



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108601611 B

(45) 授权公告日 2021.11.02

(21) 申请号 201680079755.2

(22) 申请日 2016.12.12

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108601611 A

(43) 申请公布日 2018.09.28

(30) 优先权数据

62/265,430 2015.12.10 US

62/276,196 2016.01.07 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2018.07.23

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2016/066179 2016.12.12

(87) PCT国际申请的公布数据

W02017/100774 EN 2017.06.15

(73) 专利权人 诺威适骨科专科公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 成善宝 M·默勒 J·舒瓦尔特

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 王小东

(51) Int.CI.

A61B 17/70 (2006.01)

A61B 17/72 (2006.01)

审查员 郑陈帆

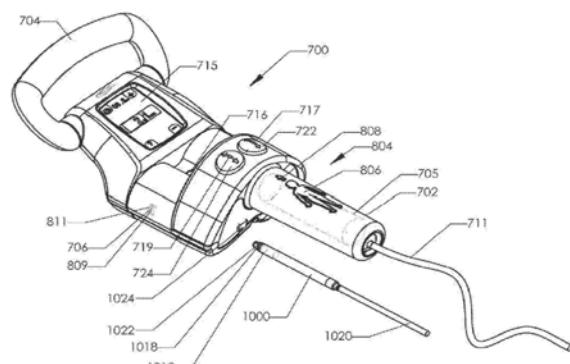
权利要求书2页 说明书22页 附图41页

(54) 发明名称

用于牵张装置的外部调节装置

(57) 摘要

一种外部调节装置包括至少一个构造成用于绕轴线旋转的永久磁体，第一手柄在所述装置的第一端处线性地延伸并且第二手柄位于装置的第二端，所述第二手柄沿大致偏离所述第一手柄的轴线的方向延伸。所述外部调节装置进一步包括安装在第一手柄内部的马达，还包括邻近所述第一手柄或第二手柄中的一者定位的第一按钮，所述第一按钮构造成被夹持所述第一手柄或第二手柄中的一者的手的拇指操作。第一按钮构造成致动马达以使至少一个永久磁体沿第一方向绕所述轴线旋转。



1. 一种用于在远程装置中以磁力产生旋转运动的控制器，该控制器包括：

第一驱动器磁体，该第一驱动器磁体具有第一长形旋转轴线、位于所述第一长形旋转轴线的第一侧的北极、位于所述第一长形旋转轴线的第二侧的南极以及第一中央磁轴线，该第一中央磁轴线横向于所述第一长形旋转轴线延伸并且穿过所述北极的中央和所述南极的中央；

第二驱动器磁体，该第二驱动器磁体具有第二长形旋转轴线、位于所述第二长形旋转轴线的第一侧的北极、位于所述第二长形旋转轴线的第二侧的南极以及第二中央磁轴线，该第二中央磁轴线横向于所述第二长形旋转轴线延伸并且穿过所述第二驱动器磁体的所述北极的中央和所述第二驱动器磁体的所述南极的中央；以及

用于使所述第一驱动器磁体和所述第二驱动器磁体绕所述第一长形旋转轴线和所述第二长形旋转轴线同步旋转的驱动系统；

其中，所述第一驱动器磁体和所述第二驱动器磁体之间的间隙距离能够改变，并且所述第一中央磁轴线与所述第二中央磁轴线相对于彼此取向的角能够在从约5度至约90度范围内改变，从而通过所述间隙距离的改变以及所述角的改变能够增大或减小通量密度。

2. 根据权利要求1所述的控制器，其中，所述第一驱动器磁体与所述第二驱动器磁体中的至少一者是永久磁体。

3. 根据权利要求1所述的控制器，其中，所述第一驱动器磁体与所述第二驱动器磁体中的至少一者是电磁体。

4. 根据权利要求1所述的控制器，该控制器进一步包括用于调节所述第一中央磁轴线与所述第二中央磁轴线之间的所述角的控制装置。

5. 根据权利要求4所述的控制器，其中，所述控制装置能够手动调节。

6. 根据权利要求4所述的控制器，其中，所述控制装置能够自动调节。

7. 根据权利要求6所述的控制器，其中，所述控制装置能够响应于从所述远程装置传递的信号而自动调节。

8. 根据权利要求1所述的控制器，该控制器进一步包括第三磁体。

9. 根据权利要求8所述的控制器，其中，所述第三磁体从所述第一驱动器磁体和所述第二驱动器磁体竖向地偏移。

10. 根据权利要求9所述的控制器，其中，所述第一驱动器磁体、所述第二驱动器磁体以及所述第三磁体以海尔贝克阵列布置。

11. 一种用于在远程装置中以磁力产生旋转运动的控制器，该控制器包括：

第一驱动器磁体，该第一驱动器磁体具有第一长形旋转轴线、位于所述第一长形旋转轴线的第一侧的北极、位于所述第一长形旋转轴线的第二侧的南极以及第一中央磁轴线，该第一中央磁轴线横向于所述第一长形旋转轴线延伸并且穿过所述北极的中央和所述南极的中央；

第二驱动器磁体，该第二驱动器磁体具有第二长形旋转轴线、位于所述第二长形旋转轴线的第一侧的北极、位于所述第二长形旋转轴线的第二侧的南极以及第二中央磁轴线，该第二中央磁轴线横向于所述第二长形旋转轴线延伸并且穿过所述第二驱动器磁体的所述北极的中央和所述第二驱动器磁体的所述南极的中央；

第三驱动器磁体，该第三驱动器磁体从所述第一驱动器磁体和所述第二驱动器磁体竖

向地偏移;以及

用于使所述第一驱动器磁体和所述第二驱动器磁体绕所述第一长形旋转轴线和所述第二长形旋转轴线同步旋转的驱动系统;

其中,所述第一中央磁轴线与所述第二中央磁轴线被取向为维持双向不对称的磁通量密度,以形成由所述第一驱动器磁体和所述第二驱动器磁体产生的磁场,并且

其中,所述第一驱动器磁体和所述第二驱动器磁体之间的间隙距离能够改变,并且所述第一中央磁轴线与所述第二中央磁轴线相对于彼此取向的角能够改变,从而通过所述间隙距离的改变以及所述角的改变能够增大或减小所述通量密度。

12. 根据权利要求11所述的控制器,其中,所述第一驱动器磁体、所述第二驱动器磁体和所述第三驱动器磁体以海尔贝克阵列布置。

13. 一种用于在远程装置中以磁力产生旋转运动的可调节通量场控制器,该可调节通量场控制器包括:

第一磁体和第二磁体,所述第一磁体和所述第二磁体共同产生围绕这些磁体的三维通量场,所述第一磁体与所述第二磁体中的每一者均能够绕各自的第一旋转轴线与第二旋转轴线旋转,其中所述第一磁体具有位于所述第一旋转轴线的第一侧的北极、位于所述第一旋转轴线的第二侧的南极以及第一中央磁轴线,该第一中央磁轴线横向于所述第一旋转轴线延伸并且穿过所述北极的中央和所述南极的中央,并且所述第二磁体具有位于所述第二旋转轴线的第一侧的北极、位于所述第二旋转轴线的第二侧的南极以及第二中央磁轴线,该第二中央磁轴线横向于所述第二旋转轴线延伸并且穿过所述第二磁体的所述北极的中央和所述第二磁体的所述南极的中央;以及

用于调节所述第一中央磁轴线与所述第二中央磁轴线中的至少一者相对于所述第一中央磁轴线与所述第二中央磁轴线中另一者的相对旋转取向的控制装置,从而所述第一中央磁轴线与所述第二中央磁轴线的相对旋转取向能够改变,并且所述第一磁体和所述第二磁体之间的间隙距离能够改变,从而通过所述间隙距离的改变以及所述相对旋转取向的改变能够增大或减小通量密度;

其中,调节所述相对旋转取向将改变所述三维通量场的形状。

14. 根据权利要求13所述的控制器,其中,所述第一磁体与所述第二磁体中的至少一者是永久磁体。

15. 根据权利要求13所述的控制器,其中,所述第一磁体与所述第二磁体中的至少一者是电磁体。

16. 根据权利要求13所述的控制器,该控制器进一步包括用于调节所述第一旋转轴线与所述第二旋转轴线之间的角的控制装置。

17. 根据权利要求16所述的控制器,其中,所述控制装置能够手动调节。

18. 根据权利要求16所述的控制器,其中,所述控制装置能够自动调节。

19. 根据权利要求18所述的控制器,其中,所述控制装置能够响应于从所述远程装置传递的信号而自动调节。

用于牵张装置的外部调节装置

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2015年12月10日递交的序列号为62/265,430以及2016年1月7日递交的序列号为62/276,196的美国临时专利申请的优先权以及益处。

技术领域

[0003] 本发明的领域总体涉及用于治疗骨骼系统的疾病的医疗装置。

背景技术

[0004] 脊椎侧凸是对通常位于胸部或者胸腰部区域中的脊椎的侧向(横向)弯曲的总括。通常将脊椎侧凸分成不同的治疗组:青少年特发性脊椎侧凸、早发性脊椎侧凸以及成人脊椎侧凸。

[0005] 青少年特发性脊椎侧凸(AIS)一般影响10岁与16岁之间的儿童,并且在身体发育时出现的速长期变得最为严重。百分之一至百分之二的10岁与16岁之间的儿童具有一定程度的脊椎侧凸。每1000个儿童中,二至五个儿童出现严重到需要治疗的弯曲。脊椎侧凸的程度一般由后凸畸形(Cobb)角描述,通过选取弯曲部的顶点上方以及下方的最倾斜的椎骨并且测量位于垂直于顶部椎骨的顶部以及垂直于底部椎骨的底部绘制的相交线之间的角而确定Cobb角,通过根据x射线图像确定Cobb角。术语“特发的”涉及这样的事实:不知道此弯曲的确切原因。一些人推断,在快速生长阶段,当脊椎的黄韧带太紧并妨碍脊椎的对称生长时发生脊椎侧凸。例如,当脊椎的前部比后部伸长快时,胸椎开始挺起,直到它横向弯曲,常伴随有旋转。在更严重的案例中,此旋转实际上造成显著的畸形,其中,一个肩比另一个肩低。目前,一些校区在例如所有五年级学生中进行脊椎的外部视觉评估。对在被鉴定出“S”形或者“C”形而非“I”形的那些学生,建议由医师检查脊椎并且通常借助定期脊椎X射线随诊。

[0006] 通常,具有 20° 或者更小的Cobb角的患者不被治疗,但是继续被随诊(往往借助连续的x射线)。具有 40° 或者更大的Cobb角的患者通常被推荐融合手术。应说明,一些患者出于各种原因不接受此脊椎评估。一些校区不进行此评估,并且一些儿童不经常看医师,因而往往弯曲快速并且严重地发展。存在众多患有未经治疗的脊椎侧凸的成年人,在极端案例中Cobb角高达 90° 以上。虽然,这些成人中的一些没有与此畸形相关的疼痛,并且过着相对正常的生活,但是时常具有受限的活动度以及运动能力。在AIS中,对于 10° 以下的弯曲,女性相对于男性的比例大约是一比一,然而对于 30° 以上的角度,女性的数量超过男性多达八比一。可以为AIS患者或者成人脊椎侧凸患者进行融合手术。在一般的后路融合手术中,顺背的长度开切口并且沿弯曲部分安置钛或者不锈钢矫直杆。这些杆通常例如借助钩或者接骨螺钉或者更具体地说椎弓根螺钉以使脊椎能够被矫直的方式固定至椎骨体。通常,在期望融合的部分处,移除椎间盘并且安置骨移植材料以创建融合。如果骨移植材料是自体材料,则经由单独的切口从臀部获取骨。

[0007] 另选地,可以在前部进行融合手术。开横向并且前部切口以用作入口。通常,使一

片肺缩小以便允许从此前部通路接近脊椎。在微创版本的前路手术中，在患者的一侧的若干肋间隙中(肋骨之间)开大约五个切口而不是单个长切口，每个切口大约三至四厘米长。在此微创手术的一个版本中，安置绳以及接骨螺钉并且将绳以及接骨螺钉固定至位于弯曲的前凸部上的椎骨。目前正进行使用U形钉代替绳/接骨螺钉组合的临床试验。与前部通路相比，此手术的一个优势在于例如当穿泳衣时来自切口的疤痕虽然仍位于可见区域中但并不显眼。U形钉在临床试验中有一定难度。U形钉在达到临界应力水平时易于拉离骨。

[0008] 在一些案例中，手术后，患者将在融合过程发生时佩戴几个月的保护支具。一旦患者达到脊椎成熟度，就难以移除杆以及后续手术中的相关硬件，因为椎骨的融合通常结合了杆本身。标准惯例是将此植入体终身留在其中。借助这两种手术方法中的任一者，在融合后，患者的脊椎立马平直，但是取决于融合了多少椎骨，往往在弓弯以及扭转两方面存在柔韧度的限制。当这些融合的患者成熟时，融合的部分可能将大的应力施加于相邻的未融合的椎骨，这些区域中常常可能出现包括疼痛的其它问题，有时需要进一步手术。这往往位于脊椎的胸部中，老年患者易发此问题。现在一些医师关注脊椎侧凸的非融合手术，该非融合手术能够消除融合的一些缺陷。

[0009] 脊椎格外地不断增长的一组患者是被称为早发性脊椎侧凸(EOS)的小团体，EOS通常在五岁之前的儿童中出现，并且男孩比女孩中更常出现。这是非常罕见的状况，10,000儿童中仅约一至两个儿童中出现此EOS，但是可能严重，有时影响器官的正常发育。由于这些儿童的脊椎将在治疗后仍大幅生长这样的事实，已经研发出了被称作生长杆的非融合撑开装置以及被称作EPTR竖直可延长钛肋骨(“钛肋骨”)的装置。通常大约每六个月调整一次这些装置以适应儿童的生长，直到儿童至少八岁，有时直到这些儿童15岁。每次调节都需要手术切口以接近装置的可调节部分。因为患者可能早在六个月大时就接受此装置，所以此治疗可能需要大量手术。由于多次手术，这些患者具有相当高的感染倾向。

[0010] 返回至AIS患者，关于具有 20° 与 40° 之间的Cobb角的那些AIS患者的治疗方法很有争议。一些医师排斥支具(例如，Boston支具)，患者必须一天18至23小时将支具佩戴在他们身体上及衣服下面直到他们骨骼的成熟(例如，到16岁)。因为这些患者都经历他们的社交要求高的青春期，所以受或者佩戴有点笨重、覆盖大部分上身的支具，进行可能留下打疤并且还限制运动的手术，或者什么也不做但是冒着外形变丑并且可能残疾的风险的选择逼迫是非常严肃的景象。普遍了解到，一些患者有时隐藏他们的支具(例如，隐藏在学校外的灌木丛中)以便逃避任何有关的窘迫。患者顺从支具佩戴如此成问题以至于构建了感测患者的身体并且记录每天佩戴支具的时间量的特殊支具。患者甚至知道将物体安置到未佩戴的此类支具中以便欺骗传感器。伴随着患者对于支具使用的不适应，一些医师感觉支具即便被使用得当在治愈脊椎侧凸方面根本无效。这些医师可能承认佩戴支具可能能够放慢弯曲(Cobb角)进展或者甚至暂时止住弯曲(Cobb角)进展，但是他们认为治疗期一终止并且不再佩戴支具，脊椎侧凸常常就快速发展至比开始治疗时更严重的Cobb角。有些人断定猜想支具无效的原因在于支具仅在部分躯干上而不是整个脊椎上起作用。目前，被称为BrAIST(青少年特发性脊椎侧凸试验中佩戴支具)的未来500名随机患者的临床试验招募患者，其中50%的患者借助支架被治疗并且50%的患者将仅仅被观察。将持续测量Cobb角数据直到骨骼成熟，或者直到达到 50° 的Cobb角，此时患者可能会进行手术。一些医师觉得BrAIST试验将表明支具完全无效。如果就是这样，则关于如何处理具有在 20° 与 40° 之间的Cobb角的AIS

患者的困惑只会变得更显著。应说明，“ 20° 至 40° ”患者人数差不多比“ 40° 以及更大”患者人数多十倍。

[0011] 牵张骨生成术(也被称作牵张撑开术以及骨牵张术)已经成功地用于延长身体的长骨。通常,如果骨没断裂就借助骨皮质切开术蓄意将其弄断裂,并且将骨的两个节段逐渐牵张开,这使得间隙中能够形成新骨。如果牵张比率太高,则存在骨不接合的风险,如果比率太低,则存在两个节段将在牵张期结束之前完全相互融合的风险。当利用此过程达到骨的期望长度时,允许骨合并。牵张骨生成术应用主要致力于股骨或者胫骨的生长,但是也可以包括肱骨、颌骨(小颌)或者其它骨。使骨延长或者生长的原因多种多样,应用包括但不限于:后骨原性肉瘤骨瘤;矮小身材或者侏儒症/软骨发育不良中的整容性延长(腿股骨以及/或者胫骨两者);延长一个肢体以与另一肢体相称(先天的、损伤后的、后骨骼疾病、膝关节假体);骨不接合。

[0012] 利用外固定器的牵张骨生成术已经实施了多年,但是外固定器对于患者而言可能不灵便。利用外固定器的牵张骨生成术也可能是让人痛苦的,并且患者遭受钉道感染、关节僵直、无食欲、抑郁、软骨损伤以及其它副作用的风险。使外固定器就位也延迟复原的开始。

[0013] 对于外固定器牵张的缺点,外科手术上植入髓内牵张钉,髓内牵张钉完全被容纳在骨内。一些髓内牵张钉通过患者的肢体的重复旋转而自动延长。这对于患者而言可能有时是痛苦的,并且常常会以不受控的方式进行。因此,这使得难以遵循避免骨不接合(如果太快)或者太早合并(如果太慢)的每日或每周的严格的延长常规强化训练。低的肢体牵张比率大约一天一毫米。已经研发了具有植入的马达并且借助天线被远程控制的其它髓内钉。因此,这些装置设计成以受控的方式延长,但是由于它们的复杂性可能不能被制造成可负担得起的产品。其他人已经提出了含有并且植入了磁体的髓内牵张器,该髓内牵张器允许借助外定子电磁地驱动牵张。由于外定子的复杂性以及尺寸,此技术还没减小到能够被带回家以允许患者进行每日延长操作的这样简单且成本有效的装置。

发明内容

[0014] 在一个实施方式中,外部调节装置包括至少一个构造成用于绕轴线旋转的永久磁体。所述外部调节装置进一步包括在所述装置的第一端处线性地延伸的第一手柄以及布置在装置的第二端的第二手柄,所述第二手柄沿相对于所述第一手柄成角度的方向延伸。所述外部调节装置包括安装在第一手柄内部的马达,还包括邻近所述第一手柄或者第二手柄中的一者定位的第一按钮,所述第一按钮构造成被夹持所述第一手柄或者第二手柄中的一者的手的拇指操作。第一按钮构造成致动所述马达以使至少一个永久磁体沿第一方向绕所述轴线旋转。

[0015] 在另一实施方式中,外部调节装置包括至少一个构造成用于绕轴线旋转的永久磁体,并且还包括构造成用于使所述至少一个永久磁体绕轴线旋转的马达。所述外部调节装置包括在所述装置的第一端处线性地延伸的第一手柄以及布置在装置的第二端处的第二手柄,所述第二手柄沿相对于所述第一手柄大致偏离的轴线的方向延伸,其中,第一手柄与第二手柄中的一者包括环形形状。第一驱动按钮邻近所述第一手柄与第二手柄中的一者定位,所述第一驱动按钮构造成被夹持所述第一手柄或者第二手柄中的一者的手的拇指操作。第一按钮构造成致动所述马达以使至少一个永久磁体沿第一方向绕所述轴线旋转。

附图说明

- [0016] 图1示出了构造成操作牵张装置的外部调节装置。
- [0017] 图2示出了外部调节装置的显示控制面板的详细视图。
- [0018] 图3示出了外部调节装置的下表面或者下侧面。
- [0019] 图4示出了沿图3的线4-4剖取的外部调节装置的剖面图。
- [0020] 图5示出了沿图3的线5-5剖取的外部调节装置的剖面图。
- [0021] 图6示意性示出了外部调节装置的磁体在驱动牵张装置的植入磁体时的取向。
- [0022] 图7示出了连接至外部调节装置的印刷电路板的各个传感器。
- [0023] 图8示出了位于外部调节装置的印刷电路板上的霍尔效应传感器的钟点位置的视图。
- [0024] 图9A示出了根据一个实施方式的霍尔效应传感器的具体构造。
- [0025] 图9B示出了图9A中的构造的霍尔效应传感器的输出电压。
- [0026] 图9C示出了图9A的构造,磁体处于非同步状态。
- [0027] 图9D示出了图9C中的构造的霍尔效应传感器的输出电压。
- [0028] 图10A示出了根据另一实施方式的霍尔效应传感器的具体构造。
- [0029] 图10B示出了图10A中的构造的霍尔效应传感器的输出电压。
- [0030] 图11示出了外部调节装置的两个外部磁体相对于内部植入磁体的取向。
- [0031] 图12A至图12C示出了外部调节装置的具有不同磁体内间隙的外部磁体对。
- [0032] 图13A至图13B示出了围绕外部调节装置的外部磁体的磁场线的简图。
- [0033] 图14示出了针对关于具有各种磁体内间隙的两个外部磁体的间隙距离标绘的磁通量密度的图表。
- [0034] 图15示出了针对不同的两对两外部磁体系统的间隙距离标绘的磁通量密度的图表,在两对两外部磁体系统中磁体内间隙与旋转偏移量不同。
- [0035] 图16A至图16D示出了具有各种正的单向旋转偏移量的外部调节装置的两个外部磁体的取向。
- [0036] 图17A至图17D示出了具有各种负的单向旋转偏移量的外部调节装置的两个外部磁体的取向。
- [0037] 图18示出了针对旋转的单方角标绘的植入扭矩的图表。
- [0038] 图19A至图19D示出了具有各种正的双向旋转偏移量的外部调节装置的两个外部磁体的取向。
- [0039] 图20A至图20D示出了具有各种负的双向旋转偏移量的外部调节装置的两个外部磁体的取向。
- [0040] 图21A至图21E示出了围绕外部调节装置的处于参照取向并处于各种双向旋转偏移量的外部磁体的磁场线的简图。
- [0041] 图22A至图22B示出了针对旋转的双向角标绘的植入扭矩的图表。
- [0042] 图23示出了针对关于具有各种旋转偏移量的外部磁体的间隙距离标绘的通量密度的图表。
- [0043] 图24示出了外部调节装置的三个外部磁体关于内部植入磁体的取向。
- [0044] 图25A至图25C示出了外部调节装置的三个外部磁体的各种取向。

- [0045] 图26A至图26C示出了具有特定形状的磁场的各种圆柱形磁体。
- [0046] 图27示出了两磁体系统的磁通量图。
- [0047] 图28A示出了三磁体系统的示意图。
- [0048] 图28B至图28C示出了三磁体系统的通量图。

具体实施方式

[0049] 图1至图3示出了构造成用于调节牵张装置1000的外部调节装置700。牵张装置1000可以包括任何数量的诸如申请号为12/121,355、12/250,442、12/391,109、11/172,678的美国专利申请中公开的那些牵张装置之类的牵张装置,通过援引将这些专利申请合并于此。牵张装置1000总体包括旋转地安装的、内部永久磁体1010,该内部永久磁体响应于由外部调节装置700施加的磁场而旋转。磁体1010沿一个方向的旋转引起牵张,而磁体1010沿相反方向的旋转引起收缩。外部调节装置700可以由充电电池或者电源线711提供动力。外部调节装置700包括第一手柄702与第二手柄704。第二手柄704呈环形,并且可以用于搬运外部调节装置700。第二手柄704还可以用于在使用中稳定外部调节装置700。概括地说,第一手柄702从外部调节装置700的第一端线性地延伸,而第二手柄704位于外部调节装置700的第二端处并且大致偏离轴线延伸或者与第一手柄702成角度。在一个实施方式中,第二手柄704可以大体垂直于第一手柄702取向,然而另外,第一手柄702含有马达705,该马达经由齿轮装置、带等驱动如在图3中最佳看到的第一外部磁体706与第二外部磁体708。可选取向图像804位于第一手柄702上,该可选取向图像包括身体轮廓806以及可选取向箭头808,该可选取向箭头示出外部调节装置700在患者的身体上安置的正确位置,使得沿正确方向操作牵张装置。操作者在握持第一手柄702的同时用他的拇指按压牵张按钮722,该牵张按钮具有牵张标志717并且是第一颜色(例如,绿色)。这牵张牵张装置1000。如果牵张装置1000被过渡牵张因而期望牵张装置1000收缩或者使装置1000的牵张度减小,则操作者用他的拇指按压收缩按钮724,该收缩按钮具有收缩标志719。

[0050] 牵张使磁体706、708沿一个方向转动并且收缩使磁体706、708沿相反方向转动。磁体706、708具有能在窗811中看到的条纹809。这使得能够容易辨别磁体706、708是静止还是转动以及磁体706、708沿哪个方向转动。这使得能够由装置的操作者快速解决问题。操作者可以确定牵张装置1000的磁体所植入的位于患者上的点,然后可以通过标记患者的皮肤的相应部分相对于牵张装置1000将外部调节装置700放在正确位置中,然后借助外部调节装置700的对准窗716观察此部位。

[0051] 控制面板812包括若干按钮814、816、818、820以及显示器715。按钮814、816、818、820是软键,并且能够被编程用于大量不同功能。在一种构造中,按钮814、816、818、820具有显现在显示器中的相应图例。为了设定待在牵张装置1000上进行的牵张的长度,使用增大按钮814与减小按钮816调节目标牵张长度830。具有绿色加号图形822的图例对应增大按钮814,并且具有红色减号图形824的图例对应减小按钮816。应理解,本文中提到的用于具体特征的特定颜色应被看作是示例性的。除了本文中特别列举的那些颜色以外的其它颜色可以与本文中描述的发明理念关联使用。每按下增大按钮814一次,就使目标牵张长度830增大0.1毫米。每按下减小按钮816一次,就使目标牵张长度830减小0.1毫米。当然,也可以使用除0.1毫米以外的其它缩减量。当显示期望的目标牵张长度830,并且外部调节装置700被

正确安置在患者上时,操作者就压下牵张按钮722从而外部调节装置700操作,转动磁体706、708,直到达到目标牵张长度830。此后,外部调节装置700停止。在牵张过程中,显示实际牵张长度832,从0.0毫米开始并且增大直到达到目标牵张长度830。当实际牵张长度832增大时,显示牵张过程图形834。例如,从左至右填充黑色的明色箱833。在图2中,目标牵张长度830是3.5毫米,并且已经发生了2.1毫米的牵张。显示60%的牵张过程图形834的箱833。可以按压对应重置图形826的重置按钮818以将所述数字中的一者或者两者重置回至零。另外的按钮820可以被指派用于其它功能(求助、数据等)。此按钮可以具有其本身相应的图形828。另选地,可以使用触摸屏,例如电容式或者电阻式触摸键。在此实施方式中,图形/图例822、824、826、828也可以是代替或者增强按钮814、816、818、820的触摸键。在一个具体实施方式中,822、824、826、828处的触摸键分别执行按钮814、816、818、820的功能,并且省除了按钮814、816、818、820。

[0052] 可以以若干方式握持两个手柄702、704。例如,可以在视图找到牵张装置1000的植入磁体的位于患者上的位置的同时用手掌朝上握持第一手柄702。手指环绕手柄702并且四个手指的指尖与中点在手柄702上稍微向上压,使手柄702稍微平衡。这允许非常敏感的感觉,此敏感感觉使得牵张装置1000中的磁体与外部调节装置700的磁体706、708之间的磁场能够更显著。在患者的牵张过程中,可以手掌朝下握持第一手柄702,从而使得操作者能够将装置向下牢固推到患者上,以使外部调节装置的磁体706、708与牵张装置1000的磁体1010之间的距离最小化,因而使扭矩耦合最大化。这在患者高大或者稍微肥胖时尤其合适。可以在磁体感应操作以及牵张操作期间,取决于操作者的偏好,掌心向上或者掌心向下握持第二手柄704。

[0053] 图3示出了外部调节装置700的底面或者下表面。在外部调节装置700的底部处,接触表面836可以由诸如弹性体材料之类的柔软材料(例如,PEBAX®或者聚氨酯)制成。这使得能够抗震以当装置700掉落时保护装置700。而且,当装置安置在患者的裸露的皮肤上时,此类材料不会快速从患者吸热,从而患者不会感觉像硬塑料或者金属那样凉。手柄702、704也可以用相似材料覆盖以便作用成防滑夹具。

[0054] 图3还示出了包括笑脸选项的童趣图形837。另选地,这可以是诸如泰迪熊、马或者兔宝宝之类的动物面孔。一组的多个面孔可以是可移除并且可互换的以适合各种年轻患者的喜好。此外,面孔在装置的底面上的位置允许操作者向年纪较小的儿童展示所述面孔,而对可能不那么顽皮的较年长的儿童隐藏所述面孔。另选地,可以生产突出人、动物或者其它特征的袜子玩偶或者装饰罩使得可以用它们薄薄地覆盖装置而不影响装置的操作,但另外在进行牵张过程之后可以将玩偶或者罩送给年轻患者。期望这能有助于使幼儿对再次进行后续的过程保持更大兴趣。

