



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104011882 A

(43) 申请公布日 2014. 08. 27

(21) 申请号 201380004379. 7

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

(22) 申请日 2013. 01. 03

代理人 黄嵩泉

(30) 优先权数据

61/585, 926 2012. 01. 12 US

(51) Int. Cl.

H01L 31/18(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 06. 19

H01L 31/0224(2006. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/020044 2013. 01. 03

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/106225 EN 2013. 07. 18

(71) 申请人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 M·P·斯图尔特 P·库马尔

K·威杰库恩 L·张

H·K·波内坎蒂

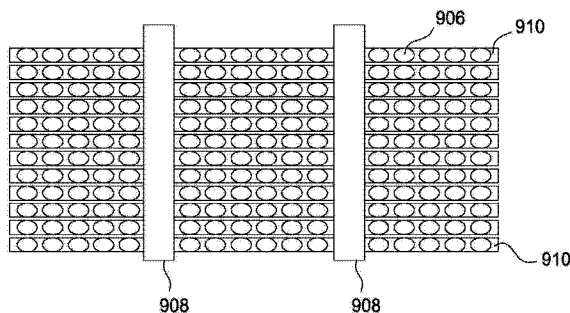
权利要求书2页 说明书16页 附图11页

(54) 发明名称

制造太阳能电池装置的方法

(57) 摘要

本发明实施例是针对用于制造太阳能电池的工艺。具体而言,本发明实施例同时提供布置在太阳能电池基板的第一表面和第二表面上的共烧结(例如,热处理)金属层,以在一个步骤中完成金属化工艺。通过这样做,在太阳能电池基板的第一表面和第二表面上形成的两个金属层被共烧结(例如,同时地热处理),从而消除制造复杂性、降低循环时间和生产太阳能电池装置的成本。本发明实施例也可提供一种方法和太阳能电池结构,所述方法和太阳能电池结构在基板的后表面上需要降低量的金属化膏以形成后表面接触结构,并且因此降低所形成的太阳能电池装置的成本。



1. 一种制造太阳能电池装置的方法,包含:

提供基板,所述基板具有布置在所述基板的第一侧上的第一介电层,和布置在所述基板的第二侧上的第二介电层;

有选择地在所述第一介电层的至少一部分上以第一图案布置第一金属膏;

有选择地在所述第二介电层的表面上以第二图案布置第二金属膏,其中所述第二介电层被布置在所述第二金属膏的部分和所述基板的所述第二侧之间;和

同时加热布置在所述第一和第二介电层上的所述第一和第二金属膏以形成在所述第一介电层中的第一组接触和在所述第二介电层中的第二组接触,其中所述第二金属膏的至少一部分形成数个接触区域,所述数个接触区域中的每个区域从所述第二介电层的所述表面贯穿所述第二介电层至所述基板的所述第二侧。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第二金属膏包含铝,且所述第二介电层包含氧化铝。

3. 如权利要求1所述的方法,进一步包含:

将导电层耦接至在所述第二介电层中形成的所述接触区域。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,所述导电层包含铝、铜或锡箔。

5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一金属膏包含银。

6. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第二金属膏包含铝。

7. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一介电层是介电层,所述介电层选自以下层组成的群组:氧化硅层、氮化硅层、氮氧化硅层和上述层的组合。

8. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第二介电层包含氧化铝层。

9. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第二介电层包含氧化铝层和氮化硅层,其中所述氮化硅层被布置在所述氧化铝层上。

10. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,有选择地在所述第一介电层上布置所述第一金属膏进一步包含:在所述第一组接触金属膏上形成金属总线层。

11. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,所述金属总线层是铝层。

12. 一种制造太阳能电池装置的方法,包含:

提供基板,所述基板具有布置在所述基板的第一侧上的第一介电层和布置在所述基板的第二侧上的第二介电层,其中所述第二介电层包含布置在第二层上的第一层,所述第二层被布置在所述基板的所述第二侧上;

有选择地在所述第一介电层的至少一部分上以第一图案布置第一金属膏;

执行激光去除工艺以从所述基板的所述第二侧去除所述第一层的一部分,以在所述第一层中形成开口;

有选择地在所述第二介电层的第一层上以第二图案布置第二金属膏,且所述第二金属膏的一部分填充形成在所述第一层中的所述开口的至少一部分;

同时加热布置在所述第一和第二介电层上的所述第一和第二金属膏以形成在所述第一介电层中的第一组接触和在所述第二介电层中的第二组接触,其中所述第二金属膏的至少一部分形成数个接触区域,所述数个接触区域中的每个区域从所述第一层的表面贯穿所述第二介电层至所述基板的所述第二侧。

13. 如权利要求12所述的方法,进一步包含:

将导电层耦接至在所述第二介电层中形成的所述接触区域。

14. 如权利要求 13 所述的方法,其特征在于,所述导电层包含铝、铜或锡箔。

15. 如权利要求 12 所述的方法,其特征在于,所述第二介电层的所述第一层是氮化硅层,且所述第二介电层的所述第二层是氧化铝层。

制造太阳能电池装置的方法

技术领域

[0001] 本发明实施例通常涉及用于形成结晶太阳能电池的工艺。

背景技术

[0002] 太阳能电池是将太阳光直接转换为电力的光生伏打装置。最常见的太阳电池材料是硅,所述材料为单晶或多晶基板的形式,所述基板有时被称为晶圆。因为形成用于产生电力的硅基太阳能电池的已摊销成本高于使用传统方法产生电力的成本,所以已存在降低用于形成太阳能电池的所需成本的努力。

[0003] 存在用于制造太阳能电池的活性区域和载流金属线或导体的各种方法。以低成本制造高效率太阳能电池是用于使太阳能电池产生用于大量消耗的电力的更具有竞争性的关键。太阳能电池的效率直接与用于收集从各种层中的所吸收的光子产生的电荷的电池的能力有关。良好的钝化层可提供所需的薄膜性质,所述薄膜性质降低太阳能电池中的电子或空穴的重组,且将电子和电荷重定向回至太阳能电池中以产生光电流。当电子和空穴重组时,入射太阳能被再发射为热量或光,从而降低太阳能电池的转换效率。

[0004] 布置在太阳能电池装置的背表面上的钝化层可以是提供良好界面性质的介电层,所述界面性质降低电子和空穴的重组,驱动电子和载荷子和 / 或将电子和载荷子扩散回到形成在基板中的结区中且最小化光吸收。此外,布置在太阳能电池装置的背表面上的钝化层也可充当背侧反射体,所述背侧反射体用于最小化光吸收同时辅助将光反射回到太阳能电池装置。在通常情况下,钝化层可被蚀刻、钻孔和 / 或图案化以形成开口(例如,背接触通孔),所述开口允许覆盖背接触金属层部分贯穿钝化层以形成与装置的活性区域的电接触。此外,通常包括钝化层激光烧蚀步骤、后激光处理清洗步骤,和覆盖后表面金属沉积步骤的传统钝化层处理顺序的成本高昂,需要大量处理步骤,且所述传统钝化层处理顺序可能产生无意地损伤太阳能电池装置的不希望的污物。

[0005] 因此,存在用于制造具有所需的装置性能以及低制造成本的太阳能电池装置的改进的方法和装置的需要。

发明内容

[0006] 本发明实施例可提供制造太阳能电池装置的方法,所述方法包含提供基板,所述基板具有布置在基板的第一侧上的第一介电层和布置在基板的第二侧上的第二介电层;有选择地在第一介电层的至少一部分上以第一图案布置第一金属膏;有选择地在第二介电层的表面上以第二图案布置第二金属膏;其中第二介电层被布置在第二金属膏部分和基板的第二侧之间,且同时加热布置在第一和第二介电层上的第一和第二金属膏以形成在第一介电层中的第一组接触和在第二介电层中的第二组接触;其中第二金属膏的至少一部分形成数个接触区域,所述接触区域中的每个区域从第二介电层的表面贯穿第二介电层至基板的第二侧。在一些配置中,所述方法也可包括将导电层耦接到形成在第二介电层中的接触区域,其中导电层包含铝、铜或锡箔,这些材料帮助将所形成的接触区域互连和充当后表面反

射体。

[0007] 本发明实施例是针对用于制造太阳能电池的改进工艺。在一个实施例中,用于在基板中制造太阳能电池装置的方法包括提供基板,所述基板具有布置在基板的第一侧上的第一介电层和布置在基板的第二侧上的第二介电层;有选择地在第一介电层上布置第一组接触金属膏和在第二介电层上布置第二组接触金属膏,同时加热布置在第一和第二介电层上的第一组和第二组接触金属膏以分别地蚀刻穿过第一和第二介电层;在第一介电层中形成第一组接触开口且在第二介电层中形成第二组接触开口;在形成于第一介电层中的第一组接触开口中形成第一组金属接触结构,和在形成于第二介电层中的第二组接触开口中形成第二组金属接触结构,在加热工艺期间,所述第一组接触开口通过第一组接触金属膏形成,所述第二组接触开口通过第二组接触金属膏形成。

[0008] 在另一实施例中,一种用于制造基板中的太阳能电池装置的方法包括:提供基板,所述基板具有布置在基板的第一侧上的第一介电层,和布置在基板的第二侧上的第二介电层,其中第二介电层具有布置在第二层上的第一层,所述第二层被布置在基板的第二侧上;有选择地在第一介电层的至少一部分上以第一图案布置第一金属膏;执行激光去除工艺以从基板的第二侧去除第一层的一部分,以在第二介电层的第一层中形成开口;有选择地在第二介电层的第一层上以第二图案布置第二金属膏,第二金属膏的部分填充第一层的开口,所述第一层布置在第二介电层的第二层上;同时加热布置在第一和第二介电层上的第一和第二金属膏以形成在第一介电层中的第一组接触和在第二介电层中的第二组接触,其中第二金属膏的至少一部分形成数个接触区域,所述数个接触区域中的每个区域从第二介电层的表面贯穿第二介电层至基板的第二侧。

附图说明

[0009] 因此,以可详细地理解本发明的上述特征的方式,可参考实施例获得上文简要概述的本发明的更特定描述,所述实施例中的一些实施例图示在附图中。然而,应注意,附图仅图示本发明的典型实施例且因此不将附图视为限制本发明的范畴,因为本发明可允许其他同等有效的实施例。

[0010] 图 1 图示根据本发明的一个实施例的用于形成太阳能电池装置的处理顺序的方块图;

[0011] 图 2A 至图 2K 图示根据本发明的一个实施例的使用图 1 的处理顺序在不同阶段期间的太阳能电池基板的横截面图;

[0012] 图 3 图示根据本发明的另一实施例的用于形成太阳能电池装置的处理顺序的方块图;

[0013] 图 4A 至图 4D 图示根据本发明的另一实施例的使用图 3 的处理顺序在不同阶段期间的太阳能电池基板的横截面图;

[0014] 图 5 图示根据本发明的另一实施例的用于形成太阳能电池装置的处理顺序的方块图;

[0015] 图 6A 至图 6E 图示根据本发明的另一实施例的使用图 5 的处理顺序在不同阶段期间的太阳能电池基板的横截面图;

[0016] 图 7 图示根据本发明的另一实施例的用于形成太阳能电池装置的处理顺序的方

块图；

[0017] 图 8A 至图 8D 图示根据本发明的另一实施例的使用图 5 的处理顺序在不同阶段期间的太阳能电池基板的横截面图；和

[0018] 图 9A 至图 9C 图示根据本发明的另一实施例的其中金属膏层可被布置在太阳能电池基板表面上的各种图案。

具体实施方式

[0019] 本发明实施例是针对用于制造太阳能电池的工艺。具体而言，本发明实施例同时提供布置在太阳能电池基板的第一表面和第二表面上的共烧结（例如，热处理）金属层，在一个步骤中完成金属化工艺。通过这样做，在太阳能电池基板的第一表面和第二表面上形成的两个金属层被共烧结（例如，同时地热处理），从而消除制造复杂性、降低循环时间和生产太阳能电池装置的成本。本发明实施例也可提供一种方法和太阳能电池结构，所述方法和太阳能电池结构在基板的后表面上需要降低量的金属化膏以形成后表面接触结构，并且因此降低所形成的太阳能电池装置的成本。

[0020] 所属领域的技术人员将了解，随着由于形成结晶硅锭料的工艺和用于从锭料形成基板的丝线锯切工艺的进步，通常为结晶太阳能基板制造成本的最大部分的太阳能电池基板的制造成本降低，用于形成太阳能电池装置的其他材料的成本成为太阳能电池的总制造成本的较大部分。已经发现，横跨基板后表面的大部分而沉积的传统“淹没式印刷 (flood printing)”或覆盖金属膏层占形成传统太阳能电池装置的总成本的显著部分。本文公开的本发明实施例因此提出一种方法，所述方法降低用于在太阳能电池装置上形成后接触结构的金属膏的量，减少用于形成太阳能电池装置所需的处理步骤数目和降低太阳能电池的制造工艺顺序复杂性。在一个实例中，相较于含有传统覆盖沉积金属膏层的太阳能电池装置，本文所述的方法可适用于形成太阳能电池装置的金属膏量降低约 60% 和 99.6% 之间。

[0021] 图 1 图示根据本发明的一个实施例的用于形成太阳能电池装置的处理顺序的方块图。图 2A 至图 2K 图示根据本发明的一个实施例的使用图 1 的处理顺序在不同阶段期间的太阳能电池基板的横截面图。应注意，在图 1 和图 2A 至图 2K 中所示的处理顺序仅被用作可用于制造太阳能电池装置的工艺流程的实例。根据形成理想太阳能电池装置所需，可在图 1 中所示的步骤之间增加额外步骤。类似地，也可根据需要消除本文所述的一些步骤。可以预期，在基板前侧或背侧上形成的一或多个金属层或介电层可根据需要在任何所需阶段形成。

