



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410104918.7

[43] 公开日 2005 年 11 月 2 日

[11] 公开号 CN 1690247A

[22] 申请日 2004. 12. 24

[21] 申请号 200410104918.7

[30] 优先权

[32] 2004. 4. 26 [33] DE [31] 102004020466.7

[71] 申请人 应用薄膜两合公司

地址 联邦德国阿尔策瑙

[72] 发明人 艾伯特·卡斯特纳 迈克尔·盖斯勒

托马斯·利普尼茨 于尔根·布鲁赫

安德烈亚斯·弗卢格

伯恩德·西茨卡

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

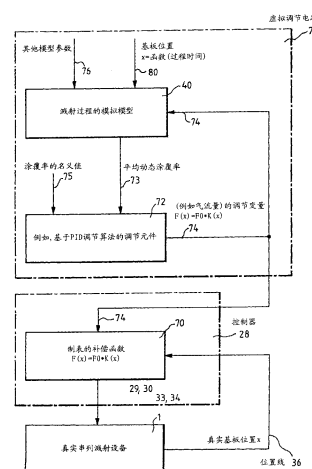
代理人 王景刚 李瑞海

权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 4 页

[54] 发明名称 在串列设备内涂覆基板的方法

[57] 摘要

本发明涉及一种在串列设备中涂覆基板的方法，其中基板被移动通过至少一个涂覆室，并在其移动过程中被涂覆。在这个方法中，首先，形成涂覆室的模型，该模型考虑到涂覆室参数由于基板移动经过涂覆室而引起的变化。随后，获得基板在涂覆室内的位置。接着，根据涂覆室的模型，以基板的位置为基础设置涂覆室参数。



- 1、一种在串列设备中涂覆基板的方法，其中基板被移动通过至少一个涂覆室，并在其移动过程中被涂覆，其特征在于，该方法的步骤如下：
- 5 (a) 形成涂覆室(2)的模型(40)，该模型考虑了涂覆室参数由于基板(5)移动经过涂覆室(2)而引起的变化，
- (b) 获得基板(5)在涂覆室(2)内的位置，
- (c) 根据模型(40)，基于基板(5)的位置来设置涂覆室参数。
- 2、如权利要求1所述的方法，其特征在于，作为基板(5)的位置的函
- 10 数，模型(40)确定用于一个或几个涂覆室参数的修正函数。
- 3、如权利要求1所述的方法，将修正函数(70)传输给涂覆设备(1)的控制器(28)。
- 4、如权利要求1所述的方法，其特征在于，将基板(5)的尺寸输入给模型(40)。
- 15 5、如权利要求1所述的方法，其特征在于，基于模型(40)来确定平均动态涂覆率(73)，然后将所确定的涂覆率(73)作为调节变量输入一虚拟调节器(72)，该虚拟调节器(72)通过改变放电功率(74)或者气流量，来保持恒定的平均动态涂覆率(73)。
- 6、如权利要求5所述的方法，其特征在于，气流量的变化或者放电功
- 20 率(74)的变化作为修正函数(70)被传输给控制器(28)。
- 7、如权利要求1所述的方法，其特征在于，基于模型(40)来确定平均动态涂覆率(73)，然后将所确定的涂覆率(73)作为调节变量输入给一虚拟调节器(83)，该虚拟调节器(83)通过改变用于使操作点现场稳定化的又一个调节器(82)的调节变量，来保持恒定的平均动态涂覆率(73)。
- 25 8、如权利要求7所述的方法，其特征在于，所确定的第二调节器(79)调节变量(82)的变化量作为修正函数(70)被传输给控制器(28)。
- 9、如权利要求1所述的方法，其特征在于，涂覆室参数是阴极电压、气流量、温度和气压。
- 10、如权利要求1所述的方法，其特征在于，基板(5)是玻璃板。
- 30 11、如权利要求1所述的方法，其特征在于，获得的玻璃板(5)的位置是前边缘(35)。

12、如权利要求1所述的方法，其特征在于，采用 Monte Carlo 方法来建立涂覆室(2)的模型(40)。

13、如权利要求1所述的方法，其特征在于，利用溅射来进行基板(5)的涂覆。

5 14、如权利要求13所述的方法，其特征在于，用 Berg 模型来表示溅射过程。

15、如前述任意一项权利要求所述的方法，其特征在于，涂覆室(2)被分成几个子区域(44 到 47)，并在这些子区域(44 到 47)中的每一个内采用 Berg 模型。

10 16、如前述任意一项权利要求所述的方法，其特征在于，将 Monte Carlo 方法建模和 Berg 建模在数学上耦合，形成基于时间的差分方程的耦合系统，从该耦合系统中可得到使层厚(波动)最小化的调节变量。

