

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 21/00 (2006.01)

C23C 16/458 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580011001.5

[43] 公开日 2007年4月4日

[11] 公开号 CN 1943008A

[22] 申请日 2005.2.17

[21] 申请号 200580011001.5

[30] 优先权

[32] 2004.4.15 [33] US [31] 10/824,643

[86] 国际申请 PCT/US2005/005211 2005.2.17

[87] 国际公布 WO2005/106928 英 2005.11.10

[85] 进入国家阶段日期 2006.10.12

[71] 申请人 东京毅力科创株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 保罗·莫卢兹

[74] 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有限公司

代理人 李剑

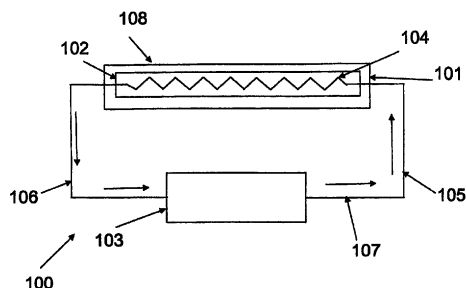
权利要求书4页 说明书12页 附图8页

[54] 发明名称

用于温度控制的方法和装置

[57] 摘要

本发明公开了一种用于控制衬底温度的装置，该装置包括衬底台和布置在衬底台中并且与衬底台的热表面进行热交换的热组件。热组件包括承载传热流体的通道。该装置还包括流体热单元，流体热单元包括被构造和布置为将传热流体的温度控制在第一温度的第一流体单元、被构造和布置为将传热流体的温度控制在第二温度的第二流体单元以及与热组件的通道以及第一和第二流体单元流体连通的出口流控制单元。出口流控制单元被配置为向通道提供受控传热流体，受控传热流体包括具有第一温度的传热流体、具有第二温度的传热流体或其组合中的至少一种。



1. 一种用于控制衬底温度的装置，所述衬底具有下表面和对其执行衬底处理的上表面，所述装置包括：

具有支持所述衬底的下表面的热表面的衬底台；

布置在所述衬底台中并且与所述热表面进行热交换的热组件，所述热组件包括承载传热流体的通道；以及

被构造和布置为调整所述传热流体的温度的流体热单元，所述流体热单元包括：

被构造和布置为将所述传热流体的温度控制在第一温度的第一流体单元；

被构造和布置为将所述传热流体的温度控制在第二温度的第二流体单元；以及

与所述热组件的通道以及所述第一和第二流体单元流体连通的出口流控制单元，所述出口流控制单元被构造和布置为向所述通道提供受控传热流体，所述受控传热流体包括具有第一温度的传热流体、具有第二温度的传热流体或其组合中的至少一种。

2. 如权利要求 1 所述的装置，还包括与所述热组件的通道以及所述第一和第二流体单元流体连通的入口分配单元，所述入口分配单元被构造和布置为控制流向所述第一流体单元的受控传热流体的体积、流率或其组合以及流向所述第二流体单元的受控传热流体的体积、流率或其组合。

3. 如权利要求 1 所述的装置，其中所述第一和第二流体单元中的每一个都包括存储流体罐、泵、加热器和冷却器。

4. 如权利要求 1 所述的装置，还包括温度控制系统，所述温度控制系统被构造和布置为基于所述衬底表面、所述热表面和所述通道内受控传热流体中之一的温度，来控制所述受控传热流体的供应。

5. 如权利要求 1 所述的装置，还包括温度传感器，所述温度传感器被构造和布置为检测所述热表面、所述衬底表面和所述通道内受控传热流体中之一的温度。

6. 如权利要求 1 所述的装置，其中所述第一和第二流体单元中的每一个都包括检测所述单元内的传热流体的温度的温度传感器。

7. 如权利要求 3 所述的装置，其中所述第一和第二流体单元中的每一个还包括被配置为检测所述存储流体罐中的传热流体的体积的水平传感器。

8. 如权利要求 2 所述的装置，其中所述出口流控制单元与所述入口分配单元是协同关系，从而位于所述第一和第二单元的每一个中的传热流体的体积基本恒定。

9. 如权利要求 1 所述的装置，其中所述出口流控制单元包括第一阀和第二阀，所述第一阀被构造和布置为允许具有第一温度的传热流体从所述第一流体单元中流出，所述第二阀被构造和布置为允许具有第二温度的传热流体从所述第二流体单元中流出。

10. 如权利要求 1 所述的装置，其中所述第一流体单元包括存储流体罐和加热器，所述第二流体单元包括存储流体罐和冷却器。

11. 如权利要求 1 所述的装置，其中所述第一流体单元和所述第二流体单元之一远离所述衬底台。

12. 如权利要求 1 所述的装置，其中所述热表面位于真空处理室内。

13. 如权利要求 12 所述的装置，其中所述真空处理室是等离子体处理室。

14. 如权利要求 1 所述的装置，还包括布置在衬底台中并且被配置为以静电方式将所述衬底夹紧到所述衬底台的热表面的电极。

15. 如权利要求 1 所述的装置，还包括与所述热表面进行热交换的第二热组件。

16. 如权利要求 15 所述的装置，其中所述第二热组件包括多个热电模块。

17. 如权利要求 1 所述的装置，还包括气体导管，所述气体导管穿过所述衬底台并且具有对所述热表面开放的第一端和与所述第一端相反的第二端，从而气体可以流经所述导管并且向所述衬底提供背面压强。

18. 如权利要求 1 所述的装置，还包括布置在所述衬底台中的 RF 功

率板和将所述 RF 功率板连接到 RF 功率源的 RF 功率连接器。

19. 如权利要求 1 所述的装置，还包括被构造和布置为放置和移除所述热表面上的衬底的至少一个顶针，其中所述至少一个顶针穿过所述热组件。

20. 如权利要求 1 所述的装置，还包括夹紧所述衬底的机械或吸力夹具。

21. 如权利要求 4 所述的装置，其中所述温度控制系统还被配置为在所述热表面的快速加热或快速冷却期间防止温度过冲。

22. 如权利要求 21 所述的装置，其中在快速加热期间，所述热表面的温度迅速增加，然后当所述热表面的温度基本接近于期望温度时缓慢增加。

23. 如权利要求 21 所述的装置，其中在快速冷却期间，所述热表面的温度迅速减小，然后当所述热表面的温度基本接近于期望温度时缓慢减小。

24. 一种用于控制多个设备的温度的分布式温度控制系统，所述多个设备中每一个具有承载传热流体的通道，所述系统包括：

被构造和布置为调整所述多个设备中每一个的传热流体的温度的流体热单元，所述热单元包括：

被构造和布置为将所述传热流体的温度控制在第一温度的第一流体单元；

被构造和布置为将所述传热流体的温度控制在第二温度的第二流体单元；以及

与所述多个设备中每一个的通道以及所述第一和第二流体单元流体连通的出口流控制单元，所述出口流控制单元被构造和布置为向所述多个设备中每一个的通道提供受控传热流体，所述受控传热流体包括具有第一温度的传热流体、具有第二温度的传热流体或其组合中的至少一种。

25. 一种控制由衬底台的热表面支持的衬底的温度的方法，所述衬底台包括与所述热表面进行热交换的流体热组件，所述方法包括：

将第一传热流体源的传热流体调整为第一温度；

将第二传热流体源的传热流体调整为第二温度；以及

向所述流体热组件提供受控传热流体，所述受控传热流体包括来自所述第一传热流体源的传热流体或来自所述第二传热流体源的传热流体或其组合。

26. 如权利要求 25 所述的方法，其中在加热或冷却阶段的初始阶段期间，所述提供操作包括只向所述流体热组件提供来自所述第一传热流体源的传热流体或只向所述流体热组件提供来自所述第二传热流体源的传热流体。

27. 如权利要求 26 所述的方法，还包括对来自所述第一传热流体源的传热流体或来自所述第二传热流体源的传热流体过加热或过冷却。

28. 如权利要求 25 所述的方法，其中在预期的加热阶段或冷却阶段中，所述方法还包括增加所述第一传热流体源或所述第二传热流体源中的传热流体的量。

29. 如权利要求 26 所述的方法，其中所述方法还包括增大提供给所述流体热组件的受控传热流体的流率。

30. 如权利要求 25 所述的方法，还包括检测所述受控传热流体、所述热表面或所述衬底的温度，并基于检测到的温度控制所述提供。

31. 如权利要求 25 所述的方法，还包括基于已编程过程场景的可读指令控制所述提供。

用于温度控制的方法和装置

该 PCT 申请基于并要求 2004 年 4 月 15 日提交的美国非临时专利申请 No. 10/824,643 的优先权，该申请的全部内容通过引用结合于此。

技术领域

本发明涉及用于控制衬底温度的装置和方法。更具体地，本发明涉及用于执行衬底的温度变化和温度控制的装置和方法。

背景技术

对于提高半导体、显示器和其他类型衬底制造的吞吐量的需求从来没有停止过。例如，在半导体技术中，由于巨大的资金投入和操作费用，即使是在设备或使用设备的方法中的很小改进也可以带来巨大的经济效益。

半导体处理中的许多处理包括将衬底（如半导体晶片）放置在处理系统的衬底台上并处理衬底。这些处理通常包括化学处理、等离子体感应处理以及蚀刻和沉积处理，并且都依赖于衬底的温度。

