



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102656701 A

(43) 申请公布日 2012. 09. 05

(21) 申请号 201080057316. 4

(22) 申请日 2010. 12. 09

(30) 优先权数据

61/286, 630 2009. 12. 15 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 06. 15

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2010/059707 2010. 12. 09

(87) PCT申请的公布数据

W02011/081829 EN 2011. 07. 07

(71) 申请人 第一太阳能有限公司

地址 美国俄亥俄州佩里斯堡

(72) 发明人 阿诺德·阿莱林克 边雅敏·布鲁尔

马克思·格鲁克勒尔 艾姆仁·科瀚

瓦勒尔·帕瑞克 瑞克·C·鲍威尔

伊格尔·桑金 熊刚

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限

公司 11286

代理人 韩明星

(51) Int. Cl.

H01L 31/00(2006. 01)

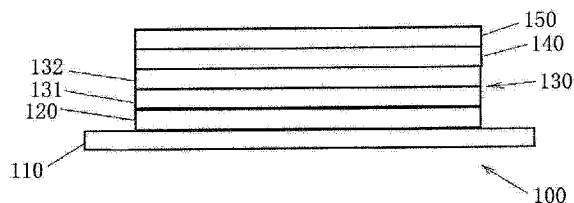
权利要求书 4 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

光伏窗口层

(57) 摘要

不连续的或厚度减小的窗口层可以提高基于 CdTe 或其他类型的太阳能电池的效率。



1. 一种光伏装置,所述光伏装置包括:  
基底;  
透明导电氧化物层,与基底相邻;  
不连续的半导体窗口层,与透明导电氧化物层相邻;  
半导体吸收层,与半导体窗口层相邻;以及  
接合点,形成在半导体吸收层和透明导电氧化物层之间。
2. 如权利要求 1 所述的光伏装置,其中,半导体窗口层提供了对相邻的透明导电氧化物层的 20% 至 80% 的覆盖。
3. 如权利要求 2 所述的光伏装置,其中,半导体窗口层提供了对相邻的透明导电氧化物层的 30% 至 70% 的覆盖。
4. 如权利要求 1 所述的光伏装置,其中,与被构造为与透明导电氧化物层不具有接合点的相同的吸收层相比,所述半导体吸收层多吸收 5% 至 45% 的波长小于 520nm 的光子。
5. 如权利要求 4 所述的光伏装置,其中,与被构造为与透明导电氧化物层不具有接合点的相同的吸收层相比,所述半导体吸收层多吸收 10% 至 25% 的波长小于 520nm 的光子。
6. 如权利要求 1 所述的光伏装置,其中,与被构造为与透明导电氧化物层不具有接合点的相同的吸收层相比,所述半导体吸收层多吸收至少 10% 的蓝光。
7. 如权利要求 1 所述的光伏装置,其中,半导体窗口层的等效均匀厚度小于 1200 埃。
8. 如权利要求 7 所述的光伏装置,其中,半导体窗口层的等效均匀厚度在 400 埃至 1200 埃的范围内。
9. 如权利要求 8 所述的光伏装置,其中,半导体窗口层的等效均匀厚度在 200 埃至 2500 埃的范围内。
10. 如权利要求 1 所述的光伏装置,其中,基底包括玻璃。
11. 如权利要求 1 所述的光伏装置,其中,半导体窗口层包括硫化镉。
12. 如权利要求 1 所述的光伏装置,其中,半导体窗口层包括硫化锌。
13. 如权利要求 1 所述的光伏装置,其中,半导体窗口层包括硫化镉与硫化锌的合金。
14. 如权利要求 1 所述的光伏装置,其中,半导体吸收层包括碲化镉。
15. 如权利要求 1 所述的光伏装置,其中,半导体吸收层包括碲化镉锌。
16. 如权利要求 1 所述的光伏装置,所述光伏装置还包括位于基底和透明导电氧化物层之间的阻挡层。
17. 如权利要求 16 所述的光伏装置,其中,阻挡层包括氧化硅。
18. 如权利要求 1 所述的光伏装置,所述光伏装置还包括位于透明导电氧化物层和半导体窗口层之间的缓冲层。
19. 如权利要求 18 所述的光伏装置,其中,缓冲层包括氧化锡。
20. 如权利要求 18 所述的光伏装置,其中,缓冲层包括氧化锌。
21. 如权利要求 18 所述的光伏装置,其中,缓冲层包括氧化镉锡。
22. 如权利要求 18 所述的光伏装置,其中,缓冲层包括氧化镉锌。
23. 如权利要求 1 所述的光伏装置,其中,透明导电氧化物层包括氧化锌。
24. 如权利要求 1 所述的光伏装置,其中,透明导电氧化物层包括氧化锡。
25. 如权利要求 1 所述的光伏装置,其中,透明导电氧化物层包括锡酸镉。