[0055] 图4与图5是示出沿各种中线剖取的外部调节装置700的内部部件的剖面图。图4是沿图3的线4-4剖取的外部调节装置700的剖面图。图5是沿图3的线5-5剖取的外部调节装置700的剖面图。外部调节装置700包括第一壳体868、第二壳体838以及中央磁体部分725。第一手柄702与第二手柄704包括夹具703(示出在第一手柄702上)。夹具703可以由弹性体材料制成并且当被手夹持时可以具有柔软触觉。所述材料也可以具有粘性触觉以便有助于稳固夹持。经由电源线711供应动力,该电源线借助应力去除部844被保持至第二壳体838。电线727连接包括马达840的各种电子部件,马达840分别经由齿轮箱842、输出齿轮848、中央

齿轮870使磁体706、708旋转，中央齿轮870使两个磁体齿轮852旋转，每个磁体706、708上有一个磁体齿轮852(图5中示出了一个这样的齿轮852)。输出齿轮848经由联接器850附接至马达输出，并且马达840与输出齿轮848两者经由底座846固定至第二壳体838。磁体706、708被保持在磁体杯862内。磁体与齿轮附接至轴承872、874、856、858，这些轴承有助于低摩擦旋转。马达840被马达印刷电路板(PCB)854控制，而显示器由显示器印刷电路板(PCB)866(图4)控制。显示器PCB866附接至框架864。

[0056] 图6示出了牵张过程中第一外部磁体706与第二外部磁体708以及牵张装置1000的植入磁体1010的磁极的取向。为了描述，将关于时钟上的数字描述取向。第一外部磁体706与第二外部磁体708(借助齿轮装置、带等)同步转动使得当第二外部磁体708的南极904指在十二点钟位置时第一外部磁体706的北极902指在十二点钟位置。因此，按此取向，当第二外部磁体708的北极908指在六点钟位置时第一外部磁体706的南极906指在六点钟位置。第一外部磁体706与第二外部磁体708两者沿由各自的箭头914、916所示的第一方向转动。旋转的磁场在植入磁体1010上施加扭矩，使植入磁体1010沿由箭头918所示的第二方向旋转。图6中示出了扭矩递送过程中植入磁体1010的北极1012与南极1014的示例性取向。当第一外部磁体706与第二外部磁体708沿与所示方向相反的方向转动时，植入磁体1010将沿与所示方向相反的方向转动。第一外部磁体706与第二外部磁体708相对于彼此的取向用于优化对植入磁体1010的扭矩递送。在外部调节装置700的操作过程中，经常难以确认两个外部磁体706、708按期望被同步驱动。转至图7以及图8，为了确保外部调节装置700工作正常，马达印刷电路板854包括一个或者多个编码器系统(例如，光斩波器920、922)以及/或者霍尔效应传感器924、926、928、930、932、934、936、938。光斩波器920、922均包括发射器与检测器。径向条纹环940可以附接至外部磁体706、708中的一者或者两者，从而允许光斩波器对角运动进行光编码。光921、923被示意性示出在径向条纹环940与光斩波器920、922之间。

[0057] 霍尔效应传感器924、926、928、930、932、934、936、938可以独立用作非光编码器以跟踪外部磁体706、708中一者或两者的旋转。虽然图7中示出了八(8)个这样的霍尔效应传感器，但是应理解，可以应用更少或者更多的这样的传感器。在使霍尔效应传感器能够在外部磁体706、708旋转时感应磁场变化的位置处，将霍尔效应传感器连接至马达印刷电路板854。各个霍尔效应传感器924、926、928、930、932、934、936、938均输出对应磁场增大或者减小的电压。图9A示出了关于传感器924、938的霍尔效应传感器的一种基本布置。第一霍尔效应传感器924相对于第一外部磁体706定位在九点钟位置。第二霍尔效应传感器938相对于第二外部磁体708定位在三点钟位置。当磁体706、708按同步运动正确旋转时，如在用曲线图表表示关于外部磁体706、708的整个旋转周期的电压的图9B中看到的，第一霍尔效应传感器924的第一电压输出940与第二霍尔效应传感器938的第二电压输出942具有相同的图样。图表表明了输出电压的正弦变化，但是由于信号的饱和度产生了削峰。即使此设计中使用的霍尔效应传感器产生此效果，随时间的流逝仍有足够的信号使第一电压输出940与第二电压输出942对比。如果在外部调节装置700操作过程中两个霍尔效应传感器924、938中的任一者不输出正弦信号，则这证明相应的外部磁体例如由于黏着失效、齿轮脱离等已经停止旋转。图9C示出了两个外部磁体706、708以大约相同的角速度旋转但是北极902、908没准确同步的状况。因此，第一电压输出940与第二电压输出942此时异相，并且显示相移(0)。处理器915处理这些信号并且外部调节装置700的显示器715上显示错误警告从而使装置

再同步。

[0058] 如果使用独立的步进马达，则同步过程可以仅仅是一种重新编程操作，但是如果两个外部磁体706、708借助例如齿轮装置或者带联接在一起，则可能需要机械返工。图10A中示出了关于图9A的霍尔效应传感器构造的另选。在此实施方式中，第三霍尔效应传感器928相对于第一外部磁体706定位在十二点钟位置并且第四霍尔效应传感器934相对于第二外部磁体708定位在十二点钟位置。借助此构造，当第二外部磁体708的南极904指向第四霍尔效应传感器934时，第一外部磁体706的北极902应该指向第三霍尔效应传感器928。借助此布置，第三霍尔效应传感器928输出第三输出电压944并且第四霍尔效应传感器934输出第四输出电压946(图10B)。根据设计，第三输出电压944与第四输出电压946异相。图9A的霍尔效应传感器构造的优势在于各个传感器均具有位于此传感器与对置磁体之间的较大的距离(例如，第一霍尔效应传感器924与第二外部磁体708相比)，从而不太可能存在干扰。图10A的霍尔效应传感器构造的优势在于可能能够制作更紧凑的外部调节装置700(宽度较小)。也可以分析图10B的异相图样以确认磁体同步。

[0059] 返回至图7以及图8，示出了附加霍尔效应传感器926、930、932、936。这些附加传感器使外部调节装置700的外部磁体706、708的旋转角反馈额外精确。此外，霍尔效应传感器的具体数量以及取向可以变更。也可以使用磁阻编码器代替霍尔效应传感器。

[0060] 在再一实施方式中，附加信息可以由处理器915处理并且可以显示在显示器715上。例如，使用外部调节装置700的牵张可以在医生办公室由医疗人员进行或者在家中由患者或者患者的家庭成员进行。在任一情况下，可能期望储存来自每次牵张工作段的信息，稍后能够存取这些信息。例如，每次牵张的确切日期以及时刻，以及企图牵张的量与获得牵张的量。此信息可以储存在处理器915中或者与处理器915关联的一个或者多个存储器模块(未示出)中。此外，医师可能能够输入牵张长度限度，例如，每个工作段能够牵张的最大量、每天最大量、每周最大量等。医师可以通过使用安全入口用装置的键或者按钮输入这些限度，患者将不能访问该安全入口。

[0061] 返回至图1，在一些患者中，可能期望将牵张装置1000的第一端1018安置在患者身上的近端或者朝头安置，并且将牵张装置1000的第二端1020安置在患者身上的远端或者朝脚安置。牵张装置1000的此取向可以被叫做顺向。在其他患者中，可能期望使牵张装置1000取向成第二端1020位于患者身上的近端并且第一端1018位于患者身上的远端。在此情况下，牵张装置1000的此取向可以被叫做逆向。在磁体1010旋转以便使螺钉在螺母内转动的牵张装置1000中，牵张装置1000或者在患者身上顺向或者逆向的取向可能意思是当牵张装置1000顺向安置时外部调节装置700将必须依照取向图像804安置，但是当牵张装置1000逆向安置时将必须与取向图像804反向安置。另选地，可以为软件编程使得处理器915辨识牵张装置1000是否已经顺向或者逆向植入，然后当安置牵张按钮722时使磁体706、708沿适当方向转动。

[0062] 例如，当牵张顺向安置的牵张装置1000时马达705将被命令使磁体706、708沿第一方向旋转，并且当牵张逆向安置的牵张装置1000时使磁体706、708沿第二相反的方向旋转。医师可以例如被显示器715提示利用控制面板812输入牵张装置1000是顺向还是逆向安置。然后，医师可以继续使用同一外部调节装置700保证马达705沿关于牵张与收缩两者的合适方向转动。另选地，牵张装置可以结合无线射频识别(RFID)芯片1022，该芯片能够借助位于

外部调节装置700上的天线1024被读取或者写入。牵张装置1000位于患者身上(顺向或者逆向)的位置被写入RFID芯片1022,因此能够被任一外部调节装置700的天线1024读取,从而无论使用哪个外部调节装置700都使患者能够获得正确的牵张或者收缩。

[0063] 图11示出了两个外部磁体(外部调节装置的第一外部磁体706与第二外部磁体708)的极关于例如位于植入牵张装置中的内部植入磁体1010的取向。如以上图6一样,可以关于时钟上的数字描述各个磁体的取向。第一外部磁体706具有北极902以及南极906。同样地,第二外部磁体708具有南极904与北极908。各个外部磁体均被直径以及长度物理地限定(即,形成大致的直柱):第一外部磁体706具有第一磁体直径1134而第二外部磁体708具有第二磁体直径1132。在一些实施方式中,第一磁体直径1134与第二磁体直径1132相等。然而,不需要总是如此。在其它实施方式中,第一磁体直径1134比第二磁体直径1132大。并且在另外的实施方式中,第二磁体直径1132比第一磁体直径1134大。

[0064] 列入图11以主要示出第一外部磁体706与第二外部磁体708,列入植入磁体1010主要用于参照。然而,与第一外部磁体706和第二外部磁体708几乎相同,植入磁体1010具有北极1012以及南极1014。植入磁体1010也可以由内部磁体直径1136以及长度限定(即,植入磁体1010也可以是大致的直柱)。应理解,第一外部磁体706、第二外部磁体708以及植入磁体1010中的任一者都可以是除大致的直柱以外的磁体。

[0065] 如以上解释的,关于图6,外部磁体706构造成绕第一长形旋转轴线旋转。在图6与图11中,第一长形旋转轴线是穿过第一外部磁体706的中央的线,其穿过第一外部磁体706的中央延伸到页面中。同样地,第二外部磁体708构造成绕第二长形旋转轴线旋转。另外,在图6与图11中,第二长形旋转轴线是穿过第二外部磁体708的中央的线,其穿过第二外部磁体708的中央延伸到页面中。因为第一长形旋转轴线与第二长形旋转轴线实际上是点,两个点限定位子第一外部磁体706与第二外部磁体708之间的线。图11中将两个点所在的线示出为水平轴线1110。

[0066] 第一外部磁体706与第二外部磁体708中的每一者均限定其自己的竖向轴线,该竖向轴线垂直于水平轴线1110并且穿过磁体的长形旋转轴线。第一外部磁体706具有第一磁体竖向轴线1113,该第一磁体竖向轴线垂直于水平轴线1110并且与第一长形旋转轴线相交(即,水平轴线1110与第一磁体竖向轴线1113在由垂直于第一外部磁体706的纵向轴线的任一平面限定的圆的中心处相交)。同样地,第二外部磁体708具有第二磁体竖向轴线1112,该第二磁体竖向轴线垂直于水平轴线1110并且与第二长形旋转轴线相交(即,水平轴线1110与第二磁体竖向轴线1112在由垂直于第二外部磁体708的纵向轴线的任一平面限定的圆的中心处相交)。

[0067] 第一外部磁体706与第二外部磁体708被磁体内间隙1130分开,该磁体内间隙被限定成沿水平轴线1110位于第一外部磁体706的最右边的边缘与第二外部磁体708的最左边的边缘之间的距离。中央竖向轴线1111在磁体内间隙1130的中央、垂直于水平轴线1110而平分水平轴线1110。因此,从第一外部磁体706的中央(即,第一长形旋转轴线)到第二外部磁体708的中央(即,第二长形旋转轴线)的距离等于第一磁体直径1134的一半加上第二磁体直径1132的一半加上磁体内间隙1130。当如图11中所示,第一外部磁体706的第一磁体直径1134与第二外部磁体708的第二磁体直径1132相等时,第一长形旋转轴线与第二长形旋转轴线距中央竖向轴线1111的距离相等。然而,虽然一些实施方式包括尺寸相同的第一外

部磁体706与第二外部磁体708,但是不是所有实施方式都这样。因此,不是所有可能成对的第一长形旋转轴线与第二长形旋转轴线都距中央竖向轴线1111的距离相等。

[0068] 植入磁体1010的理想参照位置位于中央竖向轴线1111上。在第一磁体直径1134与第二磁体直径1132相等的情况下,第一外部磁体706与第二外部磁体708产生相等的磁场。因此,沿中央竖向轴线1111的任一点将经受第一外部磁体706以及第二外部磁体708的相同作用。外部磁体(即,第一外部磁体706与第二外部磁体708)的最下部边缘与植入磁体1010的最上部边缘之间的距离被限定成间隙距离1138。应理解,关于植入磁体1010在中央竖向轴线1111上的参照位置在概念上有帮助,但是植入磁体1010也可以与中央竖向轴线1111保持一段距离。

[0069] 转至图12A至图12C,示出了具有不同磁体内间隙1130的一系列外部磁体对。图12A示出了被第一示例性磁体间隙1130'分开的第一外部磁体706与第二外部磁体708,第一外部磁体706与第二外部磁体708两者位于水平轴线1110上。图12B示出了被第二示例性磁体间隙1130"分开的第一外部磁体706与第二外部磁体708,第一外部磁体706与第二外部磁体708两者位于水平轴线1110上。图12B的第二示例性磁体间隙1130"总体上比图12A的第一示例性磁体间隙1130'小。图12C示出了被第三示例性磁体间隙1130'"分开的第一外部磁体706与第二外部磁体708,第一外部磁体706与第二外部磁体708两者位于水平轴线1110上。第三示例性磁体间隙1130'"总体上比第二示例性磁体间隙1130"与第一示例性磁体间隙1130'两者都小。应理解,可以使用位于第一外部磁体706与第二外部磁体708之间的任何磁体内间隙1130。

[0070] 磁体内间隙1130可以对沿中央竖向轴线1111获得的磁通量密度产生影响。磁通量密度以大约 $1/r^3$ (立方的倒数)减弱。因此,非常小的间隙距离可以沿中央竖向轴线1111获得相对高的通量密度。与之相比,借助中等磁体内间隙1130以及大磁体内间隙1130,由于通量密度减弱地如此快,相对快地达到通量密度的下限。图13A示出了环绕第一外部磁体706与第二外部磁体708的磁场线的示意图。第一外部磁体706与第二外部磁体708之间的磁体内间隙1130比较小。能够看到,沿中央竖向轴线1111(尤其在沿中央竖向轴线1111的附近以及/或者在第一外部磁体706与第二外部磁体708之间)的通量线相对密集。与之相比,图13B示出了环绕被远远大于图13A中所示的磁体内间隙的磁体内间隙1130分开的第一外部磁体706与第二外部磁体708的磁场线的示意图。沿图13B的中央竖向轴线1111的通量线明显比沿图13A的中央竖向轴线1111的通量线的密度低。这仅仅是由于磁体内间隙1130增大的原因。

[0071] 图14示出了由第一外部磁体706以及第二外部磁体708产生的磁通量密度与间隙距离1138的图表。随沿中央竖向轴线1111的参照点进一步移动远离第一外部磁体706与第二外部磁体708的底部(即,随间隙距离1138从零参照点增大)在参照点处测量典型的通量密度。图14的第一线1410示出了关于具有50.8毫米(即,2英寸)的磁体内间隙1130的第一外部磁体706与第二外部磁体708的磁通量密度与间隙距离1138的图表。第二线1420示出了关于具有55.88毫米(即,2.2英寸)的磁体内间隙1130的第一外部磁体706与第二外部磁体708的磁通量密度与间隙距离1138的图表。第三线1430示出了关于具有60.96毫米(即,2.4英寸)的磁体内间隙1130的第一外部磁体706与第二外部磁体708的磁通量密度与间隙距离1138的图表。第四线1440示出了关于具有66.04毫米(即,2.6英寸)的磁体内间隙1130的第

一外部磁体706与第二外部磁体708的磁通量密度与间隙距离1138的图表。第五线1450示出了关于具有71.12毫米(即,2.8英寸)的磁体内间隙1130的第一外部磁体706与第二外部磁体708的磁通量密度与间隙距离1138的图表。并且,最后,第六线1460示出了关于具有76.2毫米(即,3.0英寸)的磁体内间隙1130的第一外部磁体706与第二外部磁体708的磁通量密度与间隙距离1138的图表。图14的线示出了在小间隙距离1138(例如,零间隙距离1138)的条件下减小磁体内间隙1130会增大获得的通量密度。事实上,在零间隙距离1138的条件下,50.8毫米的磁体内间隙1130具有比相同间隙距离时的76.2毫米的磁体内间隙1130高大约135%的通量密度。然而,仅在间隙距离1138相当小的条件下,存在通过减小磁体内间隙1130而获得增益的情况。图14的线示出了第一线1410、第二线1420、第三线1430、第四线1440、第五线1450以及第六线1460的位于大约25毫米处的近似会合点。在约25毫米之后,沿中央竖向轴线1111的关于不同的磁体内间隙1130的通量密度之间几乎没有差异。

[0072] 再转至图12A至图12C,鉴于图14的线,能够理解,对于小间隙距离而言,图12A中所示的具有较大的第一示例性磁体内间隙1130'的系统将具有比图12B中所示的具有较小的第二示例性磁体内间隙1130''的系统小的通量密度,具有第二示例性磁体内间隙1130'''的系统则将具有比图12C中所示的具有最小的第三示例性磁体内间隙1130''''的系统小的通量密度。在一些情况下,期望大的磁通量密度。然而,在其它情况下,期望缩减的磁通量密度。以下将格外详细论述期望的不同磁通量密度。

[0073] 如能够理解的,在小间隙距离可行或者需要小间隙距离的应用中,可以变更磁体内间隙以增大或者减小通量密度。如果较高的通量密度是有益或者需要的(例如,当较高的扭矩有益或者需要时),可以在保持间隙距离恒定的同时减小磁体内间隙,即,可以使第一外部磁体706与第二外部磁体708在水平轴线1110一起更靠近。与之相比,如果较低的通量密度是有益或者需要的(例如,当不需要较高的扭矩或者较高的扭矩可能有害时),可以在保持间隙距离恒定的同时增大磁体内间隙,即,可以使第一外部磁体706与第二外部磁体708在水平轴线1110上移动分开。当然,可以变更磁体内间隙与间隙距离两者。

[0074] 在一些实施方式中,外部调节装置700可以是“智能的”并且能够基于诸如但不限于用户输入以及感测的参数之类的一个或者多个因素变更磁体内间隙。因此,这样智能的”外部调节装置700可以操控磁体内间隙以根据需要增大或者减小通量密度。例如,用户可以输入使得外部调节装置能够针对给定的应用选择合适的磁体内间隙距离的若干参数。这样的变量可以包括植入位置、患者年龄、患者重量、患者身体质量指数(BMI)、间隙距离等。与输入参数形成对比,“智能的”外部调节装置700能够使用诸如间隙距离磁耦合滑移、产生的扭矩、产生的力之类的感测的参数。

[0075] 可以作为对这些用户输入以及感测的参数中的一者或者多者的反应而调节磁体内间隙。在一些实施方式中,外部调节装置700可以通知用户:给定的调节可以提高治疗功效。在这样的情况下,用户可以使用若干工具、系统以及方法中的任一者增大磁体内间隙。另选地,“智能的”外部调节装置700可以处理用户输入以及/或者感测的参数,确定出通量密度或者扭矩产生的变化(增大或者减小)将是有益的,并且将磁体内间隙自动调节至保持在系统能力(即,由于物理约束,存在磁体内间隙的下限与上限两者)内的最优磁体内间隙。

[0076] 如参照图6解释的,第一外部磁体706与第二外部磁体708(借助齿轮装置、带等)同步转动使得当第二外部磁体708的南极904指在十二点钟位置时第一外部磁体706的北极

902指在十二点钟位置。因此,按此取向,当第二外部磁体708的北极908指在六点钟位置时第一外部磁体706的南极906指在六点钟位置。第一外部磁体706与第二外部磁体708两者可以沿第一方向转动(例如沿顺时针方向)。旋转的磁场在植入磁体1010上施加扭矩,使植入磁体1010沿第二方向旋转(例如沿逆时针方向)。当第一外部磁体706与第二外部磁体708沿相反的方向(即,逆时针方向)转动时,植入磁体1010将也沿与相反的方向(即,顺时针)转动。

[0077] 图6示出了第一外部磁体706与第二外部磁体708的参照构造。第一外部磁体706定位成使得北极902的中央指向上并且南极906的中央指向下方。同样地,第二外部磁体708定位成使得南极904的中央指向上并且北极908的中央指向下方。此后,在图6中,两个磁体以相对于彼此定位的固定角旋转。因此,第一外部磁体706的北极902与第二外部磁体708的南极904总是位于相同的角位置处。并且,第一外部磁体706的南极906与第二外部磁体708的北极908也总是位于相同的角位置处。

[0078] 再转至图11,第一外部磁体706具有第一中央磁轴线1122,该第一中央磁轴线延伸穿过第一外部磁体706的北极902的中央,穿过第一外部磁体706的中央以与第一长形旋转轴线相交,并且穿过第一外部磁体706的南极906的中央。关于第一外部磁体706的北极902的取向来论述第一中央磁轴线1122。同样地,第二外部磁体708具有第二中央磁轴线1120,该第二中央磁轴线延伸穿过第二外部磁体708的南极904的中央,穿过第二外部磁体708的中央以与第二长形旋转轴线相交,并且穿过第二外部磁体708的北极908的中央。关于第二外部磁体708的南极904的取向来论述第二中央磁轴线1120。

[0079] 按照图6与图11两者中所示的第一中央磁轴线1122的参照取向,第一中央磁轴线1122恰好与第一磁体竖向轴线1113对准。此对准的取向不具有角偏移(即,第一外部磁体706的角偏移是 0°)。参照植入磁体1010的位置讨论第一外部磁体706与第二外部磁体708的旋转。如植入磁体1010位于第一外部磁体706以及第二外部磁体708“上方”的图11中所述,第一外部磁体706沿逆时针方向绕第一长形旋转轴线的旋转被记为正,而第一外部磁体706沿顺时针方向绕第一长形旋转轴线的旋转被记为负。与之相比,在植入磁体1010位于第二外部磁体708“上方”的图11中,第二外部磁体708沿顺时针方向绕第二长形旋转轴线的旋转被记为正,而第二外部磁体708沿逆时针方向绕第二长形旋转轴线的旋转被记为负。

[0080] 图6示出了可以一致转动的两个磁体。例如,第一外部磁体706可以(借助齿轮装置、带等)与第二外部磁体708同步转动使得当第二外部磁体708的南极904指在十二点钟位置时第一外部磁体706的北极902指在十二点钟位置。引申开来,第一外部磁体706的南极906与第二外部磁体708的北极908两者都指在六点钟位置。如图6中所示,两个外部磁体可以沿由相应的箭头914、916所示的第一方向转动。旋转磁场在植入磁体1010上施加扭矩,使植入磁体1010沿由箭头918所示的第二方向旋转。当第一外部磁体706与第二外部磁体708沿与所示方向相反的方向转动时,植入磁体1010将沿与所示方向相反的方向转动。虽然磁体可以如刚描述的以零角偏移旋转,但是磁体也可以以正角偏移旋转。

[0081] 第一外部磁体706可以以第一旋转角1123旋转至示例性的第一中央磁轴线1122'。在一些实施方式中,如刚提到的,第一旋转角1123是正的,并且在一些实施方式中第一旋转角1123是负的。第一旋转角1123可以使第一中央磁轴线1122沿正方向从 0° 旋转至 360° 。另外,第一旋转角1123可以使第一中央磁轴线1122沿负方向从 0° 旋转至 -360° 。第一外部磁体

706的旋转使得第一中央磁轴线1122被旋转地偏移 $>0^{\circ}$ 至 $<180^{\circ}$ 的第一旋转角1123,上述旋转是唯一的正旋转偏移。同样地,第一外部磁体706的旋转使得第一中央磁轴线1122旋转偏移 $<0^{\circ}$ 至 $>-180^{\circ}$ 的第一旋转角1123,上述旋转是唯一的负旋转偏移。如会容易理解的,第一外部磁体706旋转 $>180^{\circ}$ 至 $<360^{\circ}$ 的第一旋转角1123相当于第一外部磁体706旋转 $<0^{\circ}$ 至 $>-180^{\circ}$ 的第一旋转角1123,并且第一外部磁体706旋转 $<-180^{\circ}$ 至 $<-360^{\circ}$ 的第一旋转角1123相当于第一外部磁体706旋转 $>0^{\circ}$ 至 $<180^{\circ}$ 的第一旋转角1123。第一外部磁体706旋转 $>0^{\circ}$ 至 $<180^{\circ}$ 的第一旋转角1123,这样的旋转是唯一的正旋转偏移,该旋转被称作“向上旋转”或者“向上偏移”。与之相比,第一外部磁体706旋转 $<0^{\circ}$ 至 $>-180^{\circ}$ 的第一旋转角1123,这样的旋转是唯一的负旋转偏移,该旋转被称作“向下旋转”或者“向下偏移”。

[0082] 第二外部磁体708也可以具有旋转偏移量。第二外部磁体708可以以第二旋转角1121旋转至示例性的第二中央磁轴线1120'。在一些实施方式中,第二旋转角1121是正的,并且在一些实施方式中第二旋转角1121是负的。包括第二中央磁轴线1120的第二外部磁体708可以沿从 0° 到 360° 的正方向旋转第二旋转角1121。另外,包括第二中央磁轴线1120的第二外部磁体708可以沿从 0° 到 -360° 的负方向旋转第二旋转角1121。第二外部磁体708的旋转使得第二中央磁轴线1120被旋转地偏移 $>0^{\circ}$ 至 $<180^{\circ}$ 的第二旋转角1121,上述旋转是唯一的正旋转偏移。同样地,第二外部磁体708的旋转使得第二中央磁轴线1120被旋转地偏移 $<0^{\circ}$ 至 $>-180^{\circ}$ 的第二旋转角1121,上述旋转是唯一的负旋转偏移。如关于第一外部磁体706论述的,第二外部磁体708旋转 $>180^{\circ}$ 至 $<360^{\circ}$ 的第二旋转角1121相当于第二外部磁体708旋转 $<0^{\circ}$ 至 $>-180^{\circ}$ 的第二旋转角1121,并且第二外部磁体708旋转 $<-180^{\circ}$ 至 $<-360^{\circ}$ 的第二旋转角1121相当于第二外部磁体708旋转 $>0^{\circ}$ 至 $<180^{\circ}$ 的第二旋转角1121。第二外部磁体708旋转 $>0^{\circ}$ 至 $<180^{\circ}$ 的第二旋转角1121,这样的旋转是唯一的正旋转偏移,该旋转被称作“向上旋转”或者“向上偏移”。与之相比,第二外部磁体708旋转 $<0^{\circ}$ 至 $>-180^{\circ}$ 的第二旋转角1121,这样的旋转是唯一的负旋转偏移,该旋转被称作“向下旋转”或者“向下偏移”。

[0083] 任一磁体或者两个磁体可以被旋转地偏移。在一些实施方式中,仅第一外部磁体706沿正方向和负方向中的一者旋转(即,向上旋转或者向下旋转)。在其它实施方式中,仅第二外部磁体708沿正方向和负方向中的一者旋转(即,向上旋转或者向下旋转)。在其它实施方式中,两个磁体都旋转。两磁体旋转的任一排列都是可行的:第一外部磁体706与第二外部磁体708两者都向上旋转(相同的量或者不同的量);第一外部磁体706与第二外部磁体708两者都向下旋转(相同的量或者不同的量);第一外部磁体706向上旋转而第二外部磁体708向下旋转(相同的量或者不同的量);以及第一外部磁体706向下旋转而第二外部磁体708向上旋转(相同的量或者不同的量)。当第一外部磁体706与第二外部磁体708两者同等地上向旋转时,系统的旋转偏移量是两偏移量的总和。例如,当第一外部磁体706向上旋转 40° 并且第二外部磁体708旋转 40° 时,系统的旋转被称为例如“向上 80° ”或者“ 80° 向上”。同样地,如果第一外部磁体706向下旋转 -15° 并且第二外部磁体708向下旋转 -15° ,则系统的旋转被称为例如“向下 30° ”或者“ 30° 向下”。

[0084] 取决于中央竖向轴线1111上的点,改变第一外部磁体706与第二外部磁体708中的一者或者两者的旋转偏移量可以或者增大或者减小获得的关于给定的间隙距离1138的通量密度。例如,如以下将更详细地论述的,向上的旋转偏移(即, $>0^{\circ}$ 至 $<180^{\circ}$)一般在给定

的间隙距离1138的条件下增大中央竖向轴线1111上的通量密度。与之相比,向下的偏移(即,<0°至>-180°)一般在给定的间隙距离1138的条件下减小中央竖向轴线1111上的通量密度(然而,向下的偏移可以在小间隙距离1138的条件下增大中央竖向轴线1111上的通量密度)。一旦第一外部磁体706与第二外部磁体708沿向上的方向或者向下的方向进行单向或者双向旋转而异相,第一外部磁体706与第二外部磁体708就可能相对于彼此锁定旋转并且按以上描述地旋转(例如,以相同的角速率)。

