



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109328088 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 18

(21) 申请号 201780037608.3
 (22) 申请日 2017.06.09
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 109328088 A
 (43) 申请公布日 2019.02.12
 (30) 优先权数据
 62/350,451 2016.06.15 US
 15/616,463 2017.06.07 US
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日
 2018.12.17
 (86) PCT国际申请的申请数据
 PCT/US2017/036831 2017.06.09
 (87) PCT国际申请的公布数据
 W02017/218349 EN 2017.12.21
 (73) 专利权人 波士顿科学神经调制公司
 地址 美国加利福尼亚州
 (72) 发明人 丹尼尔·阿迦西恩
 托马斯·W·斯托弗
 (74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司
 11332
 专利代理人 王小衡 王天鹏

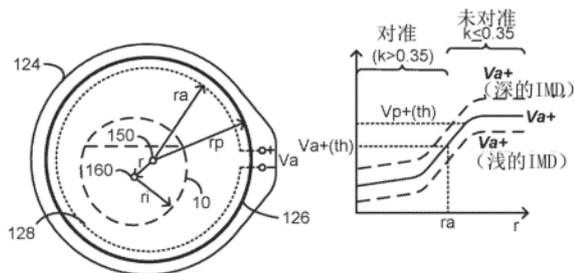
(51) Int.Cl.
 A61N 1/378 (2006.01)
 A61N 1/372 (2006.01)
 H02J 5/00 (2016.01)
 H02J 7/02 (2016.01)
 H02J 50/10 (2016.01)
 H02J 50/90 (2016.01)
 H04B 5/00 (2006.01)
 (56) 对比文件
 US 2011093048 A1, 2011.04.21
 US 2013023958 A1, 2013.01.24
 US 2011004278 A1, 2011.01.06
 US 4031449 A, 1977.06.21
 US 2014055088 A1, 2014.02.27
 US 2009079270 A1, 2009.03.26
 US 2015077050 A1, 2015.03.19
 US 2006184212 A1, 2006.08.17
 CA 2850226 A1, 2013.04.18
 CN 1721012 A, 2006.01.18
 EP 2766090 A1, 2014.08.20
 任晓亮; 宋长宝; 张武; 吴方; 魏巍. 肠道机器人无线电能传输装置的研制. 《天津理工大学学报》. 2013,
 审查员 何永海

权利要求书3页 说明书25页 附图35页

(54) 发明名称
 可植入医疗设备的外部充电器

(57) 摘要
 公开了一种用于可植入医疗设备 (IMD) 的充电系统, 其具有充电线圈和一个或多个感测线圈。充电线圈和一个或多个感测线圈优选地被容纳在通过电缆耦合到电子模块的充电线圈组件中。充电线圈优选地是导线绕组, 而一个或多个感测线圈与充电线圈同心并且优选地在电路板的一个或多个迹线中形成。可以测量在一个或多个感测线圈上所感应的一个或多个电压的幅度以确定充电线圈相对于IMD的位置, 并且特别是

充电线圈相对于正充电的IMD是否 (i) 对中、(ii) 未对中但对准、或 (iii) 未对准, 这三种情况依序地包括充电线圈和IMD之间的较低耦合。



CN 109328088 B

1. 一种用于向可植入医疗设备 (IMD) 无线提供能量的外部充电器, 包括:
充电线圈, 其被配置为产生磁场以向 IMD 无线地提供能量; 以及
包括恒定第一半径下的一个或多个匝的第一感测线圈和包括大于所述恒定第一半径的恒定第二半径下的一个或多个匝的第二感测线圈, 其中所述第一感测线圈被配置为由所述磁场感应出具有第一幅度的第一感应信号, 并且其中所述第二感测线圈感应出具有第二幅度的第二感应信号, 其中所述第一感测线圈和所述第二感测线圈与所述充电线圈同心; 以及
控制电路, 其被配置为根据第一幅度和第二幅度而确定所述充电线圈相对于 IMD 的位置。
2. 根据权利要求 1 所述的外部充电器, 还包括电子模块和通过电缆耦合到所述电子模块的充电线圈组件,
其中所述充电线圈以及第一感测线圈和第二感测线圈在所述充电线圈组件内, 并且
其中所述控制电路在所述电子模块内。
3. 根据权利要求 1 所述的外部充电器, 还包括电路板, 其中第一感测线圈和第二感测线圈在所述电路板中的一个或多个迹线中形成。
4. 根据权利要求 3 所述的外部充电器, 其中所述充电线圈包括导线绕组, 其中充电线圈被放置在所述电路板的一侧上, 或者其中电路板由所述充电线圈的导线绕组划界限。
5. 根据权利要求 1 所述的外部充电器,
其中所述控制电路被配置为根据所述第一幅度确定是否所述充电线圈相对于 IMD 而言对中, 以及根据所述第二幅度确定是否所述充电线圈相对于 IMD 而言对准,
其中对中包括所述充电线圈和 IMD 之间的耦合高于第一耦合值的情况, 并且
其中对准包括所述充电线圈和 IMD 之间的耦合高于比所述第一耦合值更低的第二耦合值的情况。
6. 根据权利要求 5 所述的外部充电器,
其中所述控制电路还包括第一阈值和第二阈值, 并且
其中所述控制电路被配置为通过将所述第一幅度与所述第一阈值进行比较来确定所述充电线圈是否对中, 以及通过将所述第二幅度与所述第二阈值进行比较来确定所述充电线圈是否对准。
7. 根据权利要求 1 所述的外部充电器, 还包括用户界面, 其被配置为向用户指示所述充电线圈相对于 IMD 的所确定位置。
8. 根据权利要求 1 所述的外部充电器, 其中所述充电线圈包括第三半径, 并且其中恒定第一半径和恒定第二半径小于所述第三半径。
9. 一种用于向可植入医疗设备 (IMD) 无线提供能量的外部充电器, 包括:
充电线圈, 其被配置为产生磁场以向 IMD 无线地提供能量;
与所述充电线圈同心的至少一个感测线圈, 其中至少一个感测线圈中的每个被配置为由所述磁场感应出感应信号, 该感应信号受到所述充电线圈相对于 IMD 的位置的影响, 其中至少一个感测线圈中的每个包括圆, 所述圆包括恒定半径下的一个或多个匝, 其中在具有超过一个感测线圈的情况下, 所述恒定半径针对至少一个感测线圈中的每个而不同; 以及
控制电路, 其被配置为根据至少一个感应信号的幅度而确定所述充电线圈相对于 IMD

的位置。

10. 根据权利要求9所述的外部充电器,还包括电子模块和通过电缆耦合到所述电子模块的充电线圈组件,

其中所述充电线圈和所述至少一个感测线圈在所述充电线圈组件内,并且

其中所述控制电路在所述电子模块内。

11. 根据权利要求9所述的外部充电器,还包括电路板,其中所述至少一个感测线圈在所述电路板中的一个或多个迹线中形成。

12. 根据权利要求11所述的外部充电器,其中所述充电线圈包括导线绕组,其中充电线圈被放置在所述电路板的一侧上,或者其中所述电路板由所述充电线圈的导线绕组划界限。

13. 根据权利要求9所述的外部充电器,其中所述至少一个感测线圈包括仅一个感测线圈。

14. 根据权利要求13所述的外部充电器,

其中所述控制电路被配置为根据所述幅度确定是否所述充电线圈相对于IMD而言对准或对准或既对准又对准,

其中对准包括所述充电线圈和IMD之间的耦合高于第一耦合值的情况,并且

其中对准包括所述充电线圈和IMD之间的耦合高于比所述第一耦合值更低的第二耦合值的情况。

15. 根据权利要求14所述的外部充电器,

其中所述控制电路还包括阈值,并且

其中所述控制电路被配置为通过将所述幅度与所述阈值进行比较来确定是否所述充电线圈相对于IMD而言对准或对准。

16. 根据权利要求14所述的外部充电器,

其中所述控制电路还包括第一阈值和第二阈值,

其中所述控制电路被配置为通过将所述幅度与所述第一阈值进行比较来确定所述充电线圈是否对准,以及通过将所述幅度与所述第二阈值进行比较来确定所述充电线圈是否对准。

17. 根据权利要求9所述的外部充电器,

其中所述至少一个感测线圈包括恒定第一半径的第一感测线圈和大于第一半径的恒定第二半径的第二感测线圈,

其中所述第一感测线圈感应出具有第一幅度的第一感应信号,并且

其中所述第二感测线圈感应出具有第二幅度的第二感应信号。

18. 根据权利要求17所述的外部充电器,

其中所述控制电路被配置为根据所述第一幅度确定是否所述充电线圈相对于IMD而言对准,以及根据所述第二幅度确定是否所述充电线圈相对于IMD而言对准,

其中对准包括所述充电线圈和IMD之间的耦合高于第一耦合值的情况,并且

其中对准包括所述充电线圈和IMD之间的耦合高于比所述第一耦合值更低的第二耦合值的情况。

19. 根据权利要求18所述的外部充电器,

其中所述控制电路还包括第一阈值和第二阈值,并且

其中所述控制电路被配置为通过将所述第一幅度与所述第一阈值进行比较来确定所述充电线圈是否对中,以及通过将所述第二幅度与所述第二阈值进行比较来确定所述充电线圈是否对准。

20. 根据权利要求9所述的外部充电器,还包括用户界面,其被配置为向用户指示所述充电线圈相对于IMD的所确定位置。

21. 根据权利要求9所述的外部充电器,其中所述充电线圈包括第一半径,并且至少一个感测线圈中的每个包括小于所述第一半径的恒定半径。

可植入医疗设备的外部充电器

技术领域

[0001] 本发明涉及用于可植入医疗设备系统的无线外部充电器。

背景技术

[0002] 可植入刺激设备是以下设备,其生成电刺激并向身体神经和组织递送电刺激以用于治疗各种生物失调,诸如用于治疗心律失常的起搏器;用于治疗心脏纤颤的除颤器;用于治疗失聪的耳蜗刺激器;用于治疗失明的视网膜刺激器;用于产生协调的肢体运动的肌肉刺激器;用于治疗慢性疼痛的脊髓刺激器;用于治疗运动和心理失调的皮层和深部脑刺激器(DBS);以及用于治疗尿失禁、睡眠呼吸暂停、肩关节半脱位等的其它神经刺激器。以下描述将大致集中于脊髓刺激(SCS)系统(诸如美国专利6,516,227中所公开的)内使用本发明。然而,本发明可以发现在任何可植入医疗设备系统(包括深部脑刺激(DBS)系统)中的适用性。

[0003] 如图1A-1C所示,SCS系统典型地包括可植入脉冲发生器(IPG)10(更一般地说是可植入医疗设备(IMD)10),其包括由导电材料(诸如例如钛)形成的生物相容性设备壳体12。壳体12典型地容纳了IMD 10起作用所需的电路和电池14(图1C),但是IMD也可以通过外部RF能量供电而无需电池供电。IMD 10经由一个或多个电极引线18耦合到电极16,使得电极16形成电极阵列20。电极16被承载在柔性主体22上,柔性主体22还容纳了耦合到每个电极的各个信号线24。在所示的实施例中,每个引线18上有八个电极(Ex),但是引线和电极的数量是专用的且因此可以变化。引线18使用引线连接器26耦合到IMD 10,引线连接器26被固定在非导电头部材料28中,该头部材料28可以包括例如环氧树脂。

[0004] 如图1C的横截面所示,IMD 10典型地包括印刷电路板(PCB)30,以及安装到PCB 30的各种电子部件32,其中的一些随后讨论。在IMD 10中示出了两个线圈(更一般地的是,天线):用于向/从外部控制器(未示出)发送/接收数据的遥测线圈34;和用于使用外部充电器对IMD的电池14充电或再充电的充电线圈36,这将在后面详细讨论。

[0005] 图2示出了与用于向IMD 10无线传送功率的外部充电器50进行通信的IMD 10,该功率可以用于对IMD的电池14进行再充电。来自外部充电器50的功率传输由初级充电线圈(primary charging coil)52实现。与IMD 10一样,外部充电器50还包含PCB 54,电子部件56被放置在PCB 54上。再次地,随后讨论这些电子部件56中的一些。包括可触摸按钮以及可能的显示器和扬声器的用户界面58允许患者或临床医生操作外部充电器50。电池60为外部充电器50提供功率,该电池60其本身可以是可再充电的。外部充电器50还可以从墙上插座接收AC功率。尺寸适于用户的手的可手持外壳62包含所有部件。

[0006] 从外部充电器50到IMD 10的功率传输经由感应耦合无线地和经皮地通过患者的组织25而发生。图3示出了用于实现这种功能的电路的细节。外部充电器50中的初级充电线圈52通过充电电路64被激励有AC电流 I_{charge} ,以创建AC磁性充电场66。该磁场66感应出IMD 10内的次级充电线圈(secondary charging coil)36中的电流,从而提供被整流(38)为DC电平并用于对电池14再充电的线圈36两端的电压,可能是通过电池充电和保护电路40

来提供,如所示的那样。磁场66的频率可能也许是80kHz左右。当以这种方式对电池14充电时,典型地是外部充电器50的外壳62使用充电器保持设备或患者的衣服介入来接触患者的组织25,但是这不是严格必要的。

[0007] IMD 10还可以使用反射阻抗调制在充电期间将数据传回外部充电器50,这在本领域中有时被称为负载移位键控(Load Shift Keying,LSK)。这涉及用由IMD 10的控制电路42提供的数据位(“LSK数据”)调制充电线圈36的阻抗,以从IMD 10串行地传输到外部充电器50。例如,并且取决于要传输的位的逻辑状态,线圈36的端部可以通过晶体管44选择性地短路接地,或者与线圈36串联的晶体管46可以选择性地开路,以调制线圈36的阻抗。在外部充电器50处,LSK解调器68通过评估AC电压 V_{coil} 的幅度来确定是否已经发送逻辑“0”或“1”,该AC电压 V_{coil} 响应于充电电流 I_{charge} 和所发送的数据而在外部充电器的线圈52上产生,然后将该数据报告给外部充电器的控制电路72以用于分析。来自IMD 10的这种后遥测可以提供关于对外部充电器50的充电的有用数据,诸如IMD的电池14的容量,或者电池14的充电是否完成以及外部充电器50的操作和磁场66的产生是否可以停止。例如在美国专利申请公开2013/0096652中进一步描述了LSK通信。

[0008] 外部充电器50还可以包括一个或多个热敏电阻71,其可以用于将外部充电器50的温度(表示为电压 V_{therm})报告给其控制电路72,其继而可以控制磁场66的产生,使得温度保持在安全限度内。参见例如USP 8,321,029,其描述了外部充电设备中的温度控制。

[0009] 外部充电器的充电线圈52两端的 V_{coil} 也可以由对准电路70确定外部充电器50相对于IMD 10的对准程度如何来评估。这很重要,这是因为如果外部充电器50没有很好地对准IMD 10,则由充电线圈52产生的磁场66将不会被IMD 10中的充电线圈36高效地接收。功率传输的效率可以量化为发送线圈52和接收线圈36之间的“耦合(coupling)”(k ,其范围在0和1之间),一般而言,其包括在IMD 10中的接收线圈36处接收到外部充电器50中的发送线圈52处所消耗的功率的程度。通常期望的是,线圈52和36之间的耦合尽可能高:更高的耦合致使对IMD电池14的更快充电,和外部充电器50的功率的最少消耗。不良的耦合是不利的,这是因为这将需要外部充电器50中的高功率耗用(例如,高 I_{charge})以对IMD电池14进行充分充电。高功率的使用耗尽了外部充电器50中的电池60,并且更重要的是可以导致外部充电器50加热,并可能烧伤或伤害患者。

[0010] 一般而言,如果外部充电器50与IMD 10良好对准,则随着充电电路64将充电电流 I_{charge} 提供给充电线圈52, V_{coil} 将下降。因此,对准电路70可以将 V_{coil} 与对准阈值 V_t 进行比较,优选地在其被整流76为DC电压之后进行比较。如果 $V_{coil} < V_t$,则外部充电器50认为其本身与下面的IMD 10良好对准。如果 $V_{coil} > V_t$,则外部充电器50将认为其本身没有对准,并且可以向患者指示该事实,使得患者可以尝试将充电器50移动为更好的对准。例如,充电器50的用户界面58可以包括对准指示符(indicator)74。对准指示符74可以包括扬声器(未示出),当检测到未对准时,该扬声器可以在患者处“嘟嘟响”。对准指示符74还可以或可替换地包括一个或多个发光二极管(一个或多个LED;未示出),其可以类似地指示未对准。

[0011] 充电器到IMD的耦合取决于许多变量,诸如外部充电器50和IMD 10中使用的材料的磁导率,以及环境中固有的材料。耦合还受到外部充电器50和IMD 10的相对位置的影响,如图4A-4C所示。为了最佳耦合(较高的 k 值),优选地是,线圈52和36缠绕在其周围的轴(52'和36')是平行且共线的,其中线圈52和36尽可能地彼此靠近(d_1),如图4A所示。距离 d_1 指示

外部充电器50和IMD 10之间的深度,并且其通常是恒定的,假设外部充电器通常放置在患者的组织25上,并且IMD 10已经被植入在特定的深度。与这些理想情况的偏离通常会减少耦合,如图4B-4C所示。例如,在图4B中,线圈轴52'和36'不共线,而是横向偏移(x)。在图4C中,线圈轴52'和36'是平行且共线的,但IMD 10相对较深(d2)。在任何这些非理想情况下,耦合将减少,这意味着IMD的电池14将不会快速充电,或者外部充电器50必须输出更多功率(例如,I_{charge}必须更高)以影响IPG的电池14的相同充电率。

[0012] 参考图4C应该注意的是,IMD 10的深度d2通常不能改变,这是因为该参数是由IMD 10如何被植入在患者内而产生的。作为结果,即使外部充电器50和IMD 10之间的耦合相对较差(并且因此V_{coil}相对较高),外部充电器50也可以与IMD 10对准。在这种情况下调整对准电路70使用的对准阈值V_t(即,向上)可能是有用的,使得当患者无法改善准时,外部充电器50将不会不合理地向患者指示未对准。USP 9,227,075描述了一种用于根据植入深度调整V_t以解决对准的技术,尽管这里没有描述该技术。

发明内容

[0013] 公开了一种用于向可植入医疗设备(IMD)无线地提供能量的外部充电器,包括:充电线圈,其被配置为产生磁场以向IMD无线地提供能量;与充电线圈同心的至少一个感测线圈,其中每个至少一个感测线圈被配置为由磁场感应出感应信号,该感应信号受到充电线圈相对于IMD的位置的影响;以及控制电路,其被配置为根据至少一个感应信号的幅度来确定充电线圈相对于IMD的位置。

[0014] 外部充电器还可以包括电子模块和通过电缆耦合到电子模块的充电线圈组件,其中充电线圈和至少一个感测线圈在充电线圈组件内,并且其中控制电路在电子模块内。

[0015] 外部充电器还可以包括电路板,其中至少一个感测线圈在电路板中的一个或多个迹线(trace)中形成。

[0016] 外部充电器的充电线圈可以包括被放置在电路板的一侧上的导线绕组,或者电路板可以被放置在充电线圈的导线绕组内。

[0017] 至少一个感测线圈可以仅包括一个感测线圈。在这种情况下,控制电路可以被配置为根据幅度确定是否充电线圈相对于IMD而言是对准的或对中的,其中对中包括充电线圈和IMD之间的耦合高于第一耦合值的情况,并且其中对准包括充电线圈和IMD之间的耦合高于比第一耦合值低的第二耦合值的情况。控制电路还可以包括阈值,并且控制电路可以被配置为通过将幅度与阈值进行比较来确定是否充电线圈相对于IMD而言是对准的或对中的。可以将幅度和阈值中的任一个或两者归一化以顾及到(account for)磁场的功率。

[0018] 控制电路还可以被配置为根据来自一个感测线圈的幅度来确定是否充电线圈相对于IMD而言是对准的,以及是否充电线圈相对于IMD而言是对中的。在这种情况下,控制电路还可以包括第一阈值和第二阈值,其中控制电路被配置为通过将幅度与第一阈值进行比较来确定充电线圈是否对准,以及通过将幅度与第二阈值进行比较来确定充电线圈是否对准。

[0019] 至少一个感测线圈还可以包括第一半径的第一感测线圈和大于第一半径的第二半径的第二感测线圈,其中第一感测线圈感应出具有第一幅度的第一感应信号,并且其中第二感测线圈感应出具有第二幅度的第二感应信号。控制电路可以被配置为根据第一幅度

确定充电线圈是否相对于IMD而言是对中的,并且根据第二幅度确定充电线圈是否相对于IMD而言是对准的。控制电路还可以包括第一阈值和第二阈值,其中控制电路被配置为通过将第一幅度与第一阈值进行比较来确定充电线圈是否对中,并且通过将第二幅度与第二阈值进行比较来确定充电线圈是否对准。可以对第一幅度、第二幅度、第一阈值以及第二阈值中的任何一个或多个进行归一化以顾及到磁场的功率。

[0020] 感应信号可以包括电压。外部充电器还可以包括用户界面,其被配置为向用户指示充电线圈相对于IMD的确定位置。充电线圈可以包括第一半径,并且每个至少一个感测线圈可以包括小于第一半径的第二半径。至少一个感测线圈包括圆。至少一个感测线圈还可以包括两个不同半径的圆,并且两个圆可以连接成使得流过两个圆的电流将在两个圆中以不同的方向流动。

附图说明

[0021] 图1A-1C示出了根据现有技术的可植入脉冲发生器(一种可植入医疗设备(IMD))的不同视图。

[0022] 图2示出了根据现有技术的用于对IMD中的电池充电的外部充电器,而图3示出了根据现有技术的两者中的电路。

[0023] 图4A-4C示出了根据现有技术的外部充电器和IMD之间的可以影响它们的耦合的各种位置。

[0024] 图5A-5E示出了根据本发明的示例的具有充电线圈组件和电子模块的经改进的充电系统,其中图5B-5E示出了根据本发明的示例使用充电线圈组件中的充电线圈与一个或多个感测线圈。

[0025] 图6A-6C示出了根据本发明的示例使用充电线圈组件中的恒定半径的第一对准(alignment)感测线圈,以及用于检测和指示充电线圈和IMD之间的未对准的电路。

[0026] 图7A-7C示出了根据本发明的示例使用充电线圈组件中的具有边缘检测能力的第二对准感测线圈,以及用于检测和指示充电线圈和IMD之间的未对准的电路。

[0027] 图8A和8B示出了根据本发明的示例使用充电线圈组件中的包括两个或更多个单独的对准感测线圈的第三对准感测线圈布置,以及用于检测和指示充电线圈和IMD之间的未对准的电路。

[0028] 图9A-9C示出了根据本发明的示例使用充电线圈组件中的对中(centering)感测线圈,以及用于检测和指示充电线圈和IMD之间的未对中情况的电路。

[0029] 图10A和10B示出了根据本发明的示例使用充电线圈组件中的对准感测线圈和对中感测线圈,以及用于检测和指示充电线圈和IMD之间的未对准和/或未对中情况的电路。

[0030] 图11A和11B示出了根据本发明的示例使用充电线圈组件中的单个对准/对中感测线圈,以及用于检测和指示充电线圈和IMD之间的未对准和/或未对中情况的电路。

[0031] 图12A示出了根据本发明的示例的在充电系统中可操作的算法,以用于确定对准和对中并用于控制由充电线圈产生的磁场,而图12B示出了根据本发明的示例的通过算法产生的磁场。

