



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101221992 B

(45) 授权公告日 2012. 05. 09

(21) 申请号 200810002975. 2

(22) 申请日 2008. 01. 11

(30) 优先权数据

11/622275 2007. 01. 11 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 B·A·科里瓦尔 L·察卡拉科斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 段晓玲 韦欣华

(51) Int. Cl.

H01L 31/0352(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2005121068 A1, 2005. 06. 09, 全文.

CN 1734793 A, 2006. 02. 15, 全文.

审查员 窦明生

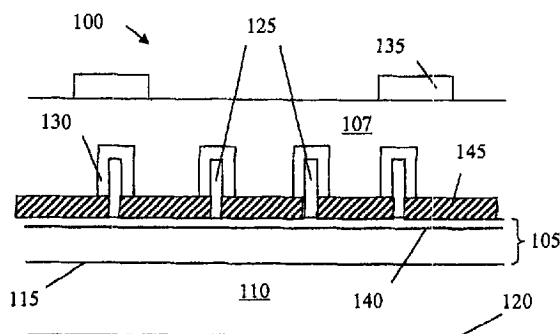
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 4 页

(54) 发明名称

多层膜-纳米线复合物、双面型和串联型太阳能电池

(57) 摘要

一种光生伏打器件,包括具有至少两个表面的基片和设置在基片的至少一个表面的至少一部分上的多层膜。伸长型纳米结构设置在该多层膜上。该器件结合该多层膜的与伸长型纳米结构接触的顶层,所述顶层作为隧道结。该器件具有沉积在伸长型纳米结构上方的至少一层,所述至少一层限定感光结的一部分。太阳能电池板包括至少一个光生伏打器件。该太阳能电池板使各个上述器件与围绕它的大气环境中隔离开并使得可以产生电力。



1. 光生伏打器件 (100), 包括:
具有至少两个表面 (115、120) 的基片 (110);
设置在所述基片 (110) 的所述至少两个表面 (115、120) 中的至少一个的至少一部分上的多层膜 (105);
设置在所述多层膜 (105) 上的多个伸长型纳米结构 (125), 其中所述多层膜 (105) 的与所述多个伸长型纳米结构 (125) 接触的顶层是第一隧道结 (140) 层; 和
设置在所述多个伸长型纳米结构 (125) 上方的至少一层 (130), 其中所述至少一层 (130) 是感光结的一部分。
2. 权利要求 1 的光生伏打器件 (100), 其中所述多层膜 (105) 进一步包括选自多晶层、单晶层、无定形层、和第二隧道结 (140) 层的至少之一。
3. 权利要求 1 的光生伏打器件 (100), 其中所述多层膜 (105) 进一步包括选自 p- 掺杂层、n- 掺杂层和本征层的至少之一的元件。
4. 权利要求 1 的光生伏打器件 (100), 其中所述多层膜 (105) 是在其厚度上具有梯度掺杂剂浓度的单一层。
5. 权利要求 1 的光生伏打器件 (100), 其中所述至少一层 (130) 共形设置在所述多个伸长型纳米结构 (125) 上方。
6. 权利要求 1 的光生伏打器件 (100), 其中所述至少一层 (130) 包括选自 p- 掺杂层、n- 掺杂层、本征层和第二隧道结 (140) 层的至少之一的元件。
7. 权利要求 1 的光生伏打器件 (100), 其中所述至少一层 (130) 是在其厚度上具有梯度掺杂剂浓度的单一层。
8. 权利要求 1 的光生伏打器件 (100), 其中所述至少一层 (130) 包括选自无定形硅、无定形硅 - 锗 (SiGe)、Ge、GaAs、InGaP、和无定形碳化硅 (SiC) 的至少一种。
9. 权利要求 1 的光生伏打器件 (100), 其中所述多个伸长型纳米结构 (125) 包括硅纳米线。
10. 权利要求 1 的光生伏打器件 (100), 其中纳米多孔模板 (145) 设置在所述多层膜 (105) 上。
11. 权利要求 1 的光生伏打器件 (100), 其中所述多个伸长型纳米结构 (125) 被集成在所述感光结中。
12. 权利要求 1 的光生伏打器件 (100), 其中所述多层膜 (105)、所述多个伸长型纳米结构 (125) 和所述至少一层 (130) 相对于所述基片 (110) 的所述至少两个表面 (115、120) 两面排列。
13. 权利要求 1 的光生伏打器件 (100), 进一步包括:
设置在所述至少一层 (130) 上的透明导电性材料 (TCM) (107)。
14. 权利要求 13 的光生伏打器件 (100), 进一步包括可操作用于将该光生伏打器件 (100) 连接到外电路的顶接触和底接触 (135)。
15. 太阳能电池板, 包括至少一个权利要求 1 的光生伏打器件 (100), 其中所述太阳能电池板将这些器件与它的周围大气环境分隔开并使得可以产生电力。
16. 权利要求 15 的太阳能电池板, 其中所述光生伏打器件能以独立于用于追踪太阳的系统的方式进行安装。

多层膜 - 纳米线复合物、双面型和串联型太阳能电池

[0001] 相关申请

[0002] [0001] 本申请与下列申请相关:2006 年 11 月 15 日提交的共同转让的共同未决申请 USSN 11/599,722,名为“Graded Hybrid AmorphousSilicon Nanowire Solar Cells”;2006 年 11 月 15 日提交的共同未决申请 USSN 11/599,677,名为“Amorphous-Crystalline Tandem NanostructuredSolar Cells”;和与此申请同时提交的共同转让的未决申请 USSN_____名为“Nanowall Solar Cells and Optoelectronic Devices”。

