

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01J 37/32 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680016368.0

[43] 公开日 2008年6月4日

[11] 公开号 CN 101194338A

[22] 申请日 2006.5.11

[21] 申请号 200680016368.0

[30] 优先权

[32] 2005.5.11 [33] IE [31] S2005/0301

[32] 2005.5.11 [33] US [31] 11/127,328

[86] 国际申请 PCT/EP2006/062261 2006.5.11

[87] 国际公布 WO2006/120239 英 2006.11.16

[85] 进入国家阶段日期 2007.11.12

[71] 申请人 都柏林城市大学

地址 爱尔兰都柏林

[72] 发明人 艾伯特·罗杰斯·埃林博

[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司
代理人 李德山 朱胜

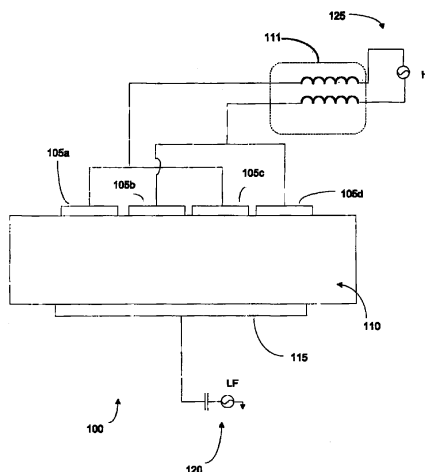
权利要求书5页 说明书11页 附图8页

[54] 发明名称

具有多个异相电极的高频等离子体源

[57] 摘要

本发明描述了一种等离子体源，所述源包括由多个电极形成的无功阻抗元件。通过提供这样的多个电极并向彼此异相的相邻电极供电，可改善所产生的等离子体的特性。



1. 一种等离子体源，包括等离子体激励区域和等离子体激励无功阻抗元件，所述源的特征在于，所述等离子体激励无功阻抗元件包括多个电极，所述电极耦合到高频发生器，其中，在使用中，将所述电极耦合到所述发生器后，所述多个电极中的相邻电极彼此异相。
2. 如权利要求 1 所述的源，还包括参考电极。
3. 如权利要求 2 所述的源，其中所述参考电极提供在所述等离子体激励区域之下。
4. 如任一前述权利要求所述的源，其中所述无功元件邻近于所述等离子体激励区域而提供。
5. 如任一前述权利要求所述的源，其中所述发生器可从射频范围内的频率调节到超高频范围内的频率。
6. 如任一前述权利要求所述的源，还包括低频发生器。
7. 如权利要求 6 所述的源，其中所述无功阻抗元件的电极另外耦合到所述低频发生器。
8. 如权利要求 7 所述的源，其中所述低频发生器可工作在共同模式配置下。
9. 如权利要求 7 所述的源，其中耦合到所述低频发生器的选定数目的所述电极可工作在共同模式下，而耦合到所述低频发生器的所述电极中选定的其它电极可工作在差异模式下。
10. 如权利要求 9 所述的源，其中耦合到所述低频发生器的所述电极的至少 50%可工作在差异模式下。
11. 如权利要求 6 所述的源，其中所述低频和高频发生器可同时工作。
12. 如权利要求 6 所述的源，其中提供有多个低频发生器。
13. 如权利要求 12 所述的源，其中所述多个低频发生器串联耦合。
14. 如权利要求 13 所述的源，其中提供有第一低频发生器，其可工作在 4MHz，并且提供有第二低频发生器，其可工作在 75KHz。
15. 如权利要求 6 所述的源，其中所述低频和高频发生器中的每个被配置成使得它们能够单独地应用，从而提供期望的工艺输出。

16. 如权利要求 6 所述的源, 其中所述低频和高频发生器的输出中的每个被配置, 以提供控制工艺参数的输出, 所述工艺参数独立于由其它输出所控制的工艺参数。

17. 如任一前述权利要求所述的源, 还被配置成对工件进行支持。

18. 如权利要求 17 所述的源, 其中所述工件可邻近于所述参考电极而设置。

19. 如权利要求 17 所述的源, 被配置成使所述工件能够移动穿过所述等离子体激励区域。

20. 如任一前述权利要求所述的源, 其中所述多个电极以平面状布置提供, 所述无功阻抗元件中的各个电极与所述无功阻抗元件中的其它电极轴向对齐。

21. 如权利要求 1 至 19 中任何一项所述的源, 其中所述多个电极被设置成提供弯曲元件。

22. 如权利要求 16 所述的源, 其中所述弯曲元件用于允许处理非平面状工件。

23. 如权利要求 1 至 19 中任何一项所述的源, 其中所述多个电极中的选定电极以非平面状配置来提供。

24. 如权利要求 23 所述的源, 其中所述选定的非平面状电极是参考电极。

25. 如权利要求 24 所述的源, 其中所述参考电极以圆柱几何形状提供。

26. 如权利要求 21 所述的源, 其中所述弯曲元件用于处理平面状工件。

27. 如任一前述权利要求所述的源, 其中所述无功元件被配置成允许通过所述多个电极中的选定电极进行气体馈送。

28. 如权利要求 27 所述的源, 其中所述无功元件被配置成允许通过全部所述电极进行气体馈送。

29. 如权利要求 27 所述的源, 其中所述无功元件的各个电极以淋浴头结构来配置。

30. 如权利要求 27 所述的源, 其中通过各个电极的气体流可被单独

控制。

31. 如权利要求 30 所述的源, 其中对通过各个电极的所述气体流的控制提供多区气体馈送, 从而允许所述等离子体激励区域的不同区域中的不同气体化学性质。

32. 如任一前述权利要求所述的源, 还包括泵, 所述泵允许在所述无功元件的选定相邻电极之间进行抽吸, 以便将气体从所述等离子体激励区域清除。

33. 如权利要求 32 所述的源, 被配置成允许将所述气体从所述源中与所述等离子体激励区域电隔离的区域清除, 从而防止等离子体的再次形成。

34. 如任一前述权利要求所述的源, 其中所述高频发生器是双相电源。

35. 如权利要求 1 至 33 中任何一项所述的源, 其中所述高频发生器是三相电源。

36. 如任一前述权利要求所述的源, 其中所述高频电源以开关模式配置来提供。

37. 如权利要求 36 所述的源, 其中所述开关模式配置包括全部由同一开关驱动的不同相位的电极组。

38. 如权利要求 36 所述的源, 其中所述开关模式配置提供每个电极到其自身开关的耦合。

39. 如权利要求 36 所述的源, 其中所述开关模式配置提供两个或多个电极到单个开关的耦合。

40. 如权利要求 36 所述的源, 其中所述开关模式配置提供低频发生器到 DC 馈电线路的耦合。

41. 如任一前述权利要求所述的源, 其中所述多个元件中的选定元件提供有选自非传导或介电材料的外部涂层。

42. 如任一前述权利要求所述的源, 其中所述多个电极被设置成使得由第一电极所引入的任何电流基本上被第二电极抵消, 从而减小引入到所述等离子体激励区域内的净电流。

43. 如权利要求 42 所述的源, 其中所述多个电极被设置成两组或更多组电极, 每组具有彼此同相的电极, 并且其中所述组中的每组被设置成

使得有效抵消由其它组引入到所述等离子体激励区域内的任何净电流。

44. 一种再入式等离子体探头，包括如权利 1 至 41 中任何一项所述的等离子体源。

45. 一种用于涂覆产品内表面的高频等离子体再入式探头，所述探头包括提供在杆上的电极结构布置，所述杆使所述结构能够插入到所述产品中邻近于所述内表面的区域内。

46. 一种对如任一前述权利要求所述的源进行操作的方法，所述方法包括调节所述高频发生器以优化特定工艺输出的步骤，所述调节允许改变所产生的等离子体的特性直到实现特定的期望工艺输出。

