(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101636800 B
(45)授权公告日 2015.02.25

(21)申请号 200880009029.9
(22)申请日 2008.01.29
(30)优先权数据
11/699,529 2007.01.29 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2009.09.21
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2008/052326 2008.01.29
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2008/094919 EN 2008.08.07
(73)专利权人 模拟技术公司
地址 美国马萨诸塞
(72)发明人 J·M·多布斯
(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
代理人 蔡胜利
(51)Int.Cl.
H01F 21/06(2006.01)
(56)对比文件
US 20060022785 A1,2006.02.02, 说明书第[0015]-[0048]段,附图1-6.
US 6794792 B2,2004.09.21, 说明书第5至6栏,附图4.
US 4293884 A,1981.10.06, 说明书第1栏第6-11行,附图5.
US 4335423 A,1982.06.15, 说明书第1栏第6-8行,第4栏第62-67行,附图4.
US 20060022785 A1,2006.02.02, 说明书第[0015]-[0048]段,附图1-6.
CN 2621334 Y,2004.06.23, 全文.
US 5191309 A,1993.03.02, 说明书第2至3栏,附图1.
审查员 郑丽芬

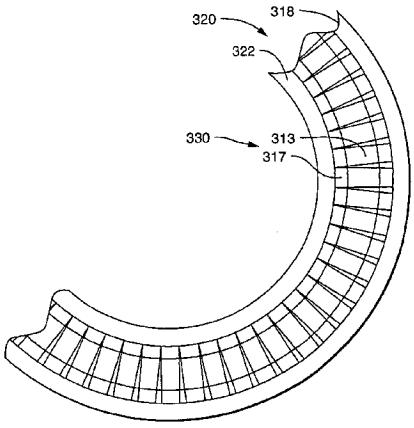
权利要求书8页 说明书31页 附图17页

(54)发明名称

屏蔽式电力耦合设备

(57)摘要

半屏罩(120,170)和磁芯(115,165)形成的轴对称旋转体大致呈环形,并且在电力耦合设备运转过程中绕组(110,160)中的电流优选地沿着主环在圆周方向上流动。绕组(110,160)中的电流、半屏罩(120,170)中的电流以及由屏罩气隙(101)所扫过的体积空间垂直地从纸面出现,但在该绕组中的电流、半屏罩中的电流以及屏罩气隙所扫过的体积空间从纸面出现时,它们弯曲转向以沿着假想圆环的主环行进。磁芯(115,165)优选地分流磁通并使得磁通对齐,以使得磁场线基本仅在磁芯的区域内泄漏,并使得磁通环位于假想圆环的子环平面上。半屏罩(120,170)优选地具有配置在这些半屏罩内的导电材料,这些导电材料在碰触在其上的磁通线的影响到达屏罩气隙(101)和/或半屏罩(120,170)的外表面之前足以基本消除这种碰触磁通线。



CN 101636800 B

1. 一种用于在固定子系统和旋转子系统之间传输电力的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述旋转子系统与所述固定子系统感应耦合并设置得紧邻该固定子系统，在所述屏蔽式电力耦合设备运转过程中，该旋转子系统适于绕旋转轴线旋转，该旋转轴线也基本是所述固定子系统和所述旋转子系统的对称轴线，所述屏蔽式电力耦合设备包括：

a) 感应场生成件，该感应场生成件适于将电力转换为感应耦合场；

b) 感应耦合场接收件，该感应耦合场接收件适于将所述感应耦合场转换为电力；

c) 感应耦合效率增强件，该感应耦合效率增强件适于增强所述感应场生成件与所述感应耦合场接收件之间的感应耦合，所述感应耦合效率增强件包括由磁芯气隙分离的初级磁芯和次级磁芯，所述感应场生成件和所述感应耦合场接收件相应地在所述初级磁芯和次级磁芯的相对的磁芯凹槽中安置；以及

d) 屏罩，该屏罩位于所述感应耦合效率增强件的外围，当所述屏蔽式电力耦合设备以超过 2.5KW 的功率级运转时，该屏罩适于基本消除从所述屏蔽式电力耦合设备中泄漏出的电磁辐射，所述屏罩包括由屏罩气隙分离的第一屏罩和第二屏罩，所述屏罩气隙大于所述磁芯气隙，所述初级磁芯和次级磁芯相应地在所述第一和第二屏罩的相对的屏障凹槽中安置。

2. 一种用于在固定件和旋转件之间传输电力的屏蔽式电力耦合设备，该屏蔽式电力耦合设备包括：

a) 磁阻降低型初级磁芯，该初级磁芯限定有第一初级磁芯槽；

b) 磁阻降低型次级磁芯，该次级磁芯设置得邻近于所述初级磁芯，并且限定有第一次级磁芯槽，所述初级磁芯和所述次级磁芯设置为在该初级磁芯和次级磁芯之间形成有磁芯气隙，以允许该初级磁芯和次级磁芯绕旋转轴线相对旋转；

c) 导电的第一初级绕组，该第一初级绕组基本设置在所述第一初级磁芯槽内；

d) 导电的第一次级绕组，该第一次级绕组基本设置在所述第一次级磁芯槽内；以及

e) 屏罩，其中所述屏罩包括由屏罩气隙分离的第一屏罩和第二屏罩，所述初级磁芯和次级磁芯相应地在所述第一和第二屏罩的相对的屏障凹槽中安置，并且所述屏罩气隙大于所述磁芯气隙；

f) 其中，流过所述第一初级绕组的第一初级电流产生流过所述第一次级绕组的第一次级电流，从而在所述磁芯气隙的边缘产生边缘场；

g) 所述屏罩基本消除所述边缘场。

3. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述屏罩形成有至少一个基本连续的电通道，该电通道构成绕所述旋转轴线的闭合电路。

4. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述屏罩形成有至少一个基本为环形的电通道，该电通道构成绕所述旋转轴线的闭合电路。

5. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述屏罩包括邻近于并沿着所述磁芯气隙的至少一个环状带形式的导电材料。

6. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述屏罩具有导电材料，该导电材料所处的位置和所具有的导电性和厚度足以支持适于感生出能基本消除所述边缘场的磁场的电流。

7. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，在通过所述屏罩消除所述边缘

场的过程中，在所述屏罩中流动的镜像电流产生适于消除所述边缘场的磁场。

8. 根据权利要求 7 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，在通过所述屏罩消除所述边缘场的过程中，所述屏罩中的净镜像电流绕所述旋转轴线基本沿圆周方向流动。

9. 根据权利要求 7 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述屏蔽式电力耦合设备的整体结构相对于轴对称轴线是轴对称的，并且在通过所述屏罩消除所述边缘场的过程中，所述屏罩中的净镜像电流绕所述轴对称轴线基本沿圆周方向流动。

10. 根据权利要求 7 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述屏蔽式电力耦合设备的整体结构基本是环形的，并且在通过所述屏罩消除所述边缘场的过程中，所述屏罩中的净镜像电流基本沿与所述屏蔽式电力耦合设备的环形整体结构的主环同轴的环流动。

11. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，在通过所述屏罩消除所述边缘场的过程中，所述屏罩中的净镜像电流的大小基本等于流过各所述绕组的净电流，但正负符号相反。

12. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述屏罩为具有屏罩气隙的单一部件式屏罩，所述屏罩气隙与所述磁芯气隙不相邻。

13. 根据权利要求 12 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，在垂直于限定所述磁芯气隙在所述屏蔽式电力耦合设备运转过程中所扫过的体积空间的假想表面的方向上测量时，所述屏罩气隙距离所述磁芯气隙不小于三个所述磁芯气隙的厚度。

14. 根据权利要求 12 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，在垂直于限定所述磁芯气隙在所述屏蔽式电力耦合设备运转过程中所扫过的体积空间的假想表面的方向上测量，所述屏罩气隙距离所述磁芯气隙不小于五个所述磁芯气隙的厚度。

15. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述屏罩在所述磁芯气隙所在区域内的厚度足以实现相当于厚度不小于五个磁芯气隙厚度的铝的导电性。

16. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述屏罩在所述磁芯气隙所在区域内的厚度足以实现相当于厚度不小于十个磁芯气隙厚度的铝的导电性。

17. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述屏罩为具有屏罩气隙的多部件式屏罩，所述屏罩气隙在所述屏蔽式电力耦合设备运转过程中允许所述屏罩的部件相对运动。

18. 根据权利要求 17 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述屏罩气隙邻近于所述磁芯气隙。

19. 根据权利要求 18 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述屏罩在所述磁芯气隙所在区域内的厚度足以实现相当于厚度不小于五个磁芯气隙厚度的铝的导电性。

20. 根据权利要求 18 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述屏罩在所述磁芯气隙所在区域内的厚度足以实现相当于厚度不小于十个磁芯气隙厚度的铝的导电性。

21. 根据权利要求 18 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述屏罩在所述磁芯气隙所在区域内的厚度足以实现相当于厚度不小于二个屏罩气隙厚度的铝的导电性。

22. 根据权利要求 18 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述屏罩在所述磁芯气隙所在区域内的厚度足以实现相当于厚度不小于四个屏罩气隙厚度的铝的导电性。

23. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，在所述屏蔽式电力耦合设备运转过程中，流过各所述绕组的净电流基本为零。

24. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，

a) 所述初级磁芯还限定有第二初级磁芯槽；

b) 所述次级磁芯还限定有第二次级磁芯槽；

c) 所述屏蔽式电力耦合设备还包括：

i) 导电的第二初级绕组，该第二初级绕组基本设置在所述第二初级磁芯槽内；

ii) 导电的第二次级绕组，该第二次级绕组基本设置在所述第二次级磁芯槽内；

d) 其中，流过所述第二初级绕组的第二初级电流产生流过所述第二次级绕组的第二次级电流；以及

e) 在所述屏蔽式电力耦合设备运转过程中，流过所述第一导电初级绕组和第二导电初级绕组的瞬时净电流基本为零。

25. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述次级磁芯槽与所述初级磁芯槽相对设置，并相互间隔开。

26. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述磁芯槽均基本为环形。

27. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述磁芯均具有基本为半环形的结构。

28. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述初级磁芯和所述次级磁芯各自具有基本为轴对称的结构，这些轴对称结构的对称轴线彼此同轴并与所述旋转轴线同轴。

29. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，在所述屏蔽式电力耦合设备运转过程中，所述磁芯气隙所扫过的体积在空间上的结构基本对应于包括平坦结构、圆柱形结构以及圆锥形结构的组中的一种或多种结构。

30. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述磁芯气隙在所述屏蔽式电力耦合设备运转过程中所扫过的体积在空间上基本具有平坦结构，并且该体积在空间上相对于所述旋转轴线轴向介于所述初级磁芯和所述次级磁芯之间。

31. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述磁芯气隙在所述屏蔽式电力耦合设备运转过程中所扫过的体积在空间上基本具有圆柱形结构，并且该体积在空间上相对于所述旋转轴线径向介于所述初级磁芯和所述次级磁芯之间。

32. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述磁芯气隙在所述屏蔽式电力耦合设备运转过程中所扫过的体积在空间上基本具有圆锥形结构，并且该体积在空间上相对于所述旋转轴线沿轴向和径向介于所述初级磁芯和所述次级磁芯之间。

33. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述屏罩具有基本轴对称的结构，该基本轴对称的结构的对称轴线与所述旋转轴线同轴。

34. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，在所述屏蔽式电力耦合设备运转过程中连通所述初级磁芯和所述次级磁芯的各磁通环路相对于所述旋转轴线基本位于各自的子午平面内。

35. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，由所述磁芯气隙分开的相对的磁芯表面基本平滑并基本相互平行，并且在所述屏蔽式电力耦合设备运转过程中基本垂直于桥接所述相对的磁芯表面的磁通线的主要方向。

36. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述屏蔽式电力耦合设备的整

体结构基本为环形，在所述屏蔽式电力耦合设备运转过程中链通所述初级磁芯和所述次级磁芯的磁通环路基本位于该环形整体结构的子环所在的平面内。

37. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，在相对于所述旋转轴线的子午截面上观察，在所述屏蔽式电力耦合设备运转过程中，除了形成所述边缘场的磁通线之外，连通所述初级磁芯和所述次级磁芯的磁通线桥接所述磁芯气隙，从而使得该磁通线垂直于限定所述磁芯气隙在所述屏蔽式电力耦合设备运转过程中所扫过的体积空间的假想表面。

38. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述初级磁芯和所述次级磁芯各自包括多个磁芯段，该多个磁芯段相邻地布置，以集合地形成近似于轴对称的结构。

39. 根据权利要求 38 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，在各个所述初级磁芯和次级磁芯上，所述磁芯段布置为使得在相对于所述旋转轴线的圆周方向上介于相邻的磁芯段之间的间隔不大于所述磁芯段中的一个磁芯段在所述圆周方向上的宽度。

40. 根据权利要求 38 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，在各个所述初级磁芯和次级磁芯上，所述磁芯段布置为使得在相对于所述旋转轴线的圆周方向上介于相邻的磁芯段之间的间隔不大于所述磁芯段中的一个磁芯段在所述圆周方向上的宽度的一半。

41. 根据权利要求 38 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述磁芯段中的至少一个磁芯段具有通道，该通道允许所述绕组中的至少一个绕组的导线通过。

42. 根据权利要求 41 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述通道在所述磁芯段上的设置位置和设置方式在屏蔽式电力耦合设备运转过程中基本不会改变通过该磁芯段的磁通线所经过的磁路的磁阻。

43. 根据权利要求 41 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述通道设置在所述磁芯段的除磁芯气隙分界面之外的位置上。

44. 根据权利要求 41 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述通道在所述磁芯段上的设置位置位于所述磁芯段的背面，该背面为所述磁芯段的最远离所述磁芯气隙的表面。

45. 根据权利要求 38 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，在相邻的磁芯段上以斜对角的方式设置有通道，这些通道允许所述绕组中的至少一个绕组的至少一对导线通过。

46. 根据权利要求 38 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，沿所述绕组中的至少一个绕组在所述槽中的至少一个槽内的缠绕方向，在同一磁芯段两端的呈对角线相对的位置上设置有通道，这些通道允许所述绕组中的至少一个绕组的至少一对导线通过。

47. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述第一初级绕组的导线通过所述初级磁芯的方式和位置将基本使得由所述第一初级绕组的导线部分形成的虚拟电流环路的磁场最小化。

48. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述次级绕组的导线通过所述第一次级磁芯的方式和位置基本使得由所述第一次级绕组的导线部分形成的虚拟电流环路的磁场最小化。

49. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，在所述屏蔽式电力耦合设备运转过程中，包括因所述边缘场和任何虚拟电流环路所产生的磁通的不对齐磁通不超过连通所述磁芯的总磁通的百分之一。

50. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，在所述屏蔽式电力耦合设备运转过程中，包括因所述边缘场和任何虚拟电流环路所产生的磁通的不对齐磁通不超过连通

所述磁芯的总磁通的千分之一。

51. 根据权利要求 2 所述的屏蔽式电力耦合设备，其中，在所述屏蔽式电力耦合设备运转过程中，包括因所述边缘场和任何虚拟电流环路所产生的磁通的不对齐磁通不超过连通所述磁芯的总磁通的万分之一。

52. 一种屏蔽式电力耦合设备，该屏蔽式电力耦合设备包括：

a) 初级绕组

i) 该初级绕组具有基本轴对称的结构，以及

ii) 该初级绕组限定圆周方向；

b) 次级绕组

i) 该次级绕组具有基本轴对称的结构，

ii) 该次级绕组基本所述初级绕组同心；

iii) 该次级绕组适于相对于所述初级绕组旋转，以及

iv) 该次级绕组与所述初级绕组感应耦合；以及

c) 感应耦合效率增强件，所述感应耦合效率增强件包括由磁芯气隙分离的初级磁芯和次级磁芯，所述感应场生成件和所述感应耦合场接收件相应地在所述初级磁芯和次级磁芯的相对的磁芯凹槽中安置；

d) 屏罩，该屏罩具有至少一个屏罩气隙，该至少一个屏罩气隙允许所述初级绕组和所述次级绕组之间的相对旋转，其中所述屏罩气隙大于所述磁芯气隙；

e) 其中，所述屏罩支持电流沿所述圆周方向流动。

53. 一种屏蔽式电力耦合设备，该屏蔽式电力耦合设备包括：

a) 至少两个基本呈弓形的绕组，该至少两个基本呈弓形的绕组相对于假想圆环的主环以彼此沿径向方向和 / 或轴向方向移位的方式布置，其中所述至少两个绕组包括初级绕组和次级绕组；以及

b) 感应耦合效率增强件，所述感应耦合效率增强件包括由磁芯气隙分离的初级磁芯和次级磁芯，所述感应场生成件和所述感应耦合场接收件相应地在所述初级磁芯和次级磁芯的相对的磁芯凹槽中安置；

c) 至少一个导电屏罩，该至少一个导电屏罩包围所述绕组和 / 或由所述绕组环绕，所述屏罩包括至少一个屏罩气隙，并且所述屏罩气隙大于所述磁芯气隙；

d) 其中，在将交变电流应用于所述绕组中的至少一个绕组时，连通所述绕组的至少一部分的磁通线基本位于所述假想圆环的子环所在的平面内；以及

e) 所述屏罩支持沿着与所述假想圆环的主环同轴的环的方向的电流流动，该流动的电流足以感生出磁场，该感生出的磁场能够基本消除在将所述交变电流应用到所述绕组中的至少一个绕组上时因所述绕组中流动的净电流而产生磁场。

54. 一种用于在固定子系统和旋转子系统之间传输电力的屏蔽式电力耦合设备，其中，所述旋转子系统与所述固定子系统感应耦合并设置得紧邻该固定子系统，在所述屏蔽式电力耦合设备运转过程中，该旋转子系统适于绕旋转轴线旋转，该旋转轴线也基本是所述固定子系统和所述旋转子系统的对称轴线，所述屏蔽式电力耦合设备包括：

a) 感应场生成装置，该感应场生成装置用于将电力转换为感应耦合场；

b) 感应耦合场接收装置，该感应耦合场接收装置用于将所述感应耦合场转换为电力；

c) 感应耦合效率增强装置，该感应耦合效率增强装置用于增强所述感应场生成装置与所述感应耦合场接收装置之间的感应耦合，所述感应耦合效率增强装置包括由磁芯气隙分离的初级磁芯和次级磁芯，所述感应场生成装置和所述感应耦合场接收装置相应地在所述初级磁芯和次级磁芯的相对的磁芯凹槽中安置；以及

d) 屏罩装置，该屏罩装置位于所述感应耦合效率增强装置的外围，当所述屏蔽式电力耦合设备以超过 2.5KW 的功率级运转时，该屏罩装置适于基本消除从所述屏蔽式电力耦合设备的电磁辐射泄漏，所述屏罩装置包括由屏罩气隙分离的第一屏罩和第二屏罩，所述初级磁芯和次级磁芯相应地在所述第一和第二屏罩的相对的屏障凹槽中安置，并且所述屏罩气隙大于所述磁芯气隙。

55. 一种用于在固定子系统和旋转子系统之间传输电力的方法，其中，所述旋转子系统与所述固定子系统感应耦合并设置得紧邻该固定子系统，在所述屏蔽式电力耦合设备运转过程中，该旋转子系统适于绕旋转轴线旋转，该旋转轴线也基本是所述固定子系统和所述旋转子系统的对称轴线，所述方法包括：

a) 使用包括初级绕组的感应场生成件将电力转换成感应耦合场；

b) 使用包括次级绕组的感应耦合场接收件将所述感应耦合场转换成电力；

c) 使用感应耦合效率增强件来增强所述感应场生成件与所述感应耦合场接收件之间的感应耦合，所述感应耦合效率增强件包括由磁芯气隙分离的初级磁芯和次级磁芯，所述感应场生成件和所述感应耦合场接收件相应地在所述初级磁芯和次级磁芯的相对的磁芯凹槽中安置；以及

d) 当所述屏蔽式电力耦合设备以超过 2.5kW 的功率级运转时，使用位于所述感应耦合效率增强件外围的屏罩来基本消除从所述屏蔽式电力耦合设备泄漏出的电磁辐射，所述屏罩包括由屏罩气隙分离的第一屏罩和第二屏罩，所述初级磁芯和次级磁芯相应地在所述第一和第二屏罩的相对的屏障凹槽中安置，并且所述屏罩气隙大于所述磁芯气隙。

56. 一种用于与一个或多个绕组以及一个或多个屏罩配套使用的磁通对齐式磁芯组，该磁芯组包括：

a) 多个磁通对齐式磁芯段，每个所述磁芯段

i) 包括磁阻低于空气的磁阻的一种或多种物质，以及

ii) 具有至少两个臂状件；

b) 其中，所述多个磁通对齐式磁芯段以基本轴对称的方式布置，以使得

i) 所述绕组中的至少一个绕组适于沿着一个或多个沿圆周方向定位的鞍座形的槽布线，所述鞍座形的槽由所述多个磁通对齐式磁芯段中的至少一部分磁芯段中的每个磁芯段的至少两个臂状件共操作而形成；以及

ii) 当所述多个磁通对齐式磁芯段中的至少一部分磁芯段中的每个磁芯段的至少两个臂状件与配对磁芯组的多个配对磁芯段中的至少一部分配对磁芯段中的每个配对磁芯段的至少两个臂状件隔着磁芯气隙相对布置时，所述磁通对齐式磁芯段中的至少一部分磁芯段和所述配对磁芯段中的至少一部分配对磁芯段共操作，以消除或降低该多个磁路的磁阻，其中，所述配对磁芯组基本是所述磁通对齐式磁芯组隔着所述磁芯气隙的镜像，并且所述多个磁路

1) 通过所述磁通对齐式磁芯组和所述配对磁芯组而桥接所述气隙，并

2) 基本位于相对于所述轴对称轴线的子午平面内；以及

c) 屏罩，该屏罩具有至少一个屏罩气隙，该至少一个屏罩气隙允许所述初级绕组和所述次级绕组之间的相对旋转，其中所述屏罩气隙大于所述磁芯气隙。

57. 一种包含通道的磁芯段，该磁芯段包括磁阻低于空气的磁阻的一种或多种物质，该磁芯段包括：

a) 两个或多个通道，该两个或多个通道允许两个或多个绕组通过；

以及

b) 两个或多个臂状件，该两个或多个臂状件之间形成有一个或多个鞍座形的槽，所述绕组中的至少一个绕组适于沿着所述鞍座形的槽布线；

c) 其中，所述通道中的至少一个通道设置在所述包含通道的磁芯段的至少一个位置上，以使得当所述包含通道的磁芯段的两个或多个臂状件中的至少两个臂状件与第一配对磁芯段的至少两个臂状件隔着磁芯气隙相对布置时，通过所述包含通道的磁芯段和所述第一配对磁芯段以桥接所述磁芯气隙的磁路的磁阻基本不同于若所述包含通道的磁芯段中没有通道情形下该磁路的磁阻，其中，所述第一配对磁芯段基本是所述包含通道的磁芯段隔着所述磁芯气隙的镜像；以及

d) 屏罩，该屏罩具有至少一个屏罩气隙，该至少一个屏罩气隙允许所述初级绕组和所述次级绕组之间的相对旋转，其中所述屏罩气隙大于所述磁芯气隙。

58. 一种包括屏蔽式感应电力耦合设备的系统，该系统包括：

a) 固定件；

b) 旋转件，该旋转件与所述固定件感应耦合；

c) 电源；以及

d) 屏蔽式感应电力耦合设备，该屏蔽式感应电力耦合设备对所述电源形成响应，并适于将电力从所述电源传递到所述固定件和所述旋转件中的至少一个，所述感应电力耦合设备包括：

i) 磁阻降低型初级磁芯，该初级磁芯限定有初级磁芯槽；

ii) 磁阻降低型次级磁芯，该次级磁芯限定有次级磁芯槽，并设置得邻近于所述初级磁芯；

iii) 导电的初级绕组，该初级绕组设置在所述初级磁芯槽内；

iv) 导电的次级绕组，该次级绕组设置在所述次级磁芯槽内；

以及

v) 导电的屏罩，其中所述屏罩具有至少一个屏罩气隙；

vi) 其中，所述初级磁芯和所述次级磁芯布置为在该初级磁芯和次级磁芯之间形成有磁芯气隙，以允许该初级磁芯和次级磁芯绕旋转轴线相对旋转，所述屏罩气隙大于所述磁芯气隙；

vii) 流过所述初级绕组的初级电流产生流过所述次级绕组的次级电流，从而在所述磁芯气隙的周边形成边缘场；以及

viii) 所述屏罩适于基本消除所述边缘场。

59. 根据权利要求 58 所述的系统，其中，

a) 所述系统为 CT 扫描仪；

b) 所述固定件包括所述 CT 扫描仪内的固定台架 ;以及

c) 所述旋转件包括 X 射线源。

屏蔽式电力耦合设备

[0001] 美国联邦政府主持的研究：

[0002] 不适用

[0003] 合作研究协议方的姓名或名称：

[0004] 不适用

[0005] 光盘上材料的引用并入：

[0006] 不适用

[0007] 相关申请的交叉引用

[0008] 本申请为继续申请，该继续申请依据《美国法典》第 35 篇之 120 条要求专利申请号为 10/787270、申请日为 2004 年 2 月 26 日、名称为“电力耦合设备”并且正处于审查中的共同共有的美国专利申请的优先权，同时该美国专利申请 10/787270 又依据《美国法典》第 35 篇之 119(e) 要求申请号为 60/450038、名称为“非接触式电力耦合设备”、申请日为 2003 年 2 月 26 日并且已到期的美国临时申请的优选权。此外，该美国专利申请 10/787270 和美国临时申请 60/450038 的内容全文结合在此引作参考。

技术领域

[0009] 本发明涉及一种屏蔽式电力耦合设备，更具体地，涉及如下一种屏蔽式电力耦合设备，该屏蔽式电力耦合设备能够在设备环境中感应传输电力时减少射频 (RF) 辐射和 / 或其它电磁干扰，降低漏磁电感和 / 或提高效率，所述设备环境例如可以是计算机断层摄影 (CT) 扫描仪之类的能够用于医疗用途、安保用途或类似用途的设备环境，或者可以是其它需要在能够相对旋转接合的主体之间或之中传输电力的设备环境。

背景技术

[0010] 当电力耦合设备用于以非接触方式感应传输电力时，例如在医疗 CT 扫描仪或类似的装置内以非接触方式从固定子系统向旋转子系统传输电力时，经常要求这种电力耦合设备是屏蔽的。例如，缺乏充分的屏蔽会导致不理想的 RF（射频）辐射、漏电感增加和 / 或电力传输效率降低等。此外，在能够相对旋转接合的主体之间或之中传输电力的情形下，采用完全包围该电力耦合设备的完整的法拉第屏蔽罩或其它类似的整体式屏罩是不可能的或不切实际的，替代地，在该情形下必须采用仅部分包围该电力耦合设备的屏罩或者必须将这种屏罩分成多个分离的部件，以在所述主体之间或之中形成允许相对旋转的间隙。

