

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101165925 B

(45) 授权公告日 2010. 09. 15

(21) 申请号 200710163384. 9

(22) 申请日 2007. 10. 19

(30) 优先权数据
11/550, 881 2006. 10. 19 US

(73) 专利权人 昂科公司
地址 美国新泽西州

(72) 发明人 阿瑟·科恩费尔德 马克·A·斯坦
保罗·R·夏普斯

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限
责任公司 11287

代理人 孟锐

(51) Int. Cl.

- H01L 31/042(2006. 01)
- H01L 31/0256(2006. 01)
- H01L 31/0304(2006. 01)
- H01L 31/18(2006. 01)
- H01L 27/142(2006. 01)
- H01L 21/822(2006. 01)

(56) 对比文件

- JP 昭 62-58690 A, 1987. 03. 14,
- US 6660928 B1, 2003. 12. 09,
- US 6034321 A, 2000. 03. 07,

审查员 吴云

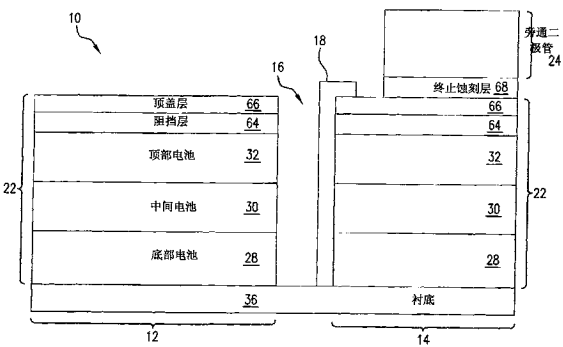
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 4 页

(54) 发明名称

具有局部化掺杂的顶盖层的太阳能电池结构

(57) 摘要

本发明揭示一种太阳能电池,所述太阳能电池包含半导体衬底和设置于所述衬底上的包含窗口层在内的一序列半导体层。所述太阳能电池还包含位于所述窗口层上的含有半导体硅的顶盖层。所述顶盖层通过半导体阻挡层与所述窗口层在空间上分离,所述半导体阻挡层不包含硅或具有比所述顶盖层的硅浓度明显低的硅浓度。



1. 一种太阳能电池,其包括:
半导体衬底;
一序列半导体层,其设置于所述衬底上以形成多个子电池结构,其中所述序列的半导体层包含半导体窗口层;
位于顶部子电池结构的所述窗口层上的半导体阻挡层;及
位于所述阻挡层上的半导体含有硅的顶盖层,其中所述半导体阻挡层不包含硅或具有比所述顶盖层的硅浓度低至少 50% 的硅浓度。
2. 如权利要求 1 所述的太阳能电池,其中所述阻挡层中的所述硅浓度比所述顶盖层的硅浓度小至少两个数量级。
3. 如权利要求 1 所述的太阳能电池,其中所述阻挡层比所述顶盖层厚至少数倍。
4. 如权利要求 1 所述的太阳能电池,其中所述窗口层包括含有铝的 III-V 半导体化合物。
5. 如权利要求 1 所述的太阳能电池,其中所述窗口层包括含有铝的 III-V 半导体化合物,所述阻挡层和顶盖层的每一者均包括 III-V 半导体化合物,且所述阻挡层具有比所述顶盖层的硅浓度小至少两个数量级的硅浓度。
6. 一种制作太阳能电池的方法,其包括:
沉积一序列半导体层以在半导体衬底上形成太阳能电池结构,其中所述序列的半导体层包含基极层、所述基极层上的发射极层和所述发射极层上的窗口层;
在所述窗口层上沉积半导体阻挡层;及
在所述阻挡层上沉积半导体含有硅的顶盖层,
其中所述阻挡层不包含硅或具有比所述顶盖层的硅浓度低至少 50% 的硅浓度。
7. 如权利要求 6 所述的方法,其中所述阻挡层具有比所述顶盖层的硅浓度小至少两个数量级的硅浓度。
8. 如权利要求 6 所述的方法,其中所述顶盖层具有比所述阻挡层小至少数倍的厚度。
9. 如权利要求 6 所述的方法,其中所述窗口层包括含有铝的 III-V 半导体化合物。

