

文章编号: 0258-7025(2002)07-0643-04

# 初始化条件对 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 相变光盘反射率和载噪比的影响

刘 波, 阮 昊, 干福熹

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

**提要**  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  相变光盘的反射率对比度和载噪比受初始化条件影响很大。研究表明, 反射率对比度在转速比较低时随功率增加而增大, 而转速较高时随功率增加而减小; 反射率对比度基本随转速增加而减小, 不同波长处的反射率对比度相差比较大, 载噪比随初始化功率和转速的增加都是先增大后减小, 最佳初始化条件为: 功率为 1100 ~ 1300 mW, 转速为 3.0 ~ 4.2 m/s。

**关键词**  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ , 激光致相变, 反射率对比度, 载噪比

中图分类号 TP 333.4 文献标识码 A

## Effect of Initialization Conditions on the Reflectivity and CNR of $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ Phase-change Optical Disk

LIU Bo, RUAN Hao, GAN Fu-xi

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

**Abstract** The initialization conditions have great effect on the reflectivity contrast and CNR of  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  phase-change optical disk. It is indicated that the reflectivity contrast increases at low velocity, while decreases at high velocity, as the initialization power increases and the reflectivity contrast decreases as the initialization velocity increases. Also the reflectivity contrast is very different when the measurement wavelength changes from 400 to 900 nm. The CNR of  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  phase-change optical disk first increases and then decreases when the initialization power and velocity increase. The most favorable initialization conditions are those that power ranges from 1100 to 1300 mW and velocity ranges from 3.0 to 4.2 m/s.

**Key words**  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ , laser-induced phase-change, reflectivity contrast, CNR

### 1 引 言

光盘存储技术是 70 年代发展起来的一门新型信息存储技术<sup>[1]</sup>, 它是将具有很高相干性和单色性的激光束在记录介质层会聚至光衍射极限的斑点(一般小于  $1 \mu\text{m}$ ), 由于激光束照射区域的记录介质受光和热的作用而产生化学或物理变化, 导致该区域的某种光学性质(如反射率等)与周围介质有较大的反衬度。要存储的信息、模拟量或数字量用调制激光束载入(写入过程)。而用另一束激光检测光信

号, 经解调取出信息(读出过程)。

相变光盘在光盘存储技术中占据着重要的地位, 最早进行相变光存储材料研究的当属 J. Feinleib<sup>[2]</sup>, 1970 年 J. Feinleib 等报道了由毫秒脉冲激光照射 Te 基合金使其产生晶态 $\leftrightarrow$ 非晶态转变, 指出这种材料的基于反射率跃变的光开关效应用于可擦重写光存储的可能性。事实上, 相变光盘正是利用相变介质在晶态与非晶态两种相之间的可逆变化, 并根据相变化引起的光学性质(如反射率)的变化来实现读、写和擦过程的。因此相变前后反射率

收稿日期 2001-04-19; 收到修改稿日期 2001-05-31

基金项目 国家自然科学基金重大项目(59832060)

作者简介 刘波(1973.8—)男, 山东省临沭县人, 博士研究生, 主要从事激光致相变材料的结晶行为和可擦重写相变光盘的镀膜工艺基础研究。E-mail: lb73sd@sina.com.cn

等光学参量差异的大小就显得非常重要,因为它决定了能否获得较大的反衬度和载噪比。基于此,本文研究了  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  相变光盘初始化过程中功率和转速对反射率和载噪比的影响,并发现了最佳的初始化条件。

## 2 实验过程

本文采用传统的四层相变光盘,其剖面结构示意图如图 1 所示。实验过程中的本底压强低于  $5 \times 10^{-4}$  Pa,上、下介电层均为  $\text{ZnS}:\text{SiO}_2$ ,采用磁控射频溅射法制备,其厚度分别为 30 nm 和 110 nm,磁控直流溅射法制备记录层  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  和反射层 Al 膜,它们的厚度分别为 20 nm 和 70 nm。

Protective layer
Reflective layer (Al, 70 nm)
Upper dielectric layer ( $\text{ZnS}:\text{SiO}_2$ , 30 nm)
Recording layer ( $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ , 20 nm)
Lower dielectric layer ( $\text{ZnS}:\text{SiO}_2$ , 110 nm)
Polycarbonated disc substrate (1.2 mm)

