(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 102971825 A
(43)申请公布日 2013.03.13

(21)申请号 201080051532.8
(22)申请日 2010.11.17
(30)优先权数据
61/261,983 2009.11.17 US
12/947,078 2010.11.16 US
(85)PCT申请进入国家阶段日
2012.05.14
(86)PCT申请的申请数据
PCT/US2010/056952 2010.11.17
(87)PCT申请的公布数据
WO2011/062945 EN 2011.05.26
(71)申请人 瓦里安半导体设备公司
地址 美国麻萨诸塞州格洛斯特郡都利路35号
(72)发明人 安东尼·雷诺 卢多维克·葛特
提摩太·J·米勒 约瑟·C·欧尔森
维克拉姆·辛 詹姆士·布诺德诺
迪帕克·瑞曼帕 拉塞尔·J·罗
阿塔尔·古普塔
凯文·M·丹尼尔斯
(74)专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理有限公司 11205
代理人 臧建明
(51)Int.Cl.
H01J 37/317(2006.01)
H01J 37/32(2006.01)
H01L 21/265(2006.01)
H01L 21/266(2006.01)
C23C 14/48(2006.01)

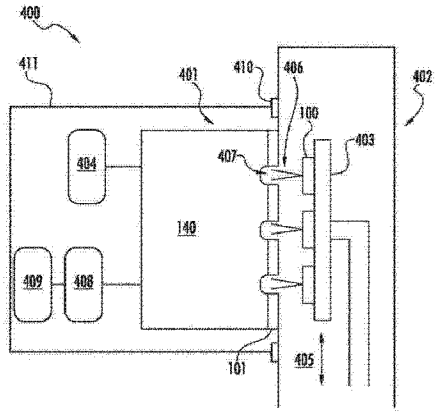
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 16 页

(54)发明名称

可控制地植入工件的装置与方法

(57)摘要

一种等离子体处理装置包括等离子体源，所述等离子体源经组态以在等离子体腔室中产生等离子体，以使得所述等离子体含有用于植入至工件中的离子。所述装置亦包含具有孔隙配置的聚焦板配置，所述聚焦板配置经组态以修改接近所述聚焦板的所述等离子体的等离子体外鞘的形状，以使得离开所述孔隙配置的孔隙的离子界定聚焦离子。所述装置还包含与所述聚焦板隔开的含有工件的处理腔室，以使得在所述工件处的所述聚焦离子的固定植入区域实质上比所述孔隙窄。所述装置经组态以藉由在离子植入期间扫描所述工件而在所述工件中形成多个图案化区。



CN 102971825 A

1. 一种处理装置，包括：

等离子体源，经组态以在等离子体腔室中产生等离子体，所述等离子体含有用于植入至工件中的离子；

具有孔隙的聚焦板，所述聚焦板经组态以修改接近所述聚焦板的等离子体外鞘的形状，以使得所述离子离开所述孔隙以界定聚焦离子；以及

与所述聚焦板隔开的含有所述工件的处理腔室，其中所述聚焦离子具有实质上比所述孔隙窄的植入宽度，且所述处理腔室经组态以藉由在植入期间扫描所述工件而在所述工件中形成多个图案化区。

2. 根据权利要求 1 所述的处理装置，其中所述聚焦板包括多个孔隙。

3. 根据权利要求 2 所述的处理装置，其中所述多个孔隙包括毯覆式孔隙以及选择性孔隙集合，所述毯覆式孔隙以及所述选择性孔隙集合经组态以在沿着第一方向扫描所述工件时产生所述工件的毯覆式植入以及选择性区中的植入。

4. 根据权利要求 1 所述的处理装置，还包括工件固持器，所述工件固持器经组态以在两个方向上扫描所述工件。

5. 根据权利要求 4 所述的处理装置，所述工件固持器包括水平固持器、垂直固持器、倾斜固持器以及倒置固持器中的一者。

6. 根据权利要求 1 所述的处理系统，其中所述孔隙具有约 0.5 毫米至 5 毫米的宽度，且所述植入宽度为约 5 微米至约 2 毫米。

7. 根据权利要求 1 所述的处理装置，还包括工件固持器，所述工件固持器经组态而在给定扫描中以可变扫描速率沿着所述工件的第一方向扫描，其中不同离子植入含量的多个植入区域是在于所述第一方向上扫描之后形成，以形成所述多个图案化区中的至少一者。

8. 根据权利要求 7 所述的处理装置，其中所述等离子体的所述离子与掺杂剂物质相关联，其中不同掺杂剂浓度的多个植入区域是在于所述第一方向上扫描之后形成。

9. 根据权利要求 1 所述的处理装置，其中所述等离子体源经组态以产生脉冲等离子体。

10. 根据权利要求 1 所述的处理装置，其中所述处理装置经组态以将脉冲偏压供应至所述工件。

11. 根据权利要求 1 所述的处理装置，其中所述处理装置经组态以将脉冲偏压供应至所述等离子体。

12. 根据权利要求 1 所述的处理装置，其中所述孔隙包括阵列，所述阵列对应于所述工件中的所述多个图案化区中的至少一者的所要植入图案。

13. 根据权利要求 1 所述的处理装置，其中所述等离子体腔室中的所述离子为第一类型的离子物质，所述处理装置还包括：

工件固持器；

第二等离子体源；

具有孔隙的第二聚焦板，所述第二聚焦板经组态以修改接近所述第二聚焦板的等离子体外鞘的形状，以使得所述离子离开所述孔隙以界定聚焦离子；以及

第二等离子体腔室，耦接至所述第二等离子体源，且经组态以供应第二类型的离子物质，其中所述工件固持器经组态以在所述聚焦板以及所述第二聚焦板下扫描以便选择性地

植入所述工件，其中各别第一区域以及第二区域对应于所述第一类型的离子物质以及所述第二类型的离子物质。

14. 根据权利要求 14 所述的处理装置，其中所述第一类型的离子物质为 n 型掺杂剂，且所述第二类型的离子物质为 p 型掺杂剂。

15. 根据权利要求 5 所述的处理装置，还包括程序控制装置，所述程序控制装置安置于所述工件固持器上或附近，且包括经组态以即时量测离子剂量的孔隙配置以及检测器。

16. 根据权利要求 14 所述的处理装置，其中所述第一类型的离子物质为 n 型掺杂剂，且所述第二类型的离子物质为 p 型掺杂剂。

17. 一种植入工件的方法，包括 ：

邻近于含有等离子体的等离子体腔室提供聚焦板，所述聚焦板经组态以穿过将聚焦离子朝向所述工件提供的至少一个孔隙自所述等离子体提取离子 ；

在工件固持器与所述等离子体之间提供偏压，以将所述聚焦离子朝向所述工件吸引，所述工件安置于所述工件固持器上 ；以及

相对于所述聚焦板扫描所述工件，以便在所述工件中产生多个选择性植入区。

18. 根据权利要求 17 所述的植入工件的方法，其中所述聚焦板包括毯覆式孔隙以及选择性孔隙集合，且其中在单一扫描中扫描所述工件产生处于第一离子剂量的所述工件的毯覆式植入与处于第二较高剂量的所述工件的区域集合的选择性植入。

19. 根据权利要求 17 所述的植入工件的方法，还包括 ：

将具有第一脉冲频率的源脉冲供应至所述等离子体 ；

在所述聚焦板的所述孔隙定位于所述工件的第一区域之上时，提供第一偏压脉冲集合，所述第一偏压脉冲集合具有第一偏压脉冲频率，其中所述第一偏压脉冲集合与所述源脉冲同步 ；以及

在所述聚焦板的所述孔隙定位于所述工件的第二区域之上时，提供第二偏压脉冲集合，所述第二偏压脉冲集合具有不同于所述第一偏压脉冲频率的第二偏压脉冲频率，其中所述第二偏压脉冲集合与所述源脉冲同步。

20. 根据权利要求 17 所述的植入工件的方法，其中扫描所述工件包括以第一扫描速率扫描所述工件的第一区域以及以第二较高扫描速率扫描所述工件的第二区域。

21. 根据权利要求 17 所述的植入工件的方法，其中扫描所述工件包括在以第一脉冲速率将脉冲施加至所述等离子体的同时扫描第一区域，以及在以第二较高脉冲速率将脉冲施加至所述等离子体的同时扫描第二区域。

22. 根据权利要求 17 所述的植入工件的方法，其中扫描所述工件包括在以第一脉冲持续时间将脉冲施加至所述等离子体的同时扫描第一区域，以及在以第二脉冲持续时间将脉冲施加至所述等离子体的同时扫描第二区域。

23. 一种在等离子体处理系统中植入工件的方法，包括 ：

邻近于含有具有 N 型掺杂剂离子的第一等离子体的第一等离子体腔室提供第一聚焦板，所述第一聚焦板经组态以穿过将聚焦离子朝向所述工件提供的至少一个孔隙自所述等离子体提取离子 ；

邻近于含有具有 P 型掺杂剂离子的第二等离子体的第二等离子体腔室提供第二聚焦板，所述第二聚焦板经组态以穿过将所述聚焦离子朝向所述工件提供的至少一个孔隙自所

述等离子体提取离子；以及

分别在于所述工件与所述第一等离子体以及所述第二等离子体之间施加偏压的同时相对于所述第一聚焦板以及所述第二聚焦板扫描所述工件，其中选择性 N 掺杂区集合以及单独的选择性 P 掺杂区集合形成于所述工件中。

24. 根据权利要求 23 所述的在等离子体处理系统中植入工件的方法，其中所述第一等离子体腔室以及所述第二等离子体腔室经组态以在植入期间断开以及接通所述第一等离子体以及所述第二等离子体，以使得所述 P 型掺杂剂离子仅植入所述 P 掺杂区，且所述 N 型掺杂剂离子植入所述 N 掺杂区。

25. 根据权利要求 23 所述的在等离子体处理系统中植入工件的方法，其中施加的所述偏压的强度经调整以使得所述 P 型掺杂剂离子相较于所述 N 掺杂区而言较多地植入所述 P 掺杂区，且所述 N 型掺杂剂离子相较于所述 P 掺杂区而言较多地植入所述 N 掺杂区。

可控制地植入工件的装置与方法

技术领域

[0001] 本发明涉及工件的植入，尤其涉及用于工件的聚焦植入 (focused implantation) 的方法与装置。

背景技术

[0002] 离子植入是一种将性质变更杂质引入至基板中的标准技术。使所要杂质材料在离子源中离子化，使离子加速以形成规定能量的离子束，且使离子束指向基板的表面。离子束中的高能离子渗透至基板材料的次表面中且嵌入至基板材料的晶格中以形成所要导电率或材料性质的区域。

[0003] 太阳能电池使用免费自然资源提供无污染、平等取用的能源。归因于环境关注以及上涨的能源成本，可由硅基板构成的太阳能电池变得在全球范围内较为重要。高效能太阳能电池的制造或生产的任何减少成本或高效能太阳能电池的任何效率改良将对世界范围的太阳能电池的实施具有正面影响。此情形将使得能够实现此清洁能源技术的较广可用性。

