



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113347923 B

(45) 授权公告日 2024. 11. 19

(21) 申请号 201980090177.6
 (22) 申请日 2019.10.28
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 113347923 A
 (43) 申请公布日 2021.09.03
 (30) 优先权数据
 2022093 2018.11.29 NL
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日
 2021.07.23
 (86) PCT国际申请的申请数据
 PCT/NL2019/050708 2019.10.28
 (87) PCT国际申请的公布数据
 W02020/111936 EN 2020.06.04
 (73) 专利权人 希瑞斯医疗系统私人有限责任公司
 地址 荷兰埃因霍温

(72) 发明人 休伯特·塞西尔·弗朗索瓦·马顿斯
 布拉姆·舍默尔斯 兼子毅之
 杰伦·亨德里克·弗兰肯
 (74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262
 专利代理师 王红英 杨明钊
 (51) Int. Cl.
 A61B 5/06 (2006.01)
 A61B 5/1495 (2006.01)
 (56) 对比文件
 CN 106974702 A, 2017.07.25
 CN 1195404 A, 1998.10.07
 审查员 黄萌萌

权利要求书3页 说明书24页 附图7页

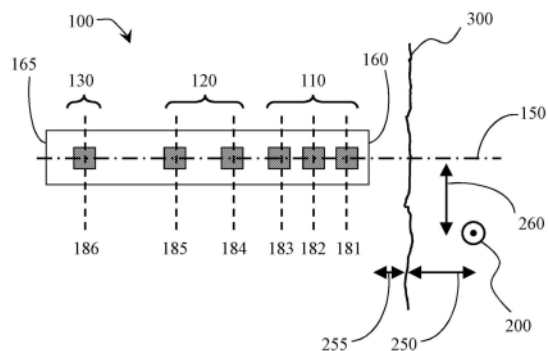
(54) 发明名称

用于确定可植入磁性标记物的部署的磁场探针

(57) 摘要

在侵入和非侵入治疗和疗法期间,不能准确地定位感兴趣区域意味着并非所有区域都得到治疗,或者治疗是不完整的。提供了一种磁场探针100、1010、102、103,所述磁场探针改善对可植入磁性标记物200的部署的确定,所述探针包括第一磁性传感器110、120和第二磁性传感器110、120,所述第一磁性传感器和所述第二磁性传感器大体沿着横向轴线设置,所述横向轴线与所述探针的纵向轴线150相交。所述第一磁性传感器110、20和所述第二磁性传感器110、120靠近所述探针的远端160,并且相隔小传感器间隔。提供靠近近端165的第三磁性传感器120、130,所述第三磁性传感器与靠近所述远端160的所述第二磁性传感器110、120相隔主传感器间隔,所述主传感器间隔大于所述小传感器间隔;并且所述主传感器间隔与所述小传感器间隔之比在1.25至40的

范围内、优选地在1.6至7.6的范围内。在此示例中,所述第二磁性传感器在功能上被配置且布置成与所述第一磁性传感器和所述第三磁性传感器两者协作。这能够使用三个或更多个磁性传感器来实施。这提供了一种探针,所述探针能够在所述探针的远端靠近可植入磁性标记物时以及在更远时准确地确定所述标记物的一个或多个部署。特别地,包括靠近所述远端的传感器对能够提高所述探针的灵敏度和准确性。



CN 113347923 B

1. 一种用于确定可植入磁性标记物(200)的部署的磁场探针(100、101、102、103),所述磁场探针沿着探针纵向轴线(150)延伸,所述磁场探针(100、101、102、103)包括:

-远端(160),所述远端被配置且布置成靠近皮肤的外表面(300)设置;

-靠近所述远端(160)的第一磁性传感器(110、120);

-靠近所述远端(160)的第二磁性传感器(110、120),所述第二磁性传感器被配置且布置成与所述第一磁性传感器(110、120)相隔小传感器间隔,所述第一磁性传感器和所述第二磁性传感器被配置且布置成在使用中确定所述可植入磁性标记物(200)的一个或多个部署(250、255、260);

-靠近近端(165)的第三磁性传感器(120、130),所述第三磁性传感器被配置且布置成与所述第二磁性传感器(110、120)相隔主传感器间隔,所述第三磁性传感器和所述第二磁性传感器被配置且布置成在使用中进一步确定所述可植入磁性标记物(200)的所述一个或多个部署(250、255、260);

其中:

-所述主传感器间隔大于所述小传感器间隔;

-所述主传感器间隔与所述小传感器间隔之比在1.25至40的范围内;

-所述第一磁性传感器和所述第二磁性传感器(110、120)大体沿着横向轴线(181、182、183)设置,所述横向轴线(181、182、183)与所述探针纵向轴线(150)相交;并且

其中,所述第一磁性传感器、所述第二磁性传感器和所述第三磁性传感器中的至少一个包括被布置成1D、2D或3D阵列的两个或更多个磁性传感器。

2. 根据权利要求1所述的磁场探针(100、101、102、103),其中,所述磁场探针(100、101、102、103)进一步包括:

-靠近所述远端的第四磁性传感器(110、120),

其中:

-所述第四磁性传感器(110、120)被配置且布置成与所述第三磁性传感器(120、130)而不是所述第二磁性传感器(110、120)相隔所述主传感器间隔。

3. 根据权利要求1所述的磁场探针(100、101、102、103),其中,被配置且布置成相隔主传感器间隔的磁性传感器(110、120、130)大体沿着另一纵向轴线(150、151、152)设置。

4. 根据权利要求2所述的磁场探针(100、101、102、103),其中,被配置且布置成相隔主传感器间隔的磁性传感器(110、120、130)大体沿着另一纵向轴线(150、151、152)设置。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的磁场探针(100、101、102、103),其中,被配置且布置成相隔所述主传感器间隔的所述磁性传感器(110、120、130)大体沿着所述探针纵向轴线(150)设置。

6. 根据权利要求1-4中任一项所述的磁场探针(100、101、102、103),其中,所述第一磁性传感器和所述第二磁性传感器(110、120)大体沿着所述横向轴线(181、182、183)设置,所述横向轴线(181、182、183)大致垂直于另一纵向轴线(150、151、152),沿着所述纵向轴线,传感器被配置且布置成相隔主传感器间隔。

7. 根据权利要求1-4中任一项所述的磁场探针(100、101、102、103),其中,所述第一磁性传感器、所述第二磁性传感器和所述第三磁性传感器中的至少一个被配置且布置成确定所述可植入磁性标记物(200)相对于所述磁场探针(100、101、102、103)的所述远端(160)的

部署中的一个或多个。

8. 根据权利要求1-4中任一项所述的磁场探针(100、101、102、103),其中,所述第一磁性传感器、所述第二磁性传感器和所述第三磁性传感器中的至少一个被配置且布置成确定所述可植入磁性标记物(200)在多于一个自由度上的部署。

9. 根据权利要求1-4中任一项所述的磁场探针(100、101、102、103),其中,所述主传感器间隔与所述小传感器间隔之比在1.6至7.6的范围内。

10. 根据权利要求1-4中任一项所述的磁场探针(100、101、102、103),其中,所述磁场探针(100、101、102、103)进一步包括:

- 一个或多个补偿传感器(140),所述一个或多个补偿传感器用于测量背景磁场;其中:
- 在使用中确定所述可植入磁性标记物(200)的一个或多个部署进一步考虑所述背景磁场。

11. 根据权利要求1-4中任一项所述的磁场探针(100、101、102、103),其中:

- 通过考虑与所述可植入磁性标记物(200)相关联的磁场强度的立方反比律确定来预先确定所述小传感器间隔和/或所述主传感器间隔。

12. 根据权利要求1-4中任一项所述的磁场探针(100、101、102、103),其中:

- 所述磁场探针的所述远端(160)进一步被配置且布置成接触皮肤的外表面(300)和/或穿过皮肤的外表面(300)插入和/或插入到体腔中。

13. 一种用于检测可植入磁性标记物(200)的部署的检测器单元,所述检测器单元包括根据权利要求1-12中任一项所述的磁场探针(100、101、102、103)。

14. 一种用于确定可植入磁性标记物(200)的部署的方法,所述方法包括:

- 提供磁场探针(100、101、102、103),所述磁场探针包括远端(160),所述远端被配置且布置成靠近皮肤的外表面(300)设置,所述磁场探针沿着探针纵向轴线(150)延伸并且进一步包括:靠近所述远端(160)的第一磁性传感器(110、120)以及第二磁性传感器(110、120),所述第二磁性传感器被配置且布置成与所述第一磁性传感器(110、120)相隔小传感器间隔,所述第一磁性传感器和所述第二磁性传感器(110、120)大体沿着横向轴线(181、182、183)设置,所述横向轴线(181、182、183)与所述探针纵向轴线(150)相交;

- 将所述第一磁性传感器和所述第二磁性传感器配置且布置成在使用中确定所述可植入磁性标记物(200)的一个或多个部署(250、255、260);

- 所述磁场探针进一步包括靠近近端(165)的第三磁性传感器(120、130),所述第三磁性传感器被配置且布置成与所述第二磁性传感器(110、120)相隔主传感器间隔;

- 将所述第三磁性传感器和所述第二磁性传感器配置且布置成在使用中进一步确定所述可植入磁性标记物(200)的所述一个或多个部署(250、255、260);

其中:

- 所述第一磁性传感器、所述第二磁性传感器和所述第三磁性传感器中的至少一个包括被布置成1D、2D或3D阵列的两个或更多个磁性传感器;并且

- 所述主传感器间隔与所述小传感器间隔之比在1.25至40的范围内。

15. 根据权利要求14所述的方法,所述磁场探针(100、101、102、103)进一步包括:

- 靠近所述远端的第四磁性传感器(110、120),

并且所述方法包括:

-将所述第四磁性传感器(110、120)配置且布置成与所述第三磁性传感器(120、130)而不是所述第二磁性传感器(110、120)相隔所述主传感器间隔。

16.根据权利要求14或权利要求15所述的方法,其中,所述主传感器间隔与所述小传感器间隔之比在1.6至7.6的范围内。

用于确定可植入磁性标记物的部署的磁场探针

[0001] 领域

[0002] 本披露内容涉及一种用于确定可植入磁性标记物的部署的磁场探针、一种包括所述探针的检测单元,以及一种检测可植入磁性标记物的部署的方法。

[0003] 背景

[0004] 在侵入和非侵入治疗和疗法期间,重要的是保健专业人员能够准确地定位感兴趣区域。专业人员经常依靠视觉和手动操纵来找到并记住感兴趣区域,通常在皮肤的外表面做标记。在实践中,也可以使用成像设备(诸如X射线和/或超声)来帮助定位,然而,这依赖于能够使用成像技术将感兴趣区域与周围组织区分开。不能准确地定位感兴趣区域可能意味着并非所有区域都得到治疗,或者治疗是不完整的。这对于治疗和美容程序和治疗都是问题,包括肿瘤移除、息肉移除、整容手术、组织移除和/或矫正、植入装置的定位,例如,可能需要定位生育控制装置,诸如依托孕烯(Implanon)。

[0005] 例如,如果在癌症筛查后开出病变切除或移除,则外科医生需要知道病变的位置和范围。临床实践中的当前黄金标准要求就在手术程序之前将金属锚线放置在目标中,这有感染和线移动的风险。较新的解决方案使用放射性标记物,但放射性材料的使用被严格控制和管理。已经开发出电磁和RFID(射频识别)标记物,但这些标记物体积庞大且容易出故障。在定位感兴趣区域方面的任何不准确性都可能会导致病变的不完整切除或移除,从而需要额外的治疗。

[0006] 另外,筛查程序的改进意味着越来越多的患者发现较小的早期病变,虽然这样及早检测对患者更有益,但外科医生可能难以识别和定位小的病变。它们也可能是难以察觉的。术中成像通常是繁琐且昂贵的。

[0007] 近来,已经提出使用可植入磁性标记物。这些与放射性标记物相比提供了更高的安全程度,但医疗保健专业人员仍需要相当大的努力来检测标记物的部署(定位)。这在使用极小的磁性标记物来标记极小的感兴趣区域时变得甚至更困难。

[0008] 例如,美国专利US 7561051 B1描述了一种用于定位磁体和/或确定设备相对于磁体的取向的设备。在一个实施例中,该设备包括能以往复方式移动的多轴磁场传感器,以便准许在多个间隔开的位置进行传感器读数。在另一实施例中,该设备包括沿着直线排列的多个多轴磁场传感器。该设备可以在许多医疗和其他应用中使用,包括组织切除、跟踪医疗装置在体腔中的移动以及跟踪内脏器官的移动。

[0009] 本发明的目的是改进可植入磁性标记物的部署的确定。

[0010] 综述

[0011] 根据本披露内容的第一方面,提供了一种用于确定可植入磁性标记物的部署的磁场探针,所述探针沿着探针纵向轴线延伸,所述探针包括:远端,所述远端被配置且布置成靠近皮肤的外表面设置;靠近所述远端的第一磁性传感器;靠近所述远端的第二磁性传感器,所述第二磁性传感器被配置且布置成与所述第一磁性传感器相隔小传感器间隔,所述第一磁性传感器和所述第二磁性传感器被配置且布置成在使用中确定所述磁性标记物的一个或多个部署;靠近近端的第三磁性传感器,所述第三磁性传感器被配置且布置成与所

