(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109196665 A
(43)申请公布日 2019.01.11

(21)申请号 201780033426.9

(22)申请日 2017.06.06

(30)优先权数据
2016902198 2016.06.06 AU

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2018.11.29

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/AU2017/050560 2017.06.06

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2017/210731 EN 2017.12.14

(71)申请人 新南创新私人有限公司
地址 澳大利亚新南威尔士州

(72)发明人 S·R·韦纳姆 A·切希拉
B·J·哈勒姆 C·E·陈
C·M·庄 R·陈 M·D·阿博特
D·N·佩恩

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
代理人 李艳芳 黄纶伟

(51)Int.Cl.
H01L 31/18(2006.01)
H01L 21/30(2006.01)

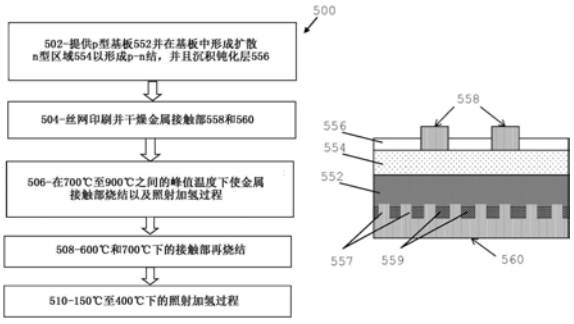
权利要求书3页 说明书6页 附图7页

(54)发明名称

用于处理硅材料的方法

(57)摘要

本公开提供了用于制造光伏器件的方法,这些方法包括一系列退火步骤和退火期间到电磁辐射的暴露,这一系列退火步骤和暴露允许钝化电活性缺陷并稳定光伏器件的性能。



CN 109196665 A

1.一种用于制造光伏器件的方法,所述方法包括以下步骤:

提供包括硅p-n结的基板;

在存在氢源的情况下在500℃至700℃之间的温度下使所述基板退火第一预定时间段,以允许氢原子进入到所述硅p-n结的硅材料中;以及

在按照以下方式将所述基板保持在150℃至400℃之间的温度的同时将所述基板暴露到电磁辐射,该方式是使得以至少20mW/cm^{2}的辐射强度提供具有比所述硅材料的带隙的能量更高的能量的光子,并且在所述硅材料中产生少数载流子的过剩;

其中,在使所述基板退火和将所述基板暴露到电磁辐射的步骤期间,所述硅材料中的电活性缺陷被钝化。

2.一种用于制造光伏器件的方法,所述方法包括以下步骤:

提供包括硅p-n结的基板;

在存在氢源的情况下在300℃至700℃之间的温度下使所述基板退火第一预定时间段,以允许氢原子进入到所述p-n结的硅材料中;

在按照以下方式将所述基板保持在150℃至400℃之间的温度的同时将所述基板暴露到电磁辐射,该方式是使得以至少20mW/cm^{2}的辐射强度提供具有比硅的带隙的能量更高的能量的光子,并且在所述硅材料中产生少数载流子的过剩;以及

在200℃至500℃之间的温度下使所述基板进一步退火第二预定时间段,以减小金属电极与所述硅材料之间的接触电阻;

其中,在使所述基板退火和将所述基板暴露到电磁辐射的步骤期间,所述硅材料中的电活性缺陷被钝化。

3.根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述第一时间段在1秒至5分钟之间。

4.一种用于制造光伏器件的方法,所述方法包括以下步骤:

提供包括硅p-n结的基板;

在存在氢源的情况下在700℃至900℃之间的温度下使所述基板退火第一预定时间段,以允许氢原子进入到所述硅p-n结的硅材料中;

在600℃至700℃之间的温度下使所述基板退火另一预定时间段;以及

在按照以下方式将所述基板保持在150℃至400℃之间的温度的同时将所述基板暴露到电磁辐射,该方式是使得以至少20mW/cm^{2}的辐射强度提供具有比硅的带隙的能量更高的能量的光子,并且在所述硅材料中产生少数载流子的过剩;

其中,在使所述基板退火和将所述基板暴露到电磁辐射的步骤期间,所述硅材料中的电活性缺陷被钝化。

5.一种用于制造光伏器件的方法,所述方法包括以下步骤:

提供包括硅p-n结的基板;

在存在氢源的情况下在700℃至900℃之间的温度下使所述基板退火第一预定时间段,以允许氢原子进入到所述p-n结的硅材料中;

在250℃至700℃之间的温度下使所述基板退火另一预定时间段;以及

在按照以下方式将所述基板保持在150℃至400℃之间的温度的同时将所述基板暴露到电磁辐射,该方式是使得以至少20mW/cm^{2}的辐射强度提供具有比硅的带隙的能量更高的能量的光子,并且在所述硅材料中产生少数载流子的过剩;

在200℃至500℃之间的温度下使所述基板进一步退火第二预定时间段,以减小金属电极与所述硅材料之间的接触电阻;

其中,在使所述基板退火和将所述基板暴露到电磁辐射的步骤期间,所述硅材料中的电活性缺陷被钝化。

6.根据权利要求4或5所述的方法,其中,所述第一时间段在1秒至5秒之间。

7.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,所述方法还包括以下步骤:在所述基板的表面上形成多个金属电极;以及以使得在所述电极与所述硅p-n结之间形成电接触的方式对所述基板进行退火。

8.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,所述方法还包括以下步骤:在使所述基板退火第一预定时间段的步骤期间或在使所述基板退火另一预定时间段的步骤期间将所述基板暴露到电磁辐射,所述电磁辐射具有足以在硅内生成电子对的能量。

9.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,在所述光伏器件在70℃下暴露到0.5太阳照射持续500小时时,所述光伏器件的开路电压减小少于1%相对值。

10.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,在所述光伏器件在70℃下暴露到0.5太阳照射持续500小时时,所述光伏器件的转换效率减小少于5%相对值。

11.根据权利要求2或5所述的方法,其中,所述第二时间段在1分钟至5分钟之间。

12.根据权利要求4或5所述的方法,其中,所述另一时间段在10分钟至20分钟之间。

13.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,所述方法还包括以下步骤:在所述光伏器件中提供氢原子的源。

14.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,所述方法还包括以下步骤:在暴露期间改变所述辐射的至少一个参数,以控制给定电荷状态下的氢原子的量。

15.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,所述基板在暴露到电磁辐射的期间的温度在150℃至250℃之间。

16.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,将所述基板暴露到电磁辐射的步骤的持续时间在10秒至20分钟之间。

17.一种硅光伏器件,所述硅光伏器件是根据前述权利要求中任一项所述的方法制造的。

18.一种硅丝网印刷太阳能电池,所述硅丝网印刷太阳能电池是根据权利要求4或5所述的方法制造的。

19.一种用于稳定硅丝网印刷光伏器件的性能的方法,所述方法包括以下步骤:

提供硅丝网印刷光伏器件;

