

光盘预刻槽的STM研究

王大文 白春礼 杨卫东 王丽娟 江长久

(中国科学院化学研究所 北京 100080) (中科院上海冶金所)

摘要 本文对自行研制的在玻璃衬底上形成的可擦重写预刻槽首次用扫描隧道显微镜 (STM) 进行了研究, 观察到了表面沟槽及台阶, 并对沟槽的深度、对称性及形状、表面局域性质给出定量、直观的描述, 弥补了其它手段的不足。

关键词: 扫描隧道显微镜, 光盘预刻槽, 表面局域性质

STM Study of Photoresist Pregroove Structure

Abstract: The groove structure in glass substrate, commonly used in the fabrication of optical discs, has been studied with scanning tunnelling microscope (STM). The STM results show not only the groove structures such as the size, shape and depth but also the local properties of the surface which complement the results obtained by other analysis techniques.

Key words: scanning tunnelling microscope, photoresist pregroove, local properties of surface

Correspondent: Wang Dawen, Institute of Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100080

1 引言

STM是一种新型的表面分析工具, 运用它可对各种材料的表面结构在纳米级尺度甚至原子级尺度上进行研究。与其它分析手段相比, STM具有分辨率高, 能在实空间下成像, 并且能在大气、溶液、真空、低温等不同环境下工作等优点, 它已被成功地应用于半导体、金属、有机材料及各种吸附体系结构研究领域^[1, 2]。

用STM对PC衬底上形成的光盘预刻槽的研究也已有有人进行^[3]。光盘预刻槽的刻写及信息点的写入是光盘制造的关键之一。预刻槽的尺寸、形状、槽深等均为关键因素, 槽宽一般为亚微米量级, 深度为70nm~150nm, 槽的几何对称性也相当重要, 任何不对称都将导致跟踪困难。台阶或槽底的平整度是决定信噪比大小的主要因素。本文对自行研制的在玻璃衬底上形成的可擦重写磁光盘预刻槽首次用STM进行了研究, 在纳米级尺度上对槽的细微结构进行了观察, 虽然TEM及SEM等常规技术已被广泛用来研究槽的结构尺度, 但只有STM这种新技术才能提供槽结构的高分辨率图像, 从而对槽的形成及性质有深入的了解。

2 实验

本实验所用样品为可擦重写磁光盘预刻槽样品, 采用玻璃作衬底, 在其上用旋转涂胶法涂上一层均匀的厚度约为 $1520 \pm 5\%$ 的正光刻胶AZ系列—1350, 在光盘伺服槽刻录机上进行曝光、显影、烘干等一系列处理后, 就可形成槽间距 $1.6\mu\text{m} \pm 0.1\mu\text{m}$ 、槽宽 $0.6\mu\text{m}$ 的预刻槽。为确保STM实验的进行, 样品表面上蒸镀了一层厚约25nm的金层。

实验所用STM仪器为中科院化学所自行研制的CSTM-9100STM系统,其最大扫描范围可达 $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$ 。实验所用STM针尖由直径为 0.2mm 的Pt:Ir (1:9)丝经机械切割办法制成,所有使用针尖均可获得石墨表面原子级分辨图像,STM实验在大气中进行。测量光盘预刻槽样品时,由于扫描范围及深度起伏较STM一般测量样品均大得多,故我们在实验中STM全部工作在恒流模式。

3 结果与讨论

我们用STM对光盘预刻槽样品进行了大量测量,实验所获得沟槽及台阶的典型STM图如图1所示,所用偏压为 20mV 、隧道电流为 0.87nA ,扫描范围为 $4.5\mu\text{m} \times 3.5\mu\text{m}$,图1(a)为灰度图,图1(b)为该图的三维显示。