发明内容

[0011] 根据本发明的一个方面，屏蔽式电力耦合设备设计为能够在设备环境中感应传输电力时减少射频 (RF) 辐射和 / 或其它的电磁干扰，降低漏磁电感和 / 或提高效率，所述设备环境例如可以是计算机断层摄影 (CT) 扫描仪之类的能够用于医疗用途、安保用途或类似用途的设备环境，或者可以是其它需要在能够相对旋转的主体之间或之中传输电力的设备环境。例如，根据本发明实施方式的屏蔽式电力耦合设备可以用来传输运转用在安保用

途等中的 CT 扫描仪所需的与 2.5KW 功率级或 2.5KW 以上功率级相当的电力；或者，根据本发明实施方式的屏蔽式电力耦合设备可以用来传输操作用在医疗用途等中的 CT 扫描仪所需的与 25KW 功率级或 25KW 以上功率级相当的电力。

[0012] 由图 5 所示的横截面形状所形成的轴对称旋转实体大致呈环形，并且在电力耦合设备运转过程中绕组 110,160 内的电流优选地沿着周向流动，例如，沿着环形的主环 (toroid major circle) 流动。在屏蔽式电力耦合设备的运转过程中，绕组 110,160 中的电流；屏罩 120,170 中的电流以及气隙 101 所扫过的空间体积在图 5 中垂直地从纸面出现，但在该绕组中的电流、屏罩中的电流以及气隙所扫过的空间体积从纸面出现时，它们弯曲以遵循环形的主回路。例如，屏罩 120,170 可以是包括具有邻近于芯气隙的屏罩气隙的半屏罩 120,170；可选择地或另外地，也可以采用其它任何合适的屏罩结构，包括但不限于下列结构：单一部件式、多部件式、相邻气隙、不相邻气隙、精减的，包围的屏罩结构等等。芯体 115,165 优选地分流并使得磁通对齐，以使得磁场线基本仅在磁芯气隙区域发生泄漏，并使得连接各个磁芯 115,165 的磁通环路位于子午平面内，例如，位于环形的子环 (toroid minorcircle) 所在的平面内。半屏罩 120,170 优选地具有分布在这些半屏罩内的导电材料，该导电材料足以允许电流的流动，该电流将感应出磁场，其中所述磁场能够在碰触在所述导电材料上的磁通线的影响到达屏罩气隙 101 和 / 或半屏罩 120,170 的外表面之前，例如在由这种碰触的磁通线在半屏罩 120,170 中感应产生的电流传导到屏罩气隙 101 和 / 或半屏罩 120,170 的外表面之前基本消除这种碰触在所述导电材料上的磁通线。

[0013] 在图 5 所示的一个实施方式的典型子午截面中，在半屏罩 120,170 中流动的消场电流、在绕组 110,160 中流动的电流、屏罩气隙 101 所扫过的体积空间优选地均大致相互平行；此外，将磁芯 115,165 相连的对齐的磁通线基本垂直于在半屏罩 120,170 中流动的场消除电流、在绕组 110,160 中流动的电流以及限定屏罩气隙 101 所扫过的体积空间的假想表面。也就是说，在电力耦合设备运转过程中，磁场优选地基本不具有平行于限定屏罩气隙 101 所扫过的体积空间的假想表面的分量，并且在电力耦合设备运转过程中，在半屏罩 120,170 中流动的合电流优选地没有垂直于限定屏罩气隙 101 所扫过的体积空间的假想表面的分量。也就是说，边缘场 103 优选地没有倾向于使得感应电流横跨屏罩气隙 101 的分量。

[0014] 半屏罩 120,170 优选地具有导电材料，该导电材料的位置、分布以及导电性和厚度足以允许电流的流动，该电流将感应出磁场，所述磁场能够在碰触在所述导电材料上的磁通线的影响到达屏罩气隙 101 和 / 或半屏罩 120,170 的外表面之前、例如在由这种碰触的磁通线在半屏罩 120,170 中感应产生的电流传导到屏罩气隙 101 和 / 或半屏罩 120,170 的外表面之前基本消除这种碰触的磁通线。更优选地，半屏罩 120,170 包括导电材料，该导电材料形成了构成围绕旋转轴线的闭合电路的基本连续的电通道（电路径），例如，沿着与由整体轴对称结构所占据的环形空间的主环同轴的圆环的圆周通道。更优选地，这种连续的电通道能够支持电流，该电流足以感生出磁场，该磁场将基本消除在电力耦合设备运转过程中因绕组 110,160 中流动的电流而产生的磁场。

[0015] 基于该情形，因此在本发明的一个或多个实施方式中，优选地，半屏罩 120,170 在邻近于磁芯气隙的位置具有边缘场消除区，该边缘场消除区的厚度和导电性足以在因从磁芯气隙放射出的磁通的影响到达屏罩气隙 101 和 / 或半屏罩 120,170 的外表面之前，例如

在因该放射出的磁通而在半屏罩120,170中产生的电流传导到半屏罩120,170的外表面之前基本消除因这种放射出的磁通而产生的边缘场。此外,优选地,在上述既有结构的情形下,这种边缘场消除区包括导电材料,该导电材料形成了构成围绕旋转轴线的闭合电路的基本连续的电通道,例如,沿着与由整体轴对称结构所占据的环形空间的主环同轴的圆环的圆周通道。此外,进一步优选地,在上述既有结构的情形下,边缘场消除区上的连续电通道能够支持足以感生出磁场的电流,该感生的磁场能够基本消除在电力耦合设备运转过程中因绕组110,160中流动的电流而产生的磁场。

[0016] 此外,优选地,绕组110,160的布置和/或磁芯115,165上降低磁阻材料的分布使得磁通对齐,从而使得磁通环(路)位于子午平面内,例如在整体轴对称结构基本呈环形的情形下位于子环所在的平面上。并且,在本发明的一个或多个实施方式中,优选地,具有多个磁芯槽的E型磁芯等用来允许初级绕组中合瞬时电流基本为零(即,使得在各个初级绕组中的各个磁化电流相互消除)。此外,尤其是在磁芯115,165包括多个磁芯段的情形下,优选地,例如因磁芯段包括有间隔的布置或因绕组导线进入和/或离开磁芯槽的方式(例如,优选地采用通道),对轴对称结构具有微小的中断。此外,优选地,例如,绕组导线通过磁芯的方式和位置将基本消除虚拟电流环路的形成或使得虚拟电流环路的形成最小化。

附图说明

[0017] 通过以下的说明、附带的权利要求以及附图,本发明的这些或其它特征、方面和优点将更容易理解,其中:

[0018] 图1是彼此紧邻的两个绕组110,160的透视图,绕组110,160的中心均位于旋转轴线上,并且该两个绕组110,160位于基本垂直于所述旋转轴线的相互平行的平面上,也就是说,绕组110,160均与所述旋转轴线同轴;

[0019] 图2是图1所示的绕组110,160的剖视图,图中以点划线的形式增加了降低磁阻材料115,165布置的轮廓线,所述降低磁阻材料115,165通过降低使绕组110,160相连的磁通线所经过的磁路的磁阻来提高绕组110,160之间的互感耦合;

[0020] 图3是图1所示的绕组110,160的透视图,该透视图显示了环绕构成绕组110,160的导线的闭合线积分的路径;

[0021] 图4是显示一种结构的剖视图,在该结构中,图2所示的绕组/磁芯系统由单一的共同屏罩104完全包围;

[0022] 图5是显示一种情形的剖视图,在该情形中,图4所示的共同屏罩104由屏罩气隙101分成两个半屏罩120,170;

[0023] 图6是显示由该图所示的绕组/磁芯系统所产生的磁场的剖视图,该剖视图用于进行图7至图10的屏蔽电流的有限元模拟研究;

[0024] 图7是显示一种有限元模拟的剖视图,该有限元模拟用于确定当从磁芯气隙的边缘放射出的边缘场碰触到具有屏罩气隙(该屏罩气隙邻近于所述磁芯气隙)的二部件式包围屏罩的每个部件时场消除电流的流向;

[0025] 图8是显示一种有限元模拟的剖视图,该有限元模拟用于确定当从磁芯气隙的边缘放射出的边缘场碰触到具有屏罩气隙(该屏罩气隙与所述磁芯气隙不相邻)的二部件式包围屏罩的同一个部件时场消除电流的流向;

[0026] 图 9 是显示一种有限元模拟的剖视图，该有限元模拟用于确定当从磁芯气隙的边缘放射出的边缘场碰触到具有屏罩气隙（该屏罩气隙与所述磁芯气隙不相邻）的精减的二部件式屏罩时场消除电流的流向；

[0027] 图 10 是显示一种有限元模拟的剖视图，该有限元模拟用于确定当从磁芯气隙的边缘放射出的边缘场碰触到具有屏罩气隙（该屏罩气隙与所述磁芯气隙不相邻）的单一部件式包围屏罩时场消除电流的流向；

[0028] 图 11 显示了几种典型的横截面形状，这些横截面形状可以用来形成符合根据本发明实施方式的旋转互感器的结构的轴对称旋转体；

[0029] 图 12 是一种理想的典型圆柱形结构 200 的透视图，其中，该圆柱形结构 200 可以由根据本发明实施方式的旋转互感器构成或近似于根据本发明实施方式的旋转互感器；

[0030] 图 13 是图 12 所示的圆柱形结构 200 的子午截面；

[0031] 图 14 是一种理想的典型平坦结构 300 的透视图，其中，该平坦结构 300 可以由根据本发明实施方式的旋转互感器构成或近似于根据本发明实施方式的旋转互感器；

[0032] 图 15 是图 14 所示的平坦结构 300 的子午截面；

[0033] 图 16 是一种理想的典型圆锥形结构 400 的透视图，其中，该圆锥形结构 400 可以由根据本发明实施方式的旋转互感器构成或近似于根据本发明实施方式的旋转互感器；

[0034] 图 17 是一种实施例的剖视图，该剖视图显示具有圆柱形结构的电力耦合设备是如何通过以相邻方式布置多个磁性铁磁芯段 230，280 以在整体上近似形成基本呈环形或半环形的相对的磁芯而形成的；

[0035] 图 18 是一种实施例的侧视图，该剖视图显示具有平坦结构的电力耦合设备是如何通过以相邻方式布置多个磁性铁磁芯段 330，380 以在整体上近似形成基本呈环形或半环形的相对的磁芯而形成的；

[0036] 图 19 显示桥接磁芯气隙 302 的磁通线在电力耦合设备旋转过程中是如何交替地变得平齐和不平齐的，在该图中，将图 18 所示的具有分别由多个磁性铁磁芯段 330，380 组成的相对的磁芯的平坦结构的电力耦合设备绘制为在图 18 的纸面内沿垂直于旋转轴线的方向观察所看到的电力耦合设备；

[0037] 图 20 显示在绕组导线进入和离开磁芯槽的位置上是如何形成虚拟电流环路 197 的，在该图中，为显示位于该电力耦合设备内的绕组 310，360，图 18 所示的具有分别由多个磁性铁磁芯段 330，380 组成的相对的磁芯的平坦结构的电力耦合设备以剖切方式绘制，就好像在图 18 的纸面内边缘上所看到的；

[0038] 图 21 显示了一对通道 277，该对通道 277 能够允许绕组导线通过，并以斜对角的形式布置在相邻的磁芯段上，在该图中，构成具有图 17 所示的圆住形结构的电力耦合设备的内部磁芯的一部分的磁性铁磁芯段 280 绘制为就好像在图 17 的纸面内边缘上所看到的；

[0039] 图 22 显示三匝绕组 310（此处，指位于该图上部的绕组 310）是如何沿着磁芯槽移动以使得绕组导线经由以斜对角的形式布置在相邻的磁芯段 330 上的通道而进入和离开所述磁芯槽的，在该图中，构成具有图 18 所示的平坦结构的电力耦合设备的半耦合体的内部磁芯的一部分的磁芯段 330 绘制为在图 18 中沿侧视方向所观察的磁芯段 330，只是该图 22 中的磁芯采用 E 型磁芯段来代替图 18 中的磁芯所采用的 C 型磁芯段

[0040] 图 23 显示几种典型的横截面形状，这些横截面形状可以用来形成符合根据本发

明实施方式的旋转互感器的结构的轴对称旋转体，该图特别显示了多个成组或成套的旋转互感器的半耦合体组是如何结合成为各种整体结构的。

具体实施方式

[0041] 本发明涉及一种屏蔽式电力耦合设备，更具体地，涉及如下一种屏蔽式电力耦合设备，该屏蔽式电力耦合设备能够在设备环境中感应传输电力时减少射频辐射和 / 或其它电磁干扰，降低漏磁电感和 / 或提高效率，所述设备环境例如可以是计算机断层摄影 (CT) 扫描仪之类的能够用于医疗用途、安保用途或类似用途的设备环境，或者可以是其它需要在能够相对旋转接合的主体之间传输电力的设备环境。

[0042] 文中所使用的术语“电磁干扰”、“射频 (RF) 辐射”以及类似的术语，在来自于周围设备的干扰影响到根据本发明的电力耦合设备的运转时，这些术语可以以其最宽泛的含义理解为包括该来自于周围设备的干扰，但是这些术语主要用来指由根据本发明实施方式的电力耦合设备所产生的干扰，特别是在该电力耦合设备的干扰影响敏感的电子设备时更是如此，例如，所述敏感的电子设备可以包括 CT 扫描仪的部件，或者可以是在根据本发明实施方式的电力耦合设备所应用的设备环境中用于与 CT 扫描仪或其它类似系统协同工作的电子设备。

[0043] 尽管文中在使用“主体”、“物体”、“固定件”、“旋转件”、“气隙”、“屏罩”、“磁芯”、“绕组”、“中心”、“轴线”之类的术语时出于方便使用了单数，但毫无疑问存在类似的情形，本发明应该被理解为通常适用于存在一个或多个此类特征的复数情形。反之，当该类特征表述为复数时，并不一定排除单数。此外，有关介词“之间”和“之中”的使用，除了根据上下文明显有其它含义之外，“之间”的使用并不一定意味着局限于两个物体，“之中”的使用也并不一定意味着局限于两个以上的物体。

[0044] 需要注意的是，文中使用的术语“非接触”是指以感应方式在能够相对旋转的主体之间或之中传输电力的性能，而不应该理解为一定排除这些主体之间或之中为其它目的的可能的接触，例如，这些其它目的包括静电放电、数据交换或数据传输、机械驱动或机械支撑、制动装置或安全装置、低压电力传输、甚或是高压电力传输，该高压电力传输可以是除通过文中所公开类型的电力耦合设备感应传输的电力之外所需要进行的高压电力传输。

[0045] 参照图 1，图中显示彼此紧邻的两个基本呈圆形的线圈（下文称作“绕组”）110，160，该两个线圈具有基本相同的直径，并包括导线或类似物，这些绕组 110，160 的中心位于旋转轴线上，并且绕组 110，160 位于基本垂直于所述旋转轴线的相互平行的平面上，也就是说，绕组 110，160 与所述旋转轴线同轴。如果假想一圆环，该假想圆环的中心位于所述旋转轴线上，并且假想圆环的主环半径等于所述绕组的曲率半径，那么沿着假想圆环的主环流动的电流将会产生沿着假想圆环的根据所谓的右手定则（如果用右手握住导线，使得大拇指指向电流流动的方向，则环绕导线卷曲的手指的方向就是感应磁通的方向）子环流动的磁通环。需要注意的是，图中并未精确地表示出电流或磁通流动的方向或符号，即向前 / 向后或者顺时针方向 / 逆时针方向流动的符号，而只是一方面表示出电流经过的路径，另一方面表示出磁通经过的路径；此外，在图中通过的电流为交变电流的情况中，电流和磁通流动的方向也会随着时间而交替变化，但这些在图中均未表示。应当注意的是，除根据上下文明显有其它含义的之外，文中使用的“电流”均为交变电流（交流电）。

[0046] 图中显示的绕组为单匝绕组 110,160,但替代地,该两个绕组 110,160 中的任一个或两个绕组均可以具有多匝或不完整匝(该“不完整匝”表示小于 360° 的匝或者具有除了单匝或多匝之外的其余的不完整匝)。在绕组 110,160 相对于彼此相对旋转的情形下,假设一个坐标系,使得所述绕组中的一个绕组相对于该坐标系呈现为固定,在此情形下,该组件可以被看作是具有固定侧(例如,绕组 110 处)和旋转侧(例如,绕组 160 处),在该固定侧和旋转侧之间具有气隙以允许相对运动。

[0047] 需要注意的是,在本说明书中,除了根据上下文明显具有其它含义的之外,术语“间隙”和“气隙”基本可以互换使用;尽管文中使用了“气隙”,但这仅仅是一种习惯用法,应该被理解的是该“气隙”并不局限于空气,而能够适用于真空、油、和/或其它流体、和/或滑动轴承、和/或滚柱轴承或者是为允许相对运动而完全或部分地填充这种空间的其它类似的装置。

[0048] 例如,在必须将电力传输到旋转部件或从旋转部件传输电力的应用中,替代地或额外地,通过在固定侧和旋转侧之间使用用于电连接的滑动触头或摩擦触头(例如电刷)或其它类似结构,可以很方便地采用这样一对绕组,使得实现经由固定侧电连接到固定电子电路,使得实现经由旋转侧电连接到旋转电子电路,并且以类似于互感器的方式通过相互感应跨过它们之间的所述气隙传输电力。在此情形下,该两个绕组 110,160 将通过磁通线互感耦合,从而当在所述绕组中的一个绕组中通有振荡电流时,所述绕组中的另一个绕组上会产生出电动势。

[0049] 现在参照图 2,这是图 1 所示的绕组 110,160 的剖视图,在该图中以点划线增加了 C 型铁磁性半磁芯 115,165 或其他类似的降低磁阻材料布置的轮廓线,其中,所述降低磁阻材料通过降低使绕组 110,160 相连的磁通线所经过的磁路的磁阻来提高绕组 110,160 之间的感应耦合。换言之,围绕绕组 110,160 设置有铁磁性(一种不导电的铁磁性陶瓷材料)或类似材料的环形壳体,以增强所述绕组之间的耦合;并且,在要求这两个绕组 110,160 相对于彼此能够运动的情形下,如果将该铁磁性壳体分开以允许固定于固定绕组 110 上的一个半磁芯与固定于旋转绕组 160 上的另一个半磁芯之间能够相对运动,这将是非常方便地做到的。在该情形下,使所述两个绕组 110,160 相连的磁通环路所经过的磁路将具有通过铁磁性材料的两部分和通过空气的两部分。

[0050] 需要注意的是,文中使用的术语“半耦合体“、”半壳体“、”半磁芯“、”半屏罩“等简略的表示方法,是指组成整个的耦合器、壳体或类似物的多个(例如两个)部件中的一个部件,同样,这些术语也不应局限于字面含义解释为意味着必定正好具有两个这种部件,或者这些部件肯定具有同样的尺寸、体积、质量等;此外,也不应该由“半耦合体”的使用得出必定具有两个这样的部件。确切而言,除非根据上下文明显有其它含义,文中所使用的这些术语应该从更广泛的意义上理解为是组成整体的多个部件中的一个有代表性的部件。需要注意的是,文中使用的术语“旋转互感器的半耦合体”指的是旋转互感器的一侧或另一侧(主侧或副侧)上的结构,该一侧或另一侧上的结构本身并不是功能旋转互感器,其与共同构成功能旋转互感器的主侧和副侧的结合结构是有区别的。此外,特别是涉及到半磁芯、半屏罩时,出于便于说明的目的,其前缀“半”有时会省略。

[0051] 涉及到术语“磁芯”的使用时,文中使用的该术语主要是用来指降低磁阻材料(可替代描述为导磁材料),而不考虑这种材料相对于绕组或类似部件的布置。也就是说,尽管

该术语“磁芯”可以被狭义地理解为表示这种降低磁阻材料像传统的变压器中的情形那样应该被轴向定位或居中定位在绕组的匝内，但文中使用的该术语具有不考虑其在实施方式中应用的超出传统的含义，在这些实施方式中，旋转互感器具有所谓的相反布局，在该相反布局中，磁芯材料基本以环形方式布置以增强位于沿所述圆环的主环方向缠绕的绕组周围的所述圆环的子环平面上的磁通环，所述圆环的子环围绕沿所述假想圆环的主环的方向缠绕的绕组。

[0052] 继续参照图 2，例如，如果固定绕组 110 以类似于变压器的初级绕组的方式连接于交流 (AC) 电源，则旋转绕组 160（可连接于负载）可以作为互感器的次级绕组。在这种旋转互感器中，初级绕组可以作为感应场生成件，次级绕组可以作为感应耦合场接收件，而降低磁阻材料可以作为感应耦合效率加强件。需要注意的是，文中使用的术语“互感器”指通过相互感应传输电力的装置，而不考虑降低磁阻材料是否存在，也不考虑任何漏磁电感的存在或漏磁电感的相对量，并且不考虑一侧（即初级侧或次级侧，或图 2 中位于气隙上方或下方的侧）的绕组匝数与另一侧绕组匝数的比是否使得传输的电力电压上升、下降或不变，即使得各个绕组上的电动势呈增大、降低或 1 ： 1 的比率。

[0053] 继续参照图 2，在该情形下，这种旋转互感器结构包括 ：初级（例如，固定）绕组 110 ；次级（例如，旋转）绕组 160 ；初级磁芯（例如，铁磁性半磁芯）115 ；次级磁芯（例如，铁磁性半磁芯）165 ；以及气隙 102，该气隙 102 允许次级绕组 160 和次级磁芯 165 相对于初级绕组 110 和初级磁芯 115 旋转。在参照图 2 给出的说明中，需要注意的是，即使是在表示半磁芯的情形下，但有时为说明的方便也会省略前缀“半”。图 2 是由绕组和磁芯半壳体构成的基本轴对称环形结构的子午剖视图（也称为“径向剖视图”）。因为图 2 的子午剖视图源于由图 1（在该图 1 中具有两个半径基本相等的绕组）所示的可被称作“堆叠式”或“轴向移位式”绕组布置，所以由此所形成的基本轴对称的环形结构具有轴对称轴线，该轴对称轴线在图 2 中观察是垂直的。如果在图 1 中替代地具有两个同心布置（也称作“径向移位布置”）的半径不同的绕组，将剖切面 2-2 相对于如图 2 所示的剖切面翻转 90° ，则由此形成的基本轴对称的环形结构具有轴对称轴线，该轴对称轴线在图 2 中看是水平的。换句话说，图 2 中显示的横截面能够被用来形成具有轴对称轴线的旋转体，该轴对称轴线在图 2 中显示是垂直的以获得图 1 所示的轴向移位布置结构 ；或者图 2 所示的横截面可以用来形成具有轴对称轴线的旋转体，该轴对称轴线在图 2 中显示是水平的以获得径向移位布置的结构，在该径向移位布置的结构中，所述绕组同心设置，半径较大的绕组上的铁磁性半磁芯具有向内的开口侧，而半径较小的绕组上的铁磁性半磁芯则具有向外的开口侧，从而使得所述铁磁性半磁芯的各自的开口侧隔着它们之间的气隙彼此相对。需要注意的是，在旋转互感器工作时，磁芯气隙 102 所扫过的并由假想表面 145，195（该假想表面与铁磁性半磁芯 115，165 的分界面基本重合）限定的体积空间在轴向布置结构的情形下或在径向布置结构的情形下均是环形的，但是，对于轴向布置结构来说，因为由磁芯气隙 102 所扫过的体积空间，以及限制磁芯气隙 102 的假想表面 145，195 在所述旋转互感器工作过程中将更接近于是平坦的（短粗扁平的垫圈形），因此该结构在文中有时称作“平坦结构”（也称作“平面环”结构）；对于径向布置结构来说，因为由磁芯气隙 102 所扫过的体积空间，以及限制磁芯气隙 102 的假想表面 145，195 在所述旋转互感器工作过程中将更接近于圆柱形，因此该结构在文中有时称作“圆柱形结构”。

[0054] 此时，如果所述旋转轴线也是绕组 110，160 以及铁磁性半磁芯 115，165 的轴对称轴线，则耦合基本不会受到绕轴线的旋转运动的影响。在文中讨论的旋转互感器的设备环境中，就所述旋转互感器的结构是轴对称的而言，该旋转互感器的轴对称轴线可以被理解为基本与该旋转互感器的旋转轴线同轴，即除了根据上下文有其它含义的之外，当述及轴对称轴线或旋转轴线中的一个时，通常也应理解为表示轴对称轴线或旋转轴线中的另一个。需要注意的是，此处使用的术语“旋转互感器”指的是一侧相对于另一侧能够旋转的感应电力传输装置，而不管一侧或两侧是否能够相对于例如固定的外部位置旋转。

[0055] 虽然上述说明描述了具有在图 1 中看是垂直的或水平的轴对称轴线的旋转体是如何从图 2 所示的横截面获得的，但一般而言该旋转体可以具有任意方向上的轴对称轴线和旋转轴线（但无论选择何种方向的轴对称轴线和旋转轴线，优选地，轴对称轴线与旋转轴线基本同轴）。在轴对称轴线和旋转轴线不是如图 1 中所示的那样是水平的或垂直的情形下，由磁芯气隙以及限制该磁芯气隙并与该磁芯气隙交界的假想表面所扫过的体积空间在旋转互感器工作过程中将基本呈圆锥形，这种结构在文中有时称作“圆锥形结构”（例如，参见图 16）。需要注意的是，除了轴对称之外，也可以存在相对于气隙的大致程度的对称，例如如图 2 所示，旋转互感器的一侧（例如，次级侧）可以被认为是该旋转互感器的另一侧（例如，初级侧）上的绕组 / 磁芯结构在气隙另一边的镜像。由于这种对称性，初级侧和次级侧基本是彼此在气隙另一边的镜像，所以对于圆柱形结构和圆锥形结构来说，在该情形下，当一侧朝着旋转轴线径向向内进行时，尺寸会缩小，当一侧远离旋转轴线径向向外进行时，尺寸会扩大。

[0056] 特别地，因为根据本发明一个或多个实施方式的实施优选使得这种电力耦合设备在高于 20kHz 的频率工作，因此能够想到图 2 所示的结构，例如铁磁体和铜（以可以用于磁芯半壳体 115，116 和绕组 110，160 的材料的具体实施例给出）的结构将会产生偶极场并向周围空间强烈地辐射。在不想要这种辐射的情形下，可以通过导电壳体将铁磁性壳体包围，所述导电壳体作为屏罩（见图 4），并设计为用于承载能够感生磁场的电流，该感生的磁场能够基本消除因所述绕组中合电流所形成的磁场。只要实现此点，就能够减少或消除泄漏到这种屏罩外部的辐射。

