



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104205355 A

(43) 申请公布日 2014. 12. 10

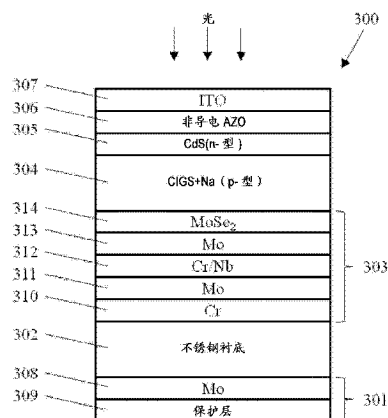
(21) 申请号 201380013616. 6
 (22) 申请日 2013. 01. 16
 (30) 优先权数据
 61/588, 611 2012. 01. 19 US
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日
 2014. 09. 11
 (86) PCT国际申请的申请数据
 PCT/US2013/021770 2013. 01. 16
 (87) PCT国际申请的公布数据
 W02013/109646 EN 2013. 07. 25
 (71) 申请人 纳沃萨恩公司
 地址 美国加利福尼亚州
 (72) 发明人 D·R·霍拉斯
 (74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所
 11256
 代理人 吴亦华

(51) Int. Cl.
H01L 31/042 (2014. 01)
H01L 31/0216 (2014. 01)
H01L 31/0749 (2012. 01)
H01L 31/18 (2006. 01)

权利要求书3页 说明书13页 附图4页

(54) 发明名称
 光伏电池的保护涂层

(57) 摘要
 光伏电池包含保护层、与所述保护层相邻的衬底、和与所述衬底相邻的阻挡层。所述保护层可以包含铌、或金属碳化物、金属硼化物、金属氮化物或金属硅化物。所述阻挡层可包含导电材料。所述光伏电池还包含与所述阻挡层相邻的吸收体层。所述吸收体层在有些情况下包含二硒化铜铟镓 (CIGS)。所述光伏电池还包含与所述吸收体层相邻的光学透明窗口层, 和与所述窗口层相邻的非导电氧化铝锌 (AZO) 层。透明氧化物层与所述 AZO 层相邻布置。



1. 光伏电池,其包含:
包含铌或钽的第一层;
与所述第一层相邻的第二层,其中所述第二层包含导电材料;
与所述第二层相邻的衬底;
与所述衬底相邻的吸收体,其中所述吸收体包含在暴露于电磁辐射时产生电子/空穴对的光活性材料;和
与所述吸收体相邻的透明窗口层。
2. 权利要求 1 的光伏电池,其还包含与所述窗口层相邻的非导电金属氧化物层。
3. 权利要求 2 的光伏电池,其还包含与所述非导电金属氧化物层相邻的透明金属氧化物层。
4. 权利要求 1 的光伏电池,其中所述窗口层包含镉和硫。
5. 权利要求 1 的光伏电池,其中所述窗口层是 n- 型的。
6. 权利要求 1 的光伏电池,其中所述吸收体包含二硒化铜铟镓。
7. 权利要求 6 的光伏电池,其中所述 CIGS 是 p- 型的。
8. 权利要求 1 的光伏电池,其中所述吸收体还包含钠。
9. 权利要求 1 的光伏电池,其中所述衬底包含不锈钢或铝。
10. 权利要求 1 的光伏电池,其还包含在所述衬底和所述吸收体之间的阻挡层,其中所述阻挡层由导电材料形成。
11. 权利要求 10 的光伏电池,其中所述阻挡层包含铬或钛。
12. 权利要求 11 的光伏电池,其还在所述阻挡层和所述吸收体之间包含与所述阻挡层相邻的钼层,与所述钼层相邻的铬或铌层,和与所述铬或铌层相邻的钼层。
13. 权利要求 1 的光伏电池,其中所述第一层基本上不含钼。
14. 权利要求 1 的光伏电池,其中所述第二层包含钼和铬中的至少一种。
15. 权利要求 1 的光伏电池,其中所述第一层还包含硒或硫。
16. 形成光伏电池的方法,所述方法包括:
 - (a) 在反应空间中提供包含第一层的衬底,其中所述衬底包含正面和与所述正面背离地布置的背面,并且其中所述第一层包含铜和铟;
 - (b) 将所述第一层与硒或硫源接触,从而将所述第一层转变成吸收体层,所述吸收体层被构造成在暴露于电磁辐射时产生电子/空穴对;其中在将所述第一层与所述硒或硫源接触之前,形成与所述衬底的所述背面相邻的包含铌或钽的第二层,和
其中在所述第二层和所述衬底之间形成包含钼或钨的第三层。
17. 权利要求 16 的方法,其中,在 (a) 中,所述第一层还包含镓,并且其中,在 (b) 中,
 - (i) 所述衬底和所述第一层与所述硒源接触,和
 - (ii) 所述吸收体层包含二硒化铜铟镓。
18. 权利要求 16 的方法,其中,在 (b) 中,
 - (i) 所述衬底和所述第一层与所述硫源接触,和
 - (ii) 所述吸收体层包含硫化铜铟。
19. 权利要求 16 的方法,其中在 (b) 之前,形成与所述背面相邻的所述第二层。
20. 权利要求 16 的方法,其中所述第二层基本上不含钼。
21. 权利要求 16 的方法,其还包含形成与所述吸收体层相邻的窗口层。

22. 权利要求 21 的方法,其还包含形成与所述窗口层相邻的非导电金属氧化物层。
23. 权利要求 22 的方法,其还包含形成与所述非导电金属氧化物层相邻的透明金属氧化物层。
24. 权利要求 21 的方法,其中所述窗口层包含镉和硫。
25. 权利要求 21 的方法,其中所述窗口层是 n- 型的。
26. 权利要求 16 的方法,其中所述 CIGS 是 p- 型的。
27. 权利要求 16 的方法,其中所述吸收体层还包含钠。
28. 权利要求 16 的方法,其中所述衬底包含不锈钢或铝。
29. 权利要求 16 的方法,其还包含在形成所述第一层之前,形成与所述衬底相邻的阻挡层。
30. 权利要求 29 的方法,其中所述阻挡层包含铬或钛。
31. 权利要求 29 的方法,其还包含形成与所述阻挡层相邻的钼层、与所述钼层相邻的铬或铌层、和与所述铬或铌层相邻的钼层。
32. 权利要求 29 的方法,其还包含形成与所述阻挡层相邻的另一个阻挡层,其中所述另一个阻挡层包含钼或铌。
33. 权利要求 29 的方法,其还包含形成与所述衬底的所述背面相邻的第三层,所述第三层包含钼和铬中的至少一种,和形成与所述第三层相邻的所述第二层。
34. 权利要求 16 的方法,其中形成所述第一层进一步包括将所述衬底暴露于铜源、镉源和镓源。
35. 权利要求 16 的方法,其中所述第三层在所述第二层之前形成。
36. 权利要求 35 的方法,其还包含,在 (a) 和 (b) 之间,将所述第三层与铌源接触以形成与所述第三层相邻的包含铌的所述第二层。
37. 权利要求 16 的方法,其中 (a) 还包含形成与所述衬底的所述正面相邻的所述第一层。
38. 权利要求 16 的方法,其中所述第一层与所述硒或硫源接触将硒或硫沉积在所述第二层中。
39. 光伏电池,其包含:
 - 保护层,其中所述保护层包含导电材料;
 - 与所述保护层相邻的衬底;
 - 与所述衬底相邻的阻挡层,其中所述阻挡层由导电材料形成;
 - 与所述一个或多个导电层相邻的吸收体层,其中所述吸收体层包含铜和镉,并且其中所述吸收体层被构造成在所述吸收体层暴露于电磁辐射时产生电子 / 空穴对;
 - 与所述吸收体层相邻的光学透明窗口层;
 - 与所述窗口层相邻的非导电金属氧化物层;和
 - 与所述非导电金属氧化物层相邻的透明金属氧化物层。
40. 权利要求 39 的光伏电池,其中所述保护层包含金属碳化物、金属硼化物、金属硅化物或金属氮化物中的一种或多种。
41. 权利要求 39 的光伏电池,其中所述保护层包含钛、钨和钼中的一种或多种。
42. 权利要求 41 的光伏电池,其中所述保护层包含二硼化钛、碳化钨、氮化钛和二硅化