[0022] 在实施例中，如图 1 和图 2A 中所示，所述工艺通过提供具有布置在基板 202 的一或多个表面中的掺杂剂的基板 202 而在步骤 102 处开始。基板 202 可以是单晶或多晶硅基板、含硅基板、含掺杂硅基板，或其他适当基板。在一个实施例中，基板 202 是含掺杂硅基板，所述基板具有布置在所述基板中的 p 型掺杂剂或 n 型掺杂剂。在一个配置中，基板 202 是 p 型结晶硅 (c-Si) 基板。用于硅太阳能电池制造中的 p 型掺杂剂是化学元素，所述化学元素诸如硼 (B)、铝 (Al) 或镓 (Ga)。在另一配置中，结晶硅基板 202 可以是电子级硅基板或低寿命、富含缺陷的硅基板，例如升级的冶金级 (upgraded metallurgical grade ;UMG) 结晶硅基板。升级的冶金级 (UMG) 硅是具有例如，以百万分之几级计的低浓度的重金属及其他有害杂质的相对清洁的多晶硅原料，但是取决于来源，所述冶金级硅可包含高浓度的

硼或磷。在某些应用中,基板可以是通过发射极卷绕 (emitter wrap through ;EWT)、金属化环绕,或金属化卷绕 (metallization wrap through ;MWT) 方法制备的背部接触硅基板。尽管本文所述的实施例和所述实施例的相关论述主要地论述 p 型 c-Si 基板的使用,但是此配置不意指限于本发明的范围,因为在不偏离本文所述的本发明实施例的情况下,也可使用 n 型 c-Si 基板。如将在下文中论述,在基板上形成的掺杂层或发射极将基于使用的基板类型而变化。

[0023] 在步骤 104 处,基板 202 被清洗和纹理化。清洗工艺清洗基板 202 的表面 204、206 以去除任何不希望的材料,且随后纹理化工艺将基板 202 的第一表面 204 粗糙化以形成纹理化表面 208,如图 2B 中所示。基板 202 具有第一表面 204 (例如,前表面) 和第二表面 206 (例如,背表面),所述第二表面 206 通常相对于第一表面 204 且在基板 202 的相对侧上。基板 202 可使用水选法清洗,在水选法中,所述基板被使用清洗液喷雾。清洗液可以是任何传统清洗液,诸如氢氟酸持续 (HF-last) 型清洗液、臭氧水清洗液、氢氟酸 (hydrofluoric acid ;HF) 和过氧化氢 (H_2O_2) 溶液,或其他适当清洗液。可对基板 202 执行清洗工艺达约 5 秒至约 600 秒,诸如约 120 秒的时间。

[0024] 在太阳能电池基板 202 的前侧上的纹理化表面 208 适合于在已形成太阳能电池之后接收太阳光。纹理化表面 208 被形成以增强太阳能电池中的光陷阱以提高转换效率。基板 202 的第二表面 206 也可在纹理化工艺期间被纹理化。在一个实例中,基板 202 在蚀刻溶液中被蚀刻,所述蚀刻溶液包含在约 2.7 体积百分比的氢氧化钾 (KOH) 和约 4500ppm 的 300MW PEG 之间,所述 300MWPEG 被保持在约 79°C 至 80°C 的温度下达约 30 分钟。在一个实施例中,用于蚀刻硅基板的蚀刻溶液可以是含水氢氧化钾 (KOH)、氢氧化钠 (NaOH)、氨水 (NH_4OH)、羟化四甲铵 (TMAH ;或 $(CH_3)_4NOH$),或其他类似碱性溶液。蚀刻溶液将通常非均质地蚀刻基板 202,在基板 202 的纹理化表面 208 和 209 上形成锥体。

[0025] 在步骤 104 的一些实施例中,可执行后表面抛光步骤以减少或消除在基板 202 的表面 206 上形成的表面纹理,以便可形成相对平坦和稳定的后表面 206,如图 2C 中所示。后表面抛光工艺可使用化学机械抛光 (chemical mechanical polishing ;CMP) 工艺或其他类似方法执行,所述类似工艺或方法可去除在纹理化工艺期间产生的表面粗糙度。在本发明的一些实施例中,后表面抛光工艺是在执行一或多个以下工艺步骤,诸如在执行步骤 106 之后完成。

[0026] 在步骤 106 处,如图 2D 中所示,诸如掺杂气体的掺杂剂材料被用于在太阳能电池基板的表面上形成掺杂区域 213 (例如, p^+ 或 n^+ 掺杂区域)。在一个实施例中,掺杂区域 213 是通过利用气相掺杂工艺形成在基板 202 中。在一个实施例中,掺杂区域 213 的厚度是在约 50 Å 和约 20 μm 之间,且掺杂区域 213 包含 n 型或 p 型掺杂剂原子。在一个实施例中,掺杂区域 213 可以是布置在 p 型基板 202 中的 n 型掺杂剂。

[0027] 在一个实施例中,在步骤 106 处,掺杂气体中的掺杂剂被扩散至基板中以形成掺杂区域 213。在一个实例中,来自掺杂气体的磷掺杂剂原子被通过利用三氯化磷 ($POCl_3$) 扩散工艺掺杂工艺掺杂到基板 202 的表面中,所述扩散工艺是在相对高的处理温度下执行。在一个实例中,在含掺杂剂气体存在的情况下,基板 202 被加热至大于约 800°C 的温度以引起含掺杂剂气体中的掺杂元素扩散至基板表面中以形成掺杂区域。在一个实施例中,在含三氯化磷 ($POCl_3$) 气体存在的情况下,基板被加热至在约 800°C 和约 1300°C 之间的

温度达约 1 分钟和约 120 分钟之间的时间。掺杂剂材料的其他实例可包括,但不限于多磷酸、磷硅酸盐玻璃前驱物、磷酸 (H_3PO_4)、正亚磷酸 (H_3PO_3)、次磷酸 (H_3PO_2),和 / 或上述物质的各种铵盐。在其中基板 202 是 n 型基板的实施例中,掺杂区域 213 可以为 p 型掺杂剂材料,诸如硼酸 (H_3BO_3)。在步骤 106 期间执行的工艺可被通过任何适当热处理模块执行。在一个实施例中,热处理模块为快速加温退火 (rapid thermal annealing ;RTA) 腔室、退火腔室、管式炉或带式炉腔室。

[0028] 在步骤 106 的替代实施例中,掺杂区域 213 可通过利用丝网印刷、喷墨印刷、喷雾沉积、橡胶冲压、激光扩散或其他类似工艺在基板 202 的表面上以所需图案沉积或印刷掺杂剂材料,且随后将掺杂剂材料中的掺杂剂原子驱动到基板表面中来形成。掺杂区域 213 可最初为液体、膏剂或凝胶,上述物质用于在基板 202 中形成重掺杂区域。随后,基板 202 被加热至大于约 $800^{\circ}C$ 的温度以促使掺杂剂进入或扩散至基板 202 的表面中,以形成图 2D 中所示的掺杂区域 213。在一个实施例中,所述进入工艺 (drive-in process) 是通过将基板 202 加热至在约 $800^{\circ}C$ 和约 $1300^{\circ}C$ 之间的温度达所需时间段来执行,所述时间段例如约 1 分钟至 120 分钟。进入工艺可通过任何适当的热处理模块执行。

[0029] 在形成掺杂区域 213 之后,基板 202 可被逐渐冷却至所需温度。基板 202 的温度可以在约 $5^{\circ}C / 秒$ 和约 $350^{\circ}C / 秒$ 之间的降温速率从约 $850^{\circ}C$ 的扩散温度降温至约 $700^{\circ}C$ 或更少的所需温度,诸如约室温。

[0030] 在步骤 110 处,可选择性地对基板 202 执行清洗工艺以从基板 202 去除任何不希望的残留物或氧化物,所述残留物或氧化物诸如在步骤 106 或其他上述处理步骤期间形成的磷硅玻璃 (phosphosilicate glass ;PSG) 层。清洗工艺可根据步骤 104 上文论述的类似方式执行。可对基板 202 执行清洗工艺达约 5 秒和约 600 秒之间,诸如达约 30 秒至约 240 秒的时间。

[0031] 应注意,在基板 202 的后表面 206 上形成的掺杂区域 213 可根据不同工艺要求的需要抛光掉,如图 2E 中所示。后表面 206 可被选择性地蚀刻以去除布置在后表面 206 上的掺杂区域 213 部分。蚀刻工艺可以上文根据步骤 104 论述的类似方式执行,且蚀刻工艺可包含应用湿法化学于后表面以有选择地去除掺杂区域 213。或者,蚀刻工艺可为干蚀刻工艺。所述干蚀刻工艺诸如各向同性蚀刻,来自 NF_3 、 SF_6 、 F_2 、 NCl_3 、 Cl_2 ,或包含 HF 和 O_3 的蒸汽,上述气体的组合的远程或直接等离子体或其他适当气体物种,用于根据需从后表面 206 去除不希望污染物和残余物。

[0032] 在步骤 112 处,抗反射层或钝化层 218 被形成在基板 202 的前纹理化表面 208 上,如图 2F 中所示。抗反射层 / 钝化层 218 可根据需要选择性地包括透明导电氧化物 (transparent conductive oxide ;TCO) 层 (未图示)。在一个实例中,抗反射层 / 钝化层 218 可以是薄抗反射 / 钝化层,诸如氧化硅或氮化硅。在一个实施例中,钝化 /ARC 层 218 可以是薄膜堆叠,薄膜堆叠可包含与前纹理化表面 208 接触的第一层和布置在第一层上的第二层。在一个实例中,第一层可包含通过等离子体增强化学气相沉积 (plasma enhanced chemical vapor deposition ;PECVD) 工艺形成的氮化硅 (SiN) 层,所述氮化硅层具有在约 50 埃(\AA)和约 350 \AA 之间,诸如 150 \AA 的厚度,且所述氮化硅层具有形成在所述氮化硅层中所需量 (Q_1) 的陷阱电荷,以有效地钝化基板表面。在一个实例中,第二层可包含通过等

离子体增强化学气相沉积工艺形成的氮化硅 (SiN) 层,所述氮化硅层具有在约 400 \AA 和约 700 \AA 之间,诸如 600 \AA 的厚度,且所述氮化硅层具有形成在所述氮化硅层中所需量 (Q_2) 的陷阱电荷,以有效地帮助大量钝化基板表面。将注意到,诸如基于 Q_1 和 Q_2 之和的正净电荷或负净电荷的电荷类型是通过其上形成钝化层的基板的类型优先地设定。然而,在一个实例中,理想地在 n 型基板表面上获得在约 5×10^{11} 库仑 / cm^2 至约 1×10^{13} 库仑 / cm^2 之间的总净正电荷,而将理想地在 p 型基板表面上获得在约 5×10^{11} 库仑 / cm^2 至约 1×10^{13} 库仑 / cm^2 之间的总净负电荷。或者,在需要异质结类型的太阳能电池的某些实施例中,抗反射 / 钝化层 218 可包括薄的 (20 \AA 至 100 \AA) 本征非晶硅 (i-a-Si:H) 层和之后的 ARC 层 (例如,氮化硅层),所述 ARC 层可使用物理气相沉积 (PVD) 工艺或化学气相沉积 (CVD) 工艺沉积。

[0033] 在步骤 114 处,背侧钝化层 220 被沉积在基板 202 的第二表面 206 (例如,背表面) 上,如图 2G 中所示。钝化层 220 可为提供良好界面性质的介电层,所述界面性质降低电子和空穴的重组,且驱动和 / 或扩散电子和载荷子。在一个实施例中,钝化层 220 可由介电材料制成,所述介电材料选自由以下各者组成的群组:氮化硅 (Si_3N_4)、氢化氮硅 ($\text{Si}_x\text{N}_y\text{H}$)、氧化硅、氮氧化硅、氧化硅和氮化硅的合成薄膜、氧化铝层、氧化钽层、二氧化钛层,或任何其他适当材料。在一个实施例中,本文中所述的钝化层 220 是氧化铝层 (Al_xO_y)。氧化铝层 (Al_xO_y) 可由任何适当的沉积技术形成,所述沉积技术诸如原子层沉积 (atomic layer deposition ;ALD) 工艺、等离子体增强化学气相沉积 (PECVD) 工艺、金属有机化学气相沉积 (metal-organic chemical vapor deposition ;MOCVD)、溅射工艺等等。在示例性实施例中,钝化层 220 是通过 MOCVD 或 ALD 工艺形成的氧化铝层 (Al_xO_y),所述钝化层具有在约 5nm 和约 120nm 之间的厚度。

[0034] 在步骤 116 处,背接触金属膏 222 通过利用喷墨印刷、橡胶冲压、模版印刷、丝网印刷,或其他类似工艺被沉积在钝化层 220 上以形成背金属接触,从而形成和界定所需图案,在所需图案处,形成至下层基板表面 (例如,硅) 的电接触,如图 2H 中所示。在一个实施例中,背接触金属膏 222 通过丝网印刷工艺以所需图案被布置在钝化层 220 上,在所述丝网印刷工艺中,背接触金属膏 222 通过不锈钢丝网被印刷在钝化层 220 上。在一个实例中,丝网印刷工艺可在可自应用材料意大利公司 (Applied Materials Italia S. r. l.) 获得的 SoftLine™ 系统中执行,应用材料意大利公司是加利福尼亚圣克拉拉 (Santa Clara, California) 的应用材料公司 (Applied Materials Inc.) 的分公司。也可预期,还可使用来自其他制造商的沉积设备。

