

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101583796 B

(45) 授权公告日 2012.07.04

(21) 申请号 200680043297.3

(22) 申请日 2006.11.20

(30) 优先权数据

PCT/US2005/042127 2005.11.21 US
60/742,435 2005.12.05 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008.05.20

(56) 对比文件

US 5772899 A, 1998.06.30,
US 5262068 A, 1993.11.16,
CN 1685156 A, 2005.10.19,
CN 1582203 A, 2005.02.16,
US 5135031 A, 1992.08.04,
US 5772899 A, 1998.06.30,

审查员 杨桂全

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2006/044906 2006.11.20

(87) PCT申请的公布数据

W02007/061956 EN 2007.05.31

(73) 专利权人 恩特格里公司

地址 美国马萨诸塞

(72) 发明人 J·切德罗内 G·贡内拉
I·加什盖伊

(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 11038

代理人 蒋旭荣

(51) Int. Cl.

F04B 23/08 (2006.01)

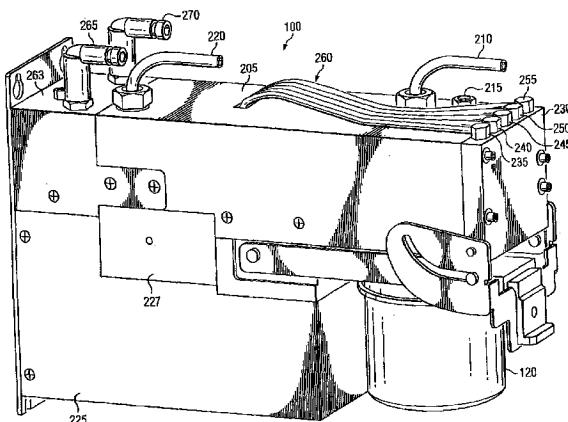
权利要求书 6 页 说明书 22 页 附图 28 页

(54) 发明名称

多级泵及形成多级泵的方法

(57) 摘要

本发明的实施例提供了一种具有能减少形状系数、增加可靠性和适用性特征的泵。另外，本发明的实施例提供了用于温和的流体处理的特征。本发明的实施例包括一种泵，其具有电机驱动的进给级泵和电机驱动的分配级泵。进给级电机和分配级电机包括不同类型的电机，并且泵为滚动隔膜或其它泵。根据一个实施例，限定泵室和多个流动通道的分配块可以由单片材料形成。



1. 一种多级泵,其包括 :

泵入口流动通道;

泵出口流动通道;

与泵入口流动通道流体连通的进给泵,该进给泵包括:

可在进给室内移动的进给级隔膜;

移动进给级隔膜的进给活塞;

连接在进给活塞上以使之往复运动的进给电机;

与进给泵和泵出口流动通道流体连通的分配泵,该分配泵包括:

可在分配室内移动的分配隔膜,其中,分配隔膜包括分配滚动隔膜;

移动分配隔膜的分配活塞;

连接在分配活塞上以使之往复运动的分配电机;

一组阀,其选择性地允许流体流过多级泵;以及

由单片材料形成的分配块,其限定至少一部分进给室和至少一部分分配室。

2. 如权利要求 1 所述的多级泵,其中,进给级隔膜是进给级滚动隔膜。

3. 如权利要求 2 所述的多级泵,其中,进给电机是第一无刷直流电机,分配电机是第二无刷直流电机。

4. 如权利要求 2 所述的多级泵,其中,进给电机是步进电机,分配电机是无刷直流电机。

5. 如权利要求 4 所述的多级泵,进一步包括:

第一引导螺杆,其与进给活塞连接,并可由进给电机驱动;以及

第二引导螺杆,其与分配活塞连接,可由分配电机驱动,由此,进给活塞和分配活塞分别直接移动进给隔膜和分配隔膜。

6. 如权利要求 4 所述的多级泵,进一步包括:

进给级出口流动通道,其与进给室流体连通;

分配级入口流动通道,其与分配室流体连通;

过滤器,其与进给级出口流动通道和分配级入口流动通道流体连通,以使从进给级泵流向分配泵的流体通过过滤器。

7. 如权利要求 6 所述的多级泵,进一步包括通风流动通道,其与过滤器流体连通。

8. 如权利要求 6 所述的多级泵,进一步包括放气流动通道,其与分配室流体连通。

9. 如权利要求 8 所述的多级泵,其中,放气流动通道从分配室通向进给室。

10. 如权利要求 1 所述的多级泵,其中,分配块进一步限定泵入口流动通道的第一部分和第二部分、进给级出口流动通道的第一部分和第二部分、分配级入口流动通道的第一部分和第二部分、通风流动通道的第一部分和第二部分、放气流动通道的第一部分和第二部分,以及至少一部分泵出口流动通道。

11. 如权利要求 10 所述的多级泵,其中,

泵入口流动通道的第一部分由入口通向入口阀,泵入口流动通道的第二部分由入口阀通向进给室;

进给级出口流动通道的第一部分由进给室通向隔离阀,进给级出口流动通道的第二部分通向过滤器;

分配级入口流动通道的第一部分由过滤器通向阻挡阀，分配级入口流动通道的第二部分由阻挡阀通向分配室；

通风流动通道的第一部分由过滤器通向通风阀，通风流动通道的第二部分由通风阀通向通风出口；

放气流动通道的第一部分由分配室通向放气阀，放气流动通道的第二部分由放气阀通向进给室。

12. 如权利要求 11 所述的多级泵，进一步包括与分配块连接的阀板，阀板和分配块限定用于入口阀、隔离阀、阻挡阀和放气阀的阀室。

13. 如权利要求 12 所述的多级泵，进一步包括连接在阀板和分配块之间的弹性材料薄片。

14. 如权利要求 11 所述的多级泵，进一步包括：

电子元件壳体；

置于电子元件壳体内的歧管，其与入口阀、通风阀、隔离阀、阻挡阀和放气阀流体连通，该歧管包括一个或多个电磁阀；以及

至少一个供应管线，其与歧管相通并穿透电子元件壳体。

15. 如权利要求 14 所述的多级泵，其中，电子元件壳体由分配块的表面部分地限定，歧管置于电子元件壳体中远离分配块表面的远端位置。

16. 如权利要求 14 所述的多级泵，进一步包括置于电子元件壳体内的 PCB 板，其中，在 PCB 板与分配块表面相对的侧面，PCB 板配置有一个或多个产生热的部件。

17. 如权利要求 16 所述的多级泵，进一步包括后板，其中，歧管和 PCB 板与后板连接，后板由一种用于散去 PCB 板和歧管的热量的材料形成。

18. 如权利要求 1 所述的多级泵，其中，多级泵进一步包括电子元件壳体，分配块包括倾斜的部件，以引导滴流离开电子元件壳体。

19. 如权利要求 1 所述的多级泵，其中，分配块进一步包括位于分配块边缘的凸缘，其和电子元件壳体的顶盖接触。

20. 如权利要求 19 所述的多级泵，其中，顶盖的顶部表面和凸缘的顶部表面平齐。

21. 如权利要求 20 所述的多级泵，其中，顶盖的侧表面从凸缘的外边缘向内插入。

22. 如权利要求 21 所述的多级泵，进一步包括：

部分地限定电子元件壳体的后板；

后板和顶盖之间的密封件。

23. 如权利要求 18 所述的多级泵，进一步包括一个或多个盖，其中，所述一个或多个盖的每个垂直面从分配块的相应垂直表面向内偏移。

24. 如权利要求 1 所述的多级泵，进一步包括压力传感器，其用于读取分配室中的压力。

25. 一种多级泵，包括：

泵入口流动通道；

泵出口流动通道；

单片分配块，其限定与泵出口流动通道流体连通的至少一部分分配室和与泵入口流动通道流体连通的至少一部分进给室；

过滤器，其与进给室和分配室流体连通；
可在进给室内移动的进给级隔膜；
移动进给级隔膜的进给活塞；
连接在进给活塞上以使之往复运动的进给电机；
可在分配室内移动的分配隔膜；
移动分配隔膜的分配活塞；以及
连接在分配活塞上以使之往复运动的分配电机。

26. 如权利要求 25 所述的多级泵，其中，分配块进一步限定泵入口流动通道的第一部分和第二部分、进给级出口流动通道的第一部分和第二部分、分配级入口流动通道的第一部分和第二部分、通风流动通道的第一部分和第二部分、放气流动通道的第一部分和第二部分，以及泵出口流动通道的至少一部分。

27. 如权利要求 26 所述的多级泵，其中，

泵入口流动通道的第一部分由入口通向入口阀，泵入口流动通道的第二部分由入口阀通向进给室；

进给级出口流动通道的第一部分由进给室通向隔离阀，进给级出口流动通道的第二部分通向过滤器；

分配级入口流动通道的第一部分由过滤器通向阻挡阀，分配级入口流动通道的第二部分由阻挡阀通向分配室；

通风流动通道的第一部分由过滤器通向通风阀，通风流动通道的第二部分由通风阀通向通风出口；

放气流动通道的第一部分由分配室通向放气阀，放气流动通道的第二部分由放气阀通向进给室。

28. 如权利要求 27 所述的多级泵，进一步包括：

与分配块连接的阀板，所述阀板与分配块限定用于入口阀、隔离阀、阻挡阀和放气阀的阀室。

29. 如权利要求 28 所述的多级泵，进一步包括连接在阀板和分配块之间的弹性材料薄片。

30. 如权利要求 28 所述的多级泵，进一步包括：

电子元件壳体；

置于电子元件壳体中的歧管，其与入口阀、通风阀、隔离阀、阻挡阀和放气阀流体连通，该歧管包括一个或多个电磁阀；以及

至少一个供应管线，其与歧管相通并穿透电子元件壳体。

31. 如权利要求 30 所述的多级泵，其中，电子元件壳体由分配块的表面部分地限定，并且歧管置于电子元件壳体中远离分配块表面的远端位置。

32. 如权利要求 30 所述的多级泵，进一步包括置于电子元件壳体中的 PCB 板，其中，在 PCB 板与分配块表面相对的侧面，PCB 板配置有一个或多个产生热的部件。

33. 如权利要求 32 所述的多级泵，进一步包括后板，其中，歧管和 PCB 板与后板连接，并且后板由散去 PCB 板和歧管的热量的材料形成。

34. 如权利要求 25 所述的多级泵，其中，多级泵进一步包括电子元件壳体，分配块包括

倾斜的部件,以引导滴流离开电子元件壳体。

35. 如权利要求 34 所述的多级泵,其中,分配块进一步包括位于分配块边缘的凸缘,其和电子元件壳体的顶盖接触。

36. 如权利要求 35 所述的多级泵,其中,顶盖的顶部表面和凸缘的顶部表面平齐。

37. 如权利要求 36 所述的多级泵,其中,顶盖的侧表面从凸缘的外边缘向内插入。

38. 如权利要求 35 所述的多级泵,进一步包括:

部分限定电子元件壳体的后板;

后板和顶盖之间的密封件。

39. 如权利要求 25 所述的多级泵,其中,该多级泵还包括一个或多个盖,所述一个或多个盖的每个垂直面从分配块的相应垂直表面处向内偏移。

40. 如权利要求 25 所述的多级泵,进一步包括压力传感器,其用于读取分配室内的压力。

41. 一种形成多级泵的方法,包括:

形成单片材料的分配块,该分配块至少部分地限定进给室、分配室、泵入口流动通道和泵出口流动通道;

将分配滚动隔膜安装在分配块和分配泵活塞壳之间;

将进给级滚动隔膜安装在分配块和进给泵活塞壳之间;

通过进给泵引导螺杆,将进给泵活塞连接在进给泵电机上;

通过分配泵引导螺杆,将分配泵活塞连接在分配泵电机上;

将进给电机连接在进给泵活塞壳上;

将分配电机连接在分配电机活塞壳上;以及

将过滤器连接到分配块上,使得过滤器与分配室和进给室处于流体连通。

42. 如权利要求 41 所述的方法,其中,进给电机和分配电机是无刷直流电机。

43. 如权利要求 41 所述的方法,其中,进给电机是步进电机,分配电机是无刷直流电机。

44. 如权利要求 41 所述的方法,其中,分配块进一步限定泵入口流动通道的第一部分和第二部分、进给级出口流动通道的第一部分和第二部分、分配级入口流动通道的第一部分和第二部分、通风流动通道的第一部分和第二部分、放气流动通道的第一部分和第二部分,以及泵出口流动通道的至少一部分。

45. 如权利要求 44 所述的方法,其中,

泵入口流动通道的第一部分由入口通向入口阀,泵入口流动通道的第二部分由入口阀通向进给室;

进给级出口流动通道的第一部分由进给室通向隔离阀,进给级出口流动通道的第二部分通向过滤器;

分配级入口流动通道的第一部分由过滤器通向阻挡阀,分配级入口流动通道的第二部分由阻挡阀通向分配室;

通风流动通道的第一部分由过滤器通向通风阀,通风流动通道的第二部分由通风阀通向通风出口;

放气流动通道的第一部分由分配室通向放气阀,放气流动通道的第二部分由放气阀通

向进给室。

46. 如权利要求 45 所述的方法,进一步包括将阀板连接在分配块上,其中,阀板至少部分限定一个或多个阀。

47. 如权利要求 46 所述的方法,其中,阀板部分地限定入口阀、通风阀、隔离阀、阻挡阀和放气阀。

48. 如权利要求 47 所述的方法,进一步包括选择性地将真空压力引导到入口阀、通风阀、隔离阀、阻挡阀和放气阀。

49. 如权利要求 41 所述的方法,包括 :

将一组带有螺纹孔的金属杆插入分配块中,其中,螺纹孔对准以使每个金属杆与在该金属杆的螺纹孔中旋拧的螺杆正交;

将螺杆旋拧入螺纹孔中,以将一个或多个部件连接到分配块。

50. 如权利要求 49 所述的方法,其中,一个或多个部件包括分配活塞壳体和分配电机。

51. 如权利要求 49 所述的方法,其中,一个或多个部件包括进给活塞壳体和进给电机。

52. 一种泵,包括 :

泵入口流动通道;

泵出口流动通道;

单片分配块,其限定与泵出口流动通道和泵入口流动通道流体连通的泵室的至少一部分;

可在进给室中移动的隔膜;

移动隔膜的活塞,由此活塞直接移动隔膜;以及

连接在活塞上以使之往复运动的电机。

53. 如权利要求 52 所述的泵,其中,分配块进一步限定泵入口流动通道的第一部分和第二部分、放气流动通道的第一部分和第二部分,以及泵出口流动通道的至少一部分。

54. 如权利要求 53 所述的泵,其中,

泵入口流动通道的第一部分由入口通向入口阀,泵入口流动通道的第二部分由入口阀通向泵室;

放气流动通道的第一部分由泵室通向放气阀,放气流动通道的第二部分通向放气出口。

55. 如权利要求 54 所述的泵,进一步包括与分配块连接的阀板,该阀板与分配块限定用于入口阀和放气阀的阀室。

56. 如权利要求 55 所述的泵,进一步包括连接在阀板和分配块之间的弹性材料薄片。

57. 如权利要求 55 所述的泵,进一步包括 :

电子元件壳体;

置于电子元件壳体中的歧管,其与入口阀和放气阀流体连通,并包括一个或多个电磁阀;以及

至少一个供应管线,其与歧管相通并穿透电子元件壳体。

58. 如权利要求 57 所述的泵,其中,电子元件壳体由分配块的表面部分地限定,并且歧管置于电子元件壳体上远离分配块表面的远端位置。

59. 如权利要求 58 所述的泵,进一步包括置于电子元件壳体内的 PCB 板,其中,PCB 板

在与分配块表面相对的侧面，PCB 板配置一个或多个产生热的部件。

60. 如权利要求 59 所述的泵，进一步包括后板，其中，歧管和 PCB 板连接在后板上，并且，后板由散去 PCB 板和歧管的热量的材料制成。

61. 如权利要求 52 所述的泵，其中，多级泵进一步包括电子元件壳体，分配块包括倾斜部件，以引导滴流离开电子元件壳体。

62. 如权利要求 61 所述的泵，其中，分配块进一步包括位于分配块边缘的凸缘，其和电子元件壳体的顶盖接触。

63. 如权利要求 62 所述的泵，其中，顶盖的顶部表面和凸缘的顶部表面平齐。

64. 如权利要求 63 所述的泵，其中，顶盖的侧表面由凸缘的外边缘向内插入。

65. 如权利要求 64 所述的泵，进一步包括：

部分地限定电子元件壳体的后板；

后板和顶盖之间的密封件。

66. 如权利要求 65 所述的泵，该泵进一步包括一个或多个盖，其中，所述一个或多个盖的每个垂直面从分配块的相应垂直表面处向内偏移。

67. 如权利要求 66 所述的泵，进一步包括压力传感器，其用于读取分配室内的压力。

多级泵及形成多级泵的方法

[0001] 相关申请

[0002] 根据美国专利法典第 35 条第 120 款,本申请要求享有于 2005 年 11 月 21 日向美国受理局提交的申请号为 PCT/US2005/042127、标题为“SYSTEM AND METHOD FOR A VARIABLE HOME POSITION DISPENSE SYSTEM”、申请人为 Entegris 公司、发明人为 Laverdiere 等(律师签号为 ENTG1590-WO) 的 PCT 专利申请的权益和优先权;根据美国专利法典第 35 条第 119 款第 (e) 项,本申请要求享有申请号为 60/742435、标题为“SYSTEM AND METHOD FOR MULTI-STAGE PUMP WITH REDUCED FORM FACTOR”、发明人为 Cedrone 等、申请日为 2005 年 12 月 5 日(律师签号为 ENTG1720) 的美国临时专利申请的权益,两个申请结合于本文中,作为参考。

[0003] 技术领域

[0004] 本发明一般涉及流体泵,更特别地是,本发明的实施例涉及多级泵。尤其特别地是,本发明的实施例涉及具有减小形状系数的多级泵。

[0005] 背景技术

[0006] 在许多应用中,必须精确控制由泵送设备分配的流体的流量和 / 或速率。例如,在半导体加工中,控制用于半导体晶片上的光阻式化工产品等光化学物质的数量和速率十分重要。典型地是,在加工中,施加到半导体晶片的涂层需要在整个半导体晶片表面上具有平面度,其以埃为测量单位。施加到半导体晶片上的加工的化学物质,其速度必须得到控制,以保证加工流体被均匀地施加。

[0007] 如今,用于半导体工业的许多光化学物质十分昂贵,通常是每公升高达 1000 美元。因而,优选地,保证使用最小但足量的化学产品,并使化学物质不被泵送设备损坏。目前的多级泵在流体中易造成尖锐的压力峰值。如此的压力峰值及随后的压力降可能损害流体(即可能以不利的方式改变流体的物理特性)。另外,压力峰值导致积累的流体压力,这可能造成分配泵分配比预期更多的流体,或者,以一种不利的动力学方式分配流体。

[0008] 某些先前用于光阻式分配泵的泵设计,根据进给室和分配室中的平坦隔膜,以移动来将压力施加于处理流体上。典型地是,液压流体在隔膜的一侧加压从而使隔膜移动,从而排出处理流体。液压流体既可由气动活塞也可由步进电机驱动活塞置于压力下。为得到分配泵所需置换容积(displacement volume),隔膜必须具有相对大的表面积和直径。而且,在此前的泵中,限定泵不同部分的不同板由夹紧或旋拧在一起的外部金属板保持在一起。不同板之间的空间增加了流体泄露的可能性。另外,阀分布于整个泵内,使得泵的维修和更换更加困难。

[0009] 发明概括

[0010] 本发明的实施例提供一种多级泵,其具有减小的形状系数、温和的流体处理能力和各种特征,以减少流体用量和增加可靠性。本发明的一个实施例包括一个多级泵,其包括:泵入口流动通道;泵出口流动通道;与泵入口流动通道流体连通的进给泵;与进给泵和泵出口流动通道流体连通的分配泵;以及一组有选择性地允许流体流通过多级泵的阀。进给泵包括:可在进给室内移动的进给级隔膜;移动进给级隔膜的进给活塞;以及连接进给

活塞并使之往复运动的进给电机。分配泵包括：在分配室内移动的分配滚动隔膜（rolling diaphragms）；移动分配隔膜的分配活塞；以及连接分配活塞并使之往复运动的分配电机。根据本发明的不同实施例，进给级隔膜也可以是滚动隔膜。另外，进给电机和分配电机每一个都可能是步进电机或无刷直流电机，或者例如，进给电机可以是步进电机，分配电机为无刷直流电机。根据一个实施例，多级泵包括单件式分配块，其在多级泵内至少部分地限定分配室、进给室以及不同的流动通道。

[0011] 本发明的另一个实施例包括一个多级泵，其包括：泵入口流动通道；泵出口流动通道；单件式分配块，其限定和泵出口流动通道流体连通的分配泵的至少一部分；以及限定和泵入口流动通道流体连通的进给室的至少一部分。该泵进一步包括：过滤器，其与进给室和分配室流体连通；可在进给室内移动的进给级隔膜；移动进给级隔膜的进给活塞；连接进给活塞并使之往复运动的进给电机；可在分配室内移动的分配隔膜；移动分配隔膜的分配活塞；以及连接分配活塞并使之往复运动的分配电机。

[0012] 分配块可进一步限定泵入口流动通道的第一部分和第二部分；进给级出口流动通道的第一部分和第二部分；分配级入口流动通道的第一部分和第二部分；通风流动通道的第一部分和第二部分；放气流动通道的第一部分和第二部分；以及泵出口流动通道的至少一部分。根据一个实施例，流动通道可被如下配置：泵入口流动通道的第一部分从入口通向入口阀；泵入口通道的第二部分从入口阀通向进给室；进给级出口流动通道的第一部分从进给室通向隔离阀；进给级出口流动通道的第二部分通向过滤器；分配级入口流动通道的第一部分从过滤器通向阻挡阀；分配级入口流动通道的第二部分从阻挡阀通向分配室；通风流动通道的第一部分从过滤器通向通风阀；通风流动通道的第二部分从通风阀通向通风出口；放气流动通道的第一部分从分配室通向放气阀；放气流动通道的第二部分从放气阀通向进给室。

[0013] 然而，本发明的另一实施例包括多级泵的方法，其包括：由单件式材料形成分配块，该分配块至少部分地限定进给室、分配室、泵入口流动通道和泵出口流动通道；将分配滚动隔膜装配在分配块和分配泵活塞壳之间；将进给级滚动隔膜装配在分配块和进给泵活塞壳之间；将进给泵活塞与进给泵电机借助于进给泵引导螺杆连接；将分配泵活塞与分配泵电机借助于分配泵引导螺杆连接；将进给电机与进给泵活塞壳连接；将分配电机与分配泵活塞壳连接；将过滤器连接到分配块，以致过滤器与分配室和进给室流体连通。

[0014] 本发明的另一个实施例还包括一个泵，其包括：泵入口流动通道；泵出口流动通道；单件式分配块，其限定与泵出口流动通道和泵入口流动通道流体连通的泵室的至少一部分；可在进给室内移动的隔膜；移动隔膜的活塞；连接并使活塞往复移动的电机。

[0015] 本发明的不同实施例包括使泵防滴的技术特征，比如在聚四氟乙烯（PTFE）和金属部分相交处的偏置；引导液滴离开电子元件和不同的密封层的技术特征。另外，本发明的实施例包括减少热量对泵内流体影响的技术特征。比如，发热的电子元件，如螺线管或微型芯片，可将其置于远离分配块至空间约束允许的程度。

[0016] 本发明的实施例提供了具有减小形状系数的多级泵（例如，大约为先前多级泵尺寸的1/2），其具有温和的流体处理特性和更宽的工作范围。根据本发明的多级泵比此前的多级泵的部件少35%，从而降低了费用和复杂性，并且不需要大量的液压元件。根据本发明实施例的多级泵，易于维修，在分配操作中使用更少的加工化学物质，减少了对灵敏化学物

质的除气作用，并且提供了更精确的控制。其它的优点包括：增加了对光阻式化工产品的节省、增加了正常运行时间、提高了产量和降低了维护费用。另外，根据本发明实施例的多级泵，节省了大量空间，在相同的空间内，可比此前的泵能安装更多的泵。