钼中的一种或多种。

43. 权利要求 39 的光伏电池,其中所述窗口层包含镉和硫。
44. 权利要求 39 的光伏电池,其中所述窗口层包含锌和硫。
45. 权利要求 39 的光伏电池,其中所述窗口层是 n- 型的。
46. 权利要求 39 的光伏电池,其中所述吸收体是 p- 型的。
47. 权利要求 39 的光伏电池,其中所述吸收体包含二硒化铜铟镓。
48. 权利要求 39 的光伏电池,其中所述吸收体层还包含钠。
49. 权利要求 39 的光伏电池,其中所述保护层与硒基本上不反应。
50. 权利要求 39 的光伏电池,其中所述衬底包含不锈钢或铝。
51. 权利要求 39 的光伏电池,其还包含在所述保护层和所述衬底之间的粘附促进层,其中所述粘附促进层被构造成促进所述保护层和所述衬底之间的粘附。
52. 权利要求 51 的光伏电池,其中所述粘附促进层包含铬、钛和钼中的一种或多种。
53. 权利要求 39 的光伏电池,其中所述阻挡层包含铬或钛。
54. 权利要求 53 的光伏电池,其还在所述阻挡层和所述吸收体层之间包含与所述阻挡层相邻的钼层、与所述钼层相邻的铬或铌层、和与所述铬或铌层相邻的钼层。
55. 权利要求 39 的光伏电池,其还包含与所述阻挡层相邻的另一个阻挡层,其中所述另一个阻挡层包含钼或铌。
56. 权利要求 39 的光伏电池,其中所述吸收体层包含多个光活性材料层。
57. 权利要求 39 的光伏电池,其中所述非导电层包含氧化铝锌。
58. 权利要求 39 的光伏电池,其中所述透明金属氧化物层包含氧化锌。

光伏电池的保护涂层

[0001] 交叉引用

[0002] 本申请要求 2012 年 1 月 19 日提交的美国临时专利申请 No. 61/588, 611 的优先权, 所述申请全部通过引用并入本文中。

背景技术

[0003] 利用二硒化铜铟镓 (CIGS)、二硒化铜铟 (CIS)、碲化镉以及使用硒、硫和碲的所有其相关化合物的薄膜太阳能 (或光伏) 电池通常通过高温 (大约 400°C 到 600°C) 生长或退火阶段来形成所述材料。当这些材料沉积到柔性金属箔—例如不锈钢上时, 衬底的任何裸露区域在热的环境下可被硒、硫或碲迅速侵袭。如果任其无保护, 在不锈钢上可形成反应产物例如硒化、硫化或碲化铁。这些化合物既是电绝缘的又具有差的粘附。通常它们将像化学类似化合物的锈蚀那样剥落, 造成太阳能电池中潜在的缺陷。难熔金属 (元素周期表中的 IVB、VB 和 VIB 列) 经常用作保护涂层。然而, 在大多数 CIGS 太阳能电池中用作背电极的钼, 如果用作背面保护涂层的话, 在所述过程的高温阶段中形成一些反应性产物。这种效应的不希望的方面是所述电池的背面变成被不充分导电的副产物覆盖, 即使由于可减少所述铁反应产物而使得碎屑形成通常得以改善。

[0004] 利用沉积在柔性金属箔上的薄膜太阳电池制造太阳能组件的常见方法包括形成与所述金属衬底背面的电接触。如果所述箔的背面因在高温过程期间形成的绝缘层而造成差导电性的话, 这变得更困难。虽然物理磨蚀 (例如机械抛光) 可用于清除掉所述反应产物, 但必须特别小心从而不会在额外的和不期望的制造步骤中损伤新形成的太阳能电池。例如, 物理磨蚀可以引起对太阳能电池的应力, 这可能引入机械缺陷。另外, 干净的不锈钢表面 (其开始是导电性的) 可能随时间形成氧化物表面层, 其将增加互连的电阻并最终降低所述组件的功率输出。

发明内容

[0005] 本文中认识到需要具有允许太阳能 (或光伏) 电池的背面在高温处理 (例如在硒和 / 或硫环境中) 之后保持完整和导电性的性质的涂层。

[0006] 本公开提供了在衬底、例如柔性金属箔衬底上形成薄膜光伏电池的方法和系统。本公开的方法可用于形成高温保护涂层以保护金属衬底防止在形成光伏 (或太阳能) 电池的吸收体层期间与硒和 / 或硫反应。

[0007] 本公开提供了用于沉积在金属箔上的太阳能电池背面的涂层, 所述涂层在高温暴露于硒、硫或碲之后保持粘附。本公开还提供了用于沉积在金属箔上的太阳能电池背面的涂层, 所述涂层在高温暴露于硒、硫或碲之后保持导电性。在一些情况中, 涂层材料可通过磁控溅射施加。

[0008] 本公开的一个方面提供了光伏 (PV) 电池, 其包含含有铌或钼的第一层, 和与所述第一层相邻的第二层, 其中所述第二层包含导电材料。所述 PV 电池还包含与所述第二层相邻的衬底, 和与所述衬底相邻的吸收体。所述吸收体可由光活性材料形成, 其被构造在所

述吸收体暴露于电磁辐射时产生电子 / 空穴对。所述吸收体可包括一个或多个吸收体层。所述 PV 电池还包含与所述吸收体层相邻的透明窗口层。在一些例子中,所述第一层可包含铌和钽。所述第一层可包含硒和 / 或硫。在一个例子中,所述第一层基本上不含钼。

[0009] 本公开的另一个方面提供了形成光伏电池的方法,所述方法包括 (a) 在反应空间中提供包含第一层的衬底,其中所述衬底包含正面和与所述正面背离地布置的背面,并且其中所述第一层包含铜和铟,和 (b) 使所述第一层与硒或硫源接触,从而将所述第一层转变成吸收体层,所述吸收体层可被构造成在暴露于电磁辐射时产生电子 / 空穴对。在使所述第一层与所述硒或硫源接触之前,形成与所述衬底的背面相邻的包含铌或钽的第二层。在所述第二层和所述衬底之间形成包含钼或钨的第三层。

[0010] 本公开的另一个方面提供了包含保护层和与所述保护层相邻的衬底的光伏电池,所述保护层包含导电材料。所述 PV 电池还包含与所述衬底相邻的阻挡层。所述阻挡层可以由导电材料形成。所述 PV 电池还包含与所述一个或多个导电层相邻的吸收体 (例如一个或多个吸收体层)。所述吸收体可包含铜和铟。所述吸收体可被构造成在所述吸收体暴露于电磁辐射时产生电子 / 空穴对。光学透明的窗口层可与所述吸收体层相邻布置。所述 PV 电池还可包含与所述窗口层相邻的非导电金属氧化物层,和与所述非导电金属氧化物层相邻的透明金属氧化物层。

[0011] 根据下面的详细说明,本公开的其他方面和优点对本领域技术人员将变得很容易明白,所述详细说明中只显示和描述了本公开的说明性实施方式。正如将认识到的,本公开能够有其他的和不同的实施方式,并且它的若干细节能够在各种显而易见的方面加以修改,它们全都没有背离本公开。因此,附图和说明书本质上被认为是说明性的,而不被认为是限制性的。

[0012] 通过引用并入

[0013] 本说明书中提到的所有出版物、专利和专利申请在此通过引用并入,其程度如同专门并且分别地指出各个单独的出版物、专利或专利申请通过引用并入一样。

附图说明

[0014] 本发明的新特征在所附权利要求中详细阐明。通过参考下面阐述利用本发明原理的说明性实施方式的详细说明以及附图,将获得对本发明的特征和优点的更好理解,在所述附图中:

[0015] 图 1 是根据本公开的各种实施方式的光伏电池的示意性横截面侧视图,所述光伏电池包含在金属箔衬底上形成的吸收体和与所述衬底相邻的背面涂层;

[0016] 图 2 是根据本公开的各种实施方式的光伏电池的示意性横截面侧视图,所述光伏电池包含沉积在金属箔衬底上的吸收体层、与所述衬底相邻的粘附促进层、和与所述粘附促进层相邻的背面涂层;

[0017] 图 3 示意性地示出了根据本公开的各种实施方式的光伏电池;

[0018] 图 4 示意性地示出了根据本公开的各种实施方式包含至少两个光伏电池的光伏组件;和

[0019] 图 5 示意性地示出了形成光伏电池的系统。

具体实施方式

[0020] 虽然本文中显示和描述了本公开的发明的各种实施方式,但对本领域技术人员显而易见的是,这样的实施方式只作为例子提供。本领域技术人员可以在不背离本发明下想到许多变更、改变和替代。应该理解,在实践本文中阐述的任何一种发明中,可以使用本文中描述的本发明实施方式的各种可替代方案。

[0021] 术语“光伏电池”或“太阳能电池”在本文中使用时是指固态电气装置,其具有通过光伏(PV)效应将电磁辐射(或光)的能量转变成电的活性材料(或吸收体)。

[0022] 术语“吸收体”在本文中使用时,通常是指在暴露于电磁辐射时通过光伏(PV)效应将电磁辐射的能量转变为电的光活性材料。吸收体可被构造成在选定波长的光下产生电。吸收体层可被构造成产生电子和空穴对。在暴露于光时,吸收体可产生电子/空穴对。吸收体的例子包括但不限于,二硒化铜钢镓(CIGS)和二硒化铜钢(CIS)。

[0023] 术语“光伏组件”或“太阳能组件”在本文中使用时是指封装的一个或多个PV电池的阵列。PV组件(本文中也称为“组件”)可用作大型光伏系统的部件以发电和供电,例如在商业和住宅应用中。PV组件可包括具有一个或多个PV电池的支承结构。在一些实施方式中,PV组件包括多个PV电池,它们可以是互连的,例如,在互连器的帮助下串联。PV阵列可以包含多个PV组件。

