

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

H01L 21/66

G01R 31/26



## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02813311.0

[43] 公开日 2005年6月22日

[11] 公开号 CN 1630939A

[22] 申请日 2002.5.31 [21] 申请号 02813311.0

[30] 优先权

[32] 2001. 6. 1 [33] US [31] 60/295,100

[32] 2001. 6. 1 [33] US [31] 60/295,118

[86] 国际申请 PCT/US2002/017369 2002.5.31

[87] 国际公布 WO2002/099848 英 2002.12.12

[85] 进入国家阶段日期 2003.12.30

[71] 申请人 利特斯公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 查尔斯·O·爱德华兹

戴维·阿尔贝特利里

[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 王彦斌

权利要求书3页 说明书29页 附图15页

[54] 发明名称 用压电微涂布法形成印刷电路板的  
结构

[57] 摘要

本发明的用于在印刷电路板衬底上形成结构的方法包括将印刷电路板衬底(38)定位在能够执行流体制造材料压电涂布的机器(10)上。使该印刷电路板衬底(38)与该机器(10)的压电涂布头(16)准直,用计算机数字控制印刷电路板衬底(38)和压电涂布头(16)的相对运动,使得可以将流体制造材料的小滴涂布在印刷电路板衬底(38)的选定位置。该印刷电路板衬底(38)包括导电的表面层和掩蔽结构,该掩蔽结构使表面层的选定部分露出,从而在除去表面层的选定部分以后形成电路。另外,在印刷电路板上形成的结构可以是电阻器。

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

1. 一种将材料涂布在衬底上的方法，用于在衬底上形成结构，该方法包括以下的步骤：

将衬底定位在一个机器上，该机器能够执行流体制造材料的压电涂布；

使衬底与该机器的压电涂布头准直；

在衬底的选择位置用压电涂布头涂布流体制造材料的小滴时，用计算机数字控制该衬底和压电涂布头的相对位置，由此在衬底上形成结构。

2. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，准直步骤包括以下步骤：

在小滴从喷头排出时或者在排出之后，用光学方法分析该液滴，由此识别该压电涂布头排出的操作；

根据光学分析，选择衬底和压电涂布头的准直，使喷头排出的小滴涂布在衬底的选择位置。

3. 如权利要求1所述的方法，其特征在于：该流体制造材料是导电的流体材料；该结构是形成在衬底上的电路。

4. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，还包括控制压电涂布喷头排出液滴的涂布频率和涂布时刻的步骤。

5. 如权利要求4所述的方法，其特征在于，控制该频率和时刻的步骤还包括以下步骤：

采用微时钟脉冲频率来控制压电涂布头，该微时钟脉冲频率大于压电涂布头能够在供量不足时涂布小滴的频率；

将空白信息插入到该微时钟脉冲频率的选定周期，从而增加小滴涂布时刻被控制在的瞬时分辨率。

6. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，还包括加热衬底和压电涂布头中至少一个的步骤，从而可在衬底上涂布流体制造材料的小滴以后，控制该流体制造材料的干燥或者固化。

7. 一种压电涂布机器, 用于将流体制造材料的小滴涂布在衬底上, 从而在该衬底上形成结构, 该机器包括:

能够接收衬底和固定该衬底的工作台;

门形架;

压电涂布头, 相对于工作台由该门形架支承就位, 使得由压电涂布头的一个和多个喷头排出的流体制造材料的小滴涂布在衬底上, 其中, 该工作台和压电涂布头可以彼此相对运动, 使得在将小滴涂布在衬底的选择位置时, 在衬底上形成该结构。

8. 一种如权利要求 7 所述的压电涂布机器, 其特征在于, 该工作台能够沿 x 轴和 y 轴运动。

9. 一种如权利要求 7 所述的压电涂布机器, 其特征在于, 该门形架能够使压电涂布头沿一个轴运动。

10. 一种如权利要求 7 所述的压电涂布机器, 其特征在于, 还包括计算机数字控制系统, 该系统用于使工作台和压电涂布头彼此相对运动。

11. 一种如权利要求 7 所述的压电涂布机器, 其特征在于, 还包括多个独立操作的压电涂布头。

12. 一种如权利要求 7 所述的压电涂布机器, 其特征在于, 该门形架包括相互作用面, 该作用面可使压电涂布头可取下地固定于该作用面, 并使该压电涂布头连接于压电涂布机器的其余部分。

13. 如权利要求 12 所述的机器, 其特征在于, 该相互作用面能够接收具有不同功能的其它压电涂布头。

14. 如权利要求 13 所述的机器, 其特征在于, 还包括主要电子部分, 该电子部分能够使压电涂布机与上述其它压电涂布头中任何一个头协同操作并控制该头。

15. 一种将材料涂布在印刷电路板衬底上的方法, 用于在该印刷电路板衬底上形成结构, 该方法包括以下步骤:

将印刷电路板衬底定位在能够压电涂布流体制造材料的机器上;

使印刷电路板衬底与该机器的压电涂布头准直;

在用压电涂布头将流体制造材料的小滴涂布在印刷电路板衬底上选定位置的同时，用计算机数字控制该印刷电路板衬底和压电涂布头的相对运动，由此在印刷电路板衬底上形成结构。

16. 如权利要求 15 所述的方法，其特征在于：

该印刷电路板衬底具有导电表面层；

在该印刷电路板衬底上的结构是一种掩蔽结构，该结构使表面层的选定部分露出，使得在随后的操作过程中可以除去该表面层的选定部分，由此在由掩蔽结构覆盖的那部分表面层上形成电路。

17. 如权利要求 16 所述的方法，其特征在于，该掩蔽结构消除了原本用来产生光阻掩蔽结构的光刻操作过程。

18. 如权利要求 15 所述的方法，其特征在于，该流体制造材料是使得在流体材料涂布在印刷电路板上以后进行处理时，该流体材料变成印刷电路板衬底上的金属电路。

19. 如权利要求 15 所述的方法，其特征在于，在印刷电路板衬底上形成的结构是电阻器。

## 用压电微涂布法形成印刷电路板的结构

### 相互参考的有关申请

本申请要求美国临时专利申请 No.60/295118 和美国临时专利申请 No.60/295100 的优先权，前者在 2001 年 7 月 1 日递交，题为“通过将液体涂布在衬底上的方法形成微结构”；后者在 2001 年 7 月 1 日递交，题为“采用将液体压电涂布在衬底上的方法形成印刷电路板结构”；其中各个申请已作为参考文献包含在本文中。

### 发明的讨论

本发明涉及在印刷电路板衬底上涂布流体材料，采用压电微涂布法（PMD）涂布，涂布时以可控量的方式涂布，由此制造和形成微结构。

近十多年间，厂商已经研究出各种用来在衬底例如印刷电路板上形成微结构的技术。这些制造技术中的大多数技术要实施起来成本是相当高的，而且还需要进行大量生产在经济上才是合算的。

具体是，制造电路板的电路需要很多工艺。在开始时，需要在镀铜的玻璃纤维衬底上涂上光阻材料。然后将具有孔眼的掩模或者模板放在光阻材料上，仅露出需要形成电路的那部分板。然后用紫外光照射该光阻材料，使露出的光阻材料凝固和硬化。接着用混合剂冲洗该衬底，除去还没有硬化的所有光阻材料，由此露出选择的衬底表面部分。然后将衬底放在酸性腐蚀浴中，一是除去没有由光阻材料覆盖的铜，二是除去已凝固的光阻材料。这样便只留下对应于原来掩模孔眼的铜电路。

现有电路板制造方法的另一问题是要组装电阻器，这种电阻器对于使用的电路板构造是必需的。特别是，电阻器虽然通常很小，但是它仍能增加整个电路结构的体积，因此限制了实际电路的微型化和实用结构。另外，电阻器一般焊接在印刷电路板的表面上，这又需要增

加另外的生产步骤。因此，制造印刷电路板需要很多步骤，成本高，特别在只需要生产一个样板或者少量电路板时。

本发明涉及用压电微涂布(PMD)工艺在衬底上形成结构。该PMD工艺采用PMD装置，该装置包括一个PMD头，在制造电子学部分的制造工艺中，用该头将流体材料涂布在衬底上。本发明的PMD制造工艺能够以很高的准确度将流体材料涂布在衬底上。该PMD头连接于计算机数字控制系统，以便精确地将流体材料的小滴涂布在衬底的选定位置。本发明的PMD系统可以用在需要防止污染的高纯室环境中。已经发现，本发明的PMD工艺可用来制造印刷电路板和在印刷电路板上形成的各种构件。

例如，本发明的PMD工艺可将流体材料涂布形成图案，该材料的作用可以代替光阻材料。这种已形成图案的材料可以容易地用作在随后操作中的掩模，不需要涉及光刻法所需要的凝固和选择性除去等许多操作步骤。另外，可以用PMD工艺在衬底上直接形成电路，并在印刷电路板上形成电阻器。而且作为制造工艺的一部分可以在印刷电路板上印刷电路板板本或者图像例如商标。

本发明的一个主要优点是，该PMD工艺可以与计算机数字控制系统联用，可以用来制作样板或者少量的印刷电路板，而不需要太高的成本。

本发明还可以扩展应用到各种技术中，这些技术与PMD头相结合可以得到很高的准确度，或者能够形成微结构。例如，采用具有数码照相机的自准直装置可以调节和选择衬底和PMD头之间的相对位置。为了准确地涂布可控量的流体材料，可利用数码照相机或者其它光学传感器来分析由PMD头喷头产生的液滴角和液滴体积。为了对液滴体积和液滴角的变化进行调节和准确地在衬底上形成结构，可以采用微时钟脉冲法来增加瞬时分辨率，采用这种脉冲法可控制PMD头的喷头。该PMD系统可以使衬底沿各个方向相对于PMD头运动。在一个实施例中，其上放置衬底的工作台可以沿x和y方向运动，从而可以在衬底上形成二维或者三维结构。在其它实施例中，该PMD

装置可以在工作台运动的同时转动和/或者沿一条直线方向运动。

为了形成各种各样的结构，可以采用本发明的具有若干个头的PMD系统，将不同的流体涂布到衬底上。在衬底上涂上流体材料以后，该PMD系统还可以加热该PMD头或者衬底，并调节空气流量，控制流体的干燥和固化。

根据流体材料的特性和要形成的结构，可以使下面说明的一些特征和所有特征与用PMD头涂布流体材料的基本工艺联用。已经发现，采用本发明的PMD技术可以大大减化制造工艺，并降低成本。这样便使得制造少量各别装置的制造运营在经济上是可行的。从以下的说明和附图可以明显看出本发明的这些和其它特征，或者通过随后说明的本发明实施方法可以理解这些和其它特征。

#### 附图的简要说明

为了进一步理解本发明的上述和其它的优点和特征，下面参照其特定实施例，更详细说明本发明，这些特定实施例例示在附图中。应当看到，这些附图仅示出本发明的典型实施例，因此，这些附图不能认为限制了本发明的范围。下面参考附图更加具体和详细说明本发明，这些附图是：

图1是本发明PMD系统一个实施例的透视图；

图2是图1所示PMD系统的侧视图；

图3是图1所示PMD系统的前视图；

图4是图1所示PMD系统的顶视图；

图5示出安装架一个实施例的透视图，该安装架用于将图1所示PMD系统的PMD头连接于PMD头支承件；

图6示出图5所示安装架的侧视图，该安装架连接于PMD头支承件上，该安装架包括流体制造输送系统和溶剂输送系统的管道；

图7示出图6所示安装支架和PMD头支承件的侧视图，在该图中，PMD头已经装在安装支架上，而且管道已经连接于该PMD头；

图8示出本发明PMD系统的一个实施例，该实施例包括可以控制PMD系统和各种部件的计算机；

图 9 示出图 7 所示安装架、PMD 头和 PMD 头支承件，在此图中，安装架和 PMD 头已在 PMD 头支承件上转过 90°；

图 10 示出 PMD 系统的头部覆盖站，该站包括托盘、可伸出的支承件和浸泡容器；

图 11 示出停靠站的前视图，该停靠站用于在不使用期间固定 PMD 头，并用于将流体制成材料输送到压力敏感和压力可控的工作袋中；

图 12 示出图 11 所示停靠站的侧视图；

图 13 示出图 11 所示停靠站的前视图，图中 PMD 头固定在停靠站中；

图 14 示出 PMD 头支承件的一个实施例，该支承件包括直线空气垫组件；

图 15 示出 PMD 系统结构的一个实施例，该实施例包括许多固定在直线空气垫组件上的 PMD 头支承件。

#### 优选实施例的详细说明

本发明涉及以量和位置可控的方式在衬底上压电微涂布 (PMD) 液体制造材料，由此制造或者形成微结构。本发明具体涉及用流体材料的压电微涂布法制造电子电路。

本文所用的术语“流体制成材料”和“流体材料”在广泛方面被解释为包括表现为低粘度的适用于 PMD 工艺的任何材料，这种材料适合于用 PMD 头涂布在衬底上而形成微结构。适用的流体制成材料还包括（但不限于）塑料、金属、石蜡、焊料、焊剂、生物药物制品、酸、光阻材料、溶剂、粘接剂和环氧树脂。其它适用材料包括可用来形成电阻器的高电感聚合物和发光聚合物 (LEPs)，这种发光聚合物可以用来制造聚合物发光二极管显示装置 (PLEDs 和 PolyLEDs)。

在本文中定义的术语“涂布”一般指将流体材料的各个小滴涂布在衬底上的过程。术语“排出”、“排出”、“形成图案”和“涂布”在本文中可互换使用，具体指用 PMD 头涂布流体材料。术语“小滴”和“液滴”也可以互换使用。

本文所定义的术语“衬底”应广泛解释为包含具有表面的任何材



料，该表面适合于在 PMD 处理期间接收流体材料。合适的衬底材料包括（但不限于）硅晶片、玻璃板、瓷砖、纤维玻璃板、硬塑料和软塑料、金属板以及薄板卷。应当认识到，在某些实施例中，涂布的流体材料本身也包含在 PMD 处理期间可以接收流体材料的适当表面，如下面说明的。

本文定义的术语“微结构”一般是指形成准确度非常高的结构，该微结构的尺寸定义为可以固定在衬底上。因为可以改变不同衬底的尺寸，所以术语“微结构”不应当解释为限于任何特定的尺寸，可以与术语“结构”互换使用。微结构可以包括一滴小滴流体材料、许多小滴的结合，或者在衬底上涂布小滴所形成的任何结构，例如二维的层，三维的构造以及任何其它需要的结构。

