



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102013440 A

(43) 申请公布日 2011. 04. 13

(21) 申请号 201010277847. 6

(22) 申请日 2010. 09. 08

(30) 优先权数据

102009040621. 2 2009. 09. 08 DE

(71) 申请人 肖特太阳能股份公司

地址 德国美因茨

(72) 发明人 M·贝尔金斯基 P·莱希纳

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 过晓东

(51) Int. Cl.

H01L 31/04(2006. 01)

H01L 31/0224(2006. 01)

H01L 31/18(2006. 01)

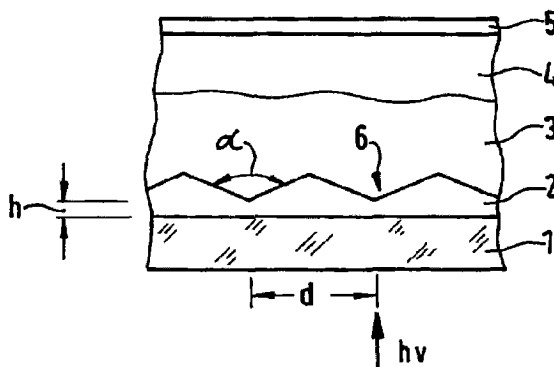
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 1 页

(54) 发明名称

薄膜太阳能组件及制造方法

(57) 摘要

本发明涉及薄膜太阳能组件,其包含透明的基底 (1)、沉积在所述基底 (1) 上的由经掺杂的锌氧化物组成的透明的前电极层 (2)、半导体层 (3)、任选存在的沉积在所述半导体基层 (3) 上的由经掺杂的锌氧化物组成的背电极层 (4) 以及与光线入射面 (hv) 背向的背面上的反射层 (5), 在经掺杂的锌氧化物前电极层 (2) 中的掺杂量从基底 (1) 向着半导体层 (3) 减小和 / 或在经掺杂的锌氧化物背电极层 (4) 中的掺杂量从半导体层 (3) 向着反射层 (5) 减小。



1. 薄膜太阳能组件，其包含透明的基底 (1)、沉积在所述基底 (1) 上的由经掺杂的锌氧化物组成的透明的前电极层 (2)、半导体层 (3)、任选存在的沉积在所述半导体基层 (3) 上的由经掺杂的锌氧化物组成的背电极层 (4) 以及与光线入射面 (hv) 背向的背面上的反射层 (5)，其特征在于，在经掺杂的锌氧化物前电极层 (2) 中异类原子的含量从基底 (1) 向着半导体层 (3) 减小和 / 或在经掺杂的锌氧化物背电极层 (4) 中异类原子的含量从半导体层 (3) 向着反射层 (5) 减小。

2. 根据权利要求 1 的薄膜太阳能组件，其特征在于，在前电极层 (2) 向着基底 (1) 的面上经掺杂的锌氧化物中异类原子的含量和 / 或在经掺杂的背电极层 (4) 向着半导体层 (3) 的面上的异类原子含量最高为  $2 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$ ，而在前电极层 (2) 向着半导体层 (3) 的面上和 / 或背电极层 (4) 向着反射层 (5) 的面上的异类原子含量为  $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$  至  $1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$ 。

3. 根据权利要求 1 或 2 的薄膜太阳能组件，其特征在于，用于对锌氧化物进行掺杂的异类原子是铝、镓或硼。

4. 根据权利要求 1 的薄膜太阳能组件，其特征在于，前电极层 (2) 在向着半导体层 (3) 的面上具有深度为 50 至 600nm、宽度为 500 至 5000nm 且开口角度 ( $\alpha$ ) 为  $100^\circ$  至  $150^\circ$  的凹坑 (6)。

5. 根据前述权利要求之一的薄膜太阳能组件，其特征在于，前电极层 (2) 在向着半导体层 (3) 的面上具有至少为 50nm 的 RMS 粗糙度。

6. 根据前述权利要求之一的薄膜太阳能组件，其特征在于，前电极层 (3) 和 / 或背电极层 (4) 的薄层电阻率小于  $24 \Omega / \square$ 。

7. 根据前述权利要求之一的薄膜太阳能组件，其特征在于，前电极层 (2) 和 / 或背电极层 (4) 在光波长为 700nm 的情况下的光吸收率小于 5%，而在光波长为 950nm 的情况下的光吸收率小于 8%。