[0024] 术语“n-型”在本文中使用时通常是指用n-型掺杂剂化学掺杂(“掺杂”)的材料。例如,硅可以利用磷或砷进行n-型掺杂。

[0025] 术语“p-型”在本文中使用时通常是指用p-型掺杂剂掺杂的材料。例如,硅可以利用硼或铝进行p-型掺杂。

[0026] 术语“层”在本文中使用时通常是指在衬底上的原子或分子层。在有些情况下,层包括外延层或多个外延层。层可以包括膜或薄膜。在有些情况下,层是起到预定的器件功能的器件(例如发光二极管)的结构部件,例如被构造成产生(或发射)光的活性层。层通常具有从约一个单层(ML)到数十单层、数百单层、数千单层、数百万单层、数十亿单层、数万亿单层或更多的厚度。在一个例子中,层是厚度大于一个单层的多层结构。另外,层可以包括多个材料层(或亚层)。在一个例子中,多量子阱活性层包括多个阱和阻挡层。层可以包括多个亚层。例如,活性层可以包括阻挡亚层和阱亚层。

[0027] 术语“衬底”在本文中使用时通常是指其上需要形成层、膜或薄膜的任何工件。衬底包括但不限于,硅、锗、二氧化硅、蓝宝石、氧化锌、碳(例如石墨烯)、SiC、AlN、GaN、尖晶石、涂层硅、氧化物载硅(silicon on oxide)、氧化物载碳化硅(silicon carbide on oxide)、玻璃、氮化镓、氮化铟、二氧化钛和氮化铝、陶瓷材料(例如,氧化铝,AlN)、金属材料(例如不锈钢,钨,钛,铜,铝),及其组合(或合金)。

[0028] 术语“相邻”或“与...相邻”在本文中使用时包括‘紧挨着’、‘邻接’、‘与...接触’、和‘接近于’。在有些情况下,相邻的部件被一个或多个居间层彼此隔开。例如,所述一个或多个居间层可以具有小于约10微米、1微米、500纳米(“nm”)、100nm、50nm、10nm、1nm或更小的厚度。在一个例子中,当第一层与第二层直接接触时,所述第一层与所述第二层相邻。在另一个例子中,当第一层与第二层被第三层隔开时,所述第一层与所述第二层相邻。

[0029] 术语“反应空间”在本文中使用时,通常是指适合于沉积与衬底相邻的材料层、膜或薄膜、或者测量所述材料层、膜或薄膜的物理特性的任何环境。反应空间可以包括材料源

或者与材料源流体连接。在一个例子中,反应空间包括反应室(本文中也称为“室”)。在另一个例子中,反应空间包括具有多个室的系统中的室。反应空间可以包括具有多个流体隔离的室的系统中的室。形成光伏电池的系统可以包括多个反应空间。反应空间可以彼此流体隔离。一些反应空间可适合于对衬底或者与所述衬底相邻形成的层、膜或薄膜进行测量。

[0030] 本公开提供了用于形成光伏电池(本文中也称为“太阳能电池”)的系统和方法。光伏电池可以彼此电连接以形成光伏组件,所述组件可以安装在太阳能系统中。光伏电池和组件可适于在暴露于电磁辐射(或光)时发电。

[0031] 二硒化铜铟镓(CIGS)光伏电池可以通过沉积与衬底的正面相邻的包含铜、铟和镓的层(CIG),并将所述层与硒源接触以产生CIGS而形成。所述衬底可在衬底的背面包括钼层。所述钼层可用于将一个光伏电池与另一个电偶联,以形成光伏组件。

[0032] 在有些情况下,已经认识到使所述衬底和所述CIG层与所述硒源接触引起硒与所述钼层反应,产生可具有降低的导电性的材料并且可能不是优选的。本公开提供了用于形成背面接触的系统和方法,所述背面接触在暴露于硒之后保持导电性。

[0033] 具有保护层的光伏电池

[0034] 本公开的一个方面提供了光伏电池,其包含衬底、与所述衬底相邻的至少一个阻挡层、和与所述阻挡层相邻的吸收体层。所述阻挡层可以由导电材料形成。所述吸收体层可包含二硒化铜铟镓(CIGS)或二硒化铜铟(CIS)。所述吸收体层被构造成在暴露于电磁辐射时产生电子/空穴对。

[0035] 所述吸收体层还可包含I族材料,例如化学掺杂剂。在一些例子中,所述吸收体层还包含钠。

[0036] 所述阻挡层可帮助在光伏电池的加工期间最小化衬底的材料迁移到吸收体层中。这样的迁移可能不是优选的,因为它可不利地影响所述吸收体层的带隙。例如,在有些情况下,所述衬底是包含铬和铁的不锈钢衬底,并且所述阻挡层被构造成在所述衬底和所述吸收体层之间提供导电性并最小化铁和铬从所述衬底迁移到所述吸收体层中。所述阻挡层可与所述衬底的正面相邻形成,所述正面是在所述光伏电池使用期间面向入射电磁辐射的侧面。

[0037] 所述阻挡层可由铬或钛形成。在有些情况下,所述光伏电池在所述衬底和所述吸收体层之间包含多个阻挡层(即,阻挡层叠层)。所述阻挡层叠层可包括交替的材料层,例如交替的铬和钼层、交替的铌和钼层、交替的钛和钼层、或其组合。例如,所述光伏电池在所述衬底和所述吸收体层之间可包括铬或钛层、与所述铬或钛层相邻的钼层、与所述钼层相邻的铬或铌层、和与所述铬或铌层相邻的钼层。在有些情况下,在形成与所述阻挡层叠层相邻的吸收体层期间,来自所述吸收体层的硒可与所述阻挡层叠层成为合金,例如,形成含钼和硒的层(例如,MoSe₂)。

[0038] 此外或作为替代,所述阻挡层可将直接透过所述吸收体层的电磁辐射反射回到所述吸收体层中。所述阻挡层可以是反射体层或反射体叠层(如果使用多个层)以将电磁辐射反射到所述吸收体层中。在有些情况下,阻挡层和反射体层提供在所述衬底和所述吸收体层之间。在一个例子中,所述阻挡层与所述衬底相邻布置,而所述反射体层布置在所述阻挡层和所述吸收体层之间。在另一个例子中,所述反射体层与所述衬底相邻布置,而所述阻

挡层布置在所述反射体层和所述吸收体层之间。

[0039] 保护层可提供为与所述光伏电池的背面相邻。所述保护层可包含导电材料。所述保护层可对硒和 / 或硫基本上无反应性。因此,在有些情况下,在所述保护层暴露于硒或硫源时,硒或硫不明显吸附在所述保护层上和 / 或扩散到所述保护层中。在一些情况中,所述保护层可包含金属碳化物、金属硼化物、金属硅化物或金属氮化物中的一种或多种。在一些例子中,所述保护层包含钛、钨、钼和锆中的一种或多种。在有些情况下,所述保护层包含二硼化钛、碳化钨、氮化钛和二硅化钼中的一种或多种。

[0040] 作为一种替代,所述保护层可包含在与硒或硫反应时形成具有导电性的材料,所述具有导电性的材料适合于提供通向所述衬底的电流通路。在一些情况中,选择所述材料以使得在所述材料与硒或硫反应时,所述材料不会变成电绝缘的或半导体性的。在一些例子中,所述保护层包含铌。铌与硒或硫的反应提供了可具有导电性的材料,所述材料可适合用作光伏电池的背电极。在一个例子中,所述保护层与硒反应以形成硒化铌,例如 NbSe_y , 其中“y”是大于零的数。在其他例子中,所述保护层包含钽。在这种情况下,所述保护层可与钽反应以形成例如 TaSe_y , 其中“y”是大于零的数。在有些情况下,例如在较低的温度下,铌不会与硒或硫明显反应。在这样的情况下,包含铌的保护层可以基本上不含硒或硫。

[0041] 所述保护层在有些情况下不含钼。在一些例子中,所述保护层的钼含量小于约 20%、15%、10%、5%、4%、3%、2%、1%、0.1%、0.01%、0.001%、0.0001%、0.00001% 或更少。在有些情况下,所述保护层不含钨。在一些例子中,所述保护层的钨含量小于约 20%、15%、10%、5%、4%、3%、2%、1%、0.1%、0.01%、0.001%、0.0001%、0.00001% 或更少。所述钼或钨含量可通过测量所述保护层的给定面积或体积中钼或钨原子数、并将所述钼或钨原子数除以所述保护层的给定面积或体积中的原子总数来估算。这可以借助于各种分光技术、例如 x-射线光电子分光术 (XPS) 完成。

[0042] 在有些情况下,所述保护层包含铌及硒和 / 或硫。所述保护层可在所述保护层的外部分包含硒和 / 或硫。在一些例子中,所述保护层的硒和 / 或硫含量为至少约 0.01 单层 (ML)、0.1ML、0.2ML、0.3ML、0.4ML、0.5ML、0.6ML、0.7ML、0.8ML、0.9ML、1.0ML、2ML、3ML、4ML、5ML、10ML、100ML 或 1000ML。所述硒和 / 或硫含量可以用 XPS 测量。在有些情况下,所述保护层具有约 10 纳米 (nm) 到 500nm 的厚度。

