



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102834930 A

(43) 申请公布日 2012.12.19

(21) 申请号 201180018103.5

代理人 王安武

(22) 申请日 2011.03.10

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H01L 31/042 (2006.01)

61/319,141 2010.03.30 US

H01L 31/18 (2006.01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 10. 08

(86) PCT 申请的申请数据

PCT/US2011/027914 2011. 03. 10

(87) PCT申请的公布数据

W02011/126660 EN 2011.10.13

(71) 申请人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 迈克尔·P·斯图尔特

穆库·阿格瓦 罗西特·米沙拉

希曼特·芒格卡

蒂莫西·W·韦德曼

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理
有限责任公司 11258

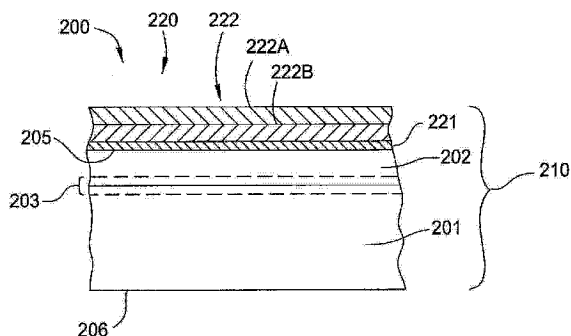
权利要求书 2 页 说明书 13 页 附图 8 页

(54) 发明名称

在扩散 P 型区域上方形成负电荷钝化层的方法

(57) 摘要

本发明大体提供了一种于 p- 型掺杂区域上形成高质量钝化层的方法,以形成高效能太阳能电池装置。本发明的实施例可特别有利于制备形成于硅基板中硼掺杂区域的表面。在一个实施例中,该方法包括下列步骤:将太阳能电池基板的表面暴露至等离子体,以清洁并改变该表面的物事、化学及 / 或电性特征,并随后于其上沉积带电的介电层及钝化层。



1. 一种形成太阳能电池装置的至少一部分的方法,包含下列步骤:

形成第一层,该第一层具有负电荷位在形成于太阳能电池基板中的 p- 型掺杂区域的表面上;以及

于该第一层上形成体层。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中该形成的体层具有净正电荷。

3. 如权利要求 2 所述的方法,其中存在于该第一层中的净负电荷的量大于等于该体层中的净正电荷的量。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其中存在该第一层中的净负电荷的量适于在该太阳能电池基板的该表面处达到大于 1×10^{12} 库伦 / cm^2 的电荷密度。

5. 如权利要求 1 所述的方法,还包括下列步骤:

在形成该第一层之前,将形成于该太阳能电池基板上的该 p- 型掺杂区域的表面暴露至反应性气体,该反应性气体包含氮、氟或氢;以及

在形成该第一层之前,将该 p- 型掺杂区域的该表面暴露至 RF 等离子体,以移除设置于该表面上的死区的至少一部分。

6. 如权利要求 1 所述的方法,其中形成该第一层包含下列步骤:

产生 RF 等离子体以于该表面上沉积该第一层,该 RF 等离子体包含含氟气体或含氯气体。

7. 如权利要求 1 所述的方法,其中形成该第一层的步骤包含下列步骤:形成层,该层包含氧化硅 (Si_xO_y)、氮氧化硅 (SiON)、氮碳氧化硅 (SiOCN)、碳氧化硅 (SiOC)、氧化钛 (Ti_xO_y)、氧化钽 (Ta_xO_y)、氧化镧 (La_xO_y)、氧化铪 (Hf_xO_y)、氮化钛 (Ti_xN_y)、氮化钽 (Ta_xN_y)、氮化铪 (HfN)、氮氧化铪 (HfON)、氮化镧 (LaN)、氮氧化镧 (LaON)、氯化氮化硅 ($\text{Si}_x\text{N}_y:\text{Cl}$)、氯化氧化硅 ($\text{Si}_x\text{O}_y:\text{Cl}$)、氟化氧化硅 ($\text{Si}_x\text{O}_y:\text{F}$)、氟化氮化硅 ($\text{Si}_x\text{N}_y:\text{F}$)、非晶硅、非晶碳化硅或氧化铝 (Al_2O_3)。

8. 如权利要求 1 所述的方法,其中形成该第一层的步骤还包括下列步骤:

安置该太阳能电池基板于处理腔室的处理区域中;以及

将气体混合物流入该处理区域内,该气体混合物包含硅烷 (SiH_4)、氮以及卤素气体,其中该卤素气体包含氟或氯。

9. 如权利要求 8 所述的方法,其中形成该第一层的步骤还包括下列步骤:

通过传送 RF 功率至设置于该太阳能电池基板的该表面上的电极,来在该太阳能电池基板的表面上形成电容耦合等离子体。

10. 一种形成于太阳能电池装置中的钝化层结构,包含:

一个或多个 p- 型掺杂区域,其形成于太阳能电池基板的表面中;

第一层,其具有净负电荷,其中该第一层设置于该一个或多个 p- 型掺杂区域上;以及体层,其设置于该第一层上,其中该体层具有净正电荷。

11. 如权利要求 10 所述的钝化层结构,其中存在于该第一层中的净负电荷的量大于等于该体层中的净正电荷的量。

12. 如权利要求 10 所述的钝化层结构,其中存在该第一层中的净负电荷的量适于在该太阳能电池基板的该表面处达到大于 1×10^{12} 库伦 / cm^2 的电荷密度。

13. 如权利要求 10 所述的钝化层结构,其中该第一层包含氧化硅 (Si_xO_y)、氮氧化硅

(SiON)、氮碳氧化硅 (SiOCN)、碳氧化硅 (SiOC)、氧化钛 (Ti_xO_y)、氧化钽 (Ta_xO_y)、氧化镧 (La_xO_y)、氧化铪 (Hf_xO_y)、氮化钛 (Ti_xN_y)、氮化钽 (Ta_xN_y)、氮化铪 (HfN)、氮氧化铪 (HfON)、氮化镧 (LaN)、氮氧化镧 (LaON)、氯化氮化硅 ($Si_xN_y:Cl$)、氯化氧化硅 ($Si_xO_y:Cl$)、非晶硅、非晶碳化硅或氧化铝 (Al_2O_3)。

14. 如权利要求 10 所述的钝化层结构, 其中:

该太阳能电池基板包含 n- 型基板, 其具有第一表面; 且

该一个或多个 p- 型掺杂区域包含 p- 型层, 该 p- 型层设置于该 n- 型基板的该第一表面上。

15. 一种形成在太阳能电池装置中的钝化层结构, 包含:

一个或多个 p- 型掺杂区域, 其形成于太阳能电池基板的表面中;

第一层, 其设置于该一个或多个 p- 型掺杂区域上, 其中该第一层包含氟或氯, 以及选自列表的至少两种元素, 该列表包含氧、氮、硅及铝; 以及

体层, 设置于该第一层上, 其中该体层具有净正电荷, 并包含硅及氮。

16. 如权利要求 15 所述的钝化层结构, 其中该第一层还包括净负电荷的量, 其大于等于该体层中的净正电荷的量。

17. 如权利要求 15 所述的钝化层结构, 其中该第一层还包括净负电荷的量, 以在该太阳能电池基板的该表面处达到大于 1×10^{12} 库伦 / cm^2 的电荷密度。

在扩散 P 型区域上方形成负电荷钝化层的方法

技术领域

[0001] 本发明的实施例大体上涉及太阳能电池的制造,且特别涉及结晶硅太阳能电池的表面的钝化的装置结构及方法。

背景技术

[0002] 太阳能电池为将太阳光直接转换成电能的光伏 (photovoltaic ;PV) 装置。最常见的太阳能电池材料为硅 (Si),其可为单晶、复晶或多晶基板等形式。因为使用硅基太阳能电池产生电力的成本高于通过传统方法产生电力的成本,已致力于在不会有害地影响太阳能电池的整体效能的前提下,降低制造太阳能电池的成本。

[0003] 图 1 概要地示出从结晶硅基板 110 形成的标准硅太阳能电池 100 的剖面图。基板 110 包括基底区域 101、发射体区域 102、p-n 接合区域 103、介电钝化层 104、正面电接点 107 及背面电接点 108。p-n 接合区域 103 设置于太阳能电池的基底区域 101 与发射体区域 102 之间,且是当太阳能电池 100 受到入射光子照射时产生电子 - 空穴对的区域。钝化层 104 可作为供太阳能电池 100 所用的抗反射涂布 (anti-reflective coating ;ARC) 层,也可作为发射体区域 102 的表面 105 的钝化层。

[0004] 可通过使用抗反射涂布 (ARC) 层来增进太阳能电池 100 的效能。当光通过一个介质到达另一个介质时,例如自空气至玻璃或自玻璃至硅,即便入射光与两个介质之间的接口正交,仍会有部分光线反射离开该接口。被反射的光的分量为两个介质之间的折射率差异的函数,其中较大的折射率差异导致从接口处反射较高分量的光。沉积于两个介质之间,并具有介于两个介质的折射率之间的折射率值的 ARC 层已知可降低被反射的光的分量。所以,存在于太阳能电池 100 的光接收表面的 ARC 层,如表面 105 上的钝化层 104,可减少因反射离开太阳能电池 100 而因此不能被用来产生电能的入射辐射的分量。

[0005] 当光落在太阳能电池上,入射光子的能量在 p-n 接合区域 103 的两侧产生电子 - 空穴对。在典型的 n- 型发射体区域 102 及 p- 型基底区域 101 中,电子跨越 p-n 接点往较低能量位准方向扩散,且空穴往相反方向扩散,因而在发射体上产生了负电荷并在基底中累积对应的正电荷。在具有 p- 型发射体区域 102 及 n- 型基底区域 (例如,参考标号 101) 的替代配置中,电子跨越 p-n 接点的扩散在发射体上形成正电荷,而空穴在相反方向上的扩散则在基底中累积形成负电荷。在上述两个例子中,当在发射体与基底之间建立电子电路时,可使电流流通来使太阳能电池 100 产生电力。太阳能电池 100 将入射能量转换为电能的效能受到若干因素的影响,包括太阳能电池 100 中的电子及空穴的复合速率,以及被反射离开太阳能电池 100 的入射光的分量。

