



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202930394 U

(45) 授权公告日 2013. 05. 08

(21) 申请号 201220217646. 1

H01L 31/072(2012. 01)

(22) 申请日 2009. 04. 29

(30) 优先权数据

61/060, 921 2008. 06. 12 US

12/392, 923 2009. 02. 25 US

(62) 分案原申请数据

200990100312. 2 2009. 04. 29

(73) 专利权人 太阳能公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 丹尼斯·德塞斯特

彼得·约翰·卡曾斯

戴维·D·史密斯

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理

有限公司 11112

代理人 陈源 张天舒

(51) Int. Cl.

H01L 31/0352(2006. 01)

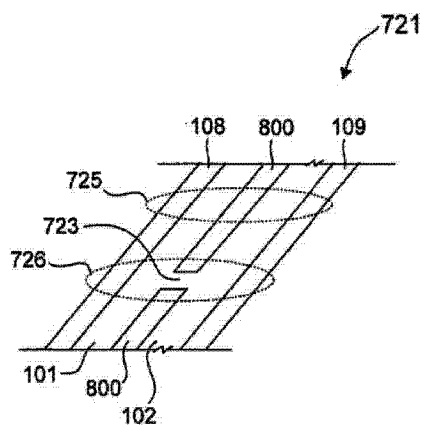
权利要求书1页 说明书10页 附图12页

(54) 实用新型名称

具有多晶硅掺杂区域的背面接触太阳能电池结构

(57) 摘要

一种太阳能电池结构,其特征包括:硅衬底,其具有在正常工作期间面向太阳的正面和与正面相对的背面;P型掺杂区域和N型掺杂区域;沟槽结构,其将P型掺杂区域和N型掺杂区域物理分开;以及沟槽中断,其断开沟槽结构的连续性并在P型掺杂区域和N型掺杂区域之间形成对接结。



1. 一种太阳能电池结构,其特征在于包括:
硅衬底,其具有在正常工作期间面向太阳的正面和与正面相对的背面;
P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域;
沟槽结构,其将 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域物理分开;以及
沟槽中断,其断开沟槽结构的连续性并在 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域之间形成对接
结。
2. 如权利要求 1 所述的太阳能电池结构,进一步包括:
第一电介质层,其处于衬底上方以及 P 型掺杂区域下方。
3. 如权利要求 2 所述的太阳能电池结构,进一步包括:
第二电介质层,其处于 P 型掺杂区域上方。
4. 如权利要求 1 所述的太阳能电池结构,进一步包括:
沟槽下的衬底中的扩散钝化区域。
5. 如权利要求 1 所述的太阳能电池结构,进一步包括:与 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区
域电耦合的叉指型金属接触指。
6. 如权利要求 1 所述的太阳能电池结构,进一步包括:
形成在沟槽中的沟槽电介质。
7. 如权利要求 1 所述的太阳能电池结构,其中 P 型掺杂区域和 N 掺杂区域包括多晶硅。
8. 一种太阳能电池结构,其特征在于包括:
在硅衬底的背面上形成的 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域;
电介质层,其位于 P 型掺杂区域与硅衬底之间以及 N 型掺杂区域与硅衬底之间;以及
中断的沟槽结构,其将 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域分开,中断的沟槽结构包括第一沟
槽中断,以允许 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域通过该第一沟槽中断耦接。
9. 如权利要求 8 所述的太阳能电池结构,其中,中断的沟槽结构进一步包括第二沟槽
中断,以允许 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域通过该第二沟槽中断耦接。
10. 如权利要求 8 所述的太阳能电池结构,进一步包括:
沟槽下的衬底中的扩散钝化区域。
11. 如权利要求 8 所述的太阳能电池结构,进一步包括:
与 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域电耦合的叉指型金属接触指。
12. 如权利要求 8 所述的太阳能电池结构,进一步包括:
形成在中断的沟槽结构中的沟槽电介质。
13. 如权利要求 8 所述的太阳能电池结构,其中 P 型掺杂区域和 N 掺杂区域包括多晶
硅。
14. 如权利要求 8 所述的太阳能电池结构,进一步包括在中断的沟槽结构表面上形成
的钝化层。

具有多晶硅掺杂区域的背面接触太阳能电池结构

[0001] 本申请是基于 2009 年 4 月 29 日提交的、申请号为 200990100312.2 (国际申请号为 PCT/US2009/042135)、发明创造名称为“具有多晶硅掺杂区域的背面接触太阳能电池结构”的中国专利申请的分案申请。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请要求于 2008 年 6 月 12 日提交的美国临时申请 No. 61/060,921 的优先权。

技术领域

[0004] 本发明总的来说涉及太阳能电池,更具体地但并非唯一地涉及太阳能电池制作工艺和结构。

背景技术

[0005] 太阳能电池是众所周知的将太阳辐射转换成电能的装置。太阳能电池可以在半导体晶片上用半导体处理技术制作。太阳能电池包括 P 型和 N 型掺杂区域。太阳能电池上接受的太阳辐射产生电子和空穴,这些电子和空穴迁移到掺杂区域。在背面接触的太阳能电池中,掺杂区域和与掺杂区域耦合的叉指型金属接触指都在太阳能电池的背面。接触指允许外部电路连接到太阳能电池并由太阳能电池供电。

[0006] 效率是太阳能电池的重要特征,这是因为效率与太阳能电池产生电能的能力直接相关。因此,通常需要增加太阳能电池效率的技术。本发明通过提供用于制作具有新颖的太阳能电池结构的工艺能够提高太阳能电池的效率。

发明内容

[0007] 一种太阳能电池结构,其特征在于包括:硅衬底,其具有在正常工作期间面向太阳的正面和与正面相对的背面;P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域;沟槽结构,其将 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域物理分开;以及沟槽中断,其断开沟槽结构的连续性并在 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域之间形成对接结。

[0008] 优选的是,该太阳能电池结构进一步包括:第一电介质层,其处于衬底上方以及 P 型掺杂区域下方。

[0009] 优选的是,该太阳能电池结构进一步包括:第二电介质层,其处于 P 型掺杂区域上方。

[0010] 优选的是,该太阳能电池结构进一步包括:沟槽下的衬底中的扩散钝化区域。

[0011] 优选的是,该太阳能电池结构进一步包括:与 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域电耦合的叉指型金属接触指。

[0012] 优选的是,该太阳能电池结构进一步包括:形成在沟槽中的沟槽电介质。

[0013] 优选的是,该太阳能电池结构中 P 型掺杂区域和 N 掺杂区域包括多晶硅。

[0014] 一种太阳能电池结构,其特征在于包括:在硅衬底的背面上形成的 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域;电介质层,其位于 P 型掺杂区域与硅衬底之间以及 N 型掺杂区域与硅衬底

之间；以及中断的沟槽结构，其将 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域分开，中断的沟槽结构包括第一沟槽中断，以允许 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域通过该第一沟槽中断耦接。

[0015] 优选的是，该太阳能电池结构中，中断的沟槽结构进一步包括第二沟槽中断，以允许 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域通过该第二沟槽中断耦接。

[0016] 优选的是，该太阳能电池结构进一步包括：沟槽下的衬底中的扩散钝化区域。

[0017] 优选的是，该太阳能电池结构进一步包括：与 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域电耦合的叉指型金属接触指。

[0018] 优选的是，该太阳能电池结构进一步包括：形成在中断的沟槽结构中的沟槽电介质。

[0019] 优选的是，该太阳能电池结构中 P 型掺杂区域和 N 掺杂区域包括多晶硅。

[0020] 优选的是，该太阳能电池结构进一步包括在中断的沟槽结构表面上形成的钝化层。

[0021] 在一个实施例中，一种太阳能电池包括在诸如硅晶片之类的衬底的背面上的多晶硅 P 型和 N 型掺杂区域。中断的沟槽结构将 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域在某些位置处分开，但允许 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域在其他位置处接触。P 型和 N 型掺杂区域中的每一个均可以形成在薄电介质层上。其他优点之一是：形成的太阳能电池结构在具有相对较低的反向击穿电压的同时能够提升效率。

