在这些方面加以改进以后, 有望增加直接重写次数, 从而向实用化水平靠近。

参 考 文 献

- [1] Takeo Ohta, Kazuo Inoue, Tetsuya Akiyama *et al.*, Effect of laser pulse width in overwrite cycle characteristics of phase change disk media. *Proc. SPIE*, 1992, **1663**: 436~439
- [2] Kurt A. Rubin, Dunbar P. Birnie III, Martin Chen, Effect of multilayer structure and laser pulse width on the reversible cycling of phase change optical storage media. *J. Appl. Phys.*, 1992, **71**(8): 3680~3682
- [3] Shunji OHARA, Takashi ISHIDA, Chikashi INOKUCHI, Compatibility test for phase change erasable and WORM media in a multifunction drive. *Proc. SPIE*, 1991, **1499**: 187~189
- [4] Hiromichi ISHIBASHI, Mitsuro MORIYA, Takeo OHTA, Study of pulse erasing on phase-change erasable (PCE) sampled servo disc. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1992, **31**(2B): 482~483
- [5] Eiji OHNO, Kenichi NISHIUCHI, Noboru YAMADA *et al.*, Erasable compact disk utilizing phase change material and multipulse recording method. *Proc. SPIE*, 1991, **1499**: 189~190

Overwriting Characteristic of GeSbTe Phase Change Erasable Disc

Wang Ruiqiang Shi Hongtan Yuan Haijin Li Xishan

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

(Received 12 August 1994; revised 14 June 1995)

Abstract GeSbTe is the most suitable media for PCE (phase change erasable optical disc) at present. By using the PCE dynamic testing equipment, experimental study on dynamic overwriting characteristics of the GeSbTe PCE discs made by our institute is conducted. The results show that it could be direct overwritten for several times, and better erasing effect with much more overwrite times could be achieved when pulse erasing method was used instead of continuous erasing method.

Key word phase change erasable optical disc, single-beam direct overwrite