47. 一种对如权利要求 6 中所述的源进行操作的方法，其中所述高频和低频发生器中的每个都控制特定参数，并且所述两个发生器可被单独应用，以便提供期望工艺输出。

48. 一种以开关模式配置来对如权利要求 47 中所述的源进行操作的方法，所述方法包括改变电极电压的摆率、从而通过电容和电感装置来改变耦合到所述等离子体的相对功率量的步骤。

49. 一种对如权利要求 47 或 48 中所述的源进行操作的方法，其中开关之间的时段被控制，以便控制传递给所述等离子体的总功率。

50. 一种对如权利要求 47 至 49 中任何一项所述的源进行操作的方法，其中选择适当的 DC 轨电压以控制离子能量，从而优化所述工艺。

51. 一种用于将射频 (RF) 功率耦合到电极装置以便用于产生等离子体的方法，所述方法包括：

- a. 提供邻近于等离子体空间的多个电极；
- b. 可切换地将所述多个电极耦合到可变频率发生器；以及
- c. 控制开关区域的摆率，从而改变由所述发生器提供到所述等离子体空间内的功率的电感性耦合量。

52. 如权利要求 51 所述的方法，其中所述可变频率发生器为高频发生器。

53. 如权利要求 51 或 52 所述的方法，其中开关之间的时段用于确定沉积到所述等离子体空间内的功率量。

54. 如权利要求 51 至 53 中任何一项所述的方法，其中所述控制摆率

的步骤提供从 RF 范围到超高频 (UHF) 范围的转换, 从而提供对工艺化学和/或电子温度 T_e 的调节。

55. 如权利要求 51 至 54 中任何一项所述的方法, 其中电极保持于高压状态下的时间长度控制所述电极的离子轰击能量, 以及如果所述源被用在限制装置中, 还控制下电极的离子轰击能量。

56. 如权利要求 51 至 55 中任何一项所述的方法, 其中施加到所述电极的电压值的选择控制离子撞击能量。

具有多个异相电极的高频等离子体源

技术领域

本发明涉及等离子源,具体涉及一种具有配置成彼此异相的无功元件的等离子体源,以便在等离子体工艺中提供受控的波长效应。

背景技术

等离子体是导电的电离气体。为了产生等离子体,对容纳的气体(通常容纳在特别设计的室内)施加电场。在离子和电子具有较长寿命的真空室内,这样做相对容易一些。可以将 MHz 范围内的射频(RF)功率施加到浸没在室内的两个金属板或电极上,从而产生电容性放电。或者,可以将 RF 功率沉积(deposit)到安装于室壁上的线圈中,从而产生感应耦合等离子体。

在半导体工业中,等离子体用于将材料沉积到工件上以及从工件上蚀刻材料,所述工件通常为半导体、电介质和金属表面。使用这种工艺以便在衬底上形成特定电子部件。将气体引入工件所位于的真空等离子体处理室中。经过电击穿的气体利用电感性源或电容性源在激励区域中形成等离子体,在电感性的情况下,天线承载邻近于等离子体窗的电流,而电容性源使用具有振荡电压的一个(或多个)电极。直到 20 世纪 90 年代早期,基于电容性的系统都是首选,但是在 1991 年至 1995 年期间,电感性源更为盛行,并继而在金属蚀刻或多晶硅蚀刻应用中占主导地位。然而,这种电感性源等离子体在氧化物蚀刻应用中是有问题的。此外,对用于氧化物蚀刻的电感性系统进行的针对制造准则提供必要性能和稳定性的设计导致基于电感性的系统成本非常高。

在 1998 年左右,这些系统的制造商,比如 Lam Research Corporation 和 TEL 公司开始重新重视电容性系统,以针对该领域中的等离子体蚀刻问题提供更为廉价和可靠的方案。进一步的发展使得以电感性系统的代价重新引入电容性系统。就是在这种环境下,双频电容性系统作为氧化物蚀刻应用的首选而再次出现。

趋向双频系统的这一趋势的原因在于,在单频电容性电抗器(single

frequency capacitive reactor) 中,可增加 RF 功率以获得更高的离子轰击能量,然而等离子体密度也将增加。这两个参数不能使用单频发生器来独立改变。为了提供更大程度的灵活性,可以提供多个电容性等离子体激励频率。典型的方法(比如在 WO03015123 中所描述的那样)采用各附着于一个电极的两个分离的电源(高频电源和低频电源)。采用滤波来最小化两个信号之间的交互作用,例如使用在 KHz 信号将上电极接地、而对 MHz 信号呈现高阻抗的电感器。类似地,使用电容器以针对高频信号将下电极接地。替选配置包括三极管或者其中等离子体被限制于特定径向几何形状内的限制装置,也可以采用两个电源都连接到同一电极的另一布置。在所有情况下,衬底以及因此必需的相关联的衬底处理部件比如销和推杆、冷却剂、传感器等都是 RF 驱动的,因此,耦合到外部世界需要与这些环境相协调。这导致工程复杂性增加,从而不可避免地增加成本。

非常近似地,在双频电容性系统中,高频功率控制等离子体密度,由于较高的电流,更加有效的位移电流增加了到等离子体以及鞘加热机构中的欧姆功率。低频激励影响离子轰击能量。因此,用户有能力分别调节离子轰击能量和等离子体密度,这对于单个激励频率是不容易做到的。这种设计的电抗器在 PECVD(等离子体增强化学气相沉积)和等离子体蚀刻中都有应用。

大多数公知系统使用单个电极,通过该电极可将功率引入到等离子体区域。全部转让给 Tokyo Electron Limited (TEL)的 US2004/0168770、US6,962,664 以及 US6,884,635 描述了一种分段电极结构的使用,这种分段电极结构具有多个电极段,每个段都有耦合到该段的射频电源。控制系统配置成动态地改变阻抗,以匹配等离子体负载阻抗。这些装置被特别设置成使电极之间的任何交互作用最小化,因而意味着电极元件彼此同相。然而,在所有情况下,仍然有净电流被引入到等离子体中,其在工作频率可在电磁功率分配时引起波长效应,从而导致非均匀电压和电流,非均匀功率沉积到等离子体内,以及在衬底表面上造成的非均匀工艺(蚀刻和/或沉积)。

除了电抗器设计中的这些优势之外,也存在许多问题。这些问题包括上述波长效应,所述波长效应引起电压非均匀性以及平行于电极表面的等离子体中引入电流;并且在这些情况下还有非均匀功率沉积,可以预期该非均匀功率沉积产生非均匀等离子体密度,其使等离子体性能降级。

因此,需要提供一种配置成克服这些以及其它问题的等离子体源。

发明内容

根据本发明的一种等离子体源解决了这些以及其它问题。根据本发明的第一实施例的这种源提供多个相邻电极，每个电极相对于其相邻电极异相。

所述电极可以包括例如平面状、半球状、穹顶状、凸起状、凹陷状和/或起伏状等多种不同几何配置中的任何一种来配置电极。所述电极可以设置成与所产生的等离子体直接接触。使用根据本发明的装置，可通过改变电极间隔和/或功率分配设计和/或诸如电容器和/或电感器等有源元件的包括情况来控制相对的中心到边缘功率沉积。

