



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104737414 B

(45)授权公告日 2019.05.28

(21)申请号 201380045041.6

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

(22)申请日 2013.06.27

72001

(65)同一申请的已公布的文献号

代理人 邹松青 胡斌

申请公布号 CN 104737414 A

(51) Int.CI.

(43)申请公布日 2015.06.24

H02J 50/12(2016.01)

(30)优先权数据

H01F 38/14(2006.01)

13/534966 2012.06.27 US

H02J 7/00(2006.01)

13/536435 2012.06.28 US

H02J 50/50(2016.01)

13/544688 2012.07.09 US

H02J 50/70(2016.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

H02J 50/90(2016.01)

2015.02.27

H01F 27/24(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

H02J 7/02(2016.01)

PCT/US2013/048210 2013.06.27

(56)对比文件

(87)PCT国际申请的公布数据

CN 1647342 A, 2005.07.27,

WO2014/004843 EN 2014.01.03

CN 102439669 A, 2012.05.02,

(73)专利权人 韦特里西提公司

CN 1647342 A, 2005.07.27,

地址 美国马萨诸塞州

WO 2010/129369 A2, 2010.11.11,

(72)发明人 A.P.麦考利 A.B.柯斯

CN 1300203 A, 2001.06.20,

M.P.克斯勒 V.埃夫 K.L.霍尔

CN 102082449 A, 2011.06.01,

S.费尔赫斯

CN 102318215 A, 2012.01.11,

JP 特开2005-117748 A, 2005.04.28,

审查员 卢娟

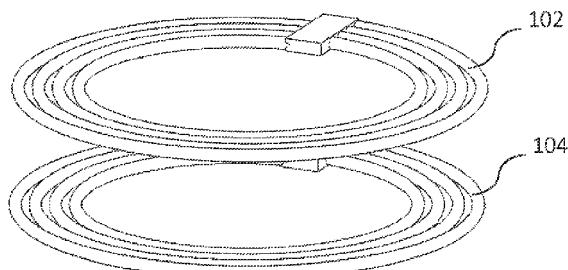
权利要求书2页 说明书27页 附图31页

(54)发明名称

用于可再充电池的无线能量传递

(57)摘要

无线能量传递启用的电池包括谐振器，其被不对称地定位在电池尺寸的封罩内，以致当两个无线启用的电池被定位成非常靠近时，所述两个电池的所述谐振器具有低耦合。



1. 一种由至少两个谐振器线圈构成的组件,包括:

第一谐振器线圈,其被构造成经由振荡磁场进行无线能量传递;以及

第二谐振器线圈,其被构造成经由振荡磁场进行无线能量传递,

其中所述组件被构造成使得:所述第一谐振器线圈被定位成非常接近所述第二谐振器线圈,并且所述第一谐振器线圈相对于所述第二谐振器线圈被取向成使得当所述第一谐振器线圈和所述第二谐振器线圈经由外部无线能量源所产生的振荡磁场以无线方式接收能量时,在所述第一谐振器线圈与所述第二谐振器线圈之间实现弱耦合。

2. 根据权利要求1所述的组件,其中所述第一谐振器线圈被集成到第一电池结构,并且所述第二谐振器线圈被集成到第二电池结构。

3. 根据权利要求1所述的组件,其中所述第一谐振器线圈相对于所述第二谐振器线圈的取向被预先确定以实现弱耦合。

4. 根据权利要求1所述的组件,其中所述第一谐振器线圈包括电容性负载导电回路。

5. 根据权利要求1所述的组件,其中所述第一谐振器线圈和所述第二谐振器线圈被构造成从产生振荡磁场的一个或更多个附加的无线能量源获取能量。

6. 根据权利要求1所述的组件,其中所述弱耦合小于这两个谐振器之间的最大耦合的20%。

7. 根据权利要求1所述的组件,其中所述谐振器中的至少一个具有至少100的品质因数。

8. 一种用于无线能量传递的电池结构,包括:

第一电池尺寸的封罩,其具有被构造成经由振荡磁场进行无线能量传递的第一磁性谐振器,

其中,所述第一磁性谐振器被不对称地定位在所述第一电池尺寸的封罩内,使得当另一电池结构被定位成非常接近并且这两个电池结构经由外部无线能量源所产生的振荡磁场以无线方式接收能量时,这两个结构的谐振器具有弱耦合。

9. 根据权利要求8所述的结构,其中所述第一电池尺寸的封罩是大致圆筒形的,并且尺寸被制成用于AA尺寸电池、AAA尺寸电池或D尺寸电池的形状规格。

10. 根据权利要求9所述的结构,其中所述第一电池尺寸的封罩具有圆筒形状,并且所述第一磁性谐振器包括在所述第一电池尺寸的封罩内形成回路的电导体。

11. 根据权利要求10所述的结构,其中所述电导体被形成在柔性基体上。

12. 根据权利要求10所述的结构,进一步包括磁性材料,其中所述磁性材料被所述导体回路至少部分地包绕。

13. 根据权利要求10所述的结构,进一步包括可再充电电池。

14. 根据权利要求13所述的结构,其中所述第一磁性谐振器获取的能量被用于给所述可再充电电池再充电。

15. 根据权利要求8所述的结构,其中所述弱耦合小于这两个谐振器之间的最大耦合的20%。

16. 一种无线电池,包括:

绕轴线对称的圆筒形的电池尺寸的封罩,所述电池尺寸的封罩具有第一端和第二端,且正极端子在所述第一端上且负极端子在所述第二端上;以及

磁性谐振器，其被构造成用于经由振荡磁场进行无线能量传递，所述谐振器包括形成与所述电池尺寸的封罩的对称轴线同轴的回路的导体，

其中所述谐振器被不对称地定位在所述电池尺寸的封罩中，使得所述谐振器与被置于附近的另一无线电池的谐振器在这两个谐振器经由外部无线能量源所产生的振荡磁场以无线方式接收能量时，并且在这两个无线电池被定位成非常接近且所述无线电池的所述正极端子和另一电池的所述负极端子处于同一平面内时具有弱耦合。

17. 根据权利要求16所述的无线电池，其中所述电池尺寸的封罩的尺寸被制成用于AA尺寸电池、AAA尺寸电池或D尺寸电池的形状规格。

18. 根据权利要求16所述的无线电池，其中所述导体的所述回路被形成在柔性基体上。

19. 根据权利要求16所述的无线电池，进一步包括磁性材料，其中所述磁性材料被所述导体的所述回路至少部分地包绕。

20. 根据权利要求16所述的无线电池，进一步包括可再充电电池。

21. 根据权利要求20所述的无线电池，其中所述磁性谐振器获取的能量被用于给所述可再充电电池再充电。

22. 根据权利要求16所述的无线电池，其中所述弱耦合小于这两个谐振器之间的最大耦合的20%。

用于可再充电池的无线能量传递

[0001] 优先权声明

[0002] 本申请要求2012年6月27日提交的美国专利申请序列号13/534,966、2012年6月28日提交的美国专利申请序列号13/536,435和2012年7月9日提交的美国专利申请序列号13/544,688的权益,这些文献的全部内容并入本文以供参考。

技术领域

[0003] 本公开涉及向电池的无线能量传递和实现这种传递的设备。

背景技术

[0004] 能量或功率可以通过使用各种公知的辐射或远场以及非辐射或近场技术被无线传递,所述技术例如在如下文献中被详细地描述,在2010年5月6日被公开为US 2010/010909445且名称为“Wireless Energy Transfer Systems”的共同拥有的美国专利申请12/613,686、在2010年12月9日被公开为2010/0308939且名称为“Integrated Resonator-Shield Structures”美国专利申请12/860,375、在2012年3月15日被公开为2012/0062345且名称为“Low Resistance Electrical Conductor”的美国专利申请13/222,915、在2012年10月4日被公开为2012/0248981且名称为“Multi-Resonator Wireless Energy Transfer for Lighting”的美国专利申请13/283,811,这些文献的全部内容并入本文以供参考。

[0005] 谐振器和电子器件可以被集成到或放置成靠近电池,从而使得能够向电池进行无线能量传递,从而允许给电池组无线充电。添加有谐振器和控制电路,则电池和电池组可以从源无线地获取能量并且再充电而不必须被精确地定位在充电器内。无线电池和电池组可以从外部无线电源在主机装置内部被无线地再充电,而不需要所述装置被物理地插入外部能量供应源内。

[0006] 然而,被设置成挨着、靠近或非常接近彼此的谐振器会相互作用或影响彼此的参数、特征、无线能量传递性能等。当能够进行无线能量传递的两个或更多个电池被设置成彼此靠近时,每个电池的谐振器会相互作用从而降低或影响每个电池接收无线能量的能力。在大量装置中,电池被置于隔室内,这使得电池被定位成彼此非常接近。在这样的装置中,在没有特定的考量的情况下,由于其他电池对谐振器的干扰,无线启用的电池会不能够接收足够的能量。

[0007] 此外,能量或功率可以通过使用各种公知的辐射或远场以及非辐射或近场技术被无线传递,所述技术例如在如下文献中被详细地描述,在2010年5月6日被公开为US 2010/010909445且名称为“Wireless Energy Transfer Systems”的共同拥有的美国专利申请12/613,686、在2010年12月9日被公开为2010/0308939且名称为“Integrated Resonator-Shield Structures”美国专利申请12/860,375、在2012年3月15日被公开为2012/0062345且名称为“Low Resistance Electrical Conductor”的美国专利申请13/222,915、在2012年10月4日被公开为2012/0248981且名称为“Multi-Resonator Wireless Energy

Transfer for Lighting”的美国专利申请13/283,811以及在____被公开为____且名称为“Wireless Energy Transfer for Rechargeable Batteries”的美国专利申请13/534,966中,这些文献的全部内容并入本文以供参考。

[0008] 随着先进的移动通信、计算和感测装置变得更加必不可少,携带、操作和维持多个电池、燃料电池等的负担增加。在民用和军用二者情况下,人们通常需要携带并操作多个电子装置。例如头灯、手提电脑、全球定位系统装置(GPS)、传感器、摄像机、无线电、闪光灯等的一个或更多个装置可以均由一个人携带。每个电子装置会需要例如电池、燃料电池等的能量源来向每个或一组装置提供能量。大量装置会意味着会需要由用户来管理和/或监测的大量电池。

[0009] 在每个装置具有其自身的能量源(即电池)的系统中,存储的能量会被未充分利用并且会导致会需要由用户携带的显著的或不必要的额外重量。在每个装置或一组装置具有独立的能量源的情况下,每个装置的能量存储会需要是足够大的以便在最坏或最大使用场景给装置提供动力,即使装置通常被不频繁地使用。因此在许多使用场景中,用户将没有充分利用携带的能量并且可能携带了过多的电池或存储的能量容量。

[0010] 对于对重量敏感的装置和应用而言,对携带能量的不充分利用会是有问题的。例如对附接到头盔的装置的能量的不充分利用会意味着用户必须允许在他的头上存在非常大的重量负担。在许多应用中,希望减少或省去附接到人头部区域的重量,因为这会导致用户不适、疲劳或者颈部问题。

[0011] 减少多个电池的负担并改善它们的利用的一种方式是使用可穿戴电池组和/或中央能量发生器,其能够提供动力至附接到人或由人携带的各种周边装置。在具有一个或几个中央电池的情况下,便携能量可以被需要动力的装置共享并被分配到这些装置。然而,这样的装置可能通过线缆被系到人的电池组。对于被携带在人的头部或头盔上的例如头灯、麦克风、夜视护目镜等的装置,线缆会是不舒服的、限制运动、具有安全风险(因为线缆会阻碍或卡在物体和障碍物上)并且减少系统的可靠性。

[0012] 因此需要的是一种可以被定位成非常靠近其他无线启用的电池的无线启用的电池以及一种用于人穿戴的周边装置的更好的能量分配方式。

发明内容

[0013] 无线能量传递启用的电池包括谐振器。在一方面,谐振器被不对称地定位在电池尺寸的封罩内,以致当两个无线启用的电池被定位成非常靠近时,这两个电池的谐振器具有低耦合。

[0014] 在另一方面,电池封罩可以被成形为标准尺寸的电池,例如AA、AAA、D等。

[0015] 在又一方面,电池可以包括在电池尺寸的封装内部的可再充电电池,其可以由被谐振器获取的能量再充电。谐振器可以被形成在围绕电池缠绕的柔性基体上。

[0016] 在由至少两个谐振器线圈构成的组件中,谐振器线圈可以被定位成彼此间具有弱耦合。谐振器线圈可以被集成到独立的电池结构内并且可以被构造为无线地接收能量。在一种特殊方面,谐振器可以具有100或更大的品质因数Q。

[0017] 在一种特殊方面,无线启用的电池可以包括圆筒形电池尺寸的封罩,其具有第一端和第二端且正极端子在第一端上和负极端子在第二端上。无线电池可以包括谐振器,其

形成与圆筒形电池封罩同轴的回路。谐振器被不对称地定位在封罩内以致当另一电池以相反取向非常接近时谐振器与另一电池的另一谐振器具有弱耦合。

[0018] 无线能量传递能够使得这样的周边装置由可穿戴电池组或便携动力发生器提供动力,而不会有将移动电子装置(例如头戴装置或头盔)系到用户的多个电线连接的安全和人机工程学方面的缺点。

[0019] 在一方面,用于无线能量传递的系统包括人员穿戴的中央能量源。能量源可以被用于给产生振荡磁场的一个或更多个无线功率源谐振器提供动力。振荡磁场可以被用于给人员穿戴或人员携带的无线功率中继器和/或装置无线传递能量。能量源可以是可再充电电池。为了由振荡磁场产生电力,系统可以包括被构造成与振荡磁场相互作用且产生电流的一个或更多个装置谐振器。装置谐振器可以被安装于头盔并且源谐振器可以被安装在人体上。

[0020] 在另一方面中,可以根据接近源谐振器磁场或与其相互作用的组织类型来调整人穿戴的源谐振器的功率输出或频率。系统可以进一步包括场成形结构,其包括磁性材料和/或导电材料,以便减少磁场与人体组织和身体部分的相互作用。

[0021] 在另一方面中,人穿戴的无线能量传递系统可以包括可再充电电池和源谐振器,所述源谐振器被构造成从电池接收电能且产生振荡磁场。被构造且定位成与振荡磁场相互作用的装置谐振器可以被定位或附接到人的头盔,以从可以穿戴在人员躯体附近或上的可再充电电池无线传递能量到安装于头盔或者靠近头盔的电子装置。系统可以包括一个以上的源谐振器和可以给每个源谐振器选择性充能的控制器。源谐振器可以间隔或定位成能够从人身体向头盔上的装置谐振器进行无线能量传递,即使人运动、旋转或倾斜其头部也如是。提供与头盔上的装置谐振器的最佳耦合的源谐振器可以根据头盔的旋转被充能。在另一方面,系统可以包括一个以上的装置谐振器,所述谐振器可以被定位成使得至少一个谐振器具有与源谐振器的良好耦合而不管穿戴头盔的人的头部旋转如何。

[0022] 这里公开了非辐射或近场无线能量传递方案,其能够在中距离和一定对齐偏移上传递有用功率量。本发明的技术使用具有长期振荡谐振模式的耦合电磁谐振器以从电源向功率耗用件来传递动力。技术是通用的并且可以被应用到各种各样的谐振器,即使这里公开的特定示例涉及电磁谐振器。如果谐振器被设计成使得电场存储的能量被主要限制在结构内并且磁场存储的能量主要在围绕谐振器的区域内。则,能量交换主要由谐振器磁近场主要调停。这些类型的谐振器可以被称为磁性谐振器。如果谐振器被设计成使得磁场存储的能量被主要限制在结构内并且电场存储的能量主要在围绕谐振器的区域内。则,能量交换主要由谐振器电近场主要调停。这些类型的谐振器可以被称为电谐振器。任意类型的谐振器也可以被称为电磁谐振器。这里公开的两种类型的谐振器。

[0023] 我们公开的谐振器的近场的全方向但静止(无损)特性使得能够在中距离上、在大的方向范围和谐振器取向上进行有效无线能量传递,以适于给各种电子装置充电、提供动力或者同时提供动力和充电。因此,系统可以具有广泛的可能应用,其中连接到电源的第一谐振器处于一个位置,并且可能连接到电气/电子装置、电池、供电或充电电路等的第二谐振器处于第二位置,并且其中从第一谐振器到第二谐振器的距离是厘米至米的数量级。例如,连接到有线电网的第一谐振器可以被置于房屋天花板,而连接到例如机器人、车辆、计算机、通信装置、医疗装置等的装置的其他谐振器在房屋内运动,并且其中这些装置持续地

或间断地从源谐振器无线接收动力。从这一个示例中,能够想象到许多应用,其中这里公开的系统和方法可以在中距离上提供无线功率,包括消费者电子器件、工业应用、基础设施动力和照明、运输车辆、电子游戏、军事应用等。

[0024] 当谐振器被调谐到基本相同频率时且当系统内的损失被最小化时,能够优化两个电磁谐振器之间的能量交换。无线能量传递系统可以被设计成使得谐振器之间的“耦合时间”比谐振器“损失时间”要短得多。因此这里描述的系统和方法可以利用具有低固有损失率的高品质因数(高Q)谐振器。此外,这里描述的系统和方法可以使用具有近场的子波长谐振器,该近场比谐振器的特征尺寸明显地延伸更长,以致交换能量的谐振器的近场在中距离上重叠。这是之前没有实现的且显著不同于传统感生设计的操作方案。

[0025] 重要的是意识到这里公开的高磁性谐振器方案和已知近程或近距离感生方案(即,那些已知方案常规地没有利用高Q谐振器)之间的差别。通过使用耦合模式理论(CMT)(例如参见Waves and Fields in Optoelectronics, H.A. Haus, Prentice Hall, 1984),可以显示出与传统感生方案所能实现的相比,高Q谐振器耦合机构能够使得在以中距离间隔开的谐振器之间进行更有效的动力传输的幅值数量级。耦合的高Q谐振器已经显示了在中距离上的有效能量传递以及在短距离能量传递应用中的改进的效率和偏移容差。

[0026] 这里公开的系统和方法可以提供安全地且在比使用传统感生技术所实现的大得多的距离上经由强耦合高Q谐振器的近场无线能量传递,即,一种可能传递从皮瓦到千瓦的功率水平的技术。高效能量传递可以被实现为用于强耦合谐振器的各种通用系统,例如强耦合声音谐振器、原子能谐振器、机械谐振器等的系统,如M.I.T.的研究人员在其公开物中最初描述的:“Efficient wireless non-radiative mid-range energy transfer”, Annals of Physics, vol. 323, Issue 1, p. 34 (2008) 以及“Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonances”, Science, vol. 317, no. 5834, p. 83, (2007)。这里公开的是电磁谐振器和耦合的电磁谐振器系统,也被更具体地称为耦合的磁性谐振器和耦合的电谐振器,其具有在低于10 GHz的操作频率。

[0027] 本公开描述了无线能量传递技术,也被称为无线功率传输技术。贯穿本公开,我们可以互换地使用术语无线能量传递、无线功率传递、无线功率传输等。我们可以提及从源、AC或DC源、电池、源谐振器、电源、发生器、太阳能面板和热收集器等向装置、远程装置、多个远程装置、一个或更多个装置谐振器等供应能量或动力。我们可以描述中间谐振器,其通过允许使得能量从源谐振器跳过、传输通过、被临时存储、被部分耗散或以任意方式被中间传递到其他装置和中间谐振器的任意组合来扩展无线能量传递系统的范围,以致可以实现能量传递网络或线或延长路径。装置谐振器可以从源谐振器接收能量、将该能量的一部分转换成电力以给装置提供动力或充电,以及同时地将接收到的能量的一部分传递到其他装置或移动装置谐振器。能量可以从源谐振器被传递到多个装置谐振器,从而显著地延长可以无线传递能量的距离。可以通过使用各种系统架构和諧振器设计来实现无线功率传输系统。系统可以包括单个源或多个源来向单个装置或多个装置传递动力。諧振器可以被设计成是源或装置諧振器,或者它们可以被设计成是中继器。在一些情况下,諧振器可以同时是装置和源諧振器,或者其可以从作为源操作被切换成作为装置或中继器操作。本领域技术人员将理解,本申请中描述的各种的諧振器设计和功能可以支持各种系统架构。

[0028] 在我们描述的无线能量传递系统中,通过使用无线供应的动力或能量,远程装置

可以被直接提供动力,或者装置可以被耦合到能量存储单元,例如电池、超级电容器、超电容器等(或其他类型的功率耗用件),其中能量存储单元可以被无线地充电或再充电,并且/或者其中无线功率传递机构是装置的主要电源的简单补充。装置可以被混合电池/能量存储单元(例如具有集成的存储电容器等的电池)提供动力。此外,新型电池和能量存储装置可以被设计成获益于无线功率传输系统所实现的操作改进。

[0029] 其他动力管理方案包括使用无线供应的动力给电池再充电或给能量存储单元充电且同时它们所供电的装置被关停、处于待机状态、处于睡眠模式等。电池或能量存储单元可以以高(快)或低(慢)速率被充电或再充电。电池或能量存储单元可以被涓流充电或浮动充电。多个装置可以被同时并行地充电或提供动力,或者至多个装置的功率传递可以被序列化成使得一个或更多个装置在一段时间上接收动力,之后另一功率传递被切换到其他装置。多个装置可以共享来自一个或更多个源的动力,其中一个或更多个其他装置或是同时地、或是时分多路复用方式、或是频率复用方式、或是空间复用方式、或是取向复用方式、或是时分和频率和空间和取向复用的组合方式。多个装置可以与彼此共享动力,且至少一个装置被连续地、间断地、周期性地、偶尔地、临时地被重构,以便作为无线电源操作。本领域技术人员将理解,存在给装置提供动力和/或充电的各种方式,并且各种方式可以被应用到这里描述的技术和应用。

[0030] 无线能量传递具有各种可能应用,包括例如将源(例如连接到有线电网的源)放置在天花板上、地板下或房间墙壁内,而例如机器人、计算机、PDA或类似物的装置被置于房间内或在房间内自由运动。另一些应用可以包括给电机车辆(例如公交和/或混合动力汽车)和医疗装置(例如可穿戴或可移植装置)提供动力和/或再充电。附加的示例性应用包括能够给自主电子器件(例如便携式电脑、手机、便携式音乐播放器、家用机器人、GPS导航系统、显示器等等)、传感器、工业和制造业器械、医疗装置和监测器、家电和工具(例如灯、风扇、钻、锯、加热器、显示器、电视、台面应用等等)、军事装置、加温或发光衣服、通信和导航器械(包括构建到车辆、衣服和例如头盔、防护服和背心的保护性衣物内的器械)等提供动力和再充电,以及能够给物理隔离的装置(给被植入医疗装置,给被隐匿、埋入、植入或嵌入的传感器或标签,给屋顶太阳能面板和/或从屋顶太阳能面板至室内分布的面板等)传递动力。

[0031] 贯穿本公开,我们会提到某些电路部件,例如电容、电感、电阻、二极管、开关等,作为电路部件或元件。我们也会提到这些部件的串联和并联组合作为元件、网络、拓扑、电路等。我们会描述电容、二极管、变容管、晶体管和/或开关的组合作为可调阻抗网络、谐振网络、匹配网络、调节元件等。我们也会提到“自谐振”物体,贯穿整个物体既分布有电容又分布有电感(或部分分布,与完全集中是不同的)。本领域技术人员将理解,通过调整和控制电路或网络内的可变部件可以调节该电路或网络的性能,并且这些调整可以被大体描述成调谐、调整、匹配、校正等。调谐或调整无线功率传递系统的操作点的其他方法可以被单独使用,或者除了调整可调谐部件(例如电感和电容、或电感和电容的组)之外被使用。

附图说明

[0032] 图1是两个对齐的谐振器线圈的等轴视图。

[0033] 图2是两个错位的谐振器线圈的等轴视图。

[0034] 图3是具有正交取向的两个谐振器线圈的等轴视图。

- [0035] 图4是两个对齐的平面谐振器线圈的等轴视图。
- [0036] 图5是两个错位的平面谐振器线圈的等轴视图。
- [0037] 图6是无线启用的电池的剖切视图。
- [0038] 图7是设置成反向平行构造的两个无线启用的电池的剖切视图。
- [0039] 图8是示出非常接近的两个无线启用的电池中的两个谐振器线圈之间的耦合因数与竖直偏移的关系的图形。
- [0040] 图9是设置成平行构造的两个无线启用的电池的剖切视图。
- [0041] 图10是用于向头盔进行无线能量传递的系统的实施例的视图。
- [0042] 图11A是示出竖直对齐的双极结构的视图，并且图11B是示出水平对齐的双极结构的视图。
- [0043] 图12是包括绕一块磁性材料缠绕的导体的两个谐振器的视图。
- [0044] 图13是用于向头盔进行无线能量传递的系统的实施例的视图。
- [0045] 图14是示出作为头盔无线能量传递系统的方位角的函数的能量传递效率的图形。
- [0046] 图15是示出作为头盔无线能量传递系统的线圈分离度的函数的能量传递效率的图形。
- [0047] 图16是用于通过使用多个源和装置谐振器向头盔进行无线能量传递的系统的实施例的视图。
- [0048] 图17是用于通过使用肩部安装的源谐振器向眼镜进行无线能量传递的系统的实施例的视图。
- [0049] 图18是示出相对源和装置谐振器尺寸以允许车辆的横向位移或者侧向定位的不确定性的视图。
- [0050] 图19(a)是包括单块磁性材料的谐振器，图19(b-d)是包括多个单独的磁性材料块的谐振器。
- [0051] 图20(a-c)是谐振器构造的等轴视图，其用于比较包括一个磁性材料块的谐振器和包括一个以上单独的磁性材料块的谐振器之间的无线功率传输特征。
- [0052] 图21是包括四个单独的磁性材料块且每块由导体缠绕的谐振器的等轴视图。
- [0053] 图22(a)是包括具有交错导体绕组的两个磁性材料块的谐振器的俯视图，图22(b)是包括被成形为减少其间间距的两个磁性材料块的谐振器的俯视图。
- [0054] 图23是环状结构的透明视图。
- [0055] 图24是环状结构的剖视图。
- [0056] 图25是环状结构的立体图。
- [0057] 图26是装置和源结构定位的立体图。
- [0058] 图27(a)(b)(c)示出了能量传递期间环状结构的效率。
- [0059] 图28是具有环状谐振器结构的车辆。
- [0060] 图29是具有一个导体绕组的平面谐振器的立体图。
- [0061] 图30是具有一个导体绕组的平面谐振器的剖切视图。
- [0062] 图31是具有两个导体绕组的平面谐振器的立体图。
- [0063] 图32是具有两个导体绕组的平面谐振器的剖切视图。
- [0064] 图33A和图33C是示出最小弯曲隆起的效果的视图，并且图33B和图33D是示出导体