技术领域

[0003] [0002] 本发明一般涉及太阳能电池,且更特别地涉及可以包括设置在多层膜上方的伸长型纳米结构 (elongated nanostructure) 的这种太阳能电池。

背景技术

[0004] [0003] 目前,硅 (Si) 是用于此类将日光转换变成电能的太阳能电池的制造中最常用的材料。单结和多结 p-n 太阳能电池用于该目的,但是还没有电池的效率足以显著地降低这些技术的使用和生产中所涉及的成本。因此,来自常规电源的竞争阻碍了这类太阳能电池技术的广泛应用。

[0005] [0004] 大多数电子和光电子器件要求结的形成。例如,一种导电类型的材料与相反导电类型的不同材料接触以便形成异质结。或者,可以配对由单一材料类型制成的不同掺杂层以产生 p-n 结 (或同质结)。由于在导电类型方面的改变和 / 或带隙的变化产生的在异质结处的突然的能带弯曲,可以引起界面状态的高密度,其导致电荷载流子复合。在制造过程中在该结引入的缺陷可以进一步作为用于电荷载流子复合的位点,其降低了器件性能。

[0006] [0005] 虽然太阳能转换器的理想热力学效率是大约 85%,但是由于在太阳光谱中的亚带隙能量光子不被吸收,所以在效率上有损失。当与黑体辐射一起应用时,该损失单独限制单结电池的转换效率为约 44% (所谓的最终效率)。在进一步考虑到被标准化到黑体温度的真正太阳光谱、太阳能电池的温度、太阳能电池的形状、该电池的折射率、和二极管方程,Shockley 和 Queisser 能够发现:对于带隙为 1.45 电子伏特 (eV) 和 1 个太阳照射下的最优化电池而言,单结电池的性能被限制在稍稍超过 30% 的效率,对于最高浓度是稍稍超过 40% (Shockley 和 Queisser, “DetailedBalance Limit of Efficiency of p-n Junction Solar Cells, J. Appl. Phys., 1961, 32 (3), pp. 510-519)。更近来的计算显示,对于单结,该“详细平衡极限效率 (detailed balance limit efficiency)”是 29% (Kerr et al., “Lifetime and efficiency of limits of crystalline silicon solar cells,” Proc. 29th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 2002, pp. 438-441)。另外,光生电子和空穴借助于半导体晶体中与点缺陷 (间隙杂质)、金属簇、线缺陷 (位错)、面缺陷 (层错)、和 / 或晶粒边界相关的俘获态发生的复合,更进一步地降低该效率。尽管后一种效率减少可以通过使用其它具有合适性能 (光生载流子的特别长的扩散长度) 的材料

进行克服,这仍没有使该技术达到与更传统的电源同等的成本。

[0007] [0006] 由于结构缺陷或杂质原子产生的缺陷态可以存在于单晶半导体的表面上和本体内部。另外,多晶半导体材料包括无规取向的具有颗粒边界的晶粒,所述颗粒边界引入了大量的本体和表面缺陷态。因为电荷载流子可以在缺陷位置复合和因此作为载流子而损失,所以缺陷典型地不利地影响电子和 / 或光电子器件如太阳能电池的运转或性能。因此,在器件制造期间,单晶或多晶半导体基片的表面经常被钝化以将外部缺陷的负面影响减到最少。用于表面钝化的一种方法是通过在该单晶或多晶半导体基片上形成本征的(无掺杂的)无定形半导体材料层。这减少了电荷载流子在该基片表面处的复合并改善了该器件的性能。

[0008] [0007] 构成 PV 器件的材料的吸收能力也可影响电池的效率。描述了具有由可变带隙材料形成的 i 型半导体吸收体层的 p-i-n 薄膜太阳能电池,所述的 i 层位于 p 型半导体层和 n 型半导体层之间。参看美国专利 5,252,142。可变带隙 i- 层吸收体提供改善的光电转换效率。

[0009] [0008] 多结太阳能电池也已经被证明具有改善的效率。该改善的性能可通过结合具有不同带隙的叠层结(stacked junction)而实现以便捕捉更宽区域的光谱。所述器件典型地由叠层 p-n 结或叠层 p-i-n 结构构造。在这阵列中的各组结经常被指为电池。典型的多结太阳能电池包括两或三个叠在一起的电池。对于多结太阳能电池,最优带隙和理论效率与该叠层中的电池数目的函数关系已经被 Marti 和 Araujo 进行了理论上分析(A. Marti 和 G. L. Araujo, Sol. Ener. Mater. Sol. Cells, 1996, 43 (2), pp. 203-222)。

[0010] 纳米结构

[0011] [0009] 在 p-n 结二极管阵列中描述了硅纳米线(Peng et al., " Fabrication of large-Area Silicon Nanowire p-n Junction Diode Arrays, " Adv. Mater., 2004, vol. 16, PP. 73-76)。然而,这样的阵列没有被配置用于光生伏打器件中,也没有暗示这类阵列如何可用来增大太阳能电池的效率。

[0012] [0010] 在太阳能电池器件中已经描述了硅纳米结构(Ji et al., " Silicon Nanostructures by Metal Induced Growth(MIG)for Solar CellEmitters," Proc. IEEE, 2002, pp. 1314-1317)。在该类器件中,硅纳米线可通过在镍(Ni)前层(pre-layer)上溅射硅来形成、嵌入在微晶硅薄膜中,该前层的厚度决定该硅纳米线是在该膜的内部生长或者不是。然而,这样的纳米线不是活性光生伏打(PV)元件;它们仅提供抗反射能力。

