

# 原子力显微镜在信息存储介质检测中的应用

刘万里 孙大许 马强 闫勇刚

(河南理工大学精密工程研究所 焦作 454003)

E-mail:liuwanli218@126.com

**摘要** 介绍了原子力显微镜(AFM)的原理及特点。用AFM对光盘上记录信息用的凹坑结构进行了三维检测。所得结论表明AFM在信息存储介质检测过程中具有独特的优势。

**关键词** 原子力显微镜(AFM);光盘;凹坑;检测  
**中图分类号** TQ597

## The Application of AFM in Storage Medium Detection

Liu Wanli, Sun Daxu, Ma Qiang, Yan Yonggang

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

**Abstract** The paper introduces the principle and characteristic of Atomic Force Microscope (AFM). The pit structure on optical disk is detected in three dimensions by AFM. The obtained results demonstrate the AFM have particular advantages in the course of detection on storage medium.

**Key words** Atomic Force Microscopy (AFM); Optical disk; pit; detection

## 1 引言

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。它的信息是以凹坑的形式存储于盘基上,凹坑的深度和长度是信息位的关键参数,它们直接影响光盘的读出信号的质量。AFM可直接对物体表面进行三维检测,其垂直方向的分辨率为亚纳米级,水平方向的分辨率为纳米级,所以能够在纳米尺度上对光盘上的信息位凹坑结构进行三维检测。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,是分析信息存储介质的重要工具<sup>[2]</sup>。

## 2 原子力显微镜(AFM)

1982年 Gerd Binnig和Heinrich Rohrer共同研制成功了第一台扫描隧道显微镜(Scanning tunneling microscope,STM),使人们首次能够真正实时地观察到单个原子在物体表面的排列方式和与表面电子行为有关的物理、化学性质。其工作原理是:当探针与样品面间距小到纳米级时,它们之间会产生电流,该电流称隧道电流。隧道电流大小对样品与探针间的距离非常敏感。STM就是通过检测隧道电流来反映样品表面形貌和结构的。STM要求样品表面能够导电,从而使使得STM只能直接观察导体和半导体的表面结构<sup>[3]</sup>。

原子力显微镜(atomic force microscope,AFM)克服了

STM的不足之处,它是通过探针与被测样品之间微弱的相互作用力(原子力)来获得物质表面形貌的信息<sup>[1]</sup>。因此,AFM除导电样品外,还能够观测非导电样品的表面结构,且不需要用导电薄膜覆盖,其应用领域更为广阔。可以补充STM对样品观测得到的信息,且分辨率为原子级水平,其横向分辨率0.13nm,纵向分辨率0.01nm。

如图1所示AFM的工作原理是将探针装在一弹性微悬臂的一端。当探针在样品表面扫描时,探针与样品表面原子间的排斥力会使得微悬臂轻微变形。当激光经微悬臂的背面反射到光电检测器后,就可以精确测量微悬臂的微小变形,这种微小变形量能反映出样品的表面形貌。

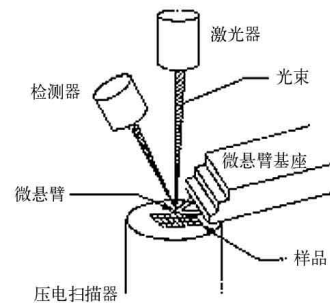


图1 AFM工作原理图

AFM可以在真空、超高真空、气体、溶液、电化学环境、常温和低温等环境下工作,研究时选择适当的环境,其基底可以是玻璃、云母、硅、高取向热解

收稿日期:2004-10-28

作者简介:刘万里(1980-),硕士研究生,主要从事精密仪器及机械方面的研究。

现代科学仪器 2005 5

51

石墨等。AFM 已被广泛地应用于表面分析各个领域，通过对表面形貌的分析、归纳、总结，以获得更深层次的信息<sup>[3]</sup>。

另外，AFM 还有纳米加工和表征测量的功能，具有较好的实时监控和加工能力。图 2 是 AFM 在硅片上 100nm × 100nm 区域内所蚀刻的“河南理工大学”字样，字高为 20nm，宽为 20nm。

### 3 光盘质量的检测方法

光盘参数主要分为机械参数、光学参数和记录参数。盘片播放时，记录参数真正反映了盘片的播放性和兼容性，因此记录参数是盘片测试的重点。光盘的生产工艺参数决定了光盘上信息凹坑的几何形状，而这些凹坑的几何形状则影响着光盘的播放质量和兼容性。光盘质量检测方法主要有两种：间接质量检测和直接质量检测<sup>[4]</sup>。