在500℃至700℃之间的温度下使所述丝网印刷光伏器件退火预定时间段;以及

在按照以下方式将所述器件保持在150℃至400℃之间的温度的同时将所述器件暴露到电磁辐射,该方式是使得具有比硅材料的带隙的能量更高的能量的光子提供至少20mW/cm^2的辐射强度,并且在所述硅材料中产生少数载流子的过剩;

其中,在使所述器件退火和将所述器件暴露到电磁辐射的步骤期间,所述硅材料中的电活性缺陷被钝化。

20.根据权利要求18所述的方法,其中,所述方法还包括以下步骤:在200℃至500℃之间的温度下使所述基板退火第二预定时间段,以减小接触电阻。

21.根据权利要求18或19所述的方法,其中,所述方法还包括以下步骤:将所述丝网印刷光伏器件暴露到电磁辐射,所述电磁辐射具有足以在硅内生成电子对的能量。

用于处理硅材料的方法

技术领域

[0001] 本发明总体涉及用于制造光伏器件的方法和用于稳定光伏器件的性能的方法。

背景技术

[0002] 硅是用于制造今天的商业太阳能电池的主要半导体材料。大多数商业太阳能电池由单晶或多晶硅晶圆制造。例如通过将n型原子扩散到p型硅晶圆中在硅晶圆中形成p-n结。

[0003] 大部分太阳能电池使用硼掺杂晶圆(p型)来制造。通常,太阳能电池的性能在它被暴露到辐射或更广泛地经受载流子注入时劣化。这些现象在本领域中被称为光诱发劣化(LID)和载流子诱发劣化(CID)。

[0004] 在光伏行业中,因为钝化发射极背面接触(PERC)太阳能电池与传统技术相比实现用于以低成本和提高效率的大规模制造的良好潜力,所以它们变得越来越流行。PERC太阳能电池在很大程度上使用多晶硅(mc-Si)晶圆来制造。在mc-Si晶圆的情况下,电荷载流子的寿命由于CID而在长时间范围内显著降低。CID降低PERC太阳能电池的效率,并且已知它随着照射强度增大或在升高温度下更快速地发生。

[0005] 已经提出减轻CID对太阳能电池的有害影响的方法。例如,已经报道在制造期间消除接触部烧结(contact firing)步骤在很大程度上减轻CID对电池性能的影响。然而,所提出的解决方案不能与电池制造过程兼容或提供有限的改进。例如,在丝网印刷的mc-Si PERC太阳能电池的制造期间,在本领域中通常使用800℃的烧结温度来形成银丝网印刷接触部。

[0006] 本领域中需要能够通过大幅减轻CID对电池性能的影响来稳定太阳能电池的制造过程。

发明内容

[0007] 根据第一方面,本发明提供了一种用于制造光伏器件的方法,该方法包括以下步骤:

[0008] 提供包括硅p-n结的基板;

[0009] 在存在氢源的情况下在500℃至700℃之间的温度下使基板退火第一预定时间段,以允许氢原子进入到硅p-n结的硅材料中;以及

[0010] 在按照以下方式将基板保持在150℃至400℃之间的温度的同时将基板暴露到电磁辐射,该方式是使得以至少20mW/cm^{2}的辐射强度提供具有比硅材料的带隙的能量更高的能量的光子,并且在硅材料中产生少数载流子的过剩;

[0011] 其中,在使基板退火和将基板暴露到电磁辐射的步骤期间,硅材料中的电活性缺陷被钝化。

[0012] 根据第二方面,本发明提供了一种用于制造光伏器件的方法,该方法包括以下步骤:

[0013] 提供包括硅p-n结的基板;

[0014] 在存在氢源的情况下在300℃至700℃之间的温度下使基板退火第一预定时间段，以允许氢原子进入到p-n结的硅材料中；

[0015] 在按照以下方式将基板保持在150℃至400℃之间的温度的同时将基板暴露到电磁辐射，该方式是使得以至少20mW/cm^2的辐射强度提供具有比硅的带隙的能量更高的能量的光子，并且在硅材料中产生少数载流子的过剩；以及

[0016] 在200℃至500℃之间的温度下将基板进一步退火第二预定时间段，以减小金属电极与硅材料之间的接触电阻；

[0017] 其中，在使基板退火和将基板暴露到电磁辐射的步骤期间，硅材料中的电活性缺陷被钝化。

[0018] 在实施方式中，第一时间段在1秒至5分钟之间。

[0019] 根据第三方面，本发明提供了一种用于制造光伏器件的方法，该方法包括以下步骤：

[0020] 提供包括硅p-n结的基板；

[0021] 在存在氢源的情况下在700℃至900℃之间的温度下使基板退火第一预定时间段，以允许氢原子进入到硅p-n结的硅材料中；

[0022] 在600℃至700℃之间的温度下使基板退火另一预定时间段；以及

[0023] 在按照以下方式将基板保持在150℃至400℃之间的温度的同时将基板暴露到电磁辐射，该方式是使得以至少20mW/cm^2的辐射强度提供具有比硅的带隙的能量更高的能量的光子，并且在硅材料中产生少数载流子的过剩；

[0024] 其中，在使基板退火和将基板暴露到电磁辐射的步骤期间，硅材料中的电活性缺陷被钝化。

[0025] 根据第四方面，本发明提供了一种用于制造光伏器件的方法，该方法包括以下步骤：

[0026] 提供包括硅p-n结的基板；

[0027] 在存在氢源的情况下在700℃至900℃之间的温度下使基板退火第一预定时间段，以允许氢原子进入到p-n结的硅材料中；

[0028] 在250℃至700℃之间的温度下使基板退火另一预定时间段；以及

[0029] 在按照以下方式将基板保持在150℃至400℃之间的温度的同时将基板暴露到电磁辐射，该方式是使得以至少20mW/cm^2的辐射强度提供具有比硅的带隙的能量更高的能量的光子，并且在硅材料中产生少数载流子的过剩；

[0030] 在200℃至500℃之间的温度下使基板进一步退火第二预定时间段，以减小金属电极与硅材料之间的接触电阻；

[0031] 其中，在使基板退火和将基板暴露到电磁辐射的步骤期间，硅材料中的电活性缺陷被钝化。

[0032] 在实施方式中，第一时间段在1秒至5秒之间。

[0033] 在实施方式中，该方法还包括以下步骤：在基板的表面上形成多个金属电极。金属电极可以在使基板退火的步骤期间被烧结，使得在电极与硅p-n结之间形成电接触。

[0034] 在一些实施方式中，该器件在退火步骤中的一个或更多个期间暴被露到辐射，该辐射具有足以在硅内生成电子对的能量。这例如可以促进器件中的氢原子的电荷状态的控

制。

[0035] 给定电荷状态下的氢原子的量可以通过改变暴露期间的辐射的一个或更多个参数来控制。在到电磁辐射的暴露期间基板的温度可以在150℃至250℃之间。基板可以暴露到电磁辐射10秒至20分钟。