述第二磁性传感器相隔主传感器间隔,所述第三磁性传感器和所述第二磁性传感器被配置且布置成在使用中进一步确定所述磁性标记物的所述一个或多个部署;其中:所述主传感器间隔大于所述小传感器间隔;并且所述主传感器间隔与所述小传感器间隔之比在1.25至40的范围内、优选地在1.6至7.6的范围内;并且所述第一磁性传感器和所述第二磁性传感器大体沿着横向轴线设置,所述横向轴线与所述探针纵向轴线相交。

[0012] 应注意,用于传感器的标签第一、第二和第三是有区别的并且不一定与用于传感器组的标签第一、第二和第三相同。第一传感器、第二传感器和第三传感器可以根据不同的实施例执行的功能而选自那些组中的任一个。

[0013] 通过靠近探针的远端提供沿着横向轴线具有辅间隔的一对磁性传感器以及具有主间隔的另一对(一个靠近远端且另一个靠近近端),其中主传感器间隔与小传感器间隔之比在1.25至40的范围内、优选地在1.6至7.6的范围内,提供了一种探针,所述探针能够在探针的远端靠近可植入磁性标记物和更远时准确地确定所述标记物的位置(部署)。特别地,包括靠近远端的传感器对可以提高探针的灵敏度和准确性。

[0014] 在此示例中,所述第二磁性传感器在功能上被配置且布置成与所述第一磁性传感器和所述第三磁性传感器两者协作。这可以使用三个或更多个磁性传感器来实施,如下面解释。

[0015] 任选地,所述横向轴线可以大致垂直于所述纵向轴线。在一些情况下,这可以简化部署的计算。

[0016] 根据又一方面,所述探针可以进一步包括靠近远端的第四磁性传感器,其中,所述第四磁性传感器被配置且布置成与所述第三磁性传感器而不是所述第二磁性传感器相隔所述主传感器间隔。

[0017] 可能方便的是提供附加(第四)磁性传感器,所述附加磁性传感器执行第一方面的第二传感器的功能的部分,即,与第三磁性传感器协作。第二磁性传感器被配置且布置成与第一磁性传感器相隔小传感器间隔。

[0018] 根据本披露内容的另一方面,被配置且布置成相隔主传感器间隔的磁性传感器可以大体沿着纵向轴线设置。

[0019] 任选地,这些传感器可以沿着探针纵向轴线设置。

[0020] 不同对的磁性传感器可以被配置且布置成相隔主传感器间隔。通过大体沿着探针的纵向轴线设置这样的一对传感器,提供了特别容易操纵的细长的探针。通过沿着探针纵向轴线设置它们,在一些情况下可以简化相对于探针纵向轴线的部署的计算。

[0021] 任选地,横向轴线可以大致垂直于纵向轴线,沿着所述纵向轴线,传感器被配置且布置成相隔主传感器间隔。任选地,这可以是探针纵向轴线。

[0022] 在一些情况下,这可以简化部署的计算。

[0023] 根据本披露内容的又一方面,所述探针可以包括,所述探针进一步包括:一个或多个补偿传感器,所述一个或多个补偿传感器用于测量背景磁场;其中:在使用中确定所述磁性标记物的一个或多个部署进一步考虑所述背景磁场。

[0024] 有利地,现有传感器或专用传感器可以被配置成测量(或检测)背景磁场,诸如地球的磁场。可以使用背景测量值来补偿部署确定以进一步提高准确性和灵敏度。

[0025] 根据本披露内容的另一方面,可以通过考虑与所述可植入磁性标记物相关联的磁

场强度的立方反比律确定来预先确定所述小传感器间隔和/或所述主传感器间隔。

[0026] 通过在确定一个或多个传感器的纵向间隔时考虑立方反比律,可以进一步提高磁场测量以及模型和/或曲线拟合的准确性。

[0027] 另外,提供了一种用于确定可植入磁性标记物的部署的方法,所述方法包括:提供探针,所述探针包括远端,所述远端被配置且布置成靠近皮肤的外表面设置,所述探针沿着探针纵向轴线延伸并且进一步包括:靠近所述远端的第一磁性传感器以及第二磁性传感器,所述第二磁性传感器被配置且布置成与所述第一磁性传感器相隔小传感器间隔,所述第一磁性传感器和所述第二磁性传感器大体沿着横向轴线设置,所述横向轴线与所述纵向轴线相交;将所述第一磁性传感器和所述第二磁性传感器配置且布置成在使用中确定所述磁性标记物的一个或多个部署;所述探针进一步包括靠近近端的第三磁性传感器,所述第三磁性传感器被配置且布置成与所述第三磁性传感器相隔主传感器间隔;将所述第三磁性传感器和所述第二磁性传感器配置且布置成在使用中进一步确定所述磁性标记物的所述一个或多个部署;其中:所述主传感器间隔与所述小传感器间隔之比在1.25至40的范围内、优选地在1.6至7.6的范围内。

[0028] 在此示例中,所述第二磁性传感器在功能上被配置且布置成与所述第一磁性传感器和所述第三磁性传感器两者协作。这可以使用三个或更多个磁性传感器来实施,如下面解释。

[0029] 根据又一方面,所述探针可以进一步包括靠近所述远端的第四磁性传感器,所述方法包括:将所述第四磁性传感器配置且布置成与所述第三磁性传感器而不是所述第二磁性传感器相隔所述主传感器间隔。

[0030] 可能方便的是提供附加(第四)磁性传感器,所述附加磁性传感器执行第一方面的第二传感器的功能的部分,即,与第三磁性传感器协作。第二磁性传感器被配置且布置成与第一磁性传感器相隔小传感器间隔。

附图说明

[0031] 在考虑本发明结合附图进行的以下详细描述后,本发明的一些实施例的特征和优点以及实现这些特征和优点的方式将变得显而易见,附图展示了优选的示例性实施例并且不一定按比例绘制,其中:

[0032] 图1A和图1B描绘了用于检测可植入磁性标记物的部署(定位)的磁场探针的实施例;

[0033] 图2A和图2B描绘了磁场探针的第二实施例;

[0034] 图3A、图3B和图3C描绘了具有3维传感器布置的纵向延伸的探针的示例;

[0035] 图4描绘了简单微分测量的示例,示出信号与标记物侧向位移之间的关联;

[0036] 图5示出了第一标记物的磁场和一些可能的传感器间隔的预期变化;

[0037] 图6示出了第二标记物的磁场和一些可能的传感器间隔的预期变化;

[0038] 图7描绘了替代性传感器2维布置;以及

[0039] 图8示出了又一替代性传感器2维布置。

[0040] 详细说明

[0041] 在以下详细说明中,给出许多非限制性具体细节以帮助理解本披露内容。本领域

技术人员将明白,该方法的计算机处理部分可以在包含任何类型的客户端、网络、服务器和数据库元件的任何类型的独立系统或客户端-服务器兼容系统上实施。

[0042] 图1A和图1B描绘了用于检测可植入磁性标记物200的部署(定位)的磁场探针100。如所描绘,磁性标记物200被植入在皮肤的外表面300下方以标记感兴趣区域,这可以是在皮肤的外表面下方几毫米或几厘米250。这也可以被称为深度250。磁场探针可以沿着探针纵向轴线150延伸,当延伸时,它提供了用于确定磁性标记物200的部署的方便参考点。标记物200的这种部署可以用任何方便的参数表达,然而,用户可以对被提供以探针纵向轴线150与磁性标记物200之间的横向距离260以及远端160与磁性标记物200之间的纵向距离255、250特别感兴趣。

[0043] 标记物可以以任何方便的方式(诸如通过注射)进行植入。注射可以例如到软组织或器官中、或者经由到肺支气管的支气管窥镜或到结肠的结肠窥镜进行递送,或者集成在可吞咽装置(诸如电子药丸)中。植入方法可以取决于例如所要求的深度250、要执行的后续程序、感兴趣区域的大小、感兴趣区域的位置、该区域中的组织类型,以及该区域周围的组织类型。可以就在检测之前或一些更早的时候植入。

[0044] 典型地,适合的磁性标记物200是大致圆柱形的:

[0045] -直径为1.45mm、长度为2.19mm且剩余磁场(Br)为1.43T(钕N52),或

[0046] -直径为1.75mm、长度为5mm且剩余磁场(Br)为1.43T(钕N52)。

[0047] 探针100包括远端160,该远端被配置且布置成靠近皮肤的外表面300设置。探针100进一步被配置且布置成确定探针参考与磁性标记物200之间的一个或多个部署(距离),如下面描述。探针参考可以是探针100的一个或多个点、探针100的一条或多条轴线、探针100的一个或多个平面,或者它们的组合。

[0048] 探针100包括一个或多个磁性传感器,该一个或多个磁性传感器被配置成测量由磁性标记物200产生的磁场的一个或多个特性(例如,强度、方向、 B_x 、 B_y 、 B_z)。这些特性用于使用软件算法来确定一个或多个部署。

[0049] 例如,对于用户来说可以有利的的是探针100的远端160是参考点,换句话说,探针100被配置成确定相对于探针100的远端160的一个或多个部署。如果探针大体纵向延伸,那么提供特别容易操纵的细长的探针100,并且通过移动远端160来找到磁性标记物200是更直观的。

[0050] 如所描绘,远端160可以设置在距皮肤的外表面300的距离255处,可以使用间隔物来维持固定的距离255,或者如果探针100进一步被配置且布置成接触皮肤的外表面300,则距离255可以为零。探针100可以进一步被配置且布置成推靠在皮肤的外表面300上以形成凹痕,该凹痕可以进一步减小探针100的远端160与磁性标记物200之间的距离。一般而言,探针100与磁性标记物之间的距离越小,测量到的任何信号的幅度就越大。对于一些治疗,探针100可以进一步被配置且布置成穿过皮肤的外表面300插入和/或插入到体腔中以进一步减小探针100与标记物200之间的距离。这可以例如经由手术切口或经由自然孔道进行。

[0051] 探针100可以被包括在检测单元或装置(未示出)中。技术人员将明白,用于确定一个或多个部署的功能可以在磁性探针100的硬件和软件中实施,或者它们在检测器的其余部分的硬件和软件中实施。这些功能也可以以任何方便的方式在磁性探针100与检测器单元的其余部分之间进行划分。

[0052] 用于探针100的检测单元或装置可以包括以下中的一项或多项：

[0053] -任选的电连接和/或机械连接,该电连接和/或机械连接被配置成附接到探针100的近端165。可以有利的使附接是可释放的。连接也可以是无线的被配置且布置成至少允许探针100与检测器的其余部分之间的数据传输；

[0054] -电源,该电源用于向探针磁性传感器提供能量；

[0055] -处理器,该处理器被配置成收集磁性传感器测量值以及使用适当的软件算法来确定部署；

[0056] -任选地,还可以提供显示器以向用于指示确定的结果。优选地,用数字和/或图形显示到磁性标记物200的横向和/或纵向距离。另外地或替代性地,可以提供指示横向和/或纵向方向的图形表示。另外地或替代性地,还可以提供音频反馈,这在下面更详细地描述。距离(部署)可以被显示为例如相对值和/或绝对值。可以提供音频反馈,例如,类似于用具有不同音调的汽车停车传感器来指示到物体的距离的方式。

[0057] 探针100包括三个或更多个磁性传感器。这些可以被配置且布置成被包括在多达三个不同的传感器组110、120、130中。如下面描述,每个传感器可以被配置且布置成执行单个功能或有助于多个功能。在此示例中,三个组110、120、130可基于它们相对于探针100的远端160的位置进行辨认。图1B描绘了分配到每个磁性传感器的附图标记,为便于参考,在此实施例中,提供了最少三个磁性传感器,并且典型地以1D阵列使用六个传感器。传感器被分组如下：

[0058] -110:靠近探针100的远端160的第一组的至少两个磁性传感器。如图1B所描绘,这些可以是传感器0、1和2。并不需要占用所有传感器位置,可以物理地省略或在软件中禁用一个或多个传感器。这些传感器被配置且布置成使得邻近的传感器彼此纵向地且横向地相隔小传感器间隔,使得当远端160相对靠近磁性标记物200时,可以确定标记物200的至少两个部署。传感器0和1相隔小传感器间隔,并且传感器1和2也相隔小传感器间隔。相隔小传感器间隔的传感器被配置且布置成提供测量值以用于在远端160相对靠近磁性标记物200时准确地确定标记物200的一个或多个部署。在实践中,传感器可以接近磁性标记物200到最近大约2.5mm内,典型地,将使用壳体来封闭磁性探针100,从而限制可以接近标记物的最近距离。例如,当使用IC磁性传感器(诸如尺寸为 $2 \times 2 \times 0.7\text{mm}$ 的LGA-12包装)时,它们可以按0.5mm的间隙设置,从而提供小传感器间隔(接近于包装的中心之间的距离或大约2.5mm)。相隔小传感器间隔的传感器可以进行优化以用于在标记物的长度的0.5倍与3倍之间的准确标记物200部署确定。

