



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110870180 B

(45) 授权公告日 2022. 04. 29

(21) 申请号 201880045699.X

(22) 申请日 2018.06.26

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110870180 A

(43) 申请公布日 2020.03.06

(30) 优先权数据  
62/530,552 2017.07.10 US  
15/852,972 2017.12.22 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2020.01.08

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2018/039500 2018.06.26

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02019/013968 EN 2019.01.17

(73) 专利权人 电路电机有限公司  
地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 史蒂文·罗伯特·肖

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227  
代理人 王艳江 李春艳

(51) Int.Cl.  
H02K 21/24 (2006.01)  
H02K 3/26 (2006.01)  
H02K 3/47 (2006.01)

(56) 对比文件  
EP 3136565 A1, 2017.03.01  
US 2017098982 A1, 2017.04.06  
CN 1675815 A, 2005.09.28  
US 5412265 A, 1995.05.02  
CN 105871089 A, 2016.08.17  
CN 1771642 A, 2006.05.10

审查员 成晓潇

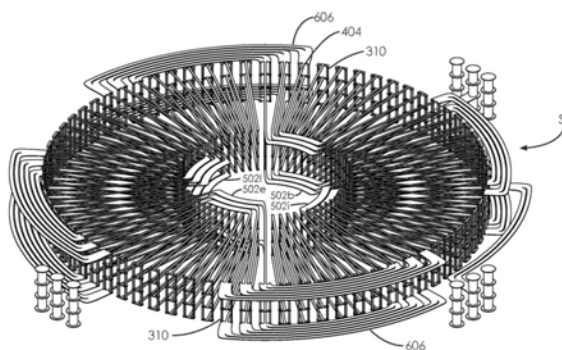
权利要求书7页 说明书12页 附图24页

(54) 发明名称

用于轴向磁通马达及发电机的改进的平面复合结构及组件

(57) 摘要

一种用于在轴向磁通马达或发电机中使用的平面复合结构 (PCS), 该PCS可以包括设置在电介质层上的传导层, 其中, 该传导层包括形成至少两个绕组的一部分的传导迹线, 所述部分在通电时产生用于马达或发电机的至少两个对应相的磁通。PCS可以附加地或替代性地包括: 第一传导层, 第一传导层包括形成绕组的第一部分的第一传导迹线, 该第一部分在通电时产生用于马达或发电机的第一相的磁通; 以及第二传导层, 第二传导层与至少一个第一传导层不同, 第二传导层包括形成绕组的第二部分的第二传导迹线。绕组的第一部分可以与绕组的第二部分串联连接, 并且绕组的第一部分和第二部分可以配置并布置成使得相同量的电流流动通过绕组的第一部分和第二部分中的每一者。



1. 一种用于在轴向磁通马达或发电机中使用的平面复合结构 (PCS), 所述平面复合结构包括:

电介质层;

第一传导层, 所述第一传导层设置在所述电介质层的第一侧上, 所述第一传导层包括第一传导迹线, 所述第一传导迹线包括:

第一径向导体, 所述第一径向导体中的每个第一径向导体至少在第一径向距离与大于所述第一径向距离的第二径向距离之间径向地延伸; 以及

第一传导端匝, 所述第一传导端匝中的每个第一传导端匝将所述第一径向导体中的相应的一对第一径向导体互连, 所述第一传导端匝包括第一内端匝和第二内端匝, 所述第一内端匝将所述第一径向导体中的第一对第一径向导体的位于所述第一径向距离处的部分电互连, 并且所述第二内端匝将所述第一径向导体中的第二对第一径向导体的位于所述第一径向距离处的部分电互连;

其中, 所述第一传导迹线形成:

第一绕组的第一部分, 所述第一绕组的所述第一部分在通电时产生用于所述马达或发电机的第一相的磁通, 所述第一绕组的所述第一部分包括所述第一内端匝; 以及

第二绕组的第一部分, 所述第二绕组的所述第一部分在通电时产生用于所述马达或发电机的第二相的磁通, 所述第二绕组的所述第一部分包括所述第二内端匝;

第二传导层, 所述第二传导层定位于所述电介质层的第二侧上, 所述第二传导层包括第二传导迹线, 所述第二传导迹线包括第二径向导体, 其中, 所述第二径向导体中的每个第二径向导体至少在所述第一径向距离与所述第二径向距离之间径向地延伸; 以及

过孔, 所述过孔穿过所述电介质层, 所述第一径向导体中的每个第一径向导体通过至少一个相应的过孔而电连接至所述第二径向导体中的对应的第二径向导体。

2. 根据权利要求1所述的平面复合结构, 其中:

所述第一绕组包括与所述第一绕组的所述第一部分串联电连接的第二部分;

所述第一传导端匝还包括第一外端匝;

所述第一外端匝将所述第一径向导体中的所述第一对第一径向导体中的一个第一径向导体的位于所述第二径向距离处的部分与所述第一径向导体中的另一第一径向导体的位于所述第二径向距离处的部分电互连; 并且

所述第一绕组的所述第二部分包括所述第一外端匝。

3. 根据权利要求2所述的平面复合结构, 其中, 所述第一内端匝和所述第一外端匝布置成使得所述第一绕组的所述第一部分和所述第二部分形成蛇形图案。

4. 根据权利要求2或权利要求3所述的平面复合结构, 其中:

所述第二传导迹线形成所述第一绕组的第三部分, 其中, 所述第一绕组的所述第三部分与所述第一绕组的所述第二部分串联连接。

5. 根据权利要求4所述的平面复合结构, 其中, 所述第二传导迹线还包括:

第二传导端匝, 所述第二传导端匝中的每个第二传导端匝将所述第二径向导体中的相应的一对第二径向导体互连。

6. 根据权利要求5所述的平面复合结构, 其中:

所述第二传导端匝包括第三内端匝;

所述第三内端匝将所述第二径向导体中的第一对第二径向导体的位于所述第一径向距离处的部分电互连;并且

所述第一绕组的所述第三部分包括所述第三内端匝。

7. 根据权利要求5或权利要求6所述的平面复合结构,其中:

所述第一绕组包括与所述第一绕组的所述第三部分串联电连接的第四部分;

所述第一传导端匝还包括第二外端匝;

所述第二外端匝将所述第二径向导体中的第二对第二径向导体的位于所述第二径向距离处的部分电互连;并且

所述第一绕组的所述第四部分包括所述第二外端匝。

8. 根据权利要求1所述的平面复合结构,其中:

所述第一绕组包括第一蛇形绕组;并且

所述第二绕组包括第二蛇形绕组。

9. 根据权利要求1所述的平面复合结构,其中:

所述第二传导迹线形成所述第一绕组的第二部分,其中,所述第一绕组的所述第二部分与所述第一绕组的所述第一部分串联连接。

10. 根据权利要求9所述的平面复合结构,其中,所述第二传导迹线还包括:第二传导端匝,所述第二传导端匝中的每个第二传导端匝将所述第二径向导体中的相应的一对第二径向导体互连。

11. 根据权利要求10所述的平面复合结构,其中:

所述第二传导端匝包括第三内端匝;

所述第三内端匝将所述第二径向导体中的第一对第二径向导体的位于所述第一径向距离处的部分电互连;并且

所述第一绕组的所述第二部分包括所述第三内端匝。

12. 根据权利要求11所述的平面复合结构,其中:

所述第一绕组包括与所述第一绕组的所述第二部分串联电连接的第三部分;

所述第一传导端匝还包括第一外端匝;

所述第一外端匝将所述第二径向导体中的第二对第二径向导体的位于所述第二径向距离处的部分电互连;并且

所述第一绕组的所述第三部分包括所述第一外端匝。

13. 根据权利要求1所述的平面复合结构,其中,所述第一传导迹线布置成使得所述第一绕组的所述第一部分形成蛇形图案。

14. 根据权利要求1所述的平面复合结构,其中:

所述第一传导端匝包括第一外端匝和第二外端匝;

所述第一外端匝将所述第一径向导体中的第三对第一径向导体的位于所述第二径向距离处的部分电互连;

所述第二外端匝将所述第一径向导体中的第四对第一径向导体的位于所述第二径向距离处的部分电互连;

所述第一绕组的所述第一部分包括所述第一外端匝;并且

所述第二绕组的所述第一部分包括所述第二外端匝。

15. 根据权利要求6所述的平面复合结构,其中:

所述第一绕组包括与所述第一绕组的所述第三部分串联电连接的第四部分;

所述第二传导端匝还包括第二外端匝;

所述第二外端匝将所述第二径向导体中的所述第一对第二径向导体中的一个第二径向导体的位于所述第二径向距离处的部分与所述第二径向导体中的另一第二径向导体的位于所述第二径向距离处的部分电互连;并且

所述第一绕组的所述第四部分包括所述第二外端匝。

16. 一种用于在轴向磁通马达或发电机中使用的平面复合结构(PCS),所述平面复合结构包括:

电介质层;

第一传导层,所述第一传导层定位于所述电介质层的第一侧上,所述第一传导层包括第一传导迹线,所述第一传导迹线包括:

第一径向导体,所述第一径向导体中的每个第一径向导体至少在第一径向距离与大于所述第一径向距离的第二径向距离之间径向地延伸;以及

第一传导端匝,所述第一传导端匝中的每个第一传导端匝将所述第一径向导体中的相应的一对第一径向导体互连,所述第一传导端匝包括第一内端匝,所述第一内端匝将所述第一径向导体中的第一对第一径向导体的位于所述第一径向距离处的部分互连;

第二传导层,所述第二传导层定位于所述电介质层的第二侧上,所述第二传导层包括第二传导迹线,所述第二传导迹线包括:

第二径向导体,其中,所述第二径向导体中的每个第二径向导体至少在所述第一径向距离与所述第二径向距离之间径向地延伸;以及

第二传导端匝,所述第二传导端匝中的每个第二传导端匝将所述第二径向导体中的相应的一对第二径向导体互连,所述第二传导端匝包括第二内端匝,所述第二内端匝将所述第二径向导体中的第一对第二径向导体的位于所述第一径向距离处的部分互连;以及

过孔,所述过孔穿过所述电介质层,所述第一径向导体中的每个第一径向导体通过至少一个相应的过孔而电连接至所述第二径向导体中的对应的第二径向导体;其中:

在所述第一传导层上没有传导迹线将所述第二径向导体中的所述第一对第二径向导体的位于所述第一径向距离处的所述部分互连,

在所述第二传导层上没有传导迹线将所述第一径向导体中的所述第一对第一径向导体的位于所述第一径向距离处的所述部分互连,

所述第一传导迹线形成绕组的第一部分,所述绕组的所述第一部分在通电时产生用于所述马达或发电机的第一相的磁通,所述绕组的所述第一部分包括所述第一内端匝,

所述第二传导迹线形成所述绕组的第二部分,所述绕组的第二部分包括所述第二内端匝,

所述绕组的所述第一部分与所述绕组的第二部分串联连接,并且

所述绕组的所述第一部分和所述绕组的第二部分配置并布置成使得相同量的电流流动通过所述绕组的所述第一部分和所述第二部分中的每一者。

17. 根据权利要求16所述的平面复合结构,其中:

所述绕组还包括串联电连接在所述绕组的所述第一部分与所述绕组的第二部分

之间的第三部分；

所述第一传导端匝还包括第一外端匝；

所述第一外端匝将所述第一径向导体中的所述第一对第一径向导体中的一个第一径向导体的位于所述第二径向距离处的部分与所述第一径向导体中的另一第一径向导体的位于所述第二径向距离处的部分电互连；并且

所述绕组的所述第三部分包括所述第一外端匝。

18. 根据权利要求17所述的平面复合结构，其中，所述第一内端匝、所述第二内端匝和所述第一外端匝布置成使得所述绕组的所述第一部分、所述第二部分和所述第三部分形成蛇形图案。

19. 根据权利要求17或权利要求18所述的平面复合结构，其中：

所述绕组包括与所述绕组的所述第二部分串联电连接的第四部分；

所述第一传导端匝还包括第二外端匝；

所述第二外端匝将所述第二径向导体中的第二对第二径向导体的位于所述第二径向距离处的部分电互连；并且

所述绕组的所述第四部分包括所述第二外端匝。

20. 根据权利要求16所述的平面复合结构，其中，所述第一传导迹线和所述第二传导迹线布置成使得所述绕组的所述第一部分和所述第二部分形成蛇形图案。

21. 根据权利要求18所述的平面复合结构，其中：

所述绕组包括与所述绕组的所述第二部分串联电连接的第四部分；

所述第二传导端匝还包括第二外端匝；

所述第二外端匝将所述第二径向导体中的所述第一对第二径向导体中的一个第二径向导体的位于所述第二径向距离处的部分与所述第二径向导体中的另一第二径向导体的位于所述第二径向距离处的部分电互连；并且

所述绕组的所述第四部分包括所述第二外端匝。

22. 一种用于在轴向磁通马达或发电机中使用的平面复合结构(PCS)，所述平面复合结构包括：

第一电介质层；

第一子组件，所述第一子组件定位于所述第一电介质层的第一侧上，所述第一子组件包括：

第二电介质层，

第一传导层，所述第一传导层定位于所述第二电介质层的第一侧上，所述第一传导层包括第一传导迹线，所述第一传导迹线形成绕组的第一部分，所述绕组的所述第一部分在通电时产生用于所述马达或发电机的第一相的磁通，其中，所述第一传导迹线包括：

第一径向导体，所述第一径向导体中的每个第一径向导体至少在第一径向距离与大于所述第一径向距离的第二径向距离之间径向地延伸；以及

第一传导端匝，所述第一传导端匝中的每个第一传导端匝将所述第一径向导体中的相应的一对第一径向导体互连，

第二传导层，所述第二传导层定位于所述第二电介质层的第二侧上，所述第二传导层包括第二传导迹线，所述第二传导迹线包括第二径向导体，所述第二径向导体中的每个第

二径向导体至少在所述第一径向距离与所述第二径向距离之间径向地延伸,以及

第一过孔,所述第一过孔穿过所述第二电介质层,所述第一径向导体中的每个第一径向导体通过至少一个相应的第一过孔而电连接至所述第二径向导体中的对应的第二径向导体;以及

第二子组件,所述第二子组件定位于所述第一电介质层的第二侧上,所述第二子组件包括:

第三电介质层;

第三传导层,所述第三传导层定位于所述第三电介质层的第一侧上,所述第三传导层包括第三传导迹线,所述第三传导迹线形成所述绕组的第二部分,其中,所述第三传导迹线包括:

第三径向导体,所述第三径向导体中的每个第三径向导体至少在所述第一径向距离与所述第二径向距离之间径向地延伸,以及

第二传导端匝,所述第二传导端匝中的每个第二传导端匝将所述第三径向导体中的相应的一对第三径向导体互连,以及

第四传导层,所述第四传导层定位于所述第三电介质层的第二侧上,所述第四传导层包括第四传导迹线,所述第四传导迹线包括第四径向导体,所述第四径向导体中的每个第四径向导体至少在所述第一径向距离与所述第二径向距离之间径向地延伸,以及

