

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102456763 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 16

(21) 申请号 201110329046. 4

(22) 申请日 2011. 10. 26

(30) 优先权数据

12/939, 077 2010. 11. 03 US

(71) 申请人 奥塔装置公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 聂辉 布兰登·M·卡耶斯

伊西克·C·奇吉尔亚里

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理

有限公司 11262

代理人 周靖 郑霞

(51) Int. Cl.

H01L 31/0735(2012. 01)

H01L 31/0216(2006. 01)

H01L 31/18(2006. 01)

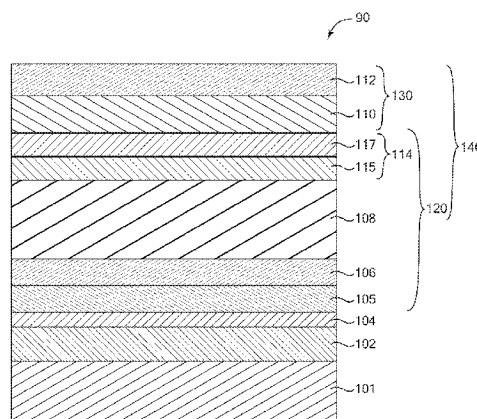
权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 4 页

(54) 发明名称

包含异质结的光电子器件

(57) 摘要

本发明的实施方式大体涉及光电子半导体器件,例如包括太阳能电池的光伏器件。一方面,光电子半导体器件包含由砷化镓(GaAs)制成并且仅具有一种掺杂型的吸收层。发射极层比吸收层更靠近器件的背面,发射极层由与吸收层不同的材料制成,并且具有比吸收层高的带隙。异质结在发射极层和吸收层之间形成,且 p-n 结在发射极层和吸收层之间形成并且至少部分在与异质结偏离的位置处的不同材料内。p-n 结响应于器件在器件的正面处暴露于光而在器件中引起电压产生。



1. 一种光电子半导体器件,包含:
 - 吸收层,其由砷化镓 (GaAs) 制成且仅具有一种掺杂型;
 - 发射极层,其比所述吸收层更靠近所述器件的背面,所述发射极层由与所述吸收层不同的材料制成且具有比所述吸收层高的带隙;
 - 异质结,其在所述发射极层和所述吸收层之间形成;以及
 - p-n 结,其在所述发射极层和所述吸收层之间偏离所述异质结的位置处形成,所述 p-n 结响应于所述器件在所述器件的正面处暴露于光而在所述器件中引起电压产生。
2. 如权利要求 1 所述的光电子半导体器件,其中所述 p-n 结位于所述异质结的两个耗尽长度内。
3. 如权利要求 1 所述的光电子半导体器件,其中所述 p-n 结与所述异质结的偏离是通过位于所述吸收层和所述发射极层之间的中间层来提供的,所述中间层具有与所述吸收层相同的掺杂型,并且包含所述不同的材料。
4. 如权利要求 3 所述的光电子半导体器件,其中所述中间层包含缓变层和背窗口层,所述缓变层具有从更接近所述吸收层侧处的 GaAs 至所述发射极层的所述不同的材料材料缓变,所述背窗口层不具有缓变且具有近似均匀组成的所述不同的材料。
5. 如权利要求 1 所述的光电子半导体器件,其中所述发射极层的材料为砷化铝镓 (AlGaAs)。
6. 如权利要求 1 所述的光电子半导体器件,其中所述光电子半导体器件为单一载流子输送太阳能电池。
7. 如权利要求 3 所述的光电子半导体器件,还包含:
 - n- 金属触点,其布置在所述器件的正面上;
 - p- 金属触点,其布置在所述器件的背面上,其中所述正面布置在所述背面之上;
 - 抗反射涂层,其布置在所述 n- 金属触点上;以及
 - 电池,其布置在所述正面和所述背面之间,所述电池包含布置在 p- 型膜堆栈之上的 n- 型膜堆栈,其中:
 - 所述 n- 型膜堆栈包含 n- 型触点层,所述 n- 型触点层包含砷化镓,所述 n- 型触点层布置在 n- 型前窗口上,所述 n- 型前窗口布置在所述吸收层上,所述吸收层包含 n- 型砷化镓并且布置在所述中间层上,所述中间层包含 n- 型砷化铝镓;以及
 - 所述 p- 型膜堆栈包含所述发射极层,所述发射极层包含布置在 p- 型触点层上的 p- 型砷化铝镓,所述 p- 型触点层包含 p- 型砷化镓。
8. 如权利要求 3 所述的光电子半导体器件,还包含:
 - 布置在所述器件的背面上的 n- 金属触点和 p- 金属触点;
 - 抗反射涂层,其布置在所述器件的正面上,其中所述正面布置在所述背面之上;以及
 - 电池,其布置在所述正面和所述背面之间,并且包含布置在 p- 型膜堆栈之上的 n- 型膜堆栈,其中:
 - 所述 n- 型膜堆栈包含 n- 型触点层,所述 n- 型触点层包含砷化镓,所述 n- 型触点层布置在 n- 型前窗口上,所述 n- 型前窗口布置在所述吸收层上,所述吸收层包含 n- 型砷化镓,所述吸收层布置在所述中间层上,所述中间层包含 n- 型砷化铝镓,
 - 所述 p- 型膜堆栈包含发射极层,所述发射极层布置在 p- 型触点层上,

其中所述 n- 金属触点耦接到所述吸收层,且所述 p- 金属触点耦接到所述 p- 型触点层。

9. 一种太阳能电池,包含:

吸收层,其由砷化镓 (GaAs) 制成且仅具有一种掺杂型;

发射极层,其由与所述吸收层不同的材料制成,并且具有比所述吸收层高的带隙;

中间层,其设置在所述吸收层和所述发射极层之间,所述中间层具有与所述吸收层相同的掺杂型,其中所述中间层包含从更接近所述吸收层侧处的 GaAs 至更接近所述发射极层侧处的所述发射极层的所述不同的材料材料缓变;

异质结,其在所述发射极层和所述吸收层之间形成;以及

p-n 结,其在所述发射极层和所述吸收层之间形成并且至少部分在偏离所述异质结的位置处的所述不同的材料内,所述 p-n 结响应于所述电池在所述电池的正面处暴露于光而在所述电池中引起电压产生。

10. 如权利要求 9 所述的太阳能电池,其中所述中间层包含缓变层和背窗口层,所述缓变层具有缓变,所述背窗口层不具有缓变且具有近似均匀组成的所述不同的材料。

11. 如权利要求 10 所述的太阳能电池,其中所述缓变层位于邻近所述吸收层,并且其中所述背窗口层位于所述缓变层和所述发射极层之间。

12. 如权利要求 9 所述的太阳能电池,其中所述发射极层的材料为砷化铝镓 (AlGaAs)。

13. 如权利要求 11 所述的太阳能电池,其中所述中间层沿所述发射极层至所述吸收层的方向包含约 30% 铝 70% GaAs 至约 100% GaAs 的材料缓变。

14. 如权利要求 9 所述的太阳能电池,其中所述发射极层比所述吸收层更靠近所述器件的背面,使得在所述器件中提供单一载流子输送。

15. 一种光伏电池,包含:

吸收层,其由砷化镓 (GaAs) 制成且仅具有一种掺杂型;

发射极层,其由与所述吸收层不同的材料制成,并且具有比所述吸收层高的带隙;

异质结,其在所述发射极层和所述吸收层之间形成;以及

p-n 结,其在所述发射极层和所述吸收层之间形成并且至少部分在偏离所述异质结的位置处的所述不同的材料内,其中所述吸收层的大部分在由所述 p-n 结形成的耗尽区的外部,所述 p-n 结响应于所述电池在所述电池的正面处暴露于光而在所述电池中引起电压产生。

16. 如权利要求 15 所述的光伏电池,其中所述 p-n 结位于所述异质结的两个耗尽长度内。

17. 如权利要求 15 所述的光伏电池,其中所述发射极层的材料为砷化铝镓 (AlGaAs)。

18. 如权利要求 15 所述的光伏电池,其中所述 p-n 结与所述异质结的偏离是通过位于所述吸收层和所述发射极层之间的中间层来提供的,所述中间层具有与所述吸收层相同的掺杂型,其中所述中间层包含从更接近所述吸收层侧处的 GaAs 至所述发射极层的所述不同的材料材料缓变。

19. 如权利要求 15 所述的光伏电池,其中所述发射极层比所述吸收层更靠近所述电池的背面,使得在所述电池中提供单一载流子输送。

20. 一种形成光电子半导体器件的方法,所述方法包括:

在吸收层上形成中间层,其中所述吸收层由砷化镓(GaAs)制成并且仅具有一种掺杂型,所述中间层具有与所述吸收层相同的掺杂型;并且

在所述中间层上形成发射极层,其中所述发射极层比所述吸收层更靠近所述器件的背面,所述发射极层由与所述吸收层不同的材料制成且具有比所述吸收层高的带隙,其中所述中间层包含所述发射极层的不同的材料,