17、如权利要求1所述的方法，其特征在于，几个涂覆室(2)被串联排列，并用一个模型表示所有涂覆室(2)的工艺参数。

在串列设备内涂覆基板的方法

5 技术领域

本发明涉及一种在串列设备内涂覆基板的方法，其中，基板移动通过至少一个涂覆室，并且在此移动过程中被涂覆。

背景技术

10 这种串列设备由几个涂覆室组成，所述涂覆室串联排列，并优选借助于溅射工艺来涂覆基板。

在这个过程中，基板被移动通过溅射设备，同时被连续地涂覆，这样生产出规定厚度的层。

各个溅射设备被置于涂覆室内，所述涂覆室经由连接或输送通道与邻接室相连。一般来说，在横向方向上，与涂覆室的真空导率（vacuum conductance）相比，输送通道的真空导率较低。邻接的室还可以是涂覆室或者泵舱。

泵舱在涂覆室之间形成了不同的泵级，所以在泵舱之间，确保了一定的气体分离。然而，这并不完全。对于经济操作过程来说，这一方法是重要的。

20 在基板通过涂覆室的输送过程中，具体的室参数，特别是连接通道的真空导率和泵舱的有效排空能力在特性上发生改变。基于设备的机器参数，这可通过局部气体压力以及阴极电压的特征波动来表示。阴极电压使涂覆率随时间波动。因此，基板的涂覆在移动方向上是不均匀的。特别是在涂覆较大面积的建筑玻璃时，由于这些涂覆层的光学特性比较强烈地依赖于层厚，所以这是不利的。

25 为了能够预测真空导率的变化和有效排空能力的变化，可以利用 Monte Carlo 方法。对于几个数学问题（特别是理论概率问题）的近似解的数值确定来说，这是一种随机计算方法。被计算用于气流量模拟（如压力和温度）的宏观值，这儿作为平均值自微观变量（如颗粒速度）来获得，其中所述颗粒速度可从随机移动和碰撞模型的范围内的大量的代表性气体颗粒获得。只有通过快速处理计算机，才能在这一范围内有效应用 Monte Carlo 方法。

已知借助于用于分子模型的随机移动和碰撞模型来进行气流量的 Monte Carlo 模拟 (G.A.Bird: Recent Advances and Current Challenges for DSMC 的, Computers Math.Applic.Vol.35, No.1/2,1998, pp.1-14)。

也已经知道用于产生反应溅射 (例如, 用于在氩气和氮气的混合气体中进行 Ti 的反应溅射) 的宏观理想化模型 (S. Berg、H.-O. Blom, T. Larsson 和 C. Nender: Modeling of reactive sputtering of compound material, J. Vac. Sci. Technol. A5(2), Mar/Apr. 1987, pp.202-207)。

这个模型叙述了反应溅射, 所述反应溅射借助于流到靶和基板的活性气体、借助于用纯的且被氧化的靶获得的溅射、借助于反应性分子相对于基板和靶的粘着系数并借助于流到靶表面上的离子流来进行所述反应溅射。这儿考虑了反应溅射的主要因素, 如磁滞现象、泵送率效应等, 然而, 没有考虑辉光放电的等离子物理和等离子体化学。

与此相反, Ershov 和 Pekker 考虑了等离子体化学 (Model of d.c. magnetron reactive sputtering in Ar-O₂ gas mixtures, Thin Solid Films 289,1996, pp.146-146)。

也已经知道, 借助于 Monte Carlo 模拟方法, 可以获得有关溅射颗粒流动的空间分布以及在该溅射颗粒撞击基板时有关其的动能分布的信息 (Karol Macák, Peter Macák, Ulf Helmersson: Monte Carlo simulations of the transport of sputtered particles, Computer Physics Communications 120, 1999, pp.238-254)。

也已经知道在串联的室内进行的反应溅射的动力学模拟 (A.Pflug、N. Malkomes、V. Sittinger 和 B. Szyska: Simulation of Reactive Magnetron Sputtering Kinetics in Real In-Line Processing Chambers, Society of Vacuum Coaters, 45th Annual Technical Conference Proceedings, 2002, pp16-21)。这儿, 处理室内的复杂容积被划分成简单的容积室, 例如划分成平行六面体形。在每个小室内, 假设用于惰性和活性气体的分压力均匀, 以及假设每个表面上的氧化态是均匀的, 并且用与 Berg 等人的模型相对应的简单的速率方程式来叙述溅射和沉积过程。通过容积元件的三维交联作用, 借助于耦合的差分方程, 过程动力学也可被叙述成复合几何, 且借助于适合的 Runge-Kutta 时间步长方法来计算该过程动力学。

借助于并行的 Monte Carlo 方法, 首先可详细计算气体和溅射颗粒在容

积元件之间的输送。由此获得的真空导率和颗粒分布矩阵后来被代入动力学宏观模型中。因此，在细节上获得了高度逼真的三维装置，其计算高效，使得系统能够用于实时应用。

利用扩展的 Berg 模型，也已经研究了溅射功率、靶电压和离子电流、
5 仿真模型之间的依存性相对于金属模式中沉积参数之间的关系（A. Pflug、B. Szyszka、V. Sittinger 和 J. Niemann: Process Simulation for Advanced Large Area Optical Coating, 2003, Society of Vacuum Coaters, 46th Annual Technical Conference Proceedings, 2003, pp.241-247）。这个模型使得模拟可与机器参数（如电压和溅射功率）结合，并借助于分割的长靶进行不均匀溅射条件下的
10 模拟。

