

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200380109492.8

H01L 23/467 (2006.01)

F04D 29/58 (2006.01)

F04D 25/08 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 10 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 100547771C

[22] 申请日 2003.11.24

[21] 申请号 200380109492.8

[30] 优先权

[32] 2002.12.6 [33] US [31] 10/065,985

[86] 国际申请 PCT/US2003/037738 2003.11.24

[87] 国际公布 WO2004/054342 英 2004.6.24

[85] 进入国家阶段日期 2005.8.3

[73] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 梅米特·阿里克 切拉帕·巴兰

沃伦·贝斯勒 迈克尔·鲍曼

罗纳德·邦克 查尔斯·伯德

威廉·格斯特勒 尼尔姆·尼尔马兰

丹尼尔·史密斯 托德·韦策尔

[56] 参考文献

JP2002-26560A 2002.1.25

US5936836A 1999.8.10

US6263955B1 2001.7.24

US6438984B1 2002.8.27

审查员 戴永超

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 王冉 王景刚

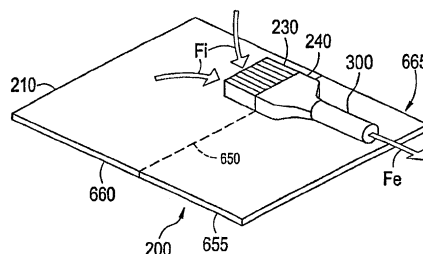
权利要求书 13 页 说明书 19 页 附图 16 页

[54] 发明名称

用来冷却高功率密度装置的方法、系统和装置

[57] 摘要

一种用来冷却高功率密度装置(220)的涡轮机系统(200)，该系统包括：涡轮机(300、405、505)，它被构造成输送强力流冷却介质；及高功率密度装置(220)，它布置成与涡轮机(300、405、505)流体连通，该涡轮机(300、405、505)具有马达(310)和由马达(310)所驱动的压缩机(340)。



1. 一种用来冷却高功率密度装置(220)的涡轮机系统(200), 它包括:

涡轮机(300, 405, 505), 它构造成输送强力流冷却介质, 所述涡轮机(300、405、505)具有马达(310、312、325、535)和由所述马达(310、535)驱动的压缩机(340、530);

至少一个高功率密度装置(220), 它布置成与所述涡轮机(300、405、505)相流体连通;

壳体(305、560), 它容纳至少一个所述马达(310、312、325、535)和所述压缩机(340、530), 所述壳体(305、560)具有用于空气流的通道, 位于所述壳体(305、560)的第一端上的接受空气流的入口(345), 和位于所述壳体(305、560)的第二端上的排出空气流的出口(355);

热交换器(230), 它与所述涡轮机流体连通, 并且热耦合到所述至少一个高功率密度装置(220)上; 以及

过渡导管(240), 它布置在所述热交换器(230)和所述入口(345)之间的中间位置上, 用于使空气流从所述热交换器(230)汇集到所述涡轮机(300、405、505)中。

2. 如权利要求1所述的涡轮机系统(200), 其中, 强力流冷却介质是空气。

3. 如权利要求2所述的涡轮机系统(200), 其中, 所述涡轮机(300、405、505)的空气质量流量对流动面积的比率等于或者大于18 lbs/hr/sq-in并且等于或者小于144 lbs/hr/sq-in。

4. 如权利要求3所述的涡轮机系统(200), 其中, 所述涡轮机(300、405、505)的空气质量流量对流动面积的比率等于或者大于54.5 lbs/hr/sq-in并且等于或者小于90.9 lbs/hr/sq-in。

5. 如权利要求1所述的涡轮机系统(200), 其中, 强力流冷却介质是制冷剂。

6. 如权利要求1所述的涡轮机系统(200), 其中, 所述热交换器(230)包括:

底座（780），用于将热交换器（230）热耦合到高功率密度装置（220）上；

多个平行冷却翅片（785），它们垂直于所述底座（780）布置，从而在一端（795）上接受被驱动的空气，并且在相对端（800）处排出被驱动的空气；及

多个涡流室（850），它们布置在所述冷却翅片（785）之间，从而在空气在所述冷却翅片（785）之间被驱动并且通过所述涡轮室（850）时，产生涡流状空气流，所述多个涡流室（850）具有侧壁（852），这些侧壁（852）与所述多个平行冷却翅片（785）成一体。

7. 如权利要求1所述的涡轮机系统（200），其中，所述过渡导管（240）包括：

导管壳体（952），它具有：第一端（954），该第一端具有第一流动区域（956），以接受来自具有多个冷却翅片（785）的所述热交换器（230）的被驱动空气；及第二端（958），它具有第二流动区域（960），从而把被驱动空气排出到所述涡轮机（300、405、505）中，所述导管壳体（952）限定出内部腔（962），该内部腔使所述第一流动区域（956）过渡到所述第二流动区域（960）中，及

位于所述内部腔（962）内的多个流动控制翅片（964），它们控制从所述第一流动区域（956）到所述第二流动区域（960）的流动区域变化。

8. 如权利要求1所述的涡轮机系统（200），还包括：

膨胀涡轮（350），它由所述马达（325）来驱动，并且布置在所述出口（355）的附近，从而在强力流空气流从所述涡轮机（300、405、505）排出时使强力流空气流膨胀。

9. 如权利要求1所述的涡轮机系统（200），还包括第二涡轮机（410），该涡轮机布置成与所述涡轮机（300、405、505）具有平行的空气流，其中所述过渡导管（415）布置成使空气流并行地从所述热交换器（230）汇集到所述涡轮机（300、405、505）和所述第二涡轮机（410）中。

10. 如权利要求9所述的涡轮机系统（200），其中，从所述热交换器（230）到所述涡轮机（300、405、505）和所述第二涡轮机（410）中的空气流提供了通过所述涡轮机（300、405、505）和所述第二涡轮机

(410)的等价空气流。

11. 如权利要求1所述的涡轮机系统(200), 其中, 所述至少一个高功率密度装置(220)包括集成电路。

12. 如权利要求1所述的涡轮机系统(200), 其中, 所述马达(312)包括磁力轴承。

13. 如权利要求1所述的涡轮机系统(200), 其中, 所述压缩机(340)包括轴流式压缩机(344)和离心式压缩机(341)中的至少一个。

14. 如权利要求13所述的涡轮机系统(200), 其中, 所述压缩机(340)包括单轮压缩机(340)和多轮压缩机(344)中的至少一个。

15. 如权利要求1所述的涡轮机系统(200), 其中, 所述涡轮机(300、405、505)的总体尺寸大小不大于1.75英寸。

16. 如权利要求1所述的涡轮机系统(200), 其中, 所述涡轮机(300、405、505)的总体尺寸大小适合于1U设备。

17. 如权利要求1所述的涡轮机系统(200), 其中, 所述热交换器(230)和所述过渡导管(240)中的至少一个具有消音结构, 该结构包括至少一种具有消音特性的材料(990、992)。

18. 如权利要求17所述的涡轮机系统(200), 其中, 所述消音结构包括多孔表面(990)和消音块形吸收器(992)中的至少一个。

19. 如权利要求18所述的涡轮机系统(200), 其中, 所述多孔表面(990)包括陶瓷和烧结金属中的至少一个, 所述消音块形吸收器(992)包括聚合材料和玻璃纤维材料中的至少一个。

20. 如权利要求1所述的涡轮机系统(200), 其中, 所述出口(355)还包括:

喷嘴出口(435), 它具有辅助空气导管(440), 从而夹带环境空气(445)以提供辅助冷却空气流(450)。

21. 如权利要求1所述的涡轮机系统(200), 还包括:

软起动器(365), 它控制所述涡轮机(300、405、505)的起动, 从而在起动期间防止在所述涡轮机(300、405、505)中产生功率波动。

22. 如权利要求1所述的涡轮机系统(200), 还包括:

空气颗粒电离器, 它布置在所述热交换器(230)的上游处, 从而在

进入所述热交换器(230)和所述涡轮机(300、405、505)之前电离空气颗粒,从而防止涡轮机系统(200)产生颗粒污染;及

空气颗粒脱离子器(de-ionizer),它布置在所述出口(355)的下游处,从而中和排出空气微粒的电荷。

23. 如权利要求5所述的涡轮机系统(200),还包括,

闭环制冷线路(525),它构造成冷却所述至少一个高功率密度装置(220),制冷剂在所述闭环制冷线路(525)内进行流动,所述闭环制冷线路(525)包括:

所述压缩机(530);

冷凝器(515);

膨胀器(520);

蒸发器(520),它耦合到所述至少一个高功率密度装置(220)上;

及

涡轮(540),它由所述马达(535)来驱动。

24. 如权利要求23所述的涡轮机系统(200),还包括:

喷射器(545),布置来接受和混合来自所述压缩机(530)的高压制冷剂 and 来自所述涡轮(540)的低压制冷剂,混合后的制冷剂输送到所述压缩机(530)中,从而提高通过所述压缩机(530)的质量流量。

25. 如权利要求24所述的涡轮机系统(200),还包括:

第二涡轮机(510),它构造成使强力流空气通过所述蒸发器(520),从而把冷却后的空气输送到所述至少一个高功率密度装置(220),并且使强力流空气通过所述冷凝器(515)从而把加热过的空气输送到环境中,所述第二涡轮机(510)包括第二马达(555)、由所述第二马达(555)所驱动的风扇(550)和壳体(560),该壳体引导强力流空气的流动通道。

26. 如权利要求23所述的涡轮机系统(200),其中,

制冷剂从所述蒸发器(520)流动到所述涡轮(540)中,然后流到所述马达(535),然后流到所述压缩机(530)中。

27. 如权利要求23所述的涡轮机系统(200),其中,所述膨胀器(520)包括膨胀阀(575)。

28. 如权利要求27所述的涡轮机系统(200),其中,所述膨胀阀

(575) 包括活动膨胀阀, 所述涡轮机系统 (200) 还包括:

