

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

F26B 13/10

F26B 3/20 F26B 25/00



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 96196996.2

[45] 授权公告日 2004 年 4 月 14 日

[11] 授权公告号 CN 1145775C

[22] 申请日 1996.9.9 [21] 申请号 96196996.2

[30] 优先权

[32] 1995.9.18 [33] US [31] 08/536,593

[32] 1996.9.4 [33] US [31] 08/699,522

[86] 国际申请 PCT/US1996/014435 1996.9.9

[87] 国际公布 WO97/11328 英 1997.3.27

[85] 进入国家阶段日期 1998.3.16

[71] 专利权人 美国 3M 公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 加里·L·许尔斯曼

威廉·B·科尔布

审查员 杨祥钧

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

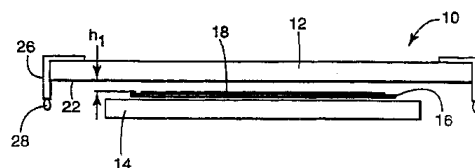
代理人 张兰英

权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 6 页

[54] 发明名称 涂覆底材的干燥系统

[57] 摘要

一种干燥底材(16)的方法和设备使用一与该底材相邻的并在该底材要干燥的一侧的冷凝表面(22)。在没有外加对流的情况下,来自底材的液体被蒸发并随后被冷凝在冷凝表面(22)上。从冷凝表面中去除冷凝液,而冷凝液仍然是液体。通过加热底材(16)而不是外加对流来完成蒸发。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种干燥底材的方法，它包括：
 - (a) 放置一冷凝表面，该冷凝表面与所述底材一表面分开一小段距离，以在所述底材与所述冷凝表面之间形成一间隙；
 - (b) 蒸发所述底材中的液体以形成蒸汽；
 - (c) 在冷凝表面上冷凝蒸汽以形成冷凝液；以及用至少毛细力使冷凝表面中的冷凝液运动，从而允许随后的冷凝表面中的冷凝液的去除。
2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，还包括去除冷凝表面中的冷凝液。
3. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，这些毛细力由一冷凝台板上的若干通道或槽或一与冷凝台板接触或与之分开的有小孔的材料上所产生。
4. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述冷凝液被传送到所述冷凝表面的至少一个边缘。
5. 如权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述冷凝表面包括至少一个用于去除所述冷凝液的边缘板。
6. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，该冷凝表面位于如下的至少一个：放在底材之上，以及与底材的距离小于 5mm。
7. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述冷凝液的去除包括使用重力、机械力、毛细力或其组合。
8. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，还包括在保持冷凝表面不动时移动底材使底材与冷凝表面之间产生相对运动。
9. 如权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述冷凝液的去除垂直于底材的运动。
10. 如权利要求 1—9 中的任何一项所述的方法，其特征在于，所述底材是一坯片或涂覆坯片。
11. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述冷凝表面包括多个冷凝板。
12. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，还包括一与所述底材接触或靠近所述底材的一表面以在被加热台板和所述底材的表面之间形成一间隙的被加热的台板。
13. 如权利要求 12 所述的方法，其特征在于，所述底材与所述被加热台板或所述底材与所述冷凝表面之间的能量传送和物体传送通过调节底材与冷凝表面之间的间隙、底材与被加热台板之间的间隙、被加热台板的温度或冷凝表面的温度中至少一个得到控制。
14. 一种干燥一底材的设备，它包括：

一冷凝表面，该冷凝表面与所述底材分开一小的距离，以在所述底材与所述冷凝表面之间形成一间隙；

蒸发所述底材中的液体以形成蒸汽的装置，所述蒸汽中至少一部分接触所述冷凝表面并形成冷凝液；以及

用至少毛细力使所述冷凝表面中的所述冷凝液运动、从而允许随后的冷凝表面中的冷凝液去除的装置。

15. 如权利要求 14 所述的装置，其特征在于，还包括去除冷凝表面中的冷凝液的装置。

16. 如权利要求 14 或 15 所述的装置，其特征在于，还包括使底材相对冷凝表面运动的装置，其中冷凝表面是不动的。

17. 如权利要求 15 所述的装置，其特征在于，去除冷凝液的装置包括至少一个与冷凝表面连通的边缘板。

18. 如权利要求 14 所述的装置，其特征在于，这些毛细力由所述冷凝表面上的若干通道或槽或与所述冷凝表面接触或与之分开的有小孔的材料所产生。

19. 如权利要求 15 所述的装置，其特征在于，所述冷凝液的去除包括使用重力、机械力、毛细力或其组合。

20. 如权利要求 14 所述的装置，其特征在于，所述底材是一坯片或涂覆坯片。

21. 如权利要求 14 所述的装置，其特征在于，蒸发液体的装置包括一与所述底材接触或靠近所述底材的一表面的以在被加热台板和所述底材的表面之间形成一间隙的被加热台板。

22. 如权利要求 21 所述的装置，其特征在于，所述底材与所述被加热台板或所述底材与所述冷凝表面之间的能量和物体传送通过调节底材与冷凝表面之间的间隙、底材与被加热台板之间的间隙、被加热台板的温度或冷凝表面的温度中至少一个得到控制。

涂覆底材的干燥系统

技术领域

本发明涉及一种传送物体和能量并干燥一底材上的涂层的方法和设备。本发明尤其涉及在一封闭的区域中传送物体和能量并干燥底材。

发明背景

干燥诸如坯片之类的涂覆或涂层底材需要向涂层提供能量，随后去除蒸发的液体。从涂层中蒸发的液体可以是任何包括诸如有机溶剂物系和包括水基溶剂物系的无机体系的溶剂。对流、传导、辐射和微波能量可用来向涂覆或涂层坯片提供能量。外加对流和压力气流可用来去除被蒸发的液体。外加对流可称为输入功率所产生的和故意引起的对流。它排除仅仅由坯片的移动引起的对流、自然对流和其他不可避免的力引起的对流。在某些蒸汽是无毒性的诸如水蒸发的情况中，蒸汽可通过闪蒸排出到环境大气中而被去除。

在传统的干燥技术中，需要大量的惰性或非惰性气体来去除从气/液界面中蒸发的液体。这些干燥器在要干燥的涂覆坯片与容纳大量气流的干燥壳体的顶部之间需要大的空间。在气/液界面上，干燥取决于扩散、对流、因坯片移动和冲击空气流所形成的边界层气流、蒸汽粘度以及液体与蒸汽的状态变化对流等因素。这些现象直接在涂覆坯片的上方发生，一般在表面的 15 厘米范围之内。由于传统干燥器在涂覆坯片之上有一大的空间，它们只能控制大量气流的平均速度和温度，它们控制在气/液界面附近的这些现象的能力是有限的。

对于有机溶剂物系，这些大气流中的蒸汽浓度保持在较低的程度，一般为 1 - 2 %，保留在蒸汽/气体混合物的可燃极限之下。这些大气流是用来去除处理过程中所蒸发的液体。封闭、加热、加压和控制这些气流的费用占了干燥器成本的主要部分。省去对这些大气流的需求将是极有利的。

这些气流被引到冷凝系统，以在排出之前用大的热交换器或具有刮片的激冷轧辊分离蒸汽。这些冷凝系统距离大量气流中的涂覆坯片相当远。由于在这种气流中的低蒸汽浓度，这些系统体积大，成本高，而且必须在低温下工作。