[0022] 所属领域的具有一般技能的人员在阅读包括附图和权利要求的整个公开之后，本发明的这些和其他特征将是显而易见的。

附图说明

[0023] 图 1 和图 2 显示根据本发明实施例的太阳能电池结构。

[0024] 图 3、图 4、图 5、图 6、图 7A、图 8A、图 7B、图 8B、图 9 和图 10 说明根据本发明实施例的太阳能电池的制作。

[0025] 图 11 显示对测试结构的太阳能电池和根据本发明实施例的太阳能电池的性能进行比较的黑色 I-V 曲线。

[0026] 图 12 显示制作根据本发明实施例的太阳能电池的方法的流程图。

[0027] 图 13 显示说明发明者发现的各种太阳能电池的性能的 I-V 曲线。

[0028] 图 14 示意性地显示根据本发明实施例的太阳能电池。

[0029] 图 15 示意性地显示图 14 中的根据本发明实施例的太阳能电池的背面的一部分的放大视图。

[0030] 图 16 示意性地显示了图 15 所示的一个区域的俯视图。

[0031] 图 17 显示图 14 中的根据本发明实施例的太阳能电池的横截面。

[0032] 图 18 示意性地显示了图 17 所示的另一个区域的俯视图。

[0033] 图 19 显示图 14 中的根据本发明实施例的太阳能电池的横截面。

[0034] 图 20 示意性地显示根据本发明实施例的中断沟槽的俯视图。

[0035] 图 21 显示代表发明者所做的实验中的各种太阳能电池的反向击穿特性的 I-V 曲线。

[0036] 图 22 显示根据本发明实施例的太阳能电池制作方法的流程图。

[0037] 图 23 示意性地显示根据本发明实施例的带有单个沟槽中断的太阳能电池。

[0038] 图 24 示意性地显示图 23 中的太阳能电池中的中断沟槽的俯视图。

[0039] 图 25 示意性地显示根据本发明实施例的在一个区域中具有多个实质上具有相同局部工作温度的沟槽中断的太阳能电池。

[0040] 图 26 示意性地显示图 25 中的太阳能电池中的中断沟槽的俯视图。

[0041] 不同图示中的相同参考标记表示相同或者相似的元件。这些附图不按比例绘制。

具体实施方式

[0042] 在本公开中,提供诸如材料、工艺参数、工艺步骤和结构的示例之类的多个具体细节,以提供对本发明实施例的全面理解。但是,本领域的具有普通技能的技术人员会认识到,在没有一个或者多个具体细节的情况下本发明也可以实施。在其他情况下,为了避免使本发明特点不突出,没有显示或者说明为人熟知的细节。

[0043] 在衬底中含有 P 型和 N 型掺杂区域的太阳能电池中, P 型和 N 型掺杂区域可以被形成为具有分开的或者邻接的边界。然而,对于多晶硅掺杂区域而言并非如此,这是由于多晶硅中的电荷载流子寿命很短,所以在多晶硅掺杂区域接触的空间电荷区域中的复合的几率很高。就是说,接触的多晶硅掺杂区域给效率带来不利影响。本发明的实施例总的来说提出了与多晶硅掺杂区域和多晶硅形成的掺杂区域相关的问题。

[0044] 图 1 示意地显示了根据本发明实施例的太阳能电池结构的截面图。在图 1 的例子中,该太阳能电池是背面接触的太阳能电池,其中其掺杂区域 101 和 102 在与正面 105 相对的背面 106 上。在正常工作期间正面 105 面向太阳。掺杂区域 101 和 102 在薄电介质层 113 上形成。形成的电介质层 113 厚度可为 5 埃到 40 埃。在一个实施例中,电介质层 113 包括在衬底 103 表面上热生长到厚度为 20 埃的二氧化硅。电介质层 113 还可包括氮化硅。有利的是,电介质层 113 允许表面钝化。掺杂区域 101 和 102 的多晶硅施加了横跨电介质层 113 的电场,该电场在电介质界面排斥少数载流子并且累积多数载流子。

[0045] 在图 1 的例子中,掺杂区域 101 是 P 型掺杂区域,而掺杂区域 102 是 N 型掺杂区域。这个例子中,衬底 103 包括 N 型硅晶片。可以理解的是,在对该结构的其余部分进行适当改变的情况下,衬底 103 也可以包括 N 型硅晶片或者其他晶片。在任意给定的太阳能电池中都存在几个 P 型和 N 掺杂区域,但是为了说明清楚起见,在图 1 中仅显示每种掺杂区域中的一个。

[0046] 掺杂区域 101 和 102 可以包括通过低压化学汽相沉积(LPCVD)的方式形成的厚度约为 2000 埃的掺杂多晶硅。掺杂区域 101 可以包含用 P 型掺杂剂(例如,硼)掺杂的多晶硅,掺杂区域 102 可以包含用 N 型掺杂剂(例如,磷)掺杂的多晶硅。多晶硅可以在薄电介质层 113 上沉积然后通过扩散进行掺杂。多晶硅还可以在沉积到电介质层 113 上之前进行预掺杂。因为适合高温处理,多晶硅是掺杂区域 101 和 102 的优选材料,从而允许增大热预算(thermal budget)。

[0047] 如图 1 所示,掺杂区域 101 和 102 被沟槽 104 分开,沟槽 104 充当掺杂区域 101 和 102 之间的间隙。

[0048] 例如,沟槽 104 可以通过激光挖槽或者传统刻蚀的方法形成。在一个实施例中,沟槽 104 大约 100 微米宽。沟槽 104 可以在扩散步骤前或者扩散步骤后形成,所述扩散步骤

对多晶硅掺杂区域 101 和 102 进行掺杂。如果沟槽 104 在扩散步骤前形成,则钝化区域 112 可以包含扩散步骤中形成的 N 型钝化区域。

[0049] 在一个实施例中,沟槽 104 的形成工艺不仅形成沟槽 104 而且在沟槽 104 的表面上形成随机纹理表面 114。随机纹理表面 114 提高了入射到太阳能电池背面的光的太阳辐射收集,也就是,太阳能电池具有两面结构。包含氢氧化钾和异丙醇(isopropyl alcohol)的湿法蚀刻工艺可以用于形成沟槽 104 和使表面 114 带有随机金字塔的纹理。沟槽 104 可以被形成为挖入衬底 103 内 1 到 10 微米(例如,3 微米)。

[0050] 氮化硅 107 形式的电介质在沟槽 104 中沉积。氮化硅 107 优选地具有相对较大的正的固定电荷密度来使沟槽 104 下面的硅表面处于累积状态并且提供良好的表面钝化。氮化硅 107 的正的固定电荷密度可作为用来形成氮化硅 107 的沉积工艺的一部分自然产生。在一个实施例中,氮化硅 107 通过等离子体增强化学汽相沉积(PECVD)方法形成约为 400 埃的厚度。形成的累积层排斥少数载流子(也就是,在 N 型材料中的带正电荷的空穴)。沟槽 104 还防止在多晶硅中形成空间电荷区域。空间电荷反而在 P 型多晶硅下面的单晶硅中形成。在这个区域中,因为晶界(grain boundaries),寿命不缩减,因此寄生的复合会得到抑制。该空间电荷区域的一部分还与在沟槽 104 中的晶片表面相交。氮化硅 107 中的正电荷降低该空间电荷区域的影响并使该区域变窄。

[0051] 制作图 1 的太阳能电池结构的示例工艺流程包括在衬底 103 的背面表面上形成薄电介质层 113,在薄电介质层 113 上形成未掺杂的多晶硅层,将多晶硅层掺杂为 P 型掺杂区域 101 和 N 型掺杂区域 102,蚀刻掺杂的多晶硅层以形成沟槽 104 和纹理表面 114,形成钝化区 112,以及在沟槽 104 中形成氮化硅 107。替代在未掺杂多晶硅层上扩散掺杂剂,掺杂区域 101 和 102 也可以通过用传统的沉积、掩模、蚀刻技术在电介质层 113 上沉积预掺杂多晶硅来形成。与纹理表面相比,氮化硅 107 优选地具有平坦的表面。然而,氮化硅 107 的平面度不关键而且不需要附加的平面化步骤。例如,氮化硅 107 的平面度可以是沉淀形成的那样。沟槽 104 可以在掺杂区域 101 和 102 的掺杂之前或之后形成。

[0052] 参考图 2,叉指型金属接触指 108 和 109 可以穿过氮化硅 107 形成以分别与掺杂区域 101 和 102 进行电连接。外部电路可以附接叉指型金属接触指 108 和 109 以连接到太阳能电池并且由太阳能电池供电。在图 2 的例子中,金属接触指 108 可以连接到正电接线端,金属接触指 109 可以连接到负电接线端。

[0053] 图 1 的沟槽结构以几种方式解决了前述与多晶硅寄生空间电荷复合相关的问题。首先,沟槽 104 将掺杂区域 101 和 102 分开,从而使它们在物理上不接触。这样防止空间电荷区域在任一多晶硅薄膜中存在。其次,在沟槽 104 下面形成的累积层排斥少数载流子来改善表面钝化。第三,沟槽 104 中的纹理表面 114 增加太阳辐射收集。这些特点有利地有助于增大太阳能电池的效率。

[0054] 图 3 到图 10 显示了说明根据本发明实施例的太阳能电池的制作的截面图。太阳能电池中具有多个 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域,但是为了便于清晰说明,在以下例子中,图中只显示制作每种掺杂区域的一个。

[0055] 图 3 到图 10 的实施例从衬底 303 背面表面上的薄电介质层 313 的形成开始(图 3)。举例来说,衬底 303 可以包括 N 型硅晶片。电介质层 313 可以形成为 5 埃到 40 埃(举例来说,20 埃)的厚度。在一个实施例中,电介质层 313 包括在衬底 303 表面上热生长的二

氧化硅。举例来说,电介质层 313 也可以包括氮化硅。未掺杂的多晶硅层 322 然后在电介质层 313 上形成。比如,通过 LPCVD 方法,多晶硅层 322 可以形成约为 2000 埃的厚度。接下来在多晶硅层 322 上形成掺杂二氧化硅层 323 (图 4)。二氧化硅层 323 充当后续形成的掺杂区域(该例子中为 P 型掺杂区域 301 (见图 7A 或 8B))的掺杂剂源。二氧化硅层 323 因此可以用 P 型掺杂剂,比如硼,进行掺杂。掺杂二氧化硅层 323 被图案化为保留在电介质层 322 上的要形成 P 型掺杂区域 301 (图 5)的区域。二氧化硅层 323 可以通过 APCVD 方法形成约 1000 埃的厚度。

