



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105246414 A

(43) 申请公布日 2016. 01. 13

(21) 申请号 201480025362. 4

代理人 倪小敏

(22) 申请日 2014. 05. 06

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

13166681. 0 2013. 05. 06 EP

A61B 8/00(2006. 01)

A61B 8/08(2006. 01)

A61B 5/05(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 11. 04

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2014/059248 2014. 05. 06

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/180854 EN 2014. 11. 13

(71) 申请人 NKIJ 工程公司

地址 瑞典隆德

(72) 发明人 马格纳斯·钦提奥

玛丽亚·埃弗特森 托马斯·扬森

汉斯·W·佩尔森

弗雷德里克·奥尔森

萨拉·弗雷德里克森

(74) 专利代理机构 广州市天河区倪律专利代理

事务所(普通合伙) 44348

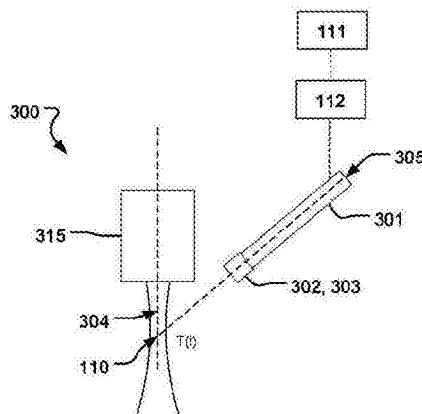
权利要求书3页 说明书10页 附图15页

(54) 发明名称

磁动式探头系统及其使用方法

(57) 摘要

本发明公开了一种磁动式成像探头系统,所述系统包括:可移动的探头,设置在所述探头上的磁铁,以及超声转换器,其中当所述探头具有靠近所述超声转换器的近端第一位置时,在所述超声转换器和所述探头的远端,所述磁铁被设置来在所述超声转换器的成像平面(304)生成随时间变化的磁场(T)。



1. 一种磁动式成像探头系统(300),所述系统包括:

可移动的探头(301),

设置在所述探头上的磁铁(302, 303),

超声转换器(315),

其中当所述探头具有靠近所述超声转换器的近端第一位置(305)时,在所述超声转换器和所述探头的远端,所述磁铁被设置来在所述超声转换器的成像平面(304)生成随时间变化的磁场(T)。

2. 根据权利要求1所述的磁动式成像探头系统,其中所述探头能够相对于所述超声转换器移动,所述探头例如是手持式探头。

3. 根据权利要求1或2所述的磁动式成像探头系统,其中所述磁铁被可移动地设置在所述探头上,借此在使用中,所述磁铁被设置来响应于所述磁铁相对于所述超声转换器的运动,生成所述随时间变化的磁场(T)。

4. 根据权利要求3所述的磁动式成像探头系统,其中所述磁铁能够通过振荡运动从所述成像平面中的目标位置(110)发生位移。

5. 根据权利要求3所述的磁动式成像探头系统,所述系统包括控制单元(111)和电机(112),所述电机被连接至控制单元和磁铁,从而驱动所述磁铁的所述运动,其中所述控制单元适于根据预定的模式改变所述磁铁的运动( $w_1$ ,  $w_2$ )的速度,从而借此作为预定的频率脉冲改变所述随时间变化的磁场(T)的频率,从而在所述目标位置生成磁性纳米颗粒的频率脉冲响应,和/或

其中所述控制单元适于设定所述磁铁的运动( $w_1$ ,  $w_2$ )的恒定速度。

6. 通过探头系统进行磁动式成像的方法(400),所述探头系统包括可移动的探头(301)和超声转换器(315),以及设置在所述探头上的磁铁(302, 303),所述方法包括:

将所述探头定位(401)在靠近所述超声转换器的近端第一位置(305),

在所述超声转换器和所述探头的远端,通过所述磁铁,在所述超声转换器的成像平面(104)生成(402)随时间变化的磁场(T),

通过所述成像平面中的所述超声转换器,检测(403)磁性纳米颗粒响应于所述随时间变化的磁场的运动。

7. 根据权利要求6所述的通过探头系统进行磁动式成像的方法,其中生成所述随时间变化的磁场(T)包括:

相对于所述超声转换器移动(404)所述磁铁。

8. 根据权利要求7所述的通过探头系统进行磁动式成像的方法,其中移动所述磁铁包括:

通过振荡运动,使所述磁铁从所述成像平面中的目标位置(110)发生位移(405)。

9. 一种磁动式成像探头组件(100),所述组件包括:

探头支撑体(101),以及

设置在所述探头支撑体上的磁铁(102, 103),

其中所述探头支撑体适于连接至超声转换器(115)并将所述超声转换器的位置相对于所述磁铁相邻地固定,借此在使用中,所述磁铁被设置来在所述超声转换器的成像平面(104)生成随时间变化的磁场(T)。

10. 根据权利要求 9 所述的磁动式成像探头组件,其中所述磁铁被可移动地设置在所述探头支撑体上,并且借此在使用中,所述磁铁被设置来响应于所述磁铁相对于所述探头支撑体和所述超声转换器的运动,生成所述随时间变化的磁场(T)。

11. 根据权利要求 9 或 10 所述的磁动式成像探头组件,其中所述磁铁被设置在所述支撑体上,从而平行于横向方向(118)延伸,并且其中所述探头支撑体适于连接至超声转换器并固定所述超声转换器的位置,使得所述成像平面的宽度(119)在所述横向方向延伸,借此所述磁铁被设置来沿所述成像平面的宽度延伸。

12. 根据权利要求 9-11 的任一项所述的磁动式成像探头组件,其中所述磁动式成像探头组件包括靠近所述磁铁设置的所述超声转换器(115)。

13. 根据权利要求 9-12 的任一项所述的磁动式成像探头组件,其中所述磁铁是永磁铁。

14. 根据权利要求 10-13 的任一项所述的磁动式成像探头组件,其中当被连接至所述探头支撑体时,所述磁铁被可旋转地设置在所述探头支撑体上并且靠近所述超声转换器,并且所述运动是旋转运动。

15. 根据权利要求 9-14 的任一项所述的磁动式成像探头组件,其中所述磁铁包括第一磁铁和第二磁铁(102, 103),当被连接至所述探头支撑体时,所述磁铁的每一个都被可旋转地设置在所述探头支撑体上并且靠近所述超声转换器。

16. 根据权利要求 15 所述的磁动式成像探头组件,其中第一磁铁和第二磁铁能够以相反的方向旋转。

17. 根据权利要求 15 所述的磁动式成像探头组件,其中所述探头支撑体适于连接至超声转换器并且固定所述超声转换器的位置,使得超声转换器的所述成像平面沿着所述第一磁铁和第二磁铁之间的轴向方向(105)延伸。

18. 根据权利要求 17 所述的磁动式成像探头组件,其中所述第一磁铁和第二磁铁具有各自的第一旋转轴和第二旋转轴(106, 107),所述第一旋转轴和第二旋转轴跨过平面(108)并且沿所述平面分开,并且其中所述轴向方向基本上垂直于所述平面。

19. 根据权利要求 15 所述的磁动式成像探头组件,所述探头支撑体适于连接至超声转换器并且固定所述超声转换器的位置,使得当被连接至所述探头支撑体时,所述超声转换器的远端部分(109)被设置在所述第一磁铁和第二磁铁之间。

20. 根据权利要求 13 所述的磁动式成像探头组件,其中在所述运动时,所述永磁铁的磁极(N, S)能够通过振荡运动从所述成像平面中的目标位置(110)发生位移。

21. 根据权利要求 16 和 20 所述的磁动式成像探头组件,其中所述第一磁铁和第二磁铁的所述每一个都包括圆柱形的磁铁,所述圆柱形的磁铁具有以横向方向(118)延伸的各自的第一旋转轴和第二旋转轴(106, 107),并且所述磁铁的每一个都具有相对的磁极(N, S),所述磁极在轴向方向(r)沿所述磁铁的每一个的直径分开,借此所述磁铁的旋转从所述磁铁的每一个在所述目标位置形成所述随时间变化的磁场。

22. 根据权利要求 9-21 的任一项所述的磁动式成像探头组件,所述组件包括控制单元(111)和电机(112),所述电机被连接至控制单元和磁铁,从而驱动所述磁铁的所述运动,其中所述控制单元适于根据预定的模式改变所述磁铁的运动( $w_1$ ,  $w_2$ )的速度,从而借此作为预定的频率脉冲改变随时间变化的磁场(T)的频率,从而在所述目标位置产生磁性纳米颗

粒的频率脉冲响应,和 / 或

其中所述控制单元适于设定所述磁铁的运动( $w_1$ ,  $w_2$ )的恒定速度。

23. 通过探头组件进行磁动式成像的方法(200),所述探头组件包含探头支撑体(101),所述探头支撑体适于连接至超声转换器(115)和磁铁(102, 103),所述磁铁被可移动地设置在所述探头支撑体上,所述方法包括:

旋转(201)所述磁铁,从而在被连接至所述探头支撑体时,在所述超声转换器的成像平面(104)生成随时间变化的磁场(T),

通过所述成像平面中的所述超声转换器,检测(205)磁性纳米颗粒响应于随时间变化的磁场的运动。

24. 根据权利要求 23 所述的方法,所述方法包括:

在所述成像平面的每一侧上,以相反的旋转方向旋转(202)第一圆柱形永磁铁和第二圆柱形永磁铁,每个所述磁铁都具有在轴向方向沿所述磁铁的每一个的直径分开的相对的磁极(N, S)。

25. 根据权利要求 23 或 24 所述的方法,所述方法包括:

根据预定的模式旋转(203)第一圆柱形永磁铁和第二圆柱形永磁铁,从而借此作为预定的频率脉冲改变所述随时间变化的磁场(T)的频率,从而产生所述磁性纳米颗粒的频率脉冲响应,和 / 或包括

以恒定的旋转速度旋转(204)第一圆柱形永磁铁和第二圆柱形永磁铁。

26. 权利要求 9-22 的任一项所述的磁动式成像探头组件用于磁性纳米颗粒的磁动式超声成像的应用。

## 磁动式探头系统及其使用方法

### 技术领域

[0001] 本发明大体涉及磁动式(magnetomotive)成像的领域。更具体地,本发明涉及磁动式成像探头系统、磁动式成像探头组件、以及使用这种成像探头系统或组件进行磁动式成像的方法。

### 背景技术

[0002] 磁动式成像是一种新的成像技术,其中超顺磁性氧化铁纳米颗粒可以被用作超声造影剂。该成像技术的主要思路是将随时间变化的磁场(脉冲的或正弦的)应用至沉积有纳米颗粒的体积。所述磁场引起颗粒的移动并因此引起周围组织的移动。先前的技术,例如在 Evertsson, M. et al, IEEE, Transactions on ultrasonic, ferroelectrics, and frequency control, vol. 60, no. 3, 1 March 2013, 第481-491页中公开的技术,已经被用来制造随时间变化的磁场,它已经使用了电磁铁,该电磁铁由环绕锥形铁心的线圈组成(参见图1)。在施加电流时,从所述线圈的尖端形成磁场。作用在颗粒上的力取决于磁场强度和磁场梯度。这种先前技术的一个问题是,越靠近尖端,纳米颗粒装载区域的位移幅度越高,因此得到的图像数据给出关于纳米颗粒浓度的误导性信息。该不可避免的情况导致其中已经收集有纳米颗粒的材料或组织的特性的准确分析中出现错误,例如在已经用肿瘤特异性或组织特异性的靶向剂标记了纳米颗粒的情况中出现错误。因此可用于例如检测组织中的癌症的信息变得有缺陷。因此现有技术的问题包括检测这些靶向纳米颗粒时精度不够,从而导致检测、解析和分析所述纳米颗粒靶向以及结合的材料时精度不够。

[0003] 现有技术的进一步的问题是,被分析的组织受分析设备影响,例如受热量影响,它还降低了进行组织的完整分析的可能性。

[0004] Jia Congxian et al, Photons plus ultrasound: Imaging and sensing, 2011, Proc. of SPIE, vol. 7899, no. 1, 10 February 2011 公开了一种磁动式光声成像的方法,其中处于管中的磁性颗粒被置于含有用于操纵颗粒的磁铁的水箱中,并且超声装置被置于水箱的顶部。因此现有技术的另一个问题是,这些装置不适于在人类或较大动物中应用,因为在定位各种部件(例如磁铁相对于超声转换器的定位)时存在约束或限制。