本发明的 PMD 系统可根据用户确定的计算机可执行指令进行 PMD 处理，将流体材料涂布在衬底上。术语“计算机可执行指令”在本文中也称作“程序模块”或者“模块”，一般包括子程序、程序、目标程序（objects）、部件、数据结构等，这些指令补充特殊的抽象数据类型，或执行特殊的任务，例如执行实施本发明 PMD 处理的计算机数字控制，但不限于这种任务。该程序模块可以贮存在任何计算机可读介质中，包括（但不限于）RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM，或者其它的光盘存贮器、磁盘存贮器或者其它的磁性存贮装置，或者可以贮存指令或数据结构并能够用通用和专用计算机进行存取的任何其它介质。

按照本发明，喷墨头可以在制造环境中涂布流体制造材料，从而按照本发明的 PMD 工艺，在衬底上形成流体制造材料的花样，由此形成各种各样结构中的任何一种结构，如在下面专利中清楚说明的那样，这些专利在 2002 年 5 月 31 日同时递交，它们是：题为“微涂布装置”的 PCT 专利申请 No.……；题为“温控真空吸盘”的 PCT 专利申请 No.……；题为“聚合物发光二极管显示器和印刷电路板等的工业微涂布系统”的 PCT 专利申请 No.……；题为“可互换微涂布头装置和方法”的 PCT 专利申请 No.……；题为“微涂布控制系统

的波形发生器”的 PCT 专利申请 No.……；题为“在微涂布控制系统中为改进分辨率的过渡时钟脉冲方法”的 PCT 专利申请 No.……；题为“用压电微涂布法形成印刷电路板结构”的 PCT 专利申请 No.……。其中各个专利申请已作为参考包含在本文中。按照本发明，与用常规技术制造同一种结构相比，可以以较低的成本、更高的效率和更准确的方式制造很多种结构。可以用 PMD 工艺制造的其它结构不能用常规方法制造。另外，本发明的 PMD 工艺可与高纯室环境相匹配，并且与在制造工艺期间和之后均不能受污染的流体制造材料相容。

按照一个实施例，本发明的 PMD 系统一般包括工作台、真空吸盘、PMD 头、PMD 头支承件、准直部件、流体材料输送系统、液滴诊断组件、维修站、头部覆盖站、停靠站以及计算机系统。该计算机系统使 PMD 系统具有可执行的计算机指令，并控制 PMD 系统的各种部件。

为了在衬底上涂布流体材料和/或者形成微结构，PMD 装置最好可相对于衬底移动。PMD 头和衬底的相对运动是通过移动衬底和/或者 PMD 头来实现。这种运动可以是直线运动或者转动。

对于直线运动，PMD 系统可采用线性马达。在一个实施例中，该 PMD 系统包括线性马达，该马达作成可以用在高纯室环境中，具有空气垫，使得 PMD 头的直线运动不会产生由于摩擦产生的任何尘粒，污染高纯室环境。该 PMD 系统还包括满足高纯室严格要求的高效微粒空气过滤器、特殊的支承件、马达和组件。由线性马达形成的运动还有利于在大的衬底例如在不能由工作台转动的塑料卷上进行 PMD 工艺。

在某些实施例中，PMD 系统包括转动 PMD 头的装置，以适合大衬底和某些 PMD 工艺的要求。PMD 头的转动装置包括（但不限于）气垫和磁继电器。在不能转动工作台时，转动 PMD 头特别适合于使喷头相对在衬底上涂布流体的方向形成一个纵倾角或者一个角度，这样可以减小涂布的流体材料之间的空隙，增加总的分辨率。

在衬底上涂布直线时，转动 PMD 系统和/或者衬底，使得衬底的运动方向与待涂布的直线方向相同，这样也可以提高分辨率。这样在衬底上涂布的各个小滴将落在先前小滴的轨迹上或者尾部，由此将不均匀形状小滴的影响减少到最小，并提高了整个直线侧部的分辨率。

图 1 示出 PMD 系统 10 的若干部件，包括工作台 12、真空吸盘 14、PMD 头 16、PMD 头支承件 18、准直部件 20、液滴诊断组件 22、维护站 24 和头部覆盖站 26。

如图所示，工作台和 PMD 头支承件固定在一个固定的表面 28 上。该固定表面包括任何表面，该表面作成为可以使 PMD 系统 10 在运行期间是稳定的，尽量减小危及 PMD 系统 10 精度的振动。按照一个实施例，该固定表面包括花岗石表面。然而应当看到，该固定表面 28 还可以包括其它材料和结构。

图 2 和 3 示出图 1 所示 PMD 系统 10 的相应侧视图和前视图。如图所示，该工作台 12 包括顶部安装板 30 和中间板组件 32，其中各个板作成为可以在两个不同方向中的一个方向运动。如图 1-3 所示，真空吸盘 14、头部覆盖站 26、维护站 24 和液滴诊断组件 22 装在工作台 12 的顶部安装板 30 上，因此，可以随该顶部安装板 30 一起运动。

具体是，顶部安装板 30 连接于第一马达 34，该马达可以沿第一方向如图 1 所示的 x 轴方向驱动顶部安装板 30，而中间板组件 32 连接于第二马达 36，该马达可以沿第二方向如图 1 所示的 y 轴方向驱动该中间板组件 32 以及顶部安装板 30。该第一和第二马达 34 和 36 可以单独操作或者同时操作，使得在 x-y 水平面上工作台可以相对于 PMD 头 16 进行任何需要的运动。因此，应当看到，工作台可以同时 x-y 平面的 x 方向或者 y 方向运动。工作台 12 在 x-y 平面上的运动可使装在工作台 12 上的衬底移动与 PMD 头 16 准直，并在进行本发明 PMD 工艺时移动衬底，如下面说明的。还应当看到，工作台 12 被作成为适合用在高纯室环境中，在这种环境中，如果将部件配置在衬底的上面，则一般不应用活动部件，特别是其硬表面进行彼此相摩擦的运动的部件。

在进行本发明的 PMD 工艺时，真空吸盘 14 可以形成一种将衬底固定在工作台 12 固定位置的合适装置。在本发明的范围内可以考虑采用其它的固定衬底的结构和方法，包括用于柔性材料的多辊组件。

如图 4 所示，利用真空吸盘 14、多孔金属板 42 产生的空气吸力产生的空气负压可以将衬底 38 固定在真空吸盘 14 的位置上。该多孔金属板 42 可以从图 1 中看到。按照一个实施例，多孔金属板 42 是多孔铝板，例如 Winterthur 的 M-Tec Holding Ltd 公司的子公司 Portec Ltd 公司出售 Metapor® 铝板。然而也可以采用用其它材料作的其它类型多孔板。可以用任何其它合适的装置，例如真空或者泵，通过多孔金属板 42 抽吸空气，这些装置连接于真空吸盘 14 的抽吸口 44。

真空吸盘 14 还包括连接件 45，该连接件作成为可以使真空吸盘 14 内的装置与 PMD 系统 10 的控制装置相互连接，该连接件 45 是例如插入 DB9 连接件的一系列插口，该连接件将真空吸盘 14 内的装置与控制系统相连接。按照一个实施例，在真空吸盘内包括加热源和温度传感器，该加热源和温度传感器连接于控制系统，从而使得操作者可以控制多孔金属板 42 的温度。

如图 4 所示，衬底 38 装在真空吸盘 14 上，位于凸缘支承件 46 之间，该凸缘支承件作成可以将衬底 38 准直在真空吸盘 14 上。衬底 38 在真空吸盘 14 上的准直可以确保流体制成材料涂布在衬底 38 的恰当位置上。然而应当注意到，将衬底 38 装在真空吸盘上的操作不能确保衬底 38 与 PMD 头 16 的准直达到执行本发明 PMD 工艺所需要的允许精度。因此，应当按照本发明的方法使衬底 38 和 PMD 头 16 准确准直。

在将衬底 38 对着凸缘支承件 46 装在真空吸盘上时，初步使衬底 38 和 PMD 头 16 准直，因为真空吸盘已经与 PMD 头 16 准直。为了确保使真空吸盘 14 与 PMD 头 16 准直，在真空吸盘 16 上形成两个参照点 48。如下面说明的，可以利用准直部件 20 用光学方法检测该参照点 48，该参照点总的确定真空吸盘 14 是否正确地与 PMD 头 16 准直。如果真空吸盘 14 没有正确准直，则移动该真空吸盘 14，直至达

到要求的准直。

为了使真空吸盘 14 和衬底 38 达到正确准直, 该真空吸盘 14 包括步进马达 52、弹簧 54 和转臂 56。该转臂 56 的第一端 58 连接于步进马达 52, 而其第二端 60 连接于真空吸盘 14 和弹簧。该真空吸盘 14 还可转动地连接于工作台 12 角上的枢轴 62。在起动步进马达后, 这种机构一般可使真空吸盘 14 绕角上的枢轴 62 转动。

按照一个实施例, 该步进马达包括延伸臂 64, 该臂可以可控地伸出, 将力作用在转臂 56 的第一端部 58, 由此使转臂 56 绕支点 66 顺时针转动(从图 4 顶视图看去的方向)。因为转臂 56 的第二端 60 连接于真空吸盘 14, 所以这种结构使真空吸盘绕角上的枢轴 62 反时针转动。真空吸盘 14 也可以向相反方向转动。例如当步进马达 52 的臂 64 缩进时, 弹簧 54 便收缩, 迫使转臂 56 的第二端 60 移向弹簧 54, 由此使真空吸盘 14 绕角上的枢轴 62 顺时针转动。

可以在任何时间用 PMD 系统 10 转动真空吸盘 14, 使真空吸盘 14 或者衬底 38 与 PMD 头 16 达到要求的准直。也可以转动真空吸盘 14 使衬底 38 与 PMD 头达到要求的不准直, 在衬底 38 上形成的某些微结构时需要这种不准直。按照一个实施例, 可以在 PMD 头支承件 18 上使 PMD 头 16 相对于衬底 38 转动, 这样也能达到衬底 38 和 PMD 头 16 之间所需要的准直, 该支承件 18 具有例如下面说明的转盘。

下面特别说明准直部件 20。如图 1、3 所示, 该准直部件 20 固定连接于 PMD 头支承件 18。按照一个实施例, 该准直部件 20 包括照相机。该照相机可以是数码照相和光学照相的任何组合, 最好连接于光学/数码识别模块, 该模块可以辨认真空吸盘 14 上的参照点 48 以及刻在衬底 38 上的准确准直标记。这些准直标记一般称作基准标记, 通常形成在衬底 38 上, 一般太小, 不能通过裸眼看到。在一个实施例中, 该基准标记包括蚀刻在衬底 38 上的垂直叉丝。

按照一个实施例, 可以用基准标记作衬底 38 和 PMD 头 16 准直的基准, 因为仅有衬底 38 边缘的准直通常不能准确到足以在衬底 38 上制造某些制品所需要的准确度微结构。例如, 在一个实施例中, PMD

系统 10 将聚合物的小滴以加减 10 个微米的精确度涂布在 PLED 显示器的像素上, 这个精度约为头发丝直径的 1/10. 应当看到, 本发明 PMD 系统以这种准确度涂布流体材料的这种特性是对先有技术的提高。

将衬底 38 装在真空吸盘 14 上时, PMD 系统 10 可以自动地采用与准直部件 20 连接的照相机和光学识别模块来确定在衬底 38 上的基准标记或者其它参考标记。如果需要, 真空吸盘 14 或者 PMD 头 16 可以自动转动, 校正 PMD 头 16 衬底 38 之间的任何不准直。这样便可以在几秒钟的时间内使 PMD 头 16 和衬底 38 之间达到约 3 微米以内公差的准直。最后, 在达到要求的准直后, 按照本发明的工艺, PMD 系统 10 能够准确地将流体材料的小滴涂布在衬底 38 的预定位置。

按照一个实施例, 在工作台 12 上的衬底 38 于 PMD 头 16 的下面移动的同时, 用 PMD 头 16 涂布小滴, 由此在衬底 38 上形成微结构。例如, 可以在工作台 12 使衬底 38 于 PMD 头的下面沿 x 轴移动时, 在衬底 38 上形成小滴的行。该工作台还可以在这些涂布的行之间沿 y 轴运动, 由此形成许多行。该工作台还可以同时沿 x 轴和 y 轴的方向以任何方式运动, 从而可以在衬底的任何部分准确形成各种结构。

如上所述, 虽然可以调节衬底 38 与 PMD 头 16 的准直, 但是当 PMD 头 16 不能正确激发时也会发生问题。PMD 头 16 可以包括任何数目的喷头。按照一个实施例, PMD 头 16 包括喷头组件 (未示出), 该组件具有约 1 个到约 256 个喷头。即使一个喷头激发不正确, 则衬底 38 与 PMD 头 16 的准直也会失去作用。因此, 重要的是, 区分各个喷头的激发特性, 并校正可能存在的激发缺陷。一旦知道各别喷头的激发特性, 则可以用本发明的计算机模块各别控制这些喷头, 从而达到流体材料从这些喷头中排出所要求的激发特性。

还提供图 1-4 所示液滴诊断组件 22 来测量和确定 PMD 头 16 各别喷头的激发特性。该液滴诊断组件一般包括照相机 68, 该照相机具有数码照相和光学照相的任何联合性能, 最好连接于光学/数码识别计算机模块, 该模块可以识别各别喷头的不同激发特性。

按照一个实施例, 该液滴诊断组件 22 可以在液滴从喷头排出时拍

摄该小滴的各种像，然后分析该小滴的液滴特性，由此确定各别喷头的激发特性。如果只有一个 PMD 头的喷头没有正确激发，则液滴诊断组件和相应的模块可以检测出这种错误。然后，该 PMD 系统 10 将用下面说明的维护操作自动修理该喷头。如果这种误差不能自动校正，则 PMD 系统 10 将向操作者发出警报，使制造操作停止，由此可以防止在装置生产时间的高昂损失。然后如果需要，操作者可以修理或者替换该 PMD 头 16。

按照一个实施例，液滴诊断组件 20 的照相机 68 是一种直角照相机 68，该照相机可以装在工作台 12 上。还可以应用背景光装置例如频闪光装置 69 来提高照相机 68 拍摄的像的质量，并拍摄飞行中微粒的像，如照相技术中周知的那样。为了进行液滴诊断，使 PMD 头 16 在照相机 68 和频闪光装置 69 之间，在头部覆盖站 26 的上面移动。随后使 PMD 头 16 的喷头排出小滴，喷到头部覆盖站 26 中。接着，如下面说明的，拍摄从喷头排出小滴的两个正交像，确定小滴的特性和喷头的激发特性。待测试的喷头最好居中配置在照相机的视场内，以便尽量提高准确度，而且最好个别测试这些喷头。

