



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104169459 B

(45)授权公告日 2017.03.01

(21)申请号 201380013651.8

(22)申请日 2013.01.18

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104169459 A

(43)申请公布日 2014.11.26

(30)优先权数据
61/587,994 2012.01.18 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/US2013/022284 2013.01.18

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/109977 EN 2013.07.25

(73)专利权人 纳沃萨恩公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 B·D·哈克特曼 J·博尼古特
钱清 D·R·霍拉斯 刘晓东

(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.
G23C 14/35(2006.01)
H01L 31/20(2006.01)

(56)对比文件
CN 1703782 A,2005.11.30,
CN 1703782 A,2005.11.30,
US 4844009 A,1989.07.04,
EP 2216831 A1,2010.08.11,
CN 101492809 A,2009.07.29,
CN 201326012 Y,2009.10.14,

审查员 汤庆新

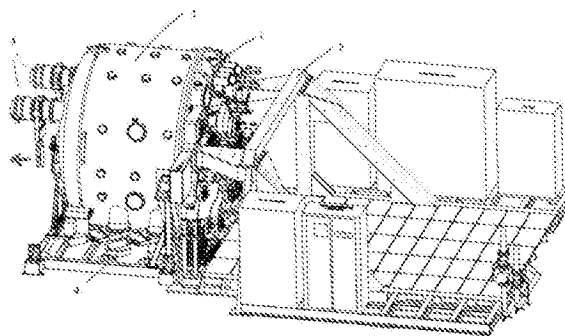
权利要求书2页 说明书17页 附图14页

(54)发明名称

在柔性衬底上形成光伏电池的系统

(57)摘要

在柔性衬底上沉积薄膜光伏电池的沉积系统包括与所述罩壳外部的环境流体地隔离的罩壳,以及在罩壳中的多个沉积室。所述多个沉积室中的至少一个沉积室包含磁控溅射装置,其将一种或多种靶材的物质流引向布置在所述多个沉积室的至少一个沉积室中的所述柔性衬底的一部分。所述罩壳中的衬底释放辊提供柔性衬底,所述柔性衬底被引导通过所述多个沉积室的每一个到达罩壳中的衬底卷取辊。所述罩壳中的至少一个导辊被配置成将所述柔性衬底引向或引出所述多个沉积室中的给定沉积室。



1. 用于在柔性衬底上沉积薄膜光伏电池的沉积系统,所述沉积系统包括:
 - a) 罩壳,所述罩壳包含与所述罩壳外部的环境流体地隔离的流体空间;
 - b) 在所述流体空间中的多个沉积室,其中所述多个沉积室中的至少一个沉积室包含磁控溅射装置,其将一种或多种靶材的物质流引向所述柔性衬底的布置在所述多个沉积室的所述至少一个沉积室中的部分上;
 - b1) 其中每个所述包含磁控溅射装置的沉积室包括所述柔性衬底通过的开口和安排在所述开口处的可调节的传导限制器,以在所述衬底和所述传导限制器之间形成间隙;
 - c) 在所述罩壳中的衬底释放辊和衬底卷取辊,其中所述衬底释放辊提供的柔性衬底被引导通过所述多个沉积室的每一个到达所述衬底卷取辊;和
 - d) 在所述罩壳中的至少一个导辊,其中所述导辊被配置成将所述柔性衬底引向或引出所述多个沉积室中的给定沉积室;并且
其中所述至少一个沉积室包含磁控溅射装置,所述磁控溅射装置包含:
与平面磁控管相邻的可旋转磁控管;和
一个或多个在所述可旋转磁控管和所述平面磁控管之间形成子腔室的屏,
其中所述平面磁控管被配置成包含具有第一材料的液体靶材并向所述可旋转磁控管提供具有所述第一材料的物质流,和
其中所述可旋转磁控管被配置成相对于所述平面磁控管旋转具有第二材料的固体靶材,并向所述柔性衬底提供具有所述第一和第二材料的物质流。
2. 权利要求1的沉积系统,其中所述第一材料具有第一熔点,其比所述第二材料的第二熔点低。
3. 权利要求1的沉积系统,其中所述第一材料是镓而所述第二材料是铟。
4. 权利要求1的沉积系统,其中所述可旋转磁控管的形状是至少部分圆柱形的。
5. 权利要求1的沉积系统,其中所述平面磁控管包含与磁控管主体相邻的背板,并且其中所述磁控管主体包括一个或多个磁体和所述背板适合于保持所述液体靶材。
6. 权利要求1的沉积系统,其中所述可旋转磁控管包含适合于相对于所述平面磁控管旋转所述固体靶材的支撑构件。
7. 权利要求1的沉积系统,其中所述平面磁控管适合于包含具有第三材料的另一种液体。
8. 权利要求1的沉积系统,其中所述平面磁控管被配置成在所述子腔室中提供所述第一材料的流。
9. 权利要求1的沉积系统,其还包含与所述平面磁控管相邻的另一个平面磁控管,其中所述另一个平面磁控管配置成在所述子腔室中提供第三材料的流。
10. 权利要求1的沉积系统,其还包含与所述磁控管装置相邻的另一个磁控管装置,其中所述另一个磁控管装置被配置成向所述衬底提供第三材料的流。
11. 权利要求10的沉积系统,其中所述磁控管组合件包封在具有适合暴露所述衬底的开口的所述子腔室中。
12. 权利要求10的沉积系统,其还包含与所述磁控管装置或所述另一个磁控管装置相邻的第四材料的源。
13. 权利要求12的沉积系统,其中所述第四材料是硫或硒。

14. 权利要求10的沉积系统,其中所述第一材料是镓,所述第二材料是铟和铜之一,和所述第三材料是铟和铜的另一个。

15. 权利要求1的沉积系统,其还包含与所述磁控管装置相邻的第三材料的源。

16. 权利要求15的沉积系统,其中所述第三材料是硫或硒。

17. 用于在柔性衬底上沉积薄膜光伏电池的沉积系统,所述沉积系统包括:

a) 罩壳,所述罩壳包含与所述罩壳外部的环境流体地隔离的流体空间;

b) 在所述流体空间中的多个沉积室,其中所述多个沉积室包含第一沉积室和第二沉积室,其中所述第一沉积室包含磁控溅射装置,其将第一物质流引向所述柔性衬底的一部分的第一侧面,并且其中所述第二沉积室包含磁控溅射装置,其将第二物质流引向所述部分的与所述第一侧面相反的第二侧面;

b1) 其中每个所述第一和第二沉积室包括所述柔性衬底通过的开口和安排在所述开口处的可调节的传导限制器,以在所述衬底和所述传导限制器之间形成间隙;和

c) 在所述罩壳中的释放辊和卷取辊,其中所述释放辊将所述柔性衬底顺序地引导通过所述多个沉积室的每一个到达所述卷取辊;并且

其中所述至少一个沉积室包含磁控溅射装置,所述磁控溅射装置包含:

与平面磁控溅射装置相邻的可旋转磁控溅射装置;和

一个或多个在所述可旋转磁控溅射装置和所述平面磁控溅射装置之间形成子腔室的屏,

其中所述平面磁控溅射装置被配置成包含具有第一材料的液体靶材并向所述可旋转磁控管提供具有所述第一材料的物质流,和

其中所述可旋转磁控溅射装置被配置成相对于所述平面磁控溅射装置旋转具有第二材料的固体靶材,并向所述柔性衬底提供具有所述第一和第二材料的物质流。

18. 权利要求17的沉积系统,其还包括包含离子枪的辅助室,所述离子枪向着所述柔性衬底可操作地成角度。

在柔性衬底上形成光伏电池的系统

[0001] 交叉引用

[0002] 本申请要求2012年1月18日提交的序列号为61/587,994的美国临时专利申请的优先权,所述申请全部通过引用并入本文中。

背景技术

[0003] 薄膜太阳能(或光伏)电池可以通过在衬底上沉积材料层而形成。这样的材料层可以包括光活性层。材料层可以借助于沉积系统顺序沉积。光伏器件结构可以在包括光伏器件的吸收体在内的各个材料层沉积后形成。

[0004] 具有用于形成薄膜光伏电池的各种沉积系统和方法。这样的系统包括气相沉积系统和溅射系统。沉积系统的例子包括卷对卷(roll-to-roll)沉积系统。

发明内容

[0005] 虽然目前有可用于形成薄膜太阳能(或光伏)电池的系统,但在此认识到与这样的系统有关的各种局限。例如,利用蒸发来沉积薄膜的系统和化学气相沉积系统在保持组成控制方面可能经历比使用溅射多得多的困难,并且这样的蒸发系统的沉积速率通常低于溅射系统。

[0006] 虽然目前有可用于形成光伏电池的溅射系统(例如,卷对卷溅射系统),但这样的系统未必能够监测光伏电池的单个层,因为,例如,给定的层是与其他层相互作用的和同时形成。此外,卷对卷溅射系统的各工作站应该始终以高产率工作,否则一些形成好的层将被形成差的层损害,降低所述工艺总体的净产率。所述系统的一个部分的故障迫使整个卷对卷过程停止,这可能不利地造成停工时间。一些卷对卷工艺利用衬底幅材(web)释放和卷取(或拾取)滚筒来支承衬底。这样的工艺的缺点可引起衬底温度受限并增加了在具有比聚合衬底高得多的模量的薄金属衬底的幅材操作中的困难。

[0007] 鉴于当前可用于形成光伏电池的系统和方法的至少一些在此认识到的局限性,需要的是改进的形成光伏电池的系统和方法。

[0008] 本公开提供了具有用于沉积薄膜太阳能电池的各个层的灵活性的辊涂系统。形成光伏电池的系统可包括多个模块,每个模块被配置成沉积所述电池的一个层。因此,某个层的问题可以在其他机器继续生产的同时校正。本公开描述了卷对卷涂层设备的结构,其可以克服现行系统的至少一部分缺点。

[0009] 本公开提供了用于在成卷的薄柔性衬底上涂布材料的溅射沉积系统和方法。一些实施方式提供了用于在薄柔性金属衬底的卷上形成薄膜太阳能电池的各个层的溅射装置(例如微型室)和方法。本公开的系统用于以相对迅速和经济的方式形成光伏电池。

[0010] 本公开提供了可用于比现行的设备更快和更经济地生产薄膜太阳能电池的机器。本公开的系统结合了构造灵活性,其可以适应沉积薄膜太阳能电池的不同层。

[0011] 本公开的一个方面提供了在柔性衬底上沉积薄膜光伏电池的沉积系统。所述沉积系统可包含罩壳,所述罩壳包含与所述罩壳外部的环境流体地隔离的流体空间,以及在所

述流体空间中的多个沉积室。所述多个沉积室中的至少一个沉积室可包含磁控溅射装置，它将一种或多种靶材的物质流引向所述柔性衬底的布置在所述多个沉积室的所述至少一个沉积室中的部分上。所述沉积系统还可在所述罩壳中包含衬底释放(payout)辊和衬底卷取(take-up)辊。所述衬底释放辊提供被引导通过所述多个沉积室的每一个到达所述衬底卷取辊的柔性衬底。所述沉积系统在所述罩壳中可包含至少一个导辊。所述导辊可被配置成将所述柔性衬底引向或引出所述多个沉积室中的给定沉积室。

[0012] 本公开的另一个方面提供了在柔性衬底上沉积薄膜光伏电池的沉积系统。所述沉积系统可包含罩壳，所述罩壳包含与所述罩壳外部的环境流体地隔离的流体空间，以及在所述流体空间中的多个沉积室。所述多个沉积室可包括第一沉积室和第二沉积室。所述第一沉积室可包括磁控溅射装置，其将第一物质流引向一部分所述柔性衬底的一部分的第一侧面。所述第二沉积室可包含磁控溅射装置，其将第二物质流引向所述部分的与所述第一侧面相反的第二侧面。所述沉积系统还可在所述罩壳中包含释放辊和卷取辊。所述释放辊可顺序地将所述柔性衬底引导通过所述多个沉积室的每一个到达所述卷取辊。

[0013] 本公开的另一个方面提供了用于沉积与柔性衬底相邻的光伏电池器件结构的方法，所述方法包括提供在密封罩壳中包含多个沉积室的沉积系统。所述多个沉积室中的至少一个沉积室可包含磁控溅射装置，它将一种或多种靶材的物质流引向柔性衬底的布置在所述至少一个沉积室中的部分上。所述沉积系统还可包含在所述罩壳中的释放辊和卷取辊，和将所述柔性衬底引向或引出所述多个沉积室中的给定沉积室的至少一个导辊。接下来，在所述至少一个导辊的帮助下，所述柔性衬底可从所述释放辊被引导顺序通过所述多个沉积室的每一个，以形成与所述柔性衬底相邻的光伏电池器件结构。然后所述柔性衬底可从所述多个沉积室被引导到所述卷取辊。

[0014] 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，其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，本公开能够有其他和不同的实施方式，并且它的若干细节能够以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，附图和描述本质上被认为是说明性的，而不被认为是限制性的。

[0015] 通过引用并入

[0016] 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

[0017] 本发明的新颖特征在所附权利要求书中详细阐述。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：

