



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111886698 B

(45) 授权公告日 2022. 04. 19

(21) 申请号 201980019443.6

(22) 申请日 2019.02.08

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111886698 A

(43) 申请公布日 2020.11.03

(30) 优先权数据
18156872.6 2018.02.15 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.09.15

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/CN2019/074736 2019.02.08

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/158024 EN 2019.08.22

(73) 专利权人 中建材玻璃新材料研究院集团有限公司
地址 233010 安徽省蚌埠市涂山路1047号

(72) 发明人 A·海斯 H·福格特

(74) 专利代理机构 合肥维可专利代理事务所
(普通合伙) 34135

代理人 吴明华

(51) Int.Cl.
H01L 27/142 (2014.01)

(56) 对比文件
CN 105990467 A, 2016.10.05
CN 105684160 A, 2016.06.15
CN 104335351 A, 2015.02.04
CN 103988315 A, 2014.08.13
CN 102903771 A, 2013.01.30
CN 101789394 A, 2010.07.28
US 2017373208 A1, 2017.12.28
CN 102237440 A, 2011.11.09
US 2016365467 A1, 2016.12.15
CN 104969361 B, 2016.11.09
US 9450125 B2, 2016.09.20
EP 2681768 B1, 2017.11.29
CN 102918656 B, 2016.01.20

审查员 刘红

权利要求书2页 说明书12页 附图7页

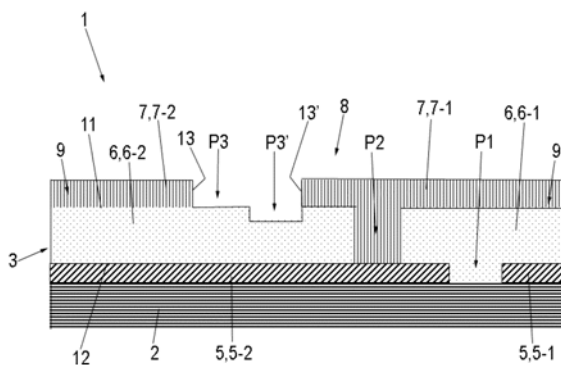
(54) 发明名称

产生薄膜太阳能模块的方法及产生的薄膜太阳能模块

(57) 摘要

本发明涉及一种产生具有串联连接的太阳能电池(10)的薄膜太阳能模块(1)的方法,其包括以下步骤:-提供平坦衬底(2),-在衬底(2)的一侧(4)上沉积后电极层(5),-通过第一图案化沟槽(P1)细分后电极层(5),-在后电极层(5)上沉积吸收体层(6),-通过第二图案化沟槽(P2)细分吸收体层(6),-在吸收体层(6)上沉积前电极层(7),-通过第三图案化沟槽P3、P3' 细分至少前电极层(7),其中图案化区域(8)由直接连续的第一图案化沟槽P1、第二图案化沟槽P2和两个相邻的第三图案化沟槽P3、P3' 形成,其中第三图案化沟槽P3、P3' 在每种情况下通过使用脉冲激光射

束的激光烧蚀产生,其中图案化区域(8)的一个第三图案化沟槽P3' 利用相对大能量的激光脉冲产生,并且图案化区域(8)的另一第三图案化沟槽P3利用较低能量的激光脉冲产生。



CN 111886698 B

1. 一种产生具有串联连接的太阳能电池 (9) 的薄膜太阳能模块 (1) 的方法, 其包括以下步骤:

提供平坦衬底 (2),

在所述衬底 (2) 的一侧 (4) 上沉积后电极层 (5),

通过第一图案化沟槽 P1 细分至少所述后电极层 (5),

在所述后电极层 (5) 上沉积吸收体层 (6),

通过第二图案化沟槽 P2 细分至少所述吸收体层 (6),

在所述吸收体层 (6) 上沉积前电极层 (7),

通过第三图案化沟槽 P3、P3' 细分至少所述前电极层 (7), 其中图案化区域 (8) 由直接连续的第一图案化沟槽 P1、第二图案化沟槽 P2 和两个相邻的第三图案化沟槽 P3、P3' 形成, 其中所述第三图案化沟槽 P3、P3' 在每种情况下通过使用脉冲激光射束的激光烧蚀产生, 其中图案化区域 (8) 的一个第三图案化沟槽 P3' 利用相对大能量的激光脉冲产生, 并且所述图案化区域 (8) 的另一第三图案化沟槽 P3 利用较低能量的激光脉冲产生;

其中选择具有较低能量的所述激光脉冲的所述能量, 使得所述前电极层 (7) 的至少一个突起 (17) 保留, 其从面向所述第三图案化沟槽 P3' 的所述第三图案化沟槽 P3 的沟槽壁 (13) 开始、在所述第三图案化沟槽 P3 的宽度的至少 25% 上延伸, 但并不一直延伸到与所述突起 (17) 相对的相同图案化区域 (8) 的所述第三图案化沟槽 P3' 的沟槽壁 (13');

其中选择具有较大能量的所述激光脉冲的所述能量, 使得不保留所述前电极层 (7) 的突起 (17'), 所述突起从面向所述第三图案化沟槽 P3 的所述第三图案化沟槽 P3' 的沟槽壁 (13') 开始、在所述第三图案化沟槽 P3' 的宽度的至少 25% 上延伸。

2. 根据权利要求 1 中的任一项所述的方法, 其中产生一个以及相同图案化区域 (8) 的所述两个第三图案化沟槽 P3、P3', 使得它们彼此直接相邻。

3. 根据权利要求 1 的任一项所述的方法, 其中产生一个以及相同图案化区域 (8) 的所述两个第三图案化沟槽 P3、P3', 使得前电极层区段 (16) 保留在所述两个第三图案化沟槽 P3、P3' 之间。

4. 根据权利要求 1-3 中的任一项所述的方法, 其中具有较低能量的所述激光脉冲的所述能量在具有较大能量的所述激光脉冲的所述能量的从 5% 至 70% 的范围内。

5. 根据权利要求 1-3 中的任一项所述的方法, 其中具有较低能量的所述激光脉冲的所述能量在具有较大能量的所述激光脉冲的所述能量的从 5% 至 50% 的范围内。

6. 根据权利要求 1-3 中的任一项所述的方法, 其中具有较低能量的所述激光脉冲的所述能量在具有较大能量的所述激光脉冲的所述能量的从 5% 至 30% 的范围内。

7. 根据权利要求 1-3 中的任一项所述的方法, 其中所述较大能量的激光脉冲具有在从 0.5 μ J 到 20 μ J 的范围内的能量。

8. 根据权利要求 1-3 中的任一项所述的方法, 其中用于产生所述第三图案化沟槽 P3、P3' 的所述激光脉冲具有从 1 飞秒至 10 纳秒的范围内的脉冲持续时间。

9. 根据权利要求 1, 6, 7 的任一项所述的方法, 其中用于产生所述第三图案化沟槽 P3、P3' 的所述激光脉冲具有从 1 皮秒至 100 皮秒的范围内的脉冲持续时间。

10. 根据权利要求 1-3 中的任一项所述的方法, 其中用于产生所述第三图案化沟槽 P3、P3' 的所述激光脉冲具有从 400 纳米至 1500 纳米的范围内的波长。

11. 根据权利要求1-3中的任一项所述的方法,其中所述第三图案化沟槽P3、P3' 在每种情况下仅通过各个激光脉冲的部分重叠而产生。

12. 一种具有衬底(2)和施加在其上的层结构(3)的薄膜太阳能模块(1),其包括后电极层(5)、前电极层(7)和布置在所述后电极层和前电极层之间的吸收体层(6),其中通过图案化区域(8)在所述层结构(3)中形成串联连接的太阳能电池(9),其中至少一个图案化区域(8)具有:

第一图案化沟槽P1,其细分至少所述后电极层(5),

第二图案化沟槽P2,其细分至少所述吸收体层(6),

两个第三图案化沟槽P3、P3',其布置在彼此附近,其在每种情况下细分所述前电极层(7),其中

一个第三图案化沟槽P3具有所述前电极层(7)的至少一个突起(17),其从面向所述第三图案化沟槽P3'的所述第三图案化沟槽P3的沟槽壁(13)开始、在所述第三图案化沟槽P3的宽度的至少25%上延伸,但不一直延伸到与所述突起(17)相对的相同图案化区域(8)的所述第三图案化沟槽P3'的沟槽壁(13'),并且其中

另一第三图案化沟槽P3'不具有所述前电极层(7)的突起(17'),其从面向所述第三图案化沟槽P3的所述第三图案化沟槽P3'的沟槽壁(13')开始、在所述第三图案化沟槽P3'的宽度的至少25%上延伸。