上面列出的几种模拟方法也已经合成模拟软件（A. Pflug、B. Szyszka、J. Niemann: Simulation des reaktiven Magnetron-Sputterprozesses in Inline-Anlagen{Simulation of the reactive magnetron sputter process in inline installations}, JOT 1, 2003, pp.X-XIII）。这儿，借助于 Monte Carlo 方法，
15 在 Linux 群（cluster）上，对气流量动力学以及溅射颗粒在室内表面上的分布进行三维计算。在并行环境“并行虚拟机”下，在 C++内作为并行算法来实现上述用于气流量模拟的 Bird 方法以及 Macák 等人的方法，其中，Macák 等人的方法也在上面提及，其是关于颗粒轨道的模拟。

Linux 群由几个连接的 PC 组成，其在 Linux 系统下运行。“群(Cluster)”
20 首先是指几个处理器并行地计算一个问题。实际上，因成本原因，通常从商业可得的 PC 来建立群，通常用双板（dual board）PC 来获得最佳成本/效益比率。经由分离的网络将 PCs 网络互联，以便能够在计算过程中，在子过程之间进行必要的通信。

在这个软件系统的框架下也可在三维串列设备内实现用于计算时间分辨的过程动力学的上述宏观动力学模型。这个模型适用于实时应用，并输入
25 数据和溅射颗粒的分布矩阵，其中，所述数据以气流量动力学的流导形式从 Monte Carlo 计算获得。

也已知用于溅射过程的其他模拟方法（US5751607、US6070735、KR2000023859、JP10294293、2003282381A、US6512998B1）。然而，所有
30 这些都涉及溅射中性粒子的模拟方法。然而，中性粒子分布在宏观溅射过程动力学上的影响小得趋于零，并且对于本发明来说，其是次要的。从

US6425988、6524449 和 66687207 可知层厚调节。

发明内容

本发明的目的在于提供一种方法，应用该方法，基板上的涂层在基板穿
5 过涂覆室的移动方向上具有均匀的厚度。

为了实现上述目的，本发明提供了一种在串列设备中涂覆基板的方法，其中基板被移动通过至少一个涂覆室，并在其移动过程中被涂覆，其特征在于，该方法的步骤如下：

（a）形成涂覆室的模型，该模型考虑了涂覆室参数由于基板移动经过
10 涂覆室而引起的变化，

（b）获得基板在涂覆室内的位置，

（c）根据模型，基于基板的位置来设置涂覆室参数。

在本发明中，使用了一种涂覆装置的模型，其精确地描述了包括容积形式和表面形式以及所有进行三维分解的局部压力和局部流量的容器，如同它
15 们相应于所有化学产品（包括电子和离子）的接收器和源，在空间上和时间上展开。另外，还形成了溅射和沉积过程的模型。

本发明所获得的优点特别在于，在涂覆过程中也可以考虑到参数，这些参数在涂覆过程中不能直接测量得到，例如，涂覆靶上的溅射率或基板上的平均沉积率。然而，尽管可借助于用于确定涂覆率的现场光谱仪来测量层厚，
20 但是必须及时在两点确定至少两个层厚。因为基板的移动，这几乎是不可能的，除非光学系统也在移动方向上一起移动。因此，通过模拟的虚拟调节电路，溅射率或者平均涂覆率可被保持恒定。例如，如果两个靶的溅射率通过修正协议被成功地保持恒定，那么其也将生产出恒定的涂覆率。

在调节或修正协议从虚拟调节电路应用到真实溅射过程中的过程中，在
25 基板移动的方向上产生涂覆厚度的提高了的均匀性的效果。在模拟过程中，基板上的涂覆率借助于调节电路被保持恒定。这也产生了修正协议，例如用于气流量的修正协议。

为了在基板上形成均匀层厚，保持涂覆靶和容器的所有相关操作条件随时间恒定，是足够的。“操作条件”这儿可被理解为靶和基板之间的气压，
30 以及靶的溅射率，其不可以从外部直接测得。例如，不可在靶和基板之间直接测量压力，而是可在容器壁上的任意位置来测量压力。在几个靶（如双

阴极)组成的涂覆系统中进行的实验显示,一般来说,利用简单地调节协议,不可能获得所有靶的恒定操作调条件。单个靶的溅射率示出特征时间过程,在调节协议在基板上的应用中,其平均起来被补偿到均匀涂覆率。利用更加复杂的修正协议,例如用于右进气口和左进气口的两个独立的修正曲线,也将能够保持两个靶的溅射条件恒定。

通过基板移动而改变的所有排空性能和真空导率的详细补偿将独立于溅射过程,并且,一旦已经针对特定装置的几何形状计算了相应的调节或修正协议,其也可独立于靶材料和溅射过程的操作点应用。