26. 一种光伏装置,所述光伏装置包括:  
基底;  
透明导电氧化物层,与基底相邻;  
不连续的半导体窗口层,与透明导电氧化物层相邻;以及  
半导体吸收层,包括掺杂剂,其中,掺杂剂能够与相邻的半导体窗口层反应并使相邻的半导体窗口层流动。
27. 如权利要求 26 所述的光伏装置,其中,掺杂剂包括硅。
28. 如权利要求 26 所述的光伏装置,其中,掺杂剂包括锗。
29. 如权利要求 26 所述的光伏装置,其中,掺杂剂包括氯。
30. 如权利要求 26 所述的光伏装置,其中,掺杂剂包括钠。
31. 如权利要求 26 所述的光伏装置,其中,半导体吸收层的掺杂剂浓度在  $10^{15}$  至  $10^{18}$  个原子/cm<sup>3</sup> 的范围内。
32. 如权利要求 26 所述的光伏装置,其中,半导体吸收层的掺杂剂浓度在  $10^{16}$  至  $10^{17}$  个原子/cm<sup>3</sup> 的范围内。
33. 如权利要求 26 所述的光伏装置,其中,掺杂剂积累在吸收层与窗口层之间的界面处。
34. 如权利要求 26 所述的光伏装置,所述光伏装置还包括位于半导体吸收层和透明导电氧化物层之间的一个或多个接合点。
35. 如权利要求 26 所述的光伏装置,其中,半导体窗口层提供了对相邻的透明导电氧化物层的 20% 至 80% 的覆盖。
36. 如权利要求 34 所述的光伏装置,其中,掺杂剂能够电钝化位于透明导电氧化物层与半导体吸收层接合点之间的所述接合点,以维持开路电压( $V_{oc}$ )和填充系数(FF)。
37. 如权利要求 34 所述的光伏装置,其中,与被构造为与透明导电氧化物层不具有接合点的相同的吸收层相比,所述半导体吸收层多吸收 5% 至 45% 的波长小于 520nm 的光子。
38. 如权利要求 34 所述的光伏装置,其中,与被构造为与透明导电氧化物层不具有接合点的相同的吸收层相比,所述半导体吸收层多吸收 10% 至 25% 的波长小于 520nm 的光子。
39. 如权利要求 34 所述的光伏装置,其中,与被构造为与透明导电氧化物层不具有接合点的相同的吸收层相比,所述半导体吸收层多吸收至少 10% 的蓝光。
40. 如权利要求 26 所述的光伏装置,其中,半导体吸收层的厚度在 0.5 微米至 7 微米的范围内。
41. 如权利要求 26 所述的光伏装置,其中,半导体窗口层的等效均匀厚度小于 1200 埃。
42. 如权利要求 26 所述的光伏装置,其中,半导体窗口层的等效均匀厚度在 400 埃至 1200 埃的范围内。
43. 如权利要求 26 所述的光伏装置,其中,半导体窗口层的等效均匀厚度在 200 埃至 2500 埃的范围内。
44. 如权利要求 26 所述的光伏装置,其中,基底包括玻璃。
45. 如权利要求 26 所述的光伏装置,其中,半导体窗口层包括硫化镉。
46. 如权利要求 26 所述的光伏装置,其中,半导体窗口层包括硫化锌。
47. 如权利要求 26 所述的光伏装置,其中,半导体窗口层包括硫化镉与硫化锌的合金。

48. 如权利要求 26 所述的光伏装置,其中,半导体吸收层包括碲化镉。
49. 如权利要求 26 所述的光伏装置,其中,半导体吸收层包括碲化镉锌。
50. 如权利要求 26 所述的光伏装置,所述光伏装置还包括位于透明导电氧化物层和半导体窗口层之间的缓冲层。
51. 如权利要求 50 所述的光伏装置,其中,缓冲层包括氧化锡。
52. 如权利要求 50 所述的光伏装置,其中,缓冲层包括氧化锌。
53. 如权利要求 50 所述的光伏装置,其中,缓冲层包括氧化镉。
54. 如权利要求 50 所述的光伏装置,其中,缓冲层包括氧化镉锌。
55. 如权利要求 26 所述的光伏装置,其中,透明导电氧化物层包括氧化锌。
56. 如权利要求 26 所述的发光装置,其中,透明导电氧化物层包括氧化锡。
57. 如权利要求 26 所述的光伏装置,其中,透明导电氧化物层包括锡酸镉。
58. 一种制造光伏装置的方法,所述方法包括:  
与基底相邻地沉积透明导电氧化物层;  
与透明导电氧化物层相邻地形成不连续的半导体窗口层;  
与窗口层相邻地沉积半导体吸收层;以及  
在吸收层和透明导电氧化物层之间形成接合点。
59. 如权利要求 58 所述的方法,其中,形成接合点的步骤包括在吸收层和透明导电氧化物层之间形成多个接合点。
60. 如权利要求 58 所述的方法,其中,形成接合点的步骤包括对基底退火。
61. 如权利要求 60 所述的方法,其中,退火温度在 300 摄氏度至 500 摄氏度的范围内。
62. 如权利要求 60 所述的方法,其中,退火温度在 400 摄氏度至 450 摄氏度的范围内。
63. 如权利要求 60 所述的方法,其中,对基底退火的步骤包括在包含氯化镉的环境下对基底退火。
64. 如权利要求 58 所述的方法,其中,沉积半导体吸收层包括气相传输沉积。
65. 如权利要求 58 所述的方法,其中,半导体吸收层包括掺杂剂。
66. 如权利要求 65 所述的方法,其中,掺杂剂包括硅。
67. 如权利要求 65 所述的方法,其中,掺杂剂包括锗。
68. 如权利要求 65 所述的方法,其中,掺杂剂包括氯。
69. 如权利要求 65 所述的方法,其中,掺杂剂包括钠。
70. 如权利要求 65 所述的方法,其中,半导体吸收层的掺杂剂浓度在  $10^{15}$  至  $10^{18}$  个原子/cm<sup>3</sup> 的范围内。
71. 如权利要求 65 所述的方法,其中,半导体吸收层的掺杂剂浓度在  $10^{16}$  至  $10^{17}$  个原子/cm<sup>3</sup> 的范围内。
72. 如权利要求 58 所述的方法,其中,位于吸收层和透明导电氧化物层之间的接合点能够提高光的蓝色光谱中的量子效率,并因此增大所述光伏装置的短路电流。
73. 如权利要求 58 所述的方法,其中,沉积半导体窗口层包括溅射工艺。
74. 如权利要求 58 所述的方法,其中,沉积半导体窗口层包括气相传输沉积。
75. 一种制造光伏装置的方法,所述方法包括以下步骤:  
与基底相邻地沉积透明导电氧化物层;

