



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106935675 A

(43)申请公布日 2017.07.07

(21)申请号 201610836332.2

H01L 31/0216(2014.01)

(22)申请日 2011.10.26

H01L 31/18(2006.01)

(30)优先权数据

12/939,077 2010.11.03 US

(62)分案原申请数据

201110329046.4 2011.10.26

(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 北京市隆安律师事务所

11323

代理人 权鲜枝

(51)Int.Cl.

H01L 31/0735(2012.01)

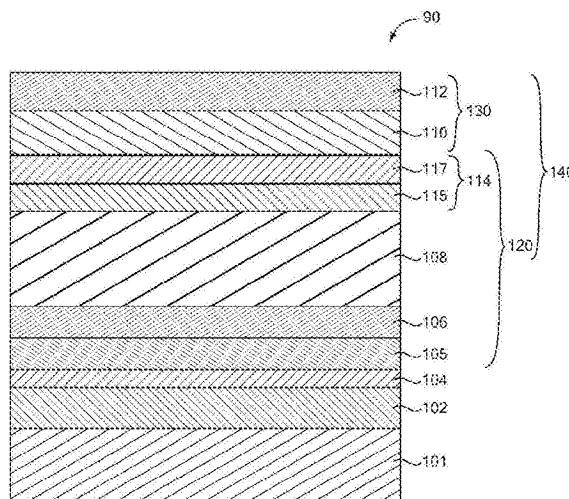
权利要求书3页 说明书12页 附图4页

(54)发明名称

包含异质结的光电子器件

(57)摘要

本申请涉及包含异质结的光电子器件。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反面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比所述吸收层具有更高的带隙;以及
 - 中间层,其位于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,且所述中间层包括:
 - 背窗口层,所述背窗口层不具有缓变且具有近似均匀组成的所述发射极层的所述不同的材料且位于靠近所述发射极层之处,以及
 - 缓变层,所述缓变层具有从更接近所述吸收层侧处的GaAs至所述背窗口层的更接近所述背窗口层侧处的材料材料缓变,所述缓变层位于所述吸收层和所述背窗口层之间,
 - 其中异质结在所述吸收层和所述中间层的所述缓变层之间形成;以及其中p-n结在所述发射极层和所述中间层的所述背窗口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,其中所述发射极层的材料为砷化铝镓(AlGaAs)。
4. 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少数载流子输送太阳能电池。
5. 如权利要求1所述的光电子半导体器件,还包含:
 - n-金属触点,其布置在所述光电子半导体器件的正面上;
 - p-金属触点,其布置在所述光电子半导体器件的背面上,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;其中所述n-型膜堆栈和所述p-型膜堆栈中的每个独立地包含不同组成材料的多层。
6. 如权利要求1所述的光电子半导体器件,还包含:
 - 布置在所述光电子半导体器件的背面上的n-金属触点和p-金属触点;
 - 抗反射涂层,其布置在所述光电子半导体器件的正面上,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-型砷化镓并且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,以及所述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。

7. 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,并且比所述吸收层具有更高的带隙;以及

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背窗口层,所述背窗口层不具有缓变且具有近似均匀组成的所述发射极层的所述不同的材料且位于靠近所述发射极层之处,并且所述中间层包含从更接近于所述吸收层侧处的GaAs至所述背窗口层的更接近于所述背窗口层侧处的材料材料缓变,所述中间层的具有所述材料缓变的部分位于所述吸收层和所述背窗口层之间,

其中异质结在所述吸收层和所述中间层的具有所述材料缓变的所述部分之间形成,且所述异质结位于所述中间层的具有所述材料缓变的所述部分内,以及

其中p-n结在所述发射极层和所述中间层的所述背窗口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。

8. 如权利要求7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)。

9. 如权利要求7所述的太阳能电池,其中所述中间层的具有所述材料缓变的所述部分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。

10. 如权利要求7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少数载流子输送。

11. 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,并且比所述吸收层具有更高的带隙;以及

中间层,其位于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,且所述中间层包括:

背窗口层,所述背窗口层不具有缓变且具有近似均匀组成的所述发射极层的所述不同的材料且位于靠近所述发射极之处,以及

缓变层,所述缓变层具有从更接近所述吸收层侧处的GaAs至所述背窗口层的更接近所述背窗口层侧处的材料材料缓变,所述缓变层位于所述吸收层和所述背窗口层之间,

其中异质结在所述吸收层和所述中间层的所述缓变层之间形成,以及

其中p-n结在所述发射极层和所述中间层的所述背窗口层之间偏离所述异质结的位置处形成,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,并且所述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。

12. 如权利要求11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。

13. 如权利要求11所述的光伏电池,其中所述发射极层的材料为砷化铝镓 (AlGaAs)。

14. 如权利要求11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少数载流子输送。

15. 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比所述吸收层具有更高的带隙,

其中形成所述中间层包含形成以下项:

背窗口层,所述背窗口层不具有缓变且具有近似均匀组成的所述发射极层的所述不同的材料且位于靠近所述发射极层之处,以及

缓变层,所述缓变层具有从更靠近所述吸收层侧处的GaAs至所述背窗口层的更靠近所述背窗口层侧处的材料缓变,所述缓变层位于所述吸收层和所述背窗口层之间,

其中异质结在所述吸收层和所述中间层的所述缓变层之间形成,以及

其中p-n结在所述发射极层和所述中间层的所述背窗口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。

16. 如权利要求15所述的方法,其中所述光电子半导体器件为单一少数载流子输送太阳能电池。

包含异质结的光电子器件

[0001] 本申请为申请日为2011年10月26日,申请号为201110329046.4,发明名称为“包含异质结的光电子器件”的申请的分案申请。

[0002] 发明背景

发明领域

[0003] 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。

[0004] 相关技术描述

[0005] 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。

[0006] 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。

[0007] 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。

[0008] 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。

[0009] 发明概述

[0010] 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。

[0011] 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。

[0012] 在一个实施方案中,所述p-n结位于所述异质结的两个耗尽长度内。

[0013] 在一个实施方案中,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。

[0014] 在一个实施方案中,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。

[0015] 在一个实施方案中,所述发射极层的材料为砷化铝镓 (AlGaAs)。

[0016] 在一个实施方案中,所述光电子半导体器件为单一载流子输送太阳能电池。

[0017] 在一个实施方案中,所述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。

[0018] 在一个实施方案中,所述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。

[0019] 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部暴露于光而在电池中引起电压产生。

[0020] 在一个实施方案中,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。

[0021] 在一个实施方案中,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。

[0022] 在一个实施方案中,所述发射极层的材料为砷化铝镓 (AlGaAs)。

[0023] 在一个实施方案中,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。

[0024] 在一个实施方案中,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。

[0025] 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。

[0026] 在一个实施方案中，所述p-n结位于所述异质结的两个耗尽长度内。

[0027] 在一个实施方案中，所述发射极层的材料为砷化铝镓 (AlGaAs)。

[0028] 在一个实施方案中，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。

[0029] 在一个实施方案中，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。

[0030] 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。

[0031] 在一个实施方案中，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。

[0032] 在一个实施方案中，所述光电子半导体器件为单一载流子输送太阳能电池。

[0033] 附图简述

[0034] 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进行，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。

[0035] 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；

[0036] 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；

[0037] 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

[0038] 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。

[0039] 详述

[0040] 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。

[0041] 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。

[0042] 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。

[0043] 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。

[0044] 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。

[0045] 本工艺包括:在处理系统内,将晶片加热到约 550°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、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°C 至约 900°C 的范围内。在其他实施例中,沉积温度可在约 600°C 至约 800°C 的范围内。在其他实施例中,沉积温度可在约 650°C 至约 750°C 的范围内。在其他实施例中,沉积温度可在约 650°C 至约 720°C 的范围内。

[0046] 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。

[0047] 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。

[0048] 在一些实施方式中,沉积气体还包含载气。载气可包含氢气(H₂)、氮气(N₂)、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3,000sccm的流速向处理室提供载气。

[0049] 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。

[0050] 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。

[0051] 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中描述了可用来生长、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。

[0052] 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。

[0053] 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。

[0054] 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。

[0055] 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。

[0056] 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。

[0057] 可在牺牲层104上或如果存在的话在任选的触点层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。

