



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105308819 B

(45)授权公告日 2019.04.05

(21)申请号 201480034305.2

奈杰尔·P·库克

(22)申请日 2014.06.30

马库斯·比特纳

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105308819 A

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限
责任公司 11287

(43)申请公布日 2016.02.03

代理人 宋献涛

(30)优先权数据

(51)Int.Cl.

61/842,656 2013.07.03 US

H02J 5/00(2016.01)

14/077,102 2013.11.11 US

H02J 7/02(2016.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.12.16

H04B 5/00(2006.01)

H02J 50/12(2016.01)

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2014/044913 2014.06.30

(56)对比文件

CN 102334263 A,2012.01.25,

CN 101842963 A,2010.09.22,

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/002889 EN 2015.01.08

US 2011304220 A1,2011.12.15,

US 2009167449 A1,2009.07.02,

(73)专利权人 高通股份有限公司
地址 美国加利福尼亚州

CN 101682216 A,2010.03.24,

CN 101860089 A,2010.10.13,

(72)发明人 汉斯彼得·威德默

审查员 魏劲夫

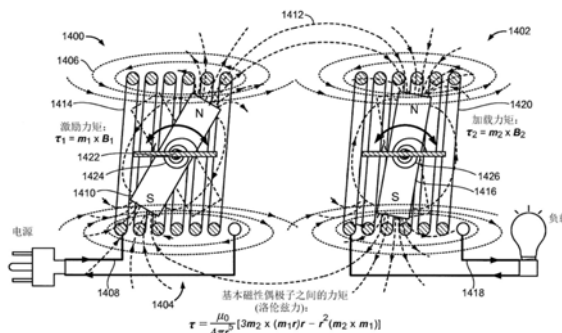
权利要求书3页 说明书23页 附图14页

(54)发明名称

具有多个磁性振荡器的无线电力发射器

(57)摘要

一种电力发射器经配置以将电力无线传送到至少一个电力接收器。所述电力发射器包含至少一个激励电路,其经配置以响应于流经所述至少一个激励电路的时变电流而产生时变第一磁场。所述时变第一磁场具有激励频率。所述电力发射器进一步包含多个磁性振荡器。所述多个磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有大体上等于所述激励频率的机械共振频率。所述多个磁性振荡器经配置以响应于所述第一磁场而产生时变第二磁场。



1. 一种电力发射器,其经配置以将电力无线传送到至少一个电力接收器,所述电力发射器包括:

至少一个激励电路,其经配置以响应于流经所述至少一个激励电路的时变电流而产生时变第一磁场,所述时变第一磁场具有激励频率;以及

多个磁性振荡器,所述多个磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有大体上等于所述激励频率的机械谐振频率,所述多个磁性振荡器经配置以响应于所述第一磁场而产生时变第二磁场,

其中所述多个磁性振荡器布置成三维阵列,并且所述多个磁性振荡器的各个部分的准静态分量彼此抵消。

2. 根据权利要求1所述的电力发射器,其中所述至少一个激励电路包括环绕所述多个磁性振荡器的至少一部分的至少一个线圈。

3. 根据权利要求1所述的电力发射器,其中所述至少一个激励电路的阻抗在大体上等于所述机械谐振频率的频率下,具有等于零的无功分量。

4. 根据权利要求1所述的电力发射器,进一步包括机械耦合到所述多个磁性振荡器的至少一个衬底。

5. 根据权利要求1所述的电力发射器,其中所述多个磁性振荡器为微机械系统MEMS结构。

6. 根据权利要求1所述的电力发射器,其中所述多个磁性振荡器的每一磁性振荡器包括可移动磁性元件,其经配置以响应于所述第一磁场施加到所述可移动磁性元件的力矩而围绕轴旋转。

7. 根据权利要求6所述的电力发射器,其中所述可移动磁性元件包括至少一个弹簧,其经配置以在所述可移动磁性元件旋转后即刻将复原力施加到所述可移动磁性元件。

8. 根据权利要求1所述的电力发射器,其中所述三维阵列包括:

至少一个第一平面,其包括所述多个磁性振荡器中的第一组磁性振荡器,所述第一组磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有指向第一方向的磁矩,所述第一组磁性振荡器具有第一总计磁矩,其包括时变分量和时不变分量;以及

至少一个第二平面,其包括所述多个磁性振荡器中的第二组磁性振荡器,所述第二组磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有指向第二方向的磁矩,所述第二组磁性振荡器具有第二总计磁矩,其包括时变分量和时不变分量,其中所述第一总计磁矩的所述时不变分量以及所述第二总计磁矩的所述时不变分量具有大体上相等的量值且指向大体上相反的方向。

9. 根据权利要求1所述的电力发射器,其中所述三维阵列包括:

第一平面,其包括所述多个磁性振荡器中布置成具有第一极性的第一组磁性振荡器;以及

第二平面,其邻近于所述第一平面,所述第二平面包括所述多个磁性振荡器中的第二组磁性振荡器,其布置成具有不同于所述第一极性的第二极性,使得由所述第二组磁性振荡器所产生的总计磁矩的准静态分量抵消由所述第一组磁性振荡器所产生的总计磁矩的准静态分量。

10. 一种无线发射电力的方法,所述方法包括:

产生具有激励频率的时变第一磁场;以及

通过将所述第一磁场施加到多个磁性振荡器来产生时变第二磁场,所述多个磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有大体上等于所述激励频率的机械谐振频率,

其中所述多个磁性振荡器布置成三维阵列,并且所述多个磁性振荡器的各个部分的准静态分量彼此抵消。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中产生所述时变第一磁场包括使电流流经包括环绕所述多个磁性振荡器的至少一部分的至少一个线圈的至少一个激励电路。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中所述至少一个激励电路的阻抗在大体上等于所述机械谐振频率的频率下,具有等于零的无功分量。

13. 根据权利要求10所述的方法,其中所述多个磁性振荡器为微机械系统MEMS结构。

14. 根据权利要求10所述的方法,其中产生所述时变第二磁场包括响应于所述第一磁场施加到可移动磁性元件的力矩,使所述多个磁性振荡器中的每一磁性振荡器的所述可移动磁性元件围绕轴旋转。

15. 根据权利要求14所述的方法,其进一步包括在所述可移动磁性元件旋转后即刻将复原力施加到所述可移动磁性元件。

16. 根据权利要求10所述的方法,其中所述三维阵列包括:

至少一个第一平面,其包括所述多个磁性振荡器中的第一组磁性振荡器,所述第一组磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有指向第一方向的磁矩,所述第一组磁性振荡器具有第一总计磁矩,其包括时变分量和时不变分量;以及

至少一个第二平面,其包括所述多个磁性振荡器中的第二组磁性振荡器,所述第二组磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有指向第二方向的磁矩,所述第二组磁性振荡器具有第二总计磁矩,其包括时变分量和时不变分量,其中所述第一总计磁矩的所述时不变分量以及所述第二总计磁矩的所述时不变分量具有大体上相等的量值且指向大体上相反的方向。

17. 一种电力发射器,其经配置以将电力无线传送到至少一个电力接收器,所述电力发射器包括:

用于产生具有激励频率的时变第一磁场的装置;以及

用于响应于所述时变第一磁场产生时变第二磁场的多个装置,所述多个装置中的每一装置具有大体上等于所述激励频率的机械谐振频率,

其中所述用于产生所述时变第二磁场的多个装置布置成三维阵列,并且所述用于产生所述时变第二磁场的多个装置的各个部分的准静态分量彼此抵消。

18. 根据权利要求17所述的电力发射器,其中所述用于产生所述时变第一磁场的装置包括至少一个激励电路,其经配置以具有流经所述至少一个激励电路的时变电流。

19. 根据权利要求17所述的电力发射器,其中所述用于产生所述时变第二磁场的多个装置包括多个磁性振荡器,所述多个磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有大体上等于所述激励频率的所述机械谐振频率。

20. 一种电力接收器,其经配置以从至少一个电力发射器无线接收电力,所述电力接收器包括:

至少一个激励电路,其经配置以响应于时变第一磁场产生流经所述至少一个激励电路的时变电流,所述时变第一磁场具有激励频率;以及

多个磁性振荡器,所述多个磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有大体上等于所述激励

频率的机械谐振频率,所述多个磁性振荡器经配置以响应于时变第二磁场而产生所述时变第一磁场,其中所述多个磁性振荡器布置成三维阵列,包括:

至少一个第一平面,其包括所述多个磁性振荡器中的第一组磁性振荡器,所述第一组磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有指向第一方向的磁矩,所述第一组磁性振荡器具有第一总计磁矩,其包括时变分量和时不变分量;以及

至少一个第二平面,其包括所述多个磁性振荡器中的第二组磁性振荡器,所述第二组磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有指向第二方向的磁矩,所述第二组磁性振荡器具有第二总计磁矩,其包括时变分量和时不变分量,其中所述第一总计磁矩的所述时不变分量以及所述第二总计磁矩的所述时不变分量具有大体上相等的量值且指向大体上相反的方向。

21. 根据权利要求20所述的电力接收器,其中所述至少一个激励电路包括环绕所述多个磁性振荡器的至少一部分的至少一个线圈。

22. 根据权利要求20所述的电力接收器,其中所述至少一个激励电路的阻抗在大体上等于所述机械谐振频率的频率下,具有等于零的无功分量。

23. 根据权利要求20所述的电力接收器,其进一步包括机械耦合到所述多个磁性振荡器的至少一个衬底。

24. 根据权利要求23所述的电力接收器,其中所述至少一个衬底包括硅衬底。

25. 根据权利要求20所述的电力接收器,其中所述多个磁性振荡器为微机械系统MEMS结构。

26. 根据权利要求20所述的电力接收器,其中所述多个磁性振荡器中的每一磁性振荡器包括可移动磁性元件,其经配置以响应于所述第一磁场施加到所述可移动磁性元件的力矩而围绕轴旋转。

27. 根据权利要求26所述的电力接收器,其中所述可移动磁性元件包括至少一个弹簧,其经配置以在所述可移动磁性元件旋转后即刻将复原力施加到所述可移动磁性元件。

具有多个磁性振荡器的无线电力发射器

技术领域

[0001] 本发明大体上涉及无线电力。更具体地说,本发明是针对使用多个磁性振荡器作为磁-机械系统的无线电力发射器。

背景技术

[0002] 越来越多数目和种类的电子装置经由可再充电电池供电。此类装置包含移动电话、便携式音乐播放器、膝上型计算机、平板计算机、计算机外围装置、通信装置(例如,蓝牙装置)、数码相机、助听器,及其类似者。虽然电池组技术已得到改进,但电池供电的电子装置越来越需要且消耗更大量的电力,因此常常需要再充电。可再充电装置常常经由有线连接通过实体地连接到电力供应器的电缆或其它类似连接器充电。电缆和类似连接器有时可能不方便或繁琐,且具有其它缺点。能够在待用以为可再充电的电子装置充电或向电子装置提供电力的自由空间中传送电力的无线充电系统可以克服有线充电解决方案的一些不足。由此,向电子装置有效且安全地传送电力的无线电力传送系统和方法是合乎需要的。

发明内容

[0003] 在所附权利要求书的范围内的系统、方法和装置的各种实施方案各自具有若干方面,其中的单个方面并不单独负责本文所描述的要属性。在不限制所附权利要求书的范围的情况下,本文描述一些显要特征。

[0004] 在附图和下文描述中阐述本说明书中描述的标的物的一个或一个以上实施方案的细节。其它特征、方面和优点将从所述描述、图式和所附权利要求书变得显而易见。应注意,以下各图的相对尺寸可能未按比例绘制。

[0005] 本发明的一个方面提供经配置以将电力无线传送到至少一个电力接收器的电力发射器。所述电力发射器包括至少一个激励电路,其经配置以响应于流经所述至少一个激励电路的时变电流而产生时变第一磁场。所述时变第一磁场具有激励频率。所述电力发射器进一步包括多个磁性振荡器,其中所述多个磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有大体上等于所述激励频率的机械谐振频率。所述多个磁性振荡器经配置以响应于所述第一磁场而产生时变第二磁场。

[0006] 本发明的另一方面提供一种无线发射电力的方法。所述方法包括产生具有激励频率的时变第一磁场。所述方法进一步包括通过将第一磁场施加到多个磁性振荡器来产生时变第二磁场。所述多个磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有大体上等于所述激励频率的机械谐振频率。

[0007] 本发明的另一方面提供经配置以将电力无线传送到至少一个电力接收器的电力发射器。所述电力发射器包括用于产生具有激励频率的时变第一磁场的装置。所述电力发射器进一步包括用于响应于所述时变第一磁场而产生时变第二磁场的装置。

[0008] 本发明的另一方面提供经配置以从至少一个电力发射器无线接收电力的电力接收器。所述电力接收器包括至少一个电路,其经配置以响应于时变第一磁场而产生流经所

述至少一个电路的时变电流。所述时变第一磁场具有频率。所述电力接收器进一步包括多个磁性振荡器,所述多个磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有大体上等于所述频率的机械谐振频率。所述多个磁性振荡器经配置以响应于所述时变第二磁场而产生时变第一磁场。所述多个磁性振荡器布置成三维阵列,其包括至少一个第一平面,所述第一平面包括所述多个磁性振荡器中的第一组磁性振荡器。所述第一组磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有指向第一方向的磁矩,且所述第一组磁性振荡器具有包括时变分量和时不变分量的第一求和磁矩。所述三维阵列进一步包括至少一个第二平面,其包括所述多个磁性振荡器中的第二组磁性振荡器。所述第二组磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有指向第二方向的磁矩,所述第二组磁性振荡器具有包括时变分量和时不变分量的第二求和磁矩。所述第一求和磁矩的时不变分量和所述第二求和磁矩的时不变分量在大体上相反方向上具有大体上相同的量值和点。

[0009] 本发明的另一方面提供一种用于无线接收电力的方法。所述方法包括响应于时变第一磁场产生时变电流流动。所述时变第一磁场具有频率。所述方法进一步包括使用多个磁性振荡器,响应于时变第二磁场而产生时变第一磁场。所述多个磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有大体上等于所述频率的机械谐振频率。所述多个磁性振荡器布置成三维阵列,其包括至少一个第一平面,所述第一平面包括所述多个磁性振荡器中的第一组磁性振荡器。所述第一组磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有指向第一方向的磁矩,且所述第一组磁性振荡器具有包括时变分量和时不变分量的第一求和磁矩。所述三维阵列进一步包括至少一个第二平面,其包括所述多个磁性振荡器中的第二组磁性振荡器。所述第二组磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有指向第二方向的磁矩,所述第二组磁性振荡器具有包括时变分量和时不变分量的第二求和磁矩。所述第一求和磁矩的时不变分量和所述第二求和磁矩的时不变分量在大体上相反方向上具有大体上相同的量值和点。

[0010] 本发明的另一方面提供经配置以从至少一个电力发射器无线接收电力的电力接收器。所述电力接收器包括用于响应于时变第一磁场而产生时变电流流动的装置。所述时变第一磁场具有频率。所述电力接收器进一步包括用于响应于所述时变第二磁场而产生时变第一磁场的装置。在某些配置中,所述用于产生时变第一磁场的装置可包括多个磁性振荡器,其中每一磁性振荡器具有大体上等于所述频率的机械谐振频率。所述多个磁性振荡器可布置成三维阵列,其包括至少一个第一平面,所述第一平面包括所述多个磁性振荡器中的第一组磁性振荡器。所述第一组磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有指向第一方向的磁矩,且所述第一组磁性振荡器具有包括时变分量和时不变分量的第一求和磁矩。所述三维阵列可进一步包括至少一个第二平面,其包括所述多个磁性振荡器中的第二组磁性振荡器。所述第二组磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有指向第二方向的磁矩,所述第二组磁性振荡器具有包括时变分量和时不变分量的第二求和磁矩。所述第一求和磁矩的时不变分量和所述第二求和磁矩的时不变分量在大体上相反方向上具有大体上相同的量值和点。

[0011] 本发明的另一方面提供一种电力传送系统,其包括至少一个电力发射器和至少一个电力接收器。所述至少一个电力发射器包括至少一个第一电路,其经配置以响应于流经所述至少一个第一电路的时变第一电流而产生时变第一磁场。所述第一磁场具有第一激励频率。所述至少一个电力发射器进一步包括第一多个磁性振荡器,所述第一多个磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有大体上等于所述第一激励频率的第一机械谐振频率。所述第一

多个磁性振荡器经配置以响应于所述第一磁场而产生时变第二磁场。所述至少一个电力接收器包括至少一个第二电路,其经配置以响应于时变第三磁场而产生流经至少一个第二电路的时变第二电流。所述至少一个电力接收器进一步包括第二多个磁性振荡器,所述第二多个磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有大体上等于所述第一机械谐振频率的第二机械谐振频率。所述第二多个磁性振荡器经配置以响应于所述第二磁场而产生第三磁场。