[0056] 掺杂二氧化硅层 324 在二氧化硅层 323 和多晶硅层 322 上形成(图 6)。二氧化硅 324 充当后续形成的掺杂区域(该例子中为 N 型掺杂区域 302(见图 7A 或 8B))的掺杂剂源。二氧化硅 324 因此可用 N 型掺杂剂,比如磷,进行掺杂。二氧化硅 324 可以通过 APCVD 的方法形成约为 2000 埃的厚度。

[0057] 将掺杂区域分开的沟槽可以在第一沟槽形成工艺中在掺杂区域形成之前形成或者在第二沟槽形成工艺中在掺杂区域形成之后形成。图 7A 和 8A 说明第一沟槽形成工艺的工艺步骤,而图 7B 和 8B 说明第二沟槽形成工艺的工艺步骤。两个沟槽形成工艺都可从图 6 开始而且继续到图 9。

[0058] 在第一沟槽形成工艺中,热驱入(drive-in)步骤将掺杂剂从二氧化硅 323 和 324 扩散到下面的多晶硅层 322,因此在多晶硅层 322 中形成 P 型和 N 型掺杂区域,掺杂区域被相应地标记为 P 型掺杂区域 301 和 N 型掺杂区域 302(图 7A)。热驱入步骤可以通过加热图 6 的结构来进行。优选的驱入条件给出例如大于 $1e^{20}cm^{-3}$ 的重掺杂的多晶硅层,其在整个薄膜厚度上是均匀的,而且在多晶硅下面有非常少的掺杂,举例来说,等于或小于 $1e^{18}cm^{-3}$ 。热驱入步骤使二氧化硅 323 下面的多晶硅层 322 形成 P 型掺杂区域 301,以及使二氧化硅 324 下面的多晶硅层 322 形成 P 型掺杂区域 302。

[0059] 二氧化硅 324、二氧化硅 323、掺杂区域 301、掺杂区域 302 和薄电介质层 313 被蚀刻以形成沟槽 304 (图 8A)。沟槽蚀刻可以包括多步骤蚀刻工艺,其中最后的蚀刻步骤结束于衬底 303 上。举例来说,沟槽 304 可以约为 100 微米宽。然而,只要 P 型掺杂区域 301 和 N 型掺杂区域 302 彼此不接触,对沟槽 304 的最小宽度没有限制。沟槽 304 可以通过包括激光挖槽的传统刻蚀工艺来形成。在一个实施例中,沟槽 304 具有用于提高太阳能辐射收集效率的带纹理的表面 314。在一个实施例中,包括氢氧化钾和异丙醇的湿法蚀刻工艺用来形成沟槽 304 和使表面 314 带有随机金字塔的纹理。沟槽 304 可以向衬底 303 内延伸 1 到 10 微米,举例来说,3 微米。

[0060] 薄(小于 200 埃,比如 100 埃)的钝化层 310 可以在沟槽 304 的表面 314 上形成。举例来说,钝化层 310 可以包括在表面 314 上热生长的二氧化硅或者沉积的氮化硅层。

[0061] 在第二沟槽形成工艺中,图 6 的结构中的二氧化硅 324、二氧化硅 322 和薄电介质层 313 被蚀刻以形成沟槽 304 (图 7B)。带有纹理的表面 314 在沟槽 304 的表面形成。除沟槽在太阳能电池掺杂区域形成前形成之外,该沟槽蚀刻与第一沟槽形成工艺中的基本相同。

[0062] 执行热驱入步骤来将掺杂剂从二氧化硅层 323 和 324 扩散到下面的多晶硅层 322,从而像在第一沟槽形成工艺中一样形成掺杂区域 301 和 302 (图 8B)。在这种情况下,在第二沟槽形成工艺中,在扩散工艺期间,在沟槽 304 下面的衬底 303 中形成钝化区域 315。钝

化区域 315 可以包含扩散的 N 型掺杂剂。在一个实施例中,钝化区域 315 通过在热驱入过程中在扩散炉中引入 POCl_3 (phosphorus chloride oxide) 形成。钝化区域 315 具有与图 1 中的钝化区域 112 相同的功能。

[0063] 在第一和第二沟槽形成工艺中,沟槽 304 都充当将 P 型掺杂区域 301 和 N 型掺杂区域 302 物理分开的间隙。太阳能电池的处理从图 8A 或图 8B 继续到图 9。

[0064] 从图 9 继续,在沟槽 304 中形成氮化硅层 307 形式的电介质。在图 9 的例子中,氮化硅层 307 也在层 323 和 324 上形成。氮化硅层 307 优选地具有相对较大的正的固定电荷密度来使沟槽 304 下面的硅表面处于累积状态并提供良好的表面钝化。举例来说,氮化硅层 307 上的正的固定电荷密度可以作为 PECVD 工艺的一部分自然产生。在一个实施例中,氮化硅 307 通过 PECVD 的方法形成约为 400 埃的厚度。氮化硅 307 优选地具有平坦的(举例来说,如沉积形成的那样)表面。在图 9 和图 10 中,钝化区域 312 代表钝化层 310 (见图 8A) 或者钝化区域 315 (见图 8B),具体取决于使用的沟槽形成工艺。

[0065] 叉指型金属接触指 308 和 309 然后可以穿过氮化硅 307 形成,以各自经由层 323 和 324 与掺杂区域 301 和 302 电连接(图 10)。外部电路可以附接到叉指型金属接触指 308 和 309,以连接到太阳能电池并且由太阳能电池供电。在图 10 的例子中,金属接触指 308 可与正电接线端耦合,而金属接触指 309 可与负电接线端耦合。形成的太阳能电池提供与图 1 的太阳能电池相同的优势。

[0066] 图 11 显示传统的太阳能电池和根据本发明实施例的太阳能电池的性能对比的黑色 I-V (即,电流 - 电压) 曲线。因为这些曲线是在太阳能电池上没有直接的太阳辐射照射的条件下测量的,所以曲线 I-V 是“黑色”的。

[0067] 这些 I-V 曲线是针对在 N 型硅和 P 型掺杂区域之间形成的二极管的曲线。在图 11 的例子中,水平轴代表二极管两端的电压,垂直轴代表流过二极管的电流。曲线 401 是具有接触的 P 型和 N 型多晶硅掺杂区域的测试结构的太阳能电池的 I-V 曲线,曲线 402 是典型的 Sunpower Corporation A300™ 太阳能电池的 I-V 曲线,曲线 403 针对的是如图 1 和图 9 中的在 P 型和 N 型掺杂区域之间具有沟槽的太阳能电池。虽然曲线 402 与曲线 404 所代表的理想 I-V 曲线很接近,但曲线 403 更接近。曲线 405 代表理想二极管 I-V 特性,其斜率为电流每增大 10 倍电压增大 60 毫伏。

[0068] 现在参考图 12,显示根据本发明实施例的电池的制作方法 600 的流程图。在方法 600 中,掺杂区域在多晶硅层中形成(步骤 601)。例如,掺杂区域可以通过在未掺杂的多晶硅层上沉积掺杂二氧化硅层并执行扩散步骤、通过沉积预掺杂二氧化硅层、或者通过沉积未掺杂多晶硅层然后进行掺杂剂注入步骤来形成。可以对其中形成掺杂区域的多晶硅层进行蚀刻来形成沟槽,该沟槽将 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域分开(步骤 602)。或者,沟槽在掺杂区域形成之前形成。沟槽可以包括带纹理的表面来增大太阳辐射的收集。钝化区域,比如钝化层或者衬底中的扩散区域,可以形成来将沟槽材料与衬底的主体隔离(步骤 603)。然后氮化硅层形式的电介质可以在沟槽中沉积(步骤 604)。之后,叉指型金属接触指可以形成,以穿过氮化硅电连接到 P 型和 N 型掺杂区域。

[0069] 如所述,通过去除其中 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域接触的对接结(butting junction),将 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域物理隔离有助于提高太阳能电池的效率。虽然对接结由于形成的相对较高的正向漏电流而对太阳能电池的效率存在有害的影响,但是对

接结降低了太阳能电池的反向击穿电压。反向击穿电压通常在太阳能电池被遮蔽(即,没有太阳辐射直接照射在太阳能电池上)时出现。反向击穿电压源于P型掺杂区域和N型掺杂区域的对接部分所形成的二极管中的雪崩和齐纳击穿机制。例如,一些具有对接结的太阳能电池的反向击穿电压大约为-4V。相比较而言,具有完全沟槽的P型掺杂区域和N型掺杂区域的太阳能电池由于没有对接结则具有高得多的反向击穿电压,可以高达-100V。高的反向击穿电压可以导致过度的热量,并且有潜在的安全问题。

[0070] 图 13 显示了说明发明者发现的各种太阳能电池的特性的 I-V 曲线。图 13 中,水平轴代表电压,垂直轴代表电流。原点(0,0)右边的第一象限 I 代表正电压和正电流。原点(0,0)左边的第四象限 IV 代表负电压和正电流。

[0071] I-V 曲线 701 针对第一实例太阳能电池,其没有将P型掺杂区域和N型掺杂区域分开的沟槽。I-V 曲线 702 针对第二实例太阳能电池,其带有将P型掺杂区域和N型掺杂区域分开的连续沟槽,如图 2 所示的太阳能电池一样。