[0057] 需要注意的是，文中使用的术语“屏罩”、“屏蔽”等，根据上下文，可以狭义地指法拉第型屏蔽或者趋于通过导电来消除电磁场的其它类似的屏蔽，也可以更广泛地指通过适当地设置绕组和 / 或通过使用特定布局的磁芯或其它类似的降低磁阻材料所实现的包括磁场分流和 / 或磁场对齐的屏蔽，或者可以指本领域使用该术语时所具有的各种通常含义或特定的含义。特别需要注意的是，文中术语“屏罩”、“屏蔽”等不仅可以用来指通过导电件来消除电磁场，而且可以用来指通过低磁阻件来实现磁通的对齐、引领、限制、分流和 / 或引导，以有利于通过导电件来消除电磁场或者否则防止或有助于防止这种磁通泄漏到外部。

[0058] 参照图 3，该图是图 1 所示的绕组 110，160 的透视图，其中显示环绕组成绕组 110，160 的导线的封闭的线积分路径。图 3 作为探讨的基础给出，以评估在不同的环境下由这种结构所产生的辐射。此处，H 和 dl 是矢量，并且所述积分是该两个矢量的标量积环绕一路径的封闭线积分，其中，所述路径穿过由所述两个绕组所限定的中心区。

[0059] 现在参照图 4，该图是显示图 2 的绕组 / 磁芯系统由单一的共同屏罩 104 完全包围

的结构的剖视图。例如，在图 4 中，屏罩 104 可以是金属（例如，铝合金，但任何导电材料均可以使用）壳体。绕组区 110，160 包含导线，该导线带有流动方向垂直于图 4 中的纸面的电流。磁芯区 115，165 包含铁磁性材料，在频率为 20kHz 以上时，该铁磁性材料优选为铁磁体 (ferrite)，即一种不导电的铁磁性陶瓷。需要注意的是，因为需要预先考虑到气隙的存在以允许相对旋转，因此在该图中磁芯区 115，165 显示为两个独立的部件；但就本处所要阐述的原理而言，磁芯区 115，165 还可以由单一的连续部件形成。

[0060] 此时，根据麦克斯韦方程可知，任何振荡磁场都感应出与其成九十度的振荡电场。例如，在金属中，该电场会导致电流以趋于消除所述磁场的方式流动。因此，振荡磁场不会渗透进金属很深。如果屏罩 104 足够厚，在超过一定的渗透深度时，该屏罩内的振荡磁场应该基本为零。根据图 3，可以认为图 4 的屏罩 104 中感生的电流之和与绕组区 110，160 中的净电流的方向和大小相同但正负符号相反（即是在同一方向上反向流动），即，在屏罩 104 中感生的电流应该具有能够消除由绕组 110，160 中的电流流动所产生的磁场的大小和方向。也就是说，在作为屏罩 104 的铝壳体的外表面上，H 被认为为零，因此在该封闭表面的内部的总电流也预期为零，并且在屏罩 104 的内表面上或该内表面的附近感生的电流之和预期与绕组 110，160 中的电流之和在大小上相等，但在符号上相反。基于该事实，可以预期屏罩 104 中的电流的流动将处在垂直于图 4 的纸面的方向上，也就是说，屏罩 104 中的电流沿与绕组 110，160 的导线上的净电流基本同一方向流动，但正负符号相反。

[0061] 要记住的是，由图 4 所示横截面形成的三维轴对称旋转体大致呈环形，并且在电力耦合设备工作过程中绕组 110，160 中的电流沿着环形旋转体的主环（或沿着与该主环同轴的环）基本在圆周方向上流动，此时产生的磁通线应被理解为位于整体轴对称结构的子午平面上，并且因为优选地使磁芯区 115，165 上的降低磁阻材料的任何布置方向均应优选地被设计为是加强而不是改变该磁通线的这种布局，所以由于使初级绕组和次级绕组相连的磁通环路均可以被认为是位于由基本轴对称结构所占据的环形空间的子环的平面内，因此实现了与参照图 1 所描述情形相类似的情形。基于该情形，在图 4 中，应当理解的是，在绕组 110，160 的导线中流动的电流，以及由此在屏罩 104 中感生并流动的电流在垂直于图 4 的纸面的方向流进流出。但当那些电流从纸面出现时，它们弯曲转向以沿着由整体轴对称结构所占据的环形空间的主环行进（即保持它们相对于该主环的几何关系），这种环形主环的具体走向取决于轴对称轴线（因此也是旋转轴线）相对于图 4 所示的截面的位置，并且取决于图 4 所示的截面是否是具有上述平坦结构、圆柱形结构或圆锥形结构的旋转互感器的一部分。

[0062] 参照图 5，该图显示一种情形的剖视图，在该情形中，图 4 中所示的屏罩 104 被分成两个半屏罩 120，170，在该两个半屏罩 120，170 之间间隔有屏罩气隙 101。在图 5 上，两个相对的三匝绕组设置在相对的 C 型磁芯槽内。此时，如果通过屏罩气隙 101 将屏罩 104 分成半屏罩 120，170 从而使得在旋转互感器工作过程中屏罩气隙 101 所扫过的体积空间垂直于图 4 中的纸面，则根据上述说明可以认为屏罩气隙 101 的存在通常并不必然妨碍在电力耦合设备工作过程中在屏罩壳体中感生的上述电流的流动，因为这种电流就其在上述说明中理论预期而言，应当不会具有趋于使得这种感应电流跨过屏罩气隙 101 的分量。在参照图 5 给出的说明中，需要注意的是，即使在含义是半磁芯的情形下，其前缀“半”有时也会出于便于描述而予以省略。

[0063] 需要再次记住的是，由图 5 所示的横截面所形成的三维轴对称旋转体基本是环形的，在所述电力耦合设备工作过程中，使得绕组 110，160 中电流沿着主环（或沿着与该主环同轴的环）基本在圆周方向上流动，这正如参照图 4 所描述的使电流在绕组 110，160 中流动并在屏罩 104 中由此感生和流动的场消除电流的情形一样，在图 5 中，绕组 110，160 中流动的电流以及由此感生并在半壳体 120，170 中流动的场消除电流应该类似地理解为在垂直于图 5 的纸面的方向上流进流出；但当这些电流从纸面流出时，它们弯曲转向以沿着（即保持它们相对于主环的几何关系）由整体轴对称结构所占据的环形空间的主环行进，这种环形主环行进的具体方向取决于轴对称轴线（因此也是旋转轴线）相对于图 5 所示的横截面的位置，并且取决于图 5 所示的横截面是否是具有上述平坦结构、圆柱形结构或圆锥形结构的旋转互感器的一部分。

[0064] 这种参照图 4 描述的在屏罩 104 中流动的场消除电流，或者参照图 5 描述的在半屏罩 120，170 中流动的场消除电流可以被称为“镜像电流”，因为它们除了正负符号之外与绕组 110，160 中流动的电流是相似的。更具体地，文中使用的术语“镜像电流 (image current)”指这样的电流，该电流能够消除由作为其镜像的电流所形成的磁场。

[0065] 为允许这种场消除镜像电流沿着与整体轴对称结构所占据的环形空间的主环同轴的环基本在圆周方向上流动，优选地，半屏罩 120，170 包括导电材料，该导电材料形成了构成绕所述旋转轴线的闭合电路的基本连续的电通路，例如，沿着与由整体轴对称结构所占据的环形空间的主环同轴的环的圆周通路。更优选地，这种连续的电通路能够支持足够的电流以感生磁场，从而基本消除在电力耦合设备工作过程中因在绕组 110，160 中流动的电流所产生的磁场。

[0066] 由图 5 所示的横截面所形成的轴对称旋转体，可以根据属于整体轴对称结构的“总体”特征进行描述，或者可以根据属于该旋转体的典型子午横截面的“局部”特征进行描述。也就是说，就整体或总体特征而言，源于图 5 所示的横截面的轴对称旋转体基本呈环形；绕组 110，160 中的电流；半屏罩 120，170 中的电流；以及屏罩气隙 101 扫过的体积空间从垂直于图 5 的纸面的方向上出现但弯曲转向以沿着所出现位置的假想圆环的主环行进；此外，与磁芯 115，165 对齐的磁通环路位于圆环的子环平面上。就有剖视的或局部特征而言，如果将说明限制在图 5 的纸面上所示的情形，则就半屏罩 120，170 内流动的场消除电流、绕组 110，160 中流动的电流、以及屏罩气隙 101 所扫过的体积空间分别从图 5 的纸面垂直地出现而言，可以简便地说这些局部特征均是相互平行的，例如，在图 5 所示的截面中它们均是相互平行的；此外，就对齐的磁通环路位于图 5 的纸面上而言，可以简便地说该对齐的磁通线垂直于在半屏罩 120，170 中流动的场消除电流，例如，在图 5 所示的截面中该对齐的磁通线垂直于在半屏罩 120，170 中流动的场消除电流；垂直于在绕组 110，160 中流动的电流；并且垂直于限制屏罩气隙 101 所扫过的体积空间的假想表面。

[0067] 基于上述说明，例如在图 5 所示的截面中，就磁芯区 115，165 的随时间变化的磁场的磁通线基本垂直于绕组 110，160 中的电流、基本垂直于半屏罩 120，170 中的电流、以及基本垂直于限制屏罩气隙 101 所扫过的体积空间的假想表面而言，可以看到这种磁通线并不趋向于感生出跨过屏罩气隙 101 的电流的流动。换句话说，在这种情形下，可以认为电流没有沿桥接屏罩气隙 101 的方向流动的趋势，也就是说，电流没有沿与在电力耦合设备工作过程中限制屏罩气隙 101 扫过的体积空间的假想表面相垂直的方向流动的趋势。换而言

之，当图 4 所示的屏罩 104 分成图 5 所示的两个半屏罩 120，170 时，间隔在这两个半屏罩之间的屏罩气隙 101（例如在图 5 所示的截面中）垂直于磁场（即，在电力耦合设备工作过程中限制屏罩气隙 101 所扫过的体积空间的假想表面垂直于磁场），并且将半屏罩 120，170 小量分隔开，由于半屏罩 120，170 内流动的电流预期与图 4 所示的流过整体共同屏罩 104 的电流基本相同，因此可以认为屏蔽效果没有损失或只有微小的损失。也就是说，例如在图 5 所示的截面中，在磁场没有平行于屏罩气隙 101 的分量（即在所述电力耦合设备工作过程中没有平行于限制气隙 101 所扫过的体积空间的假想表面的分量）以及在半屏罩 120，170 中流动的净电流没有垂直于屏罩气隙 101 的分量（即在所述电力耦合设备工作过程中没有垂直于限制气隙 101 所扫过的体积空间的假想表面的分量）的情形下，可以认为尽管有屏罩气隙 101 的存在，但能够将半屏罩 120，170 设计为使得没有辐射或仅有微小的辐射能够到达该屏罩外部。

[0068] 继续参照图 5，在该图所示的屏蔽式互感器型系统中流动的电流为磁化电流加两个负载电流，该两个负载电流的大小基本相等，但相位相反（其中一个负载电流位于初级侧，由此感生的另一个负载电流位于次级侧）。如果磁芯区 115，165 由单一的连续部件形成，则磁芯区 115，165 中的铁磁体将会引导并分流磁场磁通环路，从而能够使得仅有极少量的磁通从磁芯区泄漏；但因为磁芯区 115，165 分成了两个单独的部件以允许相对旋转，因此在标记为 103 的区域内，进入和离开磁芯区 115，165 的磁通的大部分在磁芯气隙周边的附近区域将会从磁芯区泄漏出来，在该标记为 103 的区域示意性地显示有从磁芯区放射出的边缘场（也称作“弥散场”）。

[0069] 此时，位于边缘场 103 所碰触到的磁芯气隙周边的邻近区域内的半屏罩 120，170 的内表面上和该内表面的附近将会感应产生电流，这种感应电流趋向于消除感应出它们的边缘场 103。就磁芯区 115，165 的不对准、磁芯区 115，165 中降低磁阻材料布置的不均匀、磁芯气隙处的表面布局或表面形状的偏离或偏差以及类似的现象会导致边缘场 103 具有趋于使得这种感应电流跨过屏罩气隙 101 的分量而言，应当能够想到这会使得通过屏蔽边缘场 103 来防止辐射放射到所述电力耦合设备的外部的问题变得更加困难。但若在边缘场 103 不具有趋于使得感生电流跨过屏罩气隙 101 的分量的范围内讨论，如果半屏罩 120，170 具有足够的厚度和导电性，则可以认为该半屏罩能够在这种感应电流传导到半屏罩 120，170 的外表面之前消除由该感应电流所产生的磁场。

[0070] 基于该情形，因此在本发明的一个或多个实施方式中，优选地，半屏罩 120，170 具有邻近于磁芯气隙的边缘场消除区，该边缘场消除区具有足够的厚度和导电性，以在从磁芯气隙放射出的磁通的影响到达半屏罩 120，170 的外表面之前，例如，在该磁通在半屏罩 120，170 中所产生的电流传导到半屏罩 120，170 的外表面之前，就能够基本消除由这种放射出的磁通所形成的边缘场。此外，优选地，在现有的情形下，这种边缘场消除区包括导电材料，该导电材料形成了构成环绕所述旋转轴线的闭合电路的基本连续的电通路，例如，沿与由整体轴对称结构所占据的环形空间的主环同轴的环的圆周通路。更优选地，在现有的情形下，边缘场消除区上的连续的电通路能够支持足以感生磁场的电流，这种感生的磁场能够基本消除在所述电力耦合设备工作过程中因在绕组 110，160 中流动的电流而产生的磁场。

[0071] 为了更好地理解这种能够从各种不同的磁芯 / 屏罩结构的磁芯气隙放射出来的

边缘场，以及这种边缘场如何能够在屏罩的内表面上或该内表面的附近通过边缘场消除区被消除，现在参照图 6 至图 10。

[0072] 参照图 6 至图 10，这些图显示了当屏罩受到从相对的铁磁性 E 型磁芯之间的气隙放射出来的边缘场的影响时，有限元模拟的结果以确定电流在屏罩中将流向何处，即确定边缘场消除区的位置和范围。在图 6 至图 10 中，仅标示了屏罩部件，并且基本显示了图 5 所示的磁芯和绕组；只是图 5 中显示了设置在相对的 C 型磁芯槽内的单对相对的三匝绕组，而图 6 至图 10 中则显示了设置在相对的 E 型磁芯槽内的两对相对的三匝绕组。在以下参照图 6 至图 10 给出的说明中，需要注意的是，即使在其含义是半磁芯的情形下，有时为便于说明会省略前缀“半”。

[0073] 因为图 6 至图 10 中的绕组 / 磁芯结构是相同的，因此在各种情形下产生的磁场也基本相同，图 6 显示了该共同的磁场形状。需要注意的是，尽管图 6 显示了屏罩 120，170（该屏罩正是图 8 中所示的屏罩结构），但该图仅供参考，与其所显示的磁场的产生无关。

[0074] 如图 6 至图 10 所示，在磁芯材料在磁芯气隙处不连续的情形下（即，在磁通线必须越过磁芯 - 空气 - 磁芯分界面的情形下），在磁芯材料内否则将包含（分流）的磁通线会泄漏出来形成边缘场。在图 6 至图 10 中，需要注意的是，磁芯气隙显示为比屏罩气隙狭窄，这在本发明的一些实施方式中通常是优选的，在这些实施方式中，狭窄的磁芯气隙可以理想地提高初级侧和次级侧之间的耦合、减少漏磁电感、减小边缘散射磁通或类似现象，而略宽的屏罩气隙（以及在某种程度上略宽的绕组气隙，尽管这在这些图中未显示）则可以理想地减小容抗、允许旋转时相邻的部件之间的更宽的尺寸公差等等。

[0075] 参照图 6，可以看到，除了磁通从磁芯泄露到磁芯气隙的附近区域内的情形之外，磁通线大部分由磁芯分流（即限制在磁芯内）；为此，可以认为，对于所显示的绕组 / 磁芯结构而言，即使所述屏罩的不位于所述磁芯气隙的附近区域内的位置仅具有相对较小的电流支持能力，也能够取得高效的屏蔽效果。例如，在磁通由磁芯有效分流的情形下，图 9 所示的二部件式精减的并且气隙不相邻的屏罩结构可以提供充分的屏蔽；再如，即使在图 8 中所示的二部件式包围的并且气隙不相邻的屏罩结构省略上半屏罩 120 的情形下，该屏罩结构也能提供充分的屏蔽。

[0076] 继续参照图 6，为减小磁芯气隙的附近区域内磁通线变形的程度，在本发明的一个或多个实施方式中，优选地，由所述磁芯气隙分隔的相对的磁芯表面（即磁芯气隙分界面）是平滑的并且相互平行，并且这种磁芯气隙分界面与桥接所述磁芯气隙的磁通线的主要方向相垂直。

[0077] 继续参照图 6，需要注意的是，E 型磁芯的使用形成两组连续的磁通的串流；即 E 型磁芯可以被看作近似于两个 C 型磁芯并排布置的情形。需要注意的是，在使用 E 型磁芯或其它降低磁阻材料布置以形成类似于图 6 所示情形的多组磁通环路的情况下，在本说明书中和权利要求书中对环形结构及其子环等的参照不应该被理解为排除这种多组磁通环路的可能性，一般而言，能够将本发明的各个方面应用在该多组磁通环路上。例如，即使在具有多组磁通环路的情形下，这种磁通环路也能够被认为处在整体轴对称结构的子午平面上，并且这种磁通环路相对于所述屏罩的对齐形状以及相对于由从磁芯气隙泄漏出的边缘场在所述屏罩中产生边缘场消除电流的结构的对齐形状基本没有变化；并且在任何情况下，本发明的各个方面均能够不同程度地单独地适用于通过磁芯材料的各种环形布置（例

如，图 6 中布置在相对的 E 型磁芯的相对的槽内的各组绕组）而分流的各组磁通环上。还应当注意的是，尽管附图中仅显示了 C 型磁芯和 E 形磁芯，但高阶磁芯（即，具有两个以上槽的磁芯；或具有三个以上臂状柱件的磁芯）无疑也是可以的，并且如果必要，本发明的各个方面也可以通过适当的更改而应用于这些高阶磁芯。需要注意的是，例如在使用 E 型磁芯的情形下，从 E 形磁芯中心的柱件处的磁芯气隙（例如图 6 的中心磁芯气隙）放射出的磁通线，比起从图 6 中 E 型磁芯两侧的柱件处的磁芯气隙放射出的磁通线，在产生射频辐射方面所起的作用要小得多，因此，在这种情形下，屏蔽工作可以被认为集中在从边缘柱件处（即远侧柱件，其中，远侧是下文参照图 13 所限定的远侧）的磁芯气隙放射出的边缘场。

[0078] 尽管图 6 至图 10 未显示，但优选地，设置在图左上方的 E 型磁芯槽内的三匝初级绕组和设置在图右上方的 E 型磁芯槽内的三匝初级绕组均以如下方式连接于 AC（交流）电源，即使得流进这两个初级绕组的合瞬时电流值为零。就是说，在绕组的数量、流经这些绕组的交流电流的类型选择（例如，两相、三相、多相等）等等使得流经这些初级绕组的合电流瞬时为零的情形下，在所述屏蔽式电力耦合设备工作过程中在半屏罩 120，170 内感生的电流的大小，比起例如当在各个初级侧和次级侧将单相交流电流用于单绕组（例如这种单绕组可以卷绕在具有 C 形横截面的半磁芯的槽内）时的情形感生的电流要小，其原因在于在该单相 / 单绕组的情形下在初级侧的磁化电流将不会被消除。

[0079] 也就是说，在所述屏罩按照到此为止所描述的方式工作的前提下，应当认为所述屏罩中的合电流的大小与所述绕组中的合电流的大小相等，但符号相反。在所述旋转互感器的初级侧和次级侧各自包括单绕组的情形下，正如图 5 中在初级侧和次级侧将三匝绕组设置在 C 型磁芯的单独的槽内的情形一样，由于初级绕组和次级绕组中以相反相位存在的负载电流相互消除，因此在所述绕组中的净电流（合电流）将是存在于初级绕组中的磁化电流。但是，在所述旋转互感器的初级侧和次级侧各自包括多个绕组的情形下，正像在图 6 至图 10 中在各个初级侧和次级侧将两个三匝绕组分别设置在 E 型磁芯的两个槽内的情形一样，将会获得以下情形：即存在所述多个初级绕组中的各个磁化电流相互抵消，以使得初级绕组中的净瞬时电流基本为零。但是，即使在绕组中的净电流为零的情形下，这些绕组中的电流也不会完全集中而是分散在空间中，这种事实意味着在所述屏罩中仍会存在有能够感生消除所述边缘场等的磁场的流动电流；在这种情形下，场消除电流的总和为零，但会消耗电力。

[0080] 图 7 至图 10 所示的屏罩能够基本消除这些图中标示的边缘场；更具体地，在图 7 至图 10 中所示的屏罩具有导电材料，该导电材料所处的位置和所具有的导电性和厚度足以允许以下电流的流动，即该电流在所述电力耦合设备工作时将会产生能够在所述边缘场到达所述屏罩外部前消除该边缘场的磁场。

[0081] 在图 7 所示的有限元模拟中，在如图所示的左侧和右侧，当从磁芯气隙的边缘放射出的边缘场碰触在具有与磁芯气隙邻近的屏罩气隙的二部件式包围屏罩的两个部件 120，170 上时，场消除电流开始流动；在边缘场由图 7 所示的屏罩消除的过程中，场消除电流在该图所示的四个阴影区沿垂直于纸面的方向在半屏罩 120，170 内流动。在图 8 所示的有限元模拟中，当从磁芯气隙的边缘放射出的边缘场碰触在具有与磁芯气隙不相邻的屏罩气隙的二部件式包围屏罩的同一个部件 170 上时，场消除电流开始流动；在边缘场由图 8 所示的屏罩消除的过程中，场消除电流在该图所示的两个阴影区沿垂直于纸面的方向在半屏

罩 170 内流动。在图 9 所示的有限元模拟中，在如图所示的左侧和右侧，当从磁芯气隙的边缘放射出的边缘场碰触在具有与磁芯气隙不相邻的屏罩气隙的二部件式精减的屏罩的一个部件 120 或另一个部件 170 上时，场消除电流开始流动；在边缘场由图 9 所示的屏罩消除的过程中，场消除电流在该图所示的两个阴影区沿垂直于纸面的方向在半屏罩 120，170 内流动。在图 10 所示的有限元模拟中，当从磁芯气隙的边缘放射出的边缘场碰触在具有一个与磁芯气隙不相邻的屏罩气隙的单一部件式包围屏罩的单一部件 170 上时，场消除电流开始流动；在边缘场由图 10 所示的屏罩消除的过程中，场消除电流在该图所示的二个阴影区沿垂直于纸面的方向在该屏罩的单一部件 170 内流动。在图 10 所示的单一部件式包围的不相邻气隙的屏罩中，在该图上部的单个的屏罩气隙应当足够大，以允许机械支撑和电连接。

[0082] 在图 7 所示的结构中，需要注意的是，在该图所示的左侧和右侧，所述屏罩气隙邻近于所述磁芯气隙，这就是说，所述磁芯气隙和所述屏罩气隙大致遵循基本相同的假想表面，即所述磁芯气隙所扫过的体积空间（这基本为上述的平坦的、圆柱形的或圆锥形的）与所述屏罩气隙所扫过的体积空间基本上是共同延伸的。

[0083] 在图 8 至图 10 所示的结构中，需要注意的是，在各图中所示的左侧和右侧，所述屏罩气隙与所述磁芯气隙不相邻，这就是说，该屏罩具有过分伸出或夹杂的形状，以使得屏罩中的导电材料至少部分地从屏罩的外部夹杂磁芯气隙；即，所述磁芯气隙和所述屏罩气隙并不遵循相一假想表面，所述磁芯气隙扫过的体积空间与所述屏罩气隙扫过体积空间也不是共同延伸的。

[0084] 尽管对于图 7 所示的这种微小的屏罩气隙而言，甚至在所述屏罩气隙如图 7 所示地那样邻近于所述磁芯气隙时仍然会有边缘场的衰减，但明显地，在所述屏罩气隙设置得像图 7 所示地那样邻近于所述磁芯气隙时，比起所述屏罩气隙设置在如图 8 至图 10 所示的远离所述磁芯气隙的位置上时，所述边缘场伸进所述屏罩气隙更远，并且更趋向于超出所述屏罩气隙而放射到所述屏罩外部。在屏罩厚度、屏罩导电性、功率、频率等削弱所述屏罩的支持边缘场消除电流的能力的情形下，所述屏罩气隙如图 7 那样设置得邻近于所述磁芯气隙时比起所述屏罩气隙如图 8 至图 10 那样设置得更远离于所述磁芯气隙时，在 RF（射频）噪声放射方面会具有更有害的效果，因为在后一种情形下（即所述屏罩气隙与磁芯气隙不相邻的情形），在所述边缘场的位置（即磁芯气隙）与所述屏罩气隙的位置之间的所述屏罩中的感应电流通常将会有更多的机会感生出在所述边缘场到达所述屏罩外部之前能够消除所述边缘场的磁场。尽管图 8 至图 10 所示的不相邻类型的结构更加适合于涉及高功率和 / 或薄屏罩的应用，但在实践中图 7 所示的相邻类型的结构更便于制造。

[0085] 此外，由于这些边缘场和 / 或其它磁场不对齐使得磁通环路不能完全限制在子午平面内、使得磁通环路不能完全限制在环形的子环平面内、或使得磁通线含有与界定屏罩气隙 101 所扫过的体积空间的表面相平行的分量，因此如图 8 至图 10 所示的结构的情形那样将屏罩气隙设置在远离磁芯气隙的位置上的结构，比如图 7 所示的结构的情形那样将屏罩气隙设置在邻近于磁芯气隙的位置上的结构能够提供更好的屏蔽效果，这是因为如图 8 至图 10 所示的那些磁芯气隙和屏罩气隙不相邻的结构不仅能够允许屏罩内的电流沿例如圆环的主环方向流动以感生出倾向于消除沿环形子环方向的边缘场分量的磁场，而且也能够不同程度地允许屏罩内的电流（屏蔽电流）甚至沿环形子环方向流动以感生出倾向于消除甚至沿圆环的主环方向存在的任何边缘场分量的磁场。就是说，虽然上述参照图 4 至图

