

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
C23C 14/24 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200680027360.4

[45] 授权公告日 2009 年 12 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 100575537C

[22] 申请日 2006.7.20

[21] 申请号 200680027360.4

[30] 优先权

[32] 2005.7.27 [33] US [31] 11/190,653

[86] 国际申请 PCT/US2006/028238 2006.7.20

[87] 国际公布 WO2007/015948 英 2007.2.8

[85] 进入国家阶段日期 2008.1.25

[73] 专利权人 伊斯曼柯达公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 M·龙 B·E·寇佩

[56] 参考文献

CN2122671U 1992.11.25

EP0585848A 1994.3.9

CN1317056A 2001.10.10

审查员 王傲寒

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 赵苏林 韦欣华

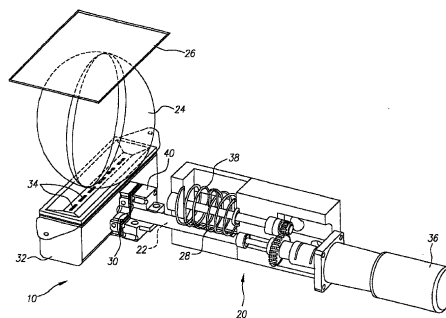
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 5 页

[54] 发明名称

以均匀速率蒸发材料的方法

[57] 摘要

一种在均匀的速率下蒸发材料而在基材上形成层的方法，包括：从保持在低于材料的有效蒸发温度之下的温度可控区向蒸发能量源提供可蒸发材料柱，其中，在蒸发期间柱体积可以改变；以及提供向柱表面传送恒定热流的蒸发能量源，使得单位时间内均匀体积的可蒸发材料被蒸发从而在基材上成层，而与供给速率无关。



1. 一种在均匀的速率下蒸发材料而在基材上形成层的方法, 包括:
 - a) 从保持在低于可蒸发材料的有效蒸发温度之下的温度的受控区向蒸发能量源供给可蒸发材料的柱, 其中, 在蒸发期间柱体积可以改变; 以及
 - b) 提供向柱表面输送恒定热流的蒸发能量源, 使得单位时间内均匀体积的可蒸发材料被蒸发从而在基材上成层, 而与步骤 a) 中的供给速率无关。
2. 权利要求 1 的方法, 其中, 在温度受控区和蒸发能量源之间的柱长在蒸发期间可变, 而柱表面的横截面积基本恒定。
3. 权利要求 1 的方法, 其中, 可蒸发材料被供给处于低压条件下的室中, 可蒸发材料包括有机材料, 并且进一步提供与室连通的集流腔来接受可蒸发材料, 该集流腔限定开口与基材的位置关系, 从而使可蒸发材料通过开口而在基材上形成层。
4. 权利要求 3 的方法, 进一步包括采用移动装置向室内输送材料。
5. 权利要求 4 的方法, 其中, 移动装置是螺旋推运器。
6. 权利要求 1 的方法, 其中, 输送恒定热流的步骤包括提供恒定电流的步骤。
7. 权利要求 1 的方法, 其中, 提供蒸发能量源的步骤包括提供闪蒸加热元件的步骤。
8. 一种在均匀的速率下蒸发材料而在基材上形成层的方法, 包括:
 - a) 提供处于低压条件下的室;
 - b) 提供位于室内的产生热的加热元件;
 - c) 向室中供给至少一种有机材料以形成可蒸发材料的柱, 其中, 柱的横截面积恒定, 但柱体积随供给速率的变化而改变。
 - d) 提供与柱运行相关的冷却散热器, 以维持柱底部在受控的温度; 以及
 - e) 从加热元件向柱表面输送恒定的热流, 这样单位时间内均匀体积的材料被蒸发而在基材上形成有机层。
9. 权利要求 8 的方法, 进一步包括提供与室连通的集流腔来接受可蒸发材料, 该集流腔限定开口与基材的位置关系, 从而使可蒸发材料通过开口而在基材上形成层。

10. 权利要求 9 的方法,进一步包括采用移动装置向室内输送材料。
11. 权利要求 8 的方法,其中,移动装置是螺旋推运器。
12. 权利要求 8 的方法,其中,在加热元件上施加恒定电流产生热。
13. 权利要求 8 的方法,其中,供给至少一种有机材料的步骤包括供给第一有机材料和第二有机材料的步骤,在部分蒸发温度范围内第一材料的蒸气压力超过第二材料的蒸气压力一个数量级。
14. 一种提供材料的均匀蒸发的装置,包括:
 - a) 室;
 - b) 位于室内的提供蒸发能量的加热元件;
 - c) 恒定的电流源,从而向加热元件提供基本恒定的热流作为蒸发能量;
 - d) 用于在基本连续的流速下向加热元件提供可蒸发材料柱的供给装置;以及
 - e) 靠近可蒸发材料柱的冷却散热器,用于消散由与加热元件相隔的部分柱吸收的热。
15. 权利要求 14 的装置,其中,加热元件是闪蒸加热元件。
16. 权利要求 14 的装置,其中,加热元件包括筛。

以均匀速率蒸发材料的方法

技术领域

本发明涉及在材料的供给速率可变的情况下，在室内以均匀的速率蒸发材料的方法和装置。

发明背景

在真空环境中的物理气相沉积是沉积薄膜材料的主要方法，这些薄膜材料如用在小分子有机发光二极管（OLED）器件中的有机材料薄膜。物理气相沉积法已为人们熟知，例如在 Barr 的美国专利 U.S. Patent No. 2,447,789 和 Tanabe 等的欧洲专利 EP 0 982 411 中公开的内容。在期望的速率相关的蒸发温度下或在与其接近的温度下维持一段时间后，用于制造 OLED 器件的有机材料通常会发生降解。将敏感的有机材料暴露于高温下可导致分子结构的改变以及材料性能产生不期望的变化。