13. 根据权利要求12所述的薄膜太阳能模块(1),其中一个以及相同图案化区域(8)的所述两个第三图案化沟槽P3、P3'彼此直接相邻。

14. 根据权利要求12所述的薄膜太阳能模块(1),其中前电极层区段(16)布置在一个以及相同图案化区域(8)的所述两个第三图案化沟槽P3、P3'之间。

产生薄膜太阳能模块的方法及产生的薄膜太阳能模块

技术领域

[0001] 本发明在光电能量生成的技术领域，并且涉及一种产生薄膜太阳能模块的方法，其中提供具有两个第三图案化沟槽的至少一个图案化区域。本发明还延伸到通过根据本发明的方法产生的薄膜太阳能模块。

背景技术

[0002] 在专利文献中已经多次描述了薄膜太阳能模块。仅通过示例的方式，对打印的出版物DE4324318C1和EP2200097A1做出参考。薄膜太阳能模块提供了在层的产生期间太阳能电池已经能够以集成形式串联连接的特别优点。通常将各种层直接施加到平坦的载体衬底上，并通过完全细分这些层的层沟槽来图案化。用于形成太阳能电池的层结构包括前电极层和后电极层以及光电活性吸收体层，其中，一般而言，在吸收体层和前电极层之间存在诸如缓冲层的附加层。在对太阳能电池进行图案化之后，涂覆的载体衬底装备有覆盖层，从而产生耐候复合物。

[0003] 就技术处理质量和效率而言，具有非晶、微形态或多晶硅、碲化镉(CdTe)、砷化镓(GaAs)或黄铜矿化合物(特别是铜铟/镓二硫化物/二硒化物(CuF(In,Ga)(S,Se)₂)已经证明是有利的。由于非常适合于太阳光谱的带隙，能够利用基于CuF(In,Ga)(S,Se)₂的化合物来实现特别高的吸收系数。

[0004] 在薄膜太阳能模块的层结构中，对于太阳能电池的集成串联连接，形成大量的图案化区域，其在每种情况下具有至少三个线性图案化沟槽，也称为“图案化线”。因此，后电极层被第一图案化沟槽P1细分以用于形成太阳能电池的后电极；吸收体层被第二图案化沟槽P2细分以用于形成太阳能电池的吸收体；并且前电极层被第三图案化沟槽P3细分以用于形成太阳能电池的前电极。相邻太阳能电池经由第二图案化沟槽P2中的导电材料以串联方式彼此电连接，其中一个太阳能电池的前电极电连接到相邻太阳能电池的尾电极。在每种情况下，图案化区域由第一至第三图案化沟槽P1-P2-P3的直接连续引起。

[0005] 在薄膜太阳能模块的工业系列产生中，一般而言，机械地产生第三图案化沟槽P3，其中前电极层以及通常还有吸收体层通过移动针(划针)从层结构刮掉。相对硬的后电极层大部分保留在载体衬底上。然而，在实践中，已经证明，层的刮掉使针和其保持器经受沉重的机械负载，伴随着高的磨损，并且引起由于针改变而导致的产生系统的频繁的停工时间。因此，降低了生产率并且增加了薄膜太阳能模块的产生成本。

发明内容

[0006] 相比之下，本发明的目的在于有利地改进现有技术中已知的用于产生薄膜太阳能模块的方法，使得改进模块产生的生产率。而且，应该有可能利用常规方法在工业系列产生中经济和高效地产生薄膜太阳能模块。

[0007] 根据本发明的提议，通过根据同等的权利要求用于产生薄膜太阳能模块的方法和薄膜太阳能模块来实现这些和其它目的。通过从属权利要求的特征来指示本发明的有利实

施例。

[0008] 根据本发明,提出了一种用于产生具有用于光电能量生成的太阳能电池的单片集成串联连接的薄膜太阳能模块的方法。与术语“薄膜太阳能模块”的常规使用一致,它是指具有例如几微米的低厚度的层结构的模块,其需要载体衬底以用于足够的机械稳定性。载体衬底可以例如由无机玻璃、塑料、金属或金属合金制成,并且可以取决于相应的层厚度和具体的材料性质被设计为刚性板或柔性膜。

[0009] 本发明涉及在衬底配置中产生薄膜太阳能模块,其中用于产生太阳能电池的层结构被施加在面向光入射侧的载体衬底表面上。本发明同等地涉及在覆盖层(superstrate)配置中产生薄膜太阳能电池,其中载体衬底是透明的,并且层结构被施加在背离光入射侧的载体衬底表面上。

[0010] 以本身已知的方式,根据本发明的薄膜太阳能电池的层结构包括后电极层、前电极层和布置在后电极层和前电极层之间的光电活性吸收体层。

[0011] 前电极层是光学透明的,因为必须实现光到层结构的通道。光学透明前电极层通常包括掺杂金属氧化物(TCO=透明导电氧化物),或者由掺杂金属氧化物(TCO=透明导电氧化物)制成,例如,n导电的、特别是铝掺杂的、氧化锌(AZO)。

[0012] 光电活性吸收体层优选地包括黄铜矿半导体或由黄铜矿半导体制成,有利地是来自族铜/二硫化镓/二硒化物($\text{CuF}(\text{In},\text{Ga})(\text{S},\text{Se})_2$)的三元I-III-VI-化合物半导体。在上式中,铜和镓各自可以单独或组合地存在。对于硫和硒同样如此,其各自可以单独或组合地存在。特别适合作为用于吸收体层的材料的是CIS(铜/二硒化物/二硫化物)或CIGS(铜/镓/二硒化物、铜/镓/二硫化物、铜/镓/二硫代硒化物)。吸收体层通常具有第一导体类型(电荷载体类型)的掺杂,并且前电极具有相反导体类型的掺杂(电荷载体类型)。一般而言,吸收体层是p导电的(p掺杂的),即具有过量的亏损电子(空穴)且前电极层为n导电的(n掺杂的),使得自由电子过量存在。

[0013] 缓冲层通常布置在吸收体层和前电极层之间。尤其对于基于 $\text{CuF}(\text{In},\text{Ga})(\text{S},\text{Se})_2$ 的吸收体层,这是真实的,其中,一般而言,在p导电 $\text{CuF}(\text{In},\text{Ga})(\text{S},\text{Se})_2$ 吸收体层和n导电前电极之间需要缓冲层。根据当前的知识,缓冲层实现在吸收体和前电极之间的电子适配。此外,其提供保护以防止在沉积前电极的后续工艺步骤中溅射损坏,例如通过DC磁控溅射。借助于连续的n导电前电极层、缓冲层和p导电吸收体层,形成p-n异质结,换句话说,形成相反导体类型的层之间的结。

[0014] 在根据本发明的薄膜太阳能模块的层结构中,通过图案化区域形成集成的串联连接的太阳能电池。因此,至少后电极层通过第一图案化沟槽(P1-线,缩写为P1)细分成完全彼此分离的区段,所述区段形成太阳能电池的后电极。此外,至少吸收体层通过第二图案化沟槽(P2-线,缩写为P2)细分成完全彼此分离的区段,所述区段形成太阳能电池的吸收体,并且至少前电极层通过第三图案化沟槽(P3-线,缩写为P3)细分为完全彼此分离的区段,所述区段形成太阳能电池的前电极。相邻太阳能电池经由第二图案化沟槽中的导电材料以串联连接彼此电连接,其中一个太阳能电池的前电极电连接到相邻太阳能电池的后电极,并且典型地但强制地不与之直接物理接触。图案化沟槽布置成以P1-P2-P3的顺序布置,其中图案化区域由直接连续的第一图案化沟槽P1、第二图案化沟槽P2以及——如在下面解释的——两个直接相邻的第三图案化沟槽P3、P3'形成。

[0015] 在本发明的上下文中,术语“图案化沟槽”指的是层结构的材料填充的线性凹陷(垂直于平坦衬底的平面),其中在层结构的至少一个层中形成沟槽。图案化沟槽用于形成集成的串联连接的太阳能电池,其中图案化沟槽将至少一个层细分为完全彼此分离的两个层区段。每个图案化沟槽填充有与相应的细分层的材料不同的材料。因此,例如,第一图案化沟槽P1通常填充有吸收体层的材料。这可以在吸收体层的沉积期间以简单的方式完成。第二图案化沟槽P2通常填充有前电极层的材料,这意味着实现太阳能电池的串联连接,并且第三图案化沟槽P3例如填充有用于覆盖施加在平坦衬底上的层结构的覆盖层的材料。

[0016] 优选地,图案化区域在每种情况下是线性的,特别是直线的。对应地,图案化沟槽是线性的,特别是以直线图案化线的形式。在图案化区域中,图案化沟槽优选地彼此平行布置,并且例如平行于矩形或正方形模块的一个边缘伸展。特别地,在每种情况下,图案化沟槽可以一直延伸到层结构的边缘。图案化沟槽的延伸方向可被定义为模块长度;垂直于其的方向可被定义为模块宽度。