[0018] 图1是本发明的涂层装置的整体三维透视图。

[0019] 图2是透视截面图，显示了本发明的涂层装置的内部细节。

[0020] 图3是简化的平面截面图，只限于显示本发明的涂层装置的主要设计元件。

[0021] 图4是图3的典型涂层站的截面示意图，显示了本发明的沉积室的一种基本实施方式的详细构造。

[0022] 图5是组合的截面示意图，示出了本发明的沉积室的其他涂层构造的细节。

[0023] 图6是组合的截面示意图,显示了用于本发明的沉积室的各种涂层构造的常规滚筒和传输系统实施方式。

[0024] 图7显示了完全以更常规的涂层滚筒实施方式构造的本发明的涂层设备的截面图。

[0025] 图8显示了本发明的涂层设备当配置用于在薄金属箔衬底上涂布CIGS型薄膜太阳能电池的背面电极时的截面示意图。

[0026] 图9显示了本发明的涂层设备当配置用于在薄金属箔衬底上涂布CIGS型太阳能电池的吸收体层时的截面示意图。

[0027] 图10显示了本发明的涂层设备当配置用于在薄金属箔衬底上涂布CIGS型太阳能电池的结层(junction layer)时的截面示意图。

[0028] 图11显示了本发明的涂层设备当配置用于在薄金属箔衬底上涂布CIGS型太阳能电池的透明顶部电极时的截面示意图。

[0029] 图12显示了本发明的涂层设备当被配置成避免传输辊与幅材的涂层表面接触时的截面示意图。

[0030] 图13显示了本发明的涂层设备具有避免传输辊与幅材的涂层表面接触直到涂层完成的可选构造的截面示意图。

[0031] 图14示意性地示出了经编程或以其它方式被配置成执行本公开的方法的计算机系统。

具体实施方式

[0032] 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的情况下想到许多变更、改变和替代。应该理解,在实施本文中阐述的任何一项发明中,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。

[0033] 术语“光伏电池”或“太阳能电池”在本文中使用时是指具有通过光伏(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)的固态电气装置。

[0034] 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。吸收体可被配置成在选定波长的光下产生电。吸收体层可被配置成产生电子/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,二硒化铜镉(CIGS)和硒化铜镉(CIS)。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其他掺杂的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其他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。作为替代,在形成所述吸收体层之后,所述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。

[0035] 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。

[0036] 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。

[0037] 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。

[0038] 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。

[0039] 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)、聚合物材料,及其组合(或合金)。

[0040] 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或更低的厚度。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。

[0041] 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,反应空间包括在具有多个室的系统中的室。反应空间可以包括在具有多个流体隔离的室的系统中的室。用于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。一些反应空间可能适合于对衬底或者与所述衬底相邻形成的层、膜或薄膜的进行测量。

[0042] 术语“流体空间”在本文中使用时,通常是指可包含流体或沿着流体流路引导流体的任何环境。在有些情况下,流体空间是反应空间。

[0043] 术语“流”在本文中使用时通常是指材料的流量。在有些情况下,流是每单位面积的材料流量。

[0044] 溅射系统

[0045] 本公开的一个方面提供了在柔性衬底上沉积薄膜光伏电池的沉积系统。这样的系统可用于形成包含吸收体的光伏电池,所述吸收体由二硒化铜铟镓(CIGS)、二硒化铜铟铝(CIAS)、二硫化/硒化铜锌锡(CZTS)、二硒化铜铟(CIS)、碲化镉(“碲化镉”)或碲化镉形成。

[0046] 用于在柔性衬底上沉积光伏电池的系统包括罩壳(其包含与所述罩壳外部的环境

流体地隔离的流体空间),以及在流体空间中的多个沉积室。所述多个沉积室中的至少一个沉积室包含磁控溅射组合件(或装置)(本文中也称为“磁控管”),它将一种或多种靶材的物质流引向布置在所述多个沉积室的至少一个沉积室中的柔性衬底的一部分。所述系统还可包含在所述罩壳的流体空间中的至少一个导辊。所述导辊可被配置成将所述柔性衬底引向或引出所述多个沉积室中的给定沉积室。

[0047] 沉积室可包括包含反应空间的一个或多个壁。所述沉积室可以具有允许物质流与所述柔性衬底发生接触的开口。

[0048] 导辊可布置在所述多个沉积室中的第一沉积室和第二沉积室之间。所述导辊可用于指导或以其它方式引导所述柔性衬底从第一沉积室到第二沉积室。所述导辊可与所述第一和第二沉积室流体地隔离。所述导辊可布置在所述流体空间中。

[0049] 导辊可引导或以其它方式指导柔性衬底从衬底释放辊到沉积室,从沉积室到衬底卷取辊,或从所述多个沉积室中的一个沉积室到另一个沉积室。所述释放辊可包括被引入到一个或多个沉积室中的柔性衬底的卷。所述衬底可缠绕(或卷绕)释放辊的卷轴。膜沉积后,所述衬底被引导到卷取辊中。所述衬底可被引导到卷取辊并缠绕(或卷绕)所述卷取辊的卷轴。

[0050] 导辊可在最小化或防止来自沉积室的气体或蒸气与所述辊发生接触的吹扫气体或其他背景气体的帮助下,与所述第一和第二沉积室流体地隔离。

[0051] 所述系统可包括至少1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、20、30、40、50、100、或1000个导辊。所述系统可包括在所述罩壳中的单个沉积室之间的至少1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、20、30、40、50、或100个导辊。

[0052] 在有些情况下,使用导辊可消除在沉积室之间引导柔性衬底的滚筒的需要。这可有利地帮助最小化系统复杂性,这样可帮助最小化成本。在有些例子中,所述系统是没有滚筒的(即,不包含滚筒)。在有些实施中,使用辊(与滚筒相反)可使沉积室(和部分或每个沉积室中的衬底)解耦(例如,热解耦),这可使得各种益处和优点成为可能。例如,与滚筒相比,使用辊使得例如下列成为可能,1)同时进行衬底背面和正面涂层,这可提供更快光伏电池制造,2)更迅速加热/冷却和较高的加热速率,和3)在各沉积室独立的加热,这可提供不同的温度和加热/冷却速率。

[0053] 在有些例子中,所述罩壳中的沉积室可在填充所述罩壳的吹扫气体或其他背景气体的帮助下彼此流体隔离。作为替代或另外地,所述罩壳可包括泵送系统,其将从沉积室流入所述流体空间中的气体或蒸气泵送走。

[0054] 所述泵送系统可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、离子泵、低温(“冷”)泵和机械泵。泵可包括一个或多个前级泵(backing pump)。例如,涡轮泵可以以机械泵为前级泵。

[0055] 所述系统还可在所述罩壳中包括衬底释放辊(本文中也称为“释放辊”)和衬底卷取辊(本文中也称为“卷取辊”)。在使用期间,所述柔性衬底从释放辊引导通过所述多个沉积室的每一个到达卷取辊。

[0056] 所述系统还可包括一个或多个不包含磁控溅射组合件(或装置)的附加沉积室。所述柔性衬底可从释放辊引导通过所述一个或多个附加沉积室到达卷取辊。

[0057] 所述罩壳可具有各种形状和尺寸。在有些例子中,所述罩壳具有圆形、三角形、正

方形或长方形横截面。在一个例子中,所述罩壳在形状上通常是圆筒形的。

[0058] 所述罩壳可由金属材料例如不锈钢形成。所述罩壳可具有从约1英尺到100英尺、或1英尺到10英尺的长度,和从约1英尺到100英尺、或1英尺到10英尺的直径(或宽度)。所述罩壳可包括在系统操作期间密封所述罩壳的盖。所述流体空间可在与所述流体空间流体连通的泵送系统帮助下保持在给定压力下。

[0059] 例如,所述罩壳可保持在真空下或受控环境中。所述罩壳可在泵送系统的帮助下保持在真空下,如本文中别处描述的。在有些情况下,所述罩壳用气体(例如,Ar,He,Ne,N₂)吹扫。

[0060] 在有些例子中,所述罩壳在泵送系统的帮助下保持在真空下。所述罩壳可保持在小于或等于约100托、1托、10⁻¹托、10⁻²托、10⁻³托、10⁻⁴托、10⁻⁵托、10⁻⁶托、10⁻⁷托或10⁻⁸托的压力下。作为替代,所述罩壳保持在相对于所述罩壳外部的环境压力升高的压力下。例如,所述罩壳可保持在大于或等于约10⁻⁶托、10⁻⁵托、10⁻⁴托、10⁻³托、10⁻²托、10⁻¹托、1托、100托或1000托的压力下。

[0061] 所述柔性衬底可借助于支承所述衬底的衬底幅材从一个沉积室引导到另一个。所述衬底幅材可被配置成保持所述衬底。在一个例子中,所述衬底幅材是网状物。

[0062] 所述柔性衬底可由各种类型的材料形成。在有些情况下,所述柔性衬底由导电材料形成。在一个例子中,所述柔性衬底是不锈钢衬底。在另一个例子中,所述柔性衬底是铝衬底。在另一个例子中,所述柔性衬底由聚合材料形成。

[0063] 所述系统的所述多个室中的单个室可包括允许所述柔性衬底进入所述单个室的第一开口和允许所述幅材离开所述单个室的第二开口。所述第一和第二开口适应于允许所述柔性衬底通过所述开口。所述第一和第二开口可具有各种形状和/或尺寸。在有些例子中,所述开口是狭缝。所述系统可包括与所述第一开口相邻的第一辊和与所述第二开口相邻的第二辊。所述第一辊被配置成将所述柔性衬底引入所述单个室中和所述第二辊被配置成将所述柔性衬底引出所述单个室。

[0064] 所述多个沉积室可包括多个磁控溅射组合件。单个磁控溅射组合件(或装置)可布置在所述多个沉积室的单个沉积室中。在有些情况下,沉积室包括多个磁控溅射组合件。例如,沉积室可包括至少1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、20、30、40、50、或100个磁控溅射组合件,其每个都可被配置成提供一种或多种靶材的流。磁控溅射组合件可以是可旋转磁控管或平面磁控管。平面磁控管可具有水平构造。

[0065] 系统可包括一个或多个沉积室。在有些情况下,包含罩壳的系统具有至少1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、20、30、40、50、或100个沉积室。所述系统可包括用于提供(例如进给)衬底的衬底释放辊,和在所述系统的沉积室中沉积一个或多个材料层之后卷取所述衬底的衬底卷取辊。

[0066] 光伏电池层可顺序地(即一个接一个地)沉积。这可通过将一部分所述衬底顺序引入沉积室中而完成。

[0067] 在有些情况下所述系统包括至少一个包含多个磁控溅射组合件的沉积室。在有些例子中,所述至少一个沉积室包含多个平面磁控溅射组合件、多个可旋转的磁控溅射组合件、或平面和可旋转磁控溅射组合件的组合。

[0068] 在有些例子中,所述系统被配置用于形成与所述衬底相邻的硅、CIGS、CIS、CIAS、

CZTS、CdTe或CdZnTe吸收体。在这样的情况下,所述系统的沉积室可被配置成提供铜、镉和镓的物质流。所述沉积室可提供硒的物质流,在有些情况下与其他物质流分开地提供。

[0069] 在使用期间,所述柔性衬底被引入单个沉积室中,并且所述柔性衬底在所述沉积室中的一部分暴露于一种或多种靶材的物质流。所述柔性衬底可以连续的速率,例如以至少约0.001米(m)/分钟(min)、0.01m/min、0.1m/min、1m/min、10m/min、或100m/min的速率,或者作为替代,以一系列步级移动通过沉积室。

[0070] 一个或多个磁控溅射组合件可被配置成从液体靶材提供物质流。在有些情况下,所述系统的所述多个沉积室的至少亚组中的至少一个包含磁控溅射组合件,所述磁控溅射组合件包含与平面磁控溅射装置相邻的可旋转磁控溅射装置,以及在所述可旋转磁控溅射装置和所述平面磁控溅射装置之间形成子腔室的一个或多个屏(shield)。所述平面磁控溅射装置可被构造成包含具有第一材料的液体靶材并向所述可旋转磁控溅射装置提供具有第一材料的物质流。所述可旋转磁控溅射装置可被配置成相对于所述平面磁控溅射装置旋转具有第二材料的固体靶材,并向所述柔性衬底提供具有所述第一和第二材料的物质流。所述第一材料可具有比第二材料的第二熔点低的第一熔点。在一个例子中,所述第一材料是镓而第二材料是镉。所述平面磁控溅射装置可被配置成在所述子腔室中提供第一材料的流。在本发明的沉积系统的一个实施方式中,所述第一材料是镓,所述第二材料是镉和铜之一,和所述第三材料是镉和铜的另一个。

[0071] 在有些情况下,可提供与所述平面磁控溅射装置相邻的另一个平面磁控溅射装置。所述另一个平面磁控溅射装置可被配置成在所述子腔室中提供第三材料的流。所述第三材料的流可引向所述可旋转磁控溅射装置。在有些情况下,本发明的沉积系统还包含与所述磁控管装置相邻的另一个磁控管装置,其中所述另一个磁控管装置被配置成向所述衬底提供第三材料的流。在有些情况下,本发明的沉积系统还包含与所述磁控管装置相邻的第三材料的源。

[0072] 所述可旋转磁控溅射装置可以是至少部分圆柱形的形状。在有些情况下,所述可旋转磁控溅射装置基本上是圆柱形的形状。所述平面磁控溅射装置可包括与磁控溅射装置主体相邻的背板。所述磁控溅射装置主体可包括一个或多个磁体和适合于保持所述液体靶材的背板。

[0073] 在有些情况下,所述可旋转磁控溅射装置可包含支承构件,其适合相对于所述平面磁控溅射装置旋转所述固体靶材。所述平面磁控溅射装置可适应于包含具有第三材料的另一种液体。在有些情况下,本发明的沉积系统还包含与所述磁控管装置或所述另一个磁控管装置相邻的第四材料的源。在有些情况下,所述第四材料是硫或硒。

[0074] 沉积室可包含多个磁控溅射组合件。在有些情况下,沉积室的单个磁控溅射组合件可被配置成向所述柔性衬底提供物质流。

[0075] 磁控溅射组合件可位于沉积室的子腔室中(即,沉积室内的室或罩)。在一个例子中,磁控溅射组合件封闭在子腔室中,其具有适合将所述衬底暴露于来自所述磁控溅射组合件的物质流的开口。

