

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

H01L 31/18

H01L 31/04 H01L 21/205

C23C 16/44

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99127779.1

[43]公开日 2000年7月19日

[11]公开号 CN 1260599A

[22]申请日 1999.12.22 [21]申请号 99127779.1

[30]优先权

[32]1998.12.22JP [33]JP [31]365066/1998

[32]1999.12.17JP [33]JP [31]359145/1999

[71]申请人 佳能株式会社

地址 日本东京

[72]发明人 森山公一朗 金井正博 大利博和

芳里直 冈田直人 下田宽嗣

尾裕之

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

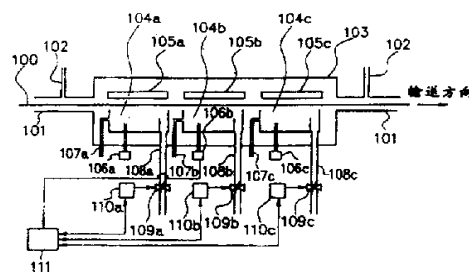
代理人 王以平

权利要求书 2 页 说明书 26 页 附图页数 8 页

[54]发明名称 处理衬底的设备和方法

[57]摘要

一种衬底处理方法,包括输送衬底通过相互连通的多个处理空间,并在其中处理所述衬底的步骤,其中根据作为所述多个处理空间之一的处理空间(a)的内压来控制所述处理空间(a)的内压和设在处理空间(a)前后的至少一个处理空间(b)的内压。以及一种衬底处理设备,包括多个处理空间、衬底输送装置和压力计,其中,所述衬底处理设备具有用于根据从所述压力计获得的信息,来控制所述处理空间(a)的内压和设在处理空间(a)前后的至少一个处理空间(b)的内压的控制单元。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种衬底处理方法，包括输送衬底通过相互连通的多个处理空间，并在每个处理空间处理所述衬底的步骤，其特征在于，根据作为所述多个处理空间之一的处理空间（a）的内压，对所述处理空间（a）的所述内压和设置在所述处理空间（a）前或后的、作为多个处理空间中的至少一个的处理空间（b）的内压进行控制。

2. 根据权利要求 1 的衬底处理方法，其中，通过控制这些处理空间的每个处理空间的排气速度来控制处理空间（a）和（b）的内压。

3. 根据权利要求 2 的衬底处理方法，其中，通过调节设置在与每个处理空间连接的排气管处的排气阀的开口大小来控制每个处理空间的排气速度。

4. 根据权利要求 3 的衬底处理方法，其中，控制各排气阀的开口大小使其开口大小变成相同。

5. 根据权利要求 3 的衬底处理方法，其中，控制各排气阀的开口大小使其开口大小之间具有规定的比例。

6. 根据权利要求 1 的衬底处理方法，其中，处理空间（a）和处理空间（b）设置在同一处理室内。

7. 根据权利要求 1 的衬底处理方法，其中，处理空间（a）和处理空间（b）通过气门相互连通。

8. 根据权利要求 1 的衬底处理方法，其中，衬底处理包括膜形成处理。

9. 根据权利要求 8 的衬底处理方法，其中，膜形成处理包括溅射。

10. 根据权利要求 8 的衬底处理方法，其中，膜形成处理包括 CVD。

11. 根据权利要求 1 的衬底处理方法，其中，衬底包括卷材衬底。

12. 一种衬底处理设备，包括：多个处理空间；衬底输送装置，用于输送衬底通过所述多个处理空间，并在各个处理空间内处理所述衬底；气压计，用于测量作为所述多个处理空间之一的处理空间（a）的内压，其特征在于，所述衬底处理设备具有控制单元，该控制单元根据从所述压力计得到的信息，对所述处理空间（a）的内压和位于所述处理空间（a）的前或后的、作为多个处理空间的至少一个的处理空间（b）的内压进行控制。

13. 根据权利要求 12 的衬底处理设备，其中，所述多个处理空间的每个处

理空间均设有带可变阀的排气管，所述控制单元用于直接或间接地控制每个可变阀的开口大小。

14. 根据权利要求 13 的衬底处理设备，其中，压力控制器连接到每个可变阀上，所述压力控制器用于调节所述可变阀的开口大小，且每个可变阀的开口大小根据从所述控制单元输入的信号由与其相连接的压力控制器调节。

15. 根据权利要求 12 的衬底处理设备，其中，所述处理空间 (a) 和 (b) 设在同一个处理室内。

16. 根据权利要求 12 的衬底处理设备，其中，所述处理空间 (a) 和 (b) 通过气门相互连通。

17. 根据权利要求 12 的衬底处理设备，其中，所述多个处理空间中的至少一个设有膜形成装置。

18. 根据权利要求 17 的衬底处理设备，其中，所述膜形成装置包括处理气供给装置和电力供给装置。

19. 根据权利要求 17 的衬底处理设备，其中，所述膜形成装置包括溅射装置。

20. 根据权利要求 17 的衬底处理设备，其中，所述膜形成装置包括 CVD 装置。

处理衬底的设备和方法

本发明涉及半导体器件制造中采用的衬底的处理方法和设备。(为了简化,下文中把处理衬底的方法称为“衬底处理方法”,衬底处理用的设备称作“衬底处理设备”)。本发明还涉及膜形成方法和膜形成设备。膜形成方法包括用等离子化学气相淀积(以下称作等离子 CVD)或溅射法在衬底上连续形成淀积的膜的膜形成方法。膜形成设备包括用等离子 CVD 或溅射法在衬底上连续形成淀积膜的膜形成设备。本发明包括制造光电元件的工艺和设备。

为了用多个处理室(膜形成室)在衬底上形成功能淀积膜,已知有多种设备可用作在带形衬底上,即卷材衬底上形成淀积膜,以得到半导体器件。这些设备的代表例有例如用美国专利 4400409 中所公开的称作滚动式系统在卷材衬底上连续形成淀积膜的膜形成设备。该膜形成设备包括设置在多个处理室内相互连通的多个膜形成室的双室结构。所述的文献中公开了使长的有规定宽度的卷材衬底按长度方向沿顺序通过处理室的给定路线连续传输,而连续形成有半导体结的元件。在膜形成设备中,每个膜形成室没有其内可以保持真空态的对应处理室内。为了防止每个膜形成室中形成淀积膜用的气体扩散到下一个位置的膜形成室中对其造成污染,在两个相邻处理室之间设有气门。气门包括细长形分离通道,经过该分离通道使相邻的处理室连通。分离气体例如 Ar 气, H₂ 气体流进分离通道形成分离气体气流,使相邻处理室相互隔开。在每个处理室中,设备设置有把处理气体引入设备中设置的膜形成室的装置,包括排气管、真空泵等用于对膜形成室内抽真空的排气装置,进行等离子处理的例如等离子 CVD,或供给电能例如高频电能进行溅射装置,以在膜形成室内产生等离子体的装置。构成膜形成室的元件,和加热装置,例如用于将卷材衬底加热到要在卷材衬底上形成膜所需的温度的加热器。

用上述的多个处理室,可在衬底上连续叠置形成有不同材料或有不同化学组分的多层淀积膜。但是,这种多个淀积室结构的例子例如有(1)在一个处理室内设有一个膜形成室,在一个处理室内在卷材衬底上形成一种淀积膜,(2)一个处理室内设置多个膜形成室,在一个处理室内卷材衬底上分别形成

多层同一种类或相似种类的淀积膜。(3) 多个处理室中的一个用于加热冷却或腐蚀卷材衬底不在其上形成任何淀积膜。例如, 日本特许公开 191120/1977 中公开了一种制造性能提高了的 PIN 结型光电元件的方法, 其中, 用相互不同的多个膜形成室在一定条件下形成 P 型半导体层, 特别是, 在本文中披露了用包括多个处理室, 而每个处理室有膜形成室的膜形成设备, 在一个处理室内设置的每一个膜形成室中形成所需的淀积膜形成多层半导体层作 P 型半导体层。可以认为该设备的结构与上述的 (1) 的情形是相同的。上述文献中, 由于所述的用于形成 P 型半导体层的各个膜形成室中分别有相同的处理气体 (即, 膜形成原料气体), 可以认为设备可以采用上述 (2) 所述的结构, 在一个处理室内设置有用形成 P 型半导体层的全部膜形成室。

此外, 在难以在一个膜形成室中进行膜形成而获得所需膜厚的情况下, 可如上述 (2) 所述设备结构, 在一个处理室里设置膜形成条件相同的多个膜形成室, 然后利用这多个膜形成室形成淀积膜获得所需的膜厚。而且, 在上述 (2) 的情况下, 可以减少处理室和气阀的数量, 因而可以简化设备和降低设备造价。

而且, 如上述的, 用包括多个彼此连通的处理室的这种连续滚动的膜形成设备的膜形成方法, 适合于批量生产功能淀积膜或例如光电元件的半导体器件。但是, 特别是为了大力推广光电元件 (太阳能电池) 的应用, 则要求进一步改进常规的膜形成设备和方法, 以能用这些设备和方法在合理的价格稳定而效地成批制造出有更好的光电转换效率, 特性稳定性和性能一致的高质量光电元件 (太阳能电池)。

常规的膜形成设备和方法不能满足该要求的一个重要原因是, 处理室或膜形成室存在以下将要说到的关于室内压力和抽气控制与膜形成条件的这些问题。

即, 通过对膜形成室内部抽真空来 (排气) 控制膜形成室的内部压力, 已知的方法是, 用压力控制器将处理室或膜形成室内测得的内部压力值与预定的目标内部压力值进行比较, 并调节可变阀的开口大小, 使其匹配。图 3 和 4 均显示衬底处理设备, 其中使用膜形成室的内部压力控制方法 (该方法在下文中叫做“内压控制法”)。

图 3 所示设备中存在的问题是, 从各个膜形成室排出气体的流速不平衡是变化的。图 4 所示的设备中存在膜形成条件不能迅速改变的问题。

以下将详细说明该情况。

图 3 所示设备中，可变阀 109a-109c 连接到处理室 103 中的处理空间 104a-104c（膜形成空间）中，例如，压力计 106a-106c 的测量值输入到具有阀控制功能的压力控制器 110a-110c，以便控制可变阀 109a-109c 的开口大小量由此控制膜形成空间的内部压力，每个膜形成空间的反馈控制单独进行。图 3 所示设备中所用内压控制方法存在的问题是，可变阀 109a 至 109c 的开口大小量改变时，从各膜形成室抽出气体的泵速相应地不平衡而且是变化的。

造成这种问题的原因认为是，在同一个处理室内设置各膜形成空间可能是相互空间连通，为此，可能由于以下要说明的原因而造成膜形成空间的内部压力与由压力控制器显示的压力不同。