[0017] 与惯例用法一致,术语“太阳能电池”指的是具有前电极、光电活性吸收体和后电极的层结构的区,并且由彼此直接相邻的两个图案化区域界定。这类似地适用于模块的边缘区,其中,代替图案化区域,存在用于电接触太阳能电池的串联连接的连接区段,使得太阳能电池由具有前电极、吸收体和后电极的层区限定,其位于图案化区域和直接相邻的连接区段之间。

[0018] 根据本发明,用于产生薄膜太阳能模块的方法包括提供平坦(平面)衬底。用于形成太阳能电池的后电极的、由(材料填充的)第一图案化沟槽P1完全细分的后电极层沉积在平坦衬底的一侧上。可以将后电极层直接沉积到衬底的表面上。可替代地,至少一个附加层可以布置在衬底和后电极层之间。用于形成太阳能电池的光电活性吸收体的、由(材料填充的)第二图案化沟槽P2完全细分的吸收体层沉积在后电极层上。吸收体层可直接沉积到后电极层的表面上。可替代地,至少一个附加层可布置在后电极层和吸收体层之间。用于形成太阳能电池的前电极的、由(材料填充的)第三图案化沟槽P3、P3'完全细分的前电极层沉积在吸收体层上。吸收体层位于前电极层和后电极层之间。前电极层可直接沉积到吸收体层的表面上。可替代地,可在前电极层与吸收体层之间布置至少一个附加层。通常,在基于黄铜矿半导体的吸收体的情况下,至少一个缓冲层位于吸收体层和前电极层之间,为此目的,在沉积吸收体层之后和在沉积前电极层之前沉积至少一个缓冲层。

[0019] 在沉积吸收体层之前,典型地但不强制地完成前电极层的图案化。在沉积前电极层之前,典型地但不强制地完成吸收体层的图案化。

[0020] 在此,这对于在每个图案化区域中要产生的两个第三图案化沟槽是必要的,其在此以及下文中为了较容易参考而被称为P3和P3'。一个以及相同图案化区域的两个第三图案化沟槽P3、P3'彼此相邻地布置,换句话说,没有其他图案化沟槽(并且没有光学活性区)位于两个第三图案化沟槽P3、P3'之间。在第一替代方案中,同一图案化区域的两个第三图案化沟槽P3、P3'可以彼此直接相邻,换句话说,没有前电极层区段位于两个第三图案化沟槽P3、P3'之间。在第二替代方案中,相同图案化区域的两个第三图案化沟槽P3、P3'可通过前电极层区段彼此分离。因此,图案化区域包括直接连续的第一图案化沟槽P1、第二图案化沟槽P2和两个第三图案化沟槽P3、P3'。

[0021] 如果一个以及相同的图案化区域的两个第三图案化沟槽P3、P3'彼此直接相邻,则

一个图案化沟槽P3由单个沟槽壁和另一图案化沟槽P3' 界定。图案化沟槽P3的沟槽壁面向另一图案化沟槽P3' ,换句话说,其定位成与另一图案化沟槽P3' 相对。对应地,另一图案化沟槽P3' 由单个沟槽壁和另一图案化沟槽P3界定。图案化沟槽P3' 的沟槽壁面向另一图案化沟槽P3,换句话说,其被定位成与另一图案化沟槽P3' 相对。两个图案化沟槽P3和P3' 的两个沟槽壁彼此面对,换句话说,其彼此相对地定位并且一起界定两个第三图案化沟槽P3、P3' 。

[0022] 当一个以及相同图案化区域的两个第三图案化沟槽P3、P3' 不直接彼此相邻时,换句话说,当前电极层区段位于两个第三图案化沟槽P3、P3' 之间时,每个第三图案化沟槽P3、P3' 由彼此相对定位的两个沟槽壁界定,其中在两个第三图案化沟槽P3、P3' 之间的前电极层区段在每种情况下形成沟槽壁。因此,一个第三图案化沟槽P3由面向另一图案化沟槽P3' 的沟槽壁和背离另一图案化沟槽P3' 的沟槽壁界定,所述壁由位于两个第三图案化沟槽P3、P3' 之间的前电极层区段形成。对应地,另一第三图案化沟槽P3' 由面向另一图案化沟槽P3的沟槽壁和背离另一图案化沟槽P3的沟槽壁界定,所述壁由位于两个第三图案化沟槽P3、P3' 之间的前电极层区段形成。

[0023] 在根据本发明的方法中,在每种情况下通过由脉冲激光射束通过激光烧蚀去除至少前电极层来产生两个第三图案化沟槽P3、P3' 。至少前电极层(可选地也是吸收体层的一部分)的局部去除通过从层结构的侧面的对透明前电极层的直接辐射而发生,其中激光射束穿过透明前电极层并且激光能量被吸收体层吸收。这使吸收体层的一部分蒸发,使得位于其上方的前电极层从膨胀气体中凸起,并且例如圆形地抬起(激光烧蚀)。在每种情况下,通过一系列激光脉冲,换句话说,通过将前电极层的抬起区串接在一起,来产生两个第三图案化沟槽P3、P3' 。优选地,彼此相邻的激光脉冲仅部分地重叠,其中选择激光脉冲的能量使得单个激光脉冲已经导致前电极层的区的抬起。这使得可能精确且也特别高效地产生第三图案化沟槽P3、P3' 。吸收体层不被两个第三图案化沟槽P3、P3' 完全细分,换句话说,第三图案化沟槽P3、P3' 在每种情况下都延伸到吸收体层中而不是一直延伸到吸收体层的衬底侧界面。出于该目的选择激光脉冲的能量,使得吸收体层的仅一部分蒸发,并且在第三图案化沟槽P3、P3' 下方(在衬底侧)的吸收体层的一部分保留。

[0024] 这里必要的是,通过具有不同能量的激光脉冲产生一个以及相同图案化区域的两个第三图案化沟槽P3、P3' 。利用激光脉冲产生一个第三图案化沟槽P3' ,所述激光脉冲具有比用于产生相同图案化区域的另一第三图案化沟槽P3的激光脉冲更大的能量。因此,对于每个图案化区域,利用较大能量的激光脉冲产生一个第三图案化沟槽P3' ,并且利用较低能量的激光脉冲产生一个第三图案化沟槽P3。在此并且在下文中,“P3' ”是指利用具有较大能量的激光脉冲产生的第三图案化沟槽,并且“P3”是指利用具有较低能量的激光脉冲产生的第三图案化沟槽。

[0025] 如本领域技术人员已知的,激光脉冲具有垂直于射束的方向的空间能量剖面,其中能量从射束中心向外减小(高斯曲线)。材料的蒸发基本上仅发生在激光脉冲的中心区中,而相反,在激光脉冲的边缘区中,激光脉冲的能量被吸收体层吸收而不蒸发。由于本发明人已经首次认识到,这对与烧蚀部位毗连的吸收体层的剩余(即,未熔化)材料的局部电性质具有显著影响。事实上,由于所引入的激光能量,吸收体层的材料的转变可至少在各区中(在烧蚀部位的边缘区中)发生,其中可形成具有比吸收体层的原始材料显著更大的导电率的材料。例如,黄铜矿化合物半导体的三元材料相可以转换为二元材料相,一般而言,二

元材料相具有比三元材料相更高的导电率,并且特别地,其甚至具有金属特性。在此并且在下文中,烧蚀部位的边缘区或利用较高能量的激光脉冲产生的第三图案化沟槽P3'的边缘区也被称为“转换区”,其由烧蚀部位的链接在一起产生,在所述烧蚀部位中,至少在区中(即,至少在区域中)发生吸收体层的材料材料转换。特别地,转换区可以完全由吸收体层的转换材料组成。

[0026] 特别不利的是,前电极层和后电极层之间的电短路路径(分路)可以通过转换区中的较高的导电性来创建。如本发明人能够证明的,转化区的形成程度基本上取决于射入的激光脉冲的能量,其中较高能量导致更多的转化的材料相的形成,反之亦然。

[0027] 如发明人已经认识到的,通过材料转换,特别是通过在三黄铜矿化合物半导体中产生二元相,吸收体层的材料的电性质的改变的不利影响能够通过根据本发明的方法显著降低,其中每个图案化区域产生两个第三图案化沟槽。在此,用于产生一个以及相同图案化区域的两个第三图案化沟槽P3、P3'的激光脉冲具有彼此不同的能量是必要的。

[0028] 优选地,选择用于产生第三图案化沟槽P3的较低能量的激光脉冲,使得在第三图案化沟槽P3的边缘区中由于激光能量引起的转换材料的产生至少很大程度上(特别是完全地)被阻止。然而,一般而言,这导致留下前电极层的不完全烧蚀区,换句话说,导致在另一图案化沟槽P3'的方向上的、并可能进到其中的前电极层的一个或多个突起的产生。选择具有较低能量的激光脉冲的能量,使得前电极层的至少一个突起保留,其从面向第三图案化沟槽P3'的第三图案化沟槽P3的沟槽壁开始、在第三图案化沟槽P3的宽度的至少25%上延伸。然而,前电极层的至少一个突起不一直延伸到与突起(直接)相对的同图案化区域的第三图案化沟槽P3'的沟槽壁,换句话说,其不一直延伸到面向第三图案化沟槽P3的第三图案化沟槽P3'的沟槽壁。优选地,前电极层的至少一个突起与面向第三图案化沟槽P3的第三图案化沟槽P3'的沟槽壁具有一距离,该距离对应于第三图案化沟槽P3'的宽度的至少25%。