由图1可以看出,沟槽及台阶均无明显畸变,说明在此扫描范围内,我们仪器所用的管状扫描器在X-Y方向上仍能保持较好的线性。实验中,我们同时测量了HOPG表面的原子级分辨率图像,用以对水平方向的扫描范围进行精确标定。由此方法可得STM测量所得沟槽宽度为 $0.6\mu\text{m}$,间距为 $1.7\mu\text{m}$,该结果与用SEM、干涉显微镜法等获得的实验结果相吻合,这同时说明STM仪器在此扫描范围内具有较好的线性。

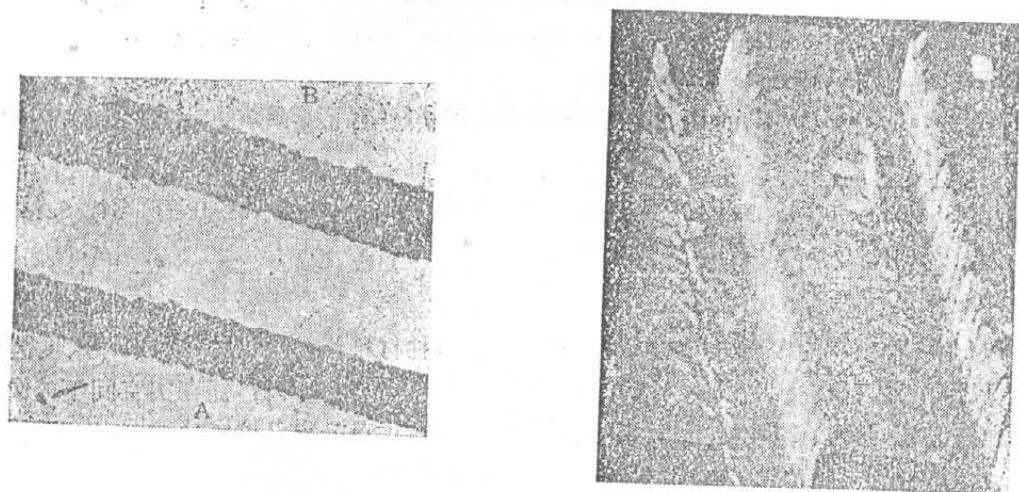


图1 光盘预刻槽STM图
(a) 灰度图 (b) 三维显示

测量图1时STM针尖的扫描速度为 $37\mu\text{m/s}$,实验中,在 $12\mu\text{m/s}$ 到 $37\mu\text{m/s}$ 范围内变化扫描速度,所得沟槽与台阶的STM图象无明显变化。在用恒流模式对表面起伏较大的样品进行STM测量时,扫描速度要足够小,才能确保恒流条件,使得所获图像充分描绘表面的起伏。我们在变化扫描速度时获得相同的实验结果,说明此时针尖的起伏能充分反应表面的沟槽等较大起伏结构。图2为图1中垂直于沟槽方向的剖面图,由该图可清晰地观察到我们所研究的样品其沟槽具有较好的对称性,这由图1(b)也可清晰地看出。

由图1还可测量沟槽的深度。测量方法是首先测量出针尖在台阶处及槽底处时,固定其位置的压电陶瓷管Z向电压的变化,根据压电陶瓷管的压电参数即每伏外加电压的变化所引起的管长变化量就可计算出针尖由台阶移到槽底时压电陶瓷管的伸长量,即槽的深度。同一样品槽的深度还可由干涉法及SEM技术测量,也可根据制样条件及曝光条件由计算得出^[4]。各种不同方法测量所得沟槽深度及计算值如表1所示。

