



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110999028 B

(45) 授权公告日 2023.11.21

(21) 申请号 201880035909.7

(22) 申请日 2018.05.30

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110999028 A

(43) 申请公布日 2020.04.10

(30) 优先权数据

62/512,544 2017.05.30 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2019.11.29

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2018/035060 2018.05.30

(87) PCT国际申请的公布数据

W02018/222669 EN 2018.12.06

(73) 专利权人 感应电动车有限公司

地址 美国宾夕法尼亚州

(72) 发明人 布鲁斯·理查德·隆

安德鲁·W·达加

约翰·M·沃尔格穆特

彼得·C·施拉菲尔

本杰明·H·科恩

莫塞斯·M·基纳

弗朗西斯·J·麦克马洪

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

专利代理人 唐京桥 杨林森

(51) Int.CI.

H02J 50/12 (2016.01)

H02J 50/70 (2016.01)

H01F 27/28 (2006.01)

H01F 27/36 (2006.01)

H01F 38/14 (2006.01)

H02J 7/02 (2016.01)

(56) 对比文件

US 2013257362 A1, 2013.10.03

US 2012256585 A1, 2012.10.11

US 2016204618 A1, 2016.07.14

CN 104008846 A, 2014.08.27

CN 104184217 A, 2014.12.03

CN 106464030 A, 2017.02.22

CN 103401321 A, 2013.11.20

审查员 肖高

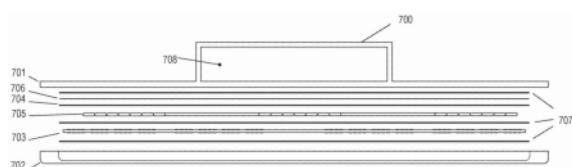
权利要求书4页 说明书11页 附图18页

(54) 发明名称

无线电力传送薄型线圈组件

(57) 摘要

一种为低损耗和易于制造而设计的薄谐振感应无线电力传输传送线圈组件，包括：一个或更多个印制电路板，其具有在其第一侧上以螺旋方式缠绕的第一导体图案和在其第二侧上以螺旋方式缠绕的第二导体图案，其中第二导体图案与第一导体图案对准，由此第二导体图案增强由第一导体图案产生的磁通量。第一导体图案和第二导体图案被相对于彼此放置以沿相同方向提供通量传输。一个或更多个这样的印制电路板形成具有导电绕组层、铁氧体通量转移层、共形间隔层、涡流屏蔽层和组件壳体的无线电力传送线圈组件。



1. 一种谐振感应无线电力传送线圈,包括:

2n层线圈堆叠,其中,n是正整数,所述线圈堆叠的每层包括:

电介质,其具有第一侧和第二侧;

第一导体图案,其包括在所述电介质的第一侧上以螺旋方式缠绕的第一多个导体;以及

第二导体图案,其包括在所述电介质的第二侧上以螺旋方式缠绕的第二多个导体,所述第二导体图案与所述第一导体图案对准,由此所述第二导体图案增强由所述第一导体图案产生的磁通量,

其中,所述第一导体图案和所述第二导体图案被相对于彼此放置以沿相同方向提供通量传输;并且

所述线圈堆叠的每层之间的电容被选择成使得所述2n层线圈堆叠在预定的无线电力传送操作频率 $f_r = 1 \div (2\pi\sqrt{LC})$ 下自谐振,其中,L=所述2n层线圈堆叠的等效线圈电感,C=所述2n层线圈堆叠的等效电容。

2. 根据权利要求1所述的谐振感应无线电力传送线圈,其中,所述电介质包括印制电路板,还包括:穿过所述印制电路板的至少一个镀制偏移通孔,其将所述第一导体图案和所述第二导体图案的相应导体电连接。

3. 根据权利要求1所述的谐振感应无线电力传送线圈,还包括:在所述第一导体图案和所述第二导体图案之间的至少一个电连接件,其包括端子。

4. 根据权利要求1所述的谐振感应无线电力传送线圈,其中,所述第一导体图案和所述第二导体图案包括被配置为正方形扁平平面螺旋的至少2匝导体。

5. 根据权利要求1所述的谐振感应无线电力传送线圈,其中,所述第一多个导体和所述第二多个导体均包括至少两个独立导体。

6. 根据权利要求2所述的谐振感应无线电力传送线圈,还包括:在所述第一导体图案和所述第二导体图案的中心的线圈端子和相关联的通孔;或者,在所述第一导体图案和所述第二导体图案的外边缘以及所述印制电路板的外边缘处的线圈端子和相关联的通孔。

7. 根据权利要求1所述的谐振感应无线电力传送线圈,其中,n=1,所述2n层线圈堆叠包括:提供正向电流路径导体的第一导体图案;提供返回电流路径导体的第二导体图案;以及设置在所述第一导体图案与所述第二导体图案之间的差模电介质。

8. 根据权利要求1所述的谐振感应无线电力传送线圈,其中,n=2,所述2n层线圈堆叠分别包括:提供正向电流路径导体的第一导体图案;提供返回电流路径导体的第二导体图案;提供正向电流路径导体的第三导体图案;提供返回电流路径导体的第四导体图案;设置在所述第一导体图案与所述第二导体图案之间的第一差模电介质;设置在所述第三导体图案与所述第四导体图案之间的第二差模电介质;以及设置在所述第二导体图案与所述第三导体图案之间的第三差模电介质。

9. 根据权利要求1所述的谐振感应无线电力传送线圈,其中,n=2,所述2n层线圈堆叠分别包括:提供正向电流路径导体的第一导体图案;提供返回电流路径导体的第二导体图案;提供返回电流路径导体的第三导体图案;提供正向电流路径导体的第四导体图案;设置在所述第一导体图案与所述第二导体图案之间的第一差模电介质;设置在所述第三导体图

案与所述第四导体图案之间的第二差模电介质；以及设置在所述第二导体图案与所述第三导体图案之间的共模电介质。

10. 根据权利要求1所述的谐振感应无线电力传送线圈，其中， $n=2$ ，所述 $2n$ 层线圈堆叠分别包括：提供正向电流路径导体的第一导体图案；提供正向电流路径导体的第二导体图案；提供返回电流路径导体的第三导体图案；提供返回电流路径导体的第四导体图案；设置在所述第一导体图案与所述第二导体图案之间的第一共模电介质；设置在所述第三导体图案与所述第四导体图案之间的第二共模电介质；以及设置在所述第二导体图案与所述第三导体图案之间的差模电介质。

11. 根据权利要求2所述的谐振感应无线电力传送线圈，还包括：端子，其被实现为沿每个印制电路板的边缘或中间偏移的独立突片；以及过孔或第二端子，其经过相应的印制电路板的中间或边缘连接相应印制电路板。

12. 根据权利要求1所述的谐振感应无线电力传送线圈，其中，所述第一导体图案包括：扁平螺旋导电带和第二导体图案，除了沿垂直中心线从左向右翻转并旋转 90° 之外，所述第二导体图案与所述第一导体图案相同，还包括：

至少一个电连接件，其将所述第一导体图案和所述第二导体图案的相应导体电连接，

由此，所述第一导体图案和所述第二导体图案被相对于彼此放置以沿相同方向提供通量传输，并且由此，所述导电带的厚度不厚于所述第一导体图案在预定无线电力工作频率处的趋肤深度的四倍，其中，在谐振感应无线电力工作频率处的趋肤深度 δ 由 $\delta = \sqrt{2\sigma/\omega\mu}$ 给出，其中， σ 是以欧姆·米为单位的导体电阻率， ω 是以弧度/秒为单位的预定无线电力工作频率，并且 μ 是所述导体的磁导率。

13. 一种谐振感应无线电力传送线圈组件，包括：

壳体；

所述壳体内的谐振感应无线电力传送线圈，其包括：

电介质，其具有第一侧和第二侧，

第一导体图案，其包括在所述电介质的第一侧上以螺旋方式缠绕的第一多个导体，以及

第二导体图案，其包括在所述电介质的第二侧上以螺旋方式缠绕的第二多个导体，所述第二导体图案与所述第一导体图案对准，由此所述第二导体图案增强由所述第一导体图案产生的磁通量，其中，所述第一导体图案和所述第二导体图案被相对于彼此放置以沿相同方向提供通量传输；

铁氧体层，其与所述无线电力传送线圈相邻，所述铁氧体层包括铁氧体背衬层，所述铁氧体背衬层被结合到等厚度的铁氧体条或板以将所述铁氧体条或板保持在一起作为单个组件，所述条或板以平铺密度布置，所述平铺密度在接近所述铁氧体层的周界时逐渐减小，以使得空间密度或厚度中的至少一个随着朝向所述无线电力传送线圈的周界的通量密度而减小；以及

涡流屏蔽件，

其中，所述无线电力传送线圈、所述铁氧体层和所述涡流屏蔽件被平行设置在所述壳体内。

14. 根据权利要求13所述的谐振感应无线电力传送线圈组件，其中，所述铁氧体层包括

铁氧体背衬层,所述铁氧体背衬层被结合到等厚度的铁氧体条或板以将所述铁氧体条保持在一起作为单个组件,所述条或板以在接近所述铁氧体层的周界时逐渐减小的密度进行布置。

15. 根据权利要求13所述的谐振感应无线电力传送线圈组件,其中,所述铁氧体的平铺密度在所述无线电力传送线圈的中心附近是连续的或接近连续的,并且所述平铺密度向所述无线电力传送线圈的周界逐渐减小。

16. 根据权利要求13所述的谐振感应无线电力传送线圈组件,其中,所述涡流屏蔽件包括沉积在电介质基板上的导电片或导电膜,所述导电片或导电膜适于拦截并耗散未被所述铁氧体层转移的剩余磁通量。

17. 根据权利要求13所述的谐振感应无线电力传送线圈组件,还包括:机械共形非导电层,其被布置在所述壳体与所述无线电力传送线圈之间、所述无线电力传送线圈与所述铁氧体层之间、以及所述铁氧体层与所述涡流屏蔽件之间,所述非导电层适于向所述无线电力传送线圈和所述铁氧体层提供机械支承、散热和物理间隔。

18. 根据权利要求13所述的谐振感应无线电力传送线圈组件,其中,所述壳体包括封闭体积,所述封闭体积包含电力控制件、通信件或者传感器电子器件中的至少一个,所述传感器电子器件包括:适于提供对象检测功能的电路。

19. 根据权利要求18所述的谐振感应无线电力传送线圈组件,其中,所述封闭体积还包括具有被实现为位于所述铁氧体层与所述壳体之间的附加层的薄的多层金属化电介质片的形式的谐振电容器。

20. 根据权利要求13所述的谐振感应无线电力传送线圈组件,还包括具有位于所述铁氧体层的低场强度侧的薄的大面积金属化电介质膜的形式的谐振电容器。

21. 根据权利要求13所述的谐振感应无线电力传送线圈组件,还包括所述壳体内的第二谐振感应无线电力传送线圈,其被堆叠并且与所述谐振感应无线电力传送线圈并联连接以增大绕组载流量,或者被堆叠并且与所述谐振感应无线电力传送线圈串联连接以增大绕组电感。

22. 根据权利要求13所述的谐振感应无线电力传送线圈组件,还包括:传感器孔,其位于所述无线电力传送线圈的中心处,所述传感器孔包括传感器电子器件并且允许传感器或通信信号向/从所述无线电力传送线圈组件的相应侧的双向通过。

