



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01819854.6

[43] 公开日 2004年2月25日

[11] 公开号 CN 1478292A

[22] 申请日 2001.5.22 [21] 申请号 01819854.6

[30] 优先权

[32] 2000.5.22 [33] US [31] 09/576,640

[86] 国际申请 PCT/US01/16463 2001.5.22

[87] 国际公布 WO01/90436 英 2001.11.29

[85] 进入国家阶段日期 2002.12.31

[71] 申请人 基础资源有限公司

地址 美国得克萨斯州

[72] 发明人 杰里 D·基德 克雷格 D·哈林顿

丹尼尔 N·霍普金斯

[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 林 潮 王维玉

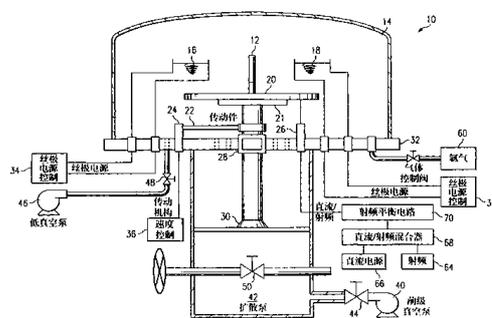
权利要求书 5 页 说明书 29 页 附图 6 页

[54] 发明名称 移动式镀覆系统及方法

[57] 摘要

本发明提供了一种事实上使用任何已知或现有的用于涂敷或镀覆的沉积技术进行镀覆工艺的示范性的移动式镀覆系统和方法。该移动式镀覆系统可包括位于移动式储存箱中的真空室、外部真空泵和控制外部真空泵的一部分或全部操作的控制部件。在移动式镀覆系统的运送途中，外部真空泵位于移动式储存箱中，而当该移动式镀覆系统在固定了以及运转过程中时，外部真空泵位于移动式储存箱之外。该外部真空泵可以安装在滑轨上，并且在操作中，该外部真空泵与真空室相连，以助于在真空室中产生所需压力。该外部真空泵使用柔性管件与真空室相连，以减少和/或消除任何由于外部真空泵运转从而在真空室内部和移动式储存箱内部引起的机械振动。本发明提供了一种使用移动式镀覆系统的示范性的方法，其包括将移动式镀覆系统安装在所需的镀覆位置，将外部真空泵从移

动式等离子镀覆系统的移动式储存箱的内部移出，并使用柔性管件将该外部真空泵与位于移动式等离子镀覆系统的移动式储存箱内的真空室相连。



1. 一种用于施行镀覆工艺的移动式镀覆系统，其包括：
移动式储存箱；
5 位于移动式储存箱中的真空室；
外部真空泵，其可操作地在运送移动式镀覆系统的途中置于移动式储存箱内，而在移动式镀覆系统被固定以及运转过程中置于移动式储存箱之外进行工作，该外部真空泵通过柔性管件可操作地与真空室相连，以助于在真空室内产生所需的压力；和
10 可控制该外部真空泵的控制元件。
2. 根据权利要求 1 的移动式镀覆系统，其中移动式储存箱为拖车。
- 15 3. 根据权利要求 1 的移动式镀覆系统，其中移动式储存箱为货箱。
4. 根据权利要求 3 的移动式镀覆系统，其中货箱为海/陆两用货箱。
- 20 5. 根据权利要求 1 的移动式镀覆系统，其中移动式储存箱为卡车货厢。
6. 根据权利要求 1 的移动式镀覆系统，其中外部真空泵安装在
25 滑轨上。
7. 根据权利要求 1 的移动式镀覆系统，其中外部真空泵为机械泵。
- 30 8. 根据权利要求 1 的移动式镀覆系统，其中外部真空泵包括低

真空泵和前级真空泵。

5 9. 根据权利要求 8 的移动式镀覆系统，其中低真空泵为使用第一柔性管件与真空室相连的机械泵，前级真空泵为通过第二柔性管件与真空室相连的机械泵。

10. 根据权利要求 8 的移动式镀覆系统，其中低真空泵和前级真空泵安装在滑轨上。

10 11. 根据权利要求 1 的移动式镀覆系统，还包括：可操作地与真空室相连并有助于在真空室内产生所需压力的内部真空泵，和其中的可操作地控制该内部真空泵的控制元件。

15 12. 根据权利要求 11 的移动式镀覆系统，其中外部真空泵包括低真空泵和前级真空泵，该低真空泵使用第一柔性管件与真空室相连，而该前级真空泵通过第二柔性管件和内部真空泵与真空室相连。

20 13. 根据权利要求 11 的移动式镀覆系统，其中内部真空泵为扩散泵。

14. 根据权利要求 11 的移动式镀覆系统，还包括：用于可操作地冷却内部真空泵的冷却系统。

25 15. 根据权利要求 14 的移动式镀覆系统，其中冷却系统为水冷系统，该冷却系统包括：可操作地产生冷却水并向内部真空泵提供用于冷却的冷却水的冷却器；和可操作地接收并储存来自内部真空泵的温水、并向冷却器提供这种温水的水箱。

30 16. 根据权利要求 1 的移动式镀覆系统，还包括：
可操作地设于真空室内并支撑着被镀覆基底的平台；

真空室内与平台相应的可操作地装载沉积物质的丝极；和
配套设备，该配套设备包括：

在基底上可操作地产生所需电压的直流电源；

5 在基底上可操作地产生所需功率的射频信号的射频发射器；和在
丝极上可操作地产生所需电流的丝极电源控制元件，以及其中可操作
地控制直流电源、射频发射器和丝极电源控制元件的控制元件。

17. 根据权利要求 16 的移动式镀覆系统，其中平台为转台，并
进一步包括：可操作地控制转台旋转的马达，和其中的可操作地控制
10 该马达的控制元件。

18. 根据权利要求 17 的移动式镀覆系统，还包括：可操作地支
撑平台并运送平台往返于真空室的移动式推车。

15 19. 根据权利要求 18 的移动式镀覆系统，其中移动式推车在轨
道上运行。

20. 根据权利要求 17 的移动式镀覆系统，还包括：用于在镀覆
之前清理基底的喷丸室。

20 21. 根据权利要求 1 的移动式镀覆系统，还包括：可操作地设于
真空室内支撑被镀覆基底的平台；和可操作地提升基底并将基底运送
到平台上的空中吊运 / 升降机。

25 22. 根据权利要求 21 的移动式镀覆系统，还包括：可操作地允
许空中吊运 / 升降机移动到移动式储存箱之外，从而将基底提升并运
送到位于移动式储存箱之内的平台上的延伸轨道。

30 23. 根据权利要求 1 的移动式镀覆系统，其中镀覆工艺为等离子
镀覆。

24. 根据权利要求 1 的移动式镀覆系统，其中镀覆工艺使用的是真空淀积。

5 25. 根据权利要求 1 的移动式镀覆系统，其中镀覆工艺为物理气相淀积。

26. 根据权利要求 1 的移动式镀覆系统，其中镀覆工艺为化学气相淀积。

10

27. 根据权利要求 1 的移动式镀覆系统，其中镀覆工艺使用的是溅射。

15 28. 根据权利要求 1 的移动式镀覆系统，其中镀覆工艺使用的是离子镀。

29. 根据权利要求 1 的移动式镀覆系统，其中镀覆工艺使用的是离子注入。

20 30. 一种用于施行镀覆工艺的移动式镀覆系统，其包括：
移动式储存箱；

位于移动式储存箱中的真空室；

外部真空泵，其可操作地在运送移动式镀覆系统的途中置于移动式储存箱内，而在移动式镀覆系统被固定以及运转过程中置于移动式
25 储存箱之外进行工作，该外部真空泵通过柔性管件可操作地与真空室相连，有助于在真空室内产生所需的压力；

可操作地与真空室相连并帮助在该真空室内产生所需压力的内部真空泵；

可操作地冷却该内部真空泵的冷却系统；

30 可操作地设于真空室内以支撑被镀覆的基底的平台；

真空室内与平台相应的可操作地装载沉积物质的丝极；和
配套设备，其包括：

在基底上可操作地产生所需电压的直流电源；

在基底上可操作地产生所需功率的射频信号的射频发射器；和

5 可在丝极上可操作地产生所需电流的丝极电源控制元件；和

可操作地控制外部真空泵、内部真空泵、直流电源、射频发射器
和丝极电源控制元件的控制元件。

31. 一种使用移动式镀覆系统的方法，包括：

10 将移动式镀覆系统放置在所需的镀覆位置；

将外部真空泵从移动式等离子镀覆系统的移动式储存箱内部移出
至外部；和

使用柔性管件将外部真空泵与移动式等离子镀覆系统的移动式储
存箱内的真空室相连。

15

32. 根据权利要求 31 的方法，还包括：

将基底和沉积物质置于真空室内；

使用该外部真空泵来设定真空室内所需的压力；和

用沉积物质来镀覆基底。

20

移动式镀覆系统及方法

5 相关申请

与本申请相关的有美国专利申请系列号为 09/427775 的名称为“等
离子镀覆系统和方法”的申请，其申请日为 1999 年 10 月 26 日，发
明人为 Jerry D. Kidd、Craig D. Harrington 和 Daniel N. Hopkins，以及
美国专利申请系列号为 09/578166 的名称为“可配置真空系统和方法”
10 的申请，其申请日为 2000 年 5 月 22 日，发明人为 Jerry D. Kidd、Craig
D. Harrington 和 Daniel N. Hopkins。

技术领域

本发明一般涉及镀覆和涂敷材料的移动式系统和沉积技术领域，
15 具体涉及移动式镀覆系统和方法。

发明背景

涂敷和镀覆材料以及改善工程表面的沉积技术可包括任何一种沉
积技术。这些沉积技术可以包括例如真空淀积或物理汽相淀积
20 (“PVD”)、化学气相淀积 (“CVD”)、溅射和离子镀。通常，这些沉
积技术可包括步骤：(a) 靶或基底的制备和表面清理；(b) 将真空度
或所需的压力水平设定到指定的工作参数；以及 (c) 进行沉积。这
样的沉积技术涉及大型、昂贵和复杂的系统、设备和机器。

25 例如，许多这样的沉积技术需要昂贵、庞大且复杂的真空系统，
以将真空度设定并维持在指定的工作压力。这样的真空系统通常可包
括真空室，可用作低真空前级真空泵的机械真空泵，次级真空泵如扩
散泵、低温泵和/或涡轮分子泵，和复杂的压力计如离子真空计。这些
真空系统往往需要复杂的管道和不会泄漏的管路布置，以便能保持和
30 持续精确的所需工作压力和参数。由于接口问题和真空泵运转引起机

械振动，使得这样复杂的管道和管路在管道转弯处或管道接口处尤其易于渗漏。

5 一些或所有的真空泵如扩散泵可能还需要大型且复杂的冷却系统，这些冷却系统在真空泵运转之前和运转期间往往使用数百或数千加仑的冷却循环水。这可能需要大型和庞大的水冷系统，包括大型蓄水池和用于冷却大型蓄水池中的水的制冷系统。