[0017] 结合下文的说明和相应的附图，本发明各个方面将会得到更好的认同和理解。以下的说明尽管描述了本发明的不同实施例及实施例中的众多详细说明，但是实施例仅仅是示例性的，并不限于此。在本发明的范围内可进行多种替换、修改、增加或重新配置，并且，本发明也包含了各种替换、修改、增加或重新配置。

[0018] 附图的简要说明

[0019] 参考下文的说明及相应的附图，将会有对本发明和本发明的优点有一个更为完全的理解。附图中，相同的附图标记表示相同的技术特征，其中：

- [0020] 图 1 为泵系统的一个实施例的示意图；
- [0021] 图 2 为根据本发明的一个实施例的多级泵的示意图；
- [0022] 图 3 为本发明的一个实施例的阀和电机时序 (timing) 的示意图；
- [0023] 图 4A、4B、5A、5C、5D 为多级泵不同实施例的示意图；
- [0024] 图 5B 为分配块的一个实施例的示意图；
- [0025] 图 6 为多级泵部分组件的一个实施例的示意图；
- [0026] 图 7 为多级泵部分组件的另一个实施例的示意图；
- [0027] 图 8A 为多级泵的一部分的一个实施例的示意图；
- [0028] 图 8B 为图 8A 所示的多级泵的一个实施例的剖视图，其包括分配室；
- [0029] 图 8C 为图 8B 所示的多级泵的一个实施例的剖视图；
- [0030] 图 9 为图示采用阀板和分配块的实施例的一个或多个阀的构造的示意图；
- [0031] 图 10A 为分配块侧视图的示意图，图 10B 为分配块的端面示意图；
- [0032] 图 11 为阀板的一个实施例的示意图；
- [0033] 图 12 为阀板的一个实施例的另一个视角的示意图；
- [0034] 图 13 为阀板的一个实施例的一个视角的示意图，显示限定在该阀板上的通道；
- [0035] 图 14A 为具有平坦阀室的阀板的示意图；
- [0036] 图 14B 为具有半球形阀室的阀板的示意图；
- [0037] 图 15 为一曲线图，图示了半球形阀室如何减少因真空引起的置换容积的波动；
- [0038] 图 16A 为阀板的一部分的一实施例的示意图；
- [0039] 图 16B 为阀板的一部分的另一实施例的示意图；
- [0040] 图 17 为根据本发明的一个实施例，带有无刷直流电机的电机组件的示意图；
- [0041] 图 18 为根据本发明的一个实施例，比较无刷直流电机和步进电机之间的平均速度范围和转矩输出的曲线图；
- [0042] 图 19 为根据本发明的一个实施例，比较无刷直流电机和步进电机之间的平均电机电流和负荷的图表；
- [0043] 图 20A、20C、20D、20E、20F 为根据本发明的一个实施例，图示 BLDCM 和步进电机在不同级中的周期时序的图表，图 20B 为图示配置步进电机和 BLDCM 的一个实施例的图表；
- [0044] 图 21A-21C 为滚动隔膜和分配室的示意图；
- [0045] 图 22 提供了多级泵的一个示例性实施例的尺寸；

[0046] 图 23 为单级泵的示意图。

具体实施方式

[0047] 本发明的优选实施例在附图中进行了说明,相同的数字标号在不同的附图中表示相似和相应的部件。在一定的范围内提供了尺寸,这些尺寸通过特定实施例来提供,而不是进行限制。实施例可通过不同的配置得以实现。

[0048] 本发明的实施例涉及泵系统,其使用具有减小的形状系数的多级泵来精确地分配流体。本发明的实施例可用于光阻式加工产品的分配以及半导体制造中的其它光敏化学物质的分配。

[0049] 图 1 为泵系统 10 的示意图。泵系统 10 包括流体源 15、泵控制器 20 以及多级泵 100,它们共同将流体分配到晶片 25。多级泵 100 的操作受泵控制器 20 的控制,该控制器 20 可装在多级泵 100 上,或通过一个或多个通信线路连接到多级泵 100 上,用于控制信号、数据或其它信息的通信。另外,泵控制器 20 的功能可以在其上的控制器和另一控制器之间分配。泵控制器 20 可以包括计算机可读介质 27(例如 RAM、ROM、闪存、光盘、磁驱动器或其它的计算机可读介质),该计算机可读介质包含一系列控制多级泵 100 工作的控制指令 30。处理器 35(例如 CPU、ASIC、RISC、DSP 或别的处理器)可执行该指令。处理器的例子为 Texas Instruments(位于德克萨斯州达拉斯的公司)的 16 位数字信号处理器 TMS320F2812PGFA。在图 1 所示的实施例中,控制器 20 借助通信线路 40 与 45 和多级泵 100 通信。通信线路 40 和 45 可以是网络(例如以太网、无线网、全球范围的因特网、DeviceNet 网或其它本领域内已知或已开发的网络)、数据总线(例如 SCSI 总线)或其它的通信线路。控制器 20 可以机载 PCB 板(印刷电路板)、远程控制器或其它适宜的方式实现。泵控制器 20 包括适当的和控制器连接的接口(例如网络接口, I/O(输入/输出)接口、模拟到数字转换器以及其它部件),以便与多级泵 100 通信。另外,泵控制器 20 包括多种本领域所熟知的计算机部件,包括处理器、存储器、接口、显示设备、外围设备或者其它的因简化原因未示出的计算机部件。泵控制器 20 能控制多级泵内不同的阀和电机,以使多级泵精确地分配流体,包括低粘性流体(即小于 100 厘泊)或其它的流体。输入/输出接口连接器可用来将泵控制器 20 和多种接口及制造工具连接,这种输入/输出接口连接器已在由 Cedrone 等人于 2005 年 12 月 2 日提交的申请号为 60/741657、标题为“*I/O INTERFACE SYSTEM ANDMETHOD FOR A PUMP*”(律师签号为 ENTG1810)的美国临时专利申请中进行描述,其全部内容结合在本申请中作为参考。

[0050] 图 2 为多级泵 100 的示意图。多级泵包括进给级部 105 和独立的分配级部 110。从流体流动角度看,位于进给级部 105 和分配级部 110 之间的为过滤器 120,其将杂质自处理流体滤出。多个阀控制流体流过多级泵 100,例如入口阀 125、隔离阀 130、阻挡阀 135、放气阀 140、通风阀 145、以及出口阀 147。分配级部 110 进一步包括压力传感器 112,其决定分配级部 110 内的流体压力。由压力传感器 112 确定的压力可用来控制不同泵的速度,具体见下文描述。示例性的压力传感器包括陶瓷制品和聚合体 pesioresistive 以及电容压力传感器,包括德国 Korb 的 Metallux AG 生产的传感器。根据实施例,压力传感器 112 接触处理流体的表面是全氟聚合体。泵 100 包括附加的压力传感器,比如读取进给室 155 内压力的压力传感器。

[0051] 进给级 105 和分配级 110 包括在多级泵 100 内泵送流体的滚动隔膜泵。例如，进给级泵 150(进给泵 150)包括收集流体的进给室 155；在进给室 155 内移动且排出流体的进给级隔膜 160；移动进给级隔膜 160 的活塞 165；引导螺杆 170 及步进电机 175。引导螺杆 170 通过螺帽、齿轮、或其它的机构和步进电机 175 连接，用于将能量自电机传递到引导螺杆 170。根据本发明的一个实施例，进给电机 170 转动螺母，该螺母又转动引导螺杆 170，促使活塞 165 开动。分配级泵 180(分配泵 180)类似地包括分配室 185、分配级隔膜 190、活塞 192、引导螺杆 195 和分配电机 200。分配电机 200 通过螺纹螺母(例如 Torlon 或其它材料的螺母)驱动引导螺杆 195。

[0052] 根据其它的实施例，进给级 105 和分配级 110 可以是多种其他泵，包括气动或液压促动的泵、液压泵或其它泵。一个示例性的多级泵，其在进给级采用气动促动泵，其步进电机由液压泵驱动。这种泵已在申请号为 11/051576、标题为“PUMP CONTROLLER FOR PRECISION PUMPING APPARATUS”、发明人为 Zagars 等、申请日为 2005 年 2 月 4 日、律师签号为 ENTG1420-2 的美国专利文献中得到描述，在此，其全文引用作为参考。然而，在两级均使用电机带来许多优点：消除了液压管道、控制系统以及流体，从而减少了空间和潜在的泄露。

[0053] 进给电机 175 和分配电机 200 可以是任何适宜的电机。根据一实施例，分配电机 200 为一永磁同步电机(PMSM)。PMSM 可由在电机 200 处采用磁场定向控制(FOC)或其它类型的本领域所熟知的位置/速度控制的数字信号处理器(DSP)、装在多级泵 100 上的控制器或独立的泵控制器(如图 1 所示)来控制。PMSM200 可进一步包括用于实时反馈分配电机 200 位置的编码器(例如精细线转动位置编码器)。图 17-19 描述了 PMSM 电机的一个实施例。位置传感器的使用可实现活塞 192 位置的精确和可重复控制，从而导致分配室 185 内的流体运动的精确和可重复控制。例如，采用 2000 线的编码器，根据一个实施例，其可给 DSP8000 个脉冲，精确测量并将转动控制到 0.045 度是可能的。另外，PMSM 能低振动或无振动地以低速运行。进给电机 175 也可以是 PMSM 或步进电机。值得注意的是，进给泵包含一个起始位置传感器，其用来指示什么时候进给泵处于起始位置上(homeposition)。

[0054] 在多级泵 100 工作期间，多级泵 100 的阀打开或关闭，以允许或限制流体流入多级泵 100 的不同部分。根据一个实施例，这些阀可能是气动促动(即气动)的隔膜阀，其开启或关闭依赖于是否施加压力或真空。然而，在本发明的其它实施例中，任何适宜的阀均可使用。阀板的一个实施例及相应的阀部件将结合图 9-16 在下文进行描述。

[0055] 下文概要描述了多级泵 100 工作的不同阶段。然而，多级泵 100 可根据多种控制方案进行控制，这些方案包括但不限于在下述文献公开的：申请号为 60/741682、标题为“SYSTEM AND METHOD FOR PRESSURE COMPENSATION IN A PUMP”、发明人为 Cedrone 等、申请日为 2005 年 12 月 2 日(律师签号为 ENTG1800)的美国临时专利申请；申请号为 11/502729、标题为“SYSTEMS AND METHODS FOR FLUID FLOW CONTROL IN AN IMMERSION LITHOGRAPHY SYSTEM”、发明人为 Clarke 等、申请日为 2006 年 8 月 11 日(律师签号为 ENTG1840)的美国专利申请；申请号为 ____、标题为“SYSTEM AND METHOD FOR CORRECTING FOR PRESSURE VARIATIONS USING A MOTOR”、发明人为 Gonnella 等、申请日为(律师签号为 ENTG1420-4)的美国专利申请；申请号为 11/292559、标题为“SYSTEM AND METHOD FOR CONTROL OF FLUID PRESSURE”、发明人为 Gonnella 等、申请日为 2005 年 12 月 2 日(律师签

号为 ENTG1630) 的美国专利申请;申请号为 11/364286、标题为“SYSTEM AND METHOD FOR MONITORING OPERATION OF APUMP”、发明人为 Gonnella 等、申请日为 2006 年 2 月 28 日(律师签号为 ENTG1630-1) 的美国专利申请;申请号为 ____、标题为“SYSTEM AND METHOD FOR PRESSURE COMPENSATION IN A PUMP”、发明人为 Cedrone 等、申请日为 _____(律师签号为 ENTG1800-1) 的美国专利申请;申请号为 ____、标题为“I/O SYSTEMS, METHODS AND DEVICES FOR INTERFACING APUMP CONTROLLER”、发明人为 Cedrone 等、申请日为 ____ (律师签号为 ENTG1810-1) 的美国专利申请;这些文献的全部内容结合在本申请中作为参考,这些方案用于安排阀的顺序并控制压力。根据一个实施例,多级泵 100 包括准备区段、分配区段、填充区段、预过滤区段、过滤区段、通风区段、放气区段及静态放气区段。在进给区段期间,入口阀 125 打开、进给级泵 150 移动(例如拖动)进给级隔膜 160 以将流体汲取到进给室 155 中。一旦足量的流体充满进给室 155,入口阀 125 关闭。在过渡区段期间,进给级泵 150 移动进给级隔膜 160 将流体自进给室 155 排出。隔离阀 130 和阻挡阀 135 开启,允许流体经过滤器 120 流入到分配室 185。根据本发明一个实施例,隔离阀 130 首先开启(例如在过渡区段)以允许在过渡器 120 中建立压力,然后阻挡阀 135 开启,允许流体流入分配室 185。根据其它的实施例,隔离阀 130 和阻挡阀 135 均能开启,进给泵移动以在过渡器的分配侧建立压力。在过渡区段期间,分配泵 180 置于起始位置。如申请号为 60/630384、标题为“SYSTEM AND METHOD FOR A VARIABLE HOME POSITION DISPENSE SYSTEM”、发明人为 Laverdiere 等、申请日为 2004 年 11 月 23 日(律师签号为 ENTG1590)的美国临时专利申请,以及申请号为 PCT/US2005/042127、标题为“SYSTEM AND METHOD FOR VARIABLE HOME POSITION DISPENSE SYSTEM”、申请人为 Entegris 公司、发明人为 Laverdiere 等、申请日为 2005 年 11 月 21 日(律师签号为 ENTG1590-WO)的 PCT 申请所公开的那样,两篇专利文献结合在本申请中作为参考,分配泵的起始位置是这样一个位置,即其在分配泵内为分配循环提供最大可用容积、但较分配泵本身所能提供的最大可用容积为小。起始位置可基于分配循环的不同参数进行选择,以减少多级泵 100 的未使用的保留容积。进给泵 150 可类似地置于起始位置,其提供的容积比最大可用容积小。

[0056] 在通风区段之初,隔离阀 130 开启,阻挡阀 135 关闭,通风阀 145 开启。在另一实施例中,阻挡阀 35 在通风区段保持开启,在通风区段末关闭。在这段时间中,如果阻挡阀 135 开启,压力将被控制器获得,这是因为分配室内可被压力传感器 112 测量的压力将受过渡器 120 中压力的影响。进给级泵 150 对流体施压,将气泡通过开启的通风阀 145 自过渡器 120 除去。可以对进给级泵 150 进行控制,使通风以预限定的速度进行,允许更长的通风时间和更低的通风速度,从而允许对排出废物量的精确控制。如果进给泵为气动类型的泵,可在通风流动通道中设置流体流量限制,增加或减少施加在进给泵上的气动压力,以维持“通风”设定点压力,给不受控制的方法一些控制。

[0057] 在放气段之初,隔离阀 130 关闭,阻挡阀 135 如果在排出段开启,此时关闭,通风阀 145 关闭,放气阀 140 开启,入口阀 125 开启。分配泵对分配室 185 内的流体施压,将气泡通过放气阀 140 排出。在静态放气段,分配泵 180 停止,但是放气阀 140 持续保持开启以继续排放气体。任何在放气或静态放气段所排出的过量流体可自多级泵 100 排出(例如,返回流体源或被排放)或重新循环至进给级泵 150。在准备段,入口阀 125、隔离阀 130、阻挡阀 135 可以打开,放气阀 140 关闭,这样进给级泵 150 达到流体源(例如源瓶)的环境压

力。根据其它实施例，所有的阀在准备段关闭。

[0058] 在分配段，出口阀 147 打开，分配泵对分配室 185 内的流体施压。由于出口阀 147 对控制的响应较分配泵要慢得多，输出阀 147 可以首先开启，并在一段预定时间之后，启动分配电机 200。这样就防止了分配泵 180 将流体自部分开启的出口阀 147 推出。并且，这将防止流体因阀开启向前移动分配喷嘴，紧接着受电机作用而使流体向前运动。在别的实施例中，输出阀 147 的开启和分配泵 180 启动的分配可同时进行。

[0059] 还可以执行反吸段，在此段中，过量的流体将自分配喷嘴内移除。在反吸段，出口阀 147 关闭，二级电机或真空可用来将过量流体自出口喷嘴中吸出。可选择的是，出口阀保持开启，反转分配电机 200，将流体吸回分配室。反吸段有助于防止过量流体滴落到晶片上。

[0060] 简要地参考图 3，此图为图 2 所示的多级泵 100 的不同工作段阀和分配电机时序的示意图。其它的顺序如图 20A 和图 20C-F 所示。尽管示出几个阀在区段改变期间同时关闭，阀的关闭可在时间上轻微错开（例如 100 毫秒），以降低压力峰值。例如，在通风和放气区段之间，隔离阀 130 略早于通风阀 145 关闭。然而，应该注意的是，在本发明的不同实施例中，可使用别的阀时序。另外，有几个区段可以同时执行（例如，填充 / 分配区段可同时执行，其中，入口和出口阀在分配 / 填充区段均可打开）。需进一步注意的是，对于每一个周期，特定的区段不必重复。例如，放气和静态放气区段无需在每个循环都执行。类似地，通风区段也不需要在每个周期都执行。

[0061] 不同阀的开启和关闭致使多级泵 100 内的流体形成压力峰值。由于出口阀 147 在静态放气区段关闭，例如在静态放气区段末期关闭放气阀 140 可以导致分配室 185 内的压力增加。由于每一个阀在其关闭时会移走少量流体，所以这种情况会发生。更特别地是，许多情况下，在流体由分配室 185 分配之前，使用放气周期和 / 或静态放气周期将空气自分配室 185 中放出，目的是为了防止来自多级泵 100 的流体在分配过程中发生溅射或别的扰动。然而，在静态放气周期末期，为了密封分配室 185 以准备启动分配，放气阀 140 关闭。由于放气阀 140 的关闭，迫使额外容量的流体（大约等于放气阀 140 的保留容积）进入分配室 185，随后引起分配室 185 中的流体压力的增长，并高于预期用于流体分配的基准压力。超过的压力（基准压力之上）会给随后的流体分配带来一些问题。这些问题在低压应用中更为严重，因为放气阀 140 的关闭所带来的压力增加值是所期望的分配基准压力的一个更大的百分比。

[0062] 更特别的是，由于放气阀 140 的关闭而出现的压力增加，如果压力未能得到消减，在随后的分配区段，流体“喷溅”到晶片上，双重分配或别的非期望流体动力学行为就会发生。另外，由于压力增加在多级泵 100 工作期间不可能保持不变，这些压力增加可导致在后续的分配区段被分配的流体量变化或其它的分配特性。分配中的这些变化继而导致晶片废料和对晶片再加工的增加。本发明的实施例解决了系统内不同阀关闭所引起的压力增加，以获得分配区段之初所期望的启动压力，通过允许分配之前分配室 185 内获得几乎任何的基准压力，解决了系统与系统之间设备内压头的不一致性以及其它的差别。

[0063] 在一实施例中，为了解决分配室 185 内流体所不需要的压力增加，在静态放气区段将分配电机 200 反转，使活塞 192 退出一预定的距离，以补偿由阻挡阀 135、放气阀 140 的关闭和 / 或可导致分配室 185 中压力增加的其它源头所引起的任何压力增加。

[0064] 因此,本发明的实施例提供具有温和的流体处理特性的多级泵。通过在分配区段之前对分配室内的压力波动进行补偿,潜在的具有破坏性的压力峰值可以避免或减轻。本发明的实施例也可使用其它的泵控制机构和阀时序以帮助减少压力对处理流体的有害影响。

[0065] 图 4A 为用于多级泵 100 的泵组件的一个实施例的示意图。多级泵 100 包括分配块 205,其限定不同的通过多级泵 100 的流体流动通道,并至少部分地限定进给室 155 和分配室 185。根据一个实施例,分配泵块 205,可能是单块聚四氟乙烯 (PTFE)、改性 PTFE 或其它的材料。由于这些材料不会或极少和多数处理流体发生反应,使用这些材料只需最小的附加硬件,能使流动通道和泵室直接加工在分配块 205 上。分配块 205 通过提供集成的流体歧管,从而减少对管元件的需要。

[0066] 分配块 205 包括不同的外部入口和出口,例如,包括:接收流体的入口 210;在通风区段排出流体的通风出口 215;在分配区段分配流体的分配出口 215;在图 4A 所示的例子中,分配块 205,不包括外部放气出口,因为被排放的流体被送回进给室(如图 5A 和图 5B 所示)。然而,在本发明的其它实施例中,流体在外部进行放气。申请号为 60/741667、标题为“O-RING-LESS LOW PROFILE FITTING AND ASSEMBLY THEREOF”、发明人为 Iraj Gashgaaee、申请日为 2005 年 12 月 2 日(律师签号为 ENTG1760)的美国临时专利申请结合在本申请中作为参考,其描述了可用于将分配块 205 的外部入口和出口连接到流体管线的配件的实施例。

[0067] 分配块 205 将流体送入进给泵、分配泵和过滤器 120。泵盖 225 保护进给电机 175 和分配电机 200 免受损害,同时,活塞壳 227 提供对活塞 165 和活塞 192 的保护,根据本发明的一实施例,活塞壳由聚乙烯或其它的聚合物形成。阀板 230 为阀系统(例如,图 2 所示的入口阀 125、隔离阀 130、阻挡阀 135、放气阀 140 和通风阀 145)提供阀外壳,该阀系统被配置成将流体导入多级泵 100 的不同组件中。根据本发明的一个实施例,入口阀 125、隔离阀 130、阻挡阀 135、放气阀 140 和通风阀 145 的每一个至少部分地集成到阀板 230 上,且为根据压力或真空是否施加到相应的隔膜而开启或关闭的隔膜阀。在其它的实施例中,一些阀可能位于分配块 205 的外部或配置在另外的阀板上。根据一个实施例,一片 PTFE 夹入阀板 230 和分配块 205 的中间,从而形成不同阀的隔膜。阀板 230 包括用于每一个阀的阀控制入口,以将压力或真空施加到相应的隔膜上。例如,入口 235 对应阻挡阀 135,入口 240 对应放气阀 140,入口 245 对应隔离阀 130,入口 250 对应通风阀 145,入口 255 对应入口阀 125(本例中,输出阀 147 置于外部)。通过有选择地将压力或真空施加到这些入口,相应的阀开启或关闭。

[0068] 阀控制气体和真空借助阀控制供应管道 260 被提供给阀板 230,该供应管道 260 自阀控歧管(位于顶盖 263 或壳体盖 225 下部的区域)开始,通过分配块 205 到达阀板 230。阀控制气体供应入口 265 为阀控制歧管提供压力气体,真空入口 270 为阀控制歧管提供真空(或低压)。阀控制歧管作为三通阀工作,其借助供应管道 260 将压力气体或真空送入阀板 230 适当的入口,以促动相应的阀。如下文结合图 9-16 所讨论的那样,阀板可用来减少阀的保留容积,消除了因真空波动引起的容积变化,减少了真空需求并减少了阀隔膜的应力。

[0069] 图 4B 为多级泵 100 的另一实施例的示意图。图 4B 中示出的许多特征和图 4A 所描述的类似。然而,图 4B 的实施例包含了几个防止流体滴进入多级泵 100 外壳电子元件区

域的技术特征。例如,当操作者在入口 210、出口 215 或通风口 220 连接或断开管道时,流体滴就可能发生。设计“防滴”特征来防止潜在的有害的化学药品滴进入泵内,尤其是电子元件室,而不必十分需要泵是防水的(例如,浸入流体中而不泄漏)。根据其它的实施例,泵可以是全部密封的。

[0070] 根据一个实施例,分配块 205 包括垂直突出的凸缘或唇缘 272,其自分配块 205 与顶盖 263 接触的边缘处向外突出。根据一个实施例,在顶部边缘,顶盖 263 的顶部和唇缘 272 的顶面平齐。这就使在分配块 205 顶部分界面以及顶盖 263 附近的液滴趋于在分配块 205 上流过,而非穿过分界面。然而,一方面,顶盖 263 和唇缘 272 的底部平齐,或者另一方面,自唇缘 272 的外表面向内偏移。这就使液滴趋于自顶盖 263 和唇缘 272 形成的角部流下,而不是在顶盖 263 和分配块 205 之间流动。另外,在顶盖 263 顶部边缘和后板 271 之间设有橡胶密封件,防止液滴在顶盖 263 和后板 271 之间泄漏。