23. 根据权利要求22所述的谐振感应无线电力传送线圈组件,所述传感器电子器件包括光管、声波导、电磁波导或电介质波导以用于感测和通信。

24. 根据权利要求23所述的谐振感应无线电力传送线圈组件,其中,所述电磁波导具有适于避免产生涡流的高通或带通频率选择表面。

25. 根据权利要求23所述的谐振感应无线电力传送线圈组件,其中,所述电介质波导被实现为适于避免涡流产生的单线古博传输线。

26. 根据权利要求13所述的谐振感应无线电力传送线圈组件,其中,所述第一导体图案包括:扁平螺旋导电带和第二导体图案,除了沿垂直中心线从左向右翻转并旋转90°之外,所述第二导体图案与所述第一导体图案相同,还包括:

至少一个电连接件,其将所述第一导体图案和所述第二导体图案的相应导体电连接,由此,所述第一导体图案和所述第二导体图案被相对于彼此放置以沿相同方向提供通

量传输,并且由此,所述导电带的厚度不厚于所述第一导体图案在预定无线电力工作频率处的趋肤深度的四倍,其中,在谐振感应无线电力工作频率处的趋肤深度 δ 由 $\delta = \sqrt{2\sigma/\omega\mu}$ 给出,其中, σ 是以欧姆·米为单位的导体电阻率, ω 是以弧度/秒为单位的预定无线电力工作频率,并且 μ 是所述导体的磁导率。

27.一种谐振感应无线电力传送线圈组件,包括:

壳体;

所述壳体内的谐振感应无线电力传送线圈,其包括:

电介质,其具有第一侧和第二侧,

第一导体图案,其包括在所述电介质的第一侧上以螺旋方式缠绕的第一多个导体,以及

第二导体图案,其包括在所述电介质的第二侧上以螺旋方式缠绕的第二多个导体,所述第二导体图案与所述第一导体图案对准,由此所述第二导体图案增强由所述第一导体图案产生的磁通量,其中,所述第一导体图案和所述第二导体图案被相对于彼此放置以沿相同方向提供通量传输;

铁氧体层,其与所述无线电力传送线圈相邻,所述铁氧体层包括复合磁性结构,所述复合磁性结构包括与粘结材料组合并被注射成型以形成复合铁氧体层的铁氧体粉末,所述复合铁氧体层在所述复合铁氧体层的中心处较厚并且在其周界处较薄,以使得空间密度或厚度中的至少一个随着朝向所述无线电力传送线圈的周界的通量密度而减小;以及

涡流屏蔽件,

其中,所述无线电力传送线圈、所述铁氧体层和所述涡流屏蔽件被平行设置在所述壳体内。

28.一种无线电力传送线圈组件,包括:

壳体;

根据权利要求1所述的无线电力传送线圈;

铁氧体层;以及

涡流屏蔽件,

其中,所述无线电力传送线圈、所述铁氧体层和所述涡流屏蔽件被平行布置在所述壳体内。

无线电力传送薄型线圈组件

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2017年5月30日提交的美国临时专利申请第62/512,544号的优先权。该申请的内容通过引用并入本文中。

技术领域

[0003] 本专利申请描述了无线电力传送线圈组件,因为其涉及通过使用磁谐振感应进行的无线充电。本文描述的无线电力传送线圈组件可以用作发送无线电力的传送装置的一部分或接收无线电力的传送装置的一部分。

背景技术

[0004] 谐振感应无线充电利用由沿着公共线圈轴移位的两个同心线圈组成的空气芯变压器。借助于两个传送线圈之间的磁通链将电力从发送装置发送到接收装置。在初级线圈中流动的高频交流电将交流电感应到次级线圈中。

[0005] 由于无线电力传送工作频率显著高于线频率,通常为20kHz和更高,因此实心导线由于趋肤效应而相对于直流具有显著升高的AC损耗。为了限制AC电阻,通常将无线电力传送线圈导体实现为并联连接的多个独立绝缘的小直径导体,其通常被聚集在一起成为绳捻配置。这种类型的线被称为利兹(Litz)线。在这种应用中利兹线具有许多缺点。由于各个导线之间的空隙空间以及还由于各个导线绝缘材料占据截面的很大部分,导致利兹线的截面面积的利用率较差。绝缘材料和空隙空间体积使得难以从利兹束内部移除热量。最后,利兹线是昂贵的,并且涉及利兹线的组装操作,尤其是线形成和连接器附件,是劳动密集型的。

[0006] 期望设计和构造避免利兹线的不利使用的谐振感应传送线圈的方法。

发明内容

[0007] 一种谐振感应无线电力传送线圈,包括:防风雨壳体内部的背靠通量引导铁氧体磁性材料层的印制电路板。附加部件包括:包括在防风雨壳体中的谐振电容器、整流器和整流后波纹滤波器。多个独立的单独印制电路板迹线对应于在常规传送线圈中存在的多个独立利兹线导体。选择迹线宽度以使导体涡流和邻近效应最小化。整个迹线图案确保多个迹线之间的电流共享。本文描述的所得到的平面螺旋电感器具有低AC电阻,并且可以容易地和廉价地制造为常规的印制电路板。

[0008] 样例实施方式包括无线电力传送线圈,该无线电力传送线圈包括:印制电路板,其具有第一侧和第二侧;第一导体图案,其包括在印制电路板的第一侧上以螺旋方式缠绕的第一多个导体;以及第二导体图案,其包括在印制电路板的第二侧上以螺旋方式缠绕的第二多个导体,第二导体图案与第一导体图案对准,由此第二导体图案增强由第一导体图案产生的磁通量。在样例实施方式中,第一导体图案和第二导体图案被相对于彼此放置以沿相同方向提供通量传输。可以提供至少一个电连接件以将第一导体图案和第二导体图案的相应导体电连接。电连接件可以包括穿过印制电路板的至少一个通孔或者夹具、接线片

(lug) 和端子中的至少一个或更多个。通孔也可以是镀制偏移通孔。

[0009] 在样例实施方式中,第一导体图案和第二导体图案包括被配置为正方形扁平平面螺旋的至少2匝导体,并且第一多个导体和第二多个导体均包括至少两个独立导体。

[0010] 迹线厚度受到工作频率处的趋肤深度的限制,因为其对AC电阻有贡献。在谐振感应无线电力工作频率处的趋肤深度 δ 由 $\delta = \sqrt{2\sigma/\omega\mu}$ 给出,其中 σ 是以欧姆·米为单位的导体电阻率, ω 是以弧度/秒为单位的工作频率,并且 μ 是导体的磁导率。

[0011] 迹线宽度受到容许的导体涡流的限制。导电元件在均匀磁场中的涡流损耗为

$P = \frac{\pi^2 B^2 d^2 f^2}{6\rho}$;其中B是峰值磁场,d是导电元件垂直于磁场矢量的最小尺寸,f是以Hz为

单位的工作频率, ρ 是导电元件的电阻率并且P是每单位体积的功率耗散。因为迹线间电压接近于零,所以使迹线间间隔最小化到制造能力。匝间邻近效应使迹线间邻近效应最小化。使匝间间隔最小化到匝间电压所允许的极限。

[0012] 无线电力传送线圈还可以包括在第一导体图案和第二导体图案的中心的线圈端子和相关联的通孔,或者在第一导体图案和第二导体图案的外边缘以及印制电路板的外边缘处的线圈端子和相关联的通孔。

[0013] 无线电力传送线圈还可以包括多层线圈堆叠,该多层线圈堆叠包括具有第一导体图案和第二导体图案的 $2n$ 层,其中n是正整数。在第一配置中,其中,n=1,该多层线圈堆叠包括提供正向电流路径导体的第一导体图案、提供返回电流路径导体的第二导体图案,以及设置在第一导体图案与第二导体图案之间的差模电介质。

[0014] 在另一实施方式中,其中,n=2,多层线圈堆叠分别包括:提供正向电流路径导体的第一导体图案;提供返回电流路径导体的第二导体图案;提供正向电流路径导体的第三导体图案;提供返回电流路径导体的第四导体图案;设置在第一导体图案与第二导体图案之间的第一差模电介质;设置在第三导体图案与第四导体图案之间的第二差模电介质;以及设置在第二导体图案与第三导体图案之间的第三差模电介质。

[0015] 在替选实施方式中,多层线圈堆叠分别包括:提供正向电流路径导体的第一导体图案;提供返回电流路径导体的第二导体图案;提供返回电流路径导体的第三导体图案;提供正向电流路径导体的第四导体图案;设置在第一导体图案与第二导体图案之间的第一差模电介质;设置在第三导体图案与第四导体图案之间的第二差模电介质;以及设置在第二导体图案与第三导体图案之间的共模电介质。

[0016] 在又一实施方式中,多层线圈堆叠分别包括:提供正向电流路径导体的第一导体图案;提供正向电流路径导体的第二导体图案;提供返回电流路径导体的第三导体图案;提供返回电流路径导体的第四导体图案;设置在第一导体图案与第二导体图案之间的第一共模电介质;设置在第三导体图案与第四导体图案之间的第二共模电介质;以及设置在第二导体图案与第三导体图案之间的差模电介质。

[0017] 多层线圈堆叠还可以包括端子,该端子被实现为沿着每个印制电路板的边缘偏移以有助于连接至每个印制电路板的相应导体图案的独立端子对的独立突片。还可以提供过孔或端子以经过相应板的中间连接相应的导体图案。第二端子也可以被实现为沿着每个印制电路板的中心偏移以有助于连接至每个印制电路板的相应导体图案的独立端子对的独立突片。

[0018] 在其他实施方式中,端子可以被实现为沿着每个印制电路板的中心偏移以有助于连接至每个印制电路板的相应导体图案的独立端子对的独立突片。在这样的实施方式中,过孔或端子可以经过相应电路板的外边缘连接相应导体图案。

[0019] 差模电介质应当能够承受导体之间的最大电压差。在样例实施方式中,可以使共模电介质最小化到制造公差,因为跨共模电介质的电压接近于零。

[0020] 可以将无线电力传送线圈并入到无线电力传送线圈组件中,该无线电力传送线圈组件还包括壳体、铁氧体层和涡流屏蔽件。在样例实施方式中,无线电力传送线圈、铁氧体层和涡流屏蔽件平行设置在壳体内。

[0021] 铁氧体层可以包括铁氧体背衬层,该铁氧体背衬层被结合到等厚度的铁氧体条、瓦(tile)或板以便将铁氧体条保持在一起作为单个组件,其中铁氧体的平铺(tiling)密度在无线电力传送线圈的中心附近是连续的或接近连续的,并且平铺密度随着靠近无线电力传送线圈的周界而逐渐减小。替选地,该铁氧体层可以包括复合磁性结构,该复合磁性结构包括与粘结材料组合并且被注射成型以形成复合铁氧体层的铁氧体粉末,其中复合铁氧体层的中心处较厚并且其周界处较薄。另一方面,涡流屏蔽件可以包括沉积在电介质基板上的导电片或导电膜,该导电片或导电膜适于拦截并耗散未被铁氧体层转移的剩余磁通量。组件还可以包括布置在壳体与无线电力传送线圈之间、无线电力传送线圈与铁氧体层之间以及铁氧体层与涡流屏蔽件之间的机械共形非导电层。这些非导电层适于为无线电力传送线圈和铁氧体层提供机械支承、散热和物理间隔。

[0022] 在样例实施方式中,壳体还包括包含电力控制件、通信件和/或传感器电子器件的封闭体积。电路可以包括谐振电容器、电力控制电路、通信电路和适于提供对象检测功能的电路。谐振电容器可以具有被实现为位于铁氧体层与壳体之间的附加层的薄的多层金属化电介质片的形式。替选地,谐振电容器可以具有位于铁氧体层的低场强度侧的薄的大面积金属化电介质膜的形式。