膨胀阀控制系统 (580), 用于控制所述活动膨胀阀 (575) 的制冷剂压力降。

29. 如权利要求26所述的涡轮机系统 (200), 其中, 所述压缩机 (530) 是变速压缩机。

30. 一种组件 (100), 它包括:

安装固定件 (110), 及

如权利要求1所述的多个涡轮机系统 (200) 相互邻近地安装在所述安装固定件 (110) 内。

31. 一种组件 (100), 它包括:

安装固定件 (110), 及

如权利要求23所述的多个涡轮机系统 (200) 相互邻近地安装在所述安装固定件 (110) 内。

32. 一种安装到表面 (210) 上并用来冷却高功率密度装置的涡轮机模块 (665), 它包括:

模块表面 (655);

涡轮机 (300、405、505), 它构造成输送强力流空气, 所述涡轮机 (300、405、505) 包括: 马达 (310); 压缩机 (340), 它由所述马达 (310) 来驱动, 从而压缩强力流空气; 及壳体 (305);

所述壳体 (305) 包含所述马达 (310) 和所述压缩机 (340) 中的至少一个, 并且为空气流提供通道;

所述壳体 (305) 包括: 入口 (345), 它位于第一端以接受空气流; 及出口 (355、620), 它位于第二端以排出空气流;

热交换器 (230), 它热耦合到高功率密度装置 (220) 上并且冷却高功率密度装置 (220); 所述涡轮机 (300、405、505) 位于所述热交换器 (230) 的下游处; 及

过渡导管 (240), 它布置在所述热交换器 (230) 和所述涡轮机 (300、405、505) 之间的中间处, 从而把来自所述热交换器 (230) 的空气流汇聚到所述涡轮机 (300、405、505) 中。

33. 如权利要求32所述的涡轮机模块 (665), 其中, 所述涡轮机模块 (665) 的总体尺寸大小不大于1.75英寸。

34. 如权利要求32所述的涡轮机模块（665），其中，所述涡轮机模块（665）的总体尺寸大小适合于1U设备。

35. 如权利要求32所述的涡轮机模块（665），其中，所述马达（310、535）包括磁力轴承。

36. 如权利要求32所述的涡轮机模块（665），其中，所述压缩机（340）包括轴流式压缩机（344）和离心式压缩机（341）中的至少一个。

37. 如权利要求36所述的涡轮机模块（665），其中，所述压缩机（340）包括单轮压缩机（340）和多轮压缩机（344）中的至少一个。

38. 一种用来冷却高功率密度装置（220）的方法，该方法包括：

使用位于所述热交换器下游处的涡轮机（300、405、505）抽吸空气使之顺次通过热交换器（230）和过渡导管（240），所述热交换器（230）热耦合到高功率密度装置（220上），从而当空气通过热交换器（230）时，提高了空气温度；

在涡轮机（300、405、505）的涡轮压缩机中压缩空气（725）该涡轮压缩机的总体尺寸大小不大于1.75英寸；及

把加热过的空气排出到环境中（725）。

39. 如权利要求38所述的方法（700），其中，

所述吸入空气（705）包括从容纳高功率密度装置（220）的结构的外部的外部环境和容纳该高功率密度装置（220）的结构的内部的内部环境中的至少一个中吸入空气；及

所述排出加热过的空气（725）包括，把加热过的空气排出到容纳高功率密度装置（220）的结构的外部的外部环境和容纳高功率密度装置（220）的结构的内部的内部环境中的至少一个中。

40.如权利要求38所述的方法（700），还包括：

在涡轮压缩机中压缩制冷剂（730），该压缩机的总体尺寸大小不大于1.75英寸；

借助从制冷剂中除去热量来冷凝制冷剂（740）；

膨胀和蒸发制冷剂（745），从而产生冷表面，以冷却高功率密度装置（220）；及

使膨胀后的制冷剂返回到涡轮压缩机中（750），以重复闭环循环。

41. 如权利要求40所述的方法(700), 还包括输送低温空气来冷却高温装置的方法, 所述方法包括:

使用涡轮风扇(550)来产生(755)经过冷凝器(515)的第一气流(565);

使用热交换器使热量从制冷剂中传递到(755)第一气流(565)中;

把加热过的第一气流(602)排出(755)到环境中;

使用涡轮风扇(550)产生(760)经过蒸发器(520)的冷表面的第二气流;

使用热交换器使热量从第二气流传递到(760)蒸发器(520)中; 及

排出(760)冷却过的第二气流(605), 从而冷却高温装置(220)。

42. 如权利要求41所述的方法(700), 还包括:

把一部分制冷剂从压缩机(530)导向到(735)冷凝器(515)中, 并且把另一部分制冷剂从压缩机(530)导向到设置在压缩机(530)上游处的喷射器(545)中;

在喷射器(545)中使来自压缩机(530)的高压制冷剂与来自蒸发器(520)的低压制冷剂进行混合; 及

把混合过的制冷剂输送到(750)到压缩机(530)中。

43. 如权利要求40所述的方法(700), 其中, 使膨胀后的制冷剂返回到(750)涡轮压缩机中这一步骤还包括:

使膨胀后的制冷剂经过马达(312、535)返回(750), 从而冷却马达。

44. 如权利要求1所述的涡轮机系统(200), 其中, 所述涡轮机是用来把强力流冷却介质输送到装置中的微型涡轮压缩机(300), 该微型涡轮压缩机包括:

马达(312);

第一级微型压缩机(342), 它设置在所述马达(312)的一端上; 及

第二级微型压缩机(343), 它设置在所述马达(312)的另一端上。

45. 如权利要求44所述的微型涡轮压缩机(300), 其中, 所述第一和第二级微型压缩机(342、343)与所述马达(312)成一体。

46. 如权利要求44所述的微型涡轮压缩机(300), 还包括:

冷却翅片（380），它们设置在所述马达（312）的定子外表面上，所述冷却翅片（380）从所述马达（312）的一端延伸到所述马达（312）的另一端上，所述第一级微型压缩机（342）布置成在所述冷却翅片（380）之间驱动空气，而所述第二级微型压缩机（343）布置成在所述冷却翅片（380）之间吸入空气。

47. 如权利要求46所述的微型涡轮压缩机（300），其中，所述冷却翅片（380）以非线性布置从所述马达（312）的一端延伸到所述马达（312）的另一端。

48. 如权利要求1所述的涡轮机系统（200），其中，所述涡轮机是用来把强力流冷却介质输送到装置中的微型涡轮压缩机（300），该微型涡轮压缩机包括：

至少一个马达；及

多个微型压缩机（342、343），这些压缩机设置在所述至少一个马达（312）的相对端上，所述多个微型压缩机（342、343）布置成使空气通过所述至少一个马达（312）的至少一个定子的外表面。

49. 如权利要求48所述的微型涡轮压缩机（300），其中，所述至少一个马达（312）还包括：

冷却翅片（380），该冷却翅片设置在所述至少一个马达（312）的至少一个定子的外表面上，所述冷却翅片（380）以非线性布置从所述至少一个马达（312）的一端延伸到所述至少一个马达（312）的另一端上。

50. 一种用于如权利要求1所述的涡轮机系统（200）的热交换器（230），它包括：

底座（780），它将热交换器（230）热耦合到高功率密度装置（220）上；及

多个平行的冷却翅片（785），这些冷却翅片垂直于所述底座（780）布置，从而在一端（795）上接受被驱动的空气，并且在相对端（800）上排出被驱动的空气，所述这些冷却翅片具有多个凹腔（805）。

51. 一种用于如权利要求1所述的涡轮机系统（200）的热交换器（230），它包括：底座（780），它将热交换器（230）热耦合到高功率密度装置（220）上；

多个平行冷却翅片（785），它们垂直于所述底座（780）布置，从而

在一端(795)接受被驱动的空气,并且在相对端(800)上排出该被驱动的空气;及

位于所述底座(780)上的局部冷却区域(810),该区域位于所述冷却翅片(785)之间,从而提供表面积增大的局部区域,从而提高了热量传递。

52.一种用于如权利要求1所述的涡轮机系统(200)的热交换器(230),它包括:

底座(780),它将热交换器(230)热耦合到高功率密度装置(220)上;

多个平行冷却翅片(785),它们垂直于所述底座(780)布置,从而在一端(795)上接受被驱动的空气,并且在相对端(800)上排出该被驱动的空气;及

涡流室(850),它布置在所述冷却翅片(785)之间,用于随着空气在所述冷却翅片(785)之间被驱动并且通过所述涡流室(850)来产生涡流状空气流。

53.如权利要求52所述的热交换器(230),其中,所述涡流室(850)包括:

第一和第二侧部(858、860),它们具有第一和第二端部(854、856),从而接受和排出空气流;

所述第一侧部(858)具有内部肋(862),这些内部肋布置成倾斜于空气流(790),所述第一侧部(858)的内部肋(862)的一部分相对于空气流动方向成正 β 角;及

所述第二侧部(860)具有内部肋(864),这些内部肋布置成倾斜于空气流(790),所述第二侧部(860)的内部肋(864)的一部分相对于空气流动方向成负 β 角。

54.如权利要求53所述的热交换器(230),其中,所述第一侧部(858)的内部肋(862)和所述第二侧部(860)的内部肋(864)布置成与空气流(790)成对角。

55.如权利要求53所述的热交换器(230),其中,所述第一和第二侧部(858、860)的第一端部(854)具有圆形边缘(872),从而在所述涡轮室(850)处减少了进入压力损失。

56. 如权利要求53所述的热交换器(230), 其中, 所述第一和第二侧部(858、860)还包括第一和第二边缘(866、868), 所述第一和第二边缘(866、868)被封闭, 所述第一边缘(866)热耦合到所述底座(780)上。

57. 如权利要求53所述的热交换器(230), 其中, 所述第一侧部和第二侧部(858、860)还包括第一和第二边缘(866、868), 所述第一边缘(866)敞开, 第二边缘(868)封闭, 及所述第一边缘(866)布置成靠近所述底座(780)。

