(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 102157569 A
(43)申请公布日 2011.08.17

(21)申请号 201110094195.7

(22)申请日 2006.12.07

(30)优先权数据
60/751,168 2005.12.16 US

(62)分案原申请数据
200680047245.3 2006.12.07

(71)申请人 BP北美公司
地址 美国伊利诺伊州

(72)发明人 大卫·E·卡尔森

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司 11219
代理人 孙志湧 安翔

(51)Int.Cl.
H01L 31/02(2006.01)

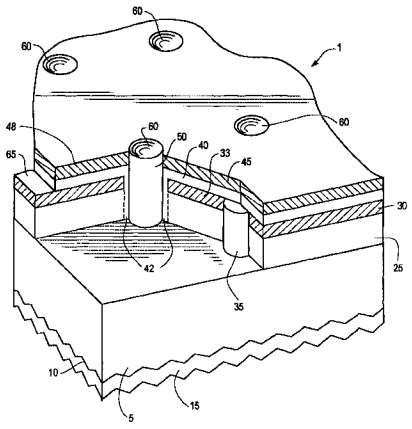
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 7 页

(54)发明名称

背接触式光伏电池

(57)摘要

本发明涉及背接触式光伏电池。光伏电池，其包括包含第一导电型的半导体材料的晶片，所述晶片包括第一光接收表面和与该第一表面相对的第二表面；位于所述晶片第一表面上方的第一钝化层；包括位于所述晶片第二表面上方的点接触的第一电接触，其具有与所述晶片导电型相反的导电型；以及包括位于所述晶片第二表面上方的点接触的第二电接触，其与所述第一电接触电分离，并具有与所述晶片导电型相同的导电型。



CN 102157569 A

1. 一种光伏电池，其包括：

包含第一导电型的半导体材料的晶片，所述晶片包括第一光接收表面和与该第一表面相对的第二表面；

位于所述晶片第一表面上方的第一钝化层；

位于所述晶片第二表面上方的第二钝化层；

包含位于所述晶片第二表面上方的点接触的第一电接触，其具有与所述晶片导电型相反的导电型；

包含位于所述晶片第二表面上方的点接触的第二电接触，其与所述第一电接触电分离；和在一个所述点接触的周围的缓冲层。

2. 如权利要求 1 所述的光伏电池，其中所述半导体晶片包含掺杂晶体或多晶硅。

3. 如权利要求 2 所述的光伏电池，其中所述第一钝化层包含氮化硅、氢化非晶硅、氢化微晶硅或其组合。

4. 如权利要求 3 所述的光伏电池，其中所述第一钝化层包含氮化硅。

5. 如权利要求 1 所述的光伏电池，其包括邻近电接触的点接触的发射区，所述点接触在此处进入所述晶片的表面。

6. 如权利要求 1 所述的光伏电池，其包括邻近电接触的点接触的欧姆区，所述点接触在此处进入所述晶片的表面。

7. 如权利要求 1 所述的光伏电池，其包括靠近一个所述点接触的反型层。

8. 如权利要求 1 所述的光伏电池，其中所述点接触通过激光烧穿形成。

9. 如权利要求 1 所述的光伏电池，其中一个所述接触包含锡，其与锑、磷、或其组合的一种或多种形成合金。

10. 如权利要求 1 所述的光伏电池，其中所述晶片具有扩散长度且所述扩散长度与所述晶片厚度的比值大于 1.1。

11. 一种从第一导电型的半导体晶片制造光伏电池的方法，所述光伏电池含有第一光接收表面和与第一表面相对的第二表面，该方法包括：

在所述晶片第一表面的上方形成第一钝化层；

在所述晶片第二表面的上方形成第二钝化层；

在第二钝化层的上方形成电接触材料的第一层；

形成从电接触材料的第一层穿过第二钝化层并至晶片内的多个点接触；

在电接触材料的第一层中形成多个开口，所述开口穿过所述第二钝化层；

在所述多个开口中和在所述第二钝化层的上方形成包括掺杂剂的缓冲层；

在电接触材料的第一层的上方形成绝缘材料层，所述绝缘材料层进入多个开口中，并形成填充的开口；

在绝缘材料层的上方形成电接触材料的第二层；

形成从电接触材料的第二层穿过填充的开口并至晶片内的多个点接触。

12. 如权利要求 11 所述的方法，其中所述点接触通过激光烧穿形成。

13. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述第一和第二钝化层包含氮化硅。

14. 如权利要求 1 所述的方法，其中一个所述电接触包含锡。

15. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述半导体晶片包含掺杂晶体硅或多晶硅。

背接触式光伏电池

[0001] 本申请是分案申请。原案申请日为:2006年12月7日;原案申请号为:200680047245.3(PCT/US2006/061725);原案发明创造名称为:“背接触式光伏电池”。

[0002] 发明背景

[0003] 本发明涉及新的光伏电池。更具体地,本发明涉及将光能,特别是太阳能,高效转化为电能的光伏电池,并且此类电池在后表面上具有电接触。本发明还涉及制造此类电池的方法。

[0004] 光伏电池的一个最重要的特征就是其将来自太阳的光能转化为电能的效率。另一个重要的特征是可用大规模制造的方式制造此类电池的能力。因此,该领域不仅持续努力增加光伏电池将光能转化为电能的效率,而且还努力使用安全、环境友好、大规模的制造方法来制造它们。

[0005] 尽管光伏电池可由许多半导体材料制得,但是通常使用的是硅,因为其价廉易得,也因为其具有用于制造光伏电池的合适的电平衡、物理和化学性质。在典型制备光伏电池的步骤中,使用硅作为选定的半导体材料,所述硅掺杂有正或负导电型掺杂剂,形成在单晶硅锭中,或浇铸在块或本领域指多晶硅的“砖”中,并且这些锭或块通过本领域中已知的各种切割或锯割方法被切割为薄的基材,称之为晶片。这些晶片用于制造光伏电池。然而,这些方法并不是唯一得到合适的用于制造光伏电池的半导体晶片的方法。

[0006] 依照惯例,正导电型(positive conductivity type)通常被命名为“p”或“p-型”,而负导电型(negative conductivity type)被命名为“n”或“n-型”。因此,“p”和“n”为相反的导电型。

[0007] 当该晶片被形成在光伏电池中时,晶片的光入射的面在这里称作前面或前表面,与前面相对的表面在这里称作后面或后表面。

[0008] 在典型和常规的制造光伏电池的方法中,使用例如p-型硅晶片,将该晶片暴露于合适的n-掺杂剂中以在晶片的前面或光接收侧形成发射层和p-n结。通常,所述n-型层或发射层这样制备:首先使用本领域中常用的技术,如化学或物理沉积将n-掺杂剂沉积至p-型晶片的前表面上,沉积后,将所述n-掺杂剂,例如磷,驱入所述硅晶片的前表面中,以使n-掺杂剂于晶片表面中进一步扩散。该“驱入(drive-in)”步骤通常将该晶片暴露于高温下实现。因而在n-型层和p-型硅晶片基质间的界面上形成p-n结。在磷或其它掺杂形成发射层前,所述晶片表面可被织构化。

[0009] 为了利用将p-n结暴露至光能中而产生的电位,光伏电池通常在晶片的前面具有导电的前电接触(front electrical contact),以及在晶片的后面具有导电的后电接触。这些接触通常由一种或多种高导电的金属制得,因此通常不透明。由于所述前接触位于光伏电池面向太阳或其它光能源的一侧上,因此通常期望所述前接触占有电池的前表面尽量小的面积,而仍然能捕捉与电池相互作用的入射光所产生的电荷。尽管使用前接触以减小该接触所覆盖或遮蔽的电池前表面的面积,但是前接触仍然降低了本可用来产生电能的光伏电池的表面面积。上述的方法还使用大量高温处理步骤以制备光伏电池。使用高温增加了制造光伏电池所需的时间,耗费能量,并需要使用昂贵的高温炉或其它在高温下用于制

