

光盘预刻槽形测量的扫描隧道显微技术*

吴章华 干福熹

(中国科学院上海光机所, 上海 201800)

提要 本文报道用自行设计的扫描隧道显微镜对光盘预刻槽进行测量。为观察大范围的结构, 我们设计了一个新的大范围扫描头($\sim 6 \mu\text{m}$), 并成功地观察到预刻的槽形, 给出了光盘预刻槽的灰度图像、三维轮廓像及剖面轮廓。为评价预刻的槽形提出了一种有效的测量手段。

关键词 光盘预刻槽, 槽形测量, 扫描隧道显微镜

A scanning tunneling microscopy for the measurement of optical disk pregrooves

WU Zhanghua, GAN Fuxi

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai 201800)

Abstract In this paper, a self-designed scanning tunneling microscopy (STM) with large scanning for the measurement of optical disk pregrooves is reported. The gray image, three-dimension topography and cross-section profile of pregrooves are given. A new effective approach is proposed for evaluating pregrooves.

Key words pregroove, measurement, STM

1 引言

光盘存储是一种存储密度很高的记录技术, 这种技术采用直径 $\sim 1 \mu\text{m}$ 的聚焦光斑记录信息, 信息比特宽度约为 $1 \mu\text{m}$ 。为用一束直径为 $1 \mu\text{m}$ 的光束来读出信息, 必然存在着一个聚焦伺服和轨迹跟踪的问题, 以保证高密度存储和信息读出。为实现轨迹跟踪, 光盘的信息写在带有预刻槽的盘片上。预刻槽的形状、槽壁、槽底、台阶的质量直接影响到读出信号的信噪比和轨迹跟踪信号^[1~3]。目前预刻槽形轮廓测量最有效的手段是采用扫描隧道显微技术(STM)^[4~6]。STM对样品无特殊要求, 不象TEM那样要求样品很薄。STM可对刻成的样品直接进行测量, 不需要对样品进行特殊的处理。本文采用自行设计的STM对光盘预刻槽进行测量, 成功地观察到了这些预刻槽的形貌灰度像, 并给出了三维形貌像和剖面轮廓, 为评价刻录的槽形质量提

收稿日期: 1993年1月15日; 收到修改稿日期: 1993年3月8日。

* 本课题得到国家自然科学基金资助。

供了一种有效的测量手段。

2 实验仪器

我们用自行设计的扫描隧道显微镜对光盘预刻槽进行测量,STM 由一台 IBM 个人计算机控制,两个 12 位 D/A 转换器产生 $\pm 5\text{ V}$ 的扫描信号,再经电子放大到 $\pm 15\text{ V}$ 和 $\pm 150\text{ V}$,完成两档范围的扫描。图像信号由 12 位 A/D 转换器完成图像采集。采集的速度和扫描频率可以由软件设定。最高时钟频率可达 100 kHz 。一般采集一幅 128×128 图像需 10 s 左右。软件由汇编语言、TurboC 和 Fortran 语言混合编写而成,具有 256 的灰度/彩色图像、三维图像显示、画任意两点间的轮廓、消除倾斜、平滑处理、快速傅氏变换及滤波处理、傅氏频谱显示等软件功能。

光盘预刻槽的槽间距一般为 $1 \sim 2\ \mu\text{m}$,为准确测量刻槽的槽形质量,我们设计了一个新的大范围扫描头。大范围压电陶瓷管^[7]由 PZT5-A 材料制成,压电陶瓷管的尺寸参数为:外径 5 mm ,内径 4 mm ,管长 12.5 mm 。 x - y 扫描位移-电压系数为 20 nm/V , z 向位移-电压系数为 10 nm/V 。当扫描电压达到 $\pm 150\text{ V}$ 时,最大扫描范围可达 $6\ \mu\text{m}$ 。

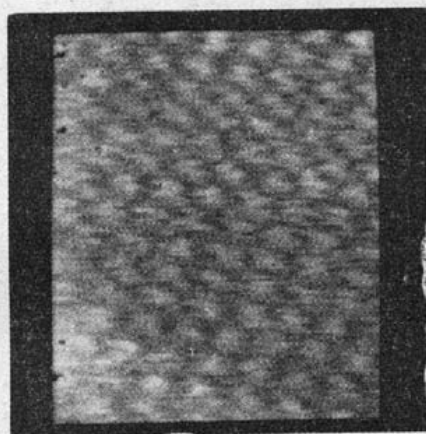


Fig. 1 Atomic resolution image of HOPG with $1.47 \times 1.47\ (\text{nm})^2$ scanning area, 0.8 nA tunnel current and 30 mV bias voltage