其中异质结在所述发射极层和所述吸收层之间形成,且

其中 p-n 结在所述发射极层和所述吸收层之间偏离所述异质结的位置处形成,所述 p-n 结响应于所述器件暴露于光而在所述器件中引起电压产生。

21. 如权利要求 20 所述的方法,其中所述中间层包含从更接近所述吸收层侧处的 GaAs 至更接近所述发射极层侧的所述发射极层的所述不同的材料材料缓变。

22. 如权利要求 20 所述的方法,其中所述光电子半导体器件为单一载流子输送太阳能电池。

包含异质结的光电子器件

[0001] 发明背景

发明领域

[0002] 本发明的实施方式大体涉及光电子半导体器件,例如包括太阳能电池的光伏器件,以及制备这样的光电子器件的方法。

[0003] 相关技术描述

[0004] 因为化石燃料正以日益增长的速率耗尽,所以对替代能源的需要变得越来越明显。源自风、源自太阳及源自流水的能量提供对诸如煤、石油和天然气的化石燃料的可再生的、环境友好的替代物。由于太阳能在地球上的几乎任何地方都容易得到,所以太阳能可能有朝一日成为可行的替代物。

[0005] 为了利用来自太阳的能量,太阳能电池的结吸收光子以产生电子-空穴对,这些电子-空穴对被结的内部电场分离以产生电压,从而将光能转化为电能。所产生的电压可通过串联连接太阳能电池而增加,且电流可通过并联连接太阳能电池而增加。太阳能电池可在太阳电池板上组合在一起。逆变器可耦接至若干太阳电池板以将直流功率转换为交流功率。

[0006] 然而,生产太阳能电池的当前高成本相对于当代器件的低效率水平阻止太阳能电池成为主流能源,并且限制太阳能电池可适用的应用。在光伏器件的常规制造工艺期间,金属触点常常通过气相沉积工艺沉积,并且在热退火工艺期间,通常被加热到高于 300°C 的温度。这些高温过程由于过度消耗时间和能量而往往是昂贵的。此外,高温过程经常破坏光伏器件内包含的敏化材料。

[0007] 因此,存在对具有提高效率的光电子器件以及以与常规太阳能电池相比的降低的成本来制造这样的光电子器件的方法的需求。

[0008] 发明概述

[0009] 本发明的实施方式大体涉及包括光伏电池的半导体器件,以及形成这样的器件的制造工艺。

[0010] 在一个实施方式中,光电子半导体器件包含由砷化镓 (GaAs) 制成并且仅具有一种掺杂型的吸收层。发射极层比吸收层更靠近器件的背面,发射极层由与吸收层不同的材料制成且具有比吸收层高的带隙。异质结在发射极层和吸收层之间形成,且 p-n 结在发射极层和吸收层之间偏离异质结的位置处形成。p-n 结响应于器件在器件的正面处暴露于光而在器件中引起电压产生。

[0011] 在另一个实施方式中,太阳能电池包含吸收层和发射极层,吸收层由砷化镓 (GaAs) 制成并且仅具有一种掺杂型,发射极层由与吸收层不同的材料制成并且具有比吸收层高的带隙。中间层设置在吸收层和发射极层之间,中间层具有与吸收层相同的掺杂型,其中间层包含从更接近吸收层侧处的 GaAs 至发射极层的更接近发射极层侧处的不同材料缓变。异质结在发射极层和吸收层之间形成,且 p-n 结在发射极层和吸收层之间形成并至少部分在偏离异质结的位置处的所述不同材料内。p-n 结响应于所述器件在太阳能

电池的正面处暴露于光而在电池中引起电压产生。

[0012] 在另一个实施方式中, 光伏电池包含吸收层和发射极层, 吸收层由砷化镓 (GaAs) 制成并且仅具有一种掺杂型, 发射极层由与吸收层不同的材料制成并且具有比吸收层高的带隙。异质结在发射极层和吸收层之间形成, 且 p-n 结在发射极层和吸收层之间形成并至少部分在偏离异质结的位置处的不同材料内。吸收层的大部分在由 p-n 结形成的耗尽区的外部, p-n 结响应于电池在电池的正面处暴露于光而在电池中引起产生电压。

[0013] 在另一个实施方式中, 形成光电子半导体器件的方法包括在吸收层上形成中间层, 其中吸收层由砷化镓 (GaAs) 制成并且仅具有一种掺杂型, 中间层具有与吸收层相同的掺杂型。在中间层上形成发射极层, 使得发射极层比吸收层更靠近器件的背面, 发射极层由与吸收层不同的材料制成且具有比吸收层高的带隙。中间层包含发射极层的不同材料。异质结在发射极层和吸收层之间形成, 且 p-n 结在发射极层和吸收层之间形成并在偏离异质结的位置处。p-n 结响应于器件暴露于光而在器件中引起电压产生。

[0014] 附图简述

[0015] 因此, 可详细理解本发明的上述特征的方式, 上文简要概述的本发明的更具体的描述可参照实施方式, 一些实施方式在附图中示出。然而, 应注意, 附图仅示出本发明的典型实施方式, 且因此不应被视为其范围的限制, 因为本发明可允许其它同等有效的实施方式。

[0016] 图 1A-1B 描绘了根据本文描述的一个实施方式的光伏单元的横截面视图;

[0017] 图 1C-1D 描绘了根据本文描述的不同实施方式的图 1A-1B 的光伏单元的一部分的横截面视图;

[0018] 图 2 描绘了根据本文描述的一些实施方式的双面光伏电池的横截面视图; 以及

[0019] 图 3 描绘了根据本文描述的其他实施方式的单面光伏电池的横截面视图。

[0020] 详述

[0021] 本发明大体涉及光电子半导体器件和工艺包括光伏器件和工艺, 且更具体地涉及光伏电池和形成这样的光伏电池和金属触点的制造工艺。一些制造工艺包括外延生长薄膜型砷化镓材料, 该薄膜型砷化镓材料通过外延层剥离 (ELO) 工艺被进一步处理。本文描述的光伏电池的一些实施方式提供包含布置在 p- 型膜堆栈 (p-type film stack) 上的含 n- 型膜堆栈的砷化镓基电池, 使得 n- 型膜堆栈面向正面或太阳面, 而 p- 型膜堆栈在电池的背面上。在一个实施方式中, 光伏电池为双面光伏电池, 且具有布置在正面上的 n- 金属触点, 而 p- 金属触点布置在电池的背面上。在另一个实施方式中, 光伏电池为单面光伏电池, 且具有布置在电池背面上的 n- 金属触点和 p- 金属触点。光电子器件的实施方式包含吸收层、发射极层、在发射极层和吸收层之间形成的异质结以及在发射极层和吸收层之间并在与异质结偏离位置处的 p-n 结, 正如以下更加详细描述。相比于传统的太阳能电池, 本文所描述的创新可允许光伏器件具有更大的效率和韧性。

[0022] 本发明的一些实施方式提供了以大于 $5 \mu\text{m/hr}$ 例如约 $10 \mu\text{m/hr}$ 或更大、约 $20 \mu\text{m/hr}$ 或更大、约 $30 \mu\text{m/hr}$ 或更大、例如约 $60 \mu\text{m/hr}$ 或更大包括约 $100 \mu\text{m/hr}$ 或更大或约 $120 \mu\text{m/hr}$ 或更大的高生长速率外延生长第 III-V 族材料的工艺。第 III-V 族材料为薄膜型外延生长层, 该薄膜型外延生长层包含砷化镓、砷化铝镓、磷化铝镓、磷化铝镓或其组合。

[0023] 图 1A 图示了含砷化镓基电池 140 的光伏单元 90 的横截面视图,砷化镓基电池 140 与生长晶片 101 通过布置在其间的牺牲层 104 连接。在光伏单元 90 内沉积含不同组成的多层外延材料,包括缓冲层 102、牺牲层 104 及包含在砷化镓基电池 140 内的许多层。可通过沉积工艺例如化学气相沉积 (CVD) 工艺、金属有机化学气相沉积 (MOCVD) 工艺或分子束外延 (MBE) 工艺来生长或以其他方式来形成外延材料的多层。

[0024] 在本文描述的另一个实施方式中,光伏单元 90 可暴露于湿蚀刻溶液,以在外延层剥离 (ELO) 工艺期间,蚀刻牺牲层 104 并且将砷化镓基电池 140 与生长晶片 101 分离。湿蚀刻溶液通常包含氢氟酸,并且还可包含各种添加剂、缓冲剂和 / 或表面活性剂。湿蚀刻溶液选择性地蚀刻牺牲层 104,而保留砷化镓基电池 140 和生长晶片 101。一旦分离,如图 1B 所描述的,则可进一步处理砷化镓基电池 140,以形成各种光伏器件,包括光伏电池和模块,如通过本文若干实施方式所描述的。

[0025] 第 III-V 族材料为薄膜型外延生长层,其可包含砷化镓、砷化铝镓及其他。一些层例如窗口层可包含包括磷化铝镓、磷化铝镓或其组合的另外的材料。可在高生长速率气相沉积工艺期间通过生长第 III-V 族材料来形成外延生长层。与小于 $5\ \mu\text{m/hr}$ 的通常观察到的沉积速率相比,高生长速率沉积工艺允许大于 $5\ \mu\text{m/hr}$ 的生长速率,例如约 $10\ \mu\text{m/hr}$ 或更大、约 $20\ \mu\text{m/hr}$ 或更大、约 $30\ \mu\text{m/hr}$ 或更大、例如约 $60\ \mu\text{m/hr}$ 或更大包括约 $100\ \mu\text{m/hr}$ 或更大或约 $120\ \mu\text{m/hr}$ 或更大。

