



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102650683 A

(43) 申请公布日 2012. 08. 29

(21) 申请号 201210047251. 6

(22) 申请日 2012. 02. 28

(30) 优先权数据

13/036194 2011. 02. 28 US

(71) 申请人 英飞凌科技股份有限公司

地址 德国瑙伊比贝尔格市坎茨昂 1 - 12 号

(72) 发明人 U. 奥瑟莱希纳

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 王岳 卢江

(51) Int. Cl.

G01R 33/06 (2006. 01)

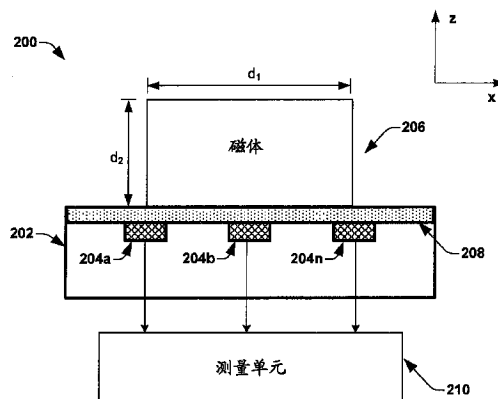
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 11 页

(54) 发明名称

3D 磁传感器

(57) 摘要

本发明涉及 3D 磁传感器。本发明的一个实施例涉及一种磁场传感器,其包括安置在基板的表面上的蹲伏的软磁体,该基板包括具有安置成预定配置的多个空间多样的磁传感器元件的磁传感器阵列。在存在外部磁场的情况下,所述蹲伏的软磁体变得磁化以生成反作用磁场。多个磁传感器元件分别被配置为测量沿第一轴(例如, z 轴)的外部磁场和反作用磁场的叠加的磁场值,导致了沿第一轴的磁场分量的多个空间多样的测量结果。可以使用多个空间多样的测量结果来计算外部磁场沿多个轴(例如, x 轴、y 轴和 z 轴)的磁场分量。



1. 一种磁场传感器,包括:

蹲伏的软磁体,直接地或者经由空隙结构或层而附接到基板,其中在存在外部磁场的情况下,所述蹲伏的软磁体变得磁化以生成反作用磁场,所述反作用磁场作为所述基板内或者所述基板的表面上的位置的函数而变化;

多个磁传感器元件,具有包括在所述基板内或者所述基板的表面上的预定配置,其中所述多个磁传感器元件被配置为测量沿第一轴的所述外部磁场和所述反作用磁场的叠加的磁场值;以及

测量单元,被配置为基于沿所述第一轴的所述外部磁场和所述反作用磁场的叠加的测量的磁场值来计算沿多个轴的磁场分量。

2. 根据权利要求1所述的磁场传感器,其中所述蹲伏的软磁体包括沿正交的面内轴和面外轴的基本上相等的退磁因子,以便使沿所述面内轴的叠加磁场分量的畸变量与沿所述面外轴的叠加磁场分量的畸变量相同。

3. 根据权利要求1所述的磁场传感器,其中所述蹲伏的软磁体包括与所述基板平行的第一尺寸和与所述基板垂直的第二尺寸,其中所述第一尺寸和所述第二尺寸之间的宽长比小于3:1并且大于1/3:1。

4. 根据权利要求1所述的磁场传感器,其中所述蹲伏的软磁体包括球形软磁体。

5. 根据权利要求4所述的磁场传感器,进一步包括位于所述多个磁传感器元件和所述蹲伏的软磁体之间的间隙层,其中所述间隙层包括一个或多个金属层、金属间-氧化物层或者聚酰亚胺保护层。

6. 根据权利要求5所述的磁场传感器,其中磁传感器元件沿如下圆形图案安置,所述圆形图案与所述球形软磁体在所述基板上的投影同心。

7. 根据权利要求6所述的磁场传感器,其中沿一个或多个面内轴的磁传感器元件彼此隔开如下距离,该距离等于所述球形软磁体的半径加上所述间隙层的高度。

8. 根据权利要求1所述的磁场传感器,其中所述多个磁传感器元件被配置为检测沿与所述基板成法向的面外轴的磁场分量。

9. 根据权利要求1所述的磁场传感器,其中所述软磁体包括圆柱形软磁体,所述圆柱形软磁体具有设置在两个磁阻传感器带之间的对称轴。

10. 根据权利要求9所述的磁场传感器,

其中所述磁场传感器被配置为接近极带,所述极带包括沿第一路径排成一行的多个磁北极和磁南极,以及

其中所述圆柱形软磁体的对称轴与所述第一路径垂直。

11. 根据权利要求1所述的磁场传感器,进一步包括接合到所述基板的玻璃层,所述玻璃层包括被定位为接近所述磁场传感器的至少一个孔或凹部,其中所述软磁体至少部分地包括在所述孔内。

12. 根据权利要求11所述的磁场传感器,其中所述玻璃层接合到所述基板的距所述多个磁传感器元件较远的表面。

13. 根据权利要求1所述的磁场传感器,其中校准系统被配置为执行所述磁场传感器的校准,其中所述校准系统包括:

测试装置,被配置为向所述磁场传感器施加方向被良好限定的测试磁场序列;

存储器,被配置为存储根据对所述测试磁场取得的测量结果所计算的适当的校正系数;以及

其中在磁场分量的测量期间,测量单元能够访问所述存储器并且将校正系数应用于所述外部磁场的测量。

14. 一种磁场传感器,包括:

半导体管芯;

多个磁传感器元件,安置在所述半导体管芯内的或者沿所述半导体管芯的表面的预定位置处;

间隙层,邻接所述半导体管芯或者所述多个磁传感器元件;以及

蹲伏的软磁体,直接地或者经由空隙结构或层而邻接所述间隙层,其中在存在外部磁场的情况下所述蹲伏的软磁体变得磁化以生成反作用磁场,所述反作用磁场叠加在所述外部磁场上以生成不均匀的叠加磁场,所述叠加磁场作为所述磁传感器元件相对于所述蹲伏的软磁体的位置的函数而变化。

15. 根据权利要求 14 所述的磁场传感器,其中所述蹲伏的软磁体包括球形软磁体。

16. 根据权利要求 14 所述的磁场传感器,其中所述蹲伏的软磁体包括与所述半导体管芯平行的第一尺寸和与所述半导体管芯垂直的第二尺寸,其中所述第一尺寸和所述第二尺寸之间的宽长比小于 3:1 并且大于 1/3:1,从而所述软磁体使所述叠加磁场的面内分量的畸变基本上与所述叠加磁场的面外分量的畸变相同。

17. 根据权利要求 14 所述的磁场传感器,其中所述多个磁传感器元件的预定位置包括关于与所述蹲伏的软磁体的中心对准的参考系的原点的对称性。

18. 一种用于检测磁场的方法,包括:

将外部磁场施加到蹲伏的软磁体以感生反作用磁场;

在基板内的或者沿基板的多个空间多样的位置处测量所述外部磁场和所述反作用磁场的叠加的磁场值;以及

基于所述外部磁场和所述反作用磁场的叠加的测量的磁场值,计算沿多个正交轴的磁场分量。

19. 根据权利要求 18 的方法,其中所述蹲伏的软磁体包括球形软磁体。

20. 根据权利要求 18 的方法,其中所述多个空间多样的位置关于与所述蹲伏的软磁体的中心对准的参考系的原点对称。

3D 磁传感器

背景技术

[0001] 磁场传感器器件广泛地用在传感器应用中,用于在许多汽车和工业应用中无接触地感测磁场。例如,在汽车应用中,霍尔效应器件可以用于通过测量嵌入在车轮中的磁畴的速度来测量自动刹车系统(ABS)速度传感器中的车轮速度。在该示例中,如果磁体接近固定的霍尔效应器件,则霍尔效应器件将测量磁场的增加。测量磁场增加所处的频率允许确定车轮的速度。

[0002] 典型地,磁场传感器器件被配置为测量沿单个轴的磁场分量。例如,半导体管芯内包括的横向霍尔板可以被配置为测量沿与半导体管芯的表面垂直的轴的磁场分量。替选地,半导体管芯内包括的垂直霍尔板可以被配置为测量沿与半导体管芯的表面平行的轴的磁场分量。由于磁场传感器器件仅能够测量沿单个轴(例如,与平面平行的面内轴或者与平面成法向的面外轴)的磁场分量,因此面外角度的测量是困难的。

[0003] 常常使用不同类型的磁场传感器器件的组合来进行面外角度的测量,这些磁场传感器器件被分别配置为测量面内场分量和面外场分量。通过将磁场分解为垂直于表面的一个分量和平行于表面的另一分量,可以将面外角度计算为两个分量之间的角度。

[0004] 例如,图 1 图示了示例性的现有技术的磁场传感器 100,其被配置为测量磁场 \vec{B} 的面外角度 θ 。磁场传感器 100 包括半导体管芯 102,半导体管芯 102 包括横向磁场传感器 104 (例如,普通霍尔效应器件)和垂直磁场传感器 106 (例如,垂直霍尔效应器件)。横向磁场传感器 104 被配置为测量与半导体管芯 102 的水平“顶”表面垂直的垂直磁场分量 108。垂直磁场传感器 106 被配置为测量与半导体管芯 102 的水平“顶”表面平行的水平磁场分量 110。

[0005] 处理单元可以被配置为接收测量的垂直磁场分量 108 和水平磁场分量 110 并且基于它们计算沿多个方向(例如,沿 x、y 和 z 轴)的磁场分量。然而,所得到的计算的磁场分量对两种类型的传感器的公差都敏感并且因此受到两种传感器类型中的不太精确的传感器类型的公差限制。

附图说明

[0006] 图 1 图示了被配置为测量磁场的面外角度的示例性的现有技术的磁场传感器。

[0007] 图 2 图示了包括附接到包括多个磁传感器元件的基板的表面的软磁体的磁场传感器的第一实施例的横截面视图。

[0008] 图 3a 示出了在存在磁场源生成的外部磁场的情况下与包括球形软磁体的磁场传感器对应的磁场线。

[0009] 图 3b 示出了与施加的磁场和球形软磁体生成的反作用磁场的叠加对应的磁场线。

[0010] 图 4 图示了包括球形软磁体的磁场传感器的三维视图。

[0011] 图 5 图示了被配置为减小基板上的软磁体的放置公差的校准系统的框图。

[0012] 图 6 图示了包括附接到半导体管芯的球形软磁体的磁场传感器的侧剖面。

[0013] 图 7 图示了具有从顶视图和横截面侧剖面示出的球形软磁体的磁场传感器的更具体的实施例。

[0014] 图 8a 至 8b 图示了包括球形软磁体的磁场传感器的磁场线图以及相关联的向量图。

[0015] 图 9 图示了应用于包括球形软磁体的磁场传感器的笛卡尔坐标系。

[0016] 图 10 图示了用于制造如此处提供的磁场传感器的示例性方法。

[0017] 图 11a 图示了包括基本上共面的多个磁传感器元件的磁场传感器。

[0018] 图 11b 图示了包括非共面的多个磁传感器元件的磁场传感器。

[0019] 图 12a 图示了附接到包括玻璃晶片的半导体管芯的“顶部”的磁场传感器的一个实施例。

[0020] 图 12b 图示了附接到包括玻璃晶片的半导体管芯的“底部”的磁场传感器的替选实施例。

[0021] 图 13a 至 13b 图示了包括用于速度检测传感器系统的利用磁阻 (XMR) 传感器的圆柱形软磁体的磁场传感器的另外的实施例。

[0022] 图 14 图示了用于确定具有非正交面外角度的磁场分量的示例性方法的流程图。

具体实施方式

[0023] 现在将参照附图来描述本发明,其中相同的附图标记用于通篇指示相同的元件,并且其中图示的结构和器件不一定依比例绘制。

[0024] 本公开的一些方面提供了一种磁场传感器,其被配置为确定具有非正交面外角度的磁场分量。在一个实施例中,方法和装置包括(例如,直接地或者经由一个或多个空隙层)附接到基板表面的蹲伏的(squat)软磁体,该基板包括具有安置成预定配置的多个空间多样的磁传感器元件的磁传感器阵列。在存在外部磁场的情况下,蹲伏的软磁体变得磁化以生成反作用磁场,该反作用磁场作为基板内或者基板表面上的位置的函数而变化。多个磁传感器元件分别被配置为测量沿第一轴(例如,z轴)的外部磁场和反作用磁场的叠加的磁场值,导致了沿第一轴的磁场分量的多个空间多样的测量结果。可以对多个空间多样的测量结果进行处理以计算外部磁场沿多个轴(例如,x轴、y轴和z轴)的外部磁场的磁场分量。