[0076] 沉积室可包含其他材料的源。这种其他材料的源可以是磁控溅射组合件或其他类型的沉积装置。例如,所述系统可包括一个或多个不包含磁控溅射装置的附加沉积室。在有些情况下,材料源是通过与含有所述材料的液体流体连通的流体流路提供到所述沉积室中

的蒸气源。在一个例子中,硒或硫蒸气通过与包含硒或硫的液体流体连通的流体流路提供到沉积室中。

[0077] 虽然本文中提供的各种例子和构造中使用了柔性衬底,但作为替代,可以使用非柔性(例如玻璃载片)或基本上刚性的衬底。在非柔性衬底的情况下,可以不包括释放辊和卷取辊。

[0078] 系统可包括在罩壳(或室)中的一个或多个沉积室。在一个例子中,罩壳或全包含室壳将沉积室分开。所述罩壳可与所述罩壳外部的环境密封。所述系统的单个沉积室可包含一个或多个磁控溅射组合件,每个所述组合件可包含在所述沉积室的子腔室中。在有些情况下,所述系统包含作为室的罩壳,并且所述罩壳壳体分隔沉积系统,其可以称为子腔室。

[0079] 所述系统可包括包含磁控溅射装置的沉积室,所述磁控溅射装置将一种或多种靶材的物质流引导到柔性衬底的背面。所述系统可包括沉积室,所述沉积室包含将第一物质流引向所述柔性衬底正面的第一磁控溅射装置和将第二物质流引向所述柔性衬底背面的第二磁控溅射装置。所述正面和背面可彼此相反。

[0080] 例如,所述系统的所述多个沉积室中的沉积室可包括第一磁控溅射装置,其位置使其面对柔性衬底的正面,和第二磁控溅射装置,其位置使其面对所述柔性衬底的背面。所述第一磁控溅射装置可被配置成提供靶材的物质流,以形成与柔性衬底的正面相邻的吸收体层。所述第二磁控溅射装置可向所述柔性衬底的背面提供背面电极材料(例如钼、铌或钽)的物质流,以形成与所述柔性衬底相邻的背面电极。

[0081] 作为另一个例子,所述系统可包括用于在柔性衬底上沉积薄膜光伏电池的沉积系统,所述沉积系统包括罩壳,所述罩壳包含与所述罩壳外部的环境流体地隔离的流体空间,以及在流体空间中的多个沉积室。所述多个沉积室可包括第一沉积室和第二沉积室。所述第一沉积室包括磁控溅射装置,其将第一物质流引向一部分所述柔性衬底的第一侧面。所述第二沉积室包含磁控溅射装置,其将第二物质流引向所述部分的与所述第一侧面相反的第二侧面。释放辊将所述柔性衬底顺序地引导通过所述多个沉积室的每一个到达卷取辊。所述系统可包括一个或多个导辊,其用于指导或以其它方式引导所述柔性衬底到和通过所述沉积室。

[0082] 在有些情况下,所述第一沉积室与所述第二沉积室相邻布置。在一个例子中,所述第一和第二沉积室位置可基本上彼此相邻,使得所述第一物质流和第二物质流分别引向所述第一侧面和第二侧面。在有些情况下,所述第一物质流和第二物质流基本上同时引向所述第一侧面和所述第二侧面。

[0083] 本公开的另一个方面提供了用于形成与柔性衬底相邻的光伏电池器件结构的方法。所述方法可包括在密封罩壳中提供包含多个沉积室的沉积系统。所述沉积系统可以如上文或本文中别处所述。例如,所述沉积系统可包括至少一个沉积室,所述沉积室包含磁控溅射装置,它将一种或多种靶材的物质流引向所述柔性衬底布置在所述至少一个沉积室中的部分上。所述沉积系统包含在所述罩壳中的释放辊和卷取辊。所述释放辊提供所述柔性衬底。

[0084] 接着,所述柔性衬底从所述释放辊引导顺序通过所述多个沉积室的每一个,以形成与所述柔性衬底相邻的光伏电池器件结构。所述柔性衬底可在所述释放辊和卷取辊旋转

时被引导通过所述多个沉积室的每一个,这可借助于一个或多个马达来促进和借助于控制器(见下文)来调节。所述柔性衬底从所述多个沉积室引导到所述卷取辊。

[0085] 在一个例子中,所述沉积系统包含六个沉积室、沉积室上游的释放辊、和沉积室下游的卷取辊。所述柔性衬底从所述释放辊被引导顺序通过各个单个沉积室,并从最后的沉积室被引导到所述卷取辊,在卷取辊处收集其上形成了光伏器件结构的所述柔性衬底。

[0086] 在有些情况下,所述柔性衬底可沿着布置在所述多个沉积室的第一沉积室和第二沉积室之间的至少一个辊引导。所述柔性衬底可沿着至少1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、20、30、40、50、或100个辊引导。

[0087] 光伏制造系统可包括多重系统。每个系统可如上或本文中别处所述。给定的系统可专门用于形成给定的PV器件结构(例如吸收体)。在使用期间,使用者可以在第一系统中提供包含柔性衬底的释放辊,加工所述柔性衬底以包含给定的器件结构和在卷取辊上收集所述柔性衬底,从所述第一系统取下所述卷取辊,以及安装所述卷取辊作为第二系统的释放辊供以用于进一步PV加工。

[0088] PV制造系统可包括至少1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、20、30、40、或50个单独的系统,每个包含罩壳,所述罩壳包含多个如本文中别处描述的沉积室。

[0089] 现在将参考附图,其中同样的数字始终是指同样的部件。要理解,所述图(和其中的部件)不一定按比例绘制。

[0090] 图1显示了沉积系统(或设备)的总体三维透视图。所述设备的主要元件包括厚重的强支撑钢质后板1,其由接入混泥土地板中的重框架2支撑在直立位置。所述涂层设备、衬底卷、和衬底传输装置全部安装在所述支撑后板上。大型圆筒形覆盖罩壳3与所述后板形成真空密封,但是可沿箭头方向滚转移开(细节未显示),以暴露辊涂装置以用于更换靶材、更换衬底和其他维修功能。大型涡轮分子泵4可排列在罩壳3的周围。它们保持在涂层操作期间需要的高真空水平。围绕所述支承结构排列的各个箱体容纳了真空沉积设备功能需要的典型设备。这些包括电脑和电子控制设备以及溅射电源、泵控制器、和幅材驱动控制器,仅提及一些。作为比例尺的指示,罩壳3具有约13英尺的直径,同时它的长度适应于约一米的幅材涂层宽度。设备设计基本不局限于一米的涂层宽度;而是这是目前适合的金属箔衬底的最宽可用度。

[0091] 图2以三维透视图显示了图1的系统的截面。所述截面穿过罩壳3接近它的封闭端来获取,所述视图视野朝向后板1。所述图中显示了所述设备内部的许多细节。所述设备的一些主要部件可以容易地识别。所述系统的上部分包含用于柔性箔衬底的大释放卷5和卷取(或提取、拾取)卷6。卷7可用于将所述衬底卷与可能需要的保护涂层的薄材料幅材交织。下部分包含涂层硬件和所述幅材操作系统的部件。在所说明的例子中,有六个室8以圆形样式排列在导辊9之间。所述导辊9可以是幅材传输辊。其他导辊在该图中没有特别标记。每个室8包含一对可旋转磁控管10,其容纳和溅射产生期望的或另外预定的涂层的靶材。在各个室中的靶材可以全部是同样的,或者,至少一些可以是不同的。在一些情况下,所有的靶材是不同的。所述靶材在给定的沉积室内可以是不同的。因此靶材设置的这种灵活性在涂层设计中提供了大量的可选变化。

[0092] 光伏制造系统可包括多重系统,例如图1和2中所示的。单个系统可以被配置成沉积光伏电池的一个或多个材料层。例如,图1和2的系统可以被配置成形成光伏电池的吸收

体层或叠层。

[0093] 图3是涂层设备的平面截面简图,其表现了图2的主要元件。该图中还显示了金属薄片分隔板11,其形成所述设备的上和下部分之间有效的蒸气屏障。衬底卷经常可以包含变化量的水蒸汽或其他挥发性物质,在它们能污染所述涂层区之前最好暴露于真空并泵送走。这幅图的另一个特征是装置12,其显示为与每个室相反地面向所述衬底的背面。装置12可在该特定的涂层站处提供衬底加热或冷却。衬底加热和/或冷却可借助于辐射传热。

[0094] 仍然参考图3,幅材传输布置以实线指示,箭头表明衬底5a和它的传输方向。大的衬底卷5以所述箭头指示的方向释放。如果它包含保护性的夹层材料,则材料缠绕在卷7上,同时释放。所述幅材绕一对导辊或惰辊前进,并在到达辊13之前在屏障11下方通过,辊13可配备测压元件以测量所述幅材中的张力。由此,所述幅材绕一组惰辊9传输通过涂层区。在该设备规模下,有六个涂层站,为了方便指称起见,它们沿幅材传输方向由罗马数字I至VI标记。辊14可与最后的辊9协同以形成“S”型缠绕。这允许辊14与待驱动的所述幅材具有足够的摩擦力,以在所述幅材中产生并保持必要的张力供正确的操作。由此,所述幅材绕导辊前进以到达卷取卷6,在此可插入来自卷7的夹层(如果需要的话)。所述幅材传输系统可完全反转,如虚的传输和辊标识线所指示的。虽然所述涂层区显示由从I-VI的六个双重可旋转磁控溅射站组成,但这不是本发明的基本限制,而是鉴于所述设备的尺寸和所述可旋转磁控管的常用工业尺寸的实用设置。更小的系统可具有更少的溅射站,而更大的系统可具有更多的溅射站。

[0095] 图3中辊9的排列允许在每个站处所述涂层以“自由跨度”的方式提供。这种方法可允许在任何涂层站处进行所述幅材(和衬底)的独立加热或冷却,并且还可完成其他的幅材背面操作。所述自由跨度设计可用于太阳能电池涂层。在有些情况下,更常规的滚筒可用于代替该组自由跨度辊。这种替代方案,在有些情况下,可能适合于在聚合衬底上沉积的膜,所述聚合衬底可以在暴露于涂层源期间保持冷却。所述滚筒的描述在下面提供。在下一个图中放大并且更详细地描述了虚线圆圈中指示的沉积站例子。

[0096] 图4是如图3中指示的典型涂层站的放大截面示意图。它更详细地示出了利用双重可旋转磁控管溅射纯金属或金属合金的基本操作的室构造。对于光伏(或太阳能)电池而言,所述截面的元件通常具有略大于一米的长度,适合于在一米宽的柔性金属幅材上沉积。目前,具有充分表面精整的柔性金属薄幅材还没有更宽的形式,但是根本上,所述设备的宽度不限于只有一米。

[0097] 参考图4,室8包含两个支撑杆8a以及由比较厚的不锈钢金属板形成的相接的罩8b。这种类型的室结构在功能上不是本发明要求的,但是它比由金属板制成的可替代结构体积较小。溅射气体从所述室内部到大的真空室的传导由传导限制器8c调节。它们可通过槽孔中的螺钉调节,以在衬底5a和传导限制器8c之间生成小的间隙15。这种小间隙的宽度标称在一英寸的百分之几直至一英寸的八分之一或更大的范围内,取决于所述室中与该站所选定的具体工艺相适合的溅射压力和气体流量。所述室可使得所述溅射区中实现局部较高的压力,而外部保持较低的压力。它还提供了室之间充分的气体隔离,使得在相邻的溅射区中可以运行不同的工艺。可更换的屏15a收集高角度溅射流,否则所述流可涂覆所述室中更持久的部件。

[0098] 溅射气体(例如氩气)和反应性气体通过两个长管16被引入所述室中,所述长管16

沿着它们的全长具有一排小孔。所述气体如箭头所提示的围绕可旋转磁控管10流动。通过在每侧的限流器17和在所述磁控管之间当中的限流器18,使所述气体在所述磁控管的表面附近行进。所述限流器可以由铝制造,但是它们不需要在截面中是实心的。当利用直流(DC)电源溅射时,它们可以通过成为磁控管10产生的等离子体的电阳极而方便地实行双重功用。

[0099] 可旋转磁控管可以从许多商业供应商购买,但是它们全部具有一些通用的基本特征。例如磁控管10具有靶材10a、容纳所述靶材的背衬管10b,和用于产生磁场19的磁体阵列10c。对于具有足够强度以制成整体式管形状的靶材,可以取消所述背衬管。所述磁场捕集等离子体中的电子,这允许所述等离子体保持在低溅射压力。所述磁体阵列可相对于所述衬底以方便的角度 θ 定向。所述可旋转磁控管还可以包括磁体阵列结构和操作中的各种改进,其提供提高的靶材利用。改进的例子在美国专利申请No. 12/753,814和专利合作条约(PCT)专利申请No. PCT/US2011/030793中充分描述,所述专利申请通过引用完全并入本文中。

[0100] 继续参考图4,更详细地说明了图3的加热器或冷却器12。在此作为加热器显示,它由携带固定在绝热器22上的导热板21的支撑结构20组成。加热功能通过由夹具24固定在所述板上的管形加热元件23供应。所述加热棒可以由携带冷冻水(未显示)的管代替,以将所述结构转变为衬底冷却装置。板21的面向衬底5a背面的表面稍有弯曲,以在所述衬底传输通过所述室中的开口以接受涂层时与所述板保持滑动接触。如果不需要所述滑动接触,则所述板的表面可制成平面的并相距所述衬底小距离定位(未显示)。在这种情况下,衬底加热或冷却仅通过辐射传送发生,但是这对于许多涂层而言足够了。取决于所需要的最高温度,构造板21的适宜材料是石墨和铝。石墨可在真空中承受很高的温度,而铝限于几百摄氏度。例如,支撑结构20可被配置成在反射壳中容纳一排石英灯,从而只通过辐射传热达到甚至更高的衬底温度。为了保持涂层站之间的衬底温度,利用类似的管形加热元件23的保形加热器25可用于在所述衬底与辊9接触的区域中加热所述衬底。加热/冷却装置12可以全部除去并用磁控管代替,以在所述衬底背面上提供涂层。