造光伏电池的设备。

[0010] 因此，本领域需要具有高效率的光伏电池，其可使用大规模的制造方法制造，且优选通过不利用高温处理步骤或至少使用最低高温处理步骤的方法，并且这里所述电池为了增加效率，在晶片的前侧或表面没有电接触，因此最大化了将光转化为电流电池的前表面的可用区域。本发明提供此类光伏电池。通过将该光伏电池暴露于太阳光中，本发明的光伏电池可用于高效地产生电能。

[0011] 发明概述

[0012] 本发明是一种光伏电池，其包括：包括第一导电型半导体材料的晶片，第一光接收表面和与第一表面相对的第二表面；位于所述晶片第一表面上方的第一钝化层；包括位于所述晶片第二表面上方的点接触的第一电接触，其具有与所述晶片相反的导电型；包括位于晶片第二表面上方的点接触的第二电接触，其与第一电接触电分离，并具有与所述晶片相同的导电型。

[0013] 本发明还是一种制造此类光伏电池的方法。

附图说明

[0014] 图 1 是根据本发明实施例的光伏电池一部分的三维、部分剖开立体图。

[0015] 图 2 是图 1 的光伏电池一部分的平面图。

[0016] 图 3 是图 1 的光伏电池一部分的截面图。

[0017] 图 4 是根据本发明实施例的方法的流程图。

[0018] 图 5 是根据本发明实施例的光伏电池一部分的截面图。

[0019] 发明详述

[0020] 在本发明方法中可用于制造光伏电池的半导体晶片优选包含硅，并通常为薄的、扁平的形状。如果需要，所述硅可包含一种或多种另外的材料，如一种或多种半导体材料，例如锗。对于 p- 型晶片，广泛使用硼作为 p- 型掺杂剂，尽管其它的 p- 型掺杂剂，例如铝、镓或铟也满足其需求。硼是优选的 p- 型掺杂剂。这些掺杂剂的组合也是合适的。因此，p- 型晶片的掺杂剂可包括，例如，硼、铝、镓或铟的一种或多种，并优选包含硼。如果使用 n- 型硅晶片，掺杂剂可为，例如，磷、砷、锑或铋的一种或多种。合适的晶片通常通过切割或锯割硅锭获得，如单晶硅锭，以形成单晶晶片，如所谓的提拉 (Czochralski，C_z) 硅晶片。合适的晶片也可通过切割或锯割浇铸的多晶硅块来制备。硅晶片也可由熔融硅直接拉出，使用如边缘限定硅膜生长 (Edge-definedFilm-fed Growth，EFG) 技术或类似技术等方法。尽管该晶片可为任意形状，但晶片通常为圆形、正方形或准正方形 (pseudo-square)。“准正方形”是指基本上为正方形形状的通常具有圆角的晶片。在本发明的光伏电池中使用的晶片为合适的薄。例如，本发明中使用的晶片可为约 10 微米厚度至约 300 微米厚度。例如，它们可为约 10 微米直到约 200 微米厚。它们可为约 10 微米直到约 30 微米厚。如果为圆形，晶片可具有的直径为约 100 至约 180 毫米，例如 102 至 178 毫米。如果为正方形或准正方形时，它们可具有的宽度为约 100 毫米至约 150 毫米，且圆角的直径为约 127 至约 178 毫米。在本发明方法中使用的，并随后可通过本发明方法制备的光伏电池中使用的晶片，例如，可具有的表面积为约 100 至约 250 平方厘米。所述晶片可用用于本发明方法的第一掺杂剂掺杂，且可具有的电阻系数为约 0.1 至约 20ohm·cm，通常为约 0.5 至约 5.0ohm·cm。

[0021] 在本发明的光伏电池中的使用的晶片优选具有大于该晶片厚度 (t) 的扩散长度 (L_p)。例如，L_p 与 t 的比例为适当地大于 1。例如其可为大于约 1.1，或大于约 2。该比例可直到约 3 或更大。所述扩散长度是少数载流子 (minority carriers)（如 p- 型材料中的电子）在与多数载流子 (majority carriers)（如 p- 型材料中的空穴）复合之前，可扩散的平均距离。该 L_p 与少数载流子寿命 τ 相关，并用关系 $L_p = (D_\tau)^{1/2}$ 表示，D 是扩散常数。所述扩散长度可通过许多技术来测量，如光感生电流技术 (Photon-Beam-Induced Current technique) 或表面光电压谱技术 (Surface Photovoltage technique)。参见例如，“Fundamentals of Solar Cells（太阳能电池基础）”，A.Fahrenbruch 和 R.Bube，Academic Press，1983，pp.90-102，在此将其引入作为参考，用于说明如何测量扩散长度。

[0022] 尽管这里使用的术语“晶片”包括通过已述方法，特别是通过锯割或切割单晶或多晶硅锭或块获得，但是也应该理解，术语“晶片”也可包括任何其它用于通过本发明方法制备光伏电池的合适的半导体基材或层。

[0023] 该晶片的前表面优选织构化的。织构化通常通过增加光吸收而增加得到的光伏电池的效率。例如，所述晶片可使用化学蚀刻、等离子蚀刻、激光或机械划刻来合适地织构化。如果使用单晶晶片，所述晶片可通过将该晶片在碱如氢氧化钠的水溶液中，在如约 70℃至约 90℃的高温下处理约 10 至约 120 分钟，被蚀刻以形成各向异性织构化的表面。所述水溶液可含有醇，例如异丙醇。多晶晶片可使用斜切刀片 (beveled dicing blades) 或成型织构化轮 (profiled texturing wheels)，经机械划片织构化。在优选的方法中，使用氢氟酸、硝酸和水的溶液对多晶晶片织构化。所述织构化方法描述在 Hauser，Melnyk，Fath，Narayanan，Roberts 和 Bruton 的文章“A Simplified Process for Isotropic texturing ofMC-Si（用于各相同性织构化 MC-Si 的简化方法）”，Hauser 等人，会议“第三届世界光伏能量转换大会 (3^{rd} World Conference on Photovoltaic Energy Conversion)”，5 月 11-18 日，大阪，日本，在此全部引入作为参考。随后通常清洗所述织构化的晶片，例如，通过将其浸在氢氟酸中，然后在氢氯酸中，最后用去离子水淋洗，接着干燥。所述晶片的后表面可织构化或可不织构化，其取决于晶片的厚度和使用的捕光几何排列。

[0024] 在织构化晶片前，该晶片可经磷和铝吸杂 (gettering)。例如，吸杂可通过形成重 n- 掺杂层 (heavily n-doped layer) 来实现，其通过如在晶片一面或两面的磷扩散。例如这可通过将该晶片在 900℃至 1000℃下暴露于如 $POCl_3$ 的气体中 30 分钟实现。这些吸杂会增加晶片的扩散长度。形成重 n- 掺杂层后，它们可被除去，例如，使用酸如氢氟酸 (HF) 和硝酸 (HNO_3) 或其混合物，或强碱如氢氧化钠 (NaOH) 蚀刻。本发明的一个实施例会涉及在晶片的前面形成重 n- 掺杂层以吸杂杂质，并随后在上述前表面织构化的期间移除。

[0025] 在本发明优选的实施例中，所述光伏电池在晶片前表面上具有第一钝化层，优选还起抗反射涂层作用的层。如果该晶片是织构化的，该层优选在织构化之后加入。此类第一钝化层可为，例如，绝缘层如二氧化硅、碳化硅、氧氮化硅或氮化硅，其可通过本领域中已知的方法形成，例如，等离子增强化学气相沉积法 (PECVD)，低压化学气相沉积法 (LPCVD)，热氧化法，印料 (pastes)、油墨或溶胶凝胶的丝网印刷 (screen printing) 等等。也可使用两种或多种此类层的组合形成第一钝化层，如氮化硅层和二氧化硅层。当使用多于一层时，至少一层优选钝化层，其包括如氮化硅。优选地，所述钝化层包括在晶片表面上直接形成的氮化硅层，通过方法如 PECVD 使得氮化硅含有氢。可选择两层或多层的组合，从而使得合并