[0025] 图 2 图示了磁场传感器 200 的第一实施例的横截面视图,磁场传感器 200 包括直接地或者经由空隙结构或层而附接到基板 202 的表面的蹲伏的软磁体 206,基板 202 包括多个磁传感器元件 204。将认识到,如此处提到的术语基板可以包括任何类型的半导体本体(例如,硅、SiGe、SOI),诸如半导体晶片或者晶片上的一个或多个管芯,以及任何其他类型的半导体和/或在其上形成的和/或以其他方式与其相关联的外延层。此外,术语“软磁体”广泛地意味着涵盖使磁场畸变(即,具有不同于 1 的相对磁导率)而非独立地引发磁场(例如,如包括永磁的“硬磁体”那样)的材料。例如,软磁体可以包括具有大的相对磁导率的材料,诸如铁磁或亚铁磁材料(例如,具有 $\mu_r=4000$ 的铁,或者具有 $\mu_r=10000$ 的高磁导率合金(MuMetal))。

[0026] 参照图 2,多个空间多样的磁传感器元件 204x (其中 $x=a, b, \dots, n$)被包括在基板 202 内和/或上的预定位置/方位。多个磁传感器元件 204 可以包括与软磁体 206 接近布置的相同类型的若干个磁场传感器器件。例如,在一个实施例中,多个磁传感器元件 204 可以

包括例如配置成位于软磁体 206 下面的阵列结构的多个竖直霍尔效应器件或者磁阻 (XMR) 传感器。在更具体的实施例中,多个磁传感器元件 204 可以包括配置成阵列结构的多个霍尔板以检测沿与基板 202 的“顶”表面成法向的 z 轴的磁场分量。

[0027] 软磁体 206 被配置在基板 202 的表面上与多个磁传感器元件 204 接近。软磁体 206 可以包括任何蹲伏的软磁体,其具有与基板 202 的顶表面平行的第一尺寸 d_1 和与基板 202 的顶表面垂直的第二尺寸 d_2 。在一个实施例中,蹲伏的软磁体可以包括小于或等于 3:1 的第一和第二尺寸之间的宽长比 ($d_1:d_2$) (例如, $d_1:d_2=1\frac{1}{2}:1$),其中宽长比是一个面内尺寸与一个面外尺寸的比(例如, y 尺寸 : z 尺寸和 x 尺寸 : z 尺寸)。此外,蹲伏的软磁体可以包括大于或等于 1:3 的第一和第二尺寸之间的宽长比 ($d_1:d_2$)。因此,宽长比限定了蹲伏的软磁体既不是管芯表面上的薄膜(例如,具有小于 3:1 的宽长比)也不是与管芯表面垂直的细长结构(例如,具有大于 1:3 的宽长比)。

[0028] 在一个具体的实施例中,软磁体 206 可以具有基本上相等的第一和第二尺寸 d_1 和 d_2 (例如, $d_1 \approx d_2$)。面内尺寸和面外尺寸之间的这种对称性使磁场的面内分量的畸变与磁场的面外分量的畸变相同,导致了这两个分量的精确的磁场测量结果。

[0029] 间隙层 208 可以被配置在软磁体 206 与多个磁传感器元件 204 中的一个或多个和 / 或基板 202 之间。在各种实施例中,间隙层 208 可以包括一个或多个金属层和 / 或金属间氧化物层加上聚酰亚胺和 / 或其他保护层。在一个实施例中,间隙层 208 可以由具有高尺寸稳定性的非磁材料制成;因此有机涂覆材料是次优的。

[0030] 在存在外部磁场(图 2 中未示出)的情况下,软磁体 206 变得磁化,使其生成反作用磁场,该反作用磁场与外部磁场一起形成非均匀的叠加磁场,该叠加磁场具有等于外部磁场和反作用磁场的叠加的值。参见上图 3。多个磁传感器元件 204 耦接到测量单元 210,测量单元 210 被配置为从多个空间多样的磁传感器元件 204a、204b、204n 接收叠加磁场的单个磁场分量(例如, z 分量)的测量结果,导致了多个空间多样的叠加磁场分量测量结果。多个空间多样的叠加磁场分量测量结果可以由测量单元 210 进行处理以计算沿多个轴(例如, x 轴、 y 轴和 z 轴)的外部磁场的磁场分量。

[0031] 因此,磁场传感器 200 允许由单个类型的磁场传感器器件(例如,沿多个轴)精确地测量所施加的具有面外角度的磁场。

[0032] 如此处使用的术语“宽长比”指的是磁场传感器正在使用的许多个尺寸的宽长比。例如,在其中多个磁传感器元件包括 2 维传感器阵列(例如,对应于图 6 中所示的 3d 磁场传感器,其被配置为检测 x 、 y 和 z 方向上的磁场分量)的应用中,笛卡尔坐标系中的宽长比将指的是如下的比:软磁体的 y 尺寸:软磁体的 z 尺寸以及软磁体的 x 尺寸:软磁体的 z 尺寸。在其中多个磁传感器元件包括被配置为检测面内和面外方向上的磁场分量的、沿单个方向对准的传感器(例如,对应于图 13a 至 13b 的速度传感器)的另一示例中,笛卡尔坐标系中的宽长比将指的是如下的比:软磁体的 y 尺寸:软磁体的 z 尺寸或者软磁体的 x 尺寸:软磁体的 z 尺寸。

[0033] 软磁体可以包括提供可接受的宽长比的多种不同形状。在一个实施例中,软磁体可以包括球形。在又一实施例中,软磁体可以包括圆柱形。在另外的实施例中,软磁体可以包括如下形状,所述形状包括但不限于:立方体形状、椭圆形状、直角棱柱等。

[0034] 软磁体的这些蹲伏的形状提供了沿正交轴(例如,沿面内轴以及沿与面内轴正交

的面外轴)的基本上相等的退磁因子。因此,在存在外部磁场的情况下,当软磁体变得磁化以生成反作用磁场时,退磁因子的影响在不同的方向上基本上相等,以便不使一个方向(例如,沿面内轴)上的磁场的放大大于另一方向(例如,沿正交的面外轴)上的磁场的放大。

[0035] 此外,由于反作用磁场是软磁体的形状(例如,软磁体的蹲伏的形状)的强函数以及软磁体的相对磁导率的弱函数,因此相对磁导率对不同方向上(例如,在 x、y 和 z 方向上)的叠加磁场的测量结果的影响得以减小(例如,被有效地消除)以便不影响面内场分量或者面外场分量。在各种实施例中,软磁体的尺寸可以减小磁导率的影响,可以抑制到下至 0.1%。

[0036] 图 3a 示出了在存在磁场源 306 (例如,具有取向如 B 场线所示的内部磁化的永磁体)生成的外部磁场 304 的情况下包括球形软磁体 302 的磁场传感器。将认识到,尽管图 3a 至 3b 示出了针对球形软磁体描述的磁场线,但是针对图 3a 至 3b 描述的基本原理可以应用于如此处限定的任何蹲伏的体。

[0037] 在存在外部磁场 304 (例如,具有如 H 场线所示的外部磁场)的情况下,软磁体 302 变得磁化,使软磁体 302 生成作为位置的函数而变化的反作用磁场 308。具体地,由于外部磁场 304 使磁极在软磁体 302 内对准,因此通过与磁化相反的内部退磁场而在磁化的软磁体 302 的末端处形成了磁“极”。所生成的磁极导致了反作用磁场 308。如图 3a 中所示,软磁体 302 包括与外部磁场 304 对准的北磁极(N)和南磁极(S)。

[0038] 如图 3b 中所示,外部磁场 304 和反作用磁场 308 共同形成入射在多个磁传感器元件 312 上的叠加磁场 310。与因外部磁场的均匀性而在每个磁传感器元件处具有均匀的磁场分量的外部磁场 304 相对,叠加磁场 310 是不均匀的,使得叠加磁场的 z 分量作为磁传感器元件 312 相对于软磁体 302 的位置的函数而变化。由于磁传感器元件 312 的位置是已知的,因此在每个磁传感器元件 312 处测量的不同的 z 分量可以由测量单元 314 进行处理以确定所施加的磁场 304 沿多个轴的磁场分量(例如,沿 x 轴的 x 分量、沿 y 轴的 y 分量以及沿 z 轴的 z 分量)。

[0039] 因此,如图 3a 中所示,软磁体 302 生成反作用磁场 308,其以如下方式修改外部磁场 304,所述方式使得各个磁传感器元件 312 测量在空间多样的磁传感器元件 312 处具有不同的 z 分量的叠加磁场。

[0040] 图 4 图示了包括附接到具有多个磁传感器元件 406 的半导体管芯 404 的球形软磁体 402 的磁场传感器 400 的三维视图。如上文所述,球形软磁体 402 的对称性使得沿 x、y 和 z 轴的磁场分量被放大相似的因子。再者,球形软磁体的球对称性允许球体内部的磁化各向同性(例如,没有沿一个优选方向对准的趋势)。因此,磁化可以无偏好地转向任何方向(例如,与其中磁化希望沿最长边对准的矩形块相对),由此提高了磁场传感器的性能。

[0041] 软磁体的球形还因球形软磁体 402 的对称性而提供了球形软磁体 402 在半导体管芯 404 上的简化放置。例如,球形软磁体 402 不会经历关于倾斜和失准的问题。事实上,球形软磁体 402 的放置仅需要放置在半导体管芯 404 顶部上的适当的(x, y)坐标处。

[0042] 在一个实施例中可以使球形软磁体 402 的尺寸相对大(例如,直径大于 1mm)。球形软磁体 402 的大尺寸减小了放置误差的相对影响。此外,由于在间隙层的尺寸与球体半径相比为小的情况下软磁体对所施加的磁场的影响变大,因此大尺寸的球形软磁体 402 还可以提高磁场传感器性能。例如,可以使球形软磁体的尺寸与间隙的尺寸(其由技术确定)相

比相对大(例如,直径大于 1mm)。然而,实际的考虑限制了球体的尺寸。发明人已认识到,软磁体对所施加的磁场的影响在 1mm 以上略微下降。因此,在一个实施例中,磁球体可以具有直径为 1mm 至 2mm 的尺寸。

[0043] 将认识到,尽管针对图 4 中的球形软磁体描述了蹲伏的软磁体的放置和尺寸,但是此处提供的实施例也应用于其他形状的蹲伏的磁体。例如,使任何形状的蹲伏的软磁体的尺寸变大减小了放置误差的相对影响。

[0044] 此外,尽管图 4 的磁传感器元件 406 被图示为 3 维对称传感器阵列,但是这是非限制性实施例。本领域的普通技术人员将认识到,磁传感器元件 406 可以包括在沿单个轴延伸的传感器阵列内和 / 或包括在不具有对称性的传感器阵列内。例如,在一个实施例中传感器阵列可以包括沿单个方向对准的三个元件以测量两个方向(例如,与其中三个传感器元件对准的直线平行的面内方向以及与基板表面垂直的面外方向)上的磁场分量,而在另一实施例中传感器阵列可以包括沿二维不等边三角形配置对准的三个元件。