[0101] 如上所述,图4示出了用于利用双重可旋转磁控管的室的基本金属或金属合金溅射设置。图5显示了用于溅射光伏电池的一个或多个材料层、或用于其他涂层应用的其他有用构造。虽然图5可用于形成薄膜光伏电池的层,但也可以使用对图5的沉积室的各种不同构造、修改和替代方式。例如,通过与氩气工作气体一起包含氧气或氮气、或通过单独注入进行的金属或合金的反应性溅射是常见的溅射技术,但是该构造在本论述中没有明确考虑。

[0102] 参考图5,可修改室8以包括较小的室26,其容纳专用的竖直平面磁控管27,所述磁控管被设计用于溅射传导性液态金属28如镓、汞或铯。在CIGS太阳能电池应用中,液态金属28可以是镓,其可以通过溅射条件保持充分加温以处于熔融(或液体)状态。对于所述CIGS应用而言,所述可旋转磁控管上的靶材10a可以是铟。这是特别有利的传递溅射设置,因为铟和镓形成低温共晶(这使得它作为预合金的靶材使用是不可行的)。这种溅射构造可以在图3中显示的六个溅射站的任何一个处所述两个磁控管中较低的一个上执行,并且可以在两个较低的站上的两个磁控管上执行。使用这种传递溅射构造的某些细节和示例性优点描述在PCT/US2012/050418中,所述文献通过引用完全并入本文中。

[0103] 仍然参考图5,所述可旋转磁控管之一或二者可以用常规的平面磁控管29代替,如果特定的涂层需要这样的话。当期望的材料不能制成管状形式以用在可旋转磁控管上时,或者如果它可以制造但成本过高的话,可出现这种情况。例如,在沉积CIGS太阳能电池中,薄缓冲层通常由硫化镉(CdS)组成,其可能不可用于可旋转磁控管形式中,但是可以利用平面磁控管溅射。

[0104] 图5显示的第三室构造是用于向所述溅射流添加蒸气以生成反应涂层的装置。它包含虚交叉线元件30(其代表用于加热材料如硒或硫31的容器),以及蒸气分配系统32。该容器不是所述图其余部分的截面的一部分,而是它位于所述室的一端。所述蒸气流动通过计量阀(未显示)并进入蒸气分配系统,所述分配系统由线性室33构成,其引导蒸气通过一系列孔进入所述磁控管之间的膨胀室34,然后进入溅射等离子区。蒸气分配系统32由导热材料构造,并且所述系统通过管状加热元件23保持足够热以防止蒸气冷凝,所述加热元件类似于在其他加热位置所描述的。

[0105] 图6显示当结合常规涂层滚筒使用时的图5的室构造。图5中显示的辊(9)、加热/冷却装置(12)和保形加热器(25)被除去并用滚筒35的部分代替。所述滚筒可以由内壁35a和外壁35b和在两者之间的空间35c组成,所述空间可用于加热或冷却流体。或者,所述滚筒可以是实心的(如果不需要冷却的话)并通过内部的灯(未显示)加热。衬底5a现在运载在滚筒外壁35b的表面上,而不是辊之间的自由跨度。在这种情况下,传导限制器8c改变形状以符合滚筒曲度并产生可变的均匀传导间隙15。图6的所有其他元件与图5的那些相同并且没有特别标示。如本文中别处论述的,所述滚筒可以用于涂布由聚合材料形成的衬底,因为它可能对加热的耐受度低。在透明聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)型衬底上涂布的光学膜可以是涂层滚筒的适当应用的例子。这样的膜可具有作为抗反射层的应用以增强太阳能电池性能,或者它们可以充当水分阻隔膜以在太阳能组件中代替玻璃。

[0106] 图7中示出了用于所述设备体系结构的滚筒形式(I、II和III站)和自由跨度形式(IV、V和VI站)二者的室构造的几种例子。所述构造实例随机放置,不意味着与工艺的任何关系。为了降低绘图复杂性,所述室构造通过图4、5和6中显示的更详细说明的简化形式表现(例如,如图3中);然而,主要元件容易通过回看所述更详细的图的若干数字标记来确定。该图的右侧示出了自由跨度机器构造,其可以用于高模量和耐高温衬底,例如薄的柔性金属箔。它还显示,配备单个可旋转磁控管10的较小的室35可以代替加热器/冷却器装置,以允许在所述衬底的背面上涂层。这种构造可以用本文中描述的任何涂层站代替或用它修改。左侧示出了常规的涂层滚筒构造,其可用于涂布低强度和/或耐热性低的聚合物衬底。在可能需要在可旋转形式中不可用的特定材料的情况下,任何所述可旋转的磁控管可以用常规的平面磁控管代替。

[0107] 控制器

[0108] 本公开的系统和方法可以借助于计算机系统执行。系统可以包括包含一个或多个沉积系统的罩壳和泵送系统。计算机系统(或控制器)可以与所述系统偶联。所述计算机系统可包括计算机处理器(本文中也称为“处理器”),其用于执行实施形成光伏电池的方法的机器可读的编码。所述编码可以执行本文中提供的任何方法。

[0109] 控制器可与所述系统的各种部件偶联。例如,所述控制器可与所述一个或多个沉积系统通信,包括所述一个或多个沉积系统的磁控溅射装置。作为另一个例子,所述控制器

可与泵送系统通信,所述泵送系统能够使所述控制器调节所述罩壳的压力。

[0110] 控制器可以编程或以其它方式被配置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、沉积室压力和磁控管功率。在有些情况下,所述控制器与沉积室的阀或多个阀通信,所述阀帮助终止(或调节)所述沉积室中的前体流。所述控制器包括被配置成帮助执行机器可执行编码的处理器,所述编码被配置成实施本文中提供的方法。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、或被配置成储存计算机可执行编码的其他物理存储介质。

[0111] 控制器可以编程或以其它方式被配置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、光伏材料层生长速率和生长压力中的一种或多种。生长速率可以通过,例如,控制引导一部分衬底通过沉积室的速率来调节,这可以取决于所述衬底释放和更新(update)卷(例如图2的卷5和6)旋转的速率。

[0112] 例如,图1的系统可包括控制器(或控制系统),所述控制器被编程或以其它方式被配置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、罩壳内的压力、单个沉积室内的压力、释放辊旋转的速率、和卷取辊旋转的速率。所述控制器可与所述系统的各种部件通信,包括但不限于模块、模块之间的阀、前体阀、所述系统的泵送系统(未显示)。所述控制器包括被配置成帮助执行机器可执行编码的处理器,所述编码被配置成实施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、或被配置成储存计算机可执行编码的其他物理存储介质。

[0113] 图14示意性地示出了经编程或以其它方式被配置成促进本公开的光伏(PV)电池形成的计算机系统(本文中也称为“控制器”)1401。所述计算机系统1401可被编程或以其它方式被配置成实施本文中描述的方法。所述计算机系统1401包括中央处理单元(CPU,本文中也称为“处理器”和“计算机处理器”)1405,其可以是单核或多核处理器,或用于平行处理的多个处理器。计算机系统1401还包括存储器1410(例如,随机存取存储器,只读存储器,闪速存储器)、电子存储单元1415(例如硬盘)、用于与一个或多个其他计算机系统通信的通信界面1420(例如网络适配器)和外围设备1425例如缓存、其他存储器、数据存储和/或电子显示适配器。存储器1410、存储单元1415、界面1420和外围设备1425通过通信总线(实线)例如主板与CPU 1405通信。存储单元1415可以是用于储存数据的数据存储单元(或数据存储库)。计算机系统1401借助于通信界面1420与计算机网络(“网络”)1430操作性地偶联。网络1430可以是因特网、互联网和/或外联网,或与因特网通信的内部网和/或外联网。在有些情况下网络1430是远程通信和/或数据网络。网络1430可以包括一个或多个计算机服务器,其使得能够实现分布式计算,例如云计算。在有些情况下网络1430借助于计算机系统1401可以实施对等网络,其可以使得与计算机系统1401偶联的装置能够起到客户端或服务器的作用。

[0114] 计算机系统1401与用于形成本公开的光伏电池的一种或多种部件(例如,吸收体,背面电极,正面电极)的加工系统1435通信。所述加工系统1435可以被配置成实施各种操作以在所述加工系统1435中形成与衬底相邻的一种或多种PV电池部件结构,例如,形成一个或多个吸收体层。加工系统1435可以通过网络1430或通过直接(例如有线、无线)连接而与计算机系统1401通信。在一个例子中,加工系统1435是上面在图1的环境中描述的系统。

[0115] 本文中描述的方法可以通过储存在计算机系统1401的电子存储位置(例如存储器1410或电子存储单元1415)上的机器(或计算机处理器)可执行编码(或软件)来实施。在使用期间,所述编码可以通过处理器1405执行。在有些例子中,所述编码可以从存储单元1415检索并储存在存储器1410上以供处理器1405方便地存取。在有些情况下,可以排除电子存储单元1415,并且机器可执行指令储存在存储器1410上。

[0116] 所述编码可以预先编译和配置以供用于具有适合执行所述编码的处理器器的机器,或可以在运行时间期间编译。所述编码可以用编程语言提供,所述编程语言可以选择以使得所述编码能够以预先编译或原样编译的方式执行。

[0117] 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,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另一类型的介质包括光、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。

[0118] 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。

[0119] 实施例

[0120] 实施例1-CIGS的背面电极层

[0121] 图8显示了在薄不锈钢(SS)箔幅材上涂布CIGS太阳能电池的背面电极层的设备构造。这个例子使用钼背面电极,虽然其他材料例如钨和铌也可以使用。

[0122] 一些衬底可以通过真空表面处理改善。一种这样的处理可以是箔表面的溅射蚀刻以除去外来物质、降低拓扑结构或除去薄的氧化物蓄积层。图8指示了位于幅材的自由跨度

上游部分的小辅助室37。该室容纳离子枪37a,其与衬底成某一角度定向以提供更有效的蚀刻,以及将蚀刻碎屑引向捕捉屏37b,从而减少在离子枪本身上的沉积。离子枪供给氩气(或其他惰性气体,例如He)作为工作气体,其压力在室37中高于室37外部。

[0123] 仍然参考图8,所述幅材离开室37并继续来到涂层站I。第一组双重磁控管可用于在衬底上或与所述衬底相邻沉积的铬、钛或其他活性金属薄层,以充当粘附促进层以及帮助阻断铁从衬底的任何扩散的层。站II至VI可用于沉积钼层;然而,不同金属的中间层(例如在站IV处)可以用来生成还帮助阻断铁的迁移的组成边界或界面。具有单个磁控管的较小室36可以布置在任何站处以提供背面涂层来执行各种功能,例如使得光伏组件中相邻光伏电池之间能够电连接。

[0124] 实施例2-CIGS的吸收体层

[0125] 图9示出了沉积CIGS前体层的系统。每个涂层站显示出配备蒸气源30,其可以在所述层沉积期间提供蒸发的硒。靶材包括铜、铟和镓,但是几种排列是可能的。例如,每个涂层站处的两个磁控管可以是具有铟靶材的一个磁控管和具有铜/镓合金靶材的一个磁控管,即每个站是相同的。或者,所述靶材的组成在站与站之间可以改变。在其他排列中,任何站处的两个靶材可以是相同的。另外,任何铜/镓合金靶材可以用钝铜靶材代替,而镓如图5的源27所示从它的液相溅射到铜或铟靶材任一种上。

[0126] CIGS太阳能电池可以从添加少量、约为0.1%的钠中受益。在有些情况下,少量的钠可以在一种或多种CIGS靶材中以原子钠或含钠化合物(例如,NaF,NaSe,NaS等等)的形式提供,以便最终沉积在与衬底相邻的生长CIGS吸收体中。然而,它也可以包含在钼背面电极中,在此它可以扩散到所述CIGS中。另一种替代方案是通过从图8中显示的室37中容纳的平面磁控管溅射来沉积钠化合物层。室37还可以用来容纳通过蒸发沉积钠化合物层的设备。所述钠化合物可以沉积在所述钼背面电极层上,或通过将室37放置在与图8中显示的对称位置而沉积在所述CIGS层的顶部。

[0127] 实施例3-溅射的CIGS结层

[0128] 在实验室中产生的最高效率CIGS太阳能电池已经利用硫化镉(CdS)的化学浴沉积作为结层;然而,商业CIGS组件还利用了具有化学沉积的硫化锌(ZnS)和硫化铟(In₂S₃)结层的电池。通过溅射产生所述结层是可能的,且图10显示了用于这种应用的系统构造。设备的左侧(站I-III)示出了CdS平面靶材的平面磁控溅射。纯CdS是高电阻的并且可以用射频(RF)能量溅射,但是金属掺杂的或偏离化学计量的形式可以用交流(AC)电源溅射。站IV-VI显示以可以允许溅射反应性ZnS或In₂S₃结层的方式进行构造。所述可旋转靶材是锌金属或铟金属并且它们在源30提供的硫蒸气存在下溅射。在有些方法中,本征或高电阻氧化锌(iZnO)薄层沉积在所述结层顶部。为此目的,高电阻的平面氧化锌靶材可以射频(射频)溅射(如CdS),或者轻度掺杂的氧化锌可以在少量氧存在下用AC溅射以恢复高电阻化学计量。

[0129] 实施例4-溅射的CIGS透明顶部电极

[0130] 与常规硅太阳能电池不同,薄膜电池需要透明顶部电极,其几乎总是通过溅射沉积的。氧化铟锡(ITO)和用铝少量掺杂的氧化锌(AZO)是可以用于这种目的两种材料。二者可以旋转形式提供,并且二者是充分传导性的,以便通过直流(DC)、脉冲DC或AC电源溅射。图11显示了溅射沉积透明顶部电极的系统。它很类似于用于溅射背面电极的构造,只是没有离子蚀刻并且靶材是导电性氧化物ITO和/或AZO,而不是金属。因为控制电弧,AC或脉