图 1 相变光盘的结构

Fig. 1 Structure of the phase-change optical disk

$\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  相变光盘采用日本日立公司制造的 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 CLV 模式,初始化条件为:功率分别为 1000, 1150, 1300, 1450 和 1600 mW,转速分别为 2.4, 3.0, 3.6, 4.2 和 4.8 m/s。

采用 Lambda 900 型 UV/VIS/NIR 光谱仪测量了  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  相变光盘初始化前后的反射率 ( $R$ ),并在光盘动态测试仪上测量了光盘的载噪比 (CNR)。

## 3 实验结果与讨论

### 3.1 初始化条件对 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 相变光盘反射率的影响

图 2 为未经初始化时  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  相变光盘的反射率。图 3 是不同转速和功率时  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  相变光盘反射率随波长变化而变化的曲线图。有一点需要说明的是,各曲线中出现的反射率突变现象是由测试仪器造成的。从图中可以看出,初始化后的光盘反射率曲线与未经初始化的形状明显不同,未经初始化相变光盘的反射率在短波和长波处较高,反射率随波长的增大先增大后减小最后又增大,在 680

nm 处反射率最小 (5.8%)。总的来说,初始化后  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  相变光盘反射率在不同转速和功率下都表现出随波长的增大先迅速增大,在约 500 ~ 550 nm 处达到最大,而后呈现缓慢减小的趋势。当转速固定时,反射率随初始化功率变化而变化的情况比较复杂,总的趋势是:低转速 (< 2.4 m/s) 时反射率随功率的增加而增大,高转速 (> 3.6 m/s) 时则随功率的增加而减小;转速中等 (2.4 ~ 3.6 m/s) 时为过渡过程。上述现象与记录介质的结晶程度有关,可能因为转速较低时记录介质受激光辐照后的升温 and 降温过程有利于结晶的进行,这样随功率的增加结晶程度不断提高,使得反射率也增大,而转速较高时记录介质受激光辐照后的升温 and 降温过程都加快,并且随功率的增加更加明显,这不利于结晶的进行,使反射率减小。当功率固定时,随初始化转速的增加,反射率随之减小,这很明显,随转速的增加记录介质受激光辐照程度不够或者降温速度过快,从而导致结晶度下降,反射率降低。

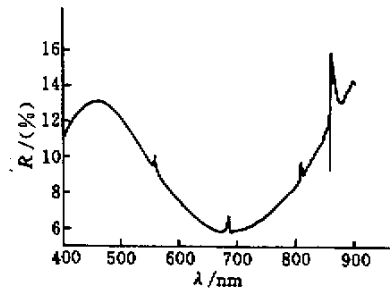


图 2 初始化前  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  相变光盘的反射率

Fig. 2 Reflectivity of  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  phase-change optical disc without initialization

反射率对比度的定义为<sup>[3,4]</sup>

$$\Delta R (\%) = [(R_c - R_a) / R_c] \times 100\%$$

其中,  $R_c$  为初始化后晶态的反射率,  $R_a$  为初始化前非晶态的反射率。图 4 展示了在波长为 780, 650 和 430 nm 处(分别与 CD, DVD 和 HD DVD 的波长相对应<sup>[5]</sup>)反射率对比度与初始化功率和转速的关系。由图可见,不同初始化条件下的结晶度是不一样的,从而所得到的反射率对比度也不相同。各波长处反射率对比度在转速比较低时随功率增加而增大,而转速较高时随功率增加而减小;转速的影响基本是反射率对比度随转速增加而减小。但对应不同的波长反射率对比度差别较大,650 nm 的反射率对比度最大,一般在 60% ~ 70% 范围内,最高可达 74%; 780 nm 的反射率对比度次之,大部分在 45% ~ 55%