[0029] 该措施确保了在第三图案化沟槽P3的产生期间的转换区的产生被避免,或者仅相对于期望的效果非常略微地或不显著地产生。另外,通过至少一个突起避免了两个相邻太阳能电池的前电极的电短路。

[0030] 例如,第三图案化沟槽P3的前电极层的至少一个突起至少在第三图案化沟槽P3的宽度的50%上延伸、特别是至少75%上延伸、并且特别是至少100%上延伸。考虑到通过激光烧蚀在第三图案化沟槽P3的产生中的通常公差,第三图案化沟槽P3的前电极层的至少一个突起例如在第三图案化沟槽P3的整个宽度上精确地延伸。然而,第三图案化沟槽P3的前电极层的至少一个突起也可能延伸到另一图案化沟槽P3'中。在第三图案化沟槽P3的产生期间,能够产生前电极层的多个突起。

[0031] 面向第三图案化沟槽P3'的第三图案化沟槽P3的沟槽壁通常具有一定的不均匀性,其中前电极层的至少一个突起可以通过所要求的尺寸规则与由不均匀性引起的微突起明显地且显著地不同,其在每种情况下具有基本上较小的尺寸。

[0032] 与此相比,优选地被选择用于产生第三图案化沟槽P3'的较大能量的激光脉冲,使得前电极层基本上被完全去除,其中可能产生由激光能量转换的材料,换句话说,可能产生转换区。在此,有利地选择具有较大能量的激光脉冲的能量,使得前电极层的所有剩余的突起从面向第三图案化沟槽P3的第三图案化沟槽P3'的沟槽壁开始、在每种情况下在第三图

案化沟槽P3' 的宽度的小于25%上延伸。例如,选择具有用于产生第三图案化沟槽P3' 的较大能量的激光脉冲的能量,使得前电极层的所有剩余突起在每种情况下在第三图案化沟槽P3' 的宽度的最大10%上、特别是最大5%上、特别是最大1%上延伸。通常,面向第三图案化沟槽P3的第三图案化沟槽P3' 的沟槽壁具有可呈现前电极层的微突起的不均匀性。然而,不存在在第三图案化沟槽P3' 的宽度的至少25%上延伸的突起。

[0033] 在根据本发明的方法中,在第三图案化沟槽P3' 的产生期间确实产生了较好导电转换区;然而,该转换区与另一第三图案化沟槽P3组合地具有相对低的分流效果,其中转换的材料相仅稍微产生或根本不产生。因此,在任何情况下,电短路路径可以经由在第三图案化沟槽P3的区中的前电极层的不完全烧蚀区(突起)出现,但是仅在那里而不在第三图案化沟槽P3的整个长度上。通过两个第三图案化沟槽P3、P3' 的组合,仅产生薄膜太阳能模块的效率的略微减小,一般而言,这是可接受的,并且使得能够有利地使用激光烧蚀来产生两个第三图案化沟槽P3、P3' 。

[0034] 与根据本发明的方法相比,如果每个图案化区域仅存在一个单个第三图案化沟槽(其已经利用激光脉冲产生,该激光脉冲具有如此大的能量以至于前电极层被可靠且安全地完全去除),穿过前电极和后电极之间的转换的材料相的电短路路径的创建将是非常有可能的。这将显著降低薄膜太阳能模块的效率。另一方面,如果每个图案化区域仅存在一个单个第三图案化沟槽(其已经利用激光脉冲产生,该激光脉冲具有如此低的能量以至于避免了转换的材料相的创建),高度可能的是,在前电极层的被第三图案化沟槽P3细分的区段之间的连续材料桥(网)将保留。这些网短路了前电极层的相邻区段。这也显著降低了薄膜太阳能模块的效率。因此,如果每个图案化区域仅提供一个单个第三图案化沟槽(其通过激光烧蚀产生),则必须解决目标的冲突,即,一方面,激光脉冲的能量必须不太高以便避免吸收体的电性质的过度改变,并且另一方面,激光脉冲的能量必须不太低以确保前电极层的完全烧蚀并且避免在前电极层的相邻区段之间留下桥。如本发明人已经确定的,实践中不能令人满意地解决这种目标的冲突。本发明通过由不同能量的激光脉冲产生的两个第三图案化沟槽P3、P3' 的组合来采取完全新颖的方法,因为第三图案化沟槽P3' 中的转换区的形成仅对薄膜太阳能模块的电性质具有较小的影响。

[0035] 用于产生两个第三图案化沟槽P3、P3' 的激光脉冲的能量例如被选择,使得吸收体层内的沟槽深度在每种情况下是吸收体层的层厚度的最大50%。例如,吸收体层的层厚度为约2 μm ,其中两个第三图案化沟槽P3、P3' 具有例如最大为0.4 μm 、特别地最大为0.1 μm 的吸收体层内的平均沟槽深度。

[0036] 优选地,用于产生第三图案化沟槽P3的具有较低能量的激光脉冲的能量在具有用于产生第三图案化沟槽P3' 的较大能量的激光脉冲的能量的从5%至70%的范围内、特别是在从5%至50%的范围内、特别是在从5%至30%的范围内。通过这种方式,可以实现在上述效果方面的足够的差异。用于产生第三图案化沟槽P3' 的激光脉冲的能量有利地在从0.5 μJ 到20 μJ 的范围内,并且例如是3 μJ 。优选地,激光脉冲的脉冲持续时间在从1飞秒到10纳秒的范围内、特别是在从1皮秒到100皮秒的范围内。激光脉冲的波长被选择使得前电极层能够被穿过,其中波长有利地在从400纳米至1500纳米的范围内。

[0037] 利用较大能量的激光脉冲产生的第三图案化沟槽P3' 位于例如相同图案化区域的另一第三图案化沟槽P3与第二图案化沟槽P2之间。通过这种措施,可以可靠且安全地避免

在太阳能电池的光学活性区中的前电极和后电极之间的不期望的短路路径。

[0038] 如已经陈述的,根据根据本发明的方法的一个实施例,产生一个以及相同图案化区域的两个第三图案化沟槽P3、P3' 而在其之间没有距离,换句话说,两个第三图案化沟槽彼此直接相邻。可替代地,也可以通过前电极层的区段使它们在空间上彼此分离。特别地,该措施实现了第三图案化沟槽P3' 的较大的转换区。

[0039] 本发明还延伸到由根据本发明的方法产生的薄膜太阳能模块。

[0040] 如已经陈述的,根据本发明的薄膜太阳能模块包括其上施加有层结构的平坦(平面)衬底,其包括后电极层、前电极层和布置在后电极层和前电极层之间的吸收体层。在层结构中,通过图案化区域形成串联连接的太阳能电池。在每种情况下,图案化区域具有细分至少后电极层的第一图案化沟槽P1、细分至少吸收体层的第二图案化沟槽P2以及彼此靠近布置以用于细分至少前电极层的两个第三图案化沟槽P3、P3'。通过激光烧蚀产生的第三图案化沟槽P3、P3' 不完全细分吸收体层。特别地,第三图案化沟槽P3' 布置在相同图案化区域9的另一第三图案化沟槽P3和第二图案化沟槽P2之间。两个第三图案化沟槽P3、P3' 可以在它们之间无间隔地布置。可替代地,它们可以通过前电极层的区段在空间上彼此分离。

[0041] 通常,在根据本发明的薄膜太阳能模块中,缓冲层布置在吸收体层和前电极层之间。优选地,缓冲层的材料包括从由以下各项组成的族选择的一种或多种化合物:硫化铟(InS)、钠掺杂的硫化铟(InS:Na)、硫化镉(CdS)、氧硫化锌(ZnOS)和本征氧化锌(i-ZnO)。特别地,缓冲层可以由一种或多种这些材料组成。

[0042] 根据本发明,一个图案化沟槽P3具有从面向第三图案化沟槽P3' 的第三图案化沟槽P3的沟槽壁开始、在第三图案化沟槽P3的宽度的至少25%上延伸、但并不一直延伸到与突起相对的相同图案化区域的第三图案化沟槽P3' 的沟槽壁的前电极层的至少一个突起。另一第三图案化沟槽P3' 的前电极层的任何突起从面向第三图案化沟槽P3的第三图案化沟槽P3' 的沟槽壁开始、在每种情况下在第三图案化沟槽P3' 的宽度的小于25%上延伸。

