



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106501552 B

(45)授权公告日 2019.09.10

(21)申请号 201510561823.6

(51)Int.CI.

(22)申请日 2015.09.07

6010 60/50(2010.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

(56)对比文件

申请公布号 CN 106501552 A

CN 102507988 A, 2012.06.20, 全文.

(43)申请公布日 2017.03.15

CN 103336151 A, 2013.10.02, 全文.

(73)专利权人 中国科学院苏州纳米技术与纳米  
仿生研究所

CN 102353815 A, 2012.02.15, 说明书第5-  
29段, 图1.

地址 215125 江苏省苏州市工业园区独墅  
湖高教区若水路398号

韩宝善. “磁力显微镜的发展和应用”.《物  
理》.1997, 第26卷(第10期),

(72)发明人 钟海舰 刘争晖 徐耿钊 樊英民  
黄增立 徐科

审查员 黄俞

(74)专利代理机构 上海翼胜专利商标事务所  
(普通合伙) 31218

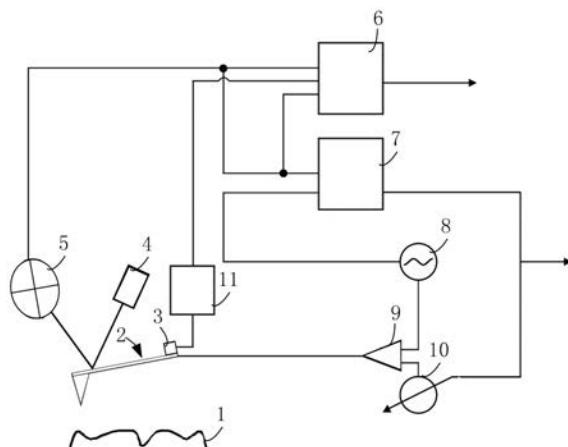
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种同时测量表面磁性和表面电势的方法

(57)摘要

本发明提供一种同时测量表面磁性和表面电势的方法,包括如下步骤:(1)磁性原子力显微镜探针以第一本征频率振动,待测样品进行第一次扫描,获得待测样品表面形貌曲线;(2)将磁性原子力显微镜探针抬起预定高度,以第一本征频率振动,将一频率等于磁性原子力显微镜探针的第二本征频率的交流信号与直流偏压施加到磁性原子力显微镜探针上后,按照待测样品表面形貌曲线对待测样品进行第二次扫描;(3)调节直流偏压,若振幅和/或频率信号为零,则磁性原子力显微镜探针与待测样品等电位,输出该直流偏压,获得待测样品表面电势;对磁性原子力显微镜探针第一本征频率处的振幅和/或频率和/或相位信号进行反馈,得到待测样品表面磁畴分布。



1.一种同时测量表面磁性和表面电势的方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1)使磁性原子力显微镜探针以第一本征频率振动,并对待测样品进行第一次扫描,获得待测样品表面形貌曲线;

(2)将所述磁性原子力显微镜探针抬起预定高度,并以第一本征频率振动,同时将一频率等于所述磁性原子力显微镜探针的第二本征频率的交流信号与一直流偏压施加到所述磁性原子力显微镜探针上后,按照在步骤(1)中测量得到的待测样品表面形貌曲线对待测样品进行第二次扫描;

(3)调节所述直流偏压,且对所述磁性原子力显微镜探针第二本征频率处的振幅和/或频率信号进行反馈,若所述振幅和/或频率信号为零,则所述磁性原子力显微镜探针与待测样品等电位,输出该直流偏压,获得待测样品表面电势;若所述磁性原子力显微镜探针与待测样品等电位,则对所述磁性原子力显微镜探针第一本征频率处的振幅和/或频率和/或相位信号进行反馈,得到待测样品表面磁畴分布;

