



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101506950 B

(45) 授权公告日 2011. 03. 30

(21) 申请号 200780027379. 3

C23C 16/00 (2006. 01)

(22) 申请日 2007. 07. 13

(30) 优先权数据

11/487, 999 2006. 07. 18 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 01. 19

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/015928 2007. 07. 13

(87) PCT申请的公布数据

W02008/010943 EN 2008. 01. 24

(73) 专利权人 朗姆研究公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 阿列克谢·马拉赫塔诺夫

拉金德尔·德辛德萨

埃里克·赫德森

安德烈亚斯·菲舍尔

(74) 专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263

代理人 周文强 李献忠

(51) Int. Cl.

H01L 21/306 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 5710486 A, 1998. 01. 20, 全文.

US 5944942 A, 1999. 08. 31, 全文.

US 5685942 A, 1997. 11. 11, 说明书第 8 栏第 45 行至第 9 页第 15 行、附图 5).

US 6204607 B1, 2001. 03. 20, 附图 1A-1C 及说明书相关部分.

CN 1779575 A, 2006. 05. 31, 全文.

CN 1726584 A, 2006. 01. 25, 说明书具体实施方式部分及其附图 3-7.

US 6422172 B1, 2002. 07. 23, 附图 1 及说明书相关部分.

US 5698062 A, 1997. 12. 16, 全文.

CN 1183853 A, 1998. 06. 03, 全文.

CN 1265222 A, 2000. 08. 30, 全文.

审查员 赵敏

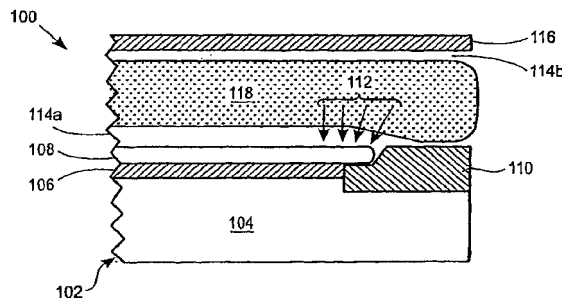
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 9 页

(54) 发明名称

使用多频率 RF 功率的混合 RF 电容和电感耦合等离子源及其使用方法

(57) 摘要

一种用于电感方式限制在等离子处理设备中形成的电容耦合 RF 等离子的装置。该设备包括上部电极和下部电极, 该下部电极适于支撑基片并在该基片和该上部电极之间产生等离子。该装置包括同心围绕该上部电极的介电支撑环和多个安装在该介电支撑环上的线圈单元。每个线圈单元包括沿该介电支撑环径向设置的铁磁芯体以及至少一个围绕每个铁磁芯体缠绕的线圈。该线圈单元在接收来自 RF 电源的 RF 功率时产生电场和磁场, 该电场和磁场减少该等离子中扩散出该等离子的带电粒子数量。



1. 一种用于限制在等离子处理设备中形成的等离子的装置,该设备包括相对的上部电极和下部电极,所述下部电极适于在其上支撑基片,以及其中等离子在运行过程中产生在所述基片和所述上部电极之间,所述装置包括:

介电支撑环,适于同心围绕所述上部电极;和

多个线圈单元,安装在所述介电支撑环上,每个所述线圈单元包括沿所述介电支撑环径向定向的铁磁芯体和围绕所述铁磁芯体缠绕并且耦接至第一 RF 电源的第一线圈,

其中所述线圈单元在接收来自所述第一 RF 电源的 RF 功率时产生限制所述等离子的电场和磁场。

2. 如权利要求 1 所述的装置,进一步包括导体环,其设在所述介电支撑环上并适于增加该上部电极的有效接地面积。

3. 如权利要求 2 所述的装置,其中所述导体环由非铁磁金属制成和/或该铁磁芯体是半圆形或 U 形的杆,该第一线圈围绕每个铁磁芯体的中心部分缠绕。

4. 如权利要求 1 所述的装置,其中所述第一 RF 电源的频率范围从 10KHz 至 1MHz,和/或在所述介电支撑环上安装至少八个线圈单元,相邻线圈单元之间具有相同间距。

5. 如权利要求 1 所述的装置,其中所述线圈以相同方向缠绕,以及其中所述电场形成在所述介电支撑环的圆周方向。

6. 如权利要求 1 所述的装置,其中每个所述线圈单元进一步包括围绕所述铁磁芯体缠绕并耦接至该 RF 电源的第二线圈,该第一线圈在该铁磁芯体的一端而该第二线圈在该铁磁芯体的相对一端,之间具有分开该第一和第二线圈的间隔。

7. 如权利要求 6 所述的装置,其中该第一线圈串联至单个 RF 电源且该第二线圈也串联至所述单个 RF 电源,以及通过开关装置将 RF 功率提供至该第一线圈或该第二线圈。

8. 如权利要求 1 所述的装置,其中相邻线圈单元以相反方向缠绕。

9. 一种等离子处理设备,包括:

下部电极,可选地连接至第一 RF 电源;

卡盘,设在所述下部电极上并适于对安装在其上的基片产生夹紧力;

上部电极,可选地耦接至该第一 RF 电源并且设在所述卡盘上方,所述下部电极和上部电极适于由该第一 RF 电源提供 RF 功率至该电极之一而在该上部和下部电极之间的间隔中生成等离子;

介电支撑环,围绕该上部电极;和

多个线圈单元,安装在所述介电支撑环上,每个所述线圈单元包括沿所述介电支撑环径向定向的铁磁芯体和围绕所述铁磁芯体缠绕并且耦接至第二 RF 电源的第一线圈,

其中所述线圈单元在接收来自所述第二 RF 电源的 RF 功率时产生限制所述等离子的电场和磁场。

10. 如权利要求 9 所述的等离子处理设备,进一步包括导体环,其设置在所述介电支撑环上并适于增加该上部电极的有效接地面积。

11. 如权利要求 9 所述的等离子处理设备,其中所述第二 RF 电源的频率范围从 10KHz 到 1MHz 和/或在所述介电支撑环上安装至少八个线圈单元,相邻线圈单元之间具有相同的间距。

12. 如权利要求 9 所述的等离子处理设备,其中所述第一线圈以相同方向缠绕,以及其

中所述电场形成在所述介电支撑环的圆周方向。

13. 如权利要求 9 所述的等离子处理设备,其中每个所述线圈单元进一步包括第二线圈,其围绕所述铁磁芯体缠绕并耦接至该第二 RF 电源,该第一线圈在该铁磁芯体一端而该第二线圈在该铁磁芯体的相对一端,之间具有分开该第一和第二线圈的间隔,通过开关装置向该第一线圈或该第二线圈提供 RF 功率。

14. 如权利要求 13 所述的等离子处理设备,其中该第一线圈串联并且以相同方向围绕该铁磁芯体,而该第二线圈串联并以相反方向围绕。

15. 如权利要求 9 所述的等离子处理设备,其中相邻线圈单元以相反方向缠绕。

16. 如权利要求 9 所述的等离子处理设备,其中所述第一 RF 电源是单一 RF 频率的单一频率 RF 电源或是不同频率的多频率 RF 电源。

17. 如权利要求 16 所述的等离子处理设备,进一步包括插在所述第一 RF 电源和所述上部或下部电极之间的一个或多个匹配网络。

18. 如权利要求 16 所述的等离子处理设备,进一步包括插在所述第一 RF 电源和所述上部或下部电极之间的电容。

19. 如权利要求 13 所述的等离子处理设备,其中所述下部电极耦接至该第一 RF 电源,以及该上部电极耦接至从单频 RF 电源或多频 RF 电源中选取的第三 RF 电源。

20. 如权利要求 19 所述的等离子处理设备,进一步包括插在所述第三 RF 电源和所述上部电极之间的一个或多个匹配网络。

21. 如权利要求 19 所述的等离子处理设备,进一步包括插在所述第三 RF 电源和所述上部电极之间的电容。

22. 如权利要求 19 所述的等离子处理设备,进一步包括开关,用于将所述上部电极连接至所述第三 RF 电源或地。

23. 如权利要求 9 所述的等离子处理设备,其中所述卡盘是静电卡盘。

24. 如权利要求 9 所述的等离子处理设备,进一步包括气体喷射系统,用于将工艺气流喷射入所述等离子处理设备。

25. 如权利要求 9 所述的等离子处理设备,进一步包括多个围绕所述电场和磁场的限制环。

26. 一种处理半导体基片的方法,包括:

在根据权利要求 9 的等离子处理设备中支撑半导体基片;