[0036] 通常，光伏器件的性能由于CID而在部署器件之后劣化。在一些情况下，性能的损失部分在器件暴露到高温和辐射的数百小时之后恢复。这根据位置在领域中可以相当于5年至20年。

[0037] 这里描述的方法的实施方式允许贯穿器件的使用寿命保持稳定性能。例如，在用这里公开的方法处理的器件中，开路电压可以减小少于1％相对值，并且效率可以降低少于5％相对值。

[0038] 在实施方式中，第二时间段在10秒至5分钟之间，并且另一时间段在10秒至20分钟之间。

[0039] 在一些实施方式中，该方法包括以下步骤：在光伏器件中提供氢原子的源。氢源可以设置在光伏器件的层中，并且在退火期间扩散穿过器件的其它区域，或者氢源可以设置在退火气氛中。

[0040] 根据第五方面，本发明提供了一种根据上述方面中的任一项的方法制造的硅光伏器件。

[0041] 根据第六方面，本发明提供了一种用于稳定硅丝网印刷光伏器件的性能的方法，该方法包括以下步骤：

[0042] 提供硅丝网印刷光伏器件；

[0043] 在500℃至700℃之间的温度下使丝网印刷光伏器件退火预定时间段；以及

[0044] 在按照以下方式将器件保持在150℃至400℃之间的温度的同时将器件暴露到电磁辐射，该方式是使得具有比硅材料的带隙的能量更高的能量的光子提供至少20mW/cm^2的辐射强度，并且在硅材料中产生少数载流子的过剩；

[0045] 其中，在使器件退火和将器件暴露到电磁辐射的步骤期间，硅材料中的电活性缺陷被钝化。

[0046] 这里公开的方法的有利实施方式提供允许减轻CID对光伏器件的性能的影响的一系列制造条件。涉及包括烧结温度的定制退火温度以及到辐射的暴露的组合方法用于减少由于CID引起的光伏器件的性能损失。另外，实施方式允许稳定已经在CID启动温度(～740-800℃)下烧结的工业生产的HP mc-Si PERC电池的性能，这是用于银接触部形成的工业标准。

附图说明

[0047] 本发明的特征和优点将参照附图仅用示例的方式从本发明的实施方式的以下描述变得清楚，附图中：

[0048] 图1至图4示出了概述根据实施方式的制造光伏器件的步骤的流程图；

[0049] 图5示出了用于使用根据实施方式的方法制造mc-Si PERC太阳能电池的步骤的流程图和mc-Si PERC太阳能电池的示意图；

[0050] 图6示出了具有使用根据实施方式的方法制造的mc-Si PERC的开路电压的演变的

绘图;以及

[0051] 图7示出了概述了根据实施方式的用于稳定丝网印刷光伏器件的性能的步骤的流程图。

具体实施方式

[0052] 本发明的实施方式总体涉及用于制造光伏器件的方法和用于稳定光伏器件的性能的方法。

[0053] 在这里描述的方法中,结合到辐射的暴露,按特定顺序使用多个退火处理,以使CID对光伏器件的性能的影响最小化。这里公开的组合方法提供了超过使用热处理或辐射处理二者之一的方法的更佳稳定性能。

[0054] 现在参照图1,示出了根据实施方式的具有制造光伏器件所需的一系列方法步骤的流程图100。光伏器件可以为任意类型的太阳能电池器件,例如,丝网印刷太阳能电池、非丝网印刷太阳能电池、PERC电池或板状太阳能电池,在这些电池中,基板可以为p型、n型、单晶或多晶硅基板。在步骤102处提供由硅p-n结组成的基板之后,在步骤104处在基板的表面上形成金属电极。该步骤可选并且可以在稍后阶段执行,例如在退火步骤(106)之后或在辐射暴露(步骤108)之后执行。

[0055] 在步骤106处,包括基板和金属电极的结构在存在氢源的情况下在500℃至700℃之间的中等温度下经受退火第一预定时间段,以允许氢原子进入到硅中。氢源可以设置在结构的一个或更多个层中,或者借助外部氢源来提供。

[0056] 在丝网印刷电池的情况下,使结构退火的步骤被执行为使得在电极与硅p-n结之间形成电接触。该过程通常被称为烧结。在这里公开的方法中,该步骤期间所用的最高温度低于由制造商通常用于“烧结”的最高温度。该较低的烧结温度允许降低CID对器件性能的影响。

[0057] 在步骤108处,上述已退火的结构经受到电磁辐射的暴露。贯穿该步骤的结构温度被维持在150℃至400℃之间。辐射包含在可以被硅材料吸收的波长下高于20mW/cm^2的能量。高强度的辐射允许加热硅材料并且被硅吸收。因此,辐射在硅中产生少数载流子的过剩。加热可以由除了光之外的另一个源来提供,特别是对于较低照射强度。

[0058] 作为步骤106处的在中等温度下使结构退火和步骤108处的将结构暴露到电磁辐射的组合影响的结果,电活性缺陷被快速形成且然后钝化。这帮助减轻太阳能电池中的随后CID。

[0059] 现在参照图2,示出了制造光伏器件所需的步骤的流程图200。图200中遵循的过程与图1所述的过程类似。

[0060] 图表100与图表200之间的一个差异在于:

[0061] 步骤206,在该步骤中,可以使用更宽的温度范围(300℃至700℃);和

[0062] 步骤210,在该步骤中,引入另外退火。

[0063] 另外退火步骤210允许减小电极与硅基板之间的接触电阻,并且在200℃至500℃之间的温度下执行。

[0064] 现在参照图3,示出了涉及高温退火步骤306的另外制造方法300。在步骤306处,在700℃至900℃之间的温度下使结构退火非常短时间段。对于丝网印刷太阳能电池,该退火

步骤可以用于使金属接触部烧结，并且具有几秒量级的持续时间。在步骤308处，在600℃至700℃之间的更低温度下执行另外退火持续与第一退火步骤类似的时间段。在制造丝网印刷电池的情况下，步骤308是“再烧结”步骤。在一些情况下，步骤306和308可以被执行为具有特定温度曲线(高温用于烧结，更低温度用于再烧结)的单个退火过程。

[0065] 在步骤310处，在保持在150℃至400℃之间的温度下将结构暴露到电磁辐射，以通过控制器件中的氢原子的电荷状态来促进缺陷的钝化。在步骤310期间，在硅中产生过剩载流子。

[0066] 现在参照图4，示出了使用与图表300所示的类似过程制造光伏器件所需的步骤的另外流程图400。过程300与过程400之间的一个差异在于：在步骤408处，可以将更宽范围的温度250℃至700℃用于退火。此外，引入另外退火步骤412。另外退火步骤允许减小电极与硅基板之间的接触电阻，并且在200℃至500℃之间的温度下执行。