[0071] 分配块 205 也可包括倾斜部件 273,其包括限定在分配块 205 上的倾斜表面,该倾斜表面自泵 100 外壳电子元件的区域向下倾斜并离开该区域。因此,分配块 205 顶部附近的液滴被引导离开电子元件。另外,泵盖 225 也可自分配块 205 的外侧边缘轻微向内偏置,以致自泵 100 的侧方流下的液滴将趋向于流过泵盖 225 的分界面和泵 100 的其它部分。

[0072] 根据本发明的一个实施例,无论在何处金属盖和分配块 205 相接,金属盖的垂直表面可自相应的分配块 205 的垂直表面轻微地向内偏置(例如,1/64 英寸或 0.396875mm)。另外,多级泵 100 包含密封件、倾斜特征以及别的特征以防止液滴进入多级泵 100 外壳电子元件部分。而且,如下文所讨论的,图 5 所示的后板 271 包括进一步使多级泵 100“防滴”的特征。

[0073] 图 5A 为多级泵 100 一个实施例的示意图,其中,分配块 205 呈透明状,以显示限定在其中的流体流动通路。分配块 205 为多级泵 100 限定不同的室和流体流动通路。根据一实施例,进给室 155 和分配室 185 直接在分配块 205 上加工。另外,不同的流体通路可在分配块 205 上加工。流动通路 275(图 5C 所示)从入口 210 连接到入口阀;流动通路 280 从入口阀连接到进给室 155,以完成自入口 210 到进给泵 150 的泵入口通道。阀壳 230 内的入口阀 125 调节入口 210 和进给泵 150 之间的流量。流动通路 285 将流体自进给泵 150 送往阀板 230 内的隔离阀 130。隔离阀 130 的输出通过另一流动通路(未示出)送到过滤器 120。这些流动通道担当通往过滤器 120 的进给级出口流动通道。流体自过滤器 120 流动经过流动通道,所述流动通道将过滤器 120 与通风阀 145 和阻挡阀 135 连接起来。通风阀 145 的输出被送到通风出口 215 以完成一个通风流动通道,同时,阻挡阀 135 的输出借助流动通路 290 被送到分配泵 180。因而,自过滤器 120 至阻挡阀 135 的流动通路和流动通道 290 作为进给级入口流动通道。在分配区段期间,分配泵可借助流动通路 295(例如,泵出口流动通道)将流体输出到出口 220,或者,在放气区段,通过流动通路 300 将流体输出到放气阀。在放气区段期间,流体通过流动通路 305 返回进给泵 150。因而,流动通路 300 和流动通路 305 作为放气流动通道,将流体送回进给室 155。由于流体流动通路可直接在 PTFE(或别的材料)块中形成,分配块 205 可作为多级泵 100 不同部件之间的处理流体的管路,以消除或减少对附加管件的需要。在其它情况下,可将管件插入分配块 205 以限定流体流动通路。根据一个实施例,图 5B 简要示出了成透明状的分配块 205,以显示其中的几个流体流动通路。

[0074] 再看图 5A,图 5A 也显示了将泵盖 225 和顶盖 263 移除的多级泵 100,以显示进给

泵 150，其包括进给级电机 190、分配泵 180，包括分配电机 200、阀控制歧管 302。根据本发明的一个实施例，进给泵 150、分配泵 180 和阀板 230 的部分通过插入到分配块 205 上的相应孔中的杆（例如金属杆）而与分配块 205 连接。每根杆可包括一个或多个容纳螺杆的螺孔。作为一个示例，分配电机 200 和活塞壳 227 借助一个或多个螺杆（例如，螺杆 312 和螺杆 314）安装到分配块 205 上，该螺杆穿过分配块 205 上的螺孔拧入位于杆 316 的相应孔中。应该注意的是，将部件连接到分配块 205 的机构仅是示例性的给出，任何适宜的连接机械均可使用。

[0075] 根据本发明一个实施例，后板 271 包括向内延伸的用于安装顶盖 263 和泵盖 225 的突出物（例如，支架 274）。由于顶盖 263 和泵盖 225 与支架 274 重叠（例如，在顶盖 263 的底部和背面边缘，泵盖 225 的底部和背面边缘），防止液滴流入顶盖 263 的底部边缘和泵盖 225 的顶部边缘之间或顶盖 263 和泵盖 225 背面边缘处的任何空间内的电子元件区域。

[0076] 根据本发明一个实施例的歧管 302，包括一组有选择性地将压力 / 真空导向阀板 230 的电磁阀。当一特定的螺线管根据执行指令开启并将真空或压力引到阀中，螺线管将发热。根据一个实施例，歧管 302 安装在 PCB（其安装在后板 271 上，更好的显示见图 5C）下面并远离分配块 205、尤其是分配室 185。歧管 302 可安装在支架上，该支架又安装到后板 271 上，或以其它的方式连接到后板 271 上。这有助于防止歧管 302 内的螺线管所产生的热影响分配块 205 内的流体。后板 271 可由不锈钢加工铝或其它能将歧管 302 和 PCB 所产生的热散掉的材料制成。换个角度说，后板 271 可作为歧管 302 和 PCB 的散热支架。进一步可将泵 100 安装到可被后板 271 传导热的表面或其它结构上。因而，后板 271 和其相连 3 的结构作为歧管 302 和泵 100 的电子元件的吸热设备。

[0077] 图 5C 为多级泵 100 的示意图，其显示了向阀板 230 提供压力或真空的供应管道 260。如附图 4 所讨论的那样，阀板 230 上的阀可配置成允许流体流入多级泵 100 的不同部件。阀控制歧管 202 将压力或真空导向每一根供应管道 260，其控制阀的启动。每一根供应管道 260 包括具有一小孔的配件（一示例性配件如 318 所示）。小孔的直径比相应的用于安装配件 318 的供应管道 260 的直径要小。在一实施例中，小孔的直径大约为 0.010 英寸。因而，配件 318 的小孔可对供应管道 260 施加限制。每根供应管道 260 的小孔有助于减轻在向供应管道施加的压力和真空之间急剧的压力差所带来的影响，从而，实现向阀施加压力和真空之间的平滑过渡。换句话说，小孔有助于减少下游阀的隔膜受到的压力变化所带来的冲击。这允许阀更平稳、更缓慢地实现开启或关闭，这就会导致系统内因阀的开启和关闭所引起的压力过渡更加平滑，从而事实上增加了阀自身的寿命。

[0078] 图 5C 也图示了 PCB397。根据本发明一个实施例，歧管 302 可以接收来自 PCB 板 397 的信号，促使螺线管开启 / 关闭，将真空 / 压力导入不同的供应管道 260，进而控制多级泵 100 的各阀门。再次如图 5C 所示，歧管 302 置于 PCB397 离开分配块 205 的远端，以减少热对分配块 205 内流体的影响。另外，一定程度上，在基于 PCB 设计和空间约束可行的程度上，发热部件可置于 PCB 上远离分配块 205 的侧部，再次减少热的影响。歧管 302 和 PCB397 所产生的热可通过后板 271 散去。另一方面，图 5D 为泵 100 一个实施例的示意图，其中歧管 302 直接安装在分配块 205 上。

[0079] 图 6 为多级泵 100 的一个实施例的部分组件的示意图。图 6 中，如上文所说，阀板 230 已连接到分配块 205 上。对于进给级泵 150，带有引导螺杆 170 的隔膜 160 可插入进

给室 155；反之，对于分配泵 180，带有引导螺杆 195 的隔膜 190 可插入分配室 185。活塞壳 227 置于进给和分配室的上方，引导螺杆从其中穿过。这种情况下，单一形状块作为用于分配级活塞和进给级活塞的活塞壳体，然而，每一级具有独立的壳体部件。分配电机 200 与引导螺杆 195 连接，通过转动的内螺纹螺母，将线性运动传递给引导螺杆 195。类似地，进给电机 175 与引导螺杆 170 连接，通过转动的内螺纹螺母，将线性运动传递给引导螺杆 170。垫片 319 用于将分配电机 200 相对活塞壳体 227 偏移。实施例所示的螺杆，通过将具有螺纹孔的杆插入到分配块 205 中，将进给电机 175 和分配电机 200 连接到多级泵 100 上，如结合图 5 所描述的那样。例如，螺杆 315 可拧入杆 320 的螺孔中，螺杆 325 可拧入杆 330 的螺孔中，以连接进给电机 175。

[0080] 图 7 为进一步图示多级泵 100 的一个实施例的部分组件的示意图。图 7 图示了在分配块 205 上增加过滤配件 335、340 和 345。螺母 350、355、360 用来固定过滤配件 335、340、345。申请号为 60/741667、标题为“O-RING-LESS LOW PROFILE FITTING AND ASSEMBLY THEREOF”、发明人为 Iraj Gashgaaee、申请日为 2005 年 12 月 2 日（律师签号为 ENTG1760）的美国临时专利申请的全部内容结合在本申请中作为参考，其描述了用在过滤器 120 和分配块 205 之间的低轮廓配件的一个实施例。然而，值得注意的是，任何适宜的配件均可使用，图中所示的配件仅是示例性的给出。每一个过滤配件通向进给室、通风出口或分配室的一个流动通路（都借助于阀板 230）。压力传感器 112 插入到分配块 205，其压力传感面暴露在分配室 185 中。O 形环 365 将压力传感器 112 和分配室 185 的分界面密封。压力传感器 112 通过螺母 367 牢固地固定在适当位置。阀控制管道（未示出）自阀的歧管（例如，阀歧管 302）的出口延伸，在开口 375 处进入分配块 205，并自分配块 205 的顶部伸出，直到阀板 230（如图 4 所示）。在其它的实施例中，设置压力传感器用于读取进给室的压力，或者，采用多个压力传感器确定进给室、分配室或泵内其它地方的压力。

[0081] 图 7 也图示了与泵控制器（例如，图 1 的泵控制器 20）通信的几个接口。压力传感器 112 借助一根或多根电缆（由 380 表示）传输压力读数。分配电机 200 包括电机控制接口 385，以接收来自泵控制器 20 的信号，使分配电机 200 运转。另外，分配电机 200 能向泵控制器 20 传输信息，包括位置信息（例如，通过位置线编码器）。类似地，进给电机 175 包括一个从泵控制器 20 接收控制信号的通信接口 390，并向泵控制器 20 传输信息。

[0082] 图 8A 为多级泵 100 一部分的侧视图，其包括分配块 205、阀板 230、活塞壳体 227、引导螺杆 170 和引导螺杆 195。图 8B 为图 8A 的剖视图，显示了分配块 205、分配室 185、活塞壳体 227、引导螺杆 195、活塞 192 和分配隔膜 190。如图 8B 所示，分配室 185 至少被分配块 205 部分地限定。当引导螺杆 195 开动时，活塞 192 向上移动（相对于图 8B 所示的平面图），以移动分配隔膜 190，从而使分配室 185 内的流体借助出口流动通路 295 或放气流动通路 300 自分配室流出。在其它的实施例中，当活塞上下移动时，引导螺杆可转动。值得注意的是，流动通道的入口和出口可置于分配室 185 不同的地方，图 22b 显示一个实施例，其中，放气流动通路 300 的出口位于分配室 185 的顶部。图 8C 显示了图 8B 的一部分。如图 8C 所示的实施例中，分配隔膜 190 包括夹钳 395，其被装配入分配块 205 内的槽 400。本实施例中，分配隔膜 190 的边缘在活塞 227 和分配块 205 之间被密封。根据一个实施例，分配泵和 / 或进给泵 150 可为滚动隔膜泵。

[0083] 值得注意的是，结合图 1-8C 所描述的多级泵 100 仅为示例性的，但不限于此，本发

明的实施例可实现其它配置形式的多级泵。

[0084] 图 9 示出了根据本发明的一个实施例用于形成输入阀 125、隔离阀 130、阻挡阀 135、放气阀 140 和通风阀 145 的不同部件的一个实施例。本实施例中，输出阀 147 位于泵的外部，如图 9 所示，分配块 205 具有端面 1000，隔膜 1002 置于其上。O 形环 1004 与端面 1000 上的相应环对准，同时将隔膜 1002 部分地压入分配块 205 的环中。阀板 230 也包括相应的至少可部分安装 O 形环 1004 的环。阀板 230 通过垫圈和螺杆（如 1006 和 1008 所示）连接到分配块 205。因此，如图 9 所示，每个阀体可由多个部件组成，诸如分配块（或泵体的其它部分）和阀板。一片弹性材料，如隔膜 1002 所示夹在阀板 230 和分配块 205 之间，形成不同阀的隔膜。根据本发明的一个实施例，隔膜 1002 为单片隔膜，其用于输入阀 125、隔离阀 130、阻挡阀 135、放气阀 140 和通风阀 145 的每一个。隔膜 1002 可能是 PTFE、改性 PTFE、具有不同层的合成材料或别的与处理流体不发生反应的适宜材料。根据一个实施例，隔膜 1002 大约 0.013 英寸厚。值得注意的是，在其它实施例中，独立的隔膜可用于每一个阀，其它类型的隔膜也可使用。

[0085] 图 10A 为具有端面 1000 的分配块 205 侧视图的一个实施例。图 10B 显示了分配块 205 的端面 1000 的一个实施例。对于每一个阀，如实施例所示，端面 1000 包括圆形环，O 形环可将隔膜的一部分部分地推入其中。例如，环 1010 对应输入阀 125，环 1012 对应隔离阀 130，环 1014 对应阻挡阀 135，环 1016 对应放气阀 140，环 1018 对应通风阀 145。图 10B 也显示了每个阀的输入 / 输出流动通路。流动通路 1020 从入口 210（如图 4 所示）通向入口阀 125，流动通路 280 从入口阀 125 通向进给室；至于隔离阀 130，流动通路 305 从进给室通向隔离阀 130；流动通路 1022 从隔离阀 130 通向过滤器；至于阻挡阀 135，流动通路 1024 从过滤器通向阻挡阀 135；流动通道 290 从阻挡阀 135 通向分配室；至于放气阀 140，流动通路 300 从分配室开始，流动通路 305 通向进给室；至于通风阀 145，流动通路 1026 从过滤器开始，并且流动通路 1027 通向泵的外部（例如，图 4 所示的通风口 215 之外）。能够自上文的图 5A-D 看到，以上所提及的几个流动通路穿过分配块 205。

[0086] 图 11 为阀板 230 外侧的一个实施例的示意图。如图 11 所示，阀板 230 包括各种可供螺杆插入以将阀板 230 连接到分配块 205 的孔（例如，1028 所示）。另外，如图 11 所示，对于每个阀，阀控制入口将压力或真空应用到相应的隔膜上。例如，入口 235 对应阻挡阀 135，入口 240 对应放气阀 140，入口 245 对应隔离阀 130，入口 250 对应通风阀 145，入口 255 对应入口阀 125。通过有选择性地将压力或真空应用到入口，实现相应阀的开启和关闭。

[0087] 图 12 为显示阀板内表面（即面对分配块 205 的表面）的阀板 230 的示意图。对于入口阀 125、隔离阀 130、阻挡阀 135、放气阀 140、通风阀 145 中的任一个，当阀开启时，阀板 230 至少部分地限定隔膜（例如隔膜 1002）移动到其中的阀室。在图 12 所表示的示例中，室 1025 对应入口阀 125，室 1030 对应隔离阀 130，室 1035 对应阻挡阀 135，室 1040 对应放气阀 140，室 1045 对应通风阀 145。优选地是，每一个阀室具有从阀室的边缘到阀室中心的弧形阀座，所述隔膜朝阀座移动。例如，如果阀室的边缘是圆形的（如图 12 所示），并且弧形表面的半径不变，则阀室呈半球形。

[0088] 为了施加阀控制气体 / 真空或其它的压力，从而对于阀来说能使隔膜在开启和关闭位置之间移动，每个阀都被限定了流动通路。作为一个示例，流动通路 1050 从阀控制板

230 的一个输入口, 到放气阀室 1040 的弧形表面上的相应开口。通过有选择地施加真空或低压通过流动通道 1050, 隔膜 1002 被移动到室 1040, 从而促使放气阀 140 开启。每个阀室周围的圆环都用 O 形环 1004 提供密封。例如, 圆形环 1055 用来部分地容纳密封放气阀 140 的 O 形环。图 13 为阀板 230 的示意图, 其是透明的以示出将压力或真空施加于每个阀的流动通路, 包括流动通路 1050。

[0089] 图 14A 为阀板设计示意图, 其中, 阀的置换容积随施加于隔膜 1002 的推力量而变化。图 14A 为放气阀的一个具体实施例。在图 14A 的示例中, 阀板 1060 被连接到分配块 205。隔膜 1002 夹在阀板 1060 和分配块 205 之间。阀板 1060 形成了阀室 1062, 当真空通过流动通道 1065 施加时, 隔膜 1002 移入阀室中。圆形环 1070 包围阀室座 O 形环 1004。当阀板 1060 被连接到分配块 205 时, O 形环 1004 将隔膜 1002 压入圆形环 1016, 从而对放气阀进一步密封。

[0090] 在图 14A 的实施例中, 阀室 1062 具有相对于大体上平的表面 (如 1067 所示) 倾斜的侧面, 其中, 隔膜朝向该表面发生移动。当真空通过流动通道 1065 施加于隔膜 1002 时, 隔膜 1002 呈大体半球形形状移向表面 1067。这意味着在隔膜 1002 和阀板 1060 之间存在一些死区 (即未利用的空间)。这些未利用的空间在区域 1070 被示出。当施加的通过流动通道 1065 的推力量增加时 (即通过增加真空), 未利用的空间就会减少。然而, 隔膜 1002 不可能完全降到最低点。因此, 依靠用于移动隔膜 1002 上的压力而使隔膜 1002 的置换容积发生改变 (例如, 隔膜的碗状容积发生改变, 大体在 1072 示出)。

[0091] 当施加正压力通过流动通道 1065 时, 隔膜 1002 移动以密封入口和出口 (此种情况下指来自分配室的流动通路 300 和流向进给室的流动通道 305)。从而, 区域 1072 内的流体体积将从放气阀 140 中移出。这就会在分配室 (或其它的流体流向的封闭空间) 形成压力峰值。通过阀移出的流体量将取决于阀内具有多少体积。由于体积随施加的压力值发生变化, 即便是同样设计的不同泵, 在使用不同的真空压力进行操作时, 也将会在分配室或其它的封闭空间内显示不同的压力峰值。此外, 由于隔膜 1002 是塑性的, 对于给定的真空压力, 隔膜 1002 的位移将取决于温度而改变。因此, 未利用区域 1070 的体积将取决于温度而变化。由于图 14A 所示的阀的置换容积基于施加的真空和温度而改变, 很难精确地补偿由于泵开启和关闭而移出的容积。

[0092] 本发明的实施例减少或消除与具有平整表面的阀室相关的问题。图 14B 为放气阀一个实施例的示意图, 该阀使用了本发明一个实施例的阀板设计。图 14B 所示为放气阀 140 的一个实施例。在图 14B 的一个示例中, 阀板 230 连接到分配块 205。隔膜 1002 夹在阀板 230 和分配块 205 之间。阀板 230 形成了阀室 1040, 根据真空 (或低压) 通过流动通道 1050 的施加, 隔膜 1002 移动到该阀室中。圆形环 1055 包围安装 O 形环 1004 的阀室 1040。当阀板 230 连接到分配块 205 时, O 形环 1004 将隔膜 1002 压入圆形环 1016, 从而对放气阀 140 进一步密封。这形成了密封作用并固定隔膜 1002。根据一个实施例, 分配块 205 可能是 PTFE、改性 PTFE, 隔膜 1002 是 PTFE、改性 PTFE, 阀板 230 用铝加工而成。其它适宜的材料也可使用。

[0093] 在图 14B 所示的实施例中, 阀室 1040 的区域呈半球形状, 隔膜 1002 移动到其中。当真空通过流动通道 1050 施加于隔膜 1002 时, 隔膜 1002 向半球形的半球形表面移动。通过大体设定阀室 1040 的半球的尺寸, 隔膜 1002 形成的半球形将和阀室 1040 匹配。如图

14B 所示,这意味着在隔膜 1002 的半球形和阀室表面(例如图 9A 所示的区域 1070)之间的死区被消除。此外,由于隔膜 1002 在与阀室 1040 的半球形相对应的半球形中移动,隔膜 1002 总会有同样的外形,从而在其移动的位置上具有置换容积(这在图 10 中得到说明,在下文进行讨论)。因此,不考虑所施加的真空量(在阀的工作范围内)和温度,阀 140 所容纳的体积量大体一样。因而,当放气阀关闭时,移出的流体容积是一样的。这就允许实现一致的容积修正以修正由于阀关闭所引起的排出容积而带来的压力峰值。另外的优点是,半球形的阀室允许阀室更加浅。此外,由于隔膜和阀座的外形一致,隔膜上的应力被减少。

[0094] 将阀室设定尺寸以允许隔膜充分地移动,从而使流体自入口向出口通道流动(例如,图 5B 所示,从流动通道 300 流向流动通道 305)。另外,阀室的尺寸使压力降最小,同时减少置换容积。例如,如果阀室做得过浅,对于特定应用,在开启位置,隔膜 1002 可能不适当当地限制流动通路 305。然而,随着阀室深度的增加,更强的最低真空将隔膜置于全开位置(即,隔膜完全被移入阀室的位置),导致在隔膜上产生附加的应力。在隔膜上具有应力的情况下,阀室的尺寸能够使阀的流动特性平衡。

[0095] 值得注意的是,将压力 / 真空应用到隔膜的流动通路 1050 不必置于阀室的中心,而是可以偏离中心(例如,图 12 所示的阻挡阀室 1035)。另外,来自于 / 通向阀的入口和出口流动通路可置于任何位置上,其允许流体在阀开启时在二者之间流动、并被限制在闭合位置上。例如,通向阀的入口和出口流动通路可如此配置:当阀关闭时,更小体积的流体通过特定的通道排出。在图 14B,流向进给室的出口流动通路 305 比来自于分配室的入口流动通路 300 进一步偏离了阀室中心(即进一步偏离半球的中心),当阀关闭时,比流动通道 300 更少量的流体被流动通道 305 排出。

[0096] 然而,相对于阀而定位的流动通道,在别的实施例中可能相反或者有所改变,以致当放气阀 140 关闭时,排回分配室的流体量比排入进给室的流体量还少。在另一方面,对于入口阀 125,入口流动通道更靠近中心,以致当入口阀 125 关闭时(即入口阀 125 具有如图 14B 所示的入口 / 出口流动通道),排回到流体源的流体比排到进给室的流体多。根据本发明的不同实施例,配置不同的阀入口和出口(例如,阻挡阀 135,出口阀 147),以减少阀关闭时被推入分配室的流体量。

[0097] 也可利用入口和出口流动通路的其他配置。例如,阀的入口和出口流动通路都可偏离阀中心。作为另一个示例,入口和出口流动通路的宽度不同,以致当阀关闭,一个流动通路被过多限制时,又有助于使更多的流体通过其中一个流动通路(例如,较大的流动通路)被排出。

[0098] 图 15 中的图示出不同阀设计的置换容积。线 1080 表示的阀设计为:阀室具有平的阀室表面,其深度为 0.030 英寸(例如,如图 14A 所描述的阀);线 1082 表示的阀设计为:该阀具有半球形阀室表面,其深度为 0.022 英寸;线 1084 表示的阀设计为:该阀具有半球形阀室表面,其深度为 0.015 英寸(例如,如图 14B 所示的阀);线 1086 表示的阀设计为:该阀具有半球形阀室表面,其深度为 0.010 英寸。图 15 的图表示当阀控制压力自 35psi 压力转换到真空时阀所排出的流体体积量。X 轴为所施加的真空量,以 Hg 表示(汞柱的英寸数),y 轴为置换容积,以 mL 表示。用于打开阀的最小的真空为 10Hg。