[0006] 当在太阳能电池 100 中,于相反方向上移动的电子及空穴彼此结合时,会发生复合。每次电子 - 空穴对于太阳能电池 100 中复合时,会使电荷载体消灭,从而降低太阳能电池 100 的效能。复合可能发生于基板 110 的主体硅中,或在基板 110 的任一表面 105、106 处。在主体中,复合为主体硅中的瑕疵数量的函数。在基板 110 的表面 105、106 上,复合为存在于表面 105、106 上的悬空键 (即,未终止的化学键) 的数量的函数。会在表面 105、106

上见到悬空键是因为基板 110 的硅晶格结束于这些表面处。这些未终止的化学键有瑕疵陷阱 (defect trap) 的作用,瑕疵陷阱处在硅的能带间隙下,且因此成为电子-空穴对复合的地点。

[0007] 如上所述,钝化层 104 的功能之一是最小化有钝化层 104 形成于其上之(多个)发射体区域 102 或基底区域 101 的表面处的载体复合。已发现到,在形成于太阳能电池装置中的 p- 型掺杂区域上设置的钝化层 104 形成负电荷,可有助于排斥移动通过太阳能电池的载体,并因此减少载体复合(carrier recombination),并增进太阳能电池装置的效能。尽管使用传统等离子体处理技术形成具有净正电荷的钝化层是相对容易的,但却难以在硅基板的表面上形成稳定的带负电荷的钝化层。

[0008] 通过减少表面复合,太阳能电池的表面的彻底钝化可大幅度增进太阳能电池的效能。如本文所使用,“钝化(passivation)”的定义为存在于硅晶格表面上的悬空键的化学终止(chemical termination)。为了钝化诸如表面 105 等太阳能电池 100 的表面,典型地将钝化层 104 形成于其上,藉此使存在于表面 105 上的悬空键的数量减少 3 或 4 个数量级。就太阳能电池应用而言,钝化层 104 一般为氮化硅(Si_3N_4 , 也缩写成 SiN) 层,且大多数的悬空键以硅(Si)或氮(N)原子终止。但因为氮化硅(SiN)为非晶材料,发射体区域 102 的硅晶格与钝化层 104 的非晶结构之间无法产生完整的匹配。因而,在钝化层 104 形成后留存于表面 105 上的悬空键数量仍足以降低太阳能电池的效能 100,而需要对表面 105 进行额外的钝化,如氢钝化。在多晶硅太阳能电池的例子中,氢也有助于钝化晶粒边界上的瑕疵中心。

[0009] 因此,需要一种改良的方法,以形成可使太阳能电池装置的表面处具有期望的电荷形态及电荷密度的钝化层,以最小化电荷载体的表面复合,以改进所形成之太阳能电池的效能,且所形成的钝化层具有期望的光学及钝化特性。

发明内容

[0010] 本发明的实施例一般提供一种形成太阳能电池装置的方法,包含下列步骤:于形成在基板上的 p- 型掺杂区域的表面上形成含负电荷层,并于含负电荷层上形成体层。通常使用形成于 p- 型掺杂区域上的含负电荷层来排斥流入太阳能电池装置中的电子,并钝化表面来最小化载体复合并增进所形成的太阳能电池装置的效能。由于含负电荷层排斥流经邻近 p- 型区域的电子或“场(field)”钝化基板表面的能力对减少载体复合而言很重要,较高效能的太阳能电池也将具有高质量的钝化层,其具有通常可增进所形成之装置的效能之其它光学上有益的特性及其它钝化特性。因此,在某些配置中,太阳能电池装置可包含一或多层,或梯度区域(graded region),其具有不同材料成分、不同物理特性(例如,机械及光学特性),及/或不同电特性,以在基板表面提供期望的钝化效应。

[0011] 本发明的实施例可进一步提供一种太阳能电池装置,其包含:一个或多个 p- 型掺杂区域,其形成于太阳能电池基板的表面中;第一层,其设置于一个或多个 p- 型掺杂区域上;以及体层,其设置于第一层上,其中体层具有净正电荷。

[0012] 本发明的实施例可进一步提供一种太阳能电池装置,其包含:一个或多个 p- 型掺杂区域,其形成于太阳能电池基板的表面中;第一层,其具有负电荷设置于一个或多个 p- 型掺杂区域上;以及体层,其设置于第一层上,其中体层具有净正电荷。在某些配置中,

存在于第一层中之净负电荷的量可大于等于存在于体层中之净正电荷的量。在某些配置中,存在于第一层中之净负电荷的量适于在太阳能电池基板的表面处达成大于 1×10^{12} 库伦/cm² 的电荷密度。

[0013] 本发明的实施例可进一步提供一种太阳能电池装置,其包含:一个或多个 p- 型掺杂区域,其形成于太阳能电池基板的表面中;第一层,其设置于一个或多个 p- 型掺杂区域上,其中第一层包含氟或氯,还有选自以下列表中的至少两种元素:氧、氮、硅及铝;以及体层,其设置于第一层上,其中体层具有净正电荷,并包含硅及氮。

附图说明

[0014] 为使本发明的上述特征得以更详细被了解,可参照实施例更具体说明以上所简述的发明,其中部分实施例在附图中示出。然而,需注意的是,附图仅为说明本发明的典型实施例,而非用于限制其范畴,本发明也允许其它等效实施例。

[0015] 图 1 概要地示出从单一或多重 - 结晶硅晶圆制造的常规硅太阳能电池的剖面图。图 2A 至 2F 示出与本发明的制程的实施例的多个阶段对应的基板的一部分的剖面图;

[0016] 图 3 示出根据本发明的一个实施例的硅基板上所进行的钝化层形成制程的制程流程图;

[0017] 图 4 为可用于进行本发明的实施例的平行板 PECVD 系统的概要侧视图。

[0018] 图 5 为具有多个处理腔室的制程系统的一个实施例的顶部示意图;

[0019] 图 6 示出根据本发明的一个实施例的硅基板上所进行的钝化层形成制程的制程流程图。

[0020] 为了帮助理解,尽可能使用相同的组件符号来示出附图中共有的相同组件。可考虑将一个实施例的组件及特征有利地并入其它实施例中,而无需特别叙述。

具体实施方式

[0021] 本发明大体提供了在 p- 型掺杂区域上形成高质量钝化层的方法,以形成高效能太阳能电池装置。本发明的实施例可特别有利于制备形成于硅基板中的硼掺杂区域的表面。在一个实施例中,该方法包括下列步骤:将太阳能电池基板的表面暴露至等离子体,以清洁并改变该表面的物理、化学及 / 或电性特征,并接着于其上沉积带电的介电层及钝化层。可因本发明而得益的太阳能电池基板包括具有活性区域的基板,活性区域含有单晶硅、多晶硅 (multi-crystalline silicon) 以及复晶硅 (polycrystalline silicon),也可有利于包含锗 (Ge)、砷化镓 (GaAs)、碲化镉 (CdTe)、硫化镉 (CdS)、铜铟镓硒 (CIGS)、硒化铜铟 (CuInSe₂)、磷化铟镓 (GaInP₂)、有机材料的基板,还有异质接合单元,如 GaInP/GaAs/Ge 或 ZnSe/GaAs/Ge 基板,这些基板可用来将阳光转换为电能。

[0022] 本发明的实施例一般也提供在基板的一个或多个表面 (如,经掺杂 p- 型区域的表面) 上,形成含负电荷的钝化层堆栈或钝化层结构的方法。形成于 p- 型区域上的含负电荷层一般用来排斥流入太阳能电池装置电子,并钝化表面来最小化载体复合并增进所形成的太阳能电池装置的效能。含负电荷钝化层排斥流经邻近 p- 型区域的电子或「场 (field)」钝化基板表面的能力对减少载体复合而言很重要,而高质量的钝化层也需要具有通常可增进所形成的太阳能电池装置的效能的其它光学上有益的特性及其它钝化特性。额外的钝化

层特性通常可依钝化层的能力而区分为：“表面 (surface)”钝化具有该钝化层设置于其上的（多个）表面；以及“大量 (bulk)”钝化基板的邻近区域及表面。钝化层可发挥此类功能的机制包括，例如，所形成的钝化层作为氢 (H^+) 供应源的能力，氢 (H^+) 可用来修正基板的区域中的瑕疵，以及所形成的化层的物理及 / 或化学特征，其可紧固基板表面处所发现的悬空键。

[0023] 一般来说，形成于 p- 型区域上的钝化层将具有期望量的经形成负电荷设置于其中；具有期望的光学特性，以最小化光反射；且将含有期望浓度的氢，以修补基板表面处所发现的浅瑕疵。典型地，具有期望光学特性的钝化层将具有光学梯度或折射率梯度跨越钝化层的（多个）形成区域。既然氮化硅容易形成，具有介于硅的折射率（例如， $n = 3.0$ ）与玻璃的折射率（例如， $n = 1.5$ ）之间的折射率，且属于可保有期望浓度的氢的稳定膜，因此其为常见钝化层材料的选择。然而，一般很难形成具有负电荷的氮化硅 (Si_xN_y) 钝化层。因此，在一个实施例中，高质量的钝化层可包含一个或多个层或梯度区域，其具有相异的成分、相异的物理特性或相异的电特性，以提供期望的钝化效应。