58. 如权利要求53所述的热交换器(230), 其中, 所述第一和第二侧部(858、860)与所述多个平行冷却翅片(785)成一体, 并且在它们的侧壁上还具有凹腔(805)。

59. 如权利要求53所述的热交换器(230), 其中, 所述第一侧部(858)的内部肋(862)设置成相对于所述第二侧部(860)的内部肋(864)成等于或者大于大约30度到等于或者小于大约120度的角度。

60. 如权利要求53所述的热交换器(230), 其中, 所述 β 角等于或者大于大约20度到等于或者小于大约60度。

61. 如权利要求60所述的热交换器(230), 其中, 所述 β 角等于或者大于大约40度到等于或者小于大约60度。

62. 如权利要求61所述的热交换器(230), 其中, 所述 β 角为大约45度。

63. 一种用于如权利要求1所述的涡轮机系统(200)的热交换器(230), 它包括:

底座(780), 它将热交换器(230)热耦合到高功率密度装置(220)上;

多个平行冷却翅片(785), 它们垂直于所述底座(780)布置, 从而在一端(795)上接受被驱动的空气, 并且在相对端(800)上排出该被驱动的空气;

多个涡流室(874), 它们布置在所述多个平行冷却翅片(785)之间, 从而在一端(795)上接受被驱动的空气, 并且在相对端(800)上排出该被驱动的空气, 随着空气从所述一端(795)被驱动到所述相对端(800)时, 所述多个涡流室(874)产生涡流状空气流;

所述该多个涡流室(874)包括多个第一侧部(858),所述该多个第一侧部(858)具有内部肋(862),这些内部肋(862)布置成倾斜于空气流,所述多个第一侧部(858)的内部肋(862)的一部分相对于空气流的方向成正 β 角;

所述多个涡轮室(874)具有多个第二侧部(860),所述多个第二侧部(860)具有内部肋(864),这些肋布置成倾斜于空气流,所述多个第二侧部(860)的内部肋(864)的一部分相对于空气流的方向成负 β 角;

所述该多个第一和第二侧部(858、860)还包括多个第一和第二边缘(866、868),所述该多个第一边缘(866)是敞开的,而所述该多个第二边缘(868)是封闭的,及所述该多个第一边缘(866)布置成靠近所述底座(780),及

靠近所述该多个第一边缘(866)、在所述底座(780)处的局部冷却区域(810),该局部冷却区域提供了表面积增大的局部区域,从而提高了热量传递。

64. 如权利要求63所述的热交换器(230),其中,

所述多个平行冷却翅片(785)与所述多个涡轮室(874)的所述多个第一和第二侧部(858、860)成一体。

65. 一种提高用于如权利要求1所述的涡轮机系统(200)的热交换器(230)的热量传递特性的方法,它包括:

在热交换器的多个冷却翅片(785)的第一端(795)上接受被驱动的空气;

驱动空气通过该多个冷却翅片(785),从而把热量从高功率密度装置(220)传递到环境中;

借助采用下面这些方法中的至少一种使得随着空气流被驱动而通过多个冷却翅片(785)时得以扰乱:在该多个冷却翅片(785)中具有多个凹腔(805);在热交换器(230)的底座(780)上具有多个局部冷却区域(810),并且这些冷却区域位于多个冷却翅片(785)之间;及在该多个冷却翅片(785)之间具有多个涡流室(850、874),从而在该多个冷却翅片(785)之间产生涡流;及

在该多个冷却翅片(785)的第二端(800)上排出加热过的空气。

66. 如权利要求65所述的方法,其中,所述产生涡流还包括:

在多个冷却翅片（785）之间产生涡流，其中多个冷却翅片（785）与多个涡流室（850、874）成一体。

67. 如权利要求65所述的方法，还包括：

与在该多个冷却翅片（785）之间没有该多个涡流室（850、874）的相同热交换器（230）相比，使热交换器（230）的热量传递特性提高至少两倍，其中所述多个涡流室可以在该多个冷却翅片（785）之间产生涡流。

68. 一种用于如权利要求1所述的涡轮机系统（200）的过渡导管（950），它包括：

导管壳体（952），该壳体具有：第一端（954），该第一端具有第一流动区域（956），从而接受来自热交换器（230）的被驱动的空气，该热交换器（230）具有多个冷却翅片（785）；及第二端（958），它具有第二流动区域（960），以把被驱动的空气排出到涡轮机（300、405、505）中，所述导管壳体（952）限定出内部腔（962），该内部腔使所述第一流动区域（956）过渡到所述第二流动区域（960），及

在所述内部腔（962）中的多个流动控制翅片（964），该翅片构造成控制从所述第一流动区域（956）到所述第二流动区域（960）的流动区域变化。

69. 如权利要求68所述的过渡导管（950），其中，所述多个流动控制翅片（964）还包括：

多个第一端（966），它们布置在热交换器（230）的多个冷却翅片（785）的附近；及

多个第二端（968），它们向着所述过渡导管（950）的所述第二端（958）延伸，其中所述流动控制翅片（964）的所述多个第二端（968）的至少一个没有延伸到所述过渡导管（950）的所述第二端（958）中。

70. 如权利要求69所述的过渡导管（950），其中，所述多个流动控制翅片（964）的数目等于热交换器（230）的冷却翅片（785）的数目。

71. 一种用于如权利要求1所述的过渡导管（950）把强力流空气从具有第一流动区域（956）的区域输送到具有第二流动区域（960）的区域中的方法，其中所述第一流动区域（956）大于所述第二流动区域（960），该方法包括：

在具有第一流动区域（956）的所述过渡导管（950）的第一端（954）接受强力流空气；

在多个流动控制翅片（964）之间把强力流空气流分成一些独立的空气流通道；

使位于流动控制翅片（964）之间的强力流空气从第一流动区域（956）汇集到第二流动区域（960）中；及

在具有第二流动区域（960）的所述过渡导管（950）的第二端（958）上排出强力流空气。

用来冷却高功率密度装置的方法、系统和装置

技术领域

本发明总体上涉及一种高功率密度装置的冷却，本发明尤其涉及一种用来冷却高功率密度装置的涡轮机的使用。

背景技术

在设计使用了高功率密度电子装置的计算机服务器、军事电子设备、医学成像设备和其它系统时，明显要考虑高功率密度装置（HPDD）如高功率密度集成电路（IC）和中央处理单元（CPU）的冷却。这里所使用的术语HPDD指的是热量流超过100瓦每个平方厘米的热量产生装置。今天的趋势不仅要设计出计算速度和功率越来越大的电子系统，而且要设计出占地面积越来越小的电子系统，其最终结果是，在较小区域内产生了大量热量的HPDD需要散热以避免IC和CPU恶化。尽管今天电子系统的功率密度可以高达200瓦每平方厘米（W/sp-cm），但是在接下来的许多年中，这种趋势是向着800 W/sp-cm或者更大。除了产生热量之外，还一定得考虑封闭尺寸大小的限制。例如，今天的计算机服务器典型地采用了一些电路板，这些电路板安装在1.75英寸高度限制的壳体内，该壳体称为IU设备，其中多个电路板相互邻近地叠置在机柜底板（rack chassis）中。对于环境温度不大于120摄氏度和结合温度(junction temperature)限制为90摄氏度的典型电子元件，冷却系统被用来把HPDD的热量传递到周围环境中。目前所采用的典型冷却系统包括风扇、鼓风机、散热片和制冷系统，这些零件随着热传递要求的增大而增大了尺寸大小。但是，这种尺寸大小的增大与IU设备的设计目标相矛盾。

发明内容

在一个实施例中，用来冷却高功率密度装置的涡轮机系统包括：涡轮机，它构造成输送强力流冷却介质；及高功率密度装置，它布置成与涡轮机相液体连通，涡轮机具有马达和由马达驱动的压缩机。

在另一个实施例中，用来把强力流冷却介质输送到装置中的涡轮机包括：马达；压缩机，它由马达驱动，以压缩强力流冷却介质；壳体，它容纳马达、压缩机或者这两者；其中该壳体为强力流冷却介质提供通道。在壳体第一端处的入口接受强力流冷却介质，在壳体第二端处的出口排出强力流冷却介质。

在另一个实施例中，安装到表面上并用来冷却高功率密度装置的涡轮机模块包括：模块表面；涡轮机，它用来输送强力流空气；热交换器，它热耦合(thermally couple)到高功率密度装置上并且冷却它；及过渡导管，它布置在热交换器和涡轮机之间的中间处，用来把来自热交换器的空气流汇聚(funneling)到涡轮机中，涡轮机位于热交换器的下游处。涡轮机包括：马达；压缩机，它由马达来驱动，从而压缩强力流空气；及壳体。壳体容纳马达、压缩机或者这两者，并且为空气流提供通道。壳体包括：入口，它位于第一端以接受空气流；及出口，它位于第二端以排出空气流。

在另一个实施例中，一种用来冷却高功率密度装置的方法包括：以高的质量流速度把空气吸过热交换器；在涡轮压缩机中压缩空气；以及将加热过的空气排出到环境中。热交换器热耦合到高功率密度装置上，当空气通过热交换器时，该装置提高了空气温度。涡轮压缩机的总体尺寸大小不大于1.75英寸。

在另一个实施例中，一种将强力流冷却介质输送到高功率密度装置中的方法包括：在涡轮压缩机中压缩制冷剂，该压缩机的总体尺寸大小不大于1.75英寸；借助从制冷剂中除去热量来冷凝制冷剂；膨胀和蒸发制冷剂，从而产生冷表面，以冷却高功率密度装置；及使膨胀后的制冷剂返回到涡轮压缩机中，以重复闭环循环。

在另一个实施例中，用来把强力流冷却介质输送到装置中的微型涡轮压缩机包括：马达；第一级微型压缩机，它设置在马达的一端上；及第二级微型压缩机，它设置在马达的另一端上。