[0005] 如果都有可能实施,则现有技术的问题会相应地使患者安全性下降、耗时增加、诊断更昂贵、并且病人护理中的个体化治疗的可能性更低。

[0006] 因此,用于提供改善的磁动式成像的改善的装置或组件和/或系统以及方法是有利的。

### 发明内容

[0007] 相应地,本发明的实施方式优选地设法通过提供根据附属的权利要求的磁动式成像探头组件和使用探头组件进行磁动式成像的方法,单独地或以任何组合的形式来缓和、减轻或消除现有技术的一个或多个缺陷、缺点或问题(例如上述的)。

[0008] 根据本发明的第一方面,提供了一种磁动式成像探头系统,所述系统包括:可移动

的探头,设置在所述探头上的磁铁,以及超声转换器(transducer),其中当所述探头具有靠近所述超声转换器的近端第一位置时,在所述超声转换器和所述探头的远端,所述磁铁被设置来在所述超声转换器的成像平面(304)生成随时间变化的磁场(T)。

[0009] 根据本发明的第二方面,提供了通过探头系统进行磁动式成像的方法,所述探头系统包括可移动的探头和超声转换器,以及设置在所述探头上的磁铁。所述方法包括:将所述探头定位在靠近所述超声转换器的近端第一位置,在所述超声转换器和所述探头的远端,通过所述磁铁,在所述超声转换器的成像平面(104)生成随时间变化的磁场(T),以及通过成像平面中的超声转换器,检测磁性纳米颗粒响应于所述随时间变化的磁场的运动。

[0010] 根据本发明的第三方面,提供了一种磁动式成像探头组件,所述组件包括:探头支撑体,以及设置在所述探头支撑体上的磁铁。所述探头支撑体适于连接至超声转换器并将所述超声转换器的位置相对于所述磁铁相邻地固定,借此在使用中,所述磁铁被设置来在所述超声转换器的成像平面生成随时间变化的磁场(T)。

[0011] 根据本发明的第四方面,提供了通过探头组件进行磁动式成像的方法,所述探头组件包含探头支撑体,所述探头支撑体适于连接至超声转换器并且具有磁铁,所述磁铁被可移动地设置在所述探头支撑体上,所述方法包括:旋转所述磁铁,从而在被连接至所述探头支撑体时,在所述超声转换器的成像平面生成随时间变化的磁场(T),以及通过所述成像平面中的超声转换器,检测磁性纳米颗粒响应于随时间变化的磁场的运动。

[0012] 根据本发明的另一个方面,提供了本发明的第一或第三方面的磁动式成像探头组件或系统用于磁性纳米颗粒的磁动式超声成像的应用。

[0013] 本发明的进一步的实施方式在从属权利要求中界定,其中本发明的第二和后续方面的特征作为关于第一方面的必要修正。

[0014] 本发明的一些实施方式提高了解析材料中的纳米颗粒的浓度的准确性。

[0015] 本发明的一些实施方式提高了分析磁动式成像中的材料特性的准确性。

[0016] 本发明的一些实施方式减少了成像中对被分析的材料的影响。

[0017] 本发明的一些实施方式用于将超声成像设备转换为磁动式成像装置。

[0018] 本发明的一些实施方式使得能够紧凑和简单地使用磁动式成像探头组件或系统。

[0019] 本发明的进一步的实施方式在从属权利要求中界定,其中本发明的第二和后续方面的特征作为关于第一方面的必要修正。

[0020] 应当强调的是,术语“包括”在本文中使用时应当被用来说明存在所述特征、整体、步骤或部件,而不排除存在或加入一个或更多的其他特征、整体、步骤、部件或它们的组合。

## 附图说明

[0021] 根据本发明的实施方式的以下说明,并且参考附图,本发明的实施方式的这些或其他方面、特点和优点将是显而易见的和明了的。

[0022] 图1是现有技术的图示。

[0023] 图2是根据本发明的一个实施方式的磁动式成像探头组件的示意图。

[0024] 图3是根据本发明的一个实施方式的磁动式成像探头组件的示意图。

[0025] 图4a-b是根据本发明的一个实施方式的磁动式成像探头组件的示意图。

[0026] 图5a-f是根据本发明的一个实施方式得到的结果的示意图。

- [0027] 图 6 是根据本发明的一个实施方式得到的结果的示意图。
- [0028] 图 7a-c 是根据现有技术得到的结果的示意图。
- [0029] 图 8a-c 是根据本发明的一个实施方式得到的结果的示意图。
- [0030] 图 9 是示出根据本发明的一个实施方式的方法的流程图。
- [0031] 图 10 是根据本发明的一个实施方式的磁动式成像探头的示意图。
- [0032] 图 11 是示出根据本发明的一个实施方式的方法的流程图。

### 具体实施方式

[0033] 现在将参考附图描述本发明的具体实施方式。然而,本发明可以以多种不同的形式来实施,并且不应当被解释成将本发明限制至本文所述的实施方式。相反地,提供这些实施方式使得本发明是完善的和完整的,并且将本发明的范围完全地表达给本领域技术人员。附图中所示的在实施方式的详细描述中使用的术语并不是用于限制本发明。在附图中,相同的数字代表相同的元件。

[0034] 以下说明着重于适于用于磁动式成像的探头组件的本发明的实施方式。但是,应该理解的是,本发明不被限制至该应用,还可以被应用至许多其他领域和用途。

[0035] 图 1 示出了在背景技术中讨论的现有技术的磁动式成像装置。

[0036] 图 2 示出了根据本发明的一个实施方式的磁动式成像探头组件 100。所述探头组件 100 包括探头支撑体 101、以及设置在探头支撑体 101 上的磁铁 102、103。所述探头支撑体 101 适于连接至超声转换器 115 并将超声转换器 115 的位置相对于磁铁 102、103 相邻地固定。超声转换器 115 可以通过各种方式连接至探头支撑体,例如通过提供离合连接(即可释放连接)的“卡入(snapping-in)”功能,和/或通过使用固定装置 116 来将探头支撑体 101 连接至超声转换器 115。可以通过第二固定装置 117、117' 将磁铁 102、103 连接至探头支撑体 101。因此,磁铁 102、103 可以通过探头支撑体 101 相对于超声转换器 115 固定。可以通过将探头支撑体 101 成形来符合各种超声转换器的几何形状(即超声探头),使探头支撑体适于连接至各种超声转换器 115。在使用中,即当超声转换器 115 被通过探头支撑体 101 固定时,磁铁 102、103 被设置来在超声转换器 115 的成像平面 104 生成随时间变化的磁场(T)。由于探头支撑体 101 被设置来将超声转换器 115 的位置固定在磁铁 102、103 附近,所以提供了紧凑和通用的磁动式成像探头组件,因为磁铁 102、103 和超声转换器 115 通过探头支撑体 101 被整合在探头组件 100 中。亦即,在转换器的成像平面 104 上探头 100 在空间上相对于被成像的对象所放置的位置,与磁铁 102、103 生成随时间变化的磁场的位置相同。因此能够进行人类和较大动物的组织的成像和分析,并且不需要如在先前技术中那样将磁铁反复地重新定位至超声转换器的电流位置。当然,现有技术的最大阻碍缺点是,磁场被设计来从要被成像的物体的另一侧发出,例如如图 1 所示被固定在物体下面的位置,或者在更复杂的技术中,磁铁被设置在物体的每一侧并且被固定,这使得不能够进行较大物体的重新定位和/或成像。这使得目前提出的设计不适于应用在人类或较大动物中。进一步地,可以免除先前设计的较大和较强的磁铁,因为与如先前方案那样提供较强的磁场从而覆盖被成像的物体的足够部分不同,只需要在转换器的位置提供局部的磁场。这使得能够较少地干扰被成像的物体,例如在成像期间较少地加热组织。可以通过被设置来在超声转换器 115 的成像平面 104 生成随时间变化的磁场的任何类型的磁铁来提供先前描

述的优点。

[0037] 所述磁铁可以被可移动地设置在探头支撑体 101 上,并且,借此在使用中,磁铁 102、103 可以被设置来响应于磁铁 102、103 相对于探头支撑体 101 和超声转换器 115 的运动,生成随时间变化的磁场(T)。因此,磁铁 102、103 可以被可移动地连接至探头支撑体 101,使得它能够提供这种相对于被固定在探头支撑体 101 中的超声转换器 115 的运动。由于磁铁 102、103 的运动,在超声转换器 115 的成像表面 104 中的目标位置 110 提供了随时间变化的磁场(T)。因此,位于成像表面 104 中的目标位置 110 的磁性纳米颗粒在随时间变化的磁场(T)中显示出波动,并因此被迫在磁场(T)的影响之下振荡。在探头组件 101 被用来扫描被检查的物体时,因为在成像表面 104 的轴向方向 105 中形成了随时间变化的磁场(还可参见图 4b),所以可以通过超声转换器 115 检测纳米颗粒的位移幅度。因此可以在不使用电磁铁的情况下提供成像。因此,随着于磁铁 102、103 相对于转换器 115 移动,它在成像表面 104 形成了随时间变化的磁场。这提供了高灵敏度的检测,因为不需要如现有技术中具有电磁铁的磁动式装置那样施加高电流从而实现强磁场。因此,不存在升高的温度的问题,而在通过电磁铁施加高电流时会有此问题。因此,探头组件 101 使得被分析的样品能够较少地被成像探头影响,并且可以进行更准确的分析。因此,磁铁 102、103 可以是永磁铁。

[0038] 如图 2 和图 4b 所示,磁铁 102、103 可以被设置在所述支撑体 101 上,从而平行于横向方向 118 延伸。横向方向 118 与成像平面 104 的轴向方向 105 垂直。探头支撑体 102 可以适于连接至超声转换器 115 并固定其位置,使得成像平面 104 的宽度 119 在横向方向 118 延伸。因此,如图 2 和图 4b 所示,磁铁 102、103 可以被设置来沿成像平面 104 的宽度 119 延伸。这解除了先前的问题,即在成像平面的横向方向中形成不均匀的磁场,这是由将电磁铁的尖端固定在要被成像的物品之下而产生的,因为纳米颗粒的位移幅度取决于来自尖端的磁场梯度,使得与在横向方向远离尖端的位置相比,靠近尖端位置的位移幅度更大,而与开始时要检测的纳米颗粒的真实浓度无关。在图 7a-c 中示出了这种情况,其中示出了使用如图 1 所示的现有技术的磁动式成像装置的组织平台上的超声和磁动式图像,其中使用了在 4 Hz, 30 Vpp 激发电压下的磁螺线管激发电压。在图中示出了如图 4a 所示的装载有纳米颗粒的插入体 401、402、403,检测到的纳米颗粒浓度的绘图(参看 7c),以及用于表示在对应于插入体 401、402、403 的磁动式图像 701、702、703 中检测到的浓度的刻度 704。更具体地,上面一排(图 7a)示出了超声 B 模式图像,而中间一排(图 7b)示出了颜色编码的图像,它代表 B 模式图像上的纳米颗粒的位移幅度。中间一排示出了总的移动,其中在所有频率的位移被颜色编码。每个像素的颜色代表在该位置的位移幅度,并且根据在图右边的颜色条刻度 704 而被编码。下面一排(图 7c)显示了跟踪的频率和相差异(phase-discriminative)成像,即只有当在 8Hz 的频率(磁场上的激发频率的两倍)下发生并且相对于纳米颗粒装载区域的中心相的相差异小于  $\pm 1.15$  弧度时,对位移进行颜色编码。在插入体 401 中的纳米颗粒的浓度是每 ml 0.5mg  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,在插入体 402 中是每 ml 0.3mg  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,在插入体 403 中是每 ml 0.4mg  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 。

[0039] 特别地,从图 7c 可以清楚地看到,在该现有技术的装置中,插入体 401、402、403 的移动朝着电磁铁尖端所在的图像的中心移动。因此,如从对应的磁动式图像 702 中可以看到,移动最多的插入体是中间的插入体(即插入体 402),它实际上具有最低浓度的纳米颗