第二过孔,所述第二过孔穿过所述第三电介质层,所述第三径向导体中的每个第三径向导体通过至少一个相应的第二过孔而电连接至所述第四径向导体中的对应的第四径向导体,其中:

所述绕组的所述第一部分与所述绕组的第二部分串联连接,

所述绕组的所述第一部分和所述绕组的第二部分配置并布置成使得相同量的电流流动通过所述绕组的所述第一部分和所述第二部分中的每一者,

所述第一子组件还包括所述绕组的第三部分,

所述绕组的所述第三部分包括所述绕组的所述第一部分,

所述绕组的所述第三部分环绕所述第一子组件的第一区域至少一次,

所述第二子组件还包括所述绕组的第四部分,

所述绕组的所述第四部分包括所述绕组的第二部分,并且

所述绕组的所述第四部分环绕所述第二子组件的第二区域至少一次。

23. 一种用于在轴向磁通马达或发电机中使用的平面复合结构(PCS),所述平面复合结构包括:

第一电介质层;

第一传导层,所述第一传导层位于所述第一电介质层的第一侧上,所述第一传导层包括第一传导迹线,所述第一传导迹线包括:

第一径向导体,所述第一径向导体从第一径向距离径向地延伸至大于所述第一径向距离的第二径向距离,以及

第一传导端匝,所述第一传导端匝中的每个第一传导端匝将所述第一径向导体中的相应的一对第一径向导体互连;

第二传导层,所述第二传导层位于所述第一电介质层的第二侧上,所述第二传导层包

括第二传导迹线,所述第二传导迹线包括:

第二径向导体,所述第二径向导体从所述第一径向距离径向地延伸至所述第二径向距离,以及

第二传导端匝,所述第二传导端匝中的每个第二传导端匝将所述第二径向导体中的相应的一对第二径向导体互连;

第一盲孔或掩埋式过孔,所述第一盲孔或掩埋式过孔穿过所述第一电介质层,所述第一径向导体中的每个第一径向导体通过至少一个相应的第一过孔而电连接至所述第二径向导体中的对应的第二径向导体;

第二电介质层;

第三传导层,所述第三传导层位于所述第二电介质层的第一侧上,所述第三传导层包括第三传导迹线,所述第三传导迹线包括:

第三径向导体,所述第三径向导体从所述第一径向距离径向地延伸至所述第二径向距离,以及

第三传导端匝,所述第三传导端匝中的每个第三传导端匝将所述第三径向导体中的相应的一对第三径向导体互连;

第四传导层,所述第四传导层位于所述第二电介质层的第二侧上,所述第四传导层包括第四传导迹线,所述第四传导迹线包括:

第四径向导体,所述第四径向导体从所述第一径向距离径向地延伸至所述第二径向距离,以及

第四传导端匝,所述第四传导端匝中的每个第四传导端匝将所述第四径向导体中的相应的一对第四径向导体互连;

第二盲孔或掩埋式过孔,所述第二盲孔或掩埋式过孔穿过所述第二电介质层,所述第三径向导体中的每个第三径向导体通过至少一个相应的第二过孔而电连接至所述第四径向导体中的对应的第四径向导体;以及

第三电介质层,所述第三电介质层位于所述第二传导层与所述第三传导层之间。

24. 根据权利要求23所述的平面复合结构,其中:

所述第一径向导体、所述第二径向导体、所述第一传导端匝以及所述第二传导端匝建立用于绕组的第一部分的电路径,所述第一部分在通电时产生用于所述马达或发电机的第一相的磁通;

所述第三径向导体、所述第四径向导体、所述第三传导端匝以及所述第四传导端匝建立用于所述绕组的第二部分的电路径;并且

所述绕组的所述第一部分与所述绕组的第二部分串联连接。

25. 一种用于在轴向磁通马达或发电机中使用的平面复合结构(PCS),所述平面复合结构包括:

第一子组件,所述第一子组件包括第一传导层,所述第一传导层包括第一径向导体、第一端匝导体以及第二端匝导体,所述第一径向导体从第一径向距离径向地延伸至大于所述第一径向距离的第二径向距离,其中:

所述第一端匝导体将所述第一径向导体的第一群组互连以形成用于所述轴向磁通马达或发电机的第一相的第一绕组,

所述第二端匝导体将所述第一径向导体的第二群组互连以形成用于所述轴向磁通马达或发电机的第二相的第二绕组,并且

所述第一子组件包括比第一端匝导体更多的第二端匝导体。

26. 根据权利要求25所述的平面复合结构,还包括:

第二子组件,所述第二子组件包括与所述第一传导层不同的第二传导层,所述第二传导层包括第二径向导体、第三端匝导体以及第四端匝导体,其中:

所述第三端匝导体将所述第二径向导体的第一群组互连以形成用于所述轴向磁通马达或发电机的所述第一相的第三绕组,

所述第四端匝导体将所述第二径向导体的第二群组互连以形成用于所述轴向磁通马达或发电机的所述第二相的第四绕组,并且

所述第一子组件包括比第四端匝导体更多的第三端匝导体。

27. 根据权利要求26所述的平面复合结构,其中:

所述第三绕组与所述第一绕组串联连接;并且

所述第四绕组与所述第二绕组串联连接。

28. 根据权利要求26或权利要求27所述的平面复合结构,其中:

所述第一端匝导体的数目加上所述第三端匝导体的数目等于所述第二端匝导体的数目加上所述第四端匝导体的数目。

29. 根据权利要求25至27中的任一项所述的平面复合结构,其中:

所述第一端匝导体包括第一内端匝导体和第一外端匝导体;

所述第二端匝导体包括第二内端匝导体和第二外端匝导体;

所述第一内端匝导体中的每个第一内端匝导体将所述第一径向导体中的相应的一对第一径向导体的位于所述第一径向距离处的部分电互连;

所述第一外端匝导体中的每个第一外端匝导体将所述第一径向导体中的相应的一对第一径向导体的位于所述第二径向距离处的部分电互连;

所述第二内端匝导体中的每个第二内端匝导体将所述第一径向导体中的相应的一对第一径向导体的位于所述第一径向距离处的部分电互连;

所述第二外端匝导体中的每个第二外端匝导体将所述第一径向导体中的相应的一对第一径向导体的位于所述第二径向距离处的部分电互连;

所述第一子组件包括相同数目的第一内端匝导体和第二内端匝导体;并且

所述第一子组件包括比第一外端匝导体更多的第二外端匝导体。

## 用于轴向磁通马达及发电机的改进的平面复合结构及组件

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求 (A) 于2017年12月22日提交的序列号为No. 15/852,972、标题为“PLANAR COMPOSITE STRUCTURES AND ASSEMBLIES FOR AXIAL FLUX MOTORS AND GENERATORS”的美国专利申请和 (B) 于2017年7月10日提交的序列号为No. 62/530,552、标题为“STRUCTURES AND METHODS OF STACKING SUBASSEMBLIES IN PLANAR COMPOSITE STATORS TO OBTAIN HIGHER WORKING VOLTAGES”的美国临时申请中的每一者的优先权。前述申请、公开和专利中的每一者的全部内容出于所有目的通过参引并入本文中。

### 背景技术

[0003] 已知在轴向磁通马达或发电机中使用平面复合结构 (PCS) 作为定子。在美国专利 No. 7,109,625 (下称“625专利”) 中描述了这样的定子的示例。

### 发明内容

[0004] 在一些实施方式中,一种用于在轴向磁通马达或发电机中使用的平面复合结构 (PCS) 包括电介质层和设置在该电介质层上的第一传导层。该第一传导层包括第一传导迹线,第一传导迹线形成第一绕组的第一部分以及第二绕组的第一部分,第一绕组的第一部分在通电时产生用于马达或发电机的第一相的磁通,第二绕组的第一部分在通电时产生用于马达或发电机的第二相的磁通。

[0005] 在一些实施方式中,一种用于在轴向磁通马达或发电机中使用的平面复合结构 (PCS) 包括电介质层、定位于电介质层的第一侧的第一传导层和定位于电介质层的第二侧的第二传导层。第一传导层包括形成绕组的第一部分的第一传导迹线,该绕组的第一部分在通电时产生用于马达或发电机的第一相的磁通。第二传导层包括形成绕组的第二部分的第二传导迹线。绕组的第一部分与绕组的第二部分串联连接,并且绕组的第一部分和第二部分配置并布置成使得相同量的电流流动通过绕组的第一部分和第二部分中的每一者。

[0006] 在一些实施方式中,一种用于在轴向磁通马达或发电机中使用的平面复合结构 (PCS) 包括:包括第一传导迹线的第一传导层、包括第二传导迹线的第二传导层、包括第三传导迹线的第三传导层以及包括第四传导迹线的第四传导层。第一传导迹线包括从第一径向距离径向地延伸至大于第一径向距离的第二径向距离的第一径向导体,第二传导迹线包括从第一径向距离径向地延伸至第二径向距离的第二径向导体,第三传导迹线包括从第一径向距离径向地延伸至第二径向距离的第三径向导体,且第四传导迹线包括从第一径向距离径向地延伸至第二径向距离的第四径向导体。第一径向导体通过第一盲孔或掩埋式过孔电连接至第二径向导体中的对应的第二径向导体,并且第三径向导体通过第二盲孔或掩埋式过孔电连接至第四径向导体中的对应的第四径向导体。

[0007] 在一些实施方式中,一种用于在轴向磁通马达或发电机中使用的平面复合结构 (PCS) 包括子组件,该子组件包括第一传导层,该第一传导层包括:第一径向导体,所述第一径向导体从第一径向距离径向地延伸至大于第一径向距离的第二径向距离;第一端匝导

体;以及第二端匝导体。第一端匝导体将第一径向导体的第一群组互连,以形成用于轴向磁通马达或发电机的第一相的第一绕组。第二端匝导体将第一径向导体的第二群组互连,以形成用于轴向磁通马达或发电机的第二相的第二绕组。第一子组件包括比第一端匝导体更多的第二端匝导体。

#### 附图说明

[0008] 图1A图示了具有与美国专利No.7,109,625(“625专利”)中所描述的绕组布局类似的绕组布局的平面定子的“匝层”;

[0009] 图1B图示了具有与’625专利中所描述的绕组布局类似的绕组布局的平面定子的“连结层”;

[0010] 图1C图示了位于图1A中所示的匝层的顶部上的图1B中所示的连结层,其中,隐藏线被移除;

[0011] 图2示出了具有三个六层子组件的堆叠件的定子构型的一部分的所选视图;

[0012] 图3示出了处于单一角位置的跨PCS的十二个传导层的径向迹线,所述径向迹线组织成通过盲孔或掩埋式过孔连接的三个并联群组;

[0013] 图4示出了为在’625专利中描述的类型内端匝,所述内端匝类似于图1A中所示的内端匝;

[0014] 图5A和图5B示出了在PCS的两个相应的传导层上的内端匝的替代性布置;

[0015] 图6示出了为在’625专利中描述的类型的外端匝,所述外端匝类似于图1A中所示的外端匝;

[0016] 图7A和图7B示出了在PCS的两个相应的传导层上的外端匝的替代性布置;

[0017] 图8示出了将径向迹线互连以根据由’625专利教导的绕组布局形成定子的单个线圈的内端匝和外端匝;

[0018] 图9以多个层的平面图示出了用于单个相的内端匝和外端匝的交替布置;

[0019] 图10A示出了包括四个传导层的子组件的展开(沿z轴展开)立体图,其中,为清楚起见,内端匝和外端匝对应于选定相;

[0020] 图10B图示了在图10A中所示的子组件内用于第一相的内端匝和外端匝的位置;

[0021] 图11A图示了在图10A中所示的子组件内用于第二相的内端匝和外端匝的位置;

[0022] 图11B图示了在图10A中所示的子组件内用于第三相的内端匝和外端匝的位置;

[0023] 图12A示出了三个子组件的展开(沿z轴展开)立体图,每个子组件类似于图10A中所示的子组件;

[0024] 图12B图示了在图12A中所示的三个子组件的堆叠件内用于第一相的内端匝和外端匝的位置;

[0025] 图13A图示了在图12A中所示的三个子组件的堆叠件内用于第二相的内端匝和外端匝的位置;

[0026] 图13B图示了在图12A中所示的三个子组件的堆叠件内用于第三相的内端匝和外端匝的位置;

[0027] 图14示出了定子的示例性实施方式的展开(沿z轴展开)立体图,该定子采用与如图9所示的绕组类似的蛇形绕组,并且在该定子中,采用了图5A和图5B中所示的类型内端

匝和图7A和图7B中所示的类型的外端匝来建立在仅包括两个传导层的组件中的三个相所需的绕组连接中的全部绕组连接；

[0028] 图15A示出了图14中所示的组件的仅与定子的第一相对应部分的展开(沿z轴展开)立体图；

[0029] 图15B示出了图15A中所示的上传导层的促成用于第一相的绕组的部分；

[0030] 图15C示出了图15A中所示的下传导层的促成用于第一相的绕组的部分；

[0031] 图16A图示了用于第二相的绕组如何能够穿过图14中所示的组件,其中,出于说明的目的,移除了组件的与另外两个相对应的部分；

[0032] 图16B图示了用于第三相的绕组如何能够穿过图14中所示的组件,其中,出于说明的目的,移除了组件的与另外两个相对应的部分；

[0033] 图17A和图17B图示了用于形成多层PCS组件/子组件的过程的示例；

[0034] 图18A图示了其中采用了与本文所描述的PCS类似的PCS作为轴向磁通马达或发电机中的定子的系统;以及

[0035] 图18B图示了图18A中所示的系统的展开图。

### 具体实施方式

[0036] 可以通过在一层或更多层非传导性电介质材料(电介质层)上形成多个传导迹线层(传导层)来构造可以例如用作轴向磁通马达或发电机中的定子的平面复合结构(PCS)。在美国专利No.7,109,625(“625专利”)、美国专利No.9,673,688、美国专利No.9,673,684和美国专利No.9,800,109中描述了这种类型的定子的示例,这些专利中的每个专利的全部内容通过参引并入本文。