8. 根据权利要求 1 的薄膜太阳能组件，其特征在于，反射层 (5) 由白色材料组成。

9. 根据权利要求 1 的薄膜太阳能组件，其特征在于，前电极层 (2) 的平均层厚度至少为 400nm，而背电极层 (4) 的平均层厚度至少为 300nm。

10. 根据前述权利要求之一的薄膜太阳能组件，其特征在于，半导体层 (3) 由硅组成。

11. 用于制造根据前述权利要求之一的薄膜太阳能组件的方法，其特征在于，在沉积装置 (7) 中通过溅射沉积经掺杂的锌氧化物前电极层 (2) 和 / 或经掺杂的锌氧化物背电极层 (4)。

12. 根据权利要求 11 的方法，其特征在于，用于溅射前电极层 (2) 和 / 或背电极层 (4) 的沉积装置 (7) 均设置多个掺入铝氧化物或镓氧化物作为异类氧化物的锌氧化物溅射靶材 (16、17)，其中在用于溅射前电极层 (2) 的沉积装置 (7) 中和 / 或在用于溅射背电极层 (4) 的沉积装置中，在向着沉积装置 (7) 的引入区域 (8) 的溅射站 (13) 中的锌氧化物溅射靶材 (16) 的异类氧化物含量大于向着排出区域 (14) 的溅射站 (13) 中的锌氧化物溅射靶材 (17)。

13. 根据权利要求 12 的方法，其特征在于，用于溅射前电极层 (2) 和 / 或背电极层 (4) 的沉积装置 (7) 的向着引入区域 (8) 的溅射站 (12) 中的锌氧化物溅射靶材 (16) 的异

类氧化物含量为 0.9 至 3.1 重量%，而用于溅射前电极层 (2) 和 / 或背电极层 (4) 的向着沉积装置 (7) 的排出区域 (14) 的溅射站 (13) 中的锌氧化物溅射靶材 (17) 的异类氧化物含量为 0.2 至 1.5 重量%。

14. 根据权利要求 12 或 13 的方法，其特征在于，基底的温度在溅射经掺杂的锌氧化物前电极层 (2) 时从在向着引入区域 (8) 的溅射站 (12) 中的室温上升至在邻近排出区域 (14) 的溅射站 (13) 中的最高 280°C。

15. 根据权利要求 12 或 13 的方法，其特征在于，基底的温度在溅射经掺杂的锌氧化物前电极层 (2) 时从在向着引入区域 (8) 的溅射站 (12) 中的 80°C 上升至在邻近排出区域 (14) 的溅射站 (13) 中的最高 250°C。

16. 根据权利要求 12 或 13 的方法，其特征在于，所述组件的温度在溅射经掺杂的锌氧化物背电极层 (4) 时最高为 240°C。

17. 根据权利要求 11 的用于制造根据权利要求 4 或 5 的薄膜太阳能组件的方法，其特征在于，在沉积半导体层 (3) 之前，对经掺杂的锌氧化物前电极层 (2) 在与基底 (1) 背向的面上进行蚀刻。

18. 根据权利要求 11 的方法，其特征在于，在沉积装置 (7) 中通过溅射沉积经掺杂的锌氧化物前电极层 (2) 和 / 或经掺杂的锌氧化物背电极层 (4)，其中在溅射站 (12、13) 中利用均相同的溅射气体或溅射气体混合物沉积多个或全部的锌氧化物电极部分层。

## 薄膜太阳能组件及制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及薄膜太阳能组件。

### 背景技术

[0002] 薄膜太阳能组件主要包含透明的非导电性基底，特别是玻璃、透明的导电性前电极层、半导体层以及在背面上的例如单层或多层金属体系或白色介电材料的反射层。

[0003] 前电极层通常包含经掺杂的锡氧化物或用硼、镓或铝掺杂的锌氧化物。

[0004] 通常通过溅射在基底上沉积前电极层。为此使用例如用铝氧化物 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 掺杂的包含特定含量例如 1 或 2 重量%的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的陶瓷锌氧化物 ( $\text{ZnO}$ ) 溅射靶材。选择性地，以反应的方式由金属锌铝靶材实施溅射。在这两种情况下，溅射气体包含惰性气体以及尤其是在反应性溅射的情况下包含氧气。