层降低 350 至 1100 纳米 (nm) 波长范围的光在前表面的反射，并且沉积在硅表面上的第一层作为钝化层。使用的所有这些层的总厚度可直到约 120nm，例如约 70 至约 100nm 厚。氢化的氮化硅可在温度为 200℃至约 450℃，例如约 350℃至约 400℃下，使用 PECVD 法在硅烷和氨的气氛中沉积。

[0026] 合适的第一钝化层也可包括氢化非晶硅 (a-Si:H) 层，氢化微晶硅层，或 a-Si:H 和氢化微晶硅的混合物层，特别是该层是沉积或其它方式直接在晶片上形成的。除硅外，此类层优选包含氮。此类层也可包含硼，有或没有氮。在某些情况下，对于此类层优选包含其它的掺杂剂如磷或与其它元素如碳、氮或氧合金化。如果在包含 a-Si:H，氢化微晶硅，或其混合物的第一钝化层中包括氮，则氮浓度可以是渐变的 (graded)，使得接近晶片的层中氮含量最小，例如不含氮，而离晶片的界面最远的地方达到所述层变成氮化硅的水平。氨可用作合适的氮源。如使用硼或磷，硼或磷的浓度可以相同的方式渐变，其中在晶片附近或最近的地方不含硼或磷，并达到最大的硼或磷浓度，直到约 1 原子％。所述原子％基于总的硅的数量，以及如果层中存在氮，基于硅和氮的总量。如果使用包含 a-Si:H，氢化微晶硅，或其混合物的层，有或没有氮，以及有或没有掺杂剂如硼或磷，其可具有的厚度至多为约 40nm。其可为，例如约 3 至约 30nm 厚。此类 a-Si:H 层可以通过任何合适的方法应用，例如在硅烷的气氛中通过 PECVD 法应用。最合适地，其在含有约 10％硅烷的氢气氛中通过 PECVD 法应用，并最合适地其在低温，例如约 100℃至约 250℃下应用。不受操作理论的束缚，第一钝化层可起到将晶片表面复合速度降低至＜ 100cm/s 的作用（低表面复合速度＜ 100cm/s 意味着在表面缺陷态的低密度）。第一钝化层也可包含固定电荷，如通常在氮化硅层中发现的那样，固定电荷的电场引起晶片表面附近的半导体晶片区域中的能带弯曲 (band bending)。由于氮化硅中的固定电荷通常为正电荷，该能带弯曲可起到抵制来自晶片表面区域的少数载流子的作用，并且如果该晶片为 n- 型，也可因而降低表面复合。如果该晶片为 p- 型，所述正电荷可起到产生反型层的作用，并且如果表面上缺陷密度很低时，该表面复合仍很低。因此，任何可提供此类功能和可应用于所述硅晶片的材料可为合适的第一钝化层。此类层，如上所述，可包括多层，一些或所有的这些层为选自如上述材料的不同材料。

[0027] 氮化硅层可以作为晶片第一表面上的第一钝化层和抗反射层，具有的厚度为直到约 120nm，例如约 70 至约 100nm 厚。氮化硅可通过 PECVD 法在硅烷和氨的气氛中在沉积温度约 350℃至 400℃下沉积。

[0028] 在另一个实施例中，此类氮化硅层的氮含量是渐变的。例如，氮含量可以从在硅晶片表面附近的氮化硅层部分的 0，经过至多约 10nm 的厚度增至大约为 Si_3N_4 的水平，然后在剩下的层厚，例如约另外 70nm 中保持恒定。

[0029] 本发明的光伏电池在优选包含在晶片第二表面上的第二钝化层，所述第二表面优选包含氮化硅层。尽管包含 a-Si:H，或微晶硅，或 a-Si:H 和微晶硅的混合物的层可位于氮化硅层和晶片的后表面之间，但优选晶片第二表面上的氮化硅层直接与晶片接触。晶片后表面上的氮化硅层可以形成并具有如上对于晶片前表面上的氮化硅层所述的组分。其可具有如所描述的晶片第一表面上氮化硅层那样相同的厚度。此类氮化硅层可以相同的方法步骤，如在晶片的第一表面上形成第一层氮化硅的步骤那样形成。此类氮化硅层可含有掺杂剂，如锑、磷或其组合。如果存在此类掺杂剂，其可以是氮化硅层的约 0.1 至约 1.0 原子％。包含 a-Si:H，或微晶硅，或 a-Si:H 和微晶硅的混合物的层，如果位于氮化硅层和晶片的后

表面间，或如果不使用氮化硅层作为第二钝化层，则该层可如上对于该晶片第一表面上的钝化层所描述的那样形成并可具有与其相同的组分。

[0030] 本发明的光伏电池中的晶片的后面或第二表面包括两个电接触，优选各包括一种或多种金属。一个接触可包括金属，或含有另一种金属的金属，其可在硅中起到 n- 传导掺杂剂的作用。例如，所述金属可为与硅等电子的锡，或锡与磷、砷、锑、铋或其组合的合金。如果使用锡，例如，其与如锑等元素合金，此类合金元素的量可为约 0.1 至约 20 原子％。此类接触可通过合适的方法作为层初沉积，例如使用磁控溅射装置溅射合适的目标。此类电接触优选包括点接触，并更优选通过激光烧穿法 (laser firing process) 形成的点接触。在使用如激光烧穿法在硅晶片上形成点接触之前，n- 型接触可首先通过沉积薄的锑层，例如约 10 至约 200nm 厚，然后沉积较厚的锡层形成，例如在如约 700nm 的氮化硅的第二钝化层上有约 500 至约 10,000nm 厚。所述锡和锑层可沉积，例如通过溅射、热蒸发或电子束蒸发。另一实施例为同时共溅射或共蒸发锡或锑于氮化硅第二钝化层，以便沉积得到总厚约 0.5 至约 10 微米的锡和锑的合金，例如在锡中有约 5 原子％的锑。其它的接触可包括金属，或含有其它金属的金属，可在硅中起到 p- 传导掺杂剂的作用，例如铝或铟。另一实施例为使用锡合金，其含有 0.1 至 20 原子％的 p- 型掺杂剂，如硼、铝、镓或铟的一种或多种。此类接触可作为层通过合适的方法初沉积，如使用磁控溅射装置溅射合适的目标。此类电接触优选包括点接触，以及更优选通过激光烧穿法形成的点接触。此类电接触和形成其的激光烧穿法将在下面详细描述。

[0031] 所述第一接触和第二接触彼此之间电分离，例如通过合适的绝缘材料层，如氮化硅、氧化硅或氮氧化硅的一种或多种。当该绝缘层使用氮化硅时，其可具有如前所述的其它氮化硅层相同的组分，并用相同的方法形成。形成的绝缘层应当没有或基本没有小孔，并且应当足够厚以使在光伏电池运行期间不会出现介质击穿 (dielectric breakdown)。该层可达约 1 微米厚，例如约 0.1 至约 1 微米厚。如上所述，本发明的光伏电池中的电接触主要，仅优选，在晶片的后表面上，因此并不遮挡或阻隔晶片的前表面、光接收表面。这导致了光伏电池更有效率地将光能转化为电能。

[0032] 现在将参考附图来说明本发明的某些实施例。该图没有按比例绘制。例如在图中显示的各种金属、半导体和其它层的厚度彼此之间并不是按比例绘制的。

[0033] 图 1 是根据本发明实施例的光伏电池 1 的三维、部分剖开立体图。在图 1 中电池的后表面面对读者。光伏电池 1 具有 p- 型晶体硅的晶片 5。晶片 5 的前表面或光接收表面有如织构化线 10 所示的织构化。晶片 5 在前表面上具有由氮化硅层 15 制成的第一钝化层。光伏电池 1 具有与晶片 5 相接触的氮化硅第二钝化层 25。电池 1 具有包含层部分 33 和点接触 35 的第一电接触 30。(为清楚起见，仅显示一个点接触 35)。第一电接触 30 包含，例如金属，如锡或锡与锑、磷、或其组合的合金。电池 1 具有绝缘层 40，其包含如电分离第二电接触 45 与第一电接触 30 的氮化硅。第二电接触包括层部分 48 和点接触 50。第二电接触包含，例如金属，如铝。为清楚起见，仅在图 1 中显示一个点接触 50。图 1 显示了绝缘层 40 如何分离并电绝缘电接触 30 与层 45，以及在 42，显示出该绝缘层如何在点接触 50 周围延伸，从而电绝缘点接触 50 与第一接触 30。本发明的这个和其它实施例中的绝缘层 42 的厚度可至约 100 微米，例如约 5 微米厚直到约 100 微米厚。图 1 也显示了第二接触 45 的凹口 (indentations) 或下陷坑 (depressions)60。此类下陷坑通过激光烧穿接触层 48

