



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03810608.6

[43] 公开日 2005 年 8 月 10 日

[11] 公开号 CN 1652881A

[22] 申请日 2003.5.12 [21] 申请号 03810608.6

[30] 优先权

[32] 2002.5.10 [33] CA [31] 2,385,911

[86] 国际申请 PCT/CA2003/000697 2003.5.12

[87] 国际公布 WO2003/095108 英 2003.11.20

[85] 进入国家阶段日期 2004.11.10

[71] 申请人 纳诺梅特利克斯公司

地址 加拿大魁北克省

[72] 发明人 吉勒斯·皮卡德 胡安·施奈德

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任
公司

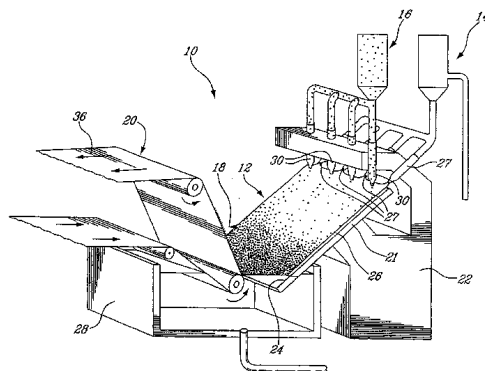
代理人 车文 顾红霞

权利要求书 4 页 说明书 16 页 附图 7 页

[54] 发明名称 二维粒子聚集的方法和设备

[57] 摘要

一种用粒子制造薄层的方法和设备(10)，其中粒子置于载体流体上，载体流体利用重力沿着通向坝状件(18)的斜面(12)流动。在斜面(12)的底部把粒子阻挡住，从而使得粒子以单层的结构一个接一个地堆积起来。



1. 一种制造粒子单层的设备，包括：一个薄膜形成表面；一个流体供应系统，它在所述的薄膜形成表面上提供移动流体的薄膜；一个粒子供应系统，当流体沿着薄膜形成表面流动时它把粒子置于所述的薄膜上，所述的流体薄膜携带粒子向前一直到一个坝状件，所述的坝状件使得到来的粒子并排聚集，从而逐渐形成一个粒子层。

2. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述的流体供应系统所处的位置其高度比所述的坝状件高，从而允许所述的移动流体利用其重力在所述的薄膜形成表面上流动。

3. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述的薄膜形成表面包括一个倾斜表面，所述的流体供应系统和所述的粒子供应系统所处的位置使得所述的流体和所述的粒子沿着所述的倾斜表面上向下朝向所述的坝状件流动。

4. 如权利要求 3 所述的设备，其中所述的倾斜表面形成了斜面的一部分，斜面能够在固定的倾斜位置之间移动。

5. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述的薄膜形成表面包括一个大致平坦的表面，当在该大致平坦的表面上流动的移动流体向前驱动粒子时，该大致平坦的表面保持静止。

6. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述的薄膜形成表面以预定的倾斜角固定。

7. 如权利要求 5 所述的设备，其中所述的大致平坦的表面是亲水表面。

8. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述的流体供应系统包括在薄膜形成表面横向延伸的多孔喷射器。

5 9. 如权利要求 8 所述的设备，其中所述的多孔喷射器设置为圆柱体形式，它限定了容纳移动流体的中心通道，所述的中心通道由多孔壁限定，移动流体被迫使流经该多孔壁。

10 10. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述的流体供应系统包括至少一个存储所述流体的加压蓄液池，蓄液池的内部压力根据在所述的薄膜形成表面上的所述移动流体的所要的流速而保持在固定值。

15 11. 如权利要求 10 所述的设备，其中所述的流体供应系统进一步包括一个载流混合单元，它混合从所述的至少一个加压蓄液池接收来的流体和从一个精调蓄液池接收来的添加剂以提供混合物，在把混合物喷撒到所述的薄膜形成表面上之前把混合物导向加压的分配蓄液池。

20 12. 如权利要求 11 所述的设备，其中所述的载流混合单元可以有选择地与第二个加压蓄液池连接从而即使必须填充第一加压蓄液池时也能够以连续的模式运行设备。

25 13. 如权利要求 11 所述的设备，其中所述的流体供应系统进一步包括一个多孔喷射器，多孔喷射器具有限定了中心通道的壁，中心通道与所述的分配蓄液池流体流动连通，还包括一个流量限制器，它位于所述的多孔喷射器的下游，用来通过所述的壁从所述的中心通道引入流体流动。

30 14. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述的粒子供应系统包括一个能够容纳液体流的多孔喷射器，粒子悬浮在该液体流中，定位多孔喷射器把粒子分配到移动流体的表面，移动流体在所述的薄膜形成表

面上从所述的多孔喷射器下面流过。

5 15. 如权利要求 14 所述的设备，其中所述的粒子供应系统包括一个悬浮液蓄液池和一个精调蓄液池，它们适于选择地设置成与悬浮液混合单元流体流动连通，而悬浮液混合单元又与分配蓄液池流体流动连通，精调蓄液池含有要加到悬浮液中的添加剂，还包括使得所述的悬浮液蓄液池、所述的精调蓄液池和所述的分配蓄液池保持在所要压力的加压单元。

10 16. 如权利要求 15 所述的设备，其中所述的粒子供应系统包括一个流量限制器，它使得大部分导入多孔喷射器的液体和粒子穿过所述的多孔喷射器的壁向外流动，还包括一个循环单元，它接收流过流量限制器的那部分流体。

15 17. 如权利要求 16 所述的设备，其中所述的循环单元有选择地与一对蓄液池中的一个连接，而该对蓄液池能够有选择地与分配蓄液池连接并且流体流动连通。

20 18. 如权利要求 1 所述的设备，进一步包括一个监测系统，用来得到移动流体上单层生长的在线反馈，监测系统适于探测在正在形成的单层的尾端上游处的移动流体的表面处的波位置。

25 19. 如权利要求 18 所述的设备，其中所述的监测系统适于向移动流体发射光束并且接收波所反射的第二光束。

30 20. 一种制造粒子单层的方法，包括下述步骤：将粒子置于沿表面流动的载体流体上，从而所述的载体流体把所述的粒子携带到形成区域，并且在所述的形成区域阻碍流体载体所传送的粒子使得粒子逐渐以薄膜的结构一个接一个地堆积起来。

21. 如权利要求 20 所述的方法，其中所述的载体流体利用重力沿着所述的表面流动。

5 22. 如权利要求 21 所述的方法，进一步包括以下步骤：通过设定所述表面的倾斜角调节载体流体的流速。

23. 如权利要求 20 所述的方法，包括使得载体流体流经多孔喷射器以在所述的表面上提供移动流体的薄膜的步骤。

10 24. 如权利要求 20 所述的方法，其中把粒子置于载体流体表面的步骤包括以下步骤：使得粒子在液体中悬浮以提供悬浮液，并且使得所述的悬浮液流经一个多孔喷射器流到载体流体上，而载体流体流过所述的多孔喷射器。