[0013] [0011] 在 2005 年 3 月 16 日提交的共同转让的共同未决美国专利申请 11/081,967 中已经描述了包括硅纳米结构的太阳能电池,其中该纳米结构是活性 PV 元件。在该特定申请中,电荷分离结(charge separating junction)主要被包含在纳米结构自身内部,通常要求在这样的纳米结构的合成期间进行掺杂改变。

[0014] [0012] 作为上面的结果,在纳米结构支架上结合多结电池和降低缺陷影响的制造方法可以得到与更传统的电源等值效率的太阳能电池。因此具有开发 PV 器件的新构造的连续需求。纳米结构器件尤其如此,所述纳米结构器件可以受益于增强的光俘获和光吸收时用于输送电荷的更短的路径。

发明内容

[0015] [0013] 本文公开的实施方案提供光生伏打器件,它包括:具有至少两个表面的基片、设置在该基片的至少一个表面的至少一部分上的多层膜、设置在该多层膜上的多个伸长型纳米结构、隧道结;和沉积在所述多个伸长型纳米结构上的至少一层。所述沉积在所述纳米结构上的层通常提供一部分感光结(photoactive junction)。

[0016] [0014] 在其它方面,本文公开的实施方案提供了制造光生伏打器件,所述器件,并将它们结合在太阳能电池板中的方法。太阳能电池板包括至少一种光生伏打器件,其中该太阳能电池板将所述器件从它周围的大气环境隔离开并使得可以产生电能。

[0017] [0015] 有利地,所述感光器件是多结阵列,该多结排列捕捉宽光谱的光能,并在一些实施方案中在伸长型纳米结构之间结合材料以防短路。

[0018] [0016] 上文已经很广泛地略述了本发明的特点,以便下面的本发明详细说明可以更好理解。本发明的其他特点和优点将在下文得到描述,它们形成本发明的权利要求的主题。

附图说明

[0019] [0017] 为了更完全地理解本发明和其优点,现在结合附图参考以下描述,其中:

[0020] [0018] 图 1 显示根据本文公开的实施方案的光生伏打器件的剖视图。

[0021] [0019] 图 2 显示根据本文公开的实施方案具有两个 p-n 结、具有半导体基片的器件的剖视图。

[0022] [0020] 图 3 显示根据本文公开的实施方案具有两个 p-n 结、具有非半导体基片的器件的剖视图。

[0023] [0021] 图 4. 显示根据本文公开的实施方案具有两个 p-i-n 结、具有非半导体基片光生伏打的器件的剖视图。

[0024] [0022] 图 5 显示根据本文公开的实施方案具有三个 p-n 结、具有非半导体基片的器件的剖视图。

[0025] [0023] 图表 6 显示的是根据本文公开的实施方案用于构造光生伏打器件的方法的流程图。

具体实施方式

[0026] [0024] 在一些实施方案中,光生伏打(PV)器件可以包括但不限于:(1)设置在基片上的多层膜,(2)可设置在所述多层膜的顶层上的伸长型纳米结构,和(3)设置在该伸长型纳米结构上方的至少一层。这些设置在该伸长型纳米结构上的层可以共形设置在该伸长型纳米结构上。该多层膜的各个层和设置在该伸长型纳米结构周围的层可以形成感光结的部分,例如,如 p-n 和 p-i-n 结。这些感光结可以与将在所述多结阵列中的各电池分开的隧道结叠层在一起。在该多结阵列中的各个电池可以是串联排列且可以包括 p-n 结、p-i-n 结和其组合。在一些实施方案中,该伸长型纳米结构可能是感光结的一部分,并可以用 p- 掺杂剂或 n- 掺杂剂适合地进行掺杂。最后,在一些实施方案中,该多层膜、该伸长型纳米结构、和设置在该伸长型纳米结构周围的层,可以在 PV 器件的基片的相反表面上以两面排列的方式进行排列。

[0027] [0025] 在下面描述中,阐述了如特定数量、尺寸等细节,以提供对本发明实施方案

的彻底理解。然而,对于本领域技术人员显而易见的是本发明可在没有这些具体细节时进行实施。在很多情况下,涉及上述考虑等的细节已经被疏忽,因为这些细节不是获得本发明的完全理解所必需的和这些细节是在相关领域的普通技术人员的技术范围内的。

[0028] [0026] 一般地,参考附图,应当理解这些举例说明是为了描述本发明特定的实施方案而不是旨在限制本发明于其中。

[0029] [0027] 虽然本文使用的大多数术语对于本领域的技术人员将是可认识的,但是以下定义被提出以为了帮助理解本发明。然而,应该理解当未明确地被定义时,术语应该被解释为采用目前被本领域技术人员所接受的意义。

[0030] [0028] 如本文所定义的“光生伏打器件”,是包括至少一种光电二极管的器件,其使用光生伏打效应以产生电动势(e. m. f.)。参看 PenguinDictionary of Electronics, Third Edition, V. Illingworth, Ed., PenguinBooks, London, 1998。示范性的所述器件是“太阳能电池”,其中太阳能电池是其对太阳辐射的光谱响应已经被优化过的光电二极管。

[0031] [0029] 如本文所定义的“纳米级”,一般指低于 1 微米的尺寸。

[0032] [0030] “纳米结构”,如本文定义,一般指在至少一维中是纳米尺寸的结构。

[0033] [0031] “伸长型纳米结构”,如本文所定义,是至少一个横截面维度小于约 500nm 并且纵横比(例如,长:宽)大于 3 的纳米结构。示范性的所述伸长型纳米结构包括但不限于纳米线、纳米杆、纳米管等等。