[0067] 现在参照图5，示出了概述根据实施方式的用于制造丝网印刷PERC太阳能电池的步骤的流程图500(a)和PERC太阳能电池的示意图(b)。

[0068] 在步骤502处，提供纹理化p型多晶硅基板552。随后，使用磷扩散在硅表面附近形成重磷掺杂区域554。

[0069] 例如通过使用PECVD将诸如氮化硅的含氢电介质层556沉积到器件的光接收面上。电介质层557还形成在背面上。这些可以构成氧化铝的薄层(由诸如原子层沉积或PECVD的技术形成)和氮化硅、氧化硅、氧氮化硅或碳化硅的封盖含氢电介质层。

[0070] 激光处理用于限定接触开口559，并且局部打开器件背面上的电介质层557。

[0071] 在步骤504处，例如通过丝网印刷铝将含金属层560沉积到器件的背面上。还例如通过丝网印刷银在区域556上形成金属接触部558。

[0072] 在步骤506处，将结构加热至700℃至900℃之间的温度，以使金属接触部烧结。这可以结合结构到辐射的暴露一起发生。步骤506允许氢原子进入到硅中。

[0073] 在步骤508处，在600℃至700℃之间的温度下执行再烧结。

[0074] 在步骤510处，在150℃至400℃之间的温度下将结构暴露到电磁辐射。辐射含有在可以被硅材料吸收的波长下高于20mW/cm^{2}的能量。加热可以由所吸收的辐射或由除了辐射之外的另一个源来提供，特别是对于更低照射强度。

[0075] 现在参照图6，示出了具有使用图7所概述的方法700处理的标准mc-Si PERC电池的开路电压的演变的绘图600。

[0076] 在565℃峰值烧结温度下使金属化mc-Si PERC太阳能电池再烧结。申请人发现，该温度得到显著增强的稳定性，而没有再烧结之后的V_{OC}的显著损失(在其它温度下观察到的)。

[0077] 测试四个不同条件，并且绘图600中示出了相应曲线：

[0078] -在565℃下再烧结，随后在200℃下激光辐射暴露15分钟，轨迹602；

[0079] -在565℃下再烧结，没有辐射暴露，轨迹604；

[0080] -在200℃下激光辐射暴露15分钟，没有再烧结，轨迹606；以及

[0081] -没有处理。

[0082] 然后用在采样水平下发射近似0.46kW/m^{2}的总辐照的宽带卤素源在70℃下光浴化电池。在处理的各阶段和光浴化期间的中间阶段使用太阳-V_{OC}进行V_{OC}测量。在烧结和/或激

光稳定之后且在光浴化480小时之后，在初始电池上取得全I-V数据。

[0083] 绘图600示出了与针对对照样本的5.5％相对损失相比，有很少或没有在480小时光浴化之后关于组合再烧结和另外激光稳定步骤(602)观察到的V_{OC}的劣化(与处理之前的初始值相比为-0.1％相对值)。这是与仅使用在565℃下再烧结而不辐射暴露(轨迹604)处理的太阳能电池以及仅使用在200℃下激光辐射暴露(轨迹606)处理的电池有关的显著改进结果。

[0084] 申请人发现，mc-Si的CID易感性与峰值烧结温度强烈相关。发现近似675℃以上的温度在照射下触发显著随后劣化。丝网印刷电池为了形成前Ag接触部而通常需要近似800℃的峰值烧结温度。这可能是在这些器件上观察到的广泛报告的CID影响的关键促成因素。这里描述的方法允许如绘图600和表2所示的大幅减轻CID对性能的影响。括号中的值是处理器件之后的相对百分比，并且没有括号的值是光浴化之后的相对百分比。

[0085]

	对照	仅激光	烧结和激光
ΔV_{oc} %相对值	(0.0), -5.6	(0.0), -1.0	(0.0), -0.1
ΔJ_{sc} %相对值	(-0.2), -7.0	(-0.2), -1.9	(-0.2), -1.0
ΔFF %相对值	(-0.2), -0.6	(0.1), -0.8	(-3.4), -3.3
Δη %相对值	(-0.3), -12.7	(-0.1), -3.7	(-3.8), -4.6

[0086] 表2

[0087] 本领域技术人员将理解，可以在不偏离如广泛描述的本发明的精神或范围的情况下对如具体实施方式中所示的本发明进行大量变更和/或修改。因此，本实施方式在所有方面都被认为是例示性的且不是限制性的。

[0088] 贯穿本说明书，词语“包括”或变体将被理解为暗示包括所述元件、整数或步骤、或元件、整数或步骤的组，但不排除任意其它元件、整数或步骤或元件、整数或步骤的组。