[0045] 在一个实施例中,通过使用包括在具有高度对称性的传感器阵列内的磁传感器元件,可以减小放置误差。在替选实施例中,可以由系统处理大部分的放置公差。例如,图 5 图示了可以用于减小半导体管芯 510 上的软磁体 502 的放置公差的校准系统 500 的框图。校准系统 500 被配置为在将软磁体 502 (例如,球形软磁体)附接到半导体管芯 510 上之后执行磁场传感器的校准。在该校准期间,测试装置 504 被配置为向磁场传感器施加方向被良好限定的测试磁场序列。根据测试磁场的测量结果计算适当的校正系数并且将其存储在存储器 506 中,存储器 506 可以位于半导体管芯 510 上。在磁场分量的测量期间,测量单元 508 可以访问校正系数并且将它们应用于所施加的磁场分量的测量。

[0046] 尽管图 5 的部件被图示和描述为位于单个半导体管芯上,但是将认识到在替选实施例中,分量(例如,502、504、506 和 506)可以位于不止一个半导体管芯上。

[0047] 图 6 图示了包括附接到半导体管芯 604 的球形软磁体 602 的磁场传感器 600 的侧剖面。在图 6 中,磁传感器元件 608 被安置在球形软磁体 602 下面,其方式使得磁传感器元件 608 落在球形软磁体 602 在半导体管芯 604 上的投影内(例如,磁传感器元件 608 以比球形软磁体 602 的半径小的距离隔开)。球形软磁体的中心 606 关于外围磁传感器元件 608a 和 608n 对称地安置(例如,球形软磁体的中心 606 和两个“外”磁传感器元件 608a 和 608n 之间的距离是相等的)。此外,在球形软磁体 602 和磁传感器元件 608 之间图示了间隙层 610 (例如,包括若干个金属和金属间-氧化物层和聚酰亚胺保护层)。

[0048] 图 7 图示了具有球形软磁体的磁场传感器的更具体的实施例。具体地,图 7 图示了磁场传感器的顶视图 700 和磁场传感器的横截面侧剖面 702。

[0049] 如顶视图 700 中所示,磁传感器元件 704 沿圆形图案 708 安置在半导体管芯 706 上,该圆形图案与球体 710 在半导体管芯 706 上的投影同心。更具体地,图 7 图示了包括五个磁传感器元件(704l、704r、704t、704b、704c)的传感器阵列,这些磁传感器元件沿 x 轴和 y 轴对称地安置,使得“外部”磁传感器元件在球形软磁体 712 下面具有沿圆形图案 708 的 90° 对称性。在替选实施例中,可以去除直接位于球形软磁体 712 的中心下面的磁传感器元件 704c。

[0050] 尽管图 7 图示了包括五个磁传感器元件的 2 维传感器阵列,但是通常,在如此处提供的磁场传感器中可以使用任何数目的磁传感器元件。例如,在一个实施例中,三个磁传感

器元件可以沿圆形图案 708 以 120° 对称性设置。在替选实施例中，“外部”磁传感器元件可以包括数目更大或更小的磁传感器元件。使用任何更高数目的磁传感器元件来检测跨越半导体管芯的磁场图案将导致提高的测量精度(例如,通过最小二乘误差拟合或者其他回归方案)以及系统的鲁棒性(例如,消除不均匀的施加场并且滤除均匀的部分)。此外,尽管磁传感器元件的对称性可以提高磁场读取,但是这不是必需的。在一个实施例中,磁传感器元件可以不对称地设置在半导体管芯上。例如,三个磁传感器元件可以按非对称图案配置以测量沿正交轴的磁场分量(只要这三个元件不在单个直线上)。

[0051] 如上文所述,多个磁传感器元件被配置为测量沿单个方向的外部磁场和反作用磁场的叠加的磁场值。可以基于外部磁场和反作用磁场的叠加的所测量磁场值来计算沿多个正交轴的磁场分量。图 8a 至 8b 图示了包括球形软磁体的磁场传感器的磁场线图以及相关联的向量图。具体地,向量图图形地图示了叠加磁场的 z 分量如何基于所施加的磁场的面外角度 θ 而在各种磁传感器元件位置处改变。

[0052] 图 8a 图示了在存在与 z 轴对准的所施加的磁场 802 的情况下的磁场传感器 804 (即,具有面外角度 $\theta_1=90^\circ$)。如图 800 中所示,当磁场传感器 804 处于存在所施加的外部磁场 802 的情况下,但是不存在软磁体时,如向量图 806x (其中 $x=l, c, r$)所示,每个传感器元件 802x (其中 $x=l, c, r$)测量到 z 方向上的相等磁场分量。然而,如图 808 中所示,当磁场传感器 804 包括被所施加的外部磁场 802 磁化以生成反作用磁场 810 的软磁体时,所施加的外部磁场和反作用磁场的叠加使得叠加磁场的 z 分量作为位置的函数而改变。因此,如向量图 812 所示,不同的磁传感器元件(例如,802l、802c 或 802r)可以测量到 z 方向上的不同磁场分量。具体地,与外围磁传感器元件 802l 和 802r (例如,位于其中所施加的磁场和反作用磁场处于不同方向上的位置)相比,中心磁传感器元件 802c (例如,位于其中所施加的磁场和反作用磁场处于相同方向上的位置)处测量的叠加磁场的 z 分量测量到磁场的更大 z 分量。例如,向量图 812c 具有比向量图 812r 和 812l 大的 z 分量。

[0053] 图 8b 图示了在存在关于 z 轴旋转的所施加的磁场的情况下的磁场传感器 804 (即,具有面外角度 $\theta_2 < \theta_1$)。如图 814 中所示,当磁场传感器 804 处于存在所施加的外部磁场 802 的情况下,但是不存在软磁体时,如向量图 816x (其中 $x=l, c, r$)所示,每个传感器元件 802x (其中 $x=l, c, r$)测量到 z 方向上的相等磁场分量。然而,如图 818 中所示,当磁场传感器 804 包括被磁化以生成反作用磁场 810 的软磁体时,所施加的磁场和反作用磁场的叠加使得叠加磁场的 z 分量作为位置的函数而改变,从而不同的传感器元件(例如,802l、802c 或 802r)可以测量到 z 方向上的不同磁场分量。

[0054] 具体地,在存在所施加的磁场 802 的情况下,软磁体生成与所施加的磁场 802 对准的北磁极(N)和南磁极(S)。这些磁极生成反作用磁场 810,反作用磁场 810 被添加到所施加的磁场 802 以形成叠加磁场。对比图 8a,所施加的磁场 810 关于 z 轴的旋转使得测量的叠加磁场的 z 分量不围绕中心磁传感器元件 802c 对称。例如,右磁传感器元件 802r 与左磁传感器元件 802l (由向量图 820l 图示)相比将测量到较小的 z 分量(由向量图 820r 图示),因为反作用磁场 810 的旋转使得右磁传感器元件 802r 的位置处的叠加磁场与左磁传感器元件 802l 的位置处的叠加磁场具有较小的 z 分量。相似地,中心磁传感器元件 802c 将测量到与图 808 中测量到的 z 分量不同的 z 分量(对比向量图 812c,由向量图 820c 图示)。

[0055] 对图 8a 至 8b 中所示的所测量磁场的 z 分量进行处理,允许使用多个磁传感器元

件 802 来确定面外角度 θ ，该面外角度 θ 是根据磁传感器元件的已知位置和磁场测量结果的空间多样性而计算的。

[0056] 图 9 图示了应用于包括球形软磁体的磁场传感器 900 的笛卡尔坐标系。如图 9 中所示，磁场传感器 900 包括围绕笛卡尔坐标参照系的原点 $(0, 0)$ 对称的磁传感器元件 902。与图 8a 至 8b 中所示的向量图类似，通过对在半导体管芯 904 上的不同空间位置处在 z 方向（离开纸面）上取得的磁场测量结果进行处理，可以确定不同的磁场分量（例如， x 、 y 和 z 分量）。

[0057] 例如，所施加的磁场的 x 分量 (h_x) 与位置 $(x_0, 0)$ 和位置 $(-x_0, 0)$ 处的叠加磁场 (B_z 场) 的 z 分量之间的差成比例。类似地，所施加的磁场的 y 分量 (h_y) 与位置 $(0, y_0)$ 和位置 $(0, -y_0)$ 处的 B_z 场之间的差成比例。可以以各种方式计算所施加的磁场的 z 分量 (h_z)：通过使位置 $(x_0, 0)$ 和位置 $(-x_0, 0)$ 处的两个 B_z 场相加以获得 h_z^x ，通过使位置 $(0, y_0)$ 和位置 $(0, -y_0)$ 处的两个 B_z 场相加以获得 h_z^y ，或者通过替选地将传感器放置在 $(0, 0)$ （即，在球体正下方）并且直接测量那里叠加磁场的 z 分量以获得 h_z^z 。在另外的实施例中，在存在如下现象的情况下：磁传感器元件的失配、软磁体的放置公差、磁传感器元件的噪声、不均匀的机械应力以及磁传感器元件上的温度，可以使测量的叠加磁场分量相加（例如， $h_z^x + h_z^x$ 或者 $h_z^x + h_z^y + h_z^z$ ）以给出更好的结果。

[0058] 在一个实施例中，如果磁传感器元件 902 被配置为响应于竖直磁场（即，与离开纸面的 z 轴对准的磁场），则可以使它们隔开某个距离，该距离使反作用磁场对磁传感器元件的影响最优化。在其中磁传感器元件沿圆形图案 908 设置的一个实施例中，沿给定轴（例如， x 轴、 y 轴）并且位于圆形图案 908 上的磁传感器元件可以通过使它们彼此隔开某个距离而被最优化，该距离等于球形软磁体的半径加上间隙层的高度。例如，在图 9 中，位于 $(x_0, 0)$ 和 $(-x_0, 0)$ 处的磁传感器元件可以通过使它们彼此隔开 $a+g$ 的距离（其中 a 是球体的半径并且 g 是间隙层的竖直尺寸，如图 7 的横截面侧剖面 702 中所示）使得 $2x_0=a+g$ 而被最优化。相似地，位于 $(0, y_0)$ 和 $(0, -y_0)$ 处的磁传感器元件可以通过使它们彼此隔开 $a+g$ 的距离使得 $2y_0=a+g$ 而被最优化。这种间隔使磁球体生成的反作用磁场对磁传感器元件 902 的影响最优化。

[0059] 图 10 图示了用于制造如此处提供的磁场传感器的示例性方法 1000。图 11 至 12 图示了如此处提供的磁场传感器的各种实施例。尽管将结合示例性方法 1000 描述图 11 至 12，但是将认识到，这些图不限于由该方法形成的结构，而是作为替代包括与制造方法无关的不同的物理装置。

[0060] 在 1002 处，形成与基板邻接的包括多个磁传感器元件的传感器阵列。在一个实施例中，传感器阵列可以在基板内形成。在替选实施例中，传感器阵列可以在基板顶部上形成。传感器阵列包括具有单个类型的磁场传感器器件的多个磁传感器元件。例如，在一个实施例中，磁传感器元件包括如下器件，这些器件响应于磁场的 z 分量，但不响应于磁场的 x 或 y 分量。磁传感器元件通常可以包括可以在 CMOS 工艺中可集成的精确的且线性的传感器元件。

[0061] 在图 11a 中所示的一个实施例中，磁场传感器 1100 被配置为包括沿平面 1108 基本上共面（例如，与 x 轴平行）的多个磁传感器阵列 1106。这种实施例可以包括被配置成 2 维传感器阵列的多个磁传感器元件，该传感器阵列在基板 1104 内沿平面 1108 共面。在图

