

专利代理师 李献忠 张华

H01F 27/36 (2006.01)

H01F 27/32 (2006.01)

H01F 27/30 (2006.01)

H01J 37/32 (2006.01)

W02021/211269 EN 2021.10.21

地址 美国加利福尼亚州

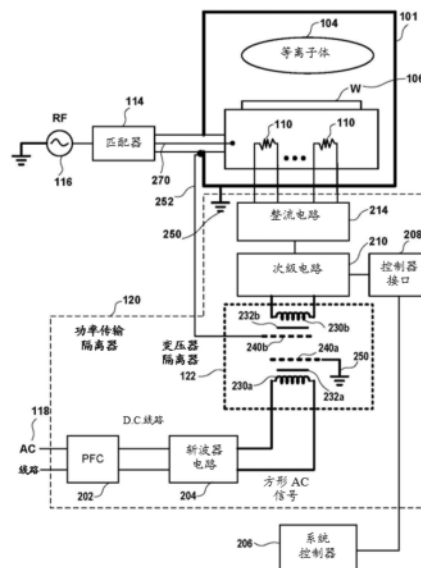
赫马·斯瓦鲁普·莫佩德维

約翰·皮斯

权利要求书3页 说明书10页 附图13页

具有用于有效磁力传输的射频屏蔽件结构的
的变压器隔离器

提供了一种用于向等离子体腔室中使用的衬底支撑件的元件传输功率的变压器隔离器的装置。变压器隔离器的初级装置包括配置为与大地电气耦合的初级基板。初级铁氧体设置在初级基板上,并且初级铁氧体具有初级圆形通道。初级线圈被缠绕在初级圆形通道内。在初级铁氧体和初级线圈上设置有初级屏蔽件。初级屏蔽件包括从初级中心区域延伸到初级铁氧体的外围的第一多个径向区段。初级屏蔽件的延伸区域具有弯曲部分以连接初级屏蔽件和初级基板。在一个示例中,变压器隔离器的次级装置具有与初级装置相似的构造,并作为变压器隔离器的一部分一起使用。



1. 一种用于向等离子体腔室中使用的衬底支撑件的元件传输功率的变压器隔离器,所述变压器隔离器包括:

初级装置,其包含:

配置为与大地电气耦合的初级基板;

设置在所述初级基板上的初级铁氧体,所述初级铁氧体具有初级圆形通道;

缠绕在所述初级圆形通道内的初级线圈;

设置在所述初级铁氧体和所述初级线圈上的初级屏蔽件,所述初级屏蔽件包含从初级中心区域延伸到所述初级铁氧体的外围的第一多个径向区段,以及连接所述初级屏蔽件和所述初级基板的第一弯曲部分;以及

次级装置,其包含:

配置为与所述等离子体腔室的射频(RF)大地回线电气耦合的次级基板;

设置在所述次级基板上的次级铁氧体,所述次级铁氧体具有次级圆形通道;

缠绕在所述次级铁氧体的所述次级圆形通道内的次级线圈;

设置在所述次级铁氧体和所述次级线圈上的次级屏蔽件,所述次级屏蔽件包括从次级中心区域延伸到所述次级铁氧体的外围的第二多个径向区段,以及连接所述次级屏蔽件和所述次级基板的第二弯曲部分;

其中所述初级屏蔽件被定向为与所述次级屏蔽件间隔开并面对所述次级屏蔽件。

2. 根据权利要求1所述的变压器隔离器,其中所述第一多个径向区段中的每一个都具有第一多个导电图案,所述第一多个导电图案限定从所述初级中心区域延伸到所述初级铁氧体的外围的第一多个径向狭缝;

其中所述第二多个径向区段中的每一个都具有第二多个导电图案,所述第二多个导电图案限定从次级中心区域延伸到所述次级铁氧体的外围的第二多个径向狭缝。

3. 根据权利要求1的变压器隔离器,其中所述初级屏蔽件的所述第一多个径向区段和所述次级屏蔽件的第二多个径向区段中的每一个都由电介质衬底形成,并且所述电介质衬底上具有所述导电图案,使得所述初级屏蔽件上的导电图案面对所述次级屏蔽件上的导电图案。

4. 根据权利要求3所述的变压器隔离器,其中所述初级屏蔽件和所述次级屏蔽件中的每一个的所述电介质衬底包括延伸到所述外围之外的所述第一弯曲部分和第二弯曲部分。

5. 根据权利要求1所述的变压器隔离器,其中所述初级屏蔽件和所述次级屏蔽件包含相应的中心区段。

6. 根据权利要求5所述的变压器隔离器,其中每个中心区段是由具有导电图案的电介质衬底限定的。

7. 根据权利要求5的变压器隔离器,其中所述初级屏蔽件和次级屏蔽件的所述第一多个径向区段和第二多个径向区段中的每一个都延伸到相应的所述中心区段,并且其中少于所有的所述第一多个径向区段和第二多个径向区段连接到相应的所述中心区段。

8. 根据权利要求7所述的变压器隔离器,其中每个中心区段包含多个部分;以及

其中每个部分仅与所述第一多个径向区段中的一个或所述第二多个径向区段中的一个电气连接。

9. 根据权利要求1所述的变压器隔离器,其中所述第一多个径向区段包含第一多个径

向狭缝,并且所述第二多个径向区段包含第二多个径向狭缝;

其中所述第一多个径向狭缝和第二多个径向狭缝被配置为减少电流朝向所述初级装置的渗透并同时增加磁场朝向所述次级装置的渗透,其中所述电流在返回大地时来自所述等离子体腔室中的等离子体,并且所述磁场用于向所述元件传输功率。

10. 根据权利要求1所述的变压器隔离器,其中所述第一多个径向区段包含第一多个径向狭缝,并且所述第二多个径向区段包含第二多个径向狭缝;

其中所述第一多个径向狭缝和第二多个径向狭缝被配置为有助于减少盘旋的涡电流,并使从所述等离子体腔室中的等离子体产生的电流能够流到大地并流到所述RF大地回线。

11. 根据权利要求1所述的变压器隔离器,其中所述第一弯曲部分和第二弯曲部分没有尖锐的拐角或边缘。

12. 根据权利要求11所述的变压器隔离器,其中所述第一弯曲部分和第二弯曲部分中的每一个都包括上曲线和下曲线,所述上曲线从平坦区域过渡到侧面区域,并且所述下曲线从所述侧面区域过渡到与所述大地或RF大地回线的连接部。

13. 根据权利要求1所述的变压器隔离器,其中所述第一多个径向区段包含第一多个径向狭缝,并且所述第二多个径向区段包含第二多个径向狭缝;

其中所述第一多个径向狭缝和第二多个径向狭缝被配置为减少涡电流的盘旋;以及其中所述初级屏蔽件的外半径区域包含比内半径区域更多的具有径向狭缝的区域。

14. 根据权利要求1所述的变压器隔离器,其中所述初级屏蔽件和次级屏蔽件由电介质衬底形成,并包含设置在所述电介质衬底上的多个导电图案;

其中所述多个导电图案的厚度大约在针对所述等离子体腔室的目标操作频率和所述多个导电图案的材料类型的集肤深度的范围内。

15. 根据权利要求1所述的变压器隔离器,其中所述元件是加热器。

16. 根据权利要求1所述的变压器隔离器,其中所述初级线圈与交流电流源互连并且所述次级线圈与所述元件互连,其中所述变压器隔离器有助于减少回到所述交流电流源的RF回路电流的电容耦合,同时经由磁场穿透的增加实现向所述元件传输功率。

17. 根据权利要求1所述的变压器隔离器,其中所述初级屏蔽件和次级屏蔽件由电介质衬底形成,并包含设置在所述电介质衬底上的多个导电图案,并且其中所述多个导电图案的材料类型是铜或银或铝中的一种,并且所述等离子体腔室的目标操作频率在约400kHz和约100MHz之间,并且其中所述多个导电图案的厚度是基于与所述材料类型和所述目标操作频率相关联的集肤深度设定的。

18. 一种用于向等离子体腔室中使用的衬底支撑件的元件传输功率的变压器隔离器的装置,所述变压器隔离器的初级装置包括:

配置为与大地电气耦合的初级基板;

设置在所述初级基板上的初级铁氧体,所述初级铁氧体具有初级圆形通道;

缠绕在所述初级圆形通道内的初级线圈;以及

设置在所述初级铁氧体和所述初级线圈上的初级屏蔽件,所述初级屏蔽件包含从初级中心区域延伸到所述初级铁氧体的外围的第一多个径向区段,

其中所述初级屏蔽件的延伸区域具有弯曲部分以连接所述初级屏蔽件与所述初级基板。

19. 根据权利要求18所述的装置, 其中所述延伸区域增加远离所述初级铁氧体的所述初级屏蔽件的长度, 以便感应的涡电流减少所述初级屏蔽件的基本上定位在所述初级铁氧体的上方的区域中的功率耗散。

20. 根据权利要求18所述的装置, 其中所述初级屏蔽件的所述第一多个径向区段中的每一个都具有限定径向狭缝的导电图案, 所述导电图案从所述初级中心区域延伸到所述初级屏蔽件的外边缘, 以便所述导电图案与耦合到大地的所述初级基板电气连接。

21. 根据权利要求18所述的装置, 其中所述初级屏蔽件的所述第一多个径向区段中的每一个都由电介质衬底形成, 并且所述电介质衬底上具有导电图案, 所述导电图案从所述初级屏蔽件的所述初级中心区域延伸并通过所述初级屏蔽件的具有所述弯曲部分的所述延伸区域。