范围内 ;430 nm 的反射率对比度则最小 ,基本在 35% 以下。因此可根据不同的需要选择合适的初始

化条件 ,以达到最佳的结晶程度和获得最优反射率对比度。

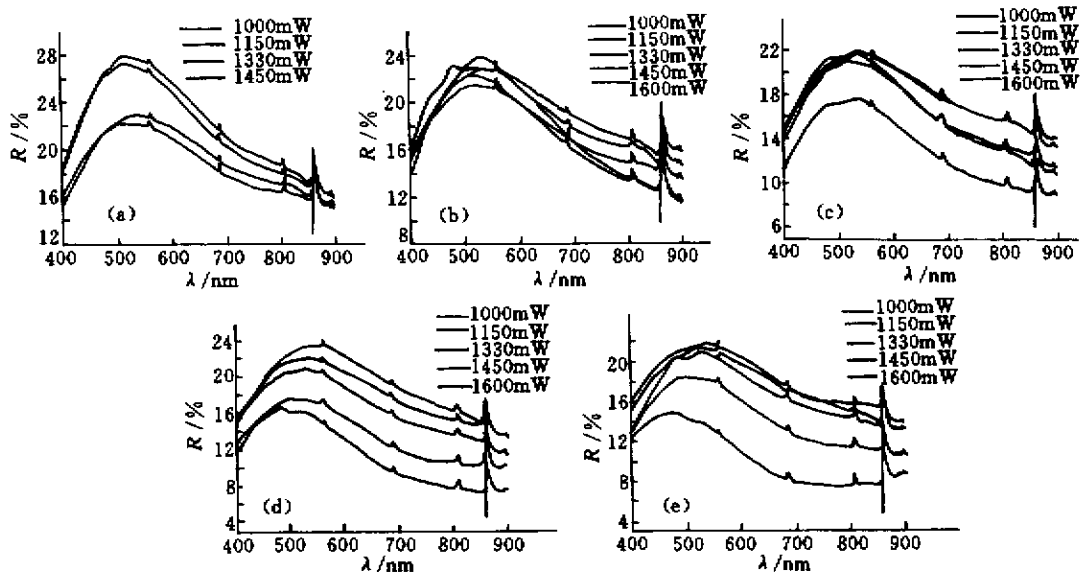


图 3 不同初始化转速和功率时  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  相变光盘的反射率

Fig.3 Reflectivity of  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  phase-change optical disc initialized at different velocity and power

(a) 2.4 m/s ;(b) 3.0 m/s ;(c) 3.6 m/s ;(d) 4.2 m/s ;(e) 4.8 m/s

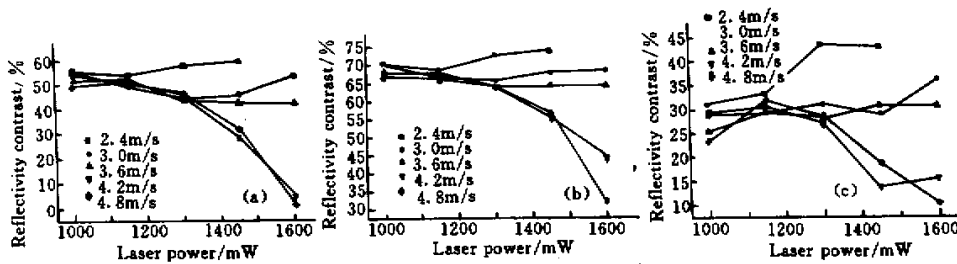


图 4 初始化功率和转速与 (a) 780 (b) 650 和 (c) 430 nm 处  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  相变光盘反射率对比度关系图

Fig.4 Relationship between initialization power/velocity and reflectivity contrast of  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  phase-change

optical disk at (a) 780 ,(b) 650 ,(c) 430 nm

### 3.2 初始化条件对 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 相变光盘载噪比的影响

图 5 是不同初始化条件下  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  相变光盘

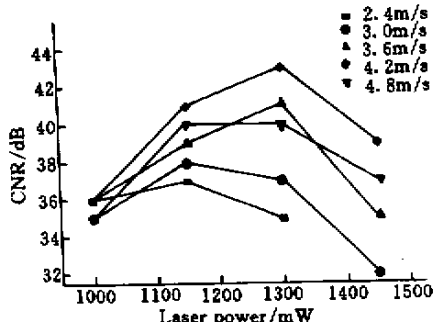


图 5 不同初始化条件下的载噪比

Fig.5 Dependence of CNR on initialization conditions

的载噪比。由图可知 ,随初始化功率的增加载噪比先增大后减小 ,随初始化转速的增大载噪比也是先增大后减小。但载噪比的值都普遍偏低 ,这可能由以下两个因素造成 :一是相变光盘的膜层结构不是太合理使信号水平较低 ;二是相变光盘的制备过程中洁净度不够高等因素造成光盘的针孔较多 ,使噪声水平偏高。为达到实用化的要求 ,今后将进一步优化相变光盘的膜层结构设计和改善实验环境 ,以提高载噪比 ,使其值达到 47 dB 以上。