11b 中所示的替选实施例中,磁场传感器 1110 被配置为包括沿不止一个平面定位的多个磁传感器元件 1106。具体地,图 11b 示出了包括堆叠管芯布置的磁场传感器 1110,其中第一半导体管芯 1112 堆叠在另一第二半导体管芯 1114 上以便形成多个平面中的磁传感器元件 1106。例如,如图 11b 中所示,磁传感器元件 1106a 和 1106c 沿在第一半导体管芯 1112 内形成的第一平面 1116 形成,并且磁传感器元件 1106b 沿在第二半导体管芯 1114 内形成的第二分离的平面 1118 形成,第二半导体管芯 1114 在磁场传感器 1110 的制造期间被放置在第一半导体管芯 1112 的顶部上。具有下面的第二半导体管芯 1114 中的中心磁传感器元件 1106c 的图 11b 中所示的配置可能是有利的,从而软磁体 1102 不会按压中心磁传感器元件 1106c。

[0062] 在 1004 处形成软磁体。软磁体可以包括具有低矫顽力和大相对磁导率的软磁材料。在一个实施例中,软磁体可以包括大的饱和磁化。在更具体的实施例中,软磁体可以包括软磁铁氧体以及例如如透磁合金(permalloy)或高磁导率合金的镍铁合金。

[0063] 在一个实施例中,软磁体可以与封装组装工艺或者前端半导体制作工艺兼容。此外,软磁体可能与焊接或粘接工艺结合是化学惰性的,所述工艺可能用于将球体附接到管芯的表面。在一个实施例中,软磁体可以抵抗通过典型的廉价传感器封装的塑料封装的腐蚀和湿气进入。在另一实施例中,软磁体可以包括能够承受在磁场传感器的制造和操作期间使用的温度范围的材料。在一个具体的实施例中,软磁体首先被研磨并且随后通过适当的热处理进行退火(典型地在 H₂ 气氛中进行)以减小矫顽力。在其中软磁体包括球体的实施例中,可以使用来自滚珠轴承的制造商的公知生产技术来高精度地且低成本地制造软磁体。

[0064] 在 1006 处,将软磁体放置到基板上。如果软磁体足够大,则小的放置公差是无关系的。而且,如上文所述可以执行校准以去除放置公差。参见上图 5。

[0065] 在图 12a 至 12b 中所示的替选实施例中,磁场传感器可以使用“玻璃层”或玻璃晶片 1210 来帮助放置软磁体 1206。玻璃晶片 1210 可以由某种类型的玻璃制成,该类型的玻璃具有与半导体管芯 1202 的热膨胀系数相似的热膨胀系数。例如,硅基板可以使用 Borofloat 玻璃。

[0066] 可以将一个或多个孔和 / 或凹部刻蚀到玻璃晶片 1210 中(例如,使用各向同性刻蚀过程)。如图 12a 中所示,孔被配置为延伸通过玻璃晶片的高度,而在图 12b 中,凹部未被配置为延伸通过玻璃晶片的高度。此外,孔 / 凹部可以被形成为具有不同的形状。例如,在一个实施例中,孔 / 凹部可以与软磁体的球形相符,而在另一实施例中,孔 / 凹部可以包括通过各向异性刻蚀在硅中形成的 V 形槽以容纳部分软磁体。

[0067] 可以使用例如粘合剂或者阳极接合过程将玻璃晶片 1210 接合到半导体管芯 1202。玻璃晶片 1210 相对硅晶片的对准精度可以是极高的(例如,优于 5 μm)。在接合到半导体管芯 1202 之后,使用本领域中公知的方法(例如,化学机械抛光),可以使玻璃晶片 1210 薄化下至 200-400 μm。此后,软磁体 1206 可以被放置到玻璃晶片的一个或多个孔 / 凹部中。

[0068] 在一些实施例中,使用玻璃晶片进行对准允许在接合到半导体晶片的玻璃晶片的孔 / 凹部中在良好限定的位置针对管芯附接不止一个软磁体。在一个实施例中,附接到管芯的软磁体甚至可以具有不同的尺寸,这些尺寸可以由玻璃晶片中的孔 / 凹部调整。在一

个实施例中,在晶片制造期间可以使用三维图案化来帮助将一个或多个软磁体放置在半导体管芯上。可以使用光图案化工艺进行三维图案化,该光图案化工艺使用例如 SU8 光刻胶。

[0069] 图 12a 图示了磁场传感器 1200 的第一实施例,其中放置在半导体管芯 1202 的“顶部”上的玻璃晶片 1210 包括多个磁传感器元件 1204。间隙层 1208 被配置在半导体管芯 1202 和玻璃晶片 1210 之间。图 12b 图示了磁场传感器 1212 的替选实施例,其中玻璃晶片 1210 和球形软磁体被放置在半导体管芯 1202 的“底部”表面(即,距磁传感器元件 1204 较远的表面)上。磁场传感器 1212 的替选实施例可以有利地使传感器元件 1204 紧密接近某个外部结构。在这种实施例中,可以使半导体管芯 1202 尽可能薄(例如,60 μm 厚)以便使传感器元件 1204 和软磁体 1206 之间的垂直距离最小化。

[0070] 在 1008 处执行管芯封装。管芯封装可以包括将半导体管芯(包括磁场传感器)封装在塑料封装中。在一个实施例中,为了防止软磁体上的应力,软磁体可以被存储在液体乳胶中,该液体乳胶还可以防止可能引起球体表面和模制化合物之间的分层的表面氧化或腐蚀。

[0071] 图 13a 至 13b 图示了包括用于速度检测传感器系统的利用磁阻(XMR)传感器(例如,巨磁阻(GMR)传感器元件)的圆柱形软磁体的磁场传感器的另外的实施例。磁场传感器被配置为从 XMR 信号的水平场分量当中计算垂直场分量。

[0072] 图 13a 图示了包括半导体管芯 1302 的磁场传感器 1300 的三维图,半导体管芯 1302 具有在附接到半导体管芯 1302 的表面的圆柱形软磁体 1306 周围横向布置(例如,朝向左侧和右侧)的两个长 XMR 传感器带 1304。圆柱形软磁体 1306 与 XMR 传感器带 1304 对准以便使其对称轴 1308 在 XMR 传感器带 1304 中间。在一个实施例中,圆柱形软磁体 1306 被配置为在半导体管芯 1302 的“底”侧以使 XMR 传感器带和极带(pole-strip)之间的距离最小化。

[0073] 如图 13b 中所示,磁场传感器 1300 可以包括在速度检测传感器系统 1310 的引线框封装内。图 13b 图示了耦接到半导体管芯 1302 的引线框 1312,半导体管芯 1302 具有 XMR 传感器带 1304 并且附接到圆柱形软磁体 1306。磁场传感器可以被封装在封装 1314(例如,塑料封装)中以防止对磁场传感器的损坏。磁场传感器被设置为接近被配置为生成外部磁场的永磁化极带 1316。

[0074] 极带 1316 包括北(N)磁极和南(S)磁极的序列并且被配置为围绕旋转轴 1318 旋转。N 和 S 磁极的序列可以沿第一路径排成一行,第一路径与圆柱形软磁体 1306 的对称轴 1308 垂直。在各种实施例中,极带可以包括直带或者具有沿车轮周长的弯曲的极带,从而极带是在垂直于 XMR 传感器带延伸的方向上排成一行的 N 极和 S 极的序列。当旋转时,N 磁极和 S 磁极形成振荡外部磁场。

[0075] 在存在外部磁场的情况下,圆柱形软磁体 1306 使极带生成的磁场的 z 分量转向 x 方向(即,圆柱体使极带 1316 生成的磁场的 z 分量弯曲到 x 方向)。极带 1316 还生成 x 方向和 y 方向上的磁场,它们是正弦的且具有 90° 的相移。

[0076] 可以使 XMR 传感器带 1304 测量的磁场分量相加以测量极带生成的磁场的 x 分量。相似地,可以减去 XMR 传感器带 1304 测量的磁场分量以测量极带生成的磁场的 z 分量。此外,由于磁场的 x 和 y 分量是正弦的并且有 90° 相位差,因此可以使用它们来检测旋转方向。因此,磁场传感器可以测量磁场的 x 和 z 分量以及极带的旋转方向(例如,顺时针、逆时

针)。

[0077] 在一个实施例中,如对本领域的普通技术人员公知的,磁场传感器可以包括两个圆柱形磁体。在这种实施例中,两个圆柱形磁体可以在 x 方向上彼此隔开特定的间距。于是系统可以提取在两个位置处由极带生成的 Bx 场的差异和 Bz 场的差异。

[0078] 将认识到,磁场传感器 1300 可以用于任何尺寸的极带。而且,使用大的圆柱体可以调离(shunt away)XMR 传感器上的磁场的 y 分量,使得它们更鲁棒。此外,由于 XMR 传感器非常灵敏,因此与霍尔传感器相比提高了噪声相关品质因数(如相位抖动和最大可能气隙)。

[0079] 图 14 图示了用于测量具有非正交面外角度的磁场分量的示例性方法 1400 的流程图。

[0080] 尽管下文将方法 1400 图示和描述为一系列动作或事件,但是将认识到,这些动作或事件的图示顺序不要被解释为限制意义。例如,一些动作可以按不同的顺序发生和 / 或与除了此处图示和 / 或描述的动作或事件以外的其他动作或事件同时发生。此外,可能并非需要所图示的所有动作来实现此处的公开实施例的一个或多个方面。再者,此处示出的一个或多个动作可以在一个或多个分离的动作和 / 或阶段中进行。

[0081] 在 1402 处,将外部磁场施加到软磁体以感生作为位置的函数而变化的反作用磁场。具体地,外部磁场被配置为使软磁体的磁偶极沿与面外角度一致的轴对准,导致了软磁体中的磁“极”的形成。磁极形成了反作用磁场,其叠加在外部磁场上以形成叠加磁场。

[0082] 在 1404 处,在空间多样的位置处测量叠加磁场沿第一方向的值,导致了多个测量的磁场值。在一个实施例中,具有在半导体管芯上安置成预定配置的多个空间多样的磁传感器元件的磁传感器阵列可以被配置为测量半导体管芯上的空间多样的位置处的叠加磁场的值。

[0083] 在 1406 处,基于多个测量的磁场值计算沿多个轴的磁场。例如,可以基于沿 z 方向的多个测量的磁场分量来计算沿 x、y 和 z 方向的磁场分量。

[0084] 尽管关于一个或多个实现方案图示和描述了本发明,但是在不偏离所附权利要求的精神和范围的情况下可以对所图示的示例进行变更和 / 或修改。使用标准的编程和 / 或工程技术来产生软件、固件、硬件或者任何它们的组合以控制计算机实现所公开的主题内容,可以将要求保护的主体内容实现为方法、装置或者制造物品。如此处使用的术语“制造物品”旨在涵盖能从任何计算机可读设备、载体或介质访问的计算机程序。当然,本领域的技术人员将认识到,在不偏离要求保护的主体内容的范围或精神的情况下可以对该配置进行许多修改。

[0085] 具体关于由上述部件或结构(组件、器件、电路、系统等)执行的各种功能,用于描述这些部件的术语(包括提到的“装置”)旨在(除非另外指出)对应于执行所描述的部件的规定功能的任何部件或结构(例如,功能上等同),即使在结构上并不等同于执行在此处图示的本发明的示例性实现方案中的功能的所公开结构。此外,尽管关于若干个实现方案中的仅一个实现方案公开了本发明的具体特征,但是这种特征可以如对于任何给定的或特定的应用可能期望和有利的那样与其他实现方案的一个或多个其他特征组合。此外,就在详细描述和权利要求中使用术语“包括(including)”、“包括(includes)”、“具有(having)”、“具有(has)”、“带有(with)”或者它们的变体而言,这些术语旨在按与术语“包

