



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103578485 B

(45)授权公告日 2017.04.12

(21)申请号 201310293831.8

(22)申请日 2013.07.12

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103578485 A

(43)申请公布日 2014.02.12

(30)优先权数据

13/555,581 2012.07.23 US

(73)专利权人 希捷科技有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 M·T·约翰逊

M·C·艾纳亚 杜弗瑞斯恩 郑譞

D·刘

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 何焜

(51)Int.Cl.

G11B 5/23(2006.01)

(56)对比文件

US 2008225426 A1, 2008.09.18,

US 2011235208 A1, 2011.09.29,

US 2012120522 A1, 2012.05.17,

CN 1609999 A, 2005.04.27,

审查员 姚宗妮

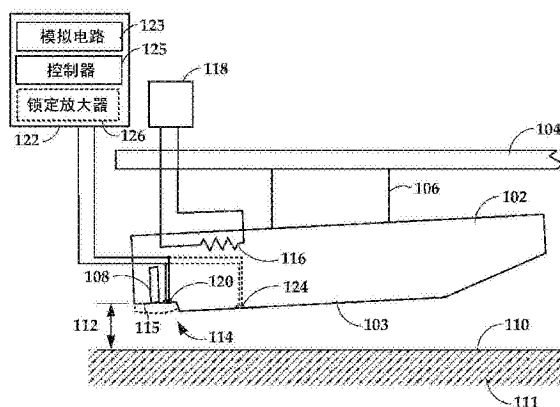
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

利用第一和第二电阻式传感器偏置电平检测头-盘接触和/或间隙

(57)摘要

本发明公开了利用第一和第二电阻式传感器偏置电平检测头盘接触和/或间隙。将偏置信号施加至靠近磁传感器的磁介质读取表面定位的电阻式热传感器。偏置信号在第一和第二偏置电平之间被调制。测量对应于第一和第二偏置电平的电阻式热传感器的第一和第二电阻。基于由随着磁头更靠近介质在磁传感器与介质之间的热导率的增加引起的第一和第二电阻之间的差异,确定磁传感器与介质之间的间距和接触中的至少一个。



1. 一种用于数据存储的装置,包括:

偏置电路,被配置成将经调制的DC偏置信号施加至电阻式热传感器,所述电阻式热传感器靠近磁传感器的介质读取表面设置,所述偏置信号在第一和第二偏置电平之间被调制;以及

控制器,所述控制器被配置成:

测量对应于第一和第二偏置电平的电阻式热传感器的第一和第二电阻;以及

根据用于调节磁传感器和介质之间的间距的加热器功率、基于第一和第二电阻之间的差异,确定磁传感器和介质之间的间距和接触中的至少一个,所述差异由随着磁传感器更靠近介质在磁传感器和介质之间的热导率的增加引起,且其中所述差异独立于热电阻的热系数和电阻式热传感器的冷电阻而确定电阻式热传感器和介质之间的热导率变化。

2. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,确定磁传感器和介质之间的所述间距和接触中的至少一个包括确定相对于所述加热器功率的第一和第二电阻之差的变化率。

3. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,在频域中测量所述第一和第二电阻。

4. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,在与所述偏置信号的调制频率对应的频率下测量所述第一和第二电阻。

5. 如权利要求4所述的装置,其特征在于,进一步包括锁定放大器,所述锁定放大器耦合至偏置电路和控制器中的一个以测量所述第一和第二电阻。

6. 如权利要求4所述的装置,其特征在于,进一步包括窄带滤波器,所述窄带滤波器耦合至偏置电路和控制器中的一个以测量所述第一和第二电阻。

7. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,确定所述间距和所述接触中的至少一个包括:经由所述第一和第二电阻之间的差异来确定相对于零加热器功率处的热导率施加所述加热器功率时的热导率变化。

8. 如权利要求7所述的装置,其特征在于,所述热导率变化的确定利用磁传感器附近的热传递的集总参数模型。

9. 一种用于数据存储的方法,包括:

将经调制的DC偏置信号施加至靠近磁传感器的磁介质读取表面定位的电阻式热传感器;

测量对应于所述第一和第二偏置电平的电阻式热传感器的第一和第二电阻;以及

根据用于调节磁传感器和介质之间的间距的加热器功率、基于第一和第二电阻之间的差异,确定磁传感器和介质之间的间距和接触中的至少一个,所述差异由随着磁传感器更靠近介质在磁传感器和介质之间的热导率的增加引起,且其中所述差异独立于热电阻的热系数和电阻式热传感器的冷电阻而确定电阻式热传感器和介质之间的热导率变化。

10. 如权利要求9所述的方法,其特征在于,确定磁传感器和介质之间的所述间距和接触中的至少一个包括确定相对于所述加热器功率的第一和第二电阻之差的变化率。

11. 如权利要求9所述的方法,其特征在于,在频域中测量所述第一和第二电阻。

12. 如权利要求9所述的方法,其特征在于,在与所述偏置信号的调制频率对应的频率下测量所述第一和第二电阻。

13. 如权利要求12所述的方法,其特征在于,通过锁定放大器测量所述第一和第二电阻。

14. 如权利要求12所述的方法,其特征在于,通过窄带滤波器测量所述第一和第二电阻。

15. 一种用于数据存储的装置,包括:

磁传感器,包括靠近磁传感器的介质读取表面的电阻式热传感器;

偏置电路,耦合至磁传感器并且被配置成将包括不同的第一和第二偏置电平的经调制的DC偏置信号施加至所述电阻式热传感器,所述偏置信号在第一和第二偏置电平之间被调制;以及

控制器,耦合至磁传感器并且被配置成:

测量对应于第一和第二偏置电平的电阻式热传感器的第一和第二电阻;以及

根据用于调节磁传感器和介质之间的间距的加热器功率、基于第一和第二电阻之间的差异,确定磁传感器与介质之间的间距和接触中的至少一个,所述差异由随着磁传感器更靠近介质在磁传感器和介质之间的热导率的增加引起,且其中确定所述间距和所述接触中的至少一个包括:经由所述第一和第二电阻之间的差异来确定相对于零加热器功率处的热导率施加所述加热器功率时的热导率变化。

16. 如权利要求15所述的装置,其特征在于,进一步包括用于调节磁传感器和介质之间的间距的加热器,并且其中确定磁传感器与介质之间的所述间距和接触中的至少一个包括确定相对于施加至加热器的功率的所述第一和第二电阻之差的变化率。

17. 如权利要求15所述的装置,其特征在于,在频域中测量所述第一和第二电阻。

18. 如权利要求17所述的装置,其特征在于,进一步包括锁定放大器,所述锁定放大器耦合至偏置电路和控制器中的一个以测量所述第一和第二电阻。

19. 如权利要求17所述的装置,进一步包括窄带滤波器,所述窄带滤波器耦合至偏置电路和控制器中的一个以测量所述第一和第二电阻。

20. 如权利要求15所述的装置,其特征在于,所述热导率变化的确定利用磁传感器附近的热传递的集总参数模型。

利用第一和第二电阻式传感器偏置电平检测头-盘接触和/或间隙

发明内容

[0001] 本发明涉及利用第一和第二电阻式传感器偏置电平来检测头-盘接触和/或间隙。在一个实施例中,将偏置信号施加至位于靠近磁传感器的磁介质读取表面的电阻式热传感器。偏置信号在第一和第二偏置电平之间被调制。测量对应于第一和第二偏置电平的电阻式热传感器的第一和第二电阻。基于由随着磁传感器更靠近介质在磁传感器和介质之间的热导率的增加引起的第一和第二电阻之间的差异确定磁头和介质之间的间距和接触中的至少一个。

[0002] 根据以下详细讨论和附图,将理解各个实施例的这些和其他特征。

附图说明

[0003] 下面的讨论参考以下附图,其中相同的附图标记可用于表示多个附图中的类似/相同部件。

[0004] 图1A为根据示例实施例的装置的硬盘驱动器滑块和介质布置的框图;

[0005] 图1B为示出了根据示例实施例的对于不同加热器电流的电阻式传感器的偏置电流和电阻的曲线图;

[0006] 图2A—2C为示出了根据示例实施例的测得的设备响应的曲线图;

[0007] 图3示出了根据示例实施例的根据利用集总参数模型的测量而确定的热传导;

[0008] 图4A—4B为示出了根据示例实施例的设备的有限元建模结果的曲线图;以及

[0009] 图5为示出了根据示例实施例的程序的流程图。

[0010] 详细描述

[0011] 本发明一般涉及用于数据存储的磁记录设备。数据存储系统可包括向磁记录介质读和写信息的一个或多个记录头。通常需要在记录头及其相关的介质之间具有相对小的距离或间距。该距离或间距被称为“飞行高度”或“头-介质间距”。通过减小头-介质间距,记录头可更好地向介质写入数据和从介质读取数据。减小头-介质间距还允许测量记录介质形貌,诸如用于检测记录介质表面的粗糙度和其他特征。

[0012] 现参照图1,框图显示在根据示例实施例的硬盘驱动器滑块102中采用的磁传感器的侧视图。滑块102通过悬架106耦合至臂104,悬架106允许滑块102与臂104之间的一些相对运动。滑块102包括在滑块102后沿附近的在介质读取表面115处的读/写换能器108。当对介质进行读取和写入时,保持换能器108靠近磁记录介质(例如,磁盘111)的表面110。当滑块102位于磁盘111的表面110上方时,通过臂104的向下力在滑块102和表面110之间维持飞行高度112。该向下力通过存在于表面110和滑块102的空气承载表面103之间的气垫来平衡。

[0013] 需要在读和写操作期间在磁盘转速的正常范围上保持预定的滑块飞行高度112,以确保一致的性能。区域114包含滑块102的“近点(close point)”,近点一般可理解为滑块102与磁记录介质表面110之间的最靠近的接触点。为了解决可能影响滑块飞行高度112的

静态和动态变化,可配置滑块102使得可在操作期间可配置地调节靠近换能器108的滑块102的区域114。这在图1A中通过表示区域114的几何形状的变化的虚线显示。在该示例中,可通过区域114的温度的升高和降低来整体或部分地引起几何形状变化。

[0014] 由于温度变化改变区域114的形状的能力可源自例如区域114由与滑块102的其他部分不同的材料形成。在这种情况下,温度的变化导致由各种材料的不同热膨胀性能引起的该区域114的变形。因此,选择性地向滑块102施加热量可用于精细地调节换能器108的例如在换能器108和介质表面110之间所测量的有效飞行高度112。

[0015] 为了提供这种类型的对有效飞行高度112的控制,滑块102可包括(或热耦合至)加热元件116。可通过控制电路118给该加热元件116(例如,电阻加热器)提供可选的电流。加热元件116可被安装在多个位置(例如,接近区域114)并且以使其对滑块112的空气动力特性影响最小的方式安装。除加热元件116之外或作为加热元件的附加,滑块102的其他元件也可提供热量。例如,读/写换能器108的写线圈可产生足够的热量以引起区域114的可配置变形。另外,代替加热元件116或作为加热元件116的附加,非热设备(例如,压电设备)也可引起区域114的一些变形/挠曲。将理解,滑块102可包括两个或多个独立近点区域114和加热器116,例如,与读传感器相关联的一个区域和加热器以及与写换能器相关联的另一区域和加热器。