[0037] 图1A至图1C示出了具有与’625专利中所描述的绕组布局类似的绕组布局的平面定子的两个传导层的平面图。所示出的各层一起建立了单个相所需的内“端匝”和外“端匝”。图1A示出了单个“匝层”L1,其具有将径向迹线104布置成各自与一极对相关联的线圈的内端匝102a和外端匝106。在该十六极定子上,存在八个这样的线圈。在所示的示例中,线圈螺旋向内,使得每个线圈的终点无法布线至同一层上的后续线圈的起点。下面结合图8更详细地描述该布线难点。图1B示出了“连结层”L2,该“连结层”L2包括用于连接后续的线圈而不与匝层L1的连结部108干涉。层L1上的径向迹线104中的每个径向迹线104例如使用过孔(未示出)连接至层L2上的对应(且平行)的径向迹线104。连结层L2还包括内端匝102b,所述内端匝102b相对于匝层L1中的内端匝102a是冗余的。图1C示出了位于匝层L1的顶部上的连结层L2,其中,隐藏线被移除。如所看到的,在这种构型中,外端匝106和连结部108占据定子的外半径上的一些相同的空间。因此,具有与由’625专利教导的绕组布局类似的绕组布局的完整的三相定子需要最少六个传导层(即,三相乘以每相两层)。因此,采用这种绕组布局的平衡定子需要六的倍数个传导层。如本文中所使用的,“平衡定子”是指下述定子:其中,针对电相角,每个相的电负载特性(在马达模式中)或电源特性(在发电机模式中)相等。

[0038] 参照图1A至图1C,应当理解,在’625专利中未公开所描绘的设计的某些细节,例如,用于热管理和减少损耗的特定结构和/或构型,诸如美国专利No.9,673,684和No.9,800,109中所公开的那些结构和/或构型。因此,图1A至图1C仅图示了如’625专利所教导的径向迹线、内端匝、外端匝和连结部的相对位置,而没有示出’625专利针对那些元件公开的

特定结构或构型。

[0039] 已经设计了其中多个三相、平衡定子子组件(每个子组件具有六个传导层)堆叠在同一平面复合结构(PCS)上且并联连接的定子。这样的设计可以例如增大定子的各个相的电流容量和效率,这是因为用于每个相的电流可以沿相应的子组件内的并联路径载送。图2示出了具有以这种方式堆叠的三个六层子组件的定子构型的一部分的所选视图,该所选视图关注在单个径向迹线204(使用过孔210)跨十八个传导层并联连接时的该单个径向迹线204。在最后一层L18上,还示出了两个邻近的径向迹线204a、204b作为视觉导引件。在作用区中由贯通式过孔210连接的径向迹线204的并联布置提供了跨多个传导层布置内匝和外匝以及连结部(如图1A至图1C中所示)的机会。但是,由于这18条径向迹线是并联的,因此它们只能够促成单个匝结构。

[0040] 图3示出了类似于图2但与本公开有关的结构。特别地,图3示出了处于单一角位置的跨PCS的十二个传导层的径向迹线304。如所示出的,每个径向迹线304从第一径向距离R1延伸至大于第一径向距离R1的第二径向距离R2。在这种情况下,径向迹线304被组织成通过盲孔或掩埋式过孔310连接的三个并联群组312a、312b、312c。出于制造的原因,对于这些群组中的每个群组,具有二的倍数个传导层是最方便的。与根据'625专利构造的定子不同,径向迹线304的各个并联群组312a、312b、312c可以串联连接,因此能够使得对于定子的每个线圈的匝数更高。对于图3中示出的包括三组并联连接的径向迹线的结构的匝数可以例如是图2中所示的结构的匝数的三倍。下面结合图12A、图12B、图13A和图13B描述其中径向迹线的多个并联连接的群组以这种方式串联连接的定子的实施方式的示例。

[0041] 图4示出了在'625专利中描述的类型内端匝402以及多个径向迹线404,所述多个径向迹线404各自从第一径向距离R1延伸至大于第一径向距离R1的第二径向距离R2,所述内端匝402类似于图1A中所示的内端匝102。这些内端匝402连同外端匝606(在图6中示出)一起形成了建立单个相的每极对三个匝所需的在相应的径向迹线404之间的全部连接。因此,根据'625专利的教导,需要包括与图4中所示的内端匝类似的内端匝402和与图6中所示的外端匝类似的外端匝606(在下文描述)的一个传导层来连接单个相。对于根据该设计构造的三相板,需要最少三个这样的传导层。

[0042] 图5A和图5B示出了两个相应的传导层L3、L4上的内端匝502的替代性布置。应当理解,本文中使用的层号、例如“L3”仅是为了允许识别所描述的各个层而提供的,而不意在暗示各个层所定位的顺序。在所图示的布置中,当层L3上的径向迹线404例如使用类似于图3中所示的过孔310的过孔(在图5A和图5B中未示出)与层L4上的对应(且平行)的径向迹线404并联连接时,可以在仅两个传导层上建立用于图5A和图5B中示出的径向迹线404中的全部径向迹线404的内端匝连接。如下面更详细地说明的,这种布置允许在同一传导层上设置用于多个相的内端匝502,并且还允许用于同一相的内端匝502分布在多个传导层之间。这与图4的构型形成对比,在图4的构型中,在给定的层上设置有仅用于单个相的内端匝402且用于给定相的内端匝402全部被包括在同一传导层上。

[0043] 另外,如下面更详细地论述的,在一些实施方式中,层L3和L4中的任一者或两者可以附加地包括外端匝,所述外端匝可以例如布置成类似于图6中所示的外端匝606(在下文描述)。下面结合图10A、图10B、图11A、图11B、图12A、图12B、图13A及图13B描述这种类型的示例性实施方式。替代性地,设置在层L3和L4上的外端匝可以与下面结合图7A和图7B描述

的外端匝706相同或相似。下面结合图14、图15A、图15B、图15C、图16A和图16B描述后一种类型的示例性实施方式。层L3和L4中的任一者或两者上的外端匝的其他构型、或者甚至是其中全部外端匝都被包括在除层L3和L4之外的层上的构型也是可能且可设想的。

[0044] 在图5A和图5B中示出了互补的两组内端匝502,其中,第一组内端匝502a、502b、502c、502d、502e和502f在图5A中描绘为位于层L3上,并且第二组内端匝502g、502h、502i、502j、502k、502l在图5B中描绘为位于层L4上。通过比较这些互补的连接,并且理解用于多个相的内端匝502可以设置在同一传导层上且用于给定相的内端匝502可以分布在多个传导层之间,显然可以在所图示的仅两个层L3和L4中实现三相定子所需的全部内端匝连接。例如,可以由图5A中的层L3上的内端匝502a和502d以及图5B中的层L4上的内端匝502h和502k来支持第一相,可以由图5A中的层L3上的内端匝502b和502e以及图5B中的层L4上的内端匝502i和502l来支持第二相,并且可以由图5A中的层L3上的内端匝502c和502f以及图5B中的层L4上的内端匝502g和502j来支持第三相。在这种实施方式中,由于用于每个相的内端匝502消耗层L3的三分之一和层L4的三分之一,因而用于每个相的内端匝502消耗相当于层L3和L4上的基板面(real estate)的层的总共三分之二。此外,在示出的示例性实施方式中,需要最少两个传导层来形成用于全部三个相的完整的内端匝连接,并且导体层数应当为二的倍数,以使定子在内端匝方面是平衡的。

[0045] 此外,应当注意的是,在图5A和图5B中所示的示例性构型中,由于总共存在可用于建立相应的极的十二个端匝群组502a至502l,所以采用这种构型的三相定子的每个相应地优选地具有四个极。换句话说,对于与图5A和图5B中示出的内端匝构型类似的密集堆积式内端匝构型,三相定子优选地满足以下等式(其中,“k”为整数):

$$[0046] \quad 4 * k = 3 * \text{极数}$$

[0047] 图6示出了在'625专利中描述的类型的外端匝606,外端匝606类似于图1A中所示的外端匝106。这些外端匝606连同内端匝402(在图4中示出)一起形成了建立单个相的每极对三匝所需的相应的径向迹线404之间的全部连接。因此,根据'625专利的教导,需要包括与图6中所示的外端匝类似的外端匝606和与图4中所示的内端匝类似的内端匝402二者的一个层来连接单个相。对于根据该设计构造的三相板,需要最少三个这样的传导层。

[0048] 类似于图5A和图5B,图7A和图7B示出了两个相应的传导层L5、L6上的外端匝706的替代性布置。在所图示的布置中,在层L5上的迹线404例如使用与图3中示出的过孔310类似的过孔(在图7A和图7B中未示出)与层L6上的对应(且平行)的径向迹线404并联连接时,可以在仅两个层上建立用于图7A和图7B中所示的径向迹线404中的全部径向迹线404的外端匝连接。如下面更详细地说明的,这种布置允许用于多个相的外端匝706设置在同一传导层上,并且还允许用于同一相的外端匝706分布在多个传导层之间。这与图6的构型形成对比,在图6的构型中,在给定的传导层上设置用于仅单个相的外端匝606,且用于给定相的外端匝606全部被包括在同一传导层上。

[0049] 另外,如下面更详细地讨论的,在一些实施方式中,层L5和L6中的一者或两者可以附加地包括可以例如布置成类似于图4中所示的内端匝402的内端匝。替代性地,设置在层L5和L6上的内端匝可以与上面结合图5A和图5B描述的内端匝502相同或相似。下面结合图14、图15A、图15B、图15C、图16A和图16B描述后一种类型的示例性实施方式。层L5和L6中的任一者或两者上的内端匝的其他构型、或者甚至其中全部内端匝都被包括在除层L5和L6之

外的层上的构型也是可能且可以设想的。

[0050] 无论实施方式如何,都应当理解,将需要使用某种机构来以某种方式得到通向相应的相的电流。在图7A和图7B中所图示的示例中,这是通过将外端匝群组706b、706c和706h与其他外端匝群组以不同的方式构造以建立通向相应的绕组电路的输入部708a、708b和708c来实现的。在其他实施方式中,电流可以附加地或替代性地以某种其他方式比如从一个或更多个其他传导层引入至一个或更多个相,例如,使用通向专用连接层的过孔/焊盘/压力接点或引脚、将导线直接连接至外端匝706内部的垫或其他类似的技术。

[0051] 此外,应当理解,在一些实施方式中,电流可以附加地或替代性地从定子的内部区域馈送至各个相,其中,与图4和图5中所示的内端匝群组类似的一个或更多个内端匝群组402、502与其他内端匝群组以不同的方式构造以允许类似于输入部708a、708b和/或708c但替代性地定位于定子的内部区域中的输入部。此外,在一些实施方式中,与使轴延伸穿过定子的中间区域不同,转子可以替代性地在定子的“外部”运转,例如,环状或管状转子结构可以围绕定子且绕定子旋转。这种实施方式例如在其中电流从定子的内部区域馈送至各个相的实施方式中可能是有意义的。

[0052] 在图7A和图7B中示出了互补的两组外端匝706,其中,第一组外端匝706a、706b、706c、706d、706e和706f在图7A中被描绘为位于层L5上,并且第二组外端匝706g、706h、706i、706j、706k和706l在图7B中被描绘为位于层L6上。通过比较这些互补的连接,并且理解用于多个相的外端匝706可以设置在同一传导层上且用于给定相的外端匝706可以分布在多个传导层之间,显然可以在图示的仅两个层L5和L6中实现三相定子所需的全部外端匝连接。例如,可以由图7A中的层L5上的外端匝706a和706d以及图7B中的层L6上的外端匝706h和706k来支持第一相,可以由图7A中的层L5上的外端匝706b和706e以及图7B中的层L6上的外端匝706i和706l来支持第二相,并且可以由图7A中的层L5上的外端匝706c和706f以及图7B中的层L6上的外端匝706g和706j来支持第三相。在这种实施方式中,由于用于每个相的外端匝706消耗层L5的三分之一和层L6的三分之一,因而用于每个相的外端匝706消耗相当于层L5和L6上的基板面的层的总共三分之二。此外,在示出的示例性实施方式中,需要最少两个传导层来形成用于全部三个相的完整的外端匝连接,并且传导层数应当为二的倍数,以使定子在外端匝方面平衡。

[0053] 图8示出了将径向迹线804互连以根据由'625专利教示的绕组布局形成定子的单个线圈的内端匝802和外端匝806。可以看出,所图示的线圈在点808处开始并螺旋“向内”至点810,或在点810处开始并螺旋“向外”至点808。注意,在此结构中,存在四个内端匝802,但仅存在三个外端匝806。“缺失的”外端匝806无法与其他匝布线在同一层上,因为该外端匝806需要建立从螺旋的内部(例如,点810)至下一螺旋的外部的连接,或从螺旋的外部至下一螺旋的内部的连接。在这种类型的连接围绕定子继续推进时,该连接仅环绕定子的中心点一次。

[0054] 图9以多个传导层的平面图示出了用于单个相的内端匝和外端匝的交替布置。在所示的层中实现了三个匝。在一些实施方式中,可以采用与图5A和图5B中所示的内端匝类似的内端匝502,并且那些内端匝502可以跨两个(或更多个)传导层分布。例如,在一些实施方式中,图9中所示的内端匝可以包括来自一个层的两个群组的内端匝502(例如,图5A中所示的层L3上的内端匝502b和502e)和来自另一层的两个群组的内端匝502(例如,图5B中所

示的层L4上的内端匝502i和502l)。如上面结合图5A和图5B所讨论的,使用来自两个或更多个传导层的内端匝502可以使得能够形成用于单个相的完整的一组内端匝连接。替代性地,在一些实施方式中,图9中所图示的内端匝中的一些或全部内端匝可以是图4中所示的类型,即,类似于内端匝402,并且可以被设置在共同传导层中。

[0055] 在一些实施方式中,图9中所示的外端匝中的一些或全部外端匝可以是图6中所示的类型,即,类似于外端匝606,并且可以被设置在共同传导层中。替代性地,图9中所示的外端匝中的一些或全部外端匝可以是图7中所示的类型,即,与外端匝706类似,并且可以跨两个(或更多个)传导层分布。例如,在一些实施方式中,图9中所图示的外端匝可以包括来自一个传导层的两个群组的外端匝706(例如,图7A中示出的层L5上的外端匝706a和706d)和来自另一传导层的两个群组的外端匝706(例如,图7B中示出的层L6上的外端匝706h和706k)。如上面结合图7A和图7B所论述的,使用来自两个或更多个传导层的外端匝706可以使得能够形成用于单个相的完整的一组外端匝连接。

[0056] 无论实施方式如何,应当理解的是,与图8形成对比,对于大多数的端匝群组,给定群组的外端匝606、706内的匝数等于相邻群组的内端匝402、502内的匝数,并且给定群组的内端匝内的匝数等于相邻群组的外端匝内的匝数。追踪从右上端子902、径向迹线404、内端匝402、502和外端匝606、706的连接形成了能够布线在单个传导层中的蛇形图案。相比之下,在图8中所示的实施方式中,只有未连接的绕组可以布线在单个传导层中。如图9中所示,在端子902处开始并且在端子904处结束的蛇形图案环绕定子的中心点906三次(或三圈)。