与透明导电氧化物层相邻地形成不连续的半导体窗口层,其中,半导体窗口层包括对相邻的透明导电氧化物层的多斑点覆盖;以及

与半导体窗口层相邻地沉积半导体吸收层。

76. 如权利要求 75 所述的方法,其中,半导体窗口层能够提供对相邻的透明导电氧化物层的 20% 至 80% 的覆盖。

77. 如权利要求 75 所述的方法,其中,能够通过用掺杂剂掺杂半导体吸收层并使掺杂剂扩散到窗口层与吸收层的界面以使窗口层部分流走,来形成对相邻的透明导电氧化物层的多斑点覆盖。

78. 如权利要求 75 所述的方法,其中,对相邻的透明导电氧化物层的多斑点覆盖能够导致透明导电氧化物层与吸收层之间的接合点,允许更多的能量高于窗口层材料的带隙的光子被吸收。

79. 如权利要求 77 所述的方法,其中,掺杂剂的扩散能够钝化位于透明导电氧化物层与吸收层结合点之间的所述接合点,以维持开路电压( $V_{oc}$ )和填充系数(FF)。

80. 如权利要求 75 所述的方法,其中,对相邻的透明导电氧化物层的多斑点覆盖能够提高光的蓝色光谱的吸收,并因此提高所述光伏装置的短路电流。

81. 如权利要求 77 所述的方法,其中,掺杂剂包括硅。

82. 如权利要求 77 所述的方法,其中,掺杂剂包括锗。

83. 如权利要求 77 所述的方法,其中,掺杂剂包括氯。

84. 如权利要求 77 所述的方法,其中,掺杂剂包括钠。

85. 如权利要求 77 所述的方法,其中,掺杂半导体吸收层的步骤包括掺杂半导体吸收层以使掺杂剂浓度在  $10^{15}$  至  $10^{18}$  个原子/cm<sup>3</sup> 的范围内。

86. 如权利要求 77 所述的方法,其中,掺杂半导体吸收层的步骤包括掺杂半导体吸收层以使掺杂剂浓度在  $10^{16}$  至  $10^{17}$  个原子/cm<sup>3</sup> 的范围内。

87. 如权利要求 75 所述的方法,其中,沉积半导体窗口层包括溅射工艺。

88. 如权利要求 75 所述的方法,其中,沉积半导体窗口层包括气相传输沉积。

89. 如权利要求 75 所述的方法,其中,沉积半导体吸收层包括气相传输沉积。

90. 如权利要求 77 所述的方法,其中,能够通过气相传输沉积工艺中注入粉体来掺杂半导体吸收层,其中,粉体包括混合的碲化镉粉体和硅粉体,掺杂剂/吸收层之比达 10000ppma。

91. 如权利要求 77 所述的方法,其中,掺杂半导体吸收层的步骤包括在形成半导体吸收层之后掺杂半导体吸收层。

92. 如权利要求 77 所述的方法,所述方法还包括退火以促进掺杂剂扩散。

93. 如权利要求 92 所述的方法,其中,退火温度能够在大约 400 摄氏度至大约 450 摄氏度的范围内。

94. 如权利要求 92 所述的方法,其中,退火的步骤包括在包含氯化镉的环境下对基底退火。

## 光伏窗口层

[0001] 要求优先权

[0002] 本申请要求于 2009 年 12 月 15 日提交的第 61/286,630 号美国临时专利申请的优先权,该美国临时专利申请的全部内容通过引用包含于此。

### 技术领域

[0003] 本发明涉及一种具有不连续的或厚度减小的窗口层的太阳能电池。

### 背景技术

[0004] 光伏装置可以包括透明薄膜,透明薄膜也是电荷的导体。例如,光伏装置可以包括半导体窗口层和半导体吸收层,以将太阳能转换成电能。光伏装置在将太阳能转换成电能方面可能效率低。

### 附图说明

[0005] 图 1 是具有多层半导体层和金属背部接触件的光伏装置的示意图。

[0006] 图 2 是在吸收层和透明导电氧化物层之间具有一个或多个的接合点的光伏装置的示意图。

[0007] 图 3 是示出不连续性增加且厚度减小的硫化镉窗口层的扫描电子显微镜(SEM)图像。

[0008] 图 4 是示出由吸收层掺杂导致的不连续性增加且厚度明显减小的硫化镉窗口层的扫描电子显微镜(SEM)图像。

### 具体实施方式

[0009] 太阳能电池装置可以包括各种层,所述各种层包括例如阻挡层、透明导电氧化物(TCO)层/缓冲层、半导体窗口层、半导体吸收层和背部接触件,这些层全部被沉积成与基底相邻。每个层可以包括合适材料的一层或多层沉积物。例如,光伏装置可以包括半导体层,半导体层包括两层半导体层(半导体窗口层和半导体吸收层)。光伏装置层可以覆盖光伏装置层被沉积的区域的部分或全部。一般经验认为,半导体窗口层可以是连续的以获得优异的太阳能电池性能。例如,在目前的技术装置设计中,半导体窗口层通常比 750 埃更厚,并且高度连续地提供对下面的 TCO 的 80-90% 的覆盖。