发明内容

根据本发明的一方面，提供了一种用于控制衬底温度的装置，该衬底具有下表面和对其执行衬底处理的上表面。在本发明的实施例中，该装置包括具有支持衬底的下表面的热表面的衬底台和布置在衬底台中并且与热表面进行热交换的热组件。热组件包括承载传热流体的通道。该装置还包括流体热单元，流体热单元包括被构造和布置为将传热流体的温度控制在第一温度的第一流体单元、被构造和布置为将传热流体的温度控制在第二温度的第二流体单元以及与热组件的通道以及第一和第二流体单元流体连通的出口流控制单元。在该装置中，出口流控制单元被构造和布置为向通道提供受控传热流体，受控传热流体包括具有第一温度的传热流体、具有

第二温度的传热流体或其组合中的至少一种。

根据本发明的另一方面，提供了一种用于控制多个设备的温度的分布式温度控制系统，该多个设备中每一个具有承载传热流体的通道。在本发明的实施例中，该系统包括被构造和布置为调整多个设备中每一个的传热流体的温度的流体热单元。在该系统中，热单元包括被构造和布置为将传热流体的温度控制在第一温度的第一流体单元、被构造和布置为将传热流体的温度控制在第二温度的第二流体单元；以及与多个设备中每一个的通道以及第一和第二流体单元流体连通的出口流控制单元。热组件的出口流控制单元被构造和布置为向多个设备中每一个的通道提供受控传热流体，受控传热流体包括具有第一温度的传热流体、具有第二温度的传热流体或其组合中的至少一种。

根据本发明的另一方面，提供了一种控制由衬底台的热表面支持的衬底的温度的方法，该衬底台包括与热表面进行热交换的流体热组件。在本发明的实施例中，该方法包括将第一传热流体源的传热流体调整为第一温度并将第二传热流体源的传热流体调整为第二温度。该方法还包括向流体热组件提供受控传热流体，受控传热流体包括来自第一传热流体源的传热流体或来自第二传热流体源的传热流体或其组合。

附图说明

本发明的上述特征和其他特征将结合附图加以描述，在附图中：

图 1 是根据本发明实施例的装置的横截面图；

图 2 是根据本发明实施例的装置的横截面图；

图 3 是根据本发明实施例的装置的横截面图；

图 4 是根据本发明实施例的装置的横截面图；

图 5 是根据本发明实施例的衬底处理系统的示意图；

图 6 是根据本发明实施例的嵌入在衬底台中的通道的顶视图；

图 7 是根据本发明实施例的流体热单元的示意图；

图 8 是根据本发明实施例的第一和第二流体单元的示意图；

图 9 是根据本发明实施例的第一和第二流体单元的示意图；

图 10 是根据本发明实施例的流体热单元的示意图；
图 11 是根据本发明实施例的流体热单元的示意图；
图 12 是根据本发明实施例的出口流控制单元的示意图；
图 13 是根据本发明实施例的流体热单元的示意图；
图 14 是根据本发明实施例的流体热单元的示意图；
图 15 是根据本发明实施例的流体热单元的示意图；以及
图 16 是根据本发明实施例的分布式温度控制系统的示意图。

具体实施方式

为了便于对本发明有深入了解以及出于解释（而非限制）的目的，在下面的描述中，给出了特定的细节，如衬底台具体的几何结构和布置在衬底台上的各种元件。但是，应当理解，本发明也可以在不同于这些特定细节的其它实施例中实现。

本发明提供了用于任何类型设备的温度改变和温度控制的装置和方法，所述设备包括用于材料处理（如蚀刻或沉积）的设备。更具体地，在发明的实施例中，该装置和方法可以用于对其上放置衬底的衬底台上部或热部件的温度进行改变和控制。

图 1 是根据发明实施例的装置的简化图。在本发明的该实施例中，装置 100 包括块 101、热组件 102 和流体热单元 103。块 101 表示设备中需要被冷却或加热的任何部分，例如衬底支座。如图 1 所示，热组件 102 布置在块 101 中，并且包括承载传热流体 105 的通道 104。通道 104 通过导管 106 和 107 与流体热单元 103 流体连通。在图 1 表示的本发明实施例中，流体热单元 103 被构造和布置为向通道 104 提供具有期望温度的受控传热流体。在图 1 中，热组件 102 与块 101 的热表面 108 进行热交换，并且位于块 101 内部以便可以执行热表面的温度控制。在图 1 示出的本发明实施例中，热表面 108 的加热或冷却通过直接热传导进行，该热传导经由通道 104 和热组件 102 从传热流体传到热表面 108。

图 2 表示根据本发明实施例的用于控制衬底温度的装置。在图 2 中，装置 200 包括衬底台 201，衬底 209 置于其上。装置 200 还包括热组件

202, 热组件 202 被配置为控制衬底台 201 的热表面 208 的温度。装置 200 还包括电极 210, 电极 210 被配置为在衬底处理期间以静电方式将衬底 209 夹紧在热表面 208 上。在本发明的该实施例中, 提供了背面流(如氩)以增强衬底台 201 和衬底 209 之间的热传导性。在本发明的实施例中, 衬底 209 和衬底台 201 间的实际距离可以非常小, 例如在微米范围内。

现在参考图 3, 图 3 示出了根据本发明实施例的用于控制衬底温度的装置。在本发明的该实施例中, RF 功率直接施加到衬底台 301 的上部。从图 3 可见, 装置 300 包括热组件 302 和与热表面 308 进行热交换的第二热组件 311。在图 3 所示的本发明实施例中, 第二热组件包括多个热电模块 315, 例如 Peltier 设备, 其被配置为快速改变热表面 308 的温度。热组件 302 布置在衬底台 301 中, 并且包括承载传热流体的通道 304。装置 300 还包括电极 310, 电极 310 被配置为在衬底处理期间以静电方式夹紧衬底 309。类似地, 提供气体流以增强衬底台 301 和衬底 309 间的热传导性。在本发明的该实施例中, 热组件 311 包括多个热电模块, 例如 Peltier 模块。

在图 3 所示的本发明实施例中, RF 功率经由 RF 组件直接提供到衬底台 301 的上部, 所述 RF 组件包括 RF 缆线 312、RF 馈送器 313 和 RF 连接器 314。尽管未在图 3 中示出, 但是 RF 缆线 312 可以连接到 RF 功率发生器和 RF 匹配电路。在图 3 中, RF 组件延伸经过第一和第二热组件 302 和 311, 以将 RF 功率传递到接近放置衬底 309 的热表面 308 处。

图 4 示出了根据本发明另一个实施例的包括 RF 功率组件的装置。类似于图 3, 装置 400 包括衬底台 401, 在衬底台 401 中放置有第一热组件 402 和第二热组件 411。装置 400 还包括支持衬底 409 的热表面 408 和向衬底 409 提供背面压强的气体管线组件 416。在图 4 中, 气体管线组件 416 的气体管线放置在第二热组件 411 的多个热电模块 415 和通道 404 之间。在本发明的该实施例中, 衬底 409 利用夹紧组件 417 以机械方式夹紧到热表面。装置 400 还包括 RF 功率组件, 该组件包括耦合到 RF 功率板 418 的 RF 连接器 414。在图 4 所示的本发明实施例中, RF 板布置于第一热组件

402 和第二热组件 411 之间。在该配置中，构成 RF 功率板 418 的材料被选择为不形成对第二热组件 411 的热势垒。在另一个实施例中，功率板 418 可以置于第二热组件 411 之下。在图 4 所示的本发明实施例中，衬底 409 的放置和移除是由布置在衬底台 401 中并且穿过第一热组件 402 和第二热组件 411 的顶针 419 完成的。

现在参考图 5，说明能够在衬底处理期间控制衬底温度的衬底处理系统的示例性实施例。

衬底处理系统 500 包括其中布置有衬底台 501 的真空室 520。类似于图 4 示出的实施例，衬底台 501 包括第一热组件 502、第二热组件 511 和其上放置有衬底 509 的热表面 508。衬底处理系统 500 还包括被配置为在处理室 520 内垂直移动衬底台 501 的移动组件 521 和被构造和布置为维持室 520 内的期望压强的泵系统 522。在图 5 所示的实施例中，第二热组件 511 可以与图 3 中所示的热组件 311 相同，并且可以包括多个热电模块，例如 Peltier 设备，其被配置为快速改变热表面 508 的温度。在图 5 中，热组件 502 包括承载传热流体并且与流体热单元 503 流体连通的通道 504。在本发明的该实施例中，通道 504 或/和导管 506 和 507 内的传热流体的温度由流体热单元 503 控制。在本发明的另一个实施例中，第二热组件 511 可以包括连接到可变功率源的电阻加热器。在任何一个实施例中，加热或冷却都是通过直接热传导实现的，热传导经由第一热组件 511 从热电模块或电阻加热器传到热表面 508。

应当理解，承载传热流体的通道 504 可以具有不同形状。在本发明的实施例中，通道 504 具有螺旋形，并且被设计为基本上在热上覆盖了热表面 508 的全部区域。本发明的该实施例在图 6 中示出，图 6 表示嵌入在衬底台 501 内的通道 504 的示意性顶视图。从该图中可见，通道 504 包括入口 523 和出口 524，它们通过导管 506 和 507 与流体热单元 503 流体连通。在图 5 和 6 中，通道 504 相对于热表面 508 的位置使得可以实现到热表面的高效传热和热表面上的均匀温度分配。在本发明的实施例中，通道 504 和热表面 508 的距离在大约 1 到 30mm 的范围内。