粒(0.3mg  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ml}$ )。如上所述,这是不均匀的磁场造成的,与插入体 401 和 403 相比,离电磁铁的尖端最近的插入体(在该例子中是插入体 402)具有更大的作用在其上的力。因此,不可能通过现有技术的装置将所测量的纳米颗粒的位移幅度与纳米颗粒的特性(例如浓度)相关联,这对于进行目标材料的准确和完整的分析来说可以是关键的。

[0040] 图 8a-c 示出了使用根据本发明的磁动式成像探头组件 101 得到的对应的磁动式图像。磁铁被设置在探头支撑体上从而在横向方向 118 沿着成像平面 104 的宽度 119 延伸,由于通过磁铁 102、103 形成横向均匀的磁场,只存在沿着轴向方向 105 的平行于成像平面 104 的纳米颗粒的移动。因此,纳米颗粒的位移给出了在横向方向 118 上的浓度的准确表示,它现在正确地显示左边的插入体 401 (在图 8c 的对应的磁动式图像中被示出为物体 801)是具有最高浓度的纳米颗粒(0.5mg  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ml}$ )的插入体,右边的插入体 403/803 具有第二高的浓度(0.4mg  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ml}$ ),中间的插入体 402/802 具有最低的浓度(0.3mg  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ml}$ )。因此,通过磁动式成像探头组件 100,纳米颗粒的移动随着纳米颗粒浓度的增加而增加,这独立于插入体在背景材料中的横向位置。超声转换器 115 可以具有远端边缘 120(即转换器面)。探头支撑体 101 可以固定超声转换器,使得远端边缘 120 设置得基本上平行于磁铁 102、103 和横向方向 118,和 / 或基本上平行于平面 108。

[0041] 可以通过任何种类的磁铁提供先前描述的优点,只要它被设置来沿着成像平面 104 的宽度、平行于横向方向 118 延伸,并且在超声转换器 115 的成像平面 104 产生随时间变化的磁场。在图 2-4 示出的实施例中,磁铁 102、103 被可移动地设置在探头支撑体 101 上,并且被设置来响应于磁铁相对于探头支撑体 101 和超声转换器 115 的运动而产生在横向方向上均匀的随时间变化的磁场(T)。

[0042] 在图 4 中示出了磁动式探头组件 100 的安装,它示出了圆柱形插入体 401、402、403,相对于探头组件 100 的目标成像位置 110,不同的纳米颗粒浓度被置于组织平台 404 中。

[0043] 固定装置 116 可以被设置来使得能够将超声转换器 115 在离磁铁 102、103 的不同距离连接至探头支撑体 101。所述距离可以是沿着轴向方向 105 可变化的,从而优化激发信号。纳米颗粒的位移取决于磁铁 102、103 和插入体 401、402、403 之间的距离。图 5s-f 示出了对于不同浓度的插入体以及对于磁铁和插入体之间的两个不同距离,纳米颗粒的位移幅度相对于频率的关系。三角形代表来自探头组件 100 的测量值,其中磁铁 102、103 靠近样品,方形代表相同的装置,但是磁铁 102、103 距离插入体 3 mm 远,而圆形代表现有技术的电磁铁线圈装置。每个符号都是三个横截面的平均值,标准偏差用误差条标记。从图 5a-f 可以看到,与现有技术的电磁铁线圈装置相比,探头组件 100 引起更高的位移。最高的位移是在磁铁 102、103 靠近平台 / 插入体(三角形)时得到的。从图 6 也可以看到使用根据本发明的探头组件 100 的纳米颗粒的位移幅度的增加。图 6 示出了对于探头组件 100(方形)和现有技术的电磁铁线圈装置(圆形),在轴 601 上的测量的位移幅度相对于在轴 602 上的纳米颗粒浓度的关系。相应地,探头组件 100 为检测提供了对于背景比率的更好的信号,它增强了例如具有较低纳米颗粒浓度的样品的成像和分析。从图 6 还可以看到,现有技术装置的横向不均匀的磁场给出了位移幅度对于纳米颗粒浓度的非线性依赖,其中具有 0.3mg  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ml}$  的浓度的插入体 402 具有最高的位移。相比之下,用图 6 所示的本发明的成像探头组件 100(方形)得到更线性的依赖。

[0044] 根据以上内容的磁铁 102、103 在探头支撑体 101 上的设置进一步降低了成像平面 104 的轴向方向 105 上的轴向坐标对位移幅度的影响。因此,在成像平面 104 的该方向上也可能得到位移幅度的更准确的测量。

[0045] 成像探头组件 100 可以包括靠近所述磁铁 102、103 设置的超声转换器 115。应该意识到,不管探头组件 100 是作为对于已有的超声转换器/探头的“卡入式”配件,还是具有固定地安装至探头支撑体 101 以作为探头组件 100 的一部分的超声转换器/探头,如上所述的创造性特征都提供前述优点。在每个情况中,探头支撑体 101 使超声转换器 115 的位置相对于磁铁 102、103 固定,后者可以被可移动地安装在探头支撑体 101 上,从而在超声转换器 115 的成像平面 104 上形成随时间变化的磁场。替代地或额外地,探头支撑体 101 使超声转换器 115 的位置相对于磁铁 102、103 固定,使得磁铁 102、103 沿着成像平面 104 的宽度延伸。

[0046] 当被连接至探头支撑体 101 时,磁铁 102、103 可以被可旋转地设置在探头支撑体 101 上并且靠近超声转换器 115。因此,所述运动可以是旋转运动。通过旋转磁铁 102、103,改变在目标位置 110 的磁场。因此,可以通过磁铁 102、103 的运动,从成像平面 104 的目标位置 110 随时间移动永磁铁 102、103 的磁极 N 和 S,从而在磁场(T)中制造波动。可以通过前述旋转运动、或者在目标位置 110 随时间形成磁场(T)的振荡的任何其他运动,来提供所述移动。因此,磁铁 102、103 的磁极(N、S)在所述运动时能够通过振荡运动(oscillating motion)从成像平面 104 中的目标位置 110 发生位移。

[0047] 如在图 2 中所示,磁铁 102、103 可以包括第一磁铁 102 和第二磁铁 103,当被连接至探头支撑体 101 时,其每个都被可旋转地设置在探头支撑体 101 上并且靠近超声转换器 115。具有第一磁铁 102 和第二磁铁 103 可以提供改善的横向均匀的随时间变化的磁场(T)。如图 2 中的箭头( $w_1, w_2$ )所示,第一磁铁 102 和第二磁铁 103 可以以相反的方向旋转。替代地,第一磁铁 102 和第二磁铁 103 中的每一个都可以以与图 2 中所示的方向相反的方向旋转,即,第一磁铁 102 和第二磁铁 103 在这种情况下仍然以相反的方向旋转。如图所示,每个永磁铁的磁极被设置来旋转,使得相同的磁极彼此面对,从而沿成像平面 104 形成磁场梯度。例如,在图 2 示出的情况中,磁铁 102、103 的 N 极被瞬时地彼此面对。磁铁 102、103 的后续旋转会将 S 极彼此面对放置,并且在旋转期间,在目标位置 110 的磁场将经历波动,从而移动磁性颗粒。可以设想,可以通过使不同数量的磁铁相对于彼此移动或振荡,以及通过在各种方向的振荡,产生这种波动。在图 2 中示出的设置的对称性,可以在成像平面 104 的目标位置 110 提供最佳的随时间变化的磁场(T)。因此,可以在目标位置 110 准确地进行物体的成像和分析,并且进一步不受上述的磁场(T)中不期望的横向梯度的影响。

[0048] 如图 2 所示,探头支撑体 101 可以适于连接至超声转换器 115,并且固定超声转换器的位置,使得超声转换器 115 的成像平面 104 沿着第一磁铁 102 和第二磁铁 103 之间的轴向方向 105 延伸。第一磁铁 102 和第二磁铁 103 因此被置于成像平面 104 的每一侧,从而提供均匀的随时间变化的磁场(T)。第一磁铁 102 和成像平面 104 之间的距离可以与第二磁铁 103 和成像平面 104 之间的距离相等。第一磁铁 102 和第二磁铁 103 可以具有各自的第一旋转轴 106 和第二旋转轴 107,它们跨过(span)平面 108 并且沿其分开。轴向方向 105 可以基本上垂直于平面 108,和/或旋转轴 106、107 可以基本上平行于横向方向 118。这可以进一步提供具有最小量的不期望梯度的随时间变化的磁场(T)。纳米颗粒会以沿超

声成像平面 104 的轴向方向 105 延伸的幅度发生位移。因此,磁铁 102、103 的旋转轴 106、107 可以在平面 108 中延伸,使得如果磁铁 102、103 具有沿旋转轴 106、107 的均匀的横截面尺寸,则磁铁 102、103 的每一个与超声转换器 115 的远端部分 109 的距离相同。这提供了沿成像平面 104 的宽度 119 具有相同特性的随时间变化的磁场(T),其中宽度以与旋转轴 106、107 相同的方向延伸。当被固定至探头支撑体 101 时,磁铁 102、103 和超声转换器 115 的相对位置可以被改变,从而根据具体的成像应用提供定制,从而优化至这种变化的应用。因此,可以设想,改变由旋转轴 106、107 界定的超声转换器 115 和平面 108 之间的角度,并改变磁铁 102、103 之间的距离。

[0049] 进一步地,如图 2 所示,探头支撑体 101 可以适于连接至超声转换器 115 并且固定它的位置,使得当被连接至探头支撑体 101 时,所述超声转换器的远端部分 109 被设置在第一磁铁 102 和第二磁铁 103 之间,从而提供足够的检测信号。可以例如通过沿着探头支撑体 101 中的高度可变的固定装置 116 使超声转换器 115 降低或升高,从而改变远端部分 109、120 (即转换器面)和平面 108 之间的距离。因此,超声转换器 115 可以被置于由磁铁 102、103 产生的磁场(T)中的可变的垂直位置。如上所述,进一步的相对调节是可能的,从而将转换器 115 和成像平面 104 置于磁场(T)的任何位置。

[0050] 如上所述,第一磁铁 102 和第二磁铁 103 可以基本上沿着成像平面 104 的宽度 119 延伸。相应地,磁场可以是沿着成像平面 104 的整个宽度是均匀的,从而提高成像能力。

[0051] 如图 2 所示,第一磁铁 102 和第二磁铁 103 的每一个都可以包括圆柱形的磁铁 102、103,它们具有各自的第一旋转轴 106 和第二旋转轴 107,它们以横向方向(118)延伸,并且每个都具有相对的磁极(N, S),它们在轴向方向(r)沿每个磁铁的直径分开,借此磁铁 102、103 的旋转在目标位置 110 形成来自磁铁 102、103 的随时间变化的磁场(T)。可以设想,其他形状的磁铁 102、103 可以提供相同的效果。

[0052] 磁动式成像探头组件 100 可以包括控制单元 111 和电机 112。电机 112 被连接至控制单元和磁铁 102、103,从而驱动磁铁 102、103 的运动。控制单元 112 可以适于根据预定的模式改变磁铁 102、103 的运动( $w_1$ ,  $w_2$ )的速度,从而借此作为预定的频率脉冲改变随时间变化的磁场(T)的频率,从而在目标位置 110 产生磁性纳米颗粒的频率脉冲响应。这使得能够从纳米颗粒确定脉冲响应,它可以是材料性质(例如粘度和密度)的表示。因此,可以通过磁性脉冲移动纳米颗粒,并且材料特性会影响位移如何随着时间变化,例如主频、最大振幅和阻尼速度可以是材料密度、弹性和粘度的表示。

[0053] 控制单元 112 可以适于改变磁铁 102、103 的运动( $w_1$ ,  $w_2$ )的速度,例如通过线性地将速度提高至某个最大速度,并然后降低速度,从而提供整个频率的扫频并检测得到的纳米颗粒的位移幅度。因此,控制单元 112 可以适于根据这种预定的模式,改变磁铁 102、103 的运动( $w_1$ ,  $w_2$ )的速度,从而提供频率脉冲响应的检测。所述控制单元可以适于设定磁铁 102、103 的运动( $w_1$ ,  $w_2$ )的恒定速度。因此,控制单元 112 可以使用磁力补偿控制信号,它改变磁铁 102、103 的每一个的动量,使得磁铁 102、103 的 N 和 S 极之间的变化的磁力被补偿,从而提供恒定的旋转速度。否则角速度可能不会被保持恒定,因为第一磁铁 102 的磁性 S 极具有锁定第二磁铁 103 的磁性 N 极的趋势,这是两极之间的磁力造成的。根据在磁铁的旋转期间 S 极相对于 N 极的位置,磁力会改变,它因此可以被控制单元 111 补偿。