形成，以形成点接触 50。所述形成此类电接触的激光烧穿法将在下面详细描述。图 1 还显示除了沿着电池 1 边缘的区域 65，第一电接触 30 在此暴露，使得该电接触得到电连接。此类电连接可以母线焊接 (bus bar soldered) 至层 30 或以其它方式电连接至层 30。

[0034] 图 2 为从该光伏电池的后表面看到的，与图 1 中显示的相同的光伏电池一部分的平面图。显示在图 2 中的部件与显示在图 1 中的编号相同。图 2 显示了该点接触可在光伏电池的背面以一定的排列方式的形式。图 2 显示了下陷坑 60（为清楚起见，仅有少数编号），并也以虚线显示从第一电接触 30 延伸至晶片的点接触 35。外部点线部分 42（为清楚起见，仅有少数编号）显示点接触 50 周围的绝缘层 42 的周界。

[0035] 图 3 显示如图 2 所示的光伏电池的截面视图。该截面在图 2 中显示为 3。图 3 中电池 1 的所有的部件，与图 1 和 2 中相同的部件相对应，且编号相同。

[0036] 图 3 也显示出 n^+ 发射区 65，描述为一系列“n^+”，其位于第一电接触 30 的点接触 35，接触或进入晶片 5。图 3 还显示出了作为一系列的 p^+ 基或欧姆接触区域 70，其中第二电接触 45 的点接触 50 接触或进入晶片 5。所述 p^+ 区域也可作为背表面场 (BSF) 区域。这些点接触区域可以如在下面更加详细的讨论的那样形成，例如通过激光烧穿法以形成点接触。使用符号“p^+”和“n^+”用来表示分别在那些区域的硅中 p- 型和 n- 型掺杂剂的高浓度。

[0037] 不被操作理论所束缚，在本发明的实施例中，图 1 至 3，晶片为 p- 型晶片且第一电接触和相应的点接触为 n- 导电型，和该第二电接触和相应的点接触为 p- 导电型，点接触 35 为收集光生电子的第一电接触的部分且第二电接触的点接触 50 收集光生空穴。当光入射至前表面 10 上并在晶体硅晶片 5 中被吸收，产生光生电子和空穴。在 n- 型点接触 35 和晶片的界面上形成了有助于收集光生电子的具有内在电场的 p-n 结。点接触 50 形成欧姆连接至该 p- 型晶片 5，其充分的收集光生空穴。在另一个实施例中，图 1 至 3 中显示的第一电接触具有 p- 导电型，以及第二电接触为 n- 导电型。类似地，如果该晶片具有 n- 导电型，则第一电接触和相应的点接触可为 n- 或 p- 导电型，和该第二电接触和其相应的点接触会具有与第一电接触相反的导电型。

[0038] 如上所述，本发明的光伏电池中的电接触可包括金属或合金金属层，以及包括从金属层延伸至半导体晶片的点接触。所述金属层可具有约 0.5 至约 10.0 微米的厚度，优选约 1.0 至约 3.0 微米。优选地，该金属层的厚度选择消除光伏电池中任何显著的串联电阻的厚度。

[0039] 对于各层的点接触可以以任何合适的图案横跨于电池的后表面，如以行和列的图案。然而，优选它们为等间隔的行和列的图案，如图 2 中显示的那样。优选地，该具有 n^+ 接触区域至 p- 型晶片的发射点接触（或 p^+ 接触区至 n- 型晶片）这样分布，使得该发射点接触之间的距离小于少数载流子扩散长度。因此，对于 500 微米的少数载流子扩散长度，发射点接触之间的距离分别为约 250 微米或小于从一个电接触的中心至另一个的中心的测量的距离。例如，对于各个电接触，其点接触数目每平方厘米电池表面可为约 10^2 至约 10^4 个。优选地，具有欧姆区的点接触至基质材料（例如，p^+ 接触区至 p- 型晶片）的尺寸和间距调节至最小的太阳能电池串联电阻和最大的电池容量。

[0040] 尽管在图中显示的点接触为具有圆形水平截面的柱形杆状物或圆柱状物，但应理解为此类点接触可为任何合适的形状。例如，除了具有圆形水平截面的柱形杆状物或圆柱状物外，此类点接触可为半球形，或具有椭圆或更长的截面形状的杆状物或柱状物，或其它

任何适宜的几何形状或图案。它们可为线形。所述点接触的宽度，例如柱状或圆柱状点接触的直径，或具有椭圆或更长的横截面形状的点接触的宽度，可至约 100 微米，例如约 5 至约 100 微米。如图显示的点接触具有足够的长度以从金属层延伸至其所连接的晶片表面。它们可从表面延伸至晶片中约 1 至约 10 微米。

[0041] 所述点接触可通过任何合适用于形成如在此描述的此类点接触结构的方法形成。例如，它们可这样形成，首先在层中形成可通过设定直径的点接触的开口或孔，接着用用于接触的材料如金属填充该孔或开口。此类孔或开口可具有的直径或宽度为约 5 至约 100 微米，与该点接触的直径或宽度相对应。所述孔或开口可通过任何适宜的方法制造，如通过机械钻孔或使用光刻掩蔽和蚀刻方法 (photolithographic masking and etching process)，或用激光消融 (ablating) 材料的方法，如具有足够消融或除去层的激光束强度的准分子激光或 Nd-YAG 激光，所述点接触穿过该孔。若使用激光来形成孔或开口，晶片的表面如果暴露于激光并被其损害，可通过如氢等离子体或原子氢处理来除去或消除激光损害的晶片区域，并钝化任何残留的缺陷。当点接触通过如下方法形成时，其中钝化层（例如氮化硅）中的孔或开口用接触材料填充，其倾向于使用快速热退火方法，从而使得在点接触接触该晶片的附近形成重掺杂区域或层。此发射或欧姆接触区域或层是晶片被形成点接触的成分掺杂的区域或层。例如，当点接触包括铝时，该 n- 型晶片中的发射区会被铝掺杂。该 p- 型掺杂的量和掺杂层或区域的厚度主要通过热处理的时间和温度来控制。此类经快速热退火的发射和基质区域的形成可通过，例如加热该接触层至高温，并且经充足的时间以形成所需的接触区域来实现。例如温度为约 800℃至约 1000℃，持续约 5 秒至约 2 分钟。在铝的情况下，例如，在约 900℃下加热 1 分钟。另外，用于形成用于本发明光伏电池的点接触和相应的发射和欧姆区的更优选的方法，是使用烧穿方法，例如使用激光。在激光烧穿法中，用于接触的材料的表面，如金属层，被激光束加热。所述加热的材料如金属熔体穿过下一层并进入晶片中。如上所述，热的金属或其它材料与晶片相接触时，也形成发射其或欧姆接触区域。该激光烧穿法可使用具有脉冲持续时间为，如约 10 至 100 纳秒 (ns) 的 Q-switched，Nd-YAG 激光。除了使用激光外，形成点接触的此类烧穿方法可通过使用如电子或离子束轰击以加热接触材料，从而形成烧穿的接触来实现。

[0042] 位于第一和第二接触之间并电分离该接触的的绝缘层可具有的厚度为约 70 至约 2000nm。如上所述，该绝缘层可包括氮化硅、氮氧化硅或二氧化硅的一种或多种。其可包括一些其它合适的介电材料。此绝缘层应该没有小孔，以使第一和第二接触层之间没有明显的泄漏。