在另一个实施例中，用来把强力流冷却介质输送到装置中的微型涡轮压缩机包括一个或者多个马达和多个微型压缩机，这些压缩机设置在马达的相对端上，该多个微型压缩机布置成使空气通过马达定子的外表面。

在另一个实施例中，用来冷却高功率密度装置的热交换器包括：底座，用于将热交换器热耦合到高功率密度装置上；及多个平行的冷却翅

片，这些冷却翅片垂直于底座布置，从而在一端上接受被驱动的空气，而在相对端上排出被驱动的空气，这些冷却翅片具有多个凹腔。

在另一个实施例中，冷却高功率密度装置的热交换器包括：底座，用于将热交换器热耦合到高功率密度装置上；多个平行冷却翅片，它们垂直于底座布置，从而在一端接受被驱动的空气，并且在相对端上排出该被驱动的空气；及位于底座上的局部冷却区域，该区域位于冷却翅片之间，从而提供表面积增大的局部区域，来提高热量传递。

在另一个实施例中，用来冷却高功率密度装置的热交换器包括：底座，它通过热的方法把热交换器结合到高功率密度装置；及多个平行冷却翅片，它们布置成垂直于底座，从而在一端上接受被驱动的空气，并且在相对端上排出该被驱动的空气；及涡流室，它布置在冷却翅片之间，从而在冷却翅片之间驱动空气并且该空气通过涡流室时，产生涡流状空气流。

在另一个实施例中，用来冷却高功率密度装置的热交换器包括：底座，用于将热交换器热耦合到高功率密度装置上；及多个平行冷却翅片，它们垂直于底座布置，从而在一端上接受被驱动的空气，并且在相对端上排出该被驱动的空气；多个涡流室，它们布置在多个平行冷却翅片之间，从而在一端接受被驱动的空气，并且在相对端上排出该被驱动的空气，当空气从该一端驱动到该相对端时，该多个涡流室产生涡流状空气流。该多个涡流室包括：多个第一侧部，它们具有内部肋，这些内部肋布置成倾斜于空气流，其中一部分肋相对于空气流的方向成正 β 角；及多个第二侧部，它们具有内部肋，这些肋布置成倾斜于空气流，其中一部分肋相对于空气流的方向成负 β 角。该多个第一和第二侧部还包括多个第一和第二边缘，该多个第一边缘是敞开的，而该多个第二边缘是封闭的。该多个第一边缘靠近底座布置。靠近该多个第一边缘的底座的局部冷却区域提供了表面积增大的局部区域，从而提高了热量传递。

在另一个实施例中，一种提高冷却高功率密度装置的热交换器的热量传递特性的方法包括：在热交换器的多个冷却翅片的第一端上接受被驱动的空气；被驱动的空气通过该多个冷却翅片，从而把热量从高功率密度装置传递到环境中；借助采用下面这些方法中的至少一种使得在空气流被驱动以通过多个冷却翅片时扰乱该空气流：在该多个冷却翅片中具有多个凹腔；在热交换器的底座上具有多个局部冷却区域，并且这些冷却区域位于

多个冷却翅片之间；或者在该多个冷却翅片之间具有多个涡流室，用于在该多个冷却翅片之间产生涡流，并且在该多个冷却翅片的第二端上排出加热过的空气。

在另一个实施例中，涡轮机系统的过渡导管包括导管壳体，该壳体具有：第一端，该第一端具有第一流动区域，从而接受来自热交换器的被驱动的空气，该热交换器具有多个冷却翅片；及第二端，它具有第二流动区域，以把被驱动的空气排出到涡轮机中，导管壳体限定出内部腔，该内部腔使第一流动区域过渡到第二流动区域，在该内部腔中具有多个流动控制翅片，从而控制从第一流动区域到第二流动区域的流动区域变化。

在另一个实施例中，一种将强力流空气从具有第一流动区域的区域输送到具有第二流动区域的区域中的方法，其中第一流动区域大于第二流动区域，该方法包括：在具有第一流动区域的过渡导管的第一端接受强力流空气；在多个流动控制翅片之间把强力流空气分成一些独立的空气流通道；使位于流动控制翅片之间的强力流空气从第一流动区域汇集到第二流动区域中；及在具有第二流动区域的过渡导管的第二端上排出强力流空气。

附图说明

参照示例性附图，其中，相同元件在附图中用相同的附图标记表示。

图1示出了与本发明实施例一起使用的计算机服务器系统；

图2示出了本发明实施例的涡轮机系统的等比例视图；

图3示出了图2的系统的侧视图；

图4示出了本发明实施例的涡轮机；

图5示出了用在本发明实施例中的离心式压缩机；

图6示出了用在本发明实施例中的多轮轴向压缩机；

图7示出了图2和3的涡轮机系统的另一个实施例；

图8示出了图4的涡轮机的替换实施例；

图9示出了图2的涡轮机系统的替换实施例的等比例视图；

图10示出了图4的涡轮机的替换实施例；

图11总体上示出了用在本发明实施例中的冷凝器的剖视图；

图12示出了用来采用本发明实施例的过程；

图13和14示出了具有多级微型压缩机的本发明实施例；

图15和16示出了用在本发明实施例中的热交换器；

图17示出了图15的散热片的一部分的详细视图；

图18示出了图17的详细视图的、更加详细的视图；

图19和20示出了用在本发明实施例中的涡流室的分解等比例视图；

图21示出了本发明实施例的、作为涡流角的函数的平均热量传递系数提高量的图解图；

图22示出了用在本发明实施例中的热交换器和过渡导管的等比例视图；

图23示出了图22的热交换器和过渡导管的平面视图；

图24示出了一个以上的本发明实施例的、作为空气质量流动速度的函数的、质量流速度对流动面积的比率的图解图；

图25示出了用在本发明实施例中的流动导管的一部分；及

图26示出了图25的流动导管的壁厚的剖视图。

具体实施方式

本发明实施例提供了用来冷却高功率密度装置如高端集成电路（IC）的装置和方法，该高功率密度装置用在服务器计算机系统中，该系统使用了小型涡轮机如微型涡轮压缩机和强力流热交换器。涡轮机的尺寸大小适合于具有1.75英寸尺度限制的一些应用（IU应用）。尽管这里所描述的实施例把集成电路描述成示例的高功率密度装置，但是应该知道，所公开的本发明也可以应用到其它高功率密度装置如军用航空电子设备和医疗成像元件和设备中。

图1是使用了本发明实施例的计算机服务器系统100的示例性实施例，该系统100包括安装固定器110和多个系统电路板120，而每个电路板120具有涡轮机系统200，现在最好参见图2。

涡轮机系统200的实施例示出在图2中，该涡轮机系统200具有：安装表面210，该安装表面210可以是电路板120的一部分或者独立模块支撑结构；高功率密度装置（HPDD）（如集成电路）220（参见图3），它耦合到表面210上；涡轮机300，它耦合到表面210上，从而输送强力流空气（第一种冷却介质）；热交换器230，它热耦合到HPDD 220上；及过渡导

管240, 它布置在热交换器230和涡轮机300的中间处, 从而使空气流从热交换器230输送到涡轮机300中。这里所使用的术语强力流空气是指大约为150磅/小时(lbs/hr)或者更大的空气流, 这些在下面将更加详细地进行讨论。涡轮机系统200的整体尺寸D不大于1.75英寸, 因此适合于IU应用。在下面, 参照图22和23来讨论过渡导管240的另一个实施例。

热交换器230可以是适合于该应用的冷却要求的任何热交换器, 但是优选地, 它是这样的热交换器: 该交换器对污垢不敏感, 由此可以避免由于热交换器230中的过大压力降而导致涡轮机300失速, 这个将在下面参照图15-19来更加详细地讨论。在另一个实施例中, 热交换器230具有消声特性, 这种特性可以通过材料选择、材料沉积或者几何形状设计来实现, 这些将在下面参照图25来更加详细地讨论。

最好参见图4, 涡轮机300包括: 壳体305; 第一马达310, 它具有第一转子315和第一定子320; 可选的第二马达325, 它具有第二转子330和第二定子335; 压缩机340, 它由马达310、325来驱动, 用于随着空气在入口345处进入涡轮机300而压缩强力流空气; 及可选的膨胀涡轮350, 它由马达310、325来驱动, 从而在空气在出口355处从涡轮机300中排出时, 使强力流空气进行膨胀。在涡轮机300的入口端上可以具有可选的喷射器360, 从而控制入口345处的空气流。

优选地, 马达310、325具有磁力轴承或者其它非接触轴承方案, 因此减少了摩擦作用, 从而提高了整体效率, 减少热量产生, 减少磨损, 并且延长了使用寿命。

压缩机340可以是轴流式压缩机或者离心式压缩机, 并且可以布置成单轮压缩机或者多轮压缩机。图4示出了作为单轮轴流式压缩机的压缩机340, 而图5和6各自示出了离心式压缩机341和多轮轴向压缩机342。

在工作情况下, 涡轮机300从电线365中接受电力以给马达310、325通电。使用合适的电线连接装置(未示出)使电线365连接到系统100的电源130中。马达310、325以高速驱动压缩机340和可选的膨胀涡轮350, 例如该高速为大约50000转/分(RPM), 从而把空气吸入到入口345中, 在压缩机340处压缩空气, 沿着壳体305的长度驱动空气, 并且在膨胀涡轮350和出口355处, 可选地使空气膨胀并且排出该空气。当通过涡轮机300吸入强力流空气时, 也可以通过过渡导管240和热交换器230来吸入(参见图