15 25. 如权利要求 20 所述的方法，进一步包括通过探测载体流体表面上波的位置来监测在载体流体顶部的单层形成的步骤。

26. 如权利要求 25 所述的方法，其中通过向载体流体上发射光束并且测量反射角来探测波的位置。

二维粒子聚集的方法和设备

5 技术领域

本发明涉及制造粒子或分子单层的方法和设备，更具体地说，涉及适于大规模生产工业的这种方法和设备。

背景技术

10 在当前的科技工业中，电子电路的小型化、信息的高密度存储、屏幕显示和其它装置已经达到微米以下的水平。数十年前，发明了几种能够实现小型装置并且被证明为能够在毫米以下水平上进行的方法，如涂抹、涂敷、剪切、超薄切片、挤压或在辊之间通过使之变细等。尽管这些方法接近微米水平，但是可能发生孔、隆起、错位以及
15 断裂等缺陷。对于无机材料来讲，通过在真空中的材料升华来生产层是吸引人的，并且已经制造出纳米厚度的层。不幸的是，这种方法要求使用很高温度的金属，这会破坏在过程中可能需要涉及的脆弱材料，如蛋白质或磁簇。另外，在这些方法中不能定向物质或更一般地讲不能使得物质组织化，原子或分子彼此随机地堆叠在一起。

20

因此，已经提出把粒子驱赶到平面上并且并排堆叠它们来构造层。在这样的薄层中物质的组织在光学、电子、生物探测、过滤、磁存储装置等中具有有趣的性质。实际上，所操作的物体的尺寸可以在1毫米到十分之一纳米之间。因此，这几十年中，为了实现这样的组织，已经发明了几种二维聚集方法，但是它们中大多数都不适于大规模生产工业。

25

在二十世纪初发明了第一种二维聚集方法。它只是简单地把粒子置于平坦的气-液交界面上并且利用可移动的阻挡件物使得它们聚集在
30 一起来形成单层。尽管最初认为单层是均匀无暇的，但是从各个方向

聚集起来的粒子所制造出来的单层会导致产生孔和局部破坏。

5 在 1998 年 12 月 3 日公开的加拿大专利申请 No. 2,291,825 中公开了一种制备粒子单层的方法和设备。更具体地说，这个文件公开了一种动态薄层流流动（DTLF）方法，其中含有粒子悬浮液的液体薄膜喷射到转动的圆柱体上。圆柱体的转动使得粒子相互推动从而在转动的圆柱体上形成连续单层。转动的圆柱体相对于其上形成了单层的底层沿纵向前进。根据这个方法，需要机械装置来产生把粒子聚集在一起所需的驱动力。另外，转动圆柱体的尺寸限制了这种方法所能制造的单层的尺寸。转动的圆柱体还限制了控制单层生产所需要的监测区域。

15 尽管上述专利申请中所述的方法是有效的，但是已经发现需要一种新方法和设备，它允许更简单的监测和控制，同时提供生产的灵活性。

发明内容

20 因此本发明的目的是提供一种方法和设备，用于在大规模生产环境中制造粒子薄层。

本发明的另一个目的是提供一种方法和设备，它提供在生产中的灵活性。

25 本发明的另一个目的是提供一种方法和设备，它利于控制粒子薄层的生产。

30 因此，根据本发明，提供一种制造粒子单层的设备，包括：一个薄膜形成表面；一个流体供应系统，它在薄膜形成表面上提供移动流体的薄膜；一个粒子供应系统，当流体沿着薄膜形成表面流动时它把粒子沉积于薄膜上，流体薄膜携带粒子向前一直到一个坝状件，这个

坝状件使得到来的粒子并排排列，从而逐渐聚集成一个粒子层。

5 根据本发明更为一般的一个方面，提供一种制造粒子单层的方法，包括下述步骤：将粒子置于沿表面流动的载体流体上从而载体流体把粒子携带到形成区域，并且在形成区域阻碍流体载体所传送的粒子使得粒子逐渐以薄层的结构一个接一个地堆积起来。

附图说明

10 在已经大致描述了本发明的本质后，下面将参考附图描述本发明的优选实施例，在附图中：

图 1 是根据本发明第一个实施例的制造粒子薄层的设备的示意性透视图；

图 2 是图 1 设备的示意性侧视图；

15 图 3 是根据本发明第二个实施例的亲水板的示意性透视图，第一多孔喷射器把载体流体喷撒到该亲水板上，通过第二多孔喷射器把粒子置于载体流体上，载体流体传输粒子；

图 4 是给图 3 中第一多孔喷射器输送的载体流体供应系统的示意图；

20 图 5 是给图 3 中第二多孔喷射器输送的悬浮液供应系统的示意图；

图 6 是示意性侧视图，示出了怎样监测在亲水板底部处单层的生长；和

图 7 是示意性侧视图，示出了单层生产的监测原理。

25 具体实施方式

现在参考附图描述适于制造用于工业应用的粒子薄层的方法和设备 10。如下所述，可以把这些薄层制造成非常规则的二维阵列或晶体，或者如果需要可以把这些薄层制造成无定形的或多孔的。

30 设备 10 结构的特点在于它的简单，这形成它的主要改进之处。

如图 1 和 2 所示, 设备 10 或单层生成器通常包括: 一个亲水表面, 其典型形式是倾斜度可调的斜面 12; 位于斜面 12 上端部分的一个载体流体供应系统 14 和一个粒子供应系统 16; 位于斜面 12 底端部分的坝状件 18; 和单层传递装置 20。

5

根据本发明的一个优选实施例, 斜面 12 形成为长方形板 21 (50 厘米长、10 厘米宽、0.5 厘米厚) 的形式, 通过适当的支撑结构 22 把长方形板 21 支撑在倾斜位置。可以按需要调节支撑结构 22 来改变长方形板 21 的倾斜度。

10

长方形板 21 具有平表面 24, 载体流体供应系统 14 在平表面 24 上连续提供载体流体的薄膜 26 (小于 1 毫米)。利用微小的压力迫使载体流体通过一系列在侧向彼此分开的喷射器 27 流到倾斜表面 24 上。在喷射器 27 下游的几厘米处, 载体流体的流量利用适当过滤器的毛细管性质扩散到表面 24 的整个宽度上。这样, 流动均匀地覆盖了斜面 12 的整个表面。喷射器 27 的数目依赖于斜面 12 自身的宽度。载体流体利用其重力沿着倾斜表面 24 向下流动并且容纳在设在斜面 12 底部的蓄液池 28 中。可以提供循环单元 (未示出) 将载体流体重新引导回供应系统 14 中。应该理解要根据粒子的物理化学特性来选择载体流体的性质。

20

粒子供应系统 16 与载体流体供应系统 14 分开并且包括多个在侧向彼此分开的喷射器 30。它包含悬浮粒子, 利用通过喷射器 30 施加的微小压力差使悬浮粒子瞄准载体流体的薄膜 26 表面。喷射器 30 的数目为斜面宽度的函数。在喷射后, 粒子 32 在载体流体的整个表面上自由移动, 并且在各个方向快速扩散从而从一边到另一边占据表面 24。

