



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104040732 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 10

(21) 申请号 201280065730. 9

H·P·穆格卡 S·施莱弗

(22) 申请日 2012. 12. 31

W·布施贝克 J·亨里希 A·洛珀

(30) 优先权数据

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

61/582, 698 2012. 01. 03 US

代理人 胡林岭

61/596, 654 2012. 02. 08 US

61/612, 080 2012. 03. 16 US

(51) Int. Cl.

61/661, 313 2012. 06. 18 US

H01L 31/18(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

H01L 31/042(2014. 01)

2014. 07. 01

H01L 31/0216(2014. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/072272 2012. 12. 31

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/103609 EN 2013. 07. 11

(71) 申请人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 H·K·波内坎蒂 A·S·波利亚克

J·莱厄罗伊斯 M·S·考克斯

C·T·莱恩 E·P·哈蒙德四世

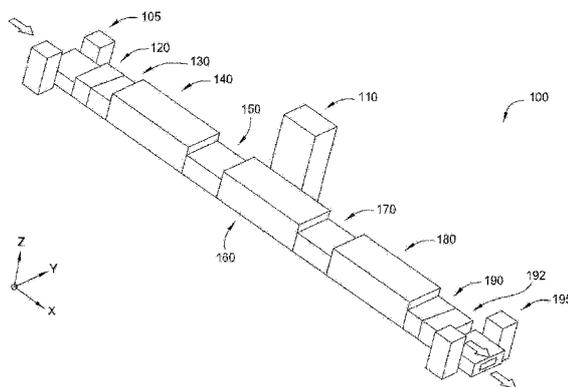
权利要求书3页 说明书26页 附图19页

(54) 发明名称

钝化结晶硅太阳能电池的先进平台

(57) 摘要

本发明大体提供一种用于形成太阳能电池装置的一或多个区域的高产出基板处理系统。在处理系统的一个配置中,于包含在高产出基板处理系统内的一或多个处理腔室内沉积并进一步处理一或多个太阳能电池钝化层或介电层。处理腔室可为(例如)等离子体增强的化学气相沉积(PECVD)腔室、低压化学气相沉积(LPCVD)腔室、原子层沉积(ALD)腔室、物理气相沉积(PVD)或溅镀腔室、热处理腔室(例如,RTA或RTO腔室)、基板重定向腔室(例如,翻转(flip)腔室)及/或其他类似的处理腔室。



1. 一种太阳能电池处理系统,该太阳能电池处理系统包含:

基板自动化系统,该基板自动化系统具有经配置以在第一方向上移送基板顺次穿过处理区域的一或更多个输送机,其中该处理区域维持在低于大气压力的压力下;

第一处理腔室,该第一处理腔室具有设置在该处理区域中的两个或两个以上第一沉积源,其中每一第一沉积源经配置以在该等基板相对于该两个或两个以上第一沉积源被移送穿过该处理区域时将处理气体单独地输送至该等基板的每一者的表面;及

第二处理腔室,该第二处理腔室具有设置在该处理区域中的两个或两个以上第二沉积源,其中每一第二沉积源经配置以在该等基板相对于该两个或两个以上第二沉积源被移送穿过该处理区域时将处理气体单独地输送至该等基板的每一者的该表面。

2. 如权利要求 1 所述的太阳能电池处理系统,其特征在于,该太阳能电池处理系统进一步包含:

第一基板接口模块,该第一基板接口模块设置在该基板自动化系统的第一端处,并具有经配置以将基板从基板载体顺次移送至该基板自动化系统的自动化装置;及

第二基板接口模块,该第二基板接口模块设置在该基板自动化系统的第二端处,并具有经配置以将基板从该基板自动化系统顺次移送至基板载体的自动化装置。

3. 如权利要求 1 所述的太阳能电池处理系统,其特征在于,该一或更多个输送机包含第一输送机及第二输送机,且该处理系统进一步包含:

基板重定向装置,该基板重定向装置设置在该处理区域中,并具有经配置以绕轴旋转基板以将该等基板从第一定向重定向至第二定向的致动器,其中该基板重定向装置经定位以从该第一输送机接收以该第一定向设置的基板并将该等经重定向的基板移送至该第二输送机。

4. 如权利要求 1 所述的太阳能电池处理系统,其特征在于,该第二沉积源围绕该第一沉积源。

5. 如权利要求 5 所述的太阳能电池处理系统,其特征在于,该第一沉积源包含:

第一外壳;

第一电极,该第一电极设置在该第一外壳中,该第一外壳经定形以形成第一空腔部分;第一磁分路,该第一磁分路与该第一电极耦接;

第一板材,该第一板材与该第一外壳耦接;及

第一磁铁,该第一磁铁邻近该第一板材并邻近该第一空腔部分的一端设置。

6. 如权利要求 6 所述的太阳能电池处理系统,其特征在于,该第二沉积源包含:

第二外壳;

第二电极,该第二电极设置在该第二外壳中,该第二外壳经定形以形成第二空腔部分;

第二磁分路,该第二磁分路与该第二电极耦接;

第二板材,该第二板材与该第二外壳耦接;及

第二磁铁,该第二磁铁邻近该第二板材并邻近该第二空腔部分的一端设置。

7. 如权利要求 1 所述的太阳能电池处理系统,其特征在于,该太阳能电池处理系统进一步包含装载锁定腔室,该装载锁定腔室具有设置在该装载锁定腔室中的装载锁定区域,其中该装载锁定腔室包含:

多个分离机构,该多个分离机构耦接至设置在该装载锁定腔室中的线性输送机构并且该多个分离机构经定位以将该装载锁定区域划分成多个分立区域;及

一或多个致动器,该一或多个致动器与该装载锁定区域流体连通并经配置以降低该多个区域的每一者中的该压力。

8. 如权利要求 8 所述的太阳能电池处理系统,其特征在于,该装载锁定腔室进一步包含:

第一致动器,该第一致动器经配置以在该多个分立区域的第一分立区域内提供压力;

第二致动器,该第二致动器经配置以在该多个分立区域的第二分立区域内提供大于该第一分立区域内的该压力的压力;及

第三致动器,该第三致动器经配置以在该多个分立区域的第三分立区域内提供大于该第二分立区域内的该压力的压力。

9. 一种太阳能电池处理系统,该太阳能电池处理系统包含:

基板自动化系统,该基板自动化系统具有经配置以在第一方向上移送基板穿过处理区域的两个或两个以上输送机,其中该处理区域维持在低于大气压力的压力下;

两个或两个以上第一沉积源,该两个或两个以上第一沉积源的每一者设置在该处理区域中,并以沿该第一方向且离该两个或两个以上输送机的一者的第一部分一距离的间隔关系来设置该两个或两个以上第一沉积源的每一者,其中每一第一沉积源经配置以在该等基板相对于该两个或两个以上第一沉积源被移送穿过该处理区域时将第一处理气体单独地输送至该输送机的该第一部分;

一或多个第一能源,该一或多个第一能源经配置以将能量输送至形成在该输送机的该第一部分与该两个或两个以上第一沉积源的一者之间的一区域;及

两个或两个以上第二沉积源,该两个或两个以上第二沉积源的每一者设置在该处理区域中,并以沿该第一方向且离该两个或两个以上输送机的一者的第二部分一距离的间隔关系来设置该两个或两个以上第二沉积源的每一者,其中每一第二沉积源经配置以在该等基板相对于该两个或两个以上第二沉积源被移送穿过该处理区域时将第二处理气体单独地输送至该输送机的该第二部分。

10. 如权利要求 9 所述的太阳能电池处理系统,其特征在于,该两个或两个以上输送机包含第一输送机及第二输送机,且该处理系统进一步包含:

一基板重定向装置,该基板重定向装置设置在该处理区域中,并具有经配置以绕轴旋转基板以将该等基板从第一定向重定向至第二定向的致动器,其中该基板重定向装置经定位以从该第一输送机接收以该第一定向设置的基板并将该等经重定向的基板移送至该第二输送机。

11. 如权利要求 9 所述的太阳能电池处理系统,其特征在于,该太阳能电池处理系统进一步包含装载锁定腔室,该装载锁定腔室具有设置在该装载锁定腔室中的装载锁定区域,其中该装载锁定腔室包含:

多个分离机构,该多个分离机构耦接至设置在该装载锁定腔室中的线性输送机构并且该多个分离机构经定位以将该装载锁定区域划分成多个分立区域;及

一或多个致动器,该一或多个致动器与该装载锁定区域流体连通并经配置以降低该多个区域的每一者中的该压力。

12. 如权利要求 11 所述的太阳能电池处理系统,其特征在于,该装载锁定腔室进一步包含:

第一致动器,该第一致动器经配置以在该多个分立区域的第一分立区域内提供压力;

第二致动器,该第二致动器经配置以在该多个分立区域的第二分立区域内提供大于该第一分立区域内的该压力的压力;及

第三致动器,该第三致动器经配置以在该多个分立区域的第三分立区域内提供大于该第二分立区域内的该压力的压力。

13. 一种形成太阳能电池的方法,该方法包含:

将太阳能电池处理系统的一处理区域中的压力降低至低于大气压力的压力;

将基板定位在至少部分地设置在该处理区域中的基板自动化系统上,其中该基板自动化系统经配置以在第一方向上将基板移送穿过该处理区域的至少一部分;

输送来自两个或两个以上第一沉积源的第一处理气体,该两个或两个以上第一沉积源的每一者设置在该处理区域中,其中该两个或两个以上第一沉积源的每一者经配置以将该第一处理气体输送至形成在该第一沉积源与定位于该基板自动化系统上的该等基板中的至少一者之间的一沉积区域;

输送来自两个或两个以上第二沉积源的第二处理气体,该两个或两个以上第二沉积源的每一者设置在该处理区域中,其中该两个或两个以上第二沉积源的每一者经配置以将该第二处理气体输送至形成在该第二沉积源与定位于该基板自动化系统上的该等基板中的至少一者之间的一沉积区域;及

藉由输送来自一或多个源的能量在该等沉积区域的每一者中形成一等离子体。

14. 如权利要求 13 所述的方法,其特征在于,该方法进一步包含:

从该第一基板自动化系统接收以第一定向设置的基板,该第一基板自动化系统包含第一输送机及第二输送机,其中接收基板的步骤包含将该等基板的至少一者定位在设置于该处理区域中的基板重定向装置上;

绕轴旋转该至少一个基板以将该至少一个基板从该第一定向重定向至第二定向;及

将该经旋转的至少一个基板移送至该第二输送机。

15. 如权利要求 13 所述的方法,其特征在于,该方法进一步包含:

将每一基板从大气压力移送至第一压力区域,其中该第一压力区域具有小于大气压力的压力;

将每一基板从该第一压力区域移送至第二压力区域,其中该第二压力区域具有小于第一压力区域中的该压力的压力;

将每一基板从该第二压力区域移送至第三压力区域,其中该第三压力区域具有小于该第二压力区域中的该压力的压力;及

将每一基板从该第三压力区域移送至该处理区域,其中该处理区域具有小于该第三压力区域中的该压力的压力。

钝化结晶硅太阳能电池的先进平台

技术领域

[0001] 本发明的实施例大体而言关于在用于形成太阳能电池装置的基板上形成层的设备及方法。本发明对结晶硅太阳能电池的制造特别有用。

背景技术

[0002] 光电 (PV) 电池或太阳能电池系将日光转换成直流 (DC) 电力的装置。典型的 PV 电池包括厚度通常小于约 0.3mm 的 p 型结晶硅圆或 p 型基板, 其中 n 型硅材料薄层设置在 p 型基板的顶部上。由 PV 电池产生的电压或光电压及产生的电流取决于 p-n 结的材料性质、沉积层之间的介面性质以及装置的表面积。在暴露于日光 (由来自光子的能量组成) 时, PV 电池的 p-n 结产生自由电子与空穴对。形成在 p-n 结的耗尽区上的电场使自由电子与空穴分离, 产生电压。在 PV 电池连接至电力负载时, 自 n 侧至 p 侧的电路允许电子的流动。电功率是在电子与空穴移动穿过外部电力负载并最终再结合时产生的电流与电压的乘积。每一太阳能电池产生特定量的电功率。多个太阳能电池平铺 (tile) 成经定尺寸以输送期望系统功率量的模组。

[0003] 在过去的十年中, PV 市场已经经历年增长率大于 30% 的增长。一些文章已提示全球的太阳能电池电功率产能在不久的将来可能超过 10GWp。已估计所有光电模块的大于 90% 的光电模块是基于硅晶圆的。高市场增长率结合充分降低太阳能电力成本的需求已对用于光电设备的硅晶圆生产开发造成许多严峻挑战。

[0004] 存在用于制造所形成的太阳能电池的有源区及载流金属线或导体的各种方法。在低成本下制造高效率的太阳能电池对于使太阳能电池在用于大规模消费的电力生产中更具竞争力是关键。太阳能电池的效率与电池收集由各个层中吸收的光子产生的电荷的能力直接相关。良好的前表面钝化层与后表面钝化层可有助于降低形成的太阳能电池装置中产生的电子或空穴的再结合, 并重定向电子与空穴返回至太阳能电池中以产生期望的光电流。在电子与空穴再结合时, 入射太阳能重发射为热或光, 从而降低太阳能电池的转换效率。此外, 一般而言, 钝化层将具有在光穿过钝化层时最小化光反射与光吸收的期望光学性质, 并具有以下的期望功能性质: “表面”钝化 (surface passivate) 于上设置有该钝化层的表面, “主体”钝化 (bulk passivate) 基板表面及相邻区域, 并储存期望电荷, 以“场”钝化 (field passivate) 于上设置有该钝化层的太阳能电池基板表面。太阳能电池上的期望钝化层的形成可极大地改良太阳能电池的效率, 然而, 一或多个形成的前侧钝化层的折射指数 (n) 与固有的消光系数 (k) 需随周围的层调整以最小化光反射并提高太阳能电池装置的光吸收。然而, 沉积速率且因而在设定时段中可处理的基板的最终数目对折射指数及 k 值以及膜的物理性质 (诸如, 密度) 有影响。

[0005] 为了应对此等挑战, 大体需要满足以下太阳能电池处理要求: 1) 需要改善基板制造设备的拥有成本 (cost of ownership; CoO) (例如, 高系统产出、高机器工作时间、便宜的机器、低耗材成本); 2) 需要增加每个处理周期中处理的面积 (例如, 降低每个 W_p 的处理); 及 3) 需要良好控制形成层及膜堆迭形成制程的品质且该品质需足以产生非常高效的太阳

能电池。因此,对成本有效地形成及制造用于太阳能电池应用的硅片材存在需求。

[0006] 此外,随着对太阳能电池装置的需求的持续增长,藉由增加基板产出并改良在基板上执行的沉积制程的品质来降低成本为一种趋势。然而,与在太阳能电池生产线中的生产及支援所有处理部件相关的成本却持续快速增加。为了降低此成本同时亦降低表面污染,需要设计具有高产出、改良的装置产出率、降低的基板处理步骤的数目及紧凑的系统占据面积的新颖的太阳能电池处理系统及处理顺序。

发明内容

[0007] 本发明的态样大体提供用于形成太阳能电池装置的一或更多个区域的高产出基板处理系统。在处理系统的一个配置中,于包含在高产出基板处理系统内的一或更多个处理腔室内沉积并进一步处理一或更多个太阳能电池钝化层或介电层。处理腔室可为(例如)等离子体增强的化学气相沉积(PECVD)腔室、低压化学气相沉积(LPCVD)腔室、原子层沉积(ALD)腔室、物理气相沉积(PVD)或溅镀腔室、热处理腔室(例如,RTA或RTO腔室)、基板重定向腔室(例如,翻转(flip)腔室)及/或其他类似的处理腔室。

[0008] 在一个实施例中,提供一种太阳能电池处理系统,该太阳能电池处理系统包含:基板自动化系统,该基板自动化系统具有经配置以在第一方向上移送基板顺次穿过处理区域的一或更多个输送机,其中处理区域维持在低于大气压力的压力下;第一处理腔室,该第一处理腔室具有设置在处理区域中的两个或两个以上第一沉积源,其中每一第一沉积源经配置以在基板相对于两个或两个以上第一沉积源被移送穿过处理区域时将处理气体单独地输送至基板的每一者的表面;以及第二处理腔室,该第二处理腔室具有设置在处理区域中的两个或两个以上第二沉积源,其中每一第二沉积源经配置以在基板相对于两个或两个以上第二沉积源被移送穿过处理区域时将处理气体单独地输送至基板的每一者的表面。

[0009] 在另一实施例中,提供一种太阳能电池处理系统,该太阳能电池处理系统包含:基板自动化系统,该基板自动化系统具有经配置以在第一方向上移送基板穿过处理区域的两个或两个以上输送机,其中处理区域维持在低于大气压力的压力下;两个或两个以上第一沉积源,该两个或两个以上第一沉积源的每一者设置在处理区域中,且以沿第一方向并距离两个或两个以上输送机的一者的第一部分一距离的间隔关系设置两个或两个以上第一沉积源的每一者,其中每一第一沉积源经配置以在基板相对于两个或两个以上第一沉积源被移送穿过处理区域时将第一处理气体单独地输送至输送机的第一部分;一或更多个第一能源,该一或更多个第一能源经配置以将能量输送至形成在输送机的第一部分与两个或两个以上第一沉积源的一者之间的区域;以及两个或两个以上第二沉积源,该两个或两个以上第二沉积源的每一者设置在处理区域中,且以沿第一方向并距离两个或两个以上输送机的一者的第二部分一距离的间隔关系设置两个或两个以上第二沉积源的每一者,其中每一第二沉积源经配置以在基板相对于两个或两个以上第二沉积源被移送穿过处理区域时将第二处理气体单独地输送至输送机的第二部分。

[0010] 在又一实施例中,提供一种形成太阳能电池的方法,该方法包含以下步骤:将太阳能电池处理系统的处理区域中的压力降低至低于大气压力的压力;将基板定位在至少部分地设置在处理区域中的基板自动化系统上,其中基板自动化系统经配置以在第一方向上将基板移送穿过处理区域的至少一部分;输送来自两个或两个以上第一沉积源的第一处理气

体,该两个或两个以上第一沉积源的每一者设置在处理区域中,且以沿第一方向并距离基板自动化系统的第一部分一距离的间隔关系设置该两个或两个以上第一沉积源的每一者,其中两个或两个以上第一沉积源的每一者经配置以将第一处理气体输送至形成在第一沉积源与定位于基板自动化系统上的基板的至少一者之间的沉积区域;以及藉由输送来自源的能量在沉积区域中形成等离子体。

附图说明

[0011] 为了可以详细理解获得本发明的上述特征结构的方式,可参照实施例对简要概述于上的本发明进行更加详细的描述,该等实施例的一些实施例图示于附图中。然而应注意的是,附图仅图示本发明的典型实施例并因此不应视为限制本发明的范围,因为本发明可允许其他等效实施例。

[0012] 图 1 为基板处理系统的一个实施例的示意性等角视图。

[0013] 图 2A 为根据本文描述的一个实施例的自动化基板处理系统的示意性横截面平面图。

[0014] 图 2B 为根据本文描述的一个实施例的自动化基板处理系统的示意性横截面平面图。

[0015] 图 2C 为根据本文描述的一个实施例的自动化基板处理系统的示意性侧横截面视图。

[0016] 图 3 为根据本文描述的一个实施例形成在基板处理系统中的太阳能电池基板的横截面图。

[0017] 图 4 为根据本发明的一个实施例的处理腔室的示意性侧横截面视图。

[0018] 图 5A 为根据本发明的一个实施例的沉积腔室的示意性侧横截面视图。

[0019] 图 5B 为根据本发明的实施例图示于图 5A 中的沉积腔室的示意性侧横截面视图。

[0020] 图 5C 为根据本发明的实施例图示于图 5A 中的沉积腔室的区域的更详细示意性侧横截面视图。

[0021] 图 5D 为根据本发明的一个实施例图示于图 5A 的沉积腔室的区域的示意性侧横截面视图。

[0022] 图 6 为根据本发明的一个实施例的沉积腔室的示意性侧横截面视图。

[0023] 图 7A 为根据本发明的实施例的重定向腔室的示意性部分横截面等角视图。

[0024] 图 7B 为根据本发明的实施例的重定向腔室的示意性侧横截面视图。

[0025] 图 7A 为根据本文描述的一实施例的基板处理系统的示意性平面视图。

[0026] 图 7B 为根据本文描述的一实施例的基板处理系统的示意性平面视图。

[0027] 图 7C 为根据本文描述的一实施例的基板处理系统的示意性平面视图。

[0028] 图 8 图示根据本文描述的实施例的可在自动化基板处理系统中执行的处理顺序。

[0029] 为了清晰起见,在可能的地方使用相同的元件符号指示诸图所共有的相同元件。可想到一个实施例的特征可有利地并入其他实施例而无需进一步详述。

具体实施方式

[0030] 本发明大体提供用于现场处理 (in-situ processing) 用于形成太阳能电池装置

区域的膜堆迭的高产出基板处理系统或群集工具。在一个配置中,形成在基板的每一者上的膜堆迭含有一或多个钝化层或介电层,于包含在高产出基板处理系统内的一或多个处理腔室内沉积并进一步处理该一或多个钝化层或介电层。处理腔室可为(例如)等离子体增强的化学气相沉积(PECVD)腔室、低压化学气相沉积(LPCVD)腔室、原子层沉积(ALD)腔室、物理气相沉积(PVD)腔室、热处理腔室(例如,RTA或RTO腔室)、基板重定向腔室(例如,翻转腔室)及/或其他类似的处理腔室。

