



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109314151 A

(43)申请公布日 2019.02.05

(21)申请号 201780026081.4

塞巴斯蒂安·艾西尔

(22)申请日 2017.04.12

托比亚斯·罗德 埃里克·霍夫曼

(30)优先权数据

102016107802.6 2016.04.27 DE

(74)专利代理机构 北京汇思诚业知识产权代理有限公司 11444

代理人 王刚 龚敏

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.10.26

(51)Int.Cl.

H01L 31/068(2012.01)

H01L 31/0224(2006.01)

H01L 31/18(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2017/058746 2017.04.12

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2017/186488 DE 2017.11.02

(71)申请人 巴登-符腾堡ENBW能源有限公司

地址 德国卡尔斯鲁厄

(72)发明人 莫里斯·达林格尔 凯·卡斯腾斯

尤尔根·H·维尔纳

尤尔根·科勒

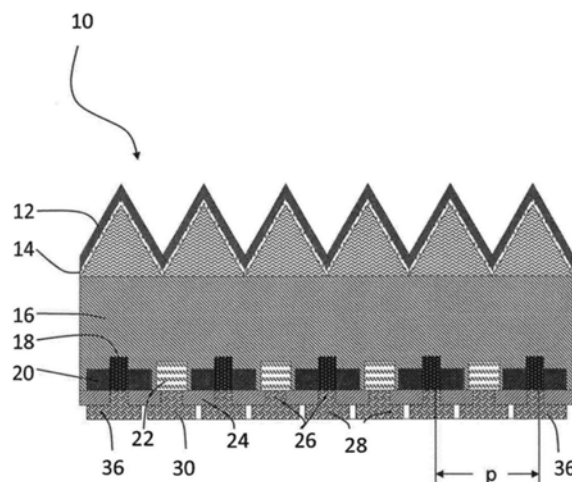
权利要求书1页 说明书8页 附图5页

(54)发明名称

由晶体硅制备背表面触点太阳能电池的方法

(57)摘要

背表面触点太阳能电池(10)包括晶圆(16),其在前表面上具有抗反射涂层(12),在背表面上具有发射器(20)和背表面场(32),以及具有通过激光烧蚀在背表面上产生的触点(28),其中最大间距为800微米。本发明还涉及制备所述类型的太阳能电池(10)的方法。



1. 一种由晶体硅制备背表面触点太阳能电池的方法,包括以下步骤:
 - (a) 掺杂,优选通过激光掺杂,用于制备n掺杂或p掺杂的区域(20,22);
 - (b) 优选通过激光烧蚀,在所述太阳能电池(10)的背表面上暴露接触表面(26);
 - (c) 在所述太阳能电池的背表面施加金属层;和,
 - (d) 通过激光烧蚀构造所述金属层以制备金属触点(28),其中间距为至多800微米。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中使用激光掺杂来制备所述掺杂区域(20,22)。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述间距(p)为至多500微米,更优选为至多100微米,特别优选为至多60微米。
4. 根据权利要求1或2所述的方法,其中所述间距(p)为至少5微米。
5. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中在步骤(c)之后,首先施加抗蚀刻层,所述抗蚀刻层在步骤(d)中被选择性地去除,并且其中使用随后的蚀刻步骤产生彼此电隔离的所述金属触点。
6. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法,其中在步骤(c)中施加铝层,然后施加抗阳极化的层,所述抗阳极化的层在随后的步骤(d)中通过激光方式选择性地烧蚀,然后在所述烧蚀区域中完全阳极化。
7. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述金属触点(28)使用母线(34)连接,所述母线包括金属箔条,所述金属箔条采用激光焊接通过至少一个插入式介电层而接触。
8. 根据权利要求7所述的方法,其中由阳极化铝箔制成的条用于制备所述母线(34)。
9. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,激光掺杂步骤用于制备p型发射器(20)和/或用于在所述太阳能电池(10)的背表面制备n型背表面场BSF(22)。
10. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,在所述太阳能电池(10)的背表面上沉积含有掺杂剂的前体层,以及,通过脉冲激光使用局部辐射产生p型发射器(20),所述掺杂剂特别是硼、铝或镓。
11. 根据权利要求1至9中任一项所述的方法,其中,通过掺杂剂,特别是硼,铝或镓,使用离子注入而局部地产生p型发射器(20)。
12. 一种背表面触点太阳能电池,优选地根据前述权利要求中任一项而制备,所述背表面触点太阳能电池具有晶圆(16),所述晶圆(16)在前表面上具有抗反射层(12),在所述背表面上具有发射器区(20)和基极区(背表面场)(22),并且在所述背表面上具有通过激光烧蚀制备的触点(28),其中间距(p)为至多800微米。
13. 根据权利要求12所述的太阳能电池,其中所述间距(p)为至多500微米,更优选为至多100微米,特别优选为至多60微米,其中所述间距(p)优选为至多5微米。
14. 根据权利要求12或13所述的太阳能电池,其中,基极区域(22)和发射器区域(18)的所述触点(28)使用由金属箔条制成的母线(34)而连接,所述母线(34)使用激光焊接点(38)通过介电层而电连接。
15. 根据权利要求14所述的太阳能电池,其中所述金属箔条(34)包括阳极化铝箔。

由晶体硅制备背表面触点太阳能电池的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种由晶体硅制备背表面触点太阳能电池的方法。

背景技术

[0002] 已知的制备方法使用炉扩散来产生n掺杂和p掺杂区域并用于接触气相沉积的金属。掩模步骤在背表面触点太阳能电池中所需的掺杂区域的结构化制造中以及金属化中都是必需的。由于扩散炉中的硅晶圆在任何地方都具有相同的温度,因此在整个表面上均匀地发生扩散。对于每个扩散,在太阳能电池背表面上的n区和p区产生不同掺杂的条或点结构因此需要掩模(其抑制掺杂剂原子的向内扩散)或是扩散之后的局部蚀刻步骤,以去除不扩散的区域。在这两种情况下,都需要施加扩散抑制掩模层或抗蚀刻保护层,其高分辨率结构也是如此。由于硼扩散和磷扩散必须局部进行,因此在炉扩散发生之前需要这些步骤,并且还必须相对于彼此非常精确地完成。另外,打开用于接触太阳能电池的背表面钝化层需要很高的精度,使得需要光刻步骤。此外,施加金属触点需要至少一个光刻步骤。如果使用两种不同的金属,则需要两个光刻步骤。