5 给出的说明中理论上设想磁通的对齐使得在所述屏罩中感生的电流没有倾向于穿越屏罩气隙的分量，但是在实际的设备中，事实上仍然会有从磁芯气隙的边缘或其它地方放射出的不对齐的磁通线，该不对齐的磁通线将感应出具有一沿环形子环方向分量的电流，如果这种感应电流因为屏罩气隙 101 的存在不能流动，则这将会使得所述屏罩以类似电偶极子的方式辐射。就所述屏罩具有沿所述圆环的子环方向的延伸部分而言，即就所述屏罩如图 7 至图 10 的子午截面所示那样带有角度地包围所述磁芯 / 绕组系统而言，可以优选地使得屏罩气隙如图 8 至图 10 所示的那样设置在与磁芯气隙不相邻的位置上，而不是如图 7 所示的设置在与磁芯气隙相邻的位置上。

[0086] 当所述屏罩气隙较大时就该屏罩气隙的限定而言，需要注意的是，在图 9 中具有两个较大的屏罩气隙，这些屏罩气隙位于图 9 中的上部和下部；而在图 10 中则具有单个的较大的屏罩气隙，该屏罩气隙位于图 10 中的上部。

[0087] 特别是在采用图 7 所示的相邻类型的结构的情形下并且在该情形下所述屏罩由铝制成，优选地，屏罩气隙不大于所述屏罩上的铝的厚度的一半，更优选地，屏罩气隙不大于所述屏罩上的铝的厚度的四分之一。总体而言，屏罩可以由各种导电材料中的任意一种制成，特别是在采用如图 7 所示的相邻类型的结构的情形下，优选地，位于所述磁芯区域内的所述屏罩的厚度足以实现与厚度不小于两个屏罩气隙厚度的铝的导电性相等的导电性，更优选地，位于所述磁芯区域内的所述屏罩的厚度足以实现与厚度不小于四个屏罩气隙厚度的铝的导电性相等的导电性。

[0088] 在采用如图 8 至图 10 所示的不相邻的结构的情形下，优选地，当沿与限定磁芯气隙在所述屏蔽式电力耦合设备工作过程中所扫过的体积空间的假想表面相垂直的方向上测量时，从所述磁芯气隙的最近侧部分到所述屏罩气隙的最近侧部分的距离不小于所述三个磁芯气隙厚度，更优选地，所述磁芯气隙的最近侧部分与所述屏罩气隙的最近侧部分之间的距离不小于五个磁芯气隙厚度。

[0089] 无论是采用图 7 所示的相邻结构还是采用图 8 至图 10 所示的不相邻的结构，优选地，位于所述磁芯气隙区域内的屏罩的厚度足以实现的导电性等同于厚度不小于五个磁芯气隙厚度的铝的导电性，更优选地，位于所述磁芯气隙区域内的屏罩的厚度足以实现的导电性等同于厚度不小于十个磁芯气隙厚度的铝的导电性。

[0090] 尽管图 7 至图 10 显示了相邻类型的结构和不相邻类型的结构，但毫无疑问也可以采用部分相邻并且部分不相邻的结构，或着采用不同程度地介于图 7 所示的结构与图 8 至图 10 所示结构中的任意一种之间的结构。

[0091] 此外，优选地，在本发明的一些实施方式中，对于包括导电材料以形成基本连续的电通道（该电通道组成环绕所述旋转轴线的闭合电路）的边缘场消除区的期望性而言，在图 7 所示的相邻类型的结构中边缘场碰触在四个位置上而在图 8 至图 10 所示的不相邻类型的结构中边缘场仅碰触在二个位置上的事实表明，对于相邻类型的结构而言，优选具有作为边缘场消除区的四个这种连续的电通道，而对于不相邻类型的结构而言，具有作为边缘场消除区的二个这种连续的电通道就是足够的。例如，构成环绕所述旋转轴线的闭合电路的这种连续的电通道可以为圆形、环形、半环形、和 / 或可以呈邻近于并沿着磁芯气隙的环形带的形状。在这种连续的电通道呈邻近于并沿着磁芯气隙的环形带的形状的情形下，对于具有平坦结构或圆柱形结构的电力耦合设备而言，这种环形带基本呈环形，并且对于

具有圆锥形结构或圆柱形结构的电力耦合设备而言，这种环形带基本呈圆锥形横截面。

[0092] 现在参照图 11，该图是显示几种典型的横截面的侧视图，这些典型的横截面可以用来形成符合根据本发明的实施方式的旋转互感器的结构的轴对称旋转体。在图 11 中，标记相同的部件具有上述功能。当将横截面用来形成基本轴对称的旋转体时，图 11 中标号为 A 至 E 的五个结构中的每个结构能够提供充分的屏蔽。此时，这种横截面所围绕扫过以形成本发明的各种实施方式的基本轴对称的旋转互感器结构的旋转轴线应该位于该横截面之外，但可以具有任何半径并具有相对于该横截面的任何方向。尽管在图中显示了参考标记以表示部件，但这些参考标记并不是用来表明限制固定侧对移动侧，初级侧对次级侧等的，因为通常这些参考标记可以互换的。

[0093] 在图 11 中，标号为 A 的插图显示分别设置在相对的具有 C 型横截面的磁芯内的单一的初级绕组和单一的次级绕组，并显示屏罩气隙邻近于磁芯气隙的屏罩结构；标号为 B 的插图显示分别设置在相对的具有 C 型横截面的磁芯内的单一的初级绕组和单一的次级绕组，并显示屏罩气隙与磁芯气隙不相邻的屏罩结构；标号为 C 的插图显示分别设置在相对的具有 E 型横截面的共同磁芯结构的磁芯槽内的双初级绕组和双次级绕组，并显示屏罩气隙邻近于磁芯气隙的屏罩结构；标号为 D 的插图显示具有适用于三相交流电流的共同磁芯结构的绕组 / 磁芯布置，并显示屏罩气隙邻近于磁芯气隙的屏罩结构；标号为 E 的插图显示具有适用于三相交流电流的三个分开的磁芯结构的绕组 / 磁芯布置，并显示屏罩气隙邻近于磁芯气隙的屏罩结构。此处，在绕组的数量、流过绕组的交变电流的类型选择（例如，两相、三相、多相等）等允许使得基本为零的净瞬时电流流经初级绕组（即，使得各个初级绕组上的磁化电流相互抵消）的情形下（这对于如插图 C、插图 D 和插图 E 所示的在各个初级侧和次级侧具有多绕组的绕组 / 磁芯布置是能够实现的），将能够显著地减小上文参照图 6 至图 10 所述的屏蔽电流。

[0094] 如上参照图 7 至图 10 所述，如果在必须支持场消除电流（该场消除电流将感生出磁场，该磁场能够在产生这种场消除电流的磁场的影响到达屏罩外表面之前（例如在这种场消除电流传导到屏罩外表面之前）消除产生这种场消除电流的磁场）的位置上存在有足够厚度的用于屏罩的铝或其它导电材料，则可以认为图 11 中的全部结构均能够得到充分地屏蔽。在这种情形下，导电材料的必要厚度通常根据频率和电导率的乘积的平方根的倒数而改变，同时，以铝的厚度等于多个磁芯气隙和屏罩气隙的尺寸来表述的优选范围为如上文参照图 7 至图 10 所述。此外，构成围绕旋转轴线的闭合电路的基本连续的电通道的形成与参照图 7 至图 10 所述的类似。

[0095] 尽管已经讨论并在附图中显示了特定的轴对称结构，但本发明并不限于此，如果必要，能够通过适当地改变而将上述说明应用于任何合适的轴对称结构上。

[0096] 图 12 是一种理想的典型圆柱形结构 200 的透视图，该典型圆柱形结构 200 由根据本发明实施方式的旋转互感器构成或接近于根据本发明实施方式的旋转互感器。该结构之所以被称作“圆柱形”是因为气隙 202 所扫过的体积空间的大致形状，其中，具有不同曲率半径的半耦合体 205，255 以径向布置的方式基本同心地围绕旋转轴线布置，所述气隙 202 沿径向方向介于半耦合体 205，255 之间并将半耦合体 205，255 相互分离，并且该气隙 202 由假想表面（见图 13）245，295 限定。更精确地说，如上文参照图 2 所述，在旋转互感器工作过程中气隙 202 扫过的体积空间是环形的，但由于其更近似于呈圆柱形而不是呈平坦形，

因此该结构在文中被称作圆柱形结构。需要注意的是，尽管所描述的为“径向布置”，但这并不意味着平移布置，因为正如所述，外半耦合体通常具有比内半耦合体更大的曲率半径；更准确地，可以认为这两个半耦合体（在该理想化的示例中）在极坐标系中彼此是在所述气隙另一边的镜象。

[0097] 图 13 是图 12 所示的圆柱形结构 200 的子午截面。圆柱形结构 200 是一种环形结构，该环形结构由气隙 202 分成外半耦合体 205 和内半耦合体 255 以允许相对旋转，其中，所述外半耦合体 204 的近侧（此处和下文，近侧和远侧是按照从子午截面所示的位于气隙 202 中间的中心位置起来计算的）由外假想表面 245 限定，所述内半耦合体 255 的近侧则由内假想表面 295 限定。

[0098] 外半耦合体 205 包括三个同轴的半壳体或半层 210，215，220。从气隙 202 开始这些半壳体依次是：绕组 210，磁芯 215，以及屏罩 220。绕组 210 的近侧表面 209 显示为基本与外假想表面 245 重合；在绕组 210 的远侧表面 211 和磁芯 215 的近侧表面 214 之间以及磁芯 215 的远侧表面 216 和屏罩 220 的近侧表面 219 之间显示为介入有不确定厚度（意味着可能包括零间隙，即邻接的布置）的间隙；并且该外半耦合体 205 在远侧由屏罩 220 的远侧表面 221 限定。在参照图 13 给出的说明中，需要注意的是，即使在其含义是半耦合体和半屏罩的情形下，有时为了描述方便会省略前缀“半”。

[0099] 内半耦合体 255 包括三个同轴的半壳体或半层 260，265，270，从气隙 202 开始，这些半壳体依次是：绕组 260、磁芯 265、以及屏罩 270。绕组 260 的近侧表面 259 显示为基本与内假想表面 295 重合；在绕组 260 的远侧表面 261 和磁芯 265 的近侧表面 264 之间以及磁芯 265 的远侧表面 266 和屏罩 270 的近侧表面 269 之间显示为介入有不确定厚度（意味着可能包括零间隙，即连续布置）的间隙；并且该内半耦合体 265 在远侧由屏罩 270 的远侧表面 271 限定。

[0100] 外半耦合体 205 的绕组 210 和内半耦合体 255 的绕组 260 隔着气隙 202 相对布置，以允许这两个绕组之间的相互感应耦合。位于图 13 左侧的外磁芯 215 的气隙分界面 213（下文称作“外磁芯左气隙分界面 213”）与位于图 13 左侧的内磁芯 265 的气隙分界面 263（下文称作“内磁芯左气隙分界面 263”）隔着气隙 202 相对布置，并且位于图 13 右侧的外磁芯 215 的气隙分界面 217（下文称作“外磁芯右气隙分界面 217”）与位于图 13 右侧的内磁芯 265 的气隙分界面 267（下文称作“内磁芯右气隙分界面 267”）隔着气隙 202 相对布置，以消除和 / 或降低将以上述参照图 2 给出的说明中所指出的方式围绕外半耦合体 205 的绕组 210 和内半耦合体 255 的绕组 260 所产生的磁通相连的磁路的磁阻。为有利于磁场的定位以使得磁通环路位于子午平面上，优选地，相对的磁芯气隙分界面的表面是平滑的、相互平行的，并且与桥接这两个磁芯气隙分界面之间的磁芯气隙的磁通线的主要方向相垂直。位于图 13 左侧的外屏罩 220 的气隙分界面 218（下文称作“外屏罩左气隙分界面 218”）与位于图 13 左侧的内屏罩 270 的气隙分界面 268（下文称作“内屏罩左气隙分界面 268”）隔着气隙 202 相对布置，并且位于图 13 右侧的外屏罩 220 的气隙分界面 222（下文称作“外屏罩右气隙分界面 222”）与位于图 13 右侧的内屏罩 270 的气隙分界面 272（下文称作“内屏罩右气隙分界面 272”）隔着气隙 202 相对布置，从而使得屏罩 220，270 基本将绕组 210，260 和磁芯 215，265 完全遮蔽和包围（气隙 202 除外）在其内部；即，除了气隙 202 之外，绕组 210，260 和磁芯 215，265 位于屏罩 220，270 的内部，并由屏罩 220，270 包围。此外，外

半耦合体 205 的屏罩 220 的气隙分界面 218，222、外半耦合体 205 的磁芯 215 的气隙分界面 213，217、外半耦合体 205 的绕组 210 的近侧表面 209 均基本与外假想表面 245 重合；并且内半耦合体 255 的屏罩 270 的气隙分界面 268，272、内半耦合体 255 的磁芯 265 的气隙分界面 263，267、内半耦合体 255 的绕组 260 的近侧表面 259 均基本与内假想表面 295 重合。

[0101] 图 14 是一种理想的典型平坦结构 300 的透视图，该典型平坦结构 300 由根据本发明实施方式的旋转互感器构成或近似于根据本发明实施方式的旋转互感器。该结构之所以被称作“平坦”结构是因为气隙 302 所扫过的体积空间的大致形状，其中，具有相同曲率半径的半耦合体 305，355 以径向布置的方式基本并排地沿着旋转轴线布置，所述气隙 302 沿轴向方向介于半耦合体 305，355 之间并将半耦合体 305，355 相互分离，并且该气隙 302 由假想表面（见图 15）345，395 限定。更精确地说，如上文参照图 2 所述，在旋转互感器工作过程中气隙 302 扫过的体积空间是环形的，但由于其更近似于呈平坦形而不是呈圆柱形，因此该结构在文中被称作平坦结构（或者有时称作平坦环形结构）。需要注意的是，尽管所描述的为“轴向移位”，但这并不意味着简单地平移移位；更准确地说，可以认为这两个半耦合体（在该理想化的示例中）在直角坐标系中是彼此在所述气隙另一边的镜象。

[0102] 图 15 是图 14 所示的平坦结构 300 的子午截面。平坦结构 300 是一种环形结构，该环形结构由气隙 302 分成位于图 14 和图 15 左侧的半耦合体 305（下文称作“左半耦合体 305”）和位于图 14 和图 15 右侧的半耦合体 355（下文称作“右半耦合体 355”）以允许相对旋转，其中，所述左半耦合体 304 的近侧（此处和下文，近侧和远侧是按照从子午截面所示的位于气隙 302 中间的中心位置起来计算的）由左假想表面 345 限定，所述右半耦合体 355 的近侧则由右假想表面 395 限定。

[0103] 左半耦合体 305 包括三个同轴的半壳体或半层 310，315，320。从气隙 302 开始这些依次是：绕组 310，磁芯 315，以及屏罩 320。绕组 310 的近侧表面 309 显示为基本与左假想表面 345 重合；在绕组 310 的远侧表面 311 和磁芯 315 的近侧表面 314 之间以及磁芯 315 的远侧表面 316 和屏罩 320 的近侧表面 319 之间显示为介入有不确定厚度（意味着可能包括零间隙，即连续布置）的间隙；并且该左半耦合体 305 在远侧由屏罩 320 的远侧表面 321 限定。在参照图 15 给出的说明中，需要注意的是，即使在其含义是半耦合体和半屏罩的情形下，有时为了描述方便也会省略前缀“半”。

[0104] 右半耦合体 355 包括三个同轴的半壳体或半层 360，365，370，从气隙 302 开始，这些依次是：绕组 360、磁芯 365、以及屏罩 370。绕组 360 的近侧表面 359 显示为基本与右假想表面 395 重合；在绕组 360 的远侧表面 361 和磁芯 365 的近侧表面 364 之间以及磁芯 365 的远侧表面 366 和屏罩 370 的近侧表面 369 之间显示为介入有不确定厚度（意味着可能包括零间隙，即连续布置）的间隙；并且该右半耦合体 365 在远侧由屏罩 370 的远侧表面 371 限定。

[0105] 左半耦合体 305 的绕组 310 和右半耦合体 355 的绕组 360 隔着气隙 302 相对布置，以允许这两个绕组之间的相互感应耦合。位于图 15 中远离旋转轴线一侧的左磁芯 315 的气隙分界面 313（下文称作“左磁芯外气隙分界面 313”）与位于图 155 中远离旋转轴线一侧的右磁芯 365 的气隙分界面 363（下文称作“右磁芯外气隙分界面 363”）隔着气隙 302 相对布置，并且位于图 15 中朝向旋转轴线一侧的左磁芯 315 的气隙分界面 317（下文称作“左磁芯内气隙分界面 317”）与位于图 15 中朝向旋转轴线一侧的右磁芯 365 的气隙分界面

367（下文称作“右磁芯内气隙分界面 367”）隔着气隙 302 相对布置，以消除和 / 或降低将以上述参照图 2 给出的说明中所指出的方式围绕左半耦合体 305 的绕组 310 和右半耦合体 355 的绕组 360 所产生的磁通相连的磁路的磁阻。为有利于磁场的定位以使得磁通环路位于子午平面上，优选地，相对的磁芯气隙分界面的表面是平滑的、相互平行的，并且与桥接这两个磁芯气隙分界面之间的磁芯气隙的磁通线的主要方向相垂直。位于图 15 中远离旋转轴线一侧的左屏罩 320 的气隙分界面 318（下文称作“左屏罩外气隙分界面 318”）与位于图 15 中远离旋转轴线一侧的右屏罩 370 的气隙分界面 368（下文称作“右屏罩外气隙分界面 368”）隔着气隙 302 相对布置，并且位于图 15 中朝向旋转轴线一侧的左屏罩 320 的气隙分界面 322（下文称作“左屏罩内气隙分界面 322”）与位于图 15 中朝向旋转轴线一侧的右屏罩 370 的气隙分界面 372（下文称作“右屏罩内气隙分界面 372”）隔着气隙 302 相对布置，从而使得屏罩 320，370 基本将绕组 310，360 和磁芯 315，365 完全遮蔽和包围（气隙 302 除外）在其内部；即，除了气隙 302 之外，绕组 310，360 和磁芯 315，365 位于屏罩 320，370 的内部，并由屏罩 320，370 包围。此外，左半耦合体 305 的屏罩 320 的气隙分界面 318，322、左半耦合体 305 的磁芯 315 的气隙分界面 313，317、左半耦合体 305 的绕组 310 的近侧表面 309 均基本与左假想表面 345 重合；并且右半耦合体 355 的屏罩 370 的气隙分界面 368，372、右半耦合体 355 的磁芯 365 的气隙分界面 363，367、右半耦合体 355 的绕组 360 的近侧表面 359 均基本与右假想表面 395 重合。

[0106] 图 16 是一种理想的典型圆锥形结构 400 的透视图，该圆锥形结构 400 由根据本发明实施方式的旋转互感器构成或近似于根据本发明实施方式的旋转互感器。该结构之所以被称作“圆锥形”是因为所述气隙所扫过的体积空间的大致形状，其中，半耦合体 405，455 相对于旋转轴线以介于轴向移位和径向移位的方式布置，所述气隙同时沿轴向和径向布置在半耦合体 405，455 之间，并将这两个半耦合体相互分离。因为圆锥形结构 400 既可以根据参照图 13 所示的圆柱形结构 200 所给出的说明而按照径向移位的特征进行说明，也可以根据参照图 15 所示的平坦结构 300 所给出的说明而按照轴向移位的特征进行说明，因此此处为简洁起见而省略了对平坦结构 400 的子午截面的说明，但可以理解为与图 13 和图 15 的上述说明类似，其中，相同参考标记的部件具有相同的功能。

[0107] 图 12 至图 16 是为阐述目的而给出的理想结构，其中显示的各种特征不一定表示具体的结构和尺寸，而只是用来表明这些特征在具有圆柱形结构、平坦结构或圆锥形结构的旋转互感器中的总体的示意性布置。也就是说，电力耦合设备有可能精确地按照图 12 至图 16 中的任意一幅图制造，以形成这些图中所示的两个半环形的半耦合体中的每一个，例如，将实心单匝绕组设置在具有 C 型横截面的均质半磁芯内，并且进而将该装好的单匝绕组和半磁芯嵌套到具有 C 型横截面的均质半屏罩内；但一般而言，在提及“绕组”、“磁芯”以及“屏罩”（或者“半磁芯”或“半屏罩”）的情形下，这并不一定意味着这些部件一定是连续的或均质的，或者具有任何特定尺寸或构成的结构一定占据着图 12 至图 16 中显示这些结构中的每个结构的区域，除了特别表明有其它含义之外，这些术语仅表示在旋转互感器中起相应的绕组、磁芯、屏罩功能的示意层或概念层，而与尺寸、几何形状、构成、结构等无关。此外，至少对于参照图 12 至图 16 中的理想结构所给出的说明而言，除了根据上下文明显有其它含义之外，“绕组”可以与“绕组层”互换使用，“磁芯”可以与“磁芯层”互换使用，“屏罩”可以与“屏罩层”互换使用。

[0108] 在图 12 至图 16 中的各幅图中，组成旋转互感器的各个半耦合体是彼此隔着圆柱形气隙、平面气隙或圆锥形气隙的镜像（即相对于气隙中线上的假想表面是对称的），并且绕组、磁芯和屏罩的布置是轴对称的（环形），对称轴线与旋转轴线同轴。此处，绕组和屏罩优选支持电流围绕旋转轴线沿圆周方向流动（例如，沿着与假想圆环的主环同轴的环流动），并且绕组 / 磁芯布置优选使得半耦合体相互相连的磁通环路位于子午平面（例如，假想圆环的子环平面）上。此处，在缺少磁芯层或其不具有显著的降低磁阻性能的情形下，绕组的定位将起主要作用，并优选地定位为使得将半耦合体相互相连的磁通环路位于子午平面上；但在存在磁芯层或在磁芯层中采用的材料具有显著的降低磁阻性能的情形下，这种降低磁阻材料在磁芯层内的布置将起主要作用，并优选地布置为使得将半耦合体相互相连的磁通环路位于子午平面上。尽管图 12 至图 16 中的绕组在各个半耦合体中仅通过设置在具有 C 型横截面的单个的槽内的、具有半环形横截面的单个的特征表示，但这应当被理解为示意性地表示任何适当的绕组 / 磁芯布置，包括多绕组之间间隔有附加的臂状柱件的布置，例如图 6 至图 10 的 E 型芯结构以及图 11 的插图 C 的多绕组之间间隔有附加的臂状柱件的布置，或者图 11 的插图 D 和插图 E 中的适用于三相交流电 (AC) 的三绕组结构中的多绕组之间间隔有附加的臂状柱件的布置。尽管图 12 至图 16 中的屏罩显示为是具有邻近于磁芯气隙的屏罩气隙的二部件式包围屏罩，但这应当被理解为示意性表示任何适当的屏罩结构，包括参照图 6 至图 11 的任一结构（例如，单一部件、多部件、相邻气隙、不相邻气隙、精减的、包围的等）。

[0109] 也就是说，在本发明的一些实施方式中，屏罩 220，270，320，370 至少在来自于绕组 210，260，310，360 和 / 或磁芯 215，265，315，365 的磁通漏出那些内层而碰触在屏罩层上和 / 或不对齐的情形下足以使得导电材料存在。此处，“磁通的漏出”指来自于绕组 210，260，310，360 不能被分流并包含在磁芯 215，265，315，365 内，即虽然磁芯 215，265，315，365 内的环绕绕组 210，260，310，360 的降低磁阻材料的存在预期能够减少漏电感，并防止磁通漏出磁芯 215，265，315，365，但降低磁阻材料的缺少或不充足、磁阻分布的不连续（例如气隙）等会使得磁通漏出并碰触到屏罩层上。此处，“磁通的不对齐”指存在磁通环路不位于子午平面上的情形，即尽管可以认为当电流在图 1 和图 2 所示的基本呈环形的系统内沿着主环在圆周方向上流动时磁通环绕位于子午平面上的子环流动，但磁阻分布的不连续（例如气隙）、偏离轴对称等会导致这些磁通环所处的平面不是子午平面，这意味着这种不对齐的磁通环具有垂直于子午平面的分量，也就是说具有沿旋转互感器圆周方向的分量。

[0110] 例如，在本发明的一种没有磁芯层或磁芯 215，265，315，365 的磁阻不是足够低而能够将磁通有效地分流在该磁芯内的实施方式中，由于磁通将基本泄漏到各处（磁芯气隙基本延伸进整个磁芯层并占据整个磁芯层），因此在本发明的这种实施方式中，除了允许相对旋转所必需的微小的屏罩气隙外，导电材料需要基本遍布屏罩的各处。

[0111] 但在本发明的具有有效的磁芯层而使得磁芯 215，265，315，365 的磁阻足够低以将磁通有效地分流在磁芯内的实施方式中，如果磁芯材料的布置合理地轴对称，则只需在如图 5 的区域 103 内所示的边缘场从磁芯气隙漏出的位置上具有导电材料就是足够的。并且因为磁芯气隙在与各个半耦合体的对应部件之间所画的虚线（例如，如子午截面上所示）的方向相垂直的方向上沿着两侧（即初级侧和次级侧）的旋转互感器的半耦合体 205，255，305，355 之间圆周延伸，因此仅在邻近于磁芯气隙的圆周区域内设置有导电材料就足

够了。

[0112] 例如，在外半耦合体 205 的左气隙分界面 213 与内半耦合体 255 的左气隙分界面 268 相对的位置附近，以及在外半耦合体 205 的右气隙分界面 217 与内半耦合体 255 的右气隙分界面 267 相对的位置附近，导电材料的这种圆周区域可以设置为邻近于圆柱形结构 200 的磁芯 215，265；或者在左半耦合体 305 的外气隙分界面 313 与右半耦合体 355 的外气隙分界面 368 相对的位置附近，以及在左半耦合体 305 的内气隙分界面 317 与右半耦合体 355 的内气隙分界面 367 相对的位置附近，导电材料的这种圆周区域可以设置为邻近于平坦结构 300 的磁芯 315，365。

[0113] 导电材料的这种圆周区域基本对应于上述的边缘场消除区，并基本对应于图 7 至图 10 的有限元模拟中表示场消除电流流动的阴影区。由上述按照从子午截面中所示的位于气隙中间的中心位置算起而给出的“远侧”的定义，这种导电材料的圆周区域可以描述为相对于磁芯气隙以远侧邻近的方式布置。