因此，本发明提供一种根据权利要求 1 的等离子体源，其优选实施例在从属权利要求中详细描述。本发明还提供一种根据权利要求 46 和 47 的对源进行操作的方法，在其从属权利要求中提供优选实施例。本发明还提供一种如权利要求 51 所要求的用于将 RF 功率耦合到电极装置的方法，在从属权利要求中提供优选实施例。一个实施例中还提供了一种如权利要求 44 或 45 中所详细描述的再入式探头 (re-entrant probe)。本发明还提供一种基本上如在下文中参考以下附图所描述的等离子体源。

现在将参考本发明的示例性实施例对本发明的这些以及其它特征进行描述。

附图说明

图 1 示出了本发明的一个说明性实施例的示意图。

图 2 是对图 1 中系统的改型，示出了针对 LF 电源的替选耦合布置。

图 3 以示意形式示出了将本发明的等离子体源用于薄膜卷的布置。

图 4 是可在三相供电布置中使用的电极布置的例子。

图 5 示出了针对用于图 4 中的电极装置的两个电源之间的相位差的典型设置。

图 6 示出了根据本发明的用于将气体引入并抽吸到等离子体室中的替选抽吸装置。

图 7 示出了根据本发明教导在源的操作中使用的开关序列的例子。

图 8 是根据本发明教导的再入式探头的示意图。

图 9 是可用于使用开关来提供高频功率连同将 LF 发生器耦合到两个或多个电极的这种类型电路的例子。

具体实施方式

图 1 示出了根据本发明一实施例的等离子体源 100 的工作部件示意图。源 100 包括等离子体激励区域 110，可将工艺气体引入该区域中。该区域限定了最终等离子体空间，并且就在该区域内，气体转变成等离子体，该等离子体然后用来处理置入该区域内的工件。等离子体激励无功阻抗元件 105 设置在激励区域 110 以上。该元件耦合到高频 (HF) 发生器或源 125，对该元件应用高频发生器 125 是用于控制等离子体的密度。在本说明书中，术语高频旨在包含 10MHz-300GHz 范围内提供的电磁辐射，其有时也被称为在射频至超高频范围内的频率。参考电极 115 设置在区域 110 以下，并选择性地耦合到低频 (LF) 源，应用低频源是用于控制撞击表面的离子能量 (按照现有技术)。用于本发明的源的低频发生器的典型值给出 75-460kHz 范围内的输出—示例发生器包括由 ENI 和 RFPP 以及 Advanced Energy 制造供应的发生器。在本发明的范围内，低频源是主要驱动离子能量并造成鞘上的电容性电压的源。在低频源可与高频源结合操作的情况下，理想的是能够区分这两个源，并且因此理想的是低频和高频工作频率间的数量级间隔是足够的。所述 LF 旨在具有足够低的等离子体电流，使得与 HF 功率相比，欧姆功率沉积— I^2R —较小。这样，LF 贡献主要在于电极上的电压。应理解，某些应用可理想地提供串联的两个或更多 LF 部，例如一个为 13.56MHz，另一个约为 300-800kHz。

参考电极提供用于工件 (未示出) 的支架，所述工件通常为半导体、电介质或金属衬底。对元件 105、115 施以适当的场用于在等离子体中产生并维持离子和自由基 (radical) 相对于中性物质的正确比率以及对入射到工件上的离子的能量的控制；激励区域中这些粒子的停留时间和气体运送起着重要的作用。需要这种控制来确保所采用的所选沉积或蚀刻工艺的正确方法。

根据本发明，无功元件由多个单独的电极制成，在该例子中示出为四个电极 105a、105b、105c、105d，这四个电极组合形成两组电极 105a/105c 和 105b/105d。理想的是，提供偶数目的电极，且每个电极单独地耦合到

高频电源，该高频电源被配置成向相邻电极提供差分信号。这样，施加到第一电极 105a 的信号与施加到其紧邻电极 105b 的信号是异相的。类似地，电极 105b 与电极 105c 是异相的，且电极 105c 与电极 105d 是异相的。这样，可以认为高频发生器或驱动器在两组电极之间产生了差异。通过电感性耦合的固有属性，波长效应将出现在电极和等离子体中，然而构成本发明的无功元件的多个电极是有利的，原因在于与传统的单个电极的非均匀性效应问题相反，波长效应可以被控制以便产生期望的等离子体密度。选择并优化单个电极的尺寸，使得邻近于无功元件发生的与电极尺寸的标度长度 (scale-length) 有关的非均匀性不会导致衬底处过度的等离子体非均匀性。应理解，这些尺寸可根据使用等离子体源的特定应用而变化，但理想的是每个单独电极的尺寸小于或等于源和衬底或工件之间的距离，从而提供均匀性效应 (如果具体应用要求如此的话)。如果需要电流均衡，还可以可选地包括变压器 111。

本发明的源所提供的多个电极允许对感应到等离子体空间中的净电流进行控制。应理解，在高频，引入到等离子体空间中的任何净电流都会通过波长效应反映成工件表面上的电压不对称，这是不利的。通过电流到相邻段的有效耦合，可减少感应到等离子体空间中的净电流的和，从而消除工件上的这些波长效应。在阵列结构中，其中多个段被分成若干组相似配置的同相电极，每个组可将净电流引入到空间中，然而通过基本上彼此抵消，所引入的净电流的组合或和将被减小。通过驱动彼此异相的不同组来实现这种抵消，实际效果是一个电极组所引入的任何相位效应都被另一个电极组所引入的相位效应抵消。

图 2 示出了等离子体源 200，其是对图 1 的装置的改型，其中 LF 和 HF 源二者都耦合到无功元件。在该实施例中，HF 发生器和 LF 发生器可以同时应用或彼此独立地应用。通过将两个发生器耦合到同一无功元件板，可将下电极、参考电极接地。不必在该路径中提供到地的电容器 (即，参考电极可以直接耦合到地)，且允许参考电极接地的这种布置是极其有利的，原因在于针对室的工程要求得到了简化。例如，在提供了可移动的底台的布置中，传统上需要构成该可移动台的波纹管 (bellow) 来限定未知且可变的阻抗路径；利用该底台的接地，就不再有此需求。应理解，利用本领域公知的技术，通过限制等离子体空间，可在感兴趣的区域内使 LF 输出效应最大化。这可以通过多种途径例如石英限制环等来实现。

可以以差异模式或共同模式来提供 LF 源。在差异模式下，利用施加

到第一电极的低频信号与提供给其紧邻电极的低频信号异相,将离子能量提供到无功元件电极上或耦合到所述无功元件电极的介电材料上。如果以共同模式来提供 LF 源,则较大的离子能量被提供到参考电极上,并且在等离子体空间内引入净电流。这种以共同模式配置对构成无功元件的多个电极的驱动因而控制了到设置在参考电极上的工件上的离子轰击。应理解,差异模式导致对衬底(参考电极)是较低的离子能量,而对无功元件维持高的离子能量,以便溅射材料和/或保持电极干净而免于沉积。与参考图 1 所描述的类似,可以可选地提供变压器 112,用于以共同模式或差异模式来耦合 LF。此外,所描述的用于提供 LF 的方法将被理解为如下类型方法的示例:其可实施为,应理解可以使用其它技术,比如将 LF 功率连接到 HF 线路的 LF 匹配盒部件或低通滤波器,来将 LF 功率耦合到系统中。