按照一个实施例，首先在 PMD 头位于第一位置时拍摄第一小滴的第一像，然后在 PMD 头 16 转过  $90^\circ$  之后拍摄同一喷头激发的第二小滴的第二像。按照另一实施例，可以用两个正交配置的照相机同时拍摄一个小滴的两个像。在拍摄小滴的像时，PMD 系统 10 的光学识别模块利用像和激发信息计算液滴的体积、液滴速度、液滴的喷头位置、液滴的偏角以及液滴的形状，据此，PMD 系统 10 能够补偿 PMD 头 16 喷头之间的任何缺陷或者变化。

利用小滴的高度和/或者宽度计算液滴体积，或者利用一个或多个照相机的成像面积来计算体积。在两种计算方式中，根据特定应用所需的准确度和精确度，均采用照相机 68 拍摄的像来计算或者估计小滴的三维形状。如果小滴的体积太大或者太小，则 PMD 系统 10 可以调节喷头排出小滴的频率，进行自动补偿。例如，可以改变输送到 PMD 头 16 的电压和波长来补偿有问题的液滴体积。功率越小，发射的小滴

越小，而功率越大，发射的小滴越大。在进行校正后，还需要用迭代方法重新分析喷头和相应的小滴，以便进行细调。

校正有问题液滴体积的第二种方法是改变 PMD 工艺期间涂布小滴的数目和频率。虽然按照这种方法，各别小滴的体积仍保持不变，但是可以增加或者降低激发液滴的频率，控制衬底上涂布的液体材料的量。在将小滴涂布成行，或者需要用多个液滴来达到要求的液滴体积时，这种补偿液滴体积的方法是特别有用的。改变涂布小滴频率的这种方法在本文中称作微时钟脉冲方法。

微时钟脉冲方法是本发明提供的一种方法，可以克服涂布变速性缺陷例如供量不足的缺陷，这种缺陷涉及这样一种状态，即流体材料没有及时地补充到流体室中，让喷头激发。现有的打印头工艺通常将打印头的时钟频率限制在供量不足之前便可以完成打印的最大频率。技术人员应当看出，这对于 PMD 头的分辨率也形成一种实际限制，特别是在考虑到许多喷头通常由单一的时钟频率操作时。

为了克服先有技术的缺陷和各别控制 PMD 装置的喷头，本发明采用微时钟脉冲方法，人为增加输送到 PMD 装置的时钟脉冲周期或者信号的频率，增加到远远超过预定的涂布速度。在 PMD 工艺期间，PMD 系统还可以采用另外的时钟脉冲周期来控制涂布流体的分辨率和量。在一个实施例中，该 PMD 系统使时钟脉冲周期的频率增加到比预定涂布速度大 10 倍，由此使得 PMD 系统可以在涂布频率的 1/10 频率范围内控制涂点的位置。

即是涂布频率不能克服供量不足的限制，仍然可以在微时钟脉冲频率将时钟周期和信息输送到 PMD 装置，因为 PMD 系统的可执行计算机指令不允许实际的涂布信息超过供量不足频率。在本实施例中，可以通过向各个喷头输送“填充数据”或者空白数据来实现，每 10 个时钟周期中输送约 9 个空白脉冲。因此，PMD 装置接收的数据若干倍地大于用来涂布的数据，该数据正比于除以实际涂布时钟脉冲速度的微时钟脉冲。这样便可以使现有打印头工艺的分辨率提高 10 倍或者更多，而不影响最大的涂布速度。



微时钟脉冲法特别有益于提高在衬底上涂布流体材料的分辨率。具体是，可以更准确地控制线条或者图案的开始和结束。在时钟脉冲周期的频率设定在比预定涂布速度大 10 倍的现有实施例中，可以用 PMD 装置涂布流体材料，其准确度比以前的准确度高 10 倍，在同一涂布速度下达到先前允许分辨率宽度的 1/10 宽度。

还可以应用微时钟脉冲来控制流体材料涂布在衬底上的体积。例如，如果需要涂布更多的流体以补偿性能差的喷头，或者只增加材料的厚度，则可以将相应的喷头调定在用比其它喷头高的频率来激发流体材料的小滴。例如，指定的喷头可以调定在每 9 个时钟脉冲中激发一次，而其它喷头可以调定在每 10 个时钟脉冲激发一次。因此，这种方法可以使指定喷头比其它喷头激发更多的流体材料，增加约 11%。同样，也可以使原本激发太多流体的喷头降低其涂布频率。

在 PMD 装置转动和喷头不垂直准直时，在对液滴速度或者液滴偏角的差别进行调节时，在需要更高分辨率放置各别涂点以及需要严格控制涂布在衬底上的流体量时，微时钟脉冲法也是特别有用的。

如已经说明的，微时钟脉冲法一般要求送到 PMD 装置的时钟脉冲周期的频率比预定涂布频率高许多倍。微时钟脉冲频率与涂布频率的比值控制分辨率的可能增加。用于激发流体材料产生涂点图案的可执行计算机指令必须考虑分辨率的可能增加，并注入为零的“填充数据”，以便在等待周期输送到 PMD 装置。各个涂层周期的等待周期数目等于微时钟脉冲频率与涂布频率之比。

在补偿“纵倾角”时微时钟脉冲法也是有效的，该纵倾角是 PMD 工艺期间 PMD 装置相对于衬底的运动所进行的转动。根据时钟脉冲频率与实际涂布频率之比，使 PMD 装置纵向倾斜将导致分辨率可以准确到涂点的几分之一以内。微时钟脉冲法可以通过注入“填充数据”补偿纵向倾斜，该纵向倾斜等于倾斜喷头相对于衬底垂直运动偏移形成的间隙。

喷头激发时间 ( $T_f$ ) 和照相机频闪装置起动时间 ( $T_s$ ) 之差是飞行时间  $T_f - T_s = T_t$ ，利用这种时间延迟  $T_t$  可以计算液滴速度。然后利

用光学识别模块计算飞过的距离 ( $Dt$ )，该距离是液滴中心和喷头中心之间的距离。最后，将飞行距离除以飞行时间 ( $Dt/Tt$ )，这样便可得到液滴速度。

在流体材料的液滴打在衬底上时确定液滴速度，在衬底运动时这一点是特别重要的。可以通过使小滴的激发时间偏移来校正液滴速度的问题，以便补偿太高或太低的液滴速度。然后按照本发明确定激发时间的调节，因为液滴速度和到衬底的距离是已知的。对于太高的液滴速度，可以延迟激发时间，而对于太低的液滴速度，可以加快激发时间。

调节频闪光装置 69 的照明周期，直至离开喷头的液滴被照相，由此可以确定液滴喷头的位置。然后准确确定喷头的精确位置或者配置。如下面说明的，在校正液滴偏角时可以随同校正不整合的液滴位置。

然后确定液滴偏角，方法是将喷头排出的流体液滴喷到预定的距离（因为已知液滴速度，所以可以作到这一点），然后在该距离确定液滴的中心。随后，利用该液滴的中心和液滴的喷头位置来计算偏角。按照一个实施例，可以在 x-y 水平面的 x 方向和 y 方向计算该偏角，由此可以得到真实的三维液滴偏角。

校正液滴偏角和不整合液滴喷头位置的方法是，应用喷头位置和液滴偏角，然后计算液滴将落到的位置，将此位置与预料落到的位置相比较。随后加快或者延迟激发时间，从而可以补偿小滴预定轨迹和实际轨迹的任何偏差。

通过分析用照相机 68 以及光学识别模块得到的图像，看看在主要小滴的外面是否存在任何不正常的形状，由此可以确定液滴的形状。这样作主要是检查小滴是否具有显著的托尾现象或者相应的伴随液滴。术语“伴随液滴”一般指与该小滴同时发射的流体材料，但该材料已与小滴分开。

液滴形状分析是合格/不合格试验分析。如果液滴确实具有异常形状或者相应的伴随液滴，则 PMD 系统以两种一般方法中的一种方法校正此问题。第一种方法是，用 PMD 系统 10 的可执行计算机指令改

变激发小滴的喷头的电压和脉冲宽度设定。在使用新的流体材料或者PMD头16时，以及缺陷遍布于PMD喷头16的整个喷头组件上时，通常采用这种校正。当PMD头16和流体材料不是新的时，PMD头的喷头很可能发生堵塞或者需要修理。因此，校正异常液滴形状的第二种方法是在PMD系统10上进行维修，以除去PMD头16的喷头堵塞或者进行修理。如果自动维修不能修理喷头，则装置在事前向使用人发出警报，由此避免材料和制品的不必要浪费，这对于高生产率和高成本的制造工艺是特别重要。

PMD系统10的液滴诊断组件22和准直部件20是优于先有打印工艺的一种创新，因为可以利用液滴诊断组件22和准直部件20提高准确度。另外，现有的打印和形成图案的系统不能够测量或准确准直喷头和衬底38的位置、角度和运行，而且在这种系统中也没有任何动力来研究高生产率和高成本制造工艺所需的准确准直方法。开发的用于使PMD头16和相应的喷头与衬底38准直的这些系统能使本发明的PMD工艺形成需要高准确度的微结构。

本发明PMD系统10提供的无数变位调节可以在一个大面积上形成一致性。另外，本发明的PMD系统10除在x轴方向和y轴方向运动之外还可控制纵向倾斜。具体是，可利用PMD头16的转动来改变喷头组件相对于衬底的纵向倾斜，从而控制PMD工艺的精确度。另外，由PMD系统10提供光学识别和校正还可控制液滴的粒度。另外，本发明的PMD系统10可以在高纯环境中提供这种一致性、可调节性和控制性，因为该PMD头16不与衬底接触，该衬底只接收由PMD头涂布的材料。

虽然PMD头16和衬底38的准直迄今被说明为是在将衬底装在PMD系统上以后的一个执行步骤，但是应当看到，在替换PMD头16，或者将PMD头装在PMD头支承件18上时，可以随时进行准直。图5-7示出本发明所用的安装支架70，该支架将PMD头连接于PMD头支承件。另外，该安装支架70包括闩锁机构74，该闩锁机构可以将PMD头16固定就位于顶着安装支架70的位置。该闩锁机构74一般

包括闩锁臂 76, 该臂可以卡紧在 PMD 头 16 中形成的相应凹槽内。该闩锁臂 76 由图 9 所示的杠杆 78 操作, 该杠杆位于安装支架 70 的相反侧, 该安装支架 70 还包括基准点 80, 在用闩锁臂 76 将 PMD 头固定在安装支架 70 上时, 可以应用这些基准点将 PMD 头固定在安装支架 70 上。

图 7 示出 PMD 头 16 的一个实施例, 该 PMD 头连接于图 6 所示的安装支架 70。如图所示, PMD 头 16 包括盒子 90、流体入口 92、溶剂入口 94、内部的 PMD 头部件 96 和喷头组件 98。在使用期间, 流体材料经入口 92 进入 PMD 喷头 16, 并经内部的 PMD 头部件 96 流到喷头组件 98, 在该组件中, 流体经喷头组件 98 的喷头最后激发到衬底上。

按照一个实施例, PMD 头的部件 96 包括液体材料容器、隔膜和压电传感器例如锆钛酸铅  $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$  或者 PZT 传感器, 这种传感器产生声波, 该声波适合于通过喷头组件 96 的喷头激发流体材料。在压电传感器通电时, 该隔膜和压电传感器便产生声脉冲。当该声脉冲的作用力足以克服流体制成材料的表面张力时, 喷头组件 98 的喷头便排出流体材料的微液滴。改变输送到压电传感器的功率便可以控制排出小滴的速度和体积。

本发明的 PMD 系统可以控制由 PMD 头 16 排出的小滴的体积。按照一个实施例, 该 PMD 头排出的流体材料小滴小到约 10pL, 频率达到每秒成千的小滴。因为可以将小滴改变到要求体积和频率, 以适应各种类型的流体制成材料、衬底和微结构形状, 所以可以看出, 本发明不限于以特定的体积、频率或者形状激发流体材料的小滴。

常规的喷墨头(“喷头”)可以容易地配用本发明的至少一些流体材料。因此, 本发明可以扩大应用现有的喷头或者将来生产的喷头, 包括现在已经制造的喷头, 或者将来由第三方生产的喷头, 以及用于喷墨印刷系统中激发墨水的已制造或将要制造的喷头。

按照一个实施例, 本发明的 PMD 系统 10 包括计算机控制系统, 该系统执行计算机可执行指令, 产生如各种印刷头技术需要的各种数

字波形、电源电流和数字信号。该计算机系统实际上可以装在单独的PMD系统的部件中，或者如图8所示，计算机系统作为一个独立的计算机系统100被嵌入，该系统连接于PMD系统的不同部件，由此，操作者可以在独立的计算机系统上控制各个PMD系统的部件。计算机系统100可以包括在本文中说明的各种控制系统。

计算机系统100的一个优点是，本发明的PMD系统10可以容易地互换具有不同性能和功能的各种PMD头16。例如，按照一个实施例，计算机系统100将现有的打印头工艺的电子部分分成两个不同的部分，即主要电子部分和个性化电子部分，专用电子部分可以装在各个PMD头16内，或者装在独立的计算机系统100内。

主要电子部分包括对于所有PMD头16通用的基本信号和信息，即待涂布的涂点图案（涂布数据）、由斜率、持续时间和振幅确定的二维波形、用在PMD头16上的接地电压和最大电压以及设计用于PMD头激发液体材料液滴的时钟频率。该主要电子部分通常贮存在计算机的可程序化存贮盘上，这些存贮盘上可以形成这些内容，并贮存起来，用于各种类型的PMD头16。

这种个性化的电子部分包括固件，这种固件专用于某些头部制造商和模型，通常需要定制的信号装置和连接件。该个性化的电子部分在使用期间接收主要电子部分的定制的波形和信息。个性化的电子部分通常贮存在计算机的可读介质上，例如定制的个性卡上。在一个实施例中，已研制出用于PMD系统10的各种PMD头16的定制个性化卡。

由于采用这种方式配置电子学部分，所以本发明的PMD系统10其头部是独立的，因此在各种PMD头16之具有互用性，因此，PMD系统10适合用于各种现有和新提出的工艺。换言之，可以替换PMD系统10所用的PMD头16，而不需要对PMD系统10作任何硬件改变。甚至可以采用不同制造商制造的具有不同尺寸的压电头，并装在本发明的PMD头16中，这些压电头包括第三方制造的头和现有的头，或者原来涂布的流体材料不是本发明流体材料的头。应当看出，与先

有技术相比这是一个进步，在先有技术中，现有压电头设计用于特定的头工艺，只能用于一种压电头，则限制了现有装置的更新，以适合新的和正发展的压电头工艺。以这种方式配置电子部分的另一个有利之点是，可以各别控制 PMD 头的喷头，以校正可能存在的不规整性。