然而,在带有复杂结构的涂覆源的情况下(例如所述的双阴极),简单调节协议会在具体的工艺参数中造成附加波动,借助于该协议,可以平均地补偿在所有颗粒流动的移动方向上,基板上最初出现的层厚不均匀性。在这些例子中,调节协议也依赖于溅射过程的材料和操作点。这些例子中的溅射模型,对于靶材料来说,可被校准至溅射过程的具体参数范围内,并且,在这个范围内,可在短时间内输出相应所需的调节协议。

在本发明中,包含了利用在具体工艺参数中其他的基于时间的波动对层厚不均匀性的间接和对涂覆室内的所有操作状态的详细补偿。

附图说明

在附图中示出本发明的实施例示例,并将在下文对本发明的实施例示例进行更详细的叙述。在附图中:

图1是溅射室的横截面图,

图2是溅射室的一个应用模型的示意性视图,

图3是模拟虚拟控制的详细说明,没有现场过程调节,

图4是有现场过程调节的模拟虚拟控制的详细说明。

附图标记如下:

1: 溅射室; 43: 溅射靶; 2: 涂覆室; 44: 小室; 3: 缓冲室;
45: 小室; 4: 缓冲室; 46: 小室; 5: 基板; 47: 小室; 6: 输送辊;
48: 流导; 7: 托架; 49: 流导; 8: 泵室; 50: 流导; 9: 泵室;
51: 有效排空能力; 10: 泵; 52: 有效排空能力; 11: 泵;
53: 效排空能力; 12: 安装盖; 54: 有效排空能力; 13: 阴极座架;
55: 基板表面; 14: 阴极; 56: 基板表面; 15: 靶; 57: 基板表面;

- 16: 阴极; 58: 基板表面; 17: 座架; 59: 溅射掉的颗粒;
18: 冷却系统; 60: 分支; 19: 绝缘体; 61: 分支; 20: 壁;
62: 溅射掉的颗粒; 21: 供应管线; 63: 分支; 22: 阴极盖罩;
64: 分支; 23: 阴极冷却水管; 65: 溅射掉的颗粒; 24: 阴极冷却水管;
5 66: 进气口; 25: 阴极端子; 67: 进气口; 26: 槽锁; 68: 进气口;
27: 线; 69: 进气口; 28: 控制器; 70: 修正函数; 29: 控制线;
71: 虚拟调节电路; 30: 控制线; 72: 调节元件; 31: 阀; 73: 涂覆率;
32: 阀; 74: 设备参数; 33: 线; 75: 名义值; 34: 线; 76: 调节器;
35: 基板 5 的前缘; 77: 操作点; 36: 控制线; 78: 虚拟调节电路;
10 37: 压力传感器; 79: 虚拟调节电路; 38: 线; 80: 基板位置;
81: 反应气体局部压力; 40: 模型; 82: , 名义值; 41: 溅射靶;
83: 调节元件; 42: 溅射靶

具体实施方式

- 15 图 1 示出溅射室 1, 该溅射室 1 包括涂覆室 2 和两个缓冲室 3、4。还有
溅射室毗连在这个溅射室 1 的右侧和/或左侧, 其在此没有示出。经由支撑在
托架 7 上的输送辊 6 将基板 5 从左侧输送到右侧。在各个缓冲室 3、4 上方
置有一个泵室 8、9, 泵 10、11 设置在各个泵室 8、9 上方。泵 10、11 是涡
轮泵, 其具有不变的额定名义旋转速度, 且其在这个速度具有固定排空能力。
20 在这儿选择的模型中, 泵 10、11 的固定排空能力为不变值。在泵 10、11 之
间设置有安装盖 12, 阴极座架 13 固定在安装盖 12 的下侧, 该阴极座架 13
支持着带有靶 15 的阴极 14。置于靶 15 下方的阳极 16 被固定在座架 17 上,
该座架 17 插入一个冷却系统 18, 并经由绝缘体 19 与涂覆室 2 的壁 20 连接。
靠近阳极 16 设置用于溅射气体的供应管线 21。在阴极盖罩 22 内设有阴极冷
25 却水管 23、24, 该阴极冷却水管 23、24 用于顺流和回流冷却水。用附图标
记 25 指示阴极端子。槽锁 (slot lock) 26 将涂覆室 2 与缓冲室 4 相连。

尽管图 1 仅仅分别示出一个阴极 14 或一个靶 15, 本发明也可被用于带
有两个或多个靶的装置中。

- 用附图标记 37 指示压力传感器, 其通过线 27 与控制器 28 相连, 该控
30 制器 28 包括溅射室 1 的模型。经由控制线 29 和 30、阀 31 和 32 以及线 33
和 34 两端的阴极-阳极间电压相应地控制涂覆室 2 内的气压。从气体流入量