[0085] 图16A至图16D示出了单个磁体在另一磁体保持在零参照处时的单向旋转偏移。注意,图16A至图16D中的每一者均示出了位于磁体“上方”的通量参照/测量点1177。图16A示出了第二外部磁体708的相对于通量参照/测量点1177具有约20°的向上旋转的第二中央磁轴线1120。该图还示出了第一外部磁体706的始终保持在零参照点处的第一中央磁轴线1122。图16B示出了第二外部磁体708的相对于通量参照/测量点1177具有约45°的向上旋转的第二中央磁轴线1120。该图还示出了第一外部磁体706的始终保持在零参照点处的第一中央磁轴线1122。图16C示出了第二外部磁体708的相对于通量参照/测量点1177具有约90°的向上旋转的第二中央磁轴线1120。该图还示出了第一外部磁体706的始终保持在零参照点处的第一中央磁轴线1122。图16D示出了第二外部磁体708的相对于通量参照/测量点1177具有约135°的向上旋转的第二中央磁轴线1120。该图还示出了第一外部磁体706的始终保持在零参照点处的第一中央磁轴线1122。

[0086] 图17A至图17D示出了单个磁体在另一磁体保持在零参照处时的单向旋转偏移。图17A至图17D中的每一者均示出了位于磁体“上方”的通量参照/测量点1177。图17A示出了第二外部磁体708的相对于通量参照/测量点1177具有约-20°的向下旋转的第二中央磁轴线1120。该图还示出了第一外部磁体706的始终保持在零参照点处的第一中央磁轴线1122。图17B示出了第二外部磁体708的相对于通量参照/测量点1177具有约-45°的向下旋转的第二中央磁轴线1120。该图还示出了第一外部磁体706的始终保持在零参照点处的第一中央磁轴线1122。图17C示出了第二外部磁体708的相对于通量参照/测量点1177具有约-90°的向下旋转的第二中央磁轴线1120。该图还示出了第一外部磁体706的始终保持在零参照点处的第一中央磁轴线1122。图17D示出了第二外部磁体708的相对于通量参照/测量点1177具有约-135°的向下旋转的第二中央磁轴线1120。该图还示出了第一外部磁体706的始终保持在零参照点处的第一中央磁轴线1122。

[0087] 图18示出了由第一外部磁体706与第二外部磁体708产生的植入扭矩(其直接与磁通密度成比例)与单向旋转角(即,其中,如图16A至图16D以及图17A至图17D中所示,第一外部磁体706与第二外部磁体708中的仅一者旋转偏移而另一者不旋转偏移)的图表。

[0088] 图19A至图19D示出了两个磁体(第一外部磁体706与第二外部磁体708)的均等双向旋转偏移。此外,图19A至图19D中的每一者均示出了位于磁体“上方”的通量参照/测量点1177。图19A示出了第一外部磁体706的第一中央磁轴线1122与第二外部磁体708的第二中央磁轴线1120相对于通量参照/测量点1177均具有约20°的向上旋转。图19A中所示的系统具有向上40°的旋转偏移量。图19B示出了第一外部磁体706的第一中央磁轴线1122与第二外部磁体708的第二中央磁轴线1120相对于通量参照/测量点1177均具有约45°的向上旋转。图19B中所示的系统具有向上80°的旋转偏移量。图19C示出了第一外部磁体706的第一中央磁轴线1122与第二外部磁体708的第二中央磁轴线1120相对于通量参照/测量点1177

均具有约90°的向上旋转。图19C中所示的系统具有向上180°的旋转偏移量。并且,最后,图19D示出了第一外部磁体706的第一中央磁轴线1122与第二外部磁体708的第二中央磁轴线1120相对于通量参照/测量点1177均具有约135°的向上旋转。图19D中所示的系统具有向上270°的旋转偏移量。

[0089] 图20A至图20D示出了两个磁体(第一外部磁体706与第二外部磁体708)的均等双向旋转偏移。图20A至图20D中的每一者均示出了位于磁体“上方”的通量参照/测量点1177。图20A示出了第一外部磁体706的第一中央磁轴线1122与第二外部磁体708的第二中央磁轴线1120相对于通量参照/测量点1177均具有约-20°的向下旋转。图20A中所示的系统具有向下40°的旋转偏移量。图20B示出了第一外部磁体706的第一中央磁轴线1122与第二外部磁体708的第二中央磁轴线1120相对于通量参照/测量点1177均具有约-45°的向下旋转。图20B中所示的系统具有向下90°的旋转偏移量。图20C示出了第一外部磁体706的第一中央磁轴线1122与第二外部磁体708的第二中央磁轴线1120相对于通量参照/测量点1177均具有约-90°的向下旋转。图20C中所示的系统具有向下180°的旋转偏移量。并且,最后,图20D示出了第一外部磁体706的第一中央磁轴线1122与第二外部磁体708的第二中央磁轴线1120相对于通量参照/测量点1177均具有约-135°的向下旋转。图20D中所示的系统具有向下270°的旋转偏移量。

[0090] 图21A示出了围绕处于参照构造的第一外部磁体706与第二外部磁体708的磁场线的示意图。第一外部磁体706的北极902在零参照位置处取向并且第二外部磁体708的南极904也在零参照位置处取向。还是选取位于磁体“上方”的通量参照/测量点1177。与图21A相比,图21B示出了围绕具有向上40°的系统旋转偏移的第一外部磁体706与第二外部磁体708的磁场线的示意图。就是说,第一外部磁体706的北极902与第二外部磁体708的南极904均旋转约20°(向上20度)。还是选取位于磁体“上方”的通量参照/测量点1177。图21B中位于磁体上方以及沿着中央竖向轴线1111的通量线比图21A中的位于磁体上方以及沿着中央竖向轴线1111的通量线密集。如以前提到的,就给定的间隙距离1138而言,向上旋转往往增大通量密度。图21C示出了围绕具有向上80°的系统旋转偏移的第一外部磁体706与第二外部磁体708的磁场线的示意图。就是说,第一外部磁体706的北极902与第二外部磁体708的南极904均旋转约40°(向上40度)。还是选取位于磁体“上方”的通量参照/测量点1177。图21C中位于磁体上方以及沿着中央竖向轴线1111的通量线明显比图21A中的位于磁体上方以及沿着中央竖向轴线1111的通量线密集。如以前提到的,就给定的间隙距离1138而言,向上旋转往往增大通量密度。图21D示出了围绕具有向下40°的系统旋转偏移量的第一外部磁体706与第二外部磁体708的磁场线的示意图。就是说,第一外部磁体706的北极902与第二外部磁体708的南极904均旋转约-20°(向下20度)。还是选取位于磁体“上方”的通量参照/测量点1177。图21D中位于磁体上方以及沿着中央竖向轴线1111的通量线比图21A中(在图21A中,第一外部磁体706与第二外部磁体708处于它们的参照构造)的位于磁体上方以及沿着中央竖向轴线1111的通量线稀疏。然而,应说明,这些通量线甚至比图21C(在图21C中,第一外部磁体706与第二外部磁体708具有向上80°的旋转偏移量)中所示的位于磁体上方以及沿中央竖向轴线1111的通量线密度低。就给定的间隙距离1138而言,向下旋转往往减小通量密度(小间隙距离1138的条件除外,小间隙距离可以(甚至显著地)增大通量密度)。因此,向下旋转将产生比参照系统低的通量密度,并且产生比具有向上偏移/旋转的系统更低的通量

密度。最后,图21E示出了围绕具有向下80°的系统旋转偏移量的第一外部磁体706与第二外部磁体708的磁场线的示意图。就是说,第一外部磁体706的北极902与第二外部磁体708的南极904均旋转约-40°(向下40度)。选取位于磁体“上方”的通量参照/测量点1177。如能够看到的,图21E中位于磁体上方以及沿着中央竖向轴线1111的通量线在小间隙距离1138的条件下非常密集,甚至可能比由向上80°偏移获得的密度更密集。然而,当间隙距离1138增大时,通量密度快速减小。

[0091] 图22A至图22B示出了由第一外部磁体706与第二外部磁体708产生的植入扭矩(其直接与磁通密度成比例)与双向旋转角(即,其中,如图19A至图19D以及图20A至图20D中所示,第一外部磁体706与第二外部磁体708两者均被等旋转偏移)的图表。

[0092] 与图22A至图22B相比,图23示出了不存在旋转的若干方案中通量密度与间隙距离的图表。参照图11,图23中包括的标绘图是沿中央竖向轴线1111从磁体的边缘(即,间隙距离1138为零的位置)向外(仍位于中央竖向轴线1111上)延伸至大约5英寸的间隙距离1138经历的静磁场强度的标绘图。

[0093] 第一线2310是磁通量密度与两磁体系统(具有第一外部磁体706与第二外部磁体708的系统)的间隙距离的标绘图,在该系统中,磁体具有0.75英寸的磁体内间隙并且无角偏移(即,第一外部磁体706与第二外部磁体708两者都没旋转为异相)。图21A中示出了此系统的示例性通量图。因此,第一线2310可以概念化为沿正好位于两个磁体之间的竖向线(例如,中央竖向轴线1111)的通量密度。第一线2310上的第一点位于使第一外部磁体706与第二外部磁体708的最外部的水平边缘连接的线的交点处。图21A示出了逐渐减小的通量密度值,在图21A中,通量线随着离磁体的距离增大而变少。第一线2310可以看作是参照线,针对该参照线评估“增大”以及/或者“减小”的通量密度。

[0094] 第二线2320是磁通量密度与两磁体系统(具有第一外部磁体706与第二外部磁体708的系统)的间隙距离的标绘图,在该系统中,磁体具有0.75英寸的磁体内间隙以及向上40°的系统角偏移(即,第一外部磁体706与第二外部磁体708中的每一者均向上旋转20度)。图21B中示出了此系统的示例性通量图。这里,第二线2320可以概念化为沿正好位于图21B中示出的两个磁体之间的竖向线(例如,中央竖向轴线1111)的通量密度。第二线2320上的第一点位于使第一外部磁体706与第二外部磁体708的最外部的水平边缘连接的线的交点处。关于第二线2320的通量密度的值比关于参照线(第一线2310)的通量密度的值下降得快。

[0095] 第三线2330是磁通量密度与两磁体系统(具有第一外部磁体706与第二外部磁体708的系统)的间隙距离的标绘图,在该系统中,磁体具有0.75英寸的磁体内间隙以及向下40度的系统角偏移(即,第一外部磁体706与第二外部磁体708中的每一者均向下旋转20度)。图21D中示出了此系统的示例性通量图。正如关于第一线2310以及第二线2320描述的,第三线2330可以被理解成沿中央竖向轴线1111的通量密度。通量密度开始稍微低于参照通量密度(即,第一线2310的通量密度),然而,就大于约15mm的间隙距离而言,通量密度保持高于参照通量密度。在期望较高扭矩或者通量密度的系统中,这样的构造可能是有益的。

[0096] 最后,第四线2340是磁通量密度与两磁体系统(具有第一外部磁体706与第二外部磁体708的系统)的间隙距离的标绘图,在该系统中,磁体具有0.75英寸的磁体内间隙以及向下80度的系统角偏移(即,第一外部磁体706与第二外部磁体708中的每一者均向下旋转

40度)。图21E中示出了此系统的示例性通量图。如关于第一线2310、第二线2320、以及第三线2330描述的,第四线2340可以被理解成中央竖向轴线1111的通量密度。这里,与那些线相比,通量密度开始低,但是比其它线下降慢。这样的构造在需要间隙距离较大(例如,在50毫米至100毫米的范围内)但仍需要相对高的扭矩的应用中可能是有益的。

[0097] 图15示出了针对两个不同的两磁体系统的间隙距离标绘的通量密度(以特斯拉测量),在外部磁体系统中两个变量变化:磁体内间隙与旋转偏移量。第一线1510与第二线1520示出了由具有零旋转偏移量的两磁体系统产生的通量密度标绘图。就是说,两个磁体都位于参照位置。与之相比,第三线1530与第四线1540示出了由具有系统向下80度的旋转偏移量的两磁体系统产生的通量密度标绘图。就是说,第一外部磁体706与第二外部磁体708均向下旋转40度。首先,对比第一线1510与第二线1520。

[0098] 如刚提到的,产生第一线1510与第二线1520的两磁体系统具有零度旋转偏移量。然而,产生第一线1510的第一两磁体系统具有约0.2英寸的磁体内间隙而产生第二线1520的第二两磁体系统具有约0.75英寸的磁体内间隙。磁体更靠近在一起的系统的通量密度起初明显比磁体离得远的系统的通量密度高,事实上,在零间隙距离的条件下,大约高30%。图表示出了仅在相对短的间隙距离的条件下实现通过小的磁体内间隙获得增益。第一线1510与第二线1520在约30毫米处大致汇合,此后它们保持大约相等。这与示出不同的磁体内间隙的图14完全一致。此外,图14示出了当间隙距离为零时并且当磁体内间隙为零时磁通量密度接近极限(关于任何给定的两磁体)。随着磁体内间隙增大,通量密度减小(即使当间隙距离维持在常数零时通量密度也减小)。此外,至少对于磁体内间隙相当小幅度增大而言,磁体内间隙的作用在约25毫米处不再被感受到(无论磁体内间隙如何)。就是说,由仅磁体内间隙变化的系统产生的通量密度标绘图都在约25毫米处汇合,在该点处它们适时地持续跟随彼此(以大约立方的倒数下降至极限零)。

[0099] 如以上论述的,与刚论述的零旋转偏移量系统相比,产生第三线1530以及第四线1540的两磁体系统具有系统向下80度的旋转偏移量。然而,产生第三线1530的第一两磁体系统具有约0.2英寸的磁体内间隙而产生第四线1540的第二两磁体系统具有约0.75英寸的磁体内间隙。磁体更靠近在一起的系统的通量密度起初明显比磁体离得远的系统的通量密度高,事实上,在零间隙距离的条件下,大约高70%。图表示出了相比不具有旋转偏移的系统,在具有向下旋转偏移量的系统中在非常宽范围的间隙距离的条件下实现通过小的磁体内间隙获得增益。如以上提到的,不具有旋转偏移的系统仅在低于约25毫米的间隙距离的条件下维持增大的通量密度。通过鲜明对比,具有向下80度旋转偏移量的系统在约50毫米(两倍)间隙距离的条件下仍经历增大的通量密度。旋转偏移系统在约50毫米处汇合,在该点处它们适时地持续不相上下。然而,它们仍位于不具有旋转偏移的系统上方。

[0100] 图15示出了这样的系统的实施例,在这些系统中,磁体内间隙与间隙距离两者被操控以获得不同结果。要理解,存在小间隙距离可行的一些应用。这样的应用的一个实施例是植入儿童中的磁力可调节杆。这些杆常常紧靠正好在脊椎的后部上方的皮肤的下方,专利号为8,197,490、8,057,472、8,343,192以及9,179,938的美国专利中公开了这些装置,这些专利的全部内容通过援引被合并于此。在诸如这些装置(其中间隙距离小)之类的应用中,必须判断所需扭矩的量。但需要高水平的扭矩时,如由图15所示,可能期望小的磁体内间隙(逐渐减小的磁体内间隙一般增大磁通量)并且可能不期望向下旋转偏移(在小间隙距

离至中间隙距离的条件下,向下旋转偏移易于减小通量密度)。然而,高水平的扭矩可能不需要或者甚至有害。在这些情况下,可能期望大的磁体内间隙(逐渐增大的磁体内间隙一般减小磁通量)。如果期望更进一步/更大程度地减小扭矩,则可以使用向下旋转偏移。

[0101] 也要理解,存在这样的一些应用,在这些应用中小间隙距离如果不是不可能的话也是不常见的,从而必须应对中至大间隙距离。这样的应用中的例子在磁力可调节股髓内钉中。这样的钉被安置在股骨的髓内管中,结果脂肪、筋膜以及肌肉可能被一定程度地压缩,但是间隙距离由于覆在股骨上的组织而基本被增大。专利号为8,449,543以及8,852,187的美国专利中公开了这样的装置的一些实施例,这些专利的全部内容通过援引被合并于此。如以上说明的,向下旋转偏移一般在当间隙距离增大时使通量密度增大。因此,在这些应用中,向下旋转偏移的系统可能会比它们的对准的对应系统更有效。对于具有80度的向下旋转偏移量的系统而言,一般在约50毫米处基本丧失由于减小的磁体内间隙而导致的通量密度的任何增大。因此,如果期望增大的扭矩(并因此通量密度增大)的应用具有比约50毫米更大的间隙距离,则减小磁体内间隙将对增大扭矩起到非常小的作用。然而,如果间隙距离小于约50毫米,则减小间隙距离会明显增大可能的扭矩。虽然任何股髓内钉不会一直经历小间隙距离,但是如果间隙距离小于约25毫米,则向下旋转偏移会降低系统产生更高扭矩的能力。在该情况下,具有小间隙距离的旋转对准的系统会更好。应说明,仅在非常有限的背景中并且仅为了实施例的目的论述了旋转偏移以及磁体内间隙的作用。如本文中论述的,存在可以变更以增大或者减小给定点处经历的磁通量密度的额外范围与变量。

[0102] 图24示出了除添加第三外部磁体2408以进一步形成由系统生成的磁场之外与图11中所示的磁体系统相似的另一磁体系统。与第一外部磁体706以及第二外部磁体708类似,第三外部磁体2408具有南极2406、北极2404、第三磁体直径2432以及第三长形旋转轴线。虽然这里将第三外部磁体2408示成具有比第二磁体直径1132或者第一磁体直径1134小的第三磁体直径2432,但是应理解这仅是为了阐明之目的。取决于任一给定系统的通量塑造目标,第三磁体直径2432可以比第二磁体直径1132以及/或者第一磁体直径1134小或者大,或者与之相同。

[0103] 继续参照图24,第三长形旋转轴线(与第一长形旋转轴线以及第二长形旋转轴线类似)是穿过第三外部磁体2408的中央的线,其穿过第三外部磁体2408的中央延伸到页面中。虽然第一外部磁体706具有它的第一磁体竖向轴线1113并且第二外部磁体708具有它的第二磁体竖向轴线1112,但是第三外部磁体2408被示成直接位于中央竖向轴线1111上,该线平分磁体内间隙1130。将第三外部磁体2408安置在中央竖向轴线1111上,这可以使有利于均匀的系统跨越中央竖向轴线1111。然而,也应理解,第三外部磁体2408可以相对于第一外部磁体706以及第二外部磁体708安置在任何位置。如图24中所示,第三外部磁体2408的位置还由第三磁体竖向偏移量1139限定,该第三磁体竖向偏移量是沿中央竖向轴线1111从水平轴线1110到第三外部磁体2408的第三磁体水平轴线2410的距离。

[0104] 第三外部磁体2408可以旋转第三旋转角2425而到达第三中央磁轴线2424(图24中所示)。第三外部磁体2408具有这样的参照构造。关于第三外部磁体2408的参照的构架,与关于第二外部磁体708的参照的构架相同。就是说,第三外部磁体2408沿顺时针方向绕第三长形旋转轴线的旋转被记为正,而第三外部磁体2408沿逆时针方向绕第三长形旋转轴线的旋转被记为负。第三外部磁体2408与第一外部磁体706以及第二外部磁体708类似也可以具

有旋转偏移量。在一些实施方式中第三旋转角2425是正的，并且在一些实施方式中第三旋转角2425是负的。包括第三中央磁轴线2424的第三外部磁体2408可以沿从0°到360°的正方向旋转第三旋转角2425。另外，包括第三中央磁轴线2424的第三外部磁体2408可以沿从0°到-360°的负方向旋转第三旋转角2425。与第二外部磁体708类似，第三外部磁体2408的使第三中央磁轴线2424旋转偏移 $>0^{\circ}$ 至 $<180^{\circ}$ 的第三旋转角2425的旋转是唯一的正旋转偏移。同样地，第三外部磁体2408的使第三中央磁轴线2424旋转偏移 $<0^{\circ}$ 至 $>-180^{\circ}$ 的第三旋转角2425的旋转是唯一的负旋转偏移。如将容易理解的，第三外部磁体2408旋转 $>180^{\circ}$ 至 $<360^{\circ}$ 的第三旋转角2425相当于第三外部磁体2408旋转 $<0^{\circ}$ 至 $>-180^{\circ}$ 的第三旋转角2425，并且第三外部磁体2408旋转 $<-180^{\circ}$ 至 $<-360^{\circ}$ 的第三旋转角2425相当于第三外部磁体2408旋转 $>0^{\circ}$ 至 $<180^{\circ}$ 的第三旋转角2425，这样的旋转是唯一的正旋转偏移，该旋转被称作“向上旋转”或者“向上偏移”。与之相比，第三外部磁体2408旋转 $<0^{\circ}$ 至 $>-180^{\circ}$ 的第三旋转角2425，这样的旋转是唯一的负旋转偏移，该旋转被称作“向下旋转”或者“向下偏移”。

[0105] 虽然图24示出了第三外部磁体2408的第三磁体水平轴线2410位于水平轴线1110与植入磁体1010之间，但是其它安置是可行的。图25A至图25C示出了可以安置第三外部磁体2408的位置的各个实施例。在图25A至图25C中，植入磁体1010的位置被取向方向2480确定：虽然图24中的植入磁体1010被示为位于第一外部磁体706、第二外部磁体708以及第三外部磁体2408“上方”，但是在图25A至图25C中该植入磁体1010位于第一外部磁体706、第二外部磁体708以及第三外部磁体2408“下方”。

[0106] 图25A示出了三磁体系统，在该三磁体系统中，第三磁体竖向偏移量1139是正的，使得第三外部磁体2408定位在水平轴线1110、第一外部磁体706以及第二外部磁体708上方。第三磁体竖向偏移量1139可以具有任一正值，这是有磁力意义的。因为当第三磁体竖向偏移量1139增大（如图25A中所示）时磁场大约以立方的倒数减弱，所以第三外部磁体2408的作用将快速减弱。在图25A中，第一外部磁体706以及第二外部磁体708两者更靠近植入磁体1010（或者被中心距限定）。因此，只要第一外部磁体706以及第二外部磁体708的直径比第三外部磁体2408的直径大，由植入磁体1010感知的来自第三外部磁体2408的作用将比由植入磁体1010感知的来自第一外部磁体706或者第二外部磁体708的作用小。当然，如果第三磁体直径2432充分增大，则第三外部磁体2408会具有足够强的磁场，如果第三磁体直径2432充分减小，则第三外部磁体2408会具有非常弱的磁场。由于同样原因，可以优化参数使得三个磁体中的每一者都均等地影响植入磁体1010。

[0107] 图25B示出了第二三磁体系统，在该第二三磁体系统中，第三磁体竖向偏移量1139为零（即，第三磁体水平轴线2410与水平轴线1110位于同一直线上或者是同一直线）。在图25B中，第三外部磁体2408将总是更靠近植入磁体（当沿中央竖向轴线1111放置并且被中心距限定时）。因此，要具有与第一外部磁体706以及第二外部磁体708等同的作用，第三磁体直径2432可以小于第二磁体直径1132以及/或者第一磁体直径1134（处于阈值直径）。然而，不是期望具有等同作用，而是可能期望第三外部磁体2408具有比第一外部磁体706或者第二外部磁体708更强的作用。在这样的示例中，第三磁体直径2432可以增大到阈值直径以上。当然，在一些实施方式中，期望第三磁体直径2432产生的作用比从第一外部磁体706或者第二外部磁体708感知的作用小。在那些示例中，第三磁体直径2432可以减小到阈值直径以

下。

[0108] 图25C示出了第三三磁体系统,在该第三三磁体系统中,第三磁体竖向偏移量1139为负,使得第三外部磁体2408定位在水平轴线1110、第一外部磁体706以及第二外部磁体708下方。第三磁体竖向偏移量1139可以具有任一负值,这是有磁力意义的。因为当第三磁体竖向偏移量1139逐渐负增大时磁场大约以立方的倒数减弱,所以第一外部磁体706以及第二外部磁体708(沿中央竖向轴线1111)的作用将快速减弱。图25C示出了具有比第一磁体直径1134以及第二磁体直径1132小的第三磁体直径2432的第三外部磁体2408。因为第三外部磁体2408在中央竖向轴线1111的更靠下(例如,更靠近理论上的植入磁体1010),所以相比第一外部磁体706或者第二外部磁体708,第三外部磁体2408对取向方向2480上的通量密度的作用可能更明显。然而,如以上描述的,取决于系统需求,可以改变各个磁体的直径以平衡或者突出一个磁体相对于另一磁体的磁输入(虽然第一外部磁体706与第二外部磁体708一般可以具有相同的直径,但是它们可以具有不同的直径)。例如,可以增大第三磁体直径2432以突出第三外部磁体2408的作用。或者,可以增大第一磁体直径1134与第二磁体直径1132中的一者或者多者(同时可能减小第三磁体直径2432)以增大第一外部磁体706以及第二外部磁体708相对于第三外部磁体2408的作用。

[0109] 除了诸如罗盘、U形磁体或者甚至转动极的圆柱形磁体(例如第一外部磁体706与第二外部磁体708)之类的简单磁体外,还能够创造复杂磁体,在复杂磁体中可以随意选择各个极的通量方向。冰箱磁贴是复杂磁体的常见实施例,在冰箱磁贴中,仅在一侧存在磁力(磁体的背面会粘贴至冰箱而正面不会粘贴至冰箱)。此现象是由于在磁体构建过程中通量方向的选择性取向,这使磁场仅存在于磁体的一侧。此现象被称为海耳巴克(Halbach)效应并且该布置被称为Halbach阵列。可以通过简单地并排布置南北极化的件使得各个连续件的北极从先前磁体旋转四分之一圈,从而在Halbach阵列中创建平直磁体使磁场仅存在于一侧。一旦如所述排列,当沿具体方向进行时磁化的方向将一致地旋转。

[0110] 通常,Halbach阵列是永久磁体的这样的布置,该布置能够扩大Halbach阵列的一侧的磁场同时将Halbach阵列的另一侧的磁场抵消至接近零或者大致接近零。例如,可以将位于Halbach阵列的底侧的磁场增强并且将位于Halbach阵列的顶侧(单侧通量)的磁场抵消。永久磁体的四分之一圈旋转模式可以被无限地持续并且具有相同作用。日益复杂的Halbach阵列可以用于形成包括圆柱形磁体的任一磁体的磁场。

[0111] 图26A至图26C示出了各个极的磁通量方向可以被操控的各种圆柱形磁体。图26A示出了具有第一极2611以及第二极2612的两极磁体2610,每个极均具有磁通场2626。使用Halbach阵列,磁通场2626可以“指向”任一方向。例如,可以大致仅在磁体的一侧创建磁场。图26B示出了具有第一极2621、第二极2622、第三极2623以及第四极2624的四极磁体2620,每个极均具有磁通场2626。如关于图26A描述的,各个磁通场2626可以“指向”任一方向。最后,图26C示出了具有第一极2631、第二极2632、第三极2633、第四极2634、第五极2635、第六极2636、第六极2636以及第八极2638的八极磁体2630,每个极均具有磁通场2626。使用具有逐渐增多的极数的Halbach阵列的原理,可以创建具有有益性能的复杂磁体。例如,能够创建具有位于磁体的一侧的单个紧密集中的场的圆柱形磁体。与之相比,能够创建具有四个被磁死区(即,几乎不存在磁通量的区)分开的较弱场的圆柱形磁体。这些复杂磁体可以有利地应用至诸如植入磁体1010之类的植入体。具有更紧密集中的磁场的植入磁体能够产生

更高的耦合扭矩。另选地，不是增大扭矩，而是可以减小植入磁体1010的尺寸。例如，较小的复杂植入磁体1010(具有一个或者多个Halbach阵列)上的集中的磁场能够产生与具有相对不集中的磁场的标准两极磁体相等或者比其更大的耦合扭矩。也可以将这样的复杂磁体结合到外部调节装置700中。此外，一个或者多个Halbach阵列可以使磁体尺寸减小，使耦合扭矩增大，甚至实现这两者。如果在植入磁体1010与外部调节装置700两者中使用复杂磁体，则可以增强效果。

[0112] 图27示出了如图11中所示的两磁体系统的磁通量图。与图11相比，两个磁体沿顺时针方向旋转了90度。因此，第一外部磁体706的北极902恰好面向南极904的北极908。此通量图与图13B中所示的通量图非常相似。

[0113] 图28A示出了与图24以及图25A至图25C中所示的三磁体系统相似的三磁体系统的示意图。在图28A中，植入磁体位于三磁体系统“下方”，使得三个磁体中较小的磁体与植入磁体1010位于水平轴线1110的同侧。图28A示出了三磁体系统的一种可能的构造。三个磁体中较大的两个磁体恰如图27中所示的那样构造。然而，三个磁体中较小的磁体(类似于图24的第三外部磁体2408)具有从较大的磁体进行90度偏移的南极。就是说，将小磁体上的北极与南极分开的线垂直于将较大磁体的南极与北极分开的线(平行线)。已经观察出，此构造可以将朝植入磁体的方向的磁场形成为在该位置处提供增大的磁场密度。在至少一个实施方式中，此构造(取决于磁体之间的距离、磁体尺寸、间隙距离等)能够提供比两磁体系统(例如图27中所示的两磁体系统)多50%的磁通量密度并因此提供多50%的力。

[0114] 图28B示出了与图28A中所示的三磁体系统相似的三磁体系统的通量图。两个较大磁体的北极还是指向将两个磁体分开的竖向线。此外，较小的第三磁体的北极向下指向植入磁体。以此方式，可以增大位于三磁体系统的植入磁体侧的磁通量密度。图28B示出了磁通量密度线的增大的密度。与之相比，图28C示出了：位于相同位置的较大磁体，但是较小磁体具有指向上并离开植入磁体的北极。在此构造中，系统减小由植入磁体获得的通量密度。取决于磁体之间的距离、磁体尺寸、间隙距离等，此构造能够提供比两磁体系统(例如图27中所示的两磁体系统)小(减少)50%的磁通量密度并因此提供少50%的力。

