

文章编号: 1005-5630(2005)05-0003-04

# 基于AFM 的光盘形貌研究\*

孙大许, 刘万里, 马 强, 闫勇刚  
(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,并对测量结果进行了分析。结论表明AFM在光盘质量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:** TQ 597 **文献标识码:** A

## The study of optical disk pattern based on AFM

SUN Da-xu, LIU Wan-li, MA Qiang, YAN Yong-gang

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

**Abstract:** The paper introduces the principle and characteristic of atomic force microscope (AFM). It is used to three-dimensional detect pit structure on optical disk, and analyzed measure results. The obtained results demonstrate the AFM have particular advantages in detecting the quality of optical disk.

**Key words:** atomic force microscope (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。它的信息是以凹坑形式存储于盘基上,凹坑深度和长度是信息位的关键参数,它们直接影响光盘读出信号质量。AFM可直接对物体表面进行三维检测,其横向分辨力为0.13nm,纵向的分辨力为0.01nm,所以能够在nm尺度上对光盘上信息位凹坑结构进行三维检测。它具有分辨力高、能提供量化的三维信息和对样品无特殊要求的特点,是分析光盘盘片质量的重要工具<sup>[1]</sup>。

## 2 原子力显微镜(AFM)

1982年, Gerd B和Heinrich R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。扫描隧道显微镜的工作原理是: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,隧道电流的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,从而使得STM只能直接观察导体和半导体的表面结构<sup>[2]</sup>。

\* 收稿日期: 2004-12-13

作者简介: 孙大许(1973-),男,河南禹州人,硕士研究生,主要从事精密仪器方面的研究。

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>[3]</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,且分辨力亦可达原子级水平,其横向分辨力可达0.13nm,纵向分辨力可达0.01nm。

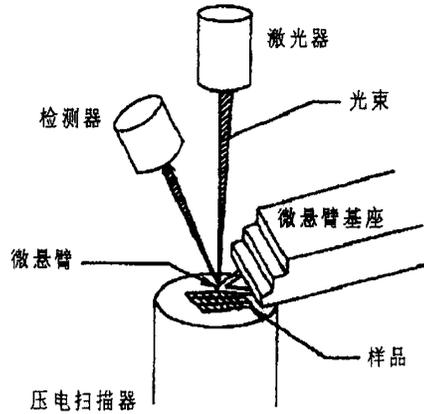


图1 AFM 工作原理图

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作用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,这种微变形量能反映出样品的表面形貌结构<sup>[2]</sup>。

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、高取向热解石墨等。AFM 已被广泛地应用于样品表面分析的各个领域,通过对表面形貌的分析、归纳、总结,获得更深层的信息<sup>[2]</sup>。

### 3 CD/DVD 光盘的技术要求及检测方法

CD/DVD 光盘的信息是以凹坑的形式存储于盘基上,凹坑的深度、横向尺寸以及凹坑的侧壁角度等是信息位的关键参数,它们直接影响光盘的读出信号质量,如高频幅度、不对称性和推挽跟踪信号等。

CD/DVD 的信息位凹坑(凸台)的最小特征尺寸分别为长830nm、宽600nm、深120nm、道间距为1600nm 和长400nm、宽320nm、深120nm、道间距为740nm。DVD 光盘比CD 光盘对信息位凹坑的尺寸精度要求更严格,其凹坑的导入和导出边的标准偏差小于11nm。

根据检测仪器的精度至少要高于待检测产品的4 倍的约定,则道间距的检测工具的标准偏差应小于2nm,AFM 能有效地满足这样的检测要求。

目前,光盘生产厂家对光盘的检测主要是用间接的检测方法,其主要特征是测量结果表现为生产工艺参数与盘片的播放性及兼容性之间的关系,而信息凹坑的几何形状参数是隐藏的变量;由于AFM 可以在纳米级的范围内对光盘表面的凹坑进行三维形貌测量,因而可以用来对光盘的质量进行直接的检测,从而找出影响光盘质量的直接原因。

### 4 实 验

实验所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)。实验的横向分辨力为0.13nm,垂直分辨力为0.01nm,最大扫描范围为:50μm × 50μm 等。实验样品采用CD-ROM 光盘。实验条件为常温、常压及大气氛围下。实验结果如下所示:

图3为CD 光盘的三维形貌图,图4为CD 光盘表面形貌图;均是用AFM 的tapping mode 模式对CD-ROM 光盘测量所成的图像。图5为CD 光盘凹坑的深度和长度之间的关系图,分析所用的数据是用AFM 直接测量得到的。图5给出了对CD 光盘上信息位凹坑的长度和深度进行测量所得的结果。可以看出信息

位凹坑的长度和深度具有密切的相互关系。在所得到的测量数据中,凹坑深度的最小值为113.35nm,最大值为138.27nm,平均值为120.35nm,凹坑长度的分散范围在820.31nm~3500nm之间,平均值为1713.25nm。同时还可以看出,凹坑长度尺寸的分散是以小范围集中为特征的,凹坑长度和凹坑深度分别有一个最小值,且凹坑长度的最小值决定了凹坑深度的最小值。凹坑长度和凹坑深度不但密切相关,而且凹坑长度尺寸的分散状况是以小范围集中为特征,这说明凹坑深度有一个临界值,且这个临界深度取决于凹坑长度的大小。对不同的临界坑深,凹坑长度有一个对应的最小值,以保证读出信号有合适的调制度。在不同的凹坑长度尺寸分段范围内,存在相应的临界坑深,该范围内的其它坑深必须大于临界坑深,这样才能保证读出信号的调制度。