[0072] 当第一实例太阳能电池被遮蔽时,曲线 701 向左走,第一实例太阳能电池产生的电压变得更负。对接结二极管最终在反向击穿电压(比如 -4 伏时)击穿。结果的电流增大被相同模块中的其他太阳能电池限制,这通常不是问题。当第一实例太阳能电池的反向击穿电压相对较低时,电池在正向电压区域(也就是,当太阳辐射投射到太阳能电池上时;见第一象限 I)的性能相对于第二实例太阳能电池的没有竞争性。更具体地,第二实例太阳能电池的 I-V 曲线 702 表示第二实例太阳能电池在正常工作期间比第一实例太阳能电池的效率更高,这可以通过对第一象限 I 中的 I-V 曲线 701 和 702 比较看出。

[0073] 发明者发现意外的结果,通过在沟槽的不同部分中断将P型和N型掺杂区域分开的沟槽,使得P型掺杂区域和N型掺杂区域在中断部分接触,在正常工作期间,可以改善太阳能电池的反向击穿性能,而基本上不会对其正向电压特性有不利的影响。

[0074] 图 13 中,I-V 曲线 703 针对根据本发明实施例的带有中断沟槽的第三实例太阳能电池。当第三实例太阳能电池被遮蔽时,曲线 703 向左走,第三实例太阳能电池产生的电压变得更负。第三实例太阳能电池最终在约为 -6 伏的反向击穿电压处击穿,该反向击穿电压与第二实例太阳能电池相比稍大。然而,第三实例太阳能电池的正向电压特性可以比得上第二实例太阳能电池的正向电压特性,从对第一象限 I 的 I-V 曲线 703 和 702 进行对比可以看出。换句话说,中断沟槽的使用在太阳照射到太阳能电池上的正常工作期间能够提升效率,而当太阳能电池被遮蔽时,具有相对较低的反向击穿电压。现在,从图 14 开始描述具有中断沟槽的太阳能电池。

[0075] 图 14 示意性地显示根据本发明实施例的太阳能电池 720。太阳能电池 720 可以包括具有在背面 721 上形成的多晶硅层中的P型掺杂区域和N型掺杂区域的背面接触太阳能电池。太阳能电池 720 的正面,与背面 721 相对,在正常工作期间面向太阳。在图 14 的例子中,多个沟槽中断 723 代表P型和N型掺杂区域之间的多个沟槽中断中的中断(interrupt)或断开(break)。为了说明清晰,只有一些沟槽中断 723 被标识。

[0076] 图 15 示意性地显示根据本发明实施例的背面 721 的一部分的放大视图。在图 15 的例子中,金属接触指 108 和 109 在背面 721 上相互交叉。中断沟槽 800 将P型掺杂区域 101 和N型掺杂区域 102 在许多位置上分开。沟槽中断 723 (图 15 中仅显示一个)在特定的位置上断开沟槽 800 的连续性,从而允许P型掺杂区域 101 和N型掺杂区域 102 在这些位

置物理接触或者邻接。金属接触指 108 和 109 分别与 P 型掺杂区域和 N 掺杂区域电耦合。实际上,如图 17 和图 19 所示,金属接触指 108 和 109 通过电介质与各自的掺杂区域连接,在一个实施例中电介质包括氮化硅 107 (例如,见图 17 和图 19)。

[0077] 如下将会更明显,除了太阳能电池 720 的沟槽 800 被中断从而在降低反向击穿电压的情况下效率得到提升之外,太阳能电池 720 与之前描述的具有沟槽的太阳能电池(例如,见图 2 和图 10)一样。因此,除了由于在特定的位置中断而使得沟槽 800 不连续之外,可以使用与前述图 2 和图 10 中的太阳能电池相同的工艺来制造太阳能电池 720。沟槽中断可以在沟槽蚀刻步骤中通过使用相应的掩膜图案或者通过合适的激光控制来形成。例如,用于沟槽蚀刻的掩膜图案可以包括其中不挖沟槽的沟槽中断。另一个例子,可以在沟槽中断中关闭挖掘沟槽的激光。

[0078] 图 16 示意性地显示背面 721 上大致由图 15 中的虚线周界 725 包围的范围的俯视图。图 16 显示沟槽 800 的一个连续的(也就是说,不中断的)部分。沟槽 800 将 P 型掺杂区域 101 和 N 型掺杂区域 102 物理地分开。图 16 还显示与 P 型掺杂区域 101 电耦合的 P 型金属接触指 108,以及与 N 型掺杂区域 102 电耦合的 N 型金属接触指 109。

[0079] 图 17 显示根据本发明实施例的在图 16 的剖面 A-A 处取的横截面。图 17 显示太阳能电池的背面 721 和正面 722。值得注意的是,除了沟槽 800 之外,图 17 的横截面和图 2 所示相同。图 2 的沟槽 104 全部是连续的,而图 17 的沟槽 800 有中断。图 17 中标识的其他结构在之前已经参考图 2 进行了说明。

[0080] 图 18 示意性地显示背面 721 上大致由图 15 中的虚线周界 726 包围的范围的俯视图。图 18 显示沟槽中断 723,其中 P 型掺杂区域 101 和 N 型掺杂区域 102 在该沟槽中断处接触。虚线 727 表示了由 P 型掺杂区域 101 和 N 型掺杂区域 102 形成的对接结。实际上,沿着沟槽 800 的长度方向有几个沟槽中断 723。为了说明清晰起见,图 18 中仅显示了一个沟槽中断 723。图 18 也显示了与 P 型掺杂区域 101 电耦合的 P 型金属接触指 108,和与 N 型掺杂区域 102 电耦合的 N 型金属接触指 109。

[0081] 图 19 显示了在图 18 的剖面 B-B 处取的横截面。图 19 显示了太阳能电池的背面 721 和正面 722。值得注意的是,除了因为横截面是在沟槽中断 723 处而没有沟槽 800 外,图 19 的横截面和图 17 的横截面相同。因此,氮化硅 107 从金属接触指 108 延伸到金属接触指 109。而且,P 型掺杂区域 101 和 N 型掺杂区域 102 形成对接结 727。一般地,P 型掺杂区域 101 和 N 型掺杂区域 102 在对接结 727 处形成具有相对较低的反向击穿电压的二极管。这样有利地使得太阳能电池在被遮蔽时具有相对较低的反向击穿电压。多晶硅在 P 型掺杂区域 101 和 N 型掺杂区域 102 形成处的高掺杂浓度和高掺杂梯度降低反向击穿电压。较低的反向击穿电压允许对接结周界降低 100 倍,这在一个例子中仅仅将反向击穿电压从 -4 伏增大到 -6 伏。图 19 中标记的其他结构之前已参照图 2 进行了说明。

[0082] 图 20 示意性地显示根据本发明实施例的中断沟槽 800 的俯视图。多个沟槽中断 723 断开了沟槽 800 的连续性,从而允许在中断处的邻接的 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域之间形成对接结。在一个实施例中,如果沟槽 800 连续,中断 723 约构成了沟槽 800 的全长的 0.1% 到 10%。沟槽 800 的全长大约可以为 125mm,这是整个晶片的尺寸。

[0083] 图 21 显示了代表发明者所做实验中的各种太阳能电池的反向击穿特性的 I-V 曲线。在图 21 的例子中,水平轴代表反向电压,垂直轴代表电流。I-V 曲线 731 是没有沟槽

因此具有完全接触的 P 型和 N 型多晶硅掺杂区域的测试结构的太阳能电池的性能曲线；I-V 曲线 732 是如图 2 和图 10 中所示的具有连续沟槽的太阳能电池的性能曲线；I-V 曲线 733 是典型的 Sunpower Corporation A300™ 太阳能电池的性能曲线；I-V 曲线 734 是具有中断沟槽的太阳能电池的性能曲线。注意，没有沟槽的太阳能电池的曲线 731 相当陡峭，从而与具有完全沟槽的太阳能电池的曲线 732 相比有较低的反向击穿电压。具有中断沟槽的太阳能电池的曲线 734 与曲线 731 和 733 相比表示稍微较高的反向击穿电压。然而，如前所述，中断沟槽在太阳能电池完全暴露于太阳的正常工作期间的正向电压区域能够实现更高的效率。

[0084] 图 22 显示制作根据本发明实施例的太阳能电池的方法 730 的流程图。在方法 730 中，P 型和 N 型掺杂区域在多晶硅层中形成（步骤 731）。例如，掺杂区域可通过在未掺杂的多晶硅层上沉积掺杂的二氧化硅层并且执行扩散步骤，通过沉积预掺杂的二氧化硅层，或者通过沉积未掺杂的多晶硅层紧跟掺杂剂注入步骤来形成。可以对掺杂区域形成处的多晶硅层进行蚀刻，以形成 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域之间的中断沟槽（步骤 732）。中断沟槽在其连续部分（例如，全长的 99%）将 P 型和 N 型掺杂区域分开并且允许 P 型和 N 型掺杂区域在中断沟槽的中断部分（例如，全长的 1%）接触。中断沟槽可以在掺杂区域形成之前形成。中断沟槽可以包括带纹理的表面来增大太阳能辐射的收集。钝化区域，诸如钝化层或者衬底中的扩散区域，可被形成来将沟槽材料与衬底的主体隔离（步骤 733）。然后，氮化硅层形式的电介质可以在中断沟槽中沉积（步骤 734）。然后，插指型金属接触指可以被形成为穿过氮化硅与 P 型掺杂区域和 N 型掺杂区域电连接。