把冷凝系统靠近涂覆底材是比较有利的，因为那儿的蒸汽浓度高。但是，传统的热量交换器是通过重力来排除冷凝液体而回到涂层表面，所以除非它们是倾斜的或有一个收集容器，就会影响制品质量。如果它们有一个收集容器，它们就能脱离高浓度的坯片表面。如果它们是倾斜的，液滴可能仍然是个问题。此外，传统的热交换器不是平的，以便跟随坯片路径和控制干燥工况。

美国专利第 4,365,423 号描述了一种干燥系统，该干燥系统在要干燥的坯片上

使用一种有小孔的表面，使涂层免遭由大气流产生的湍流的影响而避免斑纹的出现。但是，这种系统不能消除外加对流，需要使用第二级低效率的溶剂回收，干燥速度下降。此外，由于干燥速度下降，该专利指出仅对 5 - 25 % 的干燥器长度使用这种保护。

德国 Offenlegungsschrift 的专利第 4009797 号描述了一种在一干燥外壳内的以去除蒸发液体的溶剂回收系统。一具有刮片的激冷辊安装在坯片表面之上，并去除呈液态的蒸汽。没有外加对流去除蒸发液体。但是，辊仅仅处在干燥器长度上的一小段的表面附近的高蒸汽浓度区。它不能对气/液界面的状况提供最理想的控制。事实上，当辊转动时，它可能在坯片表面附近形成湍流。此外，当涂覆坯片的一系列平坦的表面移动通过干燥器时，该系统的形状不能与之相适应。因此，该系统在用一个小的平面间隙去控制干燥状况的情况下是不能运行的，并不能达到最佳的冷凝效率。

英国专利第 1 401 041 号描述了一种溶剂回收系统，该系统没有传统干燥所需的大气流，它使用在涂覆底材附近的加热和冷凝板工作。溶剂在冷凝板上冷凝，随后冷凝的液体因重力排到一收集装置中。这种设备仅仅是通过重力来去除冷凝表面上的液体。因此，冷凝表面不能放在涂覆底材的上方，因为重力将会使冷凝的液体回到涂覆底材上。在附图和讨论（第 3 页，第 89 - 92 行）中，把冷凝表面描述成是垂直的，或对于涂覆底材来讲，涂覆侧面朝下，在冷凝表面之上。对底材底侧施加一涂层或在施加涂层之后把底材翻转过来在工业上不是可取的方法。在一翻过来的位置涂覆并在干燥之前把涂覆底材翻过来会形成涂层缺陷。这些限制大大地降低了干燥方法的灵活性，为了使它适应标准制造方法，必然会使成本上升。垂直或翻过来干燥的这种要求很有可能是这种方法在工业上不适用或不讨论的原因。

英国专利第 1 401 041 号（在第 2 页第 126 行至第 3 页第 20 行）也描述了采用在冷凝表面生成液膜层以及生成液滴的这种问题。由于“这样形成的液膜 14 使厚度朝冷凝器的下端增加”，所以冷凝表面的长度受到这种表面层的加厚和稳定性的限制。限制冷凝表面的长度将限制干燥器的长度或有未干燥的涂层脱离干燥系统。这就会有一些溶剂蒸汽进入大气、干燥现象失控和产生缺陷的不希望有的效果。另外的限制是为了防止冷凝液膜与底材接触以及防止液滴接触底材，冷凝表面到涂层表面的距离“很难在 5 毫米左右以下”。

该系统对垂直或翻过来干燥的限制限制了干燥器的长度，不能与涂覆底材相距理想距离进行工作，使该系统不足以达到所需的干燥利益。

为了干燥涂覆底材，需要有一个系统，该系统能够对气/液界面附近的状况提供有所改进的控制，该系统能够省去用外加对流传送蒸发液体的要求。还需要一个在有与底材相邻的小间隙的情况下进行工作的系统。

发明概要

本发明是一种传送物体和能量并干燥一涂覆底材的方法和设备。一冷凝表面与底材相邻，位于该底材要干燥的一侧（具有涂层的那一侧）。涂覆底材中的液体被蒸发，随后在没有外加对流的情况下在冷凝表面上冷凝。被冷凝的液体迁离冷凝表面，而它仍然是液体。

在冷凝表面上形成一凝液薄膜层，以防止凝液生成液滴，并防止凝液搭接到底材。

冷凝表面与底材之间的距离小于 5mm。在另一实施例中，冷凝表面在底材之上。在又一实施例中，冷凝液体被送到冷凝表面的侧边缘。

用重力可至少去除部分冷凝液体。冷凝表面倾斜于涂覆底材的至少一个横向侧面。重力传送冷凝表面上的冷凝液。此外，可用表面张力或毛细力，例如用有小孔的材料，来去除冷凝的液体。

可使用多个冷凝表面。一个是位于上面的并倾斜于涂覆底材的至少一个横向侧面的冷凝台板，其它的是具有上和下表面的若干薄片。这些薄片位于冷凝台板下面，使它们偏离水平面倾斜，它们的下边缘面对冷凝台板的下边缘。这些薄片彼此重叠，并在重叠区间隔开。

在另一实施例中，冷凝台板有一冷凝板和一有小孔的薄片，该薄片有一上表面和一下表面，位于冷凝台板之下并与冷凝台板分开一定距离。有小孔薄片的上表面和下表面形成冷凝表面。可以选择冷凝台板与有小孔薄片之间的空间宽度、薄片中的小孔尺寸和有小孔薄片上的空隙面积与实心面积之比，以形成表面张力，使凝液留在冷凝表面上。

控制间隙高度和涂覆底材与冷凝表面之间的温差来控制干燥速度。

冷凝表面可形成在一固定的或转动的传送带上。或者，冷凝表面由任何类型的平的或带槽的板、管子、叶片或其它形状的材料所形成。冷凝表面可由一有小孔板所形成，该有小孔板用杨-拉普拉斯(Young-Laplace)表面张力来留住凝液，并用毛细力传送凝液。

如果冷凝表面使冷凝的液体纵向流动，可用一收集系统来收集液体或在冷凝表面上的结构引导该液体。在冷凝表面上的诸如肋条的结构可限制凝液的上升，并防止液滴的生成。

附图简要说明

图 1 是本发明的干燥设备的立体图。

图 2 是图 1 设备的侧视图。

图 3 是沿图 1 的 3 - 3 线截取的剖面图。

图 4 是本发明另一实施例的干燥设备的立体图。

图 5 是图 4 设备的侧视图。

图 6 是本发明又一实施例的干燥设备的立体图。

- 图 7 是本发明又一实施例的干燥设备的剖视图。
图 8 是本发明又一实施例的干燥设备的剖视图。
图 9 是本发明又一实施例的干燥设备的剖视图。
图 10 是本发明又一实施例的干燥设备的侧面示意图。
图 11 是本发明又一实施例的干燥设备的剖视图。
图 12 是本发明又一实施例的一冷凝台板的仰视图。
图 13 是本发明又一实施例的干燥设备的俯视图。
图 14 是本发明又一实施例的干燥设备的俯视图。
图 15 是本发明又一实施例的干燥设备的侧视图。
图 16 是本发明的一侧面示意图，它示出了可调变量。

详细说明

本发明的系统是传送物体和能量并干燥—诸如移动坯片的涂覆底材上的涂层的一种方法和设备，其中一冷凝表面在涂覆底材之上形成一小的受控环境间隙 (controlled-environment gap)。在干燥过程中发生的其它物理和化学现象，诸如化学反应、固化和状态相变，也受到本发明的影响。