(流率) F 与所有相连的泵的有效排空能力 S_{eff} 的比率来计算涂覆室 2 内的平均压力 P :

$$P[\text{mbar}] = 0.01812 \times F[\text{sccm}] / S_{\text{eff}}[1/\text{s}]$$

其中, sccm = 标准立方厘米每分钟, $1\text{sccm} = 0.01812\text{mbar}1/\text{s}$ 。

- 5 不断地测量或计算基板 5 的前缘 35 的位置。如果计算, 需要记录将基板引入溅射室 1 或涂覆室 2 内的时间点。经由控制线 36 将基板 5 的位置值报告给控制器 28。

基于基板 5 的具体位置, 并借助于与软件调节电路 (software regulation circuit) 连接的溅射室 1 的模型的校正功能, 现在可这样设置控制器 28, 即,
10 在基板 5 的运动方向上进行均匀涂覆。

图 2 示出溅射室的使用模型的示意性说明。这个模型不涉及图 1, 而是带有若干靶的室。

反应溅射法的动态宏观模型 40 (其是本发明的基础) 计算在虚拟溅射设备内溅射过程和接收器的玻璃液流动力学之间的相互作用, 所述虚拟溅射设备表示根据图 1 的真实溅射室 1 的子区域。这个子区域由许多 M 虚拟溅射
15 靶 41 到 43 以及溅射区域内的一部分接收器容积组成, 其在模拟实验中以 44、45、46、47 的形式表示。在根据图 1 的真实溅射设备的图中, 示出仅仅一个溅射靶 15 的具体例子。然而, 模型 40 容许任意数目的虚拟溅射靶 41 到 43, 以便能够随其模拟例如双阴极的工作情况等。

20 用附图标记 55 到 58 表示要溅射的表面。这些表面可以是基板或室壁。附图标记 59、62 和 65 指示溅射掉的颗粒, 其基本相应地分布在分支 60、61 和 63、64 中。

这个子区域内的小室 (cell) 44 到 47 之间的气体输送的特点是流导 (flow conductance) 48 到 50, 相反, 气体流入和气体流出的特点是在这个子区域的边界上的有效排空能力 51 到 54。与有效排空能力相比, 流导 $S_{44/45}$ 指示两个小室 44、45 之间的净气流量和其压力差 $P_{44}-P_{45}$ 之间的比率:

$$S_{44/45}[1/\text{s}] = 0.01812 \times F_{44/45}[\text{sccm}] / (p_{44} - p_{45})[\text{mbar}]$$

借助于所谓的“Monte Carlo 直接模拟”(DSMC) 方法来决定流导的系数 48、49、50 和有效排空能力 51、52、53、54。

30 在 N 个小室 44 到 47 的情况下, 所有系数 48、49、50 的全体形成对称的 $N \times N$ 矩阵。在目前采用 DSMC 方法的示例中, 单独的软件是可得, 其

可被具体表示为并行算法，并且其可基于 Linux 群来计算容器的实际三维压力和流量分布图，其中，气体流过该容器。这个方法必须在基板 5 的不同位置重复进行，这样系数 48 到 50 和 51 到 54 就以基板位置的函数的形式被传给动力模型 40。

- 5 虚拟溅射靶 41 到 43 被分配给例如与小室 44 内靶 41 的靶面的吸气区域分数 (gettering areal fractions) 相对应的系数。所有系数的全体形成 $M \times N$ 矩阵。而且，各个小室 44 到 47 与基板表面 55 到 58 相连。由系数 60、61、63、64、65 来决定基板表面 55 到 58 上的靶 41 到 43 的溅射材料的分数，所述系数的全体也可表示为 $M \times N$ 矩阵。为确定系数 60 到 65，另一个 Monte Carlo
- 10 方法用来模拟溅射的中性颗粒的轨迹 (Computer Physics Communications 120, 1999, pp238-254, Karol Macák, Peter Macák, Ulf Helmersson: Monte Carlo simulations of the transport of sputtered particles)。这个模型也可作为外部软件模型，其没有在图 2 中示出。

- 在动力模型 40 的各个小室 44 到 47 内，现在使用类似于 Berg 等人
- 15 (S.Berg、H.-O.Blohm、T.Larsson 和 C.Nender: Modeling of reactive sputtering of compound materials, J.Vac.Sci.Technol.A5(2), Mar/Apr.1987, pp.202-207) 的一个溅射模型。因而，通过流导 48 到 50 和靶 41 到 43 及其区域分数和溅射分数来给出小室 44 到 47 的耦合。各个小室 44 到 47 可与进气口 66 到 69 连接。借助于系数 51 到 54，提供了直接连接的泵或者邻接溅射室的连接，其
- 20 没有在动力模型 40 内直接计算。整个模型 40 最终可被理解为耦合的、非线性的、与时间有关的微分方程式的系统，可以用标准的数值方法得到该系统的解 (例如，J.R.Cash, A.H.Carp, ACM Transactions on Mathematical Software 16 (1990), p.201ff.)。