[0023] 在另外的样例实施方式中,无线电力传送线圈中的至少两个可以被堆叠并且并联连接以增大绕组载流量,或者被堆叠并且串联连接以增大绕组电感。

[0024] 在替选实施方式中,无线电力传送线圈的中心处定位有传感器孔,并且该传感器孔包括传感器电子器件,同时允许传感器或通信信号向/从无线电力传送线圈组件的相应侧的双向通过。传感器电子器件可以包括光管、声波导、电磁波导或电介质波导以用于感测和通信。此外,在样例实施方式中,电磁波导可以具有适于避免产生涡流的高通或带通频率选择表面。此外,电介质波导可以被实现为适于避免涡流产生的单线吉博(Goubau)传输线。

[0025] 在另外的替选实施方式中,印制电路板可以由扁平螺旋导电带代替,该扁平螺旋导电带的厚度不厚于第一导体图案在工作频率处的趋肤深度的四倍,其中,在谐振感应无线电力工作频率处的趋肤深度 $\delta = \sqrt{2\sigma/\omega\mu}$ 给出,其中 σ 是以欧姆·米为单位的导体电阻率, ω 是以弧度/秒为单位的工作频率,并且 μ 是导体的磁导率。

附图说明

[0026] 图1A示出了根据样例实施方式的被实现为中心馈送式双面印制电路板的谐振感应无线电力传送线圈的顶侧迹线图案。

- [0027] 图1B示出了透过顶侧观看的图1A的谐振感应无线电力传送线圈的底侧图案。
- [0028] 图1C示出了图1A和图1B的叠加的顶侧图案和底侧图案。
- [0029] 图2A示出了根据样例实施方式的被实现为外边缘馈送式双面印制电路板的谐振感应无线电力传送线圈的顶侧迹线图案。
- [0030] 图2B示出了透过顶侧观看的图2A的谐振感应无线电力传送线圈的底侧图案。
- [0031] 图2C示出了图2A和图2B的叠加的顶侧图案和底侧图案。
- [0032] 图3A至图3H示出了根据透过顶侧观看的样例实施方式的被实现为外边缘端接多层多导体线圈的谐振感应无线电力传送线圈的各个层的单独导体图案,其中所述外边缘端接多层多导体线圈被实现为八层印制电路板。
- [0033] 图3I示出了从顶侧透过叠加层观看的图3A至图3H的矩形平面线圈的复合八层堆叠。
- [0034] 图3J示出了具有偏移的镀制通孔的图3A至图3H的矩形平面线圈的复合八层堆叠的样例实施方式。
- [0035] 图4A示出了包括 $2n$ 层的样例多层线圈堆叠的截面图,其中 $n=1$ 。
- [0036] 图4B示出了具有交替的正向电流路径导体和返回电流路径导体的基本四层线圈($n=2$)。
- [0037] 图4C示出了具有差模电介质及在外层上的正向电流路径和在内层上的返回电流路径的基本四层线圈($n=2$)。
- [0038] 图4D示出了具有带共模电介质的非交错导体的基本四层线圈($n=2$)。
- [0039] 图5A示出了样例实施方式中的由图1至图4所示的类型的多个独立多突片式多层平面线圈构成的并且具有外边缘末端的线圈堆叠的透视图。
- [0040] 图5B示出了样例实施方式中的由图1至图4所示的类型的多个独立多突片式多层平面线圈构成的并且具有中心馈送式末端的线圈堆叠的透视图。
- [0041] 图5C示出了样例实施方式中的由图1至图4所示的类型的多个独立多突片式多层平面线圈构成的并且具有外边缘末端和中心馈送式末端两者的线圈堆叠的透视图。
- [0042] 图6A示出了平面线圈的分布式集总元件电气表示的末端接双层并联线圈。
- [0043] 图6B示出了平面线圈的分布式集总元件电气表示的末端接四层交错并联线圈。
- [0044] 图6C示出了平面线圈的分布式集总元件电气表示的末端接四层交错并联线圈的替选布置。
- [0045] 图6D示出了平面线圈的分布式集总元件电气表示的末端接四层非交错并联线圈。
- [0046] 图6E示出了平面线圈的分布式集总元件电气表示的端接双层并联线圈。
- [0047] 图6F示出了平面线圈的分布式集总元件电气表示的端接四层交错并联线圈。
- [0048] 图6G示出了平面线圈的分布式集总元件电气表示的端接四层交错并联线圈的替选布置。
- [0049] 图6H示出了平面线圈的分布式集总元件电气表示的端接四层非交错并联线圈。
- [0050] 图6I示出了平面线圈的分布式集总元件电气表示的末端接四层交错串联线圈。
- [0051] 图6J示出了平面线圈的分布式集总元件电气表示的端接四层交错串联线圈。
- [0052] 图7示出了根据样例实施方式的车辆侧传送线圈组件的截面视图。
- [0053] 图8示出了根据替选实施方式的车辆侧传送线圈组件的截面视图。

[0054] 图9示出了根据样例实施方式的具有添加的传感器孔的车辆侧传送线圈组件的截面视图。

[0055] 图10示出了根据替选实施方式的具有添加的传感器孔的车辆侧传送线圈组件的截面视图。

具体实施方式

[0056] 通过参考结合附图和示例进行的以下详细描述,可以更容易地理解本文描述的无线电力传送线圈组件和相关联的方法,附图和示例形成本公开内容的一部分。要理解的是,本说明书不限于本文中描述和/或示出的特定产品、方法、条件或参数,并且本文中使用的术语用于通过仅示例的方式描述特定实施方式的目的而不意在限制任何所要求保护的主题。类似地,关于可能的作用模式或机制或改进理由的任何描述仅旨在是说明性的,并且本文中描述的主题不受任何这样建议的作用模式或机制或改进理由的正确性或不正确性的限制。贯穿本文,应认识到,描述涉及方法和用于实现这样的方法的系统/软件两者。

[0057] 现在将参照图1至图10描述说明性实施方式的详细描述。虽然本说明书提供了可能的实现方式的详细示例,但是应当注意,这些细节意在是示例性的并且不以任何方式界定发明主题的范围。

[0058] 图1是非自谐振线圈结构的表示,该非自谐振线圈结构包括中心馈送式双面印制电路板谐振感应无线电力传送线圈,该无线电力传送线圈具有被配置为正方形扁平平面螺旋的 $3\frac{1}{4}$ 匝。在样例实施方式中,无线电力传送线圈具有至少2匝。图1A示出了由四个独立导体组成的顶侧导体图案100,但是可以使用两个或更多个独立导体。图1B示出了透过印制电路板观看所看到的底侧导体图案101。底侧导体图案101与沿垂直中心线从左向右翻转并顺时针旋转90度的顶侧导体图案相同。将理解的是,导体图案100、101不必相同和翻转。然而,顶侧导体图案100和底侧导体图案101应当充分对准以通过将由每个图案产生的磁通量通过另一图案来增强来使磁通量产生最大化。图1C示出了叠加的顶侧和底侧图案102。镀制通孔103(通常也称为过孔)可以将顶部迹线图案100和底部迹线图案101电连接。线圈端子104和相关联的镀制通孔103被示出在线圈102的中心处。至诸如线圈谐振电容器的板外部件的连接可以借助于多个平行但独立的导体来实现,从而扩展有利的平面多个独立导体结构。对于自谐振线圈,端子104直接连接至电源,其中在非自谐振线圈中,端子连接至谐振电容器。此外,在替选实施方式中,顶层100与底层101之间的连接可以被实现为诸如夹具、接线片(lug)或端子的电结构而不是镀制通孔103。

[0059] 如图1C所示,顶侧导体在可能的情况下被直接放置在对应的底侧导体上方,原因是这样的放置允许一致的通量传输并且顶部绕组和底部绕组拦截相同的通量分布。结果是具有两层和总共61/2匝的对称扁平平面螺旋电感器102。因为电流在顶部100和底部101部分中沿相同的方向流动,所以由顶层和底层产生的磁通量被增强。在该示例中,如果电流被馈送到顶部导体层端子104中,则当从顶部透过板观看时,电流流动沿顺时针方向。馈送到底部导体层端子104中的电流导致逆时针电流流动。连接顶部螺旋和底部螺旋可以使匝数加倍,并且使总电感增加为四倍。

[0060] 图2是非自谐振线圈结构的示例,其包括外边缘馈送式双面印制电路板谐振感应无线电力传送线圈,该无线电力传送线圈具有被配置为正方形扁平平面螺旋的 $3\frac{1}{4}$ 匝。在

样例实施方式中,无线电力传送线圈具有至少2匝。图2A示出了由四个独立导体组成的顶侧导体图案200,但是也可以使用两个或更多个独立导体。图2B示出了透过印制电路板观看所见的底侧导体图案201。底侧导体图案201与沿竖直中心线左右翻转并顺时针旋转90度的顶侧导体图案相同。将理解的是,导体图案200、201不必相同且翻转。图2C示出了叠加的顶侧和底侧图案202。镀制通孔103(通常也称为过孔)可以将顶部迹线图案200和底部迹线图案201电连接。线圈端子和相关联的镀制通孔103被示为处于线圈202的外角处。到板外部件(例如线圈谐振电容器)的连接可以借助于多个并行但独立的导体104来实现,从而扩展有利的平面多个独立导体结构。对于自谐振线圈,端子104直接连接至电源,而在非自谐振线圈中,端子连接至谐振电容器。此外,顶层与底层之间的连接可以被实现为诸如夹具、接线片或端子的电结构以代替镀制通孔103。

[0061] 如图2C所示,顶侧导体200在可能的情况下被直接放置在对应的底侧导体上方,这样的放置允许一致的通量传输并且顶部绕组和底部绕组拦截相同的通量分布。结果是具有两层和总共 $6\frac{1}{2}$ 匝的对称的扁平螺旋电感器202。因为电流在顶部部分200和底部部分201中以相同的方向流动,所以由顶层和底层产生的磁通量被增强。在该示例中,如果电流被馈送到顶部导体层端子104中,则当从顶部透过板观看时,电流流动沿逆时针方向。被馈送到底部导体层端子104中的电流导致顺时针的电流流动。连接顶部和底部螺旋使匝数加倍并且使总电感增大为四倍。

[0062] 在图1和图2的实施方式中,并行操作以构成单个绕组导体的迹线的数目由工作频率、迹线材料电导率和操作电流确定。窄的迹线宽度限制迹线宽度尺寸中的导体涡流,并且还保持各个迹线截面上的均匀电流密度。均匀磁场中导电元件的涡流损耗为

$$P = \frac{\pi^2 B^2 d^2 f^2}{6\rho};$$

其中B是峰值磁场,d是导电元件垂直于磁场矢量的最小尺寸,f是以Hz为单位的工作频率,ρ是导电元件的电阻率,并且P是每单位体积的电力耗散。

[0063] 迹线厚度受到工作频率下的趋肤深度的限制,因为趋肤深度对AC电阻有贡献。在典型的谐振感应无线电力频率下的趋肤深度δ由 $\delta = \sqrt{(2\sigma/\omega\mu)}$ 给出,其中σ是以欧姆·米为单位的导体电阻率,ω是以弧度/秒为单位的工作频率,并且μ是迹线材料的磁导率。

[0064] 对于指定的迹线截面面积和环境条件,并行迹线的数目由迹线的操作电流和载流量确定。图1和图2示出了使用4个并行导体的实施方式,但是可以使用任何数目的并行导体。匝集合内相邻迹线间的间距可以偏小,仅受印制电路板制造设计规则的限制,因为同一集合内的迹线到相邻迹线的电压接近零。导体集合之间的匝间间隔必须足以在相邻匝之间提供足够的电压隔离。匝间电压与匝直径的比率成比例。印制电路板电介质层的厚度应当足以防止介电击穿。

