



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109983658 B

(45) 授权公告日 2021.11.05

(21) 申请号 201880003174.X

(72) 发明人 木内宏彰 末纲伦浩 河本崇博

(22) 申请日 2018.03.16

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务有限公司 31100

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109983658 A

代理人 俞丹 张鑫

(43) 申请公布日 2019.07.05

(51) Int.CI.

H02K 3/493 (2006.01)

(30) 优先权数据

2017-181753 2017.09.21 JP

(56) 对比文件

JP 2000166156 A, 2000.06.16

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

US 2017209924 A1, 2017.07.27

2019.02.14

CN 101411036 A, 2009.04.15

(86) PCT国际申请的申请数据

JP S526906 A, 1977.01.19

PCT/JP2018/010475 2018.03.16

US 5654603 A, 1997.08.05

(87) PCT国际申请的公布数据

JP H07227053 A, 1995.08.22

W02019/058602 EN 2019.03.28

JP H07123621 A, 1995.05.12

(73) 专利权人 株式会社东芝

JP S62260536 A, 1987.11.12

地址 日本东京

审查员 石佳

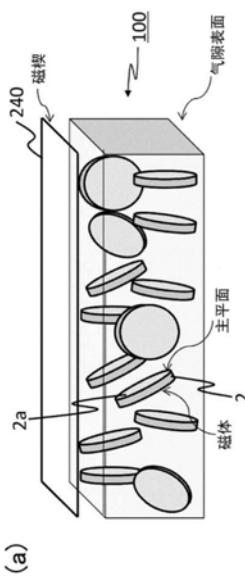
权利要求书3页 说明书15页 附图18页

(54) 发明名称

磁楔及旋转电机

(57) 摘要

本发明的实施例的磁楔是用于旋转电机的磁楔，且包含具有平面结构的磁体，该磁体具有主平面。磁体的主平面设置为大致垂直于旋转电机的定子和转子之间的气隙表面。磁体在旋转电机的轴向上的轴向磁导率、在旋转方向上的旋转方向磁导率、在径向上的径向磁导率存在差异。



1. 一种用于径向间隙型旋转电机的磁楔，其中定子被设置成在径向上隔开预定距离面对转子，所述磁楔包括片状颗粒，所述片状颗粒中的每一个具有平面结构并且具有主平面、选自由铁(Fe)、钴(Co)和镍(Ni)组成的组中的至少一种磁性元素、10nm至100μm的厚度、以及5至10000的主平面中的平均长度相对于厚度的比例，

所述磁楔的特征在于，

所述主平面以沿旋转方向取向的方式设置，并且设置为大致垂直于所述旋转电机的定子和转子之间的气隙表面，

在所述径向上的径向磁导率高于在所述旋转电机的所述旋转方向上的旋转方向磁导率，并且在所述旋转电机的所述旋转方向上的所述旋转方向磁导率高于在所述旋转电机的轴向上的轴向磁导率。

2. 一种用于径向间隙型旋转电机的磁楔，其中定子被设置成在径向上隔开预定距离面对转子，所述磁楔包括片状颗粒，所述片状颗粒中的每一个具有平面结构并且具有主平面、选自由铁(Fe)、钴(Co)和镍(Ni)组成的组中的至少一种磁性元素、10nm至100μm的厚度、以及5至10000的主平面中的平均长度相对于厚度的比例，

所述磁楔的特征在于，

所述主平面设置为大致垂直于旋转方向，并且设置为大致垂直于所述旋转电机的定子和转子之间的气隙表面，

在所述旋转电机的所述径向上的径向磁导率高于在所述旋转电机的轴向上的轴向磁导率，并且在所述旋转电机的所述轴向上的所述轴向磁导率高于在所述旋转电机的所述旋转方向上的旋转方向磁导率。

3. 一种用于轴向间隙型旋转电机的磁楔，其中定子被设置成在径向上隔开预定距离面对转子，所述磁楔包括片状颗粒，所述片状颗粒中的每一个具有平面结构并且具有主平面、选自由铁(Fe)、钴(Co)和镍(Ni)组成的组中的至少一种磁性元素、10nm至100μm的厚度、以及5至10000的主平面中的平均长度相对于厚度的比例，

所述磁楔的特征在于，

所述主平面以沿旋转方向取向的方式设置，并且设置为大致垂直于所述旋转电机的定子和转子之间的气隙表面，

在所述旋转电机的轴向上的轴向磁导率高于在所述旋转电机的所述旋转方向上的旋转方向磁导率，并且在所述旋转电机的所述旋转方向上的所述旋转方向磁导率高于在所述旋转电机的所述径向上的径向磁导率。

4. 一种用于轴向间隙型旋转电机的磁楔，其中定子被设置成在径向上隔开预定距离面对转子，所述磁楔包括片状颗粒，所述片状颗粒中的每一个具有平面结构并且具有主平面、选自由铁(Fe)、钴(Co)和镍(Ni)组成的组中的至少一种磁性元素、10nm至100μm的厚度、以及5至10000的主平面中的平均长度相对于厚度的比例，

所述磁楔的特征在于，

所述主平面设置为大致垂直于旋转方向，并且设置为大致垂直于所述旋转电机的定子和转子之间的气隙表面，

在所述旋转电机的轴向上的轴向磁导率高于在所述旋转电机的所述径向上的径向磁导率，并且在所述旋转电机的所述径向上的所述径向磁导率高于在所述旋转电机的所述旋

转方向上的旋转方向磁导率。

5. 一种用于径向间隙型旋转电机的磁楔，其中定子被设置成在径向上隔开预定距离面对转子，所述磁楔包括片状颗粒，所述片状颗粒中的每一个具有平面结构并且具有主平面、选自由铁(Fe)、钴(Co)和镍(Ni)组成的组中的至少一种磁性元素、10nm至100μm的厚度、以及5至10000的主平面中的平均长度相对于厚度的比例，

所述磁楔的特征在于，

所述主平面以沿旋转方向取向的方式设置，并且设置为大致垂直于所述旋转电机的定子和转子之间的气隙表面，

在所述径向上的径向矫顽力低于在所述旋转电机的所述旋转方向上的旋转方向矫顽力，并且在所述旋转电机的所述旋转方向上的所述旋转方向矫顽力低于在所述旋转电机的轴向上的轴向矫顽力。

6. 一种用于径向间隙型旋转电机的磁楔，其中定子被设置成在径向上隔开预定距离面对转子，所述磁楔包括片状颗粒，所述片状颗粒中的每一个具有平面结构并且具有主平面、选自由铁(Fe)、钴(Co)和镍(Ni)组成的组中的至少一种磁性元素、10nm至100μm的厚度、以及5至10000的主平面中的平均长度相对于厚度的比例，

所述磁楔的特征在于，

所述主平面设置为大致垂直于旋转方向，并且设置为大致垂直于所述旋转电机的定子和转子之间的气隙表面，

在所述旋转电机的所述径向上的径向矫顽力低于在所述旋转电机的轴向上的轴向矫顽力，并且在所述旋转电机的所述轴向上的所述轴向矫顽力低于在所述旋转电机的所述旋转方向上的旋转方向矫顽力。

7. 一种用于轴向间隙型旋转电机的磁楔，其中定子被设置成在径向上隔开预定距离面对转子，所述磁楔包括片状颗粒，所述片状颗粒中的每一个具有平面结构并且具有主平面、选自由铁(Fe)、钴(Co)和镍(Ni)组成的组中的至少一种磁性元素、10nm至100μm的厚度、以及5至10000的主平面中的平均长度相对于厚度的比例，

所述磁楔的特征在于，

所述主平面以沿旋转方向取向的方式设置，并且设置为大致垂直于所述旋转电机的定子和转子之间的气隙表面，

在所述旋转电机的轴向上的轴向矫顽力低于在所述旋转电机的所述旋转方向上的旋转方向矫顽力，并且在所述旋转电机的所述旋转方向上的所述旋转方向矫顽力低于在所述旋转电机的所述径向上的径向矫顽力。

8. 一种用于轴向间隙型旋转电机的磁楔，其中定子被设置成在径向上隔开预定距离面对转子，所述磁楔包括片状颗粒，所述片状颗粒中的每一个具有平面结构并且具有主平面、选自由铁(Fe)、钴(Co)和镍(Ni)组成的组中的至少一种磁性元素、10nm至100μm的厚度、以及5至10000的主平面中的平均长度相对于厚度的比例，

所述磁楔的特征在于，

所述主平面设置为大致垂直于旋转方向，并且设置为大致垂直于所述旋转电机的定子和转子之间的气隙表面，

在所述旋转电机的轴向上的轴向矫顽力低于在所述旋转电机的所述径向上的径向矫

顽力，并且在所述旋转电机的所述径向上的所述径向矫顽力低于在所述旋转电机的所述旋转方向上的旋转方向矫顽力。

9. 一种旋转电机，其特征在于，
包含根据权利要求1至8中任一项所述的磁楔。

磁楔及旋转电机

技术领域

[0001] 本发明涉及磁楔及旋转电机。

背景技术

[0002] 通常,旋转电机的线圈绕组被收纳在铁芯槽内,并且线圈绕组由设置在槽开口处的楔形件支撑和固定。关于这些楔形物的材料,通常使用非磁性材料,然而,由于定子铁芯和转子铁芯之间的气隙中的磁阻值变得不连续,气隙的存在使得面对楔形物的铁芯表面部分的磁通分布发生脉动,谐波损耗增加。为了减少这种谐波损耗,之前已经提供了具有中等磁性的楔形物(磁楔)。图1是说明磁楔的使用状态和磁楔的效果的示意图。图1以径向间隙型旋转电机为例。

[0003] 图1示出了磁楔100、线圈230、铁芯齿250和铁芯槽260。

[0004] 关于磁楔,必然是磁楔的磁导率越高,谐波损耗就越小。然而,如图1所示,由于磁楔设置成在相邻的铁芯齿之间桥接,因此存在通过磁楔在铁芯齿之间流动的漏磁通增加的缺陷。

[0005] 引用列表

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本实用新型H4-64956

[0008] 专利文献2:日本发明专利S48-19138

[0009] 专利文献3:日本发明专利S52-6906

[0010] 专利文献4:日本发明专利S62-262626

发明内容

[0011] 技术问题

[0012] 本发明的目的是提供一种抑制漏磁通增加的磁楔和使用该磁楔的旋转电机。

[0013] 问题的解决方案

[0014] 实施例的磁楔是用于旋转电机的磁楔,其中包括具有平面结构的磁楔,该平面结构具有主平面。磁体的主平面设置为大致垂直于旋转电机的定子和转子之间的气隙表面。实施例的磁楔在旋转电机的轴向上的轴向磁导率、在旋转方向上的旋转方向磁导率、在径向上的径向磁导率存在差异。

[0015] 发明的有益效果

[0016] 本发明的优点在于能够提供一种抑制漏磁通增加的磁楔、以及使用该磁楔的旋转电机。

附图说明

[0017] 图1是说明磁楔的使用状态和磁楔的效果的示意图。

[0018] 图2是示出第一实施例的径向间隙型旋转电机的示意图。

- [0019] 图3是示出第一实施例的轴向间隙型旋转电机的示意图。
- [0020] 图4是示出第一实施例的磁楔的示意图。
- [0021] 图5是示出第一实施例的磁体的主平面的示意图。
- [0022] 图6是示出第一实施例的用于测量磁导率的方法的示意图。
- [0023] 图7是示出第一实施例的径向间隙型旋转电机中的磁楔的使用状态的示意图。
- [0024] 图8是示出第一实施例的轴向间隙型旋转电机中的磁楔的使用状态的示意图。
- [0025] 图9是示出第一实施例的通过排列磁体而形成的磁楔的示意图。
- [0026] 图10是用于说明第一实施例的磁体的配置状态的示意图，其适合于减少从气隙边缘流到铁芯外部的漏磁通。
- [0027] 图11是用于说明第一实施例的适合于减少经由磁楔流过铁芯齿的漏磁通的磁体的配置状态的示意图。
- [0028] 图12是第一实施例的磁楔的示例性概念图，该磁楔包含磁体，每个磁体在不同的面内方向上具有不同的磁导率。
- [0029] 图13是第一实施例的磁体的一例的示意图。
- [0030] 图14是示出第一实施例的磁体中具有凹凸的磁体的一例的示意图。
- [0031] 图15是示出第二实施例的径向间隙型旋转电机的一例的示意图。
- [0032] 图16是示出第二实施例的轴向间隙型旋转电机的一例的示意图。
- [0033] 图17是示出第二实施例的发电机的一例的示意图。
- [0034] 图18是示出第二实施例的线性电机的一例的示意图。

具体实施方式

- [0035] (第一实施例)
 - [0036] 实施例的磁楔是用于旋转电机的磁楔，且包含具有平面结构的磁体，该磁体具有主平面。磁体的主平面设置为大致垂直于旋转电机的定子和转子之间的气隙表面。本实施例的磁楔在旋转电机的轴向上的轴向磁导率、在旋转方向上的旋转方向磁导率、在径向上的径向磁导率存在差异。
 - [0037] 根据本说明书，旋转电机的转子的各个方向被定义为“轴向”、“旋转方向”和“径向”。即，“轴向”表示跟随转子的转轴的方向，“旋转方向”表示围绕转子的转轴(或其切向)的圆周方向。“径向”是指与转子的转轴正交的方向。
 - [0038] “气隙表面”由转子和定子之间的气隙来定义。将利用图2和图3说明径向间隙型旋转电机和轴向间隙型旋转电机的“气隙表面”。图2是本实施例的径向间隙型旋转电机的示意图。图3是本实施例的轴向间隙型旋转电机的示意图。
 - [0039] 图2示出了旋转电机200、转子210、定子芯220、线圈230和气隙表面240。
 - [0040] 图3示出了旋转电机200、转子210、线圈230、气隙表面240、铁芯齿250、定子270和轴280。
 - [0041] 在径向间隙型旋转电机的情况下，如图2所示，由于定子被设置成在径向上隔开预定距离面对转子，所以“气隙表面”是平行于以转子的转轴为中心的圆柱面的表面。因此，该径向成为与气隙表面垂直的方向，并且轴向和旋转方向变为平行于气隙表面的方向。
 - [0042] 同时，在轴向间隙型旋转电机的情况下，如图3所示，由于定子被设置成在轴向上

隔开预定距离面对转子，所以“气隙表面”是与转子的转轴正交的表面。因此，该轴向成为与气隙表面垂直的方向，旋转方向和径向成为与气隙表面平行的方向。

[0043] 关于本实施例的磁楔，优选为三个方向上的磁导率，即轴向磁导率、旋转方向磁导率、径向磁导率之间存在差异。更优选为，该差异的比例为10%或更高，更优选为50%或更高，甚至更优选为100%或更高。由此，可以抑制由使用磁楔引起的漏磁通的增加，并且可以充分享受到提高旋转电机的效率的效果。因此这是优选的。此外，随着有效通量(主磁通量)增加，还可以预期旋转电机的扭矩增加。

[0044] 磁导率差异的比例基于较低的磁导率来定义。例如，径向磁导率 μ_r 与旋转方向磁导率 μ_0 之差的比例通过下式计算：在旋转方向磁导率低的情况下， $(\mu_r - \mu_0) / \mu_0 \times 100 (\%)$ ，在径向磁导率低的情况下， $(\mu_0 - \mu_r) / \mu_r \times 100 (\%)$ 。

[0045] 图4是本实施例的磁楔的示意图。

[0046] 图4示出了磁楔100、磁体2、第一面2a和气隙表面240。

[0047] 磁楔包含具有平面结构的磁体，该磁体具有主平面。作为具有平面结构的磁体，该磁体包括选自由片状颗粒、薄带(带)、薄膜、厚膜和板状构件组成的组中的至少一种。片状颗粒是具有片状(扁平)形状(片状或扁平形状)的片状颗粒(扁平颗粒)。薄带(带)是指具有厚度为大约数 μm 至大约100 μm 的带状体，薄膜是指具有厚度为大约数 μm 至大约10 μm 的薄膜，厚膜是具有厚度为大约数 μm 至大约数百 μm 的厚膜，板状构件是指具有厚度为约100 μm 至约几百mm的板状构件。然而，这些磁体并非旨在严格区分，厚度也可略微偏离厚度范围。在所有情况下，优选地，主平面的平均长度(由 $(a+b)/2$ 来定义，使用最大长度a和最小长度b。细节将在下面描述)大于厚度。此外，上述厚度范围和分类毕竟只是一个标准，磁体是否包括任何片状颗粒、薄带(带)、薄膜、厚膜和板状构件可通过纳入外观和形状等信息来全面地考虑。