[0059] 应注意,在此实施例中,非邻近传感器纵向地相隔主传感器间隔:传感器2与0。

[0060] -120:第二组的至少一个磁性传感器。如图1B所描绘,这可以是传感器3和12。这些比第一组110更靠近探针100的近端165(换句话说,更远离远端160)。它们主要被配置且布置成提供测量值以用于在探针100的远端160更远离磁性标记物200时确定一个或多个部署(距离)。将使用来自第二组的一个或多个传感器的测量值确定的部署与使用来自第一组110的一个或多个传感器的测量值确定的部署进行比较,来自第二组120的磁性传感器与第一组110中的磁性传感器相隔主传感器间隔。这个主传感器间隔大于小传感器间隔。例如,以下传感器在纵向方向上相隔主传感器间隔：

[0061] -传感器3与0、1或2；

[0062] -传感器12与0、1或2

[0063] -传感器12与3。

[0064] -130:任选地,第三组的至少一个磁性传感器。如图1B所描绘,这可以是传感器13。这些比第二组120更靠近探针100的近端165(换句话说,更远离远端160)。它们可以被配置且布置成:

[0065] -补偿传感器。在这种情况下,补偿传感器主要被配置且布置成检测背景磁场,诸如自然产生的磁场(来自地球)、因设备在执行测量和确定的环境中操作而存在的人造场和/或由感兴趣的区域中或周围的组织产生的抗磁场。

[0066] -替代性地或另外地,第三组130中的磁性传感器可以被配置且布置成提供附加测量值以用于在探针100的远端160更远离磁性标记物200时确定一个或多个部署(距离)。来自第三组130的磁性传感器与第一组110相隔主传感器间隔。这个主传感器间隔大于小传感器间隔,并且可以与其他主传感器间隔中的任一个类似、不同或相等。例如,以下传感器在纵向方向上相隔主传感器间隔:传感器13与0、1或2

[0067] -来自第三组130的磁性传感器与第二组120相隔主传感器间隔。这个主传感器间隔大于小传感器间隔,并且可以与其他主传感器间隔中的任一个类似、不同或相等。例如,以下传感器在纵向方向上相隔主传感器间隔:传感器13与12或3。

[0068] 术语小传感器间隔和主间隔应被解释为一般间隔类别,可以提供具有一个或多个小传感器间隔和一个或多个主传感器间隔的探针100。

[0069] 小传感器间隔大约是要定位的磁性标记物200的纵向长度的大小、优选地是这个标记物长度0.5倍至3倍。因此,例如,当将2.19mm长的标记物定位时,小传感器间隔优选地为1.095mm至6.57mm。当将5mm长的标记物定位时,小传感器间隔优选地为2.5mm至15mm。

[0070] 主传感器间隔大约是要定位的磁性标记物200的纵向长度的大小的几倍、优选地这个标记物长度5倍至20倍。因此,例如,当将2.19mm长的标记物定位时,小传感器间隔优选地为10.95mm至43.8mm。当将5mm长的标记物定位时,小传感器间隔优选地为25mm至100mm。

[0071] 如果提供多个小传感器间隔,则它们可以彼此类似、不同或相等。如果提供多个主传感器间隔,则它们可以彼此类似、不同或相等。然而,主传感器间隔大于小传感器间隔,并且主传感器间隔与小传感器间隔之比在1.25至40的范围内、优选地在1.6至7.6的范围内。

[0072] 有利的方面是提供沿着横向轴线相隔小传感器间隔的至少两个磁性传感器,这可以提供高准确度和/灵敏度。

[0073] 这种“L形配置”在本领域中是未知的。例如,US 7561051的图2D描绘了一种2D配置,但大致横向隔开的传感器靠近近端且远离远端。这样做是为了保持US 7561051的探针在前部(远端)附近较窄,如该公开案的第6栏第11至16行所解释。

[0074] 磁性传感器0、1、2、3、12、13可以是单个测量装置,诸如测量磁场磁通的单一方向的1D磁通门。一个或多个磁通门可以具有大致相同的取向或者全部可以具有不同的取向,因为这些取向和灵敏度是在设计期间预先确定的,来自每个传感器0、1、2、3、12、13的测量信号可以与如通过设计预先确定的传感器的相对位置和一个或多个选定的传感器间隔进行组合,以确定磁性标记物200的部署。替代性地或另外地,可以测量取向、间隔和/或灵敏度以校准组装(或部分组装的)探针。预先确定和/或校准的值可以在软件模型和/或查找表中用于在使用中确定磁性标记物200相对于探针100的参考点、轴线和/或平面的一个或多

个部署。

[0075] 传感器0、1、2、3、12、13的间隔可以通过物理测量传感器包装的中心之间的距离来确定,对于许多应用来说,这可以足够准确,特别是在执行探针200的进一步校准的情况下。如图1A所描绘,用于传感器0的包装的中心位于第一横向轴线181上,用于传感器1的包装的中心位于第二横向轴线182上,用于传感器2的包装的中心位于第三横向轴线183上,用于传感器3的包装的中心位于第四横向轴线184上,用于传感器12的包装的中心位于第五横向轴线185上,并且用于传感器13的包装的中心位于第六横向轴线186上。横向轴线181至186大体垂直于纵向探针轴线150。

[0076] 优选地在三个自由度上确定传感器间隔,但在一些应用中,一个自由度或两个自由度就可以足够准确。

[0077] 如图1A所描绘,磁性传感器0、1、2、3、12、13可以任选地沿着探针100的纵向轴线150设置。这是特别有利的,因为纵向轴线150可以用作用于部署测量的参考,在确定期间将来自传感器0、1、2、3、12、13的测量值进行组合然后便可以简化,因为间隔基本上由沿着纵向轴线150的间隔确定。

[0078] 磁性传感器0、1、2、3、12、13可以被配置成测量相对或绝对磁强度,以测量磁场的矢量和/或标量分量。传感器0、1、2、3、12、13可以是不同的类型,或者一个或多个传感器0、1、2、3、12、13可以是相同的。每个传感器0、1、2、3、12、13包括至少一个(1D)磁性检测器。位置可以通过设计预先确定和/或在探针组装之后测量。另外地或替代性地,可以使用和/或模拟由传感器制造商提供的技术规格。优选地,每个传感器测量矢量或3D磁场,这提供最多的数据来确定(或重建)标记物的部署。

[0079] 优选地,每个磁性传感器0、1、2、3、12、13是包括两个(2D)、三个(3D或3轴)或更多个磁性检测器的装置,诸如包括三个(3D)大致相互垂直的检测器的IC,从而在探针中的大约相同物理位置提供三个自由度的测量值。同样,这些位置可以通过设计预先确定和/或在探针(部分地)组装之后测量。另外地或替代性地,可以使用和/或模拟由传感器制造商提供的技术规格。

[0080] 在本公开中,传感器和检测器经常互换使用。传感器典型地是包括一个或多个检测器的单个封装包装。如果传感器包装包括两个检测器,其中检测器之间的物理间隔足够大到被视作小传感器间隔,那么就本公开而言,这种传感器包装包括两个传感器,检测器中的每一个提供与探针100内的不同位置相关的标记物200的磁场特性的测量值。小传感器间隔大约是要定位的磁性标记物200的纵向长度的大小、优选地是这个标记物长度0.5倍至3倍。如果检测器之间的物理间隔太小而无法被视作小传感器间隔,那么就本公开而言,这种传感器包装包括一个传感器,检测器中的每一个提供与探针100内的相同位置相关的磁性标记物200的磁场特性的测量值。

[0081] 这些检测器可以是任何合适的类型,诸如磁强计、磁通门传感器、地磁传感器、洛伦兹力数字MEMS、磁感传感器、磁阻传感器、霍尔传感器、磁隧道结以及它们的任何组合。可获得很小且包含3轴检测的许多IC包装。因此,可以提供具有简单的PCB设计和优选地较小探针直径的“许多轴”解决方案。下面提出的传感器包装是示例。它们是数字的并且因此能相对简洁地进行介接,因为需要更少的模拟设计。

[0082] TI DRV425磁通传感器(1D)

	技术:	磁通门
	大小:	4 × 4 × 0.8 mm
	范围:	+/- 2mT (单轴)
	分辨率:	(类似, 取决于 ADC)
[0083]	RMS 噪声:	0.42uT @ 1000Hz (0.2uT @ 50Hz)
	偏移:	8.3uT, + 1.4uT 迟滞 + 0.4 温度漂移
	增益误差:	0.3%
	绝对最大场:	> 2T (在任何方向上)

[0084] 注意:可以通过使用具有良好的零场抵消性能的校正传感器来减少偏移。例如,另一种类型的传感器可以集成在探针100中,以便为磁通门提供一定程度的偏移和/或漂移校正。优选地,这种校正传感器定位成靠近近端或在近端处,以降低磁性标记物200的磁场特性的影响。

[0085] 博世(Bosch)BMM150 3轴数字地磁传感器(3D)

	技术:	FlipCore
	大小:	1.56 × 1.56 × 0.6 mm
	范围:	+/- 1.2mT (x, y); +/- 2mT (z)
	分辨率:	0.3uT (LSB)
[0086]	RMS 噪声:	0.3uT @ 20 个样本/s
	偏移:	在没有软件补偿的情况下为 40uT, 在补偿之后为 2uT (典型)
	增益误差:	5% (在补偿之后)
	绝对最大场:	> 7T (在任何方向上)
[0087]	<u>ST LIS3MDL(1D)</u>	

- 技术： 洛伦兹力数字 MEMS
- 大小： $2 \times 2 \times 1 \text{ mm}$
- 范围： $\pm 1.6 \text{ mT}$ (x, y, z) (用户可选择 0.4、0.8、1.2mT)
- 分辨率： 0.015uT (LSB) (@0.4mT 范围; 0.06uT@ 1.6mT 范围)
- [0088] RMS 噪声： 0.3uT (x, y); 0.4uT (z) @ 1.2mT 范围
- 偏移： 100uT; 当施加 $> 5 \text{ mT}$ 的场时漂移
- 增益误差： 0.15%全尺寸 (最佳拟合直线非线性)
- 绝对最大场： $< 0.1 \text{ T}$ (在任何方向上)
- [0089] ST IIS2MDC (3D)
- 技术： 3 轴数字输出磁强计
- 高准确度, 超低功耗
- 噪声： 0.3uT, 其中启用低通滤波或偏移取消。
- 以每秒 20 个样本的 1SD。
- 偏移误差： 6uT; 在 20°C 范围内可校正至 1.2 uT。
- [0090] 以 3 T 测量到的迟滞为 53 uT, 并且以 5 mT 场测量到 13 uT。
- 偏移改变： 随温度而变, $0.03 \text{ uT}/^\circ \text{C}$
- 增益误差： 1.5% (典型), 7% (最大)
- 增益改变： 随温度而变, $0.03\%/^\circ \text{C}$
- [0091] 迈来芯 (Melexis) MLX90393 微功率三轴磁强计 (3D)
- 技术： 霍尔
- [0092] 大小： $3 \times 3 \times 1 \text{ mm}$
- 范围： $\pm 5 - 50 \text{ mT}$ (x, y, z) (用户可选择)

- 分辨率: 0.16uT (x, y); 0.3uT (z) (LSB)
- RMS 噪声: 0.7uT (x, y); 0.9uT (z) @ 50 个样本/s
- [0093] 偏移: 0uT (?) 2.7uT/C 温度漂移 (可用芯片上补偿)
- 增益误差: < 1%横轴灵敏度 + 3%过温
- 绝对最大场: -
- [0094] MEMSIC MMC3416xPJ(3D)
- 技术: AMR
- 大小: $1.6 \times 1.6 \times 0.6$ mm
- 范围: +/- 1.6mT (x, y, z) (用户可选择 0.4、0.8、1.2mT)
- 分辨率: 0.015uT (LSB) (@0.4mT 范围; 0.06uT@ 1.6mT 范围)
- [0095] RMS 噪声: 0.15uT @ 125 个样本/s
- 偏移: 重复性误差 0.1%全尺寸 = 1.6uT
- 增益误差: -
- 绝对最大场: 1T
- [0096] AKM AK09970N(3D)
- 技术: 霍尔
- 大小: $3 \times 3 \times 0.6$ mm
- 范围: +/- 36mT (x, y); +/- 102mT (z)
- 分辨率: 1.1uT (LSB)
- [0097] RMS 噪声: 5uT @ 100 个样本/s
- 偏移: 743uT (x, y), 1050uT (z)
- 增益误差: 10%
- 绝对最大场: -
- [0098] PNI RM3100传感器系统(3D)

技术:	磁感应
大小:	$15.24 \times 12.8 \times 3 \times 10.5 \text{ mm}$
范围:	+/- 800 uT (z)
分辨率:	13nT (LSB)
[0099] RMS 噪声:	15nT @ 100 个样本/s
偏移:	重复性 8nT 迟滞 15nT
增益误差:	线性 0.5%
绝对最大场:	-