[0034] [0032] “纳米线”,如本文中所定义,通常为在至少两个维度上通常为亚微米($< 1 \mu\text{m}$)并具有基本上圆柱形的伸长型纳米结构。它们往往是单晶。

[0035] [0033] “共形的”,如在本文中所定义,是关于很大程度上采用(即:共形)它们所涂布的结构形状的涂层。然而,该术语应该被广义解释,使得基本可以填充该被涂布的结构间的空隙——至少在一些实施方案中。单一共形层可以沿着被涂布的结构的不同部分在厚度方面有差异。

[0036] [0034] “半导体材料”,如本文定义,是导电性通常在金属和绝缘体之间的材料,且其中所述材料在它价带和导带之间具有能隙或“带隙”。在它的纯的、无掺杂的状态,所述半导体材料一般地被称为是“本征的”。

[0037] [0035] “多晶硅(Poly-Si)”,如本文定义,指多晶态硅。此类材料包括多个晶畴。

[0038] [0036] “无定形的”,如本文定义,指具有无序形式和基本上随机的内部结构的材料。

[0039] [0037] “p-掺杂”,如本文定义,指用杂质掺杂半导体材料,所述杂质引入对增加该本征半导体材料的导电性和将费米能级向价带移动以致于可以形成结而言有效的空穴。示范性的所述 p-掺杂是在硅(Si)中加入少量的硼(B)。

[0040] [0038] “n-掺杂”,如本文定义,指用杂质掺杂半导体材料,所述杂质引入对增加该本征半导体材料的导电性和将费米能级向导带移动以致于可以形成结而言有效的电子。示范性的所述 n-掺杂是在硅中加入少量的磷(P)。

[0041] [0039] “电荷分离结”,如本文定义,包括不同类型的材料(例如,不同掺杂剂和/或本体组合物)间的边界,由于存在势垒和电场梯度所述边界可使得电子和空穴分离。

[0042] [0040] “异质结”,如本文定义的和与光生伏打器件有关的,是通过两种具有不同带隙的不同半导体材料的接触而建立的电荷-分离结。

[0043] [0041] “有效 PV 元件”，如本文定义，是 PV 器件的承担形成电荷 - 分离结和承担光吸收（所述光吸收参与输出电流）的元件。

[0044] [0042] “p-n 光生伏打器件”，如本文定义，是包括至少一个包含通过 p- 掺杂半导体和 n- 掺杂半导体的接触而形成的电荷 - 分离结的光电二极管的器件。

[0045] [0043] “p-i-n 光生伏打器件”，如本文定义，是三种材料的叠层，其中一层是被掺杂为 p- 类型（主要为空穴导电）、一层是无掺杂的（即，本征的）、和另一层是被 n- 型掺杂的（主要为电子导电）。

[0046] [0044] “多结”，如本文定义，是叠层的感光结的串联阵列，所述感光结可以包括 p-n 和 / 或 p-i-n 结。每个感光结可以通过隧道结与它的相邻电池隔开。

[0047] [0045] “太阳能电池”，如本文定义，实质上是用于对太阳辐射进行能量转换的光生伏打器件。

[0048] [0046] “纳米模板”，如本文定义，是包括纳米级尺寸的孔或柱的阵列的无机或有机膜。这些孔通常以相对于该膜的平面基本上垂直方向贯穿该膜。

[0049] 器件构造

[0050] [0047] 参看图 1，在一些实施方案中，光生伏打器件 100 可以包括但不限于：(a) 具有至少两个表面 115 和 120 的基片 110；(b) 设置在基片 110 至少一部分上的多层膜 105；(c) 设置在隧道结 140 上的伸长型纳米结构 125；和 (d) 设置在伸长型纳米结构 125 上方的至少一层 130。

[0051] [0048] 基片 110 可以是例如玻璃、陶瓷、或金属。在一些实施方案中，PV 器件 100 的元件可以被放置在表面 115 上。在替换性实施方案中，PV 器件 100 的元件可以在表面 115 和 120（见下面）上以两面排列的方式进行放置。在一些实施方案中，所述至少一层 130 可以被沉积在伸长型纳米结构 125 的上方。

[0052] [0049] 该多层膜 105 可以包括多晶层，该多晶层可以例如是多晶硅（多晶硅或 poly-Si），在一个实施方案中可以是 p- 掺杂半导体，在另一实施方案中可以是 n- 掺杂半导体。在一些实施方案中，多层膜 105 的其它层可以包括单晶层和无定形层。该多层膜 105 代表一个或多个感光结的部件，所述感光结可以是 p-n 或 p-i-n 结。该多层膜的顶层通常是隧道结层 140。

[0053] [0050] 伸长型纳米结构 125 可以在位于隧道结层上方的模板 145 的帮助下被放置在隧道结 140 上。在一些实施方案中，模板 145 不是必需的。与伸长型纳米结构 125 相同组成的材料薄膜可以被铺设在隧道结上面代替模板 145。然后，伸长型纳米结构 125 可以从在该表面上适当分布的纳米颗粒催化剂在该膜上生长。这样，伸长型纳米结构 125 和铺设在隧道结 140 上方的所述薄膜的所述表面一起形成材料连续体。

[0054] [0051] 当使用模板 145 时，该共形层 130 可以仅仅设置在伸长型纳米结构 125 上方。在一些实施方案中，模板 145 是纳米多孔模板。在没有模板 145 时，共形层可以在伸长型纳米结构间延伸，形成连续的共形层。例如，沉积的第一共形层 130 会被设置在伸长型纳米结构 125 上方以及直接地在隧道结 140 上。在一种实施方案中，给定的共形层 130 可以形成感光结的至少一部分。在一些实施方案中，该感光结可以是 p-n 结，在其它实施方案中，可以是 p-i-n 结。在又一种实施方案中，至少一层 130 可以包括隧道结。利用多层膜 105、伸长型纳米结构 125 上方的共形层 130，形成了串联多结阵列。