[0099] 从图 15 能够看到,具有平坦阀室表面的阀室根据其所施加的真空量,具有不同的置换容积(即,如果使用 10Hg,置换容积大约为 0.042mL,如果使用 20Hg,置换容积大约

为 0.058mL)。在另一方面，不论施加的真空如何，具有半球形阀室的阀表示了大体上不变的置换量，其中，所述隔膜移动到阀室中。在此示例中，0.022 英寸的半球形阀排出量为 0.047mL(由线 1082 表示)，0.015 英寸的半球形阀排出量为 0.040mL(由线 1084 表示)，0.010 英寸的半球形阀排出量为 0.030mL(由线 1086 表示)。因而，如从图 15 中看到的那样，在施加于阀上的真空压力发生变化时，具有半球形阀室的阀板提供可重复的置换容积。

[0100] 阀板 230 上的阀具有不同的尺寸。例如，放气阀 140 比其它阀更小或这些阀具有其他的尺寸。图 16A 给出了放气阀 140 的一个实施例的尺寸示例，显示了半球形表面 1090 朝向隔膜移动。如图 16A 所示，阀室具有半球形表面，其相应于半径为 3.630 英寸的球，球形深度为 0.015 英寸。图 16B 给出了用于输入阀 125，隔离阀 130，阻挡阀 135 和通风阀 145 的一个实施例的尺寸示例。在此实施例中，相应于半径为 2.453 英寸的球，阀室的球形深度为 0.022 英寸。

[0101] 各个阀的尺寸可以进行选择，以平衡使穿过该阀的压降最小化的要求（即在开启位置由阀所产生的限制最小化的要求）和使阀容纳容积量最小化的要求。就是说，该阀的尺寸能够在阀开启 / 关闭时，平衡用来最低程度地限制流量的需要，并使压力峰值最小。在图 16A 和 16B 的示例中，放气阀 140 是将容纳容积量最小化的最小阀，该容积量在放气阀 140 关闭时返回到分配室。另外，阀的尺寸使得当应用阈值真空时，阀能完全开启。例如，图 16A 的放气阀 140 的尺寸使得当 10Hg 的真空应用时，能够完全开启。随着真空的增加，放气阀 140 不再进一步打开。图 16A 和 16B 所提供的尺寸通过示例仅用于特定实施方式，并不作为限制。根据本发明实施例的阀具有多种尺寸。阀板的实施例也在美国临时申请 60/742147、标题为“VALVE PLATE SYSTEM ANDMETHOD”、发明人为 Gashgaee 等、申请日为 2005 年 12 月 2 日（律师签号为 ENTG1770），以及美国专利申请，申请号为 _____、标题为“FIXED VOLUME VALVE SYSTEM”、发明人为 Gashgaee 等、申请日为 _____（律师签号为 ENTG1770-1）的美国专利申请中公开，此两篇专利文献结合在本申请中，作为参考。

[0102] 如上所讨论的，根据本发明一个实施例的进给泵 150 可被步进电机驱动，同时，分配泵 180 由无刷直流电机或 PSMS 电机驱动。图 17-19 在下文描述根据本发明不同实施例可使用电机的实施方式。电机控制方案的示例在申请号为 60/741660、标题为“SYSTEM AND METHODFOR POSITION CONTROL OF A MECHANICAL PISTON IN APUMP”、发明人为 Gonnelia 等、申请日为 2005 年 12 月 2 日（律师签号为 ENTG1750）的美国临时专利申请，以及申请号为 60/841725、标题为“SYSTEM AND METHOD FOR POSITION CONTROL OF AMECHANICAL PISTON IN A PUMP”、发明人为 Gonnelia 等、申请日为 2006 年 9 月 1 日（律师签号为 ENTG1750-1）的美国临时专利申请中公开，此两篇专利文献的全部内容结合在本申请中，作为参考。

[0103] 图 17 为根据本发明的一个实施例的电机组件 3000 的示意图，其具有电机 3030 和与其连接的位置传感器 3040。如图 17 所示，隔膜组件 3010 借助引导螺杆 3020 连接到电机 3030 上。在一个实施例中，电机 3030 为永磁同步电机（“PMSM”）。在刷式直流电机中，电流极性由换向器和电刷改变。然而，在 PMSM 中，电极反向是由功率晶体管在与转子位置同步时进行切换而进行。因而，PMSM 的特征为“无刷”，并认为比刷式直流电机更可靠。另外，PMSM 可通过由转子磁铁产生转子磁通量而获得更高的效率。PMSM 的其它优点包括：减少振动、减少噪声（通过取消电刷）、有效的散热、更小的占地面积和更低的转子惯性。根据定子

如何被缠绕,由转子运动在定子中产生的反向电磁力 (back-electromagnetic force) 具有不同的轮廓 (Profile)。一种轮廓为梯形、而另一种轮廓为正弦曲线。在该公开内容中,术语 PMSM 用来表示所有类型的无刷永磁电机,并可和术语无刷直流电机 (“BLDCM”) 互换使用。

[0104] 如上所述,PMSM3030 可用作进给电机 175 和 / 或分配电机 200。在一个实施例中,泵 100 采用步进电机作为进给电机 175,PMSM3030 作为分配电机 200。适宜的电机和相关的部件可从美国新罕布什尔州多佛尔的 EAD Motors 公司得到。在操作中,BLDCM3030 的定子产生定子磁通,转子产生转子磁通。定子磁通和转子磁通之间的相互作用限定了转矩,从而限定 BLDCM3030 的速度。在一个实施例中,数字信号处理器 (DSP) 用于实现所有的场定向控制 (FOC)。FOC 算法由包含在计算机可读介质中的计算机可执行软件指令实现。可以获得数字信号处理单元,以及单片 (on-chip) 外围硬件设备,其具有计算能力、计算速度并可编程以控制 BLDCM3030,并且只需相对不明显的增加成本便可在几毫秒内完全执行 FOC 算法。能够用于实现本发明所公开的实施例的 DSP 的示例为 16 位的 DSP,其可从位于美国德克萨斯州达拉斯的 Texas Instruments 有限公司得到 (部件编号为 TMS320F2812PGFA)。

[0105] BLDCM3030 可结合至少一个位置传感器以感测转子的实际位置。在一个实施例中,位置传感器可以位于 BLDCM3030 的外部。在一个实施例中,位置传感器可以位于 BLDCM3030 的内部。在一个实施例中,BLDCM3030 可能没有传感器。在图 17 所示的示例中,将位置传感器 3040 连接到 BLDCM3030,用于实时反馈 BLDCM3030 的实际转子位置,其由 DSP 使用以控制 BLDCM3030。使用位置传感器 3040 的其它好处是:其被证实能极为精确和可重复地控制机械活塞的位置 (例如,图 2 中的活塞 192),这意味着在活塞位移分配泵 (例如,图 2 中的分配泵 180) 中对流体运动和分配数量的极为精确和可重复的控制。在一个实施例中,位置传感器 3040 是精细线转动位置编码器。在一个实施例中,位置传感器 3040 是 2000 线的编码器。采用 2000 线的编码器向 DSP 提供 8000 个脉冲,有可能精确测量或控制到 0.045 度的转动角度。

[0106] BLDCM3030 以非常低的速度运行并且仍可维持速度不变,即意味着很小或无振动。在其他技术诸如步进电机中,不可能以最低的速度运行而不将振动引入泵系统,这是由较差的恒定速度控制导致的。这些变化导致较差的分配性能,并导致非常狭窄的工作范围。另外,振动给处理流体带来有害的影响。表 1 和图 18-19 对步进电机和 BLDCM 进行比较,并示出将 BLDCM3030 用作多级泵 100 中的分配 电机 200 所带来的诸多优点。

[0107] 表 1

[0108]

项目	步进电机	BLDCM
累积分辨率 (u1/ 步)	1	0.1 10 倍提高
基本运动	移动、停止、等待、移动、停止等待；致使电机在低速时振动并“分配颤动”	连续运动、从不停止
电机电流、功率	设定电流，是否需要用于最大的条件下 消耗的功率	可适应负载
转矩传递	低	高
速度能力	10-30 倍	30000 倍

[0109] 从表 1 能看出,与步进电机相比较, BLDCM 能提供基本上增加的分辨率,其具有连续的旋转运动、更低的功率消耗、更高的转矩传递及更宽的速度范围。注意, BLDCM 的分辨率比步进电机所能提供的分辨率多大约十倍或更佳。因为这个理由, BLDCM 所能提供的最小改进单元称之为“电机增量”,这和通常结合步进电机所使用的术语“步进”是有区别的。根据一个实施例,电机增量是作为 BLDCM 的最小可测量的运动单元,能提供连续的运动,而步进电机以离散的步进行运动。

[0110] 图 18 是根据本发明的一个实施例,将 BLDCM 和步进电机的平均转矩输出和速度范围进行比较的曲线图。如图 18 所示, BLDCM 在任何速度下能维持近似恒定的高转矩输出。另外, BLDCM 可用的速度范围比步进电机要宽(例如,大约 1000 倍或更多)。相反,步进电机倾向于具有较低的转矩输出,在速度的增加的情况下,转矩输出趋向不希望的下降(即转矩输出在较高速度时减少)。

[0111] 图 19 是根据本发明的一个实施例,将 BLDCM 和步进电机的平均电机电流和负荷进行比较的曲线。如图 6 所示, BLDCM 能适应和调整系统上的负荷,并仅仅使用承载负荷所需的功率。相反,不管是否需要,步进电机使用被设定用于最大条件的电流。比如,步进电机的峰值电流为 150 毫安 (mA)。同样的 150mA 被用于移动 1-1b 的负荷及 10-1b 的负荷,尽管移动 1-1b 的负荷不需要像移动 10-1b 负荷那么多的电流。因此,在操作中,不论负荷如何,步进电机消耗用于最大条件下的功率,致使对能源的无效使用和浪费。

[0112] 使用 BLDCM, 电流随着负荷的增加或减少而调节。在任何特定时间点, BLDCM 自补偿和为其自身提供使其自身以所要求的速度转动所必要的电流量, 并产生移动负荷所需的力。当电机不运转时, 电流可能非常低 (mA 以下)。由于 BLDCM 是自补偿的 (即能根据系统上的负荷适应性地调节电流), 因此即便电机不转动, 也总是开启的。与之相比, 根据应用场合, 当步进电机不运转时, 可以关掉步进电机。

[0113] 为维持位置控制, BLDCM 的控制方案需要经常执行。在一个实施例中, 控制环路在 30KHz 运行。所以, 每 $33 \mu\text{m}$, 控制环路进行检查以观察 BLDCM 是否在正确的位置上。如果这样, 试着不要作任何事。如果不是这样, 调节电流并尝试迫使 BLDCM 到达应该到达的位置。这种快速的自补偿行为能够进行非常精确的位置控制, 这在某些应用中是非常需要的。以比正常(比如 10KHz) 更高的速度(比如 30KHz) 运行控制环路, 就意味着在系统中产生额外的热量。这是因为 BLDCM 转换电流的次数越多, 产生热的机会就越多。

[0114] 根据本发明的一个方面, 在某些实施例中, 配置 BLDCM 以考虑热量产生的问题。特别地是, 在单个周期内, 将控制环路配置为在两种不同速度下运行。在周期的分配部分, 控制环路以较高的速度运行(例如, 30Khz)。在周期的非分配部分的其他部分, 控制环路以较低的速度运行(例如, 10Khz)。这种配置对于分配期超精确位置控制非常重要的应用中非常有用。作为一个示例, 在分配期内, 控制环路在 30Khz 运行, 这可能会产生一点额外的热量, 但是提供了极好的位置控制。在其它时间, 速度减少到 10Khz。通过这样做, 温度被明显降低。

[0115] 周期的分配部分可根据应用进行定制。作为另一个示例, 分配系统可实现 20 秒的周期。在一个 20 秒的周期, 5 秒用于分配, 剩余的 15 秒可作记录 (logging) 或再充电 (recharging)。在周期之间, 具有 15-20 秒的准备期。因此, BLDCM 的控制环路在较高频率(例如 30Khz) 运行较少的周期(例如 5 秒), 而在低频率(例如 10Khz) 运行较长的周期

(例如 15 秒)。

[0116] 本领域技术人员能够理解,这些参数(例如 5 秒、15 秒、30KHz、10KHz 等)是示例性的,而不是对其进行限定。只要在本发明所公开的范围和精神之内,可对工作速度和时间进行调节或进行其他配置。在决定这些可编程参数时,可以使用经验方法。例如,10KHz 是驱动 BLDCM 相当典型的频率。尽管可使用不同的速度,但以低于 10KHz 运行 BLDCM 的控制环路,就会带来失去位置控制的风险。由于通常难以再次获得位置控制,需要 BLDCM 保持原位置。

[0117] 借助 BLDCM 的控制方案,此处所公开的实施例能在周期的非分配阶段尽可能减少速度,而不会不期望地损害位置控制。为获得额外 / 增加的诸如分配等重要功能的位置控制,控制方案被配置成增加频率(例如,30KHz)。通过允许非重要功能在较低频率下运行(例如 10KHz),控制方案也被配置成减少热量的产生。另外,配置定制的控制方案以使在非分配周期由在较低频率下的运行而产生的任何位置控制损失最小化。

[0118] 控制方案被配置成提供所需的分配曲线,其特征在于压力。特征可基于压力信号的偏差。例如,平坦的压力曲线表示平滑的运动、较小的振动,从而更好的位置控制。比较而言,偏离的压力信号表示差的位置控制。就位置控制而言,BLDCM 在 10KHz 下运行和在 15KHz 下运行之间差别无关紧要。然而,如果速度降到 10KHz 以下(例如 5KHz),就不能足够快以保持位置控制。例如,BLDCM 的一个实施例被配置成用于分配流体。当位置环路运行在 1ms 以下(即大约 10KHz 或更高)运行时,肉眼就看不到影响。然而,当它达到 1、2 或 3ms 范围时,流体的影响就变得可见。作为另一个实施例,如果阀的时序在 1ms 以下变化,流体产生的任何变化可能对人眼或其它的过程监视设备而言均是不可见的。然而在 1、2 或 3ms 范围内,变化是可见的。因而,优选地是,控制方案在大约 10KHz 或更高速度上执行时间判定函数(critical function)(例如,电机时序,阀时序等)。

[0119] 另一个考虑是分配系统的内部计算。如果分配系统被设定在以 1KHz 的速度运行,就不会有超过 1ms 的更精细的分辨率,也不执行比 1ms 更精细的计算。这种情况下,10KHz 将是用于分配系统的实际频率。如上文所述,这些数字是示例性的。将速度设定低于 10KHz(例如 5,甚至 2Khz)是可能的。

[0120] 相似地,只要满足性能需求,就能够设定高于 30KHz 的速度。此处所公开的示例性分配系统使用具有多线的编码器(例如,向 DSP 提供 8000 脉冲的 2000 线)。每根线之间的时间是速度。即便 BLDCM 运行得相当慢,但是由于其是非常精细的线,因此能非常快地,基本上跳动至编码器。如果 BLDCM 每一秒运行一转,这就意味着在一秒内的 2000 线及因此导致的 8000 个脉冲。如果脉冲宽度不变化(即,在目标宽度上是正确的,并反复保持相同),这就表示非常好的速度控制。如果它们振荡,表示较差的速度控制,但并不一定很差,这取决于系统设计(例如公差)和应用的情况。

[0121] 另一个考虑涉及对数字信号处理器(DSP)的处理功率的实际限制。作为一示例,为了在一个周期内进行分配,可能需要差不多或正好 20ms 来执行用于位置控制器、电流控制器等的所有必需计算。在 30Khz 运行时,大约为 30ms,这足以用剩余的时间进行那些计算以运行控制器中的其它过程。使用更强的能够运行超过 30Khz 的处理器是可能的。然而,以超过 30ms 的速率进行操作,导致减小回程。例如,50Khz 给出大约为 20ms($1/50000\text{Hz} = 0.00002\text{s} = 20 \mu\text{s}$)的时间。这种情况下,在 50Khz 可得到更好的速度性能,但系统没有

足够的时间进行运行控制器所需的所有过程,从而带来处理问题。甚至,在 50KHz 运行意味着电流变换更频繁,这就促进了前述的热量产生的问题。

[0122] 总而言之,为了减少热量输出,一种解决方案是配置 BLDCM,从而在分配操作中以较高的频率(例如 30KHz)运行,在非分配操作(例如重新充电)中降低或减小到较低的频率(例如 10KHz)。配置定制的控制方案和相关的参数所需考虑的因素,包括位置控制性能和计算速度,其涉及处理器的处理功率、热量产生,这就涉及计算后变换电流的次数。在上述示例中,在 10KHz 的位置性能的损失对于非分配操作并不重要,在 30KHz 的位置控制对于分配非常好,所产生的热量明显减少。通过减少热量产生,本发明的实施例在防止温度变化影响被分配的流体具有技术上的优势。这在涉及分配灵敏和 / 或贵重流体的应用中特别地有用,在这种情况下,非常希望避免热量或温度变化对流体产生影响的任何可能性。加热流体也能影响分配操作。这样的一种影响被称为自然反吸作用。反吸作用解释了当分配操作变暖并使流体膨胀到喷嘴外时,分配操作开始变凉并且在开始变凉时,损失了一点流体。当取消分配操作时,喷嘴中的流体开始增加容积。因此,随着反吸作用,容积可能不精确,并可能不一致。

[0123] 图 20A 为根据本发明的一个实施例,不同级的 BLDCM 和步进电机的周期时序的图表。按照上文的示例,步进电机实现了进给电机 175, BLDCM 实现了分配电机 200。图 21A 的阴影区表示电机在工作。根据本发明的一个实施例,将步进电机和 BLDCM 进行配置,使其在过渡周期中便于进行压力控制。步进电机和 BLDCM 的压力控制时序的一个实施例由图 20B 提供,其中,阴影区表示电机在工作。

[0124] 图 20B 示出进给电机 175 和分配电机 200 的一个示例性配置。更特别的是,一旦到达设定点,BLDCM(即分配电机 200)以可编程的过渡速度开始反向。同时,步进电机(即进给电机 175)的速度改变,以维持压力信号的设定点。这种配置提供几个优点。比如,流体中不存在压力峰值,作用在流体上的压力恒定,不需要对粘度变化进行调整,系统到系统之间不存在变化,在流体中不会产生真空。

[0125] 图 20C-20F 提供其它的示例性阀和电机时序图。对于阀,黑色部分表示在分配周期的不同段阀开启。对于分配和进给电机,黑色部分 表示电机为前进或反向状态。使用 30 个区段的分配周期的示例,图 20C 和 20E 表示在分配周期的区段 1-16 期间的示例性电机和阀的时序,图 20C 和 20F 表示在分配周期的区段 1-17 期间的示例性电机和阀的时序。应该注意的是,多级泵可使用其他的阀和电机时序,更多或更少的区段以及其他控制方案。也应该注意的是,这些区段具有变化的时间量。美国临时专利申请 60/742168、标题为“SYSTEM ANDMETHOD FOR VALVE SEQUENCING IN A PUMP”、发明人为 Gonnella 等、申请日为 2005 年 12 月 2 日(律师签字为 ENTG1740),以及美国专利申请,其申请号为 ____、标题为“SYSTEM ANDMETHOD FOR VALVE SEQUENCING IN A PUMP”、发明人为 Gonnella 等、申请日为 ____ (律师签字为 ENTG1740-1),这两篇文件的全部内容结合在本申请中作为参考,其描述了阀和电机时序的各种实施例。

[0126] 根据本发明不同实施例的多级泵,明显比先前的多级泵小,同时提供更温和的流体处理特性和更广的工作范围。多级泵的不同特征有助于减少尺寸。

[0127] 先前的一些泵设计依赖进给和分配室内的平坦隔膜以将压力施加于处理流体。液压流体通常用于将压力施加于隔膜的一侧以使隔膜移动,从而排出处理流体。液压流体处

于由气动活塞或步进电机驱动的活塞所施加的压力下。为了获得分配泵所需的置换容积，隔膜必需具有相对较大的表面积和直径。

[0128] 如上述参照图 21a-21c 所讨论的那样，在另一方面，分配泵 180 的隔膜 190 和进给泵 150 的隔膜 160 可以是滚动隔膜。与使用平隔膜相比，使用滚动隔膜明显减少了进给室 155 和分配室 185 所需的直径。此外，滚动隔膜可直接由电机驱动的活塞移动而无使用液压流体。这就消除了隔膜从进给 / 分配室开始的正对侧上的液压室的需要，以及相关的液压管道的需要。因而，使用滚动隔膜允许分配室和进给室更狭长且更浅，并且不需要液压设备。

[0129] 例如，先前的泵使用平坦隔膜以获得 10ml 的排量 (displacement)，该泵需要具有截面积为 4.24 平方英寸 (27.4193 平方厘米) 的泵室。使用滚动隔膜的泵室在其隔膜为 1.00 平方英寸 (6.4516 平方厘米) 时就能获得相似的排量。即便考虑到活塞和室壁之间的用于隔膜滚动的空间以及密封凸缘，滚动隔膜泵仅仅需要 1.25 平方英寸 (8.064 平方厘米) 的占地面积。另外，由于减少了湿润表面积，滚动隔膜能处理比平坦隔膜更高的压力。因此，滚动隔膜泵不需要加强，比如金属套，就能处理平坦隔膜需要加强才能处理的压力。

[0130] 另外，使用滚动隔膜允许进入和离开进给室 155 和分配室 185 的流动通路更好的配置以减小尺寸。例如，结合图 21c 所讨论的，自分配室 185 通向入口、出口、放气流动通路的开口可置于室内的任何位置。应该注意的是，使用滚动隔膜还由于除去液压设备，而减少了泵的成本。

[0131] 本发明实施例减少尺寸的另一个技术特征是单个分配块的使用，该分配块限定了包括泵室在内的自入口到出口的不同流动通路。之前，具有限定流动通路和室的多个块（例如 5 个或更多）。由于分配块 205 是单个块，减少了密封，降低了组装的复杂性。

[0132] 本发明实施例有助于减少尺寸的再一个技术特征是所有的泵阀（例如输入、隔离、阻挡、通风和放气阀）位于单个的阀板上。之前，阀在阀板和不同的分配块之间分离。这就需要更多的接口，容易引起流体泄漏。

[0133] 图 22 提供了能产生 10mL 分配量的多级泵的实施例的示例性尺寸。

[0134] 此外，在先前的泵中，不同的 PTFE 板通过被夹紧或螺纹连接在一起的外部金属板保持在一起。由于 PTFE 是相对脆弱的材料，在 PTFE 上采用螺纹连接或附接部件是困难的。本发明的实施例通过使用杆（例如插入件）来解决此问题，该杆具有垂直的内螺纹孔，如结合图 5 和 6 所描述的那样。该杆提供了用于在具有金属强度的其他部分上旋拧的机构。

[0135] 尽管用多级泵进行了描述，本发明的实施例也可用于单级泵。图 23 为用于泵 4000 的一个泵组件的实施例的示意图。泵 4000 可以和上文所描述的多级泵 100 的单级相似，即分配级，并包括由步进电机、无刷直流或别的电机所驱动的滚动隔膜泵。泵 4000 可包括分配块 4005，其限定通过泵 4000 的不同的流体流动通道，并至少部分地限定泵室。根据一个实施例的分配泵块 4005，可以是单一的 (unitary) PTFE 块、改性 PTFE 块或其他的材料块。由于这些材料不与或极少与多种处理流体起反应，使用这些材料允许用最小的附加硬件直接在分配块 4005 中加工出流动通路和泵室。分配块 4005 通过提供整体的流体歧管而减少对管道系统的需要。

[0136] 分配块 4005 包括不同的外部输入部和输出部，例如，这些输入部和输出部包括：通过其接收流体的输入部 4010，对流体进行放气 / 通风的放气 / 通风输出部 4015，在分配