[0032] 图13A示出了根据本发明的示例的用于充电器系统的经修改的位置电路,其能够使用幅度、相位角以及谐振频率中的一个或多个感测线圈参数来确定IMD到充电器的定位,

而图13B-13D示出了根据本发明的示例的可以确定或测量这些参数的电路和方式。

[0033] 图14A和14B示出了根据本发明的示例的实验确定的数据的等位线(contour),该数据使幅度、相位角以及谐振频率的感测线圈参数与充电器到IMD的半径和深度相关,如在图13A的经修改的位置电路中所有用的。

[0034] 图15A示出了根据本发明的示例的用于充电器系统的功率电路,其能够使用幅度、相位角以及谐振频率中的一个或多个感测线圈参数来调整磁场功率,而图15B实验性地示出了根据本发明的示例的充电器到IMD的位置如何影响在IMD处接收到的功率。

[0035] 图16示出了根据本发明的示例的集成外部充电器,其中电子器件、充电线圈以及一个或多个感测线圈被容纳在单个外壳中。

[0036] 图17A-17E示出了根据本发明的示例使用以以下方式进行布置的附加感测线圈,该方式提供关于一个或多个方向的信息,通过该方向充电线圈126相对于IMD而言是未对准的或未对中的。

[0037] 图18示出了根据本发明的示例如何可以主动驱动充电系统中的一个或多个感测线圈以确定充电器到IMD的定位和/或如何调整磁场功率。

[0038] 图19示出了根据本发明的示例如何通过提供使IMD能够将耦合参数遥测发送到充电系统的硬件来辅助充电器到IMD的定位和/或磁场功率调整。

具体实施方式

[0039] 用于IMD 10的经改进的充电系统100在图5A中示出。充电系统100包括两个主要部分:电子模块104和包括充电线圈126的充电线圈组件102。电子模块104和充电线圈组件102通过电缆106连接。电缆106可以与电子模块104和充电线圈组件102两者经由端口/连接器布置分离,但是如示出的,电缆106永久地贴附到充电线圈组件102。电缆106的另一端包括连接器108,其可以附接到电子模块104的端口122和与其分离。

[0040] 电子模块104优选地在其外壳105内包括充电系统操作所需的电池110和有源电路112,其中的一些随后被描述。电子模块104还可以包括端口114(例如,USB端口)以允许其电池110以常规方式再充电,和/或允许从电子模块(诸如新的操作软件)读取数据或将数据编程到电子模块中。外壳105还可以携带用户界面,如图5B的侧视图所示,用户界面可以包括用于开始/终止磁场66的生成的开/关开关,以及一个或多个LED 118a和118b。在一个示例中,LED 118a用于指示电子模块104的功率状态。例如,LED 118a可以在其电池110充电时点亮,并且可以闪烁以指示电池110需要充电。LED 118b可以如下面进一步解释的那样进行操作。还可以使用更复杂的用户界面,诸如并入扬声器和显示器的用户界面。用户界面元件可以被包括在电子模块的外壳105的其他面上,并且可以被放置成使得它们易于被观察以用于手边的治疗应用(例如,SCS、DBS)。电子器件通过电路板120被集成在电子模块104的外壳105内。

[0041] 充电线圈组件102优选地仅包含无源电子部件,其被电子模块104内的有源电路112刺激或读取。这样的部件包括已经提到的初级充电线圈126,如示出的,其包括铜导线绕组并且是由电子模块104中的充电电路64(图6A)激励,以创建向IMD 10提供功率的磁充电场66,诸如可以用于对IMD 10的电池14再充电。在充电线圈组件102内还包括一个或多个感测线圈。如稍后详细解释的,以各种方式测量一个或多个感测线圈以在充电系统100中执行

不同的功能。例如，感测线圈测量结果可以用于确定充电线圈126(充电线圈组件102)相对于正被充电的IMD 10的位置，且更特别地用于确定是否充电线圈126相对于正被充电的IMD 10而言是对准的和/或对中的(centered)。感测线圈测量结果也可以用于调整由充电线圈126提供的磁场66的功率。

[0042] 如图5B的横截面所示，一个或多个感测线圈优选地使用电路板124中的一个或多个迹线而形成，该电路板124还用于将电子部件集成在充电线圈组件102内。电路板124在图5C中单独示出。虽然优选地是充电线圈126包括导线绕组，并且一个或多个感测线圈包括电路板124内的迹线，但这不是严格必要的：充电线圈126也可以从电路板124中的迹线形成，并且一个或多个感测线圈可以包括导线绕组。注意的是，充电线圈126和一个或多个感测线圈(而且是同心的)也在平行的平面中形成，并且也可以在同一平面中形成，如下面关于图5D进一步讨论。

[0043] 优选地充电线圈组件102内包括的其他无源部件包括一个或多个调谐电容器131。如稍后的电路图(例如，图6A)所示，电容器131耦合到充电线圈126以调谐该L-C电路的谐振频率(例如，至80kHz)。本领域技术人员将理解的是，连接到充电线圈126的电容器131(C)的值将取决于该线圈的电感(L)根据等式 $f(\text{res}) = 1/\sqrt{2\pi LC}$ 来选择。一个或多个感测线圈中的每个也可以耦合到调谐电容器131，但是这不是必需的并且未在其他电路图中示出。调谐电容器131可以与其相关联的线圈串联或并联放置，但是在随后的附图中示出了串联配置。

[0044] 充电线圈组件102还可以包括一个或多个温度传感器，诸如热敏电阻136，其可以用于将充电线圈组件102的温度报告给电子模块104(图6A, V_{therm})。这种温度数据可以继而控制磁场66的产生，使得温度保持在安全限度内。参见例如USP 8,321,029，其描述了外部充电设备中的温度控制。

[0045] 充电线圈组件102内的电子部件可以被不同地集成。在图5B和5C中，使用单个电路板124，其中充电线圈126被安装到电路板124的面向患者侧，并且其中电缆106中的导线134优选地耦合到电路板124。但是，如图5D所示，使用两个电路板124a和124b。电路板124b位于充电线圈126的区域外，并且包括电容器131。电路板124a位于充电线圈126的区域内，并且包括一个或多个感测线圈和热敏电阻136。在图5D的两个电路板124a和124b布置中，在横截面中注意的是，充电线圈126以及电路板124a和124b通常可以位于同一平面中，这允许充电线圈组件102的更薄结构。在图5D中，电缆106内的导线134可以连接到电路板124a和124b两者，以允许部件和电子模块104之间的通信。两个电路板124a和124b也可以在它们之间具有连接(未示出)。

[0046] 充电线圈组件102中的部件被集成在外壳125内，其可以以不同的方式形成。在一个示例中，外壳125可以包括由硬塑料形成的顶部和底部，其可以是螺旋的、卡扣配合(snap fit)、超声波焊接或溶剂粘合在一起。可替换地，外壳125可以包括模制在电子部件上的一个或多个塑料材料。外壳125的一侧可以包括压痕(indentation) 132，以容纳材料(未示出)的厚度，该材料可有用于将充电线圈组件102贴附到患者、患者的衣服或诸如充电皮带或背带的保持设备内。参见例如美国专利申请公开2016/0301239，其公开了一种用于保持可以与充电系统100一起使用的充电线圈组件和控制模块的皮带。这种材料可以包括例如Velcro或双面胶带。

[0047] 图5E示出了充电线圈组件102的另一示例。该示例示出了PCB 124顶部上的一个或多个热敏电阻136以及充电线圈126和其他部件,诸如一个或多个调谐电容器131。为了帮助进行温度检测,如2017年6月2日提交的美国临时专利申请序列号62/514,304中所公开的,包括热扩散器123。热扩散器123被示出在充电线圈126内并与其接触,但是可以覆盖充电线圈126或者也可以出现在充电线圈126的外面。顾名思义,热扩散器123有助于传导由充电线圈126的励磁和磁充电场66的产生所生成的热量,并因此向一个或多个热敏电阻136中的每个提供更均匀的温度。在一个示例中,热扩散器123包括具有粘性侧的可变形层,该粘性侧可以压到PCB 124和一个或多个热敏电阻136(诸如由3M Company制造的导热丙烯酸接口垫零件号5590H)上。在优选示例中,存在四个热敏电阻136,每个热敏电阻136在充电线圈126内以90度均等地放置在PCB 124上。在图5E的示例中,PCB 124的下侧通常是平坦的,并且没有适用于其的部件或其他结构。作为结果,该下侧可以直接接触外壳125的底部的内表面。注意的是,充电线圈组件102中的部件的相对缺乏意味着充电线圈组件102的顶部或底部可以在对患者的IMD 10进行充电期间面向患者。

[0048] 在讨论一个或多个感测线圈的操作之前,可以理解图6A中所示的充电系统100的其他方面。与较早描述的外部充电器50(图3)类似,电子模块104可以包括(作为电路112的部分;图5A)控制电路72,其控制充电电路64以生成充电电流 I_{charge} 。该电流通过连接器/端口108/122穿过电缆106中的导线134以激励充电线圈126而产生磁场66。可能如使用分压器来降低电压一样,产生的充电线圈126两端的电压 V_{coil} 可以在LSK解调器68的帮助下针对来自IMD10的LSK通信而被监视。且此外,可以从充电线圈组件102中的一个或多个热敏电阻136报告一个或多个温度指示(V_{therm})以允许控制电路72控制磁场66的产生,如前所提到的。这样的传统方面可以用在充电系统100的所有示例中,并且在随后的示例中不讨论或说明。

[0049] 虽然优选地将控制电路72和其他电路112方面放置在电子模块104中,但这不是严格必需的,并且取而代之的是这些部件可以驻留在充电线圈组件102中,例如,在其电路板124上。因此,电子模块104可以仅保留电池110和用户界面方面。控制电路72可以包括用固件编程的微控制器,诸如由STMicroelectronics, Inc提供的任何STM32F4 ARM系列的微控制器,如http://www.st.com/content/st_com/en/products/microcontrollers/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus/stm32f4-series.html?querycriteria=productId=SS1577处所描述的。控制电路72还可以包括FPGA、DSP或其他类似的数字逻辑设备,或者可以至少部分地包括模拟电路,如下面进一步解释的。控制电路72还可以包括用固件编程的存储器,并且其由微控制器或其他数字逻辑设备可访问,如果逻辑设备不包含合适的片上存储器的话。

[0050] 在图6A-6C所示的第一示例中,充电系统100包括电路140,以确定充电线圈组件102中的充电线圈126相对于正在充电的下面的IMD 10的位置。该示例中的位置电路140包括控制电路72的部分,且因此可以作为编程固件进行数字地操作,但是位置电路140也可以包括如下面进一步解释的模拟部件。

[0051] 如下面进一步解释的,充电器到IMD的定位可以确定例如充电线圈126和IMD 10是否是“对准的”或“对中”的。对准和未对准之间的边界是指是否定位在充电线圈126(更一般地,充电线圈组件102)和IMD 10之间,并且因此它们的耦合显著地差,使得充电线圈126将不再对IMD的电池14进行充分充电。例如,如果充电线圈126和IMD 10之间的耦合值 k

大于0.35,则充电线圈126可以说与IMD 10对准;如果 k 小于或等于0.35,则可以说未对准,尽管该值将是专用的并且可能不同。在讨论充电器到IMD对准之前,讨论了充电器到IMD的对准。

[0052] 使用从感测线圈128取得的测量结果来确定对准,感测线圈128在图6A-6C的示例中仅有一个。感测线圈128在这里被称为“对准”感测线圈,与其确定对准的功能一致。然而,如下面进一步讨论的,为了不同的目的,可以在充电线圈组件102中使用其他感测线圈。

[0053] 如图6B所示,单个对准感测线圈128优选地是圆形,并且包括从充电线圈126的中心150测量出的半径 r_a 。充电线圈126同样优选地是圆形,并且在所示的示例中具有距中心150的半径 r_p ,使得充电线圈和对准感测线圈是同心的。半径 r_p 可以包括充电线圈126的内部、外部或平均半径,该线圈在图6B和随后的图中为了简化而被描绘为仅单个圆。优选的是,半径 r_a 小于 r_p (例如, r_a 在 r_p 的50%至100%之间),这是因为这对于确定未对准情况是有用的,如随后所解释的。但是,这不是严格必要的。半径 r_a 也可以等于 r_p ,甚至大于 r_p 。此外,充电线圈和感测线圈可以取除圆形之外的形状(例如,正方形、矩形或其他形状),但是为了简单起见描述了圆形线圈。注意的是,即使非圆形线圈也可以共享相同的中心并因此是同心的。

[0054] 半径 r_a 和 r_p 也优选地根据IMD 10(其电池14正在充电)的尺寸来设定。在这点而言,可以说IMD 10具有半径 r_i 。半径 r_i 可以是距IMD 10的中心160的估计或平均距离。中心160可以包括IMD 10中的充电线圈36(图1B和1C)的中心或图心,并且可以包括以下点:当其与充电线圈126(充电线圈组件102)的中心150完全对准时在分别地充电线圈组件102和IMD 10中的充电线圈126和36之间提供了最大耦合和因此的对IMD的电池14的最快充电。半径 r_i 还可以包括中心160和IMD 10的显著边界之间的平均距离,诸如其充电线圈36或其壳体12或这种边界的图心(centroid)。半径 r_a 和 r_p 优选地大于IMD 10的半径 r_i ,这是因为这将允许充电线圈126在位置上从IMD 10横向变化,而同时仍然保持IMD 10完全界定在充电线圈126的区域内。例如,优选地是半径 r_a 和/或 r_p 是 r_i 半径的至少两倍。

[0055] 当充电线圈126产生磁场66时,一定量的磁场66将耦合到对准感测线圈128,其中耦合程度受到下面的IMD 10的位置的影响。该耦合致使电压 V_a 在对准感测线圈128两端形成,当IMD 10通常由对准感测线圈128的区域界定时,该电压将更小。这在图6B的曲线图中示出,其示出了作为半径 r 的函数的电压 V_a ,其中 r 包括充电线圈126和IMD 10之间的径向偏移,即它们的中心150和160之间的距离。像磁场66和 V_{coil} 一样,电压 V_a 本质上是AC,并且将具有等于耦合到它的磁场66的频率的频率。

[0056] 可以讨论 V_a 并且在图6B中以其最大幅度 V_{a+} (诸如其均方根、零到峰值、或峰间值)用曲线图表示。随着半径 r 从完全对中状况($r=0$)增加,幅度 V_{a+} 将缓慢增加,这是因为IMD 10仍然通常由对准感测线圈128界定。当半径 r 增加使得IMD 10攻破(breach)对准感测线圈128时,幅度 V_{a+} 开始显著增加更多。为简单起见,在图6B中线性地示出了这种增加,但可以是其他情况。随着半径 r 进一步增加,IMD 10将最终完全位于对准感测线圈128之外,此时幅度 V_{a+} 将最大化并且再次恒定,这是因为IMD 10对于到对准感测线圈128的耦合几乎没有影响。注意的是,稍后在图14A中示出了从实验结果取得的更准确的幅度 V_{a+} 的曲线图。

[0057] 可以通过对准感测线圈128的适当设计来定制幅度 V_{a+} 。就这点而言,注意的是 V_{coil} 可以在 $\pm 50V$ 左右的范围内。相反, V_a 优选地在能够由电子模块104中的感测电子器

件处理的范围内变化,这将在下面进一步解释。例如, V_a 可以优选地被设置为在 $\pm 1V$ 之间变化。设定幅度 V_a 可以通过改变对准感测线圈128与充电线圈126的接近度来实现,例如,通过相对于 r_p 改变 r_a 来实现。还可以通过设计电路板124中的导电迹线(根据其来构建对准感测线圈128)来设置幅度 V_a 。例如,对准感测线圈128的迹线的厚度和/或宽度可以改变,形成对准感测线圈128的匝数也可以改变。幅度 V_a 通常将随匝数而缩放。注意的是,虽然圆形感测线圈128看起来仅包括单个迹线(其在图中为了简单起见仅包括单匝),但实际可能是其他方面,而是取而代之地可以在单级或多级迹线电路板中形成多匝圆形感测线圈128。

[0058] 可以从 V_a 和半径 r 之间的关系中选择幅度对准阈值 $V_a(th)$ 。(稍后讨论图6B中所示的不同阈值 $V_p(th)$)。在所示的示例中, $V_a(th)$ 可以被确定为 $r=r_a$ (即,当IMD 10的中心160位于感测线圈128处时)所处的点。此时,如图6C所示,IMD 10大致在感测线圈128(和充电线圈126)的一半内部和一半外部。然而这只是示例且实验和模拟可以指定以不同的方式选择 $V_a(th)$ 。例如,作为实际问题,图6C中的充电线圈126和IMD 10之间的对准可能导致IMD的充电线圈36接收太少的磁场66。如果是这样,可以选择 $V_a(th)$ 的较低值,这将指示出在半径 r 小于 r_a 时的未对准。

[0059] 一旦确定了合适的幅度对准阈值 $V_a(th)$,位置电路140就可以使用它来确定并指示对患者的对准和/或未对准。如图6A所示,在对准感测线圈128两端形成的AC信号 V_a 经由电缆106发送到电子模块104。在该示例中, V_a 经由模数转换器142数字化,并呈现给位置电路140。在位置电路140中,可以确定幅度 V_a ,并且稍后将关于图13A-13D解释如何发生这种情况。在任何情况下,位置电路140可以数字地将幅度 V_a 与被存储在位置电路140中或由位置电路140可访问的幅度对准阈值 $V_a(th)$ 进行比较。也可以使用模拟电路,但是这没有示出。例如,可以将例如由整流器电路(未示出)产生的模拟幅度 V_a 与模拟幅度对准阈值 $V_a(th)$ 在比较器处进行比较。

[0060] 无论如何感测 V_a 并将其与 $V_a(th)$ 进行比较,位置电路140可以发出对准指示符74。例如,如果 $V_a > V_a(th)$,则位置电路140可以发出未对准指示符74,这可以包括从扬声器发出声音(“嘟嘟声”),以在显示器上(如果电子模块104具有一个的话)发出通知,或者使LED之一(例如,118b)照亮。如稍后详细讨论的,可以周期性地将 V_a 与 $V_a(th)$ 进行比较,并且可以对 V_a 的测量结果进行平均以使数据中的噪声平滑。如果患者能够移动充电线圈外壳102以实现充电线圈126和IMD 10之间的更好对准,则对准指示符74可以停止。注意的是,对准指示符74可以警告患者对准情况、未对准情况或两者皆有。

[0061] 可以假设患者组织中的中等深度 d 的IMD 10,和因此在充电线圈126和IMD10之间的中等距离,来选择幅度对准阈值 $V_a(th)$ 。然而,在实际使用中,患者的IMD 10可以比所假设的更浅或更深,在这种情况下 V_a 将分别减小或增加,如图6B中的虚线所示。位置电路140中使用的单个不变幅度对准阈值 $V_a(th)$ 可足以确定这些不同深度的对准。另一方面,单个 $V_a(th)$ 也可以被反指示(counter-indicated),这是因为它不会与 V_a 在所有深度处增加的曲线相交,或者可能不会与足够接近期望半径(例如, $r=r_a$)的曲线相交,以准确地建立对准和未对准之间的边界。因此, $V_a(th)$ 可以是可调整的以针对具有深植入物的患者提高 $V_a(th)$,并且针对具有浅植入物的患者降低 $V_a(th)$,从而适当地指示两种情况的未对准。例如,可以使用背景技术中讨论的USP 9,227,075中描述的调谐过程来调整幅度对准阈值 $V_a(th)$ 。

[0062] 在对准感测线圈128两端感应的电压 V_a 不仅将根据IMD 10深度而变化,而且还将根据由充电线圈126产生的磁场66的功率而变化。认识到这点很重要,这是因为充电线圈126和因此的磁场66的功率可以在充电系统102中由于各种原因而被控制和变化,其中一些原因将在后面讨论。这种控制也将影响 V_a ,这可能使得幅度 V_{a+} 与设定幅度对准阈值 $V_{a+}(th)$ 的比较变得困难。因而,在将 V_{a+} 测量结果与幅度对准阈值 $V_{a+}(th)$ 进行比较之前,相对于磁场66的功率对 V_{a+} 测量结果进行归一化对位置电路140来说是必要的。对 V_{a+} 测量结果的这种归一化可以包括例如将 V_{a+} 除以将指示磁场强度的任何数量的参数。这可以包括充电线圈126两端的电压的幅度(V_{coil+})、通过充电线圈126的电流的幅度($I_{charge+}$)、或对充电电路64的输入,诸如充电电路64驱动充电线圈126的占空比,如稍后所解释的。代替将感测线圈测量结果 V_{a+} 归一化,阈值 $V_{a+}(th)$ 也可以被归一化(例如,通过将其乘以指示磁场强度的参数)。

[0063] 但是,对感测线圈测量结果的归一化不是严格必要的。例如,可以控制充电线圈126以在取得感测线圈测量结果以确定对准时的时间处产生已知恒定功率的测试或默认磁场66,如下面进一步讨论的。因此幅度 V_{a+} 不会由于在那些时间处的磁场功率的变化而变化,从而允许选择并更可靠地应用幅度对准阈值 $V_{a+}(th)$ 。

[0064] 图7A-7C示出了另一个示例,其中单个感测线圈可以用于确定对准。在该示例中,对准感测线圈128'包括边缘检测器线圈,这样得名是因为线圈128'被成形为当IMD 10通常攻破由相对于中心150的两个圆形同心件(较小直径 ra_1 的内部件和较大直径 ra_2 的外部件)限定的区域(A)时检测到IMD 10的存在。对准感测线圈128'是圆形的并且再次与充电线圈126同心。内部件和外部件连接,使得流过对准感测线圈128'的电流将在两个件中以不同方向流动。例如,并如图7A中的箭头所示,在较小直径件(ra_1)中顺时针流动的电流将在较大直径件(ra_2)中逆时针流动。暂时忽略IMD 10,注意的是穿过对准感测线圈128'的件的磁场66将在由于两个件连接的方式而彼此相对的两个件中感应出电流。然后实际上,在对准感测线圈128'中流动的总电流以及在其两端形成的所得电压 V_a 将与外部件和内部件之间的区域(即,在它们之间界定的区域A)的差成比例。

[0065] 像图6A-6C的第一单个对准感测线圈128一样,内部(ra_1)件和外部(ra_2)件的半径大致接近但优选地小于充电线圈126的半径 r_p 。此外,半径 ra_1 和 ra_2 的值优选地接近(例如, ra_1 在 ra_2 的50%至95%之间)以限定窄区域A。为简单起见,两个件和因此的对准感测线圈128'的平均半径通常可以被称为单半径 ra 。与较早描述的对准感测线圈128一样,对准感测线圈128'的内部件和外部件中的每个都可以根据它们的厚度、长度和匝数来定制,但是这未示出。此外,修改这些变量对于调整 V_a 的范围是有用的。对准感测线圈128'再次优选地在电路板124的迹线中形成,但是这不是严格必要的。