综上所述 , $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  相变光盘的反射率对比度和载噪比受初始化条件影响很大 ,最佳的初始化功率约为 1100 ~ 1300 mW ,转速在 3.0 ~ 4.2 m/s 范围内。

参 考 文 献

1 Gan Fuxi. Storage Technology of Digital Optical Disk [ M ]. Beijing : Science Press , 1998 ( in Chinese )

2 J. Feinleib , J. deNeufville , S. C. Moss *et al.*. Rapid reversible light-induced crystallization of amorphous semiconductors [ J ]. *Appl. Phys. Lett.* , 1971 , **18** ( 6 ) : 254 ~ 257

3 Chain-Ming Lee , Tsung-Shune Chin , Yi-Yuan Huang *et al.*.

Optical properties of  $Ge_{40}Sb_{10}Te_{50}B_x$  (  $x = 0 \sim 2$  ) films [ J ]. *Jpn. J. Appl. Phys.* , 1999 , **38** ( 11 ) : 6369 ~ 6371

4 V. Weidenhof , I. Friedrich , S. Ziegler *et al.*. Atomic force microscopy study of laser induced phase transitions in  $Ge_2Sb_2Te_5$  [ J ]. *J. Appl. Phys.* , 1999 , **86** ( 10 ) : 5879 ~ 5887

5 L. P. Shi , T. C. Chong , P. K. Tan *et al.*. Study of the partial crystallization properties of phase change optical recording disks [ J ]. *Jpn. J. Appl. Phys.* , 1999 , **38** ( 3B ) : 1645 ~ 1648

**BiB<sub>3</sub>O<sub>6</sub> 晶体 1.064 μm 高效三倍频输出 \***

BiB<sub>3</sub>O<sub>6</sub> (BIBO) 晶体属单斜晶系 , 点群  $C_{2v}$  , 空间群  $C_{2h}^2$  , 我们所测的晶胞参数为  $a = 0.71204 \text{ nm}$  ,  $b = 0.49949 \text{ nm}$  ,  $c = 0.65078 \text{ nm}$  ,  $\beta = 105.6^\circ$  。目前 , 我们采用高温溶液法已成功生长出尺寸达到  $24 \text{ mm} \times 19 \text{ mm} \times 35 \text{ mm}$  的 BIBO 晶体 , 重量为 48 g , 晶体完全透明 , 无任何宏观缺陷。BIBO 晶体的透光波段为 270 ~ 3200 nm , 不仅可实现  $1.064 \mu\text{m}$  的倍频 , 还可实现  $1.064 \mu\text{m} + 0.532 \mu\text{m} \rightarrow 0.355 \mu\text{m}$  的和频 , 即通常所谓的  $1.064 \mu\text{m}$  三倍频。BIBO 晶体除了具有不潮解、物化性能稳定、损伤阈值高等特点之外 , 其突出优势是有效非线性光学参数  $d_{\text{eff}}$  很大 , 甚至高于 KTP<sup>[1]</sup> 。此前 , 我们已经实现了 BIBO 晶体的  $1.064 \mu\text{m}$  腔外及腔内倍频 , 分别得到 68% 的转换效率和 364 mW 的连续绿光输出 , 并且证实实在  $\phi = 90^\circ$  的主平面内第二象限 ( $90^\circ < \theta < 180^\circ$ ) 的  $d_{\text{eff}}$  大于第一象限 ( $0^\circ < \theta < 90^\circ$ )<sup>[2,3]</sup> 。