[0005] 含有 2 重量%的高含量的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的靶材的缺点是所得层的光吸收率高，而含有 1 重量%的低含量的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的靶材的缺点在于必须实施溅射超过 1000nm 以获得所沉积的层所期望的薄层电阻率。

[0006] 另一个缺点在于，在含有 1 重量%的低含量的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的经掺杂的  $\text{ZnO}$  溅射靶材的情况下，在溅射过程中必须加热基底至高于 250°C 的高温，这导致复杂的机械设计、长的加热和冷却区段及高的运行成本。

[0007] 若将非导电性白色介电材料如白漆或白膜用作组件背面上的反射层，则在半导体层与白色反射层之间同样溅射具有例如 200nm 至 3000nm 的相对较大的层厚度的经掺杂的锌氧化物层或锡氧化物层作为背电极层。

### 发明内容

[0008] 本发明的目的是以尽可能低的能源消耗及机械复杂性制备高品质前电极层，及在反射层由白色金属层组成的情况下同时制备高品质背电极层。

[0009] 这是根据本发明以如下方式实现的，经掺杂的  $\text{ZnO}$  前电极层的掺杂量从基底向着半导体层减小。若薄膜太阳能组件具有白色反射介电材料层及因此具有经掺杂的锌氧化物背电极层，则根据本发明，经掺杂的  $\text{ZnO}$  背电极层中的掺杂量同样从半导体层向着白色反射材料层减小。

[0010] 根据本发明，前电极层或背电极层的一面至另一面的减小可以是连续的或者是非连续的。

[0011] 根据本发明，在  $\text{ZnO}$  前电极层向着基底的面上的掺杂量即锌氧化物中异类掺杂原子的数量和 / 或在  $\text{ZnO}$  背电极层向着半导体层的面上的掺杂量优选最高为  $2 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$ ，而在  $\text{ZnO}$  前电极层向着半导体层的面上的掺杂量和 / 或在  $\text{ZnO}$  背电极层向着白色反射材料层的面上的掺杂量低于  $1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$ ，优选为  $4 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$  至  $8 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 。

[0012] 锌氧化物优选用铝、镓或硼掺杂。此外还可使用铟、锗、硅和氟。优选通过由分别具有不同的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  浓度或  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  浓度的  $\text{ZnO}-\text{Al}_2\text{O}_3$  靶材或  $\text{ZnO}-\text{Ga}_2\text{O}_3$  靶材进行溅射

形成铝掺杂或镓掺杂的 ZnO 层，而优选通过低压化学气相沉积 (LPCVD) 获得用硼掺杂的 ZnO 层。在此，例如可以使用二硼烷或三甲基硼作为气态硼化合物，其中在沉积 ZnO 层开始时，硼化合物的添加量相应地大于沉积快要结束时的量。

[0013] 对于用  $\text{Al}_2\text{O}_3$  掺杂的陶瓷 ZnO 靶材而言，例如 Agashe 等人 (Journal of Applied Physics, 95, 2004, 第 1911-1917 页) 研究了靶材掺杂剂的量与电极层中所得的掺杂量之间的关系。除了靶材掺杂剂的量与电极掺杂量之间的线性关系以外，这些作者例如还发现 1.0 重量%的靶材掺杂剂的量导致掺杂量约为  $7 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$  的电极层。

[0014] 经掺杂的 ZnO 前电极层和 / 或经掺杂的 ZnO 背电极层的薄层电阻率优选小于  $24 \Omega / \square$  ( $\text{Ohm/square}$ )，尤其是小于  $18 \Omega / \square$ ，特别优选小于  $14 \Omega / \square$ 。

[0015] 经掺杂的 ZnO 前电极层或 ZnO 背电极层对于光波长为 700nm 的入射光的光吸收率优选小于 5%，尤其是小于 4%，特别优选小于 3.5%，而对于光波长为 950nm 的入射光的光吸收率则优选小于 8%，尤其是小于 7%，特别优选小于 6% 的入射光。

[0016] 根据本发明的薄膜太阳能组件的基底通常包括玻璃板。半导体层优选由硅组成。其优选由部分层构成，例如由微晶或非晶硅的部分层构成。但是半导体层还可包含复合半导体，例如 II-VI 族半导体如碲化镉、III-V 族半导体如砷化镓或 I-III-VI 族半导体如二硒化铜铟。

