

基于 AFM 检测信息存储介质 表面结构的研究

闫勇刚, 马 强, 黄俊杰, 刘万里, 孙大许, 梁智永

(河南理工大学精密工程研究所, 河南 焦作 454003)

摘要: 介绍了原子力显微镜 (AFM) 的工作原理、组成、特点及其应用领域。利用 AFM 对光盘和软盘表面结构进行了三维检测, 使用 CSPM2000 Imager 软件对扫描得到的图像进行了计算和分析, 由所得数据可以看出, DVD 光盘将取代 CD 光盘成为外存的主流, 而软盘将被淘汰; 利用原子力显微镜对单晶硅进行基于金针的纳米加工, 刻蚀出“河南理工大学”的字样。

关键词: 原子力显微镜; 信息存储介质; 光盘; 软盘; 检测

中图分类号: TQ597; TG502.37 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-4776 (2005) 03-0139-03

Study on the AFM-Based Detection Storage Medium Surface

YAN Yong-gang, MA Qiang, HUANG Jun-jie, LIU Wan-li, SUN Da-xu, LIANG Zhi-yong

(Precision Engineering Institute, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China)

Abstract: The working principle, structure, characteristic and application field of atomic force microscopy (AFM) are introduced. By AFM, the surface pattern of DVD and floppy disk are scanned and the images are analyzed with CSPM2000 imager software. The result shows that DVD will replace CD to dominate in storage medium, and floppy disk will be eliminated AFM used as a machining tool conducted nano-machining and the words “河南理工大学” were corroded out on the surface of the single crystal silicon.

Key words: AFM; storage medium; optical disk; floppy disk; detection

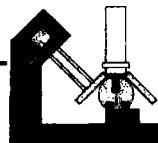
1 引 言

原子力显微镜是一种起源于扫描隧道显微镜的扫描探针显微镜 (SPM)。1982 年, Gerd Binnig 和 Heinrich Rohrer 共同研制成功了第一台扫描隧道显微镜 (STM)^[1]。STM 要求样品表面能够导电, 当探针与样品面间距离小到纳米级时, 它们之间就会产生隧道电流, 通过检测隧道电流就可以反映出样品表面的形貌和结构。而对于非导电物质, 不能直接进行检测, 为了克服 STM 的不足之处, 1986 年,

Binnig 等人研制成功第一台原子力显微镜。1988 年, 国外开始对 AFM 进行改进, 研制出激光检测原子力显微镜 (Laser-AFM), 也叫 AFM, 并于次年达到原子级分辨率^[2-4]。与 STM 不同, AFM 不受样品导电性的限制, 因而其应用领域更为广阔。

在当今高度信息化的社会环境下, 信息电子技术日新月异, 计算机产业飞速发展。人们对计算机的外存设备提出了越来越高的多样化要求, 软磁盘和光盘这类信息存储介质就是这些外存设备的代表。本文将对 AFM 的工作原理、组成及其特点进

收稿日期: 2004-09-22



行介绍，同时对其在信息存储介质检测中的应用作一些探讨与分析。

2 原子力显微镜结构和工作原理

原子力显微镜一般由激光器、光电检测器、探针、微悬臂、压电陶瓷等组成，如图 1 所示。将探针装在一弹性微悬臂的一端，微悬臂的另一端固定，当探针在样品表面扫描时，探针与样品表面原子间的作用力会使得微悬臂沿着样品表面发生轻微变形，使照射到微悬臂背面的反射光束发生偏移，光电检测器通过检测激光光斑位置的变化，从而获得样品表面形貌的信息。AFM 可以对表面特征、粗糙度和粒度等进行分析。另外，AFM 还有纳米加工功能，图 2 中利用 AFM 在硅片 100 nm×75 nm 区域内所蚀刻的“河南理工大学”字样，字高为 20 nm，宽为 18 nm。由于 AFM 具有的众多优点，它在化学、材料和生物领域得到了广泛的应用。