[0100] 注意:传感器系统包含3个线圈和具有数字接口的驱动器IC

[0101] 优选40mm至50mm的纵向传感器阵列长度400。

[0102] 每个传感器0、1、2、3、12、13包括一个或多个检测器,并且相应地测量磁性标记物200的一个或多个磁特性。将这些特性测量值提供到软件算法,该软件算法将这些测量值与诸如取向、灵敏度、传感器间隔距离的物理参数相结合以确定磁性标记物200相对于探针100内的传感器位置的一个或多个部署。

[0103] 在一些应用中,三角测量原理可以提供足够的准确度以确定标记物200的一个或多个部署。可以通过将标记物视为处于距每个传感器的半径r的球体上的点来将每个传感器0、1、2、3、12、13测量值转换成磁性标记物200的部署。利用两个传感器0、1、2、3、12、13,磁性标记物200可以在沿着两个球体相交的圆的任何地方。在实践中,存在噪声可以导致圆形相交成为环状体积。利用三个传感器,三个球体可以在某一点(或大约在某一点处)相交,在一些应用中,这可以足够准确,足以进行标记物定位。

[0104] 优选地,通过模拟和/或测量来预先确定标记物磁场的3D模型。然后使用例如一种或多种曲线拟合算法将与物理特性/位置相结合的磁特性的传感器测量值拟合到3D模型,以确定一个或多个部署。这种3D模型方法是有利的,因为可以提供更程度的部署确定。

[0105] 为了解释基本原理,图5描绘了磁性标记物200的磁场的有限元模型以及可以如何使用测量值来确定一个或多个部署。如所描绘,测量到的磁场601(以T为单位)随着距磁性标记物200的距离(以mm为单位)602而变。在这种情况下,针对具有直径1.45mm、长度2.19mm和1.43T的剩磁Br的圆柱形磁性标记物200来计算有限元模型。

[0106] 描绘了两个曲线示例:沿着磁性标记物200的纵向轴线(长度)610的距离,以及沿着磁性标记物200的径向轴线(半径)620的距离。由于磁性标记物200的取向通常不是预先确定的,因此探针100优选地被配置成将传感器测量数据拟合到两个模型,例如,在这个说明中,探针100被配置成拟合两条曲线以确定标记物200的部署。

[0107] 如所描绘,磁场强度610、615以 $1/r^3$ (立方反比律)迅速下降。

[0108] 本发明所依据的见解之一在于,有利的是改变磁性传感器的间隔,在远端160靠近磁性标记物200的曲线610、615的陡峭部分,传感器可以被提供一个或多个小传感器间隔,

这些被指示为被包括在第一组110中且得益于预期的更好信噪比(SNR)。在远端160更远离磁性标记物200的曲线610、615的较平坦部分,传感器可以被提供一个或多个主传感器间隔,这些被指示为被包括在第二组120、130中,与在所有位置使用相同的传感器间隔相比,更大的传感器间隔可以提供更好的信噪比(SNR)。

[0109] 通过使用传感器测量值,利用诸如传感器间隔、灵敏度和取向的附加参数,可以将测量值拟合到一条或多条曲线610、615,从而将测量数据拟合到3D模型。一旦达到可接受的相关性,就可以估计探针200与磁性标记物200之间的距离(部署),优选地确定纵向部署和横向部署两者。

[0110] 3D模型和任一曲线610、615都可以根据制造商的技术数据、根据模拟、根据测量值或它们的任何组合来建立。

[0111] 如所描绘,在距标记物200的30mm距离处,这个特定磁性标记物200的磁场强度610、615变得比地球磁场620更弱。为了提高在相当距离处的检测准确性,可以针对任何背景磁场(诸如地球的磁场620)来有利地补偿传感器。

[0112] 主传感器间隔与小传感器间隔之比在1.25至40的范围内、优选地在1.6至7.6的范围内。这在探针200的远端160靠近磁性标记物200(距其20mm或更少)时以及在远端160更远(30mm或更多)时提供高测量准确度。

[0113] 可以进一步有利的是通过针对正在定位的磁性标记物200考虑立方反比律来预先确定辅传感器间隔和/或主传感器间隔。这可以提高曲线610、615拟合过程的准确性和速度。

[0114] 在第二示例中,通过模拟和/或测量来预先确定不同磁性标记物的磁场的3D模型。然后使用例如如图6所描绘的一种或多种曲线拟合算法将与物理特性/位置相结合的磁特性的传感器测量值拟合到3D模型。描绘了不同的磁性标记物200的磁场的有限元模型。测量到的磁场701(以T为单位)随着距磁性标记物200的距离(以mm为单位)702而变。在这种情况下,针对具有直径1.75mm、长度5mm和1.43T的剩磁Br的圆柱形磁性标记物200来计算有限元模型。

[0115] 同样描绘了两个曲线示例:沿着磁性标记物200的纵向轴线(长度)710的距离,以及沿着磁性标记物200的径向轴线(半径)720的距离。由于磁性标记物200的取向通常不是预先确定的,因此探针100优选地被配置成拟合两个模型的传感器测量数据,例如,在这个说明中,探针100被配置成拟合两条曲线以确定标记物200的部署。

[0116] 如所描绘,磁场强度710、715也以 $1/r^3$ (立方反比律)迅速下降。

[0117] 类似于图5,磁性传感器的间隔是变化的,在远端160靠近磁性标记物200的曲线710、715的陡峭部分,传感器可以被提供一个或多个小传感器间隔,这些被指示为被包括在第一组110中。在远端160更远离磁性标记物200的曲线710、715的较平坦部分,传感器可以被提供一个或多个主传感器间隔,这些被指示为被包括在第二组120、130中。

[0118] 3D模型和任一曲线710、715都可以根据制造商的技术数据、根据模拟、根据测量值或它们的任何组合来建立。

[0119] 如所描绘,在距标记物200的40mm距离处,这个特定磁性标记物200的磁场强度710、715变得比地球磁场720更弱。为了提高在相当距离处的检测准确性,可以针对任何背景磁场(诸如地球的磁场720)来有利地补偿传感器。

[0120] 主传感器间隔与小传感器间隔之比同样在1.25至40的范围内、优选地在1.6至7.6的范围内。这同样在探针200的远端160靠近磁性标记物200(距其20mm或更少)时以及在远端160更远(30mm或更多)时提供高测量准确度。

[0121] 如针对图5所述,可以进一步有利的是通过针对正在定位的磁性标记物200考虑立方反比律来预先确定辅传感器间隔和/或主传感器间隔。

[0122] 图2A描绘了探针的又一实施例101,为清楚起见,没有描绘正在定位的磁性标记物200和皮肤300。然而,测量情形类似于图1A中所描绘的情形。

[0123] 探针101包括远端160,该远端被配置且布置成靠近皮肤的外表面300设置。探针101进一步包括三排两个或更多个磁性传感器。这些可以被配置且布置成被包括在多达三个不同的传感器组110、120、130中。如下面描述,每个传感器可以被配置且布置成执行单个功能或有助于多个功能。也存在上面参考图1A解释的三个组,但并不是所有排都包括每一组中的传感器。图2B描绘了分配到每个磁性传感器的附图标记,为便于参考,在此实施例中,提供了最少六个磁性传感器,并且典型地以2D阵列使用十六个传感器。传感器被分组如下:

[0124] -110:靠近探针101的远端160的第一组的至少两个磁性传感器。如图2B所描绘,这些可以是呈 3×3 的2D阵列的传感器0、1、2、4、5、6、8、9和10。在实践中并不需要占用所有传感器位置,可以物理地省略或在软件中禁用 3×3 的2D阵列中的一个或多个传感器。这些传感器被配置且布置成使得邻近的传感器在纵向方向和横向方向两者上相隔小传感器间隔。

[0125] 然而,通过将来自非邻近传感器的测量值相结合,第一组110中的一个或多个传感器可以被视为在横向方向上相隔主传感器间隔。例如,以下传感器横向地相隔主传感器间隔:

[0126] -传感器2与10;

[0127] -传感器1与9;

[0128] -传感器0与8;

[0129] 类似地,以下传感器纵向地相隔主传感器间隔:

[0130] -传感器2与1;

[0131] -传感器6与4;

[0132] -传感器10与8;

[0133] -120:第二组的至少一个磁性传感器。如图2B所描绘,这可以是呈 2×3 的2D阵列的传感器3、12、7、11和14。在实践中并不需要占用所有传感器位置,可以物理地省略或在软件中禁用 $s \times 3$ 的2D阵列中的一个或多个传感器,在图2B中,例如,在12与14之间不存在传感器。这些传感器120比第一组110更靠近探针101的近端165(换句话说,更远离远端160)。在此实施例中,来自第二组120的磁性传感器与第一组110纵向相隔主传感器间隔。主传感器间隔同样大于小传感器间隔。例如,以下传感器纵向地相隔主传感器间隔:

[0134] -传感器3与0、1或2;

[0135] -传感器7与4、5或6;

[0136] -传感器11与8、9或10;

[0137] -传感器12与0、1或2;

[0138] -传感器12与3;

[0139] -传感器14与8、9或10;

[0140] -传感器14与11;

[0141] 另外,第二组120中的一个或多个传感器可以在横向方向上相隔主传感器间隔。例如,以下传感器横向地相隔主传感器间隔:

[0142] -传感器3与11;

[0143] -传感器12与14;

[0144] -130:任选地,提供了第三组的至少一个磁性传感器。如图2B所描绘,这可以是呈 1×3 的1D阵列的传感器13和15。在实践中并不需要占用所有传感器位置,可以物理地省略或在软件中禁用 1×3 的2D阵列中的一个或多个传感器,在图2B中,例如,在13与15之间不存在传感器。这些传感器130比第二组120更靠近探针101的近端165(换句话说,更远离远端160)。它们可以被配置且布置成:

[0145] -补偿传感器,如上面参考图1A所描述。

[0146] -替代性地或另外地,第三组130中的磁性传感器可以被配置且布置成提供测量值以在探针101的远端160更远离磁性标记物200时确定一个或多个部署(距离)。例如,以下传感器相隔主传感器间隔:

[0147] -传感器13与0、1或2;

[0148] -传感器15与8、9或10;

[0149] -例如,以下传感器可以在纵向方向上相隔主传感器间隔:

[0150] -传感器13与12或3;

[0151] -传感器15与14或11;

[0152] 另外,第三组130中的一个或多个传感器可以在横向方向上相隔主传感器间隔。例如,以下传感器横向地相隔主传感器间隔:传感器13与15。

[0153] 如图2A所描绘,包装的中心可以任选地沿着多个横向轴线中的一个设置。传感器0、4、8可以位于第一横向轴线181上,传感器1、5、9位于第二横向轴线182上,传感器2、6、10位于第三横向轴线183上,传感器3、7、11位于第四横向轴线184上,传感器12、14位于第五横向轴线185上,并且传感器13、15位于第六横向轴线186上。横向轴线181至186大体垂直于纵向探针轴线150。将来自传感器的测量值相结合便可以进行简化,因为横向间隔大体由沿着相应纵向轴线150、151、152的间隔决定。

[0154] 如图2A所描绘,磁性传感器0、1、2、3、12、13可以任选地沿着探针101的纵向轴线150设置。另外,磁性传感器0、1、2、3、12、13可以任选地沿着探针101的第二纵向轴线151设置,并且磁性传感器0、1、2、3、12、13可以任选地沿着探针101的第三纵向轴线152设置。将来自传感器的测量值相结合便可以进行简化,因为纵向间隔大体由沿着相应纵向轴线150、151、152的间隔决定。

[0155] 特别有利的是纵向轴线150、151、152中的一个可以用作部署确定的参考,将来自传感器的测量值相结合便可以进行简化,因为间隔大体由沿着被用作参考的纵向轴线150、151、152的间隔决定。

[0156] 使用ST IIS2MDC (3D) 传感器的阵列进行模拟,这些传感器包装中的每一个使用三个检测器来测量三个自由度。由于检测器靠得很近,从而在探针的单个位置处有效地测量,因此每个包装被视为磁性传感器,如本公开中所描述。

[0157] 包装大小为 $2\text{mm} \times 2\text{mm} \times 0.7\text{mm}$,这意味着在传感器包装之间有至少 0.5mm 空间的情况下,最小传感器间隔是大约 2.5mm 。以下配置产生令人满意的结果:

[0158] 1. 传感器布局:如图2A和图2B所描绘,其中传感器沿着三条纵向轴线150至152和六条横向轴线181至186设置

[0159] 纵向阵列长度400:大约 40mm

[0160] 横向阵列宽度500:大约 10mm

[0161] 组110中的小传感器间隔:大约 5mm

[0162] 横向轴线181与182之间的距离:大约 5mm

[0163] 横向轴线182与183之间的距离:大约 5mm

[0164] 横向轴线183与184之间的距离:大约 6.67mm

[0165] 横向轴线184与185之间的距离:大约 10mm

[0166] 横向轴线185与186之间的距离:大约 15mm

[0167] 2. 传感器布局:如图2A和图2B所描绘,其中传感器沿着三条纵向轴线150至152和六条横向轴线181至186设置

[0168] 纵向阵列长度400:大约 50mm

[0169] 横向阵列宽度500:大约 10mm

[0170] 组110中的小传感器间隔:大约 5mm

[0171] 横向轴线181与182之间的距离:大约 5mm

[0172] 横向轴线182与183之间的距离:大约 5mm

[0173] 横向轴线183与184之间的距离:大约 10mm

[0174] 横向轴线184与185之间的距离:大约 15mm

[0175] 横向轴线185与186之间的距离:大约 15mm

[0176] 3. 传感器布局:如图2A和图2B所描绘,其中传感器沿着三条纵向轴线150至152和六条横向轴线181至186设置

[0177] 纵向阵列长度400:大约 40mm

[0178] 横向阵列宽度500:大约 5mm

[0179] 组110中的纵向小传感器间隔:大约 5mm

[0180] 组110中的横向小传感器间隔:大约 2.55mm

[0181] 横向轴线181与182之间的距离:大约 5mm

[0182] 横向轴线182与183之间的距离:大约 5mm

[0183] 横向轴线183与184之间的距离:大约 6.67mm

[0184] 横向轴线184与185之间的距离:大约 10mm

[0185] 横向轴线185与186之间的距离:大约 15mm

[0186] 图7A和图7B描绘了具有替代性传感器布局的探针的又一实施例105,为清楚起见,没有描绘正在定位的磁性标记物200和皮肤300。然而,测量情形类似于图1A和图2A中所描绘的情形。

[0187] 探针105包括远端160,该远端被配置且布置成靠近皮肤的外表面300设置。探针105进一步包括五排两个或更多个磁性传感器。这些可以被配置且布置成被包括在多达两个不同的传感器组110、130中。如下面描述,每个传感器可以被配置且布置成执行单个功能

或有助于多个功能。也存在上面参考图1A和图2A解释的三个组中的两个,但并不是所有排都包括每一组中的传感器。图7B描绘了分配到每个磁性传感器的附图标记,为便于参考,在此实施例中,提供了最少六个磁性传感器,并且典型地以2D阵列使用十六个传感器。传感器被分组如下:

[0188] -110:靠近探针105的远端160的第一组的至少两个磁性传感器。如图7B所描绘,这些可以是呈 5×5 的2D阵列的传感器0、1、2、4、5、6、8、9、10、12、13、14和15。在实践中并不需要占用所有传感器位置,可以物理地省略或在软件中禁用 5×5 的2D阵列中的一个或多个传感器。这些传感器被配置且布置成使得邻近的传感器在纵向方向和横向方向两者上相隔小传感器间隔。邻近的传感器彼此对角邻近。

[0189] 然而,通过将来自非邻近传感器的测量值相结合,第一组110中的一个或多个传感器可以被视为在横向方向上相隔主传感器间隔。例如,以下传感器横向地相隔主传感器间隔:

[0190] -传感器3与7、7与11、2与6、6与10、1与5、5与9、0与4、4与8;

[0191] -传感器13与15、12与14;

[0192] 类似地,以下传感器纵向地相隔主传感器间隔:

[0193] -传感器0与1、1与2、2与3、4与5、5与6、6与7、8与9、9与10、10与11;

[0194] -传感器14与15、12与13

[0195] -130:任选地,提供了第三组的至少一个磁性传感器,如上面参考图1A和图2A描述。

[0196] 也以这些替代性布局使用ST IIS2MDC (3D) 传感器的阵列进行模拟:

[0197] 4. 传感器布局:如图7A和图7B所描绘,其中传感器沿着五条纵向轴线150至154和六条横向轴线181至186设置。

[0198] 注意:在减去使用组130中的一个或多个传感器测量到的背景场之后,从这个较短阵列获得令人满意的结果。

[0199] 纵向阵列长度400:大约15mm

[0200] 横向阵列宽度500:大约10mm

[0201] 组110中的小传感器间隔:大约3.5mm

[0202] 横向轴线181与182之间的距离:大约3.5mm

[0203] 横向轴线182与183之间的距离:大约3.5mm

[0204] 横向轴线183与184之间的距离:大约3.5mm

[0205] 横向轴线184与185之间的距离:大约3.5mm

[0206] 横向轴线185与186之间的距离:大约7mm

[0207] 图8A和图8B描绘了具有替代性传感器布局的探针的又一实施例106,为清楚起见,没有描绘正在定位的磁性标记物200和皮肤300。然而,测量情形类似于图1A、图2A和图7A中所描绘的情形。

[0208] 探针105包括远端160,该远端被配置且布置成靠近皮肤的外表面300设置。探针106进一步包括五排两个或更多个磁性传感器。这些可以被配置且布置成被包括在达到三个不同的传感器组110、120、130中。如下面描述,每个传感器可以被配置且布置成执行单个功能或有助于多个功能。也存在上面参考图1A和图2A解释的三个组,但并不是所有排都

包括每一组中的传感器。图8B描绘了分配到每个磁性传感器的附图标记,为便于参考,在此实施例中,提供了最少六个磁性传感器,并且典型地以2D阵列使用十六个传感器。传感器被分组如下:

[0209] -110:靠近探针106的远端160的第一组的至少两个磁性传感器。如图8B所描绘,这些可以是呈 5×5 的2D阵列的传感器0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12。在实践中并不需要占用所有传感器位置,可以物理地省略或在软件中禁用 5×5 的2D阵列中的一个或多个传感器。这些传感器被配置且布置成使得邻近的传感器在纵向方向和横向方向两者上相隔小传感器间隔。邻近的传感器彼此对角邻近。

[0210] 然而,通过将来自非邻近传感器的测量值相结合,第一组110中的一个或多个传感器可以被视为在横向方向上相隔主传感器间隔。例如,以下传感器横向地相隔主传感器间隔:

[0211] -传感器2与5、5与8、1与4、4与7、0与3、3与6;

[0212] -传感器10与12、9与11;

[0213] 类似地,以下传感器纵向地相隔主传感器间隔:

[0214] -传感器0与1、1与2、3与4、4与5、6与7、7与8;

[0215] -传感器9与10、11与12

[0216] -传感器13与5;

[0217] -传感器14与15、14与13

[0218] -130:任选地,提供了第三组的至少一个磁性传感器,如上面参考图1A和图2A描述。

[0219] 也以这些替代性布局使用ST IIS2MDC (3D) 传感器的阵列进行模拟:

[0220] 5. 传感器布局:如图8A和图8B所描绘,其中传感器沿着五条纵向轴线150至154和八条横向轴线181至188设置。

[0221] 纵向阵列长度400:大约40mm

[0222] 横向阵列宽度500:大约10mm

[0223] 组110中的小传感器间隔:大约5mm

[0224] 横向轴线181与182之间的距离:大约5mm

[0225] 横向轴线182与183之间的距离:大约5mm

[0226] 横向轴线183与184之间的距离:大约5mm

[0227] 横向轴线184与185之间的距离:大约5mm

[0228] 横向轴线185与186之间的距离:大约5mm

[0229] 横向轴线186与187之间的距离:大约10mm

[0230] 横向轴线187与188之间的距离:大约15mm

[0231] 一些常规的检测器和探针因其低灵敏度而要求磁性标记物200的高剩磁(Br),根据本发明的探针允许磁性标记物检测的更高灵敏度,从而允许更广泛范围的标记物在近距离和更远处进行定位。

[0232] 上面描述的实施例包括磁性传感器的大体二维(2D)阵列。图3A、图3B和图3C描绘了磁性传感器的三维布置(3D阵列)。

[0233] 图3A描绘了探针的又一实施例102,为清楚起见,没有描绘正在定位的磁性标记物

200和皮肤300。然而,测量情形类似于图1A和图2A中所描绘的情形。

[0234] 探针102包括三排两个或更多个磁性传感器,包装的中心任选地沿着六条横向轴线181至186设置。横向轴线181至186大体垂直于三条纵向探针轴线150至152。传感器可以任选地沿着这些纵向轴线150至152设置,其中每一排传感器设置在纵向延伸的立方体的单独面上。形状也可以被描述为正方形或矩形棱柱。探针102的横向截面是正方形或矩形。可以通过将图2A的探针101提供在柔性基板上并且在磁性传感器排之间进行折叠来形成图3A的探针102。

[0235] 另外地,又一排的传感器可以设置在纵向延伸的探针的第四个面上。

[0236] 图3B描绘了探针的又一实施例103。探针103包括三排两个或更多个磁性传感器,包装的中心任选地沿着六条横向轴线181至186设置。横向轴线181至186大体垂直于三条纵向探针轴线150至152。传感器可以任选地沿着这些纵向轴线150至152设置,其中每一排传感器设置在纵向延伸的三角形棱柱的单独面上。探针103的横向截面是三角形。可以通过将图2A的探针101提供在柔性基板上并且在磁性传感器排之间进行折叠来形成图3B的探针103。

[0237] 技术人员也将认识到,纵向延伸的形式中可以使用其他形状的横向截面,诸如圆形、卵形、椭圆形、不规则三角形、或梯形。

[0238] 图3C描绘了探针的又一实施例104。探针104包括两排两个或更多个磁性传感器,包装的中心任选地沿着六条横向轴线181至186设置。横向轴线181至186大体垂直于两条纵向探针轴线150和151。传感器可以任选地沿着这些纵向轴线150和151设置,其中每一排传感器设置在纵向延伸的楔形(或L)形状的单面上。探针104的横向截面是拐角。可以通过在柔性基板上使用两排磁性传感器并且在磁性传感器排之间进行折叠来形成图3C的探针104。

[0239] 技术人员也将认识到,两个面可以弯曲,使得它们在内侧上彼此接触。这提供了非常适合于标记物200定位的扁平探测棒。

[0240] 技术人员从图3A、图3B和图3C所描绘的实施例中将认识到,可以通过将传感器安装在具有正确形状的刚性PCB上或使用柔性基板来提供3维传感器阵列。

[0241] 应注意,传感器的3维布置可以在多个方向上提供更高的灵敏度。

[0242] 通过适合的尺寸设定和/或基板/部件选择,探针可以具有大致圆柱形形状,诸如探针、探测棒或笔。如果探针被配置成穿过皮肤插入或插入在腔中,则小直径可以是优选的。利用此类程序,侧向(或横向)测量可能不那么关键,并且甚至可以通过具有如图2A和图2B所描绘的沿着探针纵向轴线150延伸的单排传感器而从设计中省略。

[0243] 可以以任何适合的方式执行使用来自磁性传感器的测量数据来确定磁性标记物200的一个或多个部署。例如,评估三种类型的算法:

[0244] (1) 使用迭代来解出未知参数的求解程序;

[0245] (2) 给出磁性标记物200的距离和可能地方向的指示的测距仪;以及

[0246] (3) 微分测量

[0247] (1) 迭代定位算法通过假设磁体200(具有已知的偶极矩)在某一位置和取向以模拟已知的传感器位置处的预期磁场来找到磁体的位置。对于这些标记物位置和取向,可以提供正向3D模型(如上面描述)以模拟每个磁性传感器处的预测场。优化算法然后可以最小

化传感器处的测量到的场与预测场之间的差异。平方(最小平方)的和可以最小化,或任何其他适合的方法。

[0248] 然后将模拟的磁场与测量值进行比较,并且使用优化技术,迭代地找到使测量值与预测之间的差异最小化的那组参数。

[0249] 优化可以适合于9个参数:

[0250] • 磁体位置(x,y,z)

[0251] • 磁体取向(nx,ny,nz)

[0252] • 背景场(B0x,B0y,B0z)

[0253] 磁体取向是单位矢量并且成本函数在内部应用这个约束,这意味着存在8个自由度。优化可以使用任何常规的算法,诸如来自scipy.optimize package的用最小平方的信赖域反射算法。这种特定算法相当有效并且允许在给定的界限内优化参数。许多常规磁性标记物定位公开案建议列文伯格-马夸尔特算法,但这不太优选,因为它是无限的。当应用于根据本发明的探针时,无限的优化偶尔会给出不切实际的解决方案,而有界的信赖域反射算法给出更稳健的解决方案。

[0254] 该算法评估并返回雅可比行列式,其可以用来指示估计的位置的不确定性。这是用来指示GPS定位的不确定性的方法的修改版本。不确定性提供了磁性标记物200是被推断为在波束内还是定位太差而被认为没有被检测到的指示。

[0255] 在所有方向上假设±80mm的位置边界。在每个方向上将背景场矢量限于±100μT。在每个方向上将磁场的取向约束为±1,并且其幅度被成本函数约束为1。

[0256] 所使用的优化算法是梯度法,并且用数字计算雅可比行列式。当探针固定时,所推断的标记物位置可以跳到另一位置,为了进行稳定,来自先前样本的解可以被反馈为下一样本的最初起始点。

[0257] (2) 非迭代定位算法(测距仪)只是推断出到磁性标记物200的距离。从每个传感器到标记物200的距离可以根据由每个传感器测量到的磁场的幅度来估计,这由以下式给出:

$$|B| = \frac{|m| \sqrt{(1 + 3 \cos^2 \theta)}}{r^3}$$

[0258]

[0259] 但|B|取决于磁体200的取向;θ是磁体的极与磁体200和传感器之间的矢量之间的角度。这意味着在给定的距离r处,与传感器在磁体的赤道周围时(θ=90度)相比,当传感器沿着磁体的极时(即,在相对于偶极的球面极坐标中,倾角θ=0),|B|有两倍强。