[0065] 顶侧导体图案200的较长的靠外导体连接至底侧导体图案201的较短的靠内导体。以这种方式将导体从内侧交换到外侧使导体长度和电感相等。相等的长度和电感使电阻和电抗相等,这使导体之间的电流分布相等。顶侧导体和底侧导体是相叠加的。磁通量流过导体间缝隙。在样例实施方式中,所有导体迹线具有相等的长度。

[0066] 如下面将讨论的,图1和图2中描述的双层结构可以扩展到2n层,其中n是任何正整数值。可以通过设计线圈层之间的电容使2n层线圈结构自谐振,使得自谐振频率

$f_r = 1 \div (2\pi\sqrt{LC})$ ，其中L=线圈结构的等效电感并且C=线圈结构的等效电容。对于自谐振线圈结构，线圈端子和镀制通孔104直接连接至电源。

[0067] 图3是多层多导体对边缘端接线圈的表示。在该样例实施方式中，图3描绘了各个线圈的八层堆叠，每个线圈大约 $3\frac{1}{4}$ 至 $3\frac{1}{2}$ 匝。导体图案300是顶层(第1层)，301是第2层，302是第3层，303是第4层，304是第5层，305是第6层，306是第7层，以及307是底层(第8层)。导体对300和301、302和303、304和305、306和307遵循与图2所绘标准相同的标准。对于顺时针电流配置，图3A、图3C、图3E和图3G的线圈端子104接收输入信号，而图3B、图3D、图3F和图3H的线圈端子104提供输出信号。根据线圈配置，镀制通孔103可以包括盲孔和/或埋孔，其连接某些层同时隔离其他层。应当理解，镀制通孔103不需要全部直接落在彼此的顶部上。可以利用独立的镀制通孔103图案来使各个成对的连接偏移。图3J中描绘了示出偏移的镀制通孔103的样例实施方式。

[0068] 图3I是从顶侧透过印制电路板或层压组件观看到的复合八层堆叠。导体图案308是图案300至图案307的叠加。在该实施方式中，镀制通孔103在层之间传递电流。线圈端子104全部位于线圈组件的外边缘上。在替选实施方式中，可以设置处于线圈结构中心的开口，该开口将允许借助于导电夹持机构在层对之间传递电流。

[0069] 本领域技术人员将理解，可以将图3的线圈堆叠设置在可以被实现为印制电路板(PCB)的多层层压组件内。

[0070] 图4示出了四个示例多层线圈堆叠的截面视图，这些多层线圈堆叠包括 $2n$ 层，其中“n”可以是任何正整数。图1、图2和图3中描绘的导体图案可以应用于图4中描绘的截面。

[0071] 图4A示出了基本的双层情况($n=1$)，其中400是正向电流路径导体，401是返回电流路径导体以及402是差模电介质。

[0072] 图4B示出了基本的四层情况($n=2$)，再次说明，其中400是正向电流路径导体，401是返回电流路径导体以及402是差模电介质。图4B的实施方式基本上是两个图4A中描绘的在其间具有附加的差模电介质层402的双层面板的堆叠。该实现方式包括交替的正向电流路径导体和返回电流路径导体。要将图4B扩展到六层或更多($n=3+$)，重复包括差模电介质402、正向电流路径导体400、差模电介质402和返回电流路径导体401的图案404即可。

[0073] 图4C示出了基本的四层情况($n=2$)，再次说明，其中400是正向电流路径导体，401是返回电流路径导体，402是差模电介质以及403是共模电介质层。该配置类似于图4B，除了底部两层被颠倒使得正向电流在顶层和底层400上行进并且返回电流在内层401上行进。这得到共模电介质403，因为返回电流路径导体401彼此电并联。要将图4C扩展到六层或更多($n=3+$)，重复包括共模电介质403、 $n=$ 奇数的正向电流路径导体400或 $n=$ 偶数的反向电流路径导体401、差模电介质402以及 $n=$ 奇数的反向电流路径导体401或 $n=$ 偶数的正向电流路径导体400的图案405即可。

[0074] 图4D示出了基本的四层情况($n=2$)，再次说明，其中400是正向电流路径导体，401是返回电流路径导体，402是差模电介质以及403是共模电介质层。该配置与图4A类似，除了顶层和底层各自并联添加有附加层以用于承载正向和反向电流。这得到在顶部两个导体400与底部两个导体401之间的共模电介质403以及在该四层堆叠的中央的一个差模电介质402。要将图4D扩展到六层或更多($n=3+$)，重复包括共模电介质403和正向电流路径导体

400的顶侧上的图案406,此外,重复包括共模电介质403和反向电流路径导体401的底侧上的图案407即可。

[0075] 应当理解,图4A至图4D的线圈配置可以用于创造具有更多线圈层的其他实施方式。例如,六个差分线圈组件对可以被实现为如图4B、图4C和图4D中描绘的4层堆叠的多个实例和组合以提供24层线圈设计。

[0076] 图5描绘了可以由如图1至图4所示的多个独立的多层线圈实现方式构成的线圈堆叠的立体图。

[0077] 图5A是可以由如图1至图4所描绘的多个独立的多层线圈实现方式构成的边缘端接线圈堆叠的物理表示。在图5A的样例实施方式中,设置了实现图3的导体图案的四个独立平面线圈。项500是包括n层导体图案300和301的平面线圈,其中n是正整数。项501是包括n层导体图案302和303的平面线圈。项502是包括n层导体图案304和305的平面线圈。项503是包括n层导体图案306和307的平面线圈。线圈端子504可以被实现为平面线圈500至503的独立“突片”(“tab”),其如图所示沿着边缘偏移以有助于连接至独立端子对。信号可以使用如图1至图4所示的实施方式中的经由中间部位连接板的过孔或端子在层之间传递。在图5A的实施方式中,设置了从边缘向内成螺旋状的边缘图案,并且板通过经由各个板的中间部位而连接的过孔或端子(未示出)传递信号。

[0078] 图5B是可以由如图1至图4所描绘的多个独立的多层线圈实现方式构成的中心馈送式线圈堆叠的物理表示。在图5B的样例实施方式中,设置了实现图3的导体图案的四个独立平面线圈。项500是包括n层导体图案300和301的平面线圈,其中n是正整数。项501是包括n层导体图案302和303的平面线圈。项502是包括n层导体图案304和305的平面线圈。项503是包括n层导体图案306和307的平面线圈。线圈端子504可以被实现为平面线圈500至503的独立“突片”,其如图所示沿着中央核心偏移以有助于连接至独立端子对。信号可以使用如图1至图4所示的实施方式中的经由中间部位连接板的过孔或端子在层之间传递。在图5B的实施方式中,设置了从中心向外螺旋的中心馈送图案,并且板通过经由各个板的外角而连接的过孔或端子(未示出)传递信号。

[0079] 图5C是具有边缘端接与中心端接二者的线圈堆叠的物理表示。每个线圈堆叠可以由如图1至图4所描绘的多个独立的多层线圈实现方式构成。在图5C的样例实施方式中,设置了实现图3的导体图案的四个独立平面线圈。项500是包括n层导体图案300和301的平面线圈,其中n是正整数。项501是包括n层导体图案302和303的平面线圈。项502是包括n层导体图案304和305的平面线圈。项503是包括n层导体图案306和307的平面线圈。线圈端子504可以被实现为平面线圈500至503的独立“突片”,其如图所示沿着边缘以及沿着中央核心偏移以有助于连接至独立端子对。信号可以使用如图1至图4所示的实施方式中的经由中间部位连接板的过孔或端子在层之间传递。在具有边缘端接和中心端接二者的图5C的实施方式中,线圈堆叠可以被配置为边缘馈送式或中心馈送式线圈堆叠。

[0080] 使用如图5所示的多个独立的多层线圈堆叠可以在线圈导体层的总数很大的制造中提供成本效益。代替生产具有16至24层的一个印制电路板,可以将四至六个4层的线圈堆叠集成到一个组件中。附加实施方式可以包括“m”个线圈堆叠,其中“m”是大于1的任何正整数(例如,具有两个突片的两个线圈堆叠或具有十个突片的十个线圈堆叠)。

[0081] 图6是图4中描绘的多层平面线圈堆叠的电气形式。图6A、图6B、图6C、图6D和图6I

末端接并且因此在层之间没有直接的电连接,而图6E、图6F、图6G、图6H和图6J被端接因而在层之间具有串行和/或并行连接,这取决于配置。

[0082] 图6A是具有图4A中描绘的截面的双层线圈的分布式元件表示。正向电流路径电感元件600和返回电流路径电感元件601分别对应于正向电流路径导体400和返回路径导体401。差模电介质容性元件602与差模电介质402相关。线圈电端子被标记为603。

[0083] 图6B是具有图4B中描绘的截面的四层线圈情形的分布式元件表示。正向电流路径电感元件600、返回电流路径电感元件601和差模电介质容性元件602分别与400、401和402相关。线圈电端子被标记为603。

[0084] 图6C是具有图4C中描绘的截面的四层线圈情形的分布式元件表示。正向电流路径电感元件600、返回电流路径电感元件601和差模电介质容性元件602分别与400、401和402相关。线圈电端子被标记为603。该配置类似于图6B,除了底部两层被颠倒使得正向电流在顶层和底层600上行进并且返回电流在内层601上行进。这得到与共模电介质403相关的共模电介质容性元件604。

[0085] 图6D是具有图4D中描绘的截面的四层线圈情形的分布式元件表示。该配置与图6A类似,除了顶层和底层各自并联添加有附加层以用于承载正向和反向电流。正向电流路径电感元件600、返回电流路径电感元件601和差模电介质容性元件602分别与400、401和402相关。线圈电端子被标记为603。共模电介质容性元件被标记为604。

[0086] 图6E、图6F、图6G和图6H分别与图6A、图6B、图6C和图6D相同,除了平面线圈层通过正向电流路径和返回电流路径电感元件的串联连接605彼此连接。可选地,图6F和图6G中的中间两层可以如图所示通过呈虚线的连接器606连接。在电气上,不需要有连接606,但是它们可以在制造中提供益处。

[0087] 图6I是完全串联谐振并且仅具有两个端子的四层交错线圈结构的分布式元件表示。该实施方式不需要平面线圈层之间的镀制通孔,因为电感元件和电容性元件会产生串联LC谐振。

[0088] 图6J是完全并联谐振并且仅具有两个端子的四层交错线圈结构的分布式元件表示。该实施方式确实包含镀制通孔,该镀制通孔从第1层到第2层到第3层然后再到第4层依次连接电感元件。该结构得到来自串联电感元件的并联谐振以及线圈绕组之间的并联电容。

[0089] 图7是根据样例实施方式的车辆侧传送线圈组件700的截面图示。传送线圈组件700被包含在环境密封的壳体内,该壳体包括线圈组件盖701和线圈组件壳体702。703指示包含图1A至图1C的线圈导体的印制电路板。线圈导体703的正上方是铁氧体背衬层704,其是将铁氧体条或瓦保持在一起作为单个组件的与铁氧体结合的非导电性粘合片、带、膜或布。在线圈组件的中心处磁通量密度最强。铁氧体层的空间密度以及铁氧体厚度必须足够避免饱和。因为磁通量强度朝着线圈周界减小,因此铁氧体层的空间密度和/或厚度可以变薄同时仍然避免饱和。铁氧体层变薄是减少传送线圈重量和降低成本的理想方法。在样例实施方式中,铁氧体层705被实现为具有恒定厚度的铁氧体条或板的阵列。阵列平铺在线圈的中心处是连续的或接近连续的。平铺密度在中心处最厚并且随着接近周界而逐渐降低。根据需要,铁氧体层平铺具有间隙以允许在需要的情况下线圈端子导体的突起以及其他突起或穿入。