[0115] 国际非电离辐射防护委员会已经发布了“关于限制暴露至时变电磁、磁场以及电磁场(高达300千兆赫)的指导方针”以及“关于限制暴露至静磁场的指导方针”。通过援引将两组指导方针的全部内容结合于此。这些指导方针限制暴露至时变磁场以及静磁场两者以保护健康。然而，对于身体的不同区域限度不同。例如，手指可以比大脑具有更高的限度。就时变磁场限度而言，两变量尤其重要：场强度与场移动速度(例如，相对于身体)。弱磁场一般可以在保持在规定限度内的情况下绕身体相对快地移动。与之相比，非常强的磁体可能需要绕身体非常慢地移动以保持在规定限度内。这就是经历核磁共振成像(MRI)扫描的患者被告知不要移动的一个原因，他们正遭受极强的磁场。位于MRI机器中的人的大量移动将可能超出规定限度。与时变磁场限度相比，静场限度主要与场强度有关。然而，指导方针指出静场“不要应用于经历医学诊断或者治疗的患者的暴露”。如果静场应用于经历医学诊断或者治疗的患者的暴露，则几乎可以肯定MRI机器将落入限度之外。

[0116] 鉴于以上论述的指导方针，能够明白，磁疗装置应以可能的最慢方式理想地使用可能的最弱的磁场以仍获得期望的临床疗效。本文中公开的若干这样的包括图1中所示的外部调节装置700的系统具有包括磁体尺寸、磁体内间隙等的一些固定参数。就这样的外部

调节装置700而言,不存在许多减小时变磁场暴露的方式。一些可能减小时变磁场暴露的方式包括增大间隙距离(当可能有益于患者的稳定时,可能难以增大间隙距离)以及减小第一外部磁体706以及第二外部磁体708的旋转速度。

[0117] 在外部调节装置700中可以根据用户或者根据“智能的”外部调节装置700本身变更的参数包括:磁体内间隙;间隙距离;旋转偏移量(单向与双向);以及磁体旋转速率。选择性地变更这些变量中的一者或者多者可以使用户或者“智能的”外部调节装置700能够将系统优化成具有仍有临床疗效的最低通量(最弱的磁场)。

[0118] 虽然已经在某些优选实施方式以及实施例的上下文中公开了本发明,但是本领域中的普通技术人员会理解本发明超出具体公开的实施方式之外延及其它另选实施方式以及/或者本发明的用途以及本发明的明显的变型例以及同等物。此外,虽然已经示出并且详细描述了本发明的若干变更例,但是基于本公开,在本发明的范围内的其它变型例对于本领域中的普通技术人员将是显而易见的。还设想,实施方式的方面以及具体特征可以进行各种组合或者再组合并且这些组合仍落入本发明的范围内。因此,应理解,公开的实施方式的各种特征以及方面可以相互组合或者相互替代以便形成公开的发明的不同模式。因此,本文中公开的本发明的范围不意图要被以上描述的特别公开的实施方式限制,而旨在应仅根据所附权利要求的合理解读确定。

[0119] 类似地,不要将公开的此方法理解成将发明表达成任一权利要求需要比权利要求中明确陈述的特征更多的特征。相反,如所附权利要求表达的,发明方面存在于比前文公开的任何单一实施方式的所有特征少的特征的组合。因此,特此明确将遵循详细描述的权利要求合并到此详细描述中,各个权利要求均作为单独的实施方式自行成立。