10 因为沉积技术涉及这样大型、昂贵且复杂的系统、设备和机器，这样的系统通常必须永久安装在一个场所。当大型零件或部件如那些重达数百或数千磅的零件或部件、或者是庞大的或难以装运的零件或部件需要使用沉积技术之一来进行涂敷或镀覆时，大概唯一的选择是在这样的大型或庞大的部件之上或附近处永久安装这样的系统。这允许这样的大型和庞大的部件只移动短的距离来进行涂敷或镀覆。

15 令人遗憾的是，由于这种选择花费高，成本上往往不允许。高的开支不仅包括取得不动产和设备的成本、安装这样复杂系统的成本，还包括保养设备和聘用成功操作和维护这种系统所需的专业人员的成本。设计沉积技术系统也存在问题。所有这类的系统需要定制设计，
20 以满足特殊需要和适应安装环境。包罗万象的沉积技术系统是不存在的。正如已经说明的那样，沉积技术系统的设计、安装、操作和维修复杂并且昂贵，因此使用沉积技术涂敷或镀覆大型和庞大的部件往往是不可能的，尽管这种大型和庞大的部件可能会从这样的沉积技术所带来的显著优点中大大受益。

25 有时候，某些部件或零件的有效性如此关键，从安全和/或财务的观点来看，不管发货延迟或货物遗失的风险如何小，也是个太大的风险，尽管通过涂敷或镀覆能获得显著的优点。例如，核电站中使用的反应堆容器盖螺柱（head stud）如此重要和独特，因此在工厂停歇
30 期间如核电站在大约每两年左右发生的燃料重新加载期间，发货延迟

或货物遗失的风险大得难以承受。例如，由于滞延而不能运转，核电站每天可能损失几十万乃至数百万美元。因此，某些部件或零件如此重要，以至于它们决不会被装运到另一个地方去使用沉积技术进行镀覆或涂敷，尽管通过这样的沉积技术可能获得显著的优点。

5

发明概述

从以上可以认识到人们已经有了对于移动式镀覆系统和方法的需要，该系统和方法容许包括所有相关的成熟设备和系统的镀覆系统方便地送达用户所在地或者事实上送达任何所需的地点。根据本发明，
10 提供了一种基本上消除了上述一或多个缺点和问题的移动式镀覆系统和方法。

根据本发明的一个方面，提供了一种施行镀覆工艺的移动式镀覆系统。该移动式镀覆系统包括位于移动式储存箱中的真空室、外部真空泵和控制外部真空泵的某些或所有的操作的控制元件。当运送移动式镀覆系统时，外部真空泵置于移动式储存箱中，而当移动式镀覆系统被固定以及运转时，外部真空泵位于移动式储存箱之外。外部真空泵可以安装在滑轨上，运转时，外部真空泵与真空室连接，有助于在真空室中产生所需的压力。使用柔性管件将外部真空泵与真空室相
15 连，以减少和/或消除由于外部真空泵运转从而在真空室内部和移动式储存箱内部引起的机械振动。

20

根据本发明的另一个方面，提供了一种使用移动式镀覆系统的方法，包括将移动式镀覆系统安装在所需的镀覆位置，将外部真空泵从移动式等离子镀覆系统的移动式储存箱内部移至外部，使用柔性管件
25 将外部真空泵与位于移动式等离子镀覆系统的移动式储存箱内部的真空室相连。该方法也可包括将基底和沉积物质放置在真空室内，使用外部真空泵来设定真空室中所需的压力，用沉积物质镀覆基底。

30

本发明提供了许多技术优点，包括能够在事实上任何所需地点应

用进行涂敷和镀覆的成熟沉积技术、系统、设备和机器，这显著增加了这样的重要技术的可利用性。

5 本发明的另一个技术优点包括能够将沉积技术的涂敷或镀覆应用于大型的和庞大的不能或不能轻易被运送的部件和零件，而不会带来显著的设计、操作和保养使用沉积技术的复杂系统的费用。

10 本发明的又一个技术优点包括能够涂敷或镀覆使命重大的部件如核电站使用的反应堆容器盖螺柱。因为本发明允许在客户处使用沉积技术，因此消除了由于可能的发货延迟或货物遗失造成的无法接受的风险。

15 本发明的另一个技术优点包括能够削减或省去甚至是较小的部件和零件或非关键性零件的运输费用，并省去了设计、操作和保养使用沉积技术的复杂系统的大笔费用和成本。这显著降低了总成本。

20 本发明还有一个技术优点，包括能够在移动式腔室之外运行嘈杂的机械真空泵，如机械低真空前级真空泵，从而减少了机械振动，增加了移动式镀覆系统的运行可靠性。

另一个技术优点包括能够在移动式镀覆系统的移动式储存箱内使用成熟的冷却系统如水冷系统。

25 还有一个技术优点包括能够使用成熟的沉积技术，而不会产生或遗留任何有害的废弃副产物。这很有意义。

从以下的附图、说明书和权利要求书中，本领域的专业人员很容易想见本发明的其它技术优点。

30 附图说明

现在参照下面的简要说明、并结合附图和发明详述部分的说明来更全面地理解本发明及其优点，其中同样的数字标记代表同样的零件：

5 图 1 是说明根据本发明的一个实施方案的可用于镀覆材料的等离子镀覆系统示意图；

图 2 是等离子镀覆系统的真空室顶视图，描绘了平台为转台的一个实施方案；

图 3 是说明根据本发明的一个实施方案的丝极周围的等离子体形成并分散到等离子镀覆基底的侧视图；

10 图 4 是表示包括底层、过渡层和工作层的沉积层的剖视图；

图 5 是说明根据本发明的一个实施方案的等离子镀覆方法的流程图；

图 6 是说明根据本发明的一个实施方案的使用本发明的系统的背溅射方法的流程图；

15 图 7 是根据本发明的一个实施方案的移动式镀覆系统的顶视图；

图 8 是说明外部真空泵与移动式镀覆系统的真空室之间的连接的侧视图；和

图 9 是说明使用根据本发明的一个实施方案的移动式镀覆系统的方法的流程图。

20

发明详述

首先应该理解尽管在下面说明了本发明的示范性实施方案，本发明还可以使用许多无论是目前已知的或是现有的技术来实施。本发明决不应受限于示范性实施例、附图和下面说明的方法，包括在此说明和描述的示范性设计和装置。

25

首先，以下结合图 1-6 来详细说明等离子镀覆系统和方法。图 1-6 说明了一种使用移动式镀覆系统和方法的沉积技术。最后，结合图 7-9 来详细说明移动式镀覆系统和方法的一种实施方案，该实施方案示范了结合前面的图 1-6 详述的沉积技术的等离子镀覆系统类型。

30

图 1 是说明根据本发明的实施方案的可用于镀覆各种材料的等离子镀覆系统 10 的示意图。系统 10 包括了用于支撑等离子镀覆真空室 14 内基底 12 的各种设备。一旦达到了合适的工作参数和条件，丝极 16 和丝极 18 提供的沉积物质可被蒸发或汽化，形成等离子体。等离子体通常含有沉积物质的正离子，并会被吸引到基底 12 上形成沉积层。等离子体可以想像为围绕或邻近基底 12 的离子云。等离子体通常在从丝极 16 和丝极 18 到接近基底 12 的最近表面之间形成一个暗区，使正离子加速向基底 12 移动。

丝极 16 和丝极 18 与支撑基底 12 的平台 20 一起，位于真空室 14 内。传动件 22 表示了驱动马达 24 与真空室 14 内平台 20 的主轴之间的连接。在图 1 所示的实施方案中，平台 20 为在真空室 14 内旋转的转台。传动件 22 将驱动马达 24 的旋转运动与平台 20 的主轴机械连接起来，以使平台 20 旋转。平台 20 的主轴的旋转通过各种支承轴承如底板轴承 28 和平台轴承 30 而促进。

如上所述，真空室 14 位于或封接于底板 32 之上。事实上，真空室 14 可以使用任何具备承受内部真空和外部压力如大气压的适宜的机械特性的材料制成。例如，真空室 14 可以是金属腔或是玻璃罩。在一个可选的实施方案中，底板 32 起着平台 20 的作用，支撑着基底 12。底板 32 可以认为是真空室 14 的一部分。

底板 32 也对系统 10 起着机械支撑的作用，同时还允许各种设备从其下表面贯通至其位于真空室 14 中的上表面。例如，丝极 16 和丝极 18 从丝极电源控制元件 34 接收电能。应注意，尽管图 1 中标出了两组丝极电源控制元件 34，优选的是这两组元件如一组元件那样工作。为了向丝极 16 和丝极 18 提供电能，电导线必须如图 1 所示穿过底板 32。类似地，驱动马达 24 也必须穿过或贯穿底板 32，向传动件 22 传送机械动作，从而使平台 20 旋转。馈电通路 26，下面会有更详

5 尽的说明，也贯穿底板 32，并在平台 20 和各种信号发生器之间提供电传导通道，下面也会有更详尽的说明。在一个优选的实施方案中，馈电通路 26 作为换向器与平台 20 的底面接触，在该实施方案中，平台 20 用作转台。馈电通路 26 可以作为换向器，象金属刷那样工作，其能与平台 20 的底面接触，并且即使平台 20 旋转，也能与之保持电接触。

10 丝极电源控制元件 34 向丝极 16 和丝极 18 提供电流。在一个实施方案中，丝极电源控制元件 34 能在一个特定的时间段向丝极 16 提供电流，然后在第二个时间段向丝极 18 提供电流。根据丝极的设置情况不同，丝极电源控制元件 34 可以向丝极 16 和丝极 18 同时提供电流，或者以分开的时间间隔提供电流。这种灵活性容许多于一种的特定沉积材料在不同时间被等离子镀覆到基底 12 上。优选丝极电源控制元件 34 向丝极提供交流电，但是可以使用任何已知的产生电流的方法来提供电流。在一个优选的实施方案中，丝极电源控制元件 34 15 提供了足够幅度或强度的电流，以在丝极 16 中产生充足的热量，从而蒸发或汽化其中提供的沉积物质。

20 为了保证均匀加热位于丝极 16 或丝极 18 之上或之中的沉积物质，优选丝极控制元件 34 以递增的方式提供电流，以使在真空室 14 内熔化的沉积物质中热量分布更均匀。

25 在一个优选的实施方案中，平台 20 用作转台，使用如上所述的机械联动装置使之旋转。可用如图 1 所示的速度控制元件 36 来控制平台 20 的旋转速度。优选平台 20 的旋转速率为 5 转/分~30 转/分。据信等离子镀覆用的平台 20 的最佳旋转速率为 12 转/分~15 转/分。平台 20 旋转的优点是能使基底 12 受到更均匀的镀覆或涂敷。这在当平台 20 表面上置有多个基底时尤其如此。这容许在等离子镀覆过程中真空室 14 内多个基底中的每一个均同等、均匀地放置。