22. 根据权利要求18所述的装置, 其中所述初级屏蔽件具有中心区段。

23. 根据权利要求22所述的装置, 其中所述中心区段具有导电中心图案, 并且所述初级屏蔽件包含限定所述第一多个径向区段和径向狭缝的导电图案, 其中所述第一多个径向区段的内边缘的选定的那些与所述导电中心图案的选定的那些电气连接。

24. 一种用于变压器隔离器的屏蔽件结构, 所述屏蔽件结构包括:

电介质衬底, 其具有中心、从所述中心径向延伸到外围的平坦平面, 以及从所述外围延伸的弯曲延伸部; 以及

在所述电介质衬底上形成的导电图案, 所述导电图案形成多个径向区段, 每个径向区段具有在所述平坦表面和所述弯曲延伸部上延伸的多个狭缝, 其中所述多个径向区段中的每个包含位于所述电介质衬底中心附近的区段端部;

其中所述导电图案包含与所述中心对齐的中心区段, 并且其中所述区段端部中的选定区段端部与所述中心区段连接。

25. 根据权利要求24所述的屏蔽件结构, 其中所述弯曲延伸部没有任何尖锐的拐角或边缘。

26. 根据权利要求24所述的屏蔽件结构, 其中所述平坦平面具有圆形的形状。

27. 根据权利要求24所述的屏蔽件结构, 其中所述中心区段由四个饼状部分限定。

28. 根据权利要求27所述的屏蔽件结构, 其中所述中心区段的所述四个饼状部分中的每一个仅与一个区段端部连接。

29. 根据权利要求24所述的屏蔽件结构, 其中所述弯曲延伸部包含一个或多个曲线, 并被配置为附接到用于将所述导电图案耦合到大地的接地连接部。

30. 根据权利要求24所述的屏蔽件结构, 其中所述电介质衬底被配置为在所述变压器隔离器中使用时放置在铁氧体和线圈上。

31. 根据权利要求30所述的屏蔽件结构, 其中所述外围位于所述铁氧体的外边缘之外。

具有用于有效磁力传输的射频屏蔽件结构的变压器隔离器

技术领域

本发明实施方案涉及一种隔离变压器,其具有改善磁力传输并提供与静电场电流的隔离的屏蔽结构。

相关技术

[0001] 等离子体长期以来被用于将衬底(例如晶片)处理成半导体产品,例如集成电路。在许多现代等离子体处理系统中,衬底可以被放置在RF卡盘上,用于在等离子体处理室中进行等离子体处理。可以使用范围从几十伏到几千伏的RF电压以及范围从几十KHz到几百MHz的RF频率,用RF信号偏置RF卡盘。由于RF卡盘也作为衬底支撑,适当控制RF卡盘的温度是确保可重复工艺结果的重要考虑因素。

[0002] 一般来说,RF卡盘的温度由可集成或耦合在衬底支撑件内的一个或多个电加热器保持。通向电加热器的电功率通常经由适当的控制电路从线路交流电压获得,以将衬底支撑件维持在所需的温度范围。举例来说,电加热器可由直流电(DC)、线路频率(例如,50/60Hz交流电)或KHz范围的交流电供电。

[0003] 因此,衬底支撑件需要同时承受大量的射频功率水平,同时也为加热器供电。为这些加热器供电的交流电路会无意中从腔体中的等离子体中吸取RF功率,从而导致蚀刻率损失,减少对加热器的功率传输和/或对交流电路的损坏。为了解决这些问题,通常会连接滤波器来阻止静电电流。这些滤波器通常采用大型的LC槽电路,例如,使用缠绕在铁芯上的线圈来提供电感,同时使用电容组来在选定的频率下提供高阻抗。

[0004] 不幸的是,传统的滤波器有几个缺点。一个是线圈绕组的单位对单位的变异性。这种变异性在初级谐振中引入了可重复性问题。另外,这种RF滤波器的寄生谐振引入了进一步的不可预测性。

[0005] 正是在这种情况下,出现了本公开的实施方案。

发明内容

[0006] 广义上讲,本文所述的实施方案提供了一种高效的变压器隔离器。该变压器隔离器实现了独特的屏蔽配置,该屏蔽配置针对从初级装置到次级装置的高效率功率传输进行了优化,同时提供了从次级装置返回到初级装置的电流的高效隔离。

[0007] 在一个实施方案中,提供了一种用于变压器隔离器的装置,该变压器隔离器用于将功率传输到等离子体腔室中使用的衬底支撑件的元件。变压器隔离器的初级装置包括被配置为与地电气耦合的初级基板。初级铁氧体设置在初级基板上,并且该初级铁氧体有初级圆形通道。初级线圈缠绕在初级圆形通道内。在初级铁氧体和初级线圈上设置了初级屏蔽件。初级屏蔽件包括从初级中心区域延伸到初级铁氧体外侧的第一多个径向区段。初级屏蔽件的延伸区域具有弯曲部分,以连接初级屏蔽件与初级基板。在一个示例中,变压器隔离器的次级装置具有与初级装置相似的结构,并作为变压器隔离器的一部分一起使用。

[0008] 在另一个实施方案中,提供了一种变压器隔离器,其用于将功率传输到等离子体腔室中使用的衬底支撑件的元件。变压器隔离器的初级装置包括被配置为与地电气耦合的

初级基板。初级铁氧体被设置在初级基板上。初级铁氧体具有初级圆形通道。初级线圈缠绕在初级圆形通道内。在初级铁氧体和初级线圈上设置了初级屏蔽件。初级屏蔽件包括从初级中心区域延伸到初级铁氧体外围的第一多个径向区段,以及连接初级屏蔽件与初级基板的第一弯曲部分。变压器隔离器包括次级装置,该次级装置具有被配置为与等离子体腔室的射频(RF)大地回线(ground return)进行电气耦合的次级基板。次级铁氧体被设置在次级基板上。次级铁氧体具有次级圆形通道。次级线圈缠绕在次级铁氧体的次级圆形通道内。在次级铁氧体和次级线圈上设置了次级屏蔽件。次级屏蔽件包括从次级中心区域延伸到次级铁氧体外围的第二多个径向区段,以及连接次级屏蔽件与次级基板的第二弯曲部分。初级屏蔽件被定向为与次级屏蔽件间隔开并面对次级屏蔽件。

[0009] 在又一个实施方案中,提供了一种用于变压器隔离器中的屏蔽件结构。该屏蔽件结构包括具有中心的电介质衬底、从中心向外围径向延伸的基本平坦的表面以及从外围延伸的弯曲的延伸部。在电介质衬底上形成导电图案,并且该导电图案形成多个径向区段。每个径向区段都有在基本平坦的表面和弯曲的延伸部上延伸的多个狭缝,并且多个径向区段中的每一个都包括位于电介质衬底中心附近的区段端部。导电图案包括与中心对齐的中心区段,并且其中区段端部中选定的那些与中心区段连接。

[0010] 本发明的其他方面将从以下结合附图的详细描述中变得明显,这些附图通过举例的方式示出了本发明的原理。

附图说明

[0011] 在附图的各图中以举例方式而非以限制方式示出了本发明,在附图中,类似的附图标记指的是类似的元素,并且在其中:

[0012] 图1示出了根据一个实施方案,用于在等离子体条件下处理晶片的系统。

[0013] 图2提供了根据一个实施方案包括变压器隔离器的功率传输隔离器的更详细示例。

[0014] 图3A示出了示例性变压器布置。

[0015] 图3B示出了图3A的变压器和磁场(H)线的剖视图。

[0016] 图4示出了根据一个实施方案的变压器隔离器。

[0017] 图5A至图5D示出了根据一个实施方案的狭缝的示例,这些狭缝形成在电介质衬底上以便限定多个径向区段。

[0018] 图5E至图5G示出了根据一个实施方案,可用于构建每个径向区段的示例性图案。

[0019] 图6A是根据一个实施方案的建模的示例,其示出了在没有中心图案化盖的情况下,屏蔽件的中心区域如何允许电流从次级装置漏回到初级装置。

[0020] 图6B示出了根据一个实施方案的用以形成导电材料中心区段的导电图案的一个示例性配置。

[0021] 图7A示出了根据一个实施方案的用于变压器隔离器中的初级屏蔽件和次级屏蔽件的一个示例性配置。

[0022] 图7B示出了根据一个实施方案具有侧面的初级屏蔽件和次级屏蔽件的另一个示例,该侧面在过渡到侧面处包括最小的曲率。

[0023] 图8示出了根据一个实施方案的初级屏蔽件402的狭缝的示例性定向。

[0024] 图9A示出了根据一个实施方案的初级屏蔽件的示例,该初级屏蔽件包括限定具有曲线的延伸部的初级侧面。

[0025] 图9B示出了根据一个实施方案初级屏蔽件具有顶表面的情况,该项表面是基本平坦的,然后在外围处是弯曲的。

具体实施方式

[0026] 现在将参照附图中示出的其几个实施方案对本发明进行详细描述。在下面的描述中,为了提供对本发明的彻底理解,列出了许多具体细节。然而,对于本领域的技术人员来说,显而易见的是,本发明可以在没有某些或所有这些具体细节的情况下实施。在其他情况下,众所周知的工艺步骤和/或结构没有被详细描述,以避免不必要地使本发明费解。

[0027] 在蚀刻工具上,加热静电卡盘是调整和改善工艺均匀性的一种方式。为这些加热器供电的交流(AC)电路会无意中从腔室中吸取RF功率,导致蚀刻率的损失。

[0028] 通常,采用射频(RF)滤波器来阻止该RF功率返回到加热器的AC/DC电源的AC电路的电路。这些滤波器传统上被设计成其线圈缠绕在芯(或空气芯)上以提供电感的并联LC槽,以及按选定谐振频率提供高阻抗的电容器组。这种滤波方法有其固有的缺点,因为线圈绕组及其相关的初级装置和寄生谐振有可重复性问题。在一个实施方案中,用于RF滤波的变压器方法被认为有助于解决其中一些问题。变压器提供了电容性抑制响应,并且由于没有谐振,这种方法对可重复性问题更有免疫力。