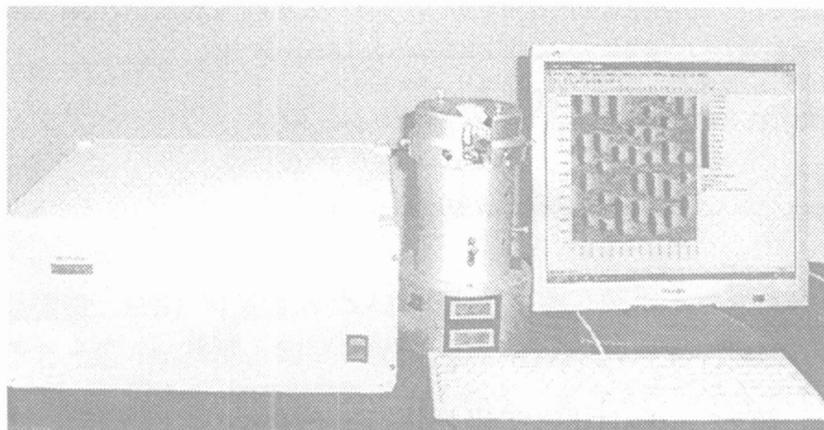


图 2 原子力显微镜

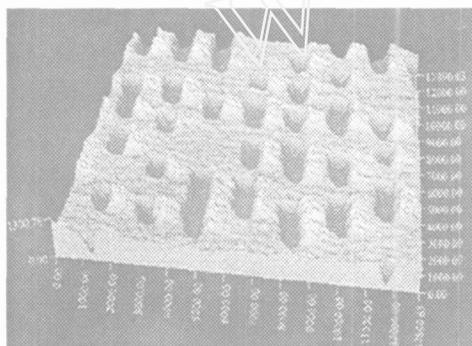


图 3 CD 光盘表面形貌的 A FM 三维图像

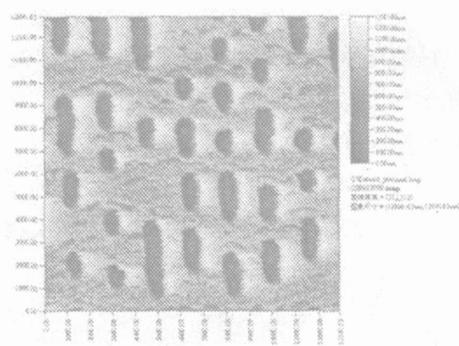


图 4 CD 光盘表面形貌的 A FM 图像

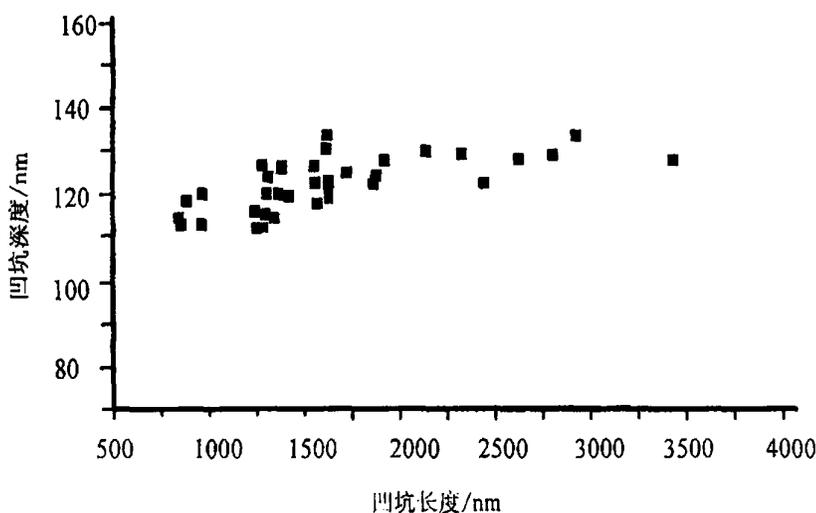


图 5 CD 光盘凹坑的深度和长度之间的关系图

## 5 结 论

原子力显微镜(AFM)可直接对光盘进行三维检测,能形象直观地观测到光盘表面形貌结构,适合于对光盘nm尺度上的信息位凹坑结构进行定性和定量分析。它具有分辨力高、能提供量化的三维信息和对样品无特殊要求的特点,是分析光盘盘片质量的重要工具<sup>[1]</sup>。这种独特优势使得AFM在未来高密、高速以及海量存储系统的研究中将会发挥重要作用<sup>[4]</sup>。

## 6 参考文献

- [1] 景蔚萱,等.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
- [2] 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
- [3] 徐端颐.光盘存储系统设计原理[M].北京:国防工业出版社,2000.24~36
- [4] 白春礼.原子力显微镜的研制及应用[J].中国科学院院刊,1990,5(4):340~343

### 消 息

## 第二十八届国际光学委员会大会在长春召开

国际光学委员会(ICO)第20届学术大会于8月22日~26日在长春市召开。来自38个国家和地区的光学领域的科学家、工程师及工业界1000多位专家云集长春,展示当代光学领域最前沿领域的科研成果,探讨光学科学技术发展的最热门话题。本届大会主题为“挑战新世纪光学科技”,是ICO组织成立以来第三次在亚洲国家举办,也是首次在中国举办。

第20届ICO大会由中国光学学会主办,中国科学院长春光机所承办。全国人大常委会副委员长、中国科学院院长路甬祥院士等领导同志为本次大会发来贺信,两院院士王大珩先生担任大会名誉主席并在开幕式上发表了讲话。中国光学学会理事长母国光院士担任大会主席。诺贝尔奖获得者查尔斯·汤斯等中外学者在会上作学术报告。

国际光学委员会(International Commission for Optics, ICO)创立于1947年,中国于1987年加入该组织。ICO每三年召开一次国际光学大会。

两院院士王大珩先生盛赞大会的召开,他在致辞中说:这次ICO第20届大会在中国召开,是我国光学界莫大光荣。中国近年来在应用光学和光学工程方面取得了重要成就:第一项主要是在长春研制成功飞行体跟踪光学设备,以此为起点的中国光测设备有了较大发展,在学科多样化和规模上都取得了飞速发展,为我国空间技术做出了贡献;第二项是强激光技术,激光核聚变的基础研究,并建立了神光系列设备;第三项是天文光学已制成2.16m的天文望远镜,现在正在进行口径4m,包括自适应光学技术,做光谱研究的巡天望远镜;第四项是空间遥感技术方面,制成多光谱扫描系统和对地观察设备;第五项是在激光测绘和精密测量方面,采用卫星定位系统和卫星测地系统。

会议期间,在长春光机所举办了专题学术报告会;11个专题的800多篇论文也在会上进行了交流和研讨。会上还举行了ICO代表大会及ICO年度奖的颁奖仪式。同时,第20届ICO大会中国(长春)光电博览会也于会议期间在长春国际会展中心举行。

(摘自《科学时报》)