[0017] 经掺杂的 ZnO 背电极层的层厚度优选至少为 300nm，尤其是至少为 400nm，例如约为 500nm。

[0018] 对于 ZnO 前电极层首先沉积厚度优选为 500 至 5000nm，尤其是 1000 至 2000nm 的厚的层，然后实施蚀刻处理。

[0019] 在其向着半导体层的面上，沉积的前电极层具有特定的表面形貌或粗糙度，以使其具有“光陷阱”特性，即通过半导体层在向着基底的方向上反射的光线应当尽可能完全地反射进入半导体层中。为此，例如利用酸，如经稀释的盐酸，对沉积在基底上的经掺杂的厚的 ZnO 半导体层进行蚀刻。由此在前电极层中在向着半导体层的面上形成深度优选为 50 至 600nm，尤其是 150 至 400nm、宽度优选为 500 至 5000nm，尤其是 800 至 3000nm 且开口角度优选为  $100^\circ$  至  $150^\circ$ ，更优选为  $110^\circ$  至  $145^\circ$  的火山口形状的凹坑。在蚀刻之后的平均粗糙度或 RMS (均方根) 粗糙度优选至少为 50nm，尤其是至少 100nm。通过对该结构进行蚀刻，在火山口形状的凹坑的最薄处，前电极层的层厚度被减小至优选至少 20nm，尤其是 50 至 300nm。仅在个别位置上可以蚀刻掉前电极而暴露基底。

[0020] 使用溅射装置以溅射经掺杂的 ZnO 前电极层和 / 或 ZnO 背电极层。在此可以使用分离的溅射装置以溅射前电极层和背电极层。

[0021] 一个或各个溅射装置包括用于引入通常为玻璃板的基底的进料真空室以及分别具有经掺杂的 ZnO 的溅射靶材的多个彼此前后设置的 ZnO 溅射站，此外任选还包括一个或多个加热区段。例如可以为了在玻璃基底与经掺杂的 ZnO 前电极之间施加阻挡层而在进料真空室与 ZnO 溅射站之间额外地设置溅射站，由此例如除了匹配折射率以使反射最小化以外，还避免例如钠离子从玻璃基底扩散进入 ZnO 层中。为此例如可以使用由二氧化硅 ( $\text{SiO}_2$ ) 或氧氮化硅 ( $\text{SiO}_x\text{N}_y$ ) 组成的溅射靶材，其中  $x > 0.1$  且  $x+y = 1.5$ 。

[0022] 基底通常沿着约 5 至约 10 个 ZnO 溅射站行进，以连续地沉积总厚度例如为

1000nm 的经掺杂的 ZnO 层。

[0023] 优选使用具有 ZnO:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 或 ZnO:Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 陶瓷靶材的孪生管负极以沉积 ZnO 前电极层，由这些靶材实施脉冲式 DC 溅射。

[0024] 在此，在用于溅射前电极层的沉积装置的邻近引入区域的溅射站的 ZnO 溅射靶材的掺杂剂的量，即异类氧化物 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 或 Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的含量优选为 0.9 至 3.1 重量%，尤其是 1.1 至 2.5 重量%，特别优选为 1.5 至 2.1 重量%，其中 ZnO 溅射靶材的掺杂剂的量向着溅射装置的排出区域减小，甚至直至优选为 0.2 至 1.5 重量%，尤其是 0.5 至 1.2 重量%，特别优选为 0.7 至 1 重量%的靶材掺杂剂的量。类似地，在用于溅射背电极层的溅射装置的邻近引入区域的溅射站中的 ZnO 溅射靶材的掺杂剂的量优选为 0.9 至 3.1 重量%，尤其是 1.1 至 2.5 重量%，特别优选为 1.5 至 2.1 重量%，其中 ZnO 溅射靶材的掺杂剂的量向着排出区域减小至优选 0.2 至 1.5 重量%，尤其是 0.5 至 1.2 重量%，特别优选为 0.7 至 1.2 重量%。