可以以 VHF 或 RF 模式来操作发生器或电源,区别在于,在 VHF 模式下,高频将进行电感性耦合,而在 RF 模式下,其将进行电容性耦合。改变频率的能力使得能够控制从电感性放电到电容性放电的转变,因此能够经历从高频到低频,反之亦然,而不会如在现有技术的布置中使用单个电极的情况下将发生的那样,导致非均匀蚀刻(或者使用等离子体处理提供的任何一种表面处理)轮廓作用在工件上。尽管电感性放电成为主导时的实际频率不确切,但是认为在约 500MHz 的频率处,等离子体放电主要是基于电感性的。

在对在此之前所描述的改型中,本发明还提供工作在与正弦操作相对的开关模式下的 HF 源。这种开关模式操作的优势在于,可改变开关区域的摆率(slew-rate),从而产生将决定电感性耦合量的“有效频率”。无功元件被置于高压状态下(即平稳区域(plateau region)中)的时间长度将控制上电极的离子轰击能量,以及如果所述源被用在限制装置中,则该时间长度还控制下电极的离子轰击能量。高压值的选择是有用的,原因在于其控制离子撞击能量并辅助保持上电极干净。斜升之间(即开关之间)的时段的控制使得能够控制沉积到空间中的功率。在一般电子器件领域中,众所周知开关模式发生器具有良好限定的特性和部件。使用这种开关模式发生器的能力使得等离子体源成本降低,这是因为开关模式发生器比等同的基于正弦的发生器便宜。通过控制摆率,使得易于从 RF 范围移到超高频(UHF),从而有可能调节工艺化学(process chemistry)和/或电子温度 T_e 。这种开关模式操作的一个例子在图 7 中示出,其中图 7a 中示出可以提供具有相对恒定的高压或低压信号的平面状平稳区域,而在图 7b

中，提供了一种多阶布置。开关区域被标记为“A”，而平稳区域为“B”。“A”区域也可被认为是由电压开关和电极之间的无功元件所引起的过冲，可对其进行设计和控制。

图 9 示出了可用于提供这种开关模式操作的这种电路配置的一个例子。在该布置中，LF 发生器 900、负电源 905 以及正电源 910 全都通过一个或多个场效应晶体管 (FET) 920 或一些其它开关元件而可开关地耦合到一个或多个电极 925。优选的是，所使用的任何开关都是高速开关。电极可以单独地耦合到相应的电源，或者可以分成在同一时间全部被开关的若干组电极。FET 驱动器元件 930 耦合到 FET 以便控制切换，而所选择的将被切换的电极之一由控制线路 935 来确定。在图 9 所示的实施例中，控制线路通过变压器的线圈 940 耦合到 FET 驱动器（以相似方式耦合到 LF 源、正电源和负电源）。在例如控制线路被设置为光馈（optical feed）的另一实施例中，其可直接耦合到 FET 驱动器。

至此，已经参考被配置成对平面状工件进行操作的等离子体源对本发明进行了描述，其中构成无功阻抗元件的电极和参考电极基本上平行于彼此且平行于工件。这种布置对于在提供用于蚀刻的平面状晶片的半导体环境中应用是有利的和有用的。然而，公知的是等离子体源还可用于期望处理非平面状衬底情况下的其它应用，所述非平面状衬底例如是在织物丝网印刷（textile screen printing）应用中的薄膜卷。图 3 以示意形式示出了可如何配置本发明从而在这种布置 300 中使用本发明，在布置 300 中，薄膜卷 305 最初提供在卷轴 310 上。薄膜从初始卷轴 310 展开到展开台 315 上的，穿过等离子体源 105（薄膜在离子体源 105 中被处理），并且重新绕在重绕台 320 上。本发明的等离子体源适于处理这种大尺寸表面，因为构成无功元件的多个电极能够在扩展区域上提供均匀的等离子体。本发明的布置允许提供更高频率源来使用，因此薄膜穿过等离子体源的速度可增加。这些更高频率不会导致等离子体质量的下降，因为无功元件的多个电极提供了更高密度应用而不会使所应用的等离子体的均匀性降低。应理解，还可以这种布置还可以被修改以用于需要大面积同时处理的等离子体屏幕、LCD 显示器、金属/玻璃上工业涂覆等等。尽管该实施例所示出的 LF 源是耦合到衬底板，但是应理解，在类似参考图 2 所描述的方式下，还可以通过上部无功元件来进行低频馈送。本发明的一个特征是所述源还可以在材料行进的方向上扩展。这样，表面的等离子体处理（蚀刻、沉积、表面特性的改变等）量可由等离子体源的物理范围来控制。这进一步允许多个处理步骤的集成，其中不同步骤所进行的处理的量可以单独得到优

化。例如，如果正被处理的材料具有 1m/min 的速度，并且穿过具有 25 和 50cm 的物理长度的两个连续等离子体源区域，则针对这两个源的有效处理时间将分别是 15 和 30 秒。这样，根据本发明教导的电极布置可以以两种尺寸提供，其中第二尺寸允许衬底移动穿过反应空间，允许当其行进穿过所述源时进行网的连续处理。

某些应用可能需要使用弯曲的处理区域。本发明以两种途径之一提供这种处理。首先，在类似参考图 3 所描述的方式下，本发明利用无功元件的基本平面状布置来处理弯曲工件。图 4 示出了根据本发明的教导的替选布置，其中源可施加到非平面状等离子体空间。在该例子中，优选的是提供一种电极配置，其可以以非平面配置（通过以非平面状几何形状来设置平面电极或者提供非平面电极）来配置。图 4 的例子示出了前一种布置，其中多个平面电极以六边形紧密包装配置 400 来设置，该配置 400 包括多个单独的六边形尺寸的电极 405。与图 1 至 3 的配置中的直接推拉操作相对，在该例子中使用三相驱动机制，并且每个单独的电极耦合到三个电源（分别由标记 1、2、3 标识）中相应的一个上。和先前附图的实施例一样，没有两个相邻的电极彼此是同相的——见图 5 中针对每个电源的输出配置的例子。为了辅助电流均衡，可以使用三线变压器（tri-filar transformer），其优势在于允许在衬底上提供低压以及电流均衡。在其它环境下，应理解，在驱动净电流以及因此导致的净电压到参考电极内是有用的某些应用中，可发现具有电流不均衡元件是有利的。还应理解，双相和三相源的例子是这种类型频率发生器的示例，其可与本发明的无功元件一起使用，并且某些其它应用可能需要能够提供更高阶相位电源的源。

本发明的电极布置所允许的几何形状可以用来提供诸如图 8 中所示的再入式探头。在再入式探头 800 的该示例性实施例中，电极结构 805 提供在杆 810 的末端。所述杆用于将结构 805 插入受限区域，从而实现将等离子体涂覆到内表面的应用，用于诸如瓶涂覆、汽车和航空部件以及不适于传统等离子体应用的其它部件的处理等应用。在本发明所提供的 RF 再入式探头中，射频可在电极结构本地提供，或者在探头外部产生，并沿所述杆向下传送到所述结构。在所述结构设置为球形几何形状的情况下，电极可以例如以设置成半球形布置的两个不同段 815a、815b 的形式或设置在球体表面附近的多个段的形式来设置，有点类似于高尔夫球上的陷窝（dimple）布置。对参考球形几何形状的再入式探头的描述并非旨在限制，与以高频供电的多个电极一起实施的任何再入式探头旨在包括在本发明的范围内。