括(comprising)”相似的方式是内含的。

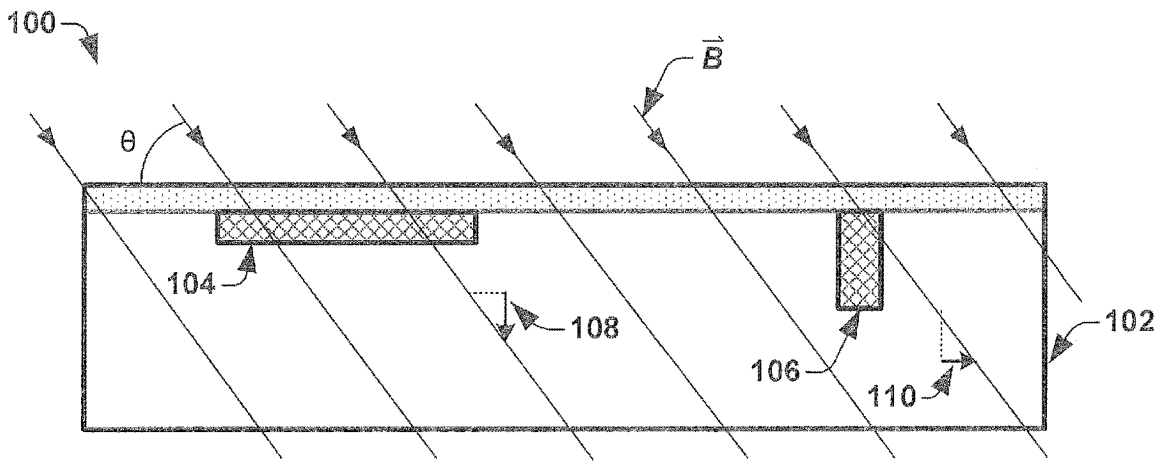


图 1

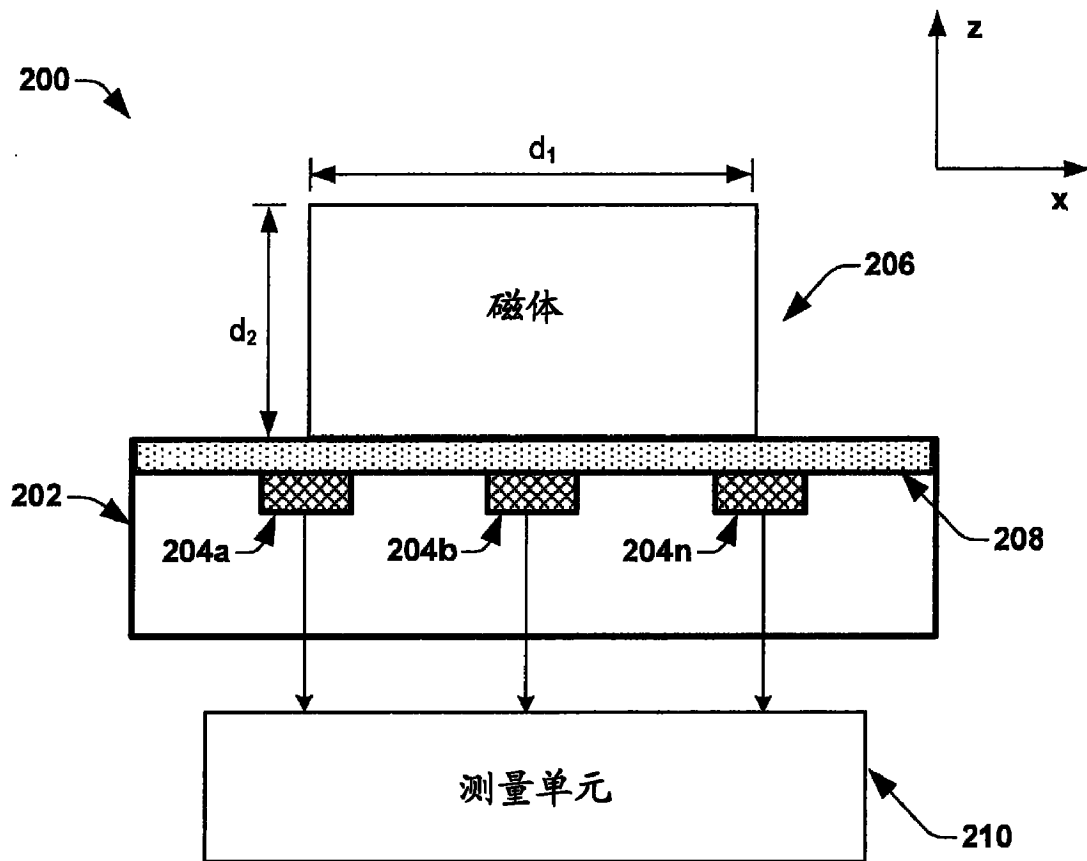


图 2

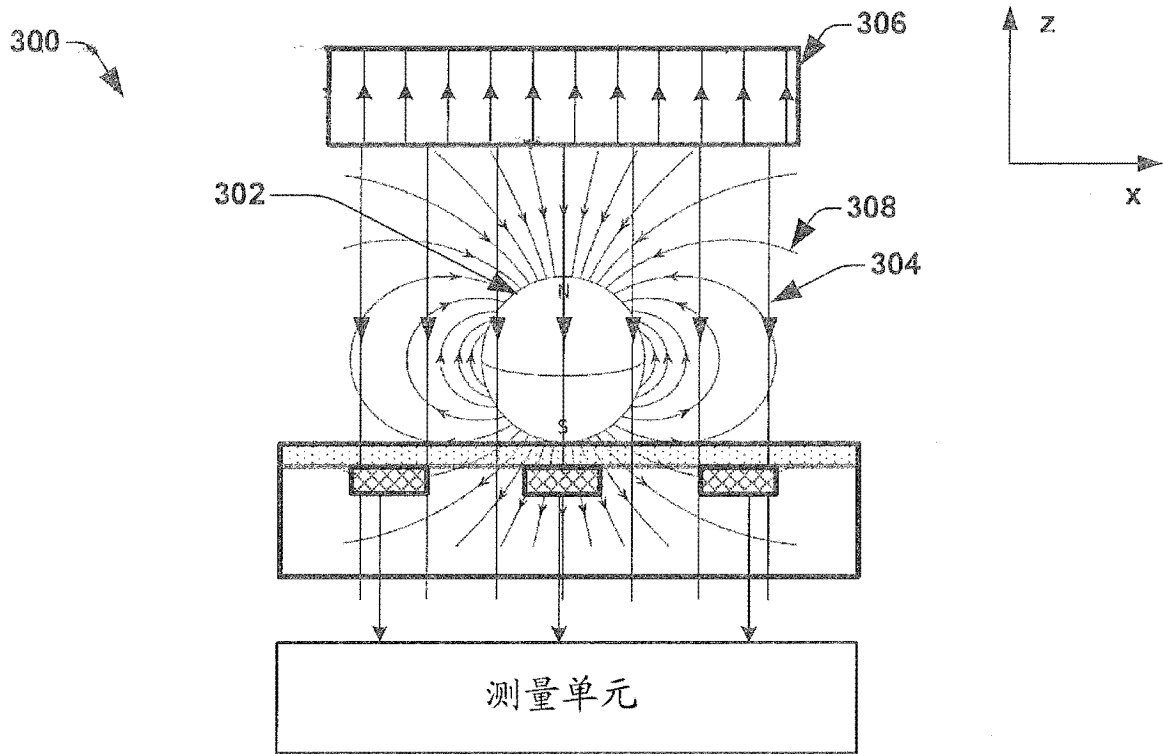


图 3a

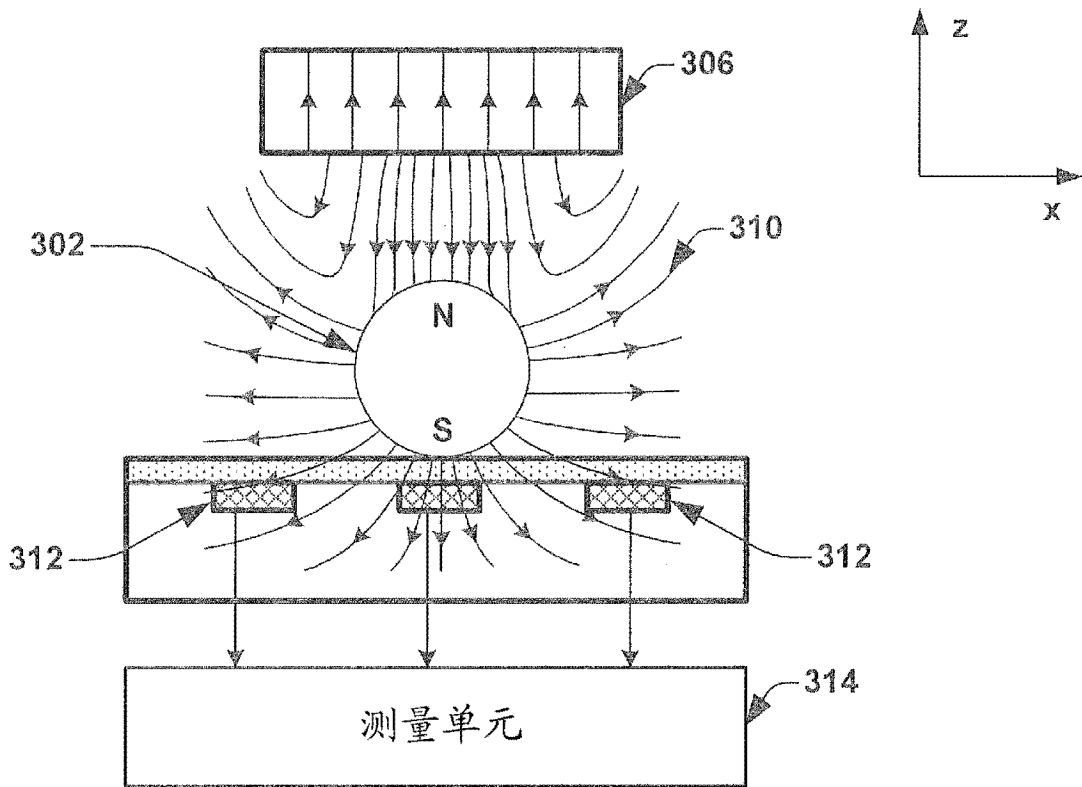


图 3b