下面参考图 6 和图 7，图中示出如何用管子 110 将 PMD 头 16 与流体材料输送系统 102 和溶剂输送系统 104 连接起来。如图所示，管道 110 包括快速松开适配件 111，该适配件作成为可以在不使用期间例如在用另一个头换下 PMD 头 16 时，方便地将 PMD 头 16 的管道 100 移到保存装置 112 上。

图 6 和 7 还示出过滤器 116 如何连接于管子 110，从而过滤输送到 PMD 头 16 的流体材料。虽然在图中没有示出，但是也可以配置一种过滤器，以确保输送到 PMD 头 16 的溶剂是清洁的。按照本发明，如下面详细说明的，在冲洗操作期间，将溶剂输送到 PMD 头 16，冲洗 PMD 头中的流体材料。

下面参考图 9，图中示出安装支架 70 如何相对于 PMD 头支承件 18 转动。如图所示，该安装支架 70 已经从图 6 和 7 所示的位置转动 90°。按照本发明，可以利用转盘 72 使安装支架 70 转动，该转盘可转动地连接于 PMD 头支承件 18 的底部。PMD 头 16 的转动可方便地使上面说明液滴诊断组件拍摄正交像。也可以利用 PMD 头 16 的转动来改变喷头组件 98 相对于衬底的纵向倾斜，从而精确控制衬底上小滴行之间的距离。

按照本发明一个实施例，图 9 还示出基准点 80 如何偏压在 PMD 头 16 上，以确保 PMD 头 16 的准直。该基准点 80 最好包括能够使 PMD 头 16 与安装支架 70 准直硬钢。在 PMD 头 16 的顶表面和安装支架 70 之间也可以配置另外的基准点 120，以便 PMD 头 16 与安装支架 70 准直。当 PMD 头 16 与安装支架 70 不准直时，由喷头激发的小滴液滴激发角可能偏移，在这种情况下，液滴诊断组件如上面大体说明的那样，可以检测和补偿任何不准直。然而如果这种不准直相当显著，则需要将 PMD 头 16 重新装在安装支架 70 上。

下面转到图 10，详细说明头部覆盖站 26。如图所示，该头部覆盖站 26 一般包括装在可伸长支架 132 上的托盘 130 和浸泡液池。头部覆盖站的一个用途是在不使用期间接收和冲洗 PMD 头 16 的喷头，以保持喷头不被干燥和不被堵塞。例如，在一段时间不用 PMD 头 16 时，可以将头部覆盖站 26 直接移到 PMD 头 16 的下面，并利用该可伸长的支承件 132 升高托盘 130，直至 PMD 头 16 的喷头组件 98 进入浸泡液池 134。该浸泡液池 134 中充满溶剂，该溶剂与流体材料是相匹配的，因此，可以保持喷头组件 98 不干燥。该浸泡液池 134 由 PMD 头 16 或者其它的输送装置供给溶剂，例如用直接连接于溶剂输送系统（未示出）的管子供给。

头部覆盖站 26 的另一用途是在液滴诊断期间，收集从 PMD 头 16 排出的任何流体材料。例如，在液滴诊断期间，流体材料可以落在托盘 130 的任何部分。落在托盘 130 上的过量流体和溶剂用连接于托盘 130 的排液管 138 除去。

按照一个优选实施例，PMD 头是可互换的，并可以用手动或自动方法进行切换。在一个实施例中，该 PMD 头包括快速连接适配件，而该 PMD 系统包括可以自动切换 PMD 装置的装置。作为一个例子（但不限于此例），门形架上的相互作用面和 PMD 头上的相应相互作用面是一种自动切换 PMD 头的适合装置。该门形架是一个臂，该 PMD 头可拆卸地连接于该臂。当 PMD 头用另一个 PMD 头切换时，从门形架的相互作用面上用手动方法或自动方法卸下该 PMD 头，然后放在装置的支架上。随后用手动方法或自动方法将替代的 PMD 头放置在该门形架的相互作用面上。在将新的 PMD 头固定后，使该门形架定位在要求的位置，以便准直、测试和校正该 PMD 头。

如图 11-13 所示，还可以配置停靠站 140，以便在不使用期间浸泡 PMD 头 16 的喷头。当 PMD 头 16 预定在一段较长的时间不使用时，或者 PMD 头 16 仅仅是用于 PMD 系统若干 PMD 头中的一个头时，该停靠站 140 是特别有用的。在这种情况下，可以将不用的 PMD 头贮存在个别的停靠站 140，从而防止 PMD 头的喷头变干。

如图 11 和 12 所示, 停靠站 140 包括用于安装 PMD 头、液池托盘 144 和浸泡池 146 的安装支架 142. 安装支架 142 作成为可以使 PMD 头 16 保持在使 PMD 头 16 的喷头组件 98 进入浸泡液池 146 的位置, 如图 13 所示, 该液池托盘 144 作成为可以收集在冲洗操作期间从 PMD 头流出的任何流体材料, 如下面说明的。因此, 液池托盘 144 还包括排液管 148, 该排液管可以排出冲洗期间由液池托盘 144 收集的任何溶剂和流体材料。冲洗后的流体材料和溶剂可以流到贮存容器, 以便容易处理。

图 11 和 12 还示出停靠站 140 如何作成为连接流体输送系统 150 的一部分。具体是, 停靠站 140 包括贮存室 152, 该贮存室作成为可以装入工作袋 154。在使用期间, 首先将流体材料泵入到工作袋 154 中, 流体材料装在该袋中, 直至流体最后输送到 PMD 头。按照一个实施例, 该贮存室 152 装在一个称重器 156 上, 该称重器可在任何给定时间控制装在工作袋 154 内的流体材料量。该称重器 156 连接于计算机模块和泵 160, 该泵将流体材料从流体材料供料池 162 泵到工作袋 154 中。按照一个优选实施例, 两通阀 168 控制流体材料流入或流出工作袋 154 的流量。

如图 11-13 所示, 贮存室 152 具有压力控制板 164, 该控制板可以将预定的压力作用在工作袋 154 上, 以确保从工作袋 154 输送到 PMD 头 16 的流体材料输送量是恒定的。按照本发明一个实施例, 这对于防止流体材料在 PMD 头的喷头上形成弯曲液面是很重要的, 这种弯曲液面可能造成喷头激发的不规则性。按照另一实施例, 泵 160 直接向 PMD 头输送流体材料, 并控制流体材料的压力。

按照一个实施例, 流体材料输送系统 150 一般包括管子 100、工作袋 150、泵 160 和流体材料供液池 162, 可以根据各种流体材料和打印头工艺的要求, 在各种压力下应用该流体材料输送系统 150。流体材料输送系统 150 的材料最好是耐用的, 并且与 PMD 头系统用的溶剂不反应。例如, 按照一个实施例, 流体材料输送系统包括用聚四氟乙烯(例如 DuPont E.I.DeNemours & Co 公司出售的 Teflon®)作的衬



里，当然也可以使用其它材料。

如上所述，停靠站 140 的一个作用是保持 PMD 头 16，同时将流体材料从 PMD 头 16 冲洗出来。有时需要冲洗，例如在进行单一 PMD 处理期间采用一个 PMD 头来涂布多种不同流体材料时，在这种情况下，可以在两次涂布之间冲洗 PMD 头，以防止不同的流体材料混杂。

为了进行清洗操作，首先将 PMD 头 16 装在停靠站 140 上，如图 13 所示。接着将溶剂从溶剂源 104 泵入到 PMD 头 16。该溶剂迫使流体材料流过该 PMD 头，直至 PMD 头完全被清洗干净。在这种操作期间，从 PMD 头 16 流出的流体材料和任何溶剂可以排到液池托盘 144 中，并通过排液管 148 排出。在清洗后，将 PMD 头 16 浸泡在新输送的流体材料中。应当看到，虽然说明清洗操作在停靠站 140 中进行，但是这种清洗也可以在头部覆盖站中以基本上相同的方式进行。

下面参考图 1 说明维护站 24，该维护站包括辊组件 170、缓冲表面 172 和吸湿布 174。在使用期间，该吸湿布 174 穿过辊组件 170 到达缓冲表面 172 的顶部。当 PMD 头 16 需要维护时，例如当喷头堵塞或者流体材料聚集在喷头组件上时，将维护站 24 移动到 PMD 头 16 的下面，使得缓冲表面 172 直接位于 PMD 头 16 的喷头组件 98 的下面。然后用升高机构例如用液压杠杆组件 176 升高该缓冲表面 172，直至吸湿布 174 与喷头组件 98 接触。达到可以充分吸除聚集在喷头组件 98 上的任何流体材料的程度。然而有时需要进行擦洗。

为了对喷头组件 98 进行擦洗操作，使喷头组件 98 靠着吸湿布 174 同时，输送该吸湿布 174 通过辊组件 170。这样一般将使吸湿布 174 摩擦接触该喷头组件 98，由此从喷头上清除任何堆集的流体。按照一个实施例，该吸湿布 174 包括非摩擦性材料，该材料适合于洗洁喷头而又不过度损伤或者磨损该喷头。为了进一步减小对喷头可能的损害，该缓冲表面 172 作为成为可以吸收在喷头 16 和维护站 24 之间可能发生的任何振动。

下面参考图 14，图中示出本发明另一个实施例。如图所示，PMD 头支承件 200 包括可滑动装在梁 220 上的直线空气垫组件 210。该直

线空气垫组件 210 一般包括具有空气垫的线性马达。线性马达在这种技术中是众所周知的，它采用磁线圈和铁芯来消除运动部件之间的摩擦。

利用该线性空气垫组件 210 特别有利于在高纯室环境中进行 PMD 工艺，并且可以提供在较大衬底上进行本发明 PMD 工艺所需要的运动。具体是，由线性空气垫组件 210 提供的运动一般不需要利用工作台 12，使各个 PMD 部件完全在 PMD 头 16 的下面移动。利用线性空气垫组件 210 可以使 PMD 头 16 在 PMD 部件的上面运动。在衬底 38 上涂布流体材料期间，该线性空气垫组件也可以移动 PMD 头 16。然而为防止在 PMD 头 16 中某些流体材料的压力波动，最好在流体材料正从 PMD 头 16 排出时不移动该 PMD 头 16。当流体材料在 PMD 头内晃动时，便会造成这种压力波动，从而造成影响液滴形成和从喷头排出的不规则压力。

本发明的一个有效应用是有利于制造电路板。本发明的 PMD 系统和工艺至少在以下方面有利于制造电路板。第一，本发明的 PMD 工艺可以代替现在用来在镀铜玻璃纤维电路板上形成电路的光刻工艺。第二，采用 PMD 工艺可以直接将导电材料的线路涂布在用作电路板的衬底上。第三，可以采用 PMD 工艺来准确涂布焊剂和其它材料，使电子器件固定在电路板上。该 PMD 工艺还提供一种方法，用这种方法可以在组装电路板之前或者之后将必需的信息和独特的商标印刷在电路板上。

通常采用若干步骤形成电路板的电路。首先，在镀铜的玻璃纤维衬底上涂上光阻材料，然后在光阻材料上放上有孔眼的掩模或者模板，只露出电路板上要形成电路的部分。随后用紫外光照射光阻材料，使露出的光阻材料凝固和固化。随后用混合剂清洗该衬底，除去所有还未固化的光阻材料，由此露出衬底的选择表面部分。然后将衬底放在酸性腐蚀浴中，一是除去没有由光阻材料覆盖的铜，二是除去已固化的光阻材料。这样便只留下对应于原来模板上孔眼的铜电路。

本发明可以除去若干常规步骤，这些常规步骤需要将光阻材料涂

在待形成电路的衬底上。例如，在一个实施例中，可以将镀铜的玻璃纤维衬底装在 PMD 系统的工作台上。随后 PMD 装置将流体材料涂布在衬底上，涂在要形成电路的位置。涂布在衬底上的流体材料起掩模的作用，代替常规使用的光阻材料。接着在酸性腐蚀浴中处理该衬底，除去衬底上露出的铜表面，随后的处理是除去由涂布的流体材料形成的掩模，最后只留下在光阻材料下面的铜电路。

按照本发明，可以不用整个的光刻工艺，掩模可以直接加在衬底的要求位置，而不需要光阻材料以及对紫外线光曝光等步骤。这种简化的工艺可以节省制造电路板的时间和成本。

本发明还提供另一种在电路板上形成电路的方法。具体是，可以应用本发明的 PMD 系统直接将电路涂布在要求的衬底上。按照此实施例，该衬底不是镀铜的，包括例如玻璃纤维板。将该玻璃纤维板装在 PMD 系统的工作台上，并采用 PMD 装置将导电的流体材料涂布在该玻璃纤维板上，由此形成电路。

在一个实施例中，金属溶液包括悬浮在流体粘接剂中的金属粒子，将该金属溶液涂布在衬底上。当粘接剂干燥时，该金属便在要形成电路的位置形成结晶。然后加热该衬底和结晶金属的混合物，由此在衬底的表面上形成金属电路。

在用 PMD 工艺涂布电路期间，PMD 装置的喷头最好在衬底运动的方向与衬底准直，使得末尾的液滴在各个连续液滴的下面准确地形成直线。然而在一些情况下，电路板的电路包括复杂的几何形状，在这种几何形状中，电路沿  $45^\circ$  角和  $135^\circ$  角形成。在这些情况下，最好通过转动 PMD 装置和/或者衬底来达到准直。因此，转动 PMD 装置和/或者衬底可以提供最好的准直，如上所述。还可以转动 PMD 装置和/或者衬底，以形成可以减小涂布电路之间距离所需的纵向倾斜或者纵倾角。纵向倾斜和应用微时钟点脉冲法来调节纵向倾斜的方法上面已经说明。

通过提供一种方法，将焊剂或者其它导电粘合剂准确涂布在电路板上，使得可以将电子器件电连接于电路板的电路，采用这种方法也

使本发明的 PMD 也有助于制造电路板。还可以利用组装机和现有的机器人技术，在 PMD 系统涂布焊剂或者其它流体材料以后，将电子器件组装到电路板上。

有时需要在制造的电路板上印刷信息例如厂商的商标、产品说明、型号、序号等。本发明可以作到这一点，方法是用 PMD 系统在电路板上直接进行印刷，例如，PMD 系统可以用墨水印刷或者用酸将信息并永久地蚀刻在电路板上，这样便可以不用常规系统中所用的网屏法或者其它的印刷工艺，并且很适合在各个电路板上印刷不同的信息，因为 PMD 头由计算机数字控制系统控制。