还应当理解，图 5 中所示的衬底处理系统 500 可以是等离子体处理系

统、蚀刻系统、化学气相沉积（CVD）系统、等离子体增强化学气相沉积（PECVD）系统、物理气相沉积（PVD）系统、电离物理气相沉积（iPVD）系统或非等离子体处理系统，如跟踪系统(track system)、化学氧化物移除（COR）系统，或更一般地，可以是任何类型的在衬底处理期间希望控制衬底温度的系统。例如，在等离子体处理配置中，衬底处理系统 500 可以包括等离子体生成系统和气体源，气体源被配置为将气体引入到室 520 中以产生处理等离子体。在操作中，衬底 509 可经由静电、吸力或机械设备夹紧到衬底台 501。通常，对于化学和/或等离子体处理，衬底台 501 和衬底 509 被放置在室 520 中，室 520 经由泵系统 522 获得了减小的压强。尽管未在图 5 所示的实施例中示出，但是衬底处理系统 500 还可以包括进入处理室 520 的额外处理气体管线、射频（RF）功率系统、第二电极（可用于电容耦合类型的系统）或 RF 线圈（可用于感应耦合类型的系统）。

在衬底 509 的处理期间，热表面温度的调整和控制可经由布置在室 520 内的晶片温度测量系统（或传感器）525 实现。在本发明的实施例中，衬底 509 的温度测量结果被晶片温度测量系统 525 取得，并且被输入到晶片温度控制系统 526 中。在温度需要被调整的情况下，控制系统 526 命令流体热单元 503 调整提供给通道 504 的传热流体的温度、体积和流率。从图 5 中可见，衬底 509 的温度测量可以利用光学技术执行，如可购自 Advanced Energies, Inc.(1625 Sharp Point Drive, Fort Collins, CO, 80525) 的型号为 OR2000F 的光纤温度计（其能够测量 50 到 2000C 的温度，精度达正负 1.5C）或如在 2002 年 7 月 2 日提交的未决美国专利申请 No. 10/168544 中描述的带边温度测量系统（该申请的全部内容通过引用结合于此）。在本发明的另一个实施例中，衬底温度的测量可以利用嵌入在衬底台 501 的各个部分中的热电偶 527 进行。在后一配置中，热电偶可以直接连接到晶片温度控制系统 526。在本发明的另一个实施例中，衬底 509 的温度控制可以通过经由温度探测器 528 监视流体的温度来进行，温度探测器 528 嵌入在通道 504 和/或导管 506 和 507 中，并耦合到温度控制系统 526。在后一情形中，温度控制系统 526 可以经由探测器 528 提供的温度

直接估计衬底 509 的温度。应当理解，可以采样这些传感器的任意组合来控制热表面的温度。

从图 5 中还可见，温度控制系统 526 也可被配置为控制第二热组件 511。在第二热组件包括电阻加热器或多个热电模块的情况下，温度控制系统 526 可以直接耦合到向第二热组件 511 提供所需功率的功率源 PS。

现在参考图 7，描述根据本发明实施例的流体热单元的示意图。

在本发明的该实施例中，流体热单元 703 包括第一流体单元 729（或第一传热流体源）和第二热单元 730（或第二传热流体源），第一流体单元 729 被构造和布置为控制/调整传热流体的温度到第一温度，第二热单元 730 被构造和布置为控制/调整传热流体的温度到第二温度。第二温度可以等于第一温度，也可以不同于第一温度。流体热单元 703 还包括出口流控制单元 731，其通过导管 707 与热组件的通道流体连通，并与第一流体单元 729 和第二流体单元 730 流体连通。在图 7 所示的本发明实施例中，出口流控制单元 731 被构造和布置为向热组件的通道提供受控传热流体，该受控传热流体包括具有第一温度的传热流体、具有第二温度的传热流体或其组合中的至少一种。在本发明的实施例中，出口流控制单元 731 可以根据接收自温度控制系统的指令控制提供给热组件的受控传热流体的流率和体积。在图 7 所示的本发明实施例中，流体热单元 703 还包括入口分配单元 732，其通过导管 706 与热组件的通道流体连通，并与第一流体单元 729 和第二流体单元 730 流体连通。入口分配单元 732 被构造和布置为控制流向第一流体单元 729 的受控传热流体的体积或流率和流向第二流体单元 730 的受控传热流体的体积或流率。

现在参考图 8，根据本发明实施例的第一流体单元 729 和第二流体单元 730 中的每一个包括存储流体罐 833a 和 833b、泵 834a 和 834b、加热器 835a 和 835b 以及冷却器 836a 和 836b。存储流体罐 833a 和 833b 被配置为存储流自入口分配单元的受控传热流体。在本发明的实施例中，单元 729 和 730 还可以包括被配置为检测这些罐的每一个中的传热流体的体积的水平传感器。加热器和冷却器被配置为将存储在罐 833a 和 833b 中的传热流体的温度分别调整至第一温度和第二温度。泵 834a 和 834b 向出口流控制

单元提供具有第一温度的传热流体和具有第二温度的传热流体。在本发明的实施例中，存储流体罐 833a、833b、泵 834a、泵 834b、加热器 835a、加热器 835b 以及冷却器 836a、冷却器 836b 可以由温度控制系统控制。

在本发明的实施例中，可能希望传热流体包括非导电性流体，例如 Fluorinert™ 或 Galden™。在这种情况下，在存在提供给衬底台以生成等离子体的射频功率时，传热流体不具有传导性。

在本发明的实施例中，第一流体单元可以是热流体单元 929，而第二流体单元可以是冷流体单元 930，或两者相反。在这种配置中，可以排除第一流体单元中的冷却器和第二流体单元中的加热器（或相反）。本发明的该实施例在图 9 中示出。

在图 7 所示的本发明实施例中，出口流控制单元 731 和入口分配单元 732 可以彼此独立地操作。在这种配置中，离开第一和第二流体单元的传热流体的体积可以不同于返回这些单元的受控传热流体的体积。在本发明的实施例中，返回第一单元的传热流体的体积可以比返回第二单元的传热流体的体积大得多。这样，可以很容易获得大量的具有第一温度的流体以供后用。这种操作体制有利于得到大的温度变化（在冷却阶段或加热阶段中）。在该操作模式中，可以在加热阶段期间提供更快的衬底加热。相反地，可以在预期的冷却阶段中在第二单元内存储大量的传热流体。

然而，应当理解，出口流控制单元 731 和入口分配单元 732 也可以以协同方式进行操作。这种并行操作模式在图 10 中示出，图 10 表示流体热单元 1003 的示意性配置。在本发明的该实施例中，离开第一流体单元 1029 和第二流体单元 1030 的流体的量基本等于返回这些单元的流体的量。

在本发明的另一个实施例中，流体热单元被配置使得在每个单元中的传热流体的量保持基本恒定。在该配置中，可以省略入口分配单元。流体热单元的该操作模式在图 11 中示出。

在本发明的不同实施例中表示的出口流控制单元可以包括混合器，混合器被配置为向通道提供包括具有第一温度的传热流体、具有第二温度的传热流体或其组合中的一种的受控传热流体。在本发明的该实施例中，混

合器可以包括混合罐和被配置为混合具有第一温度的传热流体和具有第二温度的传热流体的混合设备。在本发明的另一个实施例中，混合器 1231 可以包括泵 1237 和具有混合流表面 1239 的混合流室 1238。在本发明的该实施例中，具有第一温度的传热流体和具有第二温度的传热流体被引导到类似于图 12 中所示的室。在该实施例中，两种流体的混合是通过混合流室 1238 中的机械混合执行的。

在本发明的另一个实施例中，出口流控制单元可以包括被配置为选择性地输送具有第一温度的传热流体和具有第二温度的传热流体的选择器阀。本发明的该实施例在图 13 中示出，图 13 示出了包括第一流体单元 1329 和第二流体单元 1330 的流体热单元 1303。在图 13 中，流体热单元 1303 包括包含第一出口选择器阀 1340 和第二出口选择器阀 1341 的出口流控制单元 1331。流体热单元 1303 还包括包含第一入口选择器阀 1342 和第二入口选择器阀 1343 的入口分配单元 1332。在本发明的该实施例中，第一和第二出口选择器阀以及第一和第二入口选择器阀控制传热流体在单元 1329 和 1330 的流入和流出。

在操作中，入口和出口阀可以彼此独立地进行操作，或者以协同方式操作。图 14 所示的后一配置可以确保传热流体的量在流体热单元 1329 和 1330 基本保持相同。在本发明的另一个实施例中，流体单元 1329 和 1330 可被设计为使得其只包含恒定量和指定量的传热流体。在这种情况下，可以省略入口分配单元。本发明的该实施例在图 15 中示出。

下面说明根据本发明实施例的热单元的操作。

在受控传热流体的温度处于 $T3$ 和 $T4$ 之间的范围内的情况下（其中 $T3 > T4$ ），流体热单元的第一流体单元随后可以将第一温度设置为 $T1 \geq T3$ ，而第二流体单元可以将第二温度设置为 $T2 \leq T4$ 。在加热阶段的初始阶段期间，出口流控制单元可被配置为向热组件提供具有第一温度 $T1$ 的传热流体。这可以允许对衬底的更快加热。然后，当衬底温度接近于目标温度 $T3$ 时，出口流控制单元可被控制为缓慢释放具有第二温度 $T2$ 的传热流体（或这两种流体的混合物）。在这种操作模式中，可以快速改变热表面的温度，同时提供热表面的实际温度和目标温度之间的平滑过渡。