[0016] 滑块102还包括位于或靠近区域114的电阻式温度传感器120。该传感器120具有允许高精度测量区域114处的温度(或温度变化)的电阻温度系数(TCR),并因此有时被称为TCR传感器。TCR传感器120耦合至与传感器120通信的传感器/控制电路122。控制电路122可至少包括用于与传感器通信的模拟电路123(例如,具有用于将偏置信号施加至传感器120的偏置电路)。模拟电路123可包括但不限于放大器、前置放大器、滤波器、电流/电压限制器,等等。传感器/控制电路122还包括控制器125,控制器125可包括配置成执行本文所述的感测和控制功能的逻辑电路。可任选地,滑块102可包括一个或多个其他TCR传感器(如通过传感器124所表示的),该传感器124也耦合至传感器电路122。传感器124设置在与传感器120物理分隔的位置,并且可与传感器120分开连接或与传感器120连接在一起(例如,串联或并联)。

[0017] 通过传感器电路122偏置在空气承载表面上的TCR传感器120,并且还可通过电路122监测响应。例如,偏置可以是施加至传感器120的恒定电流,并且响应可以是传感器120两端所产生的电压。根据欧姆定律,该电压与传感器的电阻成比例,并因此该电压可被转换成电阻值。本文所述的概念还可应用于其他偏置信号和响应,例如,导致电流根据传感器电阻变化的恒定施加电压。

[0018] 传感器120的响应可用于感测在操作期间与介质表面110的接触和/或检测表面110上的滑块102的飞行高度112。一些现有的接触检测技术包括向传感器120施加DC偏压以及当供给加热器116的功率变化时尝试检测电阻的相对变化。随着近点区域114与介质表面110接触,由于温度的升高,摩擦通常可导致传感器电阻的增加,这可在传感器120的DC电阻信号中被检测到。然而,DC电阻测量经受噪声,并且在估计DC电阻之前可能需要大量的样本。这可使系统的响应慢得难以接受。而且,该技术的灵敏度可显著地依赖于加热器116的致动效率。这可使得更难以随着空气承载状况的变化来一致地设置接触阈值。例如,空气承载设计之间的接触响应的差异可仅仅来自加热器之间的效率差异。

[0019] 另一接触检测技术包括测量传感器120的所感测的电阻(或电压)读数的RMS功率。由于滑块到盘的接触,在区域114中发生机械和热扰动,并且这些扰动可以以传感器输出的RMS值的特征(例如,增加)的形式被检测。由于通过调制产生的间隙变化以及增加磨损的可能性,这些检测技术对热和盘之间的间隙可被设置多低施加了限制。因此,降低接触信号或加热器效率的依赖性的接触方法是合乎需要的。

[0020] 在一个示例中,通过在预定频率下的两个电平之间变化的时间变化信号偏置一个或多个传感器120、124。响应于该偏置,可检测电阻响应于两个偏置电平从第一到第二电阻值的变化。电阻的这种变化不直接依赖于加热器效率。因此,自动消除了由加热器的加热变化引起的电阻变化。可在已知调制频率下偏置一个或多个传感器120、124,这允许使用窄带滤波器(或锁定放大器126)来消除噪声和提高信噪比(SNR)。可在时域和/或频域中处理传感器120、124输出,例如,通过可用于将时域测量转换为频域信息的数字信号处理器。

[0021] 在本文所描述的一些实施例中,对于固定的加热器功率,经调制的偏置可用于测量由热传导率变化导致的传感器120的电阻的变化。为了本公开的目的,由于偏置电流至少在幅度上随时间交替,并且可任选地在方向上随时间交替,因此该偏置可被称为交流(AC)偏置。AC电流调制参数可以是恒定的,例如,随时间的推移具有相同最小值、最大值、频率、形状等等。在图1B中,曲线图130、140分别示出了根据示例实施例的电阻式温度传感器的AC偏置信号和相关的响应的示例。

[0022] 曲线图130为施加的偏置电流相对于时间的曲线图。电流在两个值 I_0 和 I_h 之间变化。在该示例中,电流正弦地变化,但其他波形也是可能的(例如,方波、锯齿波)。电流波形随时间的推移保持值 I_0 和 I_h ,以便极值(或在连续周期上的相同时刻的测得的任何其他值)随时间的推移保持不变,即使电流本身是正弦变化的。注意,在该示例中, I_0 为正,并由于有时电流与AC波形相关联,因此电流不改变方向。因此,在本实施例中的信号可被认为是具有正值 I_0 和 I_h 的调制的DC信号。在其他实施例中, I_0 和 I_h 中的一个或两个的值可以是负的,在这种情况下, I_0 可被认为是具有最低幅度的第一极值,以及 I_h 可被认为是具有最高幅度的第二极值。

[0023] 应用于两个曲线图130、140的两个时间周期在图1B中可被标注为 P_1 和 P_2 。这指的是将两个不同功率电平施加至加热器(例如,图1A中的加热器116)的周期,该加热器用于调节滑块和介质之间的间隙(例如,图1A中的飞行高度112)。加热器功率的这种变化将导致传感器120的局部温度的变化,这产生如曲线图140所示的电阻的变化。当施加 P_1 时,最大和最小电阻之间的差异为 dR_1 。当施加 P_2 时,最大和最小电阻之间的差异为 dR_2 。如以下将说明的, dR_1 的幅度与 dR_2 不同,并且可连续跟踪这些差异以确定头-盘接触,以及头-盘之间的有效间隙(例如,飞行高度112)。

[0024] 应当注意,曲线图130和140中的波形大体上在相同频率(通过波长132、142推理地表示),该频率被从控制电路122施加至传感器120。可仅在该频率142下检查曲线图140中的传感器120的输出,从而降低噪声对测量的影响。例如,传感器电路122可利用针对施加至传感器120的相同频率132被调谐的锁定放大器126(也被称为相敏检测器)。