本发明的另一个有效的应用是制造塑料电子器件例如电阻器和半导体器件。在一个实施例中，可以用本发明的 PMD 系统将高电感的聚合物涂布在电路板上。这些高电感聚合物的电阻可以设计成利用组成和配方改变。电阻率是导电材料的一种物理特性，它由在单位体积材料上测量的电阻确定。具体是，电阻率被定义为在单位立方长度测量的电压 ( $V/m$ ) 除以流过该单位立方横截面积的电流 ( $I/m^2$ )，因此，单位为欧姆  $m^2/m$  或者欧姆-m。

采用两种和多种具有不同电阻率的聚合物材料，本发明的 PMD 工艺可以在印刷电路板上涂布具有不同电阻的电阻器。例如，第一聚合物可在给定长度形成具有 1 欧姆电阻的电阻器，而第二聚合物将在同一长度形成电阻为 100 欧姆的电阻。因此，为了改变电阻，可以选择不同的聚合物，通过增加涂布聚合物层的体积或者厚度减小涂布在衬底上的电阻器电阻，或者通过减小涂层的体积或者厚度可以增加该电阻。

PMD 系统通过准确控制聚合物的涂布可以形成具有预定电阻的电阻器。该 PMD 系统还包括用于测试电阻器已形成后电阻的装置例如电子电路。如果电阻太高，则在已有的电阻器上再涂上聚合物材料，形成层状电阻。如果电阻太低，则利用激光烧蚀法烧去该材料，如上面说明的。

技术人员应当看出，按照本发明，在电路板上涂上电阻器是对先

有技术的一种改进。具体是，涂布的电阻器比通常必须用连接件焊接在电路板上的常规电阻器的体积小得多，这种连接器常常会脱开，并使电阻器突出在电路板上，因而增加了电路结构的体积。还应当看出，可以用 PMD 系统和工艺来制造其它类型的塑料电子器件，例如聚合物半导体器件，以进一步减小电子电路的成本和尺寸。

迄今的说明只说明在任何给定时间，本发明的 PMD 系统只能利用一个单一的 PMD 头。然而应当认识到，本发明的 PMD 系统还可以作为同时装有多多个 PMD 头。例如本发明的 PMD 系统可以成为具有若干 PMD 头支承件，每个支承件包括单独的 PMD 头。

图 15 示出这样一个实施例，在此实施例中，PMD 系统 300 具有多个 PMD 头支承件 310 和在一生产线上相邻配置的相应 PMD 头 320。如图所示，该 PMD 头 320 配置在工作台 330 上面，该工作台成为可以沿 x-y 平面的 x 方向在各个 PMD 头 320 的下面移动。各个 PMD 头支承件 310 还可以使 PMD 头沿 x-y 平面的 y 方向移动。

按照此实施例，各个 PMD 头 320 成为可以涂布不同流体材料输送系统（未示出）输送的不同流体材料。此实施例特别用于在一个单一的衬底 350 例如电路板上涂布塑料电子器件、焊剂和液体金属的任何组合形式。例如，第一 PMD 头装备成可以涂布液体金属，形成衬底上的电路，第二 PMD 头可以装备成涂布高阻抗的聚合物，在衬底上形成电阻器，而第三 PMD 头可以装备成涂布焊剂，以便焊接装在该衬底上的电子器件。按照此实施例，在工作台 330 上的衬底 350 可以顺序在不同 PMD 头 320 的下面移动，使得首先涂布电路，然后涂布高阻抗的聚合物。最后，在衬底 350 上涂布焊剂。涂布的焊剂能使电子器件焊接在电路板上。

在将可识别独特属性的材料涂布在很接近的范围内时，此实施例是特别有用的。具体是，本实施例可使同一的独特属性的流体材料首先进行干燥或者固化，然后在很靠近的区域内涂布另一种流体材料，由此可以防止流体材料混杂和失去其需要的同一独特属性。例如，在某些情况下，需要使电路硬化后，再在很靠近的区域或者与该电路接

触的位置涂布电阻器。本实施例还可以消除在涂布不同流体材料之间进行费时的清洗或冲洗PMD头320的操作。在两次涂布之间冲洗PMD头320也是很耗费的，因为洗出的流体材料受到粘污，不能再使用。

按照另一实施例，可以用多个单独的PMD系统来顺序地将颜色不同的聚合物涂布在一个衬底上，由此也可以使流体材料在不同的涂布期间得到完全干燥，因而也不再需要冲洗相应的PMD头。

按照再一实施例，可以利用单一的PMD喷头涂布各种不同的流体材料。按照此实施例，在两次使用期间需要冲洗该PMD头，如上面参考图13大体说明的。

应当看到，采用单一的PMD系统还可以提供在涂布不同流体材料之间所需的适当干燥时间，该单一的PMD系统在完成涂布一种流体材料之后，再涂布下一个流体材料。

例如，在一个实施例中，单一PMD系统包括若干PMD装置，该PMD装置分别整体连接于单独的袋或流体材料源，使得可以在需要涂布不同流体材料时变换该PMD装置。按照本实施例，可以以下列方式在印刷电路板上涂布先前例子中的高阻抗聚合物、焊剂和液体金属。首先用第一PMD装置涂布液体金属，形成电路。随后用第二PMD装置涂布高阻抗聚合物，形成电阻。最后用第三PMD装置涂布焊剂。本实施例允许在涂布不同流体材料之间干燥流体材料，并且本实施还可有利消除在使用新的PMD装置或流体材料时要冲洗该系统 and PMD装置的操作。这样还允许应用特殊的PMD装置来满足不同流体材料的特别要求。

虽然先前的例子涉及特殊类型的流体以及涂布流体材料的特殊顺序的细节，但是应当认识到，本发明不限于使用具有任何特定组分的流体材料，或者不限于以特定的顺序涂布流体材料。例如，可以先涂布用来形成电阻器的高阻抗聚合物，然后再涂布液体金属来形成电路。还应当认识到，本发明的PMD系统可以与任何其它的部件或者机器相联合。例如，该PMD系统还可以与组装机相结合，将电子器件连接于已涂布的焊剂上。

在 PMD 工艺期间帮助流体材料干燥的另一种方法是，可控地加热流体材料和衬底。还可以提供空气流，以帮助流体材料干燥。

如上所述，在真空吸盘和/或工作台上的衬底可以用辐射热、对流热和/或传导热加热。还可以在例如 PMD 装置中加热流体材料。在某些情况下，必须加热流体材料例如焊剂、某些塑料和金属，使其变成适合于由 PMD 装置喷涂的粘性状态。在这状态下，流体材料的凝固或固化需要在流体材料涂布在衬底上以后立刻冷却该流体材料，在这种情况下，需要冷却衬底和周围的环境，以加速流体材料的固化过程。冷却装置连接于工作台，通过接触冷却衬底。也可以利用已致冷的气流冷却衬底，使制冷的空气或气体吹在衬底上。

应当认识到，流体材料和/或衬底的冷却和加热不折不扣是一种控制流体材料在衬底上成形的适当方法。具体是，不同的流体材料具有不同的特性，有些材料是憎水的或者亲水的，有些材料憎油的或者是亲油的，而有些材料具有很快的干燥速度。另一些材料具有很慢的干燥速度。这些特性中各种特性以及流体材料与其它化合物的反应特性可能影响流体材料涂在衬底上以后流体材料层的结构。因此，可将 PMD 系统的可执行计算机指令编成程序，调节 PMD 系统的冷却和加热部件，以适应特定类型的流体材料以及适应影响涂布材料最后形状的其他因素。这些其它因素包括（但不限于）层涂布速度、涂布体积、涂布材料的离析性或浓度、衬底的类型和厚度、衬底的材料和结构以及流体材料与衬底的反应性。

取决于衬底和流体材料，加热/冷却或控制涂布环境具有各种优点。例如，扩大干燥温度范围便允许在制造各种装置的工艺中使用原本不能使用的溶剂。在将流体材料激发到衬底上时，头部上的材料和喷头的干燥可能会堵塞喷头，并影响制造工艺的可靠性。为加速在衬底上的干燥，可加热/冷却衬底，这样便使得 PMD 工艺可以用于大量的在室温下缓慢干燥的各种流体。

尽管已采用加热/冷却衬底的各种各样方法，但可按下述方式执行一个实施例。将固定衬底的真空吸盘加热/冷却到根据衬底、流体材料

和正形成结构的特征选择的温度。将该真空吸盘被加热/冷却到选择温度的规定准确度范围内（例如在1摄氏度范围内）。

使衬底达到选定的温度，在此时将流体材料涂布在衬底上。已加热/冷却的衬底有助于流体材料的干燥或者固化，并可以改进层的结构，并且，依赖于具体的流体材料可以提高制造工艺结束后所形成结构的效能。

如果衬底的热膨胀系数和衬底被加热/冷却的温度太高，则衬底可能膨胀或者收缩到这样的程度，即在不加热衬底时进行的校正和准直变得不准确，此时可采用至少两种机构中的一种机构来补偿这种膨胀和/或收缩。第一，如果热膨胀系数是已知的，则可以根据原来的位置和预料的膨胀或者收缩位置，来确定整个衬底的新位置。第二，在加热/冷却之后，可以利用本发明的光学识别系统来重新校正和重新准直该衬底。虽然两种方法都是适用的，但后一种方法更准确，因为可以直接测量衬底的位置。

如果温度太高，可使与衬底接触的被加热的真空吸盘与PMD机器工作台的其余部分热绝缘。这种热绝缘可以防止工作台显著膨胀，否则这种膨胀将降低衬底相对于PMD头的准确准直和定位。

为了增加效率，可以将衬底配置在真空吸盘以前，进行预加热或者预冷却，这样便可减少真空吸盘加热或冷却衬底期间的等待时间。同样，如果在涂布之后需要继续进行温度控制，则可以将衬底和形成在该衬底上的结构从吸盘取下来，然后再放在温度控制板上。这种方法允许加热/冷却衬底，同时又能使PMD系统在处理前一衬底之后，紧接着接收另一衬底。

在某些实施例中，PMD系统还包括加热装置。该加热装置有助于在衬底上涂布流体材料之后，紧接着干燥、凝固和固化流体材料。该加热装置可以直接加热衬底或者围绕该衬底的环境。热量可以通过辐射、对流或者传导传到衬底上。作为一个例子（不限于此例子），可以用加热装置直接加热真空吸盘和/或工作台，因此提供使热量传送到衬底的热源。或者在真空吸盘和/或工作台内装上加热部件或者其它的起



加热装置作用的热源。技术人员应当看到，已经有各种各样的可由本发明的 PMD 系统用来加热衬底的加热部件和装置。如果需要，该加热装置还可以作成为能够提供均匀分散的热量，或者不连续的热量。可以特别利用加热装置的控制来控制干燥曲线和流体在干燥或者固化后的最后形状。具体是，加热装置可以形成一种用于控制固化时流体材料毛细作用的装置，由此控制流体材料的小滴是固化成凹面形、凸面形、对称形、非对称形、一致形、还是不规则形。

按照另一实施例，PMD 系统装有固化装置例如紫外光源，以便在流体涂布在衬底上以后，使该光源的紫外光射到衬底和/或流体材料上。此实施例可用于固化由紫外光固化的流体材料，该固化装置还包括激光系统。在一个实施例中，该激光系统起热源的作用，用于固化涂布的流体材料。然而在另一实施例中，该激光系统形成一种修整或者烧蚀已涂布流体材料的装置。即使激光烧蚀包括后面的涂布操作，但是为了形成另一种能够在衬底上涂布流体材料的装置，这是很有用的。

因此，要求专利权的本发明可以以其它特定的方式实施，而不违背本发明的精神和本质属性。已说明的实施例应当认为在所有方面均是例示性的，不具有限制性。因此，本发明的范围由所附权利要求书确定，而不由上述说明确定。意义和范围与权利要求书等效的所有改变应当包含在本发明的范围内。