附图说明

[0012] 图1是根据本发明的示范性实施例的示范性无线电力传送系统的功能框图。

[0013] 图2是根据本发明的各种示范性实施例的可用于图1的无线电力传送系统中的示范性组件的功能框图。

[0014] 图3是根据本发明的示范性实施例的包含发射或接收天线的图2的发射电路或接收电路的一部分的示意图。

[0015] 图4是根据本发明的示范性实施例的可用于图1的无线电力传送系统中的发射器的功能框图。

[0016] 图5是根据本发明的示范性实施例的可用于图1的无线电力传送系统中的接收器的功能框图。

[0017] 图6是可用于图4的发射电路中的发射电路的一部分的示意图。

[0018] 图7说明在发射和接收侧使用电容性负载线环的基于法拉第定律的非辐射感应电力传递。

[0019] 图8示意性地说明根据本文所述的某些实施例的实例磁性振荡器。

[0020] 图9示意性地说明根据本文所述的某些实施例的缠绕在磁性振荡器周围(例如,环绕磁性振荡器)的耦合线圈的实例磁性振荡器(例如多个磁性振荡器的一部分)。

[0021] 图10A示意性地说明磁化球体内部的并行磁通量线(B)。

[0022] 图10B示意性地说明磁化球体中的磁场强度(H)。

[0023] 图11示意性地说明根据本文所述的某些实施例的使用MEMS技术构造的实例磁性振荡器阵列。

[0024] 图12示意性地说明根据本文所述的某些实施例的三维磁性振荡器阵列的切穿区域。

[0025] 图13示意性地说明根据本文所述的某些实施例的缠绕在具有多个磁性振荡器的圆盘周围的实例耦合线圈。

[0026] 图14示意性地说明根据本文所述的某些实施例的经配置以将电力无线传送到至少一个电力接收器的实例电力发射器。

[0027] 图15示意性地说明根据本文所述的某些实施例的实例电力发射器,以及展示谐振现象的输入阻抗与频率的曲线。

[0028] 图16示意性地说明根据本文所述的某些实施例的多个磁性振荡器的配置的实例部分。

[0029] 图17示意性地说明根据本文所述的某些实施例的所述多个磁性振荡器布置在其中的实例配置,其中磁体在相反方向上成对定向,使得总和磁矩的静态分量抵消。

[0030] 图18示意性地说明根据本文所述的某些实施例的电力发射器和电力接收器的实

例配置。

[0031] 图19是根据本文所述的某些实施例的实例方法的流程图。

[0032] 图式中图解说明的各种特征可能未按比例绘制。因此,为了清楚起见可任意扩大或缩小各种特征的尺寸。另外,图式中的一些图式可能并未描绘给定系统、方法或装置的所有组件。最后,可能贯穿说明书和图式使用相似参考标号来表示相似特征。

具体实施方式

[0033] 下文结合附图阐述的具体实施方式意图作为对本发明的示范性实施例的描述,且并不意图表示其中可实践本发明的仅有实施例。贯穿此描述所使用的术语“示范性”表示“充当实例、例子或说明”,且未必应解释为比其它示范性实施例优选或有利。所述详细描述出于提供对本发明的示范性实施例的透彻理解的目的而包含特定细节。在一些情况下,以框图形式展示一些装置。

[0034] 无线传送电力可指将与电场、磁场、电磁场或以其它方式相关联的任何形式的能量从发射器传送到接收器,而不使用物理电导体(例如,可通过自由空间来传送电力)。输出到无线场(例如,磁场)中的电力可由“接收天线”接收、捕获或耦合以实现电力传送。

[0035] 图1是根据本发明的示范性实施例的示范性无线电力传送系统100的功能框图。输入电力102可从电源(未图示)提供到发射器104以用于产生用于提供能量传送的场105。接收器108可耦合到场105,且产生输出电力110以供耦合到输出电力110的装置(未展示)储存或消耗。发射器104与接收器108两者分开距离112。在一个示范性实施例中,发射器104与接收器108是根据相互谐振关系而配置。当接收器108的谐振频率与发射器104的谐振频率实质上相同或极为接近时,发射器104与接收器108之间的传输损失最小。由此,可与可要求大线圈极其接近(例如,mm)的纯电感解决方案相比,在较大距离上提供无线电力传送。谐振电感耦合技术因此可允许在各种距离上且利用多种电感线圈配置进行的改进的效率和电力传送。

[0036] 当接收器108位于发射器104产生的能量场105中时,接收器108可接收电力。场105对应于其中发射器104所输出的能量可由接收器105捕获的区。在一些情况下,场105可对应于发射器104的“近场”,如下文将进一步描述。发射器104可包含用于输出能量发射的发射天线114。接收器108进一步包含用于接收或捕获来自能量发射的能量的接收天线118。近场可对应于其中存在由发射天线114中的最低限度地辐射电力远离发射天线114的电流和电荷产生的强反应性场的区。在一些情况下,近场可对应于在发射天线114的约一个波长(或其分数)内的区。发射天线114和接收天线118根据应用和将与其相关联的装置而设定大小。如上文所描述,高效能量传送可通过将发射天线114的场105中的大部分能量耦合到接收天线118而非在电磁波中将大多数能量传播到远场而发生。当定位在场105内时,可在发射天线114与接收天线118之间形成“耦合模式”。发射天线114和接收天线118周围的可发生此耦合的区域在本文中被称作耦合模式区。

[0037] 图2是根据本发明的各种示范性实施例的可用于图1的无线电力传送系统100中的示范性组件的功能框图。发射器204可包含发射电路206,其可包含振荡器222、驱动器电路224和滤波与匹配电路226。振荡器222可经配置以在所要频率(例如40kHz、85kHz、140kHz、468.75kHz、6.78MHz或13.56MHz)下产生信号,所述频率可响应于频率控制信号223而调整。

可将振荡器信号提供到经配置以在(例如)发射天线214的谐振频率下驱动发射天线214的驱动器电路224。驱动器电路224可为经配置以从振荡器222接收方波并且输出正弦波的切换放大器。举例来说,驱动器电路224可为E类放大器。还可包含滤波与匹配电路226以滤除谐波或其它不必要的频率,且将发射器204的阻抗与发射天线214匹配。作为驱动发射天线214的结果,发射器204可在足以对电子装置充电或供电的电平下以无线方式输出电力。作为一个实例,所提供的电力可例如约300毫瓦到5瓦,以对具有不同电力需求的不同装置供电或充电。还可提供在千瓦范围内的较高或较低电力电平(例如,用于电动车辆的无线充电)。

[0038] 接收器208可包含接收电路210,其可包含匹配电路232和整流器与切换电路234,以从AC电力输入产生DC电力输出,以便为如图2中所示的电池236充电,或者为耦合到接收器108的装置(未图示)供电。可包含匹配电路232以使接收电路210的阻抗与接收天线218匹配。接收器208和发射器204可另外在分开的通信信道219(例如,蓝牙、紫蜂、蜂窝式等)上通信。接收器208和发射器204可替代地使用无线场206的特性经由带内信令通信。

[0039] 如下文更全面地描述,接收器208(其最初可具有可选择性地停用的相关联负载(例如,电池236))可经配置以确定由发射器204发射并且由接收器208接收的电力的量是否适于为电池236充电。此外,接收器208可经配置以在确定电力的量适当后即刻启用负载(例如,电池236)。在一些实施例中,接收器208可经配置以直接利用从无线电力传送场接收的电力,而不为电池236充电。举例来说,例如近场通信(NFC)或射频识别装置(RFID)等通信装置可经配置以从无线电力传送场接收电力,且通过与无线电力传送场交互而通信和/或利用所接收电力与发射器204或其它装置通信。

[0040] 图3是根据本发明的示范性实施例的包含发射或接收天线352的图2的发射电路206或接收电路210的一部分的示意图。如图3中所说明,用于包含下文所述的实施例的示范性实施例中的发射或接收电路350可包含天线352。天线352还可称为或配置为“环路”天线352。天线352也可在本文中被称作或经配置为“磁性”天线或感应线圈。术语“天线”一般是指可无线地输出或接收用于耦合到另一“天线”的能量的组件。天线也可被称作经配置以无线地输出或接收电力的类型的线圈。如本文所使用,天线352为经配置以无线地输出和/或接收电力的类型的“电力传送组件”的实例。天线352可经配置以包含空气芯或物理核心,例如铁氧体核心(未图示)。空气芯环形天线可在较大程度上容受放置在芯附近的外来物理装置。此外,空气芯环形天线352允许将其它组件放置在芯区域内。此外,空气芯环可更容易允许将接收天线218(图2)放置在发射天线214(图2)的平面内,在所述平面中,发射天线214(图2)的耦合模式区可能更加强大。

[0041] 如上所述,在发射器104与接收器108之间匹配或几乎匹配的谐振期间,可发生发射器104与接收器108之间的高效能量传送。然而,即使当发射器104与接收器108之间的谐振不匹配时,也可传送能量,但效率可能会受到影响。能量传送的发生是通过将来自发射天线214线圈的场105的能量耦合到驻留在其中建立此场105的邻域中的接收天线218,而不是将能量从发射天线214传播到自由空间中。

[0042] 环形或磁性天线的谐振频率是基于电感和电容。电感可仅为天线352产生的电感,而可将电容添加到天线的电感以产生所要谐振频率下的谐振结构。作为非限制性实例,可将电容器352和电容器354添加到发射或接收电路350,以形成在谐振频率下选择信号356的

谐振电路。因此,对于较大直径的天线,维持谐振所需的电容的大小可随着环的直径或电感的增加而减小。另外,随着天线的直径增加,近场的高效能量传送区域可增大。使用其它组件(例如,根据本文所述的某些实施例的磁性振荡器)形成的其它共振电路也是可能的。作为另一非限制性实例,可将电容器并联放置在天线350的两个端子之间。对于发射天线,频率大体上对应于天线352的谐振频率的信号358可为对天线352的输入。

[0043] 在一个实施例中,发射器104可经配置以输出具有对应于发射天线114的谐振频率的频率的时变磁场。当接收器在场105内时,时变磁场可引发接收天线118中的电流。如上文所描述,如果接收天线118经配置以在发射天线118的频率下谐振,那么可高效地传送能量。可如上文所描述对在接收天线118中感应的AC信号进行整流,以产生可经提供以为负载充电或供电的DC信号。

[0044] 图4是根据本发明的示范性实施例的可用于图1的无线电力传送系统中的发射器404的功能框图。发射器404可包含发射电路406和发射天线414。发射天线414可为如图3中所示的天线352。发射电路406可通过提供导致产生发射天线414周围的能量(例如,磁通量)的振荡信号来将RF电力提供到发射天线414。发射器404可以在任何合适的频率下操作。举例来说,发射器404可在6.78MHz ISM频带下操作。

[0045] 发射电路406可包含:固定阻抗匹配电路409,其用于使发射电路406的阻抗(例如,50欧姆)与发射天线414匹配;以及低通滤波器(LPF)408,其经配置以将谐波发射降低到防止耦合到接收器108(图1)的装置的自干扰的电平。其它示范性实施例可包含不同滤波器拓扑,包含但不限于在使其它频率通过的同时使特定频率衰减的陷波滤波器,且可包含可基于可测量发射量度而变化的自适应阻抗匹配,所述量度例如为到天线414的输出电力或驱动器电路424所汲取的DC电流。发射电路406进一步包含经配置以驱动如由振荡器423确定的RF信号的驱动器电路424。发射电路406可由离散装置或电路组成,或者可由集成式组合件组成。从发射天线414输出的示范性RF功率可为大约2.5瓦。

[0046] 发射电路406可进一步包含控制器415,其用于在特定接收器的发射阶段(或工作循环)期间选择性启用振荡器423,用于调整振荡器423的频率或相位,且用于调整输出功率电平以用于实施通信协议以便通过其附接的接收器与相邻装置交互。应注意,控制器415在本文中也可被称作处理器415。发射路径中的振荡器相位和相关电路的调整可允许减少带外发射,尤其是在从一个频率转变成另一频率时。

[0047] 发射电路406可进一步包含负载感测电路416,其用于检测发射天线414所产生的近场附近中有源接收器的存在与否。举例来说,负载感测电路416监视流动到驱动器电路424的电流,所述电流可受发射天线414所产生的场附近中有源接收器的存在或不存在影响,如下文将进一步描述。控制器415监视对驱动器电路424上的加载的变化的检测,以用于确定是否启用振荡器423来发射能量且与有源接收器通信。如下文更全面地描述,在驱动器电路424处测得的电流可用以确定无效装置是否定位在发射器404的无线电力传送区内。

[0048] 发射天线414可用利兹线实施,或实施为具有经选择以使电阻损耗保持较低的厚度、宽度和金属类型的天线条带。在一个实施方案中,发射天线414大体上可经配置用于与较大结构(例如,桌子、垫子、灯或其它不太便携的配置)相关联。因此,发射天线414一般可不需要“匝”,以便具有可行的尺寸。发射天线414的示范性实施方案可为“电学上较小的”(即,波长的分数),且经调谐以通过使用电容器来界定谐振频率而在较低可用频率下谐振。

发射天线还可使用根据本文所述的示范性实施例的磁性振荡器系统。

[0049] 发射器404可搜集并跟踪关于可与发射器404相关联的接收器装置的行踪和状态的信息。因而,发射电路406可包含存在检测器480、封闭检测器460或其组合,所述检测器连接到控制器415(本文中也称为处理器)。控制器415可响应于来自存在检测器480和封闭检测器460的存在信号而调整由驱动器电路424递送的电力的量。发射器404可经由数个电源接收电力,所述电源例如为用以转换建筑物中存在的常规AC电力的AC-DC转换器(未图示)、用以将常规DC电源转换成适合于发射器404的电压的DC-DC转换器,或所述传输器可直接从常规DC电源(未图示)接收电力。

[0050] 作为非限制性实例,存在检测器480可为用于感测插入到发射器404的覆盖区域中的待充电装置的初始存在的运动检测器。在检测之后,发射器404可接通,并且装置接收到的RF电力可用于以预定方式来回切换Rx装置上的开关,这又会引起发射器404的驱动点阻抗的改变。

[0051] 作为另一非限制性实例,存在检测器480可为能够例如通过红外线检测、运动检测或其它合适的方式检测人类的检测器。在一些示范性实施例中,可存在限制发射天线414可在特定频率下发射的电力的量的规定。在一些情况下,这些法规意在保护人免受电磁辐射。然而,可能存在发射天线414放置于不被人类占据或不频繁地被人类占据的区域中的环境,例如车库、工厂车间、商店及其类似者。如果这些环境中没有人类,那么可容许将发射天线414的电力输出增加到高于正常电力限制规定。换句话说,控制器415可响应于人类的存在而将发射天线414的电力输出调整到规定电平或以下,且当人在距发射天线414的电磁场的规定距离外时,将发射天线414的电力输出调整到高于规定电平的电平。

[0052] 作为非限制性实例,封闭检测器460(在本文中还可被称作封闭隔室检测器或封闭空间检测器)可为例如用于确定何时壳体处于闭合或打开状态的感测开关等装置。当发射器处于呈封闭状态的壳体中时,发射器的电力电平可增加。

[0053] 在示范性实施例中,可使用发射器404并不无限地保持开启的方法。在此情况下,发射器404可经编程以在用户确定的时间量之后关断。此特征防止发射器404(特别是驱动器电路424)在其周边中的无线装置充满电之后长时间运行。此事件可归因于所述电路未能检测到从中继器或接收天线218发送的装置满充电的信号。为了防止发射器404在另一装置放置在其周边的情况下自动关闭,可仅在于其周边中检测不到运动的设定周期之后才激活发射器404的自动关断特征。用户可能够确定不活动时间间隔,且按需要改变所述时间间隔。作为非限制性实例,所述时间间隔可长于在装置最初完全放电的假设下将特定类型的无线装置充满电所需的时间。

[0054] 图5是根据本发明的示范性实施例的可用于图1的无线电力传送系统中的接收器508的功能框图。接收器508包含可包含接收天线518的接收电路510。接收器508进一步耦合到装置550以用于向其提供所接收电力。应注意,将接收器508说明为在装置550外部,但其可集成到装置550中。可将能量无线传播到接收天线518,且接着经由接收电路510的其余部分耦合到装置550。举例来说,所述充电装置可包含例如移动电话、便携式音乐播放器、膝上型计算机、平板计算机、计算机外围装置、通信装置(例如,蓝牙装置)、数码相机、助听器(其它医疗装置)和其类似装置等装置。

[0055] 可调谐接收天线518可与发射天线414(图4)在相同频率下谐振,或于在指定频率

范围内的频率下谐振。接收天线518可与发射天线414类似地设定尺寸,或可基于相关联装置550的尺寸而不同地设定大小。举例来说,装置550可为具有小于发射天线414的直径或长度的直径或长度尺寸的便携式电子装置。在此实例中,接收天线518可实施为多匝线圈,以便降低调谐电容器(未图示)的电容值且增加接收线圈的阻抗。举例来说,接收天线518可放置在装置550的实质性外周周围,以便最大化天线直径并减少接收天线518的环匝(即,绕组)的数目以及绕组间电容。

[0056] 接收电路510可向接收天线518提供阻抗匹配。接收电路510包含电力转换电路506,其用于将所接收的RF能量源转换成充电电力以供装置550使用。电力转换电路506包含RF到DC转换器520,且还包含DC到DC转换器522。RF到DC转换器520将在接收天线518处接收的RF能量信号整流成具有由 V_{rect} 表示的输出电压的非交流电力。DC到DC转换器522(或其它电力调节器)将经整流的RF能量信号转换为能势(例如,电压),所述能势与具有由 V_{out} 和 I_{out} 表示的输出电压和输出电流的装置550兼容。预期各种RF到DC转换器,包含局部整流器和全整流器、调节器、桥接器、倍增器以及线性与开关转换器。

[0057] 接收电路510可进一步包含切换电路512,用于将接收天线518连接到电力转换电路506或替代地用于将电力转换电路506断开。将接收天线518从电力转换电路506断开不仅使装置550的充电暂停,而且改变发射器404(图2)所“经历”的“负载”。