[0048] 磁体中的“主平面”是与平面结构中的平面对应的面。图5是说明本实施例的磁体的主平面的示意图。例如，在多棱柱的情况下，如图5(a)所示的具有最大面积的面、或面向上述面的面是主平面。在多棱柱的情况下，第一面2a或第二面2b是主平面。在圆柱的情况下，如图5(b)所示，主平面是指底面。在圆柱的情况下，第一面2a或第二面2b是主平面。在片状椭圆的情况下，如图5(c)所示具有最大面积的横截面是主平面。在片状椭圆的情况下，第一面2a是主平面。在长方体的情况下，如图5(d)所示，主平面是指具有最大面积的面。在长方体的情况下，第一面2a或第二面2b是主平面。也就是说，在片状颗粒的情况下，主平面指的是平面；在薄带(带)或板的情况下，主平面指的是板面；在薄膜或厚膜的情况下，主平面指的是薄膜面。关于图5(a)的多棱柱、图5(b)的圆柱和图5(c)的扁平椭圆，具有最大面积的面被指定为第一面2a。第二面2b指的是面向第一面2a的面。主平面是第一面2a或第二面2b。

[0049] 而且，优选主平面中的平均长度大于厚度。更优选地，主平面中的平均长度相对于厚度的比例优选为是5或更大。由此，磁楔的磁导率容易产生差异(各向异性增大)，因此优选。即使从降低损耗的观点来看也是优选的，因为可以降低涡流损耗。

[0050] 主面的平均长度由以下公式定义： $(a+b)/2$ ，使用最大长度a和最小长度b。最大长度a和最小长度b如下文所述确定。此外，主平面中的平均长度与厚度的比例由下式定义： $((a+b)/2)/t$ ，使用最大长度a、最小长度b和厚度t。

[0051] 从抑制漏磁通的观点来看，优选为将磁体设置成大致垂直于气隙表面。可能存在

一些磁体不垂直于气隙表面,然而,根据本实施例,术语“大致垂直”的定义是一半或更多的磁体的主平面相对于垂直于气隙表面的平面落在 $\pm 20^\circ$ 的范围内,并且优选为满足该定义的“大致垂直”。更优选地,优一半或更多的磁体的主平面相对于垂直于气隙表面的平面落在 $\pm 10^\circ$ 的范围内。

[0052] 图4(a)示意性地示出了磁体的主平面和气隙表面之间的关系,以使这种结构更容易理解。此外,图4(b)说明了由垂直于气隙表面的直线和包括在磁楔中的磁体的主平面形成的角度。

[0053] 图4(a)和图4(b)示出了使用片状颗粒作为磁体的例子,然而,使用薄带(带)、薄膜、厚膜和板状构件的磁体也是可以接受的。当采用这种结构时,磁楔的磁导率在垂直于气隙表面的方向上变高,并且在平行于气隙表面的方向上变低。因此,抑制了由使用磁楔引起的漏磁通的增加,并且可以充分享受提高旋转电机的效率的效果,从而是优选的。此外,可以增加有效通量(主磁通量),并且可以增加旋转电机的扭矩。

[0054] 本实施例的磁导率是不随形状变化的固有磁导率。也就是说,磁导率是不受反磁场影响的固有磁导率。由于形状变化时反磁场的效果程度变化,则有效磁导率变化。然而,固有磁导率是消除了反磁场影响的磁导率,并且可以通过形成完全闭合的磁路并测量磁导率来确定固有磁导率。例如,当样本(磁楔)是环形时,样本形成完全闭合的磁路,因此,容易确定固有磁导率。此外,即使在样本(磁楔)不是环形的情况下,当使用磁轭形成闭合磁路时,也可以确定固有磁导率。图6是示出本实施例的用于测量磁导率的方法的示意图。图6示出了用于测量三个方向上的磁导率的方法。通过使用磁轭在三个方向中的每个方向上形成闭合磁路,从而可以确定三个方向中的每个方向上的固有磁导率。然而,可能存在难以精确测量三个方向上的磁导率、即命名为轴向磁导率 μ_z 、旋转方向磁导率 μ_θ 和径向磁导率 μ_r 的情况。在这种情况下,还可以通过测量三个方向上的矫顽力来推测磁导率。通常,矫顽力和磁导率根据磁各向异性的大小而变化,并且如果磁各向异性小,则矫顽力也变低,而磁导率变高。相反,随着磁各向异性变大,矫顽力也变高,而磁导率变低。因此,矫顽力和磁导率以磁各向异性为中介相互关联,并且可以从矫顽力的值推测出磁导率的大小。

[0055] 但是应该注意,有时即使矫顽力相同,磁导率也不相同。例如,即使具有相同的矫顽力,在磁楔中包含的磁体为棒形的情况下,由于形状磁各向异性的影响,磁导率在平行于棒的方向上变高,且磁导率在垂直于棒的方向上变低。此外,即使具有相同的矫顽力,在磁楔中包含的磁体具有扁平形状的情况下,由于形状磁各向异性的影响,磁导率在平行于平坦表面上的方向上变高,且磁导率在垂直于平坦表面上的方向上变低。由此,在要确定矫顽力和磁导率的大小之间的关系的情况下,还可以通过先从矫顽力的大小推测磁导率,随后观察磁楔中包含的磁体的形状,从磁体的形状推测出形状磁各向异性的影响,从而全面地确定磁导率的大小关系。

[0056] 优选的是,磁体被设置成使得径向磁导率 μ_r 高于旋转方向磁导率 μ_θ 和轴向磁导率 μ_z 。这在径向间隙型旋转电机的情况下是特别优选的。使用图7详细说明该效果。图7是示出本实施例的径向间隙型旋转电机中的磁楔的使用状态的示意图。在径向间隙型旋转电机中,安装磁楔以便在旋转方向上隔开预定距离而设置的铁芯齿之间桥接,并阻挡沿轴向延伸的槽开口。

[0057] 因此,从减少经由磁楔在铁芯齿之间流动的漏磁通的观点来看,优选为旋转方向

磁导率 μ_0 低于径向磁导率 μ_r 。另外,从减少从气隙边缘沿轴向流向铁芯外侧的漏磁通的观点出发,优选为轴向磁导率 μ_z 低于径向磁导率 μ_r 。

[0058] 总之,当设置磁体使得径向磁导率 μ_r 高于旋转方向磁导率 μ_0 和轴向磁导率 μ_z 时,可以将漏磁通的增加抑制到最小水平,从而是优选的。因此,可以充分享受通过使用磁楔提高旋转电机的效率的效果。更优选地,磁导率按照径向、旋转方向、轴向的顺序从小到大排列(径向磁导率 $\mu_r >$ 旋转方向磁导率 $\mu_0 >$ 轴向磁导率 μ_z)。当旋转方向磁导率 μ_0 高于轴向磁导率 μ_z 时,经由楔形物从铁芯齿传递到气隙侧的磁通量增加,可以减少谐波损耗,因此是优选的。也就是说,通过使用磁楔可以进一步提高旋转电机的效率。

[0059] 在图7中,磁楔填充铁芯槽中线圈和铁芯表面之间的整个空间,但是,不是必须要填充整个空间。磁楔占据的空间可以仅是线圈和铁芯表面之间的一部分。

[0060] 图7示出了磁楔100、线圈230和铁芯齿250。

[0061] 优选为,磁体被设置成使得轴向磁导率 μ_z 高于旋转方向磁导率 μ_0 和径向磁导率 μ_r 。这在轴向间隙型旋转电机的情况下是特别优选的。使用图8详细说明该效果。图8是表示轴向间隙型旋转电机中的磁楔的使用状态的示意图。在轴向间隙型旋转电机中,安装磁楔以便在旋转方向上隔开预定距离而设置的铁芯齿之间桥接,并阻挡沿径向延伸的槽开口。

[0062] 图8示出了磁楔100、线圈230和铁芯齿250。

[0063] 因此,从减少经由磁楔在铁芯齿之间流动的漏磁通的观点来看,优选为旋转方向磁导率 μ_0 低于轴向磁导率 μ_z 。另外,从减少从气隙边缘沿轴向流向铁芯外侧的漏磁通的观点出发,优选为径向磁导率 μ_r 低于轴向磁导率 μ_z 。

[0064] 总之,当设置磁体使得轴向磁导率 μ_z 高于旋转方向磁导率 μ_0 和径向磁导率 μ_r 时,可以将漏磁通的增加抑制到最小水平,从而是优选的。因此,可以充分享受通过使用磁楔提高旋转电机的效率的效果。更优选地,磁导率按照轴向、旋转方向、径向的顺序从小到大排列(轴向磁导率 $\mu_z >$ 旋转方向磁导率 $\mu_0 >$ 径向磁导率 μ_r)。当旋转方向磁导率 μ_0 高于径向磁导率 μ_r 时,经由楔形物从铁芯齿传递到气隙侧的磁通量增加,可以减少谐波损耗,从而是优选的。也就是说,通过使用磁楔可以进一步提高旋转电机的效率。

[0065] 图9是本实施例通过对磁体进行取向而形成的磁楔的示意图。优选地,磁体以取向的方式设置。根据本发明,术语“取向”是指磁体的主平面对齐特定方向的状态。优选地,由磁楔中包含的磁体的主平面和参考平面形成的角度的平均值落在 $\pm 20^\circ$ 的范围内。图9(a)示意性地示出了该配置,以使配置更容易理解。在图9(a)中,包括在磁楔中的磁体被设置成所有磁体的主平面的法线在特定方向上重合。此外,图9(b)说明了由磁楔中包括的磁体的主平面和参考平面形成的角度。关于用于确定参考平面的方法,通过扫描电子显微镜(SEM)等观察包括在磁楔中的十个或更多个磁体,选择满足大致垂直于气隙表面这一条件的磁体,将所选择的磁体的主平面平均后得到的平面指定为参考平面。同时,关于用于确定参考平面的方法,只要参考平面是垂直于气隙表面的平面,测量器可以任意地确定参考平面。在这种情况下,测量器通过确定由任意确定的参考平面和主平面形成的角度,并确定变化范围是否落在 $\pm 20^\circ$ 的范围内来进行判断。图9(b)左侧的磁体示出了由主平面和参考平面形成的角度为 0° 的情况的示例,即,主平面与参考平面重合的情况。另一方面,右侧的磁体示出了由主平面和参考平面形成的角度为 20° 的情况的示例。采用这种配置时,磁楔的磁导率容易产生差异(各向异性增加),因此优选。此外,如图9(c)所示,磁楔也可以不使用片状颗

粒的磁体，而是使用例如薄带(带)、薄膜、厚膜或板状构件的磁体。

[0066] 图9(a)至图9(c)示出了磁楔100、磁体2、主平面(第一面)2a、参考平面RP和气隙表面240。

[0067] 图10是用于说明第一实施例的磁体的配置状态的示意图，其适合于减少从气隙边缘流到铁芯外侧的漏磁通。有时优选为，磁体的主平面以沿旋转方向取向的方式设置。这对于径向间隙型旋转电机和轴向间隙型旋转电机的情况都是优选的。图10以径向间隙型旋转电机的情况为例示意性地示出了磁体的配置状态，以使这种结构更容易理解。当采用这种配置时，可以在很大程度上减少从气隙边缘流到铁芯外侧的漏磁通。因此，可以充分享受通过使用磁楔提高旋转电机的效率的效果。

[0068] 图10示出了磁楔100、磁体2、主平面(第一面)2a、线圈230、气隙表面240和铁芯齿250。

[0069] 图11是用于说明本实施例的适合于减少经由磁楔流过铁芯齿的漏磁通的磁体的配置状态的示意图。优选地，磁体的主平面以大致垂直于旋转方向取向的方式设置。这对于径向间隙型旋转电机和轴向间隙型旋转电机的情况都是优选的。图11以径向间隙型旋转电机的情况为例示意性地示出了磁体的布置状态，以使这种结构更容易理解。当采用这种结构时，可以在很大程度上减少通过磁楔在铁芯齿之间流动的漏磁通。因此，可以充分享受通过使用磁楔提高旋转电机的效率的效果。

[0070] 图11示出了磁楔100、磁体2、主平面(第一面)2a、线圈230、气隙表面240和铁芯齿250。

[0071] 优选地，磁体在主平面中的方向上具有不同的磁导率。更优选地，磁体的磁导率变得最高的方向(易磁化轴的方向)单向对齐。采用这种配置时，磁楔的磁导率容易产生差异(各向异性增加)，因此优选。更优选地，磁体的易磁化轴的方向在垂直于气隙表面的方向上对齐。即，在径向间隙型旋转电机的情况下，优选为磁体的易磁化轴的方向在径向上对齐，在轴向间隙型旋转电机的情况下，优选为磁体的易磁化轴的方向在轴向上对齐。当采用这种结构时，磁楔的磁导率具有的各向异性可能在垂直于气隙表面的方向上较高，并且在平行于气隙表面的方向上较低。由此，可以抑制由使用磁楔引起的漏磁通的增加，并且可以充分享受提高旋转电机的效率的效果。因此是优选的。此外，可以增加有效通量(主磁通量)，并且可以增加旋转电机的扭矩。

[0072] 图12是本实施例的磁楔的示例性概念图，该磁楔包括磁体，所述磁体在不同的面内方向是具有不同的磁导率。图12(a)和图12(b)是以径向间隙型为例来说明包括磁体的磁楔的概念的图，该磁体在主平面中的不同方向上具有不同的磁导率。在这些图中，磁体的易磁化轴的方向用 μ_e 的箭头表示，与磁体的易磁化方向垂直的方向(即，磁体的难磁化轴的方向)用 μ_h 的箭头表示。图12(a)示出各个磁体的易磁化轴的方向没有对齐的状态($\mu_e > \mu_h$ 成立，但 μ_e 的方向并不对齐)，图12(b)示出各个磁体的易磁化轴的方向在垂直于气隙表面的方向上对齐的状态($\mu_e > \mu_h$ 且 μ_e 的方向对齐，所对齐的方向为垂直于气隙表面的方向)

[0073] 图12(a)和图12(b)示出了磁楔100、磁体2、主平面(第一面)2a、线圈230、气隙表面240和铁芯齿250。

[0074] 优选磁体包括选自由片状颗粒、薄带(带)、薄膜、厚膜和板状构件组成的组中的至少一种。当采用这种配置时，生产更容易，产量增加并且生产成本可以降低。特别优选的是，

磁体是薄带(带)或板状构件。这是因为生产更容易,产量增加并且生产成本可以特别降低。

[0075] 特别优选磁体是片状颗粒。当采用这种配置时,可以减少磁边缘中发生的涡流损耗。因此,可以充分享受通过使用磁楔提高旋转电机的效率的效果。此外,在制造具有复杂形状的磁楔的情况下,由于唯一需要的是固结粉末,因此生产更容易,产量增加并且可以降低生产成本。

[0076] 优选地,磁体包含选自由铁(Fe)、钴(Co)和镍(Ni)组成的组中的至少一种磁性元素,并且具有10nm至100μm的厚度,并且主平面中的平均长度相对于厚度的比例为5至10000。在磁体是片状颗粒的情况下,磁体是具有片状(扁平)形状(片状或扁平形状)的片状颗粒(扁平颗粒)。

[0077] 图13是本实施例的磁体的示例的示意图。

[0078] 图13示出了磁体2和主平面2a。同一图示出了片状颗粒作为示例,然而,磁体也可以是薄带(带)、薄膜、厚膜或板状构件。

[0079] 磁体优选含有Fe和Co,相对于Fe和Co的总量,Co的含量优选为10at%~60at%,更优选为10at%~40at%。这是因为其可以提供足够大的磁各向异性。此外,由于Fe-Co系可以容易地实现高饱和磁化,因此是优选的。而且,当Fe和Co的组成范围落在上述范围内时,可以实现更高的饱和磁化强度,这是优选的。