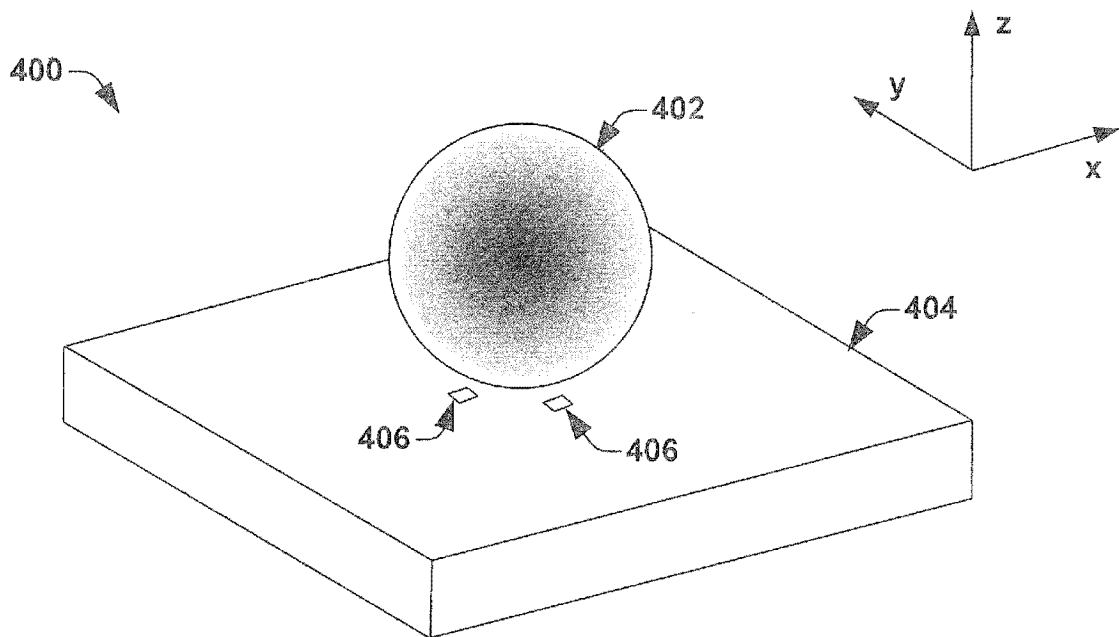


图 4

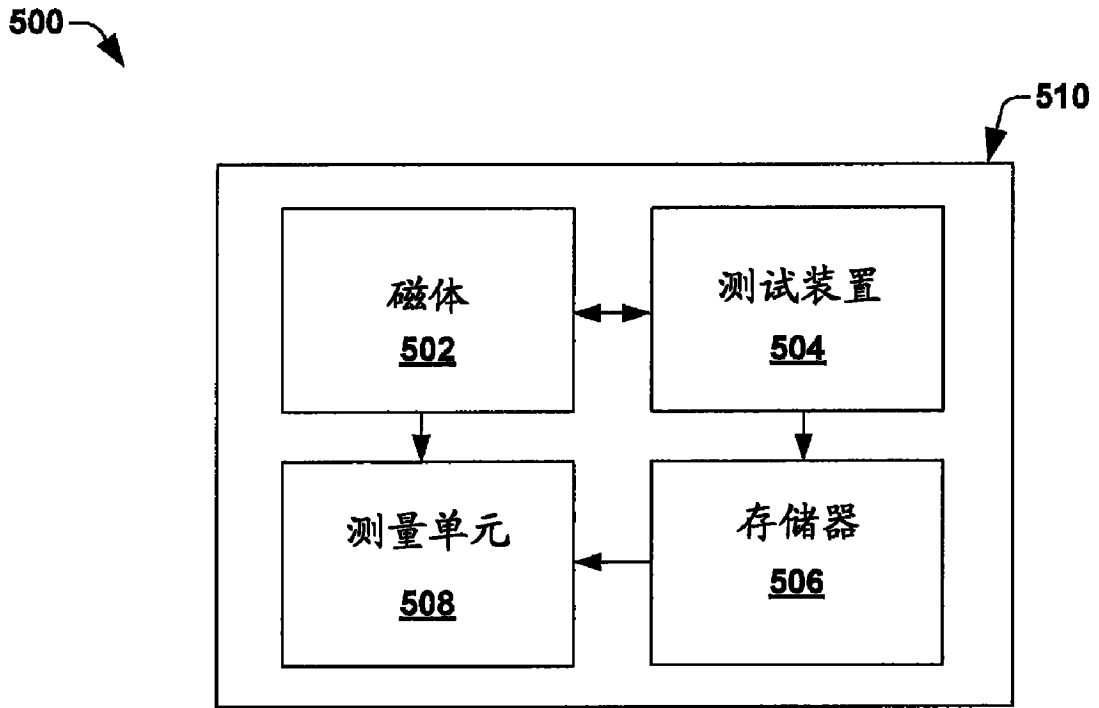


图 5

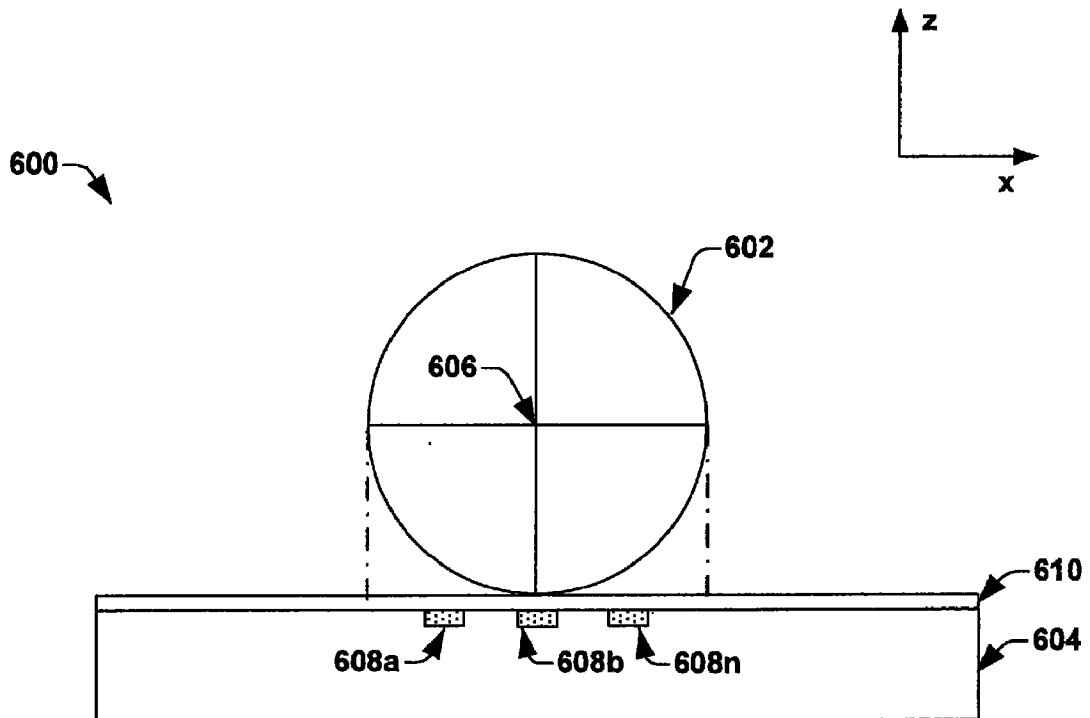


图 6

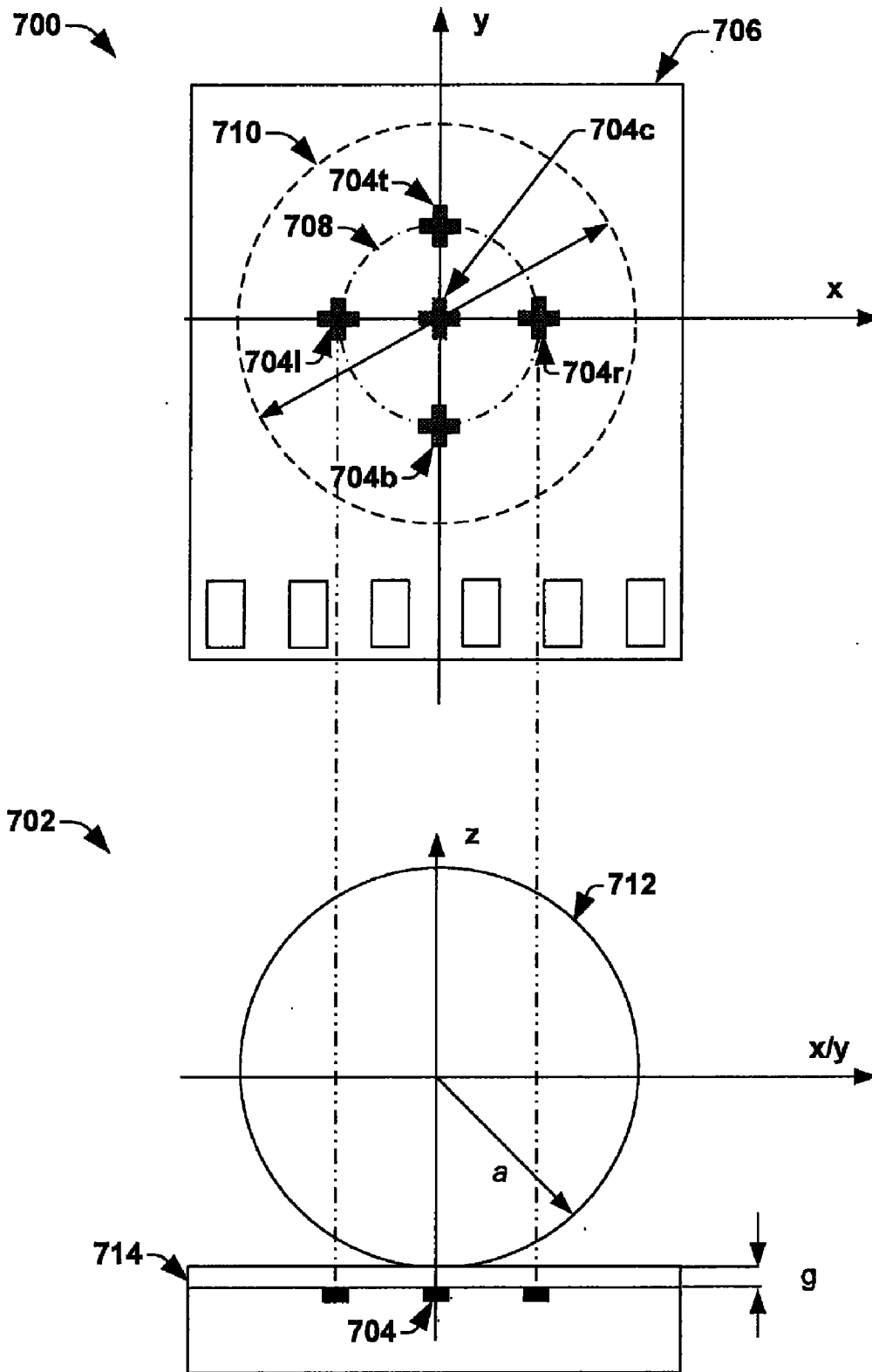


图 7

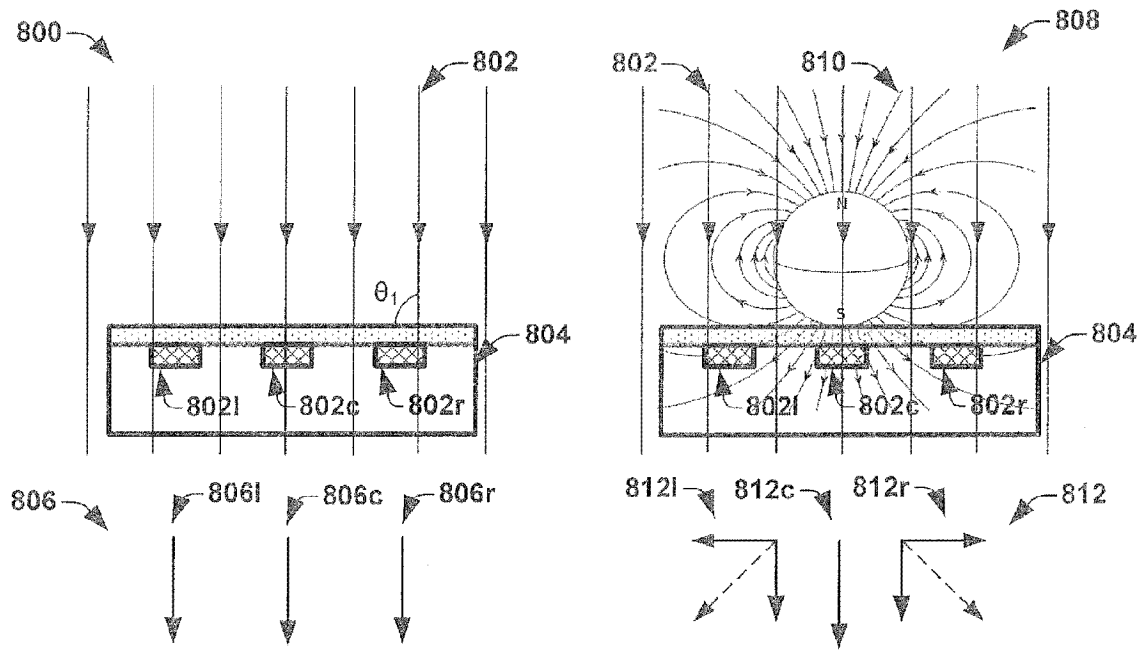


图 8a