- 原始 Berg 模型没有包含用于计算靶电压的机制。在恒功率时该靶电压
- 25 可视为恒定的。在本发明中，引入靶材料的二次电子发射作为氧化态的函数，借此，靶电压可作为功率和其他工艺参数的函数来计算。

- 为了能够正确地模拟总压力随过程特征[直线]的变化，另外还引入氩离子在最接近靶的表面 (如室壁、隔膜等) 上的损失机理。特别是在较低的总压力下，因此，产生的氩离子的一部分没有参与溅射过程，而是被其他的最
- 30 接近靶的表面吸收。

 过程特征的更确切分析还示出，修正建模不可避免地在模型中包括依赖

于溅射产率的电压或能量。在现有技术中迄今还没有将其考虑在内。

在图3中示出用于使涂覆率稳定化以及在没有现场过程调节的情况下使连续控制稳定化的虚拟调节电路的详细说明。

对于层厚波动的修正来说,首先研究例子,其中,溅射过程的选择的操作点不需要任何进一步的现场过程稳定化。在这个例子中,在溅射设备的控制器28中,对表列的或参数化的补偿函数70求积分,该补偿函数70取决于玻璃基板5的位置,通过控制线36来读出该玻璃基板的位置。借助于补偿函数70,溅射设备1内的溅射过程可被建模为基板位置的函数。在实施例的示例中,或者通过可变的气流量,或者通过可变的放电(discharge)特征来进行。其中,可变气流量通过控制线29、30传输,可变放电特征通过线33、34作为总功率、电流或电压来传输。

为了获得适用于使层厚波动最小化的补偿或修正函数70,在预备阶段,编译溅射设备1的溅射过程的动力模型40,并将这个模型连接到虚拟调节电路71内的虚拟调节元件72上。调节元件72接收基板上的建模后的平均动态涂覆率73,作为调节后的变量以及设备参数74(如气流量或放电功率)。,作为修正变量。虚拟调节元件72首先在模拟中在时间上均匀地实现平均涂覆率73。

在模型40和真实装置1之间具有充分良好的一致性的情况下,修正变量74的时间过程可被用作真实模型的修正函数70,这样基板5上的真实涂覆也获得层厚均匀的剖面。

图4叙述了用于使涂覆率稳定化以及在现场过程调节的情况下使连续控制稳定化的虚拟调节电路的更详细说明。

一些例子可要求真实溅射设备1设有调节器76,利用该调节器76,反应气体的局部压力(由压力传感器37测量并通过控制线27传输)被保持恒定。这儿跨过线33、34传输的放电功率或者跨过线29、30传输的惰性或反应气体流量可用作修正变量。如果操作点处于溅射过程特征的所谓不稳定的转变范围内,则总是需要操作点的这种所谓的稳定化。

在这个示例中,用于使层厚波动最小化的修正函数70被应用在调节器76的操作点77上,而不是被应用在设备参数上。从并联控制线36再次读入基板位置x。为了获得用于此的修正函数,在模拟平面上建立双虚拟调节电路78:用于现场过程稳定化的虚拟调节元件79被连接到溅射设备的模拟模

型 40。虚拟调节元件 79 理想地并入与真实调节元件 76 相同的调节算法。因此，通过改变工艺参数 64（例如放电功率或气流量），用虚拟压力传感器来将模拟的活性气体局部压力 81 调节至名义值。

- 5 现在借助于又一个调节元件 83 来调节名义值 82，使基板上的平均动态涂覆率 73 被稳定至名义值 75。调节器 83 的修正变量与调节器 79 的名义值 82 相对应。在模拟后，修正变量的时间过程作为制表的修正函数 70 被再次传输到真实装置的控制器 28。