[0043] 在有些情况下,所述保护层包含铌并且不含钼、钨、或钼和钨二者。包含铌的保护层的钼和 / 或钨含量可小于 20%、15%、10%、5%、4%、3%、2%、1%、0.1%、0.01%、0.001%、0.0001%、0.00001%、或更低。在一些例子中,所述保护层包含铌并且基本上不含钼、钨、或钼和钨二者。

[0044] 所述保护层可以用于将一个光伏电池与另一个光伏电池电连接 (参见,例如如图 4)。所述保护层可使得在一个光伏电池的背面与相邻光伏电池的正面之间形成电接触,从而提供光伏组件。

[0045] 所述保护层可具有适合于用作光伏电池的背电极的导电性。所述保护层可具有高电导率 (或低电阻率)。在一些例子中,所述保护层在 25°C 下具有从约 0.1mΩ cm 至 0.6mΩ cm 的电阻率。例如,铌和硒 (例如 NbSe_2) 层在 25°C 下可具有约 0.35mΩ cm 的电阻率。作为另一个例子,钽和硒 (例如 TaSe_2) 层在 25°C 下具有约 0.40mΩ cm 的电阻率。

[0046] 所述光伏电池还可在所述保护层和所述衬底之间包含粘附促进（本文中也称为“粘附”）层。所述粘附促进层可被构造成促进所述保护层和所述衬底之间的粘附。在一些例子中，所述粘附促进层包含铬、钛和钼中的一种或多种。

[0047] 所述光伏电池还可包含与所述吸收体层相邻的光学透明窗口层。所述窗口层可用 n- 型化学掺杂剂掺杂。所述吸收体层和窗口层可以相反地掺杂为 n- 型和 p- 型。在一个例子中，所述吸收体层是 p- 型的而所述窗口层是 n- 型的，并且所述吸收体层和窗口层形成 p-n 结。所述窗口层可包含镉或锌。在一个例子中，所述窗口层由镉和硫形成。在另一个例子中，所述窗口层由硫化锌形成。所述窗口层可以是对电磁辐射光学透明的。

[0048] 所述光伏电池还可以包含与所述窗口层相邻的非导电氧化物层、和与所述非导电氧化物层相邻的透明氧化物层。所述非导电氧化物层可包含非导电金属氧化物。所述非导电氧化物层可以是透明的。所述透明氧化物层可以是金属氧化物层。在一个例子中，所述非导电氧化物层由氧化铝锌 (AZO) 形成。在一些例子中，所述非导电氧化物层可以具有从约 $1 \Omega \text{ cm}$ 至 $4 \Omega \text{ cm}$ 的电阻率。在一个例子中，所述透明氧化物层可包含氧化铟锡 (ITO)。所述透明氧化物层可帮助提供与所述吸收体的电连接。所述透明氧化物层可以是导电的。在一些例子中，所述透明金属氧化物层可具有小于约 $1 \Omega \text{ cm}$ 、 $0.1 \Omega \text{ cm}$ 、 $0.01 \Omega \text{ cm}$ 或 $0.001 \Omega \text{ cm}$ 的电阻率。

[0049] 作为所述非导电氧化物层的替代，可以使用任何非导电和透明的材料。作为所述透明氧化物层的替代，可以使用任何导电和透明的材料。

[0050] 所述光伏电池可包含与所述衬底的背面电接触的第一电极和与所述吸收体层通过与所述吸收体层相邻布置的层例如所述透明氧化物层发生电接触的第二电极。在一个例子中，所述第一电极与所述保护层接触而所述第二电极与所述透明氧化物层接触。

[0051] 所述衬底可包括不锈钢、铝或钛。在一些例子中，所述衬底包含不锈钢，所述不锈钢可包含铬和铁。所述衬底可以是导电衬底，例如金属箔衬底。

[0052] 现在将参考所述图。要理解，所述图（和其中的特征）不一定按比例绘制。

[0053] 图 1 示意性地示出了薄膜太阳能电池 100，其包含金属箔衬底 101、吸收体层 102、和保护性背面涂层 103。在太阳能电池 100 运行期间入射光的方向由箭头指示。衬底 101 可以是 400 系列不锈钢，厚度从约 0.0001 到 0.01 英寸，或 0.001 到 0.006 英寸。铝、钛或其他金属箔可代替不锈钢使用。吸收体层 102 可以包含多个光伏材料层，例如，交替的铜、铟、镓和硒层。在一些例子中，CIGS 或 CIS 吸收体层可包括 5 到 6 个单层（或亚层），总厚度从约 0.5 微米 ($\mu \text{ m}$) 至 5 微米。可以选择所述保护性的背面涂层 103 为在高温下抵抗与硒和硫蒸气反应并保持导电性的材料。保护层 103 可以具有从约 10 纳米 (nm) 至 100 微米、50nm 至 10 微米、或 100nm 至 1 微米的厚度。

[0054] 保护层 103 可以由难熔金属形成。保护层 103 可以由导电材料形成。在一些例子中，保护层 103 由硼化物、碳化物、氮化物或硅化物形成。保护层 103 可以由熔点高于吸收体层 102 材料的熔点的材料形成。

[0055] 吸收体层 102 和保护层 103 可以通过气相沉积技术形成。在一些例子中，吸收体层 102 和保护层 103 通过物理气相沉积例如磁控溅射形成。在一些例子中，二硼化钛或碳化钨作为磁控溅射靶材以片形式提供并用于沉积保护层 103。

[0056] 图 2 显示了光伏电池 200，其包含衬底 201、吸收体层 202、保护层 203 和粘附促进

层 204。所述粘附促进层可帮助提高保护层 203 与衬底 201 的粘附。所述粘附促进层可由难熔金属形成,例如选自铬、钛和镍的一种或多种金属。所述粘附促进层 204 可以比保护层 203 薄。

[0057] 图 3 显示了光伏电池 300,其包含背电极 301、衬底 302、阻挡层叠层 303、吸收体 304、窗口层 305、非导电层 306 和导电氧化物层 307。背电极 301 可包含导电材料层 308,例如钼、钛或钨,和与所述层 308 相邻的保护层 309。保护层 309 可以如上文和本文中别处所述。

[0058] 吸收体 304 可包含至少 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、20、30、40、50、100、或 1000 层。所述吸收体可以是 CIS 或 CIGS 吸收体。在一些例子中,吸收体 304 包括有 1、2、3、4、5、6、7、8、9、或 10 个 CIGS 单层的 CIGS 吸收体。吸收体 304(例如硅吸收体)可以包含掺杂剂,例如 n- 型或 p- 型掺杂剂。在一个例子中,所述吸收体(例如硅吸收体)是掺杂的 p- 型。另外,吸收体 304 可以包含碱金属,例如锂、钠、钾、铷或其组合。

[0059] 窗口层 305 可包含镉或锌。窗口层 305 可以是光学透明的(或至少部分透明的),以使得入射的电磁辐射能够与吸收体 304 接触。在一个例子中,窗口层 305 包含硫化镉。在另一个例子中,窗口层 305 包含硫化锌。

[0060] 阻挡层叠层 303 可以包含第一阻挡层 310、第二阻挡层 311、第三阻挡层 312、第四阻挡层 313、和第五阻挡层 314。在有些情况下,阻挡层叠层 303 可以包含更多或更少的层。阻挡层叠层 303 可以包含至少 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、20、30、40、50、100、或 1000 层。阻挡层叠层 303 可被构造成将电磁辐射反射到吸收体 304 中。

[0061] 在一些例子中,第一阻挡层 310 包含铬,第二阻挡层 311 包含钼,第三阻挡层 312 包含铬和 / 或铌,第四阻挡层 313 包含钼,和第五阻挡层 314 包含钼。第五阻挡层 314 可以与来自吸收体 304 的硒或硫成合金,以形成硒化钼(例如 MoSe_2) 或硫化钼(例如 MoS_2) 层。这样的合金化可以发生在加工期间,包括光伏电池 300 的高温处理期间。

[0062] 衬底 302 可以是不锈钢衬底,例如薄的箔片不锈钢衬底。作为一种替代,衬底 302 可以是铝衬底。

[0063] 层 306 可以包含非导电材料,例如氧化铝锌(AZO)、本征氧化锌(例如,富氧的或化学计量的氧化锌)、或氧化锡。层 307 可以包含导电氧化物,例如氧化铟锡或缺氧 AZO。

[0064] 光伏组件可以包含至少 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、20、30、40、50、100、或 1000 个光伏电池。在有些情况下,光伏电池可以彼此串联电连接以形成光伏组件。作为替代或另外地,至少一些光伏电池可以彼此并联电连接。

