



1. 一种用于检测物体的存在的设备,所述设备包括:

感测线圈,具有由导体限定的多个边,其中对于所述感测线圈的所述多个边中的每一个边,当所述导体从所述感测线圈的相应的边的外部部分朝向所述感测线圈的相应的边的中间部分延伸时,所述导体朝向所述感测线圈的中心弓曲,并且其中所述感测线圈具有根据所述物体的所述存在而变化的电气特性;以及

检测电路,所述检测电路耦合到所述感测线圈并被配置为响应于检测所述电气特性的测量值与所述电气特性的参考值之间的差异来检测所述物体的所述存在。

2. 根据权利要求1所述的设备,其中在所述感测线圈的至少一部分的上方没有物体的情况下,所述电气特性的参考值与所述电气特性的测量值大致相同。

3. 根据权利要求1所述的设备,其中与大致矩形的感测线圈相比,所述感测线圈的形状减小了当所述物体位于所述感测线圈的至少一部分的上方时所述电气特性的最大可测量值与所述物体大致位于所述感测线圈的中心上方时所述电气特性的测量值之间的差异。

4. 根据权利要求1所述的设备,其中在所述线圈的相应的边的每个拐角处,所述导体相对于所述相应的边中的每个边的延伸方向以锐角弯折,以形成大致圆形拐角。

5. 根据权利要求4所述的设备,其中所述锐角是大致 $45^{\circ}$ 。

6. 根据权利要求1所述的设备,其中在所述线圈的相应的边的每个拐角处,所述导体相对于所述相应的边中的每个边的延伸方向以大致 $90^{\circ}$ 角弯折。

7. 根据权利要求1所述的设备,其中所述线圈的所述导体形成多个绕组,并且对于所述线圈的所述多个边中的一个边上的至少一个绕组,所述导体沿整个边以大致直线延伸。

8. 根据权利要求1所述的设备,其中所述线圈的所述导体形成多个绕组,并且其中所述多个绕组中的连续的绕组从最外侧绕组向最内侧绕组以增大的程度朝所述线圈的中心弓曲。

9. 根据权利要求1所述的设备,其中所述线圈的所述导体形成多个绕组,并且其中对于所述多个绕组中的至少一个绕组,所述导体沿所述多个边中的每个边的全部以大致直线延伸。

10. 根据权利要求1所述的设备,其中所述线圈的相对的边的中间部分比所述线圈的相对的边的外部部分更靠近彼此。

11. 一种用于检测物体的存在的方法,所述方法包括:

确定感测线圈的电气特性的测量值,所述电气特性根据所述物体的所述存在而变化,所述感测线圈具有由导体限定的多个边,其中对于所述感测线圈的所述多个边中的每个边,当所述导体从所述感测线圈的相应的边的外部部分朝向所述感测线圈的相应的边的中间部分延伸时,所述导体朝向所述感测线圈的中心弓曲;以及

响应于检测所述电气特性的测量值与所述电气特性的参考值之间的差异来检测所述物体的所述存在。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中在所述感测线圈的至少一部分的上方没有物体的情况下,所述电气特性的参考值与所述电气特性的测量值大致相同。

13. 根据权利要求11所述的方法,其中与大致矩形的感测线圈相比,所述感测线圈的形状减小了当所述物体位于所述感测线圈的至少一部分的上方时所述电气特性的最大可测量值与所述物体大致位于所述感测线圈的中心上方时所述电气特性的测量值之间的差异。

14. 根据权利要求11所述的方法,其中在所述线圈的相应的边的每个拐角处,所述导体相对于所述相应的边中的每个边的延伸方向以锐角弯折,以形成大致圆形拐角。

15. 根据权利要求14所述的方法,其中所述锐角是大约 $45^{\circ}$ 。

16. 根据权利要求11所述的方法,其中在所述线圈的相应的边的每个拐角处,所述导体相对于所述相应的边中的每个边的延伸方向以大约 $90^{\circ}$ 角弯折。

17. 根据权利要求11所述的方法,其中所述线圈的所述导体形成多个绕组,并且对于所述线圈的所述多个边中的一个边上的至少一个绕组,所述导体沿整个边以大致直线延伸。

18. 根据权利要求11所述的方法,其中所述线圈的所述导体形成多个绕组,并且其中所述多个绕组中的连续的绕组从最外侧绕组向最内侧绕组以增大的程度朝所述线圈的中心弓曲。

19. 根据权利要求11所述的方法,其中所述线圈的所述导体形成多个绕组,并且其中对于所述多个绕组中的至少一个绕组,所述导体沿所述多个边中的每个边的全部以大致直线延伸。

20. 根据权利要求11所述的方法,其中所述线圈的相对的边的中间部分比所述线圈的相对的边的外部部分更靠近彼此。

## 具有提高灵敏度的用于预定空间中的金属物体检测的感测线圈几何体

### 技术领域

[0001] 本公开大体涉及无线功率传输,更具体地涉及具有提高灵敏度的用于预定空间中的金属物体检测的感测线圈几何体。

### 背景技术

[0002] 无线充电系统能够例如通过无线磁场在自由空间中传输功率,用于对电动载具充电。然而,无线磁场可能在位于无线充电系统附近的预定空间内的任何金属物体中引起涡电流。这种涡电流导致金属物体升温并可能损坏无线充电系统的部件。可以使用包括多个感测线圈的传感器系统来确定这种金属物体的存在,从而相应地减少或中断无线功率传输。然而,当这种金属物体大致位于这些感测线圈中的一个的中心处并且感测线圈的尺寸显著地大于金属物体的尺寸时,常规的正方形或矩形感测线圈的灵敏度降低。此外,当感测线圈位于无线充电系统的发送器的磁性体上方时,由发送器产生的无线磁场可能导致对感测线圈的不期望的干扰。因此,具有提高灵敏度的用于预定空间中的金属物体检测的感测线圈几何体是理想的。

### 发明内容

[0003] 本公开的一个方面提供一种用于检测物体的存在的设备。该设备包括感测线圈,感测线圈具有由导体限定的多个边。对于感测线圈的多个边中的每个边,当导体从感测线圈的相应的边的外部部分朝向感测线圈的相应的边的中间部分延伸时,导体朝向感测线圈的中心弯曲。感测线圈具有根据物体的存在而变化的电气特性。该设备还包括检测电路,该检测电路耦合到感测线圈,并被配置为响应于检测电气特性的测量值与电气特性的参考值之间的差异来检测物体的存在。

[0004] 本公开的另一个方面提供了用于检测物体的存在的方法的一些实施例。该方法包括确定根据物体的存在而变化的感测线圈的电气特性的测量值。感测线圈具有由导体限定的多个边。对于感测线圈的所述多个边中的每个边,当导体从感测线圈的相应的边的外部部分朝向感测线圈的相应的边的中间部分延伸时,导体朝向感测线圈的中心弯曲。该方法还包括响应于检测电气特性的测量值与电气特性的参考值之间的差异来检测物体的存在。

[0005] 本公开的又一个方面提供了一种用于检测物体的存在的设备。该设备包括感测线圈,该感测线圈具有由导体限定的外环和内环,所述导体在外环和内环之间的过渡处与自身交叉。感测线圈具有根据物体的存在而变化的电气特性。该设备还包括检测电路,该检测电路耦合到感测线圈,并被配置为响应于检测电气特性的测量值与电气特性的参考值之间的差异来检测物体的存在。

[0006] 本公开的再一个方面提供了用于检测物体的存在的方法的一些实施例。该方法包括确定感测线圈的电气特性的测量值,感测线圈的电气特性根据物体的存在而变化。感测线圈具有由导体限定的外环和内环,所述导体在外环和内环之间的过渡处与自身交叉。该

方法还包括响应于检测电气特性的测量值与电气特性的参考值之间的差异来检测物体的存在。

#### 附图说明

- [0007] 图1是根据一些实施例的用于对电动载具充电的无线功率传输系统的图。
- [0008] 图2是图1的无线功率传输系统的核心部件的示意图。
- [0009] 图3是示出了图1的无线功率传输系统的核心部件和辅助部件的另一功能框图。
- [0010] 图4和图5是根据一些实施例的物体检测电路的部分的图。
- [0011] 图6是根据一些实施例的被配置为检测位于磁垫上或磁垫附近的物体的感测线圈的侧视图。
- [0012] 图7示出了根据一些实施例的被配置为检测物体的矩形双环感测线圈。
- [0013] 图8示出了根据一些实施例的被配置成检测物体的六边形感测线圈。
- [0014] 图9示出了根据一些实施例的被配置为检测物体的双D感测线圈。
- [0015] 图10示出了根据一些实施例的被配置为检测物体的四D感测线圈。
- [0016] 图11示出了根据一些实施例的被配置为检测物体的苜蓿叶形感测线圈。
- [0017] 图12示出了根据一些实施例的被配置为检测物体的替代的苜蓿叶形感测线圈。
- [0018] 图13示出了根据一些实施例的被配置为检测物体的又一替代的苜蓿叶形感测线圈。
- [0019] 图14是图表,示出了根据一些实施例的在存在金属物体的情况下,传统的矩形感测线圈的等效电感的变化。
- [0020] 图15是图表,示出了根据一些实施例的在存在金属物体的情况下,矩形双环感测线圈的等效电感的变化。
- [0021] 图16是图表,示出了根据一些实施例的在存在金属物体的情况下,六边形感测线圈的等效电感的变化。
- [0022] 图17是图表,示出了根据一些实施例的在存在金属物体的情况下,苜蓿叶形感测线圈的等效电感的变化。
- [0023] 图18是图表,示出了根据一些实施例的在存在金属物体的情况下,双D感测线圈的等效电感的变化。
- [0024] 图19是图表,示出了根据一些实施例的在存在金属物体的情况下,四D感测线圈的等效电感的变化。
- [0025] 图20是根据一些实施例的被配置为基于磁场感测来检测物体的电路的功能框图。
- [0026] 图21是根据一些实施例的被配置成基于感测线圈阻抗测量来检测物体的电路的功能框图。
- [0027] 图22是根据一些实施例的被配置为基于感测线圈共振频率测量来检测物体的电路的功能框图。
- [0028] 图23是根据一些实施例的被配置为基于感测线圈共振频率测量来检测物体的电路的另一功能框图。
- [0029] 图24是根据一些实施例的被配置为使用检测电路和多个感测电路之间的多个耦合电路来检测物体的电路的功能框图。

[0030] 图25是根据一些实施例的用于检测物体的存在的方法的流程图。

[0031] 图26是根据一些实施例的用于检测物体的存在的另一种方法的流程图。

### 具体实施方式

[0032] 以下结合附图阐述的详细描述旨在作为实施例的描述,并不旨在表示可以实践本发明的唯一实施例。在本说明书中通篇使用的术语“示例性”意指“用作示例、实例或说明”,并不一定被解释为比其他实施例优选或有利。详细描述包括具体细节,目的是提供对实施例的透彻理解。在某些情况下,一些装置以框图的形式显示。

[0033] 无线地传输功率可以指将与电场、磁场、电磁场或其他形式相关联的任何形式的能量从发送器传送到接收器而不使用物理电导体(例如,功率可以通过自由空间传输)。输出到无线场(例如磁场)的功率可以由“接收线圈”接收、捕获或耦合以实现功率传输。

[0034] 这里使用电动载具来描述远程系统,远程系统的示例是载具;作为其运动能力的一部分,载具包括从可充电能量存储装置(例如,一个或多个可再充电电化学电池或其他类型的蓄电池)得到的功率。作为非限制性示例,一些电动载具可以是混合动力电动载具,该混合动力电动载具除了包括电动马达之外还包括传统的内燃发动机以用于直接运动或对载具的电池充电。其他的电动载具可以从电功率中汲取所有运动能力。电动载具不限于汽车,也可以包括摩托车、推车、踏板车等。作为示例而非限制,在本文中以电动载具(EV)的形式描述远程系统。此外,也可以想到可以至少部分地使用可充电能量存储装置供电的其他远程系统(例如,诸如个人计算设备等的电子设备)。

[0035] 图1是根据一些实施例的用于对电动载具112充电的无线功率传输系统100的图。无线功率传输系统100能够在电动载具112停放在基座无线充电系统102a附近时对电动载具112进行充电。用于两个电动载具的空间在要在相应的基座无线充电系统102a和102b的上方停放的停放区域中示出。在一些实施例中,本地分配中心190可以连接到功率主干网192并且被配置为通过功率链路110向基座无线充电系统102a提供交流(AC)电或直流(DC)电。基座无线充电系统102a还包括用于无线地传送或接收功率的基座系统感应线圈104a。电动载具112可以包括电池单元118、电动载具感应线圈116和电动载具无线充电系统114。电动载具感应线圈116可以例如通过由基座系统感应线圈104a产生的磁场区与基座系统感应线圈104a相互作用。

[0036] 在一些实施例中,当电动载具感应线圈116位于由基座系统感应线圈104a产生的能量场中时,电动载具感应线圈116可以接收功率。所述场对应于如下区:在该区处,由基座系统感应线圈104a输出的能量可以由电动载具感应线圈116捕获。例如,由基座系统感应线圈104a输出的能量可以处于足以对电动载具112充电或供电的水平。在一些情况下,所述场可以对应于基座系统感应线圈104a的“近场”。该近场可以对应于如下区:在该区中存在由基座系统感应线圈104a中的电流和电荷产生的强反应场,所述强反应场不辐射离开基座系统感应线圈104a的功率。在一些情况下,近场可以对应于在如下面将进一步描述的基座系统感应线圈104a的波长的约 $1/2\pi$ 内的区(对于电动载具感应线圈116,则反之亦然)。

[0037] 本地分配1130可以被配置为经由通信回程194与外部源(例如,电网)通信,并且经由通信链路108与基座无线充电系统102a通信。

[0038] 在一些实施例中,电动载具感应线圈116可以与基座系统感应线圈104a对准,并且

因此简单地通过由驾驶员相对于基座系统感应线圈104a正确地定位电动载具112而被设置在近场区内。在其他实施例中,驱动器可以被给予视觉反馈、听觉反馈或其组合,以确定电动载具112何时被适当地放置以用于无线功率传输。在又一些其他实施例中,电动载具112可以由自动驾驶系统定位,所述自动驾驶系统可以使电动载具112前后移动(例如,之字形运动),直到对准误差达到容许值。如果电动载具112配备有伺服方向盘、超声传感器和用于调节载具的智能装置,那么这可以由电动载具112在没有驾驶员干预或仅有最小的驾驶员干预的情况下自动地和自主地执行。在又一些其他实施例中,电动载具感应线圈116、基座系统感应线圈104a或其组合可以具有用于使感应线圈116和104a相对于彼此移位和移动的功能,以使其更精确地定向并且形成它们之间更高效的耦合。

[0039] 基座无线充电系统102a可以位于各种位置。作为非限制性示例,一些合适的位置包括电动载具112的所有者的家中的停车区域、模仿常规基于石油的加油站的为了电动载具无线充电而保留的停车区域以及在诸如购物中心和就业场所的其他位置的停车场。

[0040] 对电动载具无线充电可以提供许多好处。例如,可以自动地执行充电,实际上没有驾驶员干预和操纵,从而提高了用户的便利性。也可能没有暴露的电触点并且没有机械磨损,从而提高了无线功率传输系统100的可靠性。可以不需要使用电缆和连接器的操作,并且可以没有可能暴露于户外环境中的湿气和水的电缆、插头或插座,从而提高了安全性。也可以没有可见或可接近的插座、电缆和插头,从而减少了对充电设备的潜在破坏。此外,由于可以使用电动载具112作为用于稳定电网的分布式存储装置,所以可以使用对接电网解决方案来增加载具对于载具到电网(V2G)操作的可用性。

[0041] 参照图1描述的无线功率传输系统100还可以提供美观和非妨碍性的优点。例如,可以没有可能妨碍载具和/或行人的充电桩和电缆。

[0042] 作为对载具到电网能力的进一步解释,无线功率发射和接收能力可以被配置为是相互的,使得基座无线充电系统102a将功率传输到电动载具112,并且电动载具112例如在能量短缺时将功率传输到基座无线充电系统102a。在可再生能源生产(例如风能或太阳能)中过度需求或短缺导致的能量短缺时,通过允许电动载具为整个配电系统贡献功率,这种能力可用于稳定配电网。

[0043] 图2是图1的无线功率传输系统100的核心部件的示意图。如图2所示,无线功率传输系统200可以包括基座系统传送电路206,基座系统传送电路206包括具有电感 $L_1$ 的基座系统感应线圈204。无线功率传输系统200还包括电动载具接收电路222,电动载具接收电路222包括具有电感 $L_2$ 的电动载具感应线圈216。本文描述的实施例可以使用形成共振结构的电容加载的线环(即,多匝线圈),如果主结构和副结构都调谐到共同的共振频率,该共振结构能够经由磁近场或电磁近场高效地将能量从初级结构(发送器)耦合到次级结构(接收器)。线圈可以用于电动载具感应线圈216和基座系统感应线圈204。使用用于耦合能量的共振结构可以被称为“磁耦合共振”、“电磁耦合共振”和/或“共振感应”。将基于从基座无线充电系统202到电动载具112的功率传输来描述无线功率传输系统200的操作,但不限于此。例如,如上所述,电动载具112可以将功率传输到基座无线充电系统102a。

[0044] 参照图2,电源208(例如,AC或DC)将功率 $P_{SDC}$ 供给到基座无线充电系统202以将能量传输到电动载具112。基座无线充电系统202包括基座充电系统功率转换器236。基座充电系统功率转换器236可以包括诸如AC/DC转换器和DC/低频(LF)转换器的电路,AC/DC转换器