尽管本发明的等离子体源可以与公知的气体分配馈送装置一起使用，所述公知的气体分配馈送装置比如是簇射效果电极（shower effect electrode），其中径向气体流动和抽吸到等离子体空间的周边，但是在某些实施例中，本发明还提供利用允许从下部参考电极除去气体的气体分配馈送装置的源。图6示出了这种源的一部分，其中图示了构成无功元件的两个相邻电极。电极安装在气体馈送室600以下，并且该室内的气体可首先通过进入管道620引入到馈送室630，然后通过设置在这种类型的电极上的多个孔605引入等离子体激励区域110，该类型的电极对于现有淋浴头技术领域的技术人员将是公知的。一旦气体已经进入到激励区域110中，其然后流向接地板610，该接地板在电极以上提供进入抽吸气室（pumping plenum）620的气体出口615。抽吸气室与等离子体空间电隔离，从而避免了在该区域内再次形成（reforming）等离子体的可能性。将气体抽吸出激励区域避免了蚀刻气体与在参考电极上正被处理的衬底相互作用的可能性。在气体绕电极运动这种布置中，必须利用介电材料625比如二氧化硅等等来涂覆电极。这种介电涂覆被示出为限定气体的出口路径，但涂覆的确切范围可根据应用而变化。

应理解，这里所描述的是一种新的等离子体源，其通过电极间隔和/或功率分配设计和/或有源元件比如电容器和/或电感器来提供中心到边缘的功率沉积，以便提供受控的均匀性轮廓等离子体。在某些应用中，这可以要求在应用的某些区域有不同的等离子体轮廓，使得特别选择的区域是与其它区域相对的更大程度等离子体沉积的区域。其它应用可能要求衬底上的相同轮廓。尽管已经参考示例性实施例对电极进行了描述，也应理解，针对特定应用所选择的配置可以是使得电极布设在任意形状的等离子体面对元件上，所述任意形状包括例如平坦状、半球状、穹顶状、凸起状、凹陷状、波纹状。电极可以直接接触等离子体，或者也可以通过由比如SiN、AlN、SiC、SiO₂、Si等材料提供的介电窗与等离子体进行交互作用。本发明的布置相对于现有技术具有许多独特优势，包括：

与离子能量（ E_{ion} ）和离子流量（ Γ_{ion} ）的HF+LF独立控制兼容。

跨（scan）RF到UHF范围的能力允许全新的等离子体控制，即，独立于等离子体密度和离子能量对等离子体化学性质（plasma chemistry）的控制。

由于构成无功元件的单个电极可以尺寸较小，并且这些尺寸可限定等离子体空间，因此可提供具有小的等离子体空间的等离子体源。从单独的

电极或电极对耦合的任何单独的非均匀功率都不会在距电极足够大的距离导致非均匀等离子体密度。特别地，应理解，由于每个单独元件的尺寸减小，因此全部所产生的等离子体在等离子体空间内被均衡所需的距离减小。由于所述源可被配置成在扩展的区域上以及同样地适合于在大的衬底（300mm 晶片、FPD、织物等等）上提供最小的中心到边缘功率沉积效应，因此所述源可以与多种不同尺寸的衬底一起使用。这使得从一种大小的衬底缩放到另一种大小的衬底的工艺简化。

类似地，可使用高频源是有利的，因为可以选择工作频率来匹配所需要的工艺，并且可达到比此前所实现的频率更高的频率而不会引入等离子体非均匀性。

所述源可以与现有的发生系统类似的气体分配馈送装置一起使用，或者可以可替换地与这样的分配馈送装置一起使用，该分配馈送装置使蚀刻剂或沉积副产气体与衬底材料之间的任何交互作用最小化。

由于下电极可以接地而使得系统成本降低。这是特别有利的，原因在于不再需要提供高频底板，该高频底板要求辅助设备与地隔离，而本发明的配置允许辅助设备接地。

与先进的 HF 电源技术以及直接驱动开关模式电源兼容，其可以以较低的成本提供必要的频率。没有 HF 通过下电极，因此可变间隙更易于设计。由于 HF 成分被单独应用到无功元件，因此可以使通过室体返回的 HF 最小化，使得未受限制的等离子体发生的可能性很小。此外，不再需要在室的其它部件中严格地提供这种 HF 路径。

应理解，本发明提供多个物理上独立的不同无功元件，其中相邻电极彼此异相地耦合。应理解，如果两个相邻电极彼此同相耦合，则它们实际上类似于物理上更大的单个电极，并且这种单个更大电极将与其紧邻电极异相。

本发明的无功元件可以以任何配置或阵列结构（例如 2-D 阵列或线性结构）来提供。应理解，所述结构可以根据所需的应用而缩放尺寸。应理解，本发明的配置提供这种缩放，同时维持与 VHF/UHF 操作需求和性能水平的兼容性。

应理解，这里所描述的是对与传统的单个电极方法相对的、使用多个电极的等离子体源的不同改型。通过实现根据本发明的教导的源，可使每晶片成本更低，针对半导体和平板制造工艺中的蚀刻和化学气相沉积

(CVD) 获得更高产量, 以及可放大到大于 300mm 晶片并在大格式显示器中使用。由于通过驱动器控制以及通过气体抽吸装置、边缘效应减小以及通过允许使用小的等离子体空间来产生等离子体而对等离子体进行更大程度的控制等多种原因, 这些优势以及其它优势是可能的。

在多种不同技术中, 使用按照本发明的教导的等离子体源是有益的。这些技术包括等离子体蚀刻、CVD 以及改变。后面的应用 (即改变) 是这样的情况, 即, 使用等离子体技术对衬底的处理可用于有效改变衬底的表面特性。这可以通过改变表面的物理和/或化学特性来实现, 而不需要材料的 (基本上) 沉积或去除。例如, 可以仅通过改变脂类末端的悬键 (dangling bond) 使表面疏水或亲水—例如使羊毛吸收水, 从而可以使用基于水的染料。有时所述改变被称为“功能化 (functionalizing)”和/或“钝化 (passivating)”。在这三种技术方向中的每种技术中, 都有适于本发明的等离子体源的多种应用。这些应用包括等离子体蚀刻晶片制造设备、等离子体蚀刻在生产分立显示衬底以及分立光电衬底中的使用、在卷对卷 (roll to roll) 光电衬底生产中的等离子体蚀刻、用于比如光电、建筑玻璃的分立衬底、航空和航天涂覆、医疗设备、汽车应用的 CVD, 以及用于卷对卷应用例如用于与纸张、金属、织品以及塑料的 CVD。

因此, 尽管已经参考示例性的说明性实施例对本发明进行了描述, 也应理解, 参考某个图所描述的特定部件或配置在适合于另一图的配置的情况下也可以被同等地使用。对本发明实现的这些例子的任何描述并非旨在以任何方式来限制本发明, 在不背离本发明的精神或范围的情况下可进行修改或变换。应理解, 不应以任何方式来限制本发明, 除非根据所附权利要求可被认为是必要的。

类似地, 词语包括 (comprises) /包括 (comprising) 用在本说明书中是表示所陈述的特征、整数、步骤或部件的存在, 而不排除一个或多个其它特征、整数、步骤、部件或它们的组的存在或增加。