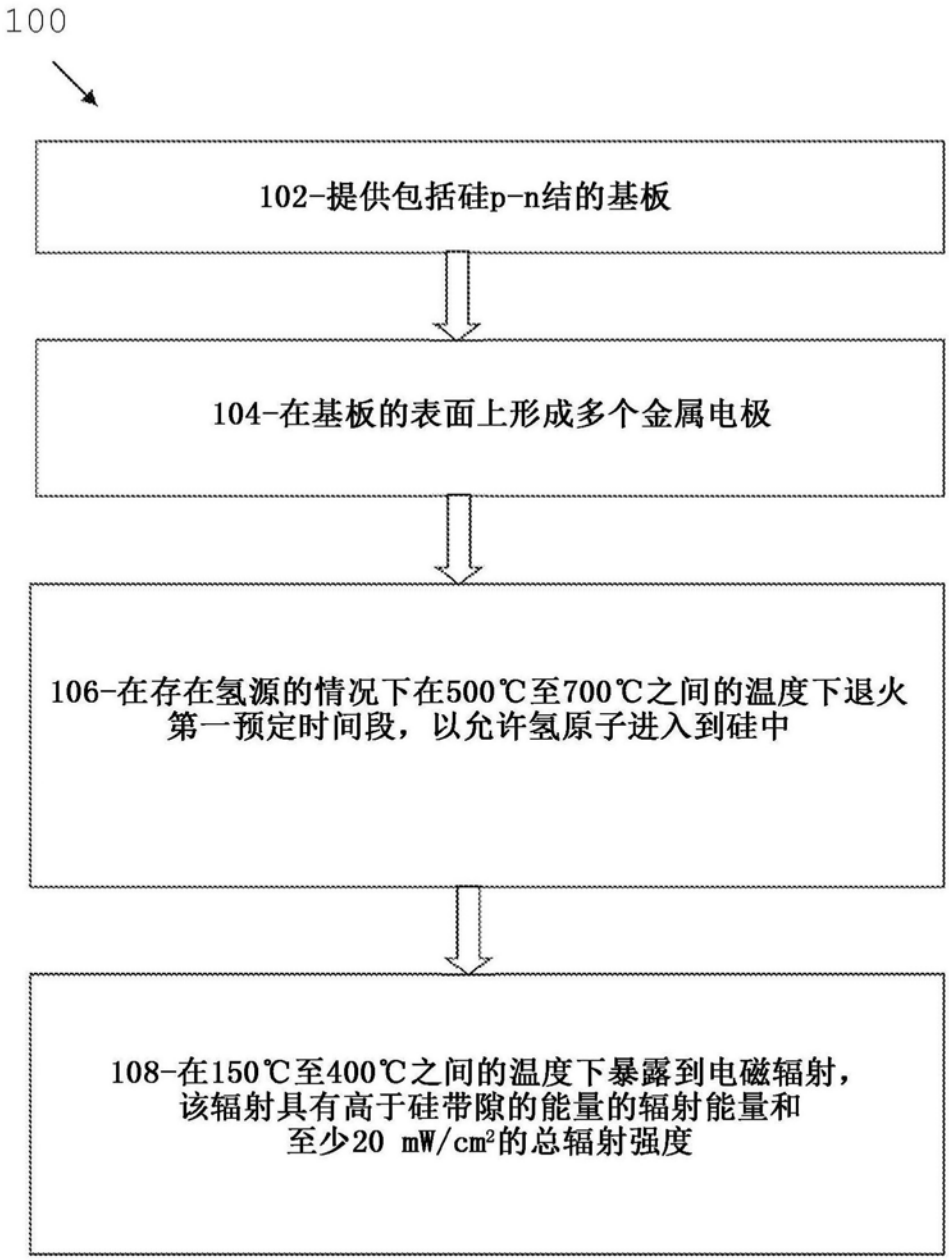

100
102-提供包括硅p-n结的基板
104-在基板的表面上形成多个金属电极
106-在存在氢源的情况下在500℃至700℃之间的温度下退火第一预定时间段，以允许氢原子进入到硅中
108-在150℃至400℃之间的温度下暴露到电磁辐射，该辐射具有高于硅带隙的能量的辐射能量和至少20 mW/cm²的总辐射强度

图1

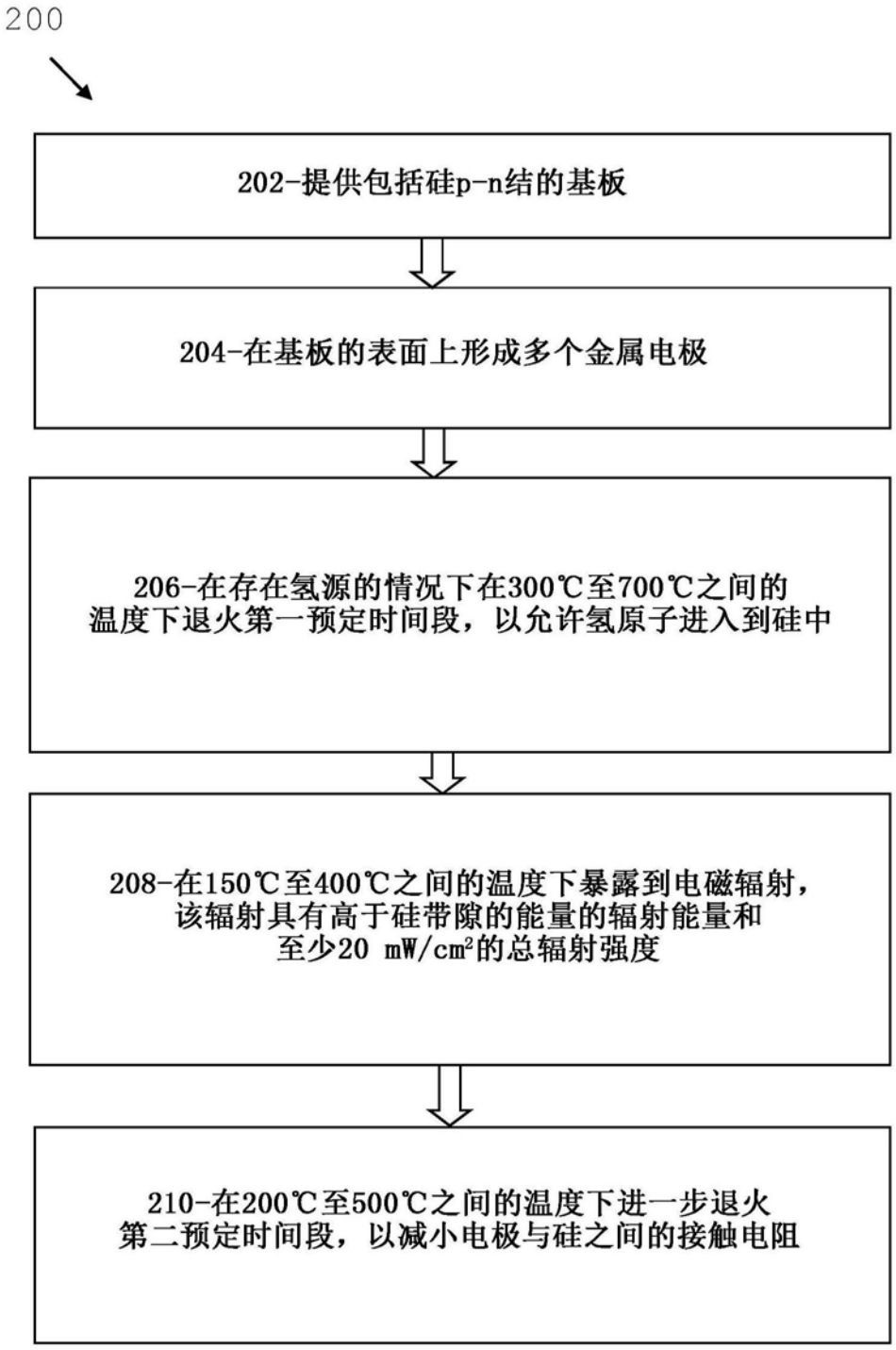

200
202-提供包括硅p-n结的基板
204-在基板的表面上形成多个金属电极
206-在存在氢源的情况下在300℃至700℃之间的温度下退火第一预定时间段，以允许氢原子进入到硅中
208-在150℃至400℃之间的温度下暴露到电磁辐射，该辐射具有高于硅带隙的能量的辐射能量和至少20 mW/cm²的总辐射强度
210-在200℃至500℃之间的温度下进一步退火第二预定时间段，以减小电极与硅之间的接触电阻