[0055] [0052] 在一些实施方案中,透明的导电材料层(TCM)107沉积在层130的上方。TCM 107可基本上填充多个被涂布的伸长型纳米结构之间的空间,然而,这不是必需的。另外,TCM 107可以在所述多个伸长型纳米结构顶部上面形成名义上平整的表面。而且,可以提供顶接触135和底(未显示)接触以可操作地用于将该器件连接到外电路,其中所述底电极一般是(然而并非总是)与该基片整合在一起。

[0056] [0053] 最后,在一些实施方案中,PV器件构造可以在基片上以两面排列的方式设置。也就是说,多层膜105可以被设置在基片110的表面115和120上。同样地,伸长型纳米结构125可以设置在基片110的各面上。在各面上共形地沉积无定形层130之后,TCM 107与用于连接该器件到外电路的接触135一起被提供。而且,在该构造中,PV器件可以配置反射镜(未显示),以便那些没有撞击顶部系列感光结的光可以被反射以与底部系列的感光结相互作用。

[0057] 器件部件

[0058] [0054] 该伸长型纳米结构一般地具有在约100nm到约100 μ m范围内的长度,和在约5nm到约1 μ m的范围内的宽度。在一些实施方案中,该纳米结构沿着纵向,即,相对这些层的平面,排列在基片、多晶、或隧道结层(取决于构造)上。在其他实施方案中,该伸长型纳米结构是以很大程度上随机的方式进行设置的。本领域的技术人员应当理解,伸长型纳米结构可以是以0和90度之间的角度进行设置。

[0059] [0055] 在一些实施方案中,伸长型纳米结构可以是例如硅纳米线。伸长型纳米结构可以是n-或p-掺杂半导体。根据各种实施方案,伸长型纳米结构可以是适当地用于光生伏打器件的任何材料。合适的半导体材料可以包括但不限于硅(Si)、硅锗(SiGe)、锗(Ge)、砷化镓(GaAs)、磷化铟(InP)、GaInP、GaInAs、砷化铟镓(InGaAs)、铟氮化物(InN)、硒(Se)、碲化镉(CdTe)、Cd-O-Te、Cd-Mn-O-Te、ZnTe、Zn-O-Te、Zn-Mn-O-Te、MnTe、Mn-O-Te、铜的氧化物、碳、Cu-In-Ga-Se、Cu-In-Se和其组合。合适的导电性材料包括但不限于退化掺杂硅(degenerately doped silicon)、金属材料如铝(Al)、铂(Pt)、钯(Pd)、和银(Ag)、碳纳米管、和其组合。

[0060] [0056] 在一些实施方案中,该多层膜和在伸长型纳米结构上方的共形层可以包括是p-掺杂和n-掺杂的半导体的组合物。也可以加入未掺杂的层,且可以包括本征层。其他用作分隔感光结的隧道结的层可以被加入到串联的电池阵列中。在一种实施方案中,所述各个层的部分可以与器件的结晶部分构成电池以形成叠层的p-n结。在另一种实施方案中,所述各个层的部分可以构成叠层的p-i-n结的电池。在又一实施方案中,所述各个无定形层的部分可以构成叠层的p-n和p-i-n结的组合。在一些实施方案中,电池可通过用作隧道结的层分隔开。

[0061] [0057] 所述各个层的构成感光结的部分的组成可以是,例如无定形硅(a-Si)、无定形硅-锗(a-SiGe)、纳米晶体硅(nc-Si)和无定形碳化硅(a-SiC)。在一种实施方案中,所述材料可以以提高带隙能的层形式有序排列在伸长型纳米结构周围和基片上。

[0062] [0058] 一般地,该组合的无定形层的总厚度可以在5 $\text{\AA}$ -50000 $\text{\AA}$ 范围内。或者,该共形层可以具有在约30 $\text{\AA}$ -约4000 $\text{\AA}$ 的范围内的相对厚度。可以调节该厚度以优化不同带隙能的结之间的电流匹配。即,给定层的厚度可以改变,使得在各单个电池(即各感光结)中产生的光电流是基本上相当的。在一些实施方案中,特定层可以包括隧道结。在

这种情况下,该材料组成可以是金属氧化物,例如氧化锌。

[0063] [0059] 在使用透明导电材料层的器件实施方案中,该透明导电材料可以是透明的导电氧化物 (TCO)。在一些所述实施方案中,该透明导电氧化物是铟-锡-氧化物 (ITO)。在一些其他所述实施方案中,该透明导电性氧化物是掺杂的 ZnO。一般地,该透明的导电性材料具有在约 $0.05\ \mu\text{m}$ 和约 $1\ \mu\text{m}$ 间的厚度。

[0064] [0060] 当纳米模板用在隧道结层上时,它可以由如阳极化氧化铝 (AAO)、二氧化硅 (SiO_2)、氮化硼 (BN)、四氮化三硅 (Si_3N_4) 等等的材料制成。在一些实施方案中,多孔的纳米模板 910c 可以具有在约 $0.1\ \mu\text{m}$ 和约 $100\ \mu\text{m}$ 间的厚度 (或平均厚度),其中该多孔的纳米模板可以具有在约 1nm 和约 $1\ \mu\text{m}$ 间的孔隙直径 (或平均直径),和其中该多孔的纳米模板可以具有在约 $10^3/\text{平方厘米}$ 和约 $10^{12}/\text{平方厘米}$ 间的孔隙密度。