具有局部化掺杂的顶盖层的太阳能电池结构

技术领域

[0001] 本揭示内容涉及太阳能电池和太阳能电池的制作,且特定而言,涉及基于 III-V 半导体化合物的多结太阳能电池。

[0002] 背景技术

[0003] 光伏电池(也称作太阳能电池)是在过去数年中已变得可用的重要能源。太阳能电池当前正用于大量面向商业和消费者的应用,其中包含卫星和其它与太空相关的应用。某些太阳能电池具有多结太阳能电池结构,所述结构包含在衬底上一个在另一个上面垂直堆叠的多个子电池。当太阳能电池以阵列形式接收阳光或受到照射时,每一电池均承受正向偏压。然而,如果所述电池的一个或一个以上电池未受到照射,例如,由于遮蔽或损坏,则被遮蔽的电池可能变成承受反向偏压以承载被照射电池所产生的电流。此种反向偏压可降格所述电池且可最终使所述电池变得不能操作。为防止反向偏压,有时构建有二极管结构。例如,第 6,864,414 号美国专利(其受让于本申请案的受让人)揭示了一种具有形成于顶部子电池层上方的集成旁通二极管的单片式多结太阳能电池结构。旁路二极管的作用是将电流抽离被遮蔽或受损的电池。在被遮蔽的电池变成承受反向偏压时,旁路二极管就会变成承受正向偏压。不是迫使电流穿过被遮蔽电池,而是二极管将电流抽离被遮蔽的电池且维持与下一电池的连接。

[0004] 虽然将旁通二极管制作成集成装置可增强其效率和效能,但已发现集成旁通二极管的制作有时会减小顶部子电池的开路电压(V_{oc}),而这种情况可是不期望的。

[0005] 发明内容

[0006] 根据本发明的一个方面,太阳能电池包含半导体衬底和一序列设置于所述衬底上的半导体层。所述序列的半导体层包含半导体窗口层。太阳能电池也包含位于所述窗口层上的含有半导体硅的顶盖层。所述顶盖层通过半导体阻挡层与所述窗口层在空间上分离,所述半导体阻挡层不包含硅或具有比所述顶盖层的硅浓度明显低(例如,至少低 50%)的硅浓度。

[0007] 在另一方面,本发明包含制作太阳能电池的方法。所述方法包含沉积一序列半导体层以在半导体衬底上形成太阳能电池结构,其中所述序列的半导体层包含半导体窗口层。将半导体阻挡层沉积于所述窗口层上,并将含有半导体硅的顶盖层沉积于所述阻挡层上。所述阻挡层不包含硅或具有比所述顶盖层的硅浓度明显低的硅浓度。

[0008] 在某些实施方案中可提供以下特征中的一种或一种以上特征。例如,在某些情况下,所述阻挡层中的硅浓度比所述顶盖层的硅浓度小至少两个数量级。所述阻挡层可厚于所述顶盖层且,在某些实施方案中,比所述顶盖层厚至少数倍。

[0009] 所述窗口层可为(例如)含有铝的 III-V 半导体化合物,且所述阻挡层和顶盖层的每一者可包含 III-V 半导体化合物。例如,所述阻挡层和顶盖层可为 InGaAs 层,而所述窗口层可为 AlInP₂ 层。

[0010] 所述顶盖层中的硅浓度可(例如)介于约 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 至约 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 的大约范围内。在某些实施方案中,所述顶盖层中的硅浓度介于约 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 至约 $6 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 的范

围内。

[0011] 所述序列的半导体层可包含具有一个在另一个上面堆叠的子电池的多结太阳能电池结构,其中所述窗口层靠近所述子电池堆叠的顶部。

[0012] 某些实施方案包含各种优点。例如,添加的阻挡层可帮助防止(或减小)硅扩散入所述窗口层中且,因此可防止(或减小)铝从所述窗口层扩散出。这样可导致太阳能电池开路电压(V_{oc})和效率的增加。