的竖直和成角度布线的视图。

具体实施方式

[0065] 无线电池构造

[0066] 谐振器和电子器件可以被集成到或放置成靠近电池,从而使得能够向电池进行无线能量传递,从而允许给电池组无线充电。添加有谐振器和控制电路,则电池和电池组可以从源无线地获取能量并且再充电,而不必被精确地定位在充电器内。无线电池和电池组可以在主机装置内部从外部无线电源无线地再充电而不需要所述装置被物理地插入外部能量供应源内。

[0067] 图6示出包括磁性谐振器的无线电池的一种示例。示例性电池包括绕可选的磁性材料块608缠绕的谐振器线圈606。磁性材料块608可以是中空的,并且可以装纳动力和控制电路(未示出)并且可选地装纳可以由被磁性谐振器获取的能量来再充电的可再充电电池604。磁性谐振器可以包括电感器和电容器并且可以包括螺旋电感元件606。在这种示例中,无线电池是传统AA电池的规格602并且可以被放置在通常接受传统AA电池的装置内。无线AA电池可以在处于装置内的同时由外部无线能量源充电。在实施例中,无线AA电池可以从外部无线能量源获取能量并且将动力直接传递到主机装置。

[0068] 例如图6所示的无线AA电池的无线可再充电电池可以以多种构造被放置在装置内。一些装置会仅需要单个电池而另一些装置会需要可以被放置成非常接近的两个或更多个电池。因此,会需要在无线电池中的谐振器以便单独地操作或者非常接近其他电池中的谐振器来操作。

[0069] 被置于挨着、靠近或非常接近彼此的谐振器会相互作用于或影响彼此的参数、特征、无线能量传递性能等。当谐振器被放置成非常靠近另一谐振器时,会改变或影响例如谐振器的和谐振器的动力和控制电路的部件的电感、电阻、电容等的参数。对谐振器及其动力和控制电路的参数的影响会影响在无线电池中的谐振器和外部无线能量源之间的无线能量传递的性能。

[0070] 例如当谐振器被定位成非常靠近另一谐振器时,会影响或扰乱谐振器回路的电感。与谐振器被隔离开或远离任意其他谐振器的情况相比,电感的变化会扰乱谐振器的谐振频率或使其失调。使传递能量的谐振器的谐振频率失调会降低无线能量传递的效率。如果频率的失调足够大,则能量传递的效率会退化并且会减少10%或50%或更多。虽然在这种示例中使用了电感的变化,但是本领域技术人员应该清楚,由于接近其他谐振器而导致的谐振器参数的其他变化也会影响无线能量传递的性能。

[0071] 在无线电池被置成非常接近充电或供电装置的应用中,相邻电池的谐振器的接近性会影响谐振器的参数,从而影响其从外部无线能量源接收能量的能力(即减少无线能量传递的功率量或效率)。在实施例中,会需要具有非常接近但不影响或极小地影响至每个单个谐振器或至谐振器总体的无线能量传递的参数的一群或多个谐振器。

[0072] 在一些实施例中,会希望当谐振器远离其他谐振器或其他无线电池时与当谐振器非常接近其他无线电池的其他谐振器时谐振器以类似参数来操作和传递能量。在无线电池的情况下,例如一些装置可以仅使用一个无线电池,而另一些装置可以使用设置成非常接近的两个或更多个无线电池。在实施例中,可能优选的是,当单个电池被充电时与当一群或

一组定位成非常接近的电池被充电时同一无线电池可以以基本相同性能和参数从外部源接收能量。

[0073] 本发明人已经发现多种方法和设计,其被用于当与其他无线电池非常接近的无线电池被单独地或成组地充电时维持无线能量传递的参数。在一些实施例中,无线电池可以包括主动调谐能力以便维持它们的参数和补偿可能由于非常接近的其他谐振器所导致的任意扰动。在另一些实施例中,无线电池中的谐振器可以被静态调谐以便补偿由于非常接近的其他无线电池的谐振器所导致的扰动。在另一实施例中,无线电池中的谐振器可以被定位成减少或最小化对相邻电池的谐振器的干扰,即使它们非常接近。

[0074] 使用无线电池中的静态谐振器调谐的干扰减少效果

[0075] 在一些实施例中,谐振器和諧振器组件可以被设计并调谐成非常接近其他谐振器时起作用。谐振器或諧振器组件可以被设计或调谐成当在其他谐振器附近时具有所需参数。例如,谐振器和諧振器组件可以被设计且预调谐成使得由于接近另一谐振器导致的任何干扰会将预调谐的谐振器的参数干扰成所需值和/或操作点。在实施例中,装置谐振器可以被预调谐成当其独自存在时具有比源谐振器更低的谐振频率,但是当另一无线电池的另一谐振器靠近该装置谐振器时该谐振频率会增加成匹配源谐振器频率。谐振器的参数可以被预调谐成使得当谐振器没有非常接近其他谐振器时参数值小于或大于用于能量传递的所需或最佳参数。谐振器的参数可以被预调谐成使得,由于非常接近的另一谐振器或另一无线电池所导致的干扰会使得谐振器的非优化参数变化成所需参数和/或最佳参数。

[0076] 无线电池中的谐振器可以被设计成具有比所需操作频率更低或更高的谐振频率。更低或更高的频率可以被设计成与所需操作频率相差与预期由于另一谐振器所导致的干扰相同的量。因此被设计成具有固有谐振频率的谐振器可以实现干扰的谐振频率,该干扰的谐振频率是无线功率系统的所需操作频率。

[0077] 一群无线电池(其中当被隔离时每个的谐振器均失调于所需操作频率)可以被一同放置在一组内或被设置成非常接近。由于其他无线电池的谐振器所导致的干扰可以使得每个谐振器失调成无线能量传递的所需参数,从而允许每个无线电池的每个谐振器即使有扰动仍从外部源接收能量。

[0078] 静态失调谐振器、预调谐或调谐谐振器以补偿由于其他谐振器导致的一些或任意扰动可以在如下应用中是有利的:不同谐振器的相对位置和构造是固定的、部分固定的或相对静态的。在谐振器和諧振器组件可以被设置或定位成相对其他谐振器处于一种以上的构造的环境或应用中,静态调谐方法会导致性能的不恒定特征,这是因为一种构造会与谐振器的另一种构造不同地干扰谐振器。

[0079] 使用无线电池中的主动谐振器调谐的干扰减少效果

[0080] 在另一实施例中,谐振器和諧振器组件可以被设计成具有主动调谐能力。在实施例中,无线电池内部的谐振器或諧振器组件可以包括可调部件,其可以调整谐振器和无线能量传递的参数以便在存在干扰的情况下维持无线能量传递的参数。可调部件可以包括电容器、电感器、放大器、电阻、开关等,其可以被连续地或周期性地调整以维持一个或更多个无线能量传递参数。例如,可以通过改变被联接到谐振器线圈的电容来调整谐振器的谐振频率。当由于存在另一谐振器而导致谐振器的谐振频率被干扰偏离其名义值时,可以通过调整电容器来调整谐振频率。主动调谐可以被用于补偿由于谐振器的不同取向和定位导致

的不同扰动。

[0081] 在实施例中,主动调谐无线电池中的谐振器可以允许无线电池在用作装置内的单个电池时具有类似于处于一群或一组谐振器(其中谐振器的参数会被无线电池中的其他谐振器干扰)中时的参数。

[0082] 使用无线电池中的定位的干扰减少效果

[0083] 在实施例中,如果谐振器被设计和定位成彼此间具有弱耦合,则谐振器可以被置于在对谐振器参数具有最小或可接受影响的情况下非常接近彼此。如果谐振器被定向且定位在具有小互感(“空斑”)的位置或具有小磁场幅值的区域内或附近,则谐振器可以非常接近且具有弱耦合。

[0084] 例如,考虑两个电容性负载回路谐振器,其包括导电材料构成的同心回路以作为谐振器的电感元件。当两个这样的谐振器回路在取向和位置上非常接近且具有强耦合时,它们将对彼此的参数产生影响。例如,如果谐振器线圈102、104如图1所示被设置成非常接近且同轴取向,则另一谐振器的存在会影响谐振器线圈的电感并且会最终干扰其谐振频率。然而,通过将谐振器定位和定向成使得它们具有弱耦合,谐振器线圈可以非常接近且具有减少的扰动。例如,当谐振器线圈102、104被重新定位成彼此偏心(如图2所示)时,它们的耦合系数和扰动强度会减小。在另一示例中,这两个谐振器线圈可以被定位成彼此正交以便减少耦合和/或扰动,如图3所示。将这两个谐振器定位成使得它们相对彼此具有低耦合会减少每个谐振器对另一谐振器的干扰。在图2的偏移构造或图3的正交构造中,这两个谐振器可以被用于有效地从外部能量源(未示出)接收能量而不需要静态失调或主动调谐谐振器以补偿扰动。

[0085] 相似的定位技术可以被用于其他类型或设计的谐振器,例如包括绕磁性材料块404缠绕的电导体402的平面谐振器线圈。当如图4所示两个这种谐振器406、408在被定位成非常接近时,它们将具有强耦合并且会干扰彼此的参数。但是如果谐振器406、408如图5所示错位,则这两个谐振器之间的耦合会减小并且对谐振器参数的干扰也会减小。

[0086] 在实施例中,为了减少对附近谐振器的干扰影响,谐振器可以被故意地定位成使得它们具有弱耦合。谐振器可以一般地在具有低磁场强度的区域内以及与电感元件相交的磁通线的方向变化的区域内具有弱耦合。例如,在图2所示的谐振器设置中,当一个电感元件内产生的且相交于另一个的磁通量等于且相反于在该一个电感元件外侧产生的且相交于另一个的磁通量时,在这两个谐振器之间存在零耦合系数。具有这种定位类型的谐振器可以被称为“空斑”或“空区域”。在谐振器和谐振器组件具有弱耦合之处的准确位置和取向可以被经验地、数学地、分析地等被确定。

[0087] 将谐振器放置在弱耦合区域内可以允许谐振器当远离其他谐振器操作时与当非常接近其他谐振器时以类似的性能和参数来操作而不需要静态失调和/或主动调谐。在实施例中,将谐振器放置在弱耦合区域内可以允许谐振器当远离其他谐振器操作时与当非常接近其他谐振器时在降低或受限的调谐能力的情况下以类似的性能和参数来操作。

[0088] 在实施例中,减少对彼此接近的谐振器的扰动的定位技术可以减少利用主动调谐的谐振器的所需调谐范围并且可以降低这种系统的成本和复杂性。

[0089] 在许多装置中,电池被固定或定向在可预测构造和/或取向。在使用例如AA电池的装置中,多个电池通常被并联设置并且以它们的端子702、704的极性交替的方式(反向平行

构造)挨着彼此定位,如图7所示。AA电池的谐振器可以被设计成在电池内具有特定大小、位置和取向,以当两个或更多个电池以具体取向被设置成彼此非常接近时减小或最小化对电池内部的谐振器的干扰。

[0090] 为了减小干扰,电池内的谐振器线圈706和磁性材料708可以在电池内不对称地被成尺寸和定位以便当两个电池以反向极性被非常接近地定位时,这两个谐振器线圈706、712错位。谐振器的错位可以被设计成使得当彼此非常接近且如图7所示取向时,相邻错位谐振器类似于图2和图5所示结构处于彼此间弱耦合的区域内,并且因此可以对谐振器的参数具有减小的或小的干扰。

[0091] 例如,针对图8右侧所示的电池的位置和构造,图8中示出了AA电池规格中的谐振器线圈的一种实施例的耦合因数与不对称性之间的关系绘图。该绘图示出了当谐振器线圈802和磁性材料804之间的偏移(或错位)D进行改变时在两个谐振器之间的耦合因数k。注意到当位移D是近似1.3毫米时,耦合因数为零。在这个节点或者空点或零耦合点处,谐振器的参数实际上不受相邻电池中的谐振器的存在的影响。在这种示例中,谐振器的谐振频率在当谐振器处于图8所示构造时与它们彼此分开相当远的距离时是基本相同的。类似地,当谐振器间隔开1.3毫米时,谐振器的品质因数在电池被隔离时($Q \sim 118$)与在电池相应处于图8所示构造时($Q \sim 108$)的变化非常小。

[0092] 电池内的谐振器的相对不对称对齐允许谐振器在以多电池组构造和独立构造(电池不非常接近其他谐振器)时以高效率起作用且从外部源谐振器获取能量。因此,单个电池设计可以被用于多电池构造且具有类似的无线能量传递特征。这样的设计是有利的,因为它保持了例如AA的公知电池规格的至少一个所需特征,这能够将电池放置在其主机装置内的多个位置并且能够知晓可预测在单电池和多电池设置中的电池性能。

[0093] 在一些实施例中,多电池构造可以具有与图7所示的构造不同的其他构造。例如,在一些应用中,所有电池可以以相同极性对齐以致所有正端子均在同一侧。电池的位置和设计可以适于以这些构造操作。

[0094] 在一种实施例中,电池可以根据主机装置电池隔间内的电池的取向和位置来采用两种或更多种构造。例如,在所有电池对齐成使得相同极性面向一个方向的构造中,可以使用两种不同的电池构造。一种电池类型可以具有朝向其正端子910不对称定位的谐振器线圈908和磁性材料912,而第二电池类型可以具有朝向电池的负端子902不对称定位的谐振器线圈904和磁性材料906,如图9所示。在这样的实施例中,电池可以包括附加标记来进行区分。例如,电池可以被颜色编码或者末端端子可以被成形为指示出电池是被设计成如图7所示那样操作还是如图9所示那样操作。本领域技术人员将理解,各种标记方案可以被用于区分电池类型,并且多种电池类型可以用于解决常见的多电池构造、取向和位置。在多电池构造中电池交替可以允许谐振器在非常接近其他谐振器时处于其他谐振器的弱耦合区域内。

[0095] 在另一些实施例中,谐振器的位置可以是可调的,从而允许用户将谐振器在电池上向上或向上定位。谐振器可以以例如两个位置被安装在可动套筒上。对于具有交替电池取向的多电池构造而言,具有谐振器的套筒可以均被定位在电池的一端上。对于使得电池全部沿相同方向取向的多电池构造而言,针对每个交替电池,位置可以是交替的。

[0096] 在另一些实施例中,电池可以配备有金属和/或磁性护罩以便防止它们与相邻电

池或装置相互作用。这些护罩可以被定向成以便防止另一电池的存在改变第一电池的谐振频率并且反之亦然。这些护罩可以是不对称的，以便用户可以旋转电池以便防护于相邻电池，但是不防护于电源。

[0097] 在又一些实施例中，电池可以具有可构造或可转换的极性。在实施例中，电池的正和负端或端子可以反向。电池内部的谐振器位置和取向可以固定在不对称位置，并且彼此非常接近的谐振器的相对位置可以通过旋转电池来交替。可以根据具有适配器、开关等的应用的需求来选择端子的适当极性。

[0098] 在实施例中，电池可以包括自动定位机构，其在电池外壳内自动移动谐振器以便它们被定位成在非常接近其他谐振器时具有最大能量传递系数。例如，谐振器可以包括永磁体，其被定位成彼此排斥并且移动相邻电池的谐振器远离彼此。在另一些实施例中，电池可以包括场传感器、电压传感器、电流传感器、功率传感器等，并且这些传感器可以被用于定位系统以便移动电池结构内的磁性谐振器以便改善无线功率传递效率。在又一种实施例中，传感器可以被用于向安装电池的用户提供反馈来扭转或转动电池组，或者设法改变相对位置和取向以便改善无线能量传递性能。在实施例中，传感器可以被用于向用户指示出某些电池构造是有问题的。

[0099] 谐振器在电池内的不对称定位可以被用于各种电池类型和尺寸。虽然所述示例是AA电池构造，但是本领域技术人员将意识到技术可以适用于任意数量的不同电池类型并且可以适用于包括多个单个电池的各种电池组设置。

[0100] 其他应用

[0101] 本领域的技术人员将意识到，被描述为限制非常接近的电池内的扰动的所述技术可以被用于许多其他应用。技术可以被用于其中多个装置谐振器可以被放置成非常接近或接近成足以使得它们能够影响彼此的参数的任意应用中。

[0102] 例如，具有无线装置谐振器的多个装置会需要被定位成当多个装置被放置在无线能量源上或附近时减少对附近的其他类似装置的干扰。在实施例中，源可以被构造成具有槽、通道、标记、外形等，其迫使或定位多个装置处于其中每个装置的谐振器与附近的其他装置谐振器具有弱耦合的位置和取向。

[0103] 应该理解的是，非常接近或接近彼此不是距离的绝对量度，而是取决于谐振器的相对尺寸、谐振器的类型、它们的功率传递水平等。在实施例中，当谐振器分开的距离小于系统中最大谐振器的一个特征尺寸时，它们被看作非常接近。在另一些实施例中，当谐振器分开的距离小于系统中最大谐振器的两个或三个特征尺寸时，它们被看作非常接近。在一些实施例中，当谐振器接近到足以干扰彼此的参数从而影响无线能量传递效率至少5%时，谐振器可以被看作是非常接近。

[0104] 应该理解的是，在本公开中使用的弱耦合不意味着绝对耦合度量，而是相对耦合值。弱耦合区域应该被理解为是如下区域：其中耦合至少减小到处于固定分隔距离的两个谐振器的最大可能耦合的二分之一。

[0105] 无线能量传递系统可以被用于将能量从穿戴在背心、双肩背包、系绳、衬衫、裤子、背带、外套或任意类型的衣服等上的一个或更多个中央电池和/或燃料电池和/或太阳能板和/或其他类型的能量包无线传递到头戴或头盔安装式电或电子装置。无线能量传递系统可以使用强耦合的磁性谐振器。谐振器可以具有大于100的高品质因数。交换能量的两个谐

振器具有 $\text{sqrt}(Q_1 Q_2) > 100$ 。系统包括至少一个无线能量源谐振器，其可以被嵌入或附接到用户的设备、衣服、背心、双肩背包等。源谐振器产生振荡磁场，其可以被可以与头盔或装置集成的一个或更多个能量捕捉获取置谐振器接收。在实施例中，可以在 10 cm 或 18 cm 或更大的间隙上从源谐振器向装置谐振器传递 5 瓦或更大功率。在实施例中，中继器可以被用于无线能量传递系统。

[0106] 图 10 示出了示出系统的一种构造的示例性实施例。在示例性实施例中，从安装在人 1010 的背心 1012 上的源谐振器 1006 向安装在头盔 1004 的背面上的能量获取装置谐振器 1002 无线传递能量。源谐振器 1006 可以被人 1010 所携带的电池（未示出）充能。源谐振器 1006 产生振荡磁场，其在能量获取装置谐振器 1002 中感生电流。在装置谐振器 1002 中感生的电能可以被用于给安装到或附接到头盔 1004 的电或电子装置 1008 充能。因此，能量跨过间隙 1014 被无线传递到人的头上的动力装置 1008，而不需要在装置和人 1010 所携带的主要电池之间存在缆线。

[0107] 无线能量传递基于强耦合到其他磁性谐振器的精心设计的高品质磁性谐振器，以致经由磁场将电力选择性地且高效地从一个谐振器传递到另一谐振器而具有非常小的功率损失或非常少地耗损到其他附近的不谐振或非谐振物体。在系统中，可能必要的是确保在由于人的头部运动、谐振器安装的变化等而导致的谐振器定位或运动的改变期间的能量传递。

[0108] 在实施例中，系统可以使用任意数量的谐振器和谐振器结构。在 2010 年 9 月 23 日被公开为美国公开号 2010/0237709A1 的美国专利申请 12/789,611 中已经描述了大量适当的谐振器结构。例如，可以使用所谓的平面谐振器结构，其包括绕磁性材料块或各种构造缠绕的电导体。类似地，可以使用具有或不具有屏蔽的许多不同形式的电容式负载回路谐振器。在实施例中，所选的谐振器类型、其取向、尺寸等可以取决于应用和所需偏移容差的细节、尺寸限制、功率传递效率、目标重量规格等。

[0109] 在实施例中，具有不同偶极矩和取向的各种线圈构造可以有效用于从人体携带（例如背心）至头盔的能量传递。在实施例中，谐振器可以被定向成具有两种不同的偶极矩取向和构造。图 11A 和图 11B 示出两种不同的谐振器偶极取向，即竖直对齐的和水平对齐的。图 11A 示出具有竖直对齐的偶极矩的构造。图 11B 示出具有水平对齐的偶极矩的构造。平行或水平对齐的构造的优点在于，背心上的磁性偶极谐振器的两个末端均能够耦合到头盔谐振器。平行构造也可以在其大小、形状和重量上具有优势。在示例性环境中，在头盔-谐振器重量是 0.17 kg 且背心-谐振器重量是 1.1 kg 的情况下实现耦合系数 $k=0.02$ 。同样地，每个谐振器的形状可以比竖直构造更适于集成于头盔和背心二者。

[0110] 为了确保在对谐振器大小和重量具有约束的情况下从人体上的源谐振器到头部和/或头盔上的装置谐振器的经过一定谐振器偏移和距离范围的足够能量传递，谐振器可以优选地被定向成具有水平对齐的偶极矩。具有水平对齐的偶极矩的谐振器可以是所谓的平面谐振器结构的变型。图 12 中示出了具有平面谐振器结构的系统的实施例。头盔安装式装置谐振器线圈（头盔线圈）和背心安装式源谐振器线圈（背心线圈）均包括绕磁性材料块或芯 1202、1206 缠绕的导体 1204、1208。在这种构造中，这两个谐振器具有沿水平方向或彼此平行的偶极矩。

[0111] 包括水平对齐的谐振器的示例实施例被用于演示系统的可行性和性能。在示例性

实施例中,被安装在头盔上的能量获取装置谐振器包括绕160 g的3F3铁酸盐材料缠绕的10匝1054/44 AWG Litz电线并且具有Q>200。背心安装式谐振器包含被封罩在聚合物套筒内的215 g的铁酸盐,其被10匝相同类型的Litz电线缠绕以形成类似于图12所示的平面类型谐振器,并且该谐振器具有Q>200。

[0112] 被背部穿戴在用户背心中的锂离子电池被用作电子板的电源,该电子板装纳用于源谐振器的功率和控制电路。头盔安装式谐振器被连接到具有整流器和输出电压调整器的小装置板。出于演示目的,输出调整器被设定为5 Vdc并且被连接到LED头灯。

[0113] 用于头盔和背心谐振器的铁酸盐材料由小的矩形瓦构成,所述瓦被堆叠成产生平行管形谐振器。可以制造遵循头盔和背心二者的自然轮廓的成形的谐振器。这可以通过研磨各个瓦上的成角度面或通过在常规模具中烧结磁性粉末来实现。

[0114] 图13示出了用于根据头部位置测量效率和功率的实验构造。源谐振器1006被安装在由人1010穿戴的背心1012上。装置或能量获取谐振器1002被安装在头盔1004的背面。被装置谐振器获取的能量被用于经由电线给头盔上的头灯1008提供动力。间隔距离1014以及方位角或头旋转角度1302被修改,同时无线能量传递的参数被测量。

[0115] 图14中示出了针对源和装置谐振器之间12 cm的间隔距离的作为方位角旋转的函数的能量传递效率。当谐振器对齐时,能量传递效率几乎达到60%。在图中,当头在方位角上回转近似60时产生为零的耦合系数并且耦合系数随着能量传递效率降低而明显。通过沿其偶极矩放大谐振器,零可以延伸或运动到更大角度。

[0116] 图15中示出了作为源和装置谐振器之间的间隔距离的函数的能量传递效率。该图示出了,即使谐振器针对12cm的固定距离被调谐,针对7.5 cm至15 cm的间隔距离的变化,能量传递效率仍保持在50%以上。

[0117] 在实施例中,获取的能量可以被用于给头部或头盔上或周围的任意数量的装置、传感器、电子器件、通信设备等提供动力。来自装置谐振器的电能可以被直接用作AC电流或者可以被调制或整流成提供DC电流。在实施例中,系统可以包括在头盔或头部上的小能量存储元件,其由被装置谐振器获取的能量充电。能量存储元件可以是可再充电池或者超级电容,其可以被用于在无线能量传递中断时向装置提供能量。例如,如果用户转动其头部到达谐振器耦合的零点,则无线能量传递会中断。在这个时间期间,可以通过使用小电池或超级电容中的能量来继续向电子器件进行动力递送。能量存储元件可以根据特定使用场合的无线能量中断的预期或最大时间来成尺寸。例如,用途研究可以被实施以检查用户可以转动其头部到无线能量传递不再有效的区域的频率和时间量。能量存储元件可以被成尺寸成仅在这些时间期间向装置提供能量并且当可以再次进行无线能量传递时再充电。因此,相比于预期给装置连续提供动力的电池,能量存储元件可以是小的或者轻质的。