[0031] 高产出基板处理系统可包括一或多个沉积腔室,在该一或多个沉积腔室中,基板暴露于一或多个气相材料及射频等离子体。在一个实施例中,处理系统包括至少一个等离子体增强的化学气相沉积(PECVD)处理腔室,该等处理腔室已适于在多个基板以直线方向穿过系统时同时处理该多个基板。在一个实施例中,在真空或惰性环境中同时地移送太阳能电池基板穿过线性系统以防止基板污染并改良基板产出。在一些实施例中,基板200以线性阵列(诸如图2A至图2B中所图示)排列以用于处理,这与处理垂直堆迭的基板(例如,堆迭在晶匣中的分批基板)或处理通常在基板载体上被分批移送的平面阵列的基板相反。以线性阵列排列的基板的此处理允许基板的每一者直接并均匀地暴露于产生的等离子体、辐射热及/或处理气体。线性阵列可含有基板的子集或群组,该等基板在被顺次移送穿过处理系统时经类似处理。在此配置中,基板的子集或群组大体为以在垂直于基板移送方向的方向上相似排列的线性阵列设置的基板,并因而将在处理顺序期间的任何给定时间类似地处理该等基板。因而,处理以线性阵列设置的多组基板不依赖扩散型工艺或能量从一个基板至下一个基板的顺次移送(诸如,在常规配置的垂直堆迭或背对背基板分批处理中不期望发现的扩散型工艺或顺次移送)。

[0032] 本领域技术人员将明白,常规基板处理系统在基板移送穿过处理系统时要求分批基板在多个方向上移动,该常规基板处理系统将需要结构元件(诸如,基板载体)以在处理期间支撑并维持基板相对于彼此的对准及位置。处理系统内基板载体的添加导致许多不期望的处理问题、增加的系统复杂性及装置产出率问题。在一个实例中,由于处理期间处理腔室的区域中基板载体质量的增加,因为由基板载体的添加引起的腔室的增加热质量及热惯量而更加难以实现基板的快速加热或冷却。基板载体的添加还增加系统复杂性,这是由于基板载体在系统中经处理后需要不断地被清洁及返回,以使该基板载体可接收下一批基板。此外,基板载体的添加引发对额外自动化及机器人硬件的需求以在系统中处理基板之前将基板定位在基板载体中并随后在系统中处理基板之后将基板从基板载体移除。随着太阳能电池基板变得越来越薄(例如, $< 0.3\text{mm}$),对最小化在基板上执行的机器人拾取、移送及放下移动的数目的需求已极大地增加。因此,在本发明的一个实施例中,处理系统100(图1)经配置以使在基板穿过处理系统的移动期间没有执行“拾取及放下”类型的机器人移送步骤。拾取及放下类型的移送过程大体包括以下步骤:藉由使用机器人叶片、真空夹持装置或使用其他类似的独立的重定位方法在处理系统中将基板从一个位置移送至另一位置,该个别重定位方法需要末端执行器的重复相互作用以使基板能够从系统中的一个点移送至另一点。此外,通常“拾取及放下”类型的装置仅最低限度地支撑移送基板的重量以减少由基板与末端执行器之间的频繁相互作用产生的颗粒数目,该末端执行器在将基板移送穿过系统时支撑基板。

[0033] 本文所揭示的本发明的实施例可用于快速形成高产出基板处理系统(诸如,图1

至图 2B 及图 7A 至第 7C 图中所图示且下文所进一步论述的处理系统 100) 中的下一代太阳能电池装置。在一些配置中,下一代太阳能电池装置将包含形成在处理系统 100 中的太阳能电池基板的两侧上的多个沉积层(诸如,先进钝化层)。如上所述,在基板的两侧上形成层(诸如,高品质钝化层)可降低载体再结合、重定向电子与空穴返回至太阳能电池中以产生期望的光电流,并作为后侧反射器以更好地收集入射太阳能。然而,如本领域技术人员将了解,处理系统在维持高基板产出(例如,每小时 > 3000 个基板)并提供可重复的期望膜品质的同时在基板的两侧上形成并处理多个层的能力对太阳能电池制造行业而言是难以把握的。本文描述的处理系统配置因而大体经配置以在太阳能电池基板的两个表面上可靠地形成高品质的先进钝化层。

[0034] 图 1 及图 2A 至图 2B 图示根据本发明的实施例的基板处理系统 100,该基板处理系统 100 用于执行线性阵列的基板上的一或多个太阳能电池制造制程。在一个实施例中,基板处理系统 100 可包括:基板接收腔室 105、动态装载锁定腔室 120、预处理腔室 130、至少一个处理腔室(诸如,第一处理腔室 140、第二处理腔室 160 及第三处理腔室 180)、至少一个移送腔室(诸如,移送腔室 150 及 170)、缓冲腔室 190、第二动态装载锁定腔室 192 及基板卸载腔室 195。下文将进一步论述的图 7A 至第 7C 图的每一者图示根据本发明的一些实施例的处理系统 100 的一些替代性配置。总体而言,处理腔室 130-190 可包括以下类型的腔室的一者:PECVD 腔室、LPCVD 腔室、热线式化学气相沉积(HWCVD)腔室、离子植入/掺杂腔室、等离子体氮化腔室、原子层沉积(ALD)腔室、物理气相沉积(PVD)或溅镀腔室、等离子体或气相化学蚀刻腔室、热处理腔室(例如,RTA 或 RTO 腔室)、基板重定向腔室(例如,翻转腔室)及/或其他类似的处理腔室。

[0035] 图 3 图示太阳能电池基板 310 的横截面图,该太阳能电池基板 310 具有形成的太阳能电池装置 300 的前表面(例如,顶表面 305)上的钝化/ARC 层堆迭 320、前侧电接触件 307、后表面(例如,后表面 306)上的后表面钝化层堆迭 340 及形成后侧电接触件 346 的导电层 345,该后侧电接触件 346 经由在钝化层堆迭 340 中形成的通孔区域 347 电接触基板 310 的表面。在一个实施例中,基板 310 包含硅基板,该硅基板具有 p 型掺杂剂设置在该硅基板中以形成太阳能电池装置 300 的一部分。在此配置中,基板 310 可具有通常藉由掺杂及扩散/退火制程(尽管可使用包括离子植入的其他制程)形成在该基板 310 上的 p 型掺杂基极区 301 及 n 型掺杂发射极区 302。基板 310 亦包括设置在太阳能电池的基极区 301 与发射极区 302 之间的 p-n 结区 303,且基板 310 为在由来自太阳 350 的光的入射光子“ I ”照射太阳能电池装置 300 时产生电子空穴对所处的区域。导电层 345 及前侧电接触件 307 可包含金属(诸如,铝(Al)、银(Ag)、锡(Sn)、钴(Co)、镍(Ni)、锌(Zn)、铅(Pb)、钨(W)、钛(Ti)、钽(Ta)、镍钒(NiV),或其他类似材料,以及以上的组合物)。

[0036] 在一个实例中,形成的太阳能电池装置 300 包含钝化/ARC 层堆迭 320 及后表面钝化层堆迭 340,该钝化/ARC 层堆迭 320 及该后表面钝化层堆迭 340 的每一者含有全部形成在处理系统 100 中的基板 310 上的至少两个或两个以上沉积材料层。类似于本文所论述的基板 200 的基板 310 可包含单晶硅、多晶态硅(multi-crystalline silicon)或多晶硅(polycrystalline silicon),但是该基板 310 亦可对于包含锗(Ge)、砷化镓(GaAs)、碲化镉(CdTe)、硫化镉(CdS)、铜铟镓硒化合物(CIGS)、铜铟硒化物(CuInSe₂)、磷化铟(GaInP₂)、有机材料以及用于将日光转换成电力的异质结电池(诸如,GaInP/GaAs/Ge 或 ZnSe/GaAs/

Ge 基板)是有用的。钝化 /ARC 层堆迭 320 可包含与基板表面 305 接触的第一层 321 及设置在第一层 321 上的第二层 322。在一个实例中,第一层 321 可包含藉由等离子体增强的化学气相沉积 (PECVD) 制程形成的厚度在约 50 埃(\AA)与约 350 \AA 之间(诸如,150 \AA 厚)的氮化硅 (SiN) 层,并具有形成在该第一层 321 中的期望量 (Q_1) 的捕获电荷,以有效地钝化基板表面 305。在一个实例中,第二层 322 可包含藉由 PECVD 制程形成的厚度在约 400 \AA 与约 700 \AA (诸如,600 \AA 厚)之间的氮化硅 (SiN) 层,并具有形成在该第二层 322 中的期望量 (Q_2) 的捕获电荷,以有效地钝化基板表面 305。应注意,可按偏好根据于上形成钝化层的基板的类型来设置电荷的类型(诸如,基于 Q_1 与 Q_2 之和的正净电荷或负净电荷)。然而,在一个实例中,期望在 n 型基板表面上方实现在约 5×10^{11} 库仑 / cm^2 至约 1×10^{13} 库仑 / cm^2 之间的总净正电荷,而期望在 p 型基板表面上方实现在约 5×10^{11} 库仑 / cm^2 至约 1×10^{13} 库仑 / cm^2 之间的总净负电荷。在太阳能电池装置 300 的此配置中,后表面钝化层堆迭 340 可包含与基板后表面 306 接触的第一后侧层 341 及设置在第一后侧层 341 上的第二后侧层 342。在一个实例中,第一后侧层 341 可包含藉由 PECVD 制程形成的厚度在约 200 埃(\AA)与约 1300 \AA 之间的氧化铝 (Al_xO_y) 层,并具有形成在该第一后侧层 341 中的期望量 (Q_3) 的捕获电荷,以有效地钝化基板后表面 306。在一个实例中,第二后侧层 342 可包含藉由 PECVD 制程形成的厚度在约 600 \AA 与约 2500 \AA 之间的氮化硅 (SiN) 层,并具有形成在该第二后侧层 342 中的期望量 (Q_4) 的捕获电荷,以有效地帮助钝化基板后表面 306。应注意,如上文所论述,可按偏好根据于上形成钝化层的基板的类型来设置电荷的类型(诸如,基于 Q_3 与 Q_4 之和的正净电荷或负净电荷)。在太阳能电池装置 300 的一个实施例中,如图 3 所图示,钝化 /ARC 层堆迭 320 与后表面钝化层堆迭 340 的选择在形成的装置中将分别最小化前表面反射 R_1 并最大化后表面反射 R_2 ,以改良太阳能电池装置的效率。

[0037] 在某些实施例中,如图 2A 至图 2B 中所图示,基板处理系统 100 具有处理区域 210,使用基板自动化系统 515 在处理期间于方向“M”上将线性阵列的基板从基板接收腔室 105 移送穿过该处理区域 210 至基板卸载腔室 195(图 5A 至图 5C)。如图 1 至图 2C 中所图示,基板接收腔室 105 与基板卸载腔室 195 的每一者具有定位于基板自动化系统 515 的一侧上的至少一个基板移送区域(诸如,基板移送区域 104A、104B、108A 及 108B)。然而,此配置不意欲对本文描述的本发明的范围形成限制。

[0038] 参照图 2A,在一个实施例中,基板接收腔室 105 包含一或多个自动化装置(诸如,致动器组件 122),该一或多个自动化装置经配置以接收来自基板传输接口 121 的基板(例如,基板 200),并将该等基板定位在基板自动化系统 515 的一部分上,使得可将该等基板可被移送穿过处理系统 100 中存在的各个处理腔室。基板移送接口 121 将大体接收来自上游位置(例如,太阳能电池制造线中的上游处理模块)的基板。在操作中,在基板接收腔室 105 中,基板自动化系统 515 大体装载有未经处理的基板 200。在一个实施例中,经由一或多个模块化基板输送机 123 将基板 200 传输至基板传输接口 121,该一或多个模块化基板输送机 123 经配置以接收含有多个基板 200 的晶匣或堆迭箱。在一个实施例中,致动器组件 122 可为经调适以将基板从基板传输接口 121 移送至基板自动化系统 515 的一部分的 SCARA、六轴式、并联式、带式输送机或线性型机器人。在一个实例中,致动

器组件 122 为可购自美国加利福尼亚州普列三顿市的 Adept Technology Inc. 的 Quattro Parallel Robot。在另一实例中,致动器组件 122 包含可购自美国加利福尼亚州圣克拉拉市的 Applied Materials, Inc. 的 Applied Materials Italia S. r. l. 分公司的一或更多个滚轴或带式输送机。

[0039] 在一个实施例中,基板自动化系统 515 具有第一端 209 和第二端 211,其中基板 200 在该第一端 209 处进入基板自动化系统,以及具有材料沉积于其上的经处理基板 200 在该第二端 211 处从基板自动化系统 515 移除。在第一端 209 处,包含在基板自动化系统 515 中的输入输送机 220 支撑并导引基板 200 进入动态装载锁定腔室 120 中,动态装载锁定腔室 120 随后将基板 200 移送至预处理腔室 130 中。一系列中间输送机 221 大体用于支撑并导引基板穿过处理系统 100 中存在的各个处理腔室。在第二端 211 处,包含在基板自动化系统 515 中的出口输送机 222 接收在处理系统 100 中已经处理的基板 200。尽管已经图示具有多个独立输送机 220、221 及 222 的基板自动化系统 515,但是可使用具有在第一端 209 与第二端 211 之间延伸的材料连续腹板 (a continuous web of material) 的单个输送机。

[0040] 在一个配置中,基板自动化系统 515 中的输送机包括支撑并驱动支撑材料的支撑滚轴 512 (图 5A 至图 5C),该支撑材料被配置成支撑基板。在一个实例中,支撑材料包含能够经受在处理期间由基板实现的处理环境气体与温度的材料连续腹板 513 (例如,不锈钢网格、高温聚合材料)。在使用独立输送机 220、221 及 222 时,可藉由共用驱动系统 (未图示) 机械驱动滚轴 512 以使该等滚轴 512 一致地移动。由系统控制器 110 提供用于滚轴 512、移送埠 418 及其他系统致动器的各个驱动信号。尽管在图 1 至图 2B 所图示的实施例中具有七个沉积及处理腔室,但是因为取决于制程的数目及每个制程需要的设备可提供任何数目的腔室,所以此配置不意欲对本发明的范围形成限制。其他可能的处理系统配置的一些实例图示于图 7A 至图 7C 中。

[0041] 在一个实施例中,基板自动化系统 515 经配置以快速移送一或更多个列的基板 200 穿过处理系统 100 的处理区域 210。在一个实例中,如图 2A 中所图示,基板自动化系统 515 经调适以顺次移送多个列的基板 200 从第一端 209 穿过处理区域 210 至第二端 211。然而,应注意,尽管在图 2A 中图示五列 (亦即,列 R_1 至列 R_5) 基板,但是可顺序地处理更少或更多列的基板而不脱离本文描述的本发明的范围。在一个实例中,如图 2B 中所图示,基板自动化系统 515 经调适以将两个列的基板 200 (亦即,列 R_1 至列 R_2) 从第一端 209 连续移送至第二端 211。在另一实例中,如图 7A 中所图示,基板自动化系统 515 经调适以顺次移送单一列的基板 200 (亦即,列 R_1) 从第一端 209 穿过处理区域 210 至第二端 211。

[0042] 已发现,为了实现期望的基板产出以满足当前太阳能电池处理成本目标 (诸如,每小时处理 > 3000 个基板),并最小化成本,需要将顺次处理的基板列的数目限制在约一个基板列至三个基板列之间。因而,在一个实例中,如图 2B 中所示,基板自动化系统 515 经调适以移送两个基板列 R_1 及 R_2 穿过处理系统 100 中存在的处理区域 210。相信单一列或乃至两个或三个列的处理基板优于移送三个以上连续列的基板 (例如,大于 5 列) 的配置。此信心源于下文所论述的方面:要求支援机器人 (例如,致动器组件 122) 可靠地共同工作以实现易损坏的太阳能电池基板的高系统产出所需要的该支援机器人的高速相对速度;处理期间将处理区域 210 (例如,沉积腔室) 中的处理环境有效地维持在适度真空度 (例如,1-100mTorr) 下的需要;一次处理多个列所要求的腔室部件 (例如,壁 202 及埠 517) 的结

构完整性；以及为了在各种高处理温度及真空压力下处理多个列的基板而对腔室部件（例如，壁 202、真空泵 542、埠 517、阀）进行尺寸调整所产生的材料成本问题，其中该各种高处理温度以及真空压力是在太阳能电池基板上形成各种层所需的。应注意，随着接收基板列所要求的开口的宽度（例如，图 2A 至图 2B 及图 4 中的 Y 轴方向上的基板移送埠 418 的尺寸）增加，使处理环境维持在适度真空度下的能力变得更加难以实现，这是由于随着开口的横截面积（例如，孔尺寸）增加，实现一或更多个处理腔室的处理区域中的适度真空压力所要求的泵抽容量的非线性增加。如图 2A 至图 2B 中所图示，可藉由适当选择顺次输送穿过系统的基板列的数目来减小沉积及处理腔室的处理区域的宽度并因而减小该等处理区域的体积，以致力于改良基板产出、降低系统成本、改良沉积及处理腔室的结构完整性并改良装置产出率（例如，降低机器人移送错误、降低自动化诱发的污染）。在一个实例中，具有五个列的处理系统的要求宽度 W_1 大于具有两个列的处理系统的要求宽度 W_2 。由于腔室在抽空至真空压力时可除气的腔室体积与壁表面积的量较小及必须冷却用于保养或加热用于操作的材料量较小，处理系统的宽度的减少亦改良系统可维护性、降低修复系统问题的维修时间并降低在腔室的一者上执行维修后的系统启动时间。

[0043] 参照图 2A 至图 2B，在一个配置中，基板卸载腔室 195 包含经配置以将经处理的基板（例如，基板 200）从基板自动化系统 515 移送至基板传输接口 126 的一或更多个自动化装置（诸如，上文所论述的致动器组件 122）。基板移送接口 126 将大体将基板移送至下游位置（例如，太阳能电池制造线中的下游处理模块）。在操作中，致动器组件 122 将大体从第二端 211 移除经处理的基板 200 并将该等经处理的基板 200 移送出处理系统 100。在一个实施例中，经由一或更多个模块化基板输送机 127 从基板传输接口 126 位置传输基板 200，该一或更多个模块化基板输送机 127 经配置以将含有多个基板的接收的晶匣或堆迭箱移送至太阳能电池制造厂的其他部分。

[0044] 在一个实施例中，藉由使用下文所论述的狭缝阀组件 417 有选择地将设置在处理系统 100 中的腔室 130-190 彼此隔离。每一狭缝阀组件 417 经配置以有选择地将腔室 130-190 的一者中的处理区域与基板自动化系统 515 隔离，且该每一狭缝阀组件 417 邻近腔室 130-190 与基板自动化系统 515 之间的接口而设置。在一个实施例中，基板自动化系统 515 维持在真空环境内以消除或最小化移送腔室 110 与独立腔室 130-190 之间的压力差，该等独立腔室 130-190 通常用于在真空条件下处理基板。然而，在替代实施例中，移送区域 210 与独立腔室 130-190 可用于在清洁及惰性大气压力环境中处理基板。

[0045] 一般而言，处理系统 100 包括经配置以控制系统的自动化态样的系统控制器 110。系统控制器 110 促进整个基板处理系统 100 的控制及自动化且该系统控制器 110 可包括中央处理单元（central processing unit；CPU）（未图示）、存储器（未图示）及支援电路（或 I/O）（未图示）。CPU 可为任何形式的计算机处理器的一者，该等计算机处理器在工业环境中用于控制各个腔室制程及硬件（例如，输送机、马达、液体输送硬件等）并监视系统及腔室制程（例如，基板位置、制程时间、侦测器信号等）。存储器连接至 CPU，且该存储器可为容易获得的存储器（诸如，随机存取存储器（random access memory；RAM）、只读存储器（read only memory；ROM）、软盘、硬盘或任何其他形式的本地或远端数字储存装置）的一或更多者。软件指令及数据可被编码并储存在存储器内用于命令 CPU。支援电路亦连接至 CPU 用于以习知方式支援处理器。支援电路可包括闪存、电源、时钟电路、输入/输出电路系统、

子系统以及诸如此类者。可由系统控制器 110 读取的程序（或计算机指令）决定哪些项任务可在基板上执行。较佳地，程序为可由系统控制器 110 读取的软件，该软件包括用于产生并储存至少基板位置信息、各个受控制部件的动作顺序及以下的任何组合的代码。

[0046] 图 1 及图 2A 至图 2B 为包括多个处理腔室（例如，附图标记 140、160 及 180）的基板处理系统 100 的一个实施例的示意图。尽管如上文所论述，在设置于处理系统 100 中的处理腔室 140、160 及 180 中执行的处理技术的类型可包括 PVD、PECVD、LPCVD 等，但是相信类似于图示于图 5A 至图 5D 中的配置的一者的 PECVD 沉积腔室有利于在太阳能电池基板 200 的两个表面上形成高品质的层。