[0026] 本工艺包括:在处理系统内,将晶片加热到约 $550\ ^\circ\text{C}$ 或更高的沉积温度,将晶片暴露于含有化学前体的沉积气体,例如用于砷化镓沉积工艺的镓前体气体和砷化氢 (arsine),并且将含有砷化镓的层沉积在晶片上。可采用高生长速率沉积工艺来沉积多种材料,包括砷化镓、砷化铝镓、磷化铝镓、磷化铝镓、磷化铝镓、磷化铝镓、其合金、其掺杂变体或其组合。在本沉积工艺的一些实施方式中,沉积温度可在约 $550\ ^\circ\text{C}$ 至约 $900\ ^\circ\text{C}$ 的范围内。在其他实施例中,沉积温度可在约 $600\ ^\circ\text{C}$ 至约 $800\ ^\circ\text{C}$ 的范围内。在其他实施例中,沉积温度可在约 $650\ ^\circ\text{C}$ 至约 $750\ ^\circ\text{C}$ 的范围内。在其他实施例中,沉积温度可在约 $650\ ^\circ\text{C}$ 至约 $720\ ^\circ\text{C}$ 的范围内。

[0027] 在一个实施方式中,可通过在进入或穿过喷头之前在气体歧管内组合或混合两种、三种或更多种化学前体来形成沉积气体。在另一个实施方式中,可通过在穿过喷头之后在反应区内组合或混合两种、三种或更多种化学前体来形成沉积气体。沉积气体还可包含一种、两种或更多种载气,该载气可在穿过喷头之前或之后与前体气体组合或混合。

[0028] 沉积气体可包含镓、铝、镓、砷、磷或其他的一种或多种化学前体。沉积气体可包含为烷基镓化合物的镓前体气体,例如三甲基镓或三乙基镓。沉积气体还可包含为烷基铝化合物的铝前体气体,例如三甲基铝或三乙基铝。沉积气体还可包含为烷基镓化合物的镓前体气体,例如三甲基镓。

[0029] 在一些实施方式中,沉积气体还包含载气。载气可包含氢气 (H_2)、氮气 (N_2)、氢气和氮气的混合物、氩气、氦气或其组合。在许多实施例中,载气包含氢气、氮气或氢气和氮气的混合物。可以以约 5sccm (标准立方厘米每分钟) 至约 300sccm 的流速向处理室提供每一种沉积气体。可以以约 500sccm 至约 $3,000\text{sccm}$ 的流速向处理室提供载气。

[0030] 在其他实施方式中,沉积气体包含约 3 或更大、或可以为约 4 或更大、或可以为约 5 或更大、或可以为约 6 或更大、或可以为约 7 或更大的砷化氢 / 镓前体比的砷化氢和镓前体气体。在一些实施例中,砷化氢 / 镓前体气体的比可在约 5 至约 10 的范围内。在其他实

施方式中,第 III-V 族材料可由包含约 30 : 1、或 40 : 1、或 50 : 1、或 60 : 1 或更大的第 V 族前体与第 III 族前体的比的沉积气体形成或生长。在一些实施例中,沉积气体具有约 50 : 1 的磷化氢 (phosphine) 化氢 / 第 III 族前体。

[0031] 处理系统可具有约 20 托至约 1,000 托范围内的内部压力。在一些实施方式中,内部压力可为环境压力或大于环境压力,例如在约 760 托至约 1,000 托的范围内。在一些实施例中,内部压力可在约 800 托至约 1,000 托的范围内。在其他实施例中,内部压力在约 780 托至约 900 托的范围内,例如约 800 托至约 850 托。在其他实施方式中,内部压力可为环境压力或小于环境压力,例如在约 20 托至约 760 托、优选为约 50 托至约 450 托、且更优选为约 100 托至约 250 托的范围内。

[0032] 如本文描述的沉积或形成第 III-V 族材料的沉积工艺可在单晶片沉积室、多晶片沉积室、固定式沉积室或连续供给沉积室中进行。在于 2009 年 5 月 29 日提交的共同转让的美国序列号 12/475,131 和 12/475,169 中描述了用来生长、沉积或以其他方式形成第 III-V 族材料的一个连续供给沉积室,美国序列号 12/475,131 和 12/475,169 两者在此通过引用并入本文。

[0033] 在一个实施方式中,可在生长晶片 101 上形成一个或多个缓冲层 102,以便开始形成光伏单元 90。生长晶片 101 可包含 n- 型或半绝缘材料,且可包含与一个或多个随后沉积的缓冲层相同或相似的材料。例如,当产生砷化镓或 n- 掺杂砷化镓的缓冲层时,生长晶片 101 可包含砷化镓或 n- 掺杂砷化镓。p- 掺杂物可选自碳、镁、锌或其组合,而 n- 掺杂物可选自硅、硒、碲或其组合。在一些实施方式中,p- 型掺杂物前体可包括用于碳掺杂物的四溴化碳 (CBr₄)、用于镁掺杂物的双(环戊二烯基)镁 (Cp₂Mg) 及用于锌掺杂物的二烷基锌化合物包括二甲基锌或二乙基锌。在其他实施方式中,n- 型掺杂物前体可包括用于硅掺杂物的硅烷 (SiH₄) 或乙硅烷 (Si₂H₆)、用于硒掺杂物的硒化二氢 (H₂Se) 以及用于碲掺杂物的二烷基碲化合物包括二甲基碲、二乙基碲和二异丙基碲。

[0034] 缓冲层 102 可在生长晶片 101 和最终光伏单元的半导体层之间提供中介物,当形成多个外延层时,该中介物可适应其不同的结晶结构。一个或多个缓冲层 102 可沉积为约 100nm 至约 600nm 的厚度,例如约 500nm 的厚度。一个或多个缓冲层 102 中的每个可包含第 III-V 族化合物半导体,例如砷化镓,这取决于最终光伏单元的期望组成。缓冲层 102 还可以是掺杂的,例如 n- 掺杂材料,如 n- 掺杂砷化镓。

[0035] 牺牲层 104 可沉积在缓冲层 102 上。牺牲层 104 可包含合适的材料,例如砷化铝或砷化铝合金,且可以沉积为具有约 3nm 至约 20nm 范围内的厚度,例如从约 5nm 至约 10nm,如约 10nm。牺牲层 104 还可以是掺杂的,例如 n- 掺杂材料,如 n- 掺杂砷化铝。当在 ELO 工艺期间将砷化镓基电池 140 与生长晶片 101 分离时,蚀刻并移除牺牲层 104(也被称为释放层)。在被蚀刻之前,牺牲层 104 还用于形成在砷化镓基电池 140 内包含的随后且外延生长层例如 n- 型触点层 105 的晶格结构。

[0036] 砷化镓基电池 140 包含含有布置在含 p- 掺杂砷化镓材料的 p- 型膜堆栈 130 上的 n- 掺杂砷化镓材料的 n- 型膜堆栈 120。n- 型膜堆栈 120 和 p- 型膜堆栈 130 中的每个独立地包含含有砷化镓材料的不同组成材料的多层。在一个实施方式中,n- 型膜堆栈 120 包含 n- 型触点层 105、n- 型前窗口 (n-type front window) 106、邻近 n- 型前窗口 106 形成的 n- 型吸收层 108 以及任选的中间层 114。p- 型膜堆栈 130 包含 p- 型发射极层 110 和在

p-型发射极层 110 上形成的 p-型触点层 112。

[0037] 如在一个实施方式中所描述的,在制造工艺期间,n-型触点层 105 或界面层可沉积在牺牲层 104 上。n-型触点层 105 包含第 III-V 族材料,例如砷化镓,这取决于最终光伏单元的期望组成。n-型触点层 105 是 n-掺杂的,且对于一些实施方式,掺杂浓度可在大于约 1×10^{18} 原子/cm³ 的范围内,例如大到 6×10^{18} 原子/cm³,如大于约 1×10^{18} 原子/cm³ 至约 1×10^{19} 原子/cm³。n-型触点层 105 可以形成为约 10nm 至约 1,000nm 或约 10nm 至约 100nm 范围内的厚度,例如约 25nm 至约 75nm 如约 50nm。诸如砷化镓基电池 140 的一部分的 n-型触点层 105 可以在 ELO 工艺之前的该阶段形成。可选择地,在另一个实施方式中,n-型触点层 105 可在 ELO 工艺之后的稍后的阶段形成。在 ELO 工艺之前形成 n-型触点层 105 作为砷化镓基电池 140 的一部分的优点是 n-型触点层 105 有助于保护 n-型前窗口 106 在后续处理步骤期间例如当在 ELO 工艺期间蚀刻牺牲层 104 时免受不期望的破坏或材料污染。