30

在其它的实施方案中，事实上平台 20 可以以任何所需的角度或倾斜度倾斜。例如，平台 20 可以是平面、水平面、垂直面、倾斜面、弯曲表面、曲线面 (curvilinear surface)、螺旋面，或者作为真空室的一部分如真空室内的支承结构。如前所述，平台 20 可以是固定的或者是旋转的。在一个可选的实施方案中，平台 20 包括可用来旋转一个或多个基底的滚轴。

在一个优选的实施方案中，平台 20 提供或者包括了连通馈电通路 26 和基底 12 之间的导电通路。在一个实施方案中，平台 20 为金属或导电材料，因此可在平台 20 上的任何位置提供馈电通路 26 和基底 12 之间的导电通路。在这样的情况下，在平台 20 和使平台 20 旋转的轴之间设置绝缘体 21，以便电绝缘。另一个实施方案中，在平台 20 顶面的某个位置有导电材料与平台 20 底面的某个位置有电连接。这样，基底 12 可以置于平台 20 顶侧的适当位置，而馈电通路 26 可以置于平台 20 底侧的适当位置。如此进行基底 12 与馈电通路 26 之间的电连接。

馈电通路 26 向平台 20 和基底 12 提供直流信号和射频信号。与这些信号均有关的所需工作参数在下面有更详尽的说明。优选通过直流电源 66 产生负压直流信号，通过射频发射器 64 产生所需功率水平的射频信号。然后优选用直流 / 射频混合器 68 将两组信号混合，通过射频平衡电路 70 提供给馈电通路 26，通过最小化驻波反射功率来平衡信号。优选用人工来控制射频平衡电路 70。

在一个可选的实施方案中，平台 20，包括其所有的支撑元件、构件和设备如驱动电机 24 和传动件 22 均被去除。在这种情况下，基底 12 与馈电通路 26 电连接。

用图 1 中系统 10 的剩余设备和部件来产生、维持并控制真空室 14 内所需的真空条件。这是通过使用真空系统来做到的。真空系统包

括低真空泵 (roughing pump) 46 和初级阀 48, 在刚开始时用来降低真空室 14 中的压力。真空系统还包括前级真空泵 40、前级阀 44、扩散泵 42 和主阀 50。开启前级阀 44, 使前级真空泵 40 可以开始工作。在通过关闭初级阀 48 而关闭低真空泵 46 之后, 将扩散泵 42 加热到合适的温度, 然后开启主阀 50。这使得扩散泵 42 可以进一步将真空室 14 中的压力降低到所需水平。

然后可以以所需的速率向真空室 14 中引入气体 60 如氩气, 从而将真空室 14 中的压力增加到所需的压力值或达到一定的压力范围。气体调节阀控制着气体 60 通过底板 32 进入真空室 14 内的流速。

正如以下将根据本发明的教导联系图 5 和图 6 要作的更详尽的说明那样, 一旦所有的工作参数和条件均达到了, 系统 10 中便发生等离子镀覆。通过真空室 14 内等离子体的形成, 可以在基底 12 上等离子镀覆一层或多层包括如基层、过渡层和工作层在内的沉积层。优选等离子体包括沉积物质蒸发或者汽化得到的带正电荷的沉积物质离子, 以及被引入真空室 14 中的气体 60 产生的正离子。人们相信, 在等离子中存在并最终成为沉积层的一部分的气体离子如氩气离子不会显著降低沉积层的性能。向真空室 14 中引入气体同样有助于控制真空室 14 内所需的压力, 从而可以根据本发明的教导产生等离子体。在一个可选的实施方案中, 等离子镀覆工艺在无气体的环境下进行, 因此通过真空系统来形成并充分维持真空室 14 内的压力。

真空室 14 中等离子体的产生被认为是各种影响因素的结果, 这些影响因素如加热位于丝极如丝极 16 和丝极 18 中的沉积物质产生的热离子效应, 以及施加所需电压水平的直流信号和施加所需功率水平的射频信号。

系统 10 的真空系统可以包括各种真空系统如扩散泵、前级真空泵、低真空泵、低温泵、涡轮泵和任何能够使真空室 14 中的压力达

到本发明所需的压力的泵。

5 如上所述，真空系统包括低真空泵 46 和与前级真空泵 40 一起使用的扩散泵 42。低真空泵 46 通过初级阀 48 与真空室 14 相连。当初级阀 48 打开时，可以在刚开始时用低真空泵 46 来降低真空室 14 中的压力。一旦真空室 14 内达到了所需的低压，即关闭初级阀 48。低真空泵 46 通过底板 32 上的通孔或开口与真空室 14 相连。优选低真空泵 46 为机械泵。在图 1 所示的系统 10 的真空系统的一个优选实施方案中，该实施方案中的真空系统还包括通过前级阀 44 与扩散泵 42 10 相连的前级真空泵 40。前级真空泵 40 可以是一个机械泵，其与扩散泵 42 结合使用，将真空室 14 内的压力降低到比使用低真空泵 46 所产生的压力还要低。

15 在低真空泵 46 降低了真空室 14 内的压力之后，通过主阀 50 和图 1 中用位于主阀 50 之上、平台 20 之下的虚线表示的底板 32 上的通孔或开口来使扩散泵 42 与真空室 14 相连，使用加热器并且可能需要使用冷却水或其他物质来冷却扩散泵 42。一旦扩散泵 42 已被加热并做好了工作准备，就可以开启主阀 50，以使真空室 14 内的压力通过扩散泵 42 协同前级真空泵 44 的作用得到进一步降低。例如，真空室 14 内的压力可被降低到 4 毫托以下。在背溅射工艺过程中，真空室 14 内的压力可以降低到 100 毫托直至 20 毫托。优选在背溅射工艺过程中，真空室 14 内的压力为 50 毫托直至 30 毫托。在等离子镀膜工艺的系统 10 正常运转的过程中，可以通过真空系统将真空室 14 20 内的压力降低到 4 毫托直至 0.1 毫托。优选在等离子镀膜工艺过程中使用真空系统以将真空室 14 内的压力降低到 1.5 毫托直至 0.5 毫托。 25

30 图 2 是等离子镀膜系统的真空室顶视图，表示了平台为转台 20 的一个实施方案。在转台 20 的表面上对称放置了基底 12a、12b、12c 和 12d。转台 20 可以顺时针或者逆时针方向旋转。事实上基底 12a—12d 可以由任何现有材料制成，在图 2 中为圆柱形，因此每个基底在

顶视图中表现为圆形。

丝极电源控制元件 34 与第一套丝极 94 和 96 以及第二套丝极 90 和 92 有电连接。尽管图 2 中没有完全标示出这种电连接关系，应理解丝极电源控制元件 34 可以向第一套丝极 94 和 96、或者是第二套丝极 90 和 92 提供电流。这样，沉积层可有两层如基层和工作层。优选首先通过第一套丝极 94 和 96 提供的沉积物质来镀覆基层，再用第二套丝极 90 和 92 上提供的沉积物质在基底 12a-12d 的基层上沉积工作层。

图 2 中基底的布置可被描述成一系列的基底，其包括与转台 20 的中心更为接近的朝内表面，和与转台 20 的外缘更为接近的朝外表面。例如，12a-d 系列基底的朝内表面在基底旋转靠近丝极时分别在不同的时间面向丝极 92 和丝极 96。同样，基底 12a-d 的朝外表面在它们旋转靠近丝极时面向丝极 90 和 94。

如前所述，事实上丝极电源控制元件 34 可以提供任何种类的电流如直流电流或交流电流，但是优选提供交流电流。

在工作中，例如转台 20 按顺时针方向旋转，这样在基底 12b 靠近或者经过丝极之后，下一个靠近或者经过丝极的基底是基底 12c，如此下去。在一个实施例中，第一套丝极 94 和 96 上装载着沉积物质如镍（或钛），第二套丝极上装载着沉积物质如银 / 钯合金。该实施例是镀覆两套沉积物质或者两层沉积层的例子。

在设定了真空室内所有的工作参数之后，正如在这里自始至终描述的那样，丝极电源控制元件 34 可以向第一套丝极 94 和 96 提供交流电流，将使镍蒸发或者汽化，与真空室内的气体如氩气一起形成等离子体。等离子体中带正电荷的镍离子和带正电荷的氩离子将被吸引到处于负电位的基底 12a-d 上。通常基底旋转时离第一套丝极 90

和 92 的距离越近，将会沉积越多的材料。因为转台是旋转的，施加到各个基底上的一层或多层沉积层是均匀的。

5 在开始的等离子体已被镀覆到 12a-d 系列基底上形成沉积层的基层之后，丝极电源控制元件 34 被通电，以向第二套丝极 90 和 92 提供足量的电流。类似地，在氩离子和银 / 钯离子之间形成了等离子体，然后在正在旋转的基底上形成工作层。

10 在镀覆基层的过程中，主要通过丝极 94 中的沉积物质镍来涂敷基底 12a-d 的朝外表面。类似地，通过丝极 96 中的沉积物质镍来涂敷基底的朝内表面。对于将银 / 钯等离子体镀覆到基底上形成沉积层的镀覆来说，也存在同样的关系。

15 图 3 是根据本发明的一个实施方案，说明丝极 100 周围的等离子体形成和扩散，以等离子体镀覆基底 12 的侧视图。丝极 100 做成导线篮子的形状，如钨丝篮子，如图所示，沉积物质 102 置于其中，并由丝极 100 机械支撑住。当丝极电源控制元件 34 向丝极 100 提供了足够的电流时，沉积物质 102 会熔化或者汽化，形成等离子体 104。当然，本发明的所有工作参数必须能使沉积物质达到等离子体状态，以便发生等离子体镀覆。

20 处于负电位的基底 12 吸引等离子体 104 的正离子，以形成沉积层。如图所示，等离子体 104 的分布图显示等离子体 104 的大部分正离子被吸引到丝极 100 和沉积物质 102 附近。如图所示当等离子体 104 与基底 12 的顶面接触时将产生一些卷曲。类似地，等离子体 104 的一部分正离子可能被吸引到平台或者转台上。正如已说明的那样，本发明提供了一种形成沉积层的有效办法，即确保沉积物质的大部分离子被用于形成沉积层。

30 图 4 是表示包括基层 110、过渡层 112 和工作层 114 在内的基底

12 的沉积层的剖视图。首先应注意构成沉积层的各个层的厚度与基底 12 的尺寸基本上不成比例；然而，根据本发明的一个实施方案，沉积层的各内层的相对厚度彼此成比例。

5 一般地，根据本发明的教导，基底上整个沉积层的厚度通常被认为是介于 500 埃和 20,000 埃之间。在一个优选的实施方案中，整个沉积层的厚度被认为是介于 3,000 埃和 10,000 埃之间。本发明提供了包括所有的沉积层如基层 110、过渡层 112 和工作层 114 在内的沉积层厚度的优异的再现性和可控性。据信，本发明可以提供精度约为 500
10 埃的可控层厚。还应提到的是，本发明可用来形成具有一层或任意多层内层的沉积层。

沉积层的厚度通常根据等离子镀覆基底的预定用途的性质来决定。除了其它的许多变量和因素外，还可包括这些变量如温度、压力和
15 和工作环境的湿度。对于每层的金属或沉积物质种类的选择也高度依赖于等离子镀覆基底的所需用途的性质。

