



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104884966 A

(43) 申请公布日 2015. 09. 02

(21) 申请号 201380053405. 5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 10. 04

G01R 33/10(2006. 01)

G01R 33/00(2006. 01)

(30) 优先权数据

12188521. 4 2012. 10. 15 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 04. 13

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2013/070712 2013. 10. 04

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/060224 EN 2014. 04. 24

(71) 申请人 玛格坎姆股份有限公司

地址 比利时哈维里

(72) 发明人 K·弗瓦克

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

司 31100

代理人 陈小刚

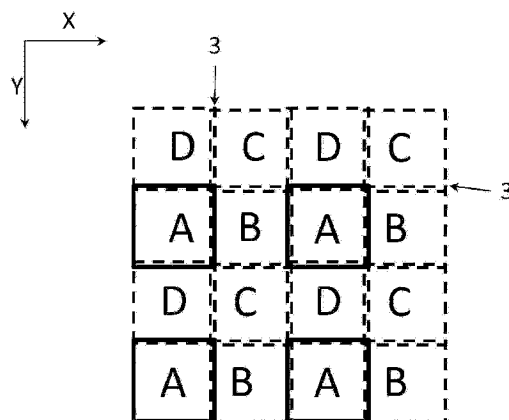
权利要求书2页 说明书12页 附图7页

(54) 发明名称

用于确定磁体沿所述磁体的主表面的磁场分布的设备和方法

(57) 摘要

一种用于确定磁体沿所述磁体的主表面的磁场分布的设备以及相关的方法,所述设备包括:被安排成处于固定的彼此相对位置的至少两个独立的磁场相机模块的布置,每一磁场相机模块被适配成通过相应检测表面来测量它被暴露于其中的磁场分布;用于提供所述主表面和所述布置之间的预定相对移动以扫描所述磁体沿所述主表面的磁场分布的装置。



1. 一种用于确定磁体沿所述磁体的主表面的磁场分布的设备,所述设备包括:
 - a. 被安排成处于固定的彼此相对位置的至少两个独立的磁场相机模块的布置,每一磁场相机模块被适配成通过相应检测表面来测量它被暴露于其中的磁场分布;
 - b. 用于提供所述主表面和所述布置之间的预定相对移动以扫描所述磁体沿所述主表面的磁场分布的装置。
2. 如权利要求 1 所述的设备,其特征在于,所述至少两个独立的磁场相机模块全部被安排成使得它们的检测表面位于单个平面中。
3. 如权利要求 2 所述的设备,其特征在于,相应检测表面沿单条线来安排和对齐。
4. 如权利要求 2 所述的设备,其特征在于,相应检测表面沿两条平行线来安排和对齐,使得它们相应的检测表面在与所述两条平行线平行的虚拟线上的垂直投影提供所述虚拟线的单个无中断部分。
5. 如权利要求 3 或 4 所述的设备,其特征在于,用于提供预定相对移动的所述装置被适配成提供所述布置与所述磁体的主表面之间的一个或多个相对平移,由此所述检测表面和所述主表面在所述移动期间维持平行。
6. 如权利要求 5 所述的设备,其特征在于,所述布置与所述磁体的主表面之间的至少一个相对平行平移被适配成桥接至少两个预定检测表面之间的先前存在的盲区。
7. 如权利要求 3 所述的设备,其特征在于,用于提供预定相对移动的所述装置被适配成提供所述布置和 / 或所述主表面之间绕旋转轴的相对旋转移动。
8. 如权利要求 1 所述的设备,其特征在于,所述至少两个独立的磁场相机模块的第一子集被安排成使得它们的检测表面位于第一平面中,并且其中所述至少两个独立的磁场相机模块的不相交的第二子集被安排成使得它们的检测表面位于与所述第一平面不同的第二平面内。
9. 如权利要求 8 所述的设备,其特征在于,所述第一集合的相应检测表面沿第一单条线来安排和对齐,并且其中所述第二集合的相应检测表面沿第二单条线来安排和对齐,这两条线是平行的。
10. 如权利要求 9 所述的设备,其特征在于,所述第一平面和所述第二平面是平行的。
11. 如权利要求 9 所述的设备,其特征在于,所述第一平面和所述第二平面形成不同于 0° 或 180° 的角度。
12. 如权利要求 9 到 11 中的任一项所述的设备,其特征在于,所述第一子集和所述第二子集的相应检测表面在平行于所述第一和所述第二单条线的虚拟线上的垂直投影覆盖所述虚拟线的单个无中断部分。
13. 如权利要求 8 到 12 中的任一项所述的设备,其特征在于,用于提供预定相对移动的所述装置被适配成提供所述布置和 / 或所述主表面之间绕旋转轴的相对旋转移动。
14. 如权利要求 8 到 13 中的任一项所述的设备,其特征在于,所述第一平面和所述第二平面被安排成使得在使用时,即在执行所述主表面与所述布置之间的所述预定相对移动时,所述主表面的至少一部分被所述第一集合的相机模块和所述第二集合的相机模块在距所述主表面不同的距离处扫描。
15. 一种用于确定磁体沿所述磁体的主表面的磁场分布的方法,所述方法包括:
 - 提供所述磁体;

提供被安排成处于固定的彼此相对位置的至少两个独立的磁场相机模块的布置,每一磁场相机模块被适配成通过相应检测表面来测量它被暴露于其中的磁场分布;

提供所述主表面和所述布置之间的预定相对移动以扫描所述磁体沿所述主表面的磁场分布。

用于确定磁体沿所述磁体的主表面的磁场分布的设备和方 法

技术领域

[0001] 本公开涉及用于确定磁体的磁场分布的设备和方法。

背景技术

[0002] 对永磁体的快速且准确的质量检查在电子驱动器的开发和生产中日益重要。诸如齿槽转矩、效率以及功率等参数受到电子驱动器中永磁体的质量的直接影响。此外，稀土材料的最近价格上涨迫使电子驱动器开发商和制造商以高效的方式来使用这些珍贵的材料，从而最小化浪费的磁体材料的量，换言之，在最少量的磁体材料上获得最大性能，这意味着每一磁体需要符合严格的质量要求。

[0003] 为了准确地确定完整磁体质量，不同的磁体参数需要以经济的方式被测量，诸如剩余磁化强度矢量及其角偏差、磁体均匀性、材料缺陷的存在、磁化强度偏差，等等。随着电子驱动器在自动化应用中的使用的增加，需要经济的磁体检查解决方案，该解决方案不仅能够测量所有这些关键的磁体特性，还能兼容电子驱动器的自动化生产。这意味着该检查解决方案必须快速，给出所有上述磁体属性的定量结果，并且能容易地在生产线中实现。传统的磁性测量技术不能同时满足所有上述要求，因为它们或者过慢、或者只测量单个磁体属性、或者不是数字化的，等等。

[0004] 磁性测量系统是已知的，也被称为磁场相机，它是用于所有种类的永磁体的高级磁体检查技术，包括各种应用中的单轴和多极磁体。磁场相机技术基于使用多个磁场传感器来对磁体的磁场分布进行绘图。

[0005] 在欧洲专利申请 EP1720026 中，描述了这样的磁场相机（也被称为磁性相机模块）的示例。

[0006] 在欧洲专利申请 EP2508906 中，描述了一种基于磁性系统的输入参数的初始化集合表征磁性系统的布置，所述布置包括：

[0007] - 用于测量磁场分布的装置，所述装置通常被实现为磁性相机模块，以及

[0008] - 用于确定所述磁性系统的最优预期磁场分布的装置。

[0009] 然而，在实践中，存在着对用于按自动化的方式来表征磁性系统（尤其是包括相对大的表面的磁性系统，该表面通常可能大于现有磁性相机模块的大小）的经改进的设备和方法的工业需求。

发明内容

[0010] 本公开的目标是提供一种用于确定磁体沿所述磁体的主表面的磁场分布的设备。

[0011] 根据本公开，这一目标是使用示出了第一独立权利要求的技术特性的设备来实现的。

[0012] 本公开的另一目标是提供一种用于确定磁体沿所述磁体的主表面的磁场分布的方法。

[0013] 根据本发明,该目标是使用包括第二独立权利要求的步骤的方法来实现的。

[0014] 在本发明的第一方面,公开了一种用于确定磁体沿所述磁体的主表面的磁场分布的设备,所述设备包括:

[0015] a. 被安排成处于固定的彼此相对位置的至少两个或多个独立的磁场相机模块的布置,每一磁场相机模块被适配成通过相应检测表面来测量它被暴露于其中的磁场分布;

[0016] b. 用于提供所述主表面和所述布置之间的优选地预定的相对移动以扫描所述磁体沿所述主表面的磁场分布的装置;例如沿完整主表面。

[0017] 本发明的各实施例的优点是磁体的(例如,其完整主表面的)磁场分布可按快速和/或自动化的方式来被确定。

[0018] 本发明的各实施例的另一优点是磁体的主表面的磁场分布可被高效地确定,该主表面大于或基本上大于单个磁性相机的检测表面。

[0019] 磁场相机或相机模块可以是包括例如按矩阵或线性配置来安排的多个传感器且能够测量磁场分布的设备,其中每一传感器能够测量磁场的属性。磁场相机可以例如是在 EP1720026 或 EP2508906(它们通过引用纳入于此)中公开的相机。它可以例如是 2 维(2D)霍尔传感器阵列。

[0020] 用于提供预定相对移动的装置可以是本领域技术人员已知的任何合适的装置或装备。

[0021] 扫描磁体沿所述磁体的主表面的磁场分布可包括测量沿所述主表面的磁场分布。根据各优选实施例,扫描可以是连续的过程,其中测量和相对移动是同时发生的。根据其他优选实施例,扫描可以是不连续的过程,其中移动和测量是顺序地应用的。

[0022] 根据各优选实施例,磁场相机模块可包括构成它们的检测表面的各单独传感器元件的矩阵。根据一些实施例,所有这些元件可包括在扫描过程中。根据其他实施例,并非所有这些元件被包括或需要被包括。例如,取决于所应用的相对移动,只使用所使用的或现有的一个或多个相机模块中的单行或单列相机模块可能是足够的。这可提高扫描过程的速度。

[0023] 根据各优选实施例,各磁场相机模块是相同的。磁场相机模块可包括构成检测表面的上表面,并且所述上表面进一步延伸超出所述检测表面,从而限定所述相机模块的其中不能测量所应用的磁场的盲区。相机模块的形状可基本上是立方体,但可以具有任何其他形状。所述上表面可基本上是正方形,但可以具有任何其他形状。在所述上表面限定所述相机模块的侧壁的横向尺寸的情况下,所述上表面优选地使得它们可堆叠在紧密的结构中,即在两个相邻相机模块之间不留空间。相机模块的检测表面可以是正方形或矩形,但可具有任何形状。检测表面可以例如位于所述相机模块的上表面的中心或对称地放置在所述上表面上。所述相机模块可进一步包括内部电子设备,且可以有线或无线地连接到外部控制装备或装置。

[0024] 根据各优选实施例,用于提供相对移动的装置可进一步包括用于操控所述移动的控制装置。

[0025] 根据第一大类的各优选实施例,所述至少两个独立的磁场相机模块全部被安排成使得它们的检测表面位于单个平面中。

[0026] 根据各优选实施例,相应检测表面沿单条线来安排和对齐。这在相对移动包括线

性扫描类型的扫描过程时可以有利的。

[0027] 根据各优选实施例,相应检测表面沿两条平行线来安排和对齐,使得它们相应的检测表面在与所述两条平行线平行的虚拟线上的垂直投影提供所述虚拟线的单个无中断部分。这在相对移动包括线性扫描类型的扫描过程时可以有利的。这可以例如与在具体实施方式中所描述的 1.5D 扫描实施例相对应。

[0028] 根据各优选实施例,用于提供预定相对移动的装置被适配成提供所述布置与所述磁体的主表面之间的一个或多个相对平移,由此,所述检测表面和所述主表面在所述移动期间保持平行。

[0029] 根据各优选实施例,所述布置与所述磁体的主表面之间的至少一个相对平行平移被适配成桥接先前存在的盲区,即因为例如至少两个预定检测表面之间的盲区而在先前尚未被相机模块中的任一个扫描的区域。

[0030] 根据各优选实施例,用于提供预定相对移动的所述装置被适配成提供所述布置和/或所述主表面之间绕旋转轴的相对旋转移动。

[0031] 根据各优选实施例,用于提供预定相对移动的装置被适配成提供以下至少一者:

[0032] 位于单个平面中的所述检测表面绕第一旋转轴的旋转移动,所述单个平面与所述第一旋转轴平行(并且优选地与沿所述第一旋转轴的旋转相切);以及

[0033] 所述磁体的主表面绕第二旋转轴的旋转移动,其中所述主表面与所述第二旋转轴平行(并且优选地与沿所述第二旋转轴的所述旋转相切);由此,如果用于提供预定相对移动的装置被适配成提供这两个旋转移动,则所述第一旋转轴和所述第二旋转轴是相同的。

[0034] 根据第二大类的各优选实施例,所述至少两个独立的磁场相机模块的第一子集被安排成使得它们的检测表面位于第一平面中,并且其中所述至少两个独立的磁场相机模块的不相交的第二子集被安排成使得它们的检测表面位于与所述第一平面不同的第二平面内。

[0035] 相机模块的所述第一和第二集合可以是单态的(singlet)。所述集合中的每一个可包括例如 1、2、3、4 或更多个相机模块中的任一些。

[0036] 根据各优选实施例,所述第一集合的相应检测表面沿第一单条线来安排和对齐,并且所述第二集合的相应检测表面沿第二单条线来安排和对齐,这两条线是平行的。

[0037] 根据各优选实施例,第一平面和第二平面是平行的。

[0038] 根据各优选实施例,所述第一子集和所述第二子集的检测表面没有面向彼此。例如,所述设备可包括相机模块的按照近-远-近-远-近-远设置的线性布置,其中被索引为“近”的相机模块构成所述第一子集,且被索引为“远”的相机模块构成所述第二子集。这样的设置提供了可导出关于磁场的深度信息(并且因而一般为 3 维信息)的优点。

[0039] 根据各优选实施例,所述第一子集和所述第二子集的检测表面是平行的且面向彼此。这可以提供与前一段落中的各实施例相同的优点,例如在第一集合和第二集合的检测表面在测量或扫描所述磁体的主表面时被安排在距所述磁体不同的距离处的情况下。此外,在处理测量数据和/或构造设备时,它可以提供优点。

[0040] 根据各优选实施例,所述第一平面和所述第二平面形成不同于 0° 或 180° 的角度。

[0041] 这提供了以下优点:由于例如第一集合的相机模块的盲区和特定布置(例如,间

距)而造成的、使用相机模块的所述第一集合扫描所述磁体的主表面所留下的盲区可通过相机模块的第二集合的布置而被容易地扫描。因为所述第二集合和所述第一集合的相机模块不共面,所以实现了所述设备/系统的较大的设计自由度。

[0042] 根据各优选实施例,所述第一子集和所述第二子集的相应检测表面在与所述第一和第二单条线平行的虚拟线上的垂直投影覆盖所述虚拟线的单个无中断部分。这提供了以下优点:相机模块的所述第一集合和所述第二集合可以扫描主表面的连续表面,例如完整主表面。注意,情况当然通常是第一和第二子集自身的投影中的每一个因为模块的所述第一和第二集合中的各相邻相机模块之间的盲区而没有提供这一特征。

[0043] 根据各优选实施例,所述第一子集磁性相机模块的检测表面在与所述第一和第二单条线平行的虚拟线上的垂直投影和所述第二子集的检测表面在所述虚拟线上的垂直投影基本上彼此弥补。它们优选地示出部分重叠,并且可以在理论极限情况下没有示出重叠。相机模块的检测表面的相应投影可以例如在沿所述虚拟线的方向上移动时交替地彼此追随。

[0044] 根据各优选实施例,用于提供预定相对移动的所述装置被适配成提供所述布置和/或所述主表面之间绕旋转轴的相对旋转移动。

[0045] 根据各优选实施例,用于提供预定相对移动的装置被适配成提供以下至少一者:

[0046] 所述布置绕第一旋转轴的旋转移动,其中所述第一平面和所述第二平面与所述第一旋转轴平行(并且优选地与沿所述第一旋转轴的所述旋转相切);以及

[0047] 所述磁体的主表面绕第二旋转轴的旋转移动,其中所述主表面与所述第二旋转轴平行(并且优选地与沿所述第二旋转轴的所述旋转相切);由此,如果用于提供预定相对移动的装置被适配成提供这两个旋转移动,则所述第一旋转轴和所述第二旋转轴是相同的。

[0048] 根据各优选实施例,所述旋转装置或装备包括电磁引擎的转子。

[0049] 根据各优选实施例,所述第一平面和所述第二平面被安排成使得在使用时,即在执行所述主表面与所述布置之间的所述预定相对移动时,所述主表面的至少一部分被所述第一集合的相机模块和所述第二集合的相机模块在距所述主表面不同的距离处扫描。

[0050] 根据各优选实施例,在所述第一和第二大类中,所述预定移动使得所述主表面的每一部分由至少一个或由至少两个相机模块扫描。这提供了以下优点:测量误差可被校正,且相邻测量可有效地缝合在一起。

[0051] 根据本发明的第二方面,公开了一种用于确定磁体沿所述磁体的主表面的磁场分布的方法,所述方法包括:

[0052] - 提供所述磁体;

[0053] - 提供被安排成处于固定的彼此相对位置的至少两个独立的磁场相机模块的布置,每一磁场相机模块被适配成通过相应检测表面来测量它被暴露于其中的磁场分布;

[0054] - 提供所述主表面和所述布置之间的预定相对移动以扫描所述磁体沿所述主表面的磁场分布。

[0055] 根据各优选实施例,提供预定相对移动包括提供所述布置与所述磁体的主表面之间的一个或多个相对平移,由此,所述检测表面和所述主表面在所述移动期间保持平行。

[0056] 根据各优选实施例,所述布置与所述磁体的主表面之间的至少一个相对平行平移被适配成桥接至少两个预定检测表面之间的先前存在的盲区。

[0057] 根据各优选实施例,提供预定相对移动包括提供所述布置和 / 或所述主表面之间绕旋转轴的相对旋转移动。

[0058] 本领域技术人员将明白,在作出必要修正的情况下,针对所述第一方面解释的特征和优点也可适用于所述第二方面,且反之亦然。

[0059] 根据本发明的第三方面,公开了使用根据本发明的所述第一和 / 或第二方面的各实施例中的任一实施例的设备和 / 或方法来对以下各项中的任一者进行检查和 / 或质量控制:永磁体,具有单轴磁化强度的永磁体,具有多级磁化强度的永磁体,铁磁性、顺磁性、反磁性、磁致伸缩性和 / 或超导材料,和 / 或具有其他形式的磁响应的材料,电磁体,磁性组装件和 / 或用于焊接的检查和 / 或质量控制,包括但不限于点焊、凸焊、其他电阻焊接、激光焊接、电子束焊接、以及电弧焊接。

[0060] 根据本发明的第四方面,公开了一种用于基于磁性系统的输入参数的初始化集合来表征所述磁性系统的设备,所述设备包括:

[0061] - 用于测量所述磁场分布的装置,包括根据本发明的所述第一方面的各实施例中的任一实施例的设备;以及

[0062] - 用于确定所述磁性系统的最优预期磁场分布的装置。

[0063] 根据各优选实施例,所述设备进一步包括用于确定预期磁场分布的装置,包括:

[0064] i) 用于使用理论模拟模型确定计算得到的磁场分布的装置,

[0065] ii) 用于将预期磁场分布与测量到的磁场分布值进行比较的装置,

[0066] iii) 用于使用优化方案来获得磁性系统的预期磁场分布的装置。

[0067] 根据本发明的第五方面,公开了一种用于基于磁性系统的输入参数的初始化集合来表征所述磁性系统的方法,包括以下步骤:

[0068] - 通过根据本发明的所述第一方面的各实施例中的任一实施例的设备和 / 或根据本发明的所述第二方面的各实施例中的任一实施例的方法来测量所述磁场分布;以及

[0069] - 确定所述磁性系统的最优预期磁场分布。

[0070] 根据各优选实施例,确定预期磁场分布可包括:

[0071] i) 根据输入参数的初始化值,使用理论模拟模型来确定计算得到的磁场分布,

[0072] ii) 将预期磁场分布与测量到的磁场分布值进行比较,

[0073] iii) 使用优化方案来获得磁性系统的预期磁场分布;

[0074] iv) 重复步骤 i)、ii)、以及 iii),直至预期磁场分布与测量到的磁场分布值在容限内相同。

[0075] 将理解,本发明的所述第四和第五方面的布置、设备以及方法中的任一个可以与根据本发明的各方面的经改进的设备和方法一起应用或使用。

附图说明

[0076] 本公开将通过以下描述和附图进一步阐明。

[0077] 图 1 示出根据本发明的一实施例的布置的俯视图。

[0078] 图 2 示出操作相关于图 1 描述的布置的示例。

[0079] 图 3 示出根据本发明的另一实施例的布置的俯视图。

[0080] 图 4 进一步示出操作相关于图 3 描述的布置的示例。

[0081] 图 5 示出根据本发明的又一实施例的布置的透视图。

[0082] 图 6 示出操作相关于图 5 描述的布置的示例,并描绘了沿图 5 的 Z-X 平面的侧截面图。

[0083] 图 7 示出操作相关于图 5 描述的布置的示例,并描绘了沿图 5 的 Z-Y 平面的侧截面图。

[0084] 优选实施例的详细描述

[0085] 将针对具体实施例且参考特定附图来描述本发明,但是本发明不限于此而仅由权利要求书限定。所描述的附图只是示意性的和非限制性的。在附图中,出于说明的目的,一些元件的尺寸可被夸大且不按比例地绘制。尺寸和相对尺寸并不必然对应于对本公开实践的实际修正简化。

[0086] 此外,本说明书和权利要求书中的术语第一、第二、第三等等用于在类似的元件之间进行区分,而不一定用于描述顺序次序或时间次序。这些术语可在适当环境中互换,并且本公开的实施例可以不同于本文中描述或示出的其他顺序操作。

[0087] 此外,本说明书和权利要求书中的术语顶部、底部、上方、下方等用于描述性目的,而不一定用于描述相对位置。这样使用的术语可在适当的环境中互换,并且本文中所述的本公开的实施例可以不同于本文中描述或示出的其他取向操作。

[0088] 此外,在各实施例中,尽管对“优选的”引用被解释成可实现本公开的示例性方式,但它不对本公开的范围构成限制。

[0089] 下文解说的示例实施例基于如下测量原理:该原理基于磁体的磁场分布的高分辨率和高速度定量 2D 绘图,使用具有 128x128(= 16384) 个显微霍尔传感器的集成 2D 阵列的传感器芯片。传感器具有在 X 和 Y 两个方向上的 0.1mm 间距(空间分辨率)。每一霍尔传感器具有 40 μm x 40 μm 的有效面积,且被适配成在局部测量它被暴露于其中的磁场的垂直分量(B_z)。所有传感器被以很高的速度进行电扫描,从而得到 12.8mm x 12.8mm 面积的定量高分辨率磁场图。全分辨率磁场图可以在小于 1 秒中被捕捉到。

[0090] 磁场相机芯片具有用于记录 128x128 传感器矩阵的任何子矩阵的内置灵活性。在 X 和 Y 两方向上,起始像素、结束像素、以及步长可被指定。这允许不仅例如以半分辨率模式来操作传感器(测量每隔一个像素),而且还允许例如连续地测量一个单个像素或连续地记录一条线。后一配置将在本说明书中稍后使用来构建大范围线扫描实施例以及转子检查实施例。

[0091] 一个传感器芯片上的像素(即,在一个磁场相机模块中)被按顺序的次序读出,由此每一像素需要约 50 微秒测量时间。这意味着可以通过将帧中的像素的总数简单地乘以每像素 50 微秒的时间来计算记录一个帧的总所需时间。

[0092] 一些特殊情况的测量时间是:

[0093] • 完整传感器阵列 : $t = 128 * 128 * 50 \mu s = 0.8$ 秒

[0094] • 半分辨率,全范围 : $t = 64 * 64 * 50 \mu s = 0.2$ 秒

[0095] • 一条线,全分辨率 : $t = 1 * 128 * 50 \mu s = 6.4$ ms

[0096] • 一条线,半分辨率 : $t = 1 * 64 * 50 \mu s = 3.2$ ms

[0097] 磁性相机模块具有约 24mm x 24mm x 24mm 的大小。相机模块包括上表面 2,上表面 2 包括检测表面 21 和这一检测表面旁边的不能进行检测的部分 22。磁性相机模块的横

向大小 (24mm x 24mm) 使得允许将多个模块彼此紧邻放置,同时模块之间的盲测量区 6 (或盲区) ($24\text{mm}-12.8\text{mm} = 11.2\text{mm}$) 小于相机本身的有效测量大小 (即, 12.8mm)。这一原理允许通过在每一方向上将模块集合移动单步进 12mm 来填充这一盲区 6。如下所述,这一原理使得适于执行快速大面积磁场绘图测量的多个不同的模块配置成为可能。

[0098] 使用磁场相机覆盖大面积的最直接方式是将其安装在 XY(Z) 扫描台 (或在机器人) 上,并顺序地测量多个小规模磁场图,这些小规模磁场图随后被缝合在一起以获得大面积图像。这一方法的优点是只需要单个磁场相机模块。

[0099] 为了将不同的测量到的图像准确地缝合成更大图像,可以采取若干方法。(X 和 Y 方向上的) 任一扫描步进可被取成确切地等于测量区域的对应大小 (即, 12.8mm)。在这种情况下,连续图像之间没有重叠。所得到的缝合图像的质量随后取决于扫描台的准确度和传感器 X 和 Y 轴与扫描台的 X 和 Y 轴的对齐。

[0100] 另一技术 (也被发现在光纤图像缝合中) 是采用比传感器大小稍微小的扫描步进,以确保相邻图像之间的重叠区域。如此,图像缝合算法可被应用于这些图像,其中最重叠位置被自动检测。这一方法可校正扫描台的准确度的缺乏或传感器与扫描台轴的对齐的缺乏。

[0101] 因为磁场相机的测量速度可能相对高 (即,在全分辨率中是 $12.8 \times 12.8\text{mm}^2/0.8$ 秒),所以使用这一技术可快速地测量大面积。然而,对于一些应用而言,诸如快速线上 (inline) 检查,速度可能不是足够的,尤其是对于较大面积而言。在这一配置中,速度受例如以下因素的限制:

[0102] • 测量是顺序地执行的,即不是并行的

[0103] • 机械步进的数量大约随着测量面积而缩放,面积 A 的总测量时间等于

$$[0104] \quad T_{\text{总}} = (T_{\text{单次测量}} + T_{\text{扫描步进}}) \times A/A_{\text{传感器}} \quad (1)$$

[0105] 其中:

[0106] $T_{\text{总}}$ 是总测量时间,

[0107] $T_{\text{单次测量}}$ 是测量单个 $12.8\text{mm} \times 12.8\text{mm}$ 图像所需的时间,

[0108] A 是要测量的面积,

[0109] $A_{\text{传感器}}$ 是传感器的面积,即 $12.8\text{mm} \times 12.8\text{mm}$ 。

[0110] 在以下考虑中,出于以下原因, $A_{\text{传感器}}$ 可被设为 $12\text{mm} \times 12\text{mm}$,代替 $12.8\text{mm} \times 12.8\text{mm}$:首先,通常只以半分辨率来测量,意味着阵列中的最后像素将不被记录,从而使有效面积减少到 $12.7\text{mm} \times 12.7\text{mm}$ 。其次,允许不同图像之间的某些重叠以使得使用自动缝合算法成为可能。在实践中, 12.0mm 的扫描步进因而被使用。

[0111] 式 (1) 示出总测量时间与要测量的面积成比例地增加。基于这一公式,定量测量时间可针对少量真实情况来计算到的。

[0112] 考虑每单次测量的时间,遵循以下方法。在实践中,磁场相机测量通常通过用半空间分辨率 (即, 0.2mm) 而非全分辨率 (即, 0.1mm) 来执行,尤其是对于较大磁体而言。这意味着在 X 方向和 Y 方向上只有每隔一个像素被测量,从而只有所有像素的 $1/4$ 被有效地读出。这还意味着每帧的测量时间是四分之一,即约 0.2 秒/帧。在另一方面,多个帧通常被记录且被取平均以降低测量噪声。平均的真实数量是 5,从而得到每帧 1 秒的总测量时间,这与全分辨率的用于单个帧的时间是相当的。

[0113] 上式中的第二参数是机械扫描步进 ($T_{\text{扫描步进}}$) 所需的时间, 该扫描步进在 X 或 Y 方向上是 12mm。取决于所使用的扫描台的类型, 这一时间可以变化。将这一点设为 0.5s (与 24mm/s 的速度相对应), 单个组合测量和扫描步进的时间总和达 1.5s。

[0114]

测量面积	步数	每步时间	总时间
$12 \times 24\text{mm}^2$	2	1.5s	3s
$24 \times 24\text{mm}^2$	4	1.5s	6s
$24 \times 48\text{mm}^2$	8	1.5s	12s
$48 \times 48\text{mm}^2$	16	1.5s	24s

[0115] 表 1: 在扫描单个磁场相机时不同面积的总测量时间

[0116] 对于大面积, 测量时间变得相对长, 如从表 1 中清楚可见的。根据本发明的各实施例中的任一个, 这一测量时间可通过使用多个相机模块的配置来相当大地缩短。

[0117] 现在描述一些示例实施例。

[0118] 根据第一示例实施例, 所述设备包括例如安装在支撑 S 上的磁场相机模块的 2D 阵列。四个磁场相机模块 I、II、III、IV 的规则 2x2 阵列或矩阵 (具有例如 48mm x 48mm 的总测量面积) 的示例在图 1 中描绘。在此, 各模块按“紧密堆叠”彼此相邻, 即, 各模块自身之间没有空隙, 但这不是必要的。这意味着相邻相机模块的检测表面之间的盲区 6 等于相机模块的上表面的盲区 22 的宽度的两倍。这一实施例允许比单个相机模块 1 对大面积的直接扫描更快速地测量大面积, 而不损失空间分辨率。

[0119] 这一实施例的一些优点是 2D 阵列中的所有相机模块 1 是并行测量的, 从而降低了总测量时间; 且模块之间的‘盲测量区’6 可只用 12mm 的完整配置的三个机械扫描步进 (一个在 X 方向上, 一个在 Y 方向上, 以及一个在 X+Y 方向上) 来填充, 这与使用的相机模块的数量无关并且因而与实际测量面积无关。为此, 相机阵列可例如被安装在机动化 XY (Z) 扫描台上, 或者它可被手动地移动, 或者可以基于现有技术移动平台来移动。

[0120] 这一原理在图 2 中示出; 四个相机模块首先测量标记为 A 的 4 个区域。在 X 方向上执行整个布置的移位, 此后执行标记为 B 的区域的测量。小重叠区 3 被预见到。在 Y 方向上执行整个布置的进一步移位, 此后执行标记为 C 的区域的测量。同样, 存在小重叠。随后在 X 方向上执行整个布置的进一步移位 (同样具有小重叠 3), 此后执行标记为 D 的区域的测量, 且约 4x4 个检测表面区域的总表面被最终完全覆盖。

[0121] 在这一配置中, 总测量时间是

$$[0122] \quad T_{\text{总}} = 4x(T_{\text{单次测量}} + T_{\text{扫描步进}}) \quad (2)$$

[0123] 注意, 式 (2) 与测量面积无关。虽然只需要三个机械扫描步进, 但到达初始位置的返回 (第四) 步进已被包括, 从而覆盖完整测量时段, 即在 $T_{\text{总}}$ 后, 新测量可被立即执行。

[0124] 为了示出这一配置允许显著更快的测量周期, 表 2 给出了少量测量面积值的测量时间。

[0125]

相机模块数	测量面积	步数	每步时间	总时间
1x1	12x 24mm ²	2	1.5s	3s
1x1	24x 24mm ²	4	1.5s	6s
1x2	24x 48mm ²	4	1.5s	6s
2x2	48x 48mm ²	4	1.5s	6s