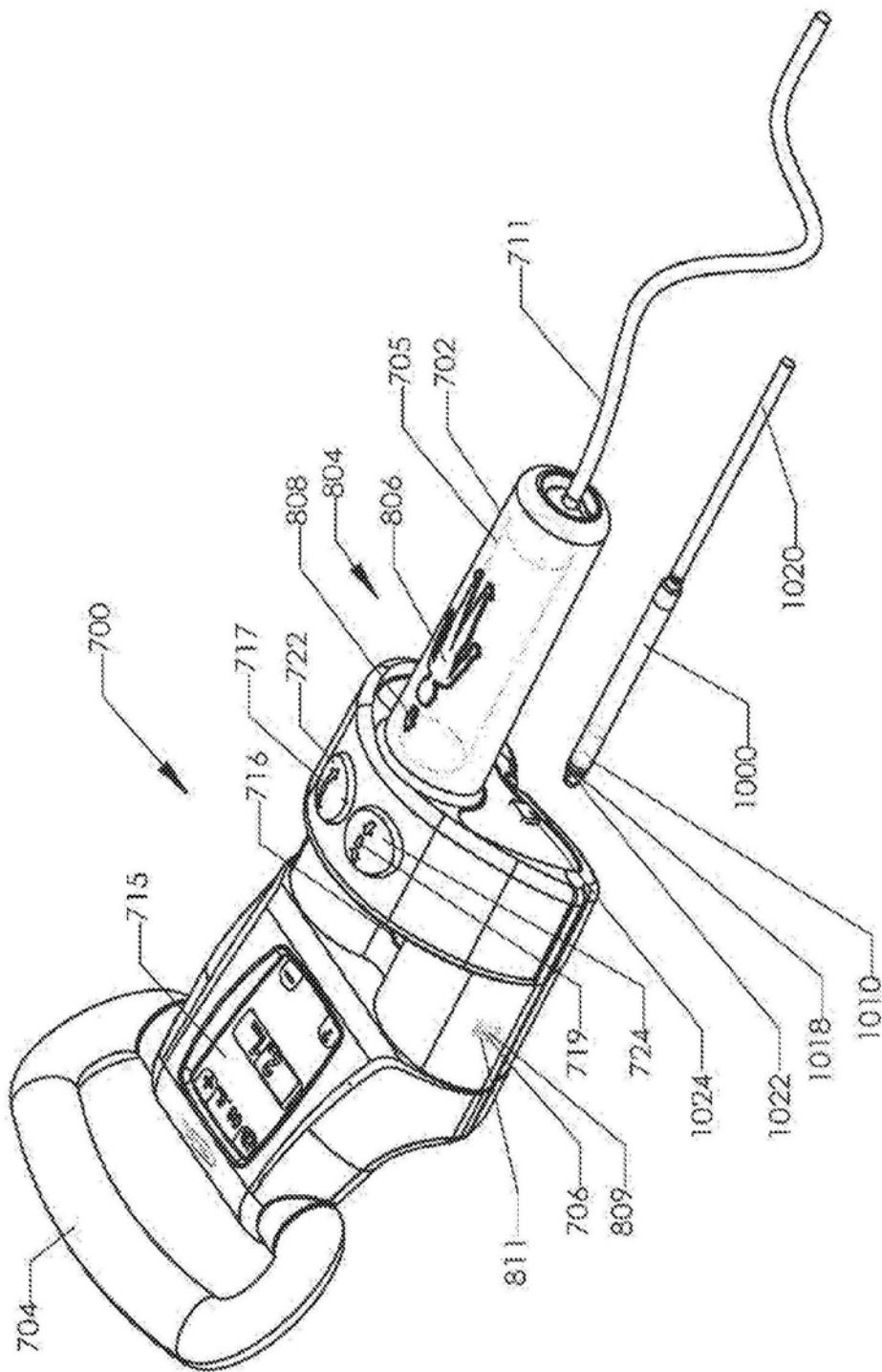


图1

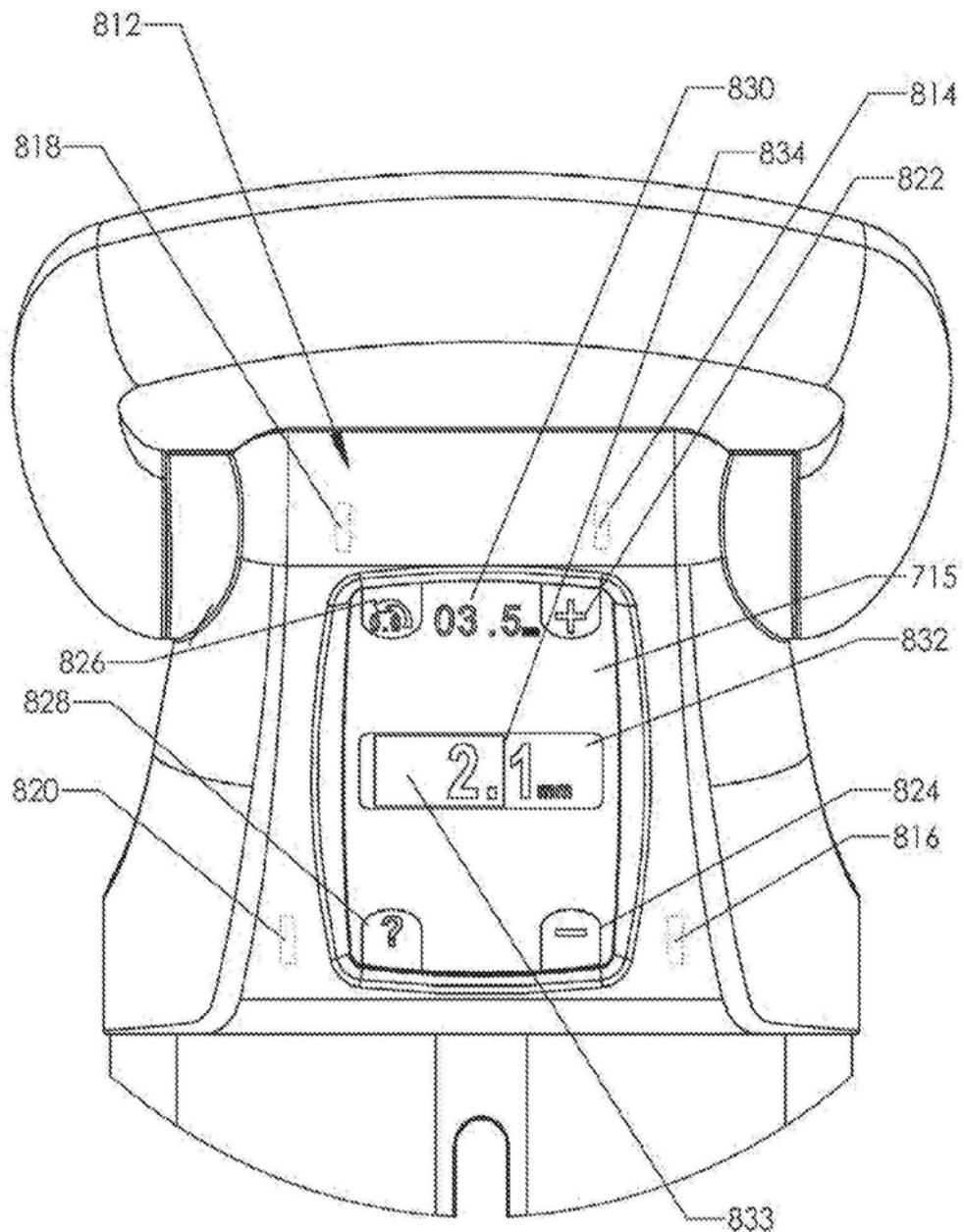


图2

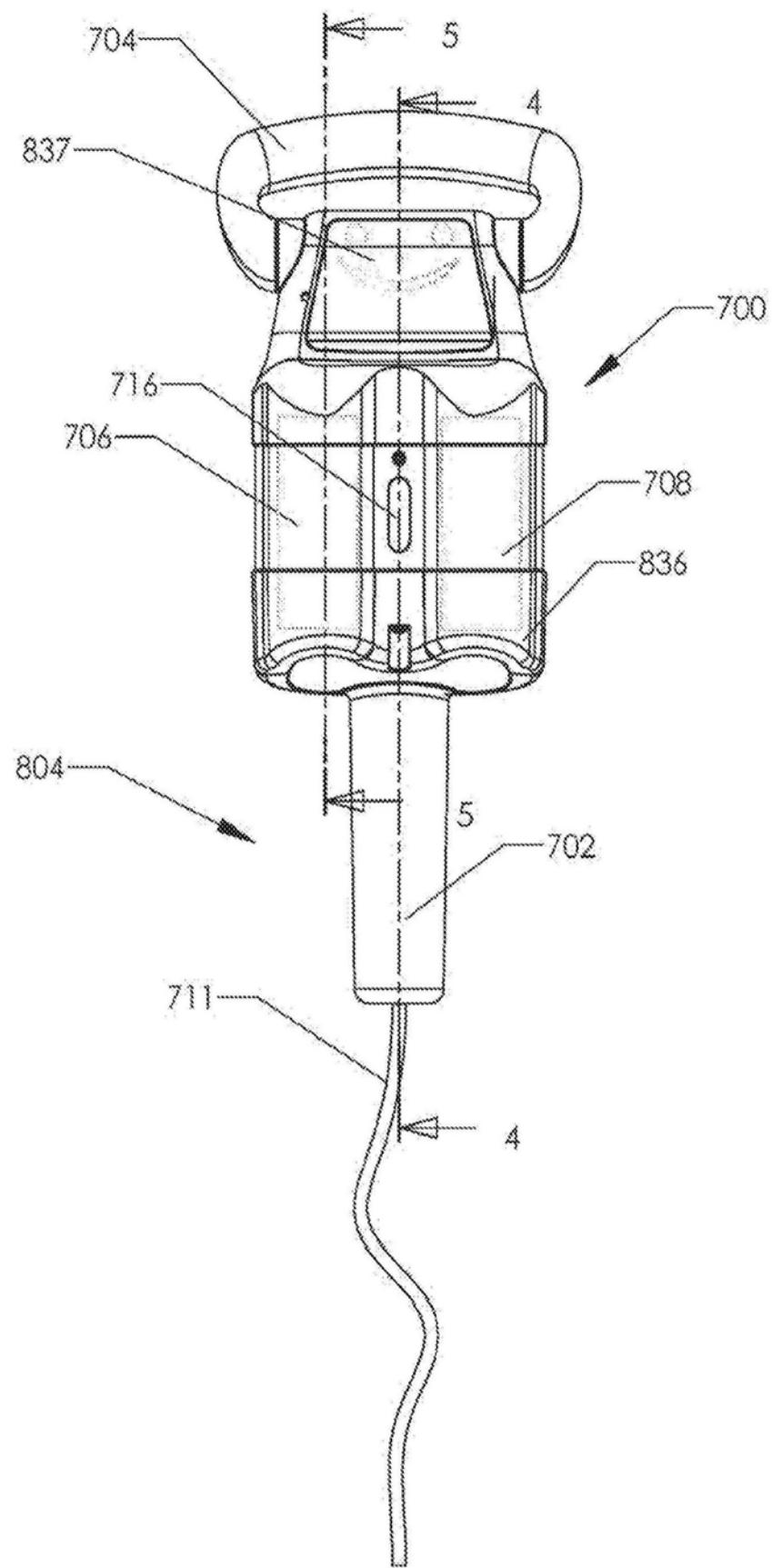


图3

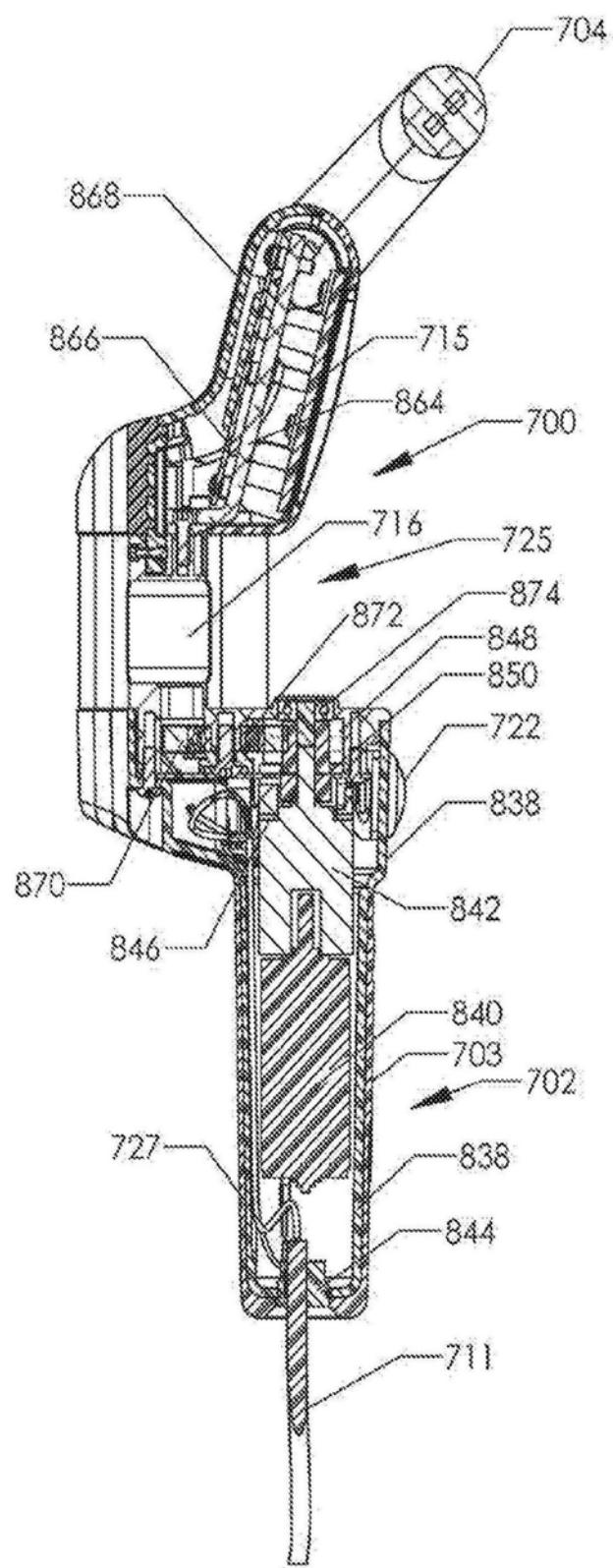


图4

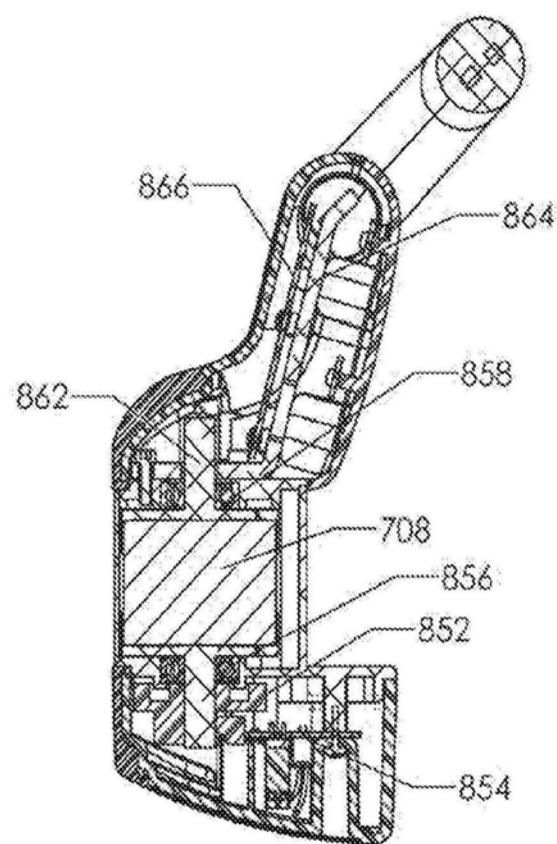


图5

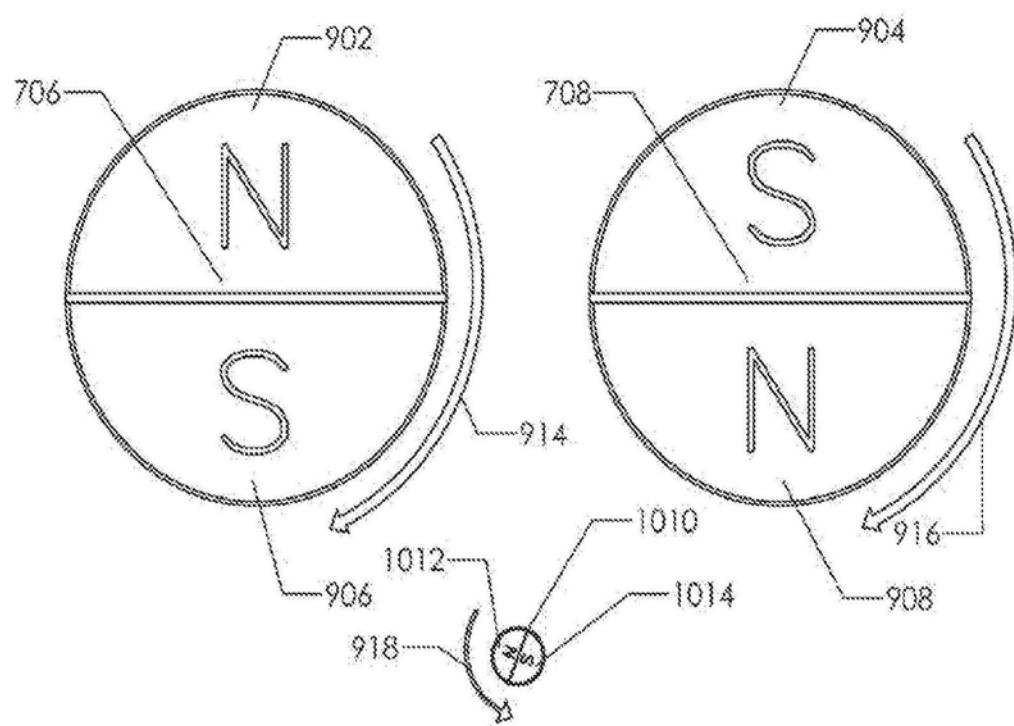


图6

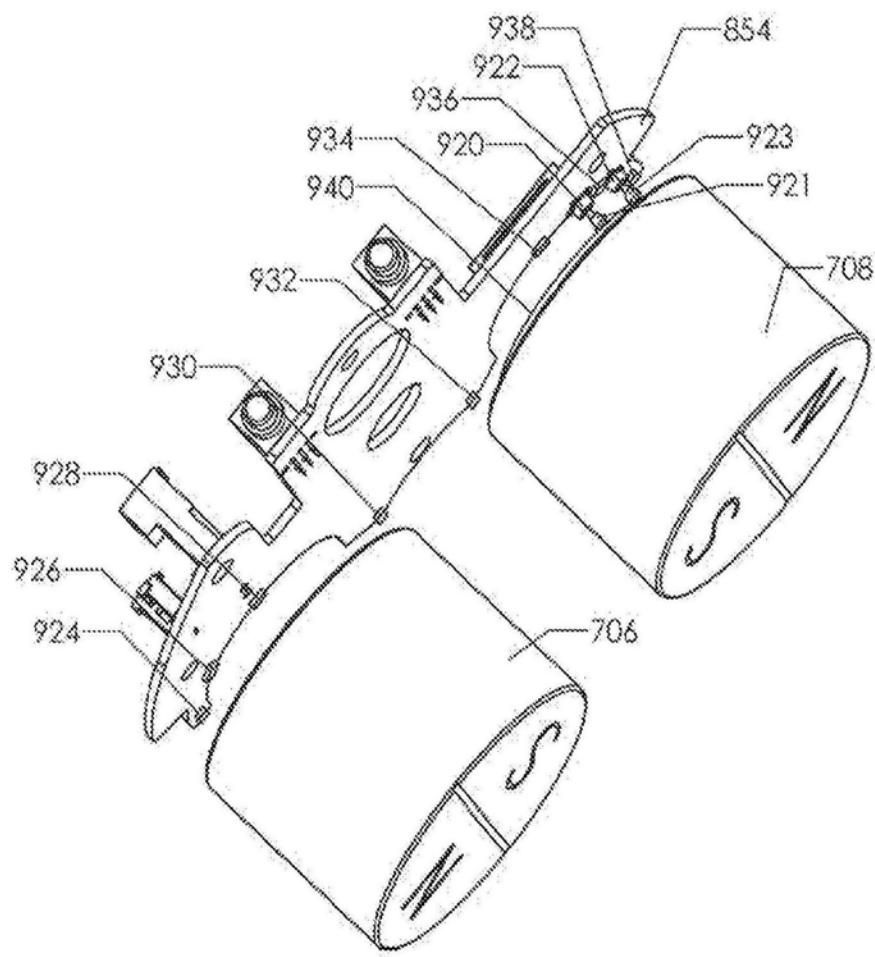


图7

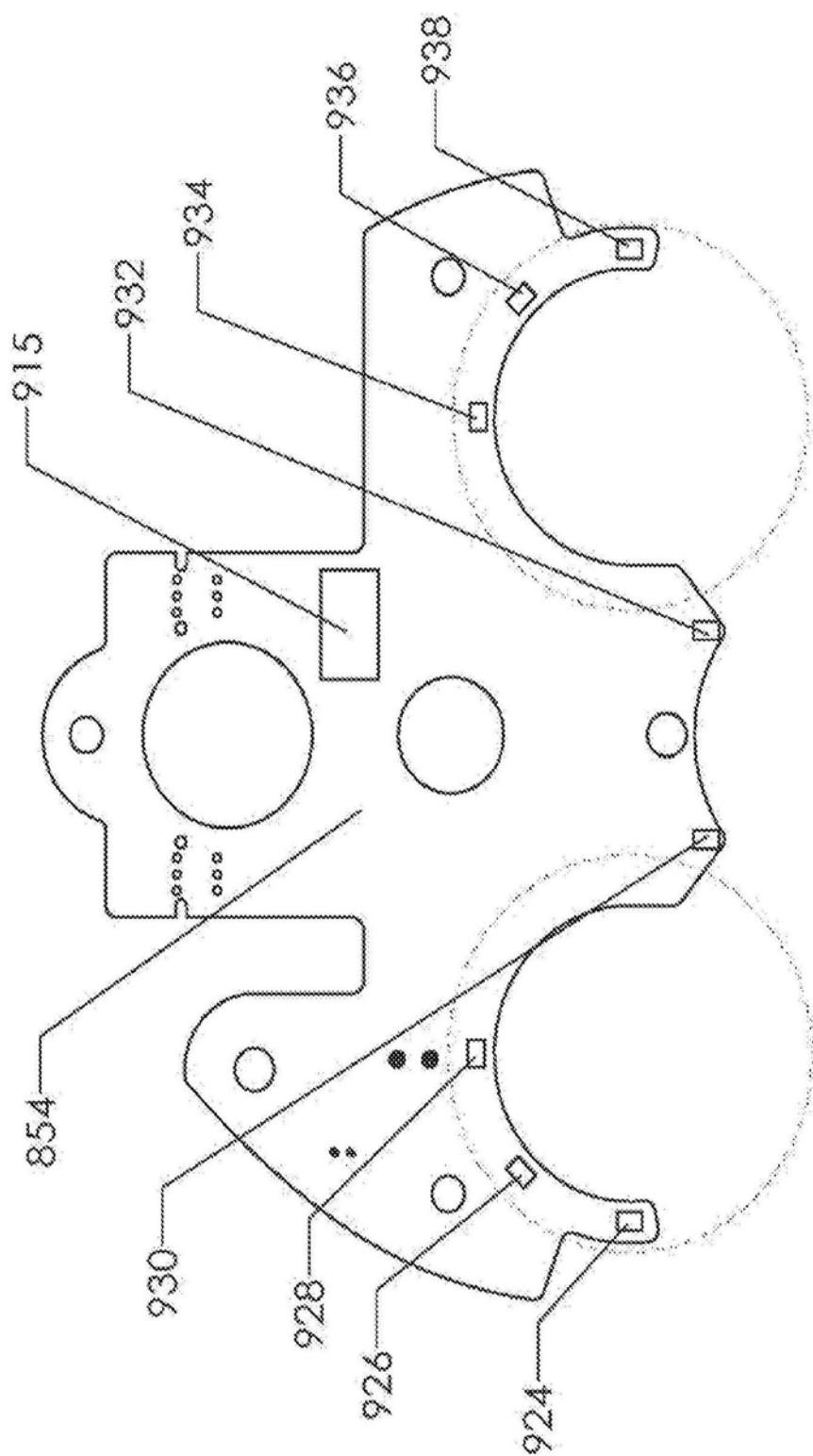


图8

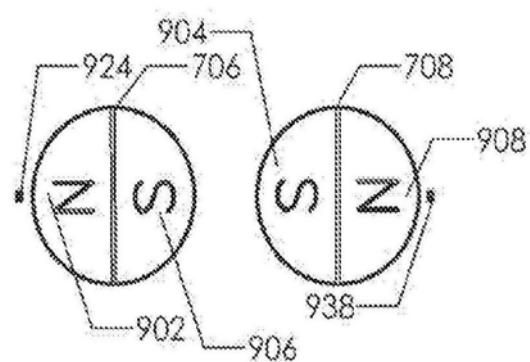


图9A

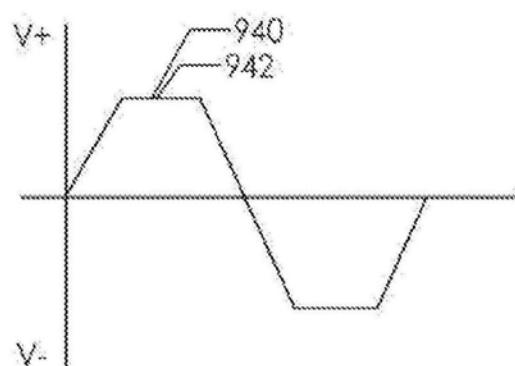


图9B

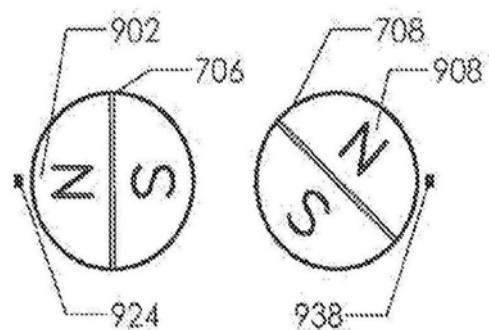


图9C

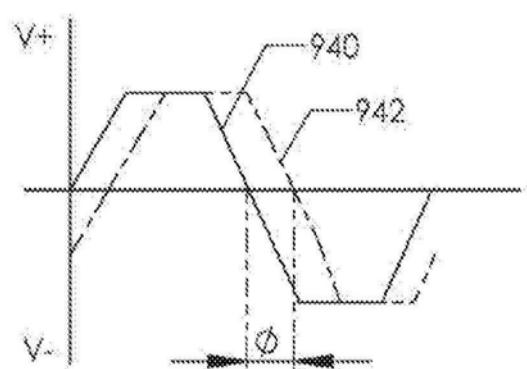


图9D

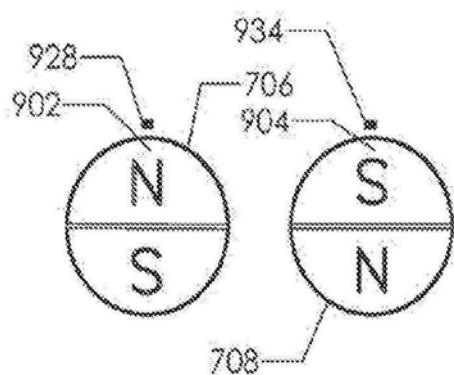


图10A

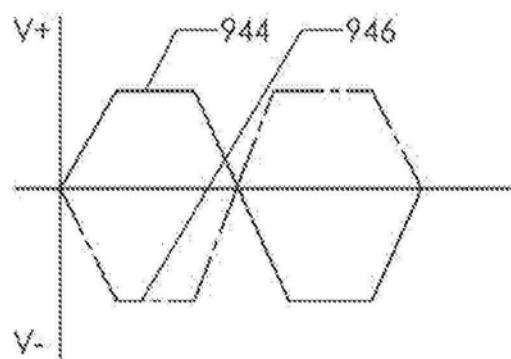


图10B

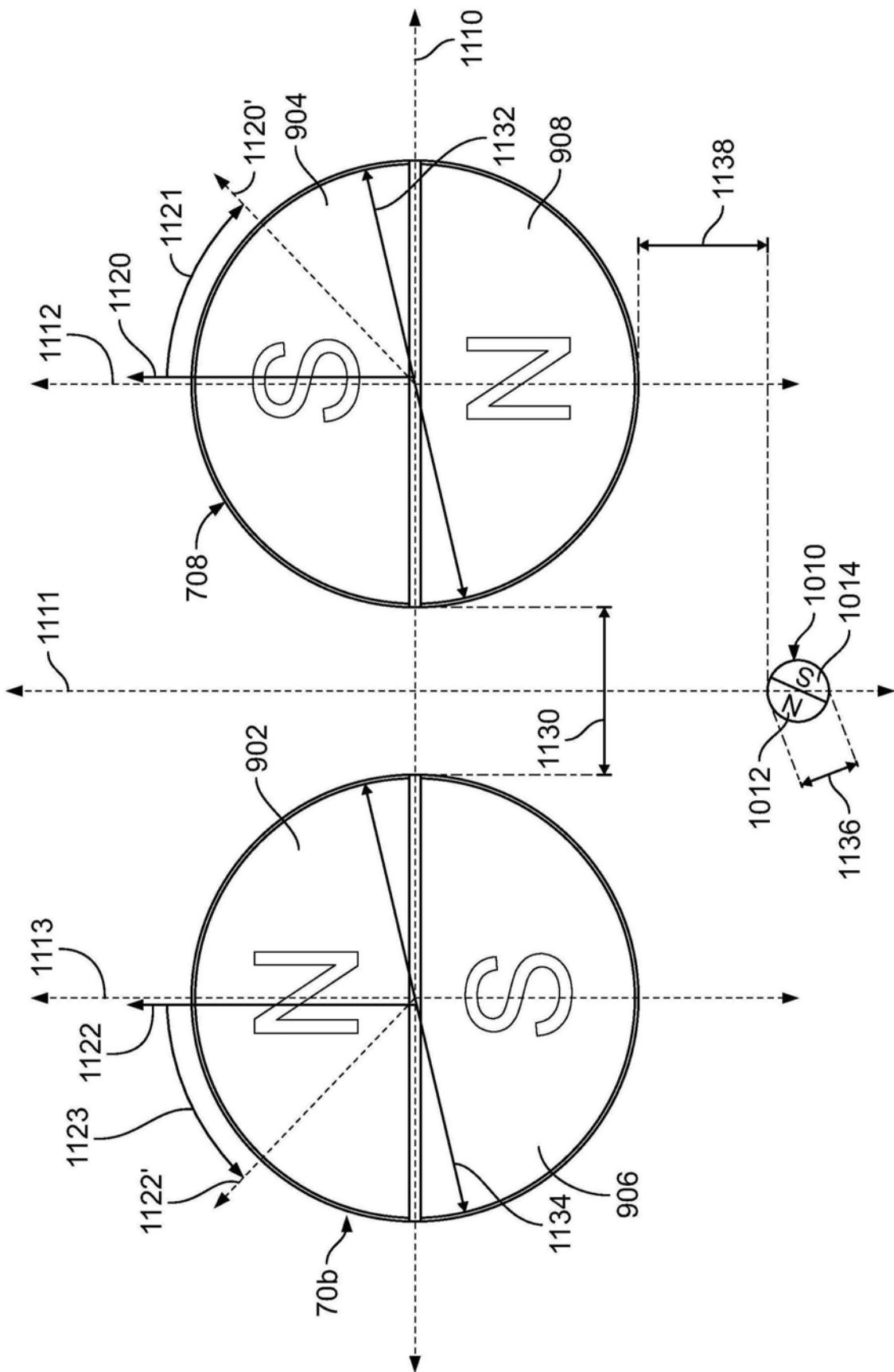


图11

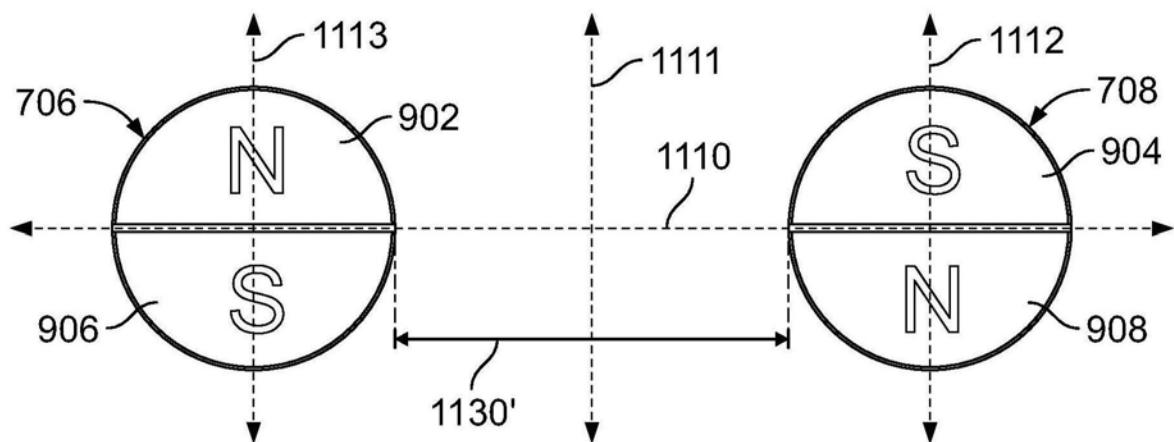