[0080] 优选磁体含有选自由Mg、Al、Si、Ca、Zr、Ti、Hf、Zn、Mn、Ba、Sr、Cr、Mo、Ag、Ga、Sc、V、Y、Nb、Pb、Cu、In、Sn和稀土元素组成的组中的至少一种非磁性金属。由此,可以提高磁体的热稳定性或抗氧化性。其中,特别优选的是Al和Si,因为这些元素可以容易地与作为磁体的主要成分的Fe、Co和Ni形成固溶体,并且可以有助于提高热稳定性和抗氧化性。

[0081] 通过透射电子显微镜(TEM)或扫描电子显微镜(SEM)观察磁体可以确定磁体的厚度以及主平面中的平均长度相对于厚度的比例,并且采用通过对10个或更多个值进行平均而获得的值。

[0082] 磁体的厚度优选为10nm至100μm,更优选为1μm至100μm。主平面中的平均长度相对于厚度的比例优选为5至10000,更优选为10至1000。在将多个磁体组装到磁楔的情况下,优选为,确定各个磁体的厚度和主平面中的平均长度相对于厚度的比例,并且厚度和比例的平均值落在上述范围内。当厚度较小时,主平面中的平均长度相对于厚度的比例较大,从而可降低涡流损耗的观点出发是优选的。但是另一方面,矫顽力出现略微增加的倾向。因此,从降低矫顽力的观点来看,优选的是,磁体具有适当的厚度,以及主平面中的平均长度相对于厚度具有适当的比例。当厚度和主平面中的平均长度相对于厚度的比例落在上述范围内时,磁体成为在涡流损耗和低矫顽力两方面取得良好平衡的材料(低磁滞损耗成为可能)。

[0083] 为了诱导磁各向异性,有一种尽可能使磁体非晶化的方法,从而借助于磁场或应变在平面内的一个方向上产生磁各向异性(产生磁导率的差异)。在这种情况下,希望磁体具有可以尽可能容易地非晶化的组成。从这个观点来看,优选磁体含有选自由硼(B)、硅(Si)、铝(Al)、碳(C)、钛(Ti)、锆(Zr)、铪(Hf)、铌(Nb)、钽(Ta)、钼(Mo)、铬(Cr)、铜(Cu)、钨(W)、磷(P)、氮(N)、镓(Ga)和钇(Y)组成的组中的至少一种添加元素。由此进行非晶化,从而变得容易赋予磁各向异性,并且主平面中的矫顽力差异变大。因此是优选的。在选自由Fe、Co和Ni组成的组中的至少一种的第一元素的原子半径具有较大差异的添加元素是优选的。此外,选自由Fe、Co和Ni组成的组中的至少一种的第一元素与添加元素之间的混合焓是负

增加的添加元素为优选。包含第一元素和添加元素并且总共由三种或更多种元素组成的多组分体系为优选。此外,由于诸如B和Si的半金属添加元素具有缓慢的结晶速率并且易于非晶化,因此当这些添加元素混入系统中时是有利的。从如上所述的观点来看,优选B、Si、P、Ti、Zr、Hf、Nb、Y、Cu等,更优选为添加元素包括B、Si、Zr和Y中的任一种。此外,相对于第一元素和添加元素的总量,添加元素的总含量优选为0.001at%至80at%。更优选地,总含量为5at%至80at%,进一步优选为10at%至40at%。随着添加元素的总含量变大,进行非晶化并且变得更容易赋予磁各向异性,从而是优选的(即,从低损耗和高磁导率的观点来看是优选的)。然而,另一方面,由于磁性金属相的比例变小,从饱和磁化强度降低的观点来看不是优选的,从而重要的是根据目的选择组成和添加元素的量。

[0084] 磁体的晶粒尺寸(含有上述磁性金属的主相的晶粒尺寸)优选为10nm或更小。晶粒尺寸更优选为5nm或更小,进一步优选为2nm或更小。晶粒尺寸可以通过XRD分析简单地确定。也就是说,关于在XRD中归因于磁性金属相的峰中的最大强度峰值,可以通过谢乐(Scherrer)公式根据衍射角和半值宽度确定最大强度峰值。谢乐公式由 $D=0.9\lambda/(\beta\cos\theta)$ 表示,其中D表示晶粒尺寸;λ表示测量的X射线波长;β表示半值宽度;θ表示布拉格衍射角。此外,还可以通过使用TEM(透射电子显微镜)观察大量磁性金属相并对颗粒尺寸求平均来确定晶粒尺寸。当晶粒尺寸较小时,优选通过XRD分析确定晶粒尺寸,并且当晶粒尺寸较大时,优选通过TEM观察确定晶粒尺寸,但是,最好根据情况选择测量方法,或者通过组合使用这两种方法综合确定。可以通过XRD分析或TEM观察确定的磁性金属相的晶粒尺寸优选为10nm或更小,更优选为5nm或更小,进一步优选为2nm或更小。由此,例如,通过在磁场中进行热处理,可以容易地赋予磁各向异性,并且主平面中的矫顽力差异变大。因此是优选的。此外,由于较小的晶粒尺寸意味着磁体变得接近非晶态,因此与高度结晶的材料相比电阻变得更高,从而可以容易减小涡流损耗。因此是优选的。此外,与高度结晶的材料相比,磁体具有优异的耐腐蚀性和抗氧化性,因此是优选的。

[0085] 优选磁体含有Fe和Co,并且包括具有体心立方(bcc)结构的晶体结构部分。因为可以赋予足够大的磁各向异性,并且增强了上述磁特性,因此是优选的。此外,即使磁体具有“bcc和fcc的混合相的晶体结构”,其局部具有面心立方(fcc)结构的晶体结构,由于可能赋予足够大的磁各向异性,并且增强了上述磁特性,因此也是优选的。

[0086] 主平面优选为具有晶体取向。取向方向优选为(110)面取向或(111)面取向,更优选为(110)面取向。当磁体的晶体结构是体心立方结构(bcc)时,优选为(110)面取向,当磁体的晶体结构是面心立方结构(fcc)时,优选为(111)面取向。由此,可能赋予足够大的磁各向异性,并且增强了上述磁特性。因此是优选的。

[0087] 关于更优选的取向方向,优选(110)[111]方向和(111)[110]方向,更优选为(110)[111]方向。当磁体的晶体结构是体心立方结构(bcc)时,优选为在(110)[111]方向上的取向,当磁体的晶体结构是面心立方结构(fcc)时,优选为在(111)[110]方向上的取向。由此,可能赋予足够大的磁各向异性,并且增强了上述磁特性。因此是优选的。根据本说明书,术语“(110)[111]方向”是指滑移面是(110)面或在结晶学上与其等同的平面,即{110}面,并且滑移方向是[111]方向或在结晶学上与其等同的方向,即<111>方向。这同样适用于(111)[110]方向。也就是说,(111)[110]方向意味着滑移面是(111)面或在结晶学上与其等同的平面,即{111}面,并且滑移方向是[110]方向者在结晶学上与其等同的方向,即<110>方向。

[0088] 磁体的晶格应变(含有上述磁性金属的主相的晶格应变)优选调节至0.01%至10%，更优选为0.01%至5%，再优选为0.01%至1%，进一步优选为0.01%至0.5%。由此，可以赋予足够大的磁各向异性(磁导率可以产生差异)，并且磁特性得到增强。因此是优选的。

[0089] 可以通过详细分析利用X射线衍射(XRD)获得的线宽来计算晶格应变。也就是说，通过绘制Halder-Wagner曲线和Hall-Williamson曲线，对线宽展宽的贡献可以分成晶粒尺寸和晶格应变。由此，可以计算晶格应变。从可靠性的观点来看，Halder-Wagner曲线是优选的。关于Halder-Wagner曲线，例如可以参考N.C.Halder,C.N.J,Wagner,Acta Cryst,20(1966) 312-313等。这里，Halder-Wagner曲线由下面的公式表示。

[0090] [数学式1]

$$[0091] \frac{\beta^2}{\tan^2 \theta} = \frac{K\lambda}{D} \frac{\beta}{\tan \theta \sin \theta} + 16\varepsilon^2, \quad \varepsilon = \varepsilon_{\max} = \frac{\sqrt{2\pi}}{2} \sqrt{\varepsilon^2}$$

[0092] (β :积分宽度, K :常数, λ :波长)

[0093] D :晶粒尺寸, $\sqrt{\varepsilon^2}$:晶体应变(均方根))

[0094] 也就是说，通过在纵坐标轴上取 $\beta^2/\tan^2\theta$ 并在横坐标轴上取 $\beta/\tan\theta\sin\theta$ 来绘制曲线，根据曲线的近似直线的梯度计算晶粒尺寸D，并且从纵坐标截距计算晶格应变 ε 。当通过上述公式(晶格应变(均方根))的Halder-Wagner曲线获得的晶格应变为0.01%至10%，更优选为0.01%至5%，再优选为0.01%至1%，进一步优选为0.01%至0.5%时，可能赋予足够大的磁各向异性，并且增强了上述磁特性，因此是优选的。

[0095] 如上所述的晶格应变分析是在XRD中可以检测到多个峰的情况下有效技术，然而，在XRD中的峰强度较弱并且可以检测到的峰较少的情况下(例如，在仅检测到一个峰的情况下)，分析是困难的。在这种情况下，优选通过以下步骤计算晶格应变。首先，通过电感耦合等离子体(ICP)发射光谱法、能量色散X射线光谱法(EDX)等确定组成，并且计算三种磁性金属元素即Fe、Co和Ni的组成比(在仅有两种磁性金属元素的情况下，计算两种元素的组成比。在仅存在一种磁性金属元素的情况下，计算一种元素的组成($=100\%$))。接下来，根据Fe-Co-Ni的组成计算理想晶格间距 d_0 (参见文献值等。根据情况，制备具有该组成的合金，并通过测量计算晶格间距)。随后，可以通过确定所测量的样品的峰的晶格间距d与理想晶格间距 d_0 之间的差异来确定应变量。即，在这种情况下，应变量计算为 $(d - d_0)/d_0 \times 100\%$ 。因此，关于晶格应变的分析，优选地通过使用上述两种技术根据峰强度的状态进行评估，并且根据情况，通过组合使用这两种技术进行评估。

[0096] 优选的是，磁体的晶粒在主平面中以珠状形式单向连接在一起，或者晶粒具有棒状并且在主平面中单向取向。由此，可能赋予足够大的磁各向异性，并且增强了上述磁特性。因此是优选的。

[0097] 图14是示出本实施例的磁体中具有凹凸的磁体的一例的示意图。如图14所示，优选地，磁体具有在主平面上沿第一方向设置的多个凹部和多个凸部中的任一方或双方，每个凹部或凸部的长度为 $1\mu\text{m}$ 以上，宽度为 $0.1\mu\text{m}$ 以上，纵横比为2以上。纵横比定义为纵向尺寸/横向尺寸。也就是说，当长度大于(长于)宽度时，纵横比被定义为长度/宽度，并且当宽度大于(长于)长度时，纵横比被定义为宽度/长度。长度大于(长于)宽度更为优选，这是因

为凹部或凸部可能具有磁性单轴各向异性。此外，在主平面上沿第一方向设置凹部或凸部。这里，“沿第一方向设置”意味着凹部或凸部被设置成长和宽中较长的一边平行于第一方向。当凹部或凸部的长和宽中较长的一边相对于平行于第一方向的方向在±30度内时，认为凹部或凸部“沿第一方向设置”。因此，在形状磁各向异性的影响下，磁体可能在第一方向上具有磁性单轴各向异性（磁导率可能产生差异），因此是优选的。从这个观点来看，更优选的是宽度为1μm以上，且长度为10μm以上。纵横比优选为5以上，更优选为10以上。通过具备这些凹部或凸部，通过粉末压缩磁体合成压缩粉末材料时磁体之间的粘附性（凹部或凸部带来粘附颗粒的锚固效果）增加，从而机械特性如强度、硬度或热稳定性增强。因此是优选的。当主平面位于磁体内部时，如在平坦旋转椭圆的情况下，优选为从垂直于主平面的方向看时，磁体具有在表面上沿第一方向设置的多个凹部和多个凸部中的任一方或双方，每个凹部或凸部的长度为1μm以上，宽度为0.1μm以上，纵横比为2以上。

[0098] 图14示出了磁体2、主平面2a、凹部12a和凸部12b。同一图示出了片状颗粒作为示例，然而，磁体也可以是薄带（带）、薄膜、厚膜或板状构件。

[0099] 关于磁体，优选为磁体表面的至少一部分被厚度为0.1nm至1μm的涂层覆盖，该涂层包含选自由氧(O)、碳(C)、氮(N)和氟(F)组成的组中的至少一种次级元素。

[0100] 优选为涂层含有选自由Mg、Al、Si、Ca、Zr、Ti、Hf、Zn、Mn、Ba、Sr、Cr、Mo、Ag、Ga、Sc、V、Y、Nb、Pb、Cu、In、Sn和稀土元素组成的组中的至少一种非磁性金属，并且还包含选自由氧(O)、碳(C)、氮(N)和氟(F)组成的组中的至少一种次级元素。关于非磁性金属，从热稳定性的观点来看，特别优选Al和Si。当磁体含有选自由Mg、Al、Si、Ca、Zr、Ti、Hf、Zn、Mn、Ba、Sr、Cr、Mo、Ag、Ga、Sc、V、Y、Nb、Pb、Cu、In、Sn和稀土元素组成的组中的至少一种非磁性金属时，更优选为涂层含有至少一种非磁性金属，该非磁性金属与作为磁体的构成组分之一的非磁性金属相同。在氧(O)、碳(C)、氮(N)和氟(F)中，涂层优选含有氧(O)，优选其材料为氧化物或复合氧化物。以上给出的描述是从形成涂层的容易性、抗氧化性和热稳定性的观点出发的。基于以上描述，可以增强磁体与涂层之间的粘附性，并且可以提高磁楔的热稳定性和抗氧化性。涂层不仅增强了磁体的热稳定性或抗氧化性，而且还可以增强磁体的电阻。通过增加电阻，抑制了涡流损耗，并且可以提高磁导率的频率特性。因此，涂层14优选具有高电阻，例如，涂层14的电阻值优选为 $1\text{m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上。

[0101] 从磁性观点来看，涂层的存在也是优选的。由于磁体的厚度尺寸小于平坦表面的尺寸，因此磁体可以被认为是伪薄膜。此时，表面上形成有涂层且与该涂层结合的磁体可以被认为是伪层压薄膜结构，并且磁畴结构在能量方面是稳定的。由此，可以降低矫顽力（从而降低磁滞损耗），因此是优选的。此时磁导率也增加，这是优选的。从这样的观点出发，更优选为涂层是非磁性的（磁畴结构可以容易地稳定）。

[0102] 从热稳定性、抗氧化性和电阻的观点来看，涂层的厚度以厚为佳。然而，如果涂层的厚度太厚，则由于饱和磁化强度降低，磁导率也降低，并不是优选的。而且，从磁性的观点来看，如果厚度太厚，则“磁畴结构稳定、降低矫顽力、降低损耗和提高磁导率的效果”下降。考虑到上述问题，涂层的厚度优选为0.1nm至1μm，更优选为0.1nm至100nm。

[0103] 优选地，在磁体之间具有含有选自由氧(O)、碳(C)、氮(N)和氟(F)组成的组中的至少一种元素的中间相。这是因为中间相的电阻会增加，并且可以减小磁楔的涡流损耗。从这个观点来看，优选为中间相的电阻高于磁体的电阻。由于存在中间相包围磁体，从而可以提

高片状颗粒的抗氧化性和热稳定性,因此是优选的。从高抗氧化性和高热稳定性的观点来看,更优选为中间相含有氧。由于中间相还起到将磁体机械粘附到其它磁体的作用,因此从高强度的观点来看也是优选的。例如,图10示出了中间相20,然而,中间相20的形式不限于此。