可将一定量的可蒸发材料放置在辐射源中，并将其加热到易于可控的恒定温度来获得辐射。由于温度的稳定性直接影响到沉积速率的稳定性，因此维持恒定的辐射源温度非常重要。蒸气压，从而沉积速率与两种有机材料温度之间的关系示于图 1 中。由图 1 可清楚地看出，在取值范围内，即使辐射源温度的微小扰动也可导致蒸气压力的相当大的扰动。这种放大在高温时尤为明显。

就温度-压力关系而言，传统的气相沉积源具有相对较大的热质量，其有利于在最大程度上减小温度波动。然而，使用这种传统方法的结果是需要数小时来达到平衡温度和稳定的气相沉积速率。由于有机材料的相对热敏感性，传统的方法一次只加载少量的有机材料到辐射源中，并尽可能少地施加热。这种传统方法的缺点包括，在达到温度暴露极限之前就失去一部分的材料、对加热器温度的限制而导致的非常低的蒸发速率，以及由于在辐射源中存在的少量材料而导致的辐射源的有限操作时间。使用这种现有技术时，当再装载辐射源时，需要在重新开始操作前清空沉积室，将蒸发源拆开并清洁，重新填装辐射源，再次在沉积室内建立真空，并对新引入的有机材料脱气数小时。这种低沉积速率和再装载辐射源所需的频繁耗时的过程极大地限制了 OLED 的制造设备的生

产。

一种对传统的气相沉积方法的替代方法是使用闪蒸系统，该系统采用进料机构来将可蒸发材料送入加热元件处进行快速蒸发。参见图3的透视图，供给装置20向沉积室24连续提供可蒸发材料22，用以在表面26上形成膜。加热元件30向可蒸发材料22提供所需的汽化能。供给装置20有效地提供可控温度区域，将可蒸发材料22维持在其蒸发温度下，从而防止可蒸发材料22在到达加热元件30之前发生降解或分解。供给装置20可使用螺旋推运器或其它机构来提供恒定的可蒸发材料22的供给。现有技术中，可蒸发材料不是液体形式的闪蒸系统的一个严重限制是，不能维持在稳定的蒸发速率，这是由于即使非常小的输送速率上的改变都将对蒸发速率产生扰动。由于这种速率稳定性的问题，传统方法是即使在可蒸发材料是连续地计量供给到加热元件时，也要避免使用闪蒸系统。对闪蒸存在偏见的一个例子是，Loan在美国专利 U. S. Patent No 6,296,711 中明确说明不要使用闪蒸系统，优选使用将分散的可蒸发材料散布到一具有表面积逐渐增大的锥形加热元件上。

最近，开发出了应用非常低热质量的加热元件来蒸发材料的闪蒸PVD源。有利地是这使得被计量供给的材料维持在远低于材料的有效蒸发温度之下的温度。然而，这要应用到闪蒸技术中则存在显著的困难。当采用这种系统时，在恒定的加热元件温度下，蒸发速率直接与材料的供给速率相关。虽然加热元件保持在恒定的温度，但向闪蒸加热元件的材料供给速率中的扰动直接反映在所得气相沉积速率上产生扰动。在使用集流腔来在一定长度或面积内分配蒸气时，只要集流腔中的扰动频率周期长于蒸气的驻留时间，则较高频率的扰动可被削弱。但是供给速率上的较低频扰动可能会更加严重，导致在扫描型辐射源中的沉积膜厚度不均匀。

熟知材料配量领域的技术人员应当能理解在极少量材料中获得恒定的供给速率的难度。现有技术中许多用于生产 OLED 装置的沉积源是在 100 μ g/s 或更低的速率下沉积有机薄膜的。在 OLED 基材扫描通过辐射源或辐射源扫描通过 OLED 基材的沉积系统中，有必要维持恒定的沉积速率以获得沉积膜的膜厚均匀度。对于 OLED 制造来说，通常的膜厚均匀度必须好于 $\pm 5\%$ 。在这些沉积速率下，与闪蒸系统配套使用供给机构将要求供给均匀度为 $\pm 5\mu$ g/s。使用现有的测量技术，对于任何非

液体形式的材料而言，很难获得这种精确水平的均匀度。

降低供给速率的低频扰动效果到最小的一种方法是应用传统的闭环反馈方案。集流腔压力传感器或沉积速率传感器可以作为闭环控制系统的反馈元件，调节供给马达的速率和加热元件温度，以获得恒定的沉积速率。在材料供给速率已知和具有可预测周期的情况下，前馈控制方案可与反馈方案一同使用。这种情况下，可对马达速率曲线预先编程，来弥补配量装置性能的可指定变差。然而，对材料供给速率单独进行调节仅能提供有限的沉积速率控制，这是因为在到达供给马达的控制信号和所致沉积速率的改变之间可能存在数秒的时间延迟。另外，材料供给速率不是双向可控变量。如果沉积速率升高到期望的控制极限以上，则已配量供给加热元件的材料通常不能重新得到。

在闭环系统中的另一个可控因素是加热元件的温度。与供给速率不同的是，加热元件温度的改变会使沉积速率几乎同时发生改变，且是双向的。然而，温度变化的影响仅在短时间内施加。如果在一段持续的时间内加热器温度过高或过低，则在加热元件处可能会出现材料缺乏或材料超载的情况。