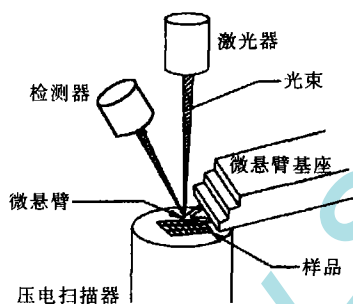


图 1 AFM 工作原理

Fig.1 The working principle of AFM



图 2 利用 AFM 在硅片上蚀刻的字样

Fig.2 Words etched on silicon surface by AFM

自 70 年代 PC 机面世后，软磁盘由于具有使用方便、价格低廉等特点得到普遍的采用。进入

90 年代，由于大容量工具软件、多媒体软件的出现和普及，出现了光盘。光盘具有存储量大、成本低、精度高和信息保存寿命长等特点，现已成为主要的数据存储介质。由于其数据为高密度的存储，有必要对其进行微观尺寸的表面结构研究，而 AFM 能满足此种要求，可对软盘和光盘进行微观上的三维检测。

3 实验

本实验所采用的仪器是本原纳米仪器有限公司的 CSPM-2000 型扫描探针显微镜，该机集成了 STM, AFM 和 LFM (横向力显微镜)，横向分辨率为 0.13 nm，垂直分辨率为 0.01 nm，最大扫描范围为 100 μm。该实验使用 AFM，选择合适的探针安装到探针架上，分别对 CD/DVD-ROM, CD-R 光盘和软盘样品进行扫描。

图像像素选为 512×512，扫描速度为 1 行/s。扫描完成后，利用 CSPM-2000 Imager 软件对存储信息用凹坑的平均大小、平均高度及颗粒粒度分布进行测量和分析。

4 结果与分析

图 3, 4 分别是 CD/DVD 光盘表面形貌的灰度图，CD 光盘凹坑的平均深度为 43.67 nm，凹坑之间距离为 1600 nm 左右；DVD 光盘凹坑的平均深度为 132.66 nm，凹坑之间距离为 800 nm 左右，从图中可以看出 DVD 的信息存储密度明显高于 CD 的信息存储密度。

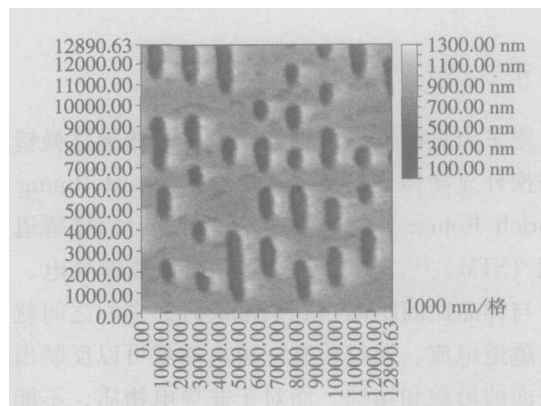


图 3 CD 光盘表面形貌的灰度图

Fig.3 The appearance imager of CD disk surface

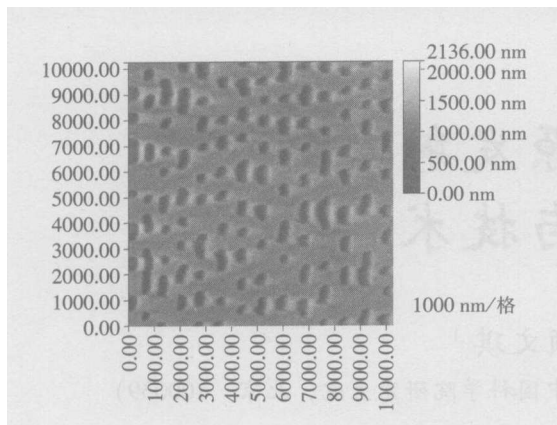
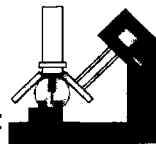


图4 DVD光盘表面形貌的灰度图

Fig.4 The appearance imager of DVD disk surface

图5为软盘表面形貌三维图；图6为软盘磁粉颗粒度分布图。扫描范围(917 nm×917 nm)内，磁粉颗粒数为152，颗粒的平均大小33.12 nm，平均高度为342 nm，平均面积为5430 nm²，从图中发现软盘存储信息量比光盘小得多。