上述的原因是：（I）零点误差范围变化或压力计线性度改变，（II）在压力控制器的设定压力值的误差范围内变化或在所述设定压力值内变化，（III）由于输出漂移而造成的设定压力变化，或由于膜形成处理长时间周期而造成压力计本身的温度变化，（IV）由于不正常放电或其内放电中断造成的放电空间（膜形成空间）内的处理气体的反应状态变化，（V）由于衬底的机械振动而使放电空间的封闭状态变化，和（VI）干扰放电空间（膜形成空间）的内部压力的电噪声的产生。由于这些原因使给定的膜形成空间的实际内压改变。

具体地说，以图 3 所示设备为例，当上述任何一个原因造成压力控制器 110c 的设定压力改变时，膜形成空间 104b 的实际内压增大，膜形成空间 104b 内的处理气体流进相邻的膜形成空间 104a 和 104c 中，使膜形成空间 104a 和 104c 的内部压力增大，每个压力控制器 110a 和 110c 起动，使可变阀 109a 和 109c 的开口尺寸扩大。因而使每个膜形成空间 104a 和 104c 的内压减小。在膜形成空间的内压按该方式变化的状态下，顺序进行可变阀开口的打开和关闭时，极限情况下会出现给定的膜形成空间的可变阀完全打开，同时，相邻的膜形成空间的可变阀也完全打开。

如上所述，由于膜形成空间是相互空间连通，在最坏情况下，尽管每个膜形成空间中的内压值均保持在设定的压力值，也会出现供给给定膜形成空间的处理气体经过相邻的膜形成空间而排出的问题，使处理气体污染了相邻的膜形成空间。甚至分离气体流入气门 101 时也会出现同样的现象。

由于上述的这些原因造成的这些问题在不同的处理室中设置每个膜形成空

间而且膜形成空间通过气门（例如图 4 所示位置关系）而相互连接的情况下也会出现。

现在要说明图 4 所示设备中的内压控制方法。

图 4 所示设备中，处理室 103a-103c 中设置的膜形成空间 104a-104c (膜形成空间) 的排气管 108a-108c 汇集到连接到排气装置的单排气管中，可变阀 109 设在单排气管处。用压力控制器 110 根据压力计 106a-106c 中的任一个的输出控制可变阀 109 的开口大小，由此控制膜形成空间 104a-104c 的内压，膜形成空间 104a-104c 汇集的单排气管排气（抽真空）。按该内压控制方法，用设置在每个排气管内的针孔使每个排气管 108a-108c 中流动的排出气体的抽气速度达到最佳。使每个膜形成空间 104a-104c 的内压能达到要求的压力值。但是，当膜形成条件改变时，例如，给定的膜形成空间内的处理气体的流速变化时，则会出现膜形成空间 104a-104c 的内压不同，或者，一个膜形成空间中的处理气体进入相邻膜形成空间使其污染，而造成难以形成要求的气体流动路径，结果，能设定的膜形成条件有限。这就是说，要按要求改变膜形成条件，则必须改进设备的结构。因此，图 4 所示设备中所用内压控制法的缺点是，不容易按要求改变膜形成条件。

上述问题的产生不仅限于在卷材衬底上形成淀积膜的情况。同样的问题也会出现在卷材衬底连续输送通过多个处理室而每个处理室内对卷材衬底进行处理的情况中。按该情形对卷材衬底处理包括用溅射，真空蒸发或 CVD 而不是等离子 CVD、腐蚀、热退火等方法进行膜形成处理。所述的问题在相邻处理空间中每个处理空间的气体组分和/或内压不同的情况下更容易出现。

本发明的主要目的是解决现有技术中存在的问题，提供经改进的衬底处理方法和设备，使处理空间中的处理气体的流动容易达到最佳状态，因而可在合理的造价下稳定连续地形成有稳定均匀特性、在很长的时间周期不会受到损坏的高可靠淀积膜。使其能按合理价格有效地成批生产出性能优良的光电元件（或太阳能电池）。

本发明的另一目的是提供一种衬底的处理方法，包括把衬底输送通过多个相互连通的膜形成空间，在每个膜形成空间中处理所述衬底，其特征是，根据所述多个膜形成空间的膜形成空间之一（a）的内压，使所述膜形成空间（a）在所述膜形成空间（a）之前和之后设置的膜形成空间中的至少一个的内压和膜形成空间（b）的

内压可控。

本发明的另一目的是，提供一种衬底处理设备，包括：多个处理空间，用来输送衬底以通过所述多个处理空间并同时在各个处理空间中处理所述衬底的输送装置，以及测试所述多个处理空间之一的处理空间（a）的内压用的压力计，其特征是，所述衬底处理设备有根据所述压力计获得的信息控制处理空间（a）的内压力和设置在所述处理空间（a）前或后的多个处理空间中的至少一个（b）的内压力用的控制单元。

图 1 是说明按本发明的衬底处理设备的一个实例的结构的示意图。

图 2 是说明按本发明的衬底处理设备的另一实例结构的示意图。

图 3 是说明常规衬底处理设备的一个实例的结构的示意图。

图 4 是说明常规衬底处理设备的又一个实例的结构的示意图。

图 5 是说明按本发明的连续滚动型膜形成设备的一个实例的结构的示意图。

图 6 是说明常规连续滚动型膜形成设备的一个实例的结构的示意图。

图 7 是说明按本发明的连续滚动型膜形成设备的另一实例的结构的示意图。

图 8 是说明本发明中制造的光电元件的一个实例的结构的示意截面图。

本发明克服了现有技术中存在的上述缺陷，实现了上述发明目的。

如上所述，本发明的第一个方案是，提供一种衬底处理方法，包括把衬底输送通过多个相互连通的处理空间，并在每个处理空间中处理衬底，其特征是，根据所述多个处理空间之一的处理空间（a）的内压，控制处理空间（a）和设置在所述处理空间（a）前后的多个处理空间之一（b）的内压。

本发明的第二个方案是，提供一种衬底处理设备，包括多个处理空间，用来把衬底输送通过所述多个处理空间，并在每个处理空间内处理所述衬底的衬底输送装置，测试多个处理空间之一的处理空间（a）的内压的压力计，其特征是，所述衬底处理设备具有用于根据所述压力计显示的信息，来控制所述处理空间（a）和设置在处理空间（a）前后的处理空间的至少一个（b）的内压的控制单元。

按本发明的衬底处理方法，通过控制这些处理空间的每个空间的抽真空速度来控制处理空间（a）和（b）的内压。通过调节设置在与每个处理空间连接

的排气管处的排气阀的开口大小或调节联动的多个排气阀的每个排气阀的开口大小，使它们的开口大小变成规定比率来控制每个处理空间的抽气速度。

按本发明的衬底处理方法，可把处理空间（a）和（b）设置在同一个处理室内，或者，它们通过气门相互连通。

按本发明的衬底处理方法，衬底处理包括用溅射，真空蒸发或 CVD（包括等离子 CVD）、腐蚀处理和热退火处理等方法进行膜形成处理。

衬底可包括卷材衬底。但是，不限于此。本发明的衬底处理方法可用于其它衬底例如圆柱形衬底的处理，方形衬底的处理等。

按本发明的衬底处理设备，最好所述多个空间的每个处理空间设置有可变阀并连接到设有真空泵的排气系统的排气管，所述的控制单元用于直接或间接控制每个可变阀的开口大小。

按本发明的衬底处理设备，最好是压力控制器连接可变阀，所述压力控制器可用于调节所述可变阀的开口大小，根据从所述控制单元输出的信号用与其连接的压力控制器调节每个可变阀的开口大小。

按本发明的衬底处理设备，可把处理空间（a）和（b）设在同一处理室内，或者，通过气门使其相互连通。

按本发明的衬底处理设备，可以在至少一个处理空间设置膜形成装置。这种情况下，膜形成装置可包括处理气供气装置和电源装置的组合，溅射装置或 CVD 装置，（包括等离子 CVD 装置）。本发明的衬底处理设备可以是膜形成设备，例如 CVD 设备（包括等离子 CVD 设备），溅射设备，或真空蒸发设备，腐蚀设备或热退火设备。

在本发明衬底处理设备中处理的衬底可包括卷材衬底。但是，不限于此。但是，本发明的衬底处理设备可用于处理例如圆柱衬底，方形衬底等其它衬底。

本发明对有一对相邻的处理空间，其内部气体的组分或/和其内部压力又彼此不同的情况特别有效。

按本发明，可使现有的处理空间（膜形成空间）中因下述原因造成的关于内压的所述缺陷减至最小，这些原因是（I）零点的误差范围变化或气压计的线性度变化，（II）压力控制器的设定压力值的误差范围变化或所述设定压力值变化，（III）由于输出漂移而产生的设定压力值变化或因根据处理衬底处理长时间周期而使压力计自身的温度变化。为此，能根据要求使衬底处理条件稳

定。因而，特别在能长期连接工作的批量生产型设备中，可以按要求状态连续有效处理衬底，能成批处理特性稳定均匀的衬底制品。

以下将参见附图用卷材衬底作待处理衬底，详细说明本发明的衬底处理方法和衬底处理设备。但是，要注意，本发明不限于只处理卷材衬底，还能用于处理例如圆柱形衬底，方形衬底等其它衬底。

图 1 是说明按本发明的衬底处理设备的一个实例的示意图。

图 1 所示设备，包括处理室 103，其中设置有 3 个处理空间 104a 至 104c。如图 1 所示，处理空间 104a 设置有排气管 108a，该排气管设有可变阀 109a 并连接到包括真空泵（图 4 未示出）的抽真空装置；处理空间 104b 设有排气管 108b，该排气管设有可变阀 109b 并连接到包括真空泵（图中未示出）的抽真空装置；处理空间 104c 设有排气管 108c，该排气管设有可变阀 109c 并连接到包括真空泵（图中未示出）的抽真空装置。各个标号 106a 至 106c 表示连接到每个处理空间 104a 至 104c 的压力计。标号 107a 至 107c 表示连接到各个处理室 104a 至 104c 的处理气输气管。

标号 110a 至 110c 表示压力控制器。压力控制器 110a 电连接到可变阀 109a，压力控制器 110b 电连接到可变阀 109b，压力控制器 110c 电连接到可变阀 109c。标号 111 表示电连接到压力控制器 110a 至 110c 的每一个控制单元。控制单元 111 还连接到压力计 106b。

标号 100 表示卷材衬底，在图中，卷材衬底从左向右输送通过处理室 104a-104c，同时每个处理室内按要求对卷材衬底处理。标号 101 表示气门。标号 102 表示隔离气体输入管，标号 105a 至 105c 表示加热卷材衬底 100 的加热器。

现在，图 1 中所示设备中，压力控制器（110a, 110b, 110c）有根据从压力计（106a, 106b, 106c）获得的压力信号来控制可变阀（109a, 109b, 109c）的开口大小的功能，和根据从控制单元 111 输出的开口大小信号来控制可变阀（109a, 109b, 109c）的另一种功能。压力控制器（110a, 110b, 110c）的这两种功能可按从控制单元 111 输出的信号而转换。控制单元 111 有把由任何压力计 106a - 106c（图 1 所示例中是压力计 106b）输出的与压力有关的信号输入任一压力控制器 109a - 109c（图 1 所示例中是可变阀 109b）的功能，和经过相应的压力控制器接收任何一个可变阀 109a-109c（图 1 的实施例，例中是可变阀

