

文章编号: 0253-2239(2003)05-0526-03

# 一种新的超分辨记录点的读出技术\*

魏劲松 阮 昊 施宏仁 干福熹

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

**摘要:** 提出一种新的超分辨记录点的读出技术—超分辨反射膜技术,详细分析了其原理。用该技术,以 Sb 为超分辨反射膜, SiN 为介电层,在激光波长为 632.8 nm 和光学头的数值孔径为 0.40 的读出光学系统中实现了直径为 380 nm 的超分辨记录点的读出。同时研究了 Sb 薄膜厚度对读出信噪比的影响规律,发现最佳的 Sb 薄膜厚度为 28~30 nm,所得的信噪比为 38~40 dB。

**关键词:** 信息处理技术; 超分辨; 光存储; 信噪比; Sb

中图分类号: TN247 文献标识码: A

## 1 引 言

信息技术的迅猛发展要求用于信息存储的器件必须具备超高存储密度和超快存取速率,这就要求用于信息存储的光盘的记录点的尺寸越来越小。近年来, Tominaga 等人提出超分辨近场结构(Super-RENS)技术能得到直径为 60~100 nm 的记录点<sup>[1~3]</sup>, Betzig 等采用近场扫描光学显微镜(SNOM)获得了 60 nm 的记录点<sup>[4]</sup>。然而采用现有的光学系统却很难读出如此微小的记录点,因为记录点尺寸小于读出光斑的分辨率,光斑中将出现多个记录点的信号,因此研究直径小于衍射极限的记录点(超分辨记录点)的读出技术具有重要意义,同时这对提高只读式光盘的容量有很大的应用前景。Yasuda 等首次在只读式光盘中采用掩膜的方法来实现超分辨记录点的读出,称之为掩膜超分辨技术<sup>[5]</sup>,随后掩膜材料成为该领域研究的热点<sup>[6~8]</sup>。Wu 等在理论上计算和模拟了双掩膜层结构的只读式超分辨光盘用来实现超分辨记录点的读出<sup>[9]</sup>,本文作者所在的课题组也一直致力于这方面的研究工作<sup>[10,11]</sup>。然而,上述光盘结构的膜层复杂,超分辨记录点的读出信号对薄膜厚度及均匀性非常敏感,并且,该光盘相对于传统的只读式光盘的制作成本高,工艺繁琐。为此提出一种新的超分辨记录点的

读出技术—超分辨反射膜技术来实现超分辨记录点的读出。

## 2 基本原理

采用的光盘结构为:盘基-超分辨反射层-介电层,该结构与传统的只读式光盘相一致(见图 1)。其中超分辨反射层既有反射作用又有掩膜的功能。采用该结构的超分辨记录点的读出原理可用图 2 表示。读出光束经过透镜聚焦在光盘的超分辨反射膜上。由于聚焦光斑的能量呈高斯分布和光盘的转动,光斑的后半部的温度升得比前半部高,当温度超过超分辨反射膜的熔化临界值时,超分辨反射膜从晶态转变为熔化态,如图 2(c)所示。这样光斑的前半部所照射的超分辨反射膜为晶态,而后半部为熔化态,因此在光点前半部形成一个弯月形的晶态区,后半部形成一个新月形的熔化态区,见图 2(b)所示。由于超分辨反射层在晶态的反射率高于其熔化态,而熔化态的透过率高于其晶态,在对光盘进行读出的过程中,光斑的前半部由超分辨反射膜返回到接收装置中,后半部透过超分辨反射膜,如图 2(a)所示。这样相当于读出光斑的减小,达到超分辨效果。

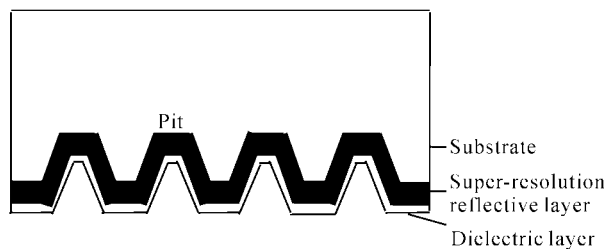


Fig. 1 Optical disk structure

\* 国家重点基础研究 973 项目(19990330)、国家 863 计划(2002AA313030)、国家自然科学基金重点项目(59832060)、国家自然科学基金面上项目(60207005)资助课题。