被配置为将功率从标准市电AC转换为合适的电压水平下的DC功率,DC/低频(LF)转换器被配置为将DC功率转换为适合于无线高功率传输的工作频率下的功率。基座充电系统功率转换器236将功率 $P_1$ 供给到包括与基座系统感应线圈204串联的电容器 $C_1$ 的基座系统传送电路206以发射所需频率的电磁场。电容器 $C_1$ 可以与基座系统感应线圈204并联或串联地耦合,或者可以由并联或串联拓扑的任意组合的多个无功元件形成。可以提供电容器 $C_1$ 以与基座系统感应线圈204形成以期望的频率共振的共振电路。基座系统感应线圈204接收功率 $P_1$ ,并以足以对电动载具112充电或供电的水平无线地传送功率。例如,基座系统感应线圈204无线地提供的功率水平可以是千瓦(kW)级别的(例如,从1kW到110kW或更高或更低的任何数值),并且在一些实施例中,可以以包括但不限于85kHz的频率传输。

[0045] 包括基座系统感应线圈204的基座系统传送电路206和包括电动载具感应线圈216的电动载具接收电路222可以调谐到基本相同的频率,并且可以被定位在由基座系统感应线圈204和电动载具感应线圈116中的一个传送的电磁场的近场内。在这种情况下,基座系统感应线圈204和电动载具感应线圈116可以彼此耦合,使得功率可以传输到包括电容器 $C_2$ 和电动载具感应线圈116的电动载具接收电路222。电容器 $C_2$ 可以被提供为与电动载具感应线圈216形成以期望的频率共振的共振电路。电容器 $C_2$ 可以与电动载具感应线圈204并联或串联地耦合,或者可以由并联或串联拓扑的任何组合的多个无功元件形成。元件k(d)表示在线圈分离时产生的互耦系数。等效电阻 $R_{eq,1}$ 和 $R_{eq,2}$ 表示感应线圈204和216以及抗电抗电容器 $C_1$ 和 $C_2$ 可能固有的损耗。包括电动载具感应线圈236和电容器 $C_2$ 的电动载具接收电路222接收功率 $P_2$ 并将功率 $P_2$ 提供给电动载具充电系统214的电动载具功率转换器238。

[0046] 电动载具功率转换器238除了别的之外还可以包括LF/DC转换器,LF/DC转换器被配置为将工作频率下的功率转换回为与电动载具电池单元218的电压水平相匹配的电压水平下的DC功率。电动载具功率转换器238可以提供转换的功率 $P_{LDC}$ 以对电动载具电池单元218充电。电源208、基座充电系统功率转换器236和基座系统感应线圈204可以是固定的并且位于前面讨论过的各种位置。电池单元218、电动载具功率转换器238和电动载具感应线圈216可以被包括在是电动载具112的一部分或电池组(未示出)的一部分的电动载具充电系统214中。电动载具充电系统214还可以被配置为通过电动载具感应线圈216无线地向基座无线充电系统202提供功率,以将功率馈送回电网。基于操作模式,电动载具感应线圈216和基座系统感应线圈204中的每一个可以用作传送感应线圈或接收感应线圈。

[0047] 尽管未示出,但是无线功率传输系统200可以包括负载断开单元(LDU),以将电动载具电池单元218或电源208与无线功率传输系统200安全地断开。例如,在紧急情况下或系统故障的情况下时,LDU可以被触发以将负载与无线功率传输系统200断开。除了用于管理对电池的充电的电池管理系统之外,还可以提供LDU,或者LDU可以是电池管理系统的一部分。

[0048] 此外,电动载具充电系统214可以包括开关电路(未示出),开关电路用于选择性地将电动载具感应线圈216连接到电动载具功率转换器238以及断开电动载具感应线圈216到电动载具功率转换器238的连接。断开电动载具感应线圈216可以使充电暂停,并且还可以调节基座无线充电系统102a(作为发送器)“看到”的“负载”,这可以用来从基座无线充电系统102a“遮盖”电动载具充电系统114(作为接收器)。如果发送器包括负载感测电路,则可以检测负载变化。因此,诸如基座无线充电系统202的发送器可以具有机构以用于确定接收器



(例如电动载具充电系统114)何时存在于基座系统感应线圈204的近场中。

[0049] 如上所述,在操作中,假设能量向载具或电池传输,从电源208提供输入功率,使得基座系统感应线圈204产生用于提供能量传输的场。电动载具感应线圈216耦合到辐射场并产生输出功率以供电动载具112存储或消耗。如上所述,在一些实施例中,基座系统感应线圈204和电动载具感应线圈116根据相互共振关系而配置,使得电动载具感应线圈116的共振频率和基座系统感应线圈204的共振频率非常接近或基本相同。当电动载具感应线圈216位于基座系统感应线圈204的近场中时,基座无线充电系统202和电动载具充电系统214之间的传输损耗最小。

[0050] 如上所述,通过将传送感应线圈的近场中的大部分能量耦合到接收感应线圈而不是将电磁波中的大部分能量传播到远场,发生高效的能量传输。当在近场中时,可以在传送感应线圈和接收感应线圈之间建立耦合模式。感应线圈周围的可能发生这种近场耦合的区域在这里被称为近场耦合模式区。

[0051] 虽然未示出,但是基座充电系统功率转换器236和电动载具功率转换器238都可以包括振荡器、诸如功率放大器的驱动器电路、滤波器以及用于与无线功率感应线圈高效耦合的匹配电路。振荡器可以被配置为产生期望的频率,该频率可以响应于调节信号而被调节。振荡器信号可以由功率放大器以响应于控制信号的放大量来放大。可以包括滤波和匹配电路以滤出谐波或其他不期望的频率,并使功率转换模块的阻抗与无线功率感应线圈相匹配。功率转换器236和238还可以包括整流器和开关电路,以产生适当的功率输出来对电池充电。

[0052] 贯穿所公开的实施例中描述的电动载具感应线圈216和基座系统感应线圈204可以被称为或配置为“环”天线,更具体地说,是多匝环形天线。感应线圈204和216也可以在这里被称为或被配置为“磁性”天线。术语“线圈”旨在表示可以无线地输出或接收与另一个“线圈”耦合的能量的部件。线圈也可以被称为被配置为无线地输出或接收功率的类型的“天线”。如本文所使用的,线圈204和216是被配置为无线地输出、无线地接收和/或无线地中继功率的类型的“功率传输部件”的示例。环(例如,多匝环)天线可以被配置为包括空气芯或诸如铁氧体芯的物理芯。空气芯环天线可以允许在芯区域内放置其他部件。包括铁磁体或铁磁性材料的物理芯天线可以允许形成更强的电磁场和改进的耦合。

[0053] 如前面所讨论的,在发送器与接收器之间的匹配或接近匹配的共振期间,发生发送器与接收器之间的高效能量传输。然而,即使发送器和接收器之间的共振不匹配,能量也可以以较低的效率传输。能量传递通过以下方式发生:将来自传送感应线圈的近场的能量耦合到驻留在建立该近场的区内(例如,在共振频率的预定频率范围内,或在近场区的预定距离内)的接收感应线圈,而不是将能量从传送感应线圈传播到自由空间中。

[0054] 共振频率可以基于如上所述的包括感应线圈(例如,基座系统感应线圈204)的传送电路的电感和电容。如图2所示,电感通常可以是感应线圈的电感,而电容可以添加到感应线圈以建立期望的共振频率下的共振结构。作为非限制性示例,如图2所示,电容器可以与感应线圈串联地添加,以建立产生电磁场的共振电路(例如,基座系统传送电路206)。因此,对于较大直径的感应线圈,诱发共振所需的电容值可以随着线圈的直径或电感增加而减小。电感也可以取决于感应线圈的匝数。此外,随着感应线圈的直径增加,近场的高效能量传递面积可以增加。其他共振电路是可能的。作为另一非限制性示例,电容器可以并联放

置在感应线圈(例如并联共振电路)的两个端子之间。此外,感应线圈可以设计成具有高质量(Q)因子以提高感应线圈的共振。例如,Q因子可以是300或更大。

[0055] 如上所述,根据一些实施例,公开了处于彼此的近场的两个感应线圈之间的耦合功率。如上所述,近场可以对应于感应线圈周围存在电磁场但不能传播或辐射远离感应线圈的区。近场耦合模式区可以对应于接近感应线圈的物理体积的体积,通常在波长的一小部分内。根据一些实施例,诸如单匝和多匝环天线的电磁感应线圈用于传送和接收两者,因为与电型天线(例如,小型偶极子)的电近场相比,对于磁型线圈,实际实现中的磁性近场幅度趋向于较高。这允许该对之间潜在更高的耦合。此外,可以使用“电”天线(例如,偶极子和单极子)或磁天线和电天线的组合。

[0056] 图3是示出图1的无线功率传输系统300的核心部件和辅助部件的另一功能框图。无线功率传输系统300示出了用于基座系统感应线圈304和电动载具感应线圈236的通信链路376、引导链路366和对准系统352、354。如上面参考图2所描述的,并且假设能量流向电动载具112,在图3中,基座充电系统电源接口354可以被配置为从诸如AC或DC电源186的电源向充电系统功率转换器336提供功率。基座充电系统功率转换器336可以从基座充电系统电源接口354接收AC或DC功率以在其共振频率处或共振频率附近激励基座系统感应线圈304。当处于近场耦合模式区中时,电动载具感应线圈236可以从近场耦合模式区接收能量以在共振频率处或共振频率附近振荡。电动载具功率转换器338将来自电动载具感应线圈236的振荡信号转换成适合于通过电动载具电源接口对电池充电的功率信号。

[0057] 基座无线充电系统302包括基座充电系统控制器342,并且电动载具充电系统234包括电动载具控制器344。基座充电系统控制器342可以包括到诸如计算机、配电中心或智能电网的其他系统(未示出)的基座充电系统通信接口212。电动载具控制器344可以包括到其他系统(未示出)的电动载具通信接口,所述其他系统例如是载具上的车载计算机、另外的电池充电控制器、载具内的其他电子系统以及远程电子系统。

[0058] 基座充电系统控制器342和电动载具控制器344可以包括具有单独的通信信道的用于特定应用的子系统或模块。这些通信信道可以是单独的物理信道或单独的逻辑信道。作为非限制性示例,基座充电对准系统352可以通过通信链路376与电动载具对准系统354通信,以提供反馈机构,该反馈机构用于使基座系统感应线圈304和电动载具感应线圈236自主地或在操作人员的帮助下更紧密地对准。类似地,基座充电引导系统362可以通过引导链路与电动载具引导系统364通信,以提供反馈机构来引导操作人员将基座系统感应线圈304与电动载具感应线圈236对准。此外,可以存在由基座充电通信系统372和电动载具通信系统374支持的单独的通用通信链路(例如,信道),用于在基座无线充电系统302和电动载具充电系统234之间传送其他信息。该信息可以包括关于基座无线充电系统302和电动载具充电系统234的电动载具特性、电池特性、充电状态和功率容量的信息以及用于电动载具112的维护和诊断数据。这些通信信道可以是诸如蓝牙、zigBee、蜂窝等的单独的物理通信通道。

[0059] 电动载具控制器344还可以包括管理电动载具主蓄电池的充电和放电的电池管理系统(BMS)(未示出)、基于微波或超声波雷达原理的停车辅助系统、配置为执行半自动停车操作的制动系统以及配置为协助基本自动化停车“线控停车”的方向盘伺服系统,所述方向盘伺服系统可以提供更高的停车精度,从而减少对基座无线充电系统102a和电动载具充电

系统114中的任一者中的机械水平感应线圈对准的需要。此外,电动载具控制器344可以被配置为与电动载具112的电子设备通信。例如,电动载具控制器344可以被配置为与视觉输出设备(例如,仪表板显示器)、声学/音频输出设备(例如蜂鸣器、扬声器)、机械输入设备(例如键盘、触摸屏和诸如操纵杆、轨迹球等的定位设备)和音频输入设备(例如,具有电子语音识别的麦克风)通信。

[0060] 此外,无线功率传输系统300可以包括检测和传感器系统。例如,无线功率传输系统300可以包括用于与系统一起使用以正确引导驾驶员或车辆到充电点的传感器、使感应线圈与所需的分离/耦合相互对准的传感器、检测可能阻碍载具感应线圈236移动到特定高度和/或位置以实现耦合的物体的传感器、以及用于与系统一起使用以执行系统的可靠、无损和安全的操作的安全传感器。例如,安全传感器可以包括传感器以用于检测接近无线功率感应线圈104a、116超出安全半径的动物或儿童的存在,检测基座系统感应线圈304附近的可以被加热(感应加热)的金属物体,检测基座系统感应线圈304上的诸如炽热物体的危险事件,以及监测基座无线充电系统302和电动汽车充电系统234的部件的温度。

[0061] 无线功率传输系统300还可以支持经由有线连接的插入式充电。有线充电端口可以在功率传输到电动载具112或从电动载具112传输之前集成两个不同充电器的输出。开关电路可以根据需要提供功能以支持无线充电和经由有线充电端口的充电。

[0062] 为了在基座无线充电系统302和电动载具充电系统234之间通信,无线功率传输系统300可以使用带内信令和RF数据调制解调器(例如,在非许可频带中的无线电以太网)两者。带外通信可以为载具用户/所有者的增值服务分配提供足够的带宽。无线功率载波的低深度幅度或相位调制可以用作具有最小干扰的带内信令系统。

[0063] 此外,可以在不使用特定的通信天线的情况下经由无线功率链路执行一些通信。例如,无线功率感应线圈304和236也可以配置为用作无线通信发送器。因此,基座无线充电系统302的一些实施例可以包括用于在无线功率路径上启用键控型协议的控制器(未示出)。通过用预定的协议以预定的间隔键控发射功率水平(幅移键控),接收器可以检测来自发送器的串行通信。基座充电系统功率转换器336可以包括负载感测电路(未示出),用于检测由基座系统感应线圈304产生的近场附近的有源电动载具接收器的存在或不存在。作为示例,负载感测电路监视流入功率放大器的电流,该电流受到基座系统感应线圈104a产生的近场附近的有源接收器的存在或不存在的的影响。功率放大器上的负载变化的检测可以由基座充电系统控制器342监视,基座充电系统控制器342用于在确定是否使得用于传送能量的振荡器能够与有源接收器或其组合通信中使用。

[0064] 此外,虽然某些实施例可以在无线功率传输系统中使用,但是应当理解,本文描述的各种实施例可以适用于其他应用以用于检测与产生交变磁场的系统无关的预定空间中的金属物体。例如,本文描述的实施例可以在用于检测从预定空间移除的金属物体的防盗检测器、安全系统、质量保证系统、电子物品监视、电子物品管理等中使用。

[0065] 关于感应充电,取决于初级磁性结构和次级磁性结构的能量传输速率(功率水平)、工作频率、尺寸和设计以及它们之间的距离,一些位置处的气隙中的磁通密度可以超过0.5mT,并且可能达到几毫特斯拉。如果将包含一定量的导电良好的材料(例如金属)的物体插入到初级结构和次级结构之间的空间中,则在该物体中产生涡电流(楞次定律),这可能导致功率耗散和后续的加热效应。该感应加热效应取决于物体的导磁结构的磁通密度、

交变磁场的频率、尺寸、形状、取向和导电率。当物体暴露于磁场足够长的时间时,则物体可能会升高到一定温度,如果物体包括易燃材料或者如果物体与诸如包括薄金属箔的香烟盒的这种材料直接接触,该升高的温度可能被认为有自燃方面的危险,该升高的温度还被认为有可能灼伤捡起诸如硬币或钥匙的这种热物体的人,或者损坏初级结构或次级结构的塑料外壳,例如物体熔化到塑料中。

[0066] 在包括可能基本上不导电但具有明显的迟滞效应的铁磁材料的物体中或在产生迟滞和涡电流损耗的材料中,也可以预期温度升高。因此,检测这些物体有利于避免相应的有害后果。如果物体检测系统集成在用于提供无线功率的系统内,则响应于检测有害物体,系统可以降低功率水平或关闭,直到可以采取移除有害物体。

[0067] 在感应功率传输的某些应用中,例如在家庭和公共区域对电动载具进行充电时,由于人员和设备的安全性方面的原因,必须强制能够检测具有升温至临界温度的可能的外来物体。在关键空间是开放和可访问的以使得外来物体可能意外地或有意地(例如,蓄意破坏)进入该空间的系统中,尤其如此。

[0068] 这里描述的实施例涉及自动检测可能位于预定义空间中的有害外来物体。特别地,某些实施例涉及检测位于初级磁性结构或次级磁性结构的表面附近的小的金属性或铁磁性物体(例如,硬币),其中初级磁性结构或次级磁性结构的磁通密度可能超过特定值(例如0.5mT)。

[0069] 根据某些实施例,可以优选使用基于磁场的感应感测,因为可以经由磁场感测的物体可能是潜在危险的物体。磁场感测对导电和铁磁性的物体可能是高选择性的。在例如低于20MHz的频率下,在此频率下磁场可以被认为是准静止的,实际上可能与非导电介电物体几乎没有相互作用,并且与导电性差的材料(例如高盐度的水或水浸纸、湿木和树叶等)几乎没有相互作用。

[0070] 在某些情况下,由于范围有限,检测小物体可能有些困难。在某些情况下,如果物体紧邻传感器,则可能检测较小的物体。在需要检测物体的空间中可能存在无法检测较小物体的位置。在由于机械保护和鲁棒性方面的原因而将磁场传感器集成到能量传输垫的外壳中的情况下,尤其如此。