[0104] 此外,由于中间相还起到将磁体机械粘附到其它磁体的作用,因此优选为将选自玻璃纤维、碳纤维、碳化硅纤维、硼纤维、氧化铝纤维、芳纶纤维、PBO纤维、聚烯丙基纤维、聚乙烯纤维、聚烯烃纤维、维尼纶纤维、聚酯纤维和尼龙纤维的至少一种或多种增强材料混合到中间相中。

[0105] 关于本实施例的磁楔,通过在磁楔内部设置非磁性体来降低旋转方向上的磁导率,并且可以促进通过磁楔在铁芯齿之间流动的漏磁通进一步减少。

[0106] 此外,关于本实施例的磁楔,通过用树脂覆盖磁楔的表面,可以进一步增加磁楔的机械强度。在这种情况下,树脂没有特别限制,可以使用聚酯基树脂、聚乙烯基树脂、聚苯乙烯基树脂、聚氯乙烯基树脂、聚乙烯醇缩丁醛树脂、聚乙烯醇树脂、聚丁二烯基树脂、TEFLON(注册商标)基树脂、聚氨酯树脂、纤维素基树脂、ABS树脂、腈-丁二烯基橡胶、苯乙烯-丁二烯基橡胶、硅树脂、其他合成橡胶、天然橡胶、环氧树脂、酚醛树脂、烯丙基树脂、聚苯并咪唑树脂、酰胺基树脂、聚酰亚胺基树脂、聚酰胺酰亚胺树脂或它们的共聚物。特别优选的是树脂包括具有高耐热性的硅树脂或聚酰亚胺树脂。

[0107] 接下来,将说明本实施例的效果。

[0108] 这里作为示例,使用径向间隙型旋转电机进行有限元法而获得的电磁场值分析的结果示于表1中。实施例中实施,每个磁楔通过垂直于旋转电机的轴向设置磁体的主平面而形成,并且每个磁体的主平面中的不同方向上的磁导率存在差异。也就是说,磁体在三个方向上的磁导率,即轴向磁导率 μ_z 、旋转方向磁导率 μ_θ 和径向磁导率 μ_r 具有差异,并且,磁体被设置成使磁导率按径向、旋转方向、轴向的顺序从大到小排列(径向磁导率 μ_r >旋转方向磁导率 μ_θ >轴向磁导率 μ_z)。

[0109] [表1]

[0110]	μ_r	μ_θ	μ_z	漏磁通的比率 (%)	有效通量的比率	气隙磁通的脉动率 (%)	损耗 (kW)	扭矩 (Nm)	效率 (%)
	50	50	2	4.08	87.6	24.5	4.55	640	97.0
	50	50	2	3.13	90.1	24.2	4.38	644	97.1

[0111] 同时,比较例中,每个磁楔通过垂直于旋转电机的轴向设置磁体的主平面而形成,并且在主平面中的所有方向上具有相同的磁导率。即,两个方向(即旋转方向和径向)的磁导率没有差异(径向磁导率 μ_r =旋转方向磁导率 μ_θ >轴向磁导率 μ_z)。

[0112] 通过在实施例和比较例之间进行比较,可以证明当通过垂直于旋转电机的轴向设置磁体的主平面而形成的磁楔中的磁体的主平面被赋予磁各向异性,且旋转方向磁导率 μ_θ 低于径向磁导率 μ_r 时是有效果的。

[0113] 从表1的分析结果可以明显看出,由于实施例的磁楔的旋转方向磁导率 μ_θ 低于比较例的磁楔,可以使漏磁通的比例更小,因此,可以理解实施例的磁楔是适于提高旋转电机效率的磁楔。此外,通过上述分析,已经证实了由气隙磁通量分布的脉动减轻引起的损耗减少、有效通量的增加引起的转矩增加都有助于提高旋转电机的效率,当然也可以只有其中

任一方做出贡献。

[0114] 这里,描述了当通过在轴向上层叠磁体而形成的磁楔中的磁体的主平面被赋予磁各向异性,并且使旋转方向磁导率 μ_0 低于径向磁导率 μ_r 时是有效果的。然而,当通过垂直于旋转电机的旋转方向设置磁体的主平面而形成的磁楔中的磁体的主平面被赋予磁各向异性,且轴向磁导率 μ_z 低于径向磁导率 μ_r 时也可以获得效果,即,径向磁导率 $\mu_r >$ 轴向磁导率 $\mu_z >$ 旋转方向磁导率 μ_0 的情况下与径向磁导率 $\mu_r =$ 轴向磁导率 $\mu_z >$ 旋转方向磁导率 μ_0 的情况下效果差异也可以相似地获知。

[0115] 关于轴向旋转电机,可以以相同的方式查看本实施例的磁楔的效果。

[0116] 根据本实施例的磁楔,提供了一种磁楔,其中漏磁通的增加被抑制到最小水平,并且可以有效地减轻铁芯表面部分中的磁通量分布的脉动,因此可以提高旋转电机的效率。根据情况,可以增加有效磁通量(主磁通量),并且还可以提高旋转电机的扭矩。此外,当使用具有主平面的磁体构造磁楔时,三个方向上的磁导率的控制幅度得到扩展,因此可以提高旋转电机的效率。还使得生产更容易、产量增加并且生产成本可以特别降低。

[0117] (第二实施例)

[0118] 本实施例的旋转电机的特征在于包括第一实施例的磁楔。因此,这里将不再赘述与第一实施例重复的任何事项。根据本说明书,旋转电机是指包括所有电动机(马达)、电力发电机(发电机)和电动发电机的概念,其根据需要实现电动机和发电机的功能。

[0119] 本实施例的径向间隙型电动机的特征在于具有磁楔,其中具有主平面的磁体被设置成主平面大致垂直于气隙表面,并且三个方向上的磁导率即轴向磁导率、旋转方向磁导率和径向磁导率存在差异。

[0120] 图15是表示本实施例的径向间隙型旋转电机的一例的示意图。图15是本实施例的径向间隙型电动机的示例。径向间隙型旋转电机具有转子和定子,该定子设置成在径向上隔开预定间隙地面对转子。在图15中,转子设置在定子的内侧,当然转子也可以设置在外侧。转子包括转子芯和轴,其受到支撑而能旋转。同时,定子包括定子芯、插入定子芯的槽中的励磁线圈和固定在槽口的楔形槽上的磁楔。在图15中,通过采用设置磁体使得径向磁导率 μ_r 高于旋转方向磁导率 μ_0 和轴向磁导率 μ_z 的情况作为示例来说明磁楔,但磁楔不限于此。

[0121] 因此,当磁楔在三个方向上的磁导率即轴向磁导率 μ_z ,旋转方向磁导率 μ_0 和径向磁导率 μ_r 具有差异时,可以促进在转子表面部分处发生的谐波损耗的减少,同时抑制漏磁通的增加。此外,由于通过气隙的磁通量增加,径向间隙型电动机的扭矩增加。通过上述减少损耗效果和扭矩增加效果中的任何一个或两个,可以实现效率提高。

[0122] 在该图中使用片状颗粒,然而也可以使用薄带(带)、薄膜、厚膜或板状构件的磁体。

[0123] 关于铁芯的材料,可以采用磁性薄板的叠层铁芯、通过压缩成型磁性颗粒得到的压制粉末铁芯、铁氧体芯等中的任一种。

[0124] 特别是对于采用磁性薄板叠层铁芯的径向间隙型电动机,在磁楔中包含的磁体的主平面和形成叠层铁芯的磁性薄板的主平面被设置为彼此平行的情况下,可以减少涡流损耗,因此特别优选。

[0125] 此外,径向间隙型电动机可以是包括转子中的导体的电动机(感应电动机)、包括永磁体的电动机(永磁电动机)和包括磁体的电动机(磁阻电动机)中的任一种。

[0126] 本实施例的轴向间隙型电动机的特征在于具有磁楔，其中具有主平面的磁体被设置成主平面大致垂直于气隙表面，并且在三个方向上的磁导率即轴向磁导率、旋转方向磁导率和径向磁导率具有差异。

[0127] 图16是表示本实施例的轴向间隙型旋转电机的一例的示意图。图16是本实施例的轴向间隙型电动机的示例。轴向间隙型电动机具有转子和定子，该定子设置成在轴向上与转子隔开预定间隙，并且定子包括定子芯、插入定子芯的槽中的励磁线圈和固定在槽口的楔形槽上的磁楔。在图16中，通过采用设置磁体使得轴向磁导率 μ_z 高于径向磁导率 μ_r 和旋转方向磁导率 μ_0 的情况作为示例来说明磁楔，然而磁楔不限于此。因此，当磁楔在三个方向上的磁导率即轴向磁导率 μ_z 、旋转方向磁导率 μ_0 和径向磁导率 μ_r 具有差异时，可以促进在转子表面部分处发生的谐波损耗的减少，同时抑制漏磁通的增加。此外，由于通过气隙的磁通量增加，轴向间隙型电动机的扭矩增加。由此，能实现效率提高。

[0128] 在图16中，转子设置在两个定子之间，然而转子也可以设置在一个定子的一侧或两侧。

[0129] 在图16中使用片状颗粒，然而也可以使用薄带(带)、薄膜、厚膜或板状构件的磁体。

[0130] 关于铁芯的材料，可以采用磁性薄板的叠层铁芯、通过压缩成型磁性颗粒得到的压制粉末铁芯、铁氧体芯等中的任一种。特别是，对于采用磁性薄板叠层铁芯的轴向间隙型电动机，在磁楔中包含的磁体的主平面和形成叠层铁芯的磁性薄板的主平面被设置为彼此平行的情况下，可以减少涡流损耗，因此特别优选。

[0131] 本实施例的发电机的特征在于具有磁楔，其中具有主平面的磁体被设置成主平面大致垂直于气隙表面，并且三个方向即轴向、旋转方向和径向上的磁导率具有差异。

[0132] 图17是表示本实施例的发电机的一例的示意图。发电机通常具有：转子，其在转子芯的槽中收纳激励线圈(除此之外，还可以采用具有永磁体作为激励源的转子)；以及定子，其将电枢线圈收纳在定子芯的槽中，并且通过旋转器旋转将激励电流传递到激励线圈，从而在电枢线圈中产生电力。转子包括：转子芯；插入转子芯的槽中的励磁线圈；保持在槽口的楔形槽中的磁楔；以及由轴承支撑以便能够旋转的转子。在图17中，通过采用设置磁体使得径向磁导率 μ_r 高于旋转方向磁导率 μ_0 和轴向磁导率 μ_z 的情况作为示例来说明磁楔，然而磁楔不限于此。

[0133] 因此，当磁楔在三个方向上的磁导率即轴向磁导率 μ_z 、旋转方向磁导率 μ_0 和径向磁导率 μ_r 具有差异时，可以减小在定子表面部分处发生的谐波损耗，同时抑制漏磁通的增加。此外，由于通过气隙并与电枢线圈互连的磁通量增加，因此在电枢线圈中感应的发电电压增加。由此，能实现效率提高。

[0134] 在图17中，磁楔被设置在转子芯的槽口处；然而，磁楔也可以设置在定子芯的槽口处。此外，在该图中示出了包括转子中的激励线圈的线圈式发电机；然而，发电机也可以是永磁体型发电机，其包括转子中的永磁体。在这种情况下，磁楔设置在定子芯的槽口处。

[0135] 在图17中使用片状颗粒；然而也可以使用薄带(带)、薄膜、厚膜或板状构件的磁体。

[0136] 关于铁芯的材料，可以采用磁性薄板的叠层铁芯、通过压缩成型磁性颗粒得到的压制粉末铁芯、铁氧体芯等中的任一种。特别是，对于采用磁性薄板叠层铁芯的发电机，在

磁楔中包含的磁体的主平面和形成叠层铁芯的磁性薄板的主平面被设置为彼此平行的情况下,可以减少涡流损耗,因此特别优选。

[0137] 线性电动机是通过将径向间隙型电动机展开为扁平形状结构而获得的电动机,因此,本发明的磁楔也可以应用于线性电动机。也就是说,定子包括定子芯和插入定子芯的槽中的励磁线圈,并且磁楔可以设置在槽开口处。图18是示出本实施例的线性电动机的示例的示意图。在线性电动机中,针的行进方向、与针的行进方向正交的方向以及与定子垂直的方向分别对应于径向间隙型电动机的旋转方向、轴向和径向。

[0138] 此时,关于磁楔的磁特性,优选在三个方向上具有不同磁导率,即如图18所示,在磁楔中,在垂直于定子的方向上的磁导率 μ_z 、在针的行进方向上的磁导率 μ_x 以及在与行进方向正交的方向上的磁导率 μ_y 。在图18中,磁体被设置成使得在垂直于定子的方向上的磁导率 μ_z 高于在针的行进方向上的磁导率 μ_x 和在与该方向垂直的方向上的磁导率 μ_y ,但是该设置不限于此。由此,可以促进在针表面部分处发生的谐波损耗的减少,同时抑制漏磁通的增加。此外,由于通过气隙的磁通量增加,线性电动机的推力增加。结果,实现了效率提高。图18示出了针290。

[0139] 在图18中使用片状颗粒,然而也可以使用薄带(带)、薄膜、厚膜或板状构件的磁体。

[0140] 根据本实施例的旋转电机,可以抑制由使用磁楔引起的漏磁通的增加,并且可以有效地减轻铁芯表面部分处的磁通分布的脉动。由此,能实现效率提高。

[0141] 本实施例的旋转电机的槽形状可以是半闭槽(或半闭口槽),然而,槽形状优选为开口槽(或开槽或开口槽)。在这种情况下,谐波损耗可以在很大程度上降低,因此优选。

[0142] 本实施例的旋转电机可以应用于铁路、电动汽车、混合动力汽车等交通系统、电梯和空调等商务系统、机器人、泵、压缩机和通风机等工业系统、如火力发电机、水力发电机、风力发电机、原子能发电机和地热发电机等能源系统和诸如洗衣机之类的电器,并且可以促进系统的效率提高。特别是,在工业用大容量设备中,由于槽形状通常使用开槽,所以大容量设备包括第一实施例的磁楔是优选的。此外,在用于铁路的牵引电动机中,由于必须承受高电压和振动,因此使用前绕线圈,并且采用开口槽作为槽形状。因此,牵引电动机包括第一实施例的磁楔是优选的。

[0143] 特别地,在铁路中,由于旋转电机的损耗占据铁路行驶期间的功耗量的大约一半,因此通过减小旋转电机的损耗来提高效率的效果是显著的。此外,在电动汽车和混合动力汽车中,通过使用第一实施例的磁楔可以提高牵引电动机的效率,因此,可以增加巡航距离。

[0144] 已经描述了本发明的几个实施例和示例;然而,这些实施例仅作为实例提出,并不意图限制本发明的范围。这些新颖的实施例和示例可以以各种其他形式实施,并且可以在保持本发明的主旨的范围内实施各种省略、替换和修改。这些实施例或其示例和修改被解释为包括在本发明的范围或主旨中,并包括在权利要求中描述的发明及其等同物中。

[0145] 附图标记列表

[0146] 2:磁体

[0147] 2a:第一面

[0148] 2b:第二面

- [0149] 12a:凹部
- [0150] 12b:凸部
- [0151] 20:中间相
- [0152] 100:磁楔
- [0153] 200:旋转电机
- [0154] 200a:径向间隙型旋转电机
- [0155] 200b:轴向间隙型旋转电机
- [0156] 210:转子
- [0157] 220:定子芯
- [0158] 230:线圈
- [0159] 240:气隙表面
- [0160] 250:铁芯齿
- [0161] 260:铁芯槽
- [0162] 270:定子
- [0163] 280:轴
- [0164] 290:针
- [0165] RP:参考平面。