[0090] 在样例实施方式中,铁氧体条平铺705和铁氧体背衬层704被单个复合磁性结构代替,该单个复合磁性结构包括与诸如热塑性塑料或树脂的粘结材料以及用于改善热导率的可能的附加物质(例如导热的电绝缘粉末)组合、被注塑成型或者以其他方式成形为最终或接近最终形式的铁氧体粉末。在传送线圈703的中心处磁通量最强,并且朝着周界衰减。这意味着复合铁氧体层705可以在通量最强的中心处较厚以避免铁氧体材料饱和而在周界处较薄以减少重量和材料成本。材料成分可以在空间上变化以根据位置调整热特性和磁特性。可以在需要的地方和根据需要包括针对冷却流体的通道。

[0091] 涡流屏蔽件706被实现为拦截并消散未被铁氧体层705转移的剩余磁通量的导电片或导电层。涡流屏蔽件706可以是为传送线圈组件700提供结构强度的金属板。为了避免干扰铁氧体层705的通量操纵动作,在该用途中优选相对磁导率接近1的非铁金属。替选地,涡流屏蔽件706可以是沉积在电介质基板上的导电膜。也可以通过将涡流屏蔽件706附接到壳体702的内表面或通过由铝制成壳体来将涡流屏蔽件706集成到线圈组件壳体中。

[0092] 层707是机械共形的非导电层,其为导体印制电路板703和铁氧体通量操纵层705提供机械支承、凭借导热率的散热和物理间隔。铁氧体通量操纵层705不应与导体印制电路板703或涡流屏蔽件706接触或几乎接触,以避免前者中过多的邻近效应电阻损耗以及后者中过多的涡流损耗。间隔层707可以由常规的弹性体压缩垫制成,用作发热电路与散热表面之间的间隙填充物。替选地,间隔层707可以被实现为注有诸如矿物油的导热液体的开孔泡沫材料。可以通过根据需要在间隔层707中布置孔或槽来获得提高冷却流体流量。在导体印制电路板703上,槽被放置在导体迹线之间或匝之间以保持导体连续性。线圈组件盖701还可以包括单独的封闭体积708,其包含诸如谐振电容器、整流器、整流后脉动滤波器部件、控制件、通信件、异物和活物检测电路以及接口电子器件的其他系统部件。

[0093] 在图7中,印制电路板703是双面的,其在顶侧和底侧上具有导电迹线但没有中间层。可以使用多个印制电路板或多层印制电路板,其中使匝并联以增大载流量或者使匝串联以增大电感。

[0094] 图8是根据替选实施方式的车辆侧传送线圈组件800的截面图示。根据需要可以包括其他印制电路板或层以实现传送线圈对准、近场通信、异物/活物检测或电场法拉第屏蔽功能。谐振电容器可以被实现为包含表面安装的电容器阵列的印制电路板,多个电容器允许电容和额定电压增大。替选地,谐振电容器可以物理地被实现为作为位于铁氧体层705与线圈组件壳体702之间的附加层而实现的薄的多层金属化电介质片。在图8中,在导体印制电路板703与线圈组件壳体702之间示出了对象检测PCB 809、铁氧体隔离层810和通信PCB 811。线圈组件盖701还可以包括单独的封闭体积708,其包含诸如谐振电容器、整流器、整流后脉动滤波器部件、控制件、通信件、异物与活物检测电路以及接口电子器件的其他系统部件。在又一实施方式中,谐振电容器可以被实现为在铁氧体层705的低场强侧上位于传送线圈组件800中的薄的大面积金属化电介质膜。

[0095] 在替选实施方式中,扁平螺旋导电带或导电条带代替了印制电路板703。以平行于入射磁通量的宽度尺寸放置带或条带以使穿过导体表面的涡流最小化。为了使厚度尺寸中的涡流最小化,导电带或条带的厚度被限制为不厚于工作频率下迹线导体中的趋肤深度的四倍。非导电间隔件保持相邻螺旋匝之间的间隔。另外,导电带或条带导体未绝缘以使得不妨碍散热。增大的带或条带宽度使导体载流量增大。对于印制电路导体,带或条带螺旋可以

竖直堆叠以在并行布线时增大载流量,或者在串行布线时增大电感。

[0096] 本领域技术人员将理解,接地侧传送线圈层可以与车辆侧线圈相同以提高制造效率。图9是添加有传感器孔900的车辆传送线圈组件的样例实施方式。传感器电子器件901进入与传感器导管端盖903端接的孔导管902。

[0097] 商业谐振感应无线电力设备通常需要辅助系统来满足当前和预期的法规要求。这些辅助系统包括线圈对准错误检测、通信、异物检测与活物检测,所有这些最好位于传送线圈有效面的几何中心处。然而,有效面的中心具有高的磁通量幅度,因而禁止在该位置放置布线和电子电路。

[0098] 图9示出了具有位于中心的传感器孔900的先前在图7中示出的传送线圈组件700。这个贯穿传送线圈组件的厚度尺寸的孔900允许传感器或通信信号从传送线圈组件的高磁通量强度的正面通过直至封闭体积708内的低磁通量强度区域的双向通过。封闭体积708内的传感器电子器件901可以是光学的、光学图像、光学视频、超声的以及微波、毫米波或太赫兹波电磁能。被标为902和903的部件分别是孔导管和孔端盖。孔导管和端盖的植入形式取决于传感器形式。对于光学传感器和通信,导管可以是不导电的空管、透明的光管或者是空间相干或不相干的光纤束。端盖903与传送线圈壳体702提供环境密封,但是还可以包括光学透镜,例如广角或鱼眼透镜。导管902也可以包括诸如透镜的光学部件。优选非导电材料以避免涡流产生。对于超声传感器或通信形式,传感器导管是声波导。端盖903如前述那样提供环境密封并且可以包括声学透镜或扩散器。

[0099] 对于电磁传感器形式,传感器导体是电磁波导或传输线结构。常规的金属波导或诸如带状线传输线的传输线结构由于在强磁场中产生涡流因而不合适。可以通过用高通或带通频率选择表面代替常规波导或传输线结构中存在的连续金属化表面来使这样的结构适合。替选地,导管传输线可以被实现为古博单线传输线,其中使发射器位于铁氧体层的低磁强度侧,或者使发射器由频率选择性金属化表面而非连续金属化表面构成。在样例实施方式中,电磁波导被实现为常规的电介质波导,其包括被低介电常数介质包围的高介电常数芯。端盖903提供可以包括电介质或人造电介质透镜的环境密封。通过对于绕组层703和较小的铁氧体瓦尺寸使用柔性印制电路板或者使用柔性或非平面的复合铁氧体层705,可以使传送线圈组件与非平面的表面(如圆柱体)共形以便简化机械装配、减少空气动力或流体动力阻力或将其放置在具有圆柱形或其他非平面形式的车辆或物体(例如水下自动驾驶车辆、炮弹或类似物)上。

[0100] 图10是根据替选实施方式的添加有传感器孔的车辆侧传送线圈组件800的截面图示。与图8的实施方式中一样,可以根据需要包括附加的印制电路板或层以实现传送线圈对准、近场通信、异物/活物检测或电场法拉第屏蔽功能。在图10中,与图8的实施方式中一样,在导体印制电路板703与线圈组件壳体702之间设置有物体检测PCB 809、铁氧体隔离层810和通信PCB 811。

[0101] 虽然以上已经描述了各种实现方式,但是应当理解,这些实现方式仅作为示例提供而不是作为限制。例如,与上述系统和方法相关联的任何元素都可以采用上文中阐述的任何所需功能。因此,优选实现方式的广度和范围不应受到任何上述示例实现方式的限制。