[0004] 掺杂可改良太阳能电池的效率。可使用离子植入来执行此掺杂。图 1 为选择性发射极太阳能电池 10 的横截面图。对发射极 200 掺杂且将额外掺杂剂提供至触点 202 下的区域 201 可增加太阳能电池的效率（转换成电能的光的百分比）。对区域 201 较重地掺杂会改良导电率，且在触点 202 之间具有较少掺杂会改良电荷收集。触点 202 可仅隔开约 2 毫米至 3 毫米。区域 201 可仅为约 100 微米至 300 微米宽。图 2 为指叉型背部触点 (interdigitated back contact，IBC) 太阳能电池 20 的横截面图。在 IBC 太阳能电池 20 中，接面在太阳能电池的背部上。在此特定实施例中，掺杂图案为交替 p 型以及 n 型掺杂区域。可对 p+ 发射极 203 以及 n+ 背表面场 204 掺杂。此掺杂可使 IBC 太阳能电池中的接面能够起作用或具有增加的效率。

[0005] 高剂量植入可实现离子植入器的最低拥有成本。一些植入可能需要区域化或选择性掺杂或区域化或选择性材料改质。对于选择性植入，微影用于植入可能成本太过高（由于需要额外步骤）。对于这些应用，并未完全测试等离子体掺杂技术。直接暴露至等离子体中的中性物质可造成工件的沉积或蚀刻，且可能需要额外清洁步骤。因此，此项技术中需要工件的改良植入，且更特定言之，需要用于工件的聚焦植入的改良方法与装置。

发明内容

[0006] 在一个实施例中，一种处理装置包括等离子体源，所述等离子体源经组态以在等离子体腔室中产生等离子体，其中所述等离子体含有用于植入至工件中的离子。所述装置亦包含具有孔隙的聚焦板，所述聚焦板经组态以修改接近所述聚焦板的等离子体外鞘的形状，以使得离子离开所述孔隙以界定聚焦离子。所述装置还包含与所述聚焦板隔开的含有工件的处理腔室，其中所述聚焦离子具有实质上比所述孔隙窄的植入宽度。所述装置经组态以藉由在离子植入期间扫描所述工件而在所述工件中形成多个图案化区。

[0007] 在另一实施例中，一种在等离子体处理系统中植入工件的方法包括邻近于包括等离子体的等离子体腔室提供聚焦板，所述聚焦板具有孔隙配置，所述聚焦板经组态以穿过将聚焦离子朝向所述工件提供的至少一个孔隙自所述等离子体提取所述离子。所述方法还包括在工件固持器与所述等离子体之间提供偏压以将所述聚焦离子吸引至所述工件，以及相对于所述聚焦板扫描所述工件固持器，以便产生多个选择性植入区。

附图说明

[0008] 图 1 为已知的选择性发射极太阳能电池的横截面图。

[0009] 图 2 为已知的指叉型背部触点太阳能电池的横截面图。

[0010] 图 3 为等离子体系统内的聚焦板配置的横截面图。

[0011] 图 4 为经植入的太阳能电池的实施例的俯视图。

[0012] 图 5 为与本发明的第一实施例一致的等离子体处理装置的方块图。

[0013] 图 6 为与本发明的第二实施例一致的等离子体处理装置的方块图。

[0014] 图 7 为与本发明的第三实施例一致的等离子体处理装置的方块图。

[0015] 图 8 为与本发明的第四实施例一致的等离子体处理装置的方块图。

[0016] 图 9 为与本发明的第五实施例一致的等离子体处理装置的方块图。

[0017] 图 10 为与本发明的第六实施例一致的等离子体处理装置的方块图。

[0018] 图 11 为与本发明的第七实施例一致的等离子体处理装置的方块图。

[0019] 图 12 为与本发明的第八实施例一致的等离子体处理装置的方块图。

[0020] 图 13 为聚焦板的一个实施例的横截面图。

[0021] 图 14 为说明在植入期间的步进移动的横截面图。

[0022] 图 15 • • 至图 15d 说明离子剂量与扫描速度之间的关系。

[0023] 图 16 为说明静电抑制的一个实施例的横截面图。

[0024] 图 17A 至图 17B 为说明磁性抑制的两个实施例的横截面图。

[0025] 图 18 至图 19 说明使用 RF 或 DC 同步以两个掺杂剂含量对工件植入的本发明的实施例中所涉及的例示性步骤。

[0026] 图 20a 以及图 20b 分别为在植入之前与植入之后的工件以及聚焦板系统的俯视图。

[0027] 图 20c 为在植入之后的图 20a 至图 20b 的工件的示意性俯视图，其显示植入区。

[0028] 图 20d 为在植入期间的工件以及聚焦板系统的俯视图。

[0029] 图 20e 为 20d 的工件的示意性俯视图，其显示植入区。

[0030] 图 21 为程序控制装置的正视图。

[0031] 图 22 为与本发明的第九实施例一致的等离子体处理装置的方块图。

[0032] 图 23 至图 24 说明根据脉冲植入实施例的依据时间的例示性电压以及工件位置曲线。

具体实施方式

[0033] 本文中结合太阳能电池描述系统以及工件的实施例。然而，此系统的实施例可用于（例如）以下各者：半导体晶圆、合成半导体基板或薄膜、位元规则媒体 (bit-patterned

media)、固态电池、平板面板 (plate panel)、LED 基板、玻璃基板等。因此，本发明不限于下文所描述的特定实施例。

[0034] 图 3 为等离子体系统内的聚焦板配置的横截面图。聚焦板 101 经组态以修改等离子体外鞘 242 内的电场，以控制在等离子体 140 与等离子体外鞘 242 之间的边界 241 的形状。因此，跨越等离子体外鞘 242 自等离子体 140 吸引的离子 102 可以较大范围的入射角撞击工件 100。

[0035] 如此项技术中已知地产生等离子体 140。在图 3 的实施例中，聚焦板 101 包含一对板 212 与 214，板 212 与 214 在其之间界定具有水平间隔 (G) 的间隙。板 212 可为绝缘体、半导体或导体。在其他实施例中，聚焦板 101 可仅包含一个板或包含两个以上板。所述一对板 212 与 214 可为具有薄型、扁平形状的一对薄片。在其他实施例中，所述一对板 212 与 214 可为其他形状，诸如管型、楔型和 / 或具有接近间隙的倾斜边缘。所述一对板 212 与 214 亦可定位于平面 151 上方的垂直间隔 (Z) 处，平面 151 是藉由工件 100 的前表面界定。在一个实施例中，垂直间隔 (Z) 可为约 2.0 毫米至 3.0 毫米。

[0036] 可藉由不同机构跨越等离子体外鞘 242 自等离子体 140 吸引离子 102。在一个例子中，对工件 100 施加偏压，以跨越等离子体外鞘 242 自等离子体 140 吸引离子 102。离子 102 可为 p 型掺杂剂、n 型掺杂剂、氢气、惰性气体或熟习此项技术者已知的其他物质。

[0037] 有利的是，聚焦板 101 修改等离子体外鞘 242 内的电场，以控制在等离子体 140 与等离子体外鞘 242 之间的边界 241 的形状。在一个例子中，在等离子体 140 与等离子体外鞘 242 之间的边界 241 可具有相对于平面 151 的凸面形状。当对工件 100 施加偏压时，(例如) 穿过板 212 与 214 之间的间隙跨越等离子体外鞘 242 以较大范围的入射角吸引离子 102。举例而言，遵循轨迹路径 271 的离子可以相对于平面 151 的角度 +θ° 撞击工件 100。遵循轨迹路径 270 的离子可以相对于同一平面 151 的约角度 0° 撞击工件 100。遵循轨迹路径 269 的离子可以相对于平面 151 的角度 -θ° 撞击工件 100。因此，入射角的范围可在以约 0° 为中心的 +θ° 与 -θ° 之间。另外，一些离子轨迹路径 (诸如，轨迹路径 269 与 271) 可彼此交叉。取决于包含 (但不限于) 板 212 与 214 之间的水平间隔 (G)、在平面 151 上方的板 212 以及 214 的垂直间隔 (Z)、板 212 以及 214 的介电常数或等离子体 140 的其他制程参数的若干因素，入射角 (θ) 的范围可在以约 0° 为中心的 +60° 与 -60° 之间。

[0038] 图 4 为经植入的太阳能电池的实施例的俯视图。图 4 的太阳能电池 500 为选择性发射极设计，但本文中所揭示的实施例并不仅限于选择性发射极太阳能电池。太阳能电池 500 的宽度以及高度可为 (例如) 约 156 毫米或约 125 毫米。如图 1(且更特定言之，图 4) 中所见，太阳能电池 500 具有经掺杂的接触区域 501 以及在接触区域 501 之间的发射极 502，发射极 502 是以稍低于接触区域 501 的剂量的剂量掺杂。在一个例子中，接触区域是以约 5×10^{15} 掺杂剂原子 / 平方公分掺杂，且发射极 502 是以约 1×10^{15} 掺杂剂原子 / 平方公分掺杂。在另一例子中，接触区域 501 隔开约 2 毫米且约 100 微米宽。使用 10 千电子伏特磷植入，这些接触区域 501 是以约 3×10^{15} 掺杂，且发射极 502 以约 1.5×10^{15} 掺杂。可执行在太阳能电池 500 的整个表面上的毯覆式 (blanket) 植入以对发射极 502 掺杂，同时选择性或图案化植入可对接触区域 501 掺杂。

[0039] 图 5 为与本发明的第一实施例一致的处理装置的方块图。系统 400 包含等离子体源 401、聚焦板 101(或外鞘工程板) 以及处理腔室 402。气体源 404 连接至等离子

体源 401。等离子体源 401 或系统 400 的其他组件亦可连接至诸如涡轮泵的泵（未图示）。产生等离子体 140 的等离子体源 401 可为（例如）RF 等离子体源、感应耦合等离子体 (inductively-coupled plasma,ICP) 源、间接加热阴极 (indirectly heated cathode,IHC) 或熟习此项技术者已知的其他等离子体源。在此特定实施例中，等离子体源 401 为具有 RF 源产生器 408 以及 RF 源产生器 409 的 RF 等离子体源。在此特定实施例中，等离子体源 401 被外壳 411 环绕，且 DC 中断部 (DC break)410 将外壳 411 与处理腔室 402 分开。可将处理腔室 402、等离子体源 401 或平台 403 接地。

[0040] 聚焦板 101 用以提取用于植入至工件 100 中的离子 406。可将聚焦板 101 冷却。等离子体 140 自等离子体源 401 之此提取可为连续的 (DC) 或脉冲式的。可对等离子体源 401 施加偏压，且可提供偏压电源供应器（未图示），以在基板上提供连续或脉冲偏压以吸引离子 406。

[0041] 虽然图 5 中说明多个孔隙 407，但聚焦板 101 可具有至少一个孔隙 407。如下文关于图 20 进一步论述，孔隙 407 可配置成对应于工件 100 内的所要植入图案的阵列。可将聚焦板 101 冷却或以其他方式使其热特性受控制。等离子体源 401 与处理腔室 402 中的压力可大致相等，此情形可造成电弧。熟习此项技术者将认识到，可藉由增加处于不同电位的物件之间的距离且藉由在组件上使用平滑表面（在任何可能时）来将高压电弧最小化。工件 100 中的植入区域的尺寸可随着系统 400 中的组件的参数而变化。