在步骤(2)中,一光电二极管照射所述磁性原子力显微镜探针,光电二极管发出的光信号被所述磁性原子力显微镜探针反射后,被一光电探测器捕获,并将该光信号转换为电信号输入第一锁相放大器和第二锁相放大器,所述光信号是包含第一本征频率探测到的磁力信号和第二本征频率探测到的表面电势信号的混合信号;

在步骤(3)中,所述第二锁相放大器对所述磁性原子力显微镜探针第二本征频率处的振幅或频率信号进行反馈,获得待测样品表面电势的变化曲线;所述第一锁相放大器对所述磁性原子力显微镜探针第一本征频率处的振幅、频率或相位信号进行反馈,得到待测样品表面磁畴分布。

2.根据权利要求1所述的同时测量表面磁性和表面电势的方法,其特征在于,在步骤(1)中,利用振荡器激发设置在所述磁性原子力显微镜探针悬臂处的压电陶瓷,使得所述磁性原子力显微镜探针以第一本征频率振动。

3.根据权利要求1所述的同时测量表面磁性和表面电势的方法,其特征在于,在步骤(1)中,一光电二极管照射所述磁性原子力显微镜探针,光电二极管发出的光信号被所述磁性原子力显微镜探针反射后,被一光电探测器捕获,并将该光信号转换为电信号输入向第一锁相放大器,利用所述第一锁相放大器反馈输出的振幅信号来获得待测样品的表面形貌曲线。

4.根据权利要求1所述的同时测量表面磁性和表面电势的方法,其特征在于,在步骤(2)中,利用振荡器激发设置在所述磁性原子力显微镜探针悬臂处的压电陶瓷,使得所述磁性原子力显微镜探针以第一本征频率振动。

5.根据权利要求1所述的同时测量表面磁性和表面电势的方法,其特征在于,在步骤(2)中,频率等于磁性原子力显微镜探针的第二本征频率的交流信号与所述直流偏压通过一加法器直接施加至所述磁性原子力显微镜探针。

6.根据权利要求1所述的同时测量表面磁性和表面电势的方法,其特征在于,在步骤(2)中,所述频率等于磁性原子力显微镜探针的第二本征频率的交流信号由信号发生器产生,所述直流偏压由直流偏压调节器产生。

## 一种同时测量表面磁性和表面电势的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及材料的微观磁性检测分析领域,尤其涉及一种同时测量表面磁性和表面电势的方法。

### 背景技术

[0002] 在材料的微观磁性检测分析中,通常使用原子力显微镜中的磁力显微镜模式。常规的磁力显微镜模式中,采用磁性原子力显微镜探针对样品表面进行扫描检测。测量过程中,对样品表面的每一行都进行两次扫描:第一次扫描采用轻敲模式,得到样品在这一行的高低起伏并记录下来;然后采用抬高模式,让磁性原子力显微镜探针抬起一定的高度(通常为10~200nm),并按样品表面起伏轨迹进行第二次扫描,由于探针被抬起且按样品表面起伏轨迹扫描,故第二次扫描过程中针尖不接触样品表面(不存在针尖与样品间原子的短程斥力)且与其保持恒定距离(消除了样品表面形貌的影响),磁性原子力显微镜探针因受到的长程磁力的作用而引起的振幅和相位变化,因此,将第二次扫描中探针的振幅和相位变化记录下来,就能得到样品表面漏磁场的精细梯度,从而得到样品的磁畴结构。一般而言,相对于磁性原子力显微镜探针的振幅,其振动相位对样品表面磁场变化更敏感,因此,相移成像技术是磁力显微镜的重要方法,其结果的分辨率更高、细节也更丰富。

[0003] 但是,由于材料表面往往存在着不饱和的悬键,从而导致在材料表面普遍会存在静电荷的累积。而磁性原子力显微镜探针尖端磁性层通常为Co/Cr金属镀膜,因此,在进行磁力测量时,磁性原子力显微镜探针的振动振幅和相位又会受到材料表面静电荷所产生的同样是长程力的库仑相互作用力的影响。因此,利用常规的磁力显微镜对材料表面的磁性进行测量,其所得结果并不纯粹,其中往往是磁力和静电力共同作用于磁性原子力显微镜探针后所得到结果。