[0071] 图4是根据一些实施例的被配置为通过测量感应线圈422中感应的电压 $V_{ind}$ 来检测物体424的物体检测电路的一部分的示意图400。根据各种实施例,感测线圈422可以是多匝环(线圈),例如用于增加灵敏度。放置在感测线圈422附近的金属物体424中的涡电流改变通过感测线圈的磁通量,并因此改变感应电压 $V_{ind}$ 。磁场 $B_{ex}$ 是被产生以用于在例如85kHz的工作频率下传输感应能量的外部时变磁场。例如,图1的基座系统感应线圈104a可以产生磁场 $B_{ex}$ 。取决于物体424的电气特性和磁特性,感测线圈感应电压 $V_{ind}$ 通常在幅度和相位上都发生变化。

[0072] 图5是根据一些实施例的被配置为通过测量感测线圈522的阻抗 $Z_{loop}$ 来检测物体524的物体检测电路的一部分的另一示意图500。通常,感测线圈522可以是多匝线圈。为了测量感测线圈阻抗,将小的高频感测电流 $I_{sense}$ 注入到感测线圈522中。在感测线圈522附近的金属物体524改变由感测线圈电流 $I_{sense}$ 产生的磁通量,并因此感测线圈的电感和电阻(分别为阻抗的虚部和实部)。该感测线圈电感的改变的结果是包括感测线圈的共振电路的共振频率的相称的改变。利用这一方面的实施例将结合图22和图23更详细地描述。

[0073] 为了避免来自外部磁场的基波或谐波的干扰,可以使用与外部磁场(例如,为无线功率传输提供的另一个磁场)不同的频率进行阻抗测量。然而,即使当以与为无线功率传输提供的磁场的频率(例如,85kHz)不同的频率注入电流 $I_{\text{sense}}$ 时,该磁场仍然能够引起无线功率传输频率下的干扰。因此,在无线功率传输频率(例如,85kHz)处或附近固有地衰减或滤除感应电压和电流的感测线圈几何体也将固有地增加那些感测线圈的灵敏度,而无需调节感测线圈的整体尺寸。这还将提供允许下游部件的更简单的滤波器设计的次要好处。此外,与圆形或矩形线圈几何体相比,在整个横截面上提供更均匀的灵敏度的感测线圈几何体可以放宽下游处理电路的设计要求。

[0074] 图6是根据一些实施例的位于无线充电垫626上或无线充电垫626附近的感测线圈622的侧视图600,感测线圈622被配置为检测物体624。垫626具有塑料外壳628,并且可以被配置为保持感测线圈622并且检测放置在垫626的表面上的任何地方的物体624。充电垫626还可以包括基座系统感应线圈104a(未示出,参见图1)和如前面结合图1至图3所描述的相关联的电路,并且可以被配置为检测垫626上的物体624。

[0075] 传感器的固有灵敏度可以定义为由放置在对测量量的变化影响最小的位置的最小物体(参考物体)的存在所引起的测量量(例如,感测线圈感应电压、感测线圈阻抗、感测线圈共振频率)的百分比变化。外来物体检测器的总体灵敏度取决于传感器的固有灵敏度和可能作为下游处理或评估单元的一部分的附加后处理方法的性能。

[0076] 对于小于感测线圈622的尺寸的物体,固有灵敏度随着感测线圈尺寸的减小而增加。感测线圈尺寸的减小意味着覆盖给定区域所需的感测线圈的数目的增加,因而导致复杂性、成本以及错误警报和/或故障的可能性增加。

[0077] 代替使用传统的单一的正方形或矩形形状,图4至图6的感测线圈422、522、622分别可以由预定形状的导体形成,所述导体被配置为通过外部时变磁场(例如,通过由无线功率传输系统所使用的无线地传输功率的交变磁场)来衰减导体中感应的电流,和/或所述导体提供对金属物体的增强的灵敏度,例如,根据下面描述的各种实施例的矩形、双环、六边形、苜蓿叶形、双D或四D形。例如,与大致矩形感测线圈(例如,如前面结合图4和图5所描述的单一的矩形感测线圈)相比,如下所述的每个感测线圈700、800、900、1000、1100、1200和1300中的导体的预定形状减小了当物体位于感测线圈的至少一部分上时感测线圈的电气特性的(例如,电感(L)、阻抗(Z)、共振频率(F))的最大可测量值与当物体大致位于感测线圈的中心上时电气特性的测量值之间的差异。在至少一些实施例中,用于感测电气特性的装置可以包括感测线圈700、800、900、1000、1100中的一个或多个和/或包括形成每个感测线圈的一个或多个导体。

[0078] 图7示出了根据一些实施例的配置为检测物体的矩形双环感测线圈700。矩形双环感测线圈700几何体可以用于如前面结合图4至图6中的任何一个所描述的感测线圈422、522、622中的一个或多个。矩形双环感测线圈700包括缠绕成形成外环702和内环704的导体。导体可以在从外环702到内环的过渡706处与自身交叉。如箭头所示,由于外环702和内环704之间的嵌套关系以及导体在外环702和内环704之间的过渡706处与自身的交叉,在外环702中流动的电流将沿与内环704中相同的顺时针或逆时针方向流动。如将结合图13进一步描述的,与具有相当外部尺寸/或横截面面积的常规正方形或矩形感测线圈相比,矩形双环感测线圈700可以提供增加的灵敏度以用于感测位于外环702和内环704的中心处的金属

物体的存在。

[0079] 图8示出了根据一些实施例的被配置为检测物体的六边形感测线圈800。六边形感测线圈800几何体可以用于如前面结合图4至图6中的任一个所描述的感测线圈422、522、622中的一个或多个。六边形感测线圈800可以包括缠绕或设置成限定用于感测线圈800的六边形形状的六个边中的每个边的导体。在一些实施例中,六边形感测线圈800的每个边可以具有相同的长度,相邻的边之间的过渡处具有相同的弯折角度。在一些其他实施例中,六边形感测线圈800的边可以具有不同的长度,使得所有六个边不具有相同的长度。在这种实施例中,根据六边形感测线圈800的具体整体形状,相邻的边之间的过渡处的弯折角度可以全部相同或可以彼此不同。如将结合图14进一步描述的,与具有相当的外部尺寸和/或横截面面积的常规正方形或矩形感测线圈相比,六边形感测线圈800可以提供增加的灵敏度以用于感测位于六边形感测线圈800的中心处的金属物体的存在。

[0080] 图9示出了根据一些实施例的被配置为检测物体的双D感测线圈900。双D感测线圈900几何体可以用于如前面结合图4至图6中的任一个所描述的感测线圈422、522、622中的一个或多个。双D感测线圈900包括导体,该导体缠绕成形成第一环902和邻近第一环902设置的第二环904。导体可以在第一环902和第二环904之间的过渡906处与自身交叉。如箭头所示,由于导体在第一环902和第二环904之间的过渡906处与自身交叉,在第一环902中流动的电流将沿与第二环904中相反的顺时针或逆时针方向流动。如将结合图16进一步描述的,与具有相当的外部尺寸和/或横截面面积的常规正方形或矩形感测线圈相比,双D感测线圈900可以提供增加的灵敏度以用于感测位于双D感测线圈900的中心处的金属物体的存在。此外,至少部分地由于无线功率传输系统的交变磁场在环902和904内感应的任何电流的循环方向相反,双D感测线圈900可以固有地衰减、滤波或滤除在无线功率传输系统的工作频率(例如,85kHz)下的感应噪声或干扰。

[0081] 图10示出了根据一些实施例的被配置为检测物体的四D感测线圈1000。四D感测线圈1000几何体可以用于如前面结合图4至图6中的任一个所描述的感测线圈422、522、622中的一个或多个。四D感测线圈1000包括导体,该导体缠绕成形成第一环1002、第二环1004、第三环1006和第四环1008中的每个环。导体可以在第一环1002和第二环1004之间的过渡1006a处与自身交叉,在第二环1004和第三环1006之间的过渡1006b处与自身交叉,以及在第三环1006和第四环1004之间的过渡1006c处与自身交叉。如箭头所示,由于导体在环之间的每个上述过渡处与自身的交叉,对于第一环1002、第二环1004、第三环1006和第四环1008,电流将在交替的顺时针和逆时针方向上流动。如将结合图17进一步描述的,与具有相当的外部尺寸和/或横截面面积的常规正方形或矩形感测线圈相比,四D感测线圈1000可以提供增加的灵敏度以用于感测位于四D感测线圈1000的中心处的金属物体的存在。此外,至少部分地由于无线功率传输系统的交变磁场在环1002、1004、1006和1008内感应的任何电流的循环方向相反,双D感测线圈1000可以固有地衰减、滤波或滤除在无线功率传输系统的工作频率(例如,85kHz)下的感应噪声或干扰。

[0082] 图11示出了根据一些实施例的被配置为检测物体的苜蓿叶形感测线圈1100。该线圈包括多个边1102、1104等。在苜蓿叶形感测线圈1100的相应的边(例如,边1104和1102)的每个拐角(例如,拐角1108)处,导体相对于每个相应的边1102、1104的延伸方向以锐角 $\theta$ (例如,大致 $45^\circ$ 角)弯折,以形成大致圆形拐角1108。这种延伸方向由双头箭头示出。此外,在每

个边1102、1104的中间部分1114处,导体1120在中间部分1114的每个端部处相对于边的延伸方向以锐角 $\theta$  (例如,大致 $45^\circ$ 角)弯折。因此,当导体从感测线圈1100的相应的边的外部部分1112朝向感测线圈1100的相应的边的中间部分1114延伸时,导体1120朝向感测线圈1100的中心1110弓曲。因此,传送感测线圈1100的两个相对的边的中间部分1114可以比传送感测线圈1100的两个相对的边的外部部分1112更靠近彼此(并且更靠近传送感测线圈1100的中心1110)。尽管描述的是 $45^\circ$ ,但是可以使用导致至少中间部分1114朝向感测线圈1100的中心1110弓曲的任何锐角 $\theta$  (例如, $0^\circ < \theta < 90^\circ$ )。另外,虽然感测线圈1100被示出具有基本相同的宽度和长度,但宽度或长度中的任一个可以比另一个长。如将结合图17进一步描述的,与具有相当的外部尺寸和/或横截面面积的常规正方形或矩形感测线圈相比,苜蓿叶形的感测线圈1100可以提供增加的灵敏度以用于感测位于苜蓿叶形感测线圈1100的中心1110处的金属物体的存在。

[0083] 在其他实施例中,如图11的右下方更详细地示出的,不是导体1120的所有匝或绕组都朝向感测线圈1100的中心1110以大致相等的程度弓曲,而是导体1120的连续匝或绕组可以以从感测线圈1100的最外侧绕组向最内侧绕组增大的程度(例如,连续绕组之间的间隔从最外侧绕组向最内侧绕组增加)朝向感测线圈1100的中心1110弓曲。尽管这样示出了感测线圈1100的仅一个拐角,但是在这种实施例中,感测线圈1100的每个拐角可以具有相同的构造。

[0084] 在又一些其他实施例中,如图11的左下方更详细地示出的,不是导体1120的所有匝或绕组都朝向感测线圈1100的中心1110弓曲,而是一个或多个绕组可以不朝向中心1110弓曲(例如,可以沿着线圈1100的整个边以大致直线延伸),而一个或多个其他绕组可以如前所述那样朝向中心1110弓曲。尽管这样示出了感测线圈1100的仅一个拐角,但是在这种实施例中,感测线圈1100的每个拐角可以具有相同的构造。在苜蓿叶形绕组图案和常规绕组图案之间分配同一个线圈中的匝或绕组可以进一步使位于感测线圈1100附近或上方的金属物体的所有偏移的灵敏度范围变平(或增加位于感测线圈1100附近或上方的金属物体的可接受偏移范围)。尽管在图11的每个更详细的部分中示出了4个匝或绕组,但是可以设想任何数目的绕组,例如1至20个。

[0085] 图12是根据一些实施例的另一个替代地设计的“蝴蝶”或“苜蓿叶”形感测线圈1200。线圈1200可以与线圈1100基本相同,不同之处在于在相应的边(例如,边1204和1202)的每个拐角(例如拐角1208)处,导体相对于每个相应的边1204、1202的延伸方向以直角(例如,大致 $90^\circ$ 角)弯折,以形成大致正方形的拐角。类似于图11的线圈1100,在每个边的中间部分1214处,导体在中间部分1214的每个端部处相对于边的延伸方向以锐角(例如,大致 $45^\circ$ 角)弯折。如前所述,尽管已经明确地标示了 $45^\circ$ ,但是可以使用导致中间部分1214朝着线圈1200的中心1210弓曲的任何锐角。此外,尽管线圈1200被示出具有基本上相同的宽度和长度,但是宽度或长度中的任一个可以比另一个长。

[0086] 在一些实施例中,线圈的少于所有的边可以朝向线圈的中心弓曲。这在仅在一个维度上需要大致统一的磁耦合因子和轮廓的情况下可能是有用的。图13是根据一些实施例的另一个替代地设计的“蝴蝶”或“苜蓿叶”形感测线圈1300。线圈1300可以与线圈1200基本相同,不同之处在于线圈的少于所有的边上的导体朝向线圈1300的中心1310弓曲。与图12的线圈1200相似,在相应的边(例如,边1304和1302)的每个拐角(例如拐角1308)处,导体相



对于每个相应的边1304、1302的延伸方向以直角(例如,大致90°角)弯折以形成大致正方形的拐角。在一些边的中间部分1314处,导体在中间部分1314的每个端部处相对于边的延伸方向以锐角(例如,大致45°角)弯折。尽管明确地标示了45°,但是可以使用导致中间部分1314朝向线圈1300的中心1310弓曲的任何锐角。由于线圈1300的少于所有的边1302、1304朝向线圈1300的中心1310弓曲,所以对于线圈1300的多个边中的至少一个边1302,导体沿着整个边1302以大致直线延伸。此外,虽然传送线圈1300被示出为具有基本上相同的宽度和长度,但是宽度或长度中的一个可以比另一个长。

[0087] 图14至图19示出了使用直径为21.25mm、厚度为1.67mm的5欧分硬币作为金属物体进行的检测灵敏度模拟,其中硬币与相应成形的感测线圈之间的竖直间隙为3mm。如将结合图14至19中的任一个所示出的,与前面结合图4和图5描述的传统正方形或矩形感测线圈相比,使用图7至图13的任何感测线圈几何体提供了相应的感测线圈的横截面上的更高、更均匀的灵敏度,而基本上没有减小该灵敏度的峰值。因此,与传统的正方形或矩形感测线圈相比,感测线圈尺寸可以保持相同或增加,同时分别增加或维持了相关联的灵敏度。

[0088] 图14是图表1400,示出了根据一些实施例的在存在金属物体的情况下常规矩形感测线圈的等效电感的变化。图表1400包括三个迹线1402、1404、1406。三个迹线1402、1404、1406中的每个迹线均示出了当金属物体沿着图表1400左侧的每个分别标记的箭头所示的路径移动时,具有直径D(例如,40mm)的矩形感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。例如,迹线1402示出了当金属物体沿着矩形感测线圈的水平边缘从左向右移动时,矩形感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。迹线1404示出了当金属物体大致沿着矩形感测线圈的中心线从顶部向底部移动时,矩形感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。迹线1406示出了当金属物体大致沿着矩形感测线圈的对角线移动时,矩形感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。百分比变化( $\Delta L$ )是相对于没有金属物体接近时矩形感测线圈的等效电感(L)而言的。在一些实施例中,密实填集的常规矩形感测线圈的阵列可以在阵列的限定区域上提供具有 $\Delta L/L \geq 1\%$ 的最小灵敏度阈值的约96.7%的感测覆盖率。

[0089] 图15是图表1500,示出了根据一些实施例的在存在金属物体的情况下矩形双环感测线圈的等效电感的变化。图表1500包括三个迹线1502、1504、1506。三个迹线1502、1504、1506中的每个迹线均示出了当金属物体沿着图表1500左侧的每个分别标记的箭头所示的路径移动时,具有直径D(例如,40mm)的矩形双环感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。例如,迹线1502示出了当金属物体沿着矩形双环感测线圈的水平边缘从左向右移动时,矩形双环感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。迹线1504示出了当金属物体大致沿着矩形双环感测线圈的中心线从顶部向底部移动时,矩形双环感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。迹线1506示出了当金属物体大致沿着矩形双环感测线圈的对角线移动时,矩形双环感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。百分比变化( $\Delta L$ )是相对于没有金属物体接近时矩形双环感测线圈的等效电感(L)而言的。在一些实施例中,密实填集的矩形双环感测线圈的阵列可以在阵列的限定区域上提供具有 $\Delta L/L \geq 1\%$ 的最小灵敏度阈值的约96.7%的感测覆盖率。

[0090] 图16是图表1600,示出了根据一些实施例的在存在金属物体的情况下六边形感测线圈的等效电感的变化。图表1600包括三个迹线1602、1604、1606。三个迹线1602、1604、



1606中的每个迹线均示出了当金属物体沿着图表1600左侧的每个分别标记的箭头所示的路径移动时,具有直径D(例如,40mm)的六边形感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。例如,迹线1602示出了当金属物体沿着六边形感测线圈的水平边缘从左向右移动时,六边形感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。迹线1604示出了当金属物体大致沿着六边形感测线圈的中心线从顶部向底部移动时,六边形感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。迹线1606示出了当金属物体大致沿着六边形感测线圈的对角线移动时,六边形感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。百分比变化( $\Delta L$ )是相对于没有金属物体接近时六边形感测线圈的等效电感(L)而言的。在一些实施例中,密实填集的六边形感测线圈的阵列可以在阵列的限定区域上提供具有 $\Delta L/L \geq 1\%$ 的最小灵敏度阈值的约100.0%的感测覆盖率。在一些实施例中,阵列本身可以具有大致圆形横截面。