[0126] 表 2 :使用相机模块阵列的用于不同面积的总测量时间

[0127] 从表 2 中可得出以下结论 :

[0128] • 对于大至 24mm x 24mm 的面积,只需要 1 个相机模块。

[0129] • 对于大于 24x 24mm²的面积 (即,从 24x 48mm²开始),测量时间总是 6 秒,与面积无关。

[0130] • 添加附加相机增加测量面积 24x 24mm²。

[0131] 从以上内容可知,对于较大面积,与使单个相机扫描该面积相比,通过使用相机阵列配置实现了显著的速度增益。例如,使用 2x2 相机阵列 (6 秒) 与使用单个相机 (24 秒) 相比,48x48mm²的面积被扫描得快至四倍。

[0132] 此外,测量速度可例如通过以下被进一步增强 :

[0133] • 记录较少的取平均的帧

[0134] • 降低每帧的空间分辨率

[0135] • 提高机械扫描速度

[0136] 例如,可使用 2x1 相机模块阵列 (测量面积 48x24mm²) 来测量具有 40mm x 20mm 横向大小的 NdFeB 电机磁体。对于快速同线测量周期,0.2mm 的空间分辨率显然是足够的。通常,不需要取平均,假定磁体产生的强磁场 (即,大信号 / 噪声比)。一个相机拍摄因此只花费 0.2 秒。在机械扫描速度随后也被提高到 120mm/s 的数量级时,12mm 步进在 0.1s 内来执行,从而使一个测量阶段的时间下降到 0.3s。完整面积因而在 4x0.3s = 1.2 秒内被扫描。

[0137] 这一时间 (1 秒的量级) 与线上检查站中需要的典型测量时间兼容。因而,例如执行大 (电机) 磁体的 100% 线上质量控制成为现实的选项。

[0138] 注意,以上所得的 1.2 秒时间与测量大小无关,即,通过简单地添加额外的相机模块,较大面积在正好相同的时间内被测量。

[0139] 根据第二示例实施例,所述设备是具有磁场相机模块 I、II、III 的 '1.5 维' 阵列的线扫描类型,如图 3 和 4 所示。

[0140] 磁性相机模块 1 和模块化方法的内在灵活性允许构造又一磁场相机配置,其中一个或多个相机模块可被用来担当线扫描仪。确实,磁性相机模块 1 的传感器芯片的空间范围可被非常灵活地编程,由此 128x128 传感器像素矩阵的任何子矩阵可被选择来用于读出。这样的子矩阵的一些特殊情况是 :

[0141] • 任何单个传感器像素 (1x1 矩阵)

[0142] • 全传感器阵列 (128x128)

[0143] • 全范围,但使用半 (或更少) 分辨率

[0144] • X 或 Y 方向上的任何单条线

[0145] 在传感器阵列被编程为只读出单条线时,线扫描仪的功能可被实现,这在多种情况下可以是有利的。

[0146] 例如,可以想象非常长的磁体(如用于传感器应用的带状磁体),在生产线上,它持续穿过磁场相机。在这种情况下,执行分步扫描方案是不实际的。相反,持续地读出磁场相机的同一条线(它覆盖带状磁体的完整宽度)并将各线缝合成一个或多个 2D 图像以供进一步分析是有意义的。

[0147] 另一应用将是在生产线上,其中各单独磁体 5 在传送带上持续地通过,并且其中停止传送带以进行磁场相机测量是不合乎需要的。在此,磁体可按恒定的速度在磁场相机线扫描仪上方(或下方)通过,并且这也将生成磁场分布的 2D 图像。

[0148] 此外,这样的方案优选地有助于完全自动化,因为无需手动磁体操纵。

[0149] 在这一线扫描仪配置中,清楚的是对要测量的磁体 5 的(在移动方向上的)长度没有实际限制。然而,如何测量比相机的尺寸(12.8mm)更宽的磁体的问题出现了。一种解决方案在图 3 中示出。

[0150] 在这种情况下,2x1 阵列提供 36mm 的线长度。

[0151] ‘1.5 维’解决方案包括第一行相机后的第二行相机,由此两行相对于彼此移位半个周期(= 12mm)。如在图 3 和图 4 中可看到的,正在接近线扫描仪的磁体 5 将首先遇到磁性相机模块 I 和 II,它们将各自测量磁体 5 的一部分,例如通过使用相应线(例如,相应相机模块的行或列)L1 和 L2。由于模块 I 和 II 之间的盲区,磁体的中间部分尚未被测量。然而,随着磁体向前移动,它将遇到磁性相机模块 III,它将测量其中间部分,例如通过线 L3(例如,第三相机模块的行或列),包括与分别由模块 I 和 II 定义的线 L1 和 L2 的某一重叠区。当线(1 和 2)与线 3 之间在 Y 方向上的距离以及磁体 5 的移动速度(更一般地,相对移动速度和方向)是已知的情况下,线 L1、L2 以及 L3 所记录的磁场图像可被准确地缝合在一起,从而得到磁场分布的在 X 和 Y 两方向上具有高分辨率的无缝 2D 图像。此外,由于相邻图像之间的重叠区,图像缝合算法可被用来消除例如相机模块的未对准、各线之间的偏离 Y 距离或不同相机之间的定时不准确性中的任何误差。

[0152] 这一实施例/配置的测量速度可如下计算。假定所需空间分辨率在 X 和 Y 方向上是相等的。这一分辨率进而确定一条线的测量速度,因为它确定该线中记录的传感器的数量。使用以下惯例:X 方向是沿记录线的方向,而 Y 方向是磁体的移动方向。

[0153] 例如,全(0.1mm)分辨率线包括 128 个传感器像素,每一像素拍摄约 50 微秒,从而给出 X 方向上每记录线总时间 6.4ms。为了在 Y 方向上获得相同的 0.1mm 分辨率,磁体必须在 6.4ms 时间帧内在 Y 方向上移动 0.1mm。这需要在 Y 方向上约 16mm/s 的移动速度。该移动速度(并且因此测量速度)可通过使用较低空间分辨率来提高。对于半(0.2mm)分辨率图像,一条线只包括 64 个传感器,它需要总时间 3.2ms 来被记录。在这一时间中,磁体应当移动 0.2mm,从而得到所需移动速度 64mm/s,这四倍快于全分辨率。64mm/s 的这一特性可被用于大多数应用中,因为以半空间分辨率进行测量在实践中是常见的,并且对于更大的磁体当然更常见。

[0154] 清楚可见的是,这一‘1.5D’配置是可容易地缩放的,由此通过沿 X 方向在两行上添加相机模块可获得较长的线,而不影响测量速度。

[0155] 现在相关于图 5、6 以及 7 描述第三示例实施例。在电机磁体检查中经常遇到的另一应用是对安装在转子上的磁体 5 的检查。在这种情况下,绕转子 360° 以及沿转子的全部轴向长度来测量磁场的径向分量 R 通常是合乎需要的。这一配置也在具有圆柱几何形状的其他磁体或磁体组装件中遇到,诸如具有径向磁场强度的环形传感器磁体。

[0156] 虽然磁场相机的 2D 传感器阵列的平面性质与转子的曲面在根本上不兼容,但在此,该解决方案再次依赖于使用如在前节中描述的线扫描模式的相机。确实,与平面相反,径向上的具有与径向垂直的霍尔传感器表面的传感器线确实测量磁场的径向分量。

[0157] 当然,必须相对于图 3 和 4 中示出的平面线扫描仪方案作出少许改编。

[0158] 首先,代替磁体在磁场相机(即,多个磁场相机模块的布置)上方线性地移动,转子被安装成其转轴处于可旋转固定装置中(可绕轴 4 旋转)。转轴被附连到例如步进电机,步进电机可使转子准确地旋转小增量角度。其次,所有磁场相机模块优选地垂直于转子的径向 R。对于相机模块的单个行 R1,这不是问题。因为每一相机模块上存在可用的传感器 2D 阵列,所以将总是存在完美地径向定向的线。这使得转子的定位在横向方向上也是不重要的(当然,相机模块上方的高度优选地使用转轴高度和与相机模块的平行性来准确地控制)。然而,相机模块的第二(偏移)行 R2 必须除去第一行 R1 的平面,以使第二行中的相机垂直于转子的径向方向。这可以通过使第二行相机模块旋转一角度(例如 90°,如图 5 所示)来实现。大体上,第二行可被放置在其他角度,诸如 45° 或 135° 或 180°。在某些实施例中,必须注意将相机模块的这一偏移的行 R2 置于与第一行 R1 相同的距转子的测量距离处,并且将它们放置成在轴向上与转子表面平行。