109b) 的开口程度值, 并将该值输入其它的压力控制器 (图 1 所示例中是压力控制器 110a 和 110c) 的另一功能。控制单元 111 还有对所述开口大小信号进行相加计算 (这在后面会说明) 并把计算结果输给压力控制器 110a-110c 的功能。

现在以设备设计成如下情况时为例进行说明即, 在该设备中, 在相同的条件下, (即所用处理气体的流速和组分, 处理空间的内压, 衬底温度, 处理空间的构形和尺寸, 从处理空间至可变阀的排气管的构形和尺寸等相同条件下), 在各个处理空间处理衬底, 例如, 在各个处理空间中在卷材衬底 100 上淀积膜。这种情况下, 控制单元 111 接收从压力控制器 110b 来的表示开口大小的信号, 并将该信号输入压力控制器 110a 和 110c。可变阀 109a-109c 以相同的开口程度同时动作, 因而, 可使从各处理空间抽出处理气体的抽气速度相同。由此, 在全部处理空间能达到基本相同的处理条件。此外, 由于所有的可变阀有相同的开口大小, 因而不会出现有设备中存在的问题, 即各个可变阀的开口大小相互不同, 排气的抽气速度不均匀而且是变化的, 而且, 处理条件一旦设定总是保持不变。而且, 由于以在一个位置的测试压力值和一个设定压力值为基础来对多个可变阀同时操作和调节。因而基本上不会出现因压力计测得的压力值或所传递的压力值的变化而产生的负面影响, 容易实现对所有处理空间的内压的极稳定的控制。

例如, 在使处理空间 104a 和 104c 中的处理气体的流速是处理空间 104b 中的处理气体的流速的两倍的条件, 在处理空间 104a-104c 中处理衬底时, 控制单元 111 接收由压力控制器 110b 控制的可变阀 109b 的开口大小信号, 在控制单元 111 中计算出能达到两倍抽气速度的可变阀的开口大小, 计算出的开口大小的信号从控制单元 111 输入压力控制器 110a 和 110c。开口大小的计算方式包括 (I) 根据用以设备的构形和尺寸为基础的标号计算的模拟方法确定有关可变阀的所需开口大小的计算方式, (II) 对所用设备预先进行有关的测试并获得有关可变阀的开口大小与抽气速度的关系式来确定有关可变阀的所需的开口大小的计算方式。

按上述的这种控制方式, 能形成处理气体的所需流径, 即处理气体经过输气管 (107a, 107b, 107c) 进入处理空间 (104a, 104b, 104c), 经过排气管 (108a, 108b, 108c) 有效地排出。

本发明中，在控制单元 111 本身具有根据来自压力计（106a, 106b, 106c）的压力信号直接控制可变阀（109a, 109b, 109c）的开口大小，并由此控制形成空间（104a, 104b, 104c）的内压的功能的情况下，则不必采用压力控制器（110a, 110b, 110c）。

下面结合附图说明采用本发明所述结构的设备的一个实例，在制造设备中通过连续形成淀积膜来获得半导体元件。这种连续形成淀积膜来获得半导体元件的制造设备，可以是所述的连续滚动型(roll-to-roll type)制造设备。该连续滚动型制造设备中，卷材衬底按长度方向传输通过多少彼此连通的膜形成室，同时在每个膜形成室中在卷材衬底上形成所需的淀积膜，以在卷材衬底上形成半导体元件。该连续滚动型制造设备中采用的膜形成方法包括等离子 CVD 和溅射。

用滚动型制造设备制成的半导体元件可以是所述的各种半导体集成电路，各种半导体传感器和包括太阳能电池的各种光电元件。

按本发明的衬底处理方法和衬底处理设备特别适用于制造光接收面积大的大面积光电元件（太阳能电池）。

图 8 是说明这种光电元件的一个实例的结构的横截面图。图 8 所示光电元件包括黑色反光层 801，下层透明导电层 802，半导体感光层（包括 N 型半导体层 803，I 型半导体层 804 和 P 型半导体层 805）和上层透明导电层 806，按此顺序叠置在衬底 800 上。标号 807 表示形成在上层透明导电层 806 上的集电极。

参见图 5 说明能形成这种半导体元件的连续滚动型制造设备。

图 5 是说明连续滚动型等离子 CVD 制造设备的一个实例的结构的示意图。图 5 所示设备包括用于输送卷材衬底 100 的衬底输送室 500，用于用等离子 CVD 法形成 N 型半导体层的处理室 501，用于用等离子 CVD 法形成 I 型半导体层的处理室 502，用于用等离子法形成 P 型半导体层的形成室 503，用于卷片卷材衬底的衬底卷片室 504。形成室 500 至 504 是通过设有分隔气体引入管 102 的气门 101 而相互连通的。

卷材衬底 100 从设在衬底输送室 500 中、其上卷有卷材衬底卷的供料轴 505 抽出经过操纵筒输送之后，顺序输送通过处理室 501 - 503 进入衬底卷片室 504，在此处把衬底绕在设在衬底卷片室 504 中的卷片卷轴 506 上。卷材衬底

按该方式从衬底输送室 500 向衬底卷片室 504 输送的过程中, 用设在处理室 501 中的处理空间 104a (膜形成空间) 在卷材衬底上形成 N 型半导体层, 用设在处理室 502 中的处理空间 104b (膜形成空间) 在其上形成 I 型半导体层, 用设在处理室 503 中的处理空间 104c 和 104d (膜形成空间) 在其上形成 P 型半导体层, 由此在卷材衬底上形成有 PIN 结的光电元件。

每个处理空间 104a 至 104d (膜形成空间) 是由朝上开口的容器部件和位于容器部件上方覆盖其上部开口面的卷材衬底 100 构成。

每个处理室 501 和 502 中装有从卷材衬底 100 上方临时加热卷材衬底 100 的灯加热器单元 (未示出) 和从卷材衬底 100 上方对其加热的加热器 105。同样, 处理室 503 中设有用于处理空间 104c (膜形成空间) 的一对灯加热器单元和加热器 105, 及用于处理空间 104d (膜形成空间) 的一对灯加热器单元 (未示出) 和加热器 105。

设置在处理室 501 中的处理空间 104a 设置有: 用于把供气系统 (未示出) 提供的处理气体 (或膜形成原材料气体) 引入处理空间 104a 的供气管 107; 用于从处理空间 104a 排气 (抽真空) 的排气管 108a, 该排气管 108a 连接到包括真空泵 (未示出) 的排气装置, 并设置有用于控制处理空间 104a 的内压的可变阀 109a; 用于向引入处理空间 104a 的处理气体供电能使其在处理空间中产生等离子放电的高频电极 (未示出); 用于测试处理空间 104a 的内压的气压计 106a; 电连接到压力计 106a 和可变阀 109a 的压力控制器 110a; 以及用于加热构成处理空间 104a 的部件的壁加热器 (未示出)。

设在处理室 502 中的处理空间 104b 设置有: 把由供气系统 (未示出) 提供的处理气体 (或膜形成原材料) 气体引入处理空间 104b 的供气管 107; 用于从处理空间 104b 排气 (抽真空) 的排气管 108b, 该排气管 108b 连接到包括真空泵 (未示出) 的排气装置并设有用于控制处理空间 104b 的内压的可变阀 109b; 用于向引入处理空间 104b 的处理气体供电能而使其在处理空间 104b 中产生等离子放电的高频电极 (未示出); 用于测试处理空间 104b 的内压的压力计 106b; 电连接到压力计 106b 和可变阀 109b 的压力控制器 110b; 以及用于加热构成处理空间 104b 的部件的壁加热器 (未示出)。设在处理室 503 中的每个处理空间 104c 和 104d, 均设有: 用于把供气系统 (未示出) 供给的处理气体 (或膜形成原材料气体) 引入处理空间 104c 或 104d 的供气管 107; 用于向引入处理空

间 104c 和 104d 的处理气体供电能使其在处理空间 104c 和 104d 中产生等离子放电的高频电极（未示出）；以用于加热构成处理空间 104c 和 104d 的部件的壁加热器（未示出）。

处理空间 104c 还设有用于从处理空间 104c 排气（抽真空）的排气管 108c，该排气管 108c 连接到包括真空泵（未示出）的排气装置，并设有用于控制处理空间 104c 的内压的可变阀 109c；用于测试处理空间 104c 的内压的压力计 106c；压力控制器 110c 和控制单元 111。压力控制器 110c 电连接到可变阀 109c，控制单元电连接到压力计 106c 和压力控制器 110c。控制单元还电连接到设在处理空间 104d 的压力控制器 110d，下面将对其说明。

即，处理空间 104d 也设有从处理空间 104d 排气（抽真空）的排气管 108d，该排气管 108d 连接到包括真空泵（未示出）的排气装置并设有用于控制处理空间 104d 的内压的可变阀 109d；用于测试处理空间 104d 的内压的压力计 106d；以及电连接到可变阀 109d 和上述控制单元 111 的压力控制器 110d。

如上所述，图 5 所示的制造设备中，卷材衬底 100 是绕在衬底输送室 500 中设置的供料筒 505 上而输送的，它顺序通过处理空间 104a 至 104d（膜形成空间）并进入衬底卷片室 504，在此被收卷，并绕到装载卷轴 506 上。这种情况下，重要的是带衬底输送，必须按规定的输送速度通过各处理空间不会出现节瘤、扭曲或翘曲。当卷材衬底 100 是磁性材料时，用包括磁体（未示出）的转动磁辊支承卷材衬底，可以使卷材衬底沿规定的路线输送并保持规定的形状，卷材的输送速度要根据所用膜形成条件确定。但是，通常在 200 毫米/分钟到 5000 毫米/分钟的范围。

如图 5 所示方式用连续设置的多个膜形成室，在每个膜形成室内连续形成包括不同材料的淀积膜，可以形成包括多层淀积膜的叠层，而每层淀积膜包含不同的材料。这种情况下，最好在每个相邻的膜形成室之间设置气门 101（见图 5），以防止每个膜形成室受到位于下一个位置的其它膜形成室的干扰。

任何情况下均设置分隔和隔绝所有处理空间的气门，使衬底输送室、衬底卷片室和膜形成室（处理室）相互隔开，使相邻处理室内的气体不相互混合。气门必须设置成能允许卷材衬底顺利地通过此处。气门构成为有槽形空间结构允许卷材衬底通过并使槽形空间的内壁面与卷材衬底的膜形成面保持规定的间距。该间距最好是宽度，例如，在 1mm 至 5mm 范围内，以减小电导率并防止各