图12A

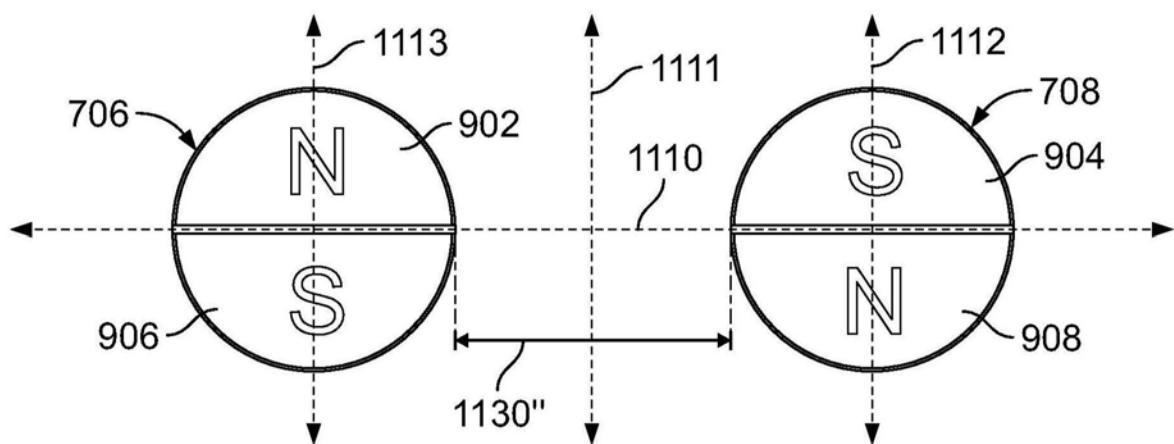


图12B

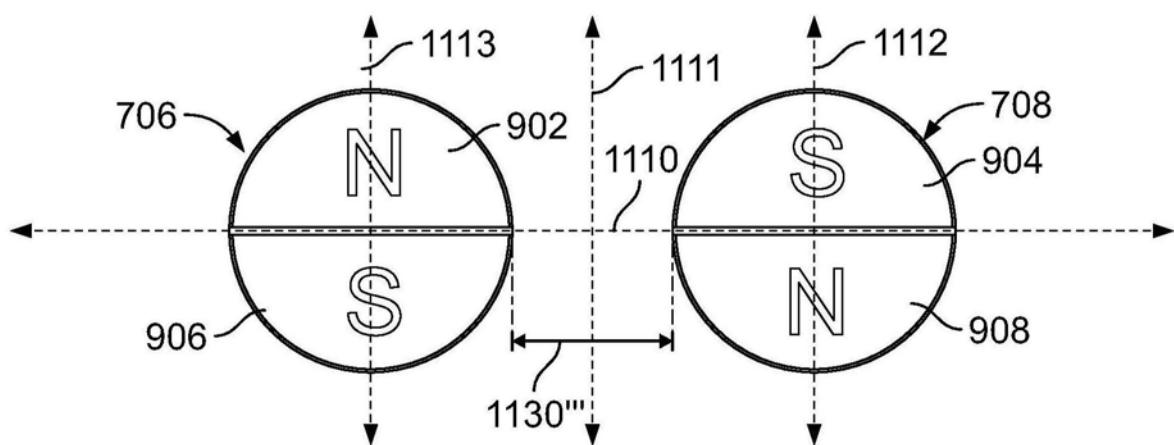


图12C

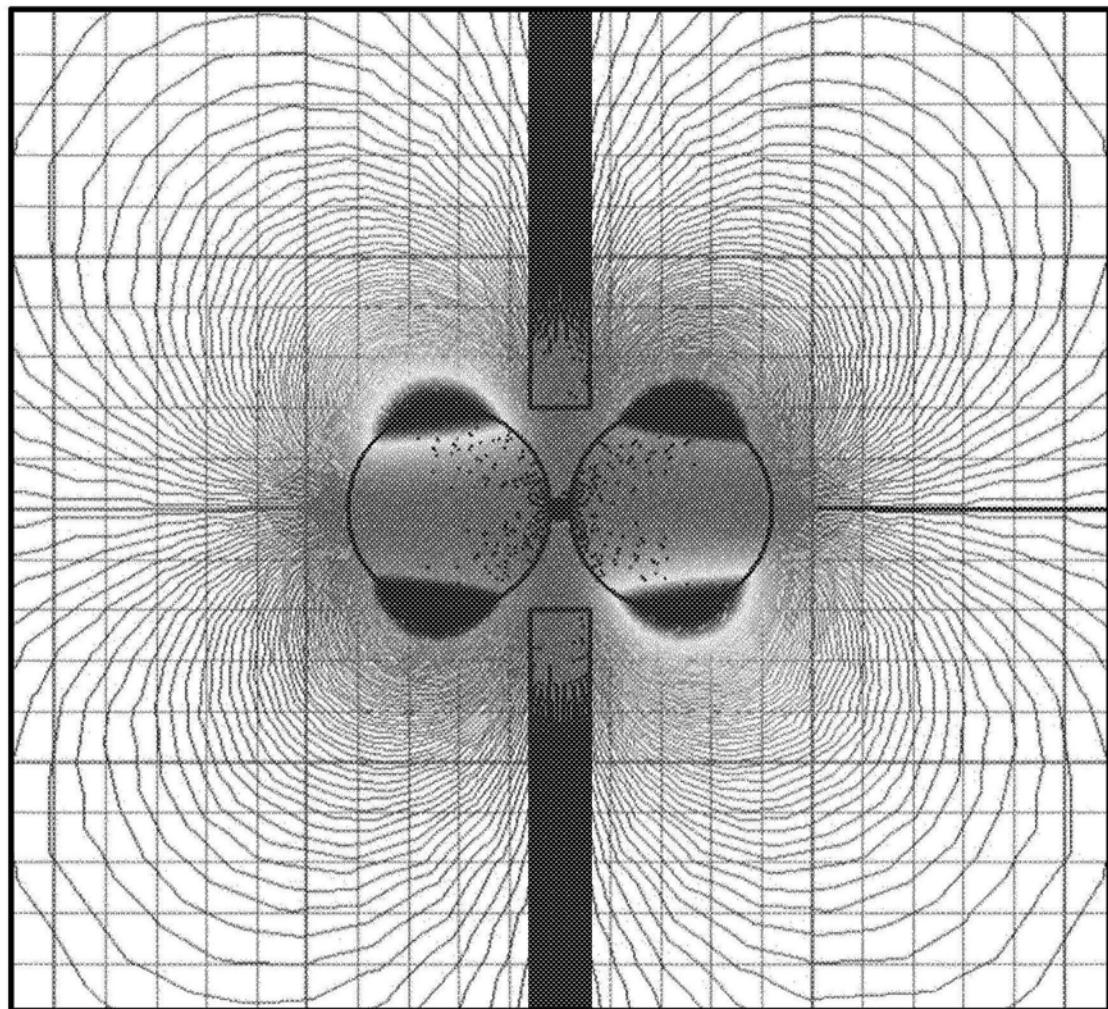


图13A

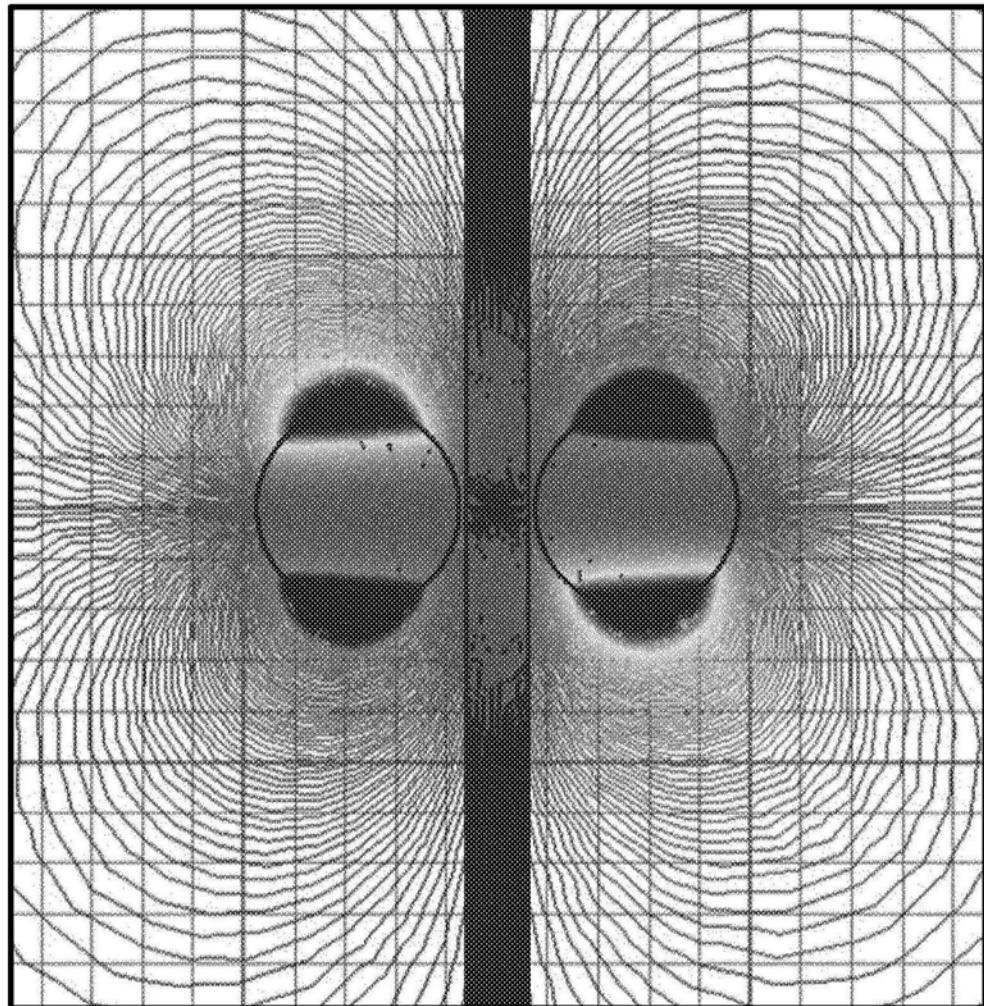


图13B

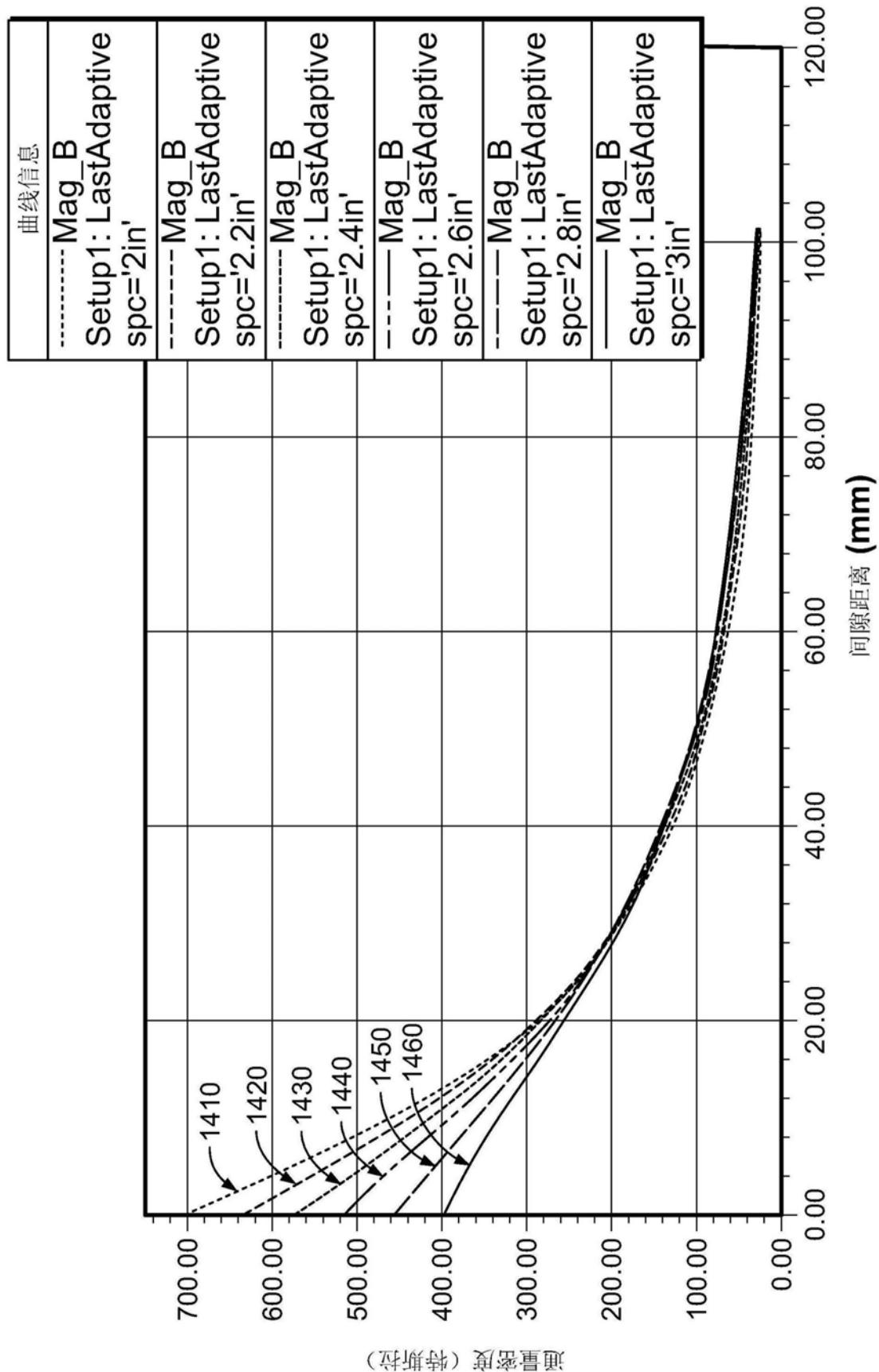


图14

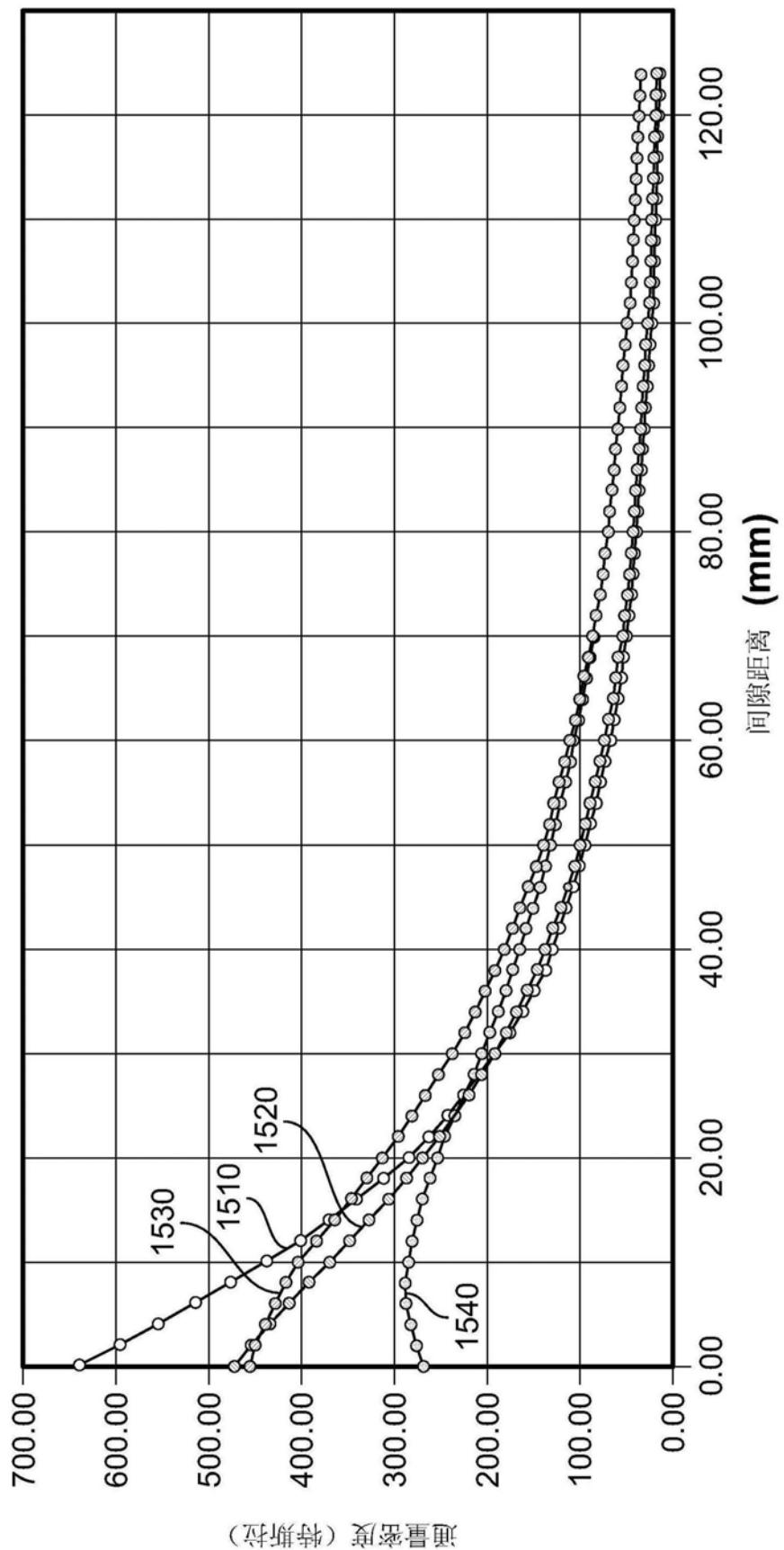


图15

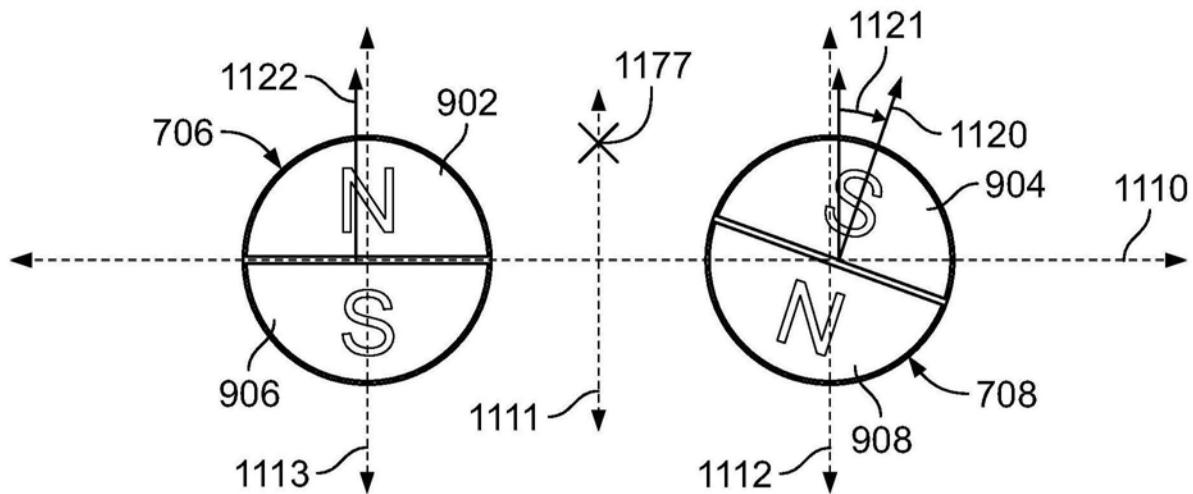


图16A

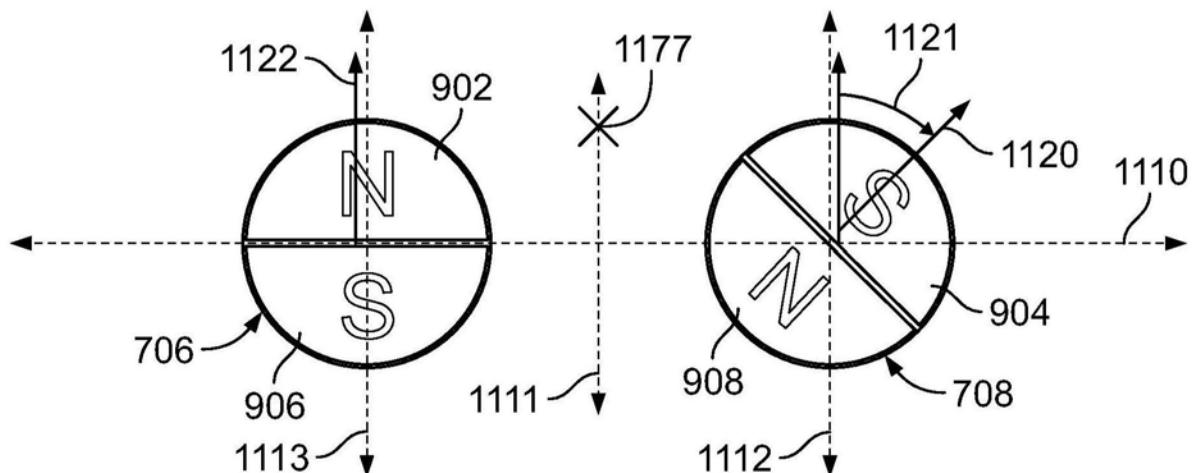


图16B

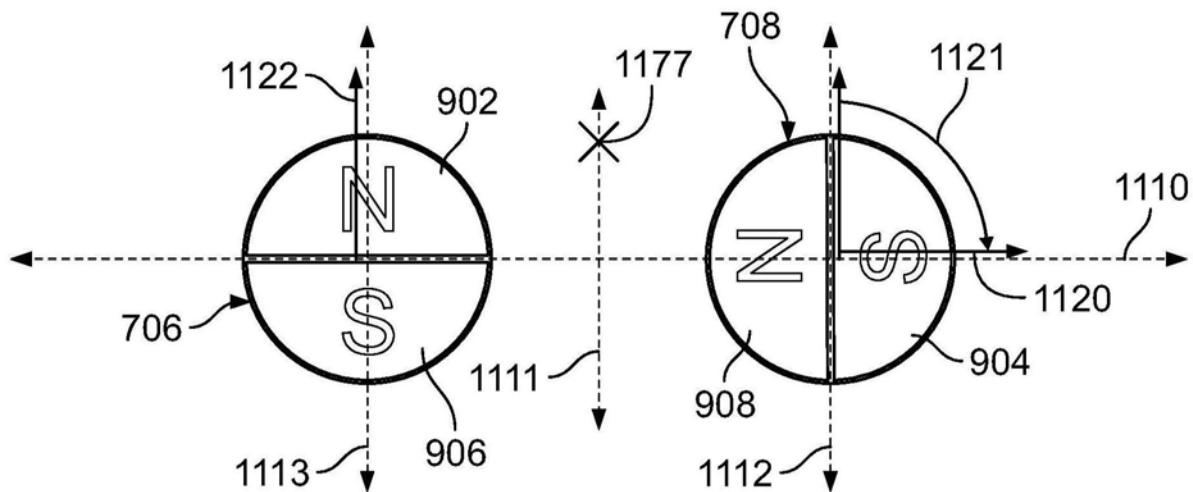


图16C

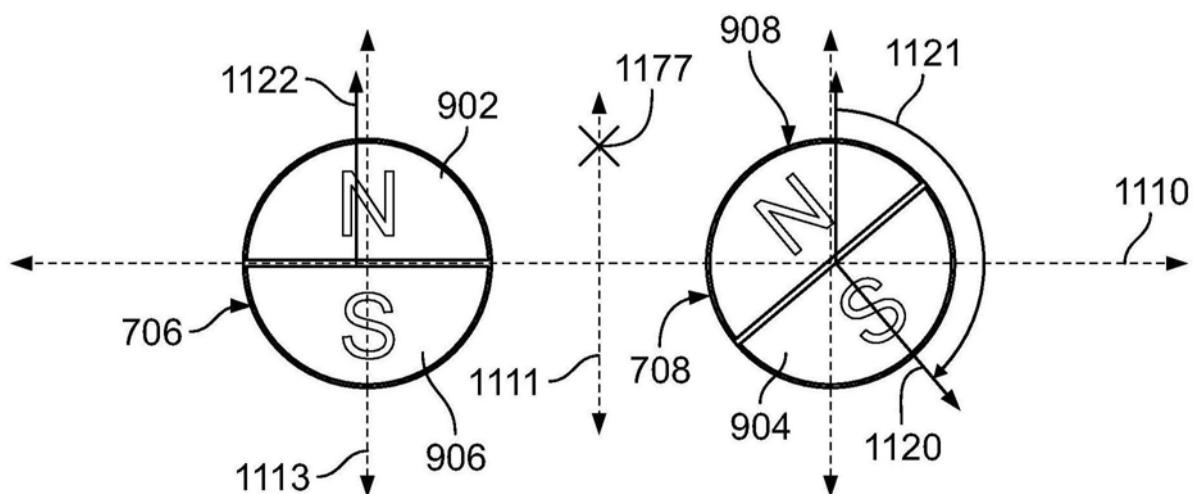


图16D

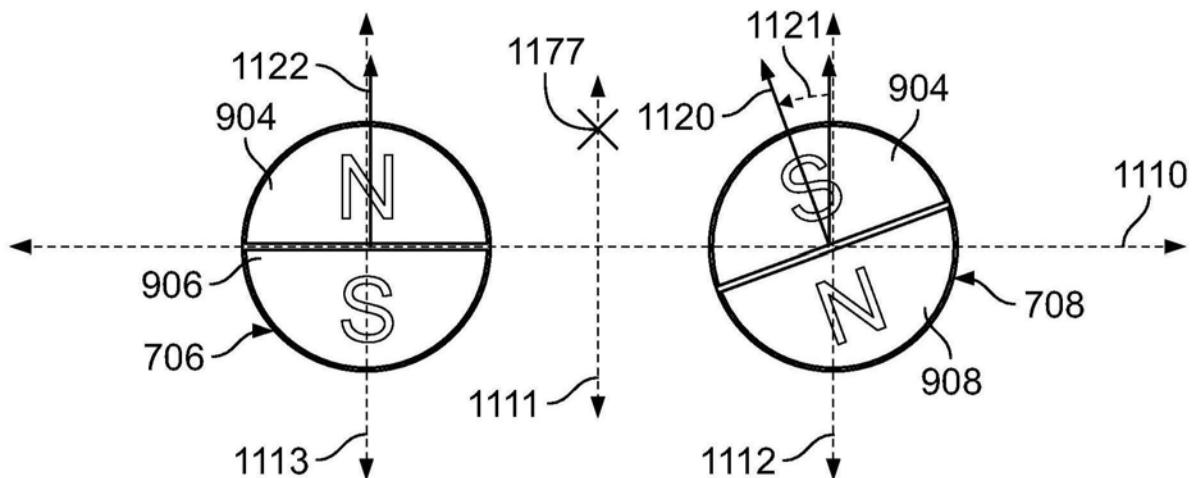


图17A

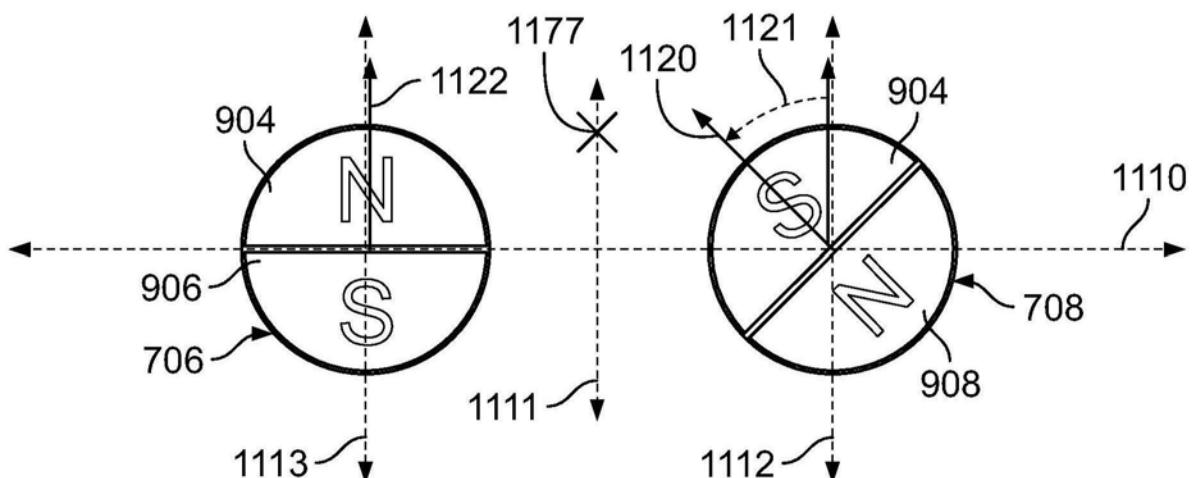


图17B

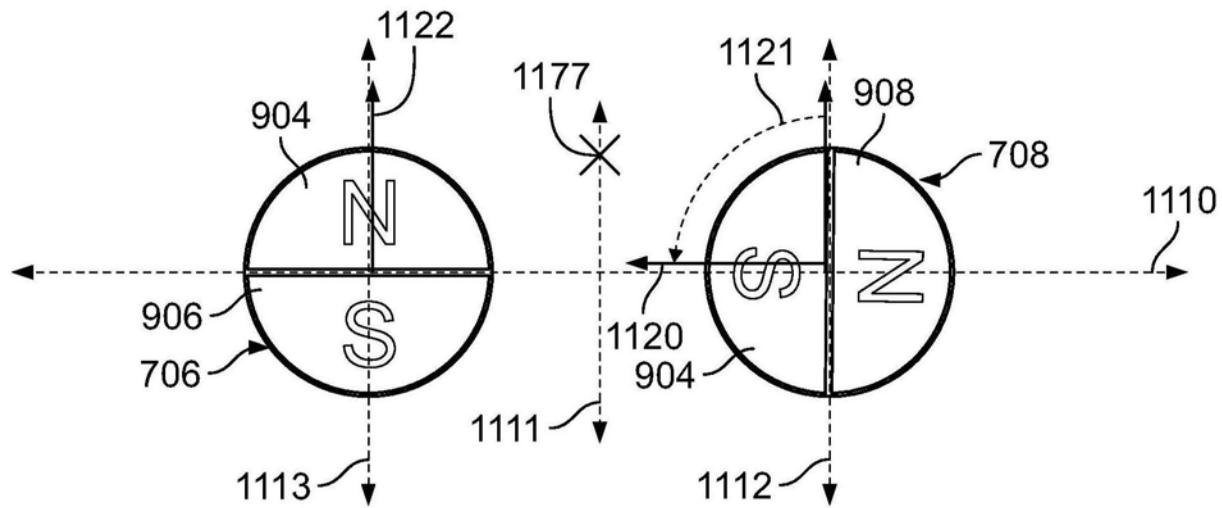


图17C

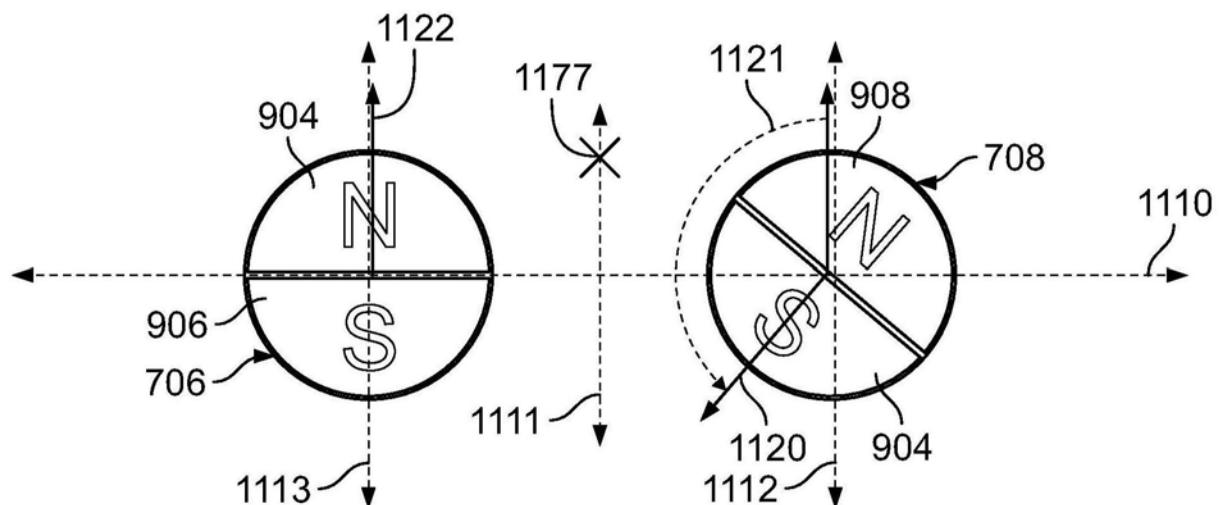


图17D

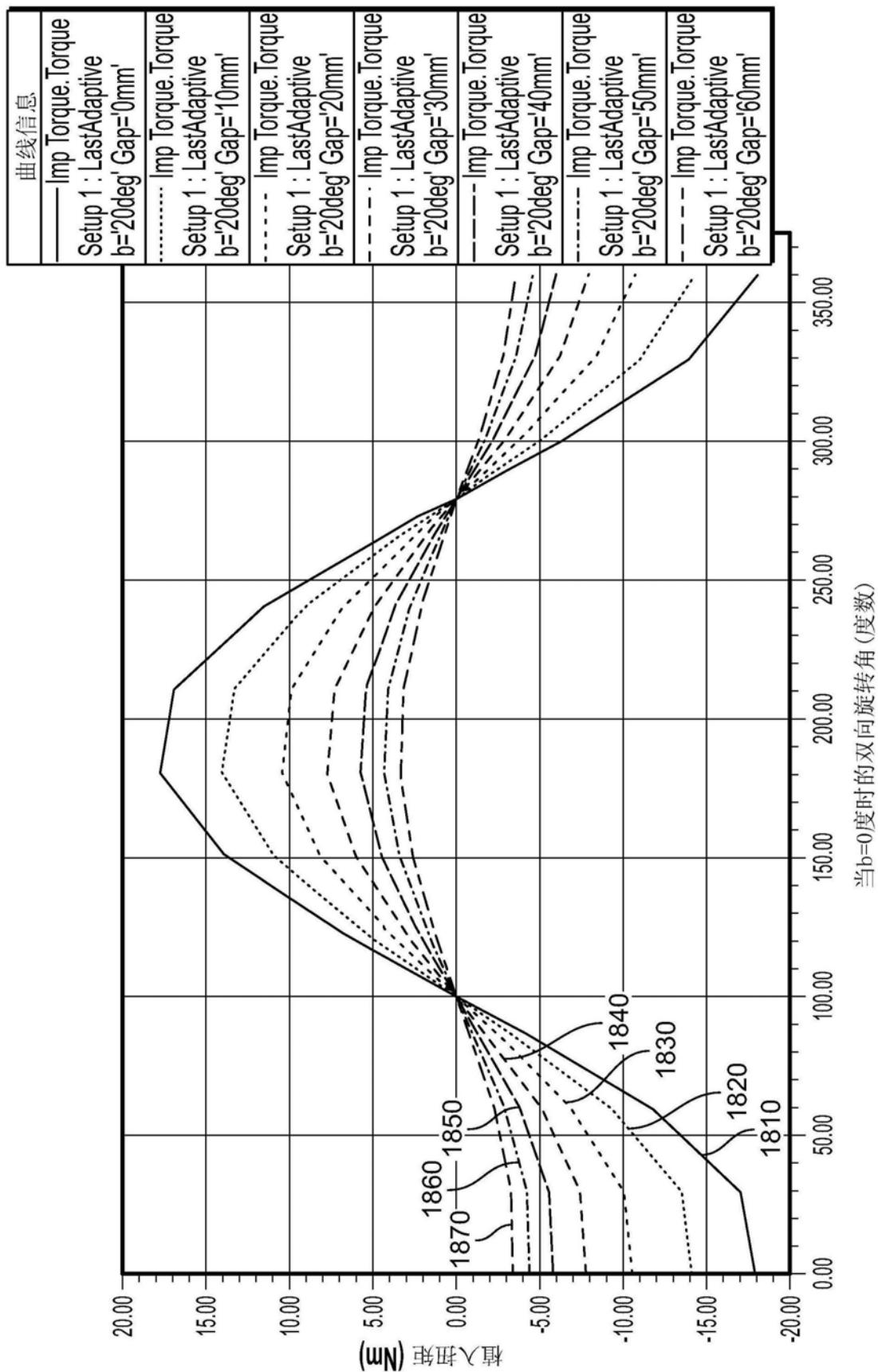