[0054] 控制单元 112 可以进一步适于将磁铁 102、103 的运动( $w_1$ ,  $w_2$ )的频率或速度同步

至超声成像,从而以正确的频率提供超声检测,并进一步使得能够在相对于超声成像的正确的相进行检测。

[0055] 超声转换器 115 还具有超声控制单元 114,它用于与超声装置相关的必要的控制和分析。

[0056] 图 3 示出了探头组件 100 的实施例的视图,它示出了连接至电机 112 的磁铁 102、103 和超声转换器 115。为了表述清楚,省略了探头支撑体 101。图 4 示出了探头组件 100 的另一个实施例的视图,它示出了被固定在探头支撑体 101 中的超声转换器 115 和磁铁 102、103,该支撑体还可以作为探头组件的外壳,从而使要被成像的任何对象和探头组件 100 的内部隔开,即磁铁会处于该外壳内,从而避免与对象发生干扰。

[0057] 图 9 示出了通过探头组件 100 进行磁动式成像的方法 200 的流程图,所述探头组件 100 包含探头支撑体 101,它适于连接至超声转换器 115 和磁铁 102、103,磁铁被可移动的设置在探头支撑体 101 上。所述方法 200 包括:旋转 201 磁铁 102、103,从而在被连接至探头支撑体 101 时在超声转换器 115 的成像平面 104 生成随时间变化的磁场(T)。所述方法进一步包括:通过成像平面 104 中的超声转换器 115 检测磁性纳米颗粒响应于随时间变化的磁场的运动。如上所述,这准确地测定了纳米颗粒浓度,并且进一步提高了被检查的材料分析。

[0058] 所述方法 200 可以包括:在成像平面的每一侧上以相反的旋转方向旋转 202 第一 102 和第二 103 圆柱形永磁铁,其每个都具有在轴向方向(r)沿所述磁铁的每一个的直径分开的相对的磁极(N,S)。

[0059] 所述方法 200 可以包括:根据预定的模式旋转 203 第一 102 和第二 103 圆柱形永磁铁,从而借此作为预定的频率脉冲改变所述随时间变化的磁场(T)的频率,从而产生磁性纳米颗粒的频率脉冲响应。因此可以确定被分析的物体的材料的特性。所述预定的模式可以例如包括:在一段时间(例如一定数量或一部分的秒钟或分钟)期间,以一定数量的圈数、或一部分的圈数(例如半圈),旋转磁铁,从而随后检测来自纳米颗粒的反应。

[0060] 所述方法 200 可以替代地或额外地包括:以恒定的旋转速度旋转 204 第一 102 和第二 103 圆柱形永磁铁。

[0061] 根据以上公开的磁动式成像探头组件 100 可以被用于磁性纳米颗粒的磁动式超声成像。

[0062] 图 10 示出了本发明的磁动式成像探头系统 300。所述系统 300 包括可移动的探头 301、设置在探头上的磁铁 302、303、以及超声转换器 315。磁铁 302、303 被设置来在探头 301 具有靠近超声转换器 315 的近端第一位置 305 时,在超声转换器 315 和探头 301 的远端,在超声转换器 315 的成像平面 304 生成随时间变化的磁场(T)。由于所述探头是可移动的,它可以被自由地放置在相对于超声转换器 315 的各种位置,这使得能够探测成像平面 304 中的不同区域,即能够移动各种区域中的磁性颗粒并以成像平面 304 中的不同方向移动。这便于并且优化了感兴趣的区域中的检测,从而提高了目标区域中的材料特性的准确性和提取。进一步地,因为超声转换器 315 还可以相对于被分析的物体被移动至各种位置,所述系统 300 提高了灵活性,例如在手术期间当需要表征复杂的解剖结构的组织区域时。将探头 301 设置在靠近超声转换器的近端位置 305,并且将它设置来在超声转换器和探头 301 的远端生成随时间变化的磁场(T),可以在需要相对于物体和 / 或感兴趣的区域频繁地重新定

位时,例如在前述复杂的解剖结构或程序中涉及在数个感兴趣的目标位点和区域的数个干预时,提高成像和组织表征。因此,探头 301 和超声转换器 315 都可以被设置在被分析的物体的近端,并且相对于它是可移动的,并且不受被分析的物体的尺寸限制。

[0063] 因此,所述探头 301 可以是能够相对于所述超声转换器 315 移动的,并且所述探头可以是手持式探头 301。

[0064] 所述磁铁 302、303 可以被可移动地设置在探头 301 上,借此在使用中,磁铁 302、303 被设置来响应于所述磁铁相对于超声转换器 315 的运动,生成所述随时间变化的磁场(T)。因此,磁铁 302、303 可以是永磁铁,并且具有先前在关于图 2-9 的实施方式中描述的前述优点。所述磁铁可以包括如在图 2 中参照第一磁铁 102 和第二磁铁 103 描述的第一磁铁 302 和第二磁铁 303。替代地,可以使用可移动地设置在探头 301 中的单个磁铁。通常,磁铁 302、303 可以具有图 2-9 的实施方式中描述的任何设置,并且具有图 10 的系统 300 中的附加特征,即通过如先前描述地被设置在可移动的探头 301 上,磁铁 302、303 能够相对于超声转换器 315 被重新定位。

[0065] 磁铁 302、303 能够通过振荡运动从成像平面 304 中的目标位置 110 发生位移。这改善了在目标位置 110 的被分析的物体的成像和 / 或表征。这还可以紧凑和简单地使用探头 301。替代地或额外地,如关于图 2 所描述的,磁铁 302、303 可以具有相对于探头 301 的旋转运动。

[0066] 替代地,磁铁 302、303 可以是电磁铁。

[0067] 所述系统 300 可以包括连接至探头 301 的控制单元 111 和电机 112。如前所述,所述电机被连接至控制单元和磁铁 302、303,从而驱动磁铁的运动,其中控制单元适于根据预定的模式改变磁铁 302、303 的运动( $w_1$ ,  $w_2$ )的速度,从而借此作为预定的频率脉冲改变所述随时间变化的磁场(T)的频率,从而在目标位置 110 生成磁性纳米颗粒的频率脉冲响应。替代地或额外地,所述控制单元可以适于设定磁铁 302、303 的运动( $w_1$ ,  $w_2$ )的恒定速度。

[0068] 图 11 示出了通过探头系统 300 进行磁动式成像的方法 400,所述探头系统包括可移动的探头 301 和超声转换器 315,以及设置在探头上的磁铁 302、303。所述方法 400 包括:将所述探头定位 401 在靠近所述超声转换器的近端第一位置 305;在所述超声转换器和所述探头的远端,通过磁铁,在超声转换器的成像平面 104 生成 402 随时间变化的磁场(T);以及通过在所述成像平面的超声转换器,检测 403 磁性纳米颗粒响应于随时间变化的磁场的运动。

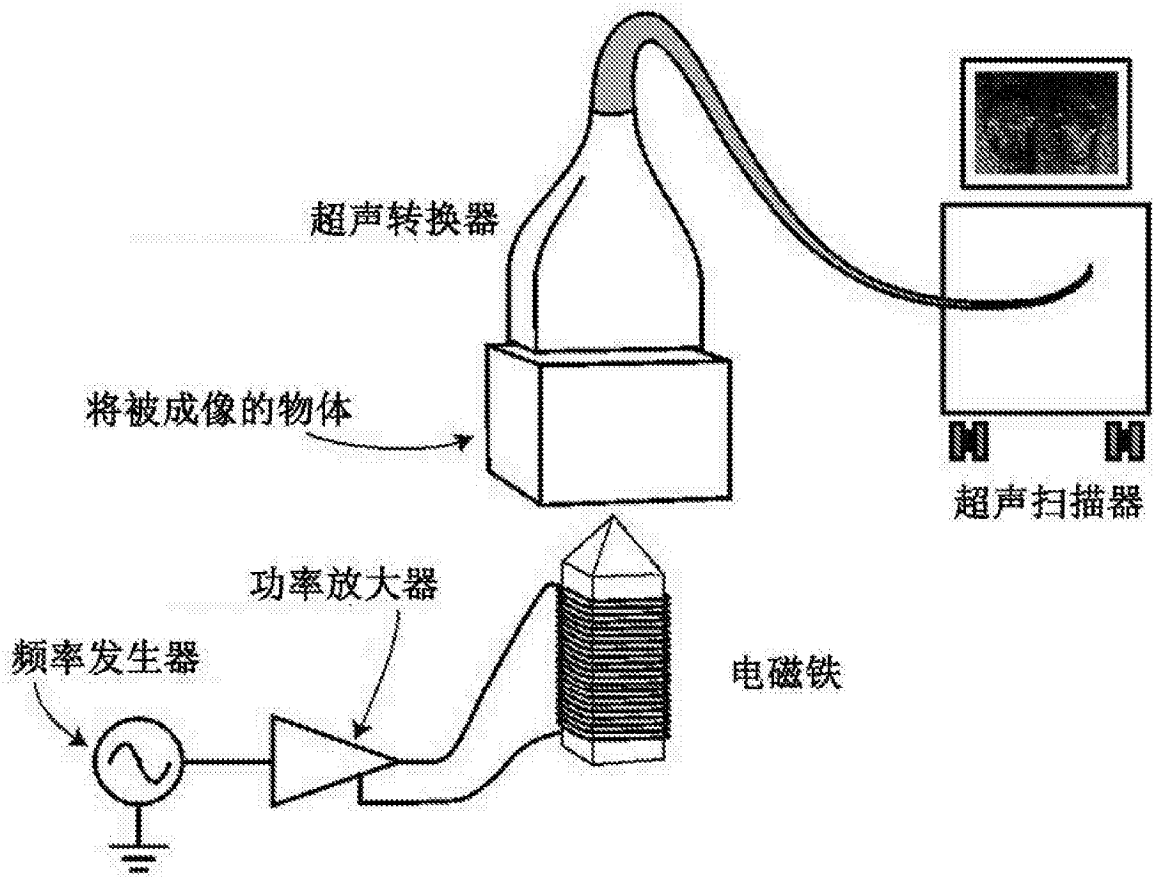
[0069] 生成随时间变化的磁场(T)可以包括:相对于所述超声转换器 315 移动 404 磁铁 302、303。移动磁铁 302、303 可以包括:通过振荡运动,使磁铁 302、303 从成像平面 304 的目标位置 110 发生位移。

[0070] 本领域的技术人员将理解,本发明可以被实施为装置、系统或方法。

[0071] 上文中已经参考具体的实施方式描述了本发明。但是,除了上述实施方式,其他实施方式同样可能处于本发明的范围内。除了上述方法,在本发明的范围内可以提供不同的方法步骤。除了上述结合方式,本发明的不同特征和步骤可以采用其他的组合方式而被组合。本发明的范围仅通过附属的权利要求来限定。

[0072] 更一般地,本领域的技术人员将容易理解,本文所述的所有参数、尺寸、材料以及配置是示例性的,并且实际的参数、尺寸、材料和 / 或配置将取决于具体的应用或者使用本