[0065] 器件感光结

[0066] [0061] 参看图 2,在一些实施方案中,光生伏打器件 200 可以包括用 p- 掺杂剂或 n- 掺杂剂进行掺杂的基片 210。产生 p-n 结的最简单的排列是与具有和基片相反掺杂情形的第一层 250 一起。层 250 可以是多晶、单晶或无定形的。本领域的技术人员应当认识到,层 250 的确切性质取决于基片 210 的选择。层 240 用作将产生的感光结与伸长型纳米结构 225 分隔开的隧道结。层 230 可以共形地沉积在伸长型纳米结构 225 上方。层 230 和伸长型纳米结构 225 的掺杂可以彼此相反,以便形成结。

[0067] [0062] 在一些实施方案中,层 250 和层 230 的任何一个可以在其厚度上组成是梯度分布 (对于层 230 而言,如 A 所示)。也就是说,接近和基片 210 的界面处,层 250 可以是基本上本征的,随着该层的累积,引入增加的掺杂剂以产生电荷分离结。同样地,在接近和伸长型纳米结构 225 的界面处,层 230 可以基本上是本征的,横跨它的厚度 A 掺杂增加。

[0068] [0063] 在图 2 中,既没有显示模板也没有显示薄膜 (为简单起见),然而,举例而言,当模板存在时,共形层 230 可以仅仅被设置在结构 225 的上方。或者,如果没有模板,共形层 230 可以以连续共形层的形式伸展和覆盖表面隧道结 240。因此,层 230 在各伸长型纳米结构 225 之间沿着隧道结层 240 的表面伸展。可以沉积其他共形层以限定其他叠层结,和同样地,各个后续层可以在纳米结构 225 之间沿着前一层的表面伸展。本领域的技术人员应当认识到这些层在线 (wire) 之间的伸展可以有益于降低这些线之间的短路。

[0069] [0064] 如图 3 所示,光生伏打器件 300 的基片 310 不必是感光结的一部分。也就是说,基片 310 可能是绝缘或导电性的。沉积的第一层 350 可以具有第一掺杂,层 360 可以具有相反掺杂。这限定了第一 p-n 结。在构造伸长型纳米结构 325 的阵列之前,提供隧道结层 340。使用层 330 的共形涂布限定了又一 p-n 结。再次,如上所述,层 330 和 360 可以在其厚度上组成梯度分布。其他共形层也可以沉积在层 330 的上方。

[0070] [0065] 参考图 4,在其它实施方案中,本征层可以加入在 p- 掺杂层和 n- 掺杂层之间。在图 4 中的器件 400 显示将本征层 470 加入在掺杂层 450 和 460 间。同样地,本征层 490 位于掺杂层 430 和伸长型纳米结构 425 之间。由这两个 p-i-n 结产生的电池被隧道结层 440 分隔开。本领域技术人员应当认识到,在顶部隧道结层上放置该伸长型纳米结构 425 之前,可以加入限定其它结 (p-n 或 p-i-n) 的其他层。同样地,其他结可以在该伸长型纳米结构 425 上方共形地涂布,只要用隧道结层分开了这些电池即可。因此,任何数目的感光结可以在各伸长型纳米结构之间的可用空间的限制之内共形组装在该伸长型纳米结构

425 上方。除这些空间考虑之外,各电池理想的在带隙能上有变化,从而俘获光能的最大可能获得的光谱。在一些实施方案中,最大带隙能是多结阵列中的顶端电池(光最先进入的地方)。

[0071] [0066] 图 5 提供了多结阵列器件 500 的实例,该多结阵列器件在伸长型纳米结构 525 上方结合了其他感光结。第一 p-n 结通过沉积在基片 510(绝缘的或导电的)上的层 550 和 560 来限定。隧道结 540 将这个结与后来在纳米结构 525 周围构造的结分隔开。中间结由纳米结构 525 和第一层 530 形成。另一隧道结 580 将中间结与由层 590 和 595 的共形沉积形成的顶端结分离开。和图 2 一样,为简单起见既没有显示模板也没有显示薄膜,但是在没有模板的情况下,如上所述应用各后续共形层的延伸。

[0072] [0067] 最后,在一些实施方案中,基片可以结合底接触。在一些实施方案中,透明导电性材料的层提供顶接触。取决于预定用途,该器件可以经构造以顶部和/或底部照亮。

[0073] 器件制造

[0074] [0068] 在一些实施方案中,参考图 6,用于制造以上所述的基于纳米结构的光生伏打器件的方法 600 可以如下进行。参考图 6,第一步(步骤 601)在基片的至少一个表面上放置多层膜。接下来(步骤 602),将伸长型纳米结构放置在多层膜上。(步骤 603)至少一层被共形沉积在该伸长型纳米结构上方。在没有模板的情况下,该共形层在延伸在相邻纳米结构之间的各个接连层(successive layer)的表面上延伸。(步骤 604),导电性透明材料作为无定形层上方的层进行沉积;和(步骤 605)建立顶接触和底接触,它们可操作用于将器件连接到外电路。该顶接触可以被设置在 TCM 上,和该底接触可以设置在基片的与伸长型纳米结构相反的表面上或集成在该基片的内部。