[0118] 在另一些实施例中,源谐振器和装置谐振器可以被构造成减少或者消除人的头部运动范围内的死点。在一种示例性实施例中,多个源谐振器可以被用作无线能量源。多个源谐振器可以根据头部的旋转被选择性地驱动。具有最强耦合的源谐振器可以仅被激活或者一些或全部源谐振器可以利用具有不同相位或幅值的振荡电流被驱动以操控磁场。

[0119] 在一种示例性实施例中,多个装置谐振器1612、1610、1608可以被用于从一个或更多个源谐振器1606、1604、1602获取能量,如图16所示。多个装置谐振器可以根据头部的旋转1302被选择性地激活。仅与源具有最强耦合的装置谐振器可以被激活,或者所有三个或

更多个装置谐振器可以被激活并且它们获取的电能相结合以给电池充电或给电子装置提供动力。系统可以包括控制器来测量在源和装置之间的能量传递效率以及能量传递的电特征。通过测量源谐振器上的电压和电流以及在装置谐振器上的电压和电流，控制器可以根据测量值主动地选择给一些或所有源充能。

[0120] 在实施例中，装置或源谐振器可以被用于从外部无线能量源给电池充电。人所穿戴的源谐振器可以常态地被用于向头盔传递能量，但是可以被构造成也从外部源获取能量，从而允许谐振器给人穿戴的中央电池无线再充电。人所穿戴的源谐振器可以被构造成成为装置谐振器。电子器件可以从源放大器功能被构造成整流器和电池充电器功能。外部源谐振器可以被安装在车辆内部、座椅背面、床上和其他结构上，从而当人坐在车辆中、在床上休息等时向被安装在人身上的谐振器提供无线能量。

[0121] 在实施例中，源谐振器可以位于人的肩部、背部、前面、颈、胸、胃、臀部、屁股、大腿、手、脚和手臂上。能够获取能量的装置谐振器可以被定位在头盔、头部和头戴式装置的侧面、背面、顶部等。装置谐振器可以被定位在头盔外部或者可以被构造成覆盖头盔内侧从而保护其免于外部磨损和损坏。

[0122] 虽然示例性实施例演示了从背心到头盔的无线能量传递系统的使用，但是应该理解的是，其他构造也落入本设计的范围内。能量可以从一个人被传递到可以由人携带或被附接到人的任意数量的周边设备。例如，能量可以被传递到眼镜、平视显示器、便携监控器等。图17示出了向眼镜安装式平视显示器的无线能量传递的示例性实施例。平视显示器可以具有安装在眼镜1702的侧面或鬓角区域1712上的装置谐振器1710。源谐振器1708可以被穿戴在人的肩部区域上。可以由人穿戴的电池给源谐振器1708充能，该电池可以被携带在人的背部或侧面，从而从眼镜省去了笨重电池或能量存储元件。

[0123] 在另一些实施例中，能量可以从背心传递到由用户携带的装置，例如武器、计算机、工具等等。能量可以从腿部传递到鞋子，该鞋子可以集成有传感器以用于通过测量步长、压力、运动等来监测人的足部健康或者整体健康和稳定性。

[0124] 类似地，虽然通过使用军用头盔来描述示例性实施例，但是本领域技术人员将意识到，该设计可以被构造成用于任意头盔或者任意头戴式结构以用于娱乐、工业和其他用途。例如，无线能量传递可以被用于摩托车头盔以便给头盔内部的无线电、灯和器械提供动力。在另一示例中，无线能量传递可以被用于自行车头盔以便将能量从双肩背包传递到装有灯的头盔。在另一示例中，无线能量传递可以被用于安全帽以便给灯、无线电、传感器、眼镜等提供动力。

[0125] 在用于人穿戴的周边设备的无线能量传递的实施例中，系统可以包括针对每个电子装置的单独的装置谐振器。针对每个装置具有独立的谐振器可以允许更简单的动力控制。每个装置能够控制其谐振器，并且如果没有动力或不需要动力则使所述谐振器失调于源的谐振频率。在一些实施例中，装置谐振器可以被嵌入需要动力的装置内。在另一些实施例中，单个源谐振器可以给许多装置谐振器提供动力。

[0126] 在另一些实施例中，装置谐振器可以与装置分离。装置谐振器可以与需要动力的装置分开地定位。被装置谐振器获取的能量可以经由导体电线被传递到装置。单独的线接的装置谐振器可以远离装置被设置在更靠近源谐振器的位置或在不太妨碍用户的位置。例如，在图10所示的头盔实施例中，装置谐振器1002位于距头灯1008一定距离处并且能量经

由电线(未示出)从装置谐振器被传递到头灯。在这种实施例中,装置谐振器被定位成减少对于用户的不便和妨碍。

[0127] 在一些实施例中,单个装置谐振器可以将动力递送到一个以上的电子装置。在实施例中,能量传递可以被划分成多个区域或子系统。例如,无线能量传递可以被用于扩展移动人体部分或其中电线是笨重或无效的区域,并且一旦被无线传递则通过使用电导体(例如电线、印刷电路板(PCB)、迹线、导电布等)以传统手段被分布。例如,头盔可以是这样的子系统。单个装置谐振器可以无线地接收能量并且通过使用电线将能量分配到头盔上或头盔附近的多个装置。其他的这样的系统可以包括手、鞋、脚、手臂等。在实施例中,子系统可以包括一个以上的装置谐振器,其可以从一个以上的源谐振器接收无线能量并且将能量分配到子系统中的一个或更多个装置。

[0128] 在实施例中,装置谐振器可以嵌入装置的电池或电池组内。装置的电池可以被构造成用于无线能量传递,从而当处于无线能量源的范围内时允许电池被再充电。例如,无线功率使能的电池的示范性设计被描述于在_____日作为_____公开的且命名为“Wireless Energy Transfer for Rechargeable Batteries”的美国专利申请13/534,966中,其全部内容并入本文以供参考。

[0129] 在实施例中,人穿戴的能量传递系统可以包括安全预防措施。振荡磁场可以导致在一些组织类型中的局部组织加热或感生电流。根据谐振器的位置和取向,可能重要的是限制源谐振器的功率输出或者到达用户的人体组织或神经系统的磁场的幅值。在图13所示的示例性系统中,五瓦特被安全地传递到装置谐振器,同时即使靠近用户的脊髓和神经系统组织仍能满足所有的安全限制。为了满足安全限制,可能优选的是在150kHz或更高的较高频率的谐振频率处操作谐振器。在一些实施例中,谐振器频率和产生的磁场频率可以是1MHz或者更大。

[0130] 在实施例中,系统可以包括围绕装置谐振器的高功率(10W或更大)源的防护材料,以便限制或减少用于能量传递的磁场与人体部分的相互作用。防护可以包括良好的电导体。电导体护罩可以被置于抵靠用户身体部分,以致源的磁场偏转离开用户身体的该部分。在实施例中,护罩可以包括柔性电导体。导体可以例如是薄铜板或者导电布。

[0131] 返回到如图13所示的向头盔进行无线能量传递的示例性实施例,系统可以包括护罩来减少场与颈、脊椎和头的后部的相互作用。在可能需要较高功率(10W或20W或更高)传递的实施例中,系统可以包括覆盖用户的颈部区域1304的柔性或刚性翼片。翼片可以包括传导材料,其防护颈和脊髓以免于磁场。翼片可以是用户的头盔的一部分或者头饰的一部分。在实施例中,护罩可以是用户衣服的衣领的一部分。

[0132] 在实施例中,摄像机系统或机器视觉系统可以探测或者帮助探测在源和装置谐振器之间的障碍物和外来物和/或材料。在实施例中,摄像机和机器视觉系统可以不断地监测源和装置周围的间隙和/或附近以用于运动、无关物体或者任意类型的不明确或异常操作环境或构造。系统可以被设计成停止动力或限制功率传递,并且可以被设计成当摄像机和/或算法探测到任意不明确或异常操作环境或构造时警告驾驶员、用户或操作者。在实施例中,摄像机和机器视觉系统可以被联接到自学或可训练算法或者受其控制,该算法能够被设计成用在或用于各种各样的环境、车辆、源和系统中,并且可以学习或被训练成在指导性操作期之后在许多环境中操作。

[0133] 在实施例中,摄像机可以被安装在源内或周围,并且可以无线地传输视频或经处理信息至车辆内部或外部的电子器件或用户。实施例中,摄像机可以被安装在汽车上并且可以被安装在汽车下方。在实施例中,摄像机可以装配有自动门或外壳,仅当开始对齐过程或者当装置或源非常接近时才打开该自动门或外壳。机械门或外壳可以仅根据需要来打开和关闭,从而保护摄像机透镜和电子器件免于道路碎片、水、灰尘等。

[0134] 在实施例中,被发射和/或反射的听觉、微波、RF、光学等信号可以被用于自动地或者借助于用户的帮助将源和装置谐振器对齐成处于特定精度内。特定精度可以是用户可设定参数,或者其可以是由控制系统设定的参数。可以根据一天中的时间、电网要求、电成本(例如以kW小时为单位)、绿色能量源的可用性等来调整可设定参数。可设定参数可以受电网提供者、地方代理、汽车公司、服务公司、个体用户等控制。

[0135] 在实施例中,各种传感器系统可以被用于辅助或者自动化源和装置谐振器的对齐。听觉、压力、接触、电感、电容传感器等可以被置于车辆内或周围以便确定车辆位置并且指导车辆用户或操作者形成最佳对齐。各种保险杠、激光器、球、口哨、刮刀、绳、铃、扩音器等也可以被用作指示器以便向用户或操作者指示恰当的对齐定位。在实施例中,任意数量的停车引导件或停车辅助装置可以被集成到系统中以便有助于恰当地引导或定位车辆或者将车辆引导或定位到源的可接受范围内。

[0136] 在实施例中,一个或更多个压力、温度、电容、电感、听觉、红外、紫外传感器等可以被集成到源、装置、源外壳、车辆或周围区域内,并可以探测或者帮助探测在源和装置谐振器之间的障碍物和外来物和/或材料。在实施例中,传感器和安全系统可以不断地监测源和装置周围的间隙和/或附近以用于运动、无关物体或者任意类型的不明确或异常操作环境或构造。在实施例中,例如,覆盖物源谐振器的外壳可以包括或者可以被安装在压力传感器的顶部,该压力传感器监测源谐振器的封罩的重量或在其上的推力。额外的压力或附加的探测到的重量例如可以指示出留在源顶部上的外来或不希望的物体,从而指示出对于操作无线功率传递系统而言是不安全的或不理想的。传感器的输出可以被耦合到无线功率传递系统的处理元件并且可以被用于当传感器被触发或探测到异常时停止或者防止无线功率传递或者防止。在实施例中,系统和传感器可以被耦合到听觉、视觉或震动指示器以便警告用户或操作者无线功率传递的中断。在一些实施例中,感测多个参数的多个传感器可以被同时地使用以便确定障碍物或外来物是否存在。在一些实施例中,系统可以被构造成使得必须脱开至少两个传感器(例如压力和温度传感器)以便例如断开或阻止无线功率传递。

[0137] 在实施例中,防盗或盗窃探测系统可以被集成到源和装置中,其利用无线功率传递系统的各种传感器和摄像机来探测对车辆的未授权使用。

[0138] 在实施例中,源和装置谐振器可以具有不同尺寸和几何构造以便减少对源和装置线圈之间的功率传递效率的对齐性的依赖。在一些实施例中,可以有利的是源谐振器大于装置谐振器,这会增加在源和装置谐振器之间的所需能量传递效率的定位容差。

[0139] 在实施例中,各种几何构造的源和装置谐振器可以被用于减少源和装置错位(例如可能与停车变化有关的错位)的影响。停车变化可以包括向前和向后变化,侧向变化、角度偏移(当车辆以一定角度停车时)等。例如,在一些实施例中,源和装置谐振器可以易于沿车辆的向前和向后方向的对齐中变化。在这样的实施例中,与具有与装置谐振器相同尺寸的方形源谐振器所产生的平均效率相比,使用被定向成使得电感回路的长轴线平行于车辆

位置不确定性的方向的矩形源电感回路(其配对于具有与源谐振器相同的短轴线长度的方形装置谐振器)可以产生作为源-装置谐振器位移的函数的更佳的平均效率。注意到,如果位置的不确定性是处于该方向的话则矩形源电感回路的长轴线可以对齐于车辆的长度,并且如果希望是侧向位置不确定性的话则矩形源电感回路的长轴线可以对齐于车辆的宽度。图18中示出了表明源和装置电感回路的相对几何构型以减少对车辆的横向或侧向偏移依赖的示例性实施例。附图示出当源谐振器位于车辆下方并且装置谐振器被安装到车辆底侧时以向下观察车辆的俯视透视为来看的示例性相对几何构型。为了增加车辆1802的侧向偏移能力,包括源和装置的电容性负载回路谐振器可以具有不同尺寸。源1804的尺寸可以在车辆的侧向尺寸或轴线上大于装置1806的尺寸。

[0140] 在实施例中,可以使用不需要精确对齐的谐振器设计来消除或限制源和装置之间的错位影响。在实施例中,源和装置谐振器可以包括平面谐振器或者包括绕磁性材料芯缠绕的导体的谐振器。在实施例中,平面谐振器的偶极矩可以被定向成垂直于车辆位置不确定性的维度。谐振器的设计可以允许在最小化功率传递效率的影响的情况下垂直于谐振器的偶极矩的错位。

[0141] 在实施例中,装置谐振器及其相应动力和控制电路可以具有与车辆的其他电子和控制系统和子系统的各种集成水平。在一些实施例中,动力和控制电路和装置谐振器可以是与车辆的现有系统具有最小集成的完全独立的模块或封罩,从而提供至车辆的功率输出和控制和诊断接口。在另一些实施例中,装置谐振器或者谐振器外壳的部分可以被集成到车辆的主体、结构、底盘、面板等。在一些实施例中,车辆可以被构造成向在车辆底侧凹陷区域内装纳谐振器和电路组件,从而使得线圈封罩的底面齐平于车身下部。在一些实施例中,凹陷区域可以进一步被衬有高度传导材料,例如铝、铜、银等,其被电镀、层压、喷涂、施加等方式应用至凹陷区域。

[0142] 在实施例中装置和源可以包括主动冷却或加热。装置谐振器和电路可以被集成到车辆的冷却系统以便防止在高功率应用时的高温。在实施例中,装置谐振器和电路可以包括其自身的具有散热器、风扇、液体冷却剂等的主动冷却或加热系统。在实施例中,谐振器以及动力和控制电路可以包括各种形状、轮廓、凸起、散热片等以辅助温度控制。

[0143] 在无线功率系统中,车辆动力控制系统可以包括电站预定系统,其允许用户针对一天的特定时间预定充电站,从而防止其他用户从源充电。中央信息可以被用于让用户选择特定电源或者使用更加环境友好的能量源(例如风能或太阳能)的源。

[0144] 在实施例中,车辆的装置谐振器也可以被用作电源。在实施例中,车辆动力可以被用于在停电或车舱没有动力期间给建筑提供动力。在实施例中,车辆可以被用于在工作地点给施工车辆或工具传递动力。

[0145] 谐振器阵列

[0146] 在实施例中,两个或更多个较小谐振器或者由导体缠绕的两个或更多个磁性材料块可以被设置成形成具有有效尺寸的较大谐振器,所述有效尺寸大于较小谐振器的物理尺寸或者大于磁性材料块的尺寸。具有较大有效尺寸的谐振器可以在较大距离上具有改进的耦合,可以具有较高效率,相对于位置不确定性具有改进的不变性,可以能够传递更高的动力水平等等。关于可制造性、成本、可扩展性、可变性等方面,较小谐振器或较小磁性材料块的设置可以提供优于单个大谐振器的优点。

[0147] 例如,在如图19(a)所示的实施例中,可以通过使用一个单个的谐振器或一个磁性材料块来实现包括绕磁性材料块1904缠绕的导体1906的平面谐振器。谐振器可以包括基本连续的磁性材料块1904,其具有绕磁性材料的整个宽度缠绕的导体1906,从而形成具有封闭区域的回路,所述封闭区域基本等于磁性材料块的横截面。谐振器可以具有有效尺寸1902,其基本等于谐振器的物理尺寸。

[0148] 在另一些实施例中,可以通过两个或更多个较小谐振器或磁性材料块的设置来实现平面谐振器。这些较小谐振器可以包括由导体缠绕的较小磁性材料块,从而形成具有封闭区域的回路,所述封闭区域基本等于磁性材料块的横截面面积。如图19(b)中的示例性实施例所示,两个较小的磁性材料块1908(每个均被导体1910缠绕)可以被并排设置以便产生具有有效尺寸1902的谐振器,该有效尺寸1902基本等于这两个磁性材料块的设置的物理尺寸。在实施例中,两个以上的磁性材料块(每个均包括绕块1912缠绕的导体1914)可以被设置成二维或三维阵列,如图19(c-d)所示,以便产生较大的有效谐振器,其具有基本等于磁性材料块设置的物理尺寸的有效尺寸1902。较小谐振器的阵列可以被成尺寸且设置成产生具有所需有效尺寸和形状的阵列,并且所述阵列可以被使用以取代包括单个基本连续的磁性材料块的谐振器。

[0149] 在实施例中,由导体缠绕的每个磁性材料块可以作为单独的谐振器被处理,并且可以针对每个单个块的参数调节被耦合到附加电气元件,例如电容器或电感器。在另一些实施例中,绕磁性材料块缠绕的一些或所有导体可以被连接在一起并且被耦合到附加电气元件,例如电容器、电感器等,以便使得磁性材料块和导体的完整设置成为单个谐振器。在实施例中,多个较小电感或谐振器结构可以被串联、并联或者以串联和并联连接网络被连接。

[0150] 在一些实施例中,关于可制造性、成本、可扩展性、可变性等方面,较小谐振器设置或由导体缠绕的较小磁性材料块设置可以提供优于单个大谐振器的优点。磁性材料通常是易碎的,并且谐振器的大的连续磁性材料件(特别是用于大谐振器的)会易于损坏和破裂。谐振器的较小阵列会更加抗振动和损坏,因为更易于隔离、加固、封装以及其他手段处理较小的单独的磁性材料块。类似地,由导体缠绕的包括单独磁性材料块构成的阵列的谐振器可以更易于变化规模或扩展。根据应用或部署构造,可以通过从阵列添加或去除单个谐振器元件或者添加或去除单个磁性材料块从而增加或减少谐振器的有效尺寸来使得谐振器阵列更大或更小。这样的设置可以具有的优点可以在,通过组装多个较小谐振器可以实现大范围的谐振器有效尺寸和形状。然后,单个或很少的标准谐振器可以被批量地存储、测试、制造等,并且被用于支持用于无线功率传递系统的各种谐振器尺寸和形状。

[0151] 在实施例中,包括较小谐振器设置或磁性材料块设置的谐振器可以具有与具有一个较大的基本连续的磁性材料件的谐振器基本相同或类似的系统参数和无线功率传递特征,并且可以被用于更换或替代具有一个较大的基本连续的磁性材料件的谐振器,而不会显著影响无线功率传递的性能或特征。在无线功率传递构造的一种实施例中,通过使用有限元方法模型来计算并比较在源和装置之间的无线功率传递参数,所述方法模型用于如下设置:装置谐振器2004被实现为绕单个基本连续的磁性材料块缠绕的导体(图20(a)),装置谐振器2004被实现为绕两个等尺寸的磁性材料块缠绕的两个导体(图20(b)),以及装置谐振器2004被实现为绕四个等尺寸的磁性材料块缠绕的四个导体(图20(c))。在装置的每种

构造中,谐振器的有效尺寸被维持在30cm乘以32cm,并且被对齐在30cm乘以32cm的源谐振器2002正上方20cm处,其中该源谐振器2002包括绕基本连续的磁性材料块缠绕的导体。在装置谐振器包括单个磁性材料块(如图20(a)中的2004所示)的构造中,有效装置谐振器的品质因数被计算为450,并且源和装置之间的耦合因数k被计算为0.124,从而导致在源和装置之间的预测无线功率传递效率是96.4%。在装置谐振器包括由导体缠绕且间隔开0.1cm的空气间隙的两个较小磁性材料块(如图20(b)中的2004所示)的构造中,有效装置谐振器的品质因数被计算为437,并且源和装置之间的耦合因数k被计算为0.115,从而导致在源和装置之间的预测无线功率传递效率是96.2%。在装置谐振器包括由导体缠绕且间隔开0.2cm的空气间隙的四个较小磁性材料块(如图20(c)所示)的构造中,有效装置谐振器的品质因数计算为xxx,并且源和装置之间的耦合因数k被计算为0.109,从而导致在源和装置之间的预测无线功率传递效率是96%。

[0152] 在实施例中,通过磁性材料块、导体等的取向、定位、设置和构造可以影响包括较小磁性材料块的谐振器设置的参数。被发现是重要的一个因数是谐振器和较小磁性材料块(其可以包括具有较大有效面积的谐振器)之间的间隔距离。例如,图96中示出了考虑到包括具有单独的磁性材料块的四个单独的较小谐振器的具有大有效面积的谐振器。间隔距离的尺寸(附图中被标为A和B)可以影响谐振器的参数和无线功率传递的效率。例如,对于图20(c)中所述且在上文所述的构造和取向,将尺寸A和尺寸B从0.2cm改变到2cm会将从源到装置的无线功率传递的效率从96%减小到94.8%。

[0153] 在实施例中,可以优选的是最小化磁性材料块之间的间隙,并且可以特别优选地是使得间隙不平行于谐振器的偶极矩2102的轴线。在实施例中,可接受或优选的空气间隙尺寸可以取决于较大谐振器的整体或有效尺寸、单个小谐振器的尺寸、功率水平等。在实施例中,可以优选的是确保磁性材料块之间的间隙小于谐振器设置的有效尺寸的最大尺寸的10%。在实施例中,可以优选的是确保磁性材料块之间的间隙小于谐振器的有效尺寸的最小尺寸的10%。

[0154] 在实施例中,单个较小谐振器或由导体缠绕且包括有效较大谐振器的单个磁性材料块可以包括使得较小磁性材料块或较小谐振器之间具有较小间隔间隙的特征、形状、设计、凹口等。在一些实施例中,可以通过使得相邻谐振器的导体绕组2204交错并且从而允许相邻谐振器的导体装配在另一谐振器的导体的相邻绕组之间(如图22(a)所示)来减小如图22所示在相邻谐振器之间的间隙2206。在一些实施例中,磁性材料块2202可以被成形且可以具有凹进、凹口、孔等2208来产生用于导体2204的凹进,从而允许相邻的磁性材料块更靠近到一起并且具有可以小于导体2204厚度的间隔2206(如图22(b)所示)。

[0155] 在实施例中,谐振器之间的间隙可以被磁性材料块、粉末、环氧树脂等完全或部分地填充。在一些实施例中,磁性材料可以不同于包括较小谐振器的磁性材料块。在一些实施例中,可以优选的是使用磁性材料的柔性形式,其可以防止或减小在谐振器之间的振动或震动传递。

[0156] 在实施例中,包括较大有效谐振器的较小磁性材料块中的每个块可以被单个导体件缠绕并且被耦合到分离的调谐和匹配网络。具有缠绕的导体的每个磁性材料块可以是单个谐振器,并且可以独立于其他谐振器被调谐或调整。在实施例中,每个谐振器或谐振器组可以被耦合到单独的动力和控制电路,其可以与振荡器或时钟同步,以便确保所有的谐振

器和动力和控制电路以相同频率和相位或者以预定频率和相位偏移操作。在实施例中，单个动力和控制电路可以被用于所有谐振器，并且在源的情况下可以驱动与振荡电压并联的所有谐振器，或者在装置情况下一个动力和控制电路可以获取和转换在每个谐振器导体上的振荡电压。

[0157] 在实施例中，单个导体可以被用于顺序地缠绕谐振器的所有或成组的磁性材料块。导体可以绕一个磁性材料块缠绕，并且之后绕第二磁性材料块缠绕，且之后继续，从而在绕多个磁性材料块的导体之间提供串联连接。在这样的实施例中，单个动力和控制电路可以被用于以振荡电流给导体充能。

[0158] 在实施例中，各个较小谐振器和包括谐振器设置的磁性材料块可以均具有基本相等尺寸。在另一些实施例中，磁性材料块可以是不均匀的，并且可以具有不同厚度或不规则形状。

[0159] 在实施例中，各个较小谐振器或包括有效较大谐振器的由导体缠绕的各个磁性材料块可以均被缠绕成使得由导体形成的所有回路均同轴或者使得由导体形成的所有回路的轴线均平行。在另一些实施例中，导体可以被缠绕成使得由导体形成的回路的轴线并不是全部平行的。一些磁性材料块可以被缠绕或设置成使得，导体形成具有垂直于其他导体的其他回路的轴线的回路，并且可以被用于形成具有或能够具有沿一个以上方向的磁性偶极矩的较大有效谐振器。

[0160] 在实施例中，包括较小磁性材料块设置的谐振器可以包括不具有缠绕的导体的磁性材料块。

[0161] 在包括较小磁性材料块或较小谐振器的设置的谐振器实施例中，可以根据在无线功率传递期间的功率水平、距离、磁场限制等选择性充能或激活导体。在实施例中，例如，包括具有多个导体的设置的源谐振器当需要较低的无线功率传递水平时可以给一个导体或导体的仅一部分充能，并且当需要较高的无线功率传递水平时可以给大部分导体或所有导体充能。

