

本人硕士就读于中国计量大学的精密仪器及机械专业，研一课余时间参与实验室的“烤烟房多参数实时监测仪”的研制及一些横向项目，学习机械设计和相关专利的构思设计及撰写。研二研三到中国计量科学研究院进行联合培养，参与学习与原子力显微镜相关的项目，掌握了原子力显微镜、激光干涉仪、自准直仪等计量仪器的原理及使用方法，掌握了一维栅格微纳标准器组从赋值方法至不确定度的评定整个流程技术实施。毕业后工作于国家纳米科学中心—中科院纳米标准与检测重点实验室，继续“先进原子力显微术”的研究，对原子力显微术有了更深入地理解，同时培养了良好的科研素养，能够更加独立的思考一些问题，更明确自己的方向和目标。

### **主要研究成果：**

#### **已发表文章：**

- [1] 胡佳成,孙杰,郑志月,陈伟,李东升.烤烟房多参数实时监测仪研究[J].中国农机化学报,2016,01:178-181.
- [2] 许瑞,郑志月,季威,程志海. 新型扫描微波显微术[J]. 物理学进展,2015,06:241-256.
- [3] 程志海,郑志月,裘晓辉. 原子力显微术研究进展[J]. 物理,2016,03:180-187.
- [4] 郑志月,许瑞,程志海.多频原子力探针显微技术[J].中国科学:技术科学,2016,05:437-450.
- [5] 郑志月,许瑞,程志海.高次谐振微悬臂的有限元设计与分析[J].中国科学:技术科学,2016,10:1086-1096.
- [6] 郑志月,施玉书,高思田等.高精度电容式位移传感器校准方法的研究[J].计量学报,2015,36(1):14-18.

#### **已投或待投的文章：**

- [7] Zhiyue Zheng, Rui Xu, Zhihai Cheng, et al. High harmonic exploring on different materials in dynamic atomic force microscopy[J]. Beilstein Journal of Nanotechnology.
- [8] Zhiyue Zheng, Rui Xu, Wei Ji, et al. Probing the Interlayer Bonding in Two-Dimensional Layered Material of SnSe by Contact Resonance-AFM.

#### **专利：**

- [1] 叶张水,王坚,郑志月,张荣法. 垂直式蜗轮蜗杆减速机的上轴承自循环润滑装置 [P]. 浙江：CN103307264A,2013-09-18.
- [2] 胡佳成,李东升,郑志月,刘月瑶,宋旭. 植物叶面物理参数检测传感器装夹装置 [P]. 浙江：CN103308197A,2013-09-18.
- [3] 李东升,胡佳成,孙杰,程阳,郑志月,王梅宝. 烤烟多参数实时监测仪 [P]. 浙江：CN103487091A,2014-01-01.
- [4] 叶张水,王坚,李东升,胡佳成. 一种减速机综合参数测试装置 [P]. 浙江：CN103033363A,2013-04-10.
- [5] 郑志月,许瑞,程志海. 高次谐振型原子力显微镜微悬臂及其制作方法 [P]. 北京：CN105403734A,2016-03-16.
- [6] 郑志月,许瑞,程志海. 一种高次谐振型石英音叉微悬臂及制作方法 [P]. 北京：CN105510641A,2016-04-20.

# 原子力显微术研究进展\*

程志海<sup>†</sup> 郑志月 裘晓辉<sup>††</sup>

(国家纳米科学中心 中国科学院纳米标准与检测重点实验室 北京 100190)

2015-03-18收到

<sup>†</sup> email: chengzh@nanoctr.cn

<sup>††</sup> email: xhqu@nanoctr.cn

DOI: 10.7693/wl20160307

## Recent progress of atomic force microscopy

CHENG Zhi-Hai<sup>†</sup> ZHENG Zhi-Yue QIU Xiao-Hui<sup>††</sup>

(Key Laboratory of Standardization and Measurement for Nanotechnology, Chinese Academy of Sciences, National Center for Nanoscience and Technology, Beijing 100190, China)