[0047] 图 2C 为图示于图 2B 中的基板处理系统 100 的一部分的侧横截面图。应注意，为了清晰起见，已从图 2C 中所图示的侧横截面图移除图示于图 2B 中的处理腔室 170，然而，在一些配置中，处理腔室 170 可定位于处理腔室 160 与处理腔室 180 之间以控制进入处理腔室 180 的基板的温度。在处理系统 100 的一个配置中，如图 2C 中所图示，多个处理腔室经设置以使基板自动化系统 515 内的独立输送机 220、221 及 222 经调适以移送基板穿过处理系统 100 内存在的处理区域 210 的不同部分的每一者。处理区域 210 可包含处理区域 131、141、151、161、171、181 及 191（图 2A 至图 2B），该等处理区域 131、141、151、161、171、181 及 191 存在于可选择地隔离的处理腔室 130-190 中。可藉由使用设置在处理腔室 130-190 的每一者的入口及 / 或出口处的一或多个狭缝阀组件 417 将处理区域 210 的各部分彼此间歇地隔离。尽管结合在图 4 中示意性图示的处理腔室 400 论述狭缝阀组件 417，但是此配置不意欲对可在处理系统 100 中使用狭缝阀组件的数目及 / 或位置形成限制。在处理系统 100 的一个实施例中，狭缝阀组件 417 的每一者为可关闭的并安装在处理腔室壁的一者上。可与本文论述的处理腔室的任一者结合使用的狭缝阀组件 417 可含有可关闭的门 417B，藉由使用设置在壁 402 的顶部上的弹性体带 402A 使可关闭的门 417B 与壁 402 的一部分形成密封以密封基板移送埠 418。基于自系统控制器 110 的支援电路 162 接收的命令，致动器 417A 使门 417B 伸展及缩回。在门 417B 处于关闭位置中时，密封处理腔室以使门 417B 的两侧上的区域彼此隔离。在一个实施例中，门 417B 为经配置以防止气体泄漏穿过基板移送埠 418 的常规闸阀。在处理期间，可关闭门 417B，使得可在设置于处理腔室壁 402 之间的处理区域 210 的部分中执行一或多个基板处理步骤。在执行与每一腔室相关的制程之后，打开每一腔室的门 417B。基于由驱动机构从系统控制器 110 的支援电路 162 接收到的命令，输送机 220、221 及 222 使基板 200 在方向“M”上前进进入后续处理腔室中。然而，在一些配置中，基板移送埠 418 在基板处理期间保持至少部分地打开，且因此仅在于处理系统上执行维修活动时阻碍基板的移动（亦即，移送埠为“关闭的”）。

[0048] 基板处理腔室设计

[0049] 图 4 为处理腔室 400 的一个实施例的侧横截面图，该处理腔室 400 可形成设置在处理系统 100 中的处理腔室（诸如，处理腔室 130-190（图 1 至图 2B））的一或多个者。图 4 为处理腔室 400 的侧横截面图，该处理腔室 400 相对于移送方向对准或平行于处理系统 100 的 X 轴方向。在一个实施例中，处理腔室 400 包含一或多个能源（诸如，源 410）、至少部分地封围处理区域 210 或处理区域 406 的一部分的腔室壁 402，以及基板自动化系统 515 的至少一部分。壁 402 大体包含在该壁 402 被加热到期望温度并由真空泵 542 泵抽至真空压力时可结构上支撑由在处理区域 406 之外的外部环境 543 施加的负载的材料。类似

于图 2A 中所图示的壁 202 的壁 402 大体包含诸如铝材料或不锈钢的材料。

[0050] 在一个配置中,源 410 的每一者包含反射器 412 与辐射源(诸如,IR 灯、钨丝灯、弧光灯、微波加热器或其他辐射能源),该辐射源经配置以在由基板自动化系统 515 移送设置在处理腔室 400 的处理区域 406 中的基板 200 时将能量“E”输送至该等基板 200 的表面。在处理期间,处理腔室 400 可用于在由后续处理腔室(诸如,沉积腔室 140、160 或 180)接收基板之前输送期望量的能量至基板 200,以使基板在进入后续处理腔室的处理区域时达到期望的处理温度。

[0051] 图 5A 至图 5C 为处理腔室 500 的一个实施例的侧横截面图,该处理腔室 500 可定位于设置在处理系统 100 中的处理腔室(诸如,处理腔室 140、160 及 180(图 1 至图 2B))的一或更多者内或替换该等处理腔室的一或更多者。图 5A 为处理腔室 500 的侧横截面图,该处理腔室 500 相对于移送方向对准或平行于处理系统 100 的 X 轴方向。图 5B 为处理腔室 500 的侧横截面图,该处理腔室 500 相对于与移送方向垂直的方向对准或平行于 Y 轴方向。在一个实施例中,处理腔室 500 包含一或更多个沉积源(诸如,图 5A 中所图示的沉积源 560A-560D)、气体源 528 及 529、电源 530、至少部分地封围处理区域 210(例如,处理区域 506)的一部分的腔室壁 502、以及基板自动化系统 515 的至少一部分。图 5C 为两个沉积源 560A 及 560B 的放大侧横截面图,该两个沉积源 560A 及 560B 意欲在基板 200 通过沉积源下方时在基板 200 的表面上形成层。壁 502 大体包含在该壁 502 被加热到期望温度并由真空泵 542 泵抽至真空压力时可结构上支撑由在处理区域 506 之外的环境 543 施加的负载的材料。类似于图 2A 中所图示的壁 202 的壁 502 大体包含诸如铝材料或不锈钢的材料。

[0052] 在一个配置中,基板自动化系统 515 的部分包含中间输送机 221,该中间输送机 221 经调适以藉由使用一或更多个致动器(未图示)(例如,步进马达或伺服马达)支撑、导引并移动基板 200 穿过处理腔室。在一个配置中,中间输送机 221 包含经配置以在处理期间在正的 +X 轴方向上支撑并移动基板列 200 的两个或两个以上滚轴 512 及输送带 513。

[0053] 在处理腔室 500 的一个实施例中,沉积源 560A-560D 的每一者耦接至至少一个气体源(诸如,气体源 528 及 529),该至少一个气体源经配置以将一或更多种处理气体输送至与处理区域 506 一起形成的处理区域 525,且该处理区域 525 在沉积源的每一者下方并在设置于在该处理区域 525 下方的基板 200 的表面上方。如图 5B 中所图示,沉积源 560A-560D 大体经配置以在设置于基板自动化系统 515 上的基板 200 的上方延伸。

[0054] 如图 5C 中所图示,沉积源将大体包含至少一个气体输送元件(诸如,第一气体输送元件 581 及第二气体输送元件 582),该至少一个气体输送元件的每一者经配置以将处理气体导引至处理区域 525。第一气体输送元件 581 包含流体气室 561,该流体气室 561 经配置以接收来自气体源 528 的处理气体并经由形成在该流体气室 561 中的多个孔 563 将接收到的气体输送至该处理区域 525。类似地,第二气体输送元件 582 包含流体气室 562,该流体气室 562 经配置以接收来自气体源 529 的处理气体并经由形成在该流体气室 562 中的多个孔 564 将接收到的气体输送至该处理区域 525。气体源 528 及 529 大体经配置以提供一或更多种前驱物气体及/或载气,该一或更多种前驱物气体及/或载气用于藉由使用 PECVD 制程在基板 200 的表面上沉积层。在一个制程顺序中,气体源 528 及 529 的至少一者经配置以将含硅气体(诸如,硅烷(SiH_4))、含氮气体(诸如,氮(N_2)或氨(NH_3))输送至沉积源以在基板的表面上形成氮化硅层。在一个制程顺序中,气体源 528 及 529 的至少一者经配

置以将含铝气体（诸如，三甲基铝（TMA））及含氧气体（诸如，氧（ O_2 ））输送至沉积源以在基板的表面上形成氧化铝层（ Al_xO_y ）。

[0055] 在一个配置中，如图 5C 中所图示，电源 530 经配置以藉由使用射频电源 530C、可选匹配 530A（例如，匹配网路）及电连接 530B 将射频能量输送至处理区域 525 以在处理区域 525 内形成等离子体“P”来增强在基板 200 上执行的沉积制程。在一个实施例中，电偏压施加至设置于处理区域 506 内的电极 580 以帮助改良沉积膜的性质。在一个配置中，藉由使用电源 587（图 5A）来将偏压施加至电极 580，该电源 587 可包含有有源电偏压源（例如，交流电源或直流电源）或选择性地使电极 580 的部分接地的开关。在一个实施例中，电极 580 可包括可由独立加热器电源（未图示）供电的加热元件 584（诸如，电阻加热元件 584）。邻近基板 200 定位电极 580 以在处理期间将基板 200 加热至约 200°C 至约 550°C 的温度。可用导电材料制造电极 580 及 / 或加热元件 584 以起到接地电极或射频（RF）电极的作用，以充当电容耦合的等离子体中的电极。

[0056] 在另一处理腔室配置中，如图 5D 中所图示，图 5A 中所图示的沉积源 560A-560D 可包含流体分配源 565，该流体分配源 565 经配置以在至少两个不同的方向（诸如，相对于基板移动方向 +X 轴方向的两个不同方向 F_1 及 F_2 ）上输送前驱物气体。图 5D 为相对于移送方向对准或平行于 X 轴方向的处理腔室 100 的侧横截面图。流体分配源 565 进一步包含注气双歧管 566，该注气双歧管 566 具有两个分立流道 574 及 575 形成在该注气双歧管 566 中。流道 574 耦接至第一气体源 528 且流道 575 耦接至第二气体源 529。第一气体源 528 及第二气体源 529 大体经配置以将一或更多种前驱物气体或载气输送至注气双歧管 566。第一气体源 528 及第二气体源 529 的每一者可经调适以输送包含选自包含以下的群组的气体的处理气体：含硅气体（例如，硅烷（ SiH_4 ））、氨（ NH_3 ）、含铝气体（例如，三甲基铝（TMA））、氧（ O_2 ）、氮（ N_2 ）、氢（ H_2 ），以及以上的组合物或以上的衍生物。

[0057] 第一气体源 528 及第二气体源 529 耦接至流量控制器（未图示）。流量控制器可包含经配置以控制自第一气体源 528 及第二气体源 529 至注气歧管 566 的前驱物气体的流动速率的一系列受控阀或质量流量控制器。流道 574、575 的每一者可包括穿过流体分配源 565 的部分而形成的多个分立孔，以将流动气体在期望方向 F_1 或 F_2 上从气室 568 及 569 分别导引进入处理区域 525。在一个实施例中，流体分配源 565 的每一者可含有多个单独隔离的气室（诸如，分布在 Y 轴方向上的气室 568、569），且该等流体分配源 565 的每一者经调适以在流向 F_1 及 / 或流向 F_2 上从该等流体分配源 565 的流道单独地输送一或更多种处理气体。可各自控制从第一气体源 528 及第二气体源 529 输送的气体的流动速率以提供待从流道 574 或流道 575 输送的期望的气体组成物。

[0058] 在一个配置中，流体分配源 565 的每一者经配置以将不对称的流体分配及 / 或气体组成物输送至处理区域 525 内的空间以在基板 200 相对于流体分配源 565 的每一者移动时在该基板 200 上产生不均匀的沉积。由于流道 574 及 575 的配置及 / 或电源 530 的配置，可将处理区域 525 有效地分成两个或两个以上区域，因此允许独立地改变及控制每一区域中的制程变量。在处理腔室 100 的一个配置中，流体分配源 565 经配置以藉由使用由射频电源 530C、可选匹配 530A 及电连接 530B 输送的射频能量将处理区域 525 划分成第一等离子体空间 578 及第二等离子体空间 579。在一个实例中，处理区域 506 的部分可被分成由假想垂直平面 571（例如，与图 5D 中的 Y-Z 平面平行）分隔的两个区段。在一个实施例中，

将电偏压施加至设置在处理区域 506 内的电极 580 以帮助改良沉积膜的性质。在一个配置中,电极 580 可具有经配置以单独地改变形成在第一等离子体空间 578 或第二等离子体空间 579 中的等离子体的独立电极元件 585A、585B。

[0059] 依据由流体分配源 565 产生的等离子体的性质,第一等离子体空间 578 不同于第二等离子体空间 579。举例而言,与第二等离子体空间 579 相比,第一等离子体空间 578 可具有较低等离子体密度(亦即,每单位面积的离子数)、较低通量(亦即,每单位面积/时间的离子密度)或以上的组合。或者,与第一等离子体空间 578 相比,第二等离子体空间 579 可具有较低的等离子体密度及/或较低的通量。由于流体分配源 565 的配置及处理区域 525 分割成第一等离子体空间 578 与第二等离子体空间 579,使用者可改变沉积制程参数,在一个实施例中,这促进了具有分级组成物的膜在基板 200 上的形成。

[0060] 在一个实施例中,可由真空泵 542(图 5A)调整处理区域 525 中的压力以在处理区域 525 中提供期望的气体流动型态来增强沉积膜的品质或性质。在一个实例中,在处理区域 525 中产生低压(例如,小于约 500mTorr)以提供层流反应物(例如,前驱物气体)并亦防止在跨越假想垂直平面 571 的第一等离子体空间 578 与第二等离子体空间 579 之间反应物混合的量。另外,流道 574 与 575 可经定位以在移送气流穿过处理区域 506 时朝基板 200 的不同区域导引该等气流。在一个实施例中,流道 574 及 575 包括以相对于假想垂直平面 571 分别成约 30 度至约 45 度的角度 572 与 573(例如,在 -X 轴方向或 +X 方向上)形成的多个开口。

[0061] 因此,流体分配源 565 可用于形成分级膜,该分级膜可由单一膜层组成,该单一膜层具有具不同化学组成物及/或晶体结构的区域。在一个实施例中,分级膜可具有在与沉积膜厚度平行的方向(例如,与图 5A 中的 Z 轴方向平行)上具不同化学组成物及/或晶体结构的区域。分级膜可由在基板 200 于 X 轴方向上相对于一或多个流体分配源 565 移动时相继沉积的层组成。由于流道 574、575 的定向及在基板 200 相对于流体分配源 565 移动时基板 200 的速度,每一层或层的一部分的沉积是暂时分隔开的。在一个实施例中,来自第二气体源 529 的前驱物气体的第二流动速率大于来自第一气体源 528 的前驱物气体的第一流动速率。因此,第一前驱物气体与第二前驱物气体相比以较高的速率流向处理区域 525,此举在与第一等离子体空间 578 相比在第二等离子体空间 579 中提供较高的等离子体密度及/或较高的通量,并可形成具有不同组成物的膜。可由相同前驱物或不同前驱物形成分级膜。在一个实施例中,分级膜可为整个具有不同的氢浓度及/或 Si:N 键结的一或多个氢化氮化硅($\text{Si}_x\text{N}_y\text{:H}$)层。在另一实施例中,分级膜可为具有不同的化学计量(诸如,不同的铝与氧的比率)的氧化铝(Al_xO_y)。尽管形成在基板 200 上的材料层将遇到微小的时间分离,但是可在基板 200 的表面上形成单一连续膜。在一个实例中,来自第一气体源 528 的前驱物气体的第一流动速率与来自第二气体源 529 的前驱物气体的第二流动速率。

[0062] 可藉由促进第一等离子体空间(例如,第一沉积源 560A 下方的等离子体空间 578)、第二等离子体空间(例如,第一沉积源 560A 下方的等离子体空间 579)、第三等离子体空间(例如,第二沉积源 560B 下方的等离子体空间 578)及第四等离子体空间(例如,第二沉积源 560B 下方的等离子体空间 579)的形成来利用沉积源 560A 与 560B 的组合以在基板 200 上形成分级膜。第一等离子体空间、第二等离子体空间、第三等离子体空间或第四等离子体空间的每一者可含有不同的等离子体密度及/或不同的通量以促进在基板 200 上以

不同的沉积速率沉积第一层及第二层。在一个实施例中,沉积源 560A 及沉积源 560B 的一者或两者可耦接至少垂直地可移动的致动器。可使用致动器调整基板与相应流体分配源 565 之间的间距。此举允许藉由改变相应注气双歧管与基板 200 之间的间距来进行额外制程控制。

[0063] 相信与常规处理技术相比,藉由使用至少两个沉积源 560A、560B、560C、560D 以顺次的方式在基板上处理或沉积层可极大地改良沉积层的性质。在基板正被快速地移送穿过处理区域 210 时,分开控制处理腔室的不同区域内的处理条件与气体浓度的能力允许容易地控制在不同的时期沉积在基板的表面上的材料。因此,藉由使用两个或两个以上沉积源,于在处理系统中执行的沉积顺序期间可产生具有不同组成物、分级组成物及 / 或不同实体结构(例如,质量密度、晶体结构)的膜。在一个实例中,首先利用多个处理气体的第一混合物与等离子体功率以第一沉积速率在基板表面上沉积高品质钝化层(诸如,设置在基板 310 的基板表面 305 上的第一层 321(图 3)),且然后利用多个处理气体的第二混合物与等离子体功率以第二沉积速率在高品质钝化层的表面上方沉积较低品质钝化层(诸如,图 3 所图示的第二层 322),该第二沉积速率高于第一沉积速率。

[0064] 图 6 为处理腔室 600 的一个实施例的侧横截面图,该处理腔室 600 可定位于设置在处理系统 100 中的处理腔室(诸如,处理腔室 140、160 及 180(图 1 至图 2B))的一或更多者内或替换该等处理腔室的一或更多者。图 6 为处理腔室 600 的侧横截面图,该处理腔室 600 相对于移送方向对准或平行于处理系统 100 的 X 轴方向。在一个实施例中,处理腔室 600 包括一或更多个能源(诸如,源 612 与 614)、至少部分地封围处理区域 210 或处理区域 606 的一部分的腔室壁 602、以及基板自动化系统 515 的至少一部分。壁 602 大体由在该壁 602 被加热到期望温度并由真空泵 642 泵抽至真空压力时可结构上支撑由在处理区域 606 的外的外部环境 643 施加的负载的材料构成。类似于图 2A 中所图示的壁 202 的壁 602 可由诸如铝材料或不锈钢的材料构成。

[0065] 在图 6 中所图示的配置中,源 612、614 为“霍尔效应(Hall effect)”等离子体源。在此类型的源中,第一源 612 由第二源 614 围绕。图示用于将处理气体引入至处理区域 606 中的喷嘴 616。提供气体源 628 以输送处理气体穿过喷嘴 616。每一源 612、614 包括封围电极 610A、610B 的外壳 608。每一电极 610A、610B 具有形成在该每一电极 610A、610B 中的冷却通道 613。电极 610A、610B 耦接至共用电源 634,且在操作中以反相驱动该等电极 610A、610B。在一个实施例中,电源 634 为交流电源。

[0066] 亦将气体从气体源 626 经由形成在板材 620 中的气体歧管 628 引入至源 612、614。藉由流动穿过冷却通道 622 的冷却液冷却板材 620。藉由熟知的紧固机构(未图示,诸如,螺钉)将板材 620 耦接至外壳 608。板材 620 具有穿过该板材 620 形成喷嘴 622 的开口。

[0067] 每一源 612、614 具有由覆盖电极 610A、610B 的衬垫 623 界定的空腔部分 621。电极 610A、610B 经定形以形成空腔部分。衬垫 623 促进源 612、614 中的热传递。邻近空腔部分 621 的端部并邻近板材 620 设置磁铁 624A、624B。磁铁 624A、624B 可包括永久磁铁或磁控管。磁铁 624A、624B 为相反极性。另外,磁分路(magnet shunts)636A、636B 存在于空腔部分 621 内并耦接至电极 610A、610B。磁分路 636A、636B 为与相应的磁铁 624A、624B 相反的极性。总体而言,磁铁 624A、624B 及分路 636A、636B 形成影响沉积的磁场。

[0068] 两个电极 610A、610B 连接在交流电源 634 的相对侧上。经由气体歧管 628 将反应

性气体及 / 或惰性气体引入至空腔部分 621 中。同时,经由喷嘴 616 引入第二气体。电极 610A、610B 各者在处理期间交替作为阴极及阳极。在一个电极 610A、610B 为阴极时,另一个电极 610A、610B 为电路的阳极。交替作为阳极与阴极的两个源 610A、610B 因为连续地移除任何堆积而阻止材料堆积在衬垫 623 上。

[0069] 源 612、614 产生用于将材料沉积至基板 200 上的离子束。尽管操作为阳极,但是来自源 612 的所有电子必须流向源 614 以回到电源 624。为了到达内部电极 610A、610B,电子必须经由喷嘴 632 进入空腔部分 621。在电子朝喷嘴 632 移动时,藉由经由喷嘴 632 发出的带正电荷的电场阻挡电子。带正电荷的电场由喷嘴 632 中的强磁场产生,该喷嘴 632 延伸出至更靠近基板 200 的较弱场区。因为阻挡了带正电荷的电场上的电子电流,所以产生电压降。

[0070] 因为阻挡电子流入空腔部分 621 中,所以气体原子经由喷嘴 632 流出空腔部分 621。此等中性原子与电子碰撞以形成离子。随后加速离子离开源 612、614 朝向基板 200。此整体效应类似于离子源在轴向电子镜限制的情况下使用“端部霍尔“End Hall””效应。在操作中,在每半个周期中,密集的线性离子束流从源 612、614 流向基板 200。同时,流出阴极源 612、614 的电子中和产生的离子束。结果为导向基板 200 的理想中和的、均匀的密集束。

[0071] 如图 6 中所图示,第一源 612 由第二源 614 围绕。因此,在第一源 612 操作为阴极时,阳极围绕阴极。相反地,在第二源 614 操作为阴极时,阳极被阴极围绕。阴极与阳极之间的快速循环使得电子在邻近源 612、614 之间连续转移。