个膜形成室内的气体相互扩散和污染。而且，气门 101 的结构应使隔离气体经隔离气体引入管 102 在此引入，以推送并返回会从膜形成室（处理室）泄出气门的处理气体。

引入气门的分隔气体，可以举出稀有气体例如 Ar 气、He 气、Ne 气、Kr 气、Xe 气和 Rn 气。此外，也可用半导体制造中用的稀释气如 H₂ 气等。

分隔气体的流速可根据有关因素例如整个气门的电导率来确定。例如，气压最大的点处在位于气门中心部分时，分隔气体从中心部分对看膜形成室侧边流，则处于相邻膜形成室内的处理气体经过气门而相互扩的气体流量可以少到忽略不计。

用作本发明中的衬底的卷材衬底，要求包括有轻微变形或扭曲、有所需物理强度和导电性的卷材部件。这种部件的具体例是用选自不锈钢、铝、铝合金、铁、铁合金、铜和铜合金的金属材料制成的金属薄板和包括这些金属薄板的复合件。此外，还能用选自聚酰亚胺，聚酰胺，聚对苯二甲酸乙二酯，环氧树脂中的一种以上的树脂制成的耐热合成树脂板，这种合成树脂板能用金属、合金或透明导电氧化物（TCO）通过溅射、真空蒸发、镀膜或喷涂法进行导电处理。

用作本发明衬底的卷材衬底的厚度从价格和占据的空间考虑要求它较薄，但是它还应具有合适的物理强度以便能保持规定的输送路径和形状。但是，通常要求卷材衬底的厚度范围优选为 0.01mm 至 1mm，或者更优选在 0.05mm 至 0.5mm 的范围。

当用金属制成的薄板用作衬底时，即使其厚度较薄也能达到所需的物理强度。

对卷材衬底的宽度没有特别的限定。卷材衬底的宽度要按照例如所用膜形成装置、所用反应容器的大小等因素来确定。对卷材衬底的长度也没有特别限制。卷材衬底长度应能卷成筒形。卷材衬底可以由两个以上的衬底用焊接等方法连在一起的加长了的衬底。

本发明中，可以用薄板衬底而不是卷材衬底。本例中采用卷材衬底时，很难使两个相邻处理室完全隔绝。但是，用这种薄板衬底的情况下，相邻的处理室能彼此完全隔绝，由此本发明的效果更明显。

以下参照图 1 和 2 说明按本发明的衬底处理设备的膜形成设备的优选实施例。

图 1 是说明按本发明的衬底处理设备的膜形成设备的一个实例的主要部件的示意图。

图 2 是说明按本发明的衬底处理设备的膜形成设备的另一个实例的主要部件的示意图。

首先说明图 1 所示设备。

图 1 中，标号 100 是指卷材衬底，标号 101 表示气门，标号 102 是指隔离气体引入管，标号 103 是指作为处理室的膜形成室。104a-104c 中每个标号表示作为处理空间的膜形成空间。105a-105c 中的每个标号表示用于加热卷材衬底 100 的加热器。标号 106a-106c 中的每一个标号表示压力计。107a-107c 中的每个标号表示处理气供气管。108a-108c 中每个标号表示排气管。109a-109c 中的每个标号表示可变阀。110a-110c 中的每个标号表示压力控制器。标号 111 表示控制单元。

如上面参见图 1 的说明，图 1 所示的作为衬底处理设备的膜形成设备包括一个其中设有三个膜形成空间 104a-104c 的膜形成室 103。

膜形成空间 104a 设有带可变阀 109a 并连接到包括真空泵（未示出）的排气装置的排气管 108a，膜形成空间 104b 设有带可变阀 109b 并连接到包括真空泵（未示出）的排气装置的排气管 108b，膜形成空间 104c 设有带可变阀 109c 并连接到包括真空泵（未示出）的排气装置的排气管 108c。每个膜形成空间 104a-104c 均设有连接到供气系统（未示出）的处理气供气管（107a, 107b, 107c）。

压力计 106a 至 106c 分别连接到膜形成空间 104a 至 104c。压力控制器 110a 电连接到可变阀 109a，压力控制器 110b 电连接到可变阀 109b，压力控制器 110c 电连接到可变阀 109c。控制单元 111 电连接到各个压力控制器 110a 至 110c。控制单元 111 还电连接到压力计 106b。

现在，在图 1 所示膜形成设备中，卷材衬底 100 从设在衬底输送室（未示出）的其上装有衬底卷的衬底供料筒（未示出）开始输送，它首先经过气门 101 进入膜形成室 103，在此它顺序经过膜形成室 104a 至 104c，之后，经过气门 101 进入衬底卷片室（未示出），在此，衬底被接收并卷绕到所述衬底卷片室内设置的衬底载筒（未示出）上。卷材衬底按该路线的输送过程中，把所需的处理气体经处理气供气管（107a, 107b, 107c）引入膜形成空间（104a, 104b, 104c）

在卷材衬底 100 上形成淀积膜。按下述方法控制膜形成空间 (104a, 104b, 104c) 的内压, 给每个膜形成空间由电源 (未示出) 供给电能, 使引入膜形成空间的处理气分解, 在每个膜形成空间内用等离子 CVD 或溅射法在卷材衬底上形成淀积膜。

要根据卷材衬底上的膜形成来控制膜形成空间 (104a, 104b, 104c) 的内压。这将在以下说明。

即, 所需的处理气经过处理气供气管 (107a, 107b, 107c) 引入膜形成空间 (104a, 104b, 104c), 经带有可变阀 (109a, 109b, 109c) 并连接到排气装置 (未示出) 的排气管 (108a, 108b, 108c) 从膜形成空间 (104a, 104b, 104c) 排气 (抽真空)。用压力计 106b 测出压力值, 控制单元 111 根据压力计 106b 测得的压力值计算出可变阀的开口大小并按计算出的开口大小操作压力控制器 (110a, 110b, 110c), 通过压力控制器的作用来调节可变阀 (109a, 109b, 109c) 的开口大小, 由此按要求控制膜形成空间 (104a, 104b, 104c) 的内压 (内部气压)。例如, 在膜形成空间 104a-104c 中所用处理气的流速和组分相同时, 它完全能使控制单元 111 起作用, 用压力计 106b 测得的压力信号为基础用压力控制器 110b 控制可变阀 109b 的开口大小, 并控制可变阀 109b 和 109c, 使它们的开口大小与可变阀 109b 的开口大小匹配。由此, 经过可变阀 109a-109c 的排气速度变成相同。此时, 当膜形成空间、排气管和抽气装置的形状、尺寸和性能基本相同时, 膜形成空间 104a-104c 的内压也基本相同, 每个膜形成空间 104a-104c 形成合适的气流路线, 并防止每个膜形成空间中用的处理气流入相邻的膜形成空间。术语“气流路线”是指经过处理气供气管 (107a, 107b, 107c) 引入膜形成空间 (104a, 104b, 104c) 的处理气经排气管 (108a, 108b, 108c) 排出 (抽空)。

下面说明作为图 2 所示衬底处理设备的膜形成设备。

图 2 所示设备是图 1 所示设备的部分改进。图 2 所示设备与图 1 所示设备的差别是在分隔的膜形成室 (103a, 103b, 103c) 中设置各个膜形成空间 (104a, 104b, 104c)。

图 2 所示设备中, 设有分隔气引入管 102 的第一气门 101 设在衬底输送室 (未示出) 与膜形成室 103a 之间, 该衬底输送室中设有其上卷有卷材衬底 100 的衬底供料筒, 膜形成室 103a 中设有膜形成空间 104a, 设有分隔气引入管 102

的第二气门 101 设在膜形成室 103a 和设有膜形成空间 104b 的膜形成室 103b 之间; 设有分隔气引入管 102 的第三气门 101 设在膜形成室 103b 和其中设有膜形成空间 104c 的膜形成室 103c 之间; 设有分隔气引入管 102 的第四气门 101 设在膜形成室 103c 和其中设有衬底卷片筒 (未示出) 的衬底卷片室 (未示出) 之间, 卷片筒上接收并卷有从膜形成室 103c 输送来的卷材衬底 100。

与图 1 所示膜形成设备中的情况相同, 图 2 中所示的膜形成设备中, 用控制单元 111 按要求调节可变阀 (109a-109c) 的开口大小, 每个膜形成空间 (104a-104c) 能获得合适的气流路线。

按与图 1 所示膜形成设备中相同的方法, 在图 2 所示膜形成设备中在卷材衬底上进行淀积膜的形成。具体地说, 卷材衬底 100 从衬底输送室向衬底卷片室的输送过程中, 把所需的处理气经各处理气供气管 107a-107c 引入各膜形成空间 104a-104c, 按与图 1 所示膜形成设备中相同的方法控制膜形成空间 104a-104c 中的内压, 把由电源供给的电能供给每个膜形成空间以激活并分解已引入其中的处理气, 由此, 在各个膜形成空间中用等离子 CVD 或溅射法在卷材衬底上形成淀积膜。膜形成之后通过设有可变阀的排气管把膜形成空间中的气体排入排气装置 (未示出) 中。

图 1 和 2 所示膜形成设备中, 其上叠置有多层淀积膜的卷材衬底 100 最后输入衬底卷片室中, 在此卷材衬底通常与保护卷材衬底的载膜面的层间膜层一起绕在衬底卷片筒上。所用的层间膜层可用耐热树脂如聚酰亚胺或例如 Teflon 的氟树脂或玻璃纤维制成的带形膜层。

如上所述, 为了制造大面积薄膜半导体元件如大面积光电元件 (或大面积太阳能电池) 而在长衬底上连续形成淀积膜时, 用按本发明的膜形成设备可以稳定而连续地在长衬底上形成高质量淀积膜, 同时克服了现有技术中的缺陷, 并能满足连续膜形成的要求。因此, 按本发明, 能成批生产有均匀特性的大面积高质量光电元件 (太阳能电池)。

以下参见实例更详细说明本发明。应指出的是, 这些实例只是为了说明本发明而不是对发明范围的限制。

例 1

本例中, 用以下要说明的图 5 所示连续滚动式等离子 CVD 设备在卷材衬底上连续形成具有 PIN 结结构的光电元件。

首先, 提供一衬底卷, 它包括用不锈钢 SUS430 制成的厚 0.2mm, 宽 350mm, 长 300 m 的卷材衬底。它具有用常用的连续滚动型膜形成设备用溅射法, 依次在其上形成的 0.1 μ m 厚的铝膜和 1.0 μ m 厚的氧化锌膜 (ZnO) 构成的双层黑色反射层, 把其上形成有这种双层反射层的卷材衬底卷成卷形。