区段通过其分配流体的分配输出部 4020。在图 23 所示的示例中,由于泵仅有一个室,分配块 4005 包括外部放气输出部 4010。美国专利申请 60/741667、标题为“O-RING-LESS LOW PROFILE AND ASSEMBLY THEREOF”、发明人为 Lraj Gashgaaee、申请日为 2005 年 12 月 2 日(律师签号为 ENTG1760),以及美国专利申请,其申请号为 _____、标题为“O-RING-LESS LOW PROFILE FITTINGS AND FITTINGASSEMBLIES”、发明人为 Lraj Gashgaaee、申请日为 _____(律师签号为 ENTG1760-1),这两篇专利文献的全部内容结合在本申请中作为参考,其描述了可用于将分配块 4005 的外部输入部和输出部连接到流体管线的配件(fitting)的实施例。

[0137] 分配块 4005 将流体自输入部送往输入阀(例如,至少由阀板 4030 部分地限定)、自输入阀送往泵室,自泵室送往通风/放气阀,自泵室送往输出部 4020。泵盖 4225 保护泵的电机免遭损害,同时,活塞壳体 4027 保护活塞,根据本发明的一个实施例,其由聚乙烯或其他聚合物构成。阀板 4030 为阀系统提供阀壳(例如输入阀、放气/通风阀),阀系统可以配置成将流体引导到泵 4000 的不同部件。阀板 4030 及相应的阀可以与上述结合阀板 230 相似的方式形成。根据一个实施例,输入阀和放气/通风阀中的每一个至少部分地被结合到阀板 4030 上,并且是根据压力或真空是否施加到相应的隔膜上而进行开启或关闭的隔膜阀。在其它的实施例中,一些阀位于分配块 4005 的外面,或者安置在另外的阀板上。根据一个实施例,一片 PTFE 夹在阀板 4030 和分配块 4005 之间,以形成不同阀的隔膜。阀板 4030 包括用于每个阀的阀控制输入部(未示出),从而向相应的隔膜施加压力或真空。

[0138] 如同多级泵 100,泵 4000 包括几个防止流体滴进入多级泵 100 外壳电子元件区域内的特征。“防滴”特征包括:突出的唇缘、倾斜零件、部件之间的密封、金属/聚合物体接口处的偏移、以及上述其它的用于使电子元件与流体滴隔离的特征。电子元件、歧管和 PCB 板以类似于上述的方式进行配置,以减少热量对泵室内流体的影响。

[0139] 因而,如在多级泵中使用的类似的特征,以减少形状系数、热量影响,以及防止流体进入电子元件壳体,这些特征也能在单级泵中使用。

[0140] 尽管参考举例性的实施例详细地说明了本发明,应该理解的是,说明仅仅是示例性的,而不能对其进行限制。因而,需进一步理解的是,在本发明实施例细节上的众多变化,以及本发明的其它的实施例,对于参考本发明说明书的本领域人员来说是显而易见的,也是能够获得的。可以预期,所有这些变化和其它的实施例落入本发明的权利要求范围内。