[0013] 依据以下实施方式、附图和权利要求书,本发明的其它特征和优点可显而易见。

附图说明

[0014] 图 1 图解说明根据本发明的太阳能电池的实例。

[0015] 图 2 图解说明根据本发明的太阳能电池层的实例。

[0016] 图 3 图解说明位于太阳能电池层上的旁通二极管层的实例。

[0017] 图 4 是根据本发明方法的实例的流程图。

具体实施方式

[0018] 图 1 图解说明多结太阳能电池结构的实例,所述结构具有:第一部分 12,其用作将太阳能转换成电能的太阳能电池 10;和第二部分 14,其包含形成于所述太阳能电池层上的集成旁通二极管 24。旁通二极管 24 为太阳能电池 10 提供反向偏压保护。井 16 可形成于太阳能电池 10 与旁通二极管 24 之间以提供太阳能电池的有源部分与旁通二极管 24 之间的电分离。井 16 也可作为分流器 18 提供路径以接近衬底 36。所述井随后可填满诸如抗反射性材料的非导电性材料。

[0019] 在所图解说明的实例中,多结太阳能电池结构 22 包含垂直堆叠于衬底 36 上的底部子电池 28、中间子电池 30 和顶部子电池 32。子电池 28、30、32 包含一序列一个在另一个顶上沉积的半导体层 22。顶盖层 66 在顶部电池 32 上方,其通过阻挡层 64 与顶部电池分离,这将在下文中更详细地加以论述。

[0020] 图 2 图解说明太阳能电池层的特定实施方案。在所图解说明的实施例中,衬底 36 为具有金属接触垫 34 的 p 型锗 (“Ge”)。底部子电池 28 包含 p 型 Ge 基极层 38、n 型 Ge 发射极层 40 和适合的成核层 42。特定而言,基极层 38 形成于衬底 36 上,而发射极和成核层 40、42 沉积于基极层 38 上。在沉积底部子电池 28 之后,沉积 p 型和 n 型隧道结层 44。

[0021] 中间子电池 30 包含背表面电场 (“BSF”) 层 46、p 型 GaAs 基极层 48、n 型 InGaP 发射极层 50 和 n 型二磷化铝镓 (“AlInP₂”) 窗口层 52。在 BSF 层沉积于隧道结层 44 上之后,将基极层 48 沉积于 BSF 层 46 上。在发射极层沉积于基极层 48 上之后,随即将窗口层 52 沉积于发射极层 50 上。BSF 层 46 用于减小中间子电池 30 中的再结合损失。BSF 层 46 从靠近背表面的高掺杂区域驱动少数载流子以最小化再结合损失的效应。换句话说,BSF 层 46 会减小太阳能电池背侧处的再结合损失且由此减小基极层 /BSF 层界面处的再结合。

[0022] 中间子电池 30 中的窗口层 52 也帮助减小再结合损失并改善对下伏结的电池表面的钝化。可添加或删除附加层,这样并不背离本发明的范围。在沉积顶部电池 32 之前,在中间子电池 30 上沉积 p 型和 n 型隧道结层 54。

[0023] 根据所图解说明的实施例,顶部子电池 32 包含 p 型磷化铟镓铝 (“InGaAlP₂”)BSF

层 56、p 型 GaInP_2 基极层 58、n 型 GaInP_2 发射极层 60 和 n 型二磷化铝铟 (“ AlInP_2 ”) 窗口层 62。在 BSF 层沉积于隧道结层 54 上之后将基极层 58 沉积于 BSF 层 56 上。在发射极层沉积于基极层 58 上之后,随即将窗口层 62 沉积于发射极层 60 上。在所图解说明的实施方案中,窗口层 62 具有约 275 埃 ($\text{\AA}$) 的厚度。不同的厚度可适合于其它实施方案。