[0066] 当充电线圈126与IMD 10完全对准时(即,当 $r=0$,并且中心150和160重合时),IMD 10不会遮蔽(eclipse)对准感测线圈128'的区域A。因此,IMD 10对磁场66与对准感测线圈128'的耦合具有有限的影响,并且幅度 V_{a+} 将接近最大值,如图7A所示。随着半径 r 增加,IMD 10将开始侵占对准感测线圈128'的区域A,并且 V_{a+} 开始减小,最终当IMD 10大致遮蔽对准感测线圈128'到最大程度时(即,当 $r=ra$ 时),达到最小值。随着 r 进一步增加,IMD 10最终将开始移动到区域A之外,并且 V_{a+} 将增加,最终当IMD 10不再影响与对准感测线圈128'的耦合时,达到最大值。注意的是,幅度 V_{a+} 在其最大值(r 的高值)将比 V_{a+} 在低值时(例如, $r=$

0) 高 (Δ), 这仅仅是因为在低值时 IMD 10 将具有与对准感测线圈 128' 的一些小耦合。

[0067] 幅度 V_{a+} 的最小值有助于选择当使用对准感测线圈 128' 时可由位置电路 140 使用的幅度对准阈值 $V_{a+}(th)$ 。虽然幅度对准阈值 $V_{a+}(th)$ 可以被设置为 V_{a+} 的最小值, 但是 $V_{a+}(th)$ 也可以被设置为略高于该最小值的值, 以确保它不被位置电路 140 “遗漏 (missed)”。因此, 并且与之前一样, 对准感测线圈 128' 的幅度 V_{a+} 可以被感测并且用于通过与对准阈值 $V_{a+}(th)$ 比较来指示未对准。

[0068] 可以修改位置电路 140 以在确定未对准时考虑图 7A 的 V_{a+} 相对于半径曲线的形状差异。例如, 位置电路 140 可以确定 V_{a+} 是否已经下降 (例如, 到 $V_{a+}(th)$), 并且随后开始增加, 并且在那时发出未对准指示符 74。就这点而言注意的是, 位置电路 140 可以存储先前的 V_{a+} 测量结果作为时间的函数。

[0069] 边缘检测对准感测线圈 128' 的使用以及其 V_{a+} 曲线的形状相对于半径可以允许选择幅度对准阈值 $V_{a+}(th)$, 其可以精确地建立对准和未对准之间的边界, 而不管 IMD 10 深度如何。图 7A 示出了针对深植入物和浅植入物的两条 V_{a+} 曲线。可以选择针对这两种极端情况高于 V_{a+} 最小值的单个 $V_{a+}(th)$, 因此允许 V_{a+} 用于确定对准, 而不管植入深度如何, 并且可能无需针对不同 IMD 深度情况而调整 $V_{a+}(th)$ 。话虽如此, 根据较早讨论的 USP 9,227,075, $V_{a+}(th)$ 可以像之前一样针对不同的 IMD 深度进行调整。此外, 如较早所讨论的, V_{a+} 或 $V_{a+}(th)$ 可以被归一化以考虑磁场 66 的功率。

[0070] 图 8A 和 8B 呈现了另一对准感测线圈布置 128'', 其在功能上类似于图 7A-7C 的边缘检测对准感测线圈 128', 但是使用了没有连接的同心圆形内部对准感测线圈和同心圆形外部对准感测线圈 128_1 和 128_2。如在对准感测线圈 128' 中, 内部对准感测线圈和外部对准感测线圈 128_1 和 128_2 具有优选地值接近的半径 r_{a1} 和 r_{a2} 。然而, 因为对准感测线圈 128_1 和 128_2 未连接, 所以它们将每个都感应出经由电缆 106 传递到电子模块 104 的单独电压 V_{a1} 和 V_{a2} 。像之前一样, 对准感测线圈 128_1 和 128_2 中的每个可以根据它们的几何形状和匝数来定制, 以实现适合于电子模块 104 的 V_{a1} 和 V_{a2} 的值。

[0071] 在电子模块 104 处, 可以减去 (或者如果电压具有相反极性则加上) 电压 V_{a1} 和 V_{a2} , 其大致等于图 7A-7C 的边缘检测对准感测线圈 128' 的单数电压 V_a 。因此, 幅度 V_{a+} 曲线再次经历如图 8A 所示的最小值, 其中如已经讨论的那样建立对准阈值 $V_{a+}(th)$ 。对感测电压 V_{a1} 和 V_{a2} 的处理可以像之前一样在位置电路中发生, 其中 A/D 142_1 和 142_2 用于使这些电压数字化, 并且其中在位置电路 140 中发生它们的减法。可替换地, 电压 V_{a2} 和 V_{a1} 两者都可以呈现给差分放大器 144, 其可以在数字化和呈现给位置电路 140 之前执行减法, 如虚线所示。否则, 用于对准感测线圈布置 128'' (在下文中也简称为对准感测线圈 128'', 即使包括两个感测线圈 128_1 和 128_2 也是如此) 的位置电路 140 可以像之前一样用于确定和指示未对准。此外, 位置电路 140 可使用的幅度对准阈值 $V_{a+}(th)$ 可以是基于植入深度而可调整的, 和/或位置电路 140 可以应用归一化以考虑磁场 66 的功率, 如先前所解释的。

[0072] 虽然如所示的对准感测线圈 128'' 包括两个对准感测线圈 128_1 和 128_2, 但是注意的是, 可以使用甚至更多数量的对准感测线圈 128_x, 诸如例如三个或三个以上。包括甚至更多数量的对准感测线圈 128_x 将提供其它信息, 并且允许位置电路 140 以进一步的精度确定对准。

[0073] 对此, 已经描述了对准感测线圈 128、128' 和 128'', 其确定充电线圈 126 (更一般地

为充电线圈组件102)与IMD 10之间的未对准,即,当对准非常差使得充电线圈126和IMD的充电线圈36没有很好地耦合,且因此充电线圈126在其当前位置不能对IMD的电池14充分充电时。然而,在随后的示例中,充电系统100使用一个或多个感测线圈,以确定是否充电线圈126相对于IMD 10“对中”。如下所解释的,充电线圈126在与IMD 10良好对准时(即,当充电线圈126和IMD的充电线圈36非常好地耦合,且因此充电线圈126能够快速给IMD的电池14充电时)相对于IMD 10“对中”。例如,如果充电线圈126与IMD 10之间的耦合值大于0.65,则充电线圈126可以说是与IMD 10对中,而如果 k 小于或等于0.65则不对中,尽管再次地该值是专用的。因此,充电线圈126可以与IMD 10对准(不是未对准),即使它没有对中,例如,如果 $0.35 < k \leq 0.65$ 。

[0074] 为了检测充电线圈组件102何时与IMD 10对中,电路板124可以包括一个或多个对中感测线圈129,首先在图9A-9C中示出。在所示的示例中,对中感测线圈129是圆形的,类似于图6A-6C的对准感测线圈128,但是感测线圈129还可以包括边缘检测器对中感测线圈(129'),其在几何形状上与较早在图7A-7C中示出的边缘检测器对准感测线圈128'类似。感测线圈129还可以包括一个或多个单独的对中感测线圈(129_1和129_2;共同地为129"),其在几何形状上与较早在图8A和8B中示出的对准感测线圈128"类似。为了简单起见,对中感测线圈随后由元件129所指,即使也可以使用可替换的未示出的几何形状129'或129"所指。

[0075] 与对准感测线圈一样,对准感测线圈129感应出电压 V_c (或 V_{c1} 和 V_{c2} ,如果根据129"使用两个或两个以上单独的对中感测线圈的话)。与 V_a 一样, V_c 的最大幅度 V_{c+} 是与初级充电线圈126的耦合和与IMD 10的接近度相关的耦合的函数。因此,当IMD 10接近由对中感测线圈129包围的区域时,幅度 V_{c+} 将下降。再次地,对中感测线圈129可以在电路板124的导电迹线中形成,但也可以包括导线绕组,并且感测线圈129的几何形状可以被定制以获得 V_c (或 V_{c1} 和 V_{c2})的值,其可以由电子模块104处理。

[0076] 与对准感测线圈128一样,对中感测线圈129优选地围绕中心150来对中,并且包括半径 r_c (或半径 r_{c1} 和 r_{c2} ,如果使用129'或129"则具有 r_c 的平均半径)。在一个示例中,半径 r_c 可以近似等于IMD 10的半径 r_i 。如幅度 V_{c+} 相对于半径 r 的曲线图所示(其示出了针对与较早图6B的单个感测线圈类似的单个感测线圈的 V_{c+}),当充电线圈126(充电线圈组件102)与下面的IMD 10完全对准时(即,当中心150和160重合,并且 $r=0$ 时), V_{c+} 将处于最小值。随着半径 r 增加,IMD 10将几乎立即开始攻破对中感测线圈129的范围,且因此 V_{c+} 将开始增加,并且当IMD 10不再耦合到对中感测线圈129时 V_{c+} 最终将达到最大值。从该曲线图,可以选择幅度对中阈值 $V_{c+}(th)$ 。与较早所讨论的幅度对准阈值 $V_{a+}(th)$ 一样,可以以不同的方式选择 $V_{c+}(th)$ 。在所示的示例中, $V_{c+}(th)$ 被选择为建立:如果充电线圈126与IMD 10之间的半径 r 小于 $1/2r_c$,则充电线圈126相对于IMD 10而对中。因此,只要IMD 10的中心160位于相对于充电线圈126的中心150的小区域A'内,充电线圈组件102就将被视为与IMD 10对中,如图9B所示。

[0077] 然后,位置电路140可以将测量到的幅度 V_{c+} 与 $V_{c+}(th)$ 进行比较并发出对中指示符75。例如,如果充电线圈126不对中,即,如果 $V_c > V_{c+}(th)$,则对中指示符75可以发出,其与对准指示符74一样可以包括使用扬声器、LED等。对中指示符75可以向患者警告对中情况、未对中情况或两者。还要注意的,针对 V_c 的感测电路(例如,A/D转换器142)也可以与用于感测 V_a 的电路相同或相似。

[0078] 类似于幅度对准阈值 $V_{a+}(th)$ ，如上所述，还可以基于各个患者的IMD 10的特定深度针对各个患者来调整对中阈值 $V_{c+}(th)$ ，和/或位置电路140可以应用归一化以考虑磁场66的功率。

[0079] 对此，已经分别讨论了充电线圈126与IMD 10的对准(图6A-8B)和对中(图9A-9C)。然而，当两种技术一起使用时，IMD 10充电还有另外的优点，如图10A-11B所示。特别地，一起使用两种技术允许充电系统100确定和/或指示充电线圈126相对于IMD 10的三个可能位置：对中(例如， $r < 1/2r_c$ 或 $k > 0.65$)、未对准(例如， $r > r_a$ 或 $k \leq 0.35$)、以及中间耦合的中间位置，其中充电线圈126不对中但也不是与IMD不对准($1/2r_c < r < r_a$ 或 $0.35 < k \leq 0.65$)。

[0080] 以图10A和10B开始，除了充电线圈126之外，充电线圈组件102还包括对准感测线圈128和对中感测线圈129两者，其可以以较早描述的任何各种形式构造。为简单起见，示出了半径 r_a 和 r_c 的单线圈128和129(见图6B和9A)。

[0081] 位置电路140以对准和对中算法180被编程，这将参考图12A和12B进一步讨论。算法180接收如被数字化的 V_a 和 V_c ，并且如之前一样将幅度 V_{a+} 和 V_{c+} 与阈值 $V_{a+}(th)$ 和 $V_{c+}(th)$ 进行比较，以确定充电线圈126是否对中、未对准或者未对中但也不是未对准。对准指示符74和/或对中指示符75中的任一个或两者可以相应地发出。技术人员将认识到的是，算法180可以被存储在任何非暂时性计算机可读介质上，包括控制电路72内的固态存储器。

[0082] 使用单独对准128和对中129感测线圈或两个不同的同心线圈的一个优点更一般地涉及对感测线圈测量结果的归一化。 V_a 和 V_c 将随着充电线圈126产生的磁场66的功率而变化，并且如上所讨论的，这种测量结果可以被归一化以去除作为变量的磁场功率，并且与阈值 $V_{a+}(th)$ 和 $V_{c+}(th)$ 进行比较更可靠。然而，当使用两个或两个以上的感测线圈时，可以使用其它测量结果来对一个感测线圈测量结果进行归一化，这是因为其他测量结果通常将指示磁场强度(即使受到IMD耦合的影响)。例如，在将幅度 V_{a+} 与幅度对准阈值 $V_{a+}(th)$ 进行比较之前，可以使幅度 V_{a+} 除以幅度 V_{c+} ，并且可以在将 V_{c+} 与对中阈值 $V_{c+}(th)$ 进行比较之前使 V_{c+} 除以 V_{a+} 。

[0083] 实际上，附加的感测线圈可以被包括在充电线圈组件102中并且仅仅为了归一化目的而被测量。例如，在图10B中，感测线圈128及其测量到的电压 V_a 可以不必用于对准确定。取而代之的是，对中和/或对准可以由感测线圈129及其电压 V_c 确定(如关于图11A和11B进一步解释的)，其中在 V_{a+} 与相关阈值($V_{a+}(th)$ 和/或 $V_{c+}(th)$)进行比较之前， V_{a+} 仅用于使 V_{c+} (例如， V_{c+}/V_{a+})归一化。

[0084] 还可以使用单个感测线圈来检测对准和对中。例如，在图11A和11B中，使用单个对准/对中感测线圈130。在所示的示例中，对准/对中感测线圈130是圆形的，但是它可以包括边缘检测器感测线圈(130')或单独的对中感测线圈(130_1和130_2;共同地为130")，这类似于图7A-8B中所示的那些。为了简单起见，对准/对中感测线圈随后由元件130指代，即使也可以使用可替换的未示出的几何形状130'或130"。

[0085] 对准/对中感测线圈130的半径 r_x 优选地在较早描述的各个对准线圈和对中线圈128和129的半径 r_a 和 r_c 之间。在线圈130两端感应出的电压 V_x 的幅度 V_{x+} 可以与位置电路140的对准和对中算法180中的单独的幅度阈值 $V_{a+}(th)$ 和 $V_{c+}(th)$ 进行比较。针对充电线圈126相对于IMD 10的对中情况(在区域A'内)和未对准情况(外部区域A")，可以选择这种阈值来建立边界。这种边界可以与较早呈现的各个对准线圈和对中线圈128和129的半径一

致,或根据其来建立。例如,对准幅度阈值 $V_{a+}(th)$ 可以建立 r_a 的半径,在其外部IMD 10被认为是未对准的(即,当 $V_{x+}>V_{a+}(th)$ 时),而对中幅度阈值 $V_{c+}(th)$ 可以建立半径 $1/2r_c$,在其内部IMD被认为是对中的(当 $V_{x+}<V_{c+}(th)$ 时)。此外,对准指示符和对中指示符74和75可以用于指示对中、未对准和/或对准但未对中的情况。

[0086] 在关于图12A和12B详细解释之前,简要地总结了对准和对中算法180的示例。算法180要求在IMD充电会话开始时患者首先使充电线圈126(充电线圈组件102)与下面的IMD 10对中(例如, $r<1/2r_c$)。此后并且在充电期间,充电线圈126可以移动,并且甚至可以从未对准位置(例如, $r>1/2r_c$)移动,只要充电线圈126仍然与IMD 10对准(例如, $r<r_a$)。然而,如果充电线圈126移动到不再与IMD 10对准的程度(例如, $r>r_a$),则在充电将再次认真地开始之前,将要求患者再次使充电线圈组件102重新对中(例如, $r<1/2r_c$)。

[0087] 对准和对中算法180的这种操作是有益的,这是因为它在未对准之后最初和之后确保充电线圈126与IMD 10对中,并且因此两者非常好地耦合。要求这种对中定位意味着充电线圈126不太可能很快移出与IMD 10的对准,这是因为它将必须移动可感知的距离(从 $1/2r_c$ 到 r_a)才能这样做。

[0088] 这是对先前对准技术的改进,在先前对准技术中仅通过简单对准/未对准确定来评估充电器到IMD定位。考虑例如图3,其中仅通过将初级线圈52的 V_{coil} 与对准阈值 V_t 进行比较来确定对准(70)。假设在充电会话开始时外部充电器50与IMD 10相对较差地对准,也许是因为如图4B所示它显著偏移(x)。还假设外部充电器50尽管仍然在技术上对准,这是因为 $V_{coil}<V_t$ (尽管 V_{coil} 也非常接近 V_t)。外部充电器50可能很容易在患者移动时很快失去对准($V_{coil}>V_t$)。这为患者提供了令人沮丧的使用模型,该患者相信他的外部充电器50是对准的,稍后短时间(可能是几秒钟之后)却发现对准要求他的注意。即使此后,如果患者将外部充电器50移回到与IMD 10对准($V_{coil}<V_t$),充电器也可能再次快速地与IMD不对准(如果它再次处于未对准的边缘的话)。

[0089] 对准和对中算法180解决了这个问题,这因为如果充电线圈组件102仅与IMD 10几乎不能对准,则不能开始充电。取而代之的是,然后充电线圈组件102必须与IMD 10对中,实际上,这要求与对中提供的IMD 10非常好地对准。

[0090] 图12A以流程图的形式示出了对准和对中算法180,而图12B示出了作为算法的结果的充电线圈126处产生的磁场。首先,患者打开充电器系统100(190),例如通过按下电子模块104的外壳105上的开/关按钮116(图5B)。然后可以从充电线圈126中产生测试或默认磁场(192)。如较早提及的,该测试磁场66可以是已知的恒定功率,并且功率可以低于在该过程中稍后用于对IMD的电池14可操作地充电的真实磁场66的功率。低功率磁场的使用是优选的,以确保在充电系统100能够确定充电线圈126是否对中之前,确保IMD 10没有被过度提供功率。利用充电电路64通过使用设定占空比而进行恒定功率测试磁场,如稍后详细描述。

[0091] 算法180可以作为第一步推断出IMD 10是否存在(193)—充电系统100是否检测到IMD 10的存在,使得可以开始评估位置和充电。检测IMD 10的存在可以以任何数量的方式发生。例如,可以在测试磁场的产生期间评估充电线圈126两端形成的电压的幅度 V_{coil+} ,并且将其与IMD存在幅度阈值 $V_{p+}(th)$ 进行比较。

[0092] 可替换地,充电系统100可以使用从较早所示的任何感测线圈取得的测量结果来

确定IMD存在,并且稍后在算法180期间使用该测量结果以确定充电器到IMD对准和/或对中。例如,图12A的底部示出了在对准感测线圈128(参见图6B)处测量到的幅度 V_{a+} 的曲线图。除了评估较早所讨论的对准幅度阈值 $V_{a+}(th)$ 之外,可以将 V_{a+} 与IMD存在阈值 $V_{p+}(th)$ (其可以被设置在刚好 V_{a+} 的最大值之下)进行比较。如果 $V_{a+} > V_{p+}(th)$,则充电系统100(例如,位置电路140)可以确定IMD 10还不在于充电线圈126(充电线圈组件102)的可检测范围内。尽管未示出,但是可以通过由充电系统的用户界面发出的警报(例如,LED 118a或118b中的一个或多个)向用户指示检测到的IMD 10的存在与否。因此,注意的是,充电系统100除了确定对准和未对准、和/或对中和未对中(IMD 10相对于充电线圈126存在的情况)之外,可以另外确定IMD 10不是相对于充电线圈126存在。

[0093] 在步骤193处,可以使用又其他技术来确定相对于充电线圈126的IMD 10的存在。例如,可以使用USP 9,186,520的技术,该技术也可以用于当检测到IMD 10存在时自动打开充电系统。

[0094] 一旦确定IMD存在并且产生测试磁场66,就感测一个或多个电压以确定充电线圈126是否与IMD 10对中(194)。例如,可以将对中感测线圈129的幅度 V_{c+} 或者对准/对中感测线圈130的 V_{x+} (可能如以较早描述的各种方式进行归一化)与对中阈值 $V_{c+}(th)$ 进行比较。最初,可以预期的是充电线圈126没有很好地对中,特别是如果患者处于将充电线圈组件102放置接近IMD 10的过程中。在这种情况下,患者将被警告(对中指示75)充电线圈126未对中(196),以便他可以尝试将充电线圈组件102移动到相对于IMD 10的更好位置。这种警报可以是先前描述的各种形式。在特定示例中,这种警报可以包括以指示对中/对准状态的颜色而照亮电子模块104上的LED(例如,118b)。例如,在充电线圈126对中之前,LED 118b可能最初被点亮为红色。

[0095] 可以以明智的间隔(诸如每1.0秒左右)重复对对中的评估(194)。一旦实现对中—例如,当 V_{c+} 或 $V_{x+} < V_{c+}(th)$ 并且因此充电线圈126和IMD 10之间的半径 r 小于 $1/2r_c$ 时,如先前示例中所讨论的那样—先前发出的未对中警报就可以停止(198)。例如,LED 118b现在可以点亮为绿色以指示充电线圈126对中。此外,充电线圈126现在可以产生可操作以对IMD 10的电池14进行充电的真实磁场66(200)。这种真实磁场66的功率可能高于测试磁场的功率,并且还可以根据正常充电线圈126操作和控制而变化,如图12B中的箭头所示,并且如随后进一步讨论的。真实磁场66可以在合理的时间段(t_1)(诸如30秒左右)内继续产生。

[0096] 此后,对准和对中算法180将测量充电线圈组件102相对于IMD 10的对准(202)。该测量可以再次涉及使用恒定的低功率测试磁场。优选地,对准测量快速地发生,例如,在1.0秒的时间段(t_2)内,且因此不会通过真实磁场显著地中断对IMD 10的充电。可以通过评估感测线圈128的幅度 V_{a+} 或者对准/对中感测线圈130的幅度 V_{x+} (可能以如较早描述的各种方式进行归一化)来确定未对准。

[0097] 如果充电线圈126没有未对准(204)—例如,如果 V_{a+} 或 $V_{x+} < V_{a+}(th)$ 并且因此半径 r 小于 r_a ,如先前示例中所讨论的那样—那么充电可以继续(200)其中充电线圈126再次在另一周期 t_1 内产生真实磁场。注意的是,在该示例中,此时充电线圈126可能不再与IMD 10对中。也就是说,半径 r 可以大于 $1/2r_c$ 但小于 r_a 。但是在该示例中,这并不重要:只要不存在更显著的未对准情况并且因此IMD 10仍然合理地耦合到充电线圈126并且由其充分地充电,经由真实磁场的充电就可以继续。

[0098] 如果充电线圈126未对准(206)——例如,如果 V_{a+} 或 $V_{x+} > V_{a+}(th)$ 并且因此半径 r 大于 r_a ——那么再次警告患者(对准指示符74),诸如通过再次将LED 118b点亮为红色。然后算法180本质上返回其开始:从充电线圈产生测试磁场(192),并且在真实磁场再次开始之前(200),患者必须再次移动充电线圈组件102以使其与IMD 10对中(例如, $r < 1/2rc$) (194-198)。

[0099] 如刚刚讨论的,可能对对准和充电算法180无关紧要的是:充电线圈126最终变得与IMD 10未对中,只要它也保持对准(202-206)即可。IMD 10的正常充电可以继续。然而,以虚线示出的算法180中的可选步骤也可以用于通知用户未对中但对准的情况,即使它不影响充电。如果充电线圈126不是未对准(204),则算法180仍然可以检查它是否仍然对中(208),类似于最初在步骤194中发生的情况。如果仍然对准的充电线圈126仍然是对中的(210),则充电可以继续。在这种情况下,LED 118b可以保持绿色(或者如果先前点亮为琥珀色则可以变为绿色,如即刻所解释的)。然而,如果仍然对准的充电线圈126没有对中(212),也可以警告用户该事实,即使充电仍将继续,并且即使现在不要求患者移动充电线圈102也是如此。例如,在这种情况下,LED 118b可能会被点亮为琥珀色。实际上,算法180中的这些可选步骤测量充电系统的三种不同情况,并发出三种不同的警报:对中情况(绿色)、未对中但不是未对准情况(琥珀色)以及未对准情况(红色)。