出于这些考虑，很明显，闭环控制需要同时控制材料向加热元件的供给速率以及加热元件的温度，以得到恒定的沉积速率。这样的闭环、多变量控制方法相对较复杂。这是由于它需要在材料供给速率和加热元件温度之间保持一定关系，需要通过调谐来优化众多的增益调整定值，并且需要感测材料的供给、加热元件温度和蒸气沉积速率。

对于 OLED 制造、制药、和许多其它的应用而言，均需要能提供连续操作和高度均匀结果的、且无需复杂的和昂贵的感测和控制构件的气相沉积装置和方法。

发明概述

本发明的目的是提供一种以可变速率供给蒸发室的材料进行均匀蒸发而在基材上形成层的改进的方法。

该目的通过将材料在均匀的速率下蒸发而在基材上形成层的方法而实现，该方法包括：

a) 从保持在低于可蒸发材料的有效蒸发温度之下的温度受控区向蒸发能量源提供可蒸发（汽化）材料柱，其中，在蒸发期间柱体积可以

改变；以及

b) 提供向柱表面传送恒定热流的蒸发能量源，使得单位时间内均匀体积的可蒸发材料被蒸发从而在基材上成层，而与步骤 a) 中的供给速率无关。

进行闪蒸 PVD 源的装置和方法证明其克服了通常与闪蒸源相关的沉积速率不稳定的问题。本发明在没有闭环控制系统下，尽管在材料供给速率有显著改变时，也获得了稳定的气相沉积速率。仅在修正长期沉积速率偏移时需要闭环控制。开环控制策略在那些直接蒸发的材料以及那些在蒸发前先熔融成液体的材料中均进行了说明。

本发明的装置和方法为以恒定速率蒸发和沉积材料提供了自补偿的蒸发系统，而不受供给速率的一些变化性的影响。

本发明的装置和方法使得使用传统的材料配量机制进行连续的高度均匀的材料沉积可行。可蒸发材料在被送至非常靠近加热元件的位置之前，供给时始终维持在低温，从而最大程度地减少了由于暴露于升高温度时所带来的材料的降解。

附图简述

图 1 示出了两种可蒸发材料的蒸气压力对温度的曲线；

图 2 示出了三种在给定温度下具有很大蒸气压差的可蒸发材料的蒸气压力对温度的曲线。

图 3 是本发明一个实施方案的气相沉积装置组件的透视图；

图 4 是气相沉积装置组件的放大透视图；

图 5 是表示出在加热元件和材料供给路径之间的基本相互作用的功能结构图；以及

图 6 是表示出在加热元件和可蒸发材料之间的相互作用的功能结构图。

发明详述

为了描述以下的本发明，必须对一些术语进行定义。在表面上进行气相沉积的“均匀的速率”将产生均匀的目标层厚度在至少为 $\pm 4\%$ 内，优选 $\pm 2\%$ 内。当均匀的速率维持在上述容许区域内时，将提供可蒸发材料的“均匀的体积”。恒定热流，或用于提供恒定热流的恒定 (DC) 电

流对平均值的偏离不会超过 $\pm 4\%$ ，优选不会超过 2% 。“低压条件”定义为具有至少一定程度的真空，即低于大气压条件。

参见图3和图4，示出了根据本发明的一种实施方式的气相沉积装置10中的材料供给和蒸发组件的透视横截面视图。供给装置20利用了螺旋推运器(auger screw)28来将可蒸发材料22向前推进加热元件30。然后，可蒸发材料22流入集流腔32，接着通过孔34到达通常处于低压条件下的沉积室24。螺旋推运器28通过马达36驱动，还可包括支撑搅拌装置，例如螺旋搅拌器38。螺旋搅拌器38可与小直径的螺旋推运器28配合使用，通过颗粒材料库旋转的帮助材料的液化，从而保证材料全部进入螺旋推运器28中。螺旋推运器28在静止的螺旋筒内旋转，将材料沿筒内侧向在空间上靠近螺旋推运器和螺旋筒末端的加热元件输送。颗粒材料在由螺旋推运器驱动马达36的旋转速率确定的速率下被配量供给加热元件30。配量输送的材料在与加热元件30接触或靠近时被蒸发，并以蒸气形式流入集流腔(manifold)32中。

已观察到对于恒定的旋转速率，当供给速率振荡周期对应于螺旋推运器28的旋转周期时，单一引导螺旋推运器28一般产生正弦变化的粉末供给速率。该供给速率振荡产生相应的沉积速率的变化，其幅度即使对相对较细的螺距也可达到 $\pm 20\%$ 。

在传统的实践中通过将加热元件维持在恒定温度下以获得恒定的蒸发速率。根据该实践，维持加热元件30在恒定温度所需的电流必须根据材料供给速率中的任何振荡而改变，且必须表现出相同的周期。然而，应用中在当基材通过静止的沉积源而在基材上沉积均匀的膜厚，例如卷绕式涂膜中，这种在沉积速率上的改变表现出其本身即是非均匀沉积膜的膜厚。

已经发现，与现有技术的教导和预期不同的是，在无闭环控制下，从采用了以恒定电流供能的低热惯量加热元件的闪蒸PVD源可以获得改进的沉积速率的均匀性。就是说，与现有技术的预期不同的是，在无闭环控制下，通过允许闪蒸加热元件的温度发生改变，可以获得高度均匀的蒸发速率。当可蒸发材料22被供给加热元件时，向加热元件输入的驱动电流维持在恒定水平，而与已知的材料供给速率上的变化性以及由于在材料输送上的变化引起的加热元件温度的改变这一事实无关。经验数据显示，当向加热元件30提供恒定电流时，加热元件的温度甚至