**摘要** 原子力显微术是微纳米尺度实空间形貌成像与结构表征的关键技术之一。近年来,原子力显微术衍生发展出了一系列令人瞩目的功能化探测模式和新技术。文章从以下两个方面论述了原子力显微术的前沿进展:(1)原子力显微术的功能化探测模式及其在微纳米尺度物性研究与测量以及微纳加工等领域的应用;(2)原子力显微术自身在更高精度、更高分辨率、更快速度、更多功能等方面的进展及在基础和应用研究领域中的应用。文章还展望了原子力显微术的下一步发展方向和正在不断扩展的研究领域。

**关键词** 先进原子力显微术,功能化微悬臂,纳米尺度表征与测量

**Abstract** Atomic force microscopy (AFM) is one of the key techniques for real-space imaging and structure characterization at the micro- and nanometer scale, and many remarkable new functions and techniques have been developed in recent years. Two special areas will be presented here: the various detection modes of AFM and their applications in the nanoscale research and measurement of physical properties, and the development of AFM techniques and their applications in basic and applied science. A brief comment will also be given on the further development of AFM probe techniques and their expanding application areas.

**Keywords** advanced atomic force microscopy, functional cantilever, nanoscale characterization and measurement

## 1 引言

原子力显微术(atomic force microscopy, AFM)是从20世纪80年代发展起来的一种表面探测技术,其基本原理是利用带针尖的微悬臂探测针尖与样品间相互作用的大小和性质会随着针尖与样品间距离的变化而变化,从而可以获得样品

的不同信息,实现检测目的。AFM凭借其检测对象广泛,不受导电性能的限制,适用性强(在大气、真空、液体等环境下均可操作)以及超高的分辨率等优势,目前已发展成为基础科学及工业应用研究中获得微纳米尺度物质结构和信息的重要工具,在物理、化学、材料、生命以及工程等诸多领域都有重要的应用<sup>[1]</sup>。本文重点论述AFM的先进功能化探测模式及其在相关研究领域中的应用,并讨论其最新技术发展和应用等。

\*国家自然科学基金(批准号:21173058/B030506)资助项目;中国科学院“引进杰出技术人才”(技术百人计划)项目,中国科学院“卓越青年科学家”项目,中国科学院科研装备研制项目



评述

# 多频原子力探针显微技术

郑志月, 许瑞, 程志海\*

国家纳米科学中心, 中国科学院纳米科学卓越中心和纳米标准与检测重点实验室, 北京 100190

\*E-mail: chengzh@nanoctr.cn

收稿日期: 2015-09-25; 接受日期: 2015-12-07; 网络出版日期: 2016-01-29

中国科学院“引进杰出技术人才”项目、“卓越青年科学家”项目、青年创新促进会项目和科研装备研制项目(批准号: YZ201418)资助

**摘要** 不断提高空间分辨率、数据采集速度以及实现材料性质的成像, 一直以来就是原子力显微术的发展目标. 目前, 最可能实现这一目标的手段是近些年发展的多频原子力显微术. 多频原子力显微术, 即利用多频率激励和/或多频率探测微悬臂的振动信号来研究样品纳米物性的一大类 AFM 技术. 它可以实现针尖与样品间作用非线性信息的提取, 在组分探测灵敏度、时间和空间成像分辨率等方面展现了巨大的优势. 文中综述了多频原子力显微术所包含的不同实现方法的基本原理, 并介绍了它们在高分辨成像、纳米力学、材料、生物等方面的前沿应用实例. 此外, 为探索多频原子力显微术, 我们提出了一种特殊的高次谐振型石英音叉微悬臂模型. 最后, 文章展望了多频原子力显微术的下一步技术发展和应用研究.

**关键词** 多频原子力显微术, 非线性相互作用, 高次谐振, 高阶模式

## 1 引言

在纳米科学与技术迅猛发展的过程中, 原子力显微术(atomic force microscopy, AFM), 不同于光学显微术(OM)、电子显微术(EM)以及扫描隧道显微术(STM), 它是通过探测样品原子与尖锐探针原子之间的相互作用力来获得样品表面信息的, 而不依赖于光子或电子, 因此 AFM 已成为纳米技术研究中 strongest 有力的工具之一, 在物理、化学、材料、生命以及工程等诸多领域都有重要的应用. AFM 技术自发明至今, 经历了多次跨越性的进展, 包括微悬臂探针的加工制备、光学探测方法的引入及动态 AFM 的发展等, 促进了 AFM 技术的广泛使用和商业化<sup>[1]</sup>.