[0114] 例如，参照图 12 和图 13（圆柱形结构 200）并采用类似于图 7 所示的相邻气隙的多部件式屏罩的情形，这意味着对于全部四个导电材料的圆周区域而言，在每个屏罩 220，270（对应于图 7 中的半屏罩 120，170）具有两个导电材料的圆周区域。或者继续参照图 12 和图 13（圆住形结构 200）但改为采用类似于图 8 或图 10 所示的不相邻气隙的屏罩，这意味着对于全部的四个导电材料的圆周区域而言，仅仅在下屏罩 270（对应于图 8 和图 10 中的半屏罩 170）上具有两个导电材料的圆周区域。尽管参照图 12 和图 13 所示的圆柱形结构 200 给出了具体的说明，但相似的特征可应用于图 14 和图 15 所示的平坦结构 300，以及图 16 所示的圆锥形结构 400。

[0115] 也就是说，对于如图 9 至图 10 所示的不相邻气隙结构而言，在屏罩气隙较大但离磁芯气隙足够远而允许由从磁芯气隙漏出的磁通所产生的场消除电流在屏罩导电材料中流动以在泄漏磁通的影响到达屏罩气隙之前消除这些影响的情形下，即在边缘场消除区并不延伸到屏罩气隙的情形下，甚至仅在上述圆周区域内存在导电材料时就能够具有充分的屏蔽效果。基于该情形，即使在采用图 9 所示的那种类型的精减式屏罩的情形下，或者在省略一个半屏罩而仅采用如图 8 至图 10 所示的下半屏罩 170 的单一部件式屏罩的情形下，也可以具有充分的屏蔽效果。

[0116] 或者在本发明的具有有效的磁芯层以使得磁芯 215，265，315，365 的磁阻足够低而能够有效地将磁通分流在该磁芯内但可以具有局部磁通的不对齐（例如，因为磁芯 215，265，315，365 不符合轴对称）的实施方式中，如果磁通不对齐的位置离磁芯气隙足够远而允许场消除电流以在泄漏磁通的影响到达屏罩气隙或其它类似的屏罩间隙之前以消除这些影响的方式在屏罩 220，270，320，370 的导电材料中流动（并且使得屏罩此处的厚度足以防止泄漏的磁通到达屏罩的外表面），则足以允许屏罩 220，270，320，370 将导电材料仅设置在邻近于磁通不对齐的位置。

[0117] 与参照图 7 至图 10 所给出的有关屏罩厚度和导电性的优选范围的总体说明一致，对图 12 至图 16 所示的屏罩而言，同样类似优选地，屏罩在其被磁通碰触的位置处的厚度足以允许场消除电流以能够在碰触屏罩的磁通的影响到达屏罩的外表面和 / 或屏罩气隙之前以消除这些影响的方式在屏罩的导电材料中流动。除了根据上下文明显具有其它含义，参照图 12 至图 16 所给出的所有优选范围和附带说明可以理解为适用于图 12 至图 16 所示

的结构。

[0118] 如上所述，图 12 至图 16 是为说明目的所给出的理想结构，虽然在具有与如图所示的结构非常相似的结构的设备环境中本发明可以实施，但在具有与图示的结构明显不同但仍属于本发明范围内的结构的设备环境中，仍然还能够实施本发明的方面。需要注意的是，虽然出于说明目的选择了几种典型的环形旋转体，但不同形状或方向的旋转体，或者环形旋转体，或者基于其它任何合适的横截面的旋转环或旋转体均能够容易地被采用；并且这些环形旋转体是为说明目的而给出的，其仅仅作为介绍或描述本发明的几个实施方式的各种特征的便利性的手段，本发明应当被理解为不限制于例如具有圆形横截面的旋转体。

[0119] 以下阐述电力耦合设备的整体轴对称结构是如何能够通过使用商购获得的部件或方法在来实际获得的实施例。例如，在直径较大的铁磁性环等商购不到的情形下，可以适当地通过多个 C 型磁芯段和 / 或其它这种商购可得的磁芯段来制造。尽管可以使用任何适当的制造方法来获得电力耦合设备的各种部件，这些方法包括但不限制于模制、铸造、挤压成型等，但以下参照图 17 和图 18 描述的实施例分别采用由以相邻的方式设置的多个铁磁性段所装配起来的相对的环形磁芯来通过集合的方式形成近似于基本呈环形和 / 或半环形的磁芯结构、图 17 所示的圆柱形结构以及图 18 所示的平坦结构。此处，“圆柱形”和“平面”指介入在旋转互感器的固定侧和移动侧之间的气隙所占据的体积空间的形状；如以上参照图 1 所述，圆柱形结构也可改称为“径向移位”结构，平坦结构也可改称为“轴向移位”结构。

[0120] 现在参照图 17，该图是一种实施例的剖视图，该剖视图显示具有近似于图 12 和图 13 所显示的圆柱形结构的屏蔽式电力耦合设备是如何按照本发明的一个或多个实施方式通过以相邻的方式设置多个商购可得的铁磁性段 230，280 以集合地近似形成基本呈环形和 / 或半环形的并且截面形状类似于图 4 或图 13 所示的截面形状的相对的磁芯来制造的。在图 17 中，电力耦合设备显示为切成两半以使得其组成部件（绕组、磁芯和屏罩）能够被看到。在参照图 17 所给出的说明中，需要注意的是，在其含义为半磁芯和半屏罩的情形下，有时为便于说明而省略了前缀“半”。

[0121] 此处，电力耦合设备包括初级磁芯 230 和次级磁芯 280。初级磁芯 230 限定有初级磁芯槽或凹槽，初级导电绕组 210 位于该初级磁芯槽或凹槽内。次级绕组 280 限定有次级磁芯槽或凹槽，次级导电绕组 280 位于该次级磁芯槽或凹槽内。在图 17 所示的实施方式中，初级磁芯 230 和次级磁芯 280 分别具有大致半环形结构，也就是被成形为半环壳体。在本实施例中，由磁芯 230，280 限定的初级磁芯槽和次级磁芯槽基本呈环形。此处，尽管已经将外磁芯设置成相当于旋转互感器的初级磁芯，并将内磁芯设置成相当于旋转互感器的次级磁芯，但也可以容易地将内磁芯设置成相当于旋转互感器的初级磁芯，并将外磁芯设置成相当于旋转互感器的次级磁芯。

[0122] 如图 17 所示，次级磁芯 280 设置得邻近于初级磁芯 230，该初级磁芯和次级磁芯布置为在该初级磁芯和次级磁芯之间形成有气隙 202（尽管磁芯段的臂状柱件的端部在该图所显示的部分中不可见，但组成磁芯 230，280 的 C 型磁芯段的臂状柱件的端部部分地包绕绕组 210，260 而延伸到气隙 202）。次级磁芯槽与初级磁芯槽相对设置并且间隔开。气隙 202 允许磁芯之间绕旋转轴线相对旋转。通过该方式，所述磁芯中的至少一个可以设置在系统的旋转单元上，例如设置在 CT 扫描仪中的旋转台架上，以与旋转单元一起旋转并将

电力输送给该旋转单元。例如，所述磁芯可以由透磁材料制成，该透磁材料包括但不限制于铁磁体、硅铁、镍铁合金、不锈钢和钴铁合金。

[0123] 在图 17 所示的实施方式中，初级绕组 230 和次级绕组 280 具有绕共同的轴对称轴线的不同的曲率半径，气隙 202 沿径向方向介于初级磁芯 230 和次级磁芯 280 之间，并且所述轴对称轴线与构成电力耦合设备的旋转互感器的旋转轴线同轴。也就是说，在图 17 所示的结构中，组成旋转互感器的各个半耦合体是彼此隔着圆柱形气隙的镜像（即相对于位于气隙中线上的假想表面具有轴对称性），并且绕组、磁芯以及屏罩的布置也是轴对称的（例如，环形的），轴对称轴线与所述旋转轴线同轴。

[0124] 图 17 中所示的屏蔽式电力耦合设备在其最简单的形式上可以被理解为两个作为绕组的弓形导电件 210，260 由构成作为磁芯的环形半壳体 230，280 的铁磁性区段包围，并且如下所述在该电力耦合设备的外周上具有屏罩 220，270。图 17 中的半环形磁芯 230，280 可以具有基本呈 C 型的横截面或可以具有 E 型横截面，或者可以具有其它任何适当的结构，包括但不限制于以上参照图 6 至图 16 所阐述的任一磁芯的结构。需要注意的是，尽管绕组 210，260 在图 17 所示的实施方式中显示为是单匝绕组，但这出于阐述的目的，不完整的匝绕组或多匝绕组也属于以上参照图 1 所述的本发明的多个方面的范围内。此外，在采用具有 E 型横截面或其它这种有利于在旋转互感器的初级侧和次级侧中的每个上形成多个槽的横截面的磁芯的情形下，可以在各个初级侧和次级侧上设置多个绕组，以允许以如下方式应用交变电流（例如，两相、三相、多相等），即使得流过初级绕组的净瞬时电流基本为零（即，使得各个绕组上的磁化电流基本相互抵消），正如上文参照图 6 至图 11 所述。在图 17 中，需要注意的是，尽管环形磁芯半壳体 230，280 显示为将绕组导线进入和离开区域中的铁磁芯段省略了，但这仅仅是为了便于显示，从磁通的对齐以及屏罩运转的观点而言，优选地，在磁性铁磁芯段布置的轴对称性方面仅具有最小的中断，这将参照图 19 至图 22 详细地阐述。

[0125] 在图 17 中，除了用于允许相对运动的屏罩气隙外，初级磁芯和次级磁芯由导电屏罩 220，270 集合地包围（尽管在该图所示的截面中不可见，但半屏罩 220，270 部分地围绕绕组 / 磁芯系统以延伸到气隙 202）。在图 17 中，需要注意的是，尽管导电屏罩 220，270 显示为在绕组导线 210，260 进入和离开磁芯半壳体 230，280 的区域中沿圆周方向是断开的，但这仅是为显示方便，从屏罩运转的方面而言，优选地，半屏罩 220，270 在从绕组 / 磁芯系统泄漏的磁通所碰触的任何位置上，例如在位于磁芯气隙边缘的边缘场消除区上均具有导电材料（例如，如上参照图 12 至图 16 所述，相对于磁芯气隙以远侧相邻的方式布置；并且由于该磁芯气隙延伸为所述圆周的整个长度，因此优选地，这种边缘场消除区沿着所述磁芯气隙延伸为所述圆周的整个长度）；并且从所述屏罩的运转而言，优选地，半屏罩 220，270 包括形成了构成围绕旋转轴线的闭合电路的基本连续的导电材料，正如上文参照图 5 至图 16 所阐述的一样。

[0126] 在图 17 所示的结构中，绕组和屏罩优选地支持围绕所述旋转轴线沿圆周方向的电流流动（例如，沿与环形主环同轴的环），并且绕组 / 磁芯布置优选地使得使半耦合体相互相连的磁通环路位于子午平面（例如，环形子环平面上）。与参照图 7 至图 10 给出的关于屏罩厚度和导电性的优选范围的总体说明一致，对于图 17 所示的半屏罩 220，270 而言，类似优选地，屏罩在磁通碰触的位置上厚度足以允许场消除电流以如下方式在屏罩的导电

材料中流动，即使得在碰触的磁通的影响到达屏罩的外表面和 / 或屏罩气隙之前将这些影响消除。除了根据上下文明显具有其它含义，参照图 7 至图 10 所给出的全部优选范围和附带说明可以被理解为适用于图 17 所示的结构。尽管图 17 中显示的屏罩是包括半屏罩 220，270 的二部件式包围屏罩，该半屏罩 220，270 具有邻近于磁芯气隙的屏罩气隙，可选择地或额外地，能够采用任何合适的屏罩结构，该屏罩结构包括参照图 6 至图 11 描述的任一结构（例如，单一部件式、多部件式、相邻气隙、不相邻气隙、精减的、包围的等）。

[0127] 参照图 18，该图是一种实施例的侧视图，该侧视图显示具有接近于图 14 和图 15 所示的平坦结构的屏蔽式电力耦合设备是如何按照本发明的一个或多个实施方式通过以相邻的方式设置多个商购可得的磁性铁磁芯段 330，380 以集合地形成接近于基本呈环形和 / 或半环形的相对的磁芯来制造的。在图 18 中，需要注意的是仅显示了组成屏蔽式电力耦合设备的旋转互感器的一侧（例如，初级侧）；此外，仅磁芯和屏罩可见，在本图中省略了装配过程中沿着磁芯槽布置的绕组。为完成轴向移位的旋转互感器的装配，以类似于图 18 所示的一侧的装配方式装配另一侧（例如次级侧），只是该另一侧必须基本是图 18 所示的一侧的镜像，以使得在将绕组安装进磁芯槽内并且使得半环形磁芯和绕组的开放面彼此相对时，即可获得图 5 或图 15 所示的横截面形状。当本实施方式中具有平坦结构的旋转互感器以这种方式装配时，初级磁芯和次级磁芯具有绕共同的轴对称轴线的相同的曲率半径，其中，气隙轴向介于初级磁芯与次级磁芯之间，以使得初级磁芯与次级磁芯并排设置，并且所述轴对称轴线与所述电力耦合设备的旋转轴线基本同轴。在参照图 18 给出的说明中，需要注意的是，即使在其含义上半磁芯和半屏罩的情形下，有时为便于说明也会省略前缀“半”。

[0128] 此处，在如上所述装配后，这种电力耦合设备包括初级磁芯 330 和次级磁芯 380。在这种情形下，初级磁芯 330 限定有初级磁芯槽或凹槽，初级导电绕组 310 位于该初级磁芯槽或凹槽内。次级磁芯 380 限定有次级磁芯槽或凹槽内，次级导电绕组 360 位于该次级磁芯槽或凹槽内。在图 18 所示的实施方式中，在如上所述装配后，初级磁芯 330 和次级磁芯 380 各自具有基本呈半环形的结构，即这些磁芯成形为半环形壳体。在本实施方式中，在如上所述装配后，由磁芯 330，380 限定的初级磁芯槽和次级磁芯槽基本呈环形。此处，图 18 所示的半磁芯可以被看作是，例如当如上所述将两个镜像式半磁芯连同各自的绕组和屏罩以轴向移位的方式并排装配在一起而形成图 5 或图 15 中所示的横截面形状时沿垂直于旋转轴线的方向（或在边缘上）所观察到的左磁芯，例如，该半磁芯可以对应于旋转互感器的初级磁芯；该图中未显示的半磁芯可以被看作是，例如当如上所述将两个镜像式半磁芯以轴向布置的方式并排装配在一起时沿垂直于旋转轴线的方向（或在边缘上）观察到的右磁芯，例如，该半磁芯对应于旋转互感器的次级磁芯。可选择地，该右磁芯可以对应于旋转互感器的主磁芯，该左磁芯可以对应于旋转互感器的次级磁芯。在图 18 中，在左磁芯 330 显示为具有气隙分界面 313 和气隙分界面 317 的情形下，以及在左屏罩 320 显示为具有气隙分界面 318 和气隙分界面 322 的情形下，这些特征正如参照图 15 所描述的一样。

[0129] 在插入绕组并装配如图 18 所示的镜像式半耦合体而形成如上所述的图 5 或图 15 中所示的横截面形状后，将次级磁芯 380 设置得邻近于初级磁芯 330，将初级磁芯和次级磁芯布置为使得气隙 302 位于该两个磁芯之间。将次级磁芯槽布置为与初级磁芯槽相对并相互间隔开。气隙 302 允许磁芯绕所述旋转轴线的相对旋转。通过该方式，可以将磁芯中的至少一个磁芯设置在系统的旋转单元上，例如，设置在 CT 扫描仪内的旋转台架上，以与所

述旋转单元一起旋转并将电力输送到旋转单元。例如，所述磁芯可以由透磁磁疗制成，该透磁材料可以包括但局限于铁磁体、硅铁、镍铁合金、不锈钢以及钴铁合金。

[0130] 在如上所述插入绕组并装配图 18 所示的镜像式半耦合体之后，初级磁芯 330 和次级磁芯 380 将具有绕共同的轴对称轴线的相同的曲率半径，气隙 302 轴向介入在初级磁芯 330 和次级磁芯 380 之间，并且轴对称轴线基本与构成电力耦合设备的旋转互感器的旋转轴线同轴。也就是说，在如上所述装配镜像式半耦合体之后，构成旋转互感器的各个半耦合体将是彼此隔着平坦气隙的镜像（即位于该平坦气隙的中线上的假想表面具有对称性），并且绕组、磁芯、以及屏罩的布置是轴对称的（例如环形），该对称轴线与所述旋转轴线同轴。

[0131] 通过如上所述插入绕组并装配图 18 所示的镜像式半耦合体以实现如上所述的图 5 或图 15 所示的横截面形状而获得的屏蔽式电力耦合设备，该屏蔽式电力耦合设备的最简单形式被可以看作作为绕组的两个弓形的导电件 310，360，该绕组围绕有构成作为磁芯的环形半壳体 330，380 的铁磁区段，并且如下所述在该电力耦合设备的外周上具有屏罩 320，370。在装配的电力耦合设备中的半环形磁芯 330，380 可以具有基本为 C 型的横截面或可以具有基本为 E 型的横截面，或者可以具有任何合适的其它结构，包括但不局限于以上参照图 6 至图 16 所描述的任一磁芯的结构。就绕组 310，360 而言，如上参照图 1 所述，可以采用单匝绕组、不完整匝绕组和 / 或多匝绕组中的任何绕组。此外，在采用具有 E 型横截面或在旋转互感器的各个初级侧和次级侧有利于形成多个槽的其它这种横截面的磁芯的情形下，在各个初级侧和次级侧上可以设置有多绕组以允许以如下的方式应用交变电流（例如两相、三相、多相等），即使得流过初级绕组的净瞬时电流基本为零（即使得各个初级绕组上的各个磁化电流相互消除），这正如上参照图 6 至图 11 所描述的那样。对于绕组导线 310 和 360 进入和离开环形磁芯半壳体 330，380 的区域，优选地，从磁通对正以及由此屏罩的观点而言，在铁磁性磁芯段布置的轴对称性上仅具有最小的间断，这将会参照图 19 至图 22 进行更详细的阐述。

[0132] 在如上所述插入绕组并装配图 18 所示的镜像式半耦合体后，除了用于允许相对运动的屏罩气隙外，初级磁芯和次级磁芯由导电屏罩 320，370 集合地包围。在如上所述装配后，从屏罩运转的方面而言，优选地，半屏罩 320，370 在从绕组 / 磁芯系统泄漏出的磁通所碰触的任何位置上，例如在磁芯气隙边缘的边缘场消除区上均具有导电材料（例如，如上参照图 12 至图 16 所述，相对于磁芯气隙以远侧相邻的方式；并且由于该磁芯气隙延伸为所述圆周的整个长度，因此优选地，这种边缘场消除区也沿着所述磁芯气隙延伸为所述圆周的整个长度）；并且从所述屏罩的运转而言，优选地，半屏罩 320，370 包括形成了构成围绕旋转轴线的闭合电路的基本连续的导电材料，正如上文参照图 5 至图 16 所阐述的一样。

[0133] 在插入绕组并装配图 18 所示的镜像式半耦合体以实现如上所述的图 5 或图 15 所示的横截面形状后所获得的结构中，绕组和屏罩优选地支持围绕所述旋转轴线沿圆周方向的电流流动（例如，沿着与环形主环同轴的环），并且绕组 / 磁芯布置优选地使得使半耦合体相互相连的磁通环路位于子午平面（例如，环形子环所在的平面上）。与参照图 7 至图 10 给出的关于屏罩厚度和导电性的优选范围的总体说明一致，对于半屏罩 320，370 而言，类似优选地，屏罩在磁通碰触的位置上厚度足以允许场消除电流以如下方式在屏罩的导电材料中流动，即使得在碰触的磁通的影响到达屏罩的外表面和 / 或屏罩气隙之前将这些影

响消除。除了根据上下文明显具有其它含义，参照图 7 至图 10 所给出的全部优选范围和附带说明可以被理解为适用于在插入绕组并装配图 18 所示的镜像式半耦合体后所获得的结构。尽管在如上所述装配后所获得的结构中的屏罩是包括半屏罩 320，370 的二部件式包围屏罩，其中该半屏罩 320，370 具有邻近于磁芯气隙的屏罩气隙，可选择地或额外地，能够采用任何合适的屏罩结构，该屏罩结构包括参照图 6 至图 11 所描述的任一结构（例如，单一部件式、多部件式、相邻气隙、不相邻气隙、精减的、包围的等）。

[0134] 显示具有圆柱形结构和平坦结构的屏蔽式电力耦合设备是如何通过布置多个铁磁芯段来制造的实施例已经参照图 17 和图 18 进行了描述；尽管没有描述通过布置多个铁磁芯段来实际制造具有圆锥形结构的屏蔽式电力耦合设备，但也是能够通过布置多个铁磁芯段来制造的，并且也属于本发明的范围之内。

[0135] 参照图 19，此处，如同在图 18 的纸面内沿垂直于所述旋转轴线的方向（或在边缘上）观察时所看到的一样（即如同以这种方式观察时所看到的一样，显示有通过插入绕组并装配图 19 所示的镜像式半耦合体所获得的电力耦合设备），该图 19 显示了具有分别由参照图 18 所描述的多个磁性铁磁芯段 330，380 组成的相对的磁芯的平坦结构的电力耦合设备。尽管图 19 显示的为平坦结构，但在磁芯由多个铁磁芯段组成或具有其他轴对称的间隙的情形下，具有圆柱形结构或圆锥形结构的旋转互感器会呈现有相似的状态。在图 19 中，该图的插图 A、B、C 显示在电力耦合设备工作过程中在旋转互感器所采取的三个不同的角位上磁通线是如何桥接磁芯气隙的。

[0136] 在图 19 中，可以看到桥接磁芯气隙 302 的磁通线在电力耦合设备的旋转的过程中因组成各个磁芯 330，380 的相邻的铁磁芯段之间存在间隔是如何交替地变得对齐与不对齐的（此处“不对齐”的含义为，使初级磁芯和次级磁芯相互相连的磁通线不再位于子午平面上，例如不再位于环形子环所在的平面上）。也就是说，如参照图 17 和图 18 的说明所述，在这些图所显示的实施方式中的任一磁芯可以包括多个磁芯段，例如，C 型磁芯铁磁区段，以例如集合地形成接近于基本呈环形和 / 或半环形的结构。就使用这种相邻的磁芯段布置而形成偏离轴对称的分段的磁芯而言，这会在电力耦合设备工作过程中当例如磁芯气隙一侧上的高磁阻区交替地与该磁芯气隙另一侧上的高磁阻区和低磁阻区对准时导致磁通环的不对齐，导致磁通环路例如间歇地位于环形子环所在的平面上或子午平面上、然后不位于圆环的子环平面上或子午平面上。

[0137] 当然在可获得的情形下，当通过多个磁芯段制造磁芯时，可以优选地使用具有适当尺寸的楔型磁芯段而不使用矩形的磁芯段，以减小这些磁芯段相互之间的间隔的尺寸，这些间隔使得磁通线呈现为图 19 中所示的不对齐。此外，如果 C 型磁芯的尺寸相同，例如，因为作为使用具有矩形形状的磁芯段来近似地形成曲面的人工制品而存在的磁芯段的饼形楔入对于图 17 所示的圆柱形结构而言并不明显，因此图 17 中显示的圆柱形结构比图 118 所示的平坦结构呈现出较少的磁通线的不对齐。但是，例如，在考虑到工艺性，使用的磁芯段的整体数量，磁芯段均具有相同的尺寸，具有矩形形状的磁芯段用来近似地形成曲面，或因为其他类似的原因，在旋转互感器的每侧（即初级侧和次级侧）上的相邻的磁芯段之间具有间隔，由于在电力耦合设备工作过程中的相对旋转，这些间隔交替地与位于旋转互感器另一侧（例如次级侧）上的磁芯段和这些磁芯段之间的间隔对准，磁通线的变形会增加射频放射，因为如上参照图 5 至图 11 所述这种变形会干扰屏罩的运转。例如，此外，当这些

磁芯段之间的间隔在旋转方向上基本相当于或大于磁芯段本身的尺寸时，该磁通线扭曲的影响会更加明显，这正如将某一磁芯段完全省略的情形一样（这是参照图17的描述中的提醒注意性陈述的原因，该提醒注意性陈述的大意是尽管图17中显示在绕组导线210，260进入离开各个磁芯的区域内省略的铁磁芯段，但这仅是为便于显示，优选地，在铁磁芯段布置的轴对称性上具有微小的中断）。

[0138] 为使得磁通环路的这种不对齐最小化，并因此改善以上参照图5至图18所述的屏罩的运转，因此优选地，在磁芯包括多段磁芯段的情形下，磁芯段的选择和这些磁芯段的布置使得沿圆周方向（旋转方向）的任何两个相邻的磁芯段之间的间隔不大于沿圆周方向的所述磁芯段的任何一个的宽度；更优选地，这种间隔不大于沿圆周方向的所述磁芯段中的任何一个的宽度的一半。

[0139] 现在参照图20，例如，在必须将绕组310，360的导线引进和引出磁芯槽的情形下，会引起轴对称性的另一种潜在的丧失。在图20中，具有分别由图18所示的多个磁芯段330，380组成的相对的磁芯的平坦结构的电力耦合设备以剖视的形式绘制，以显示在图18的纸面内沿垂直于所述旋转轴线的方向观察（或在边缘上）所看到的该电力耦合设备内的绕组310，360（即由以这种方式观察所看到的通过插入绕组和如图18所显示的半耦合体而获得的电力耦合设备）。尽管图20显示的是平坦结构，但在绕组的导线进入和离开磁芯槽的情形下，具有圆柱形结构或圆锥形结构的旋转互感器会呈现出相似的状态。

[0140] 如上所述，一般而言不推荐省略磁芯段或者使得相邻的磁芯段之间的间隔显著增加以形成用于绕组导线的空间，因为这样做会倾向于破坏磁芯的轴对称性，并潜在地增加磁通线的不对齐，使得类似于图19的情形发生。