[0038] 可在牺牲层 104 上或如果存在的话在任意的触点层 105 上形成 n-型前窗口 106(也称为钝化层)。n-型前窗口 106 可包含第 III-V 族材料,例如铝镓、砷化铝镓、其合金或其组合。n-型前窗口 106 材料可以是 n-掺杂的,且对于一些实施方式,掺杂浓度可以在大于约 1×10^{18} 原子/cm³ 的范围内,例如大到 3×10^{18} 原子/cm³,如大于约 1×10^{18} 原子/cm³ 至约 1×10^{19} 原子/cm³。n-型前窗口 106 材料可以是未掺杂的。砷化铝镓可具有摩尔比的式,Al_xGa_{1-x}As,例如 Al_{0.3}Ga_{0.7}As 的摩尔比。n-型前窗口 106 可沉积为具有约 5nm 至约 75nm 范围内的厚度,例如约 30nm 或约 40nm。n-型前窗口 106 可以是透明的以允许光子穿过砷化镓基电池 140 的正面上的 n-型前窗口 106 至其他下面的层。

[0039] 可选择地,n-型前窗口 106 可包含诸如磷化铝镓、磷化铝镓铟、其合金、其衍生物或其组合的材料。这些磷化铝镓化合物提供大的带隙,例如约 2.2eV,以及在 n-型前窗口 106 内使用时在较低波长下的高的收集器效率。

[0040] 可在前窗口 106 上形成吸收层 108。吸收层 108 可包含第 III-V 族化合物半导体,例如砷化镓。吸收层 108 可以是单晶。吸收层 108 可例如仅具有一种掺杂型,例如 n-掺杂,且对于一些实施方式,n-型吸收层 108 的掺杂浓度可以在约 1×10^{16} 原子/cm³ 至约 1×10^{19} 原子/cm³ 的范围内,例如约 1×10^{17} 原子/cm³。n-型吸收层 108 的厚度可以在约 300nm 至约 3,500nm 的范围内,例如从约 1,000nm 至约 2,000nm(约 1.0 μm 至约 2.0 μm),如 2,000nm。

[0041] 如图 1B 所图示的,可邻近吸收层 108 形成发射极层 110,发射极层 110 在一些实施方式中还称为背窗口。发射极层 110 可例如是 p-掺杂的。p-型发射极层 110 可包含与 n-型吸收层 108 一起形成异质结的第 III-V 族化合物半导体。例如,如果 n-型吸收层 108 包含砷化镓,则 p-型发射极层 110 可包含不同的半导体材料,例如砷化铝镓。如果 p-型发射极层 110 和 n-型前窗口 106 均包含砷化铝镓,则 p-型发射极层 110 的 Al_xGa_{1-x}As 组成可以与 n-型前窗口 106 的 Al_yGa_{1-y}As 组成相同或不同。例如,p-型发射极层 110 可具有 Al_{0.3}Ga_{0.7}As 的摩尔比。p-型发射极层 110 可以是单晶。p-型发射极层 110 可以是重度 p-掺杂的,且对于一些实施方式,p-掺杂的发射极层的掺杂浓度可以在约 1×10^{17} 原子/cm³ 至约 1×10^{20} 原子/cm³ 的范围内,例如约 1×10^{19} 原子/cm³。p-型发射极层 110 的厚度可以在约 100nm 至约 500nm 的范围内,例如约 300nm。对于一些实施方式,n-型吸收层 108 的厚度可具有约 800nm 或更小的厚度,例如约 500nm 或更小,例如在约 100nm 至约 500nm 的范围内。

[0042] 在一些实施方式中, n- 型吸收层 108 与 p- 型发射极层 110 的接触产生用于吸收光子的 p-n 界面层。在本发明的 n- 型吸收层 108 包含一种材料(例如砷化镓)而 p- 型发射极层 110 包含具有与吸收层 108 的材料不同带隙的不同的材料(例如砷化铝镓)的实施方式中, p-n 界面层为异质结。如在本文的实施方式中所描述的, 观察到异质结具有比常规光伏材料的同质结减小的暗电流、增大的电压产出以及改进的辐射复合。在本文描述的一些实施方式中, p- 型发射极层 110 的材料具有比 n- 型吸收层 108 的材料高的带隙。

[0043] 当光在 p-n 界面层附近被吸收以产生电子-空穴对时, p-n 结产生的内建电场可迫使空穴到 p- 掺杂侧且迫使电子到 n- 掺杂侧。自由电荷的该位移导致 n- 型吸收层 108 与 p- 型发射极层 110 之间的电压差, 使得电子流可在负载连接在耦接至这些层的端子两端时流动。

[0044] 在本文描述的实施方式中, p- 型发射极层 110 比 n- 型吸收层 108 更接近电池 140 的背面, 即, n- 型吸收层更接近电池 140 的正面。在一些实施方式中, 发射极层在吸收层下的这种布置可在太阳能电池中提供单一载流子输送, 其中发射极和 p-n 结被设置成更接近电池的背面, 使得吸收层吸收器件上的大多数入射光子, 并产生载流子的大多数, 从而产生基本上单一类型的载流子。例如, 当发射极层 110 由比吸收层高的带隙材料制成时, 发射极层适于吸收蓝光光谱光子, 该蓝光光谱光子没有渗透入器件中那么远, 且因此这些光子中的许多未到达比吸收层 108 离顶部侧远的发射极层。

[0045] 根据本文描述的一些实施方式制造较薄的基极/吸收层允许使用 n- 掺杂的基极/吸收层。与 p- 掺杂层内的空穴的迁移率相比, n- 掺杂层内的电子的较高迁移率可导致如本文实施方式所描述的 n- 型吸收层 108 内较低的掺杂密度。其他实施方式可使用 p- 掺杂的基极/吸收层和 n- 掺杂的背面/发射极层。例如, 在具有较厚吸收层的实施方式中, 由于载流子的扩散长度, 基极/吸收层可以是 p- 掺杂的。

[0046] 在其他实施方式中, 如图 1B 所示, 可在 n- 型吸收层 108 和 p- 型发射极层 110 之间形成中间层 114。中间层 114 可提供 n- 型吸收层 108 和 p- 型发射极层 110 之间的材料过渡。

[0047] 图 1C 示出了包含吸收层 108、中间层 114 和发射极层 110 的电池 140 的一个实施方式 150 的一部分。在一些实施方式中, 中间层 114 包含与发射极层 110 相同或基本上相同的材料, 例如, 诸如在其中发射极层 110 包含砷化铝镓的实施方式中的砷化铝镓。另外, 中间层 114 具有与吸收层 108 相同的掺杂型。例如, 中间层可具有 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 的摩尔比的式, 例如 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 的摩尔比, 并且以约 1×10^{16} 原子/cm³ 至约 1×10^{19} 原子/cm³ 的范围例如 1×10^{17} 原子/cm³ 被 n- 掺杂。掺杂浓度可与 n- 型吸收层 108 相同或基本上相同。在一些实施方式中, 中间层 114 可具有约两个耗尽长度 (depletion length) 的厚度, 其中耗尽长度是围绕 p-n 结形成的耗尽区的宽度。例如, 在一些实施方式中, 中间层 114 可具有约 0nm 至 200nm 范围的厚度。

[0048] 电池 140 的该实施方式提供这样的结构: 允许产生电池电压的 p-n 结与由具有不同带隙的材料提供的异质结偏离。例如, p-n 结 152 在发射极层 110 和中间层 114 的 n- 型材料和 p- 型材料之间的界面处。因此, 在一个描述的实施方式中, p-n 结设置成至少部分在主要组成发射极层 110 和中间层 114 的较高带隙的材料(例如 AlGaAs)内, 而异质结 122 位于中间层 114 和吸收层 108 之间的界面处(例如 GaAs 和 AlGaAs 之间的界面)。这种偏

离比重合的 p-n 结和异质结提供一些优点。例如,设置在 AlGaAs 层之间的偏离的 p-n 结可减小 AlGaAs 和 GaAs 层之间的界面处的势垒效应。在一些实施方式中,吸收层 108 的大部分在由 p-n 结形成的耗尽区的外部。

[0049] 在一些实施方式中,异质结 154 位于 p-n 结 152 的两个耗尽长度内。例如,在一些实施方式中,耗尽区的宽度可为约 1000 \AA (100 nm)。在过了耗尽区、在 p-n 结的约两个耗尽区宽度(耗尽长度)内,耗尽区通常还具有耗尽效应。位于离 p-n 结的距离比此距离远的异质结可以不允许耗尽效应跨越异质结界面,且因此可能存在势垒。

[0050] 如图 1D 示出的,在中间层 114 的另一个实施方式 160 中,中间层 114 可包含布置在吸收层 108 和发射极层 110 之间的缓变层 115 和背窗口层 117。例如,在 n- 型背窗口 117 上形成 p- 型发射极层 110 之前,可在 n- 型吸收层 108 上形成 n- 型缓变层 115,且可在 n- 型缓变层 115 上形成 n- 型背窗口 117。缓变层 115 和 n- 型背窗口层 117 中的每个可以是 n- 掺杂的,且对于一些实施方式,掺杂浓度可以在约 1×10^{16} 原子/cm³ 至约 1×10^{19} 原子/cm³ 的范围内,例如约 1×10^{17} 原子/cm³,且掺杂浓度优选与 n- 型吸收层 108 相同或基本上相同。在不同实施方式中,缓变层 115 和背窗口 117 的厚度可广泛变化,而整个中间层 114 可维持标准厚度(例如约 2 个耗尽长度,如在一些实施方式中的 0nm 至 200nm 的范围)。背窗口 117 还可提供钝化,以减少吸收层 108 表面处的复合。