[0025] 这涉及沉积的 ZnO 前电极或 ZnO 背电极的主要部分。在此不考虑例如可能额外地存在的单个或少数几个溅射站仅在溅射区段开始处设置厚度例如为 2 至 5nm 的 ZnO 晶种层或者例如用于匹配折射率的在 ZnO 前电极沉积结束时设置的层。

[0026] 例如可以如下方式改变前电极层的靶材掺杂剂的量：

[0027] 在开始时使用包含 2 重量%的 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的 ZnO 靶材，随后在中间区域中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的量下降至 1 重量%，直至最后在排出区域附近下降至 0.5 重量%的 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。

[0028] 在溅射 ZnO 前电极层时，在邻近排出区域的溅射站中，基底的温度优选可以最高为 280℃。因此可以在使用 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 掺杂的 ZnO 靶材的前述实施例中，所需的基底温度在邻近引入区域的溅射站处例如约为 80℃，而在邻近排出区域的溅射站处提高至约 250℃。

[0029] 不同地，在溅射经掺杂的 ZnO 背电极层时，优选将基底加热至最高 180℃，因为高于该温度会损害半导体层。

[0030] 通过本发明可以实现以下优点。

[0031] 因为更高度掺杂的例如以 0.9 至 3 重量%掺杂 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的 ZnO 靶材已经允许在比较低的基底温度下实现所期望的层特性，所以溅射装置邻近引入区域的部分可以针对低的工艺温度尤其是低于 200℃的温度进行设计，从而可以使用更廉价的材料，并降低溅射装置的投资成本。

[0032] 通过在溅射区段开始时使用比较高度掺杂的靶材以及与此相关的低的工艺温度，通常低于 200℃，可以缩短加热区段，这在投资成本方面额外地产生积极影响。

[0033] 通过溅射过程本身额外地加热基底。通过可以设置在溅射装置的溅射站的加热装置可以可控制地进一步加热基底，从而在具有包含高含量的异类氧化物的 ZnO 溅射靶材的溅射区段末端提高基底温度。因为已确定在溅射靶材的异类氧化物含量高的情况下基底温度可以在宽的范围波动而不会损害经掺杂的 ZnO 层的特性，所以可以将通常在溅射装置中在空间上分离地实施的任务加热和溅射在装置的该部分中加以组合，从而同时利用溅射过程本身的加热功率。

[0034] 虽然沿着溅射区段减小靶材掺杂剂的量，可以在一个优选的实施方案中在所有的锌氧化物溅射站中相同地选择溅射气体或溅射气体混合物。该实施方案是优选的，因

为在此情况下，在多个溅射站之间不需要气体分离。

[0035] 在溅射区段开始处由高度掺杂的靶材沉积的材料具有通常明显高于  $2 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$  的比较高的载荷子密度，从而实现所需的低的薄层电阻率。若与此不同，所有的厚度例如为 1000nm 的经掺杂的 ZnO 层由该材料组成，则无法同时实现尽可能低的光吸收率，此外在蚀刻之后表面形貌具有非期望的大比例的过小的火山口状物。通过沿着溅射区段减小靶材掺杂剂的量，使 3 个部分地相抵触的对层的要求相互独立。邻近组件基底的经掺杂的 ZnO 前电极层的经高度掺杂的部分层提供所需的低的薄层电阻率，而在溅射区段的末端由具有低的掺杂剂的量的靶材沉积的部分层通过其高的透明度实现整体上所需的尽可能低的光吸收率。在背面蚀刻 (**Rückätzen**) 时，主要去除掉低度掺杂的材料，由此在蚀刻时获得比更高度掺杂的材料更加有利的表面形貌。

[0036] 在薄膜太阳能电池中存在光陷阱的情况下，尤其是长波的光线多次通过半导体层，在硅半导体层的情况下例如通过约 5 至 20 次。因为具有最高的折射率，所以甚至在半导体层中多数次通过，光子停留概率仍然延伸到组件直接与半导体层相临界的区域中，从而在半导体层与同其相临界的区域之间的界面会对光陷阱有不利影响。通过根据本发明逐渐减小前电极层中的掺杂量，还逐渐减小前电极层的光吸收率。尤其是在前电极层与半导体相邻的区域中存在更少的可以吸收光子的自由的载荷子和掺杂原子。