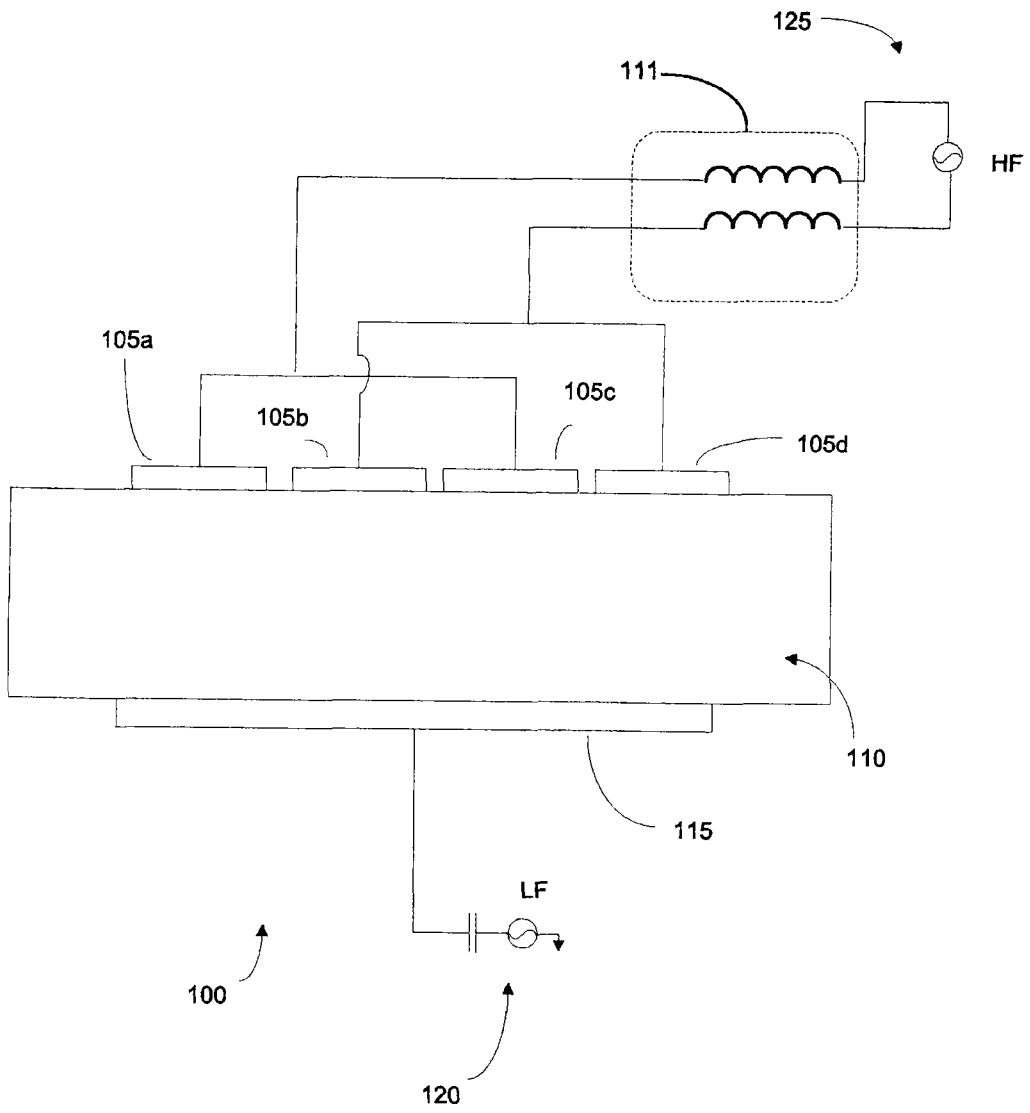


图1

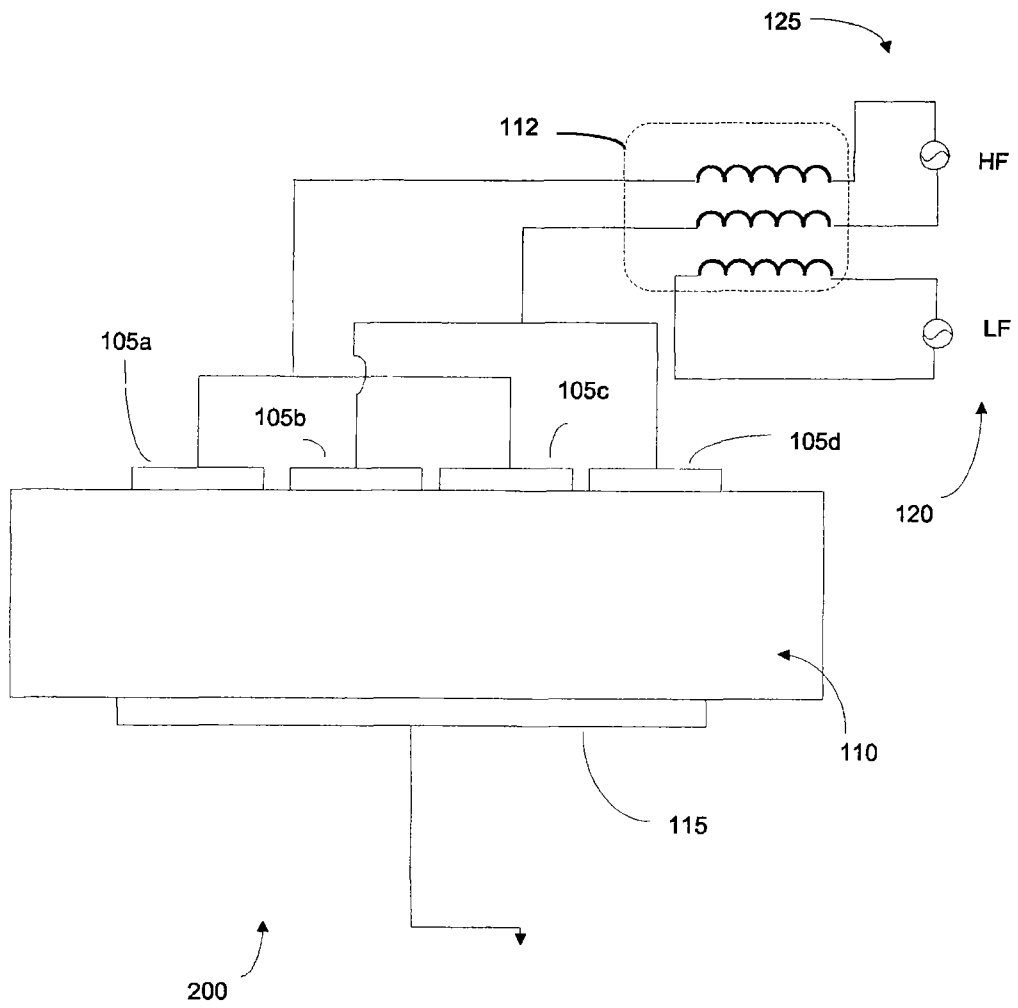


图 2