[0065] 图 4 显示了包含第一光伏电池 401 和第二光伏电池 402 的光伏组件 400。第一光伏电池 401 和第二光伏电池 402 可以如上文和本文中别处所述,例如图 3 的光伏电池 300。第一光伏电池 401 的正面借助于电偶联元件 403 与第二光伏电池 402 的背面电连接。虽然示出了两个光伏电池,但光伏组件 400 可以包含任何数量的光伏电池。用于光伏电池互连的方法和系统描述在专利合作条约(PCT)专利申请 No. PCT/US2011/38887 和 PCT/US2012/068302 中,它们各自通过引用完全并入本文。本公开的光伏组件可以包括 PCT/US2012/020829 中描述的组件的特征,所述文献通过引用完全并入本文。

[0066] 形成光伏电池的方法

[0067] 本公开的另一个方面提供了形成光伏电池的方法。这样的方法可用于形成本公开

的任何光伏电池。

[0068] 形成光伏电池的方法包括在反应空间中提供衬底。所述衬底可以是不锈钢或铝衬底,其借助于卷对卷(roll-to-roll)系统(见下文)引导到反应空间中。所述衬底包括正面和背面,并且所述背面与所述正面背离地布置。接下来,与所述衬底的正面相邻形成第一层。所述第一层可以包含铜和铟。在有些情况下,所述第一层还包含镓。所述第一层可以通过将衬底或与所述衬底相邻的一个或多个层(例如阻挡层叠层)暴露于铜、铟和(在有些情况下)镓的蒸气源而形成。在一些例子中,借助于一种或多种磁控溅射系统提供所述蒸气源。例如,包含铜靶材的磁控溅射系统可以用于提供铜源,包含铟靶材的磁控溅射系统可以用于提供铟源,和在有些情况下,包含镓靶材的磁控溅射系统可以用于提供镓源。可以用于本公开的方法的磁控溅射系统描述在 PCT/US2011/30793 和 PCT/US2012/050418 中,所述文献各自通过引用完全并入本文。

[0069] 接下来,所述第一层与硒或硫源接触以将第一层转变为吸收体层(例如 CIGS, CIS)。所述第一层可以在相同的反应空间或不同的反应空间中与硒或硫源接触。在有些情况下,所述衬底也与硒或硫源接触。例如,硒源可以从气态源(例如, H₂Se 或二乙基硒)提供。作为另一个例子,硒源可以从蒸发性源(例如硒丸(selenium pellet))提供。硫可以借助于气相硫源例如 H₂S 提供。在所述第一层与硫或硒接触时,所述衬底和所述第一层可以加热到从约 400°C 至 600°C 的温度。

[0070] 所述吸收体层可以是掺杂的 n- 型或 p- 型。一些吸收体是没有任何另外的掺杂的 n- 型或 p- 型。例如, CIGS 在形成时可以是 p- 型并且可以不需要任何另外的 p- 型掺杂。在有些情况下,在形成所述吸收体层(例如硅吸收体层)时,引入 n- 型或 p- 型掺杂剂的前体以将所述 n- 型或 p- 型掺杂剂掺入所述吸收体层中。作为一种替代,在形成所述吸收体层之后, n- 型或 p- 型掺杂剂可以通过离子注入然后退火被引入所述吸收体层中。在一些情况(例如 CIGS)下,向所述吸收体层提供钠前体以在所述吸收体层中包含钠。

[0071] 在形成所述光伏电池期间,可以与所述衬底的背面相邻形成第二层。所述第二层可以是保护层,如上文和本文中别处所述。所述第二层可以在所述衬底和所述第一层与硒或硫源接触之前形成。在有些情况下,所述第二层在形成与所述衬底相邻的第一层之前形成。在有些情况下,所述第二层基本上不含钼和钨。

[0072] 在一些例子中,所述第二层的钼含量小于约 20%、15%、10%、5%、4%、3%、2%、1%、0.1%、0.01%、0.001%、0.0001%、0.00001%、或更少。所述钼含量可以通过测量给定面积或体积中的钼原子数、并将所述钼原子数除以所述第二层的给定面积或体积中的原子总数来估算。这可以借助于各种分光技术例如 x- 射线光电电子分光术(XPS)完成。

[0073] 在一些例子中,所述第二层的钨含量小于约 20%、15%、10%、5%、4%、3%、2%、1%、0.1%、0.01%、0.001%、0.0001%、0.00001%、或更少。所述钨含量可以通过测量给定面积或体积中的钨原子数、并将所述钨原子数除以所述第二层的给定面积或体积中的原子总数来估算。

[0074] 在有些情况下,所述第二层包含金属碳化物、金属氮化物、金属硼化物、或金属硅化物。作为一种替代,所述第二层包含铌(Nb)。所述第二层可以通过气相沉积技术例如物理气相沉积形成。例如,磁控溅射设备可以提供所述第二层的蒸气相材料(例如 Nb)。在其中需要或以其它方式使用铌的情况下,所述磁控溅射设备可以包含铌靶材。如果需要金属

碳化物、硼化物、氮化物或硅化物,所述磁控溅射设备可以包含所述金属(例如钨或钛)的靶材,并且气相前体可用于提供碳(例如 CH_4)、硼(例如 Br_2)、氮(例如 N_2 , NH_3)或硅(例如 Si_2H_6)。

[0075] 在有些情况下,所述吸收体层包含 CIGS,并且在加工期间所述第一层与硒源接触。作为一种替代,所述吸收体层包含 CIS,并且在加工期间,所述第一层与硒源接触。

[0076] 在形成所述吸收体层时,可以与所述吸收体相邻形成窗口层。所述窗口层在有些情况下包含镉和硫。作为一种替代,所述窗口层包含锌和硫。所述窗口层可以是 n- 型的。例如,所述窗口层可以通过将所述吸收体层暴露于镉或锌源而形成。例如,包含镉(或锌)靶材的磁控溅射系统可用于提供镉。硫前体(例如 H_2S)可提供为镉硫(或锌硫)层的硫源。作为一种替代,硫化镉或硫化锌靶材可以用于磁控溅射设备以产生所述窗口层。在有些情况下,所述窗口层包含硫化镉,并且所述窗口层通过将所述吸收体层与镉源和硫源(例如 H_2S)接触而形成。

[0077] 在有些情况下,在形成所述窗口层时,与所述窗口层相邻形成非导电材料层。在一些例子中,所述非导电材料是氧化锌。在一个例子中,所述非导电材料是氧化铝锌(AZO)。所述非导电材料可以借助于物理气相沉积技术例如溅射而沉积。在一个例子中,为了形成氧化锌,可利用锌靶材提供锌源以将锌沉积在所述窗口层上,并且可使氧源(例如 O_2)与沉积的锌发生接触以形成氧化锌。在有些情况下,可提供铝源(例如 AlH_3)来形成 AZO。

[0078] 所述非导电材料层可以是对电磁辐射至少部分透明的。在有些情况下,所述非导电材料层可以对选定波长的电磁辐射是透明的。

[0079] 可以与所述非导电材料层相邻形成透明氧化物层。在有些情况下,所述透明氧化物层是氧化铟锡,其可以利用例如具有铟靶材和锡靶材的磁控溅射设备形成,所述铟靶材和锡靶材可用于在所述非导电材料层上沉积铟和锡层。可以提供氧源(例如 O_2)以将氧沉积到所述铟和锡层中。

[0080] 在有些情况下,在所述衬底和所述吸收体层之间形成阻挡层或包含多个层的阻挡层叠层。阻挡层可以通过将新生(nascent)的光伏电池暴露于阻挡层材料源(例如钼源)而形成。例如,阻挡层可以由包含钼、铬、铌、钨或钛的材料形成,并且可以利用所述材料的源、例如具有包含所述源的靶材的磁控溅射设备引入所述材料。在有些情况下,溅射系统包含多个磁控溅射设备,每个具有特定阻挡层材料的给定靶材。所述溅射系统可用于形成单个阻挡层,或顺序形成包含多个阻挡层的阻挡层叠层。

[0081] 在一个例子中,阻挡层叠层通过将所述衬底与铬或钛源接触形成包含铬或钛的层而形成。接下来,与所述铬或钛层相邻形成钼层,与所述钼层相邻形成铬或铌层,和与所述铬或铌层相邻形成钼层。

[0082] 器件层可以借助于各种沉积技术形成。在一些实施方式中,借助于化学气相沉积(CVD)、原子层沉积(ALD)、等离子体增强的 CVD(PECVD)、等离子体增强的 ALD(PEALD)、金属有机 CVD(MOCVD)、热丝 CVD(HWCVD)、引发(initiated)CVD(iCVD)、改进的 CVD(MCVD)、气相轴向沉积(VAD)、外气相沉积(OVD)和物理气相沉积(例如,溅射沉积,蒸发沉积)形成。

[0083] 形成光伏电池的系统

[0084] 本公开的另一个方面提供了形成光伏电池的系统。所述系统可包括沉积系统、与所述沉积系统流体连通的泵送系统、和具有计算机处理器(本文中也称为“处理器”)的计

计算机系统（或控制器），所述计算机系统用于执行实施形成所述光伏电池的方法的机器可读编码。所述编码可以实施本文中提供的任何方法。所述泵送系统可以被构造成吹扫或抽空所述沉积系统。