### 发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是,提供一种同时测量表面磁性和表面电势的方法,其能够解决在磁性样品表面进行磁力显微镜测量时,静电力对磁力测量的干扰问题,可实现磁力与静电力信号的分离,并同时获得样品表面的磁性和表面电势分布,提升磁力显微镜测量结果的准确度。

[0005] 为了解决上述问题,本发明提供了一种同时测量表面磁性和表面电势的方法,包括如下步骤:(1)使磁性原子力显微镜探针以第一本征频率振动,并对待测样品进行第一次扫描,获得待测样品表面形貌曲线;(2)将所述磁性原子力显微镜探针抬起预定高度,并以第一本征频率振动,同时将一频率等于所述磁性原子力显微镜探针的第二本征频率的交流信号与一直流偏压施加到所述磁性原子力显微镜探针上后,按照在步骤(1)中测量得到的待测样品表面形貌曲线对待测样品进行第二次扫描;(3)调节所述直流偏压,且对所述磁性原子力显微镜探针第二本征频率处的振幅和/或频率信号进行反馈,若所述振幅和/或频率信号为零,则所述磁性原子力显微镜探针与待测样品等电位,输出该直流偏压,获得待测样

品表面电势；若所述磁性原子力显微镜探针与待测样品等电位，则对所述磁性原子力显微镜探针第一本征频率处的振幅和/或频率和/或相位信号进行反馈，得到待测样品表面磁畴分布。

[0006] 进一步，在步骤(1)中，利用振荡器激发设置在所述磁性原子力显微镜探针悬臂处的压电陶瓷，使得所述磁性原子力显微镜探针以第一本征频率振动。

[0007] 进一步，在步骤(1)中，一光电二极管照射所述磁性原子力显微镜探针，光电二极管发出的光被所述磁性原子力显微镜探针反射后，被一光电探测器捕获，并将该光信号转换为电信号输入向第一锁相放大器，利用所述第一锁相放大器反馈输出的振幅信号来获得待测样品的表面形貌曲线。

[0008] 进一步，在步骤(2)中，利用振荡器激发设置在所述磁性原子力显微镜探针悬臂处的压电陶瓷，使得所述磁性原子力显微镜探针以第一本征频率振动。

[0009] 进一步，在步骤(2)中，频率等于磁性原子力显微镜探针的第二本征频率的交流信号与所述直流偏压通过一加法器直接施加至所述磁性原子力显微镜探针。

[0010] 进一步，在步骤(2)中，一光电二极管照射所述磁性原子力显微镜探针，光电二极管发出的光被所述磁性原子力显微镜探针反射后，被一光电探测器捕获，并将该光信号转换为电信号输入向第一锁相放大器和第二锁相放大器，所述光信号是包含第一本征频率探测到的磁力信号和第二本征频率探测到的表面电势信号的混合信号。

[0011] 进一步，在步骤(3)中，所述第二锁相放大器对所述磁性原子力显微镜探针第二本征频率处的振幅或频率信号进行反馈，获得待测样品表面电势的变化曲线，同时调节直流偏压，使所述磁性原子力显微镜探针与待测样品等电位；所述第一锁相放大器对所述磁性原子力显微镜探针第一本征频率处的振幅、频率或相位信号进行反馈，得到待测样品表面磁畴分布。