[0042] 一或多个工件 100（其可为太阳能电池）配置于处理腔室 402 中的平台 403 上。可控制聚焦板 101 与工件 100 之间的距离，以补偿聚焦板 101 的任何热膨胀。这些工件 100 可配置成 N 个工件 100 宽以及 N 个工件 100 长（其中，宽度尺寸中的变数″ N″可不同于长度尺寸中的变数″ N″）的阵列或矩阵。在图 5 中，说明 1×3 的工件矩阵。配置于垂直定向上的平台 403 可使用静电夹持、机械夹持或静电夹持与机械夹持的组合来保持工件 100。可使用平台 403 来扫描工件 100。在图 5 的实施例中，平台 403 可在方向 405 上扫描。然而，平台 403 可取决于工件 100 上的所要植入图案而执行 1D 或 2D 扫描。举例而言，可执行 2D 扫描以在工件 100 中形成光点形状或圆点形状植入区域。在替代实施例中，聚焦板 101 相对于固定工件 100 扫描。可使用各种装载以及卸载机构来将工件 100 置放于平台 403 上。在一个例子中，平台 403 可经组态以对工件 100 提供背面气体冷却。可在植入之前或植入期间使用平台 403 或某一其他装置将工件 100 加热或冷却至各种温度。

[0043] 可使等离子体源 401 的脉冲发送与聚焦板 101 和 / 或工件 100 的扫描同步。此扫描可经组态以达成跨越工件 100 的离子的所要剂量以及分布。用以形成离子 406 的提取的脉冲性能够实现工件 100 的较佳电荷中和。在一个例子中，可使用二次电子集电板。

[0044] 图 6 为与本发明的第二实施例一致的等离子体处理装置的方块图。在此实施例中，平台 403 安置于聚焦板 101 下方且在方向 605 上移动。虽然使用重力支撑工件 100 简化了平台 403，但沉积或降落粒子可出现在工件上。

[0045] 图 7 为与本发明的第三实施例一致的等离子体处理装置的方块图。在此实施例中，平台 403 安置于聚焦板 101 上方且在方向 605 上移动。此情形消除了工件 100 上的沉积或粒子的风险，但平台 403 需要足够夹持力以在系统 400 内的处理期间将工件 100 倒置地固持。

[0046] 图 8 为与本发明的第四实施例一致的等离子体处理装置的方块图。此实施例中的

工件 100 安置于在方向 405 上移动的传送带 800 上，方向 405 可为垂直方向。

[0047] 图 9 为与本发明的第五实施例一致的等离子体处理装置的方块图。工件 100 安置于在方向 605 上移动的传送带 800 上，方向 605 可为水平方向。此系统 400 可能在工件 100 上具有沉积或粒子，类似于图 6 的实施例。

[0048] 图 10 为与本发明的第六实施例一致的等离子体处理装置的方块图。工件 100 安置于在方向 605 上移动的传送带 800 上。传送带 405 可夹紧工件 100 以便将工件 100 倒置地固持。此实施例消除了工件 100 上的沉积或粒子的风险。

[0049] 虽然已在（例如）图 5 至图 10 的实施例中说明传送带 800 以及平台 403，但可使用其他工件 100 输送机构。因此，本文中所揭示的实施例并不仅限于传送带 800 或平台 403。使用传送带 800 的某些实施例可使用差动抽汲 (differential pumping) 来维持处理腔室 402 中的真空。

[0050] 图 11 为与本发明的第七实施例一致的等离子体处理装置的方块图。在此实施例中，至少传送带 800 以及聚焦板 101 为倾斜的，且工件 100 在方向 1105 上移动，方向 1105 可为在水平与垂直之间的范围内的角度。虽然将图 11 的实施例的整个系统 400 说明为倾斜的，但系统 400 的其余部分可能并不倾斜。说明传送带 800，但可使用平台 403 或其他工件 100 输送机构。倾斜组态将实现工件 100 的重力对准，且简化用于将工件 100 固持于传送带 800 上的机构。

[0051] 图 12 为与本发明的第八实施例一致的等离子体处理装置的方块图。在系统 1200 中，说明等离子体源 401 以及等离子体源 1203。等离子体源 1203 自气体源 1202 形成等离子体 1201。在一个例子中，等离子体 1201 为 p 型（亦即，将 p 型掺杂剂物质供应至工件 100 的等离子体），且等离子体 140 为 n 型（亦即，将 n 型掺杂剂物质供应至工件 100 的等离子体），但等离子体 140 以及等离子体 1201 不限于此配置。在一个特定实施例中，使用系统 1200 来制造如图 2 中所说明的 IBC 太阳能电池。因此，平台 403 使工件 100 在等离子体源 401 与等离子体源 1203 之间平移，以对 IBC 太阳能电池的 n 型区域与 p 型区域两者掺杂。可在植入周期期间断开或接通等离子体源 401、1203，或可按照在工件 100 中出现一些反掺杂效应 (counterdoping effect) 的方式连续地操作。亦可调整偏压的强度以使反掺杂效应最小化。换言之，当将意欲 n 型掺杂的工件的部分暴露至等离子体 1201 时以及当将意欲 p 型掺杂的工件的部分暴露至等离子体 140 时，可减小等离子体与工件之间的偏压。

[0052] 虽然说明平台 403，但可使用传送带或其他工件 100 输送机构。

[0053] 图 22 为与本发明的第九实施例一致的等离子体处理装置的方块图。系统 2200 具有等离子体源 401 与等离子体源 2201 两者。等离子体源 2201 自气体源 2203 形成等离子体 2202。虽然说明平台 403，但可使用传送带或其他工件 100 输送机构。在此实施例中，平台 403 可在等离子体源 401 与等离子体源 2201 之间旋转或扭转。在另一实施例中，平台 403 或某一其他输送机构可实现在工件 100 的相对两面上植入。在另一实施例中，等离子体源 402 与等离子体源 2201 可处于不同高度。

[0054] 在图 12 以及图 22 的实施例中，说明两个等离子体源。亦可使用两个以上等离子体源。虽然将系统 1200 以及 2200 说明为垂直的，但类似于本文中所揭示的其他实施例的其他组态是可能的。用于毯覆式植入以及选择性植入、掺杂以及材料改质植入或其他组态的具有两个等离子体源的其他系统是可能的。

[0055] 在本文中所揭示的实施例中，诸如等离子体源 401 的等离子体源可连续地操作。此情形减少了产生等离子体 140 所需的时间。可在系统 400 内同步 (in-situ) 清洁聚焦板 101。在一个例子中，清洁等离子体可在等离子体源 401 中执行。可（例如）在某数目次植入循环之后执行此预防维护。当在等离子体源 401 中使用可造成沉积的物质时，此清洁可随着时间的过去而维护离子 406 的所要特性或尺寸。聚焦板 101 的热控制可减少聚焦板 101 上的沉积。此情形可涉及聚焦板的加热或冷却。

[0056] 本发明的等离子体处理装置的实施例促进选择性小区与毯覆式植入两者，而不需要多个遮罩或复杂植入方案。为了达到此目的，可结合适当等离子体参数设计孔隙以及工件组态，以促进提取形成离子束的聚焦离子，离子束的宽度收敛且在宽度实质上比形成离子束的孔隙窄（意谓小于约 75％的孔隙宽度）的区域中截取基板。

[0057] 图 13 为聚焦板的一个实施例的横截面图，其说明离子聚焦的细节。聚焦板 101 可将孔隙 407 隔开距离 D1，距离 D1 可为约 1 公分。孔隙 407 可为约 2 毫米的长度 D2。工件 100 可与聚焦板 101 隔开约 1 公分的距离 D3。使用聚焦板 101 的工件 100 中的植入区域可为约 100 微米的宽度 D4。聚焦板 101 可具有孔隙 407，孔隙 407 的高度大于约 156 毫米（进入图 13 中的页面中）。聚焦板 101 本身的宽度可大于 156 毫米。对于 10 千电子伏特植入，此聚焦板 101 可自每一孔隙 407 提取约 0.2 安培 / 公尺的离子 406，且若工件 100 与聚焦板 101 隔开约 1 公分，则可在工件 100 处将离子 406 扩散聚焦 (focus down)100 微米植入宽度。若存在 15 个孔隙 407，则此情形均等于工件 100 上的离子 406 的 468 毫安电流。若长度 D2 为约 1 毫米且对等离子体源施加偏压达 5 千电子伏特并将工件 100 接地，则可将离子 406 集中聚焦 (focus up) 至十倍或十倍以上。因此，本发明的实施例可用以植入具有约 10 微米的长度 D4 的区域。其他聚焦等级 (focusing level) 亦是可能的。

[0058] 因此，本发明的实施例可使用宽度约数毫米的孔隙产生约数微米至数百微米的固定植入宽度（意谓在并不相对于聚焦离子扫描工件的情况下产生的植入区域的宽度）。因此可形成宽度相同于或大于（使用扫描）固定植入宽度的窄选择性植入区域。此外，因为聚焦离子是自宽度 D2 的相对较大孔隙提取，所以聚焦离子 406 在工件 100 处在固定植入宽度 D4 上提供离子的高通量（电流）。此情形藉由提供足够高的离子电流以给予用于毯覆式植入的所需植入含量的合理的工件扫描速率来促进较小区中的高剂量植入以及快速毯覆式植入两者。

[0059] 图 14 为说明在根据本发明的方法的植入期间的步进移动的横截面图。使工件 100 在方向 405 上相对于离子 406 移动。此情形在工件 100 中形成较高掺杂的区域 1400 以及较低掺杂的区域 1401。相对于板 101 以比较低掺杂的区域 1401 的植入期间的扫描速度慢的速度扫描工件 100，以形成较高掺杂的区域 1400。可在工件 100 的表面上重复此程序。

[0060] 转向图 15a 至图 15d，提供细节以说明基板 100 中所接收的离子剂量 1504 与可提供于聚焦板 101 与基板 100 之间的可变扫描速度之间的关系。可藉由相对于固定基板 100 扫描聚焦板 101、相对于固定聚焦板 101 扫描基板 100 或同时扫描基板与聚焦板两者来提供可变扫描速度（或速率）。可藉由改变植入期间的扫描速度而产生相对较高植入含量以及相对较低植入含量的区域。在图 15a 至图 15d 中所描绘的实施例中，依据在方向 X 上沿着基板 100 的位置使用可变扫描速率来产生可变离子剂量 1504。如图 15a 中所描绘，使用聚焦板 101 自等离子体 140 提取离子，以在离子 406 冲击基板 100 时形成聚焦形状。当离

子 406 植入至基板 100 中时，在基板 100 处的离子 1500 的电流密度可如图 15b 中所显示。如所描绘，穿过 1 公分宽孔隙 407 提取的离子的电流密度的峰值较窄，其中当离子冲击基板 100 时，离子的宽度可为约 100 微米。

[0061] 图 15c 描绘可用于聚焦板 101 的一个扫描速率序列 1502。在此实施例中，将扫描速率序列显示为滞留时间函数（单位为秒 / 公分），以使得滞留时间函数 1504 中的峰值 1506 表示扫描速率相对较慢的区域且底部部分 1508 表示扫描速率相对较快的区域。因此，在区域 1506 中，接收到较高离子剂量，此是因为聚焦离子 1500 是以比区域 1508 中的扫描速度相对较慢的速度跨越基板 100 而扫描。可以如图 15c 中所显示的周期性方式重复慢扫描速率与快扫描速率之间的此变化，从而导致基板 100 中的离子剂量 1504 的周期性变化，因此在 X 方向上产生相对较高离子掺杂以及较低离子掺杂的区域。

[0062] 本发明的实施例亦可使用脉冲等离子体植入来使工件的不同区域中的掺杂含量变化。在替代实施例中，在脉冲 DC 或 RF 植入的状况下，可增加脉冲宽度或脉冲频率以形成较高掺杂的区域 1400。在这些替代实施例中，工件 100 的扫描速率可为恒定的，而当离子 406 冲击待相比于区域 1401（区域 1401 暴露至相对较短脉冲或较小脉冲速率）较重掺杂的区域 1400 时，脉冲等离子体的脉冲速率（或长度）相对较大。