冲DC模式在有些情况下可以有利地提供长期过程稳定性。利用AZO靶材,通过在溅射时向等离子体添加少量氧制造iZnO样层也是可能的。这可以用于代替通过RF溅射iZnO,如上面的实施例所述。此外,背面涂层可以利用在选定位置处的单个磁控管室35形成,如本文中上面或别处所述。

[0131] 供应商可能不能提供像玻璃那样光滑并且没有表面缺陷的不锈钢箔衬底。因此,在柔性不锈钢幅材上制造的薄膜太阳能电池可以具有可用于制造环境中的大量电缺陷。幅材涂层机中触及所述幅材涂层侧的传输辊由于滑移和刮擦、或通过将粒子简单地压碎到涂层中,可以引起许多缺陷。图12示出的设备构造允许所述涂层在没有与所述幅材的涂层侧接触的传输辊下完成。所述涂层站重新安排以形成更开放的弧。基本上站III和IV不变,而I和II以及V和VI的对向下移动。辊38a和38b向着设备的中心略微移动,以允许在辊9上的小包角。辊9上的包角可以小于或等于约20°,15°,10°,9°,8°,7°,6°,5°,4°,3°,2°,或1°。辊39a和39b上的包角通过这种移动稍增加,使得它们可以装备测压元件和幅材速度传感器二者。辊39a和39b上的包角可以是至少约10°,20°,30°,40°,或45°。幅材张力和速度信息提供到衬底卷5和6的驱动,以反馈控制幅材传输。通过利用磁性增强辊,例如PCT/US2012/052159中描述的磁性增强辊,即使是小包角,幅材在辊39a和39b上滑移的机会也大大降低,所述文献通过引用完全并入本文中。

[0132] 在有些情况下,在施加涂层之后,例如,在沉积最后的顶部透明电极之后,可允许使得辊与所述幅材的涂层侧接触。图13示意性地示出了混杂系统,其中在施加与衬底相邻的涂层之后,辊与幅材的涂层侧接触。在左侧,排列与图12中描述的一致,但是在右边,所述构造如前面的标准构造,具有利用辊14的“S”型包绕驱动。所述衬底的涂层侧与辊14接触。在摩擦系数异常低的非磁性箔或聚合物衬底与压紧辊39a一起使用的情况下,可以使用图13的构造。

[0133] 本公开的装置、系统和方法可以与其他装置、系统和方法相组合或被它们修改,例如下列文献中描述的装置、系统和/或方法:Pinarbasi等的美国专利No.8,207,012,Barnett等的美国专利No.4,318,938,Hollars的美国专利No.6,974,976,Matsuda等的美国专利No.5,571,749,Wendt等的美国专利No.6,310,281和6,372,538,Chahroudi的美国专利No.4,298,444,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,它们每个通过引用完全并入本文中。

[0134] 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。

[0135] 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,所述各种修改是本公开中考虑到的。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。