[0091] 图17是图表1700,示出了根据一些实施例的在存在金属物体的情况下苜蓿叶形感测线圈的等效电感的变化。四个迹线1702、1704、1706、1708中的每个迹线均示出了当金属物体沿着图表1700左侧的每个分别标记的箭头所示的路径移动时,具有直径D(例如,40mm)的苜蓿叶形感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。例如,迹线1702示出了当金属物体沿着苜蓿叶形感测线圈的水平边缘从左向右移动时,苜蓿叶形感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。迹线1704示出了当金属物体大致沿着苜蓿叶形感测线圈的中心线从顶部向底部移动时,苜蓿叶形感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。迹线1706示出了当金属物体大致沿着苜蓿叶形感测线圈的对角线移动时,苜蓿叶形感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。迹线1708示出了当金属物体大致沿着苜蓿叶形感测线圈的另一个中心线从左向右移动时,苜蓿叶形感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。百分比变化( $\Delta L$ )是相对于没有金属物体接近时苜蓿叶形感测线圈的等效电感(L)而言的。在一些实施例中,密实填集的苜蓿叶形感测线圈的阵列可以在阵列的限定区域上提供具有 $\Delta L/L \geq 1\%$ 的最小灵敏度阈值的约98.2%的感测覆盖率。

[0092] 图18是图表1800,示出了根据一些实施例的在存在金属物体的情况下双D感测线圈的等效电感的变化。图表1800包括四个迹线1802、1804、1806、1808。四个迹线1802、1804、1806、1808中的每个迹线均示出了当金属物体沿着图表1800左侧的每个分别标记的箭头所示的路径移动时,具有直径D(例如,40mm)的双D感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。例如,迹线1802示出了当金属物体沿着双D感测线圈的水平边缘从左向右移动时,双D感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。迹线1804示出了当金属物体大致沿着双D感测线圈的中心线从顶部向底部移动时,双D感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。迹线1806示出了当金属物体大致沿着双D感测线圈的对角线移动时,双D感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。迹线1808示出了当金属物体大致沿着双D感测线圈的另一个中心线从左向右移动时,双D感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。百分比变化( $\Delta L$ )是相对于没有金属物体接近时双D感测线圈的等效电感(L)而言的。在一些实施例中,密实填集的双D感测线圈的阵列可以在阵列的限定区域上提供具有 $\Delta L/L \geq 1\%$ 的最小灵敏度阈值的约96.7%的感测覆盖率。

[0093] 图19是图表1900,示出了根据一些实施例的在存在金属物体的情况下四D感测线圈的等效电感的变化。图表1900包括四个迹线1902、1904、1906、1908。四个迹线1902、1904、1906、1908中的每个迹线均示出了当金属物体沿着图表1900左侧的每个分别标记的箭头所

示的路径移动时,具有直径D(例如,40mm)的四D感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。例如,迹线1902示出了当金属物体沿着四D感测线圈的水平边缘从左向右移动时,四D感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。迹线1904示出了当金属物体大致沿着四D感测线圈的中心线从顶部向底部移动时,四D感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。迹线1906示出了当金属物体大致沿着四D感测线圈的对角线移动时,四D感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。迹线1908示出了当金属物体大致沿着四D感测线圈的另一个中心线从左向右移动时,四D感测线圈的等效电感(L)的相对百分比变化( $\Delta L$ )。百分比变化( $\Delta L$ )是相对于没有金属物体接近时四D感测线圈的等效电感(L)而言的。在一些实施例中,密实填集的四D感测线圈的阵列可以在阵列的限定区域上提供具有 $\Delta L/L \geq 1\%$ 的最小灵敏度阈值的约96.7%的感测覆盖率。

[0094] 图20是根据一些实施例的被配置为基于磁场 $B_k$ 感测来检测物体624的电路2000的功能框图。本段描述了用于增强金属物体检测器的性能的一些实施例,该金属物体检测器基于由磁性结构(例如,充电垫626)在预定区域上产生的磁场(磁通密度)。充电垫626可以对应于如上参照图1至图3所描述的充电系统。电路2000可以包括几个感测线圈2022a、2022b、2022c和2022d(以下统称为感测线圈2022)。感测线圈2022可以形成密实填集的感测线圈的阵列的一部分,所述感测线圈覆盖可以在其中检测金属物体的要保护区域。如上所述,检测物体624可以通过测量感测线圈2022中感应的电压来实现。电路2000包括检测电路2030,检测电路2030经由多路复用器2028选择性地耦合到每个感测线圈2022。检测电路2030包括被配置为测量每个感测线圈2022处的磁场强度的磁场测量单元2034。特定感测线圈处的磁场强度 $B_k$ 的测量值被提供给包括比较器2036和判定器2038的评估单元2032。比较器2036接收测量的磁场值 $B_k$ ,并将值 $B_k$ 与参考磁场值 $B_{ref,k}$ 进行比较。参考磁场值 $B_{ref,k}$ 可以对应于在没有任何物体624的情况下感测线圈2022a的磁场 $B_k$ 的期望值。基于比较器2036的输出,判定器2038被配置为判定是否存在物体。例如,判定器2038可以判定测量值 $B_k$ 与参考值 $B_{ref,k}$ 之间的差值大于阈值,并且输出检测到物体的信号作为响应。判定器2038可以基于已知的工作特性进一步补偿比较器2036的输出。因此,用于检测物体的存在的装置可以包括检测电路2030的一个或多个部件或下面将描述的检测电路2130、2230、2330和2430中的任何一个的一个或多个部件。

[0095] 根据图20的电路的实施例可以在这样的情况下使用:在由于载具的拾取垫和载具的金属底部结构可能处于不同的竖直和水平位置(例如,不同的对准偏移),基垫表面上的磁场遭受短暂变化(例如,扰动、变形)。评估可以基于最小均方误差准则并且可以被实现到评估单元2032中。使用其他误差度量和例如RANSAC(随机样本一致性方法)的迭代过程的其他更复杂的方法也可以使用。

[0096] 用于检测物体的过程可以被阐述如下:

[0097] 找到金属物体624,该金属物体624在存在于垫626的表面上时产生磁场图案的很小的失真、扰动或干扰。由于不均匀的磁性结构(例如,线圈、铁氧体)以及附加地由于载具垫和载具的金属底部结构的不同位置的短暂变化(例如失真),该场图案可能表现出在通量密度方面的显著变化。例如,可能存在来自垫对准偏移的显著的场失真和其他影响。

[0098] 图21是根据一些实施例的被配置为基于感测线圈阻抗 $Z_k$ 测量来检测物体624的电路2100的功能框图。电路2100可以包括多个感测线圈2122a、2122b、2122c和2122d(下面统

称为感测线圈2122)。感测线圈2122可以形成密实填集的感测线圈的阵列的一部分,所述感测线圈覆盖可以在其中检测金属物体的要保护区域。电路2100包括检测电路2130,检测电路2130通过多路复用器2128选择性地耦合到每个感测线圈2122。检测电路2130包括阻抗测量单元2134。对于由多路复用器2128顺序地和周期性地选择的每个感测线圈2122,经由阻抗测量单元2134测量多路复用器2128的端口处的阻抗 $Z_k$ 。感测线圈的测量的感测线圈阻抗值 $Z_k$ 被提供给包括比较器2136和判定器2138的评估单元2132。对于比较器2136所示的 $k=1..N$ ,基于通过从测量阻抗值 $Z_k$ 中减去参考阻抗值 $Z_{ref,k}$ 所获得的差分阻抗来检测物体624。判定单元2138从比较器2136接收输入,并判定是否检测到物体。

[0099] 图22是根据一些实施例的被配置为基于感测线圈共振频率 $F_k$ 测量来检测物体624的电路2200的另一功能框图。电路2200包括可以是感测线圈的阵列的一部分的感测线圈2222a、2222b、2222c和2222d(以下统称为感测线圈2222)。在一些实施例中,感测线圈2222可以基本上被配置为在要保护的预定区域上限定公共平面。感测线圈2222经由多路复用器2228耦合到检测电路2230,多路复用器2228被配置为选择性地每个感测线圈2222耦合到检测电路2230。检测电路2230包括共振频率测量单元2234和评估单元2232。共振频率测量单元2234包括电容器C,使得耦合到共振频率测量单元2234的感测线圈2222a形成共振电路,该共振电路被配置为以特定的共振频率共振。共振频率测量单元2234包括振荡器2246,振荡器2246被配置为在一定的频率范围内驱动耦合的感测线圈2222a,以使感测线圈2222a以特定的频率 $F_k$ 共振。共振频率测量单元2234还包括相位比较器2248,相位比较器2248被配置为检测测量的电压 $V_{s,k}$ 和电流 $I_{s,k}$ 之间的相位 $\Phi$ (例如,相位函数的零交点)。此外,还可以包括增益/滤波器2250。

[0100] 共振频率测量单元2234的输出可以对应于感测线圈2222a的测量的共振频率 $F_k$ 。该输出被提供给检测电路2230的评估单元2232。评估单元2232包括比较器2236,比较器2236被配置为将接收的感测线圈2222a的测量的共振频率值 $F_k$ 与参考频率值 $F_{ref,k}$ 进行比较。比较器2236的输出被提供给判定器2238,判定器2238被配置为至少部分地基于测量值 $F_k$ 和参考值 $F_{ref,k}$ 之间的差异来判定是否检测到物体624。组合来自多个感测线圈2222的信息可以允许确定关于物体624的位置信息。此外,如下面进一步描述的,评估单元2232可以接收感测温度输入以补偿除可能影响测量的共振频率 $F_k$ 的外来物体之外的操作条件。

[0101] 在一些方面,参考图22并且在下面进一步描述(例如,图23)的共振感测线圈方法可以提供多种好处。例如,测量共振频率可以比测量阻抗或电感更简单且更准确。检测电路2230可以具有较少的部件,并且在一些方面可能被限制为使用振荡器2246和相位比较器2248来检测测量电压 $V_{s,k}$ 和测量电流 $I_{s,k}$ 之间的相位,例如,相位函数的零交点。电容器C也可以已经被提供以抑制由垫表面上存在的用于无线功率传输的强交变磁场引起的电压及其谐波噪声。因此,添加电容器C不会添加额外的复杂性。如果感测线圈2222a被金属物体失谐,则共振可以用作相应地移动的感测信号预调节(降噪)滤波器。电容器C的任何温度漂移或老化都可能对所有共振频率具有共同的影响,因此可以在评估单元2232中容易地估计和校正。

[0102] 图23是根据一些实施例的被配置为基于感测线圈共振频率 $F_k$ 测量来检测物体624的电路2300的又一功能框图。感测线圈2322a、2322b、2322c和2322d中的每个线圈均电耦合到共振电容器 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_k$ 和 $C_N$ 。这样,每个共振电路均包括耦合电路1426A和相应的感测线圈

2322a的电容器,例如 $C_N$ 。电容器 $C_N$ 被配置为通过多路复用器2328和检测电路2330的另外的电路来减小共振频率 $F_k$ 的变化。例如,每个电容器 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_k$ 和 $C_N$ 被配置为衰减低于共振频率 $F_k$ 的频率,例如,对应于用于无线功率传输的磁场的频率的频率。电容器 $C_1$ - $C_N$ 进一步提供包括多路复用器2328和感测线圈2322的检测电路2330的部件之间的隔离。图23所示的另外的部件类似于上面参考图22所描述的那些。应当注意,关于图22和23的检测电路2230和2330以及下面描述的其他检测电路,检测电路2230和2330可以被配置为测量取决于或根据包括感测线圈2322的每个共振电路的共振频率 $F_k$ 的特性。例如,除了测量每个共振电路共振的频率 $F_k$ 之外,Q因子或其他特性也可以被测量,并与所存储的原生共振电路(即,未受外部项目改变)的相应的Q因子或其他相应的特性进行比较以判定物体624的存在。

[0103] 在一些方面,图23所示的实施例可以提供附加的益处。例如,每个感测线圈2322的电容 $C_1$ - $C_N$ 可以在多路复用之前移除由垫表面上的强磁场引发的低频分量,从而放宽对优选使用半导体(FET)型开关的模拟前端电路的要求。应当理解,由于所引发的可能达到几伏的低频,多路复用器2328中可能会发生非线性失真效应。对于提供更高的固有检测灵敏度而且还提供更高的感应电压的多匝感测线圈,尤其如此。每个电容器可以减小可能由多路复用器2328引起的共振频率 $F_k$ 的变化。

[0104] 在一个方面,感测线圈的共振频率 $F_k$ 的温度漂移可能是不相等的,因此对于每个感测线圈2322是特定的,因此在评估单元2332中更难以评估和补偿。使用具有高温稳定性的电容器 $C_1$ - $C_N$ (例如NP0类型),温度漂移可以被最小化并且大大降低到感测线圈2322的温度漂移。

[0105] 参照图22和图23,用于测量共振频率 $F_k$ 的高频振荡器2246、2366可以是数控振荡器(NCO)。可能需要附加的信号放大器2250、2350以在感测线圈2222、2322中产生足够的感测电流,并且作为缓冲器以提供低阻抗输出(类似电压源输出)。低阻抗输出可能有利于保持感测线圈电路的Q因子并且因而保持相位函数在共振时的斜率。

[0106] 至少一个电压传感器2244、2344和至少一个电流传感器2242、2342用来提供输入,所述输入用于分析如在共振频率测量单元2234、2334的输入端口处看到的感测线圈2222a、2322a的阻抗或相位函数。

[0107] 在一些实施例中,相位比较器2248、2384可以实施外差接收器手段,例如通过将感测信号向下混合到窄带低中频(IF)放大器并在IF处执行相位比较来进行。可以选择这种手段来增加信噪比,从而提高测量精度。

[0108] 可以由扫频发生器使用振荡器2246、2364来执行共振频率搜索,例如,以稍低于所关注的感测线圈的预期共振频率 $F_k$ 的频率开始,并且在差分相位 $\Phi$ 达到预定值时停止扫描。为了加快检测过程并最小化响应时间,特别是在传感器阵列较大的情况下,可以从评估单元2232、2323中使用的参考值 $F_{ref,k}$ 推导起始频率,从而最小化扫描范围,因此最小化每个感测线圈的感测时间。

[0109] 替代扫频发生器,可以使用脉冲发生器(未示出)或任何其他伪随机噪声发生器来分析阻抗函数并测量共振频率。可以使用诸如傅立叶变换技术(DFT、FFT、Görtzel算法)的频谱分析技术以及在数字域中操作的类似技术。这些技术可能需要使用充足的模-数转换器对感测信号(电压和电流)进行采样和数字化。

[0110] 为了抑制可能由能量传输系统产生的由感测线圈引发的瞬态噪声,可以在低频切

换瞬态之间的间隔执行扫描或脉冲。该方法可以有效降低噪音,而不需要额外的滤波要求。

[0111] 参照图20至图24在这里进一步描述的实施例可以通过在例如充电垫中(例如,感测线圈传感器阵列的下方)的不同位置和阻抗测量单元中添加温度传感器(未示出)来增强,以增加对环境温度变化的稳定性。注意,例如 $-30^{\circ}\text{C}$ 至 $+80^{\circ}\text{C}$ 的环境要求可以应用于集成到室外充电垫中的金属物体检测解决方案。可以使用从不同传感器测量的温度来使用温度模型预先补偿测量的阻抗 $Z_k$ 或共振频率值 $F_k$ 。替代地或附加地,可以使用适用于限定的温度范围的不同的存储参考值(例如, $Z_{\text{ref},k}$ 或 $F_{\text{ref},k}$ )。这些参考式样可以在制造过程中作为在不同的垫和不同的环境温度水平的校准过程的一部分而产生。

[0112] 图24是根据一些实施例的电路2400的功能框图,电路2400被配置为使用检测电路2430和多个感测线圈2422之间的耦合电路来检测物体。电路2400包括几个耦合网络,每个耦合网络包括耦合环2426a、2426b、2426c和2426d。每个耦合环2426a、2426b、2426c和2426d均感应地耦合到多个感测电路,每个感测电路具有感测线圈和电容 $C_{c,1}$ 至 $C_{c,N}$ (例如,自电容或添加的电容器)。例如,耦合环2426a可以形成包括多个感测电路的耦合网络,所述感测电路包括感测电路2422a1和2422aN(在下文中统称为2422)。耦合环2426a、2426b、2426c和2426d耦合到多路复用器2428,使得每个耦合网络均选择性地耦合到检测电路2430,检测电路2430被配置为测量耦合到特定耦合环2426a的每个感测电路2422的共振频率 $F_k$ 。耦合环2426a、2426b、2426c和2426d各自被配置为通过检测电路2430来减小每个感测电路2422的共振频率 $F_k$ 的变化。检测电路2430包括用于测量共振频率 $F_k$ 的阻抗分析器单元2434和评估单元2432,评估单元2432用于将测量值 $F_k$ 与参考值 $F_{\text{ref},k}$ 进行比较,并且确定关于通过感测电路2422感测的物体的信息。感测电路2422可以在平面中形成感测线圈的密实填集的多维阵列,该多维阵列被配置为检测放置在感测电路2422所处的平面的表面上的物体。如上所述,检测电路2430可以测量根据每个感测电路2422的共振频率 $F_k$ 的其他特性。