[0051] 160 的实施方式包含在 n- 掺杂层 117 和 p- 掺杂层 110 之间形成的 p-n 结 162。p-n 结 162 与设置在具有不同带隙的两种材料之间的异质结 164 偏离。在实施方式 160 的实例中,材料为在吸收层 108 中的 GaAs 和在缓变层 115 中的 AlGaAs。虽然在图 1D 中基于示例性的目的示出了异质结 164 在缓变层的中间处,但由于材料缓变,所以异质结可以在层 115 内的任何点处或整个宽度的层可被视为异质结。如在图 1C 的实施方式中,p-n 结优选在两个耗尽长度内与异质结偏离。

[0052] 缓变层 115 可以是包含从吸收层变化至背窗口 117 的材料缓变的缓变层,其中缓变从吸收层在更接近于吸收层的缓变层侧处的材料变化至背窗口 117 在更接近于背窗口侧处的材料。因此,使用上文描述的示例性材料,缓变材料可以从邻近 n- 型吸收层 108 的砷化镓开始,且具有沿背窗口方向的逐渐增大量的铝和逐渐减少量的 GaAs 的缓变,使得缓变邻近 n- 型背窗口 117 以与背窗口 117 的材料近似相同的砷化铝镓材料(摩尔比)结束。在许多实施例中,缓变的窗口端部处的砷化铝镓可具有摩尔比的式, $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$; 例如如可使用 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 的摩尔比。缓变层 115 的缓变可以是抛物线式或指数式或线性式缓变。n- 型背窗口 117 还可包含砷化铝镓,且可具有摩尔比的式 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, 例如 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 的摩尔比。在其他实施方式中,中间层 114 仅包含缓变层 115, 或中间层 114 仅包含非缓变的背窗口 117(如图 1C 示出的)。

[0053] 任选地,可在 p- 型发射极层 110 上形成 p- 型触点层 112。p- 型触点层 112 可包含第 III-V 族化合物半导体,例如砷化镓。p- 型触点层 112 通常为单晶,且是 p- 掺杂的,且对于一些实施方式,p- 型触点层 112 的掺杂浓度可以大于 1×10^{18} 原子/cm³, 例如从约 6×10^{18} 原子/cm³ 至约 2×10^{19} 原子/cm³, 如约 1×10^{19} 原子/cm³。p- 型发射极层 110 可具有约 10nm 至约 100nm 范围内的厚度,例如约 50nm。

[0054] 一旦形成 p- 型发射极层 110, 就可在 p- 型发射极层 110(或任选的 p- 型触点层 112) 内形成空腔或凹槽(未示出), 这些空腔或凹槽足够深以到达下面的基极 n- 型吸收层

108。例如,可以通过使用光刻法将掩模应用于 p- 型发射极层 110(或任选的 p- 型触点层 112),且可使用诸如湿式或干式蚀刻的技术移除 p- 型发射极层 110(和任选的 p- 型触点层 112) 内的未被掩模覆盖的材料来形成这样的凹槽。以此方式,可经由砷化镓基电池 140 的背面接近 n- 型吸收层 108。

[0055] 在其他实施方式中,在上述层中可使用相反的掺杂型,和/或可使用可以提供所描述的异质结和 p-n 结的其他材料。此外,在其他实施方式中,可以以与上述顺序不同的顺序沉积或形成层。

[0056] 与可以是数微米厚的常规太阳能单元相比,以此方式产生的光伏单元具有相当薄的吸收层(例如,小于 500nm)。吸收层的厚度与光伏单元内的暗电流电平成比例(即,吸收层越薄,暗电流越低)。暗电流为即使没有光子进入器件时也流过光伏单元或其它类似感光器件(例如,光电二极管)的小电流。该背景电流可作为热离子发射或其它效应的结果而存在。因为当暗电流在感光半导体器件内减小时,开路电压 (V_{oc}) 增加,所以对给定光强度而言,较薄的吸收层最可能产生较大的 V_{oc} ,且因此导致效率提高。只要吸收层能够捕集光,则效率随吸收层厚度的减小而提高。

[0057] 吸收层的薄度可能不仅仅受薄膜技术能力及 ELO 能力的限制。例如,效率随着吸收层的薄度而提高,但吸收层应足够厚以承载电流。然而,较高掺杂程度可允许电流流动,甚至在极薄的吸收层内流动。因此,可利用增加的掺杂来制造极薄的吸收层,并具有甚至更大的效率。常规光伏器件可遭受体积复合效应,因此这样的常规器件未能在吸收层内使用高掺杂。当确定适当厚度时,还可考虑吸收层的薄层电阻。

[0058] 包含如本文描述的薄吸收层的光伏器件通常比具有数微米厚度的常规太阳能电池的韧性强。此外,本文描述的薄吸收层比常规太阳能电池提供增大的效率。因此,根据本发明的实施方式的光伏单元可比常规太阳能电池适于更多种应用。

[0059] 图 2 描绘了光伏电池 200 的一个实施方式,该光伏电池 200 为双面光伏器件,且因此包含布置在光伏电池 200 的相对面上的诸如 p- 金属触点层 204 和 n- 金属触点层 208 的触点中的每个。n- 金属触点层 208 布置在正面或太阳面上以接收光 210,而 p- 金属触点层 204 布置在光伏电池 200 的背面上。光伏电池 200 可由如图 1B 描述的及通过本文实施方式描述的砷化镓基电池 140 形成。

[0060] 在一个实施方式中,在 n- 型触点层 105 上沉积 n- 金属触点层 208,且随后通过 n- 金属触点层 208 和 n- 型触点层 105 形成凹槽,以暴露光伏电池 200 的正面上的 n- 型前窗口 106。在可选择的实施方式中,可在 n- 型触点层 105 内开始形成凹槽,以暴露光伏电池 200 的正面上的 n- 型前窗口 106。此后,可在 n- 型触点层 105 的剩余部分上形成 n- 金属触点层 208,同时留下暴露的 n- 型前窗口 106。n- 型触点层 105 包含 n- 掺杂的砷化镓材料,该 n- 掺杂的砷化镓材料可具有大于约 3×10^{18} 原子/cm³ 的掺杂浓度,例如在大于约 6×10^{18} 原子/cm³ 至约 1×10^{19} 原子/cm³ 的范围内。

[0061] 根据本发明的实施方式,抗反射涂覆 (ARC) 层 202 可布置在暴露的 n- 型前窗口 106 以及 n- 型触点层 105 和 n- 金属触点层 208 上。ARC 层 202 包含允许光通过而阻止光从 ARC 层 202 的表面反射的材料。例如,ARC 层 202 可包含氟化镁、硫化锌、二氧化钛、氧化硅、其衍生物或其组合。可通过诸如溅射的技术将 ARC 层 202 施于 n- 型前窗口 106。ARC 层 202 可具有约 25nm 至约 200nm 范围内的厚度,例如约 50nm 至约 150nm。

[0062] 对于一些实施方式,在涂覆 ARC 层 202 之前,n-型前窗口 106、p-型发射极层 110、和 / 或 p-型触点层 112 可被粗糙化或纹理化。可通过蚀刻工艺例如湿式蚀刻工艺或干式蚀刻工艺对 n-型前窗口 106、p-型发射极层 110 和 / 或 p-型触点层 112 中的每个进行粗糙化。纹理化可通过在涂覆 ARC 层 202 之前将小粒子(例如,聚苯乙烯球体)涂覆至 n-型前窗口 106 的表面来完成。通过将 n-型前窗口 106、p-型发射极层 110 和 / 或 p-型触点层 112 粗糙化或纹理化,在 ARC 层 202 与 n-型前窗口 106 之间的界面处提供了不同的角度,这可以具有不同的折射率。以此方式,根据斯涅尔定律,可使更多的入射光子透射入 n-型前窗口 106 中,而不是因为一些光子的入射角度过高而从 ARC 层 202 与 n-型前窗口 106 之间的界面反射。因此,将 n-型前窗口 106、p-型发射极层 110 和 / 或 p-型触点层 112 粗糙化或纹理化可提供增强的光捕集。

[0063] 在一些实施方式中,n-型前窗口 106 可包含多个窗口层。如图 2 所图示的,对于这些实施方式,在涂覆 ARC 层 202 之前,可如上所述将最外面的窗口层(例如,最靠近光伏电池 200 的正面的窗口层)粗糙化或纹理化。在一个实施方式中,n-型前窗口 106 包含被布置成邻近 n-型吸收层 108 的第一窗口层(未示出)和置于第一窗口层与 ARC 层 202 之间的第二窗口层(未示出)。第一窗口层和第二窗口层可包含如上所述的适于 n-型前窗口 106 的任何材料,例如砷化铝镓,但通常使用不同的组成。例如,第一窗口层可包含 $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$, 且第二窗口层可包含 $Al_{0.1}Ga_{0.9}As$ 。此外,对于一些实施方式,多个窗口层中的一些可以是掺杂的,而其它可以是未掺杂的。例如,第一窗口层可以是掺杂的,而第二窗口层可以是未掺杂的。