2)，因此来自HPDD 220的热量通过热交换器230（参见图3）可以传递到环境中。图2所示的进入和排出气流箭头Fi、Fe示出了空气流的方向，它表明，涡轮机300位于HPDD 220和热交换器230的下游处，这可以避免马达310、325的热量对热交换器230的冷却性能产生负作用。但是，在合适的情况下，涡轮机300可以布置在HPDD 220和热交换器230的上游处，这可以通过使空气通过涡轮机300的流动反向来实现。壳体305布置成容纳压缩机340、马达310、325和可选的膨胀涡轮350，或者可以布置来只容纳压缩机340，这个在下面将更加详细地进行描述。表面210包括超过一个的HPDD 220，典型地具有许多电路元件，这些电路元件包括高功率密度装置和低功率密度装置。

根据系统冷却需要，由涡轮机300通过热交换器230吸入并通过出口355排出的空气可以从安装固定器110的内部或者外部的环境中吸入，并且可以排出到安装固定器110的内部或者外部的环境中。借助下面方法来实现交替空气流动的导管工作：把空气导管安装到可选风扇支架140的结构中，或者用合适的空气导管来代替可选的风扇支架140。

在采用了平行系统400的另一实施例中，如图7所示，涡轮机300由并联布置的两个涡轮机405、410来取代，过渡导管240由具有双出口420、425的过渡导管415来取代，该双出口420、425把强力流空气流输送到涡轮机405、410中。参见参照图22、23对过渡导管415的另一实施例来进行下面讨论。强力流空气流过热交换器230与上面描述的相类似。涡轮机405、410的工作和出口420、425的几何形状提供相同的空气流过每个涡轮机405、410。关于图2的单个涡轮机结构，可以估计到，在涡轮机300中需要直径为1.5英寸的、长度为1英寸的320瓦马达，以在马达速度为50000转/分（RPM）、压力比为1.04、压缩机效率为0.6及马达效率为0.8的情况下来输送0.1磅/秒（lbs/sec）的空气，而在图7的双涡轮机结构中，相同的总空气流量特性通过下面方法来实现：在这两个涡轮机405、410中的每一个中采用160瓦的马达。尽管两个结构的总功率需求相同，但是在这两个结构中的给定涡轮机的功率需求相差一个系数2：1，对于总体尺寸大小限制成不大于1.75英寸的涡轮机而言，这个系数已经是较大的了。

在采用了单一涡轮机300（如图2的涡轮机系统200中一样）或者平行涡轮机405、410（如图7的平行系统中一样）的另一个替换实施例中，布

置在热交换器230上游处的空气微粒离子发生器和布置在涡轮机300、405、410出口的下流处的空气微粒脱离子器用来对空气微粒进行电离和脱离子，从而防止微粒污染和提高系统的使用寿命。在进入到热交换器230和涡轮机300、405、410之前，空气微粒被电离从而防止微粒污染。在从涡轮机300、405、410中排出时，使空气微粒脱离子，从而中和空气微粒的电荷，以防止在系统100的电元件上形成静电。

在采用了涡轮机系统200的另一个实施例中，壳体305的出口355包括夹带喷嘴435，该喷嘴435具有辅助空气导管440，该导管440用来夹带环境空气445以提供辅助冷却空气流450，如图8所示。参照图8，图8示出了夹带喷嘴435的横剖视图，夹带喷嘴435的入口455安装到涡轮机300的出口355上，因此通过涡轮机300的空气流通过出口355进入到夹带喷嘴435的入口455中，并且离开排出口460，如排出流动箭头Fe所示一样。排出空气流Fe在夹带口465处产生吸入作用，该吸入作用使得环境空气455被吸入到辅助空气导管440中。辅助空气流470在内壁部分475处被分叉，从而产生了辅助排出空气流480和辅助冷却空气流450，该空气流480与排出流Fe相混合并且被排出，而空气流450如辅助冷却所需要的那样进行导向。夹带喷嘴435与涡轮机300的出口355形成一体，或者使用公知装置如螺栓、螺钉或者焊接来单独安装。

涡轮机系统200的另一个实施例示出在图9中，该系统200具有：安装表面210，该安装表面210是电路板120的一部分或者独立模块支撑结构；高功率密度装置（HPDD）（如集成电路）220，它连接到表面210上；及涡轮机500，它取代了图2的涡轮机300、热交换器230和过渡导管240。涡轮机500结合到表面210上并且输送强力流冷却空气（第一种冷却介质）和强力流制冷剂（第二种冷却介质），以冷却HPDD 220。此外，涡轮机500可以只输送强力流冷却空气或者强力流制冷剂，这个在下面将更加详细地描述。涡轮机系统200的整体尺寸大小D不大于1.75英寸，因此它适合于IU应用。在实施例中，涡轮机系统200与电路板120形成一体，该电路板120安装在图1所示的系统100的安装固定器110内。

现在最好参见图10，涡轮机500包括：第一涡轮机505；第二涡轮机510；冷凝器515；及膨胀器/蒸发器520。第一涡轮机505、冷凝器515和膨胀器/蒸发器520是闭环制冷循环（CLRC）525的零件。第一涡轮机505包

括：压缩机530；马达535，优选地，它具有磁力轴承；涡轮540；及可选喷射器545。马达535驱动压缩机530和涡轮540。膨胀器/蒸发器520由冷却板、热交换器或者这两者形成。第二涡轮机510包括涡轮风扇550和马达555，优选地，该马达555具有磁力轴承。壳体560包围着涡轮机500，以形成空气流动通道，从而给强力流空气流导向以流过冷凝器515和膨胀器/蒸发器520，这个在下面将更加详细地进行描述。

在工作情况下，第一涡轮机505进行工作从而驱动制冷剂通过CLRC 525，第二涡轮机510进行工作从而驱动强力流空气通过冷凝器515和蒸发器/膨胀器520。

在CLRC 525中，压缩机530压缩制冷剂气体以使制冷剂温度和压力升高。压缩机530通过总体上用标号525来表示的供给线路连接到冷凝器515中，该冷凝器515包括线圈570（参见图11），这些线圈允许热的制冷剂气体进行散热。借助整体上用标号565所示的、由第二涡轮机510的涡轮风扇550所产生的强力流空气流过冷凝器515来冷却线圈570。冷凝器515还包括热交换器230，该交换器连接到线圈570上，以提高热量传递。流过空气流动通道565的环境空气600通过冷凝器515的热交换器230，从而使热量传递到空气中，并且冷却制冷剂气体。加热过的空气602通过壳体560的出口620来排出。当制冷剂气体进行冷却时，它冷凝成高压下的制冷剂液体并且流入到膨胀器/蒸发器520中。膨胀器/蒸发器520包括膨胀装置，典型地，该膨胀装置是膨胀阀575如针阀。膨胀阀可借助控制系统580来控制，从而控制膨胀阀两端的制冷剂压力降，从而在CLRC525内提供控制的压力降，因此在起动时可以防止第一涡轮机505停止。当制冷剂液体流过膨胀阀575时，制冷剂液体从高压区域运动到低压区域，这使得制冷剂在膨胀器/蒸发器520内可以进行膨胀和蒸发，从而产生了制冷剂温度降。所减小的制冷剂温度用来冷却HPDD 220，这个在下面将更加详细地讨论。然后，制冷剂气体通过涡轮540和可选喷射器545而返回到压缩机530，在这里，CLRC 525重复进行。低压/低温制冷剂气体从涡轮540到喷射器545的另一个流动通道通过马达535，这使得马达535可以得到冷却，该流动通道整体上用标号590来表示。

可选的喷射器545用来使来自压缩机530的高压制冷剂与来自涡轮540的低压制冷剂进行混合，因此提高了通过压缩机530的质量流量，从而防

止压缩机停止。从压缩机530到喷射器545的高压流动通道总体上用标号585来表示。防止压缩机停车的另一种装置包括变速压缩机和用来控制变速压缩机的控制系统（参见图4的电线365）。

在一个实施例中，膨胀器/蒸发器520包括热交换器230（参见图2和11），该热交换器借助低温制冷剂来冷却。由第二涡轮机510来驱动的、通过膨胀器/蒸发器520的环境空气600借助热交换器来冷却。膨胀器/蒸发器520下游侧上的冷却空气605通过壳体560中的通道从涡轮机500中导出，并且被导向HPDD 220中，如图9和10所示一样。

在另一个实施例中，膨胀器/蒸发器520包括冷却板610，该冷却板借助低温制冷剂来冷却。通过热耦合到HPDD 220上的冷却板610冷却HPDD 220，因为高温HPDD 220把热量传递到冷却板610中。冷却板610可以设置在涡轮机500的壳体560内，如图10所示，或者在离涡轮机500的一个距离上通过供给线路615地设置在涡轮机系统200的表面210上，如图9所示一样。

在另一个实施例中，膨胀器/蒸发器520包括热交换器230和冷却板610，在这里，热交换器230设置在涡轮机500的壳体560内，而冷却板610设置在壳体560的外部、与涡轮机500相距一定距离。借助把膨胀器/蒸发器520分成两个不连续的零件，其中一个零件具有冷却板610零件，而第二个零件具有热交换器230零件，并且合适地确定涡轮机500的尺寸大小，那么借助冷却板610可以冷却HPDD 220，并且借助为此给来自热交换器230的冷却空气605进行导向来冷却电路板120上的辅助元件。由于可以理想地冷却HPDD 220，因此优选的是，CLRC 525首先把冷的制冷剂输送到冷却板610中，然后输送到热交换器230中，但是这种布置不是限制性的，而是也可以采用另外的制冷剂流动通道。还应该知道，这里所描述的冷却板610和热交换器230的相对位置不意味着是限制性的，而是适合于特殊冷却目的的任何布置仍然属于本发明的教导。

现在参照图2和9来看涡轮机系统200的模块化实施例，在这里，表面210在线650处被分成第一表面655和第二表面660。在第一模块化实施例中，第一表面655提供了涡轮机模块665，该模块665包括涡轮机300、热交换器230和过渡导管240，如上所述那样，参见图2。在第二模块化实施例中，第一表面655提供了涡轮机模块665，该模块包括涡轮机500、冷却板