[0035] 背接触金属膏 222 可包括聚合树脂,所述聚合树脂具有布置在所述聚合树脂中的金属微粒。聚合物和颗粒混合物通常被称为“膏剂”或“油墨”。聚合树脂充当载体以帮助使背接触金属膏 222 能够印刷到钝化层 220 上。添加其他有机化学物以调节粘度、表面润湿,或膏剂的其他性质。聚合树脂及其他有机物在随后的烧结工艺期间从钝化层 220 或从基板 202 被去除,此举将在下文中进一步详细论述。玻璃粉也可被包括在背接触金属膏 222 中。包含于在背接触金属膏 222 中发现的玻璃粉中的化合物将与布置在基板 202 上的钝化层 220 材料反应以允许金属元素及膏剂的其他成分扩散 (例如,烧结穿过) 至钝化层 220 中且与基板表面形成接触,以及促进膏剂和钝化层中的金属微粒的聚结以通过钝化层形成导电路径。因此,玻璃粉使得接触金属膏 222 能够图案化钝化层 220,从而允许钝化层 220

中的金属微粒通过钝化层 220 形成电接触。在一个实施例中,在接触金属膏 222 中发现的金属微粒可选自由以下各材料组成的群组:银、银合金、铜 (Cu)、锡 (Sn)、钴 (Co)、铼 (Rh)、镍 (Ni)、锌 (Zn)、铅 (Pb),和 / 或铝 (Al) 或其他适当金属以提供适当导电源,用于通过钝化层 220 形成至基板表面的电接触。在背接触金属膏中的额外成分通常被选择以便促进钝化层 220 的有效“润湿”,同时最小化可影响在钝化层 220 中的所形成特征 / 接触金属图案的展开量。

[0036] 在一个实施例中,背接触金属膏 222 包括布置在聚合树脂中的铝 (Al) 颗粒,所述铝 (Al) 颗粒用于在 p 型基板的后表面上形成电接触和背表面电场 (back-surface-field; BSF) 区域。在一些配置中,铝膏剂也可包括铝颗粒和布置在铝颗粒中的玻璃粉,以通过钝化层 220 形成铝金属接触。在一个实施例中,铝膏剂被选择以促进在钝化层 220 中发现的氧化铝的低温溶解,和在随后金属接触共烧结工艺期间的铝硅合金的形成,此举将在下文中详细地论述。在一些配置中,铝膏剂包括硅化铝和硅化铍、锆酸铍、氟铝酸钠 (冰晶石) 或与铝键结以形成化学活性材料的其他含氯或含氟化合物,所述化学活性材料可通过钝化层 220 (例如,氧化铝) 烧结且在随后的金属接触共烧结工艺期间与 p 型基板 202 的区域形成铝硅合金。在一个实例中,布置在钝化层 220 上的金属膏特征的所形成图案包括布置在氧化铝钝化层上的铝膏剂,所述氧化铝钝化层布置在 p 型基板 202 的后表面 206 上,其中图案化金属膏包含大小在约 $50\ \mu\text{m}$ 和约 $200\ \mu\text{m}$ 之间且厚度在约 $5\ \mu\text{m}$ 和 $20\ \mu\text{m}$ 之间的金属膏点的阵列,所述金属膏点被放置于厚度在约 10nm 和 100nm 之间的氧化铝钝化层上的约 $300\ \mu\text{m}$ 中心和 $1500\ \mu\text{m}$ 中心之间的上方。金属膏特征可以密排六方晶格 (hexagonal close packed; HCP) 阵列、矩形阵列或其他所需图案形成。图 9A 至图 9C 图示形成在基板 202 的后表面 206 上的特征的其他所需图案的一些可能的实例。如上所述,在一个实例中,相较于在传统太阳能电池装置中形成的覆盖沉积金属膏层,本文所述的方法可将用于基板后表面上的金属膏量降低达约 60% 和约 99.6% 之间。所属领域的技术人员还将了解,本文使用的金属膏材料将通常比在工业中使用的常见金属膏显著地更加低廉,所述常见金属膏被专门定制以不“烧结穿过”所述金属膏布置于其上的钝化层材料或与所述钝化层材料反应。

[0037] 在步骤 118 处,包括前接触结构 226 和 / 或导电总线 228 的金属化层被形成在基板 202 的前纹理化表面 208 上的抗反射 / 钝化层 218 上,如图 21 中所示。在背接触金属膏 222 被布置在基板 202 的背表面 206 上之后,前接触结构 226 可以所需图案被沉积在抗反射 / 钝化层 218 的表面上。在一些实施例中,可利用蚀刻或烧蚀工艺通过抗反射 / 钝化层 218 形成通孔,以便前接触结构 226 的部分和 / 或布置在前接触结构 226 之上的导电总线 228 的部分可与掺杂区域 213 的暴露部分形成良好电接触,所述掺杂区域 213 形成在基板 202 的前表面 204 上。通常,前接触结构 226 的厚度可在约 500 埃和约 50,000 埃 (\AA) 之间,宽度可从约 $10\ \mu\text{m}$ 至约 $200\ \mu\text{m}$; 且前接触结构 226 包含金属,所述金属诸如铝 (Al)、银 (Ag)、锡 (Sn)、钴 (Co)、铼 (Rh)、镍 (Ni)、锌 (Zn)、铅 (Pb)、钯 (Pd)、钼 (Mo)、钛 (Ti)、钒 (V)、钨 (W), 或铬 (Cr)。在一个实例中,前导电接触 226 是含有银 (Ag) 的金属膏,且前导电接触 226 通过丝网印刷工艺以所需图案被沉积。丝网印刷工艺可由可自应用材料意大利公司 (Applied Materials Italia S. r. l.) 获得的 SoftLbye™ 系统执行,应用材料意大利公司是加利福尼亚圣克拉拉 (Santa Clara, California) 的应用材料公司 (Applied Materials Inc.) 的分公司。

[0038] 通常,导电总线 228 被形成且附接于前接触结构 226 的至少一部分,以允许太阳能电池装置被连接到其他太阳能电池或外部装置。在一个实施例中,必要时,导电总线 228 使用焊接材料被连接到前接触结构 226,所述焊接材料可包含焊锡材料(例如,Sn/Pb、Sn/Ag)。在一个实施例中,导电总线 228 的厚度为约 200 微米且包含金属,所述金属诸如铝(Al)、铜(Cu)、银(Ag)、金(Au)、锡(Sn)、钴(Co)、铼(Rh)、镍(Ni)、锌(Zn)、铅(Pb)、钯(Pd),和/或铝(Al)。在一个实施例中,每个导电总线 228 是由金属线形成,所述金属线为约 30 量规(美国线规:~0.254mm)或更小的大小。在一个实施例中,导电总线 228 的表面镀有焊锡材料,所述焊锡材料诸如 Sn/Pb 或 Sn/Ag 焊锡材料。

[0039] 在步骤 120 处,在背接触金属膏 222 和前接触结构 226,以及导电总线 228 分别形成在背表面 206 和前纹理化表面 208 上之后,执行热处理步骤(例如,共烧结工艺或称为“共烧结穿过”金属化工艺)以同时地促使背接触金属膏 222 和前接触结构 226,以及导电总线 228 立即全部致密化或烧结,使得至少背接触金属膏 222 烧结穿过钝化层 220,且分别与在基板 202 的掺杂区域 213 和背表面 206 中发现的硅材料形成良好电接触,如图 2J 中所示。在步骤 120 期间,在共烧结工艺期间,钝化层 220 和/或抗反射/钝化层 218 的部分是由背接触金属膏 222 和前接触结构 226 蚀刻穿过,以形成前侧电接触区域 231 和后表面接触区域 232,所述前侧电接触区域 231 和后表面接触区域 232 各自贯穿所述区域的各个钝化层堆叠 218、220。在执行步骤 120 之后,图案化背接触金属膏 222 的区域将致密化且形成导电路径,所述导电路径与后表面接触区域 232 电接触且贯穿钝化层 220,以便图案化金属接触,或导电路径 242 的这些所形成的区域可被随后连接在一起以形成背表面接触结构。类似地,在执行步骤 120 之后,前接触结构 226 和导电总线 228 的区域将致密化且形成导电路径 241,所述导电路径 241 与前表面接触区域 231 电接触且贯穿钝化层 218 以形成前侧接触结构。在一个实施例中,峰值烧结温度可在短时间(诸如在约 1 秒和约 8 秒之间,例如,约 2 秒)内被控制在约 600 摄氏度和约 900 摄氏度之间,例如控制在约 800 摄氏度。烧结工艺也将帮助蒸发在背接触金属膏 222 和前接触结构 226 中发现的聚合物或蚀刻剂材料。

[0040] 通常对于使用类似于传统前接触“烧结”工艺的热处理执行的步骤 120,和下文论述的其他类似处理步骤(例如,步骤 308、506 和 708)所需的是,确保传统前侧金属化工艺将不会受到在此“共烧结”步骤期间增加背侧接触形成的影响。为确保图案化背接触金属膏 222 将在步骤 120 期间“烧结穿过”钝化层 220,钝化层 220 的厚度、钝化层成分、金属膏材料的成分和每个图案化背接触金属膏“点”的质量可能需要被调整以确保实现可重复的太阳能电池装置形成工艺。

[0041] 在步骤 122 处,导电层 224 可被形成、耦接到和/或附接于由背接触金属膏 222 形成的导电路径 242 的至少一部分以形成低成本的元件/结构,所述元件/结构将导电路径 242 互连在一起且充当后表面反射体,以便允许光的部分穿过基板 202 被反射回到基板 202 中,如图 2K 中所示。导电层 224 可以是诸如铝、铜或锡箔材料的单件材料、覆盖沉积金属层或由任何适当沉积技术制造的其他适当金属材料,所述沉积技术诸如丝网印刷工艺、原子层沉积(ALD)工艺、物理气相沉积(PVD)工艺、等离子体增强化学气相沉积(PECVD)工艺、有机金属化学气相沉积(MOCVD)、溅射工艺等等。导电层 224 可具有在约 500 埃和约 50,000 埃(Å)之间的厚度,和约 10 μm 至约 200 μm 的宽度;且导电层 224 包含金属,所述金属诸如铝(Al)、银(Ag)、锡(Sn)、钴(Co)、铼(Rh)、镍(Ni)、锌(Zn)、铅(Pb)、钯(Pd)、钼(Mo)、钛

(Ti)、钒 (V)、钨 (W), 或铬 (Cr)。在一个实例中, 导电层 224 包含含铝 (Al) 的箔材料, 所述材料诸如 1000 系列铝箔材料 (美国铝业协会命名)。导电层 224 也可以是锡或铜箔材料。在一些情况下, 导电层 224 是箔材料, 所述箔材料从连续卷的箔材料被切割成所需形状和 / 或图案。在一些实施例中, 导电层 224 可包含镍、钛、铜、银或其他有用的导电材料, 所述材料被电镀或沉积在箔材料的表面上。在一个实例中, 导电层 224 包含 $50\ \mu\text{m}$ 厚的 1145 铝片, 所述铝片使用粘合步骤粘合至或耦接至导电路径 242。在一些实施例中, 诸如金属箔材料的导电层 224 可通过使用导电性胶粘剂 (electrically conductive adhesive ;ECA) 材料被粘合至导电路径 242, 所述胶粘剂材料诸如金属填充的环氧树脂、金属填充的硅树脂或其他类似聚合材料, 所述聚合材料具有用于传导由所形成的太阳能电池产生的电力的足够高的导电性。在一个实例中, ECA 具有小于约 1×10^{-5} 欧姆 - 厘米的电阻系数。

[0042] 在一个配置中, 导电层 224 是含有铝 (Al) 的低成本的金属膏, 且导电层 224 是通过丝网印刷金属膏和将所述金属膏加热至烧结所述膏剂的所需温度来沉积。丝网印刷工艺可由可自应用材料意大利公司 (Applied Materials Italia S.r.l.) 获得的 Softline™ 系统执行, 应用材料意大利公司是加利福尼亚圣克拉拉 (Santa Clara, California) 的应用材料公司 (Applied Materials Inc.) 的分公司。

[0043] 应注意到, 如虚线框 150 中所示的步骤 116 至 122, 和如虚线框 250 中所示的图 2H 至图 2K 中所示的装置结构的实施例可根据需要被替代以具有不同组的工艺步骤 / 工艺顺序, 以可能地增强太阳能电池制造工艺的各部分和 / 或形成不同太阳能电池结构, 如将在下文参看图 3 至图 9C 进一步论述, 以满足不同装置性能要求或工艺需求。

[0044] 第一替代处理顺序

[0045] 图 3 图示根据本发明的另一实施例的用于形成太阳能电池装置的处理顺序的方块图。图 4A 至图 4D 图示根据本发明的另一实施例的使用在图 3 中所示的处理顺序的在不同阶段期间的太阳能电池基板的横截面图。从步骤 302 至步骤 308 的图 3 中所示的工艺步骤是在已执行步骤 102 至 114 (图 1) 之后执行, 并且以方块 350 中所示的这些新的步骤 302 至 308 来替代方块 150 中所示的步骤 116 至 122。图 4A 至图 4D 中所示的结构是在已形成图 2G 中所示的结构 (步骤 114) 之后制造, 且因此在图 2H 至图 2K 中所示且图示于方块 250 中的结构被替换为方块 450 中所见的图 4A 至图 4D 中所示的结构。图 4A 至图 4D 是在方块 350 中所见的处理顺序之内执行的不同处理步骤期间的太阳能电池装置的横截面图, 所述处理步骤包括图 3 中所示的步骤 302 至步骤 308。