[0100] 应当注意的是,评估对准和对中的步骤202和208不需要以所示的顺序发生,并且可以同时评估。例如,只有当充电线圈126已经变得不对中(208)时才评估对准(202)可能是明智的。

[0101] 尽管使用可能不同的“测试”和“真实”磁场66来描述对准和对中算法180,但这不是严格必需的。取而代之的是,充电线圈126可以通过用于有意义地向IMD 10提供功率的类型的整个算法180的操作而产生单个真实磁场66。在这种情况下,对感测线圈测量结果的归一化可能变得更加重要以考虑磁场66功率的可能变化,如较早所讨论的。

[0102] 对此,在本公开中,已经参考在感测线圈上感应的电压的最大幅度来确定充电器到IMD的位置(例如,对准和/或对中)。然而,本发明人认识到,可以使用其他感测线圈参数来确定充电器到IMD的定位,特别是相对于用于驱动充电线圈126的信号的感应电压的相位角(θ),以及充电器/IMD系统的谐振频率($f(res)$)。本发明人还认识到,对两个或两个以上感测线圈参数(例如,幅度、相位角(θ)以及谐振频率 $f(res)$ 中的两个或两个以上)的使用可以用于改善定位确定,特别是通过允许充电器到IMD的深度(d)以及充电器到IMD半径(r)被确定。在详细讨论这些概念之前,参考图13A-13C讨论充电器系统100中的电路的其它细节。

[0103] 图13A示出了关于用于由AC电流 I_{charge} 激励充电线圈126的充电电路64的其它细节。数字驱动信号D由方波发生器65形成,方波发生器65可以包括控制电路72的一部分。驱动信号D包括脉冲宽度调制(PWM)信号,其具有针对时间部分'a'为高(逻辑'1')和针对时间部分'b'为低的周期性重复部分。因而,驱动信号D具有等于 $a/(a+b)$ 的占空比DC。此外,驱动信号D具有等于 $1/(a+b)$ 的频率 f 。驱动信号的频率 f 大致被设置为或接近电容器131/充电线圈126LC电路的谐振频率(例如,大约80kHz),但是也可以调整驱动信号的频率,如随后所解释的。

[0104] 充电电路64可以包括众所周知的H桥配置,其包括耦合到电源电压 V_{cc} 的两个N沟道晶体管,以及耦合到诸如地(GND)的参考电位的两个P沟道晶体管。晶体管由驱动信号D及

其逻辑补码D*驱动接通和断开。在这样做时,使电源电压V_{cc}和接地在LC电路两端以频率f交替,从而在该频率下产生磁充电场66。电源电压V_{cc}可以包括电子模块104中的电池110(图5A)的电压,或者可以从该电压进行调节。如众所周知的,驱动信号D的占空比DC可以从0增加到50%以增加I_{charge},从而设定充电线圈126被激励的功率并因此设定所产生的磁场66的功率。

[0105] 在感测线圈178(例如,较早介绍的128、128'、128''、129、129'、129''、130、130'或130''中的任何一个)两端感应出的AC电压V_y(例如,较早介绍的V_a、V_c或V_x中的任何一个)也将具有等于f的频率,但是可以相对于驱动信号D(和因此相对于充电线圈126和磁场66两端的电压V_{coil})而偏移相位角(θ)。这在图13B中示出,其中相位角θ被测量为驱动信号D的中心(顶部'a')与V_y=0时的之间的差。然而,这是任意的,并且感测线圈电压V_y的相位角θ可以关于不同的参考点来确定,或者关于V_{coil}或磁场66来确定。

[0106] 如较早所提到的,感测线圈电压V_y在A/D 142处被数字化,并且以频率F_s被采样。如所示的,数字化样本被提供给V_y幅度和相位角确定模块170,其可以更一般地作为位置电路140内和控制电路72内的固件进行操作。模块170能够通过评估V_y的N个数字化样本而同时确定V_y的幅度(V_{y+})和相位角(θ)。图13C解释了所涉及的数学。基本上,每个样本(V_{y_N})乘以正交三角函数(sin(ω x t_N)或cos(ω x t_N)),加在一起,并通过样本数(1/N)进行归一化,从而呈现值I和R。然后将V_y的幅度(V_{y+})和相位角(θ)确定为I和R的函数,如右边的等式所示。注意的是,以这种方式确定的幅度V_{y+}包括V_y的零到峰值,如图13B所示。

[0107] 如技术人员将理解的,还可以以不同的方式确定幅度V_{y+}和相位角θ,并且其不需要在相同的模块或电路中同时确定。例如,可以通过将V_y整流为DC电压(例如使用全波整流器)来确定幅度V_{y+}。相位角θ也可以使用模拟分量来确定。图13D例如示出了可以使用相位比较器182确定V_y和驱动信号D之间的相位角,如已知的那样,相位比较器182输出了表示相位角θ的电压(V_{centr})。如果需要,可以将感测到的电压V_y限制(限幅(clip))并且电平移位到数字信号,该数字信号与相位检测器182处的数字驱动信号D更容易比较。

[0108] 应当注意的是,V_y的样本数量(N)和取得这种样本所处的频率(F_s)可以取决于期望的精确度V_{y+}和θ以及测量应该花多长时间而变化。

[0109] 可以被评估以确定充电器到IMD定位的另一个感测线圈参数是充电器-IMD系统的谐振频率f(res)。谐振频率f(res)可以在位置电路140内的谐振频率确定模块172(图13A)中确定,其也可以作为固件而可操作。模块172可以使用在模块170中确定的相位角θ来帮助确定谐振频率f(res)。特别地,模块172可以改变驱动信号D的频率f,直到从模块170接收到的相位角θ等于0为止,从而在该频率f处建立f(res)。这种频率变化可以是迭代过程,并且可能要求对驱动信号D的频率进行若干调整。如何调整频率可能涉及对相位角θ的极性的考虑。例如,如果相位角为正,则模块172可以降低频率f,和如果相位角为负,则可以升高频率f。

[0110] 对驱动信号D进行频率调整以确定谐振频率f(res)可以通过改变方波发生器65处的时间部分'a'和'b'中的一个或两个来发生。在一个示例中,两个时间部分'a'和'b'可以被相等地缩放,从而保持驱动信号D的占空比DC恒定,且从而保持充电线圈126和磁场66的功率恒定。然而,这不是严格必要的,这是因为由小频率调整引起的占空比和功率的变化可以是可忽略或可允许的。因此,只有部分'a'或'b'可以变化。

[0111] 还可以使用模拟电路来完成对充电器-IMD系统的测量 $f(\text{res})$ 。再次参考图13D,可以在比较器186处将经确定的相位角(表示为 V_{cntr})与参考电压(V_{ref})进行比较。当相位角为零度时,可以将 V_{ref} 设置为等于 V_{cntr} ,且因此比较器可以将数字信号输出到方波发生器65,以指示相位角是否比零度更高('1')或更低('0')。因此,方波发生器65继而可以增大或减小驱动信号D的频率,其经由反馈回路190被提供回给相位比较器182,直到 $V_{\text{cntr}}=V_{\text{ref}}$ 并且相位角 θ 等于零为止,此时 $f(\text{res})$ 被确定为驱动信号D已被调整到的频率 f 。还可以使用其他模拟反馈电路,诸如相位锁定或延迟锁定环路。

[0112] 图14A示出了从感测线圈178测量到的幅度 V_{y+} (左上)、相位角 θ (右上)和谐振频率 $f(\text{res})$ (左下)的参数如何分别根据在充电线圈126和IMD 10的中心150和160之间的径向偏移 r 和深度 d 而变化的实验结果。图14B示出了该相同的数据,但是针对恒定深度($d=10\text{mm}$)处的每个感测线圈参数来绘制曲线图,该恒定深度表示当IMD 10被植入在患者中时充电线圈组件102和IMD 10会被分离所处的典型深度。在该实验中,充电线圈126的半径 r_p 约为30mm,并且感测线圈178的半径(在该示例中为圆形;参见例如图11B)约为15-20mm。

[0113] 图14B验证了可以单独测量和评估感测线圈参数幅度 V_{y+} 、相位角 θ 或谐振频率 $f(\text{res})$ 中的任何一个以确定充电器到IMD定位——诸如如较早所讨论的对准或对准。例如,并且如参考例如图6B较早讨论的,幅度阈值 $V_{y+}(\text{th})$ 可以被存储在位置电路140(图13A)相关联的数据库200中,并且与测量到的幅度 V_{y+} (模块170)进行比较,以确定充电线圈126定位。如数据所示,幅度阈值 $V_{y+}(\text{th})=0.18\text{V}$ 在指示的深度($d=10\text{mm}$)处建立约27mm的充电器到IMD半径 r ,其接近充电线圈126的半径(约30mm)。因此,该阈值将作为充电器到IMD对准的良好确定器,使得如果 $V_{y+}<V_{y+}(\text{th})$,则充电线圈126将被视为与IMD 10对准,并且如果 $V_{y+}\geq V_{y+}(\text{th})$,则未对准。还可以存储和应用不同的阈值以确定更严格的对准位置,诸如 $V_{y+}(\text{th}')=0.14\text{V}$,这将充电线圈126定义为当充电线圈126处于或低于相对于IMD 10的更紧的20mm半径时对准。取决于与一个或多个幅度阈值的比较,IMD位置电路140可以向用户指示(74,75)所确定的位置,诸如对于用户来说,充电线圈126是否对准、未对准但对准、或未对准,如较早所解释的。如较早所讨论的(图10A和10B),也可以使用与充电线圈126同心的多于一个的感测线圈178。

[0114] 测量到的谐振频率 $f(\text{res})$ 也可以单独用于确定充电器到IMD定位。如图14B所示,谐振频率阈值 $f(\text{res})(\text{th})=81.2\text{kHz}$ 在指示的深度($d=10\text{mm}$)处建立了大约27.5mm的充电器到IMD半径 r ,这可以再次用作充电器到IMD对准的良好确定器:如果 $f(\text{res})>f(\text{res})(\text{th})$,则充电线圈126将被视为与IMD 10对准,并且如果 $f(\text{res})\leq f(\text{res})(\text{th})$,则未对准。可以再次应用不同的阈值来确定更严格的对准位置,诸如 $f(\text{res})(\text{th}')=81.4\text{kHz}$,这将定义更紧的20mm对准半径,但是图14B中未示出该另外的阈值。此外,也可以使用从多于一个感测线圈178测量到的谐振频率 $f(\text{res})$ 。

[0115] 测量到的相位角 θ 也可以单独用于确定充电器到IMD定位。从图14B中的数据注意到的是,当 $r=0$ 时,从感测线圈178测量到的相位角 θ 显著地滞后于驱动信号D(10°),并且在更高的半径处下降,最终接近于与充电线圈126的半径(30mm)更靠近的零度。大约0.8度的相位角阈值 $\theta(\text{th})$ 再次用作所讨论的充电线圈126的几何形状和指示的深度处的合适的对准阈值。此外,且虽然未示出,但是可以使用额外的相位角阈值来确定对准,并且可以从多于一个的感测线圈178测量相位角。

[0116] 再次参考图13A,刚刚描述的各种阈值(V_{y+} (th)、 θ (th)和 f (res)(th))可以被存储在数据库200中并且与测量值进行比较,其可以是图14A中表示的三维数据($V_y(r,d)$)、 $\theta(r,d)$ 、 f (res)(r,d)。另外,还可以存储充电线圈126和IMD 10之间的深度 d ,其也可以在患者之间变化。深度 d 的先验知识可以允许以更高的精度确定感测线圈参数阈值。这可能很重要,这是因为如图14A中的等位线所示,测量到的参数可以根据IMD 10深度 d 而变化,意味着单个阈值可能不适合于确定所有深度的位置(对准和对中)。

[0117] 如果存在图14A的三维数据,并且深度 d 是已知的,则可以从数据库200中确定(例如,查找)每个感测线圈参数的适当阈值。例如,如果已知充电器到IMD深度为15mm,且当半径 r 超过31mm时应指示未对准,则适当的谐振频率阈值 f (res)(th)将约为80.9kHz,如通过图14A的谐振频率数据中的虚线所示。还可以计算或学习充电器到IMD深度 d ,并且然后将其存储在数据库200中,以允许使用例如USP 9,227,075的技术来选择适当的阈值,这里没有描述该技术。

[0118] 尽管测量到的感测线圈参数随深度变化,但是使用相位角 θ 来确定充电器到IMD的定位是特别有希望的,这是因为其对深度 d 的相对不敏感性。再次参考图14A,注意的是,先前选择的阈值 θ (th)=0.8的等位线是相对垂直的,特别是在较低深度($d \leq 15\text{mm}$)处。这意味着该相位角阈值 θ (th)将很好地工作于确定在大深度(即从 $0 < d < 15\text{mm}$)上的对准。在该深度范围内,所建立的未对准半径中的误差 e 仅从约25-28mm略微变化,这是可以容忍的。

[0119] IMD位置电路140对多于一个测量到的感测线圈参数的考虑还可以允许确定充电线圈126和IMD 10之间的半径 r 和深度 d 两者(特别是如果数据库200包括图14A的三维数据的话)。例如,假设模块170将 V_y 、 V_{y+} 的幅度确定为0.14V。如图14A中的等位线所证明的,不能单独的基于 V_{y+} 来知道充电线圈126是否例如在位置X1或X2处。然而,如果模块170还确定出相位角 θ 是 4.0° ,则位置模块140可以确定(使用 $V_{y+}(r,d)$ 和 $\theta(r,d)$)的是充电线圈126必须位于位置X1处,也就是相对于IMD 10在约 $r=17\text{mm}$ 和 $d=10\text{mm}$ 处(相对于它们的中心160和150而测量的)。

[0120] 在另一示例中,假设模块170将 V_{y+} 确定为0.30V。如图14A中的等位线所证明的,不能知道充电线圈126是否例如位于位置Y1或Y2处。然而,如果模块172还确定出谐振频率是80.9kHz,则位置模块140可以确定(使用 $V_{y+}(r,d)$ 和 $\theta(r,d)$)的是充电线圈126必须位于位置Y1处,也就是相对于IMD在约 $r=28$ 和 $d=18\text{mm}$ 处。对第三测量到的感测线圈参数(相位角)的考虑可以改善位置确定精度,或验证所确定的位置结果。

[0121] 因为针对患者,深度 d 应该保持相对恒定,所以计算深度对充电系统来说可能不总是严格必需的,特别是考虑到可以使用所公开的技术来学习深度。例如,对多于一个感测线圈参数的考虑可以在充电会话期间的不同时间点处(t_2 ;图12B)或者当患者在不同时间使用充电系统100时确定半径 r 和深度 d 。这些测量点中的每个处的深度可以被存储在数据库200中,并且通常不应该变化。因此,所确定的深度最终可以从这些各种测量结果中进行平均,并简单地被存储在数据库200中并使用,而无需每次进行感测线圈测量时都必须确定它。

[0122] 知道的是充电线圈126相对于IMD 10在半径 r 和深度 d 两个方面的位置是有用的。如较早所讨论的,深度 d 通常由IMD 10被植入在患者中所处的深度来确定,这是因为充电线圈组件102通常压在患者上。因此患者可能无法做任何事情来调整深度。相反,充电线圈126

和IMD 10之间的半径是患者可以通过横向(径向)调整充电线圈组件102相对于IMD 10的位置来调整的。因此,IMD位置电路140优选地调整每个IMD深度的一个或多个阈值。例如,并且参考图14A中的 $f(\text{res})$ 的等位线,如果对准半径被定义为 $r=32\text{mm}$,则如果深度为 $d=5\text{mm}$,那么谐振频率的对准阈值 $f(\text{res})(\text{th})$ 将被设置为大约 81.4kHz ;如果深度为 $d=10\text{mm}$,则为 81.1kHz ;如果深度为 $d=15\text{mm}$,则为 80.9kHz 等。当测量到的 $f(\text{res})$ 低于深度适当阈值时,然后位置指示符(例如,74)将仅指示位置(在这种情况下为未对准)。可以类似地确定对基于深度的幅度 V_{y+} 和相位角 θ 的位置阈值的类似调整。

[0123] 通过评估多于一个感测线圈参数和比较多于一个阈值,对定位的确定和指示也可以发生。例如,并且再次参考图14A的等位线,如果在深度 $d=10\text{mm}$ 处, $f(\text{res}) < 81.1\text{kHz}$ 并且如果 $V_{y+} > 0.23\text{V}$,在对准半径 $r=32\text{mm}$ 处点如Z所指示,则可以指示未对准。还可以测量和考虑相位角,其中如果 $\theta < \theta(\text{th}) = 0.1^\circ$,则指示或确认未对准。

[0124] 虽然关于图12A和12B所较早描述的对准和对中算法180集中于使用感测线圈的电压的幅度(V_{y+}),但应注意的是,算法180对也使用相位角 θ 或谐振频率 $f(\text{res})$ 的感测线圈参数同样有效。因此,可以测量这些其他感测线圈参数中的任一个并将其与适当的阈值进行比较(算法180的步骤194、202、208),以确定充电线圈126是否对中、对准但未对中、或未对准。此外,这些相同的步骤还可以测量和评估感测线圈参数 V_{y+} 、 θ 和 $f(\text{res})$ 中的多于一个,如刚才所解释的,这可以提高充电器到IMD位置确定的准确度。

[0125] 相位角 θ 和谐振频率 $f(\text{res})$ 的感测线圈参数在测量期间受由充电线圈126提供的磁场66的功率的影响较小(与电压幅度 V_{y+} 不同,其将随磁场功率而变化)。因而,对这些测量结果的归一化可能是不必要的,且因而在这些测量期间可能不必使用恒定的、较低功率的测试磁场。换句话说,如果在算法180中, θ 和 $f(\text{res})$ 被用作所测量的感测线圈参数,则可以在测量期间(例如,在 t_2 期间)使用真实的(可能变化的)磁场,并且测试磁场可以被省去。

[0126] 感测线圈参数 V_{y+} 、 θ 和 $f(\text{res})$ 中的一个或多个也可以用于调整被递送到IMD 10的磁场66的功率。这是有用的,因为由不完美的充电器到IMD定位所引起的充电线圈126和IMD 10之间的非理想耦合可以通过增加提供给IMD 10的磁场66的功率而可补救的。换句话说,如果由于充电器到IMD定位而引起耦合低,则增加磁场的功率以确保IMD 10接收相同量的功率(无论耦合如何)。

[0127] 关于图15A来进一步讨论功率控制,图15A示出了关于在充电系统中可使用的功率电路145的其他细节。与较早描述的位置电路140一样,功率电路145可以作为包括控制电路72的固件进行操作,但是这不是严格必需的,这是因为模拟电路也可以用于某些方面。控制电路72可以再次包含 V_y 幅度和相位角确定模块170、谐振频率确定模块172和数据库200,并且在图15A中,那些模块已经从位置电路140移出,并且取而代之的是(将数据提供给)位置电路140和功率电路145两者共同的。

[0128] 在一个示例中,关于充电线圈126相对于IMD 10的位置的数据(至少半径 r ,以及优选地还有深度 d)被提供给功率电路145。如较早所解释的(图14A), r 和 d 两者都可以通过评估 V_{y+} 、 θ 和 $f(\text{res})$ 中的两个或更多个感测线圈参数来确定。然而,并且还如较早所解释的,深度 d 可以被编程到控制电路72中和/或学习。

[0129] 功率电路145可以评估半径 r 和深度 d 以确定用于磁场66的适当功率。如较早所解释的,可以通过设置驱动信号D的占空比DC来设置磁场功率,这是因为增加了占空比DC将增

加流过充电线圈126的 I_{charge} 。然而,增加驱动信号占空比仅仅是增加磁场功率的一种方式,并且还可以使用其他方式,这取决于用于激励充电线圈126的充电电路64。

[0130] 查找表146可以被存储在功率电路145内的或由功率电路145可访问的存储器中,其用于取决于充电线圈126相对于IMD 10的半径和深度而设置方波发生器65和充电电路64的占空比DC。例如,如果半径和深度都相对较小(r_1, d_1),则充电线圈126和IMD 10将相对良好地耦合。因此,在充电线圈126处产生的更多磁场66将到达IMD 10,并且因此针对该位置,占空比可以相对较小(DC1)。相反,如果半径和深度中的一个或两个较大(例如, r_2, d_2),则耦合将更差。因此,功率电路145将指示方波发生器65增加占空比(例如,增加到DC3)以确保IMD 10正在接收足够的功率量。如上所指出的,优选的是,IMD 10接收恒定量的功率,而不管充电器到IMD定位如何。

[0131] 确定IMD 10接收的功率量可以通过测量IMD 10中的各种参数以各种方式实验性地确定。在一个示例中,接收到的功率可以被评估为IMD 10的电池14接收的充电电流量 I_{bat} (图15A)。技术人员将理解的是,当耦合下降时(即,当 r 或 d 增加时),如果未调整磁场功率,则 I_{bat} 也将下降。这在图15B中示出,其示出了当充电线圈126产生恒定功率的磁场66时(即,当 I_{charge} 和占空比DC恒定时)IMD 10接收根据半径和深度的功率(I_{bat})。特别地,图15B示出了如从实验导出的 I_{bat} 的各种区域。如所示出的, I_{bat} 的较低值(例如, I_{bat1} 和 I_{bat2} 之间)与较差的耦合以及具有较高的半径 r 和/或深度 d 值的位置区域相关联。为了补偿,在查找表146中该位置区域被提供有高占空比(DC5),和因此提供较高的磁场功率。相反,较高的 I_{bat} 值(例如, $>I_{bat5}$)与高耦合以及具有较低的半径 r 和/或深度 d 值的位置区域相关联。为了补偿,在查找表146中该位置区域被提供有低占空比(DC1)和因此较低的磁场功率。优选地,与每个位置区域相关联的占空比将致使IMD 10中的 I_{bat} 相对恒定,和因此独立于充电器到IMD位置。可替换地,所选择的占空比(功率)可能不会致使针对充电线圈126相对于IMD 10的所有可能位置的恒定 I_{bat} ,但是至少将导致 I_{bat} 的值不会下降到最小值以下,因此,无论充电器到IMD位置如何,都能确保IMD 10接收足够的功率量。

[0132] 虽然优选地是,使用半径和深度的知识(如使用感测线圈参数 V_{y+} 、 θ 和/或 $f(res)$ 来确定),功率电路145确定出对磁场66的功率的适当调整,但这不是严格必要的。取而代之的是,功率电路145可以替代地接收感测线圈参数 V_{y+} 、 θ 和/或 $f(res)$ 其本身并调整功率,而没有对半径和深度进行确定来作为中间步骤。

[0133] 在一个示例中,如较早结合图12B所讨论的,使用在发出来自充电线圈126的测试或默认磁场期间取得的感测线圈测量结果来进行对磁场66的功率的调整。在该示例中,在测试磁场期间(例如,在时间 t_1 期间)并且利用在随后的真实磁场周期(t_2)期间使用的所计算的功率(例如,占空比DC),而周期性地测量感测线圈参数 V_{y+} 、 θ 和/或 $f(res)$ 中的一个或多个。以这种方式,使用针对较早提供的 t_1 和 t_2 的示例,大约每30秒对磁场功率进行调整,这合理地适应了充电线圈组件102预期移动的时标。当然,这不是严格必要的。此外,尽管未在图12B中示出,但是可以专门用于磁场功率调整的目的而采取额外的感测线圈参数测量(在时间段 t_2 期间)。因此,可以存在不同的时间段,在该时间段中,为了确定充电器到IMD的定位以及为了磁场功率调整的目的而采取感测线圈参数测量。