在图 1、2 和 3 的实施例中，干燥（加热液体把它蒸发成蒸汽（或汽化液体），把蒸汽移离坯片，冷凝蒸汽，把冷凝的蒸汽（也称凝液）移离坯片）是在不需要与传统干燥方法相对应的外加气体对流的情况下发生的。这样就减少了与许多精密涂层相关联的斑纹生成，并能以加大的干燥速度来干燥。在图 4 - 15 的实施例中，从坯片中去蒸发液体至少是在不需要外加气体对流的情况下发生的。这种系统的所有形式都能对在气/液界面附近发生的现象进行有改进的控制，并达到较高的液体回收效率。

所有形式采用冷凝来去除间隙中的被蒸发的液体，该间隙基本上是平的，不需要外加对流力，而且周围和界面层对流力达到最小。干燥系统具有许多优于传统干燥技术的优点，因为形成一个邻近涂层表面的小的、环境受控的间隙，省略了由干燥机构外加对流的要求。在某些产品中，涂层在干燥过程中会发生化学反应或其它物理和化学作用。在干燥过程中不管是否有这些作用，干燥系统都有效运转。干燥期间，干燥系统会影响这些作用。一个例子是分散或溶解在一种溶剂中的湿态固化聚合物，由于干燥大气具有湿度，这种聚合物在干燥过程中受到了不利的影响。由于本发明在涂层表面之上形成了一小的、受控环境间隙，在干燥大气中提供一受控湿度以改进这些聚合物的固化就变得相当简单。通过改进对干燥现象的控制和在涂覆表面之上形成一小的、受控环境间隙，就有许多其它应用，能使在干燥过程中发生的其它物理和化学作用成为有利的。

在另一方法中，干燥系统可与外加对流组合，该外加对流是通过迫使气体纵向、横向或其它任何方向流过涂层而产生的。这可对在涂覆表面之上的大气提供另外的物质传送或其它改变。当外加对流无损于产品的性能时，可使用这种方

法。

发明者已经发现，在干燥底材时，当冷凝表面到涂覆底材的距离小于 5 毫米时，干燥具有显著的提高，干燥速度增加。在能够显著提高对干燥的控制方面，英国专利第 1 401 041 号的系统实际上是不行的。

可以使用各类冷凝结构，例如任何类型不管是平的还是不平的、多孔的还是非多孔的、做成结构的还是没有结构的或诸如管子或叶片的其它形状的板。冷凝表面结构可以组合大、中和小规模几何形和尺寸。板包括固定的或运动的台板、有或没有液体刮除器的运动传送带和类似的装置。冷凝结构与坯片平行，或与坯片对齐，并具有平的或弯曲的表面。

冷凝表面必需满足三个指标。第一，它必需能传送足够的能量来去除冷凝的潜热。第二，凝液必需至少部分弄湿冷凝表面。第三，冷凝表面必需防止冷凝的蒸汽（凝液）回到坯片的涂覆表面。与冷凝表面相关联的是冷凝液膜的有效临界厚度，它是液膜开始出现不均匀性的标志。该厚度是冷凝表面的材料、几何形状、尺寸、拓扑结构、取向、构造和其它因素以及凝液的物理性能（诸如表面张力、密度和粘度）的函数。系统的另一个特征是凝液的传送和去除，这要保持一冷凝液膜厚度小于有效临界厚度，而且是通过毛细力、重力、机械力或这些力的多种组合来达到。

毛细力或毛细压力可以说成是作用在弯曲的弯液面(meniscus)中的表面张力的合力，它取决于称为杨-拉普拉斯方程式的毛细作用的基本方程式。杨-拉普拉斯方程式是 $\Delta P = \sigma (1/R_1 + 1/R_2)$ ，式中， ΔP 是界面上的压降， σ 是表面张力， R_1 和 R_2 是界面曲率的主要半径。毛细作用在 Adamson, A.W. 的“表面物理化学，第 4 版” (John Wiley & Sons 公司, 1982) 中有详细讨论。图 1、2、4、5、9、10 和 11 示出了用毛细力以及其他力从冷凝表面去除冷凝液的例子。

重力起因于流体物质在引力场中的位置，即静压头(hydrostatic head)。图 7、8、10 和 12 示出了示出了用重力以及其他力从冷凝表面去除冷凝液的例子。

还可用其他机构去除冷凝表面的冷凝液，以防冷凝液回到底材。例如，可使用诸如擦拭器、传动带、刮除器、泵送系统或任何组合去除冷凝液。图 6、13、14 和 15 示出了示出了用机械力以及其他力从冷凝表面去除冷凝液的例子。

图 1、2 和 3 示出一使用两个台板的设备。图 4 和 5 示出使用一个台板的设备。在这两种类型中，一个台板有一个与坯片的涂层表面相距很近的冷凝传送表面。相距的距离最好小于 15 - 20 厘米。小于 5 毫米的距离具有更多的优点。该距离可达到小于 0.5 毫米、甚至小到 0.1 毫米以及更小。

在图 1 和 2 中，设备 10 包括一被冷却的冷凝台板 12，该冷凝台板 12 与一被加热的台板 14 分开。冷凝台板 12 的温度设定在可高于或低于周围温度的 T_1 ，被加热的台板 14 的温度设定在可高于或低于周围温度的 T_2 。涂覆的坯片 16 的温度为 T_3 。坯片的位置由坯片 16 的各个上涂料的表面与冷凝台板和被加热的台板之

间的距离 h_1 和 h_2 所限定。图 16 示出这些变量的相互位置。冷凝台板与任何被加热的台板之间的总间隙 h 是 h_1 、 h_2 和涂覆坯片的厚度的总和。具有一涂层 18 的坯片 16 在两台板之间以任一速度移动。或者，坯片固定，而整个设备 10 移动，或坯片和设备都移动。台板固定在设备内。被加热的台板 14 位于坯片 16 的非涂覆侧，或与坯片接触，或在坯片与该台板之间有一个小的间隙 h_2 。冷凝台板 12 位于坯片 16 的涂覆侧，坯片与该台板之间有一个小的间隙 h_1 。冷凝台板 12 和被加热的台板 14 省去了在坯片 16 之上和之下施加对流力的要求。通过调节温度 T_1 、 T_2 和距离 h_1 、 h_2 来控制干燥。

固定或可动的冷凝台板 12 置于涂层表面的附近(诸如距离 10 厘米、5 厘米远或更近)。台板的设置能够相邻涂覆坯片形成一小的间隙。间隙基本上是恒定的，这样允许少量的对流或扩散。此外，尽管在冷凝表面上有任何槽(下面将要讨论的，但间隙基本上是不变的。台板的方位不是关键问题。冷凝台板 12 可在坯片之上(如图 1、2、4 和 5 - 9 所示)、在坯片之下(涂层在坯片的下表面)，系统可与坯片垂直或以包括在坯片输送方向的轴线周围倾斜在内的任何其它角度工作。

被加热的台板 14 提供能量，所以不需把对流通通过坯片 16 施加到涂层 18 上而蒸发涂层 18 中的液体，以干燥该涂层。能量的传播是通过具有高的热传播率的导热、辐射和对流的组合来实现的。这样可以蒸发坯片 16 上的涂层 18 中的液体。然后从涂层 18 中蒸发的液体(通过扩散和对流)穿过在坯片 16 与冷凝台板 12 之间的间隙 h_1 而冷凝在冷凝台板 12 的下表面上。