[0064] p-金属触点层 204 和 / 或 n-金属触点层 208 各自包含为导电材料的触点材料,例如金属或金属合金。优选地,在制造光伏电池 200 期间所使用的任何工艺步骤期间,包含在 p-金属触点层 204 和 / 或 n-金属触点层 208 内的触点材料不扩散穿过其他层,例如半导体层。通常,p-金属触点层 204 和 n-金属触点层 208 中的每个包含相同的或不同的触点材料的多层。触点材料优选具有 $1 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}^2$ 或更小的比接触电阻。优选的触点材料还具有在约 1×10^{18} 原子 / cm^3 的载流子浓度时约 0.8eV 或更大的肖特基势垒高度 (Φ_{bn})。合适的触点材料可包括金、铜、银、铝、钨、铂、钛、锆、镍、铬、钨、钽、钇、锌、锗、钨合金、其衍生物、其合金或其组合。

[0065] 在本文描述的一些实施方式中,可通过诸如通过光刻印、光刻法、丝网印刷的真空蒸发的方法将 p-金属触点层 204 和 / 或 n-金属触点层 208 制造在光伏电池 200 上,或仅沉积在光伏电池 200 的已被抗蚀剂掩模(resist mask)、蜡或另一保护性材料部分覆盖的暴露表面上。

[0066] 任选地,可在 p-金属触点层 204 上沉积金属保护层或金属粘附层。金属保护层可包含包括镍、铬、钛、其合金或其组合的材料。金属保护层优选呈现对 p-掺杂的砷化镓的良好粘附。在一个示例性实施方式中,金属保护层可沉积为约 5 Å 至约 20 Å 范围内的厚度,并且具有约 80% 或更大的反射度(reflectance)。优选地,所沉积的金属保护层材料和沉积厚度使对 p-金属触点层 204 的反射的任何干扰最小。可通过电子束沉积工艺或 PVD 工艺(也称为溅射工艺)来沉积金属保护层。

[0067] 在与本申请同日提交的标题为“Metallic Contacts for Photovoltaic Devices and Low-Temperature Fabrication Processes Thereof(光伏器件的金属触点及其低温制

造工艺)的共同审理的美国专利申请号 ____ 中描述了 p- 金属触点层 204、n- 金属触点层 208 和适合于用于电池 200 的触点层的其他触点层、粘附层和反射层的一些示例性实施方式,且该申请通过引用并入本文。其他类型、结构和材料的金属触点层也可用于电池 200。

[0068] 图 3 描绘了光伏电池 300,该光伏电池 300 为单面光伏器件,且因此包含布置在光伏电池 300 的同一面上的两个触点,例如,如通过本文其他实施方式所描述的 p- 金属触点 302 和 n- 金属触点 312。如图 3 所示,p- 金属触点 302 和 n- 金属触点 312 均在光伏电池 300 的背面上,而 ARC 层 202 在光伏电池 300 的接受光 320 的太阳面或正面上。在本文描述的一些实施方式中,p- 金属触点 302 包含布置在 p- 金属触点层 306 上的 p- 金属触点层 304,而 n- 金属触点 312 包含布置在 n- 金属合金触点 310 上的 n- 金属触点层 308。

[0069] 在一些实施方式中,光伏电池 300 可由图 1B 的砷化镓基电池 140 形成。在一个实施例中,可在光刻术工艺期间在 p- 型触点层 112 的暴露表面上形成抗蚀剂掩模且可形成图案凹槽和孔洞。图案凹槽和孔洞延伸穿过 p- 型触点层 112、p- 型发射极层 110、n- 型背窗口 117 以及缓变层 115,并且部分延伸入 n- 型吸收层 108 中。此后,将抗蚀剂掩模移除,以便当以二维角度朝向光伏电池 300 的背面观看时,将 n- 型吸收层 108 和 p- 型触点层 112 显露为光伏电池 300 的背面上的暴露表面。凹槽和孔洞的侧壁显露 p- 型触点层 112、p- 型发射极层 110、n- 型背窗口 117 和缓变层 115 的暴露表面,并且部分显露至 n- 型吸收层 108 中。

[0070] 在一个实施方式中,在暴露的 p- 型触点层 112 的一部分上形成 p- 金属触点层 306,并且在暴露的 n- 型吸收层 108 的一部分上形成 n- 金属合金触点 310。在此后,绝缘层 216 可沉积在光伏电池 300 的表面上,以覆盖所有的暴露表面包括 p- 金属触点层 306 和 n- 金属合金触点 310。随后,通过用光刻将图案孔洞蚀刻进绝缘层来 216 显露 p- 金属触点层 306 和 n- 金属合金触点 310 的暴露表面。在一些实施方式中,在 ELO 工艺期间将砷化镓基电池 140 与生长晶片 101 分离之前,形成 p- 金属触点层 306 和 n- 金属合金触点 310,而绝缘层 216 在 ELO 工艺之后形成。可在 p- 金属触点层 306 和绝缘层 216 的一部分上形成 p- 金属触点层 304,且可在 n- 金属合金触点 310 和绝缘层 216 的其他部分上形成 n- 金属触点层 308,从而形成如图 3 描绘的光伏电池 300。在一些实施例中,如在每个和其他实施例中,可形成包含相同组成的材料层的 p- 金属触点层 304 和 n- 金属触点层 308,可使 p- 金属触点层 304 和 n- 金属触点层 308 在相同的金属化步骤期间同时形成在光伏电池 300 上。

[0071] 在可选择的实施方式中,可整体地或部分地制造 p- 金属触点 302 和 n- 金属触点 312,并且随后,绝缘层 216 可以形成遍布 p- 金属触点 302 和 n- 金属触点 312 之间的且围绕 p- 金属触点 302 和 n- 金属触点 312 的凹槽的侧壁且可以形成在该凹槽的侧壁上。在另一个可选择的实施方式中,在形成 p- 金属触点 302 和 n- 金属触点 312 之前,可在光伏电池 300 上整体地或部分地形成绝缘层 216。

[0072] 尽管所有触点例如 p- 金属触点 302 和 n- 金属触点 312 都处于光伏电池 300 的背面上以减少太阳能阴影,但是当设计有效的光伏器件例如光伏电池 300 时,暗电流以及其随时间与温度的稳定性可能仍是问题。因此,对于一些实施方式,绝缘层 216 可沉积或以其他方式形成在光伏电池 300 的背面上。绝缘层 216 包含有助于减小光伏电池 300 内的暗电流的电绝缘材料或浆 (grout)。

[0073] 绝缘层 216 可包含电绝缘材料或浆,例如氧化硅、二氧化硅、氮氧化硅、氮化硅、聚

硅氧烷或硅酮、溶胶-凝胶材料、二氧化钛、氧化钽、硫化锌、其衍生物或其组合。可通过钝化方法例如通过溅射工艺、蒸发工艺、旋涂工艺或 CVD 工艺来形成绝缘层 216。

[0074] 在另一个实施方式中,绝缘层 216 消除或基本上减少 p-金属触点 302 和 n-金属触点 312 之间发生电短路。绝缘层 216 包含具有至少 $0.5\text{M}\Omega$ (百万欧姆) 或更大电阻例如约 $1\text{M}\Omega$ 至约 $5\text{M}\Omega$ 或更大范围内的电阻的电绝缘浆和 / 或其他电绝缘材料。示例性的浆或其他电绝缘材料可包含聚合物材料,例如乙烯-乙酸乙烯酯共聚物 (EVA)、聚酰亚胺、聚氨酯、其衍生物或其组合。在一个实施例中,电绝缘材料包含光敏聚酰亚胺涂层。在另一个实施例中,电绝缘浆包含热固性聚合物材料。

[0075] 在许多实施方式中,可通过低温工艺包括低温沉积工艺随后是低温热退火工艺来形成 n-金属合金触点 310。通过低温沉积工艺沉积在 n-金属合金触点 310 内的合适的触点材料可包括钼、锗、钼锗合金、钛、金、镍、银、铜、铂、其合金或其组合及其他。

[0076] 在另一个实施方式中, n-金属合金触点 310 可包含多层包括钼锗合金的导电材料, n-金属合金触点 310 布置在 n-型吸收层 108 和 n-金属触点层 308 之间,用于提供其间的强的欧姆接触。n-金属合金触点 310 内的钼锗合金允许从 n-型吸收层 108 内的砷化镓材料,穿过 n-金属合金触点 310,并至 n-金属触点层 308 的电势的高导电率。n-金属合金触点 310 还可包含可设置在例如钼锗合金层上的金属覆盖层。在一些实施方式中,覆盖层可包含粘附层和高导电率层。例如,粘附层可允许导电率层粘附到合金层。在一些实施例中,粘附层可包含钛、锡、锌、其合金或其组合,并且高导电率层可包含金、银、镍、铜、铝、其合金或其组合或多个不同金属层和 / 或合金层的堆栈。在一个实施例中, n-金属合金触点 310 包含布置在含钛的粘附层上的含金的高导电率层,该含钛的粘附层布置在钼锗合金上。