[0057] 图10A、图10B、图11A、图11B、图12A、图12B、图13A和图13B图示了定子的示例性实施方式,所述定子采用与图9所示的蛇形绕组类似的蛇形绕组,并且其中,采用了图5A和图5B中所示的类型的内端匝502和图6中所示的类型的外端匝606来建立用于各自包括四个传导层的一个或更多个子组件的绕组连接。图10A、图10B、图11A和图11B中图示了单个这种子组件S1的特征,并且图12A、图12B、图13A和图13B中图示了三个这种子组件S1、S2和S3的堆叠组的特征。在这些图中示出的示例中,对于图示的每个子组件S1、S2和S3,该子组件的给定传导层上的径向连接件404中的每个径向连接件以图3中图示的方式使用过孔310连接至该同一子组件的其他传导层中的径向连接件404中的对应(且平行)的径向连接件。下面结合图17A和图17B描述用于形成与示出的多层PCS组件/子组件类似的多层PCS组件/子组件的说明性技术。

[0058] 图10A示出了具有四个传导层的子组件S1的展开(沿z轴展开)立体图,其中,为清楚起见,内端匝502b、502e、502i、502l和外端匝606对应于选定相。下面在图11A至图11B中图示了可以被结合到图10A的结构中以建立三相定子的另外两个相的附加的内端匝502和外端匝606的位置。图10B类似于图10A,但是出于图示的目的移除了子组件S1的对应于另外两个相的其他部分。因此,图10B图示了用于三相定子的单个相的绕组如何能够穿过具有四个传导层的子组件S1。

[0059] 类似于图10B,图11A至图11B图示了其余两个相的绕组如何可以穿过图10A中所示的子组件S1,其中,出于图示的目的,移除了子组件的对应于另外两个相的部分。因此,图10B图示了在子组件S1内用于第一相的内端匝502b、502e、502i、502l和外端匝606的位置,图11A图示了在子组件S1内用于第二相的内端匝502a、502d、502h、502k和外端匝606的位

置,且图11B示出了在子组件S1内用于第三相的内端匝502c、502f、502g、502j和外端匝606的位置。

[0060] 图10A和图10B中图示的用于第一相的内端匝502b、502e、502i、502l在四个传导层上以二的倍数出现,其中,内端匝502b和502e出现在四个所图示的层中的两个层上,且内端匝502i和502l出现在其余两个层上。这也适用于图11A和图11B中所图示的用于另外两个相的内端匝502。即,对于图11A中图示的第二相,内端匝502a、502d、502h、502k在四个层上以二的倍数出现,其中,内端匝502a和502d出现在四个所图示的层中的两个层上,且内端匝502h和502k出现在其余两个层上,并且对于图11B中所图示的第三相,内端匝502c、502f、502g、502j在四个层上以二的倍数出现,其中,内端匝502c和502f出现在四个所图示的层中的两个层上,且内端匝502g和502j出现在其余两个层上。因此,对于图10A、图10B、图11A和图11B中所示的子组件S1的全部三个相,内端匝502在四个传导层上以二的倍数出现且平衡(对于每个相是相等的),这是因为子组件S1具有二的倍数个传导层。

[0061] 对于图10A和图10B中所示的特定相,即,第一相,外端匝606也在所图示的四个层上以二的倍数出现。对于该相,外端匝606占据四个传导层中的两个传导层。用于另外两个相(在图11A和图11B中示出)的外端匝606位于另外两个传导层上,但是无冗余。即,用于第二相(在图11A中示出)的外端匝606仅出现在单个传导层上,用于第三相(在图11B中示出)的外端匝606也仅出现在单个传导层上。因此,图10A、图10B、图11A和图11B中所示的子组件S1具有三相定子所需的全部连接,但是子组件S1由于外端匝606在各相上的冗余不等而不平衡。

[0062] 图12A示出了三个子组件S1、S2和S3的组件的展开(沿z轴展开)立体图,所述子组件中的每个子组件均类似于图10A中所示的子组件。在一些实施方式中,可以将两个或更多个这样的相应的子组件层压在一起以形成单个PCS。与图10A中一样,为了清楚起见,图12A示出了与三个相中的仅一个相相关联的内端匝502和外端匝606。下面在图13A至图13B中图示了可以被结合到图12A的结构中以建立三相定子的另外两个相的附加的内端匝502和外端匝606的位置。

[0063] 图12B类似于图12A,但出于图示的目的移除了子组件S1、S2和S3的对应于另外两个相的其他部分。因此,图12B示出了用于三相定子的单个相的绕组如何能够穿过三个子组件S1、S2和S3的堆叠组,其中,每个子组件均具有四个传导层。子组件S1、S2、S3可以通过贯通式过孔1202a、1202b、1202c、1204a、1204b、1204c、1206a、1206b和1206c并联或串联地电连接。在所示的示例中,三个子组件S1、S2和S3的绕组是串联连接的,使得用于整个组件的每个相的匝数是单独的子组件S1、S2和S3中的任一者的匝数的三倍。

[0064] 现在将说明电流可以流动通过子组件S1、S2和S3的用于图12B中所图示的相的绕组且在所述绕组之间流动的方式。尽管未单独描述,但应当理解,用于另外两个相的绕组(在下面描述的图13A和图13B中示出)可以遵循类似路径,但使用不同群组的贯通式过孔1202、1204、1206。对于图12B中所图示的相,电流可以从贯通式过孔1202b流动至子组件S1的绕组中。然后,电流可以经由传导迹线1208离开子组件S1的绕组。然后,来自传导迹线1208的电流可以通过贯通式过孔1204b流动至传导迹线1210,电流可以在传导迹线1210处进入子组件S2的绕组。然后,电流可以经由传导迹线1212a和1212b离开子组件S2的绕组。然后,来自传导迹线1212a、1212b的电流可以通过贯通式过孔1206b流动至传导迹线1214a和

1214b, 电流可以在传导迹线1214a和1214b处进入子组件S3的绕组。然后, 电流可以离开子组件S3的绕组且连同来自另外两个相的电流(在图13A和图13B中示出)一起流动至中性导体。

[0065] 类似于图12B, 图13A至图13B图示了其余两个相的绕组如何可以穿过图12A中所示的三个子组件S1、S2和S3, 出于图示的目的, 移除了各子组件的对应于另外两个相的部分。因此, 图12B图示了在三个子组件S1、S2和S3的堆叠件内用于第一相的内端匝502b、502e、502i和502l以及外端匝606的位置, 图13A图示了在三个子组件S1、S2和S3的堆叠件内用于第二相的内端匝502a、502d、502h和502k以及外端匝606的位置, 且图13B图示了在三个子组件S1、S2和S3的堆叠件内用于第三相的内端匝502c、502f、502g和502j以及外端匝606的位置。

[0066] 每个子组件S1、S2和S3包括四个传导层, 与图10A类似, 但是每个子组件中具有的二的倍数个外端匝606的层是不同的。因此, 对于图12A和图12B中图示的相, 顶部子组件S1具有外端匝606的两个并联层, 但是另外两个子组件S2和S3并非如此; 对于图13A中所图示的相, 底部子组件S3具有外端匝606的两个并联层, 但是另外两个子组件S1和S2并非如此; 并且对于图13B中示出的相, 中间子组件S2具有外端匝606的两个并联层, 但是另外两个子组件S1和S3并非如此。因此, 由图12A、图12B、图13A和图13B的组合所示的堆叠式组件布置成使得三个相中的每一相除了具有相同数目个并联和串联连接的内端匝502的层之外还具有相同数目个并联和串联连接的外端匝606的层, 从而使整个组件平衡。

[0067] 图14、图15A、图15B、图15C、图16A和图16B图示了定子的示例性实施方式, 该定子采用与图9中所示的蛇形绕组类似的蛇形绕组, 并且其中, 采用了图5A和图5B中示出的类型的内端匝502以及图7A和图7B中示出的类型的外端匝706来建立包括仅两个传导层的组件中的三个相所需的全部绕组连接。在这些图中示出的示例中, 上传导层上的径向连接件404中的每个径向连接件使用与图3中示出的过孔310类似的过孔1410连接至下传导层中的对应(且平行)的径向连接件404。

[0068] 图15A示出了图14中示出的组件的仅对应于定子的第一相的部分的展开(沿Z轴展开)立体图。如示出的, 第一相可以采用图5A和图5B中示出的内端匝502b、502e、502i、502l以及图7A和图7B中示出的外端匝706a、706d、706h和706k。因此, 图15A图示了用于三相定子的单个相的绕组如何能够穿过图14中示出的组件。图15B和图15C分别示出了图15A中示出的上传导层和下传导层的促成用于第一相的绕组的部分。

[0069] 类似于图15A, 图16A和图16B图示了其余两个相的绕组如何能够穿过图14中所示的组件, 其中, 出于图示的目的, 移除了组件的对应于另外两个相的部分。如图16A中所示, 第二相可以采用图5A和图5B中所示的内端匝502a、502d、502h、502k以及图7A和图7B中示出的外端匝706c、706f、706g和706j。如图16B中所示, 第三相可以采用图5A和图5B中示出的内端匝502c、502f、502g、502j以及图7A和图7B中示出的外端匝706b、706e、706i和706l。

[0070] 图14、图15A、图15B、图16A和图16B中示出的两个传导层的实施方式表示减少完整的三相定子所需的层数的实际限制。然而, 应当理解, 对于这种构型, 将需要某种机构来建立从驱动电路(未示出)至用于每个相的蛇形绕组内部的位置的电连接。例如, 参照图15A, 将需要形成从这种驱动电路至过孔1410b(或另一导体)的电连接, 以允许驱动电路建立用于第一相的完整电路。可以通过图15A中所示的贯通式过孔1402b来建立与用于第一相的蛇

形绕组的另一端部的电连接。类似地,参照图16A和图16B,需要分别形成从驱动电路至过孔1410c和过孔1410a(或其他导体)的电连接,以允许驱动电路建立用于第二相、第三相的完整电路。可以分别通过图16A和图16B中所示的贯通式过孔1402c和1402a来建立与用于第二相和第三相的蛇形绕组的另一端部的电连接。

[0071] 可以使用若干机构中的任何一种机构来建立这样的电连接,所述若干机构包括通过通向专用连接层的过孔/焊盘/压力接点或引脚、将导线直接连接至外端匝的内部的垫或者其他类似的技术。假设不需要额外的层来实现电连接,则类似于图14、图15A、图15B、图15C、图16A和图16B中所图示的两传导层方法的最大优点在于,每层的匝数相比于与'625专利中所述的构型类似的构型可以增大三倍,或者相比于上面结合图10A、图10B、图11A、图11B、图12A、图12B、图13A及图13B所描述的构型增大两倍。例如,如果需要附加的层来构造具有位于外端匝半径外侧的中性连接件和端子的完整定子,则此优势会减小。此外,高密度外端匝可能会影响使用直接连接至作用区的热特征的能力。

[0072] 尽管在附图中未示出,但是还应当理解,也可以将类似于图14、图15A、图15B、图15C、图16A和图16B中所示的两个或更多个组件进行堆叠,并将这些组件的绕组并联或串联连接在一起。在一些实施方式中,例如,图15A中所示的过孔1410a可以例如使用先前段落中所描述的连接技术中的一者连接至具有两个传导层的另一类似组件的蛇形绕组的“输入部”,由此建立通向用于第一相的附加匝的串联连接。在一些实施方式中,第二组件中的这种蛇形绕组可以横越与第一组件类似的例如逆时针的蛇形路径但是可以代替性地朝向最靠外的外端匝706“向外”卷绕。同样地,可以建立从第二组件的该最靠外的端匝至具有仅两个传导层的另一组件上的另一蛇形绕组的输入部的附加的电连接,且该附加的蛇形绕组可以例如横越与第二组件类似的例如逆时针的蛇形路径但是可以再次“向内”卷绕,类似于图15A的构型。在各个串联连接的层上“向内”卷绕然后“向外”卷绕的这种技术可以重复任意次数以继续增大各个相的匝数。在一些实施方式中,可以将两个或更多个这种单独的组件层压在一起形成单个平面复合结构(PCS)。

[0073] 图17A和图17B图示了用于形成多层PCS组件/子组件1700的过程的示例。在所示的示例中,PCS组件/子组件1700包括四个传导层CL1、CL2、CL3和CL4以及三个非导电性电介质层DL1、DL2和DL3。然而,应当理解,所描述的技术可以附加地或替代性地用于形成具有不同数目的层的PCS子组件和/或子组件。

[0074] 在一些实施方式中,两个或更多个电介质层DL1、DL2、DL3可以与多个传导层CL1、CL2、CL3、CL4交错并且层压在一起。每个传导层CL1、CL2、CL3、CL4上的传导迹线的图案可以布置成形成用于一个或更多个电路元件(例如,定子绕组的部分)的导体,并且可以由导电材料、比如铜形成。每个传导层CL1、CL2、CL3、CL4可以由至少一个电介质层DL1、DL2、DL3机械地支撑。电介质层可以由比如玻璃纤维之类的非导电性材料形成。因此,每个电介质层DL1、DL2、DL3可以使传导层CL1、CL2、CL3、CL4中的相应的一对传导层电绝缘。

[0075] 可以通过包括但不限于蚀刻、冲压、喷涂、切割或机械加工的各种方法制造每个传导层CL1、CL2、CL3、CL4的导体图案。在一些实施方式中,例如,可以将导体图案化学蚀刻到多个双侧电路板的每一侧中,其中,每个这样的电路板包括夹置在两个铜片(例如,图17A中的CL1和CL2或CL3和CL4)之间的一个玻璃纤维片(例如,图17A中的电介质层DL1或DL3)。然后,可以将以这种方式形成的多个双侧电路板堆叠在一起,其中,电介质(例如,玻璃纤维)

片(例如,图17A中的电介质层DL2)夹置在每个对之间。然后,可以使用热和压力将经堆叠的双侧电路板和玻璃纤维片层压在一起,以形成多板布置,如图17B中所示。如上所述,所得的PCS可以例如用作用于轴向磁通马达或发电机的定子。

[0076] 在一些实施方式中,上面描述的类型 PCS 可以采用比最常生产的电路板中所使用的铜片厚的铜片。例如,在一些实施方式中,铜片的厚度可以在从0.004英寸至0.007英寸的范围内。可以在精确位置穿过PCS 1700的多个电路板中的一个或更多个(或全部)板钻出孔1702,并且可以用比如铜之类的传导性材料镀覆孔的内壁。经镀覆的孔也被称为过孔(例如,图3中所示的盲孔或掩埋式过孔310或图12A中所示的贯通式过孔1202a、1202b、1202c、1204a、1204b、1204c、1206a、1206b和1206c)并且可以充当将PCS的不同传导层上的传导迹线电互连的层间导体。然而,应当理解,可以附加地或替代性地采用其他类型的层间导体,包括但不限于填充有传导性材料的孔、金属引脚、压接点、焊点或导线。PCS的不同层上的各种导体可以通过这样的过孔或其他层间导体串联和/或并联连接在一起。