[0085] 所述沉积系统可以包含用于形成所述光伏电池的材料层的一个或多个反应空间。在有些情况下，所述沉积系统是具有一个或多个互连反应室的卷对卷沉积系统，所述反应室可以彼此流体隔离（例如借助于在所述室之间的位置的吹扫或泵送）。

[0086] 所述泵送系统可以包括一个或多个真空泵，例如一个或多个涡轮分子（“涡轮”）泵、扩散泵和机械泵。泵可以包括一个或多个前级泵（backing pump）。例如，涡轮泵可以机械泵为前级泵。

[0087] 在一些实施方式中，所述控制器被构造成调节一种或多种加工参数，例如衬底温度、前体流速、生长速率、载气流速和沉积室压力。在有些情况下，所述控制器与储存容器和沉积室之间的阀连通，其帮助终止（或调节）通向所述沉积室的前体流。所述控制器包括被构造成帮助执行机器可执行编码的处理器，所述编码被配置成执行本文中提供的方法。所述机器可执行编码储存在物理存储介质上，例如闪速存储器、硬盘、或被构造成储存计算机可执行编码的其他物理存储介质上。

[0088] 在一些实施方式中，所述控制器被构造成调节一种或多种加工参数。在有些情况下，所述控制器调节生长温度、载气流速、前体流速、生长速率和 / 或生长压力。

[0089] 图 5 显示了形成光伏电池的系统。所述系统包括一系列串联的卷（即幅材（web））涂层溅射机，其利用滚筒 25 与磁控溅射装置 27 的阵列。图 5 描绘了可以在惰辊（idle roller）或驱动辊之间的自由跨度区域中在幅材上完成的各种操作。例如，表面蚀刻或等离子体处理 29，平面磁控管沉积 30，和双重旋转磁控管沉积 34。任何所述操作可以在所述衬底的任一面上进行。在实践中，使用磁控溅射将保护层和任何粘附层如 34 所提示的那样涂布在所述衬底的背面上可能是方便的。通过利用所述惰辊之间的自由跨度区域，所述幅材可以一直被涂层到它的边缘。这在滚筒上可能更困难，因为可能有至少少量的涂层可以沉积在滚筒上，并且随时间聚集可危害所述幅材与所述滚筒的热接触。图 5 的系统可以具有如美国专利 No. 6, 974, 976 所述的特征和功能性，所述专利通过引用完全并入本文。

[0090] 参考图 5，在一些例子中，在垂直于视平面的方向，所述系统（或设备）的尺寸支撑在约两和四英尺宽之间的衬底。这种宽度可以不是基本的设备限度；相反地，可以认识到获得更宽的卷的优质衬底材料的实际难度。所述设备配备输入或加载模块 21a 和对称的输出或卸载模块 21b。所述输入和输出模块之间是加工模块 22a、22b 和 22c。加工模块的数量可以改变以匹配待产生的涂层的要求。每个模块具有泵送工具以在所述涂层操作期间提供需要的真空和操纵工艺气体流。所述真空泵由每个模块底部上的元件 23 示意性地指示。真实的模块可以具有多个泵，其放置在选择的其它位置处以提供最佳的工艺气体泵送。高通量涡轮分子泵对于这种应用是优选的。所述模块在狭缝阀 24 处连接在一起，所述狭缝阀包含很窄的低电导隔离缝以防止工艺气体在模块之间混合。如果需要的话，这些缝可以单独泵送以更进一步提高隔离。或者，单个大室可以在内部分隔以有效提供模块区域，但是在随后的时间添加模块会变得困难得多，如果工艺发展需要添加模块的话。

[0091] 每个加工模块可以配备旋转涂层滚筒 25，其上负载衬底幅材 26。排列在每个涂层滚筒周围的是一组双圆柱形旋转磁控管外壳 27。常规的平面磁控管可以代替所述双圆柱形

旋转磁控管；然而，效率可能降低并且所述工艺在长运行时间中可能不那么稳定。所述涂层滚筒可以具有较大或较小的尺寸以容纳与图中显示的五个磁控管不同数量的磁控管。衬底幅材 26 在整个机器中由辊 28 管控。在真实的设备中可以使用更多的导辊。在此显示的那些是提供所述工艺清楚说明所需要的最低数量。在实际的设备中，一些辊是弓形的以展开所述幅材，一些是移动的以提供幅材导引，一些向伺服控制器提供幅材张力反馈，且其他仅仅是在期望的位置运行所述幅材的惰辊。所述输入输出卷轴和所述涂层滚筒是主动驱动的并且由反馈信号控制以保持所述幅材在整个机器中的恒定张力。另外，所述输入和输出模块各自包含幅材剪接区 29，其中所述幅材可以切割并接合到前部分或后部分以促进所述卷的负载和卸载。加热器阵列 30 布置在根据工艺要求提供幅材加热的必要位置。这些加热器是跨所述涂层滚筒（和幅材）的宽度布置的高温石英灯矩阵。红外传感器提供反馈信号，以伺服所述灯功率和提供整个滚筒上的均匀加热。另外，涂层滚筒 25 配备内部可控水流或其他流体来提供幅材温度调节。

[0092] 所述输入模块在大卷轴 31 上容纳所述衬底幅材，其适合于金属箔（例如不锈钢，铜等等）以防止所述材料在储存期间发生变形（taking a set）。所述输出模块包含类似的卷轴以卷取所述幅材。预先清洁的衬底幅材首先经过模块 21a 中的加热器阵列 30，这提供了至少足够的热以除去表面吸附的水。随后，所述幅材可以通过辊 32，所述辊可以是作为圆柱形旋转磁控管配置的特殊辊。这让所述导电（金属）幅材的表面在它围绕所述辊 / 磁控管通过时被直流（DC）、交流（AC）或射频（RF）溅射连续清洁。所述溅射的幅材在定期更换的护罩（shield）33 上接住。如果需要的话，可以添加另一个辊 / 磁控管（未显示）来清洁所述幅材的后表面。导电幅材的直接溅射清洁将引起在整个设备中在所述幅材上存在相同的电偏压，其取决于涉及的具体过程，在所述设备的其他部分中可能是不期望的。所述偏压可以通过用线性离子枪代替磁控管溅射清洁而避免，或者所述清洁可以在加载到大的辊涂机中之前，在另外的较小机器中完成。此外，可以在这个位置进行电晕辉光放电处理而避免引入电偏压。如果所述幅材是聚酰亚胺材料，电偏压不能通过所述系统向下游传递。然而，聚酰亚胺包含过量的水。为了粘附的目的和限制水解吸，通常添加薄层的金属（通常是铬或钛）。这使得所述表面导电而具有与金属箔衬底遇到的类似的问题。

[0093] 接着，所述幅材通过阀 24 和所述低电导隔离缝进入第一加工模块 22a。所述涂层滚筒通过加热器阵列 30 保持在适当的加工温度。沿着滚筒旋转的方向（箭头），阻挡层（或反射层）的全叠层用相继沉积铬和钼层的前两个磁控管开始。接下来的磁控管提供薄的铬或铌层，然后是薄的钼层。

[0094] 接着，所述幅材进入下一个加工模块 22b，以沉积 p- 型等级的 CIGS 层。加热器阵列 30 将所述滚筒和幅材保持在需要的加工温度。所述第一磁控管沉积二硒化铜铟层，而接下来的三个磁控管沉积镓（或铝）量渐增的层，从而增加所述带隙并产生带隙梯度。所述梯度可以通过相同磁控管组的重新排列而反转。所述模块中的最后磁控管通过从平面磁控管的射频溅射沉积薄层的窗口层，例如 n- 型 ZnS（或 ZnSe），或沉积牺牲金属层，其变成顶部 n- 型层的一部分并限定所述 p-n 结。

[0095] 在有些情况下，在所述幅材进入加工模块 22b 之前，在所述衬底的背面上沉积保护层。在一些例子中，所述保护层包含铌，并且在有些情况下可以基本上不含钼、钨、或二者。所述保护层可以在与所述衬底相邻的阻挡层沉积之前沉积。所述保护层可以通过例如

在模块 21a 中提供双圆柱形旋转磁控管 34 并在模块 22a 中形成所述阻挡层之前用铌涂布所述衬底的背面而形成。

[0096] 在模块 22b 之后,所述幅材被转移到最后加工模块 22c 中,其中同样是加热器阵列 30 保持适当的加工温度。第一磁控管沉积薄层的铝掺杂 ZnO (AZO),其具有较高的阻抗以与以前的层协同形成和保持 p-n 结。其余四个磁控管沉积比较厚的、高导电性的和透明的铝掺杂 ZnO 层,其完成顶部电极。可以添加额外的磁控管站(未显示)用于利用围绕所述磁控管旋转的环带掩模溅射栅线。如果在电池顶部放置 AR 层,那么所述设备可以具有附加的加工模块,在其中可以沉积适当的层或叠层。所述额外的模块还可以配备移动的、卷相容的、掩蔽模板,以提供与所述顶部电极形成电接触的金属栅和汇流条。所述额外的模块和掩蔽设备明显增加了电池生产成本,并且可能只对高附加价值的应用如航天动力系统是合算的。