[0113] 根据图24所示的实施例,多个感测线圈因此被组合成与单个公共耦合网络相关联的组。此外,感测线圈2422被调谐到不同共振频率,不同共振频率形成具有明显的极点和零点的阻抗一端口网络,这些极点和零点的相关极点和/或零频率在操作条件下是可区分的和可测量的。由这种网络产生的极点和零点可能是每个电感和电容元件的包括所有交叉耦合效应(互感)的高度复杂的函数,因为它们可能在密实填集阵列中的相邻感测线圈之间发生。放置在这种感测线圈阵列上方的金属物体626通常改变一些极点和零点,这可以使用适当的方法检测到,例如通过将测量的极点和零点与参考模板进行比较。

[0114] 磁场或阻抗分析器的输出可能必须在检测电路2430的评估单元2432中进一步处理。除了减去参考/校准值并作出判定之外,评估单元2432还可以对由分析器单元2434递送的测量样本进行修改。该修改可以是后处理方法的一部分。以上针对磁场感测方法的情况(例如,最小均方法)提供了这种修改和方法的示例。

[0115] 也可以采用类似的方法来增强感测线圈阻抗或感测线圈共振频率感测手段来补偿例如来自载具垫、载具的底部结构、温度漂移、电介质物体(水、雪、冰、树叶)、老化等的残留效应。

[0116] 如果根据感测线圈传感器的阵列将测量值/样本映射到二维阵列上,则可以在产生的图案中识别这些残留效应,其中感测线圈传感器的阵列造成由行和列构成的二维值矩阵。通过使用包括神经网络、模糊逻辑等的人工智能,可以有效地补偿或抵消这种影响,从

而增加金属物体检测器的检测概率和/或减少金属物体检测器的假警报概率。

[0117] 这样的方法可以包括在其环境或背景图案中检测金属物体,而不是使用绝对检测标准,例如基于背景图案来自动评估检测阈值和检测规则。如果图案显得有噪声,则意味着按时间顺序获取的图案显示出差异,可以应用时间和/或空间平均技术,例如移动平均、在顺序获取的图案上的指数衰减平均(例如,一阶无限响应滤波器)和/或空间滤波或平滑。

[0118] 例如可以将判定阈值设定为较低,以用于检测测量图案的急剧/突然和局部变化,因为这种变化不太可能由于温度漂移和老化或由于充电垫上的载具停车而发生。当FOD处于活跃状态时,这种手段可以提供用于检测进入临界空间的物体的增加的灵敏度。

[0119] 样本阵列(例如,行和列)上的空间内插可以增强检测,特别是对于放置在感测线圈的固有灵敏度可能较低的拐角或边缘上的小物体。使用内插,位于四个相邻的感测线圈的拐角中的物体可以提供与位于感测线圈中心的硬币类似的响应。

[0120] 此外,可以在图案和判定过程中考虑来自其他传感器、载具定位系统、载具检测和识别系统、能量传输系统上的功率和效率测量(功率预算)的信息。

[0121] 图25是根据一些实施例的用于检测物体的存在的方法的流程图2500。流程图可以从框2502开始,框2502包括确定根据物体的存在而变化的感测线圈的电气特性的测量值,其中感测线圈具有由导体限定的多个边,其中对于感测线圈的多个边中的每个边,当导体从感测线圈的相应的边的外部部分朝向感测线圈的相应的边的中间部分延伸时,导体朝向感测线圈的中心弓曲。例如,如前面结合图20所描述的,检测电路2030可以被配置为测量感测线圈2022中感应的电压,以测量每个感测线圈2022处的磁场强度 $B_k$ 。如前面结合图21所描述的,检测电路2130可以被配置为测量感测线圈2122的阻抗 $Z_k$ 。如前面结合图22至图24中任一个所描述的,检测电路2230、2330、2450可以被配置为分别测量感测线圈2222、2322、2422的共振频率 $F_k$ 。此外,如前面结合图11至图13中任一个所描述的,感测线圈1100、1200和1300具有由导体1120、1220、1320限定的多个边1102、1104、1202、1204、1302、1304,其中对于感测线圈的多个边中的每个边,当导体从感测线圈的相应的边的外部部分1112向感测线圈的相应的边的中间部分1114延伸时,导体朝传感线圈的中心1110、1201、1310的中心弓曲。然后,流程图2500可以前进到框2504。

[0122] 框2504包括响应于检测电气特性的测量值与电气特性的参考值之间的差异来检测物体的存在。例如,如前面结合图20所描述的,比较器2036接收测量的磁场值 $B_k$ ,并将值 $B_k$ 与参考磁场值 $B_{ref,k}$ 进行比较。如前面结合图21至图24中任一个所描述的,比较器2136、2236、2336、2456接收测量的阻抗值 $Z_k$ 并将值 $Z_k$ 与参考阻抗值 $Z_{ref,k}$ 进行比较。

[0123] 图26是根据一些实施例的用于检测物体的存在的方法的流程图2600。流程图可以从框2602开始,框2602包括确定感测线圈的根据物体的存在而变化的电气特性的测量值,其中感测线圈具有由导体限定的外环和内环,导体在外环和内环之间的过渡处与自身交叉。例如,如前面结合图20所描述的,检测电路2030可以被配置为测量感测线圈2022中感应的电压,以测量每个感测线圈2022处的磁场强度 $B_k$ 。如前面结合图21所描述的,检测电路2130可以被配置为测量感测线圈2122的阻抗 $Z_k$ 。如前面结合图22至图24中任一个所描述的,检测电路2230、2330、2450可以被配置为分别测量感测线圈2222、2322、2422的共振频率 $F_k$ 。此外,如前面结合图7所描述的,感测线圈700具有由导体限定的外环702和内环704,该导体在外环和内环之间的过渡706处与自身交叉。然后,流程图2600可以前进到框2604。

[0124] 框2604包括响应于检测电气特性的测量值和电气特性的参考值之间的差异来检测物体的存在。例如,如前面结合图20所描述的,比较器2036接收测量的磁场值 $B_k$ ,并将值 $B_k$ 与参考磁场值 $B_{ref,k}$ 进行比较。如前面结合图21至图24中任一个所描述的,比较器2136、2236、2366、2456接收测量的阻抗值 $Z_k$ 并将值 $Z_k$ 与参考阻抗值 $Z_{ref,k}$ 进行比较。

[0125] 上述方法的各种操作可以通过能够执行操作的任何合适的装置来执行,例如各种硬件和/或软件部件、电路和/或模块。通常,附图中所示的任何操作都可以由能够执行操作的相应的功能装置执行。

[0126] 信息和信号可以使用多种不同技术和技巧中的任何一种来表示。例如,可以在上文的描述中被引用的数据、指令、命令、信息、信号、比特、符号和芯片可由电压、电流、电磁波、磁场或粒子、光场或粒子或其任意组合来表示。

[0127] 结合本文公开的实施例描述的各种说明性逻辑块、模块、电路和方法步骤可以实现为电子硬件、计算机软件或两者的组合。为了清楚地说明硬件和软件的这种可互换性,已经在其功能方面一般地描述了各种说明性部件、块、模块、电路和步骤。这种功能是被实现为硬件还是软件取决于特定应用和施加在整个系统上的设计约束。所描述的功能可以针对每个特定应用以不同的方式来实现,但是这种实现决定不应被解释为导致脱离实施例的范围。

[0128] 结合本文公开的实施例描述的各种说明性块、模块和电路可以用被设计成执行本文所描述的功能的通用处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)或其他可编程逻辑器件、离散门或晶体管逻辑、离散硬件部件或其任何组合来实现或执行。通用处理器可以是微处理器,但在替代方案中,处理器可以是任何常规的处理器的组合、多个微处理器、结合DSP内核的一个或多个微处理器或者任何其他这种配置。

[0129] 结合本文公开的实施例描述的方法和功能的步骤可以直接体现在硬件中、由处理器执行的软件模块中或者两者的组合中。如果在软件中实现,则功能可以作为一个或多个指令或代码存储在有形的、非暂时性的计算机可读介质上或通过其传送。软件模块可以驻留在随机存取存储器(RAM)、闪存、只读存储器(ROM)、电可编程ROM(EPROM)、电可擦除可编程ROM(EEPROM)、寄存器、硬盘、可移动盘、CD ROM或本领域已知的任何其他形式的存储介质中。存储介质耦合到处理器,使得处理器可以从存储介质读取信息并将信息写入存储介质。在替代方案中,存储介质可以与处理器成一体。如本文所使用的磁盘和光盘包括压缩盘(CD)、激光盘、光盘、数字通用盘(DVD)、软盘和蓝光盘,其中磁盘通常磁性地再现数据,而光盘用激光光学地再现数据。上述的组合也应包括在计算机可读介质的范围内。处理器和存储介质可以驻留在ASIC中。

[0130] 为了概括本公开,本文已经描述了某些方面、优点和新颖特征。应当理解,不一定所有这些优点都可以根据任何具体实施例实现。因此,本发明可以以实现或优化本文教导的一个优点或一组优点的方式来实施或执行,而不一定实现本文可教导或暗示的其他优点。

[0131] 上述实施例的各种修改将是显而易见的,并且在不脱离本发明的精神或范围的情况下,本文定义的一般原理可以应用于其他实施例。因此,本发明不旨在限于本文所示的实施例,而是被赋予与本文公开的原理和新颖特征一致的最宽范围。