[0029] 在一个配置中,变压器的初级装置和次级装置被一个物理间隙分开,以避免从次级装置到初级装置的RF电容耦合,因为后者连接到敏感的AC电路和/或DC电路。RF在变压器的次级装置处是固有的,因为它是以共模耦合的,例如腔室硬件的RF大地。然而,为了解决上述问题,仅仅在变压器的初级装置和次级装置之间有大的物理间隙会极大降低功率传输的效率。根据一个实施方案,隔离变压器配置有RF屏蔽,以阻挡电磁场渗透和/或静电电流回到初级装置,但也允许高效的磁功率从初级装置转移和渗透到次级装置,以便为卡盘的加热器供电。在一个实施方案中,为了防止RF功率从次级装置到大地和初级电路的损失,物理间隙可以在约0.5mm和约30mm之间,并且能够隔断(stand off)几千伏(KV)的电压。例如,间隙之间的DC电压可在1KV和15KV之间。因此,次级装置和初级装置之间的物理间隙的一个目的是实现RF隔离,也实现DC隔离,但又能提供有效的功率传输。

[0030] 举例来说,RF屏蔽件不仅应该在500W到50kW的RF功率下阻挡400kHz到300MHz的RF频率,而且还允许磁功率(0.5kW到50kW)在100kHz到1MHz的开关频率下传递通过。在一个实施方案中,本文披露的RF屏蔽件在多个层面上有多个狭缝,以尽量减少在磁场耦合通过屏蔽件时发生的涡电流耗散。一般来说,通过在RF屏蔽件中引入狭缝;初级屏蔽件和次级屏蔽件,腔室中RF功率产生的电流将被引导到大地。狭缝经进一步设计以防止涡电流的过度盘旋,否则会降低磁穿透力和输送到加热器的功率效率。增加狭缝的数量也限制了涡电流可以循环的区域。因此,涡电流的减少将增加需要在次级线圈中感应的电流的耦合效率。因此,本发明实施方案的RF屏蔽件配置将减少电容耦合,从而阻断大部分(若非全部)从腔室中的RF功率返回的电流,但也包括经设计以减少涡电流的狭缝,该涡电流将降低从初级装置到次级装置的磁穿透效率。

[0031] 图1示出了根据一个实施方案,用于在等离子体条件下处理晶片106的系统100。该

系统100是包括将支撑晶片106的衬底支撑件102的通用系统。衬底支撑件102被示出为包括负载108,并从RF供应器116接收功率。RF供应器116与匹配器114耦合,匹配器114的输出通过与衬底支撑件102耦合的RF输送杆270输送功率。等离子体腔室101的其他结构特征未显示,但可以理解的是,如本领域内众所周知的将包括等离子体腔室101的其他结构特征。在此示例中,负载108表示从功率传输隔离器120接收功率的加热器110。功率传输隔离器120与AC线路118耦合。AC线路118通过变压器隔离器122进行通信,该变压器隔离器122将功率输送到衬底支撑件102中的加热器110。在2019年3月5日重新发布的美国专利RE47,276E(该专利通过引用并入本文)中显示和描述了用于提供一种通用RF隔离的示例性部件和电路。

[0032] 在一个实施方案中,变压器隔离器122被配置为通过在具有一个或多个RF屏蔽件的变压器结构上的磁穿透来有效地传输功率,同时还在处理期间基本上阻断来自用于在等离子体腔室101中生成等离子体的RF功率的电流穿透。加热器110也被示出为单个加热器,但在一些实施方案中,多个加热器将被结合到衬底支撑件102中。例如,一些实施方案将利用四个多区加热器,而其他配置将利用经单独控制以在衬底支撑件102的不同区域提供战略性微控制加热水平的加热器的阵列。出于举例的目的,一些加热器阵列可以包括多达150个单个加热器或更多,具体取决于衬底支撑件设计。

[0033] 图2提供了根据一个实施方案的包括变压器隔离器122的功率传输隔离器120的更详细的示例。如图所示,功率传输隔离器120将包括功率因数校正(PFC)电路202,其被配置为接收AC线路118信号并输出线路直流电(DC)。AC线路118信号可以是50Hz或60Hz的信号,具体取决于供应器。然后,DC线路被供应给斩波器电路204。斩波电路204使用逆变器将DC线路转化为AC信号。在一个示例中,斩波电路204输出的AC信号产生频率在约20kHz和约1000kHz之间的方形AC信号。在一个示例中,方形AC信号具有约85kHz的频率。方形AC信号提供的功率可以在约0.5千瓦(kW)和约50kW之间,在一个示例中约为16kW。

[0034] 因此,方形AC信号被提供给变压器隔离器122的初级线圈230a。如示意图所示,初级铁氧体232a用于包含初级线圈230a,这将在下面更详细地显示。初级屏蔽件240a被示出为设置在初级线圈230a和初级铁氧体232a上。初级屏蔽件240a耦合至大地250。次级线圈230b、次级铁氧体232b和次级屏蔽件240b被示出为与初级屏蔽件240a相对定向,同时保持分离间隙。次级屏蔽件240b被示出为通过等离子体腔室101的RF大地回线252与大地250连接。

[0035] 如上文所讨论的,当等离子体腔室101中生成等离子体104时,来自等离子体104到大地250的RF回路通过大地250移动,并且次级屏蔽件240b连接到大地上。因此,变压器隔离器122将具有被间隙分开的互补和对立的屏蔽件,并且屏蔽件将具有狭缝图案,其被设计为减少涡电流和改善功率向负载(例如衬底支撑件中的一个或多个加热器)的磁场传输,同时基本上阻挡来自等离子体腔室101中的RF回路的电流。

[0036] 在一个示例中,屏蔽层240a/240b之间的间隙分离可以在约0.5mm和约30mm之间的范围内。该间隙分离可产生约30皮法(pF)和约100pF之间的电容。间隙分离之间的电压可在约0.5千伏(KV)和约50KV之间。在一些实施方案中,间隙分离之间的电压可以在约1千伏(KV)和约15KV之间。

[0037] 图2的次级线圈230b被示出为连接到次级电路210。次级电路210可以包括编程电路,其用于控制要在衬底支撑件中被供电的特定加热器的功率水平。控制器接口208可以耦

合到与系统控制器206进行通信的次级电路210。系统控制器206可以对次级电路210进行设置,以允许对衬底支撑件中的每个加热器施加程序化的功率值,以便实现对衬底表面温度的微调谐,从而提高蚀刻均匀性。提供了整流电路214,其可以基于来自次级电路210的控制来调谐对特定加热器的功率输送。因此,整流电路214的输出被配置为连接到等离子体腔室101的衬底支撑件中的一个或多个加热器110。

[0038] 如上所述,加热器的数量将取决于加热器在衬底支撑件内的配置。一些衬底支撑件将是提供特定水平功率的多区衬底支撑件。一些衬底支撑件包括加热器阵列,其根据工艺和对温度变化的需要进行控制和微调,以提高蚀刻操作的均匀性。本申请的受让人朗姆研究公司(Lam Research Corporation)实现了这些类型的加热器布置,并被称为“Hydra加热器”或“Hydra-ESC”,这种加热器的示例可以在美国申请2014/0220709A1(该申请通过引用并入)中找到。

[0039] 图3A示出了示例性变压器布置。提供该变压器布置以示出组件部件的示例性构造。对于初级装置,组件包括初级基板302a、初级铁氧体232a和初级线圈230a。对于次级装置,组件包括次级基板302b,次级铁氧体232b和次级线圈230b。在该图示中,初级装置被配置和布置成面对次级装置,使得初级装置和次级装置的线圈230a、230b面对彼此。该图示还指出了电流231在初级线圈230a和次级线圈230b中流动的示例性方向。在一个实施方案中,线圈230a、230b中的每一个在相应的铁氧体232a、232b内形成的环形通道内被包裹成圆形配置。

[0040] 在一种配置中,线圈230a、230b由利兹线制成。利兹线是用于在射频下传输交流电(AC)的多股线或电缆。因此,尽管初级线圈230a和次级线圈230b在图形说明中被示出为块状,但线圈实际上在初级铁氧体232a和次级铁氧体232b的每一个中限定的通道中缠绕了多次。每个线圈230a、230b中的匝数将有所不同,具体取决于在变压器上传输的电压和比率。

[0041] 图3B示出了图3A的变压器布置的剖视图,显示了当电流在电流231方向流动时如何产生磁场(H)。这些感应磁场(H)显示,基于电流231的方向,一定浓度的磁场通过变压器布置的中心区域并在方向330上返回。

[0042] 图4示出了根据一个实施方案的变压器隔离器122。在该实施方案中,初级屏蔽件402a被布置在初级铁氧体232a和初级线圈230a上。次级屏蔽件402b设置在次级铁氧体232b和次级线圈230b上。初级屏蔽件402a被配置为相对于次级屏蔽件402b为面向定向,由此间隙将屏蔽件402a、402b中的每一个隔开。还显示,初级屏蔽件402a向下延伸以与初级基板302a连接。初级屏蔽件402a也被示出为包括多个狭缝,所述狭缝限定从屏蔽件402a/402b的中心向外延伸到外围504e之外的延伸区域504d的径向区段。延伸区域504d被示出为向下延伸至初级基板302a。外围504e被显示处于屏蔽件402a的顶部分开始向基板302a、302b之一拐弯、转弯或者弯曲的直径。因此,在相应的屏蔽件402a、402b的外围504e之外,是超出相应屏蔽件402a、402b的基本平坦的顶面的环形区域。应该理解的是,相应屏蔽件402a、402b的“基本平坦”的顶面可能具有在制造和/或设计过程中引入的表面变化、轻微的坡度或轻微的弯曲。环形区域被示出为朝向基板302a、302b弯曲。