[0037] 虽然严格的工艺控制，溅射的经掺杂的 ZnO 层倾向于在湿法蚀刻中使蚀刻速率波动。这导致层厚度的波动，并因此导致薄层电阻率的波动。这些波动影响组件的特征数据。通过根据本发明逐渐减小靶材掺杂剂的量，前电极层向着基底的部分层承担和满足电学要求的重点。因此，蚀刻速率的改变仅以减弱的程度影响到薄层电阻率的改变，从而整体上实现更少改变的组件特征数据。

[0038] 在半导体层与白色反应层之间具有经掺杂的 ZnO 背电极层的情况下，根据本发明在经掺杂的 ZnO 背电极层中的掺杂量从白色反射层向着半导体层增加，即从半导体层向着白色反射层减小。由此实现以下优点：

[0039] 在半导体层与背电极层之间发生光学上有利的折射率突变。具有高的载荷子密度的 ZnO 层倾向性地具有更低的折射率。因为该折射率在此必须相对于半导体层的折射率加以考虑，折射率对于硅半导体层例如为 3.5，高于锌氧化物，所以在半导体层与背电极层之间的界面上的反射更加明显，则背电极层的折射率更低。因此，在所述界面上更大的折射率突变导致明显的反射。由此仅有小比例的光线通过背电极层，从而在白色反射介电层上反射。因此，对于已经在至背电极层的所述界面上反射的光线比例，在白色层上反射时双倍通过背电极层的光吸收率是不相关的。

[0040] 由于在工艺温度方面高于约 180°C 会损害半导体层，所以限制背电极层的沉积。因此尽可能在最高 180°C，优选最高 120°C 的基底温度或者甚至在室温下进行沉积。虽然在这些低的温度下可以沉积具有良好的光电特性，尤其是高的迁移率的高度掺杂的 ZnO 层，但是在低的沉积温度下低度掺杂的 ZnO 层的品质较差。因此，有利的是直接在半导体层上通过高度掺杂的 ZnO 开始背电极层的沉积。

[0041] 在进一步沉积时，向着白色反射层减小的掺杂量在 2 个方面是有利的。一方面，已经形成的更高度掺杂的 ZnO 层为 ZnO 背电极层以高品质生长提供良好的基础。由此确保背电极层向着半导体层的部分的高的光电品质，其例如优于前电极层向着例如由

玻璃组成的基底的的部分的品质。

[0042] 此外，如前在前电极层的沉积方面所述，还在沉积背电极层时在沉积第一更高度掺杂的 ZnO 部分期间已经加热基底，从而自动地移至对于低度掺杂的 ZnO 层更有利的温度范围内。

[0043] 若比较具有相同的载荷子数、相同的迁移率、但是不同的厚度和载荷子浓度的 2 个层，则更高度掺杂且更薄的层倾向性地在长波光谱范围内吸收更多，而更低度掺杂但是更厚的层主要在可见光谱范围内吸收。这一关系表明，若在预定的薄层电阻率的情况下通过 ZnO 层向着白色反射层的更低度掺杂的部分提供背电极层的一部分导电性，则将一部分光吸收率从长波光谱范围转移到可见光谱范围内。这在背电极层的情况下是有利的，因为通过已经在半导体层中实施的光吸收使得在白色反射层上的反射在长波光谱范围内进行。

[0044] 下面示例性地依照附图更详细地阐述本发明。

### 附图说明

[0045] 图 1 所示为薄膜太阳能组件的一部分的截面图；及

[0046] 图 2 所示为用于沉积薄膜太阳能组件的前电极层的装置。

### 具体实施方式

[0047] 根据图 1，所述组件包括诸如玻璃板的透明基底 1、例如由用 Al 掺杂的 ZnO 组成的透明的前电极层 2、例如由硅组成的半导体层 3、例如由用 Al 掺杂的 ZnO 组成的透明的背电极层 4 以及例如由白漆制成的反射层 5。

[0048] 在经掺杂的 ZnO 前电极层 2 中的掺杂量从基底 1 向着半导体层 3 减小，而在经掺杂的 ZnO 背电极层 4 中的掺杂量从半导体层 3 向着反射层 5 减小，即从反射层 5 向着半导体层 3 增加。

[0049] 前电极层 2 在其向着半导体层的面上具有通过蚀刻过程产生的纹理，其由火山口形状的凹坑 6 组成，其深度 h 例如为 150 至 400nm，平均距离 d 例如为 800 至 3000nm，开口角度  $\alpha$  例如为  $110^\circ$  至  $145^\circ$ 。