[0162] 在一些实施例中，根据源和装置的相对位置（包括距离或横向偏移），可以给不同导体或不同数量的导体充能。例如，在车辆充电应用的实施例中，在源谐振器可以具有大于装置谐振器的尺寸的情况下（如图18所示），源谐振器可以包括较小磁性材料块或较小谐振器，其中仅在装置谐振器正下方的块和导体可以被充能。在这样的实施例中，源和装置谐振器可以容忍较大的横向偏移，且同时确保最强磁场总是被限制在装置谐振器下方的区域。

[0163] 应该理解的是，对磁性材料块的任意描述（小或大）可以指的是包括磁性材料的单个整体块、瓦、结构、晶体、片、正方形、形状、形式等的块，或者可以包括类似或不同类型的磁性材料的单独的较小块、瓦、结构、晶体、片、正方形、形状、形式等（其被附接、封装、组装或固定在一起以形成基本连续形式）的任意组合。

[0164] 用于车辆应用的小型谐振器

[0165] 在用于电动汽车再充电的一些无线能量传递应用中，可能需要的是最小化用于能量传递的谐振器尺寸。在一些车辆中，由于车辆离地间隙、尺寸、构造等，会难以将较大磁性谐振器装配到车体上或车辆下。在一些应用中，谐振器的尺寸可以比谐振器之间的间隔距离、谐振器的错位容差等更加重要或关键。在一些实施例中，对无线功率系统中的至少一个谐振器的一定量的机械致动可以是可接受的，以便通过使用减小尺寸的谐振器实现高的传

递效率。在实施例中，机械致动优选地是粗糙的且具有相对有限范围。这样的无线功率系统可以获益于这里描述的实施例，这是因为在不需要在谐振器之间具有精确机械对齐的情况下可以实现非常高的能量传递效率。

[0166] 这里描述了可以包括一定量的谐振器致动的适用于车辆应用中的能量传递的小型磁性谐振器设计。提出的设计可以能够在最小占地面积中传递1kW或更大或3kW或甚至16kW的最大功率且具有90%或更大且甚至98%或更大的极高效率。

[0167] 在一种实施例中，第一小型谐振器结构包括在磁性材料的环形结构内部缠绕的导电回路，并且第二小型谐振器结构包括围绕可以装配在环形结构内部缠绕的导电回路内的区域的导电回路。第一和第二谐振器可以被设计成当被定位成大体上一个在另一个内或接近彼此时传递能量。

[0168] 图23示出了第一谐振器的一种实施例的透明图。在一种实施例中，第一谐振器可以包括被磁性材料层2302围绕的良好电导体2304或导电回路的螺线形结构。磁性材料可以将场导向和/或成形为改进与其他谐振器的耦合。磁性材料可以被用于减少谐振器附近的外来物的干扰Q。磁性材料可以将场导向和/或成形为减少致损和/或导电物体对无线功率传递的影响。图24示出了示出同一结构的剖视图的附图。电导体2404回路可以缠绕在铁酸盐材料2402的管形壳内部。在实施例中，铁酸盐材料2402可以比缠绕的电导体回路的长度更长。在实施例中，铁酸盐管形壳可以由单个大的磁性材料件构成或者由多个较小的磁性材料环构成。在实施例中，铁酸盐管形壳可以由任意数量的较小的磁性材料件或瓦构成。在实施例中，磁性材料壳2402可以具有各种轮廓，并且可以是如图的圆形或椭圆形、矩形、三角形等。在实施例中，磁性材料外表面2406可以可选地被良好电导体片或结构覆盖。这些片或结构可以防护谐振器以免于环境中的致损材料并且可以用于限制和/或成形附近的电场和磁场。

[0169] 环状组件可以被集成到外壳中，该外壳包括基本无损于磁场的材料，例如塑料、碳纤维等。在实施例中，电导体回路的线圈末端可以被连接到至少一个电容元件以形成磁性谐振器。除了所述至少一个电容元件之外，磁性谐振器可以被附接到附加的电容和电感元件，当结构被连接到电源或负载时所述电容和电感元件可以被用于设定结构的谐振频率和/或用作结构的阻抗匹配或调谐。电源可以包括放大器从而产生在磁性谐振器的谐振频率附近的随时间变化的电压，并且可以用于驱动所述结构以在导体回路周围产生振荡磁场。

[0170] 图25中示出了可以用于上述第一谐振器结构的第二结构的一种实施例。第二谐振器结构可以包括围绕装配在环形谐振器内的区域的导电回路。在实施例中，导电回路可以被缠绕以使其形成具有高度h的细长形状。在另一些实施例中，第二谐振器可以包括被一个或更多个导电回路2504缠绕的磁性材料(例如铁酸盐)细长芯2502。可以通过使用一个固体磁性材料块或设置成形成细长形状的任意数量的较小件来构造磁性材料块2502。在实施例中，磁性材料可以是壳且/或其可以是中空的。在实施例中，磁性材料可以是环形的且/或可以被描述为管状。在实施例中，磁性材料可以具有任意形状和横截面，如在本公开任意部分中提到的和/或并入本文的参考中提到的。在实施例中，电路元件或任意类型的物体和材料可以装配在磁性材料壳内。整个组件可以被封装在无损封罩内。在实施例中，导电回路的末端可以被连接到至少一个电容元件以形成磁性谐振器。除了所述至少一个电容元件之外，

磁性谐振器可以被附接到附加的电容和电感元件,当结构被连接到电源或负载时所述电容和电感元件可以被用于设定结构的谐振频率且/或用作结构的阻抗匹配或调谐。

[0171] 在实施例中,可以用于上述第一和第二谐振器结构的第三结构可以包括围绕装配在至少一个谐振器内的或围绕至少一个谐振器的或耦合到至少一个谐振器的区域的导电回路。在实施例中,导电回路可以被缠绕以使其形成具有高度 h' 的细长形状。在另一些实施例中,第三谐振器可以包括被一个或更多个导电回路缠绕的磁性材料(例如铁酸盐)细长芯。可以通过使用一个固体磁性材料块或设置成形成细长形状的任意数量的较小件来构造磁性材料块。在实施例中,磁性材料可以是壳且/或其可以是中空的。在实施例中,磁性材料可以是环形的且/或可以被描述为管状。在实施例中,磁性材料可以具有任意形状和横截面,如在本公开任意部分中提到的和/或并入本文的参考中提到的。在实施例中,电路元件或任意类型的物体和材料可以装配在磁性材料壳内。整个组件可以被封装在无损封罩内。在实施例中,导电回路的末端可以被连接到至少一个电容元件以形成磁性谐振器。除了所述至少一个电容元件之外,磁性谐振器可以被附接到附加的电容和电感元件,当结构被连接到电源或负载或者作为无线功率系统中的中继器谐振器操作时,所述电容和电感元件可以被用于设定结构的谐振频率且/或用作结构的阻抗匹配或调谐。

[0172] 在实施例中,第三结构可以是任意类型的磁性谐振器结构,如本申请中其他部分所述的。

[0173] 在实施例中,第一谐振器可以被构造为源谐振器并且第二谐振器可以被构造为装置谐振器。为了在源和装置之间传递动力,装置可以被置于由源产生的振荡磁场内。振荡磁场可以在装置的导电回路内感生电流。在实施例中,装置结构可以被定位在源结构的内腔内。在图101中示出了用于无线功率传递的示例性有效位置。附图示出了在源结构的剖切图内的装置结构。包括被电导体2504缠绕的磁性材料块2502的装置结构可以被定位在源结构内,以致源结构的导体回路2404和装置结构的导体回路2504至少部分重叠。在实施例中,当源和装置谐振器相对彼此平移且当它们不同心时,源和装置谐振器可以以足够的效率来传递动力。能量传递效率可以取决于谐振器的相对尺寸、源和装置结构中导体的匝数、周围材料等。环形源谐振器的优点在于,只要装置谐振器的导电回路与源谐振器的导电回路具有一些重叠,则可以实现高的能量传递效率。应该注意,这两个谐振器可以在该系统的能量传递期间被彼此同心地定位,或者可以从最佳同心度偏移或倾斜开并且仍以高的功率传递效率操作。

[0174] 虽然在所述实施例中,指定将源谐振器作为具有较大直径的谐振器,但是应该清楚的是,任一结构可以被用作源或装置,并且能量可以从较大结构传递到较小结构以及从较小结构传递到较大结构。在利用中继器谐振器的实施例中,任意上述谐振器实施例可以被用作中继器谐振器。如果中继器谐振器不被构造为也用作源或装置谐振器,则附加的电容和电感元件可以设定结构的谐振频率或频率并且/或者用作结构的阻抗匹配或调谐以便实现所需系统操作。

[0175] 应该意识到,提出的结构在一些应用中可以具有优势。在实施例中,谐振器可以被设计成限制或成形电场和磁场以致在某些位置处场强度减小。在所述实施例中,被用于能量传递的磁场可以聚集在较大环形谐振器内部。谐振器的外部部分可以包括铜板或结构,其提供对谐振器结构的外壁的防护,从而在能量传递期间将电磁场限制在正好围绕源和装

置谐振器的区域。因此结构可以传递较大量的功率,而不会超过设定的场安全限制值,并且可以定位成靠近敏感器械、有损结构或车辆乘客。

[0176] 在实施例中,谐振器结构可以具有100或更大并且可以具有500或更大的高品质因数Q。在实施例中,源和装置谐振器Q的乘积的方根可以是大于100。在包括三个或更多个谐振器结构的实施例中,系统中的任意两个谐振器的Q的乘积的方根可以是大于100。

[0177] 包括这里所述的源和装置结构的系统可以被用于以非常高的效率无线地传递能量。图27(a)中示出了示例性实施例。这种实施例被构建且被示出。示例性装置结构包括80毫米长、10毫米直径的磁性材料块2702以及包括20匝Litz电线2708的导电回路。在这种示例性实施例中,如所示,装置被定位在源结构内部。源结构包括160毫米长的导电板件,其被置于抵靠40毫米直径的近似1毫米厚的磁性材料环2704的外表面。源也包括缠绕在磁性材料环2706的内表面上的具有28个Litz电线回路的导电电线结构。

[0178] 图27(b)中示出了作为源和装置结构的沿z方向的偏移的函数的测量的功率传递效率。当这两个结构的中心点对齐时,当向源馈送100W功率时的无线能量传递效率大于97%。随着源和装置结构的中心沿如图27(a)所示的z方向偏移,效率缓慢减小。类似地,图27(c)中示出了作为源和装置结构之间的沿r方向的偏移的函数的测量的功率传递效率。当这两个结构同心时,当向源馈送100W功率时的无线能量传递效率大于97%。随着源和装置结构沿如图27(a)所示的r轴线偏移,效率缓慢增加。这种示例性实施例示出了,当源和装置谐振器粗略对齐时可以实现高效率的能量传递。可以使用相对低精度的机械致动结构来实现这样的粗略对齐。

[0179] 源和装置谐振器结构可以被用于向车辆传递能量。装置谐振器结构可以被附接到车辆,并且独立于车辆的源谐振器结构可以被耦合到外部能量源。源和装置结构如所述地被定位以便开始向车辆传递能量。传递的能量可以被用于给车辆提供动力、给其电池充电等等。例如如图28所示,源谐振器2802可以被定位成从天花板悬下到位于车辆2818车顶上的装置谐振器结构2804内。装置谐振器可以被集成到车辆的车顶内、车辆的引擎罩内等。装置谐振器可以被集成到车辆附件(例如行李架等)内。装置谐振器可以作为配件市场附件被添加。装置谐振器可以在车辆的结构上是可动的、可移除的、可更换的等。车辆可以包括一个以上的装置谐振器。

[0180] 在另一些实施例中,装置谐振器2806可以被定位在车辆的前部并且源谐振器2808可以被附接到可以用于将源自动定位在装置内的吊杆2820。在实施例中,吊杆可以被弹簧加载和/或机械致动。在实施例中,至少一个谐振器结构可以包括永磁体或磁化材料,其可以被用于辅助对齐源和装置谐振器。在实施例中,盲配合的连接头和连接头设计可以适于辅助对齐源和装置谐振器。

[0181] 在另一些实施例中,装置谐振器2810可以被安装在车辆下侧,并且源谐振器2812被置于车辆下方的地面或土地2824上。在实施例中,源谐振器2822可以被安装在柔性吊杆2822上,所述柔性吊杆允许汽车在源谐振器组件上方行驶,从而弯曲源谐振器组件直到其“伸入”和/或“卡咬”和/或“跳入”车辆下方的装置谐振器2810的外壳内就位。在又一实施例中,源谐振器2816可以凹入在车辆下方的地板2824表面内。源谐振器2816可以在车辆下方的地板2824内的凹进,并且弹簧加载或致动的装置谐振器2814可以下落到源谐振器2816内从而给车辆充电并且当完成充电时上升。在实施例中,源谐振器2816可以包括附加门或翼

片以便防止碎屑落入源内、或包括深底从而允许任意碎屑掉落经过谐振器到其不会影响谐振器操作的深度。

[0182] 用作源谐振器或用作装置谐振器的谐振器的位置和类型可以取决于例如便利性、位置、美观、环境等的因素。在一些实施例和位置中,可以优选的是使用具有比源谐振器更大直径或尺寸的环形结构。如在图28所示,作为源2816的环形结构在车辆下方的一些应用中有时是优选的,因为较小的装置结构2814可以更易于被集成到车辆车体内。类似地,当被安装在车辆的车顶上时,有时优选的是使得装置谐振器具有较小结构2826从而在车辆顶部保留较小突出。在另一些实施例中,环形结构可以更易于被集成到车辆内并且用作装置谐振器以接收能量。环形装置谐振器2810、2806、2804可以沉入车辆内,从而提供被集成到车辆的车体或特征内的结构。

[0183] 在实施例中,源和装置可以紧密装配在一起,从而允许它们仅在均没有碎屑和阻碍的情况下配合。源谐振器和/或装置谐振器可以包括附加的盖或较大封罩,以便确保:仅在没有外来物或不希望的物质位于谐振器附近或由谐振器产生的大磁场位置附近时,源和装置可以配合。源和/或装置谐振器可以在其最大可允许配合范围内旋转或运动,以便识别、去除和/或避免任意阻碍或不希望的物体。源和/或装置谐振器可以包括监测和控制机构,其可以被用于确保在充电开始之前可实现特定的功率传递效率和操作模式。在实施例中,操作模式可以包括安全操作模式、温度受限的操作模式、场水平受限的操作模式、频率受限的操作模式等。

[0184] 环形谐振器设计会需要用于对齐源和装置谐振器的机械、电子或机电手段。源谐振器可以被机械定位或对齐于被安装在车辆上的装置谐振器。装置谐振器可以被机械定位或对齐于被在车辆上的源谐振器。在实施例中,对齐过程可以完全自动完成,并且可以使用任意数量的传感器、在源和装置子系统之间的反馈回路、摄像机等。

[0185] 在另一些实施例中,用于车辆应用的小型谐振器可以包括所谓的平面谐振器,如在本申请中前文所述的。图29中示出了平面谐振器线圈的另一示例性实施例,并且其包括被电导体2910缠绕的一个或更多个磁性材料块或件2902,该电导体2910例如是Liz电线、铜电线等,所述导体形成绕磁性材料2902的回路。

[0186] 在实施例中,谐振器和/or谐振器线圈的形状和尺寸可被调整成装配在特定尺寸的封套内,以便提供所需或特定的耦合因数至另一谐振器,以便适应具体功率水平等。对于图29所示的示例性谐振器线圈,磁性材料和/or谐振器线圈可以被成形为提供基本平坦结构,其中该结构的x和y维度是该结构的高度或z维度的几倍。在另一些实施例中,由于车辆上的空间约束,可能优选的是将结构成尺寸为使得其在每个方向上具有基本相等的尺寸。

[0187] 现在返回图29所示的示例性平坦形结构,在一些实施例中,可能希望具有平坦结构,所述结构具有沿z维度的特定或最小的高度或厚度。在一些车辆中,例如对于具有大x和y维度但对于z维度具有非常小空间的谐振器结构,可以存在相对充足的空间。对于具有固定的x和y维度的谐振器结构,可能希望在谐振器结构的能量传递效率、无线能量传递特征、品质因数等方面具有可接受折中的情况下尽可能减小z维度。

[0188] 图30示出图29的结构的剖切图。如能够从图30中看出的,结构的z维度的整体厚度3002取决于磁性材料2902的厚度以及绕磁性材料缠绕的电导体2910的厚度或横截面。电导体2910的横截面可以向结构的顶部和底部增加厚度。

[0189] 可以通过减小磁性材料的厚度来减小谐振器结构的z维度。在一些实施例中,可以根据结构和系统的其他约束来确定磁性材料的z维度的厚度。例如,可以通过能量传递的所需功率水平来确定磁性材料的厚度。为了防止由于谐振器结构的磁场导致的磁性材料的饱和,磁性材料会需要针对固定x维度具有最小横截面或最小厚度。在一些情况下,通过使用不同磁性材料(例如具有较高磁导率的磁性材料和/或可以容受较高磁通量而不会饱和或导致额外损失的磁性材料)来减小磁性材料厚度。

[0190] 也可以通过减小电导体的横截面或高度来减小谐振器结构的厚度或z维度。类似于对磁性材料厚度的确定,可以通过谐振器和无线能量传递系统的所需性能来确定电导体的厚度、尺寸、类型等。例如可以通过能量传递的所需功率水平来确定电导体的有效规格。为了提供特定功率水平来给装置充电和/或充能,会需要电导体来处理特定水平的电流。为了有助于电流,会需要电导体具有特定规格、厚度或类型。在实施例中,导体的形状可以被调整且同时保持基本类似的电特征。在实施例中,为了减小环形横截面电线的直径或z维度,电线可以被形成为椭圆或矩形形状,并且成形的电导体可以被用于组装谐振器。例如具有椭圆横截面的导体可以被定位成其短轴线对齐于谐振器结构的z维度。具有椭圆横截面的电导体可以具有与具有圆形横截面的电导体相同的横截面或相同的电特征(电阻、阻抗等),但是可以减小谐振器结构的高度或z维度。

[0191] 在一些实施例中,具有不对称横截面(椭圆形、矩形等)的电导体会难以被制造、缠绕、处理、对齐、设置、定位、采购等。例如,不对称导体的缠绕会对缠绕机构增加约束以便保持导体的取向,以致导体不扭曲从而确保导体的横截面的最短维度对齐于谐振器结构的z维度。

[0192] 本发明人已经发现了,通过减小谐振器的被缠绕导体的厚度来减小谐振器结构的z维度而不会损失谐振器性能且不使用具有不对称横截面的导体的方法。本发明人已经发现了,通过使用并联连接的两个较小导电结构而不是使用单个较大导电结构能够实现类似的电磁特性。在示例性实施例中,与使用一个较大规格的电导体相比,使用包括较小电线规格的两个并联电导体可以获得基本类似的谐振器特性。

[0193] 图31中示出了使用两个并联电线的实施例。结构包括被电导体3110、3108缠绕以形成绕磁性材料的回路的一个或多个磁性材料块3102。代替一个较大规格的电导体,实施例包括绕磁性材料彼此平行地缠绕的两个独立的较小规格的电导体。这两个电导体可以在绕组的开始和结束点处被连接,以致它们彼此电并联。这两个电导体可以沿导体的整个长度(除了在导体的末端处之外)被电隔离且物理地分开,其中这两个末端可以被附接在一起或者附接到公共电节点,从而使得这两个电线并联地电连接。例如,这两个导体可以在除了这两个末端之外被电隔离,其中末端3108和3110可以被连接并且3104可以被连接到3106。平行地布线且并联连接的这两个较小导体提供了与一个较大规格的电线基本相同的电特性但是结构具有减小的z维度。如图32中所示,使得所述结构的z维度3202减小了较小规格电线和较大规格电线的z维度之差的两倍。

[0194] 在实施例中,两个以上的并联导体可以被用于进一步减小整体谐振器结构的z维度。在实施例中,可以使用三个或更多个并联导体。在实施例中,并联导体中的每个可以具有相同类型、规格和长度。在另一些实施例中,所述两个或更多个并联导体可以包括不同导体规格和/或类型。在实施例中,并联导线中的每个可以是不同的并且针对不同频率、电流

和功率被优化。每个电导体可以绕磁性材料缠绕并且形成不同倍数和/或形成不同数量的回路。

[0195] 在实施例中,所述两个或更多个并联导体可以总是被并联地电连接或者可以被构造成或可构造成或可重构其他设置。例如,每个导体可以被构造成选择性地切换成并联或断开。在实施例中,可以根据谐振器内的功率水平、频率、电流等来适应性地改变并联导体的数量。例如,在无线能量传递的低功率模式中可以仅使用并联导体中的一个。高功率模式可以包括导体中的较大循环电流,并且一个或更多个并联导体可以被电并联地切换或添加到已有的电连接的其他导体。在实施例中,并联导体可以根据需要被切换或可构造成彼此电串联以便增加谐振器线圈的电感。

[0196] 在磁性材料具有z维度或厚度的实施例中,发明人已经意识到,绕磁性材料的边缘缠绕的导体的弯曲半径会导致与谐振器的中心或谐振器的最小z厚度相比在谐振器的边缘处整体结构的厚度或z维度的增加。在实施例中,绕磁性材料缠绕的导体可以以一定角度被布线以便减小容纳电线的弯曲半径所需的额外z维度。

[0197] 例如铜管、Litz电线、股线等许多类型的电导体具有最小弯曲半径。即,电导体可以绕特定半径的曲线容易地弯曲和/或扭转成最小半径,但是当弯曲到低于最小弯曲半径的尺寸时会难以弯曲或会被损坏或受损。例如,当以小于其预期弯曲半径的半径弯曲时,铜管可能产生结和/或褶皱和/或折痕。当以小于其预期弯曲半径的半径弯曲时,铜电线的护套和绝缘层会被损坏并且/或者电线会压溃、被挤压或损坏。在谐振器的一些实施例中,磁性材料的厚度或z维度可以小于绕磁性材料缠绕的电导体的最小弯曲半径。在这样的实施例中,结构的z维度会受导体的弯曲半径限制。

[0198] 图33A示出了与结构上的导体的最小弯曲半径相关联的增加的谐振器z维度的示例。附图示出了导体3304的弯曲特征,其最小弯曲半径大于磁性材料3306的厚度。当导体3304的最小弯曲半径大于磁性材料3306的厚度时,导体可以在电线的弯曲附近形成隆起3302。隆起3302可以较厚或者具有添加到或大于结构的剩余部分或一部分的z维度的z维度。在实施例中,可以通过绕磁性材料的厚度小于最小弯曲半径的边缘和/或区段以一定角度布线电导体来减小谐振器z维度上的导体隆起的影响。

[0199] 图33B示出了电导体的示例性竖直布线。附图示出了从图29所示的结构的x方向观察所述结构的电线的透视图。在图33B中,导体3308、3310、3312、3314被布线成使得弯曲正好平行于结构的z维度。竖直布线可以最大化隆起3302对结构的z维度的影响。

[0200] 可以通过相对于磁性材料的最薄部分的边缘以一定角度布线导体来减小隆起的影响,以致导体的弯曲相对于结构的z轴线处于一定角度。图33D示出了示例性成角度布线,其示出了从图29所示的结构的x方向观察的电线的透视图。导体电线3328、3330、3332、3334可以绕磁性材料3336布线,以致电线的弯曲相对于谐振器结构的z轴线处于一定角度。所述角度提供了可以被用于适应由于结构的最小弯曲半径导致的隆起的额外空间或跨距。在实施例中,10度或20度或更大的角度可以提供必要空间并且可以减小隆起。所述角度减小了隆起对谐振器结构的z维度的影响。图33C示出了当导体电线以一定角度布线时从结构的y方向观察的透视图。从这个透视图能够看出,导体电线3324的隆起3322随着其绕磁性材料3326缠绕而减小。

[0201] 虽然已经结合某些优选实施例描述了本发明,但是本领域技术人员将理解到其他

实施例并且这些其他实施例旨在落入将以法律允许的最广范围被解释的本公开的范围内。例如,已经随同各种特定应用及其示例在上文描述了涉及无线传递功率的设计、方法、部件构造等。本领域的技术人员将意识到,设计、部件、构造或这里描述的部件能够被组合地或互换地使用,并且上述描述并不将部件的这种互换或组合仅限制成这里所描述的。