[0072] 在操作中,两个源 612、614 共同操作以在基板 200 的每一者上沉积均匀的膜。经由喷嘴 616 引入来自气体源 628 的处理气体。同时,经由顶部板材 620 中的歧管 618 引入来自气体源 626 的反应性气体及 / 或惰性气体。随着经由歧管 618 与喷嘴 616 引入气体,将来自电源 624 的功率施加至电极 610A、610B。反相驱动电极 610A、610B,以使电极 610A、610B 中的一个电极操作作为阳极,而电极 610A、610B 中的另一个电极操作作为阴极。至电极 610A、610B 的电偏压引起操作为阴极的源 612、614 产生电子,该等电子在操作为阴极的源 612、614 的喷嘴 616 附近聚集,在操作为阳极的源 612、614 的喷嘴 616 附近聚集。由于由磁铁 624A、624B 与分路 626A、626B 产生的磁场,电子不能穿透到阳极源 612、614 的空腔部分 621 中。同时,自歧管 618 引入的气体原子流出喷嘴 632。气体原子与电子碰撞并产生离子。随后由于由在喷嘴 632 附近聚集的电子产生的电场与施加至电极 610A、610B 的偏压之间的电位差而将离子朝向基板 200 加速。离子产生等离子体羽流 (plasma plume),该等离子体羽流允许在所有基板 200 上的均匀沉积。

[0073] 在一个制程顺序中,源 612 及 614 的至少一者经配置以将含硅气体 (诸如硅烷 (SiH_4))、含氮气体 (诸如,氮 (N_2) 或氨 (NH_3)) 输送至沉积源以在基板 200 的前表面 (例如,前表面 305) 上形成氮化硅层。

[0074] 如在图 6 中所进一步图示,基板自动化系统 515 的一部分包括中间输送机 221,该中间输送机 221 经调适以藉由使用一或多个致动器 (未图示) (例如,步进马达或伺服马达) 支撑、导引并移动基板 200 穿过处理腔室 600。在一个配置中,中间输送机 221 包含经配置以在处理期间在正的 +X 轴方向上支撑并移动基板列 200 的支撑滚轴 512 及材料腹板 513。

[0075] 在一个实施例中,由真空泵 642 调整处理区域 606 中的压力以在处理区域 606 中

提供期望的气体流动型态来增强沉积膜的品质或性质。在一个实例中,在处理区域 606 中产生低压(例如,小于约 500mTorr)以提供层流反应物(例如,前驱物气体)。

[0076] 基板重定向腔室

[0077] 参照图 7A 至图 7B,在一个实施例中,处理系统 100 可进一步包括处理腔室 700(诸如,处理腔室 150),该处理腔室 700(诸如,处理腔室 150)用于重定向或翻转设置在处理区域 210 或处理区域 701 的一部分内的真空环境中的基板 200。在一些实施例中,随后可将在一侧上已经处理的线性阵列基板 200 的一部分移送至处理腔室 150 中用于重定向基板 200 以可在下游处理腔室中处理相对侧。例如,若首先处理每一基板的朝上侧,则处理腔室 150 重定向基板 200 的每一者以使先前朝上侧朝下而先前朝下侧朝上用于后续处理。在重定向基板 200 之后,随后可将基板 200 移送至后续处理腔室(诸如,处理腔室 160-190)中用于处理基板 200 的相对侧。在一个实施例中,将基板 200 移送至处理腔室 160(诸如,PECVD 腔室)中,并在基板 200 上执行沉积制程。因此,处理基板 200 的第一侧、随后翻转基板 200 并处理基板 200 的相对侧的步骤可在处理系统 100 内全部实现而不破坏系统内的真空。

[0078] 图 7A 为包含基板重定向装置 705 的处理腔室 700 的一部分的等角视图。基板重定向装置 705 可包含全部耦接至系统控制器 110 的旋转致动器 720、串联的输送机组件 710A 及 710B,以及支撑件 780。在基板反转器系统 705 的一个配置中,串联输送机组件 710A 及 710B 与基板移送方向 708(例如,图 5A 及图 6 中的 X 轴方向)共面定位。使用安装在每一输送机组件 710A 及 710B 内部的旋转致动器(未图示)的系统控制器 110 启动传送带 770 以促进沿着基板移送方向 708 装载并分配基板。若要求基板反转,则在基板的群组(诸如,基板的列 R_1 - R_5 及一或多个行(X 轴方向))定位于运输带 770 之间时停止传送带 770,以使可应用真空梯度以使基板进一步紧固至运输带 770 的至少一者。基板反转器系统 700 藉由使用旋转致动器 720(图 7A)一致地旋转串联的输送机来反转基板,该旋转致动器 720 耦接至输送机组件 710A 及 710B 的每一者内的支撑结构元件。可绕基板的群组的中心线上的任何旋转轴或邻近基板的群组的中心线的任何旋转轴执行反转操作。在此实施例中,绕基板中心线“Y”(图 7B)发生反旋转“R”(图 7B),该基板中心线“Y”与基板移送方向 708 成 90 度。绕与基板中心线一致的任何轴反转基板导致相对于基板移送方向 708 的基板的反转前前边缘变为反转后后边缘。在自动化基板生产系统中,相对于基板移送方向 708 的基板边缘定向的控制可为处理所期望的。另外,此方法允许在基板移送方向 708 上输送的基板被装载、反转并从串联的输送机组件 710A 及 710B 的两侧上卸载,因而消除原本重置反转器以收集另一基板群组所需的时间。

[0079] 图 7B 图示设置在处理腔室 150 中的输送机组件 710A 及 710B 的一个实施例的示意性横截面图。在一个实施例中,传送带 770 设置在包含在输送机组件 710A 中的滚轴 711 及 712 上方,且第二传送带 770 设置在包含在输送机组件 710B 中的滚轴 713 及 714 上方。在一个实施例中,由系统控制器 110 控制的第一旋转致动器(例如,电动马达)耦接至输送机组件 710A 中的滚轴的一者,且亦由系统控制器 110 控制的第二旋转致动器(例如,电动马达)耦接至输送机组件 710B 中的滚轴。在一个实施例中,经由使用由系统控制器 110 发送至旋转致动器的每一者的命令来独立地操作输送机组件 710A 及 710B 的每一者中的传送带 770。在一个实施例中,传送带 770 的弹性性质结合两个输送机组件 710A 与 710B 之间的间距(亦即,形成在输送机组件 710A 与 710B 之间的间隙)用于调整基板厚度、基板翘曲及

输送机的平面度的变化。

[0080] 另外,传送带 770 的每一者可为多孔的以允许流体从传送带 770 的一侧被移送至另一侧。在一个实施例中,传送带 770 由挠性及多孔材料(诸如,聚氨酯泡沫或金属线网格或其他类似的材料)形成。在一个实施例中,系统控制器 110 可用于有选择地控制在输送机组件 710A 与 710B 的每一者中的气体源 791 与气室 790 之间的气流。在一个实例中,由于施加至与流体源 791 流体连通的相对表面的真空的应用,可在传送带 770 的一个表面上产生次大气压(例如,真空)。在一个态样中,藉由在形成于输送机组件 710A 与 710B 的每一者中的埠 794 内提供真空压力,在设置于支承表面 792 上方的多孔传送带 770 上捕获并保持基板。在一个配置中,流体源 791 为真空泵或真空抽气器,该真空泵或真空抽气器经调适自形成于气室 790 中的一或更多个埠 794 提供真空至传送带 770 的表面。在处理区域 210 中的压力太低以致不能藉由施加真空至传送带 770 的一侧来形成期望的“夹紧力”的配置中,致动器可用于重定位输送机组件 710A 与 710B 的至少一者以闭合形成在该等输送机组件 710A 与 710B 之间的间隙,使得在重定向处理期间限制设置在该间隙中的基板 200 移动。

[0081] 在处理系统 100 的一些实施例中,处理腔室 700 可进一步包含一或更多个能源(诸如,能源 704)。能源 704 可包含如上文所论述的类似元件连同源 410,且因而能源 704 的每一者可包含反射器 412 与辐射源 411,该反射器 412 与该辐射源 411 经配置以在由基板重定向装置 705 重定向设置在处理腔室 700 的处理区域 701 中的基板 200 并由基板自动化系统 515 中存在的部件移送该等基板 200 时将能量“E”输送至该等基板 200。在一个配置中,能源 704 经配置以将能量输送至由基板重定向装置 705 接收及/或设置在基板重定向装置 705 中的基板。能源 704 与系统控制器 110 通常用于维持及/或控制重定向基板的温度,以保证在从处理腔室 700 移送该等重定向基板及/或由下游处理腔室接收该等重定向基板时该等重定向基板处于期望的温度。

[0082] 动态装载锁定腔室

[0083] 图 8A 为根据本发明的一个实施例的动态装载锁定腔室 800 的示意性平面图。图 8B 为沿图 8A 中的剖面线 B-B 所取的动态装载锁定腔室 800 的示意性横截面图。如图 8A 与图 8B 中所图示,动态装载锁定腔室 800 在经配置以在前向方向“F”(例如,从大气压力至真空)上传输基板 201 时可对应于第一动态装载锁定腔室 120,且该动态装载锁定腔室 800 在经配置以在相反方向“R”(例如,从真空至大气压力)上传输基板 201 时可对应于第二动态装载锁定腔室 192。

[0084] 无论移送基板 201 所在的方向,动态装载锁定腔室 800 的功能是连续地传输基板 201 至处理腔室 130 或从处理腔室 190 连续地传输基板 201,同时消除从动态装载锁定腔室 800 的大气压力侧至处理腔室 130、190 内部的真空条件的气流。为了实现此期望的功能,动态装载锁定腔室 800 的内体积配置成多个分立体积,当在动态装载锁定腔室 800 的大气侧与一或更多个处理腔室 130、190 内部的真空条件之间传输设置于此等分立体积内的基板时,该多个分立体积沿该大气侧与该真空条件之间的直线路径为可移动的。如随后于下文所描述,在基板移送处理期间沿基板移送路径移送分立体积时,分别地将该等分立体积内的压力降低至分阶段准(staged levels)。由设置于连续移动的线性基板传输带上的分离机构提供分立体积之间的间隔,该传输带在动态装载锁定腔室 800 的大气侧与一或更多个处理腔室 130、190 之间传输基板。

[0085] 动态装载锁定腔室 800 包括封围分阶装载锁定区域 (staged load lock region) 808 的顶壁 802、底壁 804 以及侧壁 806。可以用于基板处理腔室的典型材料 (诸如, 不锈钢或铝) 制造壁 802、804 及 806。线性输送机构 810 从动态装载锁定腔室 200 的大气压力侧 812 延伸穿过分阶装载锁定区域 808 至动态装载锁定腔室 200 的处理压力侧 814。线性输送机构 810 包括定位于动态装载锁定腔室 800 的大气压力侧 812 上的一或多个滚轴 816 及定位于动态装载锁定腔室 800 的处理压力侧上的一或多个滚轴 818。一或多个滚轴 816、818 支撑并驱动材料的连续传输带 820, 该材料的连续传输带 820 经配置以支撑并传输基板 201 穿过装载锁定腔室 800。可由机械驱动 894 (图 8A, 诸如, 马达 / 链驱动 (未图示)) 驱动滚轴 816、818, 且该等滚轴 816、818 可经配置以高达约 10m/min 的线性速度传输传输带。机械驱动 894 可为经调整以在处理期间提供期望的传输带 820 速度的电动马达 (例如, 交流伺服马达或直流伺服马达)。传输带 820 可由不锈钢、铝或聚合材料制成。一或多个支撑板 822 可在侧壁 806 之间延伸以支撑传输带 820 的内表面。传输带 820 的内表面通常由一或多个支撑板 822 的表面 822A (图 8D) 支撑。

[0086] 装载锁定腔室 800 的上壁 802 包括形成在该上壁 802 中的多个凹穴 (pockets) 826、827、828、829 及 830, 该多个凹穴 826、827、828、829 及 830 分别流体耦接至多个致动器 831、832、833、834 及 835。凹穴 826-830 的每一者与分阶装载锁定区域 808 的相应分立区域进一步流体连通。举例而言, 凹穴 826 与区域 846 流体连通。凹穴 827 与区域 847 流体连通。凹穴 828 与区域 848 流体连通。凹穴 829 与区域 849 流体连通, 且凹穴 830 与区域 850 流体连通。

[0087] 下壁 804 包括形成在该下壁 804 中并分别耦接至多个致动器 831、832、833、834 及 835 的多个对应凹穴 836、837、838、839 及 840。凹穴 836-840 的每一者与分阶装载锁定区域 808 的相应分立区域进一步流体结合。举例而言, 凹穴 836 与区域 856 流体连通。凹穴 837 与区域 857 流体连通。凹穴 838 与区域 858 流体连通。凹穴 839 与区域 859 流体连通, 且凹穴 840 与区域 860 流体连通。

[0088] 另外, 一或多个支撑板 822 亦可包括形成在该一或多个支撑板 822 中并分别耦接至多个致动器 831、832、833、834 及 835 的对应凹穴 841、842、843、844 及 845。凹穴 841-845 的每一者流体地耦接至分阶装载锁定区域 808 的相应分立区域。举例而言, 凹穴 841 与相应区域 846 及 856 流体连通。凹穴 842 与相应区域 847 及 857 流体连通。凹穴 843 与相应区域 848 及 858 流体连通。凹穴 844 与相应区域 849 及 859 流体连通, 且凹穴 845 与相应区域 850 及 860 流体连通。

[0089] 在一个实施例中, 多个致动器 831-835 包括多个泵, 该多个泵经设置以逐步降低动态装载锁定腔室 800 中从大气压力侧 812 至处理压力侧 814 的压力。在此实施例中, 泵的每一者经配置以降低分阶装载锁定区域 808 内对应于凹穴的体积, 泵耦接至该凹穴。举例而言, 致动器 831 可经配置以降低相应区域 846 及 856 中的压力至小于大气压力的第一压力 (例如, 480-600 毫巴)。致动器 832 可经配置以降低相应区域 847 及 857 中的压力至小于第一压力的第二压力 (例如, 100-300 毫巴)。致动器 833 可经配置以降低相应区域 848 及 858 中的压力至小于第二压力的第三压力 (例如, 10-100 毫巴)。致动器 834 可经配置以降低相应区域 849 及 859 中的压力至小于第三压力的第四压力 (10^{-2} -1 毫巴), 且致动器 835 可经配置以降低相应区域 850 及 860 中的压力至小于第四压力且可大于一或多个

处理腔室 130、190 内的压力（例如， 10^{-5} 毫巴）的第五压力（ 10^{-4} - 10^{-2} 毫巴）。在一个配置中，多个致动器 831-835 由流体耦接至凹穴 826-830 及 836-845 的每一者的单一致动器来替代，其中单一致动器经单独地连接及装阀以控制此等凹穴的每一者内的压力及 / 或从此等凹穴的每一者接收的气流。在另一实施例中，致动器 831 可包括压缩机，该压缩机经配置以将清洁干空气（CDA）或者惰性气体（诸如，氩或氮）注入至处于稍高于大气压力（例如，高于大气压力 15-100 毫巴）的第一压力的相应区域 846 及 856 中。区域 846 及 856 内的此过压条件保证来自大气压力侧 812 的污染物不被引入至动态装载锁定腔室 800 中且因此不被引入至一或更多个处理腔室 130、190 中。

[0090] 在此实施例中，致动器 832-835 包括多个泵，该多个泵经设置以逐步降低从相应区域 846 及 856 至动态装载锁定腔室 800 的处理压力侧 814 的压力。举例而言，致动器 832 可经配置以降低相应区域 847 及 857 中的压力至小于第一压力的第二压力（例如，300-600 毫巴）。致动器 833 可经配置以降低相应区域 848 及 858 中的压力至小于第二压力的第三压力（例如，50-200 毫巴）。致动器 834 可经配置以降低相应区域 849 及 859 中的压力至小于第三压力的第四压力（1-50 毫巴），且致动器 835 可经配置以降低相应区域 850 及 860 中的压力至小于第四压力且可大于一或更多个处理腔室 130、190 内的压力（例如， 10^{-5} 毫巴）的第五压力（ 10^{-2} -1 毫巴）。

[0091] 尽管致动器 831-835 经配置用于从动态装载锁定腔室 800 的大气压力侧 812 至动态装载锁定腔室 800 的处理压力侧 814 的增加的压降，但是因为分阶装载锁定区域 808 内的邻近区域的每一者彼此流体连通，所以在维持该等邻近区域之间的一些分离上仍存在困难。为了保证邻近区域之间的此分离并提供半封围区域，多个分离机构 852 附接于传输带 820，其中在基板 201 穿过动态装载锁定腔室 800 时，半封围区域将独立基板 201 或基板 201 群组暴露至每一压力阶。分离机构 852 可沿着传输带的表面间隔开，以使一或更多个基板 201（例如，两个或两个以上基板 201 阵列）可定位于每一分离机构 852 之间。

[0092] 另外，分离机构 852 可经定位以在每一分离机构 852 的表面之间提供小间隙“G”，该每一分离机构 852 耦接至传输带 820 以及动态装载锁定腔室 800 的顶壁 802、侧壁 806 及 / 或底壁 804 的一部分。间隙“G”可具有在 0mm 与 3mm 之间、较佳地在 0mm 与 0.2mm 之间的高度“H”，以及 1mm 与 30mm 之间的宽度“W”。在一个配置中，在每一分离机构 852 与动态装载锁定腔室 800 的顶壁 802、侧壁 806 及 / 或底壁 804 之间界定的间隙“G”提供受控的固定间隙，当邻近的较高压力区与邻近的较低压力区两者随着由机械驱动 894 移动传输带 820 而在期望方向上移动时，设置在该邻近较高压力区（例如，区域 846）中的气体在泄漏至该邻近的较低压力区（例如，区域 847）中时将穿过该受控的固定间隙。分离机构 852 用于形成已知且可重复空间，在分离机构 852 与基板（例如）从第一动态装载锁定腔室 800 的大气压力侧 812 移动至第一动态装载锁定腔室 800 的处理压力侧 814 时，气体将流动穿过该已知的可重复空间。致动器 831-835 的每一者的泵抽容量与形成在壁 802、804、806 与分离机构 852 之间的间隙“G”的尺寸经选择以在基板移送制程期间在分离机构 852 与壁 802、804、806 之间产生受控的气流或“气体泄漏”，以使在向前“F”方向（亦即，第一动态装载锁定腔室 120）上将基板 201 从动态装载锁定腔室 800 的一端移送至另一端时连续降低该等基板 201 上方的压力，或在相反方向“R”（亦即，第二动态装载锁定腔室 192）上反之亦然。在一个实施例中，分离机构 852 的一或更多者的至少一部分经配置以接触壁 802、804、806

的一或更多者来最小化间隙,气体可从分离机构的一侧上的较高压力区域流动穿过该间隙至分离机构的另一侧。

[0093] 此外,因为基板传输带 820 的后侧 821 可提供动态装载锁定腔室 800 的邻近区域之间的“气体泄漏”路径,所以设置在一或更多个支撑板 822 内的凹穴 841-845 经配置以保证传输带 820 的后侧 821 与一或更多个支撑板 822 之间的压力条件维持在与流体连通的相应区域的剩余区域的压力相同的压力下。举例而言,凹穴 841 经配置以保证区域 846 内的传输带 820 的后侧 821 维持在与区域 846 的压力相同的压力下。

[0094] 图 8C 为根据一个实施例附接于传输带 820 的分离机构 801 的部分平面图。图 8D 为沿线 D-D 所取的分离机构的横截面图。图 8E 为沿线 E-E 所取的分离机构 801 的横截面图。图 8F 为来自图 8C 的分离机构 801 的示意性端视图。

[0095] 如图所示,分离机构 801 为跨越传输带 820 的宽度设置的线性构件。分离机构 801 包括使用一或更多个适合的紧固件(诸如,螺钉、螺栓、粘接剂等)附接于传输带 820 的壳体构件 872。可以通常用于基板处理环境中的材料(诸如,不锈钢、铝或适合的聚合物材料)制造壳体构件 872。叶片 874 设置在壳体构件 872 内。叶片 874 可由适合的聚合物材料(诸如,自润滑聚合物)制造,以在叶片 872 与顶壁 802 或底壁 804 接触时提供低滑动阻力与低污染可能性。可用于叶片 874 的聚合物材料的一个实例是由德国多特蒙德的 Murtefeldt Kunststoff GmbH & Co. KG 制造的 ORIGINAL MATERIAL [S][®] 8000。或者,叶片 874 可由其他材料(诸如,金属材料(例如,不锈钢、铝)或石墨)制造。

[0096] 使用弹簧构件 876 在壳体构件 872 内以弹簧负载叶片 874。弹簧部件 876 可为机械弹簧。或者,弹簧构件 876 可包括磁性致动器、液压致动器或气动致动器。视情况而言,弹簧构件 876 可包括重力启动的致动,诸如可经配置以在正常情况下处于伸展位置且若接触则枢转至收缩位置的枢轴或摇杆。弹簧构件 876 可设置在狭槽 878 内并接触壳体部件 872,以使叶片 874 的上部 880 延伸穿过在壳体部件 872 中的开口 882 并超出壳体部件 872 的上表面 884。因而,叶片 874 在分离机构 801 与顶壁 802 及 / 或底壁 804 之间提供间隙“G”。较佳地,在传输基板穿过动态装载锁定腔室 800 时,叶片 874 与顶壁 802 及 / 或底壁 804 接触以最小化腔室 800 的分立区域之间的气体泄漏。另外,因为叶片 874 为弹簧负载的,所以在接触期间提供分离机构 801 与顶壁 802 或底壁 804 之间的较小摩擦力。因此,显著降低动态装载锁定腔室 800 内的污染概率。