[0077] 如图17B所示,PCS 1700可以附加地包括用以容纳轴向磁通马达或发电机的转子的轴的中心孔1704,如下面所描述的。

[0078] 本文所描述的组件和/或子组件可以用于任何已知的或未来开发的马达或发电机中,包括'625专利中所描述的轴向磁通马达/发电机,以及美国专利No.9,673,688、美国专利No.9,673,684和/或美国专利No.9,800,109中所描述的马达和发电机,这些专利中的所有专利的全部内容通过以上参引被并入。

[0079] 图18A示出了在具有转子部件1804a和1804b、轴1808、螺钉1802、导线1814和控制器1812的组件中采用平面复合定子1810的系统1800的示例。图18B中示出了这些部件及用于这些部件的组装的方法的展开图。转子组件的永磁化部分1806a、1806b中的磁极的布置在图18B的展开图中也很明显。图18A是在PCS 1810的外半径处采取电连接1814并将定子在外周缘处安装至框架或壳体的实施方式的示例。另一种有用的构型即“外转”构型涉及在内半径处安装定子,从而在内半径处形成电连接1814,并且用使转子半体间隔开的环形环取代轴1808。也可以仅使用一个磁体——1806a或1806b——来构造系统,或者将多个定子置于连续的磁体组件之间。导线1814还可以基于霍尔效应或安装在定子上的类似传感器的读数来传达关于转子位置的信息。未示出但目的类似的附接至轴1808的编码器可以将位置信息提供至控制器1812。

[0080] 图18A和18B中的系统1800可以用作马达或发电机,这取决于控制器1812和连接至轴1808的部件的操作。作为马达系统,控制器1812操作开关以使定子1810中的电流由于间隙中的源自连接至轴1808的磁体1806a、1806b的磁通而产生绕轴的扭矩。根据控制器1812的设计,可以测量或估计间隙中的磁通量和/或转子的位置以操作开关实现在轴1808处的扭矩输出。作为发电机系统,连接至轴1808的机械旋转动力源在定子的端子1812处产生电压波形。这些电压可以直接施加至负载,或者这些电压可以用控制器1812内的三相(或多相)整流器整流。整流器实施方式1812可以在发电机模式中使用二极管进行“自换向”,或者可以使用马达控制器的受控开关来构造,但被操作成使得轴转矩与由机械源提供的转矩相反,并且机械能被转换为电能。因此,取决于控制器1812如何操作,图18A中的相同构型可以用作发电机和马达两者。另外,控制器1812可以包括滤波器部件,该滤波器部件减轻开关效应、降低来自导线1814的EMI/RFI、减少损耗并提供在将电力供应至控制器或从控制器输送

电力方面的附加的灵活性。

[0081] 由此已经描述了本发明的至少一个实施方式的若干方面,应当理解,本领域技术人员将容易想到各种变型、改型和改进。这样的变型、改型和改进意在作为本公开的一部分且意在落入本发明的精神和范围内。因此,前面的描述和附图仅作为示例。

[0082] 本发明的各个方面可以单独使用、组合使用或以在前述实施方式中未具体论述的各种布置使用,并且本发明的各个方面因此在本申请中不限于在前面的描述中阐述的或在附图中图示的部件的细节和布置。例如,一个实施方式中所描述的方面可以以任何方式与其他实施方式中所描述的方面组合。

[0083] 此外,本发明可以具体实施为一种方法,已经提供了该方法的示例。作为该方法的一部分执行的动作可以以任何合适的方式排序。因此,实施方式可以构建为以与所说明的顺序不同的顺序来执行动作,虽然一些动作在说明性实施方式中被示出为顺序动作,但是实施方式也可以包括同时执行这些动作。

[0084] 在权利要求中使用诸如“第一”、“第二”、“第三”等的序数术语来修饰要求保护的元件本身并不表示一个要求保护的元件相对于另一个要求保护的元件的任何优先级、优先性或顺序或者执行方法的动作的时间顺序,而是仅用作将具有某一名称的一个要求保护的元件与具有相同名称(但是使用了序数术语)的另一元件区分开以区分要求保护的元件的标记。

[0085] 另外,本文中使用的措词和术语用于描述的目的,并且不应当被视为限制性的。本文中“包括”、“包含”或“具有”、“含有”、“涉及”及其变体意在涵盖其后列出的项目及其等同物以及附加的项目。