610和供给线路615,如上面所述那样,参照图9。第二表面660整体上或者部分地表示电路板120,该电路板包括要冷却的HPDD 220。在图2的第一涡轮机模块665中,热交换器230悬于第一表面655的边缘650之上,因此可以使热交换器230热耦合到位于第二表面660上的HPDD 220上。此外,热交换器230可以是可独立应用的零件,该零件首先通过第一表面655热耦合到HPDD 220上,然后固定到第二表面660上,以致过渡导管240邻接热交换器230,从而以上述的方式进行工作。在图9的第二涡轮机模块665中,冷却板610通过柔性供给线路615而延伸超过第一表面655的边缘650,因此使冷却板610可以热耦合到第二表面660上的HPDD 220上。此外,冷却板610可以首先安装在第二表面660上或者安装在第二表面660内,并且通过第一表面655热耦合到HPDD 220上,然后固定到第二表面660上,这些供给线路615在分开线650上通过合适的连接器如插头或者焊接连接而连接在一起。借助任何合适固定装置如卡扣式连接器、插入式连接器、使用螺钉或者螺栓固定到每个表面655、660上的桥接带、或者胶粘装置(但是合适固定装置不局限于此),使第一和第二表面655、660固定在一起。图2或者图9的涡轮机模块665也适合于IU应用,在这里,尺寸大小D不大于1.75英寸。

涡轮机系统200包括各种控制电子件(参见图4中的电线365和图10中的控制系统580),从而可以控制涡轮机300、500,这些涡轮机300、500包括这些系统如马达310、325、变速压缩机530和膨胀阀575,但不局限于此。借助任何合适的装置可以把控制电子件结合到表面210中,该任何合适装置包括表面安装技术、胶粘剂和热邦定(bonding)(焊接、钎焊、热粘接剂、热塑熔化),但不局限于此。控制电子件还可以包括软起动器,从而可以控制涡轮机系统200的起动,因此在起动期间可以防止动力高峰或者停止。

涡轮机系统200所采用的冷却方法的实施例示出在图12中,该冷却方法用来冷却HPDD 220如集成电路。现在,参照图12,方法700开始于步骤705,在该步骤中,强力流空气(较高的质量流速率)被吸入到使用了微型涡轮压缩机340、530的涡轮机300、500中。如果冷却方法700使用空气作为冷却介质,那么沿着路径710。如果冷却方法700使用制冷剂作为冷却介质,那么沿着路径715。

现在参照处理路径710,强力流空气通过720热交换器230,该热交换

器230热耦合到HPDD 220上,从而当空气通过热交换器230中时提高了空气温度,把热量从HPDD 220传递到热交换器230中,然后传递到强力流空气中。然后在压缩机340中压缩725来自热交换器230的强力流空气,并且在涡轮机300的出口排出725。

现在参照处理路径715,首先在涡轮压缩机530中压缩730制冷剂。在离开压缩机530时,制冷剂流到735冷凝器515中或者可选地分成735两个流动路径,一个路径流入到冷凝器515中,而另一个路径流回到喷射器545中。借助系统设计和在设计中是否考虑涡轮机500的停止来确定包括返回到喷射器545中的可选流动路径的决定,来自压缩机530的辅助高压制冷剂通过喷射器545为压缩机530提供了增大的质量流。在冷凝器515中,借助从制冷剂中除去热量来冷凝740制冷剂,而借助下面讨论的强力流空气流来除去热量。在制冷剂冷凝之后,它流过膨胀器/蒸发器520,在那里,它膨胀和蒸发745成低温/低压气体,低温/低压制冷剂气体通过冷却板610用来冷却HPDD 220,这个上面已讨论过,或者通过强力流空气流来冷却HPDD 220,这个在下面将讨论。低压制冷剂气体返回750到压缩机530中以开始循环。低压制冷剂气体到压缩机530的返回路径可以通过涡轮机505的马达535,因此马达535被冷却了。如果采用了喷射器545,那么低压制冷剂气体返回750到喷射器545中,在那里,在开始该循环之前,它与来自压缩机530的高压制冷剂气体进行混合。与制冷循环相平行地,第二涡轮机510在冷凝器515中产生755、760第一强力流空气流,并且在膨胀器/蒸发器520上产生第二强力流空气流。在具有与热交换器230相类似的热交换器的冷凝器515处,热量从制冷剂通过热交换器传递到755第一强力流空气流中。然后,通过壳体560的出口620排出755加热过的空气。在包括线圈570和可以包括热交换器230的膨胀器/蒸发器520处,热量从第二强力流空气流通过线圈570和热交换器230传递到制冷剂中。然后排出760冷却过的空气以冷却HPDD 220或者电路板120上的其它低功率密度装置,如图9所示一样。

现在,参照图13和14,涡轮机300描绘成微型涡轮压缩机,该压缩机包括:马达312;第一级微型压缩机342,它具有第一级压缩叶片370,并且设置在马达312的一端上;及第二微型压缩机343,它具有第二级压缩机叶片375并且设置在马达312的另一端上。第一和第二级微型压缩机342、

343与马达312形成一体，因此提供紧凑的微型涡轮机系统。为了提高马达312的冷却，在马达312的定子的外表面上机加工出冷却翅片380，冷却翅片380从马达312的一端延伸到另一端。第一和第二级微型压缩机342、343布置成具有合适的直径和空气流动型面，从而在冷却翅片380之间分别驱动和吸引空气。冷却翅片380典型地是非线性几何形状，通常地具有曲线外形，从而提高冷却。尽管图13和14只示出了一个马达312和两个微型压缩机342、343，但是替换布置可以由图4所示的多个马达和多个微型压缩机来构成。

现在，参照图15-17，强力流/低压降热交换器230描绘成具有各种热量交换提高特征。热交换器230包括：底座278，用于将热交换器230热耦合到HPDD 220上，如图3所示；及多个平行的冷却翅片785，这些冷却翅片垂直于底座780布置，从而接受空气，该空气用箭头790来表示并且在热交换器230的一端795处由涡轮机300来驱动，在热交换器230的相对端800处排出该空气。

借助布置在冷却翅片785上的多个凹口805或者布置在底座780上的凹口806来提供第一热量交换提高特征，从而提高冷却翅片785的效果，术语凹口805、806指的是凹陷、凹槽、微凹或者类似形状，它用来产生涡流，这些涡流提高了热量混合和热量传递。尽管在一个实施例中一些凹口由通孔形成，但是例如与一些微凹口相比，有效热量传递减小了。凹口805的形状典型地是半球形或者颠倒的截锥形。在另一个实施例中，凹口805的形状是整个半球的任何部分。在一些实施例中，凹口805设置在上述冷却翅片785或者一部分的冷却翅片785上。凹口805以下面这样的型面形成在上述表面上，该型面用来提高冷却翅片785的热量传递。凹口805、806的工作方式通常描述成提高空气流和冷却翅片785之间的相互作用，从而与没有凹口5的冷却翅片785相比，提高了热量传递。此外，由于相对于没有凹口的表面提高了表面积，因此提高了空气流和每个相应凹口之间的热相互作用，每个相应腔的形状使得表面积增大了。这样，空气流与增大的表面积相互作用，因此使从冷却翅片785中除去热量传递得到了提高。给定的一个凹口805的深度“Y”（参见图17、18）典型地在冷却翅片785的长度“L”上保持不变，但不必如此。深度“Y”（参见图17、18）通常处于大约0.10到大约0.5倍的凹腔表面直径d的范围内。此外，凹口805的深

度“Y”处于大约0.002英寸到大约0.125英寸之间的范围内。凹口805的中心对中心的空间“X”（参见图17、18）通常处于大约1.1到大约2倍的凹口805的表面直径d的范围内。在一个实施例中，凹口805典型地通过使用脉冲电化学机加工（PECM）过程来形成。在另一个实施例中，凹口805典型地通过使用电子放电机加工（EDM）过程来形成。

借助设置在底座780中的局部冷却区域810来提供第二热交换提高特征，该局部冷却区域借助分立的粗糙元件来提供，其中粗糙元件粘附（例如，使用钎焊或者胶粘剂）到底座780上，该底座780局部地提高了表面积，或者使用机械方法（蚀刻、机加工、脉冲电子放电机加工，或者屏蔽电极）来提供，这种机械方法增大了表面纹理（即表面粗糙度），从而提高了表面积热量传递。局部冷却区域810可以用在底座780的预定位置上，在那里，底座780邻接分立的电路元件，这些电路元件产生了过量的热量，并且在底座780上产生热点。尽管在图15的冷却翅片785上只示出了一些凹口805，并且在图15的底座780上只示出了一个局部冷却区域810，但是应该知道，图15中所示出的示图只是示例性的，在任何布置中具有任何数目的凹口805或者在底座780上的任何位置上具有任何数目的局部冷却区域801，都落入本发明的范围内。

图15-17所示的第三热交换器提高特征是通过热交换器230的涡流空气流，该热交换器使用了涡流技术来更加有效地把来自底座和冷却翅片780、785的热量传递到环境中，该底座热耦合到HPDD 220上。图15示出了涡流室850，该涡流室850将在下面参照图19来更加详细地讨论，该涡流室设置在冷却翅片785之间并且热耦合到底座780上。图16示出了多个涡流室850，这些涡流室布置成相互平行，并且每个涡流室热耦合到底座780上。在图16中，涡流室850的侧部852和冷却翅片785相互形成一体，这些侧部852起着冷却翅片785的作用。涡流室850的侧部852包括凹口805，从而提高了热量传递，这个在上面已讨论过。空气流790在第一端854处进入涡流室840，并且在涡流室850的第二端856排出。涡流室850可以由具有合适热量传递性能的任何材料如铝、锌合金、铜合金或者具有热量传递添加剂的模制材料来机加工、铸造或者模制出来。