[0024] 在一个实施例中，如概要地在图 2C 至 2D 中所示，形成于 p- 型掺杂区域的表面 205 上的钝化层 220 包含两个层，其具有相异成分、物理特性及电特性，因而形成高质量钝化层。在一个实施例中，钝化层 220 包含接口层 221 以及体层 222。接口层可包含介电材料，其经配置以钝化 p- 型区域的表面 205，或于此例子中，其经配置以钝化发射体区域 202 的表面 205，并含有期望量的受困负电荷 Q_1 ，以对 p- 型掺杂区域提供期望的表面钝化。体层 222 可包含介电材料，其经配置以具有期望的光学特性并钝化 p- 型区域的表面 205。在一个实施例中，期望形成具有净受困负电荷总量（例如，数个库伦）的钝化层 220，其可达成大于约 -1×10^{12} 库伦 / cm^2 的电荷密度。请注意，电荷密度值前面的负号仅是用来表示层中的受困电荷主要为负电荷而不是正电荷。

[0025] 在一个实施例中，体层 222 包含一个或多个氮化硅层，其具有期望的折射率 (n)、吸收系数 (k)、膜压力及密度。图 2E 及 2F 示出体层 222 的一个实施例，体层 222 包含第一钝化层 222A 及第二钝化层 222B，其各别具有相异的成分、物理特性及 / 或电特性。在一个实例中，第一钝化层 222A 及第二钝化层 222B 为氮化硅层，其具有至少一个相异的特性。一般来说，使用等离子体增进化学气相沉积 (PECVD) 技术或物理气相沉积 (PVD) 技术形成的氮化硅膜会具有介于约 1.9 及约 2.15 之间的折射率，并具有受困的正电荷 Q_2 (图 2D)。存在于钝化层 220 中的受困“正 (positive)”电荷 Q_2 将倾向吸引通过太阳能电池装置而移动的电子，造成活动载体的偏向及 / 或非所欲的载体复合，并因此降低了太阳能电池装置的效能。

[0026] 因此，在钝化层 220 的一个实施例中，接口层 221 中的受困负电荷 Q_1 的总量大于体层 222 中之受困正电荷 Q_2 的总量，致使净受困负电荷 Q_1 可抵销体层 222 中的受困正电荷 Q_2 的效应。在一个实施例中，见于钝化层 220 中的受困负电荷 Q_1 的总量与受困正电荷 Q_2 的总量之和具有足够的受困电荷，以达成大于约 -1×10^{12} 库伦 / cm^2 的接口电荷密度。在一个实例中，钝化层 220 具有足够的受困电荷，以达成介于约 -1×10^{12} 库伦 / cm^2 及约 -1×10^{14} 库伦 / cm^2 之间的接口电荷密度，如介于约 -2×10^{12} 库伦 / cm^2 及约 -4×10^{13} 库伦 / cm^2 之间。请注意，电荷密度数值前面的负号仅用来表示可见于表面 205 处的电荷为负电荷而不是正电荷，且因此 Q_1 的绝对值大于 Q_2 的绝对值。于另一实施例中，见于钝化层 220 中的受困负

电荷 Q_1 的总量与受困正电荷 Q_2 的总量之和约为零（即， $|Q_1|$ 等于 $|Q_2|$ ）。于此例子中，可至少将见于表面 205 处的受困正电荷 Q_2 的影响最小化，但不会见到一般受困负电荷对表面 205 处或表面 205 下方的电子的排斥效应。在接口层 221 及体层 222 两者皆分别具有正电荷及负电荷并影响基板中的载体的例子中，本文所讨论的 Q_1 及 Q_2 的值为电荷的净值，或于各对应层中取得的正电荷总量的绝对值减去负电荷总量的绝对值之和。在另一实施例中，钝化层 220 的电子排斥效应并不重要，重要的是确保所有受困正电荷有最小限度的补偿，可期望的是，见于钝化层 220 中的受困负电荷 Q_1 的总量及受困正电荷 Q_2 的总量之和具有足够的受困电荷，以达成介于约 0 及约 -1×10^{14} 库伦 / cm^2 之间的接口电荷密度。由于排斥电子的能力随着受困负电荷 Q_1 与（多个）电子之间的距离平方分之一（ $1/d^2$ ）而变化，在某些实施例中，期望将受困负电荷 Q_1 的主体安置在距离表面 205 小于 100 埃(Å)处，以确保受困电荷会具有期望的场强度，以排斥表面 205 处或其下方的电子。

[0027] 具有位于表面 205 与体层 222 之间的接口层 221 的钝化层 220 构造的优点之一为，通过将体层 222 与表面 205 分开，可减少形成于体层 222 中的正电荷所创造的电场。请注意，电场 (E) 强度与表面 205 及体层 222 之间的距离平方成反比，且因此体层 222 离表面 205 越远，其对流经太阳能电池装置的活动载体的影响越小。因此，在一个实施例中，接口层 221 具有期望的厚度，其可用来减少见于体层 222 中的正电荷的影响。在一个实例中，接口层 221 为介电层，其厚度介于约 50 埃(Å)及约 800 Å 之间。在一个实施例中，当钝化层 220 设置于基板（例如，发射体区域 202）的 p- 型光接收表面（如表面 205）上时，接口层 221 为介电层，其厚度介于约 50 埃(Å)及约 200 Å 之间。在一个实施例中，当钝化层 220 设置于 p- 型基板（例如，基底区域 201）的后侧表面（如表面 206）上时，界面层 221 为介电层，其厚度介于约 500 埃(Å)及约 800 Å 之间。在一个实施例中，可调整接口层 221 的厚度，以补偿给定的制程配方于界面层 221 中创造受困负电荷 Q_1 的能力，并因而控制形成于表面 205 下方的 p- 型掺杂区域上的体层 222 中的受困正电荷 Q_2 的影响。在一个实例中，即便所形成的接口层 221 中的受困负电荷 Q_1 的量可忽略不计，但通过使带正电的体层 222 与表面 205 之间以某距离分隔，可减少表面 205 处的正电荷所创造的电场，并因而改进太阳能电池的效能。

[0028] 钝化层形成制程

[0029] 图 2A 至 2F 示出在用来在太阳能电池 200 的表面（例如，表面 205）上形成钝化层 220 的工序中的不同阶段期间的太阳能电池基板 210 的概要剖面图。图 3 示出用来在太阳能电池基板 210 上形成钝化层的制程工序 300。可见于图 3 的工序对应图 2A 至 2F 中所示出的阶段，并将于本文讨论。在太阳能电池 200 的一个实施例中，基底区域 201 包含 n- 型结晶硅基板（例如，参考标号 201），且发射体区域 202 包含形成于基底区域 201 上的 p- 型层。尽管下文主要讨论用于具有形成在 n- 型基底区域上的 p- 型发射体区域的基板的处理方法及设备，但因钝化层也可形成于 p- 型基底区域的太阳能电池配置上，因此这样的配置并不欲限制本文所述的本发明的范畴。

[0030] 图 2A 概要地示出至少部分形成的硅太阳能电池 200 的剖面图，其包含基板 210。基板 210 包括基底区域 201、发射体区域 202 以及 p-n 接合区域 203。p-n 接合区域 203 设置于太阳能电池的基底区域 201 与发射体区域 202 之间，且是当太阳能电池 200 受到入射

光的光子照射时产生电子-空穴对的区域。

[0031] 然而,在太阳能电池装置的常规制程期间,将在基板 210 的一个或多个表面上形成薄且通常劣质的原生氧化物层 215。在原生氧化物层 215 形成于 p-型硼掺杂区域上的配置中,氧化物层 215 可包括含硼硅酸玻璃(boron silicate glass;BSG)层。在一个实例中,含 BSG 氧化物层是形成于(多个)p-型发射体区域 202 上,而 p-型发射体区域 202 形成于 n-型基底区域 201 上(图 2A)。在可供替代的实例中,BSG 型氧化物层形成于 p-型基板基底区域 201 的背侧表面 206 上。由于在某些情况下可能在一个或多个热处理步骤(如,用以“压入(drive-in)”掺质或对形成于基板 210 上的一层或多层进行退火的炉退火步骤)期间或之后形成氧化物层 215,因此可根据氧化物层 215 的形成方式来决定所形成的氧化物层 215 的厚度及密度。在某些例子中,可通过延长暴露至空气来形成氧化物层。

[0032] 进而,部分形成的太阳能电池装置也具有死区(dead region)216 是常见的,死区含有高浓度的掺质原子,并形成于氧化物层 215 与基板的表面 210 之间的接口处。相信可通过在先前的掺质或热处理步骤期间使掺质原子扩散至基板 210 的表面 205,来造成死区 216 中的高掺质浓度。在一个实例中,死区 216 含有高浓度的硼原子(例如, >0.1 原子%),其位于含硅 p-型掺杂发射体区域 202 的表面处。在一个实施例中,死区 216 具有足够高的掺杂浓度,以形成具有小于约每平方 50 欧姆($\Omega/\square$)的片电阻之区域。一般来说,很难使用常规的处理技术(其可包括湿式化学蚀刻制程)来移除这些硼掺杂层。然而,形成清洁基板表面以避免太阳能电池基板在后续处理期间受到污染,并增进形成于经掺杂表面上的介电钝化层的钝化效应一般而言是重要的。

[0033] 请参见图 3,用以在太阳能电池基板 210 上形成钝化层的制程工序 300 一般开始于框 302。于框 302,清洁基板 210 的表面,以移除形成于基板表面上的氧化物层 215(图 2A)。可于一个基板处理腔室中所进行的单一处理步骤中进行框 302 的制程,或如同于一个或多个基板处理腔室中进行的多重分离制程步骤般进行框 302 的制程。在一个实施例中,可使用干式清洁制程来进行框 302 的清洁制程,于该制程中将基板 210 暴露至反应性等离子体蚀刻制程,以移除氧化物层 215。干式清洁制程及干式处理腔的实例将进一步参照图 4 及 5 进行描述。