[0043] 次级屏蔽件402b具有类似构造,由此屏蔽件402b包括限定径向区段的多个狭缝,该径向区段从次级屏蔽件402b的中心向外延伸到外围,然后朝向次级基板302b向上延伸。如上所述,当变压器隔离器122以与图1或图2配置类似的配置实现以向加热器输送功率时,

初级基板302a连接到大地上,而次级基板302b连接到等离子体腔室的大地。

[0044] 图5A至图5D示出了形成在电介质衬底上以便限定多个径向区段502的狭缝560的示例。如图所示,径向狭缝560被配置为将初级屏蔽件402a和次级屏蔽件402b表面划分为减少涡电流350循环的区域。H-场的方向被示出为集中在相应的初级屏蔽件402a、次级屏蔽件402b的中心区域。这图示为H-场330,其进入初级屏蔽件402a并被记为“x”;以及H-场340,其从初级屏蔽件402a出来,被记为“点”。应该理解的是,从初级屏蔽件402a出来的H场340发生在屏蔽件402a整个表面。

[0045] 因此,通过用狭缝560分割屏蔽件402a、402b以形成径向分段502,可减少当H-场340通过屏蔽件402a、402b时生成的涡电流的循环。此外,由于每个屏蔽件402a、402b都延伸超出了面对对面屏蔽件402a、402b的外围504e,并朝向相应的接地(grounded)基板302a、302b延伸开去并向下或向上延伸,因此可以减少涡电流的功耗效应。更具体地说,通过在面对相应屏蔽件402a、402b的外围504e之外创建径向区段502和延伸区域504d,涡电流必须在每个径向区段502中穿过的路径的电阻将增加。

[0046] 已知的是,功率等于电流平方乘以电阻。在图5A至图5D所示的配置中,显示出区段502在外围504e之外增加并延伸到相应的基板302a、302b,随着涡电流沿着相应的径向区段502盘旋,由于涡电流必须在屏蔽件402a、402b的中心和大地之间行进的长度增加,电阻正在增加。因此,径向区段502及其延伸区域504d也将起到减少功率耗散的作用,这会减少流动的涡电流所产生的热量。因此,每个径向区段502中增加的电阻路径将减少每个径向区段502中的涡电流的电流流量。举例来说,由于平方项,电流对功率耗散的贡献可能比电阻的贡献更显著。

[0047] 这种特征组合将允许在铁氧体232a、232b彼此面对的区域中,在初级装置和次级装置之间传输大量的磁通。该构造还提供了电容耦合的减少,从而实质性地阻止从等离子体流过的电流从变压器隔离器122的次级装置渗透到其初级装置。总的来说,该构造提供了初级装置到次级装置之间的磁力的有效传输,用于为等离子体腔室的衬底支撑件的加热器供电,同时减少电流从初级装置渗透回来。

[0048] 图5E至图5G示出了可用于构建每个径向区段502的示例性图案。图5E示出了每个径向区段502本身可以具有狭缝560的情况。径向区段502可以具有最接近相应屏蔽件402a和402b中心的区段端部503。每个径向区段502被限定在其中形成有导电图案820的电介质材料上。在导电图案820之间,狭缝560仍然暴露在电介质材料上。如将在下面描述的那样,电介质材料优选地由单个衬底限定,其中所有径向区段502被图案化在其上,其中也形成有限定径向区段502的狭缝560和形成在径向区段502内的狭缝560。

[0049] 图5F示出了其中导电图案820可以采取任何数量配置的示例。在一些实施方案中,屏蔽件402a或402b可以具有有限定径向区段502-1的狭缝560以及径向区段502内部的狭缝560。其他配置可以有更少的狭缝或更多的狭缝,具体取决于操作频率、功率传输需求,以及变压器隔离器122的具体实现方式。

[0050] 可以选择图案、形状和配置的数量来微调和控制相应的径向区段502中的涡电流的流量,以便提高初级装置和次级装置之间的功率传输效率。也就是说,通过减少屏蔽件402a、402b中的涡电流流量,可提高打算经由初级装置感应到次级装置中的电流的耦合效率。图5G示出了径向区段502-2的另一个示例,其中导电图案820包括朝向径向区段502半径

中心的更多狭缝560。在一些实施方案中,期望在更靠近屏蔽件402a、402b的中心处增加狭缝560的数量,而在其他实施方案中,期望在屏蔽件402a、402b的具有更多面积的区域(如外直径)增加狭缝560的数量。举例来说,可能期望减少中心区域中的狭缝560的数量,并增加外部区域中的狭缝560的数量,以可控地减少涡电流的流量并使初级装置和次级装置之间的功率传输效率最大化。

[0051] 图6A是建模示例,其示出了如果不进行导电图案化,屏蔽件402a和402b的中心区域如何提供不期望有的直接耦合602。在该建模中,据信形成径向区段502的狭缝560的作用是充分阻挡E场的穿透。然而,中心孔区被示出为表现出可允许电流从次级装置向下渗透到初级装置的光学透明度。该示例的上下文中提到的“孔”是指缺乏导电图案,因为屏蔽件402a、402b是由其上形成有导电图案的电介质衬底形成的。如上所述,变压器隔离器被配置为基本上阻挡电流从次级装置渗透到初级装置,同时还有效地允许磁场从初级装置渗透到次级装置以为衬底支撑件的加热器供电。

[0052] 图6B示出了形成中心区段502b的导电图案的一个示例性配置。中心区段502b被示出为包括通过将圆形导电图案分割成四个而限定的四个部分。在一个实施方案中,这些部分是四个饼状部分。应该理解的是,可以为中心区段502b形成其他图案。然而,在该配置中期望的是,不是径向区段502的所有径向区段端部502a都应为中心区段502b电接触。举例来说,一种配置被设计成使得径向区段端部502a之一的连接部604与中心区段502b的相应部分电接触。如图所示,中心区段502b中有四个部分,只有一个径向区段端部502a与中心区段502b的每个部分进行连接部604。以这种方式,中心区段502b的每个部分将作为其径向区段端部502a与之相连的径向区段502的一种延伸部。

[0053] 图7A示出了用于变压器隔离器122中的初级屏蔽件402a和次级屏蔽件402b的一个示例性配置。在该示例中,屏蔽件402a和402b中的每一个都有面向间隙的表面。如本文所述,每个屏蔽件402a/402b的面向间隙的表面是屏蔽件402的相应区域,这些区域被定向为彼此面对,例如从中心区域到外部区域。彼此面对的面向间隙的表面被定向为限定将初级装置和次级装置分开的间隙。在一个实施方案中,每个屏蔽件402a/402b的面向间隙的表面彼此对齐。在另一个实施方案中,每个屏蔽件402a/402b的面向间隙的表面没有彼此对齐,例如,在对齐中可能有偏移。进一步显示的是连接到AC大地250的初级基板302a。次级基板302b连接到RF公共大地回线260。彼此面对的屏蔽件402的面向间隙的表面被配置为基本平坦,并延伸到外围504e,其中没有尖锐边缘的弯曲部分过渡到相应的初级侧面402a'和次级侧面402b'。如图所示,弯曲部分基本上没有硬角或边缘以允许涡电流在区段内有效流动。

[0054] 将初级屏蔽件402a的面向间隙的表面过渡到初级侧面402a'的弯曲部分被示出为通过初级环702a连接到初级基板302a。初级环702a将初级屏蔽件402a与AC大地250电气连接。类似地,次级屏蔽件402b的弯曲部分将次级屏蔽件402b的面向间隙的表面连接到次级侧面402b',该次级侧面402b'然后经由次级环702b连接到次级基板302b。通过在相应屏蔽件402的外围504e处的过渡中加入弯曲部分,达到了减少涡电流功率耗散的积极效果。也就是说,涡电流将被允许沿着径向区段502有效地从彼此面对的面向间隙的表面穿越,并逐渐到达屏蔽件402的延伸区域,而不会导致热积聚,如果边缘是尖锐的,就会产生热积聚。延伸区域分别被示出为初级侧面402a'和次级侧面402b'。

[0055] 此外,包括弯曲部分和侧面(即,初级侧面402a'和次级侧面402b')的屏蔽件402的

延伸区域将有助于有效地扩展涡电流必须穿越的长度,从而增加电阻并减少功率耗散。举例来说,在一个80kHz的涡电流模拟运行中,观察到了具有弯曲部分的图案化径向区段502有效实现小于50瓦的涡电流功率耗散,即使考虑到与铁氧体区域对齐的较高耗散区域也如此。在槽形屏蔽件402上方的一些区域中,涡电流功率耗散显著较低,例如,在2-20瓦的范围内。弯曲部分还提供了显著减少的电弧过度事件的风险,并提供更好的对高电压的隔断。

[0056] 在一些实施方案中,可在不包括弯曲部分的情况下将屏蔽件402径向向外延伸。然而,通过包括弯曲部分,可减少变压器隔离器122的屏蔽件402的整体直径,从而减少电容耦合。总的来说,这些特征的作用是增加初级装置到次级装置的铁氧体之间的功率的磁通量转移的效率,同时阻挡电流渗透从等离子体腔室返回到初级装置。