[0046] 在步骤 302 处, 在钝化层 220 形成在基板 202 的背表面 206 上之后, 执行激光图案化工艺以通过钝化层 220 的至少一部分形成通孔 (例如, 开口) 403, 如图 4A 中所示。在实施例中, 如图 4A 中所示, 钝化层 220 包含复合层堆叠, 所述层堆叠具有布置在基板 202 的背表面 206 上的第一层 402, 和布置在第一层 402 上的第二层 404。在一个配置中, 图 4A 中所示的钝化层 220 是由复合薄膜制成, 在所述复合薄膜中, 第一层 402 和第二层 404 包含一材料, 所述材料选自由以下各材料组成的群组: 氧化硅、氮化硅、氧化铝层、氧化钽层、二氧化钛层, 或任何其他适当材料。在一个实施例中, 钝化层 220 包含第一层 402 和第二层 404, 所述第一层 402 包含氧化铝 (Al_xO_y), 所述第二层 404 包含氮化硅 (Si_xN_y)。在此配置中, 氧化铝层和氮化硅层也可由任何适当的沉积技术形成, 所述沉积技术诸如原子层沉积 (atomic layer deposition ;ALD) 工艺、等离子体增强化学气相沉积 (PECVD) 工艺、金属有机化学气

相沉积 (metal-organic chemical vapor deposition; MOCVD)、溅射工艺等等。在图 4A 中所示的示例性实施例中,钝化层 220 的第一层 402 是氧化铝层 (Al_xO_y),所述氧化铝层是由 ALD 工艺形成且具有在约 5nm 和约 120nm 之间的厚度;和钝化层 220 的第二层 404 是氮化硅层,所述氮化硅层是由等离子体增强化学气相沉积 (PECVD) 工艺形成且具有在约 5nm 和约 120nm 之间的厚度。

[0047] 激光图案化工艺可在钝化层 220 的第二层 404 中形成开口 403,以允许稍后沉积的背侧金属接触材料的部分被布置在所述开口中。在一个实施例中,激光图案化工艺通过以所需图案传递一系列激光脉冲至钝化层 220 的第二层 404 的部分来执行,以通过所述部分形成所需图案的开口 403。激光脉冲的脉冲可具有波长在约 180nm 和约 1064nm 之间,诸如约 355nm 的波长。每一脉冲在钝化层 220 的第二层 404 的某些区域处被聚焦或成像为光斑,以在所述第二层中形成开口 403 以至少暴露第一层 402 的部分。钝化层 220 的第二层 404 的每一开口 403 可以等距离彼此间隔,或以其他所需图案间隔。或者,每一开口 403 可被配置以互相具有不同距离,或每一开口 403 可根据需要以任何方式配置。

[0048] 在一个实施例中,激光脉冲的光斑大小被控制在约 $5\mu m$ 和约 $100\mu m$ 之间,诸如约 $25\mu m$ 。激光脉冲的光斑大小可以一方式被配置,以在钝化层 220 的第二层 404 中形成具有所需尺寸和几何形状的光斑。在一个实施例中,约 $25\mu m$ 的激光脉冲的光斑大小可在钝化层 220 的第二层 404 中形成具有直径约 $30\mu m$ 的开口。

[0049] 在约 30kHz 和约 70kHz 之间的频率下,激光脉冲可具有在约 15 微焦耳/平方厘米 (mJ/cm^2) 和约 50 微焦耳/平方厘米 (mJ/cm^2) 之间,诸如约 30 微焦耳/平方厘米 (mJ/cm^2) 的能量密度(例如,流量)。每一激光脉冲长度被配置为约 80 毫微秒。激光脉冲被连续地脉冲化,直到在钝化层 220 的第二层 404 中形成开口 403 且暴露基板 202 的下部第一层 402 为止。在一个实施例中,激光可被连续地脉冲化达约 500 微微秒和约 80 毫微秒之间,诸如约 50 毫微秒。在第一开口例如形成在钝化层 220 的第二层 404 中界定的第一位置中之后,第二开口随后通过移动激光脉冲以导向至第二位置而连续地形成(在所述第二位置处,第二开口期望被形成在钝化层 220 的第二层 404 中)以继续执行激光图案化工艺,直到所需数目的开口 403 被形成在钝化层 220 的第二层 404 中为止。在激光图案化工艺期间,基板 202 可通过提供至基板 202 的激光能量被加热。在一个实施例中,在激光图案化工艺期间,基板 202 可局部地达到约 450 摄氏度和约 1000 摄氏度之间的温度。

[0050] 在步骤 304 处,上文论述的诸如背接触金属膏的金属层 406 可被形成且布置在钝化层 220 的第二层 404 的至少一部分上,如图 4B 中所示。金属层 406 可由任何适当金属材料形成,所述金属材料由任何适当的沉积技术制成,所述沉积技术诸如丝网印刷工艺、原子层沉积 (ALD) 工艺、物理气相沉积 (PVD) 工艺、等离子体增强化学气相沉积 (PECVD) 工艺、金属有机化学气相沉积 (MOCVD),溅射工艺等等。如本文中形成的金属层 406 可帮助在钝化层 220 的一部分中形成导电路径 242。金属层 406 可具有在约 500 埃和约 50,000 埃(\AA)之间的厚度,和约 $10\mu m$ 至约 $200\mu m$ 的宽度;且金属层 406 含有金属,所述金属诸如铝 (Al)、银 (Ag)、锡 (Sn)、钴 (Co)、铑 (Rh)、镍 (Ni)、锌 (Zn)、铅 (Pb)、钯 (Pd)、钼 (Mo)、钛 (Ti)、钒 (V)、钨 (W),或铬 (Cr)。在一个实例中,导电金属线层 406 是含有铝 (Al) 的金属膏且导电金属线层是如上文所述结合步骤 116(图 1) 丝网印刷金属膏而沉积。丝网印刷工艺可由可自应用材料意大利公司 (Applied Materials Italia S. r. l.) 获得的 Softline™ 工具执行,

应用材料意大利公司是加利福尼亚圣克拉拉 (Santa Clara, California) 的应用材料公司 (Applied Materials Inc.) 的分公司。

[0051] 在步骤 306 处,类似于在图 1 和图 2I 中所示的步骤 118 处执行的工艺,包括前接触结构 226 和 / 或导电总线 228 的金属化层被形成在基板 202 的前纹理化表面 208 上的抗反射 / 钝化层 218 上,如图 4C 中所示。前接触结构 226 可以一图案被沉积在基板 202 上,如上文所论述。前接触结构 226 的厚度可在约 500 埃和约 50,000 埃(Å)之间,且宽度可在约 10 μ m 至约 200 μ m 之间;且前接触结构 226 可包含金属,所述金属诸如铝 (Al)、银 (Ag)、锡 (Sn)、钴 (Co)、铑 (Rh)、镍 (Ni)、锌 (Zn)、铅 (Pb)、钯 (Pd)、钼 (Mo)、钛 (Ti)、钒 (V)、钨 (W),或铬 (Cr)。在一个实例中,前导电接触 226 是包含铝 (Al) 或银 (Ag) 的金属膏。

[0052] 布置在前接触结构 226 上的导电总线 228 被形成且附接于前接触结构 226 的至少一部分,以允许太阳能电池装置的部分被连接到其他太阳能电池或外部装置。在一个实施例中,必要时,导电总线 228 是使用焊接材料被连接到前接触结构 226,所述焊接材料可包含焊锡材料(例如,Sn/Pb、Sn/Ag)。在一个实施例中,导电总线 228 的厚度为约 200 微米且包含金属,所述金属诸如铝 (Al)、铜 (Cu)、银 (Ag)、金 (Au)、锡 (Sn)、钴 (Co)、铑 (Rh)、镍 (Ni)、锌 (Zn)、铅 (Pb)、钯 (Pd),和 / 或铝 (Al)。在一个实施例中,每个导电总线 228 是由金属线形成,所述金属线为约 30 量规(美国线规: -0.254mm)或更小大小。在一个实施例中,导电总线 228 被涂覆焊锡材料,所述焊锡材料诸如 Sn/Pb 或 Sn/Ag 焊锡材料。

[0053] 在步骤 308 处,类似于在图 1 和图 2J 中所示的步骤 120 处执行的工艺,在金属层 406 之后,前接触结构 226 和导电总线 228 全部形成在前纹理化表面 208 和背表面 206 两者上,共同烧结工艺(例如,热处理步骤)可被执行以同时地立刻热处理金属层 406、前接触结构 226 和导电总线 228,如图 4D 中所示。如参考步骤 120 的描述所论述,钝化层 220 和 / 或抗反射 / 钝化层 218 的部分可通过金属层 406 和前接触结构 226 在共烧结工艺期间被蚀刻通过,以形成前侧电接触区域 231 和后表面接触区域 232,所述区域的每一区域与贯穿导电路径 241、242 的各个钝化层堆叠 218、220 的所述导电路径接触。在执行步骤 308 之后,图案化背金属层 406 的区域将致密化且形成与后表面接触区域 232 电接触的导电路径 242,和贯穿第一层 402 和第二层 404 中的开口 403,以便图案化金属接触的各个区域可被随后连接在一起以形成如上文所论述的背表面接触结构。在一个实施例中,峰值烧结温度可在短时间(诸如在约 8 秒和约 12 秒之间,例如,约 10 秒)内被控制在约 600 摄氏度和约 900 摄氏度之间,诸如控制在约 800 摄氏度。烧结工艺也将帮助蒸发在背接触金属膏 222 和前接触结构 226 中发现的聚合物或蚀刻剂材料。

[0054] 第二替代处理顺序

[0055] 图 5 图示根据本发明的另一实施例的用于形成太阳能电池装置的处理顺序的方块图。图 6A 至图 6E 是图示根据本发明的另一实施例的图示于图 5 中的在处理顺序的不同阶段期间的太阳能电池基板的区域的横截面图。图示于图 5 中的方块 550 中所示的步骤 502 至 508 是在已执行步骤 102 至 114(图 1)之后执行,且因此步骤 502 至 508 可替代方块 150 中所示的步骤 116 至 122。图 6A 至图 6E 中所示的结构是在已形成图 2G 中所示的结构(步骤 114)之后制造,且因此在图 2H 至图 2K 中所示且图示于方块 250 中的结构被替换为方块 550 中所见的图 6A 至图 6E 中所示的结构。图 6A 至图 6E 是在方块 550 中所见的处理顺序之内执行的不同处理步骤期间的太阳能电池装置的横截面图,所述处理步骤包括图 5

中所示的步骤 502 至步骤 508。

[0056] 在一个实施例中,如图 6A 中所示,钝化层 220 包含复合层堆叠,所述层堆叠具有布置在基板 202 的背表面 206 上的第一层 602,和布置在第一层 602 上的第二层 604。在一个配置中,图 6A 中所示的钝化层 220 是由复合薄膜制成,在所述复合薄膜中,第一层 602 和第二层 604 包含一材料,所述材料选自由以下各材料组成的群组:氧化硅、氮化硅、氧化铝层、氧化钽层、二氧化钛层,或任何其他适当材料。在一个实施例中,钝化层 220 包含第一层 602 和第二层 604,所述第一层 602 包含氧化铝 (Al_xO_y),所述第二层 604 包含氮化硅 (Si_xN_y)。氧化铝层和氮化硅层也可由任何适当的沉积技术形成,所述沉积技术诸如原子层沉积 (ALD) 工艺、等离子体增强化学气相沉积 (PECVD) 工艺、金属有机化学气相沉积 (MOCVD)、溅射工艺等等。在一个实施例中,钝化层 220 的第一层 602 是氧化铝层 (Al_xO_y),所述氧化铝层是由 MOCVD 或 ALD 工艺形成且具有在约 5nm 和约 120nm 之间的厚度;且钝化层 220 的第二层 604 是氮化硅层,所述氮化硅层是由等离子体增强化学气相沉积 (PECVD) 工艺形成且具有在约 5nm 和约 120nm 之间的厚度。

[0057] 在步骤 502 处,在钝化层 220 被形成在基板 202 的背表面 206 上之后,类似于在图 1 和图 2H 中所示的步骤 116 处执行的工艺,背接触金属膏 606 (图 6B) 被有选择地沉积在钝化层 220 上以使用喷墨印刷、橡胶冲压、模版印刷、丝网印刷,或其他类似工艺形成金属接触而形成且界定所需图案,在所需图案处,形成至下层基板表面(例如,硅)的电接触。在一个实施例中,背接触金属膏 606 通过丝网印刷工艺被布置在钝化层 220 上,在所述丝网印刷工艺中,背接触金属膏 606 通过具有掩模的不锈钢丝网被印刷在钝化层 220 上,所述掩模具有放置在约 2mm 中心周围上的大小范围从约 $10\mu m$ 到约 $1000\mu m$ 的特征阵列。在一个实例中,布置在钝化层 220 上的金属膏特征的所形成的图案包含金属膏点的阵列,所述点的大小在约 $50\mu m$ 和约 $200\mu m$ 之间且厚度在约 $5\mu m$ 和 $20\mu m$ 之间,以及所述点被放置在约 $300\mu m$ 和约 $1500\mu m$ 的中心之间之上。金属膏特征可以密排六方晶格 (hexagonal close packed ;HCP) 阵列、矩形阵列或其他所需图案形成。

[0058] 如上文所论述,背导电金属膏 606 的材料可类似于上文参看步骤 116 所论述的金属膏 222,且背导电金属膏 606 的材料在下文中进一步详细论述。在一个实例中,背导电金属膏 606 可被配置以从银、银合金、铜 (Cu)、锡 (Sn)、钴 (Co)、铑 (Rh)、镍 (Ni)、锌 (Zn)、铅 (Pb),和 / 或铝 (Al),或用于提供适当金属源的其他适当金属源形成背金属接触,用于在钝化层 220 中形成背金属接触。在一个实例中,背接触金属膏 222 可包括形成在聚合树脂中的铝 (Al) 颗粒,所述聚合树脂具有布置在所述聚合树脂中的玻璃粉以在钝化层 220 中形成铝金属接触。