[0034] 在一个实施例中,于框 302,在处理腔室(如图 4 中之腔室 400)中设置一个或多个基板 210 之后,将氧化物层 215 暴露至反应性气体,以在氧化物层 215 上形成薄膜(未示出)。反应性气体可包含氮、氟,及/或氢。在某些实施例中,反应性气体包括含自由基及/或离子的氮、氟、氯或其组合,将反应性气体提供至具有基板设置于其中的处理腔室,并将其导向基板。薄膜一般包含固体化合物,其可通过自由基与来自氧化物层 215 的氧反应而形成。现在将描述于处理腔室内进行的示范反应性清洁制程,其可使用氨(NH_3)及三氟化氮(NF_3)气体混合物来移除基板表面上的原生氧化物。可通过将基板置入处理腔室来开始反应性清洁制程。在处理期间,可将基板冷却至低于约 65°C ,如介于约 15°C 及约 50°C 之间。

[0035] 下一步,在于框 302 执行的部分制程期间,对形成于氧化物层 215 上的薄膜进行热处理,以自基板表面移除该薄膜。在某些实施例中,热处理可为退火制程,其可在处理腔室 400 或可见于系统 500 中的其它相邻腔室中进行。于此步骤期间,薄膜升华离开基板表面,带走氧及其它杂质,并留下经氢终止的层(未示出)。在某些实施例中,经氢终止的层也可在其中具有氟原子的痕迹。

[0036] 下一步,于框 304,通过使用干式清洁制程以自基板的表面 210 移除死区 216。在一个实施例中,在自基板表面 210 移除氧化物层 215 之后,接着将基板传送至干式处理腔室以移除死区 216。一般来说,于框 304 进行的干式清洁制程一般包括下列步骤:将死区 216 暴露至 RF 等离子体达期望的时间段,以自暴露的基板表面蚀刻并移除死区。此类干式处理腔室及干式清洁制程的实例将参考图 4 及图 5 进一步在以下描述。请注意,在某些例子中,可能期望在进行清洁制程 303 之后而在基板上进行框 304 处的清洁制程之前,确保不会有延长的时段使基板暴露至氧,以避免经清洁表面的再氧化。因此,在本发明的某些实施例中,期望可在无氧惰性及 / 或真空环境中(如在群集工具或系统 500(图 5)的真空处理区域中)进行所有的框 302 至 308 的制程,使得基板不会在制程步骤之间暴露至氧气。

[0037] 下一步,于框 306,如图 2B 及图 3 所示,在基板的表面 205 上形成界面层 221。在一个实施例中,接口层 221 为介电层,其包含选自自由氧化硅(Si_xO_y)、氮氧化硅(SiON)、氮碳氧化硅(silicon oxycarbonnitride)(SiOCN)、碳氧化硅(SiOC)、氧化钛(Ti_xO_y)、氧化钽(Ta_xO_y)、氧化镧(La_xO_y)、氧化铪(Hf_xO_y)、氮化钛(Ti_xN_y)、氮化钽(Ta_xN_y)、氮化铪(HfN)、氮氧化铪(HfON)、氮化镧(LaN)、氮氧化镧(LaON)、氯化氮化硅($\text{Si}_x\text{N}_y\text{:Cl}$)、氯化氧化硅($\text{Si}_x\text{O}_y\text{:Cl}$)、非晶硅、非晶碳化硅及 / 或氧化铝(Al_2O_3) 所组成的群组中的材料。于另一实施例中,接口层 221 为介电层,其包含选自自由氟化氧化硅($\text{Si}_x\text{O}_y\text{:F}$) 及氟化氮化硅($\text{Si}_x\text{N}_y\text{:F}$) 所组成的群组中的材料。在一个实例中,如上所述,接口层 221 的厚度可介于约 50 埃($\text{\AA}$)与约 800 $\text{\AA}$ 之间。在一个实施例中,使用化学气相沉积(PECVD)或物理气相沉积(PVD)技术将接口层 221 形成于表面 205 上。以下参考图 4 及图 5 进一步描述界面层 221 形成制程的一个实例。

[0038] 下一步,于框 308,如图 2C 至 2D 及图 3 所示,使用等离子体增进化学气相沉积(PECVD)制程于界面层 221 上形成体层 222。在一个实施例中,体层 222 包含用来钝化基板表面的多个钝化层,如钝化层 222A 及 222B(图 2E 至 2F)。在一个实施例中,体层 222 包含薄钝化层及 / 或抗反射层,其包含氧化硅、氮化硅、非晶硅、非晶碳化硅及 / 或氧化铝(Al_2O_3)。在一个实施例中,使用化学气相沉积(PECVD)技术于多重太阳能电池基板(其支撑于合适的大面积基板装载器上),将氮化硅(SiN)钝化及抗反射层,或薄非晶硅(a-Si:H)层或非晶碳化硅(a-SiC:H)层及氮化硅(SiN)堆栈形成于表面 205 上。在一个实施例中,钝化层 220 可包含本质非晶硅(i-a-Si:H)层及 / 或 p-型非晶硅(p-型 a-Si:H)层堆栈,接着是透明导电氧化物(TCO)层及 / 或 ARC 层(例如,氮化硅),其可通过使用物理气相沉积制程(PVD)或化学气相沉积制程(例如,PECVD)而沉积。所形成的堆栈一般经配置而产生正面场效应,以减少表面复合并促进电子载体侧向传输至附近的经掺杂接点(形成于基板上)。以下进一步描述钝化层形成制程。

[0039] 在制程工序 300 的一个实施例中,在进行框 304 中的制程之后,但在进行框 306 的制程之前,将基板 210 的表面 205 暴露至含反应性气体的 RF 等离子体,以使用 RF 等离子体处理步骤形成位于表面 205 与接口层 221 之间的增补性带负电荷层。在一个实施例中,增补性带负电荷层包含厚度低于约 50 埃($\text{\AA}$)的富氟(F)及 / 或富氯(Cl)层。相信通过将表面 205 直接暴露至含有离子化氟及 / 或离子化氯的等离子体,暴露的表面可被“掺杂(dope)”、“填充(stuff)”或覆盖以具有负电荷的富氟或富氯层。在一个实施例中,期望形成在含硅表面上的增补性带负电荷层可具有大于 -1×10^{12} 库伦/ cm^2 的负电荷密度。尽管所沉积的带

电荷层一般将含有期望的电荷密度,但带电荷层也需要在物理上、化学上及电性上够稳定,以使形成于其上的接口层 221 不会显著减弱所形成的带电荷层之特性。

[0040] 硬件配置

[0041] 图 4 为等离子体增进化学气相沉积 (PECVD) 腔室 400 的一个实施例的概要剖面图,可于其中进行图 3 所示出并参考图 3 进行讨论的一个或多个制程。可自位于加州圣大克拉拉市的 Applied Materials, Inc. 获得类似配置的等离子体增进化学气相沉积腔室。也可考虑利用其它沉积腔室来实践本发明,包括那些来自其它制造商者。

[0042] 相信当用来进行图 3 中所描述的一个或多个制程时,相较于现有技术的其它配置,处理腔室 400 中所提供的等离子体处理配置具有显著的优点。在一个实施例中,PECVD 腔室 400 经配置以同时处理多个基板。在一个实施例中,相对于处理垂直堆栈的基板(例如,堆栈于容纳盒中之批次基板)而言,等离子体增进化学气相沉积 (PECVD) 处理腔室 400 适于同步处理以平面数组排列的多个基板(图 5)。处理排列于平面数组中的批次基板,容许批次中的各基板直接且一致地暴露至所产生的等离子体、辐射热及/或处理气体。因此,可在处理腔室的处理区域中相似地处理平面数组中的各基板,且因此不需依赖扩散式制程及/或将能量串行移转至常规配置中的所有批次待处理基板,如常见于现有技术中的堆栈式或背对背式配置的批次基板。

[0043] 在一个配置中,PECVD 腔室 400 适于接受基板装载器 425(第 4 及 5 图),其经配置以在移转及基板处理步骤期间承托批次基板。在一个实施例中,基板装载器 425 具有约 10,000cm² 以上的表面积,较佳约 40,000cm² 以上,且更佳约 55,000cm² 以上,其经配置以在处理期间支撑设置于其上的基板的平面数组。在一个实施例中,基板装载器 425 具有形成于其中的多个凹槽(未示出),其适于承托约 4 个至约 49 个尺寸为 156mm×156mm×0.3mm,且以面朝上或面朝下的方式配置的太阳能电池基板。可用陶瓷(例如,碳化硅、氧化铝)、石墨、金属或其它合适的材料形成基板装载器 425。在一个配置中,同步于真空或惰性环境(例如,图 5 中的移转腔室 520)中在多个处理腔室之间移转装载器 425 上的批次太阳能电池基板,以减少污染的机会,并增进基板处理量,因而超越了现有技术的其它配置。

[0044] 腔室 400 一般包括壁 402、底部 404、喷头 410 以及基板支撑件 430,它们界定了制程容积 406。可通过阀 408 出入制程容积,致使设置在基板装载器 425 上的基板可移转进入或离开腔室 400。基板支撑件 430 包括:基板接收表面 432,用以支撑基板;以及轴杆 434,其耦接至举升系统 436,以升高及降低基板支撑件 430。阴影框 433 可视情况安置于基板装载器 425 的边缘上。可移动地设置举升销 438 穿过基板支撑件 430,以将基板装载器 425 移向基板接收表面 432 或自基板接收表面 432 离开。基板支撑件 430 也可包括埋入式加热及/或冷却组件 439,以将基板支撑件 430 维持在期望温度。基板支撑件 430 也可包括接地带(grounding strap)431,以在基板支撑件 430 的边缘提供 RF 接地。接地带的实例揭露于 2000 年 2 月 15 日公告授予 Law 等人的美国专利第 6,024,044 号,以及于 2006 年 12 月 20 日由 Park 等人提出申请的美国专利申请序号第 11/613,934 号中,二者皆在不与本文公开的内容相矛盾的限度内以全文参照方式并入本文。在一个实施例中,基板支撑件 430 具有 RF 源(未示出),其耦接埋设在基板支撑件 430 中的电极(例如,组件符号 439),致使 RF 偏压可施加至设置于基板支撑件 430 上的基板 210。