[0025] 图1B所示的示例仅是测量传感器120的时变电阻的一种方法。例如,还可通过将不同的第一和第二偏置电平分别施加至传感器120、124、从传感器120、124测量两个单独的电阻测量、以及获取差异以确定接触和/或间隙,来确定在或靠近接触处的热传递的变化。第

一和第二偏置电平可具有AC分量。AC分量便于在频域上分析电阻,从而降低噪声的影响。

[0026] 使用AC偏置也不需要响应接触检测水平下对DC偏置水平的敏感测量,而是查看对偏置变化的响应。注意,该技术不依赖于头到介质界面中的接触调制来产生接触特征,而是使用热导率的变化。因此,这些测量可被用于在观测到接触之前通过监测热导率变化来确定脱离接触的间隙。

[0027] 在图2A-2C的曲线图200、210和220中示出了根据示例实施例的设备的一组测得的响应。曲线图200为滑块RMS声发射(AE)相对于加热器功率的曲线图。该曲线图200显示在大约85mW的加热器功率下发生头-盘接触。曲线图210显示针对根据加热器功率而变化的两个不同传感器偏置功率(分别是100uW和600uW)的电阻测量结果214、216。产生曲线214、216的传感器偏置功率大约对应于图1B所示的施加的电流 I_0 和 I_h 的不同电平。

[0028] 曲线214、216在接触点处都呈现斜率的显著变化,该斜率显著变化通常归因于接触点处的热量的增加。然而,曲线216在接触处的变化增加比曲线214少得多。这可通常归因于由在这个更高输入功率下传感器本身引起的温度增加。由于接触点和其周围环境(例如,空气、介质表面)之间更高的温度差异,被传导离开接触点的热量增加。因此,曲线216在接触处的电阻变化较少,因为其周围环境也处于更高温度下,而曲线214的电阻变化更多,因为其传感器和周围环境之间温度差异增加。因此,尽管施加至热传感器的净偏压功率在整个加热器扫描内是相同的,但在接触期间和接触后由于热传感器所经历的热导率的增加,热传感器的电阻变化更小。

[0029] 图2C中的曲线图220示出对于图2B所示的相同范围的加热器功率的两个偏置测量之间的电阻差异。该曲线图220示出在接触点处(例如,大约85mW的加热器功率)的急剧下降,以及导致接触的值的稳步下降,例如,在加热器功率的50mW到85mW之间的大致区域中。可在设备中利用该曲线图中所示的结果来检测头-介质间距和/或头-介质接触。

[0030] 简单的集总参数模型示出双端TCR(DETCR)电阻变化的逆可用于确定间隙中的热导率变化。可结合电阻随温度的变化 $R=R_a+\alpha R_a\Delta T$ 和热通量与温度之间的关系 $q=h\Delta T$ 来确定导线的电阻相对于热通量和传导的变化。

$$[0031] \quad R = R_a + \alpha R_a \frac{q(P_{bias}, P_h)}{h(P_h)} = R_a + \alpha R_a \frac{q_0(P_h) + \alpha P_{bias}}{h(P_h)} \quad [1]$$

[0032] 在方程1中, R 为TCR传感器电阻, R_a 为TCR传感器的冷电阻, α 为热电阻系数, $h(P_h)$ 为界面中的热传导,以及 $q(P_{bias}, P_h)$ 为TCR传感器所经历的能量通量。测量显示,使来自TCR传感器的能量通量与传感器偏置成比例是合理的假设。这些测量还显示,该增加可以被添加至来自加热器的电阻的顶部。如以下等式2所示,对 R 关于 P_{bias} 求导给出具有偏置的 R 的变化与界面中的热传导之间的关系。

$$[0033] \quad s(P_h) = \frac{dR}{dP_{bias}} = \frac{\alpha R_a \alpha}{h(P_h)} \quad [2]$$

[0034] 因为给定设备的TCR和冷电阻可被认为是常量,所以可导出相对于零加热器功率情况的热传导的热传导变化。结果是与传感器的TCR和冷电阻无关的热传导变化的确定。这消除了当用于设置间隙和声明接触时的热传导测量中的过程变化影响。为了进一步简化实现,利用固定的偏置变化, dP_{bias} 允许单独根据电阻变化确定热传导的相对变化,如以下等

式3中所示。

$$[0035] \quad \frac{h(P_h)}{h_0} = \frac{s(0)}{s(P_h)} = \frac{dR(0)}{dR(P_h)} [3]$$

[0036] 在图2C中, 曲线图220显示对于固定的 dP_{bias} 的这种 dR 测量的示例。这些测量可与集总模型一起使用以计算与在零加热器功率下的相比TCR传感器电阻和热导率的变化, 如图3所示。在图3中, 曲线图302示出利用集总参数模型确定的、相对于零加热器功率下的热导率、相对于根据图2C中的曲线确定的加热器功率的热导率变化。如图3所示, 在该示例中, 在85mW处接触, 在85mW处可以看到热导率增加7%。在接触前的较低功率下, 由于界面中的压力随间隙变窄而变化, 热导率增加5%。这提供可用于确定在脱离与盘接触时的间隙变化的信号。

[0037] 在图4A和4B中, 曲线图400、410示出在类似于用于图2B-2C中的测量的配置中对于不同的偏置功率的TCR传感器电阻变化的有限元(FE)分析的结果。在曲线图400中, 曲线402和404分别表示对于100mW和50mW的偏置功率的TCR电阻。在图4B的曲线图410中示出了这些曲线402、404之间的差异。这些结果类似于图2B-2C所示的测量。可利用集总参数来计算FEM结果的热导率, 以与测量结果直接比较。包括脱离接触和接触冷却的有限元模型结果还显示如图2C所示类似的DETCR电阻变化相对于偏置的关系。这显示FE模型预测设计性能和允许执行灵敏度分析的潜力。