[0063] 在本发明的实施例中，诸如图 5 中所揭示的装置的装置可用以植入工件，以使得与脉冲离子植入处理相关联的参数可根据所要掺杂含量而变化。这些参数可包含脉冲持续时间、脉冲频率以及源脉冲与基板脉冲的同步。脉冲发送的实例包含将脉冲电位施加至等离子体或将脉冲电位施加至工件。

[0064] 图 18 至图 19 各自说明使用 RF 或 DC 同步以多个不同掺杂剂含量植入工件的本发明的方法中所涉及的例示性步骤。当然，除图 18 至图 19 中所说明的方法之外的方法是可能的。在两种方法中，可在产生周期性植入脉冲的同时相对于孔隙板（诸如，孔隙板 101）扫描目标 1800。根据图 18 以及图 19 的实施例，在植入脉冲的″接通″周期期间，可在工件与等离子体之间施加诸如负电位的电位，以使得来自等离子体 140 的正离子加速穿过聚焦板 101 且至工件 100 上。

[0065] 在本发明的特定实施例中，可根据已知技术由等离子体脉冲源以脉冲方式产生等离子体 140。特定言之，可使用组件（未图示）产生脉冲等离子体，而不需要将偏压施加至工件 100。在需要时，可周期性地产生植入脉冲，以使得植入脉冲大体上与源脉冲一致。因此，当产生植入脉冲时，等离子体 140 亦”接通”，以使得来自等离子体 140 的离子藉由植入脉冲而加速至工件且植入至工件 100 中。为了在基板的不同区域处达成不同掺杂剂含量，可以不同方式使植入脉冲同步。

[0066] 特定言之，转向图 18，可使用本文中所说明的方法在工件中形成对应于高剂量以及低剂量区域的两个不同掺杂含量的区域。可使用所述方法来相对于孔隙板 101 扫描目标 100，以在目标（工件 100）中形成一或多个相对较高掺杂含量的区域以及一或多个相对较低掺杂含量的区域。在步骤 1800 处，产生源脉冲时序。举例而言，耦接至离子植入系统的脉冲产生器可每 100 微秒产生具有 50 微秒的持续时间 TON 的脉冲。

[0067] 在步骤 1802 处，作出是将高离子剂量还是低剂量施加至给定区域的决策。举例而言，工件可定位于相对于聚焦板 101 的初始点处，其中低离子剂量区域意欲使用加速穿过其孔隙的离子来形成。因此，可由处理器来执行使当前工件位置与待施加的所要低剂量植

入相关的程式或指令集。

[0068] 在步骤 1804 以及步骤 1806 处，每 i 个脉冲或每 j 个脉冲（对应于低离子剂量含量或高离子剂量含量）形成对应编码器脉冲。举例而言，对于低剂量（步骤 1804）状况，可每 2 个源脉冲（对应于每 200 微秒）产生编码器脉冲，而对于高剂量（步骤 1806）状况，可每 20 个源脉冲（对应于每 1000 微秒）产生编码器脉冲。

[0069] 在一个实施例中，工件 100 可保持固定，直至使马达编码器计数递增（如步骤 1808 中所显示）且向扫描系统马达发送讯息以使扫描系统马达移动（如步骤 1810 中所显示）为止。工件在编码器脉冲之间可为固定的，且因此，在低剂量状况下植入至工件 100 中由两个源脉冲组成，同时等离子体 140 接通。此植入方法与高剂量状况形成对比，在高剂量状况下，在移动工件 100 之前对工件 100 植入历经十个源脉冲。较高剂量区域因此由于暴露至五倍多的植入脉冲而接收到五倍于较低剂量区域的剂量的剂量。

[0070] 图 19 描绘类似于图 18 的方法的方法，不同之处在于：所述方法用于应用同步以达成工件上的不同区域的任何数目个不同掺杂含量。所述方法如步骤 1800 进行且进行至步骤 1902，在步骤 1902 中，判定对应于待植入的区域的适当离子植入剂量。一旦判定此剂量，所述方法便进行至对应于待植入的所判定剂量含量的替代步骤（如步骤 1904 至步骤 1908 所显示）中一者，以至于形成适当编码器脉冲序列。此外，可在扫描工件 100 时施加编码器脉冲序列，直至根据所要掺杂剂含量植入所要区为止。如图 18 中，图 19 的方法涉及根据所要掺杂含量形成用于所产生的每 1 个源脉冲、每 2 个源脉冲、每 3 个源脉冲等的编码器脉冲。

[0071] 在另一实施例中，可在工件 100 扫描时使用脉冲 RF 或脉冲 DC 来达成工件 100 中的剂量控制。此脉冲发送可为微秒时间标度。举例而言，脉冲持续时间 TON 可自 50 微秒调整至 49 微秒，以便将施加至工件 100 的剂量减少达 2％。

[0072] 在又一实施例中，工件 100 在图 14 中所说明的方向 405 上以恒定速度扫描，但脉冲持续时间或脉冲速率增加以形成较高掺杂的区域 1400。举例而言，5 倍长的脉冲或 5 倍频率的脉冲速率（与较低掺杂的区域 1401 的植入相比较）将在较高掺杂的区域 1400 中产生 5 倍剂量。可使用 RF 源脉冲发送与 DC 源脉冲发送两者。此举可藉由在 DC 脉冲期间修改 RF 源的作用时间循环或在 DC 脉冲发送期间修改 RF 源的功率位准来执行。

[0073] 图 23 以及图 24 分别显示可在脉冲植入系统中依据时间而施加的例示性电压曲线 2300 以及 2400。电压脉冲可表示植入脉冲或源脉冲，如上文所描述。在图 23 以及图 24 中亦分别显示依据时间的工件位置曲线 2310 以及 2410。在图 23 中，工件以恒定速度移动，但工件中的较高剂量区域是藉由较长脉冲持续时间（诸如，脉冲 2320）来形成。工件中的较低剂量区域是藉由较短脉冲持续时间（诸如，脉冲 2330）来形成。

[0074] 在图 24 中，工件亦以恒定速度移动，藉由线性曲线 2410 说明。工件中的较高剂量区域 2420 是藉由较高脉冲速率来形成且较低剂量区域 2430 是藉由较低脉冲速率来形成。在图 23 与图 24 两者的实施例中，较低剂量区域可为（例如）太阳能电池中的触点之间的区域，且较高剂量区域可为（例如）在太阳能电池的触点下的区域。

[0075] 图 20a 至图 20c 呈现经组态以执行毯覆式植入与选择性植入两者的聚焦板系统 1210 的俯视图。如图 20a 以及图 20b 中所说明，在方向 1204 上扫描工件 100。聚焦板系统 1210 的实施例包含具有第一孔隙 1202 的第一聚焦板 1200。第一孔隙 1202 可藉由（例如）

在方向 1204 上扫描以形成毯覆式区域 1220 而执行跨越工件 100 的宽度的毯覆式植入（充当毯覆式孔隙），如图 20c 中所显示。第二聚焦板 1201 具有第二孔隙 1203。这些第二孔隙 1203 可藉由（例如）在同一方向 1204 上扫描孔隙 1203 以形成图案化区域 1222 而执行工件 100 的图案化或选择性植入。在此情况下，扫描描述相对于孔隙 1202 以及 1203 的工件 100 的相对运动，且可藉由移动工件 100 以及聚焦板 1200 以及 1201 中的任一者或两者来达成。虽然在图 20a 至图 20b 的实施例中说明两个聚焦板，但本发明涵盖可具有第一孔隙 1202 以及第二孔隙 1203 的单一聚焦板。在所说明的实例中，沿着方向 1204 扫描两个聚焦板 •••• 00 与 •••• 01 达等于点 A 与点 B 之间的距离的距离。图 20b 描绘在扫描完成之后的聚焦板 •••• 00 与 •••• 01 的相对位置。图案化区域 1222 可藉由在需要时增加扫描距离而一直延伸至工件 100 的边缘。图 20c 说明在针对具有如图 20a 中的初始位置以及如图 20b 中的最终位置的聚焦板的扫描发生之后的工件 100 的植入几何形状的细节。因为沿着垂直于扫描方向 1204 的方向 1212，第二孔隙 1203 与第一孔隙 1202 的部分重叠，所以暴露于第二孔隙 1203 下的植入区域 1222 接收较多离子剂量。

[0076] 根据本发明，这些毯覆式植入与选择性植入可至少部分同时进行，如图 20d 至图 20e 中所说明。图 20d 描绘聚焦板系统 1210 的实施例，其中同一板中包含孔隙 1202 以及孔隙 1203。如图 20d 中所检视，聚焦板 1210 可自左沿着方向 1204 扫描至位置 C。图 20d 中所说明的组态可表示在植入扫描的中间期间的点，在所述点之后，板 1210 继续相对于工件 100 向左移动。图 20e 描绘由板 1210 产生的直至藉由图 20d 表示的点的离子植入的图案。因此，形成具有前边缘 1230a 的毯覆式区域 1230，前边缘 1230a 对应于点 C 处的毯覆式聚焦孔隙 1202 的前边缘。随着扫描继续，毯覆式区域 1230 可延伸跨越整个工件 100，类似于图 20c 中所描绘的情形。图 20e 亦说明已使用孔隙 1203 至少部分形成选择性植入区域 1232。此外，聚焦板中的孔隙的其他配置是可能的，诸如植入圆点、光点或其他形状的配置。以此方式，孔隙可具有圆形、椭圆形或与所要植入几何形状相关联的任何形状。

[0077] 图 21 为程序控制装置的正视透视图。在此实施例中，程序控制装置 2100 安置于平台 403 以及工件 100 上或附近。此程序控制装置 2100 可经组态以量测离子通量、离开聚焦板的离子的尺寸或扩展度、离子的位置或离子相对于工件 100 的平行度。第一孔隙 2101 具有比离子的长尺寸大的长尺寸。可以磁性方式或电学方式抑制的法拉第杯 (Faraday cup，未显示）安置于第一孔隙 2101 之后以用于进行全部离子量测。可将由第一孔隙 2101 形成的区域分段以判定水平离子均匀性。孔隙阵列 2102 包含数行偏移孔隙。孔隙阵列 2102 中的每一孔隙为离子的预期宽度的约 1/10。可以磁性方式或电学方式抑制的法拉第杯（未显示）安置于每一孔隙阵列 2102 之后。围绕水平方向隔开的额外阵列集合给出关于宽度或平行度的改变的信息。程序控制装置 2100 的区域可涂布以在被离子束撞击时增加发光（此可用光学方式进行监视）的材料。第二孔隙 2103 可安置于围绕平台 403 的周边，以提供即时剂量量测，且可用于扫描速度校正。可被分段的受抑制法拉第杯（未显示）安置于每一第二孔隙 2103 之后。

[0078] 可使用此系统的实施例产生二次电子。工件 100 的带电可影响离子 406 中的离子的轨迹。聚焦板 101 的聚焦可受到影响，聚焦板 101 的蚀刻可能发生，且聚焦板 101 的加热可能增加（归因于二次电子）。二次电子可藉由处于比工件 100 的电位低的电位的大部分透明电极或藉由在工件 100 之后的磁体来抑制。图 16 为说明静电抑制的一个实施例的横