[0010] 高性能太阳能电池装置可以包括可以是薄的或非共形或不连续的半导体窗口层,并且可以提供对下面的 TCO 层仅 30% 至 70% 的覆盖。半导体窗口层厚度的减小可以提高在光的蓝色光谱中的量子效率,并且因此提高太阳能电池或光伏模块的短路电流密度。由于使用较少的半导体窗口层材料,所以该装置设计也可以实现生产成本的降低,并且使太阳能电池的转换效率和量子效率得以总体提高。该设计也可以包括通过在窗口层中引入开口来提高薄膜光伏装置的转换效率同时避免 TCO/吸收层分流的问题的方法。

[0011] 通过窗口层对光的吸收可以是限制光伏装置的转换效率的现象之一。通常,期望

保持尽可能薄的窗口层,以允许更多的能量高于其带隙的光子到达吸收层。然而,对于多数薄膜光伏装置,如果窗口层太薄,则因较低的开路电压( $V_{oc}$ )/填充系数(FF),可以观察到性能的损失。

[0012] 光伏装置可以包括:基底;透明导电氧化物层,与基底相邻;不连续半导体窗口层,与透明导电氧化物层相邻;半导体吸收层,与半导体窗口层相邻;以及接合点,形成在半导体吸收层和透明导电氧化物层之间。不连续半导体窗口层可以提供对相邻的透明导电氧化物层的20%至80%或者30%至70%的覆盖。相比于与透明导电氧化物层不具有任何接合点的相同的吸收层,所述半导体吸收层可以多吸收5%至45%的波长小于520nm的光子。相比于与透明导电氧化物层不具有接合点的相同的吸收层,所述半导体吸收层可以多吸收10%至25%的波长小于520nm的光子。相比于与透明导电氧化物层不具有接合点的相同的吸收层,所述半导体吸收层可以多吸收至少10%的蓝光。半导体窗口层的等效均匀厚度可以是任何合适的厚度。半导体窗口层的等效均匀厚度可以小于2500埃,例如,在200埃至2500埃的范围内。半导体窗口层的等效均匀厚度可以小于1200埃。半导体窗口层的等效均匀厚度可以在150埃至1200埃或者400埃至1200埃的范围内,或者可以是任何其他合适的厚度。半导体窗口层的等效均匀厚度可以小于750埃。半导体窗口层的等效均匀厚度可以在150埃至500埃或者250埃至400埃的范围内。

[0013] 基底可以包括玻璃。半导体窗口层可以包括硫化镉、硫化锌、硫化镉与硫化锌的合金或者任何其他合适的材料。半导体吸收层可以包括碲化镉或碲化镉锌或任何其他合适的材料。光伏装置还可以包括位于基底和透明导电氧化物层之间的阻挡层。阻挡层可以包括氧化硅或任何其他合适的材料。光伏装置还可以包括位于透明导电氧化物层和半导体窗口层之间的缓冲层。缓冲层可以包括氧化锡、氧化锌、氧化锌锡、氧化镉锌或任何其他合适的材料。透明导电氧化物层可以包括氧化锌、氧化锡、锡酸镉或任何其他合适的材料。

[0014] 光伏装置可以包括:基底;透明导电氧化物层,与基底相邻;不连续半导体窗口层,与透明导电氧化物层相邻;以及半导体吸收层,包括掺杂剂。掺杂剂可以能够与相邻的半导体窗口层反应并使相邻的半导体窗口层流动。掺杂剂可以包括硅、锗、氯、钠或任何其他合适的材料。半导体吸收层的掺杂剂浓度可以在 $10^{15}$ 至 $10^{18}$ 个原子/cm<sup>3</sup>或者 $10^{16}$ 至 $10^{17}$ 个原子/cm<sup>3</sup>的范围内,或者在其他任何合适的范围或值内。可以对半导体吸收层退火。掺杂剂可以积累在吸收层/窗口层界面处。光伏装置可以包括位于半导体吸收层和透明导电氧化物层之间的一个以上的接合点。半导体窗口层可以提供对相邻的透明导电氧化物层的20%至80%的覆盖。掺杂剂可以电钝化透明导电氧化物层/吸收层接合点,以维持开路电压( $V_{oc}$ )和填充系数(FF)。载流子收集效率的提高和/或开路电阻的减小使FF提高。

[0015] 相比于与透明导电氧化物层不具有接合点的相同的吸收层,所述半导体吸收层可以多吸收5%至45%的波长小于520nm的光子。相比于与透明导电氧化物层不具有任何接合点的相同的吸收层,所述半导体吸收层可以多吸收10%至25%的波长小于520nm的光子。相比于与透明导电氧化物层不具有接合点的相同的吸收层,所述半导体吸收层可以多吸收至少10%的蓝光。半导体吸收层的厚度可以在0.5微米至7微米的范围内。半导体窗口层的等效均匀厚度可以小于1200埃。半导体窗口层的等效均匀厚度可以在400埃至1200埃或者200埃至2500埃的范围内。