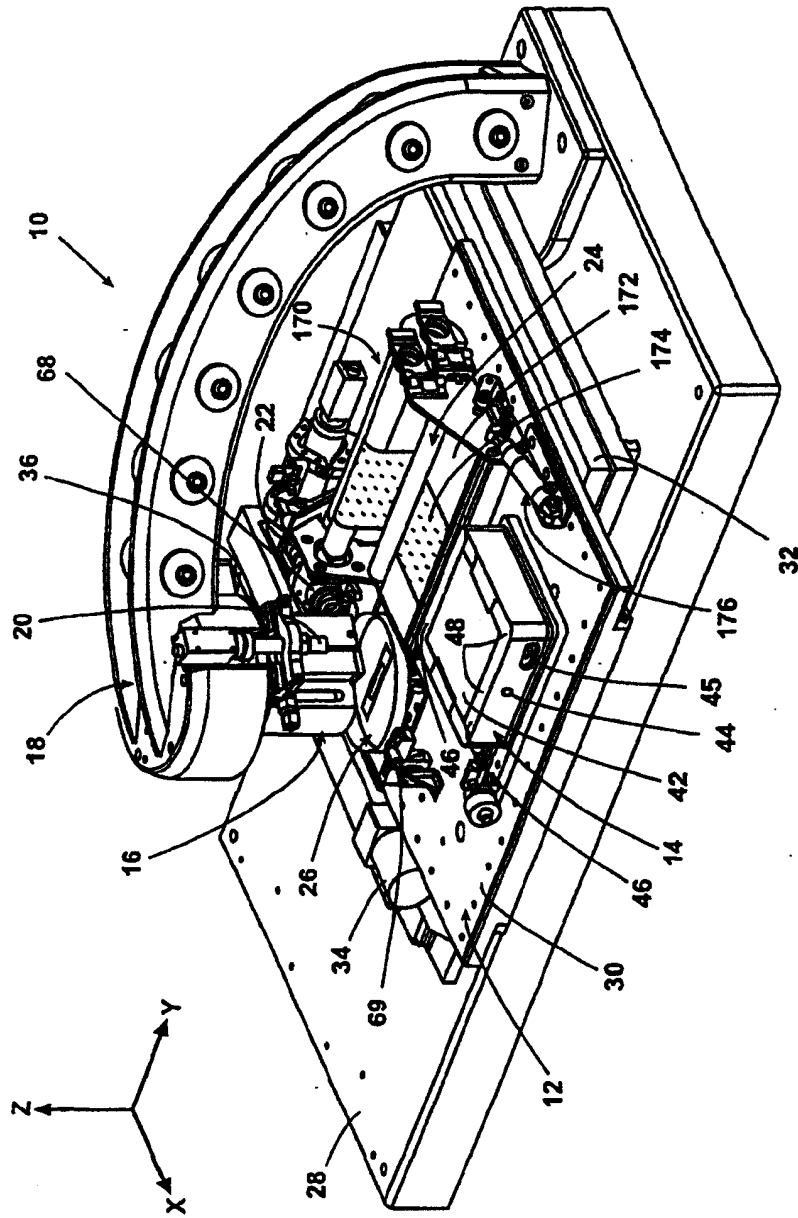


图1

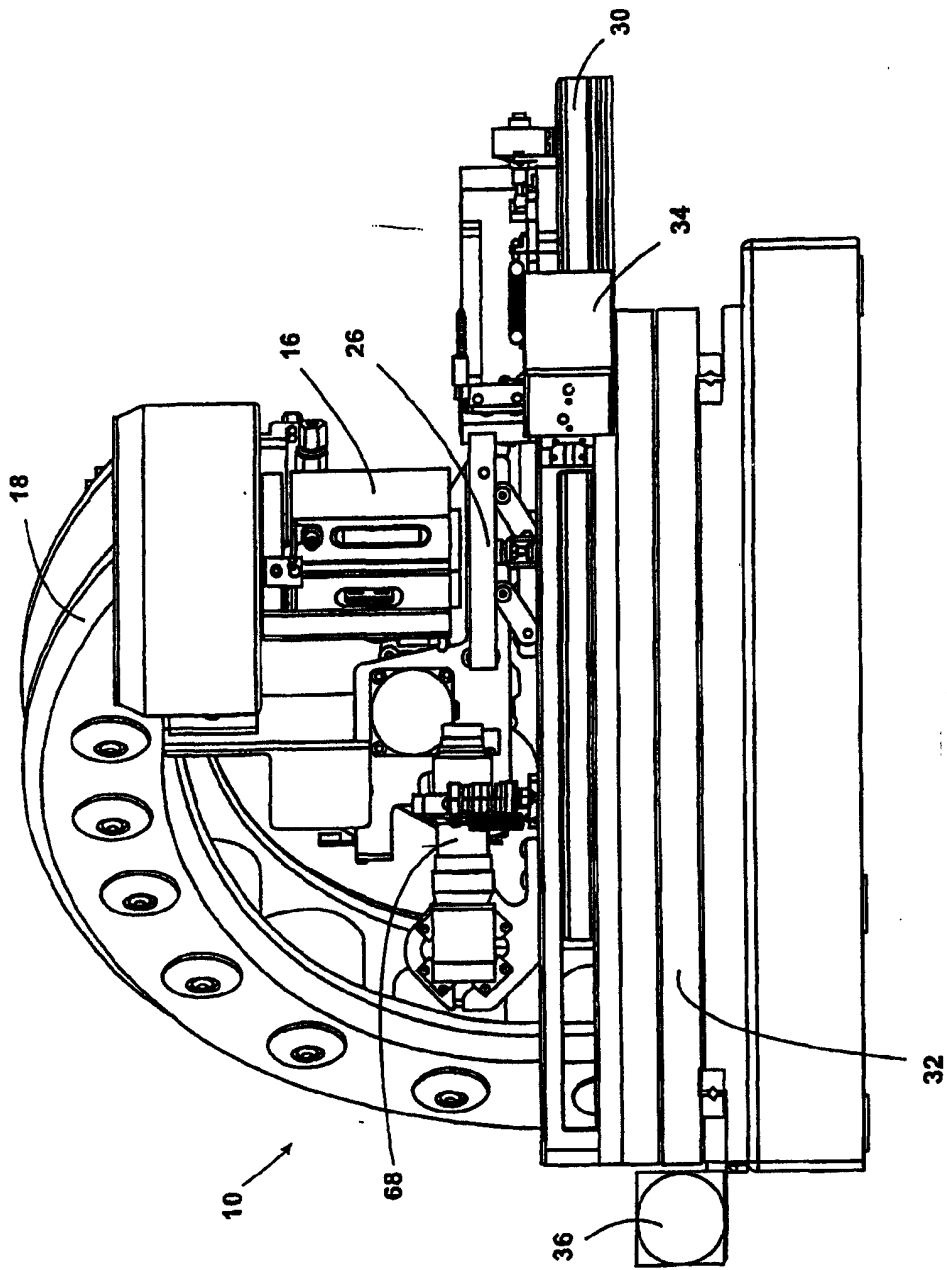


图2

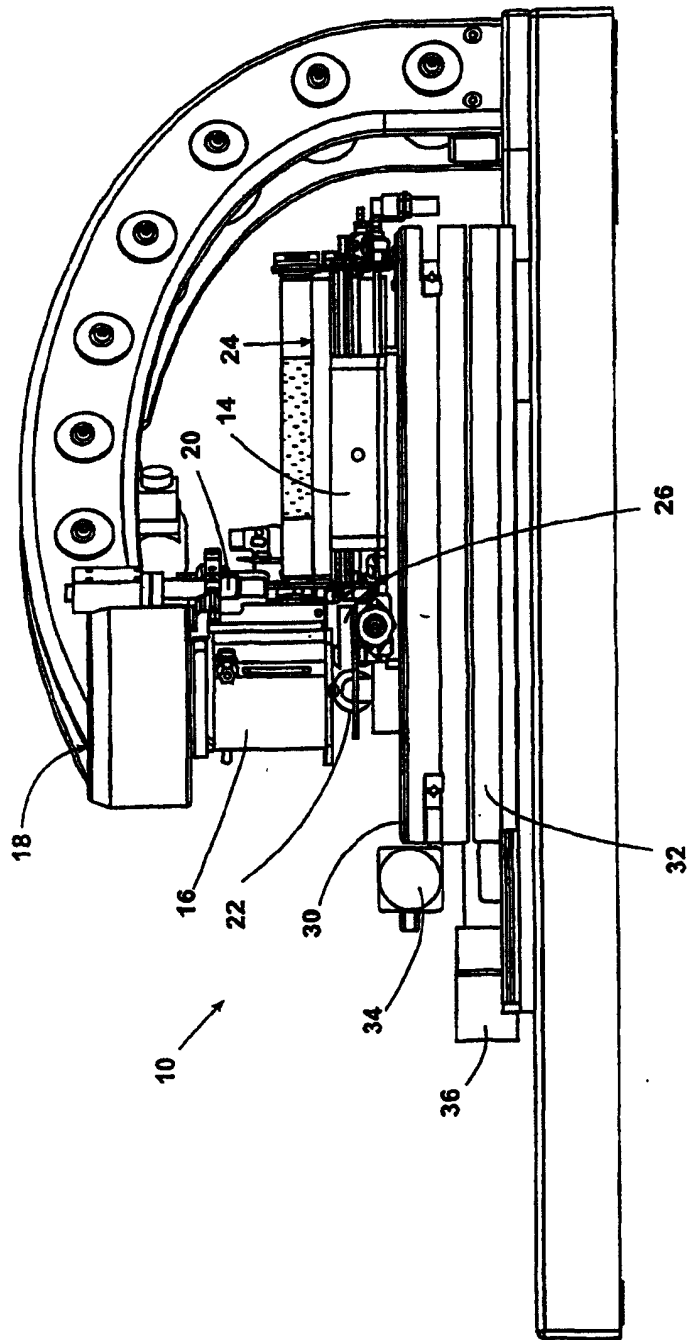


图 3

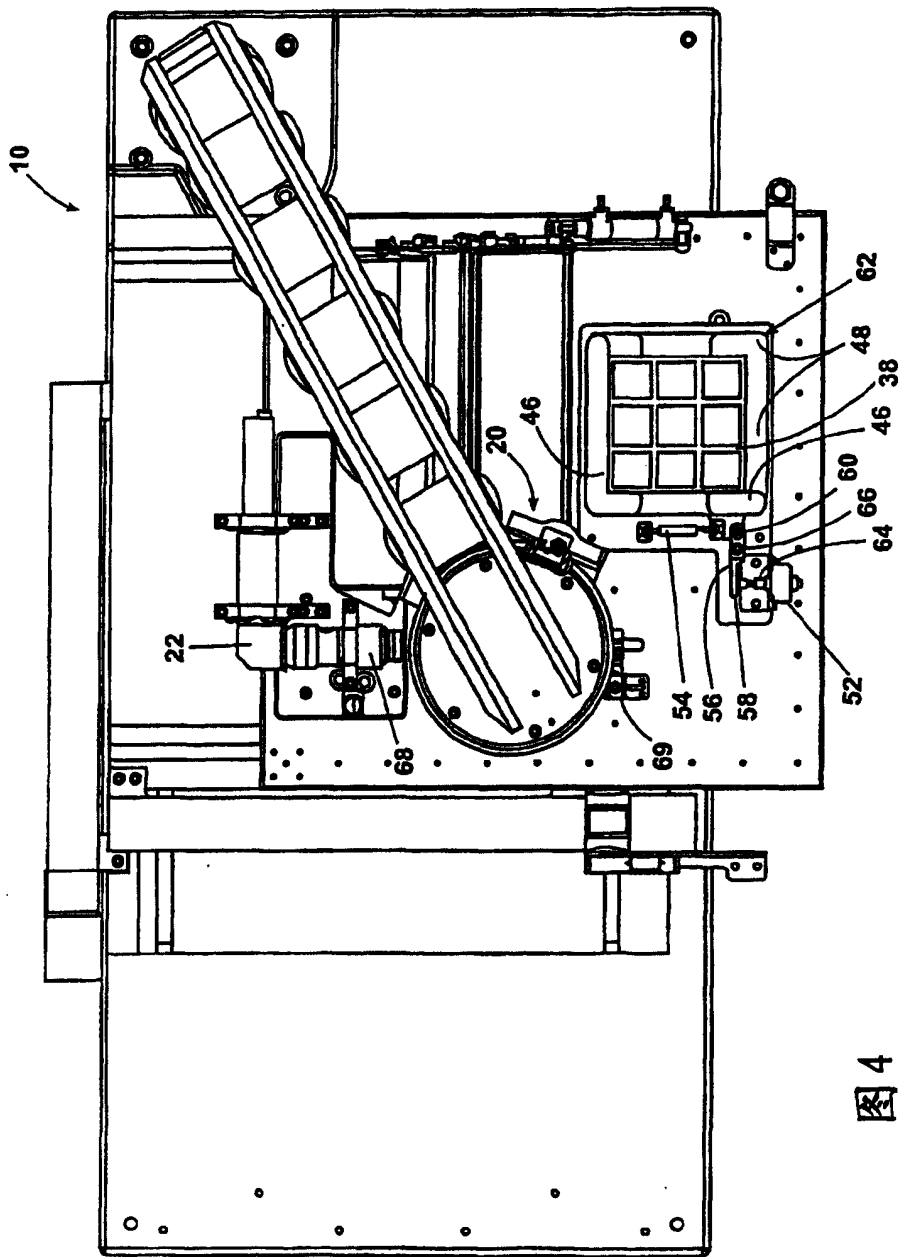


图 4

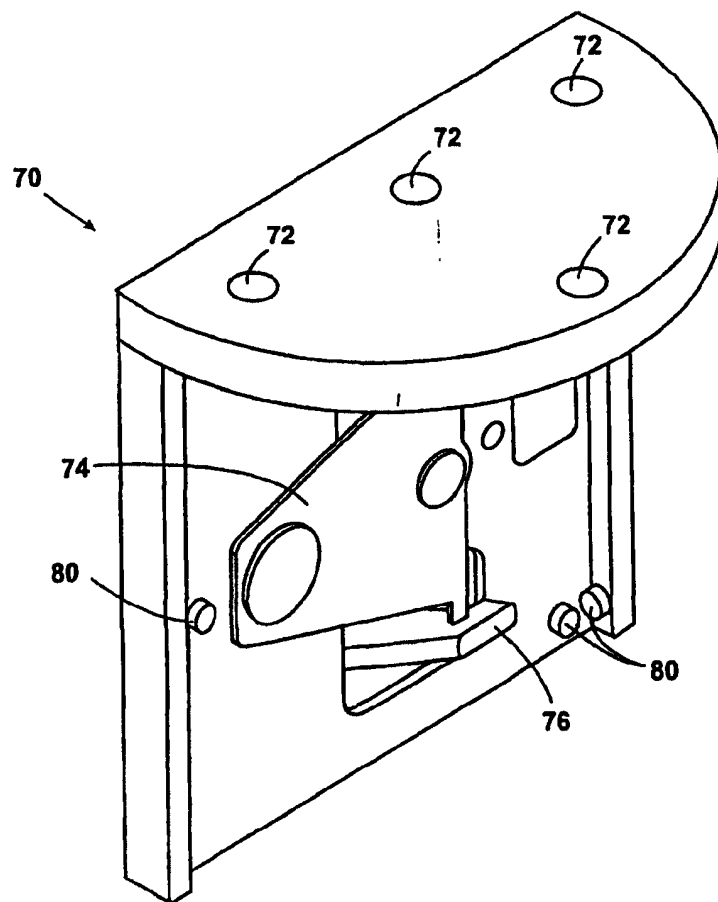


图 5