[0043] 用于制造根据本发明的并具有图 1 至 3 中显示的结构的光伏电池的方法将在下面详细描述，其应理解为，这并不是制造此类光伏电池的唯一方法。参考图 4 描述该方法。图 4 中部件的编号与图 1-3 中的编号相同。

[0044] 该方法开始于织构化的 p- 型硅晶片 5，所述晶片的表面上具有的如氮化硅的层 15，这将成为光伏电池的光接收侧。如上所述，该层起到抗反射涂层以及表面钝化层的作用。该晶片显示在图 4A 中。在如图 4B 中所示的下一步中，第二钝化层，例如，氮化硅 25 通过 PECVD 法直接在晶片表面上沉积于该晶片的第二侧。在如图 4C 所示的下一步中，包含例如锡与锑合金的第一金属接触层 30 通过磁控溅射加入。在如图 4D 所示的下一步中，通过直接激光束施加在金属层 30 的外表面上，从而在金属层 30 中形成多个激光烧穿的点接触

35，例如用 Nd-YAG 激光。激光在金属层的点上加热并造成该金属层在激光作用的金属层的区域熔融。执行该方法，从而使得已加热的金属熔体通过层 25 并进入硅晶片中，形成激光烧穿点接触 35。如图 4D 中所示，在激光束作用的金属层 30 的表面上形成凹口或凹痕 38，从而形成激光烧穿的点接触。在如图 4E 中所示的下一步中，制造多个孔或开口 39，其至少通过金属层 30 并优选通过钝化层 25，如图 4E 所示，所有通道到达晶片。在本发明的制造电池的方法中，此类孔或开口可为任何适宜的形状。优选地它们为圆形，尽管它们可为如椭圆或拉长的如线形的形状。此类孔或开口的直径或宽度可为约 5 至约 100 微米。在如图 4F 所示的下一步中，绝缘层 40，例如氮化硅，使用 PECVD 沉积在第一金属接触层 30 上。此绝缘层填充孔或开口 39。在如图 4G 所示的下一步中，第二金属接触层 48，例如铝，通过溅射沉积在绝缘层 40 上。在如图 4H 所示的下一步中，通过激光束直接作用在金属层 48 的外表面上，在金属层 48 形成多个激光烧穿的点接触 50，如 Nd-YAG 激光。激光在一点加热金属层并造成该金属层在激光作用的金属层的区域熔融。执行该方法，从而使得已加热的金属熔融通过沉积于开口 39 的绝缘层 40，并进入硅晶片中，从而形成激光烧穿点接触 50。进行金属层 48 的加热操作，从而使得该加热的金属熔体通过绝缘层 40，绝缘层 40 区域 42 仍保留在点接触 50 周围，从而电绝缘点接触 50。图 4H 显示出了完整的电池，其在该晶片的后侧上具有两个电接触，每个电接触具有与硅晶片的点接触。在另一个操作步骤，其未表现在图 4 中，不是烧穿接触穿过第一钝化层和绝缘层，孔或开口可在第二钝化层和绝缘层中形成，并且，当该金属层沉积时，该金属会填充所述孔或开口，从而形成点接触。例如，参考图 4F，孔或开口会在其中层 40 中填充孔 39 的绝缘层 40 的区域形成。这显示在图 4I 中，形成孔或开口 80，通过绝缘层 40 并优选直至甚至进入晶片 5 中，如图 4I 中所示。然后，当金属层 48 沉积时，该金属会填充孔 80 以形成与晶片 5 的点接触 50。随后使用快速热退火方法将掺杂剂扩散至从金属层 48 直至晶片中，从而形成重掺杂发射或基质接触区域。

[0045] 图 5 显示本发明的另一优选实施例，其中光伏电池 2 具有缓冲层 81，例如，硼掺杂的 a-Si:H，沉积在点接触 50 周围，并在硅晶片 5 和绝缘层 42 之间。该缓冲层可具有的厚度为至多约 40nm，例如，约 3nm 至约 40nm。图 5 中所有的部件的编号与图 1 至 4 中相同部件的编号相同。

[0046] 图 5 显示缓冲层 81，例如，硼掺杂的 a-Si:H（或未掺杂 a-Si:H 的层和硼掺杂 a-Si:H 的层）位于点接触 50 附近并且在绝缘区域 42 和晶片 5 之间。其原因下面将详细解释，图 5 中所示的光伏电池 2 具有在接触层 30 的上面的层 82。图 5 也显示出了反型层 (inversion layer)85，其在 p- 型晶片 5 中被指定为一系列的“-”。不被任何理论所束缚，可以相信，氮化硅层 25 中被表示为一系列“+”的正电荷可形成此类反型层，其会有助于少数载流子的收集。如硼掺杂的 a-Si:H 材料的缓冲层 81 起到了防止点接触 50 附近形成的反型层的作用。如果此类层 81 不存在，少数载流子会通过反型层泄漏至点接触 50，从而造成光伏电池中的分流。

[0047] 具有如图 5 所示结构的光伏电池可通过在图 4 所示方法中加入额外的步骤来制造。具体地，在如图 4E 中所显示的步骤之后，沉积层，如硼掺杂的 a-Si:H 的层（或未掺杂的 a-Si:H 层和硼掺杂的 a-Si:H 层），且该层在开口 39 中形成层 81 以及在层 30 上形成层 82。此后，剩下的方法是相同的。使用此类方法步骤形成的光伏电池会形成如图 5 所示的结构。硼掺杂的 a-Si:H 层可通过一种或多种如前所述形成 a-Si:H 的方法，并加入如 B_2H_6 作为掺

杂气体形成。该硼掺杂层的厚度可为至多约 30nm，例如约 5 至约 30nm，并且该掺杂剂的量合适地选择使得任何电流泄漏最小化，所述电流泄露可发生在反型层和点接触 50 之间；因此该硼掺杂层的厚度和该层中硼的含量优选调节为可阻止在邻近层 81 的硅层中的发生侧显著的频带偏移的量。如果使用硼 - 掺杂层和 a-Si:H 层的组合，该 a-Si:H 可具有的厚度为至高约 30nm，例如，约 3 至约 30nm，并且所述硼掺杂层的厚度和该层中的硼含量要合适地选择在使得前述的电流泄漏最小的范围内。除了 a-Si:H 外，其它的材料，如上面提及的微晶硅或氢化非晶硅与碳的合金，或掺杂硼或磷的氢化非晶硅，及其一种或多种混合物，也可用于缓冲层 81，从而来阻止点接触 50 附近反型层的形成。

[0048] 当这里提及层位于另一层的表面或晶片的表面上方时，其并不一定意味着该层直接在其它层或晶片之上或直接与其接触。其它材料层可在这些层之间或这些层与晶片之间存在。

[0049] 除非另有说明，氮化硅优选是氢化氮化硅。例如其可具有约 5 至约 20 原子％的氢。该氮化硅可通过 PECVD 法形成。通过 PECVD 法形成的氮化硅通常具有近似于 Si_3N_4 的化学计量。用于沉积具有或不具有掺杂剂如磷或硼，或其它元素如氮或碳的 a-Si:H 层的方法为本领域公知的方法。然而，使用硅烷的氢气混合物，通过 PECVD 沉积此类层的常规条件为衬底温度约 100℃至约 250℃，且压力为约 0.05 至约 5Torr。沉积氮化硅层的方法也是公知的。然而，使用硅烷和氨的混合物，通过 PECVD 沉积此类层的常规条件为衬底温度约 200℃至约 450℃，且压力为约 0.05 至约 2Torr。

[0050] 本发明的光伏电池具有将光能转化为电能的高效率。使用单晶硅晶片制成的本发明的光伏电池优选的面积为约 100 至约 250 平方厘米，可具有至少约 20％的效率，以及可具有高达或至少约 23％的效率。此处所用的，本发明方法制成的光伏电池的效率使用 AM1.5G 标准测试条件，在 25℃下测量，使用 1000W/m^2(1000 瓦每平方米）照明，其中效率是电池输出的电能比输入的光能，以百分比表示。