[0159] 测量顺序可以例如如下执行:

[0160] 1. 转子角度被设为其初始位置。

[0161] 2. 所有相机模块 I、II、III 并行地记录一个或多个线扫描。多条线可被用于取平均。

[0162] 3. 转子被旋转预定义步进角度。

[0163] 4. 所有相机被读出。

[0164] 5. 其他,直至全 360°(或其他角度)已被测量。

[0165] 6. 不同相机的图像被缝合在一起以获得大 2D 磁场图像。在这一过程中,第二行所记录的图像需要相对于第一行的图像移位某一角度值,即这两个相机模块行的角偏移(例如,在图 5 的情况下是 90°)。

[0166] 作为在各步骤中执行扫描的替换,相机可被连续地读出,同时转子以恒定速度转动,这等同于磁体在线扫描仪相机布置下以恒定速度移动。

[0167] 转子检查配置的测量速度可与线性线扫描配置相似地表达。然而,在此,在 Y 方向上相关的不是线性分辨率,而是转子的旋转方向上的所需角度分辨率。一条线(在轴向上 0.2mm 的分辨率)在 3.2ms 内被记录。

[0168] 360° 扫描的完整时间随后等于

[0169] $T_{\text{总}} = T_{\text{线}} * 360^\circ / \alpha_{\text{步进}}$, (3)

[0170] 其中:

[0171] $T_{\text{线}}$ 是一条线的时间(在我们的情况下是 3.2ms)以及

[0172] $\alpha_{\text{步骤}}$ 是角分辨率(以度为单位)。

[0173] 转子的所需旋转速度随后等于

$$[0174] \quad \omega_{\text{转子}} = 360^\circ / T_{\text{总}} = \alpha_{\text{步进}} / T_{\text{线}}。 \quad (4)$$

[0175] 对于例如 1° 的真实分辨率, 获得以下值:

$$[0176] \quad T_{\text{总}} = 1.2\text{s}$$

$$[0177] \quad \omega_{\text{转子}} = 312^\circ / \text{s} = 0.9\text{rps}。$$

[0178] 以上结果示出完整转子的磁场图像可在约 1 秒内被记录。同样, 这一时间与线上检查要求兼容。

[0179] 将明白, 根据本发明的各方面的大面积磁场相机系统开启了用于快速且准确地检查大磁体的新可能性 (因为大磁体通常被发现于驱动应用中), 从而允许在生产线上执行自动化线上磁体检查、用于各种磁性系统的自动或手动质量控制以及研发的灵活性。