[0097] 分离机构 801 进一步包括设置在分离机构 801 的每个端部处的端构件 886。使用弹簧构件 888 在叶片 874 内以弹簧负载每一端构件 886。弹簧构件 888 可设置在狭槽 890 内并接触叶片 874,以使端构件 886 的外部 892 在叶片 874 的外表面的外部延伸。因而,每一端构件 886 在分离机构 801 与相应侧壁 806 之间提供小间隙(例如,与间隙“G”的尺寸相同)。较佳地,在传输基板穿过动态装载锁定腔室 800 时,每一端构件 886 与相应侧壁 806 接触以最小化腔室 800 的分立区域之间的气体泄漏。另外,因为端构件 886 为弹簧负载的,所以在接触期间提供分离机构 801 与侧壁 806 之间的较小摩擦力。此外,可用与叶片 874 相同的材料(诸如,自润滑聚合物)制造弹簧构件 888。因此,显著降低动态装载锁定腔室 801 内的污染概率。端构件 874 通常经配置以在该端构件 874 的外表面与支撑板 822 的表面 822A 及侧壁 806 与顶壁 802 的内表面之间形成期望的间隙(例如,间隙“G”)。如上文所描述,间隙“G”足够小,以在传输基板 201 穿过动态装载锁定腔室 800 时最小化该动态装

载锁定腔室 800 的相邻区域之间的“气体泄漏”。

[0098] 处理系统配置实例

[0099] 图 9A 至图 9C 图示处理系统 100 的不同实施例的进一步实例。应注意,处理腔室 940-945 图示图 9A 至图 9C 可包含处理腔室(诸如,本文所论述的处理腔室 400、500、600、700)的一者。一般而言,图 9A 至图 9C 中所图示的处理系统 100 将包括基板接收腔室 105、一或多个处理腔室 940-945 及基板卸载腔室 195。尽管图 9A 图示经调适以处理单一列(R_1)的基板的处理系统,且图 9B 至图 9C 的每一者图示经调适以处理两个列(R_1 - R_2)的基板的处理系统,但是因为可在此等图或上文所图示的诸图的任一者所图示的此等处理系统 100 配置的任一者中期望地处理更多或更少列的基板,所以此等配置不意欲对本文描述的本发明的范围形成限制。

[0100] 图 9A 图示基板处理系统 100 的实施例,该基板处理系统 100 允许基板堆迭箱或晶匣在处理系统 100 的输入部分与输出部分之间的简化移送。在此等配置中,由基板接收腔室 105 中的自动化部件倒空的晶匣或堆迭箱被随后移送至基板卸载腔室 195,其中被倒空的堆迭箱或晶匣随后可接收在系统中经处理的基板。在一个配置中,处理系统 100 可包括基板接收腔室 105、预处理腔室 930、至少一个处理腔室(诸如,第一处理腔室 940(例如,处理腔室 500、700)),以及至少一个支撑腔室(例如,腔室 400、600),以及基板卸载腔室 195。在处理期间,基板接收腔室 105 经配置以从基板传输接口 921 接收基板(例如,基板 200)并将该等基板定位在基板自动化系统 515 的一部分上,以移送该等基板穿过处理系统 100 中存在的各个处理腔室。基板移送接口 921 通常将从一或多个模块化基板输送机 123 接收基板,该一或多个模块化基板输送机 123 经配置以接收含有多个基板的晶匣或堆迭箱。在一个配置中,设置在基板接收腔室 105 的入口部分 910 中的致动器组件 122 经配置以从处于大气压力下的传输接口 921 移送基板至由于使用真空泵 961 而处于中间真空压力下的分阶区域 920 中。致动器组件 122 随后可将移送基板定位至基板自动化系统 515 的一部分上。随后在方向“M”上移动定位于基板自动化系统 515 上的基板穿过处理腔室,直到该等基板到达处理系统 100 的第二端 211。一旦基板在第二端 211 处,随后藉由使用基板卸载腔室 195 的出口部分 970 中存在的致动器组件 122 从基板自动化系统 515 移除基板。设置在基板卸载腔室 195 中的致动器组件 122 通常经配置以移送基板从基板自动化系统 515 穿过处于藉由使用真空泵 961 的中间真空压力的分阶区域 960,并随后将该等基板移送至设置在处于大气压力下的区域中的传输接口 926 上。设置在基板接收腔室 105 及基板卸载腔室 195 中的致动器组件 122 可各自包含一或多个滚轮式输送机,该等滚轮式输送机经配置以在基板自动化系统 515 与接口 921、926 之间移动基板时支撑并移送该等基板。尽管正在处理系统 100 内的处理腔室内处理基板 200,但是藉由使用一或多个模块化基板输送机 923 可将在基板接收腔室 105 中被倒空的基板堆迭箱或晶匣输送至基板卸载腔室 195,该一或多个模块化基板输送机 923 经调适以藉由使用常规输送带、滚轴、线性马达或其他类似的输送系统传输此等元件。尽管图 9A 仅图示经调适处理单一列(R_1)的基板的单一处理腔室,但是因为在不脱离本文描述的本发明的基本范围的情况下,图 9A 中所图示的处理系统 100 可含有一或多个处理腔室及/或支撑腔室,所以此配置不意欲对本文描述的本发明的实施例的范围形成限制。

[0101] 图 9B 图示基板处理系统 100 的实施例,该基板处理系统 100 允许将基板定位在

该处理系统 100 内并自相同端从该处理系统 100 移除基板,因而更加易于将处理系统 100 连接至太阳能电池生产厂 (fab) 中存在的其他上游处理系统与下游处理系统。在一个配置中,处理系统 100 可包括基板接收腔室 105、至少一个处理腔室(诸如,第一处理腔室 940-943(例如,处理腔室 500、700)),以及至少一个支撑腔室 930、950、951(例如,腔室 400、600)以及基板卸载腔室 195。在一个配置中,腔室 950 包含上文所论述的类似于图 7A 中所图示的基板重定向装置的基板重定向装置。

[0102] 在处理期间,基板接收腔室 105 经配置以从基板传输接口 921 接收基板(例如,基板 200)并将该等基板定位在基板自动化系统 515 的一部分上,以移送该等基板穿过处理系统 100 的第一处理区域 901 中存在的各个处理腔室。应注意,将基板从基板移送接口 921 移送至基板自动化系统 515 的第一部分(此后称为第一基板自动化系统 515A),并从基板自动化系统 515 的第二部分(此后称为第二基板自动化系统 515B)移送至在图 9B 中所图示的处理系统 100 的配置中的基板移送接口 926 的制程类似于上文的论述且因而在本文中不再叙述该制程。一旦藉由使用自动化装置(例如,致动器组件 122)将基板定位在第一基板自动化系统 515A 上,随后在方向“ M_1 ”上移动该等基板穿过设置于处理系统 100 的第一处理区域 901 中的处理腔室并在该等处理腔室内处理该等基板,直到该等基板到达第二端 211。一旦该等基板在第二端 211 处,随后藉由使用一或多个致动器组件 981 将该等基板从第一处理区域 901 中的第一基板自动化系统 515A 移送至设置在第二处理区域 902(图 7B)中的第二基板自动化系统 515B。随后于方向“ M_2 ”上移动定位于第二基板自动化系统 515B 上的基板穿过设置于第二处理区域 902 中的处理腔室并在该等处理腔室内处理该等基板直到该等基板到达处理系统 100 的第三端 213。随后藉由使用基板卸载腔室 195 的出口部分 970 中存在的致动器组件 122 从基板自动化系统 515B 移除经处理的基板。

[0103] 致动器组件 981 通常经配置以从第一基板自动化系统 515A 的第一部分的端部接收基板且随后将到达第一基板自动化系统 515A 的第一部分的端部的基板顺次移送至第二基板自动化系统 515B。致动器组件 981 可包含第一组机自动化滚轴或第一滚轴 983,以及第二组机自动化滚轴或第二滚轴 982,该等滚轴经彼此垂直定位以允许基板从邻近定位的基板自动化系统或至邻近定位的基板自动化系统的快速移动。在一个实例中,如图 9B 及图 9C 中所图示,至少一个致动器组件 981 经配置以藉由从出口输送机 222 接收基板 200 并将该等基板 200 定位在第一滚轴 983 上来从设置在第一处理区域 901 中的第一基板自动化系统 515A 接收基板。一旦基板已经接收并由第一滚轴 983 支撑,则相对于第一滚轴 983 致动第二滚轴 982,以使基板此刻支撑在第二滚轴 982 上。然后一旦由第二滚轴 982 支撑基板,则致动该等第二滚轴 982 以使该等第二滚轴 982 在与由第一滚轴 983 从基板自动化组件接收基板的方向垂直的方向(例如,方向“T”)上移动基板 200。接下来,致动器组件 981 可移送基板至第二致动器组件 981 以使基板可定位于基板自动化组件的第二部分或第二基板自动化系统 515B 上。可藉由使用一或多个组机自动化滚轴 982、983 将基板定位在第二基板自动化系统 515B 上。应注意,除了相反地执行制程步骤之外,将基板 200 装载至第二基板自动化系统 515B 上的制程类似于从第一基板自动化系统 515A 卸载基板的制程。在此基板移送配置中,往往易损坏的太阳能电池基板不太可能会由于在移送制程期间施加的负载而折断或裂缝,因为该等基板一直由多个滚轴至少部分地支撑。

[0104] 在类似于图 9B 中所图示的配置的处理系统 100 的一个配置中,基板接收腔室 105

与基板卸载腔室 195 耦接在一起以使基板接收腔室 105 可从基板传输接口 921 接收含有多个基板（例如，基板 200）的晶匣，将基板从晶匣卸载至第一基板自动化系统 515A 并随后将接收到的经卸载晶匣直接移送至基板卸载腔室 195，随后在该基板卸载腔室 195 中可将经处理的基板再装载至等待的晶匣中，并随后可从处理系统移除晶匣。在一个实施例中，基板接收腔室 105 与基板卸载腔室 195 耦接在一起并藉由使用真空泵（未图示）维持在低于大气压力的压力下，使得从由基板接收腔室 105 接收晶匣的时间起使该晶匣可保持在真空压力下，直到该晶匣退出基板卸载腔室 195。基板接收腔室 105 与基板卸载腔室 195 可各自含有装载锁定区域，该装载锁定区域经配置以接收晶匣，且亦在真空与大气压力之间抽空并排气该装载锁定区域。输送机或机器人致动器可用于在晶匣周围的环境维持在真空压力下时在基板接收腔室 105 与基板卸载腔室 195 之间移送晶匣。

[0105] 图 9C 图示基板处理系统 100 的实施例，该基板处理系统 100 允许使用使不同处理时间整合在一起以提供高基板产出的制程对基板的原位处理。在一个配置中，处理系统 100 可包括一或多个基板接收腔室 105、至少一个处理腔室（诸如，第一处理腔室 940-945）、至少一个支撑腔室 930、951（例如，腔室 400、700），以及一或多个基板卸载腔室 195。因而，在一个配置中，如图 9C 中所图示，处理系统 100 含有在处理系统 100 的第一处理区域 901 中的两个处理腔室 940、941、在处理系统 100 的第二处理区域 902 中的两个处理腔室 942、944 以及在处理系统 100 的第三处理区域 903 中的两个处理腔室 943、945。在如图所图示的配置中，在处理系统 100 的第一处理区域 901 中执行的制程允许基板自动化组件的第一部分或第一基板自动化系统 515A 以高速传送并处理基板，而在第二处理区域 902 与第三处理区域 903 中执行的制程将仅允许第二基板自动化组件 515B 与第三基板自动化组件 515C 以低于第一高速的第二速度分别移送基板。在一个实例中，第一基板自动化组件 515A 经调适以约 5 米 / 分钟的速度移送基板穿过处理腔室 940、940 与支撑腔室 930、951，而基板自动化组件 515B、515C 的第二部分与第三部分经调适以约 2.5 米 / 分钟的速度移送基板穿过处理腔室以及存在于处理区域 902 与 903 中的支撑腔室。

[0106] 在处理期间，基板接收腔室 105 经配置以从基板传输接口 921 接收基板（例如，基板 200）并将该等基板定位在第一基板自动化系统 515A 上，使得可移送该等基板穿过存在于处理系统 100 的第一处理区域 901 中的各个处理腔室。如上文所论述，一旦已经由存在于第一处理区域 901 中的处理腔室接收并处理基板，则可由腔室 950 中的组件处理该等基板及 / 或藉由使用设置在处理系统 100 的第二端 222 处的一或多个致动器组件 981 将该等基板有选择地分别移送至第二处理区域 902 与第三处理区域 903。随后可移送由第二基板自动化系统 515B 或第三基板自动化系统 515C 接收的基板穿过存在于处理系统 100 的第二处理区域 902 或第三处理区域 903 中的各个处理腔室并在该等处理腔室内处理该等基板。在一个实例中，钝化 / ARC 层堆迭 320（图 3）形成在使用第一自动化系统 515A 移送穿过第一处理区域 901 的基板 200 上，该第一自动化系统 515A 经配置以第一移送速度移送至少一个列的基板 (R_1)，且后表面钝化层堆迭 340 形成在使用第二自动化系统 515B 与第三自动化系统 515C 移送穿过第二处理区域 902 或第三处理区域 903 的基板 200 上，该第二自动化系统 515B 与该第三自动化系统 515C 各自经配置以第二移送速度移送至少一个列的基板 (R_1)。在一个实例中，第一自动化系统 515A 可经配置以第一移送速度移送两个列的基板，且第二自动化系统 515B 与第三自动化系统 515C 各自经配置以第二移送速度移送两个列的基板，

其中第一移送速度为第二移送速度的两倍。在一个实例中,第一自动化系统 515A 可经配置以第一移送速度移送单一列的基板,且第二自动化系统 515B 与第三自动化系统 515C 各自经配置以第二移送速度移送两个列的基板,其中第一移送速度为比第二移送速度快四倍。

[0107] 参照图 9C,一旦基板在第三端 213 处,随后藉由使用存在于基板卸载腔室 195 的分阶区域 960 中的一或更多个致动器组件 122 从基板自动化系统 515 移除基板。在一个实施例中,设置在基板卸载腔室 195 中的一或更多个致动器组件 122 通常经配置以移送基板 200 从基板自动化系统 515B、515C 穿过处于藉由使用真空泵(未图示)达到的中间真空压力的分阶区域 960,并随后将该等基板移送至设置在处于大气压力下的区域中的一或更多个后续处理系统 196 的传输接口上。设置在基板卸载腔室 195 中的致动器组件 122 可各自包含一或更多个滚轮式输送机,该等滚轮式输送机经配置以在于基板自动化系统与接口 926 之间移动基板时支撑并移送该等基板。在一些配置中,一或更多个后续处理系统 196 可包括一或更多个基板输送机,该一或更多个基板输送机经调适以将经处理的基板输送至一或更多个金属化腔室(诸如,可购自 Applied Materials Italia S. r. l. 的网印腔室(例如, Soft Line™ 系统)),以使含有胶状物的金属可沉积在基板的表面上以形成与基板的各个区域接触的金属接触件。在于 2009 年 4 月 6 日提出申请的美国专利公开案第 2009/0305441 中进一步描述可与基板卸载腔室 195 耦接的网印系统的实例,该公开案以引用的方式整体并入。

[0108] 处理顺序实例

[0109] 图 10 为图示根据本文描述的本发明的一个实施例在处理系统中的多个基板上执行的处理顺序的框图。在一个实施例中,可在类似于图 2B 至图 2C 中所图示的处理系统 100 的处理系统中执行处理顺序 1000。应注意,图 8 中所图示的处理顺序仅作为可用于制造太阳能电池装置的制程流程的实例。另外,根据不同装置结构要求的需要可在图 10 中所图示的步骤的任何步骤之间添加步骤。类似地,亦可根据需要取消本文所叙述的一或更多个步骤。

[0110] 在一个实施例中,在于处理系统 100 中经处理的多个基板上执行的处理顺序 1000 起始于步骤 1002 处,在该步骤 1002 中,制备多个基板 200 并将该多个基板 200 输送至处理系统 100。如上所述,可经由模块化输送机 123 将经处理的基板输送至基板传输接口 121。在一个实例中,经预处理的基板包括具有形成在基板 200 中的 p 型掺杂基极区 301 与 n 型掺杂发射极区 302 的基板,基板 200 已经纹理化并经化学清洁,使得可在真空环境中进一步处理基板以在基板 200 的纹理化前表面 305 上形成钝化 /ARC 层堆迭 320 并在处理系统 100 中的基板 200 的后表面 306 上形成后表面钝化层堆迭 340。在插入至处理系统 100 之前对基板 200 执行的清洁制程通常用于移除可能影响钝化层性质及 / 或可能污染处理系统 100 的处理区域 210 的任何不期望的材料。可使用具清洁溶液(诸如,最后 HF 式清洁溶液、臭氧水清洁溶液、氢氟酸(HF)及过氧化氢(H₂O₂)溶液或其他适合的清洁溶液)的湿式清洁制程清洁基板 200。在一些配置中,基板 200 可为单晶硅基板或多晶态硅基板、含基板、含掺杂硅的基板,或其他适合的基板。在本文叙述的实施例中,如上文结合图 3 所论述,基板 200 为 p 型结晶硅(c-Si)基板。

[0111] 接下来,在步骤 1004 处,基板接收腔室 105 从一或更多个模块化基板输送机 123 接收基板,该一或更多个模块化基板输送机 123 经配置以接收含有多个基板的晶匣或堆迭

箱。在一个配置中,设置在基板接收腔室 105 中的致动器组件 122(例如,输送机、机器人)经配置以将基板从处于大气压力下的模块化基板输送机 123 移送至动态装载锁定腔室 120 中,使得随后移动该等基板穿过耦接至处理系统 100 中的处理区域 210 的处理腔室。致动器组件 122 可用于在于第一方向(例如,+X 轴方向)上平移输送机 220 的表面时将基板顺次移送至该表面,使得沿第一方向形成并对准至少一个列(例如, R_1-R_2)的基板。

[0112] 在步骤 1006 处,移送基板穿过一或多个预处理腔室(诸如,含有上文所论述的处理腔室 400(图 4)的处理腔室 130(图 2B))以制备用于在后续处理腔室中执行的沉积制程的基板。在一个配置中,预处理腔室经配置以在由基板自动化组件 515 移送基板穿过存在于预处理腔室中的处理区域 210 的部分时输送能量(诸如,辐射热能)至该等基板。在一个实例中,预处理腔室部件经配置以在移送基板穿过预处理腔室的处理区域时加热该等基板至约 100°C 与 450°C 之间的温度。在一些配置中,可在顺次移送多个基板穿过预处理腔室的处理区域时在该多个基板上执行加热、干式蚀刻、掺杂或其他类似的制程。

[0113] 在步骤 1008 处,在藉由使用基板自动化系统 515 相对于沉积源 560A-560D 移送基板时,使用两个或两个以上沉积源(例如,沉积源 560A、560B、560C、560D)在基板 200 的前表面 305 上形成钝化 /ARC 层堆迭 320 的一或多个层,该两个或两个以上沉积源设置在设置于处理腔室 140 中的处理区域 210 的部分中。在一个配置中,处理腔室 140 可包含图 5A 至图 5D 中所图示的处理腔室 500。在一个实例中,钝化 /ARC 层堆迭 320 可包含两个或两个以上抗反射 /钝化层,该两个或两个以上抗反射 /钝化层可包含氧化硅及 /或氮化硅。在一个实例中,在处理腔室中的处理期间,第一气体源 528 与第二气体源 529 经配置以藉由使用设置在处理腔室 140 中的沉积源 560A-560D 将一或更多种前驱物气体或载气输送至基板 200 的表面。第一气体源 528 与第二气体源 529 可经调适将硅烷(SiH_4)、氨(NH_3)、氮(N_2)与氢(H_2)输送至形成在基板 200 上方的处理区域 525。电源 530 可经调适以将射频能量(例如,在高达 13.56MHz 处的 100W 至 4kW)输送至设置在基板 200 上方的处理区域 525 中的处理气体。在一个实施例中,第一沉积源 560A 与第二源 560B 经配置以藉由提供约 1:1 或更小的比率(N_2/SiH_4)的氮(N_2)与硅烷(SiH_4)形成钝化 /ARC 层堆迭 320 的第一层 321,同时藉由使用加热元件 584 使基板维持在约 300-400°C 之间的温度下,由电源 530 提供约 4000 瓦特的射频电力并维持约 10mTorr 的处理压力以在基板的表面上形成厚度在约 50 埃(\AA)与约 350 \AA 之间的氮化硅(SiN)层。第三沉积源 560C 与第四源 560D 亦可经配置以藉由提供约 1:1 或更大的比率(N_2/SiH_4)的氮(N_2)与硅烷(SiH_4)及约 1:1 的比率(NH_3/SiH_4)的氨(NH_3)与硅烷在第一层 321 上形成钝化 /ARC 层堆迭 320 的第二层 322,同时藉由使用加热元件 584 使基板维持在约 300-400°C 之间的温度下,由电源 530 提供约 4000 瓦特的射频电力并维持约 10mTorr 的处理压力以在基板的表面上形成厚度在约 400 埃(\AA)与约 700 \AA 之间的氮化硅(SiN)层。