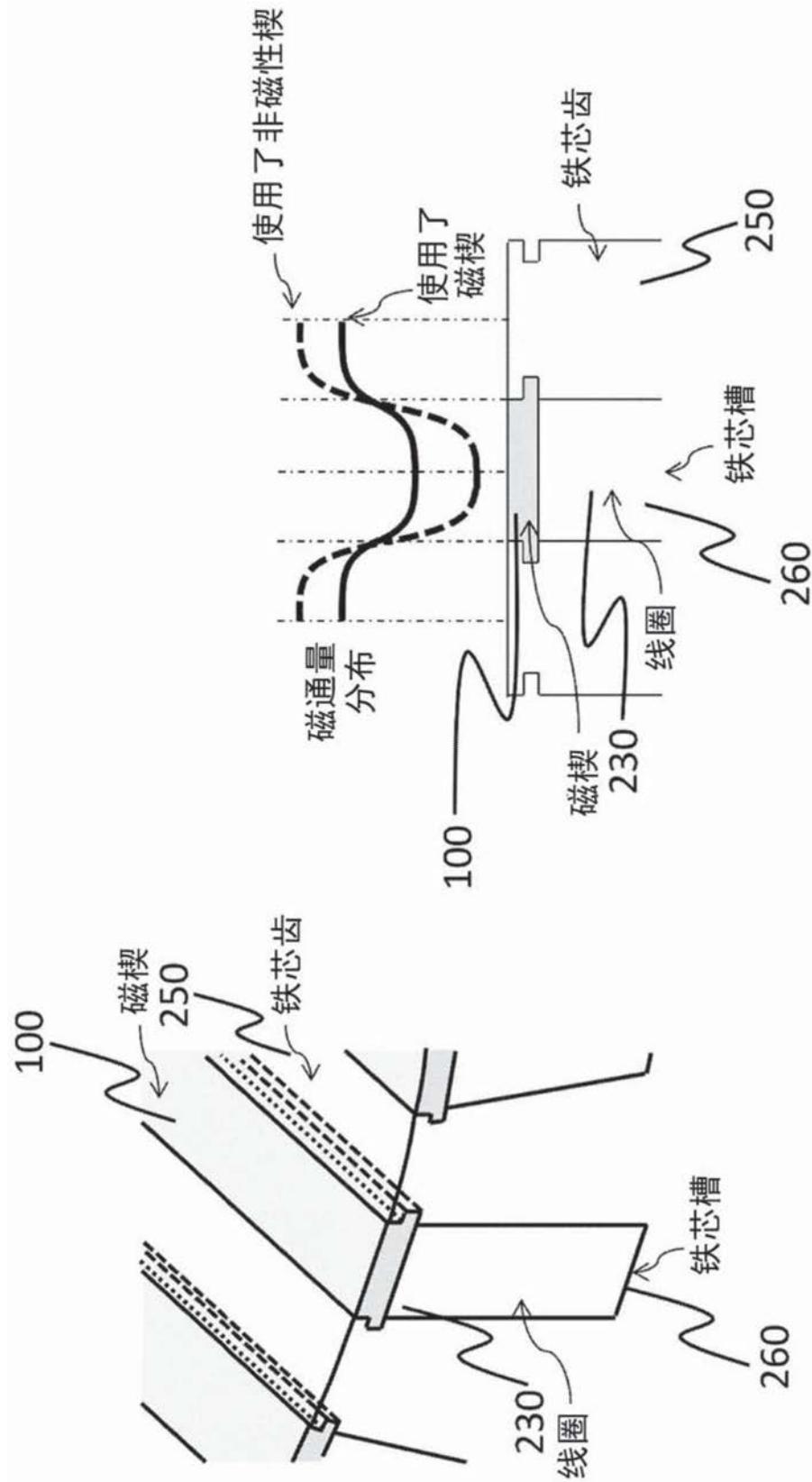


图1

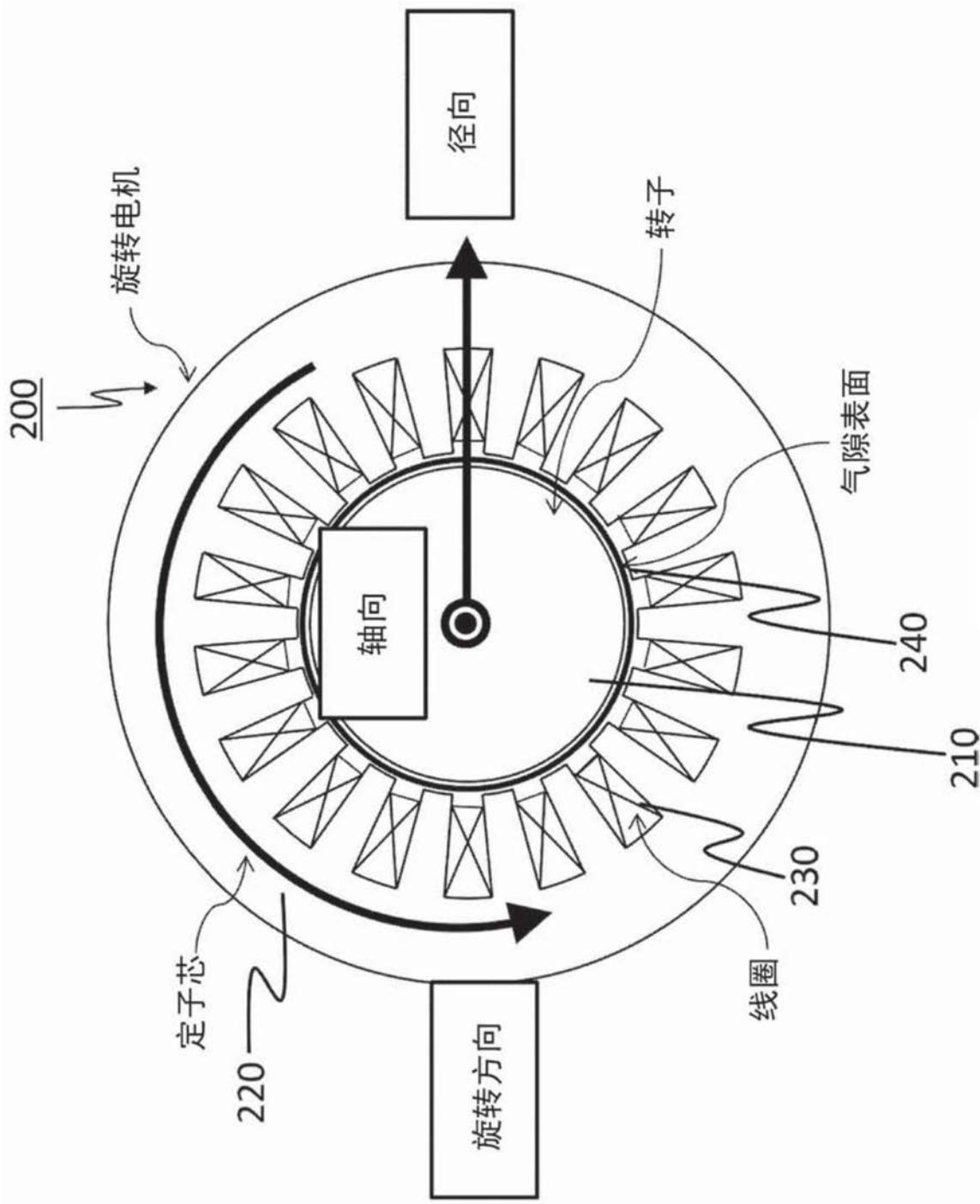


图2

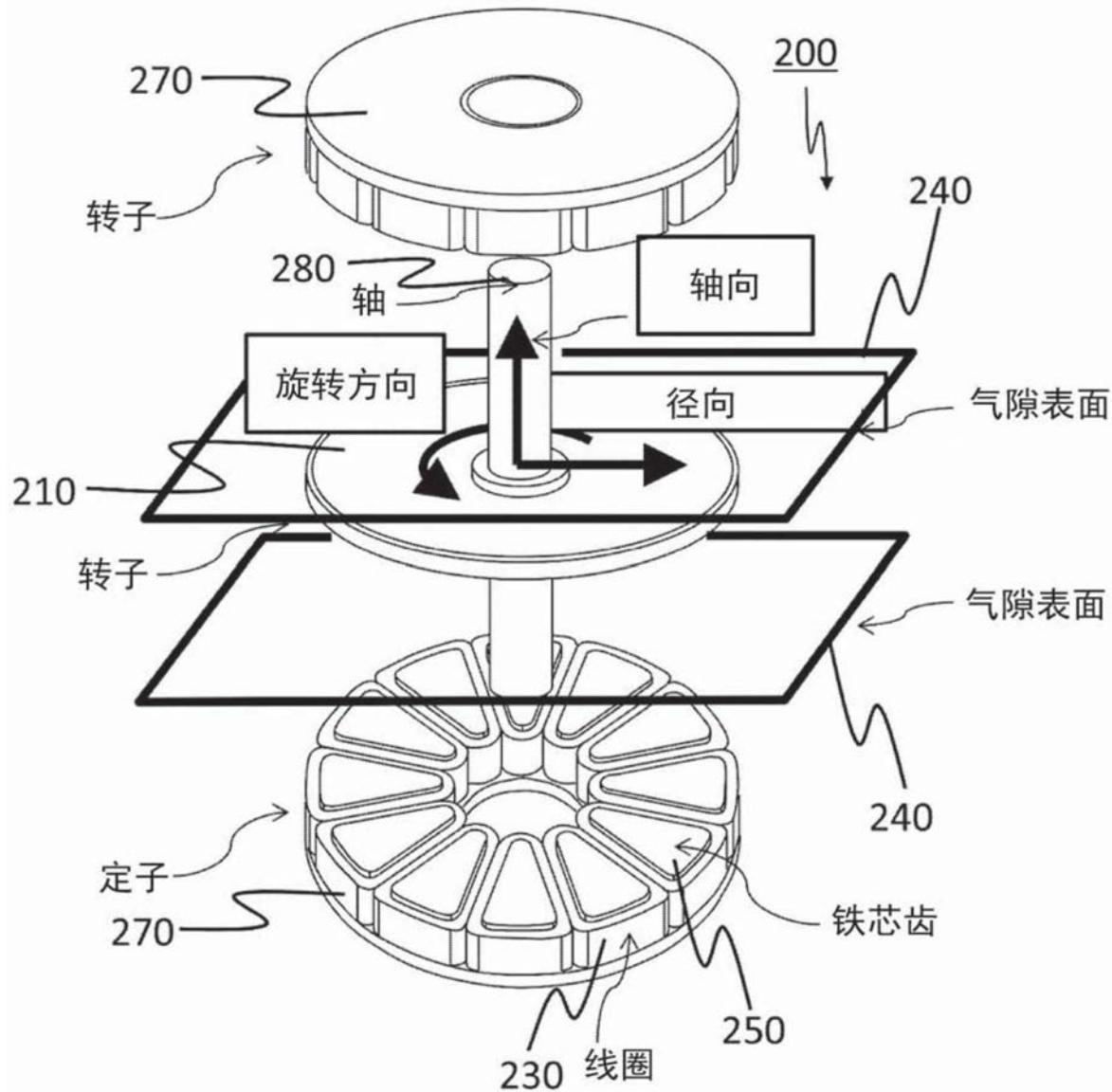


图3

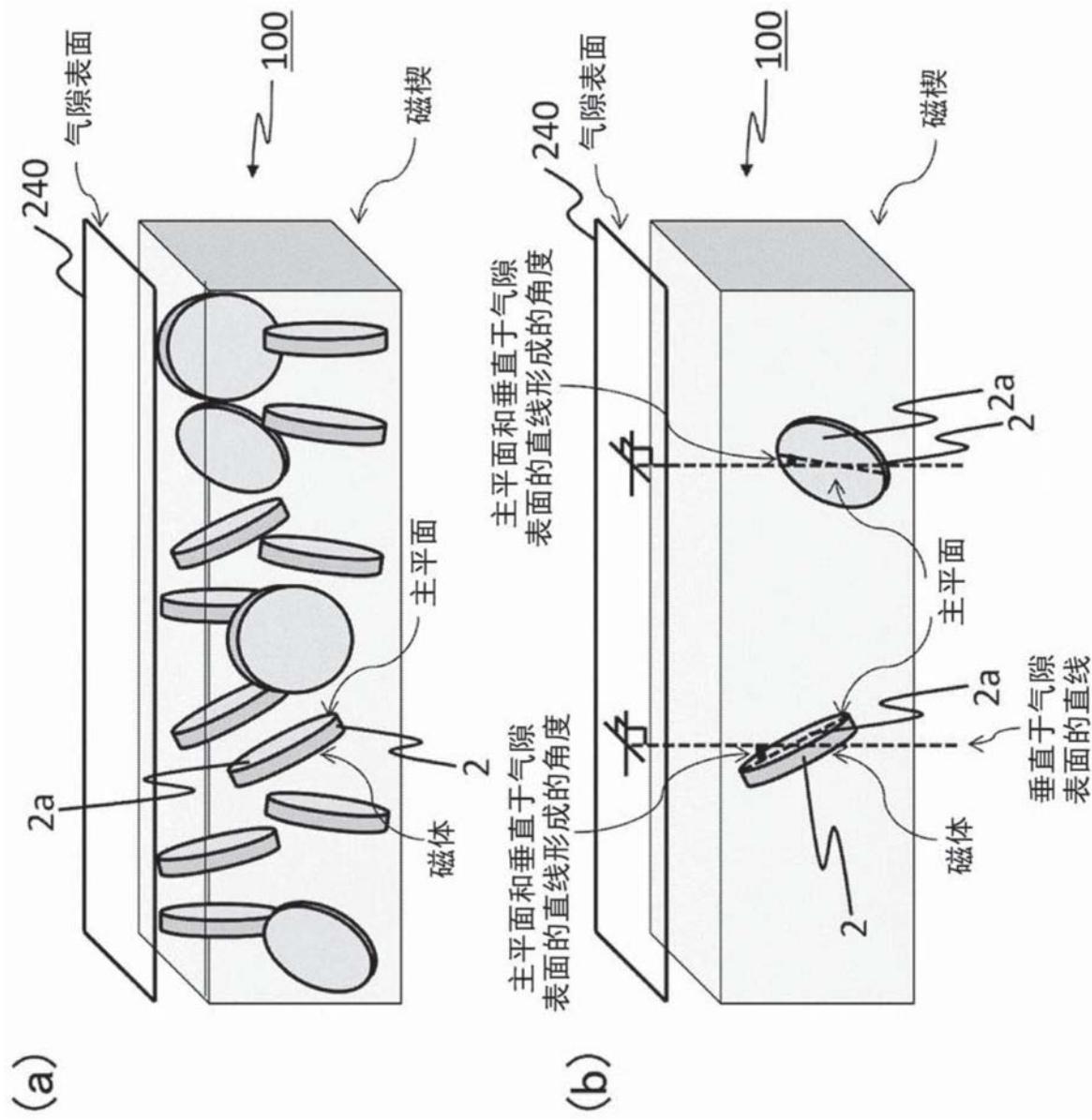


图4

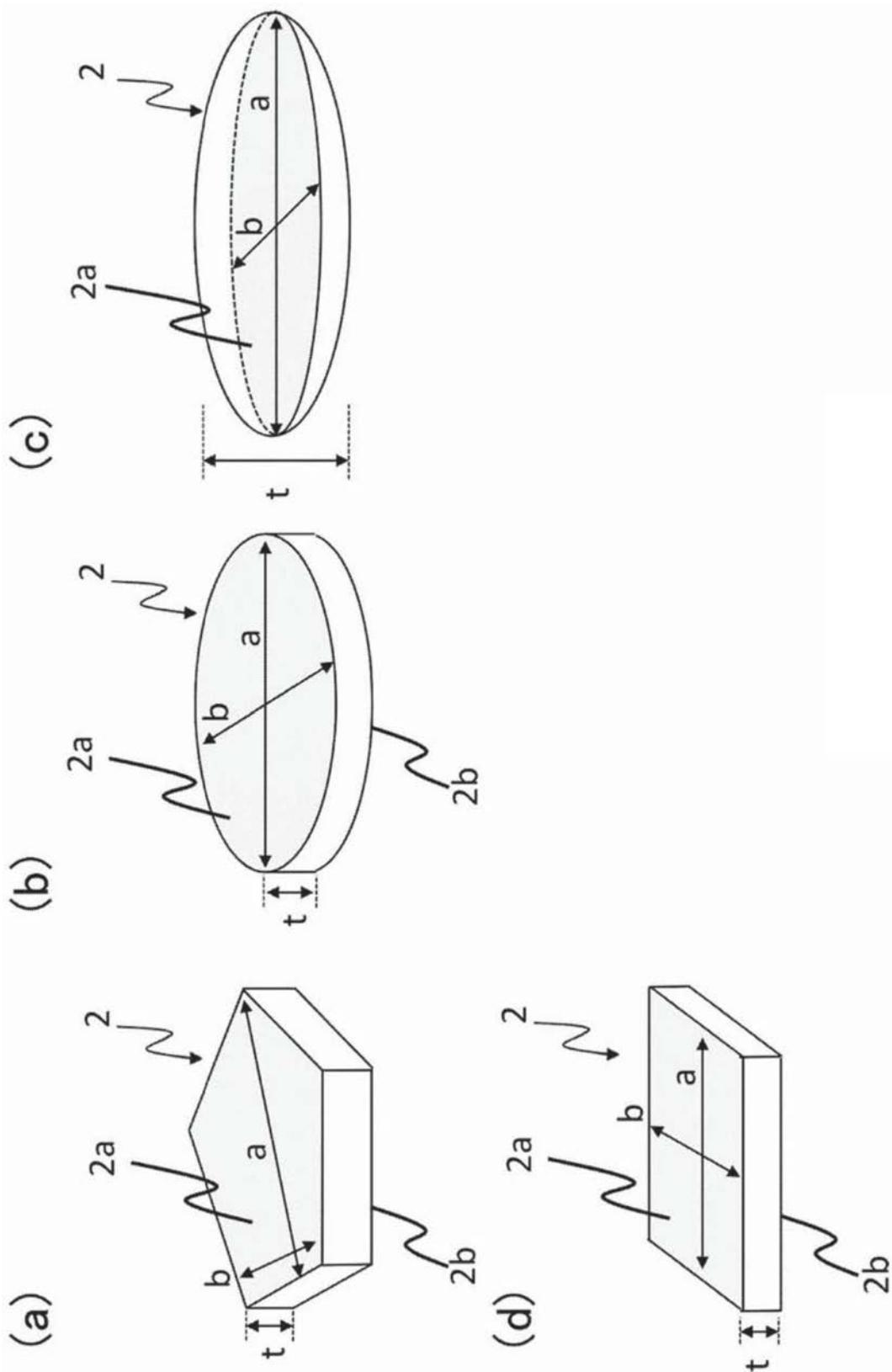
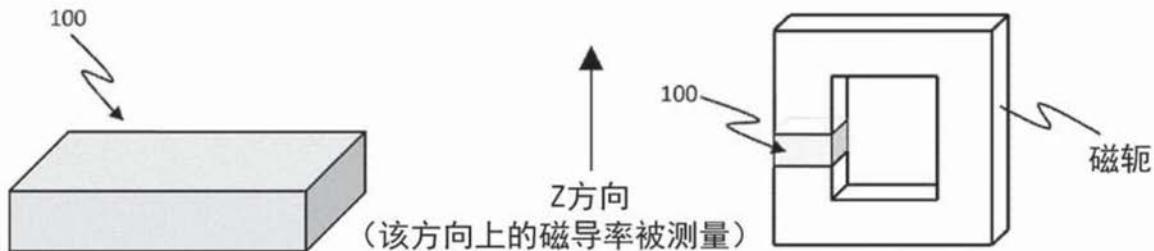
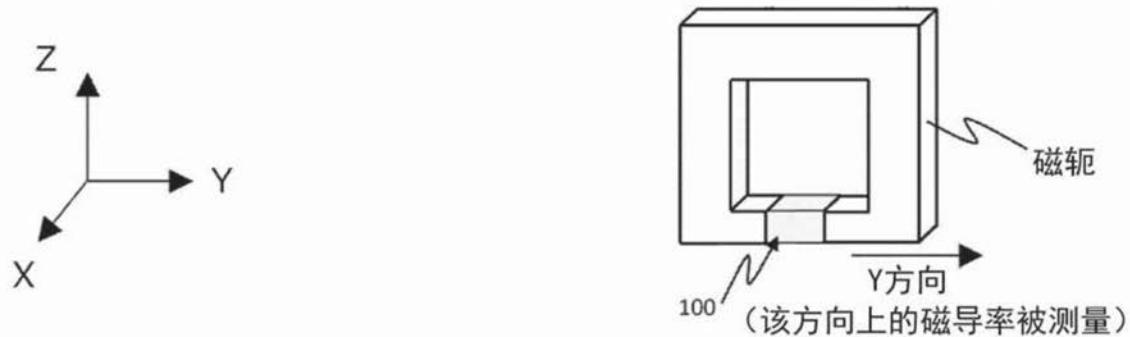