最初的 AFM, 是一种静态模式的 AFM, 针尖与样品保持机械接触, 忽略相互作用力的非线性特征, 通过对小范围内相互作用势的线性化分析来完成样品属性的表征, 因此静态 AFM 很难实现纳米级的空间分辨率, 而且存在许多缺陷, 如由于横向剪切力的作用会导致针尖与样品的损坏. 空间分辨率和组分探测灵敏度是显微技术的核心参数, 它的需求刺激了动态 AFM 的形成, AFM 技术从悬臂静态偏转的探测转变为悬臂探针振荡的动态激励和探测, 即探针在扫描的同时对其施加一个固定频率(通常为基准频率)的激励, 针尖跨越大范围的相互作用势能, 观测量如振幅、相位、频率或悬臂的偏转都可以用来提取样品信息, 利用闭环反馈产生高分辨的表面成

引用格式: 郑志月, 许瑞, 程志海. 多频原子力探针显微技术. 中国科学: 技术科学, 2016, 46: 437-450

Zheng Z Y, Xu R, Cheng Z H. Multi-frequency atomic force microscopy (in Chinese). Sci Sin Tech, 2016, 46: 437-450, doi: 10.1360/N092015-00246



论文

# 高次谐振微悬臂的有限元设计与分析

郑志月, 许瑞, 程志海\*

国家纳米科学中心, 中国科学院纳米科学卓越中心和纳米标准与检测重点实验室, 北京 100190

\*E-mail: chengzh@nanoctr.cn

收稿日期: 2016-01-06; 接受日期: 2016-08-02; 网络出版日期: 2016-09-26

中国科学院“引进杰出技术人才”、“卓越青年科学家”及青年创新促进会和中国科学院科研装备研制项目资助

**摘要** 多频原子力显微术(MF-AFM)是近些年发展的包含一大类先进原子力显微术的新技术, 具有很高的空间分辨率, 不仅可以实现更多样品物性的表征, 还具有时间分辨的非线性力的探测能力. MF-AFM的基本原理是对微悬臂探针的多个振动频率进行激励和探测, 而这些振动频率通常与微悬臂的高次谐波振动或本征模式有关, 因此, 实现这一新技术的关键是设计特殊的微悬臂. 传统AFM中应用较为广泛的颇具代表性的传统微悬臂有硅微悬臂与石英音叉微悬臂等. 传统矩形硅微悬臂的二阶弯曲本征模式与基础模式的频率比为6.27, 而石英音叉微悬臂的二阶弯曲本征模式与基础模式的频率之比无统一值, 但均为非整数, 直接利用传统微悬臂去探测高次谐振信号是非常困难的. 基于微悬臂的共振放大效应, 本文通过改变微悬臂的质量分布, 讨论了传统硅微悬臂和石英音叉微悬臂本征模式的变化, 调谐其高阶本征模式与基础模式间频率的耦合关系. 通过理论计算和有限元分析, 设计了二阶弯曲本征模式与基础模式的频率比为整数倍关系的特殊硅微悬臂与石英高次谐振型微悬臂, 部分特殊微悬臂还涉及了一阶扭转模式与基础模式的耦合.