例如，本发明防止或者显著减少了部件之间因过度磨损而发生的咬住。这种咬住包括配合部件的两个表面如螺纹表面装配在一起时常
20 会发生的相互咬住。咬住可能引起部件断裂和破裂，这常常导致严重破坏。通过对一个或多个接触表面进行等离子镀覆，可以防止或减少咬住发生。可使用各种沉积物质来获得这种有益的效果。然而，优选用等离子镀覆工艺在一个或多个接触表面上沉积镍或钛基层和银/钯合金工作层，来减少咬住。对于高温如超过 650 华氏度的应用来说，优
25 选通过等离子镀覆工艺沉积镍或钛基层和金工作层来减少咬住。

通过试验，人们发现当铬被沉积，无论是作为基层、过渡层还是作为工作层时，对于减少咬住的效果并不好。人们相信，铬可能是一种在等离子镀覆工艺过程中更难加以控制的沉积物质。

30

等离子镀覆还可用来镀覆阀零件如非核爆炸应用中的阀杆，优选等离子镀覆钛基层、金过渡层和铟工作层。在原子核应用如核电站应用中，铟并不是优选的等离子镀覆沉积物质，因为它被认为是过高的放射性同位素吸收体。替代地，而镍基层和银/钯合金工作层对于等
5 离子镀覆原子核应用中的阀杆则是优选的。

如图 4 所示，工作层 14 通常比相应的过渡层 112 和基层 110 厚得多。还应注意到的是图示中基底 12 顶部的涂层在基底 12 的中央或中央附近较薄。这取决于在等离子镀覆工艺过程中丝极如何放置。例
10 如，如果丝极如同图 2-3 中所示那样放置，基底 12 中央的沉积层一般会比其侧边的沉积层薄。

尽管在这里已经讨论过了各种厚度范围，应理解本发明并没有对最大沉积层厚度作出限制。事实上，沉积层的厚度，尤其是工作层 114
15 的厚度，可以为通常取决于等离子镀覆基底 12 将来的工作环境的任何所需厚度。优选基层 110 和过渡层 112 以及工作层 114 之下的任何其它层的厚度显著小于相应的工作层 114 的厚度。例如，基层 110 和过渡层 112 的厚度范围可为 500~750 埃，而工作层 114 的厚度事实上可以为例如 18,000 埃。

20
图 5 是根据本发明的一个实施方案的等离子镀覆方法 500 的流程图。方法 500 从方框 502 开始，进行到方框 504。在方框 504，准备了等离子镀覆的材料或基底。包括清理基底，以除去异物、污物和油。可以使用任何已知的清理工艺，如钢结构刷涂委员会（SSPC）规定的那些工艺。例如，可用标准 SSPC-5 来保证基底被清理达到纯净金属
25 的状态。同样，可以使用标准 SSPC-10。优选将基底进行喷砂处理，例如进行喷丸处理以进一步保证除去异物或污物。应注意在基底的表面可以存在氧化层。本发明容许即使在基底表面存在氧化层的情况下仍能用等离子镀覆具有优异的粘附性能和机械性能的沉积层。

30

方法 500 进行到方框 506，在这里设定等离子镀覆系统的必要条件。等离子镀覆系统的装置不同，该必要条件的内容有所不同。在使用扩散泵作为真空系统的一部分的情况下，例如必须确保冷却水的供应。同样，必须确定具备足够的润滑油和空气，以使与等离子镀覆系
5 统相关的各种设备、阀和装置能够运转。在进行到方框 510 之前，还应该在此落实气体如氩气的足量供应。

假定扩散泵用作真空系统的一部分，在方框 510 处使扩散泵做好工作的准备。包括打开前级阀，启动与扩散泵结合使用的前级真空泵。
10 一旦达到了前级真空度，就可使扩散泵的加热器通电。这使得扩散泵进入使用状态。

方法 500 进行到方框 512，在这里作真空室准备。包括如将基底放置于真空室内等许多步骤。通常将基底放置在真空室内的平台或转
15 台上的指定位置。在进入真空室内部之前，真空室的密封要被破坏，优选将钟形罩或外部构件从底板上抬起。将基底放置到平台上之后，就可将丝极放置到与基底相应的位置。

放置丝极可能涉及许多技术，并且包括这些变量如丝极提供的沉积物质数量和种类，相对于基底的距离以及相对于其它丝极的距离。
20 一般从丝极或沉积物质的中心线算起到基底上最近点的距离为 0.1~6 英寸。但是，当沉积物质将成为沉积层的基层或过渡层时，优选丝极或沉积物质与基底之间的距离范围为 2.75~3.25 英寸。类似地，当沉积物质将作为沉积层的工作层沉积到基底上时，优选丝极或沉积物质
25 与基底之间的距离为 2~2.5 英寸。

在等离子镀覆多种沉积物质的情况下，有必要考虑容纳第一沉积物质的丝极与容纳第二沉积物质的丝极的相对位置，使每个丝极之间以及与基底之间的相对位置相互对应。一般来说，包含作为沉积层的
30 基层、过渡层或工作层的沉积物质的第二丝极和第一丝极之间的距离

应为 0.1~6 英寸。

包含将作为基层的沉积物质的丝极之间的距离一般为 0.1~6 英寸。优选该距离为 3~4 英寸。上述关于丝极之间距离的数据也适用于丝极中的沉积物质将作为沉积层中的过渡层的情形。类似地，包含将作为沉积层的工作层的沉积物质的丝极之间的距离一般应为 0.1~6 英寸，但是优选为 2.5~3 英寸。

方框 512 的真空室准备中也可能需要考虑平台上要被等离子镀覆的一系列基底的布置情况。例如，设置在真空室内的向一系列基底的朝内表面镀覆沉积物质覆层的丝极与位于真空室内的镀覆一系列朝外表面的丝极相比，需要的沉积物质的质量或重量可能要少 20~80%。确定朝内表面和朝外表面是以相对于平台或转台的位置关系为基准的，朝内表面是指靠近平台或转台中心的那些表面。上述的原因在由于一般来说朝内表面和朝外表面对等离子体的正离子的吸引力有所不同，造成一系列基底的朝内表面的等离子镀覆工艺效率高于该系列基底的朝外表面的等离子镀覆工艺效率。这样也确保朝内表面和朝外表面上的沉积层厚度更加均匀。在这种情况下，优选丝极位置，丝极上沉积物质的重量或质量也将有所不同。通常，两个不同位置之间的沉积物质的质量或重量可相差 20~80%。优选镀覆朝内表面的丝极中的沉积物质的质量或重量比镀覆朝外表面的丝极上的沉积物质的质量或重量要少 40~50%。放置在丝极中的沉积物质的量与沉积层和其各内层所需的厚度相对应。这已结合图 3 作过更详尽的讨论和说明。

在形成等离子体的过程中，丝极的类型影响着其中的沉积物质熔化或蒸发形成的分布图谱。本发明中可以使用各种类型、形状和结构的丝极。例如，丝极可以是钨篮、舟皿、线圈、坩埚、射线枪、电子束枪、加热枪或任何其它的结构如真空室内的支承结构。一般通过向丝极通电流来加热丝极。但是，本发明可以使用任何方法或方式来加热丝极内的沉积物质。

真空室准备还包括将沉积物质放置在一个或多个丝极中。事实上本发明可使用任何能在本发明的条件和参数下蒸发从而形成等离子体的材料。例如，沉积物质事实上可包括任何金属如金属合金、金、钛、铬、镍、银、锡、铟、铅、铜、钯、银/钯和其它各种金属。同样，沉积物质可包括任何其它材料如碳、非金属、陶瓷、金属碳化物、金属硝酸盐和各种其它材料。沉积物质通常为丸状、颗粒、细粒、粉末、线状、带状或条状材料。一旦装好了丝极，就可以关闭并密封真空室。这可能包括用真空室的底板来密封真空室的外罩部分。

10

方法 500 进行到方框 514，在此初步设置真空室内的真空条件。在一个实施方案中，如图 1 中表示的系统 10，刚开始用低真空泵对真空室抽真空，将真空室内的压力降到足够低，以使其它的泵可以接替它并进一步降低真空室内的压力。在一个实施方案中，开始启用的低真空泵为机械泵，随后可打开初级阀，以连通真空室。一旦低真空泵起到了预定的作用，将真空室内的压力降到了预定或设计水平，就关闭初级阀。此时，方法 500 转到方框 516。

15

在方框 516，用另一个真空泵来进一步降低真空室内的压力。例如，在一个实施方案中，使用扩散泵/前级真空泵来进一步降低真空室内的压力。在图 1 所示的本发明的实施方案中，通过开启主阀，使用扩散泵，并辅以机械前级真空泵，来进一步降低真空室内的压力。

20

通常将真空室内的压力降低到 4 毫托以下。优选将真空室内的压力降低到 1.5 毫托以下。在下面结合方法 500 的方框 518 说明的进行背溅射的情况下，真空室内的压力降低到 100 毫托以下，一般为 20 毫托~100 毫托。在进行背溅射的一个优选实施方案中，真空室内的压力降低到 50 毫托以下，一般为 20 毫托~50 毫托。

25

进行到方框 518，可施行背溅射工艺来进一步清理、准备基底。

30

但是应该理解的是该工艺不是必须的。在下面会结合图 6 来对背溅射工艺作更详细说明。背溅射工艺可包括真空室内平台或转台的旋转。在这种情况下，通常转台的转速为 5 转/分~30 转/分。优选转台的转速为 12 转/分~15 转/分。根据本发明的教导，优选在基底上形成沉积层时转台也运转。

方法 500 进行到方框 520，在此设定工作真空度。尽管如上面结合方框 514 和 516 讨论过的那样真空室内的真空条件已经建立，但现在可以通过将气体以一定的流速引入真空室内来确定工作真空度，通常将真空室内的压力升高到 0.1 毫托~4 毫托。优选引入气体将真空室内的压力升高到 0.5 毫托~1.5 毫托。这将保证在等离子体中没有沉积物质离子相撞，并将提高沉积效率，向基底提供干净的、高度粘附的沉积层。引入到真空室内的气体可以是各种气体，但是优选为惰性气体、稀有气体、活性气体或者如氩气、氙气、氦气、氖气、氟气、氦气、氧气、氮气等气体，以及其它各种气体。该气体最好为非易燃性气体。应理解本发明并不要求引入气体，而是可以在没有气体的情况下进行。

方框 522 处设定系统的各种工作参数和数值。这一般包括使转台旋转，需要的话，施加直流信号，和施加射频信号。假定平台包括转台或某些其它的旋转设备，优选在此使转台旋转。当然这要假定先前转台没有旋转，并且进行背溅射方框 518 的处理与否可自行酌定。一旦转台旋转被设定，就可以向基底施加直流信号和射频信号。通常向基底施加的直流信号的电压为 1~5,000 伏特。应注意优选电压的极性为负；但也不总是这样要求。在一个优选的实施方案中，向基底施加的直流信号的电压为负 500~负 750 伏特。