[0058] 如上文所揭示,发射器404包含负载感测电路416,其可检测提供到发射器驱动器电路424的偏压电流中的波动。因此,发射器404具有用于确定接收器何时存在于发射器的近场中的机制。

[0059] 当多个接收器508存在于发射器的近场中时,可能需要将一或多个接收器的加载和卸载进行时间多路复用,以使得其它接收器能够更高效地耦合到发射器。接收器508还可被隐匿,以便消除到其它邻近接收器的耦合或减小附近发射器上的负载。接收器的此“卸载”在本文中也被称作“隐匿”。此外,由接收器508控制且由发射器404检测的卸载与加载之间的此切换可提供从接收器508到发射器404的通信机制,如下文更完全解释。另外,使得能够将消息从接收器508发送到发射器404的协议可与所述切换相关联。举例来说,切换速度可为大约100 μ sec。

[0060] 在示范性实施例,发射器404与接收器508之间的通信是指装置感测和充电控制机制,而非双向通信(即,使用耦合场的带内信令)。换句话说,发射器404可使用对所传输信号的通/断键控来调整能量在近场中是否可用。接收器可将能量的这些改变解译为来自发射器404的消息。从接收器侧来看,接收器508可使用接收天线518的调谐和解调谐来调节从所述场接受的电力的量。在一些情况下,所述调谐和解调谐可经由切换电路512来实现。发射器404可检测来自所述场的所使用的电力的此差异,并将这些改变解译为来自接收器508的消息。应注意,可利用发射功率和负载行为的其它形式的调制。

[0061] 接收电路510可进一步包含用以识别所接收能量波动的信令检测器与信标电路514,所述能量波动可对应于从传输器到接收器的信息信令。此外,信令与信标电路514还可用以检测减少的RF信号能量(即,信标信号)的发射,并将减少的RF信号能量整流成用于唤醒接收电路510内的未经供电或电力耗尽电路的标称功率,以便配置接收电路510来用于进行无线充电。

[0062] 接收电路510进一步包含用于协调本文所描述的接收器508的过程(包含本文所描

述的切换电路512的控制)的处理器516。还可在发生其它事件时发生接收器508的隐匿,包含检测到向装置550提供充电电力的外部有线充电源(例如,墙壁/USB电源)。除控制接收器的隐匿之外,处理器516还可监视信标电路514,以确定信标状态并提取从发射器404发送的消息。处理器516还可调整DC到DC转换器522以便实现经改进的性能。

[0063] 图6是可用于图4的发射电路406中的发射电路606的一部分的示意图。发射电路600可包含如上文在图4中所描述的驱动器电路624。如上文所描述,驱动器电路624可为可经配置以接收方波并且输出待提供到发射电路650的正弦波的切换放大器。在一些情况下,驱动器电路624可被称作放大器电路。将驱动器电路624示出为E类放大器;然而,可根据本发明的实施例使用任何合适的驱动器电路624。驱动器电路624可通过来自如图4中所示的振荡器423的输入信号602来驱动。驱动器电路624还可具备经配置以控制可通过发射电路650递送的最大电力的驱动电压 V_D 。为了消除或减少谐波,发射电路600可包含滤波器电路626。滤波器电路626可为三极(电容器634、电感器632和电容器636)低通滤波器电路626。

[0064] 滤波器电路626输出的信号可提供到发射电路650(包括天线614)。发射电路650可包含具有电容620和电感(例如,可归因于天线的电感或电容或归因于额外电容器组件)的串联谐振电路,其可在驱动器电路624所提供的经滤波信号的频率下谐振。发射电路650的负载可由可变电阻器622表示。负载可为经定位以从发射电路650接收电力的无线电力接收器508的功能。

[0065] 图7说明基于法拉第感应定律的非辐射能量传送,其可表达为: $-\mu_0 \frac{\partial \mathbf{H}(t)}{\partial t} = \nabla \times \mathbf{E}(t)$

其中 $\nabla \times \mathbf{E}(t)$ 表示由交替磁场产生的电场的旋度。发射器形成初级,且接收器形成次级,其分开达发射距离。初级表示产生交替磁场的发射天线。次级表示使用法拉第感应定律从交替磁场提取电力的接收天线。

[0066] 通常,初级与次级之间存在的弱耦合可被认为是杂散电感。此杂散电感又增加电抗,其自身可妨碍初级与次级之间的能量传送。可通过使用调谐到与工作频率的电抗相反的精度电容器来改进这种弱耦合系统的传送效率。当以此方式调谐系统时,其变成在其工作频率下共振的经补偿变压器。电力传递效率于是仅受初级和次级中的损失限制。这些损失本身由其品质或Q因子以及初级与次级之间的耦合系数定义。可使用不同调谐方法。实例包含(但不限于)如在初级或次级(例如当任一者为开路时)处所经历的满电抗的补偿,以及杂散电感的补偿。补偿还可被认为是源和负载阻抗匹配的一部分,以便最大化电力传送。以此方式进行阻抗匹配可因此增加电力传送的量。

[0067] 随着发射器700与接收器750之间的距离D增加,发射的效率可降低。在增加的距离处,可使用较大的环和/或较大的Q因子来改进效率。然而,当这些装置并入到便携式装置中时,所述环的大小,因此其耦合及其Q因子可受便携式装置的参数限制。

[0068] 可通过减少天线损失来改进效率。一般来说损失可归于不完美地传导的材料,以及环附近的涡电流。在较低频率(例如小于1MHz)下,可使用例如铁氧体材料等通量放大材料来人工增加天线的大小。可固有地通过使磁场集中来减少涡电流损失。还可使用特殊种类的电线来降低低频率下的电阻,例如成股或利兹线,以减轻集肤效应。

[0069] 共振电感能量传送的替代方案使用如本文所述的磁-机械系统。磁-机械系统可为从交替磁场拾取能量,将其转换成机械能,且接着使用法拉第感应定律重新转换成电能的

能量接收系统的一部分。

[0070] 根据一实施例,磁机械系统由磁体(例如永磁体)形成,其以允许其在外部交替磁场的力下振荡的方式安装。这来自磁场的能量变换到机械能。在一实施例中,此振荡使用围绕垂直于磁偶极子力矩 m 的向量的轴的旋转力矩,且也定位在磁体的重心中。这允许平衡,且因此最小化重力的作用。施加到此系统的磁场产生力矩 $T = \mu_0 (m \times H)$ 。此力矩趋向于使基本磁体的磁偶极子力矩沿场向量的方向对准。假定交替磁场,所述力矩使移动磁体(s)加速,从而将振荡磁性能量变换成机械能。

[0071] 图8示意性地说明根据本文所述的某些实施例的实例磁性振荡器。图8的磁性振荡器包括具有磁矩 $m(t)$ (例如具有恒定量值但角度为时变的向量,例如磁偶极子力矩)的磁体800,以及通过至少一个弹簧(例如扭力弹簧810)机械耦合到底层衬底(未图示)的磁体800。当无从磁场施加的力矩时,此弹簧将磁体保持在示出为801的位置处。将此无力矩位置801视为0。磁性力矩导致磁体800抵抗弹簧的复原力而移动到位置802,抵抗具有弹簧常数 K_R 的弹簧的力。磁性振荡器可被认为是具有惯性力矩 I 且在与 K_R 和 I 成比例的频率下展现共振的扭摆。摩擦损失以及在大多数情况下极弱电磁辐射是由振荡磁矩所导致。如果此磁性振荡器经受具有接近磁性振荡器的共振的频率的交替场 $H_{AC}(t)$,那么所述磁性振荡器将以取决于所施加磁场的强度且在共振时达到最大峰值移位的角度移位 $\theta(t)$ 而振荡。

[0072] 根据另一实施例,弹簧的复原力中的一些或全部可由额外静态磁场 H_0 代替。此静态磁场可经定向以提供力矩 $T_0 = \mu_0 (m \times H_0)$ 。另一实施例可使用弹簧和静态磁场两者来产生磁性振荡器的复原力。使用法拉弟感应,例如直流发电机原理来将机械能重新转换成电能。这可例如用于如图9中所示缠绕在磁-电力系统900周围的感应线圈905。负载(例如910)可跨线圈905连接。此负载表现为抑制所述系统且降低磁性振荡器的 Q 因子的机械力矩。另外,当磁体正在振荡且因此产生强交替磁场分量时,且如果磁体正在导电,那么磁体中将出现涡电流。这些涡电流也可促成系统损失。

[0073] 一般来说,由耦合线圈中的电流产生的交替磁场也可产生某一涡电流。磁-机械系统中的较小磁体可减少涡电流效应。根据实施例,使用较小磁体阵列,以便最小化此损失效应。

[0074] 如果磁体的角度移位达到峰值,那么磁-机械系统将呈现饱和。可从外部 H 场的方向和强度,或通过用以保护扭力弹簧抵抗塑性变形的移位挡止件(例如915)的存在来确定此峰值。这还可受封装限制,例如磁体元件的有限可用空间。通过修改电负载而导致的断电可被视为控制饱和且因此防止损坏磁-机械系统的替代方法。

[0075] 根据一个实施例,且假定松耦合方案(例如弱耦合,例如在从大空间周围的大型环形天线所产生的外部磁场收获的能量),当经加载的 Q 变为未经加载的 Q 的一半时,可获得最佳匹配。根据实施例,将感应线圈设计成满足最大化输出功率的量的条件。如果发射器与接收器之间的耦合较强(例如紧耦合方案),那么最佳匹配可利用经负载 Q ,其显著小于未负载 Q 。

[0076] 当使用此类移动磁体的阵列时,形成所述阵列的磁体之间可存在互耦合。此互耦合可导致内部力和退磁。根据实施例,所述磁体阵列可径向对称,例如球状体,常规的或长球形,如图10A和10B中示出。图10A示出了磁化球体中的磁通量密度的并行场力线。图10B示出了磁化球体中的对应磁场强度(H)。从这些图可看出,成形为三维阵列的球状体中的磁体

之间可存在几乎零移位力。

[0077] 因此,所述磁体优选与示出为1000的球状体或圆盘的轴一致。这导致内部力对于磁体的角度移位变为零。这导致谐振频率将仅由机械系统参数界定。球体具有这些有利因数,但还可具有低至1/3的退磁因子,其中最佳退磁因子为一。假定轴在所有方向上的定向相等,也可使用圆盘形阵列。如果圆盘半径比其厚度大得多,且如果磁体适当地定向并悬浮,那么圆盘形3D阵列也可导致低移位力。光盘可具有较高磁化因子,例如较接近1。

[0078] 圆盘的磁化因子将取决于宽度/直径比率。可将圆盘形阵列封装成较适合于集成到装置中的形状因子,因为球状体并不具有可容易使用而不增加主机装置的厚度的平坦部分。

[0079] 下文是磁-机械系统与亚铁磁性材料(铁酸盐)的比较。可将亚铁磁性材料或铁酸盐模制为磁-机械系统,或相反,可将磁-机械系统认为是具有不可用经典的铁氧体材料实现的特殊特性的铁酸盐。这将在下文展示:

[0080] 在亚铁磁性物质中,邻近原子的磁矩与反铁磁材料中的磁矩相反地对准,但所述磁矩并不完全补偿,使得存在净磁矩。然而,此净磁矩比可用于永磁体的铁磁性材料中小。

[0081] 尽管存在较弱的磁性效应,但这些亚铁磁性材料中的一些,被称为铁酸盐,具有较低的电导率。这使得这些材料在AC电感器和变压器的核心中有用,因为感应涡电流较低。

[0082] 低电导率也可在由众多小基本磁体组成的磁-机械系统中找到,所述基本磁体彼此电绝缘,使得涡电流衰减。

[0083] 结晶铁磁性和亚铁磁性材料可磁畴(也称为外斯畴(Weiss domains))中构造。磁畴中的原子对准,使得产生净磁矩。这些磁畴可被认为是磁-机械系统的磁体。

[0084] 在许多磁性材料中,在不同程度上,磁畴磁化趋向于沿主晶体方向中的一者自身对准。此方向成为容易磁化方向,且表示最小能量的状态。在铁氧体材料中,晶体磁畴的方向可被视为随机定向的,使得如果不施加外部磁场,那么存在彻底抵消,且宏观等级下的所得净磁矩为零。这与其中“基本”磁体相等定向的磁-机械系统相反。

[0085] 为了使结晶磁畴的磁矩在另一(非容易)方向上旋转,取决于旋转角度,需要某一力和功。如果亚铁磁性材料经受外部磁场,那么执行此功。

[0086] 如果移除外部场,那么磁-机械系统的将磁畴的磁定向设定回到其最小能量状态的力(例如机械或磁性)可被认为是磁-机械系统的扭力弹簧。由于铁酸盐中的晶体磁畴具有不同形状和大小,因此它们看起来为不同弹簧常数。在磁-机械系统中,基本振荡器可具有相等弹簧常数。

[0087] 较强外部场致使较多磁畴与外部磁场所给定的方向对准或较好对准。此效应被称作磁性极化。这在数学上可表达为:

$$[0088] \quad B = \mu_0 H + J = \mu_0 (H + M) = \mu_0 \mu_r H$$

[0089] 其中J是磁性极化,M是磁化,且 μ_r 是相对磁导率。

[0090] 磁化效应可被认为是使用可旋转磁矩,使接收位置处的磁通量密度放大因子 μ_r 。磁通量密度的局部放大的此原理是上述磁-机械系统固有的。因此,相对磁导率可归于磁-机械系统。在共振系统中,此相对磁导率将为频率的函数,且达到接近谐振频率的最大值。

[0091] 用于改变可出现在铁氧体材料中的畴磁化的另一机制是磁化方向保持相同,但个别磁畴所占用的体积可变化。在此称为畴壁运动的过程中,磁化方向最接近于场方向的磁

畴变得较大,而较不利定向的那些磁畴的大小缩减。

[0092] 这种类型的磁化过程不同于如上文所描述的磁-机械系统的磁化过程。如果外部磁场不断增加,那么铁氧体材料将逐渐磁化,直到达到饱和点为止。饱和是磁畴的净磁矩最大限度地与外部磁场对准的状态。

[0093] 如上文所描述,当基本磁体的角度移位达到最大峰值角度移位时,磁-机械系统饱和。当施加交替的外部磁场时,动态行为不同。出于此目的,可考虑块体铁氧体材料的磁化过程。考虑铁氧体的典型磁化曲线(M为外部场H的函数),可识别其中铁氧体显示不同动态行为的三个主区。

[0094] 在低磁化下,畴壁移动和旋转主要是可逆的。可逆意味着不同于滞后效应,当增加外部场且接着再次减少到其原始场强度时,可返回到原始磁化条件。

[0095] 磁化曲线的第二区是其中磁化斜率(M对H)较大且其中发生不可逆畴壁运动的一个区。

[0096] 曲线的第三区段是不可逆畴旋转中的一者。此处,斜率非常平,指示与外部磁场一致地旋转其余畴磁化需要较高场强度。

[0097] 不可逆畴壁运动或畴旋转以或多或少明显的方式来解释所有铁酸盐所呈现的磁化曲线中的众所周知的滞后作用。滞后作用意味着相对于外部磁场的磁化或感应B滞后。因此,在不知道铁氧体样本的先前磁性历史的情况下,无法指定给定场H处的感应B。因此,滞后作用可被认为是所述材料固有的记忆。

[0098] 包含于磁滞回线中的区域是例如因交替外部磁场而产生的环状磁化过程中所引发的磁性损失的量度。

[0099] 相对于无线能量传送的应用,将存在至少将铁氧体驱动到第二磁化区中的要求,其中滞后损失通常变得相当大。此要求例如对于通信接收器天线是不同的。然而,本文对此不作进一步展示。

[0100] 在较高频率下,可在铁氧体材料中识别两个主要损失促成因素:

[0101] -归因于不可逆磁畴变化的滞后损失;以及

[0102] -归因于铁氧体中的残余导电性的涡电流损失。滞后损失与频率成比例地增加,因为围绕磁滞回线循环一次的能量与速度无关。涡电流损失具有使磁滞回线变宽的效应。

[0103] 如上文所描述的使用扭力弹簧的磁-机械系统大部分无滞后作用,其中关注不可逆效应。在较高频率下,必然也预期涡电流损失。在较低频率($\leq 1\text{MHz}$)下,磁-机械系统具有用以在接近饱和的电平下提供较高Q因子的电位。

[0104] 对于交替场,铁氧体核心材料的特征可在于其复磁导率:

$$[0105] \quad \mu = \mu' + j\mu''$$

[0106] 有功和无功部分分别表示具有同相且与外部场正交的磁化的磁导率。

[0107] 所述两个磁导率可常被发现在铁氧体材料的数据表中标绘。通常,有功分量在频率上相当恒定,稍微上升,接着在较高频率下快速下降。另一方面,无功分量(表示损失)首先缓慢上升,且接着在有功分量急剧下降的情况下,相当突然地增加。

[0108] 在切断之前不久发生的 μ' 中的最大值是亚铁磁性共振。亚铁磁性共振是铁氧体材料的本征特性,且可被认为是可使用材料的上限频率。还观察到,材料的磁导率 μ' 越高,亚铁磁性共振的频率越低。此共振现象指示畴旋转,抵消力矩(弹簧),以及某一惯性力矩。可

显示,谐振频率取决于所谓的旋磁比。

[0109] 为较低频率应用制作的铁酸盐显示类似于磁-机械系统的某一共振现象,然而具有极低Q因子,使得此效应技术上无法用于磁性共振无线电力系统。

[0110] 在某些铁氧体材料(例如钇铁石榴石)中,如果所述材料经受强静态磁场,那么可在微波频率(>1GHz)下观察到具有较高Q因子(至多达10,000)的旋磁谐振。可利用此基于电子自旋进动的效应来建构微波组件,例如环形器、隔离器、较高Q滤波器和振荡器。然而,使用微波范围内的耦合磁共振的非-辐射能量传送将限于极其短的射程。