[0038] 现参照图5, 流程图示出了根据示例实施例的程序。方法包括将偏置信号施加至靠近磁头的磁介质读取表面定位的电阻式热传感器。偏置信号在第一和第二偏置电平之间被调制(502)。测量对应于第一和第二偏置电平的电阻式热传感器的第一和第二电阻(504)。第一和第二电阻可在频域中, 和/或在与偏置信号被调制的频率对应的频率下测量第一和第二电阻。例如, 可通过锁定放大器和/或窄带滤波器测量第一和第二电阻。

[0039] 可任选地通过将功率施加至加热器来调节磁传感器与介质之间的间距(506)。基于第一和第二电阻之间的差异确定磁头与介质之间的间距和接触中的至少一个(508)。随着磁头更靠近介质, 磁头与介质之间的热导率的增加导致电阻差异。可基于第一和第二电阻之差相对于施加至加热器的功率的变化来确定间距/接触。

[0040] 示例实施例的上述描述已被呈现用于说明和描述的目的。它们不旨在穷举或将本发明限制为所公开的精确形式。根据上述教导, 许多修改和变化是可能的。所公开的实施例的任何或所有特征可单独或以任何组合应用, 不旨在限制, 而仅是说明性的。本发明的范围不旨在受详细描述限制, 而是由所附权利要求书确定。