截面图。至少一个抑制板 1600 安置于聚焦板 101 上，抑制板 1600 可为绝缘体、导体或绝缘层与导电层的组合。图 17A 至图 17B 为说明磁性抑制的两个实施例的横截面图。可分别具有相反极性的磁体 1700、1701 可安置于工件 100 之后（图 17A）或聚焦板 101 与工件 100 之间（图 17B）以影响任何二次电子。在图 17A 中，磁体 1700、1701 可为固定的或可相对于等离子体源移动。在图 17B 中，磁体 1700、1701 可安置于聚焦板 101 上或至少部分在聚焦板 101 内。图 17B 中的磁体 1700、1701 可为固定的，此情形简化了操作。

[0079] 本文中所揭示的实施例可用以对工件 100 掺杂或修改工件 100 的晶格。在一个例子中，执行氢和 / 或氦植入以使得能够分解工件 100，此情形可涉及跨越工件 100 的氢和 / 或氦的变化剂量。亦可执行其他材料改质（诸如，非晶化）。使用本文中所揭示的实施例的植入可应用于半导体或其他应用。

[0080] 本发明的范畴不受本文中所描述的特定实施例限制。实际上，一般熟习此项技术者将自上述描述以及附图显而易见除本文中所描述的实施例以及修改外的本发明的其他各种实施例以及修改。因此，这些其他实施例以及修改意欲落入本发明的范畴内。此外，虽然本文中已在针对特定目的的特定环境下的特定实施方案的情况下描述本发明，但一般熟习此项技术者将认识到，本发明的适用性不限于此且可在针对任何数目个目的的任何数目个环境下有益地实施本发明。因此，下文所阐述的申请专利范围应根据如本文中所描述的本发明的全广度以及精神来解释。