[0141] 图20也显示了导致磁通线不对齐的另一个潜在的影响因素，从而会导致干扰优选的屏罩操作和/或潜在使得射频辐射增加。也就是说，在图20中，可以看到，在绕组导线310以形成基本为等边三角形的两个边的方式进入和离开磁芯环的情形下虚拟电流环路197是如何形成的，所述等边三角形的第三边可以由相对的绕组360形成，因此该相对的绕组360潜在地加剧了形成这种虚拟电流环路197的情形。由于在这些导线成对地靠拢在一起的情形下（特别是在这些导线扭转并集合地被屏蔽时）这些成对的绕组导线的磁场倾向于相互抵消，因此需要注意的是，在成对的导线彼此分叉（如图20所示）的情形下通常会形成这种虚拟电流环路197，该虚拟电流环路197所代表的问题的严重程度通常随着由这些分叉的导线所形成的基本为等边三角形的尺寸而增加。尽管在具有如图14和图15所示的单匝绕组的理想的旋转互感器中能够使得绕组导线以完全直角的形式进入和离开磁芯槽，从而使得绕组导线之间没有间隔，但在实施方式中难以避免形成这种虚拟电流环路197。需要注意的是，在这种虚拟电流环路197中流动的电流对应于基于所述电力耦合设备所传输的总电力所预期获得的电流，而不仅仅对应于磁化电流；也就是说，尽管在这种虚拟电流环路中流动的电流可能是对应于电力耦合设备所传输的电力的电流的一小部分，但在通过电力耦合设备传输大量电力的情形下，在这种虚拟电流环197中流动的电流会非常大。此外，因为由这种虚拟电流环路197所产生的磁场总体上并不对齐以使得该磁场的磁通线位于子午平面内，因此磁通的这种不对齐对屏罩的运转具有显著的有害的影响。

[0142] 为避免需要省略磁芯段和/或需要增加相邻的磁芯段之间的间隔以通过绕组导线，因此在本发明的一个或多个实施方式中，在使用多个磁芯段来形成接近于轴对称的磁

芯的情形下，优选地，所述磁芯段设置有允许绕组导线通过的通道。此外，为使得如上参照图 20 所述的虚拟电流环路的形成最小化，并因此改善如上参照图 5 至图 18 所述的屏罩的运转，在本发明的一个或多个实施方式中，优选地，绕组的导线通过磁芯的方式和通过磁芯的位置能够基本消除这种虚拟电流环路的形成或使得这种电流环路的形成最小化。例如，图 21 所示的具有通道 277 的磁芯段 280 可以用来实现该双重目的。在图 21 中，尽管显示了带有凹口的通道 277，但也可以使用类似于通道 277 的孔等。

[0143] 参照图 21，在采用多个商购可得的磁芯段来形成接近于轴对称的磁芯的情形下，采用通道 277 将能够使得绕组导线以如下方式进入和离开磁芯槽，即不会使得相邻的磁芯段之间的间隔增大或不会显著地破坏磁芯的轴对称性。此外，具有如图 21 所示的用于导线的通道 27 的磁芯段 280 可以用来通过使由分叉的绕组导线部分地形成的基本呈三角形的区域的尺寸最小化，来基本消除这种虚拟电流环路的形成或使得这种电流环路的形成最小化。尽管具有通道 277 的磁芯段 280 显示为形成有单一槽（例如，用于图 21 中的单绕组的单一槽）的 C 型磁芯段，但毫无疑问也可以在 E 型磁芯段中或其它这种形成有例如用于多匝绕组（例如，图 22 显示位于由相邻的 E 型磁芯段所形成的各个槽内的三匝绕组）的多个槽的磁芯段中采用这种通道，在该情形下，具有用于绕组导线的通道的磁芯段可以用来通过使得由分叉的绕组导线部分地形成的基本呈三角形的区域的尺寸最小化并且同时容纳插入的导线直径，来基本消除这种虚拟电流环路的形成或使得这种电流环路的形成最小化，正如以下参照图 22 所述。

[0144] 在图 21 中，组成具有图 17 所示的圆柱形结构的电力耦合设备的内磁芯的一部分的铁磁芯段 280 绘制为在图 17 的纸面内沿垂直于旋转轴线的方向（或在边缘上）观察时所看到的那样。此处，显示了一种优选实施方式，在该优选实施方式中，允许绕组导线通过的一对通道 277 以呈斜对角的形式布置在相邻的磁芯段上。尽管图 21 显示了一对通道 277 以呈斜对角的形式设置在相邻的磁芯段上，但是在这种通道不是以呈斜对角的形式布置在相邻的磁芯段上而是替代地沿绕组在磁芯槽内缠绕的方向在磁芯槽两端的呈对角线的相对位置上布置在相同的磁芯段上也能取得相似的效果，即如同以下情形：如果图 21 的最左方的磁芯段的通道 277 替代地设置在图 21 的中心部分的磁芯段上的相应位置上，以使得两个通道 277 位于相同的磁芯段上。尽管用来形成接近于圆柱形结构的磁芯的磁芯段如图 21 所示，但是在磁芯由多个这种铁磁芯段组成的情形下，类似的结构和操作也能够用于具有平坦结构和圆锥形结构的旋转互感器；此外，尽管图 21 中显示了 C 型磁芯段，但是对于 E 型磁芯段或任何其它具有合适的横截面形状（例如图 22 显示的 E 型磁芯段而言，显示绕组和导线的路线是相同的），以能够实现相似的结构和运转。

[0145] 参照图 22，此处，组成具有图 18 所示的平坦结构的电力耦合设备的一个半耦合体的磁芯的一部分的磁芯段 330 绘制在图 18 所示的侧视图上，只是图 22 中的磁芯采用 E 型磁芯段来代替图 18 中的磁芯中所采用的 C 型磁芯段。在图 22 中，可以看到，位于由位于多个 E 型磁芯铁磁性段组成的磁芯的磁芯槽中的一个槽（此处，指该图上部的槽）内的三匝绕组 310 是如何沿着该槽布置并经过以斜对角的形式布置在如图 21 所示的相邻的磁芯段 330 上的通道而以图 20 所示的方式从这种相邻的磁芯段 330 的背面出现的。在图 22 所示的三匝绕组的情形下通道的斜对角或对角线的布置有利于缠绕在槽内的绕组的布线，特别是在如下情形下更是如此，即所述槽必须留有余量以容纳当每匝使得绕组进入绕组导线进

入和离开槽的附近区域时绕组必须弯曲转向以适应并作路线改变情形下插入的绕组导线的直径（例如，在图 22 中，通道之间的距离必须足以允许两个导线直径插入到导线进入槽的位置与导线离开槽的位置之间）。

[0146] 结合参照图 20 和图 21，在采用通道 277 作为如上所述的用于通过绕组导线的通道的情形下，此时优选地，通道 277 在磁芯段（例如图 20 中的磁芯段 330 或图 21 中的磁芯段 280）上布置的位置和方式基本不改变在电力耦合设备的运转过程中通过此处的磁通线所占据的磁路的磁阻。也就是说，铁磁体的磁阻例如比空气的磁阻小 50 倍到 100 倍，在磁芯气隙附近的磁通线密度通常是最高的；而且，由于屏蔽效果在磁通从磁芯气隙泄漏的边缘场的邻近区域内对磁通线的几何形状特别敏感，因此优选地，在形成孔、凹口等以形成这种通道 277 时，不从磁芯段的面向气隙的表面去除材料；即优选地，磁芯气隙分界面是平滑均匀的，并且没有对气隙分界面的机械切除、切断或扰乱。更优选地，在缺少磁芯材料对桥接气隙的磁通线基本没有负面影响的情形下，这种通道 277 所处的位置例如位于磁芯段的背面或者位于其它这种相对远离磁芯气隙的位置上。

[0147] 在图 21 中，需要注意的是，通道 277 位于磁芯段 280 的背面，在电力耦合设备工作过程中远离作为磁极面（磁芯气隙分界面）的表面。此外，在图 20 至 22 中，尽管通道仅设置在需要的位置上，例如，仅位于绕组导线实际通过磁芯材料的位置上，但因为通道 277 位于磁芯段的背面或其它这种安全地远离磁芯气隙的位置上在电力耦合设备工作过程中能够显著地减小通道 277 对磁通线所采取的磁路的负面影响，降低成本，改善工艺性等等，因此在组成磁芯的全部磁芯段上并不是绝对不能设置这种通道 277，而不仅仅是在绕组导线实际通过的磁芯段上设置这种通道。

[0148] 如上所述，优选地，绕组的布置和 / 或磁芯上降低磁阻材料的配置使得磁通对齐，以使得磁通环位于子午平面上，例如在整体轴对称结构基本为环形的情形下位于子环平面上。因此特别是在磁芯包括多个磁芯段的情形下，优选地，轴对称性具有微小的中断间隙，例如因磁芯段的布置包括间隔；或者因绕组进入和 / 或离开磁芯槽的方式，例如优选地采用通道。此外，优选地，例如，绕组导线通过磁芯的方式和位置能够基本消除虚拟电流环路的形成或使得虚拟电流环路的形成最小化。为实现如上参照图 5 至图 18 所述的有效屏蔽，在本发明的一个或多个实施方式中，优选地，在电力耦合设备工作过程中，包括因边缘场和虚拟电流环路所产生的磁通的不对齐磁通不大于使磁芯相互相连的总磁通的百分之一；更优选地，在电力耦合设备工作过程中，这种不对齐的磁通不大于使磁芯相互链通的总磁通的千分之一；更优选地，在电力耦合设备工作过程中，这种不对齐的磁通不大于使磁芯相互链通的总磁通的万分之一。

[0149] 需要注意的是，在采用不完整匝绕组的情形下，为避免出现因在沿着电力耦合设备的整体轴对称结构的圆周的不同位置上电流密度的变化而导致磁通线扭曲的情形，即避免出现使得链通各个磁芯的磁通环偏离子午平面的情形，优选地，这种不完整匝设置为集合地构成单独的全匝（例如，可以采用三个不完整匝，每个不完整匝占据假想圆环的主环的圆周的三分之一），并且在电力耦合设备运转过程中，优选地，使得电流流经所有不完整匝的方式在环绕整个轴对称结构的圆周的基本全部位置上形成基本均匀的磁场。

[0150] 任何合适的材料和组装方法均可以用于屏蔽式电力耦合设备的绕组、磁芯和屏罩。绕磁芯缠绕的导线（例如绞合线）典型地用作为绕组，但也可以采用任何合适的材料

和制造方法，包括模制、铸造、挤压成型等。尽管实施例描述了由多个磁芯段装配的大直径的铁磁芯，但本发明并限于此，在可以得到的情形下，本发明可以采用铸造的、模制的、挤压成型的或类似的磁芯件。此外，尽管铁磁体已经被描述为优选的磁芯材料的一个具体的实施例，但本发明并不限于此，可以采用硅铁、镍铁合金、不锈钢、钴铁合金或任何其它合适的材料。尽管铝已经被描述为优选的屏罩材料的一个具体的实施例，但本发明并不限于此，可以选择地或另外地采用其它金属、其它导电材料、和 / 或用于屏罩的任何其它合适的材料。本领域技术人员能够理解的是，屏蔽式电力耦合设备可以以多种方法中的任意一种方法制造；作为一个实施例，作为绕组的导线可以缠绕在如上参照图 17 和图 18 所述的布置为接近于轴对称结构的多个磁芯段的槽内，这种磁芯段封装或嵌入在如上参照图 5 至图 18 所述的作为环绕轴对称轴线的连续的电路的导电材料内或以其它方式相对于该导电材料保持就位。此时，可以使用导电环氧树脂等以弓形或螺旋形的方式包裹金属片、槽钢 (channel) 或其它这种挤压成型件等并将它们固定在一起，以形成接近于如上参照图 5 至图 18 所述的轴对称的屏罩。此时，为实现屏罩的适当运转，优选地，适当注意磁芯材料、磁芯气隙的几何形状、磁芯段的间隔、绕组导线的进 / 出通道等的布置 / 分布，以使得在电力耦合设备运转过程中使得磁场偏离于子午平面最小化。此外，优选地，适当注意屏罩气隙的方向和位置，适当注意导电材料在屏罩内的布置以使得在边缘场消除区具有充分的承载电流的能力，适当注意这种边缘场消除区相对于从磁芯气隙边缘放射出的边缘场的位置，适当注意构成绕轴对称轴线和旋转轴线的闭合电路的优选呈环形的连续电路的形成，等等。

[0151] 尽管已经探讨并在附图中显示了具体的轴对称结构，但本发明并不局限于此，本发明能够将上述说明应用于任何合适的轴对称结构（如果必要的话通过适当的改变）。此外，尽管术语“轴对称”、“环形”等被用来提供一个用于讨论电流方向、磁通线方向等的总体框架，但这种框架不应该过分地照其字义被认为意味着，为了实现从本发明的屏蔽式电力耦合设备所能获得的益处，该轴对称几何形状或环形几何形状必须严格遵守，或者偏离严格的轴对称形状或环形形状就一定落在权利要求的范围之外；特别需要注意的是，例如，就屏罩的形状而言，可以显著偏离轴对称形状或环形形状而不一定显著地削弱屏蔽式电力耦合设备的运转，并且仍属于权利要求的范围之内和 / 或处于例如参照图 5 至图 22 所述的为实现良好的屏罩运转所给出的基本参数的范围之内。

[0152] 此外，虽然通常必须有至少一个屏罩气隙（包括具有如图 10 中所示的一个较大的屏罩气隙的结构），以允许半耦合体之间的相对旋转，但这并不绝对排斥具有多个屏罩气隙和 / 或磁芯气隙。此外，也并不排斥采用多个成组的和 / 或嵌套半耦合体，在该成组的和 / 或嵌套半耦合体之间具有多个气隙以允许相对旋转，图 23 中显示了这种结构的一些有代表性的实施例。

[0153] 图 23 显示有几个有代表性的横截面形状，这几个横截面形状可以用来符合根据本发明的实施方式的旋转互感器的结构的轴对称旋转体，该图具体显示多个成组的或嵌套成组的旋转互感器半耦合体是如何结合成各种整体结构的。在该图中，除了出于方便而未在固定侧和旋转侧之间进行标示以进行区分之外（即，因为实际上每对这种半耦合体的一侧可以典型地作为旋转互感器的初级侧，同时另一侧可以典型地作为旋转互感器的次级侧，因此将固定侧的参考标记用于表示两侧上的半耦合体），参考标记相同的部件具有如上所述的功能。当用作为横截面形状以形成基本轴对称的旋转体时，图 23 中标号为 A、B、C 的

三个结构中的每个结构均能够提供充分的屏蔽效果。在该图中，以示意性的方式绘制了水平、垂直和倾斜的中心线，以表示为获得本发明各种实施方式的基本轴对称的旋转互感器结构而使得这种横截面形状所扫过围绕的旋转轴线应该位于该横截面形状之外，但相对于该横截面形状可以具有任意的半径和方向。

[0154] 本发明的电力耦合设备可以用于在包括至少一个旋转单元的系统（例如 CT 扫描仪）中传输电力。在包括固定件和与该固定件耦合的旋转件的系统中，本发明的电力耦合设备可以从电源将电力传输到固定件或旋转件，或者同时传输到固定件和旋转件。例如，固定件可以是 CT 扫描仪内的固定台架，旋转件可以是 CT 扫描仪内的旋转台架，并可以包括 X 射线源。

[0155] 尽管本发明已经进行了具体地显示并参照具体优选的实施方式进行了说明，但本领域技术人员应当理解的是，在不脱离由附带的权利要求所限定的本发明的精神和范围的前提下，可以在形式和细节上对本发明作出各种改变。