[0202] 这里提及的所有文献通过参考并入本文。

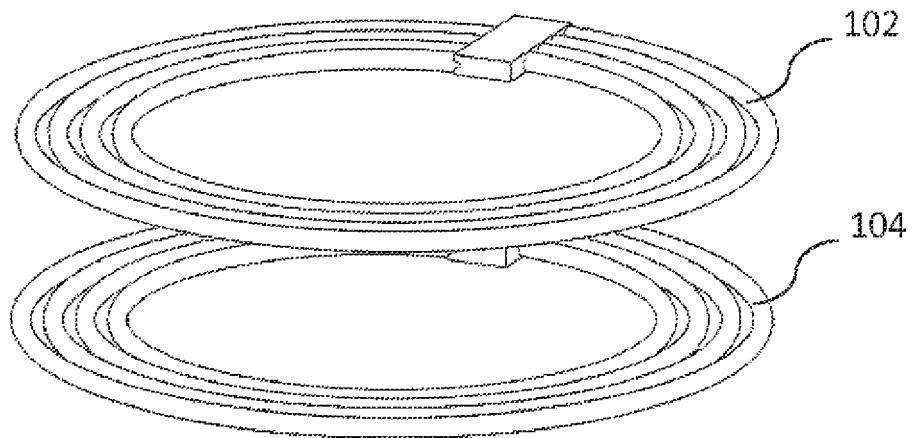


图 1

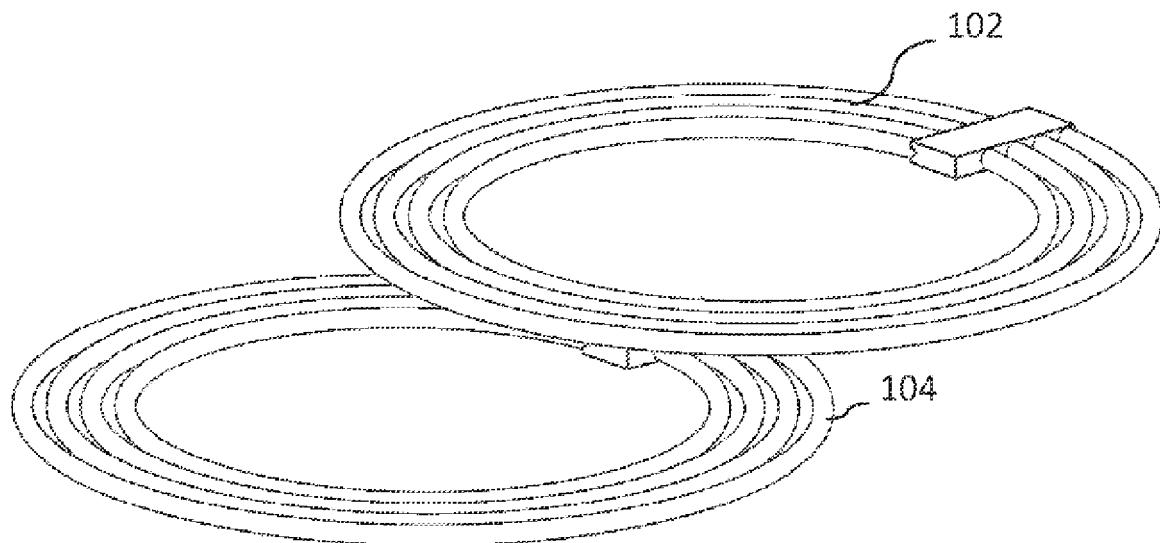


图 2

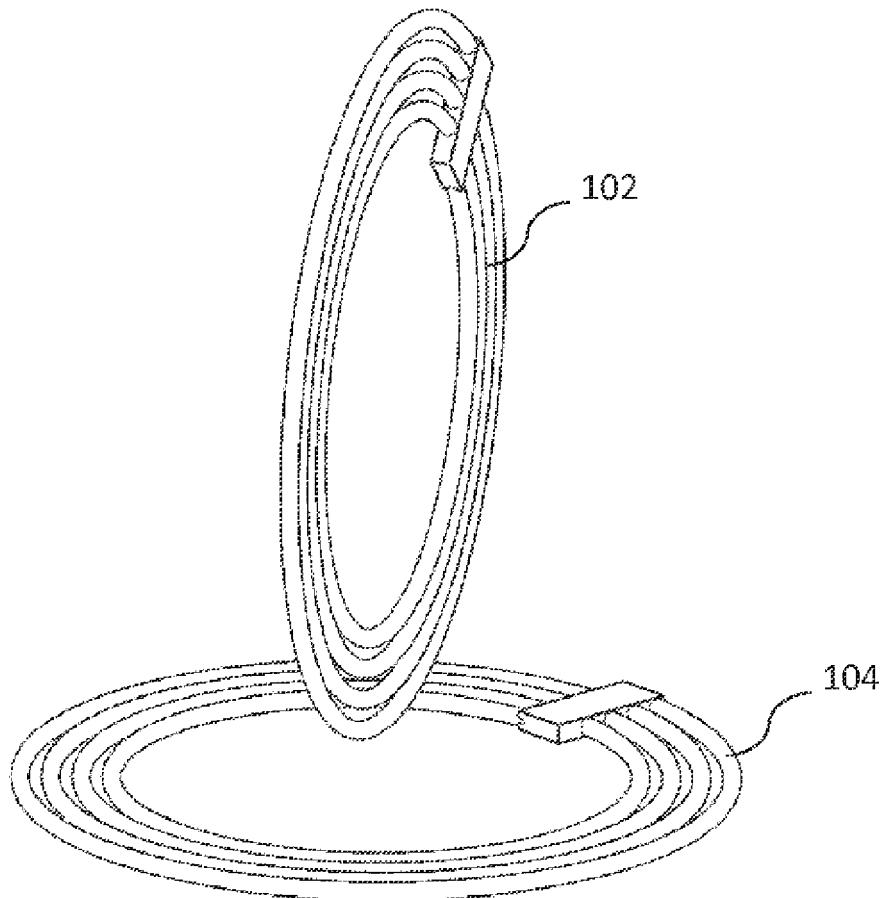


图 3

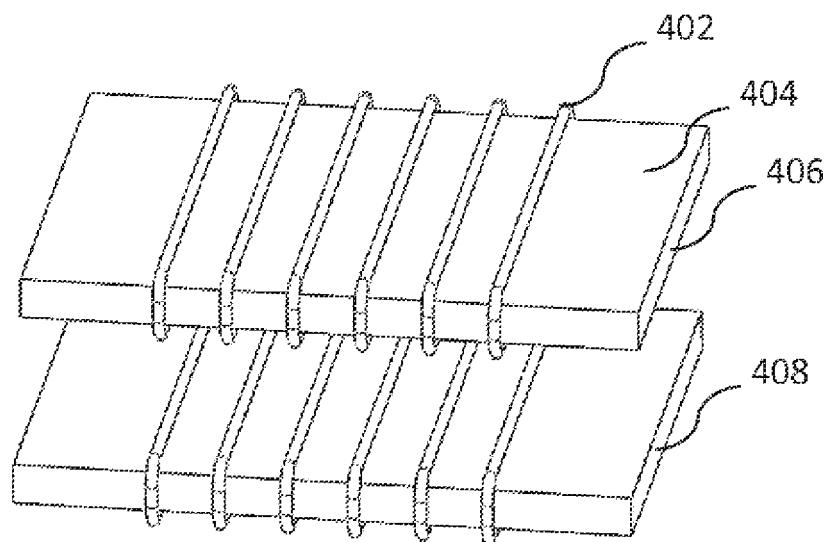


图 4

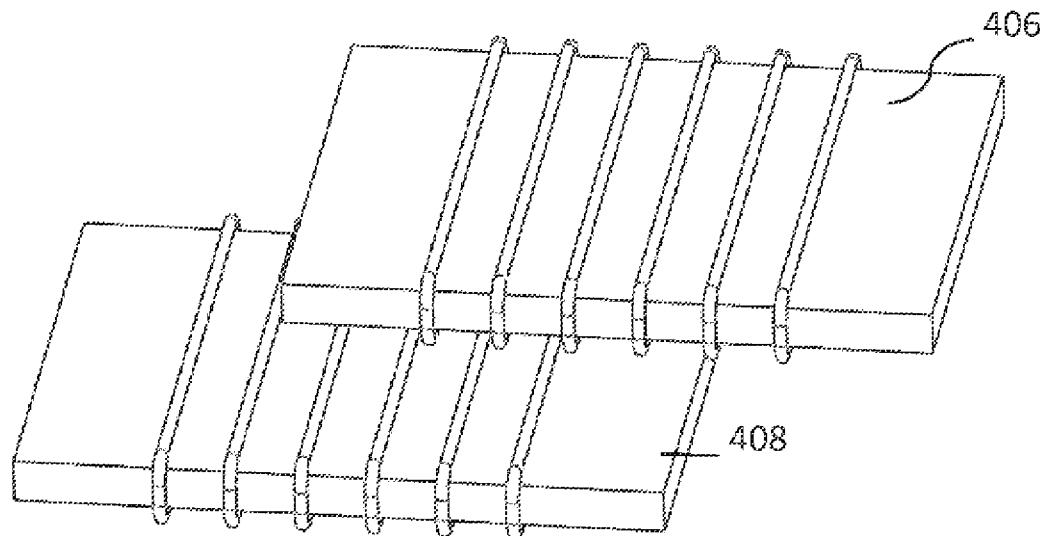


图 5

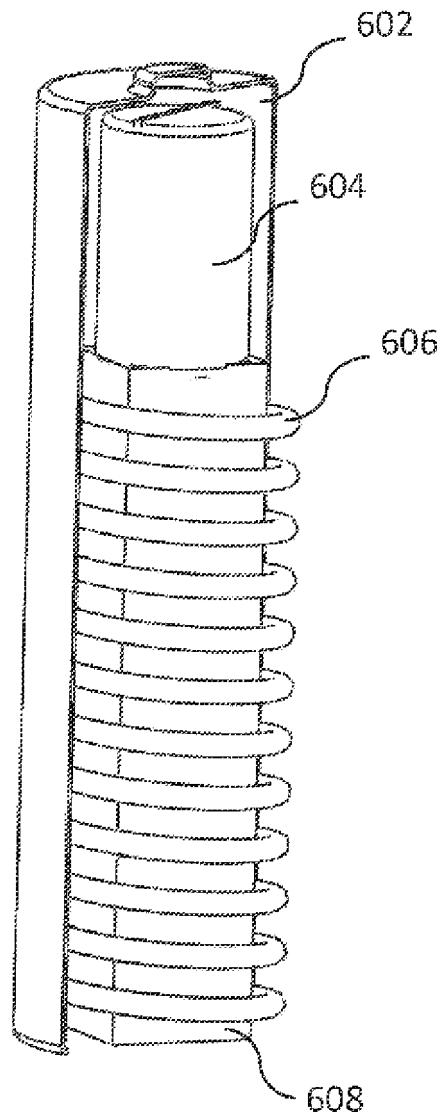


图 6

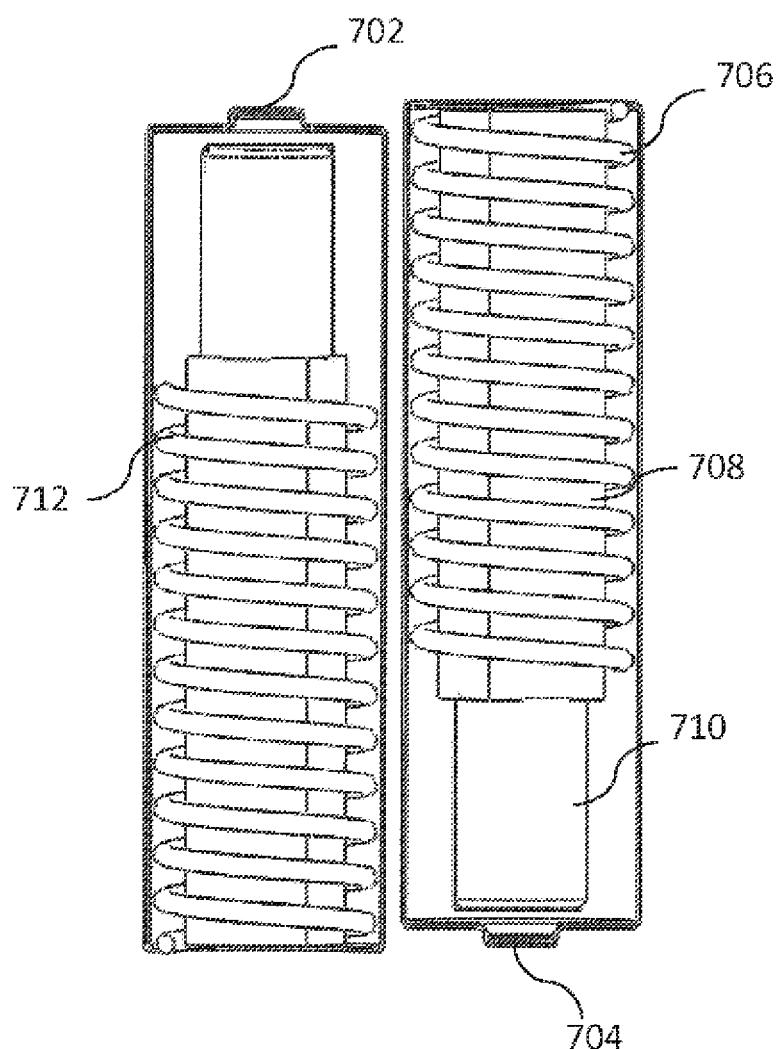


图 7

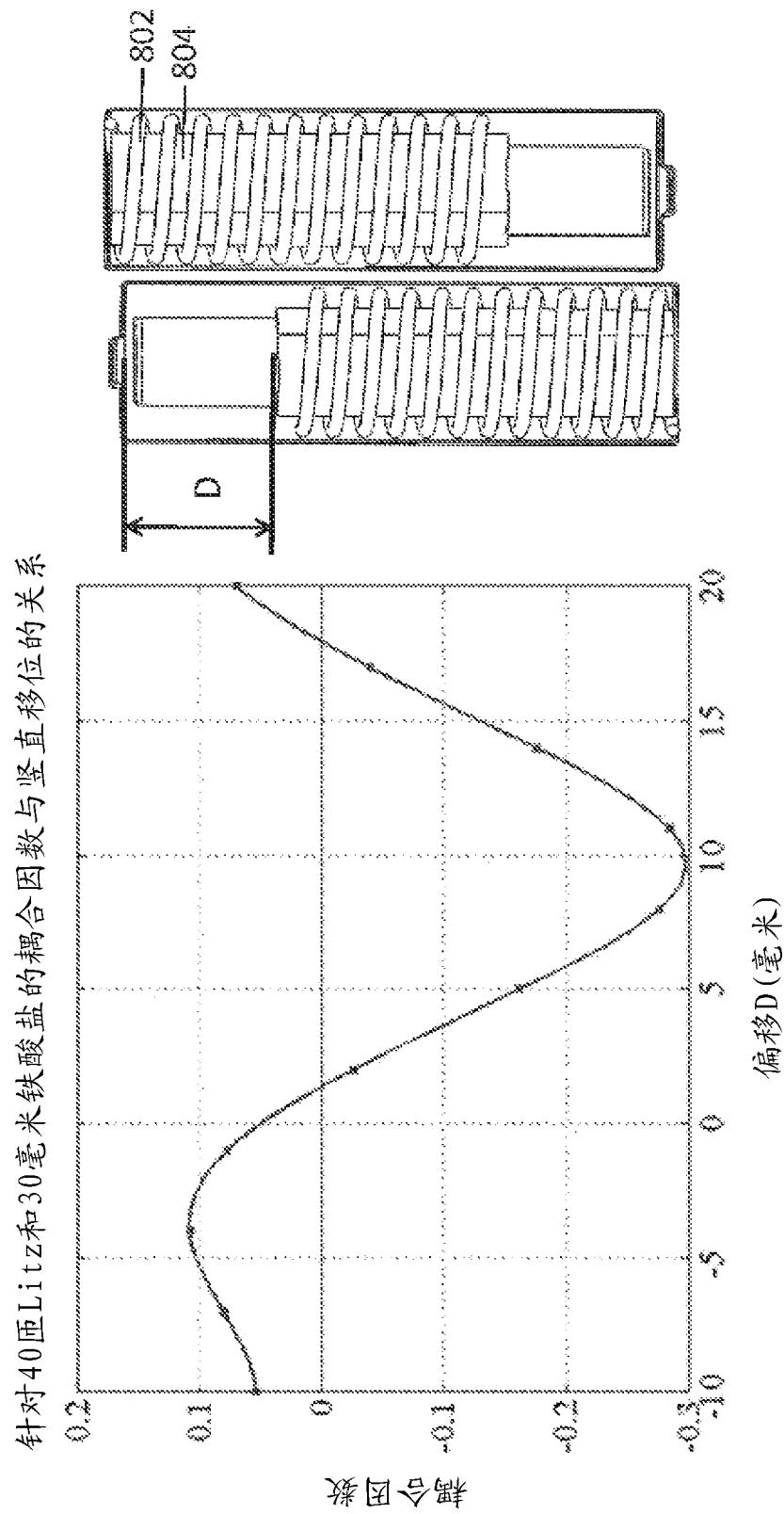


图 8

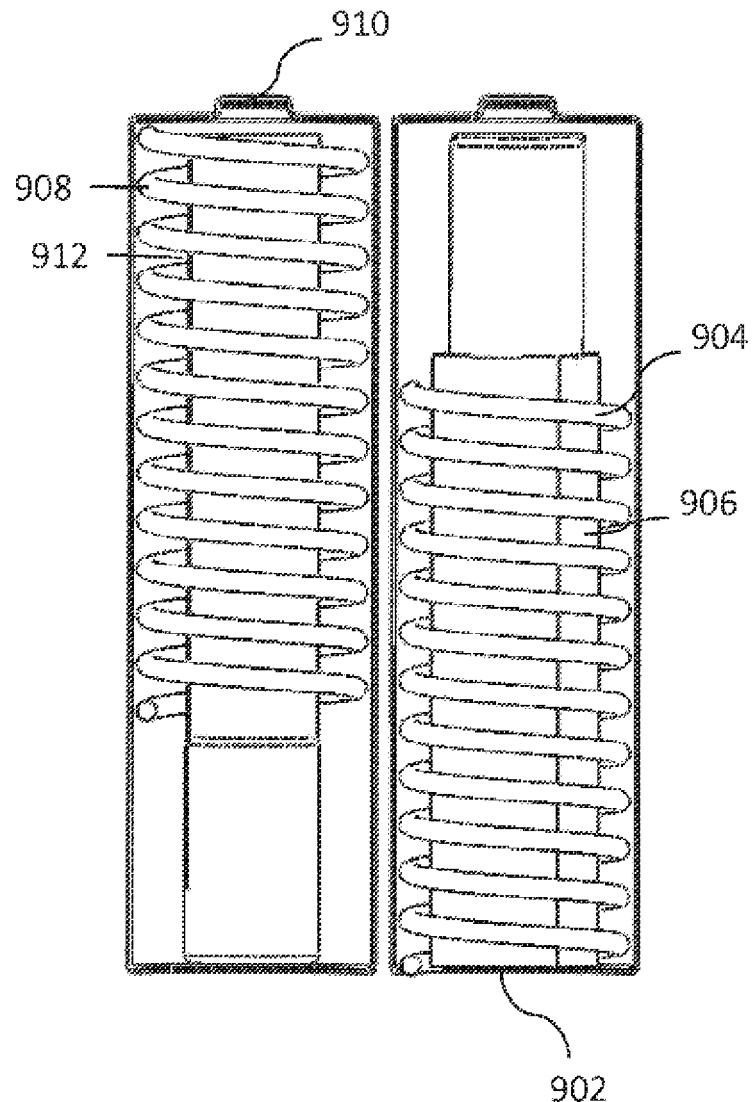


图 9