**关键词** 多频原子力显微术, 微悬臂, 高阶模式, 高次谐振, 有限元分析

## 1 引言

纳米技术是一门多学科交叉的前沿科学, 当今学界公认的纳米技术的定义为: 在纳米尺度上(1~100 nm)研究物质(包括原子、分子的操纵)的特性和相互作用, 以及如何利用这些特征和相互作用的具有多学科交叉性质的科学和技术. 原子力显微镜(AFM)自1986年发明以来, 其凭借检测对象广泛、适应环境强及超高的分辨率等优势成为纳米技术研究和加

工制造生产中最重要工具, 被广泛运用于生命科学、半导体计量、纳米制造、数据存储和材料科学等领域<sup>[1]</sup>. 根据原子力显微镜的测量模式, AFM分为静态测量和动态测量(振幅调制和频率调制), 其中振幅调制的动态测量模式是最为主流的测量技术. 传统的振幅调制原子力显微镜的基本原理, 是对微悬臂施加单一频率的激励, 其频率大小通常为微悬臂的一阶弯曲共振频率或附近, 检测激励频率下的微悬臂振荡振幅, 在扫描样品的过程中通过反馈系统维

**引用格式:** 郑志月, 许瑞, 程志海. 高次谐振微悬臂的有限元设计与分析. 中国科学: 技术科学, 2016, 46: 1086-1096  
Zheng Z Y, Xu R, Cheng Z H. Design and analysis of higher harmonic cantilever based on finite element analysis (in Chinese). Sci Sin Tech, 2016, 46: 1086-1096, doi: 10.1360/N092016-00013

## 高精度电容式位移传感器校准方法的研究

郑志月<sup>1</sup>, 施玉书<sup>2,3</sup>, 高思田<sup>2</sup>, 李东升<sup>1</sup>, 李伟<sup>2</sup>, 李适<sup>2</sup>, 李庆贤<sup>4</sup>

(1. 中国计量学院 计量测试工程学院, 浙江 杭州 310018; 2. 中国计量科学研究院, 北京 100029;

3. 天津大学 精密测试技术及仪器国家重点实验室, 天津 300072; 4. 苏州市计量测试研究所, 江苏 苏州 215128)

**摘要:** 介绍一种使用激光干涉仪结合单轴精密位移台对电容式位移传感器进行校准的方法。建立了一套高精度电容式位移传感器校准装置, 利用单轴精密位移台位移与电压之间的关系产生纳米级的微小位移, 同时使用激光干涉仪和待校准电容式位移传感器测量单轴精密位移台的微小位移。该装置可实现电容式位移传感器线性度、测量重复性以及测量分辨率的校准。实验验证了此校准方法的准确性和实用性, 对影响校准的主要因素进行了分析, 其综合不确定度为 2.2 nm。

**关键词:** 计量学; 纳米计量; 电容式位移传感器; 单轴精密位移台; 激光干涉仪

中图分类号: TB92

文献标识码: A

文章编号: 1000-1158(2015)01-0014-05

### Research on Calibration Method of High-precision Capacitive Displacement Sensor

ZHENG Zhi-yue<sup>1</sup>, SHI Yu-shu<sup>2,3</sup>, GAO Si-tian<sup>2</sup>, LI Dong-sheng<sup>1</sup>, LI Wei<sup>2</sup>, LI Shi<sup>2</sup>, LI Qing-xian<sup>4</sup>

(1. China Jiliang University, College of Engineering Measurement, Hangzhou, Zhejiang 310018, China;

2. National Institute of Metrology, Beijing 100029, China;

3. Tianjin University, Tianjin 300072, China;

4. Suzhou Institute of Measurement and Testing, Suzhou, Jiangsu 215128, China)

**Abstract:** A calibration method of high-precision capacitive displacement sensor is described based on laser interferometer and a single axle precision displacement stage, and developed a set of calibration device. Taking advantage of the relationship between the voltage and the displacement, the single axle precision displacement stage generate nano-scale displacement, meanwhile using laser interferometer and the capacitive displacement sensor to be calibrated to measure the small displacement synchronously. The device can precisely calibrate linearity, repeatability and measurement resolution of the capacitive displacement sensor. Finally, the calibration accuracy and practicability of the method are verified by experiments, the main factors affecting calibration are analyzed and the measurement uncertainty is 2.2 nm.