在该上部和下部电极之间的间距内生成等离子;以及

利用该等离子处理该半导体基片。

27. 如权利要求 26 所述的方法,其中该半导体基片是晶片以及该处理包括等离子蚀刻该晶片上的材料层。

使用多频率 RF 功率的混合 RF 电容和电感耦合等离子源及其使用方法

背景技术

[0001] 由于低成本、高可靠性和速度,集成电路已经成为目前大多数电子系统的基本部件。集成电路的制造开始于基片,每个基片经过在该基片上形成各种电路结构的步骤。通常,等离子(或离子化气体)用来执行包括在该基片表面上沉积及去除材料和在该表面上选择性蚀刻图案的工艺步骤。

[0002] 通常,通过在低压下向该工艺气体增加能量而在该基片表面之上形成等离子。所得到的等离子可能包括具有高动能的离子、自由基和中性物质。在等离子蚀刻中,可以引导等离子中带电的粒子撞击在该基片无遮蔽的区域上,并由此从该基片去除原子或分子。

[0003] 等离子特性的任何不均一性会导致反应速率沿着该基片表面不均匀,这会降低制造成品率。随着基片直径倾向于增加以及形成在该基片上的晶体管尺寸减小,这个不均一性已经变成等离子处理系统中主要复杂性之一。因此,对于等离子处理系统需要提高在整个基片表面之上的等离子均匀度。

[0004] 现代等离子蚀刻工具使用多个调节器以控制工艺参数,如等离子密度和均匀度、等离子化学组成、离子能量以及基片表面附近的离子能量分布。新一代等离子处理系统要求密切控制这些参数以便满足技术挑战的要求,如收缩特征尺寸和新的堆栈材料。这样,先进的等离子处理设备就需要允许用户对这些参数加强控制。

发明内容

[0005] 按照一个实施例,一种用于限制在等离子处理设备中形成的电容耦合 RF 等离子(CCP)的装置包括电感耦合 RF 等离子源,其具有围绕该上部电极用于生成电容耦合 RF 等离子体的介电支撑环,和设在该介电支撑环上的线圈单元。该线圈单元可连接到 RF 源并且产生围绕该电容耦合 RF 等离子体的磁场和电场从而限制该等离子。该电感耦合 RF 等离子源还有助于引发和维持该等离子。

[0006] 在一个实施例中,该上部电极具有圆形端面,其与该支撑基片的通电电极协同而在运行期间在该基片和该圆形端面之间生成等离子。该装置可包括:介电支撑环,适于同心围绕该圆形端面;和多个安装在该介电支撑环上的线圈单元,每个线圈单元包括沿该介电支撑环径向设置的铁磁芯体和围绕该铁磁芯体缠绕并耦接至第一射频(RF)电源的第一线圈。当接收来自该第一 RF 电源的 RF 功率时,该线圈单元可产生电场和磁场。该电场和磁场可沿该圆形端面的边缘围绕该等离子并且减少扩散出去的带电粒子数量由此限制该等离子。

[0007] 在另一实施例中,等离子处理设备可包括:第一射频(RF)源;卡盘,设置在下部电极上并适于对安装在其上的基片产生夹紧力;上部电极,设置在该卡盘之上并包括面向该基片的表面,该下部电极和上部电极适于当从该第一 RF 源提供 RF 功率至该上或下部电极时在该上部电极和该基片之间生成等离子;介电支撑环,同心围绕该上部电极;以及多个安装在该介电支撑环上的线圈单元,每个该线圈单元包括沿该介电支撑环径向设置的铁磁

芯体和第一线圈。该第一线圈可围绕该铁磁芯体缠绕并且耦接至第二射频 (RF) 电源。在接收来自该第二 RF 电源的 RF 功率时,该线圈单元可产生电场和磁场以减少从该等离子体扩散出的带电粒子数量并由此限制该等离子体。

附图说明

- [0008] 图 1 传统的平行板电容耦合等离子体发生装置的局部剖视图。
- [0009] 图 2 示出以图 1 所示的传统模式处理的基片的局部剖视图。
- [0010] 图 3 示出按照本发明一个实施例制成的示范性等离子体处理设备的剖视图。
- [0011] 图 4 示出图 3 中设备上用于激励工艺气体生成等离子体的电路的示意图。
- [0012] 图 5 示出在图 3 的设备中使用的铁磁体芯体的可选实施例。
- [0013] 图 6 示出电极间隙内沿着垂直于基片表面方向的按时间平均值电势分布的曲线。
- [0014] 图 7 示出图 3 的设备中电感 RF 源的俯视图。
- [0015] 图 8 示出图 7 的电感 RF 源的局部剖视图,说明由该电感 RF 源产生的电场和磁场。
- [0016] 图 9 示出图 7 描述的该电感 RF 源的备选实施例的俯视图。
- [0017] 图 10 示出图 7 中描述的该电感 RF 源的另一备选实施例。
- [0018] 图 11 示出图 10 中的电感 RF 源的局部剖视图,说明由该电感 RF 源生成的电场和磁场。

具体实施方式

[0019] 一种混合电容耦合等离子体处理设备包括围绕电容耦合等离子体源的电感耦合 RF 源。某些实施例可提供,除了别的因素外,对等离子体边缘处径向和角向等离子体密度的额外控制,并由此提供一种机械装置,用于在基片边缘调节等离子体均匀性。电感耦合等离子体源可包括提升等离子体限制的多个铁磁线圈。此外,该电感耦合等离子体源可增进该等离子体处理室的清洁能力并且增加可消耗室内部件的寿命。

[0020] 在电容耦合等离子体系统中,等离子体由一对间隙很小的电极板生成。在平行板等离子体反应器中使用平面电极会导致纵贯基片表面不均一的等离子体密度,尤其是在靠近边缘的区域。这种类型的不均匀性可能是角对称的或者径向的,例如,中心附近的蚀刻速率会不同于边缘附近的蚀刻速率。围绕该基片的边缘可安装边缘环,从而提升边缘附近的等离子体均匀性。

[0021] 图 1 示出按照一个实施例的平行板或电容耦合等离子体装置 (示为 100) 的局部剖视图并且说明围绕基片 108 的边缘环 110。示为 100 的装置可包括:基片支撑件单元 102,其包括电极 104 和用于将基片 108 夹持在适当位置的静电卡盘 106;以及上部喷头电极 116。该边缘环 110 可以是可替换部件,其在该基片处理过程中会变热并且有时称为热边缘环 (HER)。该边缘环 110 可由导电电极材料 (如 SiC 和硅) 制成或由介电材料 (如石英) 制成。等离子体 118 可在该上部电极 116 和该基片 108 之间形成。等离子鞘 114a 和 114b 可分别在该基片 108 和该上部电极 116 的表面上形成。在等离子体蚀刻过程中,来自等离子体 118 的离子物质在撞击基片 108 的表面之前随着它们穿过等离子鞘 114a 而获得能量,。

[0022] 尽管该边缘环 110 会降低等离子体非均匀性,但是在该基片 108 边缘附近的等离子体鞘 114a 的厚度和外形会变形,如图 1 所示。如结合图 3 详细说明,该装置 100 可与电感耦

合 RF 等离子源协作运行,该电感耦合 RF 等离子源在径向使等离子 118 延伸超出该边缘环 110,由此减小在该基片 108 边缘附近的等离子鞘 114a-114b 的变形。在运行期间,图 1 中描述的该等离子 118 可以在该装置 100 运行在电感耦合 RF 源(图 3 所示)没有打开的模式下时生成。

[0023] 这些等离子鞘 114a-114b 会在基片 108 边缘附近变形。结果,来自等离子 118 的离子物质会以相对于该基片 108 表面法线不同的角度撞击该基片 108 的表面。图 1 中的箭头 112 表示该鞘 114a 内的离子物质的运动方向。

[0024] 图 2 表示基片 108 靠近其边缘的放大局部剖视图,其中以图 1 所描述的传统模式处理该基片。如图 2 所示,位于远离该边缘的被蚀刻部 116a 在垂直于该基片 108 表面的方向形成,而位于边缘附近的被蚀刻部 116b 在相对该表面法线一定角度的方向形成。这样,基片 108 有缺陷的边缘部分会被丢弃,其转变成制造损耗。

[0025] 图 3 示出按照一个实施例,用于处理基片 310 的示范性等离子处理设备(示为 300)的剖视图。该基片 310 可以由各种材料,如半导体、电介质和金属制成的晶片。如所描述的,示为 300 的设备可包括基本上呈圆柱形的室 302,用于在其中提供低压。该示为 300 的设备能够通过喷头电极 332 将工艺气体引入该室 302 并且引发该工艺气体生成电容耦合 RF 等离子。该室压力通常在 0.1 到 1000mtorr 的范围,其中真空泵 333 可从该室 302 底部抽出气体。