[0114] 在步骤 1010 处,视情况重定向基板以在基板的后表面 306 上可执行沉积制程,该后表面 306 在相对于前表面 305 的基板 200 的侧上。重定向基板的制程通常类似于上文结合上文所论述的图 7A 至图 7B 所描述的制程。在处理顺序 1000 的一个配置中,成群组地(例如,至少一个行的基板(例如,两行(R_1-R_2)式配置中的两个基板))全部重定向基板 200。在一个实例中,为了允许重定向基板,将设置在基板自动化系统 515 上的基板成群

组地移送至重定向装置（诸如，图 7A 中所图示的重定向装置 705）中，且随后暂时停止设置在基板自动化系统 515 上的所有基板使得重定向装置可将基板的定向从面向上的配置“翻转”至面向下的配置。然而，通常期望使基板自动化系统 515 中的各个输送机 220、221、222 以持续的速度移动以实现针对太阳能电池制造业的高基板产出要求。

[0115] 在步骤 1012 与步骤 1014 处，后表面钝化层堆迭 340 沉积在基板 200 的第二表面 306（例如，背表面）上。后表面钝化层堆迭 340 可为提供降低形成的太阳能电池装置中的再结合损耗的介面性质的介电层。在一个实施例中，可用选自以下组成的群组的介电材料制造后表面钝化层堆迭 340：氮化硅（ Si_3N_4 ）、氮化硅氢化物（ $\text{Si}_x\text{N}_y\text{H}$ ）、氧化硅、氮氧化硅、氧化硅与氮化硅的复合膜、氧化铝层、氧化钽层、二氧化钛层或任何其他适合的材料。在一个配置中，后表面钝化层堆迭 340 包含第一后表面层 341，该第一后表面层 341 包含氧化铝层（ Al_2O_3 ）。在藉由使用基板自动化系统 515 相对于沉积源 560A-560D 移送基板时，可藉由使用两个或两个以上沉积源（例如，沉积源 560A、560B、560C、560D）形成氧化铝层（ Al_2O_3 ），该两个或两个以上沉积源设置在设置于处理腔室 160 中的处理区域 210 的部分中。在一个配置中，处理腔室 160 可包含图 5A 至图 5D 中所图示的处理腔室 500。在一个实例中，在处理腔室中的处理期间，第一气体源 528 与第二气体源 529 经配置以藉由使用设置在处理腔室 160 中的沉积源 560A-560D 将一或更多种前驱物气体或载气输送至基板 200 的表面。第一气体源 528 与第二气体源 529 可经调适以将三甲基铝（TMA）与氧（ O_2 ）输送至形成在基板 200 上方的处理区域 525。电源 530 可经调适以将射频能量（例如，在高达 13.56MHz 处的 100W 至 4kW）输送至设置在基板 200 上方的处理区域 525 中的处理气体。在制程顺序 800 的一个实施例中，第一沉积源 560A 与第二源 560B 经配置以藉由提供约 1:3 的比率（TMA/ O_2 ）的三甲基铝（TMA）与氧（ O_2 ）形成第一后表面层 341，同时藉由使用加热元件 584 使基板维持在约 350°C 的温度下，由电源 530 提供约 4000 瓦特的射频电力并维持约 10mTorr 的处理压力以在基板 200 的表面上形成厚度在约 50 埃（Å）与约 1200 Å 之间的氧化铝层（ Al_2O_3 ）。

[0116] 在步骤 1014 处，可选择地，后表面钝化层堆迭 340 中的第二后表面层 342 沉积在设置于基板 200 的第二表面 306（例如，背表面）上的第一后表面层 341 上。第二后表面层 342 可为提供良好绝缘性质、主体钝化性质并作为用于后续金属化层的扩散障壁的介电层。在步骤 814 处，在藉由使用基板自动化系统 515 相对于沉积源 560A-560D 移送基板时，使用两个或两个以上沉积源（例如，沉积源 560A、560B、560C、560D）在基板 200 的第二表面 306 上形成第二后表面层 342，该两个或两个以上沉积源设置在设置于处理腔室 180 中的处理区域 210 的部分中。在一个配置中，处理腔室 180 可包含图 5A 至图 5D 中所图示的处理腔室 500。在一个实例中，第二后表面层 342 可包含一或更多个钝化层，该一或更多个钝化层可包含氮化硅。在一个实例中，在处理腔室中的处理期间，第一气体源 528 与第二气体源 529 经配置以藉由使用设置在处理腔室 180 中的沉积源 560A-560D 将一或更多种前驱物气体或载气输送至基板 200 的表面。第一气体源 528 与第二气体源 529 可经调适以将硅烷（ SiH_4 ）、氨（ NH_3 ）、氮（ N_2 ）与氢（ H_2 ）输送至形成在基板 200 上方的处理区域 525。电源 530 可经调适以将射频能量（例如，在高达 13.56MHz 处的 100W 至 4kW）输送至设置在基板 200 上方的处理区域 525 中的处理气体。在一个实施例中，处理腔室 180 中的第一沉积源 560A、第二源 560B、第三源 560C 及第四源 560D 经配置以藉由提供约 1:1 或更大比率（ N_2/SiH_4 ）的氮（ N_2 ）与硅烷（ SiH_4 ）及约 1:1 的比率（ NH_3/SiH_4 ）的氨（ NH_3 ）与硅烷在第一后表面层 341 上形成第

二后表面层 342,同时藉由使用加热元件 584 使基板维持在约 300-400°C 之间的温度下,由电源 530 提供约 4000 瓦特的射频电力并维持约 10mTorr 的处理压力以在基板的表面上形成厚度在约 400 埃(Å)与约 700 Å 之间的氮化硅 (SiN) 层。

[0117] 在步骤 1016 处,可视情况在退出处理系统 100 之前于处理腔室 190 中进一步处理基板 200。可在必要时在一或多个额外处理腔室中执行此等后处理步骤以帮助可靠地形成期望的太阳能电池装置。在一个实施例中,后处理步骤可包括以下步骤:热处理(例如,快速热退火、掺杂剂驱进的步骤)步骤、雷射切除基板 200 的区域以在形成于基板的任一表面上的钝化层中开孔以随后形成至基板 200 的表面的背面场 (BSF) 区域及电接触件的步骤,及/或其他沉积制程步骤(诸如,PVD 或蒸镀类型的接触层沉积步骤)。在一个实例中,藉由蒸镀制程将含铝层沉积在处理腔室 190 中的后表面钝化层堆迭 340 上方以形成至基板 200 的后表面 306 的部分的金属接触件。可藉由使用在形成后表面钝化层堆迭 340 之后且在铝层沉积制程步骤之前执行的雷射切除制程来形成在基板 200 上产生的接触区。

[0118] 接下来,在步骤 1018 与步骤 1020 处,基板卸载腔室 195 从动态装载锁定腔室 192 接收基板 200 并将该等基板 200 移送至一或多个模块化基板输送机 127,该一或多个模块化基板输送机 127 经配置以含有并移送经处理的基板的晶匣或堆迭盒。在一个配置中,设置在基板卸载腔室 195 中的致动器组件 122(例如,输送机、机器人)经配置以从基板自动化系统 515 移送基板。致动器组件 122 随后将基板定位进设置在模块化基板输送机 127 上的晶匣中,使得随后可将该等基板移动至基板生产设施的其他区域。在步骤 1020 处,随后经由模块化输送机 127 从处理系统 100 移除多个经处理的基板 200。

[0119] 因而本发明的实施例大体提供一种太阳能电池处理系统,该太阳能电池处理系统包含:基板自动化系统,该基板自动化系统具有经配置以在第一方向上传送基板顺次通过处理区域的一或多个输送机;第一处理腔室,该第一处理腔室具有设置在处理区域中的两个或两个以上第一沉积源,其中每一第一沉积源经配置以在基板相对于两个或两个以上第一沉积源被移送穿过处理区域时将处理气体单独地输送至基板的每一者的表面;以及第二处理腔室,该第二处理腔室具有设置在处理区域中的两个或两个以上第二沉积源,其中每一第二沉积源经配置以在基板相对于两个或两个以上第二沉积源被移送穿过处理区域时将处理气体单独地输送至基板的每一者的表面。