在冷却阶段中，热单元可以类似方式操作。即，在冷却过程的初始阶段期间，出口流控制单元可被配置为向热组件提供具有第二温度 T_2 的传热流体。利用该操作模式，可以快速达到目标温度 T_4 。然后，当衬底温度接近于目标温度时，流体热单元的出口流控制单元可以缓慢开始向热组件提供具有第一温度 T_1 的传热流体（或这些流体的混合物）。这样，可以快速改变热表面的温度，同时提供热表面的实际温度和目标温度之间的平滑过渡。

为了获得更快的温度变化，在本发明的实施例中，流体热单元可被配置为对传热流体过加热和/或过冷却。在本发明的该实施例中，过加热的流体温度为 $T_1 > T_3$ ，过冷却的流体温度为 $T_2 < T_4$ 。 T_1 和 T_3 之间的差越大，加热就越快。类似地， T_2 和 T_4 之间的差越大，冷却也就越快。

在本发明的实施例中，在预期的加热阶段，流体热单元可被配置为在第一流体单元的存储罐中存储大量的传热流体。具有第一温度（当前情况下是热的温度）的传热流体的存储可以以牺牲第二流体单元的存储罐为代价完成。在本发明的该实施例中，特别是当衬底台的热质量很大时，更大量的热传热流体（即，具有第一温度的传热流体）可用于提供衬底的更快加热。

在预期的冷却阶段可以使用类似的方法。在这种情况下，流体热单元可被配置为在第二流体单元（其工作在冷却模式）中存储更大量的传热流体。

在本发明的另一个实施例中，流体热单元可被配置为通过增大提供给通道的受控传热流体的流率来提供更快的加热/冷却。在该操作模式中，可以获得更陡峭的加热或冷却前端。

应当理解，流体热单元的不同元件可以由温度控制系统控制。该温度控制系统可以包括电子/计算机单元，电子/计算机单元基于温度探测器收集的数据控制出口流控制单元、入口分配单元以及第一和第二流体单元的不同部分。在本发明的实施例中，温度控制系统也可被配置为直接监视第一和第二热单元中传热流体的温度。在本发明的另一个实施例中，温度控制系统可被配置为读取（温度变化的）已编程过程场景的可执行指令。

图 16 示出了根据本发明实施例的分布式温度控制系统 1600 的示意图。在本发明的该实施例中，分布式温度控制系统被配置为控制多个设备（例如衬底台）的温度。

现在更详细地参考图 16，分布式系统 1600 包括被构造和布置为调整提供给设备 1601a、1601b 和 1601c 中每一个的传热流体的温度的流体热单元 1603。这些设备中的每一个经由导管 1606a、1606b、1606c 和 1607a、1607b、1607c 以及置于设备内的通道 1604a、1604b、1604c 与热单元 1603 流体连通。在本发明的该实施例中，这些设备中每一个的加热是通过经由通道 1604a、1604b、1604c 来自传热流体的热传导完成的。

从图 16 中可见，流体热单元 1603 包括被构造和布置为将传热流体的温度控制在第一温度的第一流体单元 1629 和被构造和布置为将传热流体的温度控制在第二温度的第二流体单元 1630。流体热单元 1603 还包括出口流控制单元 1631，其与第一流体单元 1629 和第二流体单元 1630 以及设备 1601a、1601b、1601c 中每一个的通道 1604a、1604b、1604c 流体连通。在本发明的该实施例中，出口流控制单元 1631 被构造和布置为向这些设备中每一个的通道提供包括具有第一温度的传热流体、具有第二温度的传热流体或其组合中的至少一种的受控传热流体。

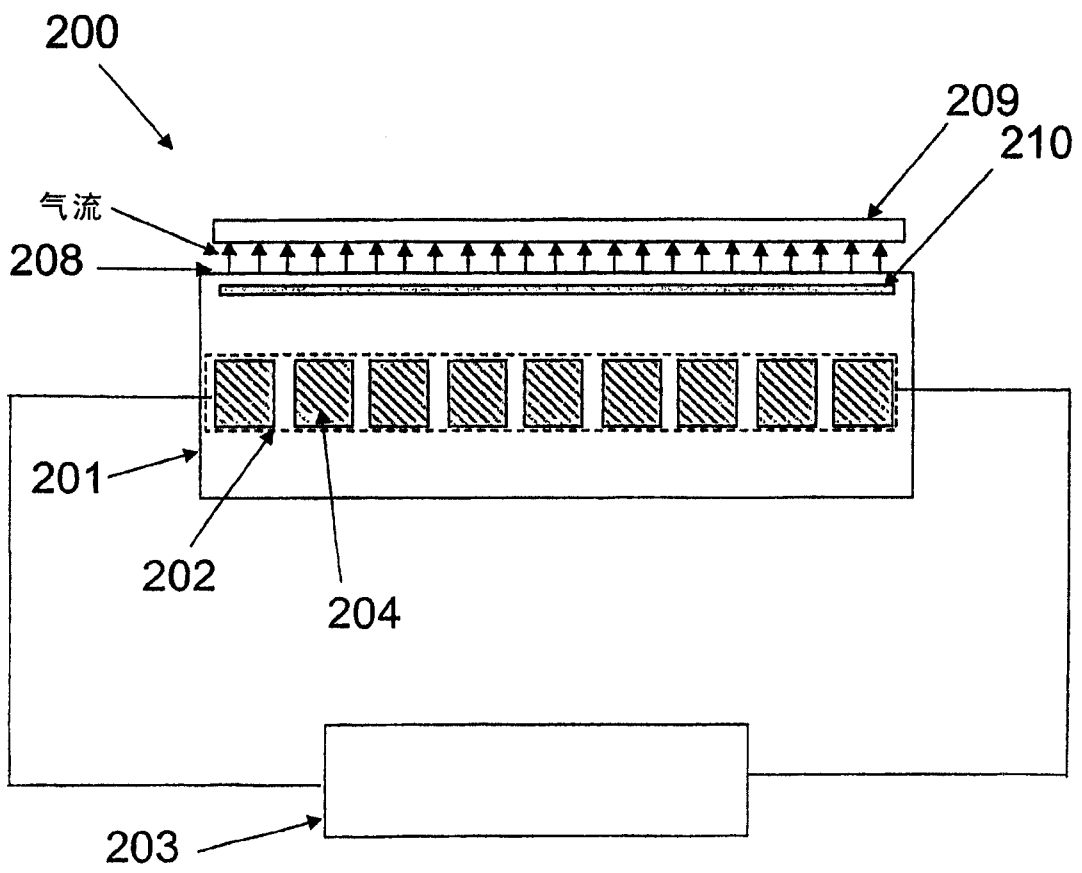
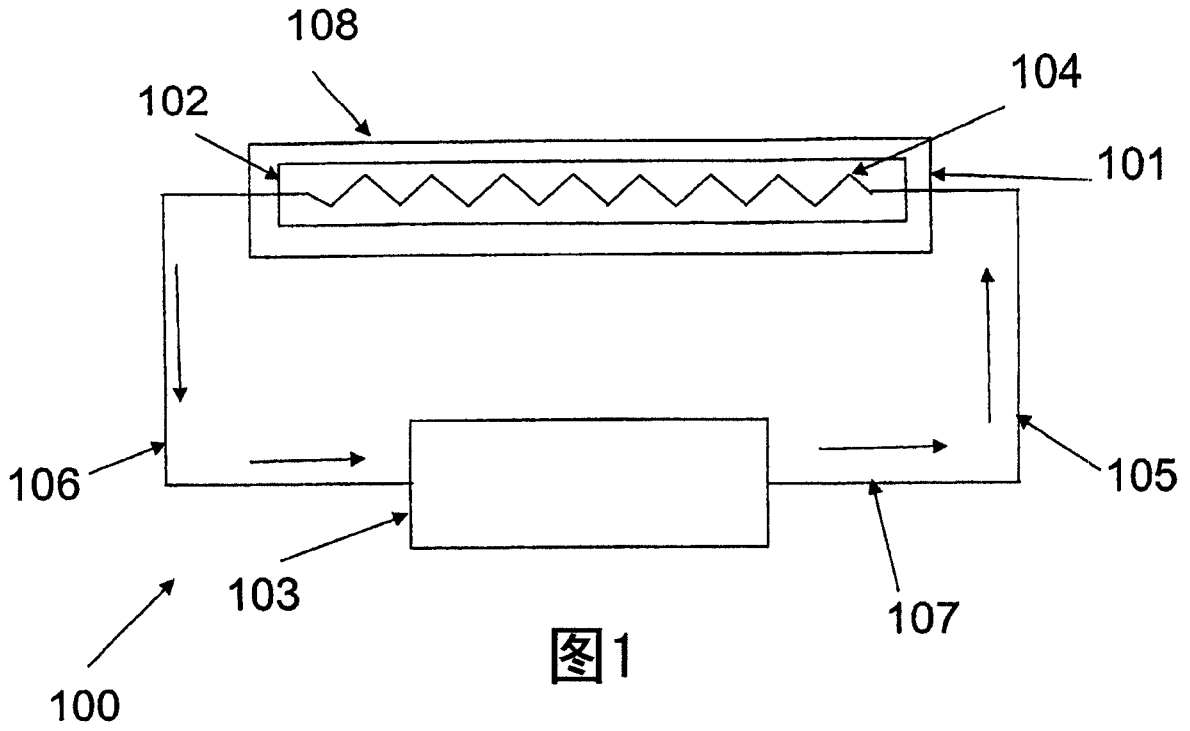
在图 16 所示的本发明实施例中，流体热单元 1603 还包括入口分配单元 1632，其与第一流体单元 1629 和第二流体单元 1630 以及通道 1604a、1604b、1604c 中的每一个流体连通。具体而言，入口分配单元 1632 被构造和布置为控制流向第一流体单元的受控传热流体的体积和流向第二流体单元的受控传热流体的体积。