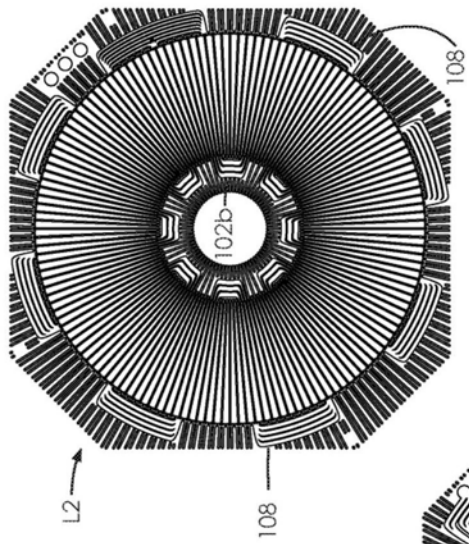


图1B

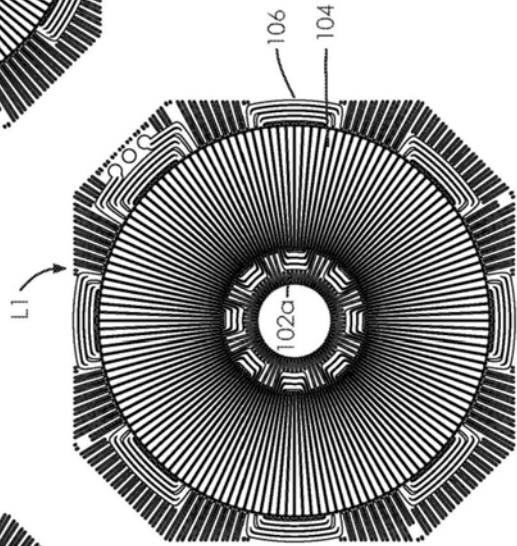


图1A

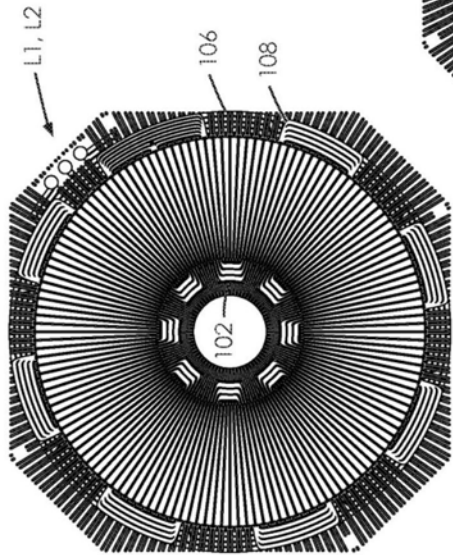


图1C

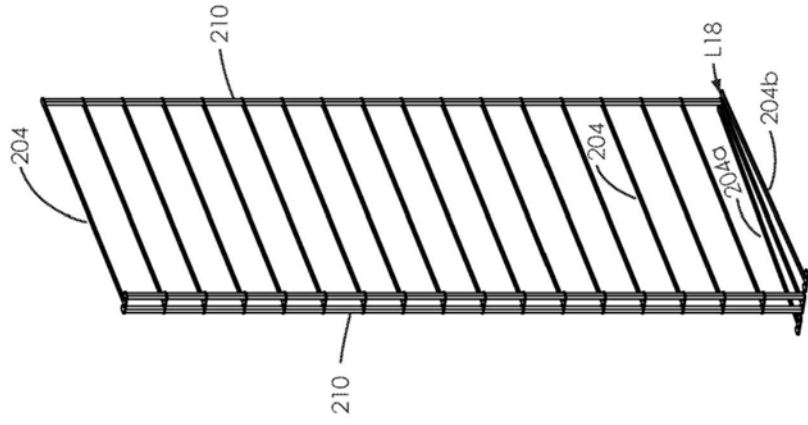


图2

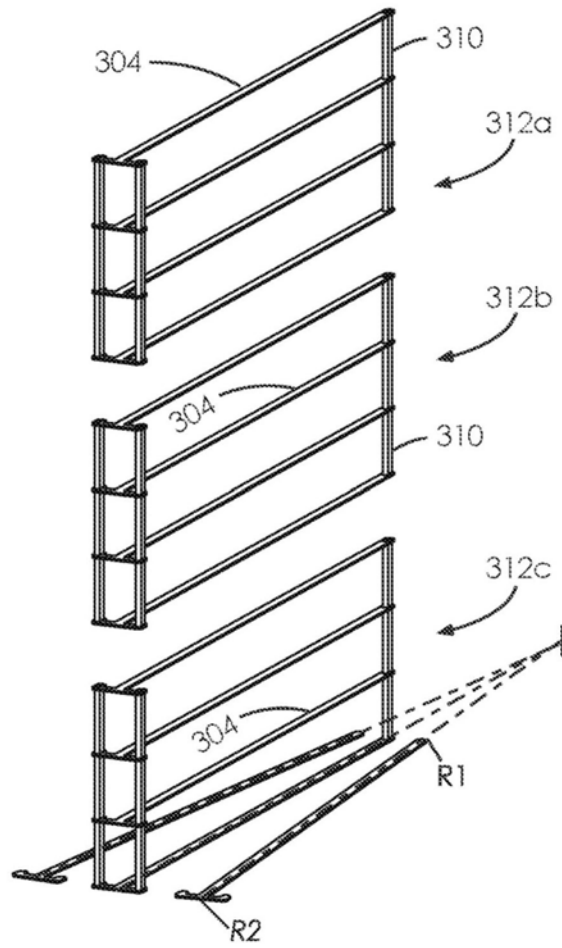


图3

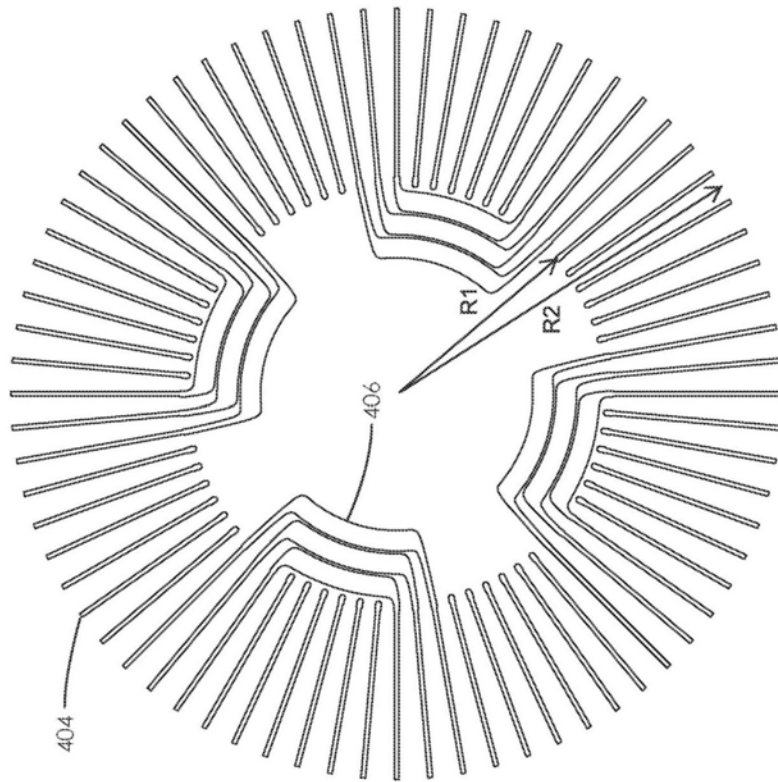


图4

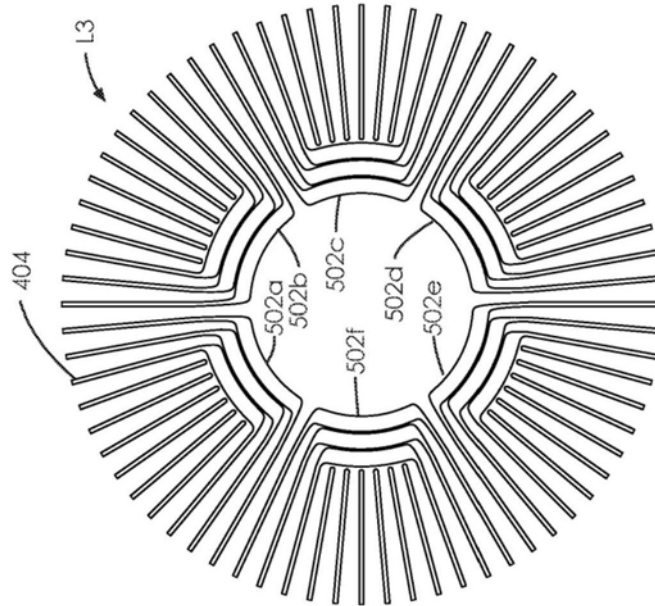


图5A

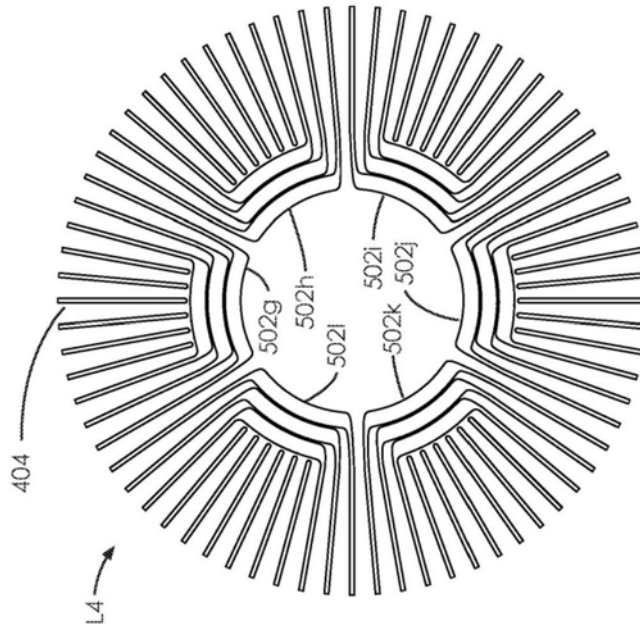


图5B

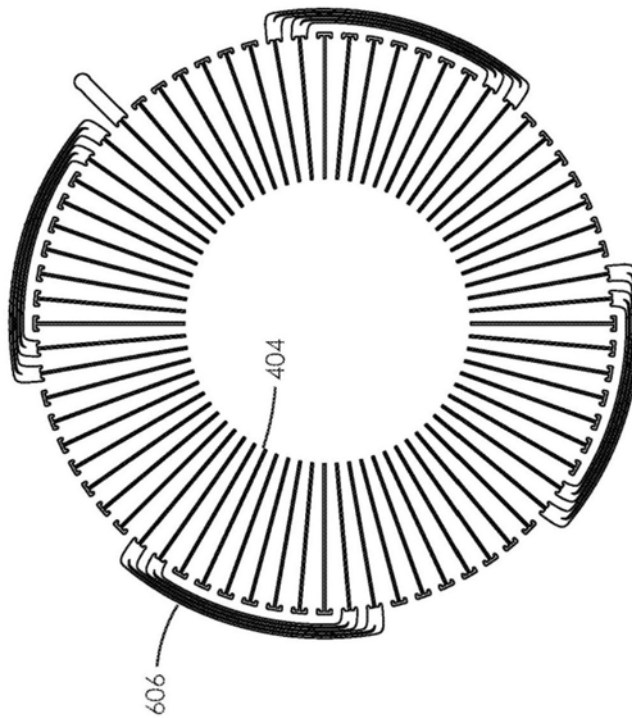


图6

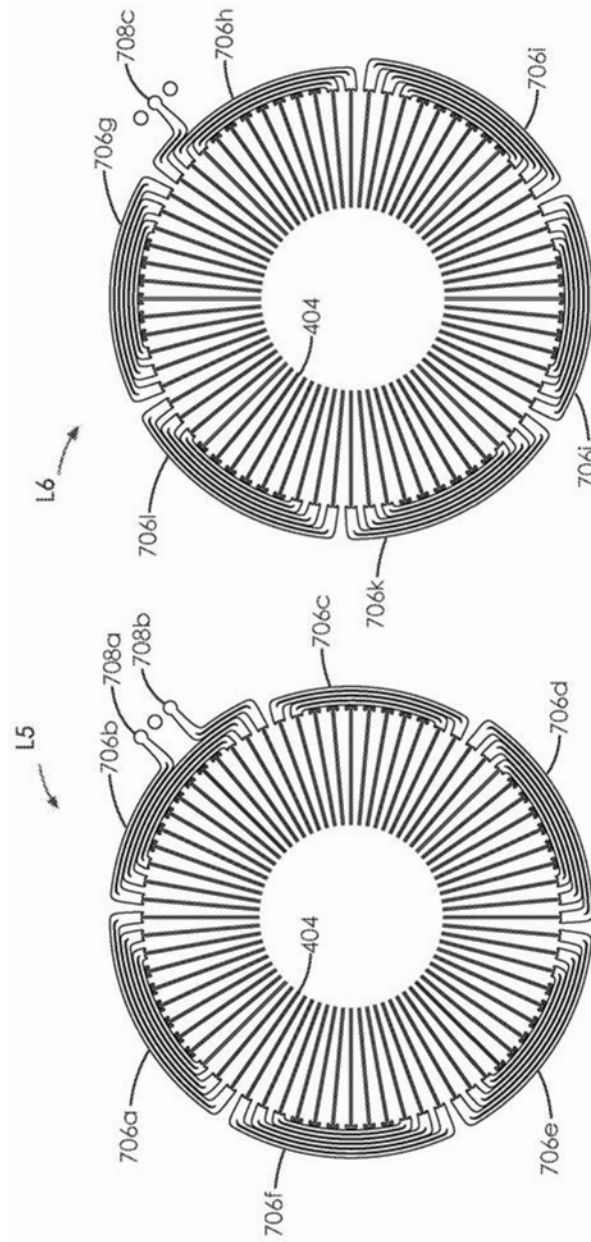