[0134] 类似于较早结合图12B所讨论的,为了磁场功率调整目的的感测线圈参数测量不需要使用低功率测试磁场来进行,而是可以简单地使用用于对IMD 10充电而操作的真实磁

场。如较早所讨论的,这可能使测量结果归一化为磁场的当前功率(特别是电压幅度 V_{y+} 测量结果)更为重要,但针对相位角 θ 和谐振频率 $f(\text{res})$ 测量结果不太重要。

[0135] 使用功率电路145调整磁场的功率也可以根据所确定的充电器到IMD位置而发生。例如,如果位置电路140确定充电线圈126与IMD 10对准,则功率电路145可以仅能够调整功率。在这点上,并且如图15A所示,位置电路140可以经由信号147将对准的状态传送到功率电路145。

[0136] 本发明人还认识到的是,在向IMD 10提供功率期间提供在充电器/IMD系统的谐振频率下经优化的真实磁场66(即,给定由耦合的充电器/IMD系统提供的互感而以频率优化的磁场)是有益的。以谐振频率提供功率意味着磁场66的更多功率将到达IMD 10并因此用于对IMD 10的电池14充电。此外,以谐振频率提供功率增加了感测线圈(V_y)上感应的信号,因此,使其更容易推导幅度 V_{y+} 、相位角 θ 和谐振频率 $f(\text{res})$ 。注意的是,谐振频率的该使用与较早描述的目的不同:虽然 $f(\text{res})$ 可以在测试周期(t_2)期间测量并且用于确定充电器到IMD定位和/或如何调整磁场功率(例如,通过占空比调整),但是这里我们指的是在提供真实磁场期间调整磁场66的频率。

[0137] 幸运地,在真实磁场期间提供功率可以使用较早描述的相同电路来测量 $f(\text{res})$,这对于位置确定和功率调整是有用的。例如,在测量周期(t_2 ;参见图12B)期间,可以确定的是充电器/IMD系统的谐振频率是 $f(\text{res})$ 。如较早所述,该 $f(\text{res})$ 测量结果可以用于确定和指示(74,75)IMD到充电器位置,并调整随后的真实磁场(t_1)的功率,例如,通过改变施加到充电电路64的驱动信号D的占空比DC来调整。

[0138] 此外,在随后的真实磁场周期(t_1)内,驱动信号的频率可以独立地被设置为 $f(\text{res})$ (或被允许继续保持在此处),以确保向IMD 10的功率递送效率。注意的是,对磁场66的频率的这种调整可以独立于对其功率的调整。如较早所述,驱动信号D具有等于 $a/a+b$ 的占空比(功率),而其频率为 $1/a+b$ 。因此,虽然 $f(\text{res})$ 由 $a+b$ 支配,但是'a'仍然可以在驱动信号的周期内独立地变化以设置占空比DC。

[0139] 与功率调整一样,在测试周期(t_2)期间测量 $f(\text{res})$ 、并且在随后的真实磁场周期(t_2)期间设置 $f=f(\text{res})$ 可能是合理的。以这种方式,每30秒左右(例如)调整频率以匹配充电器/IMD系统的谐振。然而,驱动信号D的频率以及因此磁场的频率也可以在不同的时标上进行调整,或者通过对感测线圈电压进行连续采样而伪(pseudo)连续调整并且在真实磁场的产生期间确定 $f(\text{res})$ 。

[0140] 虽然在具有单独的电子模块104和充电线圈组件102(参见图5A和5B)的充电器系统100的背景下描述了所公开的IMD位置和功率调整技术,但这不是必需的。取而代之的是,所描述的技术也可以在集成的外部充电器(其中电子器件、充电线圈和一个或多个感测线圈被容纳在一起)中实现。例如,图16示出了这样的集成的外部充电器50',其中所有部件被容纳在单个外壳62中,其大致类似于较早时在图2中描述的那样。充电器50'包括承载初级充电线圈52绕组的电路板54。电路板54的迹线可以包括以所描述的各种方式中的任何一种形成的一个或多个感测线圈178。控制电路72'可以用位置电路140、功率电路145和其他支持电路和程序来编程,所有这些都上面详细解释。因此,对于所公开的技术而言,充电/感测线圈与电子器件分离,或者它们被容纳在分开的外壳中并不重要。

[0141] 对此,所公开的感测线圈可以推断出充电器到IMD位置(例如,对中和/或对准),但

是缺乏推断通过方向可能使充电线圈组件102未对中或未对准的该方向的能力。尽管如此，可以修改充电系统100中的感测线圈以向患者提供未对准或未对中情况的方向的指示。

[0142] 例如，图17A包括两个对准感测线圈178a和178b，可以在其两端感应出电压 V_{ya} 和 V_{yb} 。在所示的示例中，对准感测线圈178a和178b包括较早关于图7A-7C所公开类型的边缘检测线圈，但这不是严格必需的。此外，所示出的两个线圈178a和178b可以作为对中感测线圈（像图9A-9C的线圈129），或者作为组合的对准/对中感测线圈（像图11A和11B的线圈130）来操作。此外，可以使用一对对准感测线圈和一对对中感测线圈，类似于图10A和10B中所示的。为简单起见，未示出这些替换方案。

[0143] 图17A中可以看出的是，感测线圈178a和178b每个都覆盖了PCB 124的大约一半圆周，如区域A和B所示。如果充电线圈组件102（充电线圈126）移位使得IMD 10（未示出）遮蔽感测线圈178a的区域A，然后幅度 V_{ya+} 将下降。因此，电子模块104中的控制电路72将理解充电线圈组件102应该向下移动以与IMD 10更好地对准（或更好地对中）。同样地，如果IMD 10遮蔽感测线圈178b的区域B，然后幅度 V_{yb+} 将下降，这表明充电线圈组件102应该向上移动。可以通过电子模块用户界面指示未对准或未对中的方向，或者更优选地，固定对准或中对所需的运动方向，并且USP 8,473,066讨论了各种指示装置，包括可以在外壳105上被照亮的指示方向的LED。还可以从感测线圈178a和178b中的每个测量相位角 θ 和谐振频率 $f(\text{res})$ 的感测线圈参数，以帮助确定定向的充电器到IMD定位和磁场功率调整。

[0144] 图17B类似于图17A，但增加了由对准（或感测）线圈178a和178b所包围的区域A和B，其中每个线圈基本上覆盖了半圆。在该示例中，感应电压 V_{ya} 和 V_{yb} 都可以用于确定未对准或未对中方向。例如，如果 V_{ya+} 从其最大值下降相对较远的值，而 V_{yb+} 仅下降小量，则表明IMD 10在很大程度上遮蔽A，但是仅在很小程度上遮蔽区域B。因此，在该示例中，充电系统100可以指示充电线圈组件应该向上移动以使组件与IMD更好地对准或中对。此外，还可以从图14B中的感测线圈178a和178b中的每个测量相位角 θ 和谐振频率 $f(\text{res})$ ，并将其用于磁场功率调整。注意的是，由于感测线圈178a和178b所包围的区域A和B的非弧形性质，并且与感测线圈的较早示例不同，因此感测线圈178a和178b不与充电线圈126同心。

[0145] 图17C类似于图17B，但是将两个感测线圈连接在一起以形成单个差分感测线圈178，有时称为蝶形（butterfly）线圈。在这种情况下，未对准或未对中的方向将由感应电压 V_y 的相对极性来指示。如果 V_y 显著为负，则IMD 10将很大程度地遮蔽区域A，而如果 V_y 显著为正，则它将很大程度地遮蔽区域B。如果 $V_y=0$ ，这将表明充电线圈126和IMD 10完全对准。相位角 θ 和谐振频率 $f(\text{res})$ 也可以从图14B中的感测线圈178测量，其中相位角在确定 V_y 的极性时特别有用。感测线圈178也不与充电器线圈126同心。

[0146] 图17D包括与图17A中的感测线圈类似的感测线圈178a-d，但是存在多于两个感测线圈，其中每个覆盖了电路板124的大约四分之一的圆周，如区域A-D所示。这提供了沿正交轴（沿X和Y方向）的方向性信息，因此允许充电系统不仅确定充电线圈126在上/下方向上是否未对准或未对中，而且还确定在左/右方向上是否未对准或未对中。

[0147] 图17E示出了另一个示例，其中感测线圈可以用在充电系统100中以推断未对准或未对中情况的方向。在图17E中，充电线圈126通常是细长的（更具体地，如所示的矩形形状），并且具有比其另一正交尺寸Y显著更长的长尺寸X。还包括在充电线圈128内（例如，在PCB 124内）的是感测线圈178a和178b，其同样具有长的X尺寸和显著更短的Y尺寸。示出了

两个感测线圈,但是可以有三个或三个以上。尺寸X优选地显著大于IMD 10。作为结果,在X方向上的充电线圈126和IMD 10之间的对准通常不受关注,这是因为将预期的是IMD 10将很好地在X尺寸内。然而,在较小Y方向上的对准仍然可能受关注的,且因此感测线圈178a和178b用于确定Y方向上的未对准,这可以如上所解释的通过监视 V_{ya} 和 V_{yb} 来完成。此外,可以从 V_{ya} 和/或 V_{yb} 收集幅度、相位角和/或谐振频率中的任何一个或多个,以帮助确定Y方向上的对准。感测线圈178a和178b虽然如图17B中那样分开,但也可以连接在一起以形成单个感测线圈(如果需要的话),如图17C所示。注意的是,图17E所示形状的充电线圈126和感测线圈178可以用于大致线性形状的充电系统,诸如与充电带一起使用或在充电带中使用,如较早所提到的。使用这样的充电带,患者将通常不必担心其腰部周围的带的对准(X;在SCS应用中),但取而代之的是仅将需要担心将所述带在其腰部上调整更高或更低(Y)。

[0148] 对此,从各种公开的感测线圈已经评估的是电压(例如, V_a 、 V_c 、 V_x 、 V_y)。然而,也可以评估感测线圈电流,其中在所公开的对准和功率调整技术中使用电流幅度、相位或谐振。

[0149] 对充电系统100的又其他变化是可能的。图18例如示出了充电线圈组件102中的一个或多个感测线圈178不仅需要用于感测磁场的无源设备,还可以被主动激励以产生他们自己的磁场,以帮助对准和/或功率调整。如所示的,感测线圈驱动电路65已被添加到电子模块104,在该示例中,其产生被驱动到感测线圈178的AC电流 I_{sense} 。在该示例中可以使用较早所公开的任何感测线圈。 I_{sense} 的频率可以等于充电线圈126被驱动所处的谐振频率,但是这不是严格必需的。可以根据耦合到感测线圈的电容器131来调谐 I_{sense} 的频率。该电容器131与感测线圈并联示出,但也可以串联放置。

[0150] 在充电线圈126也正在用 I_{charge} 驱动时的时段期间,一个或多个感测线圈178可以用 I_{sense} 驱动,但是优选地将在充电线圈126未被激励时的短测试时段(t_2)期间被驱动(t_1) (见图12B)。当感测线圈被驱动时,形成磁场67。电压 V_{sense} 将在感测线圈178两端建立,该电压如之前一样将受到对充电线圈126和IMD 10相对于感测线圈的位置这二者的耦合的影响。如之前一样,如果IMD 10由感测线圈178界定,则 V_{sense} 将更小,以及如果IMD不被感测线圈界定,则 V_{sense} 将更大。因此,可以再次将 V_{sense} 与一个或多个阈值进行比较以确定IMD 10的对准、对中和/或存在,并且可以另外地用于调整由充电线圈126产生的磁场66的功率,这与较早解释的原则一致。

[0151] 图19示出了充电系统100的另一种变型,其中来自IMD 10的遥测反应用于帮助充电器到IMD定位和/或磁场功率调整。在该示例中,指示充电线圈组件102中的初级充电线圈126与IMD 10中的次级充电线圈36之间的耦合的参数被遥测发送到充电系统100。在一个示例中,耦合参数包括在充电期间流入电池的电流 I_{bat} ,该参数通常可以随着次级充电线圈36正接收初级充电线圈126的磁场66的程度而缩放。然而,该耦合参数仅是一个示例,并且也可以使用IMD 10中的其他参数,诸如由整流器38产生的DC电压。

[0152] 可以通过IMD 10中的电路41以传统方式测量电池充电电流 I_{bat} 。例如,尽管未示出,但是 I_{bat} 可以流过小的感测电阻器(例如, $R=1\text{ohm}$),并且通过差分放大器测量该电阻器两端的电压(V),从而允许推导出电流($I_{bat}=V/R$)。在IMD 10的控制电路42处接收 I_{bat} (或更一般地说,耦合参数),且然后可以将其遥测发送到充电系统100。这种遥测技术可以以多种方式发生。例如,耦合参数可以被调制为LSK数据,其中它影响了由充电线圈126产生的 V_{coil} 。然后可以如较早所解释的那样解调 V_{coil} (68),从而向充电系统100的控制电路72

通知被遥测发送的耦合参数的值。

[0153] 可替换地,可以通过在IMD 10中的天线45和充电线圈组件102中的天线127之间建立的另一个通信链路来遥测发送耦合参数。天线45可以包括在IMD 10中另外用于与外部设备(诸如手持式外部控制器或临床医生的编程器,在美国专利申请公开2015/0360038中进一步详细解释了这些外部设备)进行通信的天线。天线45和127可以包括使用适当的调制方案(诸如频移键控(FSK))通过近场磁感应进行通信的线圈。天线45和127还可以包括短程RF天线,其根据通信标准(诸如蓝牙、WiFi、MICS、Zigbee或其他标准)经由远场电磁波进行通信。当在充电线圈组件102中使用离散天线127来接收耦合参数时,可以通过电缆106将接收到的数据(表示为电压 V_{telem})报告给电子模块104中的控制电路72,然后该控制电路可以解调数据。用于天线127的解调电路也可以位于充电线圈组件102中。

[0154] 在控制电路72处对耦合参数(V_{telem})结合从一个或多个感测线圈报告的数据(V_{sense})的接收可以改善所公开的充电器到IMD位置确定和/或磁场功率调整。例如, V_y 可以指示充电线圈126与IMD 10未对准(因为 $V_y > V_y(th)$)。然而,如果耦合参数指示出IMD 10中的电池14接收到足够量的电流(I_{bat}),则位置电路140可以最终确定对准是适当的。此外,如果 I_{bat} 足够,则功率电路145可以决定不增加磁场66的功率(例如,较早描述的占空比(DC)),或者可以将功率增加到比另外可以由查找表146指示的程度更小的程度(图15A)。

[0155] 虽然在用于对IMD 10中的电池14进行充电的充电器系统100的背景下描述了所公开的技术,但这不是严格必需的。充电器系统100还可以用于向缺少电池的IMD提供连续磁场66功率。在这种情况下,充电器到IMD定位和功率调整也很重要,甚至可能更加如此,这是因为如果没有从位置不佳的或非功率优化的外部充电器获得足够的功率,则缺少电池的IMD可能会停止运行。

[0156] 参考所附权利要求中的“一个”结构应被解释为覆盖一个或多个结构,而不仅仅是单个结构。

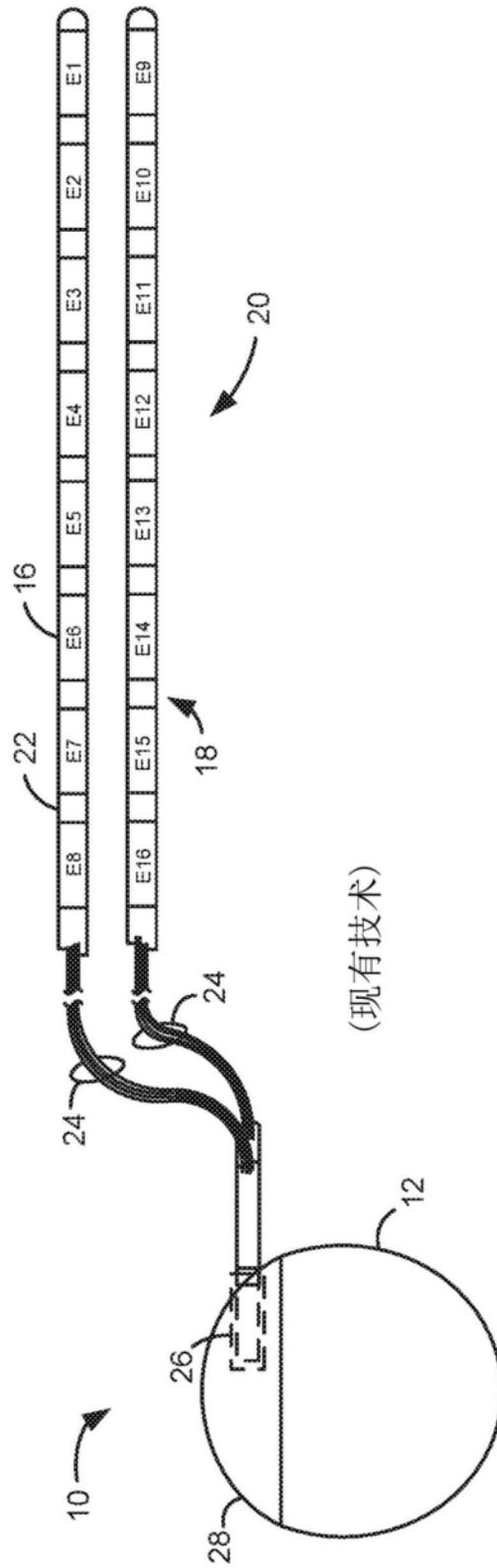
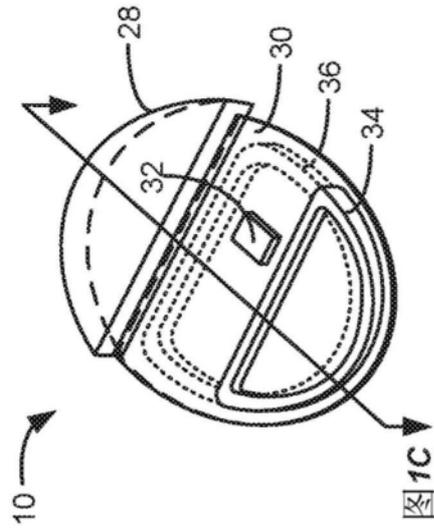
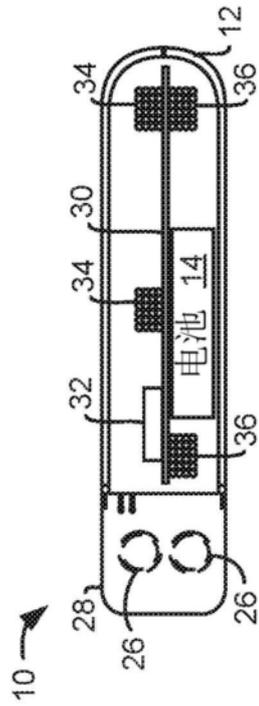


图1A



(现有技术)

图10B



(现有技术)