[0026] 示为 300 的设备可包括:下部电极 306;用于支撑该下部电极 306 的基底 304;围绕该基片 310 和该卡盘 312 的边缘环 314;RF 电源供给单元 308(详细的描述结合图 4 给出),用于提供 RF 功率至该下部电极 306;介电环 316,位于该边缘环 314 下方并构造为传导等离子流(plasma current);导体环 318(如铝环),与该介电环 316 和地相连接,并且构造为排出从该介电环 316 传送来的等离子流。该设备可进一步包括:上部电极 332,具有大体上圆盘状的形状;电感耦合 RF 等离子源(或,简称为电感 RF 源)330;温度可控顶板 334;以及限制环组件 320,包括在运行期间围绕等离子并且将等离子限制在所围绕的区域内并由此改进工艺控制的限制环 324,和用于调节这些限制环 324 之间间距的调节机构 322。该电感 RF 源 330 的详细描述参照图 4 给出。

[0027] 示为 300 的设备可进一步包括耦接至该上部电极 332 的开关 338。在一个运行模式中,该开关 338 可将该上部电极 332 接地。在这个模式中,该下部电极 306 可是通电电极并且在该上部电极 332 和该基片 310 之间形成电容耦合等离子。在另一运行模式中,该开关 338 可将该上部电极 332 耦接至另一 RF 电源单元 336。该 RF 电源单元 336 的详细描述结合图 4 给出。

[0028] 这些等离子限制环 324 示为围绕在该上部电极 332 和该基片 310 之间形成的等离子并且关于该基片 310 的中心轴 340 同心布置。这些限制环 324 可包括设计为减少从该等离子流出的带电粒子数目并且允许不带电气体分子在大体上水平的方向从该限制区域流出的结构,如环状通气窗。在该限制区域的边缘附近,这些中性气体分子可流过一个或多个这些限制环 324 之间的间隙。通过这些间隙后,不带电气体会进入该限制区域和该室壁之间的室 302 的一区域内,然后到连接真空泵 333 的室出口。这些限制环 324 可优选地包括三个接地通气窗(未示)并且由掺杂以具有 2×10^3 欧姆-厘米量级高电导率的碳化硅制成并且能够经受严苛的等离子环境。这些限制环 324 可由具有高电导率的其他材料制成,

例如,铝或石墨。

[0029] 为了有助于在不同压力以及该等离子区域和该室 302 其余部分之间的气流条件下提供所需的等离子限制,这些限制环 324 之间的间距可由该调节机构 322 改变。该调节机构 322 可以是耦接在马达(未示)和该通气窗装置之间的传统的机械机构。可变的间距可帮助确定等离子的气体压力和从等离子区域到该真空泵 333 的气流速率,并由此有助于与控制该等离子压力、等离子限制程度和气流速率。该调节机构 322 可由来自控制器(未示)的控制信号驱动。等离子限制环装置的更多细节可在共同拥有的美国专利 No. 5,998,932 中找到,其整体通过引用结合在这里。

[0030] 在图 3 中,该上部电极 332 示为具有基本上圆板状的形状。该上部电极 332 可具有其他替代的形状。例如,该上部电极 332 可具有形成在其边缘附近的凸台。在另一配置中,该上部电极 332 可包括单晶硅制成的内部电极构件和整块材料(如化学气相沉积(CVD)碳化硅、单晶硅或其他合适的材料)形成的外部电极构件。该外部电极可以是连续构件或分段构件(例如,2-6 个布置为环形构造的分开的段)。该台阶状电极的更多细节可以在共同拥有的美国专利 No. 6,824,627 中找到,其整体通过引用结合在这里。

[0031] 各种不同类型的气体喷射系统可用在示为 300 的设备中。例如,喷头组件 Exelan2300™(可从受让人 Lam Research Corporation, Fremont, CA 得到)可安装在该室 302 内部。另一示范性的气体喷射系统可在共同拥有的美国专利 No. 6,508,913 中找到,其整体通过引用结合在这里。对于本领域普通技术人员来说,在设备 300 中可以使用其他合适类型的气体喷射系统应当是显而易见的。

[0032] 该边缘环或聚焦环 314 是可替换部件,其可在基片处理过程中变热,并且有时称为热边缘环(HER)。该边缘环 314 可由导电电极材料(如 SiC 和硅)制成或由介电材料(如石英)制成。该边缘环 314 的更多细节可在共同拥有美国专利 No. 5,998,932 中找到,其整体通过引用结合在这里。

[0033] 该卡盘 312 可以是静电卡盘。或者,该下部电极 306 可布置为连接到 DC 夹紧电压源(未示)的静电卡盘,在这个例子中,该下部电极 306 可包括当在该室 302 中由等离子处理基片 310 时冷却该基片 310 的装置(未示)。在这种情况下,该下部电极 306 和卡盘 312 可形成一个部件。如果需要,可以使用除了静电卡盘之外的其他卡盘。

[0034] 如上所讨论的,该上部电极 332 和下部电极 306 可通过激发喷射进该室 302 的工艺气体而在该上部电极 332 和该基片 310 之间生成电容耦合等离子。该等离子体的不带电粒子(如离子和电子)可通过这些限制环 324 并且在那里凭借该真空泵 333 从该室排出。这些限制环 324 优选地降低从该等离子扩散出的带电粒子(即,通过这些限制环 324 之间的间隙逸出的带电粒子)的数量。为了帮助将这些带电粒子约束在该等离子区域内并由此降低从该等离子扩散出的带电粒子的数量,该电感 RF 源 330 可围绕该等离子设置,详细细节可参考图 4-11。

[0035] 图 4 示出该设备(示为 400)的电路的示意图,该电路用于激发工艺气体生成等离子并且限制该等离子。如所描述的,该下部电极 306 可耦接该 RF 电源供给单元 308。该 RF 电源供给单元 308 可包括多频 RF 源 406 以及可选地包括电容 402 和/或匹配网络 404。或者,匹配网络可用于多个 RF 源 406 的每个。该工艺气体可响应电极 306 和 332 以一个或多个频率耦合该激发区域所产生的电场而转换为等离子 408。该 RF 源 406 可以是运行在单一

频率的单个 RF 源,或是多个 RF 源,例如,运行在不同频率(例如,2、27 和 60MHz)的三个 RF 源。通常,提供至该下部电极 306 的高频功率的量可主要控制该等离子 408 的密度,而提供至该下部电极 306 的低频功率的量可主要控制该等离子 408 中的离子能量。可以理解的是可通过 RF 源 406 使用其他频率以控制该等离子密度和离子能量以及该等离子 408 的其他参数。

[0036] 该开关 338 可将该上部电极 332 连接至另一 RF 电源单元 336。该 RF 电源单元 336 可包括 RF 源 424 以及可选地包括电容 420 和 / 或匹配网络 422。如在该 RF 功率源单元 308 的例子中,该 RF 源 424 可具有一个或多个分别运行在一个或多个频率的源。在这种情况下,匹配网络可安装在该上部电极 332 和每个 RF 源之间。

[0037] 如图 4 中所描述的,该电感 RF 源 330 可围绕该等离子 408 的边缘产生电场 442 和磁场 440。该电场 442 和磁场 440 优选地降低从该等离子 408 通过这些限制环 324 之间的间隙扩散出的带电粒子数量并由此进一步限制该等离子 408。该等离子 408 的带电粒子可由该电场 442 约束,这导致该等离子 408 延伸至该电感 RF 源 330 下方的区域并由此降低该基片边缘附近该等离子 408 的非均匀性。该电感 RF 源 330 可包括:多个线圈单元 416,每个线圈单元具有连接到 RF 源 410 并且围绕铁磁芯体 412 缠绕的线圈 414;和介电支撑环 432,用于支撑其上的线圈单元 416。该介电支撑环 432 可通过任何合适的装置安装到该电极 332 和 / 或该顶板 334 上。可选地,导体环 430(其优选地由金属形成)可形成在该介电环 432 上并且接地以当该开关 338 将上部电极 332 接地时排出该等离子流。该导体环 430 更多的细节参照图 6 给出。该 RF 源 410 用于这些线圈 414 的优选的频率范围可从 10KHz 到 1MHz。当通电时,这些线圈单元 416 可有助于点燃和维持该等离子 408,同时限制该等离子。

[0038] 由该电场 442 限制的这些带电粒子可在该室内 302 低压下提升等离子引发过程中的等离子触发(strike)。并且,该等离子限制会减少在这些限制环 324 上的材料沉积,如聚合物副产物,因而增加了这些限制环 324 的寿命和清洁这些限制环 324 的时间间隔。该电感 RF 源 330 可用作清洁各种不同室部件的工具,如限制环 324、边缘环 314、卡盘 312 等。通过将清洁气体注入该室 302 并且将该等离子扩张到这些限制环 324 附近的区域,在这些部件表面上形成的化学沉积物就可以有效去除。该电感 RF 源 330 会有助于保持带电粒子以及该等离子中其他化学物质的密度,并由此有助于维持该等离子。该电感 RF 源 330 还会有助于在该等离子内生成带电粒子和其他化学物质。