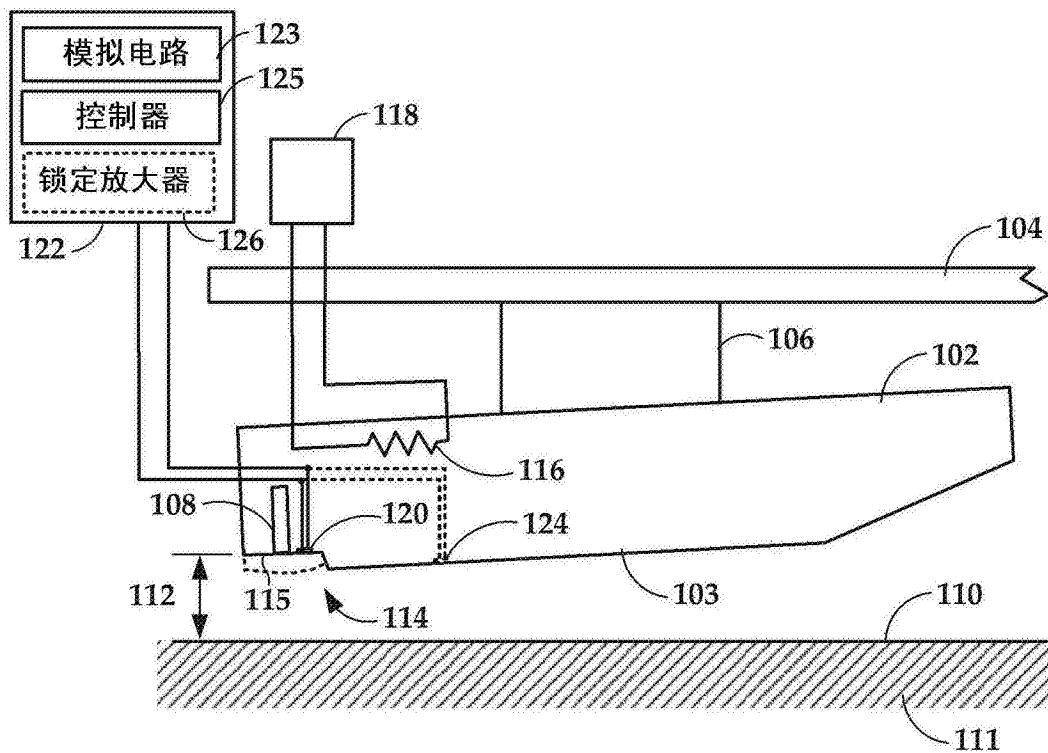


图1A

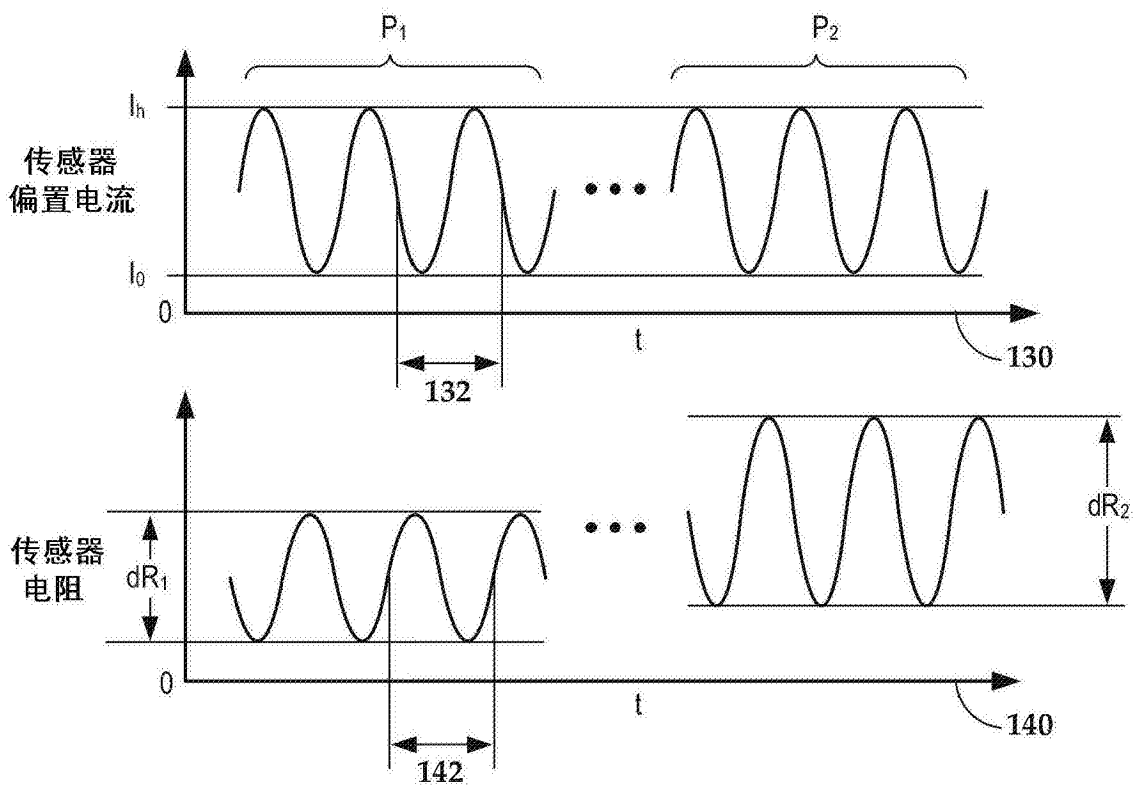


图1B

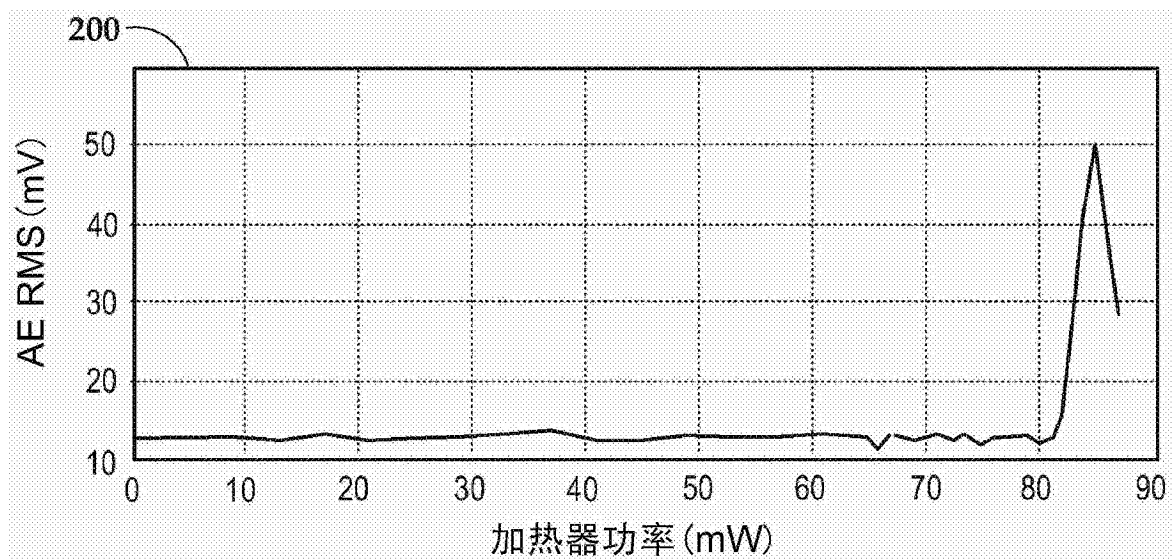


图2A