### 4 实验

本实验利用的仪器是本原纳米仪器有限公司型号为 CSPM-2000wet 的原子力显微镜（如图 2 所示）。实验的横向分辨率为 0.13nm，垂直分辨率为 0.01nm，最大扫描范围：50um × 50um 等。实验样品为 CD/DVD-ROM 和 CD-R 光盘。实验条件为常温、常压及大气氛围下。实验结果及分析如图所示（图 3~8）。

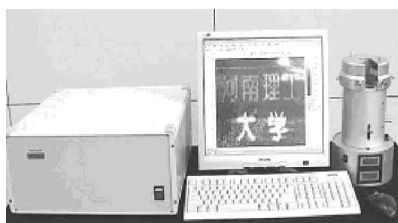


图 2 原子力显微镜

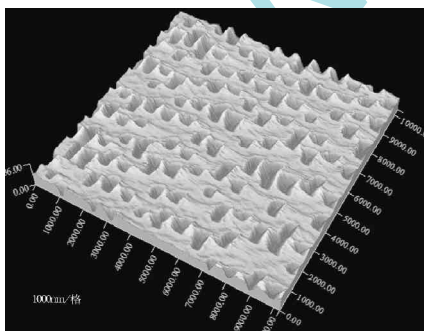


图 3 DVD 光盘表面形貌的 AFM 三维图

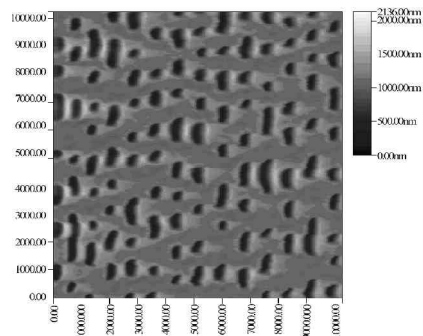


图 4 DVD 光盘表面形貌的 AFM 图像

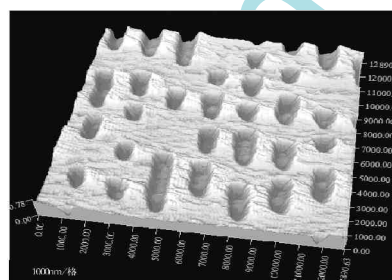


图 5 CD 光盘表面形貌的 AFM 三维图

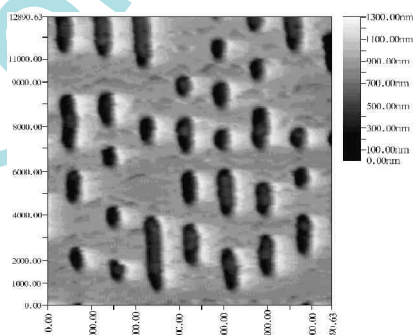


图 6 CD 光盘表面形貌的 AFM 图像

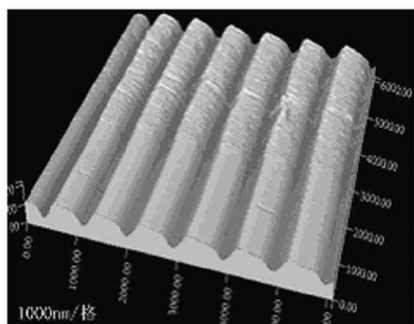


图 7 CD-R 光盘表面形貌的 AFM 三维图

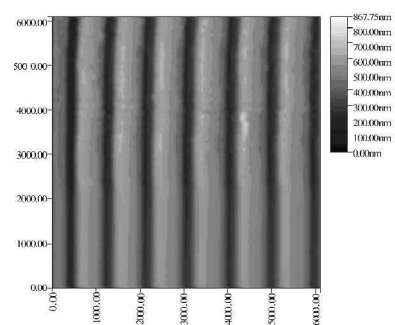


图 8 CD-R 光盘表面形貌的 AFM 图像

由软件 (Imager) 分析知 DVD 光盘凹坑的平均深度为 132.66nm, 而凹坑的长度的分散范围在 359.88 ~ 1291.13nm; CD 光盘凹坑的平均深度为 43.67nm, 而凹坑的长度的分散范围在 820.31 ~ 3750nm 之间; CD-R 光盘的平均道间距为 940.93nm。