25

考虑到粒子的自聚集性质, 载体流体供应系统 14 和粒子供应系统 16 一起工作, 以保证最终层的均匀同质。

30

载体流体沿着斜面 12 向下把粒子 32 传输到坝状件 18 处。坝状件 18 由蓄液池 28 的载体流体池形成。坝状件 18 的主要作用是在斜面 12 的底部处阻止粒子，使得粒子并排堆积起来，从而在载体流体上逐渐形成有序粒子的单层 34。如图 1 和 2 所示，粒子的单层在斜面 12 上逐渐向上生长。

根据本发明的另一个未示出的实施例，坝状件 18 可以包括可移动的阻挡件，它能够移动到流动的载体流体中，从而保留在载体流体上漂浮的粒子 32，但可以使得载体流体流动到阻挡件的下游侧。当然，可用使用任何其它设置用于使得粒子 32 从斜面 12 底部积聚起来的结构。

单层传递装置 20 以传送带 36 的形式设置，可以操作它把这样形成的单层粒子传递到所要的位置以进行进一步的处理或储存起来。

倾斜表面 24 是设备 10 的核心，这是因为它是进行单层聚集的地方。考虑到在聚集的过程中涉及相当多的物理和化学变量，必须指出对粒子流速的最终调节依赖于斜面 12 的位置。实际上，它能够调节驱动力重力分量的强度：倾斜度越陡，粒子 32 流动越快。确定流速的参数是斜面 12 的陡度、载体流体的粘性和其分子与斜面 12 的顶表面 24 的附着力，它们之间满足下面的比例关系： $V \propto d \sin \theta / \eta$ ，其中 V 是速度， η 是粘性， A 是倾斜表面 24 和载体流体之间的附着力系数， d 是薄膜厚度， θ 是斜面 12 相对于水平方向的角度。

25

利用重力在表面 24 上并排堆积粒子 32 的优点在于：为了在倾斜表面 24 上流动的载体流体的表面上聚集粒子 32 时，无需借助机械装置产生所需的驱动力。

30 本方法的性能基本上依赖于多个特点和特征，可以总结如下：

- 1-向前驱动载体流体的力由地球的自然重力场产生;
- 2-粒子 32 位于向前携带粒子 32 的流体的气液交界面上;
- 3-通过在流体交界面上一个接一个地并排堆积粒子 32 来生长单层,
- 4-单层最终传送到传送带 36 上以进行进一步的处理。

本发明优于传统方法和设备的地方在于:

1-准备单层时没有可移动部件。这意味着不需要对机械部件的特别控制,即不需要价格昂贵的机械工厂操作或调节。

2-在监测生产的各个阶段,与圆形的转动圆柱面相比,在平坦的非可移动板上检测要容易得多。

3-与其它现有方法相比,由于没有可移动部件,大表面的工业生产要容易得多。

4-控制单层生产的监测区域可以根据需要要多大有多大。

根据本发明示于图 3 的另一个实施例,载体流体喷射器以多孔圆柱形喷射器 50 的形式设置,它在斜面 12 的上端部分横向延伸。喷射器为圆柱体,由在周向延伸的壁所限定,该壁可由多孔材料制造,或者由已经在其上打孔从而限定了多个出口孔的不可渗透材料制造。在穿孔管的情况下,可以用多孔过滤片包绕过滤器,使得沿圆柱形喷射器 50 的径向向外分布的载体流体流动更均匀。这样,载体流体会在斜面 12 的整个表面上向下流动,而不会有表面湍流。

如图 3 所示,利用悬浮液喷射器 52,粒子能够沉积在载体流体顶面并且由其携带。悬浮液喷射器 52 可以和用来分配载体流体的圆柱形喷射器类似,也采用圆柱形多孔喷射器的形式。如图 3 所示,悬浮液喷射器 52 在斜面 12 上载体喷射流体点的下游(即在圆柱体 50

下面)沿横向延伸。根据示出的实施例,要用来形成单层的粒子悬浮在流体中。把悬浮液送进喷射器 52 并且使得它沿径向向外穿过其壁流动到在喷射器 52 下面流动的载体流体上。

5 圆柱形多孔喷射器 50 和 52 分别流体流动连通地连接载体流体送进系统 54 和悬浮液送进系统 56。

10 如图 4 所示,载体流体送进系统 54 包括气体分配和调节单元 57,它在操作上与分配蓄液池 58、第一和第二载体流体蓄液池 60 和 62、以及一个精调蓄液池 64 连接。气体分配和调节单元 57 的作用是给蓄液池 58、60、62 和 64 加压并且把那里的压力保持在所要的值。根据所要的输出流动确定压力。载体流体存储在第一和第二蓄液池 60 和 62 中。能够使得循环系统 68 连接第一和第二蓄液池 60 和 62 从而有选择地打开蓄液池 60 和 62 中的一个。这样,当正在填充一个蓄液池时,15 仍然能够用另一个蓄液池来给系统送进。如果只使用一个蓄液池,那么为了能够填充蓄液池,就必须关闭系统。因此,载体流体能够从蓄液池 60 和 62 所选择的那个蓄液池中流到载流混合单元 66 中,在单元 66 中载体流体与酸性剂等添加剂混合,而添加剂由精调蓄液池 64 送进。

20

 在与添加剂混合后,把载体流体导入分配蓄液池 58,分配蓄液池 58 起到缓冲的作用来保证以所要的压力把流体供给多孔喷射器 50。一个在操作上和控制系统(未示出)连接的阀门(未示出)在操作上25 与分配蓄液池 58 的出口孔相连,用来调节送进到多孔喷射器 50 的流体流动。应该理解在精调蓄液池 64 的出口也设有控制阀门来控制从那里流出的流体流动。类似地,循环系统 68 包括一对在第一和第二蓄液池 60 和 62 的相应出口处的阀门。

 在多孔喷射器 50 的下游设有流量限制器 70 以保证绝大部分的载体流体沿多孔喷射器 50 径向向外流动,而不会沿着穿过多孔喷射器 5030

纵向方向的笔直通道流动。但是，还是有一小部分载体流体会流经限制器 70，这些流体会流入排液管 72，或者流回分配蓄液池 58。

图 5 示出了悬浮液送进系统 56。从图 5 中可以看出，悬浮液送进系统 56 与载体流体送进系统 54 相似的地方在于它包括可以操作以控制系统的各个蓄液器内部压力的气体分配和调节系统 57'。系统包括第一和第二蓄液池 60'和 62'，分配蓄液池 58'、精调蓄液池 64'和悬浮液蓄液器 63。粒子悬浮在悬浮液蓄液器 63 中包含的液体中。把悬浮液送进到悬浮液混合单元 66'中，在单元 66'中悬浮液与添加剂混合，而添加剂由精调蓄液池 64'送进。然后把悬浮液导入循环单元 74，已经沿纵向流经多孔喷射器 52 的悬浮液也返回到单元 74 中。当第一和第二蓄液池 60'和 62'中的一个与分配蓄液池 58'连接并且流体流动连通时，循环系统则给所述的蓄液池 60'/62'中的另一个蓄液池送进。通过控制第一和第二蓄液池 60'和 62'的进口孔和出口孔的打开和关闭，所设的悬浮液分配单元 68'能够从一个蓄液池转换到另一个蓄液池。因此，如果正在填充第一蓄液池 60'，悬浮液分配单元 68'会打开第二蓄液池 62'的出口孔以允许悬浮液从第二蓄液池流到分配蓄液池 58'。通过与控制系统连接的控制阀门（未示出）调节来自分配蓄液池的悬浮液的流动。悬浮液会以所要的压力离开分配蓄液池 58'流入多孔喷射器 52，而该压力由气体分配和调节单元 57'确定。在多孔喷射器 52'的下游设有流量限制器 70'，它迫使悬浮液经过喷射器 52 的多孔壁沿径向向外流动。