[0260] |B| ∝ 1/r³,因此在不知道θ的情况下r的误差为1/(³√2)=0.79。

[0261] (3) 图4描绘了微分测量相对于侧向位移特性的示例,其可以用于将来自传感器的L-R信号转换为横向位移。根据每个传感器(L和R),测量磁场的幅度。通过比较邻近传感器处的场强度来进行微分测量。例如,左相对于右;前相对于后,顶部相对于底部。如果微分为零,则标记物200设置为靠近传感器之间的中间点。如果微分为正,则标记物设置为更向右。如果微分为负,则标记物设置为更向左。

[0262] x轴示出从-3.0到+3.0的位移X(以厘米为单位)。Y轴示出从-0.60到0.60的L-R信号。使用圆柱形的由NdFeB制成的长度为4mm且直径为2mm的磁性标记物200,在X=-2.0、-1.0、0、+1.0和+2.0的横向部署处测量L-R信号。这些距离在磁性标记物200的尺寸的五倍至

二十倍的范围内。在 $X=0$ 处,磁性标记物200设置在探针纵向轴线150上。基于这些值,已经拟合出特性,即为从 $-2.5, -0.52775$ 到 $2.5, 0.52775$ 的直线。换句话说,可以根据 $L-R=0.2111X$ 来计算距离 X 。在此示例中,线性曲线拟合的相关因子(R^2)为 0.9328 。

[0263] 对于任一种方法,可以有利的的是在优化之前对磁场测量值进行滤波。还可以有利的是对预测的部署进行滤波。

[0264] 另外地,可以有利的的是通过信噪比(SNR)来权衡传感器和/或基于它们在探针100内的相对位置来权衡传感器。例如,向最靠近近端165的传感器给予较低权重,因为它们可以比最靠近远端160的传感器测量出更弱的磁信号。

[0265] 另外地,还可以有利的是通过排除不太可能或甚至不可能的磁性标记物200位置(诸如在探针内部的那些空间)来约束搜索空间。

[0266] 替代性地,可以使用诸如无迹卡尔曼滤波的方法以使用探针的先前导出的位置来约束位置。这在马吕斯·博斯兰(Marius Birsan)的“用于跟踪磁偶极目标的无迹粒子滤波(Unscented Particle Filter for Tracking a Magnetic Dipole Target)”,海洋学报2005MTS/IEEE(2005年)中进一步描述。

[0267] 替代性地,代替估计唯一位置,可以有利的的是估计标记物位置的概率分布,这将是空间中的3维区域。

[0268] 本发明所依据的见解之一在于,已知的探针受限制,因为仅测量相对距离,并且针对远端相对靠近磁性标记物200的部署来优化灵敏度。在更远的距离处,常规探针的灵敏度和准确性降低,从而增加不正确检测的机会。通过使用具有主传感器间隔的传感器来提供至少一个测量值,探针被提供靠近磁性标记物200和更远的灵敏度。

[0269] 更高的准确度和灵敏度允许使用例如视觉、音频或振动提示和/或视觉信息向用户提供改进的指导。常规的探针使用AC磁化率量测术并且不提供3D指导且没有方向性只有相对接近性,现有技术系统依赖于医疗保健专业人员猜测标记物的位置并且移动和倾斜探针来查看具有最高测量值的位置和取向。这通常导致检测磁性标记物的部署的反复试验方式。其他探针使用RF-ID或电磁,但这仅提供(相对)距离而不是3D信息。一些探针使用反射性粒子,这可以提供一定程度的方向(瞄准),但不提供部署信息,因为随距离存在低程度的信号衰退。

[0270] 可以提供适合的用户界面以向用户给予指导和提示,该用户界面被包括在探针100中或被包括在磁性检测器中。这可以相对简单,例如,用于表示纵向部署250、255的音频反馈(例如,通过修改音高)、用于表示横向部署260的音频反馈。(例如,通过在磁性标记物200的位置与探针纵向轴线150一致时发出连续音调)还可以提供更复杂的用户界面,诸如指示方向的图形表示(例如,2D目标十字),或示出标记物200和探针100的相对位置(反之亦然)的图形3D表示。

[0271] 这种缺乏清楚指导也是常规放射性标记物的情况,所述常规放射性标记物除了缺乏3D指导外还具有安全问题的附加缺点。对于常规的电磁和RFID标记物,它们除了缺乏3D指导外还具有必须保持活动、容易出故障、体积大的缺点。

[0272] 磁性标记物200可以包括任何适合的磁性材料,诸如AlNiCo、SmCo、NdFeB和它们的任何组合。例如:圆柱形、由NdFeB制成、长度为4mm且直径为2mm。

[0273] 优选地,磁性标记物200应与小型的剩余场一起使用。探针100可以被配置且布置

成在几厘米的距离250、255、260处检测标记物200的部署。探针100可以进行尺寸设定以方便手持使用。

[0274] 此类磁性标记物几乎是牢不可破的,并且具有被动的材料特性。它们是生物惰性的,从而使得它们固有地适合于植入。另外,当与放射性标记物比较时,健康风险和法规减少。而且,放射性标记物的可用性和供应受到限制。而且,没有诸如电磁和RFID类型那样在使用期间可能失效的活性成分。

[0275] 有利的是 **MagSeed®**磁性标记物200与根据本发明的探针一起使用,它们的长度小于5mm,这小于典型的病变和肿瘤。它们具有高磁化率,并且典型地具有标记物的磁性材料的最小剩磁场 $>0.3T$,从而允许几厘米的检测距离。另外,对于典型地为大约10uT的地球的背景场,这种程度的检测也是可能的。用于**MagSeed®**磁性标记物的常规检测器依赖于磁化率检测,这除了缺乏3D指导外还在检测距离方面受限制。

[0276] 还可获得3mm的长度,这可以用于外科应用。利用适当地配置和布置的探针100,这些3mm标记物200在植入之后的部署可以在远端160距标记物200的几厘米距离处确定(使用第三和第四磁性传感器),并且也可以在近(大约)1至2mm距离处确定(使用第一和第二磁性传感器)。

[0277] 为了被配置成植入,磁性标记物优选地被封装或包装在生物安全材料中,诸如钛、聚对二甲苯、硅树脂或它们的任何组合。

[0278] 技术人员将认识到,利用适合的平移公式或矩阵,标记物200相对于参考轴线(诸如横向和纵向轴线)的部署可以转换成相对于探针纵向轴线150和穿过探针的远端160的表面的任何横向轴线的部署。在必要的情况下,也可以执行相反的转换。

[0279] 根据本发明的探针可以包括任何适合的磁性传感器和传感器的任何适合的混合。

[0280] 例如:使用圆柱形、由NdFeB制成、长度为4mm且直径为2mm的磁性标记物200,用如图2A和图2B所描绘的探针101配置来获得接下来的测量值。

[0281] 6. 传感器布局:如图2A和图2B所描绘,其中传感器沿着三条纵向轴线150至152和六条横向轴线181至186设置

[0282] 纵向阵列长度400:大约40mm

[0283] 横向阵列宽度500:大约10mm

[0284] 组110中的小传感器间隔:大约5mm

[0285] 横向轴线181与182之间的距离:大约5mm

[0286] 横向轴线182与183之间的距离:大约5mm

[0287] 横向轴线183与184之间的距离:大约7mm

[0288] 横向轴线184与185之间的距离:大约10mm

[0289] 横向轴线185与186之间的距离:大约15mm

[0290] 探针101的远端160设置为纵向地距磁性标记物大约20mm,并且设置为横向地距磁性标记物大约-20mm(换句话说,磁性标记物200位于探针纵向轴线150的“下方”,如图1A所描绘)。用于这些测量的探针包括迈来芯(Melaxis) MLX90393微功率三轴磁强计传感器(见上文)

	<u>186</u>	<u>185</u>	<u>184</u>	<u>183</u>	<u>182</u>	<u>181</u>	
[0291]	<u>150</u>	3.3	6.4	10.3	17.7	14.8	26.9
	<u>151</u>			12.4	19.9	26.1	38.3
	<u>152</u>	3.9	7.8	12.3	21.5	38.5	50.2

[0292]

[标记物]

[0293] 使用相同的传感器布局,执行类似的测量,其中探针101的远端160设置为纵向地距磁性标记物大约15mm,并且设置为横向地距磁性标记物大约+10mm(换句话说,磁性标记物200位于探针纵向轴线150的“上方”,与图1A所描绘的情形相反)。

[0294]

[标记物]

	<u>186</u>	<u>185</u>	<u>184</u>	<u>183</u>	<u>182</u>	<u>181</u>	
[0295]	<u>150</u>	6.2	12.1	25.9	51.4	89.9	164.5
	<u>151</u>			24.9	47.3	77.8	142.6
	<u>152</u>	5.5	11.6	22.2	41.4	57.6	112.4

[0296] 可以使用常规技术将磁性传感器阵列作为2维阵列安装在PCB上。如果探针仅用于经皮位置,则该阵列还可以安装在平坦的大尺寸基板上。例如,在外科医生做出切口之前定位磁性标记物200。

[0297] 具有大传感器阵列可以是有利的,因为可以选择和取消选择单独的传感器以产生“扫描”效果。换句话说,可以在探针没有在横向或纵向方向上移动(或移动最小)的情况下确定标记物的部署。利用此类程序,深度(或纵向部署确定)可能不太关键,或甚至可以从设计中省略。

[0298] 另外地,探针可以包括附加传感器以用于探针的取向的测量。例如,来自IMU(惯性测量单元)传感器的探针的倾斜、滚动和摇摆角度、来自背景场传感器的相对于背景磁场的取向或者其他输入。当确定磁性标记物200的部署时也可以考虑这个取向。

[0299] 可以使用给出位置信息的任何其他输入,例如,可以使用类似于在光电鼠标上使用的传感器的光学传感器来确定在皮肤的表面上的接触点。

[0300] 尽管已经结合具体的示例性实施例描述了本发明,但应理解,在不脱离如所附权利要求书中阐述的本发明的精神和范围的情况下,可以对所披露的实施例进行本领域技术人员显而易见的各种改变、替换和更改。

[0301] 应注意,权利要求中的用于传感器的标签第一、第二、第三和第四是有区别的并且不一定与说明书中使用的传感器组的标签第一、第二和第三相同。第一传感器、第二传感器、第三传感器和第四传感器可以根据不同的实施例执行的功能而选自那些组中的任一个。

[0302] 一般而言,磁性传感器可以在功能上被配置且布置成与一个或多个其他磁性传感器协作,从而形成一个或多个磁性传感器对。在一些情况下,可以有利的是将单个传感器配置且布置成与另一磁性传感器相隔小传感器间隔,并且被配置且布置成与又一磁性传感器

相隔主传感器间隔。替代性地或另外地,技术人员还将认识到,可以方便的是对两个或更多个磁性传感器使用轴向/径向坐标系。可以使用多条轴向轴线,每一者具有一条或多条对应的径向轴线,如上所述,技术人员可以容易在不同的坐标系之间转换。例如,当磁性传感器110、120、130被配置且布置成沿着探针纵向轴线相隔主传感器间隔时,这可以被视为轴向轴线或轴向方向。这还可以被视为例如中心轴向轴线。被配置且布置成相隔辅传感器部署的任何磁性传感器110、120、130然后可以被视为沿着径向轴线或径向方向设置。

- [0303] 附图中使用的附图标记
- [0304] 0-15 第一至第十六磁性传感器
- [0305] 100 磁场探针的第一实施例
- [0306] 101 磁场探针的第二实施例
- [0307] 102 磁场探针的第三实施例
- [0308] 103 磁场探针的第四实施例
- [0309] 104 磁场探针的第五实施例
- [0310] 110 第一传感器组
- [0311] 120 第二传感器组
- [0312] 130 第三传感器组
- [0313] 150 第一探针纵向轴线
- [0314] 151 第二纵向传感器轴线
- [0315] 152 第三纵向传感器轴线
- [0316] 160 探针的远端
- [0317] 165 探针的近端
- [0318] 181 第一横向传感器轴线
- [0319] 182 第二横向传感器轴线
- [0320] 183 第三横向传感器轴线
- [0321] 184 第四横向传感器轴线
- [0322] 185 第五横向传感器轴线
- [0323] 186 第六横向传感器轴线
- [0324] 200 可植入磁性标记物
- [0325] 250 在皮肤的外表面下方的纵向距离(深度)
- [0326] 255 探针的远端与皮肤的外表面之间的间距(间隙)
- [0327] 260 磁性标记物距纵向轴线的横向部署
- [0328] 300 皮肤的外表面
- [0329] 400 传感器阵列的纵向范围
- [0330] 500 传感器阵列的横向范围
- [0331] 601 磁场(T)
- [0332] 602 距离(mm)
- [0333] 610 沿着磁性标记物轴线的场的有限元模型
- [0334] 615 沿着磁性标记物半径的场的有限元模型
- [0335] 620 地球磁场

[0336]	701	磁场 (T)
[0337]	702	距离 (mm)
[0338]	710	沿着磁性标记物轴线的场的有限元模型
[0339]	715	沿着磁性标记物半径的场的有限元模型
[0340]	720	地球磁场