衬底卷放在图 5 所示设备的衬底输送室 500 中的供料筒 505 上。用作卷材衬底 100 的卷材衬底从供料筒 505 抽出并从衬底输送室 500 输送, 经过气门 101、处理室 501、气门 101、处理室 502、气门 101、处理室 503 和气门 101 进入衬底卷片室 504, 在此处, 卷材衬底的起始部分固定并卷到衬底卷片筒 506 上。调节卷材衬底的输送系统, 使卷材衬底能连续而平滑地从衬底输送室输送到衬底卷片室而不变形或翘曲。

之后, 起动排气装置 (未示出) 从设有可变阀 109a - 109d 的排气管 108a - 108d 对处理室间 104a - 104d 抽真空, 直到其内压达到 1 毛为止。连续抽真空的同时, 通过处理气供气管 107 按流速 100sccm 使 He 气流入每个处理空间 104a—104d, 并用各个气压计 106a—106d 测试各处理室间 104a—104d 的内压, 并根据各个气压计 106a—106d 上的读数调节各个可变阀 109a—109d 的开口大小, 使各个处理室间 104a—104d 的内压保持在 1.0 毛。之后, 起动加热器 105 对各处理空间 104a—104d 的内部气氛加热, 使卷材衬底的温度变成 300° C, 使加热保持 5 小时, 由此对各处理空间 104a—104d 的内部进行烘烤处理, 以使其中存在的杂质气体化合物释放和除去。

此后, 停止把 He 气引入各处理空间 104a—104d, 之后, 经供气系统 (未示出) 伸出的用于供气管 107 把形成表 1 所示 N 型层的混合气体引入处理室间 104a-104d。经供气系统 (未示出) 伸出的供气管 107 把用于形成表 1 所示 N 型层的混合物气体引入处理空间 104b; 经从供气系统 (未示出) 伸出的气管 107 把用于形成表 1 所示 P 型层的混合气体供引入处理空间 104c; 经从供气系统 (未示出) 伸出供气管 107 把用于形成表 1 所示 P 型层的混合气体引入处理空间 104a; H₂ 气经各个分隔气引入管 102 以流速 1000 sccm 引入各气门 101。卷材衬底 100 开始按 1000mm/分钟的输送速度连续传输。通过处理空间 104a 内设置的高频电极 (未示出) 把由 RF (射频) 电源 (未示出) 提供的 400 瓦 RF 功率加到处理空间 104a, 使卷材衬底在处理空间 104a 内保持在 300° C 条件下; 通过处理空间 104b 内设置的高频电极 (未示出) 把由 RF 电源 (未画) 供给的

200 瓦射频功率加到处理空间 104b, 使卷材衬底在处理空间 104b 内保持在 350 ° C 条件下, 通过处理空间 104c 中设置的高频电极 (未示出) 把由 RF 电源 (未示出) 供给的 1000 瓦 RF 功率供给处理空间 104c, 使卷材衬底在处理空间 104c 中保持在 300 ° C 条件下, 通过处理空间 104d 内设置的高频电极 (未画), 把由 RF 电源供给的 1000 瓦 RF 功率提供给处理室 104d, 使卷材衬底在处理空间 104d 中保持在 300 ° C 条件下。通过上述处理, 在处理空间 104a 内在卷材衬底 100 连续形成 20nm 厚的 N 型半导体膜作为 N 型层; 在处理空间 104b 中形成 80nm 厚的 P 型半导体膜作 P 型层, 在处理空间 104c 中形成 3nm 厚的 P 型半导体膜作为 P 型层, 在处理空间 104d 中形成 3nm 厚的 P 型半导体膜作为 P 型层。因此, 卷材衬底上早已形成的双层黑色反射层上连续形成了有 PIN 结构的半导体层, 各个处理空间 104a—104d 的膜形成条件列于表 1。

本例中, 通过在处理空间 104c 中形成有优异性能的 P 型半导体薄膜和处理空间 104d 中形成性能优异的 P 型半导体薄膜, 使这两层 P 型半导体薄膜叠置从而构成 P 型半导体。发现这样形成的光电元件的 P 型层有较大的厚度和优异的性能。

如上所述, 只用处理空间 104c 所用的压力计 106c 测得的测试值, 使可变阀 109c-109d 的开口大小保持在相同大小来控制处理空间 104c, 和 104d 的内压。为此, 膜形成过程中处理空间 104c 和 104d 的内压均能保持在表 1 所示的规定压力下。

对卷材衬底进行连续约 5 个小时的膜形成处理, 卷材衬底的总长为 300mm, 能形成 PIN 结结构的半导体层超过 250m 长。

从衬底卷片室 504 取出其上卷有卷材衬底的卷片筒 506, 该衬底上具有双层黑色反射层并在该反射层上有 PIN 结结构的半导体层。

之后, 把空的衬底卷片筒 506 放到衬底卷片室 504 中。提供衬底卷, 它包括不锈钢 SUS430 制成的厚 0.2mm, 宽 350mm 和长 300m 的卷材衬底, 卷材衬底上用常用的连续滚动型膜形成装置用溅射法 (未示出) 按顺序形成包括 0.1 μ m 厚铝膜和 1.0 μ m 厚氧化锌 (ZnO) 膜的双层黑色反射层, 形成了双层黑色反射层的卷材衬底卷成卷形。该衬底卷放在图 5 所示设备的衬底输送室 500 中的衬底供料筒 505 上。

之后, 重复用于形成 PIN 结结构半导体层的所制造工艺。

按此方法，进行总数为 10 次的衬底卷的膜形成工艺（下文称作“膜形成操作”）。

此后，检验处理室 501 - 503 内部。结果发现，包括处理空间 104a-104d 的处理室 501 - 503 的内壁面没有形成淀积膜也没有副产品。

在第 10 次膜形成操作后，把卷有卷材衬底的衬底筒，在卷材衬底上有双层黑色反射层和在其上形成的 PIN 结结构的半导体层，从卷片室 504 中取出，置于常规连续滚动型膜形成设备中，用溅射在卷材衬底的 PIN 结结构半导体层上形成包括 ITO 的 800 埃厚的透明导电膜作为上层导电层。

之后，以上制成的衬底卷放入常用的切割设备（未示出）中，从衬底卷输送积物衬底，按卷材衬底的输送方向按每 100mm 的间隔切割卷材衬底，获得许多元件样品。在这些制成的元件样品中的每一个上面丝网印刷银浆，由此制成有图 8 所示结构的许多光电元件。

在 AM1.5 的模拟阳光下，用 $100\text{mW}/\text{cm}^2$ 的能量密度辐照每个光电元件，测试其光电转换效率(η)，获得光电元件所测得的光电转换效率的平均值，以此来评估所制成的光电元件的特性。

所获得的光电转换效率的平均值列于表 2 中。

对比例 1

重复例 1 的制造方法，只是从处理空间 104c 和 104d 的排气分开进行，并按要求对处理空间 104c 和 104d 的内压分开调节。特别是，对处理空间 104c，用压力计 106c 测得的压力值用压力控制器 110c 控制可变阀 109c 的开口大小，对处理空间 104d，用压力计 106d 测得的压力值用压力控制器 110d 控制可变阀 109d 的开口大小。

与例 1 的情况相同，在该对比例 1 中，进行总数为 10 次的膜形成操作，此后，检验处理室 501 至 503 的内部。结果发现，在处理室 503 的内壁面和处理空间 104c 和 104d 的内壁面淀积了大量副产品。特别发现，在处理空间 104c 与 104d 之间和卷材衬底已经过的通道周期形成了大量的副产品。要去除淀积的副产品则要耗费很长的时间。为了能再次使用过去用过的设备则要延长保养时间，结果，大大降低了工作效率。

该对比例中，各可变阀的开口大小量在设计上是匹配的，但它们实际上并不匹配。第一膜形成操作中的两个开口大小量之比是 1: 1.1，但随着膜形成的

重复它逐渐变化, 在第 10 次膜形成操作中该比例变成 1: 1.2. 为此, 这种副产品产生的原因认为是建立了一条气流路线, 允许处理空间 104c 中用的处理气流过处理室 503 的内部空间, 流出处理空间的 104c 外, 并进入处理空间 104d, 因此, 处理空间 104c 中产生的处理气的活性物质漏入处理室 103 的所述内部空间。

本对比例中, 用与例 1 相同的方法, 用在第 10 次膜形成操作中获得的有双层黑色反射层并在其上形成有 PIN 结构的半导体层的卷材衬底制成许多光电元件。

在 AM1.5 模拟阳光下用 $100\text{mW}/\text{cm}^2$ 的能量密度辐照每个光电元件测试光电转换效率(η), 取得这些光电元件所测得的光电转换效率的平均值, 来评估这样制成的光电元件的特性。

所获得的光电转换效率的平均值列于表 2 中。

如表 2 所示, 可以看到例 1 的光电转换效率比对比例 1 的光电转换效率高。

分别检验经过例 1 和对比例 1 的膜形成的卷材衬底的膜形成面。结果发现, 对比例 1 中的卷材衬底的膜形成面上淀积有许多粉状材料, 并发现这些粉状材料是白色污斑。这些粉状材料是处理室 103 中产生的副产品构成的。认为淀积的粉状材料是造成透光性下降或产生漏电流的原因。结果, 对比例 1 中的光电转换效率下降。例 1 中, 没有淀积这种粉状材料, 也没发现这种污斑。

例 2

重复例 1 的制造工艺, 只是例 1 中在处理空间 104c 中形成 P 型层所用的 SiH_4 气流速 20sccm 、 H_2 气流速 3000sccm , PF_3/H_2 气流速 30sccm 在本例中分别变成 10sccm , 1500sccm 和 15sccm 。本例中的膜形成条件列于表 3 中。此外, 本例中, 调节可变阀 109c 和 109d 的开口大小量, 起动控制单元 111, 并且只用压力计 106c 测得的压力值, 使经过可变阀 109c 的排气速度变成经过可变阀 109d 的排气速度的一半, 按要求控制处理空间 104c 和 104d 的内压。

与例 1 情况相同, 进行总数为 10 次的膜形成。用在第 10 次膜形成操作获得的有双层黑色反射层和其上的 PIN 结结构的半导体层的卷材衬底用与例 1 相同的方法制成许多光电元件。

在 AM1.5 的模拟阳光下, 并且 $100\text{mW}/\text{cm}^2$ 的能量密度辐照每个光电元件, 测试其光电转换效率(η), 并取这些光电元件的光电转换效率的平均值, 以此

来评估光电元件的特性。

所获得的光电转换效率的平均值列于表 4 中。

对比例 2

本对比例中，用图 6 所示常用连续滚动型膜形成设备，与对比例 1 的情况相同，用处理室 501 - 503 中的每个处理空间 104a-104c 相对应的每个压力计 106a 与 106d 测得的测试值为基础，调节每个可变阀 109a-109d 的开口大小来进行卷材衬底的膜形成。本对比例中的膜形成条件与表 3 所示的例 2 中的采用的膜形成条件相同。

与例 2 的情况相同，膜形成操作总数 10 次之后，用在第 10 次膜形成操作中获得的双层黑色反射层的卷材衬底和其上有 PIN 结结构的半导体层的卷材衬底，按与例 1 相同的方法制造许多光电元件。