[0097] 接着,所述幅材进入输出模块 21b,其中它被缠绕在卷取卷轴上。然而,在此可以进行附加的操作,所述操作对所述电池以后加工成组件是有益的。双圆柱形旋转磁控管 34 可用于用焊料预先润湿所述衬底箔的背面。金属锡可能具有用于不锈钢箔的可用焊料的优选性质,但是有许多焊料制剂都将是有效的。对于铜箔(如果它保持清洁的话),预先润湿可能是不必要的。在焊料溅射之前所述箔的后表面的离子枪溅射预清洁也可以类似于在输入模块中那样在输出模块中进行。另外,所述幅材温度可以低于所述预润湿焊料的熔点(锡约 232°C)。

[0098] 图 5 的系统还包括控制器 501(或控制系统),其经编程或以其它方式被构造成调节所述系统的一种或多种加工参数,例如衬底温度、前体流速、磁控溅射操作(例如磁控管功率)、RF 功率、加热器功率、生长速率、载气流速和模块压力。控制器 501 可以与所述系统的各种部件通讯(虚线),所述系统的部件包括但不限于,所述模块、模块之间的阀、前体阀、所述系统的泵送系统(未显示)、和调节卷轴 31 旋转的发动机或致动器。所述控制器包括被构造成帮助执行机器可执行编码的处理器,所述编码被构造成执行上文和本文中别处提供的方法。所述机器可执行编码储存在物理存储介质(未显示)上,例如闪速存储器、硬盘、或被构造成储存计算机可执行编码的其他物理存储介质。

[0099] 本文中提供的系统和方法的方面可以体现在编程中。所述技术的各个方面可以视为“产品”或“制品”,通常以携带或体现在某种可机读介质中的机器(或处理器)可执行编码和/或关联数据的形式。机器可执行编码可以储存在电子存储单元上,例如存储器(例如只读存储器,随机存取存储器,闪速存储器)或硬盘。“储存”型介质可以包括计算机、处理器等的任何或所有有形存储器、或其相关模块,例如各种半导体存储器、磁带驱动器、磁盘驱动器等等,其可以在所述软件编程的任何时候提供非临时的储存。全部或部分所述软件有时可以通过因特网或各种其他远程通信网络通信。这样的通信,例如,可以使软件能够从一个计算机或处理器加载到另一个计算机或处理器,例如,从管理服务器或主计算机加载到应用服务器的计算机平台中。因此,可以承载软件元件的其它类型的介质包括光、电和电磁波,例如跨本地设备之间的物理接口、通过有线和光学陆上通信线网络、和经过各种空中线路(air-links)使用。携带这样的波的物理元件,例如有线或无线连接、光连接等等,也可以被认为是携带所述软件的介质。在本文中使用时,除非局限于非临时性的有形“存储”介质,则术语例如计算机或机器“可读介质”是指参与向处理器提供执行指令的任何介质。

[0100] 由此,机器可读介质,例如计算机可执行编码,可以采取许多形式,包括但不限于,有形存储介质、载波介质或物理传输介质。非易失性存储介质包括,例如,光盘或磁盘,例如任何计算机中的任何存储装置等等,例如可以用来执行所述图中显示的数据库等等。易失性存储介质包括动态存储器,例如这样的计算机平台的主存储器。有形传输介质包括同轴电缆;铜线和光纤,包括导线,所述导线包括在计算机系统内的总线。载波传输介质可以采取电或电磁信号的形式,或者声波或光波,例如在射频(RF)和红外线(IR)数据通信期间产生的那些。因此计算机可读介质的普通形式包括,例如:软盘,软磁盘,硬盘,磁带,任何其他磁性介质,CD-ROM, DVD 或 DVD-ROM,任何其他光学介质,穿孔卡片纸带,具有孔图案的任何其他物理存储介质, RAM, ROM, PROM 和 EPROM, FLASH-EPROM,任何其他内存芯片或匣式磁盘,传送数据或指令的载波,传送这样的载波的电缆或线路,或者计算机可以阅读编程编码和/或数据的任何其他介质。许多这些形式的计算机可读介质可以参与携带一种或多种指令的一个或多个序列给处理器执行。

[0101] 本文中提供的装置、系统和方法可以与其他装置、系统和方法相结合或者被其他装置、系统和方法修改,例如 Pinarbasi 等的美国专利 No. 8, 207, 012、Pinarbasi 等的美国专利公布 No. 2010/0140078、和 Nguyen 等的美国专利公布 No. 2012/0006398 中描述的装置、系统和/或方法,所述文献每个通过引用完全并入本文。

[0102] 除非上下文明确另有要求,否则在整个说明书和权利要求书中,采用单数或多数的单词也分别包括多数或单数。另外,单词“本文中”、“以下”、“上文”、“下文”和类似含义的单词是指本申请作为一个整体来看并不是指本申请的任何具体部分。当关于两个或更多个项的列举使用单词“或”时,该单词覆盖所述单词的以下全部解释:所述列举中的任何项,所述列举中的所有项,和所述列举中的项的任何组合。

[0103] 从上文应该理解,虽然已经说明和描述了具体的实施,但可以对其进行各种修改,所述各种修改是本文中考虑到的。本公开的一个方面的实施方式可以与本公开另一个方面的实施方式组合或被其修改。没有打算本发明被所述说明书内提供的具体例子限制。虽然本发明已经参考前述的说明书进行了描述,但本文中发明的实施方式的描述和说明不意味着解释为限制性意义。此外,应该理解,本发明的所有方面不限于本文中阐述的具体的叙述、构造或相对比例,它们取决于各种条件和变量。本发明实施方式的形式和细节的各种修改对本领域技术人员将是显而易见的。因此预期本发明也应该涵盖任何这样的修改、变化和等效物。