[0111] 旋磁谐振可被认为是原子层级处的磁-机械系统。然而,差别是磁矩在静态磁场的场力线周围进动,而不是轴向振荡。然而,在两种情况下,存在移动磁矩和角度移位。

[0112] 因此,可见在磁-机械系统处可使用亚铁磁性和旋磁性作为其能量传送的一部分。

[0113] 磁-机械系统可由单个永磁体或由众多基本磁体(阵列)形成。理论分析显示:

[0114] • 磁矩与惯性力矩的比率随着基本磁体的数目而增加。此比率类似于从铁磁性已知的旋磁比。

[0115] • 磁-机械系统的性能随着此比率而增加。磁-机械接收器的性能的性能的优值可表达为: $k_c = \frac{P_{av}}{H_{AC}^2 V_s}$, 其中 P_{av} 表示在最佳匹配的条件下可用的电力, H_{AC} 是外部交替磁场强度,且 V_s 磁-机械系统所需的体积。此优值,被称作特定电力转换因子,指示如果penduli垂直于激发磁场的方向而定向,那么每单元系统体积可从交替磁场 H_{AC} 提取多少电力。

[0116] 使用长度 l_{em} 的的棒磁体的假设的理论分析显示,对于给定系统Q因子和工作频率,特定电力转换因子与 l_{em}^2 成反比增加;且因此与 $Ne^{2/3}$ 成反比增加,其中 Ne 是安装到单元系统体积中的基本振荡器的数目。此等式并不为处于饱和的项目保持,这意味着扭转penduli的角度移位不受限位器限制。这是非常有趣的结果,指示基本磁体阵列优于单个振荡磁体的优点。特定电力转换因越高,可具有系统在其中饱和的场强度越低。

[0117] 由于饱和度,在对于每系统体积存在可用功率的上限的给定频率下,其取决于

[0118] • 最大峰值角度移位 θ_{peak}

[0119] • 外部交替磁场 H_{AC} 的强度。

[0120] 理论显示此上限随 H_{AC} 线性增加。此上限是磁-机械系统的重要设计参数。还显示,设计磁-机械系统存在某一自由度,只要比率

$$[0121] \quad \frac{Q_{UL} \cdot H_{AC}}{l_{em}^2}$$

[0122] 保持恒定,其中 Q_{UL} 是磁-机械系统的未负载Q因子。

[0123] 以上分析显示使用微磁-机械振荡器阵列使系统的设计能够具有可比用单个宏观振荡器实际上可实现的任何东西好的性能。宏观大小的振荡器将要求机械系统中无法实现的极高Q因子。

[0124] 另一实施例使用微机电系统(MEMS)来创建磁-机械系统。图11示意性地说明根据本文所述的某些实施例的使用MEMS技术构造的实例磁性振荡器阵列。阵列1100可由若干磁体元件(例如1102)形成。每一磁体1102由微机械加工或蚀刻到硅衬底中的两个U形槽1112、1114构成。相似大小的永久性杆形磁体1104、1106形成于所述槽内。所述磁体可为 $10\mu m$ 或更小。在微米级,结晶材料可与较大大小不同地表现。因此,此系统可提供相当大的角度移位,

例如高达 10° 或以上,以及极高的Q因子。根据本文所述的某些实施例的其它配置可改为在其它位置中和/或在其它定向上利用其它结构(例如扭转弹簧),其将磁性振荡器耦合到周围材料。

[0125] 这些装置可形成于单个块体材料(例如硅)中。图11示出根据本文所述的某些实施例的实例结构。在实例配置中,图11中所示的磁体元件1102可在共用平面(例如平面硅晶片的一部分,图11中以俯视图示出,平行于页平面而定向)中以二维结构构造,且此类二维结构可组装在一起,从而形成三维结构。然而,图11中所示的实例结构不应被解释为仅在二维晶片结构中。在其它实例配置中,可以分开结构构造磁体元件1102的不同子组,其组装在一起从而形成三维结构(例如:三个顶部磁体元件1102,图11以侧视图示出,可在垂直于页平面而定向的一个硅晶片的一部分中构造;以及三个底部磁体元件1102,图11中以侧视图示出,可在垂直于页平面而定向的另一硅晶片的一部分中构造)。

[0126] 磁体1104、1106可具有较高磁化,例如高于1特斯拉。在示范性实施例中,磁体自身可由两个半片组成,一片附接到上侧,且另一片附接到下侧。这些装置可经安装,以使得重心与旋转轴重合。所述装置可用低摩擦材料覆盖,或可具有位于舌片与块体材料之间的区域中的真空,以便减少摩擦类型。

[0127] 图12示意性地说明根据本文所述的某些实施例的磁性振荡器1200的三维阵列的切穿区域。虽然图12中所示的实例结构可位于平行于页面定向的单个二维晶片结构中,但图12不应被解释为仅在二维晶片结构中。举例来说,图12通过其显示二维切割的三维阵列1202可包括垂直于页面定向的多个平面晶片部分,使得图12的横截面图包含从多个此类平面晶片部分来看的磁性振荡器1200的侧视图。在一个实施例中,阵列1202自身由径向对称形状(例如圆盘形)形成。图12的圆盘形阵列1202可以几乎所有移位角度提供几乎恒定的退磁因子。在此实施例中,感应线圈可缠绕在圆盘周围,以拾取MEMS-磁机械系统所产生的振荡感应场的动态分量。所述系统的所得动态分量可表达为

$$[0128] \quad m_x(t) = |m| \cdot \sin\theta(t) \cdot e_x$$

[0129] 图13示意性地说明根据本文所述的某些实施例的缠绕在具有多个磁性振荡器的圆盘1302周围的实例感应线圈1300。

[0130] 可依据以下导出可由磁-机械系统按单元系统体积接收的电力的数学等式

[0131] • 系统参数,例如几何形状(例如基本振荡器的大小或数目)

[0132] • 材料特性

[0133] • 频率

[0134] • 外部交替磁场强度

[0135] 在磁-机械振荡器的受限角度移位和Q因子的约束下,确定最大可用功率的等式。这些等式分析磁-机械系统的电位,并寻找最佳设计参数。主系统参数是独立于所述组参数中的任何其它参数且因此无法表达为另一参数的函数的参数。

[0136] 为了分析所述系统,已选择了以下组初级参数:

[0137] V_S :磁机械系统的体积[m³]。

[0138] l_{em} :基本杆形磁体的长度[m]

[0139] ρ_{em} :基本磁体的长度与半径比率

[0140] v_{em} :单位为[m³/kg]的基本磁体的比容

- [0141] H_{em} :基本磁体的内部磁场强度[A/m]
- [0142] α :填充因数(总磁性体积与系统体积的比率)
- [0143] Q_{UL} :机械谐振器(s)的未负载Q因子。其包含归因于机械摩擦、辐射且归因于从机械到电能的转换的损失。
- [0144] θ_{peak} :机械谐振器所支撑的磁体棒的最大峰值移位角度[rad]。
- [0145] f_0 :谐振频率[Hz]
- [0146] H_{AC} :外部施加的交替磁场[A/m]
- [0147] P_{av_mech} :可用机械电力(到负载中的最大电力)
- [0148] 次要系统参数和物理量包含:
- [0149] r_{em} :基本杆形磁体的半径[m]($=l_{em}/\rho_{em}$)
- [0150] V_{em} :基本磁体的体积= $l_{em}^3\pi/\rho_{em}$
- [0151] V_e :基本系统(谐振器)所需的体积($=V_{em}/\alpha$)
- [0152] N_e :系统体积中的基本磁体的数目= V_S/V_e
- [0153] I :基本磁体的惯性力矩[$kg \cdot m^2$]。其为 v_{em} 、 l_{em} 和 ρ_{em} 的函数
- [0154] K_r :扭力弹簧常数[$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$]。其为 Q_{UL} 、 f_0 和 I 的函数
- [0155] Γ_s :动态旋转摩擦(与力矩成比例的角速度),其表示所有系统损失[$kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$]。其为 Q_{UL} 、 f_0 和 I 的函数,且包含归因于机械摩擦、辐射,且归因于从机械到电能的转换的损失。
- [0156] Γ_L :负载等效动态旋转摩擦[$kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$]
- [0157] ω :振荡基本系统的角速度
- [0158] m :磁矩(向量)[Am^2]。其为 l_{em} 、 ρ_{em} 和 H_{em} 的函数
- [0159] θ :移位角度[rad]
- [0160] φ :零移位下的磁矩向量与外部施加交替磁场的向量之间的角度[rad]
- [0161] 由电感、电容和电阻组成的线性电系统与由扭力弹簧、惯性力矩和动态摩擦形成的旋转机械系统(与力矩成比例的角速度)之间存在类似性。此类似性在表1中示出:

电系统		旋转机械系统
物理量:		
I (电流)	\Leftrightarrow	T (力矩)
U (电压)	\Leftrightarrow	ω (角速度)
组件参数:		
L	\Leftrightarrow	$1/K_r$
C	\Leftrightarrow	I
R_p	\Leftrightarrow	$1/\Gamma$
共振频率:		
$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	\Leftrightarrow	$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_r}{I}}$
未负载 Q(并行电路):		
$Q_{UL} = R_p \sqrt{\frac{C}{L}}$	\Leftrightarrow	$Q_{UL} = \frac{1}{\Gamma} \sqrt{K_r I}$

- [0163] 下文示出等式的推导。从共振条件,导出扭力弹簧常数:

[0164] $K_r = (2\pi f_0)^2 I$

[0165] 假定最佳匹配条件

[0166] $\Gamma_L = \Gamma_s$

[0167] 可用磁-电换能器(感应线圈+负载)来实现。从Q因子等式(参见表1),动态摩擦变为:

[0168]
$$\Gamma_s = \Gamma_L = \frac{\sqrt{K_r I}}{Q_{UL}} = \frac{2\pi f_0 I}{Q_{UL}}$$

[0169] 使用上文所定义的参数,基本磁体的磁矩可表达为:

[0170] $m = V_{em} \cdot H_{em}$

[0171] 以及惯性力矩:

[0172]
$$I = \frac{V_{em} \cdot l_{em}^2}{12 \nu_{em}}$$

[0173] 基于以上众所周知的等式,驱动力矩的RMS值变为:

[0174] $T = m \cdot \mu_0 H_{AC} \cdot \sin(\varphi)$

[0175] 应用基尔霍夫节点定律(Kirchhoffs node law)提供电路中的力矩之间的以下关系。

[0176] $T - T_{K_r} - T_l - T_{\Gamma_s} - T_{\Gamma_L} = 0$

[0177] 在谐振频率下,按照定义得到:

[0178] $T_{K_r} = -T_l$

[0179] 因此

[0180] $T = T_{\Gamma_s} + T_{\Gamma_L}$

[0181] 且从匹配条件:

[0182] $T_{\Gamma_L} = \frac{T}{2}$

[0183] 每基本系统的可用机械电力现在可简单地表达为:

[0184] $T_{\Gamma_L} = \frac{T}{2}$

[0185] 使用以上等式,可获得关于从整个磁机械系统可用的总电力的以下关系:

[0186]
$$P_{av_mech} = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{\mu_0^2 H_{em}^2 Q_{UL} \nu_{em} V_s \alpha}{f_0 l_{em}^2} \cdot (H_{AC} \cdot \sin(\varphi))^2$$

[0187] 此等式指示对于给定 Q_{UL} 和频率,可用功率与基本杆形磁体的长度成反比增加,而不考虑所得角度移位。对于基本振荡器的峰值角度移位,得到:

[0188]
$$\theta_{peak} = \frac{3\sqrt{2}}{2\pi^2} \cdot \frac{\mu_0 H_{em} Q_{UL} \nu_{em}}{f_0^2 l_{em}^2} \cdot H_{AC} \cdot \sin(\varphi)$$

[0189] 指示给定Q因子和频率下的峰值角度移位与基本杆形磁体的长度成反比增加。因此,对外部磁场强度 H_{AC} 设定某一限制,且因此也对可从外部磁场提取的电力设定限制。引入

最大角度移位约束产生频率-磁体长度产物的关系:

$$[0190] \quad f_0 \cdot l_{em} = \left(\frac{3\sqrt{2}}{2\pi^2} \cdot \frac{\mu_0 H_{em} Q_{UL} v_{em}}{\theta_{peak}} \cdot H_{AC} \cdot \sin(\varphi) \right)^{\frac{1}{2}}$$

[0191] 对峰值角度移位(饱和度)使用约束条件,可获得关于最大可用功率的有趣等式:

$$[0192] \quad P_{av_mech} = \frac{\pi}{\sqrt{2}} \cdot \mu_0 H_{em} V_s \alpha f_0 \theta_{peak} \cdot H_{AC} \cdot \sin(\varphi)$$

[0193] 此等式也可依据磁-机械系统的总磁矩 m_{tot} 和外部磁感应 B_{AC} 来表达,如下:

$$[0194] \quad P_{av_mech} = \frac{1}{2} (2\pi f_0) \cdot |m_{tot} \times B_{AC}| \cdot \frac{\theta_{peak}}{\sqrt{2}}$$

[0195] 此等式不再取决于Q因子、杆形磁体的长度,其指示磁-机械系统的设计中的某一自由度。然而,这些参数是隐藏的,或暗示峰值角度移位 θ_{peak} 。最大可用功率随频率线性增加。此行为也可在直接基于法拉第感应定律的系统中找到。

[0196] 对磁-机械系统的定量性能的可用定义是已经描述的特定电力转换因子。

$$[0197] \quad k_c = \frac{P_{av_mech}}{H_{AC}^2 V_s} = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{\mu_0^2 H_{em}^2 Q_{UL} v_{em} \alpha}{f_0^2 l_{em}^2} \cdot \sin \varphi$$

[0198] 以及饱和场强度:

$$[0199] \quad H_{AC_sat} = \theta_{peak} \left(\frac{3\sqrt{2}}{2\pi^2} \cdot \frac{\mu_0 H_{em} Q_{UL} v_{em}}{f_0^2 l_{em}^2} \cdot \sin(\varphi) \right)^{-1}$$

[0200] 在向较低饱和度妥协的情况下,可针对较高 k_c 来设计系统。相反,可向较低 k_c 妥协,针对越高饱和等级设计系统。

[0201] 数值实例

[0202] 对于数值实例,假定以下参数:

[0203] $V_s = 4 \cdot 10^{-6} \text{m}^3 (= 4 \text{cm}^3, \text{等效于具有} 4 \text{cm} \text{的直径和} 3.1 \text{mm} \text{的厚度的圆盘})$

[0204] $v_{em} = 131.6 \cdot 10^{-6} \text{m}^3/\text{kg}$

[0205] $H_{em} = 1 \text{T}/\mu_0 \text{ A/m}$

[0206] $\alpha = 0.25$

[0207] $Q_{UL} = 1000$

[0208] $\theta_{peak} = 0.175 \text{rad} (= 10^\circ)$

[0209] $\varphi = 0$

[0210] 主要关注频率为 $f = 135 \text{kHz}$ 。

[0211] 主要关注场强度为 $H_{AC} = 5 \text{A/m}$

[0212] 电力理论上随频率线性增加。然而,必须注意,在较高频率下,电力可另外受其它因子限制,例如系统中的最大所储存振荡能量、机械应变等。在以下估计中不考虑这些其它因子。

[0213] 可针对不同长度的基本磁体计算作为外部交替磁场强度的函数的可用功率。使用 $20 \mu\text{m}$ 长度的棒磁体的系统在大约 2.5W 下饱和,而使用 $10 \mu\text{m}$ 棒长度的系统在约 600mW 的较低

值下饱和。然而,10 μm 系统比使用20 μm 棒的系统灵敏(特定电力转换因子高)。这可在5A/m的场强度下检查。

[0214] 基于本实例,可看出,具有4cm直径、3cm厚度的圆盘形系统可在135kHz下,从每米5安培的磁场提取至多260mW。

[0215] 以上描述揭示其中使用多个磁性振荡器和拾取线圈的电力接收器的各种特征。鉴于以下描述,根据本文所述的某些实施例,电力接收器(例如所述多个磁性振荡器)的这些相同概念和结构中的许多也可在电力发射器中使用。另外,虽然下文的描述揭示电力发射器的各种特征,但根据本文所述的某些实施例,电力发射器的这些相同概念和结构中的许多(例如具有磁性振荡器的至少两个平面的三维阵列,及所述至少两个平面的总计磁矩的具有大体上相等的量值且指向大体上相反方向的时不变分量)也可在电力接收器中使用。此外,包括至少一个电力发射器和至少一个电力接收器的电力传送系统可具有具备本文所述的结构的至少一个电力发射器和至少一个电力接收器中的一个或两个。

[0216] 图14示意性地说明根据本文所述的某些实施例的经配置以将电力无线传送到至少一个电力接收器1402的实例电力发射器1400。电力发射器1400包括至少一个激励电路1404,其经配置以响应于流经至少一个激励电路1404的时变(例如交替)电流1408而产生时变(例如交替)第一磁场1406。所述时变第一磁场1406具有激励频率。电力发射器1400进一步包括多个磁性振荡器1410(例如,其机械耦合到至少一个衬底,所述衬底在图14中未图示)。图14示意性地说明与本文为简单起见而描述的某些实施例兼容的一个实例磁性振荡器1410,而不是显示所述多个磁性振荡器1410。所述多个磁性振荡器中的每一磁性振荡器1410具有大体上等于所述激励频率的机械共振频率。所述多个磁性振荡器1410经配置以响应于第一磁场1406产生时变(例如交替)第二磁场1412。