如图 6 和 7 所示，还优选设备 10 包括监测系统 80 以在生产单层时得到在线反馈。观察到在形成单层时，在载体流体表面、单层尾端上游大约 1 或 2cm 处伴随着波峰 82 或波的出现。这个波峰或波可以利用来观察单层的生长。通过探测波峰 82 的位置，可以确定又有多少粒子积聚起来。这样，能够控制出口传送带 20 的速度和粒子的分配速率，从而使得所送进粒子的数目等于单层聚集的粒子数目，而单层聚集的那些粒子则在坝状件 18 处被出口传送带移走。

在探测波峰和所形成的单层尾端的位置时，可以通过例如向第二
多孔喷射器 52 下游处的载体流体的表面发射光束或超声波束并且接
受反射的光束或超声波束来实现。如图 7 所示，波峰的位置被确定为
5 入射束的反射角的函数。

实验

根据图 1 方案所建造的原型用在关于本方法的一些初期试验中。
在原型中，把注射器放在斜面的上部，注射器在这里同时用作载体流
10 体和粒子悬浮液的喷射器。每个注射器的柱塞由致动器驱动，致动器
包括一个板，板通过以恒定速度转动的螺栓推动柱塞头。可以使用公
知的名为“哈佛设备 22 注射器推动器”的致动器。在喷射前，每个
注射器的容积以及柱塞的表面用来确定柱塞的纵向移动速度，从而提
15 供所要的喷射速率。每个注射器的针头调节到一个终止于空气-水交界
面的管中。选择载体流体，以易于在其表面沿着斜面向下拖曳粒子。
在这个特定的例子中，载体流体是水。

为产生肉眼可视的光学效果，选择微米量级的粒子：利用液体表
面从乳白色到彩虹色的变化来监测薄膜的形成。

这个过程在于：使得粒子瞄准载体流体表面，利用重力使其沿着
斜面顶表面流动。当具有可移动阻挡件形式的坝状件放在斜面的底部
时，彩虹色的出现意味着在载体流体的表面开始形成了薄膜。在初期
20 试验中，一旦制造出足够大表面的薄膜或单层就停止送进粒子。在从
顶表面或斜面蒸发掉载体流体后，所得到的薄膜是均匀的并且没有显
25 示出可视的缺陷，而且彩虹色是永久的。

以同样的形式还制备了脂质单层。单层使用两亲分子二油酰基磷
脂酰胆碱（dioleoylphosphatidylcholine, DOPC）。这种分子与苯混合，
30 并且使用上述喷射器将溶液（典型值为 10^{-4}M ）沉积于空气-水交界面

处。这样调节其浓度使得喷射器流动和单层的生产率平衡在约每秒 1 毫米。单层在底层上转换，底层的疏水性显示出单层的存在。单层的生产效率由所喷射的溶液容积以及溶液浓度、分子面积和所覆盖的固体底层总表面来确定。

5

单层和多层收集系统

有两种情况涉及到收集所形成的单层。

(a) 在第一种情况下，可以直接在斜面上收集粒子层，所以不需要将之转换为底层。在这种情况下，置于斜面底部的阻挡件保留粒子的流动以使得单层向上生长。一旦中止过程，载体流体可以蒸发或流到阻挡件下面，或者被斜面吸收或在适当的位置固化（利用冷却、聚合或其它过程）。在该过程之后移去有涂层的板。

(b) 在第二种情况下，可以用用于保持底层的支撑件来取代阻挡件，而单层则置于底层之上。该底层可以是刚性或柔性的，甚至可以是流体。在刚性底层的情况下（如显微镜载物片），所能制造的单层尺寸显然受到底层自身尺寸的限制。当底层为流体时，该限制本质上取决于所要覆盖的表面面积。另一方面，当使用压延塑胶带、特氟纶、纸张或丝绸（当然不限于此）等柔性底层时，能够连续生产和转换粒子，这只受喷射能力的限制。

从载体流体表面到底层的单层转换通过设计三种物质之间的相互作用来实现，这三种物质是：聚集的粒子、载体流体和底层。这些相互作用的例子可以包括：排斥力或吸引力、亲水性、疏水性或化学亲合性，基于电荷或磁场的相互作用。通过叠加采用上述过程得到的连续层还能够得到多层。

粒子类型

根据本发明可以使用任何尺寸和形状的粒子。工业所需的最终产品决定粒子的尺寸、形状、本质、成分以及表面性质。粒子可以小到

5 纳米（脂肪酸、脂肪醇、 C_{60} 、色素、磁簇）、几个纳米（蛋白质：酶、分子泵、离子通道、抗体）、几十个纳米（病毒、大的高分子、小金属或非金属胶体）、几百个纳米（胶乳颗粒、中等胶体、大病毒）、微米粒子（细菌、小细胞、玻璃丸、光学粒子），10个微米的粒子（细胞、大胶体、纤维、透镜）。

10 所使用的引力场是地球的自然重力场。但是，任何重物都会产生其自身的重力场。另外，以后考虑将能对重物产生类似效果的人工引力场或物理效应（如离心力）也适于在载体流体上产生相同的驱动力。

15 向前携带粒子的流体可以是液体，有时称之为面下相。它既可以是含水的也可以不是含水的，如纯水、熔化的金属、液氮等。它的作用是利用合成的力把粒子保持在其表面，这些力包括阿基米德力、静电力、磁力、浮力、疏水力等。

15 对单层的处理

20 通过对粒子的选择以及粒子的取向来设计单层的机械、热、电、磁、光学、化学和生物性质。单层非常薄以及粒子的取向使得它具有优异的性能：快速热耗散、高电容、高磁导率、感光材料、化学和生物检测、二维晶体、量子点阵、隧道效应、高信息密度、超导性等。

25 粒子以连续方式并排堆积可以和对粒子的物理或化学处理同步进行，例如为了熔化、电离、聚合、氧化等目的，可以对粒子进行电磁辐射：照射可以使用从微波到伽玛射线之间的任何电磁波。为了进行化学反应，可以添加酶、化学反应物、催化剂、利于粒子之间相互连接的结合剂、除垢剂、溶剂等。

单层和多层的类型

30 单层是二维世界。在这个世界中，粒子在气体中能够自由移动，在液体中会受到一些限制，而在固体中则被固定。固体可以是非晶体

的或晶体的。

5 本方法可以连续制造几米的大单层以用于非常大的工业生产中。与之相反，对于微电子和生物探测，单层片可以只有一微米大。由于本方法的快速和其通用性，在生产过程中可以改变形成单层的粒子类型从而制造不同种类材料的单层。该过程的调整可以用于制造不同种类的单层片，既可以与生产主轴平行也可以与之垂直。