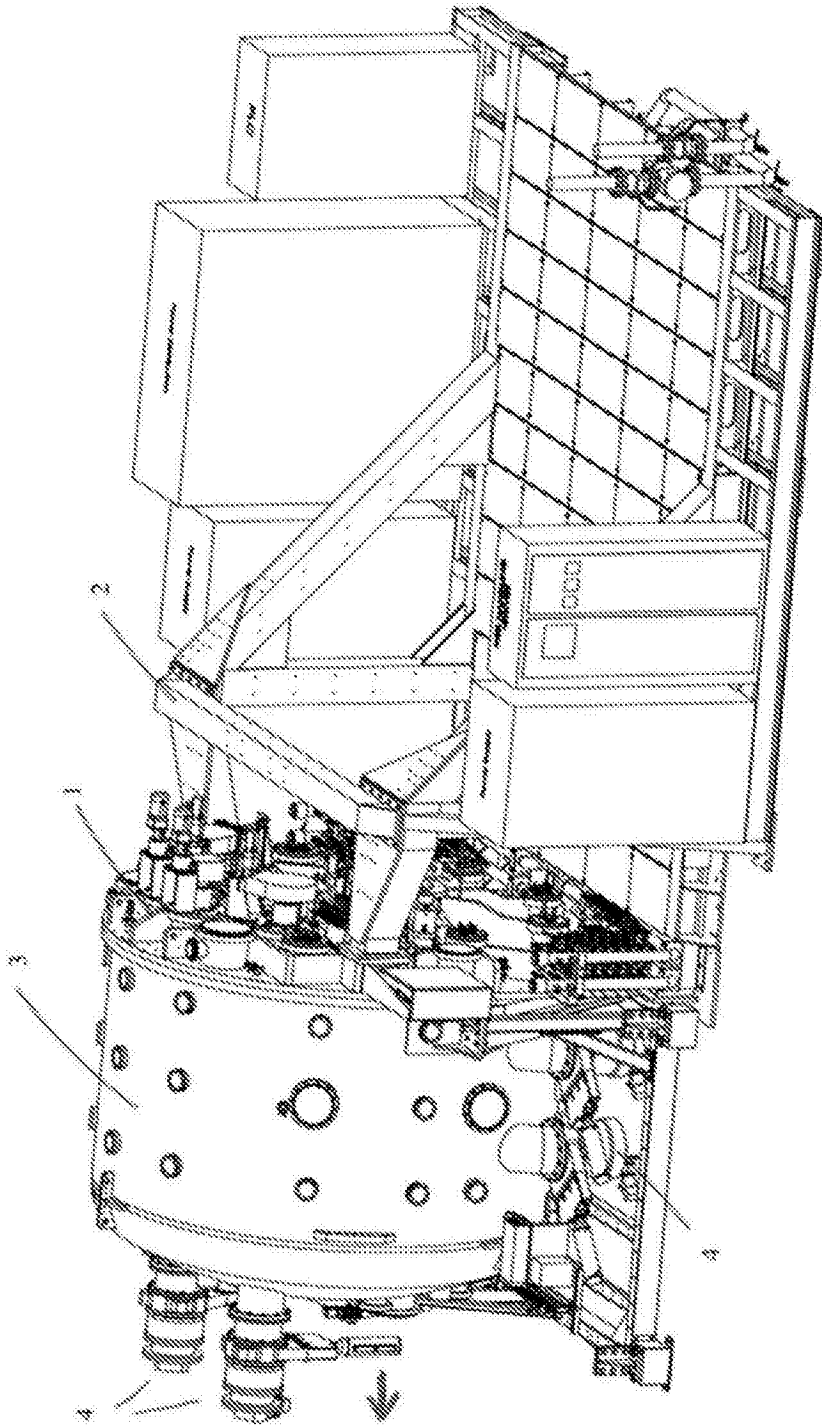


图1

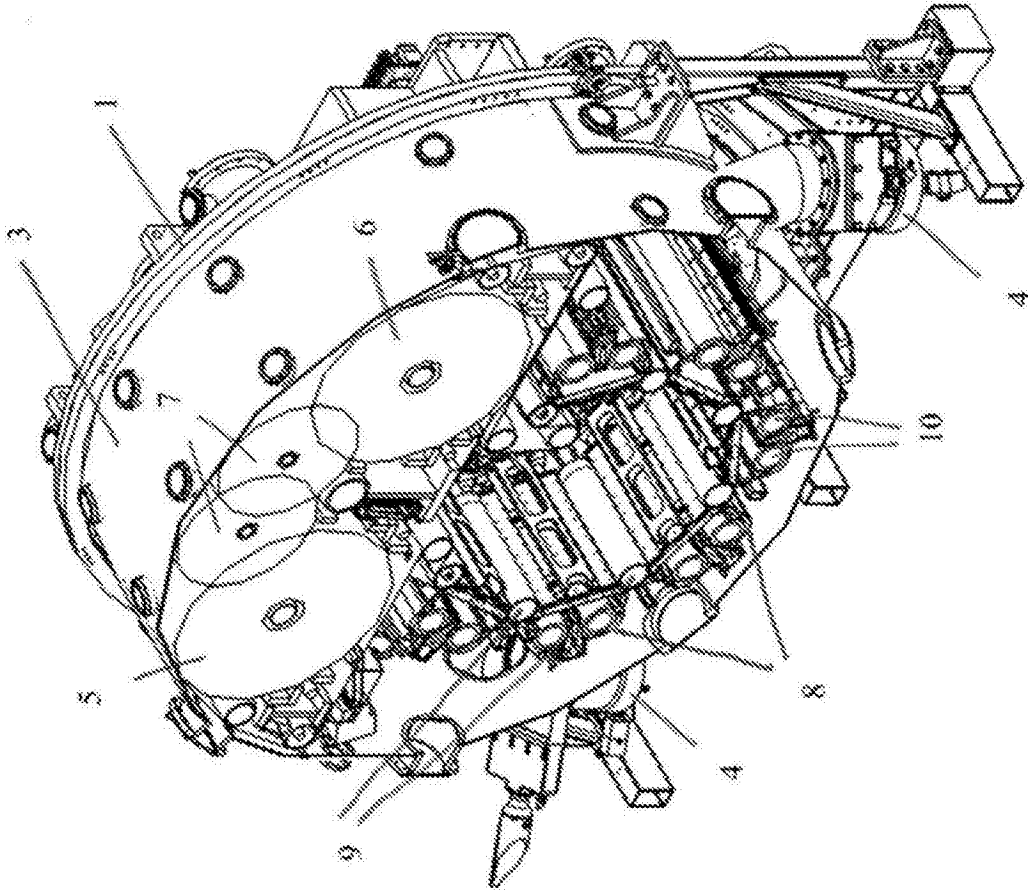


图2

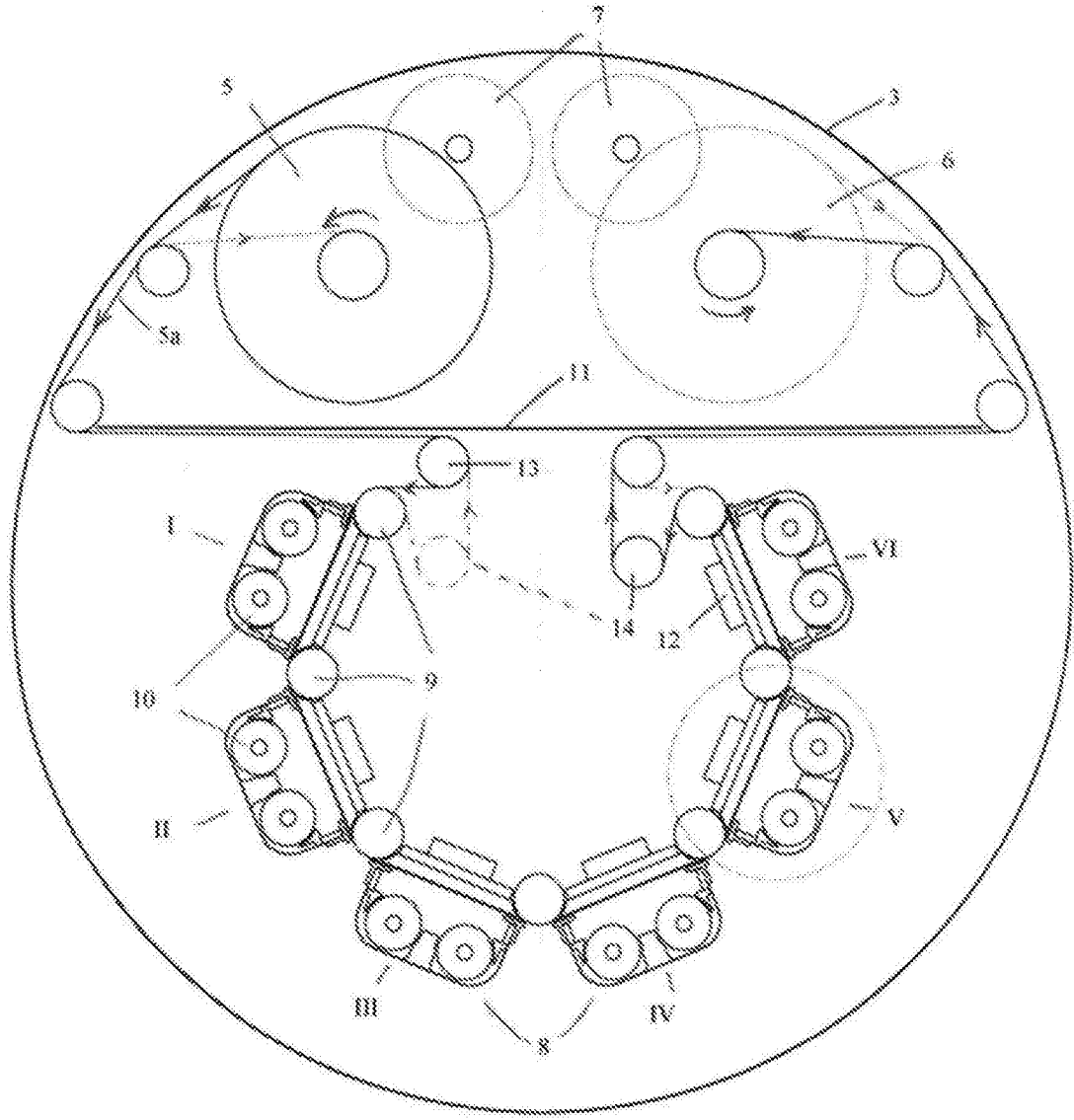


图3

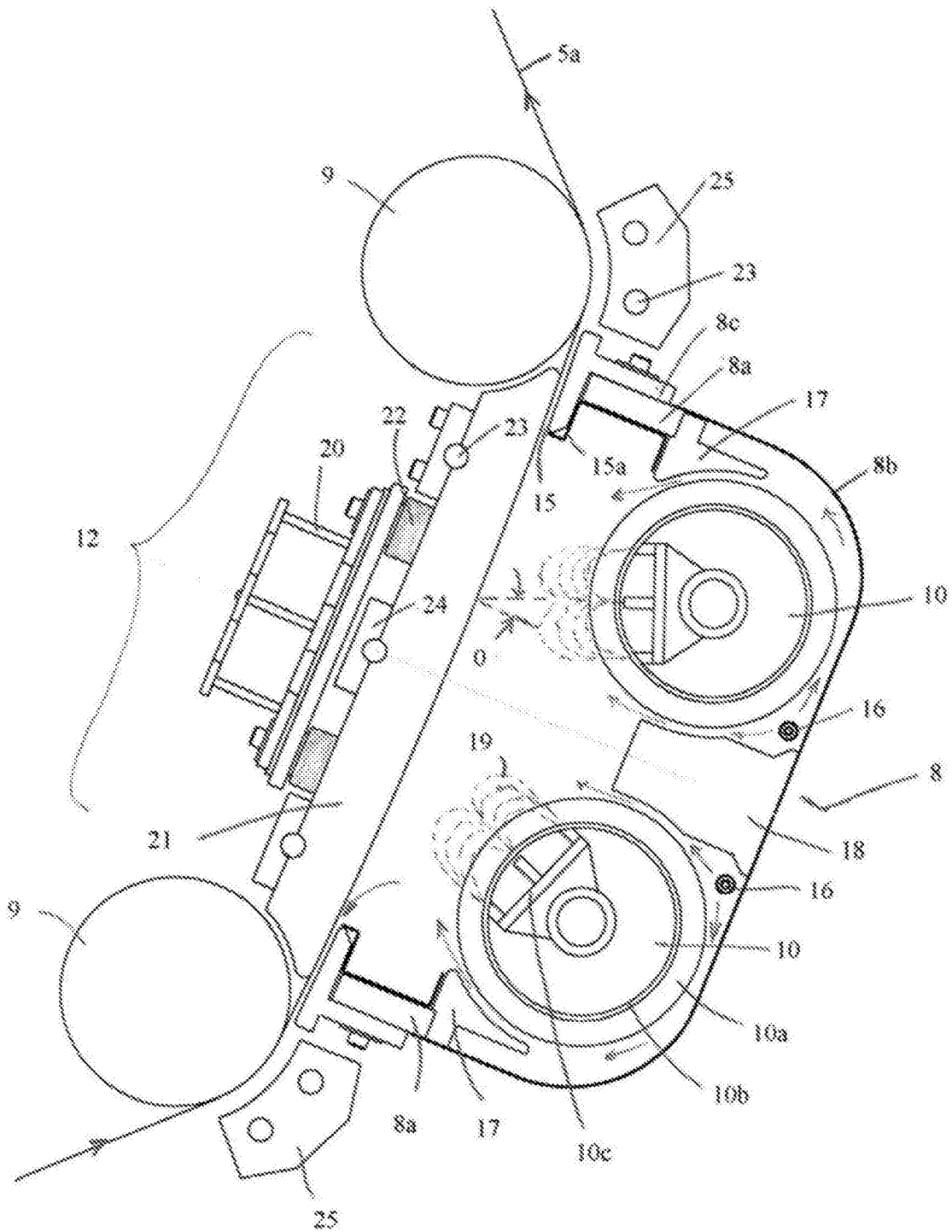


图4

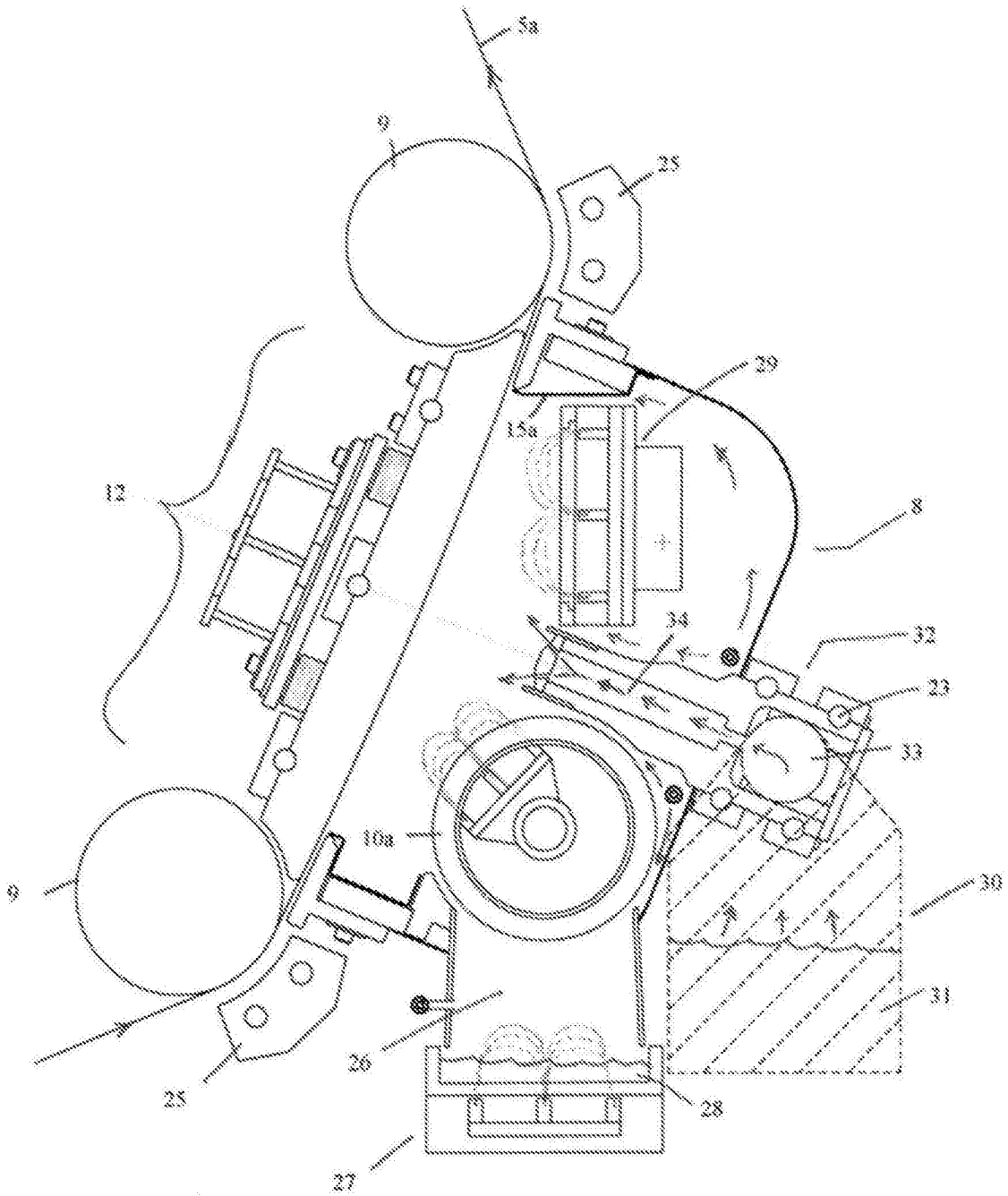