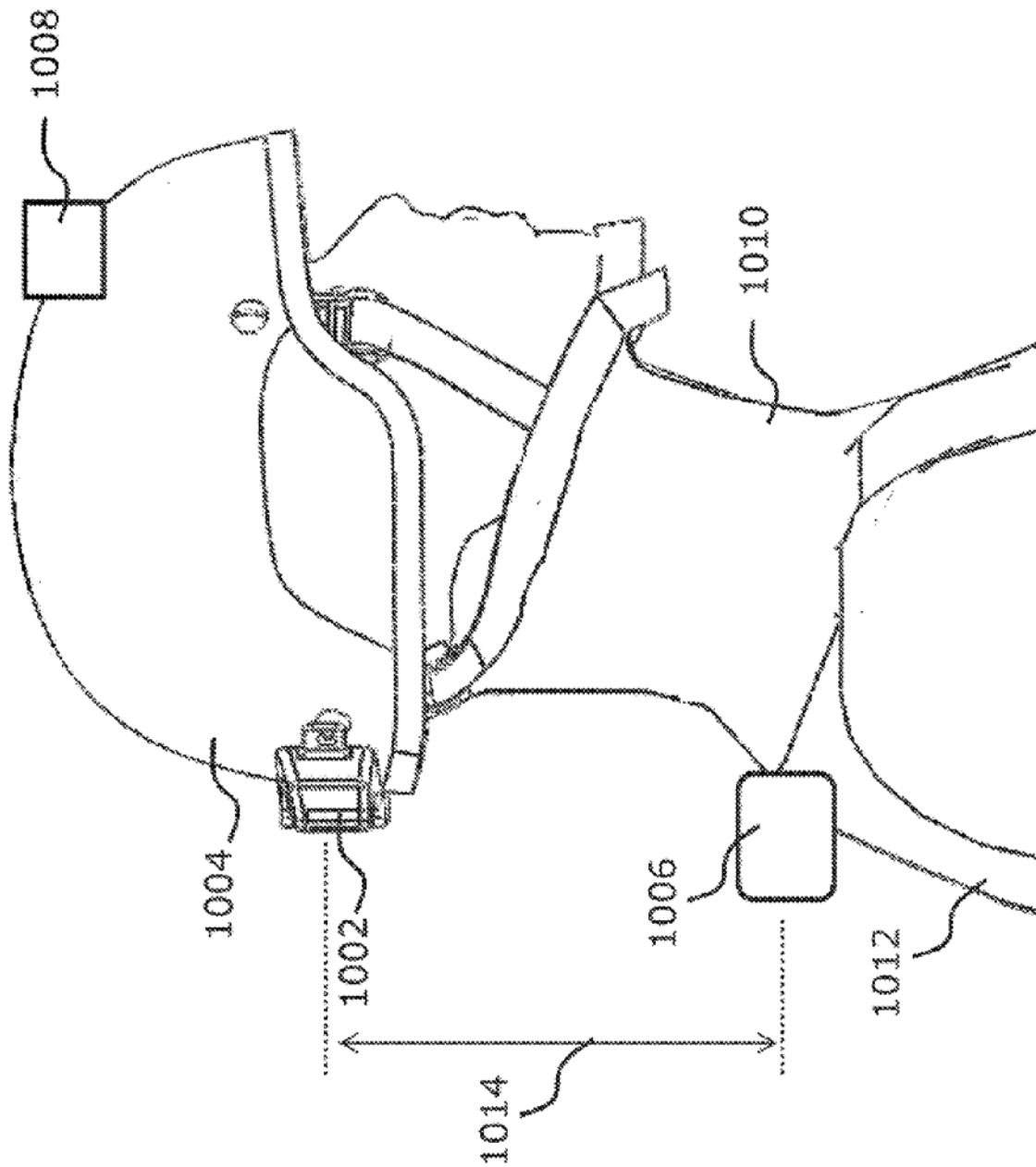


图 10

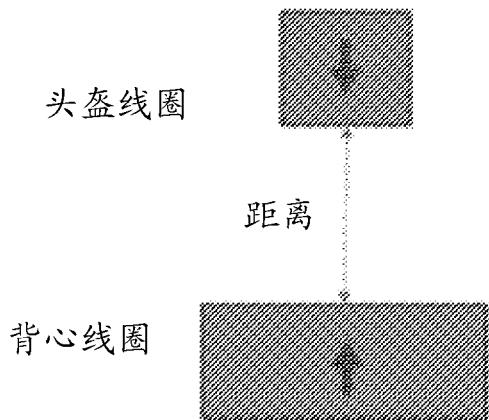


图 11A

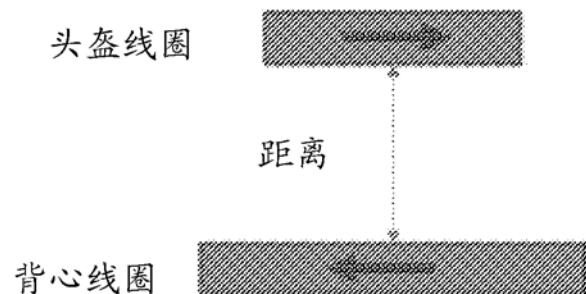


图 11B

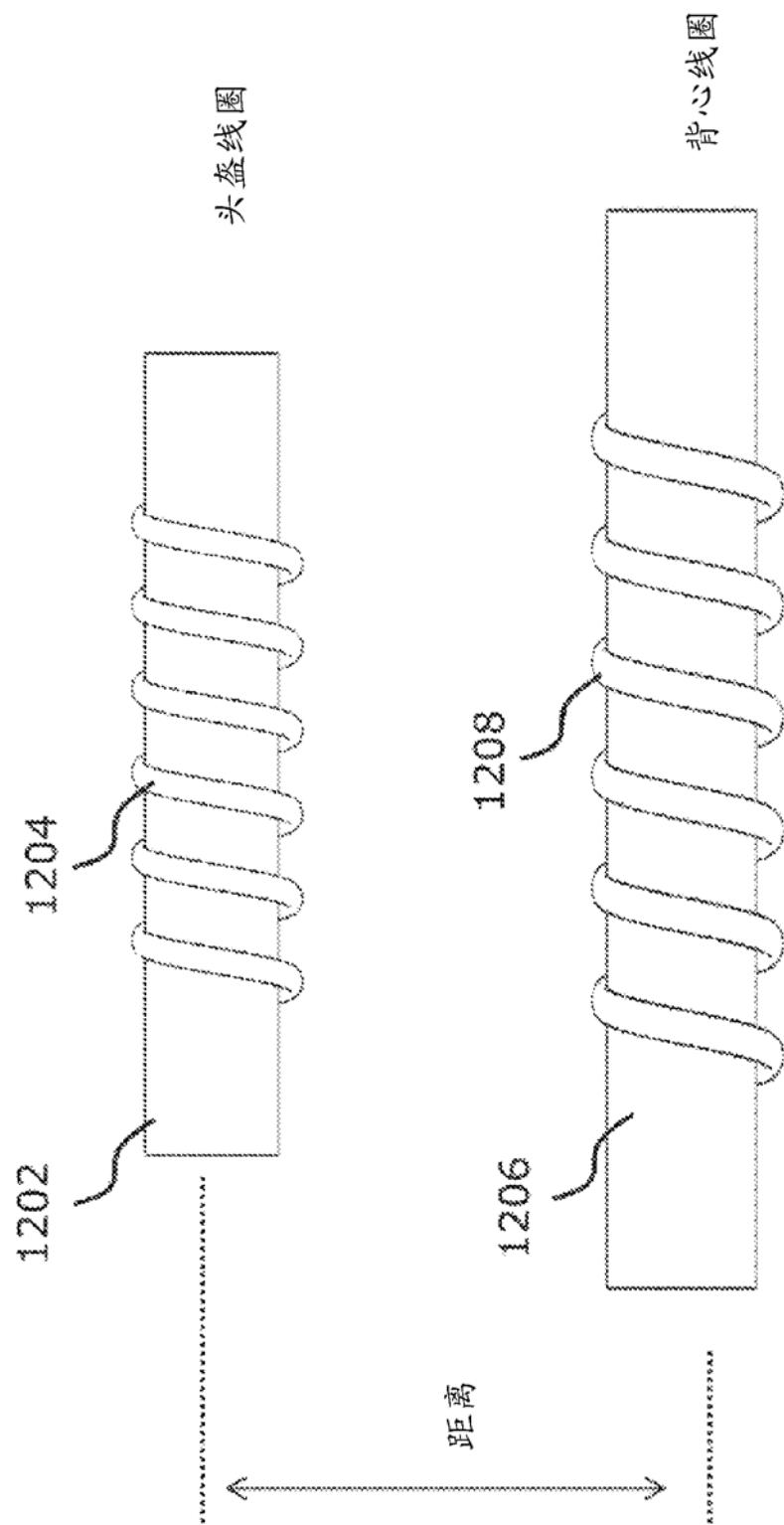


图 12

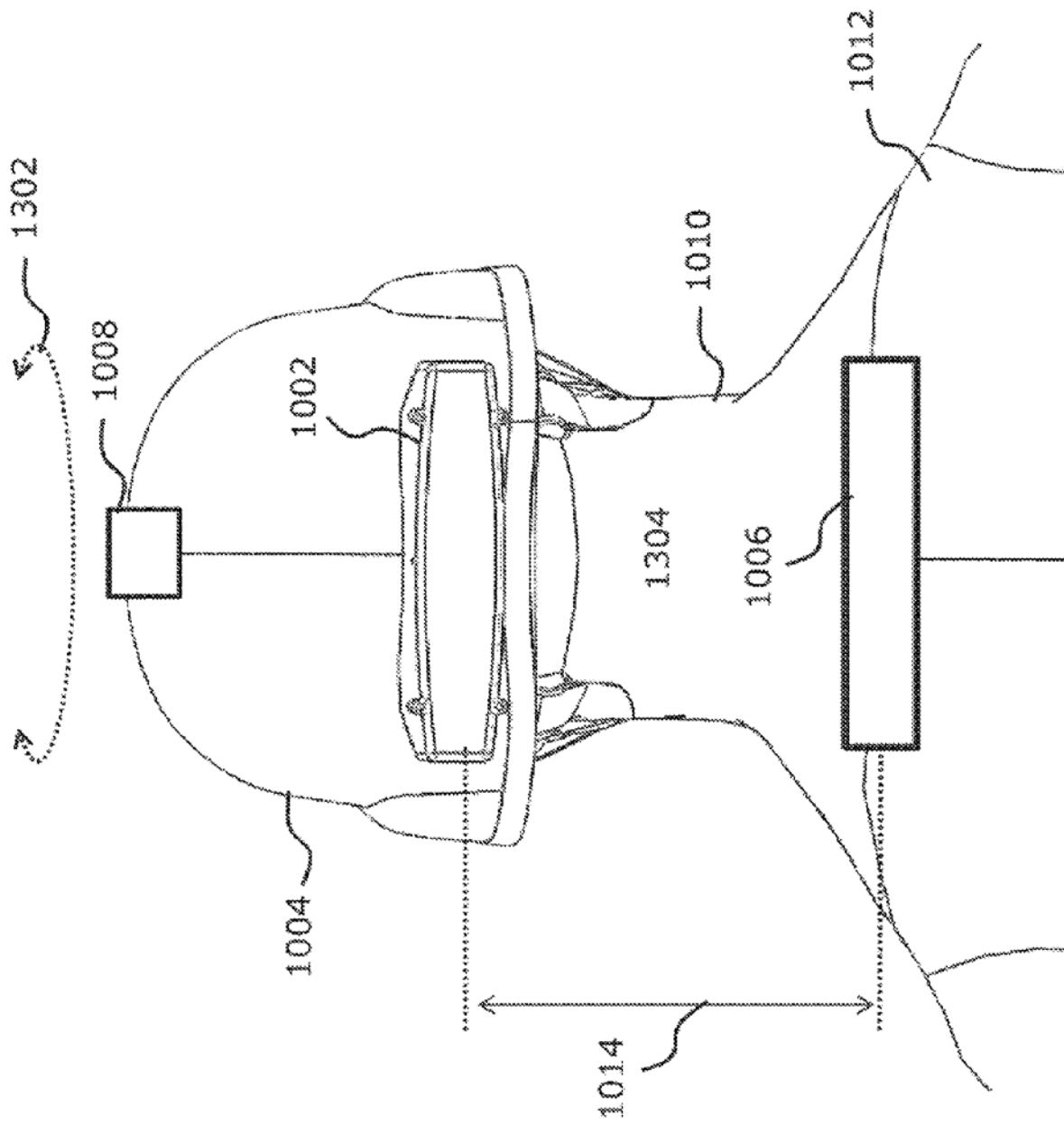


图 13

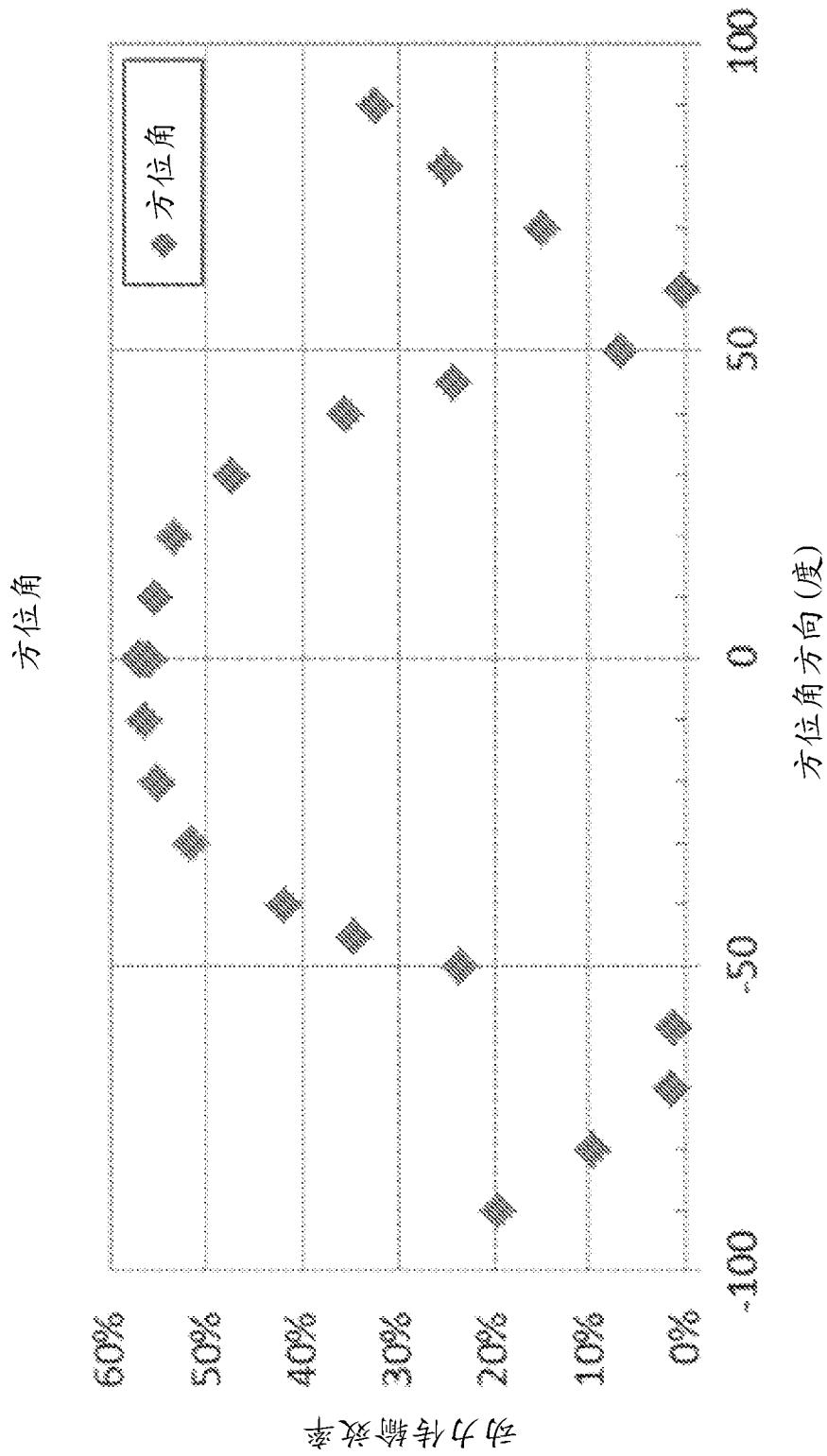


图 14

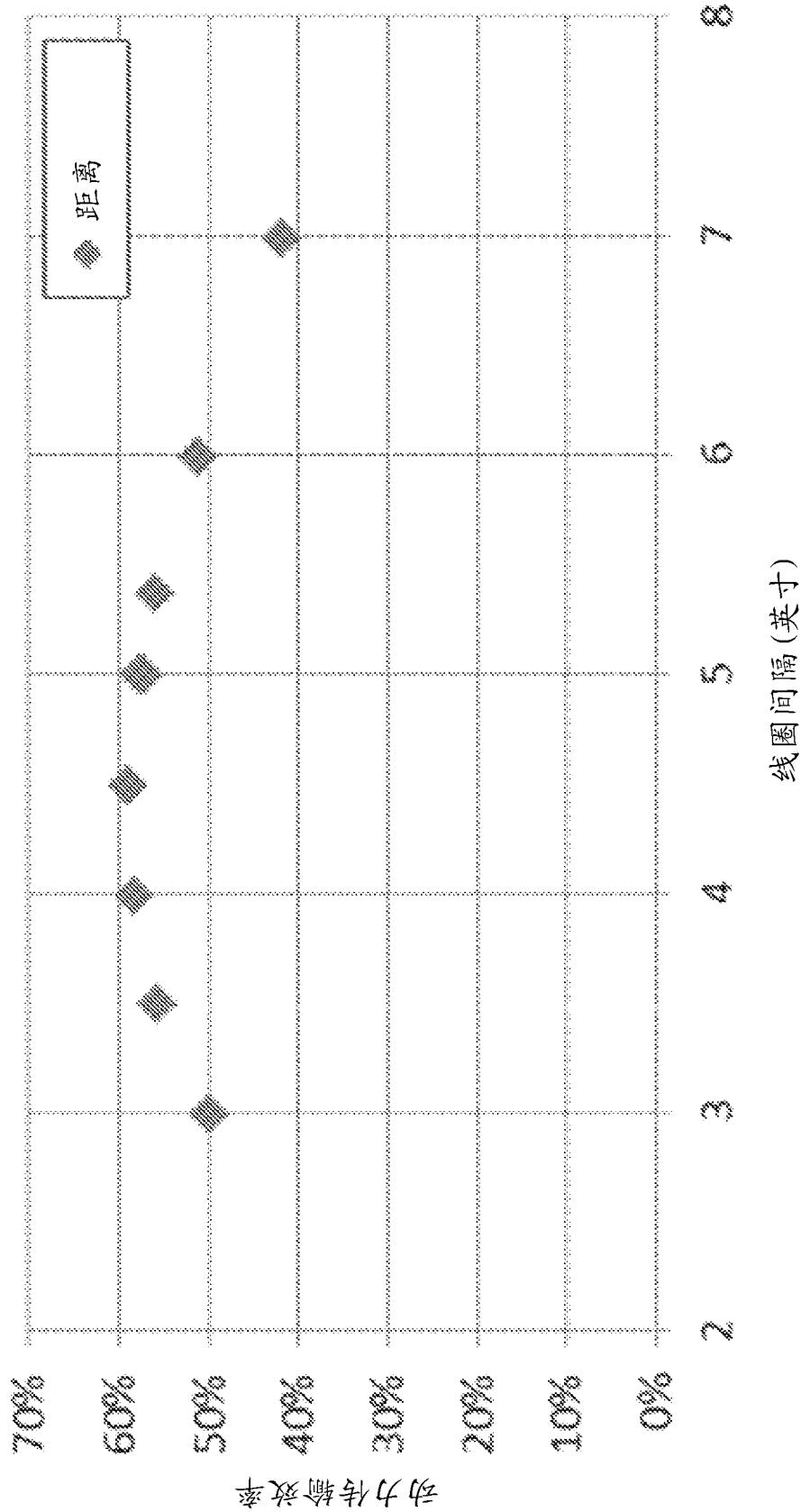


图 15

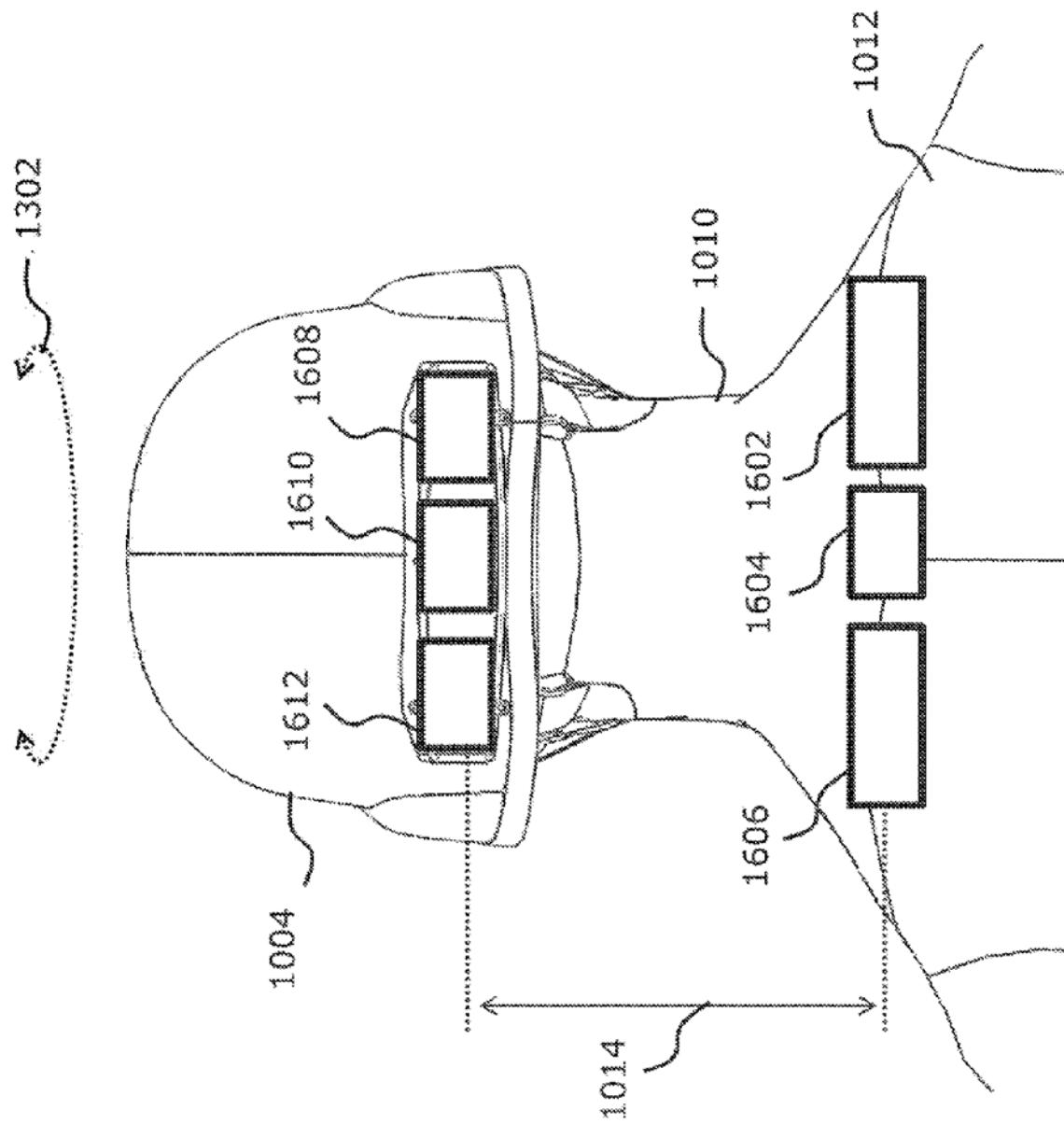


图 16

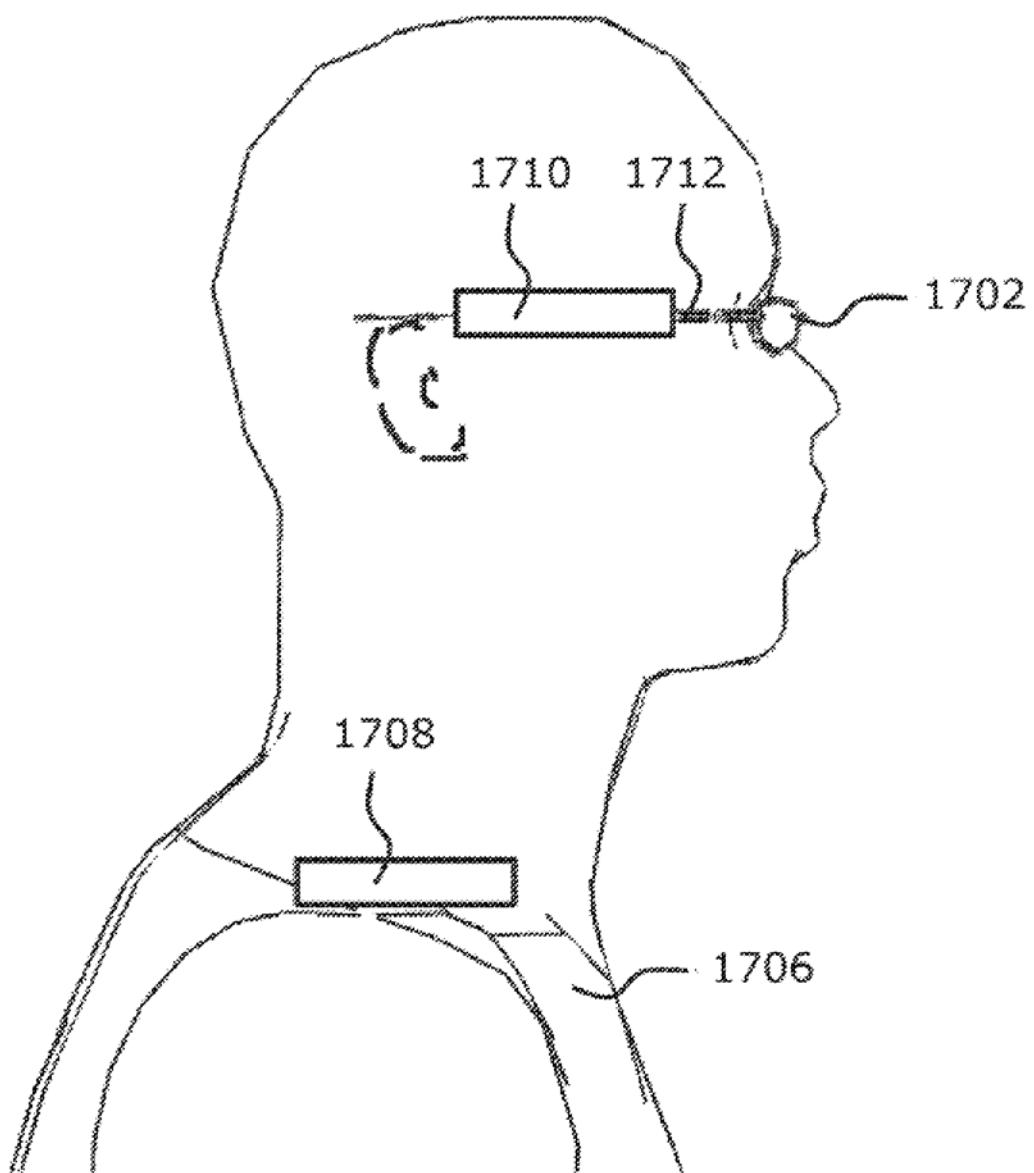


图 17