[0012] 进一步，在步骤(2)中，所述频率等于磁性原子力显微镜探针的第二本征频率的交流信号由信号发生器产生，所述直流偏压由直流偏压调节器产生。

[0013] 本发明的优点在于，基于常规大气下的原子力显微镜，采用两次扫描的方式，在第一次扫描时，利用磁性原子力显微镜探针的第一本征频率的振幅信号反馈来测量形貌，在第二次扫描时，磁性原子力显微镜探针原位抬起一定高度，利用其高次本征振动频率的振幅或频率信号反馈来探测表面电势，并抵消表面静电荷所导致的静电力对探针的作用力，同时利用第一本征频率的振幅、频率或相位反馈信号得到待测样品的表面磁畴分布图。本发明方法不会影响原子力显微镜原来的形貌测量功能，解决了在磁性样品表面进行磁力显微镜测量时，静电力对磁力测量的干扰问题，可实现磁力与静电力信号的分离，并同时获得样品表面的磁性和表面电势分布，提升磁力显微镜测量结果的准确度，可应用于各种涉及磁性、电学特性、半导体产业等领域的研究和材料、产品性能检测。

## 附图说明

[0014] 图1是本发明一种同时测量表面磁性和表面电势的方法采用的测量装置结构图。

## 具体实施方式

[0015] 下面结合附图对本发明提供的一种同时测量表面磁性和表面电势的方法的具体

实施方式做详细说明。

[0016] 参见图1,本发明一种同时测量表面磁性和表面电势的方法,包括如下步骤:

[0017] 步骤(1),使所述磁性原子力显微镜探针以第一本征频率振动,进行第一次扫描,获得待测样品表面形貌曲线。本步骤可以采用轻敲模式,以获得待测样品表面形貌数据。

[0018] 在本具体实施方式中,利用振荡器11激发设置在所述磁性原子力显微镜探针2的悬臂处的压电陶瓷3,使得所述磁性原子力显微镜探针2以第一本征频率振动。

[0019] 一光电二极管4照射所述磁性原子力显微镜探针2,光电二极管4发出的光被所述磁性原子力显微镜探针2反射后,被一光电探测器5捕获,并将该光信号转换为电信号输入向第一锁相放大器6,利用所述第一锁相放大器6反馈输出的振幅信号来获得待测样品1的表面形貌曲线。

[0020] 步骤(2),将所述磁性原子力显微镜探针抬起预定高度,并以第一本征频率振动,同时将一频率等于所述磁性原子力显微镜探针的第二本征频率的交流信号与一直流偏压施加到所述磁性原子力显微镜探针上后,按照在步骤(1)中测量得到的待测样品表面形貌曲线对待测样品进行第二次扫描。

[0021] 在本具体实施方式中,将磁性原子力显微镜探针2抬起预定的高度,利用振荡器11激发设置在所述磁性原子力显微镜探针2的悬臂处的压电陶瓷3,使得磁性原子力显微镜探针2以第一本征频率振动。同时将信号发生器8产生的、频率等于磁性原子力显微镜探针2的第二本征频率的交流信号以及直流偏压调节器10输出的直流偏压经由加法器9直接施加到磁性原子力显微镜探针2上。本发明所述的第一本征频率与第二本征频率为磁性原子力显微镜探针2的两个不同的本征频率,即本发明使用针尖的一个本征共振频率进行成像,然后用针尖的其他本征共振频率进行电势检测。

[0022] 所述光电二极管4照射所述磁性原子力显微镜探针2,光电二极管4发出的光被所述磁性原子力显微镜探针2反射后,被所述光电探测器5捕获,并将该光信号转换为电信号输入向第一锁相放大器6和第二锁相放大器7,所述光信号是包含第一本征频率探测到的磁力信号和第二本征频率探测到的表面电势信号的混合信号。

[0023] 步骤(3),调节所述直流偏压,且对所述磁性原子力显微镜探针第二本征频率处的振幅和/或频率信号进行反馈,若所述振幅和/或频率信号为零,则所述磁性原子力显微镜探针与待测样品等电位,输出该直流偏压,获得待测样品表面电势;若所述磁性原子力显微镜探针与待测样品等电位,则对所述磁性原子力显微镜探针第一本征频率处的振幅和/或频率和/或相位信号进行反馈,得到待测样品表面磁畴分布。