[0058] 可选择地,n-型前窗口106可包含诸如磷化铝镓、磷化铝镓钢、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。

[0059] 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 μ m至约2.0 μ m),如2,000nm。

[0060] 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 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ 组成相同或不同。例如，p-型发射极层110可具有 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 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/ cm^3 至约 1×10^{20} 原子/ cm^3 的范围内，例如约 1×10^{19} 原子/ cm^3 。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。

[0061] 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。

[0062] 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。

[0063] 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。

[0064] 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。

[0065] 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。

[0066] 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/ cm^3 至约 1×10^{19} 原子/ cm^3 的范围例如 1×10^{17} 原子/ cm^3 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。

[0067] 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。

[0068] 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 (100nm)。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。

[0069] 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。

[0070] 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。

[0071] 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。在许多实施实例中,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)。

[0072] 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。

[0073] 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。

[0074] 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。

[0075] 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。

[0076] 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。

[0077] 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。

[0078] 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。

[0079] 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。

[0080] 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。

[0081] 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。

[0082] 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 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$,且第二窗口层可包含 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 。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。

[0083] 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。

[0084] 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。

[0085] 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的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。

[0086] 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。

[0087] 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。

[0088] 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。

[0089] 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。

[0090] 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。

[0091] 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)。

[0092] 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。

[0093] 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。

[0094] 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钯、锗、钯锗合金、钛、金、镍、银、铜、铂、其合金或其组合及其他。

[0095] 在另一个实施方式中,n-金属合金触点310可包含多层包括钯锗合金的导电材料,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内的钯锗合金允许从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钯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钯锗合金上。