[0003] 由于上述原因,通过使用光刻掩模制备背表面触点太阳能电池是不经济的。

[0004] 根据W0 2007/081510 A2,背表面触点太阳能电池由晶体硅制成,其中用于随后的炉扩散的前体层通过丝网印刷或喷墨印刷局而进行部印刷。

[0005] 这种制备导致掺杂区域的不精确匹配,从而导致不佳的效率。

[0006] 从DE 10 2004 036 220 A1的原理中已知通过激光掺杂在固体上制备具有高度无缺陷的掺杂区域。首先,使含有掺杂剂的介质与固体表面接触。然后通过激光脉冲辐射使位于已经与介质接触的表面下方的固体的一个区域熔化一小段时间,使得掺杂剂扩散到熔化区域中并且在熔化区域冷却时重结晶而没有缺陷。

[0007] 原则上,使用这种方法可以避免使用炉扩散进行掺杂的掩模步骤和光刻步骤。在太阳能电池的背表面上进行简单且成本有效的接触的问题仍然存在。

[0008] 从W02015/071217A1中已知使用激光掺杂方法来产生掺杂区域。通过激光烧蚀暴露太阳能电池背表面上的接触表面,然后通过丝网印刷接触(参见M.Dahlinger等人,“Laser-Doped Back-Contact Solar Cells”,IEEE Journal of Photovoltaics,第5卷, No.3,2015年5月,第812-818页;和M.Dahlinger等人,“Laser Doped Screen-printed Back Contact Solar Cells Exceeding 21%Efficiency”,Energy Procedia,第55卷,2014年9月,第410-415页)。

[0009] 虽然丝网印刷是一种成本有效且经过验证的方法,但是通过丝网印刷不能获得高精度,因此效率受到限制。此外,在丝网印刷期间,电荷载子的复合大于例如使用PVD(物理气相沉积)沉积的触点。

[0010] 从W02006/042698A1已知,对于在背表面触点太阳能电池上的接触,首先在背表面上产生金属层,然后沉积蚀刻阻挡层,然后通过激光选择性地去除所述蚀刻阻挡层,最后,使用蚀刻步骤获得不同极之间的电分离。

[0011] 然而,重要的是,期望更高的效率。

[0012] 根据W02015/047952A1,施加金属箔用于接触。箔通过激光选择性地焊接并在不同的极之间分离。

[0013] 这种方法非常耗时且昂贵。

[0014] 根据P.Verlinden等人,“High Efficiency Large Area Back Contact Concentrator Solar Cells with a Multilevel Interconnection”,International Journal of Solar Energy,1988年,第6卷,第347-366页,已知使用阳极氧化方法在背表面触点太阳能电池中产生接触。由于包括不同的光刻步骤的多个步骤,该方法非常复杂。

[0015] 最后,从US 2016/0020343 A1中已知,通过激光转移工艺转移掺杂材料或导电材料,例如以产生用于接触的指状结构。

[0016] 使用激光转移的转移是有些复杂的过程。此外,期望更高的效率。并且,激光转移通常限于种子层,即数十纳米厚的薄层。这些对于传输电流的金属化是不适当的,并且通常必须随后做得更厚,这需要额外的方法步骤。

发明内容

[0017] 鉴于这种背景,本发明的基本目的是提供一种由晶体硅制备背表面触点太阳能电池的方法,该方法允许以高质量和最大可能效率进行最简单和最便宜的生产。

[0018] 该目的通过使用由晶体制备背表面触点太阳能电池的方法实现,该方法具有以下步骤:

- (a) 掺杂,优选通过激光掺杂,用于产生n掺杂或p掺杂的区域;
- (b) 优选通过激光烧蚀,在太阳能电池背表面上暴露接触表面;
- (c) 在太阳能电池的背表面施加金属层;和,
- (d) 通过激光烧蚀来构造金属层以制备金属触点,其中间距为至多800微米。

[0019] 以这种方式实现了本发明的整个目的。

[0020] 由于使用根据(d)的激光烧蚀步骤在太阳能电池的背表面上制备触点,由于高精度,可以获得至多800微米,优选至多500微米,更优选至多100微米,特别优选至多60微米的小间距。例如,间距可以是约50微米。

[0021] 根据本发明,已经发现效率随着间距减小而增加。

[0022] 为了允许尽可能小的间距,在太阳能电池的制备期间的其他步骤,例如掺杂区域的制备和接触表面的暴露,应尽可能避免光刻步骤和掩模步骤,并应避免印刷工艺,以提供最大可能的整体精度。激光技术优选用于这些步骤中的每一个。

[0023] 根据校准所用激光器时的精度,间距具有下限。下限是约5微米的间距。

[0024] 应理解,术语“太阳能电池”应以广义来理解。它还包括特殊形式,如光电池。

[0025] 在本发明的另一个实施方式中,在步骤(c)之后,首先施加在步骤(d)中被选择性地去除的抗蚀刻层,并且其中使用随后的蚀刻步骤产生彼此电隔离的金属触点。

[0026] 以这种方式,防止了相邻触点之间的短路,而没有由于在烧蚀期间激光穿透的太深而导致损坏的风险。

[0027] 在本发明方法的一个替代实施方案中,在步骤(c)中施加铝层,然后施加抗阳极氧化的层,该抗阳极氧化的层在随后的步骤(d)中通过激光方式选择性地烧蚀,然后在烧蚀区