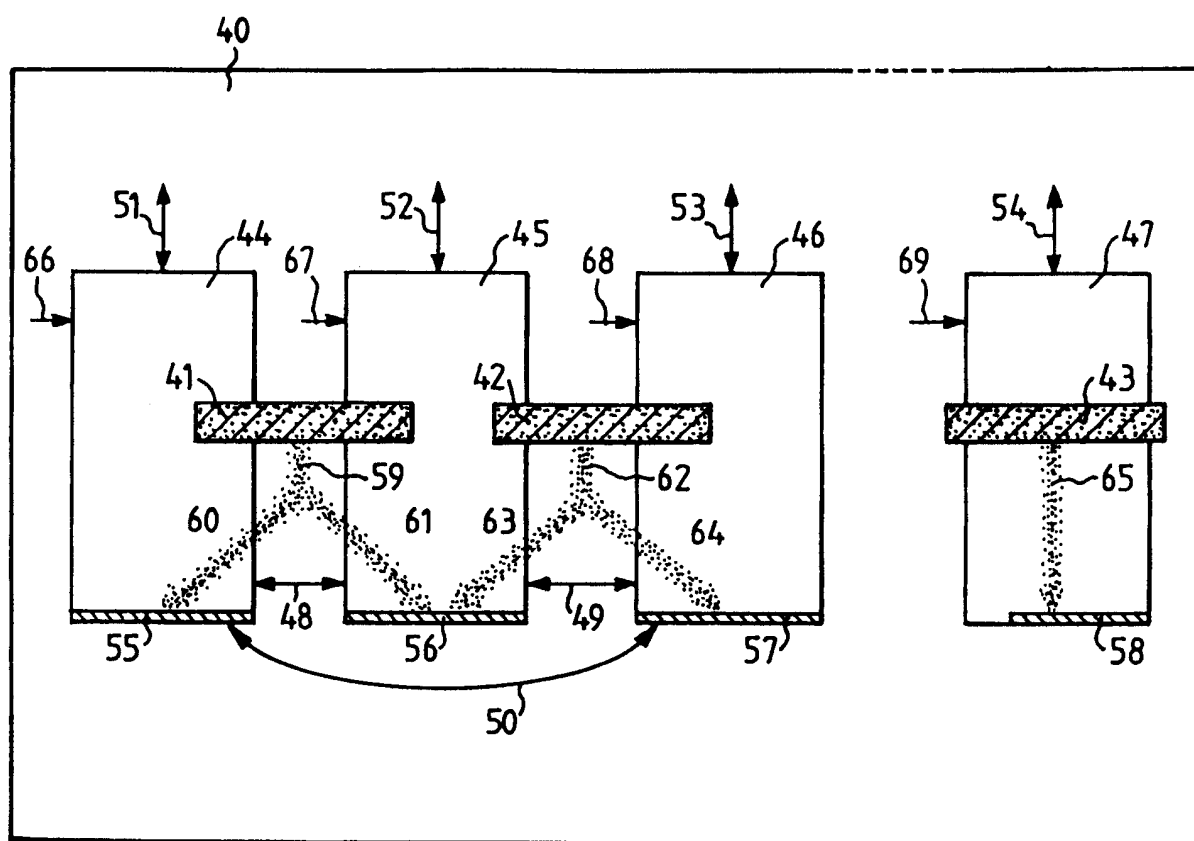


图 2

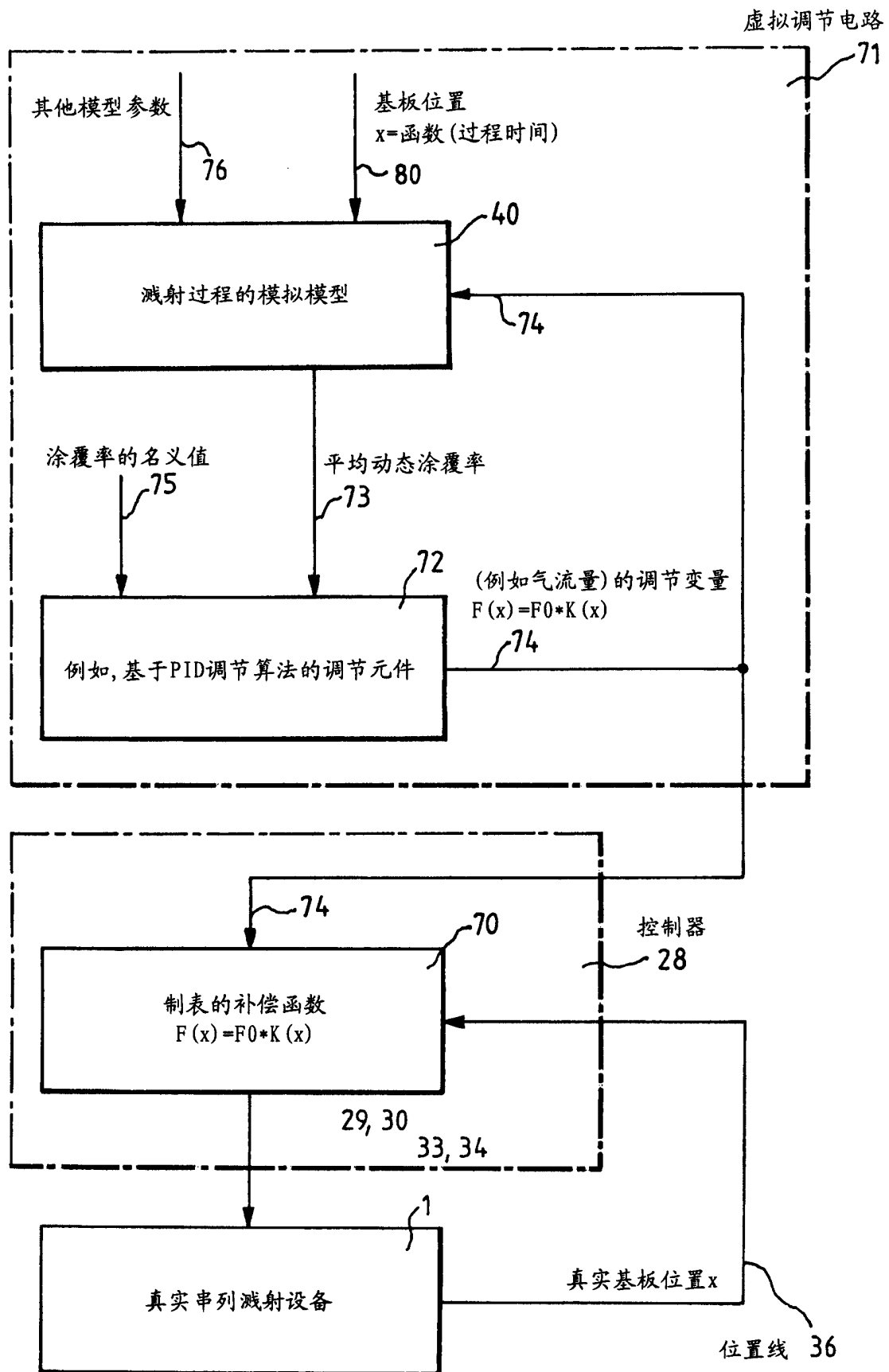