[0085] 取决于设计和环境细节，沿沟槽 800 有几个沟槽中断 723 会导致热散失或者太阳能电池过热。为了防止热散失，沟槽 800 上的沟槽中断 723 的数量和布局应该受到限制。这些实施例从图 23 开始说明。

[0086] 图 23 示意性地显示根据本发明实施例的太阳能电池 750。除了太阳能电池 750 在整个背面 721 上仅有一个沟槽中断 723 外，太阳能电池 750 与太阳能电池 720（见图 14）相同。也就是说，在太阳能电池 750 的任何一个沟槽上没有其他的沟槽中断 723。

[0087] 图 24 示意性地显示太阳能电池 750 中的中断沟槽 800 的俯视图。如前所述，沟槽 800 物理分开 P 型掺杂区域 101 和 N 型掺杂区域 102。单个沟槽中断 723 断开了沟槽 800 的连续性，从而允许在太阳能电池 750 的一个位置上形成 P 型掺杂区域 101 和 N 型掺杂区域 102 之间的对接结。一般来说，可以有一个到十个沟槽中断，整个晶片具有单个沟槽中断是优选的。

[0088] 图 25 示意性地显示了根据本发明实施例的太阳能电池 751。除了太阳能电池 751 具有仅仅集中在一个连续区域 752 上的几个沟槽中断 723（图 25 的示例中有三个）之外，太阳能电池 751 与太阳能电池 720（见图 14）一样。也就是说，在太阳能电池 751 中没有其他的区域 752（因此没有其他的沟槽中断 723）。单个区域 752 的整个范围具有基本上相同的或者共同的局部工作温度。

[0089] 图 26 示意性地显示太阳能电池 751 中的中断沟槽 800 的俯视图。如上所述，沟槽 800 物理分开 P 型掺杂区域 101 和 N 型掺杂区域 102。单个区域 752 中的沟槽中断 723 断开了沟槽 800 的连续性，从而允许在单个区域 752 中形成 P 型掺杂区域 101 和 N 型掺杂区域 102 之间的对接结。

[0090] 从以上描述可以理解,根据本发明实施例的太阳能电池可以具有在整个沟槽 800 长度上间隔开的多个沟槽中断 723,只有一个沟槽中断 723,在仅有的一个连续区域上的多个沟槽中断 723,以及不脱离本发明思想的其他设计组合(例如,两个局部区域,每个局部区域都有几个间隔开的沟槽中断 723;在局部工作温度实质上不同的分开的区域中的两个沟槽中断 723)。

[0091] 本发明公开了改进的太阳能电池制作工艺和结构。虽然提供了本发明的具体的实施例,但是应当理解的是这些实施例用于说明目的而不是限制目的。通过阅读本发明,许多其他的实施例对于所属领域的技术人员来说将是显而易见的。