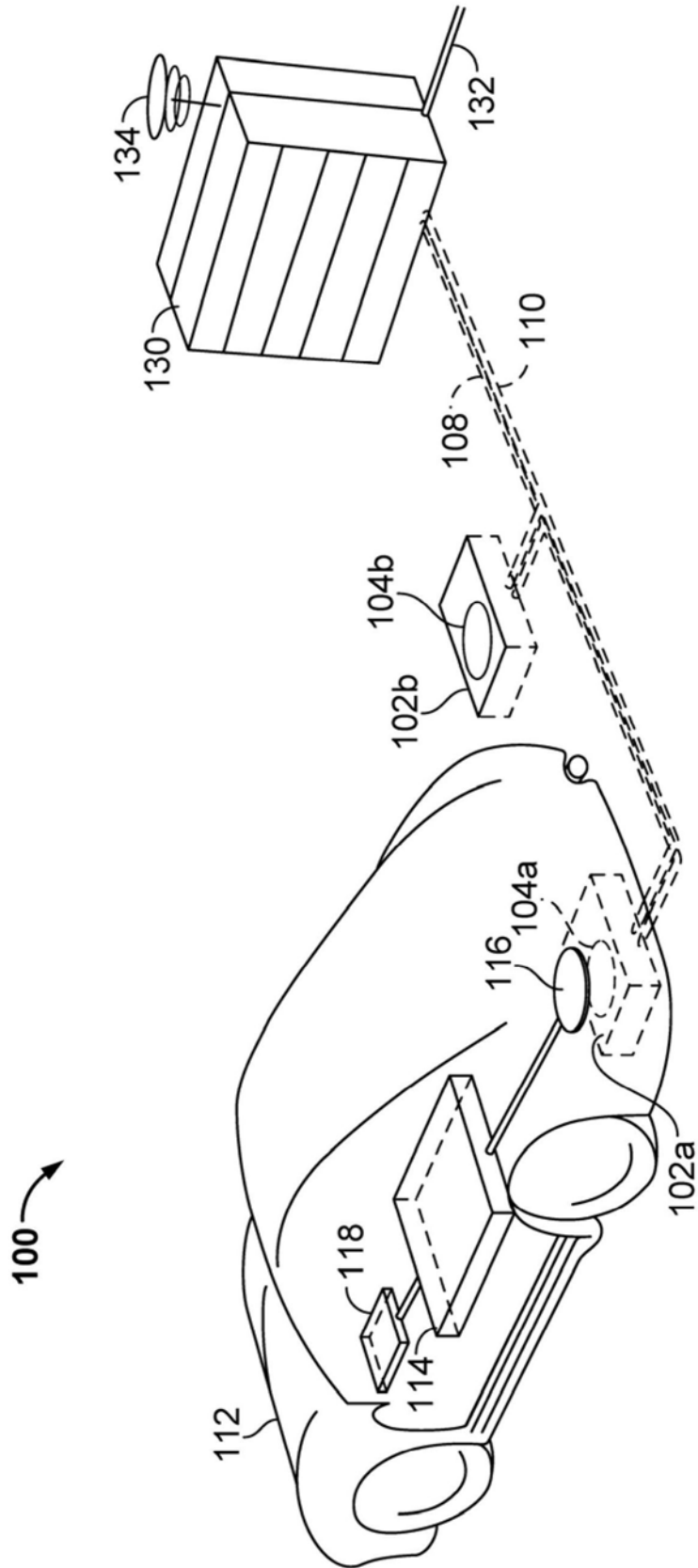


图1



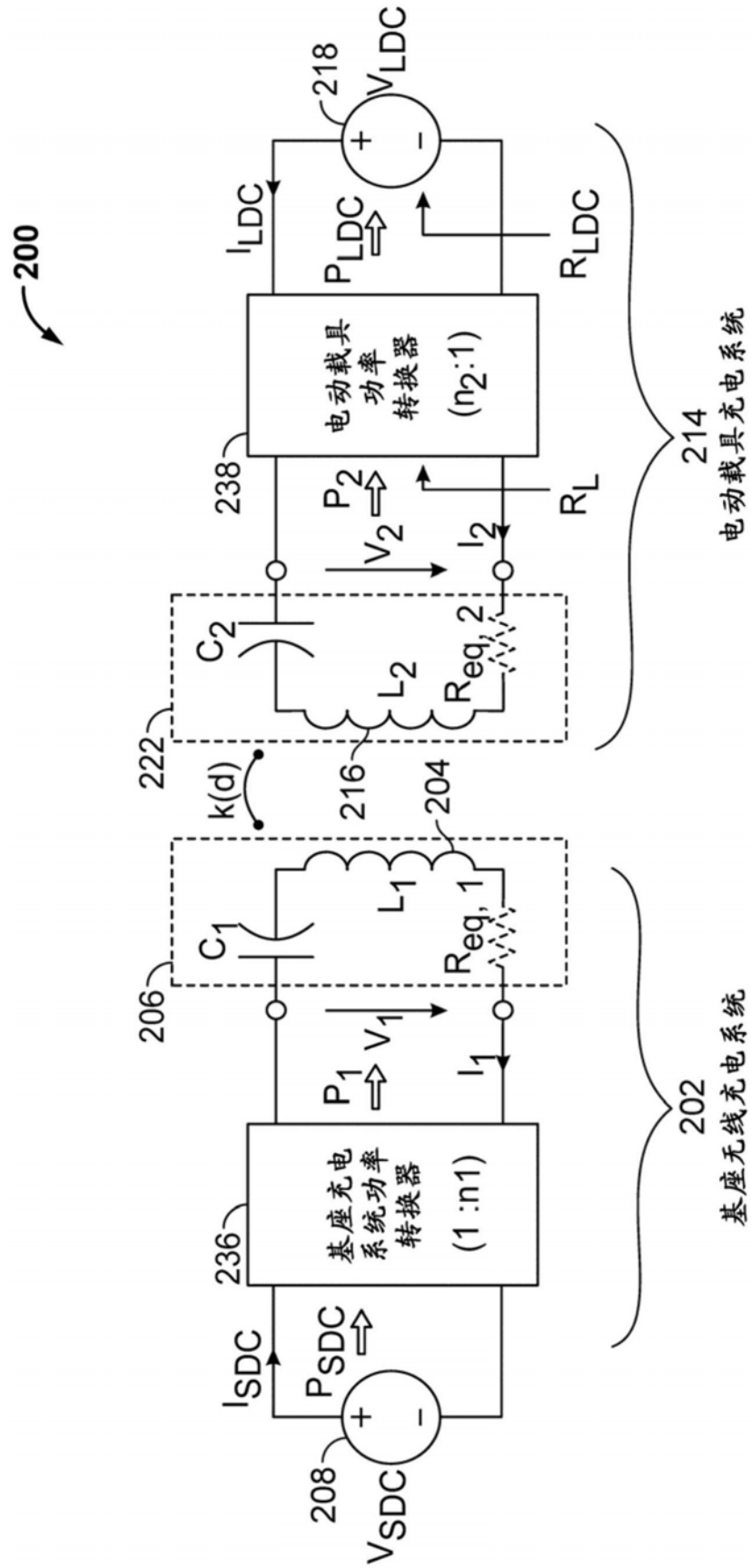


图2

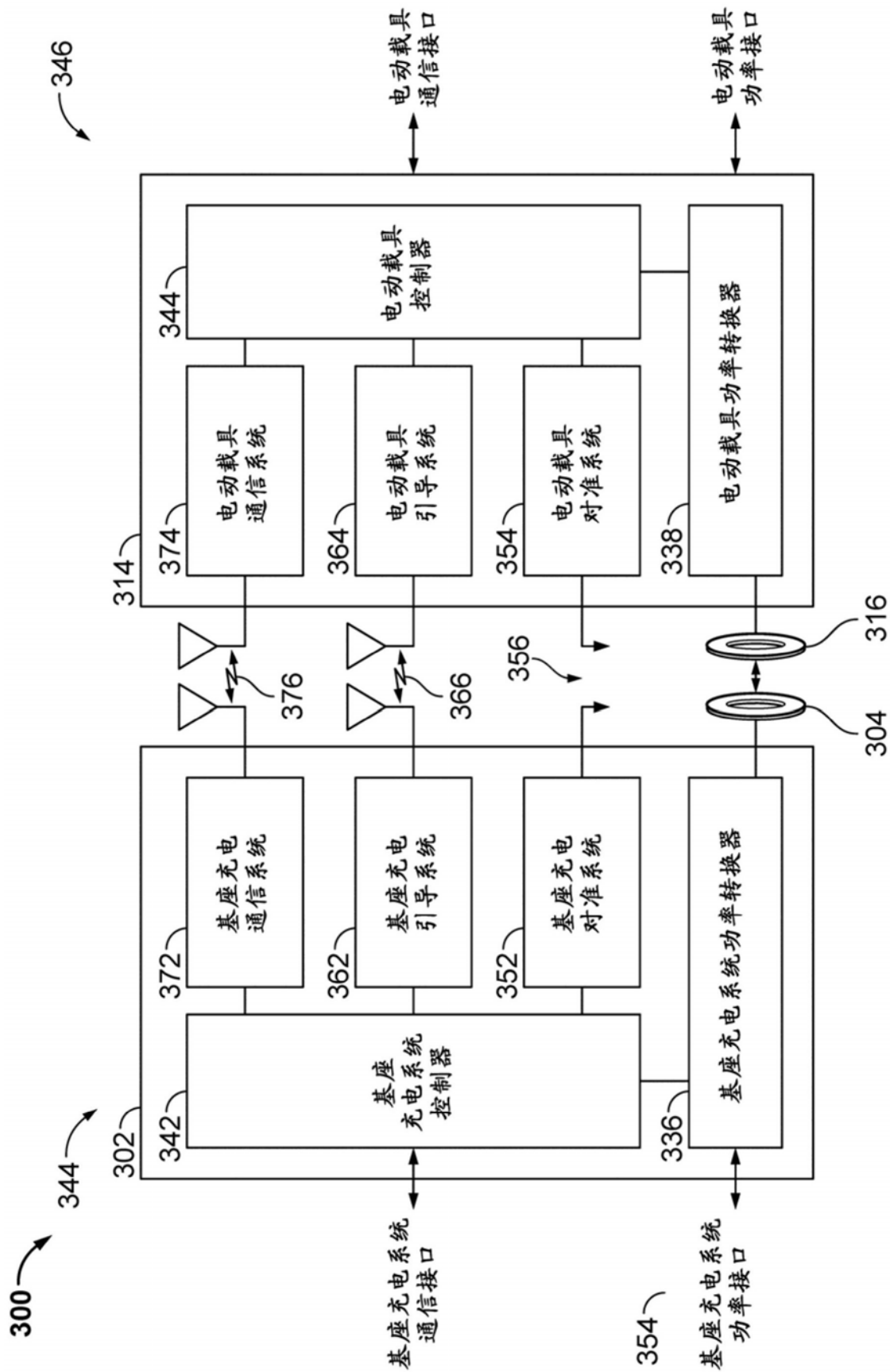


图3

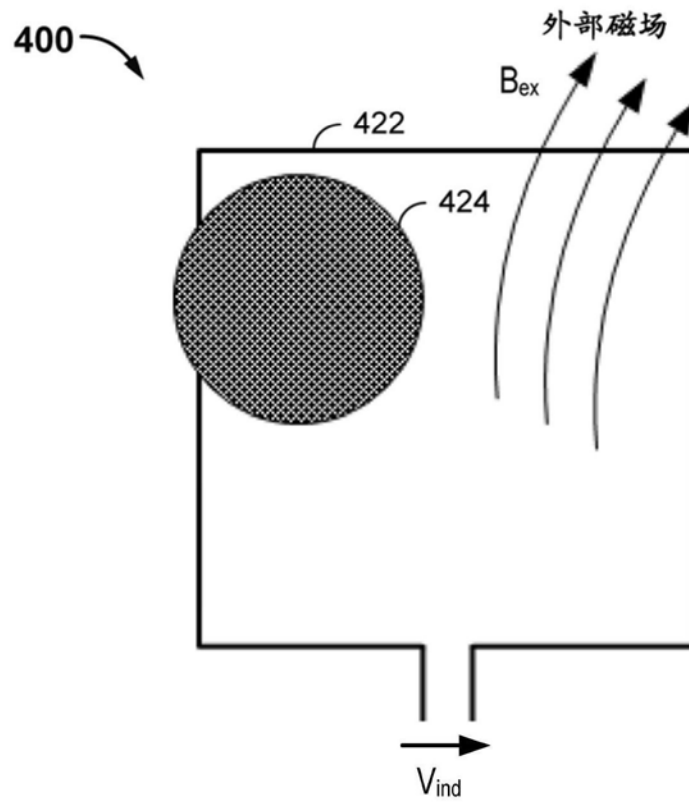


图4

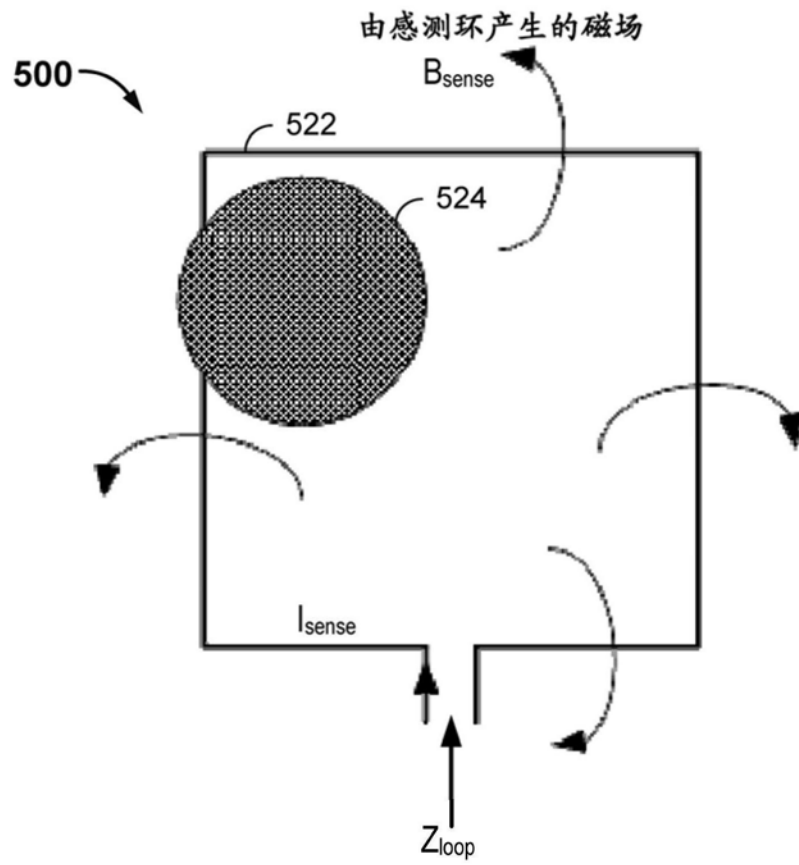


图5

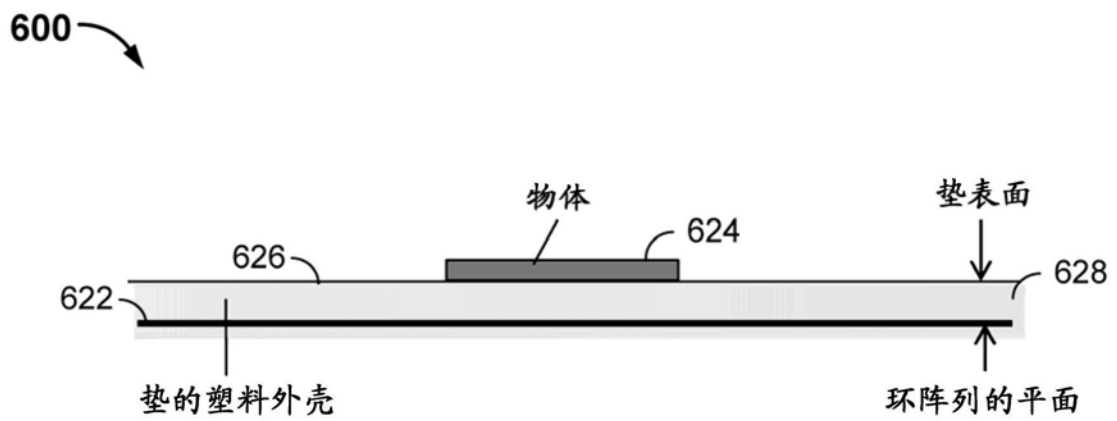


图6

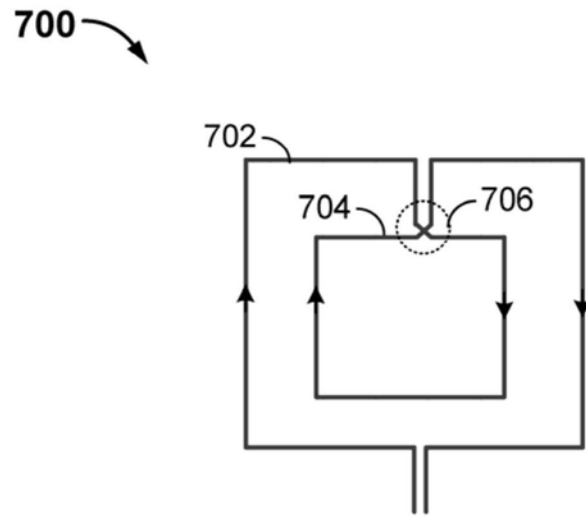


图7

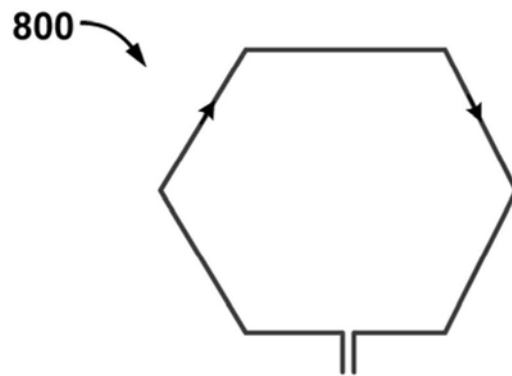


图8

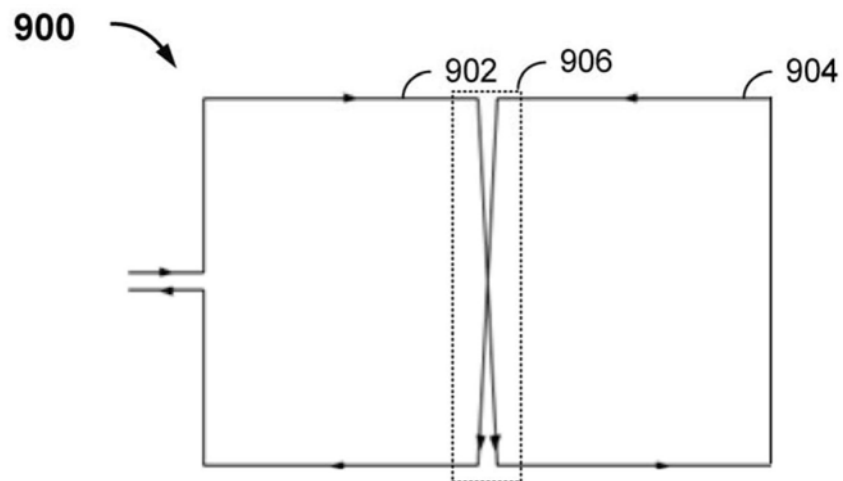


图9

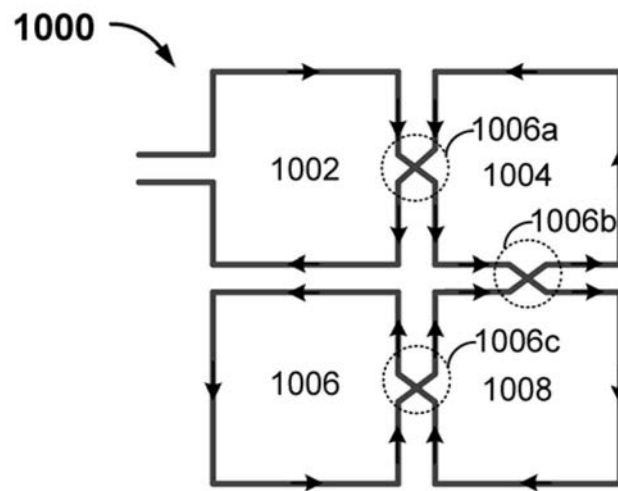


图10

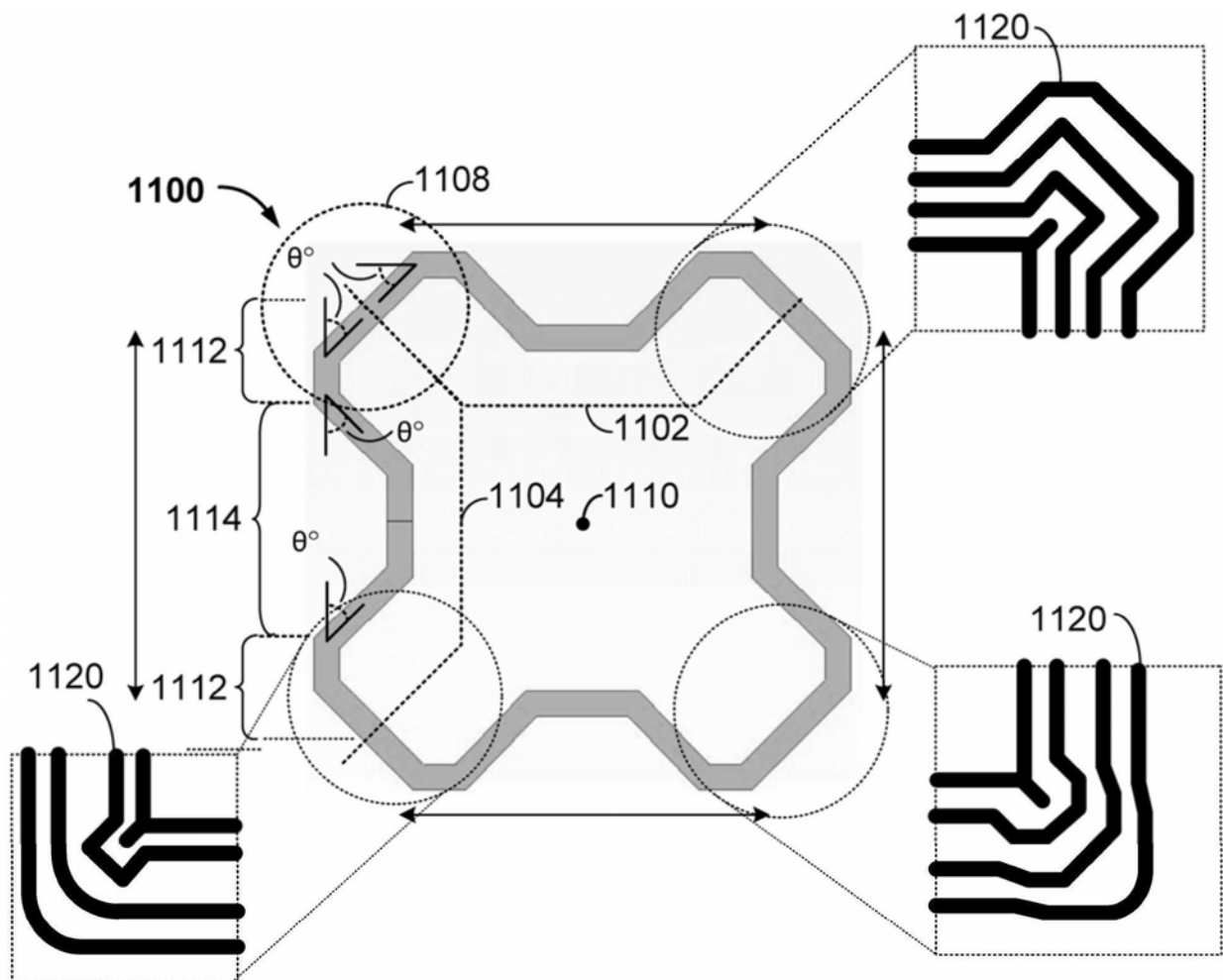


图11

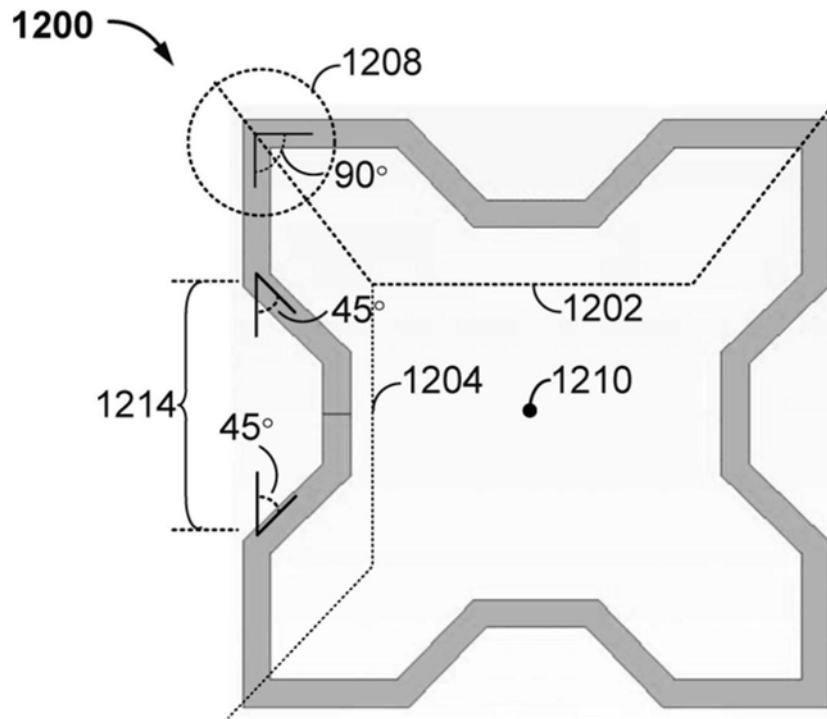


图12