如图 3 所示，冷凝台板 12 的下表面是冷凝表面 22 并具有横向的敞开通道或槽 24，这些槽通过毛细力防止冷凝的液体因重力而回到涂层，并使冷凝液体侧向流到边缘板 26。槽可以是三角形的、矩形的、圆形的或其它更复杂的形状或是这些形状的组合。槽的材料、几何形状和尺寸被设计成适应所需的物体流动和凝液的物理性能诸如表面张力、粘度和密度。

一特定类型的冷凝表面是一种具有带角的敞开通道或槽的表面。这种类型的毛细冷凝表面，在图 3 中作为例子示出的，是一种几何形的特定表面，这种表面可用肯克斯-弗英不等式(Concus-Finn Inequality)(国家科学学会会刊、第 63, 292 - 299 (1996) 卷由肯克斯.P.和弗英.R.撰写的“楔形物中毛细表面的状态”(On the Behavior of a Capillary Surface in a Wedge))设计，即 $\alpha + \theta_s < 90^\circ$ ，式中 α 是任何角隅的夹角的一半， θ_s 是气体/液体/固体静态接触角。静态接触角取决于液体对在气体中的一给定表面的材料的表面张力。如果不满足不等式，则界面是有界的；如果满足不等式，界面没有一有限平衡位置(a finite equilibrium position)，而且弯液面无界。在后一种情况下，液体通过毛细管无限地向前或到通道或槽的端部。当涂层中液体有一种表面张力大的诸如水时，开有角形槽的表面是有益的。Lopez de Ramos, A. L.在图撒(Tulsa)大学的哲学博士学位论文“在

多孔媒介中提高 CO_2 扩散的毛细管” (Capillary Enhanced Diffusion of CO_2 in Porous Media) 中详细讨论了具有角的毛细表面。

槽 24 还可以是纵向的或在任何其它方向。如果槽在纵向，一适当的收集系统放在槽的端部，以防冷凝液落到涂层表面 18。该实施例限制了冷凝台板 12 的长度，还限制了最小间隙 h_1 。

当液体到达槽 24 的端部时，该液体与边缘板 26 和冷凝表面 22 之间的角交会。一液体弯液面形成和出现一把凝液从冷凝表面抽到至少一个边缘板的低压力区。重力克服了弯液面中的毛细力，该液体沿边缘板 26 的表面以液膜或液滴 28 向下流。各边缘板 26 可与任何冷凝表面（不仅一个有槽）一起使用。液滴 28 从每一边缘板 26 滴下，并收集在收集装置（未示出）中，例如，一开有槽的管子可放置在每一边缘板 26 的底部边缘的周围，以收集液体并把它引到一容器中。所示的边缘板 26 完全在与冷凝台板的冷凝表面的端部接触的状态下。但是，边缘板可以与冷凝台板相邻而不与它们接触，只要它们功能上接近，足以接收冷凝的液体就可以了。

或者，不必把冷凝液完全从台板上除掉，只要从冷凝表面 22 上除掉，或至少防止回到坯片 16。此外，虽然边缘板 26 可与冷凝表面 14 相交一个角度，但图中所示的边缘板 26 与冷凝表面 14 垂直，而且边缘板 25 是平滑、带槽、多孔或其它的材料。

被加热的台板 14 和冷凝台板 12 包括诸如通槽的内通道。热输送流体由一外加热系统加热，并通过通道循环，以设定被加热台板 14 的温度 T_2 。同样的或不同的热输送流体由一外冷却器冷却并通过通道循环，以设定冷凝台板 12 的温度 T_1 。还可使用其它的加热台板 14 和冷却台板 12 的机构。

图 4 和 5 的设备 30 除了没有加热台板之外与图 1 - 3 的设备相似。在设备 30 中，以任何加热方法或是传导、辐射、微波、对流或是周围能量的各种加热方法的组合使用任何类型的加热器来加热坯片 16，以蒸发涂层中的液体。这种加热器包括加热鼓、辐射加热装置或加压气流，但不限于此。甚至该系统在没有任何外加能量、甚至外面没有干燥器的情况下工作，仅仅使用周围能量来蒸发液体。或者设备 30 的工作与图 1 - 3 的设备一样，不需要施加使蒸发液体从坯片 16 传输到冷凝台板 12 上冷凝表面 22 的对流。涂覆坯片 16 与冷凝表面 22 之间的间隙 h_1 因坯片 16 和坯片支承件或其它隔板的任何组合而与加热装置分离。这样使该面积与任何外加对流分离。

在图 6 中，设备 32 包括一具有冷凝表面 22 的传送带 34。该传送带 34 基本上与底材的形状相对应，并提供底材与冷凝表面之间的间隙。该传送带可以是实心的、或是多孔的，它可以由多种材料制成。该带子由轧辊 36 驱动，这些轧辊能够提供冷凝表面 22 与底材 16 之间的相对运动。或者驱动冷凝表面 22，而不提供相对于坯片 16 的运动，或以与坯片 16 相反的方向驱动它。或者整个系统从

所示的位置旋转,而且可以基本上垂直于坯片16的运动方向驱动传送带34。在该方法中,液体可以在坯片16的边缘之外除掉。除掉冷凝表面22中的液体是由一个与传送带34相邻的机械擦拭器38来进行的。该机械擦拭器38用剪切力抹去冷凝表面22中的液体,并把它送到一合适的收集装置40。

图7和8示出设备的多种实施例,在这些实施例中是用重力来除掉冷凝表面中的液体溶剂。在图7中,冷凝表面22在一板42上,该板倾斜于坯片16的一横向侧面,在图8中,冷凝表面22在一块或两块板44上,这些板由中心向坯片16的两横向侧面倾斜。在这两种情况中,用重力使液体流离冷凝表面。该角度可以以坯片的纵向中心线为中心,或可偏离中心。毛细作用与重力相结合。

图9是另一实施例,毛细力除掉冷凝表面中的液体。在该实施例中,冷凝板46是一种诸如烧结金属或海绵状物的多孔或灯心材料,这种材料用毛细力传送液体溶剂。溶剂冷凝在冷凝表面22上,并由于毛细力而遍布在冷凝板46上。与冷凝板46相邻的边缘板26形成一毛细表面,一液体弯液面形成和出现一使凝物从冷凝表面吸引到至少一个边缘板的低压区。重力克服毛细力,液体以液膜或液滴形式向下流到边缘板26的表面。

图10示出另一实施例,在该实施例中,同时使用毛细力和重力来传送冷凝表面22中的冷凝液。如图所示,冷凝表面22形成在许多表面上。一冷凝台板48在坯片16之上倾斜于一侧,或从中心倾斜到两侧。薄片材料50悬在冷凝台板48之下,其安装位置偏离水平面倾斜,使其下边缘面对冷凝台板48的下边缘。如图所示,薄片材料至少重叠0.05cm,并在重叠区中隔开一0.01-0.25cm的缝隙。冷凝在冷凝表面22上的蒸汽因表面张力而留在冷凝表面上。重力按梯流效应把冷凝液带到薄片50的各上表面上,直到液体超过坯片16的边缘。冷凝在薄片50下表面上的液体将传送到重叠区,由缝隙形成的毛细力将把液体吸入到缝隙中。然后液体传送到下一薄片50的上表面上,重力将以梯流的方式把液体带到底材的边缘。这样,冷凝在薄片的下表面上的液体将不会形成滴回到涂覆底材的液滴。在某些情况下,要求液体完全注入薄片50与冷凝台板48之间的缝隙中。