分布式温度控制系统 1600 能够高效控制这些设备中每一个的温度。在操作中，流体热单元 1603 可以耦合到类似于图 5 所示的本发明实施例中表示的温度控制系统。被温度测量系统取得的温度测量结果可以被输入到温度控制系统中，温度控制系统又可以命令热单元向每个通道提供具有合适温度的受控传热流体。这样，可以独立控制这些设备中的每一个。

在本发明的实施例中，流体热单元 1603 可以位于清洁间外部。在本发明的另一个实施例中，只有充当冷藏单元的流体单元可以位于清洁间外

部和/或与另一流体单元相分离。当用来冷却传热流体的冷藏室类型和清洁间的状况不兼容时，可能希望具有这些配置。

尽管上面给出了本发明的当前优选实施例的详细描述，但是对于本领域技术人员而言，很清楚可以有各种替换、修改和等同物，而不脱离本发明的精神。因此，以上描述不应当用来限制本发明的范围，本发明的范围仅由权利要求书限定。



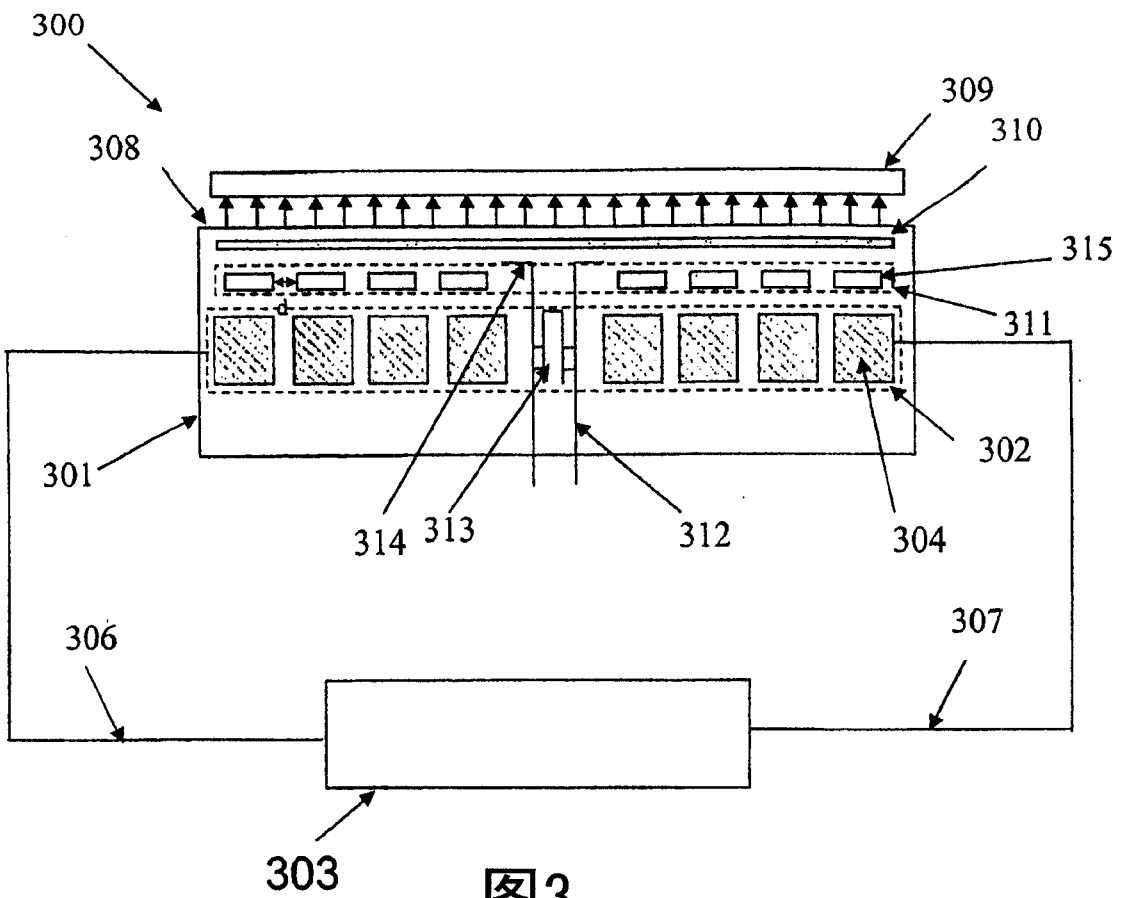


图3

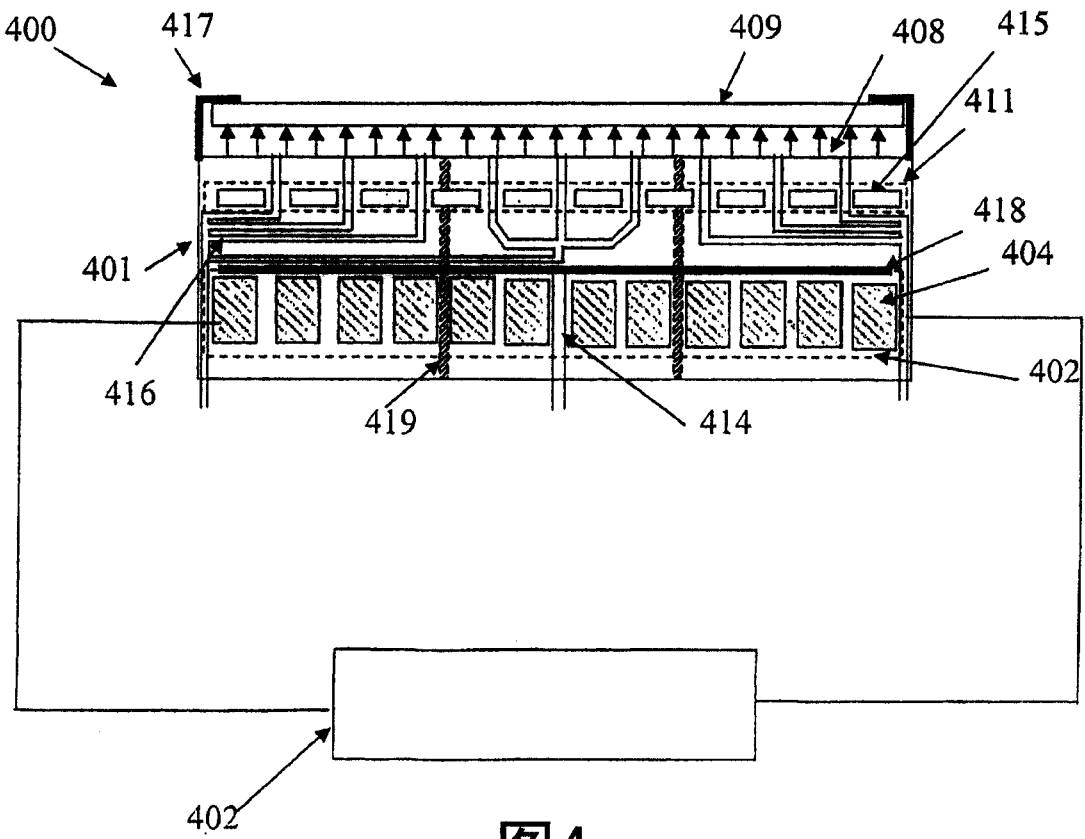


图4

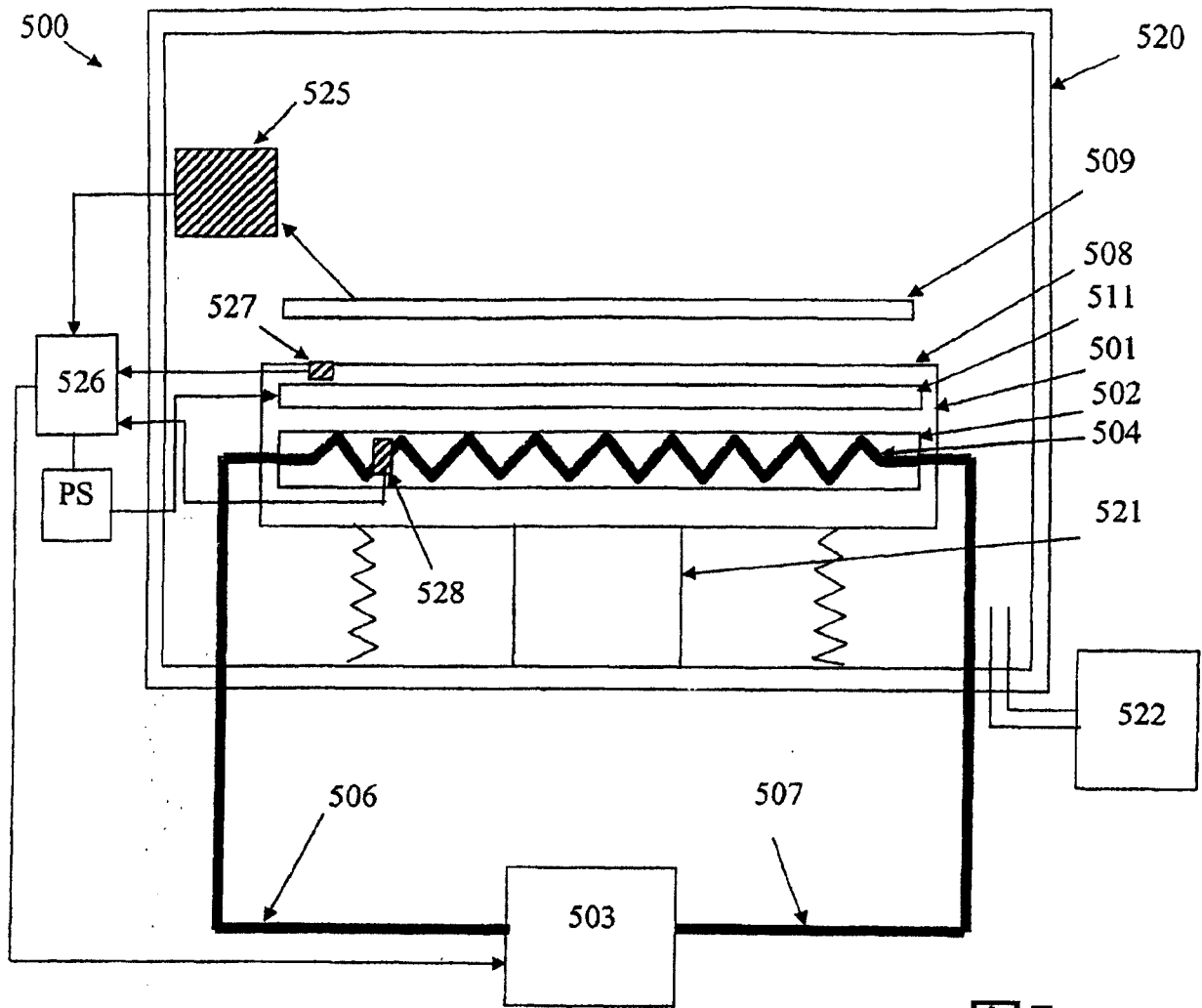


图5