[0043] 根据本发明的薄膜太阳能模块的要求保护的结构,特别是前电极层的至少一个突起(其从面向第三图案化沟槽P3' 的第三图案化沟槽P3的沟槽壁开始、在第三图案化沟槽P3的宽度的至少25%上延伸)可以以简单的方式用光显微镜来检测和验证。同样可能通过本领域技术人员熟知的用于确定吸收体层的材料的成分的分析测量方法来验证吸收体层的转化区(例如,通过XPS-光谱法或拉曼光谱法)。

[0044] 本发明的各种实施例可以单独地或以任何组合实现。特别地,在不脱离本发明的范围的情况下,上文和下文中提及的特征不仅可以以所指示的组合使用,还可以以其它组合或单独使用。

附图说明

[0045] 现在参考附图,使用示例性实施例详细解释本发明。它们以简化方式描绘了不按比例的表示:

[0046] 图1现有技术薄膜太阳能模块的太阳能电池的集成串联连接的示意性表示;

[0047] 图2根据根据本发明的薄膜太阳能模块的实施例的太阳能电池的集成串联连接的示意性表示;

[0048] 图3每个图案化区域具有单个P3线的不是本发明的一部分的薄膜太阳能模块的太

太阳能电池的集成串联连接的示意性表示；

[0049] 图4根据根据本发明的薄膜太阳能模块的另一实施例的太阳能电池的集成串联连接的示意性表示；

[0050] 图5A根据图2的实施例的根据本发明的薄膜太阳能模块的两条P3线的光显微镜图像；

[0051] 图5B图5A的两条P3线的示意性草图；

[0052] 图6用于图示根据本发明的方法的流程图。

具体实施方式

[0053] 图1示意性地图示了现有技术薄膜太阳能模块，其整体以横截面视图中的数字1来被引用。薄膜太阳能模块1包括以集成形式彼此串联连接的多个太阳能电池9，其中，以大大简化的方式，仅描绘了具有相同结构的两个太阳能电池9。当然，一般而言，在薄膜太阳能模块1中，大量的太阳能电池9（例如，大约100-150个）串联连接。

[0054] 薄膜太阳能模块1在此具有例如衬底配置，换句话说，其具有衬底2，衬底2具有由施加在其上的薄膜制成的层结构3，其中层结构3布置在衬底2的光入口侧（平面）衬底表面4上。衬底2例如被实现为刚性玻璃板，而具有关于所执行的工艺步骤的期望稳定性和惰性行为的其他电绝缘材料能够同样地被使用。

[0055] 层结构3包括布置在衬底表面4上的不透明后电极层5，其例如由诸如钼（Mo）的不透光金属制成，并且通过气相沉积或磁控增强型阴极溅射（溅射）施加在衬底2上。后电极层5具有例如在从300nm至600nm范围内的层厚度。

[0056] 由掺杂有金属离子的半导体制成的光电有源吸收体层6位于后电极层5上方，所述金属离子的带隙能够吸收最大可能份额的太阳光。这里，吸收体层6例如由（例如，p导电）黄铜矿化合物半导体制成，所述半导体例如，族CuF（In, Ga）（S, Se）₂的化合物，特别是钠（Na）掺杂的CuF（In, Ga）（S, Se）₂。在上式中，铟（In）和镓（Ga）可以替代地或组合地存在。对于硫（S）和硒（Se）也是如此，其可以替代地或组合地存在。吸收体层6具有例如在从1到5μm（并且特别地，约2μm）的范围内的层厚度。对于吸收体层6的产生，例如通过溅射来施加各种材料层，这些层随后通过在熔炉中（通常在包含S和/或Se的环境中）加热（RTP=快速热处理）而被热转化以形成化合物半导体。化合物半导体的这种产生方式对于本领域技术人员是公知的，使得不需要在此详细讨论。

[0057] 通常，沉积在吸收体层6上的是缓冲层，该缓冲层在此由例如单层钠掺杂的硫化铟（In₂S₃:Na）和单层（未掺杂）本征氧化锌（i-ZnO）组成，未在图1中描绘。例如，通过溅射将前电极层7施加在吸收体层6上方。前电极层7对可见光谱范围中的辐射是透明的（“窗口电极”），使得入射的太阳光仅被略微地削弱。例如，前电极层7基于掺杂的金属氧化物，例如，n导电铝（Al）掺杂的氧化锌（ZnO）。这样的前电极层7通常被称为TCO层（TCO=透明导电氧化物）。前电极层7的层厚度例如为约500nm。

[0058] 层结构3具有各种图案化沟槽，通过其形成集成的串联连接的太阳能电池9。使用合适的图案化技术进行图案化。因此，通过第一图案化沟槽P1将后电极层5细分成彼此完全分离的后电极层区段，所述区段形成太阳能电池9的后电极5-1、5-2。通过第二图案化沟槽P2将吸收体层6细分成彼此完全分离的吸收体层区段，所述区段在每种情况下形成太阳能

电池9的光电活性区或吸收体6-1、6-2。前电极层7被第三图案化沟槽P3细分成彼此完全分离的前电极层区段,其在每种情况下形成太阳能电池9的前电极7-1、7-2。每个直接连续的第一、第二和第三图案化沟槽P1-P2-P3形成图案化区域8,其中单独的太阳能电池9由两个直接相邻的图案化区域8界定。

[0059] 第三图案化沟槽P3在此例如一直延伸到后电极层5,其中唯一的要求是对前电极层7进行细分。常规地通过使用针刮掉(划针)前电极层7和吸收体层6来产生第三图案化沟槽P3。

[0060] 图案化沟槽P1、P2、P3在每种情况下由材料填充。第一图案化沟槽P1由吸收体层6的材料填充。第二图案化沟槽P2由前电极层7的材料填充,使得一个太阳能电池9的前电极7-1导电地连接到相邻太阳能电池9的后电极5-2,其中前电极7-1通过第二图案化沟槽中的材料直接接触后电极5-2。由此意味着太阳能电池9以集成形式串联连接。第三图案化沟槽P3由粘合层的材料填充,该粘合层用于将涂覆的衬底2连接到覆盖层(例如,玻璃板)以用于保护免受环境影响。这没有在图1中描绘且对于本发明的理解是不相关的。

[0061] 以已知的方式,通过太阳能辐射在太阳能电池9的光电活性吸收体6-1、6-2中生成电子-空穴对。在图1中示意性地图示了从一个太阳能电池9到相邻太阳能电池9的电流(电子)的所产生的电流路径10。

[0062] 现在参考图2,其中图示了根据本发明的薄膜太阳能模块1的实施例。为了避免不必要的重复,仅解释关于图1的薄膜太阳能模块1的差异,并且以其它方式,参考在那里做出的陈述。

[0063] 与图1相反,在图2中,将图案化沟槽P1、P2、P3的顺序反转,对应于横截面视图的横向反转的观察方向。该结构仅在第三图案化沟槽P3的区中的不同设计中不同,其中对于一个和相同的图案化区域8,代替单个的第三图案化沟槽P3,提供了在图2中被标记为P3和P3'的两个第三图案化沟槽。两个第三图案化沟槽P3、P3'不是由划针产生的,而是在每种情况下由激光烧蚀产生,其中第三图案化沟槽P3'由具有比用于产生图案化沟槽P3的能量更大的能量的激光脉冲产生。因此,第三图案化沟槽P3'在中心处能够具有比第三图案化沟槽P3更大的深度,如图2中仅仅示意性地图示的。必要的是,用于产生两个图案化沟槽P3、P3'的激光脉冲的能量彼此不同,并且图案化沟槽P3'是利用比图案化沟槽P3更大的能量的激光脉冲来产生的。

[0064] 在每种情况下,两个图案化沟槽P3、P3'不完全细分吸收体层6,且因此不一直延伸到吸收体层6的衬底侧界面12。例如,两个第三图案化沟槽P3、P3'的沟槽的底部位于吸收体层6的前电极侧界面11附近。

[0065] 具有彼此不同的能量的激光脉冲用于产生两个第三图案化沟槽P3、P3',其中激光脉冲的能量具有用于产生第三图案化沟槽P3的较低能量,例如,是用于产生第三图案化沟槽P3'的较大能量的激光脉冲的能量的5%至30%。用于产生第三图案化沟槽P3'的激光脉冲的能量为,例如,在从0.5 μ J到20 μ J的范围内。激光脉冲的脉冲持续时间例如在从1飞秒到10纳秒的范围内。激光脉冲的波长在从400nm至1500nm的范围内,使得直接辐射的前电极层7可被激光脉冲穿过,并且用于烧蚀前电极层7的激光脉冲的能量可被吸收体层6吸收。

[0066] 在图2的实施例中,在两个第三图案化沟槽P3、P3'之间直接相邻地布置,其中所述两个第三图案化沟槽P3、P3'之间没有距离。因此,一个第三图案化沟槽P3被由前电极7-2形