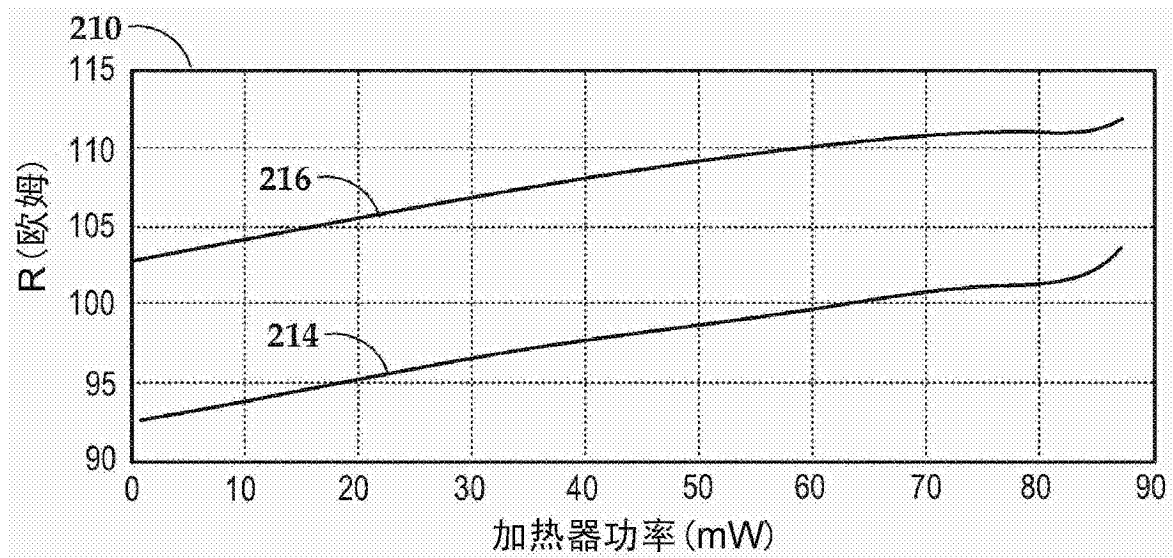


图2B

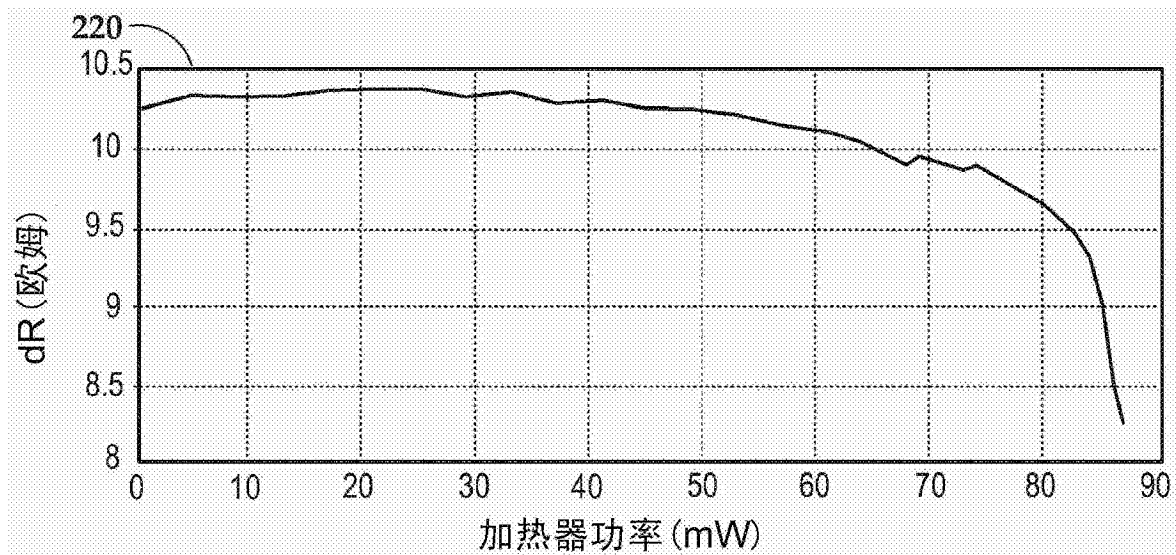


图2C

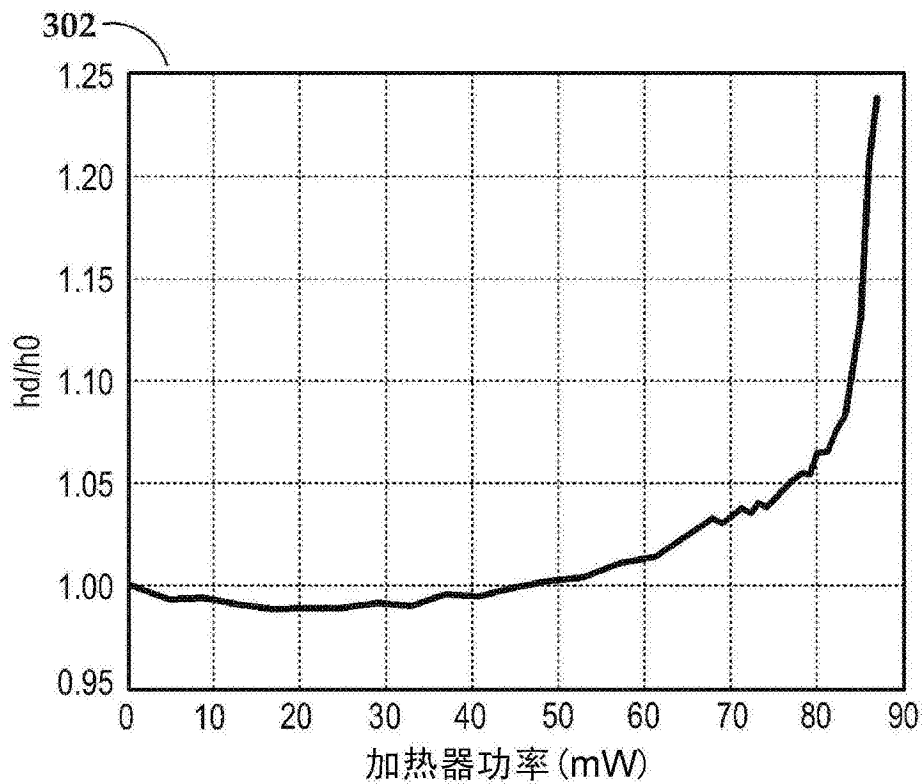


图3