[0024] 在所图解说明的实施例中,顶盖层 66 沉积于顶部子电池 32 的窗口 62 上并通过阻挡层 64 与窗口层 62 在空间上分离。经掺杂的顶盖层 66 (其可用作顶部子电池 32 的触点) 可为 (例如) GaAs 或 InGaAs 层。在所图解说明的实施方案中,顶盖层 66 为 n 型 $\text{In}_{0.015}\text{GaAs}$ 。也可使用其它克分子分数。

[0025] 在所图解说明的实例中,经掺杂的顶盖层 66 (其可用于增强与金属材料的接触) 具有介于约 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 至约 $6 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 范围内的硅浓度。更一般而言,经掺杂的顶盖层 66 通常具有介于约 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 至约 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 范围内的硅浓度。

[0026] 阻挡层 64 未掺杂或具有比顶盖层 66 的硅密度明显低的硅密度。如本文中所使用,“明显较低”硅密度意指阻挡层 64 具有比经掺杂顶盖层 66 硅密度低至少 50% 的硅密度。在某些情况下,较佳的情况是阻挡层 64 具有比经掺杂顶盖层 66 的硅密度低至少两个数量级的硅密度。虽然较佳非故意地掺杂阻挡层 64,然而少量的硅可能会作为污染物存在于这种层中。

[0027] 在所图解说明的实施方案中,阻挡层 64 是未掺杂 (“i 型”) 或非故意掺杂的 GaAs 或 InGaAs 层。例如,阻挡层 64 可为未掺杂或非故意掺杂的 $\text{In}_{0.015}\text{GaAs}$ 。也可使用其它克分子分数。

[0028] 在所图解说明的实施方案中,n+ 顶盖层 66 具有约 600 $\text{\AA}$ 的厚度,而未掺杂 (或非故意掺杂) 的阻挡层 64 具有约 4150 $\text{\AA}$ 的厚度。因此,阻挡层 64 可为经掺杂顶盖层 66 厚度的数倍 (在所图解说明的实例中,几乎为七倍厚)。无论如何,高掺杂硅的顶盖层 66 与顶部子电池 32 的窗口 62 在空间上分离。

[0029] 在所图解说明的实施方案中,将特定 III-V 半导体化合物用于太阳能电池结构的各层中。然而,所述多结太阳能电池结构可由周期表中列出的族 III-V 元素的其它组合所形成,其中族 III 包含硼 (B)、铝 (Al)、镓 (Ga)、铟 (In) 和铊 (Tl);族 IV 包含碳 (C)、硅 (Si)、锗和锡 (Sn);而族 V 包含氮 (N)、磷 (P)、砷 (As)、锑 (Sb) 和铋 (Bi)。

[0030] 图 3 图解说明附加层的特定实施方案,所述附加层可包含于旁通二极管 24 的部分 14 中的顶盖层 66 上。

[0031] 如图 3 的实例中所示,将蚀刻终止层 68 沉积于顶盖层 66 上。蚀刻终止层 68 可为 (例如) n 型 GaInP_2 。对于其中在高温下实施后续制作步骤的情况,n 型 AlGaAs 的蚀刻终止层 68 可为有利。

[0032] 在沉积蚀刻终止层 68 之后,例如,以外延方式沉积 p-i-n 旁通二极管 24 的各层。在所图解说明的实施例中,旁通二极管 24 包含下部 n 型 $\text{In}_{0.015}\text{GaAs}$ 接触层 70、n 型 $\text{In}_{0.015}\text{GaAs}$ 基极层 72、i 型 $\text{In}_{0.015}\text{GaAs}$ 层 74 和 p 型 $\text{In}_{0.015}\text{GaAs}$ 发射极层 76。n 型基极层 72 沉积于接触层 70 上,i 型层 74 沉积于 n 型层 70 上,而 p 型层 76 沉积于 i 型层 74 上。在沉积层 76 之后,将接触垫 78 沉积于旁通二极管 24 上。因此,在太阳能电池结构 22 上形成具有 n 上 p 极性的 p-i-n 旁通二极管。在另一实施例中,使用上述类似过程在太阳能电池