根据 BIBO 晶体的折射率色散方程<sup>[4]</sup> , 通过计算可知在  $\phi = 90^\circ$  的主平面内 ,  $1.064 \mu\text{m}$  三倍频的相位匹配角为  $\theta = 146.4^\circ$  。沿此方向加工了一块长度为 3.5 mm 的 BIBO 样品 , 在皮秒激光器下进行三倍频实验 , 装置如图 1 所示。所用光源为美国 Continuum 公司生产的 PY61 型 Nd : YAG 锁模激光器 , 输出波长  $1.064 \mu\text{m}$  , 脉宽 35 ps , 频率 10 Hz 。一块 ( $90^\circ$  ,  $23.6^\circ$ ) 切割的 KTP 晶体用作 II 类倍频器件 , 长度为 5 mm 。激光光源与 KTP 之间放置直径  $\phi = 2.5 \text{ mm}$  的光阑 , 用于提高入射基频的光束质量。BIBO 晶体与功率计之间放置滤色片 ( $T = 73\% @ 0.355 \mu\text{m}$  ,  $T < 1\% @ 1.064 \mu\text{m}$  ,  $0.532 \mu\text{m}$ ) , 用于滤掉剩余的基频波与倍频波。我们将三倍频转换效率定义为 BIBO 晶体的出射三倍频功率比上 BIBO 晶体的入射功率 (包括  $1.064 \mu\text{m}$  和  $0.532 \mu\text{m}$ ) 。当 BIBO 的入射功率密度为  $0.5 \text{ GW/cm}^2$  时 , 三倍频转换效率达到最大值 39.5% 。当入射功率密度为  $3.96 \text{ GW/cm}^2$  时 , 三倍频转换效率仍能达到 29.5% 。

由于 BIBO 的容限角小于 KTP , 所以当我们以 BIBO 代替图 1 中的 KTP 作为倍频器时 , 即使采用 R. S. Craxton 所研究的“偏振分流”设计 (“polarization-bypass” scheme) 方法<sup>[5]</sup> , 所得效率仍较使用 KTP 的情况有所下降 : 在  $0.6 \text{ GW/cm}^2$  的入射功率密度下 , 三倍频转换效率达到最大值 30.2% 。用作倍频的 BIBO 晶体沿 I 类方向 ( $168.9^\circ$  ,  $90^\circ$ ) 切割 , 长度为 4.8 mm 。

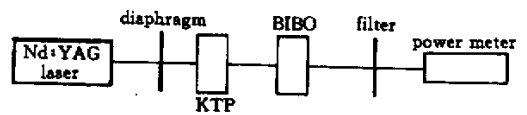


图 1 实验装置示意图

Fig. 1 Experimental setup

BIBO 晶体的双折射率差很大 , 相位匹配波长随角度的变化灵敏 , 因此不仅可用作高效的倍频、三倍频器件 , 而且在 OPO 等领域具有良好应用前景。

参 考 文 献

1 H. Hellwig , J. Liebertz , L. Bohaty. Exceptional large nonlinear optical coefficients in the monoclinic bismuth borate  $BiB_3O_6$  (BIBO) [ J ]. *Solid State Comm.* , 1999 , **109** ( 4 ) : 249 ~ 251

2 Zhengping Wang , Bing Teng , Kun Fu *et al.*. Efficient second harmonic generation of pulsed laser radiation in  $BiB_3O_6$  (BIBO) crystal with different phase matching directions [ J ]. *Opt. Comm.* , 2002 , **202** : 217 ~ 220

3 C. Du , Z. Wang , J. Liu *et al.*. Efficient intracavity second-harmonic generation at  $1.06 \mu\text{m}$  in a  $BiB_3O_6$  (BIBO) crystal [ J ]. *Appl. Phys. B* , 2001 , **73** ( 3 ) : 215 ~ 217

4 H. Hellwig , J. Liebertz , L. Bohaty. Linear optical properties of the monoclinic bismuth borate  $BiB_3O_6$  [ J ]. *J. Appl. Phys.* , 2000 , **88** ( 1 ) : 240 ~ 244

5 R. S. Craxton. High efficiency frequency tripling schemes for high power Nd : glass lasers [ J ]. *IEEE J. Quantum Electron.* , 1981 , **QE-17** ( 9 ) : 1771 ~ 1782

山东大学晶体材料国家重点实验室 ,  
 山东济南 250100  
 王正平 , 滕冰 , 许心光 , 杜晨林 ,  
 许贵宝 , 王继扬 , 邵宗书  
 收稿日期 2002-04-02

\* 国家重点基础研究和发展规划资助项目。