域中完全阳极氧化。

[0028] 以这种方式,代替完全去除相邻极之间剩余的铝,获得了向氧化铝的完全转化,这同样可靠地防止短路。

[0029] 剩余的平坦表面区域得到一定的优点。

[0030] 在本发明的另一个改进中,金属触点使用母线而连接,母线包括金属箔条,其通过激光焊接通过至少一个插入式介电层而接触。

[0031] 根据本发明的第一实施方式,阳极氧化铝箔条用于制备母线。对于每个极,激光焊接过程通过隔离层发生。

[0032] 当然,可以在箔条上或晶圆的背表面上使用不同的介电层或堆叠层以用于隔离。

[0033] 激光掺杂步骤优选用于制备p型发射器和/或用于在太阳能电池的背表面上制备n背表面场(BSF)。

[0034] 为此,优选地,包含掺杂剂,特别是硼、铝或镓的前体层优选地沉积在太阳能电池的背表面上,并且通过借助于脉冲激光使用局部辐射来产生p型发射体。

[0035] 或者,可以使用掺杂剂,特别是硼、铝或镓的离子注入来局部地产生p型发射器。

[0036] 以这种方式,可以高精度地创建发射器并且不需要掩模或光刻步骤。

[0037] 根据本发明的另一实施方式,在通过激光辐射的发射器掺杂期间,使用光束形成或通过在发射器接触表面下局部地使用另一个独立聚焦的激光束来产生更大的掺杂。在光束形成中,关键是脉冲能量密度在触点区域中局部增加,以便在那里获得更高的掺杂。相应的光束形成可以例如使用衍射光学元件而发生。

[0038] 这使得可以以简单的方式进行特别低损耗的接触。

[0039] 脉冲激光优选用于激光掺杂,优选具有30纳秒至500纳秒的脉冲持续时间,进一步优选具有500至600纳米的波长,进一步优选具有1kHz至2MHz的脉冲重复率。进一步优选脉冲能量密度为 $1\text{J}/\text{cm}^2$ 至 $5\text{J}/\text{cm}^2$ 。

[0040] 使用这种激光导致与掺杂的最佳匹配。可以以这种方式局部加热硅表面和前体层,直到可以在最短的时间内局部地执行掺杂工艺到期望的深度,其中同时可以防止过量的掺杂。利用脉冲能量密度的局部变化,可以在接触区域和未接触的发射器区域中同时最佳地调整掺杂。

[0041] 激光束优选地借助于光学元件形成在矩形区域 $X \cdot Y$ 上,并且激光和基板相对于彼此以间隔 L 递增地移动,以掺杂预定表面。

[0042] 以这种方式,可以在矩形区域或线性区域中产生精确的掺杂。

[0043] 在这种情况下,宽度 X 优选为0.02至2毫米,而长度 Y 优选为5微米至500微米。

[0044] 基板和激光器相对于彼此递增地移动的间隔 L 优选地在 $0.1 \cdot Y$ 和 Y 之间。通过重复辐射和移动硅晶圆或通过在 Y 方向上在表面上形成的激光束移动间隔 L 来掺杂条或点的整个期望的表面区域。

[0045] 在本发明的一个有利的改进中,为了在太阳能电池的背表面上产生n背表面场(BSF),首先将磷酸盐玻璃层(PSG)作为前体沉积在基板上,然后通过激光辐射以产生n掺杂。PSG层的沉积与高温扩散炉中的晶圆的表面掺杂(前表面场,FSF)同时发生。FSF的产生允许改善太阳能电池前表面的钝化。

[0046] 在激光掺杂之后,优选使用蚀刻去除磷酸盐玻璃层,然后回蚀基板背表面上的

磷掺杂层的至少一部分。

[0047] 根据深度和磷浓度,回蚀发生在硅晶圆的两侧或仅在背表面上。回蚀步骤的目的是减少硼发射器区中存在的磷。可以通过回蚀步骤调节发射器区域中的磷表面浓度,使得在随后的热氧化之后,硼表面浓度比磷表面浓度大至少五倍。

[0048] 如果前表面用磷过高地掺杂,则必须降低前表面上的磷浓度。这里的目的是使得在随后的使用以这种方式制备的FSF进行最佳的前表面钝化热氧化步骤之后,表面磷浓度为约 $1 \cdot 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 至 $1 \cdot 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 。另外,硅晶圆由于回蚀而经历化学清洁。

[0049] 在激光掺杂BSF层之后或在局部回蚀步骤之后,在 700°C 至 1100°C ,优选 800°C 至 1050°C 的范围内进行热氧化。

[0050] 在这种所谓的驱入步骤中,二氧化硅作为表面钝化而生长。此外,由于高温,掺杂剂原子进一步扩散到硅晶圆中。因此,掺杂的表面浓度在太阳能电池发射器和BSF和FSF中都下降。

[0051] 在本发明的另一优选实施方式中,抗反射层沉积在前表面上,优选地是通过等离子体增强化学汽相沉积(PECVD)沉积的氮化硅层。

[0052] 由低硅和高硅氧化硅或氮化硅制成的堆叠层优选地沉积在太阳能电池的背表面上,优选地通过PECVD沉积。

[0053] 低硅层优选地具有低折射率($n < 1.7$)和在70纳米和300纳米之间的厚度,而随后的高硅层优选地是具有高折射率的层($n > 2.7$)和在10纳米和100纳米之间的厚度的层。两层可以在同一系统中的相同工艺步骤中一个接一个地沉积。除其他外,它们增加了“光捕获”并使背表面钝化。此外,高折射层在后续工艺步骤中用作烧蚀掩膜步骤。

[0054] 在施加堆叠层之后,优选地通过UV激光进行烧蚀以暴露待接触的区域,其中优选地在待接触的区域中仅烧蚀最后沉积的高硅层,这是因为只有它们吸收UV辐射。低硅层对于UV辐射是透明的,因此不能被其吸收,因此防止了其烧蚀。

[0055] 然后可以蚀刻掉向下到硅界面的剩余层以用于随后的接触。

[0056] 以这种方式,接触表面局部地打开而在硅界面处没有激光损坏。

[0057] 在掺杂发射器之前,优选在太阳能电池的前表面上产生前表面纹理。这可以使用前表面上的基板的湿化学抛光和纹理蚀刻来实现。

[0058] 湿化学抛光可以作为第一步骤进行,并且在一侧上的必要情况下,然后这在一侧上进行湿化学纹理蚀刻。该顺序也可以改变,首先进行湿化学纹理蚀刻以产生太阳能电池的前表面纹理,然后进行太阳能电池背表面的单侧湿化学抛光和太阳能电池背表面上的含硼前体层的沉积。

[0059] 根据前述方法制备的由晶体硅制成的背表面触点太阳能电池包括:在前表面上具有抗反射层的晶圆,在背表面上的发射器和基极区域(背表面场),以及通过激光烧蚀在背表面上产生的触点,其中间距为至多800微米。间距优选显著更小,例如在100微米或更小的范围内,例如约50微米。