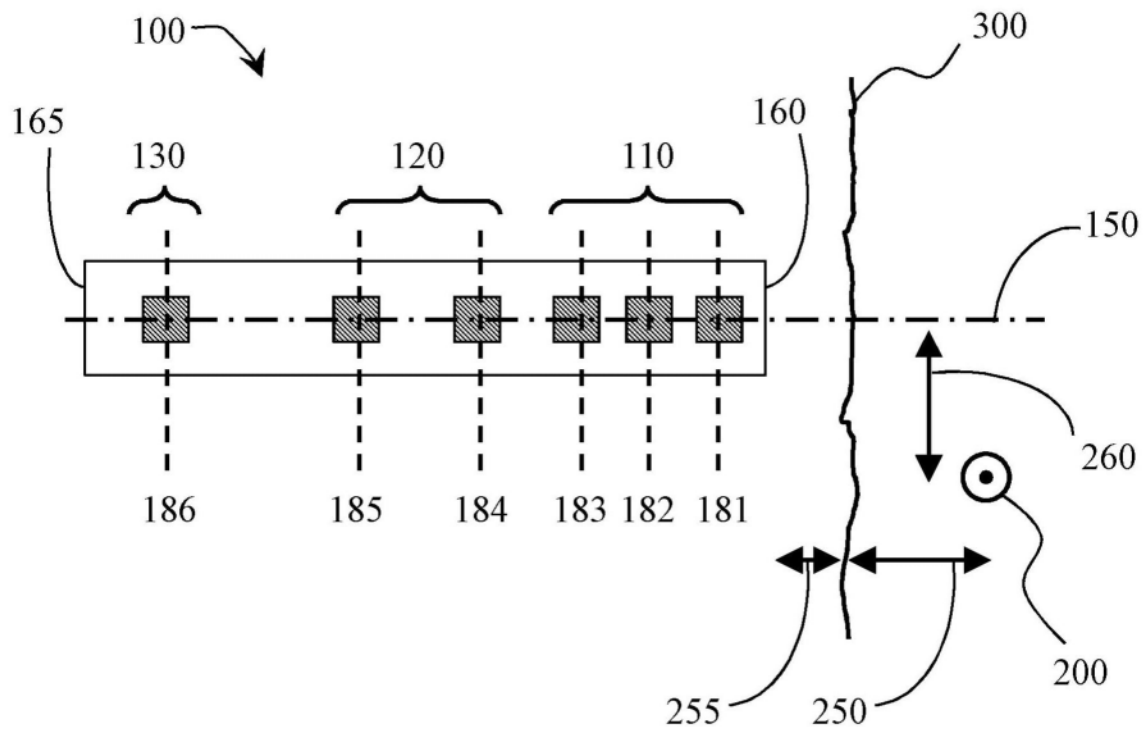


图1A

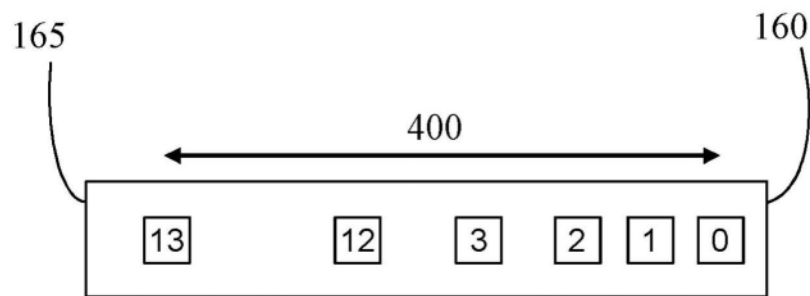


图1B

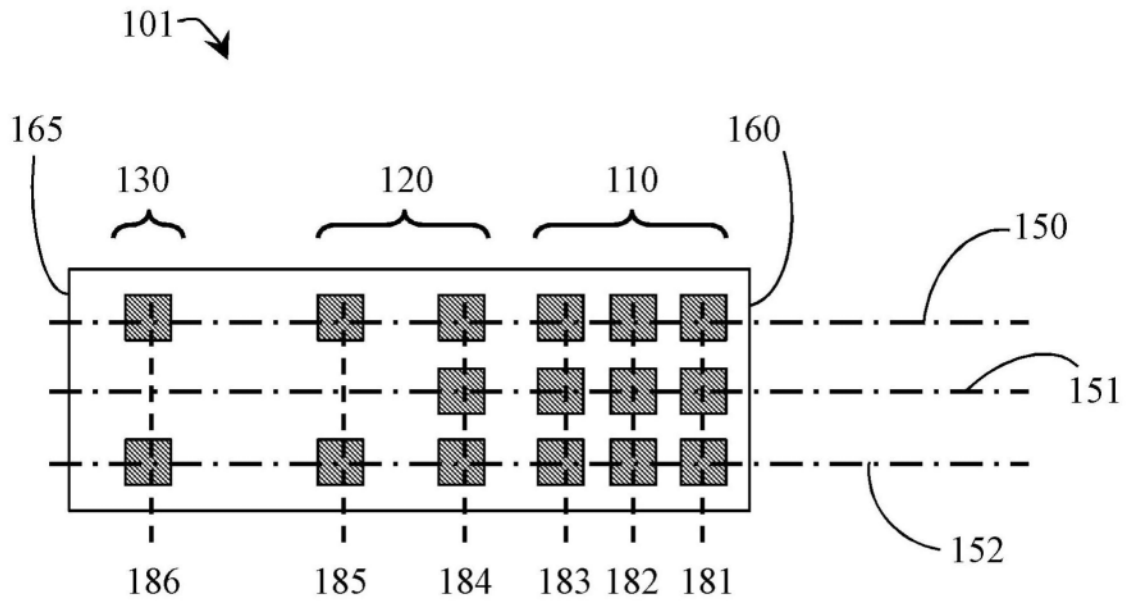


图2A

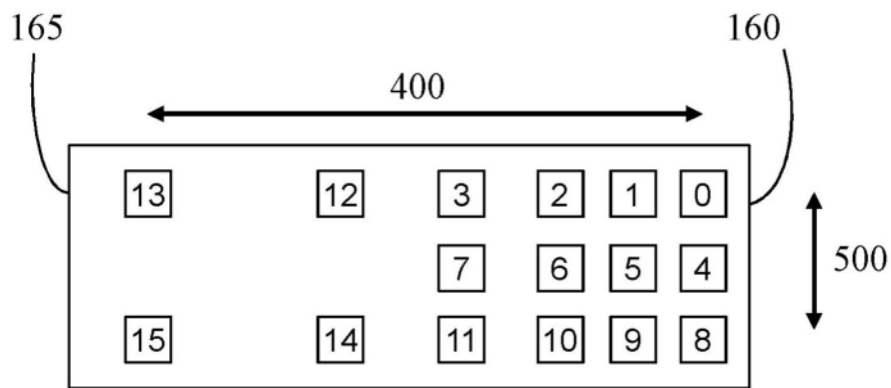


图2B



图3A

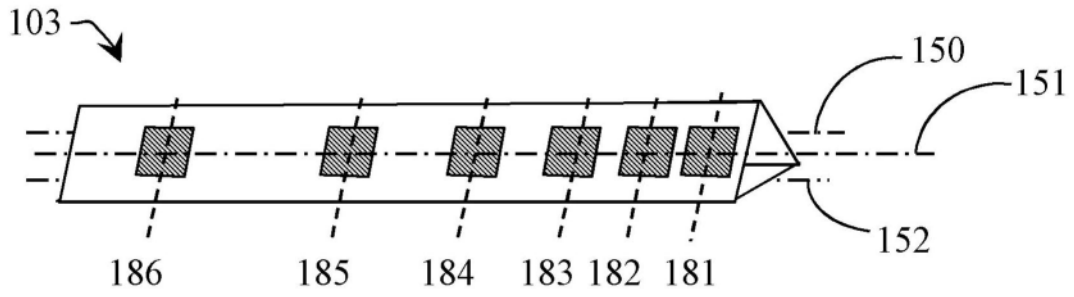


图3B

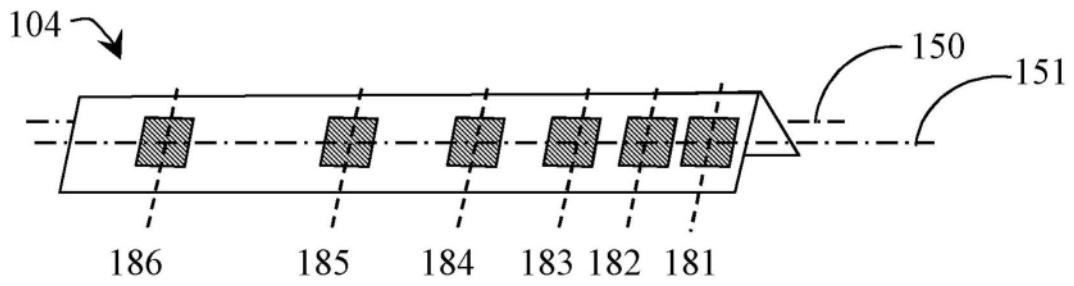


图3C