[0051] 本发明的光伏电池可用来形成模块 (modules)，例如多个此类的电池以所需的排列电连接，并固定在合适的支撑基质上或之间，如一连串的玻璃或其它材料。用光伏电池制造模块的方法是本领域技术人员所公知的。

[0052] 应认为仅有本发明的某些实施例在这里被描述和列举。其他实施例和本领域技术人员根据说明书进行的各种改良是显而易见的。这些和其它替代被认为是等价的并落入本发明的精神和范围之内。

[0053] 2005 年 12 月 16 日提交的美国临时专利申请 60/751,168 在此全部引入作为参考。

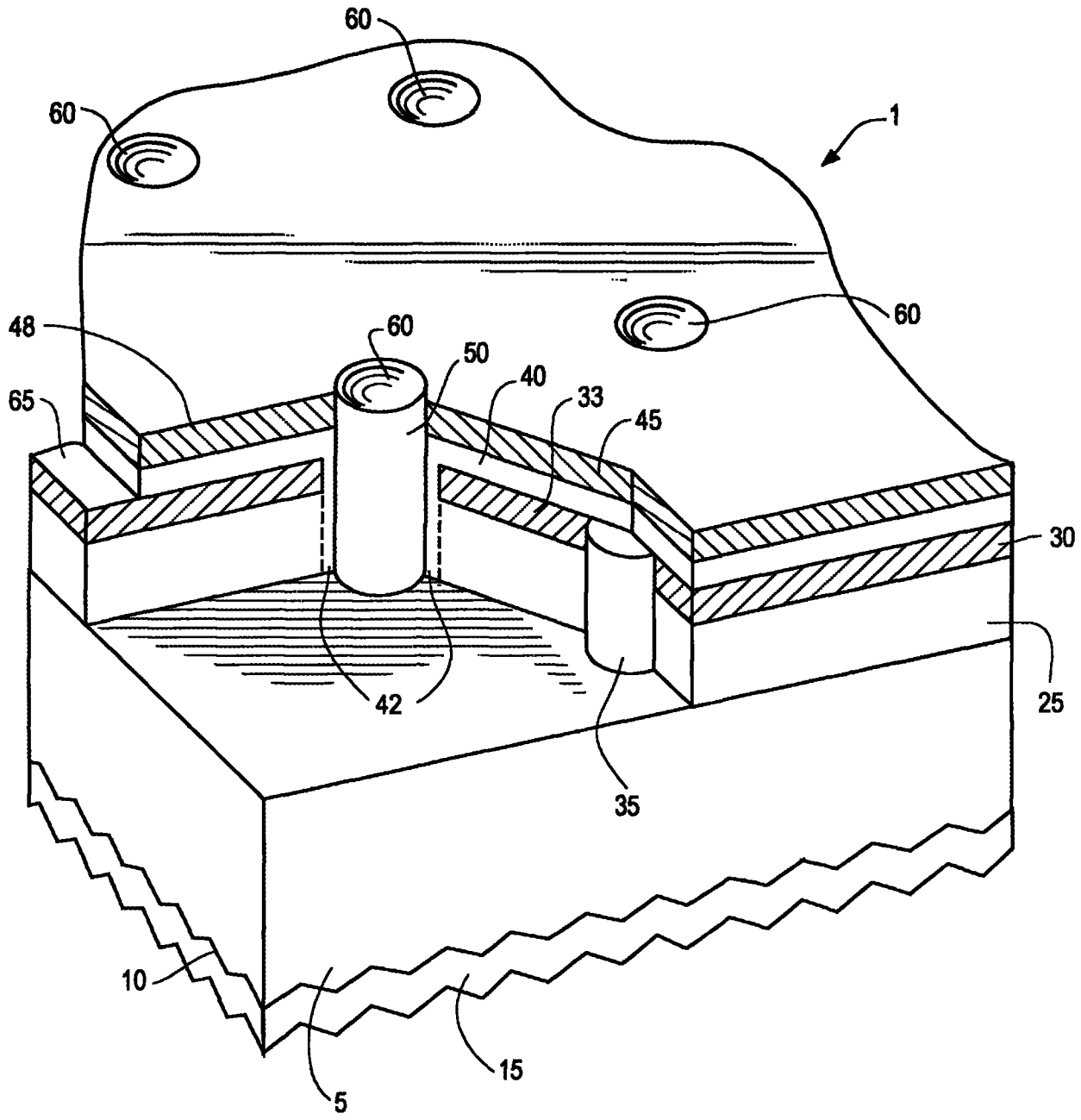


图 1

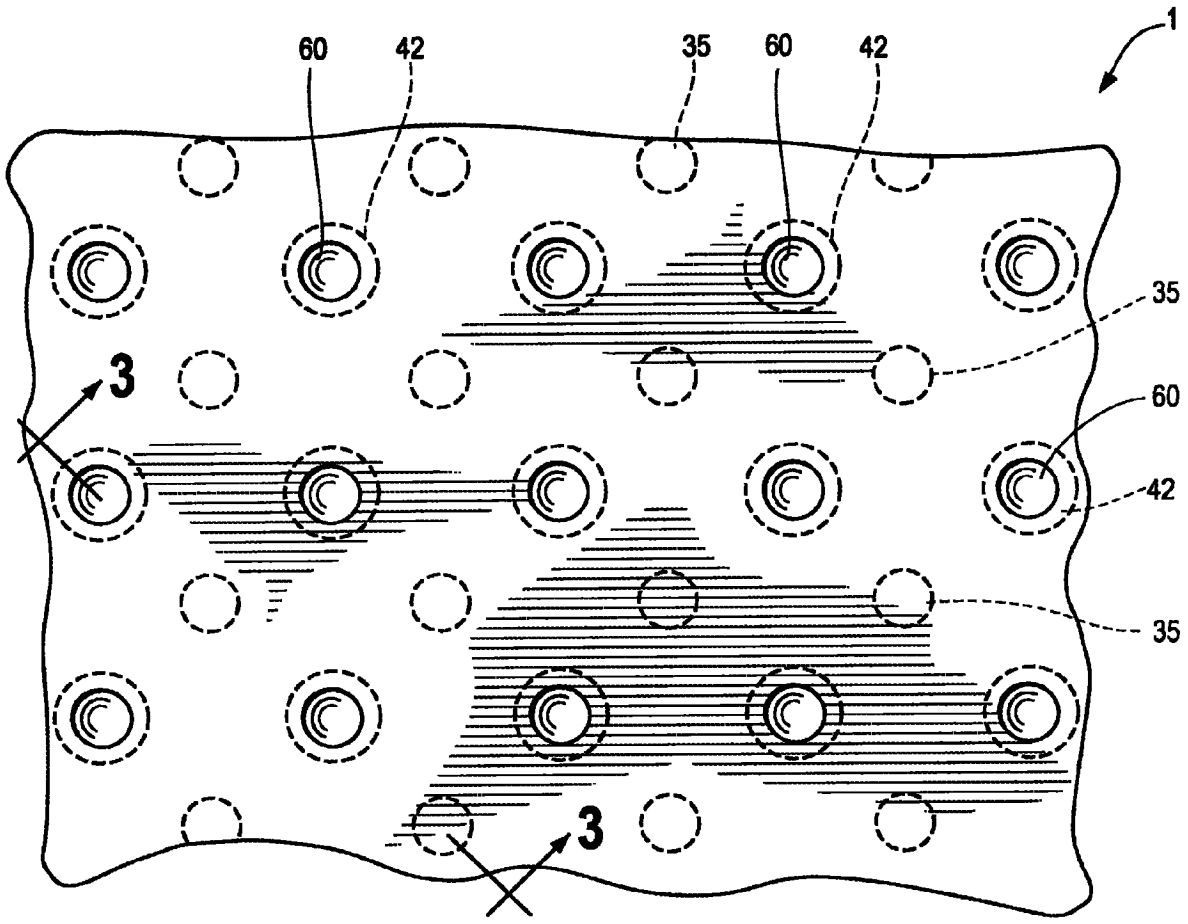


图 2

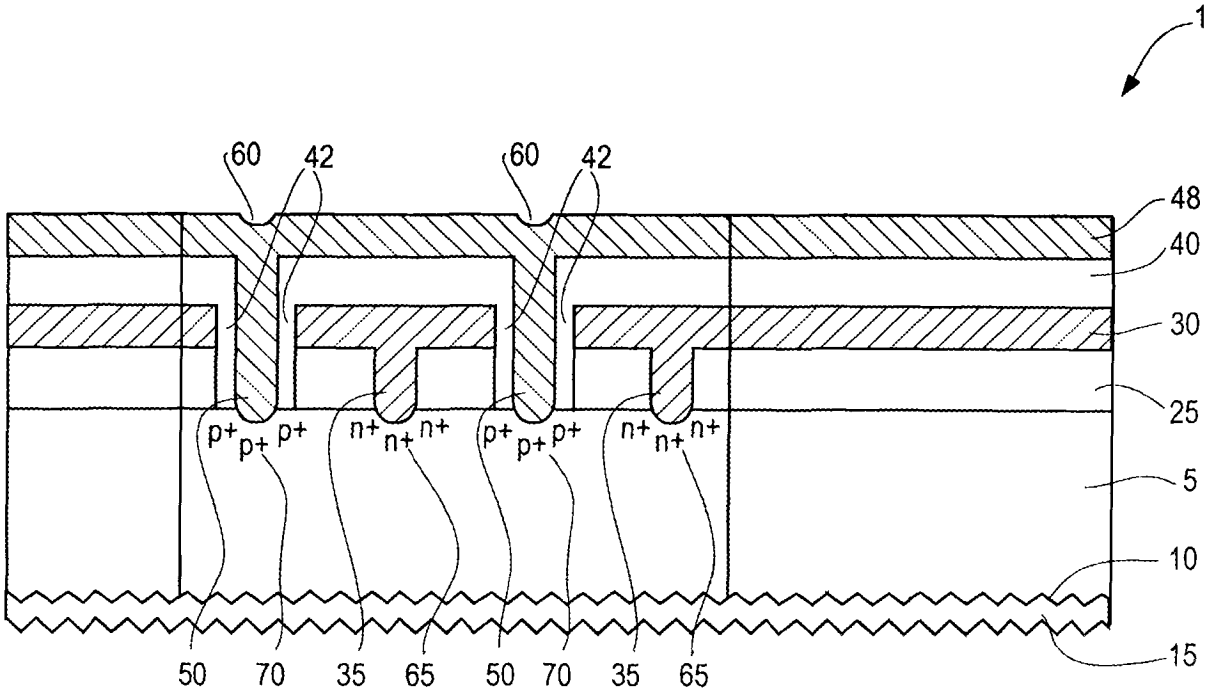

1
60
42
60
42
48
40
30
25
5
10
15
p+
p+
p+
n+
n+
n+
p+
p+
p+
n+
n+
n+
50
70
35
65
50
70
35
65