[0060] 这产生高效率。另外,减少了对BSF部分 f_{BSF} 的依赖性。

[0061] 应当理解,前面引用的本发明的特征和下面还要解释的本发明的特征不仅可以以所提供的特定组合使用,而且还可以以其他组合或通过它们本身使用而不脱离本发明的范围。

附图说明

[0062] 参考附图,通过以下优选示例性实施方式的描述,得到本发明的其他特征和优点。

图1是本发明太阳能电池的简化截面。

图2是根据图1的太阳能电池背表面的单元电池的俯视示意图。

图3a-f描绘了对于不同的晶圆质量,根据太阳能电池的BSF部分 f_{BSF} 和间距 p 的太阳能电池的效率;和,

图4是通过焊接点借助箔条触点连接的示意图。

具体实施方式

[0063] 图1示意性地描绘了本发明的太阳能电池的截面,其总体上用数字10标识。

[0064] 太阳能电池10具有n型硅晶圆16。硅晶圆的前表面设置有金字塔状纹理上的钝化抗反射层12。其下方是前表面磷扩散层,前表面场(FSF)14。

[0065] 在其背表面上,太阳能电池10具有激光掺杂的硼发射器区20,该硼发射器区上具有发射器18,每个发射器以选择强度掺杂,触点28施加到该发射器上。

[0066] 此外,通过磷进行激光掺杂的基极区22设置在太阳能电池10的背表面上。使用钝化层24,背表面与触点28隔离,通过触点28接触选择性掺杂的发射器18,然后产生高掺杂的基极区22。

[0067] 图2是根据图1的太阳能电池10的背表面的单元电池的俯视示意图。单元电池在图的顶部和底部以镜像继续。太阳能电池边缘位于左侧和右侧。30表示基极接触区域。22表示由BSF(背表面场)掺杂产生的基极区。34表示母线的掺杂。20表示发射器掺杂。图18表示选择性较高掺杂的发射器。最后,36表示发射器接触区。

[0068] 所谓的“间距”是指两个相邻发射器18之间的距离(该间距在某种意义上也是太阳能电池的“周期”)。图1用 p 表示间距。

[0069] 图3a-f示出了特别对于不同的晶圆,根据间距 p 和BSF部分 f_{BSF} (欧姆接触的表面部分(基极区22,BSF掺杂))的太阳能电池的相对效率与总表面积(基极区22加发射器18)之间的关系。这里 ρ 代表晶圆的比电阻, τ 代表少数电荷载荷子的体积使用寿命。

[0070] 这表明,间距 p 越小,相对效率 η 越大,而与晶圆的比电阻和体积使用寿命无关。另外,间距 p 越小,对BSF部分 f_{BSF} 的依赖性越低。根据BSF部分 f_{BSF} ,以较小的间距 p 平滑较大间距 p 处的显著最大值。在间距 p 为50微米时,实际上不再与BSF部分 f_{BSF} 有关系。

[0071] 根据本发明,利用与间距 p 的这种关系来获得最大可能的效率。

[0072] 根据本发明,使用激光技术,可以以技术上相对简单的方式制备间距 <800 微米,优选 <100 微米,更优选 <60 微米的太阳能电池10。通常,间距大于5微米。

[0073] 下面将详细描述这种太阳能电池10的制备。

[0074] 本发明的方法在没有任何掩膜步骤的情况下进行。相反,使用激光掺杂步骤和激光烧蚀步骤来打开背表面钝化层。用于制备发射器的激光掺杂也可任选地由局部离子注入步骤代替。在制备用于发射器18和基极区域22的触点28期间,使用进一步的激光烧蚀步骤。

[0075] 已经基极掺杂的n型硅晶圆用于制备太阳能电池10。

[0076] 首先,太阳能电池10的前表面经历湿化学碱性纹理化以产生金字塔状纹理化表面。然后,太阳能电池10的背表面经受湿化学抛光(碱或酸)。然后在太阳能电池10的背表面

上沉积含硼、铝或镓的前体层。这些步骤的顺序也可以改变：湿化学抛光（必要时仅在一侧）可以先进行，然后在太阳能电池10的前表面上进行单侧湿化学纹理化。

[0077] 例如，使用溅射系统，或使用等离子体-化学沉积系统（例如APCVD），或使用旋涂方法或喷涂系统，可以施加太阳能电池10的背表面上的前体层。

[0078] 然后，激光掺杂工艺用于在太阳能电池10的背表面上产生p型发射器。这里，激光脉冲熔化硅晶圆的表面。由于液体硅中的高扩散常数，在液相期间，存在于前体层中的掺杂原子在约100纳秒内扩散入硅晶圆的表面内直到深度约为1000纳米处，从而形成p型发射器。

[0079] 这里，可以使用光学元件在硅表面上形成激光束，使得单一激光脉冲熔化具有表面积 $X \cdot Y$ 的清晰限定的矩形区域。优选地 $0.02 \text{毫米} < X < 2 \text{毫米}$ 以及 $5 \text{微米} < Y < 500 \text{微米}$ 。这里变量 X 限定发射器条或点的宽度。由于硅晶圆的重复辐射和移动，或者由于在表面上形成的激光束在 Y 方向上移动增量 L ，对发射器条或点的整个表面区域进行掺杂。这里优选 $0.1 \cdot Y < L < Y$ 。

[0080] 此外，在发射器掺杂期间，在发射器母线区域下方产生局部增加的硼掺杂。这可以通过在激光辐射期间使用光束形成或通过使用不同的，独立聚焦的激光束而发生。在光束形成期间，关键是脉冲能量密度在触点区域局部增加，以便在那里获得更大的掺杂。可以获得相应的光束形成，例如，使用衍射光学元件。

[0081] 由于在发射器母线区域（也称为选择性发射器）下方局部增加的硼掺杂，实现了较低的总串联电阻，并因此获得了太阳能电池的更好的填充因子。此外，由于在发射器触点下方局部增加的硼掺杂，减少了电荷载荷子在金属半导体界面上的复合。因此，开路电压以及太阳能电池10的效率增加。此外，接触电阻减小，使得总串联电阻下降并且填充因子上升。