[0120] 尽管上文为关于本发明的实施例,但在不脱离本发明的基本范围的情况下可设想出本发明的其他及进一步实施例,并由随附的权利要求决定本发明的范围。

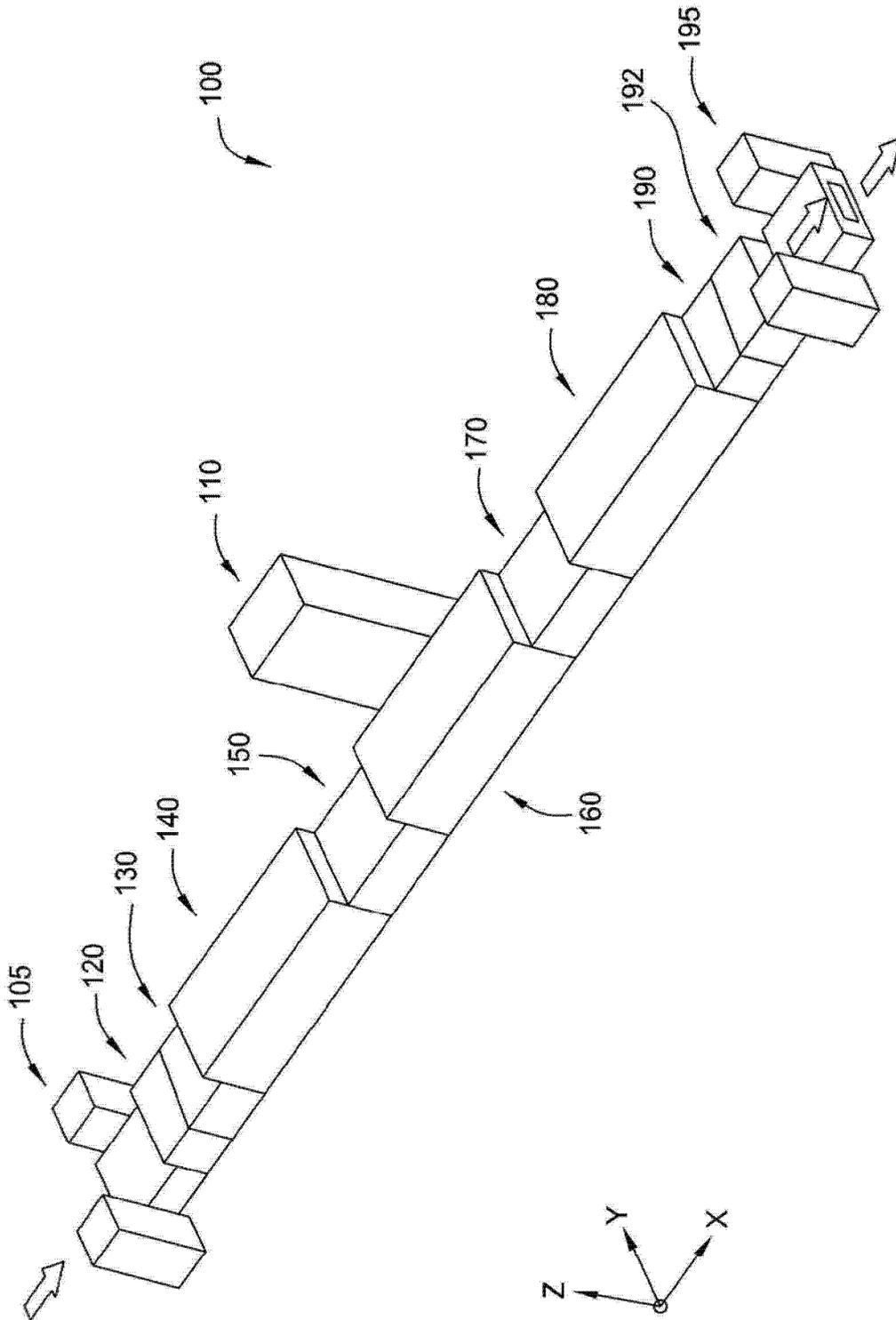


图 1

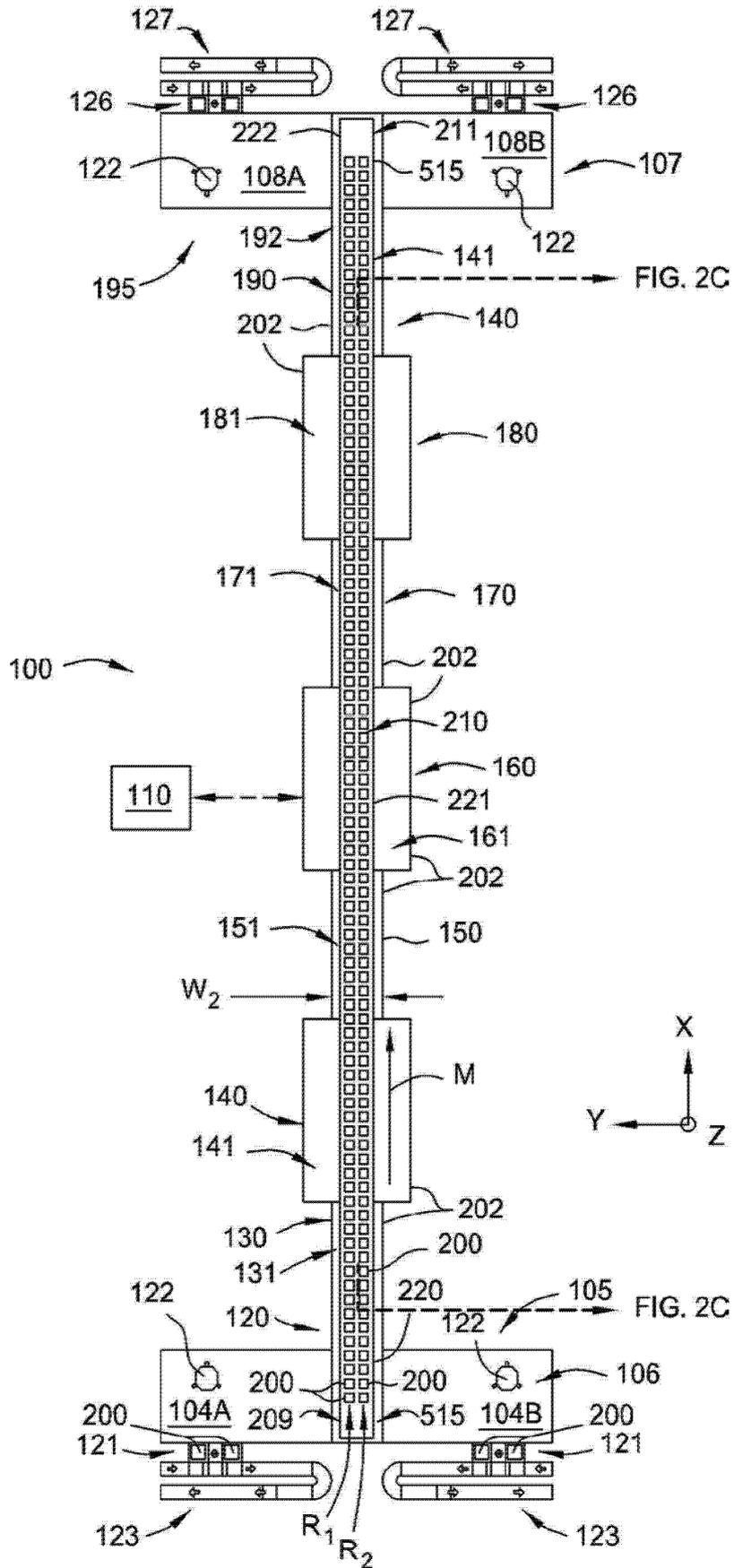


图 2B

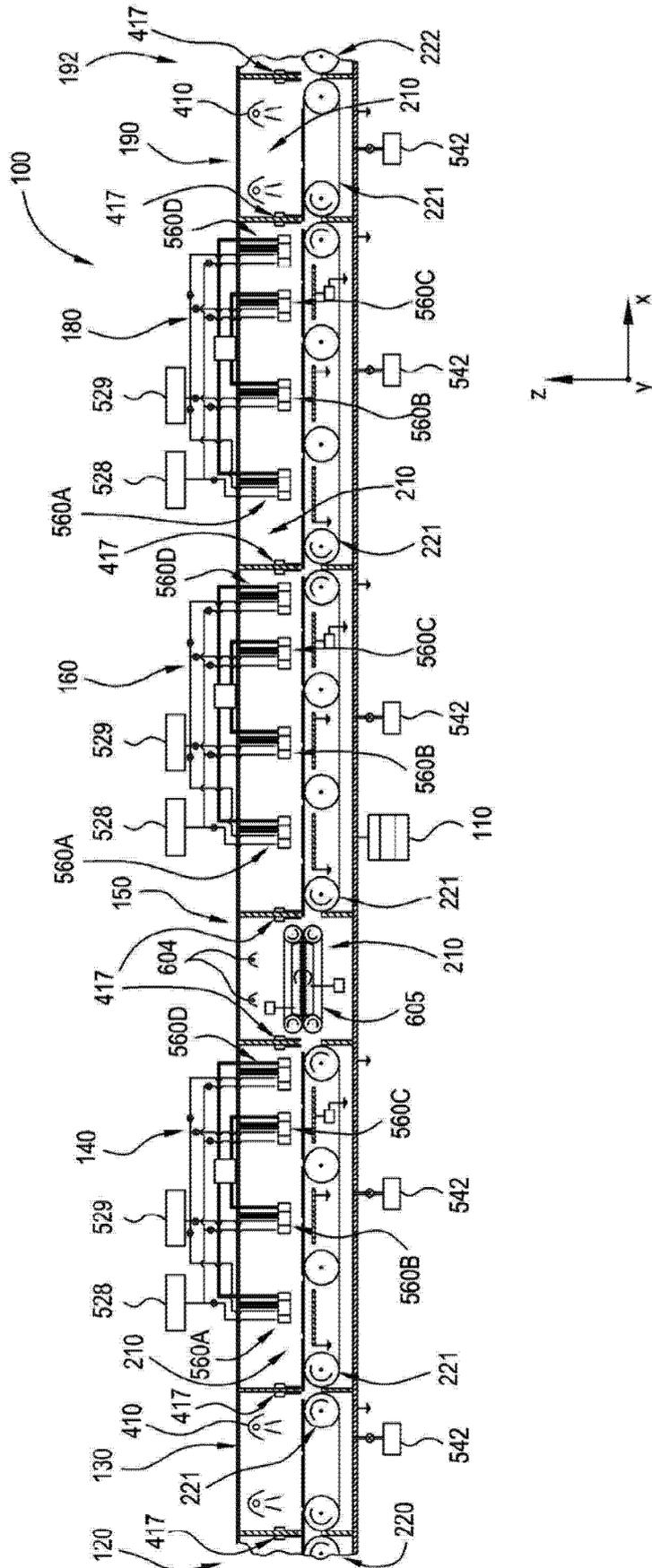


图 2C

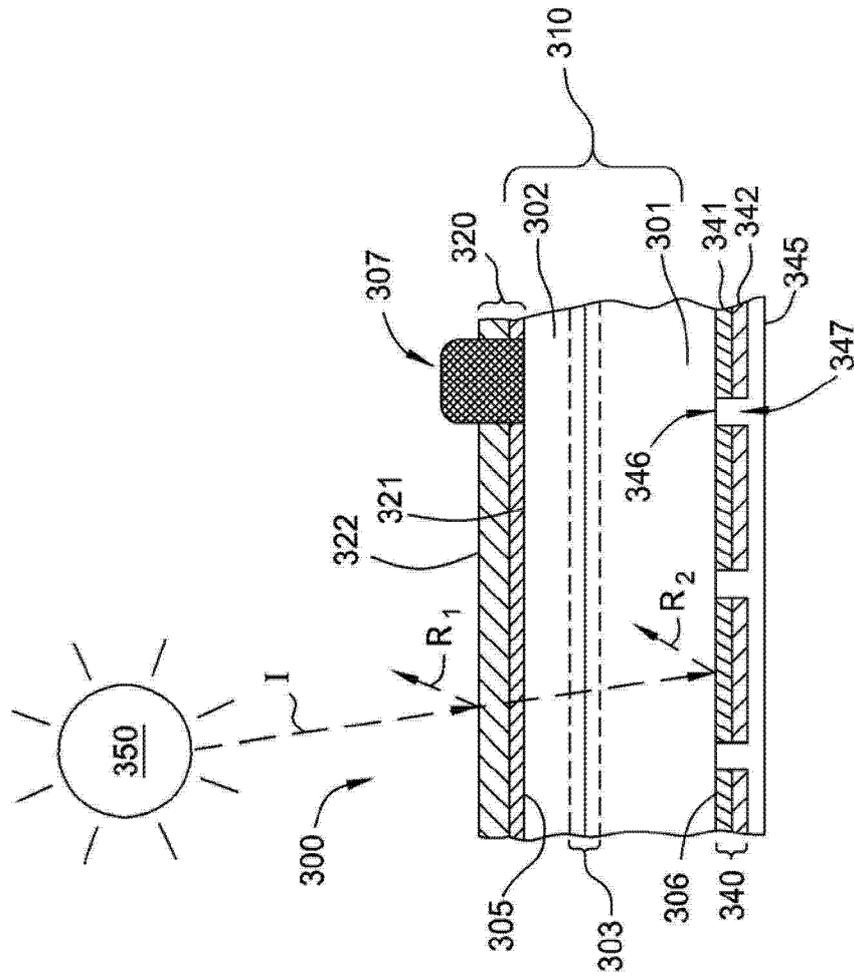


图 3

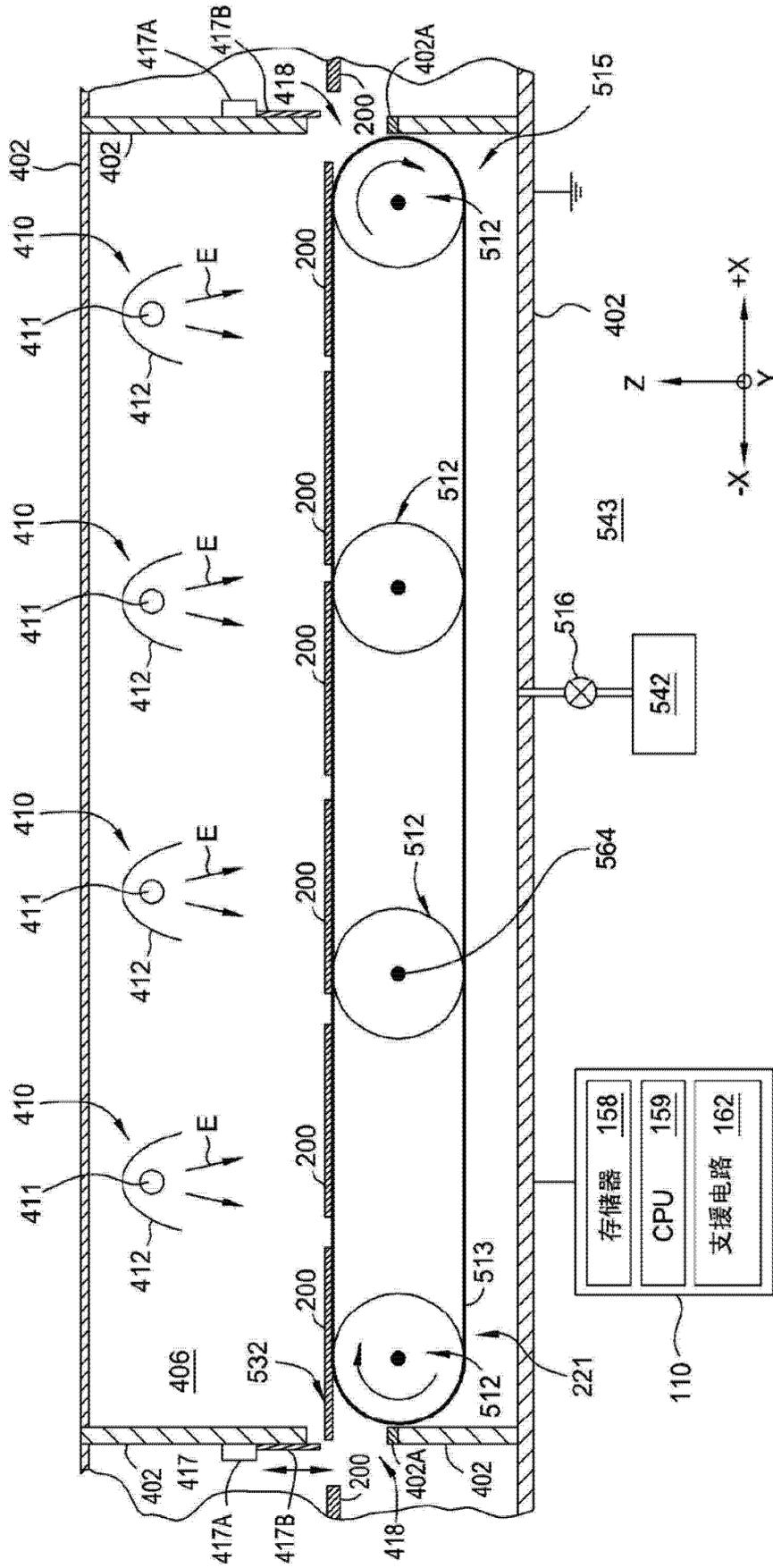


图 4

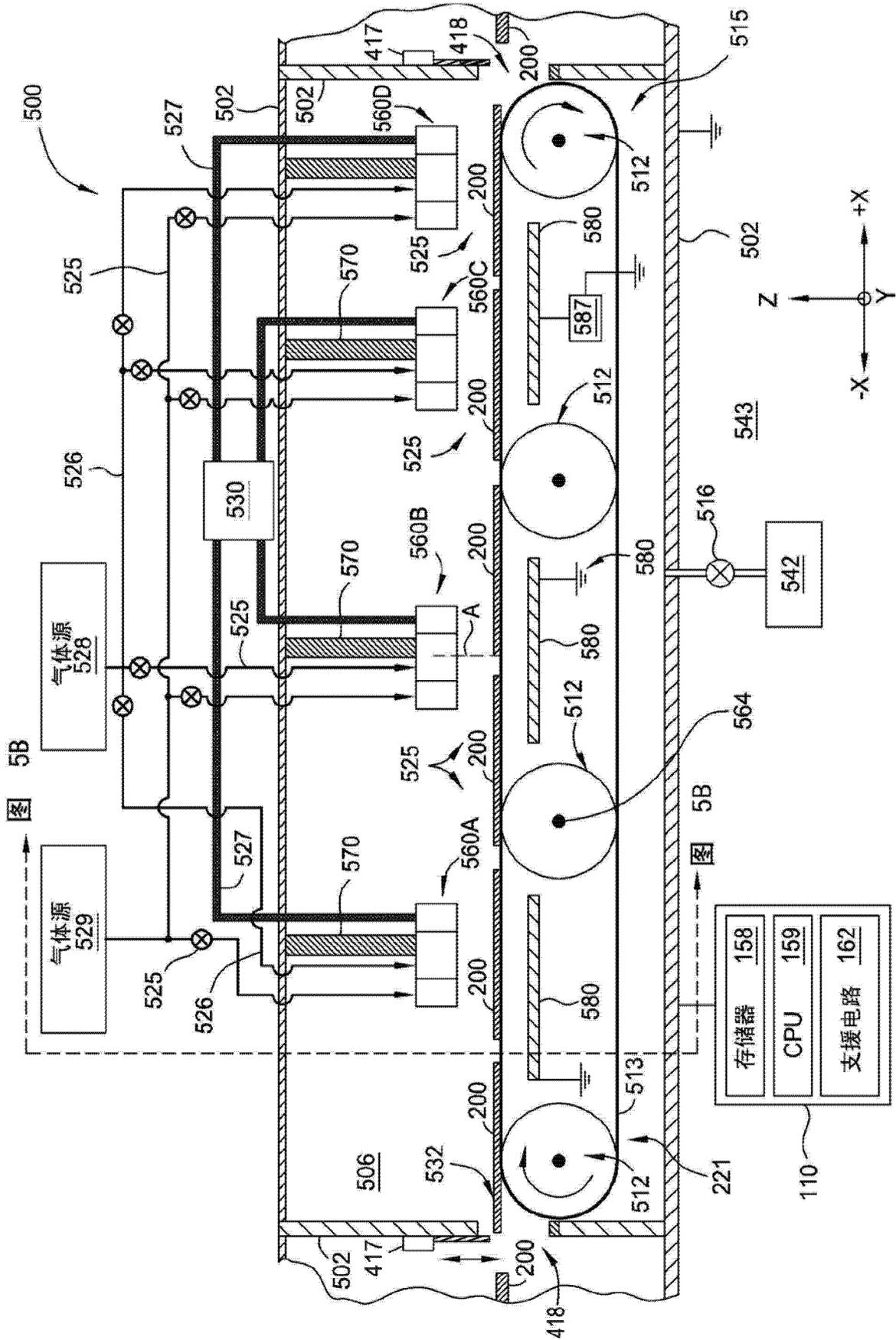


图 5A

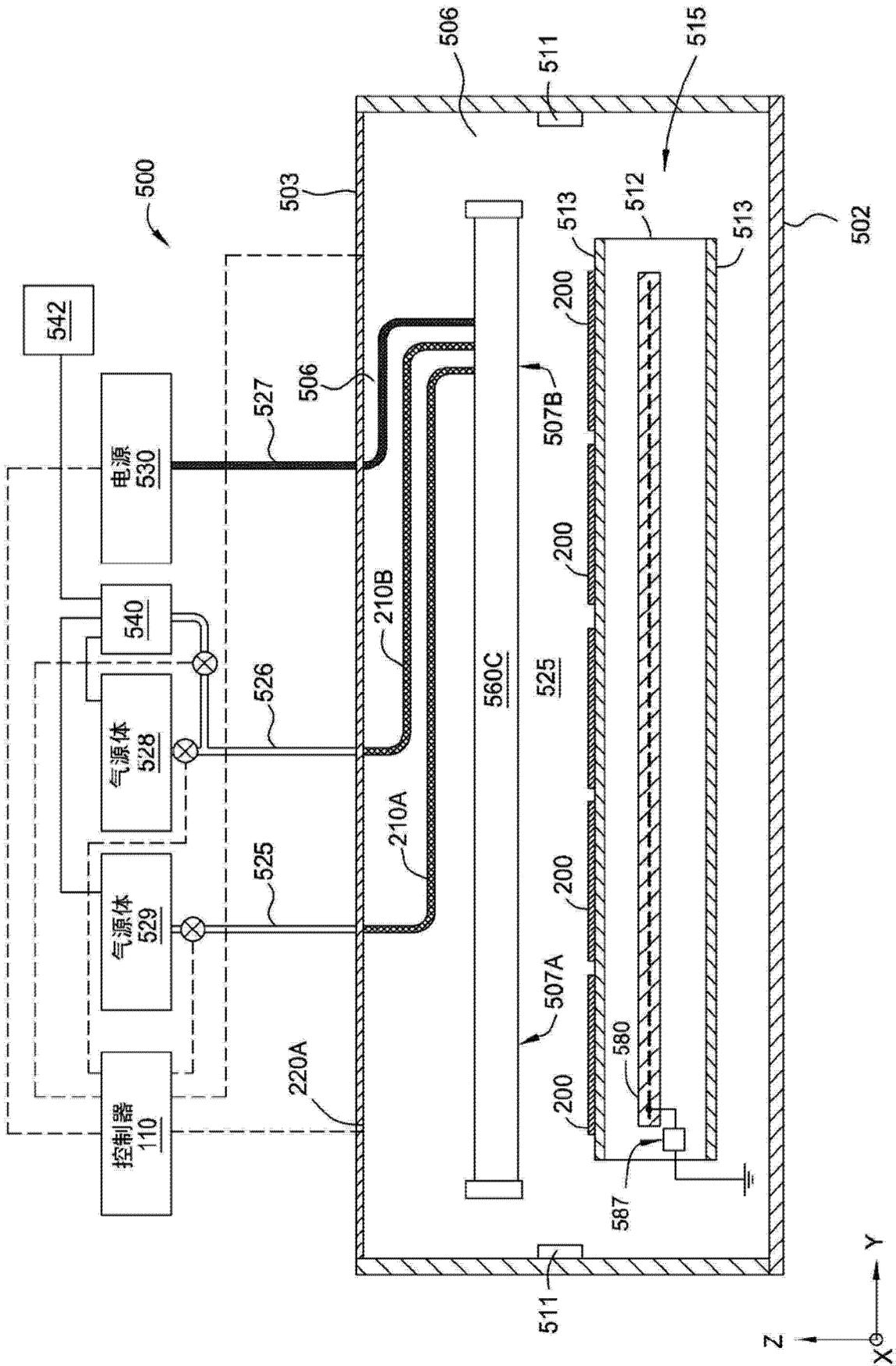


图 5B

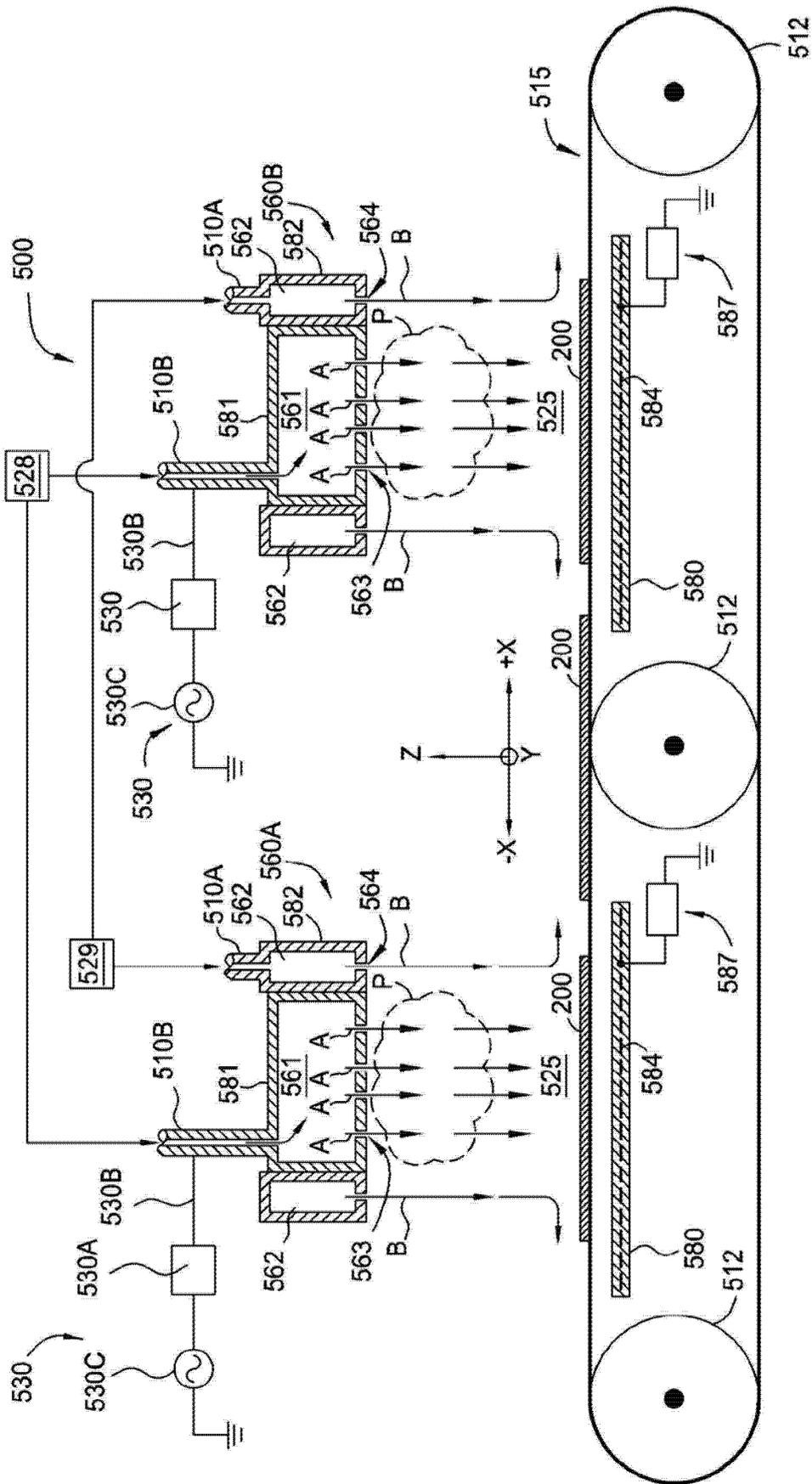


图 5C