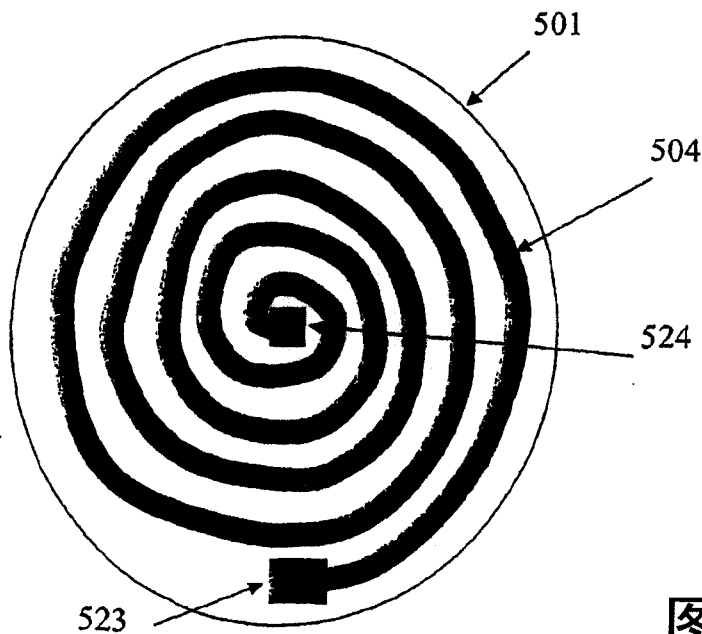


图6

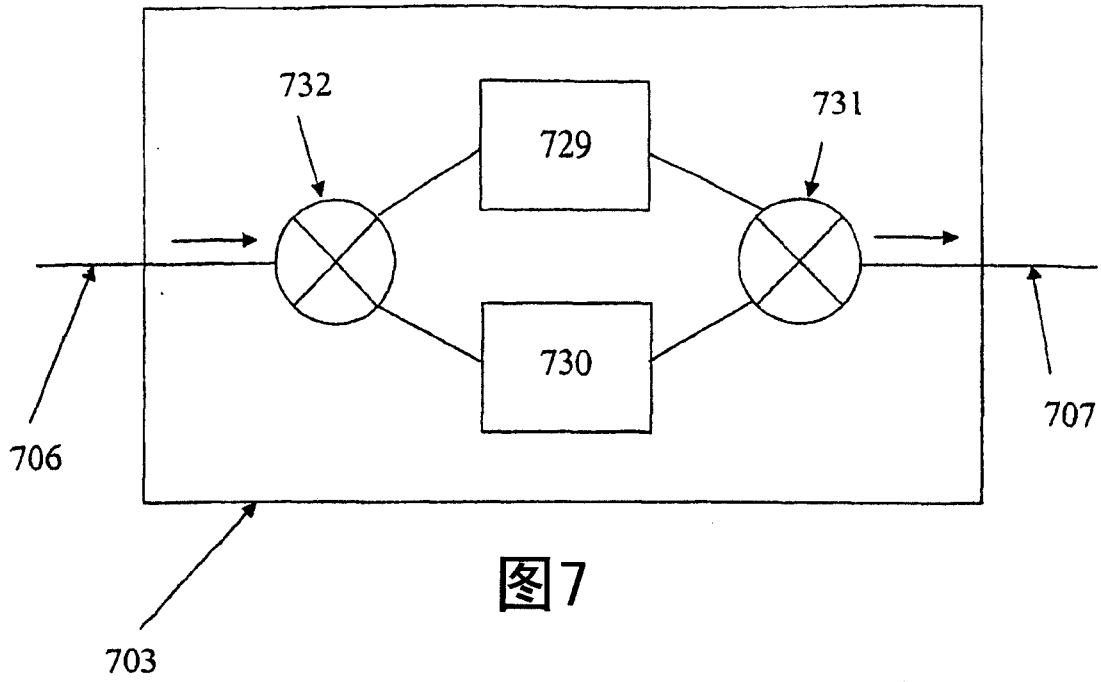


图7

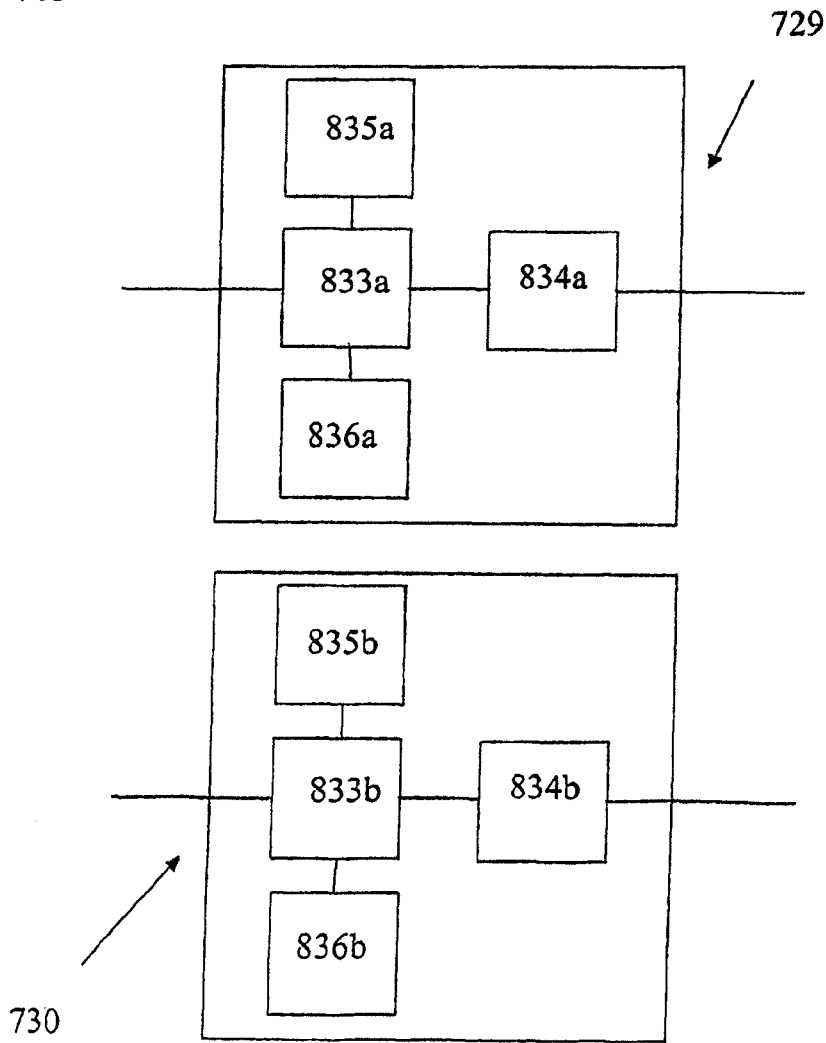


图8

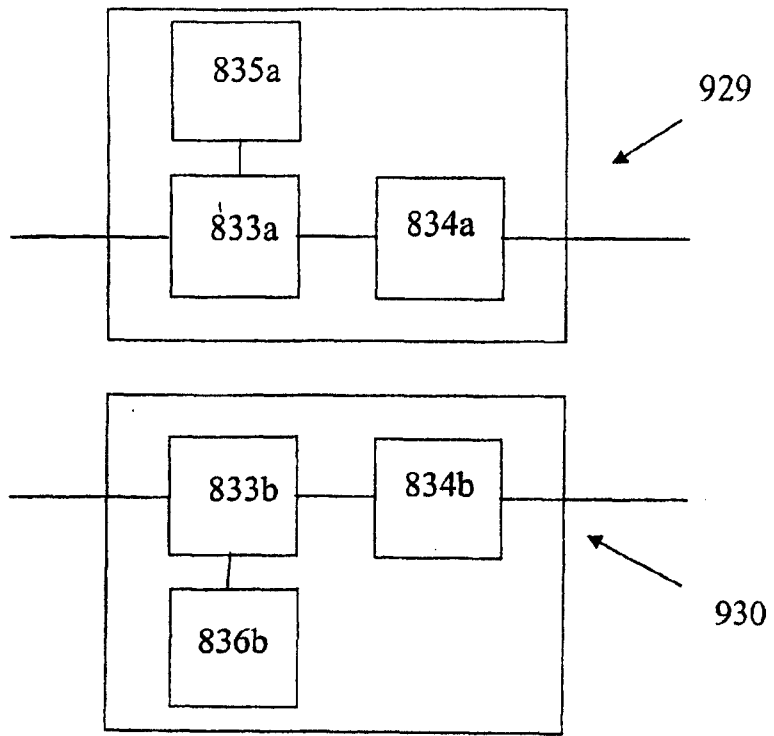


图9

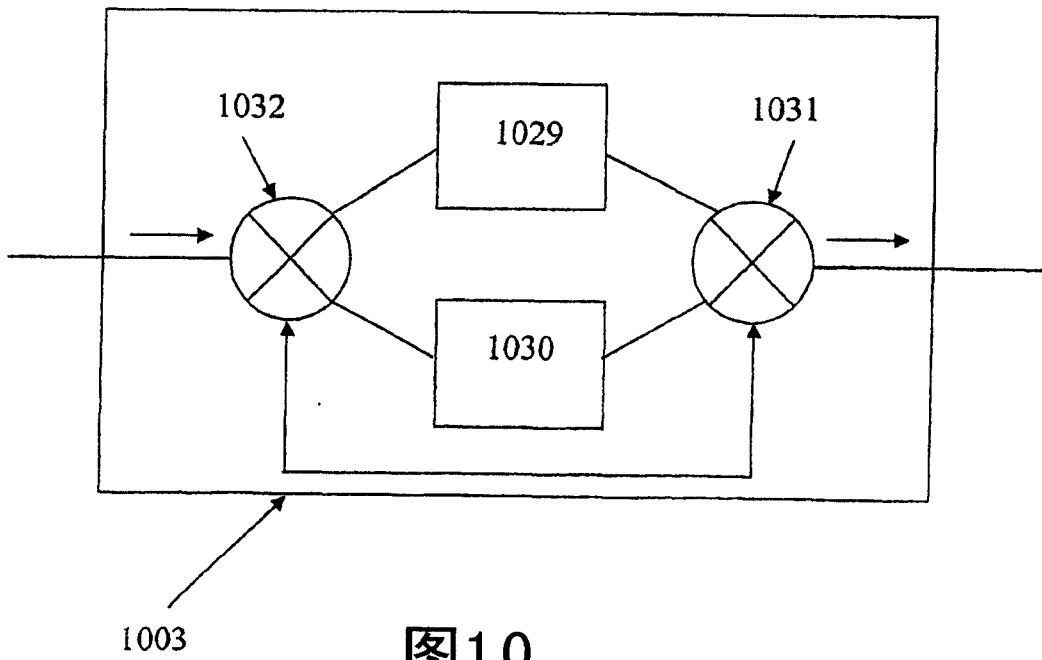
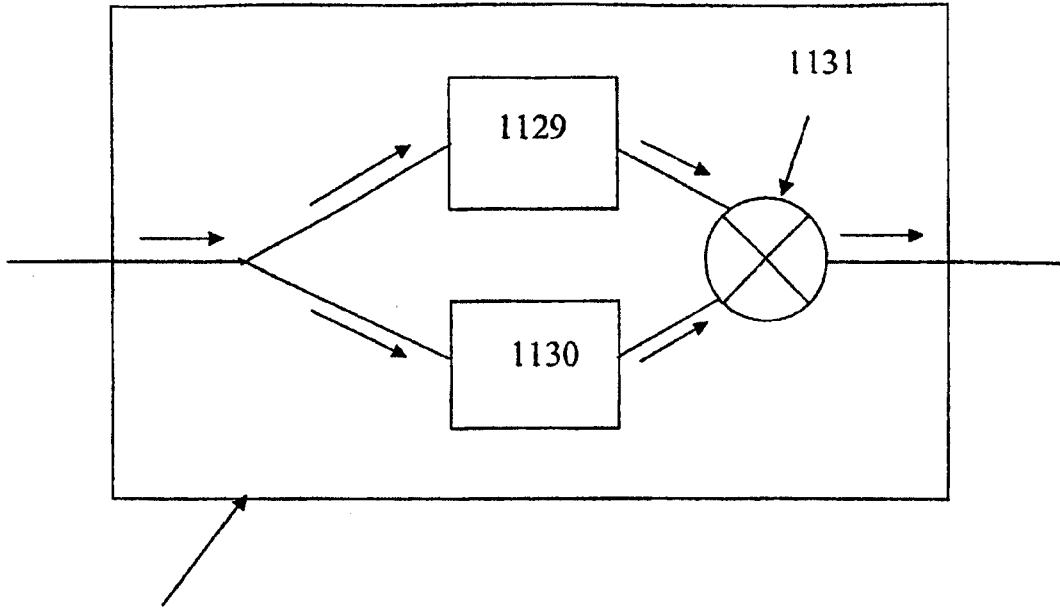