[0039] 该铁磁芯体 412 可由铁磁材料(如铁素体)制成以及具有各种形状。图 5 示出可用于该电感 RF 源 330 的铁磁芯体 502 的可选实施例,其具有半圆形状和围绕铁磁芯体 502 缠绕的线圈 504。对于本领域普通技术人员来说,还可使用具有其他合适形状的铁磁芯体应当是显而易见的。

[0040] 如上面结合图 4 所讨论的,可选的导体环 430 可形成在该线圈单元 416 和介电支撑环 432 之间。当该开关 338 将该上部电极 332 接地时,该导体环 430 也可接地以增加该上部电极或接地电极 332 的有效面积。该上部电极 332 和该下部电极或通电电极 306 之间的面积比 (A_g/A_p) 会对该等离子鞘区域内的电势能分布产生影响。图 6 示出等离子 608 内沿垂直于该基片 310 方向的电势能分布图。图 6 中,该 Y-轴表示距该基片表面的距离以及 X-轴表示在该接地电极 322 和基片表面之间的等离子体的电势。两个等离子鞘 D1 和 D2 可分别在该上部电极 332 和基片 310 的表面形成。由于撞击该基片表面这些离子物质主要在

该等离子鞘 D2 区域中加速,所以纵贯该鞘 D2 的电势分布会影响该等离子蚀刻的效能。该曲线 604 和 606 分别表示对于两种情况的势能分布: $A_g = A_p$, 和 $A_g > A_p$ 。如图 6 中描述的,纵贯该等离子鞘 D2 的电势差在该上部电极面积 A_g 大于该通电电极面积 A_p 的情况下较大。通常,较大的 A_g/A_p 比增加蚀刻速率。当该导体环 430 接地时,会具有增加该上部电极面积 A_g 的效果,并由此增加示为 300 的该设备的效率。该导体环 430 可由非铁磁体金属形成,如铝,其可以被磁场穿过。

[0041] 图 7 示出图 3 中的电感 RF 源 330 的俯视图。如所描述的,每个线圈单元 416 可设置在该介电支撑环 432 上或可选地在该导体环 430 上(图 7 中未示),并且沿着该介电支撑环 432 的径向定向。这些线圈 414 可围绕该铁磁芯体 412 缠绕并串联至该 RF 电源 410。在图 7 中,该电感 RF 源 330 示为具有八个线圈单元。然而,对于本领域普通技术人员来说,在该电感 RF 源 330 中使用其他数目的线圈单元应当是显而易见的。

[0042] 图 8 示出图 7 的该电感 RF 源 330 运行期间的局部剖视图,说明由围绕该上部电极 332 的该电感 RF 源 330 生成的电场和磁场。如所描述的,该电场和磁场 442、440 可在围绕该上部电极 332 且在该介电支撑环 432 下的环形区域 802 中形成。该电场 442 可定向为在该环形区域 802 的圆周方向。由于带电粒子可沿着该电场 442 运动,所以该环形区域 802 中的离子和电子会被限制在该环形区域内,而不是在该介电支撑环 432 径向扩散出该环形区域。因此,该等离子可由该电感 RF 源 330 产生的磁场和电场 440、442 限制。

[0043] 图 9 示出图 7 的该电感等离子源的可选实施例 900 的俯视图。该电感等离子源 900 可围绕该上部电极设置并包括:一个 RF 电源 916;多个线圈单元 906,每个单元具有铁磁芯体 908 和两个围绕该芯体 908 缠绕的线圈 910a-910b;和介电支撑环 904,用于支撑该线圈单元 908。该电感源 900 可选地包括设置在该介电支撑环 904 上的导体环(图 9 中未示)。该 RF 源 916 的优选频率范围可从 10KHz 到 1MHz。这些线圈 910a-910b 的每个可与相邻的线圈单元的另一线圈串联,其以相同方向(外部线圈 910a)或相反方向(内部线圈 910b)缠绕并且通过开关装置 920 耦接到该 RF 电源 916,该开关装置向该内部线圈 910b 或该外部线圈 910a 之一提供 RF 功率。如图 7 中的例子,该电感 RF 源 900 可包括其他数目的线圈单元 906。

[0044] 图 10 示出图 3 中的该电感 RF 源 330 的另一可选实施例 1000 的俯视图。如所描述的,该电感 RF 源 1000 可包括:RF 源 1016;多个线圈单元 1006,每个线圈单元具有铁磁芯体 1008 和围绕该芯体缠绕的并且连接至该 RF 源 1016 的线圈 1010;和介电支撑环 1004,用于支撑该线圈单元 1006 并且围绕该上部电极 1002 设置。该电感 RF 源 1000 可选地包括设置在该介电支撑环 1004 上的导体环(图 10 中未示)。该 RF 源 1016 的优选频率可从 10KHz 到 1MHz。该电感等离子源 1000 可类似于该电感等离子源 330,不同之处在于,在两个相邻的铁磁芯体 1108 中的线圈 1010 可以彼此相反的方向缠绕,其产生具有交替方向的电场磁场,如图 11 中所描述的。该电感 RF 源 1000 可包括其他合适数量的线圈单元 1006。

[0045] 图 11 示出图 10 中的该电感 RF 源 1000 在运行期间的局部剖视图,说明由该电感 RF 源 1000 产生的电场和磁场。如所描述的,该磁场 1104 可形成在围绕该上部电极 1002 并且位于该介电支撑环 1004 下面的环形区域 1102 中。该电感 RF 源 1000 可产生内部电场 1106a 和外部电场 1106b。如图 11 中所描述的,两个相邻磁场 1104 的方向可定向为相反方向。类似地,两个相邻的内部(或外部)电场 1106a(1106b)可定向为相反方向。该内部电

场 1106a 的构造可减少在该区域 1102 向外部扩散的带电粒子数量,而该外部电场 1106b 可增加在该区域 1102 外的电子扩散,这形成了用于工艺可调节性的额外的调节器。该外部电场 1106b 配置可适用于基片边缘高蚀刻速率的等离子工艺中,其中在该边缘处的等离子密度通常高于该基片中心。

[0046] 如图 7,9 和 10 所描述的,围绕铁磁芯体缠绕的线圈可串联至相邻的线圈。当该等离子的电子数量密度在环形区域(如 802)的位置扰动时,在该位置的电场密度也会改变。随后,围绕该位置的磁场强度会被扰动,这可能在流过该线圈电流中引起与该扰动的磁场对应的变化。那么,该电流中的变化会改变在某个方向流过该线圈的电流以补偿该电子数量密度的扰动,由此形成瞬间反馈机制以稳定该电子数量密度波动。见 V. Godyak, V. Lee, C. Chung 的“Characterization of Inductively Coupled Plasma Driven with Ferrite Cores at 400kHz”,2005IEEE 等离子科学国际研讨会,June20-23, Monterey, CA。