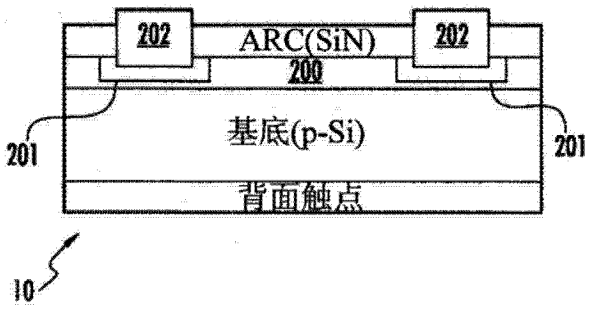

202
ARC(SiN)
202
200
基底(p-Si)
201
201
背面触点
10

图 1

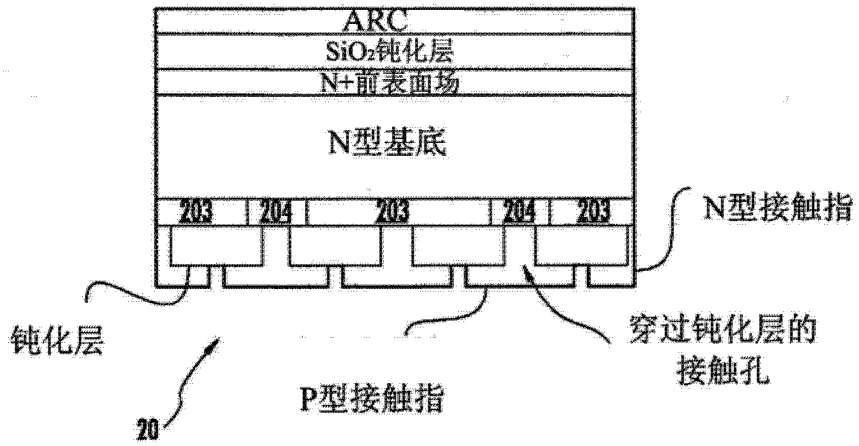

ARC
SiO2钝化层
N+前表面场
N型基底
203
204
203
204
203
N型接触指
钝化层
穿过钝化层的
接触孔
P型接触指
20

图 2

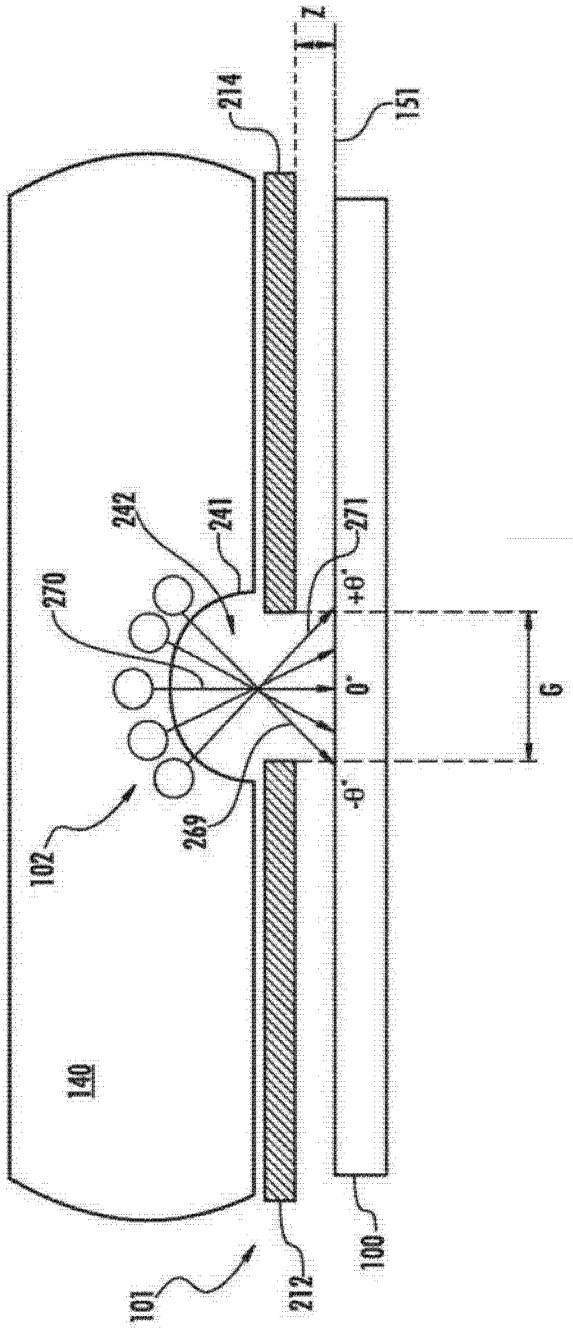


图 3

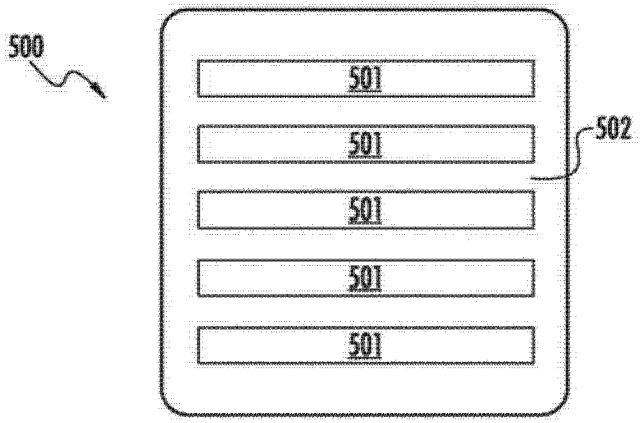

500
501
501
501
501
501
502

图 4

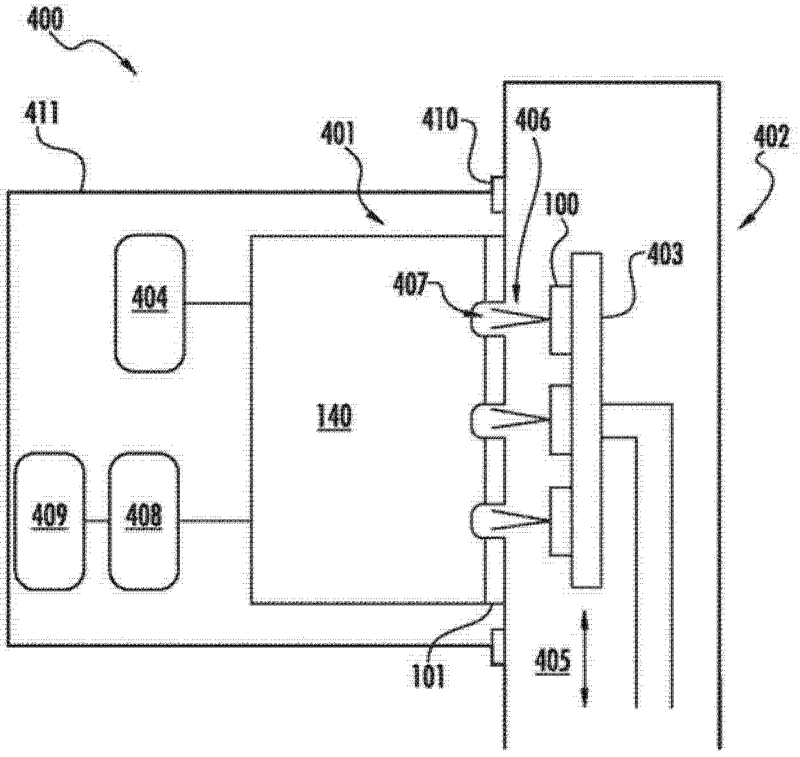

400
411
401
410
406
402
100
403
407
404
140
409
408
101
405

图 5

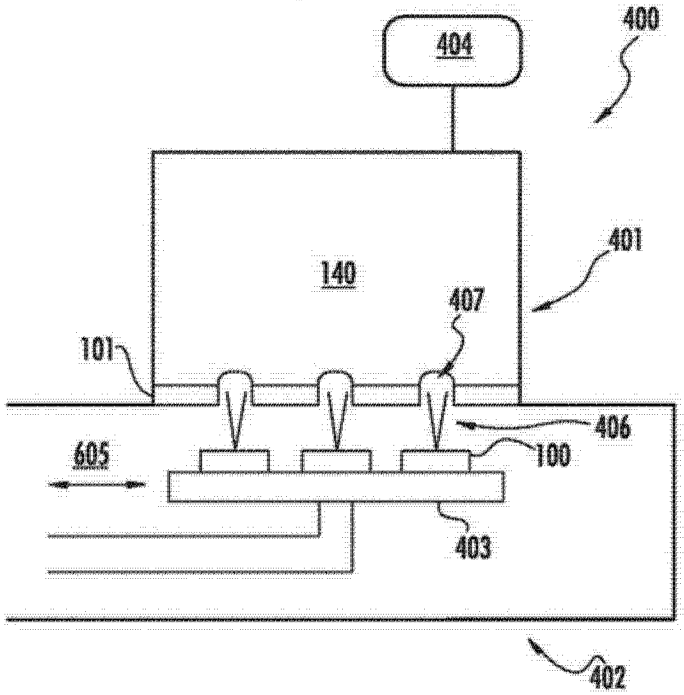

404
400
401
140
407
101
406
605
100
403
402

图 6

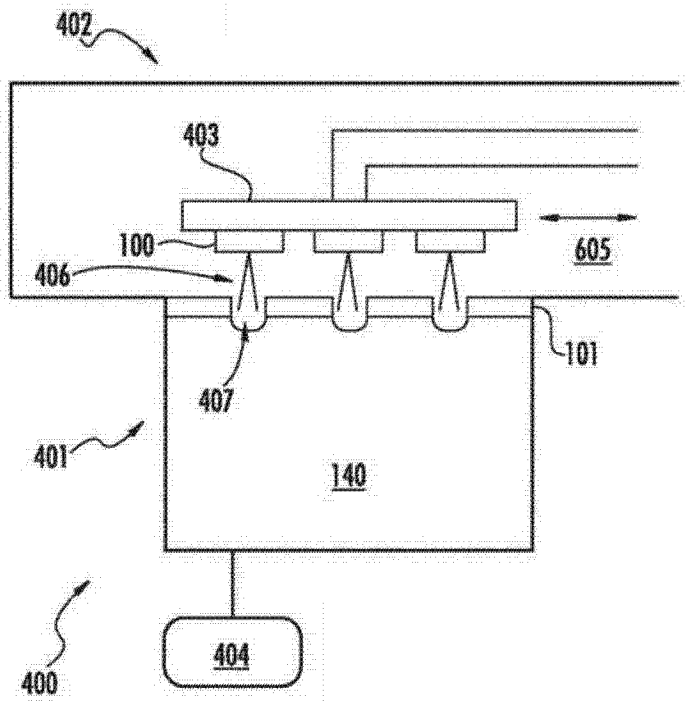

402
403
100
605
406
101
407
401
140
400
404

图 7

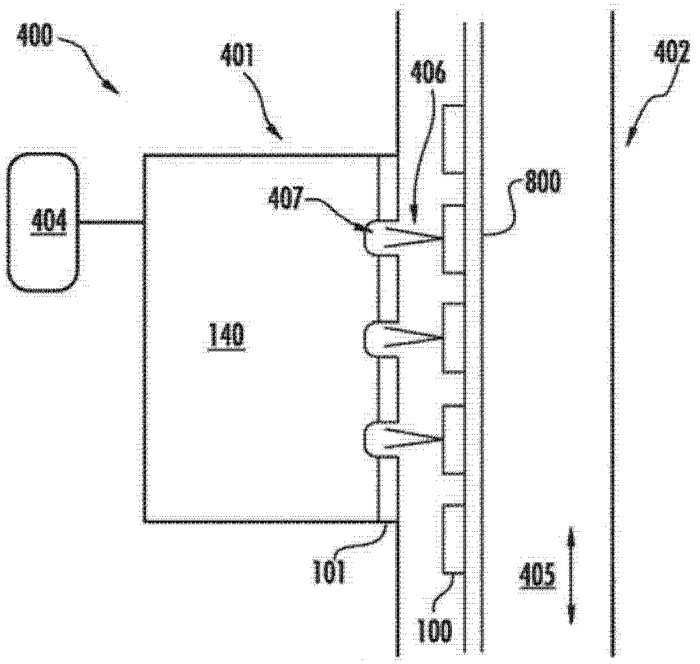

400
401
406
402
404
407
800
140
101
405
100

图 8

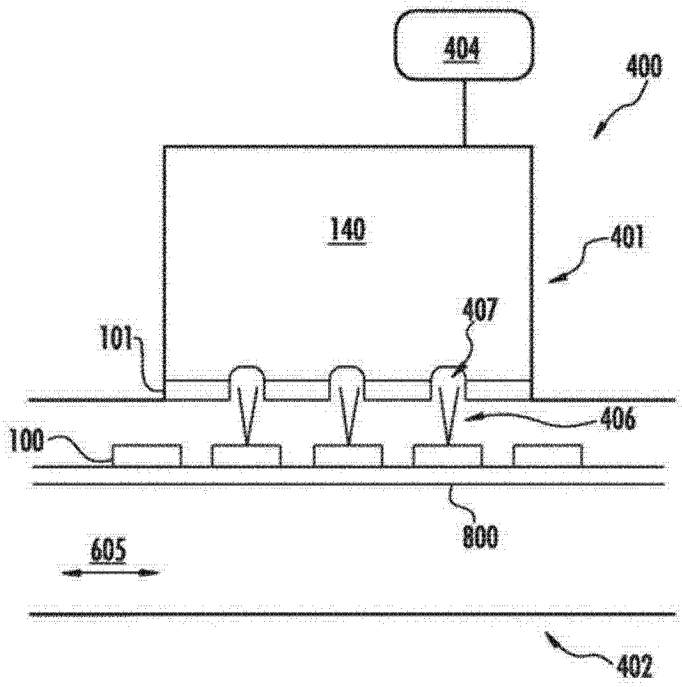

404
400
140
401
407
101
406
100
800
605
402

图 9

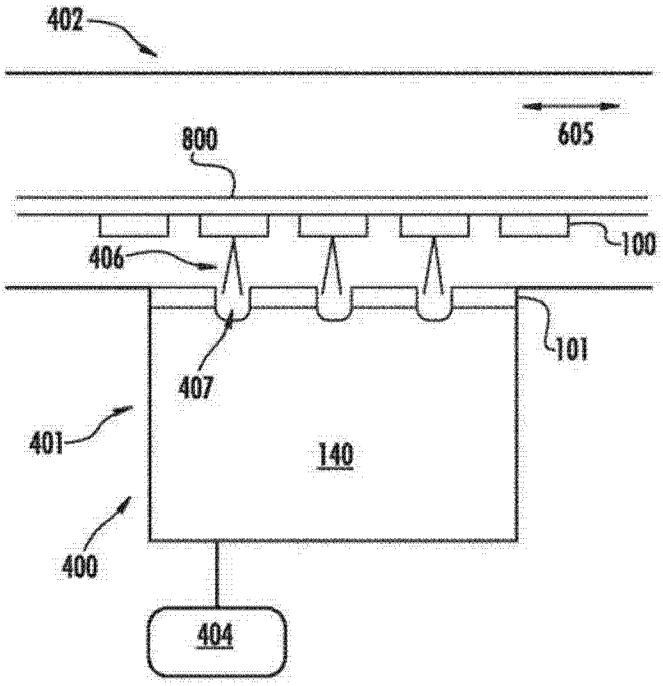

402
605
800
100
406
101
407
401
140
400
404

图 10

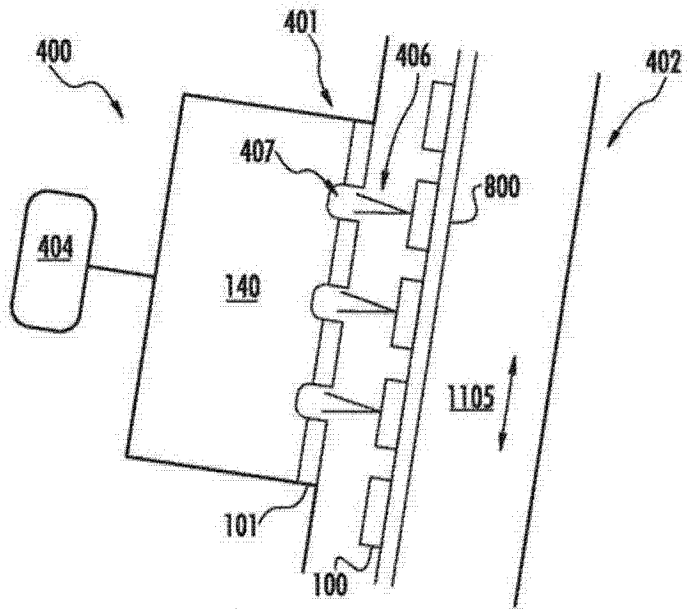

401
400
406
402
407
800
404
140
1105
101
100

图 11

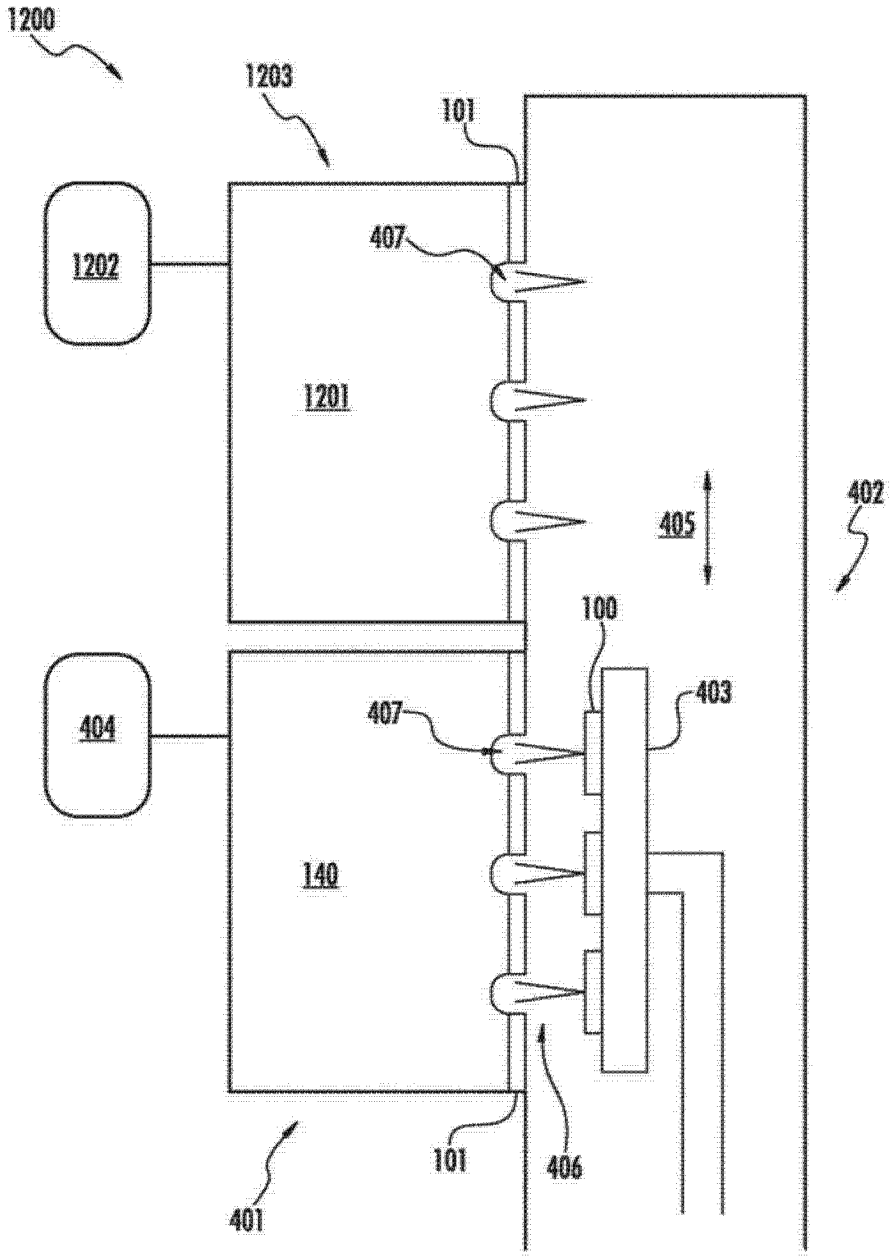

1200
1203
101
1202
407
1201
405
402
100
403
404
407
140
101
406
401

图 12