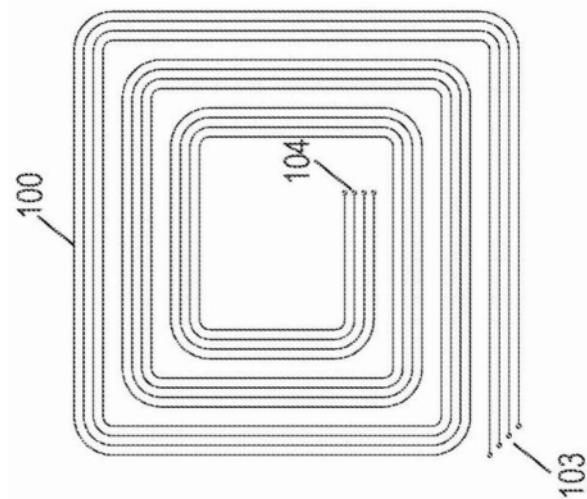


图1A

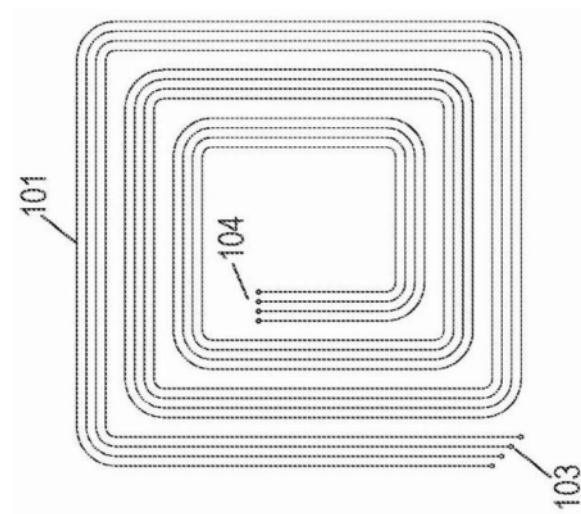


图1B

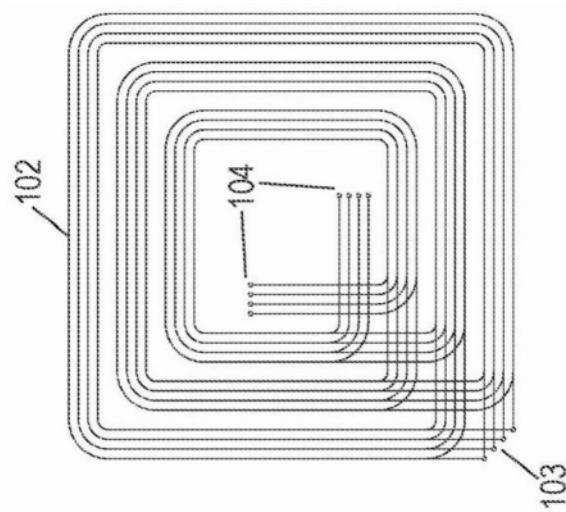


图1C

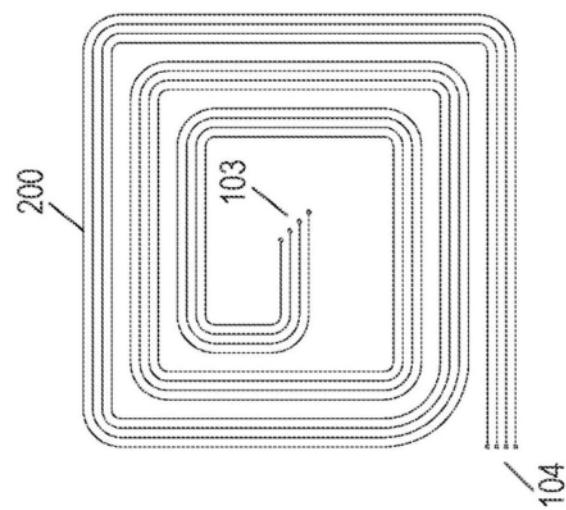


图2A

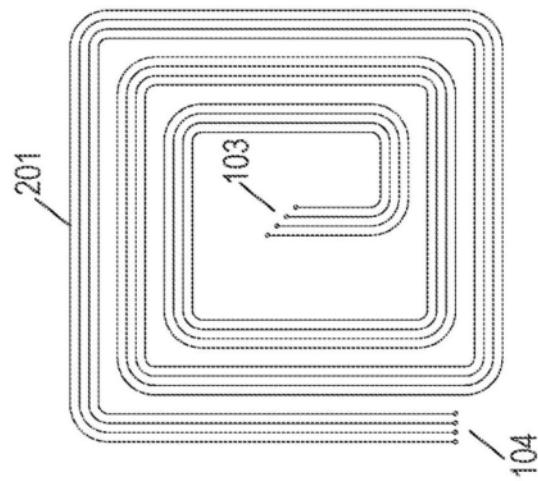


图2B

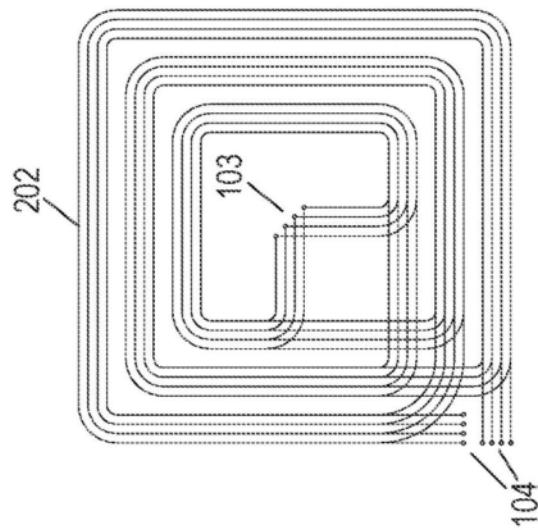


图2C

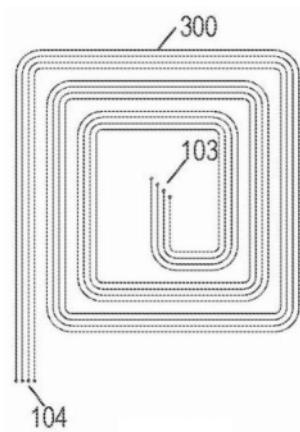


图3A

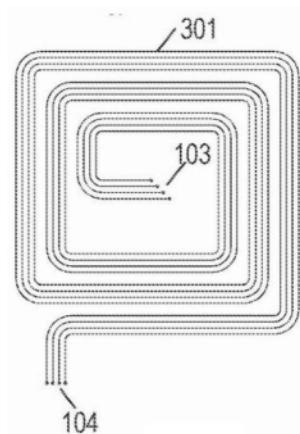


图3B

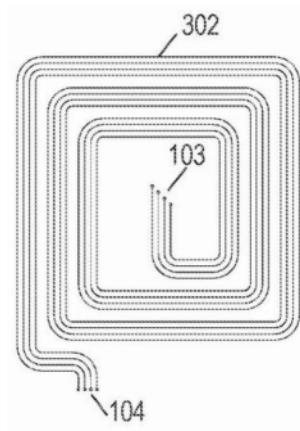


图3C

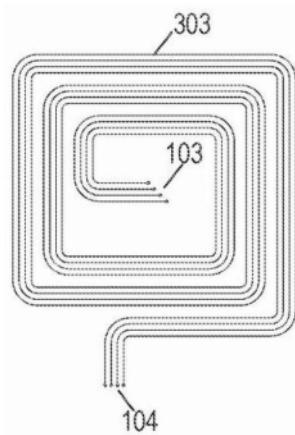


图3D

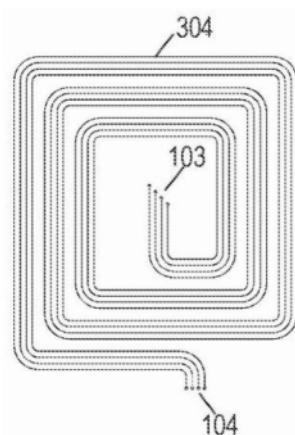


图3E

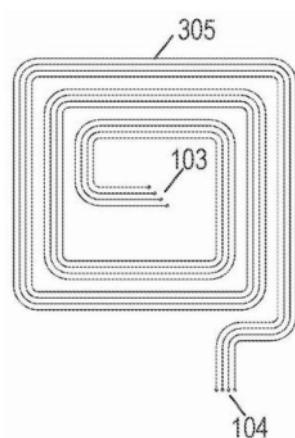


图3F