向基底施加的射频信号的功率一般为 1~50 瓦特的。优选射频信号的功率为 10 瓦特或者为 5~15 瓦特。射频信号的频率一般为几千赫兹或者几兆赫兹的工业指定频率。优选频率信号为 13.56 千赫兹。

尽管自始至终使用术语射频来描述在基底上产生和施加的射频信号，应理解的是术语射频并不限于通常意义上的频率约为 10 千赫兹～100,000 兆赫兹的信号。术语射频还应包括能有助于在真空室内形成或激发等离子体的任何频率的信号。

5

优选方框 522 还包括使用混合器电路来混合直流信号和射频信号，从而复合信号。这使得向基底上施加的只有一个信号。通常使用穿过真空室的底板并与平台的导电部分接触、随后与基底电连接的馈电通路来实现这一点。方框 522 还包括通过使用射频平衡网路来平衡复合信号。优选通过降低驻波反射功率来平衡复合信号。这优选通过人工进行控制。

10

如曾在混合器电路中看到的那样，在天线或输出的输出特性或负荷特性改变时，当电信号或电波从输出负载反射回到混合器或信号源时可能出现的问题。这些问题可能包括射频发射器破坏，和转移到基底和真空室中的功率减少，转移到基底和真空室中的功率是为了保证形成足够的等离子体来圆满完成等离子镀覆工艺。

15

这个问题可以通过射频平衡网路来减少或解决，该射频平衡电路能调整它的阻抗来抵消或降低反射波，在一个实施方案中阻抗包括电阻、电感和电容。输出载荷或天线的阻抗和电特性受到如等离子体存在与否、平台上基底的形状和性能等的影响。由于在等离子镀覆工艺过程中存在这些变化，在工艺过程中可能需要调整射频平衡电路来降低驻波反射功率，换句话说或者是防止或减小返回到射频发射器的驻波比例。优选在等离子镀覆工艺过程中，这些调整由操作者手工进行。在其它的实施方案中，射频平衡电路是自动调整的。但是必须小心操作，以保证自动调整不会补偿过度或者是不能跟踪输出载荷的变化。

20

25

方法 500 进行到方框 524，在此一种或多种沉积物质被熔化或蒸发，产生等离子体。等离子体在本发明提供的条件下产生，使得沉积

30

层通过等离子镀覆在基底表面上形成。人们相信沉积层在形成中等能量水平形成，该中等能量一般为 10 eV~90 eV。

5 一般通过向沉积物质周围的丝极提供电流来使沉积物质蒸发或汽化。在一个优选的实施方案中，沉积物质被慢慢或逐渐加热，以使沉积物质中具有更均匀的热量分布。这也促进了等离子体的形成。提供的电流可以是交流电流或者是任何其它足以在丝极中产生熔化沉积物质的热量的电流。在其它的实施方案中，可以引入与沉积物质进行化学接触的试剂来加热沉积物质。在另外的实施方案中，可以使用电磁能或微波能来加热沉积物质。

15 真空室内的条件将利于形成等离子体。等离子体一般包括气体离子如氩离子，和沉积物质离子如金、镍或钨离子。由于缺失一个或多个电子，气体离子和沉积物质离子一般为正离子。人们相信引入射频信号以及加热沉积物质产生的热离子（thermionic）现象有助于形成等离子体。在某些情况下，产生的等离子体可能包括带负电荷的离子。

20 基底上用直流信号而产生的负电位将会吸引等离子体中的正离子。同样，这主要包括沉积物质离子，可能还包括气体离子如在方法 500 中较早引入的气体中的氩气离子。人们相信气体离子如氩气离子的掺入不会使材料变劣或降低沉积层的机械性能。

25 应注意一些在先著作建议最好在基底上或其附近引入磁铁，从而在等离子体被吸引到基底上形成沉积层时影响等离子体的离子移动路径。现在，实验证据表明，引入这样的磁铁事实上是没有必要的，会产生有害影响。磁铁的存在可能导致沉积厚度不均匀，并对工艺的可控性、再现性和可靠性显然不利。

30 当设计的沉积层包括多个内层时，在方框 524 要进行多层镀覆。这意味着在通过加热丝极而使基层沉积物质熔化之后，再通过加热丝

极来使过渡层沉积物质（或者是接着要施加的覆层沉积物质）受热熔化。照这样，就可以镀覆任意层内层的沉积层。在形成后续的沉积内层之前，前面的沉积层应该已经完全或近乎完全形成。由此方法 500 具有显著的优点，其容许无需破坏和重新设立真空室的真空度而沉积具有多层内层的沉积层。这一点能显著地减少总的等离子镀覆时间和成本。

方法 500 进行到方框 526，在这里关闭系统。在图 1 所示系统的实施方案中，关闭主阀，打开通向真空室的通气阀，以平衡真空室内的压力。然后打开真空室，就可以立刻取出基底。这是因为方法 500 的等离子镀覆工艺中不会在基底内产生过多热量。这具有显著的优点，因为基底和沉积层的材料或机械结构不会受到过高温度的不利影响。然后就可以根据需要使用等离子镀覆基底。因为基底的温度一般等于或低于 125 华氏温度，通常无需任何热保护就能立即对基底进行处理。

方法 500 还具有不产生任何废弃副产物的优点，是环保的。另外，方法 500 还能有效利用沉积物质，因此能有效利用而不会浪费贵金属如金和银。此外，由于本发明不使用高能沉积技术，因此对基底无不利的冶金或机械作用。相信是因为本发明的沉积层没有深嵌入基底内部，但是沉积层仍然表现出优异的粘着性能、机械性能和材料性能。在方框 528 处取出基底之后，方法 500 在方框 530 处结束。

图 6 是根据本发明的一个实施方案，使用本发明的系统和方法的背溅射方法 600 的流程图。在沉积层通过等离子镀覆在基底上形成之前，可以用背溅射来进一步清理基底。背溅射通常清除污物和异物，从而使基底更干净，沉积层更加坚固和均匀。方法 600 从方框 602 开始，进行到方框 604 处将气体引入真空室，引入速率要能维持或产生真空室内所需的压力。这与前面图 5 中方框 520 的说明类似。一般地，真空室内的压力应为 100 毫托以下，如 20 毫托~100 毫托。优选真空

室内的压力为 30 毫托~50 毫托。

5 方法 600 进行到方框 606, 必要的话在此使平台或转台旋转。如上所述, 转台的旋转速率为 5 转/分~30 转/分, 但是优选为 12 转/分~15 转/分。

10 进行到方框 608 时, 设定直流信号并施加到基底上。通常施加的直流信号为 1~4,000 伏特。优选施加的直流信号的电压为负 100~负 250 伏特。

15 方框 608 处还包括产生射频信号并施加到基底上。射频信号的功率一般为 1~50 瓦特。优选射频信号的功率为 10 瓦特, 或者为 5~15 瓦特。优选将直流信号和射频信号混合、平衡, 并作为复合信号施加到基底上。结果, 在方框 604 处引入的气体将形成等离子体。该气体一般为惰性气体或稀有气体如氩气。等离子体的形成包括从气体生成正离子。这些等离子体的正离子受到吸引并加速移向优选处于负电位的基底, 从而除去基底上的污物。一旦污物或异物离开基底, 便可通过真空泵如扩散泵的运转将它们从真空室中抽出。

20 进行到方框 610 处, 持续进行背溅射工艺通常达 30 秒~1 分钟。取决于基底的条件和清洁程度, 背溅射工艺持续的时间可长可短。一般地, 允许背溅射工艺持续进行, 直到背溅射工艺产生的电容放电基本上完成或者显著减少。这可以通过观察与基底的污物的电容放电相一致的火花或闪光来进行肉眼监控。可称之为微弧。

25 在背溅射工艺过程中, 必须对直流信号加以控制。这通常是通过手工调整直流电源来做到的。优选直流信号的电压达到最大值, 但不要使直流电源过载。随着背溅射工艺的进行, 由于背溅射工艺过程中等离子体发生变化, 直流电源中的电流将会改变。因此在背溅射工艺
30 过程中有必要调整直流信号的电压。

方法 600 进行到方框 612，在此去除直流信号和射频信号，并关掉气体。方法 600 进行到方框 614 便结束。

5 图 7 是根据本发明的一个实施方案的移动式镀覆系统 700 的顶视图。移动式镀覆系统 700 的实施使用了移动式储存箱 702。在一个优选的实施方案中，移动式储存箱 702 为封闭式或半封闭式拖车，通常由柴油卡车如“双轮 (Semi)”或“18 轮”柴油卡车来牵引。然而，应该理解事实上本发明的移动式储存箱 702 可以使用任何现有的移动
10 式储存箱、货箱、拖车等等，例如货箱、海/陆两用货箱、载重拖车或牵引拖车的内储存箱、半拖车、货车、冷藏车、货运拖车、冷藏箱、平板拖车、自卸拖车、牵引拖车或封顶拖车。尽管移动式储存箱 702 的优选实施方案为密封式或半封闭式的储存箱，在另一个实施方案中，本发明也能为敞开式或半敞开式拖车或货箱。

15 图示的移动式镀覆系统 700，其中外部真空泵 704 放置在移动式储存箱 702 之外。这表明该移动式镀覆系统 700 处于固定和工作状态。当移动式镀覆系统 700 在运送途中或处于非工作状态时，外部真空泵 704 可以储存在移动式储存箱 702 内。例如，图中外部真空泵 704 附近有一个开口 706，在一个优选的实施方案中，外部真空泵 704 可以
20 通过开口 706 储存在移动式储存箱 702 中。于是在运送途中，外部真空泵 704 与移动式储存箱 702 在一起。本发明并不限制任何开口如开口 706 或开口 754 的位置或存在与否。开口 754 也是进入移动式储存箱 702 的入口。在一个优选的实施方案中，外部真空泵 704 包括安装在滑轨上的机械低真空泵 708 和机械前级真空泵 710。这样，外部真
25 空泵 704 可以通过开口 706 方便、快速地进出移动式储存箱 702。例如，可以使用叉式升降机将外部真空泵 704 移入或移出移动式储存箱 702。

30 外部真空泵 704 置于移动式储存箱 702 之外、并在储存箱外运转

这一点具有明显的技术优点，能减小或消除镀覆工艺过程中在移动式
储存箱 702 内的设备和系统中产生的内部振动、噪音和泄漏。这类的
振动和机械应变可能对整个镀覆工艺有巨大的危害。一般外部真空泵
704 是用来协助在位于移动式储存箱 702 内的真空室 712 中产生所需
5 的压力，使得所需的镀覆工艺可以在所需的可靠的工作参数下进行。
在一个优选的实施方案中，低真空泵 708 通过或使用柔性管件 714 与
真空室 712 相连。同样，前级真空泵 710 可使用柔性管件 714 与真空
室 712 相连，在图 7 所示的实施方案中是通过内部真空泵 716，图示
为扩散泵，来与真空室 712 相连。除了外部真空泵 704 位于移动式储
10 存箱 702 的外部这一点之外，柔性管件 714 也有助于消除、减小或隔
离外部真空泵 704 在其他设备、机器和系统上引起的机械振动、应变
和噪音。此外，柔性管件 714 允许管道运动，以至于在管道中不会产
生使移动式镀覆系统 700 完全停工的机械应力、疲劳和潜在裂纹或破
裂。外部真空泵 704 和真空室 712（和内部真空泵 716）之间接合的
15 一个实施方案将在下面结合图 8 进行详尽说明。