[0217] 如图14示意性地说明,至少一个激励电路1404包括环绕(例如包围)所述多个磁性振荡器1410的至少一部分的至少一个线圈1414。至少一个线圈1414具有流经至少一个线圈1414的时变(例如交替)电流1408 $I_1(t)$,且产生时变(例如交替)第一磁场1406,其将力矩(图14中标记为“激励力矩”)施加到磁性振荡器1410。作为响应,磁性振荡器1410围绕轴旋转。以此方式,至少一个激励电路1404以及所述多个磁性振荡器1410将电能转换成机械能。磁性振荡器1410产生第二磁场1412,其将电力无线发射到电力接收器1402(例如如上文所描述的电力接收器)。举例来说,电力接收器1402可包括接收的多个磁性振荡器1416,其经配置以响应于第二磁场1412所施加的力矩而旋转,且在拾取线圈1420中感应电流1418,从而将机械能转换成电能。

[0218] 如图13针对利用多个磁性振荡器的电力发射器的拾取线圈示意性地说明,电力发射器1400的至少一个线圈1414可包括缠绕在电力发射器1400的多个磁性振荡器1410的至少一部分周围的单个共用线圈。至少一个线圈1414的电线可大体上垂直于所述多个磁性振荡器1410的磁矩的“动态”分量(下文更详细描述)而定向,以有利地改进(例如最大化)至少一个线圈1414与所述多个磁性振荡器1410之间的耦合。如下文较全面描述,流经至少一个线圈1414的激励电流可显著低于常规共振感应系统中所使用的那些电流。因此,本文所述的某些实施例有利地对至少一个线圈1414的设计不具有特殊要求。

[0219] 如上文关于图11针对电力接收器的磁性振荡器所描述,根据本文所述的某些实施例的电力发射器1400的磁性振荡器1410可为使用光刻工艺制造在至少一个衬底(例如半导

体衬底、硅晶片)上的MEMS结构。所述多个磁性振荡器1410的每一磁性振荡器1410可包括可移动磁性元件,其经配置以响应于第一磁场1406施加到可移动磁性元件的力矩而围绕轴1422旋转。所述可移动磁性元件可包括至少一个弹簧1424(例如扭力弹簧、压缩弹簧、延展弹簧),其机械耦合到衬底,且经配置以在可移动磁性元件旋转后即刻将复原力施加到可移动磁性元件。电力接收器1402的磁性振荡器1416可包括可移动磁性元件(例如磁偶极子),其包括至少一个弹簧1426(例如扭力弹簧、压缩弹簧、延展弹簧),所述弹簧机械耦合到电力接收器1402的衬底,且经配置以在可移动磁性元件旋转后即刻将复原力施加到可移动磁性元件。

[0220] 举例来说,所述多个磁性振荡器1410可包括多个平面,其中的每一者包括硅衬底和对应的一组磁性振荡器1410。如图11中示意性地说明,可使用适当的蚀刻工艺将“U”形槽形成到硅衬底中,从而形成由材料梁(例如磁性振荡器的两个“U”形槽之间剩余的材料)悬挂的细长部分(例如舌部)。这些梁可充当磁性振荡器的低摩擦弹簧(例如扭转弹簧)。可将磁性层施加到磁性振荡器的细长部分。可通过将多个此类平面加在一起制造磁性振荡器的三维阵列,且可为电力发射器的所要性能实现较高磁体堆积密度。

[0221] 图15示意性地说明根据本文所述的某些实施例的实例电力发射器1500,其中在大体上等于磁性振荡器1504的机械谐振频率的频率下驱动至少一个激励电路1502。所述至少一个激励电路1502产生第一磁场,其将激励力矩施加到磁性振荡器1504,所述磁性振荡器1504具有磁矩和惯性力矩。磁矩的方向是时变的,但其量值是常数。磁性振荡器1504的谐振频率由磁性振荡器1504的机械特性确定,包含其惯性力矩(其大小和尺寸的函数)和弹簧常数。对于微机械系统(MEMS)磁性振荡器1504,谐振频率可在MHz范围内,对于宏观磁性振荡器1504,谐振频率可在数百Hz范围内。

[0222] 至少一个激励电路1502的输入阻抗具有有功分量和无功分量,其中的两者随频率而变。接近磁性振荡器1504的谐振频率,有功分量最大,且无功分量消失(例如大体上等于零)(例如至少一个激励电路1502的电流和电压彼此同相)。在此频率下,如在至少一个线圈的端子处所见,阻抗看起来是纯电阻性的,但强交替磁场可由磁性振荡器产生。至少一个激励电路1502与所述多个磁性振荡器1504的组合可看起来为“电感较少电感器”,其有利地避免(例如消除)对如用于常规电力发射器中的共振-调谐电容器的需要。

[0223] 由于时变(例如交替)第二磁场由所述多个磁性振荡器1504产生,因此不存在处于共振的流经至少一个激励电路1502的电导体的较高电流,此较高电流例如存在于常规共振感应系统中。因此,至少一个激励电路1502(例如激励器线圈)中的损失可忽略。在某些此类配置中,可在至少一个激励电路1502中使用薄电线或标准电线,而不是利兹线。一般来说,归因于机械摩擦、空气阻力、涡电流和辐射,主要损失出现在多个磁性振荡器1504及其周围。如同具有其它MEMS系统的情况,磁性振荡器1504可具有大部分超过电谐振器的那些Q因子的Q因子,明确地说,在kHz和MHz频率范围内。举例来说,所述多个磁性振荡器1504的Q因子可大于10,000。在一些情况下,在使用电容性负载线环的其它共振感应系统中可能较难以实现此类较高Q因子。

[0224] 本文所述的某些实施例的大Q因子也可由所述多个磁性振荡器1504提供。可无线发射到负载的电力为施加到磁性振荡器1504的力矩 τ_{RMS} 的均方根(RMS)值与频率(例如角速度) ω_{RMS} 的乘积。为了在电力传送距离增加时允许充分的振荡(例如磁性振荡器1504的充分

角度移位), 力矩 τ_{RMS} (例如施加到电力发射器1500的磁性振荡器1504的抑制力矩, 或施加到电力接收器的磁性振荡器的加载力矩) 可减少, 但此类增加的距离导致较低功率。在磁性振荡器1504和扭转弹簧1506的惯性力矩所给出的限制内, 可通过增加频率 ω_{RMS} 来补偿此功率损耗。磁性振荡器1504的性能可表达为旋磁比的函数 $\gamma = \frac{m}{J_m}$ (其中 m 是磁性振荡器1504的磁矩, 且 J_m 是磁性振荡器1504的惯性力矩), 切此比率可有利地配置为足够高, 以在较高频率下产生充分的性能。

[0225] 可有利地使用布置成常规三维阵列的多个较小的个别振荡磁性振荡器, 而不是单个永磁体。与和所述多个磁性振荡器具有相同总体积和质量的单个永磁体相比, 所述多个磁性振荡器可具有较大的旋磁比。具有总磁矩 m 和总质量 M_m 的 N 个磁性振荡器的三维阵列的旋磁比可表达为:

$$[0226] \quad \gamma(N) = \frac{12 \cdot N \cdot \frac{m}{N}}{\frac{NM_m}{N} \left(\frac{l_m}{\sqrt[3]{N}} \right)^2} = \frac{12m}{M_m l_m^2} \sqrt[3]{N^2}$$

[0227] 其中 l_m 表示等效单个磁体 ($N=1$) 的长度。此等式显示随着磁性振荡器的大小减小, 旋磁比增加到 $2/3$ 的幂。换句话说, 可使小磁性振荡器阵列所产生的大磁矩加速, 并设定成微弱力矩 (例如流经电力发射器的至少一个激励电流的小激励电流所产生的激励力矩, 或远处电力发射器所产生的电力接收器中的加载力矩) 的振荡。由于磁矩增加的程度超过通过磁性增加振荡器的数目而实现的惯性力矩增加的程度, 通过增加磁性振荡器的数目, 可增加所述多个磁性振荡器的性能。使用磁性振荡器阵列 (例如具有在微米范围内的特征大小), 可使用在 MHz 范围内较远的谐振频率。

[0228] 图16示意性地说明根据本文所述的某些实施例的多个磁性振荡器1602的配置的实例部分1600。图16中所示的部分1600包括所述多个磁性振荡器1602的一组磁性振荡器1602。常规结构中的磁性振荡器1602的此布置类似于原子晶格结构 (例如三维晶体) 中的平面的布置。

[0229] 磁性振荡器1602在实线位置与虚线位置之间的振荡产生总磁矩, 其可分解称“准静态”分量1604 (在图16中由垂直实线箭头指示) 和“动态”分量1606 (在图16中由与垂直方向成角度的实线和虚线箭头指示, 且具有由实线和虚线箭头示出的水平分量1608)。动态分量1606负责能量传送。对于例如图16中所示的实例配置, 对于 30° 的最大角度移位、所述组磁性振荡器1602的20%的体积利用因子、其表面处具有1.6特斯拉的稀土金属磁性材料, 可实现大约160毫特斯拉峰值的“动态”通量密度, 从而超越常规铁氧体技术。

[0230] 然而, 准静态分量1604在能量传送中可能无价值。实际上, 在实际应用中, 可能希望避免 (例如减少或消除) 准静态分量1604, 因为其导致强磁化 (例如强永磁体的磁化), 强磁化可将所述结构附近的任何磁性材料朝所述多个磁性振荡器1602吸引。

[0231] 所述多个磁性振荡器1602所产生的总磁场可致使个别磁性振荡器1602经历使得其停置在非零移位角度处的力矩。这些力还可改变有效扭力弹簧常数, 因此修改谐振频率。可通过将多个磁性振荡器1602的阵列的宏观形状选择为旋转对称 (例如圆盘形阵列), 来控制 (例如避免、减少或消除) 这些力。举例来说, 使用径向对称 (例如球状体, 或规则或长球形, 如图10A、10B和12中示出) 的阵列可有效地产生球状体形三维阵列中的磁性振荡器1602

之间的零移位。磁化圆盘内部的一些磁场分量的场力线对于磁矩的任何定向均为并行的，且在圆盘形阵列中，谐振频率可主要由磁性振荡器的惯性力矩和扭转弹簧常数决定。

[0232] 图17示意性地说明其中多个磁性振荡器1702布置成三维阵列1700的实例配置，其中根据本文所述的某些实施例，所述多个磁性振荡器1702的各个部分的准静态分量彼此抵消。图17的三维阵列1700包括至少一个第一平面1704（例如第一层），其包括多个磁性振荡器1702的第一组磁性振荡器1702a，其中所述第一组磁性振荡器1702a的每一磁性振荡器1702a具有指向第一方向的磁矩。第一组磁性振荡器1702a具有第一总计磁矩1706（图17中由顶部实线和虚线箭头指示），其包括时变分量和时不变分量。三维阵列1700进一步包括至少一个第二平面1708（例如第二层），其包括多个磁性振荡器1702的第二组磁性振荡器1702b。第二组磁性振荡器1702b的每一磁性振荡器1702b具有指向第二方向的磁矩。第二组磁性振荡器1702b具有第二总计磁矩1710（图17中由底部实线和虚线箭头指示），其包括时变分量和时不变分量。第一总计磁矩1706的时不变分量和第二总计磁矩1710的时不变分量具有大体上彼此相等的量值，以及在彼此大体上相反的方向中的点。以此方式，第一组磁性振荡器1702a和第二组磁性振荡器1702b的磁矩的准静态分量彼此取消（例如，通过具有在三维阵列1700的邻近平面之间交替的磁性振荡器的极性）。相比之下，第一总计磁矩1706和第二总计磁矩1710的时变分量具有彼此大体上相等的量值，以及在彼此大体上相同方向上的点。

[0233] 图17的结构类似于具有磁特性（例如大于一的相对磁导率）但无法磁化（例如软铁酸盐）的顺磁材料结构。此阵列配置可为有利的，但可产生对抗外部磁场在磁性振荡器上产生的力矩起作用的抵消力矩。此抵消力矩通常将添加到扭力弹簧的力矩。此抵消力矩可用作复原力来补充扭力弹簧的复原力，或将在磁性振荡器中不存在扭力弹簧时使用。另外，抵消力矩可减少配置多个磁性振荡器时的自由度。

[0234] 图18示意性地说明根据本文所述的某些实施例的电力发射器1802（例如耦合到铝或铜背板1803的发射器基座垫）和电力接收器1804（例如耦合到铝或铜背板1805的接收器垫）的实例配置1800。对于电力传送垫的平面低轮廓设计，可使用本文所述的电力发射器1802和/或电力接收器1804，其中使用至少一个线圈和包括多个磁性振荡器的至少一个圆盘。举例来说，电力发射器1802可包括至少一个线圈1806和包括本文所述的多个磁性振荡器的至少一个圆盘1808，且电力接收器1804可包括至少一个线圈1810和包括本文所述的多个磁性振荡器的至少一个圆盘1812。某些此类配置可导致类似于使用平整铁氧体核心（例如类似于本文所述的至少一个线圈）和导电背板来使磁场成形的平面“螺线管”线圈的解决方案。在某些此类配置中，所述系统产生大体上水平的磁矩，且可表征为相对强耦合，即使在未对准条件下也是如此。相较于“螺线管”配置，本文所述的某些实施例具有针对较高Q因子的电位，且并不需要调谐电容器（例如通过使用自共振的芯）。在本文所述的某些实施例中，损可能减少到涡电流损失，但几乎无滞后损失和铜损失。

[0235] 图19是根据本文所述的某些实施例无线发射电力的实例方法1900的流程图。在操作框1910中，方法1900包括产生具有激励频率的时变第一磁场。在操作框1920中，方法1900进一步包括通过将第一磁场施加到多个磁性振荡器来产生时变第二磁场。所述多个磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有大体上等于所述激励频率的机械共振频率。

[0236] 在某些实施例中，无线发射的电力用于为电子装置无线充电（例如为移动电子装

置无线充电)。在某些实施例中,无线发射的电力用于为经配置以为电装置(例如机动车辆)供电的储能装置(例如电池)无线充电。

[0237] 上文描述的方法的各种操作可由能够执行所述操作的任何合适装置来执行,例如各种硬件和/或软件组件、电路和/或模块。通常,图中所说明的任何操作可由能够执行所述操作的对应功能装置执行。举例来说,电力发射器可包括用于产生具有激励频率的时变第一磁场的装置;以及用于响应于所述时变第一磁场产生时变第二磁场的装置。所述用于产生时变第一磁场的装置可包括至少一个激励电路,其经配置以具有流经至少一个激励电路的时变电流。所述用于产生时变第二磁场的装置可包括多个磁性振荡器,其中所述多个磁性振荡器中的每一磁性振荡器具有大体上等于激励频率的机械谐振频率。

[0238] 可使用多种不同技术和技法中的任一者来表示信息和信号。举例来说,可通过电压、电流、电磁波、磁场或磁粒子、光场或光粒子或其任何组合来表示在整个上文描述中可能参考的数据、指令、命令、信息、信号、位、符号和码片。

[0239] 结合本文中所示的实施例而描述的各种说明性逻辑块、模块、电路和算法步骤可实施为电子硬件、计算机软件或两者的组合。为清楚说明硬件与软件的这种可互换性,上文已大体上关于其功能性而描述了各种说明性组件、块、模块、电路和步骤。将此类功能性实施为硬件还是软件取决于特定应用和强加于整个系统的设计约束。可针对每一特定应用以不同方式来实施所描述功能性,但此类实施方案决策不应被解释为会导致脱离本发明的实施例的范围。

[0240] 可使用以下各项来实施或执行结合本文所揭示的实施例而描述的各种说明性块、模块和电路: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)或其它可编程逻辑装置、离散门或晶体管逻辑、离散硬件组件,或其经设计以执行本文所描述的功能的任何组合。通用处理器可为微处理器,但在替代方案中,处理器可为任何常规的处理器、控制器、微控制器或状态机。处理器还可实施为计算装置的组合,例如DSP与微处理器的组合、多个微处理器的组合、结合DSP核心的一个或一个以上微处理器,或任何其它此类配置。

[0241] 结合本文中所示的实施例而描述的方法或算法及功能的步骤可直接体现在硬件、由处理器执行的软件模块或所述两者的组合中。如果实施于软件中,那么可将功能作为一或多个指令或代码存储在有形的非暂时性计算机可读媒体上或经由有形的非暂时性计算机可读媒体进行传输。软件模块可驻留在随机存取存储器(RAM)、快闪存储器、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、可装卸磁盘、CD ROM或所属领域中已知的任何其它形式的存储媒体中。存储媒体耦合到处理器,使得处理器可从存储媒体读取信息且将信息写入到存储媒体。在替代方案中,存储媒体可与处理器成一体式。如本文中所使用,磁盘和光盘包含压缩光盘(CD)、激光光盘、光学光盘、数字多功能光盘(DVD)、软性磁盘和蓝光光盘,其中磁盘通常以磁性方式再现数据,而光盘利用激光以光学方式再现数据。以上各项的组合也应包含在计算机可读媒体的范围内。处理器和存储媒体可驻留在ASIC中。ASIC可以驻留在用户终端中。在替代方案中,处理器和存储媒体可作为离散组件驻留在用户终端中。