图10C

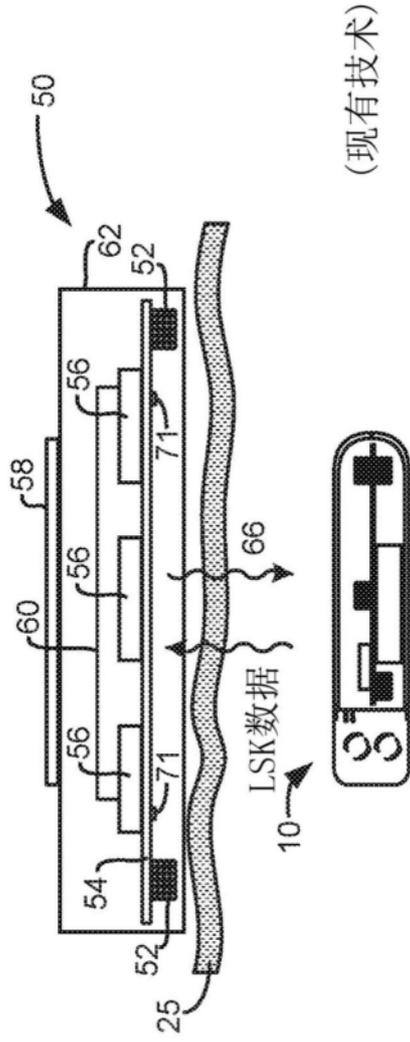


图2

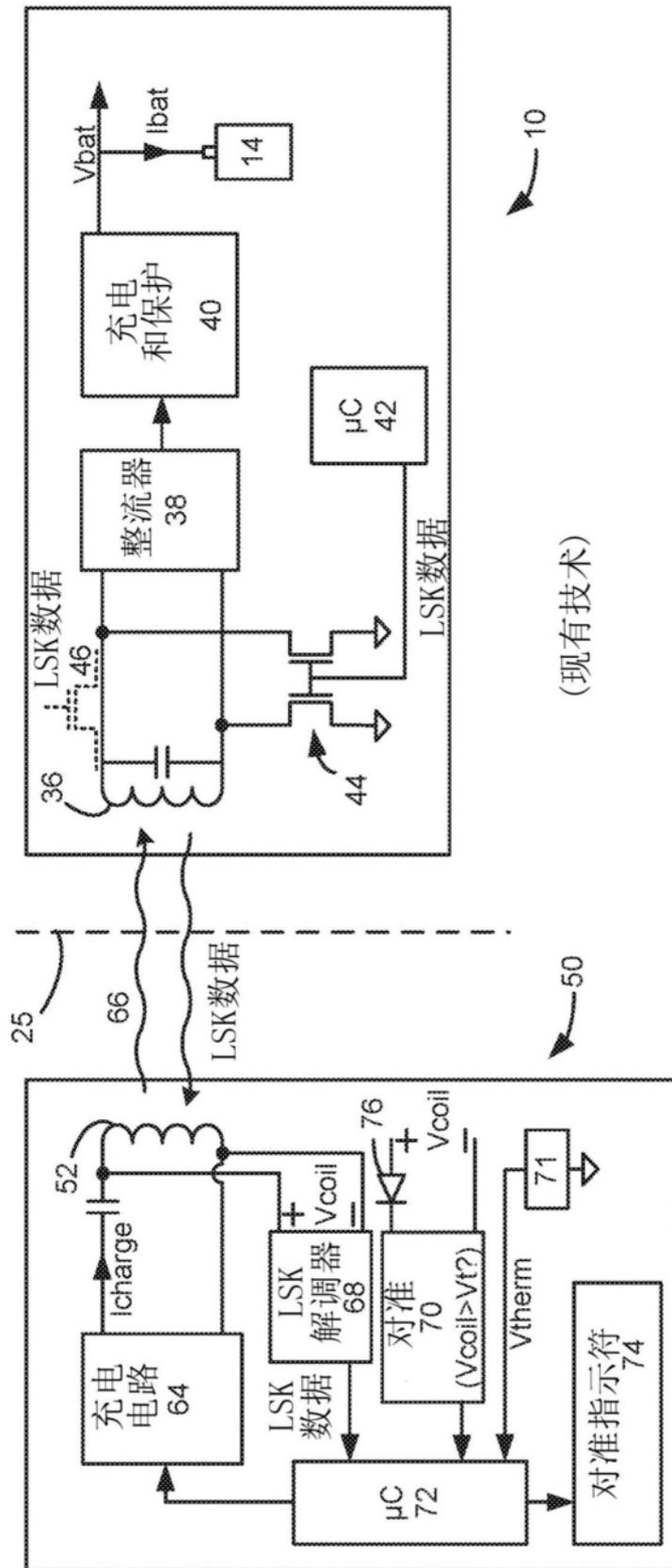


图3

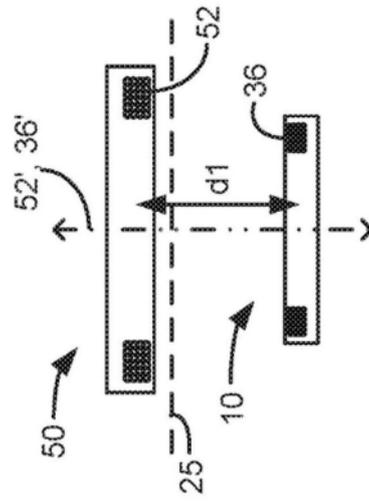


图4A

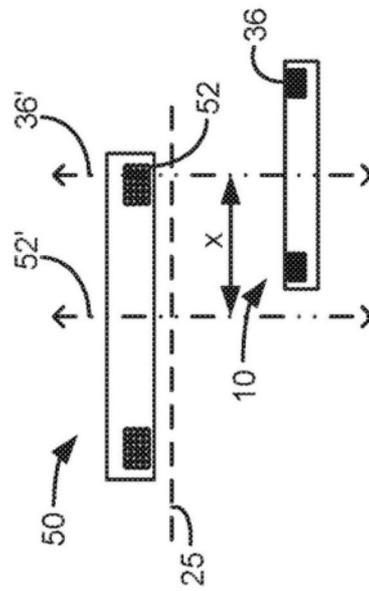


图4B

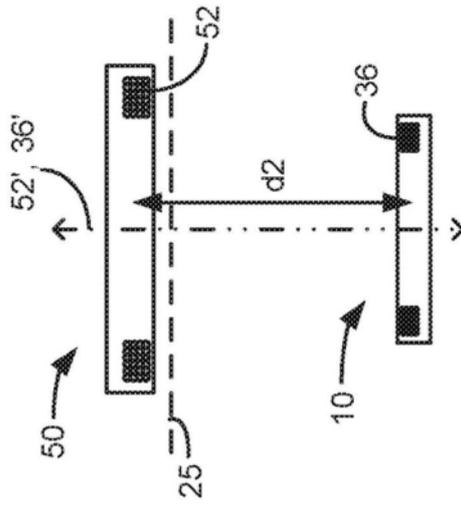


图4C

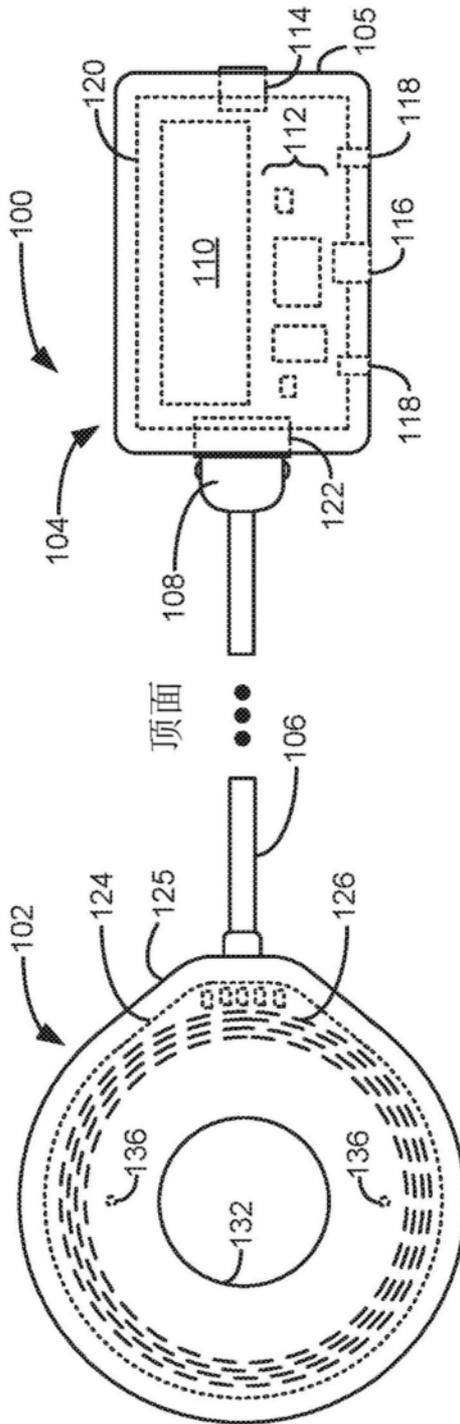


图5A

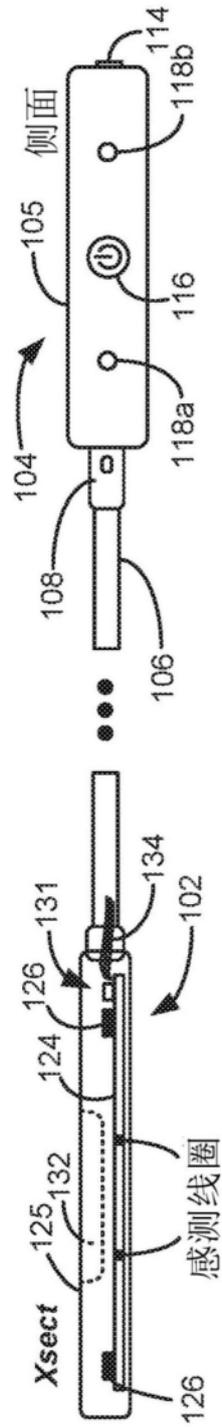


图5B

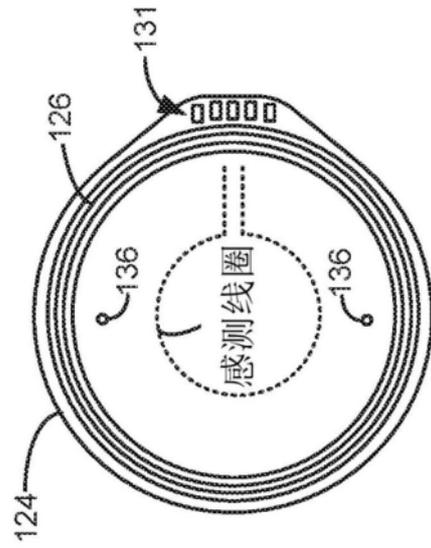


图5C

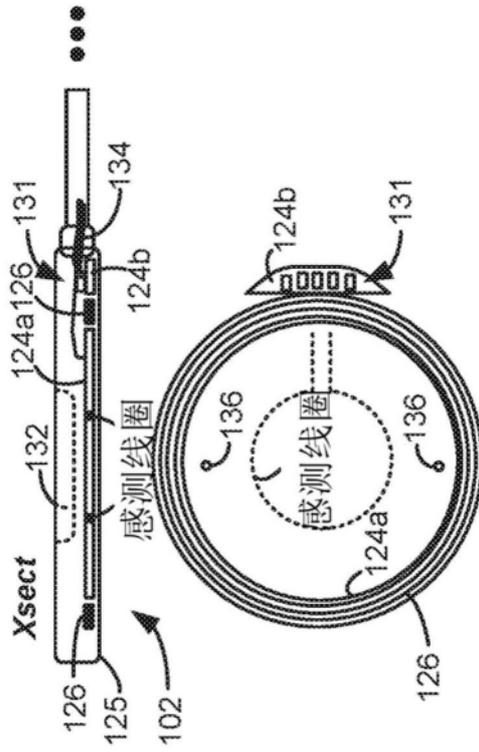


图5D

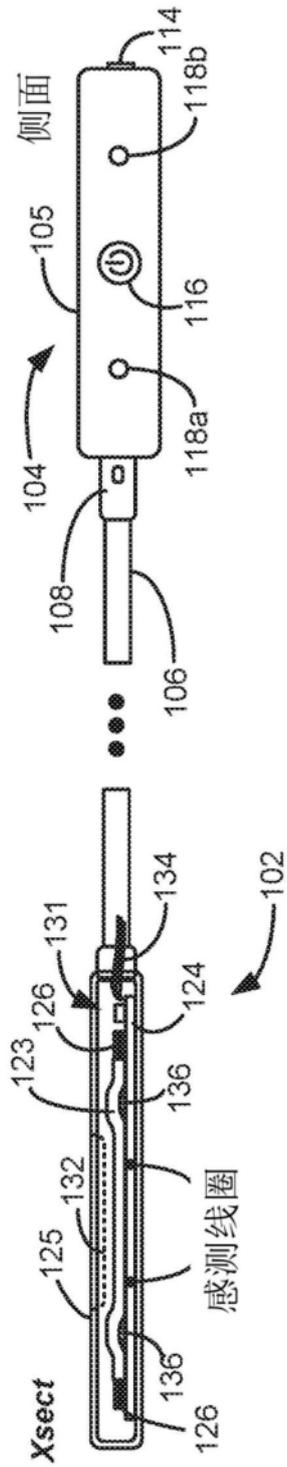


图5E

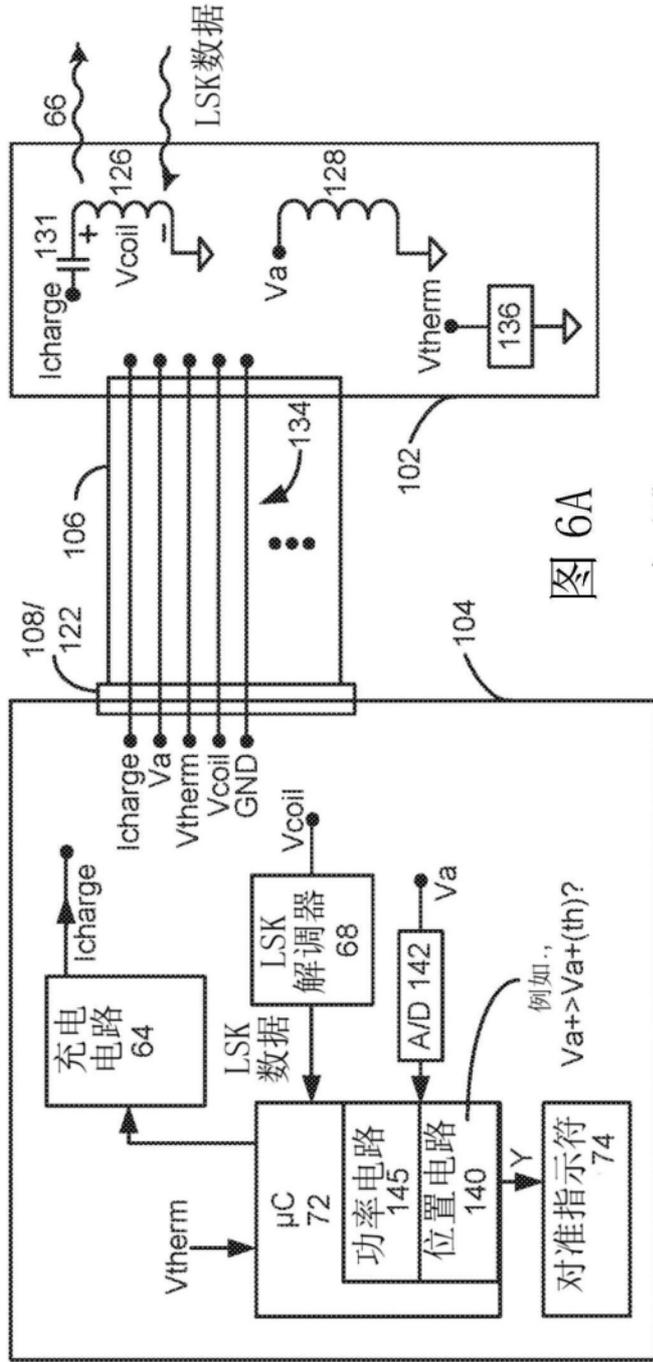


图 6A

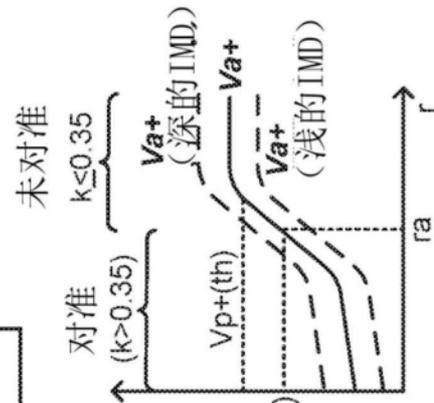


图 6B

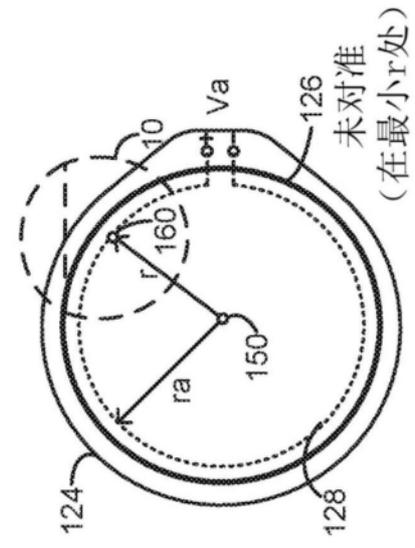


图 6C

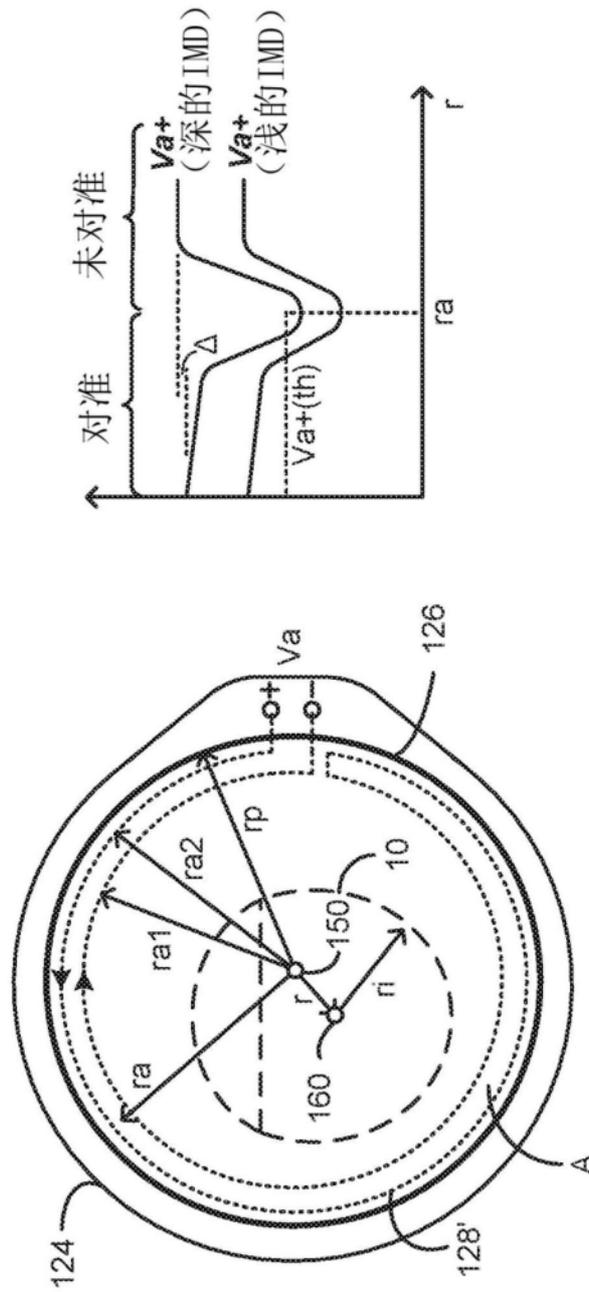


图7A

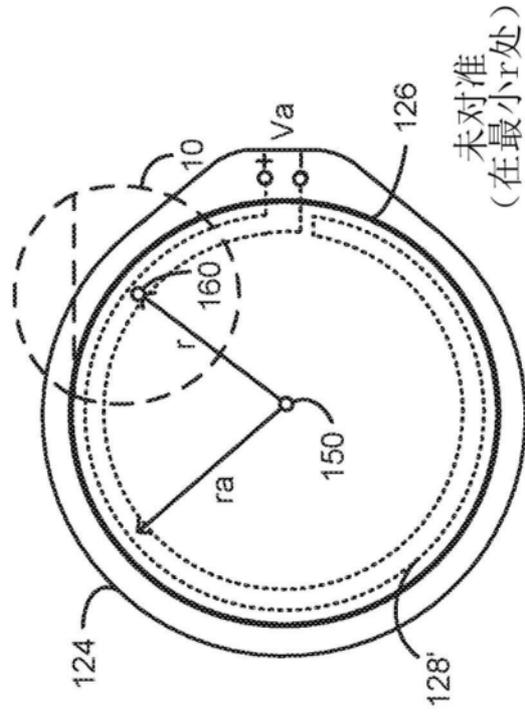


图7B

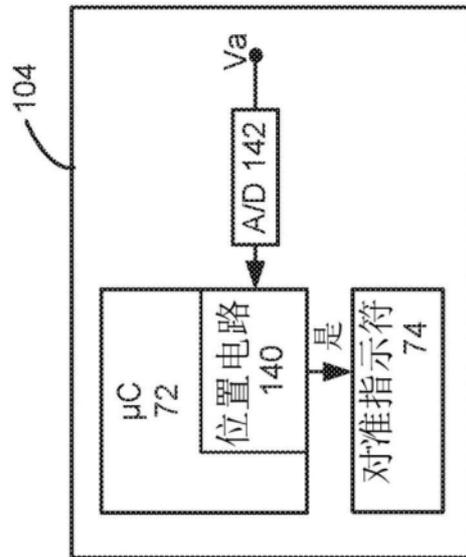


图7C

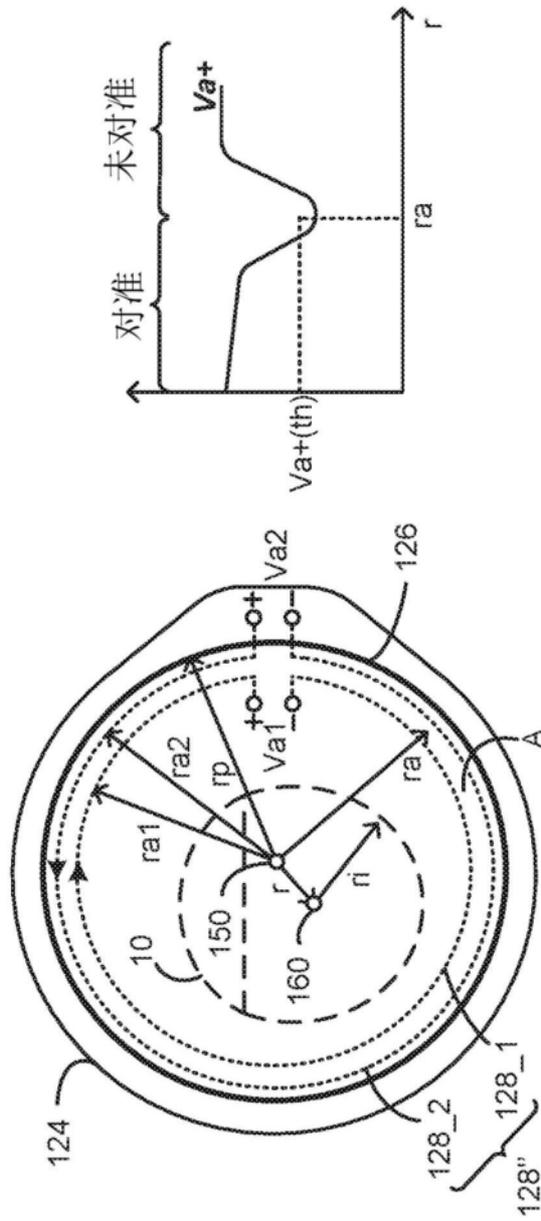


图8A

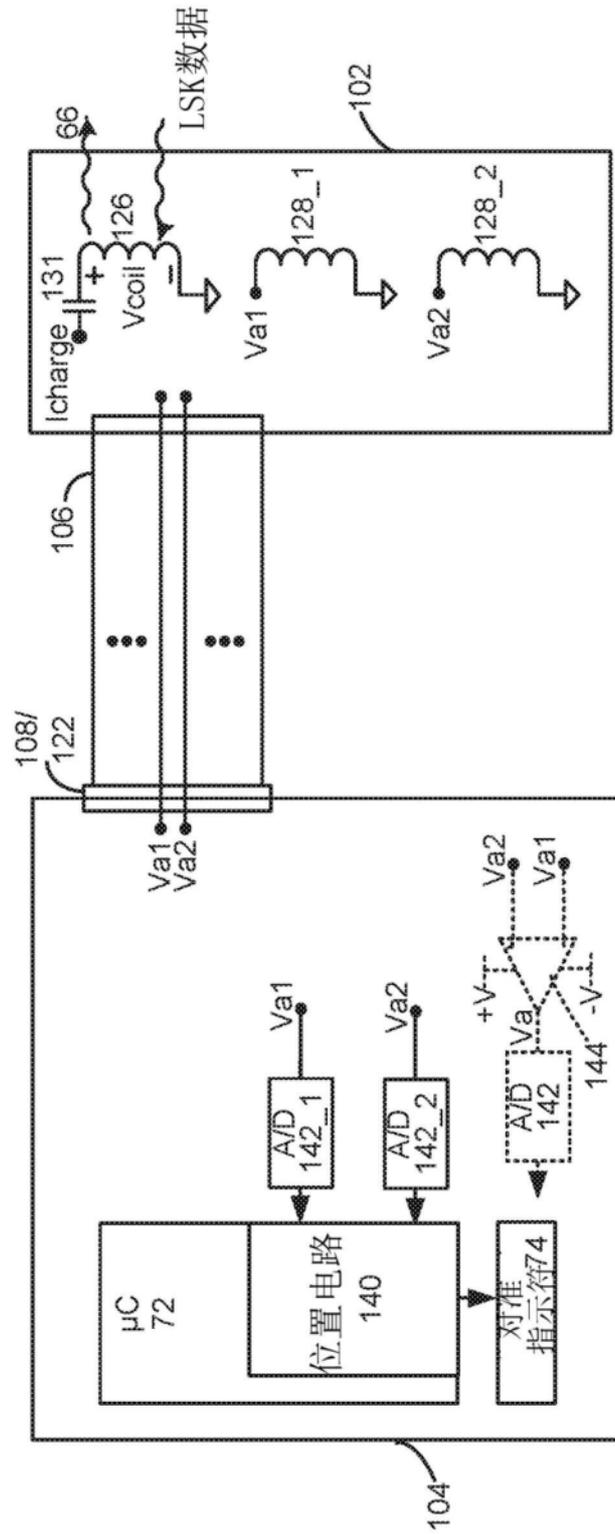


图8B