[0016] 基底可以包括玻璃。半导体窗口层包括硫化镉、硫化锌、硫化镉与硫化锌的合金或

者任何其他合适的材料。半导体吸收层包括碲化镉、碲化镉锌或者任何其他合适的材料。光伏装置可以包括缓冲层。缓冲层可以位于透明导电氧化物层和半导体窗口层之间。缓冲层可以包括氧化锡、氧化锌、氧化锌锡、氧化镉锌或任何其他合适的材料。透明导电氧化物层可以包括氧化锌、氧化锡锡酸镉或任何其他合适的材料。

[0017] 制造光伏装置的方法可以包括：将透明导电氧化物层沉积成与基底相邻；将不连续半导体窗口层形成为与透明导电氧化物层相邻；将半导体吸收层沉积成与窗口层相邻；在吸收层和透明导电氧化物层之间形成一个或多个的接合点。形成接合点的步骤可以包括在吸收层和透明导电氧化物层之间形成多个接合点。形成接合点的步骤可以包括对基底退火。退火温度可以在 300 摄氏度至 500 摄氏度或者 400 摄氏度至 450 摄氏度的范围内，或者在任何其他合适的温度或范围内。对基底退火的步骤可以包括在包含氯化镉的环境下对基底退火。

[0018] 沉积半导体吸收层可以包括气相传输沉积。该方法可以包括掺杂半导体吸收层。掺杂剂包括硅、锗、氯、钠或任何其他合适的材料。半导体吸收层的掺杂剂浓度可以在  $10^{15}$  至  $10^{18}$  个原子/cm<sup>3</sup> 或  $10^{16}$  至  $10^{17}$  个原子/cm<sup>3</sup> 的范围内，或者在任何其他合适的范围或值内。位于吸收层和透明导电氧化物层之间的接合点可以提高在光的蓝色光谱中的量子效率，并因此增大光伏装置的短路电流。沉积半导体窗口层可以包括溅射工艺。沉积半导体窗口层可以包括气相传输沉积。

[0019] 制造光伏装置的方法可以包括以下步骤：沉积与基底相邻的透明导电氧化物层；形成与透明导电氧化物层相邻的半导体窗口层。半导体窗口层包括和/或提供对相邻的透明导电氧化物层的多斑点(spotty)覆盖。这可以使得效率提高。该方法可以包括沉积与半导体窗口层相邻的半导体吸收层。半导体窗口层可以提供对相邻的透明导电氧化物层的 20% 至 80% 的覆盖。可以通过用掺杂剂掺杂半导体吸收层并使掺杂剂扩散到窗口层与吸收层的界面以使窗口层流走，来形成窗口层对相邻的透明导电氧化物层的不规则或多斑点覆盖。窗口层可以被部分流走。对相邻的透明导电氧化物层的多斑点覆盖可以导致透明导电氧化物层与吸收层之间的接合点，这可以允许更多的能量高于窗口层材料的带隙的光子被吸收。

[0020] 掺杂剂的扩散可以电钝化位于透明导电氧化物层与吸收层之间的接合点以分别维持开路电压( $V_{oc}$ )和/或填充系数(FF)。载流子收集效率的提高和/或开路电阻的减小使填充系数提高。窗口层对相邻的透明导电氧化物层的多斑点覆盖可以提高在吸收层中光的蓝色光谱的吸收，并因此增大光伏装置的短路电流。

[0021] 掺杂剂可以包括硅、锗、氯、钠或任何其他合适的材料。掺杂半导体吸收层的步骤可以包括掺杂半导体吸收层以使掺杂剂浓度在  $10^{15}$  至  $10^{18}$  个原子/cm<sup>3</sup> 或  $10^{16}$  至  $10^{17}$  个原子/cm<sup>3</sup> 的范围内或者在任何其他合适的范围或值内。沉积半导体窗口层可以包括溅射工艺。沉积半导体窗口层可以包括气相传输沉积。沉积半导体吸收层可以包括气相传输沉积。可以通过在气相传输沉积工艺中注入粉体来掺杂半导体吸收层，其中，粉体可以包括混合的碲化镉粉体和硅粉体，任何处的掺杂剂/吸收层之比达 10000ppma。可以在形成半导体吸收层之后掺杂半导体吸收层。半导体吸收层的厚度可以在 0.5 微米至 7 微米的范围内。所述方法还可以包括退火步骤以促进掺杂剂扩散。退火温度可以在大约 300 摄氏度至 500 摄氏度的范围内，例如，大约 400 摄氏度至大约 450 摄氏度的范围内或任何其他合适的温度



或范围内。退火的步骤可以包括在包含氯化镉的环境下对基底退火。可选择地,在形成半导体吸收层之后,可以通过合适的材料掺杂半导体吸收层。例如,可以在对半导体吸收层退火过程中掺杂半导体吸收层。掺杂可以发生在任何合适的退火温度下,例如,在大约 300 摄氏度至大约 500 摄氏度范围内。

[0022] 参照图 1,光伏装置 100 可以包括与基底 110 相邻地沉积的透明导电氧化物层 120。可以通过溅射、化学气相沉积或任何其他合适的沉积方法将透明导电氧化物层 120 沉积在基底 110 上。基底 110 可以包括诸如钠钙玻璃的玻璃。透明导电氧化物层 120 可以包括任何合适的透明导电氧化物材料,所述任何合适的透明导电氧化物材料包括氧化锡、氧化锌或锡酸镉。可以将半导体层 130 形成为或沉积成与可以被退火的透明导电氧化物层 120 相邻。半导体层 130 可以包括窗口层 131 和吸收层 132。