[0059] 在步骤 504 处,类似于在图 1 和图 2I 中所示的步骤 118 处执行的工艺,包括前接触结构 226 和 / 或导电总线 228 的金属化层被形成在基板 202 的前纹理化表面 208 上的抗反射 / 钝化层 218 上,如图 6C 中所示。前接触结构 226 可以一图案被沉积在基板 202 上,如上文所论述。前接触结构 226 的厚度可在约 500 埃和约 50,000 埃(A)之间,且宽度为约 $10\mu m$ 至约 $200\mu m$;且前接触结构 226 可包含金属,所述金属诸如铝 (Al)、银 (Ag)、锡 (Sn)、钴 (Co)、铑 (Rh)、镍 (Ni)、锌 (Zn)、铅 (Pb)、钯 (Pd)、钼 (Mo)、钛 (Ti)、钒 (V)、钨 (W),或铬 (Cr)。在一个实例中,前导电接触 226 是包含铝 (Al) 或银 (Ag) 的金属膏。

[0060] 布置在前接触结构 226 上的导电总线 228 被形成且附接于前接触结构 226 的至少

一部分,以允许太阳能电池装置的部分被连接到其他太阳能电池或外部装置。在一个实施例中,必要时,导电总线 228 是使用焊接材料被连接到前接触结构 226,所述焊接材料可包含焊锡材料(例如, Sn/Pb、Sn/Ag)。在一个实施例中,导电总线 228 的厚度为约 200 微米且包含金属,所述金属诸如铝(Al)、铜(Cu)、银(Ag)、金(Au)、锡(Sn)、钴(Co)、铑(Rh)、镍(Ni)、锌(Zn)、铅(Pb)、钯(Pd),和/或铝(Al)。在一个实施例中,每个导电总线 228 是由金属线形成,所述金属线为约 30 量规(美国线规: -0.254mm)或更小的大小。在一个实施例中,导电总线 228 涂覆有焊锡材料,所述焊锡材料诸如 Sn/Pb 或 Sn/Ag 焊锡材料。

[0061] 在步骤 506 处,类似于在图 1 和图 2J 中所示的步骤 120 处执行的工艺,在背接触膏 606 之后,前接触结构 226 和导电总线 228 全部形成在背表面 206 和前纹理化表面 208 两者上,共同烧结工艺被执行以同时地立刻热处理背接触膏 606、前接触结构 226 和导电总线 228,如图 6D 中所示。如参考步骤 120 的描述所论述,钝化层 220 的第二层 604 和/或抗反射/钝化层 218 两者通过使用背接触金属膏 606 和前接触结构 226 在共烧结工艺期间形成,以形成前侧电接触区域 231 和后表面接触区域 232,所述区域的每一区域与贯穿导电路径 241、242 的各个钝化层堆叠 218、220 的所述导电路径接触。在执行步骤 506 之后,背接触膏 606 的区域将致密化且形成与后表面接触区域 232 电接触的导电路径 242,以便所形成的导电路径的各个区域可随后被连接在一起以形成如上所论述的背表面接触结构。

[0062] 在步骤 508 处,在执行步骤 506 之后,导电层 608 被布置在背金属接触 606 上以完成太阳能电池装置制造工艺,如图 6E 中所示,所述导电层 608 类似于在图 1 和图 2K 的步骤 122 处所述的导电层 224。如上文所论述,导电层 608 可以是诸如铝、锡或铜箔材料的单件材料,覆盖沉积金属层或由任何适当沉积技术制造的其他适当金属材料,所述沉积技术诸如丝网印刷工艺、原子层沉积(ALD)工艺、物理气相沉积(PVD)工艺、等离子体增强化学气相沉积(PECVD)工艺、有机金属化学气相沉积(MOCVD)、溅射工艺等等。导电层 608 可具有在约 500 埃和约 50,000 埃(Å)之间的厚度,和约 10 μm 至约 200 μm 的宽度;且导电层 608 包含金属,所述金属诸如铝(Al)、银(Ag)、锡(Sn)、钴(Co)、铑(Rh)、镍(Ni)、锌(Zn)、铅(Pb)、钯(Pd)、钼(Mo)、钛(Ti)、钒(V)、钨(W),或铬(Cr)。在一个实例中,导电层 608 包含含铝(Al)的箔材料,所述材料诸如 1000 系列铝箔材料(美国铝业协会命名)。导电层 608 也可以是锡或铜箔材料。在一些实施例中,导电层 608 可包含镍、钛,或其他有用导电材料。在一个实例中,导电层 608 包含 50 μm 厚的 1145 铝片。在一些情况下,导电层 608 从连续卷的箔材料被切割成所需形状和/或图案。在一些实施例中,诸如金属箔材料的导电层 608 可被通过使用导电性胶粘剂(ECA)材料粘合至导电路径 242,所述胶粘剂材料诸如金属填充的环氧树脂、金属填充的硅树脂或其他类似聚合材料,所述聚合材料具有用于传导由所形成的太阳能电池产生的电力的足够高的导电性。在一个实例中,ECA 具有小于约 1×10^{-5} 欧姆-厘米的电阻系数。

[0063] 在一个配置或工艺顺序中,导电层 608 是由包含铝(Al)的低成本金属膏形成且导电层 608 是通过淹没式(flood type)丝网印刷工艺沉积,且随后所沉积的金属膏被在第二热处理中致密化以形成导电层 608。丝网印刷工艺可由可自应用材料意大利公司(Applied Materials Italia S.r.l.)获得的 Softline™ 系统执行,应用材料意大利公司是加利福尼亚圣克拉拉(Santa Clara, California)的应用材料公司(Applied Materials Inc.)的分公司。

[0064] 第三替代处理顺序

[0065] 图 7 图示根据本发明的另一实施例的用于形成太阳能电池装置的处理顺序的方块图。图 8A 至图 8D 是图示根据本发明的另一实施例的图示于图 7 中的在处理顺序 750 的不同阶段期间的太阳能电池基板的部分的横截面图。图示于图 7 中的方块 750 中所示的步骤 702 至 708 通常是在已执行步骤 102 至 114(图 1) 之后执行,且因此步骤 702 至 708 可替代方块 150 中所示的步骤 116 至 122。图 8A 至图 8D 中所示的结构是在已形成图 2G 中所示的结构(步骤 114) 之后制造,且因此图 2H 至图 2K 中所示且图示于方块 250 中的结构被替换为方块 750 中所见的图 8A 至图 8D 中所示的结构。图 8A 至图 8D 是在方块 750 中所见的处理顺序之内执行的不同处理步骤期间的太阳能电池装置的横截面图,所述处理步骤包括图 7 中所示的步骤 702 至步骤 708。

[0066] 在步骤 702 处,类似于在图 1 和图 2H 中所示的步骤 116 处执行的工艺,背接触金属膏 222 被有选择地沉积在钝化层 220 上以使用喷墨印刷、橡胶冲压、模版印刷、丝网印刷,或其他类似工艺形成金属接触而形成且界定所需图案,在所需图案处,形成至下层基板表面(例如,硅)的电接触,如图 8A 中所示。在此特定实施例中,如本文在图 8A 至图 8D 中所述的钝化层 220 可以是氧化铝层。在一个实施例中,背接触金属膏 222 通过丝网印刷工艺被布置在钝化层 220 上,在所述丝网印刷工艺中,背接触金属膏 222 通过具有掩模的不锈钢丝网被印刷在钝化层 220 上,所述掩模具有放置在约 2mm 中心周围上的大小范围从约 10 μm 到约 1000 μm 的特征阵列。在一个实例中,布置在钝化层 220 上的金属膏特征的所形成的图案包含金属膏点的阵列,所述点的大小在约 50 μm 和约 200 μm 之间且厚度在约 5 μm 和 20 μm 之间,以及所述点被放置在约 300 μm 和 1500 μm 的中心之间之上。金属膏特征可以密排六方晶格(hexagonal close packed ;HCP) 阵列、矩形阵列或其他所需图案形成。

[0067] 如上文所论述,背导电金属膏 222 可包括蚀刻剂,所述蚀刻剂可在后续烧结工艺期间与钝化层 220 的一部分反应,以根据需要形成背接触结构部分。在一个实施例中,如以上所论述,背导电金属膏 222 可被配置以从银、银合金、铜(Cu)、锡(Sn)、钴(Co)、铑(Rh)、镍(Ni)、锌(Zn)、铅(Pb),和/或铝(Al),或用于提供适当金属源的其他适当金属源形成背金属接触,用于在钝化层 220 中形成背金属接触。背接触金属膏 222 可包括形成在聚合树脂中的铝(Al) 颗粒,所述聚合树脂具有布置在所述聚合树脂中的玻璃粉以在钝化层 220 中形成铝金属接触。

[0068] 在步骤 704 处,类似于在图 1 和图 2K 中所示的步骤 122 处执行的工艺,诸如背接触金属膏的导电层 802 可被形成且附接于背部导电金属膏 222 的至少一部分,如图 4B 中所示。导电层 802 可以是诸如铝、铜或锡箔材料的单件材料,覆盖沉积金属层或由任何适当沉积技术制造的其他适当金属材料,所述沉积技术诸如丝网印刷工艺、原子层沉积(ALD) 工艺、物理气相沉积(PVD) 工艺、等离子体增强化学气相沉积(PECVD) 工艺、有机金属化学气相沉积(MOCVD)、溅射工艺等等。导电层 802 可具有在约 500 埃和约 50,000 埃(\AA)之间的厚度,和约 10 μm 至约 200 μm 的宽度;且导电层 608 包含金属,所述金属诸如铝(Al)、银(Ag)、锡(Sn)、钴(Co)、铑(Rh)、镍(Ni)、锌(Zn)、铅(Pb)、钯(Pd)、钼(Mo)、钛(Ti)、钒(V)、钨(W),或铬(Cr)。在一个实例中,导电层 802 包含含铝(Al) 的箔材料,所述材料诸如 1000 系列铝箔材料(美国铝业协会命名)。导电层 802 也可以是锡或铜箔材料。在一些实施例中,导电层 802 可包含镍、钛、铜、银或其他有用导电材料。在一个实例中,导电层 802 包含

50 μm 厚的 1145 铝片。在一些情况下,导电层 802 可从连续卷的箔材料被切割成所需形状和 / 或图案。在一个实例中,导电层 802 是含有铝 (Al) 的低成本的金属膏,且导电层 802 是通过丝网印刷金属膏和将所述金属膏加热至烧结所述膏剂的所需温度来沉积。

[0069] 在步骤 706 处,类似于在图 1 和图 2I 中所示的步骤 118 处执行的工艺,包括前接触结构 226 和 / 或导电总线 228 的金属化层被形成在基板 202 的前纹理化表面 208 上的抗反射 / 钝化层 218 上,如图 4C 中所示。前接触结构 226 可以一图案被沉积在基板 202 上,且前接触结构 226 可包含如上所述的一或多个材料。在一个实例中,前导电接触 226 是含有银 (Ag) 的金属膏。

[0070] 布置在前接触结构 226 上的导电总线 228 被形成且附接于前接触结构 226 的至少一部分,以允许太阳能电池装置的部分被连接到其他太阳能电池或外部装置。在一个实施例中,必要时,导电总线 228 使用焊接材料被连接到前接触结构 226,所述焊接材料可包含焊锡材料 (例如,Sn/Pb、Sn/Ag)。在一个实施例中,导电总线 228 的厚度为约 200 微米且包含金属,所述金属诸如铝 (Al)、铜 (Cu)、银 (Ag)、金 (Au)、锡 (Sn)、钴 (Co)、铑 (Rh)、镍 (Ni)、锌 (Zn)、铅 (Pb)、钯 (Pd),和 / 或铝 (Al)。在一个实施例中,每个导电总线 228 由金属线形成,所述金属线为约 30 量规 (美国线规: -0.254mm) 或更小的大小。在一个实施例中,导电总线 228 涂覆有焊锡材料,所述焊锡材料诸如 Sn/Pb 或 Sn/Ag 焊锡材料。

[0071] 在步骤 708 处,类似于在图 1 和图 2J 中所示的步骤 120 处执行的工艺,在导电层 802 之后,前接触结构 226 和导电总线 228 全部形成在前纹理化表面 208 和背表面 206 两者上,共同烧结工艺可被执行以同时地立刻退火导电层 802、前接触结构 226 和导电总线 228,如图 8D 中所示。如参考步骤 120 的描述所论述,钝化层 220 和 / 或抗反射 / 钝化层 218 的部分可被在共同烧结工艺期间形成,以形成前侧电接触区域 231 和后表面接触区域 232,所述区域的每一区域与贯穿导电路径 241、242 的各个钝化层堆叠 218、220 的所述导电路径接触。

[0072] 图 9A 至图 9C 图示根据本文所述的一个实施例的其中背接触金属膏 222、606 可被布置在钝化层上的各种图案的一些实例。接触金属膏 222、606 可被以任何几何形状形成成为金属膏特征的阵列,所述几何形状诸如如图 9A 中所示的环形图案 902 或图 9B 中所示的方形图案 904,所述图案具有所形成的相距彼此的相等或不相等的距离。此外,金属膏特征可以密排六方晶格 (HCP) 阵列、矩形阵列或其他所需图案形成。在另一实施例中,接触金属膏 222、606 的金属印刷工艺可使用二段法工艺执行,以便以堆叠结构在基板上形成金属膏特征。例如,金属印刷工艺可包括被执行以首次印刷第一层金属膏特征的第一印刷工艺,所述第一层金属膏特征具有圆形图案 906 且以阵列 910 形成,如图 9C 中所示;且随后,执行第二印刷工艺以在阵列 910 上印刷第二金属膏层 908 以形成 H 图案特征,以将阵列 910 中的金属膏特征 906 与第二层的金属膏线 908 连接。