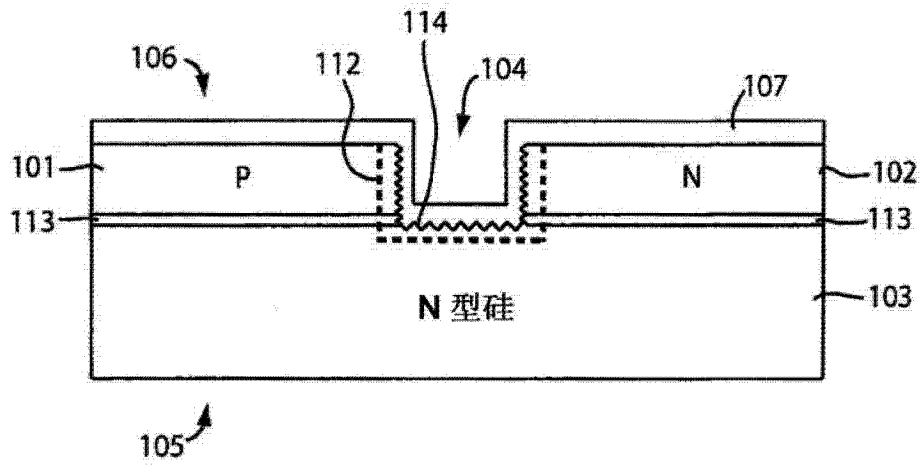


图 1

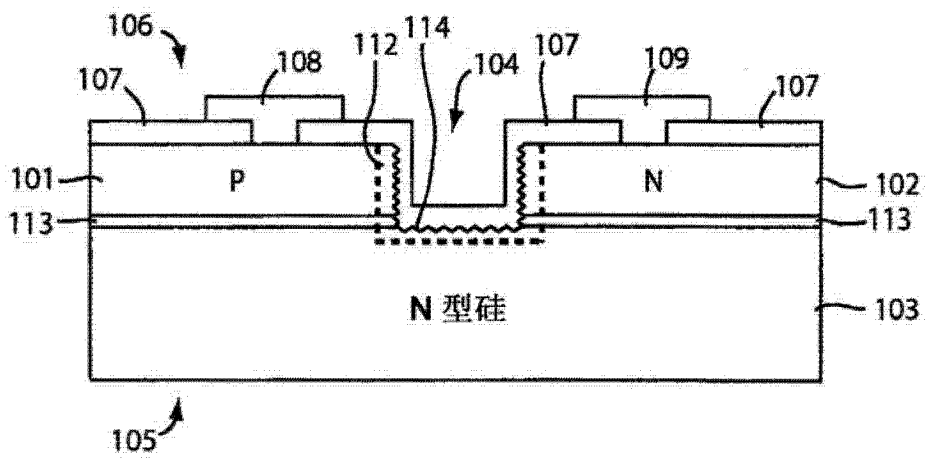


图 2

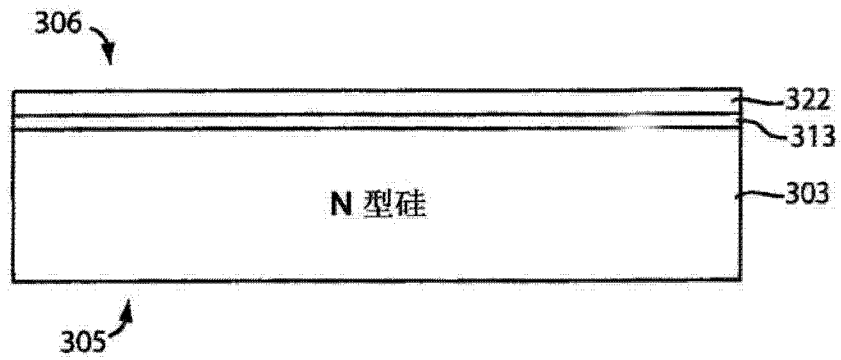


图 3

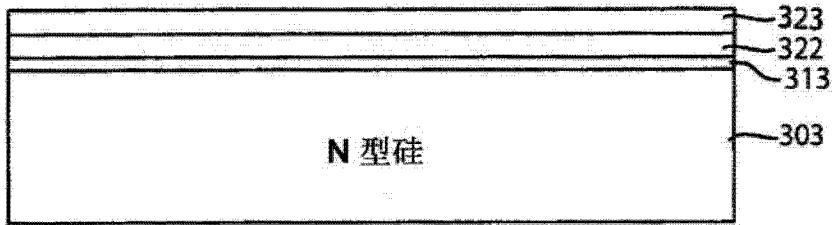


图 4

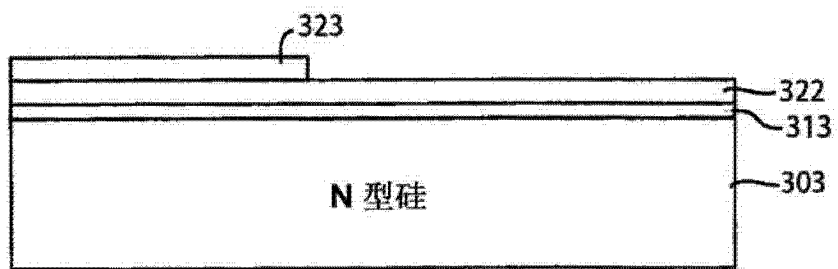


图 5

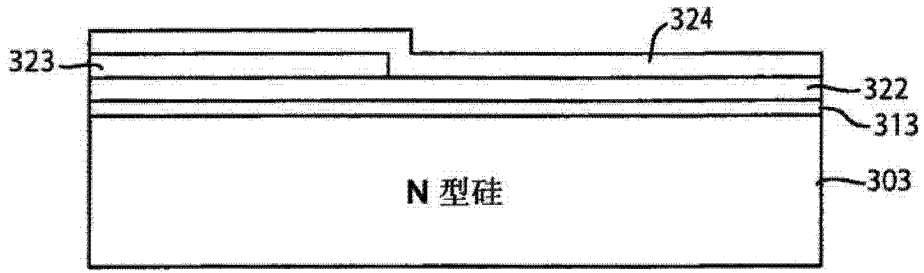


图 6

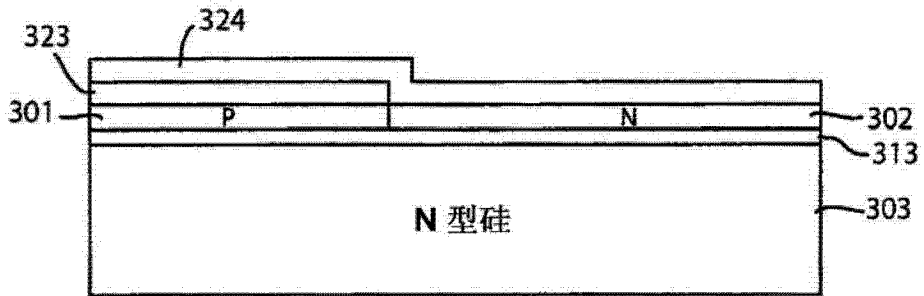


图 7A

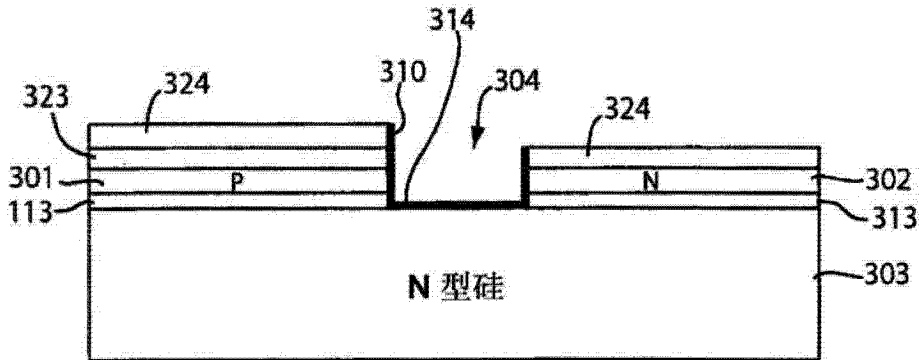


图 8A