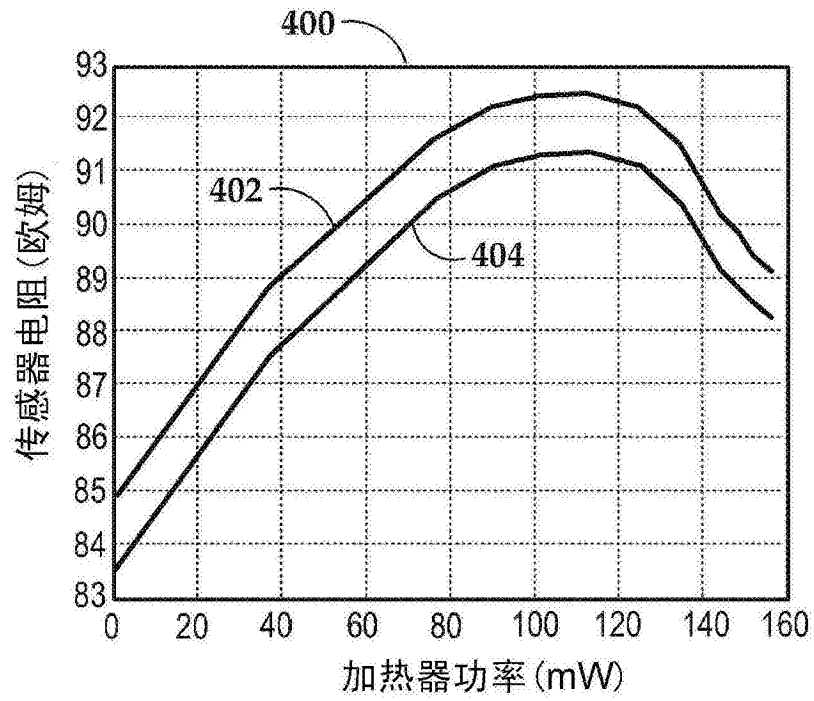


图4A

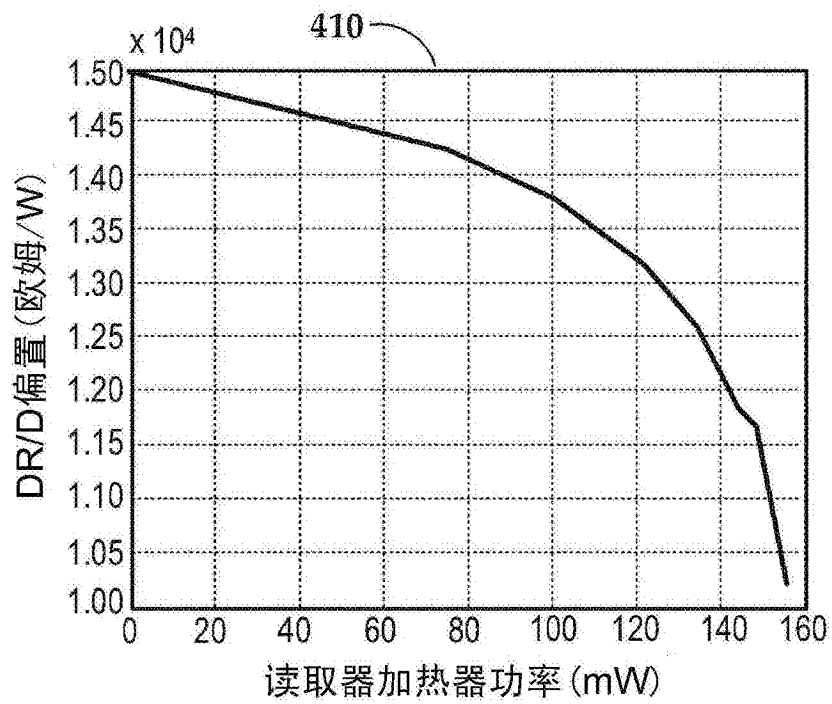


图4B

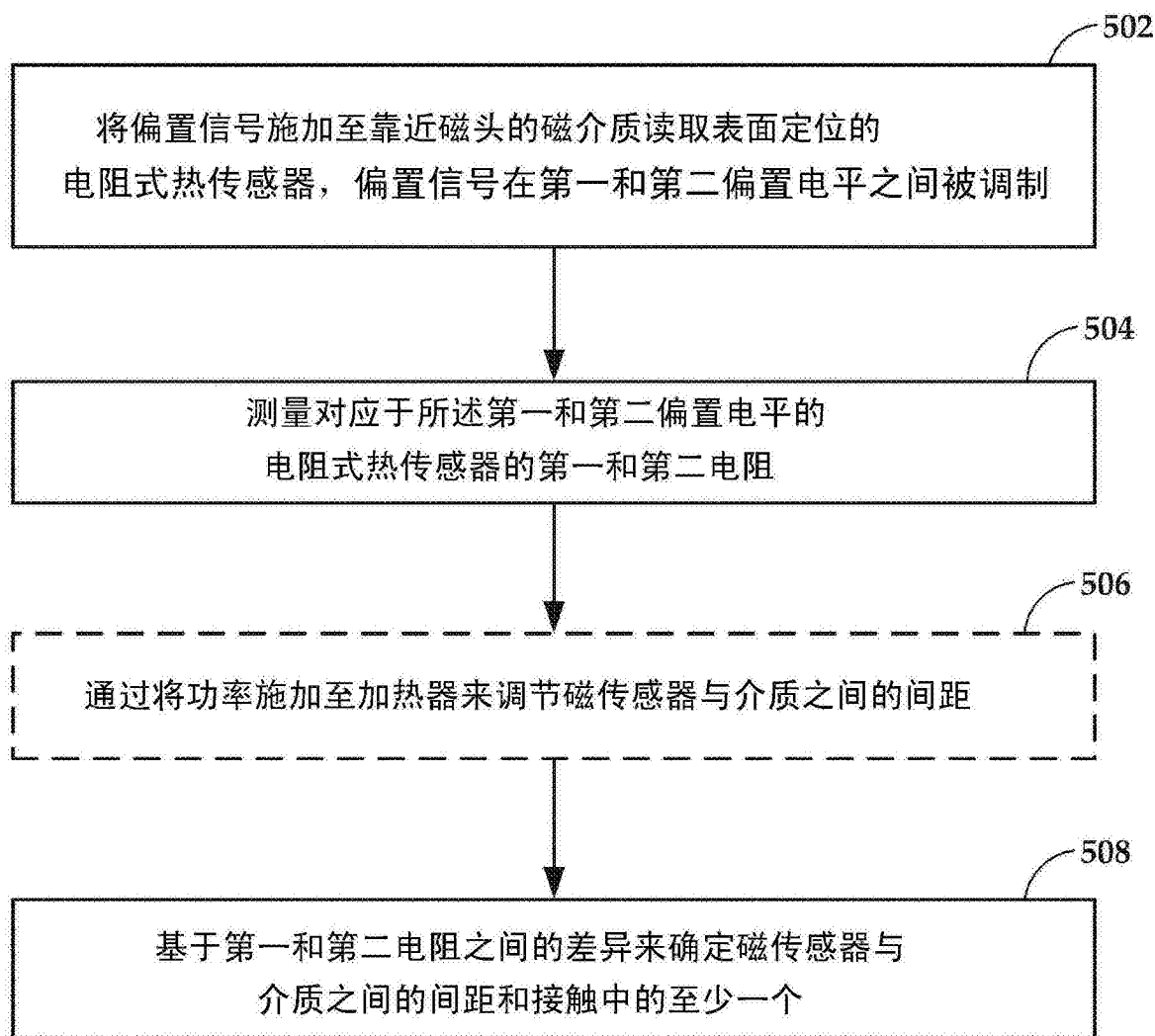


图5