图5

(1) 在测量磁楔的Z方向的磁导率的情况下



(2) 在测量磁楔的Y方向的磁导率的情况下



(3) 在测量磁楔的X方向的磁导率的情况下

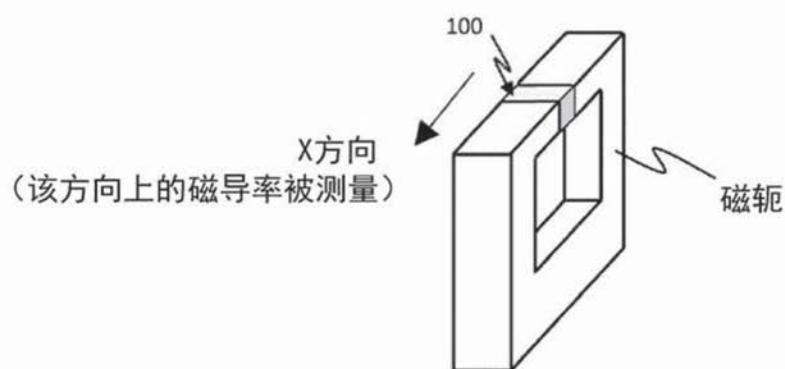


图6

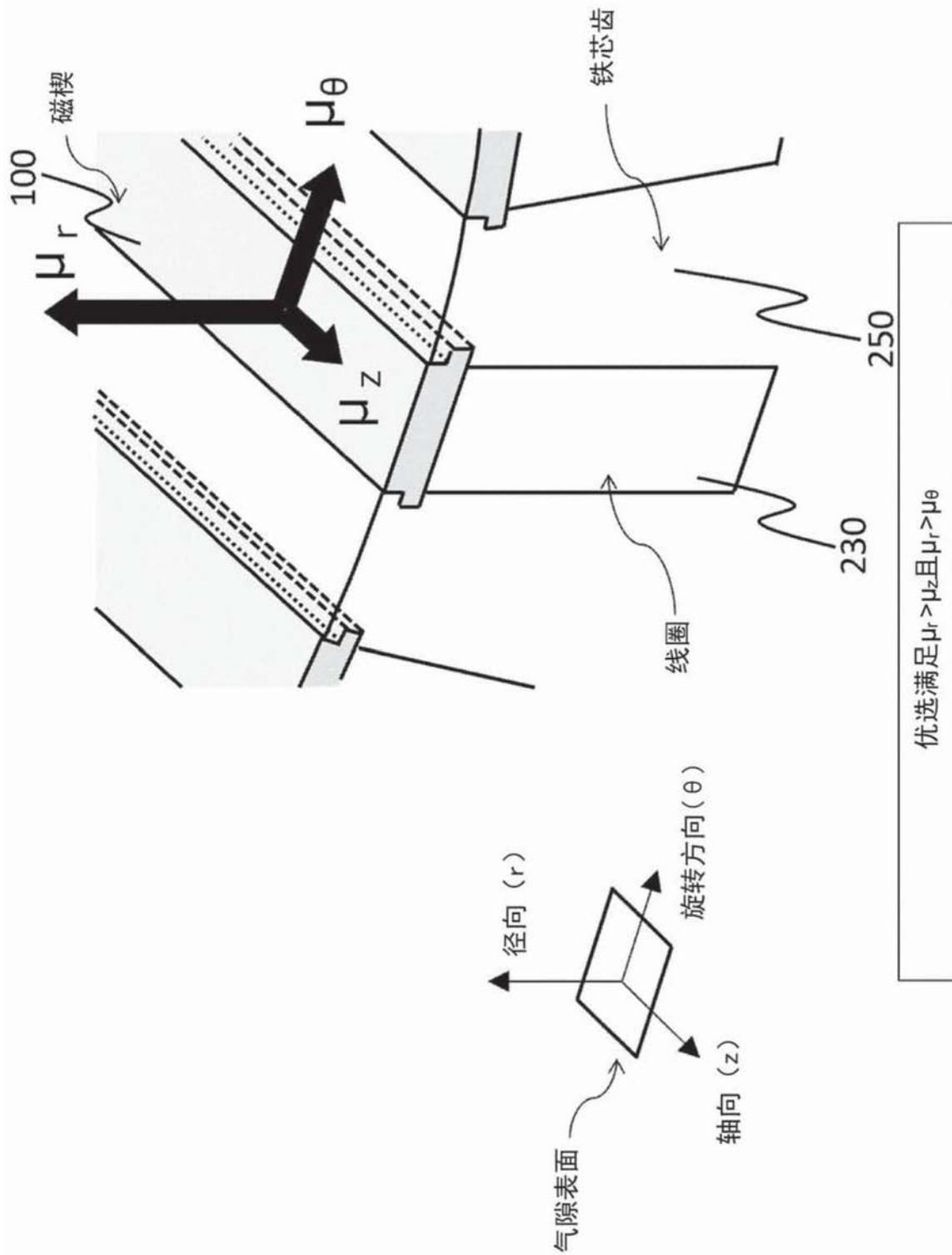


图7

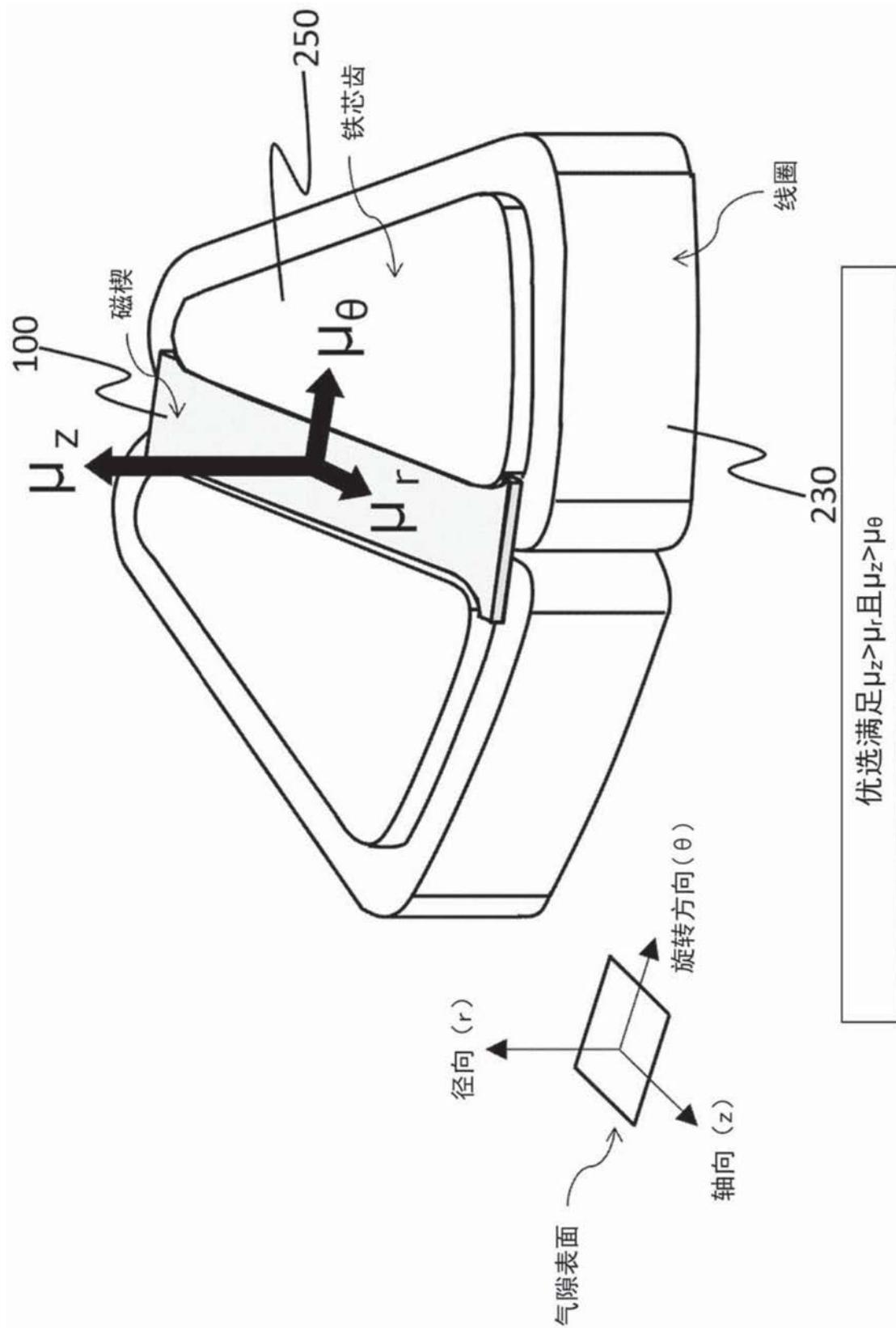


图8