[0045] 通过悬吊件 414 于喷头 410 的边缘处将喷头 410 耦接至背板(backing

plate) 412。也可通过一个或多个中央支撑件 416 将喷头 410 耦接至背板,以协助防止喷头 410 下陷及 / 或控制喷头 410 的直线度 / 弯曲度。气体源 420 耦接至背板 412,以提供气体经过背板 412 并经过喷头 410 中的孔 411 到达基板接收表面 432。真空泵 409 耦接至腔室 400,以将制程容积 406 控制在期望的压力下。RF 功率源 422 耦接至背板 412 及 / 或喷头 410,以提供 RF 功率至喷头 410,以于喷头与基板支撑件之间创造电场,以使用设置在喷头 410 与基板支撑件 430 之间的气体产生电容耦合等离子体。可使用多种 RF 频率,如介于约 0.3MHz 与约 200MHz 之间的频率。在一个实施例中,将处在 13.56MHz 频率下的 RF 功率源提供至喷头(即,电极)。喷头的实例揭露于 2002 年 11 月 12 日公告授予 White 等人的美国专利第 6,477,980 号、2006 年 11 月 17 号公开的 Choi 等人的美国专利公开第 20050251990 号,以及 2006 年 3 月 23 号公开的 Keller 等人的美国专利公开第 2006/0060138 号中,其全部在不与本文公开的内容相矛盾的限度内以全文参照方式并入本文。由于为腔室 400 的配置有能力在处理期间直接提供充满能量及 / 或离子化物种至处理表面 210A 的所有部位,因此相信电容耦合等离子体直接接触基板 210 的处理表面 210A(图 4)具有超越不将所有基板直接暴露至等离子体的设计的优势。通过调整传送至喷头 410 的 RF 功率、处理期间的腔室压力及 / 或施加至基板支撑件 430 的偏压,可直接于腔室 400 中控制施加至整个处理表面 210A 的等离子体交互作用程度。典型的非直接接触暴露类型的腔室配置包括远程驱动等离子体的配置或其它堆栈式晶圆配置,因此其需要依赖在处理其间将所产生的等离子体扩散至一个或多个基板或各基板的部位。

[0046] 然而,在某些实施例中,远程等离子体源 424,如感应耦合远程等离子体源,也可耦接于气体源与背板之间。于一个制程配置中,在处理基板之间,可将清洁气体提供至远程等离子体源 424,以产生并提供远程等离子体来清洁腔室零组件。可通过提供至喷头的 RF 功率源 422 进一步激发清洁气体。合适的清洁气体包括,但不限于 NF_3 、 F_2 及 SF_6 。远程等离子体源的实例揭露于 1998 年 8 月 4 日公告授予 Shang 等人的美国专利第 5,788,778 号中,其在不与本文公开的内容相矛盾的限度内以全文参照方式并入本文。

[0047] 在一个实施例中,可设定加热及 / 或冷却组件 439,以在沉积期间提供约 400°C 以下的基板支撑件温度,较佳介于约 100°C 与约 400°C 之间,更佳介于约 150°C 与约 300°C 之间,如约 200°C。在沉积期间,设置于基板接收表面 432 上的基板装载器 425 上的基板的顶部表面,与喷头 410 之间的间隔可介于 400mil 与约 1,200mil 之间,较佳介于 400mil 与约 800mil 之间。

[0048] 图 5 为制程系统 500 的一个实施例的顶部示意图,制程系统 500 具有多个处理腔室 531 至 537,如图 4 的 PECVD 腔室或其它合适的腔室,其能进行协同图 3 所述的制程。制程系统 500 包括移转腔室 520,其耦接负载锁定腔室 510 及处理腔室 531 至 537。负载锁定腔室 510 容许基板于系统外的周围环境与移转腔室 520 及处理腔室 531 至 537 内的真空环境之间移转。负载锁定腔室 510 包括一个或多个可抽空区域,其经配置以承托一个或多个基板装载器 425,基板装载器 425 经配置以支撑多个基板 210。在将基板输入系统 500 期间,对可抽空区域进行抽气,且在将基板自系统 500 输出期间,将气体通入可抽空区域。移转腔室 520 具有至少一个设置于其中的真空自动机 522,其适于在负载锁定腔室 510 与处理腔室 531 至 537 之间移转基板装载器 425 及基板。图 5 示出了七个处理腔室,然而,系统 500 可具有任合适数量的处理腔室。

[0049] 在系统 500 的一个实施例中,可配置第一处理腔室 531 以进行框 302 中的制程,配置第二处理腔室 532 以进行框 304 中的制程,配置第三处理腔室 533 以进行框 306 中的制程,并配置第四处理腔室以于基板上进行框 308 中的制程。在系统 500 的另一实施例中,可配置第一处理腔室 531 以进行框 302 及 304 中的第一清洁制程,配置第二处理腔室 532 以进行框 306 中的制程,并配置第三处理腔室 533 以于基板上进行框 308 中的制程。在系统 500 的又一实施例中,可配置处理腔室 531 以进行框 302 及 304 中的制程,配置第二处理腔室 532 以于基板上进行框 306 及 308 中的制程。在系统 500 的又一实施例中,可配置处理腔室 531 至 537 中的至少一者以于基板上进行如框 302、303、304、306 及 308 的所有制程。

[0050] 钝化层形成制程

[0051] 请回到图 3,在制程工序 300 的一个阶段,基板的表面 210 经历了用以在基板的表面上形成接口层 221 及体层 222 的多个处理步骤。以下为框 306 至 308 处执行的制程的说明性实例,其可在与前述处理腔室 400 相似的处理腔室中进行。以下所述的制程一般包括主要使用干式处理技术来制备基板表面的方法,其可在见于一个或多个群集工具(如系统 500)中的一个或多个处理腔室(例如,处理腔室 400)中进行。在一个实施例中,制程工序 300 中进行的所有制程,是在可见于一个或多个系统 500 中的一个或多个处理腔室 531 至 537 内进行。请注意,第 4 及 5 图所示出的硬件配置并不欲限制本文所述的本发明的范畴。

[0052] 如上所述,因表面 205 暴露至氧及/或在基板 210 上进行多个高温处理步骤的原因,可于表面 205 上形成氧化物层 215 及死区 216。在许多实施例中,这将发生在形成太阳能电池接点的最后一层(如 p-型或 n-型掺杂层)之后。在其它实施例中,这将发生在形成一个或多个导体层之前,如,在形成经重度掺杂或变质性(degeneratively)掺杂的 p-型层之后。应注意的是,尽管本文所述的本发明的多个实施例的讨论与清洁沉积层(如发射体区域 202)的表面有关,但既然可在太阳能形成制程的任何阶段使用本文所述的设备及(多个)清洁制程而不会背离本文所述的本发明的基本范畴,所以此配置并不欲限制本发明的范畴。

[0053] 在一个实施例中,在设置于基板装载器 425 上的批次基板 210 上进行框 302 至 304 中的制程之后,接着将基板安置于处理腔室中,使得可在基板上进行框 306 中的制程。在一个实施例中,于框 306,将基板暴露至含前驱物气体及 RF 等离子体,以于暴露的基板表面上形成界面层 221。在一个实例中,将基板暴露至 13.56MHz 的 RF 等离子体,其含有相当数量的前驱物气体,其可用以形成介电膜,所形成的介电膜包含氧化硅(Si_xO_y)、氮氧化硅(SiON)、氮碳氧化硅(SiOCN)、碳氧化硅(SiOC)、氧化钛(Ti_xO_y)、氧化钽(Ta_xO_y)、氧化镧(La_xO_y)、氧化铪(Hf_xO_y)、氮化钛(Ti_xN_y)、氮化钽(Ta_xN_y)、氮化铪(HfN)、氮氧化铪(HfON)、氮化镧(LaN)、氮氧化镧(LaON)、氯化氮化硅($\text{Si}_x\text{N}_y:\text{Cl}$)、氯化氧化硅($\text{Si}_x\text{O}_y:\text{Cl}$)、非晶硅、非晶碳化硅及/或氧化铝(Al_2O_3)。在另一实例中,将基板暴露至 13.56MHz 的 RF 等离子体,其含有相当数量的前驱物气体,其可用以形成介电膜,所形成的介电膜包含氟化氧化硅($\text{Si}_x\text{O}_y:\text{F}$)及氟化氮化硅($\text{Si}_x\text{N}_y:\text{F}$)。在一个实例中,前驱物气体为包含硅烷(SiH_4)、氮(N_2),或氨(NH_3)及氟(F_2)的气体混合物。

[0054] 在一个实施例中,接口层 221 包含氧化硅膜,如可自加州圣大克劳拉市的 Applied Materials Inc 获得的 SNOW™ 氧化硅膜层。一般来说,SNOW™ 膜层形成制程包含通过将表面 205 同步暴露至含硅前驱物及 RF 等离子体,以进行膜的沉积。含硅前驱物可包括