[0096] 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。

[0097] 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。

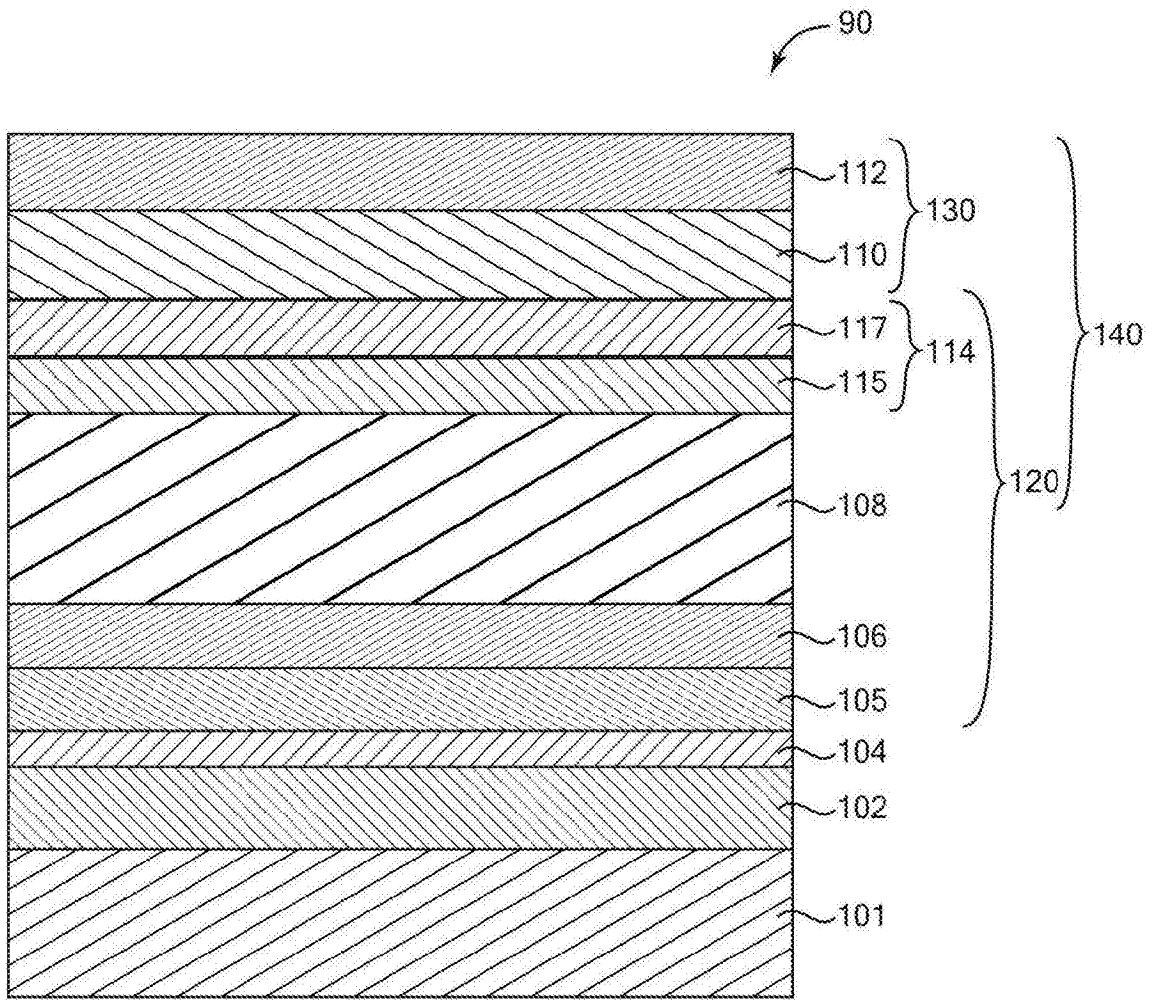


图1A

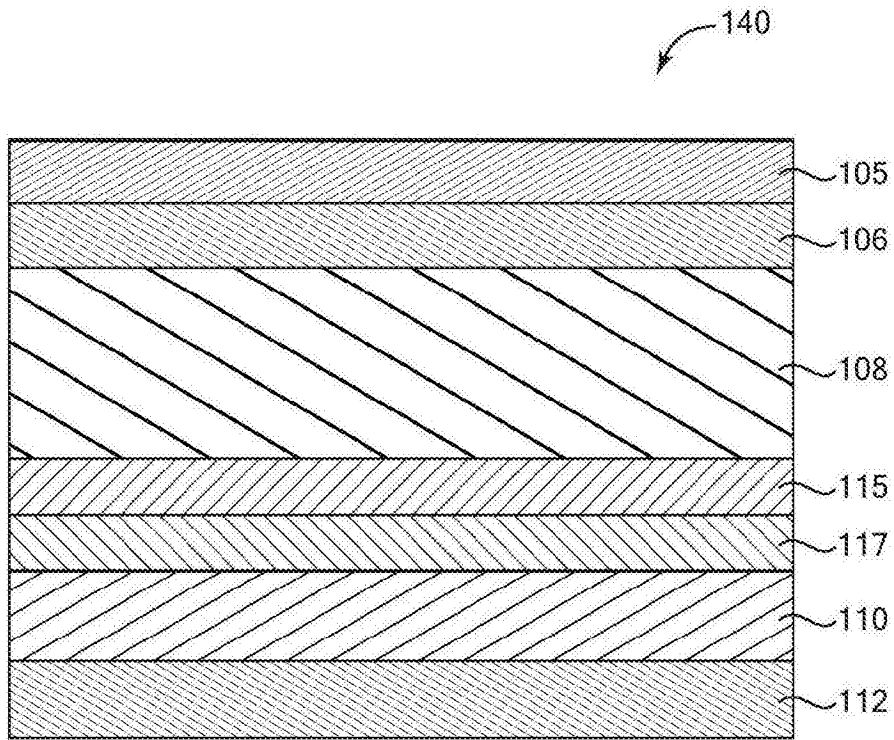


图1B



图1C