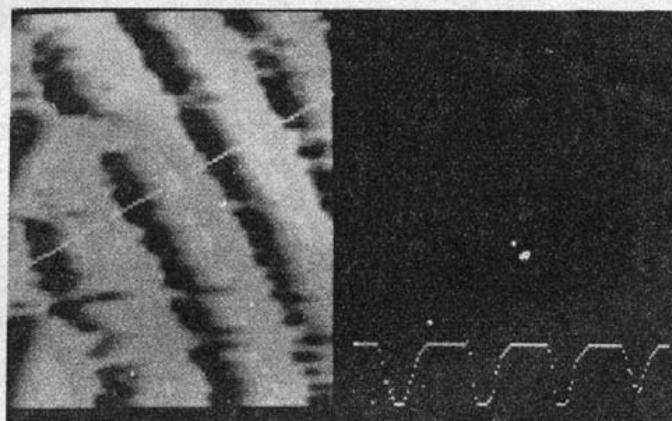


Fig. 2 Gray image of optical disk pregrooves with $5\ \mu\text{m} \times 5\ \mu\text{m}$ scanning area, 3 nA tunnel current and 20 mV bias voltage

3 实验结果及讨论

实验的样品为光盘预刻槽样品,制备方法如下:玻璃衬底厚为 1.2 mm ,经超声水剂清洗后,在衬底上旋涂上光刻胶膜,获得均匀厚度膜后,在光刻设备上曝光,再经显影,形成沟槽,再在表面上镀上一层金膜制备而成。隧道显微镜所需的针尖用剪刀从直径为 0.25 mm 的铂铱丝上剪成。在观察光盘预刻槽之前,为检查仪器和针尖的好坏,先观察一热分解高序石墨(HOPG),这是因为 HOPG 表面十分平滑光洁,容易观察到原子图像。图 1 为得到的 HOPG 原子排列图像。然后对光盘预刻槽进行测量,图 2 为扫描隧道显微镜观察到的预刻槽形貌的灰度像,实验中的隧道电流设定为 3 nA ,偏压为 20 mV ,扫描范围为 $5 \times 5\ \mu\text{m}^2$,为成功地观察到 $5\ \mu\text{m} \times 5\ \mu\text{m}$ 大范围内的图像, x 扫描信号的频率设置得较低,为 5 Hz 。从图 2 可看出, $5\ \mu\text{m} \times 5\ \mu\text{m}$ 范围内呈现出三条沟槽形貌。槽间距为 $1.6\ \mu\text{m}$,槽宽为 $0.6\ \mu\text{m}$ 。图 2 中右边曲线为左图中划线两点间沟槽的剖面轮廓形状。从剖面形状可看出沟槽两壁并不对称。图 3 为另一区域沟

槽形貌像,图中右边曲线为左图中划线两点间沟槽剖面轮廓形状。从图3可看到沟槽边缘有一些缺陷,这是由于沟槽边缘的光刻胶脱落造成的。图4为图3的三维形貌像。

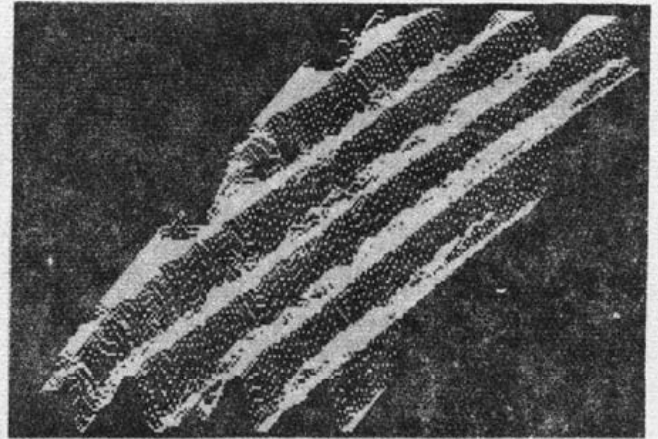
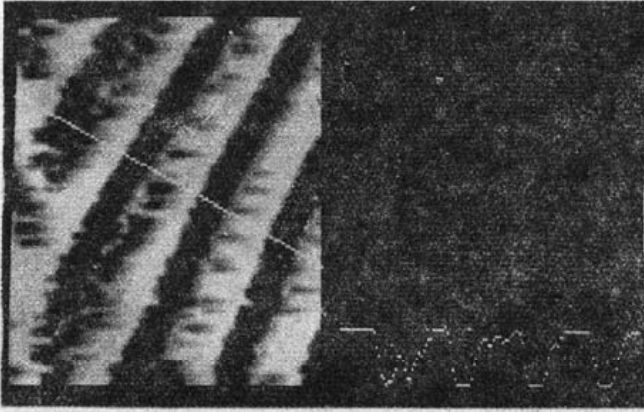