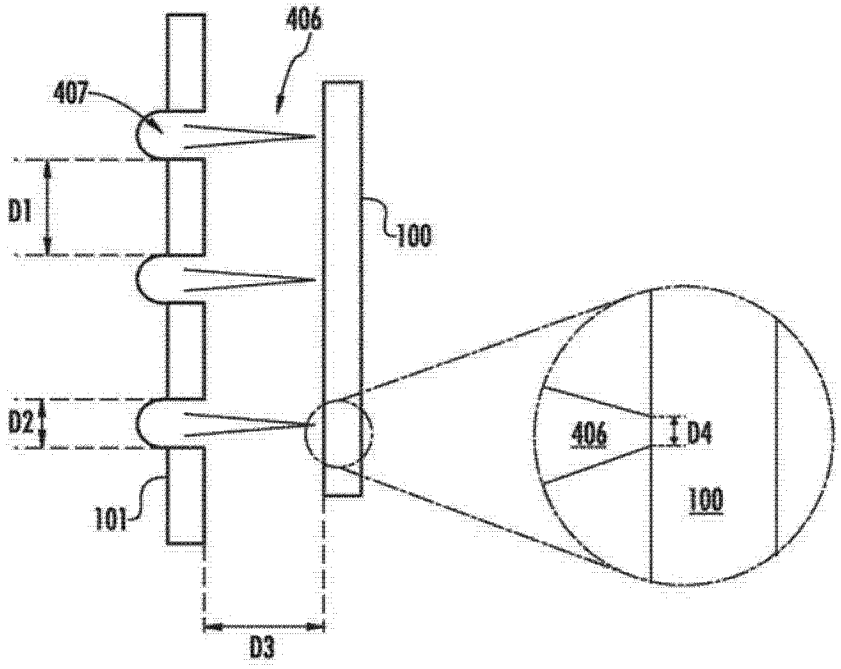

406
407
D1
100
D2
406
D4
100
101
D3

图 13

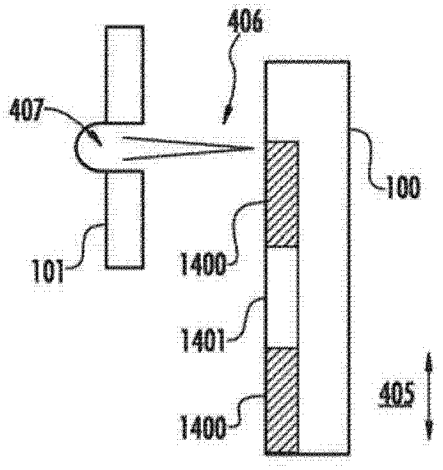

406
407
100
101
1400
1401
405
1400

图 14

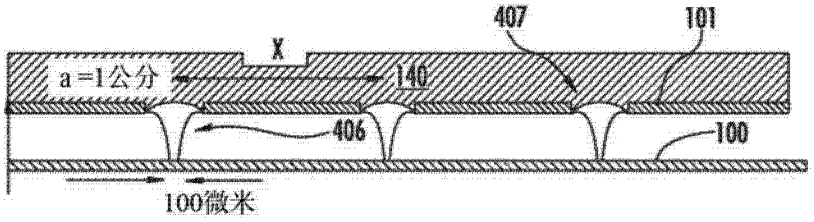
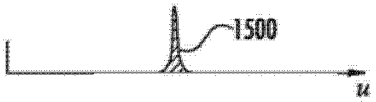
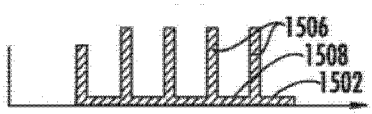


图 15A



J（u）为以离子数/平方公分/秒为单位的离子束电流密度=电流/平方公分/1.6×10^{-19}

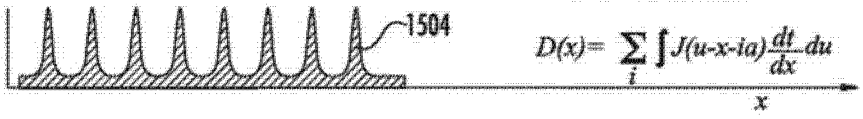
图 15B



dt/dx为以秒/公分为单位的滞留时间函数=1/v(x)

图 15C

D(x)为以离子数/平方公分为单位的最终周期性剂量



$$D(x)=\sum_i \int J(u-x-ia)\frac{dt}{dx}du$$

图 15D

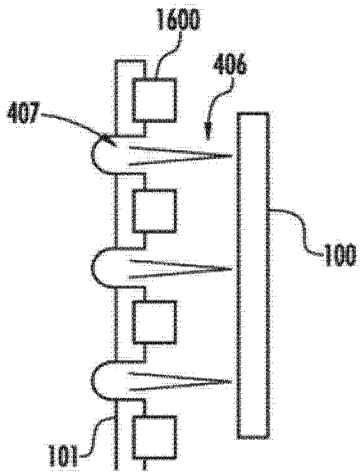


图 16

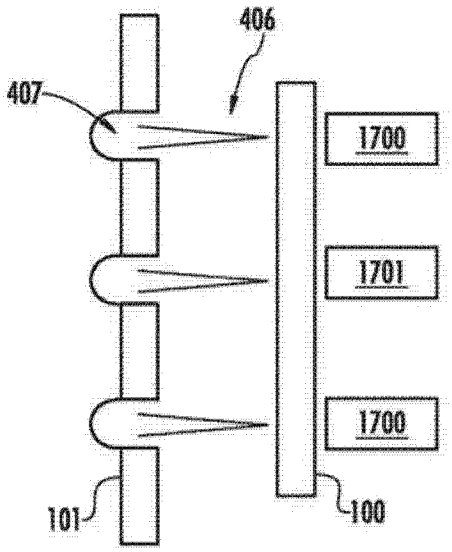


图 17A

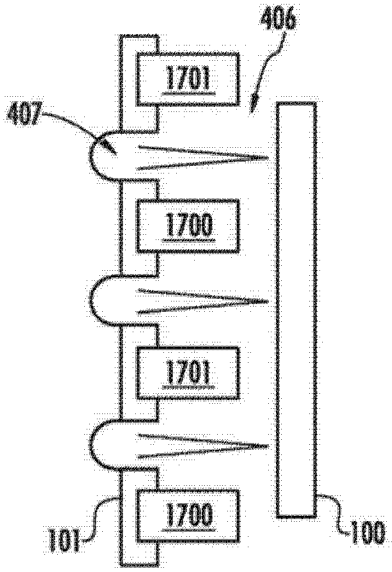


图 17B

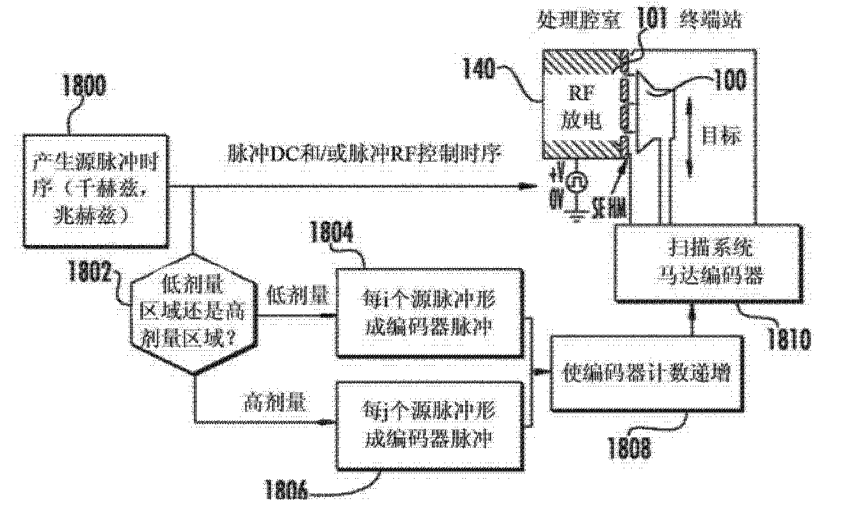

处理腔室
101
终端站
140
RF
放电
100
目标
1800
产生源脉冲时序（千赫兹，兆赫兹）
脉冲DC和/或脉冲RF控制时序
1804
1802
低剂量区域还是高剂量区域？
低剂量
每i个源脉冲形成编码器脉冲
扫描系统马达编码器
1810
使编码器计数递增
高剂量
每j个源脉冲形成编码器脉冲
1808
1806
i是藉由将所要剂量除以考虑到扫描的数目的每一脉冲中的剂量来判定j=i×（高剂量/低剂量）

图 18

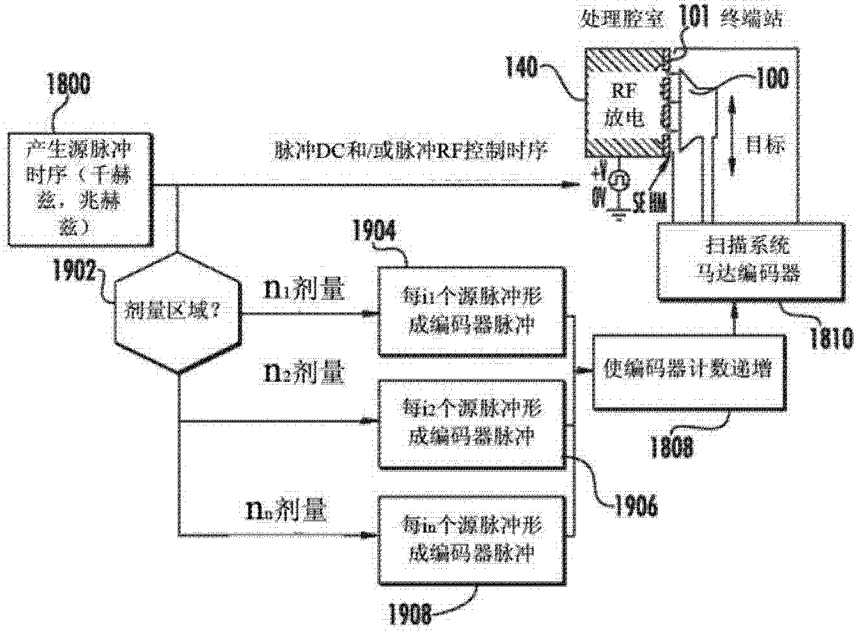

处理腔室
101
终端站
140
RF
放电
100
目标
1800
产生源脉冲时序（千赫兹，兆赫兹）
脉冲DC和/或脉冲RF控制时序
1904
1902
剂量区域？
n1剂量
每i1个源脉冲形成编码器脉冲
扫描系统马达编码器
1810
使编码器计数递增
n2剂量
每i2个源脉冲形成编码器脉冲
1808
1906
nn剂量
每in个源脉冲形成编码器脉冲
1908