可在 $\pm 30^{\circ}\text{C}$ 之间变化，从而产生优于2%的均匀沉积。再参见图1，其示出了几摄氏度内的非常轻微的温度变化导致的两种典型的有机材料的蒸气压的显著改变，令人吃惊的是，仅维持加热元件的恒定电流就能获得良好的沉积均匀性。由加热器温度的 $\pm 8.5\%$ 的改变引起的相当大的平衡蒸气压的改变将直观地驱使本领域技术人员去设计能够维持恒定加热元件温度的蒸发系统。然而，采用恒定加热元件温度的技术通常能够达到几乎约为 $\pm 20\%$ 的沉积速率的变化。然而，对加热元件施加恒定电流，使加热元件的温度随材料供给改变而变化，这样产生的沉积速率的变化可在 $\pm 2\%$ 内或更小。

更意外的是，不仅当两种有机材料具有一定程度的相似饱和蒸汽压对温度的特性时，并且甚至在不同材料具有相差很大的对温度的压力响应时，维持加热元件30恒定的电流都提供了非常好的均匀度。例如，图1中的线性-线性曲线图示出了两种有机材料的相当接近的特征饱和蒸汽压对温度的曲线。而图2中的对数-线性曲线图出了显著不同的三种有机材料的饱和蒸汽压对温度的曲线，相差约3个数量级，覆盖了令人感兴趣的有机材料中的大部分范围。然而，尽管在材料之间有着如此显著的差异，本发明的恒定电流法仍在可变速率输送的情况下提供了均匀性。并且，经验数据也表明，这样的效果在直接从固体蒸发的有机材料和在蒸发前熔融为液相的材料，以及同时展现这些行为的材料的混合物中均能获得。显然，当采用图3和图4中所示的加热器机构和材料配量供给机制并结合闪蒸的话，一种在传统实践中未教导的速率控制机制将发生作用。

参见图5，这里以高度放大的形式示出了一种实施方案中的加热元件30的侧视图。一柱可蒸发材料22通过冷却散热器40供给（在图5的取向的向上方向）加热元件30。在该柱可蒸发材料22和加热元件30的靠近界面处形成蒸气12，并进入集流腔32中，如图3和4所示。在图5的实施方案中，加热元件30是一个具有适当的网眼的筛，用于施加加热且允许蒸气12进入集流腔32。

图6以高度放大的形式示出了加热元件30横截面的放大视图。加热元件30的金属线18是阻抗加热金属线，其形成图5中的实施方案中的筛网。在图5和图6的实施方案中，加热元件30的筛是折叠的，金属线18交织着，当材料通过时提供均匀加热的蒸气12。其它的实施方案

式也是可能的。例如，非折叠的筛和其它结构也可作为适合的加热元件 30。

在另一实施方案中，加热元件 30 有一对网 90，它们是编织的不锈钢筛，间隔 1mm，具有非阻断的大于 40%、优选大于 70%的开放区域。筛可顺次连接，并被流经构成筛的金属线的电流加热。第一筛在距离可蒸发材料 22 柱的暴露表面非常近的地方工作，使得可蒸发材料 22 的位于筛金属线 18 之间的区域比更为直视的可蒸发材料 22 的区域接受更少的辐射能量。第二筛位于距离第一筛 1 mm 的地方，能够将辐射能传递给未被第一筛的元件遮蔽的区域。这样，可蒸发材料 22 柱就比单个的用做加热元件 30 的未折叠的筛接收到多得多的均匀的辐射热分布。两个筛均具有相对较好的对蒸气流的传导率，以及非常低的热质量，当在真空下用 60 Hz 交流电驱动时，显示出低的周期为 8 ms 的 10℃的正弦温度变化。这些元件只能储存很少量的热能，从而可用于加热和蒸发材料的能量非常接近于瞬间向加热元件 30 输送的热能。

当加热元件 30 的筛通过驱动而维持在恒定温度时，瞬间输送的能量必须根据材料输送速率的变化而改变，且蒸发速率看似发生着同步地变化。然而，当筛是用恒定的电流或动力源驱动时，即如同本发明的方法，则第一筛的温度可以改变，但可用于加热和蒸发材料的能量是恒定的，导致可获得恒定的蒸发速率。

闪蒸机理的这一优点与其热质量小有关。显然，如果加热元件的热质量大，因此使得其能够像更传统的配置那样储存热能量，即使提供的热流是恒定的，系统的反应将如同在恒定温度驱动时的反应一样。接下来，蒸发速率可与材料供给速率同步发生变化，导致在沉积膜厚度上出现不可接受的改变。

这里公开的改进是一种闪蒸系统，其中，可蒸发材料 22 的横截面积在其供到恒温冷却散热器（sink）和加热元件之间时保持恒定，并采用具有非常低的热惯性的通过不变的功率输入进行加热的加热元件。根据这些说明的蒸发系统，即使在可蒸发材料 22 的速率出现有限的、暂时的变化时，也可产生相对恒定的材料蒸发速率。这种蒸发系统的构成使得实际用于蒸发材料的热能保持恒定，并能在无外部控制的机构下稳定其蒸发速率。