**Key words:** Metrology; Nanometrology; Capacitive displacement sensor; Single axle precision displacement stage; Laser interferometer

## 1 引 言

近年来,电容式位移传感器以其灵敏度高、动态响应好、结构简单、能实现非接触测量等一

系列优点被广泛应用于超精密测量领域中<sup>[1-4]</sup>。随着我国生产自动化和精密加工技术的飞速发展,国防、航天航空工业等对工件及机床的测量精度的要求也越来越高,因而对电容传感器提出了更高的要求,电容位移传感器性能参数的可靠

收稿日期:2014-08-06; 修回日期:2014-09-16

基金项目:国家科技支撑计划(2011BAK15B09); 国家重大科学仪器设备开发专项(2011YQ03011208)

作者简介:郑志月(1988-),女,山西运城人,中国计量学院硕士研究生,主要从事纳米计量的研究。zhengzhy@nim.ac.cn

高思田为本文通讯作者。gaost@nim.ac.cn

## 专利 1- CN103307264A-授权



中国专利数据库 ( 知网版 )



### 垂直式蜗轮蜗杆减速机的上轴承自循环润滑装置

【申请号】	CN201310242202.2	【申请日】	2013-06-19
【公开号】	CN103307264A	【公开日】	2013-09-18
【申请人】	杭州嘉诚机械有限公司	【地址】	311222 浙江省杭州市萧山区河庄街道向前村
【发明人】	叶张水;王坚;郑志月;张荣法		
【专利代理机构】	浙江杭州金通专利事务所有限公司 33100	【代理人】	王佳健
【国省代码】	33		
【摘要】	本发明公开了一种垂直式蜗轮蜗杆减速机的上轴承自循环润滑装置。本发明包括蜗轮、蜗杆、沟槽凸轮、滚子、活塞组件、活塞套筒、外缸体、单向阀、过滤网、输油管。在蜗轮轴向的一侧装有沟槽凸轮,沟槽凸轮的沟槽内设置有滚子,滚子与活塞组件活动配合,活塞组件与活塞套筒配合,活塞套筒装在外缸体内,在活塞套筒和外缸体上均开有吸油口和压油口,吸油口处设有单向阀和过滤网,压油口与输油管一端连接,输油管另一端连接至法兰盖上的通管槽,法兰盖还开有回油孔,构成了润滑油的自循环装置。本发明可以改善垂直式蜗轮蜗杆减速机的上部轴承的润滑效果,适用于大型的垂直式蜗轮蜗杆减速机。		
【主权项】	垂直式蜗轮蜗杆减速机的上轴承自循环润滑装置,其特征在于:包括垂直式蜗轮蜗杆减速机、沟槽凸轮、滚子、活塞组件、活塞套筒、外缸体、单向阀、过滤网、输油管,其特征在于:在蜗轮轴向的一侧装有沟槽凸轮,沟槽凸轮的沟槽内设置有滚子,滚子与活塞组件活动配合,活塞组件与活塞套筒配合,活塞套筒装在外缸体内,在活塞套筒和外缸体上均开有吸油口和压油口,吸油口处设有单向阀和过滤网,压油口与输油管一端连接,输油管另一端连接至法兰盖上的通管槽,法兰盖还开有回油孔。		
【页数】	6		
【主分类号】	F16H57/04		
【专利分类号】	F16H57/04;F16C33/66		

申请号: CN201310242202.2

法律状态公告日	法律状态	法律状态信息
2013-09-18	公开	公开
2013-10-23	实质审查的生效	实质审查的生效 IPC(主分类):F16H 57/04 申请日:20130619
2015-08-19	授权	授权

共 3 条数据

## 专利 2- CN103308197A-授权



中国专利数据库 ( 知网版 )