图2

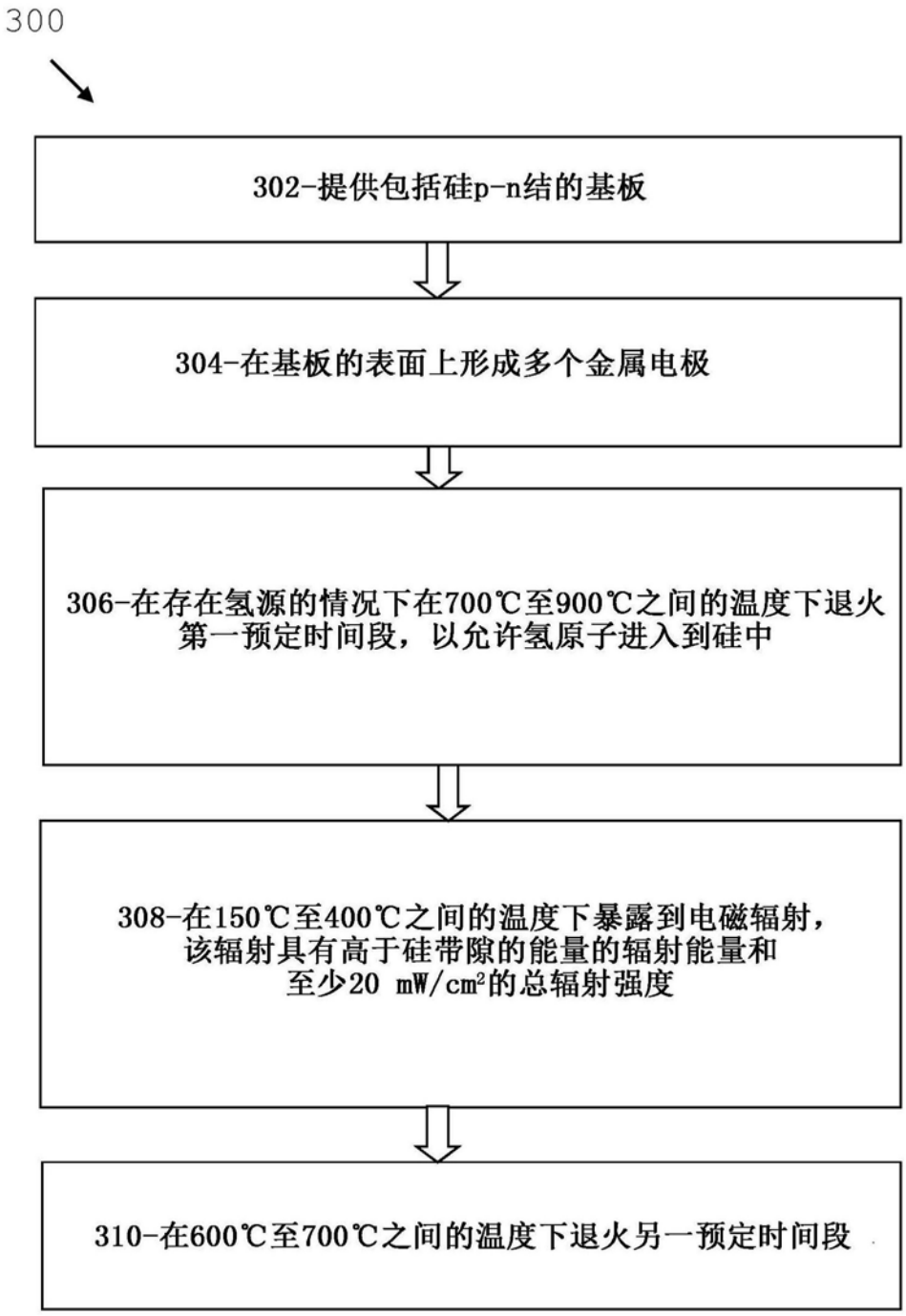

300
302-提供包括硅p-n结的基板
304-在基板的表面上形成多个金属电极
306-在存在氢源的情况下在700℃至900℃之间的温度下退火第一预定时间段，以允许氢原子进入到硅中
308-在150℃至400℃之间的温度下暴露到电磁辐射，该辐射具有高于硅带隙的能量的辐射能量和至少20 mW/cm²的总辐射强度
310-在600℃至700℃之间的温度下退火另一预定时间段