由用作加热元件 30 的恒定电流的闪蒸源提供的速率稳定性与下面

的一组热传递机制有关。假定在供给速率发生循环改变时，在加热元件 30 和冷却散热器 40 之间的热通道中的可蒸发材料 22 的固体和蒸气部分的长度在动力学条件下会发生改变。在正常水平之上的供给速率的变化将增加在加热元件 30 和冷却散热器 40 之间的固体传导通道的长度，且以相同的量减少蒸气通道的长度。如果固体热传导率比蒸气热传导率大若干个数级，则在冷却散热器和加热元件之间通道的复合热传导将增加，而由恒定电流驱动的加热元件的温度将降低。加热元件 30 的温度的降低将减少传递到可蒸发材料 22 柱的辐射能量，但此刻柱的固体部分将更长，比之前具有更低的导热性。这时，由于更少的能量通过材料柱而传到冷却散热器，因而更大比例的输送的能量可用于蒸发可蒸发材料 22。其结果是，尽管在比额定条件更长的固体柱长和更低的加热元件 30 的温度之下，仍维持了恒定的蒸发速率。由图 5 可观察到可蒸发材料 22 柱的表面的面对加热元件 30 的横截面积在供给期间基本保持恒定。在冷却散热器 40 和加热元件 30 之间的可蒸发材料 22 柱的长度可发生变化。

当供给速率在低于额定水平改变时，固体材料通道长度发生同样程度的降低，而气体通道长度增加。在冷却散热器 40 和加热元件 30 之间的复合热传导减少并允许由恒定电流驱动的加热元件 30 的温度增加。增加的加热元件 30 的温度向固体可蒸发材料 22 柱辐射出更多的热，更为迅速，且比以前具有更高的导热性。由于更多的输送的热通过固体传导到冷却散热器 40，此时，可用更少比例的输送的能量蒸发可蒸发材料 22。尽管比额定条件更短的固体柱长和更高的加热元件 30 温度，但结果是维持恒定的蒸发速率。

以上描述的热平衡使得能够在很大范围的固体材料通道长度值维持恒定的蒸发速率，并能够在较大范围的材料供给速率和加热元件 30 的电流值下获得稳定的蒸发速率控制。该系统的分析模型预测，只要固体柱长至少为冷却散热器 40 和加热元件 30 之间距离的一半，则可维持恒定的蒸发速率。为了在期望的蒸发速率下操作，可通过选择螺旋推运器 28 的马达转速来输送可蒸发材料的期望的材料质量流速。施加到加热元件 30 上的电流大小应使得可蒸发材料 22 通道的长度，包括任何由于供给速率引起任何的变化，至少等于冷却散热器 40 和加热元件 30 之间距离的一半。当这一条件被满足时，蒸发速率将维持稳定且等于平均

固体质量流速。这个相同的分析模型表明，如果加热元件 30 是在如传统教导那样的恒定温度下被驱动的，蒸发速率将随固体柱长而直接变化。

通过向加热元件 30 提供恒定的电流来代替前述的加热元件 30 的温度闭环控制，本发明的方法和装置在气相沉积均匀性上获得了显著的改进，对供给速率随时间的变化具有大的耐受性。当为给定范围的供给速率和加热元件 30 特性确定了合适的电流水平后，气相沉积装置 10 的组件有效地对给定范围内的供给速率的改变进行自补偿，并维持几乎恒定的蒸气压力。

参见图 1 和图 2 中所描述的，本发明的装置和方法可用于有机材料的气相沉积，这些有机材料的饱和蒸气压在很大范围内对温度有响应，包括许多令人感兴趣的有机材料材料在内。

本发明已通过优选的实施方式进行了详细的描述；但应当理解的是，在本发明的精神和范围内仍可作出各种改变和修正。例如，加热元件 30 的闪蒸组件的特定配置可采取许多形式中的任何一种。供给装置 20 可以多种配置进行操作。在很大范围内沉积室 24 可以采用各种适合容纳可蒸发材料和接受沉积的材料的基材的装置。

因此，提供了在材料的供给速率可变的情况下，在室内以均匀的速率蒸发材料的方法和装置。

部件清单

- 10 气相沉积装置
- 12 蒸气
- 18 金属线
- 20 供给装置
- 22 材料
- 24 沉积室
- 26 表面
- 28 螺旋推运器
- 30 加热元件
- 32 集流腔
- 34 孔
- 36 马达
- 38 螺旋搅拌器
- 40 冷却散热器