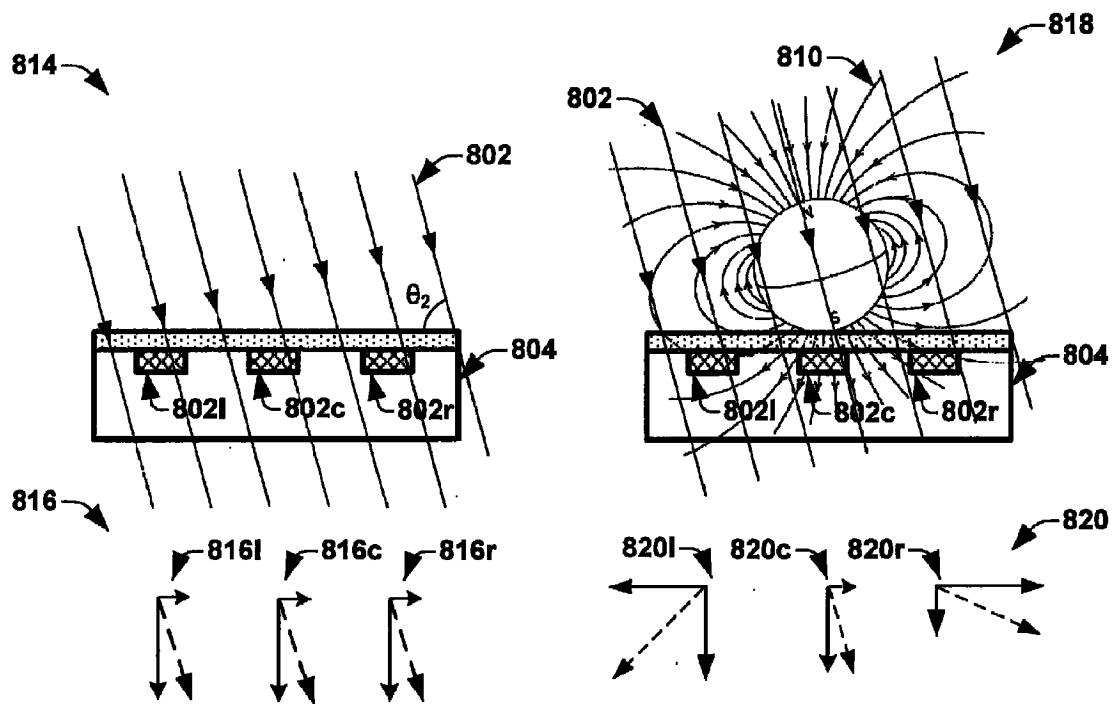


图 8b

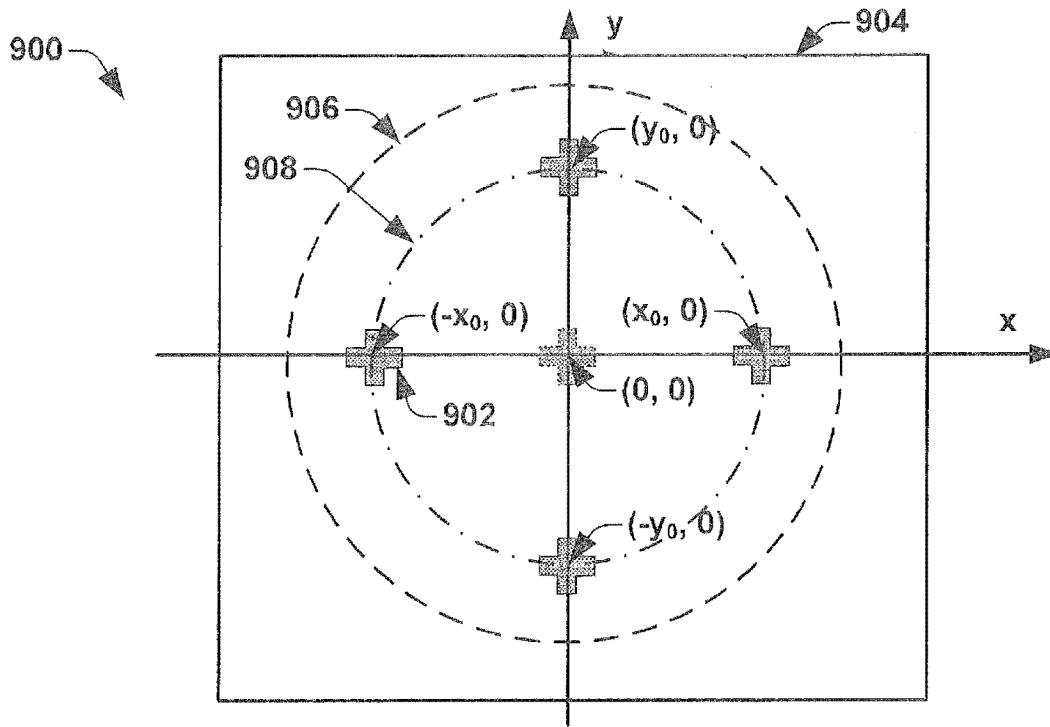


图 9

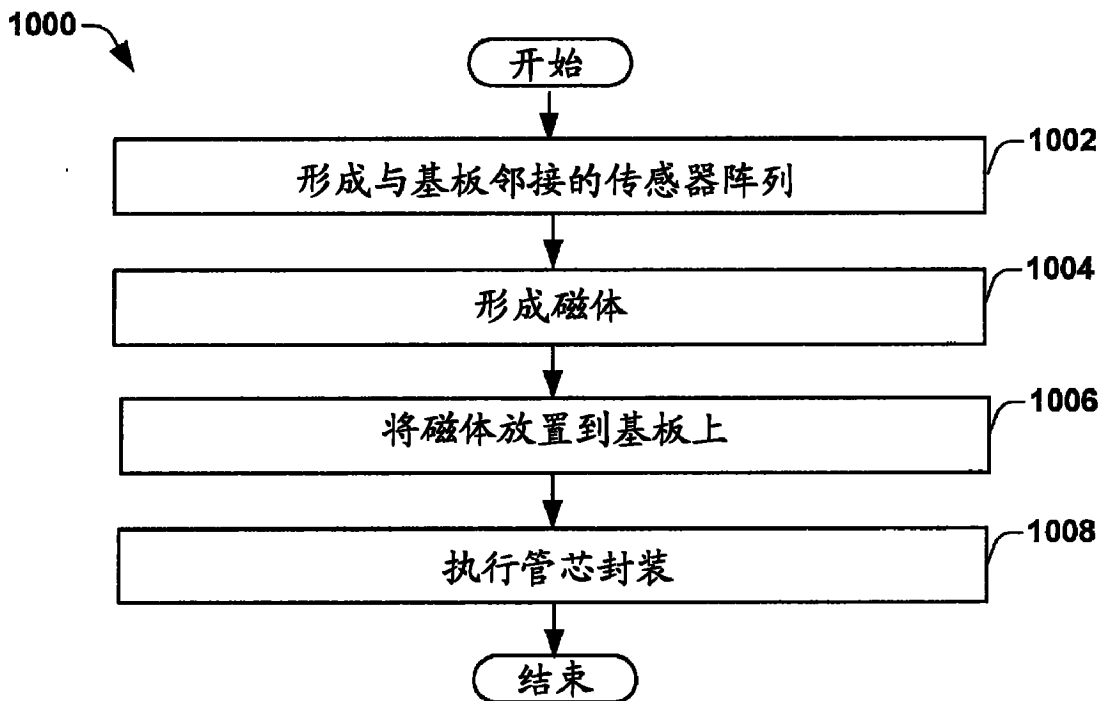


图 10

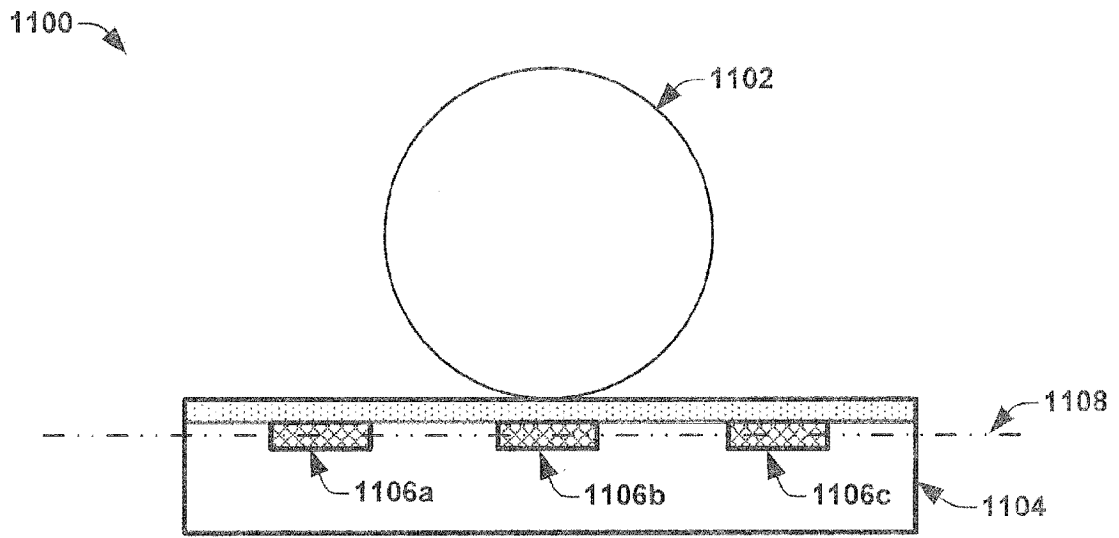


图 11a

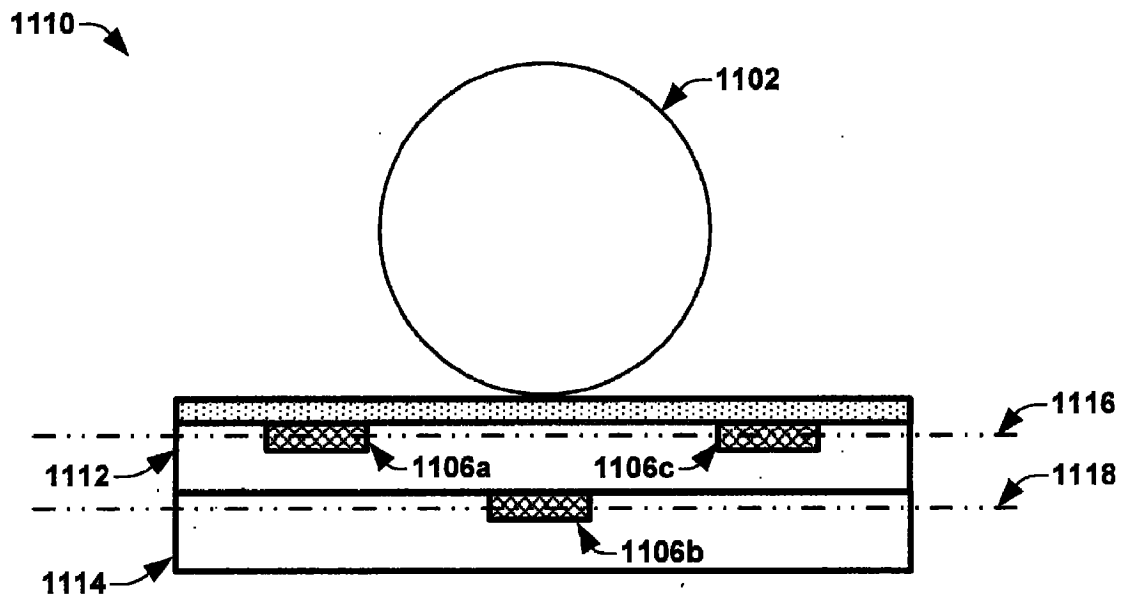


图 11b