结构上形成具有 p 上 n 极性的 n-i-p 旁通二极管。

[0033] 在所图解说明的实施方案中,蚀刻终止层 68 具有约 900Å 的厚度。以下为所图解说明实例中的其它层的厚度:接触层 70(1000Å)、基极层 72(2000Å)、本质层 74(10000Å)、发射极层(5000Å)及接触层 78(500Å)。

[0034] 虽然以上论述提及各种层的材料和厚度的特定实例,但其它实施方案可使用不同的材料和厚度。同样,可在旁通二极管 24 中添加附加层或删除某些层,这样并不背离本发明的范围。在某些情况下,可在太阳能电池层 22 上形成除旁通二极管 24 以外的集成装置。在其它实施方案中,所述太阳能电池结构可在太阳能电池层以上不包含集成旁通二极管或其它装置。

[0035] 本发明人发现:在经掺杂顶盖层 66 与窗口 62 之间添加阻挡层 64 可增加顶部子电池 32 的开路电压 (V_{oc})。尽管操作理论对本发明并非决定性的,但相信添加阻挡层 64 会减小旁通二极管层在高温下生长期间硅从顶盖层 66 进入窗口层 62 的扩散。添加阻挡层 64 有效地局部化 n+ 掺杂层 66 中的硅,因此防止或减小硅进入窗口 62 的扩散。硅进入窗口 62 的扩散并非期望的,这是因为其可导致铝从窗口 62 中扩散出,从而又增加界面少数载流子再组合并减小子电池的开路电压 (V_{oc})。

[0036] 由于所图解说明太阳能电池的所得到的开路电压 (V_{oc}) 可高于不包含未掺杂(或非故意掺杂)阻挡层 64 的类似太阳能电池的开路电压,因此可获得较高的操作电压以及较高的功率。这又可增加太阳能电池的效率。因此,添加未掺杂或非故意掺杂的阻挡层 64 可促进制作具有多结太阳能电池结构 22 的高效太阳能电池 20。

[0037] 图 4 是流程图,其图解说明根据本发明实施例制造具有旁通二极管的多结太阳能电池结构的方法。在块 110 处,所述过程包含提供锗衬底。所述锗衬底可设置有接触层。一旦提供了衬底,则所述过程移动至块 112。

[0038] 在块 112 处,所述过程包含为太阳能电池结构沉积一序列层,在某些实施例中,所述太阳能电池为三结太阳能电池,所述三结太阳能电池包含底部、中间和顶部子电池。所述同质结子电池可以异质结子电池来替换。在形成所述太阳能电池子电池层之后,所述过程继续至块 114。

[0039] 在块 114 处,所述过程包含沉积阻挡层和顶盖层。首先,将阻挡层沉积于顶部子电池的窗口上。然后,将经掺杂顶盖层沉积于阻挡层上,以使高掺杂顶盖层与顶部子电池的窗口在空间上分离。如上所解释,所述阻挡层未掺杂或具有比顶盖层的硅密度明显低的硅密度。较佳地,阻挡层 64 为未掺杂或仅非故意掺杂。一旦沉积了阻挡层和顶盖层,则所述过程继续至块 116。

[0040] 在块 116 处,所述过程包含将旁通二极管或其它有源装置沉积于顶盖层上。在一个实施例中,在终止蚀刻层沉积于顶盖层上之后,将 n 型 $\text{In}_{0.015}\text{GaAs}$ 层沉积于终止蚀刻层上。接下来,将 i 型 $\text{In}_{0.015}\text{GaAs}$ 层沉积于 n 型层上,且将 p 型 $\text{In}_{0.015}\text{GaAs}$ 层沉积于 i 型层上。在一个实施例中,n 型 $\text{In}_{0.015}\text{GaAs}$ 层中 n 掺杂物的浓度介于 10^{17} 至 10^{18}cm^{-3} 之间。类似于 n 型层,p 型 $\text{In}_{0.015}\text{GaAs}$ 层中 p 型掺杂物的浓度介于 10^{17} 至 10^{18}cm^{-3} 之间。相反,在所述特定实施方案中,i 型 $\text{In}_{0.015}\text{GaAs}$ 层中掺杂物的浓度小于 10^{16}cm^{-3} 。