成的沟槽壁13界定。沟槽壁13面向另一第三图案化沟槽P3'。对应地,另一第三图案化沟槽P3'被由前电极7-1形成的沟槽壁13'界定。沟槽壁13'面向另一第三图案化沟槽P3以及另一沟槽壁13。两个沟槽壁13、13'被定位成彼此相对,并且一起界定两个第三图案化沟槽P3、P3'。

[0067] 现在参考图3和4更详细地解释通过本发明实现的有利效果。图3以横截面视图描绘了薄膜太阳能模块1的太阳能电池的集成串联连接的示意性表示。本发明想法不在该薄膜太阳能模块1中实现。与本发明相反,在每种情况下,图案化区域8仅具有单个第三图案化沟槽P3'。通过激光烧蚀产生图案化沟槽P3',所述激光烧蚀利用相对高能量的激光脉冲,其能量被选择为使得前电极层7被可靠且安全地去除。由于激光脉冲的典型高斯分布状的能量剖面,在与第三图案化沟槽P3'相邻的吸收体层6的未蒸发转换区15中引入激光能量,该能量不会导致吸收体层6的材料的蒸发,但导致材料的改变,因此,导致吸收体层6的电性质的改变。吸收体层6的转换区15在图3中示意性地通过较深的阴影线标识。在不束缚于任何理论的情况下,发明人目前假定在三元黄铜矿化合物半导体的情况下在转化区15中产生越来越多的二元材料相,其通常具有比黄铜矿化合物半导体本身更大的导电率。具有增加的导电率的这些区不期望地导致太阳能电池9的前电极7-2和后电极5-2之间的电短路路径(分流)14,其以示例的方式在图3中被草绘。由于从图3的示意性表示并不明显的、相邻太阳能电池9的两个前电极7-1、7-2之间的基本上较大的距离,两个前电极7-1、7-2之间的可能的电短路路径是不相关的。这里必要的是,短路电流路径14(垂直于附图的平面)在第三图案化沟槽P3'的整个长度上延伸,使得薄膜太阳能模块1的效率显著降低。为此,本领域技术人员必须排除使用激光烧蚀来产生在每种情况下仅具有单个第三图案化沟槽P3'的图案化区域8的可能性。

[0068] 根据本发明,结合图3描述的问题可以被避免,如下面参考图4所阐明的,其中根据本发明的薄膜太阳能模块1的另一实施例以示意性横截面视图被描绘。图4的薄膜太阳能模块1不同于图2的薄膜太阳能模块1,仅在于两个第三图案化沟槽P3、P3'不是彼此相邻(在它们之间没有距离),相反,前电极层7的窄前电极层区段16位于两个第三图案化沟槽P3、P3'之间。因此,一个第三图案化沟槽P3被由前电极7-2形成的(第一)沟槽壁13和由前电极层区段16形成的(第二)沟槽壁19界定,所述(第一)沟槽壁13面向另一第三图案化沟槽P3',所述(第二)沟槽壁19背离另一第三图案化沟槽P3'。第一沟槽壁13和第二沟槽壁19彼此相对地定位。对应地,另一第三图案化沟槽P3'被由前电极7-1形成的(第一)沟槽壁13'和由前电极层区段16形成的(第二)沟槽壁19'界定,所述(第一)沟槽壁13'面向另一第三图案化沟槽P3,所述(第二)沟槽壁19'背离另一第三图案化沟槽P3。第一沟槽壁13'和第二沟槽壁19'彼此相对地定位。

[0069] 根据图2的实施例,利用比第三图案化沟槽P3更大的能量的激光脉冲来产生第三图案化沟槽P3'。如图4中所图示,第三图案化沟槽P3'在中心处可具有比第三图案化沟槽P3更大的深度。如结合图3所解释的,吸收体层6的转换非常有可能在与第三图案化沟槽P3'毗连的转换区15中,其中不发生吸收体层6的蒸发。使用较深的阴影线来示意性地标识转换区15。选择具有较大能量的激光脉冲的能量,使得在第三图案化沟槽P3'的区中基本上完全去除前电极层7,使得在任何情况下都不保留具有从(第一)沟槽壁13'开始的、为第三图案化沟槽P3'的宽度的至少25%的尺寸的突起。转换区15一直延伸到直接相邻的第三图案化沟

槽P3,但并非一直延伸到第三图案化沟槽P3的沟槽壁13,该沟槽壁13面向第三图案化沟槽P3'。这些陈述类似地适用于根据图2的本发明的实施例。

[0070] 与此相比,选择具有较低能量的激光脉冲的能量,使得在第三图案化沟槽P3的边缘区中基本上不引起吸收体层6的转换,并且因此不产生转换区15。然而,这导致前电极层7未被完全去除并且在另一图案化沟槽P3'的方向上产生前电极层7的一个或多个突起这一事实。具体地,选择具有较低能量的激光脉冲的能量,使得在第三图案化沟槽的产生期间,保留前电极层7的至少一个突起,其具有从(第一)沟槽壁13开始的、为第三图案化沟槽P3的宽度的至少25%、特别是至少50%、特别是至少75%、特别是至少100%的尺寸。在图4的实施例中,这种突起可以例如从(第一)沟槽壁13一直延伸到前电极层区段16或超出前电极层区段16。在图2的实施例中,这样的突起可以例如从(第一)沟槽壁13一直延伸到另一第三图案化沟槽P3',并且特别地延伸到其中。然而,不管具体的实施例如何,这样的突起不一直延伸到另一个第三图案化沟槽P3'的(第一)沟槽壁13',并且特别地与另一个第三图案化沟槽P3'的(第一)沟槽壁13'具有一距离,其对应于第三图案化沟槽P3'的宽度的至少25%。结合图5A和5B详细地解释这样的突起。

[0071] 另外,在图4中,示意性地描绘了由于较好的导电转换区15而导致的太阳能电池9的前电极7-2和后电极5-2之间的短路电流路径(分流)14。短路电流路径14不一直延伸到(第一)沟槽壁13或前电极7-2的边缘,因为由于第三图案化沟槽P3,转换区15不会到达那样远。为此,由于在第三图案化沟槽P3的区中的前电极层7的突起,仅非常小(通常可忽略的)短路电流可以在太阳能电池9的前电极7-2和后电极5-2之间流动。这种有利的效果出现在图2和图4的根据本发明的薄膜太阳能电池模块1的两个实施例的情况下。

[0072] 现在参考图5A和5B。图5A描绘了根据图2的实施例的两个直接相邻的第三图案化沟槽P3、P3'的光显微镜图像。图5B示意性地将图5A的光显微镜图像再现为草图。在这两个图中,前电极7-2的突起17是可辨别的,对应于前电极层7的非烧蚀材料。突起17在第三图案化沟槽P3'的(第一)沟槽壁13'的方向上从第三图案化沟槽P3的(第一)沟槽壁13延伸,其中突起的尺寸粗略对应于第三图案化沟槽P3的宽度。两个沟槽壁13、13'具有一定的不均匀性或波纹。由沟槽壁13、13'的不均匀形成的(微)突起通常具有基本上小于相关联的第三图案化沟槽P3或P3'的宽度的25%的相应尺寸,并且因此可以以简单的方式(例如,用光显微镜)与至少一个突起17进行区分,所述至少一个突起17在第三图案化沟槽P3的宽度的超过25%上延伸。在图5B中,沟槽壁13'的一个(微)突起17'以示例的方式草绘。在图5A和5B的描绘中,突起17一直延伸(在通常公差的范围)到第三图案化沟槽P3'。当第三图案化沟槽P3'在时间上在第三图案化沟槽P3之前或之后产生时,可获得这样的配置。通过两个第三图案化沟槽P3、P3'(其由不同能量的激光脉冲产生)的根据本发明的组合,能够有利地实现:在第三图案化沟槽P3的区中的前电极7-2的突起17不一直延伸到相对的前电极7-1,而是仅延伸到第三图案化沟槽P3',并且因此仅与转换区15电接触。以这种方式,实现了存在两个空间上非常小的短路区18、18'(由突起17和转换区15产生)。有利地,短路电流路径14因此不在两个第三图案化沟槽P3、P3'的整个长度上延伸,而是在空间上限于两个短路区18、18'。因此,短路电流非常小,并且薄膜太阳能模块1的效率仅略微减小。

[0073] 图6使用流程图图示了用于产生根据本发明的上述薄膜太阳能模块1的示例性方法。根据本发明,在第一步骤I中,提供了平坦衬底2。在另一步骤II中,通过第一图案化沟槽

P1被图案化以用于形成太阳能电池的后电极的后电极层5被沉积在平坦衬底2的一侧上。在另一步骤III中,通过第二图案化沟槽P2图案化的用于形成太阳能电池9的光电活性吸收体6-1、6-2的吸收体层6被沉积在后电极层5上。在另一步骤IV中,通过第三图案化沟槽P3、P3'图案化的用于形成太阳能电池9的前电极7-1、7-2的前电极层7被沉积在吸收体层6上。通过激光烧蚀产生第三图案化沟槽P3、P3'。对于每个图案化区域8,产生两个第三图案化沟槽P3、P3',其中利用具有比用于产生图案化区域8的另一第三图案化沟槽P3的激光脉冲更大的能量的激光脉冲来产生一个且相同的图案化区域8的第三图案化沟槽P3。