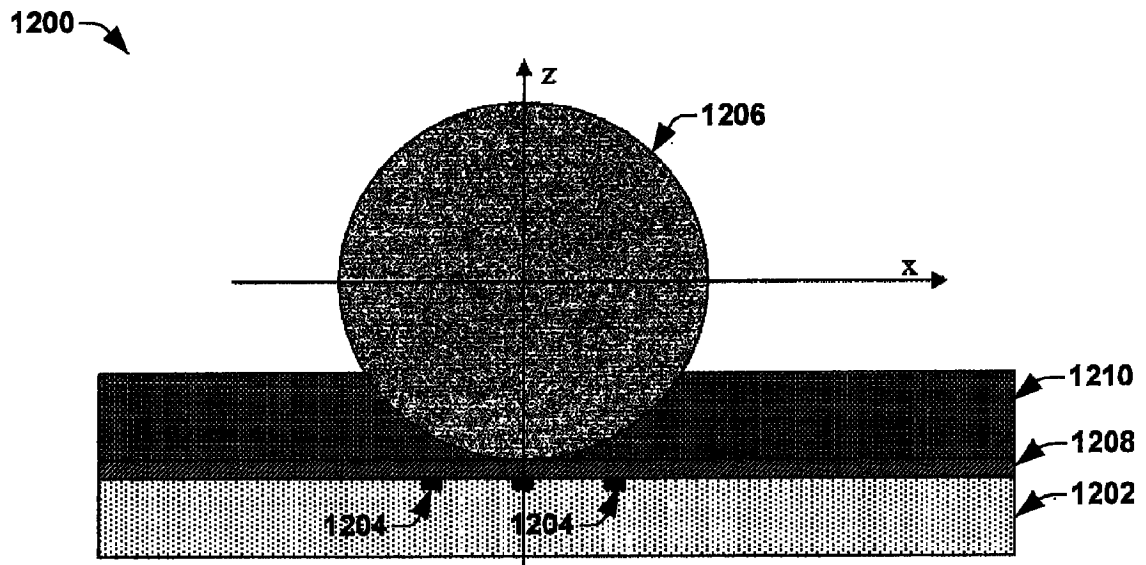


图 12a

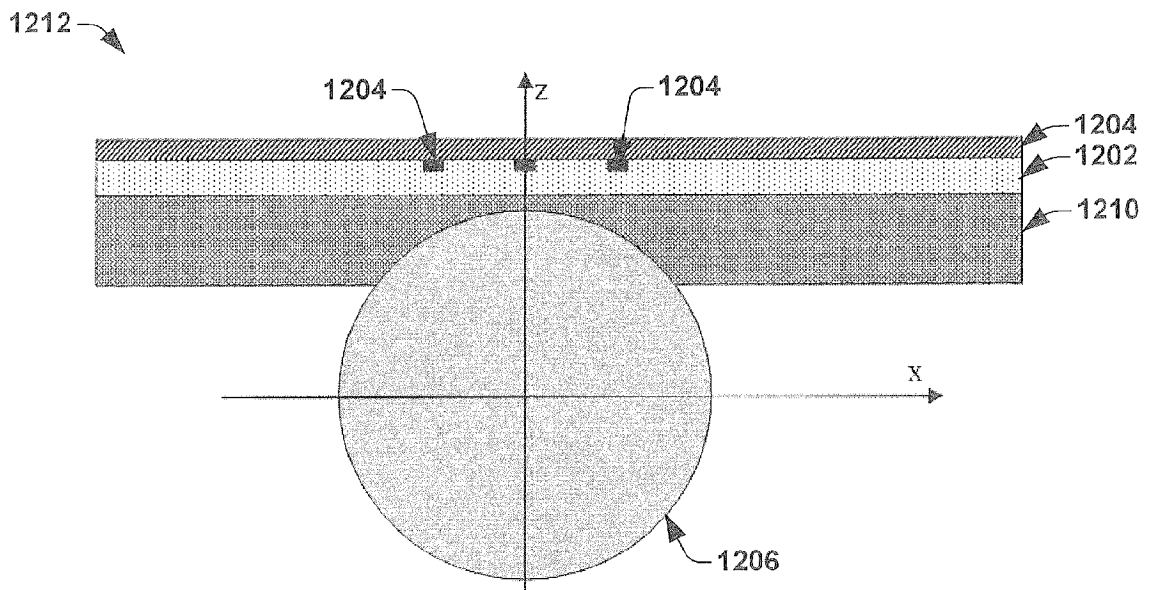


图 12b

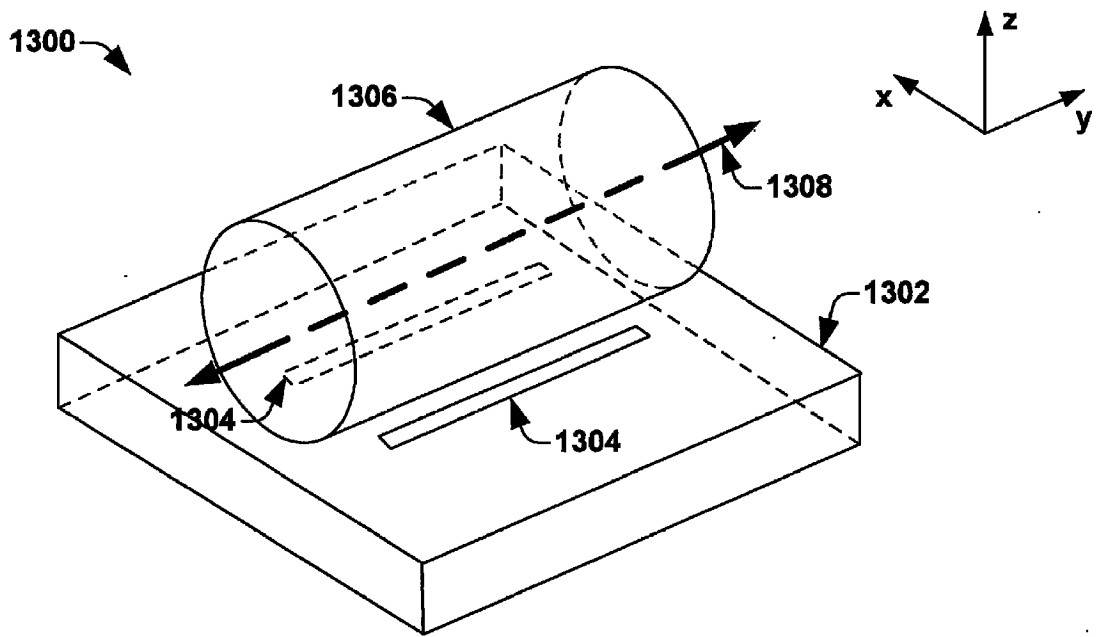


图 13a

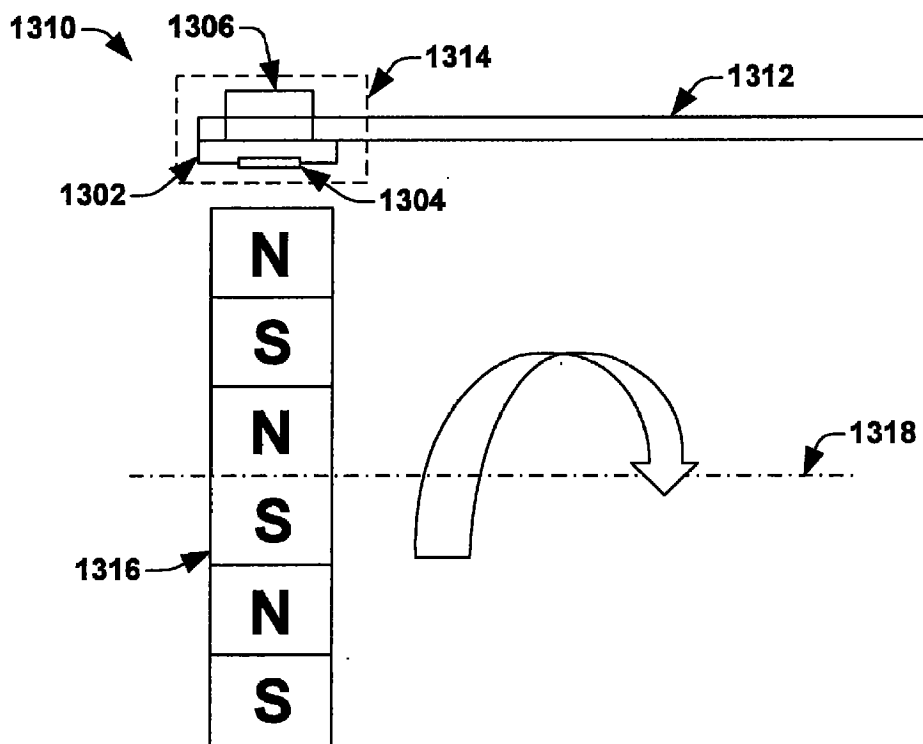


图 13b

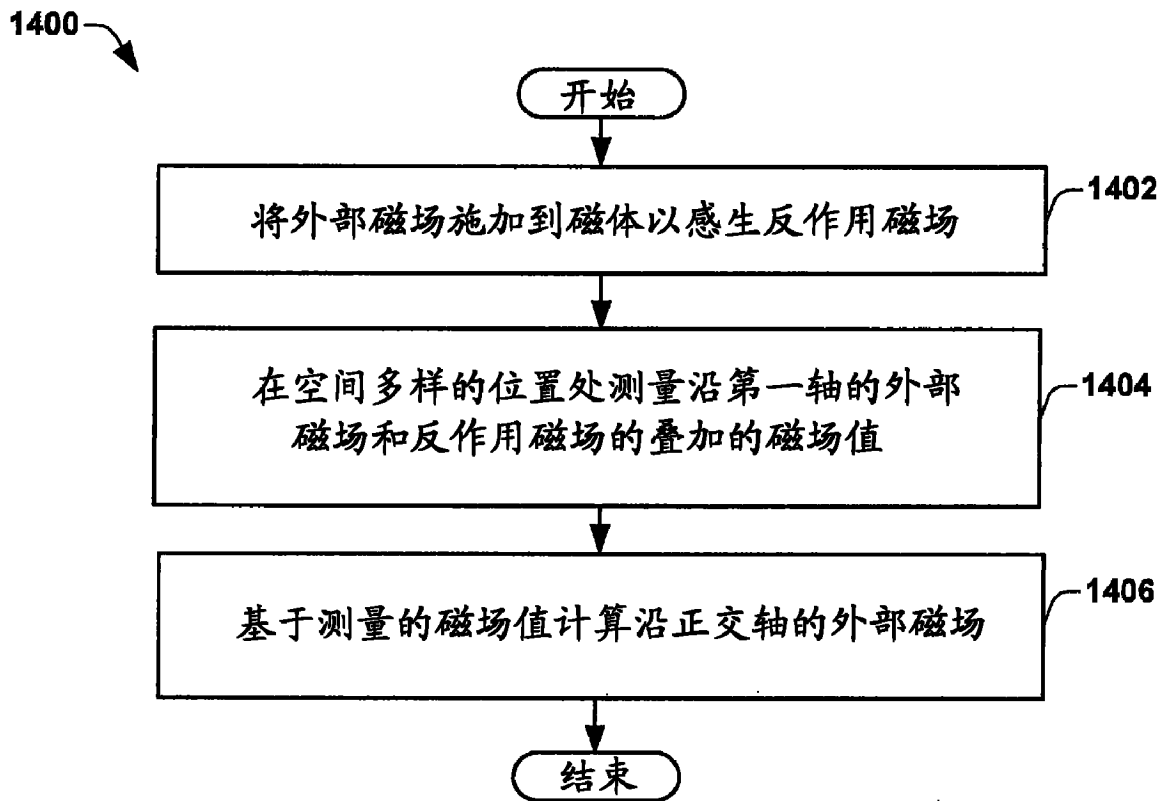


图 14