### 植物叶面物理参数检测传感器装夹装置

【申请号】	CN201310236180.9	【申请日】	2013-06-15
【公开号】	CN103308197A	【公开日】	2013-09-18
【申请人】	中国计量学院	【地址】	310018 浙江省杭州市下沙高教园区学源街258号
【发明人】	胡佳成;李东升;郑志月;刘月瑶;宋旭		
【专利代理机构】	浙江杭州金通专利事务所有限公司 33100	【代理人】	王佳健
【国省代码】	33		
【摘要】	本发明公开了一种植物叶面物理参数检测传感器装夹装置。目前装夹装置体积较大,携带安装不便,使用范围比较狭窄。本发明中的上夹板的中央开有用于放置磁铁的阶梯通孔,上夹板一端开有矩形槽,所述阶梯通孔深度大于磁铁厚度,阶梯通孔由磁铁盖板密封,阶梯通孔靠近矩形槽的一侧是一个半燕尾槽形状,所述的梯形压紧块通过螺钉在矩形槽内自由调节位置,配合燕尾槽实现物理参数采集传感器的固定;上夹板的另一端开有长槽,用来安装USB接插件,长槽通过上夹板内侧的走线槽连通,USB接插件通过走线槽的信号线与物理参数采集传感器信号连接。本发明能够保证传感器可靠固定,提高了叶温位的测量精度,能够尽量减小损伤被测物体。		
【主权项】	植物叶面物理参数检测传感器装夹装置,包括上夹板、下夹板、磁铁盖板、磁铁、USB接插件、梯形压紧块和物理参数采集传感器,其特征在于:上夹板的中央开有用于放置磁铁的阶梯通孔,上夹板一端开有矩形槽,所述阶梯通孔深度大于磁铁厚度,阶梯通孔由磁铁盖板密封,阶梯通孔靠近矩形槽的一侧是一个半燕尾槽形状,所述的梯形压紧块通过螺钉在矩形槽内自由调节位置,配合燕尾槽实现物理参数采集传感器的固定;上夹板的另一端开有长槽,用来安装USB接插件,长槽通过上夹板内侧的走线槽连通,USB接插件通过走线槽的信号线与物理参数采集传感器信号连接。		
【页数】	7		
【主分类号】	G01K1/14		
【专利分类号】	G01K1/14		

申请号: CN201310236180.9

法律状态公告日	法律状态	法律状态信息
2013-09-18	公开	公开
2013-10-23	实质审查的生效	实质审查的生效 IPC(主分类):G01K 1/14 申请日:20130615
2015-05-27	授权	授权

共 3 条数据

### 专利 3- CN103487091A-授权



### 中国专利数据库 ( 知网版 )



#### 烤烟多参数实时监测仪

【申请号】	CN201310454364.2	【申请日】	2013-09-27
【公开号】	CN103487091A	【公开日】	2014-01-01
【申请人】	杭州宏量科技有限公司	【地址】	310018 浙江省杭州市经济技术开发区学源街258号
【发明人】	李东升;胡佳成;孙杰;程阳;郑志月;王梅宝		
【专利代理机构】	杭州求是专利事务所有限公司 33200	【代理人】	杜军
【国省代码】	33		
【摘要】	本发明公开了一种烤烟多参数实时监测仪。现有烟叶烘烤监测仪器的功能较为单一,所测参数不够丰富。本发明在烤房环境温度、烟叶表面温度测量的基础上,增加了叶间隙风速和气压测量的功能。本发明中叶面温度、叶间隙风速和叶间隙气压传感器的输出端与信号调理模块的输入端连接,信号调理模块输出端与A/D转换模块的输入端连接,信号处理后送至单片机;环境温度传感器的输出信号直接接入到单片机处理模块;液晶显示模块、按键模块、通信模块、时钟模块、存储模块都直接与单片机处理模块相连;电源模块为主机部分供电。本发明在能够实现烤房环境温度、叶面温度、叶间隙风速和气压多参数实时监测的同时,还具有高精度和便携等优点。		

【页数】	20
【主分类号】	G01D21/02
【专利分类号】	G01D21/02

申请号: CN201310454364.2		
法律状态公告日	法律状态	法律状态信息
2014-01-01	公开	公开
2014-02-05	实质审查的生效	实质审查的生效 IPC(主分类):G01D 21/02 申请日:20130927
2016-06-15	授权	授权
共 3 条数据		