[0242] 为了概述本发明的目的,本文已描述了本发明的某些方面、优点以及新颖特征。应了解,不一定可根据本发明的任一特定实施例实现所有此些优点。因此,可按照如本文所教

示来实现或优化一个优点或一组优点而不一定实现如本文可能教导或建议的其它优点的方式来体现或执行本发明。

[0243] 将容易了解对上述实施例的各种修改,且可在不脱离本发明的精神或范围的情况下,将本文中定义的一般原理应用于其它实施例。因此,本发明无意限于本文中所示的实施例,而应被赋予与本文中所揭示的原理和新颖特征一致的最广范围。

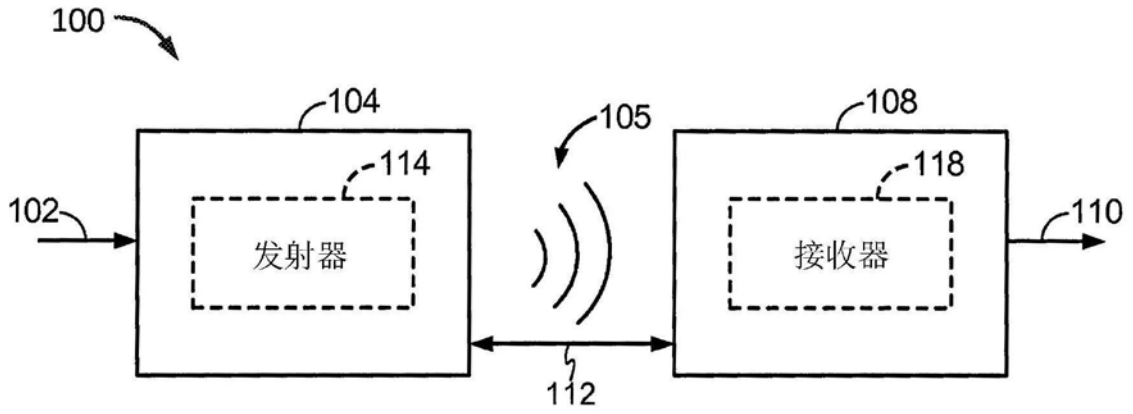


图1

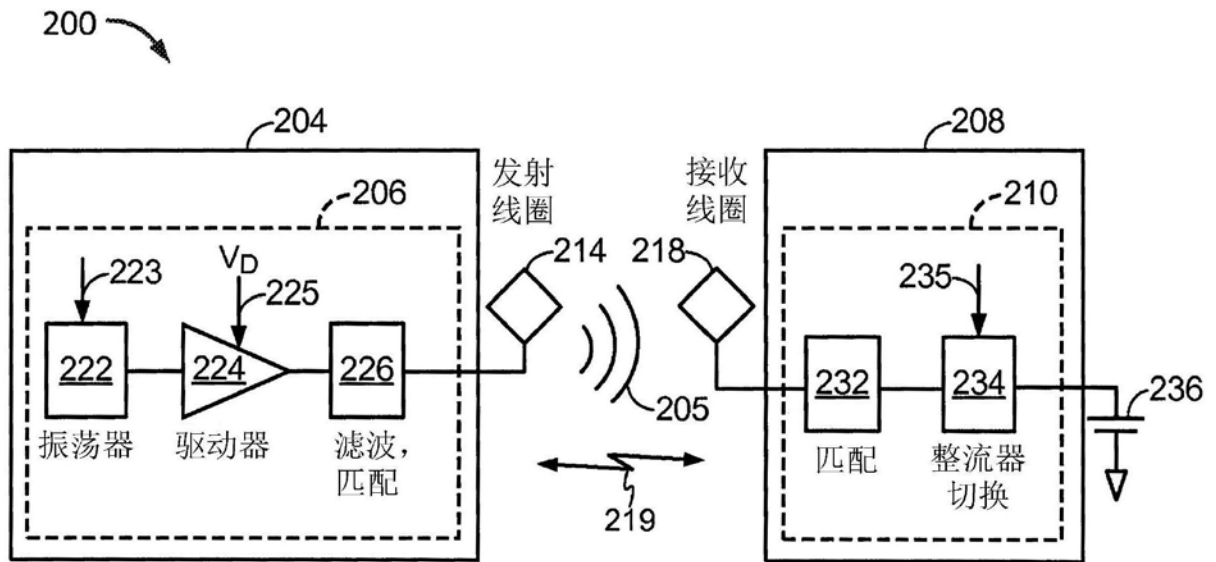


图2

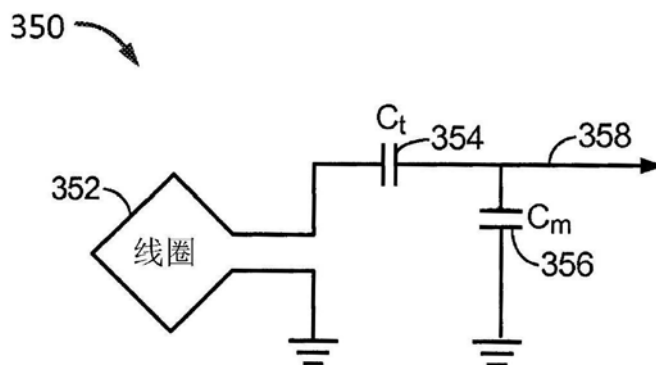


图3