图 19

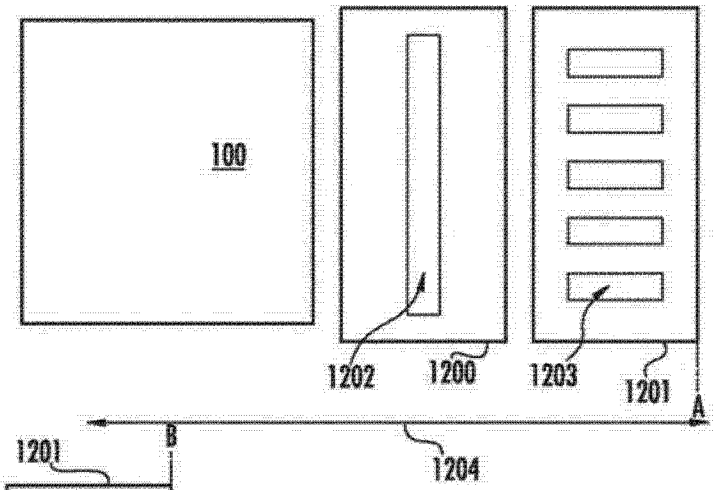


图 20A

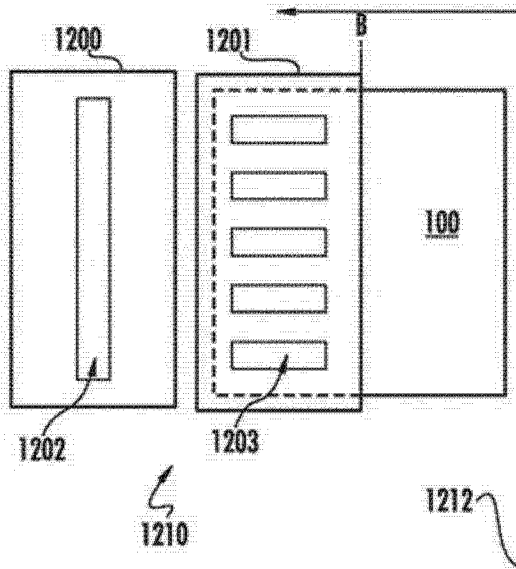


图 20B

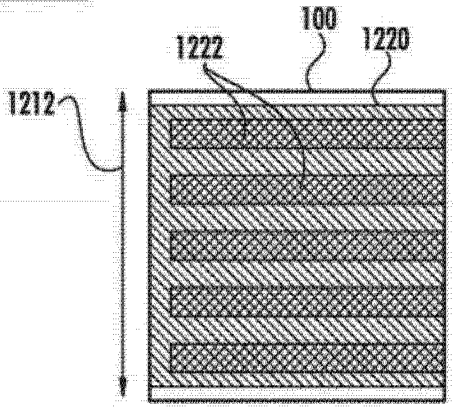


图 20C

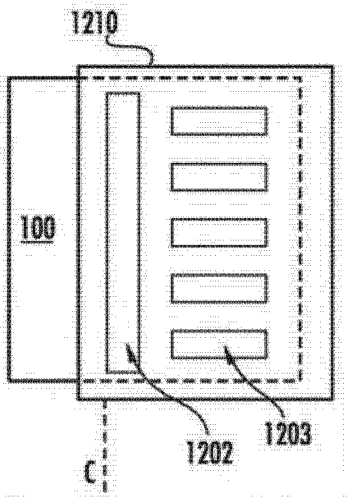


图 20D

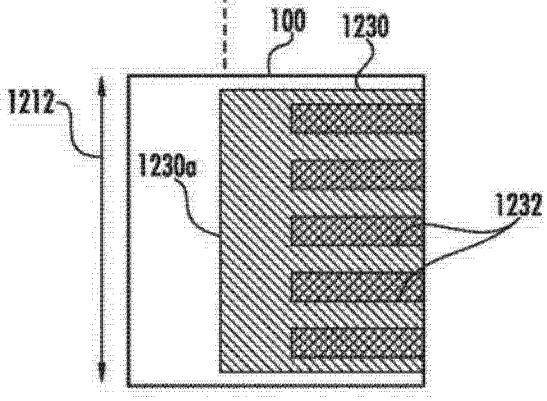


图 20E

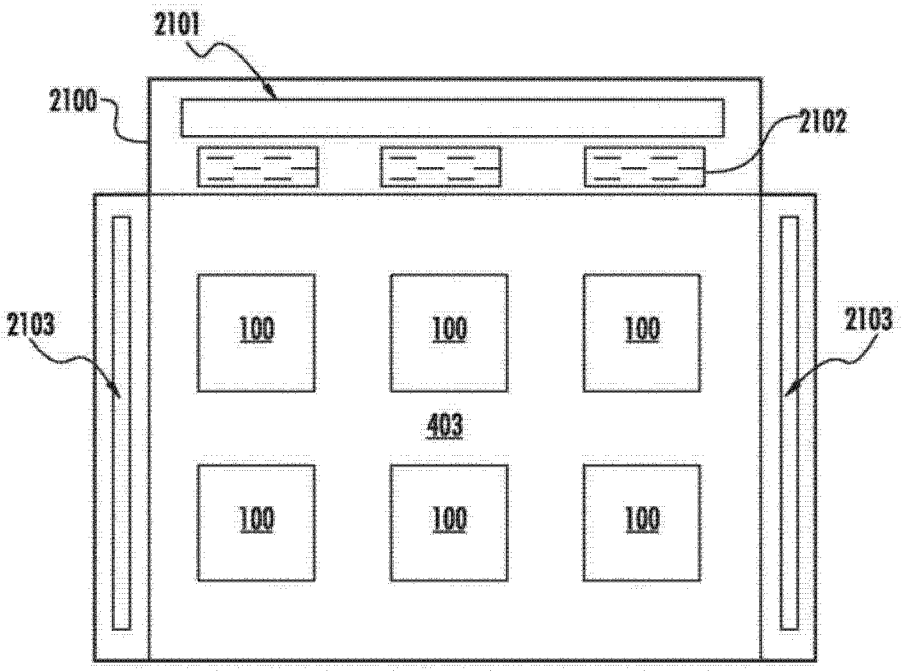


图 21

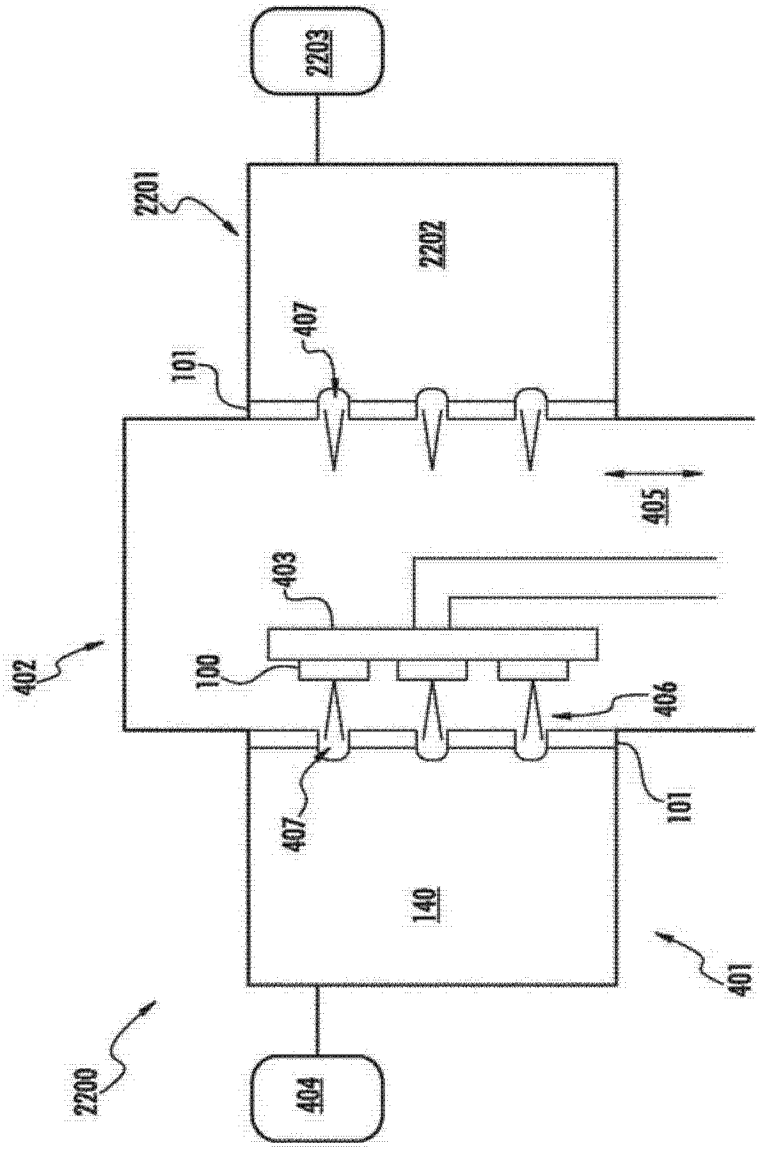

2203
2201
2202
407
101
405
403
402
100
406
407
101
140
401
2200
404

图 22

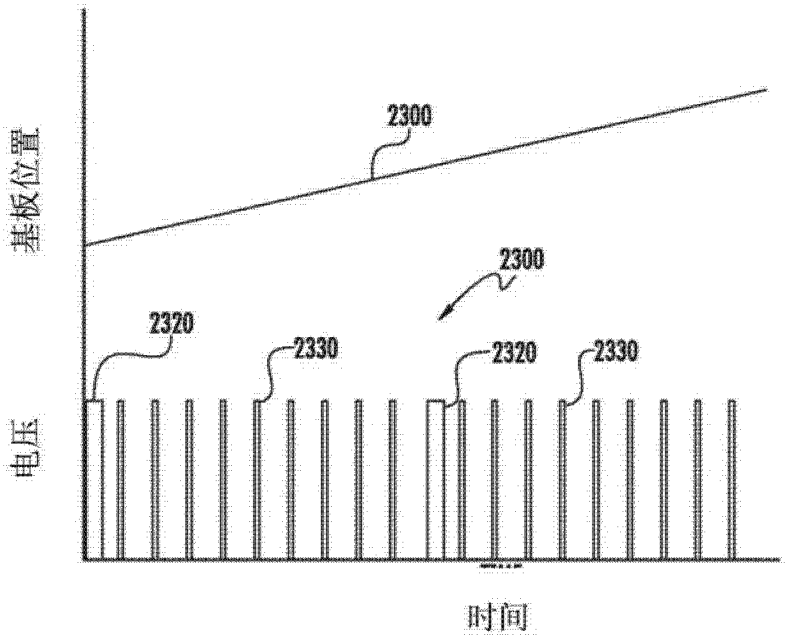

基板位置
2300
2300
2320
2330
2320
2330
电压
时间

图 23

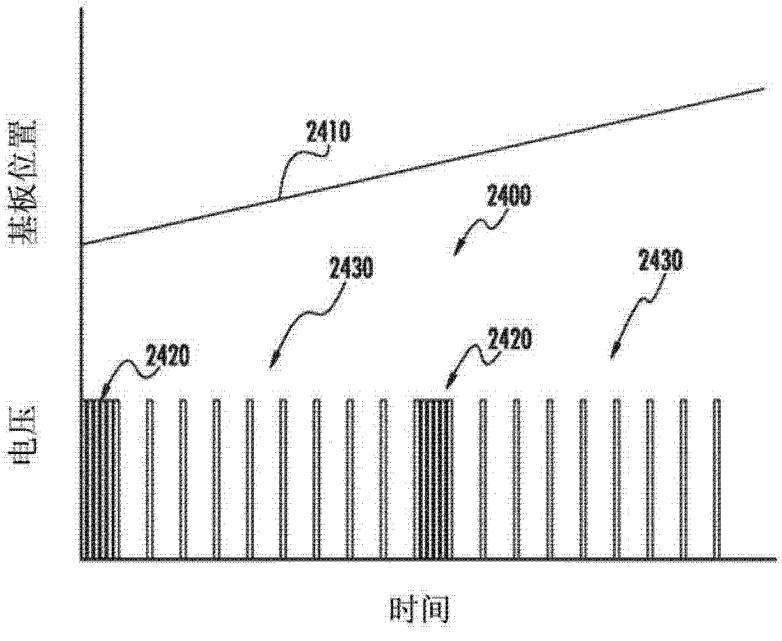

基板位置
2410
2400
2430
2430
2420
2420
电压
时间

图 24