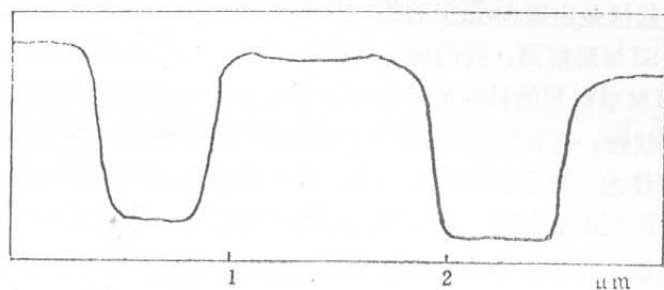


图2 光盘预刻槽剖面线图

表1 各种方法所得槽深度比较, 埃

光刻胶厚	计算槽深	干涉法测量	SEM测量	STM测量
1520 ± 5%	1460	1370 ± 60	1440 ± 30	1120

由表1可看出, 干涉法测量及SEM测量所得结果与计算结果比较接近, 而STM测量结果则有些偏小, 这可能是由于压电陶瓷管Z向的非线性所致。当压电陶瓷管外压电压较高时, 其每伏电压变化所引起的长度变化要较电压很小时每伏电压所引起的长度变化, 即我们所引用值大。

用STM不仅可以观察到沟槽, 还可以观察到它的一些缺陷结构, 由图3可看到预刻槽某处有一点未充分刻蚀掉留下的一小突出, 这种微小缺陷用其他方法不易观察到, 此处体现了STM技术的优越性。STM同时还可以观察槽及台阶的平整度。图4为预刻槽样品表面一典型STM图, 该图扫描范围为160nm × 160nm, 表面起伏约为0.4nm。实际上我们研究的预刻槽样品为了STM测量的需要, 表面上镀了一层厚约25nm的Au层。对在云母、

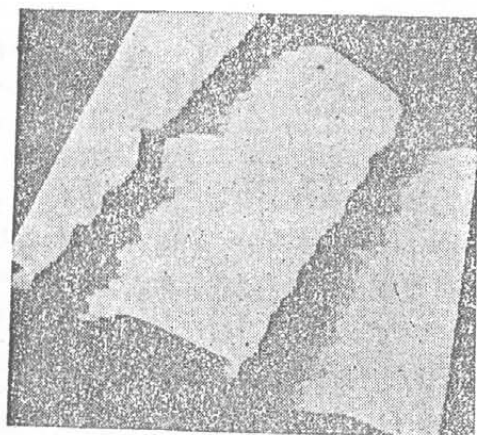


图3 三维显示的光盘预刻槽STM图



图4 镀Au后光盘预刻槽表面STM图

玻璃片、Si上所镀Au层的结构我们均用STM研究过, 文献中亦有报道^[5], 这时, Au层的结构均与图4观察到的结果类似, 为大小约10nm左右的团状物, 这是镀Au时, Au层的生长性质自身决定的。因此镀Au本身要掩盖STM对衬底表面粗糙度的观察, 图4所观察

到的表面较小的起伏是由镀Au层引起的,只有当表面粗糙度较大、或有缺陷,Au层掩盖不了时,才能用STM观察到。我们确实观察到了极个别的表面缺陷,如图1箭头所示。另一方面我们用STM观察到的预刻槽及台阶表面基本无较大起伏及缺陷,仅看到镀Au层表面起伏很小的团状物,这说明槽及台阶表面还是相当平整的,满足我们的需要。

总之,STM作为一种崭新的实验技术,它在光盘预刻槽的研究中具有独到的优点。它不仅能观察到表面沟槽及台阶,还能对沟槽的局域性质、深度对称性、表面平整度等给出定量、直观的描述,弥补了其他手段的不足。

参 考 文 献

- 1 Ruan Like, Bai Chunli, Wang Hailiang *et al.* J Vac Sci Technol, 1991; B9(2): 1134
- 2 Bai Chunli, Zhu Chuanfeng, Huang Guizhen. *et al.* Ultramicroscopy, 1992; 42-44: 1079
- 3 Bero A M, Vazquez L, Bartolame A *et al.* J Mater Sci, 1989; 24: 1739
- 4 Jiang Changjiu, Yang Weidong, Wang Lijuan *et al.* Society of photo-optical instrumentation engineerings. 1993, in press
- 5 George M A, Glaunsinger W S, Thundat T *et al.* J Microscopy. 1988; 152: 703