现在，参照图19，它示出了涡流室850的实施例的分解放大图，该涡流室850具有第一和第二端854、856、第一和第二侧部858、860、各自位

于第一和第二侧部858、860上的内部肋862、864、第一和第二边缘866、868和凹口805，这些凹口只示出在第一侧部858上，但是应该知道，在第二侧部860上也可以具有一些凹口805。在第一端854上接受空气流790，而在第二端856上排出空气流。内部肋862布置成倾斜的，即从给定直线偏离以碰撞空气流790（X方向870），并且相对于X方向870成正的 β 角。内部肋864也布置成倾斜于X方向，但是相对于X方向870成负的 β 角。肋862和864之间的坡口角度是2倍的 β 角（ 2β ）。应该知道，尽管内部肋862、864通常各自是正 β 角和负 β 角的直肋，但是也可以采用弯曲肋，在这种弯曲肋中，只有一部分的内部肋862、864各自布置成正 β 角和负 β 角。还应该知道，内部肋862、864各自不必处于相同的正 β 角和负 β 角。肋862、864的主要功能是把转弯区域815处的空气流从一组通道（位于肋862、864之间）重新导向到其它通道中，在这样做时，产生提高的热量传递。为了实现这个，几何形状如此布置，以致位于肋862、864之间的通道与转弯区域815中的敞开区域相重叠（参见图20）。

与没有转弯区域的传统热交换器相比，转弯区域815用来局部地提高从热交换器230的底座780的热量传递。应该知道，用来提高热量传递的转弯区域815的数目留给本领域技术人员根据预定设计要求如热量传递率和依赖于HPDD 220的位置上的热梯度均匀性来确定，其中HPDD 220热耦合到底座780上。还留给本领域技术人员的是，转弯区域815在第一和第二侧部858、860的第一边缘866处（及在第二边缘868，尽管没有示出）的总体宽度和长度，及通道尺寸大小和肋862、864的尺寸大小和形状。

在装配好的状态下，第一和第二侧部858、860相互邻接，以致内部肋862、864相互接近。使用公知装置如固定器、机械或者卡扣安装、或者热的或者化学结合，使第一和第二侧部858、860结合起来。此外，借助底座780、冷却翅片785或者这两者的偏移（未示出），使第一和第二侧部858、860在热交换器230中的定位得到保持。第一和第二侧部858、860的第一端854包括圆形边缘872，从而减少了进入压力损失，这就减少了噪声并且改善了空气流动从而使压力降更小。根据热交换器230的理想冷却特性，内部肋862、864的端部可以对准或者可以不对准。

当空气流790撞击第一端854时，它面对着具有相对倾斜角度的内部肋862、864。受到内部肋862影响的空气流沿着正 β 方向导引，同时受到内部

肋864影响的空气流沿着负 β 方向导引。从第一侧部858到第二侧部860的过渡部分使得涡流室850内的空气流改变方向，反之亦然，从而产生了涡流。

现在，参照图20，尽管第二边缘868保持封闭，但是涡流室874的另一个实施例描绘成使第一边缘866敞开。在装配好的状态下，第一边缘866布置成靠近底座780，而第二边缘868远离底座780。在图20的布置中，流过涡流室874的涡流空气流可以撞击底座780，因此提高了从底座78到环境的热量传递。涡流室874也描绘成一些凹腔805位于第二侧部860上，如上述那样。

示出在图17和18中的涡流室850、874包括内部肋862、864，这些内部肋各自具有正 β 角和负 β 角，这些角度的值从等于或者大于大约15度改变到等于或者小于大约60度，最好如现在参照图21所示的曲线图900所看到一样。从大约15度到大约60度的 β 角使得第一侧内部肋862相对于第二侧内部肋864以大约30度到大约120度的角度进行设置。在没有脱离本发明范围的情况下， β 角可以从所述尺寸大小进行稍稍改变以适应误差。曲线图900示出了对于窄涡流通道的915和宽涡流通道的920及不同雷诺数（ Re 等于33000（标号925）和77000（标号930））的平均热量传递系数（HTC）提高量905和涡流角度（ β ）910之间关系。如所看到的一样， β 角910的增大量总体上导致平均HTC提高量905的提高。但是，在宽的涡流室920内，在 $Re=33000$ （925）时，经历紊流。在窄的涡流室915中，或者在 $Re=77000$ （930）中，随着 β 角910增大，始终经历提高的平均HTC提高量905。窄的涡流室915相对于宽的涡流室920是优选的，因为窄的涡流室非常适合于吸热设备的几何形状和尺寸大小，在那里，采用了许多冷却翅片。与没有涡流室的相同热交换器相比，发现使用涡流 β 角等于或者大于大约30且等于或者小于大约50度的涡流室（窄的涡流室和宽的涡流室）可以提高平均HTC 2-3.5倍之间。优选的 β 角为大约45度。大于大约45度的 β 角如大约50度可以提高平均热量传递系数，如图21所示一样，但是涡流室850将承受更大的压力损失，因此建立了本领域技术人员的设计折衷方法。例如，在大约720lbs/hr的大空气流动速度下，具有涡流室850的热交换器230的实施例可以产生10%压力降。因此，为了抵销由于720lbs/hr的流动速度而产生的压力降，因此需要减少涡流室850中的 β 角。

涡流室850的实施例在肋862、864之间为每个侧部858、860提供至少三个各自成角度的流动通道876，但是可以具有多达10个通道，所有这些通道在边缘866、868处进行转弯，从而使流动改道到其它壁。应该知道，尽管图20所示的转弯区域815只示出在第一边缘866上，但是转弯区域815也可以用在第二边缘868上。每个通道876的优选高度对宽度（图6中的“H”和“W”）比率是1.0，但是这种长宽比率的范围可以是0.5到2。因此，每个通道876的尺寸大小与涡流室850中的通道数目、冷却翅片785（涡流室的分隔壁）的数目和整个热交换器230的总体尺寸大小相匹配。借助例子但不是限制性的，具有5个冷却板785的热交换器230可以安装4个涡流室850，每个室由具有一些流动通道876的两个相对侧壁858、860来形成。如果位于冷却翅片785之间的距离是1英寸，那么每个流动通道876的高度为大约0.5英寸。如果整个热交换器230的高度为1.75英寸并且流动通道876的数目是4，那么每个通道的宽度在它的入口平面上为大约0.4英寸。如果通道角度 β 为大约30度，那么通过流动所看到的通道宽度为大约0.35英寸，从而使得通道长宽比率为大约1.4。

现在，参照图22和23，它们示出了过渡导管240、415的另一个实施例。尽管另一个实施例的过渡导管950更加类似于过渡导管240，但是应该知道，在下文中所公开的相同原理也可以应用到过渡导管415中。

过渡导管950包括：导管壳体952，它具有第一端954，该第一端具有第一流动区域956，从而接受来自热交换器230中的驱动空气，该热交换器230具有多个冷却翅片785；及第二端958，它具有第二流动区域960，以将驱动空气排出到涡轮机300（图2-4所示）中。第一流动区域956的例子是2.75平方英寸，第一流动区域956小于4平方英寸的伸出面积，从而占有冷却翅片785的厚度。第二流动区域960的例子是1平方英寸。尽管仍然适合于IU应用，那么也可以采用其它流动区域。导管壳体952的内部是空腔962，该空腔从具有第一流动区域956的几何形状过渡到具有第二流动区域960的几何形状。在空腔962中具有多个流动控制翅片964，用来使流动区域从第一流动区域956改变到第二流动区域960。流动控制翅片964具有：第一端966，它们布置成靠近热交换器230的冷却翅片956；及第二端968，它们延伸到过渡导管950的第二端958中。尽管一些流动控制翅片964一路上延伸到第二端958中，但是优选的是，至少一些流动控制翅片964不是一

路上延伸到第二端958，这就在过渡导管950上产生了较小的流动收缩和较小的压力降。过渡导管950中的流动控制翅片964的数目可以等于或者小于热交换器230上的冷却翅片785的数目，而流动控制翅片964的实际数目由涡轮机系统200的理想热传导特性和理想压力降特性来确定。

当在过渡导管950的第一端954处接受强力流空气流790时，借助流动控制翅片964的第一端966使它分成一些独立的流动通道。然后，使分开的空气流从第一流动区域956向着第二流动区域960集中，在那里，它借助邻近的空气流接合在位于流动控制翅片964第二端968的邻近流动通道中。然后，在过渡导管950的第二端958处排出重新汇合起来的空气流，从而进入到涡轮机300中。

在示例性实施例中，由涡轮机300所驱动的、通过热交换器230的空气质量流速度为大约150-360磅每小时 (lbs/hr)，并且通过热交换器230的流动速度为2.75平方英寸 (sq-in) (在上面讨论过)，从而产生了54.5lbs/hr/sq-in到130.9lbs/hr/sq-in的质量流量对流动面积比。在另一个示例性实施例中，质量流量对流动面积比为54.5lbs/hr/sq-in (如上所述那样) 到90.9lbs/hr/sq-in (通过2.75sq-in流动面积的250lbs/hr空气大流量速度)。任何上述过渡导管240、415、950都可以应用这种示例性大流量对流动面积比率。应该知道，上述2.75sq-in的流动面积只是示例性的，而不是以任何方式来进行限制的，现在最好参见图24来看。图24的曲线图820示出了对于从1sq-in到4sq-in 830-836的不同流动面积826 (单位为sq-in (in^2)) 而言质量流量对流动面积比 (大流量-面积比率) 822 (单位为lbs/sec/sq-in) 作为空气质量流量824的函数 (单位为lbs/sec)。如所示出的一样，质量流量对流动面积比率为从在4sq-in的流动面积下的0.005lbs/sec/sq-in (18lbs/hr/sq-in) 到在1sq-in的流动面积下的0.04lbs/sec/sq-in (144lbs/hr/sq-in)。因此，可以应用到本发明实施例中的、质量流量对流量面积比率的这种范围被描绘成从18-144 lbs/hr/sq-in。