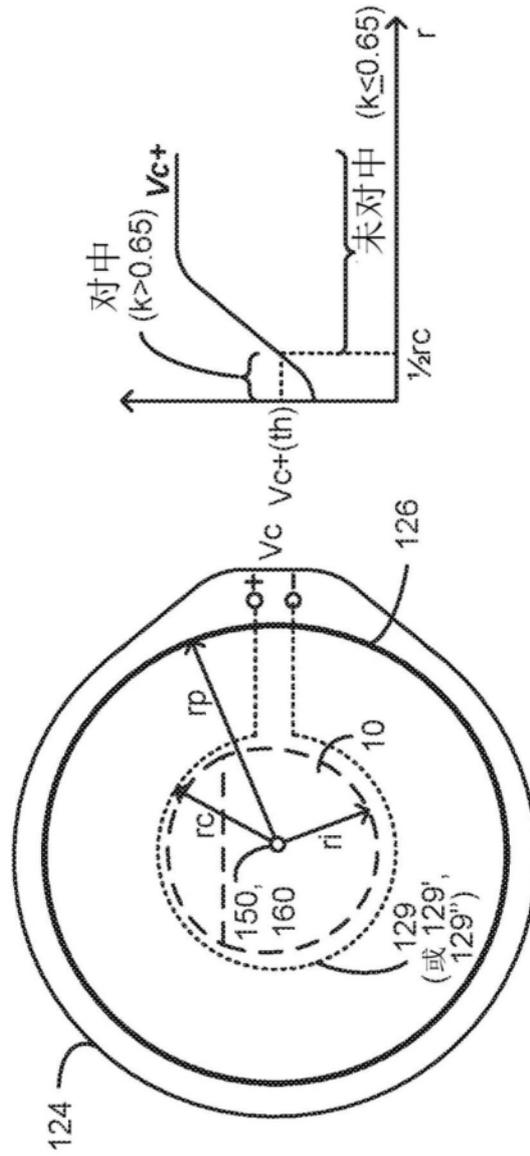


图9A

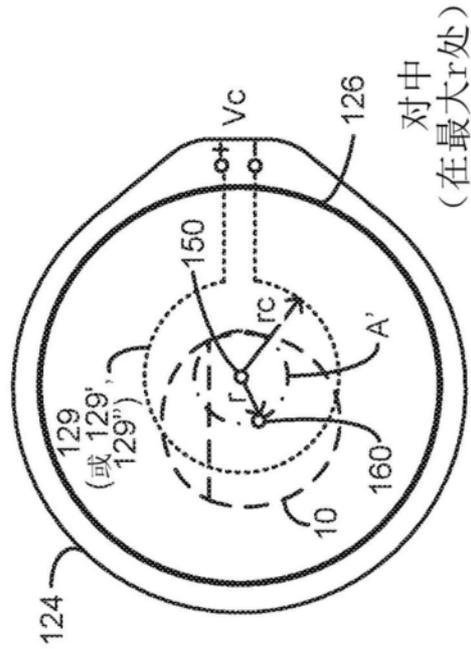


图9B

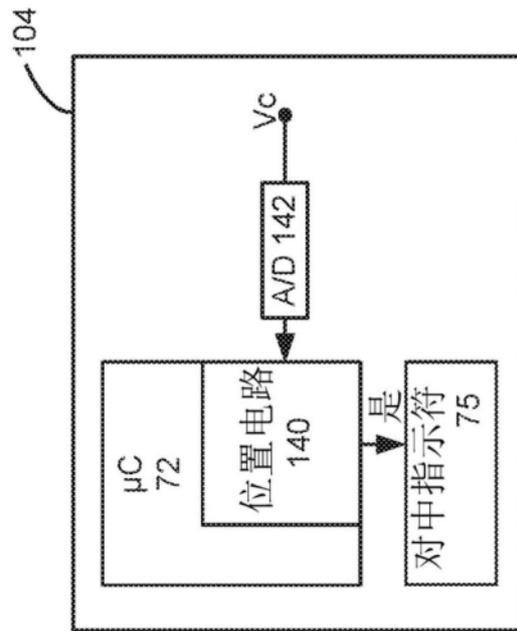


图9C

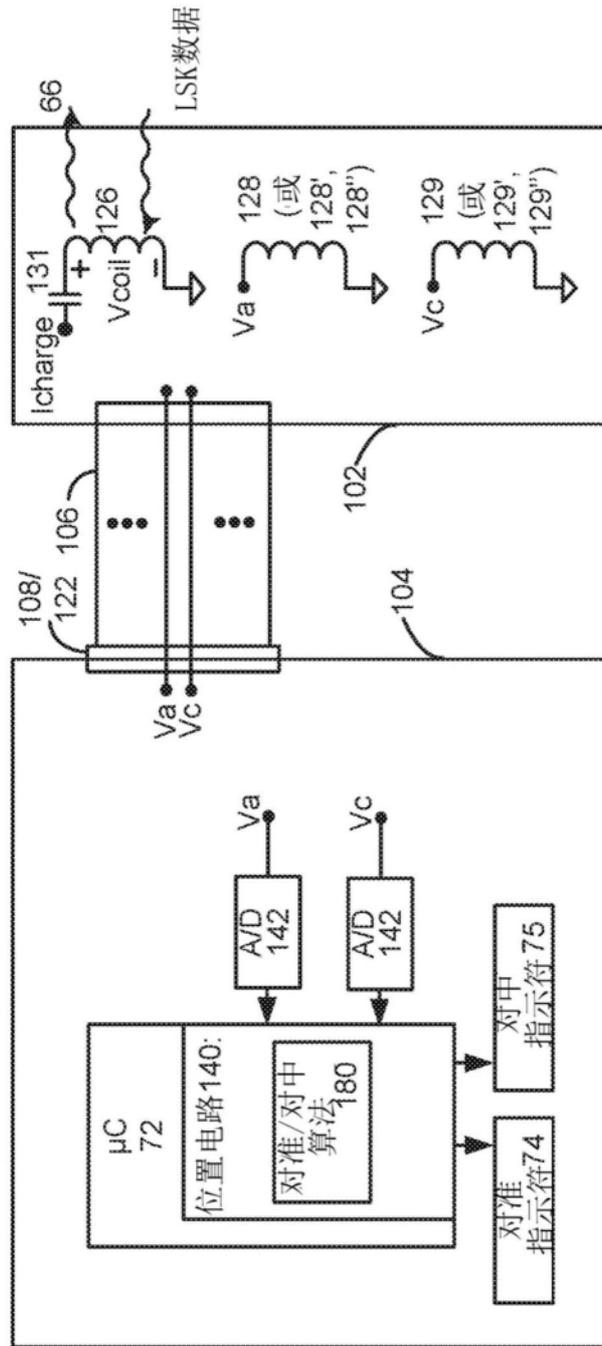


图10A

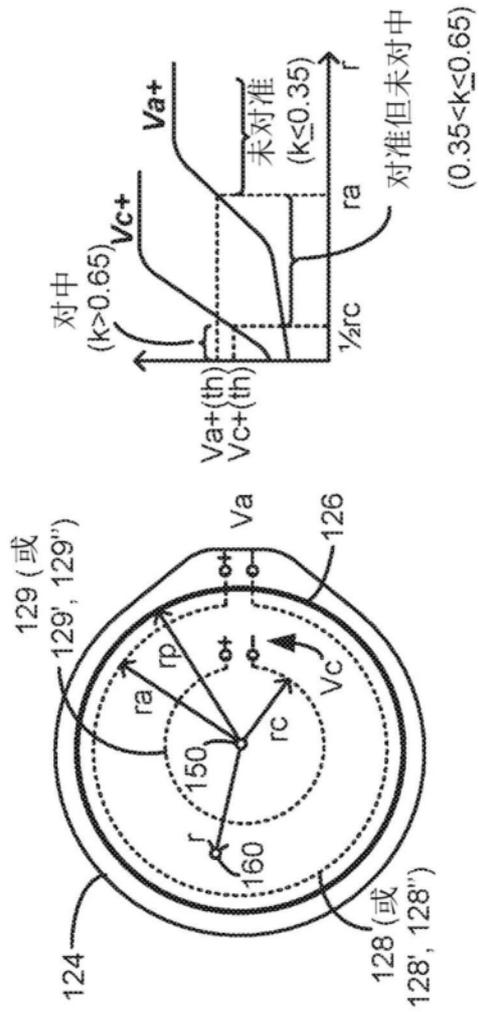


图10B

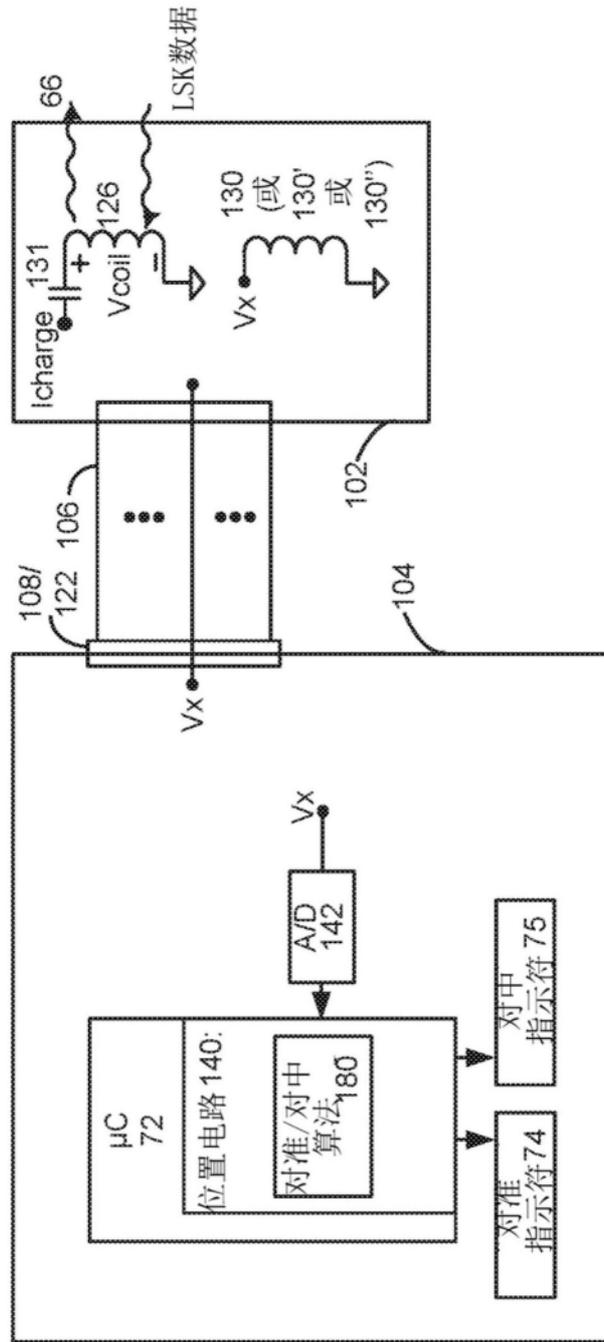


图11A

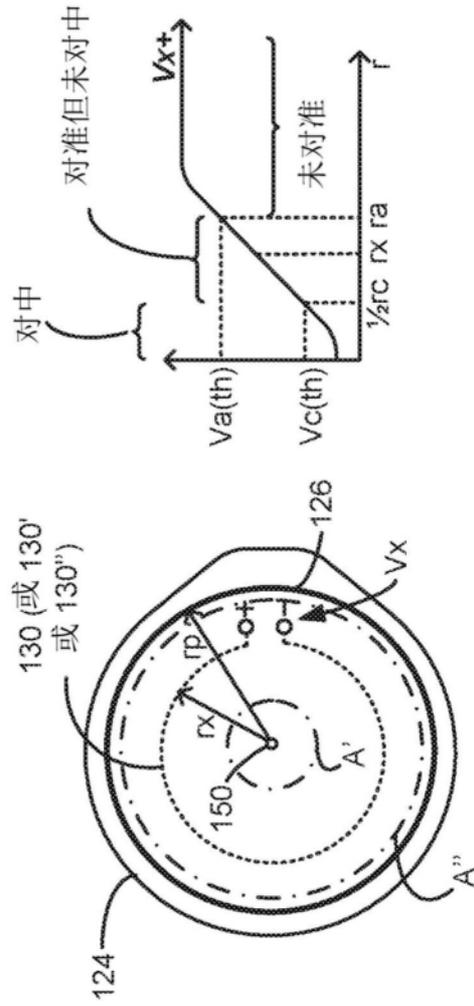


图11B

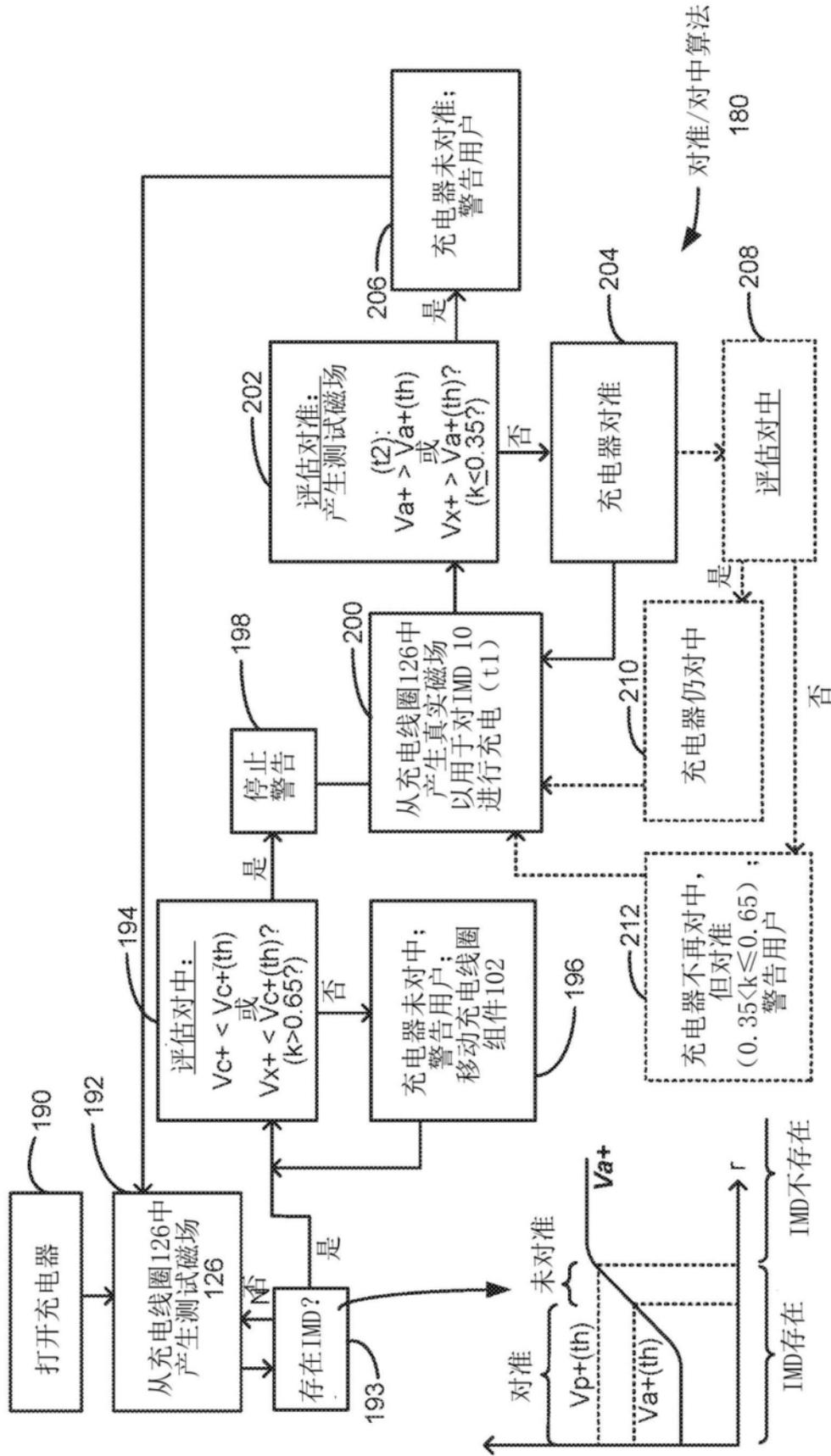


图12A

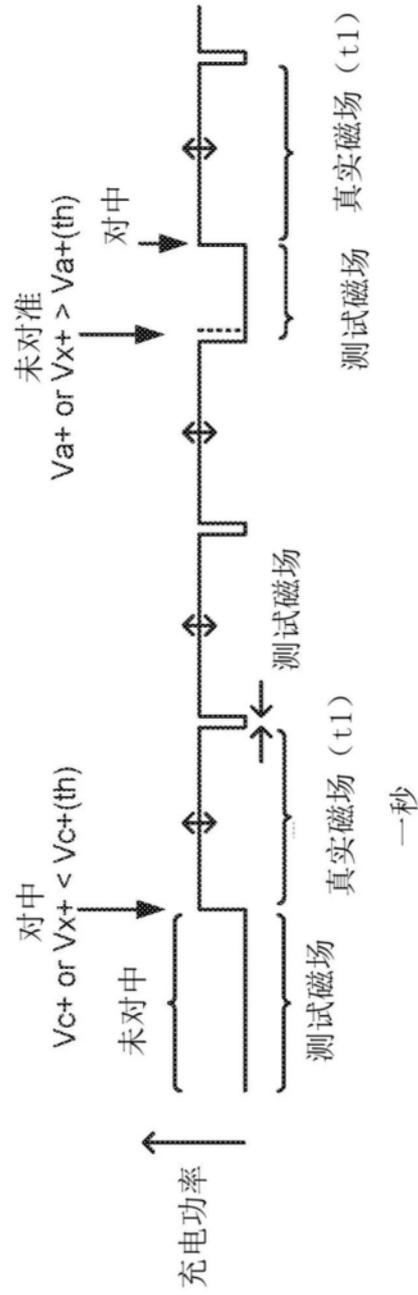


图12B

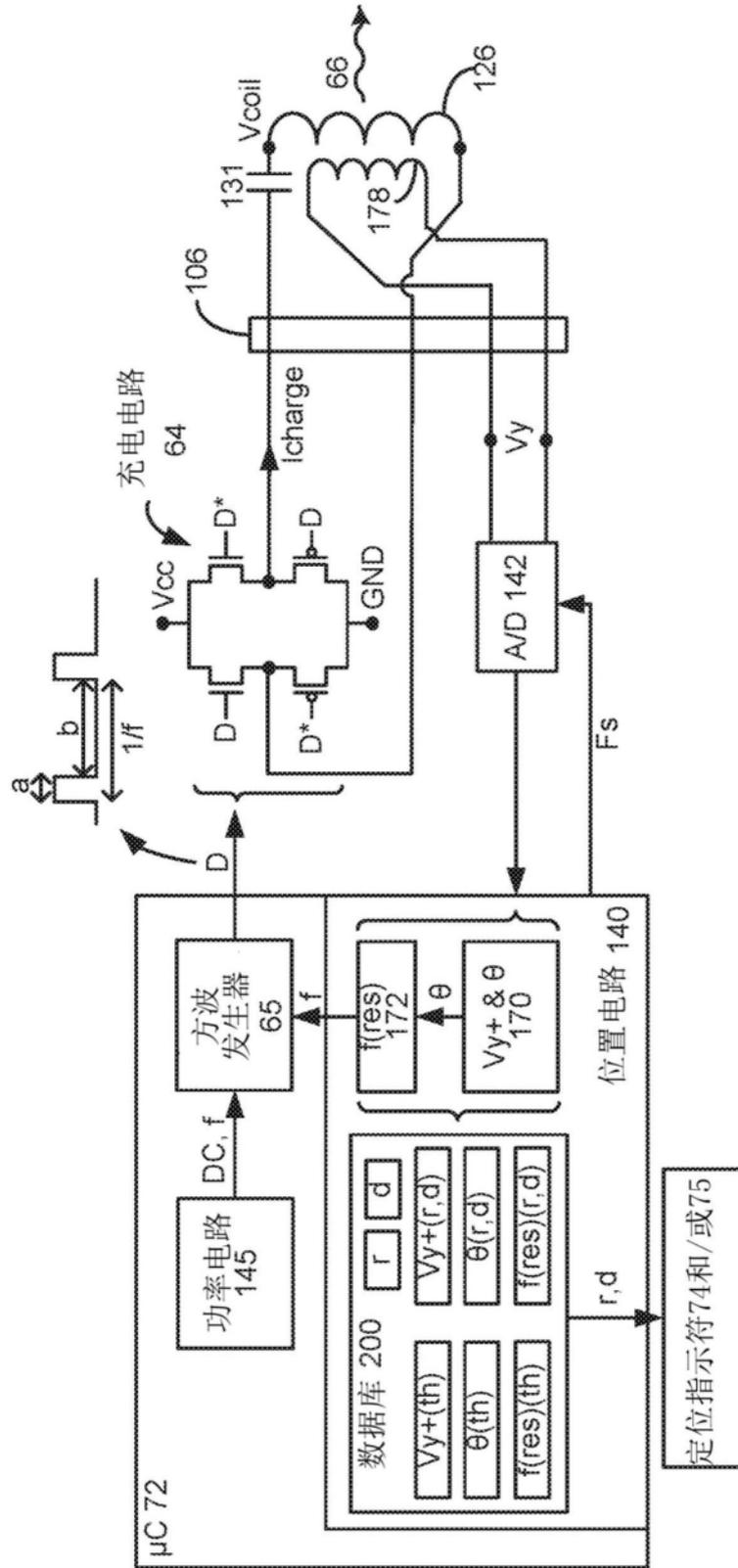


图13A

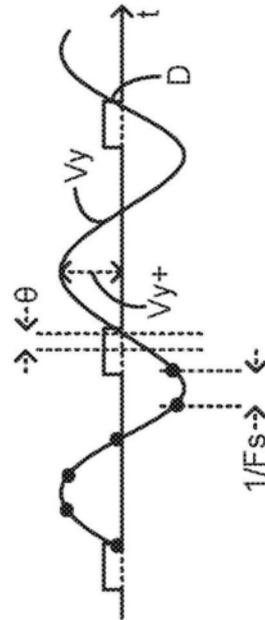


图13B

V_y幅度和相位角确定模块

170

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N \sin(\omega \times t_N) \times V_{yN} &= I \\ \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N \cos(\omega \times t_N) \times V_{yN} &= R \end{aligned} \right\} \begin{aligned} V_{y+} &= \sqrt{R^2 + I^2} \\ \theta &= \tan^{-1}(I/R) \end{aligned}$$