### 专利 4-CN103033363A-授权



### 中国专利数据库 ( 知网版 )



#### 一种减速机综合参数测试装置

【申请号】	CN201310005156.4	【申请日】	2013-01-06
【公开号】	CN103033363A	【公开日】	2013-04-10
【申请人】	杭州嘉诚机械有限公司;中国计量学院	【地址】	311222 浙江省杭州市萧山区河庄街道向前村
【发明人】	叶张水;王坚;李东升;胡佳成		
【专利代理机构】	杭州求是专利事务所有限公司 33200	【代理人】	杜军
【国省代码】	33		
【摘要】	本发明公开了一种减速机综合参数测试装置。本发明包括一维X方向负载调节平台、磁粉制动器、二维Y、Z方向减速机调节平台、三维X、Y、Z方向电机调节平台、电机、蜗轮蜗杆减速机、两只转矩传感器及转矩传感器高度调整台、一只红外温度传感器和四副法兰。该测试平台结构简单,操作方便,采用本发明能够对测试系统中输入输出轴中心不同的各部件进行快速准确的调节和定位,采用转矩传感器和红外温度传感器,实现一系列不同型号减速机转速、转矩、传动效率及温升综合参数的测试。 一种减速机综合参数测试装置,其特征在于:包括一维X方向负载调节平台、二维Y、Z方向减速机调节平台、三维X、Y、Z方向电机调节平台,两个一维X方向负载调节平台对称地设置在二维Y、Z方向减速机调节平台的两侧;三维X、Y、Z方向电机调节平台安装在二维Y、Z方向减速机调节平台正前方,与一维X方向负载调节平台、二维Y、Z方向减速机调节平台所在的直线垂直;所述的一维X方向负载调节平台包括第一X底板、第一部件放置台板、磁粉制动器、第一法兰、第二法兰、第一转矩传感器、第一传感器高度调整台;第一X底板相对固定,第一部件放置台板与第一X底板滑动配合,在第一部件放置台板上设置有磁粉制动器、第一转矩传感器、第一传感器高度调整台,其中磁粉制动器的输入轴通过第一法兰与第一转矩传感器的输出轴连接,第一转矩传感器的输入轴通过第二法兰与二维Y、Z方向减速机调节平台上的减速机的输出轴连接;所述的二维Y、Z方向减速机调节平台包括第二Z方向调整台、第一Y底板、第二部件放置台板、被测减速机、红外温度传感器;第一Z方向调整台相对固定,第一Y底板固定于Z顶座上,第二部件放置台板与第一Y底板滑动配合,在第二部件放置台板上设置有被测减速机,减速机注油口的盖面上安装有红外温度传感器;所述的三维X、Y、Z方向电机调节平台包括第二Z方向调整台、第二Y底板、第二X底板、第三部件放置台板、电机、第三法兰、第四法兰、第二转矩传感器、第二传感器高度调整台;第二Z方向调整台相对固定,第二Y底板固定于Z顶座上,第二X底板与第二Y底板滑动配合,第三部件放置台板与第二X底板滑动配合,在第三部件放置台板上设置有电机、第二转矩传感器、第二传感器高度调整台,其中电机的输出轴通过第三法兰与第二转矩传感器的输入轴连接,第二转矩传感器的输入轴通过第四法兰与二维Y、Z方向减速机调节平台上的被测减速机的输入轴连接。		
【页数】	9		
【主分类号】	G01M13/02		
【专利分类号】	G01M13/02		

申请号: CN201310005156.4		
法律状态公告日	法律状态	法律状态信息
2013-04-10	公开	公开
2013-05-08	实质审查的生效	实质审查的生效 IPC(主分类):G01M 13/02 申请日:20130106
2015-06-03	授权	授权
共 3 条数据		

专利 5—CN105510641-公开



中国专利数据库 ( 知网版 )