## 5 结论

原子力显微镜 (AFM) 可直接对信息存储介质进行三维检测, 并能形象直观的观测到信息存储介质表面结构。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, 是分析信息存储介质表面结构的重要工具。这种独特的优势使得 AFM 在未来的数据分析和处理中发挥重要作用。另外, 它还集纳米

加工与测量于一体, 具有较好的实时监控和加工能力, 这对于未来开发和研制更快的存储介质及海量存储系统等也有重要的意义<sup>[2]</sup>。

## 参考文献

- [1] 白春礼. 原子力显微镜的研制及应用, 中国科学院院刊, 1990, (4): 340-343
- [2] 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, 光学精密工程, 2003, 11(4): 368-373
- [3] 刘小虹, 颜肖慈, 罗明道, 李伟. 原子力显微镜及其应用, 自然杂志, 2001, 24(1): 36-40
- [4] 徐端颐. 光盘存储系统设计原理 北京: 国防工业出版社 2000 24-36

## 2006 年《化学分析计量》杂志征订启事

《化学分析计量》是中国兵器工业集团第五三研究所(国防科工委化学计量一级站)主办的全国性分析测试、化学计量专业技术刊物。主要报道分析测试、化学计量行业的技术、学术论文; 标准物质的研制与应用; 分析、计量仪器的研制、开发、检定、维修经验; 相关专业的法规、政策、标准、管理经验, 技术发展动态, 综述和技术经济信息等。本刊特色为学术性和技术性相结合, 报道及时, 信息容量大, 涵盖面广。主要栏目有分析测试、仪器设备、经验交流、标准物质、计量管理、不确定度、综述、讲座、市场动态、简讯、广告等。

《化学分析计量》已被美国《化学文摘》(CA)、《中国化学化工文摘》、《中国无机分析化学文摘》等众多期刊和数据库收录。本刊为中国石油和化工行业优秀期刊、中国兵器工业优秀期刊、山东省优秀期刊。

《化学分析计量》为双月刊, 大16开本, 单月20日出版, 2006

年全年定价共48元。公开发售, 国内邮局发行代号24-138, 中国国际图书贸易总公司办理国外订阅, 国外发行代号4794 BM, 同时杂志社自办发行业务。

本刊自创刊号以来至2005年共计14卷47期的合订本光盘已公开发售, 利用该合订本光盘, 既可按作者、文题、关键词、年、期等分类查阅本刊已发表的所有科技文章和科技信息的全文, 又可根据读者自定义的关键词进行全文检索, 非常方便、实用。该合订本光盘优惠价150元。

欢迎广大读者到当地邮政局(所)办理订阅手续, 漏订或订阅合订本光盘及过期刊物的读者可直接向杂志社订阅。

邮局汇款: 济南市108信箱杂志社 邮编: 250031 银行汇款: 中国兵器工业集团第五三研究所 开户银行: 济南市工商银行八一分理处 帐号: 1602001209014424079 电话: 0531-85878132, 85878278 传真: 0531-85947355, 85878224 网址: www.anameter.net 电子信箱: master@anameter.net

## 欢迎订阅《中国卫生检验杂志》

欢迎订阅2006年《中国卫生检验杂志》! 可通过邮局(邮发代号: 80-152)或直接向杂志社订阅, 凡直接向杂志社订阅全年杂志的, 可免费参加我社2006年举办的国家医学继续教育, 获得国家一类学分。

《中国卫生检验杂志》创刊于1991年。国家卫生部主管, 中华预防医学会主办, 国内外公开发行, 是一份跨行业性国家级卫生检验学术期刊。杂志在疾病预防控制、卫生检验监测、国家出入境检验检疫、环境卫生监测、食品、化工、制药等行业具有广泛影响。是中国科技论文统计源期刊暨中国科技核心期刊, 中国生物医学期刊文献数据库(CMCC)源期刊, 中国生物

医学文献数据库(CBM)源期刊, 美国《化学文摘》(CA)源期刊, 万方数据—数字化期刊群源期刊, 中国学术期刊综合评价数据库源期刊, 中国学术期刊(光盘版)全文收录。主要栏目有: 综述、论著、化学测定方法、微生物检测方法、调查报告、监测报告、方法评价、经验交流、暴发流行事例检测、实验室管理、读者园地、继续教育等。

地址: 北京市100007-9号信箱(中国卫生检验杂志编辑委员会), 邮编: 100007

电话: (010)84030401 传真: (010)84030401 E-mail: wsjyzz@126.com