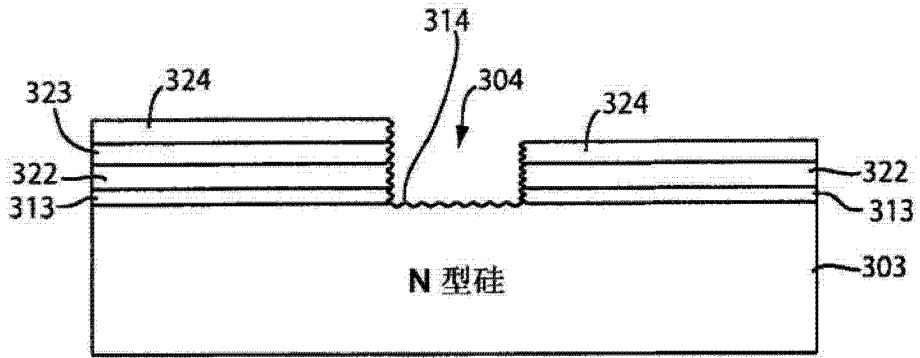


图 7B

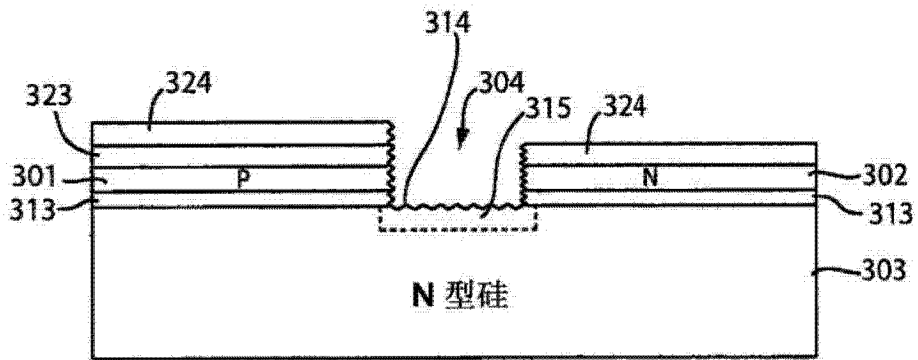


图 8B

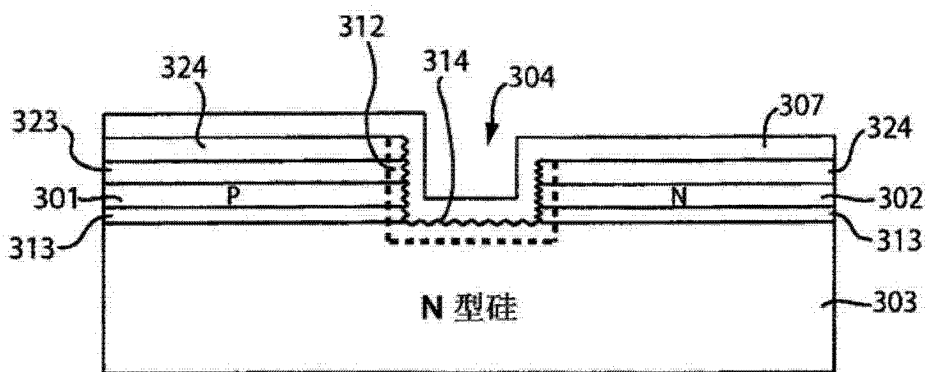


图 9

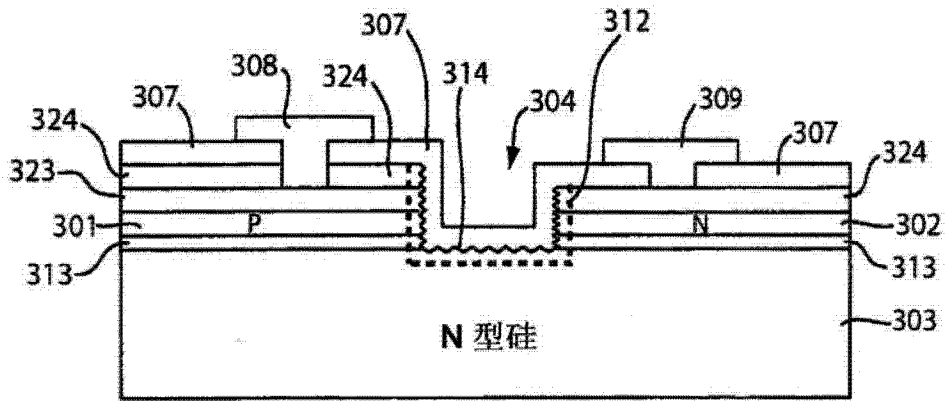


图 10

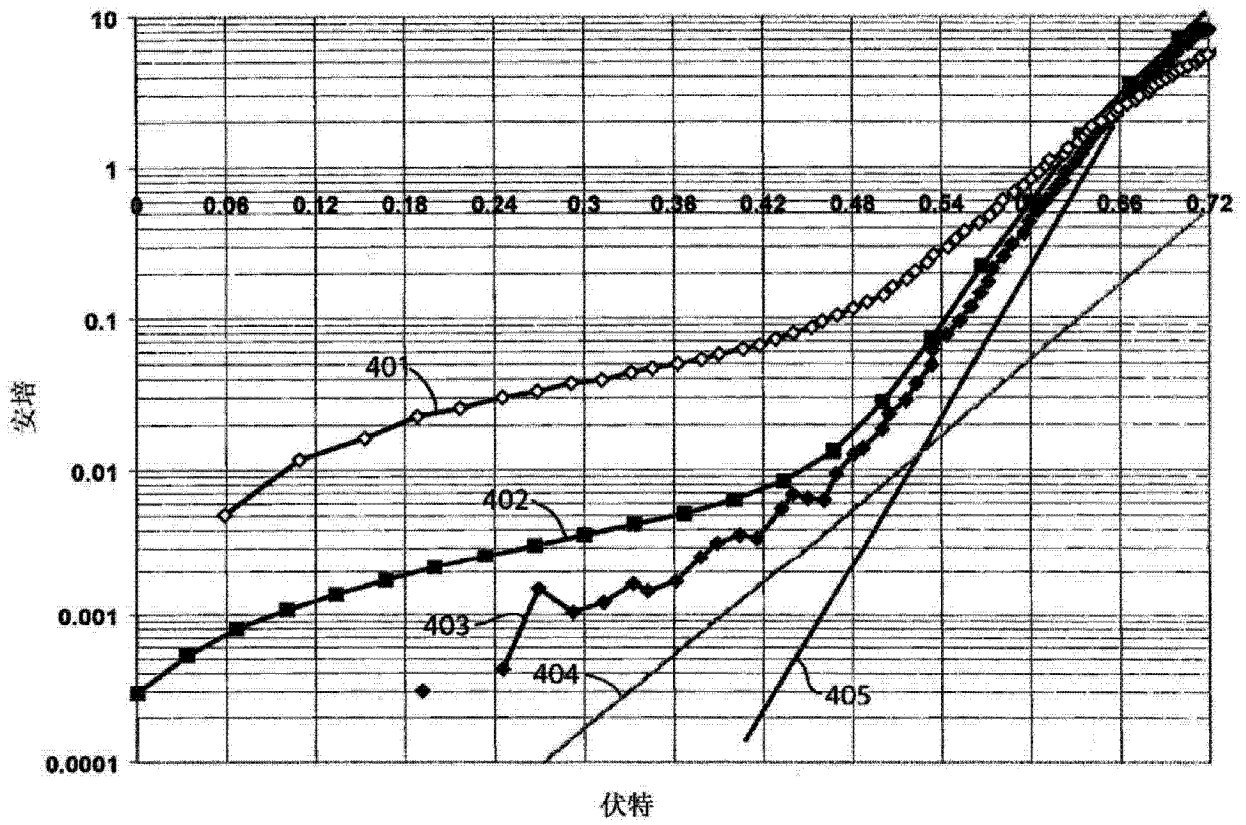


图 11

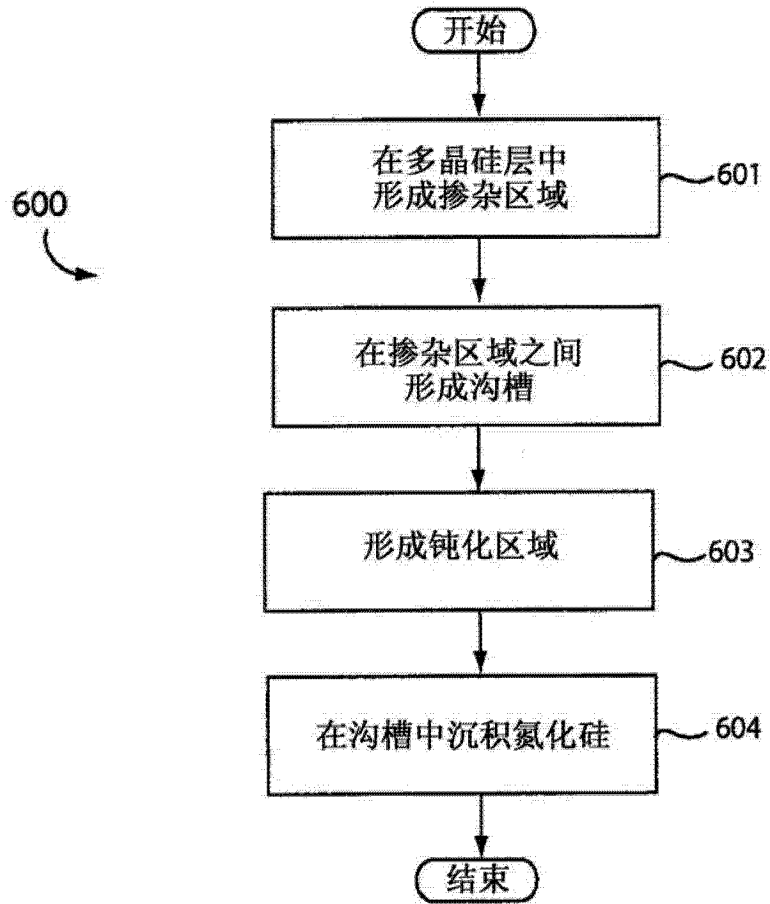


图 12

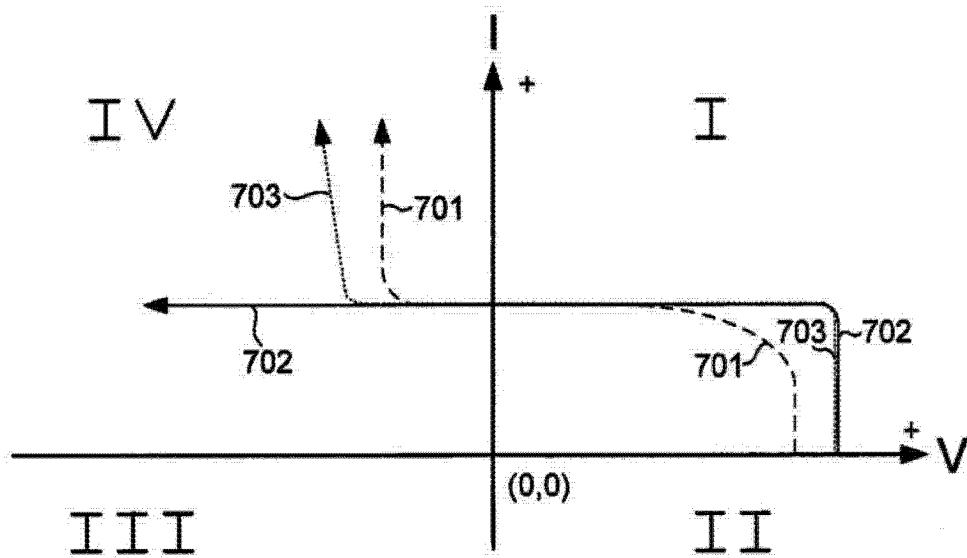


图 13

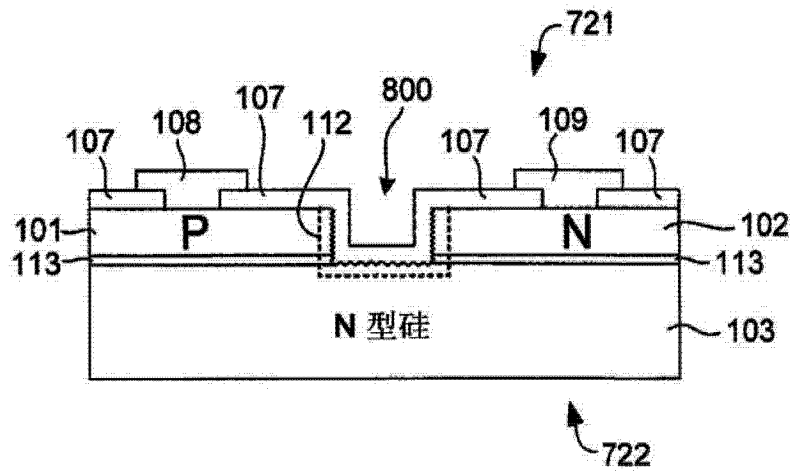


图 17