图3

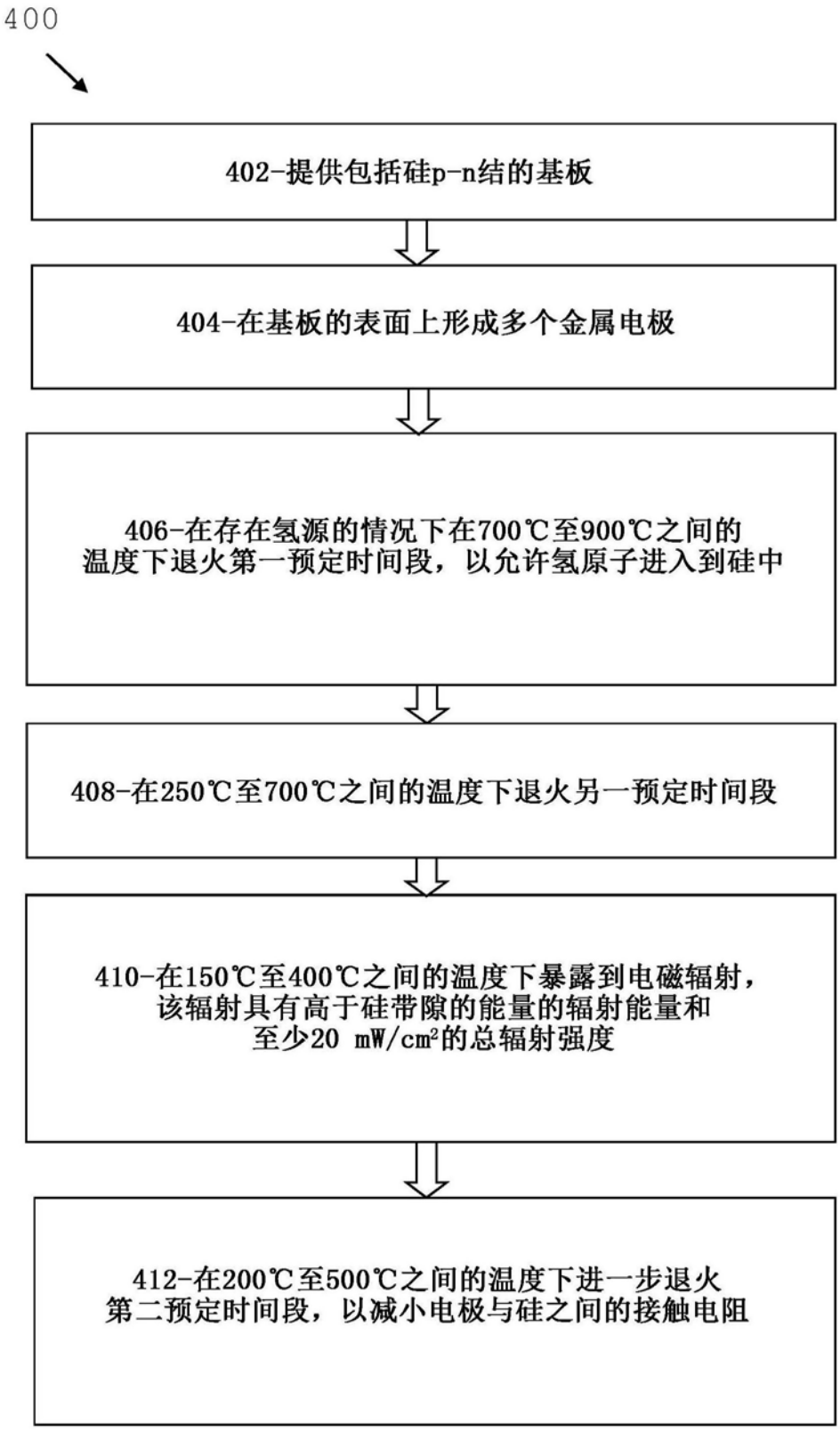

400
402-提供包括硅p-n结的基板
404-在基板的表面上形成多个金属电极
406-在存在氢源的情况下在700℃至900℃之间的温度下退火第一预定时间段，以允许氢原子进入到硅中
408-在250℃至700℃之间的温度下退火另一预定时间段
410-在150℃至400℃之间的温度下暴露到电磁辐射，该辐射具有高于硅带隙的能量的辐射能量和至少20 mW/cm²的总辐射强度
412-在200℃至500℃之间的温度下进一步退火第二预定时间段，以减小电极与硅之间的接触电阻

图4

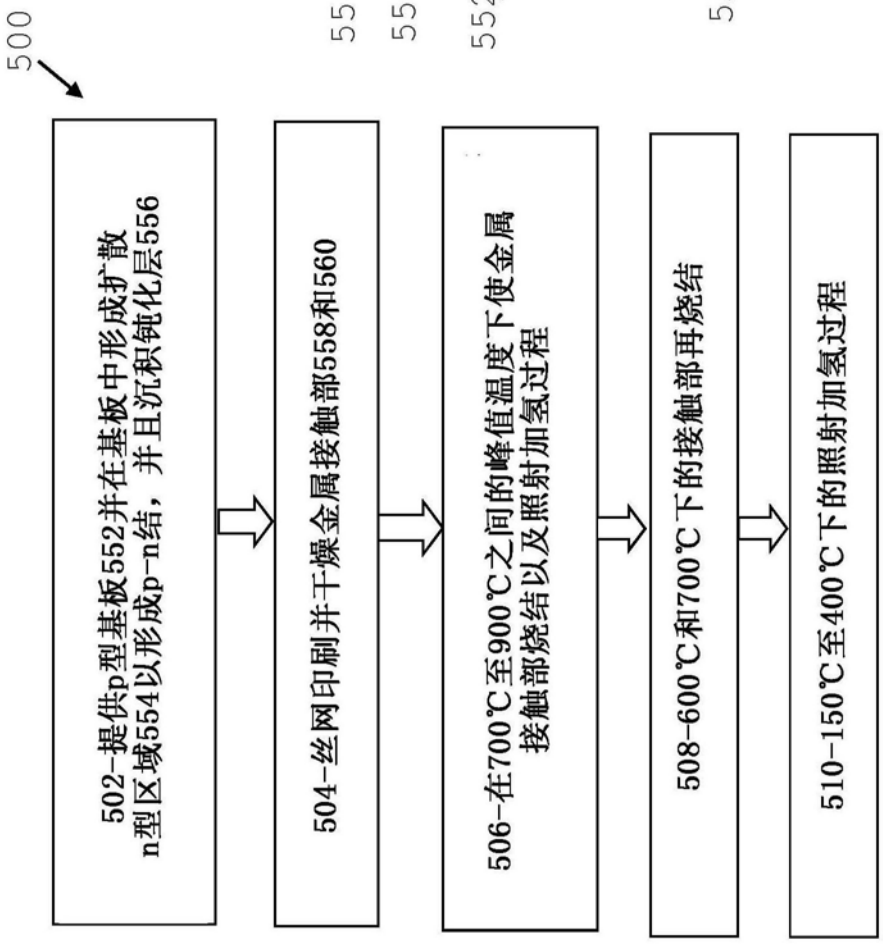

500
502-提供p型基板552并在基板中形成扩散
n型区域554以形成p-n结，并且沉积钝化层556
504-丝网印刷并干燥金属接触部558和560
506-在700℃至900℃之间的峰值温度下使金属
接触部烧结以及照射加氢过程
508-600℃和700℃下的接触部再烧结
510-150℃至400℃下的照射加氢过程

图5(a)

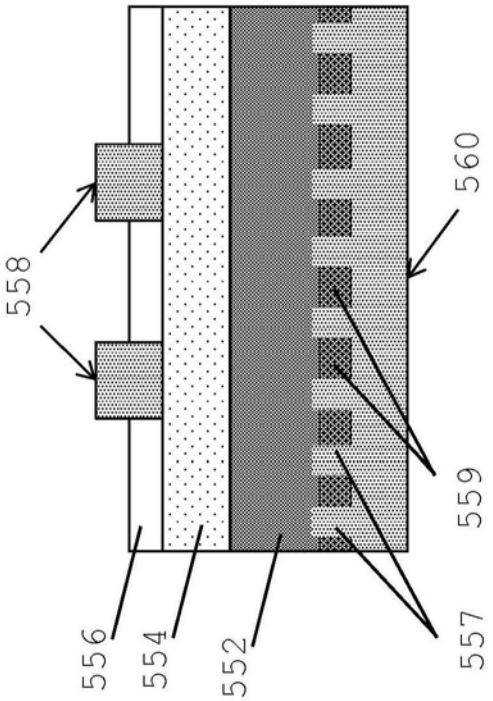

558
560
556
554
552
559
557

图5(b)