10 本方法可以把任何类型的单层置于任何类型的表面上，无论表面是液体还是固体。涂层的多样性使得本方法在应用中具有非常大的潜力。表面既可以是疏水的也可以是亲水的。另外，表面的粗糙度对单层到表面自身上的传输效率是不重要的。实际上利用本方法可以给任何表面涂层。

15 一旦制造出一个单层，另一个单层就可以置于其上。层的叠置称为多层。由于本方法很快并且是连续的，可以通过例如在一个轮上缠绕的方法来实现不受限制的叠置数目。本方法能够叠置相同或不同种类材料的单层。这种叠置，或者取向布置很好的粒子称为分子构造。

20 应用举例

 如上所述，由粒子形成单层。可以用一种粒子形成单层，但是也可以为了实现单层所要的特殊效果而用不同粒子的组合来形成单层。另外，大量目前在市场上可选的粒子，再加上当前可以在物理化学实验室中合成的粒子，给本方法提供了几乎取之不尽的可选材料，并由
25 此可以制备几乎无数种单层。

机械

 本方法能够制造无缺陷的单层。所选择的粒子可以是软的也可以是硬的，可以是移动的或者是固定的。所以可以控制表面性质使之从
30 无摩擦到高摩擦，从非粘性到粘性，从硬到软；从塑性到弹性。

由于单层极薄，单层接触到异物时，其机械性质，如单位面积的比重、波速和弹性受到高度干扰。这些固有特性在探测灰尘、病毒或特别是粘性物质（如抗体或化学反应剂）等小物体时是有用的。

5

热

表面积与体积之比非常大，使得单层具有非常快的热耗散能力。这可能是解决目前计算机工业中所遇到的热壁问题的一种方法。

10

化学

由于表面积与质量之比很高，固体催化作用在单层组织中更为活跃。反应物与产物的传输更为容易，并且流体传感器可以更为敏感。

15

可以在两个不同的液相之间放置单层或多层来控制 and 催化发生在它们交界面处的反应。这种策略的一个很好的例子是在大自然中遇到的光合作用。叶子由脂质双层构成，其中内嵌了用于转换太阳能的纳米工厂的蛋白质。它们是纳米量级的电解池，给地球上的所有生命提供氧气和食物。因此，能够构造出基于包含纳米工厂的单层的合成化学或生化装置。

20

电

25

选择传导材料能够制造很薄的导体。交替布置这样的金属薄片和非导体材料的单层意味着用纳米厚度的绝缘体把很大的表面分开。但是，单层的质量水平必须足够高，不能产生电荷可能流过的缺陷。举例来讲，神经纤维的外膜是脂质双层，它只有 4 纳米厚，但是它能够承受大约 0.2 伏特的电压，这意味着跨越脂质双层产生了每米 100 百万伏特量级的巨大电场。本方法提供了一种能够直接在集成电路的硅上制造高电阻组件的方法。

30

电子

本方法能够提供一种非常薄的绝缘层，可用于场效应更好的晶体管。单层的高品质和大量可供选择的绝缘材料可以使得电荷保持得更长久并且再次充电时只需要较少的能量。这对持续时间较长的静电存储器来讲是很重要的。

5

纳米光刻法最近发现：由于分子单层非常薄，如果写在分子单层上线条会更尖锐。能够写下几纳米大并且彼此分开的线条，这给纳米工程带来了新的突破之路。本方法提供均匀的涂层，从而能够以非常高的密度生产电路。另外，能够在单层上叠置单层意味着纳米电路密度能够乘以堆积在一起的单层数目。

10

纳米尺寸还意味着可能利用量子电子学带来利益，如电子隧道。

磁

15

穿过象单层这种非常薄的膜的磁感应更快、更容易并且更强。可以在给定的空间内堆叠起更多数目的线圈。

单层可以提供较薄的装置来测量和应用霍耳效应以及量子磁场。

20

本方法提供了非常规则并且能够完美控制的磁粒子沉积，这能够制造高表面密度的磁畴，用来存储大量数据。

超导体

25

根据当前在超导体研究中的趋势，现实中最好的超导体是二维导体组成的多层。本方法制造高质量的二维结构、晶体、准晶体或非晶体，它们的厚度及材料的选择能够在很大范围内变化。能够以任何顺序把具有特殊磁特性的二维超导体、导体或绝缘体单层叠置以制造多层组件。

30

光学

可以调节单层的厚度来制造从 X 射线到红外波长之间这一宽广范围内的干涉滤光器、透镜或反射镜。对于光学隧道效应来讲可控厚度也是很重要的。

5 如果使用手征性的或双折射材料，就能够实现很多手征效果，包括椭圆偏光效应和克尔效应。

由于本方法提供了非常规则并且能够完美控制的光粒子和二维晶体沉积，利用二维（2D）粒子阵列还能够得到干涉效果。

10

所有这些效果可以用来制造全息、平面电子显示和其它的成像装置。

15 把单层用最先进技术组合在一起可以制造其它任何方法都无法模仿的表面。因此，本方法特别适合用来制造信用卡、现金卡、纸币、身份证、钥匙锁、安全密封和其它辨识表面。

过滤

20 通过在单层中引入分子泵或离子通道或者去除一些特殊的粒子能够生产具有预定尺寸、形状和化学性质的孔。因此，由于孔的长度很短流体能够很快地穿过单层。利用本方法，由于能够很好地控制孔的聚集，其大小相等并且能够得到优化。另外，由于应用了粒子的自聚集性质，本方法能够在纳米级别控制对它们的布置，这样就保证了能够最优化它们的均匀同质分布。

25

根据设计和对孔径的选择，可以有选择地使得悬浮在空气、水或其他液体中的离子、小分子、蛋白质、病毒、细胞、灰尘或其它的粒子能够保留或穿过。由于穿过单层的通道、孔或其它预定孔的多样性，可以使用它们进行宏过滤、超过滤、渗透和透析。由于单层厚度很薄，
30 只需很小的压差就能够快速流动。

保健、食品和环境

5 本方法特别适用于处理软材料，这是由于在制造单层时它们在界面处经过的时间非常短。因此，通过使用在生命系统中遇到的成分，可以应用它们的生物功能来特别探测蛋白质等分子，或病毒、肿瘤或细菌等整个生命系统。与单层很大的面积与体积之比结合起来，能够形成非常灵敏的生物传感器。