E-mail: weijingsong@nctcase.com

收稿日期:2002-05-09

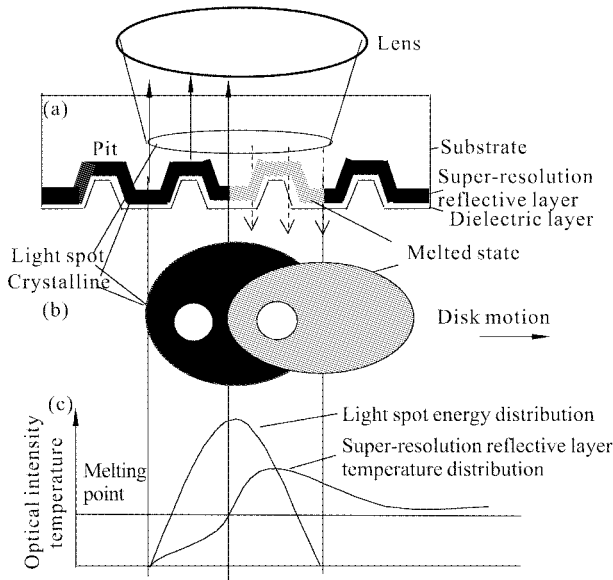


Fig. 2 The readout principle of the super-resolution pits. (a) Illustration of the readout procedure; (b) Readout in the super-resolution disk; (c) Spot intensity profile and the temperature distribution in the super-resolution reflective film

从上述的原理可以看出,该光盘结构中的超分辨反射膜必须满足以下条件:1) 超分辨反射膜要加热到其熔点温度以上;2) 具有晶态到熔化态的可逆相变,且可逆相变的时间在纳秒量级;3) 晶态的反射率高于熔化态,而熔化态的透过率高于其晶态。

### 3 实验

采用如图 1 所示的光盘结构。其中盘基采用厚度为 1.2 mm、直径为 120 mm 的聚碳酸酯,在盘基上预制有直径为 380 nm、深度为 50 nm 的记录点。由于锑(Sb)薄膜具有良好的晶态到熔化态的可逆转变和光学开关性能<sup>[12]</sup>,因此以 Sb 薄膜为超分辨反射层,SiN 为介电层,其中 Sb 采用磁控溅射法制备,SiN 采用反应溅射法制备。光盘动态测试的激光波长为 632.8 nm,光学头的数值孔径为 0.40。采用该装置所读出的记录点的空间分辨率极限为 400 nm。实验过程中激光功率为 4~6 mW,光盘的转动速率为 4~6 m/s。

### 4 实验结果与分析

对 Sb 薄膜厚度为 28 nm 的超分辨光盘进行动态测试,结果见图 3(a)所示,从图 3(a)可以看出光

盘上 380 nm 的记录点能够被读出,其信噪比为 38 dB。同时,实验研究了 Sb 薄膜的厚度对超分辨记录点的读出信噪比的影响规律,见图 3(b),从图 3(b)可以发现本次实验中 Sb 薄膜的最佳厚度为 28~30 nm,所得的信噪比达 40 dB。当厚度大于该值时,随着薄膜厚度的增加,其信噪比从 30 nm 的 40 dB 降到 50 nm 的 5 dB,这是由于随着薄膜厚度的增加,熔化态 Sb 薄膜的反射率增加,导致熔化态与晶态间的反射率对比度降低,因此读出信噪比下降;当厚度小于该值时,随着薄膜厚度减小,其信噪比从 28 nm 的 38 dB 降到 5 nm 的 12 dB,这是由于随着薄膜厚度下降,晶态 Sb 的反射率下降,导致晶态与熔化态的反射率对比度下降,致使到接收器的反射光强度降低,因此读出信噪比下降。