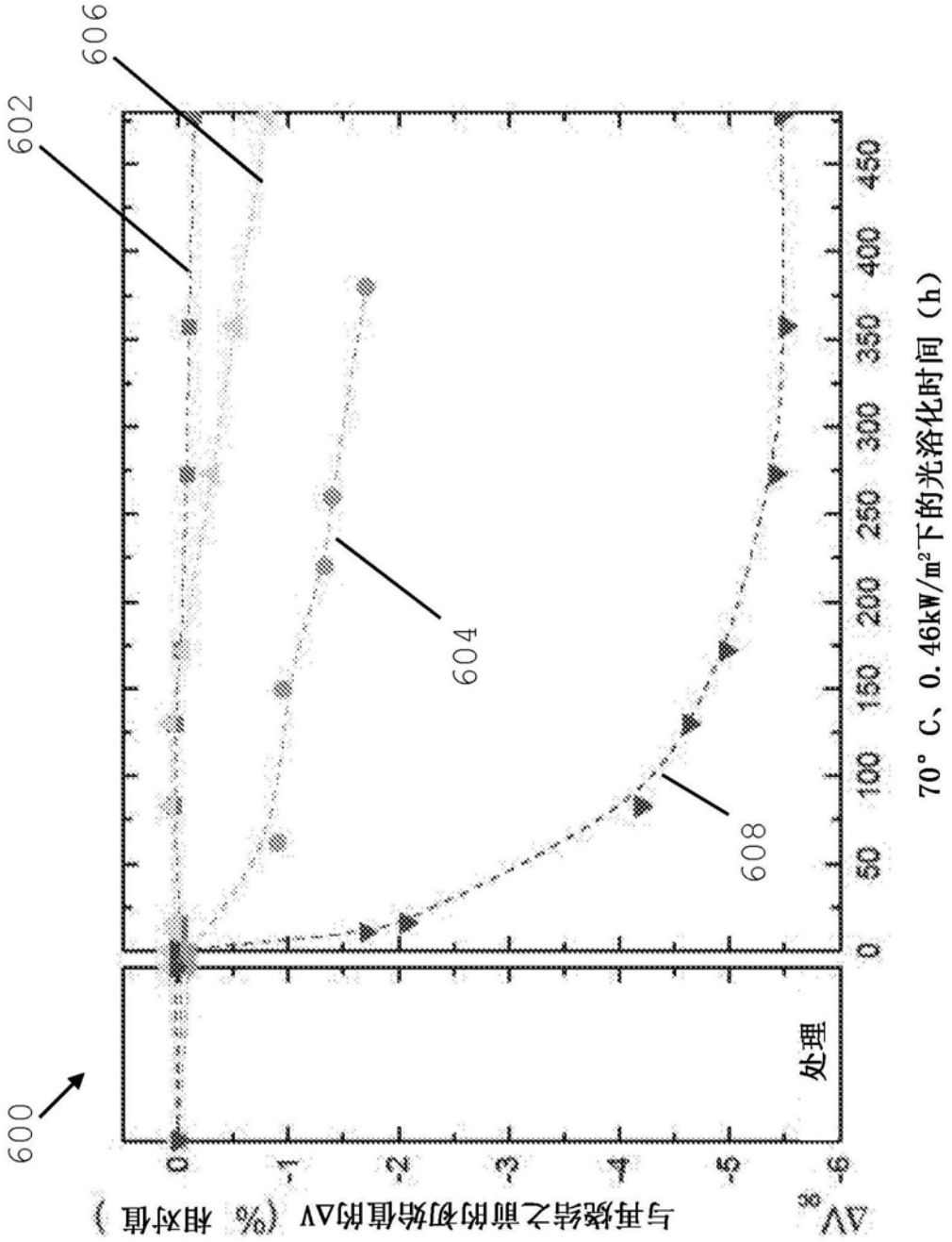

600
602
604
606
608
处理
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
ΔV_{ss}
与再烧结之前的初始值的ΔV（% 相对值）
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
70° C、0.46kW/m²下的光浴化时间（h）

图6

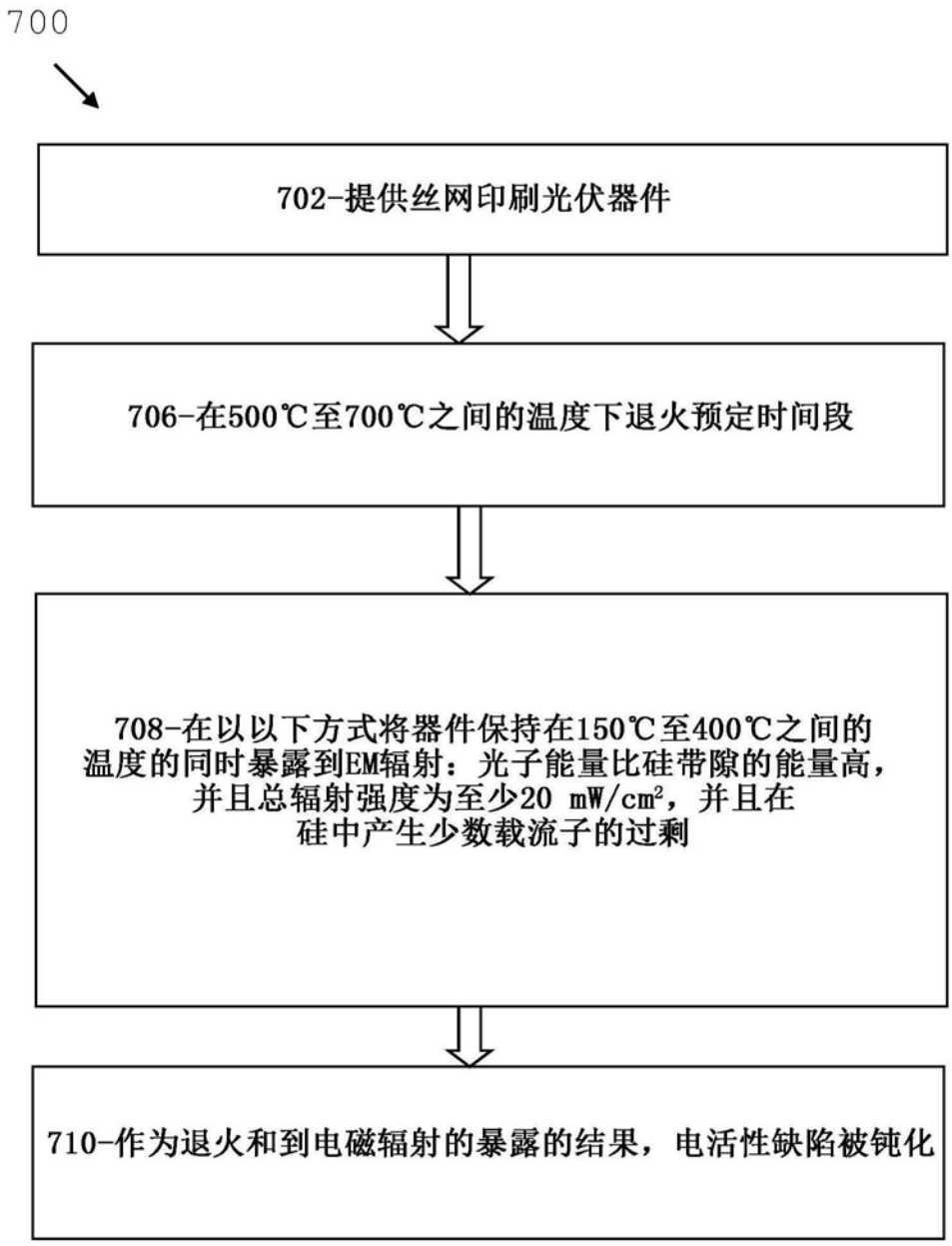

700
702-提供丝网印刷光伏器件
706-在500℃至700℃之间的温度下退火预定时间段
708-在以以下方式将器件保持在150℃至400℃之间的温度的同时暴露到EM辐射：光子能量比硅带隙的能量高，并且总辐射强度为至少20 mW/cm²，并且在硅中产生少数载流子的过剩
710-作为退火和到电磁辐射的暴露的结果，电活性缺陷被钝化

图7