[0075] [0069] 在上述的一些方法实施方案中,借助选自化学气相沉积(CVD)、金属-有机化学气相沉积(MOCVD)、等离子体-增强化学气相沉积(PECVD)、热线化学气相沉积(HWCVD)、原子层沉积(ALD)、电化学沉积(ECD)、溶液化学沉积(SCD)、和其组合的方法通过生长所述伸长型纳米结构来提供所述纳米结构。在一些所述实施方案中,伸长型纳米结构通过从金属纳米颗粒催化生长来提供,其中金属纳米颗粒可以存在于纳米多孔性模板中,和其中该金属纳米颗粒可以包括选自金(Au)、铟(In)、镓(Ga)、铂(Pt)、和铁(Fe)的金属。

[0076] [0070] 如上所述,模板 145 可以是纳米多孔模板。例如,在一些实施方案中,如在 2005 年 5 月 27 日提交的共同转让的美国专利申请 11/141,613 所描述的,使用纳米多孔模板来生长伸长型纳米结构,该申请以其全文引入作为参考。使用 CVD、MOCVD、PECVD、HWCVD、ALD、ECD、SCD、溅射和其组合生长纳米结构。

[0077] [0071] 在一些上述这些方法实施方案中,共形沉淀多层膜的步骤通过使用选自 CVD、MOCVD、PECVD、HWCVD、ALD、MBE 溅射和其组合的技术进行。在没有用于形成纳米结构的模板情况下,该共形沉积将在该伸长型纳米结构上方和各伸长型纳米结构之间提供层。

[0078] 太阳能电池板

[0079] [0072] 在一些实施方案中,本发明涉及如下太阳能电池板:它可以包括至少一个多结的、纳米结构基的光生伏打器件,如本文所公开。该太阳能电池板使各器件与围绕它的大气环境分隔开,并使得可以产生电力。在一些实施方案中,该光生伏打器件可以水平安装,因此,避免需要跟踪太阳的跟踪系统。该太阳能电池板,在一些实施方案中,可以在整体式电力系统(住宅的或商业的)中、消费者电子设备中、或太阳能电站中。应注意的是,太

太阳能电池板的制造在本领域中是为大家所熟知的,由此为了简洁本文将不再详细描述。

[0080] [0073] 虽然本文公开的实施方案涉及在太阳能电池中应用 PV 器件,但是本领域技术人员应当理解所述器件也可以结合到光电子器件中。例如, PV 器件可以被结合到 LED 或激光器中。

[0081] [0074] 最后,本发明的实施方案提供两面的和 / 或多结纳米结构的光生伏打器件,它们可以显示出高效率和可以耐光导致的退化。根据本文公开的实施方案构造的光生伏打器件可以优化光的吸收和可以将在异结界面的复合减到最少。其它优点可以包括低成本和制造容易,特别是在包括主要为硅基电池的实施方案中。

[0082] [0075] 应当理解,一些上述的结构、功能、和以上所述实施方案的操作不是实施本发明所必要的,包括在说明书中仅仅为了一个或多个示范性实施方案的完整起见。另外,应当理解,在上述引用的专利和文献中给出的特定结构、功能、和操作,可以和本发明一起实施,但是它们对于本发明的实施不是必不可少的。因此,应当理解,可以与特别描述的不同方式来实施本发明,而实际上不偏离所附权利要求所限定的本发明的思想和范围。