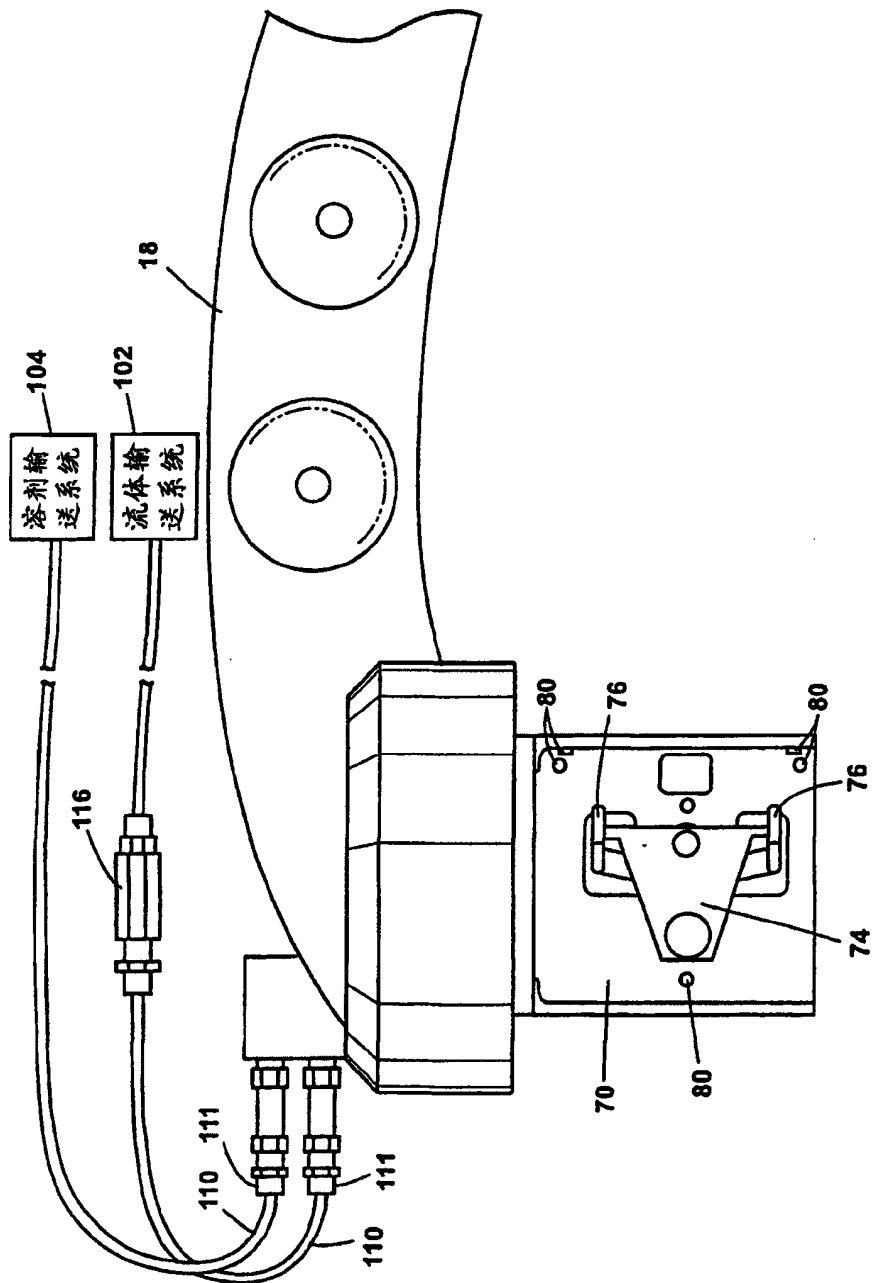


图6

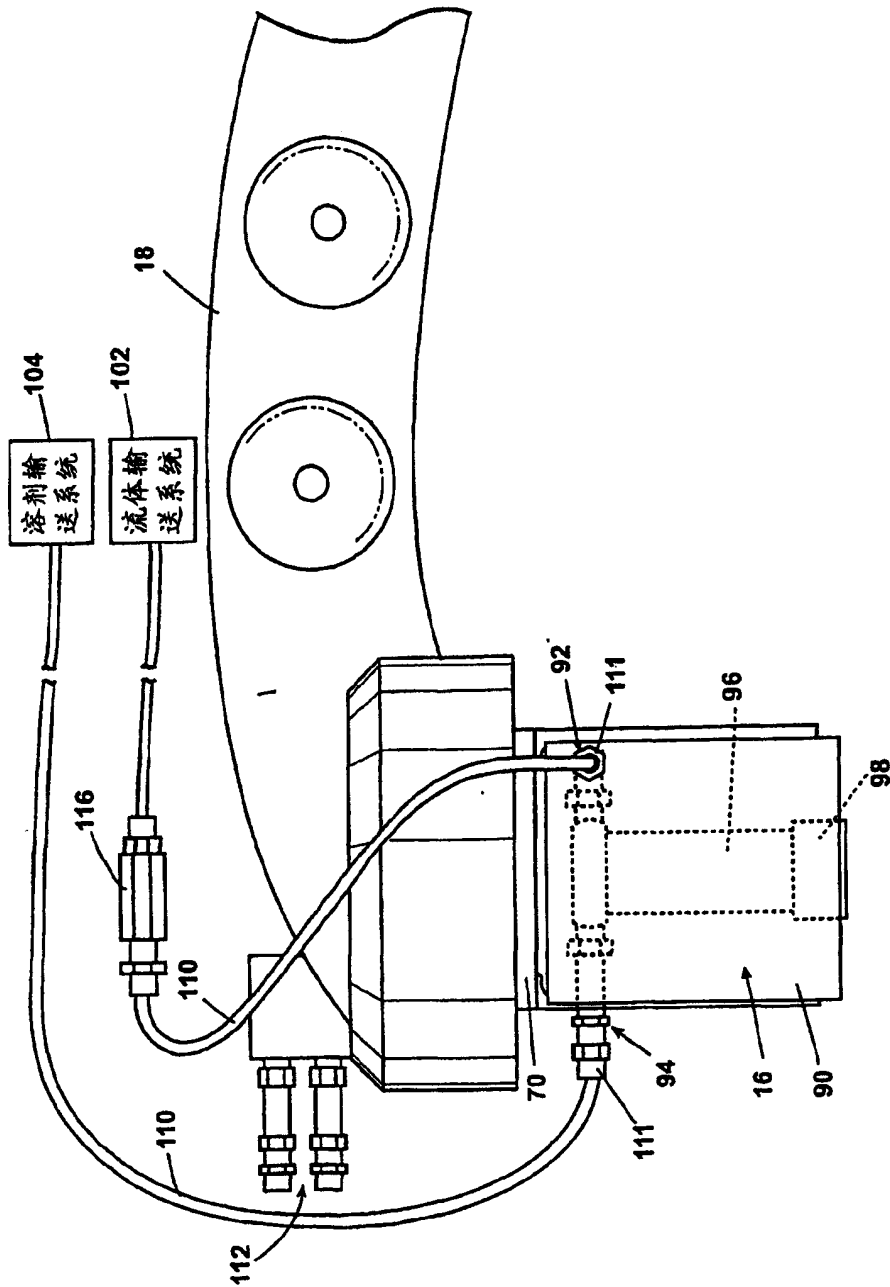


图7



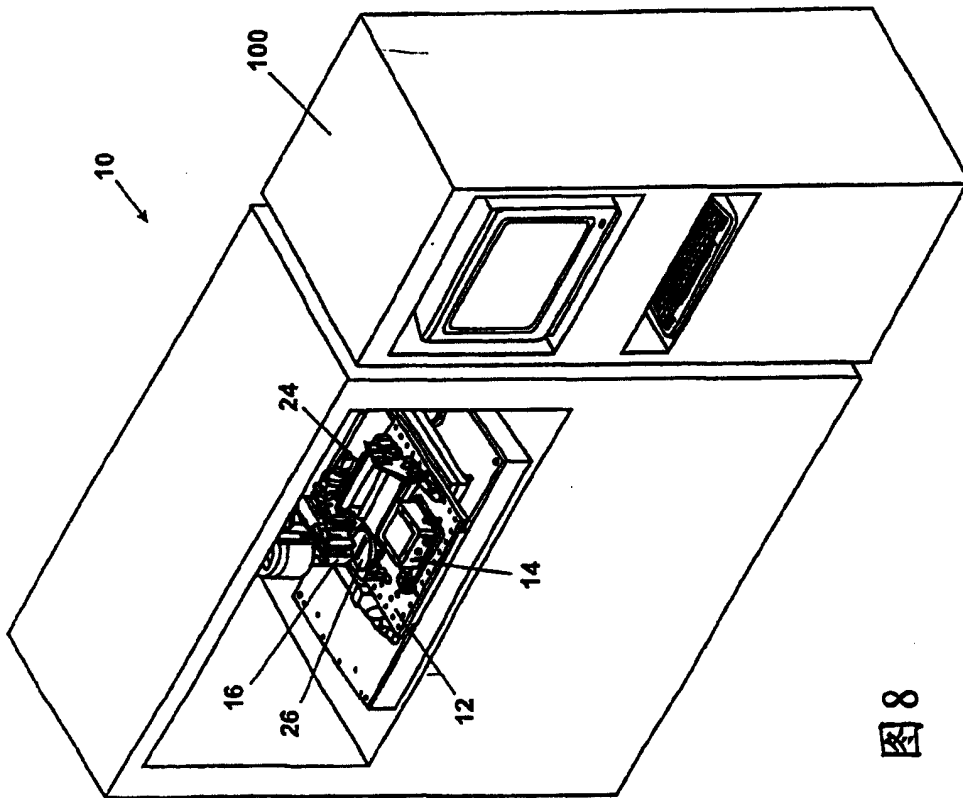


图8

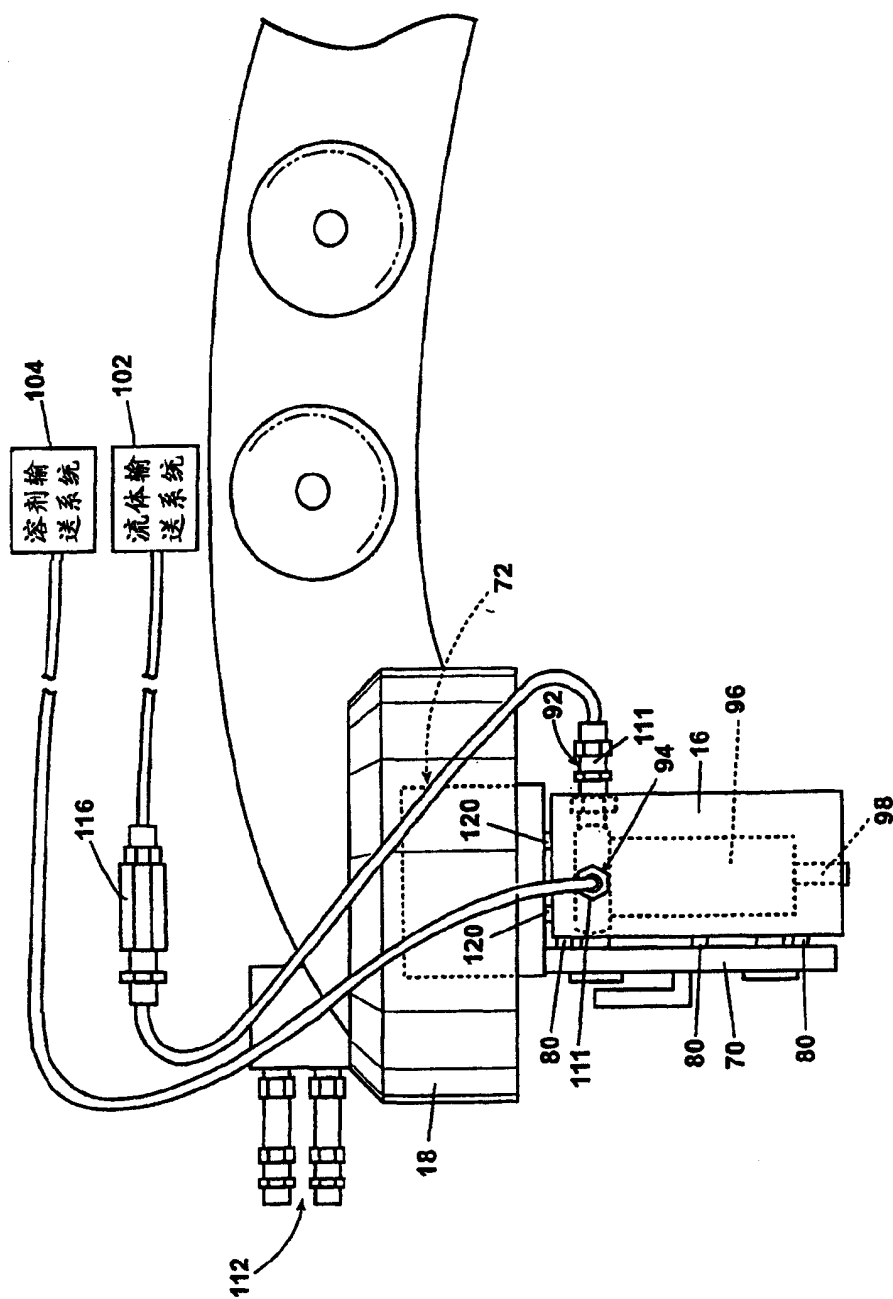


图9

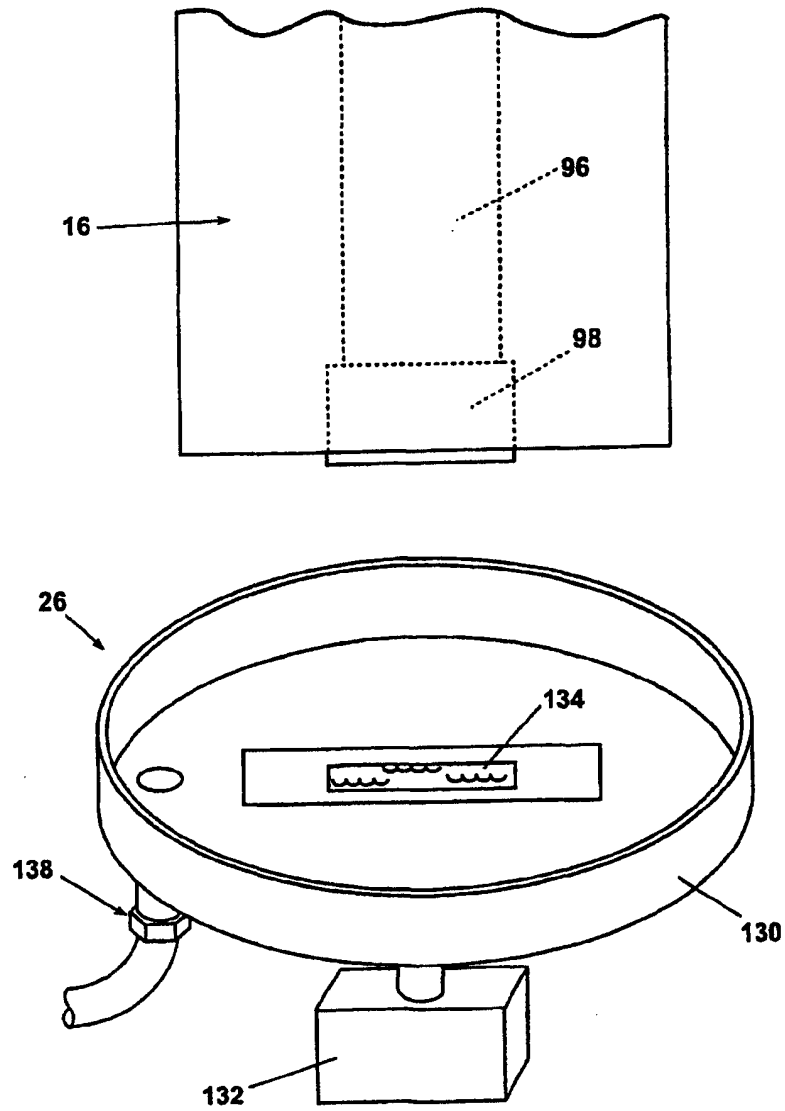


图10