在 AM1.5 的模拟阳光下，并用 $100\text{mW}/\text{cm}^2$ 的能量密度辐照每个光电元件，测试其光电转换效率 (η)，并取这些光电元件的光电转换效率的平均值，以此来评估光电元件的性能。

所获得的光电转换效率的平均值列于表 4 中。

如表 4 所示，发现例 2 的光电转换效率比对例 2 的光电转换效率高。

分别检验例 2 和对比例 2 的经膜形成的卷材衬底的形成膜表面，结果，发现对比例 2 中卷材衬底的形成膜表面上淀积有许多粉状材料。发现这些粉状材料是白色污斑。这些粉状材料是由处理室 103 中产生的副产品构成的。认为所淀积的粉状材料成了透光质差或产生漏电流的原因，结果，对比例 2 中光电转换效率下降。例 2 中，既未发现这种粉状材料淀积也没发现污斑。

例 3

本例中，用图 7 所示连续滚动型膜形成设备，如例 1 中的情况一样，进行卷材衬底的膜形成。图 7 所示连续滚动型膜形成设备是对图 5 所示设备的部分改进，把设备中形成 I 型层的处理室 502 加大使其中设置 3 个处理空间 104b-104d。处理室 502 中设置的 3 个处理空间 104b-104d，能使 3 个处理空间 104b-104d 中的每个中按较小的淀积速度在表 5 所示的相同的膜形成条件下，形成包括有三层叠置的有较大厚度和优异性能的 I 型半导体薄膜的 I 型层。本例中所用膜形成条件列于表 5 中。

本例中，只用处理空间 104c 用的压力计 106c 的测试值使可变阀的开口大

小保持在相同的大小，以此控制处理空间 104b-104d 的内压。由此，可使膜形成过程中处理空间 104b-104d 的每个处理空间的内压保持在表 5 所示的所需压力值。同样，像例 1 一样，只用处理空间 104e 所用的压力计 106e 的测试值使各可变阀 109e-109f 的开口大小保持相同大小，由此控制用于形成 P 型层的处理室 502 中设置的处理空间 104e 和 104f 的内压。由此，使膜形成过程中每个处理空间 104e 和 104f 的内压能保持在表 5 所示的所需压力值。

本例中，如例 1 的情况一样，膜形成操作进行总数为 10 次之后，用第 10 次膜形成操作中获得的其上有双层黑色反射卷材衬底并在其上形成有 PIN 结结构的半导体层的卷材衬底，按例 1 的相同方法制造许多光电元件。

在 AM1.5 的模拟阳光下，并用 $100\text{mW}/\text{cm}^2$ 的能量密度辐照每个光电元件，测试其光电转换效率 (η)，并取这些光电元件的光电转换效率的平均值，以此来评估光电元件的性能。光电转换效率的平均值比例 1 中获得的光电转换效率的平均值大。

分别检验本例中经过膜形成的卷材衬底的形成膜表面。结果，经检验的卷材衬底上既没发现粉状材料淀积也没发现污斑。

例 4

用图 7 所示设备重复例 3 的制造工艺，只是例 3 中在第 3 处理空间 104d 中用于形成作为 I 型层的半导体膜所用的 H_2 气流速 500sccm 变成 1500sccm，例 1 中第三处理空间 104d 中形成作为 I 型层的 I 型半导体膜加到第三处理空间 104d 的 RF 功率 150W 变成 500W。由于第三 I 型层与位于其下面的 P 型层之间形成 I/P 界面，在所述条件下，通过形成第三 I 型层，能更进一步改善第三 I 型层与 P 型层之间的 I/P 界面。

具体地说，处理空间 104d 中，加大用 H_2 气的稀释量，加大所加的 RF 功率的瓦数。使第三处理空间 104d 中的处理气流速和组分与位于其后的所述第二处理空间 104c 中的处理气流速和组分不同。按此方法，使相邻处理空间中的处理气组分彼此不同时，各可变阀的开口大小与通过各变阀的排气速度之间的关系变成固定的比。为此，预测可变阀 109b-109d 开口大小和排气速度，它们近似于三次方程式。把这近似三次方程式输入对应于处理室 502 的控制单元 111。只用对应处理空间 104c 的压力计 106c 的测试压力值并用控制单元 111 中的近似三次方程式，确定各可变阀 109b-109d 的开口大小量，控制处理空间

104b-104d 的内压。由此，可使膜形成过程中每个处理空间 104b-104c 的内压保持在表 6 所示的所需压力值。

本例中所用膜形成条件列于表 6 中。

本例中，如例 1 的情况一样，膜形成操作总数 10 次以后，检验处理室 501 - 503 内部。结果发现，包括处理空间 104a-104f 的每个处理室 501 - 503 的内壁面既无膜淀积也无副产品。

本例中，用第 10 次膜形成操作中获得的有双层黑色反射层的和其上形成有 PIN 结结构的半导体层的卷材衬底，用与例 1 相同的方法制成许多光电元件。

在 AM1.5 的模拟阳光下，并用 $100\text{mW}/\text{cm}^2$ 的能量密度辐照每个光电元件，测试其光电转换效率 (η)，取这些光电元件测试的光电转换效率的平均值，以此来评估这样制成的光电元件的性能。所获得的光电转换效率的平均值比例 1 中所获得的光电转换效率平均值大。

由上述内容发现本发明具有下列明显优点。

即，采用判定连接到多个彼此连通的衬底处理空间的各个可变阀的开口大小的控制装置，和用所述衬底处理空间之一中的压力测试值，能确定与衬底处理空间相连的可变阀的开口大小量，由此同时操作可变阀，使衬底处理空间中的处理气流速达到最佳。因而能连续获得有优异性能的经处理后的衬底制品。

而且，能提供包括改进的膜形成方法的改进的衬底处理方法，和包括改进的膜形成设备的改进的衬底处理设备，因而，能按合理的造价稳定而连续地形成有均匀而优异特性的高质量和高可靠的淀积膜。

适合于有效地成批生产有优异性能的高质量和高可靠的光电元件。

此外，按本发明，能稳定而连续地形成高质量和高可靠的功能淀积膜，它具有优良特性，能长期保存而不被损坏，能按合理价格有高的生产率，能防止出现副产品，所用的制造设备的维修频率下降，工作效率提高。这适合于有效地成批生产高质量和高可靠的光电元件，使光电元件在合理制造成本下性能优异。

表 1

处理空间	形成层的名称: 厚度 (nm)	所用气体流速 (sccm)	内 压 (Torr)	所加有效 功率 (W)	衬底温 度(°C)	膜沉积速度 (nm/sec)
104a	N 型层: 20nm	SiH ₄ : 100 H ₂ : 1000 PH ₃ /H ₂ (PH ₃ : 2%): 150	1.0	RF: 400	300	1.2
104b	I 型层: 80nm	SiH ₄ : 200 H ₂ : 500	1.0	RF: 200	350	0.6
104c	P 型层: 3nm	SiH ₄ : 20 H ₂ : 3000 PF ₃ /H ₂ (PF ₃ : 2%): 30	1.0	RF: 1000	300	0.2
104d	P 型层: 3nm	SiH ₄ : 20 H ₂ : 3000 PF ₃ /H ₂ (PF ₃ : 2%): 30	1.0	RF: 1000	300	0.2

表 2

	光电转换效率 (η)
例 1	4.7%
对比例 1	3.9%

表 3

处理空间	形成层的名称 厚度 (nm)	所用气体流速 (sccm)	内压 (Torr)	所加有效 功率 (W)	衬底温 度 (°C)	膜淀积速度 (nm/sec)
104a	N 型层: 20nm	SiH ₄ : 100 H ₂ : 1000 PH ₃ /H ₂ (PH ₃ : 2%): 150	1.0	RF: 400	300	1.2
104b	I 型层: 80nm	SiH ₄ : 200 H ₂ : 500	1.0	RF: 200	350	0.6
104c	P 型层: 1.6nm	SiH ₄ : 20 H ₂ : 1500 PF ₃ /H ₂ (PF ₃ : 2%): 15	1.0	RF: 1000	300	0.1
104d	P 型层: 3nm	SiH ₄ : 20 H ₂ : 3000 PF ₃ /H ₂ (PF ₃ : 2%): 30	1.0	RF: 1000	300	0.2

表 4

	光电转换效率 (η)
例 2	4.9%
对比例 2	4.1%

表 5

处理空间	形成层的名称 厚度 (nm)	所用气体流速 (sccm)	内压 (Torr)	所加有效 功率 (W)	衬底温 度 (°C)	膜沉积速度 (nm/sec)
104a	N 型层: 20nm	SiH ₄ : 100 H ₂ : 1000 PH ₃ /H ₂ (PF ₃ : 2%): 150	1.0	RF: 400	300	1.2
104b	I 型层: 35nm	SiH ₄ : 120 H ₂ : 500	1.0	RF: 150	350	0.3
104c	I 型层: 35nm	SiH ₄ : 120 H ₂ : 500	1.0	RF: 150	350	0.3
104d	I 型层: 35nm	SiH ₄ : 120 H ₂ : 500	1.0	RF: 150	350	0.3
104e	P 型层: 3nm	SiH ₄ : 10 H ₂ : 1500 PF ₃ /H ₂ (PF ₃ : 2%): 15	1.0	RF: 1000	300	0.1
104f	P 型层: 3nm	SiH ₄ : 20 H ₂ : 3000 PF ₃ /H ₂ (PF ₃ : 2%): 30	1.0	RF: 1000	300	0.2

表 6

形成空间	形成层的名称 厚度 (nm)	所用气体流速 (sccm)	内压 (Torr)	所加有效 功率 (W)	衬底温 度 (°C)	膜沉积速度 (nm/sec)
104a	N 型层: 20nm	SiH ₄ : 100 H ₂ : 1000 PH ₃ /H ₂ (PH ₃ : 2%): 150	1.0	RF: 400	300	1.2
104b	I 型层: 35nm	SiH ₄ : 120 H ₂ : 500	1.0	RF: 150	350	0.3
104c	I 型层: 35nm	SiH ₄ : 120 H ₂ : 500	1.0	RF: 150	350	0.3
104d	I 型层: 20nm	SiH ₄ : 120 H ₂ : 500	1.0	RF: 500	350	0.2
104e	P 型层: 3nm	SiH ₄ : 10 H ₂ : 1500 PF ₃ /H ₂ (PF ₃ : 2%): 15	1.0	RF: 1000	300	0.1
104f	P 型层: 3nm	SiH ₄ : 20 H ₂ : 3000 PF ₃ /H ₂ (PF ₃ : 2%): 30	1.0	RF: 1000	300	0.2