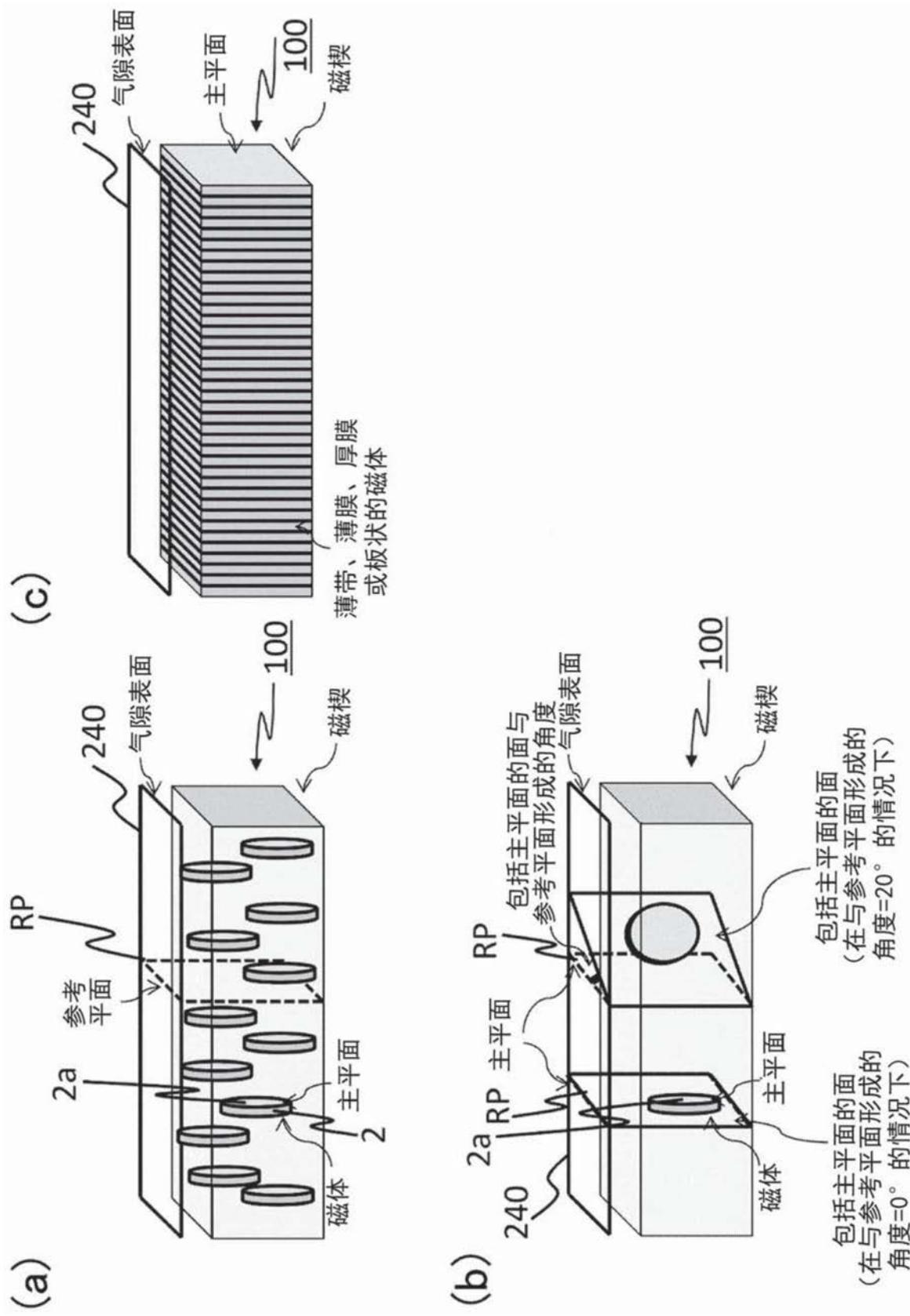


图9

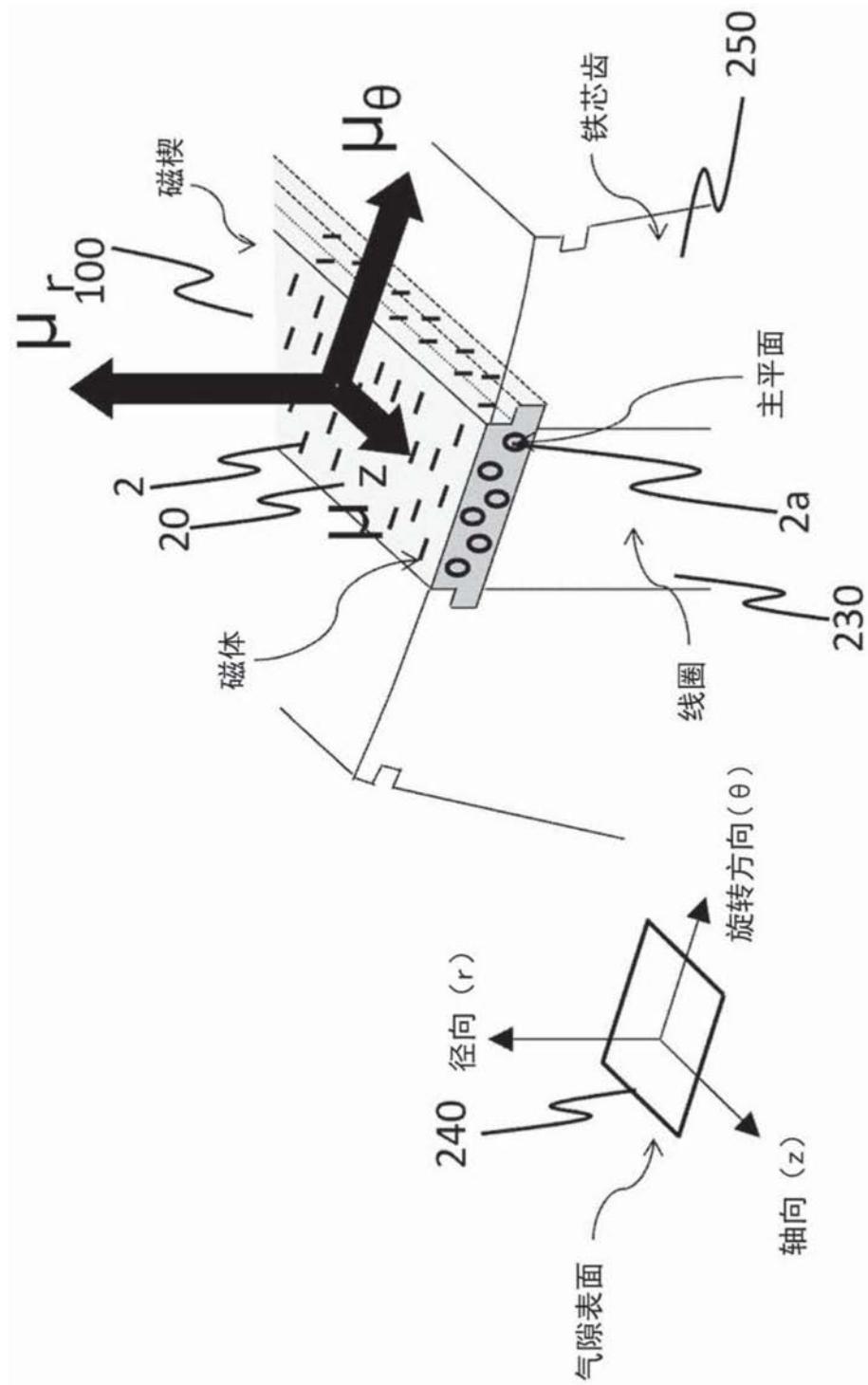


图10

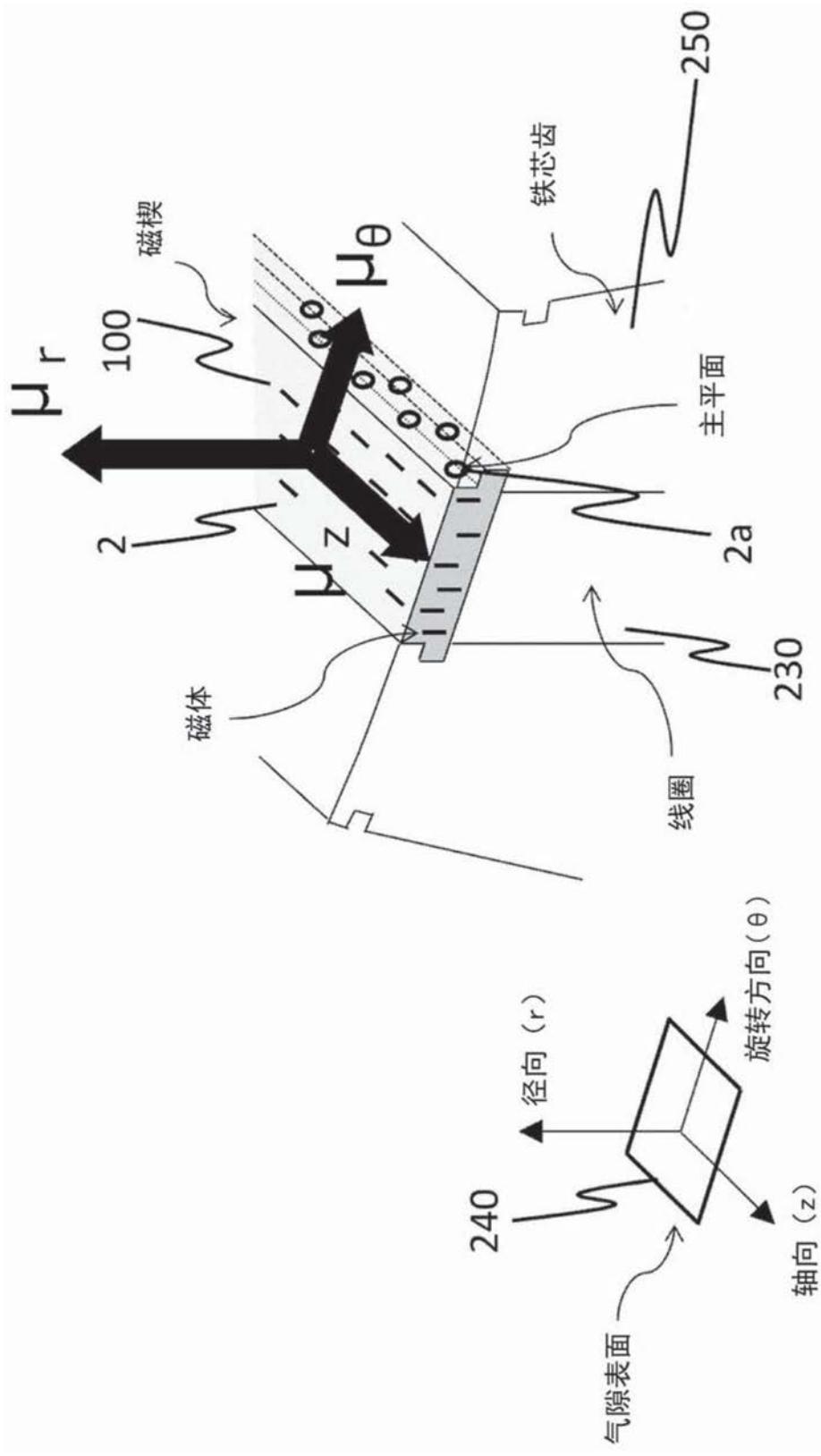


图11

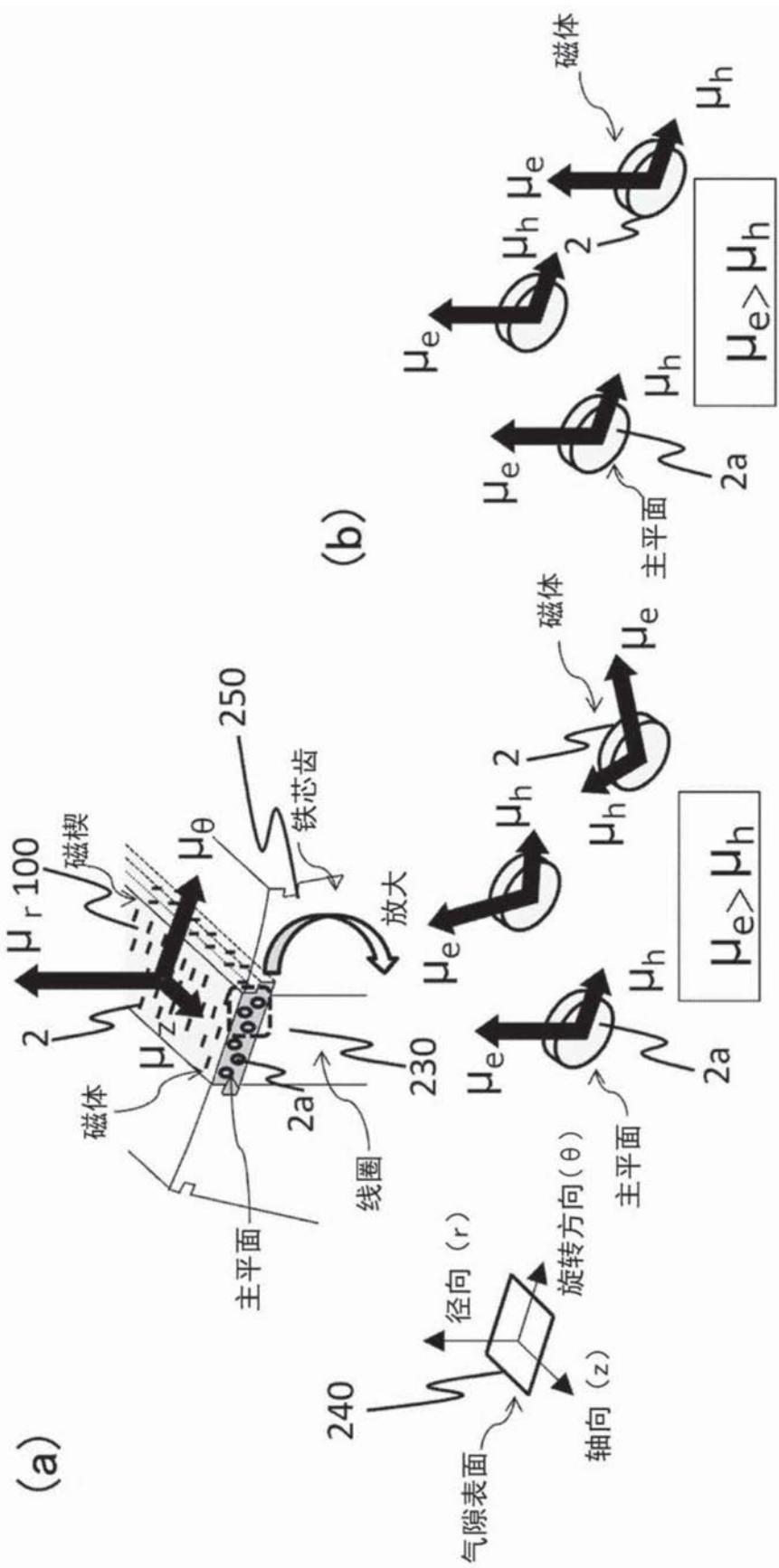


图12

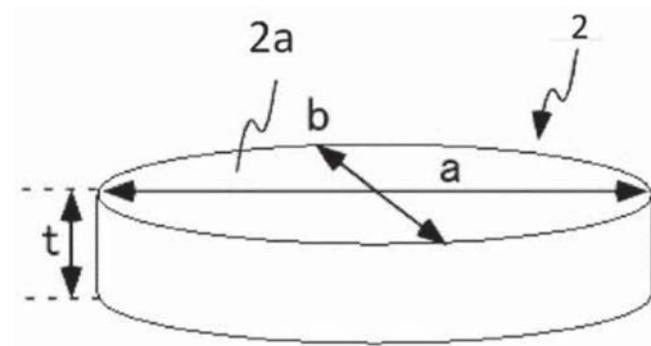


图13