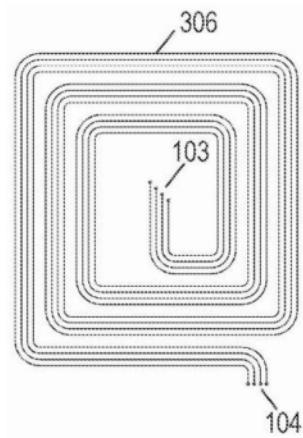


图3G

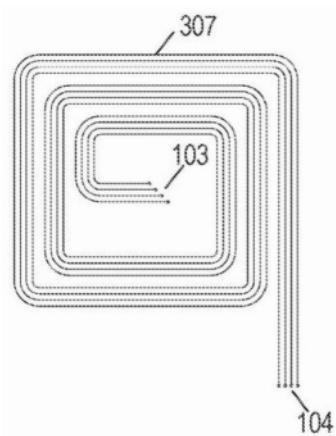


图3H

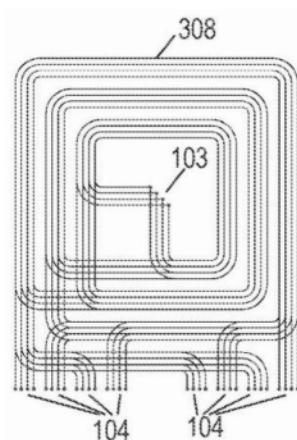


图3I

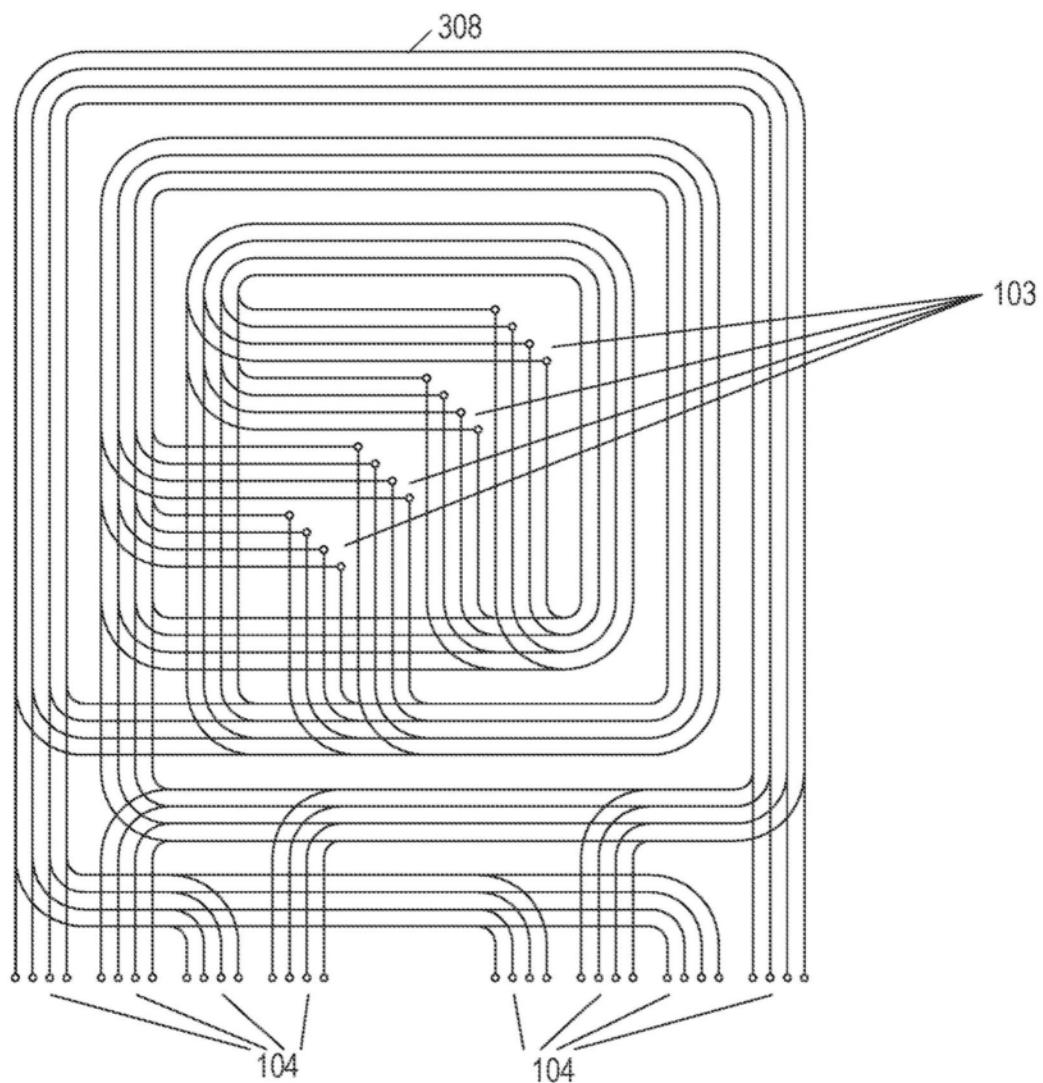


图3J

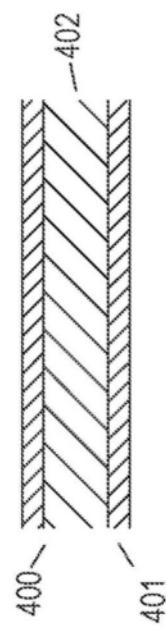


图4A

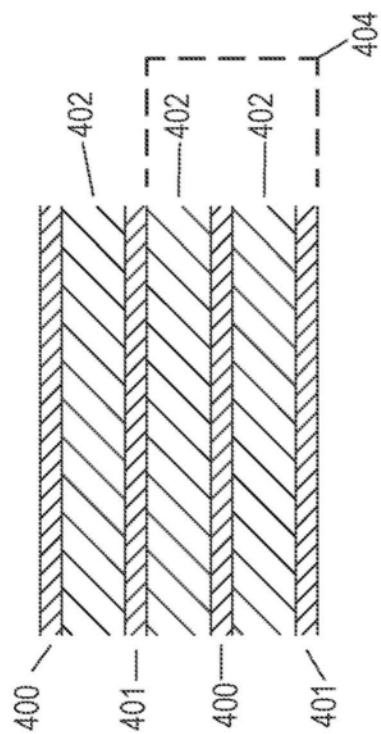


图4B

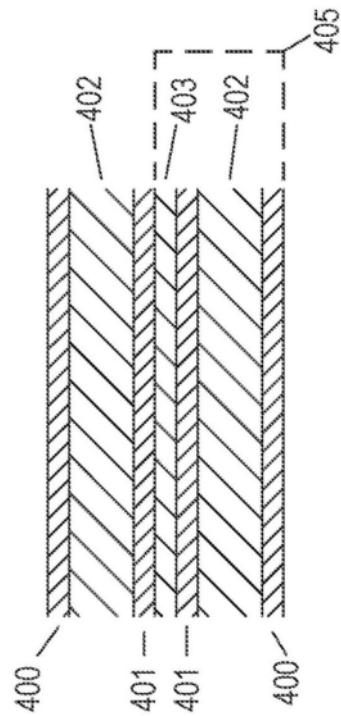


图4C

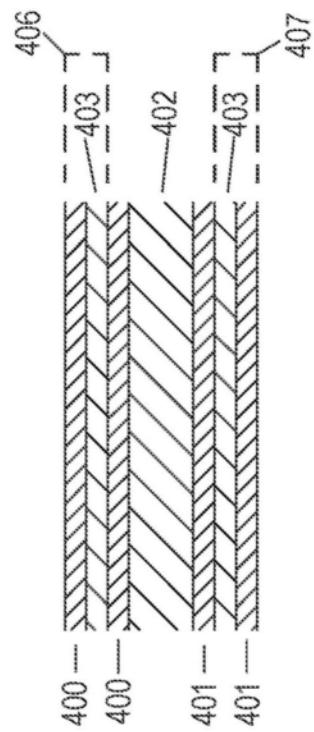


图4D

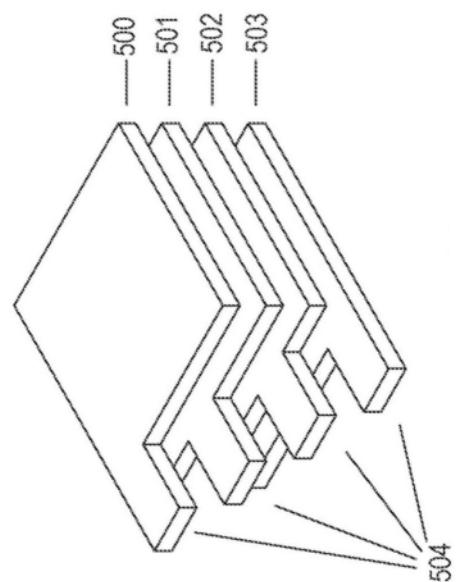


图5A

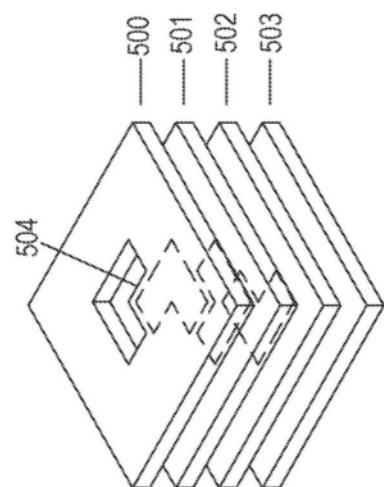


图5B

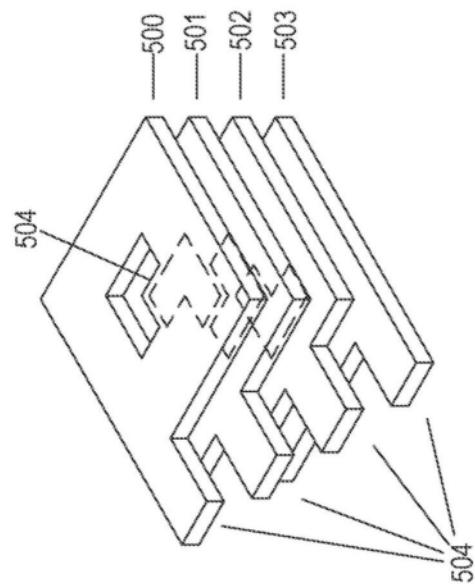


图5C

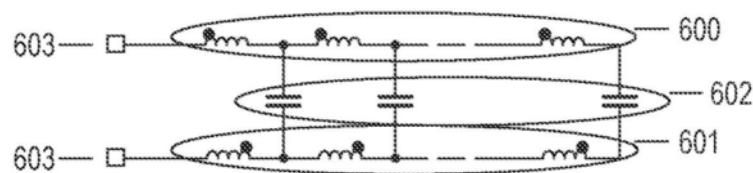


图6A

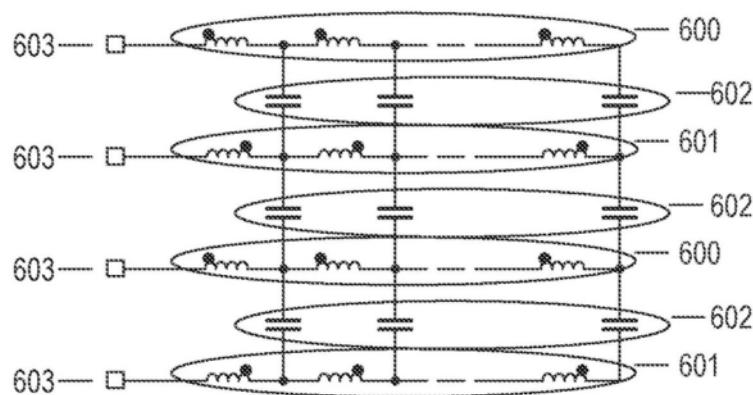