Fig. 3 Topography of optical disk pregrooves with $5\ \mu\text{m} \times 5\ \mu\text{m}$ scanning area, $3\ \text{nA}$ tunnel current and $20\ \text{mV}$ bias voltage

Fig. 4 Three-dimension image of pregrooves as the same shown in Fig. 3

图2,3剖面轮廓表明,所刻的槽两壁不对称。正常情况下,激光束为高斯分布,如图5的上半部实线所示。但由于刻录光学系统中的光阑有些偏离,致使高斯光束一侧的光强被挡掉一部分,且部分光强衍射到光束的边缘,使激光光斑一外侧光强较原来略有升高。被偏心光阑遮挡后的激光光斑光强分布如图5上半部分虚线所示。涂有正感光胶的样品曝光、显影后的槽形状如图5下半部实线所示。不对称光束曝光所得到的沟槽形状如图5下半部分虚线所示。

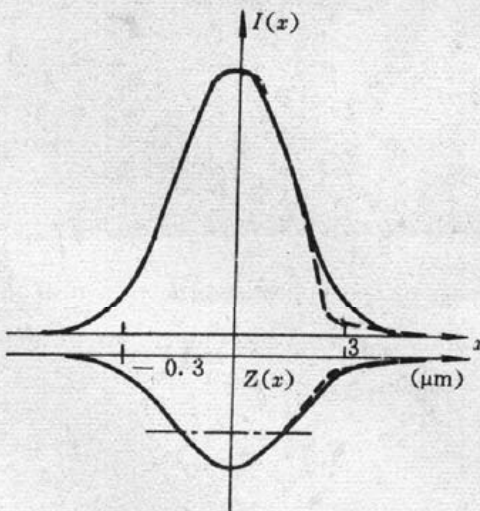


Fig. 5 Intensity distribution of laser beam and pregroove shape

在光盘读写过程中,通过两个光电探测器探测从光盘表面反射回来的激光束两侧光强的对称度来判断是否跟踪在台阶或槽底的。在台阶或槽底是镜面反射,反射激光束光强对称性最好。反之在边缘对称性最差。槽的两壁越陡峭,跟踪效果越好。同样槽的两壁不对称将对跟踪信号造成影响,使跟踪信号产生偏离。故刻录成对称和陡峭的沟槽壁是激光束正确跟踪的重要前提。用STM对刻成的沟槽进行测量,以进一步改善刻录条件,对刻录出高质量的光盘预刻槽有重要的作用。

本文作者衷心感谢上海冶金所光盘联合实验室江长久同志提供了样品和有益的讨论。

参 考 文 献

- 1 S. L. Dewre, *Appl. Opt.*, **25**(22), 4001~4006(1986)
- 2 M. Yamamoto, A. Watable *et al.*, *Appl. Opt.*, **25**(22), 4031~4034(1986)
- 3 M. Mansuripur, *Appl. Opt.*, **26**(18), 3981~3986(1987)
- 4 B. A. Sexton, G. F. Cotterill, *J. Vac. Sci. Technol.*, **A7**(4), 2734~2740(1989)
- 5 M. E. Best, T. E. Karis *et al.*, *Rev. Sci. Instrum.*, **62**(4), 993~995(1991)
- 6 T. E. Karis, M. E. Best *et al.*, *SPIE*, **1499**, 366~376(1991)
- 7 G. Binnig, D. P. Z. Smith, *Rev. Sci. Instrum.*, **57**(8), 1688(1986)