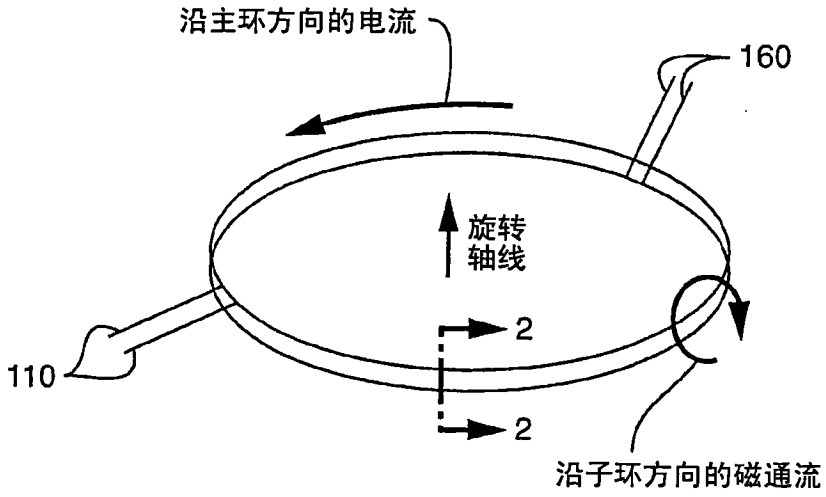

沿主环方向的电流
160
旋转
轴线
2
2
110
沿子环方向的磁通流

图 1

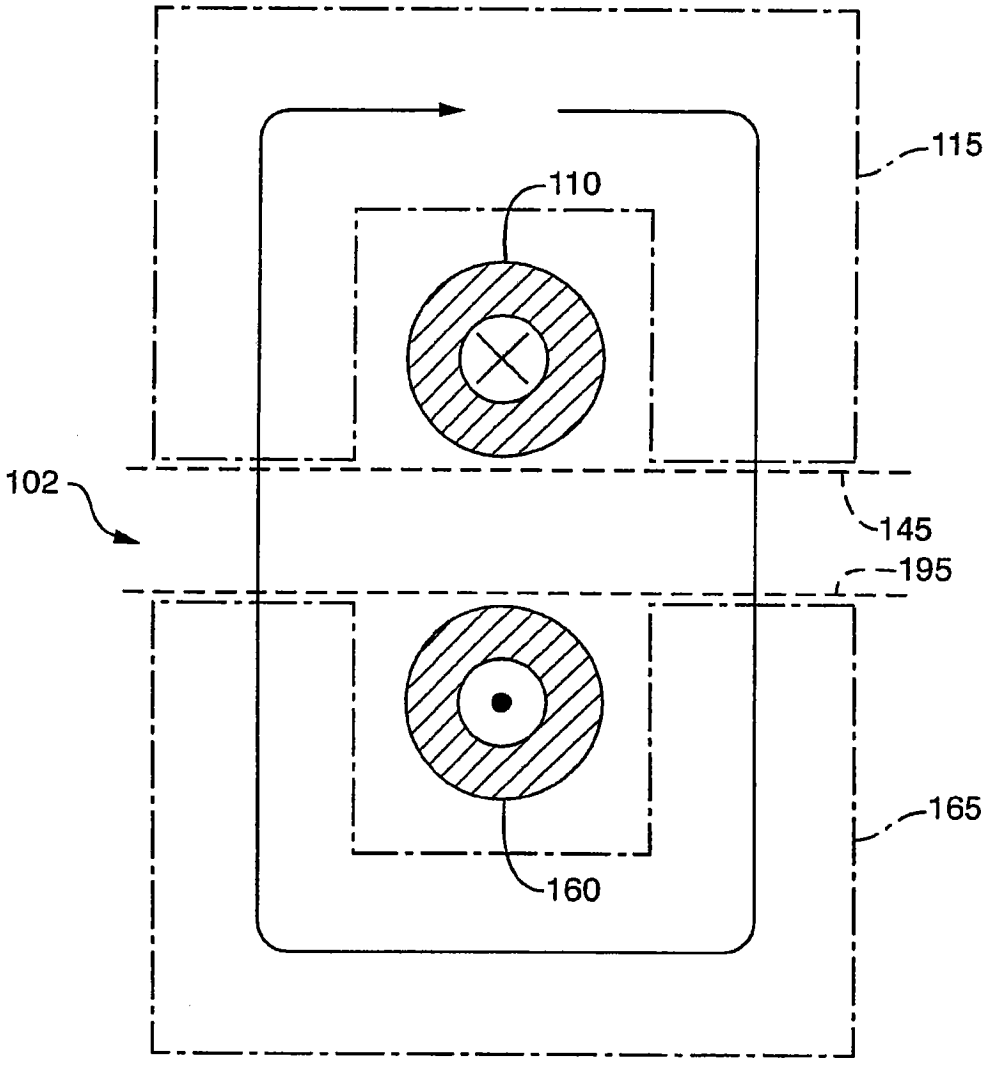

115
110
102
145
195
165
160

图 2

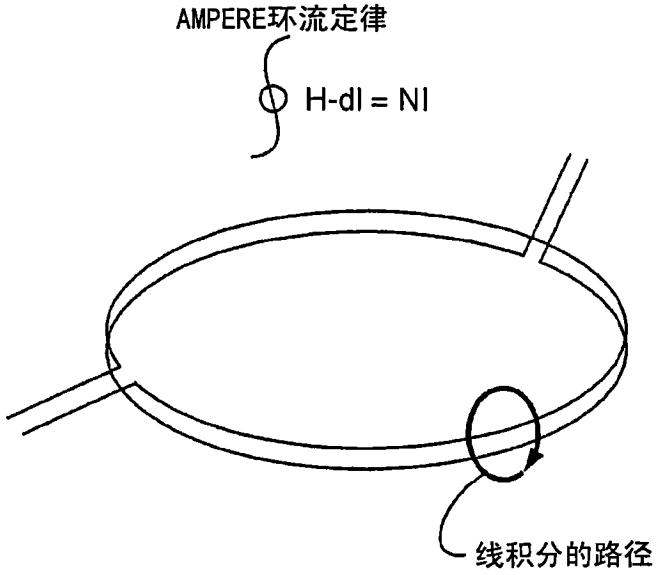


图 3

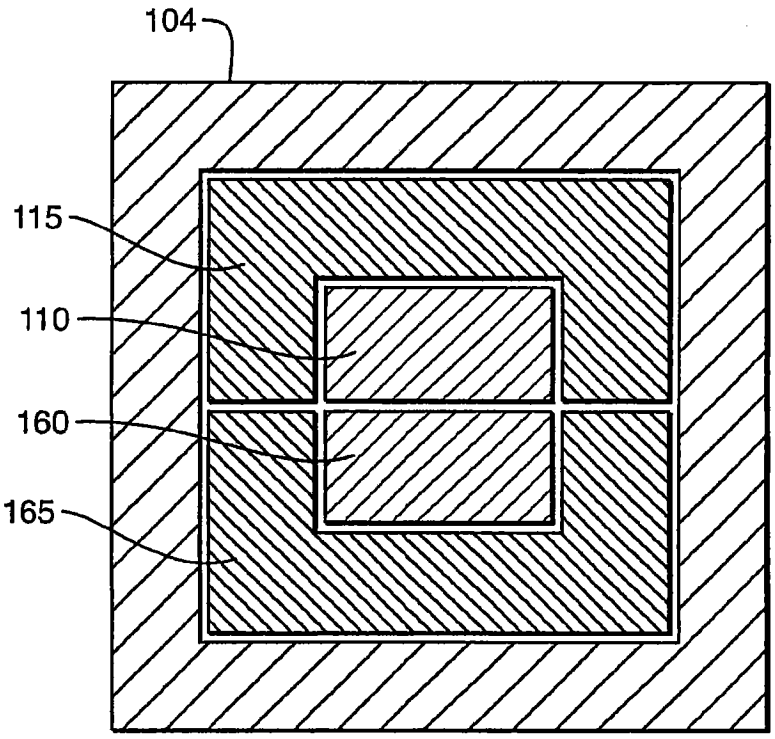


图 4

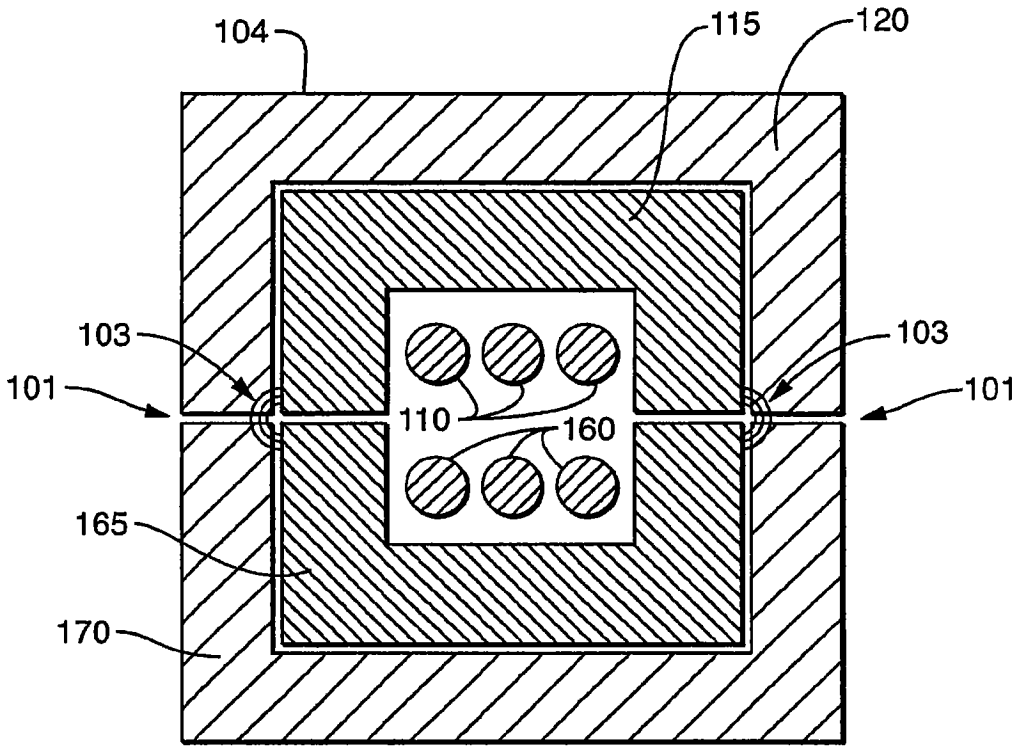


图 5

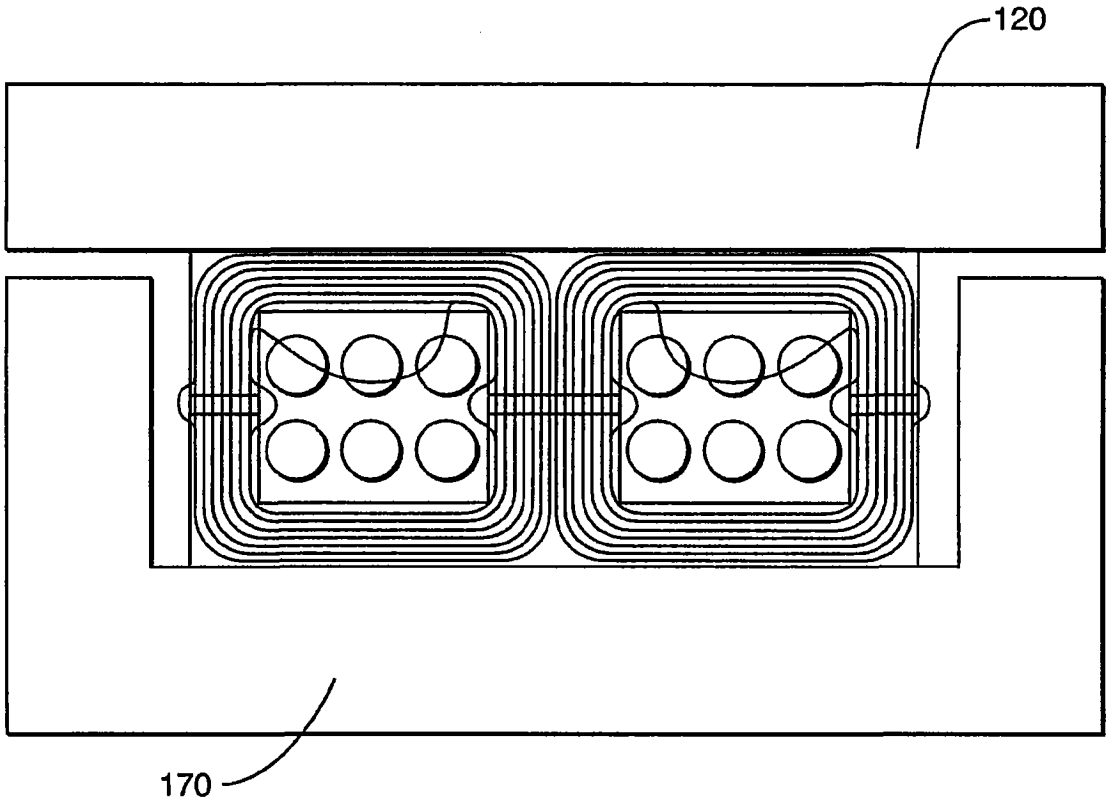


图 6

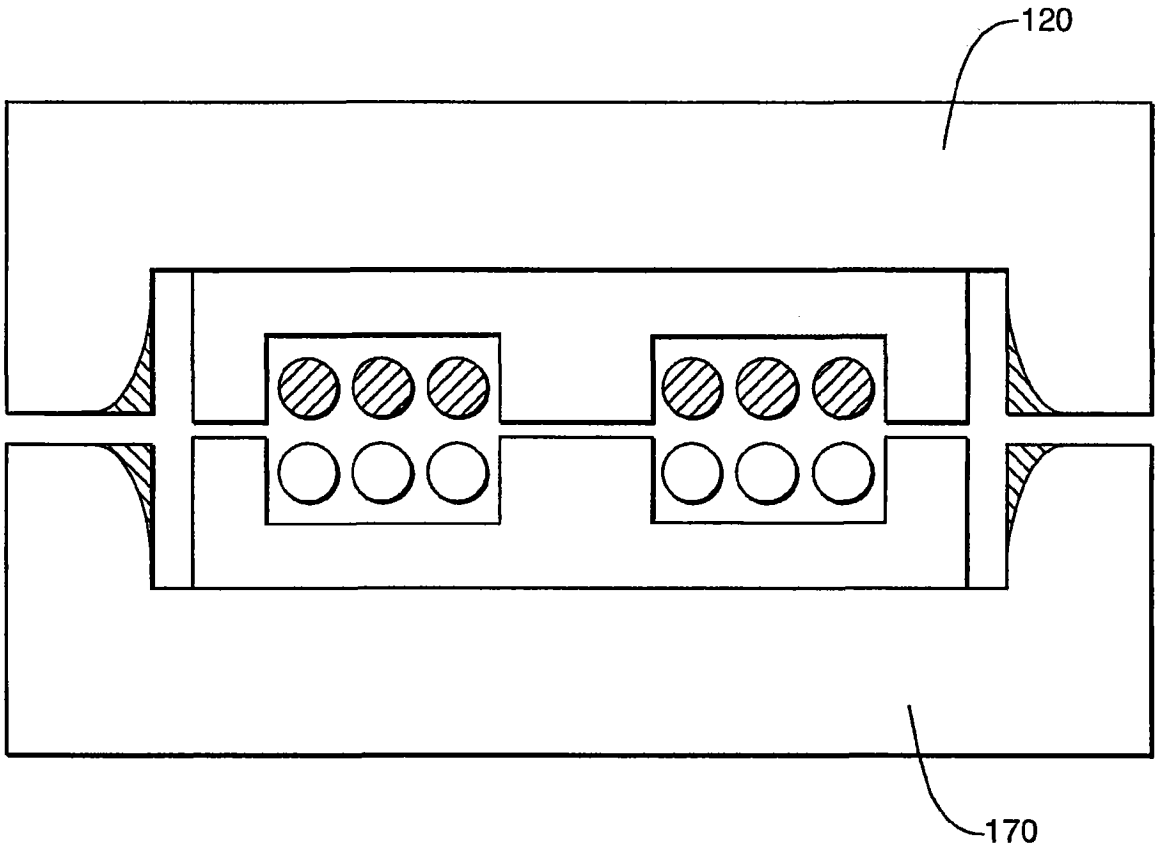


图 7

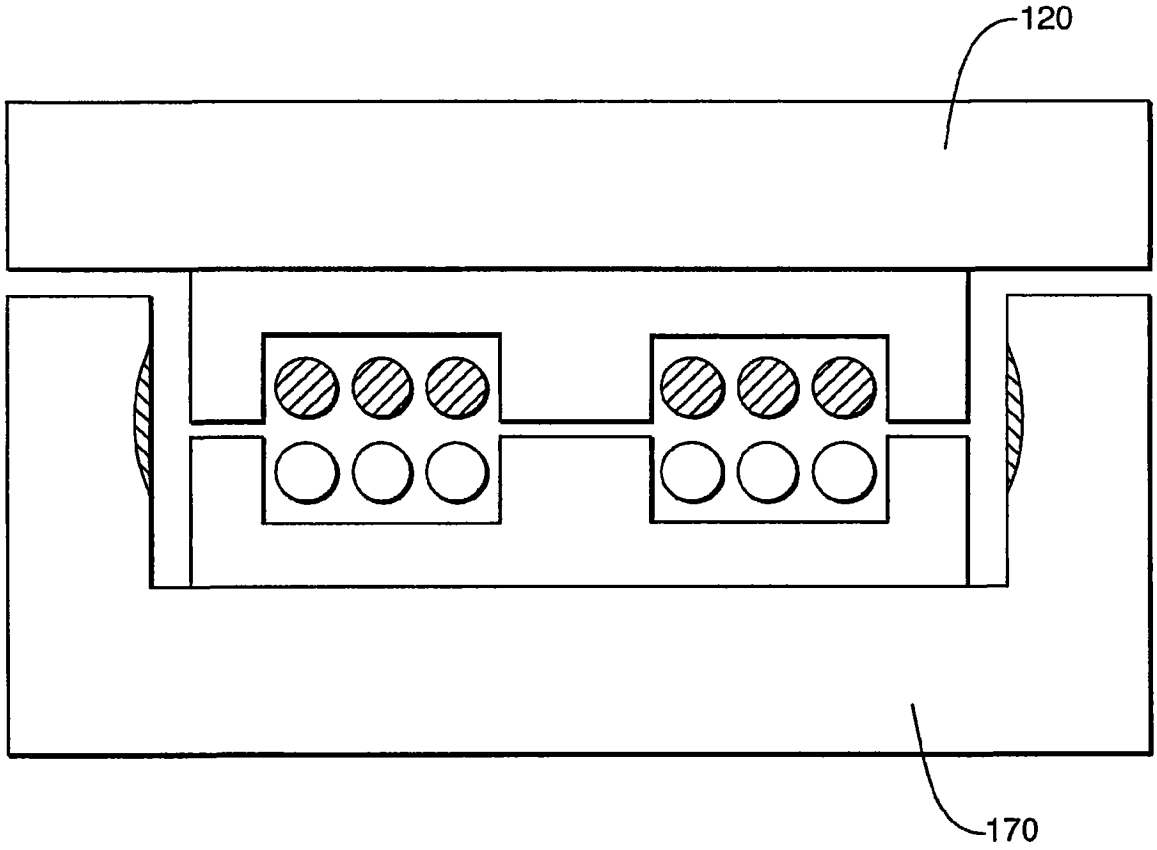


图 8

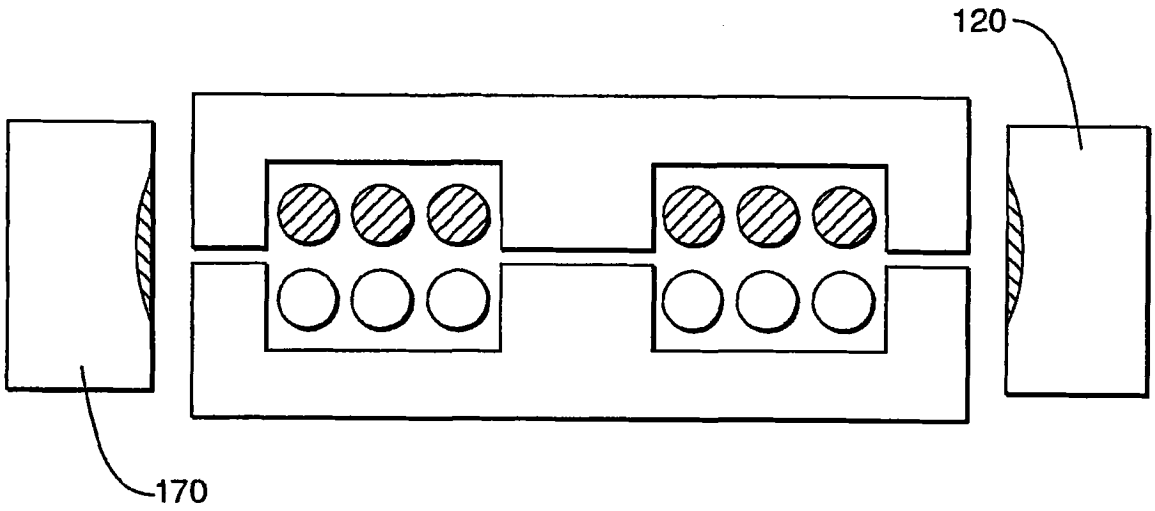


图 9

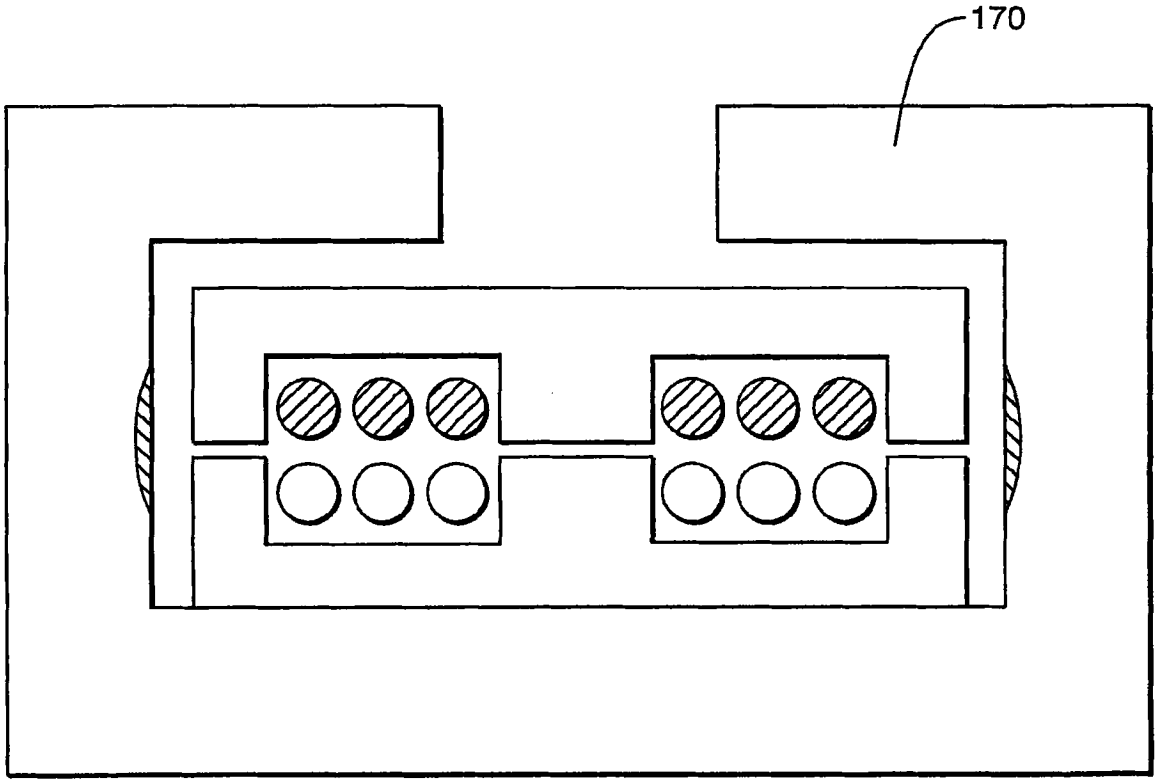


图 10

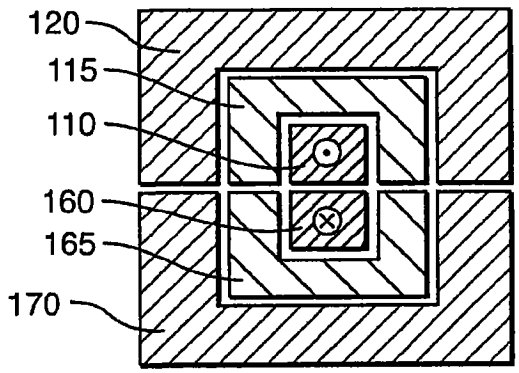


图 11A

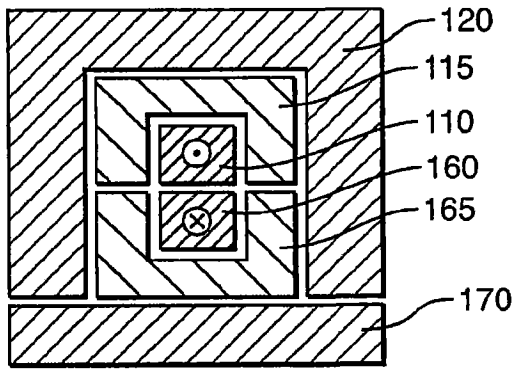


图 11B

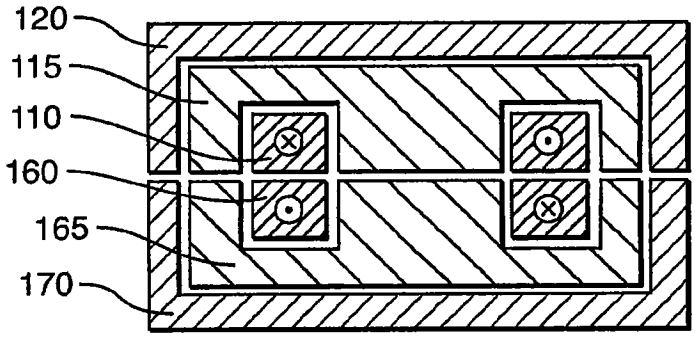


图 11C

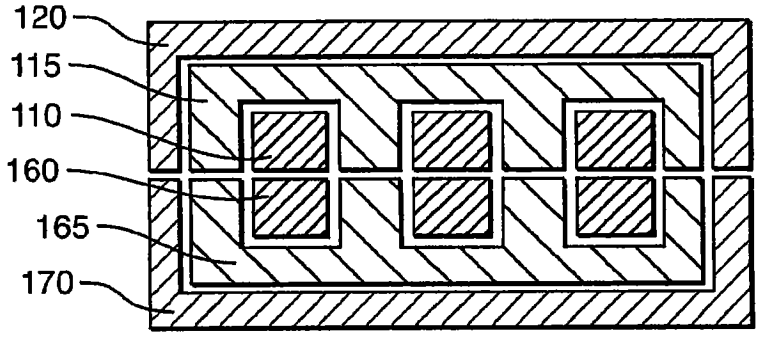


图 11D

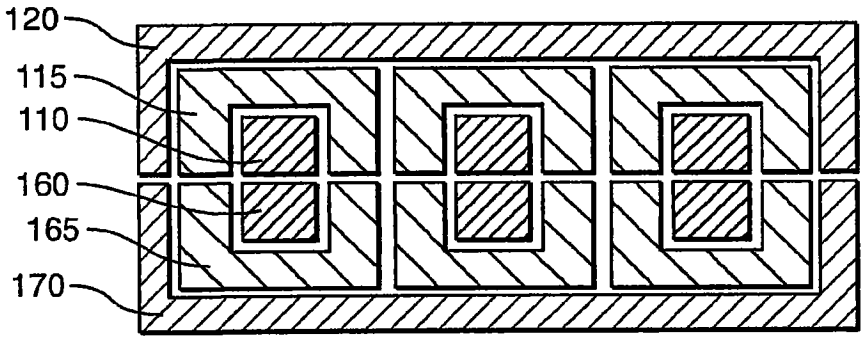


图 11E

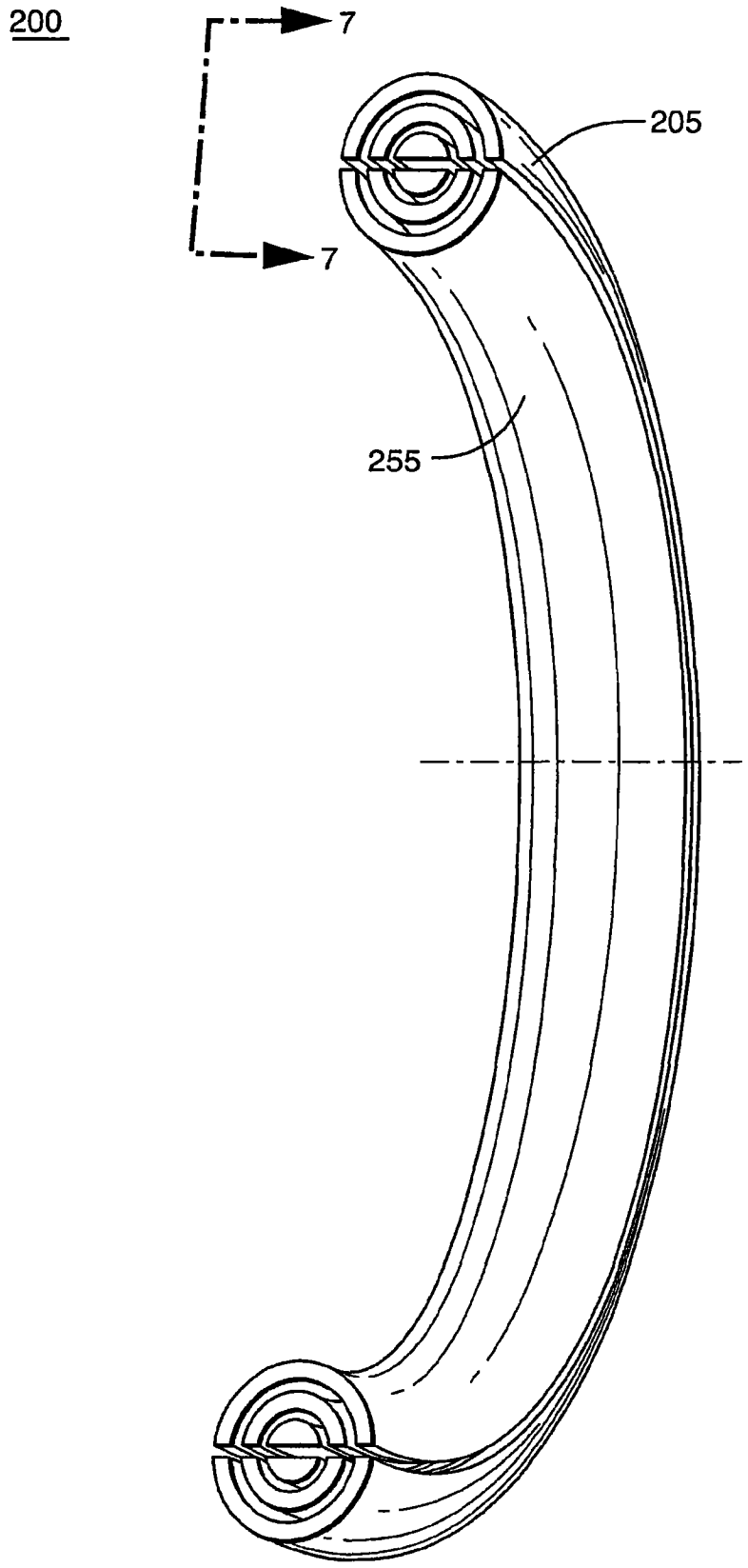


图 12

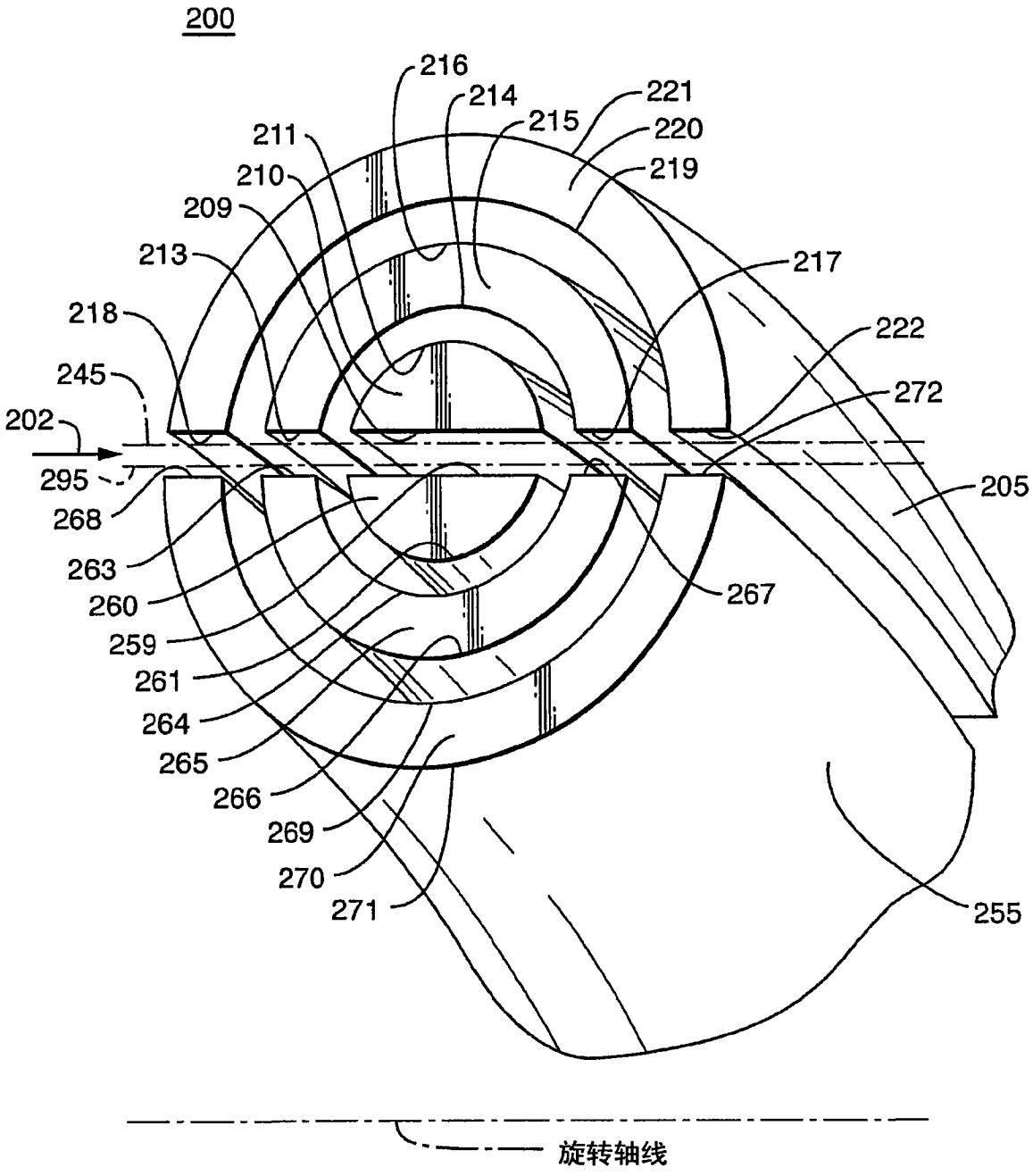

200
216
214
221
215
220
211
219
210
209
213
217
218
222
245
272
202
295
205
268
263
267
260
259
261
264
265
266
269
270
271
255
旋转轴线