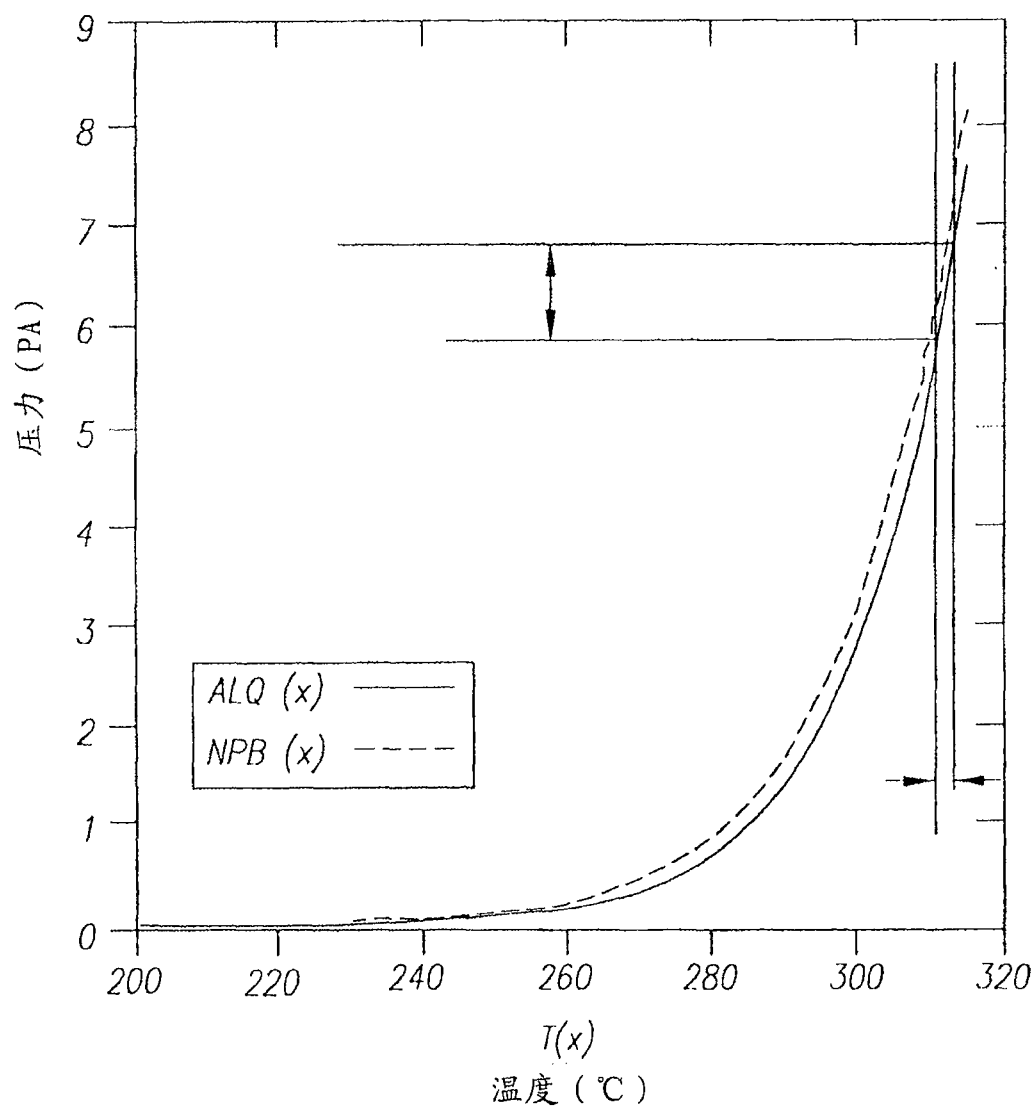


图 1

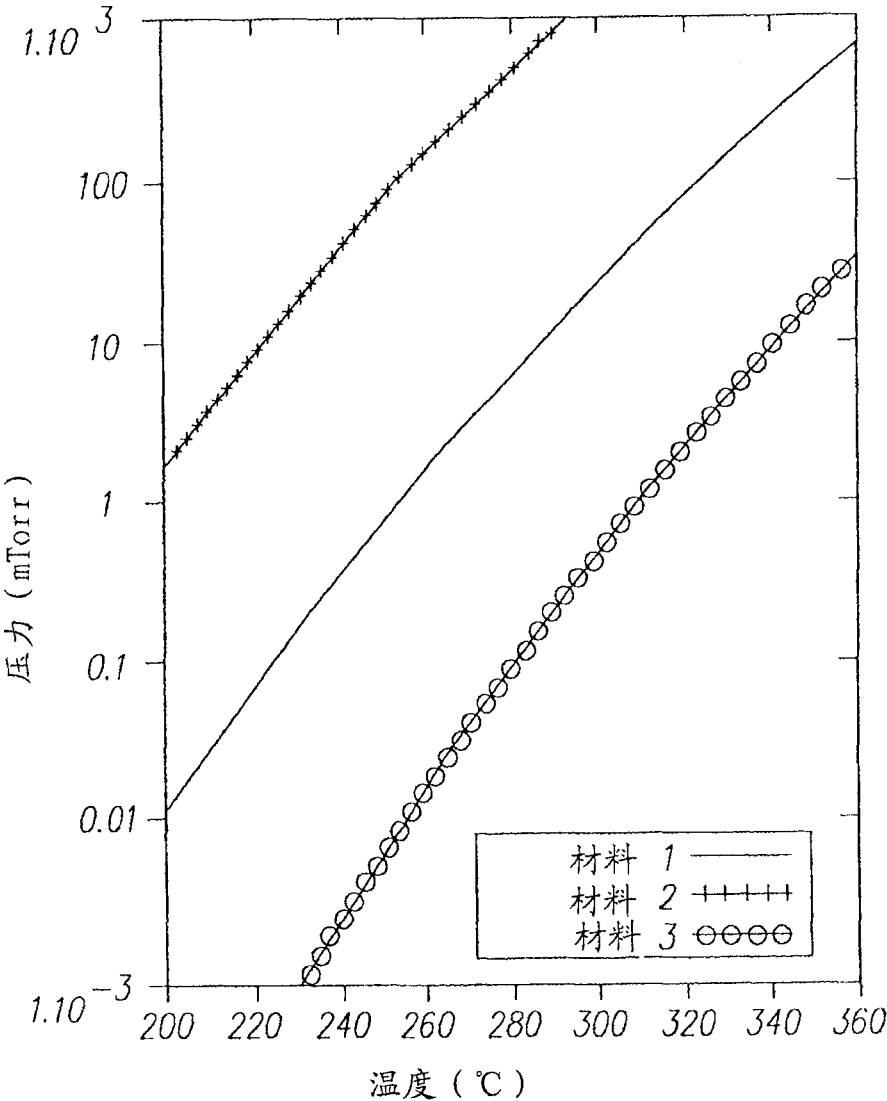


图 2