[0023] 窗口层 131 可以包括半导体材料,吸收层 132 可以包括半导体材料。可以将半导体层 130 的窗口层 131 沉积成与透明导电氧化物层 120 相邻。窗口层 131 可以包括任何合适的窗口材料,诸如硫化镉、硫化锌、硫化镉与硫化锌的合金或任何其他合适的材料。可以通过诸如溅射或气相传输沉积的任何合适的沉积方法来沉积窗口层 131。可以将吸收层 132 沉积成与窗口层 131 相邻。可以将吸收层 132 沉积在窗口层 131 上。吸收层 132 可以是任何合适的吸收材料,诸如碲化镉、碲化镉锌或任何其他合适的材料。可以通过诸如溅射或气相传输沉积的任何合适的方法来沉积吸收层 132。TCO 层可以包括任何合适的 TCO 材料,所述任何合适的 TCO 材料包括氧化锌、氧化锡、锡酸镉或任何其他合适的材料。

[0024] 窗口层 131 可以是薄的和 / 或非共形的和 / 或不连续的,并可以提供对下面的 TCO 层的仅 20% 至 80% 或者 30% 至 70% 的覆盖或者对 TCO 层的任何其他合适的百分比的覆盖。窗口层厚度的减小可以提高在光的蓝色光谱中的装置量子效率,并因此增大其短路电流。在一些实施例中,通过掺杂吸收层来有目的地改变窗口层的形态,可以提高光伏装置 100 的转换效率。可以通过同时增大短路电流( $I_{sc}$ )、填充系数(FF)和 / 或开路电压( $V_{oc}$ )来促使转换效率的提高。可以通过用掺杂剂掺杂吸收层 132 并使掺杂剂扩散到吸收层 / 窗口层界面以使窗口层部分地流走,从而实现窗口层 131 的微结构从连续向不规则或多斑点的改变。窗口层 131 的消耗可以导致透明导电氧化物层 120 与吸收层 132 之间的接合点,允许更多的能量高于半导体窗口层材料的带隙的光子被吸收。掺杂剂向 p-n 异质界面的扩散是使 TCO/ 吸收层接合点钝化来维持  $V_{oc}$  所必须的。载流子收集效率的提高和 / 或开路电阻的减小导致更高的填充系数。掺杂剂可以包括任何合适的材料。例如,掺杂剂可以包括硅、锗、氯或钠。

[0025] 可以将背部接触件 140 沉积成与吸收层 132 相邻。可以将背部接触件 140 沉积成与半导体层 130 相邻。可以将背部支撑件 150 定位成与背部接触件 140 相邻。光伏装置可以具有作为半导体窗口层的硫化镉(CdS)层和作为半导体吸收层的碲化镉(CdTe)层。窗口层 131 也可以包括硫化锌(ZnS)或 ZnS/CdS 合金。吸收层 132 可以包括镉 - 锌 - 碲化物(Cd-Zn-Te)合金、铜 - 镉 - 镓 - 硒(Cu-In-Ga-Se)合金或任何其他合适的材料。掺杂剂也可以是与窗口材料反应并使窗口材料流动的已知的任何合适的元素。

[0026] 在一些实施例中,光伏装置 100 还可以包括位于基底 110 和透明导电氧化物层 120 之间的阻挡层。阻挡层可以包括氧化硅或任何其他合适的材料。在一些实施例中,光伏装置 100 还可以包括位于透明导电氧化物层 120 和窗口层 131 之间的缓冲层。缓冲层可以包

括氧化锡、氧化锌、氧化锌锡、氧化镉锌或任何其他合适的材料。

[0027] 在一些实施例中,公开的发明可以包括:在基底构造上沉积薄膜太阳能电池堆叠件的工艺,其中,可以用诸如 Si 的掺杂剂掺杂吸收层;退火工艺,可以使杂质达到吸收层/窗口界面;窗口与掺杂剂之间的反应,通过掺杂剂导致窗口层材料部分流动;以及用于 TCO/吸收层接触的钝化机制。

[0028] 如果每个入射到太阳能电池上的光子都产生电子-空穴对,则每个光载流子会使电子-空穴对达到耗尽区,电子-空穴对在耗尽区将被分开并被收集。能量低于带隙的光子的能量不足以产生光载流子。即使光子具有足够的能量,也未必促成光电流的形成。特定波长的光子的量子效率是光子促使电子形成光电流的可能性。它是对装置的从入射光子产生电子电荷的有效性的测量。量子效率是装置从入射的光子产生电子电荷的效率的量度标准。对于能量低于吸收层带隙的光子而言,量子效率预计为零。对于具有较大的能量的光子而言,量子效率可以很大而达 100%,但通常要低一些。一个原因可能是进入电池顶部的许多光子被上层吸收,从未到达下面的吸收层。该原因也适合于异质结以及能量高于 TCO 和窗口层的带隙的光子。