图5

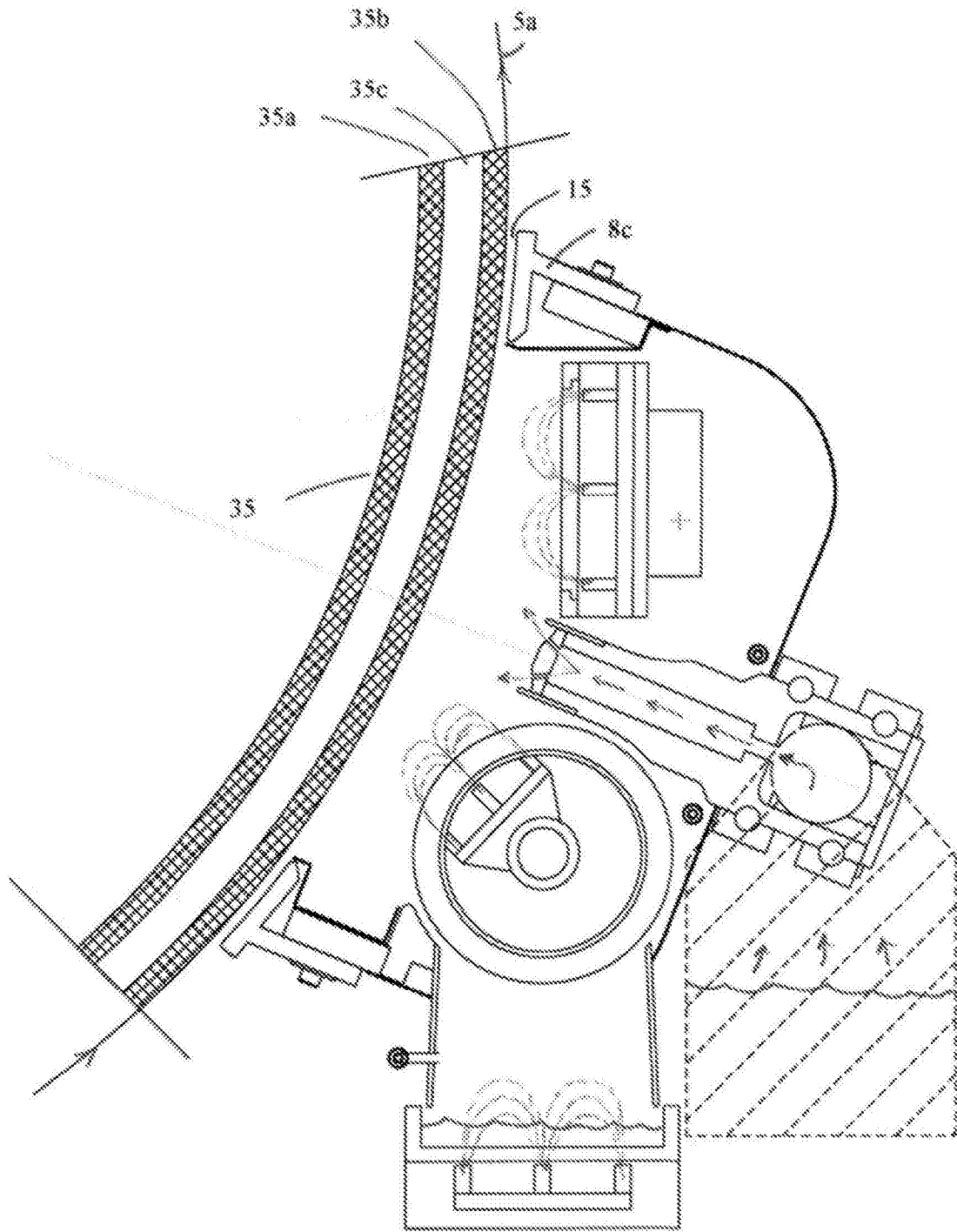


图6

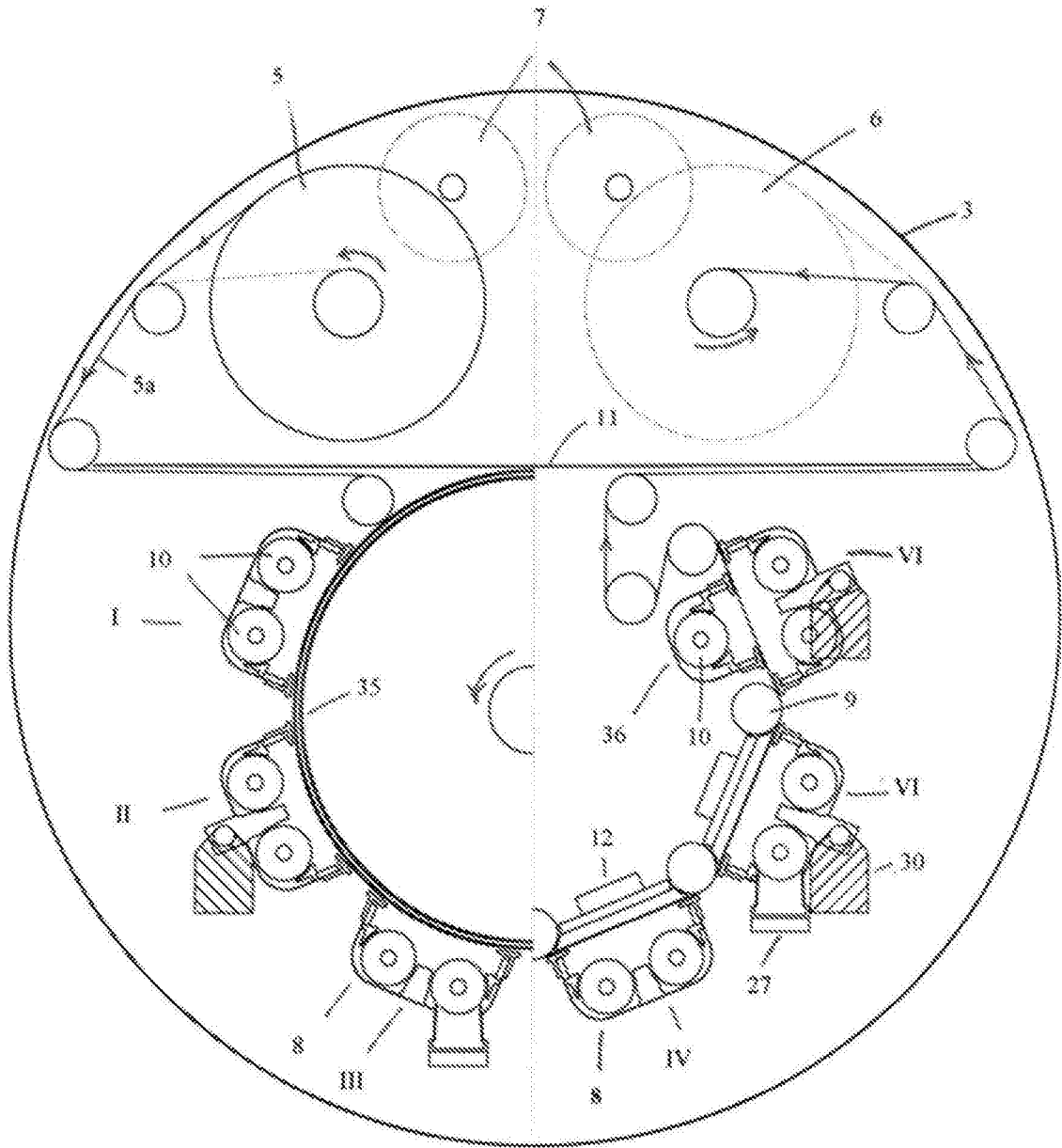


图7

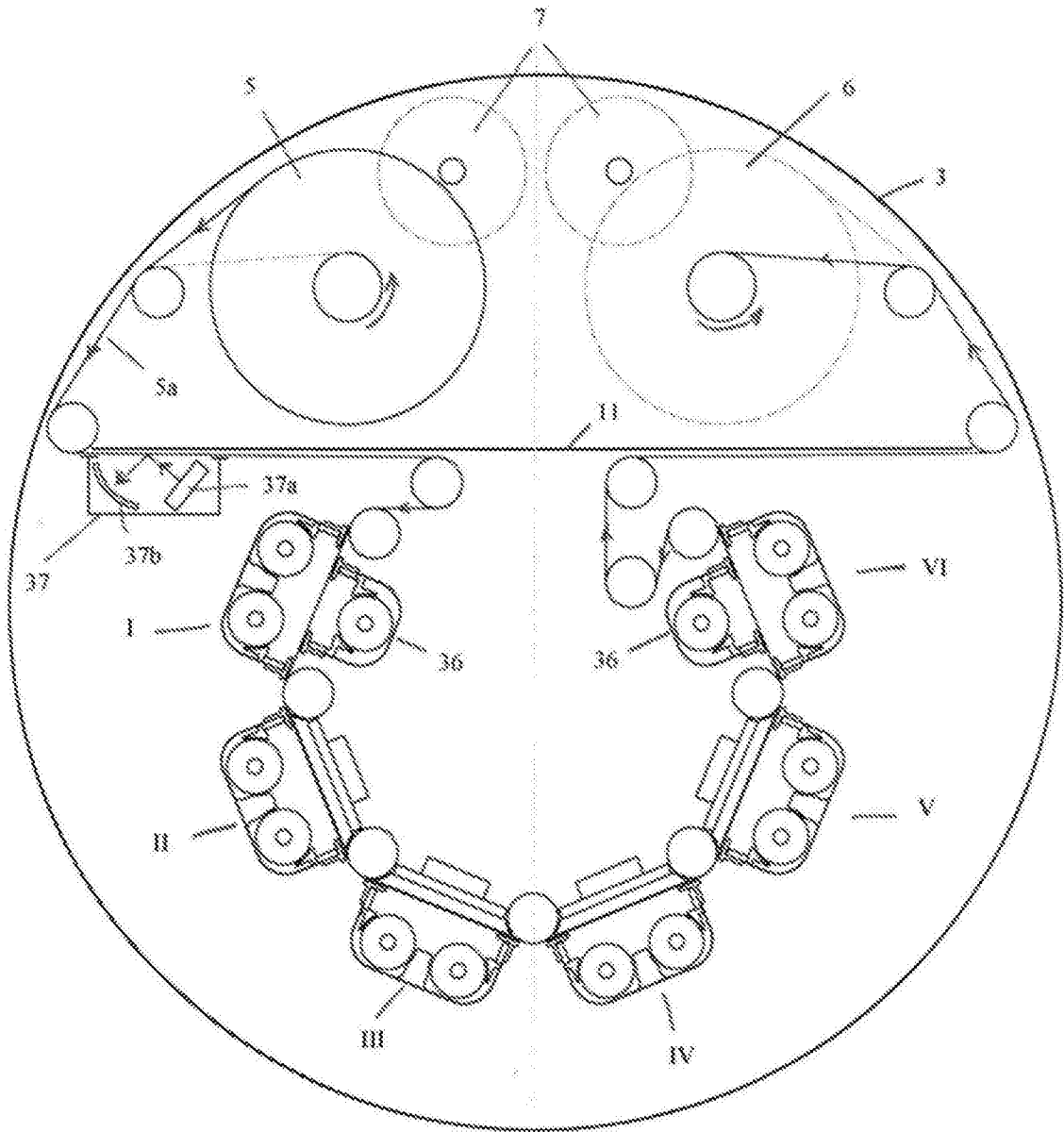


图8

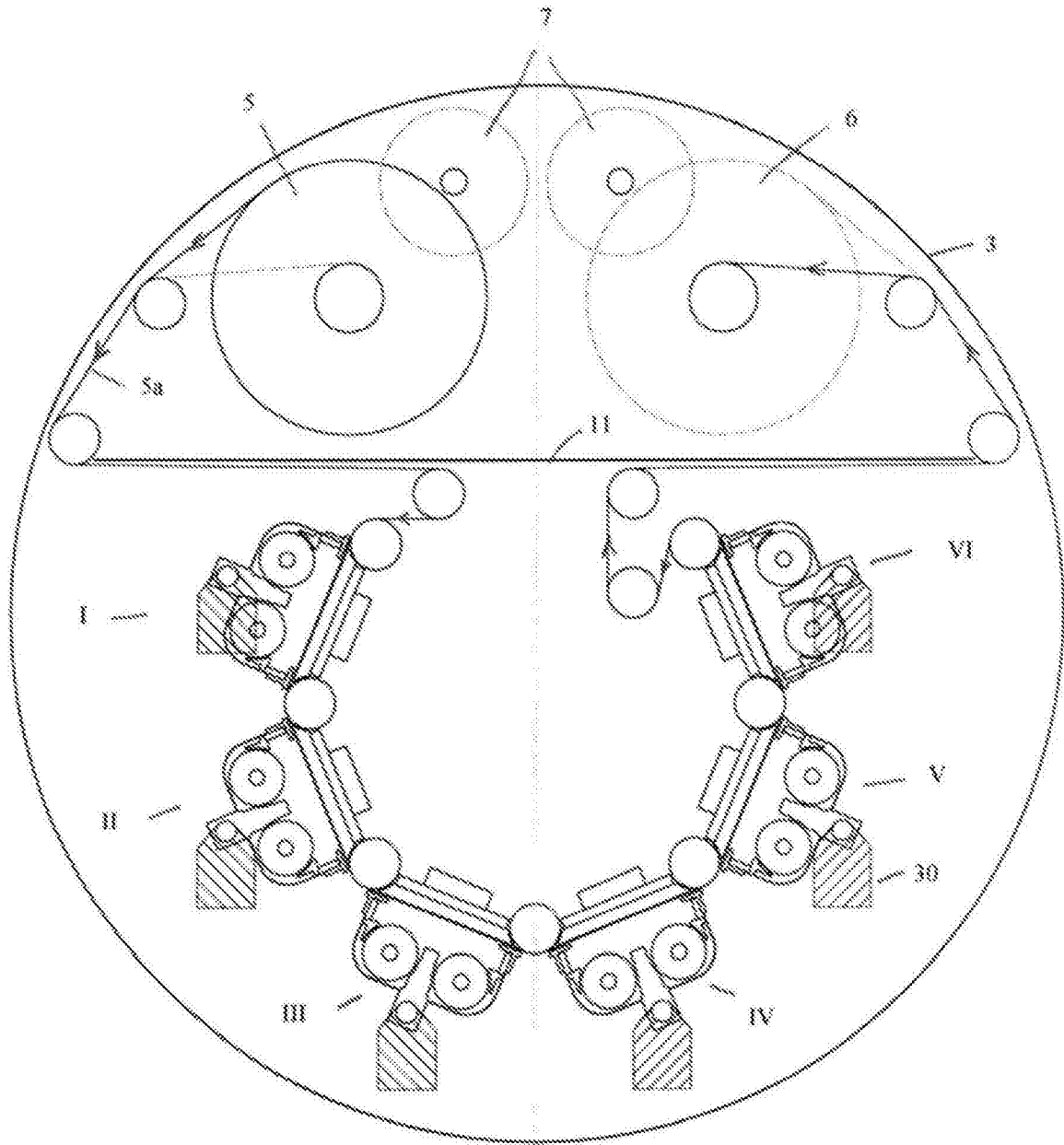


图9