[0057] 图7B示出了初级屏蔽件402a和次级屏蔽件402b的另一个示例,其各自包括在面向间隙的表面和侧面之间的过渡处的最小曲率。例如,初级屏蔽件402a被示出为以最小曲率连接部过渡到初级侧面402a”。在过渡到次级侧面402b”的次级屏蔽件402b的过渡之间也显示了同样的情况。该图示是作为替代性实施方案示出的,例如在需要较小直径的占地面积,并且频率和功率要求可能不需要那么多的涡电流减少来实现所需操作参数并对高压隔断要求有放松限制的情况下。在一个实施方案中,线圈230a、230b是由利兹线制成的,图7B中以举例的方式显示了股线。应该理解的是,为了简单起见,图7A的线圈230a、230b是以框图显示的,但在一个实施方案中,也是由利兹线限定的。

[0058] 图8示出了初级屏蔽件402a的狭缝560的示例性定向。如图所示,径向区段502的内部区域504a被设置得更接近变压器隔离器122的中心区段502b。如上文参照图6B所讨论的,区段端部503可与中心区段502b连接。径向区段502包括基本上设置在初级线圈230a上方的中间区域504b。如图所示,更多的狭缝560被设置在中间区域504b中,并分别有更多的导电图案820,因为相对于内部区域,更多的狭缝面积存在于中间区域中。在外部区域504c中,狭缝560和导电图案820从中间区域504b延伸。在一个实施方案中,导电图案820是由铜制成的。在其他实施方案中,导电图案材料可以是镀银铜。在另一个实施方案中,导电图案材料可以是铝。导电图案820的厚度是为有效隔离RF回路电流(例如从等离子体流经次级装置并返回初级装置)而选择的。在一个实施方案中,厚度的选择是基于为特定操作频率限定的集肤深度(skin depth)。应该理解的是,集肤深度可以针对不同的频率和用于导电图案820的材料而变化。

[0059] 延伸区域504d超出初级屏蔽件402a的平面部分的外围504e。在一个实施方案中,如图7A所示,延伸区域504d可以包括弯曲部分和接地的初级侧面402a’。如上所述,初级线圈230a是通过将利兹线多次缠绕入初级铁氧体232a中限定的通道而限定的。此描述是针对初级装置提供的,但针对次级装置也提供了类似的构造。在一个实施方案中,初级屏蔽件402a的多个径向区段502中的每一个都有限定径向狭缝的导电图案。导电图案从初级屏蔽件402a的中心延伸到外边缘,以便导电图案与耦合到大地的初级基板302a电气连接。

[0060] 图9A示出了初级屏蔽件402a的示例,其包括限定延伸区域504d的初级侧面402a’。如图所示,初级屏蔽件402a的每个径向区段502以没有尖锐边缘的曲率过渡到初级侧面402a’。初级侧面402a’被示出为用初级环702a连接到初级基板302a。在该示例中,中心区段502b连接到区段端部503,如图6B所述,其中连接部604在屏蔽件相应的导电图案之间形成电气连接部。图9B示出了初级屏蔽件402a包括长度为L1的基本平坦顶表面的情况。初级屏

蔽件402a的延伸区域504d将涡电流穿越的长度延伸了额外长度L2。如上文参考图7A所述，径向区段502的额外长度增加了电阻，因此减少了操作期间生成的涡电流的功率耗散。

[0061] 在一个实施方案中，还期望导电图案820的厚度不应该比集肤深度厚太多，以便能够实现从初级装置到次级装置的有效磁穿透。因此，在选择导电图案820的厚度时要做权衡。一方面，厚度应足以阻挡从等离子体返回的电流渗透，同时也允许从初级装置到次级装置的有效磁穿透以为等离子体腔室的衬底支撑中的加热器供电。应当理解的是，集肤深度可以根据操作频率和其中使用变压器隔离器122的等离子体腔室而变化。

[0062] 在一些实施方案中，在有多个频率被使用的情况下，导电图案820的厚度将被优化。举例来说，有可能的是，可以使用较高（例如60MHz或更高）的频率以及较低（例如400kHz或更低）的频率。在这种情况下，集肤深度和用于导电图案820的材料将被考虑以确定适当的导电图案820的厚度，这将实现从等离子体渗透回来的电磁场的隔离与从初级装置传输到次级装置的磁渗透效率的平衡。也就是说，导电图案820的厚度有可能小于集肤深度，但仍提供有效的隔离和有效的功率传输。在各种实现方式中，操作频率可以在400kHz或更少到约100MHz之间的范围内。

[0063] 在一个实施方案中，公开了屏蔽件结构本身。屏蔽件可用于变压器的一个侧面（例如，初级侧面或次级侧面）或两个侧面，如示例性变压器隔离器122中所示的那样。屏蔽件结构包括电介质衬底，其具有从圆形中心延伸到外径的圆形形状。在另一个示例中，屏蔽件结构的顶部分或面向间隙的表面也可以是方形或矩形或n边的多边形。衬底有从中心延伸到外围的平坦表面和从外围延伸到外径的弯曲延伸部。在电介质衬底上形成了导电图案。导电图案包括在平坦表面上延伸，在弯曲延长部上延伸并延伸到外径的多个径向区段。每个径向区段包括多个狭缝。多个径向区段中的每一个都包括位于电介质衬底中心附近的区段端部。导电图案包括中心区段，并且其中区段端部中的选定区段端部连接到中心区段。

[0064] 在一些实施方案中，屏蔽件结构可以是可消耗部件。随着时间的推移，屏蔽件可能会磨损，它可能需要被替换以维持变压器隔离器。

[0065] 实施方案可通过各种计算机系统配置实施，包括手持设备、微处理器系统、基于微处理器或可编程的消费电子器件、微型计算机、大型计算机等。实施方案也可以在分布式计算环境中实施，其中任务由通过网络连接的远程处理设备执行。

[0066] 考虑到上述实施方案，应当理解，实施方案可以采用涉及存储在计算机系统的数据的各种计算机实现的操作。这些操作是那些需要对物理量进行物理操作的操作。本文所述的构成实施方案一部分的任何操作都是有用的机器操作。实施方案还涉及到用于执行这些操作的设备或装置。该装置可以为所需目的而专门建造，如特殊用途计算机。当被限定为特殊用途计算机时，该计算机也可以执行并非特殊目的一部分的其他处理、程序执行或例程，同时仍然能够为特殊目的而进行操作。替代地，操作可以由通用计算机处理，该通用计算机通过存储在计算机存储器、高速缓存中或通过网络获得的一个或多个计算机程序选择性地激活或配置。当通过网络获得数据时，该数据可以由网络上的其他计算机（例如计算资源云）来处理。

[0067] 一个或多个实施方案也可以被制作成计算机可读介质上的计算机可读代码。计算机可读介质是可存储数据的任何数据存储设备，其随后可由计算机系统读取。计算机可读介质的示例包括硬盘、网络连接存储设备（NAS）、只读存储器、随机存取存储器、CD-ROM、CD-

R、CD-RW、磁带和其他光学和非光学数据存储设备。计算机可读介质可以包括分布在网络耦合的计算机系统上的计算机可读有形介质,以便计算机可读代码以分布式方式存储和执行。

[0068] 上述对实施方案的描述已被提供用于说明和描述的目的。并不旨在穷尽或限制本发明。特定实施方案的单个元素或特征通常不限于该特定实施方案,但在适用的情况下是可互换的并可用于选定的实施方案,即使没有具体显示或描述也如此。同样的东西也可以以许多方式变化。这样的变化不应视为偏离本发明,并且所有这样的修改都旨在包括在本发明的范围内。

[0069] 尽管为了清楚地理解,已经对上述实施方案进行了一些详细描述,但明显的是,某些变化和修改可以在所附权利要求的范围内实施。因此,本发明实施方案应被视为说明性的,而不是限制性的,而且实施方案不应局限于这里给出的细节,而是可以在其范围内和权利要求的等效物中进行修改。