[0041] 随后可实施其它制作步骤。例如,如由块 118 所指示,可沉积玻璃盖及电极端子以完成太阳能电池的形成。

[0042] 其它实施方案也在本权利要求书的范围内。

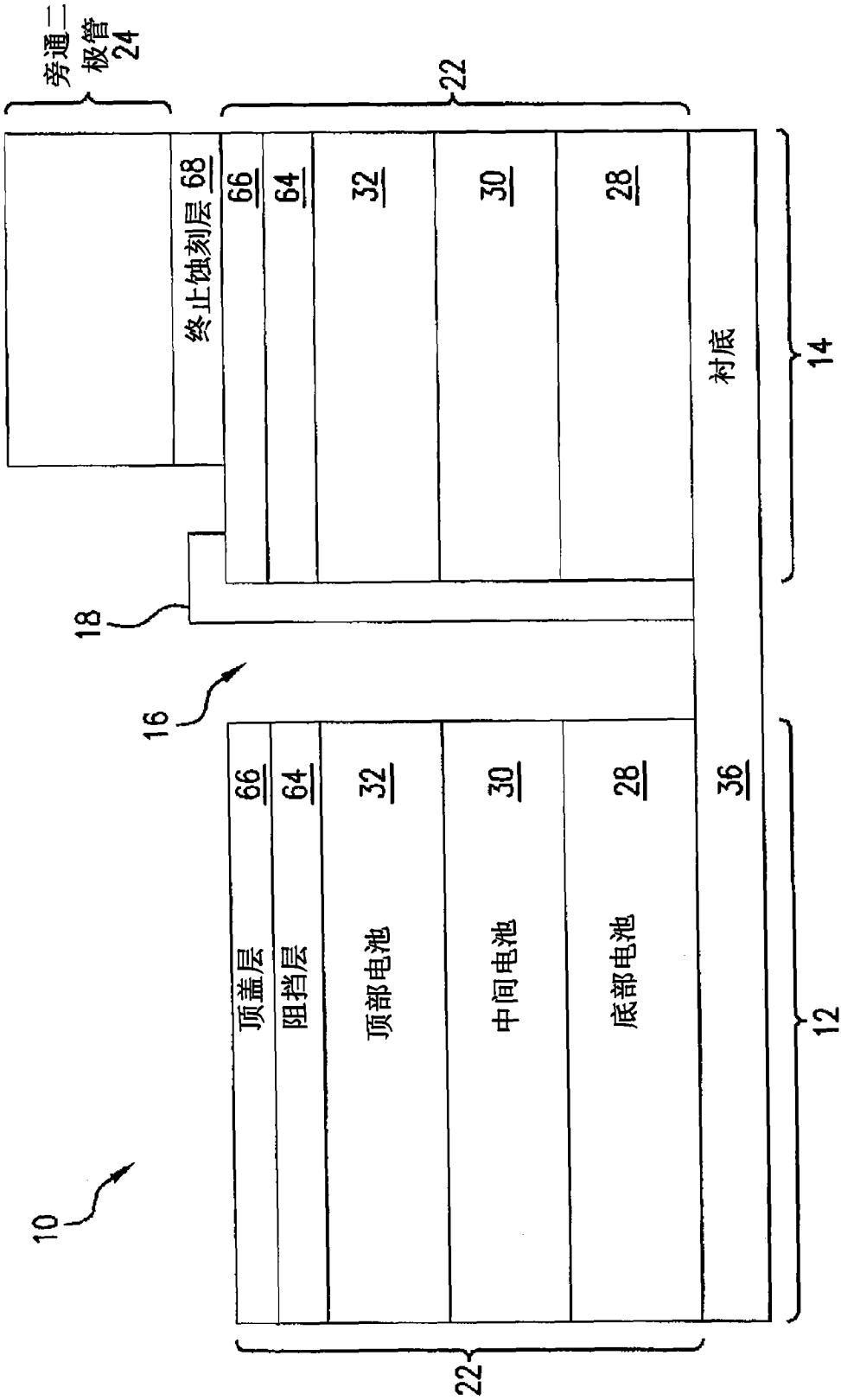


图1

12

n ⁺ 顶盖层	<u>66</u>	
阻挡层	<u>64</u>	
窗口	<u>62</u>	32
发射极	<u>60</u>	
基极	<u>58</u>	
BSF	<u>56</u>	
P++/n++隧道结	<u>54</u>	
窗口	<u>52</u>	30
发射极	<u>50</u>	
基极	<u>48</u>	
BSF	<u>46</u>	
P++/n++隧道结	<u>44</u>	
成核层	<u>42</u>	28
发射极	<u>40</u>	
基极	<u>38</u>	
衬底	<u>36</u>	
触点	<u>34</u>	

图 2

14		