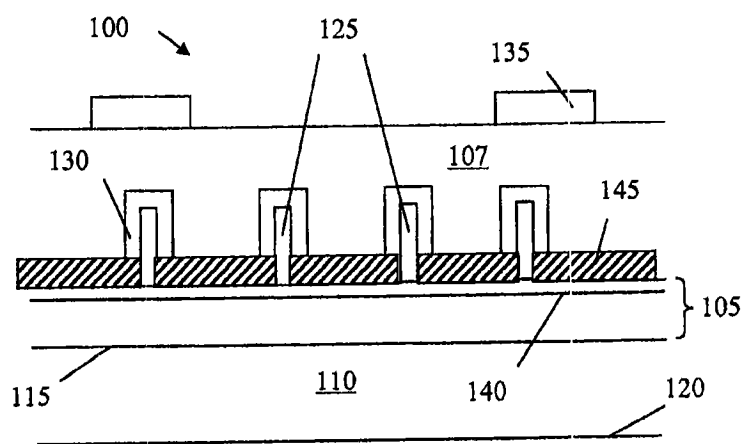


图 1

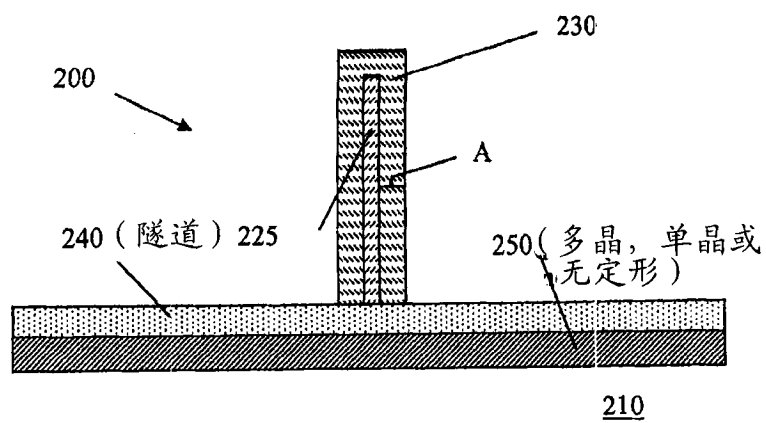


图 2

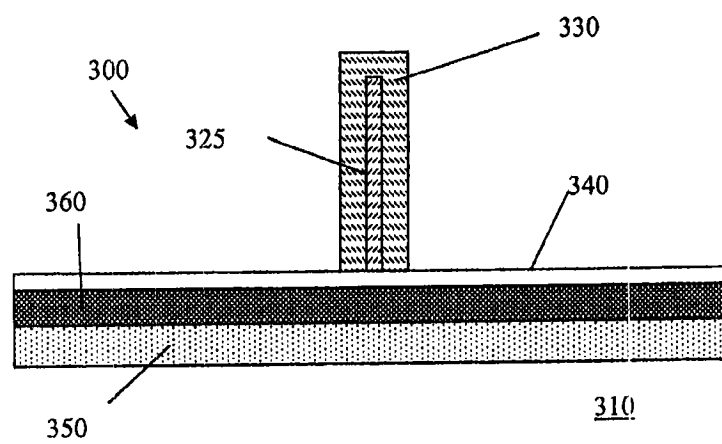


图 3

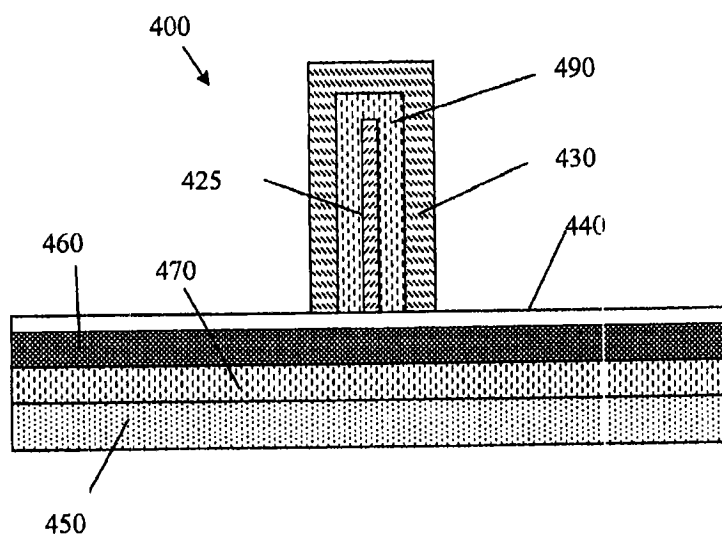


图 4

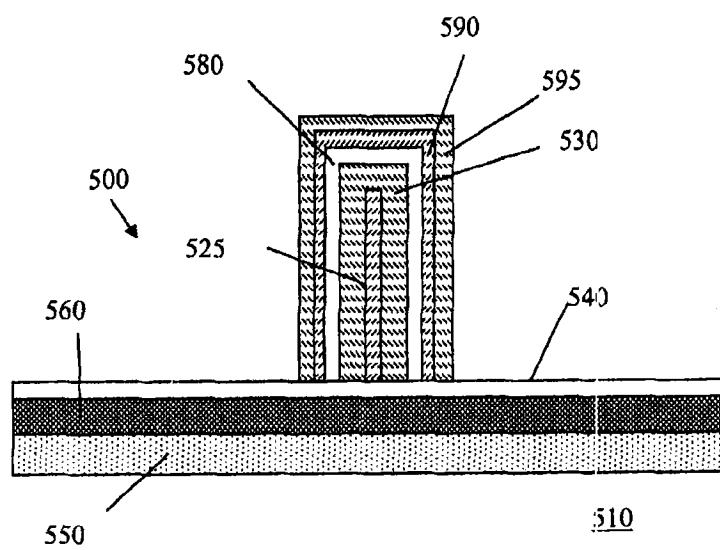


图 5

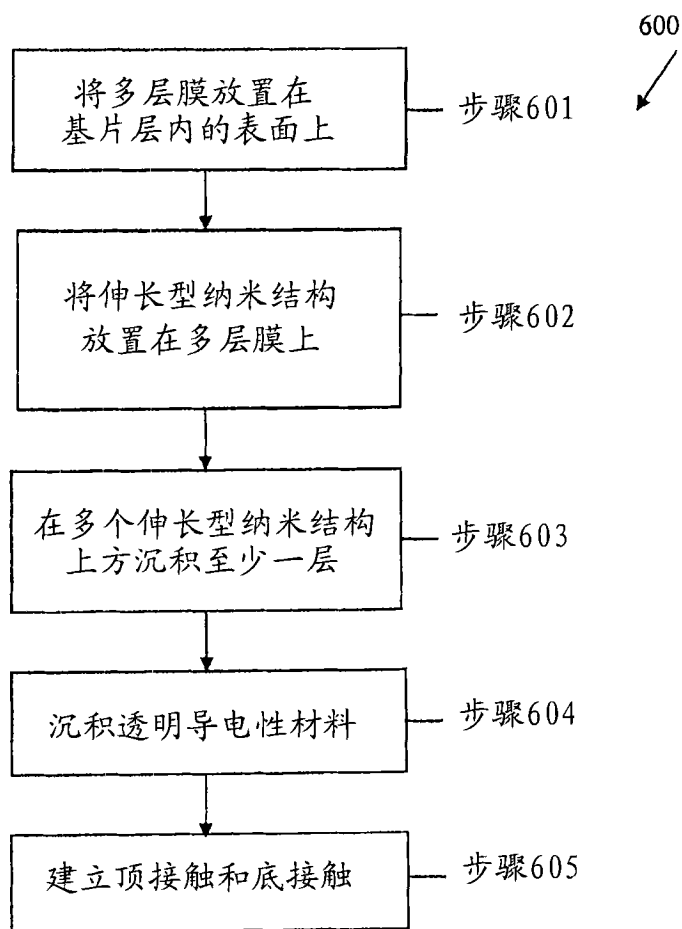


图 6