图11是另一实施例,该实施例组合重力和毛细力来传送冷凝表面中的液体。在该实施例中,一种多孔、开槽、海绵结构、蜂窝结构、丝网结构或其它小孔材料52附加并固定与一冷凝台板54的下面。冷凝台板54与小孔材料52之间的间隔、材料52中的小孔的尺寸和小孔材料52上的空隙面积与实心面积之比都被设计成能够形成把液体留在三个冷凝表面22上的表面张力。设备与坯片16相邻。冷凝在冷凝表面22上的蒸汽以液体留在小孔材料的空穴中以及板间隔区56中。由于液体离开板间隔区56,小孔材料52面对坯片16的一侧上的液体将由毛细力传送而填入板间隔区56中的空穴中。液体可以通过重力、毛细作用也可以通过机械力离开板间隔区56。使冷凝台板54偏离水平面以任何方向倾斜,重力将使液体离开板间隔区56到一超过坯片16边缘的一点。或者,把至少一个边缘板

26 放在冷凝台板 54 的边缘使液体离开板间隔区 56。边缘板 26 接触冷凝台板 54 以形成一毛细表面。在某些使用中，边缘板可接触小孔材料 22。一液体弯液面形成和出现一使凝液引向至少一个边缘板的低压区。重力克服毛细力，液体以液膜或液滴形式向下流到边缘板 26 的表面。此外，冷凝液可由机械排出板间隔区 56。

图 12 示出一具有凸起结构的冷凝台板 60。冷凝台板 60 提供一基本上与坯片 16 的形状相对应的冷凝表面 22。把台板 60 放置得偏离水平面，这样使用重力从冷凝表面 22 中除去液体。这种偏离水平面的倾斜可以是包括与坯片 16 行进路径垂直和平行在内的任何方向。没有任何的附加装置，从冷凝表面 22 流去的液体将经过一小段距离（一般小于 1 米）形成一足够的液膜厚度，使得表面张力留不住液体，该液体将以液滴落到坯片 16 上。具有任何几何形诸如肋条 62 的结构可设置在冷凝台板 60 的冷凝表面 22 上，以限制液膜厚度的升高，防止形成落到坯片 16 上的液滴。肋条 62 斜对角固定在冷凝表面 22 的斜面上，以把超出坯片 16 边缘的液体引到一合适的收集装置（未示出）。这些肋条以足够的量和一合适的间距设置，以限制由一特定的肋条 62 排泄的表面面积，由此把液膜厚度维持在发生液滴的临界点之下。冷凝表面可有沿纵向坯片方向延伸的槽。

图 13 的设备 64 机械移动冷凝表面和超出坯片 16 边缘的冷凝液体，该液体随后就被去除。一冷凝台板 66 提供与坯片 16 相邻的冷凝表面 22。圆的或任何其它形状的台板 66 机械旋转，使冷凝在其冷凝表面 22 上的液体传送到一在坯片边缘之外的一区域。从冷凝表面 22 去除液体是有一与冷凝表面 22 相邻并锚定于一块体 69 的机械擦拭器 68 来进行。进行擦拭器 68 用剪切力从冷凝表面 22 上除掉液体，并把该液体引到一合适的收集装置 70。一系列这样的系统设置成它们基本上与底材的纵向形状相对应。

图 14 示出一设备 72，它使用表面张力来保留液体，使用一机械装置来除掉冷凝表面上的液体。一冷凝台板 74 提供一基本上与坯片 16 的形状相对应的冷凝表面 22。冷凝在冷凝表面 22 上的液体通过表面张力保留在该表面上。从冷凝表面 22 上除掉液体是通过一个或多个与冷凝表面 22 相邻的机械擦拭器 76 来进行的。机械擦拭器 76 可以垂直于坯片 16 的行进路径、平行于坯片 16 的行进路径或以任何其它的方向移动越过冷凝表面。机械擦拭器 76 使用剪切力去除冷凝表面 22 上的液体，并把该液体引到一位于机械擦拭器 76 下面的一合适的收集装置 78。被送离的液体装在位于坯片 16 的边缘之外的收集装置 78 内。

图 15 示意性地示出了一个实施例，该实施例使用一泵 80 除掉冷凝表面中的冷凝液体。泵可以是任何类型的泵，还可以使用能够产生负压的任何其它装置。还是如图 15 所示，在去除之前通过诸如毛细作用和重力朝冷凝表面的横向中心驱赶冷凝液。

在其它的使用中，系统首先除掉涂覆底材中的流体。然后，使用在干燥部位

下面的坯片部位的系统,以便“相反”把小部分湿气或其它的反应剂加到底材中,以改变涂层。

设备可在干燥器的外面工作,不需要施加任何能量,而只需要周围热量蒸发液体。通过控制处在周围温度或附近的冷凝表面的温度,只有到在冷凝表面与坯片 16 之间的间隙 h_1 中的蒸汽浓度处在由冷凝表面 22 和坯片 16 的温度所限定的饱和浓度,才会发生液体蒸发。已蒸发的液体将被坯片的粘性阻力(viscous drag)所包含和携带,并通过间隙 h_1 排出系统。减少了不需要的干燥,并使蒸汽辐射脱离周围条件。

本发明的干燥系统可被用来减少或实际上是停止涂层的干燥。干燥的速度是坯片 16 的涂层表面 18 与冷凝表面 22 之间的间隙高度和蒸汽浓度梯度的函数。对于某一间隙 h_1 ,坯片 16 与冷凝表面 22 之间的温差确定了蒸汽浓度梯度。涂层表面 18 相对于冷凝表面 22 的温度越高,干燥的速度越快。当冷凝表面 22 的温度接近涂层表面 18 的温度,干燥速度将趋于零。传统干燥工艺中,因没有使用昂贵的惰性气体干燥系统,所以不能控制蒸汽浓度梯度。有些液体涂层具有多种溶剂,这些溶剂中的一种或多种具有为了最佳的产品性能而使干燥速度下降的作用。通过调整涂层表面 18 和冷凝表面 22 的温度,本发明能降低干燥速度,从而省去了使用溶剂以放慢干燥速度的要求。

用间隙 h_1 的高度和涂层表面 18 与冷凝表面 22 之间的温差来控制干燥速度。因此,对于某一温差,可用构成间隙 h_1 的冷凝板的位置来控制干燥速度。这样,通过改变干燥系统的尺寸,诸如改变相对间隙,就可控制干燥速度。传统干燥器没有这种能力。

通过使用外加对流来干燥某些涂覆坯片会在涂层上形成斑纹图案。斑纹图案是薄膜涂层中的缺陷,该缺陷是由在涂层之上的引起液体表面不均匀干燥的蒸汽浓度梯度所形成的。一般的室内气流足以形成这些缺陷。使用本发明能够降低和控制需干燥部位的外侧处、能引起诸如斑纹的缺陷的自然对流。在涂覆表面不在干燥区、否则暴露于来自环境气流或来自于因坯片移动而形成的湍流界面层空气的对流中的位置中,具有槽或其他液体传去除特征、装置、结构或没有的设备与涂覆坯片 16 相邻并间隔一个间隙 h_1 。与涂覆坯片 16 相邻设置的冷凝板 12 使环境气流与涂覆表面隔离。它还能防止涂覆表面之上的界面层空气变成湍流。因此,就可减少或消除因干燥处的外界对流而引起的诸如斑纹的缺陷。设备可进行类似于图 4 - 15 的冷凝和溶剂去除工作,或甚至在不冷凝和不去除溶剂的情况下通过上升在间隙 h_1 蒸汽的露点之上的冷凝表面 22 温度来进行工作。