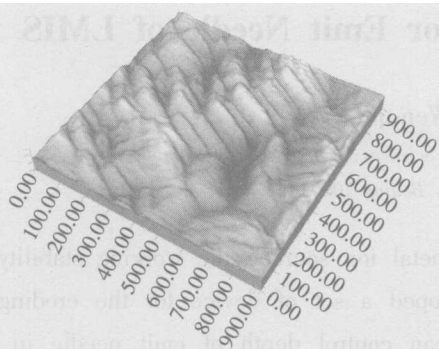


图5 软盘表面形貌三维图

Fig.5 The graphics of floppy disk surface

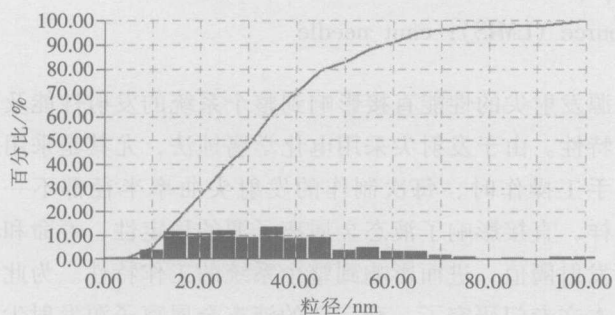


图6 软磁盘表面磁粉颗粒度分布图

Fig.6 The magnetic particle size distribution of floppy disk surface

利用 AFM 对样品扫描，并使用 CSPM-2000 Imager 软件分析样品，所得结果与样品的基本参数大致符合，表明 AFM 所测结果是能够令人信服的。

5 结论

目前，AFM 已发展成为一种十分重要的表面分析仪器。它具有分辨率高、能提供量化的三维信息和对样品无特殊要求的特点，可直接对信息储存介质进行三维检测，并能形象直观地观测到信息存储介质表面结构。通过对所检测的结果分析，DVD 光盘将取代 CD 光盘成为外存的主流，而且软盘将会被淘汰，并且会有超高密度存储介质出现。另外，AFM 还具有纳米加工功能，这对于未来开发和研制高密度存储介质具有重要意义。

参考文献：

- [1] BINNIG G, ROHRER H, GERBER C, *et al.* Surface studies by scanning tunneling microscopy [J]. *Phys Rev Lett*, 1982, 40 (1): 178-181.
- [2] BINNIG G, QUATE C, GERBER C. Atomic force microscopy [J]. *Phys Rev Lett*, 1986, 56 (9): 930.
- [3] RUSS J C. Fractal dimension measurement of engineering surfaces [J]. *Int J Mach Tools Manufact*, 1998, 38 (5/6): 567-572.
- [4] ALEX S, HELLERNANS L, MARTI O, *et al.* Anatomic-resolution atomic-force microscopy implemented using an optical level [J]. *J Appl Phys*, 1989, 65 (1): 164-167.
- [5] LI M C, ZHAO L C, CAI W, *et al.* AFM studies of platinum silicide thin films on silicon grown by pulsed laser deposition [J]. *J Mater Sci Technol*, 2002, 18 (1): 24-26.
- [6] 白春礼. 原子力显微镜的研制及应用 [J]. *中国科学院院刊*, 1990, (4): 340-343.
- [7] 景蔚萱, 蒋庄德. 原子力显微镜 (AFM) 在光盘检测及其质量控制中的应用 [J]. *光学精密工程*, 2003, 11 (4): 368-373.
- [8] 刘小虹, 颜肖慈, 罗明道, 等. 原子力显微镜及其应用 [J]. *自然杂志*, 2001, 24 (1): 36-40.
- [9] 吴浚瀚, 成英俊. 云母和石墨表面结构的激光检测原子力显微镜研究 [J]. *科学通报*, 1993, 38 (10): 904-905.

作者简介：

闫勇刚 (1978-), 男, 河南孟州人, 河南理工大学硕士研究生, 主要从事精密仪器及机械方面的研究。