图10



1103

图11

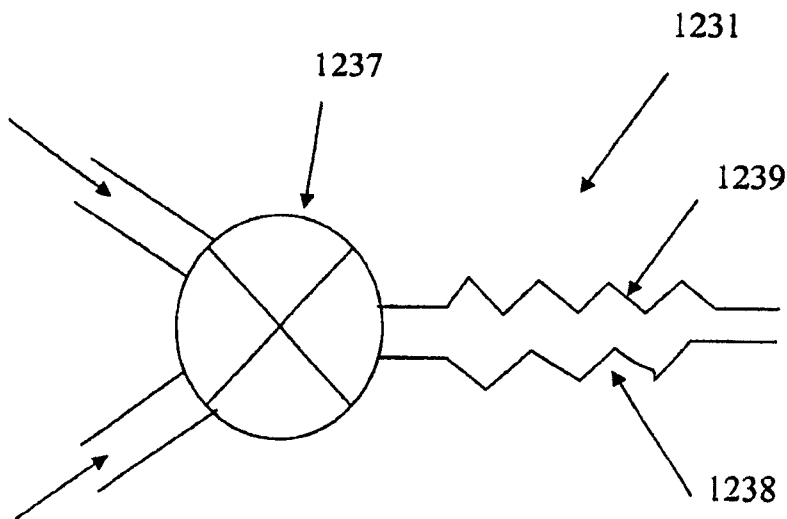


图12

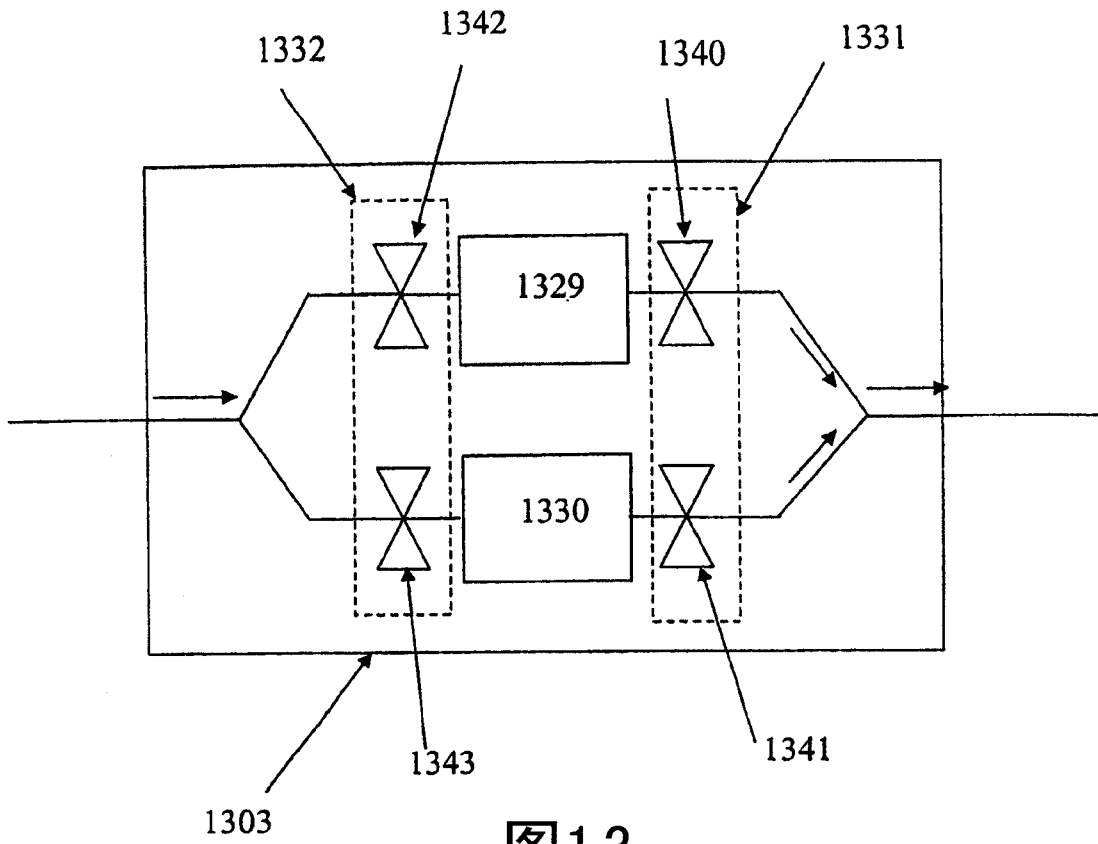


图13

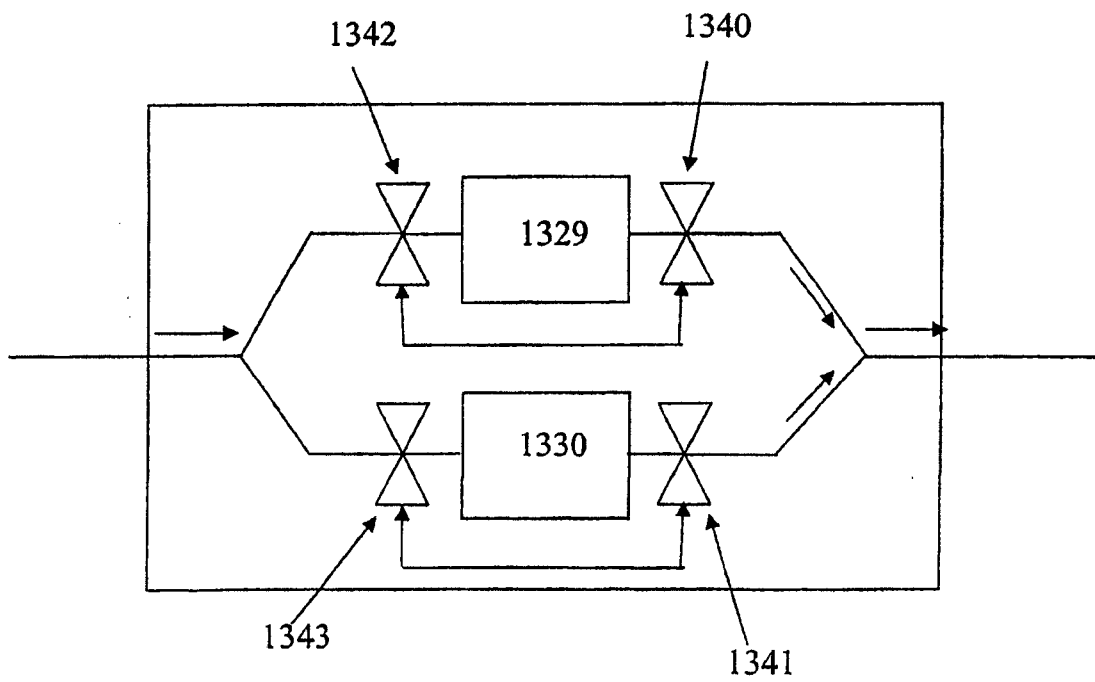


图14

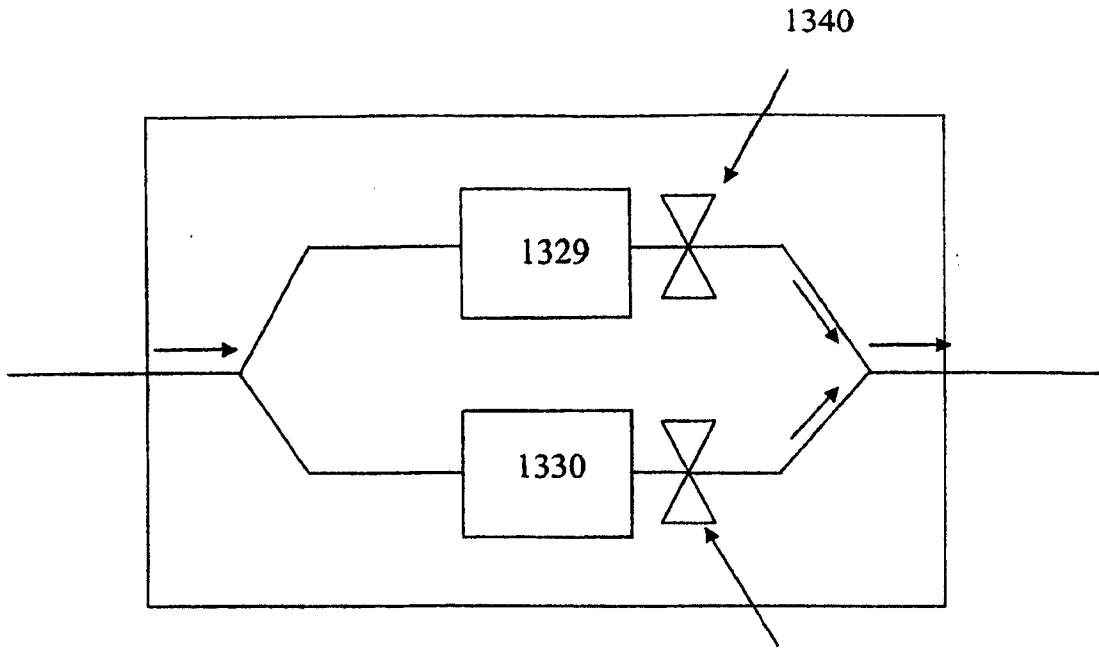


图15

1341

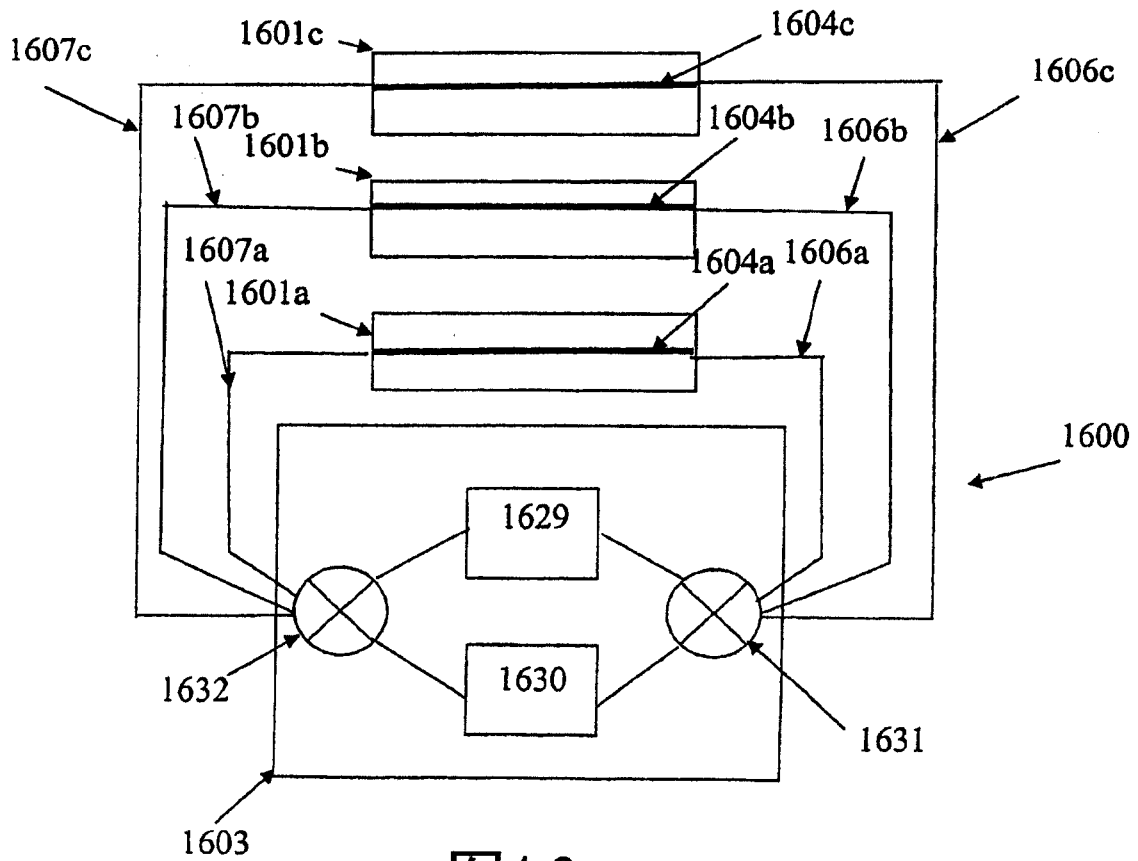


图16