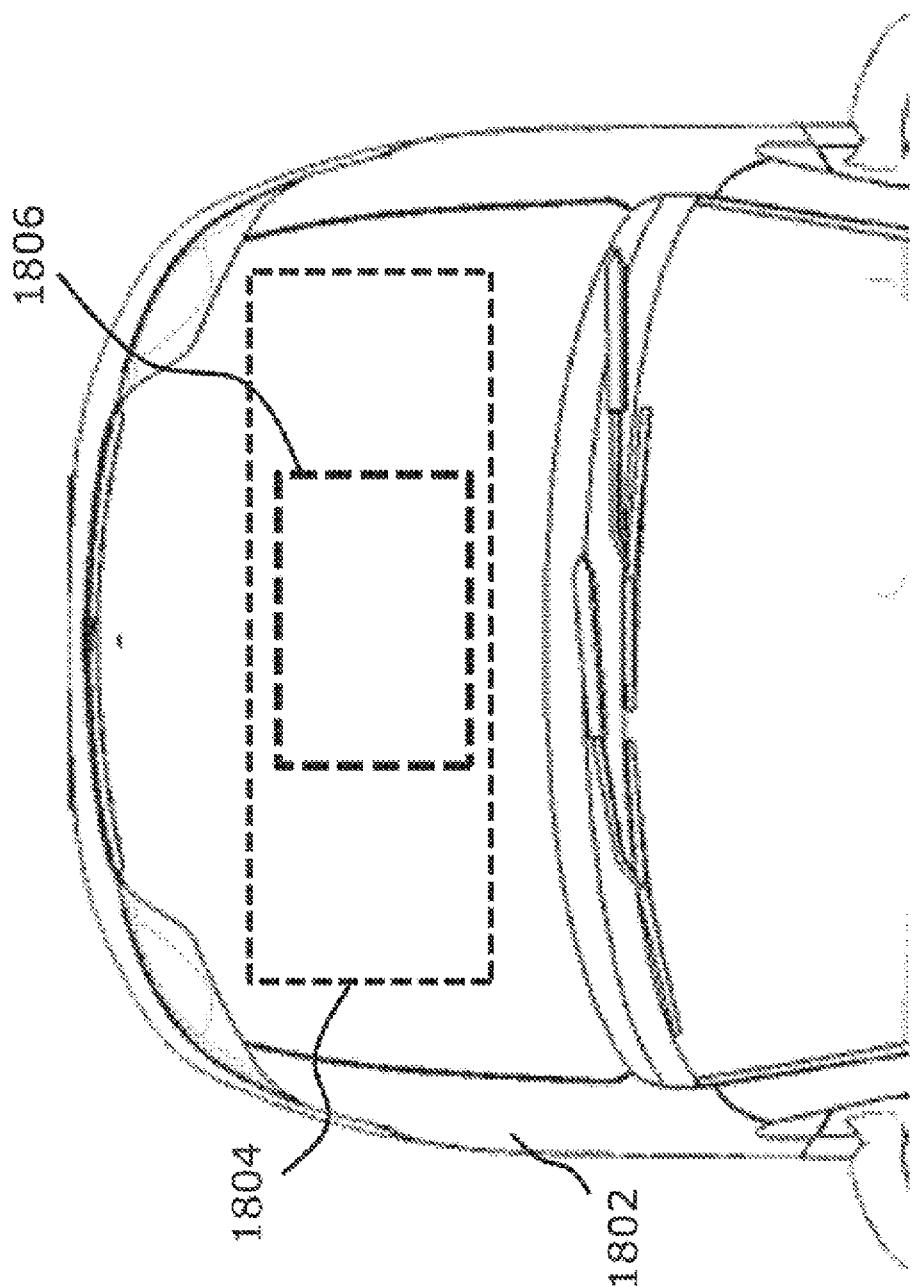


图 18

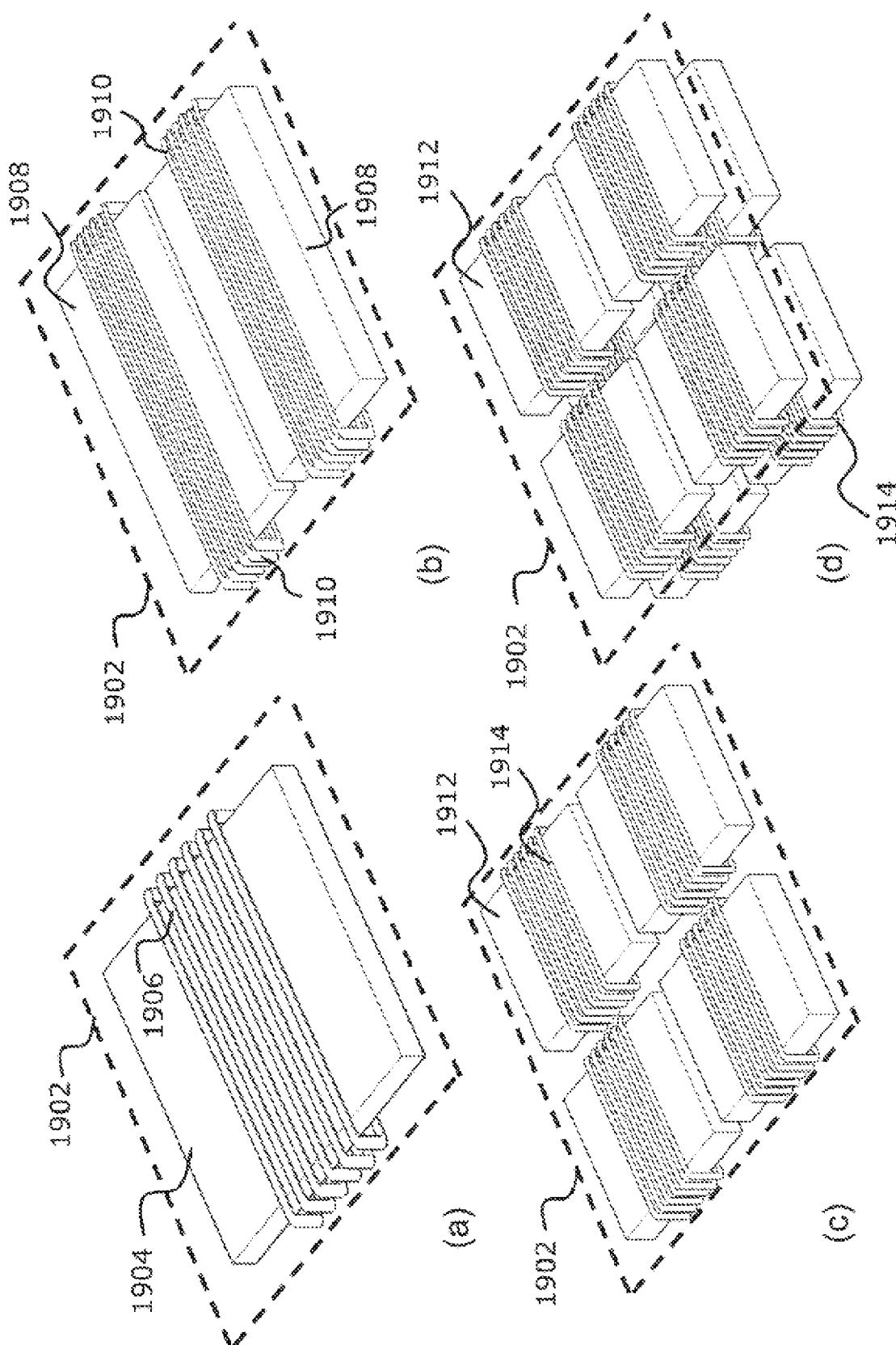


图 19

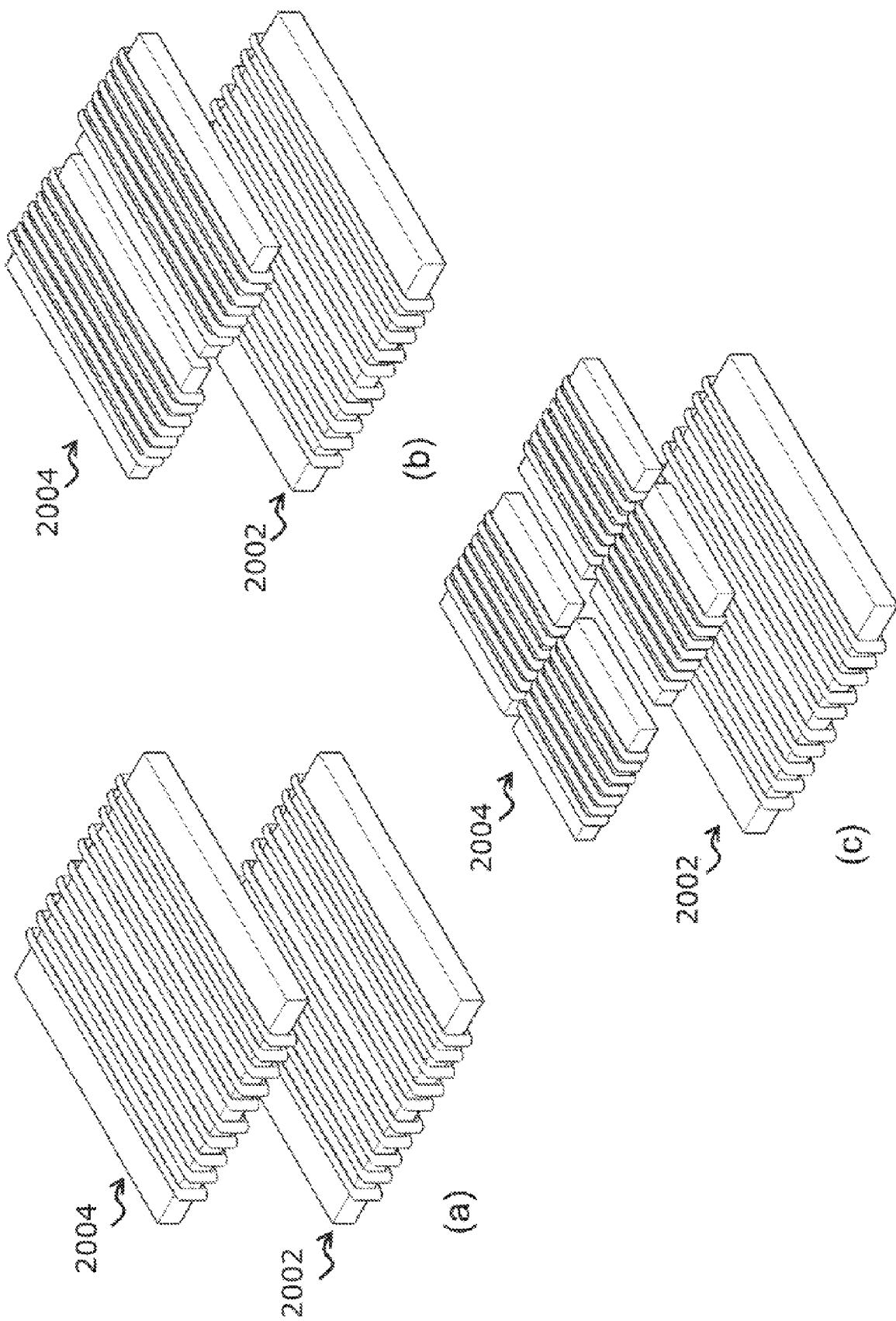


图 20

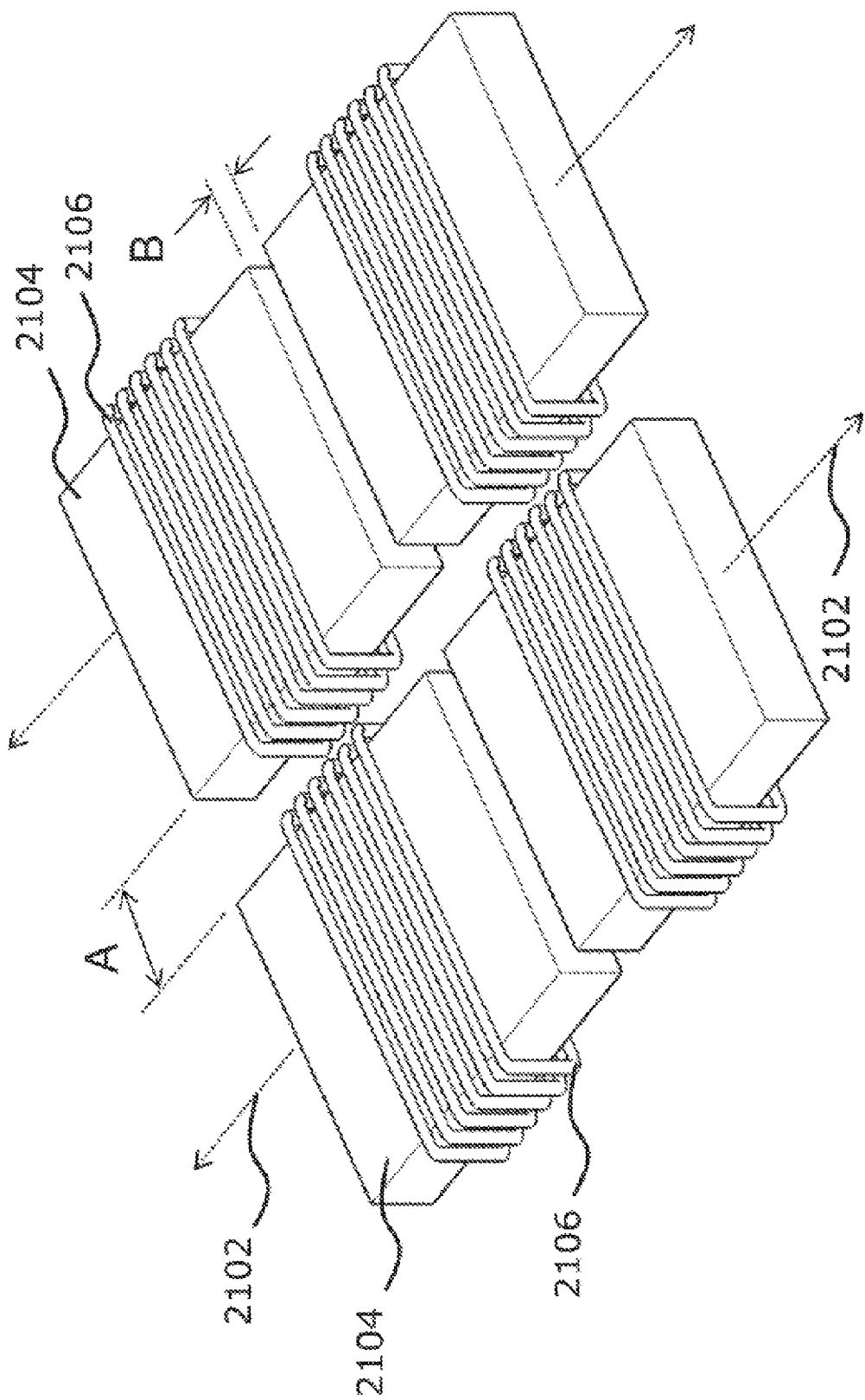


图 21

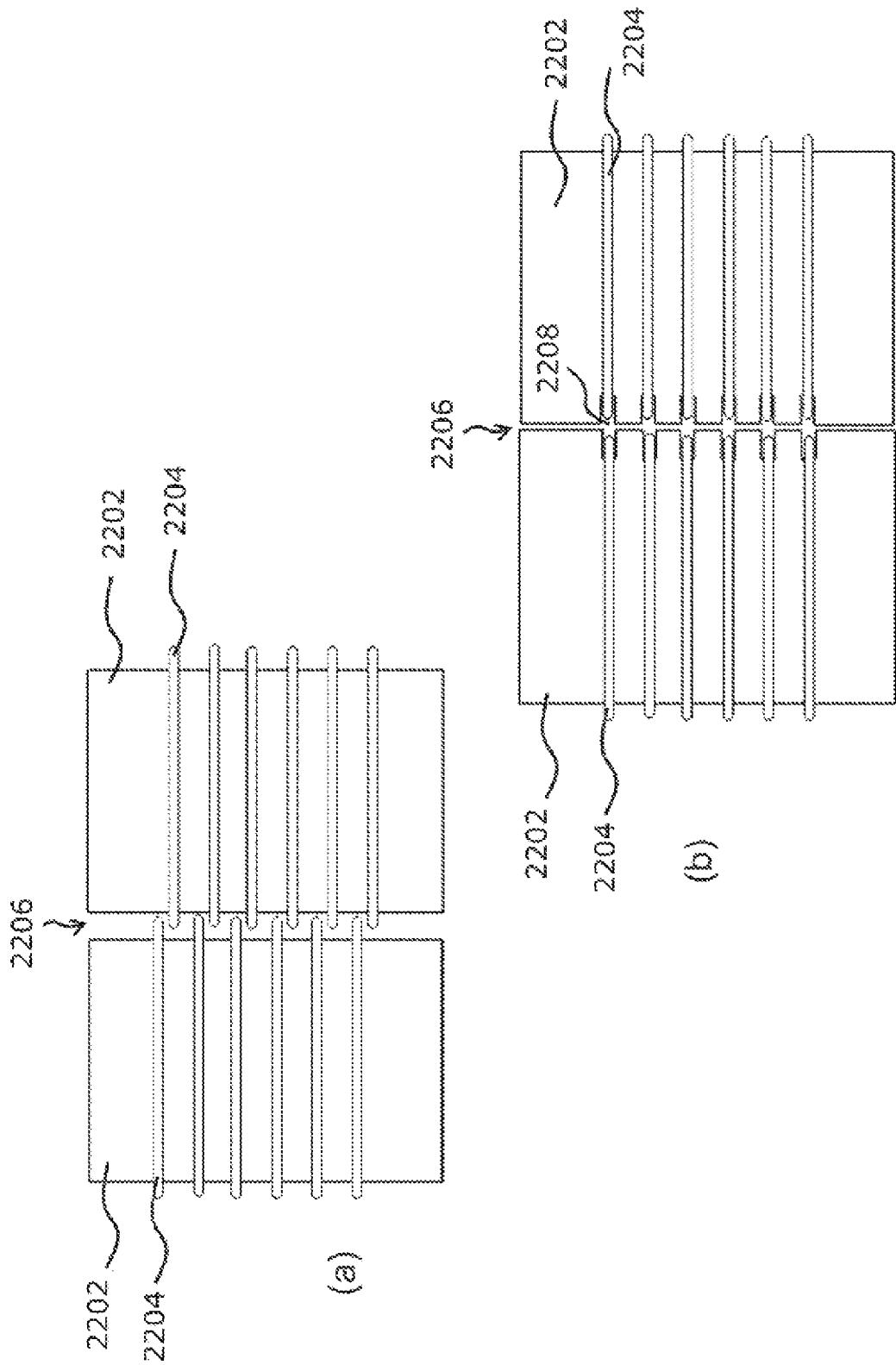


图 22

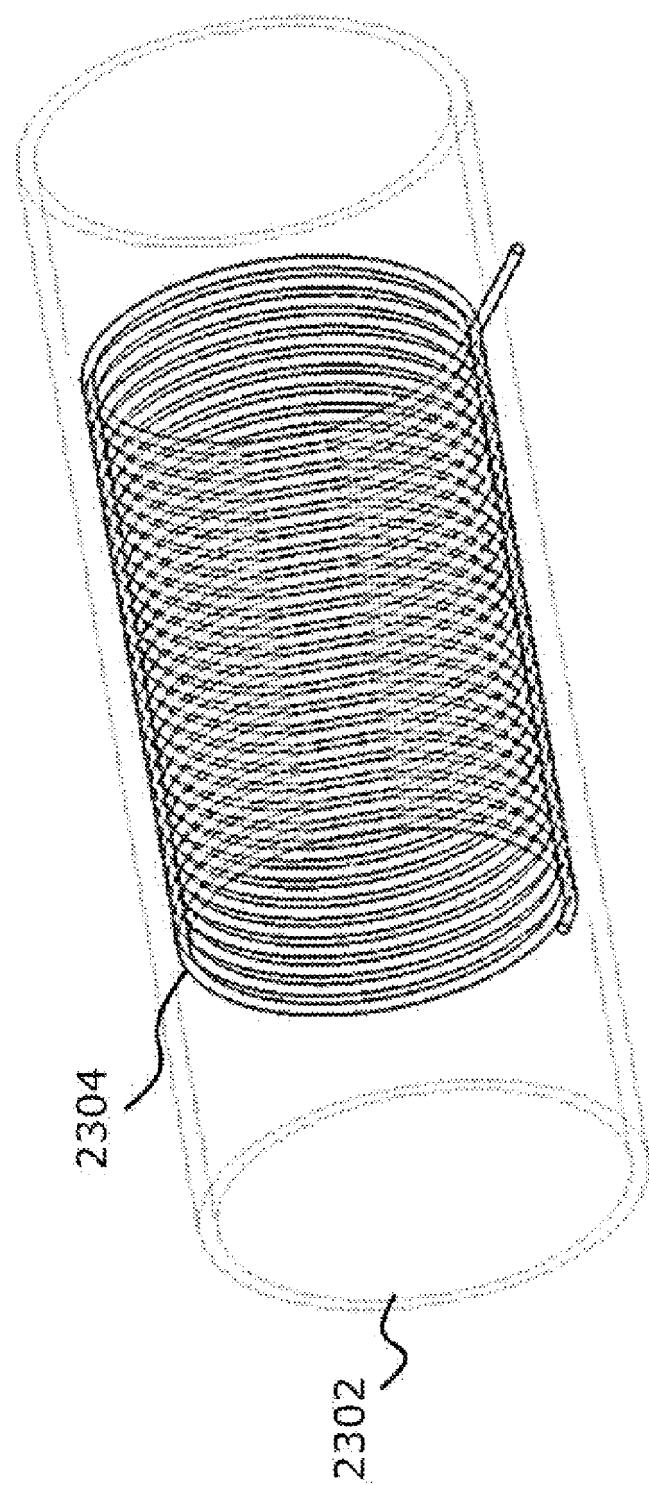


图 23

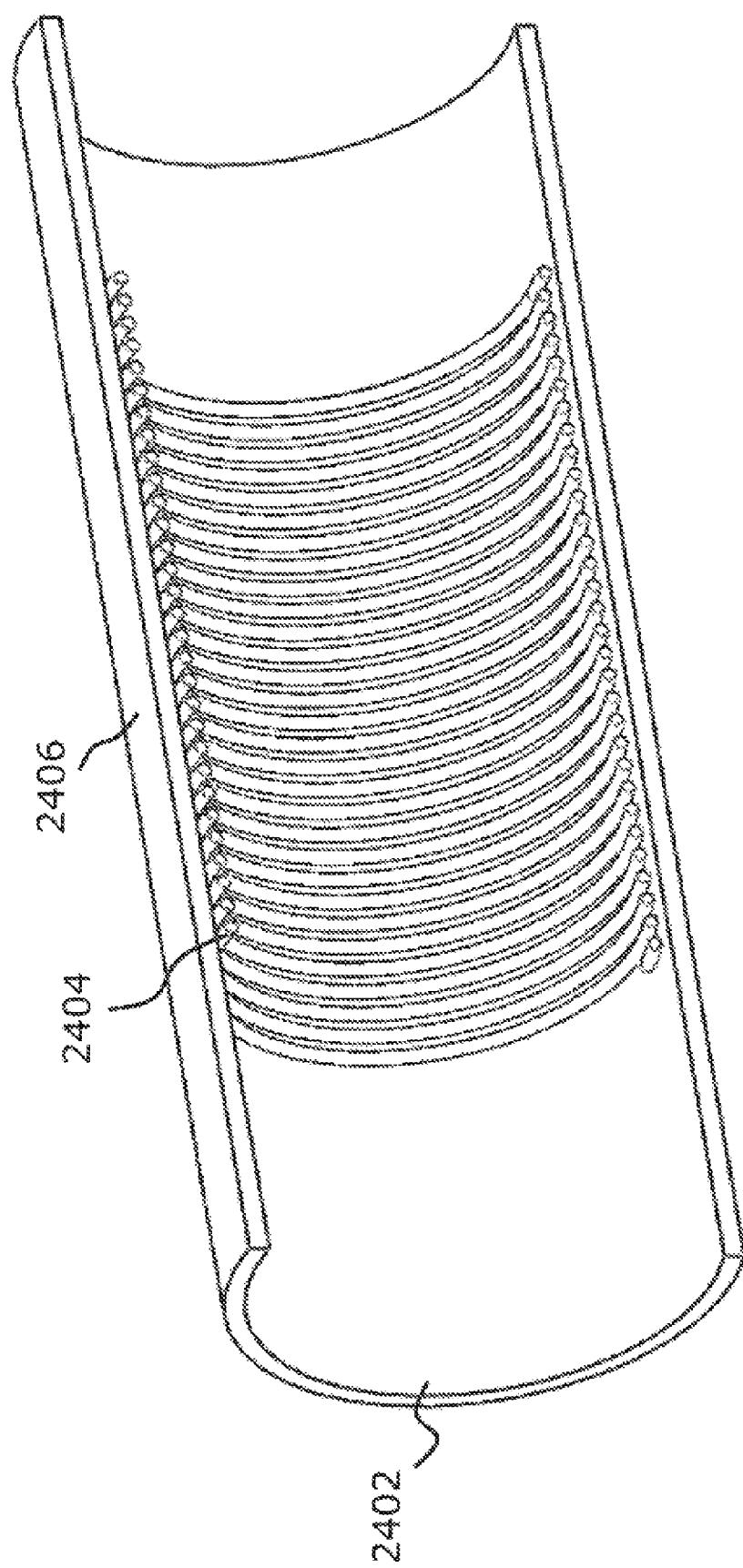


图 24

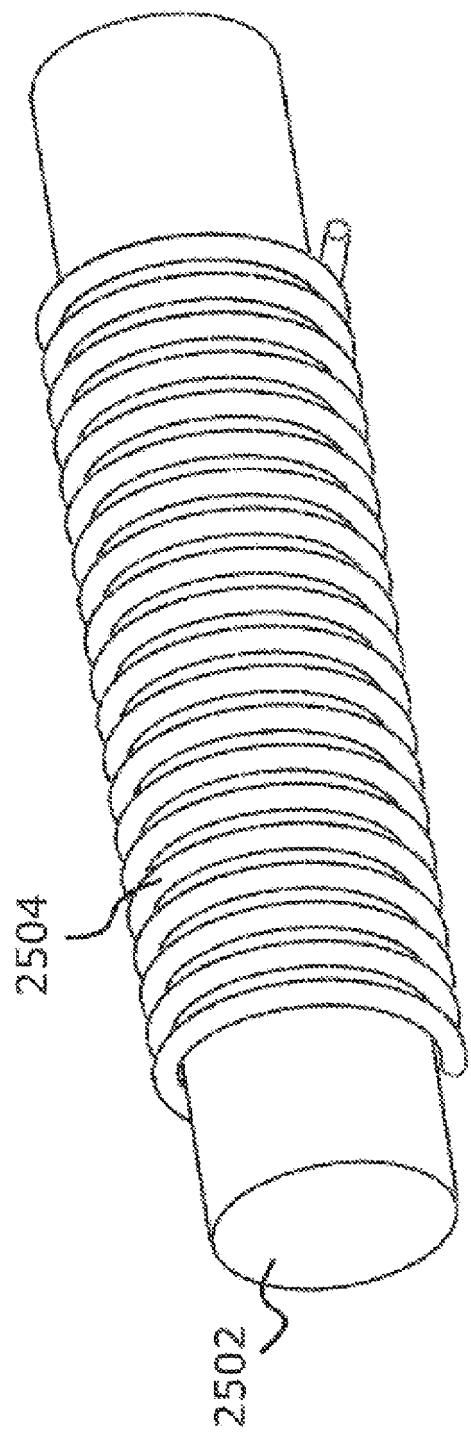


图 25

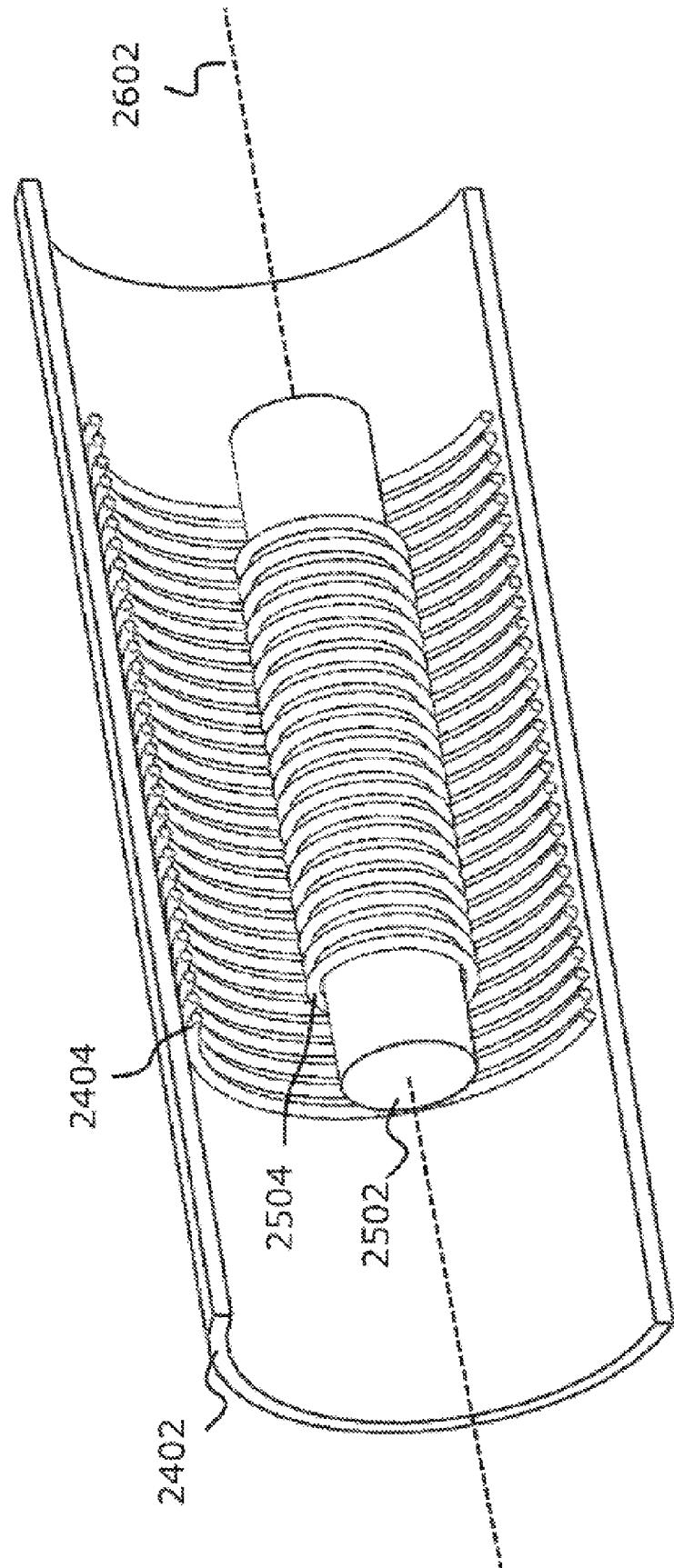


图 26

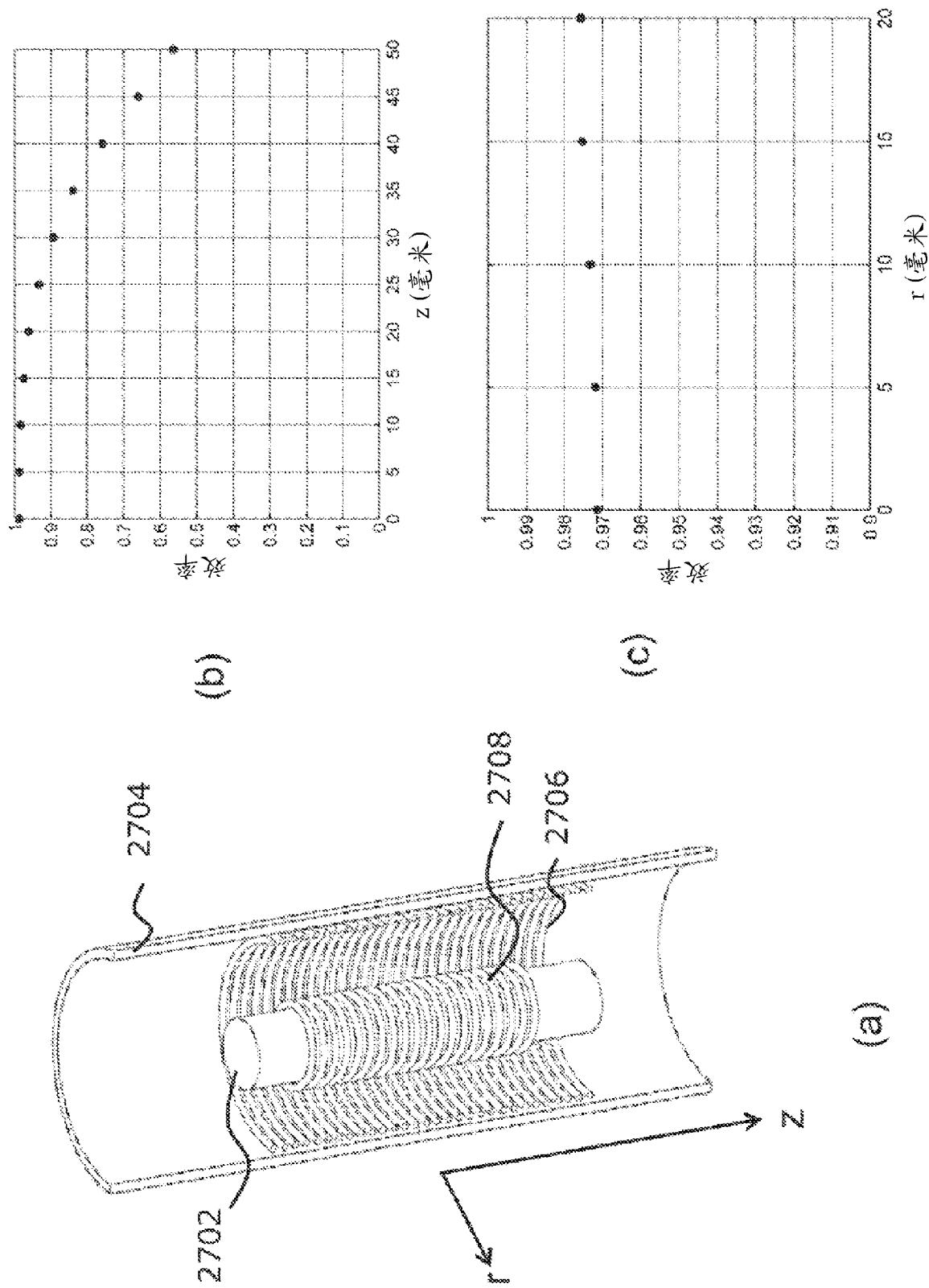