在继续说明之前，应该强调的是本发明的移动式镀覆系统 700 并
不以任何方式受限于任何特定类型的镀覆工艺、系统或沉积技术。如
以上结合图 1-6 的详细说明中所述，可以使用移动式镀覆系统 700
20 来实施等离子镀覆系统或工艺。事实上本发明可以利用任何已知的或
现有的使用真空室和真空泵的镀覆工艺。例如，但不作任何限制，移
动式镀覆系统 700 可以使用以下任一种镀覆工艺：真空淀积、物理汽
相淀积、化学气相淀积、溅射、离子镀和离子注入。实质上，图 7 所
示的移动式镀覆系统 700 反映了在上面结合图 1 说明过的等离子镀覆
25 系统 10 的一种实施装置。

移动式储存箱 702 可通过变压器 718 与电源相连。于是，变压器
718 可以向移动式镀覆系统 700 的各种设备和系统提供适当的所需电
压和功率。在一个实施方案中，可以在移动式储存箱 702 的顶部附近
30 安置电力总线，使得整个移动式储存箱可以方便地使用电源，但没有

安全隐患，该总线在图 7 中没有表示。图 7 中还有空调设备 720。空调设备 720 的作用是在移动式储存箱 702 内提供适宜、舒适的工作环境，并帮助冷却需要冷却的设备。

5 在移动式储存箱 702 中表示出来的冷却系统包括冷却器 722、水箱 724 和适当的管路或连接件，可将冷却水从冷却器 722 送到内部真空泵 716，图中该泵为扩散泵，冷却水和内部真空泵 716 之间作热量交换，然后水回流到水箱 724 中，随后送到冷却器 722 进行冷却。尽管在图 1 的系统 10 中没有表示，与图 1 的扩散泵 42 相似，内部真空
10 泵 716 需要适当运行冷却系统来确保在真空室 712 内的工作压力产生并维持在特定镀覆工艺所要求的水平。冷却器 722 可以是一种致冷装置，这样，该致冷装置产生的热废气可以通过通道（duct）726 从移动式储存箱 702 的内部排出。

15 本发明的移动式镀覆系统 700 还具有容许相对容易地处理大型、庞大和沉重的部件的显著优点。从移动式储存箱 702 的主入口处放入要被涂敷或镀覆的基底、零件或部件，如图 7 所示，当主入口门 728 和主入口门 730 打开时，放置基底、零件或部件。在基底特别沉重或笨重的情况下，在主入口或开口处设置空中吊运 / 升降组件 732。在
20 所示的实施方案中，空中吊运/升降组件 732 包括安装在移动式储存箱 702 顶部附近的框架结构。空中吊运/升降组件 732 的框架结构可以移动，并可以用马达 734 驱动。马达 734 使得空中吊运/升降组件 732 用轮子如图示的轮子 736，沿着设置于移动式储存箱 702 顶部或上部附近的轨道从移动式储存箱 702 的主开口处滚进、滚出或滑进、滑出。
25 在一个优选的实施方案中，移动式镀覆系统 700 包括铰接的延伸轨道 738 和 740（也可称为“空中翼轨”），因此安置延伸轨道 738 可以将上述的空中吊运/升降组件 732 的轨道延伸到移动式储存箱 702 之外。

30 如双箭头所示，空中吊运/升降组件 732 可以在移动式储存箱 702 的内部和外部移动。当空中吊运/升降组件 732 移出移动式储存箱 702

时，延伸轨道 738 和 740 提供了空中吊运/升降组件 732 的各种轮子如轮子 736 可以安放或在其上滚动的轨道。

5 工作中，庞大或笨重工件放置在移动式储存箱 702 的主开口或入口处的外面。随后，用马达 734 来移动空中吊运 / 升降组件 732，使空中吊运 / 升降组件 732 的升举器（在图 7 中没有特别表示出来）放置在庞大基底的上方或附近。如前面解释的那样，当空中吊运 / 升降组件 732 位于移动式镀覆系统 700 的移动式储存箱 702 之外时，使用延伸滚道 738 和 740 来支撑空中吊运 / 升降组件 732。然后将升举器
10 放低，该升举器优选为电动或机动升举器，并将基底提升到适当的位置。然后将空中吊运 / 升降组件 732 放置在移动式储存箱 702 的主开口之内，直到将基底放置到预定位置。

15 基底的预定位置一般优选位于移动推车或平台 742 之上。然后用空中吊运 / 升降组件 732 的升举器来放低基底，将基底放置在可移动的推车或平台 742 上。在图 7 所示的优选实施方案中，可以将可移动的推车或平台 742 放置到轨道 744 上。这允许使用轨道 744 上的可移动的推车或平台 742 将基底移到真空室 712 内。可以将工作台或平台放置在可移动的推车或平台 742 的顶面，并且优选将基底停放在该表
20 面上。然后将该工作台或平台与基底置入真空室 712 内，因此，在一个实施方案中，将表面放有基底的工作台或平台沿着位于真空室 712 内侧的轨道滑入真空室 712 中。在图 7 的实施方案中，真空室 712 为一个大的金属容器，其在靠近轨道 744 处有一个大的开口。真空室 712 可以为任何已知或现有的结构，也可由任何已知或现有的材料制成。

25

一旦将庞大或笨重的基底（或任何其它此类的这种基底）放置到真空室 712 内，就可以根据要求进行镀覆工艺。例如，该镀覆工艺可以使用以上结合图 5 讨论过的等离子镀覆方法。在这种情况下，使用所有在前面结合图 1 说明过的设备来设定适当的工作参数。一般，用
30 控制元件 746 来控制所有的或某些运行和监控镀覆工艺所需的真空

泵、阀及其它配套设备如配套设备 748。在一个实施方案中，配套设备 748 可包括与图 1 所示相类似的设备。例如，配套设备 748 可包括类似于图 1 的直流电源 66 的可在基底上产生所需电压的直流电源、类似于图 1 的射频发射器 64 的可在基底上产生所需功率射频信号的射频发射器，可在真空室 712 内的丝极上产生所需电流的丝极功率控制元件。控制元件 746 也可控制真空室 712 内气体如氩气 750 的引入。控制元件 746 也能控制马达 752，该马达是用来向真空室 712 内提供机械能的，如使放置基底的转台或平台上的滚轴旋转的机械能。这与图 1 的驱动马达 24 相似。

10

在其它的实施方案中，移动式镀覆系统 700 可包括位于移动式储存箱 702 内的喷丸室。在图 7 中没有表示出来的喷丸室可用来在将基底引入真空室 712 内进行镀覆之前对基底进行清理。

15

图 8 为根据本发明的一个实施方案，表示外部真空泵 704 与移动式镀覆系统 700 的真空室 712 之间的连接的侧视图。外部真空泵 704 包括低真空泵 708 和前级真空泵 710。图示中低真空泵 708 和前级真空泵 710 均以泵和马达一起来表示，并安装在滑行架 780 上。在一个优选的实施方案中，可用叉式升降机来升举滑行架 780。

20

低真空泵 708 通过管道系统与真空室 712 相连，该管道系统包括低真空截止阀 782、延伸通过或通向移动式储存箱 702 处的可拆卸箱 786 通向移动式储存箱 702 内部的柔性管件 784。在移动式储存箱 702 内，低真空泵 708 在直接与真空室 712 连接之前还包括柔性管件 788 和低真空阀 790。

25

外部真空泵 704 的前级真空泵 710 与内部真空泵 716 的扩散泵相连然后通向真空室 712 的连接包括各种管道系统元件，这些管道系统元件类似于刚才关于低真空泵 708 的管道系统的说明。在与扩散泵 716 连接之前还包括柔性管件 792、柔性管件 794 和前级真空阀 796，该

30

柔性管件 792 与可拆卸箱 786 相连并延伸到移动式储存箱内部。然后通过主阀 798 将扩散泵 716 与真空室 712 相连。

5 图示中交叉连接阀 800 将上述两条路径连接起来。尽管交叉连接阀 800 是常闭的，一旦机械前级真空泵 710 或机械低真空泵 708 坏了或者需要维修，该交叉连接阀 800 允许只使用上述的一个泵来使真空室 712 内产生所需的真空。这提供了显著的灵活度，从而增强了整体工作的可靠度。

10 图 9 是说明使用根据本发明的一个实施方案的移动式镀覆系统 700 的方法 900 的流程图。方法 900 从方框 902 开始，进行到方框 904。在方框 904，将移动式镀覆系统放置到所需位置。例如，如果在核电站使用该移动式镀覆系统，该移动式镀覆系统将被放置在或靠近核电站所在地，这样任何需要涂敷或镀覆的关键零件或部件可以方便、轻易地运输，而无需担心装运损耗或延迟。在方框 906 处，将外部真空泵从移动式镀覆系统的移动式储存箱之内移出，并放到移动式储存箱之外。这具有显著的优点，消除了可能干扰镀覆工艺的巨大机械噪声源和振动源。

20 方法 900 进行到方框 908，在这里使用柔性管件将外部真空泵与真空室相连。如上面刚讨论过的那样，这一点也进一步隔开了外部真空泵，且消除了由于机械应力、裂纹和泄漏造成的潜在失效或破坏。进行到方框 910，可将基底如反应堆容器盖螺柱与沉积物质一起放置到真空室内。如上面结合图 7 讨论过的那样，在基底为大型或庞大的部件的情况下，本发明具有显著的优点，即允许使用空中吊运 / 升降机来方便地处理这样的基底，该空中吊运 / 升降机能延伸到移动式镀覆系统的移动式储存箱之外。然后可将基底按要求准确地放置在能滑入或置入真空室内的平台或工作台上。

30 方法 900 进行到方框 912，开始进行镀覆工艺。一般包括设定真

空室内产所需的压力和工作参数。最后，方法 900 进行到方框 914，使用事实上任何已知的或现有的镀覆或沉积技术如真空淀积、等离子镀覆、物理汽相淀积、化学气相淀积、离子镀、溅射和离子注入来将沉积物质镀覆到基底上。最后，方法 900 在方框 916 处结束。

5

因此，显然本发明提供了一种具备上述一种或多种优点的移动式镀覆系统和方法。尽管上面已经详细说明了优选的实施方案，应理解的是，在这里所能作出的各种改变、替代和变更并不脱离本发明的范围，即便是缺少以上认识到的所有、一个或一些优点。例如，真空室和外部真空泵之间可以使用一个或多个柔性管件或接头进行连接，也可通过内部真空泵如扩散真空泵、低温泵和/或涡轮分子泵进行连接。本发明可使用各种材料和结构来实施。例如，本发明中可使用各种真空泵系统、设备和技术。这些只是本发明规划和覆盖的移动式镀覆系统和方法的其它配置或结构的一部分例子。