[0074] 本发明使产生薄膜太阳能模块的方法以及对应的薄膜太阳能模块可用,其中,对于每个图案化区域,两个相邻的第三图案化沟槽P3、P3'是通过由不同能量的激光脉冲进行激光烧蚀而产生的。短路电流路径不在两个第三图案化沟槽P3、P3'的整个长度上延伸,而是在空间上限于第三图案化沟槽P3的区中的突起,使得不发生薄膜太阳能模块的效率的下降。代替与时间和成本密集的维护相关联的现有技术中使用的划针,脉冲激光射束可有利地用于产生图案化区域的第三图案化沟槽。根据本发明的方法可以在用于产生薄膜太阳能模块的现有系统中以相对简单的方式实现。

[0075] 参考字符列举

[0076] 1 薄膜太阳能模块

[0077] 2 衬底

[0078] 3 层结构

[0079] 4 衬底表面

[0080] 5 后电极层

[0081] 5-1、5-2 后电极

[0082] 6 吸收体层

[0083] 6-1、6-2 吸收体

[0084] 7 前电极层

[0085] 7-1、7-2 前电极

[0086] 8 图案化区域

[0087] 9 太阳能电池

[0088] 10 电流路径

[0089] 11 前电极侧界面

[0090] 12 衬底侧界面

[0091] 13、13' (第一) 沟槽壁

[0092] 14 短路电流路径(分流)