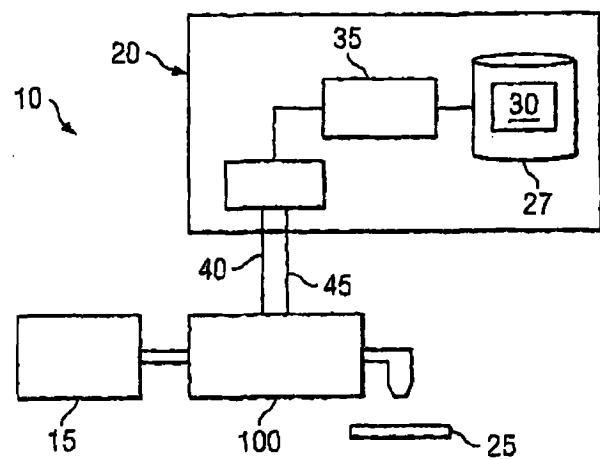


图 1

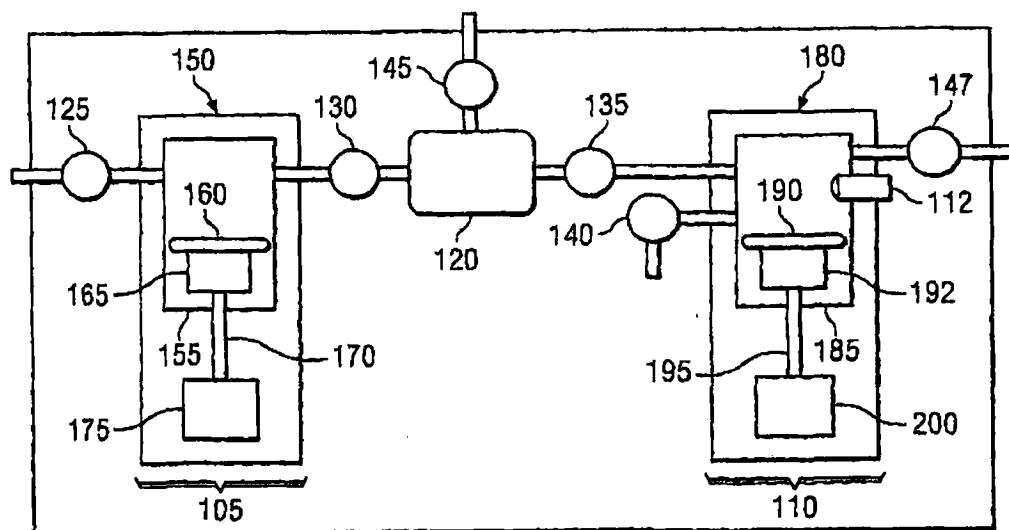


图 2

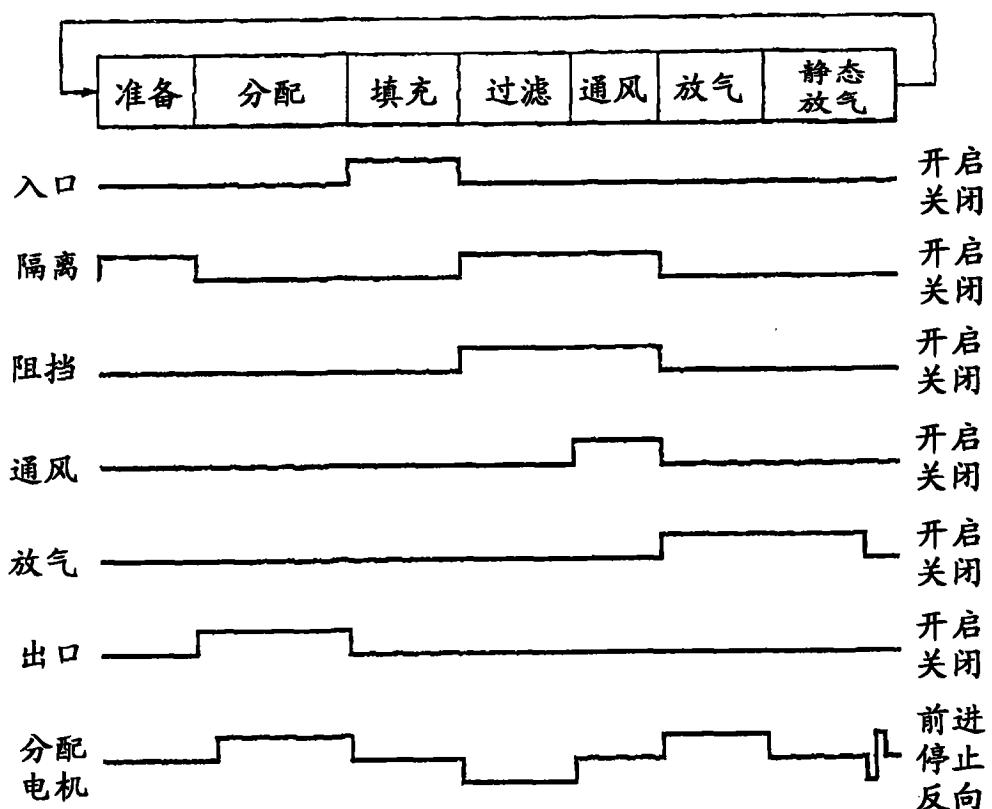


图 3

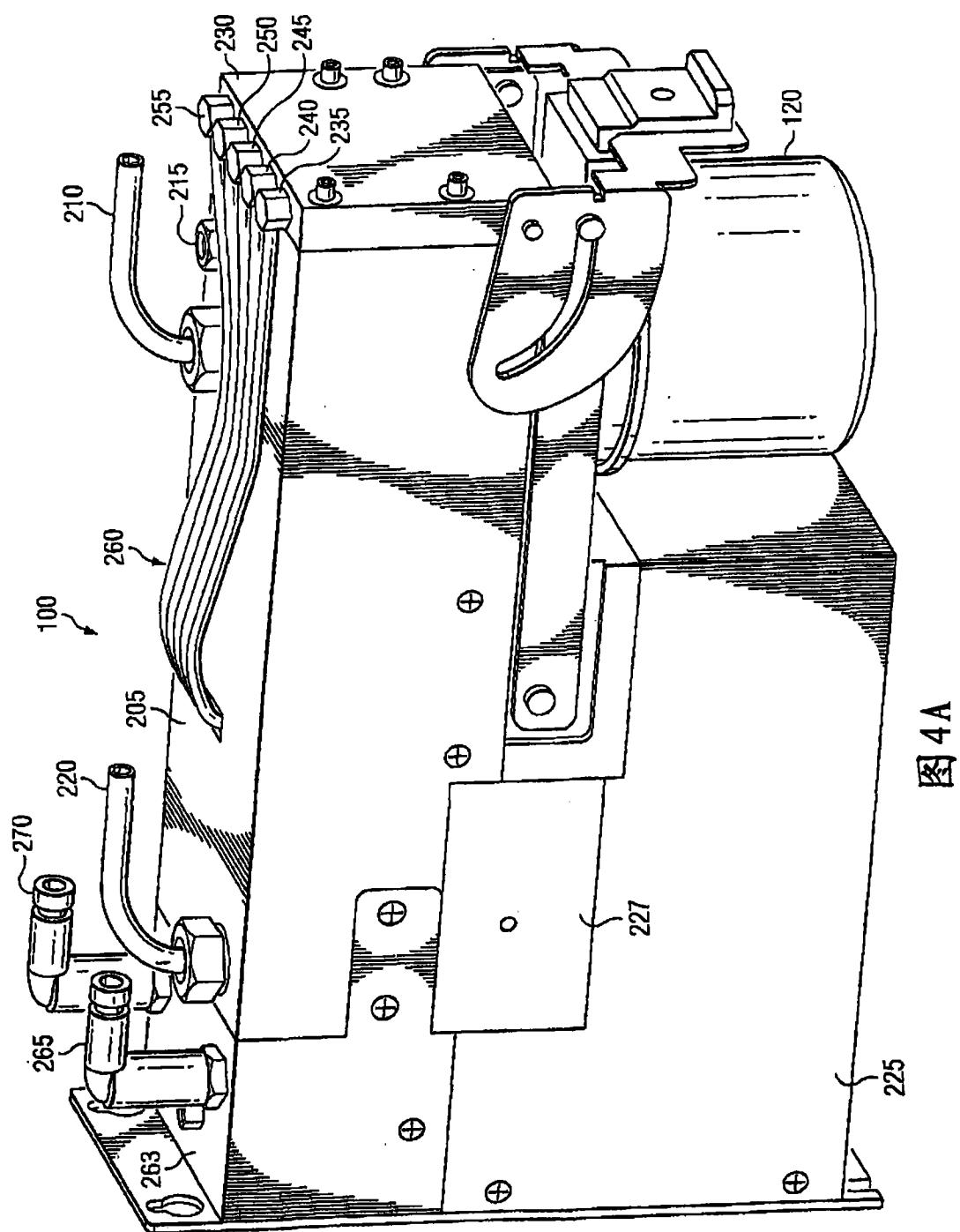


图 4A

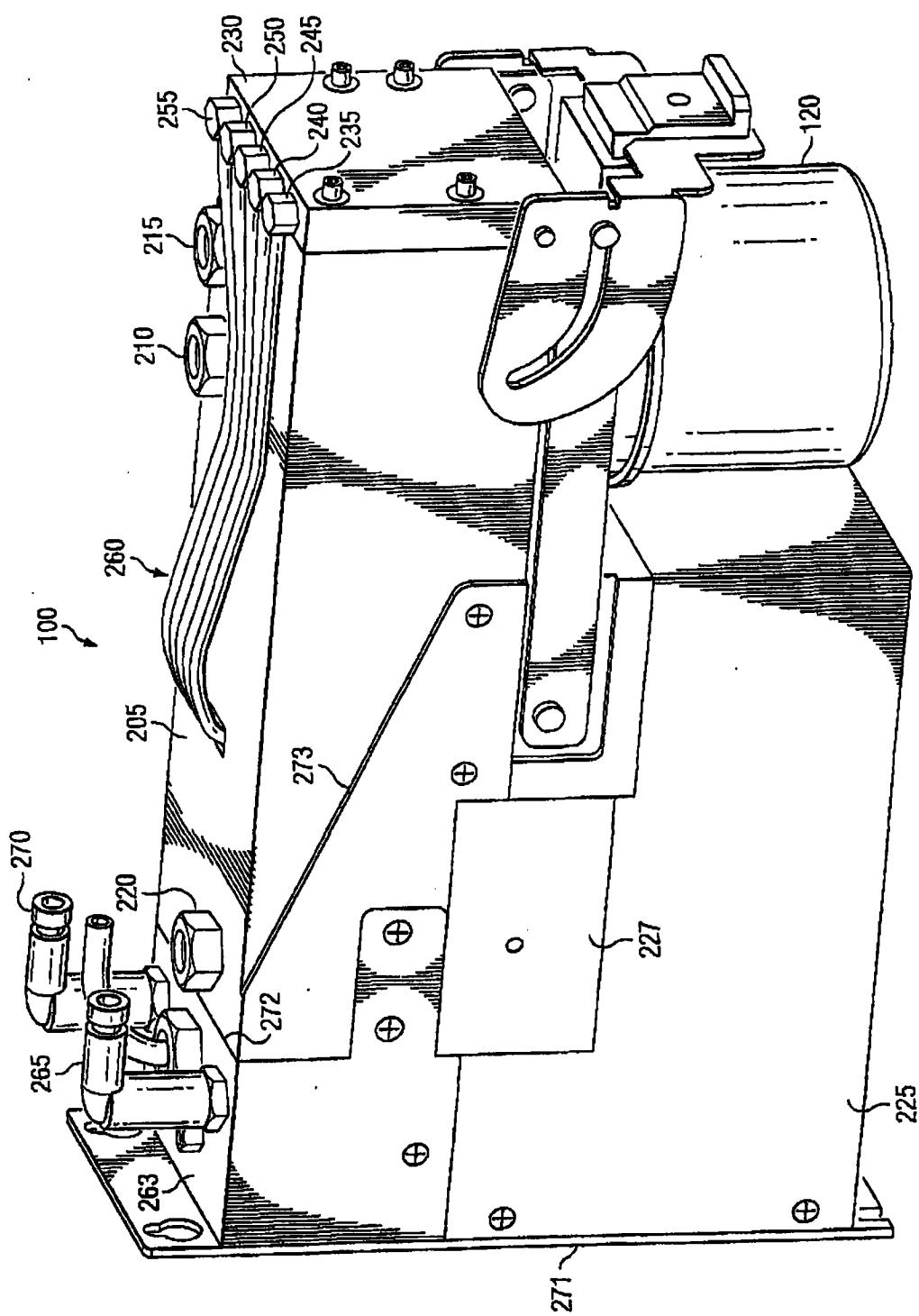


图 4B

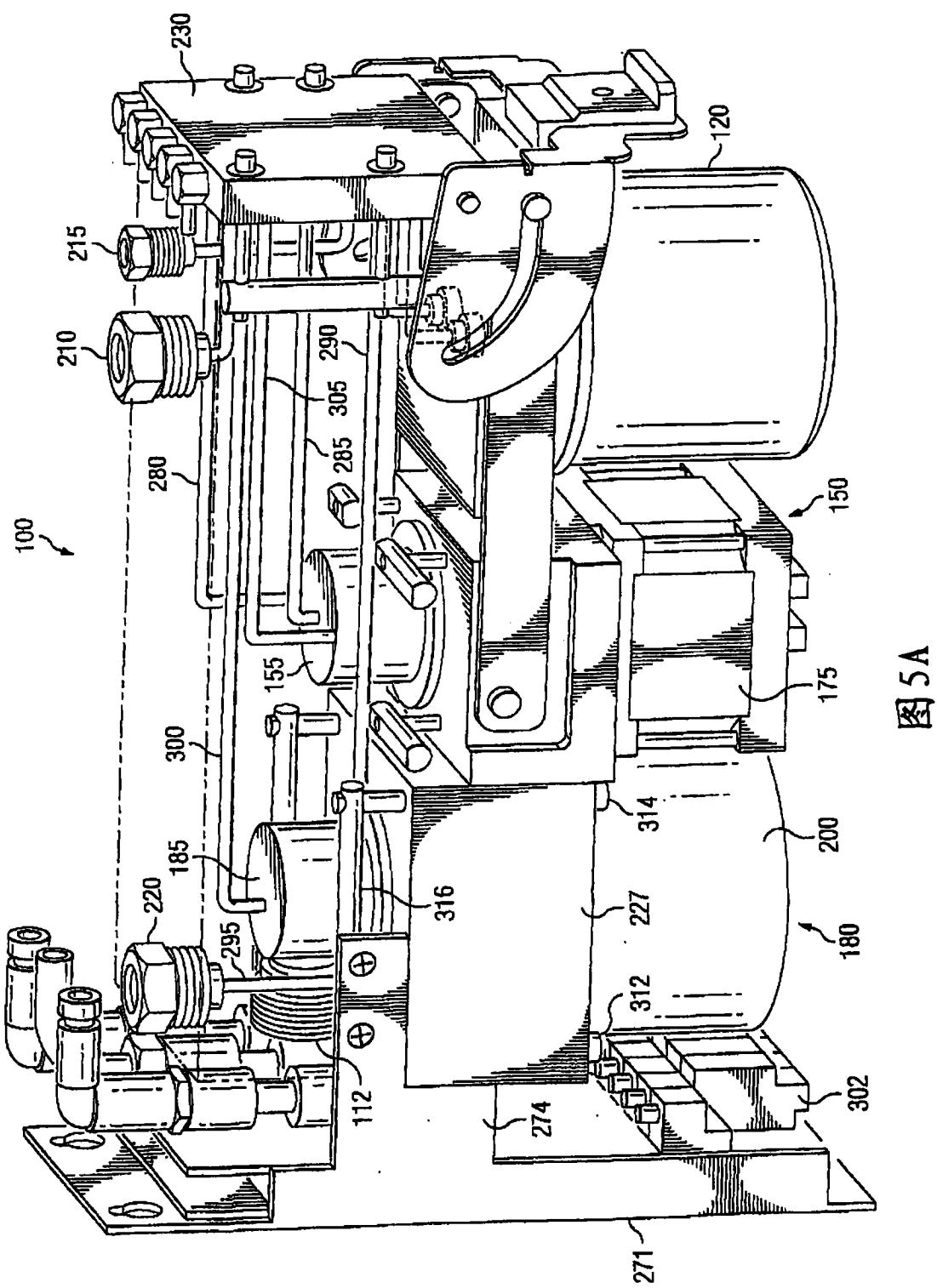


图 5A

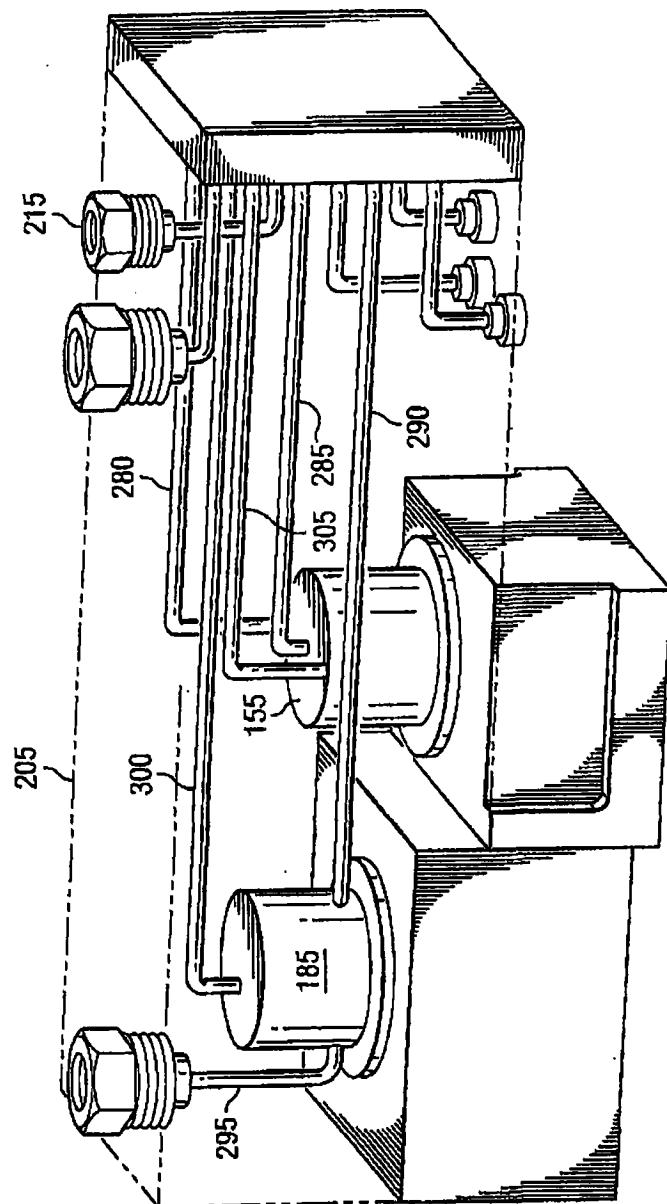


图 5B

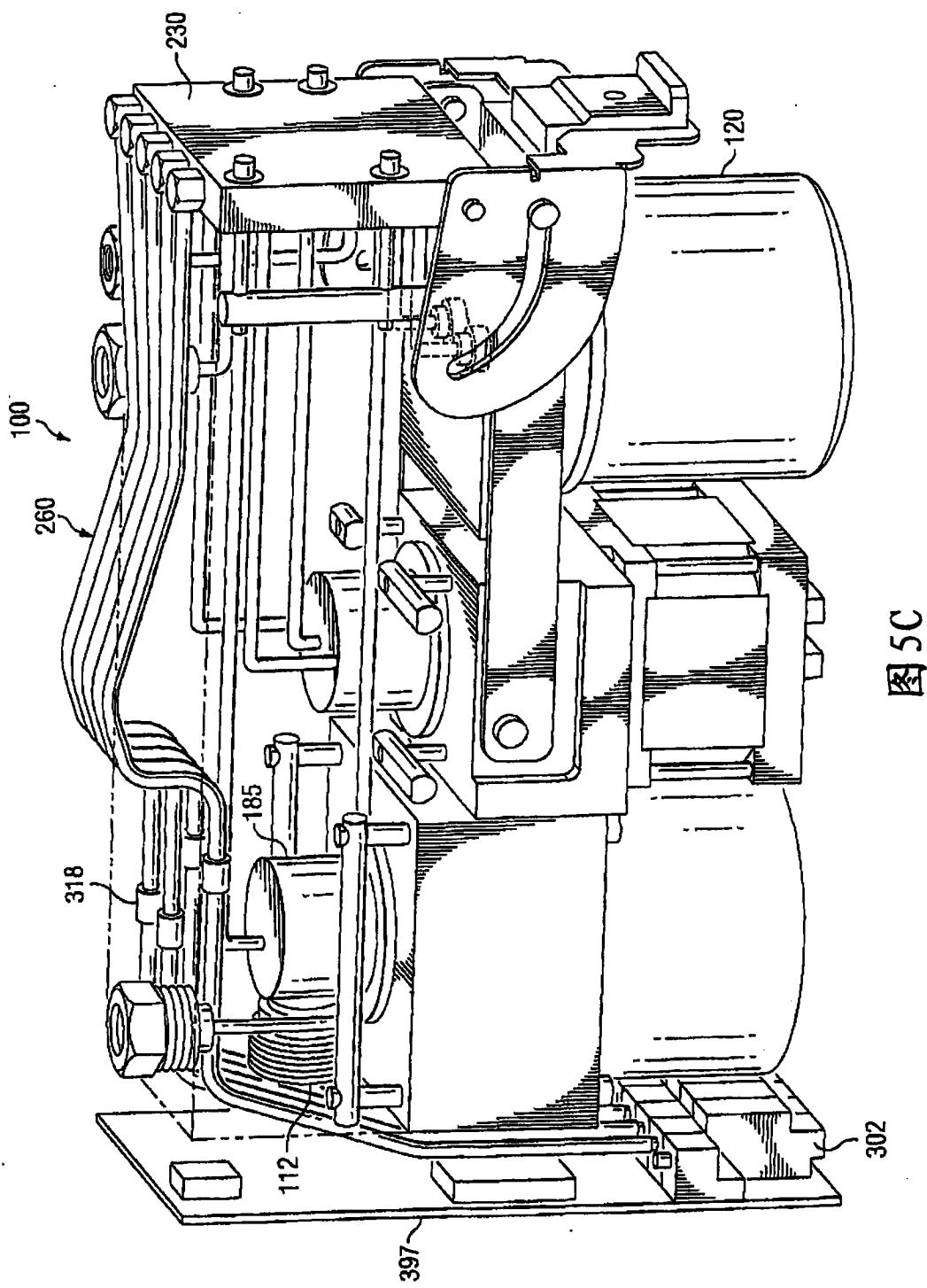


图 5C

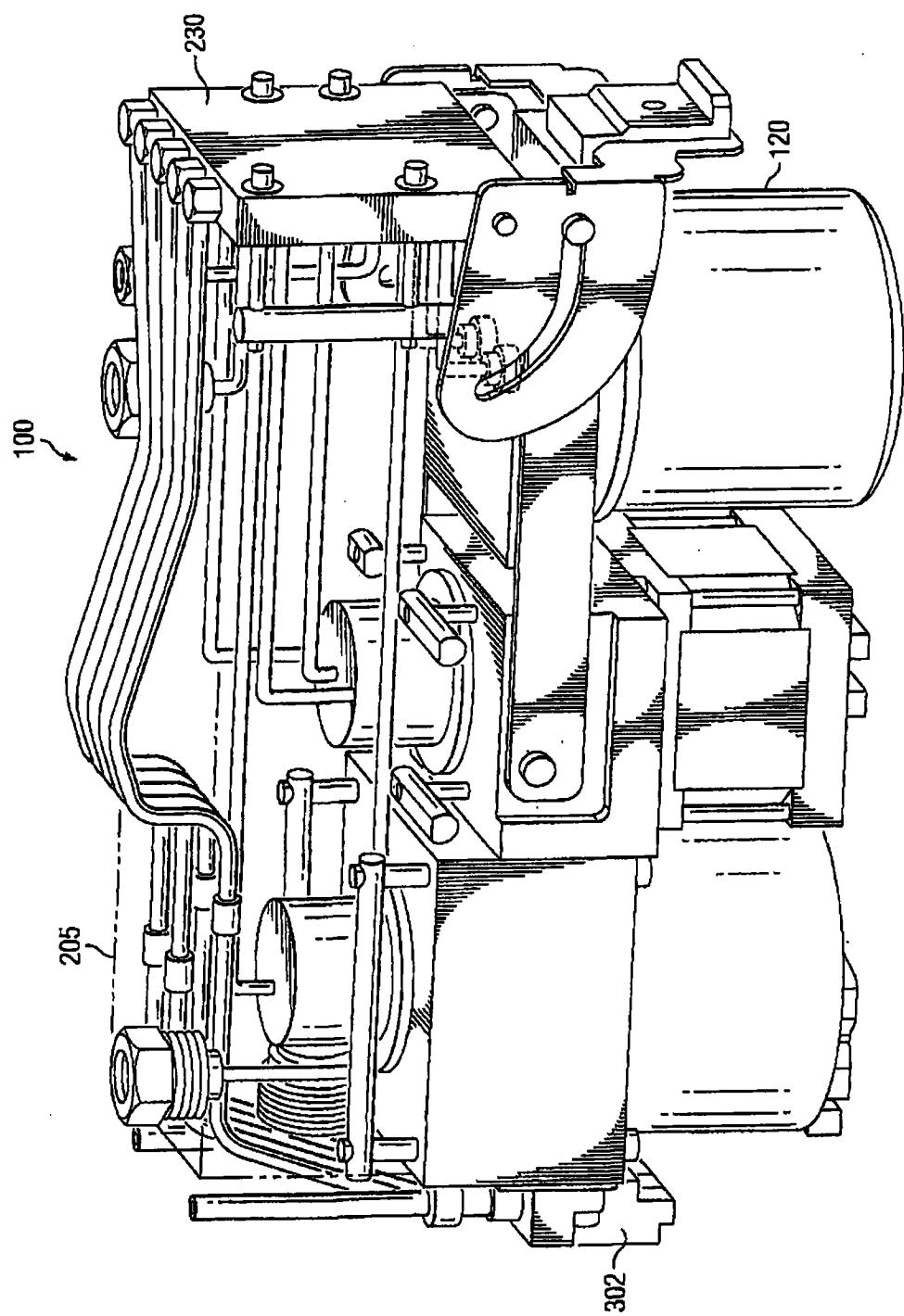


图 5D

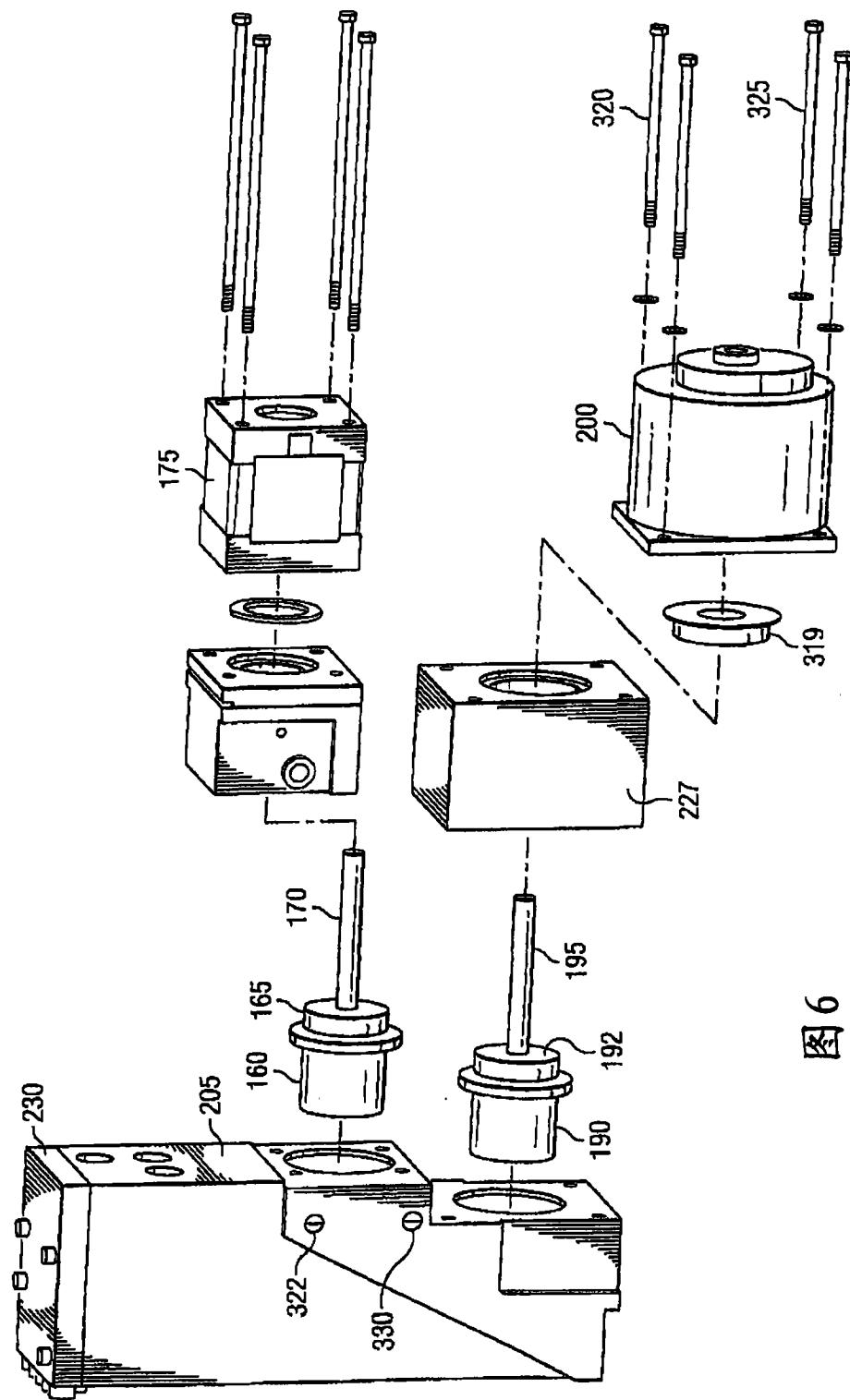


图 6

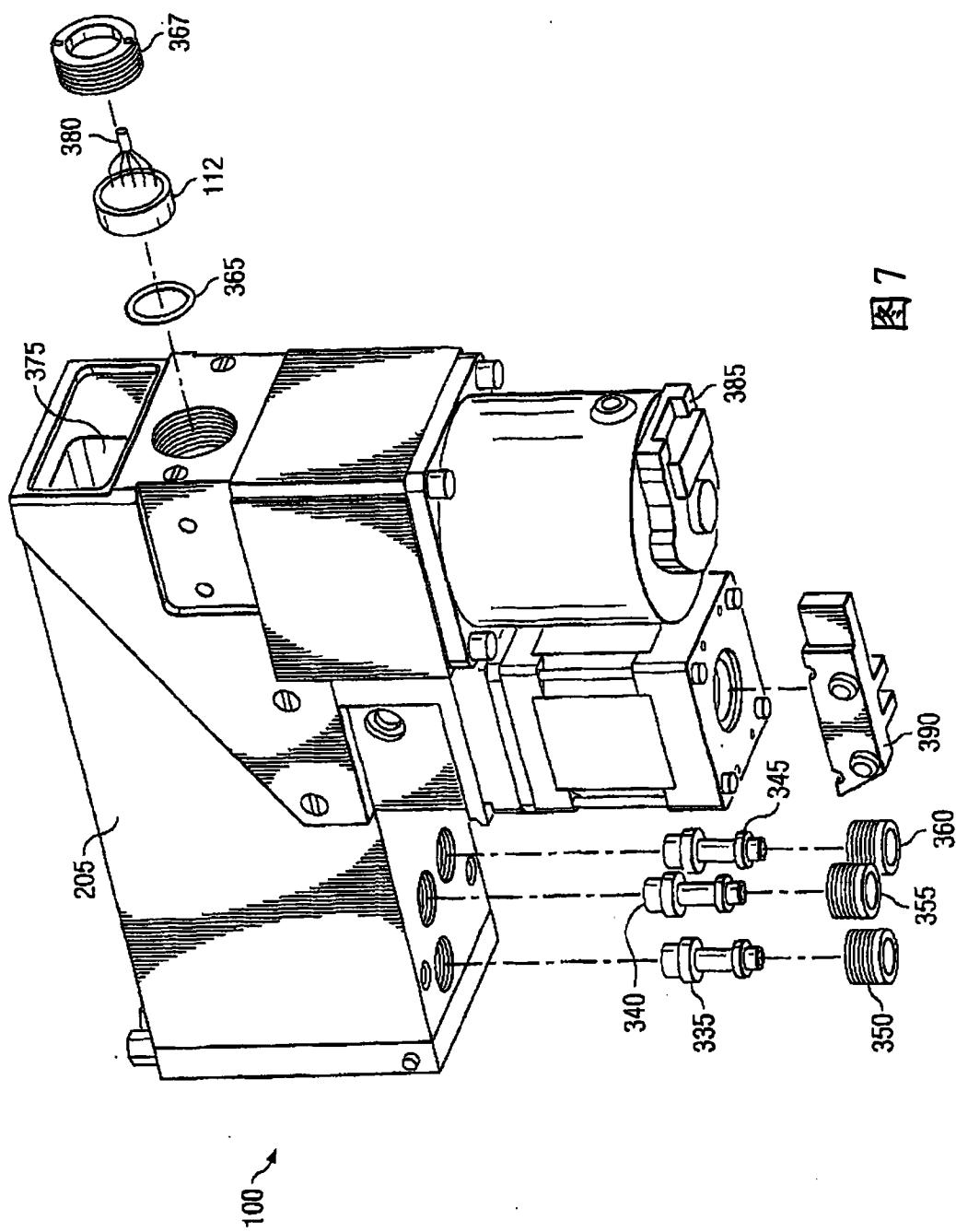


图 7

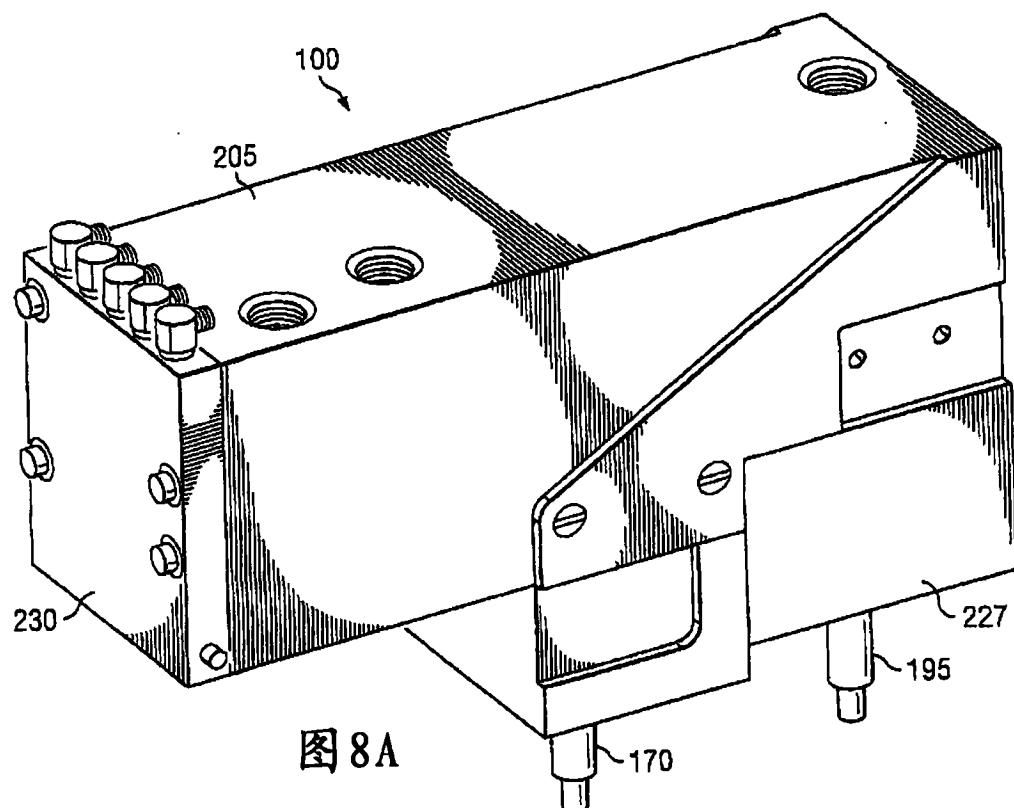


图 8A

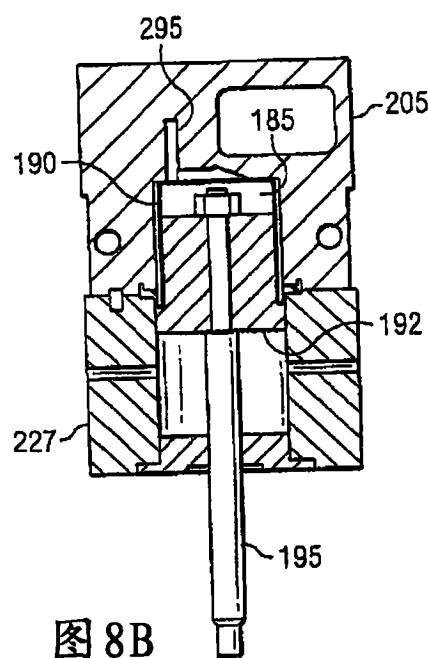


图 8B

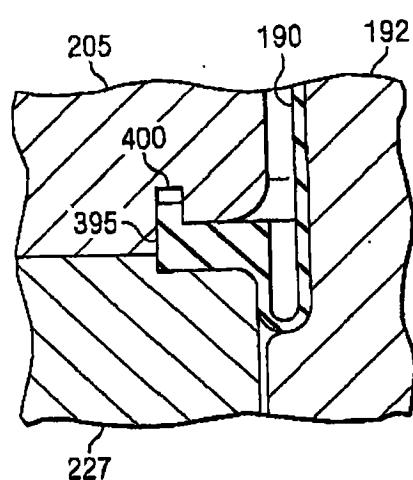


图 8C

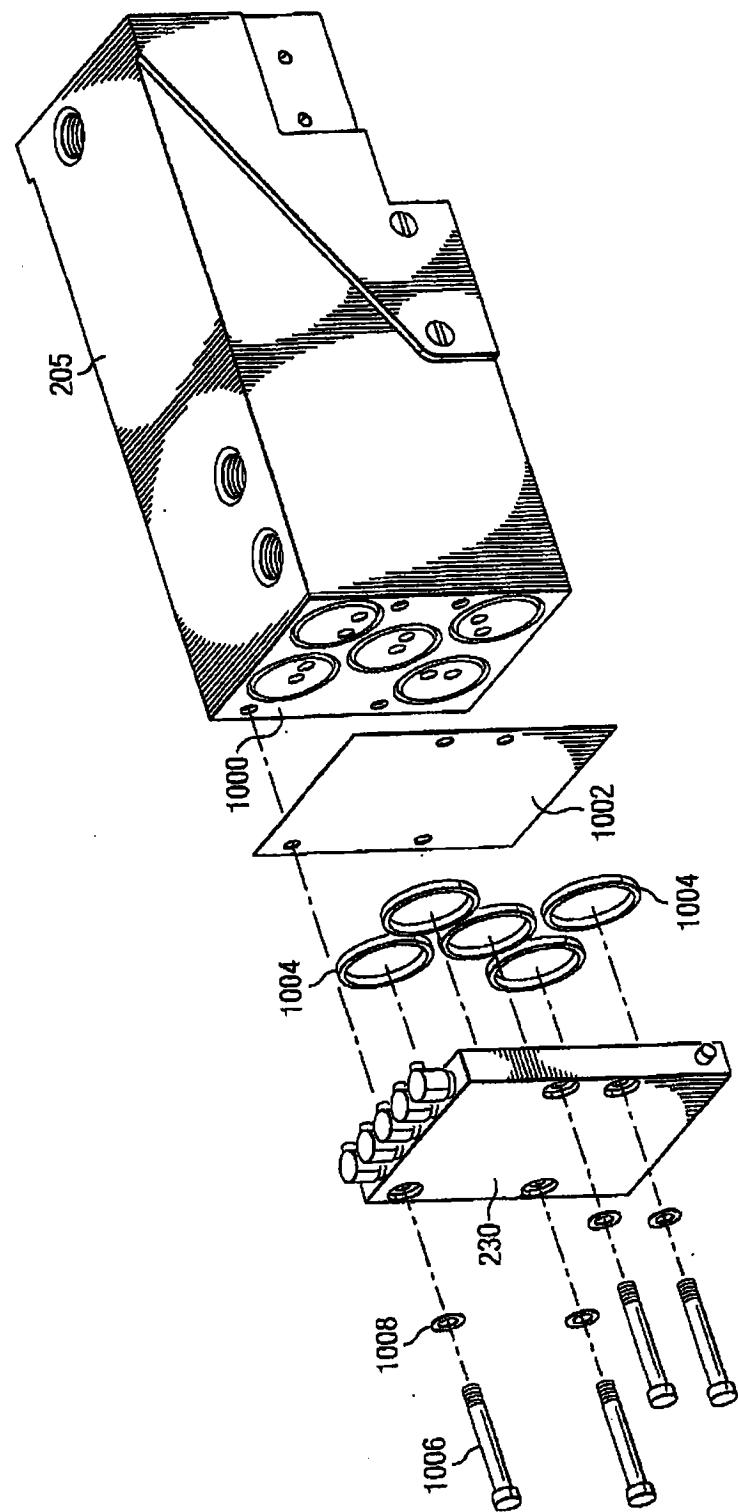


图 9

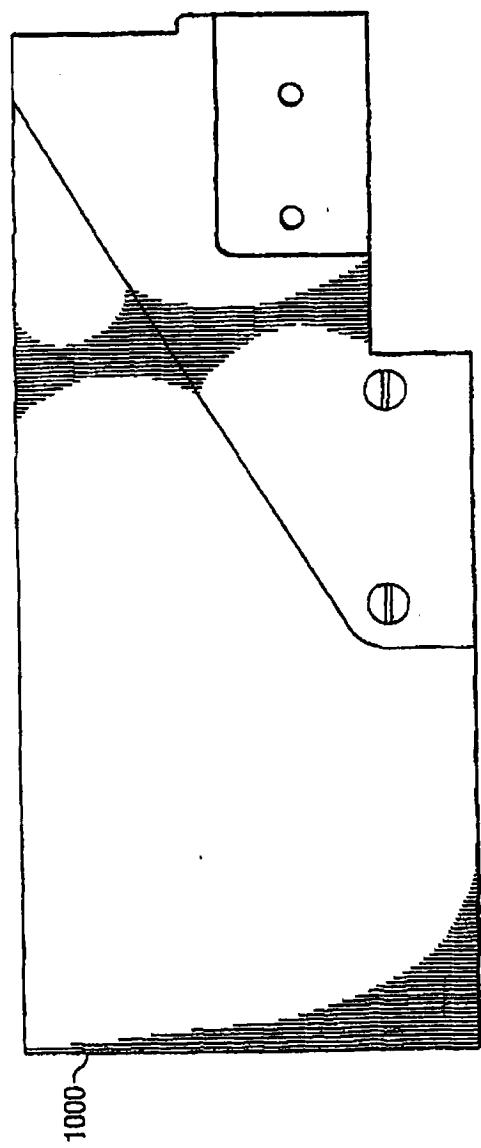


图 10A

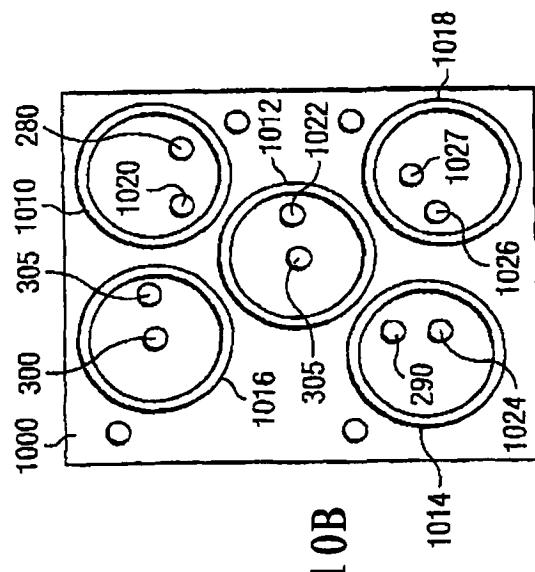


图 10B

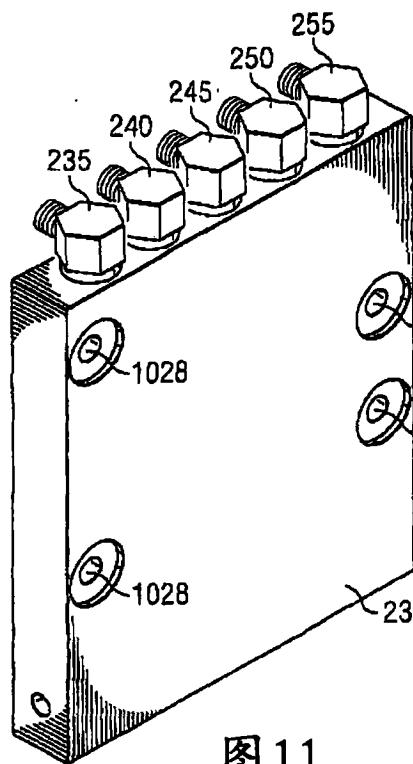


图 11

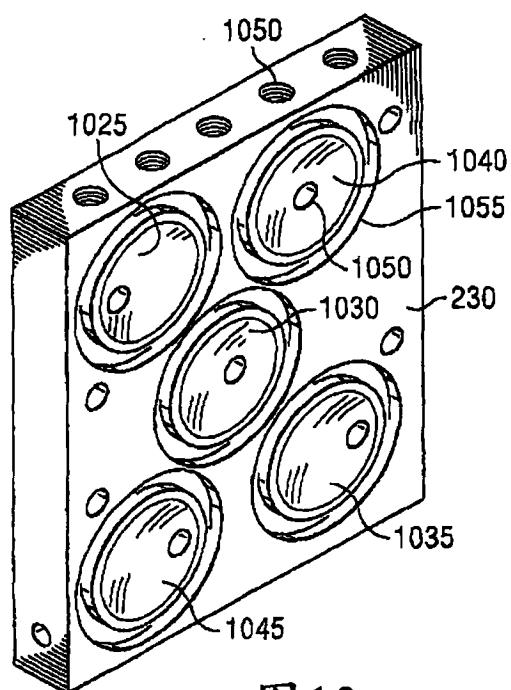


图 12