八甲基-环四硅氧烷 (octamethyl-cyclotetrasiloxane ;OMCTS)、甲基二乙氧基硅烷 (methyldiethoxysilane ;MDEOS)、双(三级-丁基胺基)硅烷 (bis(tertiary-butylamino)silane ;BTBAS)、三(二甲基胺基)硅烷 (tridimethylaminosilane ;TriDMAS)、硅烷、二硅烷、二氯硅烷、三氯硅烷、二溴硅烷、四氯化硅、四溴化硅或其组合。在一态样中, OMCTS 及硅烷是较佳的含硅前驱物。可视情况与含硅前驱物在同一时间导入腔室内的气体包括载气, 如氦、氮、氧、氧化亚氮及氩。若要使用额外气体, 则氧及 / 或氦是可导入腔室的较佳额外气体。在一个实例中, 可通过下列步骤形成 SNOW™ 氧化硅层: 首先, 以期望的流动速率将含硅前驱物及载气 (例如, 氦) 传送入腔室, 以达到大于约 5mTorr 的腔室压力, 如介于约 1.8Torr 及约 10Torr 之间。流入腔室的含硅前驱物 (例如, 八甲基环四硅氧烷) 的流动速率对载气 (例如, 氦) 的流动速率的比例介于约 1 : 1 与约 1 : 100 之间。在一个例子中, 安置在处理腔室 400 中的基板支撑件 430 的温度可介于约 200℃ 与约 400℃ 之间。可将含硅前驱物传递进入腔室达到足以沉积具有介于约 50 Å 与约 800 Å 之间的厚度的层的时间段。可通过在介于约 40kHz 与 100MHz 之间 (如约 13.56MHz) 的频率下传送介于约 3000W 与约 12,000W 之间的 RF 功率, 以形成 RF 等离子体。可将 RF 功率提供至喷头 410 及 / 或基板支撑件 430。下一步, 于所沉积的层上进行氧等离子体处理, 以产生氧化硅层。可以某流动速率将含氧气体 (如氧或氧化亚氮) 导入腔室内, 以达到介于约 500mTorr 与约 10Torr 之间的腔室压力。可将含氧气体传递进入腔室内达介于约 0.1 秒与约 120 秒之间的时间段。可通过在介于约 40kHz 与 100MHz 之间 (如约 13.56MHz) 的频率下于腔室中施加介于约 50W 与约 3000W 之间的 RF 功率, 来形成氧等离子体。将基板的温度维持在介于约 175℃ 与约 500℃ 之间, 同时使含氧气体流入腔室。

[0055] 在氧化硅膜形成制程的一个实施例中, 含硅前驱物沉积步骤及氧等离子体处理步骤同步于基板上进行, 以形成具有期望物理及含电荷特性的层。在此组合制程步骤中, 含硅前驱物及含氧气体皆被传送进入处理腔室的处理区域内, 同时于处理腔室中形成 RF 等离子体达到足以沉积具有期望厚度的层 (如, 介于约 50 Å 与约 800 Å 之间) 的时间段。在一个实例中, 可通过在约 13.56MHz 的频率下传送介于约 3000W 与约 12,000W 之间的 RF 功率, 以形成 RF 等离子体, 同时将 OMCTS 前驱物及氧气传送进入腔室的处理区域。将基板的温度维持在介于约 175℃ 与约 500℃ 之间, 同时将含氧气体流入腔室。

[0056] 在框 306 所进行的制程的另一实施例中, 接口层 221 膜层形成制程包含沉积氟化或氯化含氮化硅膜层的步骤。在一个实施例中, 制程包括导入前驱物气体混合物的步骤, 且前驱物气体混合物包含硅烷 (SiH_4)、氮 (N_2) 及氟 (F_2) 或氯 (Cl_2)。在一个实例中, 制程气体混合物包含流动速率分别为每公升腔室容积 3.5sccm 的硅烷、50sccm 的氮、5sccm 的氟及 80sccm 的氢, 以达到 1.5Torr 的腔室压力, 同时将处在 13.56MHz 的频率下为 $0.74\text{W}/\text{cm}^2$ 的 RF 功率施加至喷头 410, 以产生等离子体达约 9 秒的时间段。在此制程步骤期间, 基板支撑件 430 的温度一般维持在约 390℃ 的温度。

[0057] 在框 306 所进行的制程的另一实施例中, 接口层 221 膜层形成制程包含使用快速热氧化制程沉积含氧化硅膜层的步骤。在一个实施例中, 制程包括下列步骤: 导入含氧气体, 并加热基板至大于约 800℃ 的温度达约 0.5 秒至约 5 秒。在一个实施例中, 于处理期间, 将含氟 (F_2) 或含氯 (Cl_2) 气体加至含氧气体, 以用氟或氯 (例如, 约 1 原子% 的氟) 掺杂所形成的氧化硅。在一个实例中, 可通过快速热氧化制程形成氧化硅膜, 其使用 (多个) 灯

泡快速加热基板表面,以形成经氧化的层。在一个实例中,硅基板的快速热氧化包括下列步骤:例如,在足够高的流动速率下流入氧及氢气(例如, O_2+H_2),以达到介于约 0.5 至 50Torr 之间的制程压力,以及混合物,以在基板的表面上形成约 1 至 13%的 H_2 浓度。在此实例中,处理温度可介于约 800 至 1000℃之间达约 5 至 90 秒,以形成如上所讨论之具期望厚度的 SiO_2 介电膜。

[0058] 在框 306 所进行的制程的另一实施例中,接口层 221 膜形成制程包含使用 PECVD 沉积制程沉积含氧化硅膜的步骤。在一个实例中,接口层 221 可通过下列步骤形成:通过流入流动速率为 185sccm 的 TEOS、流动速率为 50sccm 的氮以及流动速率为 3500sccm 的氧,以达成约 0.85Torr 的压力,并提供 1150W 的 13.56MHz 的 RF 功率以及 430℃的基板支撑件温度。在一个实施例中,PECVD 制程可包括下列步骤:导入含氟(F_2)或含氯(Cl_2)气体,以用某百分比的氟或氯(例如,约 1 原子%的氟)掺杂所形成的氧化硅膜。

[0059] 在框 306 所进行的制程的另一实施例中,接口层 221 膜形成制程包含使用 PECVD 沉积制程沉积含氧化铝膜的步骤。在一个实例中,接口层 221 可通过以下步骤形成:以每公升腔室容积 20sccm 的流动速率流入三甲基铝(TMA);以每公升腔室容积 50sccm 的流动速率流入携氧气体(例如,氧气(O_2)或氧化亚氮(N_2O)),以达成约 500mTorr 至约 10Torr 的压力;提供约 2000W 至约 12,000W 的 13.56MHz 的 RF 功率并将基板支撑件的温度维持在约 175 及约 500℃之间。因所沉积的氧化铝膜中的铝及氧键结构构造的缘故,可通过调整温度、处理压力及 RF 等离子体功率来改变所形成的层中的受困负电荷。

[0060] 下一步,于框 308,将基板暴露至含反应性气体的 RF 等离子体,其用来在形成于基板 210 上的界面层 221 上形成体层 222,如多层氢化 SiN 膜。图 6 示出范例制程工序 600,其可用以在太阳能电池基板 210 上形成于框 308 中所沉积的钝化层。在制程工序 600 的一个实施例中,于框 602,在将基板 210 安置于处理系统 500 中的处理腔室 531 至 537 中的另一者,或用以形成一个或多个先前步骤的相同处理腔室之后,将制程气体混合物流入腔室内。制程气体混合物包括前驱物气体混合物及氢气(H_2)稀释剂。氢气稀释剂的流动速率可将近为前驱物气体混合物的流动速率的两倍。前驱物气体混合物可为硅烷(SiH_4)及氮(N_2)、硅烷及氨(NH_3),或硅烷、氨及氮的组合。在一个实例中,制程气体混合物含有的硅烷、氨及氮的流动速率,可分别为每公升腔室容积 3.5sccm、50sccm 及 80sccm。制程气体混合物所含有的硅烷、氨、氮及氢的流动速率,可分别为每公升腔室容积 5sccm、16sccm、40sccm 及 80sccm。于此制程步骤期间,一般将基板支撑件 430 的温度维持在约 390℃之温度。

[0061] 下一步,于框 604,接着于处理腔室中产生等离子体,以于基板 210 上沉积 SiN 层,其中 SiN 层适于作为结合的 ARC 及钝化层而供太阳能电池使用。亦即,如此沉积的 SiN 层具有介于约 2.6 与 2.8g/cm³之间的质量密度、介于约 2.0 与 2.2 之间的折射率,以及介于约 5 原子百分比与 15 原子百分比之间的氢浓度。在一个实施例中,可于腔室中维持 1.5Torr 的腔室压力,并将处在 13.56MHz 的频率下为 0.74W/cm² 的 RF 功率强度施加至处理腔室 400 的喷头 410,以产生等离子体达约 9 秒的时间段,同时将第一制程气体混合物传送至处理容积 406。

[0062] 下一步,于框 606,中断第一制程气体混合物流,并将第二制程气体混合物传送进入腔室。在一个实例中,第二制程气体混合物可含有每公升腔室容积 5.5sccm 的硅烷(SiH_4)、16sccm 的氨(NH_3)以及 40sccm 的氮(N_2)。在一个实施例中,在将第二制程气体混合

物导入处理腔室之前,熄灭处理腔室中于框 604 所进行的制程中所产生的等离子体,并中断第一制程气体混合物流。在一个实施例中,于框 606 进行持续约 2 秒的「暂停 (break)」制程。于此例子中,在使第二制程气体混合物流入腔室之前,可实质上自腔室清除第一制程气体混合物。基板支撑件 430 温度一般维持在约 390℃ 下。

[0063] 最后,于框 608,将主体 SiN 层沉积于界面层上,以于基板 210 上形成双重堆栈 SiN ARC/ 钝化层。以此方式,可通过实质上较快的制程沉积主要的 SiN 钝化层,而不会影响太阳能电池钝化的质量。若在第二制程气体混合物导入之前熄灭腔室中的等离子体,则接着重新点燃等离子体以容许主体 SiN 层的沉积。在制程 608 的一个实施例中,可在处理腔室中维持 1.5Torr 的腔室压力,并将处在 13.56MHz 的频率下为 0.74W/cm² 的 RF 功率强度施加至处理腔室 400 的喷头 410,以产生等离子体达约 15 秒的时间段,同时将第二制程气体混合物传送至处理容积 406。