在所有的实施例中,根据需要可用多对构件提供多段加热和冷凝构件。每一对加热和冷凝构件的温度和间隙彼此独立控制。各区段可彼此分开,也可不分开。

在所有实施例的系统中,坯片 16 上的涂层与冷凝表面 22 之间有一个小的间

隙，使冷凝靠近涂覆坯片 16。不需要施加对流，蒸汽体积很小。通过调整坯片温度、间隙和冷凝表面的温度来控制蒸汽浓度和对流力。这能改进气-液界面附近的工况控制。由于板的温度和间隙在整个干燥系统中可以是连续的和恒定的，所以热量和物体的传送率的控制比传统干燥系统更稳定。所有这些因素有助于提高干燥性能。它还提高了冷凝蒸汽回收系统的效率，与已知的在一第二级气流中的燃烧、吸收或冷凝的昂贵方法相比，在不另外增加成本的情况下具有高效率的液体回收。

此外，不用担心在暴露的或超过燃烧极限的坯片之上的环境空气。事实上，间隙很小，例如小于 1 厘米，因坯片之上的整个空间中的氧气不足以支持燃烧，所以可消除对燃烧的担忧。另外，该系统省去了对大气流的要求，机械装置和控制系统仅占传统空气悬浮干燥系统的成本的 20 %。

实验是用具有横向槽的 30.5 厘米宽的台板进行的。底部台板用通过在台板中的通道循环的热量传送流体加热到 15 °C 至 190 °C 范围的温度。当热量传送到涂层时，涂层中的液体蒸发。冷凝台板的温度用任何合适的方法控制在 -10 °C 至 65 °C 的范围内，以为蒸汽传送和冷凝提供驱动力。间隙 h_1 的有效范围是 0.15-5 厘米。这样可获得无斑纹的涂层。

在一个例子中，涂覆—11.5 % 固体颗粒、2 厘泊、7.6 微米湿厚和 20.3 厘米宽的易于出现斑纹的聚合物/MEK 溶液。坯片 21.6 厘米宽，以 0.635m/s 的速度移动。用于加热坯片的被加热台板的温度控制在 82 °C。冷凝台板的温度控制在 27 °C。台板的总长为 1.68m，它们与输入侧的水平面成 3.4° 并以一小仰角安装。到台板的入口与涂层作用点(the coating application point)相距 76cm。被加热台板与坯片相隔一约为 0.076cm 的间隙。间隙 h_1 定在 0.32cm。毛细槽的深度为 0.0381cm，峰间距离为 0.076cm，角度 α 为 30°，槽顶部的棱边厚(land)为 0.013cm。当坯片离开台板时，虽然在涂层上有一些残留溶剂，但坯片在 1.68m 长的台板中无斑纹干燥。传统的干燥器达到同样的干燥点约需要 9m，这就要求比本发明干燥器的五倍还要长。

该系统的其他应用包括干燥通常有气泡缺陷的粘胶。在一部分涂层干燥之前，其余干燥的涂层表面形成一干皮，把溶剂封闭在该层皮下，这样就可能引起气泡缺陷。对于传统干燥，在大量气体中的溶剂蒸汽浓度由于燃烧极限而是很低的。如果施加到涂层中的热量太多，表面中的溶剂将很快闪蒸到低蒸汽浓度的气流中而在表面上形成皮。本发明的系统在坯片之上的空间中形成一可控的蒸汽浓度，该蒸汽浓度能够降低在表面上形成一皮的倾向。其他的应用场合是干燥器在高溶剂浓度下运行以获得特定的产品性能。

系统具有溶剂回收和干燥性能之外的优点。其他的优点包括简化了把涂覆流体置于一磁场的过程。不是把一磁场发生器放在一已知的干燥器内，而是用本发明把磁场发生器放在干燥器的外面（即设备 10、30 的外面）。这是因为设备紧

凑才能这样做。当把一含有金属颗粒的流体涂覆在一底材上，以制造如录音和录像带、计算机和数据存储带、计算机磁盘之类的这种制品时，上述系统就尤其适用。磁场发生器在设备的外面，所以方便了调整和维修。

这种装置还改进了颗粒的定向。如果颗粒是以记录的方向自然定向，则改进了磁的输出(output)。对于传统而言，定向装置包含在干燥器内，当溶剂去除时，颗粒以单点或多点定向。本发明的一个优点是由于磁定向装置是在干燥器的外面而且没有干涉（在干燥器里面的传统定向装置会干涉对流热量和物体传送），它不会以任何方式影响溶剂的去除率。它能均匀去除溶剂。当在用本发明干燥的早期阶段流体的粘性很小时，磁性颗粒很容易排列。由于在干燥的早期阶段颗粒脱离传统的定向装置，所以不在涂层平面中的磁场的任何组份将以一不利的方向定向颗粒，例如把它们垂直翻转。当溶剂被去除，粘度增加，要使定向装置旋转颗粒就困难了。当颗粒脱离磁场或由于颗粒间的力，颗粒将不会重新定向。

另一个优点是由于其尺寸小、溶剂去除率增加，本发明允许在干燥器和定向装置的开始定向颗粒。当在一均匀干燥环境中去除溶剂，达到粘度增加到粘性力占优势的程度时，均匀的磁场把颗粒保持在较佳的方向。当颗粒脱离定向装置或颗粒间的力时，本发明就能避免不希望出现的颗粒消向。在传统干燥器中干燥会使制品表面粗糙。在本发明干燥器的可控环境中，以高的溶剂去除速度去除溶剂会出现更光滑的表面。当例如由此得到的磁带将靠近记录头时，本发明还能改进磁输出。