垫	<u>78</u>	旁通二 极管层
p-GaAs	<u>76</u>	
i-GaAs (i 层)	<u>74</u>	
n-GaAs	<u>72</u>	
触点	<u>70</u>	
终止蚀刻层	<u>68</u>	
n ⁺ 顶盖层	<u>66</u>	32
阻挡层	<u>64</u>	
窗口	<u>62</u>	
发射极	<u>60</u>	
基极	<u>58</u>	
BSF	<u>56</u>	
P++/n++隧道结	<u>54</u>	30
窗口	<u>52</u>	
发射极	<u>50</u>	
基极	<u>48</u>	
BSF	<u>46</u>	
P++/n++隧道结	<u>44</u>	28
成核层	<u>42</u>	
发射极	<u>40</u>	
基极	<u>38</u>	
衬底	<u>36</u>	
触点	<u>34</u>	

图 3

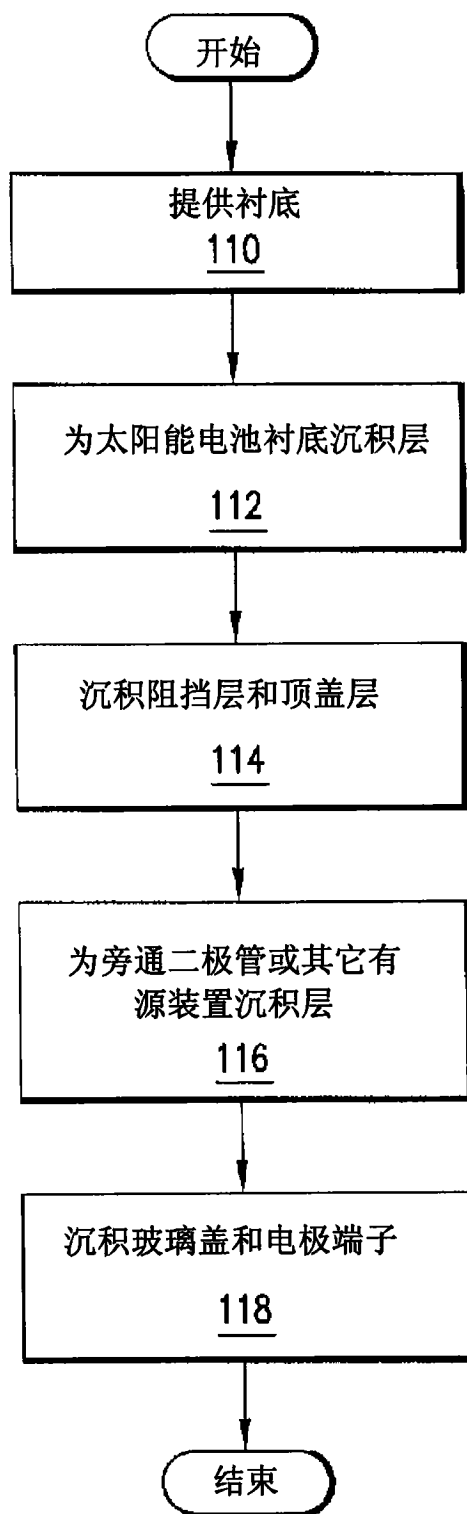


图 4