10 本方法非常适合二维蛋白质的结晶。这可以是蛋白质提纯和表征的过程。

15 与朗缪尔方法类似，本方法可以用于制造仿生模型来研究生命系统。由于它很快并且对生物材料可以具有更小的侵略性，所以它是一种更好的方法。无需使用易挥发的溶剂。

单层过滤器的功效在于使用较低的能量能够有效地去除污染剂。

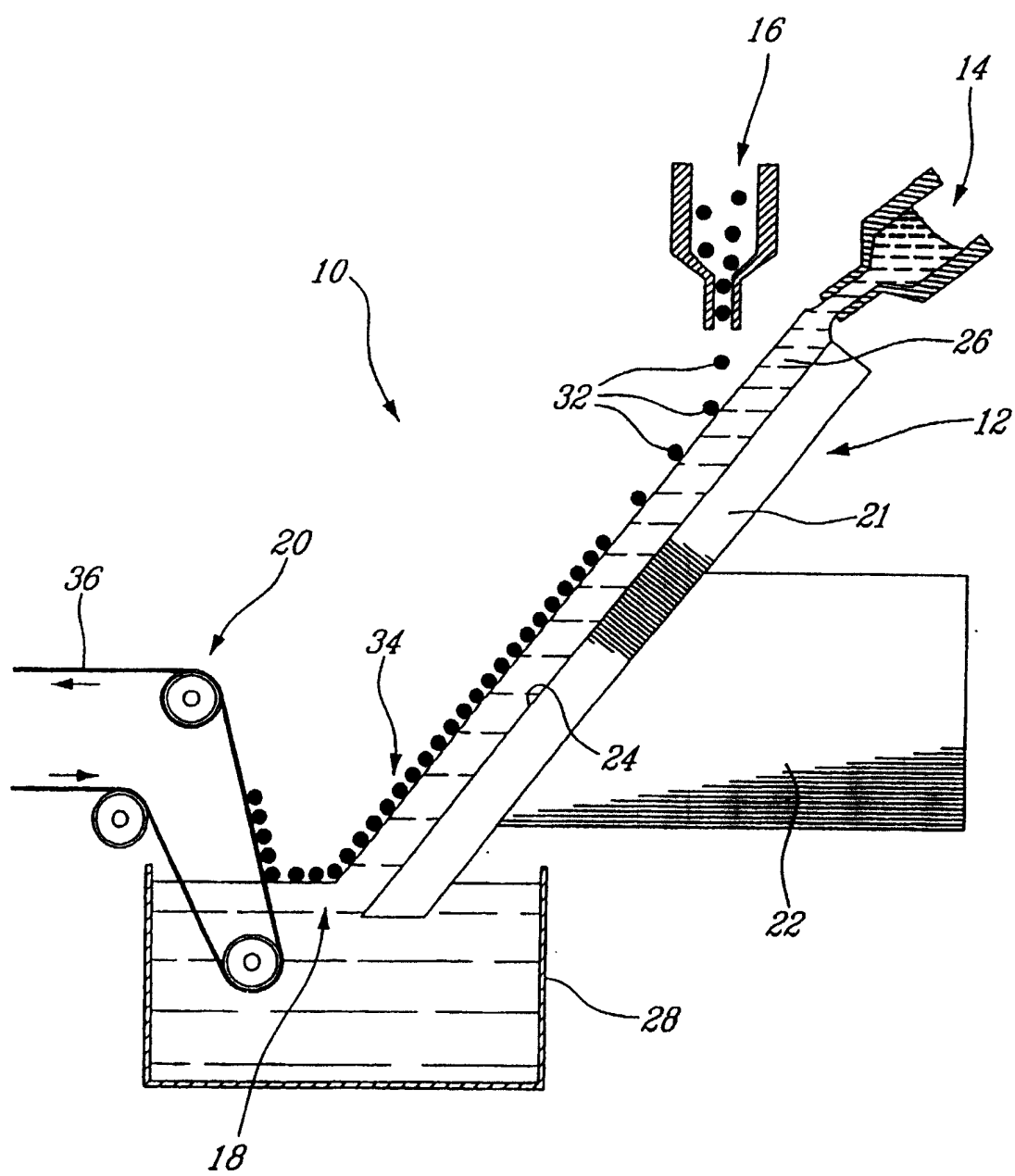


图2

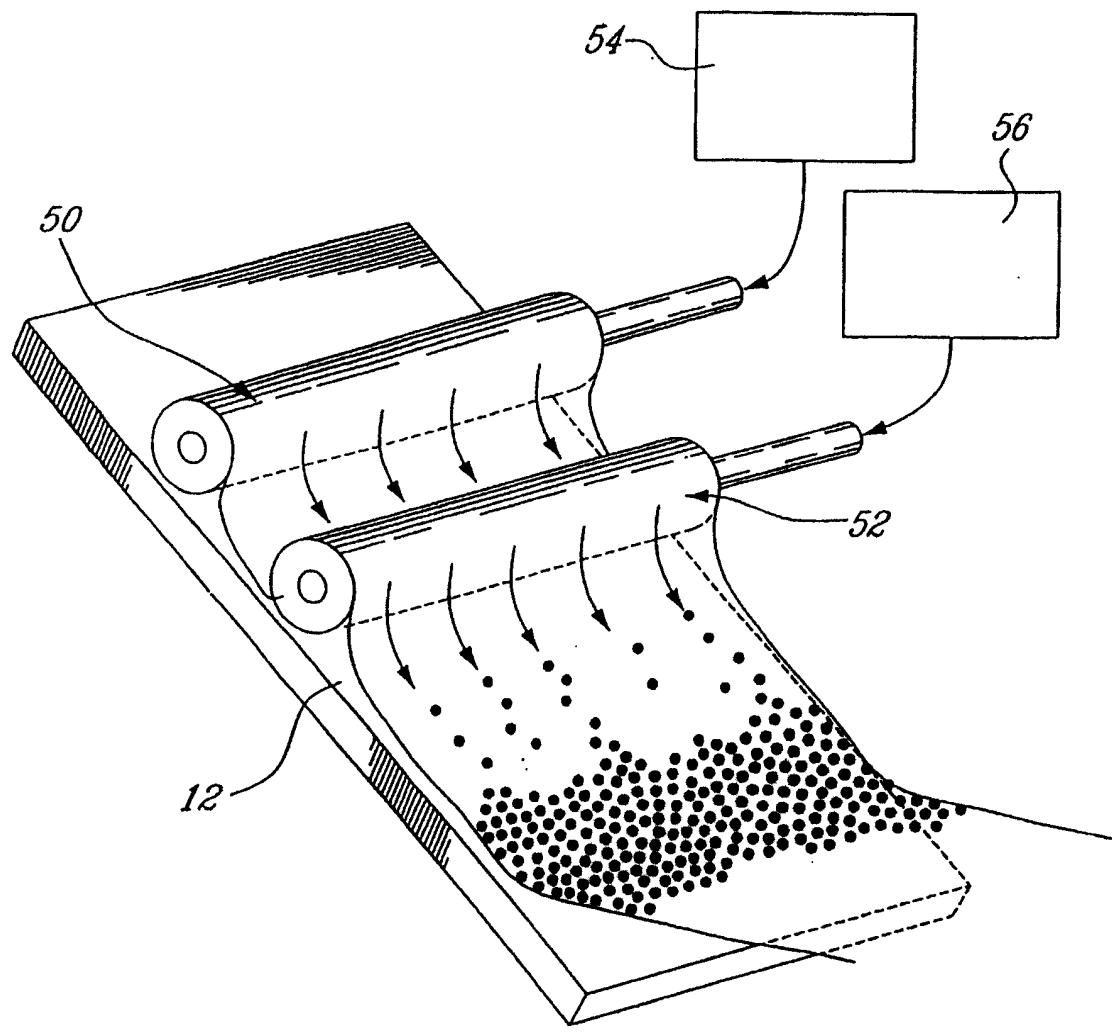
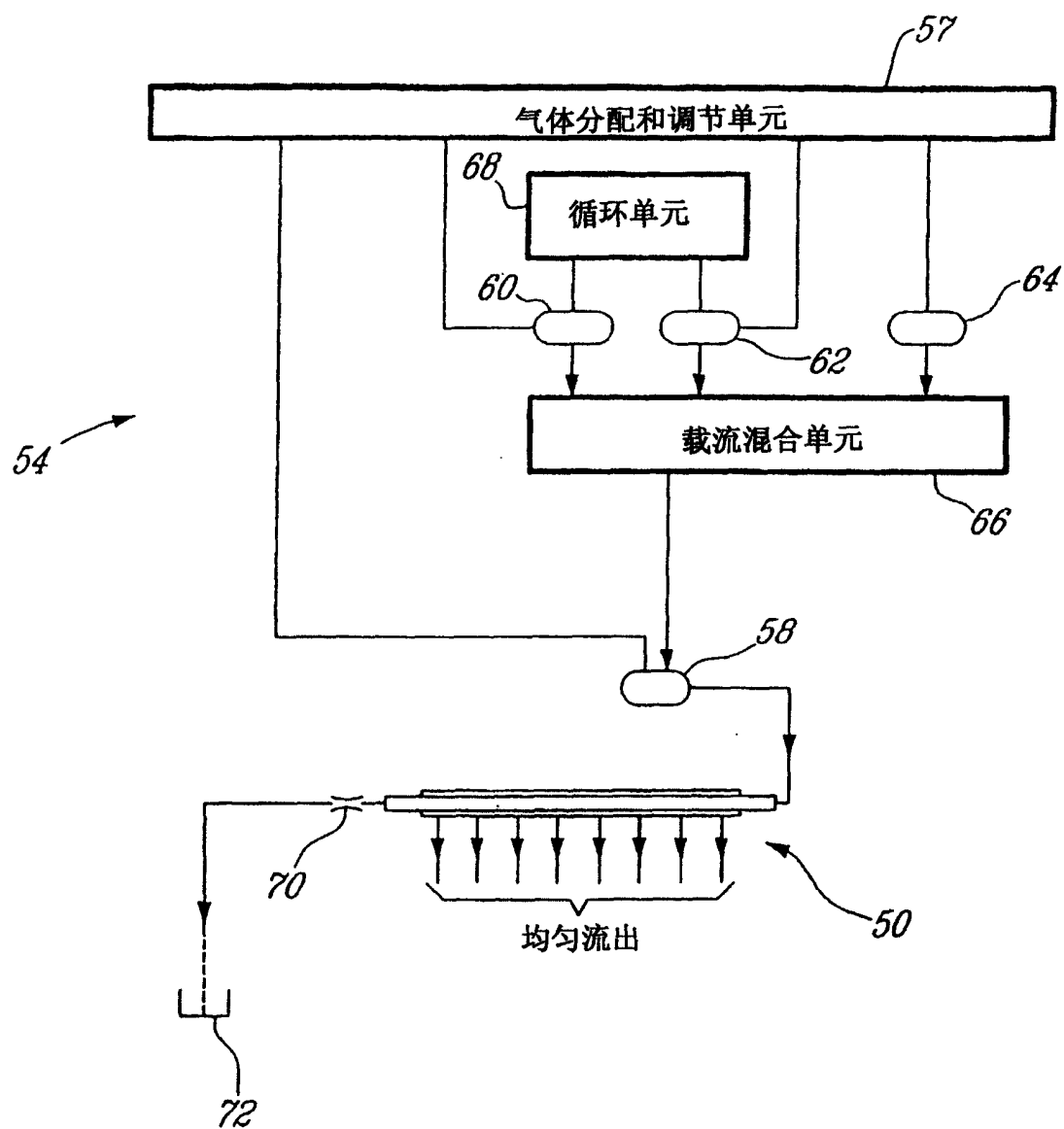