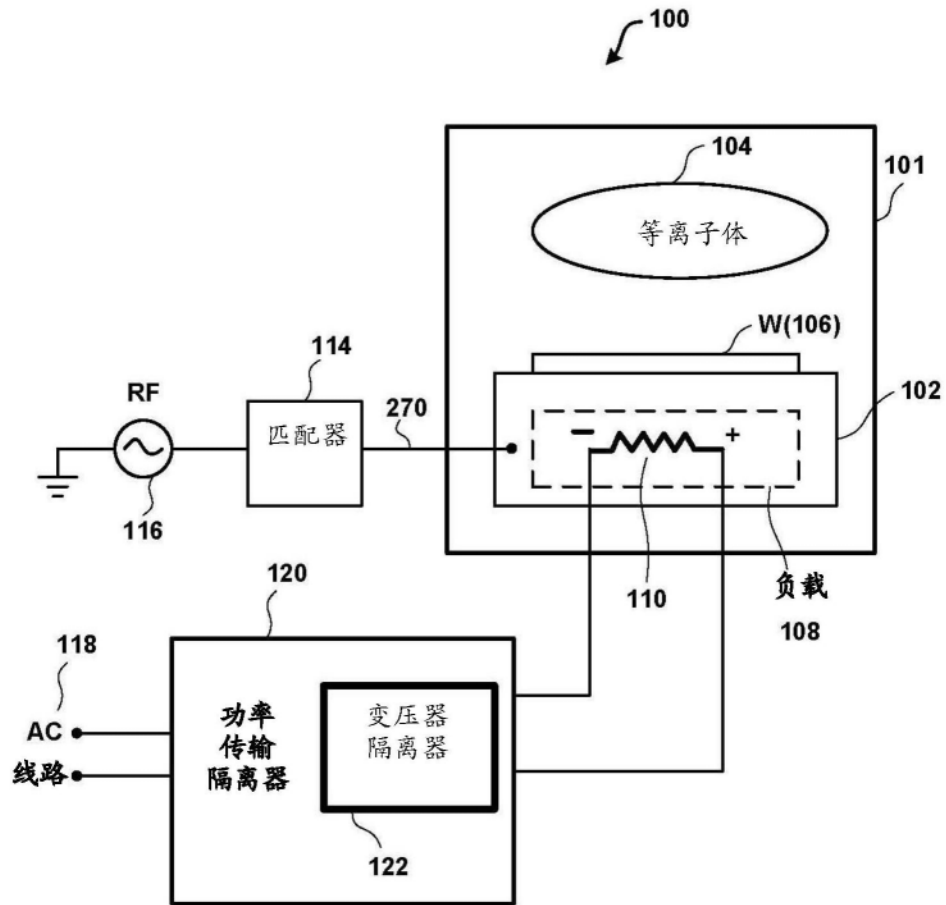


图1

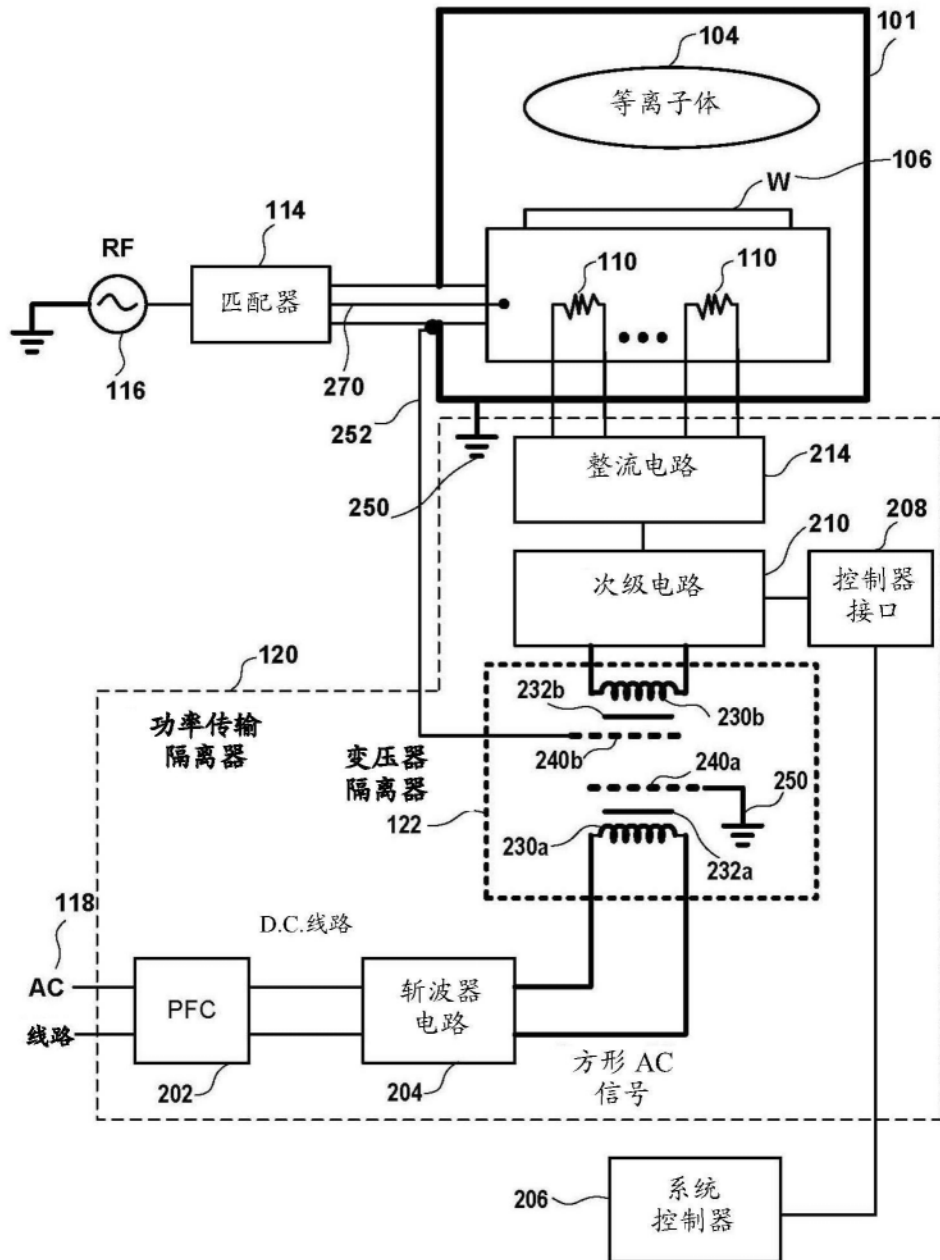


图2

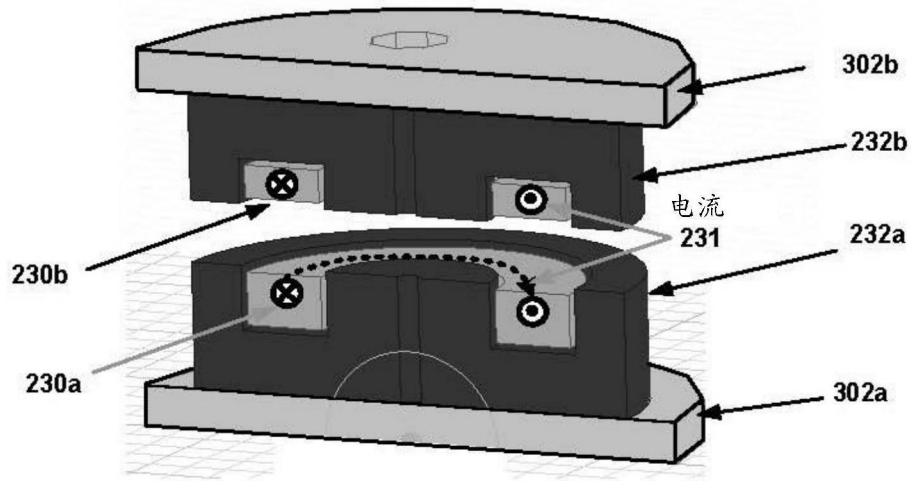


图3A

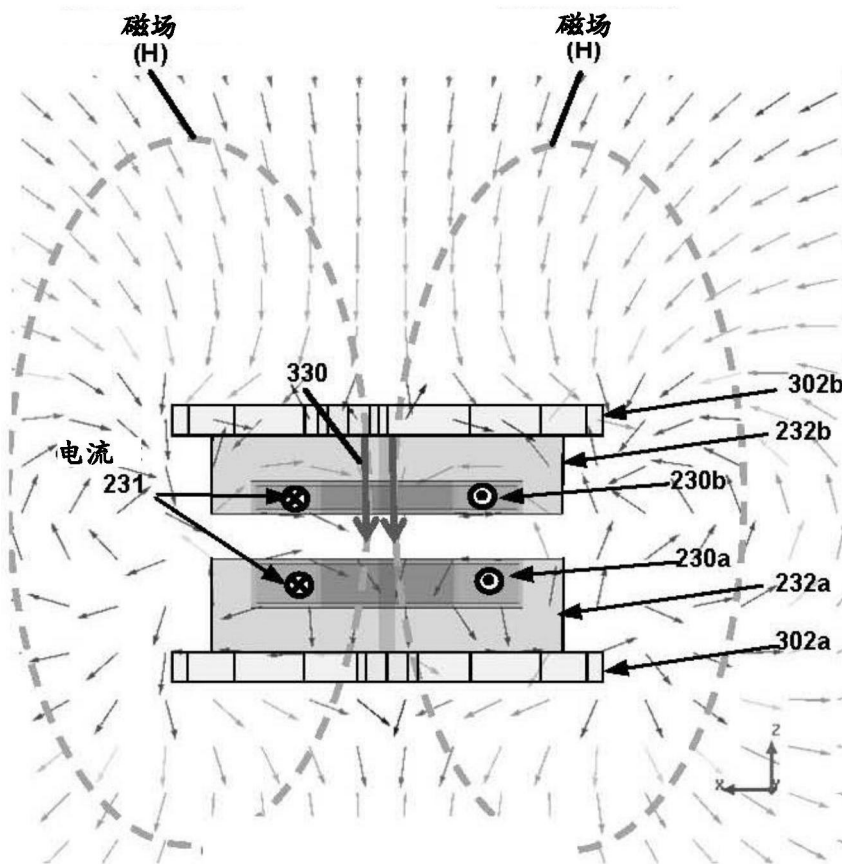


图3B

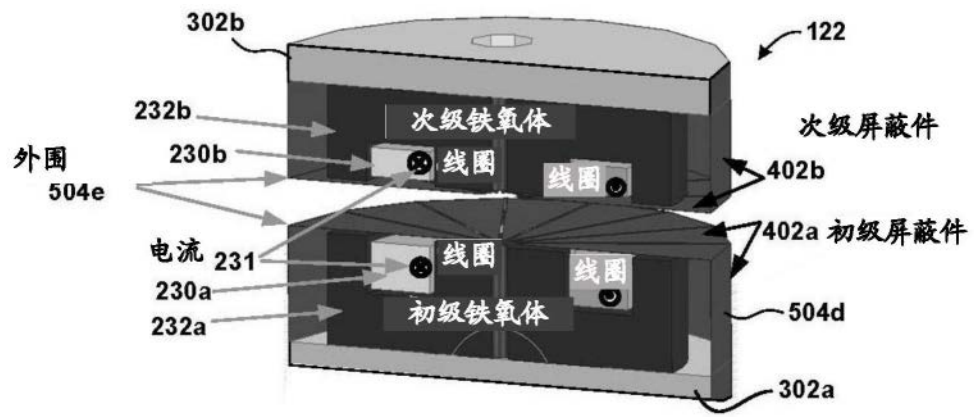


图4