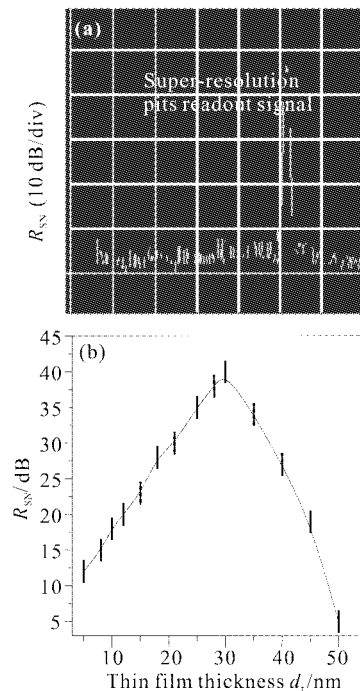


Fig. 3 Readout of the super-resolution pits. (a) Readout signal of super-resolution pits; (b) Dependence of the SNR on film thickness

**结论** 提出一种新的超分辨记录点的读出技术—超分辨反射膜技术,并根据该原理,以 Sb 为超分辨反射膜,SiN 为介电层制得超分辨光盘。在激光波长为 632.8 nm、光学头的数值孔径为 0.40 的光盘动态测试装置上实现了直径为 380 nm 的超分辨记录点的读出。另外,实验中得到的最佳 Sb 超分辨反射层的厚度为 28~30 nm,读出的信噪比为 38~40 dB。

## 参 考 文 献

- 1 Tominaga J, Nakano T, Atoda N. The recent progress of super-resolution near-field structure (super-RENS). *Proc. SPIE*, 2000, **4085**:36~39
- 2 Tominaga J, Nakano T, Atoda N. An approach for recording and readout beyond the diffraction limit with an Sb thin film. *Appl. Phys. Lett.*, 1998, **73**(15):2078~2080
- 3 Fuji H, Tominaga J, Men L *et al.*. A near-field recording and readout technology using a metallic probe in an optical disk. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 2000, **39**(2B):980~981
- 4 Betzig E, Trautman J K, Wolfe R *et al.*. Near-field magneto-optics and high density data storage. *Appl. Phys. Lett.*, 1992, **61**(2):142~144
- 5 Yasuda K, Ono M, Aratani K *et al.*. Premastered optical disk by super-resolution. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1993, **32**(11B):5210~5213
- 6 Shintani T, Terao M, Yamamoto H *et al.*. A new super-resolution film applicable to read-only and rewritable optical disks. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1999, **38**(3B):1656~1660
- 7 Nagase T *et al.*. Super-resolution effect of semiconductor-doped glass. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1999, **38**(3B):1665~1668
- 8 Tsujioka T, Kume M, Horikawa Y *et al.*. Super-resolution disk with a photochromic mask layer. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1997, **36**(1B):526~529
- 9 Wu Yihong, Khoo H, Kogure T *et al.*. Read-only optical disk with super-resolution. *Appl. Phys. Lett.*, 1994, **64**(24):3225~3227
- 10 Wang Haifeng, Chen Zhongyu, Gan Fuxi. A new approach to super-resolution. *Opt. Engng.*, 2001, **40**(5):851~855
- 11 Li Jinyan, Ruan Hao, Gan Fuxi. Calculation and analysis of multilayers for phase-change super-resolution optical disks. *Acta Optics Sinica* (光学学报), 2002, **22**(1):30~35 (in Chinese)
- 12 Fukaya T, Tominaga J, Nakano T *et al.*. Optical switching property of a light-induced pinhole in antimony thin film. *Appl. Phys. Lett.*, 1999, **75**(20):3114~3116

## A Novel Approach to Super-Resolution Pits Readout

Wei Jingsong Ruan Hao Shi Hongren Gan Fuxi

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

(Received 9 May 2002)

**Abstract:** A novel approach to the super-resolution pits readout—super-resolution reflective film technique was put forward, and its principle was analyzed in detail. By using Sb as the super-resolution reflective layer and the SiN as dielectric layer, the super-resolution pits with a diameter of 380 nm were read out by the readout optics system (the laser wavelength is 632.8 nm and numerical aperture is 0.40). The influence of the Sb thin film thickness on the readout signal was investigated, the results showed that the optimum Sb thin film thickness is 28~30 nm, and the maximum signal-noise ratio is 38~40 dB.

**Key words:** information processing technique; super-resolution; optical storage; signal-noise ratio (SNR); Sb