图 27

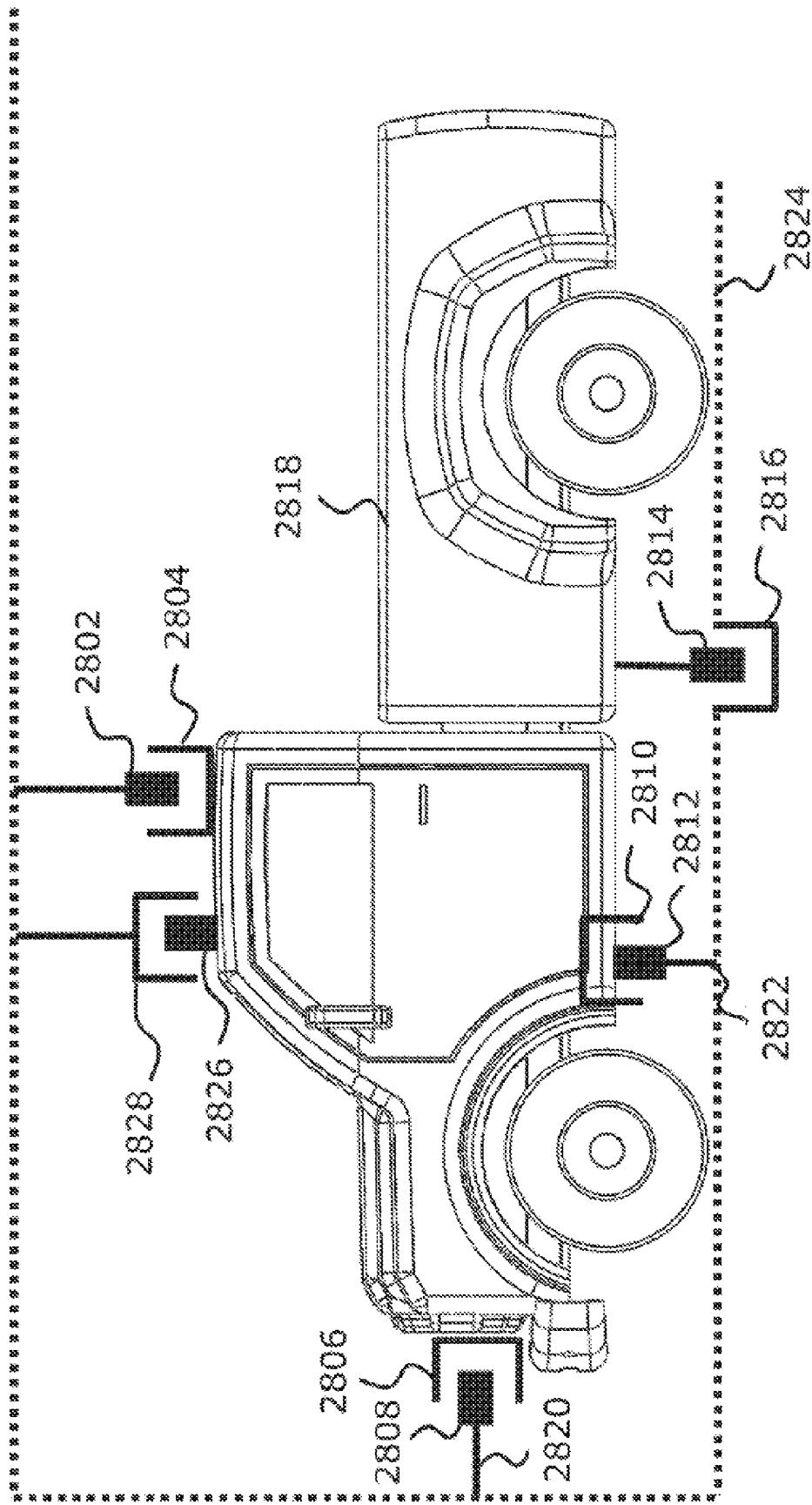


图 28

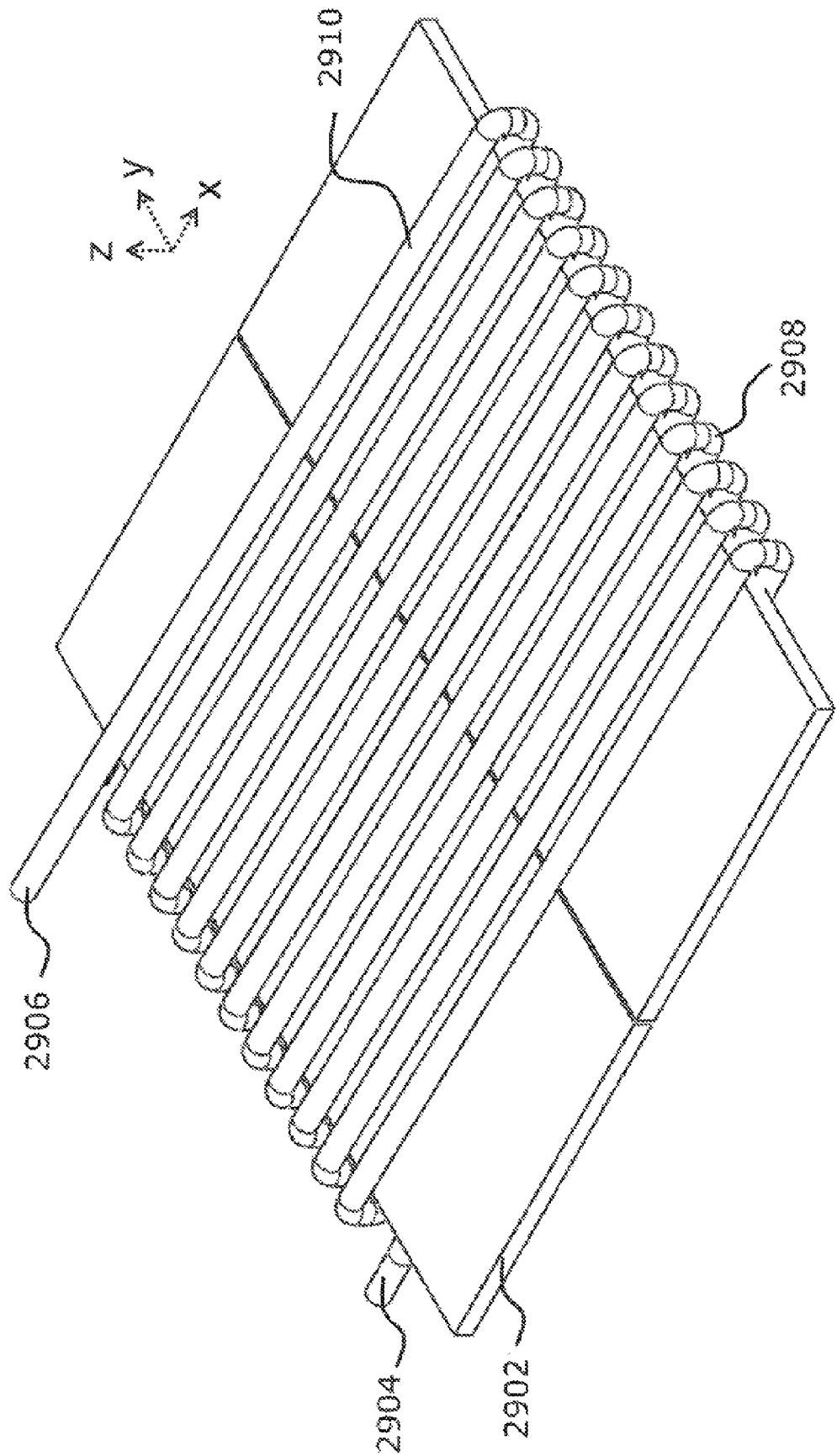


图 29

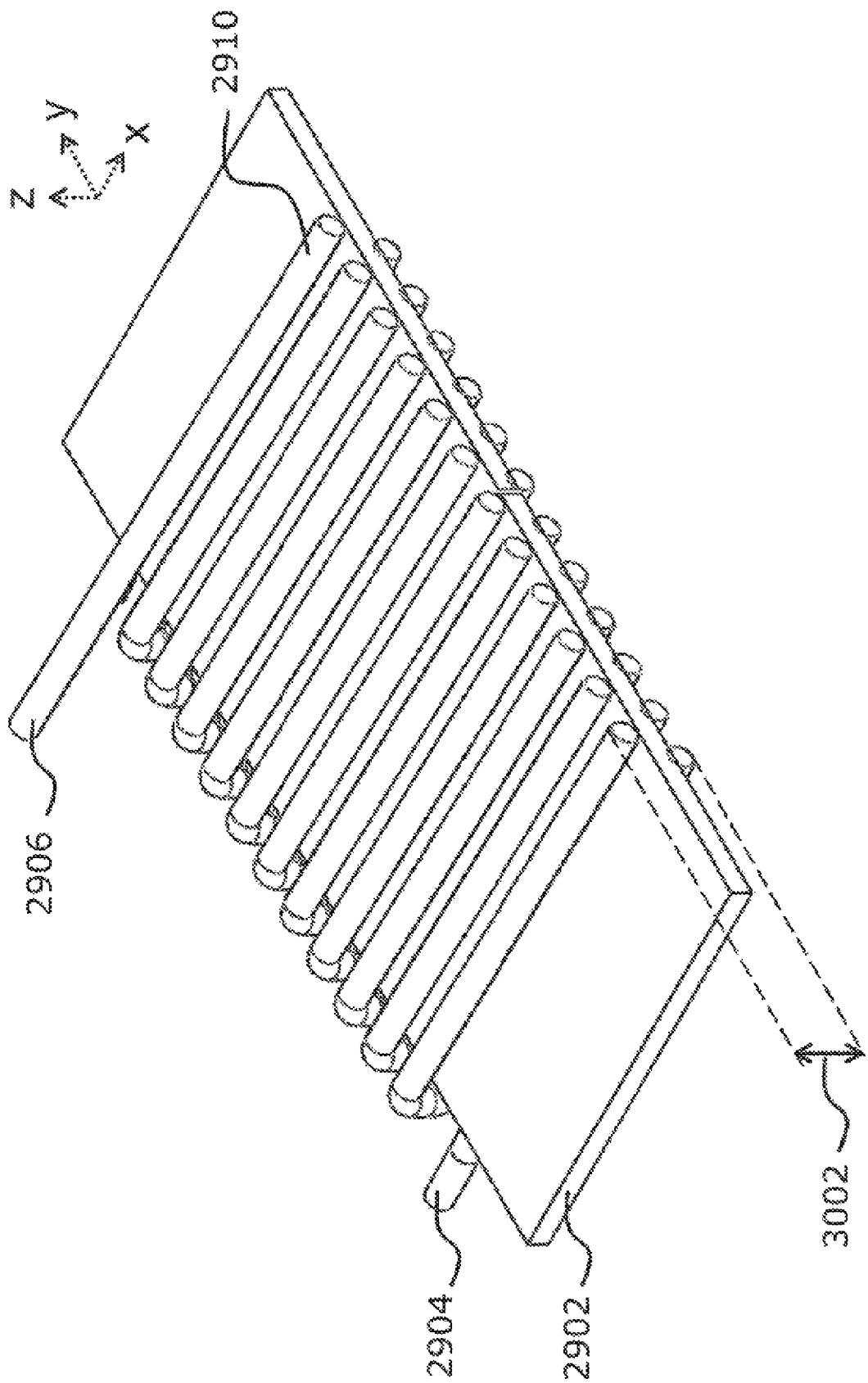


图 30

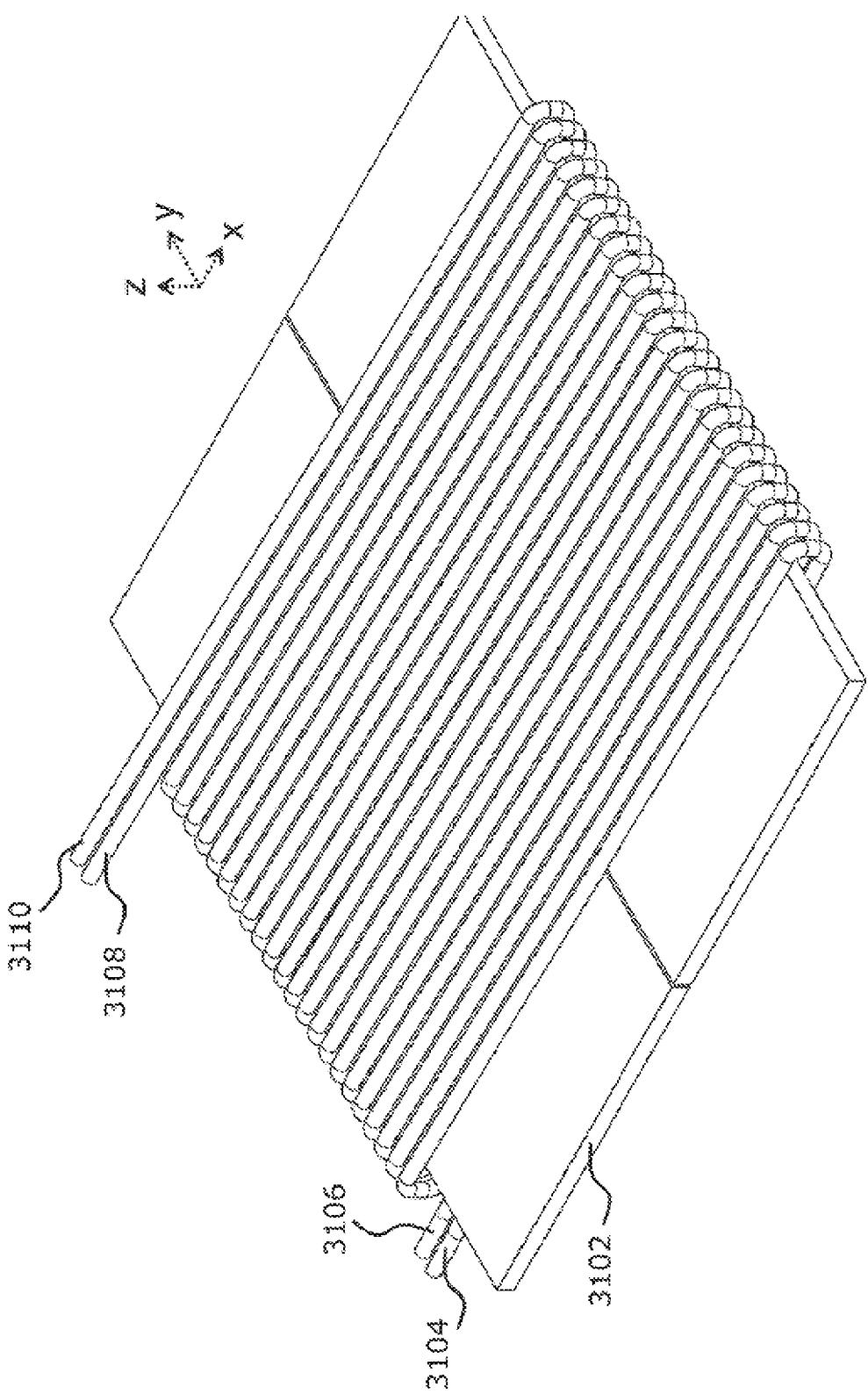


图 31

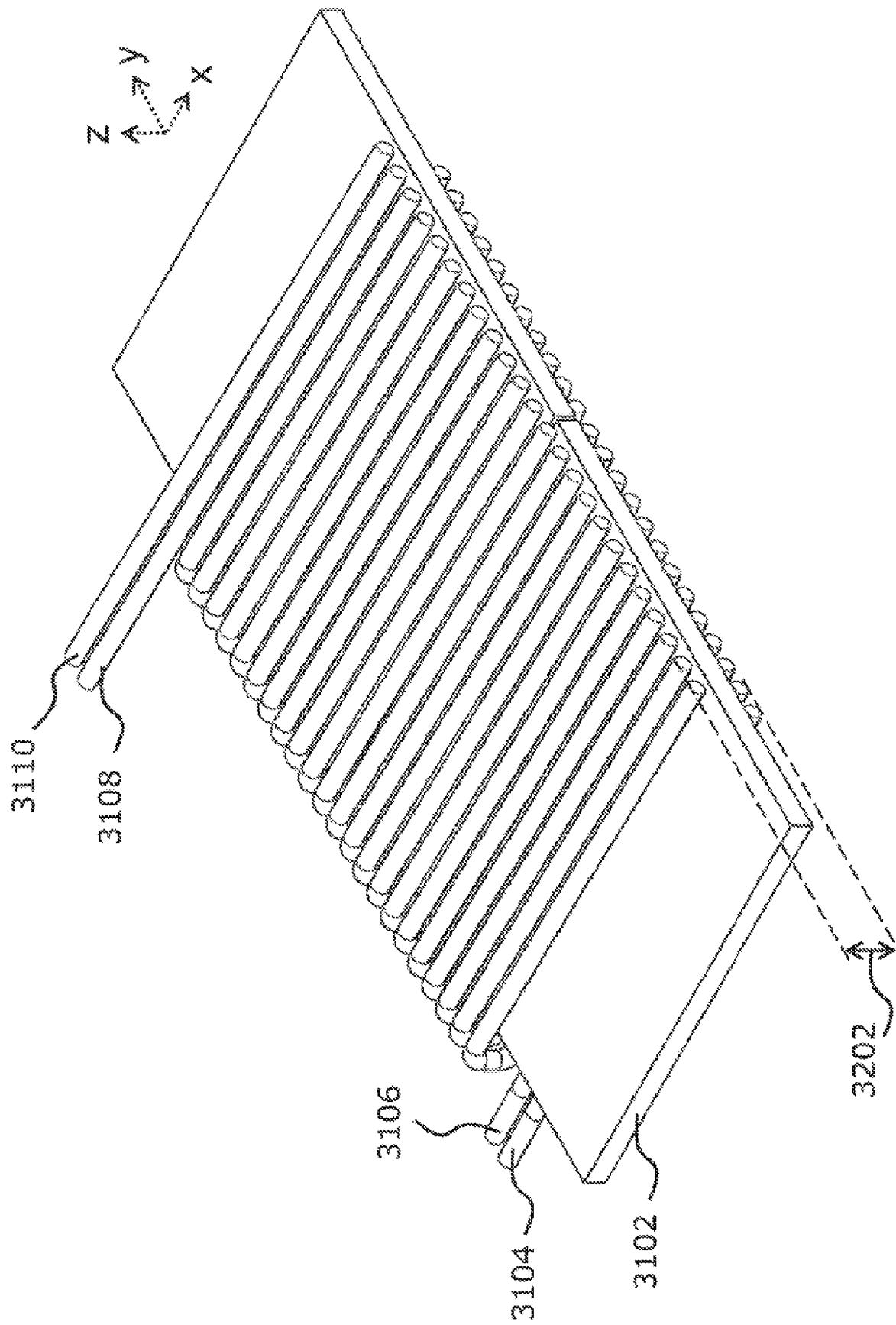


图 32

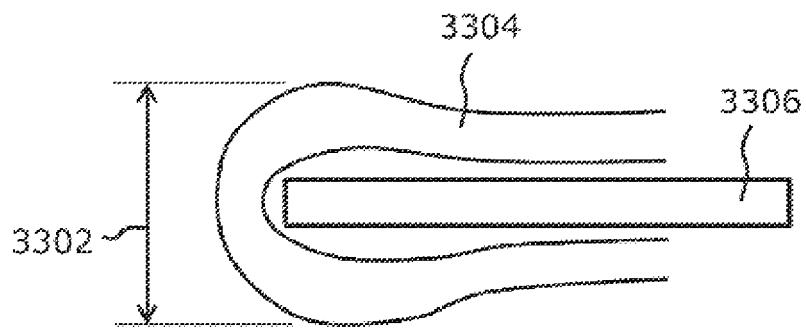


图 33A

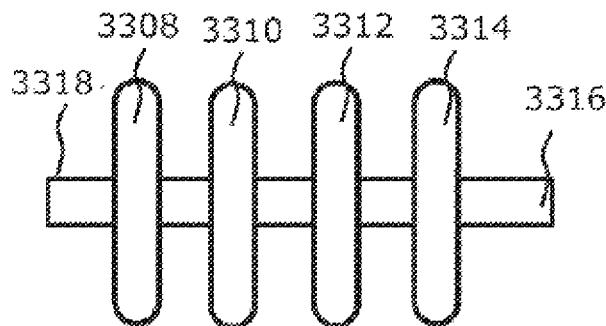


图 33B

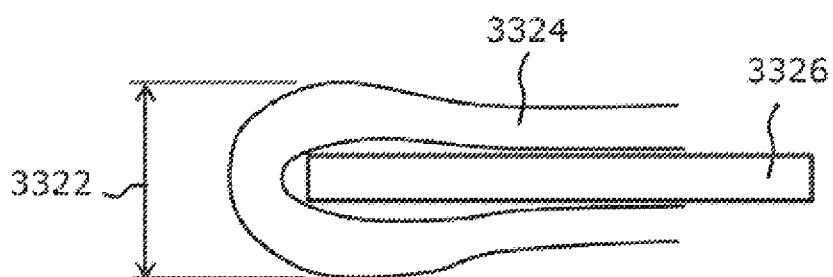


图 33C

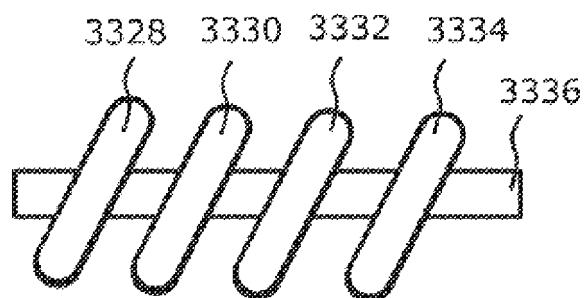


图 33D