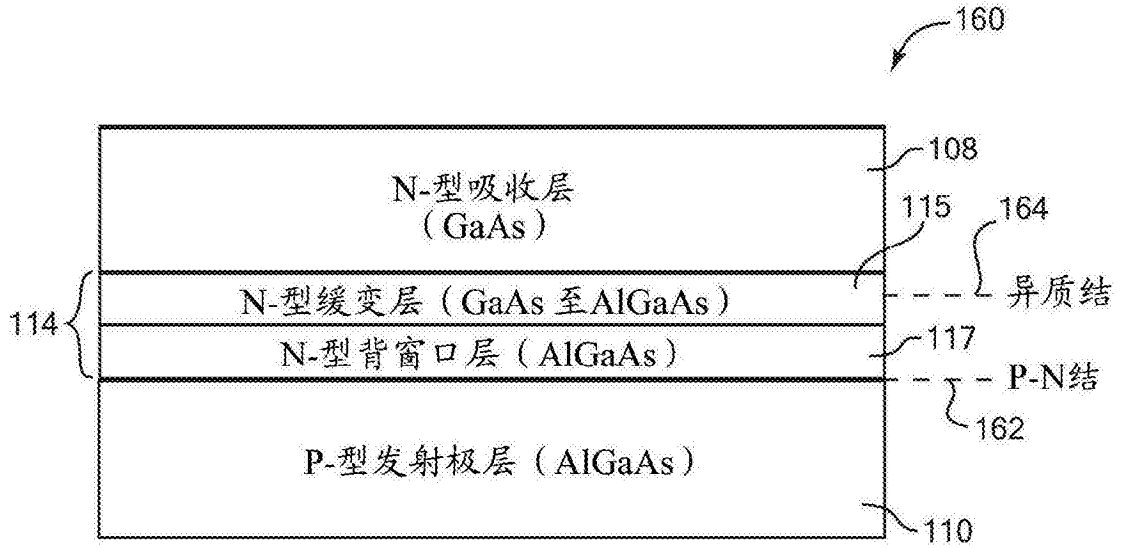


图1D

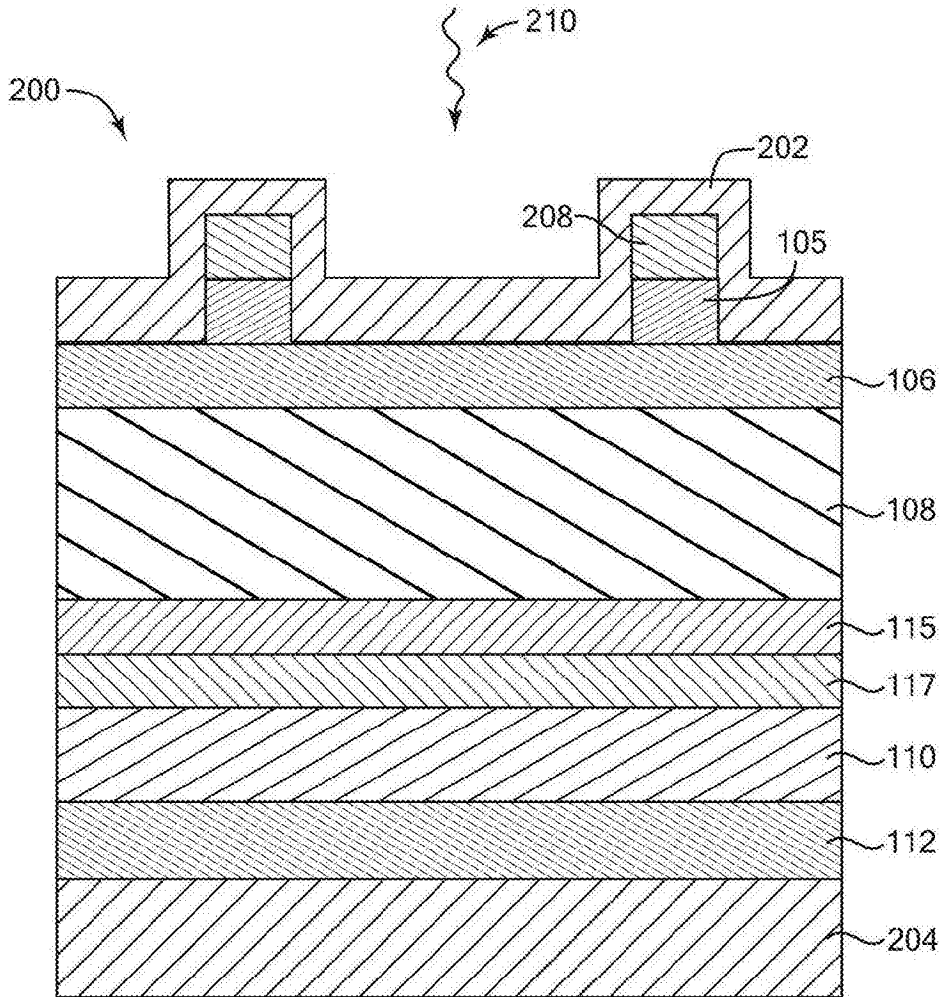


图2

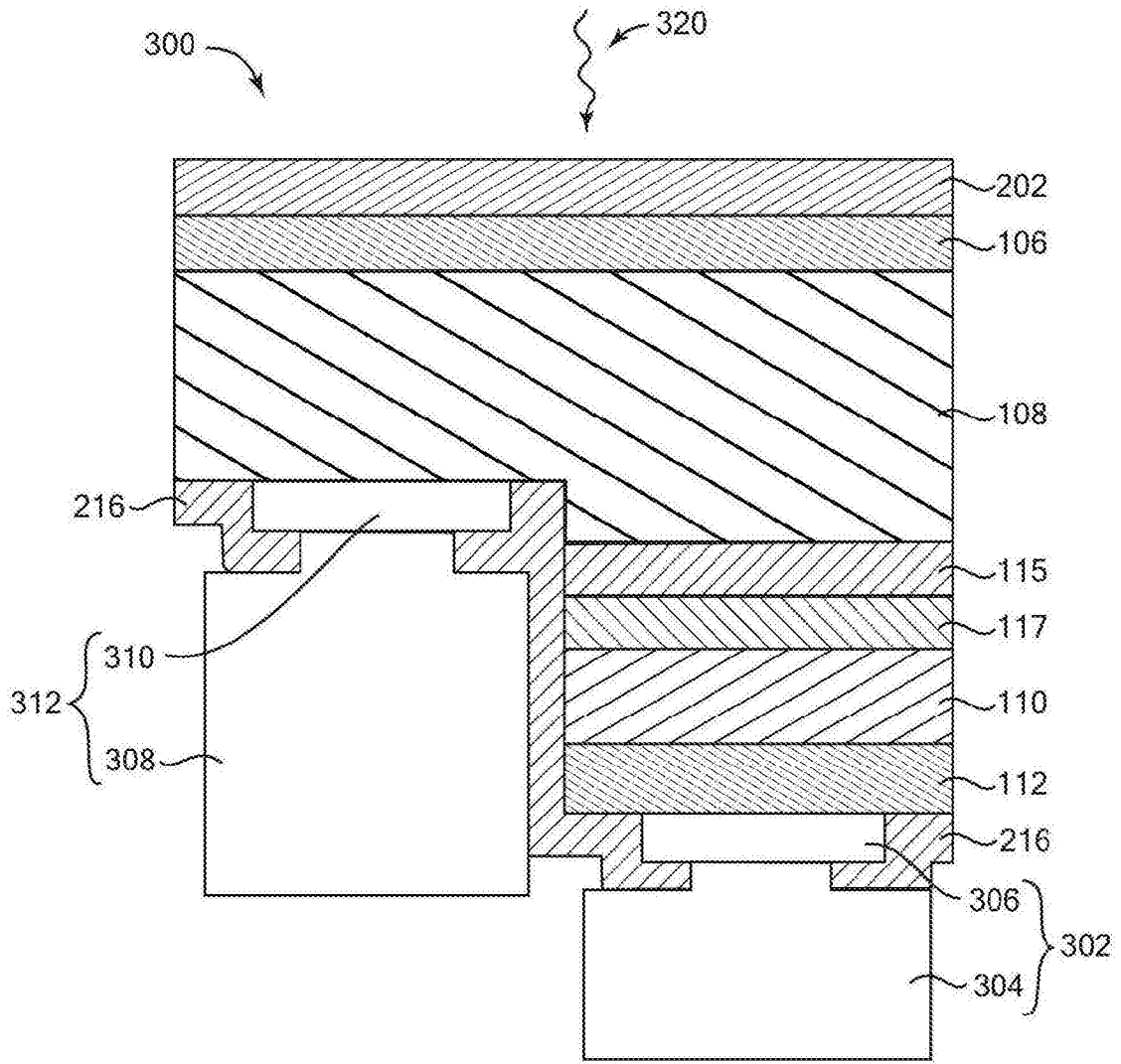


图3