[0047] 尽管本发明已经参照其具体实施例详细描述,但是对于本领域技术人员,显然,可进行各种改变和修改,以及采用等同方式,这并不背离所附权利要求的范围。

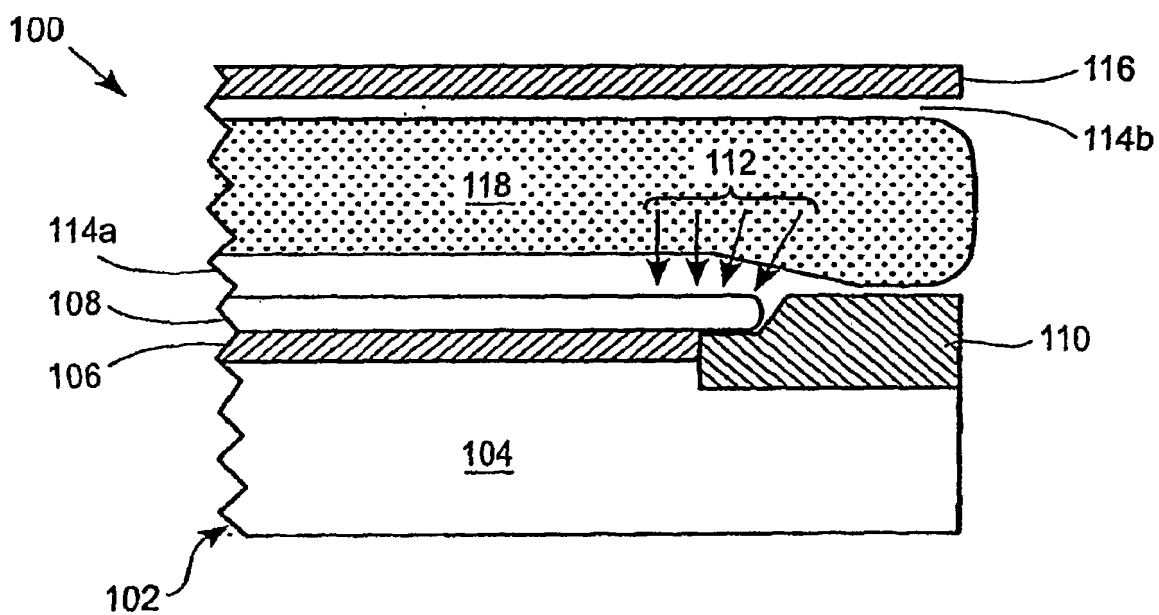


图 1

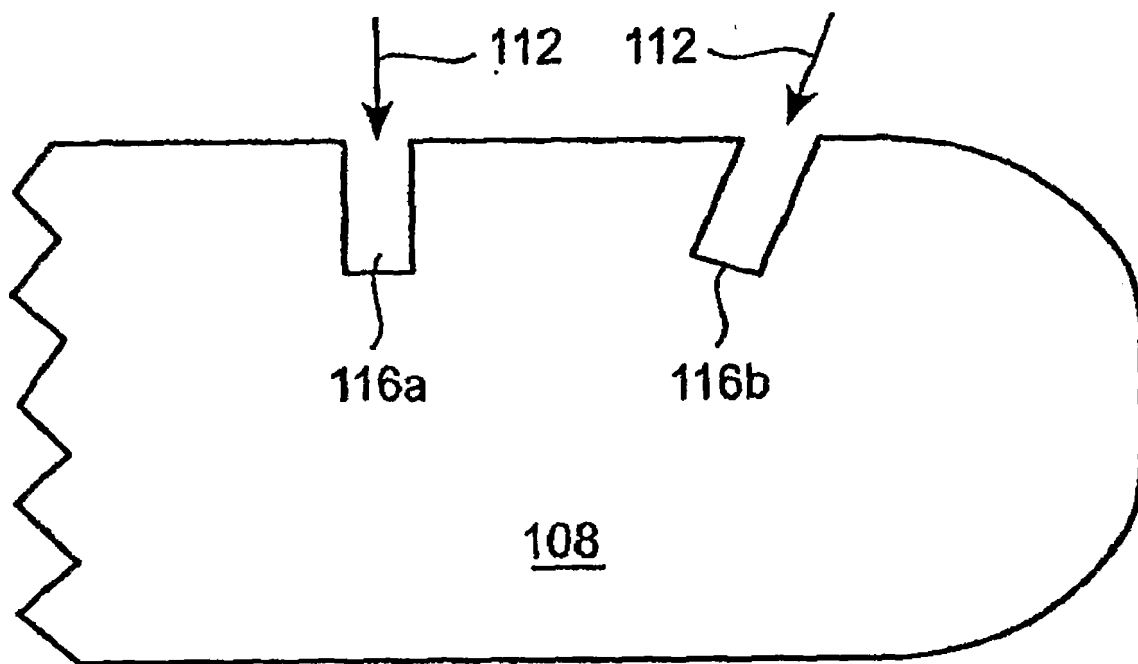