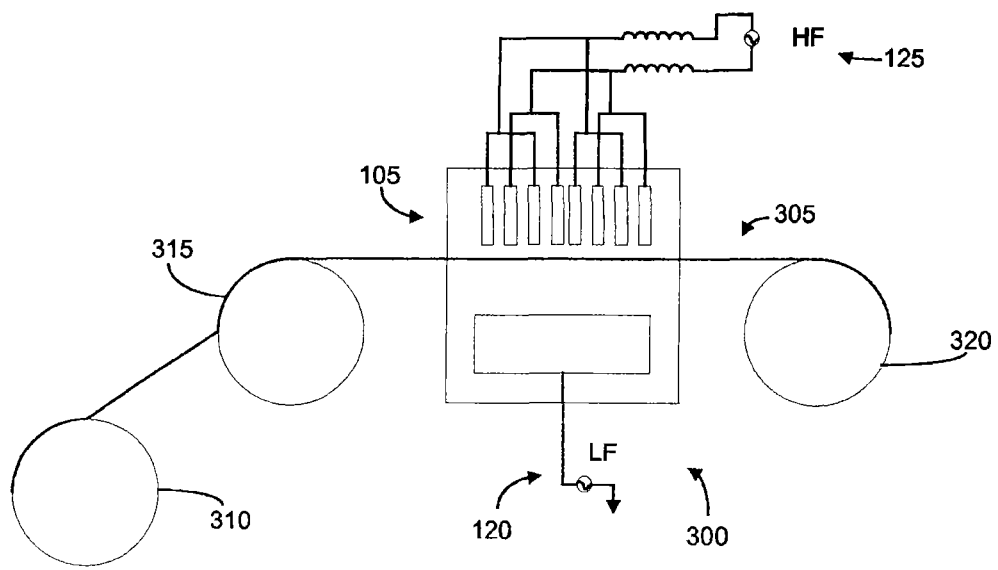
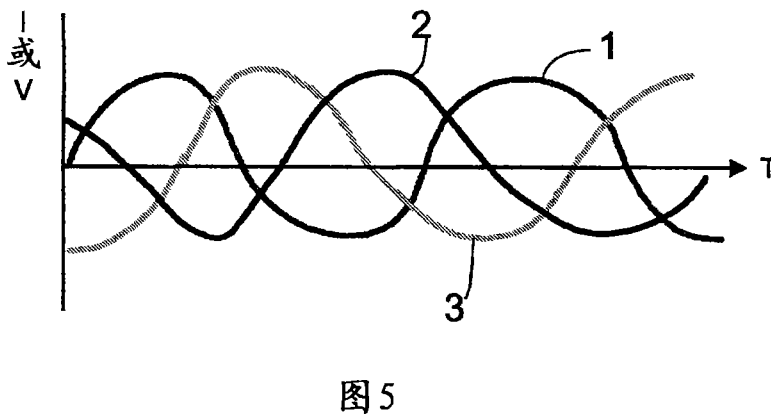
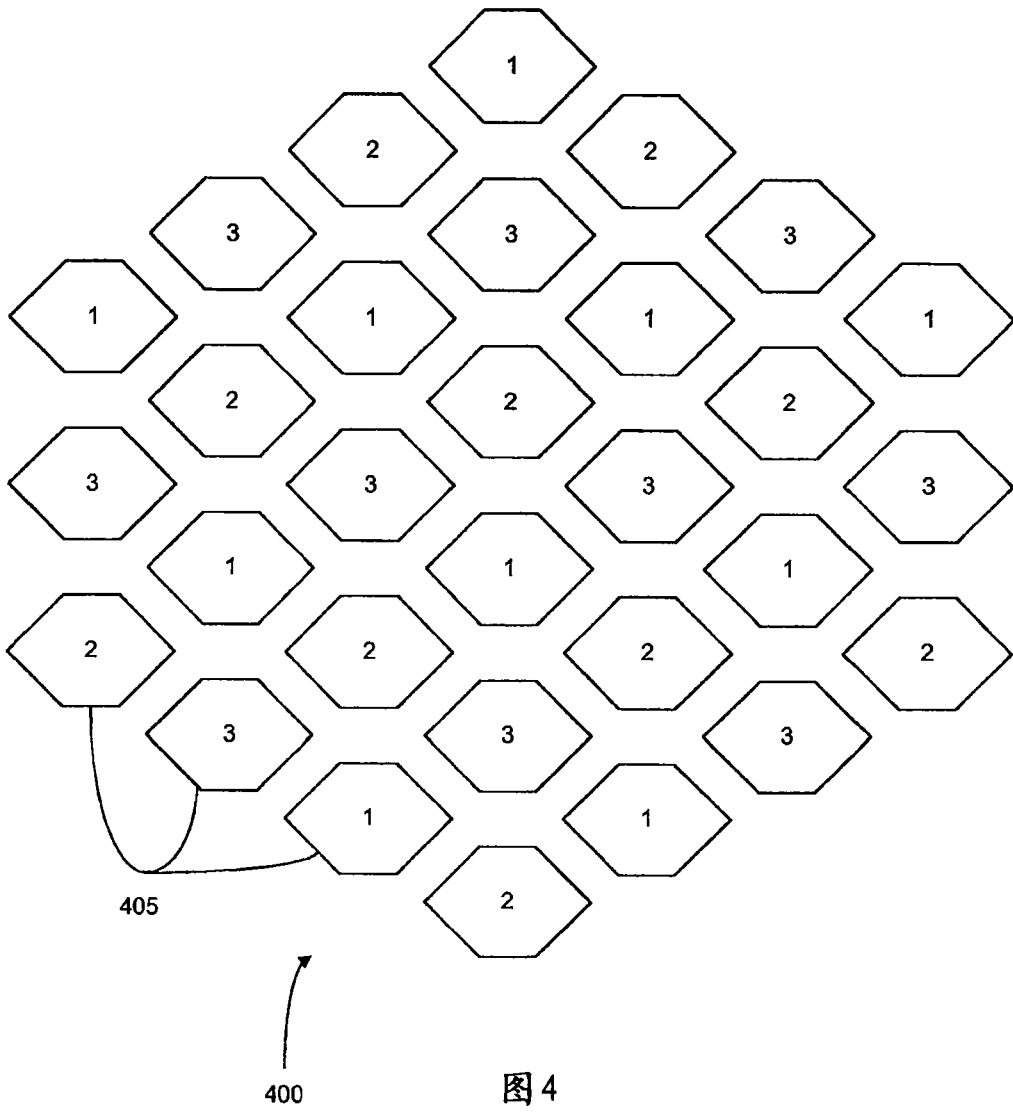