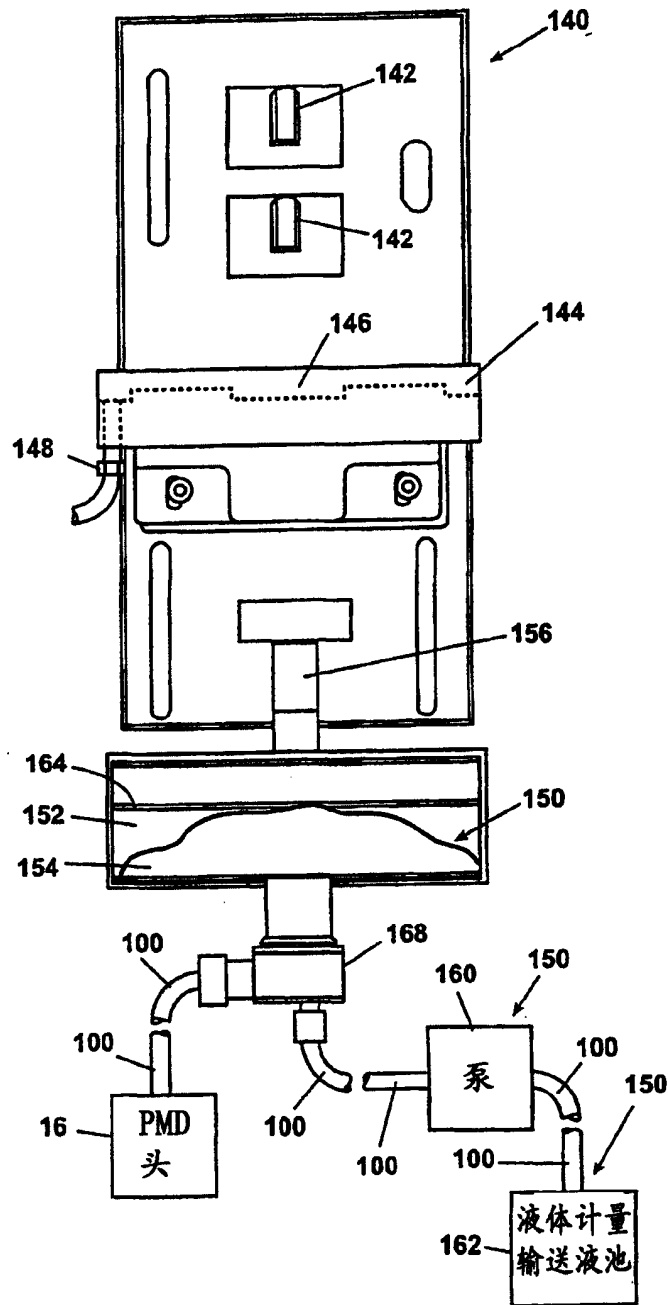


图 11

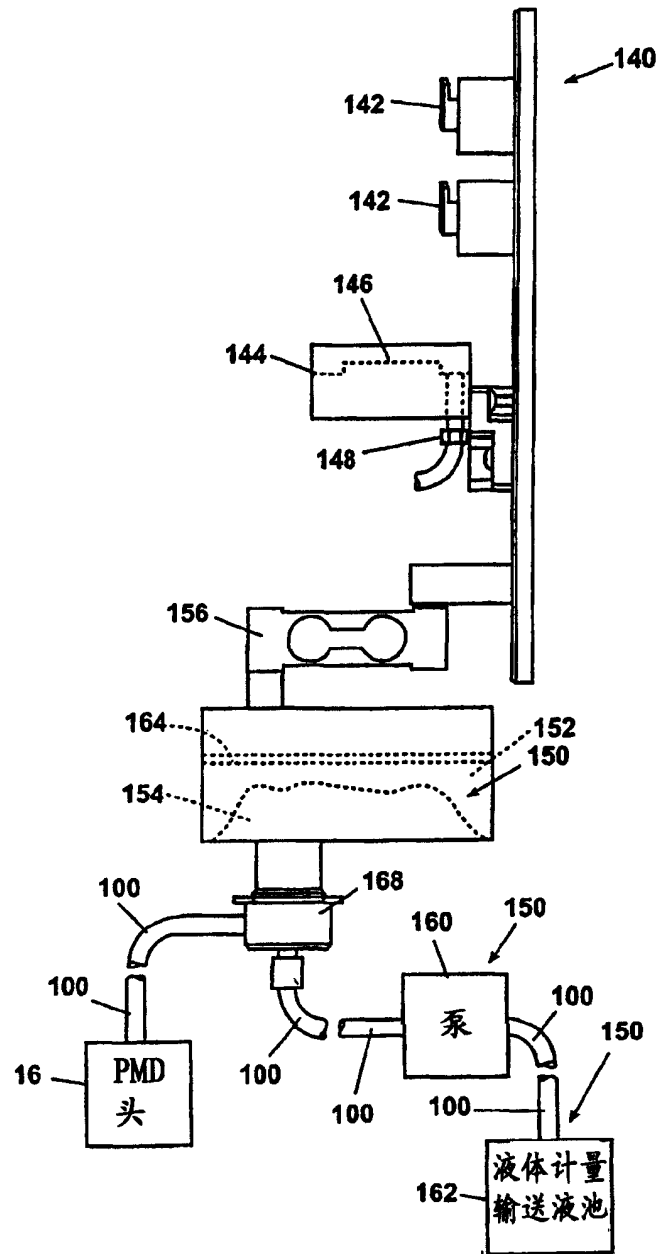


图 12

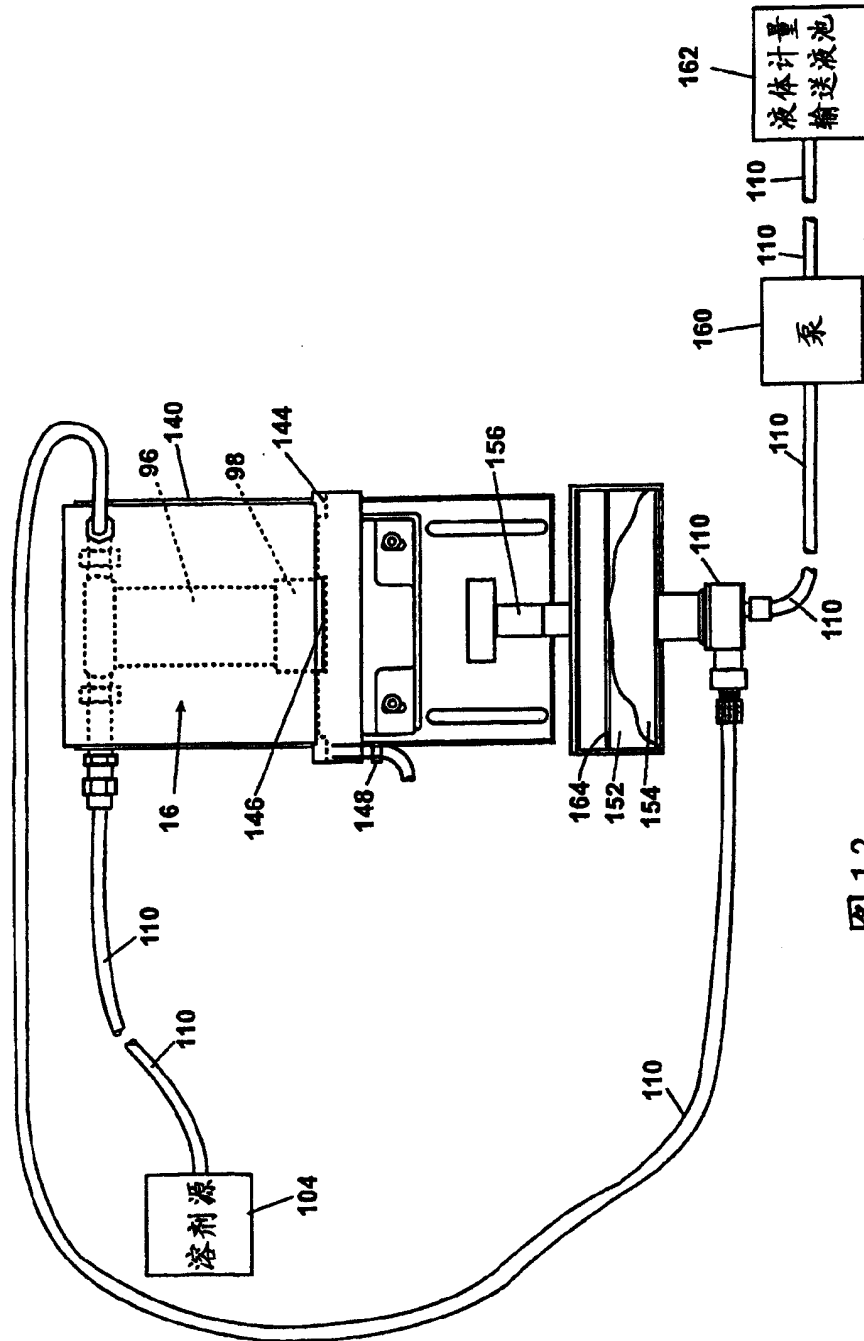


图13

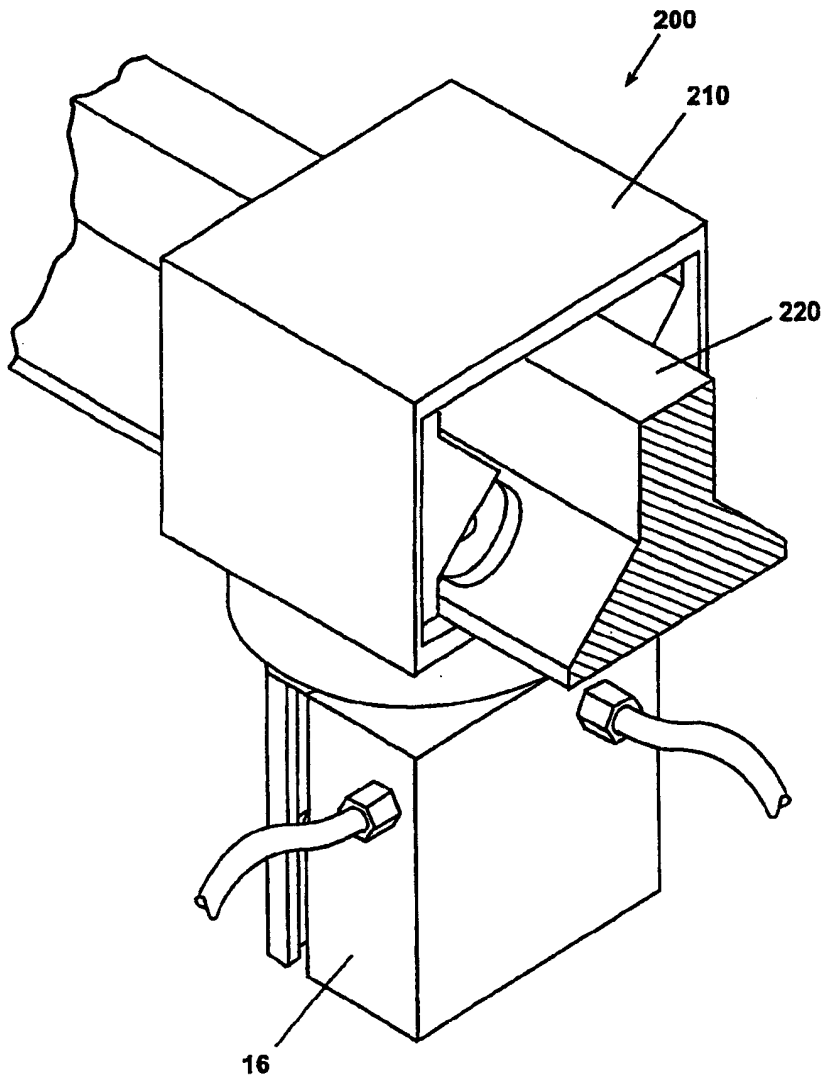


图14

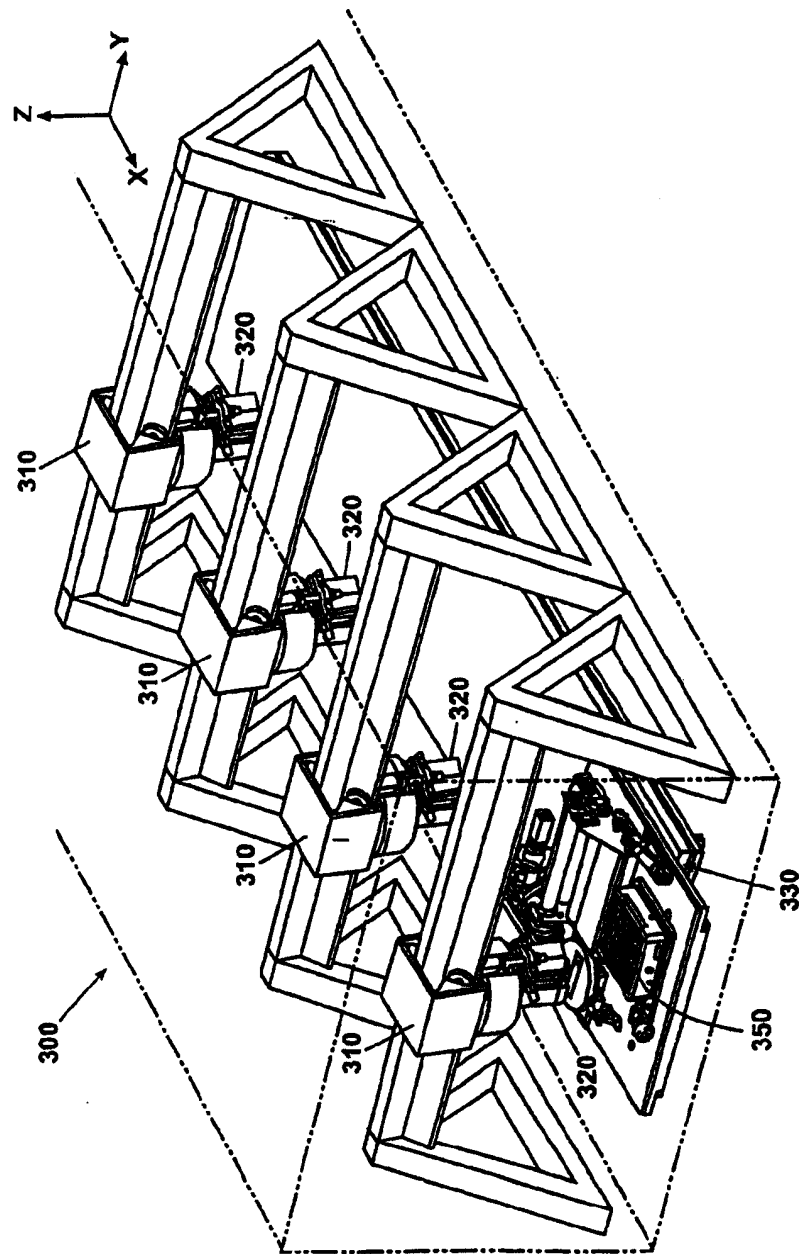


图15