图 2

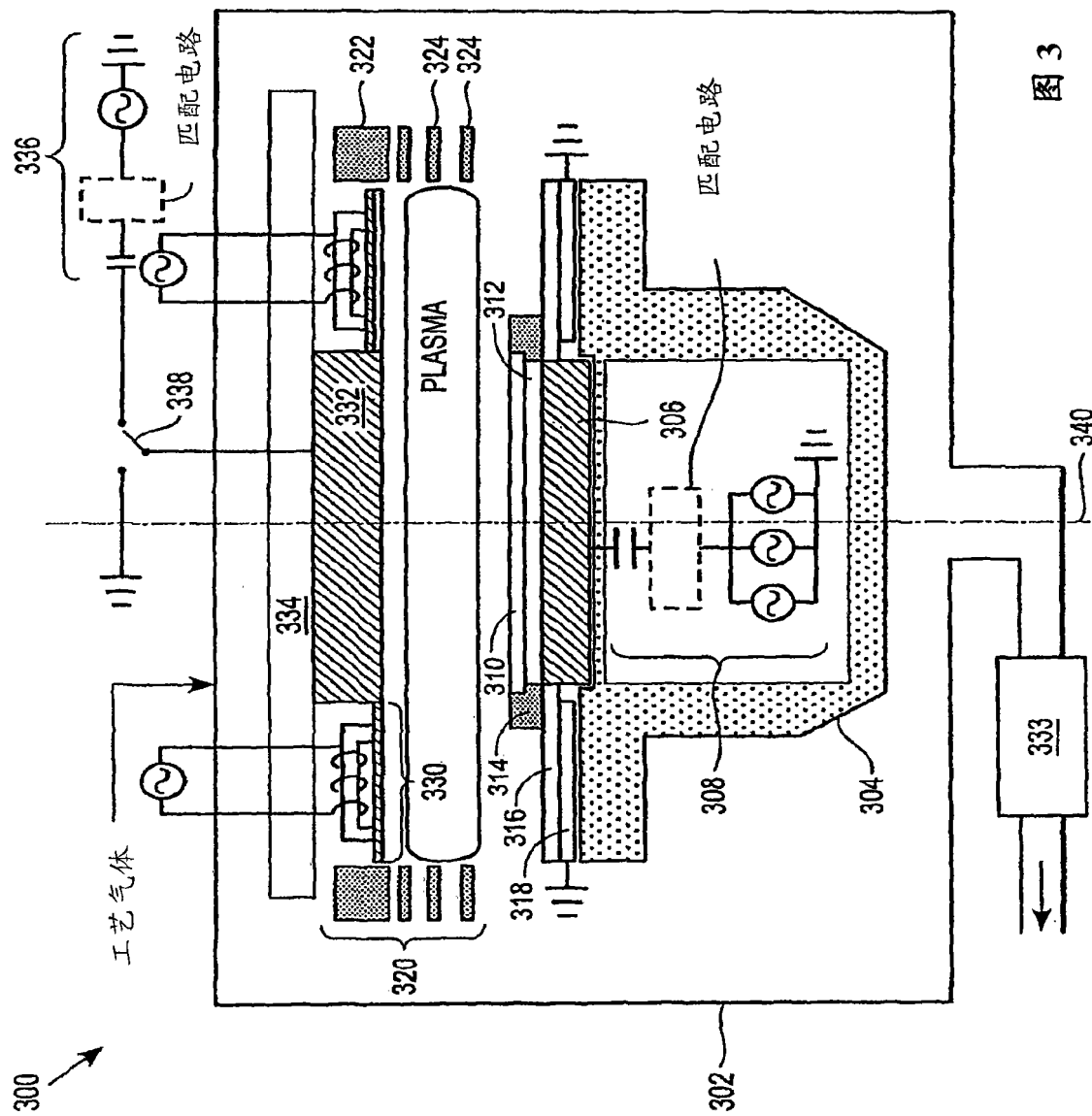


图 3

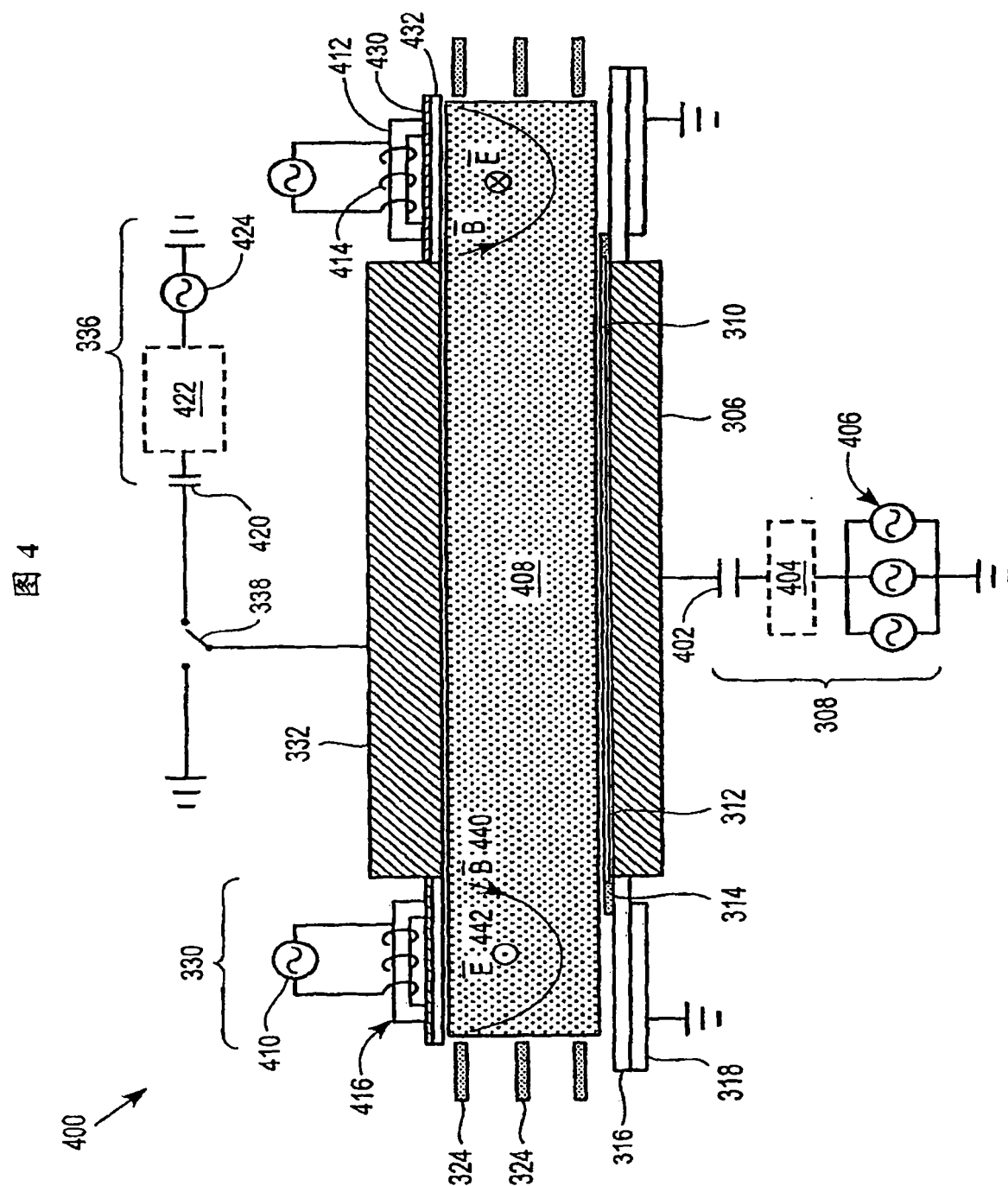


图 4

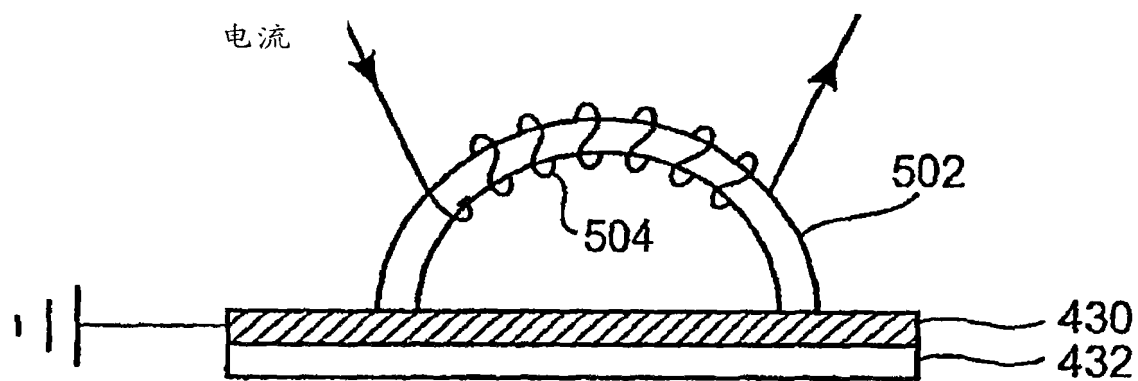