图3



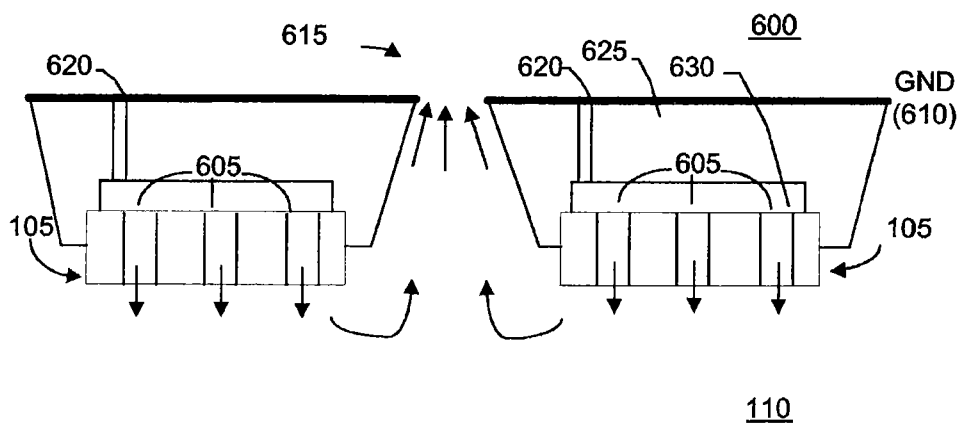


图6

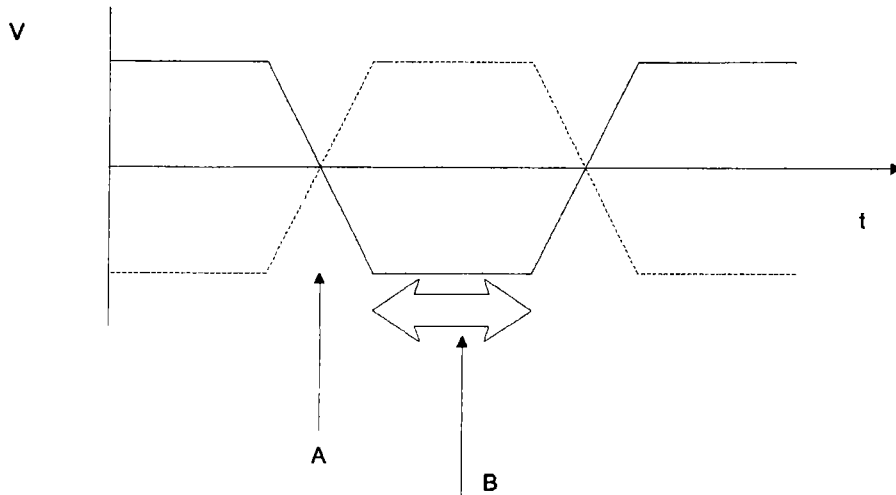


图7a

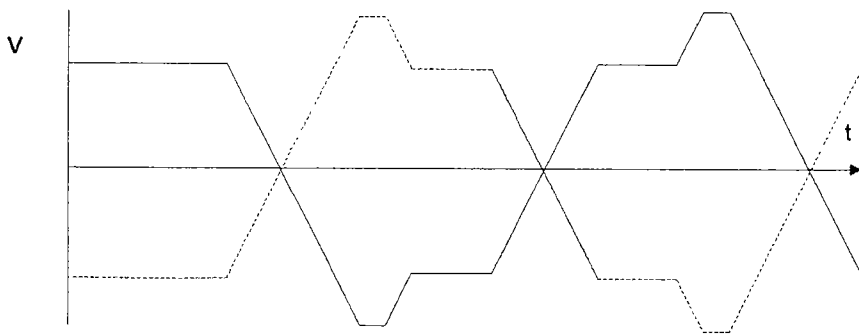


图7b

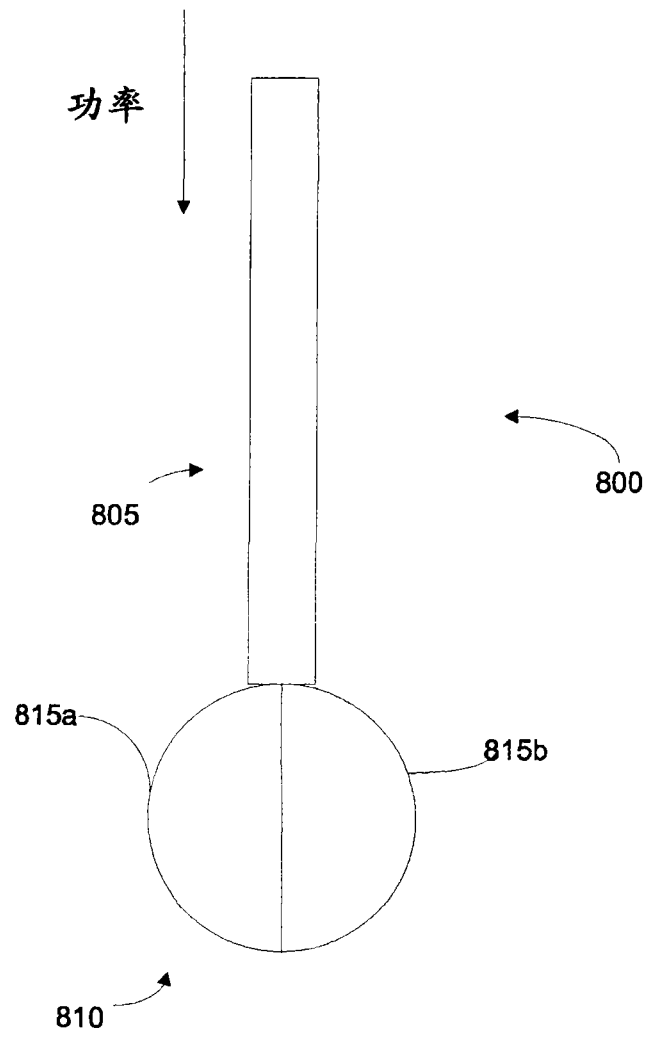


图8

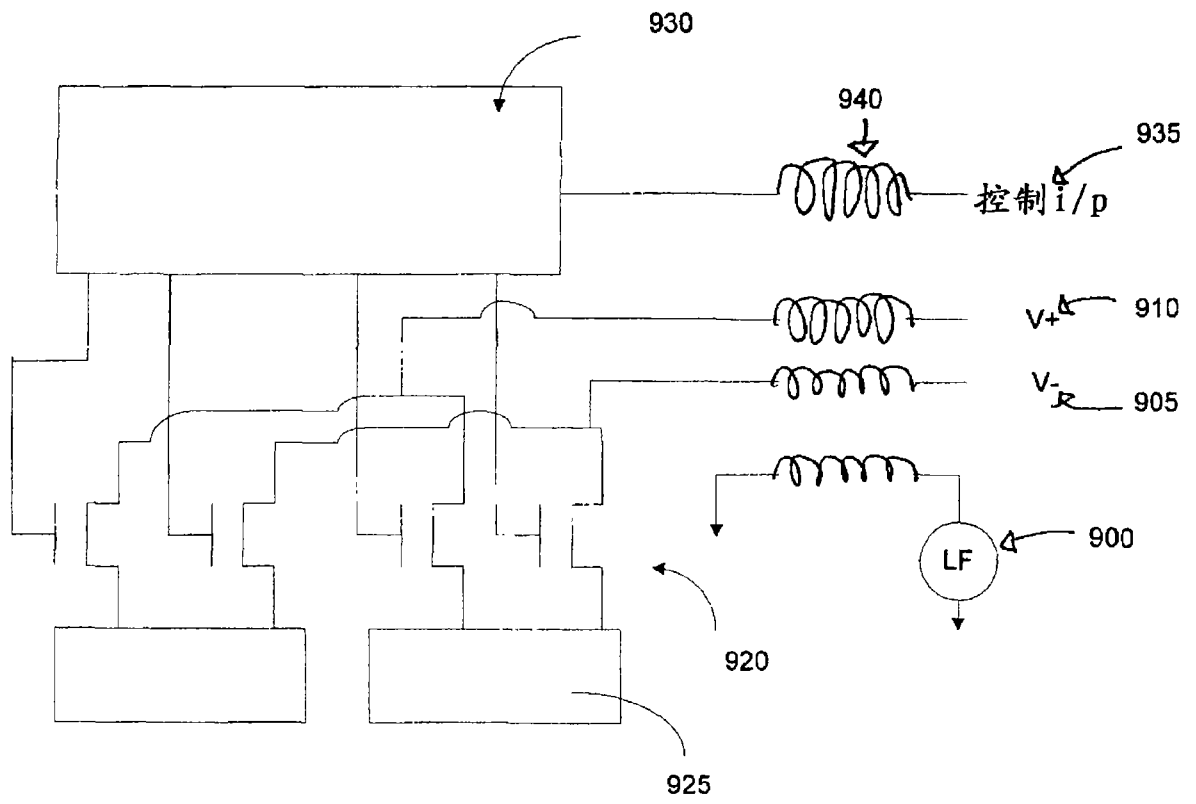


图9