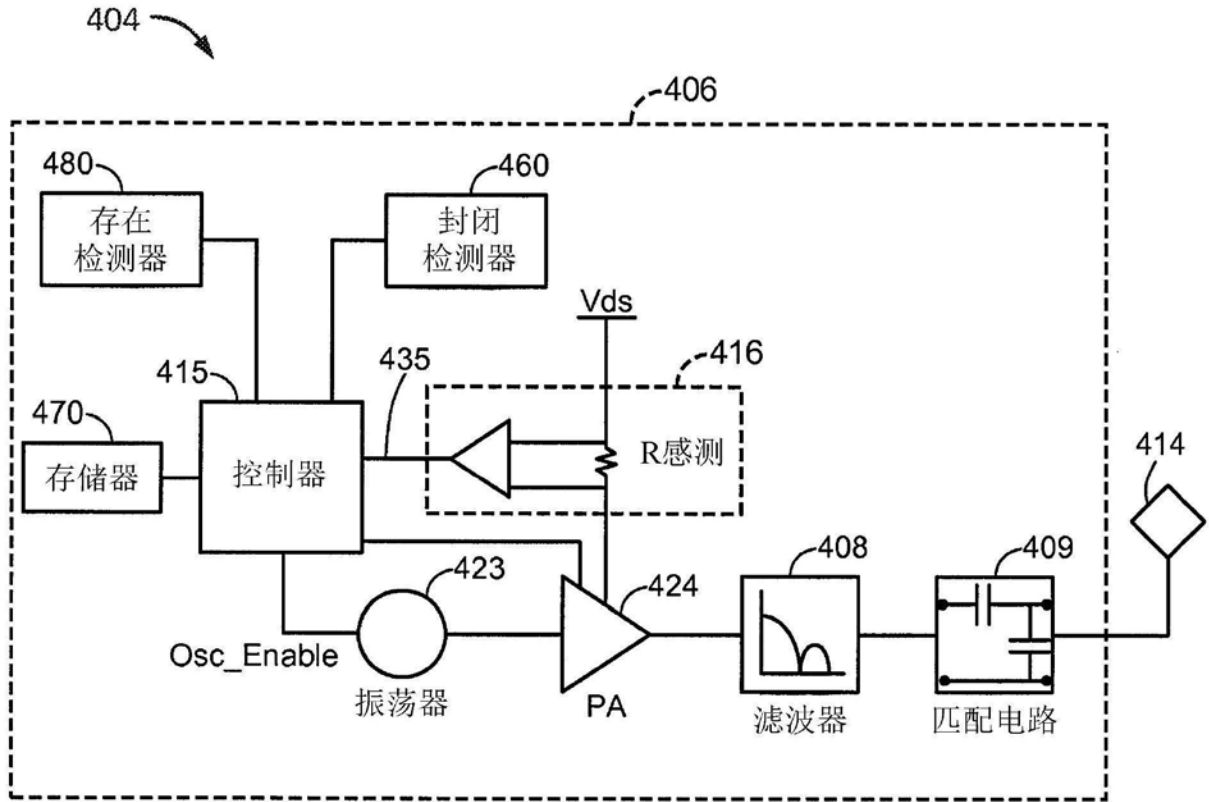


图4

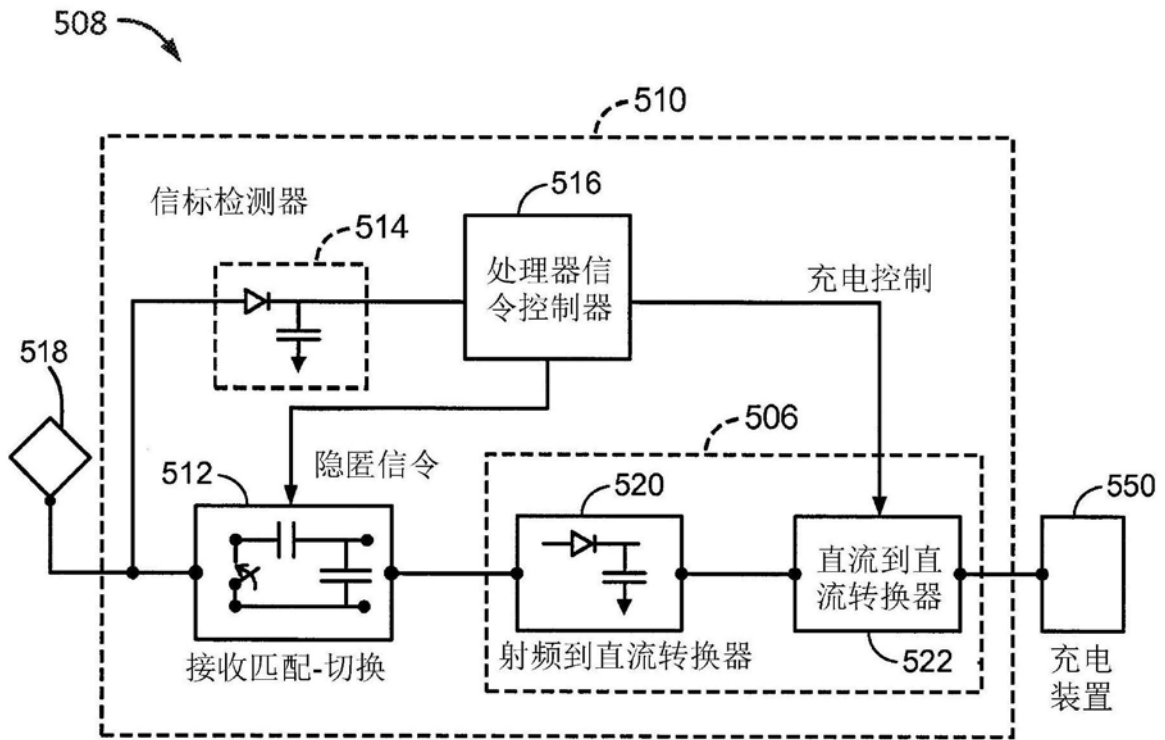


图5

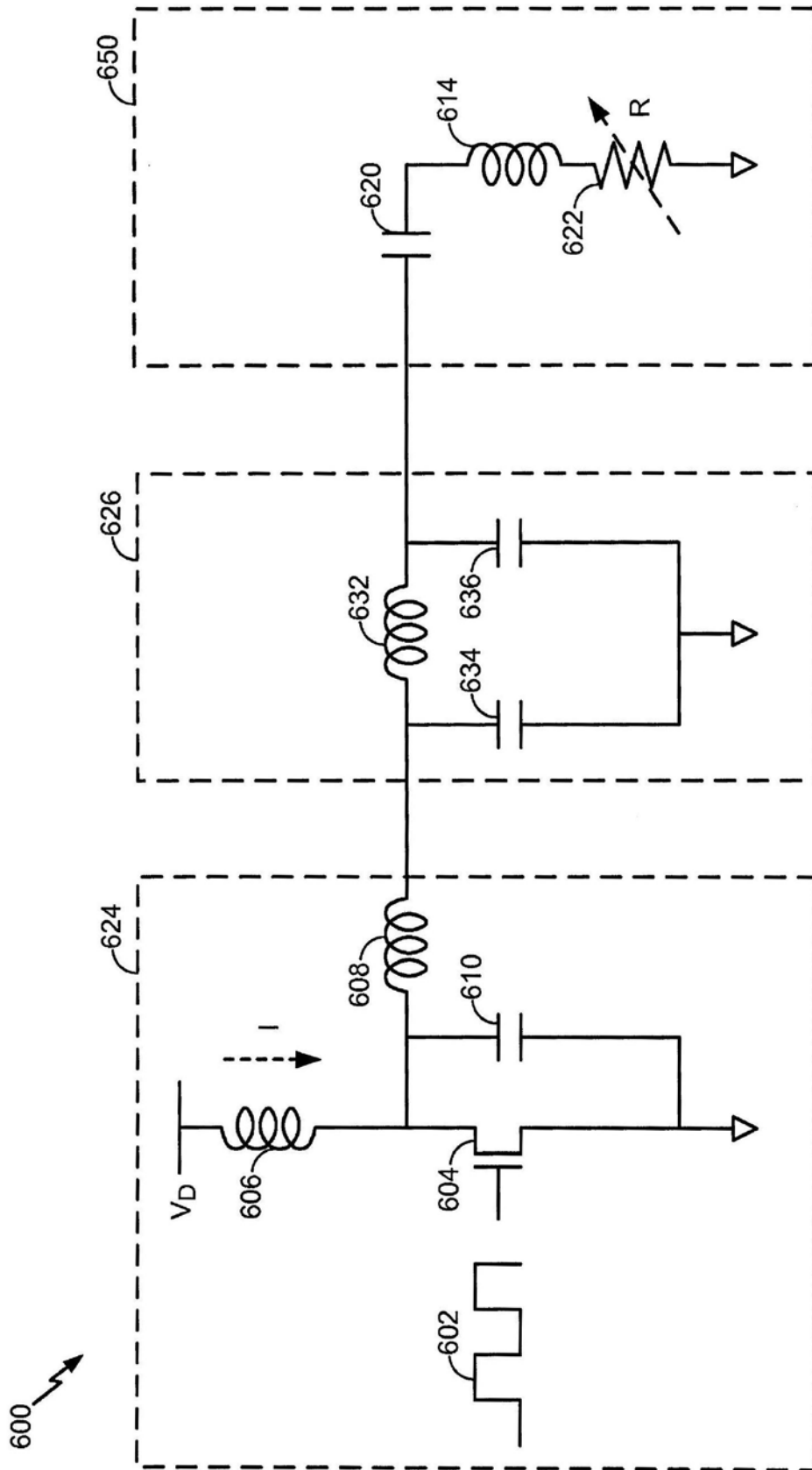


图6

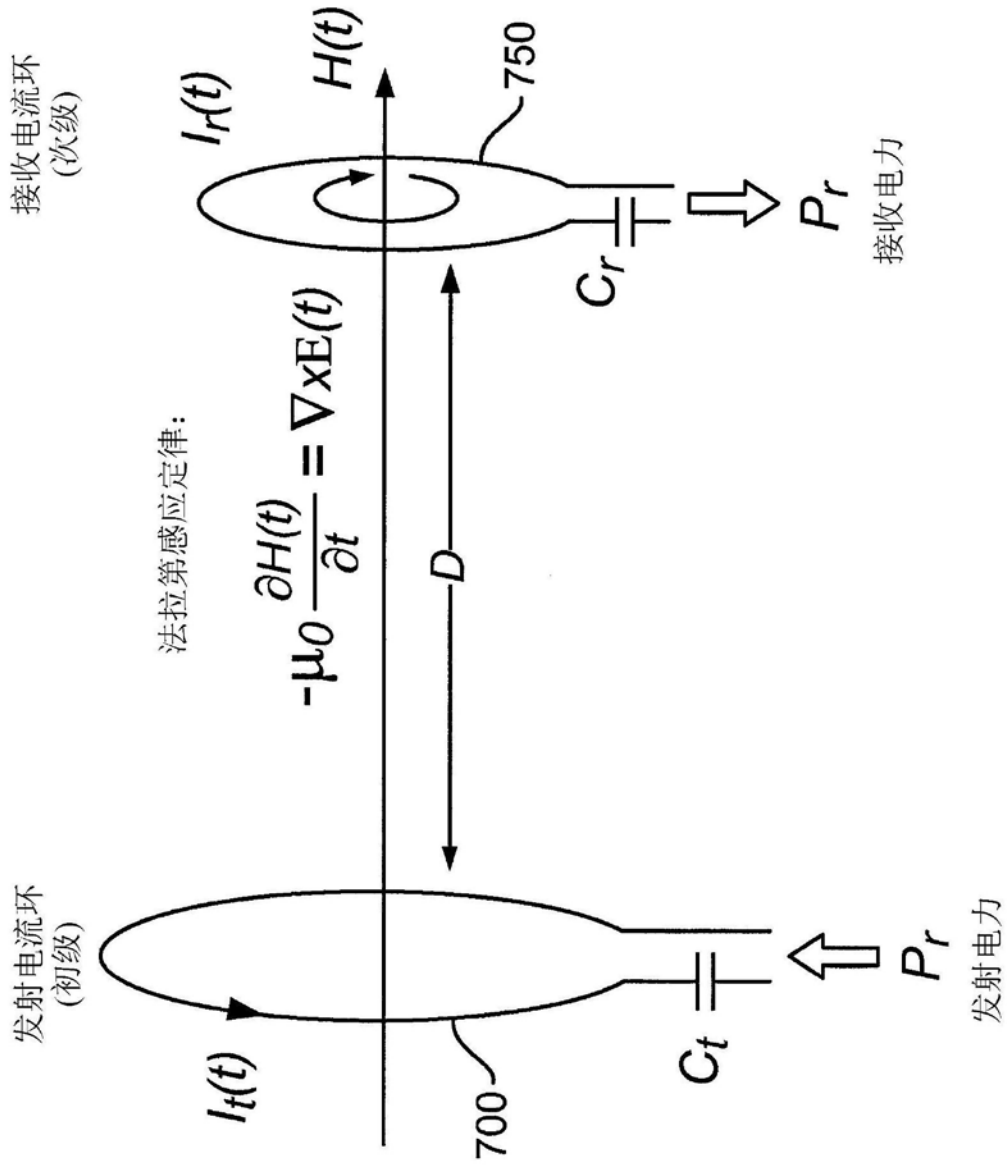


图7

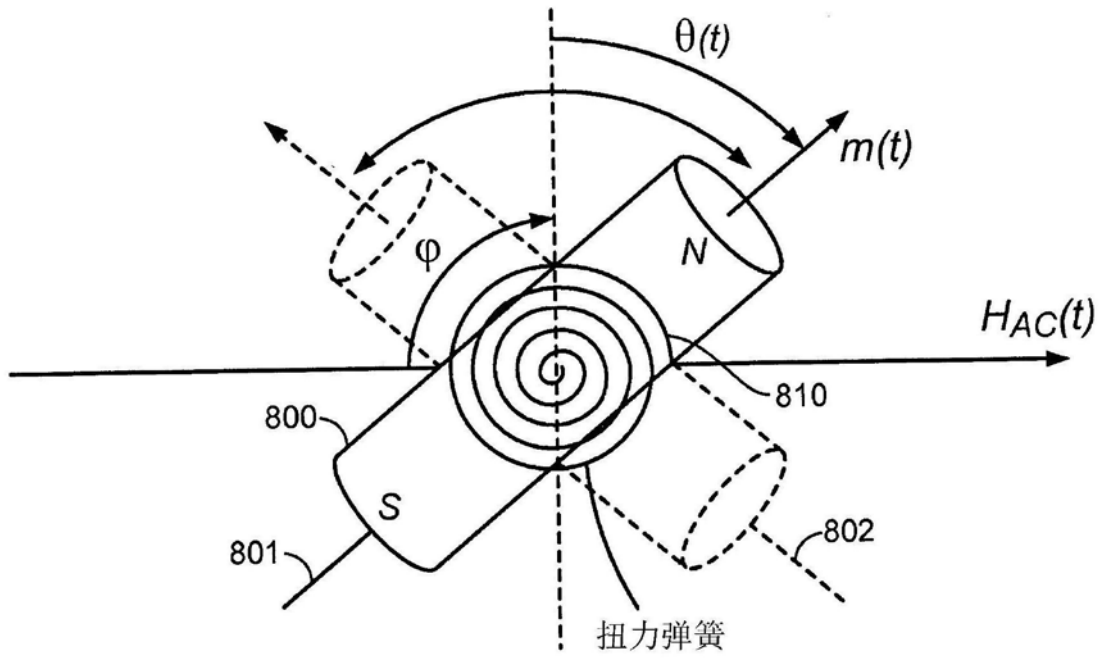


图8

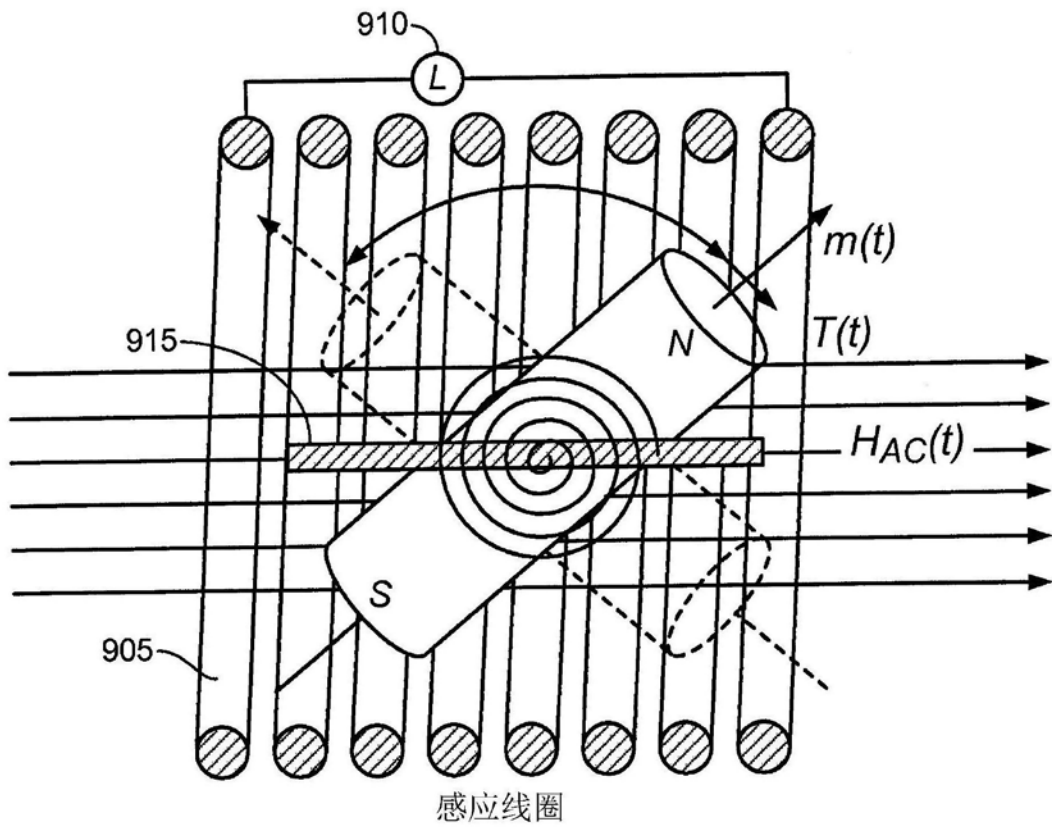


图9

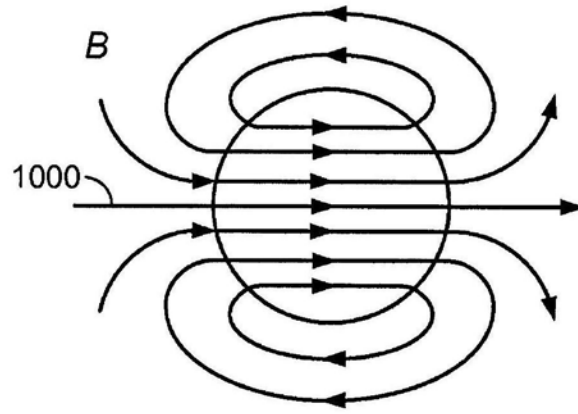


图10A

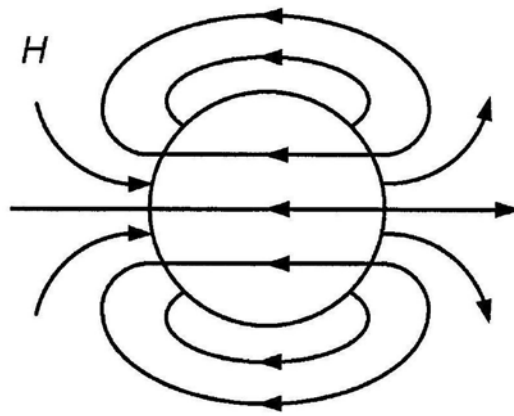


图10B

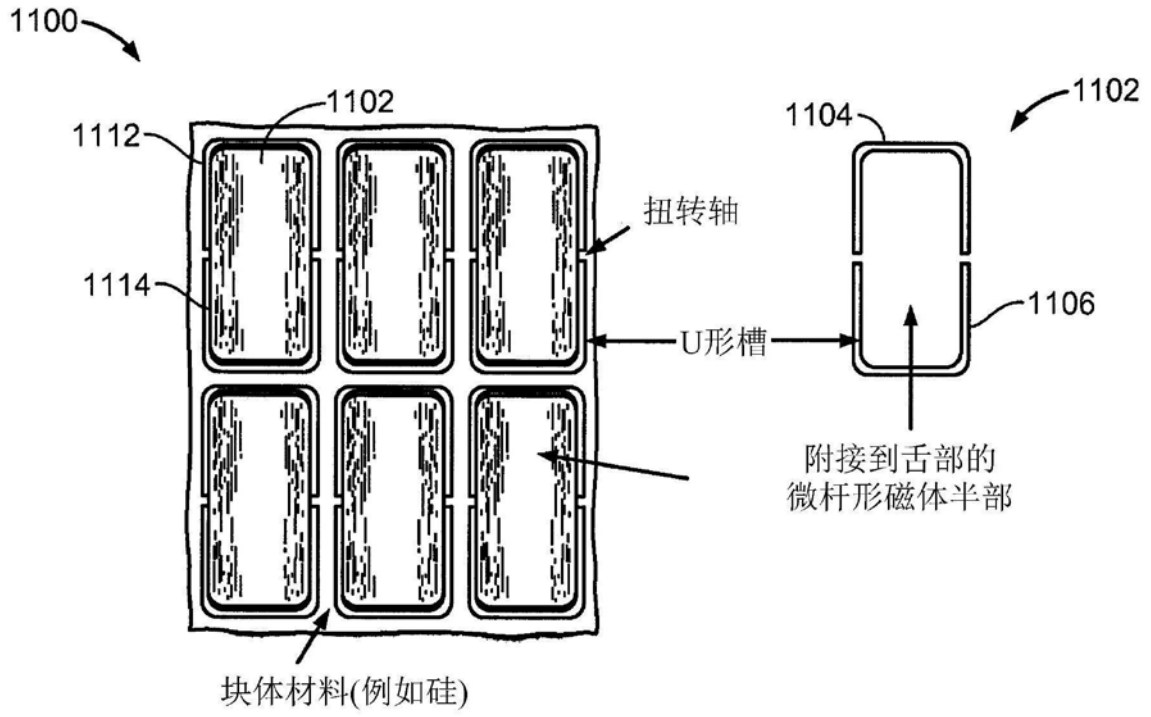