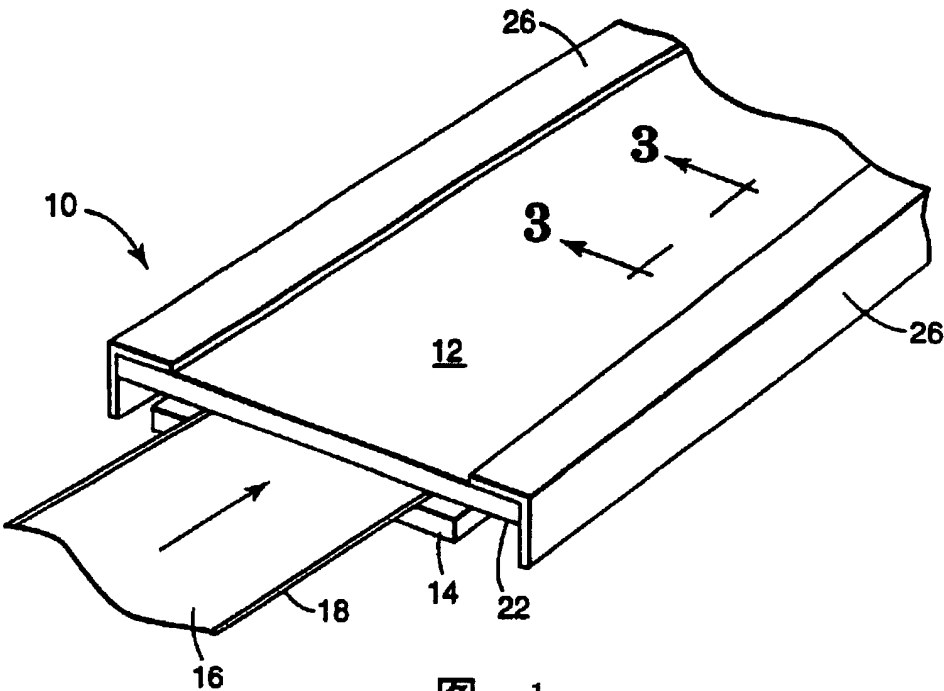


图 1

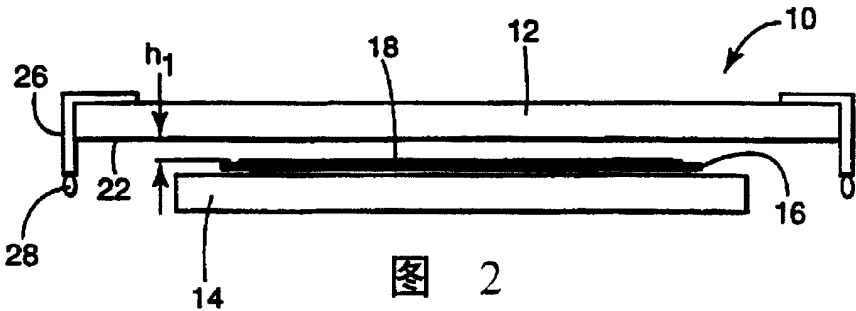


图 2

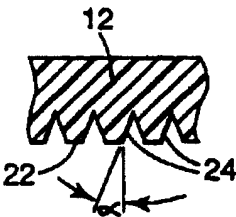


图 3

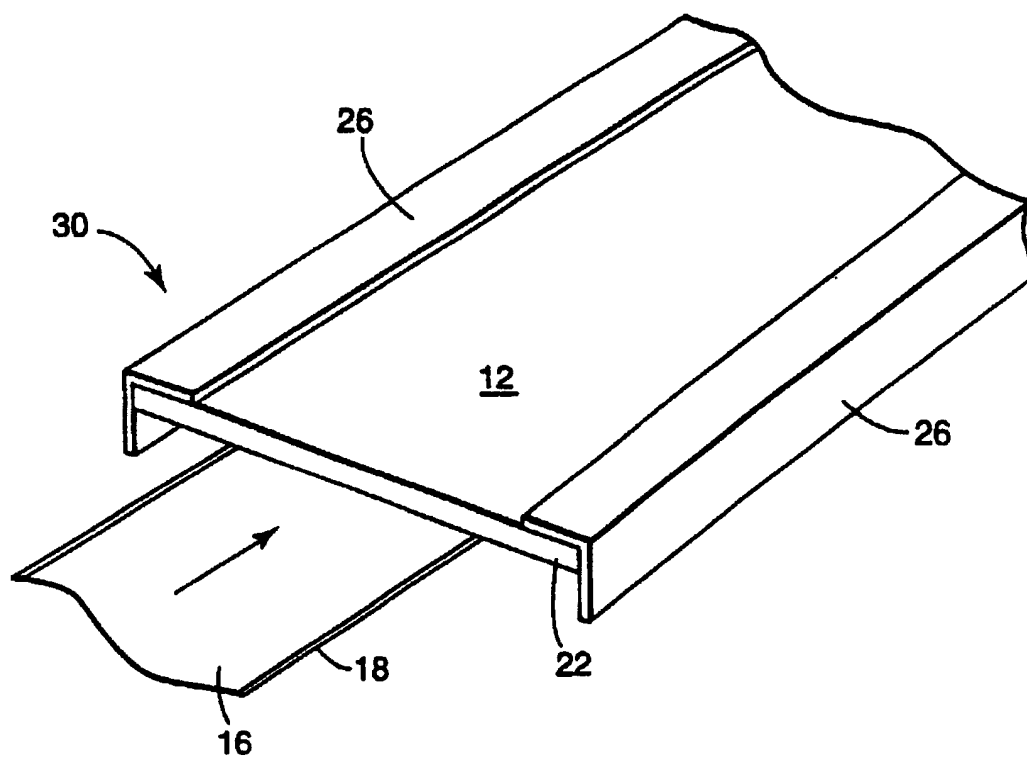


图 4

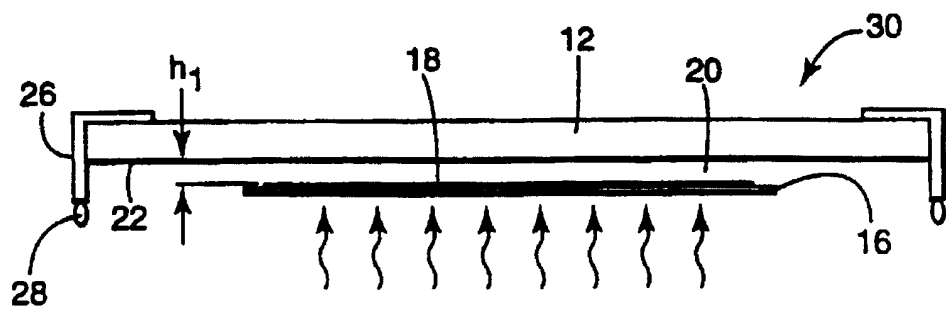
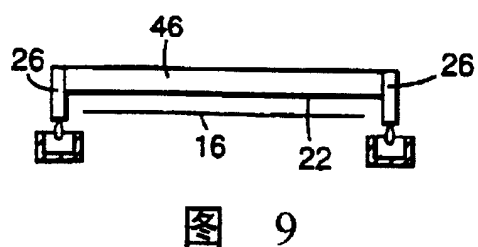
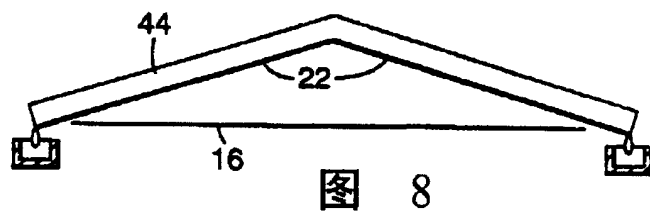
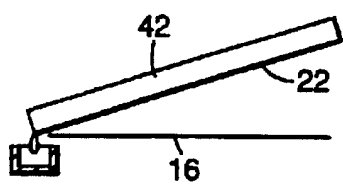