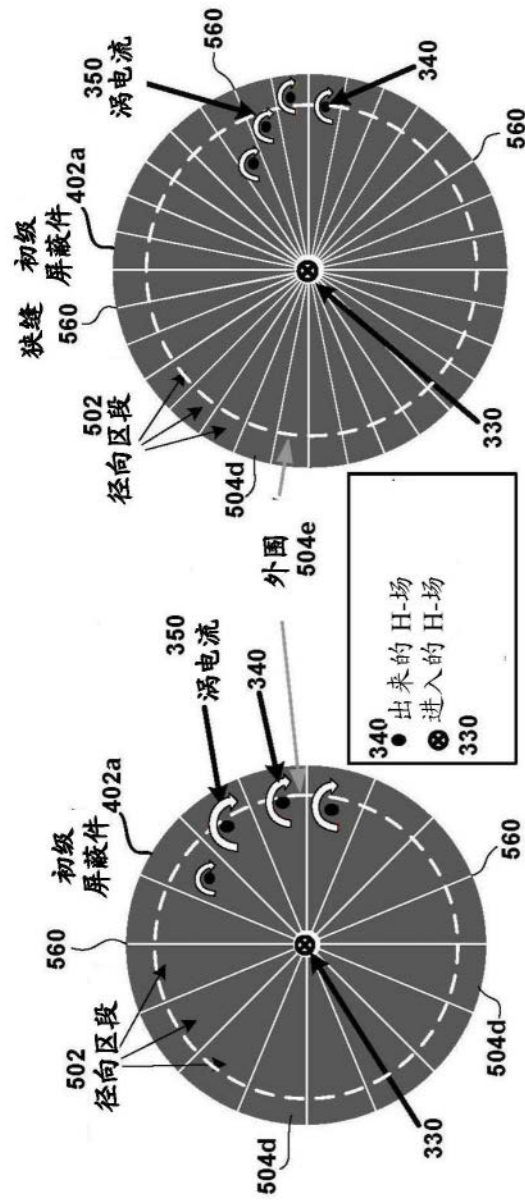


图 5B

图 5A

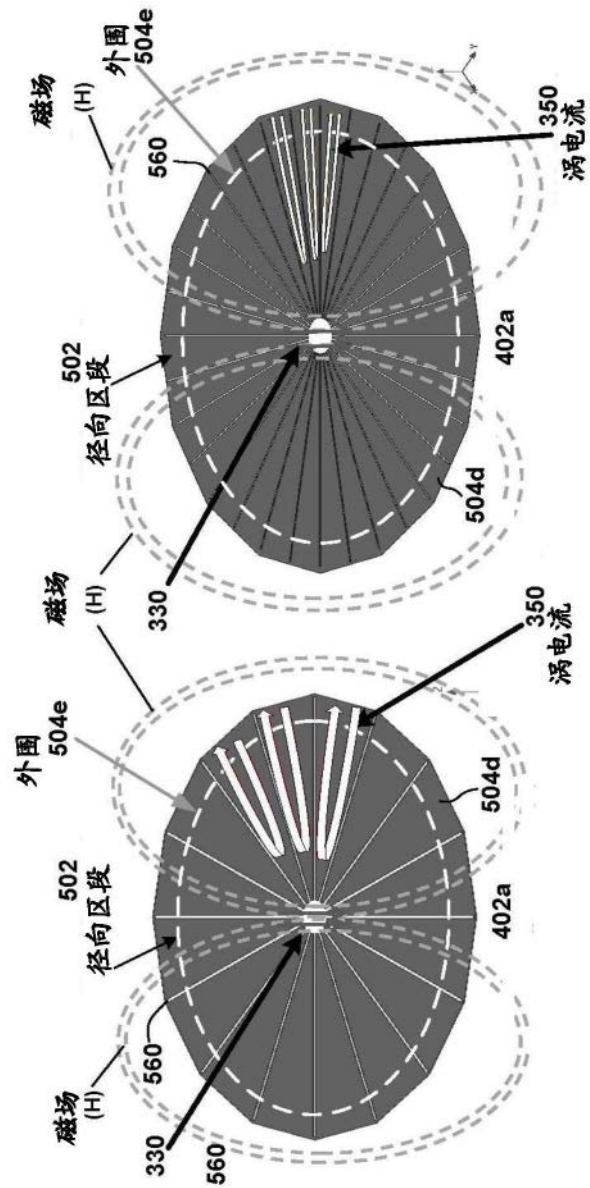


图 5D

图 5C

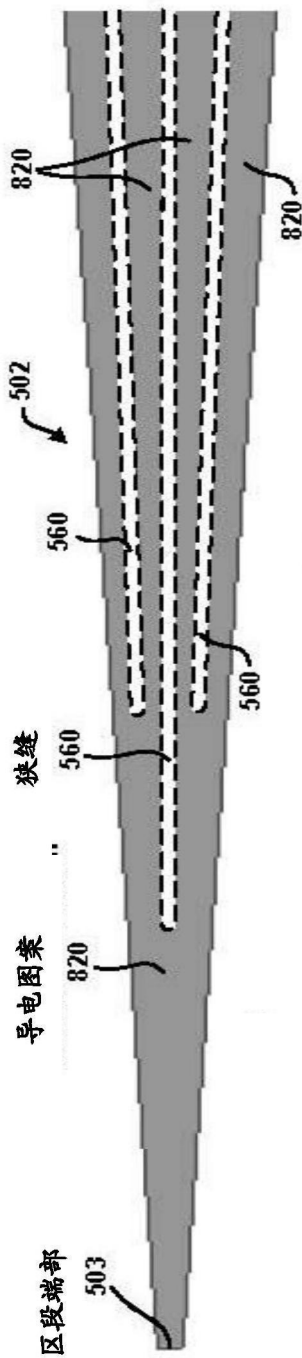


图5E

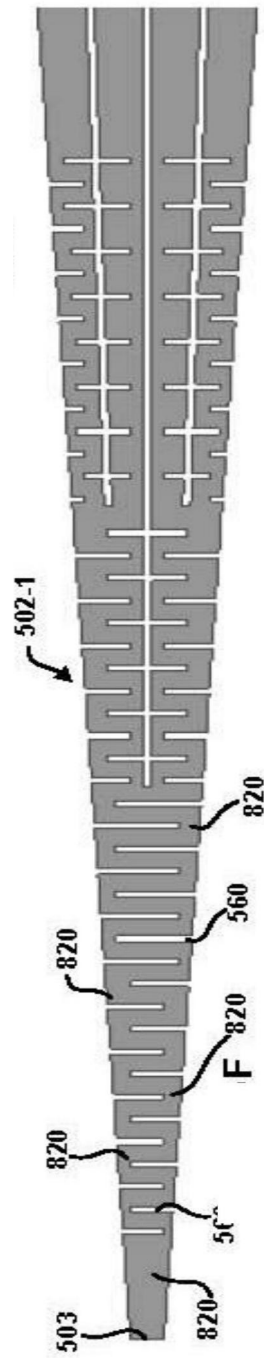


图5F

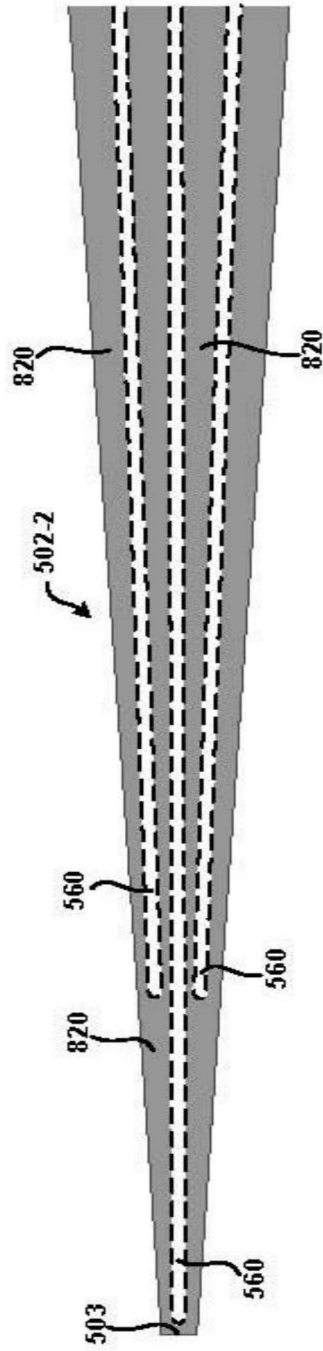