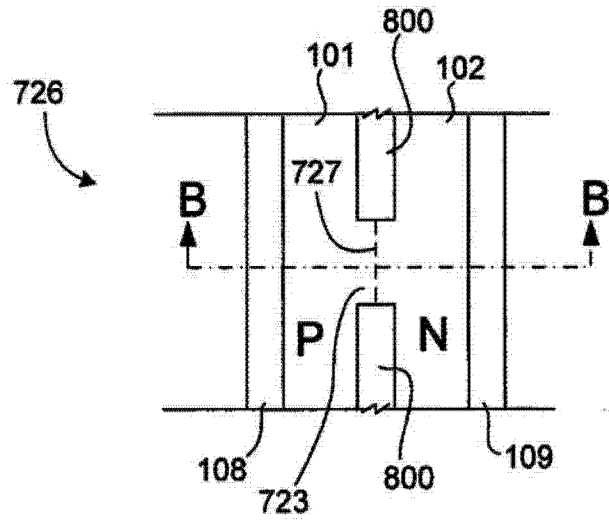


图 18

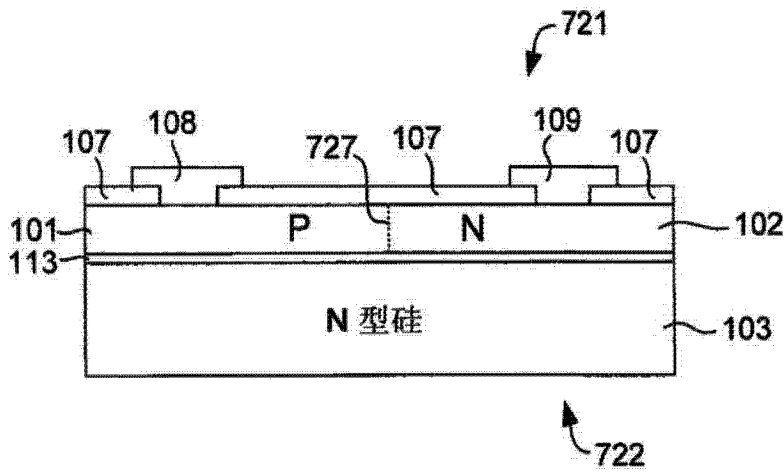


图 19

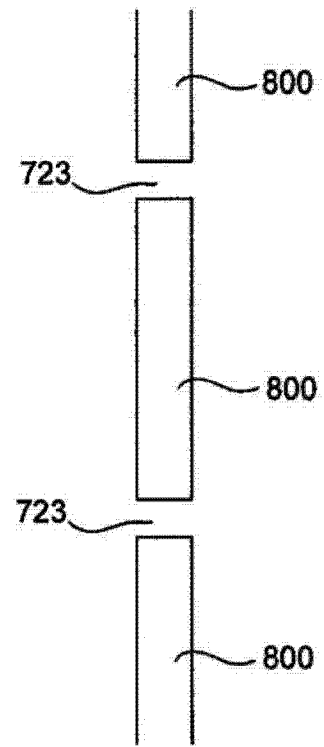


图 20

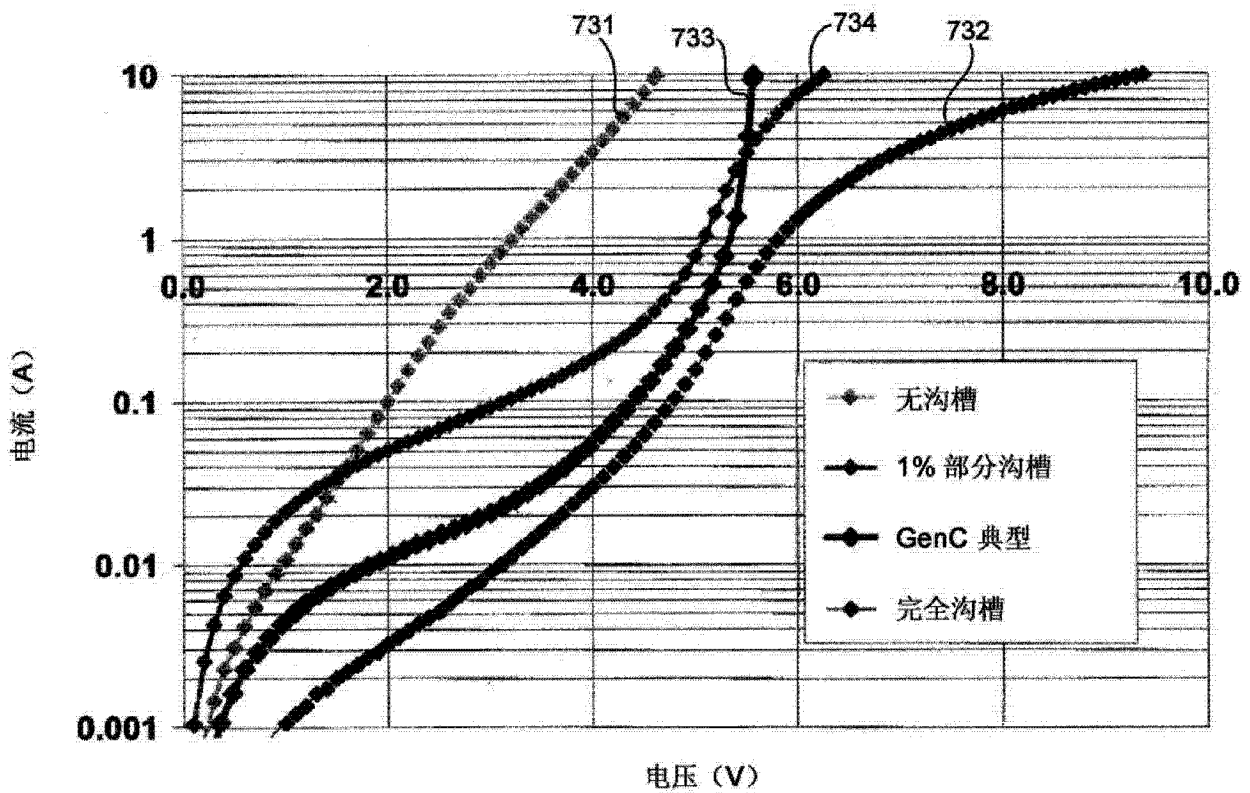


图 21

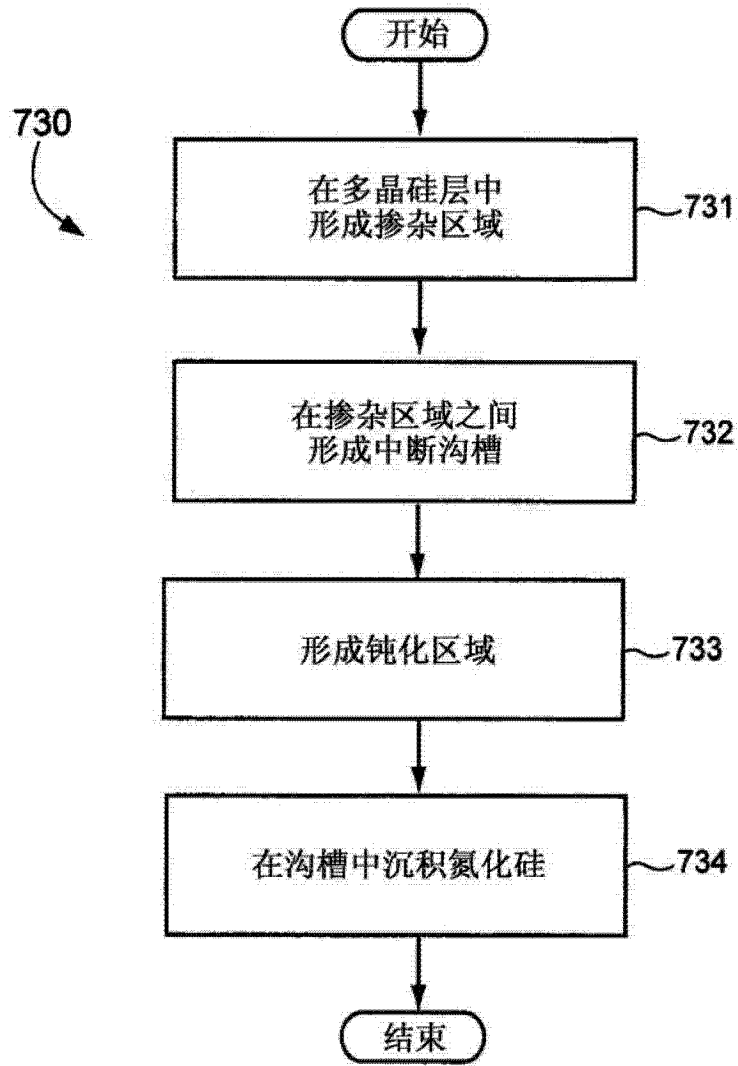


图 22

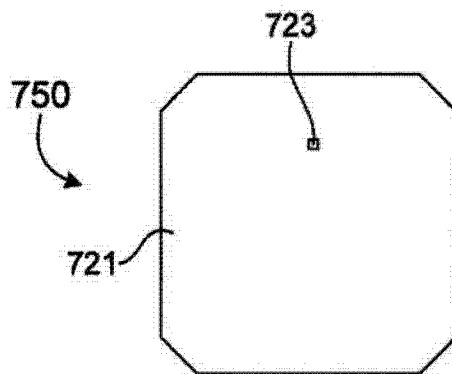


图 23

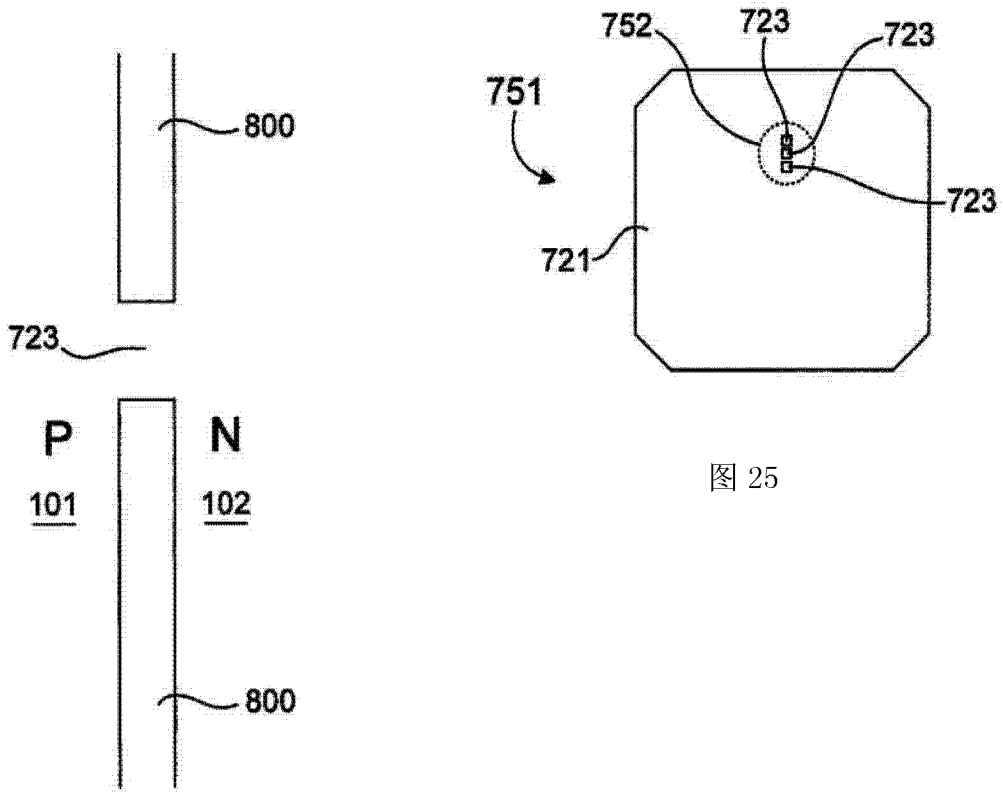


图 24

图 25

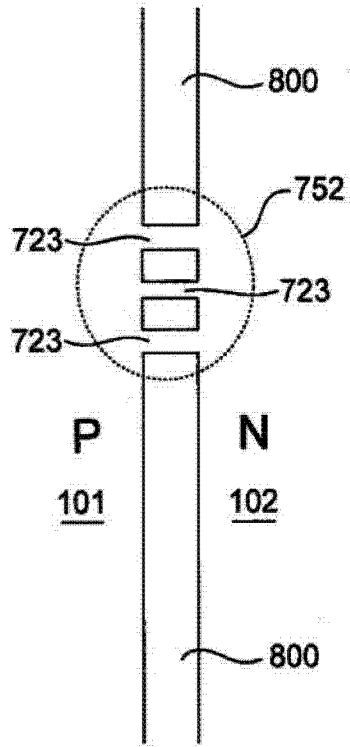


图 26