发明的教导的应用。



现有技术

图 1

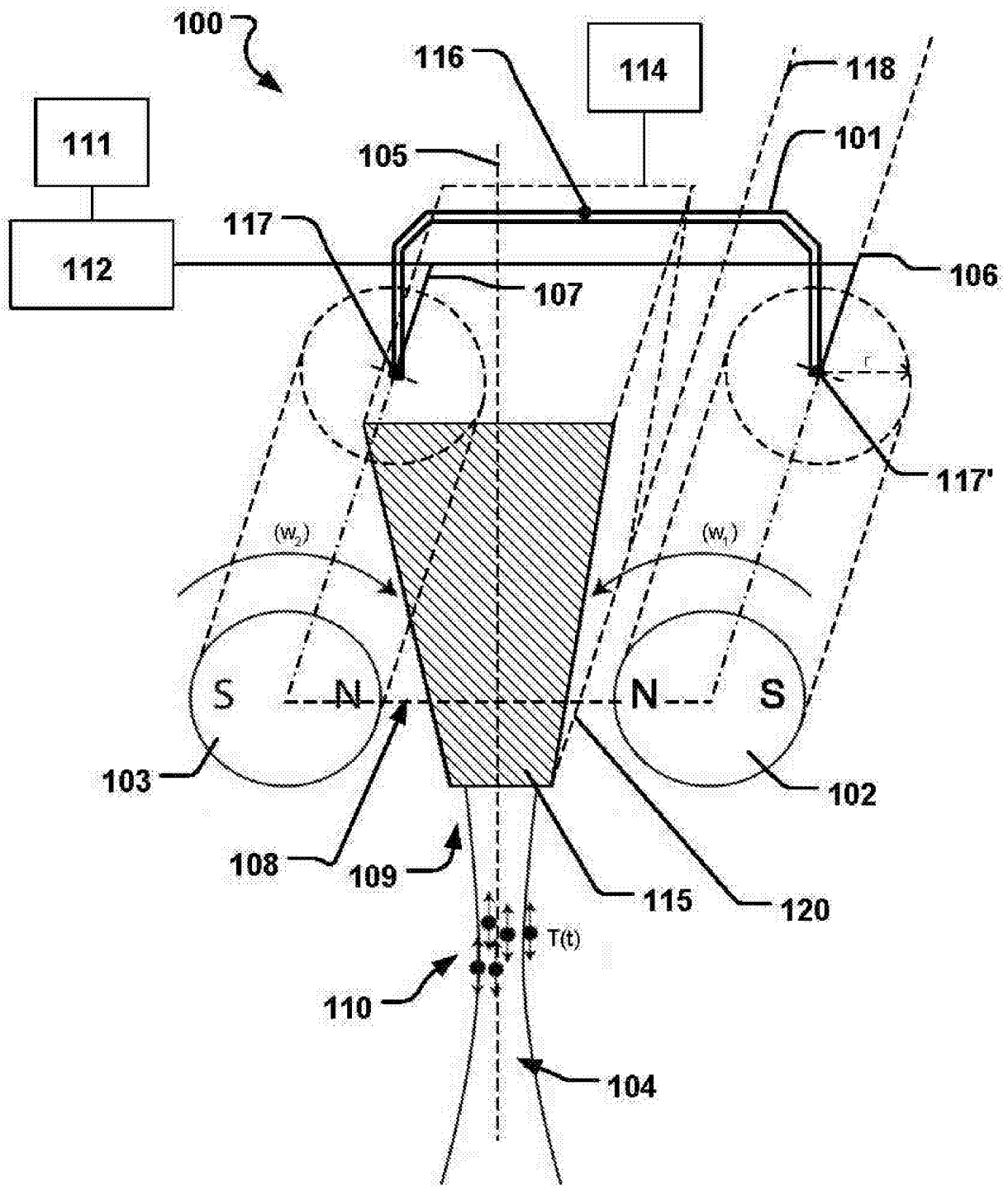


图 2

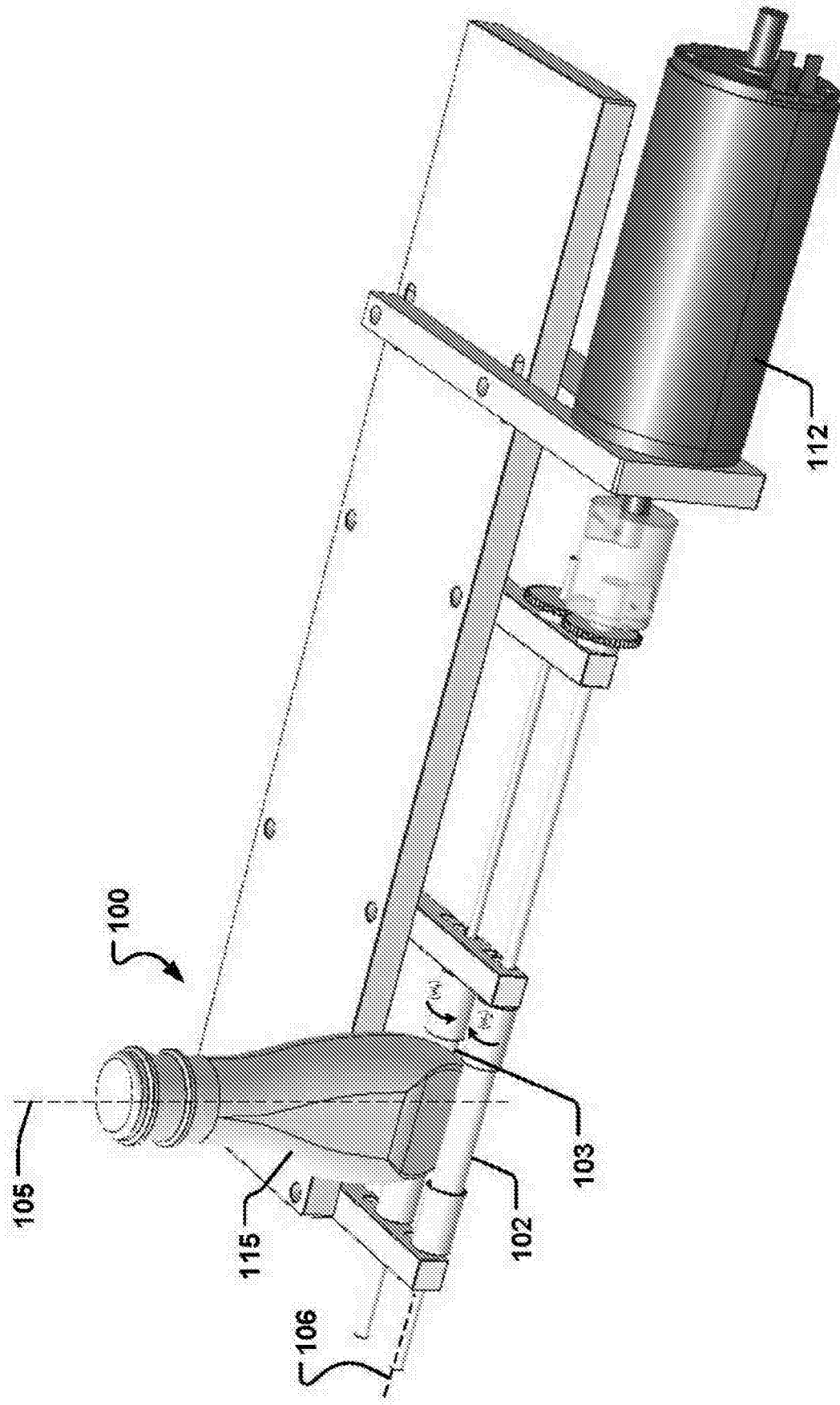


图 3

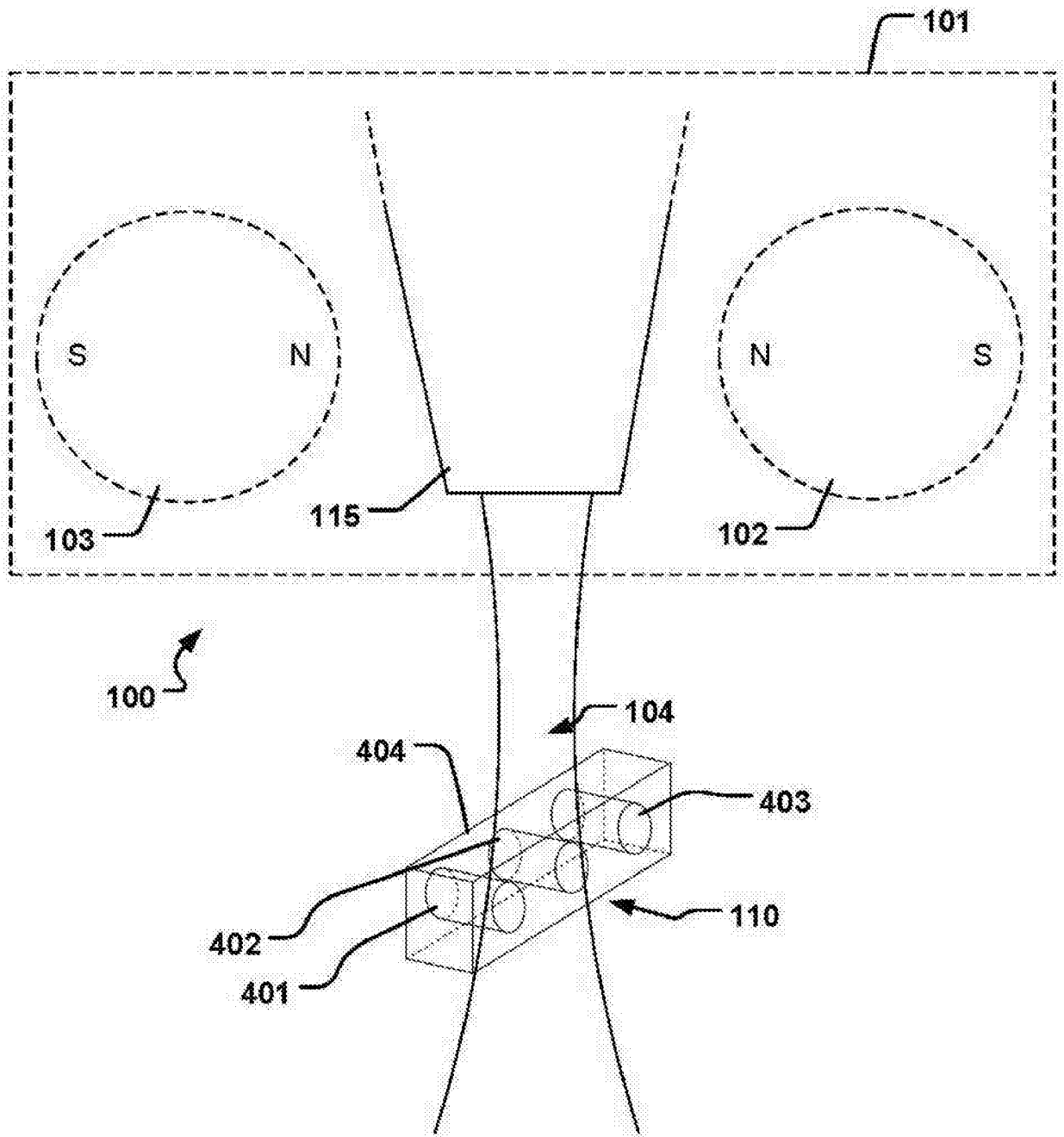


图 4a

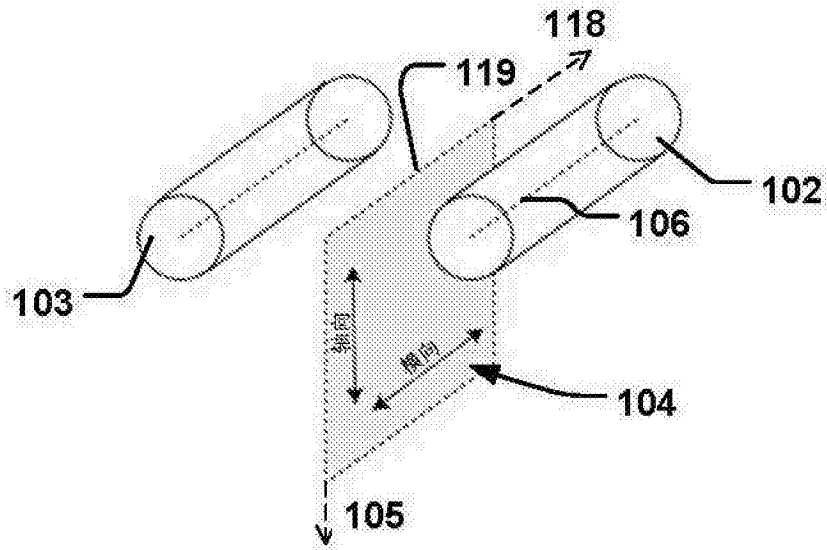


图 4b

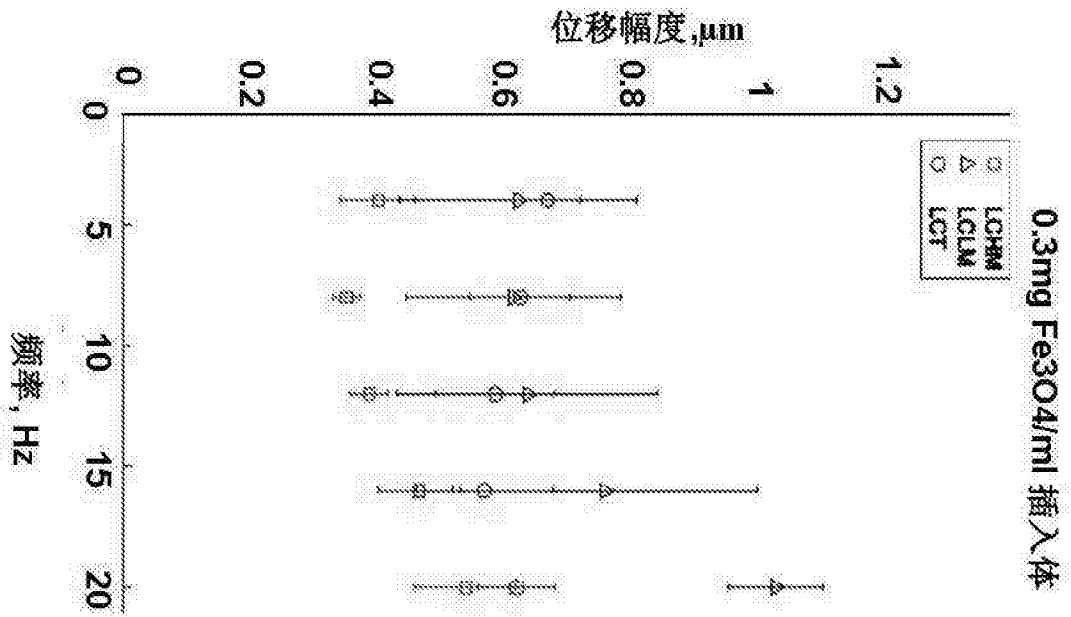


图 5a

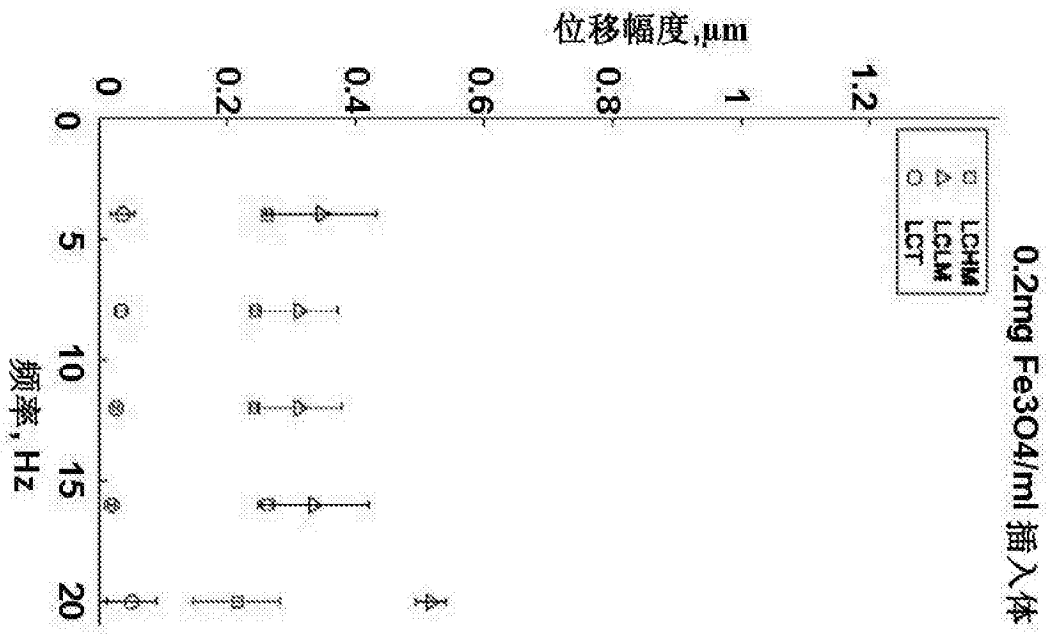


图 5b

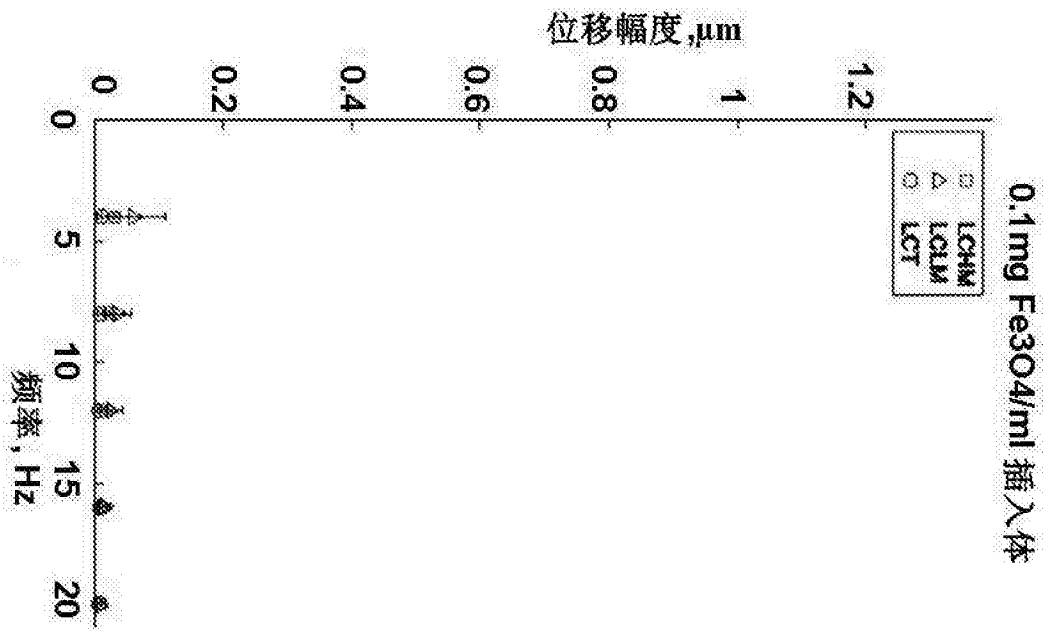


图 5c

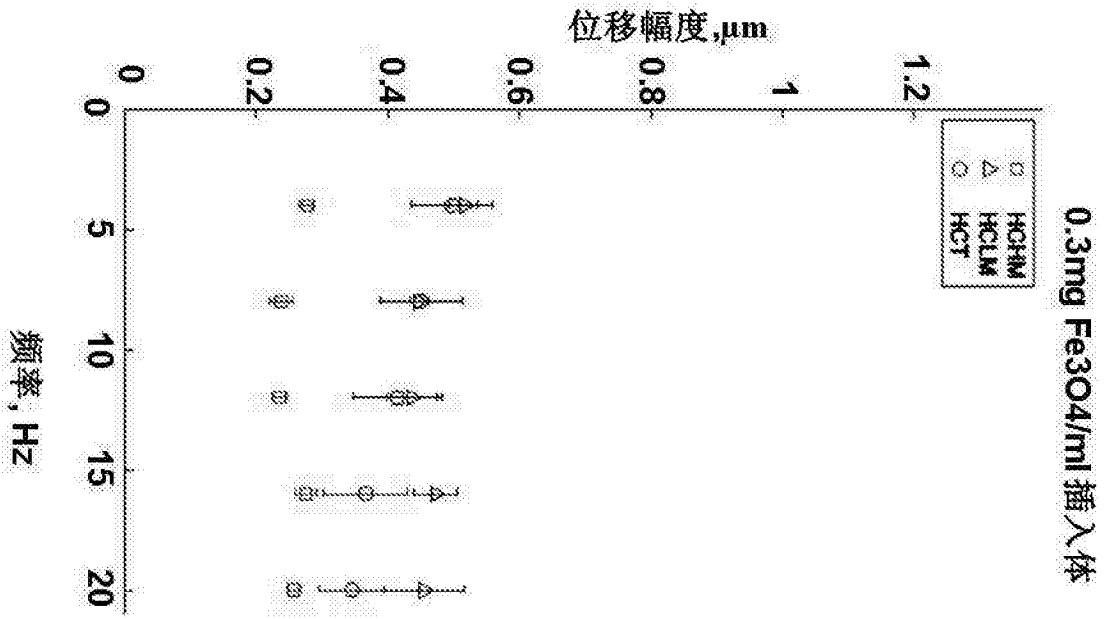