[0024] 在本具体实施方式中,所述第二锁相放大器7对所述磁性原子力显微镜探针2的第二本征频率处的振幅或频率信号进行反馈,同时调节直流偏压调节器10输入到磁性原子力显微镜探针2上的直流偏压,若所述振幅和/或频率信号为零,则所述磁性原子力显微镜探针2与待测样品等电位,输出该直流偏压,获得待测样品1表面电势的变化曲线。所述磁性原子力显微镜探针2与待测样品1等电位即磁性原子力显微镜探针2与待测样品1之间的静电力为零,消除了待测样品1表面静电荷产生的静电力影响,并获得表面电势的变化曲线。若所述磁性原子力显微镜探针2与待测样品1等电位,则所述第一锁相放大器6对所述磁性原子力显微镜探针2的第一本征频率处的振幅、频率或相位信号进行反馈,可解调出其中包含的磁力信号,并用振幅、频率或相位的方式输出到显示界面,得到待测样品1表面磁畴分布。

[0025] 下面列举本发明两个具体实施例,以进一步说明本发明一种同时测量表面磁性和表面电势的方法的步骤。

[0026] 实施例1

[0027] 步骤一:基于现有成熟技术中常规原子力显微镜的功能,第一次扫描,利用振荡器11激发压电陶瓷3,使得磁性原子力显微镜探针2以第一本征频率振动,其振动信号由光电二极管4产生大的激光经磁性原子力显微镜探针2反射后照射到光电探测器5上,然后输入第一锁相放大器6,利用第一锁相放大器6反馈输出的振幅信号来获得待测样品1的表面形貌曲线。

[0028] 步骤二:第二次扫描,将磁性原子力显微镜探针2抬起预定的高度,利用振荡器11激发压电陶瓷3,使得磁性原子力显微镜探针2以第一本征频率振动,同时将信号发生器8产生的、频率等于磁性原子力显微镜探针2第二本征频率的交流信号以及直流偏压调节器10输出的直流偏压经由加法器9直接施加到磁性原子力显微镜探针2上。类似步骤一,磁性原子力显微镜探针2同样可将光电二极管4中射出的激光信号反射到光电探测器5中,该激光信号是包含第一本征频率探测到的磁力信号和第二本征频率探测到的表面电势信号的混合信号。

[0029] 步骤三:混合信号输入到第二锁相放大器7中,利用该第二锁相放大器7对磁性原子力显微镜探针2第二本征频率处振幅信号的进行反馈,同时调节直流偏压调节器10输入到磁性原子力显微镜探针2上的直流偏压,若所述振幅信号为零,则磁性原子力显微镜探针2与待测样品1为等电位,即磁性原子力显微镜探针2与待测样品1之间的静电力为零,消除了待测样品1表面静电荷产生的静电力影响,输出该直流偏压,获得表面电势的变化曲线。

[0030] 若所述磁性原子力显微镜探针2与待测样品1等电位,则将光电探测器5输出的混合信号输入到第一锁相放大器6中,利用该第一锁相放大器6对磁性原子力显微镜探针2第一本征频率处振幅信号的进行反馈,可解调出其中包含的磁力信号,并用振幅的方式输出到显示界面。

[0031] 实施例2

[0032] 步骤一:基于现有成熟技术中常规原子力显微镜的功能,第一次扫描,利用振荡器11激发压电陶瓷3,使得磁性原子力显微镜探针2以第一本征频率振动,其振动信号由光电二极管4产生大的激光经磁性原子力显微镜探针2反射后照射到光电探测器5上,然后输入第一锁相放大器6,利用第一锁相放大器6反馈输出的振幅信号来获得待测样品1的表面形貌曲线。