说明书附图

图 1

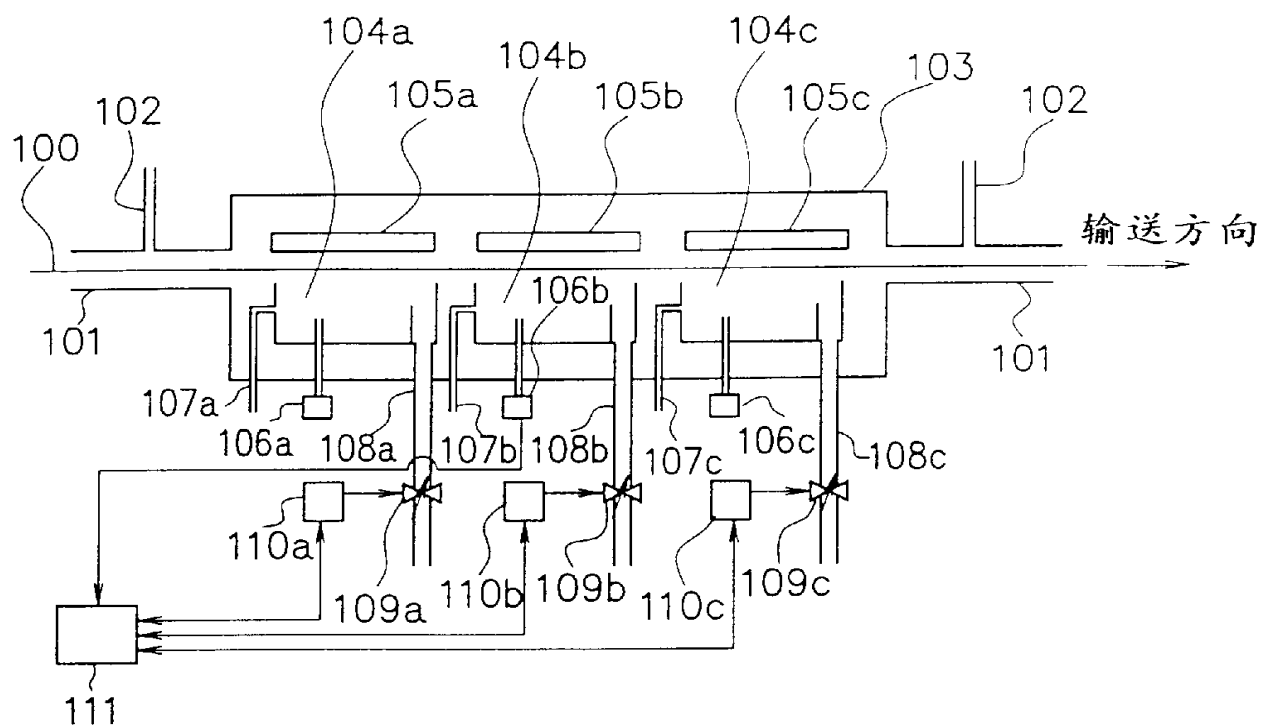


图 2

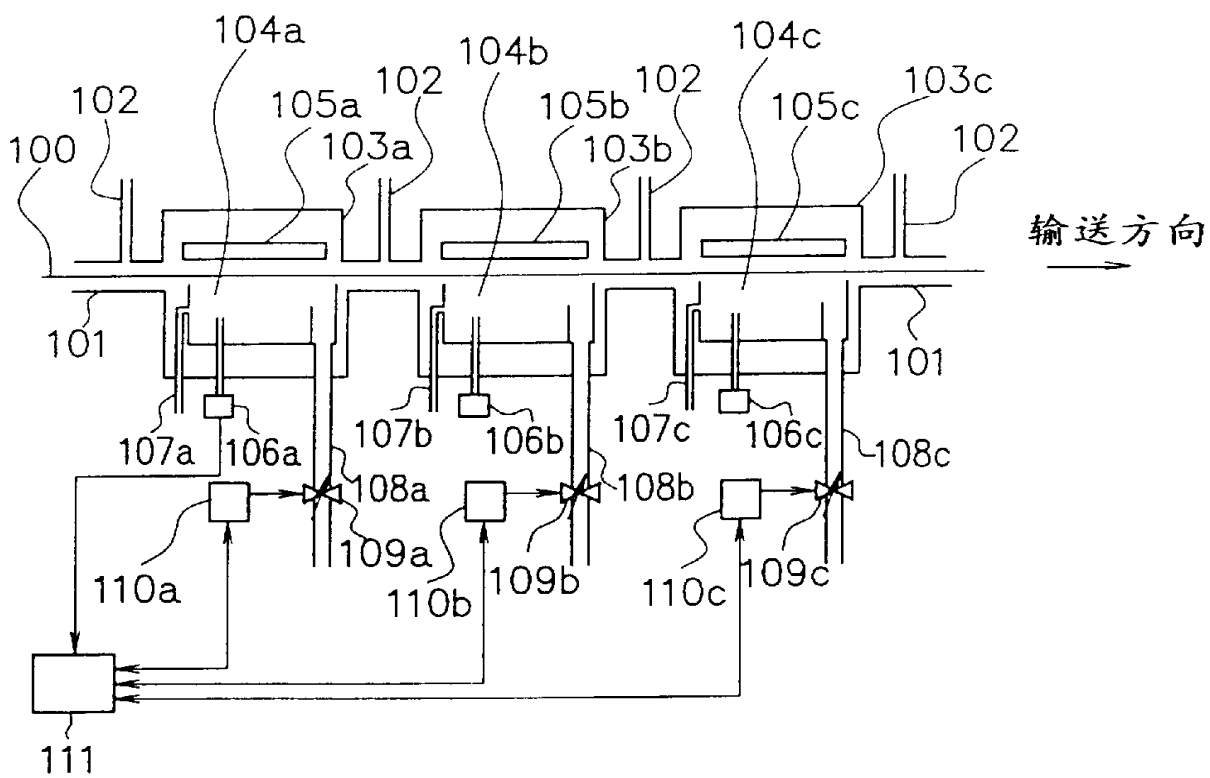


图 3

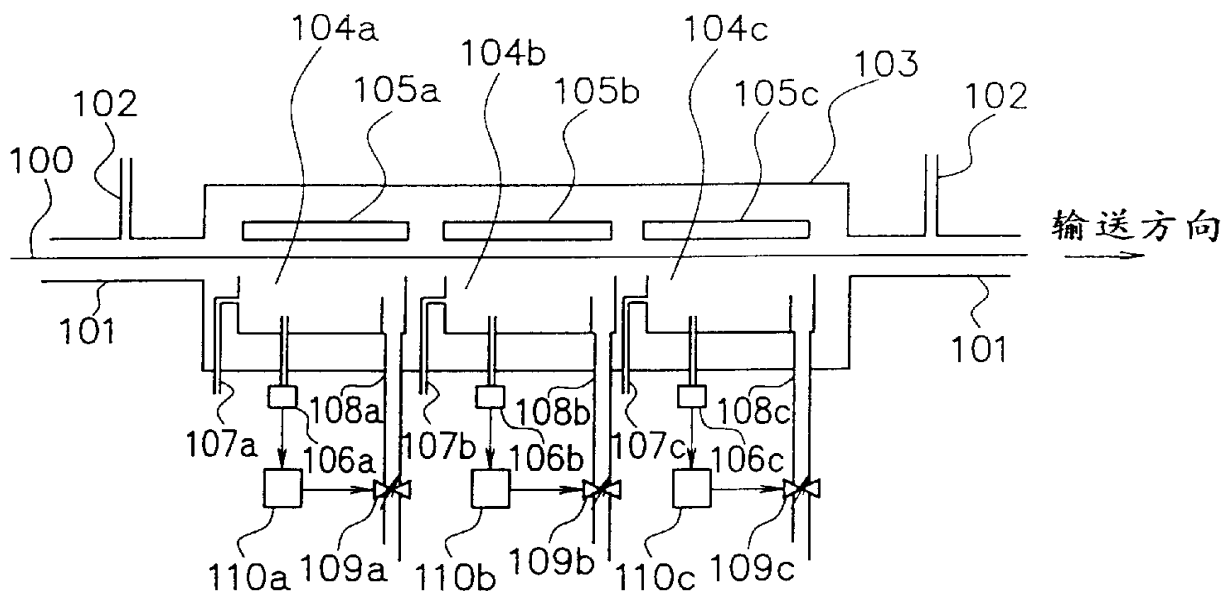


图 4