[0073] 因此,使用本文所述的工艺和材料,前接触结构和背接触结构可被同时地在一个步骤中形成,从而有利地降低对另外的热处理步骤的需要、消除由于使用烧结穿过金属化工艺而蚀刻一或多个沉积的钝化层的需要,且因此节省和降低了制造成本、循环时间和产量。此外,通过在背侧结构中沉积简单的图案化金属导电区域,和使用低成本互连层以将图案化背接触区域连接在一起和作为基板背侧上的光反射体,太阳能电池装置的转换效率也可增加且用于生产太阳能电池的成本可被降低。

[0074] 虽然前述内容是针对本发明实施例,但是可在不背离本发明的基本范围的情况下设计本发明的其他和进一步实施例,且本发明的范围是由以上权利要求书所决定。

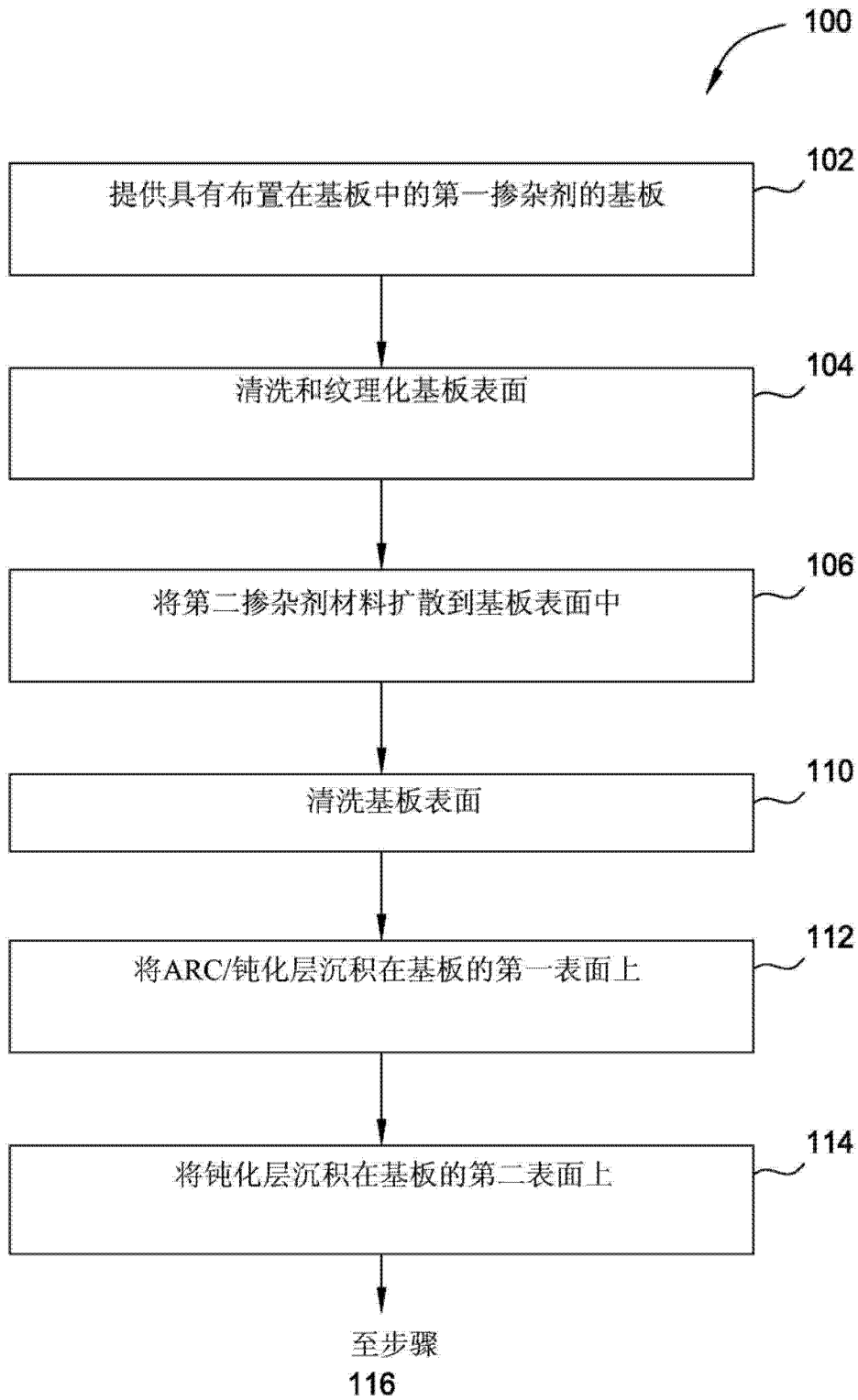


图 1

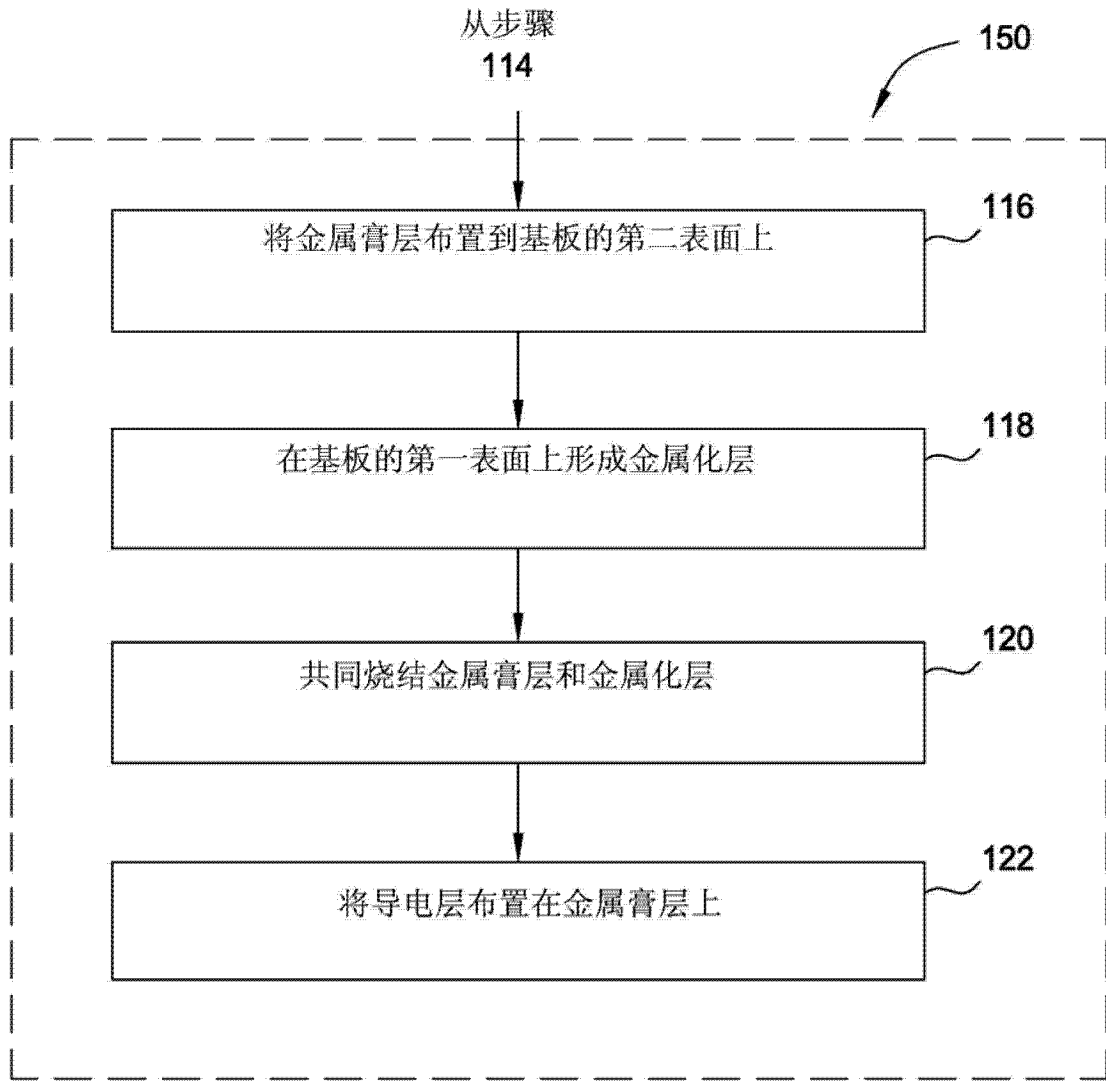


图 1(继续)

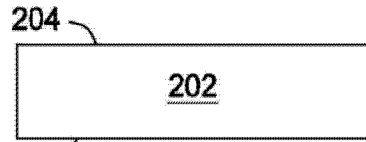


图2A

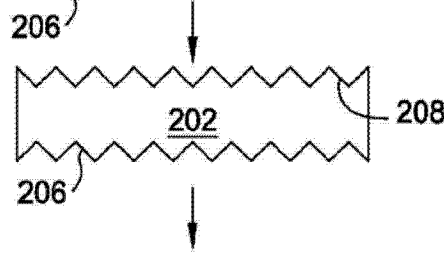


图2B

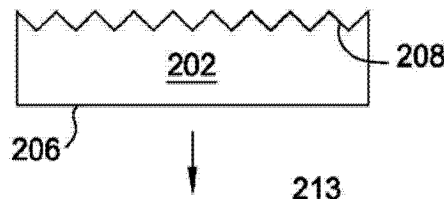


图2C

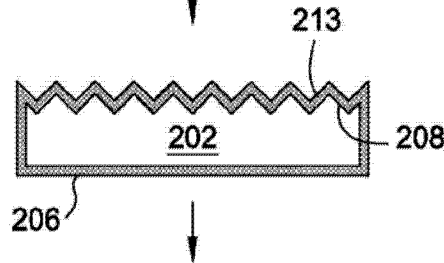


图2D

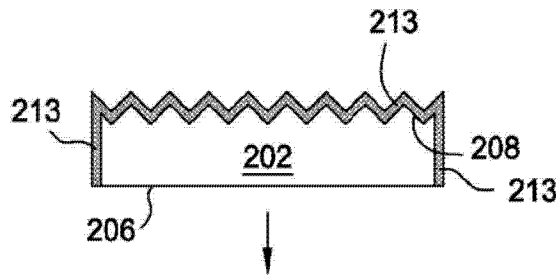


图2E

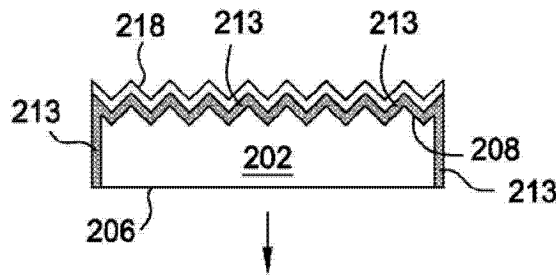


图2F

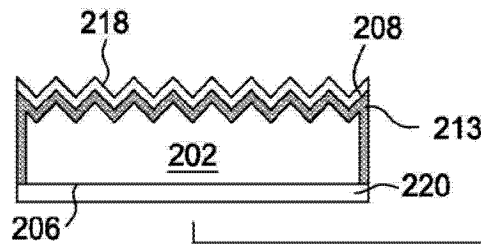
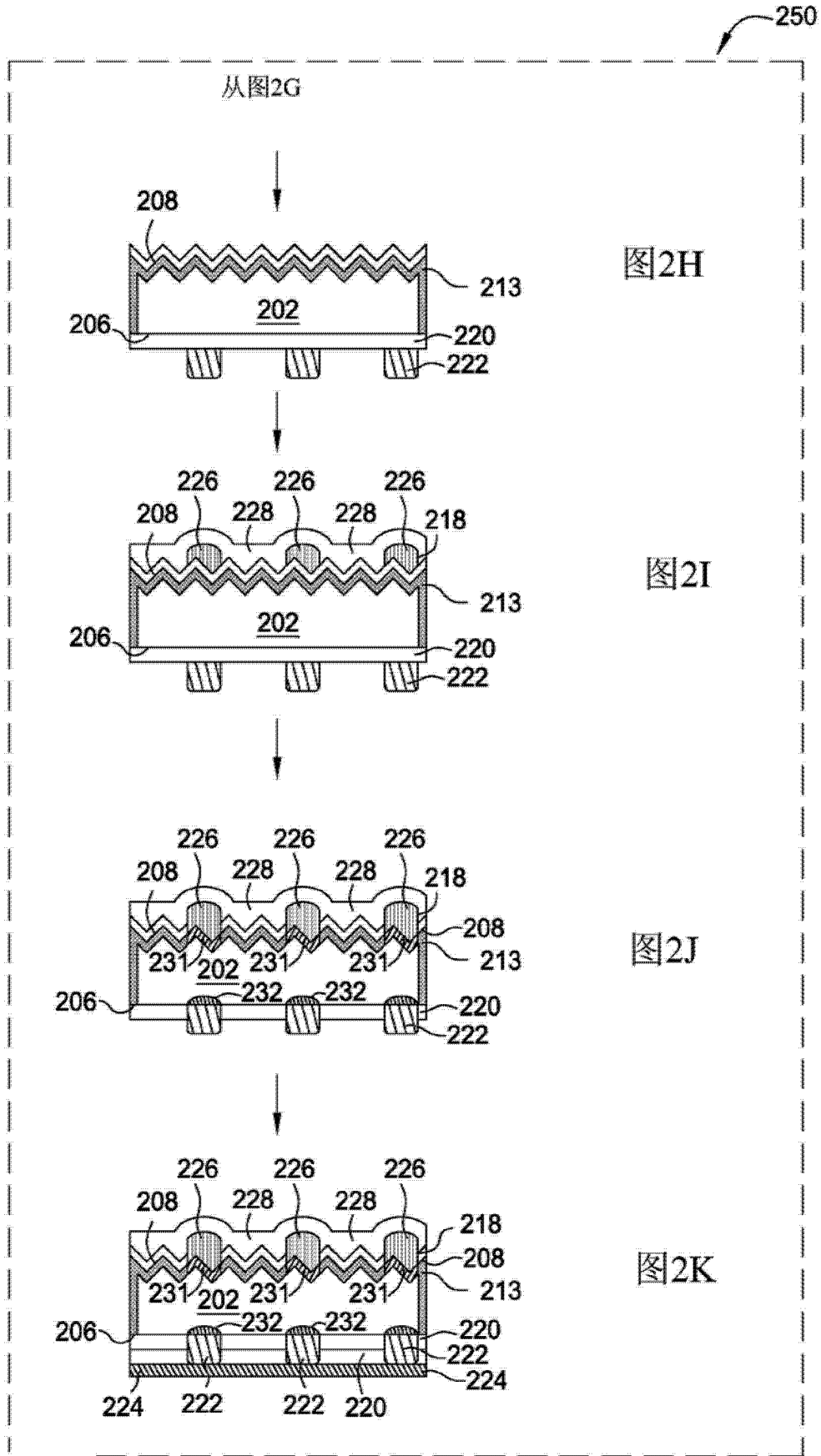