[0082] 在发射器激光掺杂期间，可以在没有额外工艺步骤的情况下完成两种局部掺杂。通过改变激光脉冲能量密度来调节掺杂分布，从而调节层电阻。

[0083] 在激光掺杂发射器18之后，以湿化学方式去除剩余的前体层。用于此目的的化学溶液取决于所用的前体层。

[0084] 然后使用盐酸-过氧化氢溶液然后使用氢氟酸浴来清洁硅晶圆16。

[0085] 作为使用先前沉积的前体层的上述激光掺杂的替代方案，也可以使用局部离子注入步骤来产生掺杂有硼的太阳能电池10的发射器18。通过离子注入和掺杂剂原子的活化而非晶化的硅的无缺陷重结晶使用如下所述的热氧化来获得，其也在随后进行激光掺杂步骤时进行。

[0086] 此外，通过使用富磷前体层的激光掺杂，以高掺杂 n 区域的形式在硅晶圆的背表面上产生所谓的背表面场（BSF）。

[0087] 为此，首先在标准高温管式炉中在硅晶圆的前表面和背表面上沉积富磷的磷硅酸盐玻璃层。 POCl_3 和 O_2 用于工艺气体。沉积在 700°C 和 850°C 之间的温度下进行。此外，一些磷在硅晶圆中扩散数纳米至500纳米。优化的扩散使得尽可能低和浅的深度掺杂发生，但仍产生富磷的磷硅酸盐玻璃或存在富磷界面。

[0088] 富磷界面或磷硅酸盐玻璃层用作后续激光掺杂工艺的掺杂剂源。

[0089] 如前述发射器掺杂中所述，激光脉冲熔化硅晶圆的表面。由于液体硅中的高扩散常数，在液相期间，存在于磷硅酸盐玻璃层中的磷原子在大约100纳秒内扩散进入硅晶圆的

表面到大约1000纳米的深度并形成BSF区32,即高度掺杂的n区。如上所述,这里使用光学元件在硅表面上形成激光束,使得单一激光脉冲熔化具有表面积大小为 $X \cdot Y$ 的清晰限定的矩形区域。同样,BSF条或点的整个表面区域使用在Y方向上以间隔L在硅晶圆和激光束之间的相对移动而逐渐掺杂。此外,相同的几何关系在上文已经关于发射器掺杂进行描述。

[0090] 在局部BSF激光掺杂之后,通过氢氟酸溶液(1%至50%)去除磷硅酸盐玻璃层。

[0091] 然后,至少在衬底的背表面上回蚀一些磷掺杂层。为此,使用由氢氟酸、硝酸、乙酸和去离子水制成的湿化学溶液回蚀到磷掺杂层的约10纳米至300纳米的深度。该蚀刻步骤根据硅晶圆两侧或仅是背表面的深度和磷浓度而发生。回蚀的目的是减少硼发射器区中存在的磷。

[0092] 在下文中将描述的热氧化之后,发射器区域中的硼表面浓度应该比磷表面浓度大至少五倍。如果磷掺杂过高,则需要降低前表面上的磷浓度。这里的目标是在随后的高温氧化之后获得 $1 \cdot 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 至 $1 \cdot 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 的磷表面浓度。另外,回蚀步骤提供硅晶圆的化学清洁。

[0093] 然后,使用盐酸-过氧化氢溶液和随后的氢氟酸浴进行第一次湿化学清洁。

[0094] 接下来是热氧化作为所谓的驱入步骤。这里二氧化硅层随着表面钝化而生长。或者,也可以使用氮化硅层、氧氮化硅层或碳化硅堆叠层。在驱入期间,由于高温(约800°C至1050°C),掺杂剂原子进一步扩散到硅晶圆中。因此,掺杂的表面浓度在背表面场(BSF)(基极区)和前表面场(FSF)以及发射器中都下降。所得到的二氧化硅生长至5纳米至105纳米的层厚,其中在5纳米至20纳米的范围内的层厚期望地需要与另外的抗反射涂层结合。

[0095] 为了减少太阳辐射在太阳能电池10的表面的有效反射,通过等离子体增强化学气相沉积(PECVD)在太阳能电池10的前表面上沉积氮化硅层。这里的折射率应在1.9和2.3之间。

[0096] 将1至50 μm 厚的铝层例如通过蒸发或阴极溅射而施加到太阳能电池10的背表面的整个表面区域,稍后使用该层制备在基极区22和发射器18上的触点28。

[0097] 例如通过蒸发、APCVD、PECVD、CVD或阴极溅射,将金属覆盖层、半导体覆盖层或电介质覆盖层施加到铝层。该层应该是耐蚀刻的或者应该仅能够通过随后使用的蚀刻剂之一(例如,磷酸、盐酸、氢氧化钠或氢氧化钾)轻微蚀刻。该层可包括例如镍、锌、非晶硅或 SiO_x 、氮化硅或碳化硅。

[0098] 现在,对施加到铝层的覆盖层进行局部烧蚀。

[0099] 在随后的蚀刻步骤中,借助于蚀刻剂(例如磷酸、盐酸、氢氧化钠或氢氧化钾)去除借助于激光暴露的区域中的铝,使得彼此隔离的触点28产生在基部区域22和发射器18上。

[0100] 代替通过蚀刻去除材料而在交替接触区域之间产生隔离,根据一种方法变型,可以通过选择性地阳极氧化铝层来产生隔离。

[0101] 为此,在施加铝层之后,施加抗阳极氧化的层,例如 SiO_x 、 SiN_x 、 SiC_x 、 Si 、 Ni 、 Cu 。在随后的步骤中通过激光烧蚀选择性地去除该层。然后将烧蚀区域在阳极氧化浴(例如 H_2SO_4 或草酸)中完全阳极氧化(在图1中,保留在相邻触点28之间的狭缝将完全用氧化铝填充)。

[0102] 在任何情况下,通过使用激光技术可以实现非常小的间距 p ,并且可以在100 μm 的数量级或甚至在约50 μm 的范围内。从图3a-f中可以看出,这显著提高了效率 η 。

[0103] 脉冲激光系统用于前述激光掺杂工艺中(参见W02015/071217A1和

DE102004036220A1,其在此通过引用整体并入本文)。以下激光参数优选用于产生掺杂剂的优化深度分布:

- 在30纳秒到500纳秒之间的脉冲持续时间,
- 在500纳米和600纳米之间的波长,
- 在1kHz和2MHz之间的脉冲重复率,
- 在1J/cm²和5J/cm²之间的脉冲能量密度。