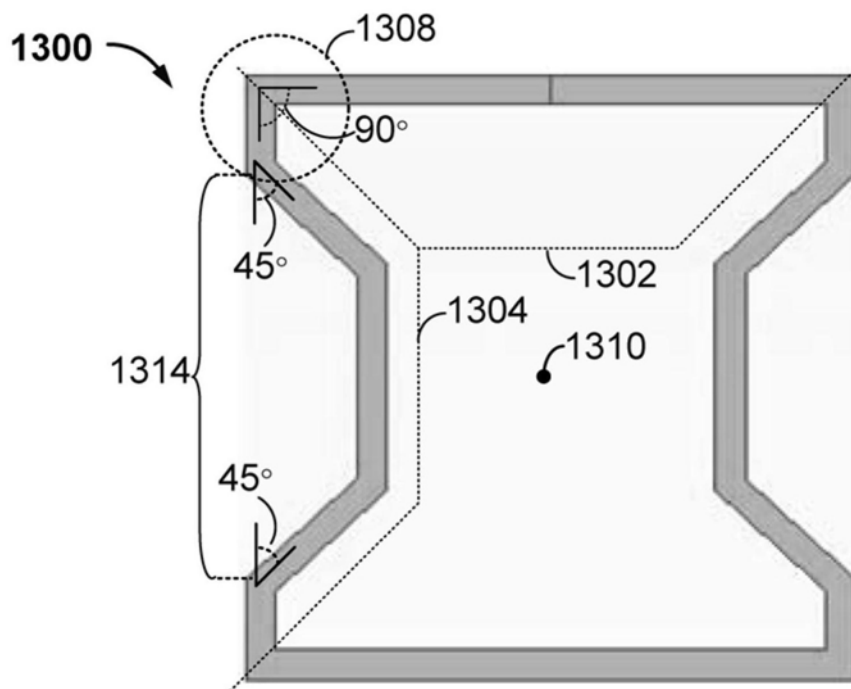


图13

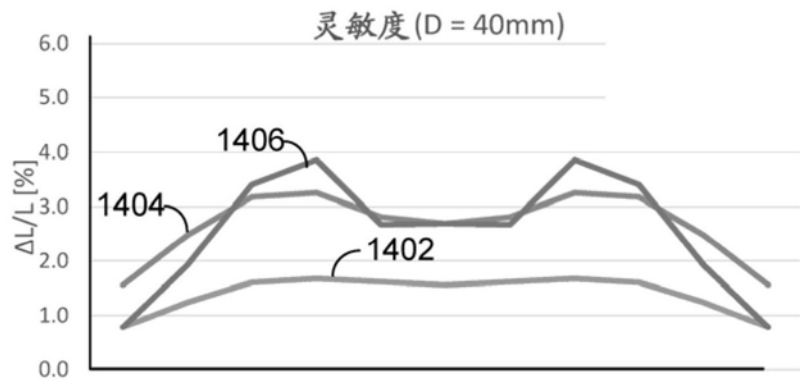
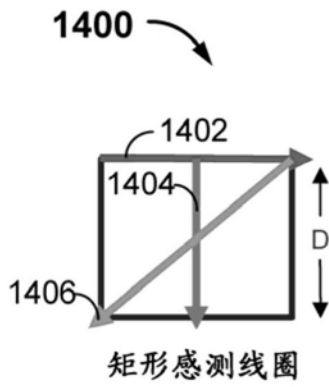


图14

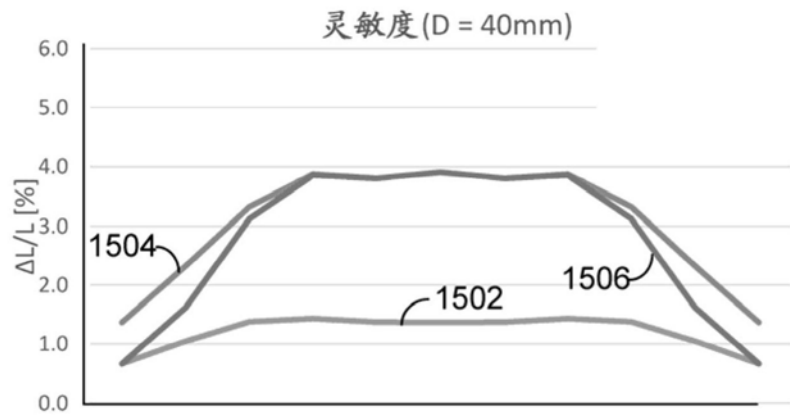
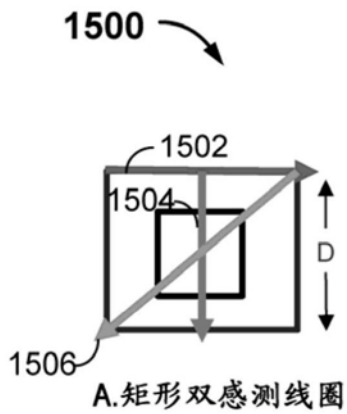


图15

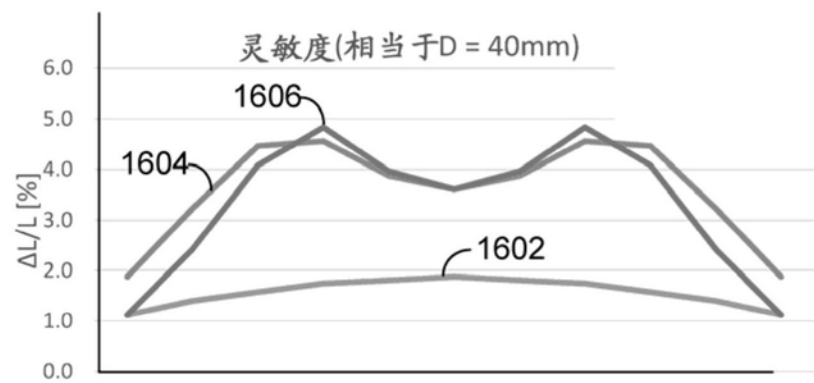
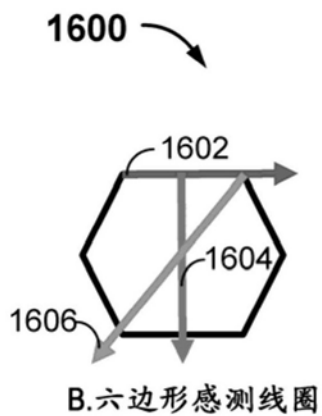


图16



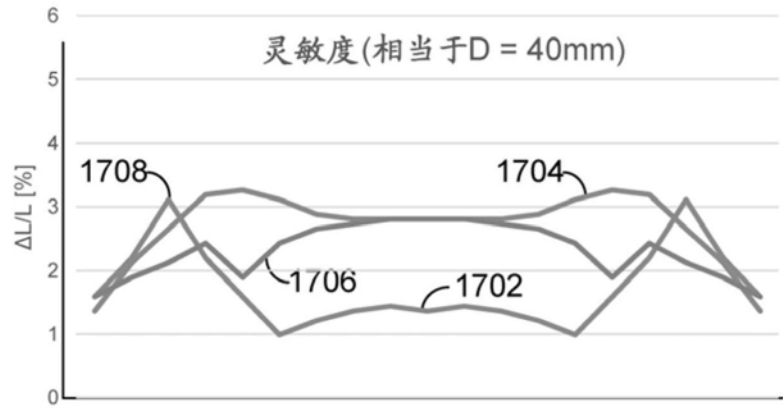
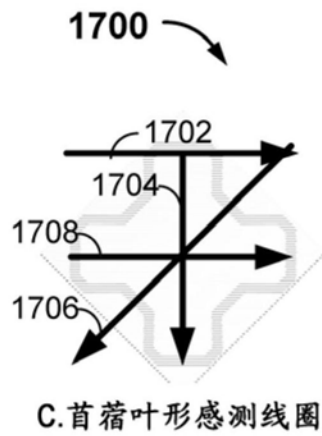


图17

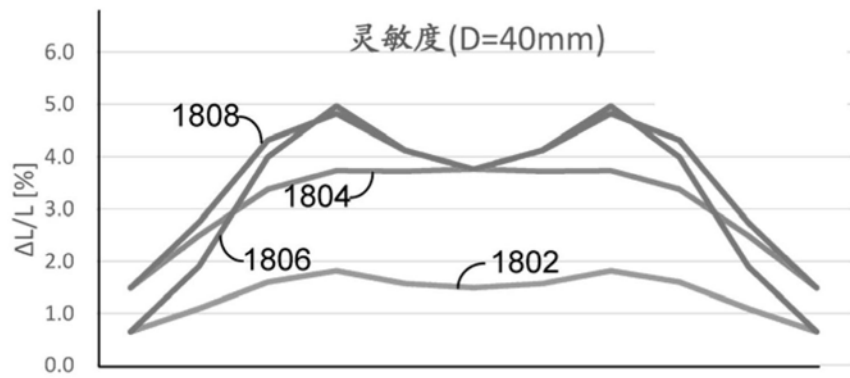
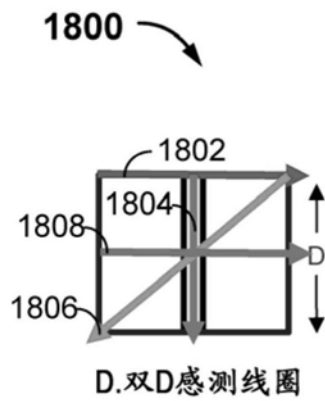


图18

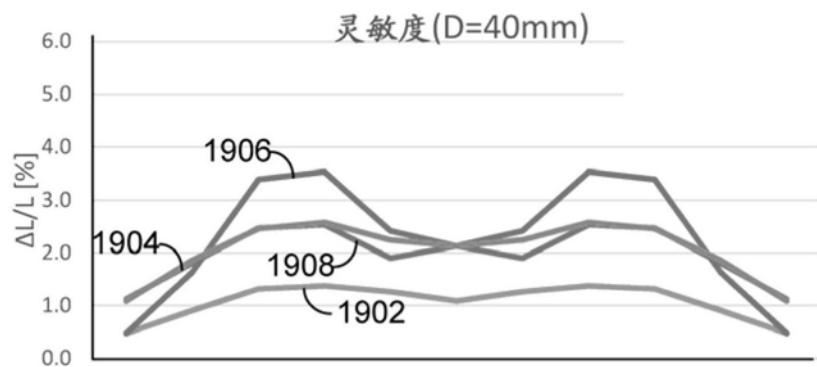
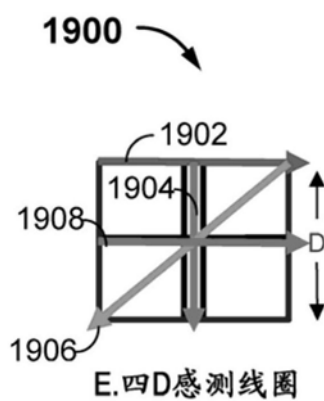