[0029] 参照图 2,在一些实施例中,半导体窗口层 131 可以是不连续的或多斑点的。接合点 170 可以在 TCO/吸收层界面 160 上形成在 TCO 层 120 和吸收层 132 之间,允许更多的能量高于半导体窗口层材料的带隙的光子被吸收。因此,吸收层 132 与透明导电氧化物层 120 之间的接合点 170 可以提高在光的蓝色光谱中的量子效率,并因此增大光伏装置的短路电流。吸收层 132 可以包含适量的掺杂剂以提高光伏电池的效率。不连续的窗口层 131 可以导致位于吸收层 132 和 TCO 层 120 之间的一个或多个接合点。与在吸收层和 TCO 层 120 之间不存在接合点 170 的相同的吸收层相比,吸收层 132 可以多吸收 5% 至 45%、10% 至 25% 或任何合适的百分比的波长小于 520nm 的光子。与不存在接合点 170 的吸收层相比,吸收层 132 可以多吸收至少 10% 的蓝光。

[0030] 吸收层 132 包括的掺杂剂的量足以提高光伏电池吸收光子的效率,这可以引起更高的电能输出。在吸收层 132 中可以包括任何合适的掺杂剂,任何合适的掺杂剂包括硅、锗、氯、钠或任何其他合适的掺杂剂。掺杂剂材料可以以任何合适的量包括在吸收层 132 中。例如,掺杂剂材料可以以  $10^{15}$  至  $10^{18}$  个原子/cm<sup>3</sup> 或者  $10^{16}$  至  $10^{17}$  个原子/cm<sup>3</sup> 的范围或者任何其他合适的范围或值的浓度存在。

[0031] 参照图 3,扫描电子显微镜(SEM)图像示出了不连续性增加且厚度减小的硫化镉窗口层。CdS 厚度的减小可以提高光的蓝色光谱中的量子效率,并因此提高太阳能电池的  $J_{sc}$  (短路电流密度)。由于可以使用更少的硫化镉或其他窗口层材料,所以该新型装置设计实现了生产成本的降低,并且实现了太阳能电池的量子效率和转换效率的全部提高。

[0032] 与对照组相比,窗口层的厚度减小的光伏装置的效率可以提高大约 6 个百分点,短路电流( $I_{sc}$ )增大 8 个百分点。半导体窗口层的等效均匀厚度可以小于 2500 埃,例如,在 200 埃至 2500 埃的范围内。半导体窗口层的等效均匀厚度可以小于 1200 埃,例如,在 150 埃至 1200 埃或者 400 埃至 1200 埃的范围内。半导体窗口层的等效均匀厚度可以小于 750 埃,例如,在 150 埃至 500 埃的范围内、在 200 埃至 400 埃的范围内、在 300 埃至 350 埃的范围内或者是任何其他合适的厚度。

[0033] 在一些实施例中,通过掺杂吸收层来有目的地改变窗口层的形态,可以提薄膜光

伏装置的转换效率。通过用掺杂剂掺杂吸收层并使掺杂剂扩散到吸收层 / 窗口层界面以使窗口层部分流走,可以实现半导体窗口层的微结构从连续向不规则或多斑点的改变。半导体窗口层的消耗可以导致 TCO 与吸收层之间的接合点,允许更多的能量高于半导体窗口层材料的带隙的光子被吸收。掺杂剂向 p-n 异质界面的扩散是使 TCO/ 吸收层接合点电钝化来维持  $V_{oc}$  所必须的。

[0034] 载流子收集效率的提高和 / 或开路电阻的减小导致更高的填充系数。掺杂剂可以包括硅。掺杂剂可以包括氯。掺杂剂也可以是与窗口材料反应并使窗口材料流动的已知的任何合适的元素。掺杂半导体吸收层的步骤可以包括掺杂半导体吸收层,使掺杂剂浓度在  $10^{15}$  至  $10^{18}$  个原子 /  $\text{cm}^3$  或者  $10^{16}$  至  $10^{17}$  个原子 /  $\text{cm}^3$  的范围内或者是任何其他合适的范围或值。可以通过在气相传输沉积或封闭空间升华系统中注入粉体来掺杂吸收层。粉体可以包括混合的 CdTe 粉体和硅粉体。掺杂剂与吸收层之比可以达到 10000ppma, 或者可以是 200 至 2000ppma, 或者可以是任何合适的比。

[0035] 在一些实施例中,吸收层中的期望的掺杂剂深度分布类型可以是深入吸收层的掺杂剂堆积。吸收层的厚度可以在 0.5 微米至 7 微米的范围内。吸收层的厚度可以为大约 2.6 微米。吸收层的远离窗口层的部分中的掺杂剂浓度可以在  $5 \times 10^{16}$  至  $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  的范围内。吸收层的靠近窗口层的部分中的掺杂剂浓度可以在  $10^{17}$  至  $10^{19} \text{cm}^{-3}$  的范围内。接下来的退火工艺可以促进掺杂剂的扩散以及掺杂剂在 CdS 层附近的积累。退火温度可以是任何合适的温度或范围。例如,退火温度可以在 300 至 500 摄氏度的范围内。退火温度可以在 400 至 450 摄氏度的范围内。可以在合适的环境下执行退火。例如,可以在氯化镉 ( $\text{CdCl}_2$ ) 环境下执行退火。

[0036] 吸收层掺杂对量子效率 (QE) 的影响可以是清楚的。在具有掺杂吸收层的电池中,蓝光 (400-500nm) 和红光 (600-750nm) 吸收的改善是明显的。在具有掺杂吸收层的光伏装置和对照组中,沉积 CdS 窗口层的厚度相同。蓝光吸收可以有相当大的最大的提高 (达 30%), 而红光吸收可以至多提高 5%。这些数值都取决于 CdTe 吸收层中的硅浓度。源于由 Si 掺杂 CdTe 吸收层的影响对 CdS 窗口层所带来的结构改变,装置的短路电流 ( $I_{sc}$ ) 和效率可以提高。