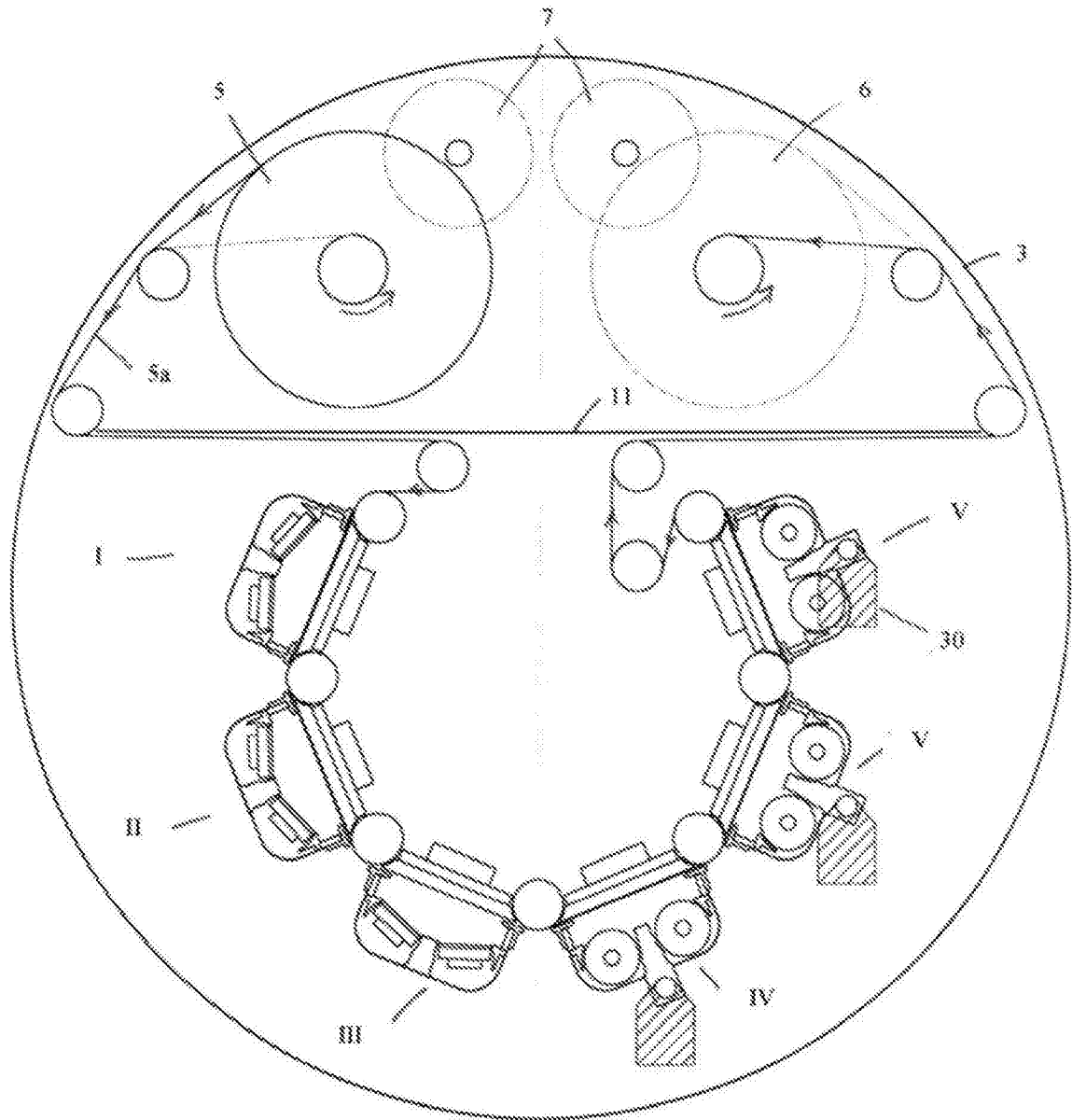


图10

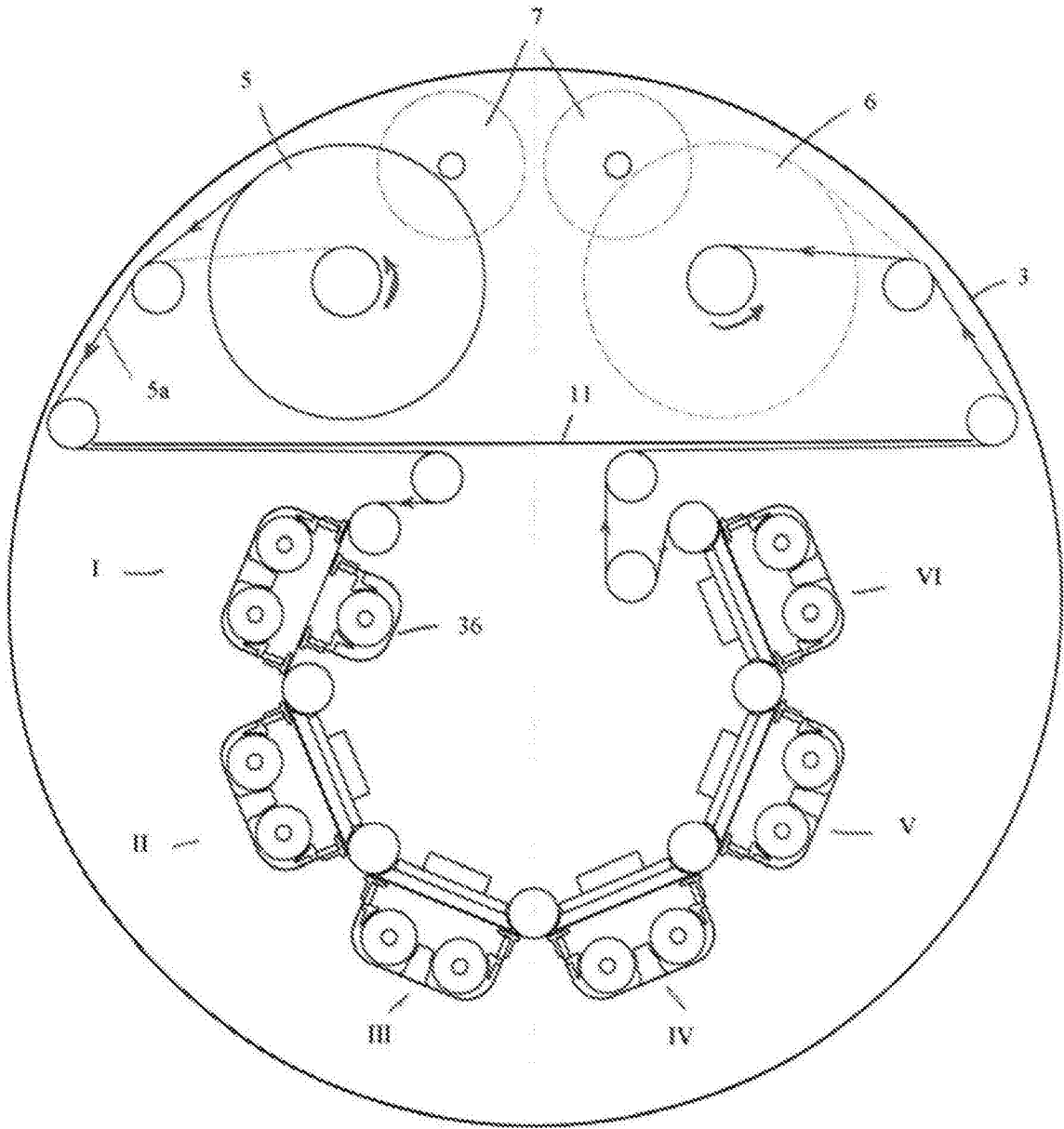


图11

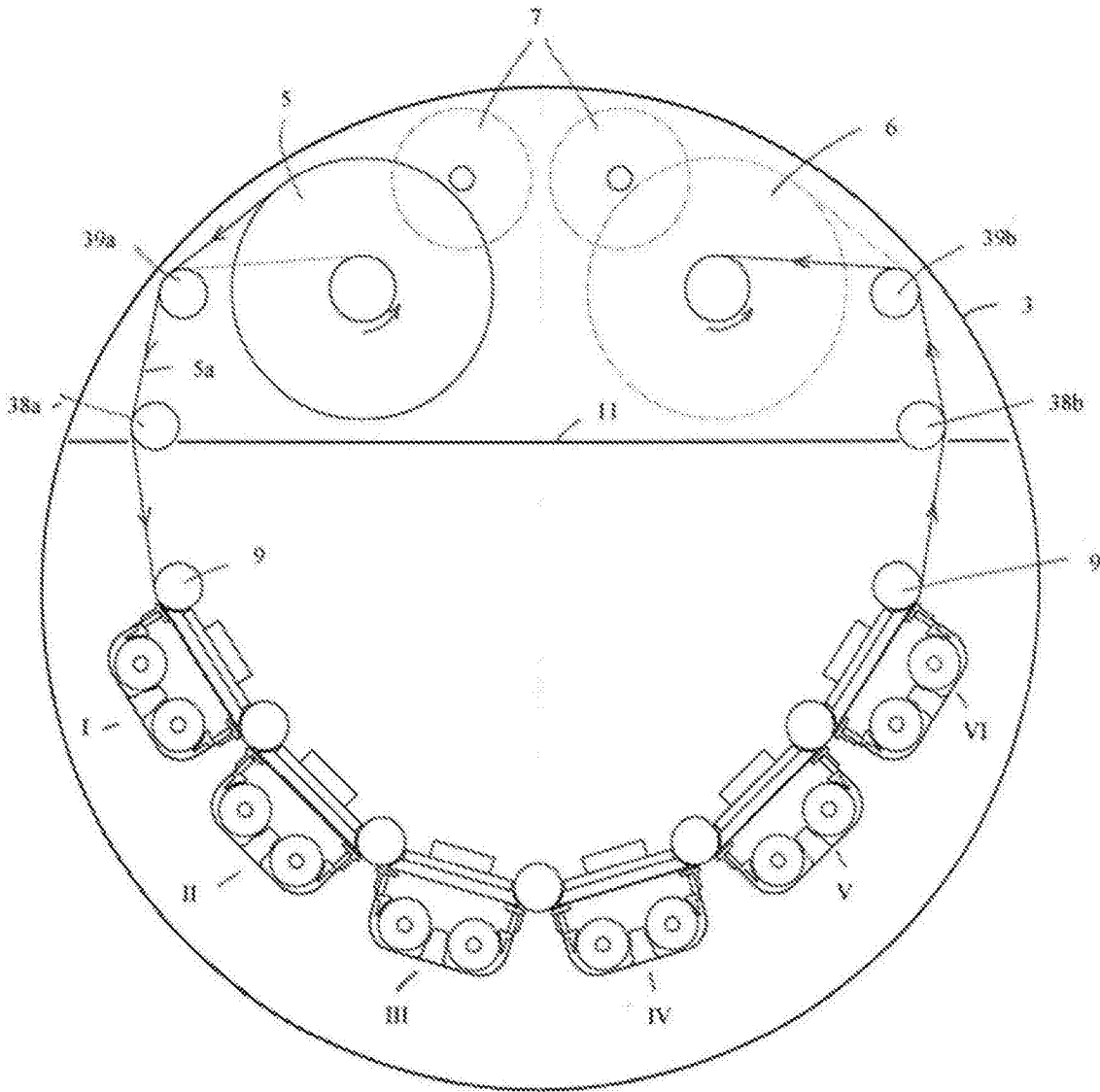


图12

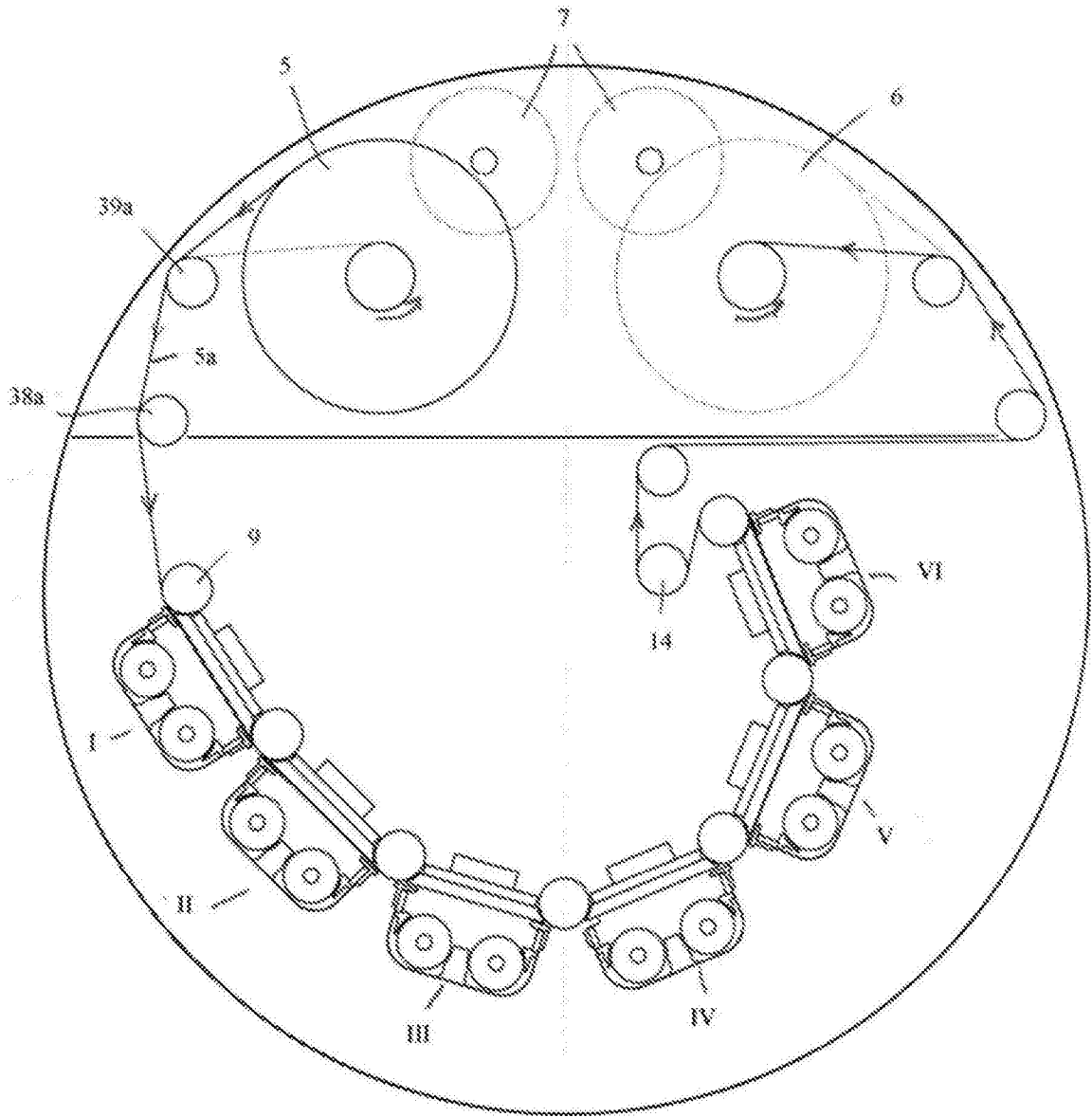


图13

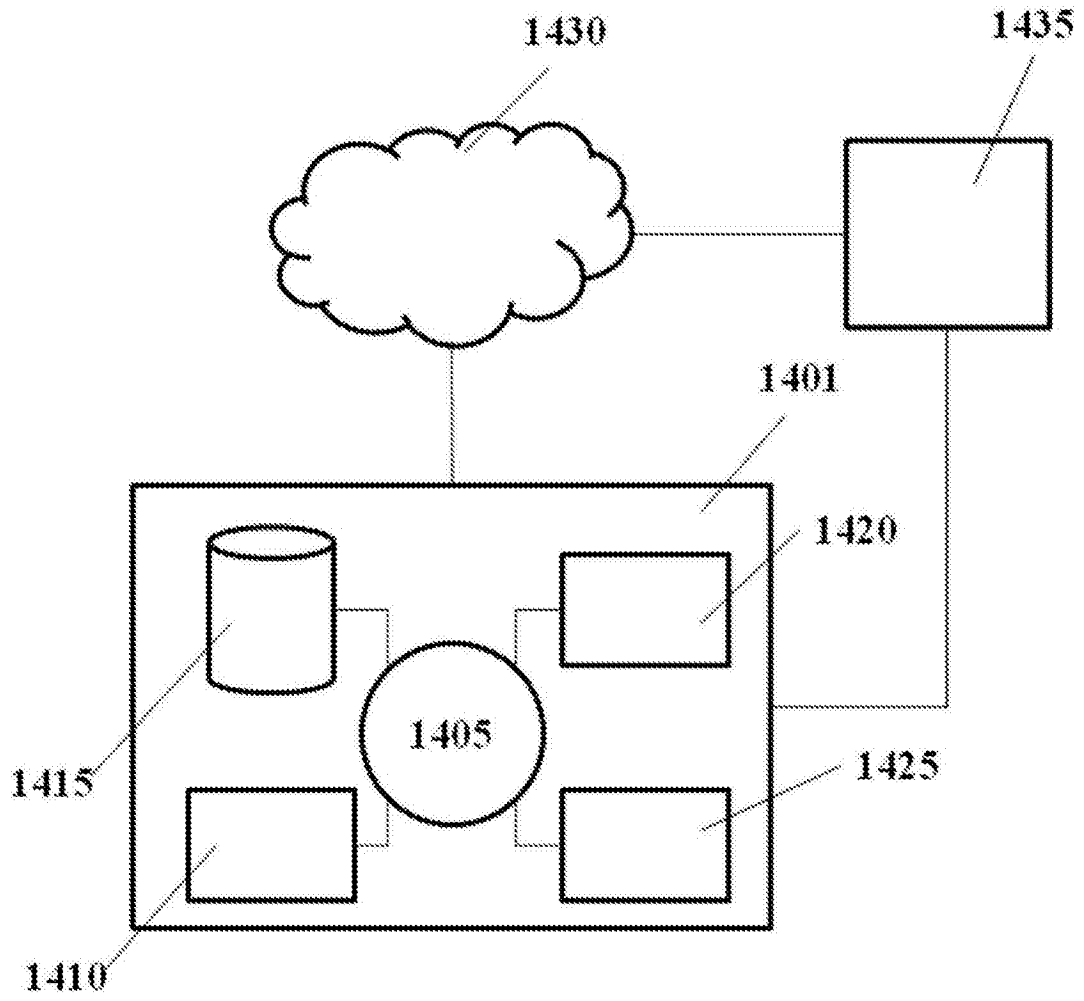


图14