图18

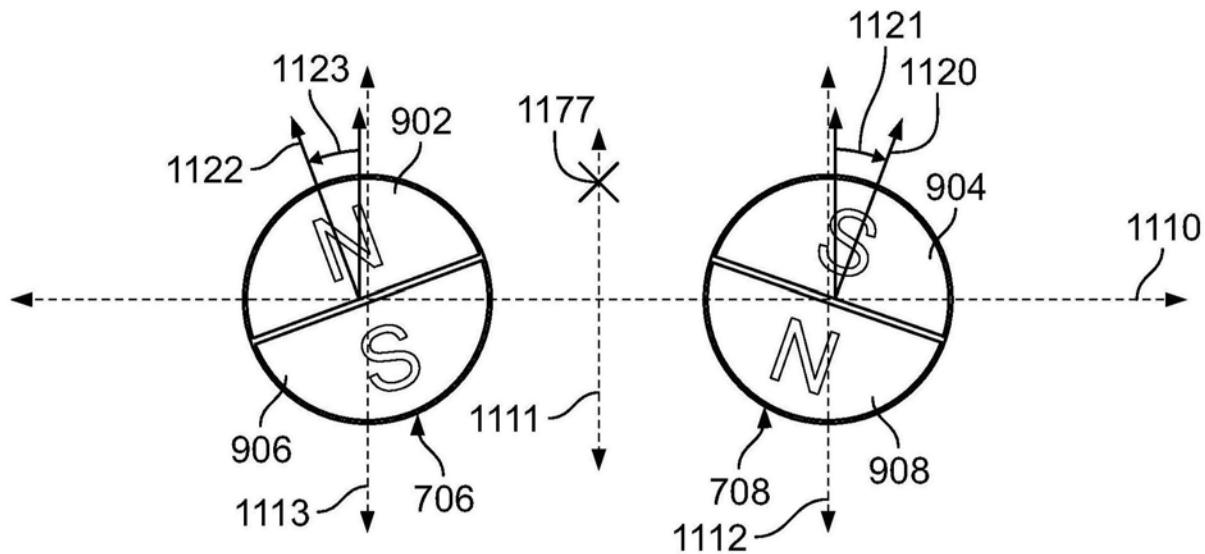


图19A

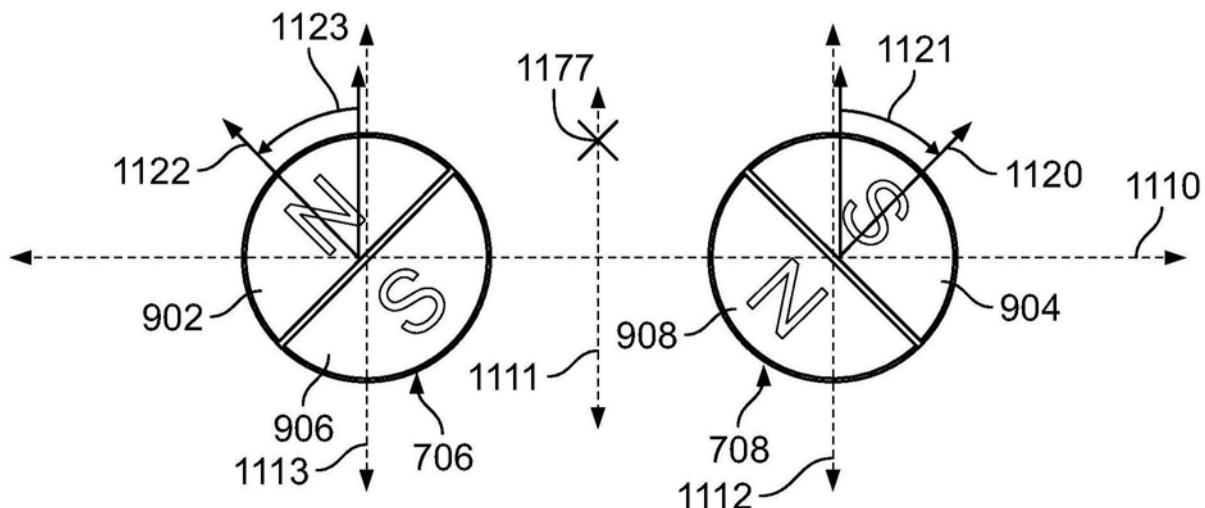


图19B

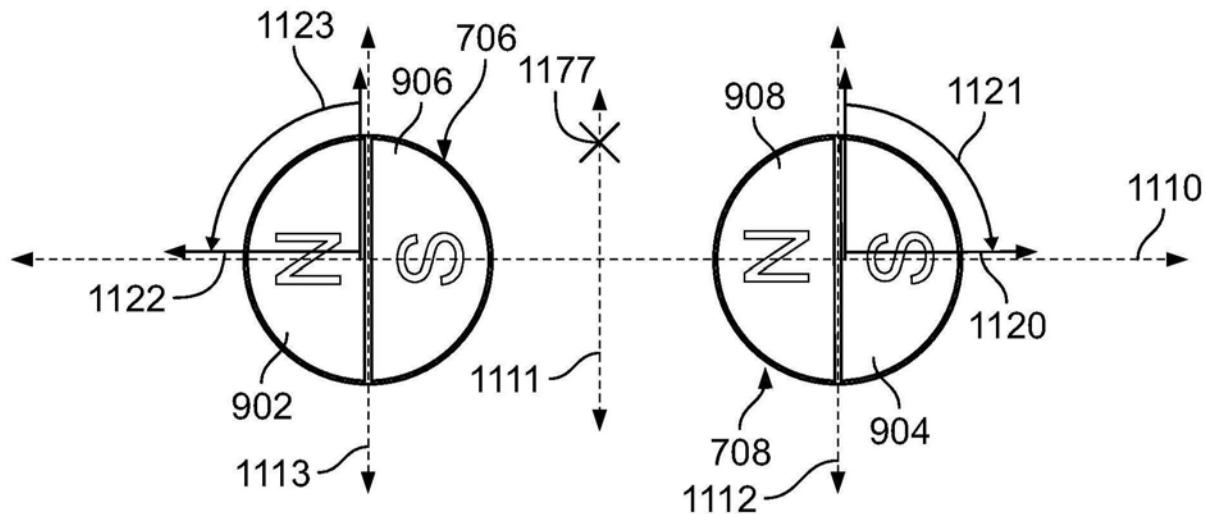


图19C

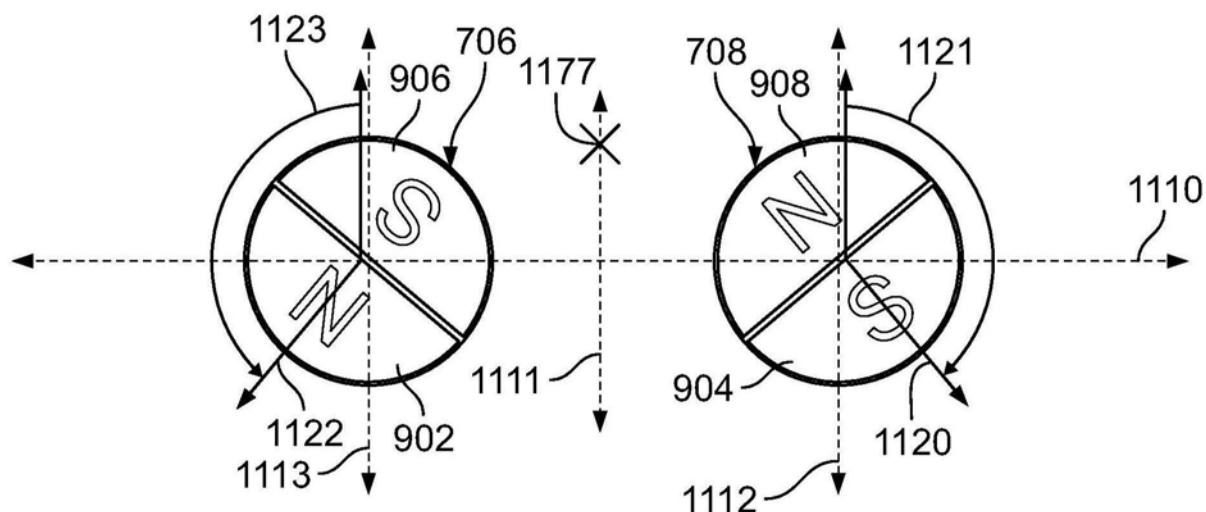


图19D

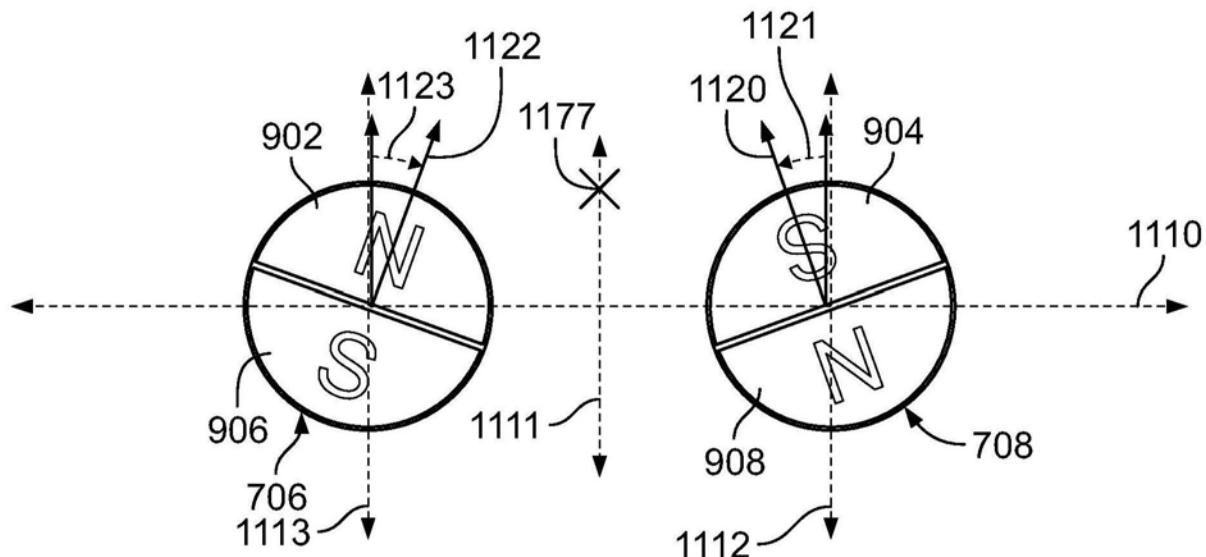


图20A

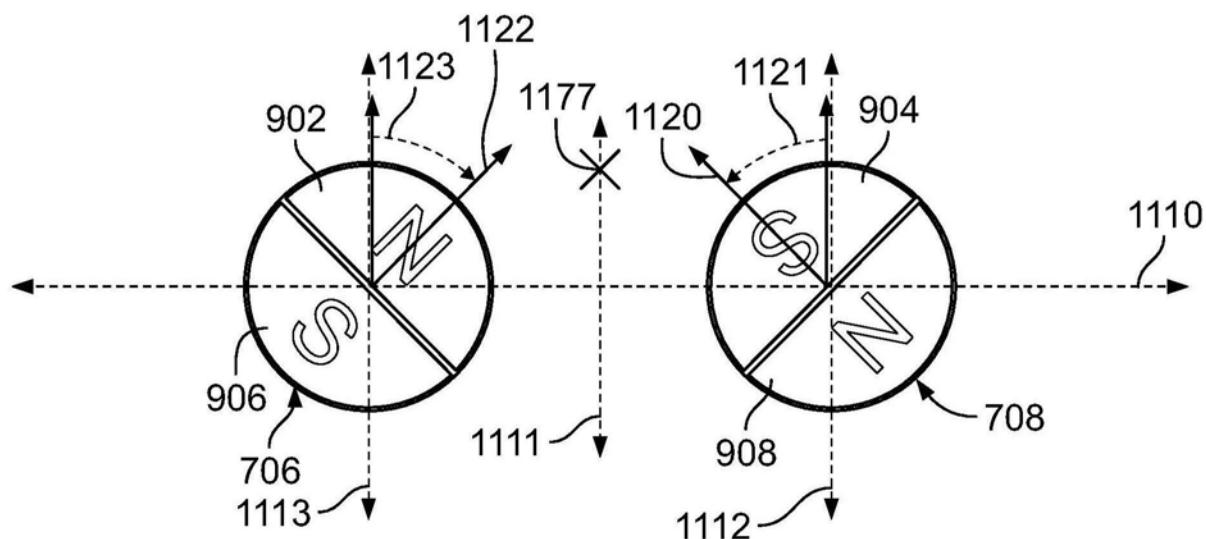


图20B

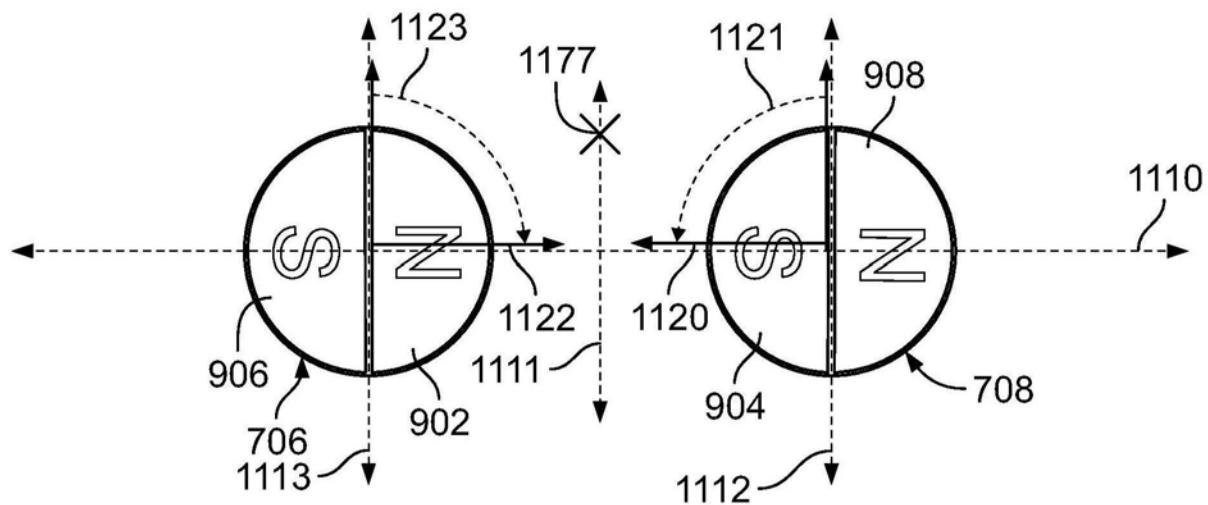


图20C

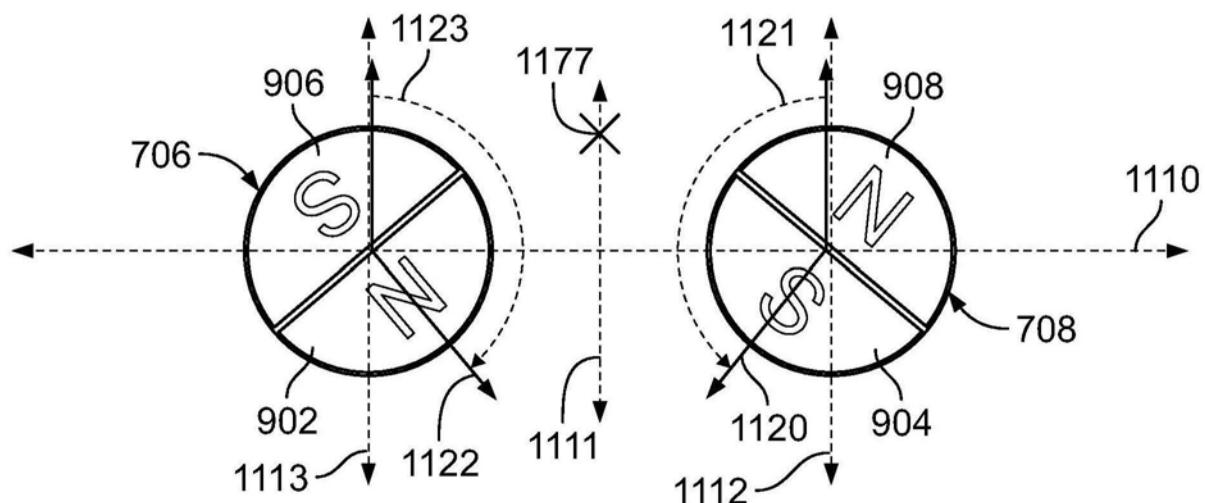


图20D

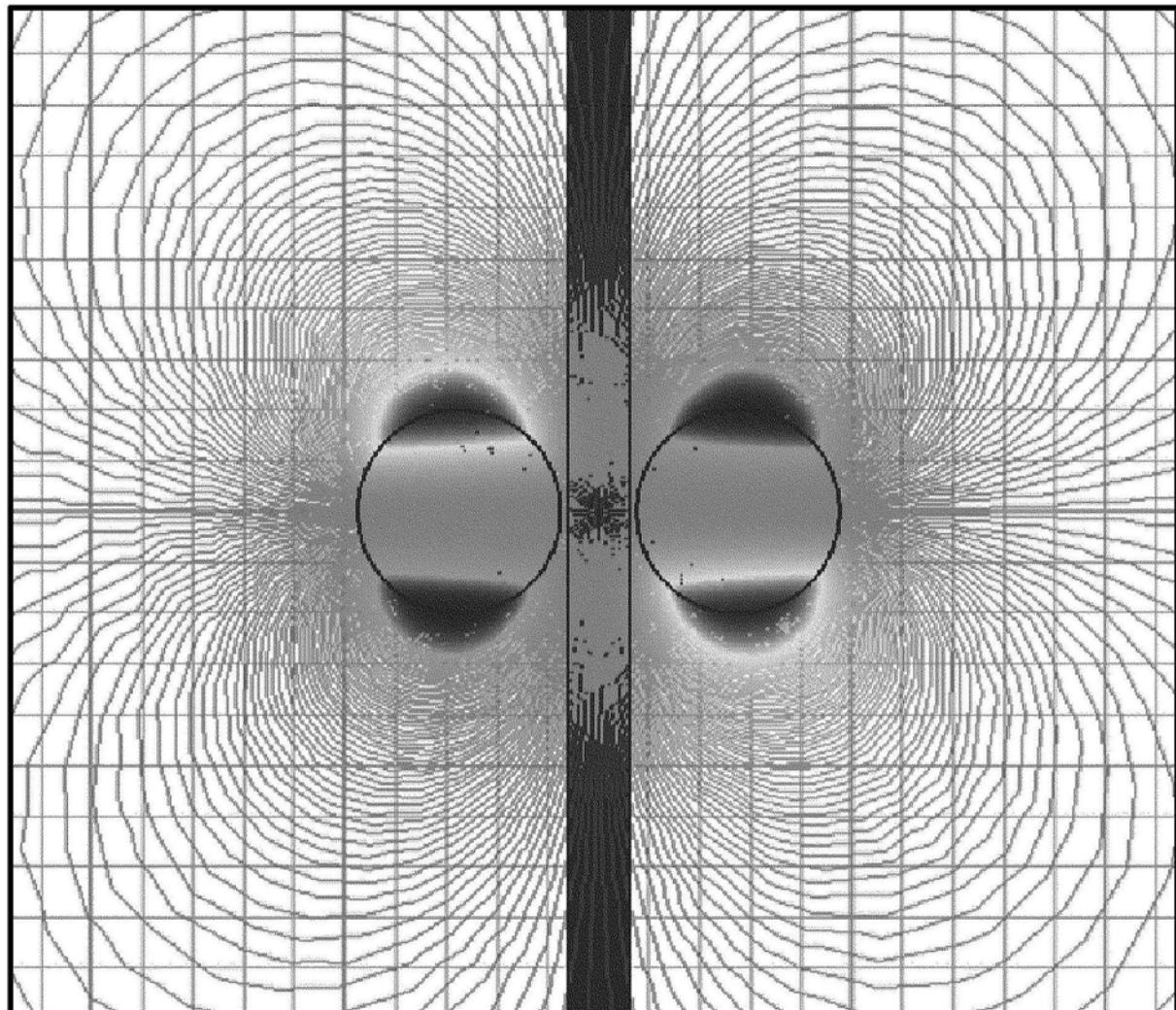


图21A

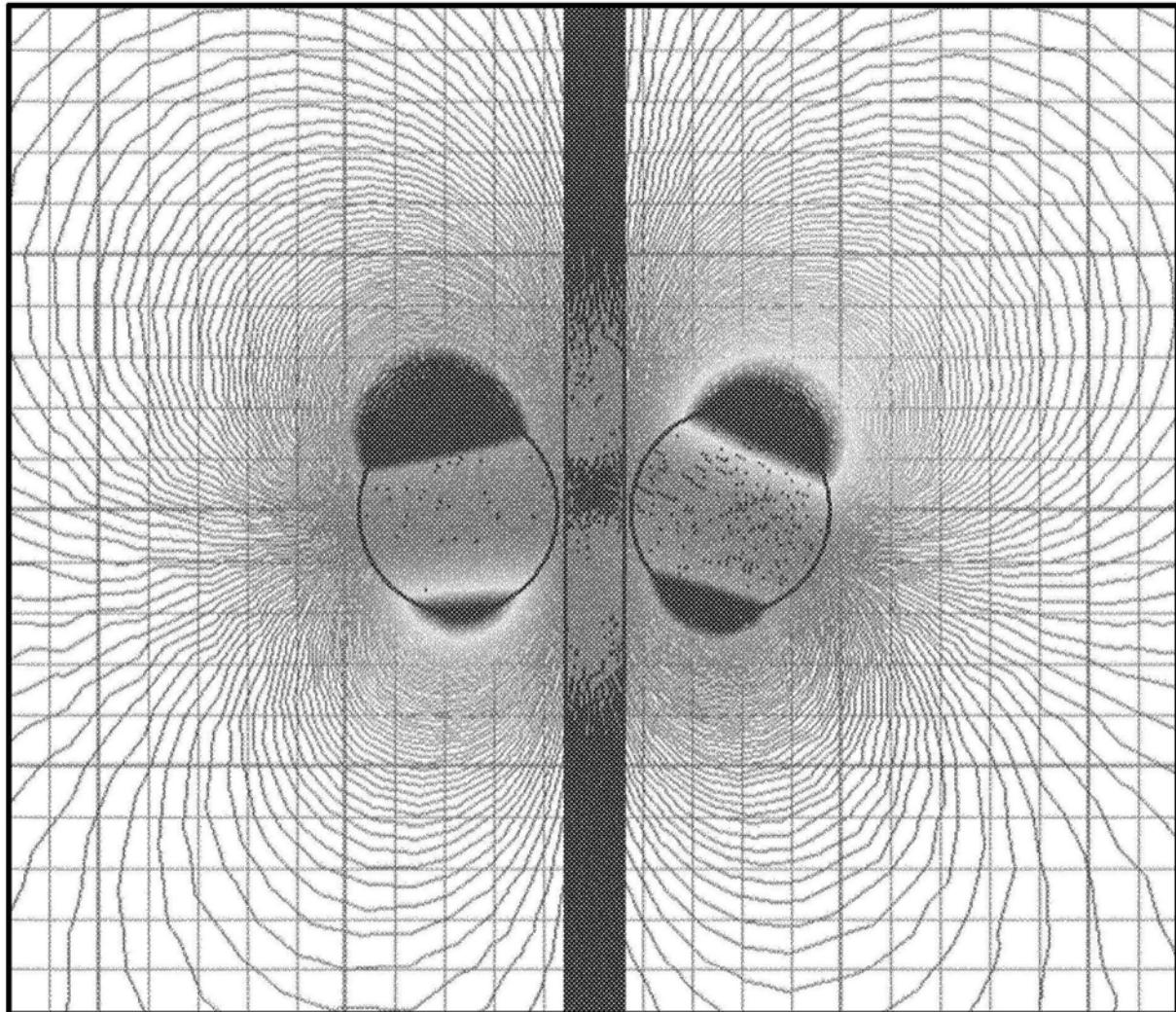


图21B

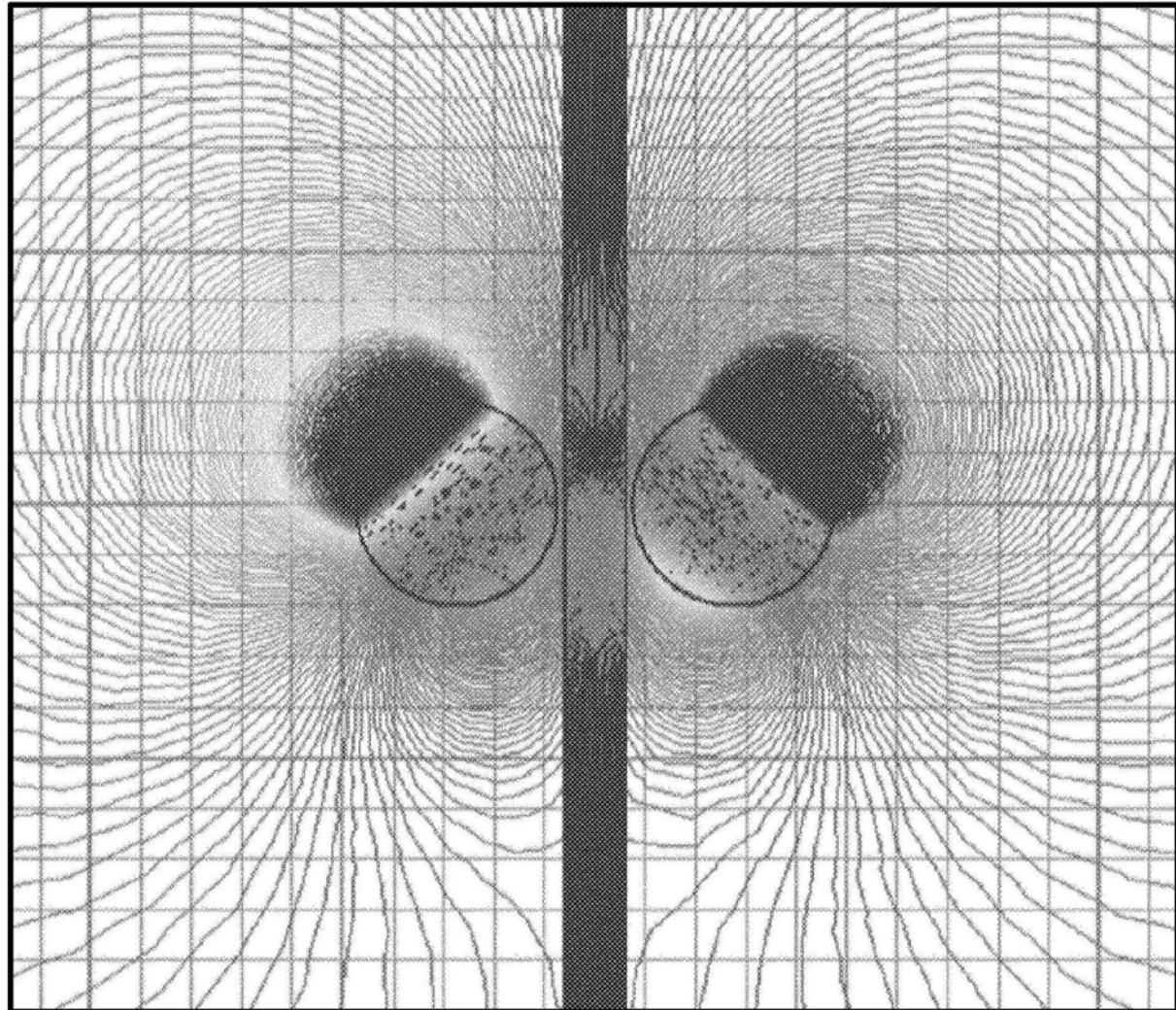


图21C

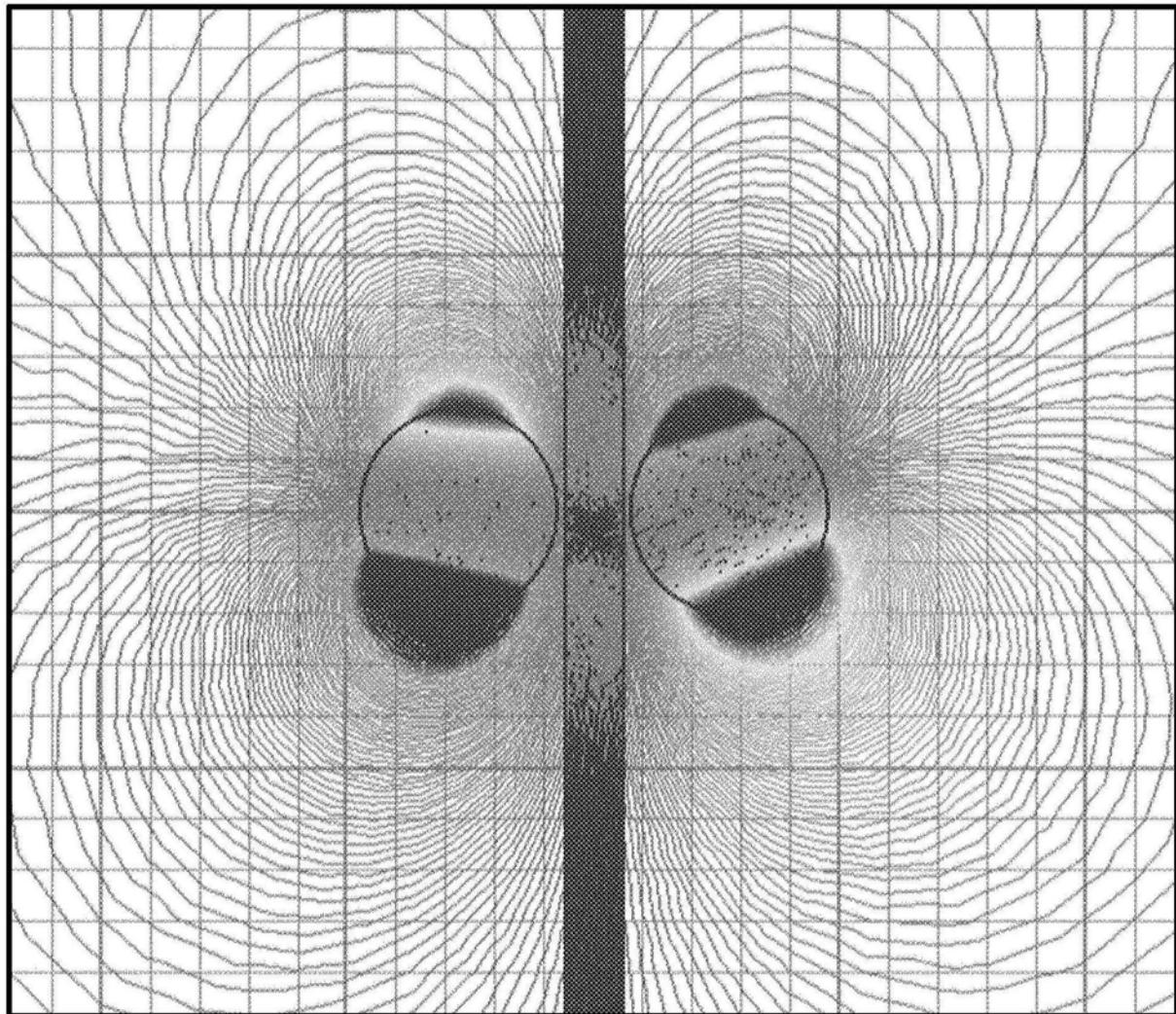


图21D

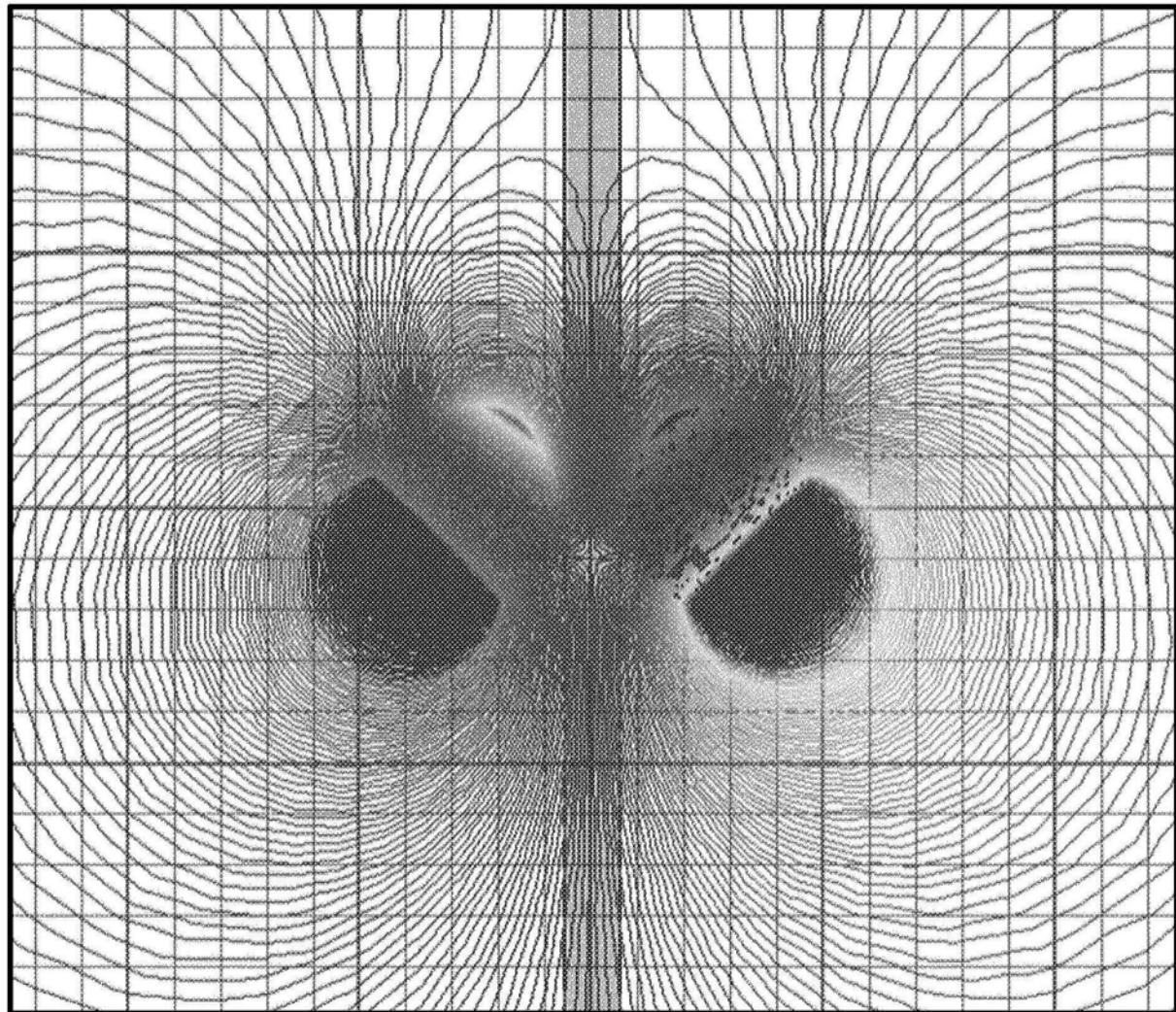
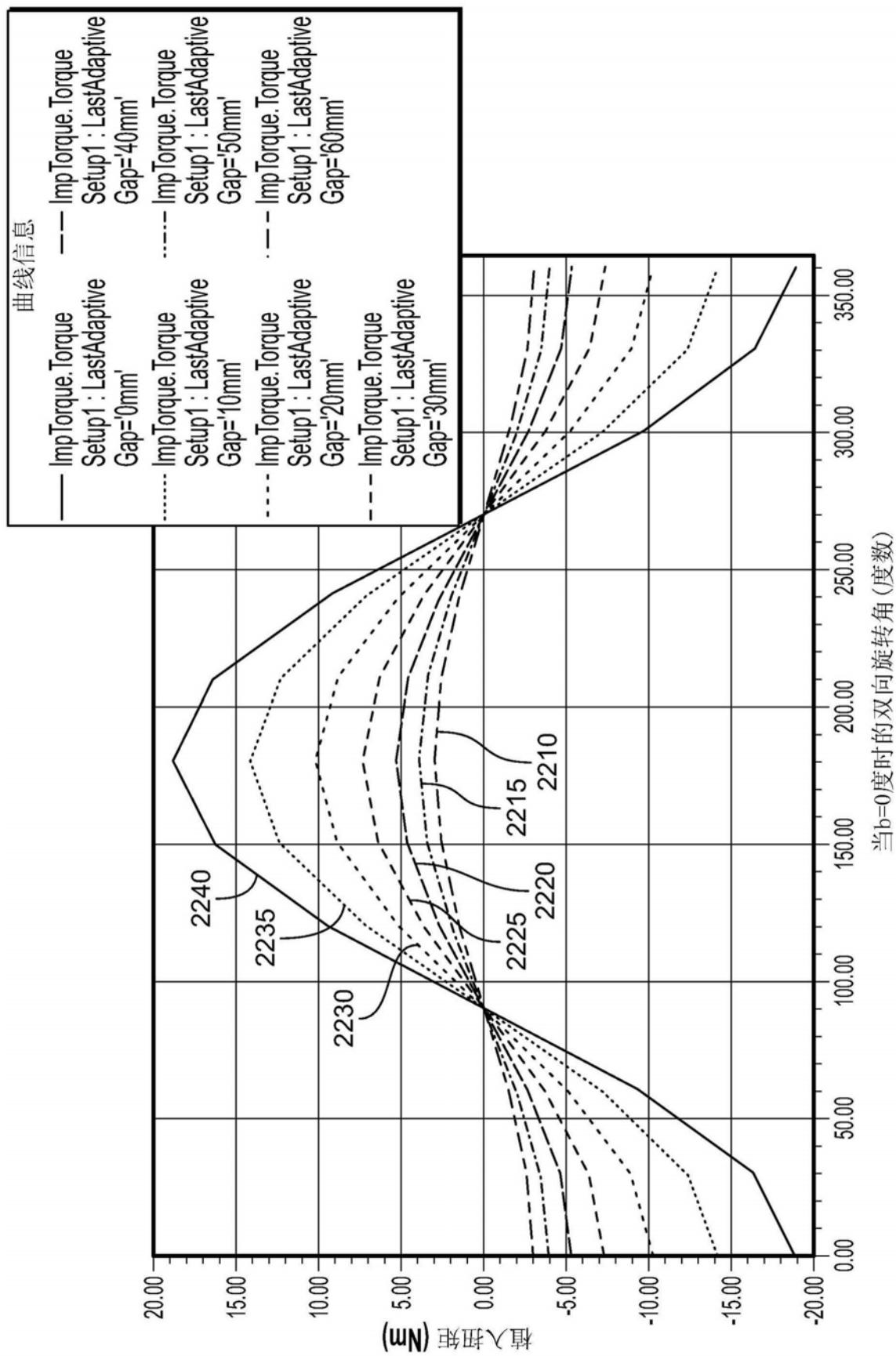
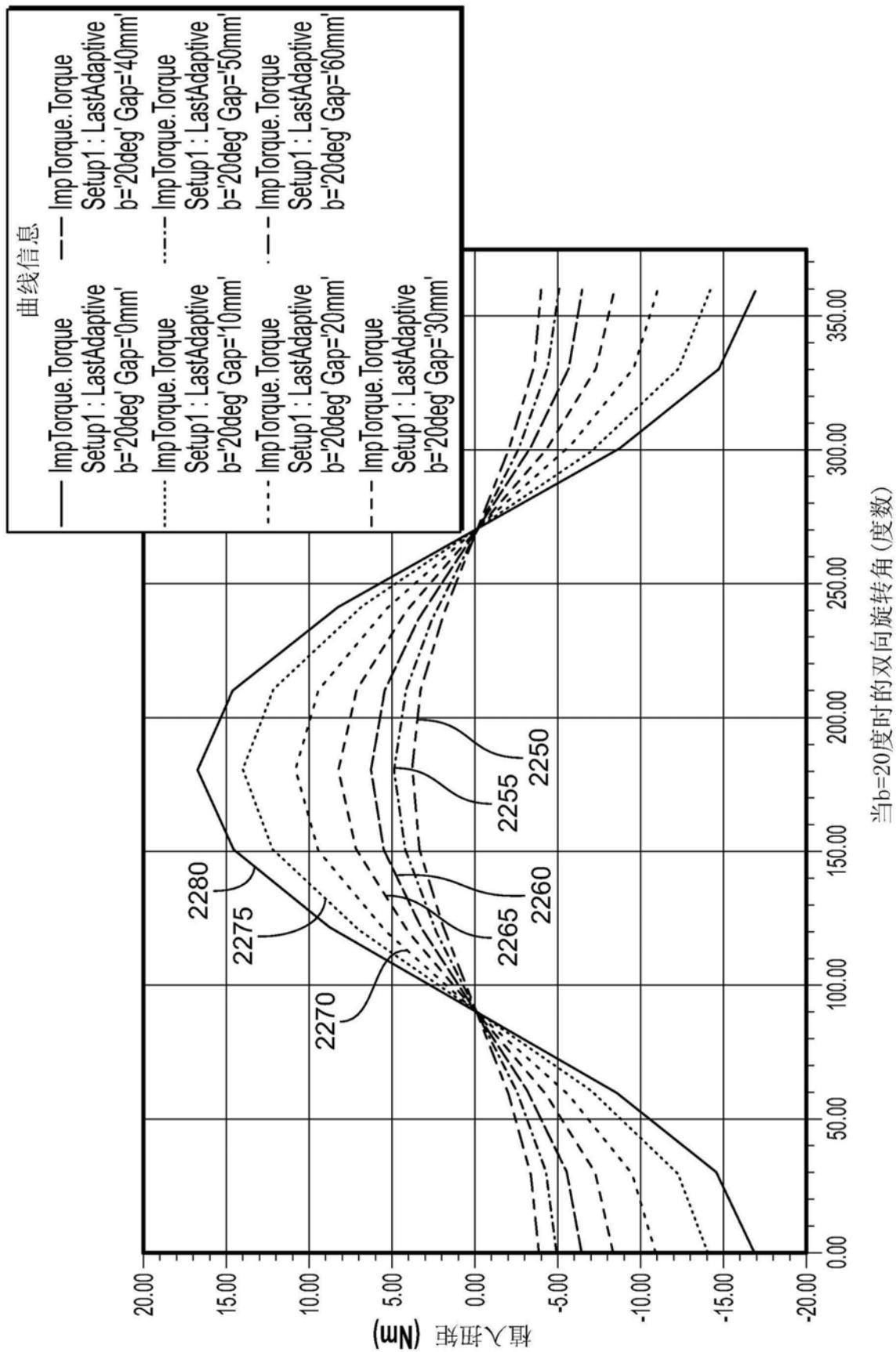