[0033] 步骤二:第二次扫描,将磁性原子力显微镜探针2抬起预定的高度,利用振荡器11激发压电陶瓷3,使得磁性原子力显微镜探针2以第一本征频率振动,同时将信号发生器8产生的、频率等于磁性原子力显微镜探针2第二本征频率的交流信号以及直流偏压调节器10输出的直流偏压经由加法器9直接施加到磁性原子力显微镜探针2上。类似步骤一,磁性原子力显微镜探针2同样可将光电二极管4中射出的激光信号反射到光电探测器5中,该激光信号是包含第一本征频率探测到的磁力信号和第二本征频率探测到的表面电势信号的混合信号。

[0034] 步骤三:混合信号输入到第二锁相放大器7中,利用该第二锁相放大器7对磁性原子力显微镜探针2第二本征频率处频率信号的进行反馈,同时调节直流偏压调节器10输入

到磁性原子力显微镜探针2上的直流偏压，若所述频率信号为零，则磁性原子力显微镜探针2与待测样品1为等电位，即磁性原子力显微镜探针2与待测样品1之间的静电力为零，消除了待测样品1表面静电荷产生的静电力影响，输出该直流偏压，获得表面电势的变化曲线。

[0035] 若所述磁性原子力显微镜探针2与待测样品1等电位，则将光电探测器5输出的混合信号输入到第一锁相放大器6中，利用该第一锁相放大器6对磁性原子力显微镜探针2第一本征频率处相位信号的进行反馈，可解调出其中包含的磁力信号，并用相位的方式输出到显示界面。

[0036] 以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

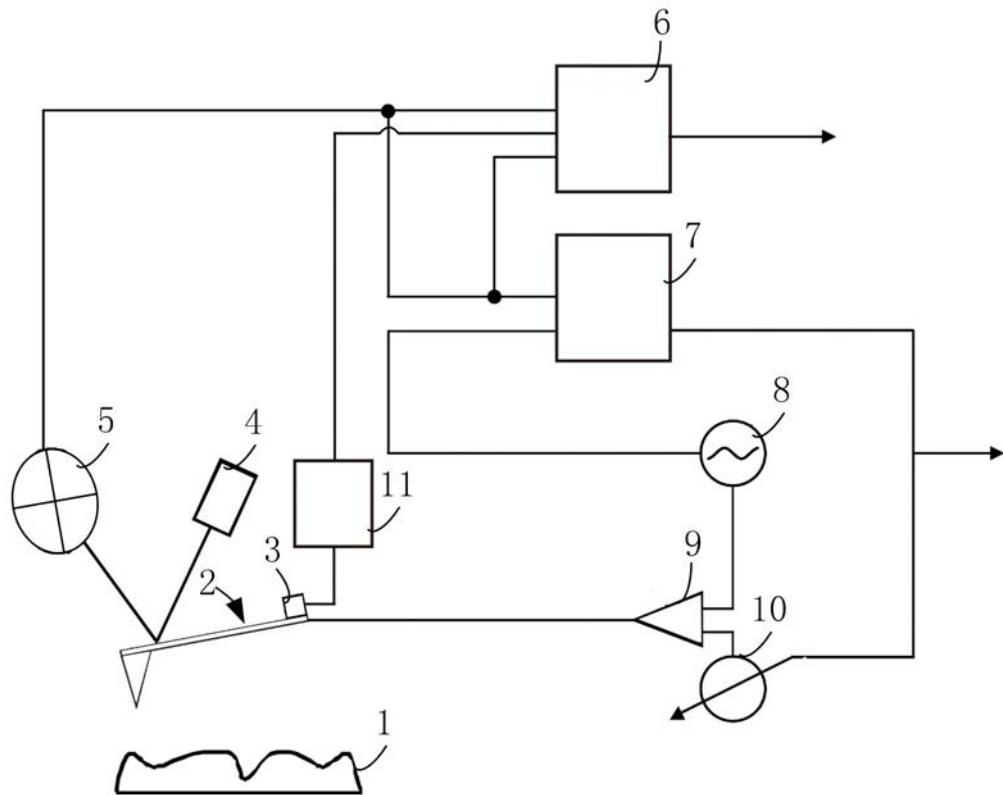


图1