图 5d

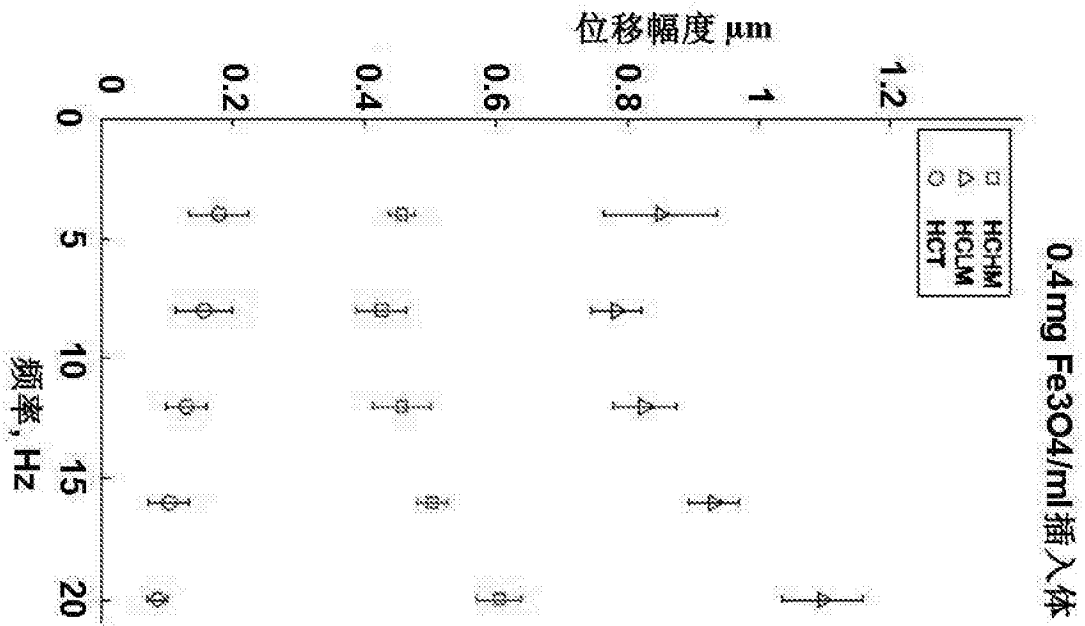


图 5e

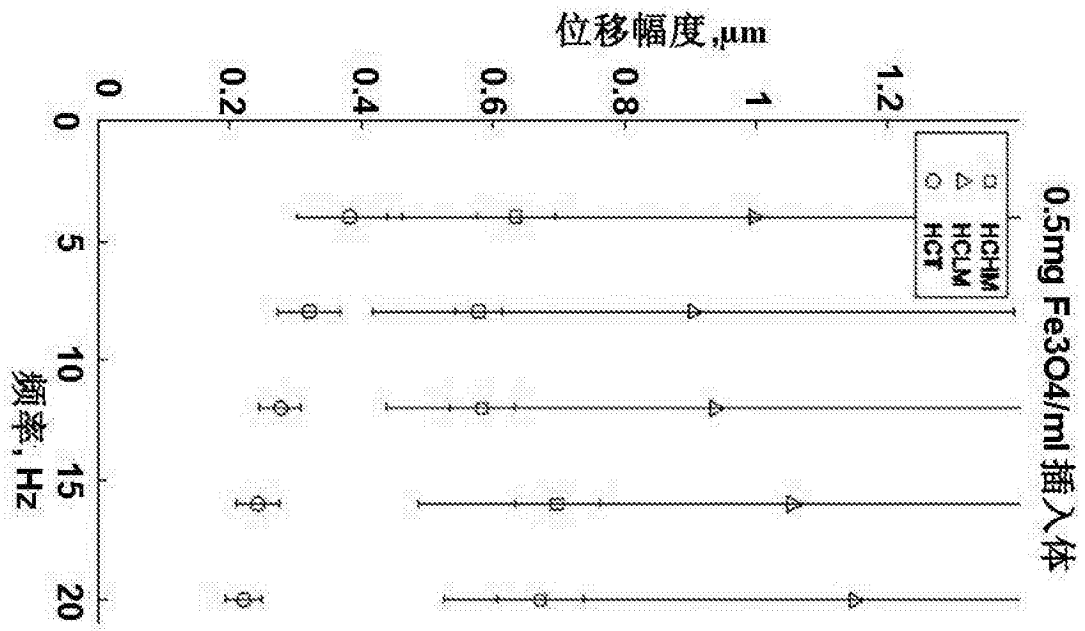


图 5f

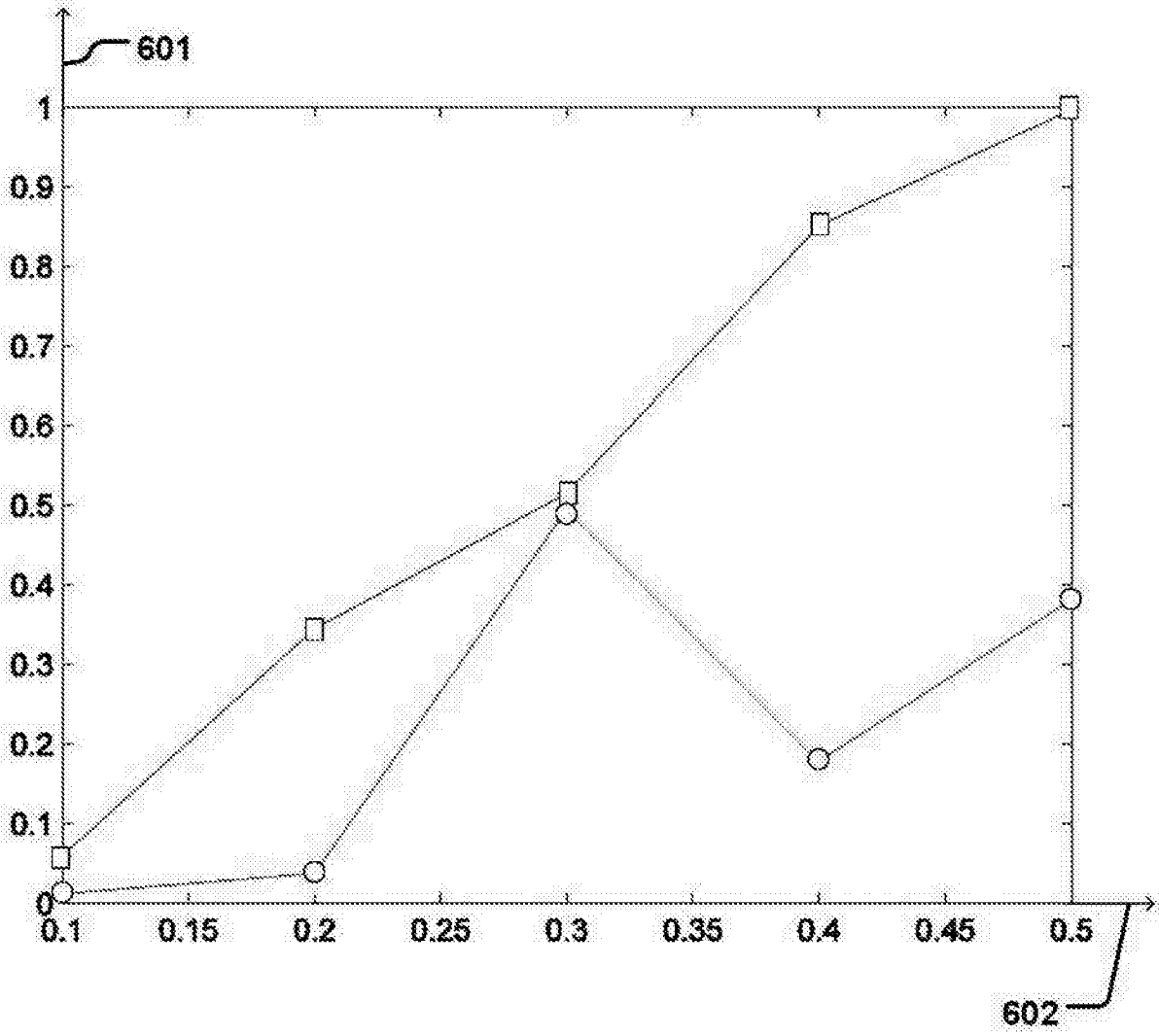


图 6

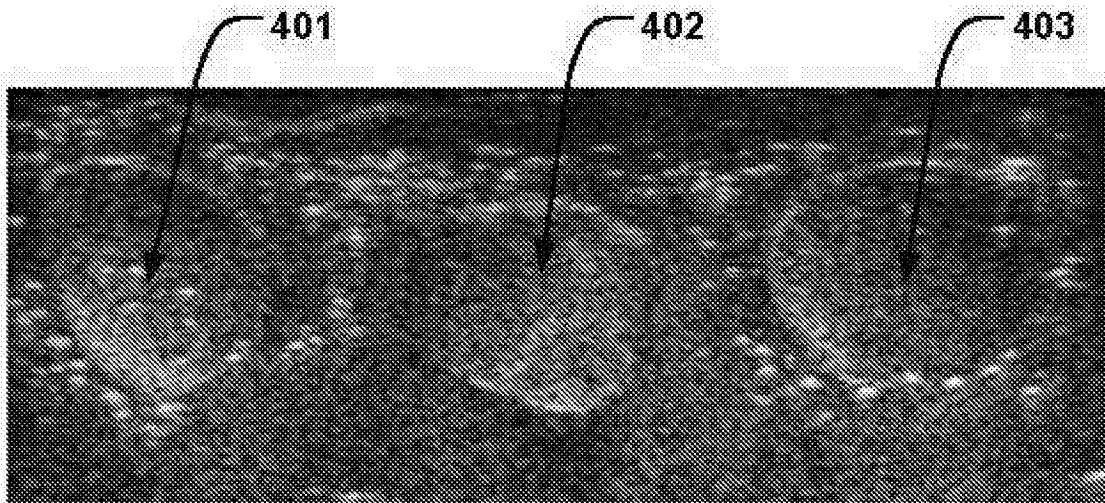


图 7a

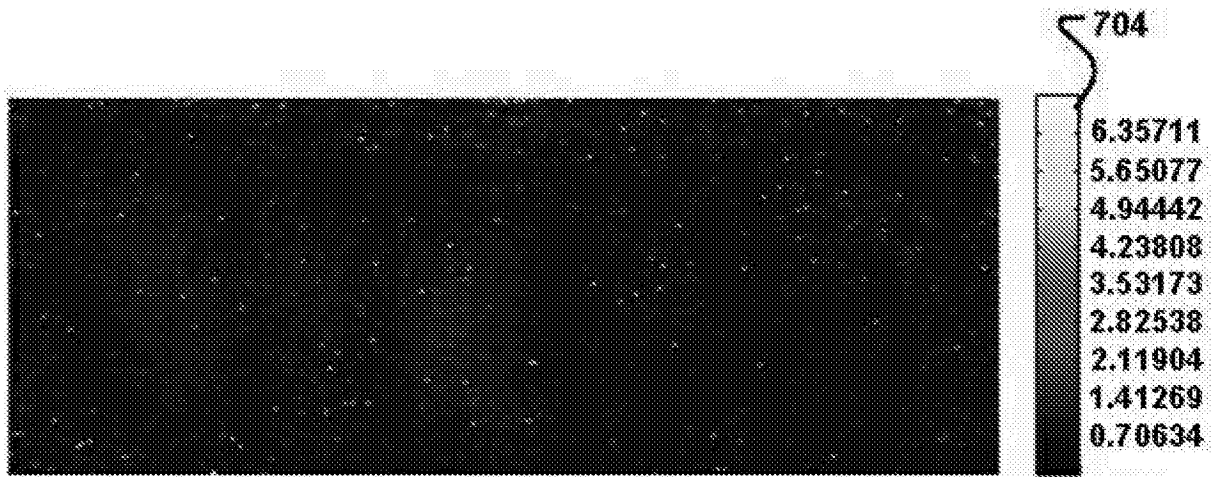


图 7b

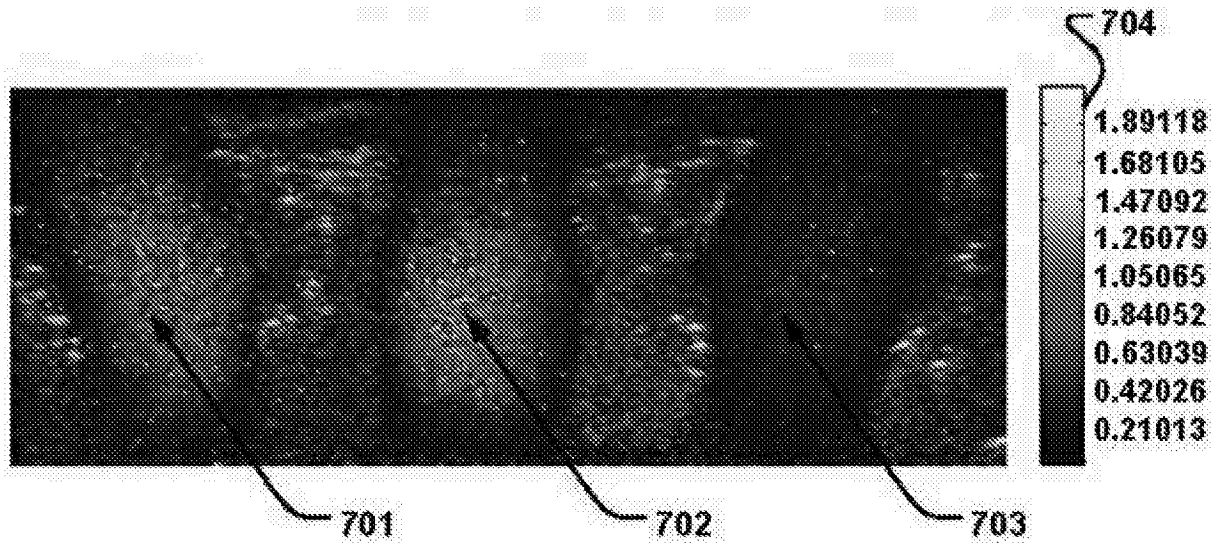


图 7c

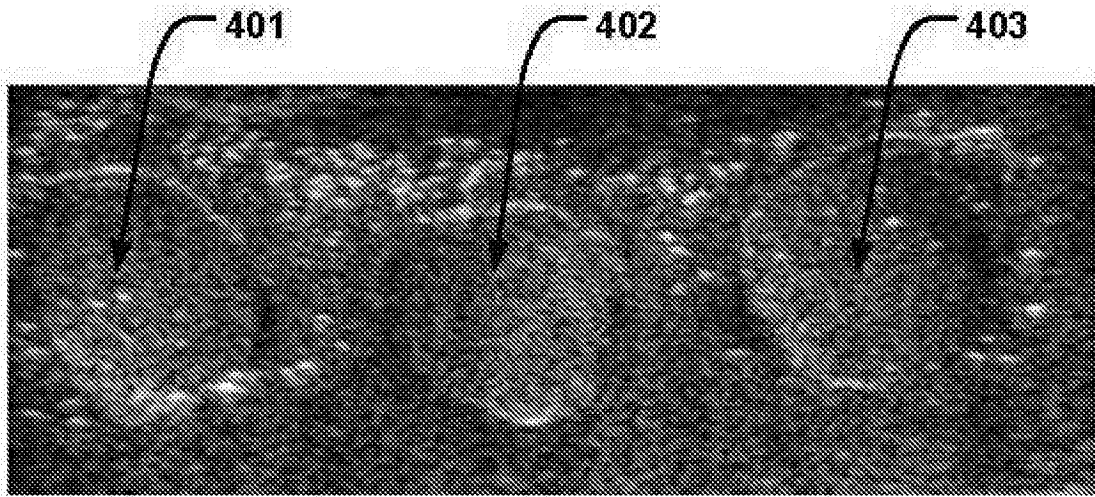


图 8a

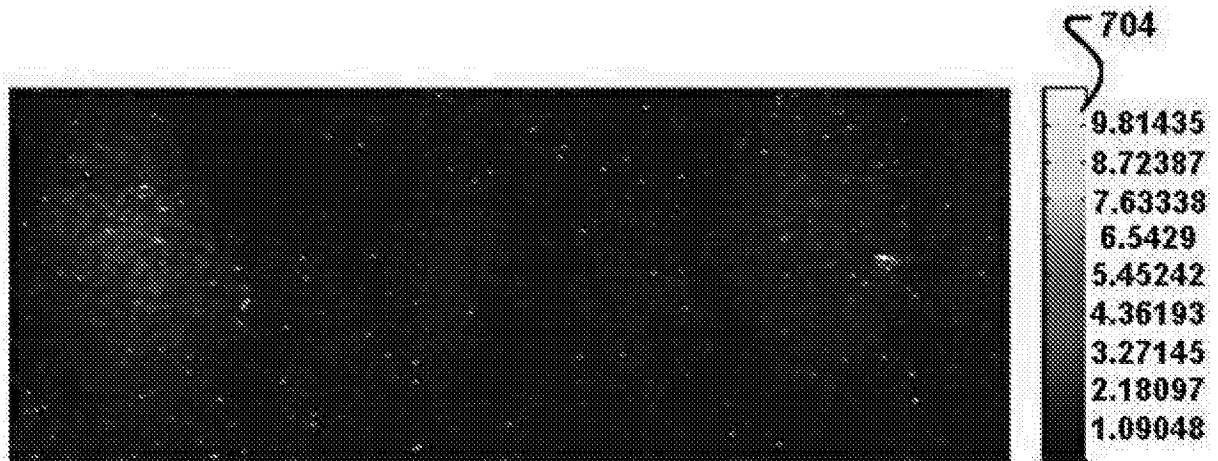


图 8b