图 5

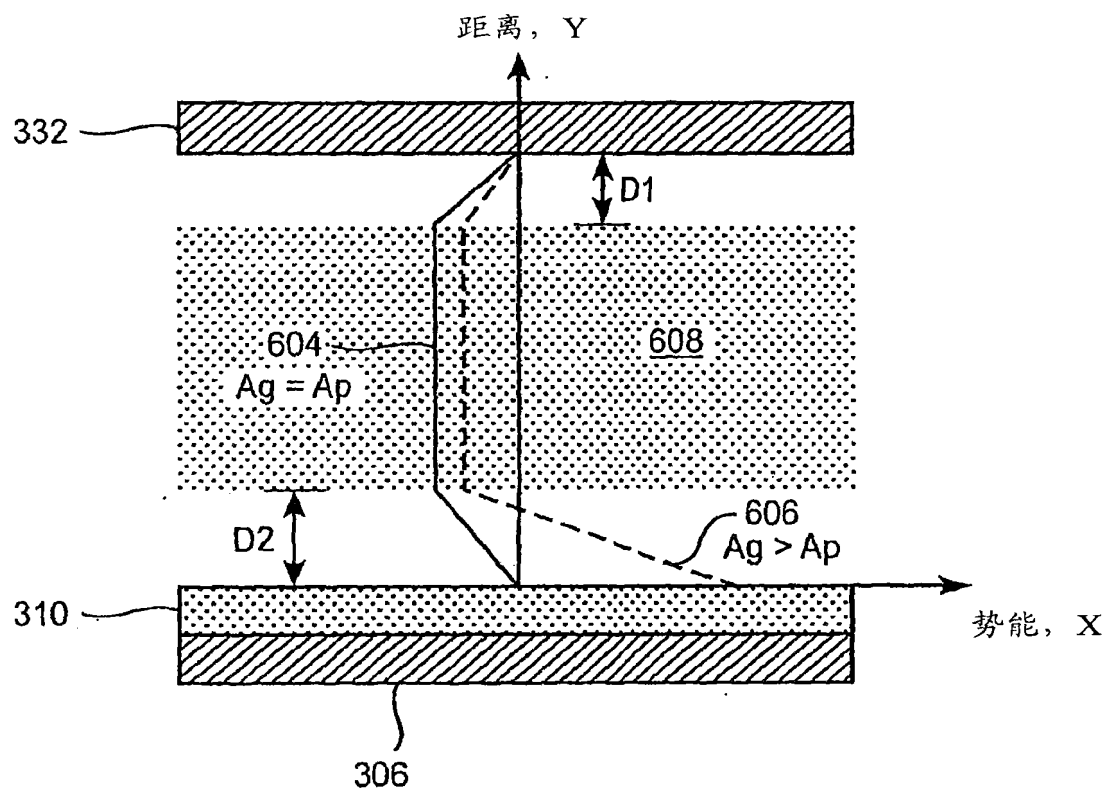


图 6

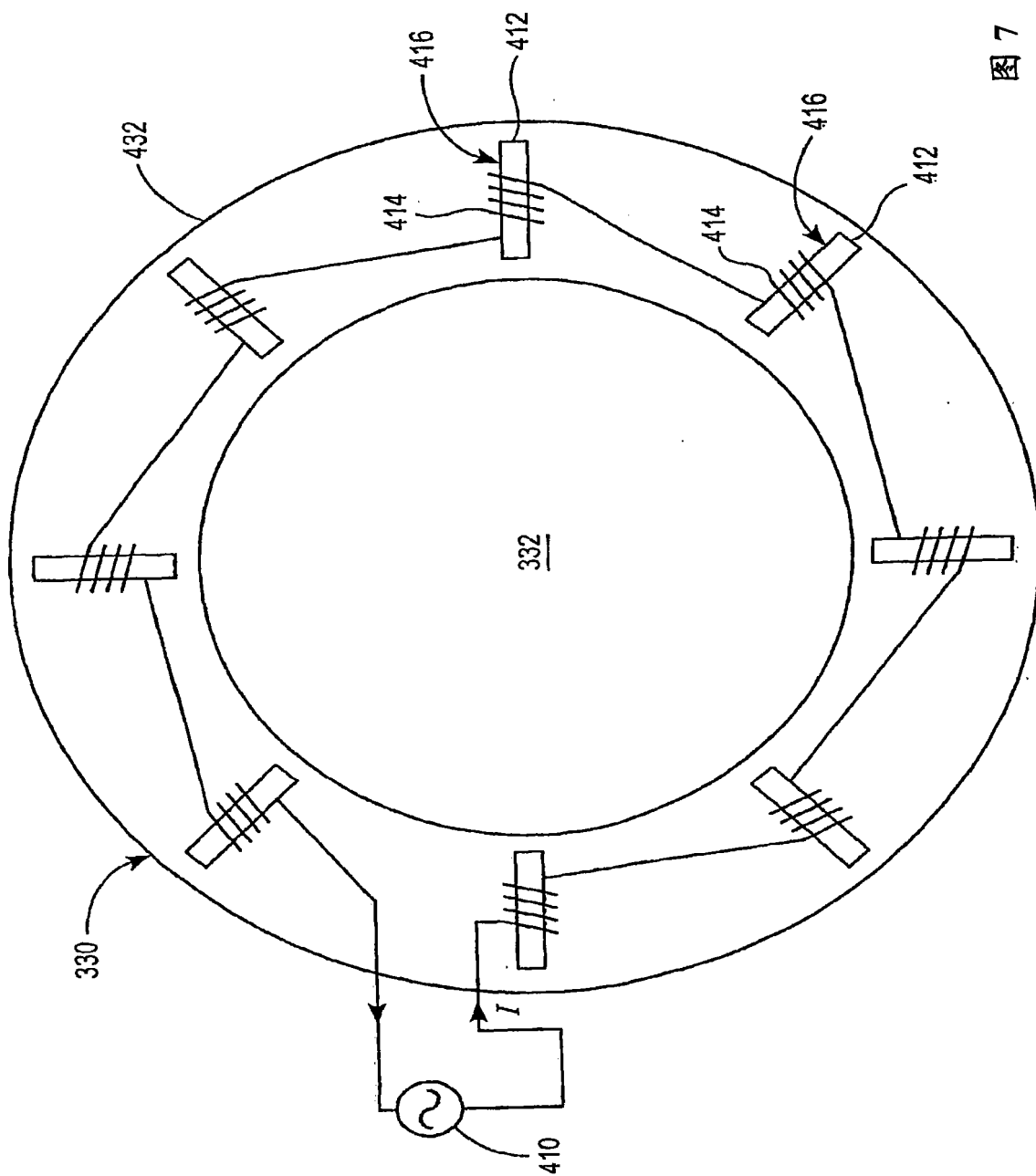


图 7

图 7

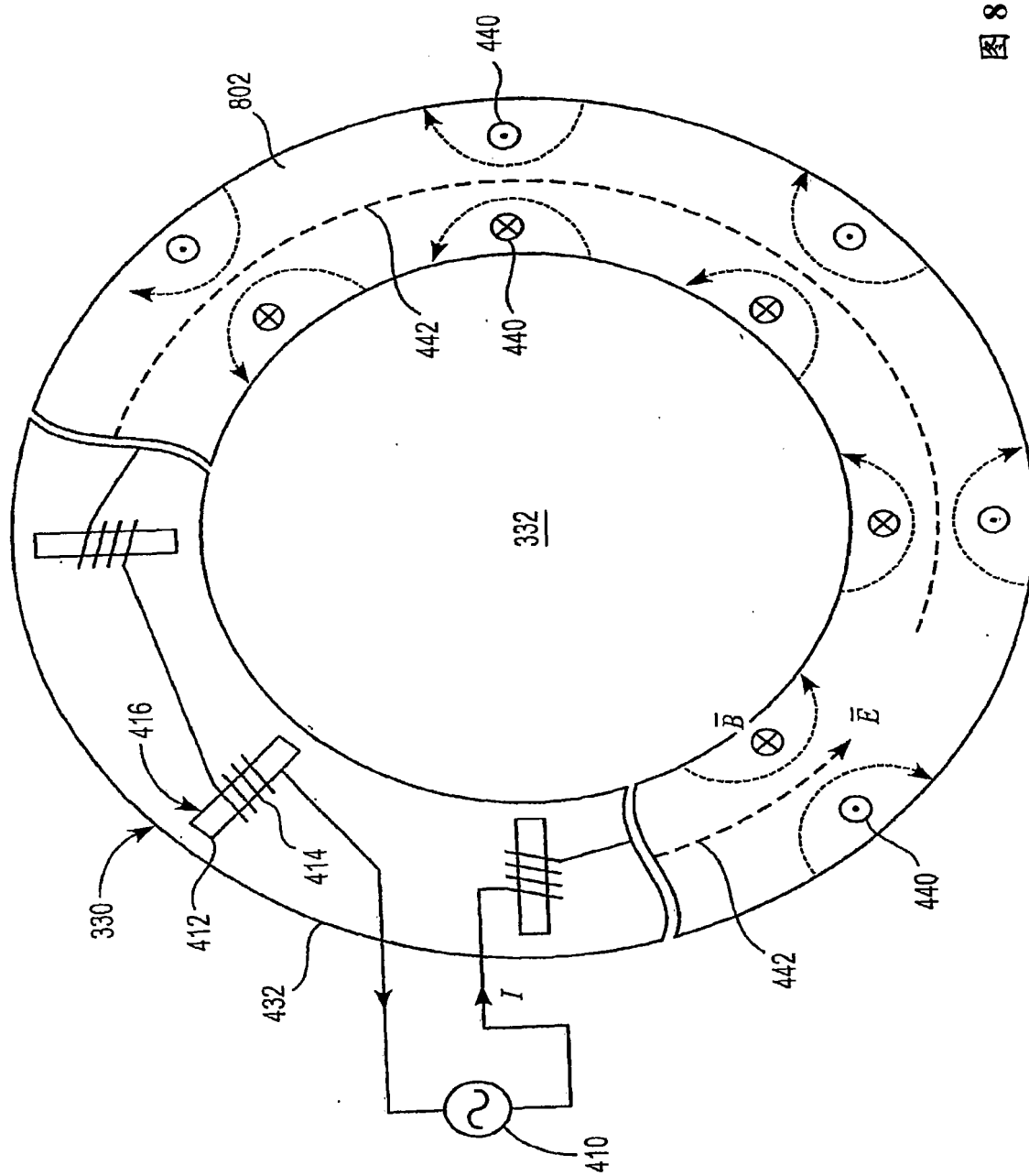


图 8

图 8