10

15

在优选的实施方案独立或分开描述和说明的各种部件、设备、物质、元件和工艺可以与其它元件和工艺相结合，而不会背离本发明的范围。例如，可以连接或集成一个或多个泵来帮助在真空室产生或维持所需压力或真空度条件。本领域的专业人员可以很容易地做出其它

的改变、替代和变更的实施例，而这些实施例并不背离本发明的精神和范围。

20

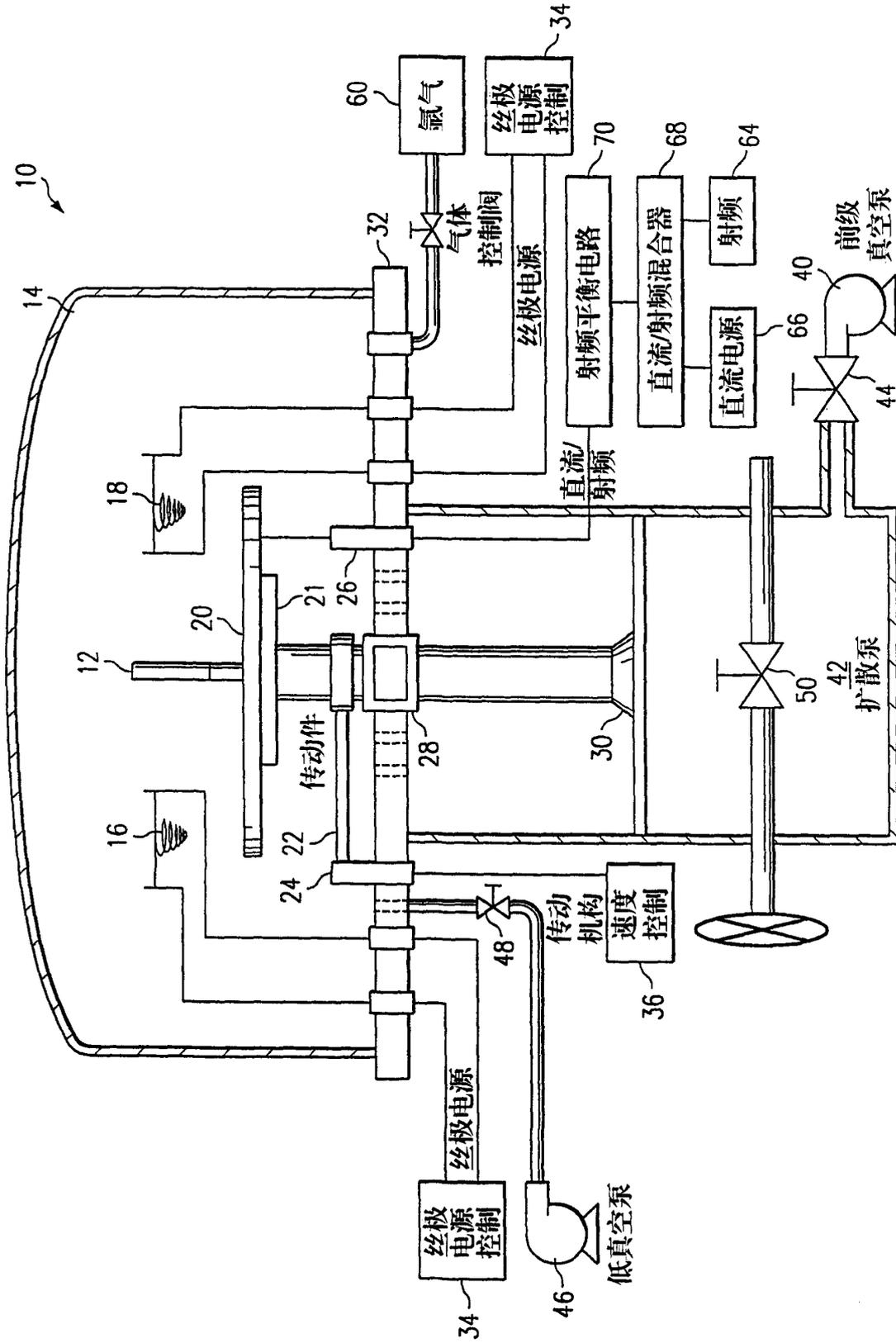


图1

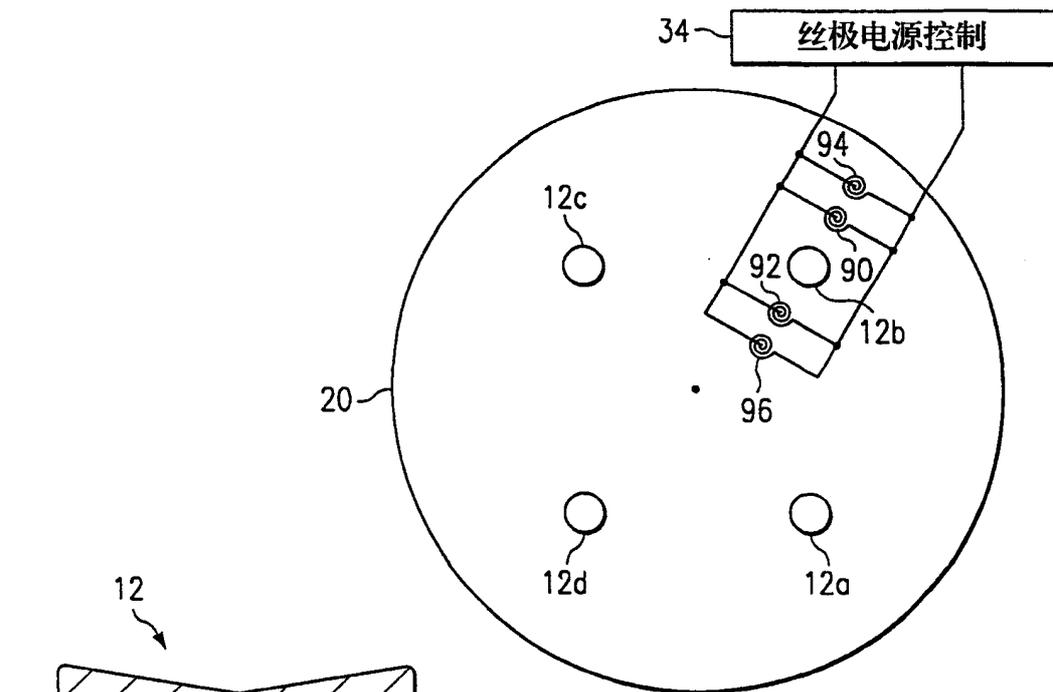


图 2

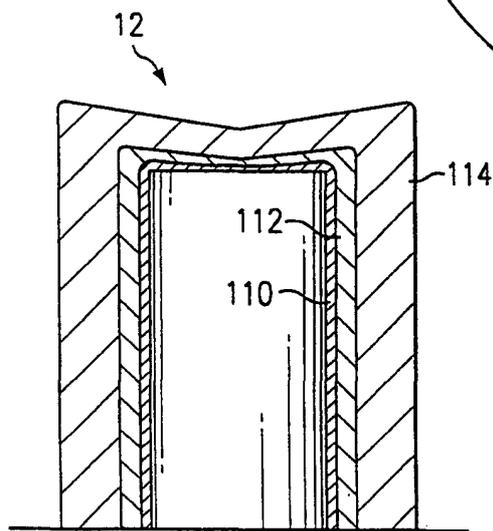