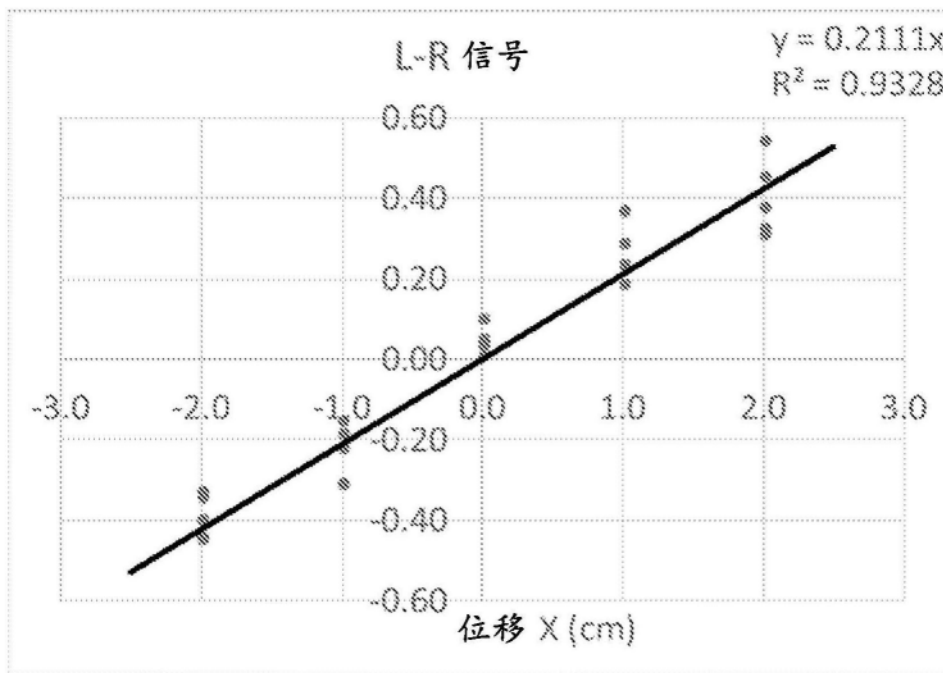


图4

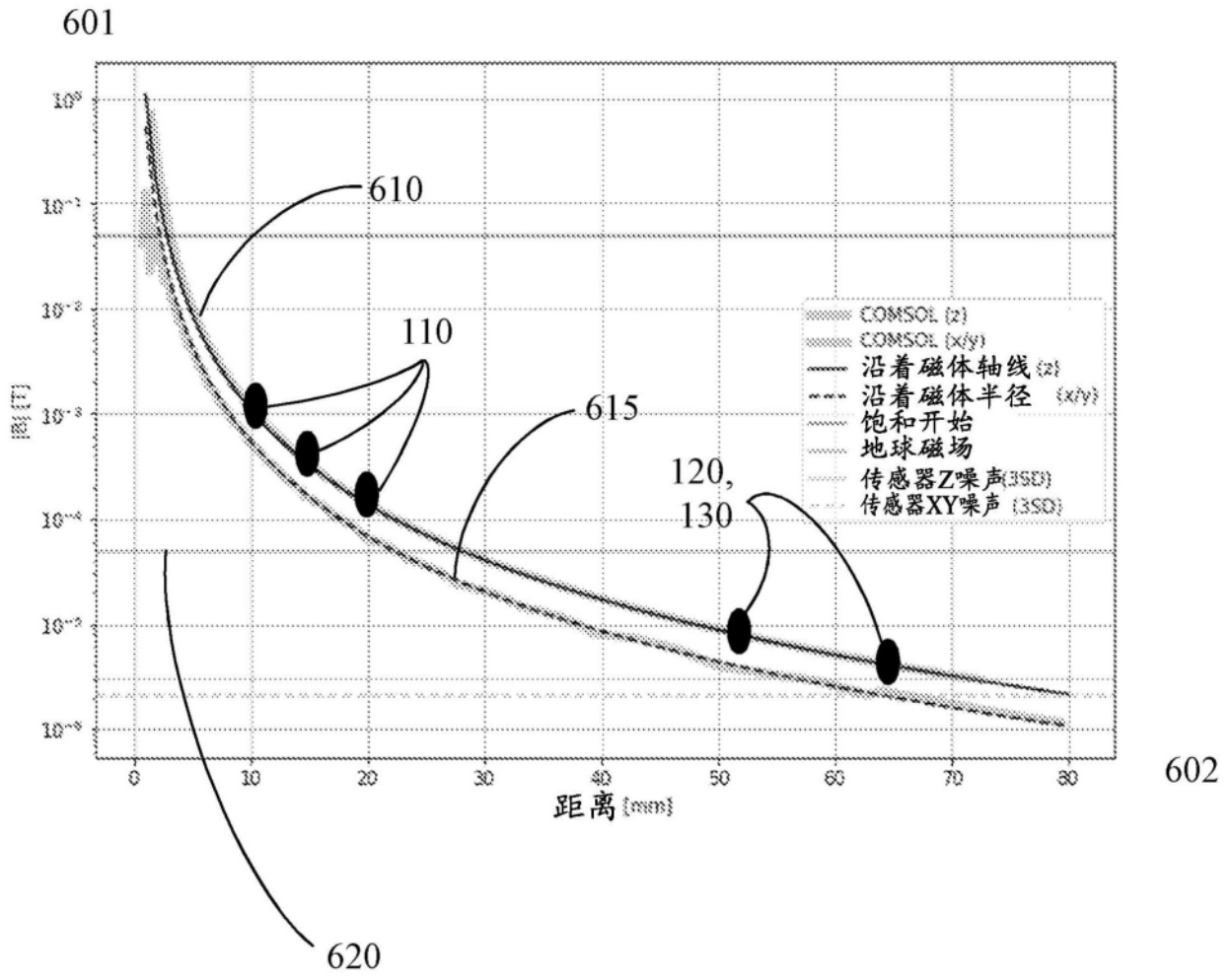


图5

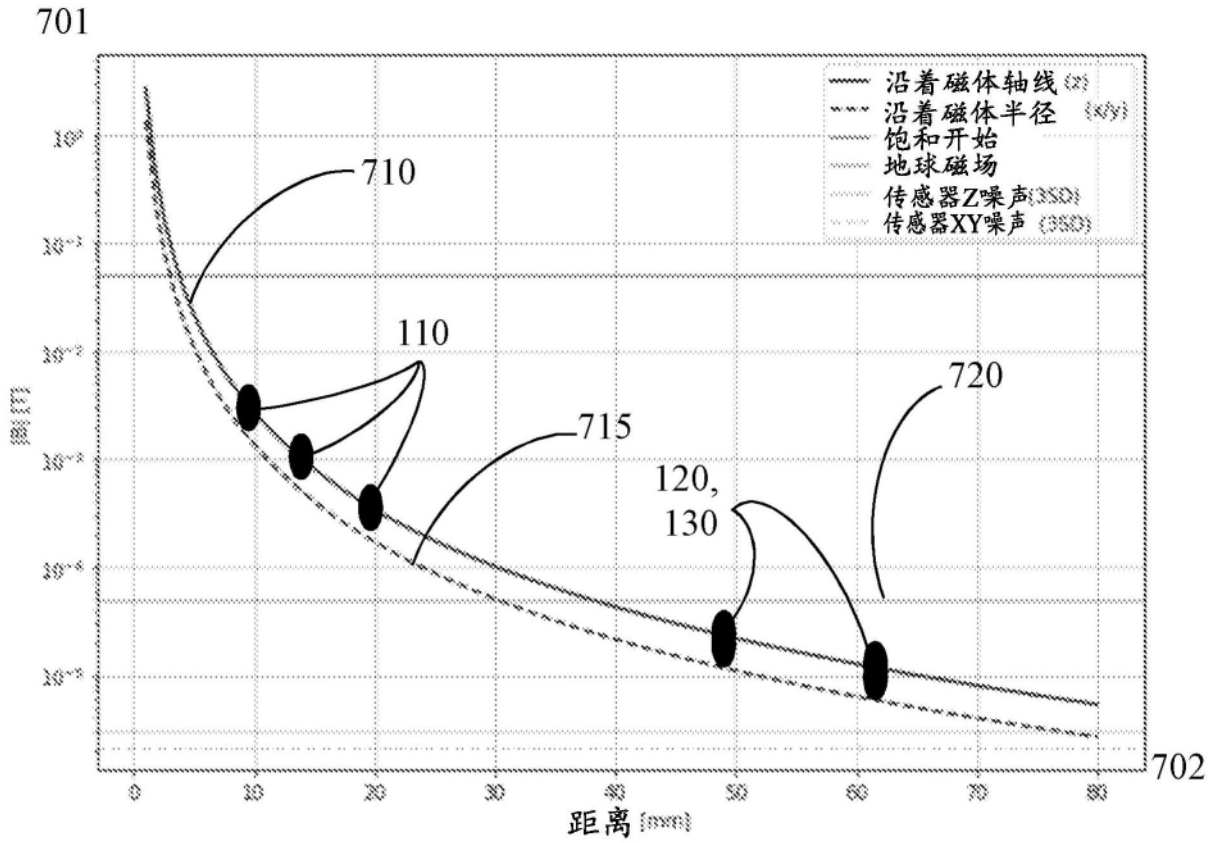


图6

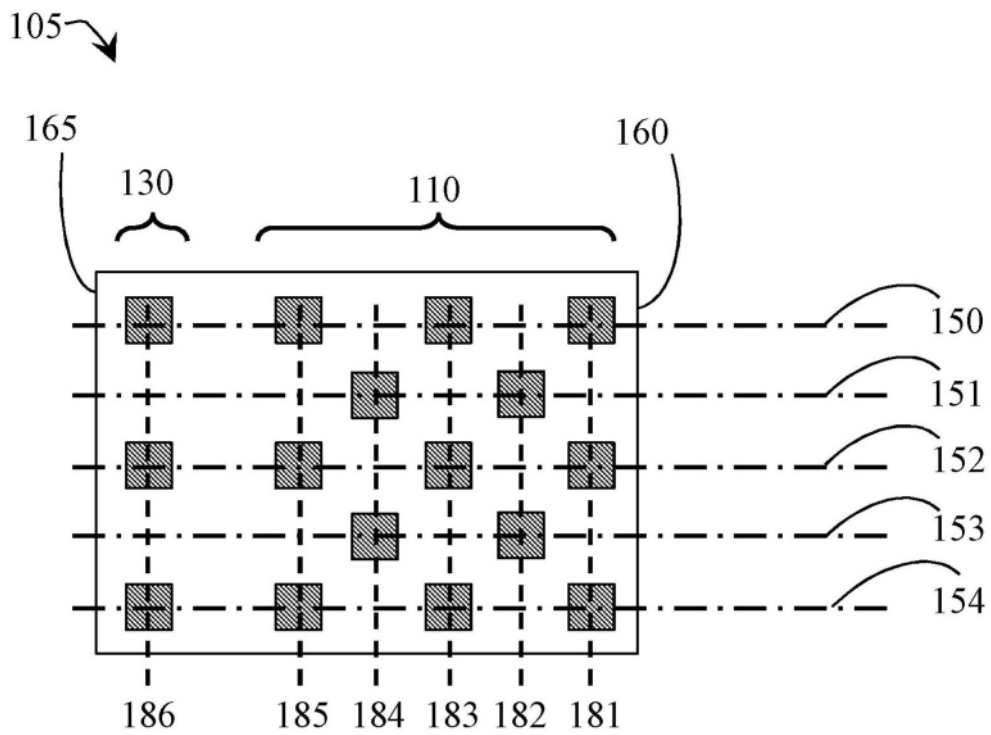


图7A

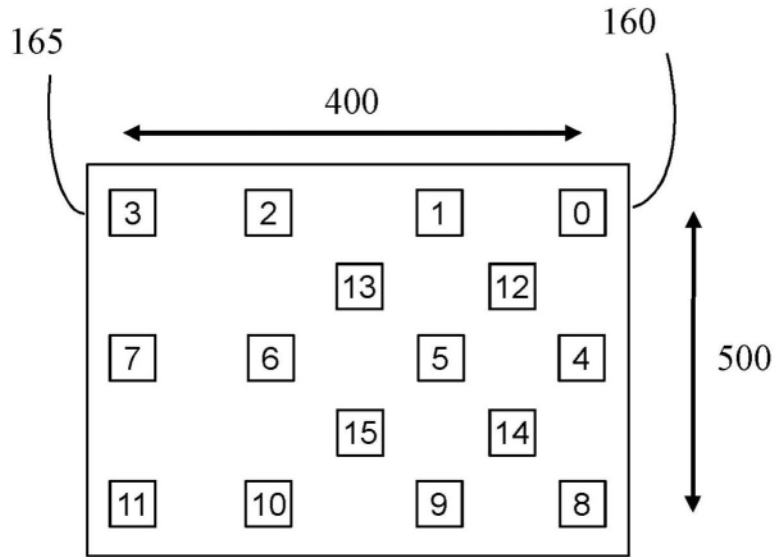


图7B

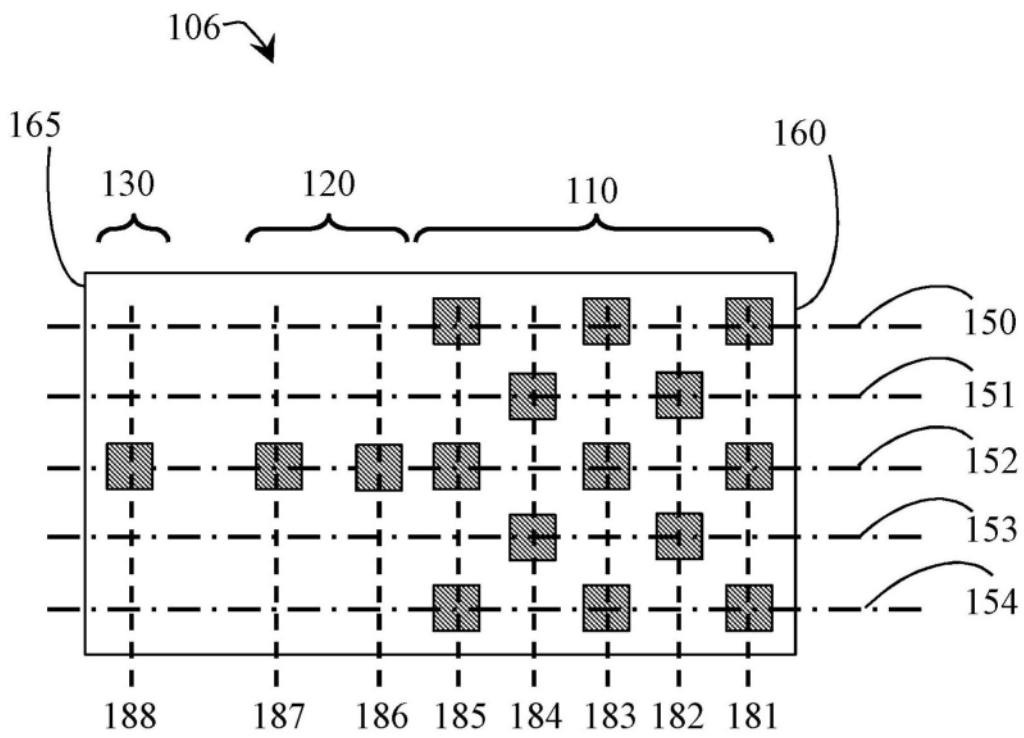


图8A

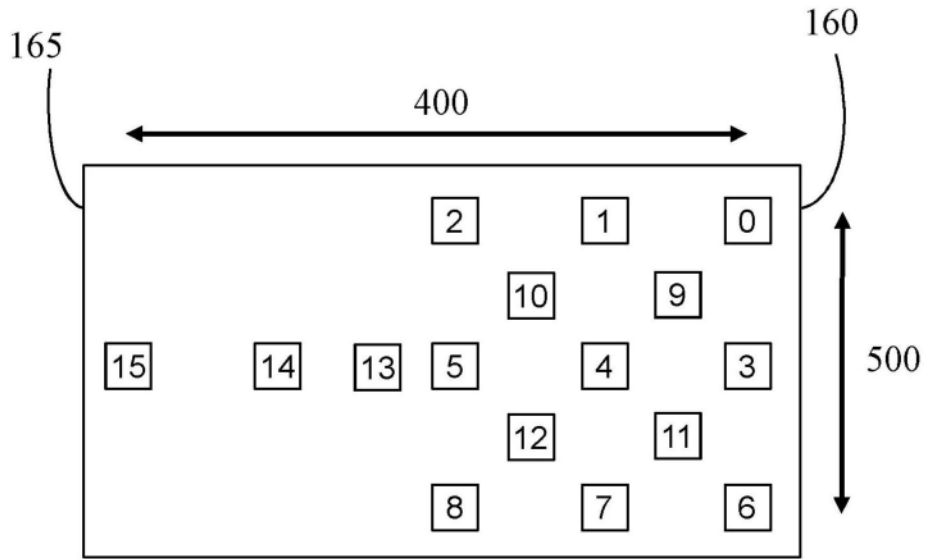


图8B