[0064] 尽管上文涉及本发明的实施例,但可在不背离本发明的基本范畴下构思出本发明的其它及进一步的实施例,且其范围由所附权利要求所决定。

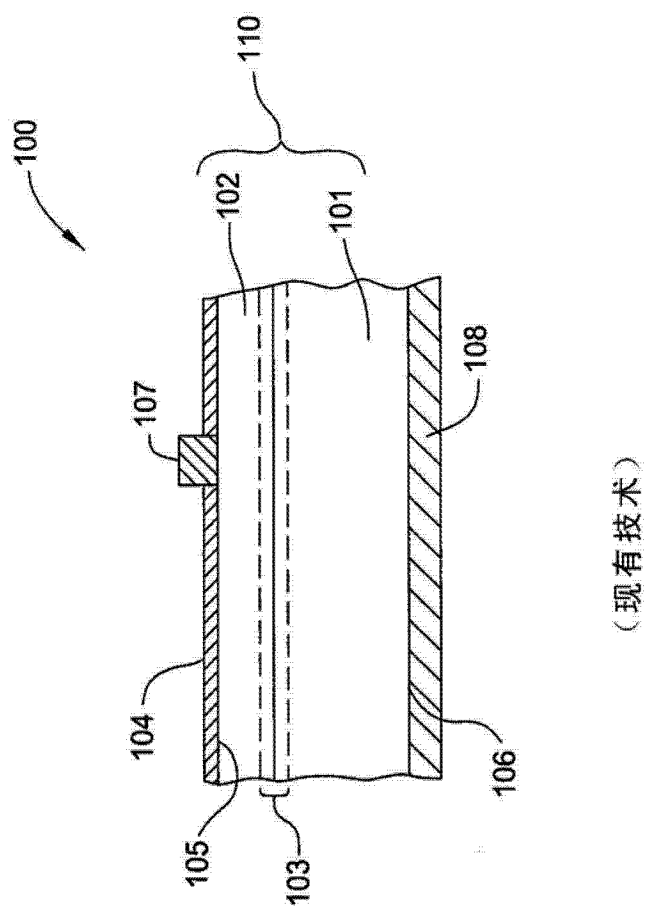


图 1

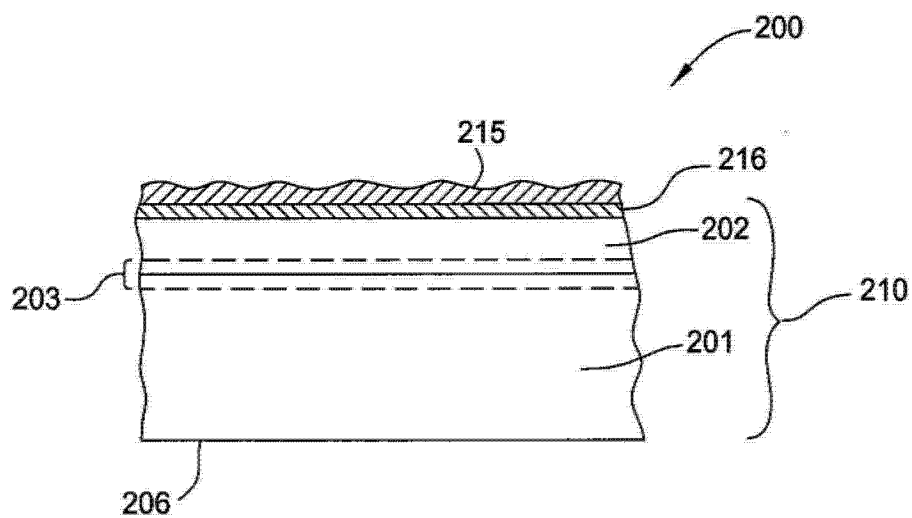


图 2A

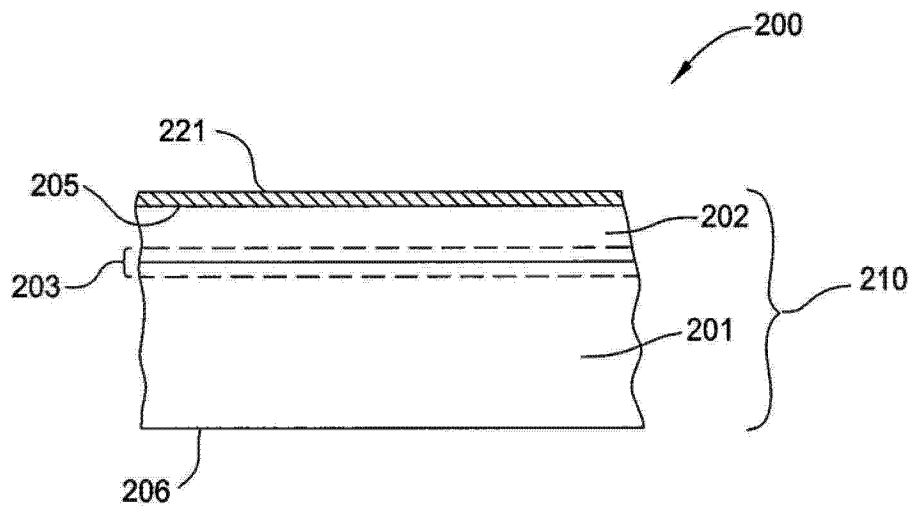
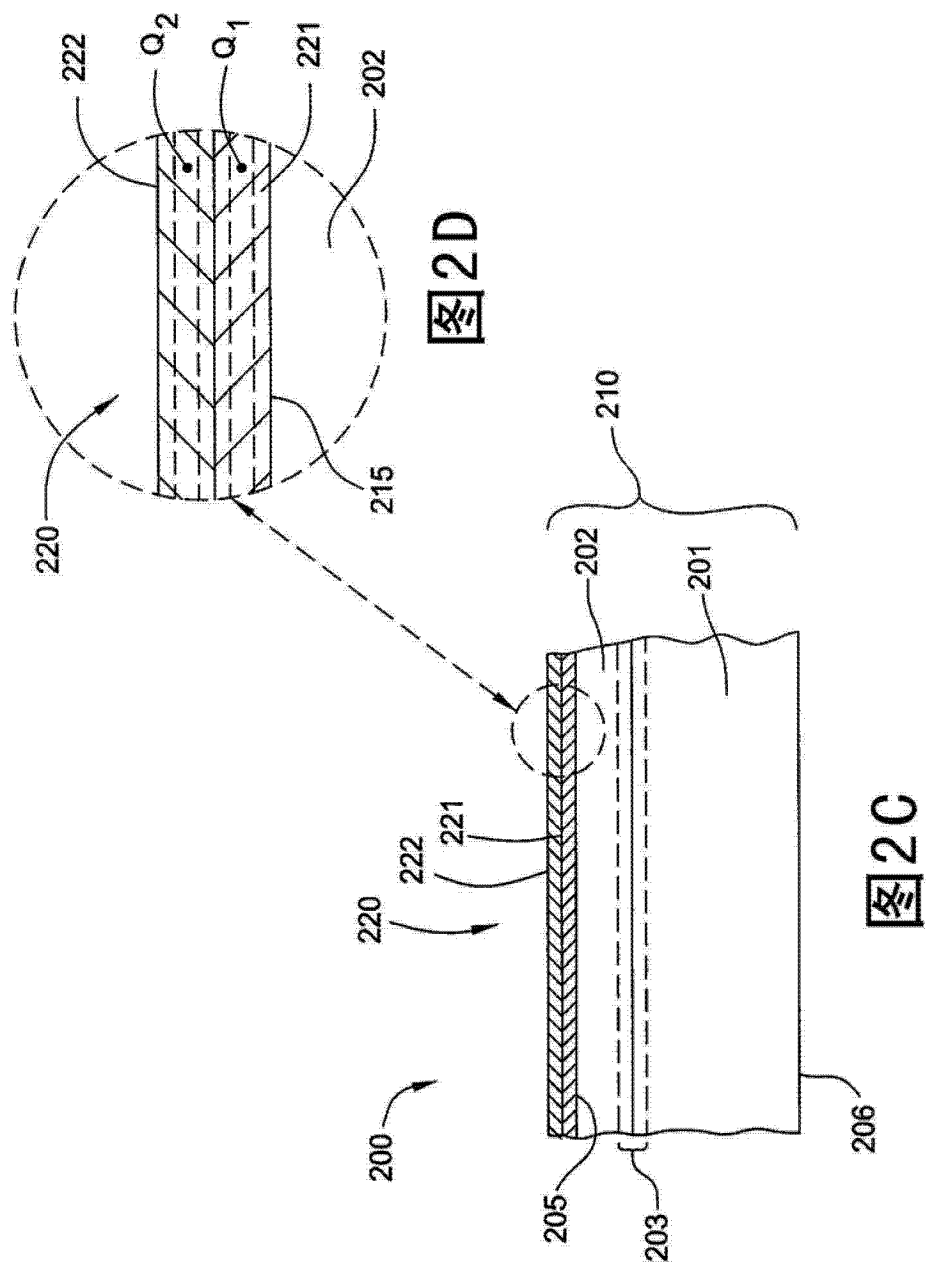
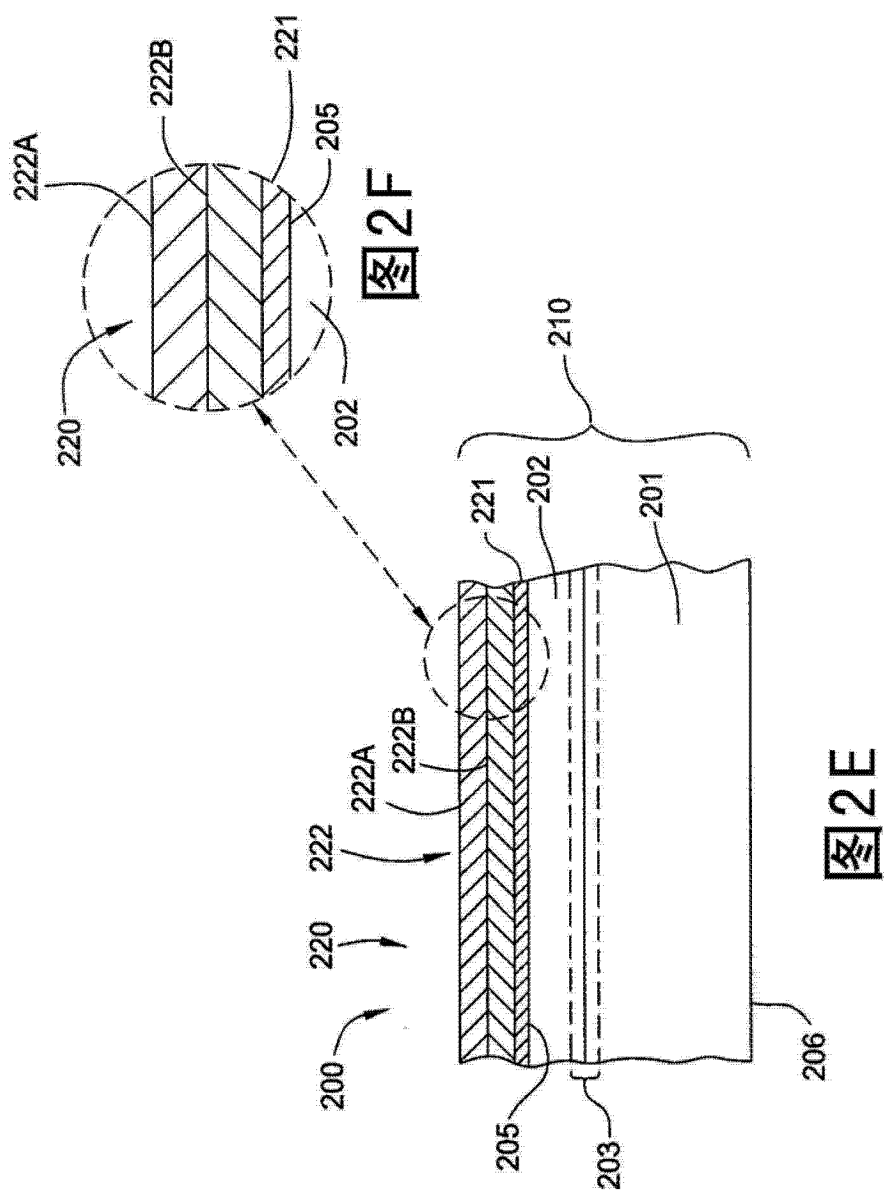