图7B

图7A

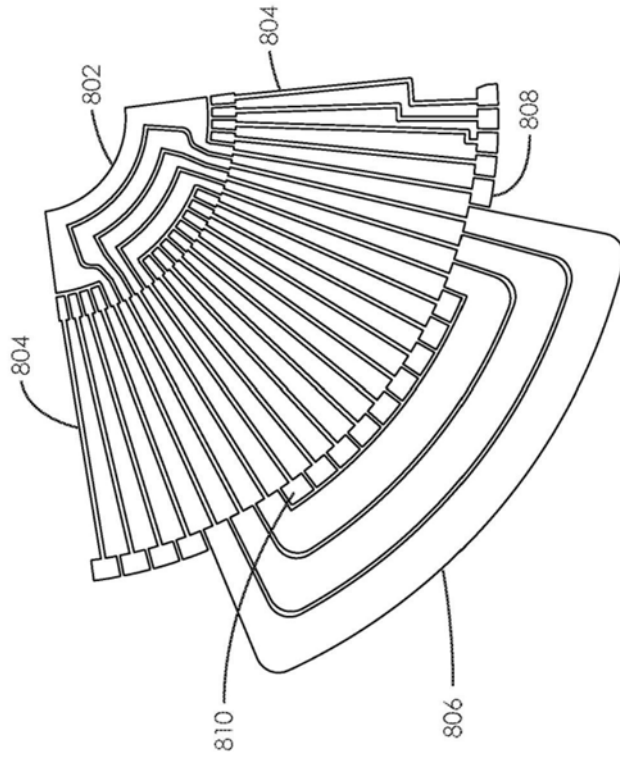


图8

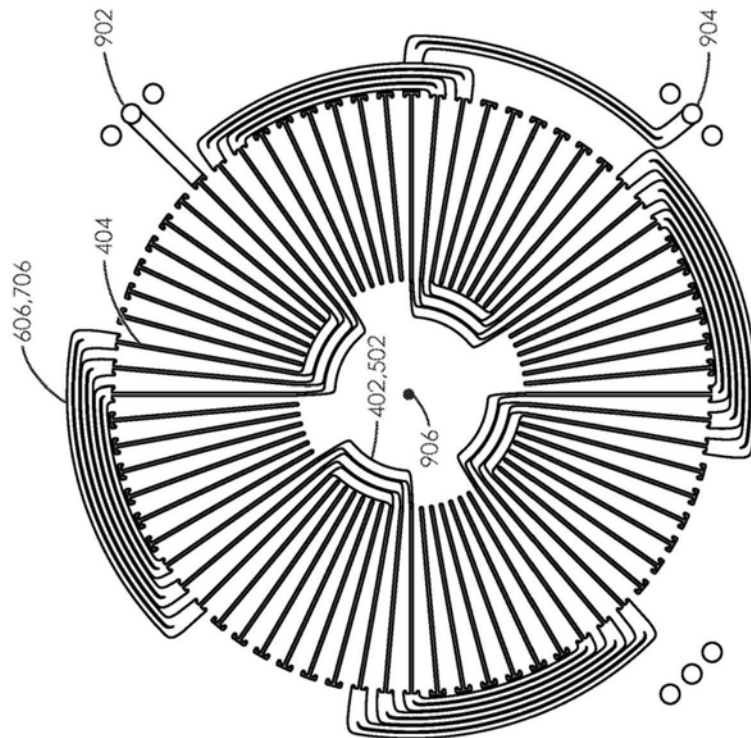


图9

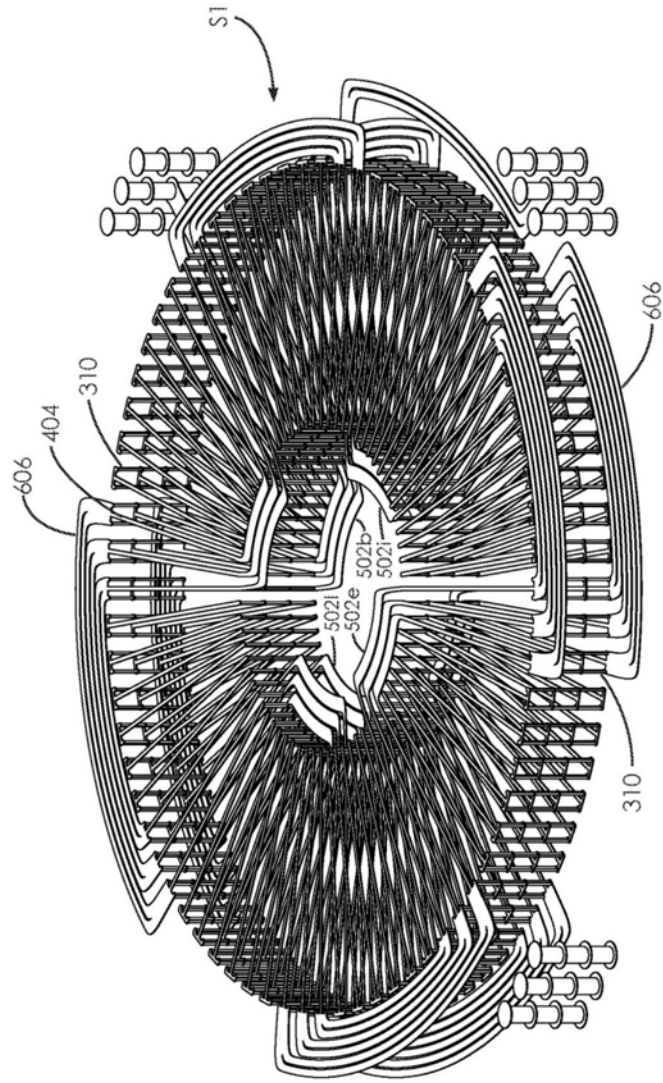


图10A

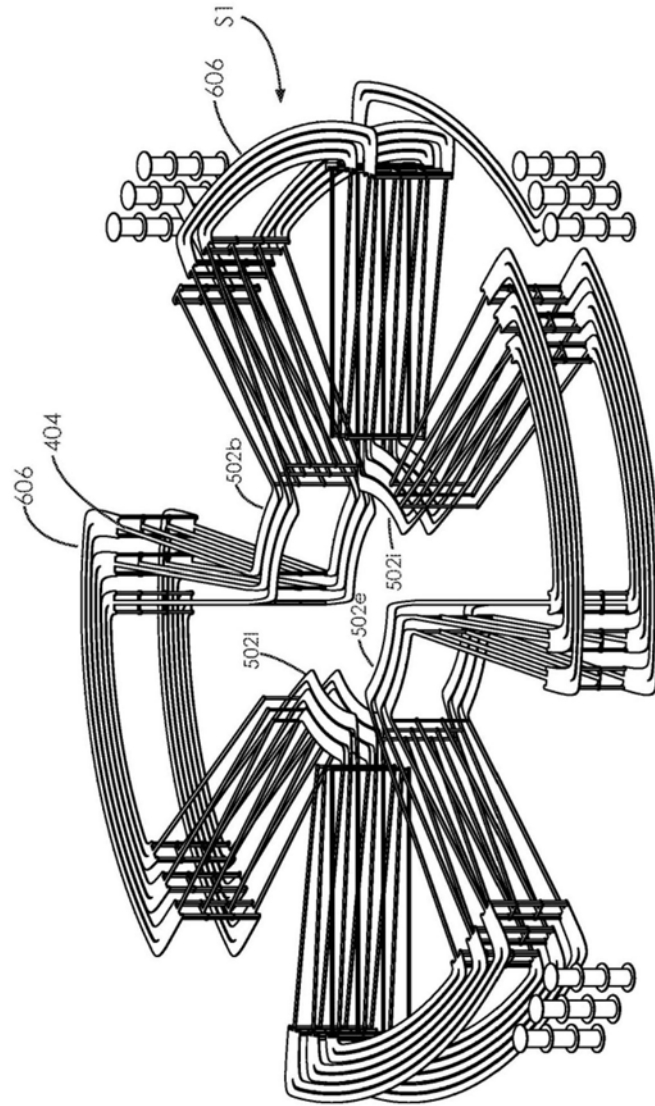


图10B

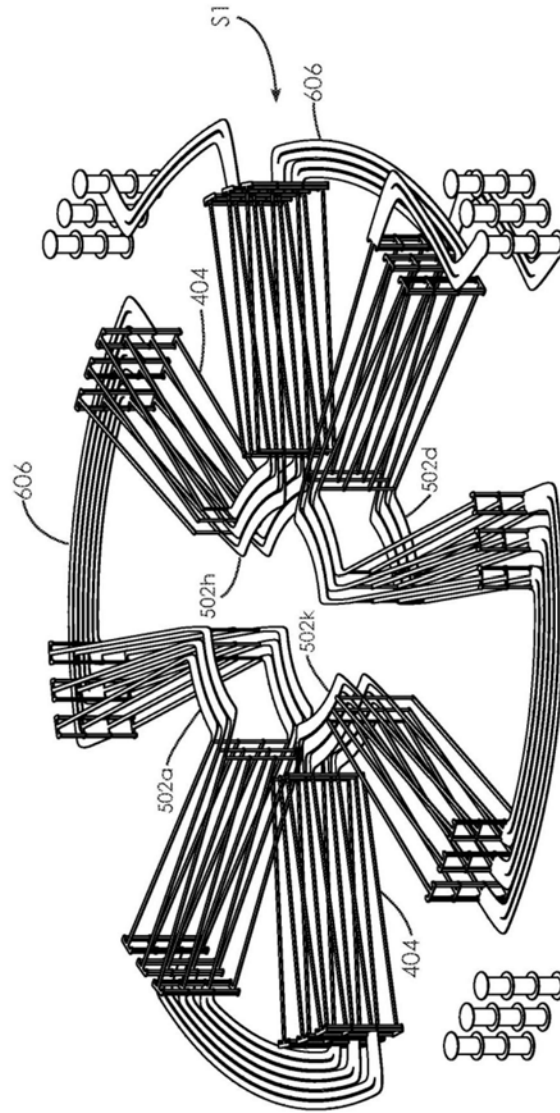


图11A

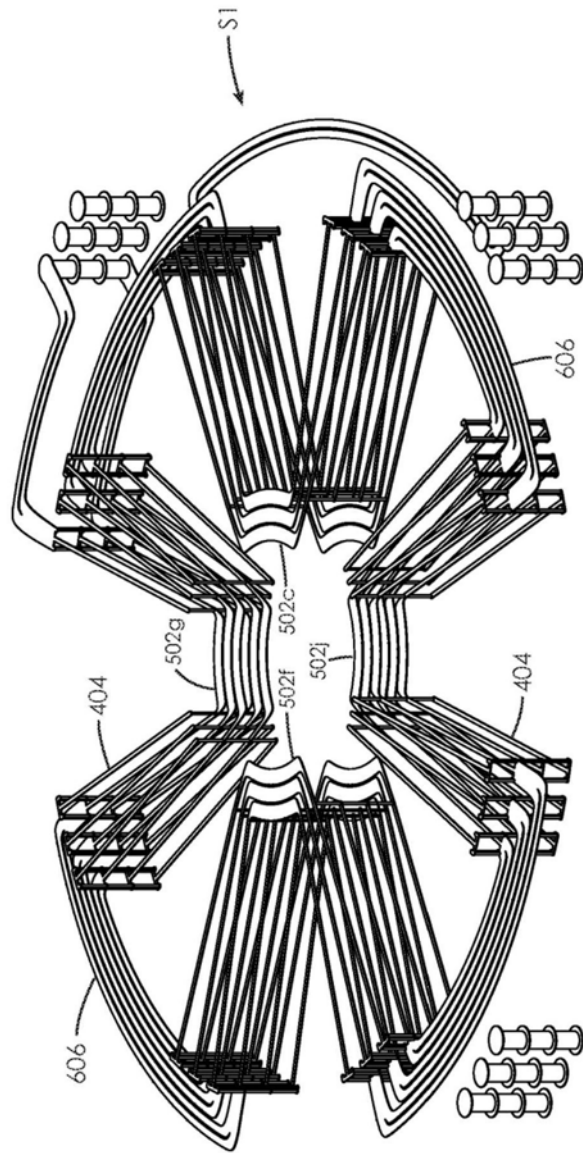


图11B



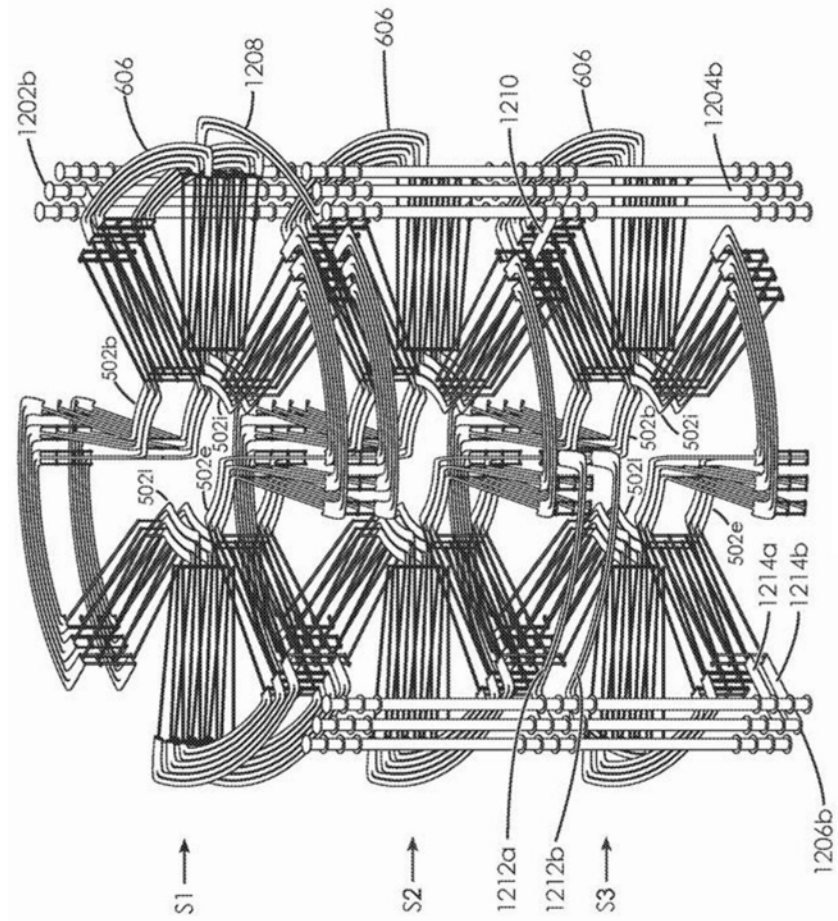


图12B

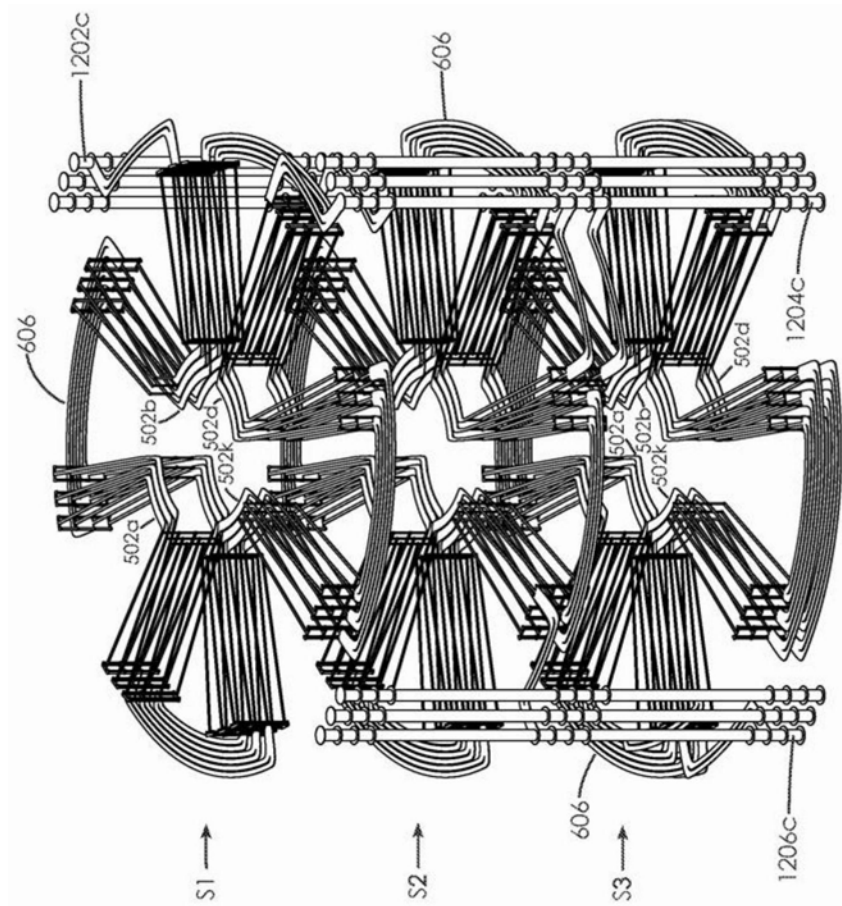


图13A

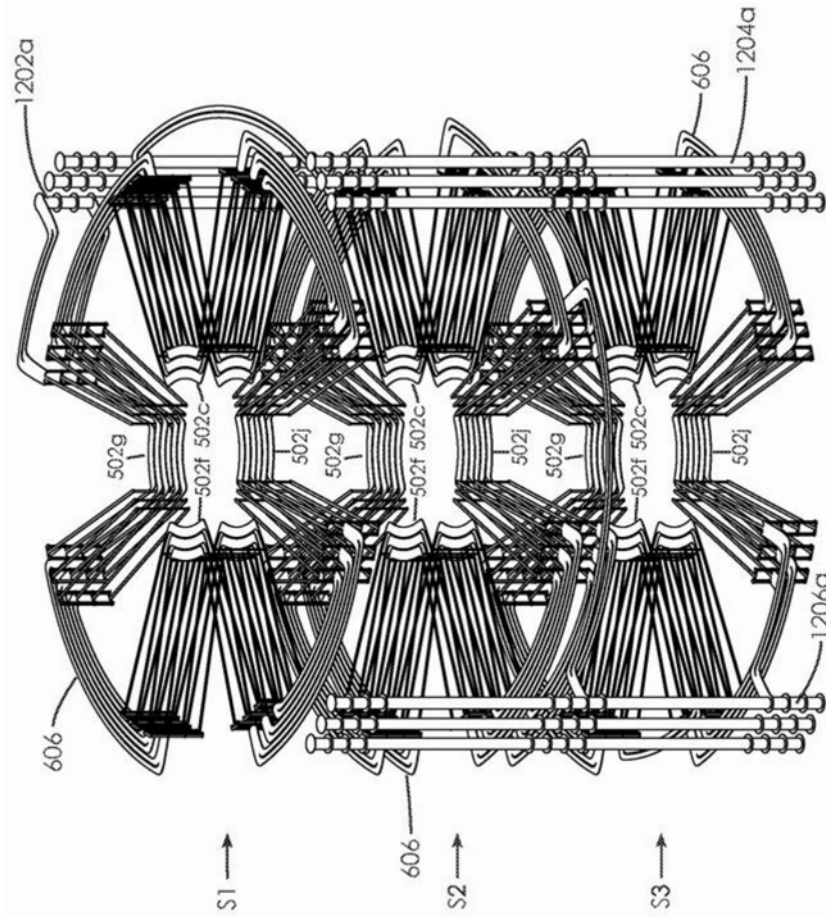


图13B