图13C

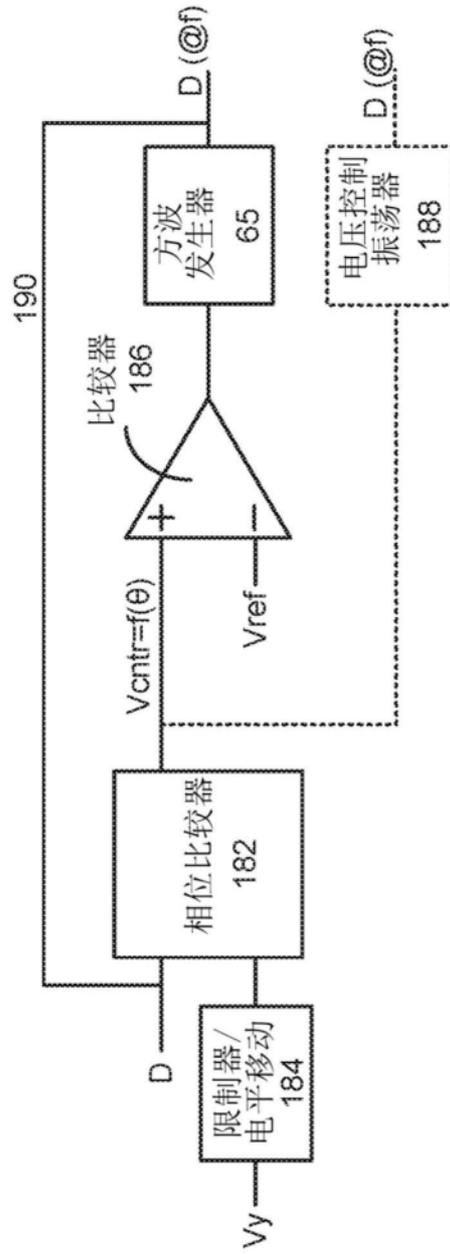


图13D

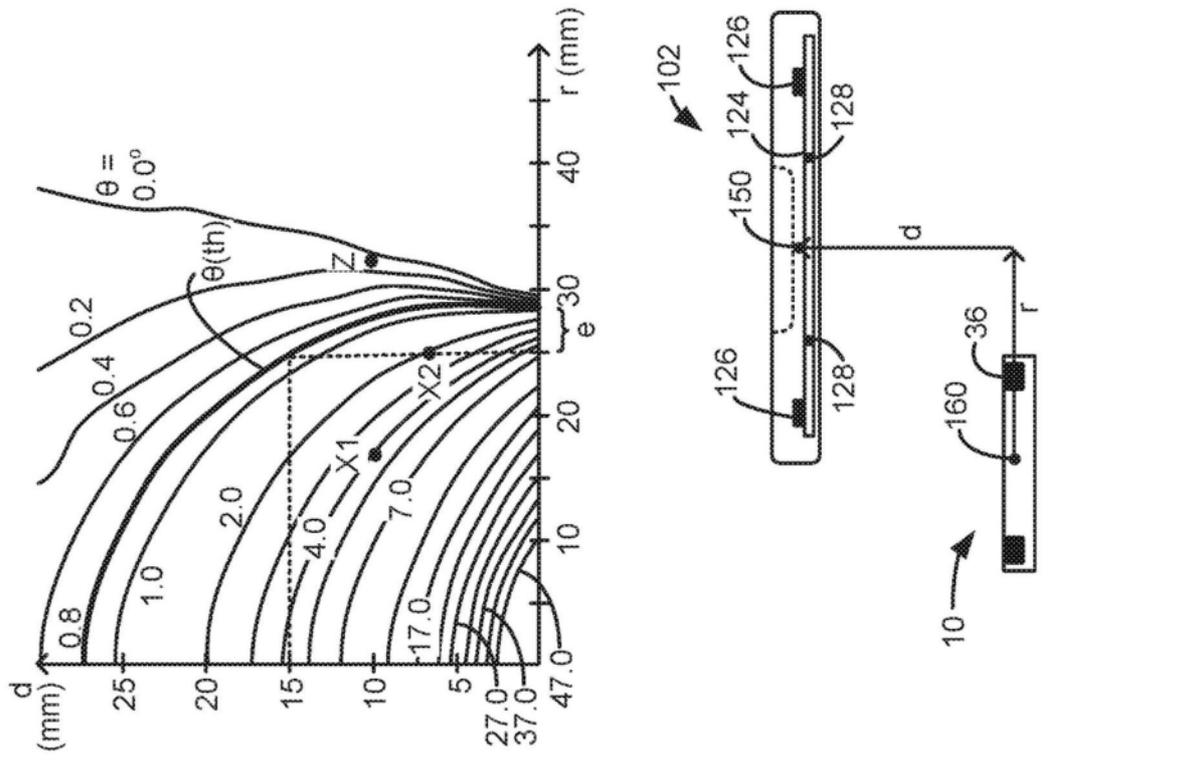


图14A

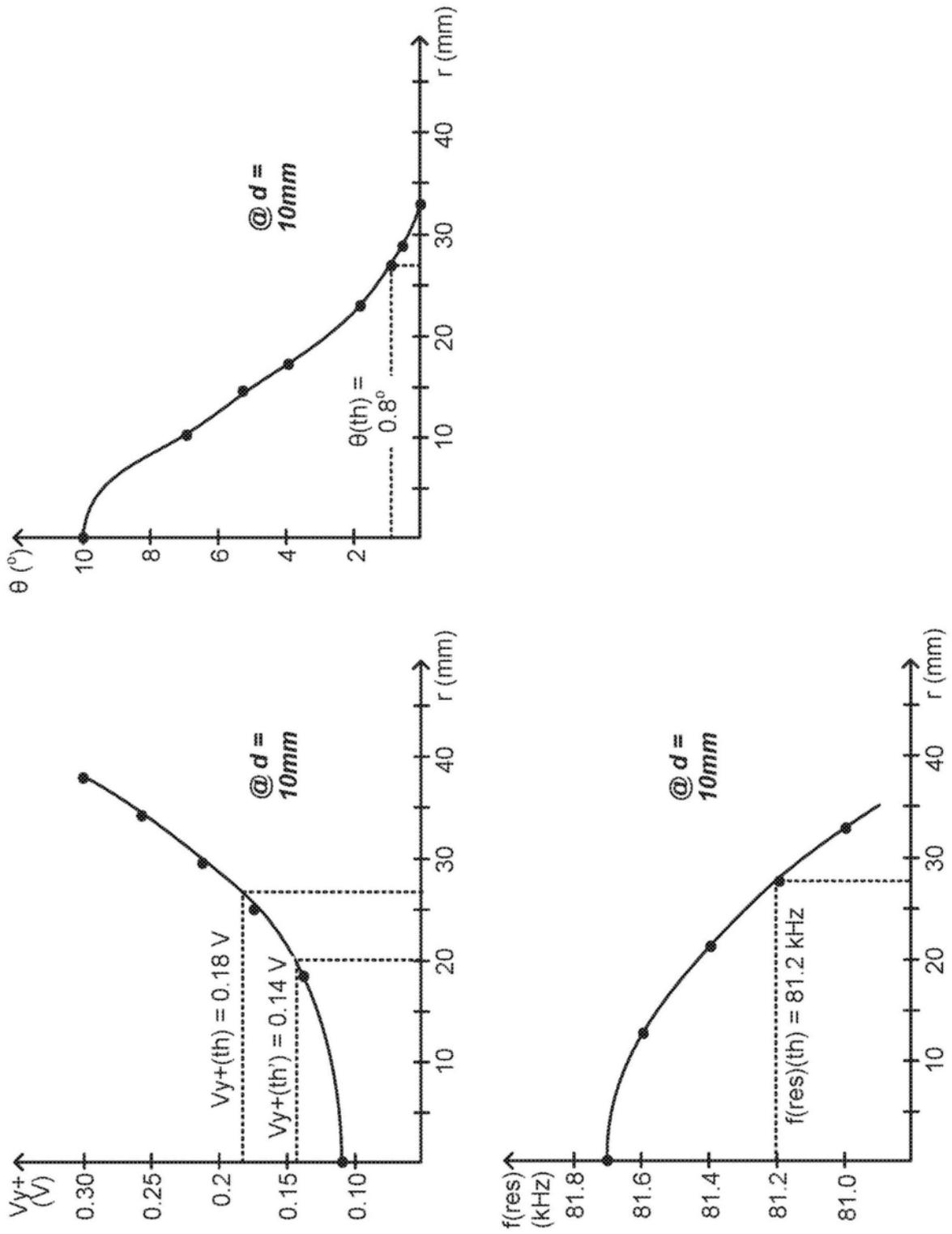


图14B

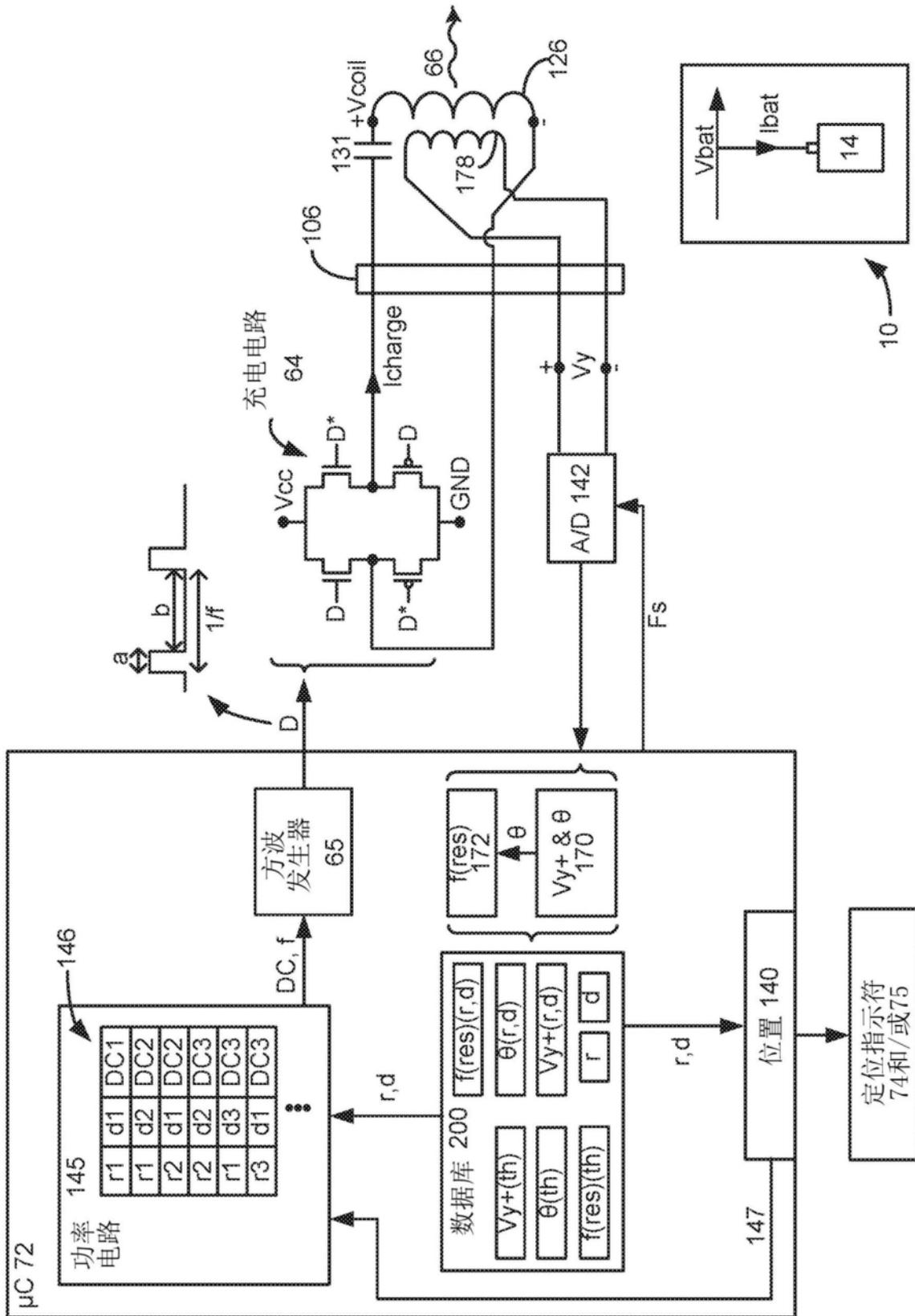


图15A

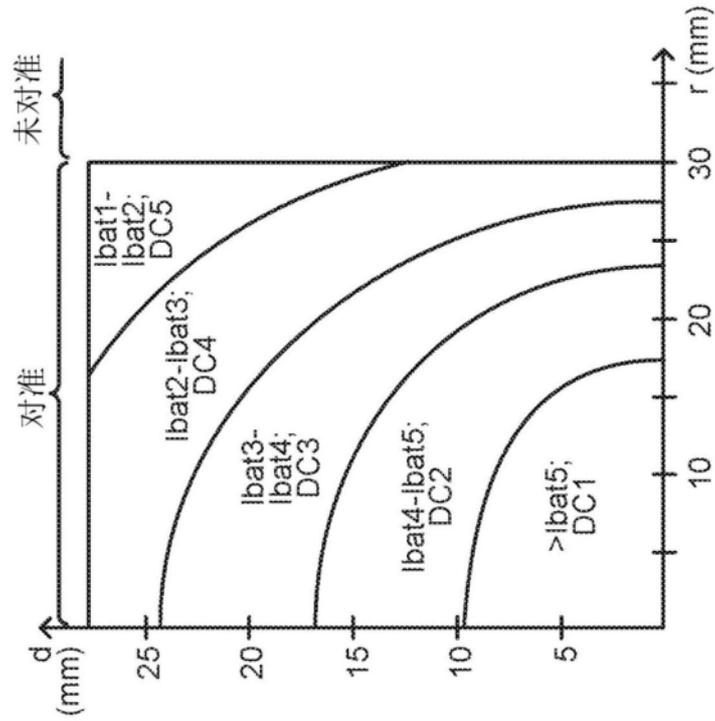


图15B

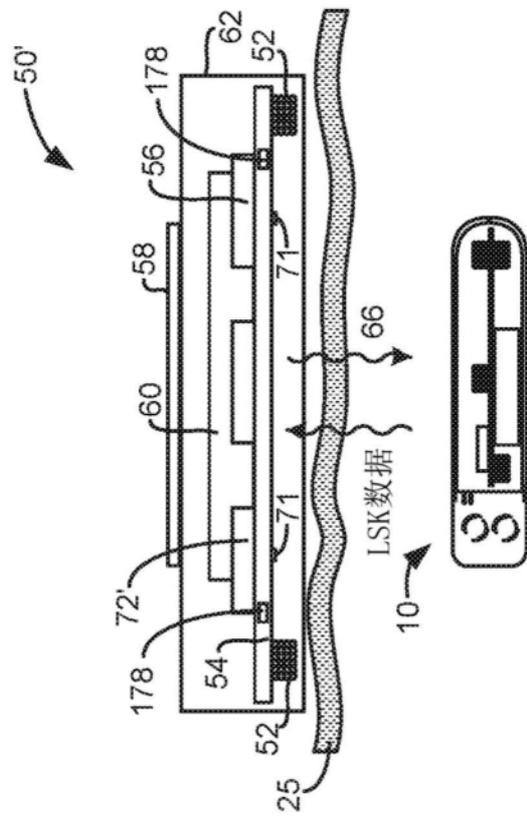


图16

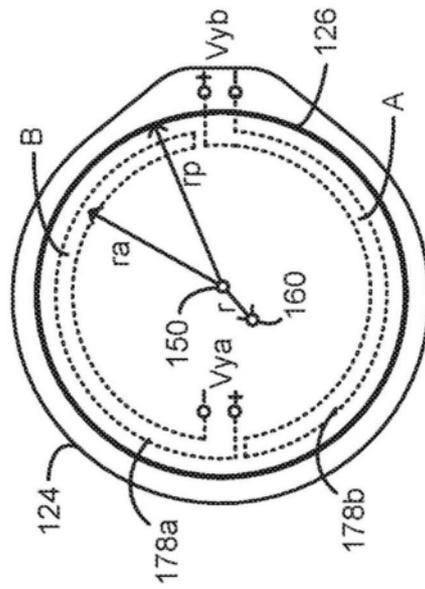


图17A

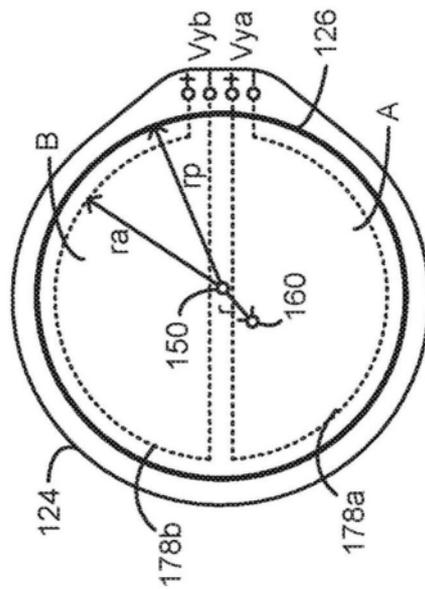


图17B

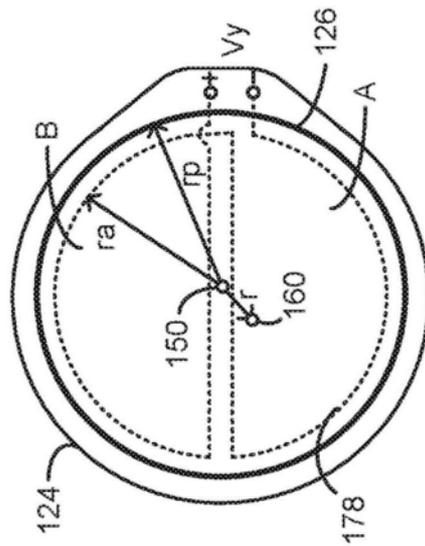


图17C

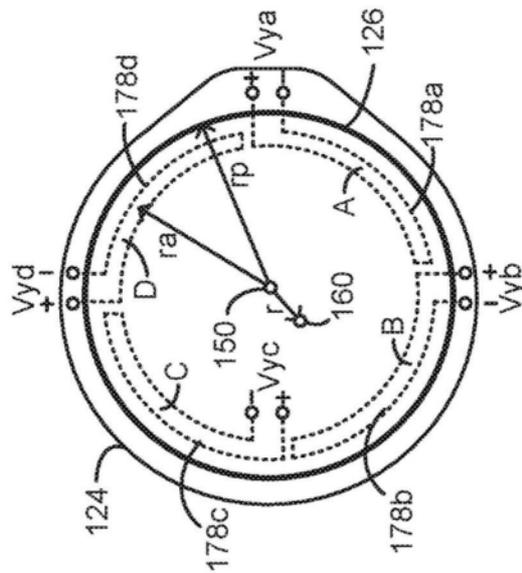


图17D

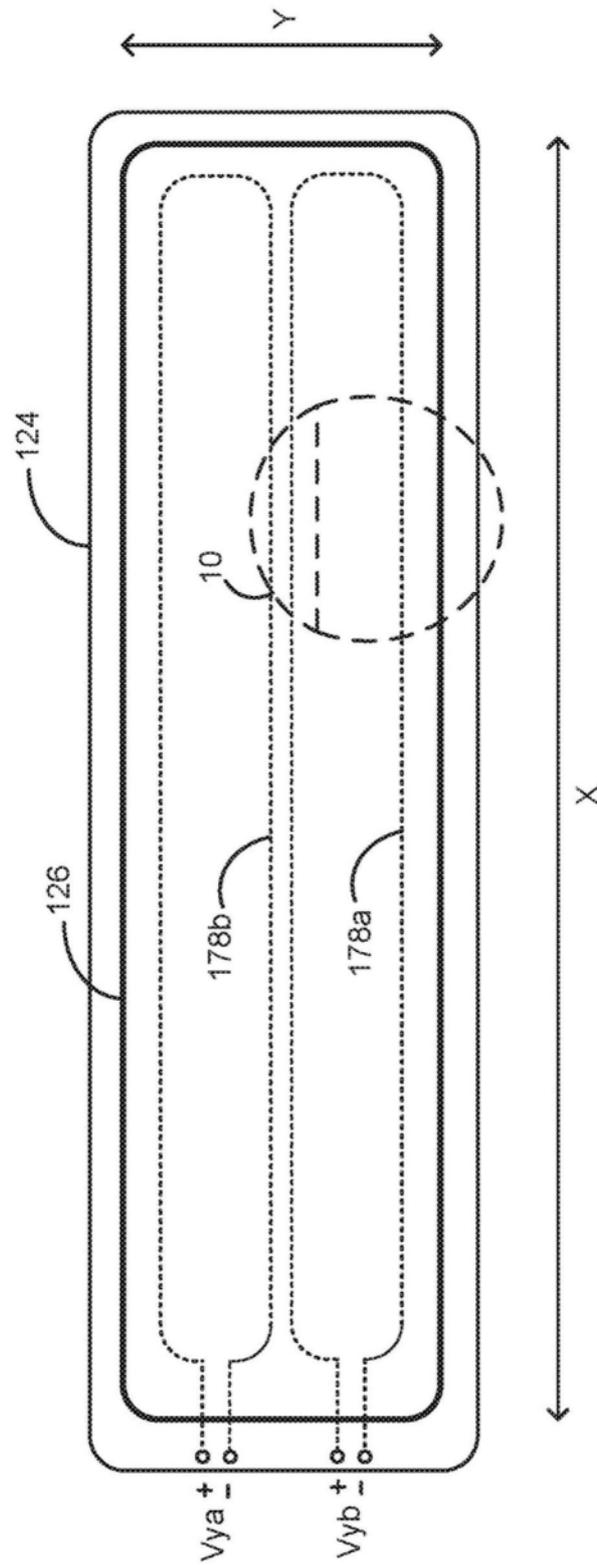


图17E

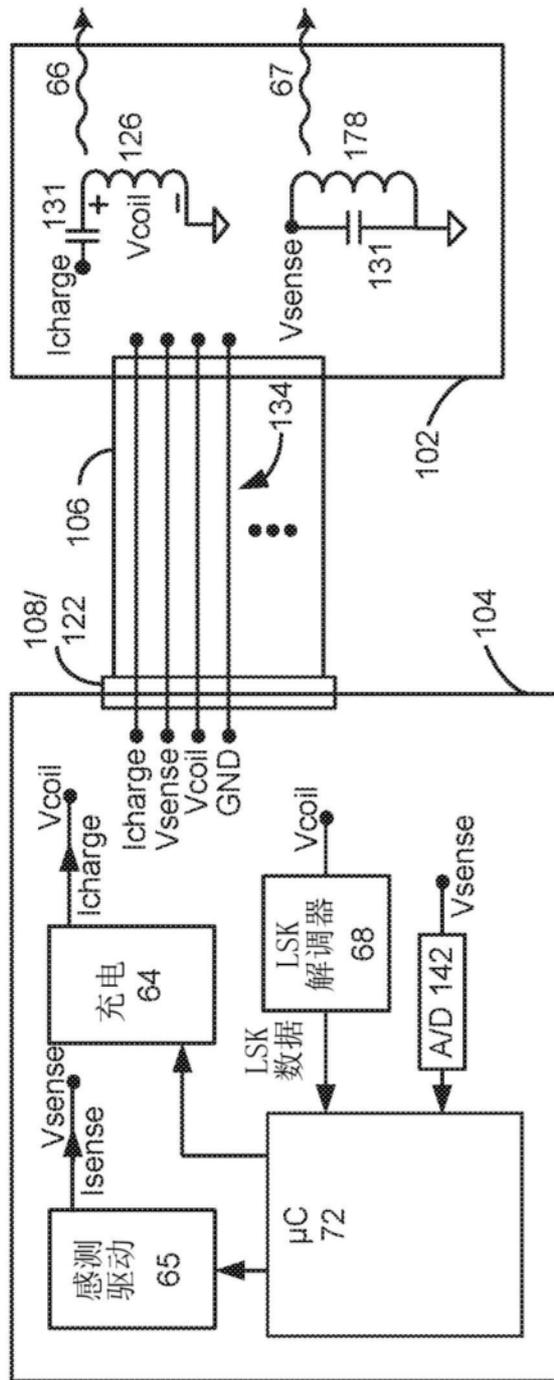


图18