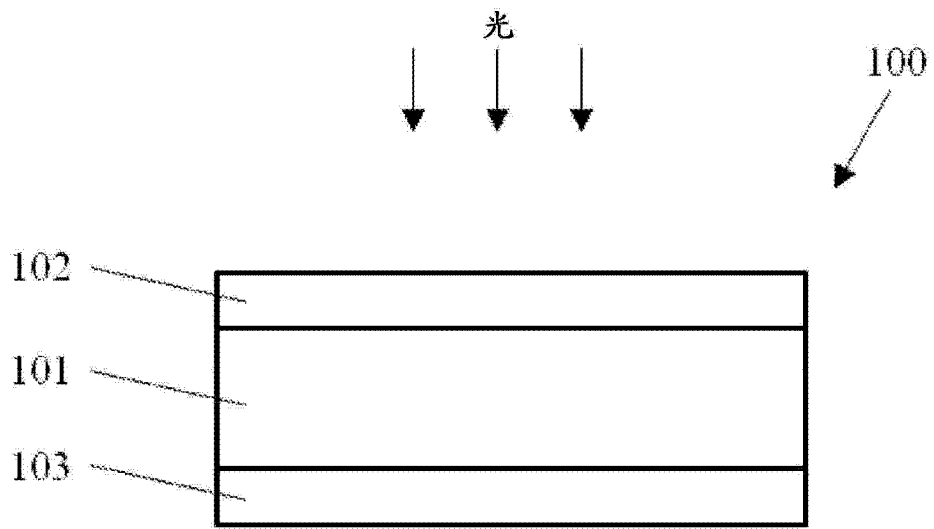


图 1

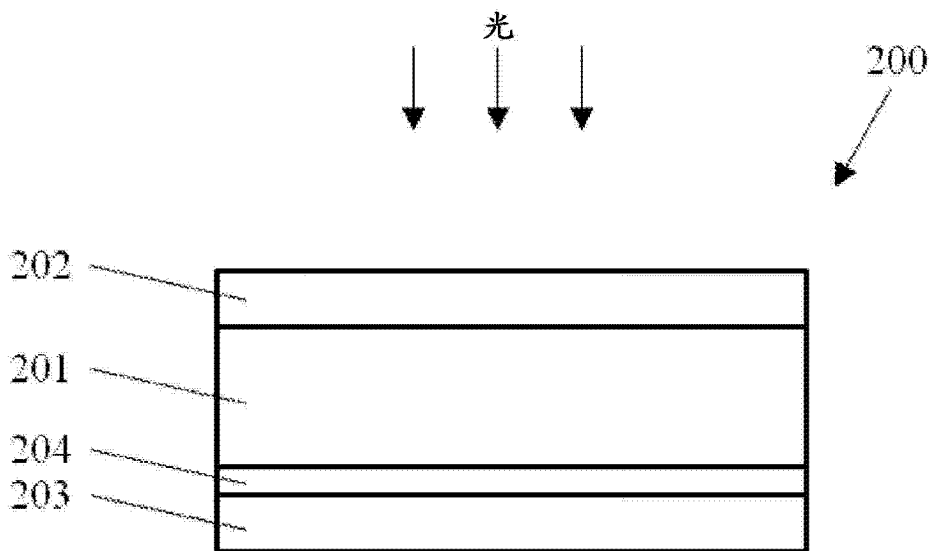


图 2

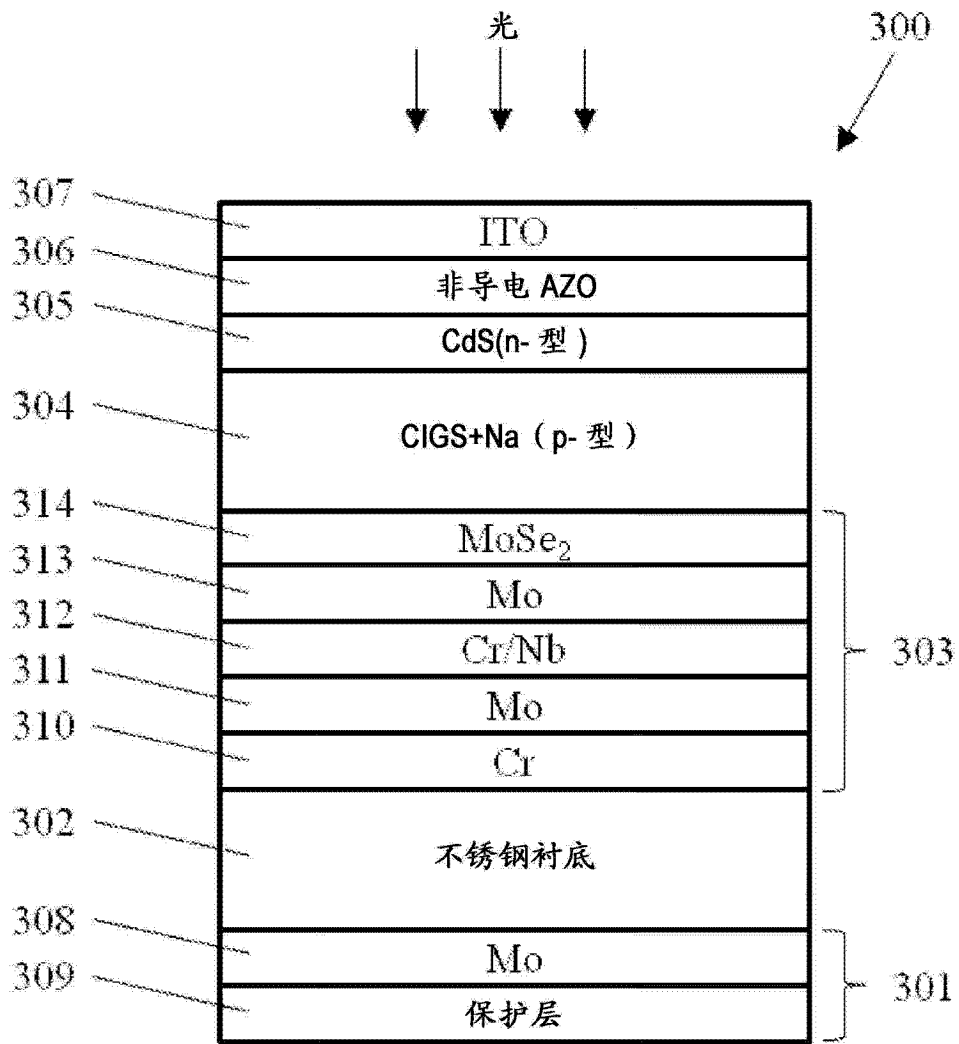


图 3

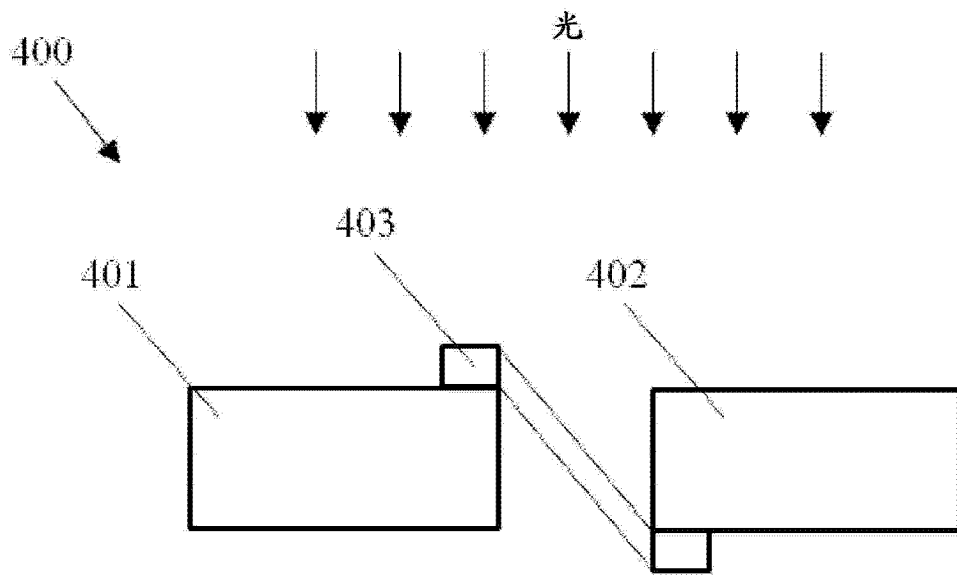


图 4

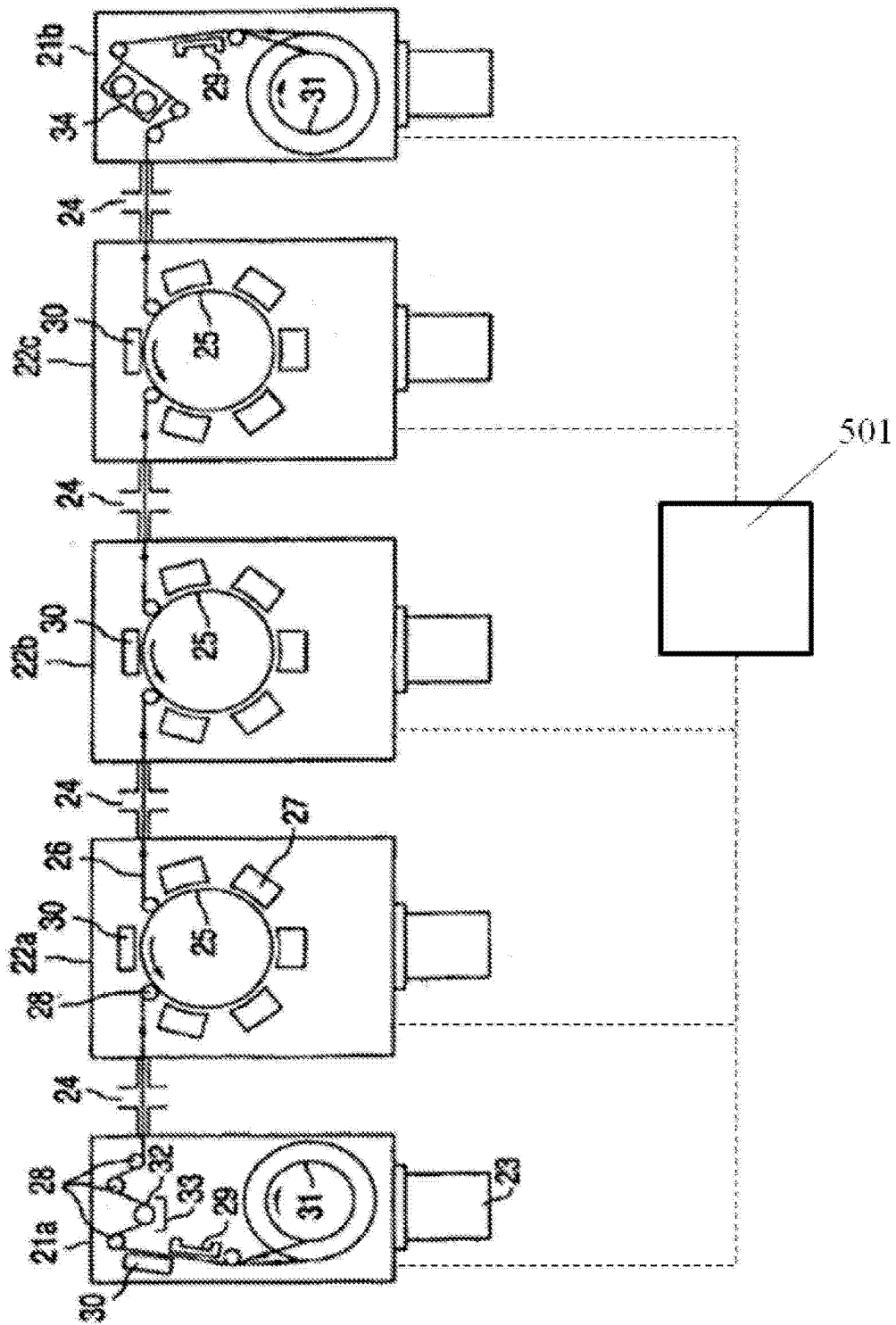


图 5