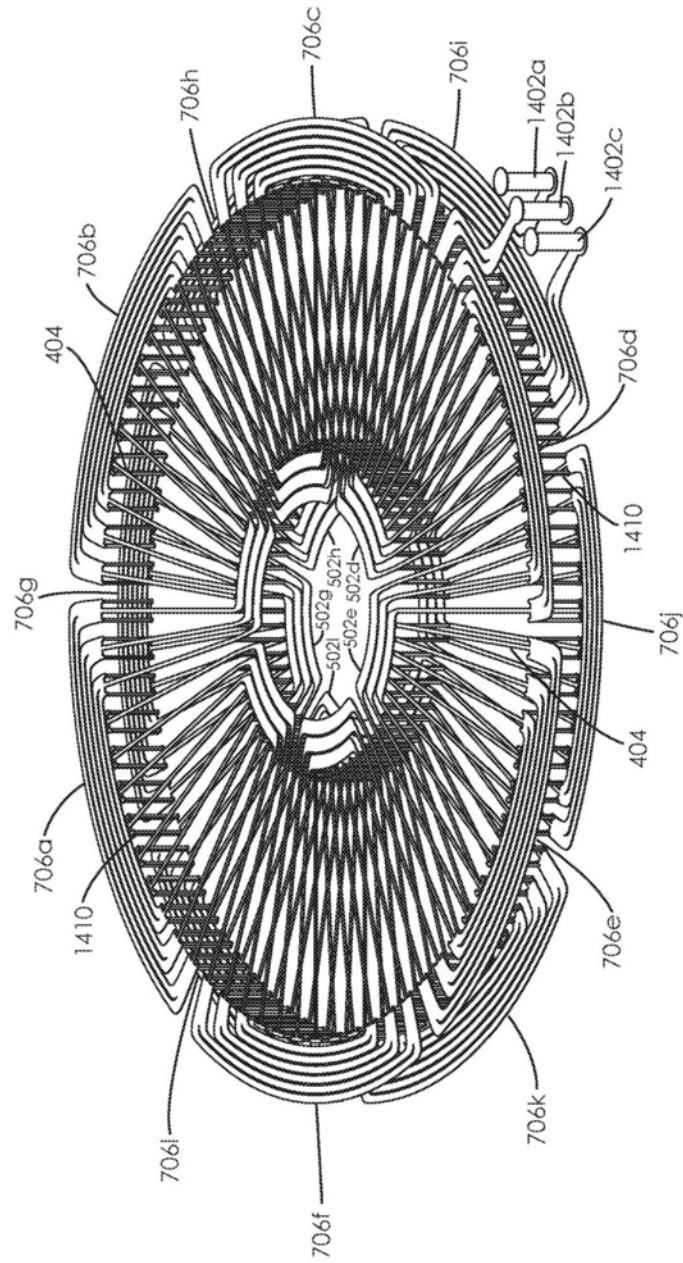


图14

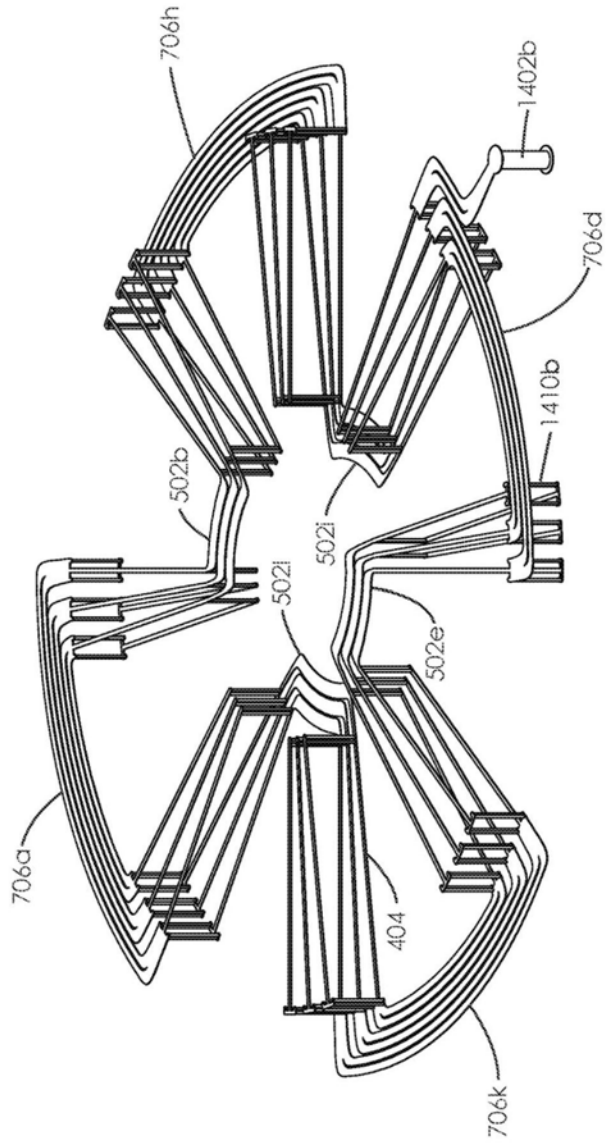


图15A

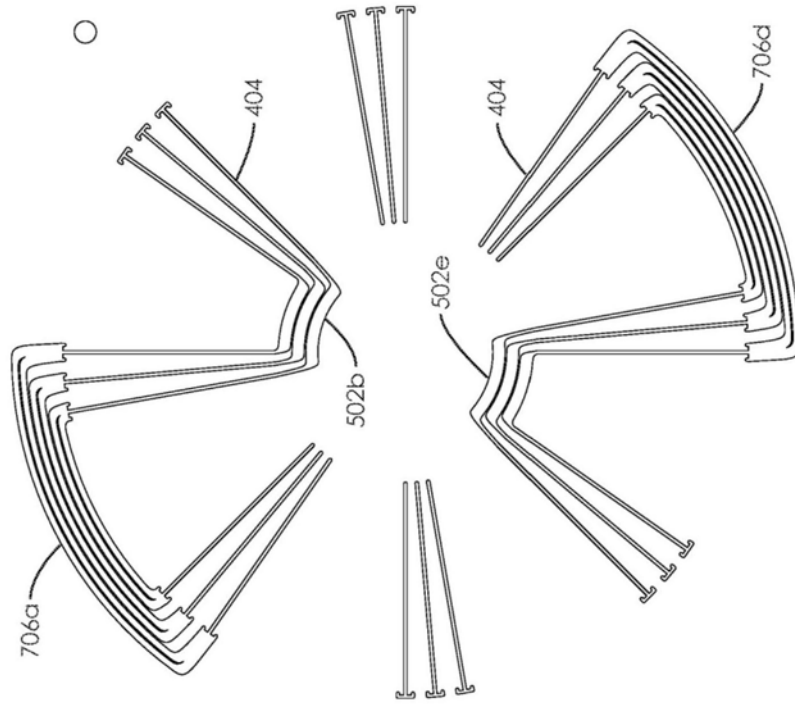


图15B

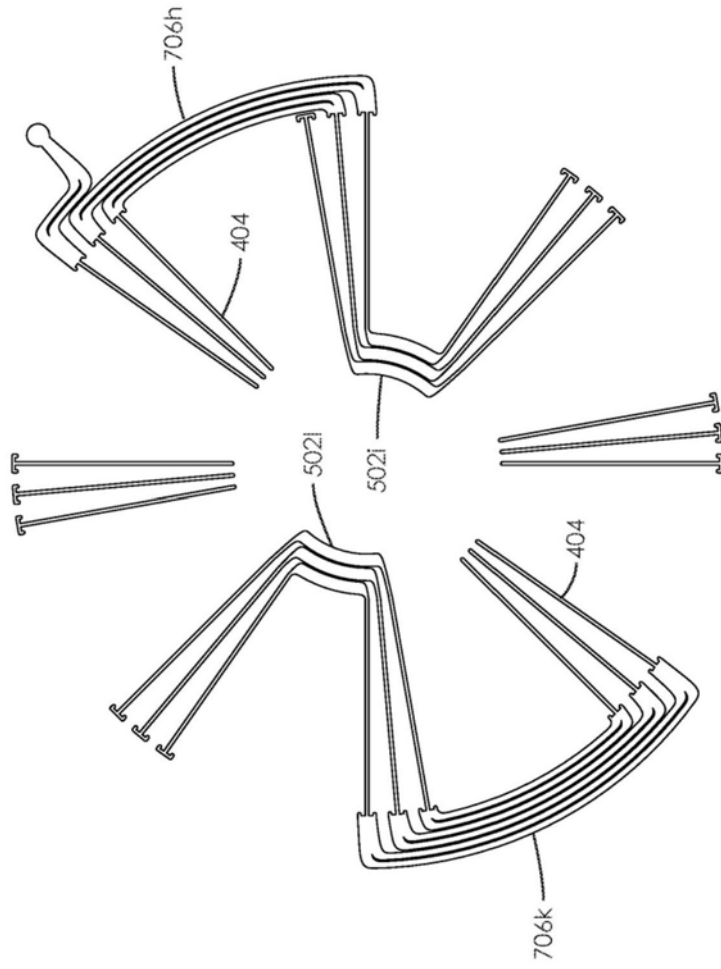


图15C

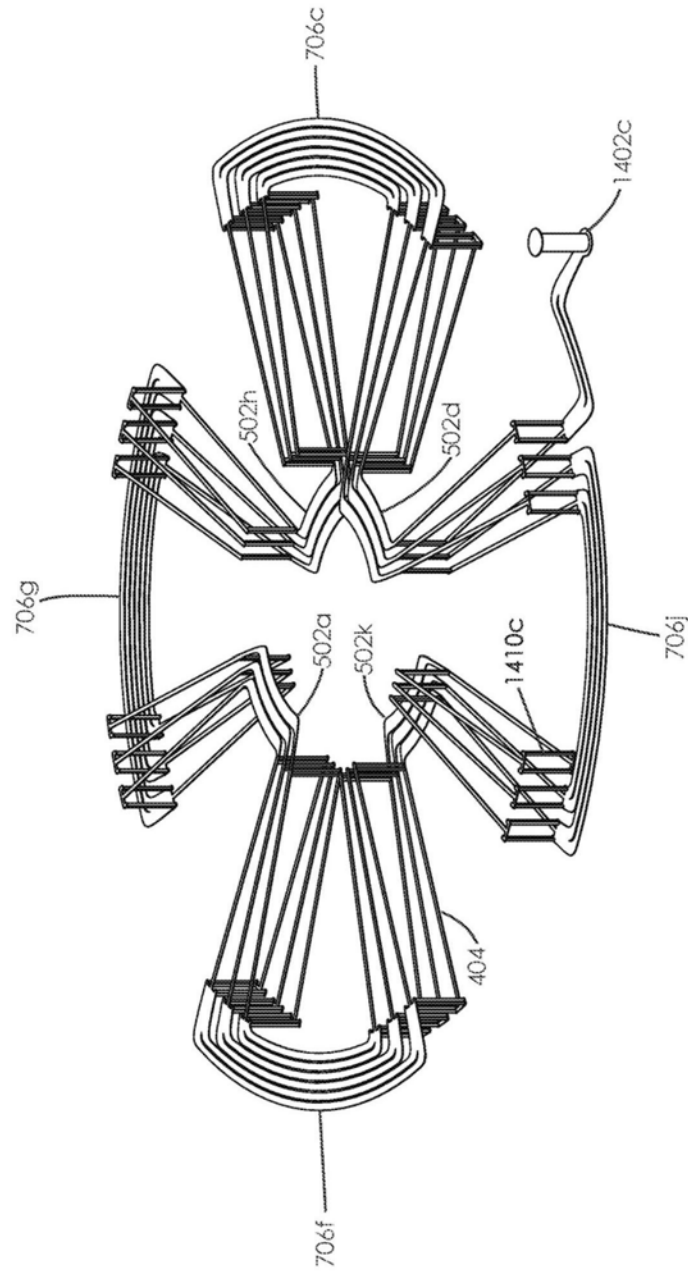


图16A

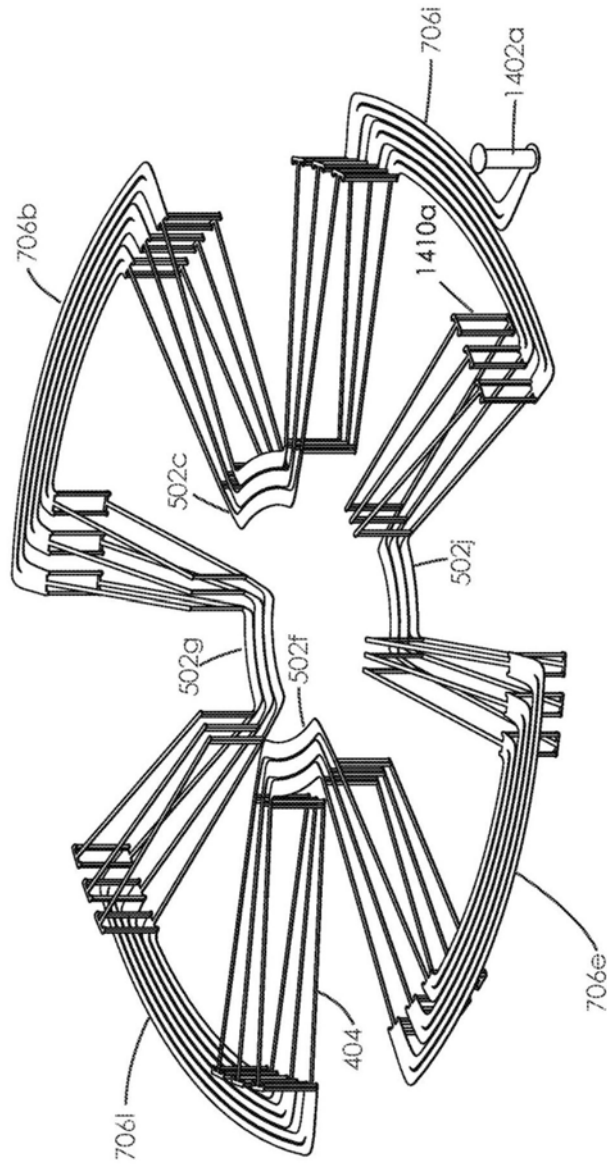


图16B

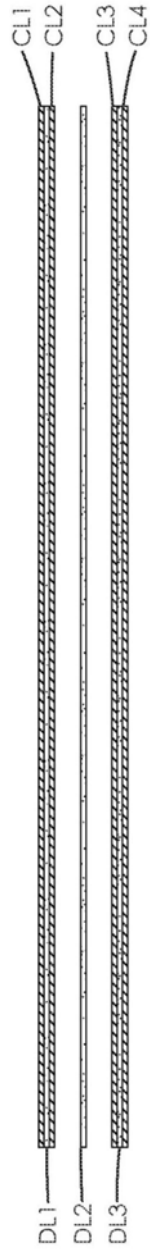


图17A

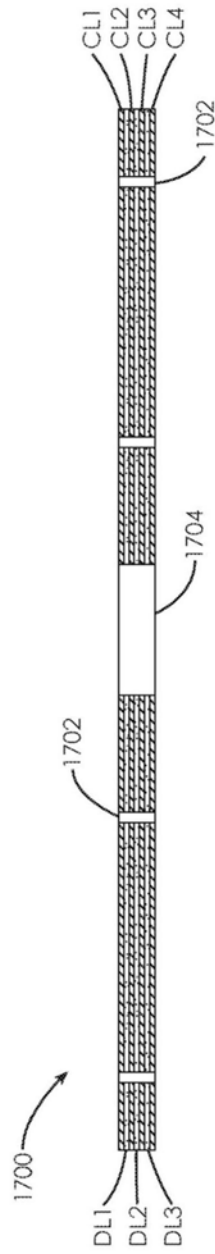


图17B

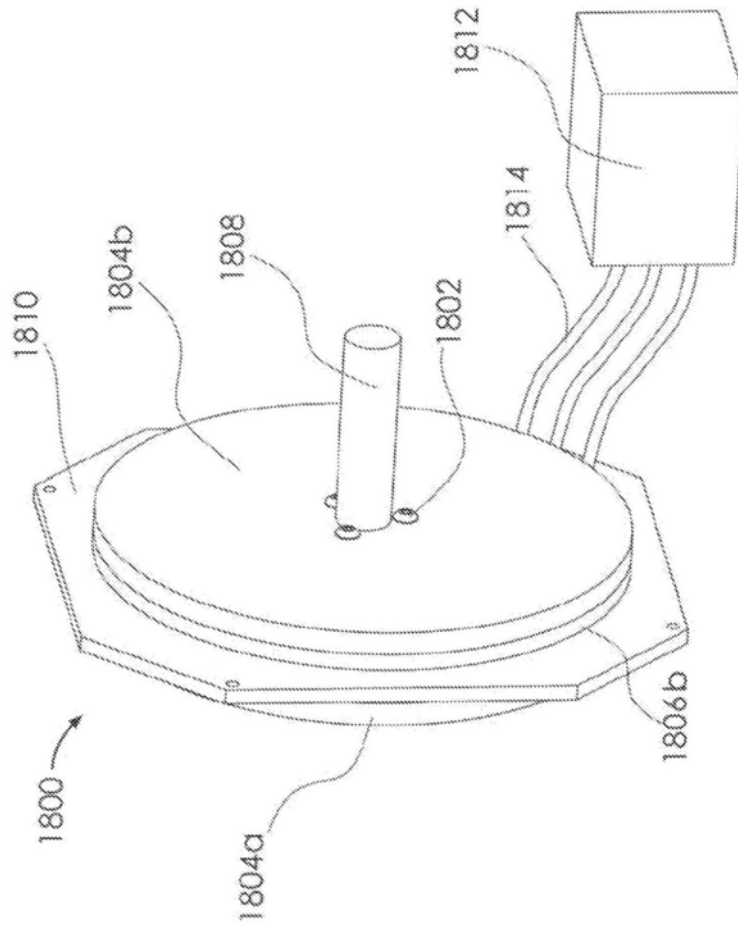


图18A

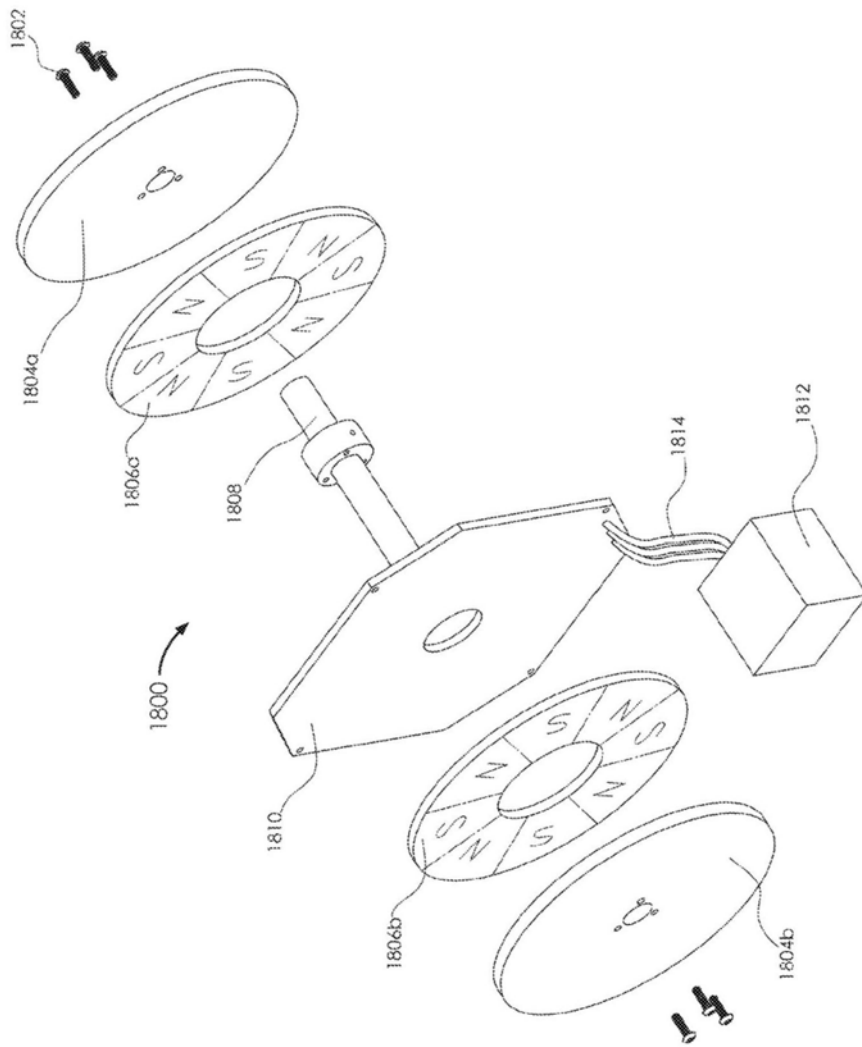


图18B