[0093] 15 转换区

[0094] 16 前电极层区段

[0095] 17、17' 突起

[0096] 18、18' 短路区

[0097] 19、19' (第二) 沟槽壁

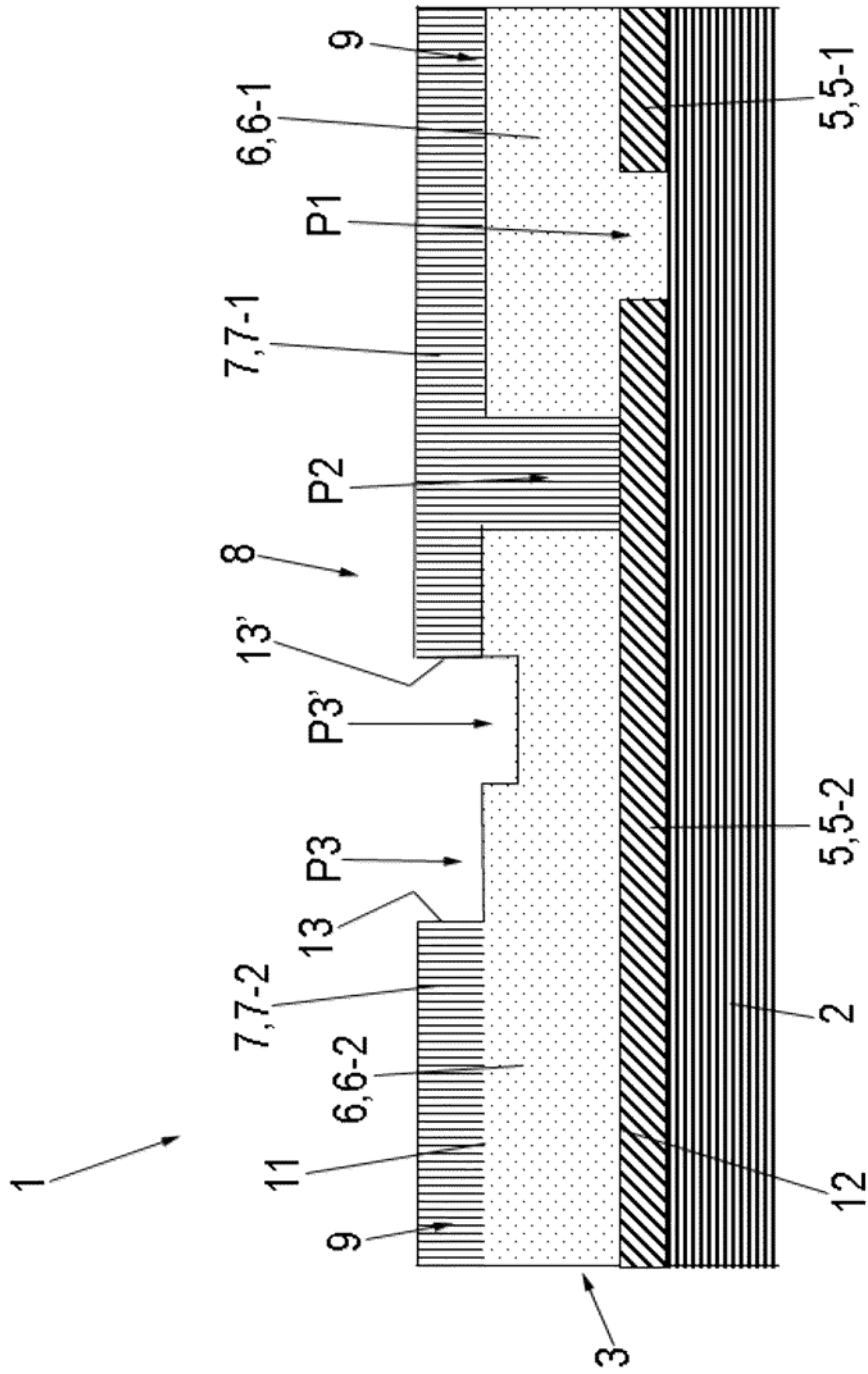


图 2

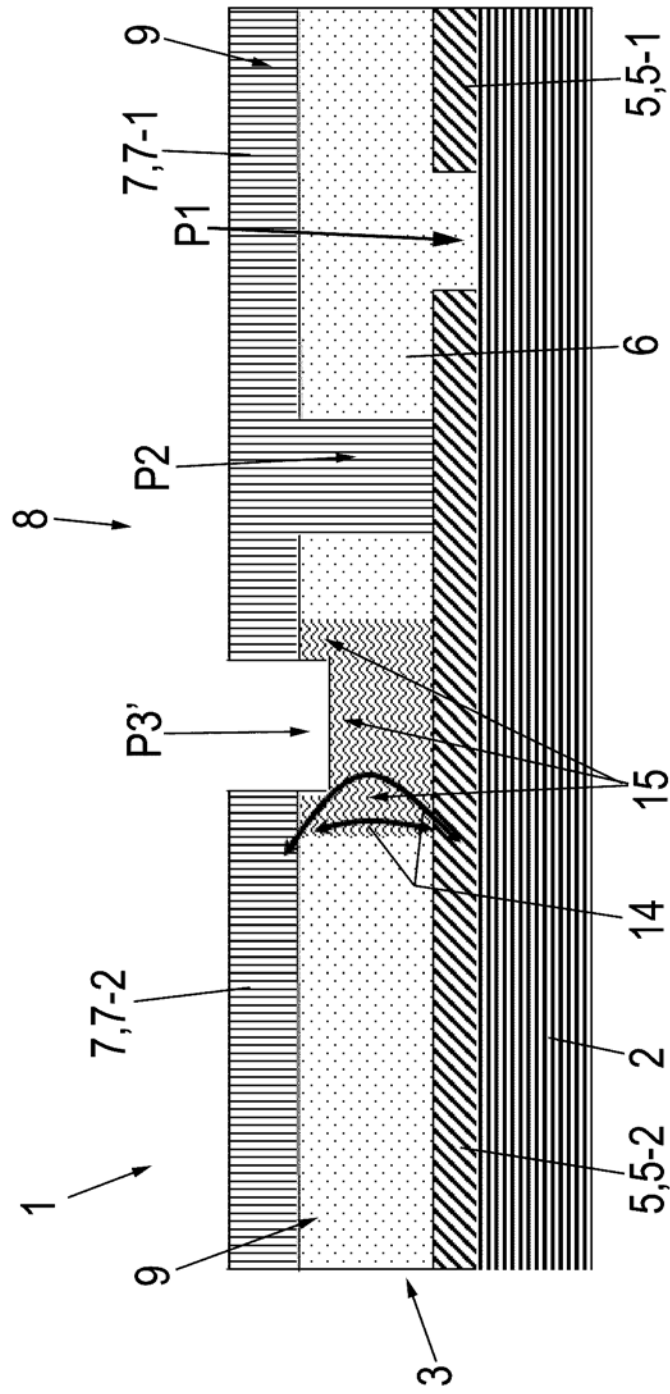


图 3

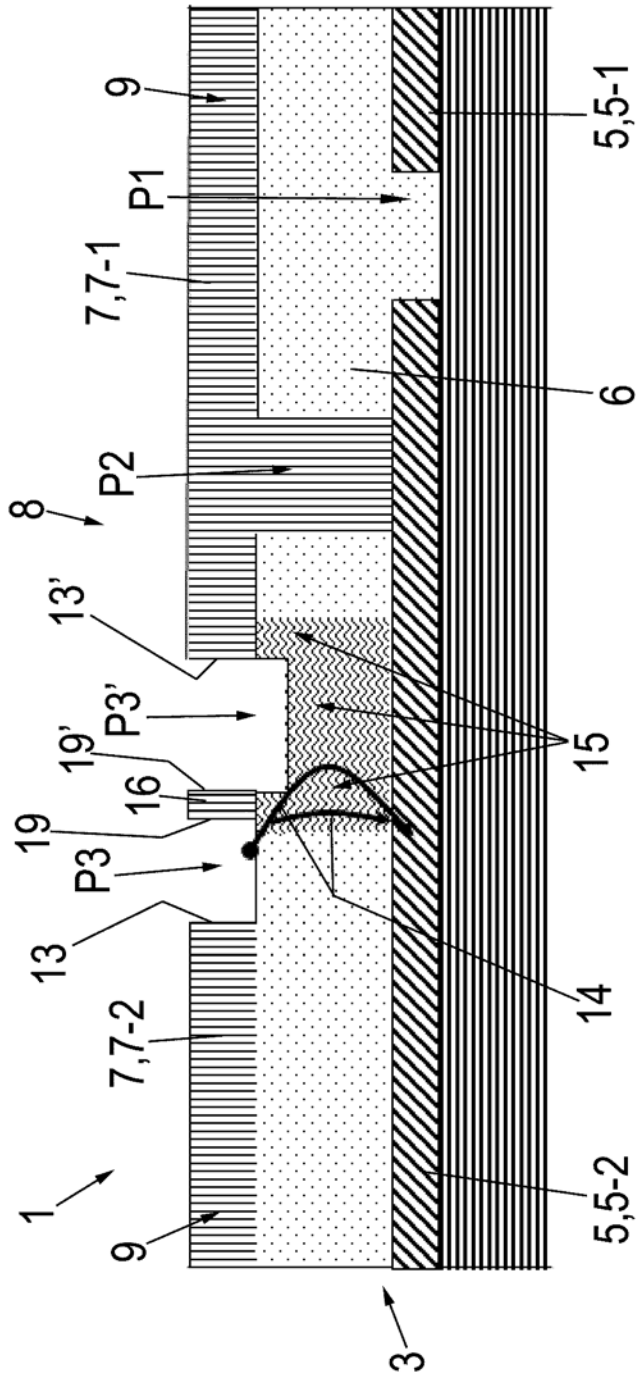


图 4

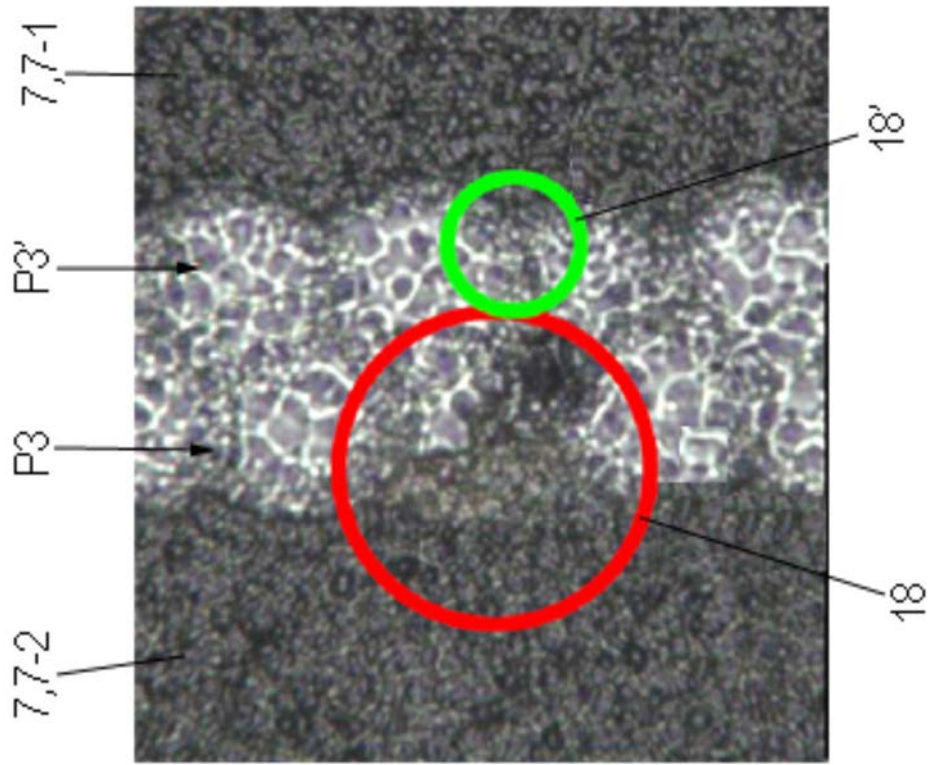


图 5A

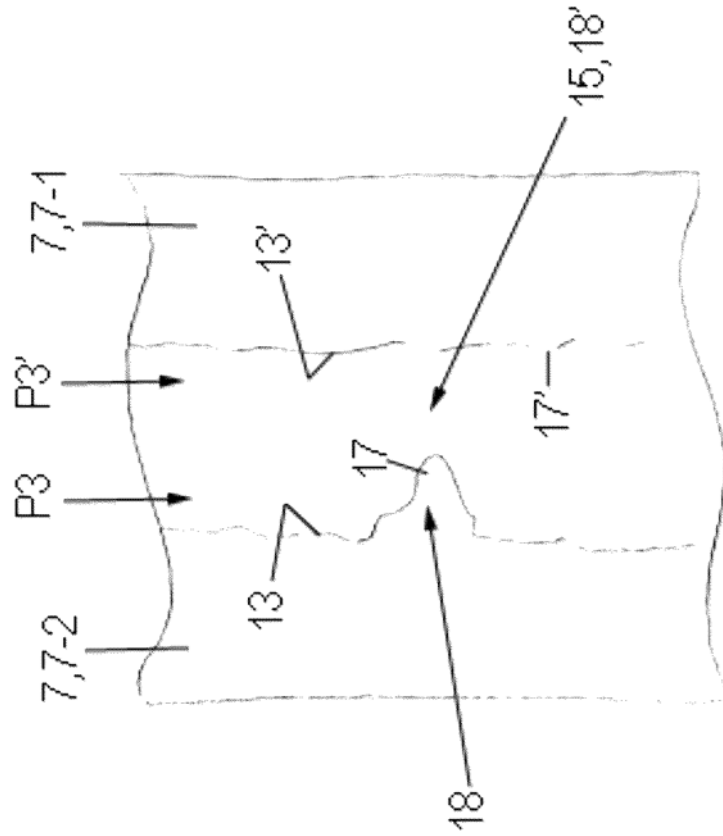


图 5B

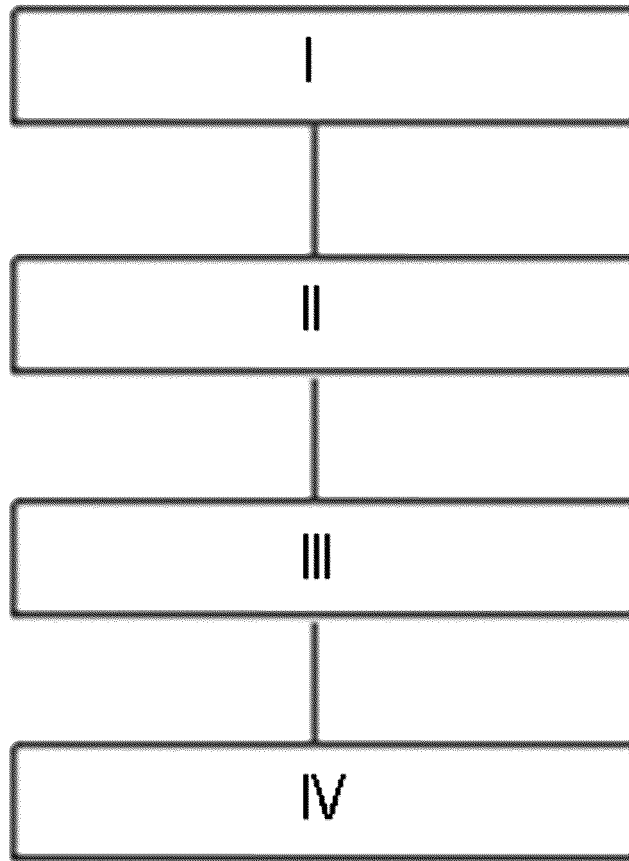


图 6