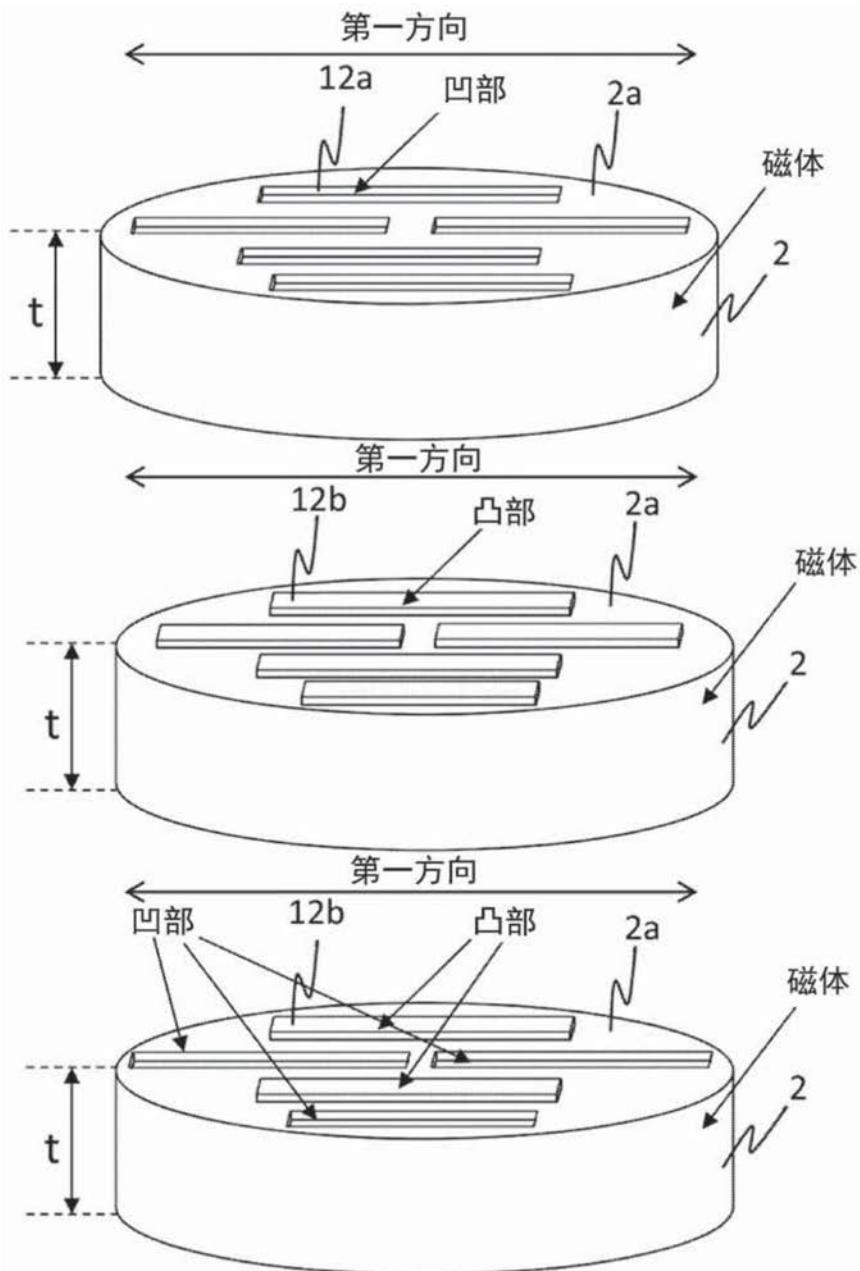


图14

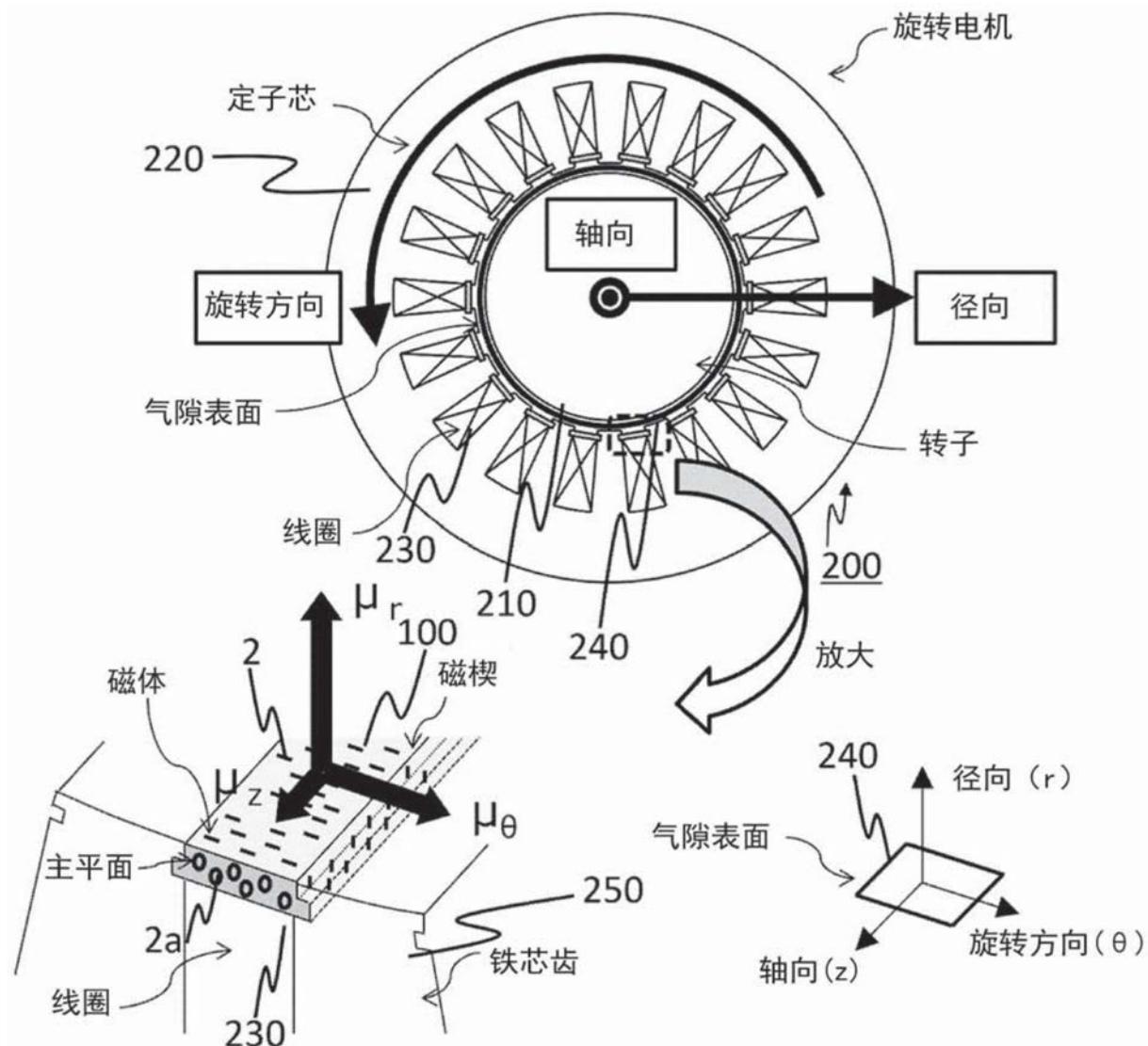


图15

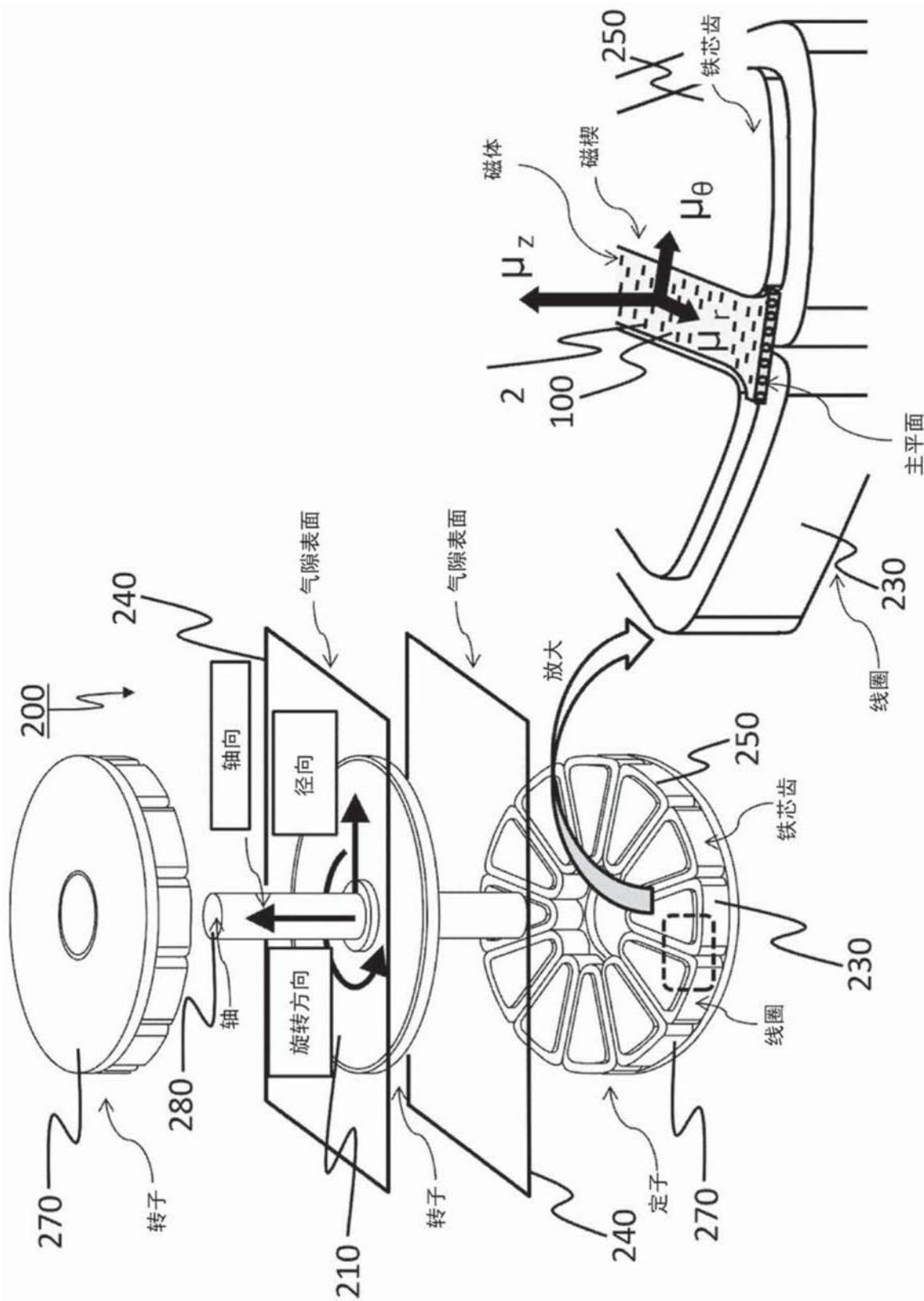


图16

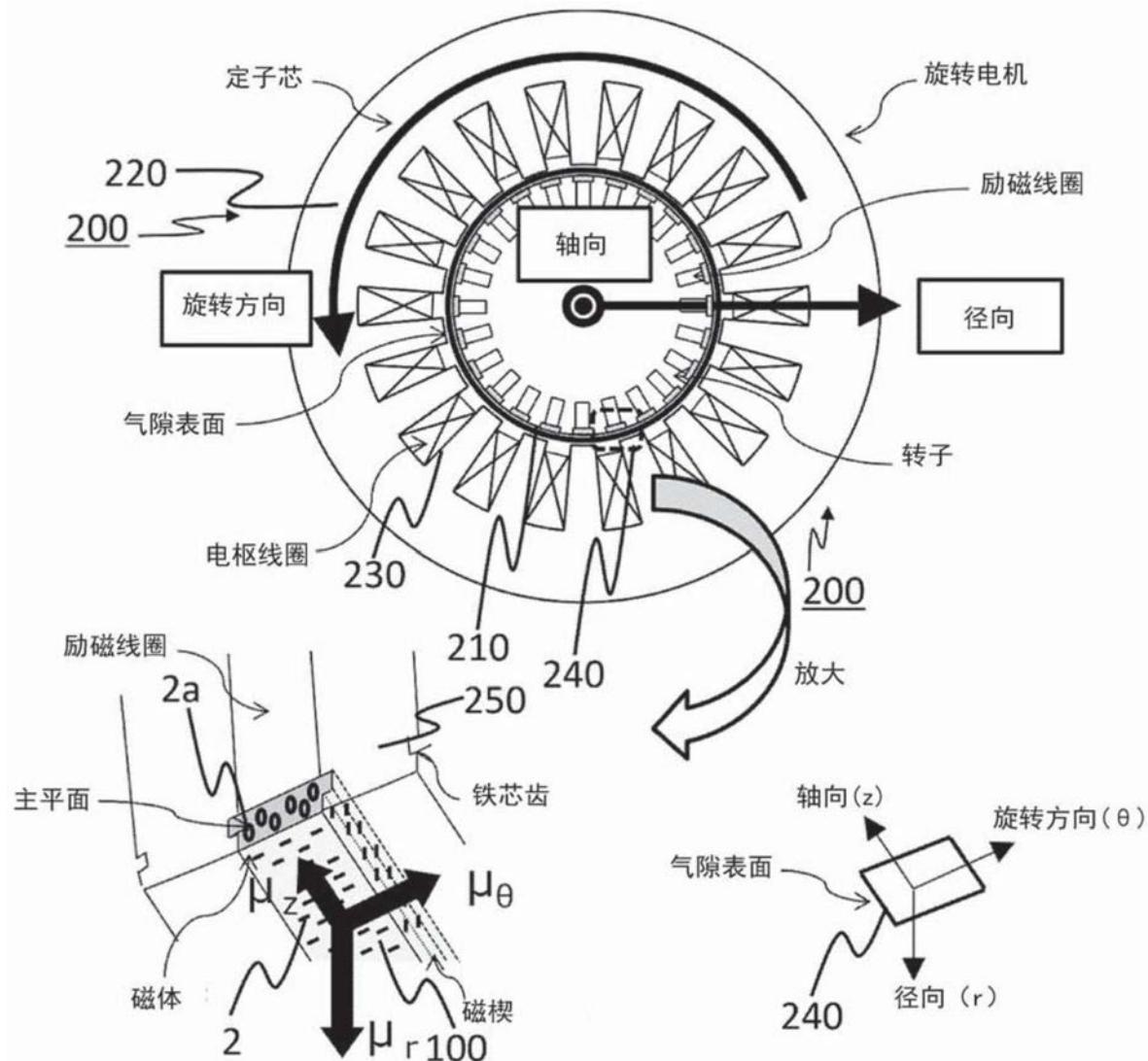


图17

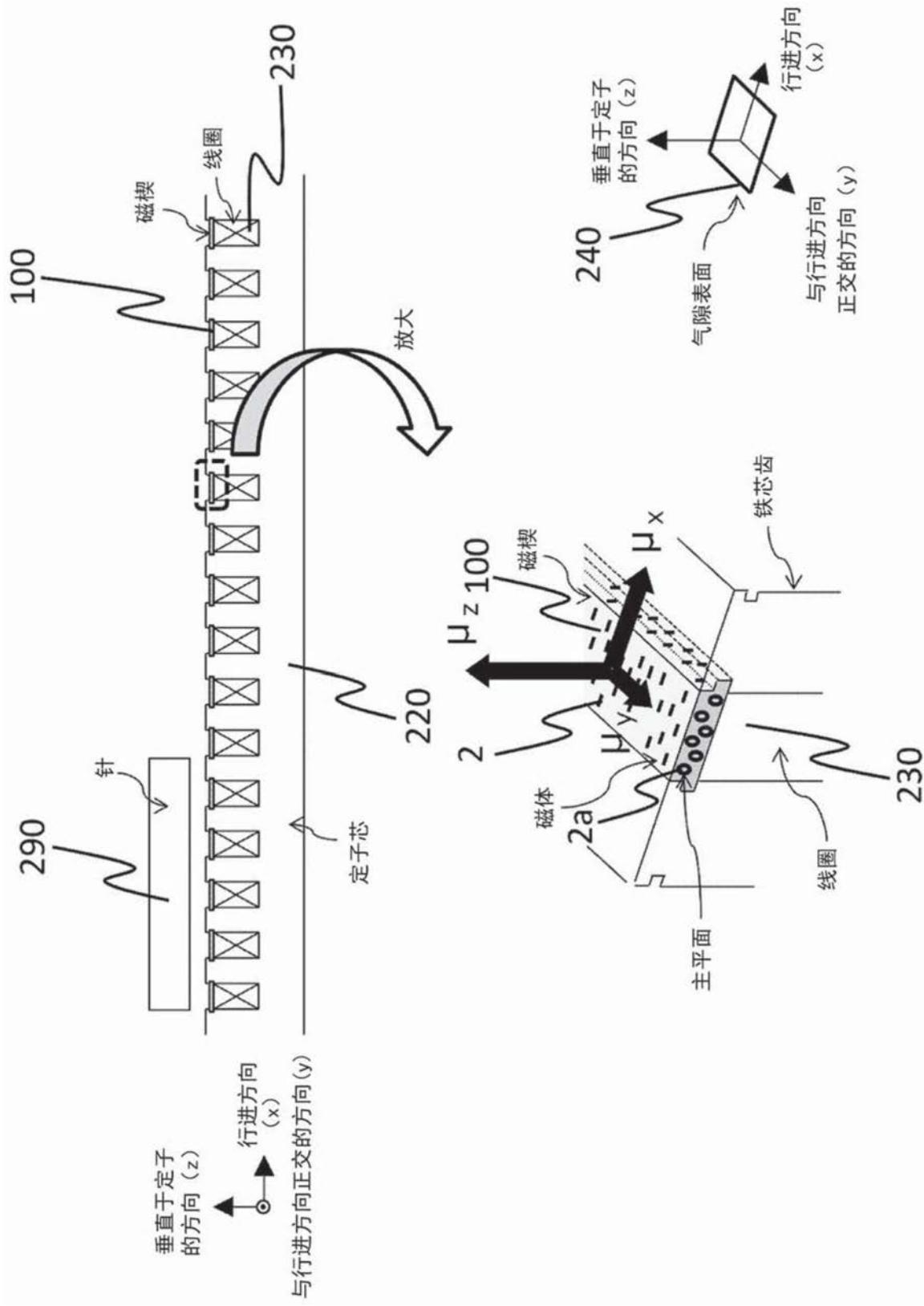


图18