图2G

至
图2H



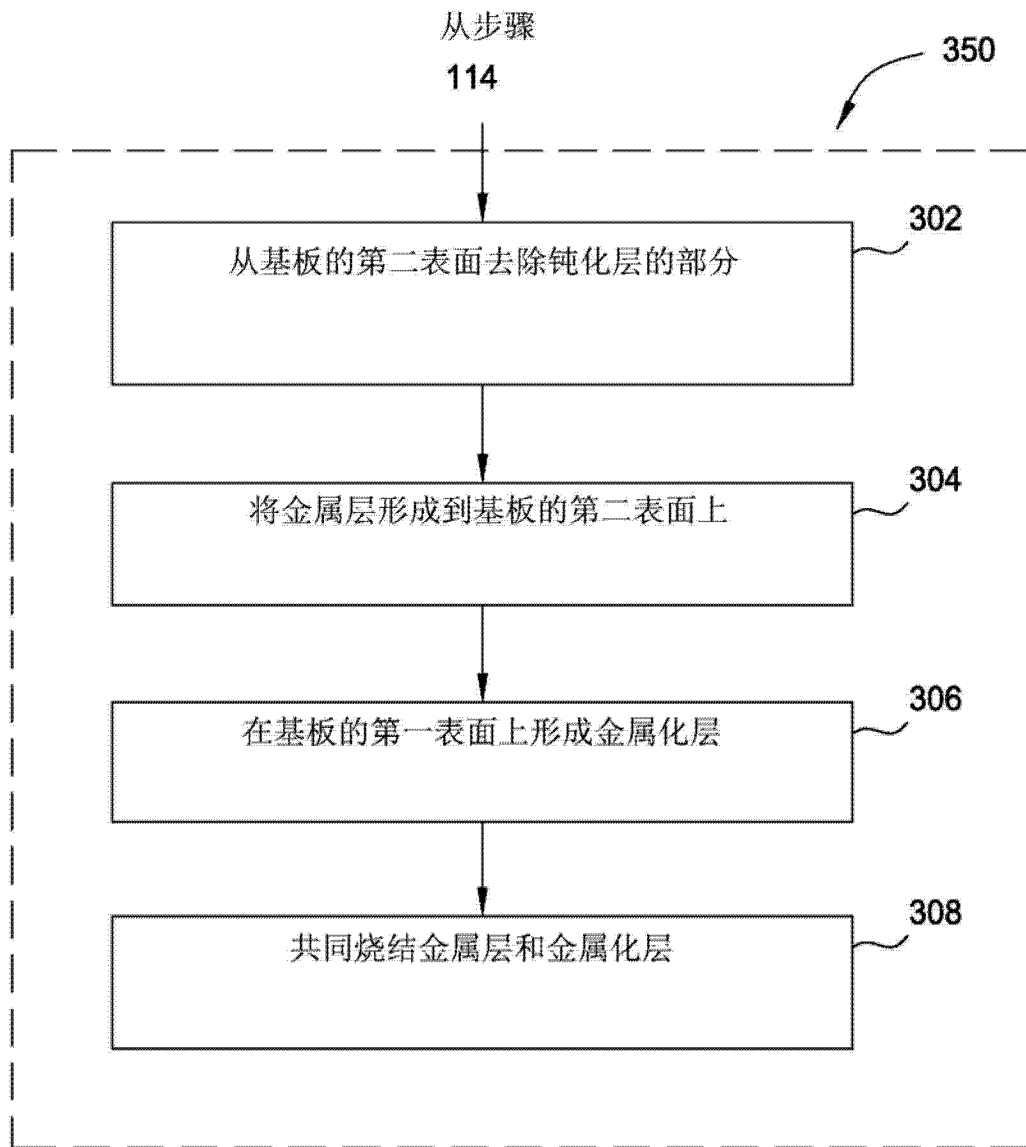
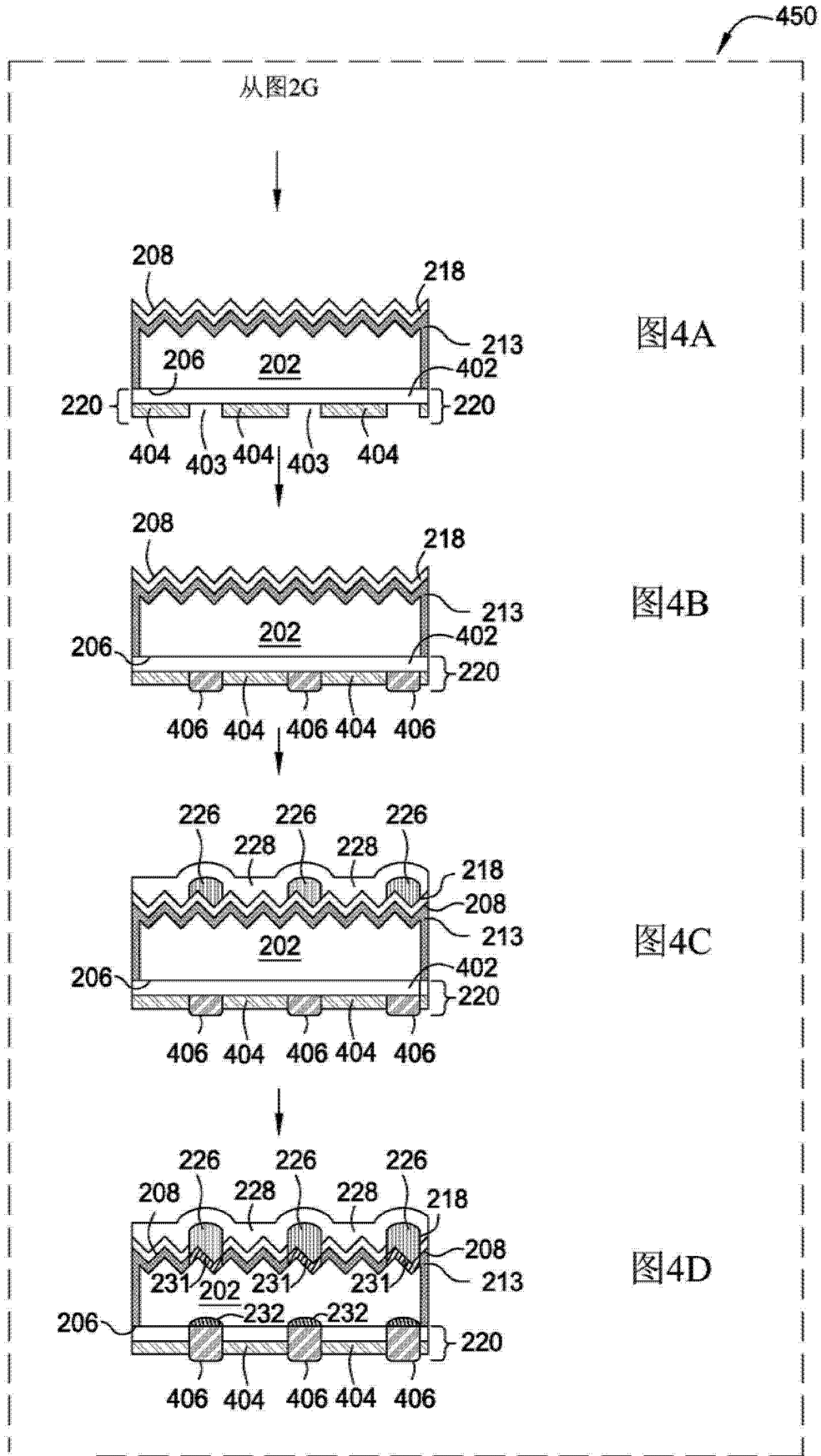


图 3



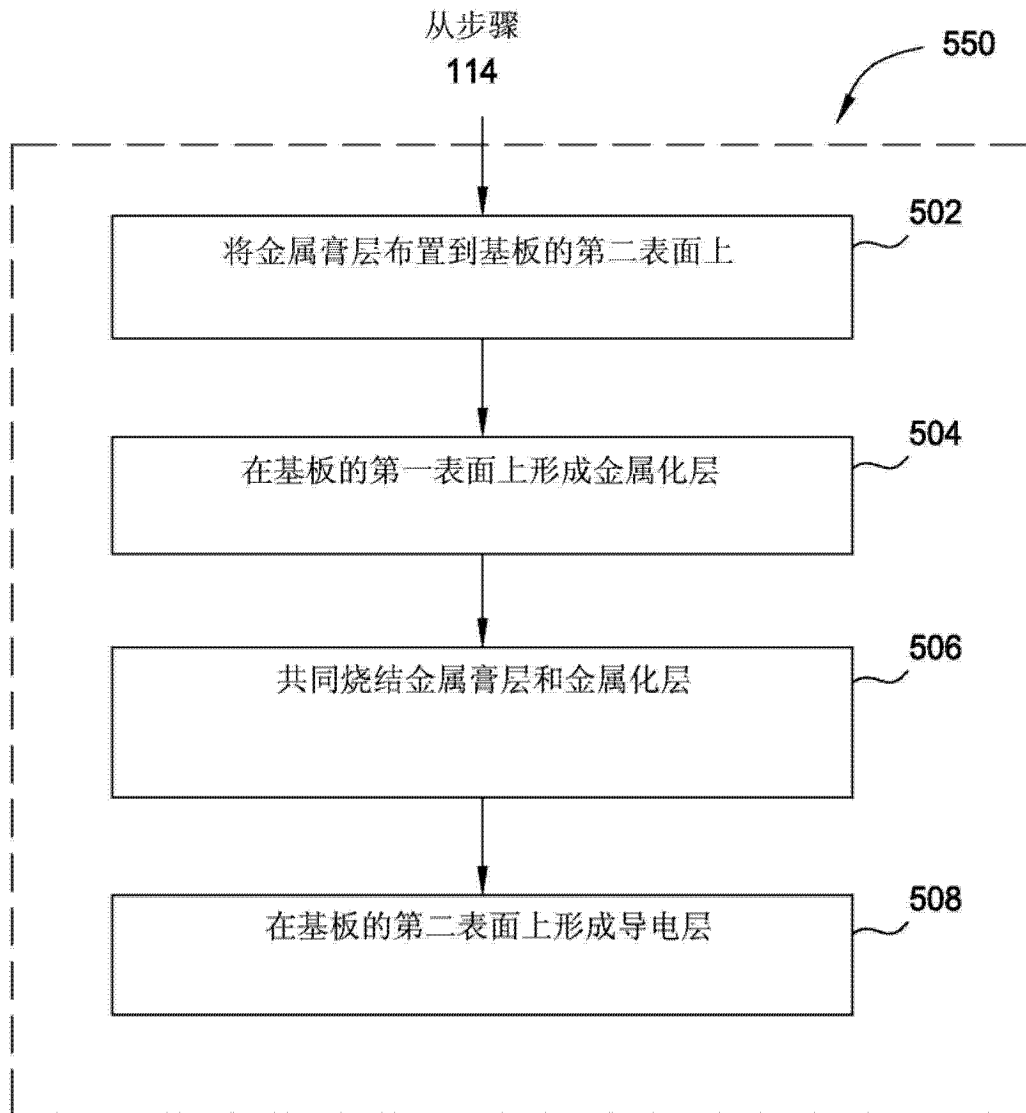
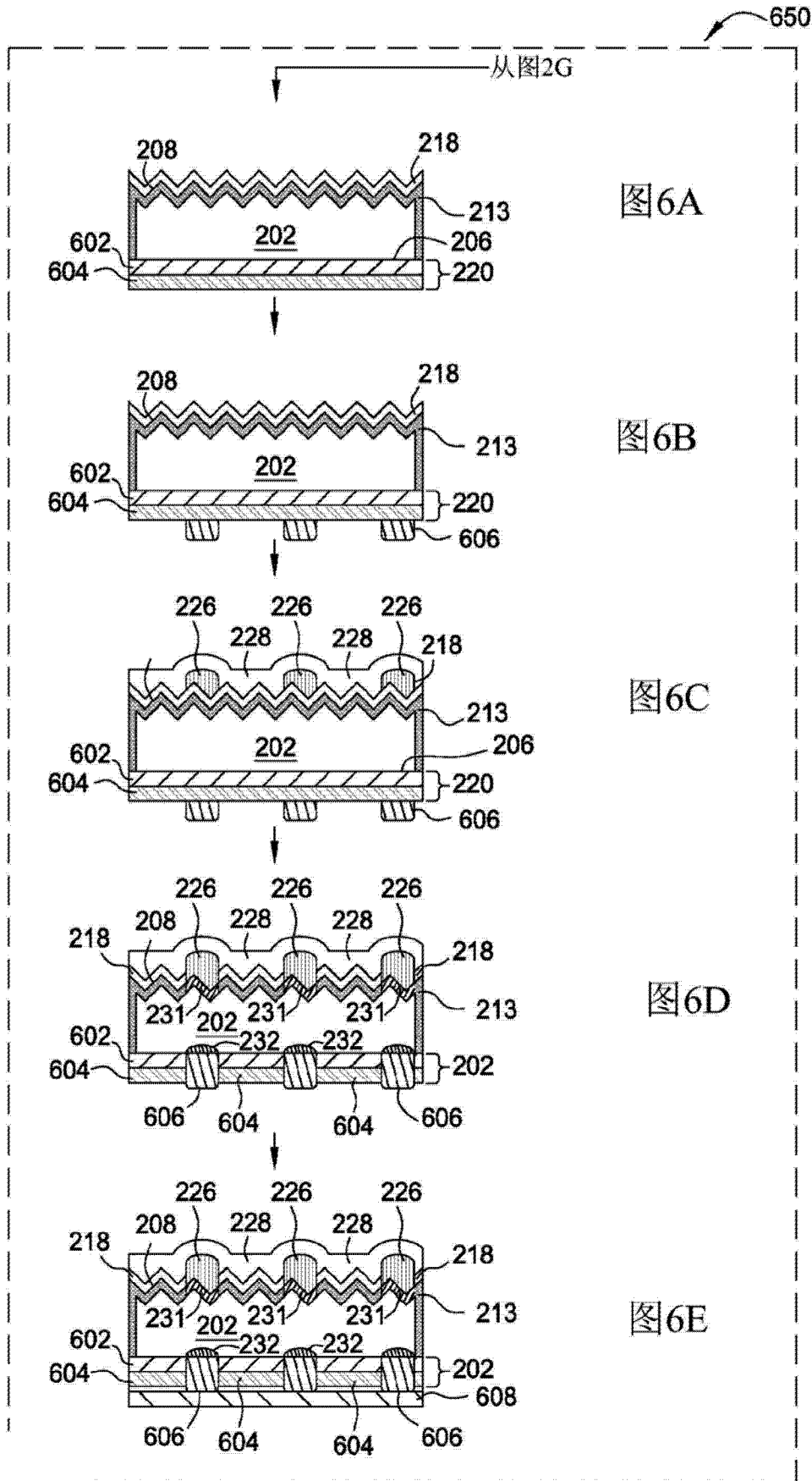