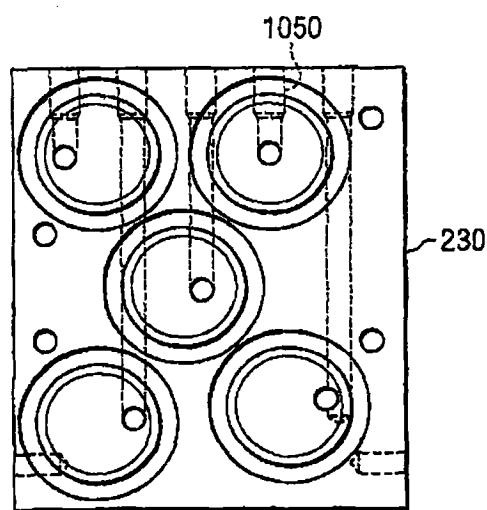


图 13

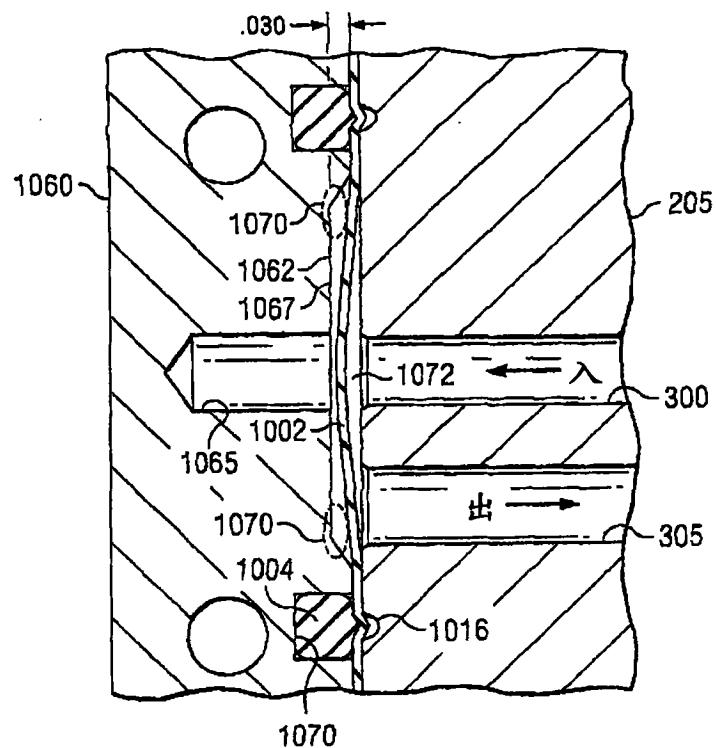


图 14A

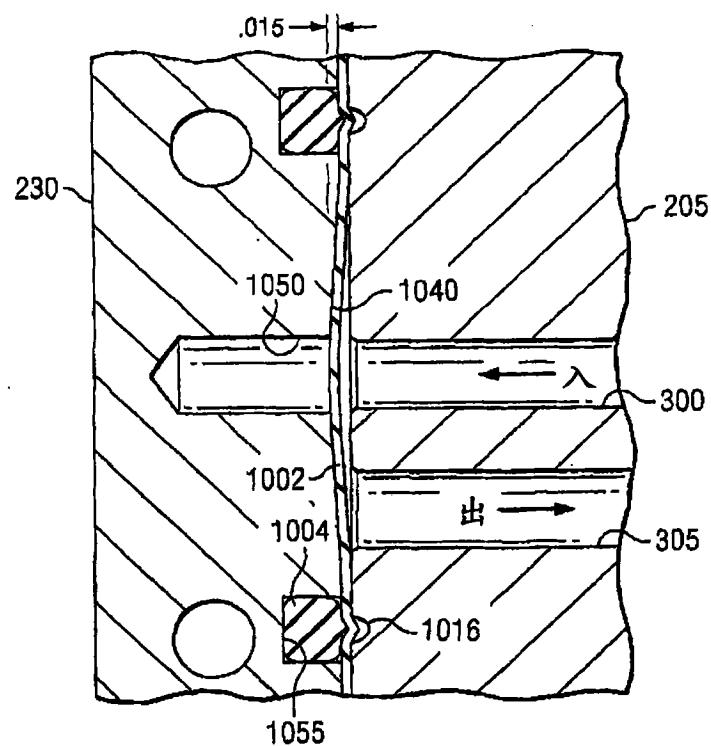
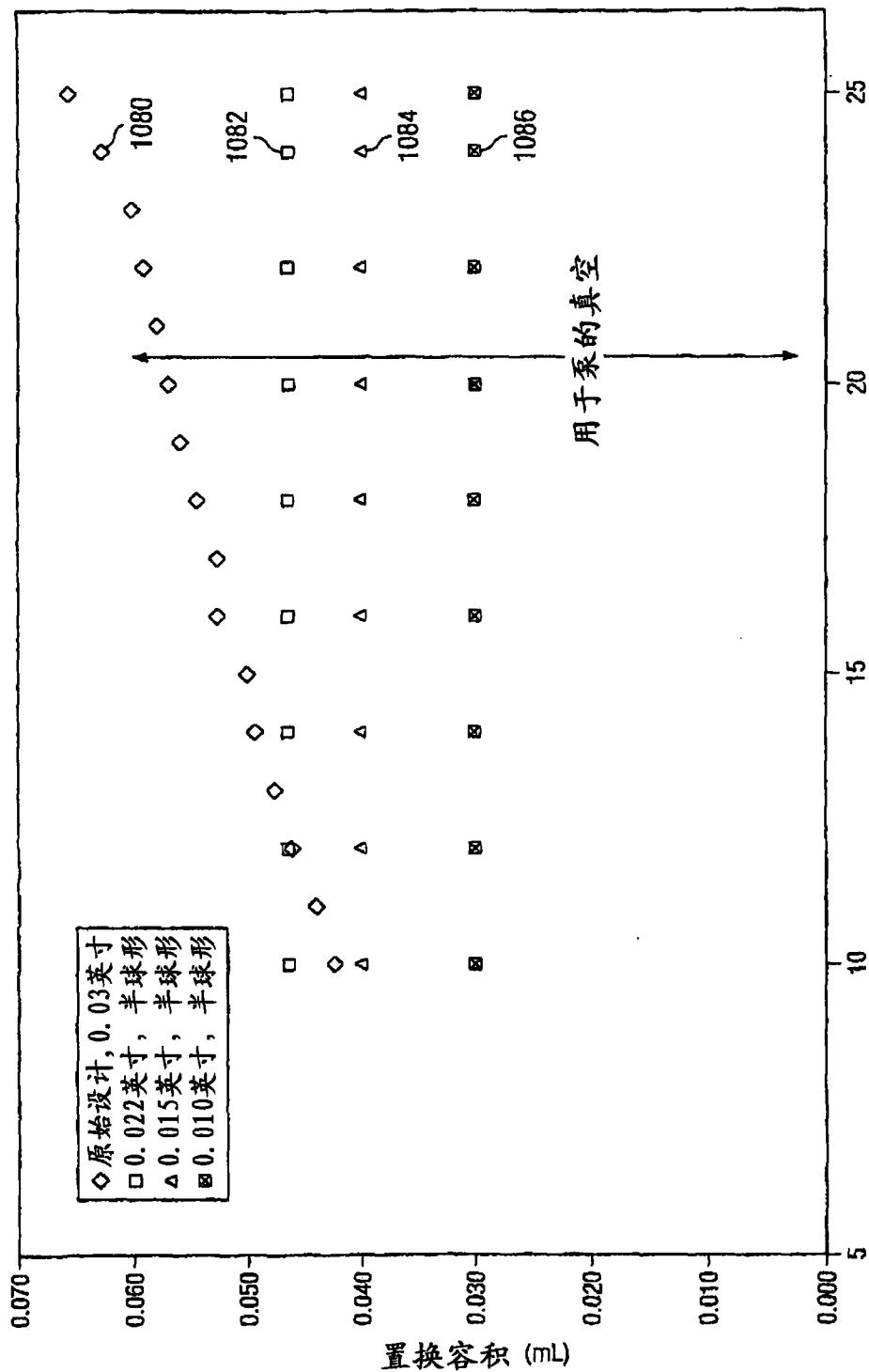


图 14B



施加到阀的真空 (Hg)

图 15

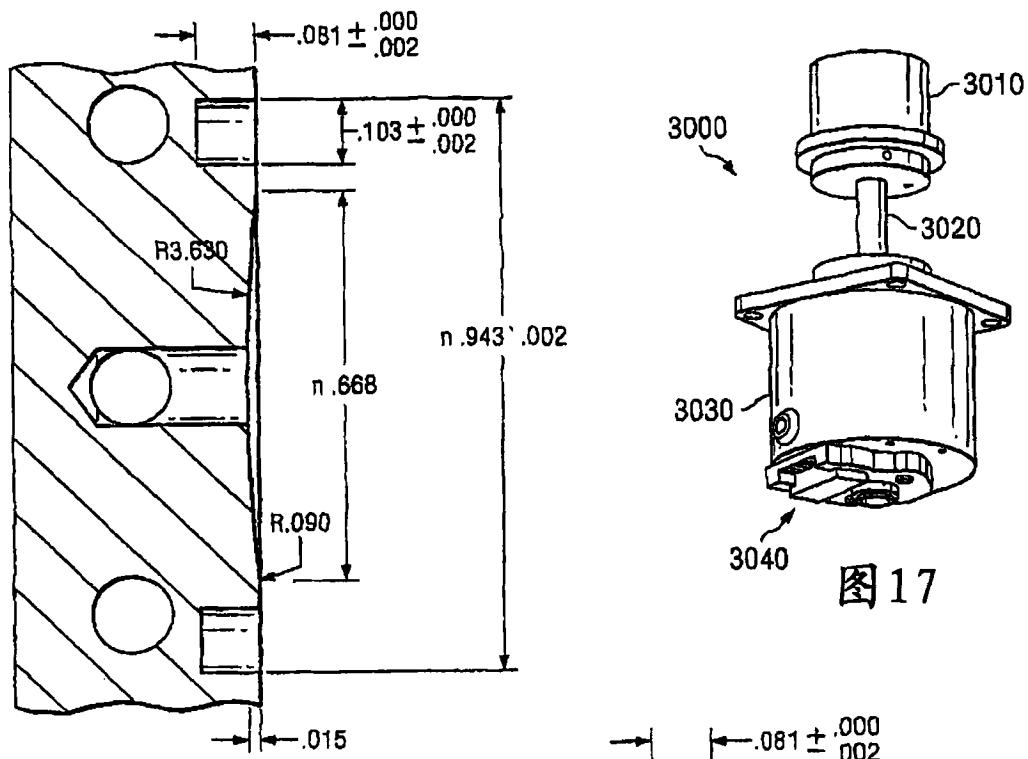


图 16A

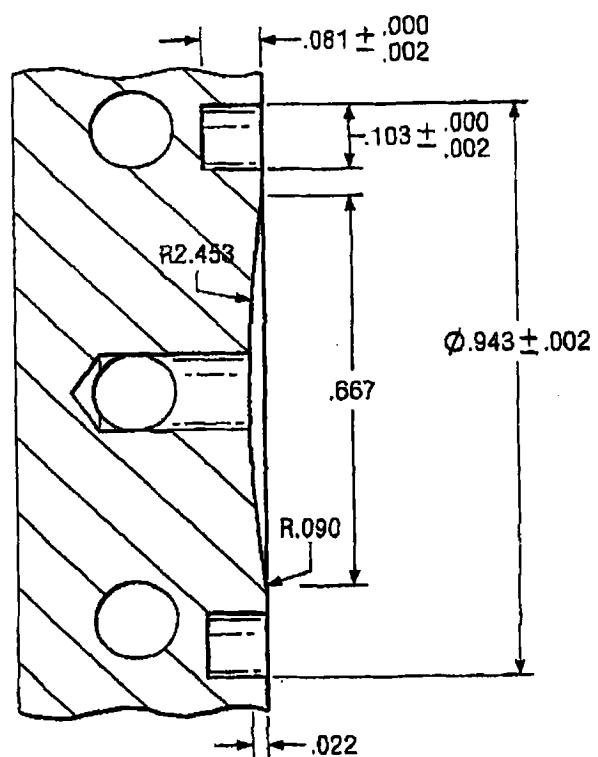


图 16B

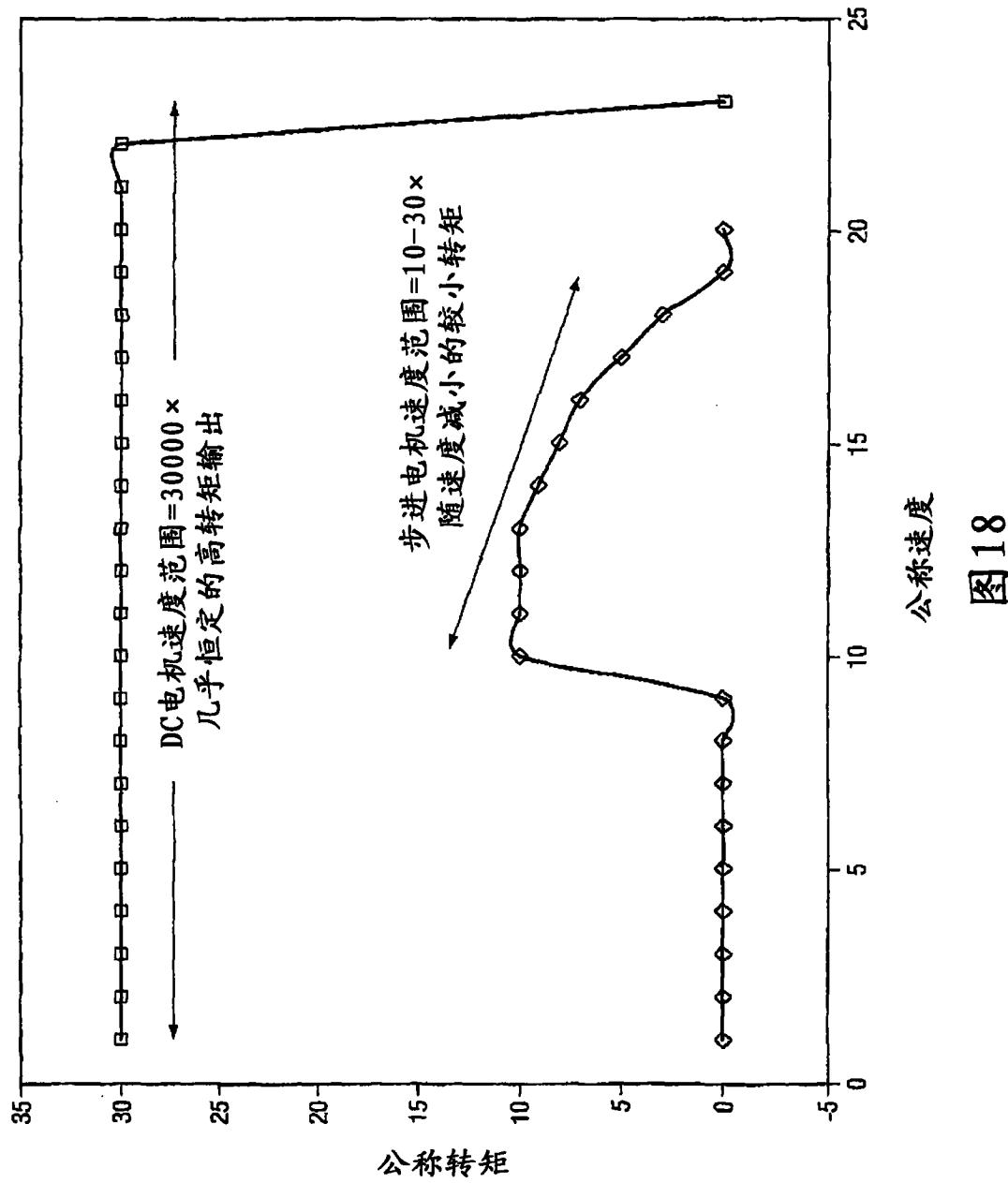


图 18

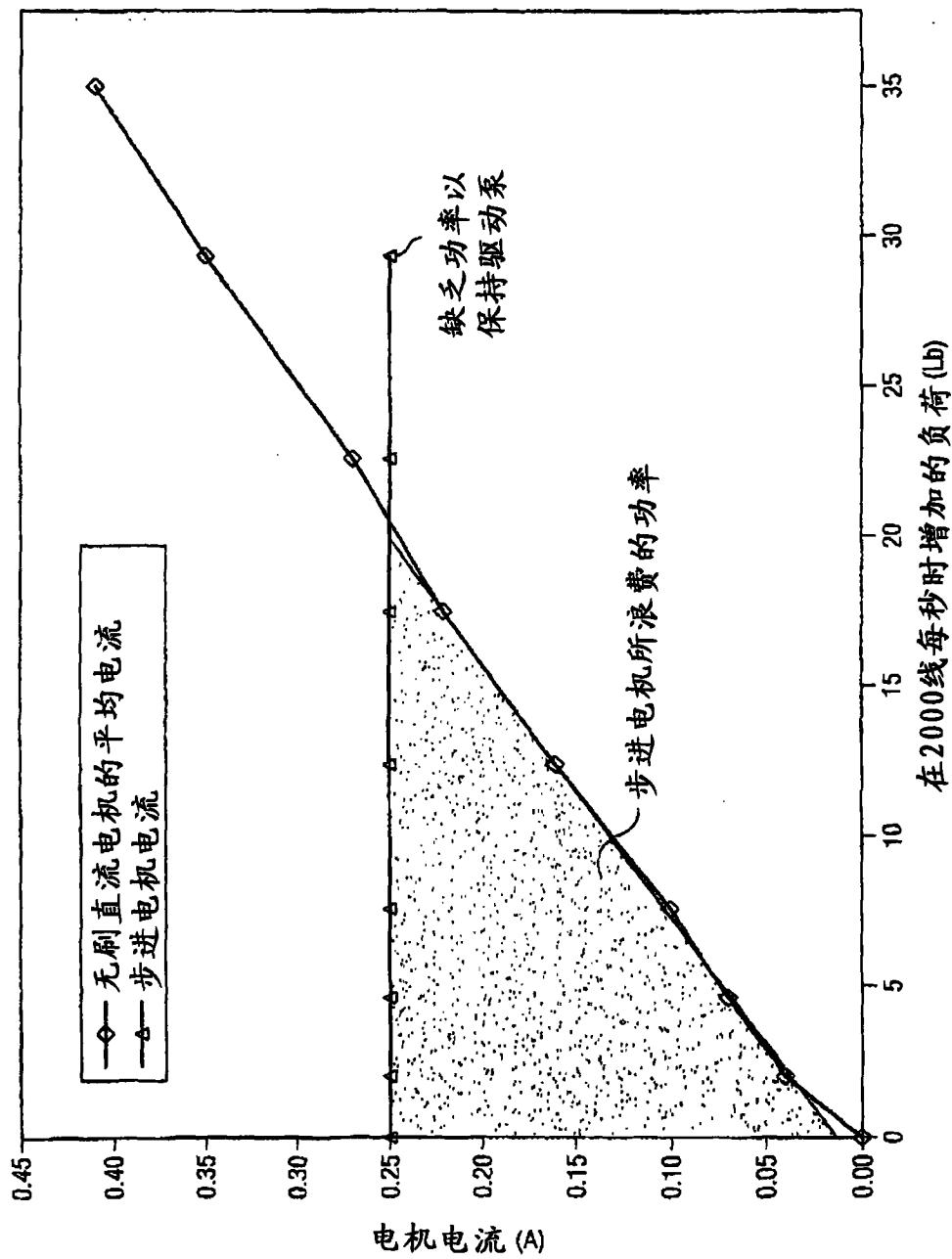


图 19

P.C. 2A																										
PRS ZERO B																										
ST PRG																										
放气																										
PRS ZERO A																										
通风																										
过滤																										
预先过滤																										
结束填充																										
结束调节																										
开启调节	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
准备																										
系统区段 名称	BLDCM	步进电机	阀																							
系统区段 数目	间隔时 数目	前进	反向	分配	前进	反向	入口	放气	通风	隔离	阻挡															