[0037] 参照图 4,扫描电子显微镜 (SEM) 图像示出了不连续性增加且厚度减小的 CdS 窗口层。可以看出,利用随着更多的硅掺杂剂被包含在吸收层中而形成的 TCO/ 吸收层接合点, CdS 窗口层的微结构可以从连续改变成不规则或多斑点。通过实验, TCO/ 吸收层接合点的数量最高的样品对蓝光最敏感并且具有最高的硅吸收量。在具有掺杂吸收层的光伏装置和对照组中,沉积的 CdS 窗口层的厚度相同。尽管 TCO/ 吸收层接合点较多,但具有高短路电流 ( $I_{sc}$ ) 的装置仍可以维持合理的开路电压 ( $V_{oc}$ )。硅掺杂剂的作用不仅在于使窗口层的部分区域开口,还在于使异质界面钝化。由于载流子收集效率的提高和 / 或开路电阻的减小,使得填充系数更高,所以短路电流 ( $I_{sc}$ ) 高的装置的填充系数 (FF) 可以是高的。

[0038] 已描述了本发明的若干实施例。然而,将理解的是,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可以做出各种变型。还应该理解的是,附图不必按规定比例,附图呈现了示出本发明基本原理的各种优选特征的稍微简化的代表。

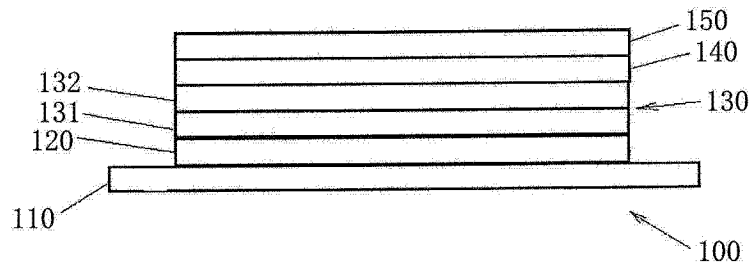


图 1

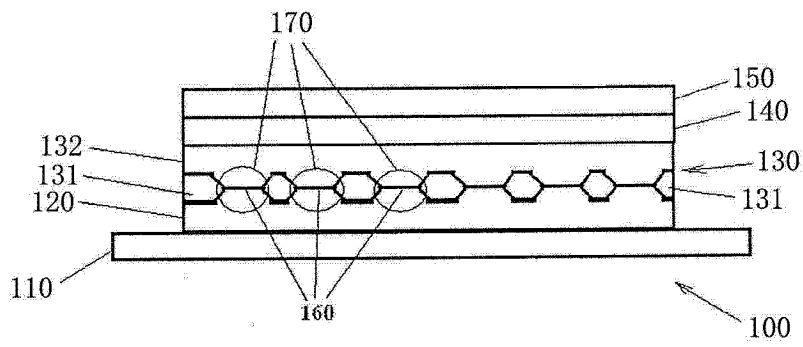


图 2

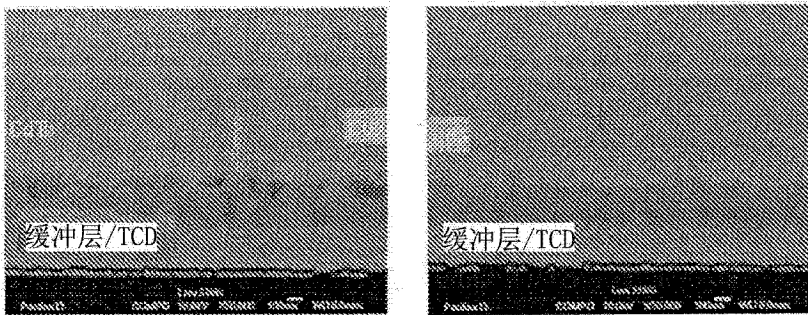


图 3

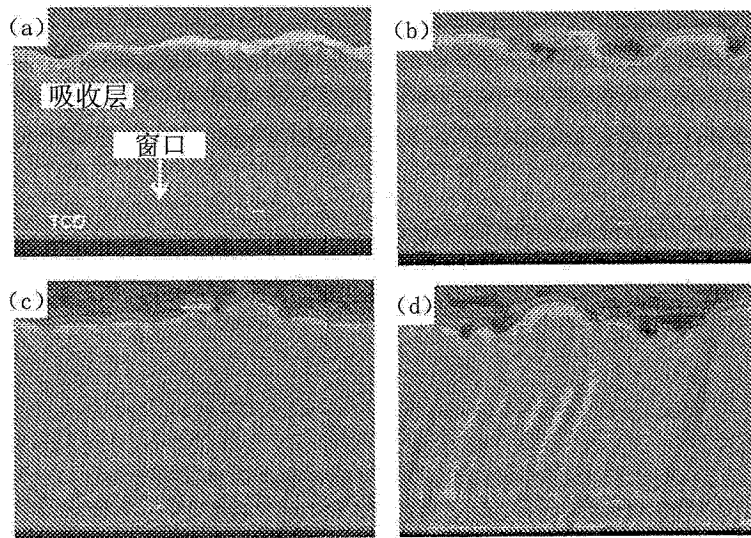


图 4