图19

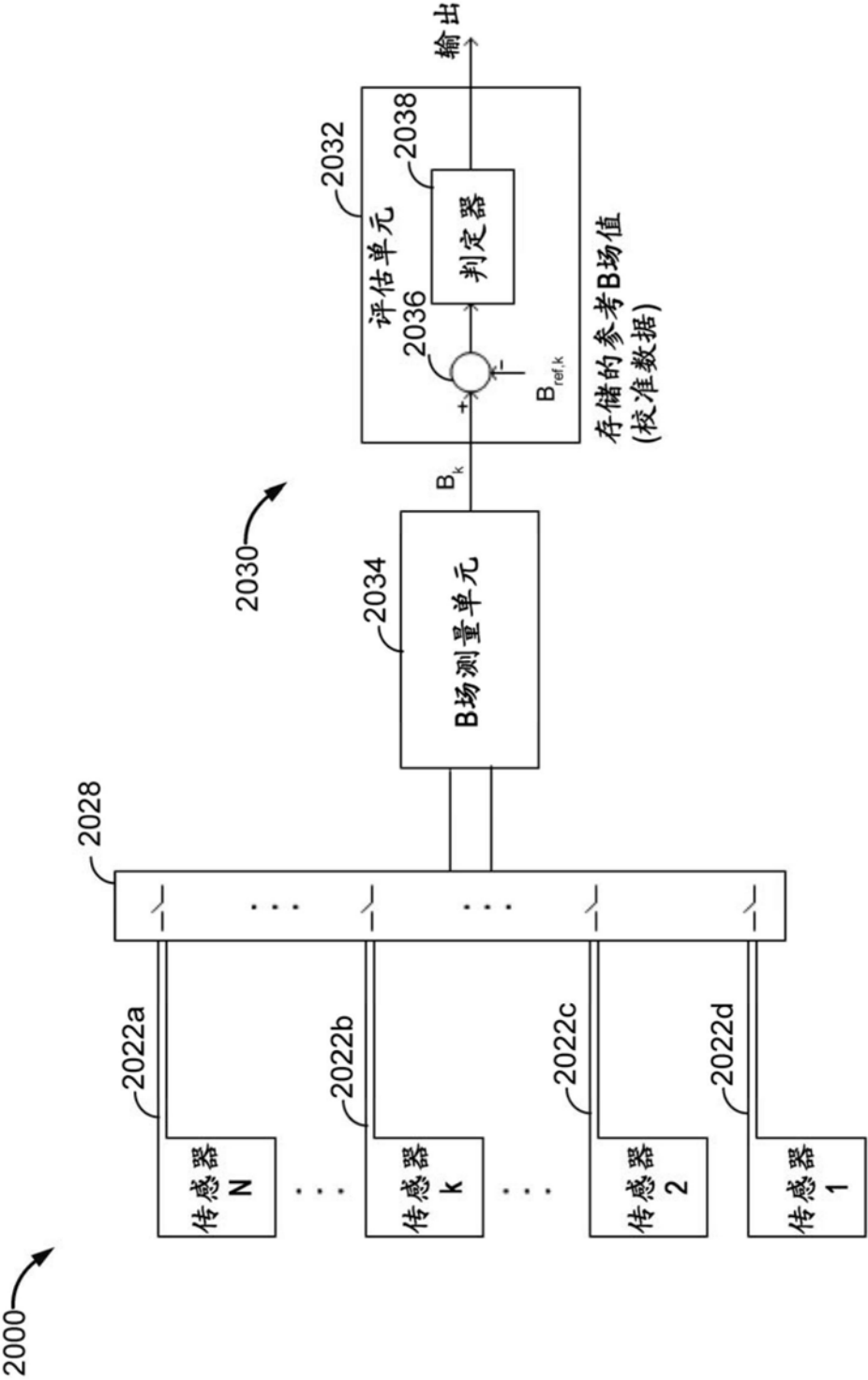


图20

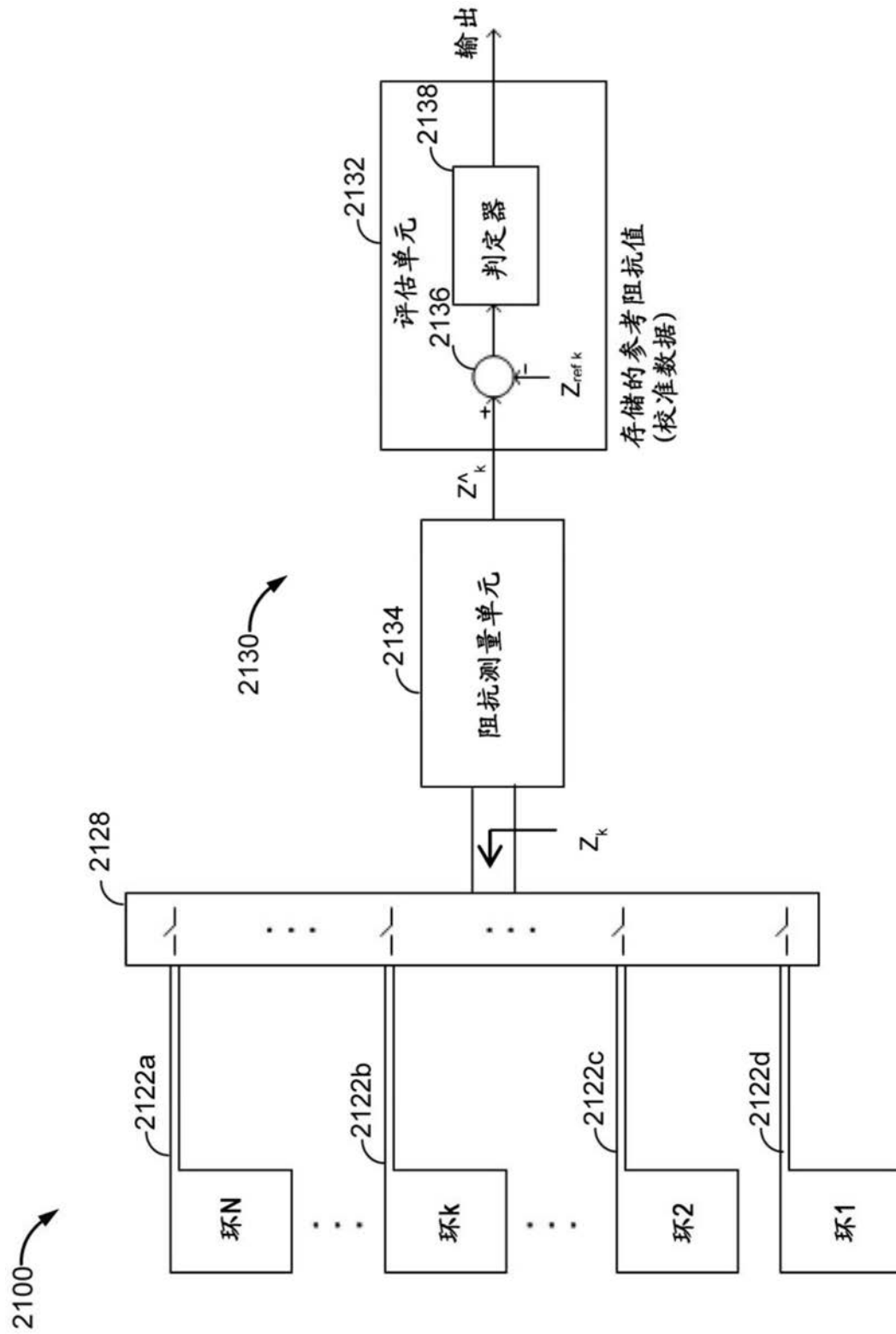


图21

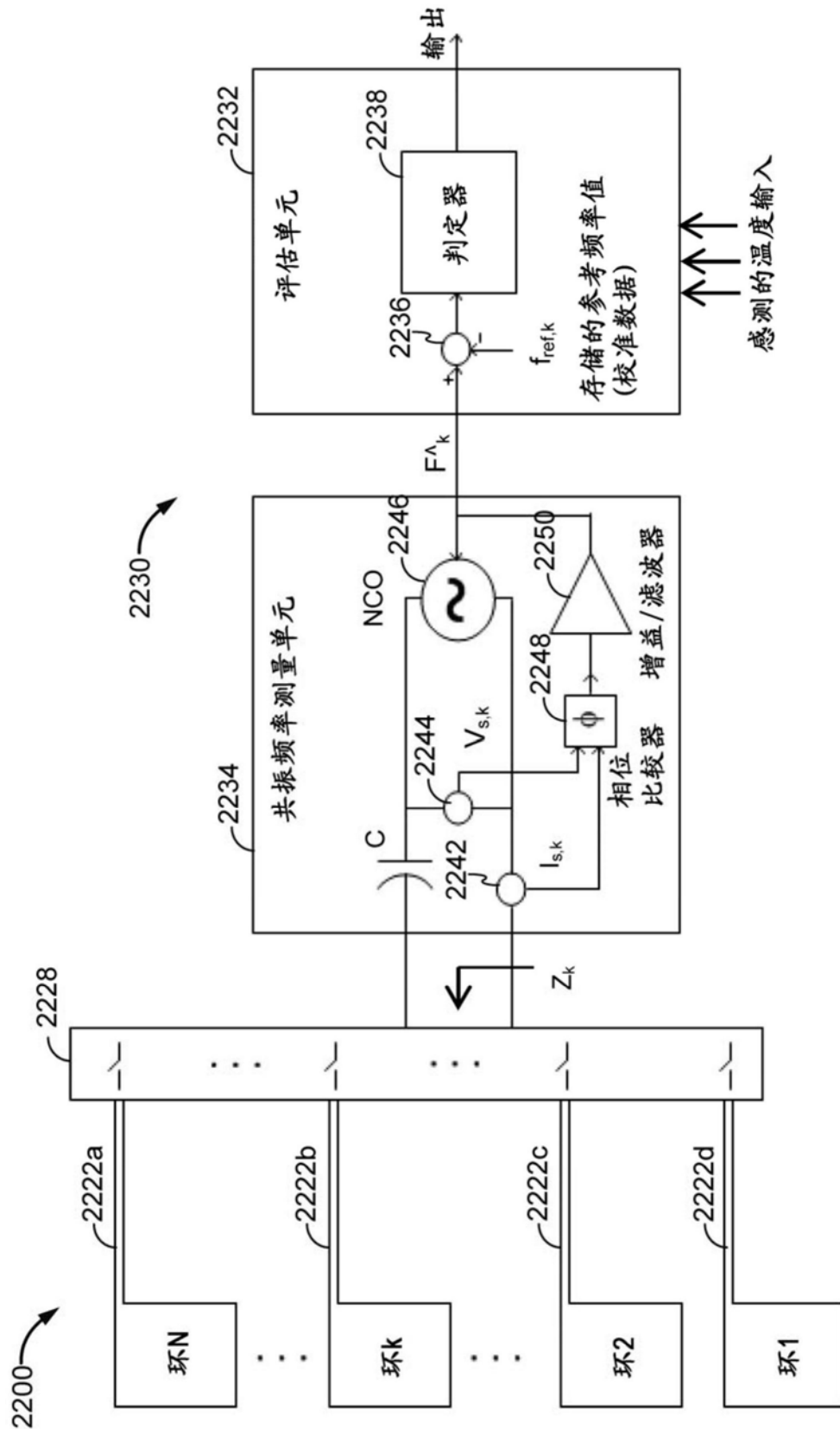


图22

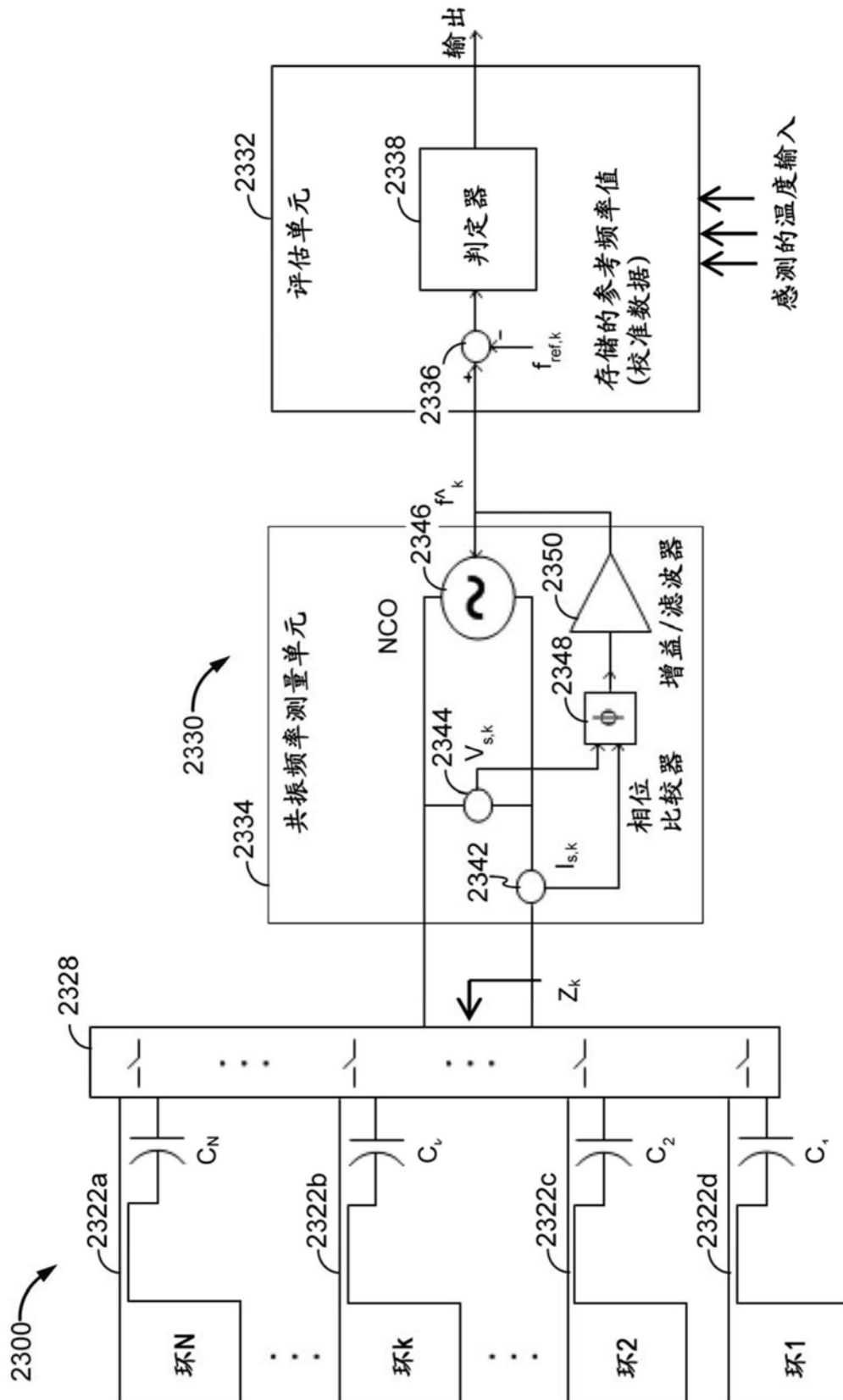


图23

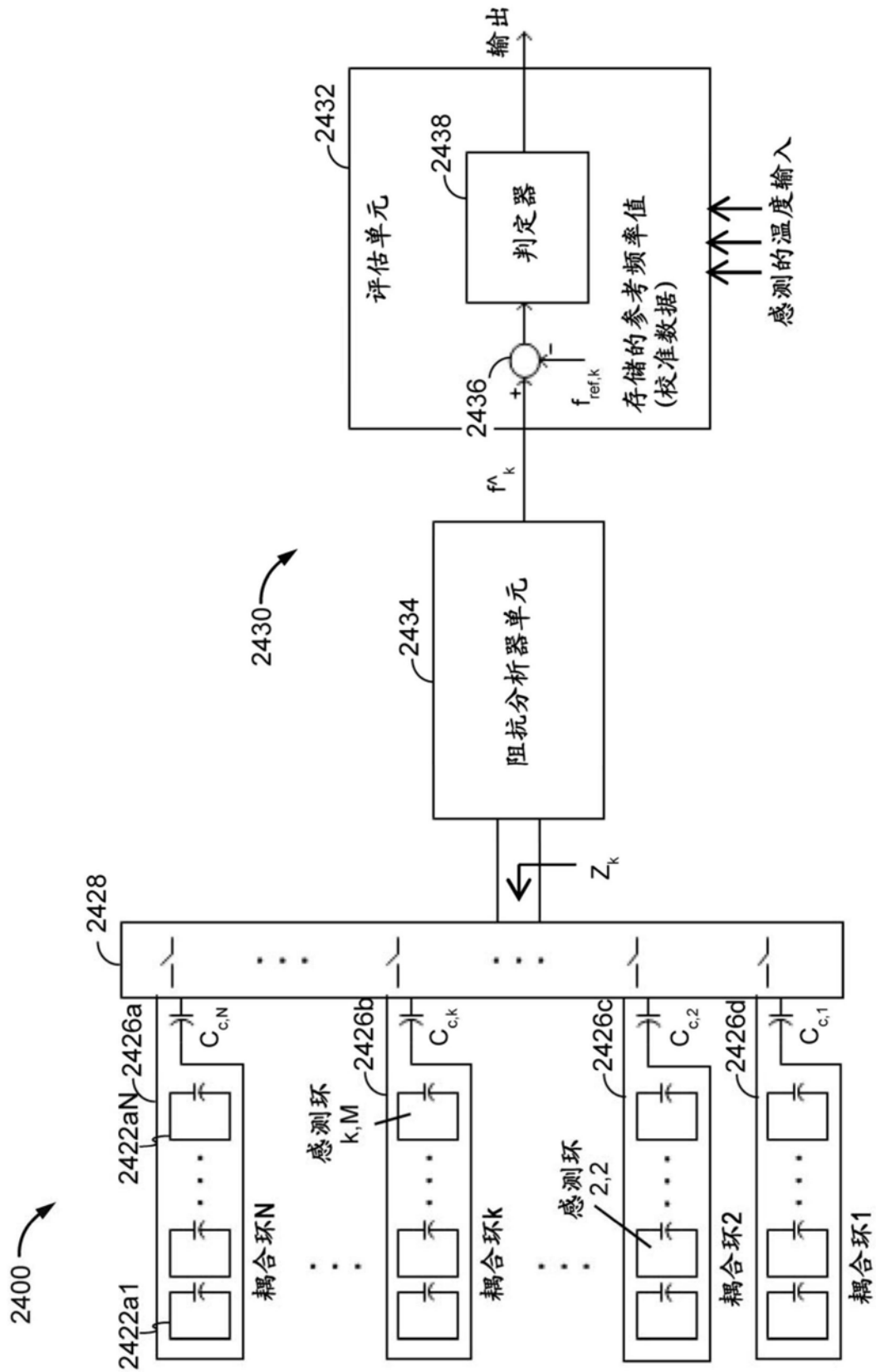


图24

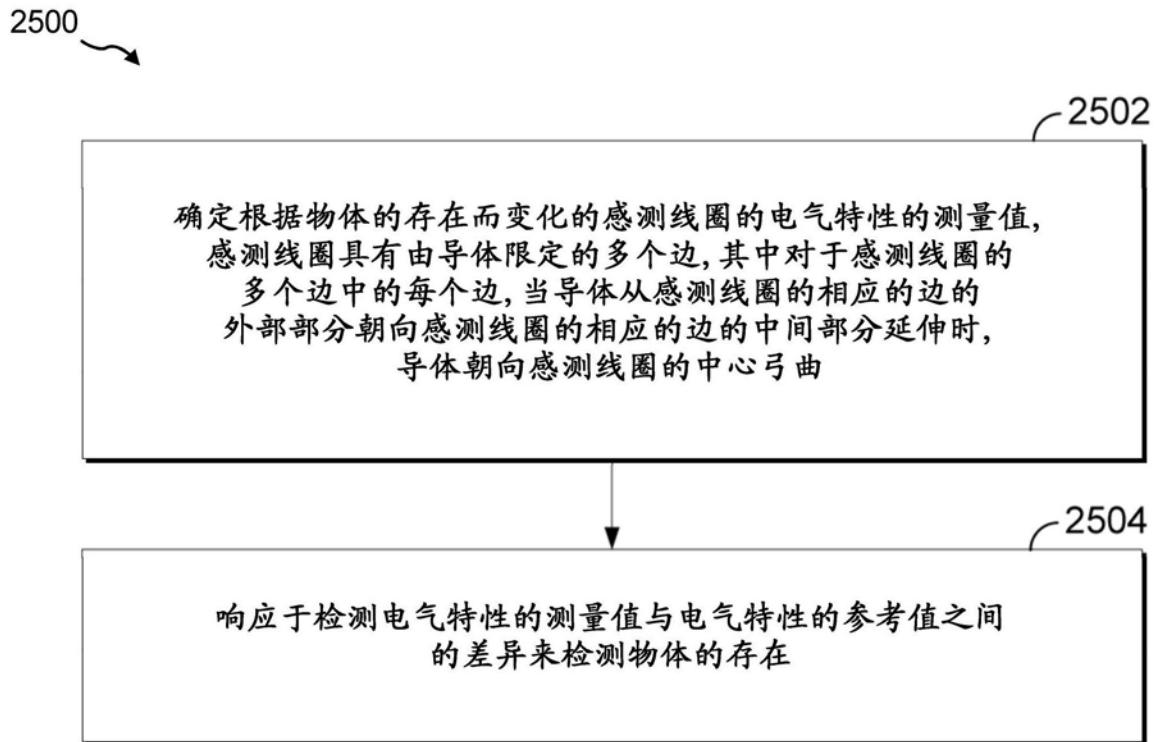


图25

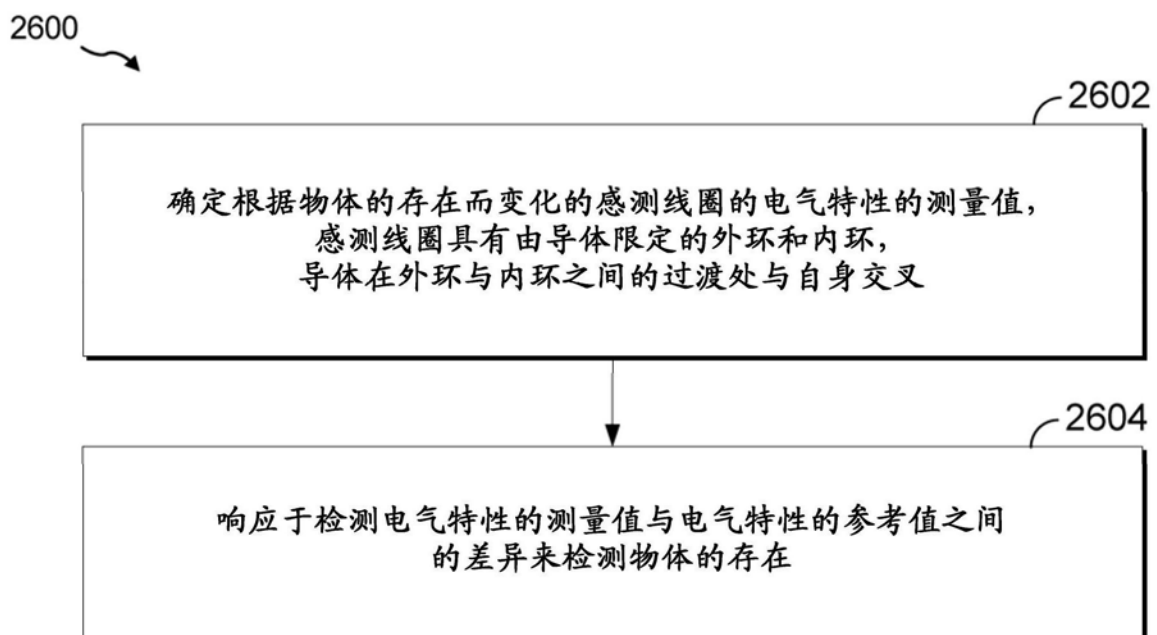


图26