[0050] 根据图 2，沉积装置 7 包括引入区域 8，经由引入区域将诸如玻璃板的基底 1 引入装置 7 中、连接有真空泵的真空区域 9、具有例如由氧氮化硅组成的溅射靶材的用于在玻璃层 1 上溅射阻挡层的第一溅射站 10、加热区段 11，其也可以设置在溅射站 10 上游、用于在设置有阻挡层的基底 1 上在各个部分层中溅射例如用  $\text{Al}_2\text{O}_3$  掺杂的 ZnO 前电极层的其他更多的溅射站 12 和 13，其中在附图中仅显示了溅射区段分别与引入区域 8 和排出区域 14 相邻近的用于溅射经掺杂的 ZnO 前电极层的溅射站 12 和 13。在此，溅射站 15、12 至 13 的溅射靶材 15 至 17 可以由两个或更多个管式负极组成。

[0051] 向着引入区域 8 的溅射站 12 的 ZnO 靶材 16 提供有大量的例如 1.5 至 2.1 重量%的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  或其他异类氧化物，而与排出区域 14 相邻近的溅射站 13 的 ZnO 靶材 17 具有更少掺杂剂浓度例如 0.7 至 1.1 重量%的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  或其他异类氧化物。

[0052] 根据箭头 18 由掺杂装置 7 排出的设置有经掺杂的厚的 ZnO 层 2' 的基底 1 随后例如用稀释的盐酸进行蚀刻处理，以在 ZnO 层 2' 与基底 1 背向的面上在前电极层 3 中形

成图 1 中所示的凹坑 6。在未示出的连续运行装置中，同样实施蚀刻处理以及用于制造薄膜太阳能组件的所有常用的步骤。

[0053] 在其他工艺中，例如通过化学气相沉积施加半导体层 3。可以在对应于所述装置的沉积装置 7 中沉积经掺杂的 ZnO 背电极层 4。随后在背电极层 4 上施加白色反应层 5。

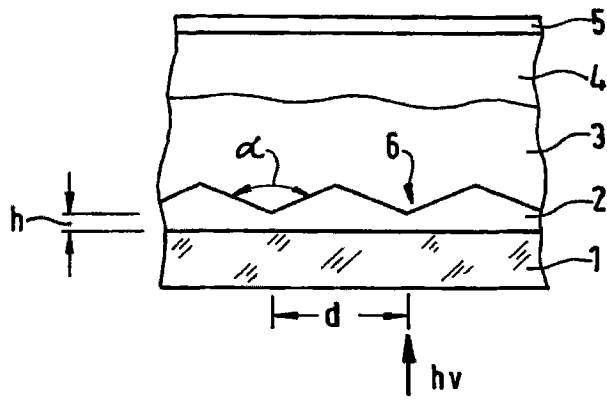


图 1

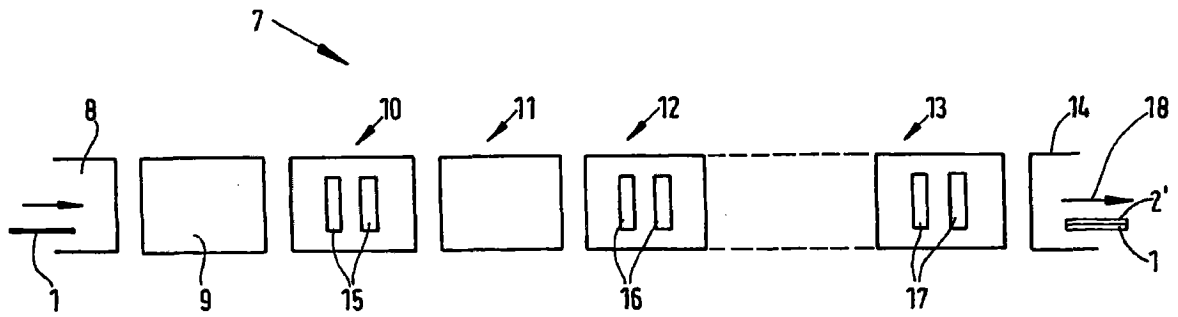


图 2