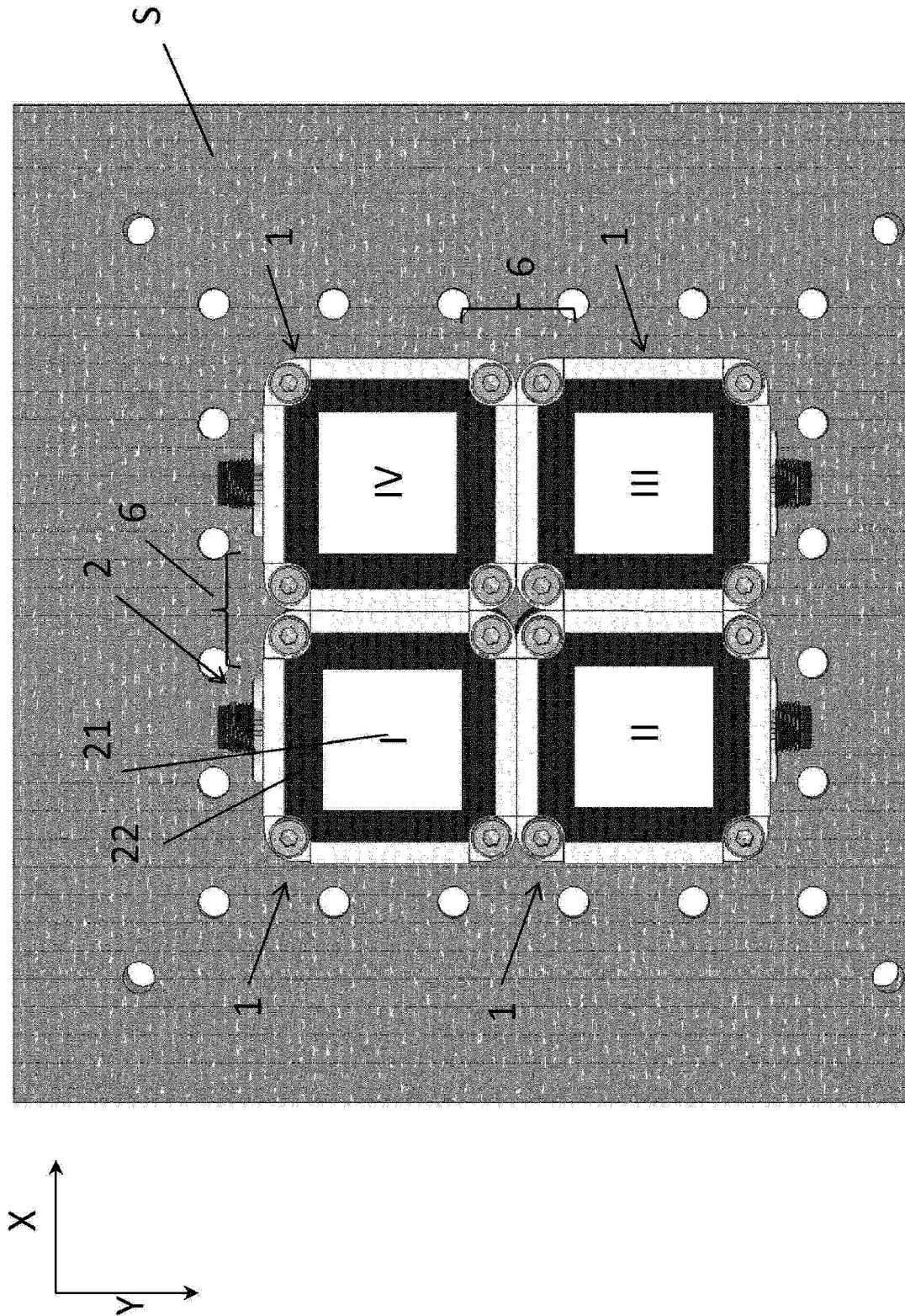


图 1

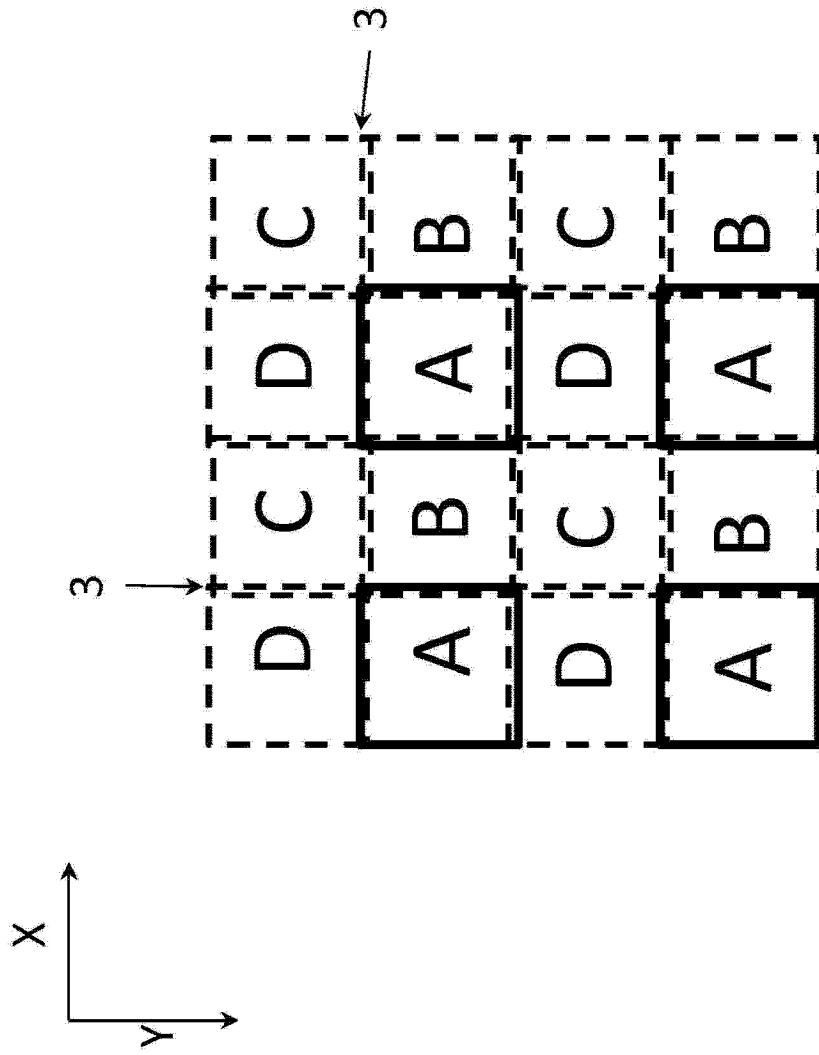


图 2

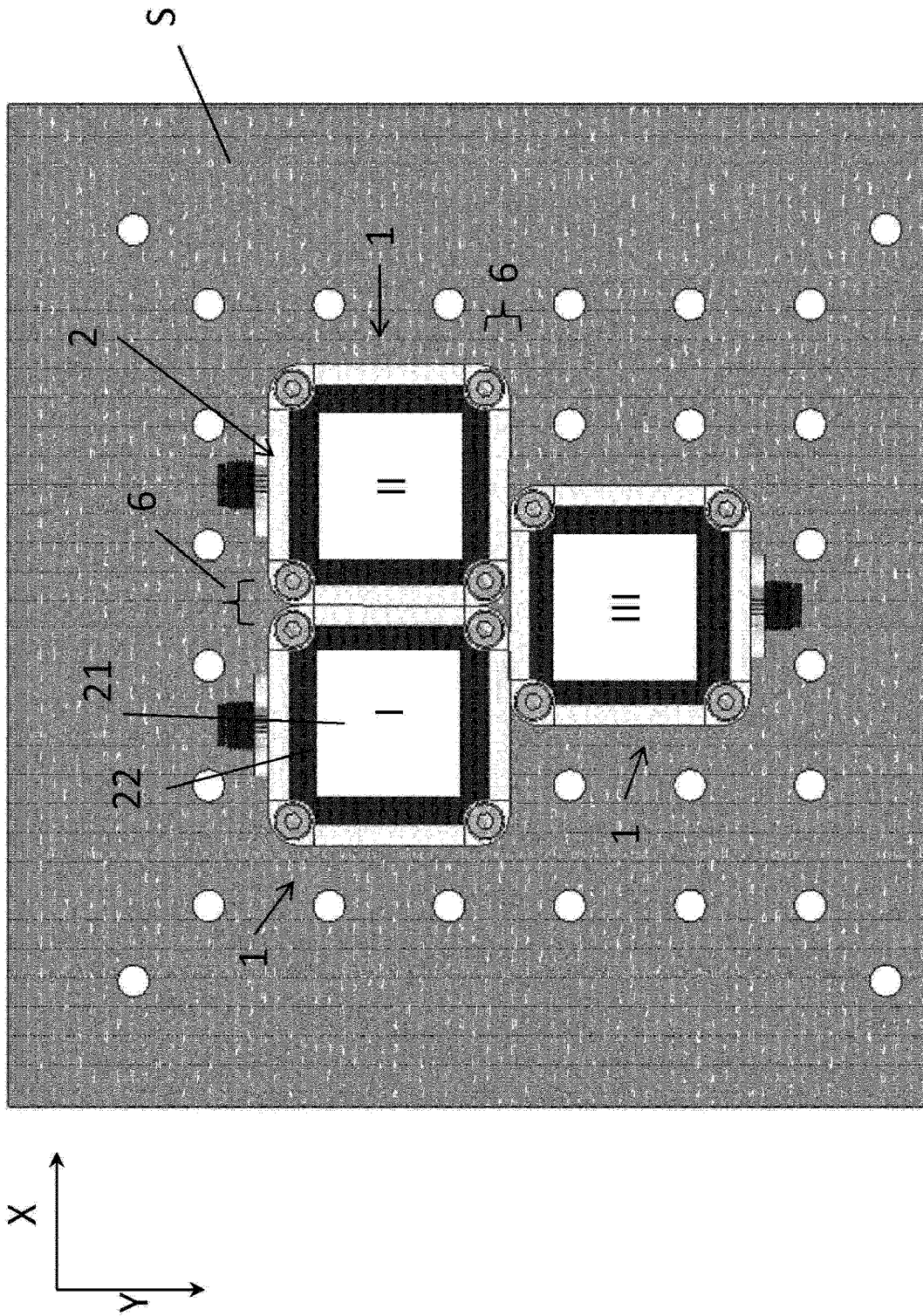


图 3

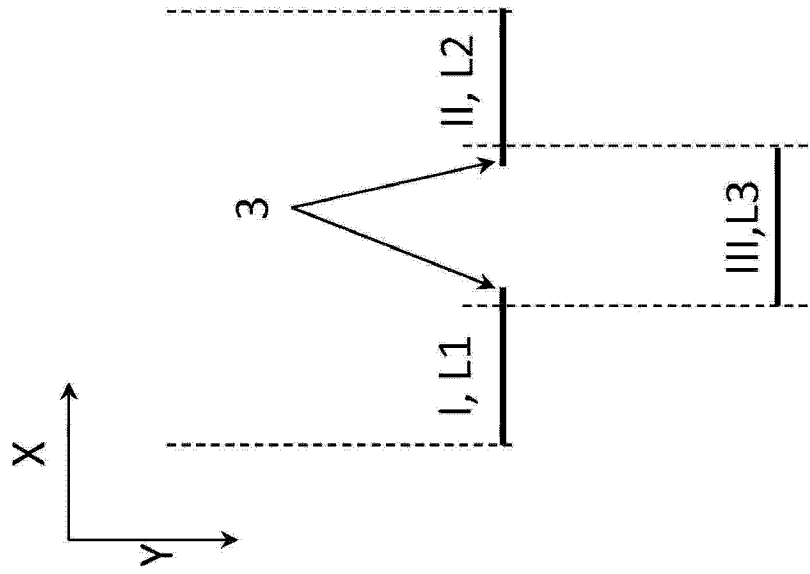