一种高次谐波型石英叉微悬臂及制作方法

【申请号】	CN201510837029.X	【申请日】	2015-11-26
【公开号】	CN105510641A	【公开日】	2016-04-20
【申请人】	国家纳米科学中心	【地址】	100080 北京市海淀区中关村北一条11号
【发明人】	郑志月;许瑞;程志海		
【专利代理机构】	北京路浩知识产权代理有限公司 11002	【代理人】	李相雨
【国省代码】	11		
【摘要】	本发明涉及一种高次谐波型石英叉微悬臂及制作方法。该高次谐波型石英叉微悬臂包括：石英叉本体；所述石英叉本体包括音叉基部、振动臂和固定臂；所述振动臂和固定臂均与所述音叉基部相连；所述振动臂的厚度比所述固定臂的厚度小 $d$ mm，所述振动臂的厚度、所述固定臂的厚度和所述振动臂与所述固定臂之间的间隙之和等于所述石英叉本体的厚度，以使所述高次谐波型石英叉微悬臂的高阶本征频率是基础频率的整数倍；其中 $d$ 大于0且小于所述固定臂的厚度。本发明调谐了高阶本征模式的振荡频率与基频的耦合，可以实现除基频外更多频率信号的探测，能够提供很高的灵敏度和分辨率，实现针尖与样品间力的非线性以及样品更多物性的探测。		
【主权项】	一种高次谐波型石英叉微悬臂，其特征在于，包括：石英叉本体(1)；所述石英叉本体(1)包括音叉基部(11)、振动臂(12)和固定臂(13)；所述振动臂(12)和固定臂(13)均与所述音叉基部(11)相连；所述振动臂(12)的厚度比所述固定臂(13)的厚度小 $d$ mm，所述振动臂(12)的厚度、所述固定臂(13)的厚度和所述振动臂(12)与所述固定臂(13)之间的间隙之和等于所述石英叉本体(1)的厚度，以使所述高次谐波型石英叉微悬臂的高阶本征频率是基础频率的整数倍；其中 $d$ 大于0且小于所述固定臂的厚度。		
【页数】	8		
【主分类号】	G01Q60/38		
【专利分类号】	G01Q60/38		

申请号：CN201510837029.X		
法律状态公告日	法律状态	法律状态信息
2016-04-20	公开	公开
2016-05-18	实质审查的生效	实质审查的生效 IPC(主分类):G01Q 60/38 申请日:20151126
共 2 条 数据		

专利 6-CN105403734A-公开



中国专利数据库 ( 知网版 )



高次谐波型原子力显微镜微悬臂及其制作方法

【申请号】	CN201510837351.2	【申请日】	2015-11-26
【公开号】	CN105403734A	【公开日】	2016-03-16
【申请人】	国家纳米科学中心	【地址】	100080 北京市海淀区中关村北一条11号
【发明人】	郑志月;许瑞;程志海		
【专利代理机构】	北京路浩知识产权代理有限公司 11002	【代理人】	李相雨
【国省代码】	11		
【摘要】	本发明公开一种高次谐波型原子力显微镜微悬臂及其制作方法。其中，所述高次谐波型微悬臂包括：固定端和自由端，所述固定端和所述自由端连成一体，所述固定端的厚度比所述自由端的厚度大 $d$ um，以使得所述高次谐波型微悬臂的高阶本征模式频率为基础模式频率的整数倍，其中 $d$ 为正常数。本发明提供的高次谐波型微悬臂及其制作方法，调谐了高阶本征模式频率与基础模式频率的耦合，可以实现除基础模式频率外更多频率信号的探测，能够提供很高的灵敏度和分辨率，从而实现高次谐波型微悬臂的针尖与样品之间力的非线性以及样品更多物性的探测和研究。		
【主权项】	一种高次谐波型微悬臂，其特征在于，所述高次谐波型微悬臂包括：固定端和自由端，所述固定端和所述自由端连成一体，所述固定端的厚度比所述自由端的厚度大 $d$ um，以使得所述高次谐波型微悬臂的高阶本征模式频率为基础模式频率的整数倍，其中 $d$ 为正常数。		
【页数】	10		
【主分类号】	G01Q60/38		
【专利分类号】	G01Q60/38		

申请号：CN201510837351.2		
法律状态公告日	法律状态	法律状态信息
2016-03-16	公开	公开
2016-04-13	实质审查的生效	实质审查的生效 IPC(主分类):G01Q 60/38 申请日:20151126
共 2 条 数据		