[0104] 作为选择,使用由金属箔制成的箔条的激光焊接两个触点极(发射器和基极)来产生用于另外的电池电路的母线(接触条)34。箔条可以各自与另一极重叠。介电层或堆叠层使箔条与互补极隔离。

[0105] 在最简单的情况下,使用由铝箔制成的条,铝箔在面向触点28的一侧上设置有隔离阳极氧化层。对于每个极,激光焊接过程通过隔离层而发生。

[0106] 当然,可以在箔条上或晶圆的背表面上使用另一介电层或堆叠层以用于隔离。

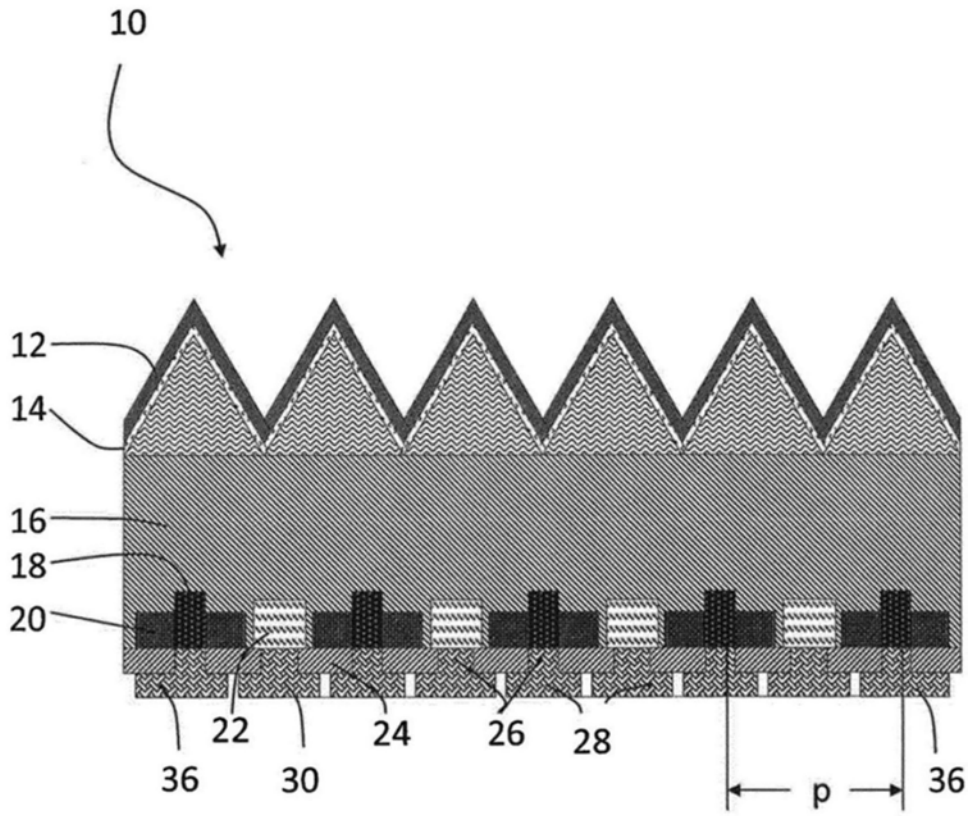


图1

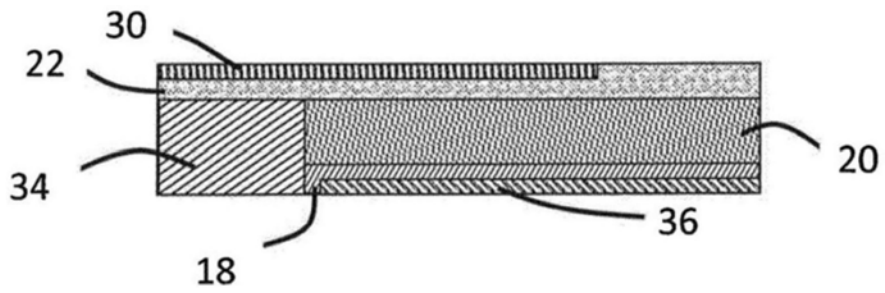


图2

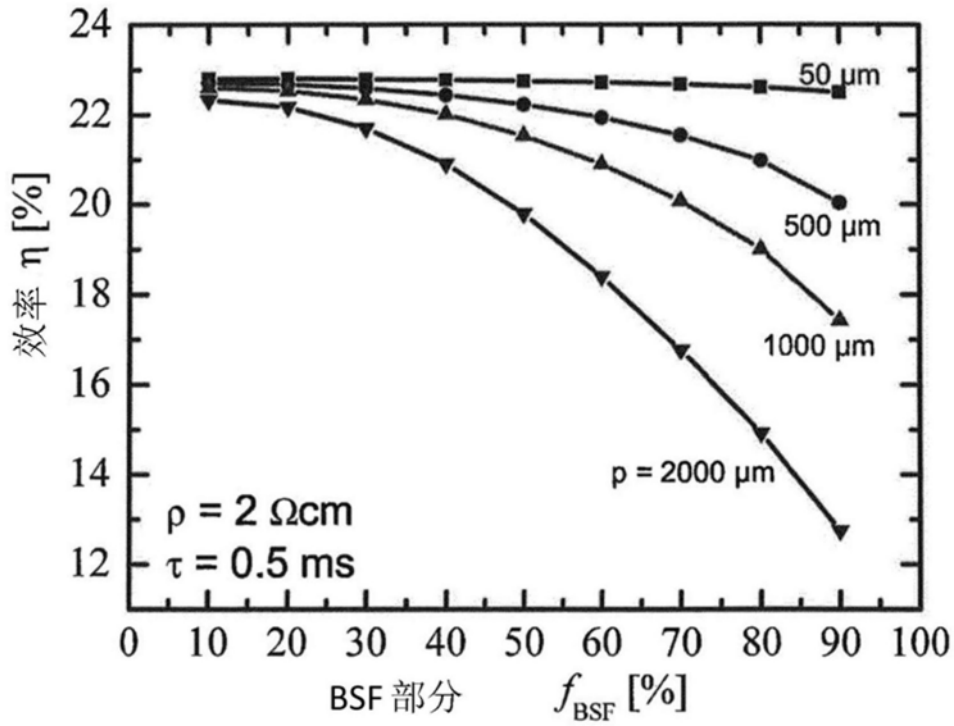


图3a

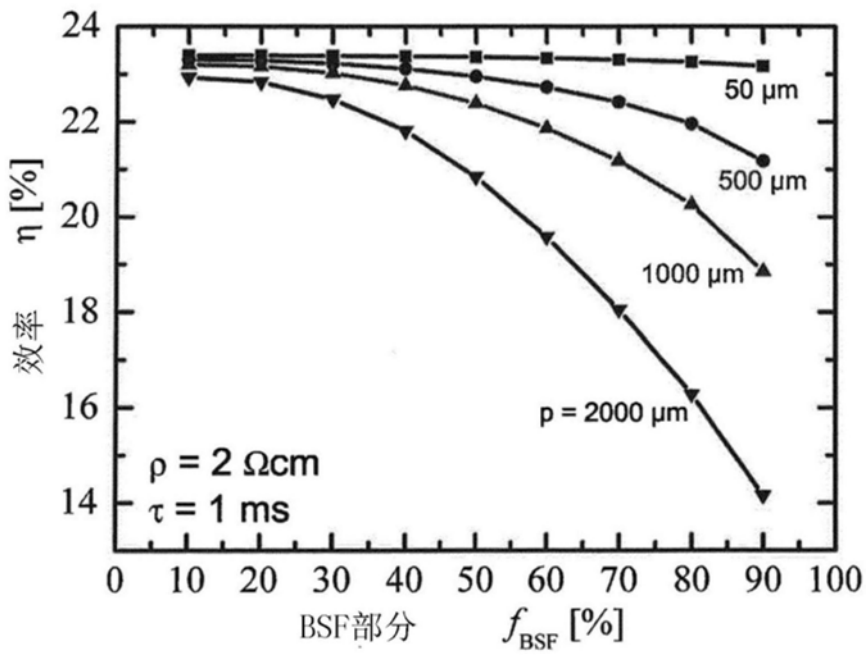


图3b

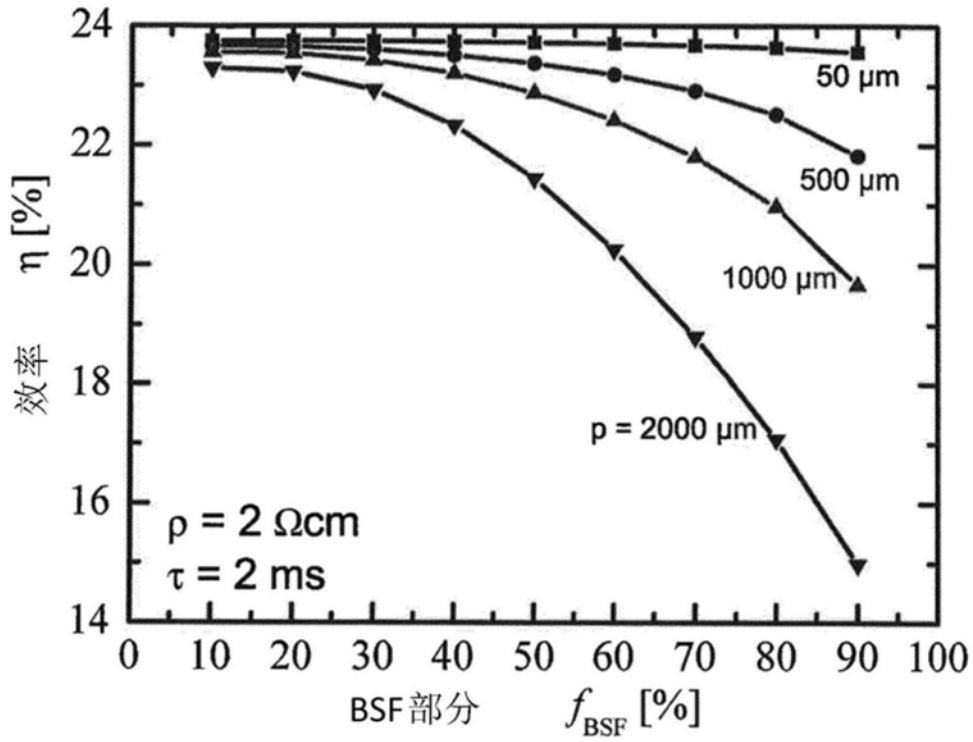