图 3

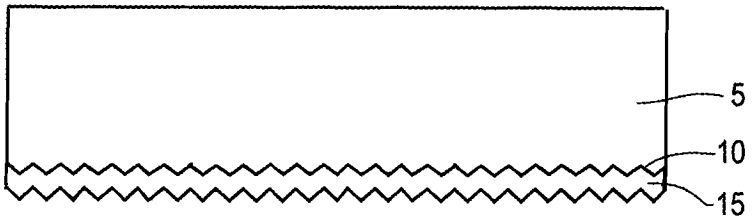

5
10
15

图 4A

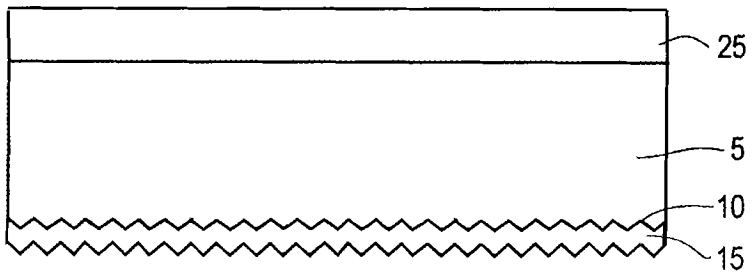

25
5
10
15

图 4B

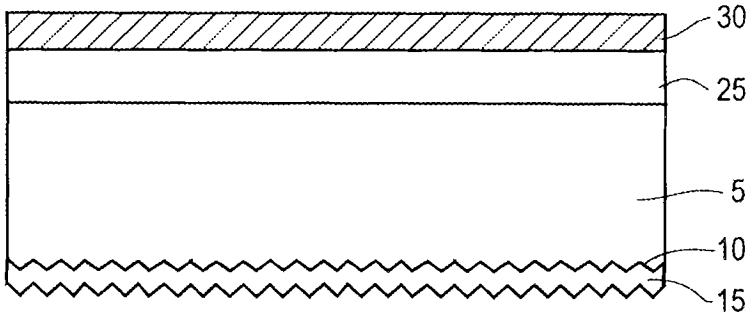

30
25
5
10
15

图 4C

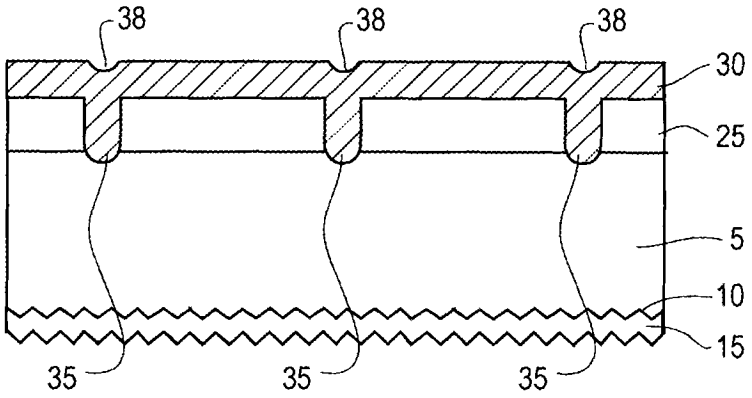

38
38
38
30
25
5
10
15
35
35
35

图 4D

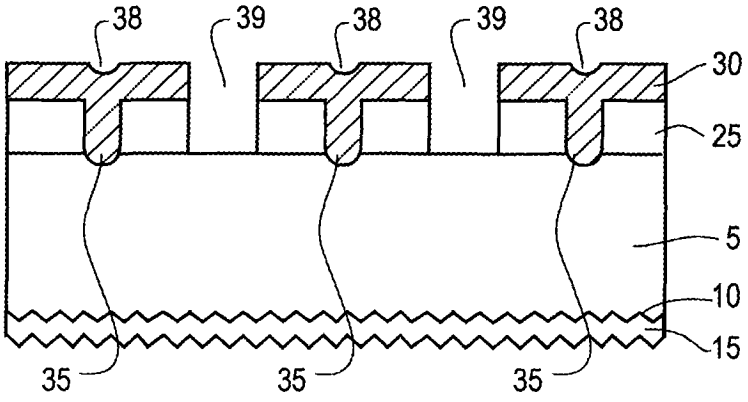

38
39
38
39
38
30
25
5
10
15
35
35
35

图 4E