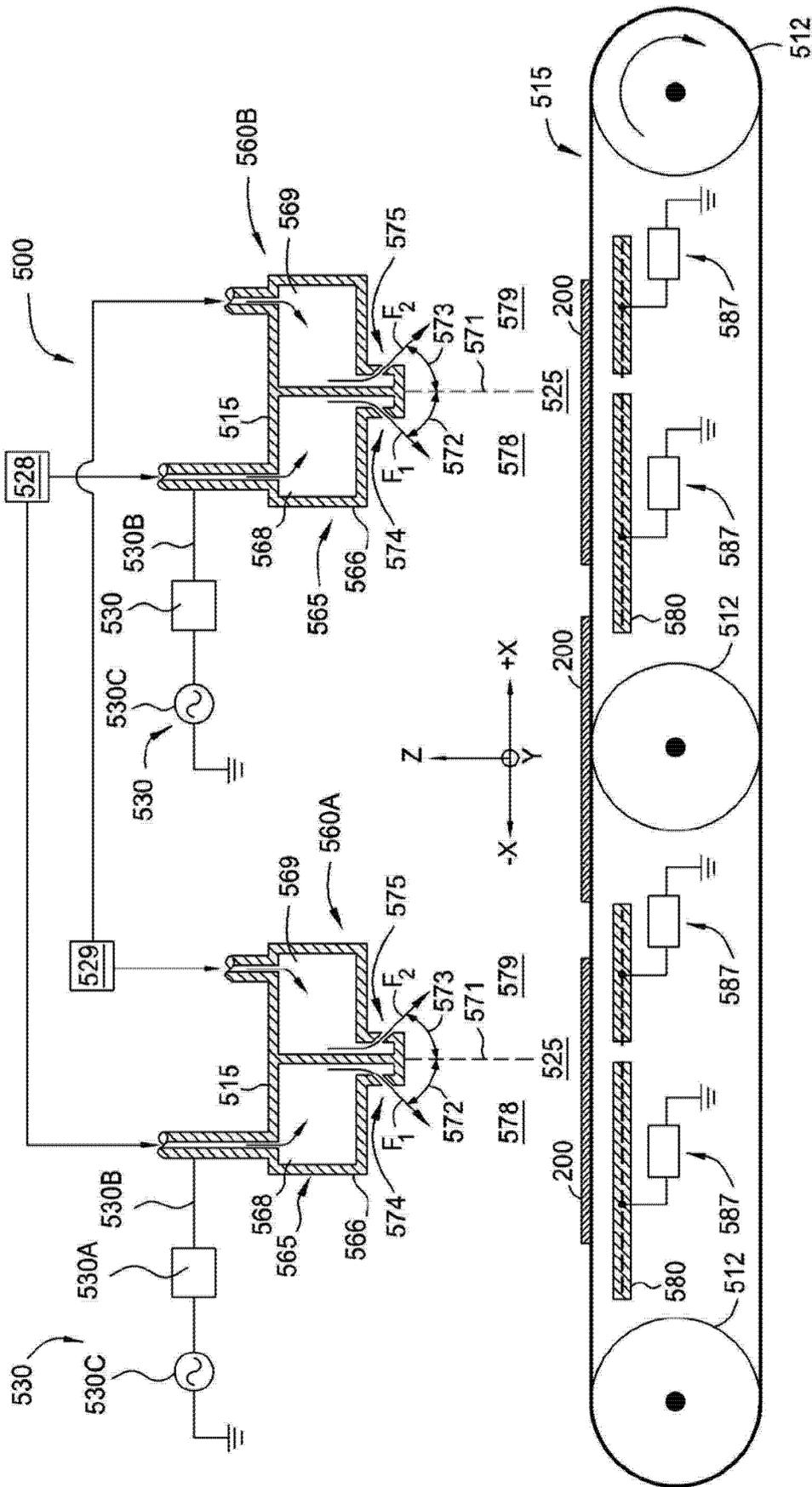


图 5D

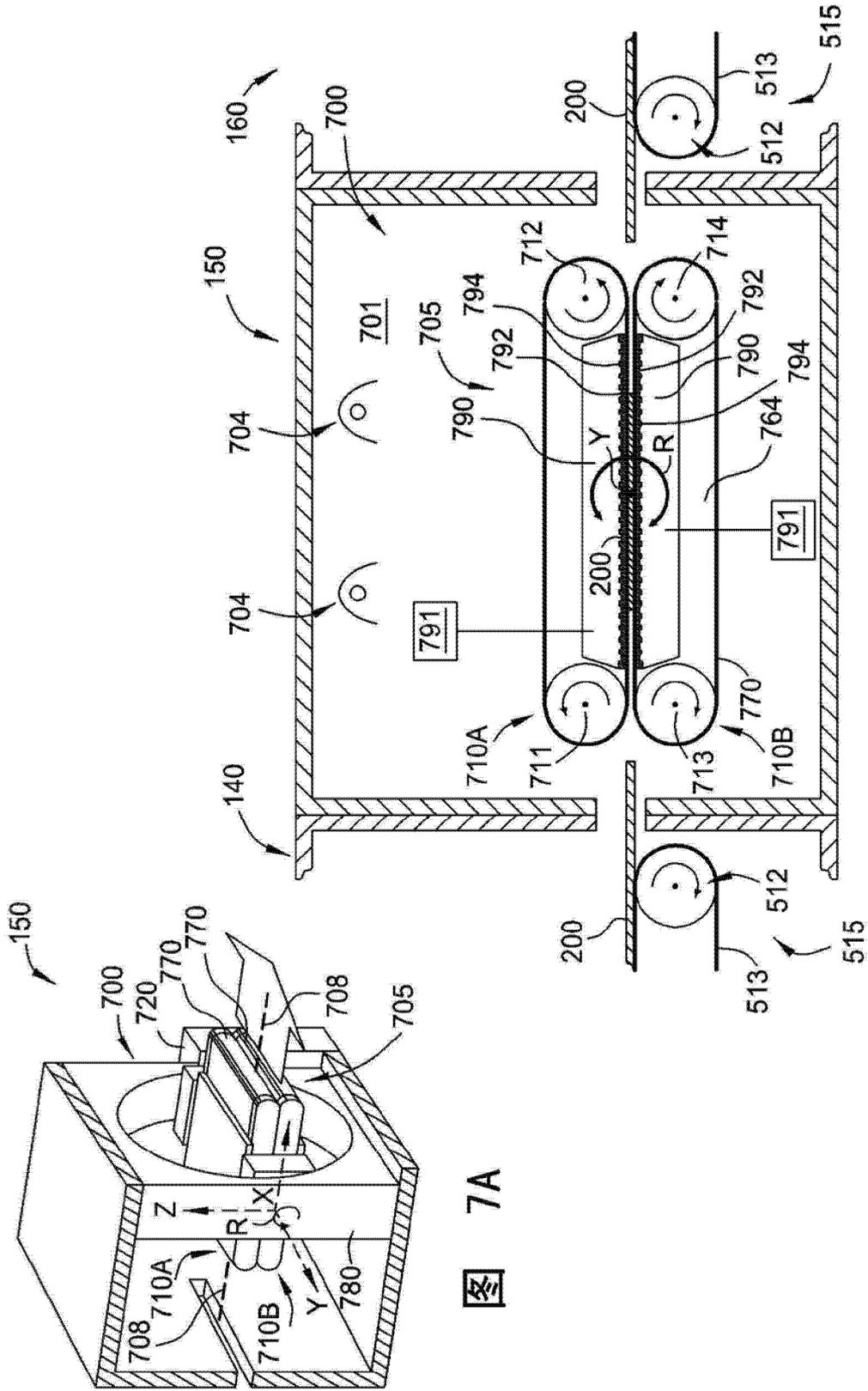


图 7A

图 7B

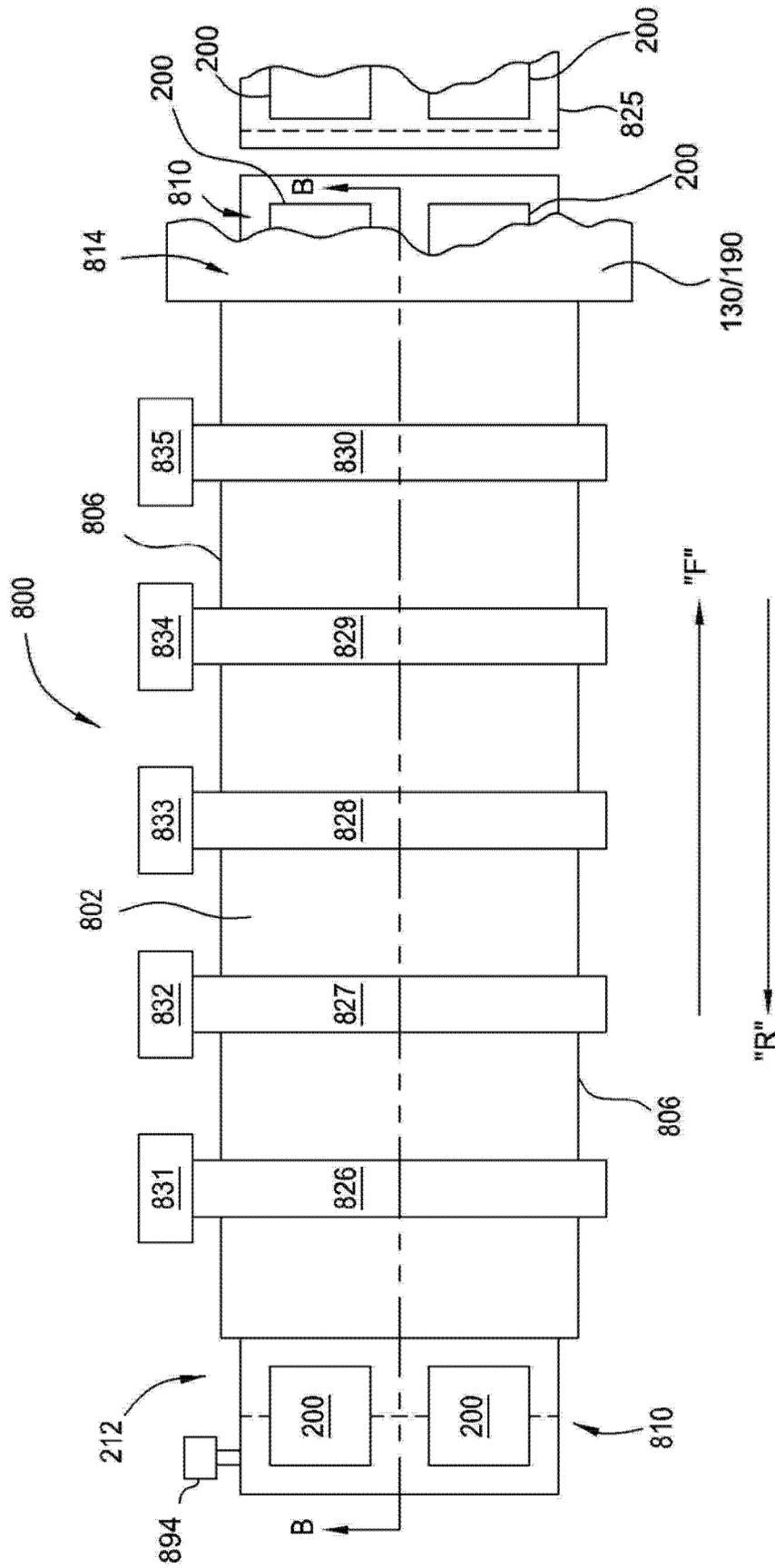


图 8A

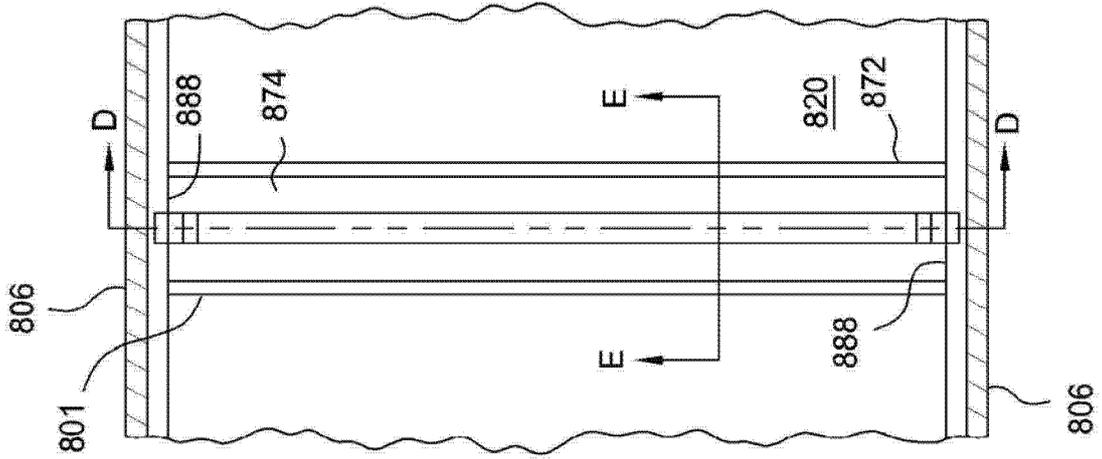


图 8C

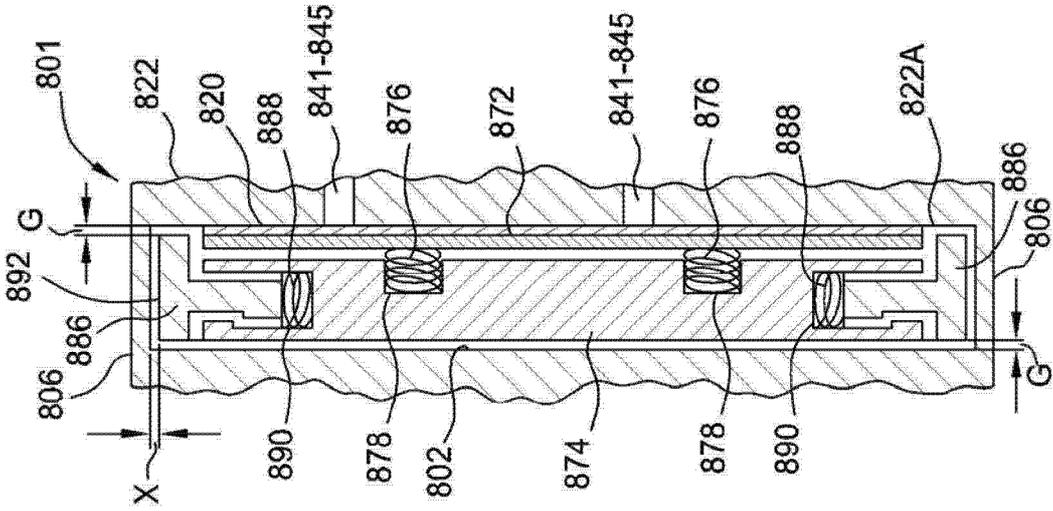


图 8D

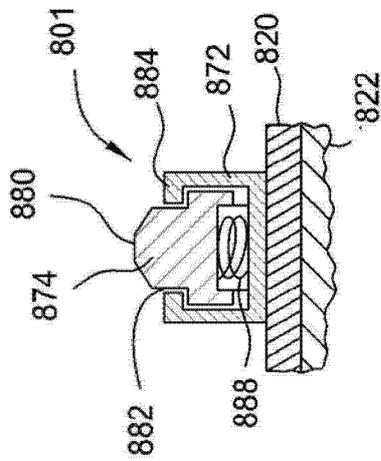


图 8E

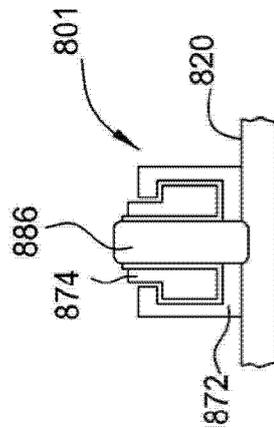


图 8F

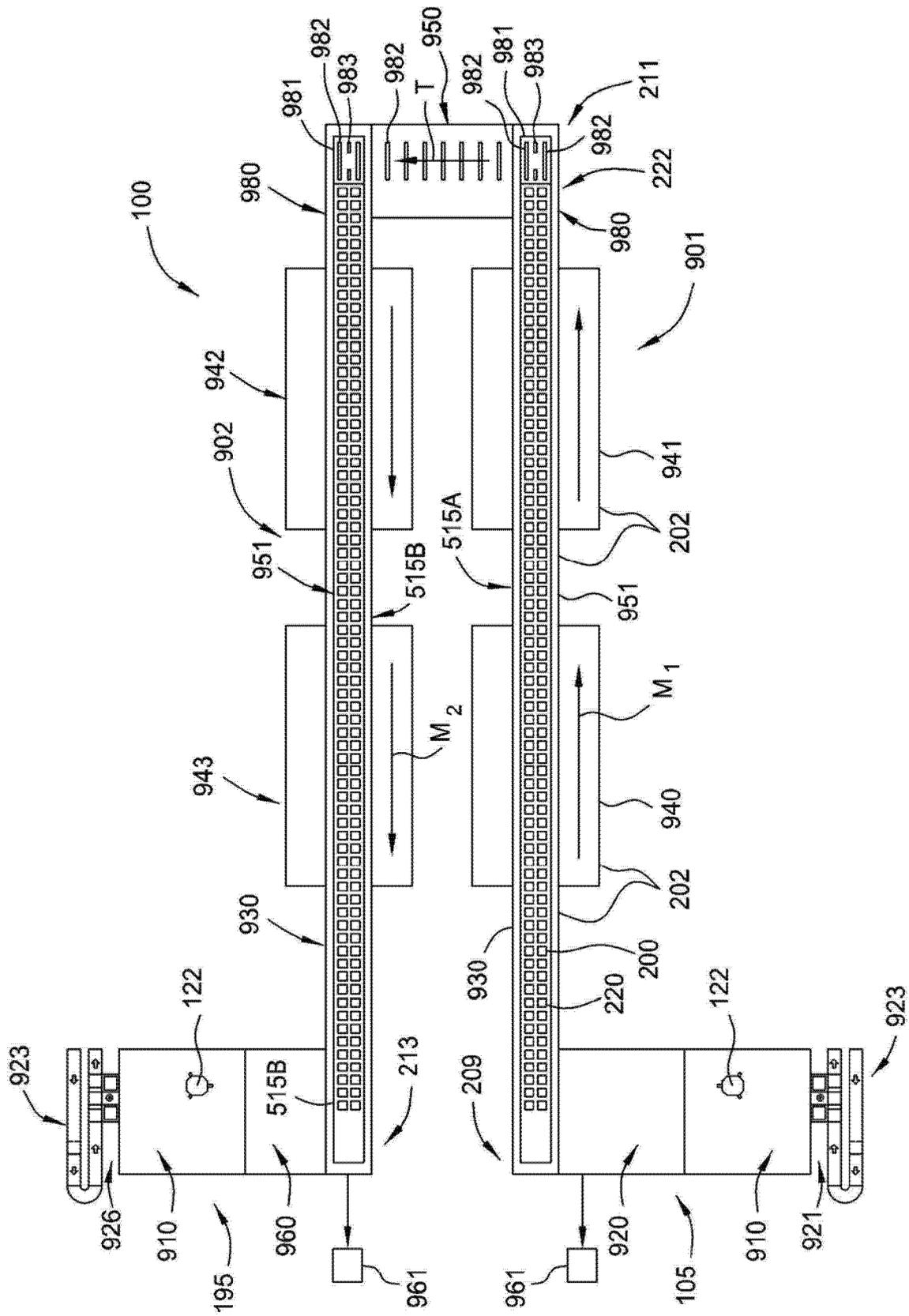


图 9B

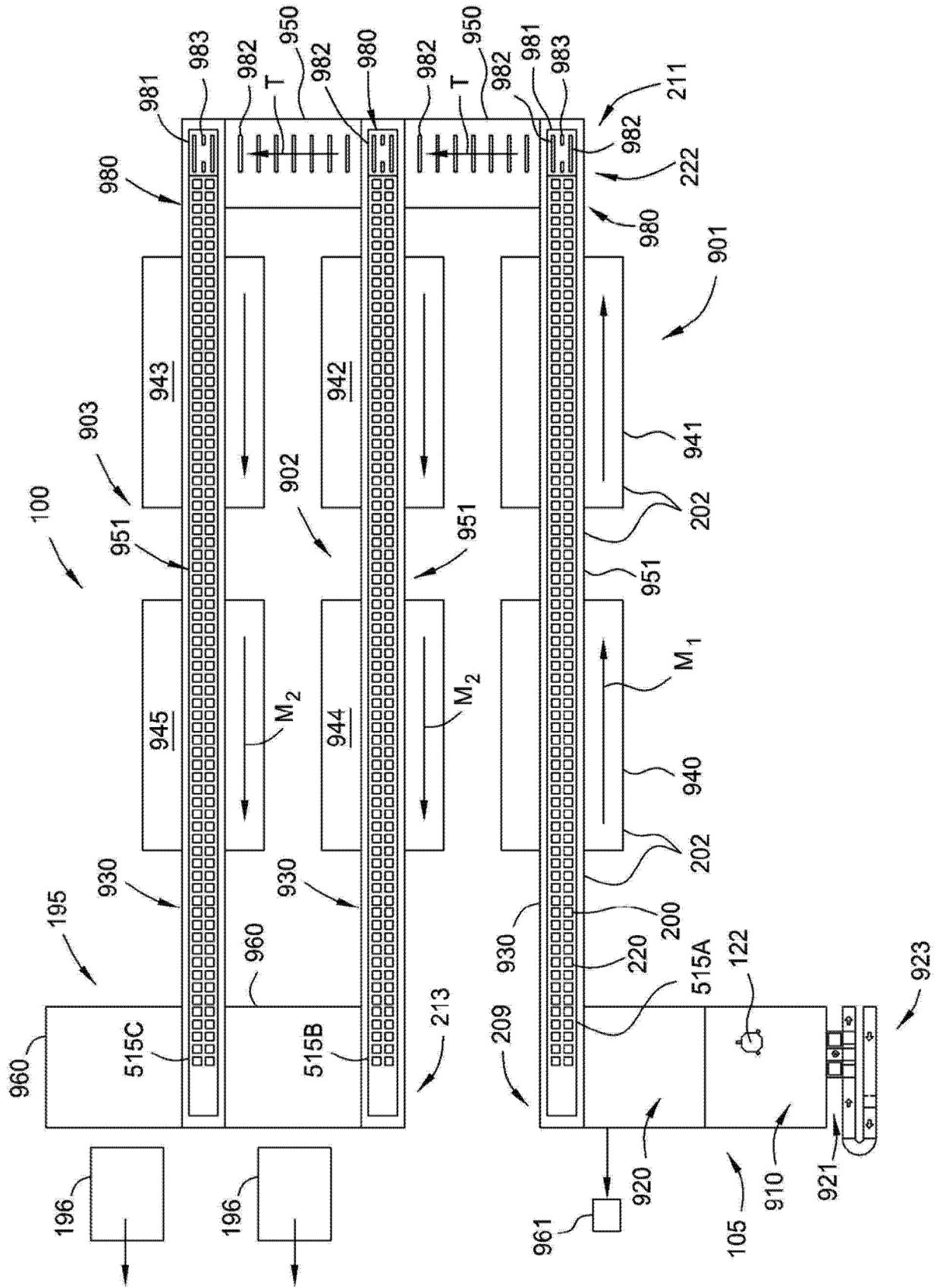


图 9C

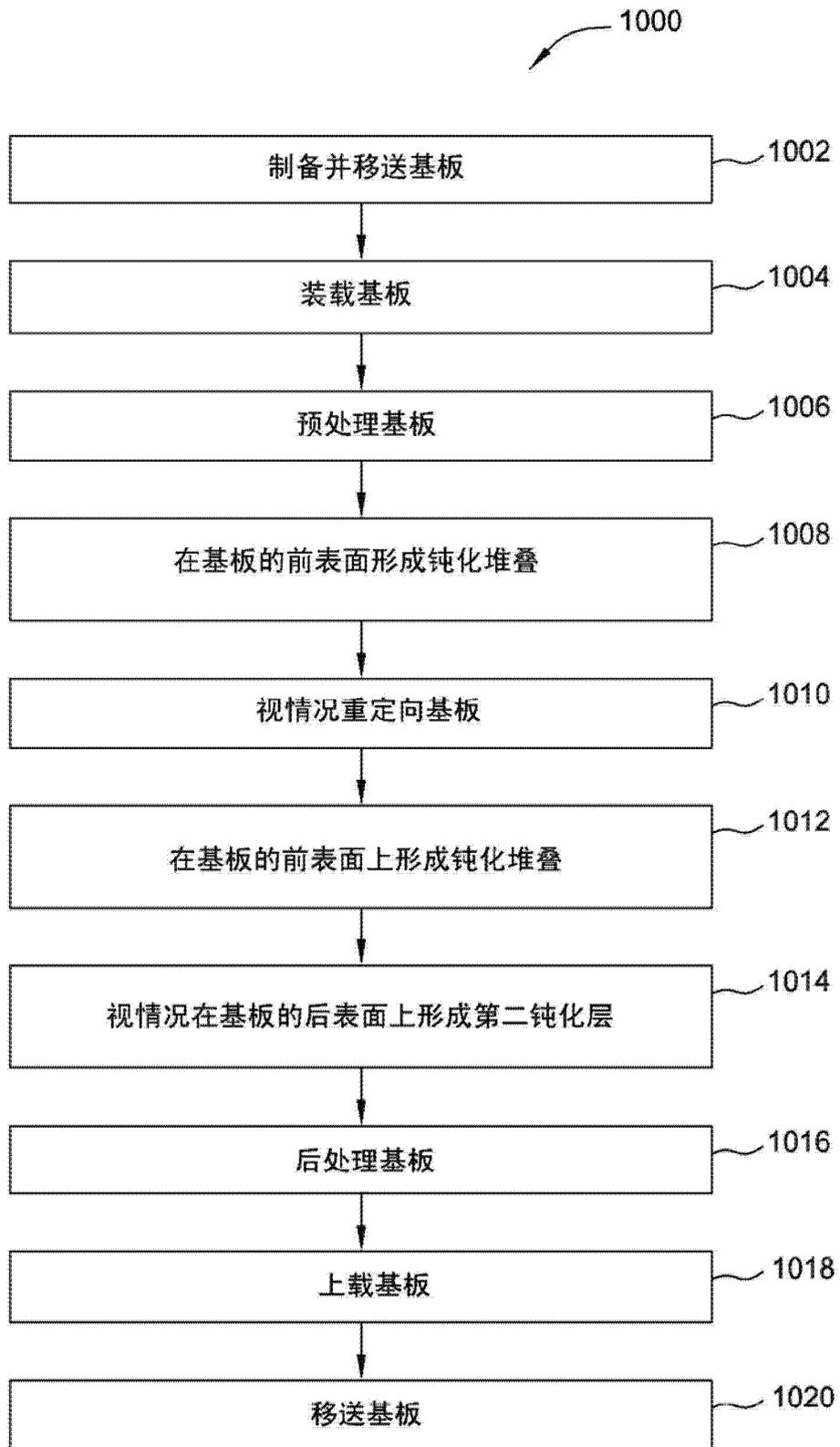


图 10