图3c

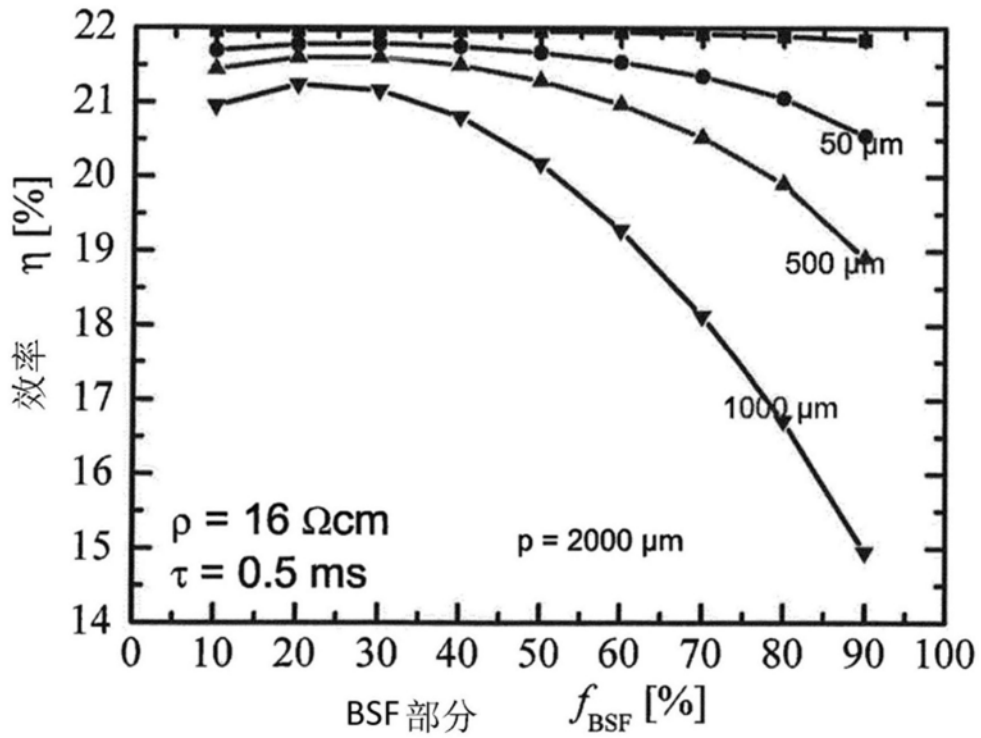


图3d

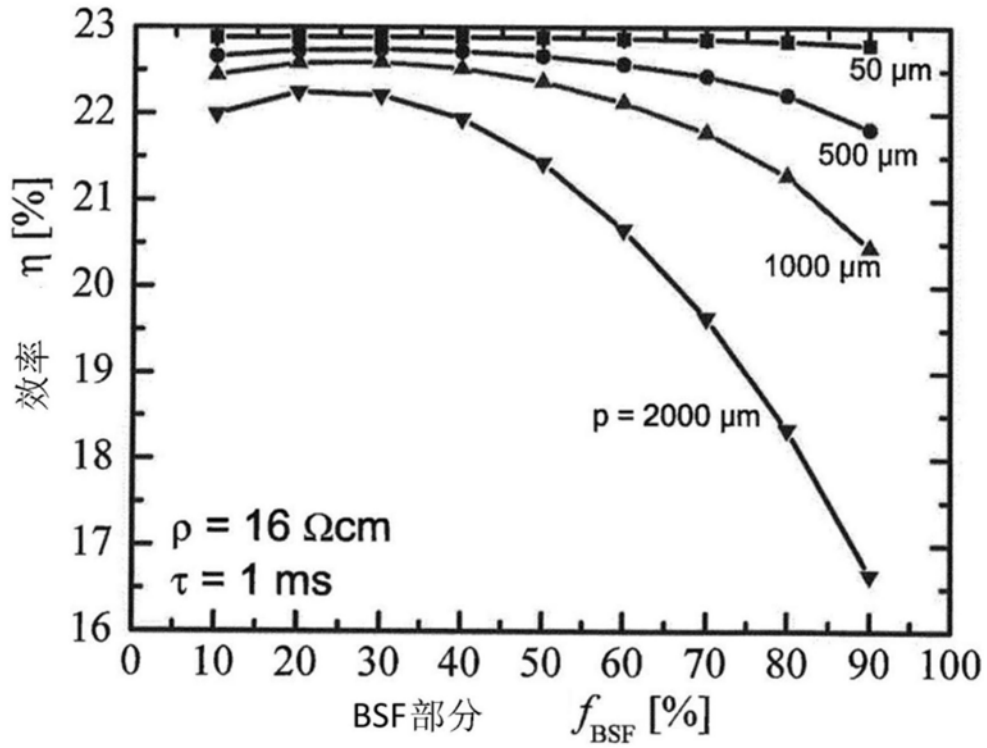


图3e

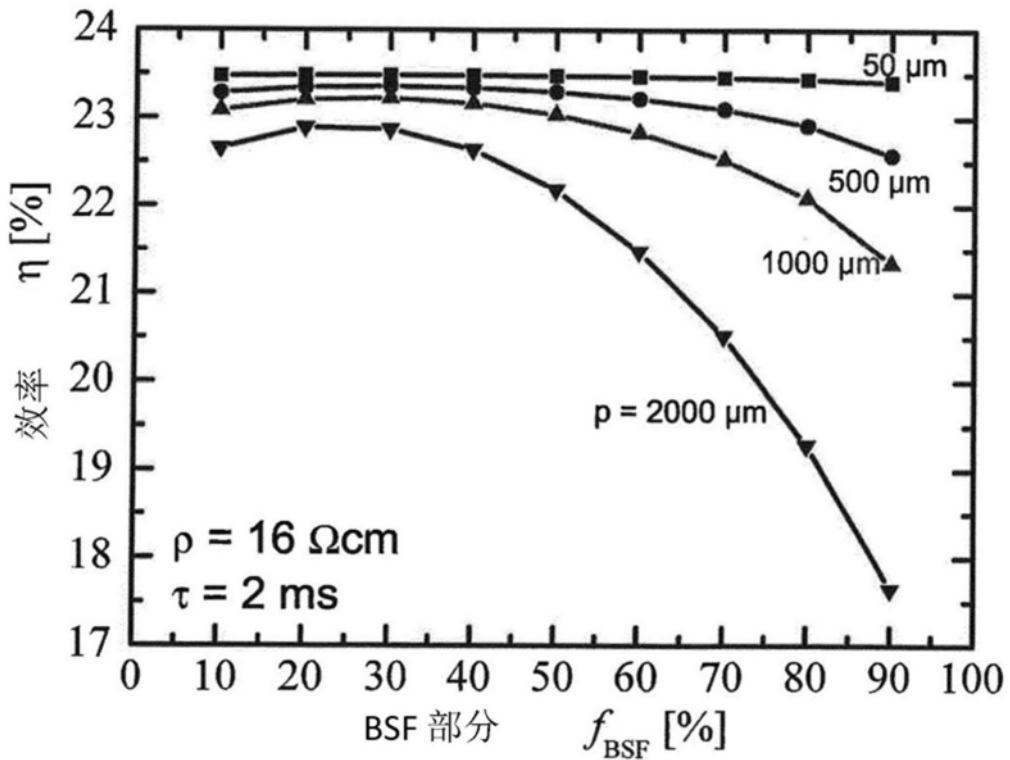


图3f

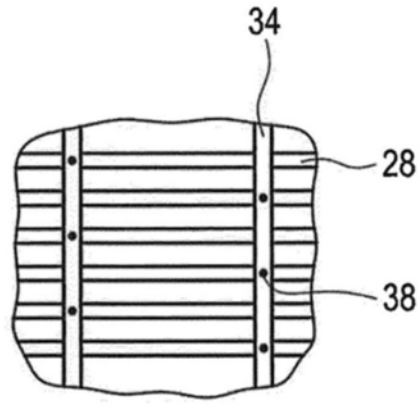


图4