图 20A

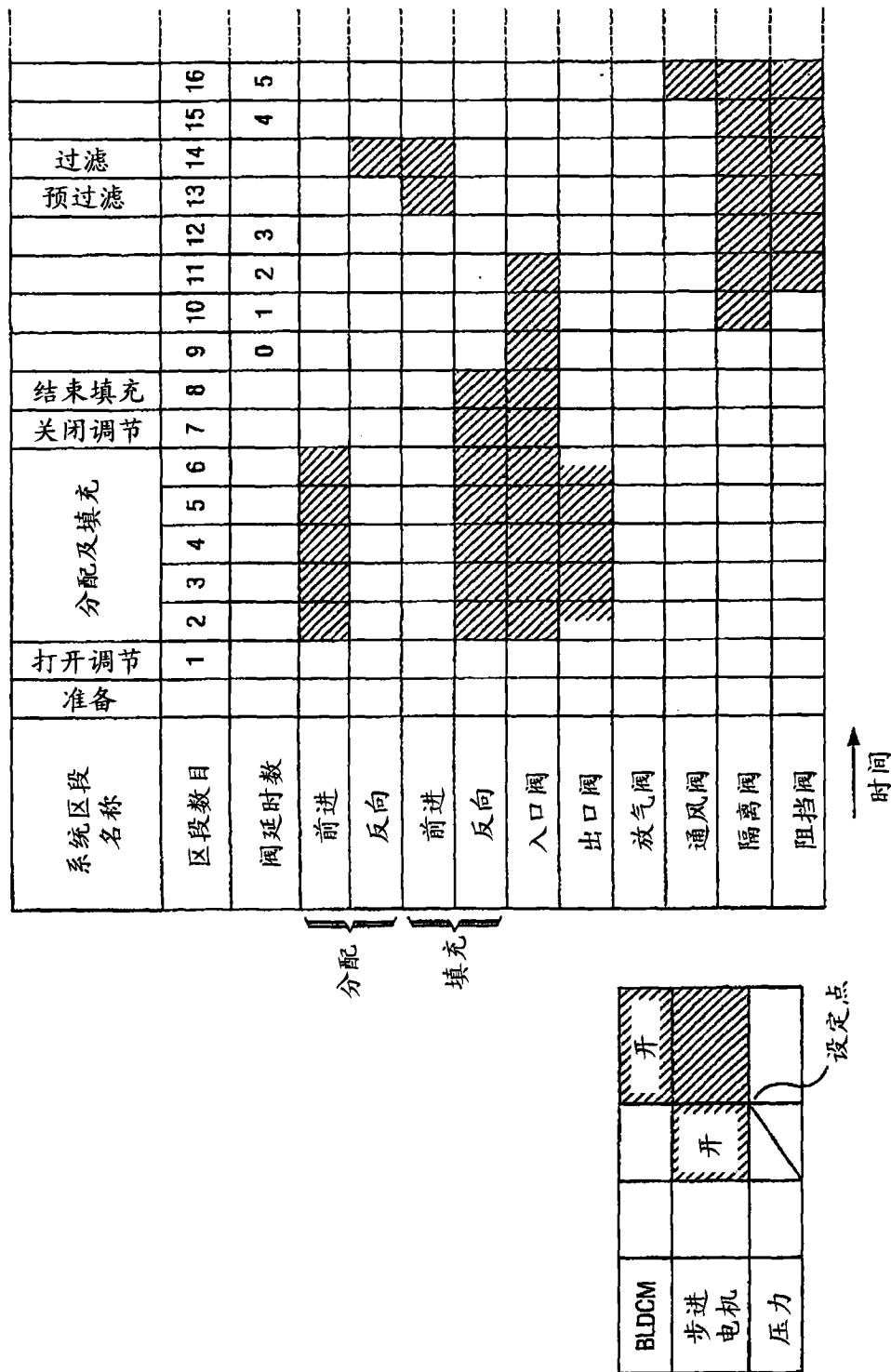


图 20C

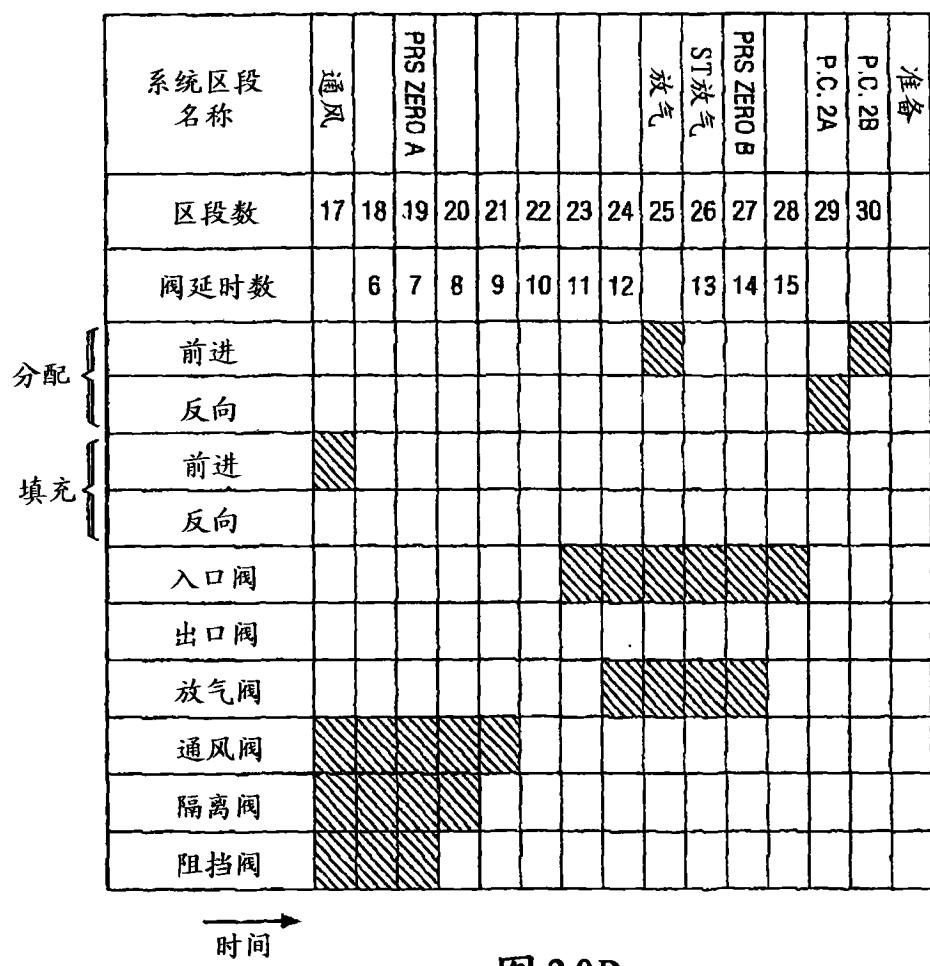


图 20D

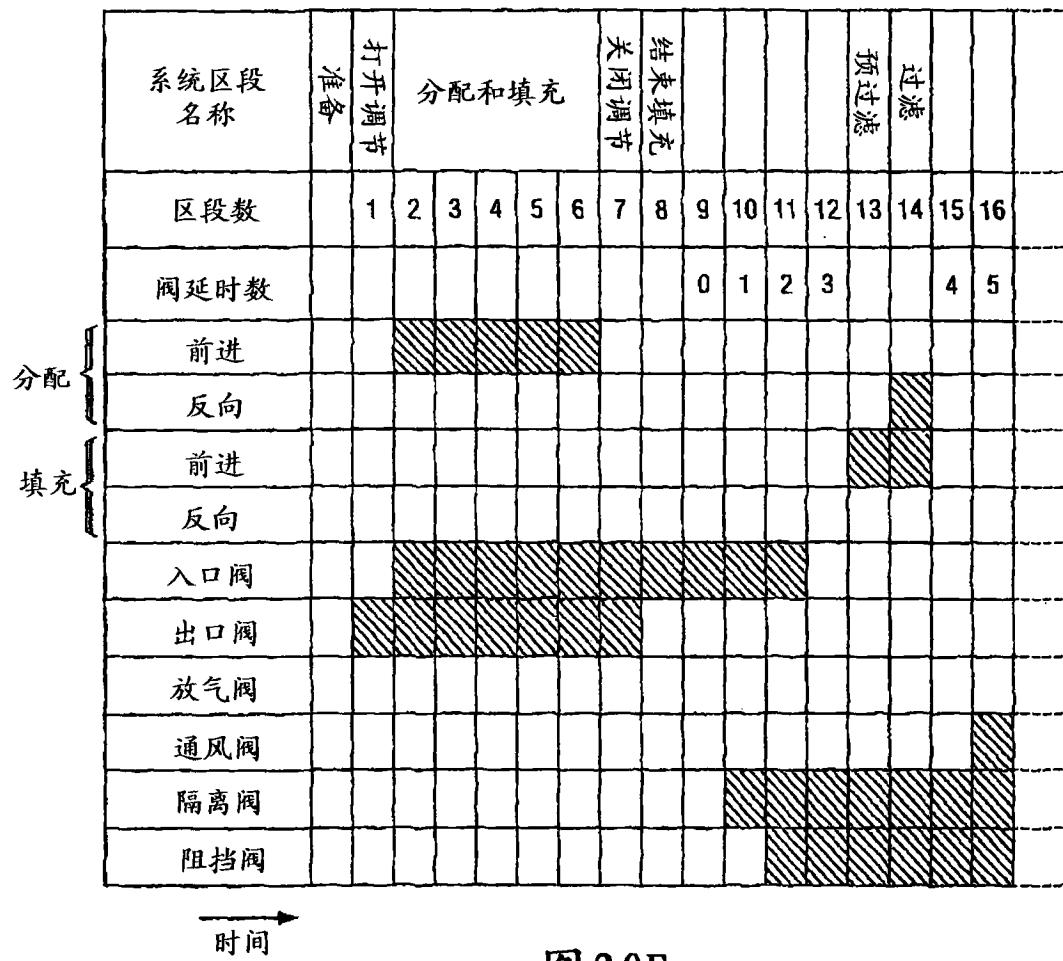


图 20E

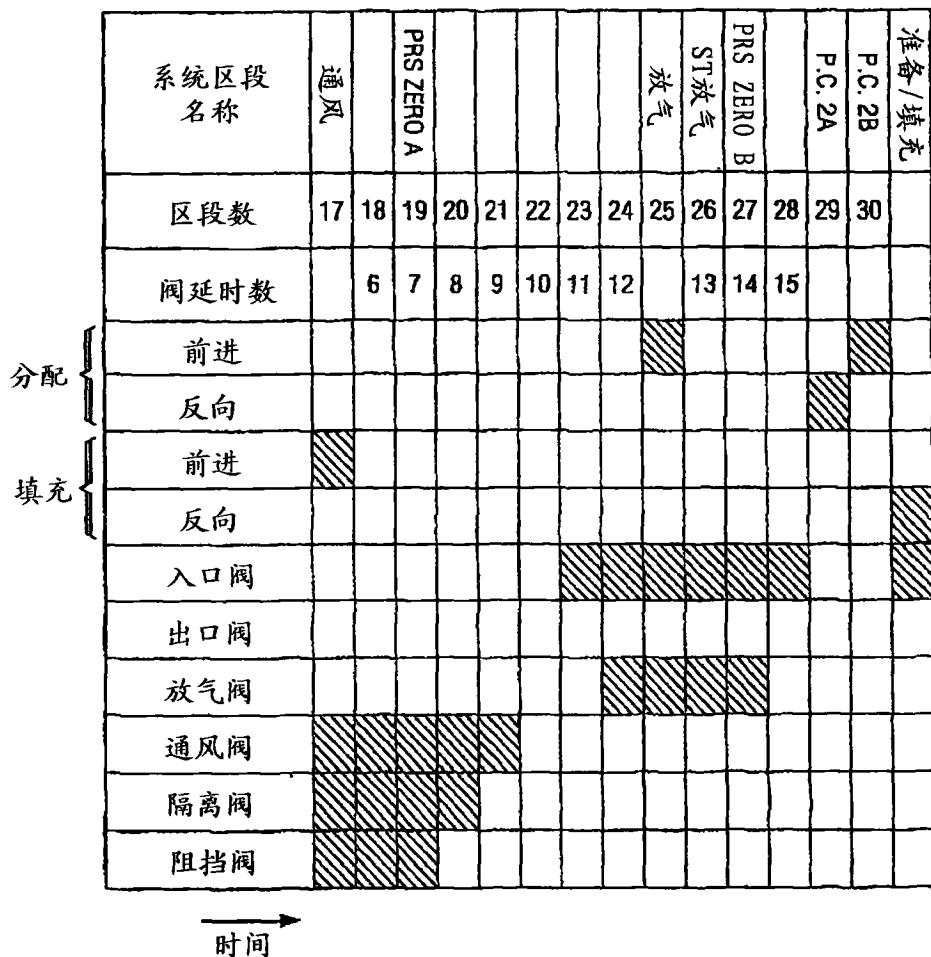


图 20F

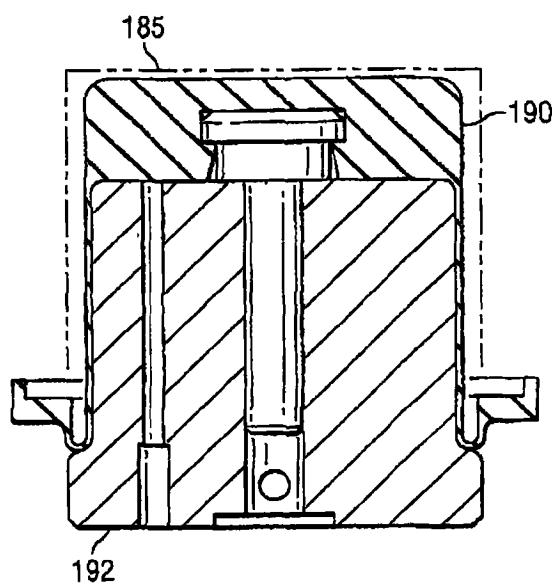


图 21A-1

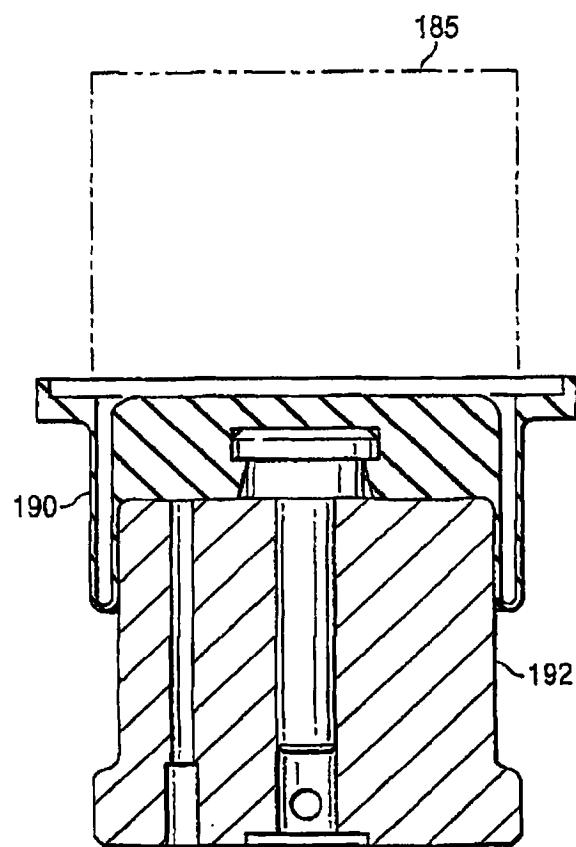


图 21A-2

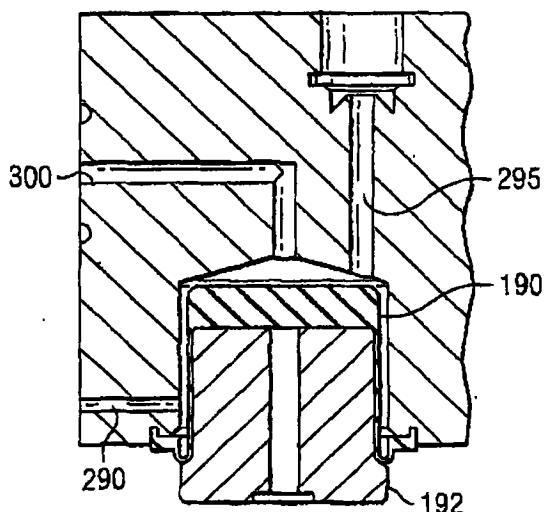


图 21B

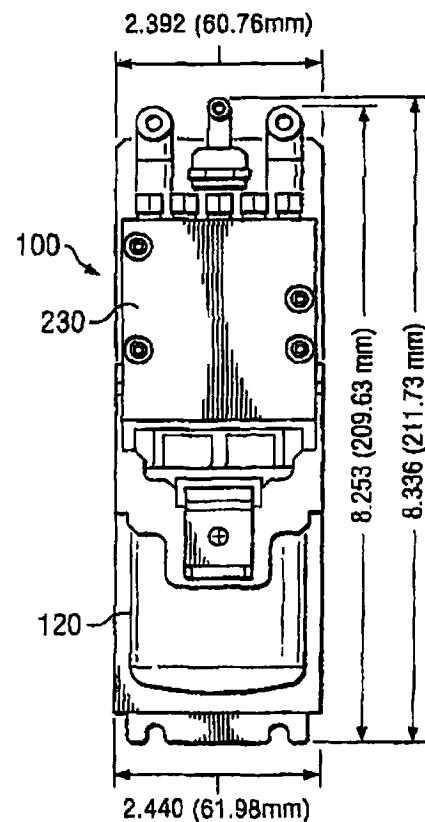


图 22A

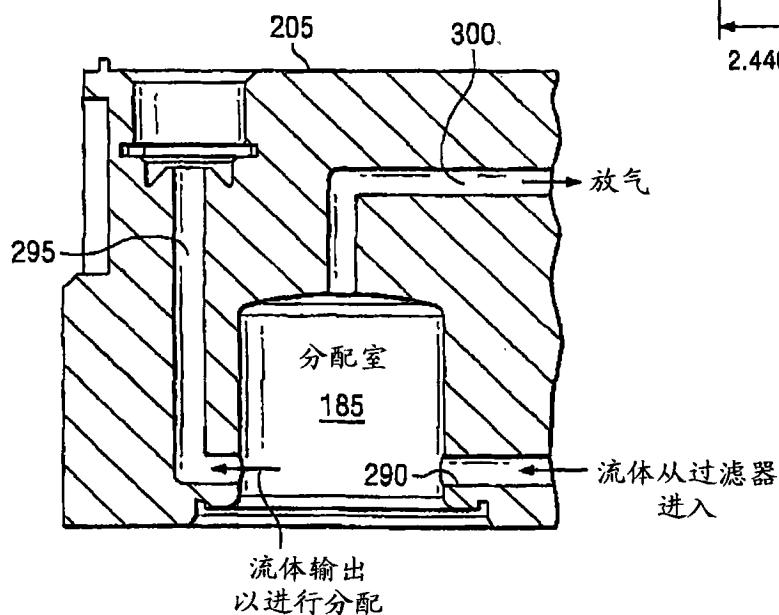


图 21C

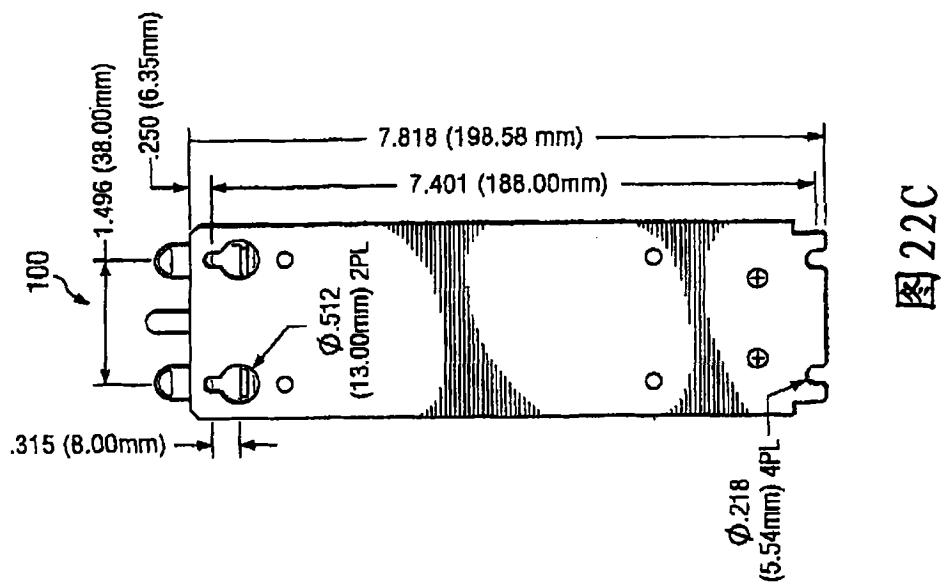


图 22C

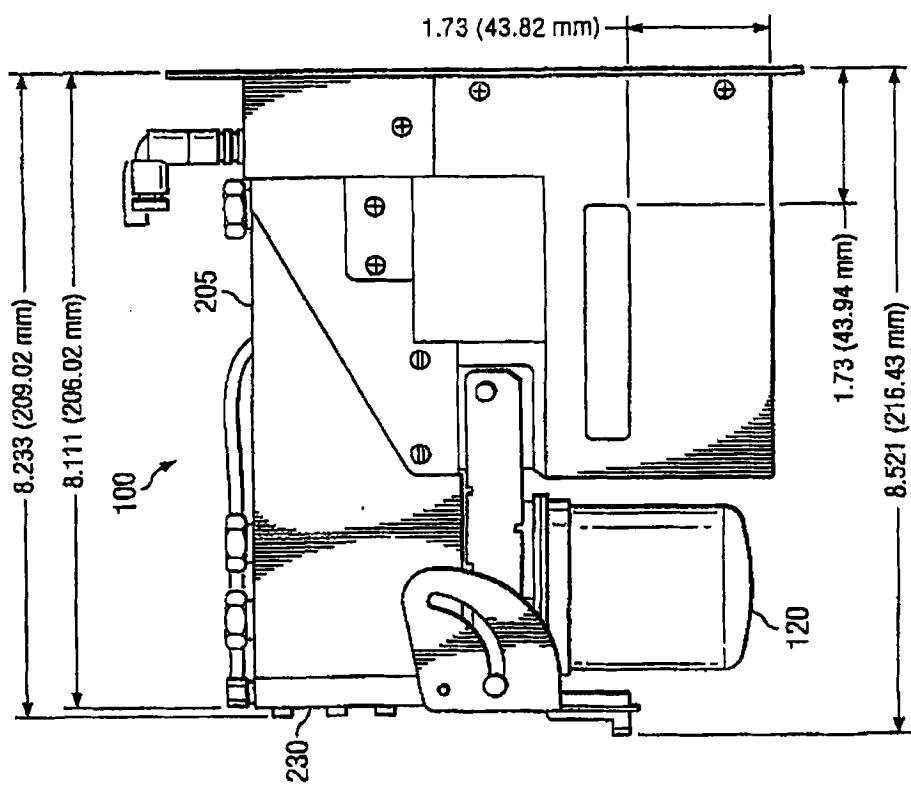


图 22B

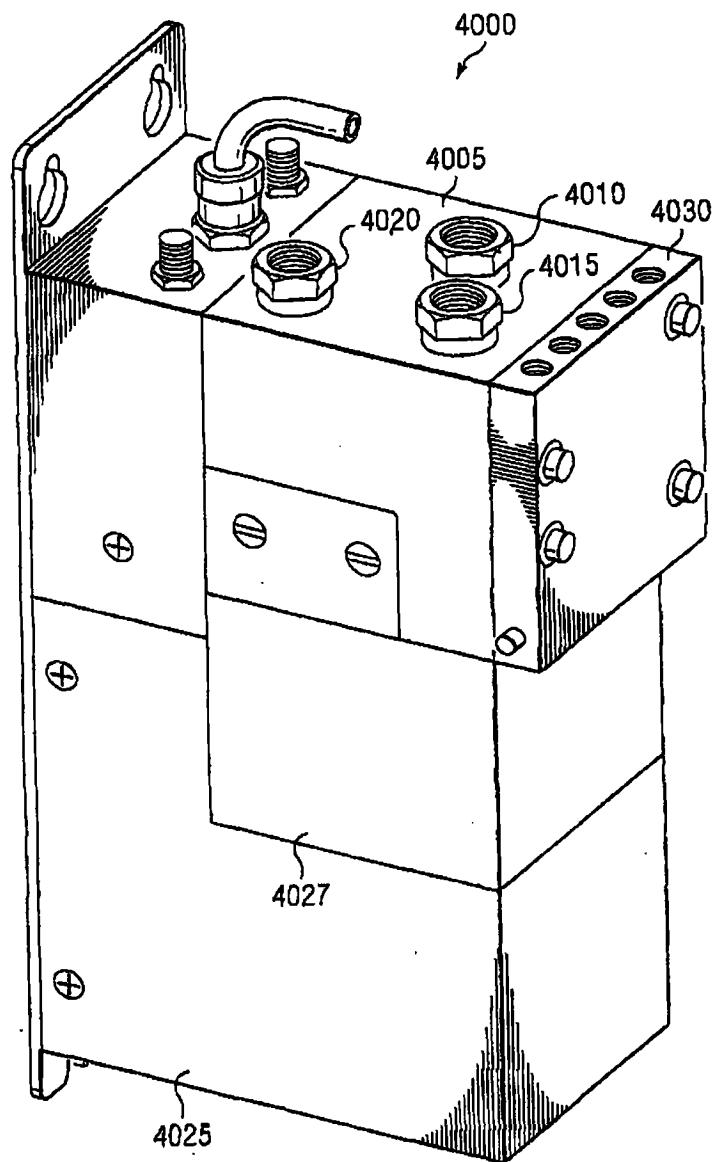


图 23