图11

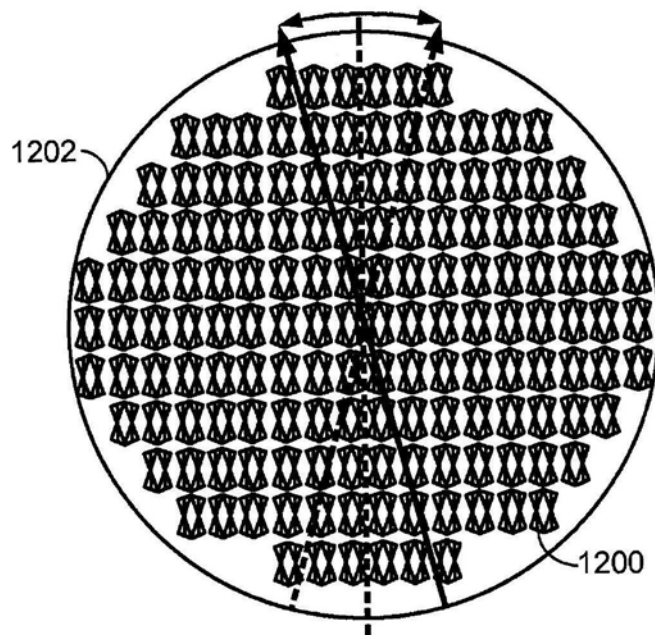


图12

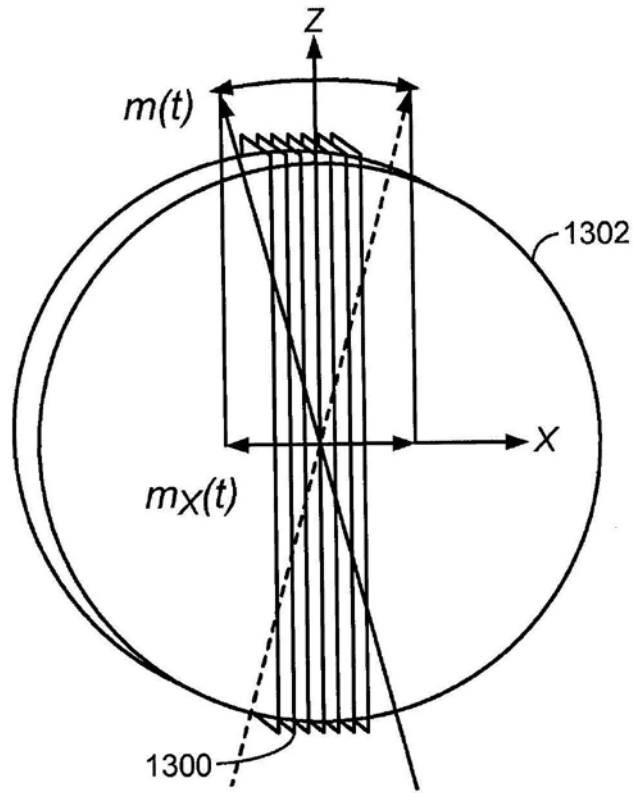


图13

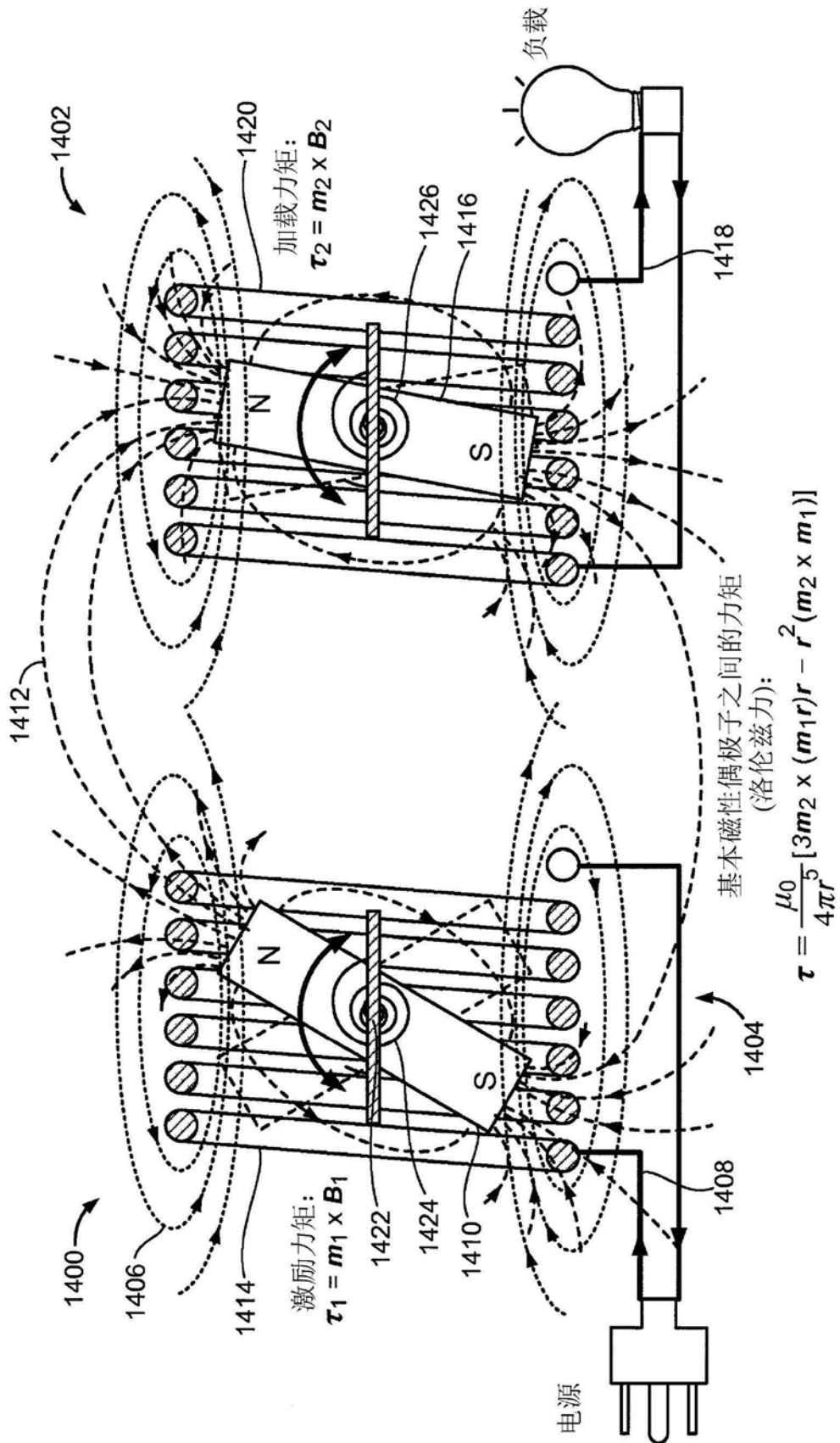


图14

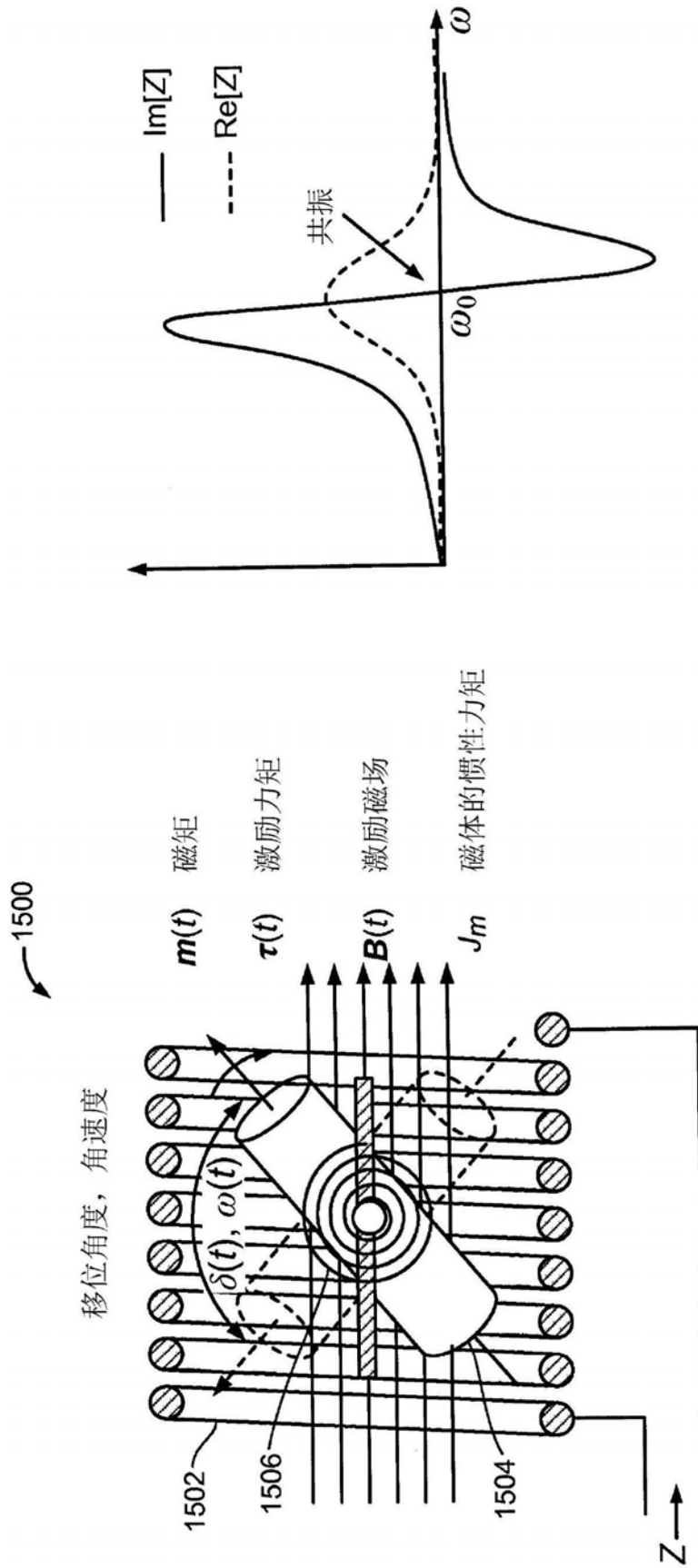


图15

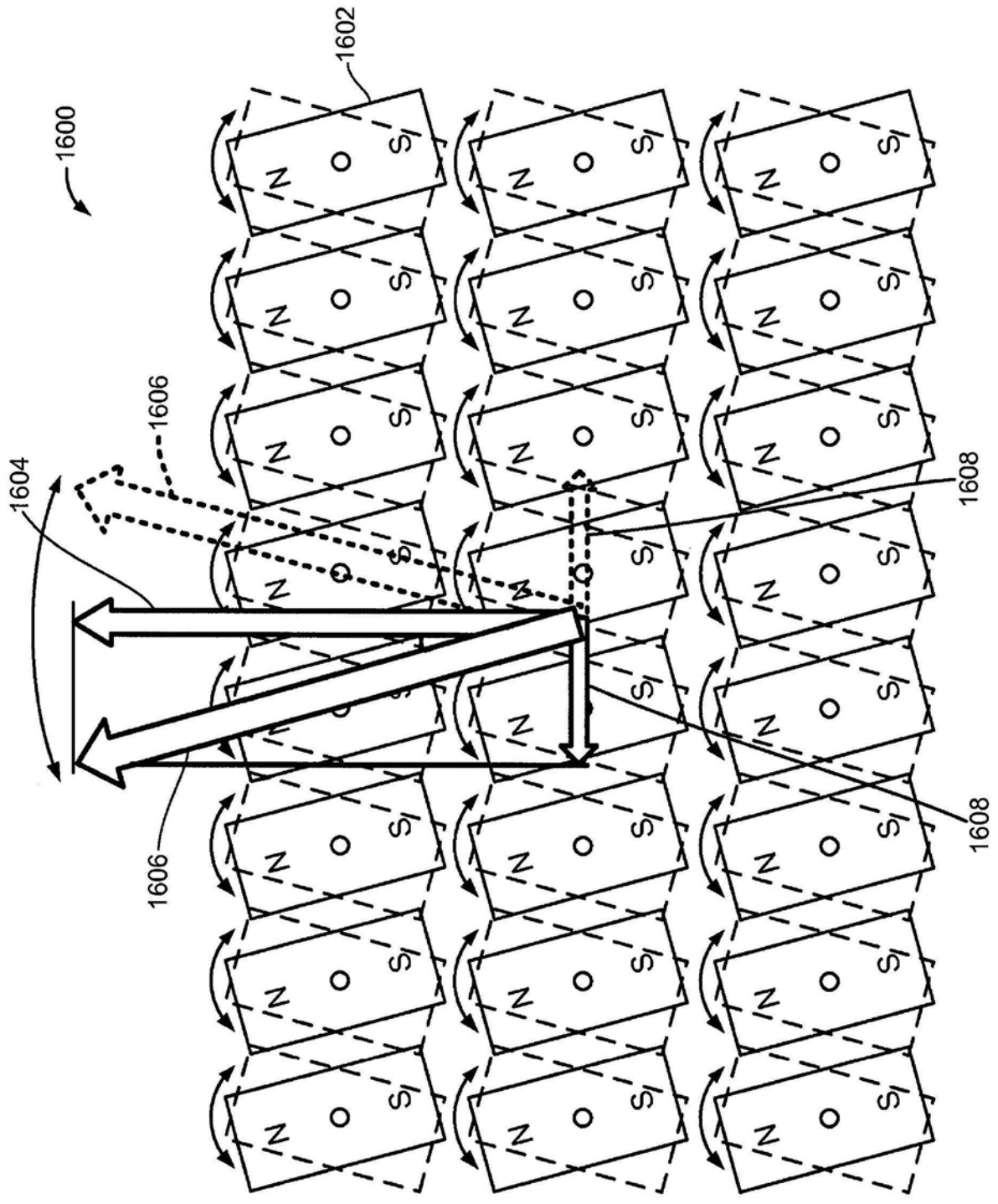


图16

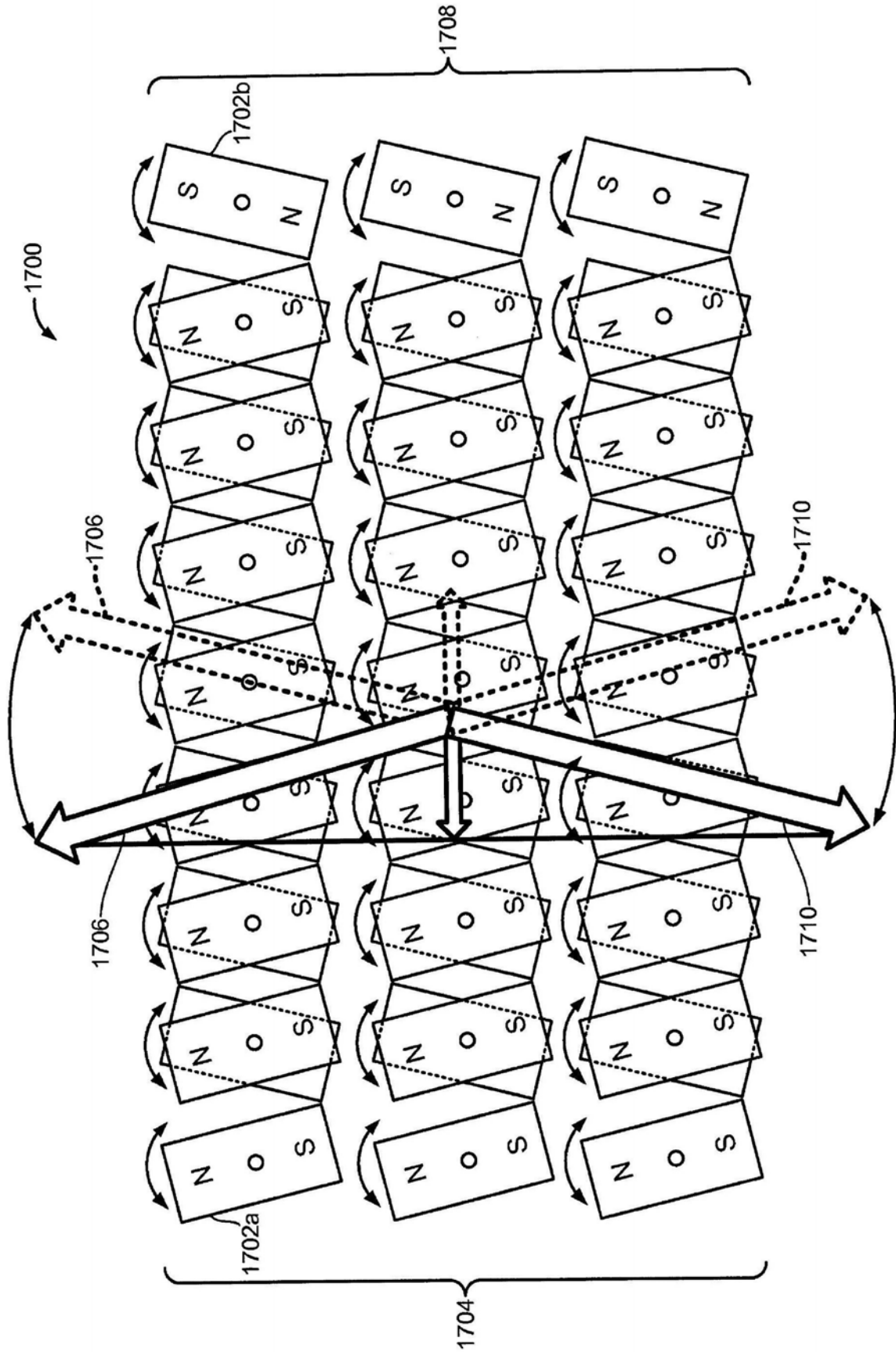


图17

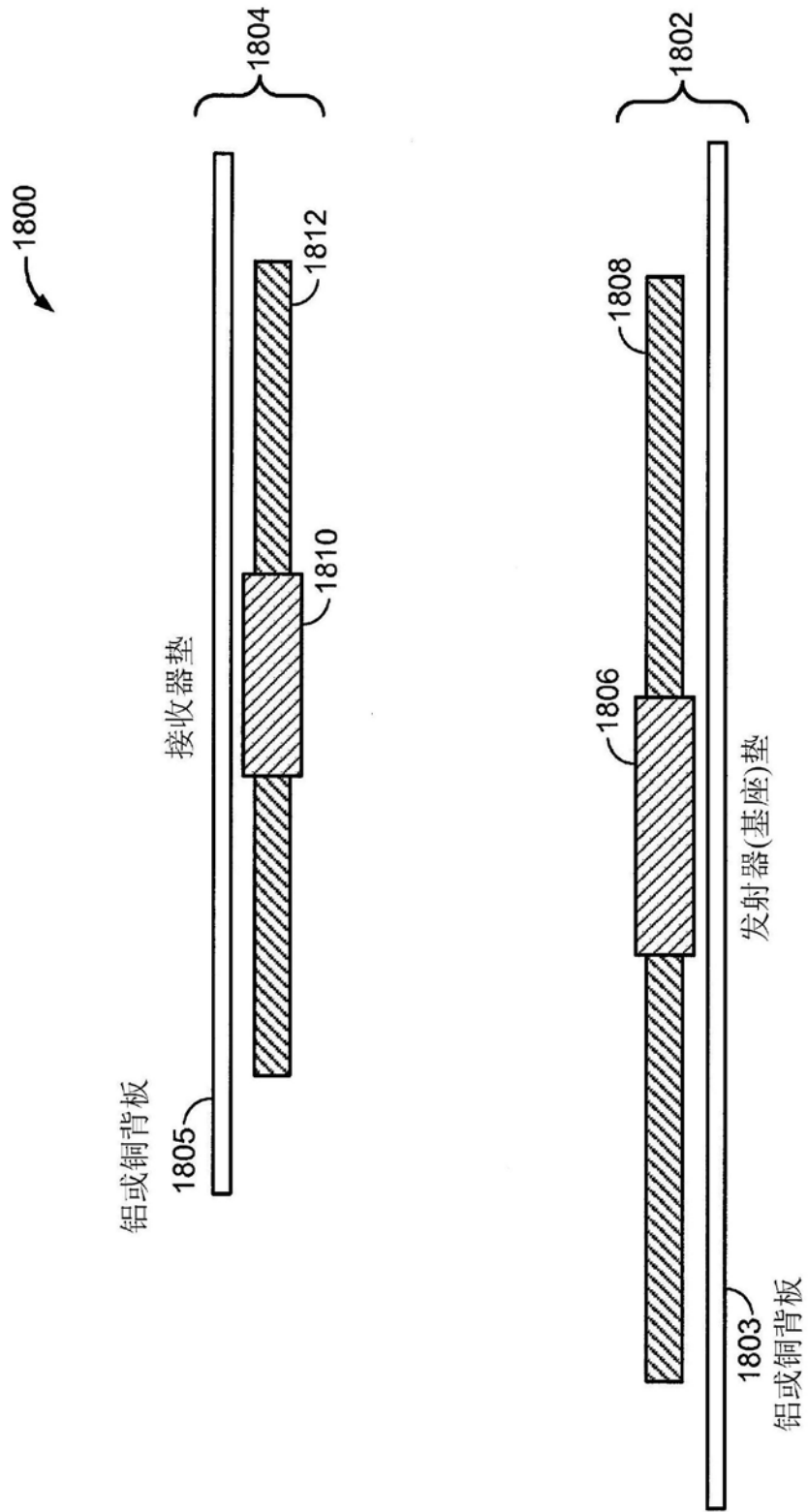


图18

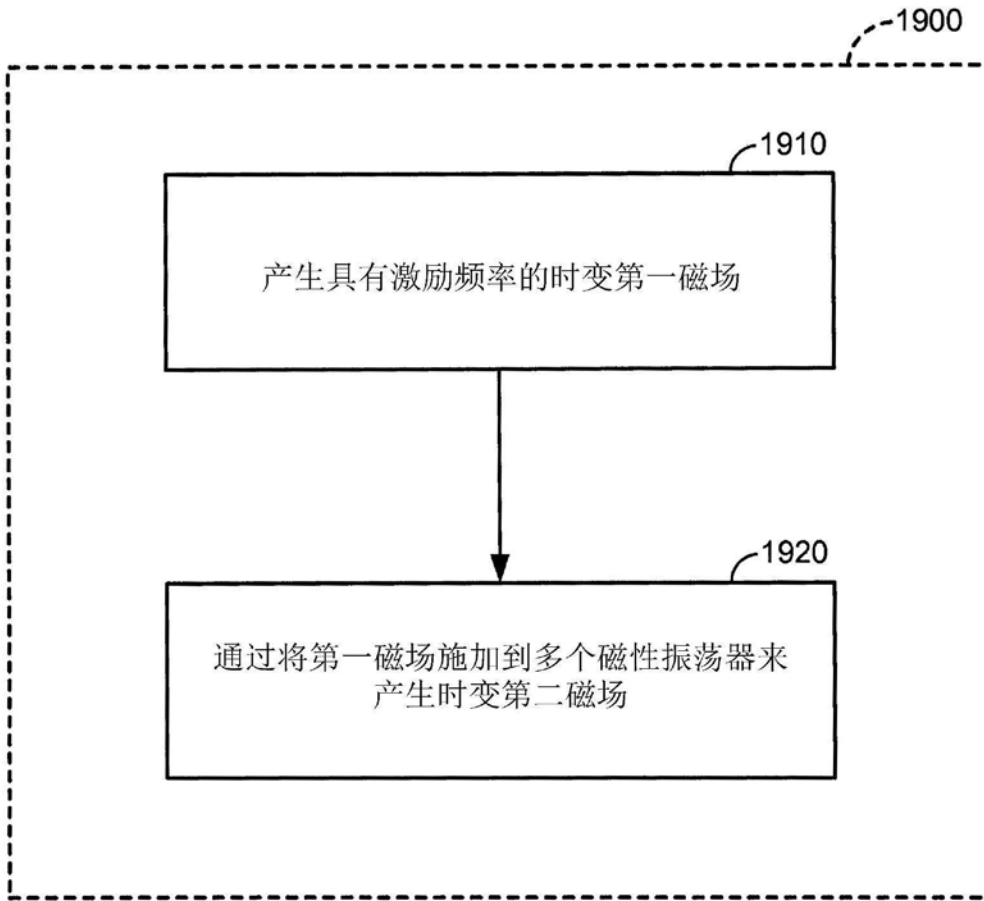


图19