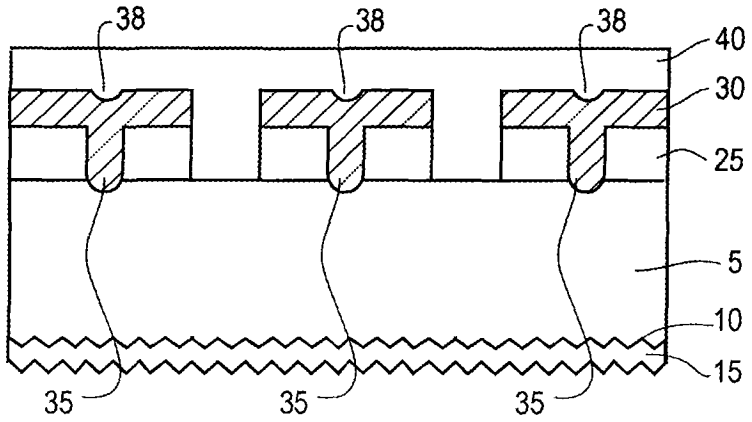

38
38
38
40
30
25
5
10
15
35
35
35

图 4F

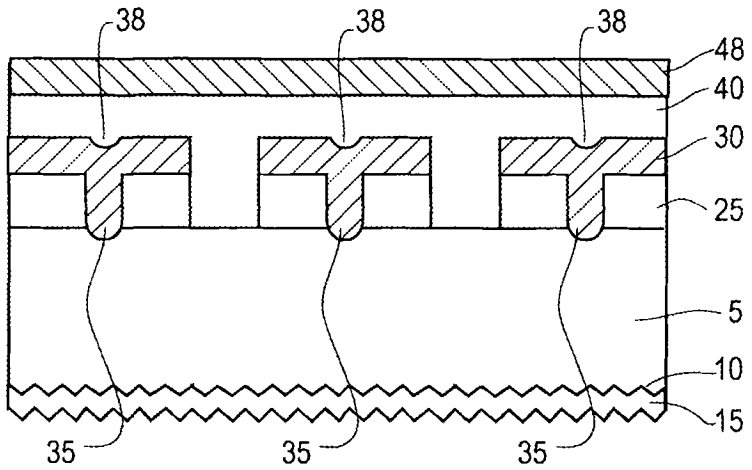

38
38
38
48
40
30
25
5
10
15
35
35
35

图 4G

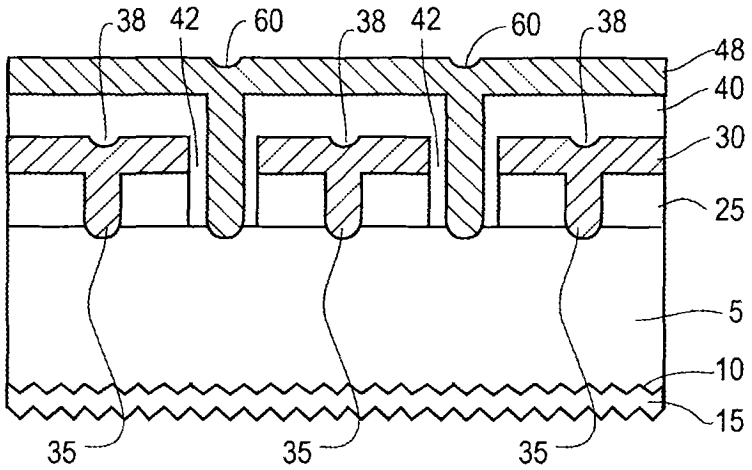

38
42
60
38
42
60
38
48
40
30
25
5
10
15
35
35
35

图 4H

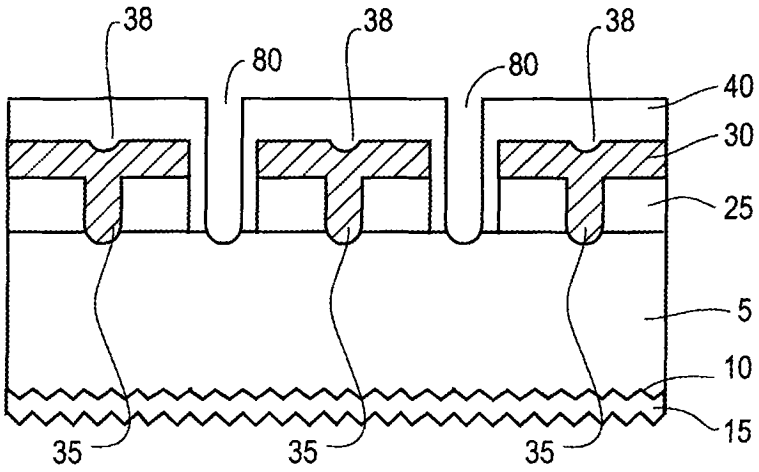


图 4I

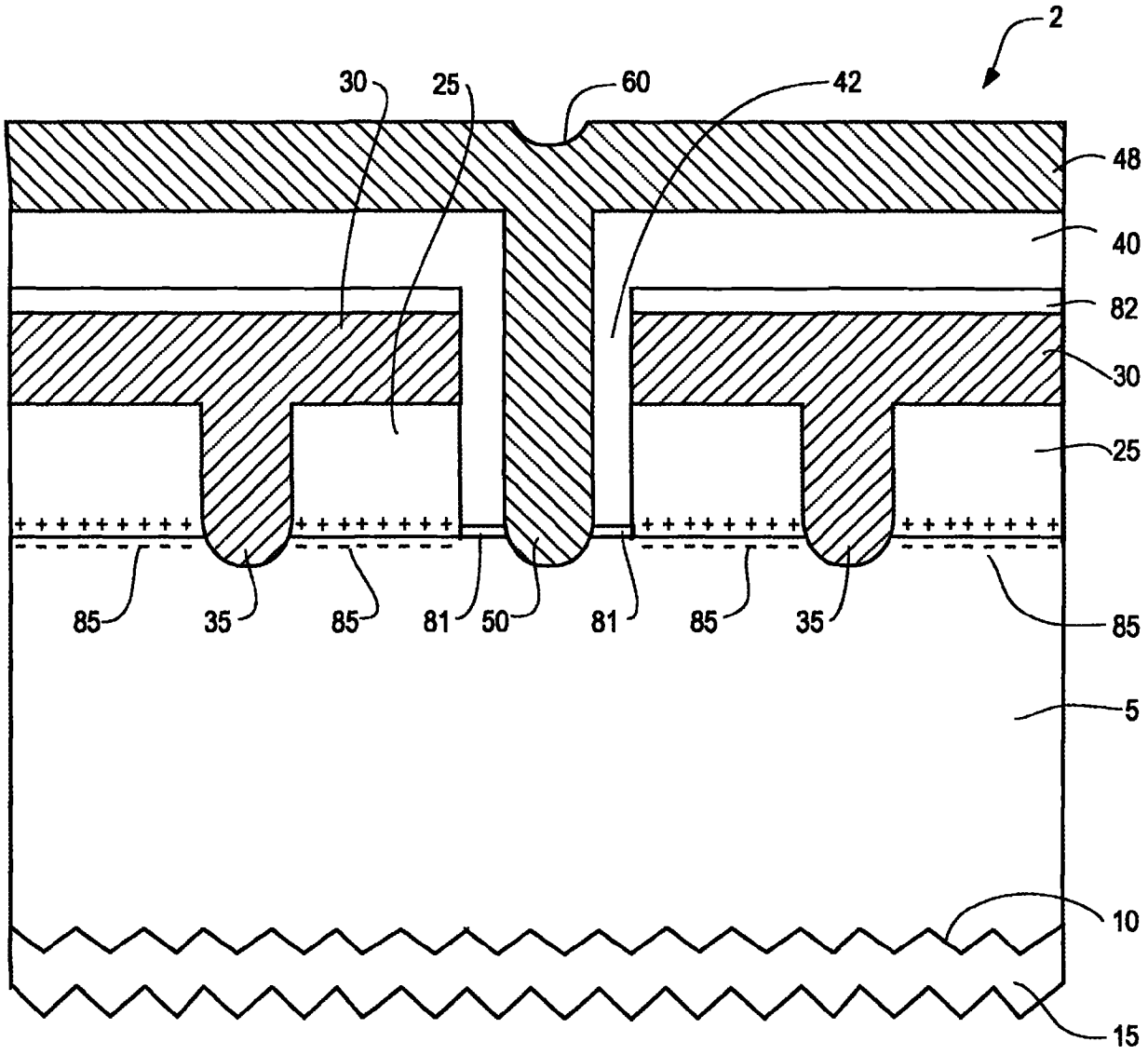


图 5