图 2B





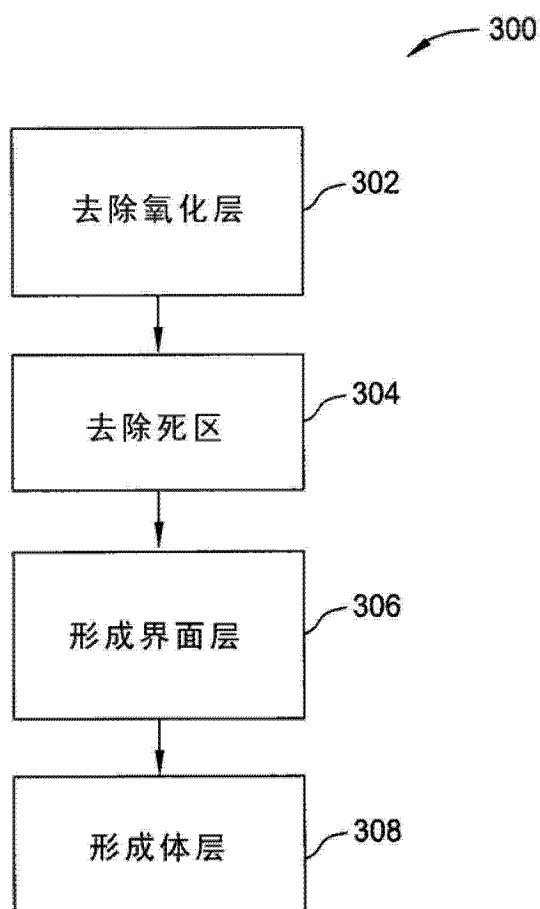


图 3

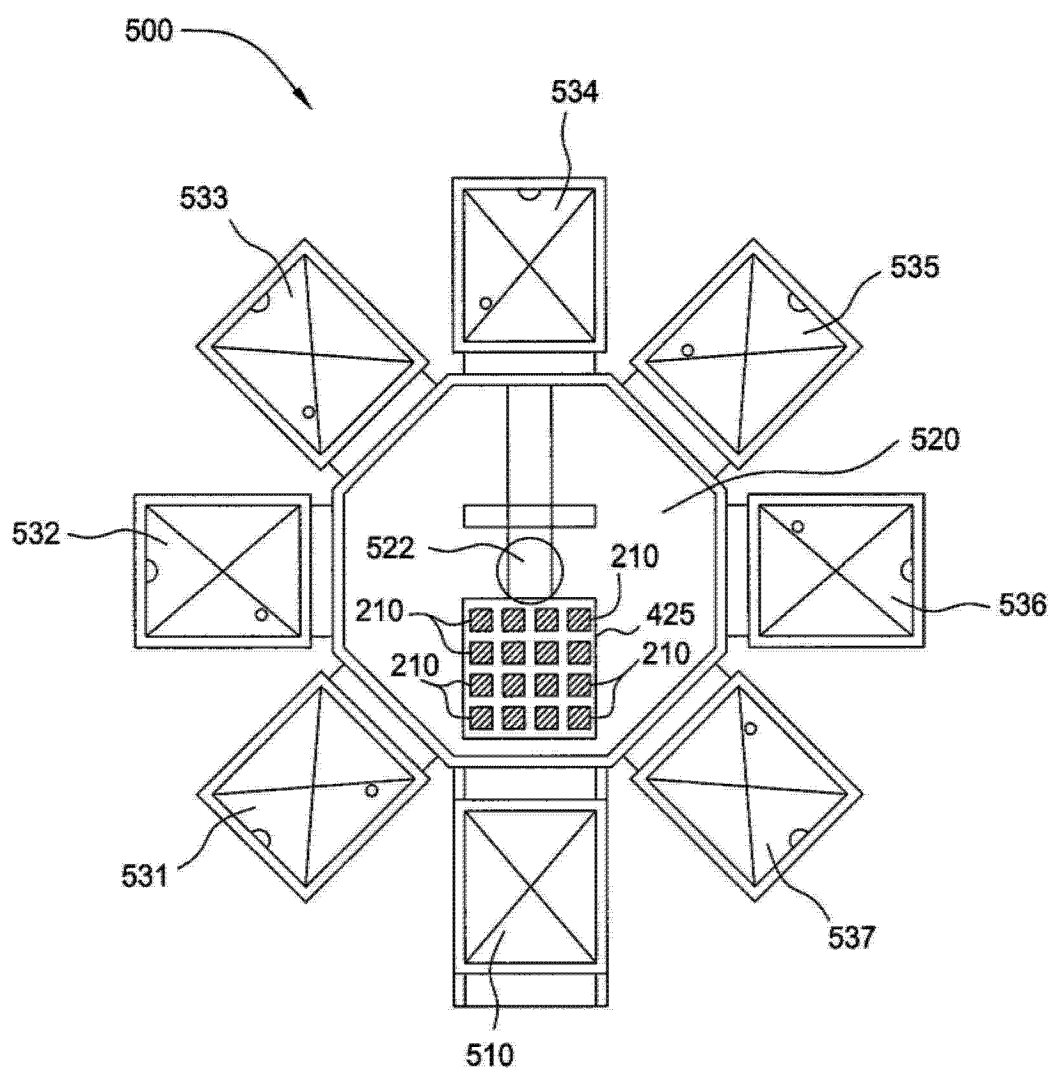


图 5

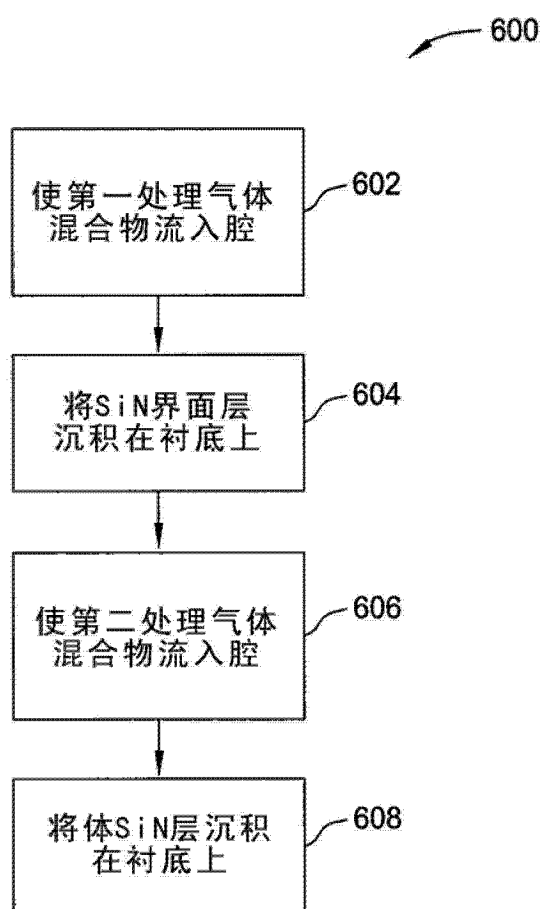


图 6