图6B

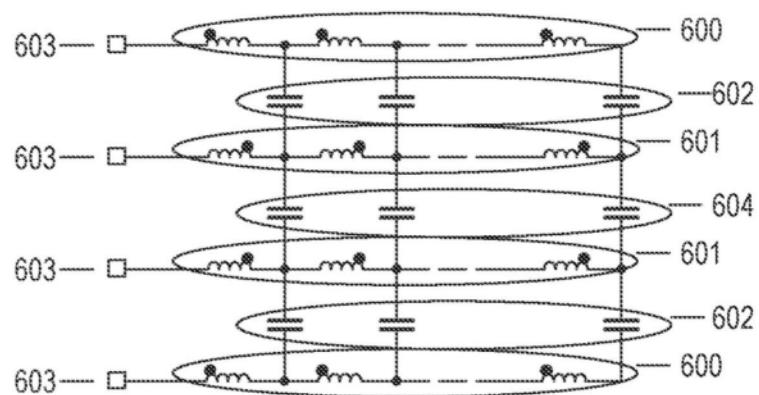


图6C

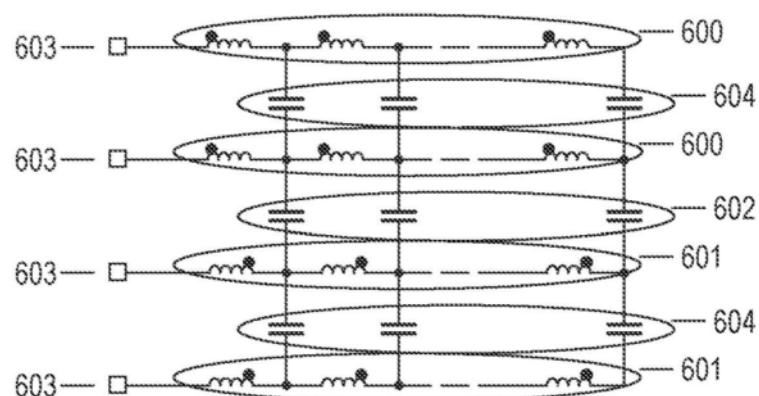


图6D

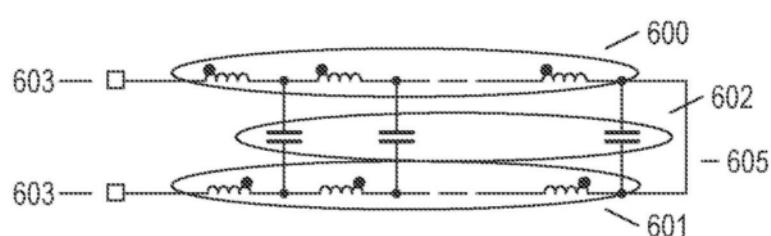


图6E

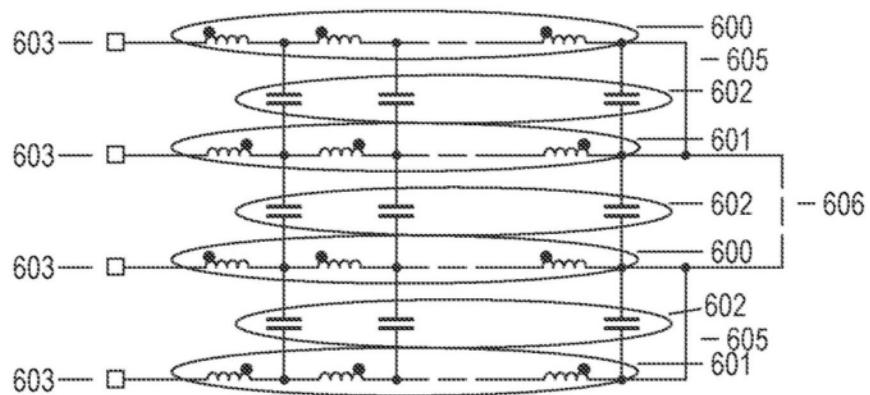


图6F

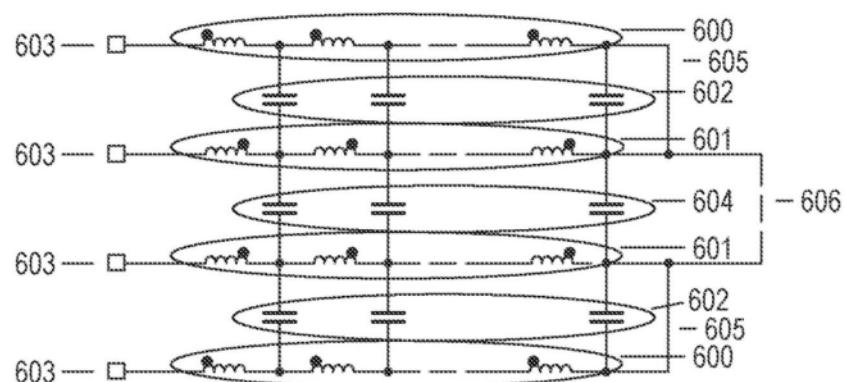


图6G

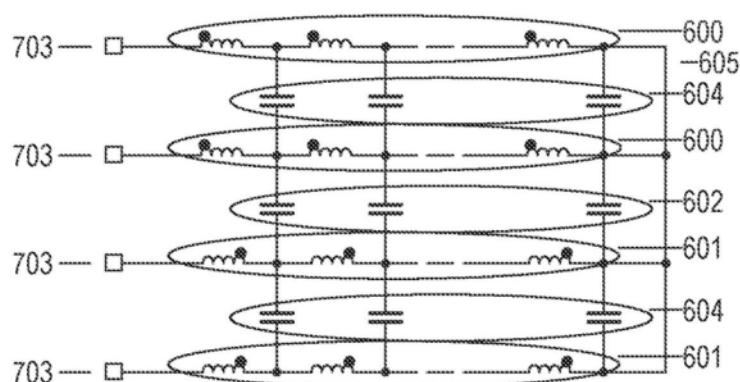


图6H

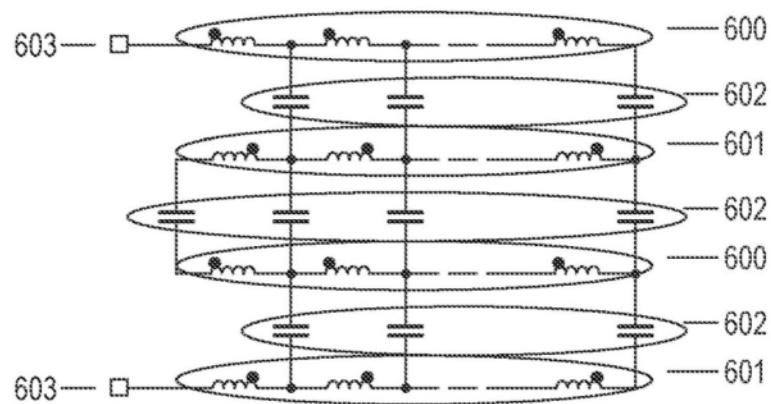


图6I

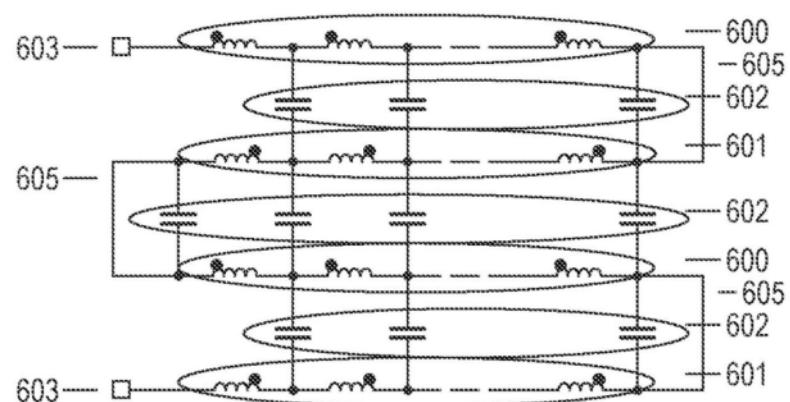


图6J

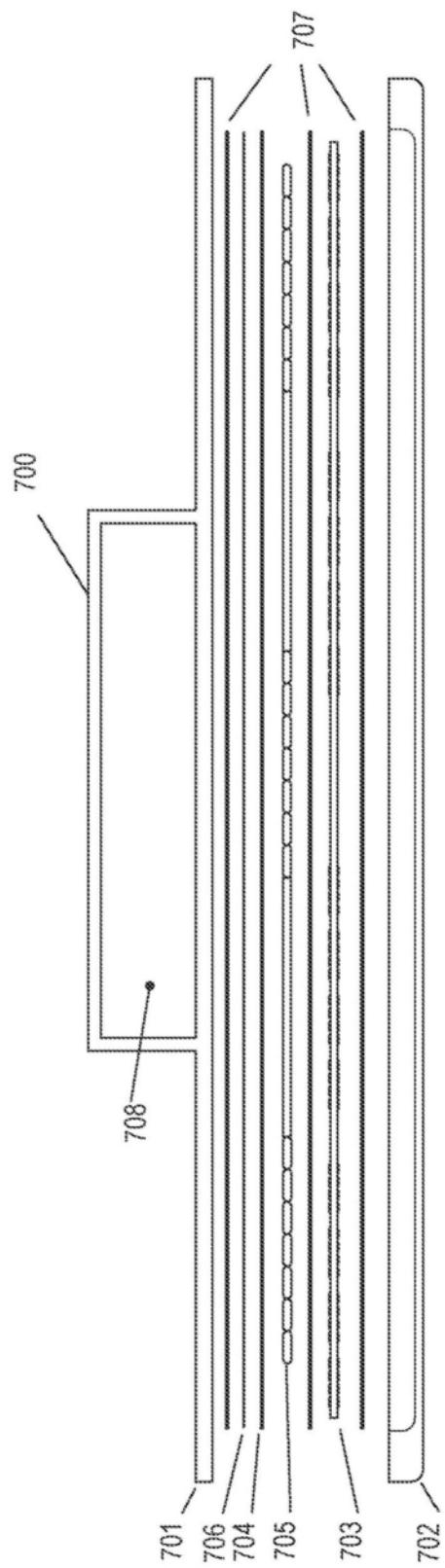


图7

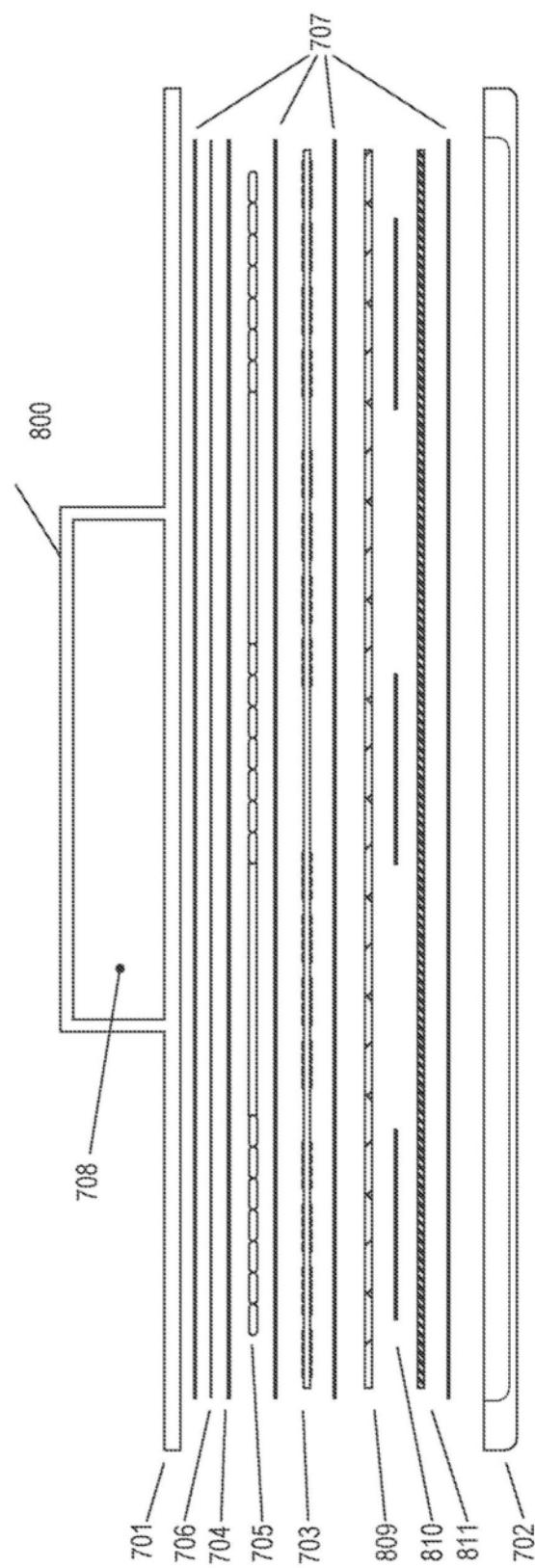


图8

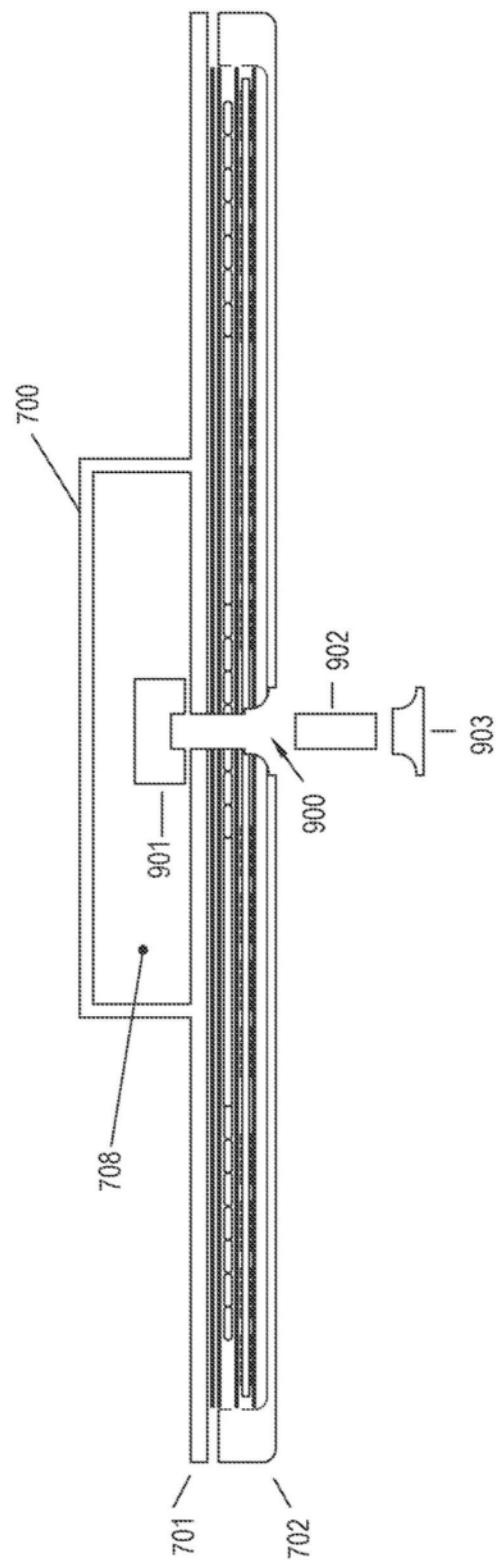


图9

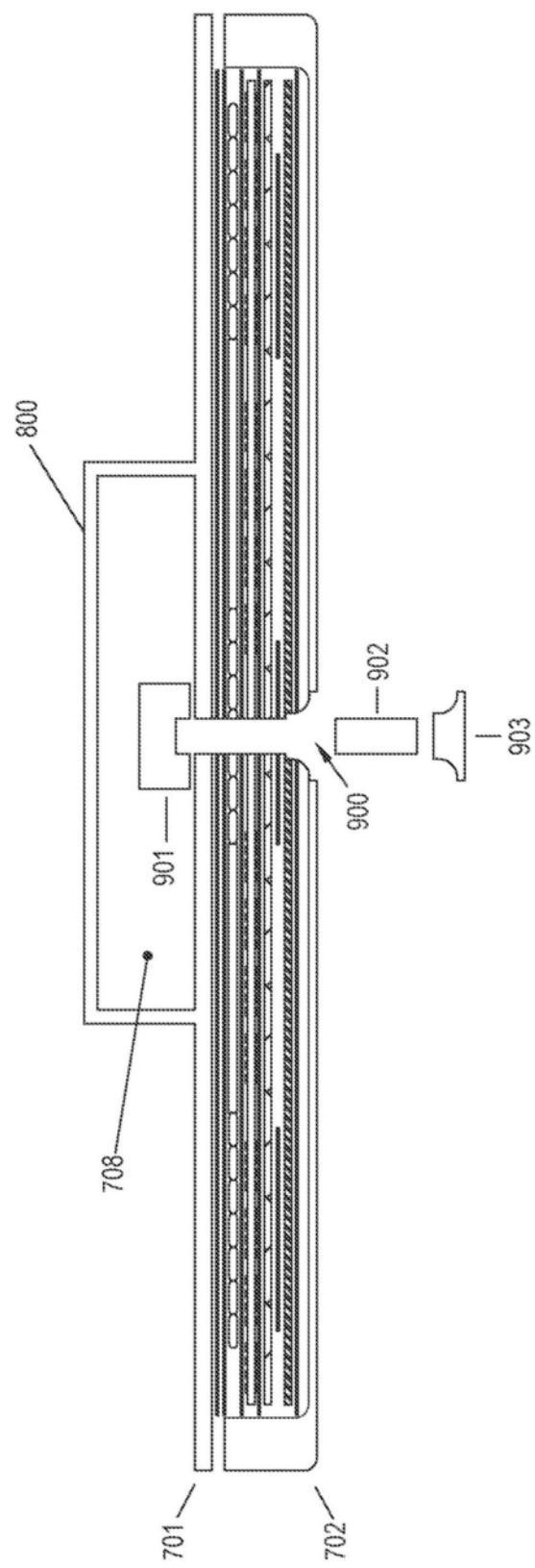


图10