图 5



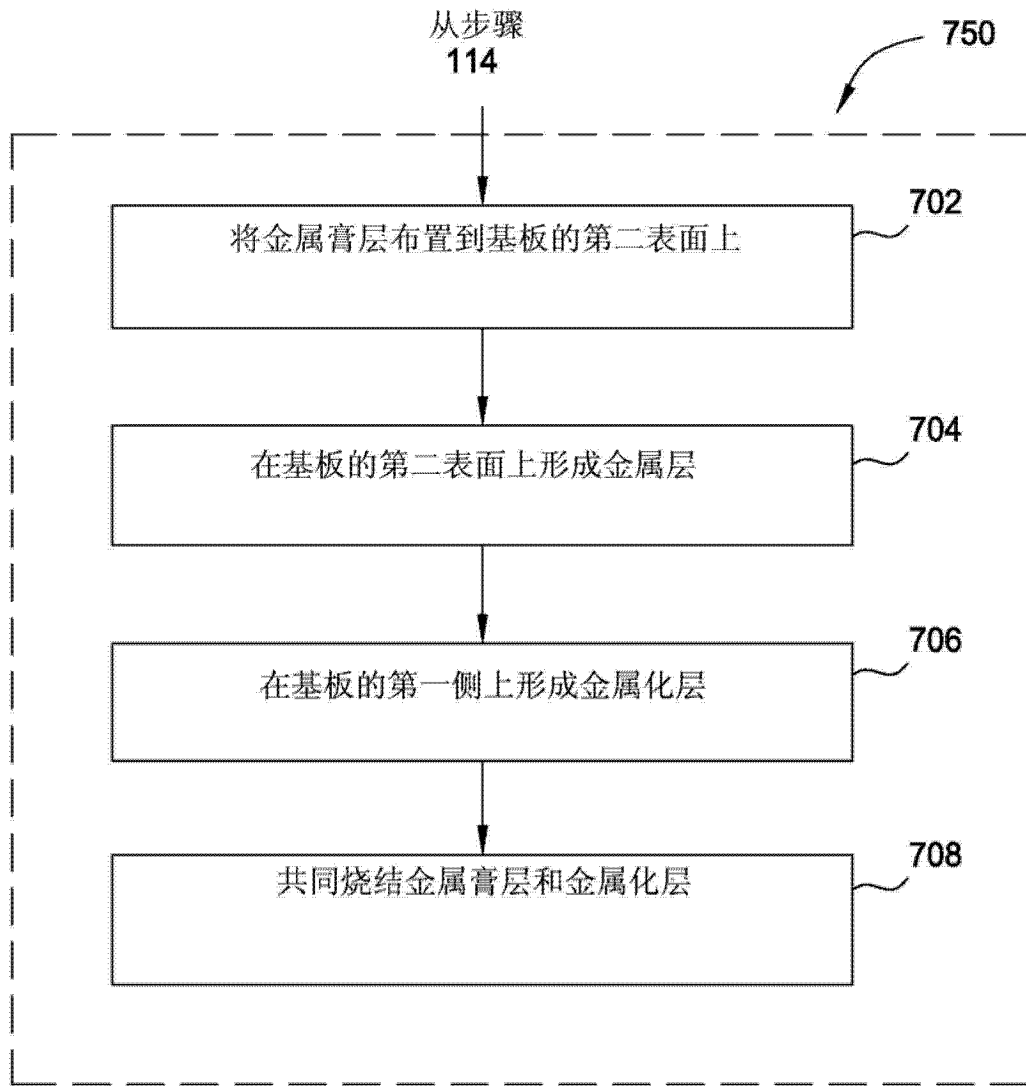
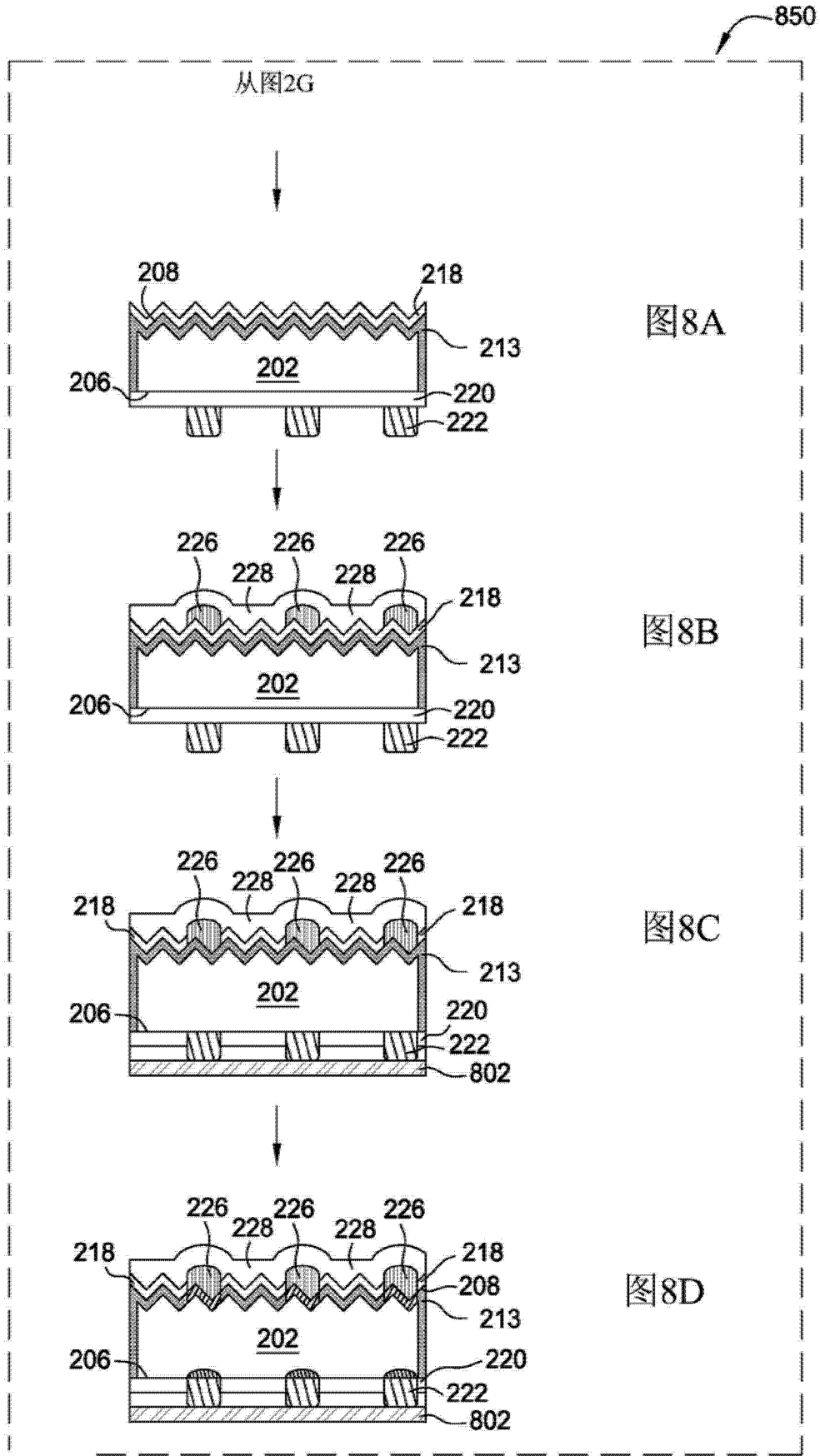


图 7



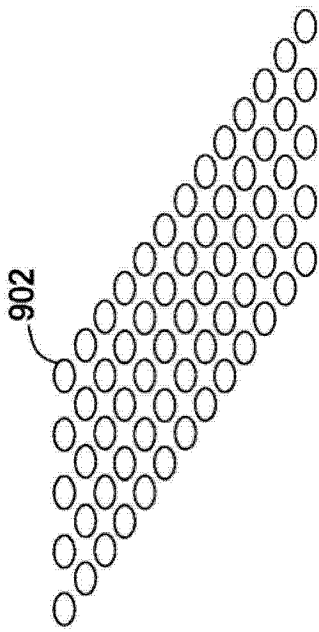


图 9A

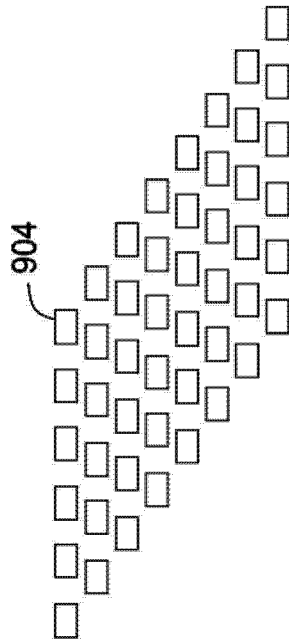


图 9B

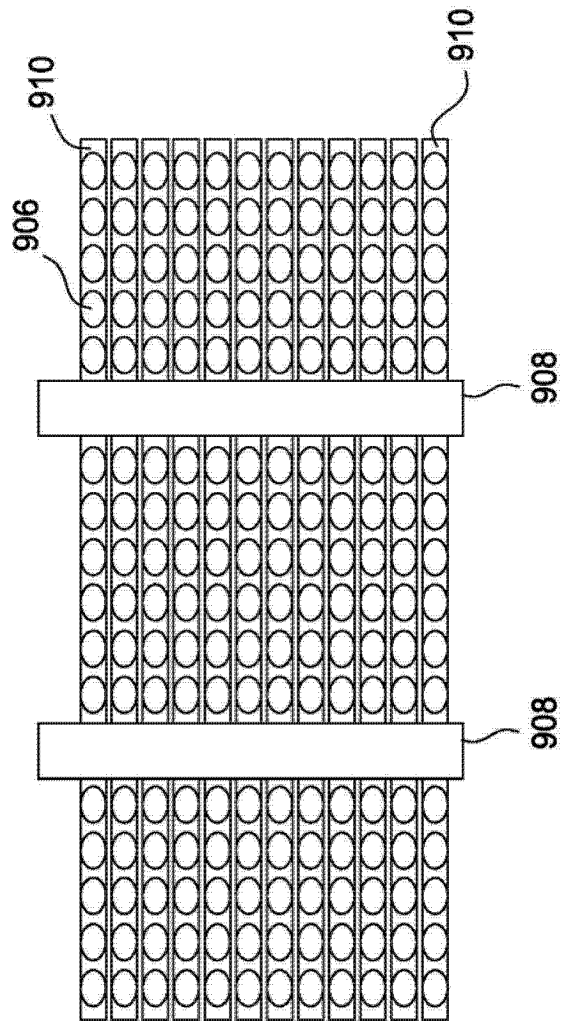


图 9C