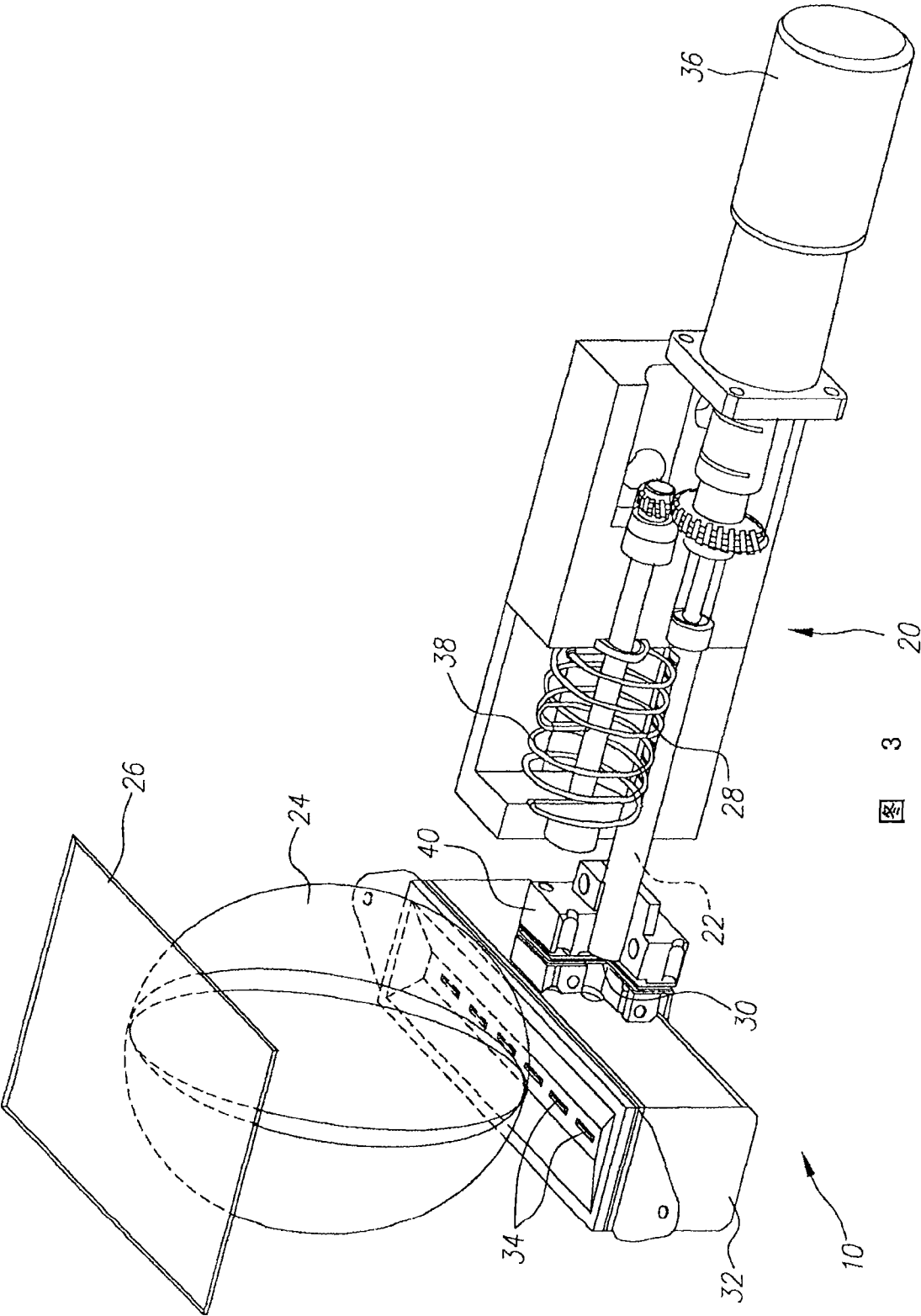


图 3

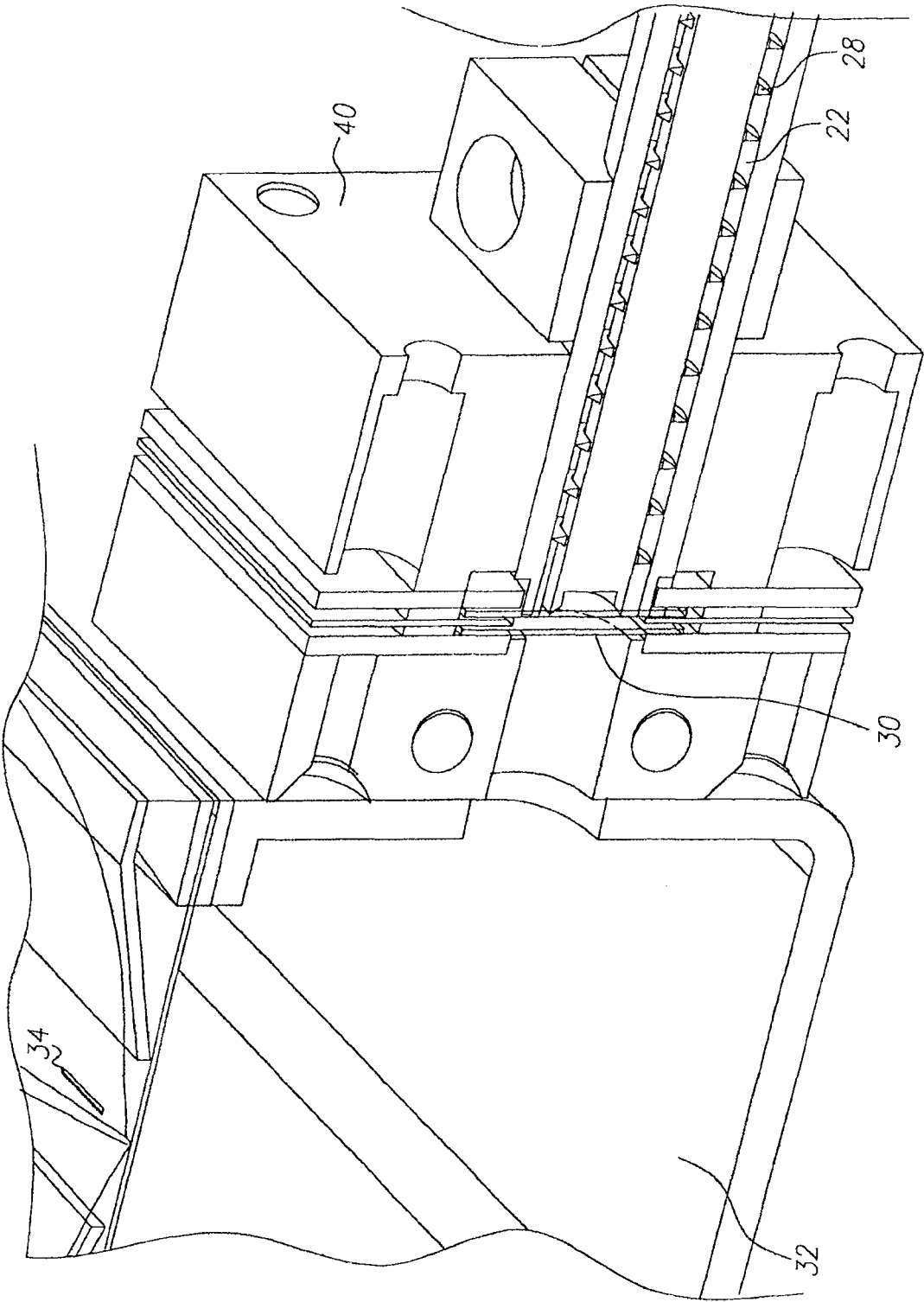


图 4