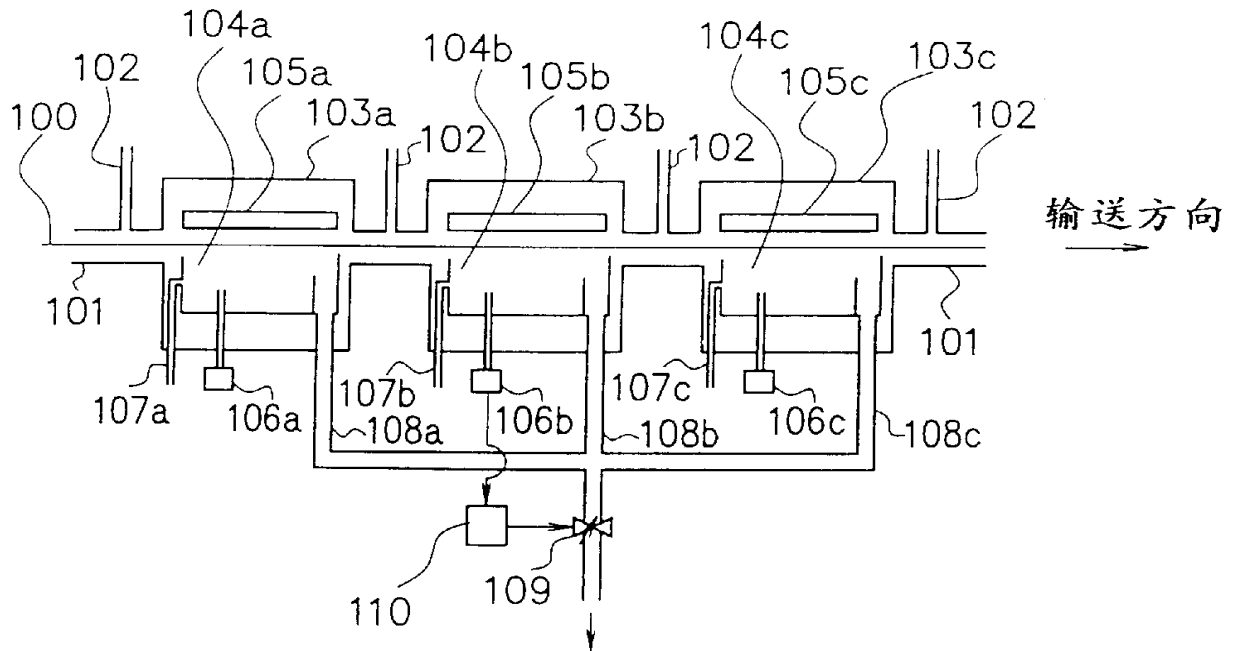
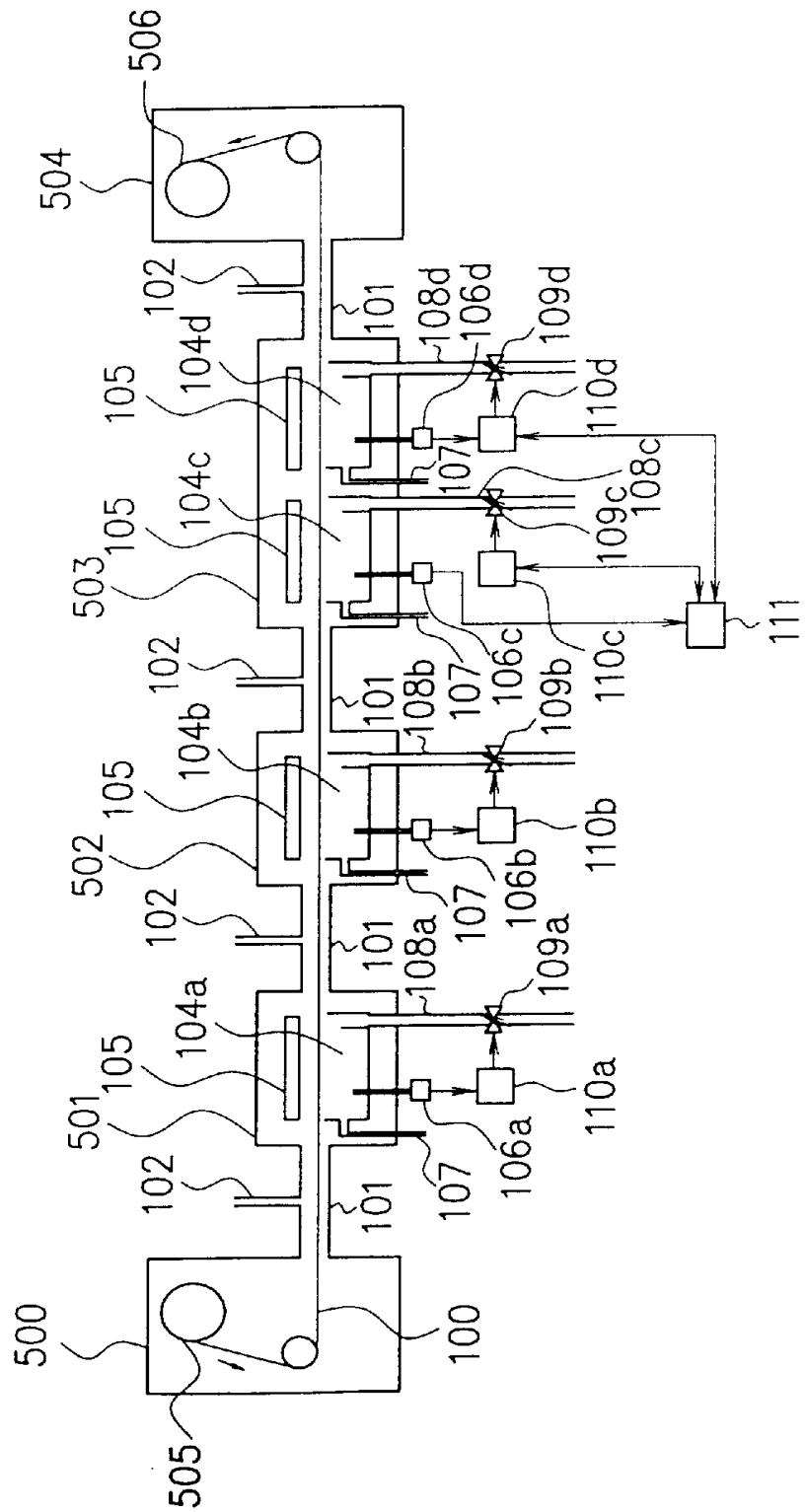


图 5



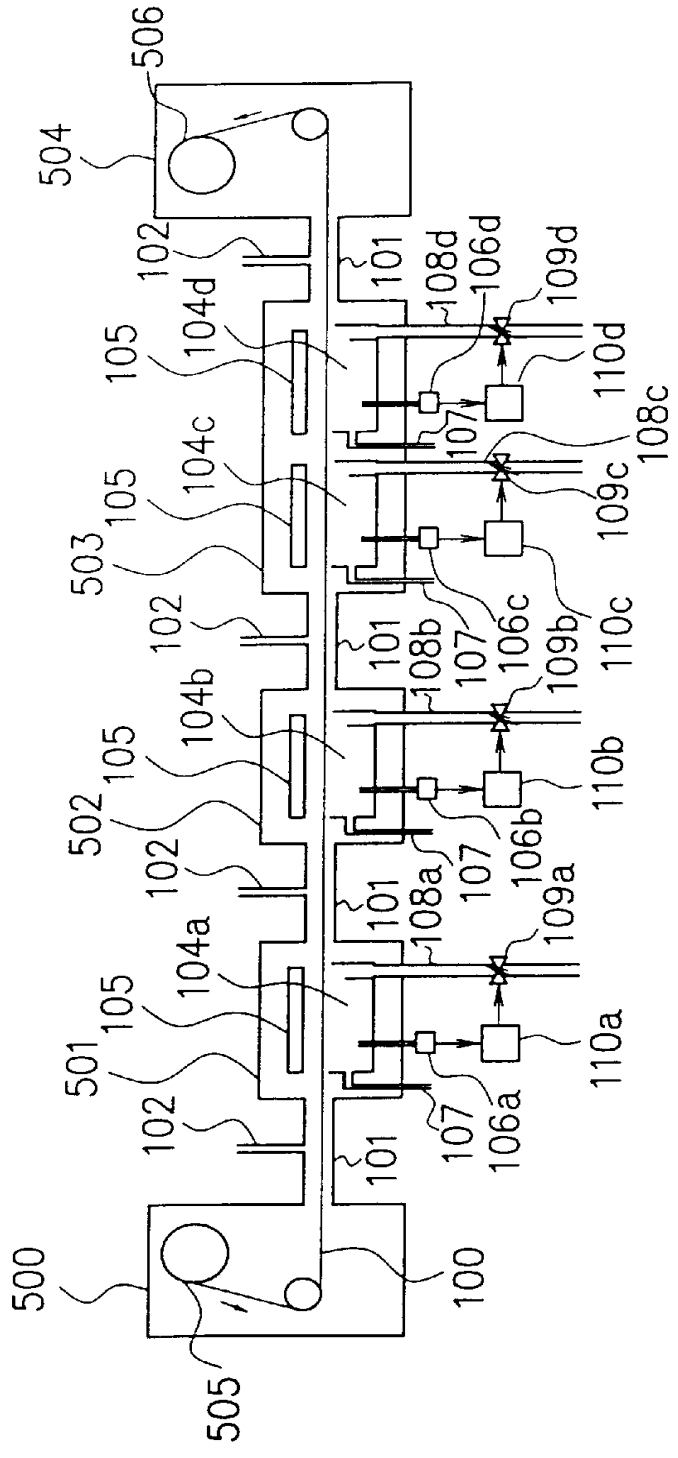


图 6

图 7

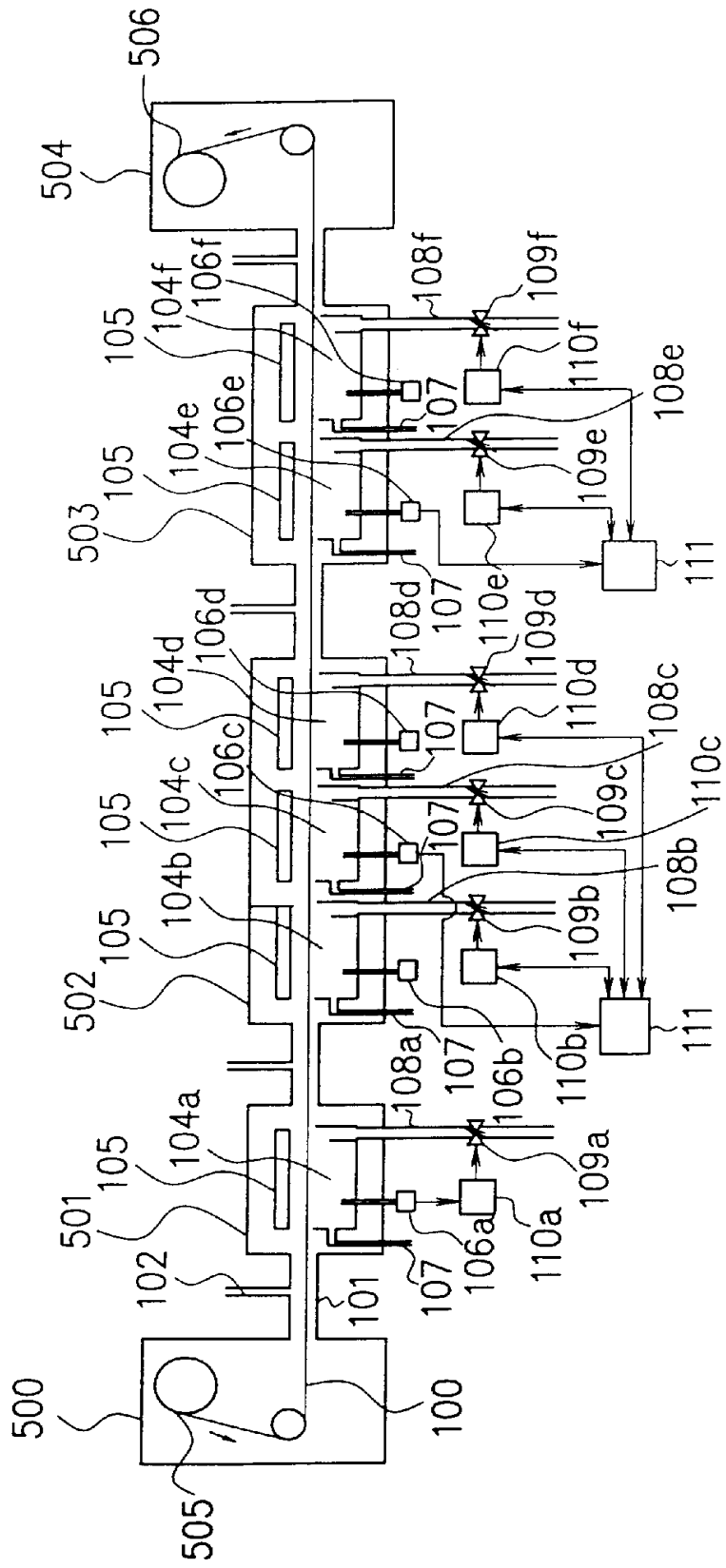


图 8