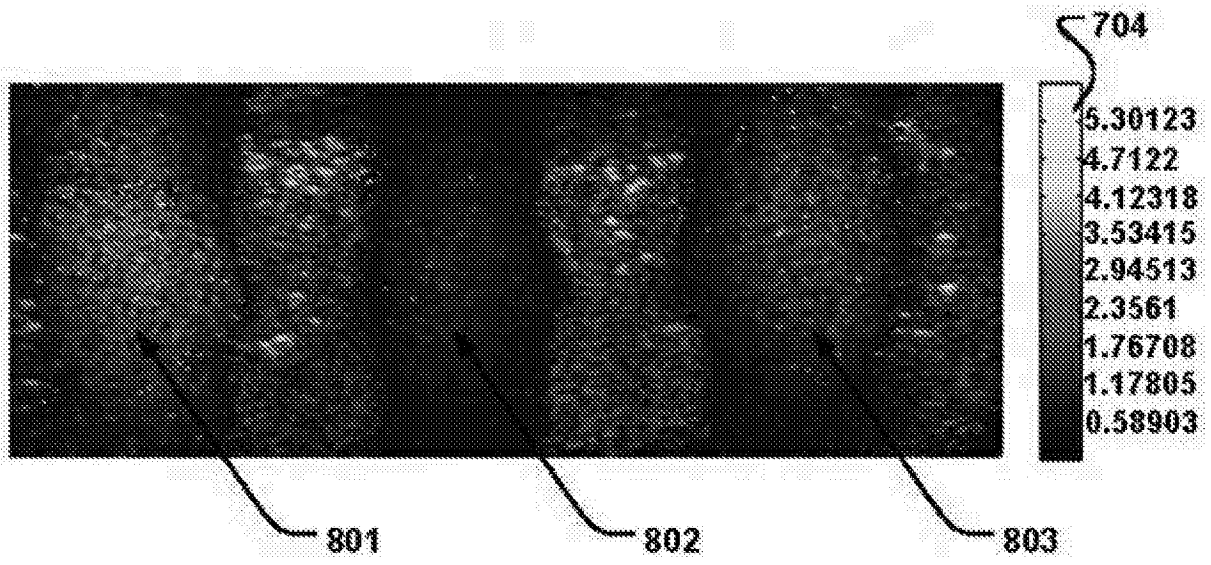


图 8c

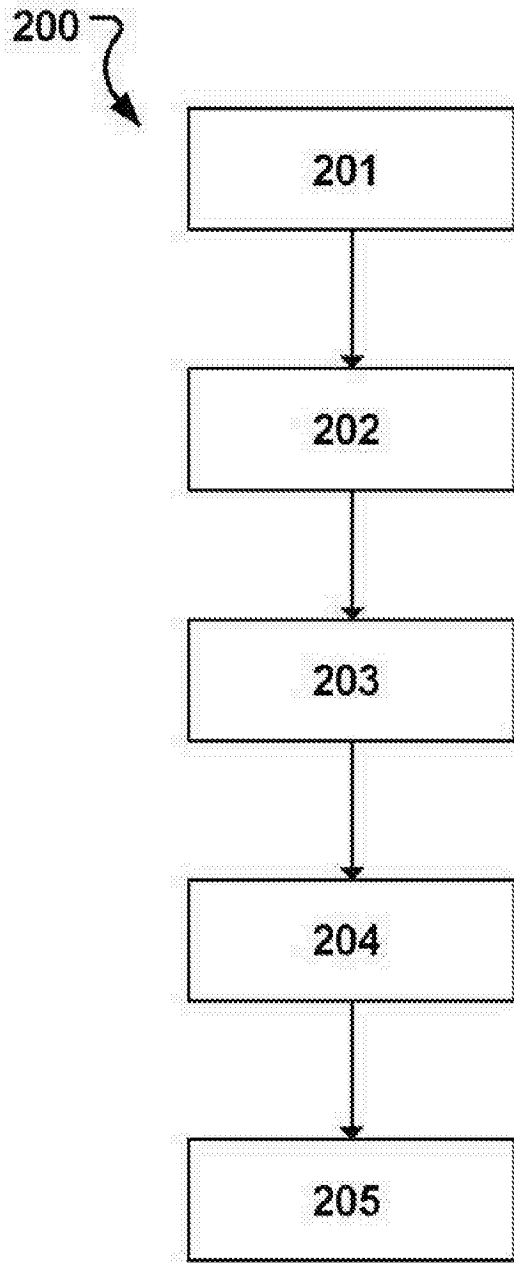


图 9

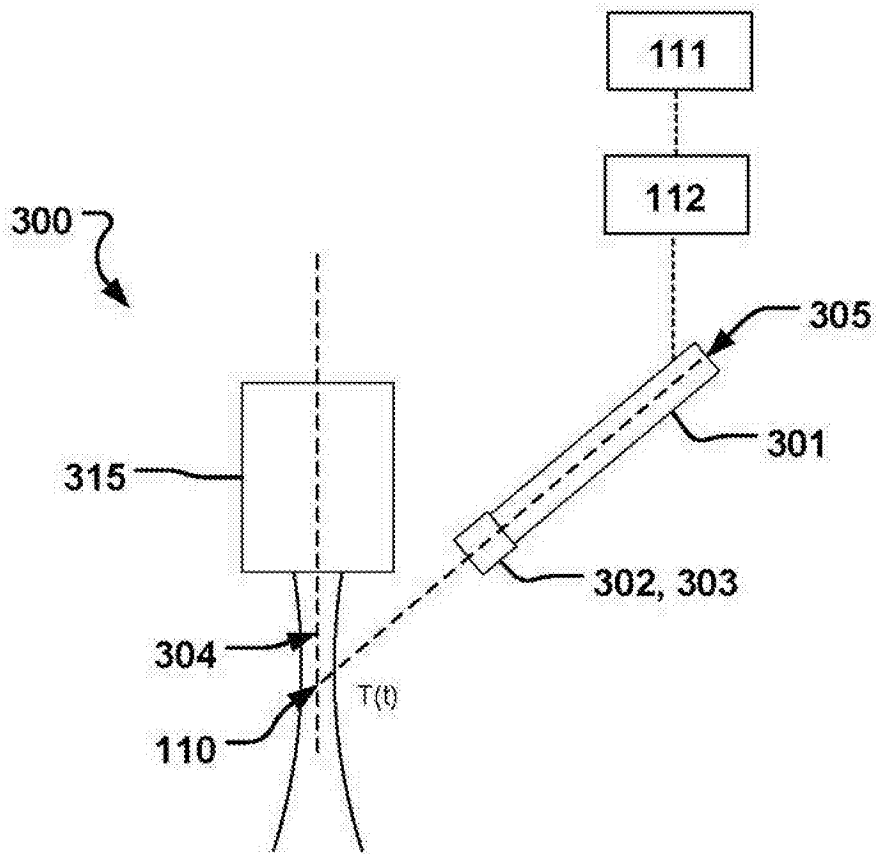


图 10

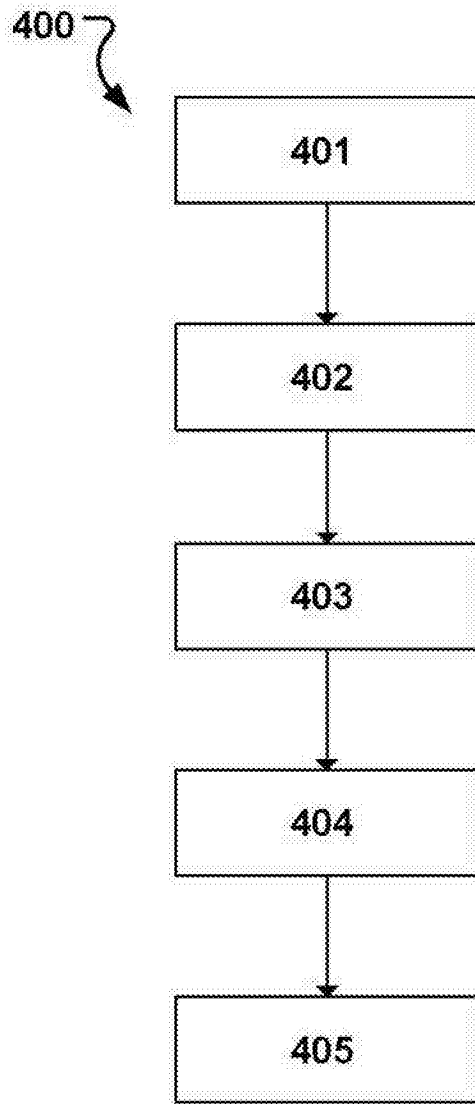


图 11

专利名称(译)	磁动式探头系统及其使用方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN105246414A</a>	公开(公告)日	2016-01-13
申请号	CN201480025362.4	申请日	2014-05-06
[标]发明人	马格纳斯·钦提奥 玛丽亚·埃弗特森 托马斯·扬森 汉斯·W·佩尔森 弗雷德里克·奥尔森 萨拉·弗雷德里克森		
发明人	马格纳斯·钦提奥 玛丽亚·埃弗特森 托马斯·扬森 汉斯·W·佩尔森 弗雷德里克·奥尔森 萨拉·弗雷德里克森		
IPC分类号	A61B8/00 A61B8/08 A61B5/05		
CPC分类号	A61B5/0515 A61B8/4209 A61B8/481 A61B8/4455 A61B8/4483 A61B8/54		
代理人(译)	倪小敏		
优先权	2013166681 2013-05-06 EP		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明公开了一种磁动式成像探头系统，所述系统包括：可移动的探头，设置在所述探头上的磁铁，以及超声转换器，其中当所述探头具有靠近所述超声转换器的近端第一位置时，在所述超声转换器和所述探头的远端，所述磁铁被设置来在所述超声转换器的成像平面（304）生成随时间变化的磁场（T）。