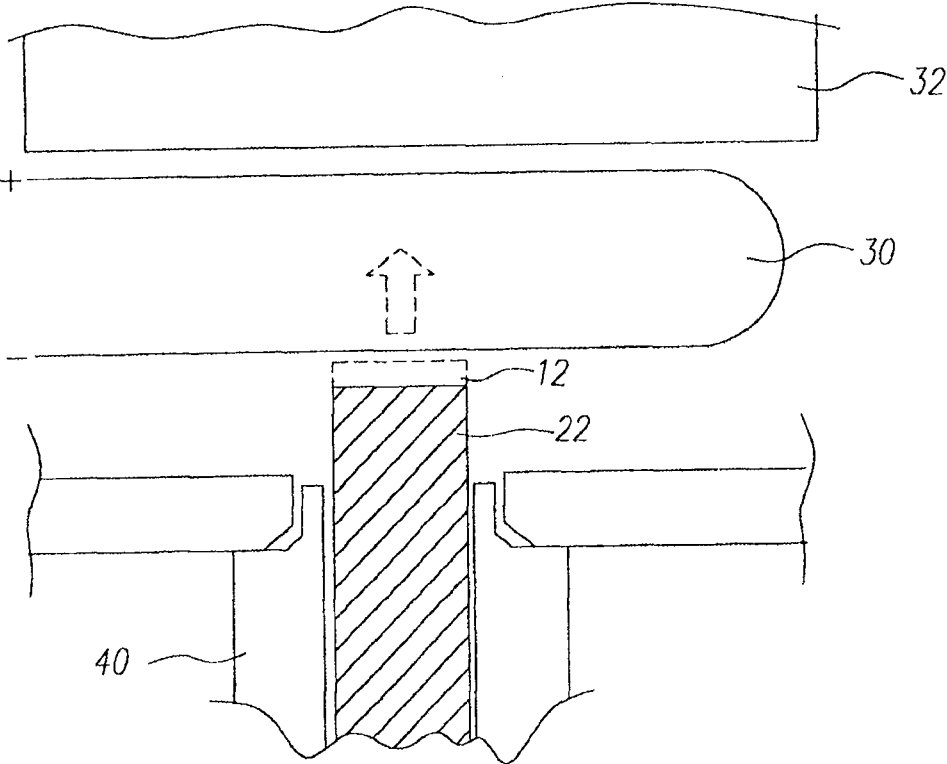


图 5

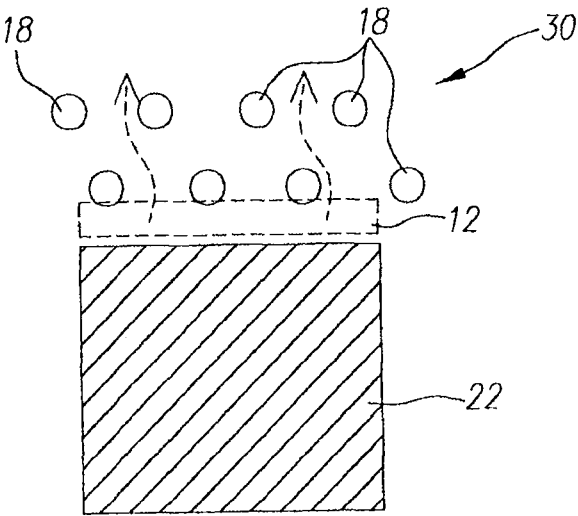


图 6