[0077] 与上文关于在电池 200 上的 p-金属触点层 204 和 / 或 n-金属触点层 208 所描述的相似制造方法和实施方式可用于光伏电池 300 上的 p-金属触点层 306。在与本申请同日提交的标题为“Metallic Contacts for Photovoltaic Devices and Low-Temperature Fabrication Processes Thereof(光伏器件的金属触点及其低温制造工艺)”的共同审理的专利申请 ____ 中描述了 n-金属合金触点 304、p-金属触点 302、n-金属触点 312、n-金属合金触点 310 和适合于用于电池 300 的触点层的其他层的一些示例性实施方式,且该申请通过引用并入本文。其他类型、结构和材料的金属触点层也可用于电池 300。

[0078] 尽管上文是针对本发明的实施方式,但是可设计本发明的其他及另外的实施方式而不偏离本发明的基本范围,且本发明的范围由随后的权利要求确定。

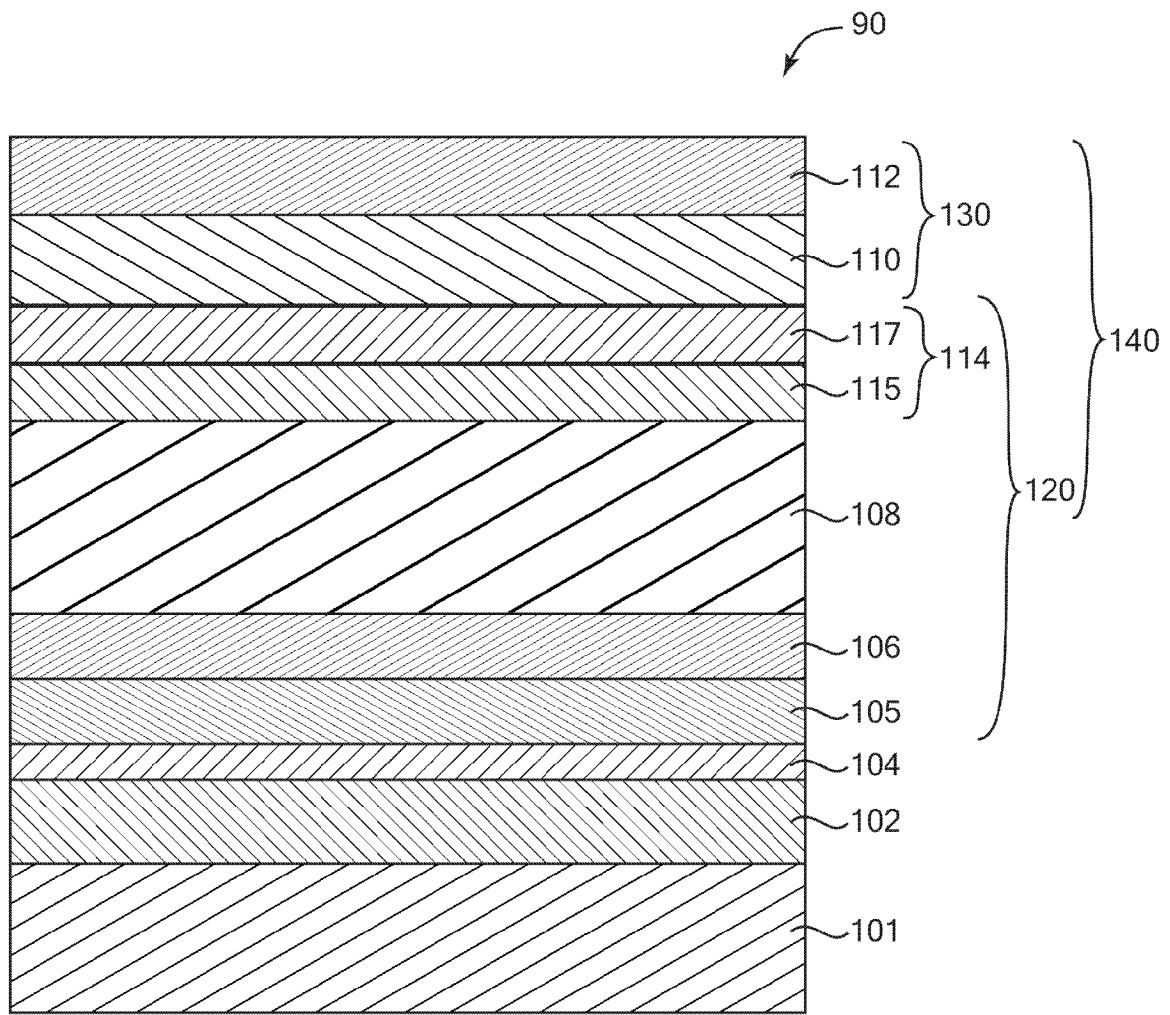


图 1A

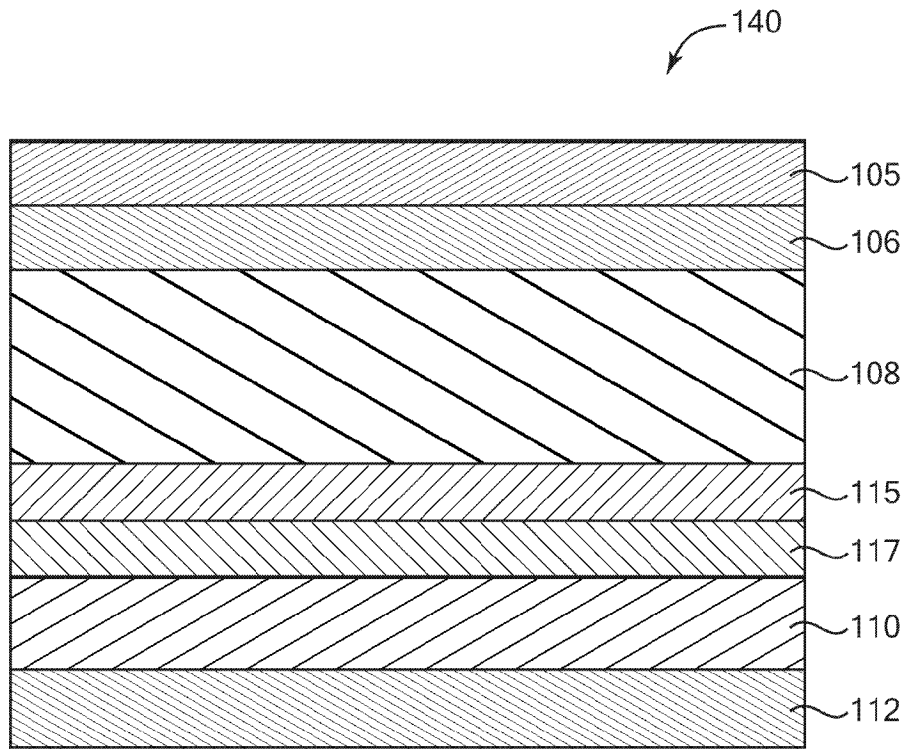


图 1B

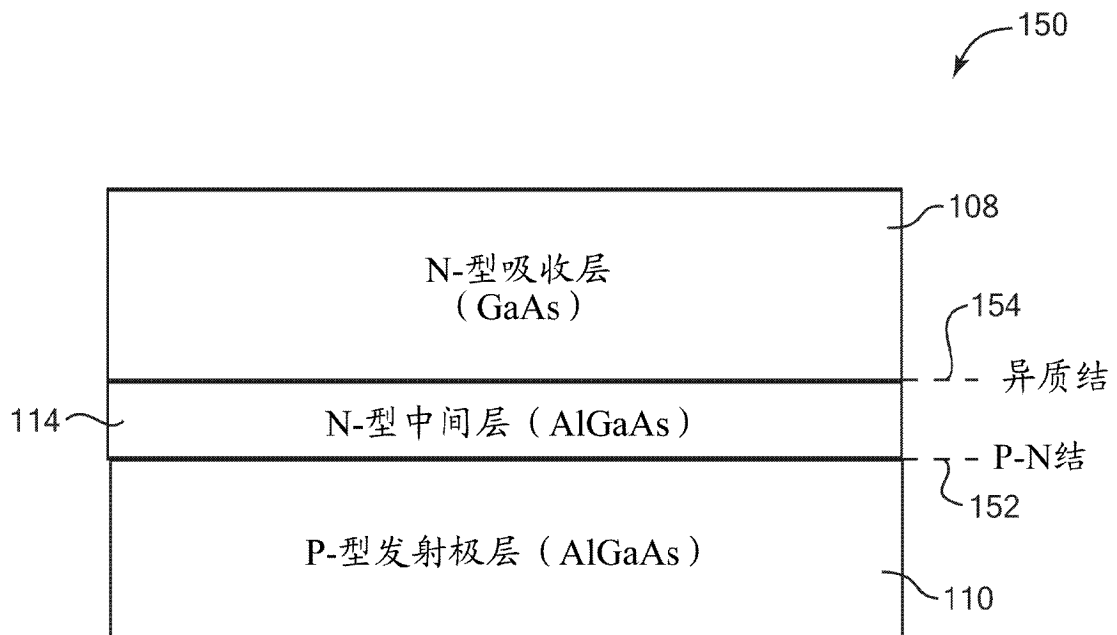


图 1C

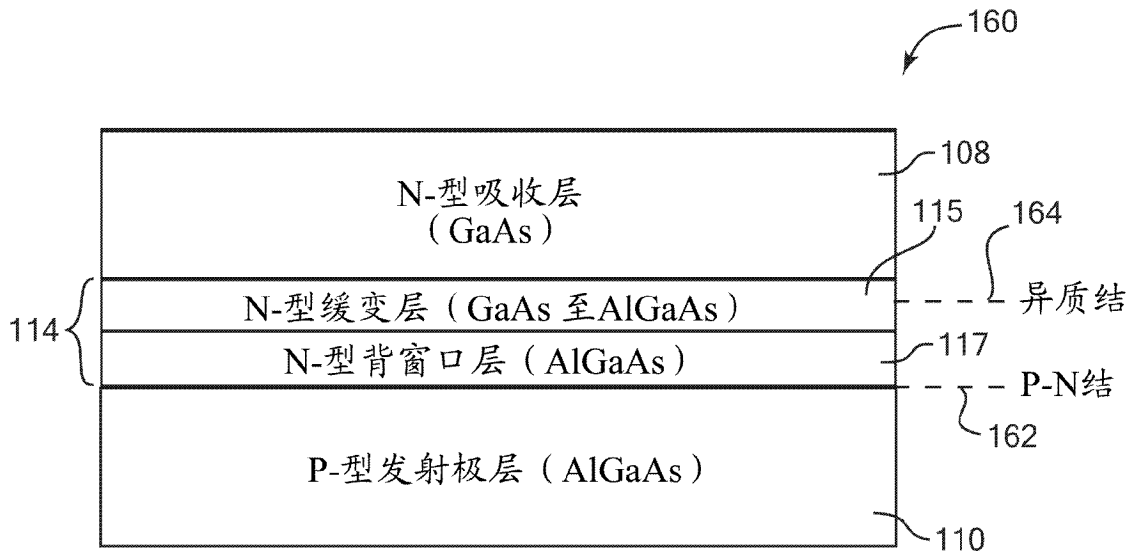


图 1D

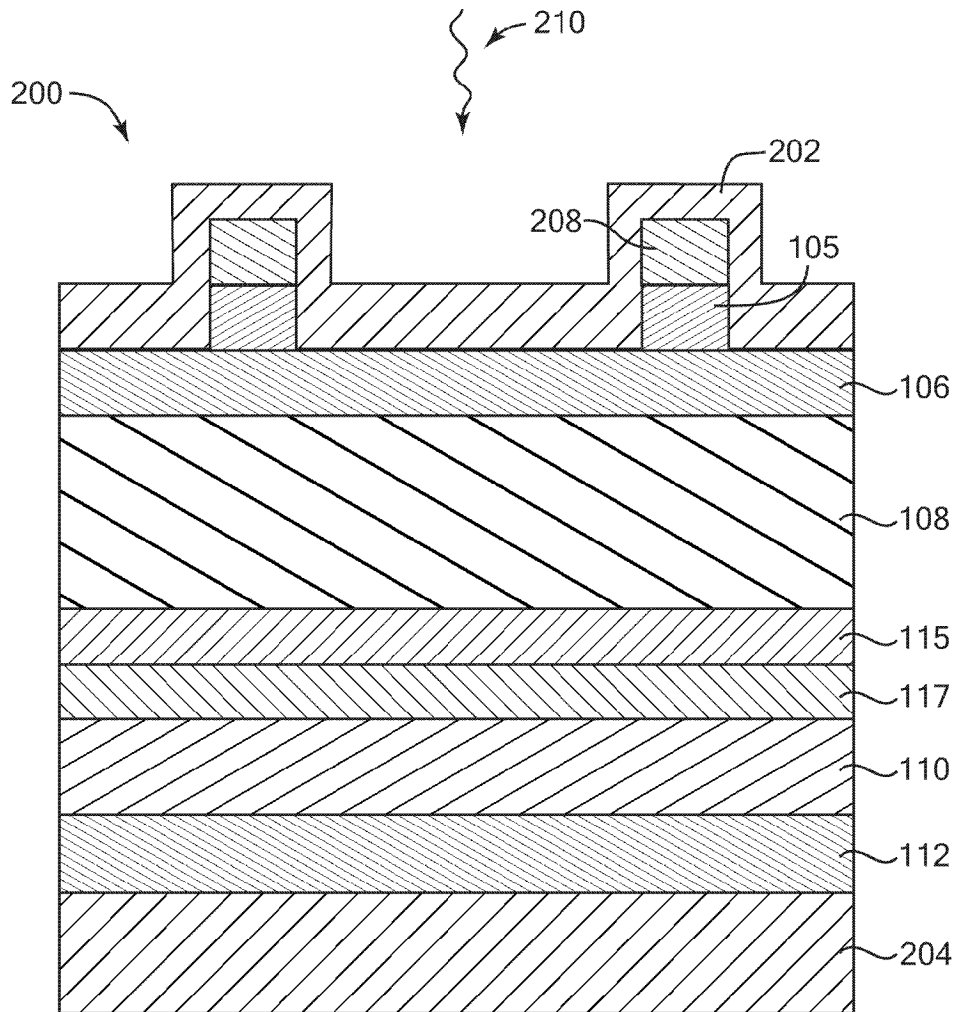


图 2

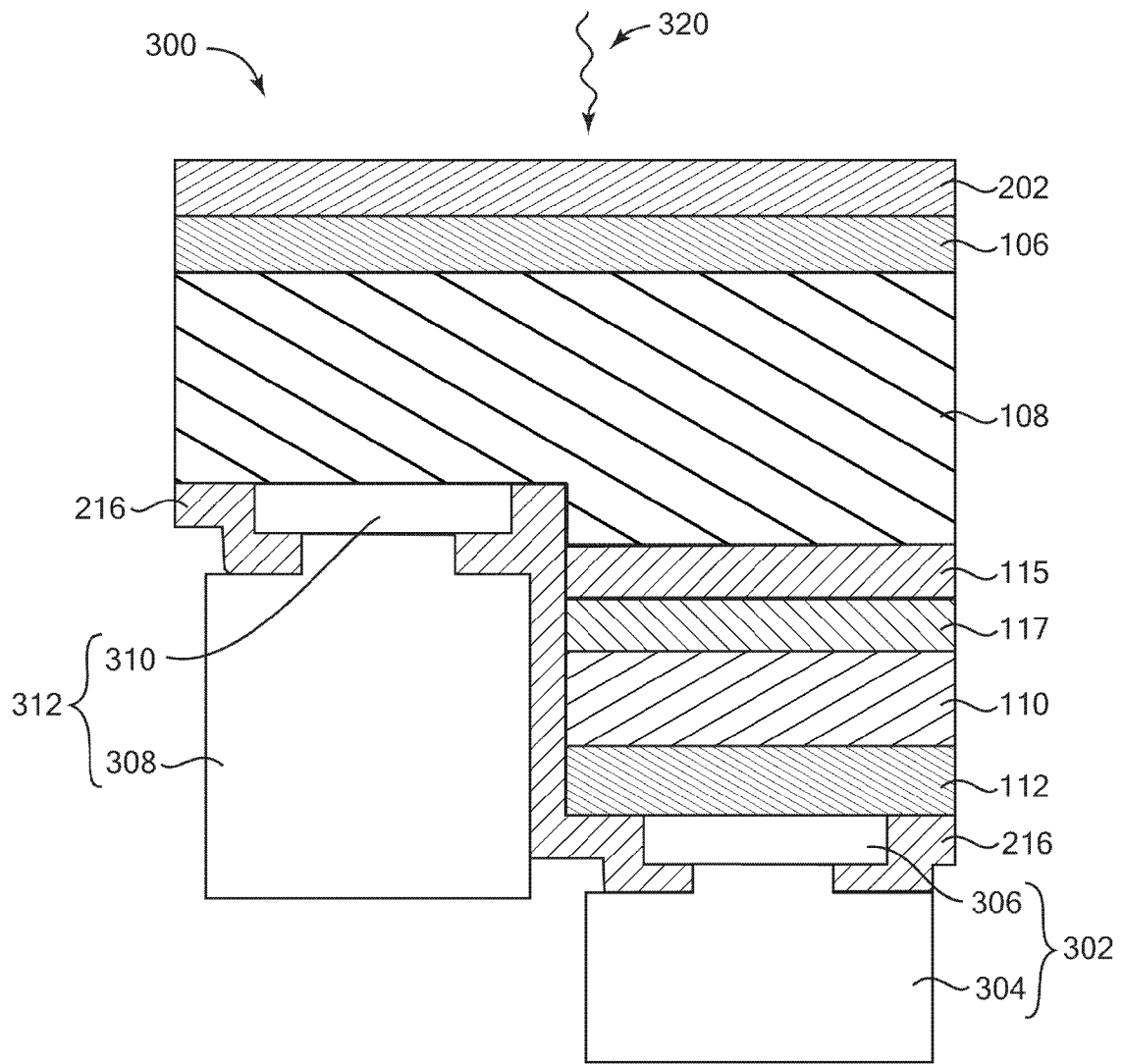


图 3