图21E





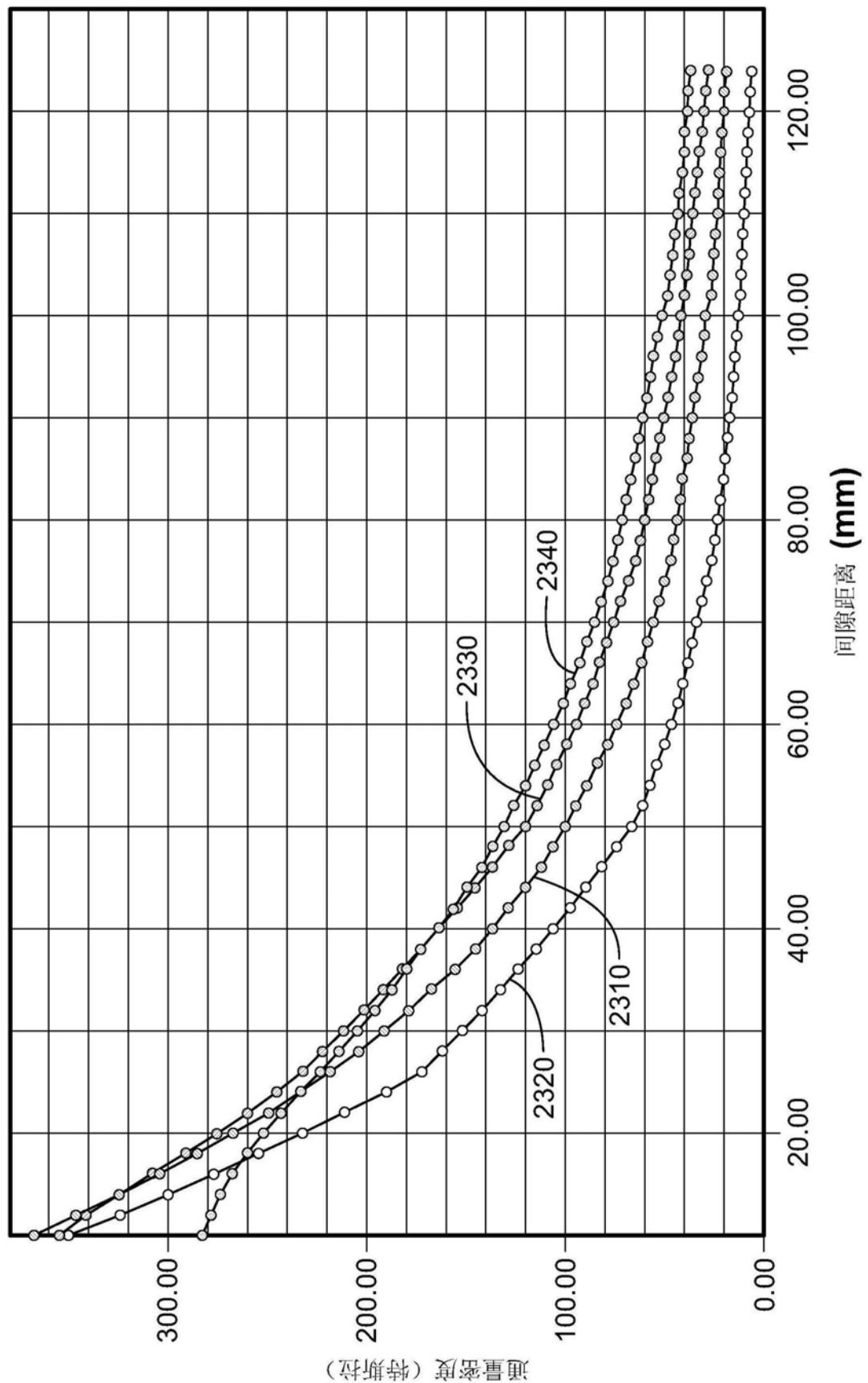


图23

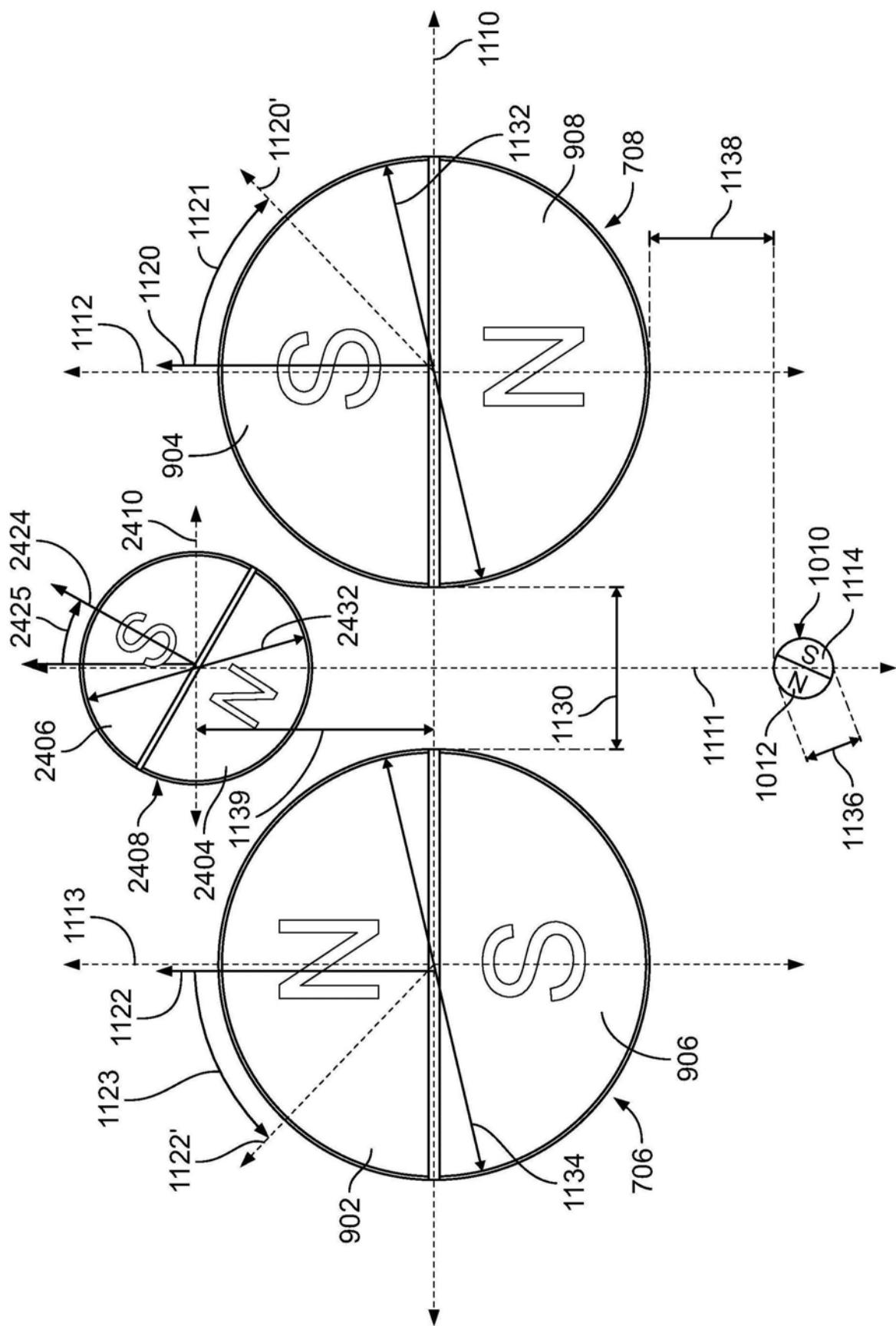


图24

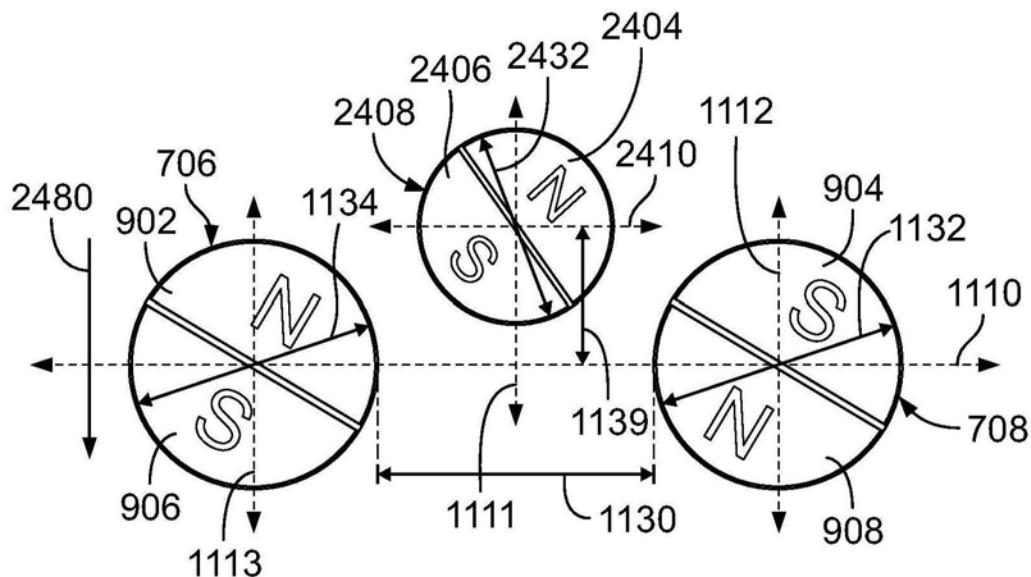


图25A

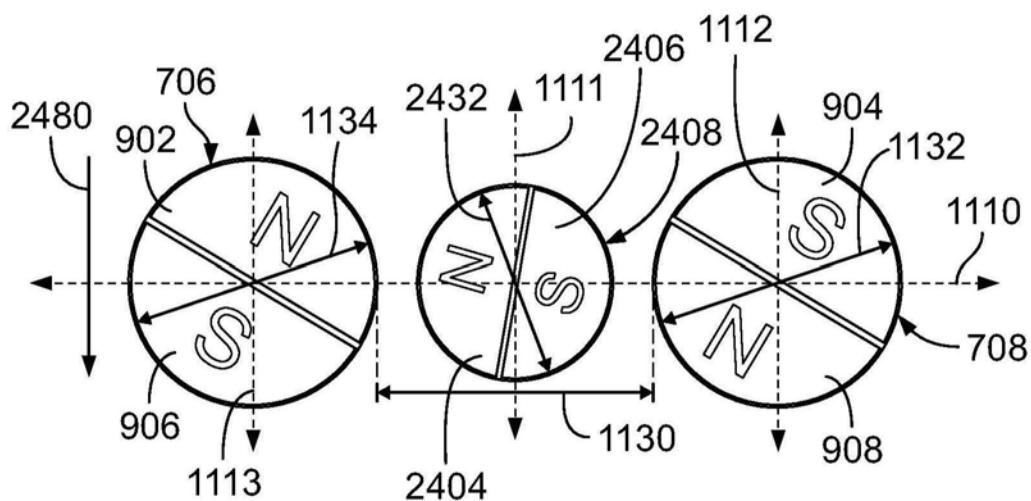


图25B

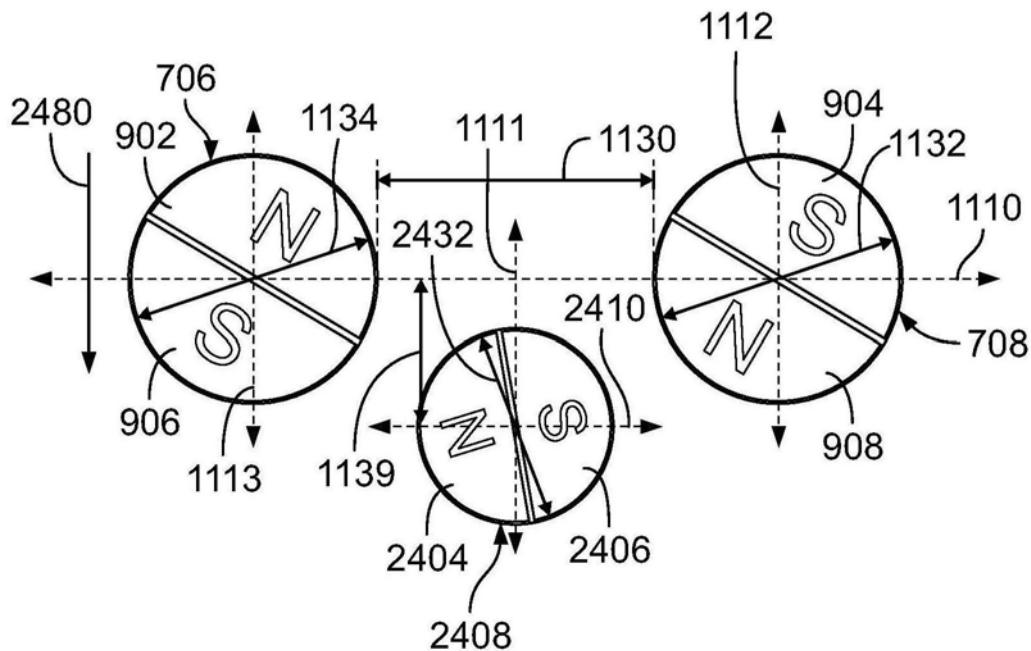


图25C

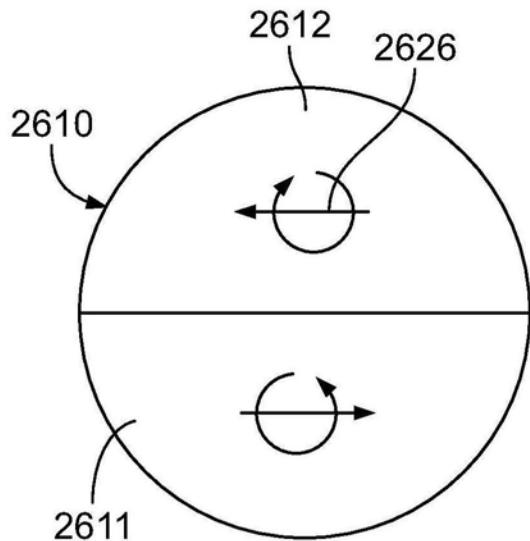


图26A

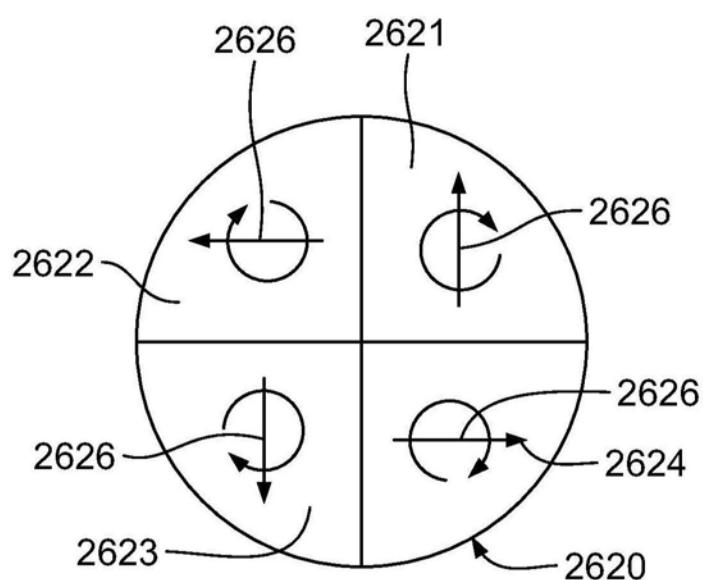


图26B

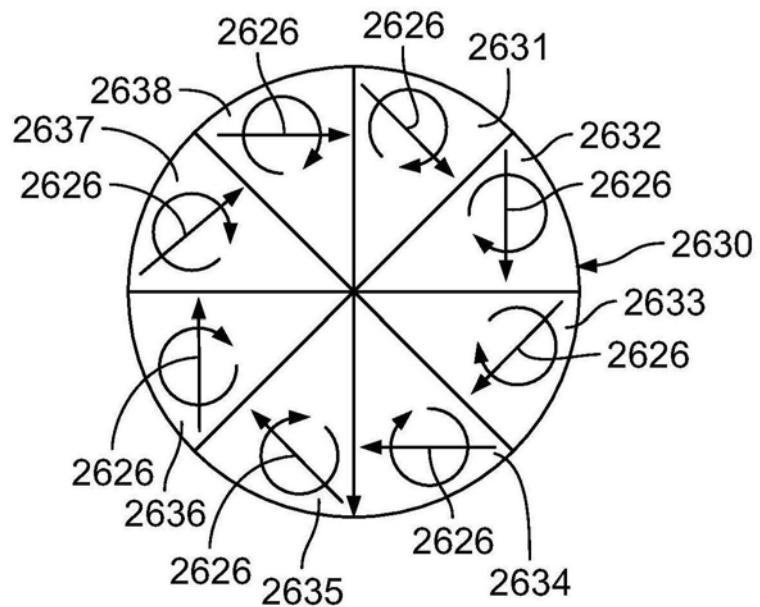


图26C

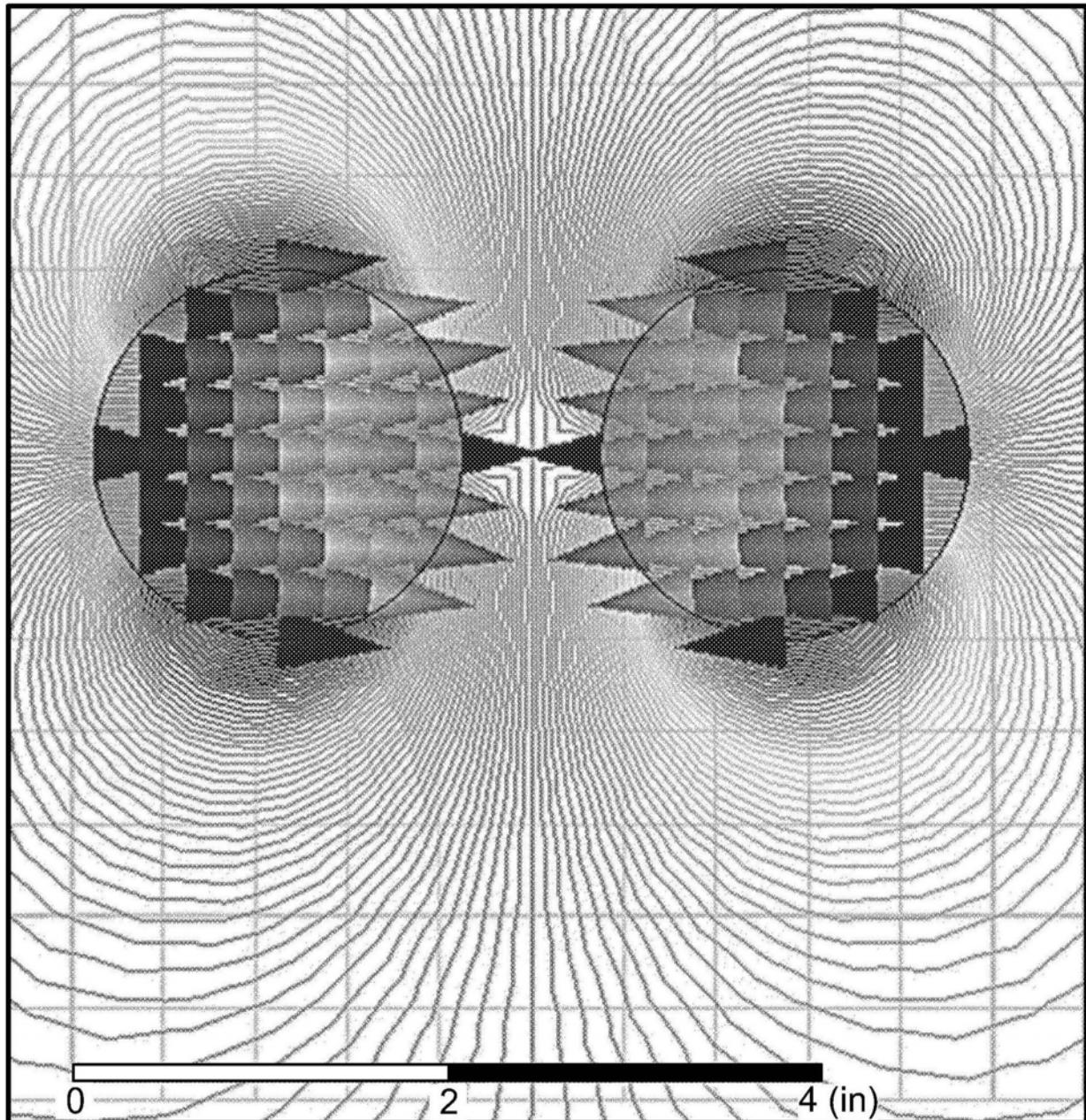


图27

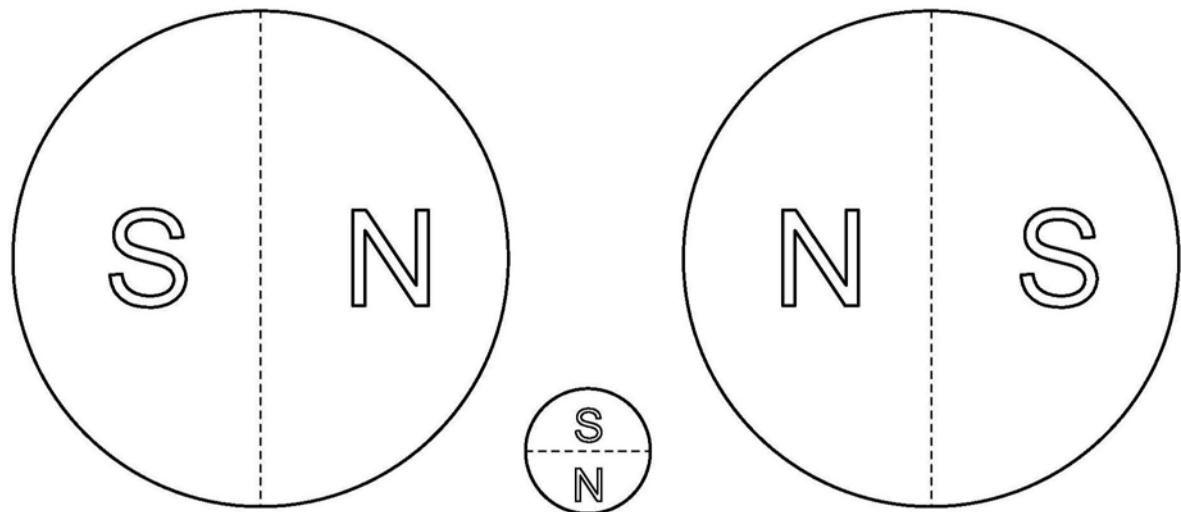


图28A

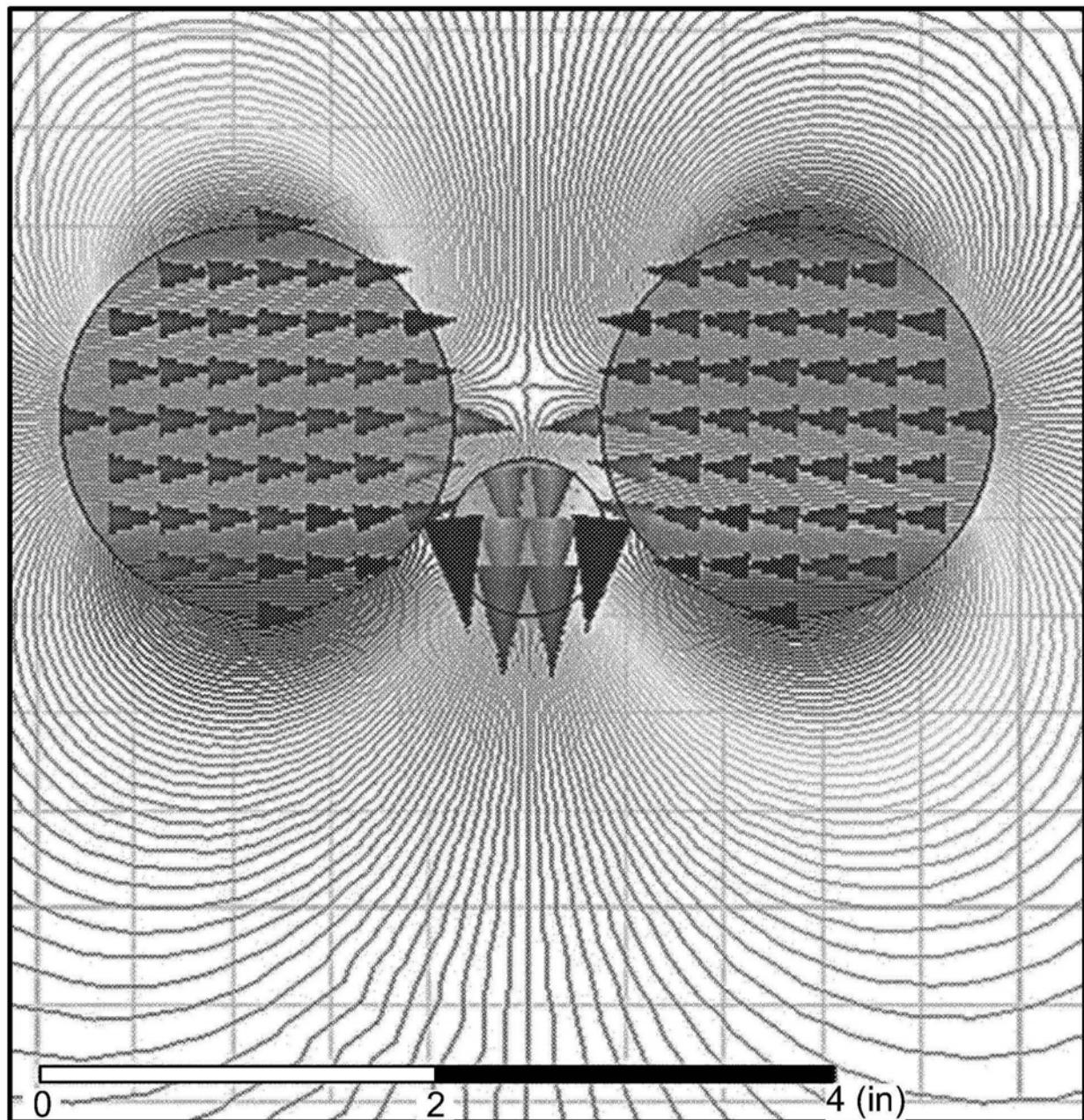


图28B

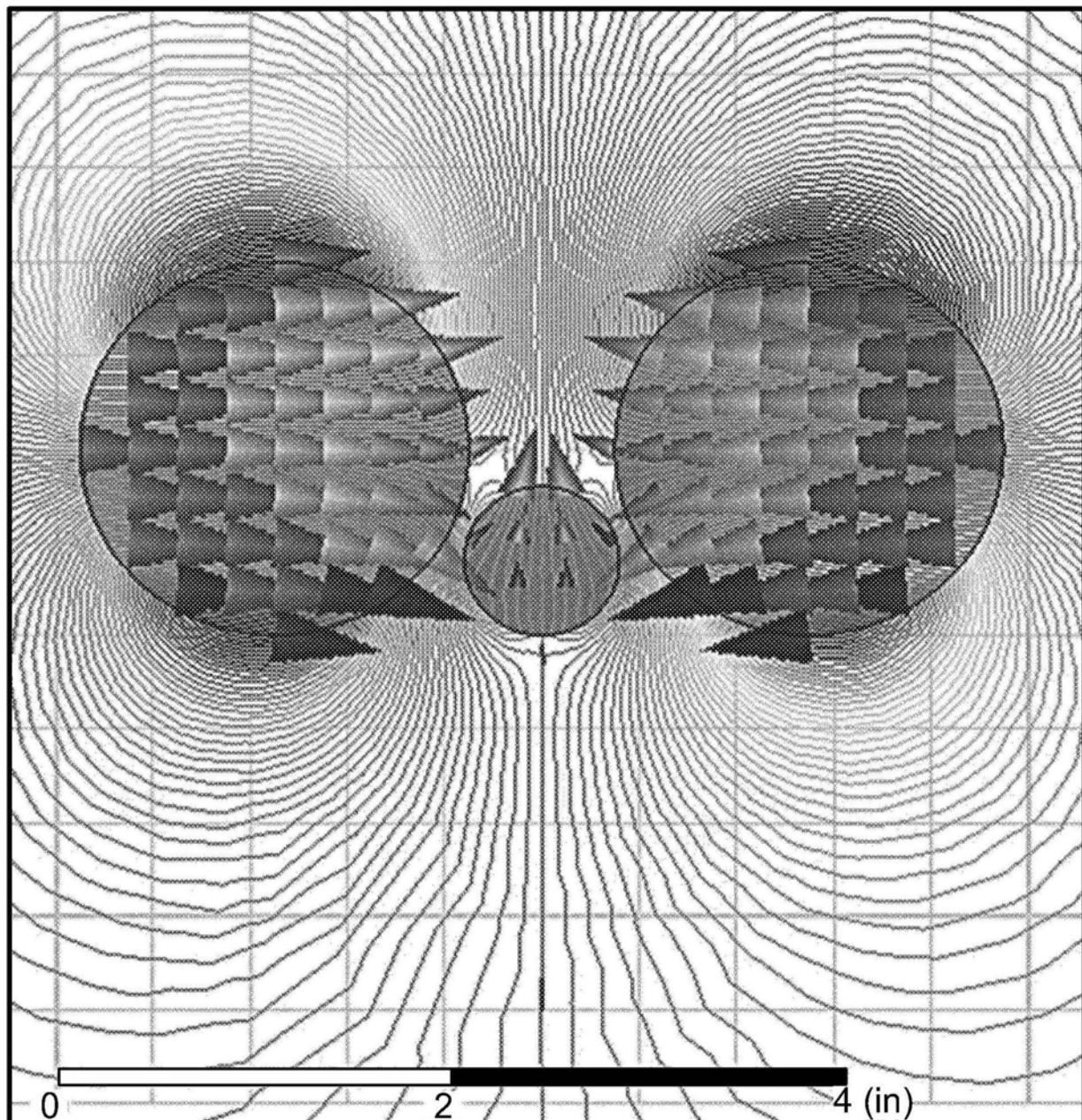


图28C