图 4

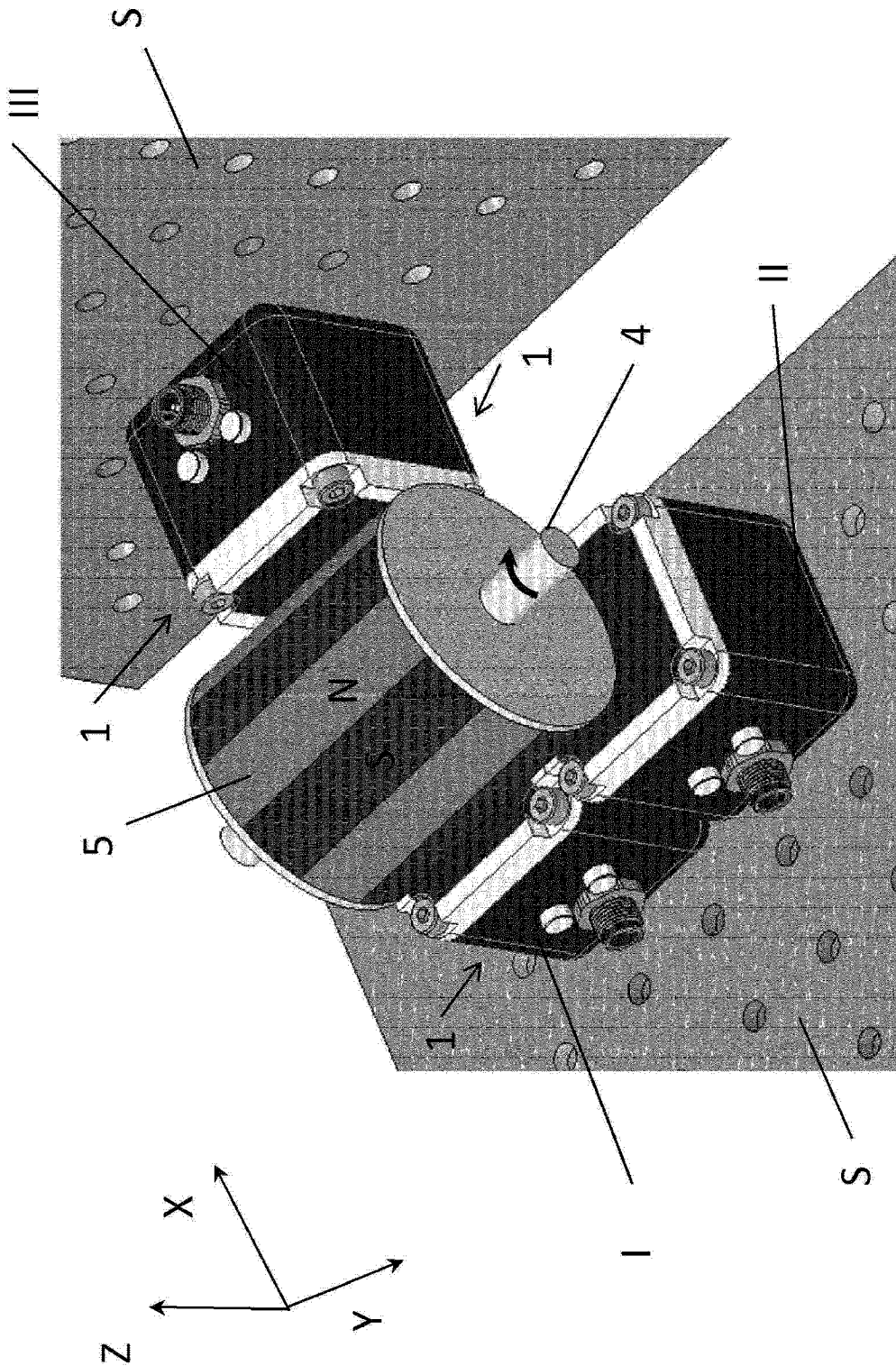


图 5

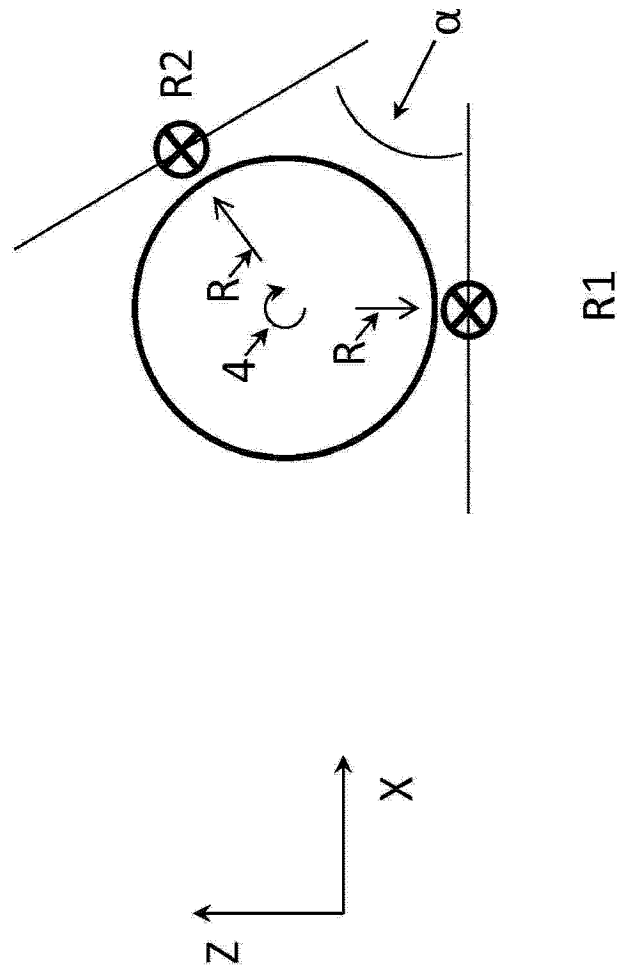


图 6

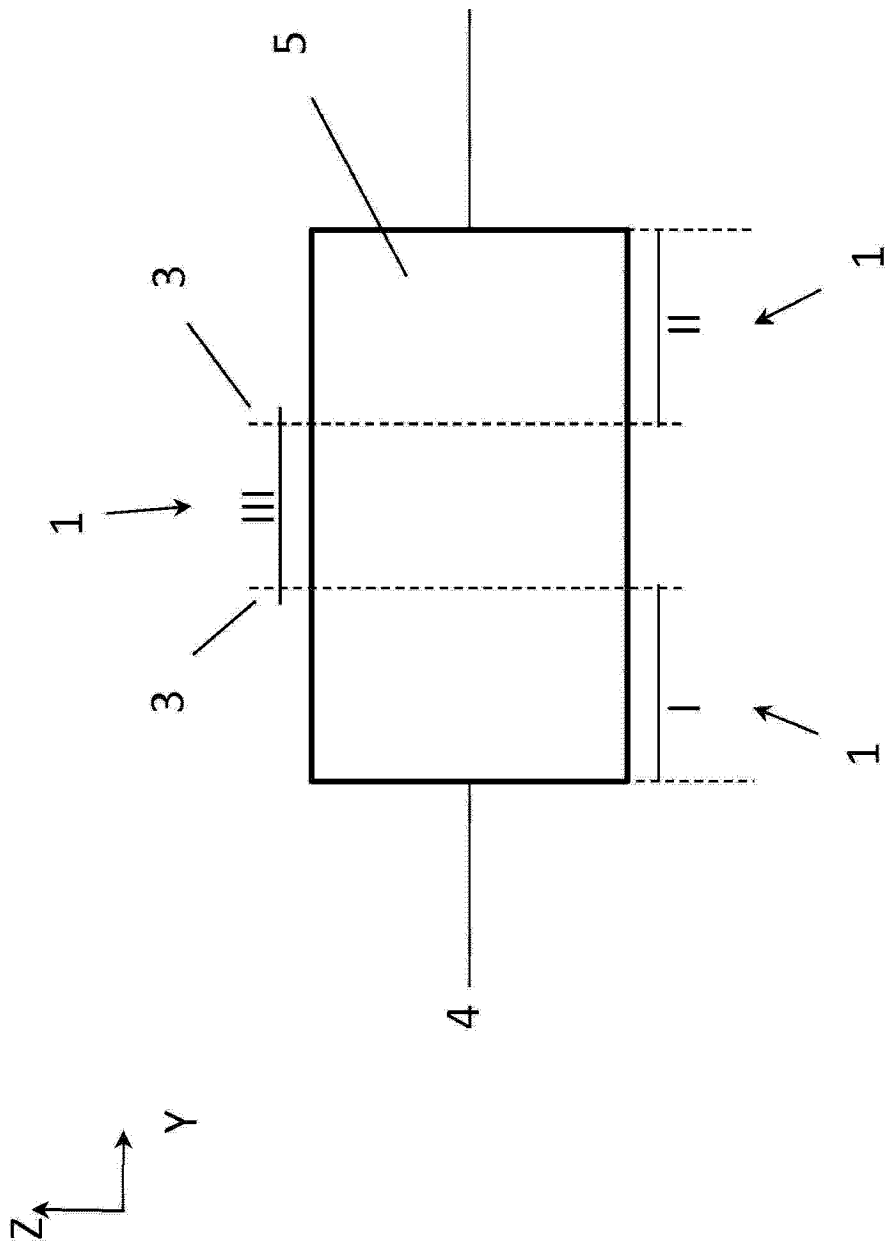


图 7