图 4

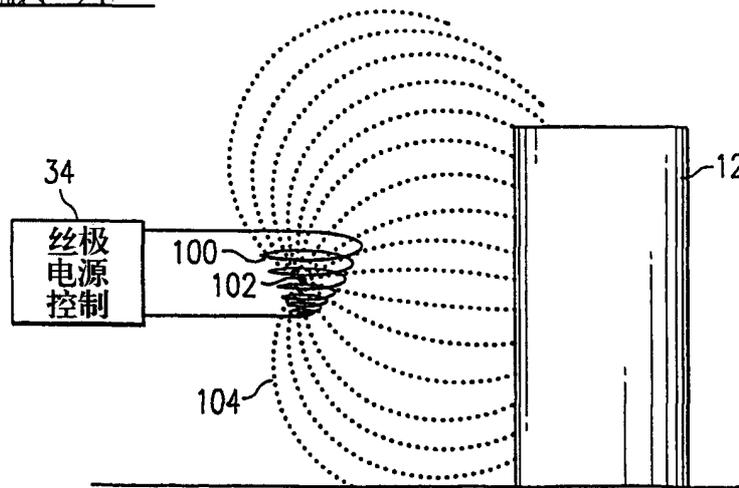


图 3

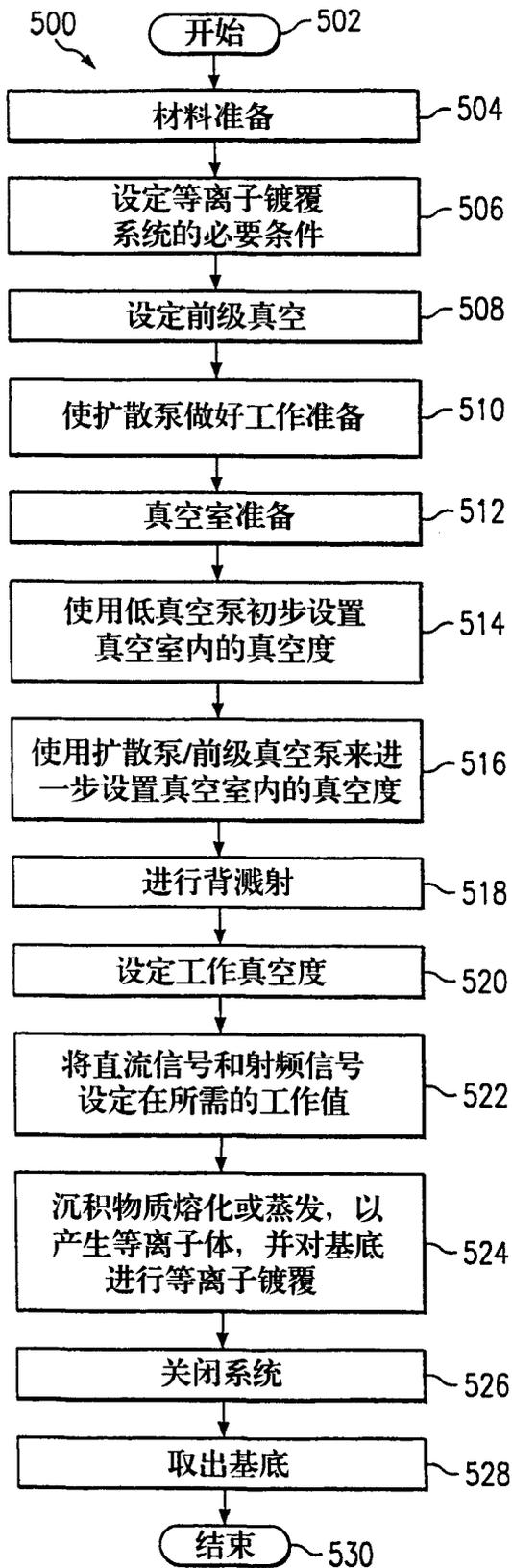


图 5

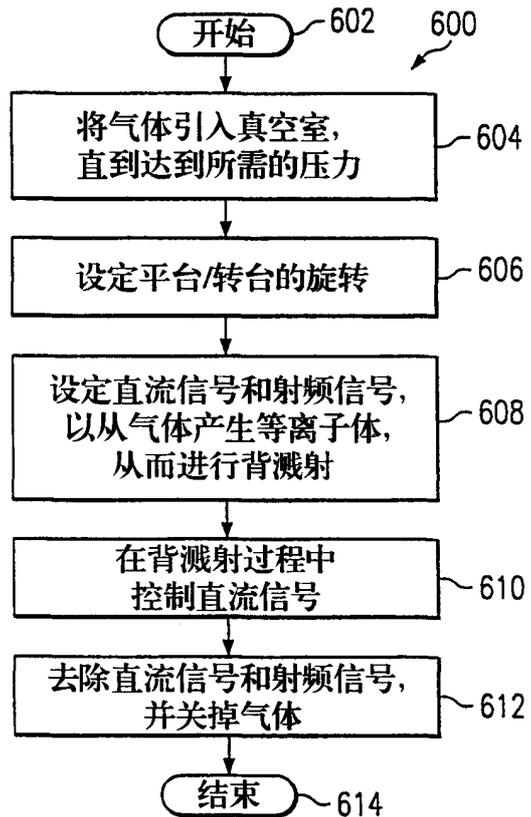


图 6

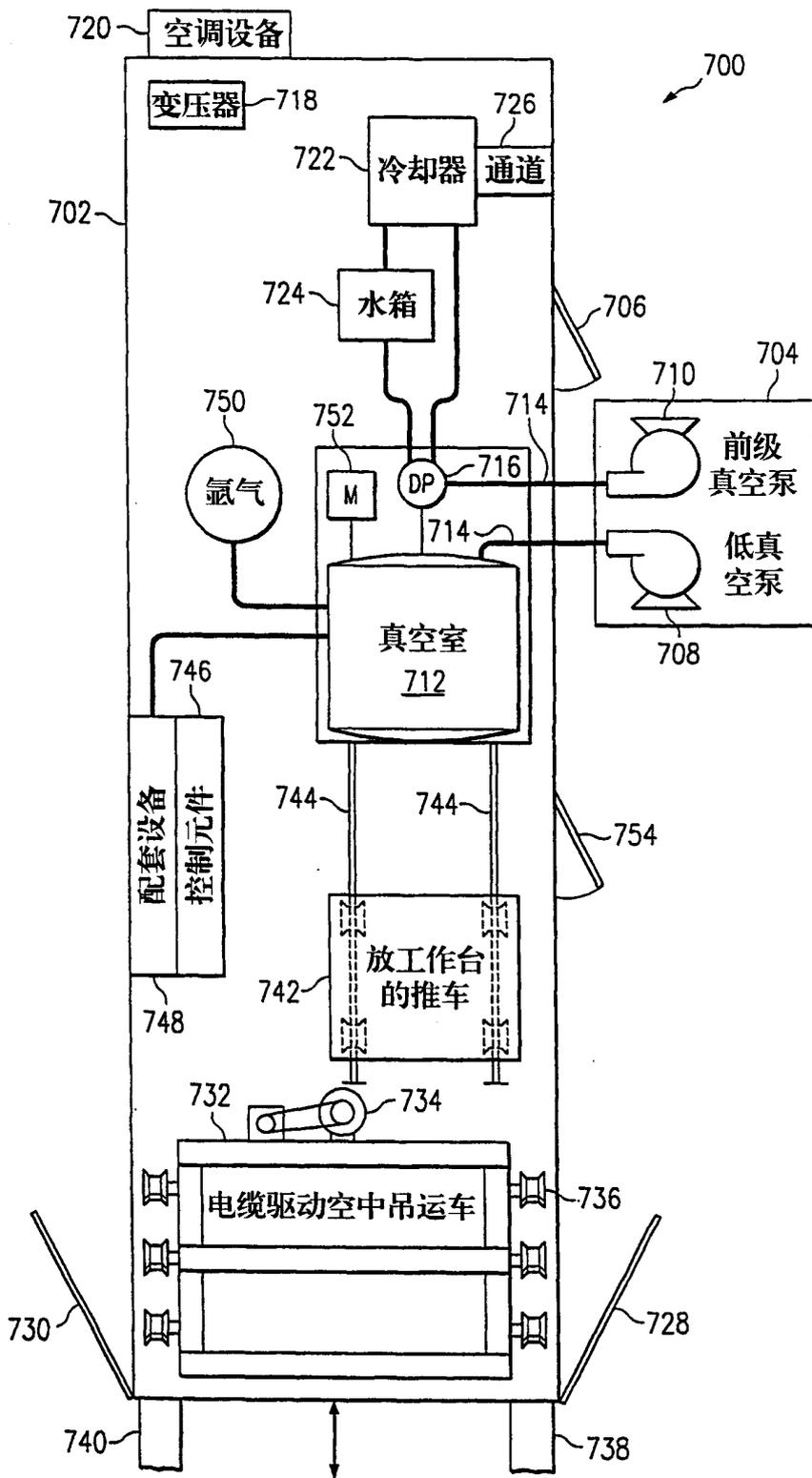


图 7

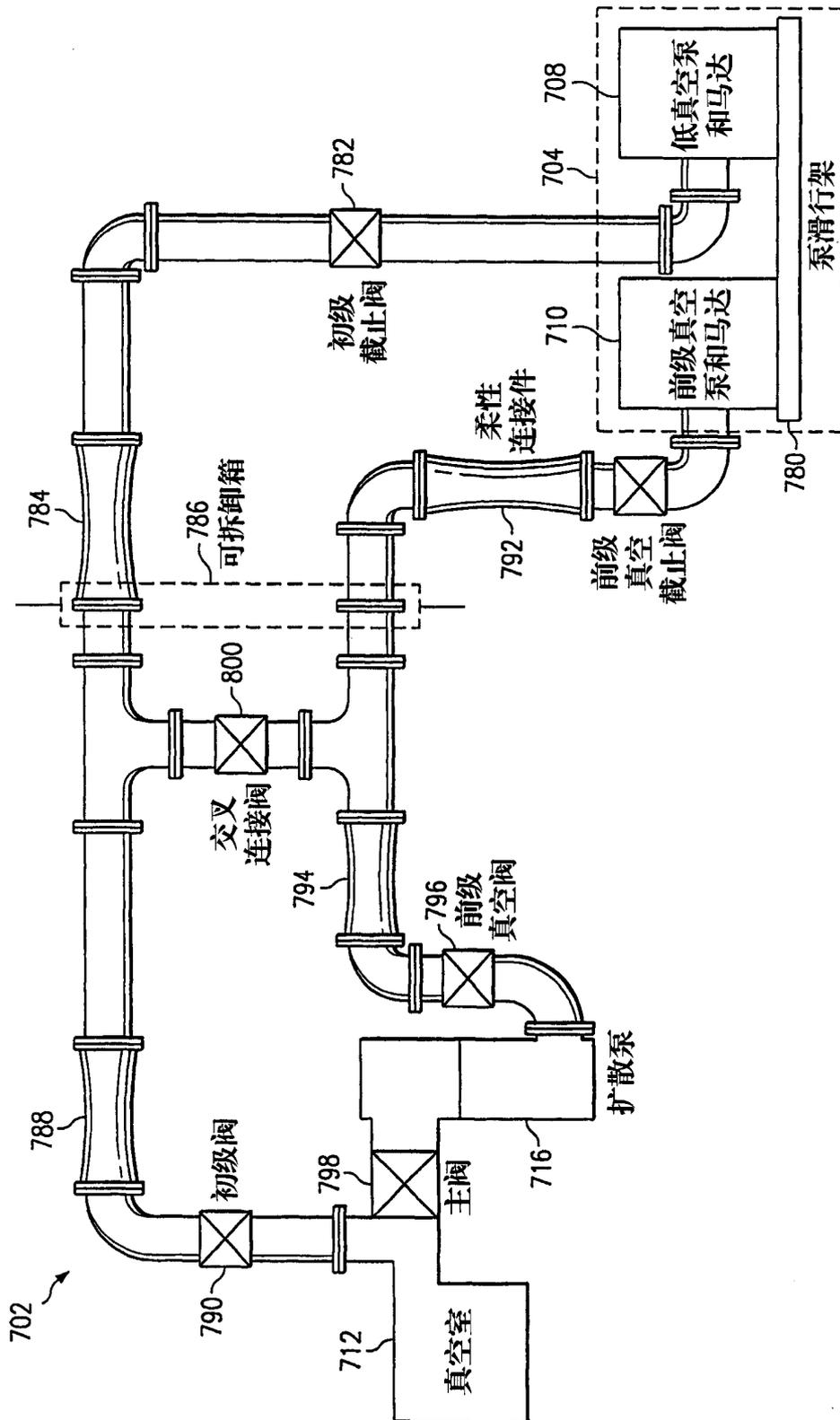


图 8

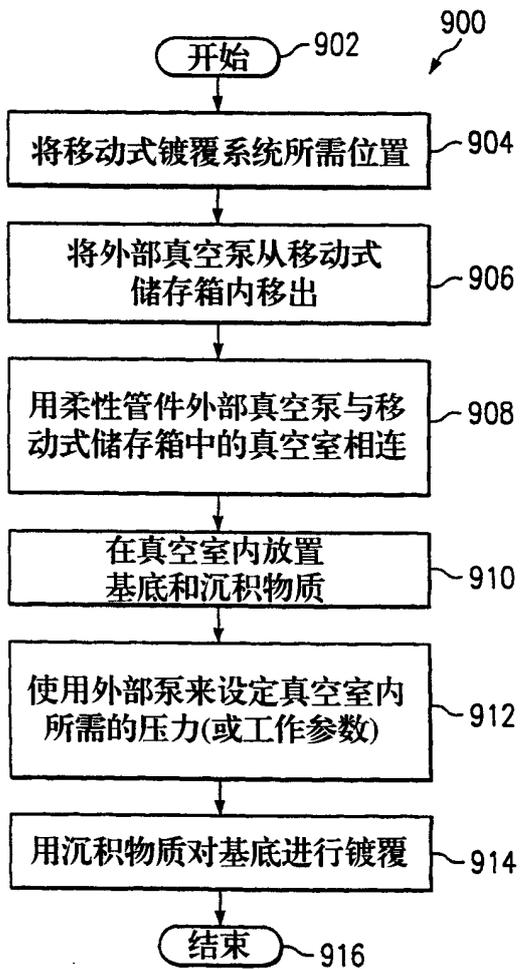


图 9