图5G

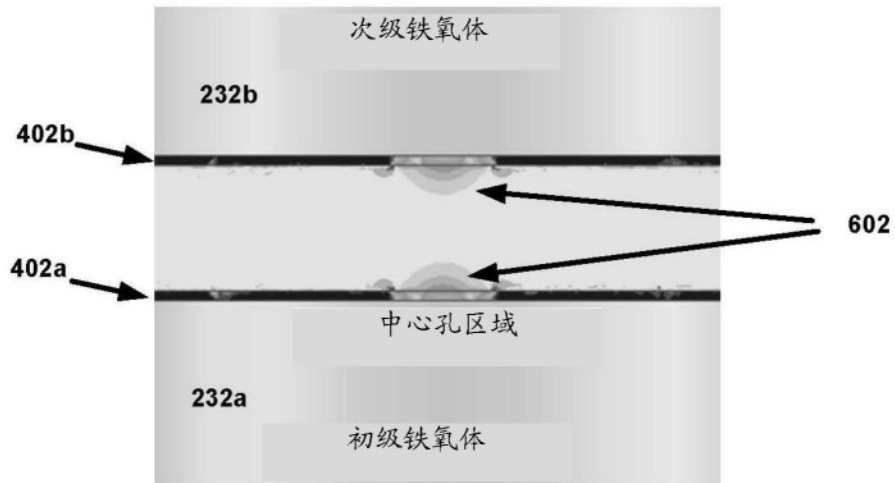


图6A

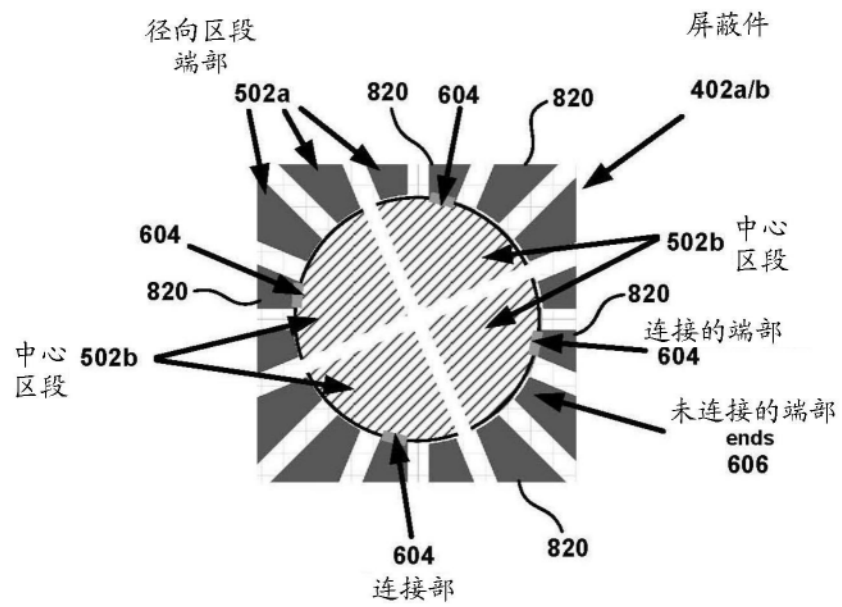


图6B

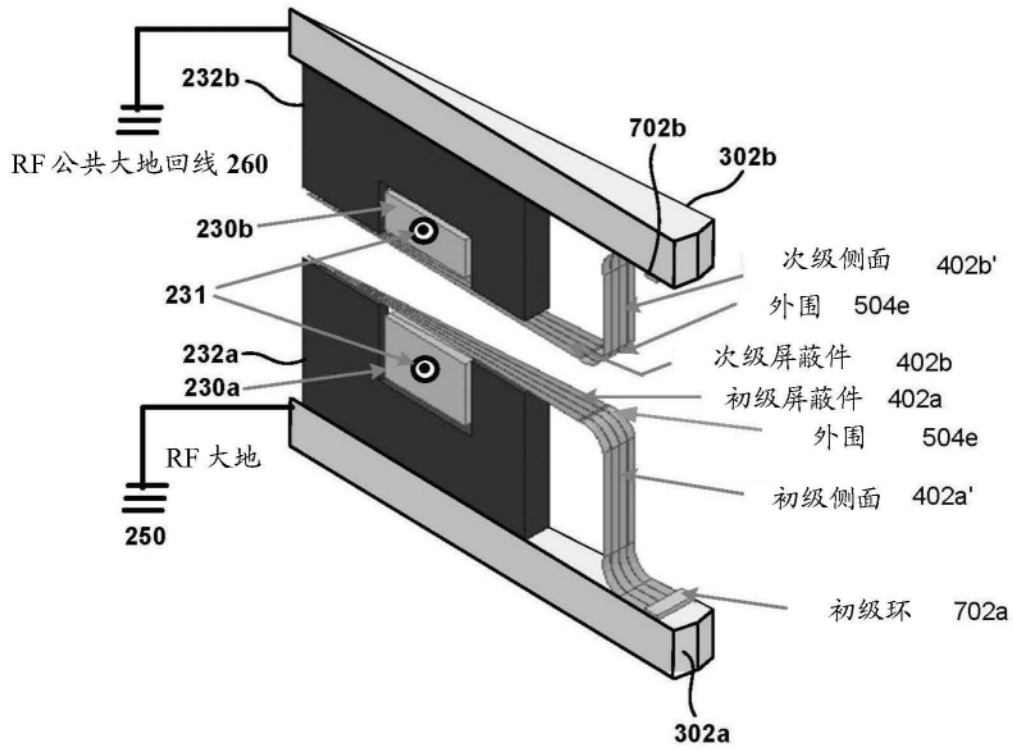


图7A

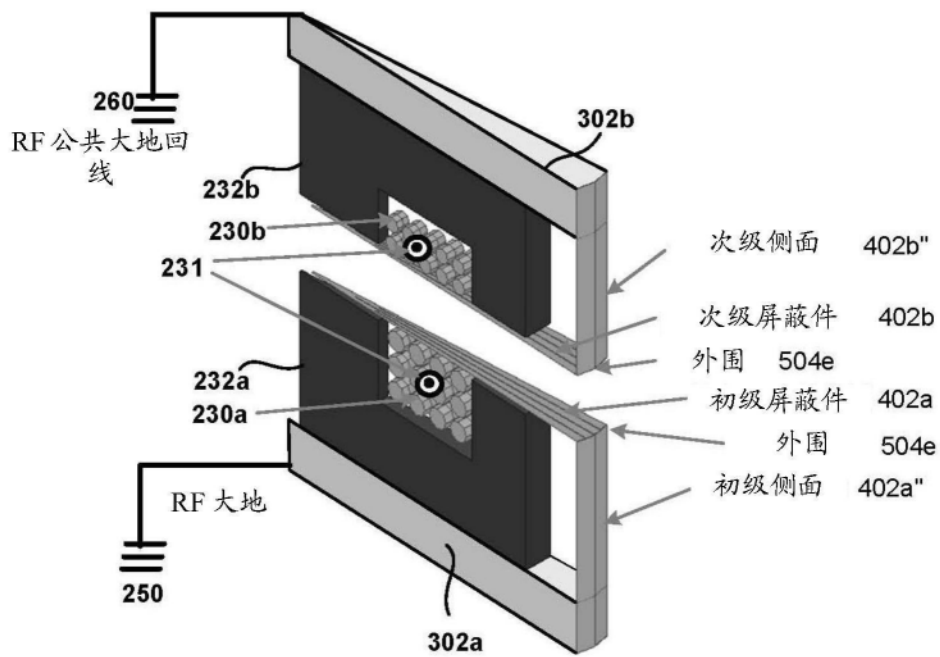


图7B

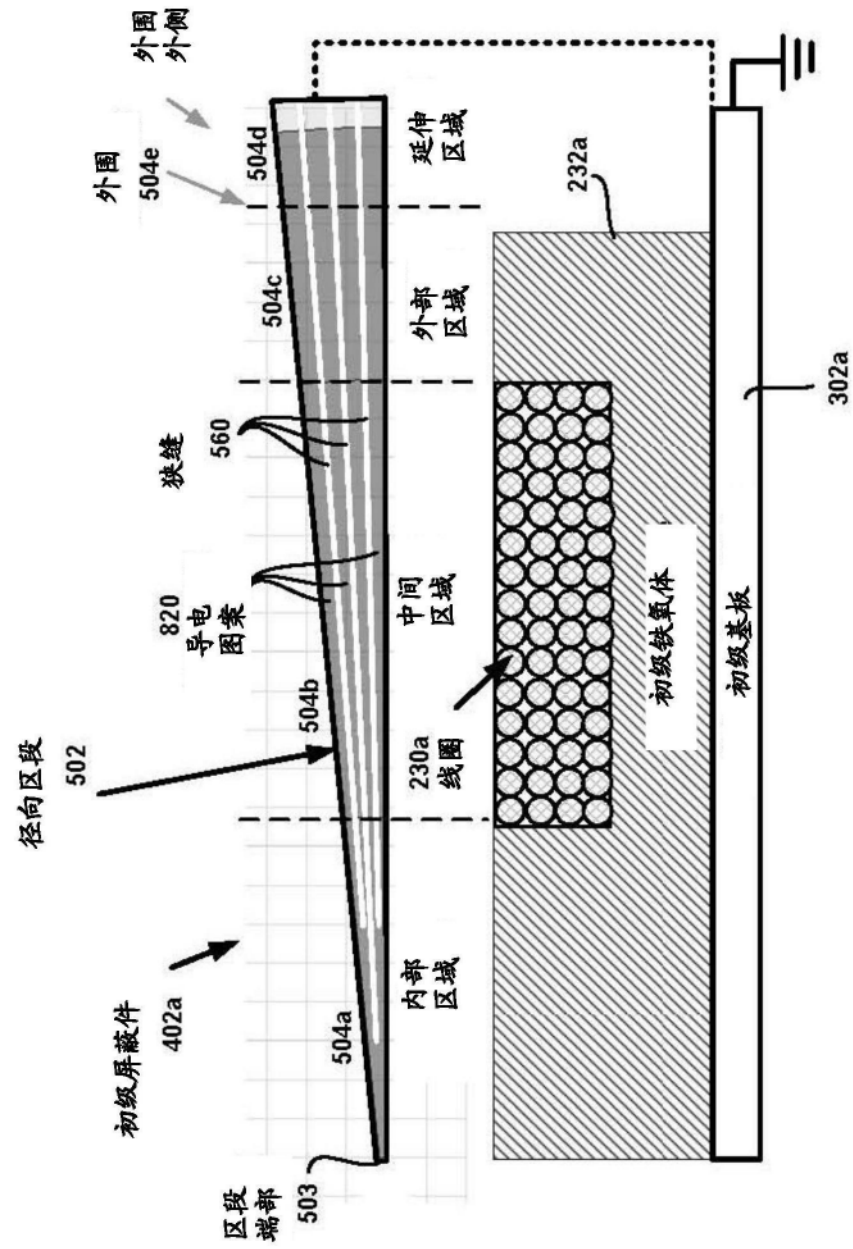


图8