图3

**图4**

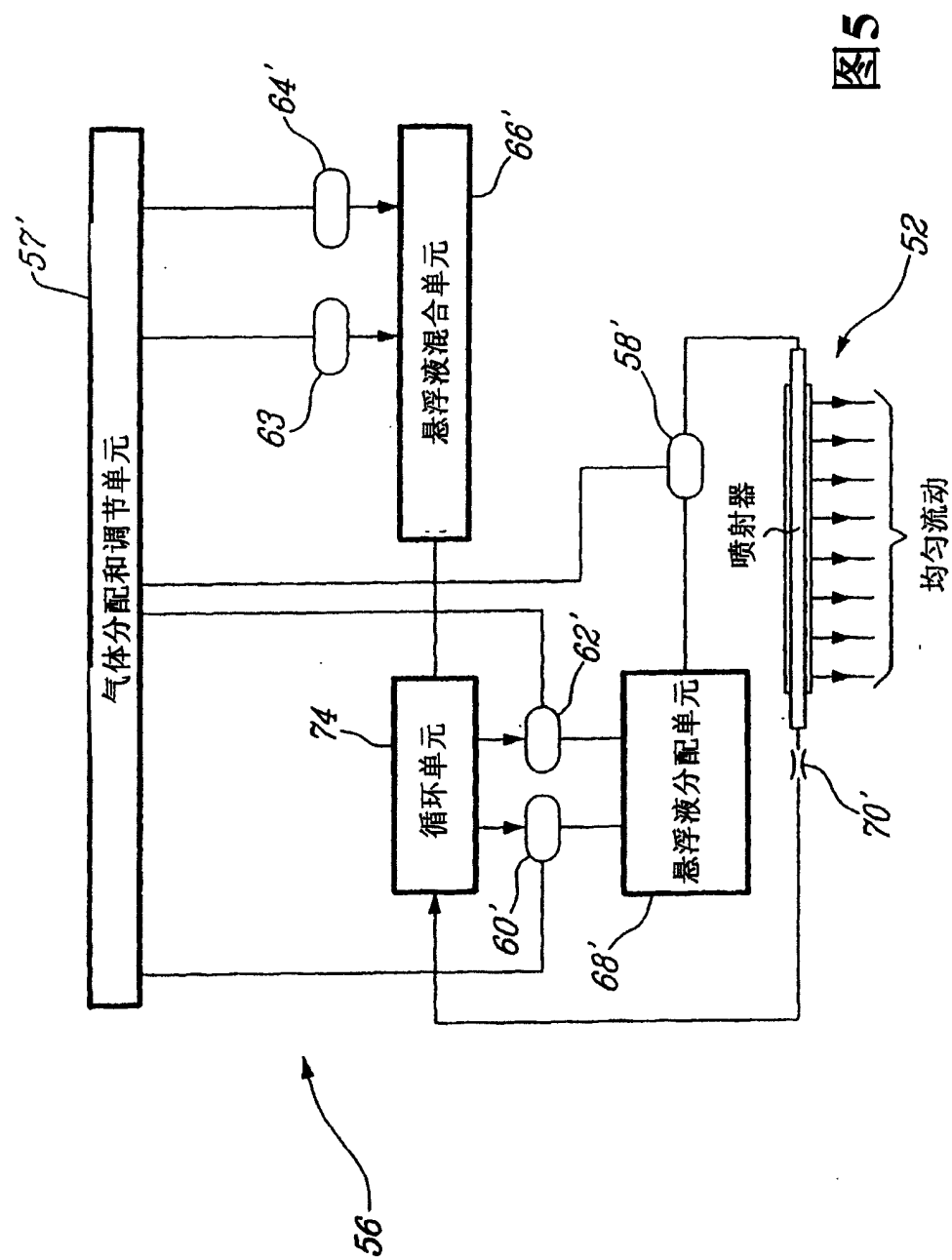


图5

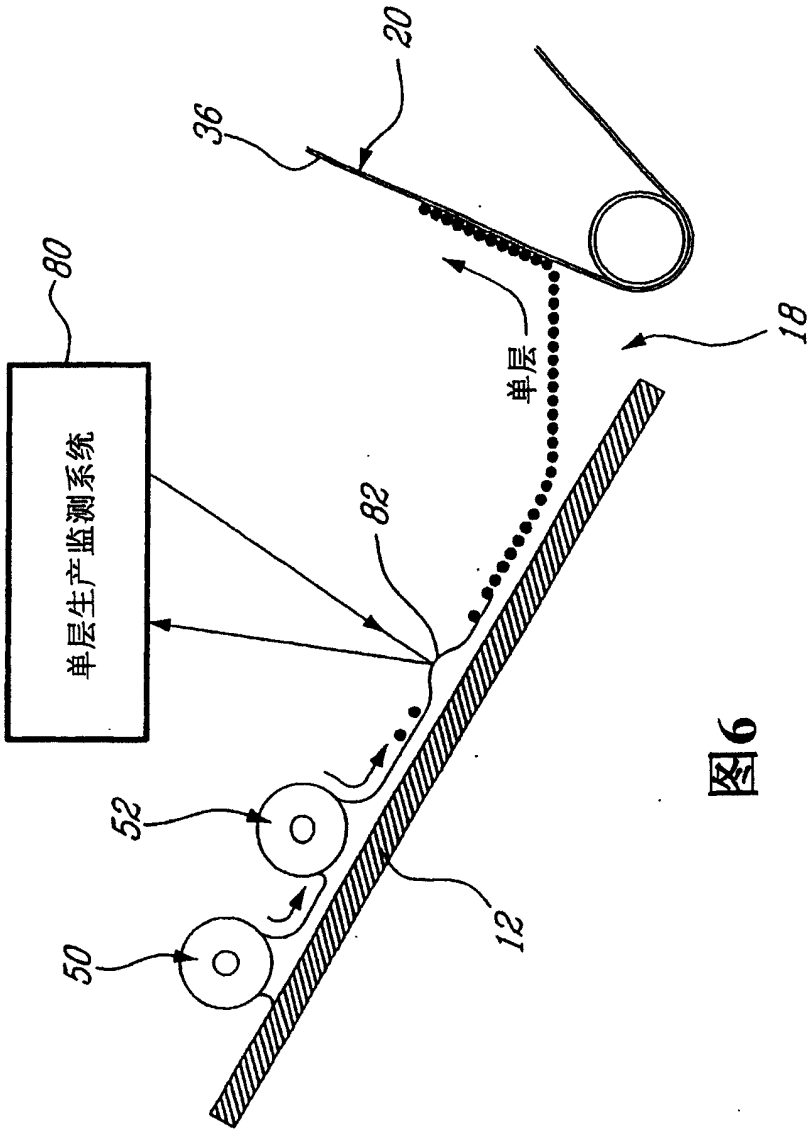


图6

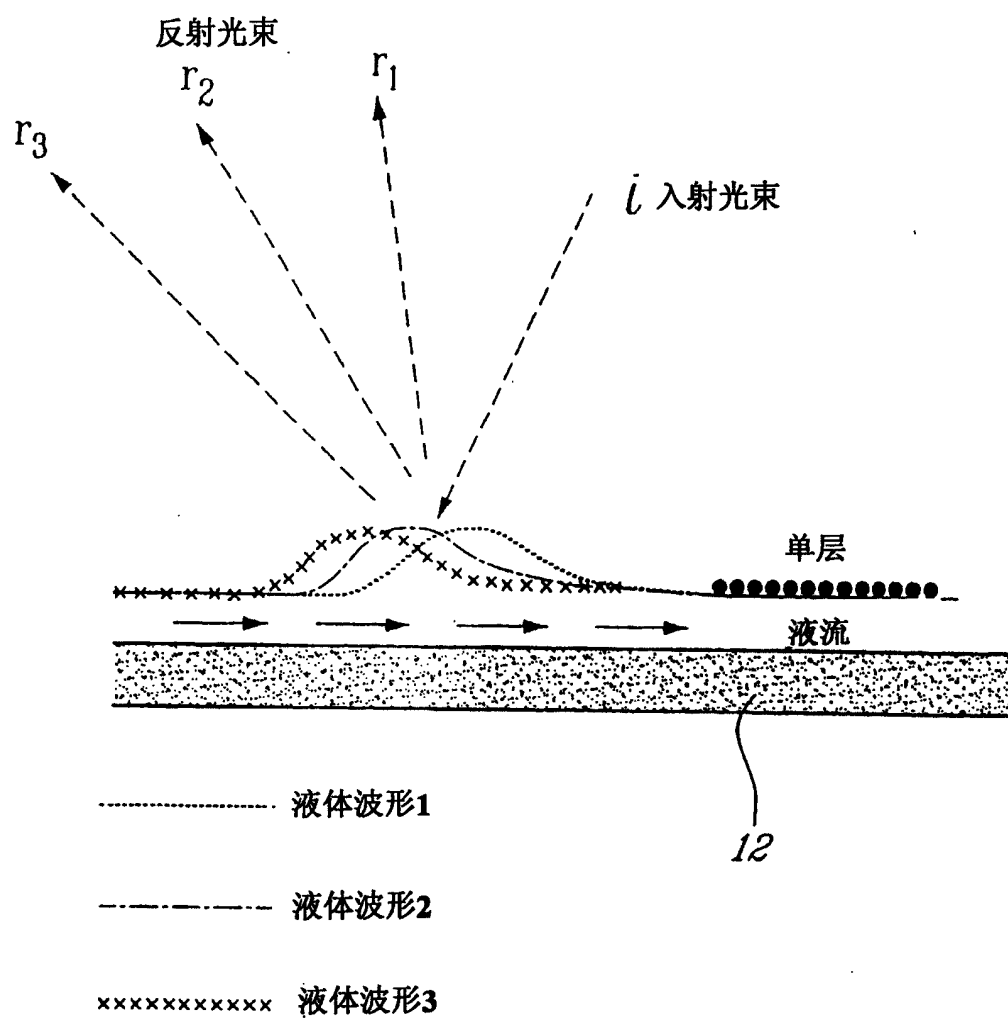


图7