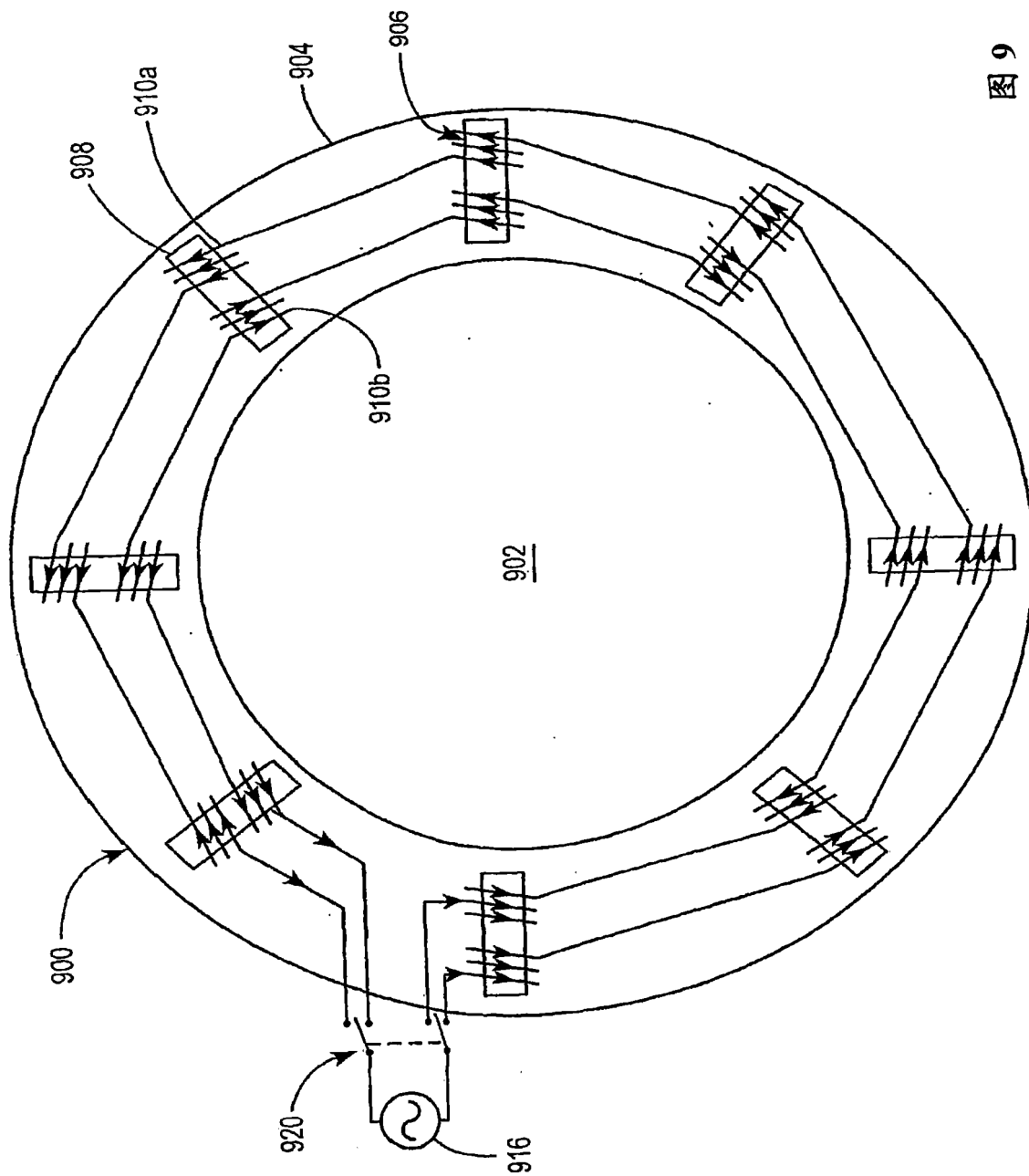


图 9

图 9

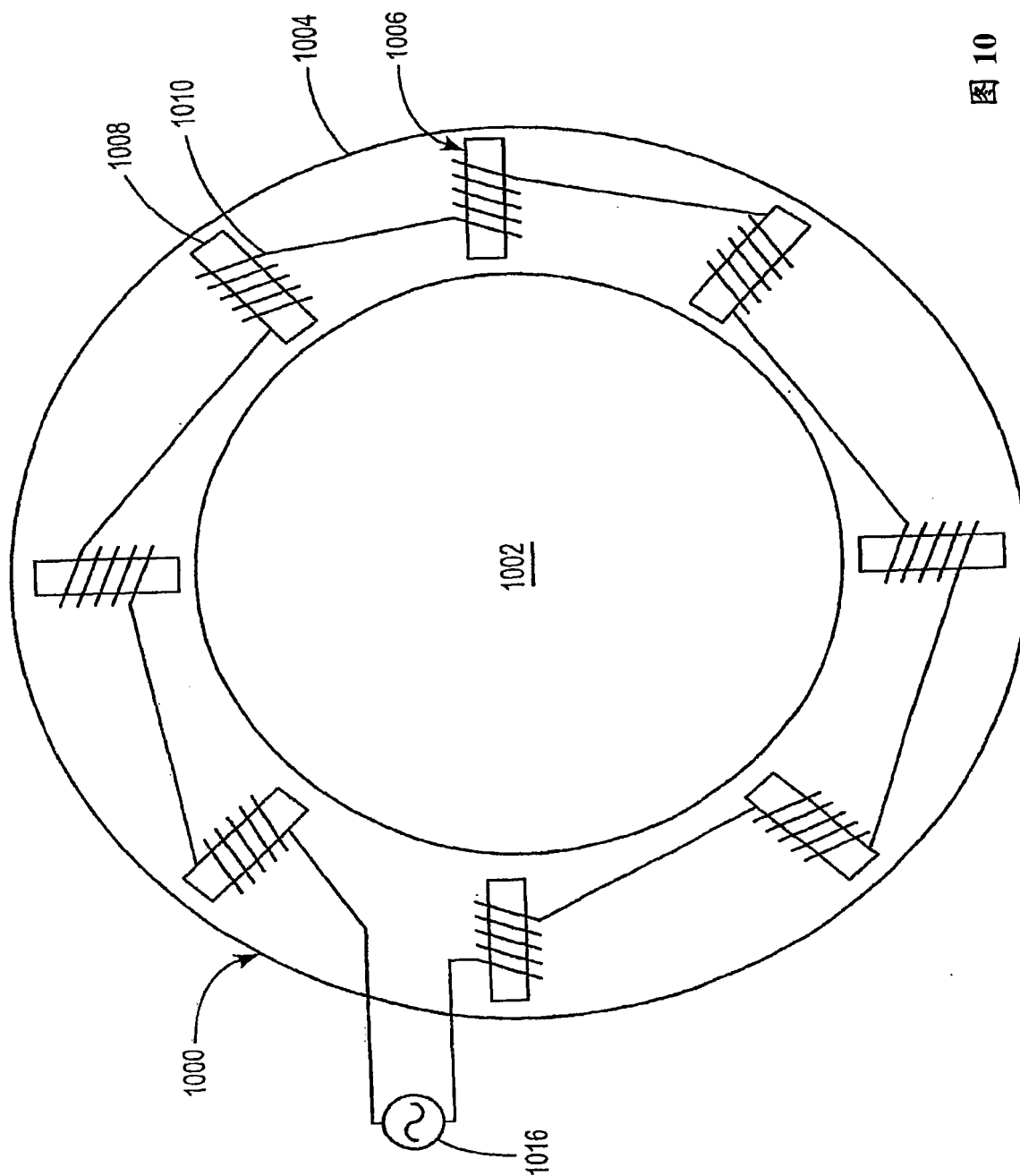


图 10

图 10

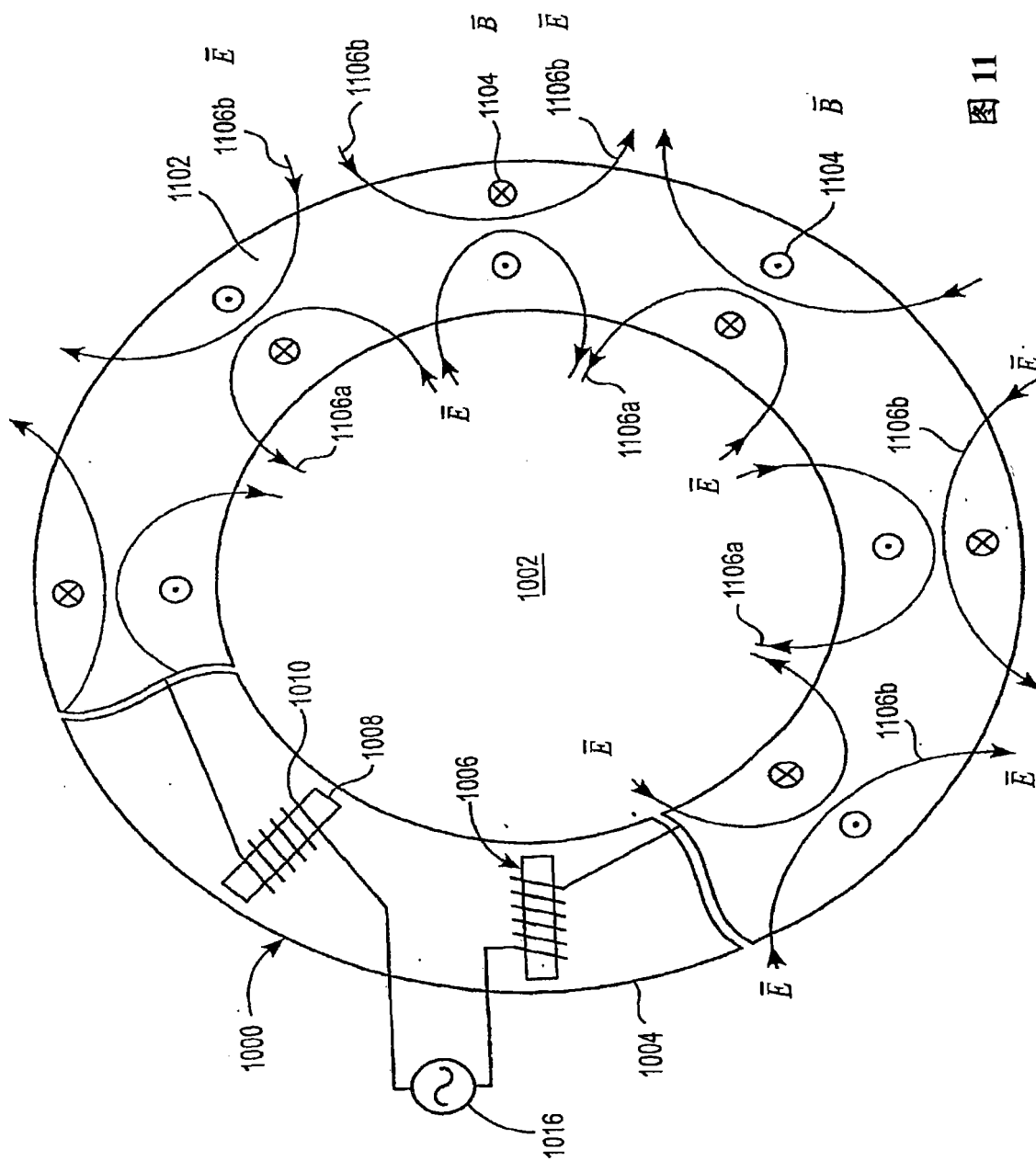


图 11