图 13

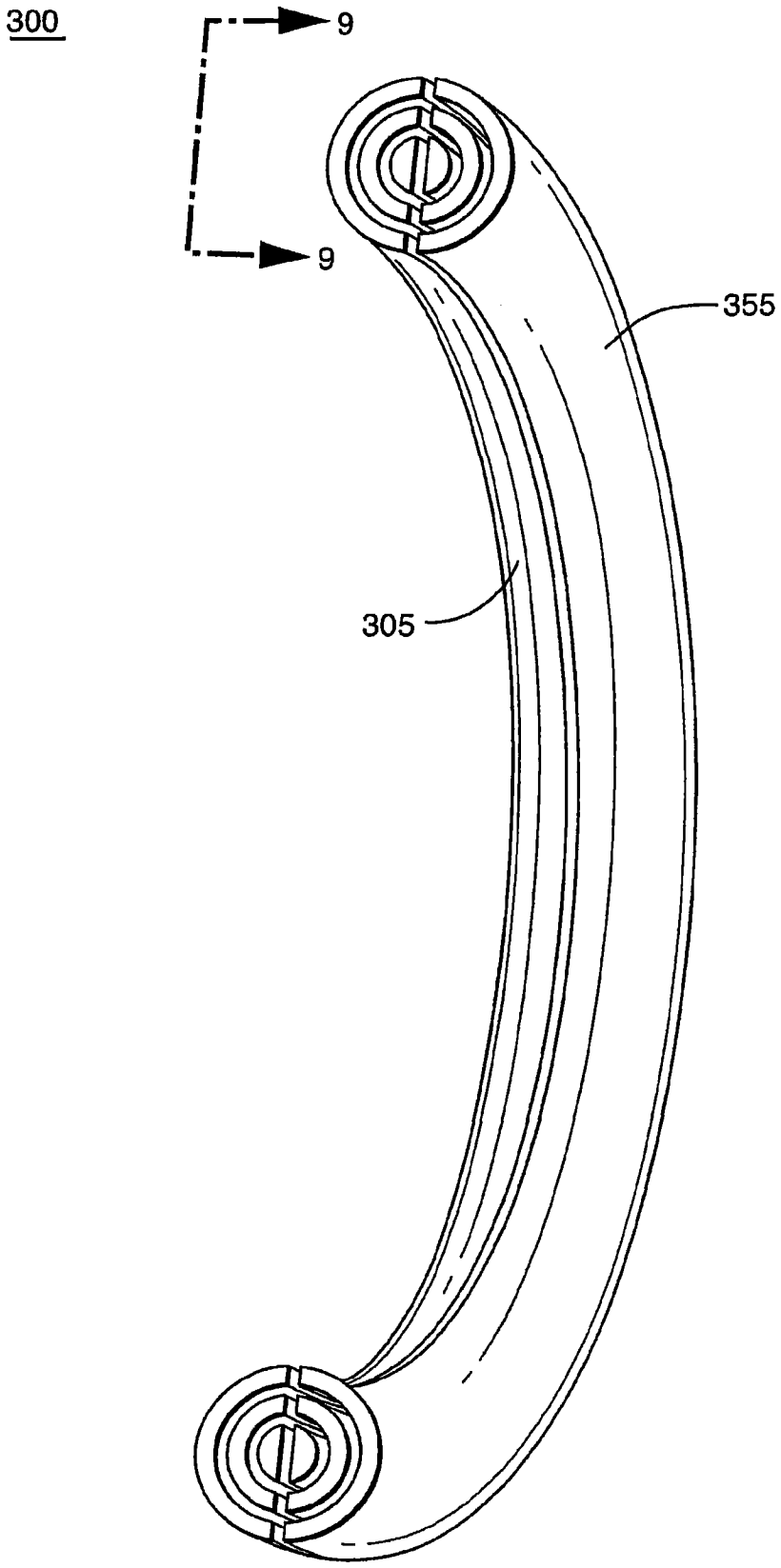


图 14

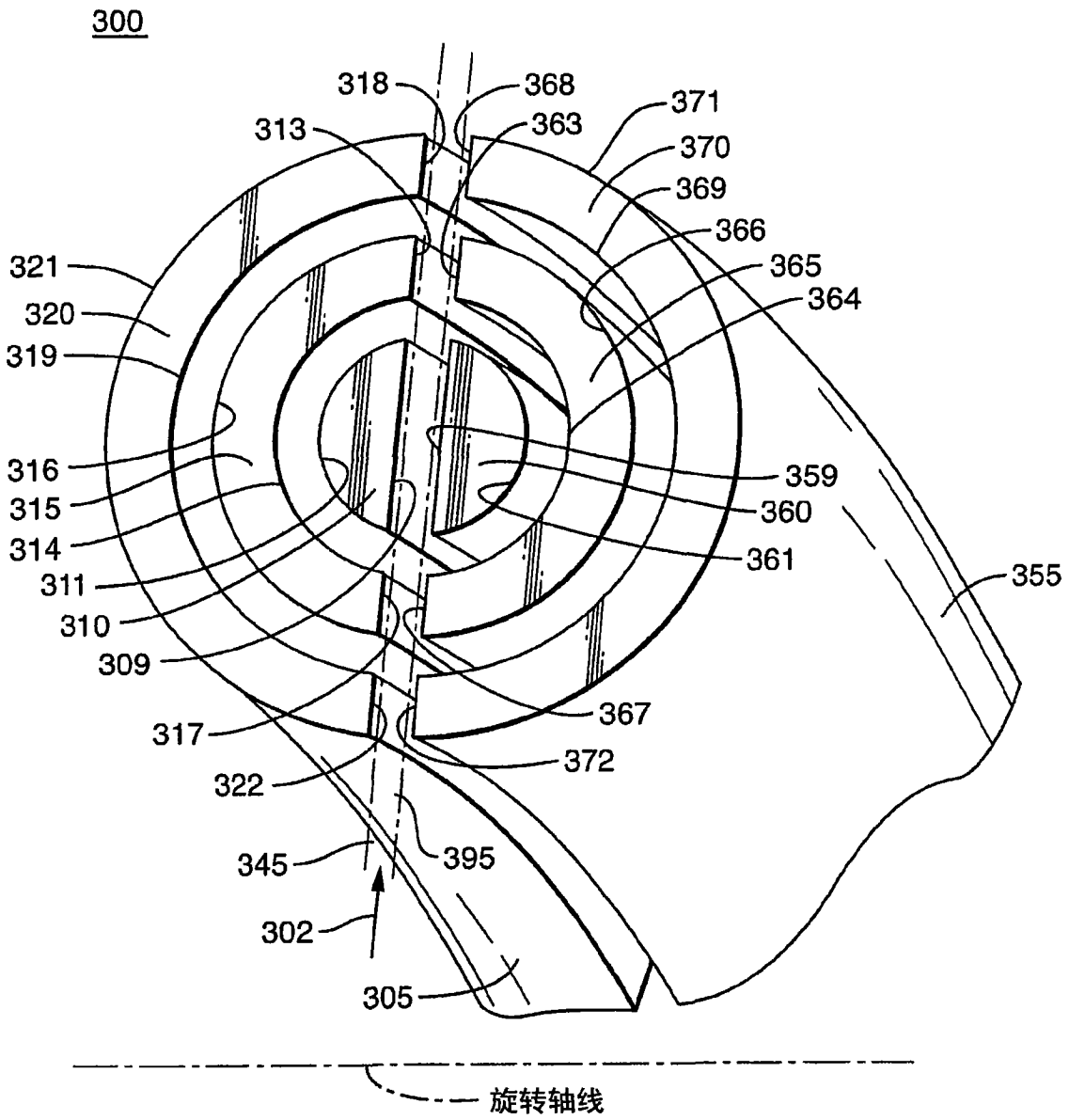

300
318
368
371
313
363
370
369
366
321
365
320
364
319
316
359
315
360
314
361
311
355
310
309
367
317
372
322
345
395
302
305
旋转轴线

图 15

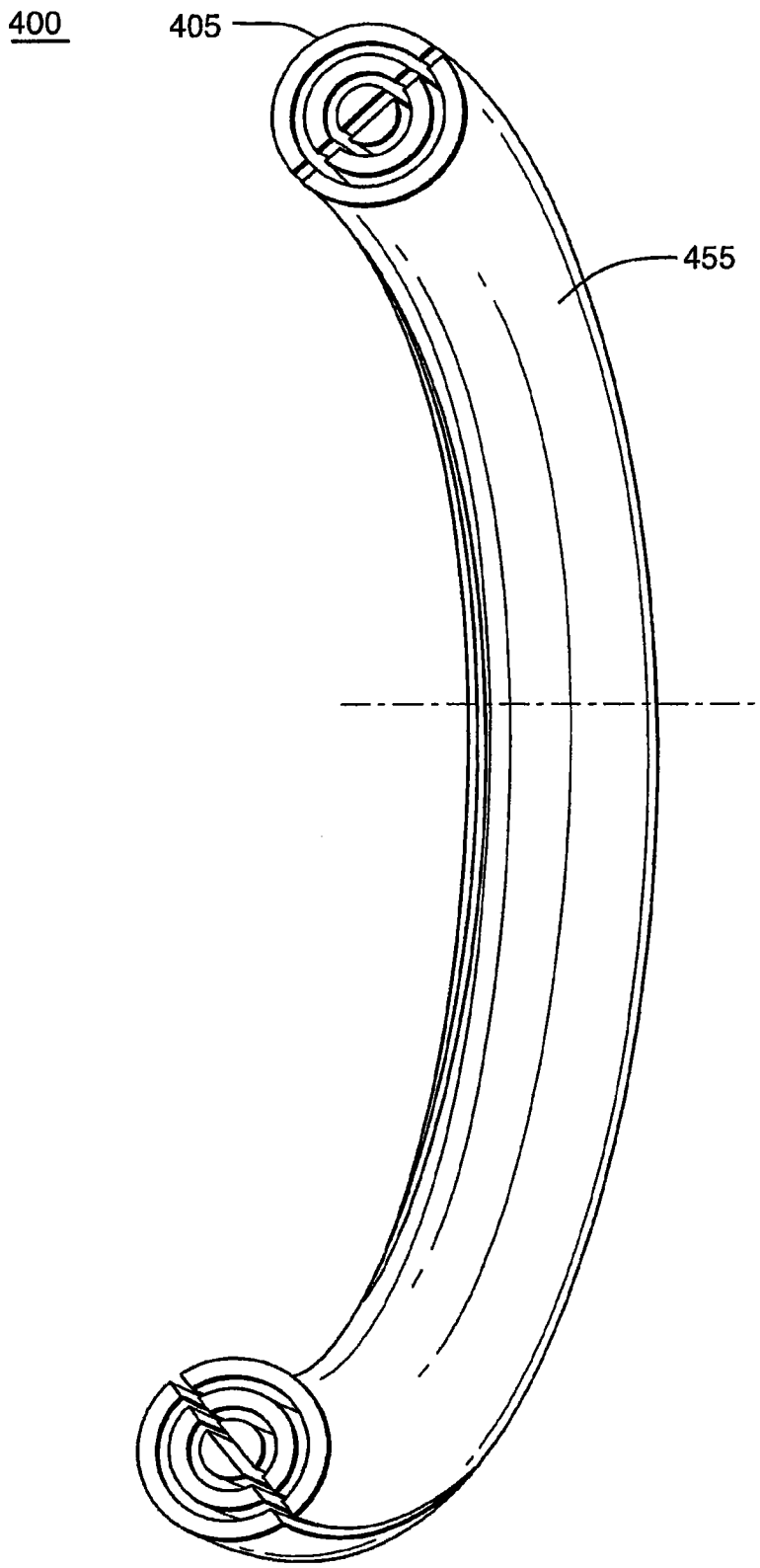


图 16

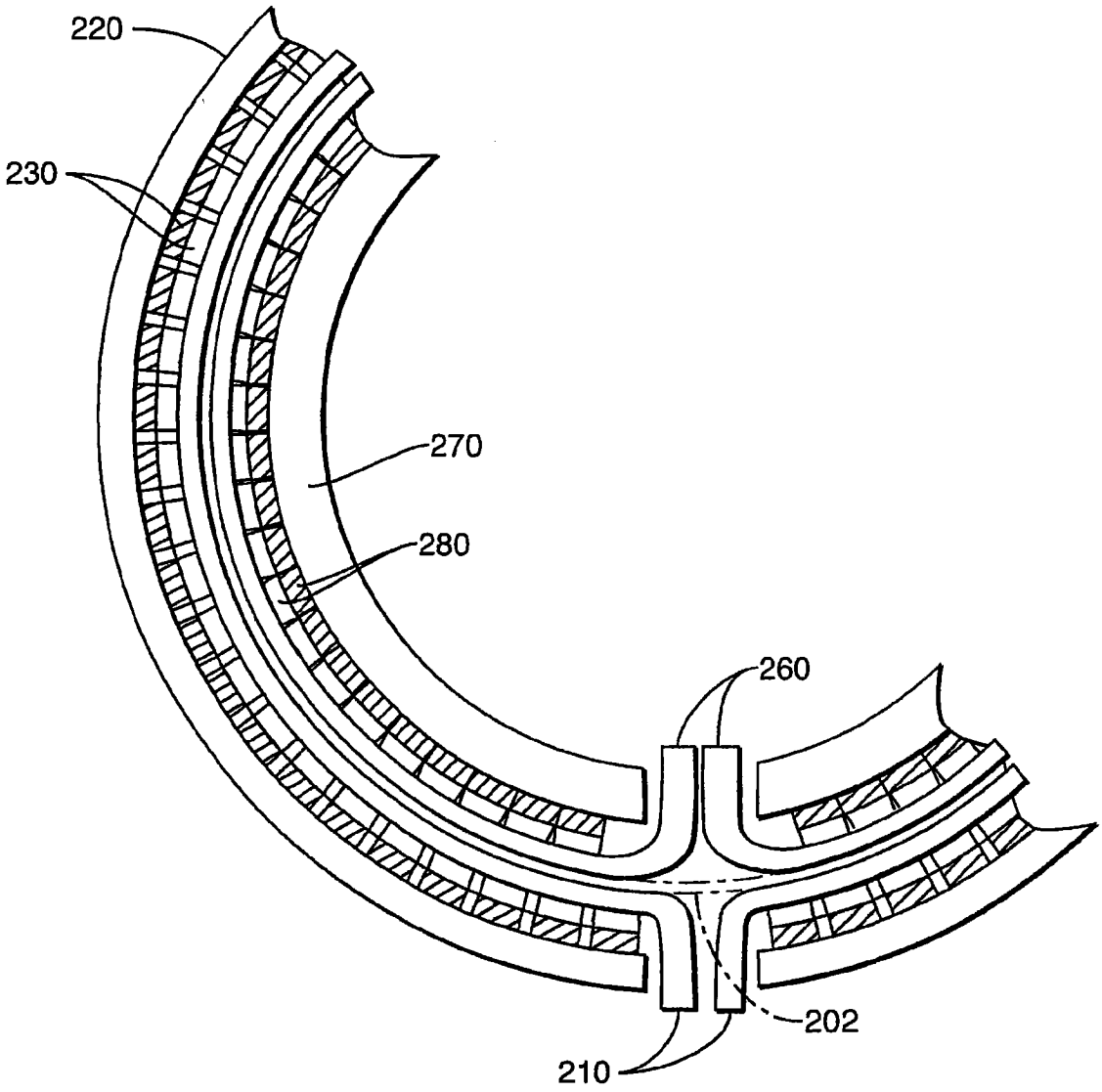


图 17

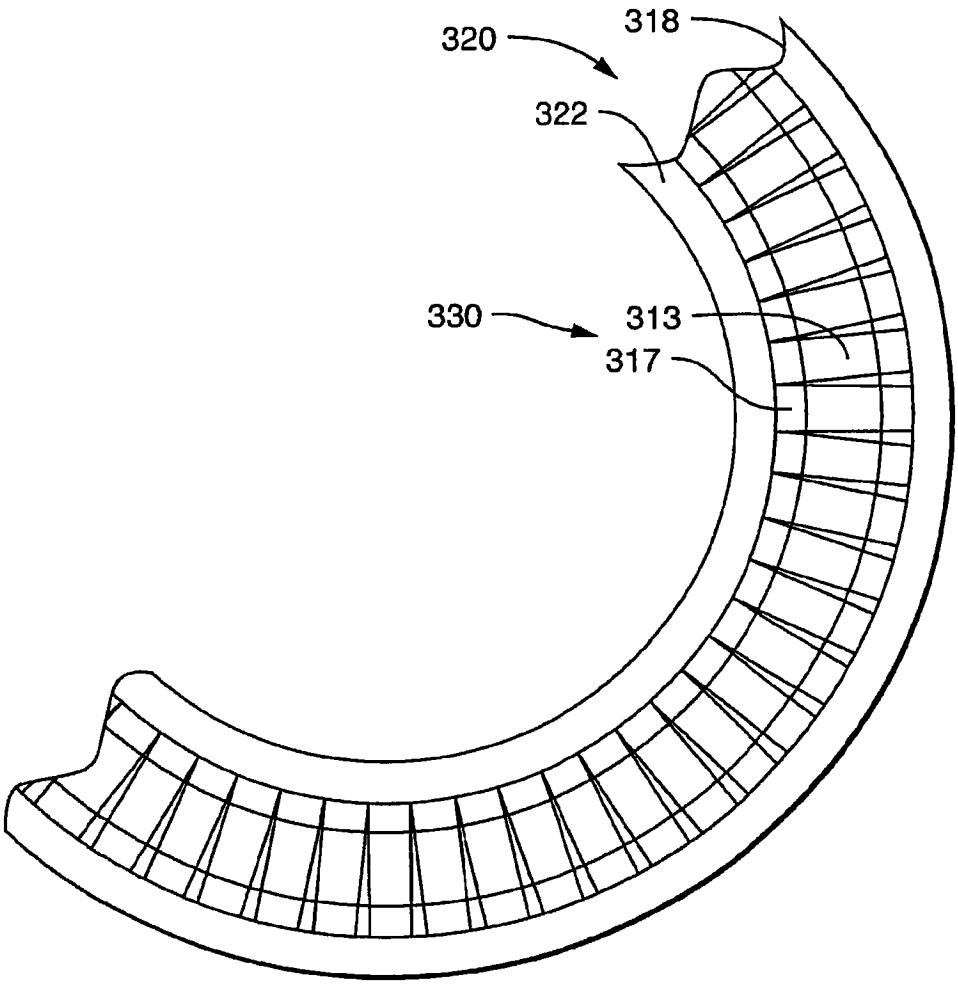


图 18

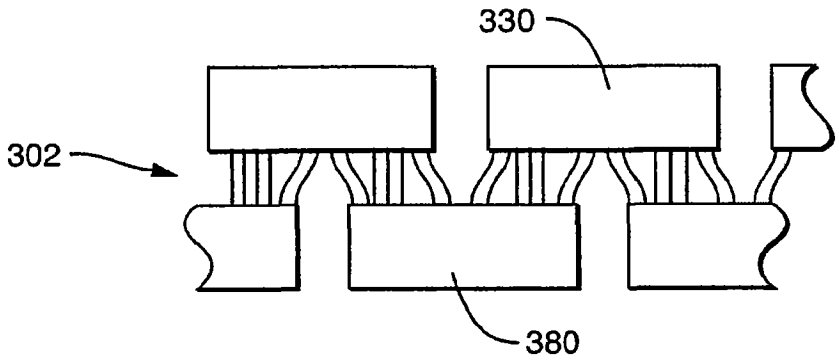


图 19A

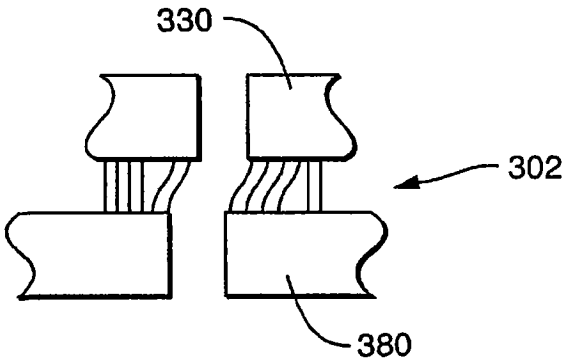


图 19B

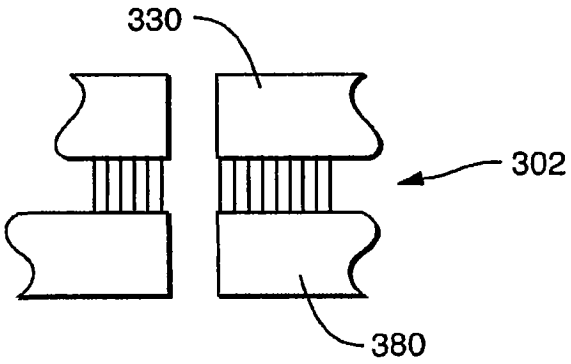


图 19C

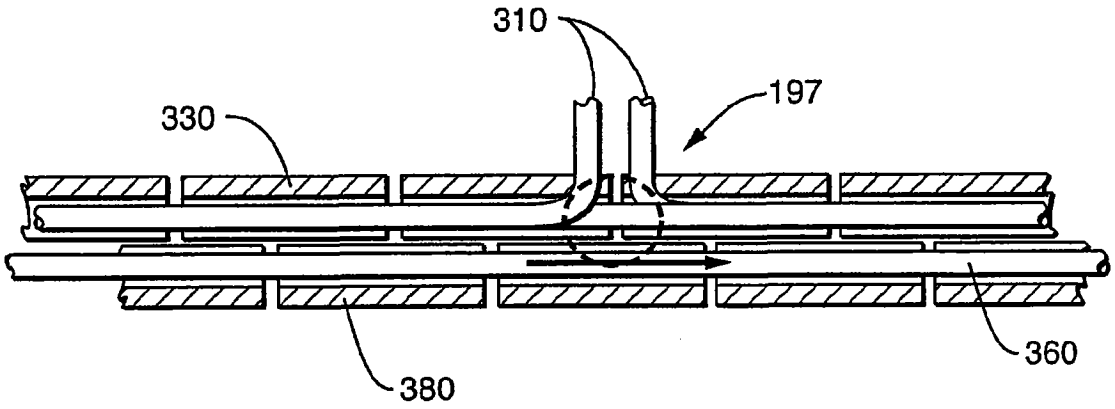


图 20

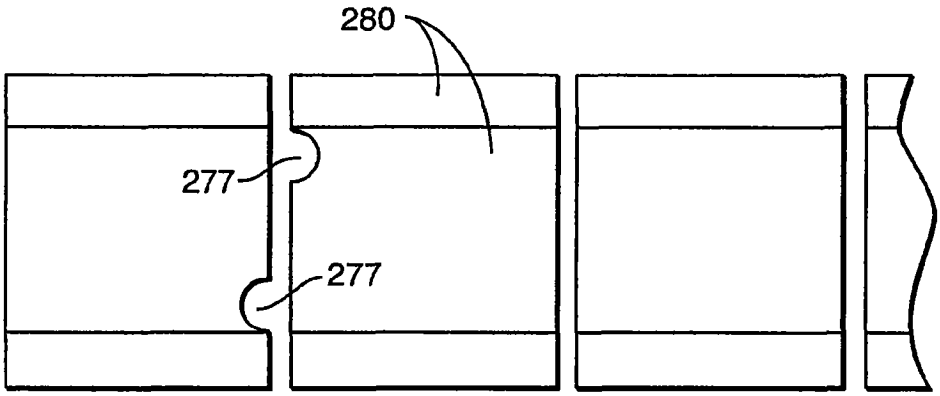


图 21

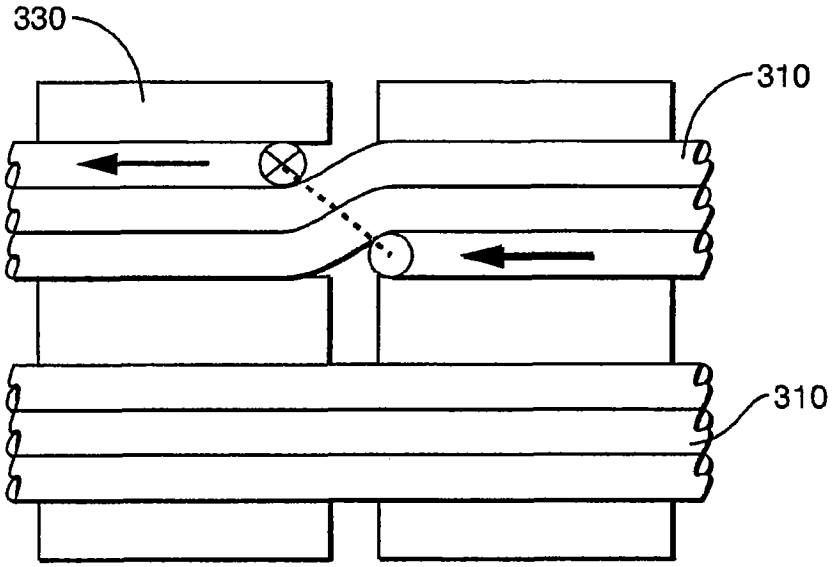


图 22

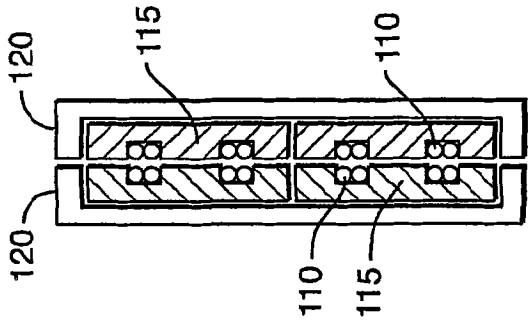


图 23A

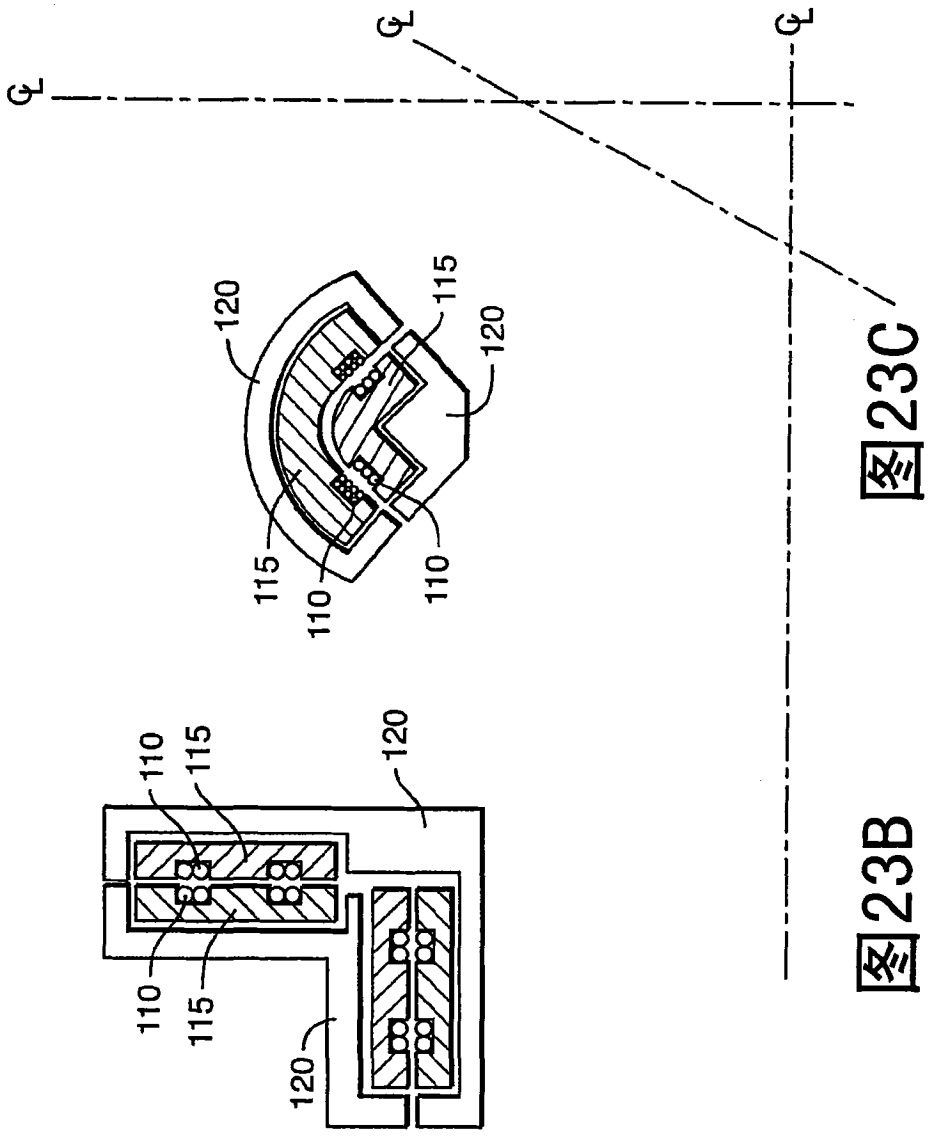


图23C

图23B