图 3

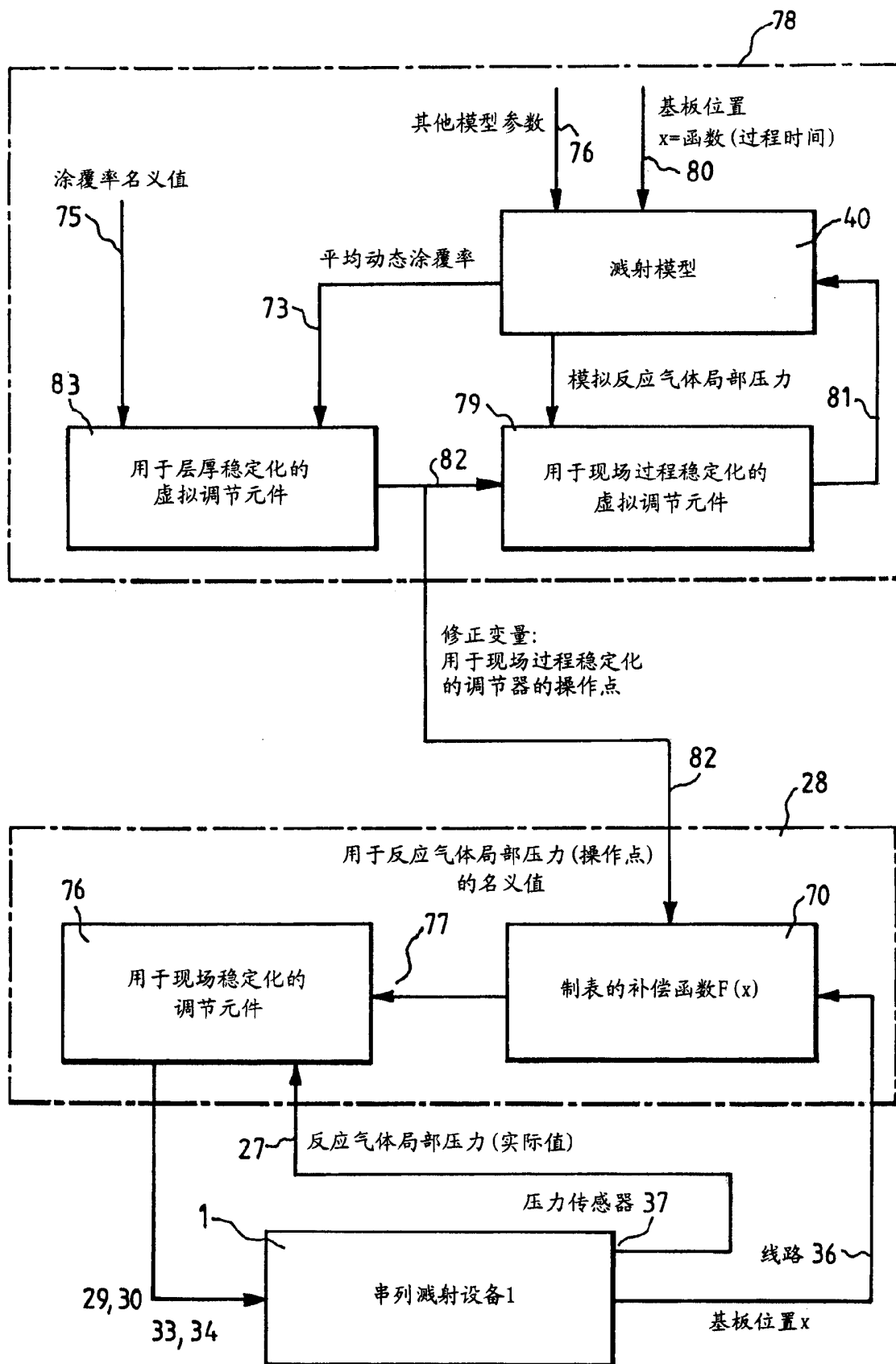


图 4