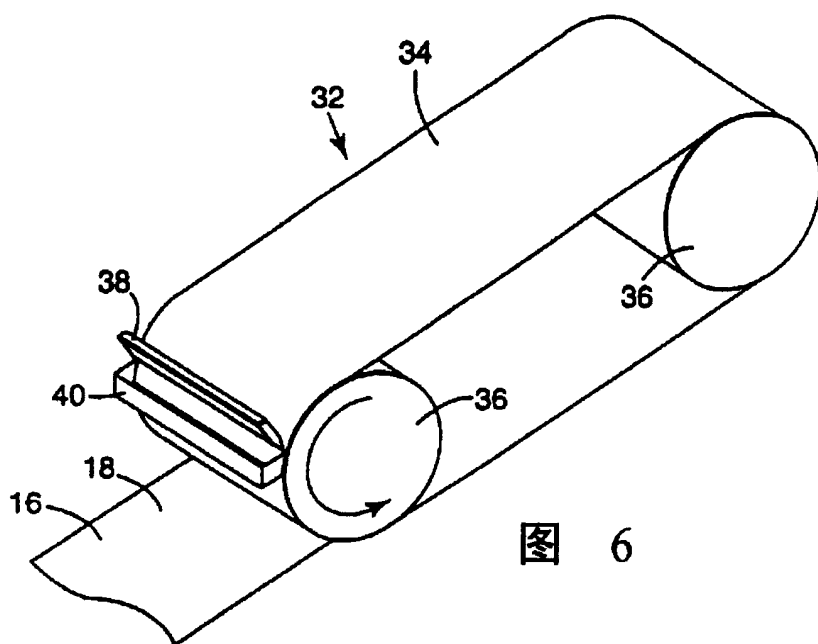
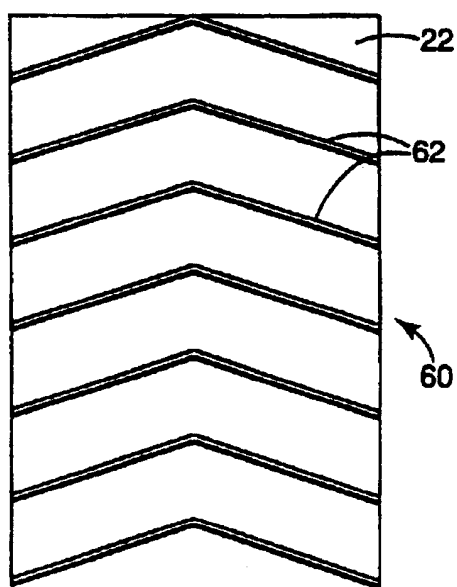
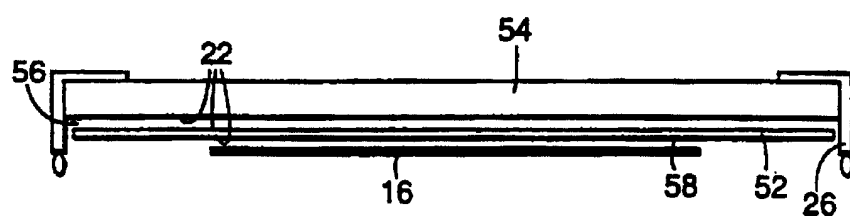
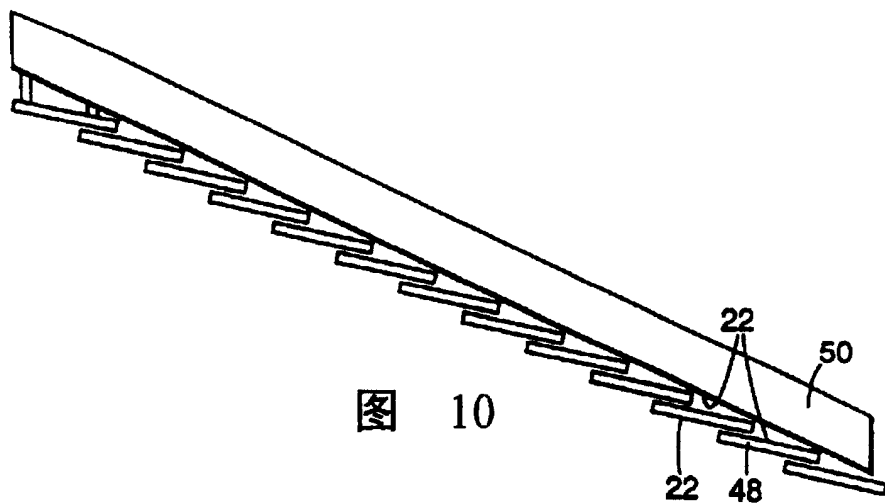


图 5





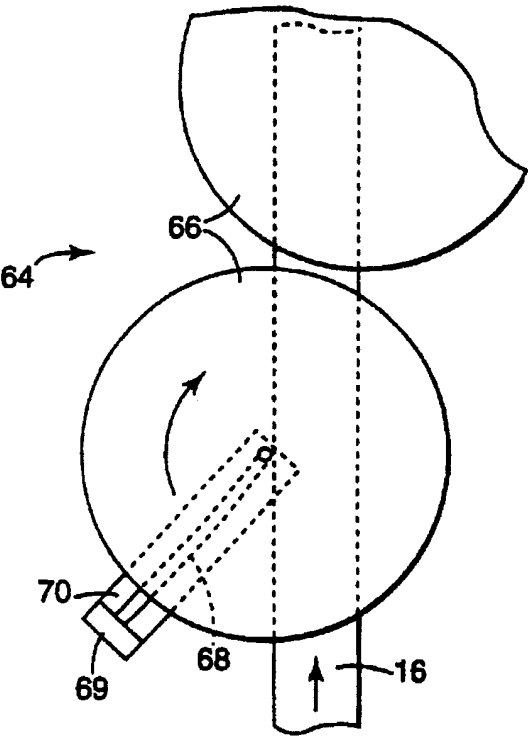


图 13

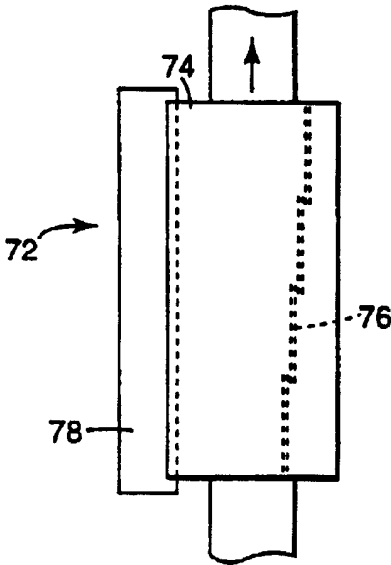


图 14

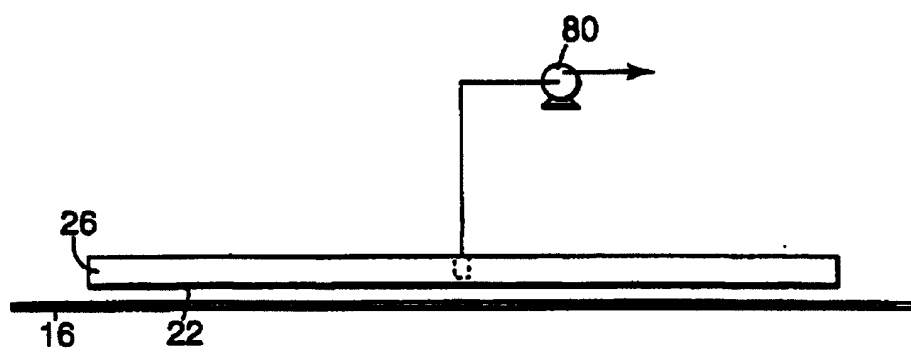


图 15

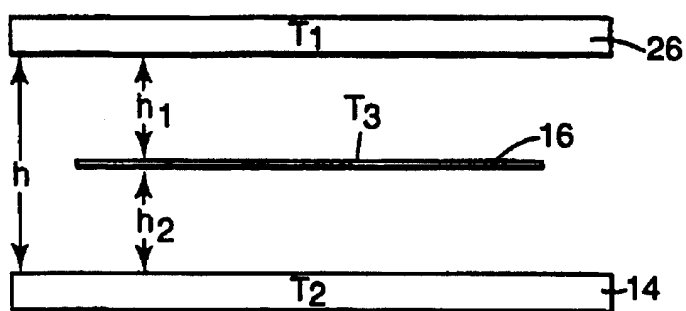


图 16