在本发明的实施例中，过渡导管240、415、950和排出导管的内表面如出口355和夹带喷嘴435或者冷却翅片785的露出表面可以通过来吸音材料来进行处理，从而提供消音特性，如图25所示一样。尽管附图25示出了流动导管980的一部分，但是应该知道，图25的教导同样可以应用到其它表面中，例如可以应用到热交换器的冷却翅片中，在那里，可以理想地消

音。所示出的流动导管980具有壁厚“dr”，该壁厚被描绘成图26横剖视图中的壁部分985。壁部分985由内壁990、块状吸收器992和外壁994形成，而块状吸收器992设置在内壁和外部990、994之间。外壁994是功能结构，并且典型地由固体材料如金属来形成，内壁990是多孔材料如陶瓷或者烧结金属，例如这些多孔材料的孔隙率为大约20%到大约60%，块状吸收器992由消音材料如聚对苯对苯二亚甲酰胺（poly-paraphenylene terephthalamide）（来自DuPont的Kevlar®）或者玻璃纤维来构成。此外，块状吸收器992可以由具有这样孔眼大小的蜂窝结构来形成，该尺寸大小被调整成吸收特定频率。当具有紊流成分的空气流982通过流动导管980并且通过内壁990的表面时，它产生了声波，这些声波撞击在内壁990的多孔表面上。尽管这些声波中的一部分可以被反射回来，但是它们中的一部分通过内壁990的多孔表面，并通过块状吸收器992来吸收，从而减少了涡轮机系统200的工作噪声。

尽管参照示例性实施例来描述了本发明，但是本领域普通技术人员应该知道，在没有脱离本发明范围的情况下，一些元件可以进行各种改变和进行等同替换。此外，在没有脱离本发明的实质范围的情况下可以进行许多改进来使特殊情况或者材料适应于本发明的教导。因此，本发明不局限于作为实现本发明的最好方式来公开的具体实施例，本发明而是包括落入附加权利要求范围内的所有实施例。而且，术语第一、第二等的使用不表示任何顺序或者重要性，而是，术语第一、第二等用来使一个元件与另一个元件相互区别开来。

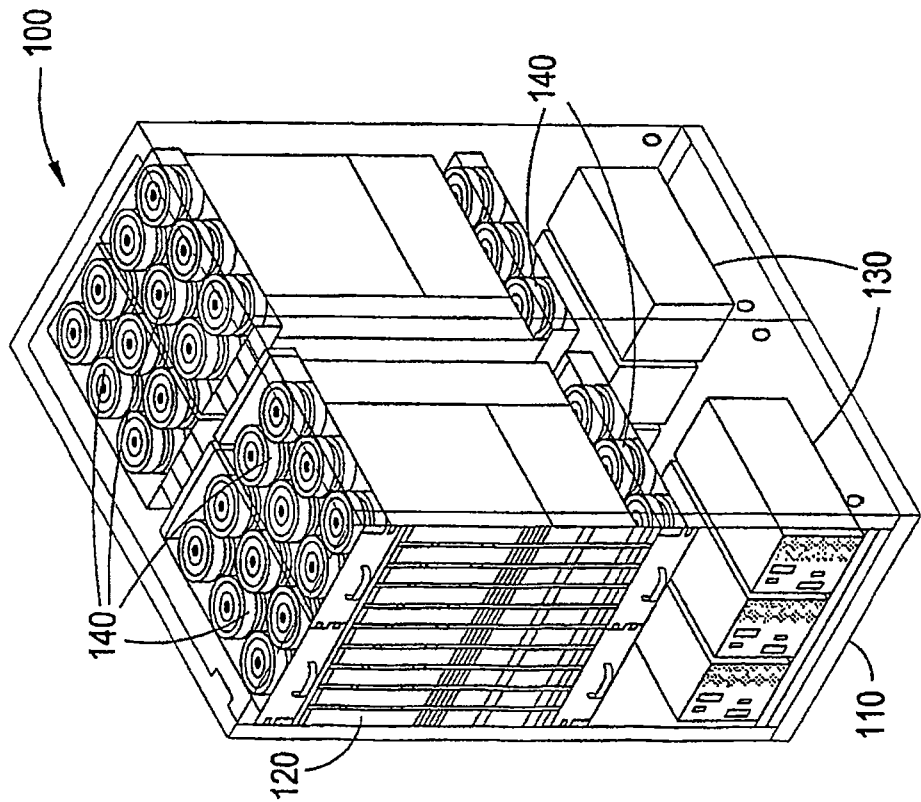


图 1

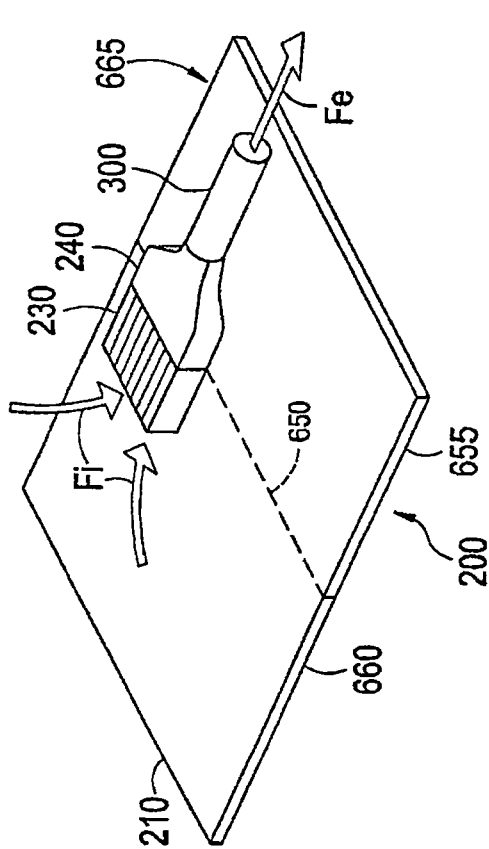


图 2

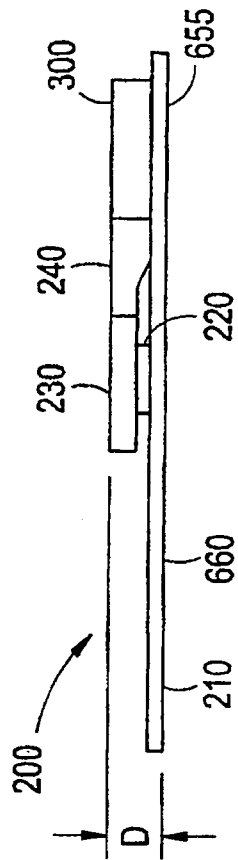


图 3

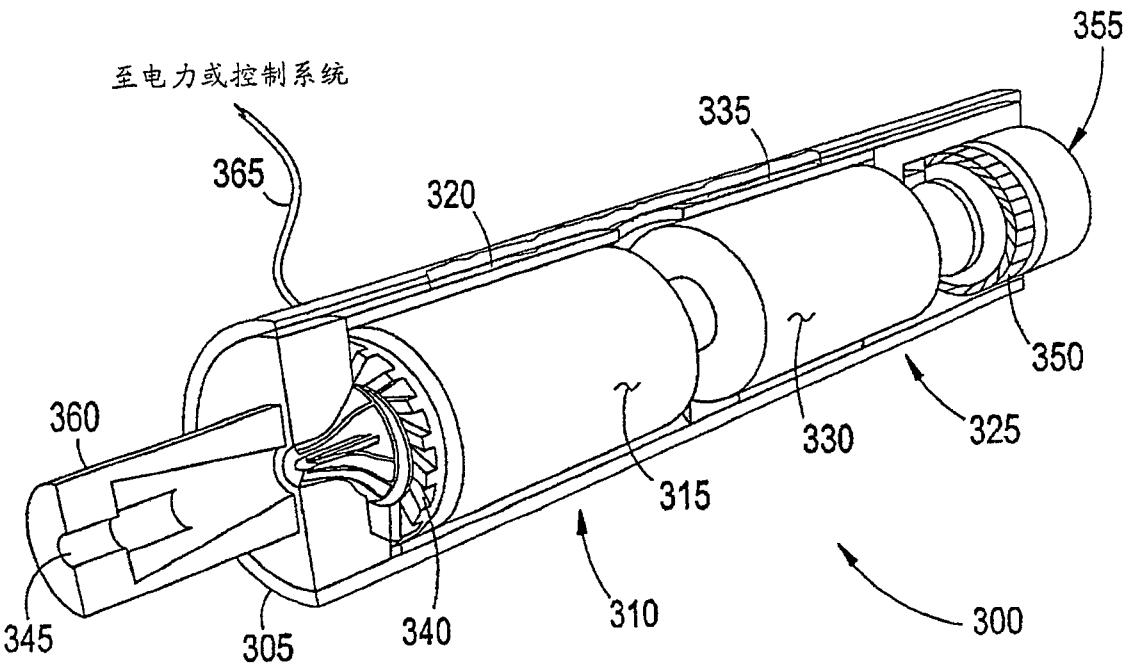


图 4

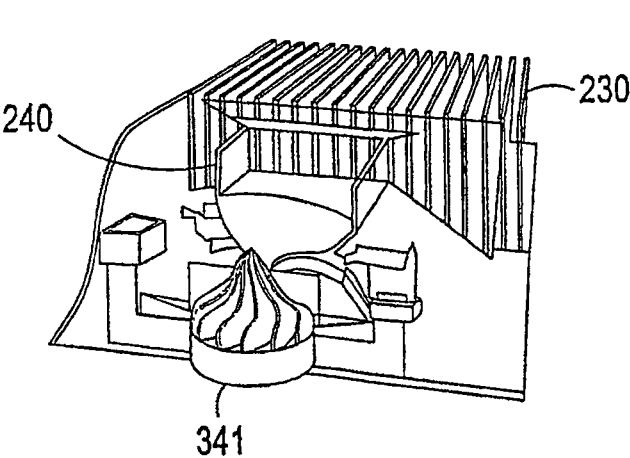


图 5

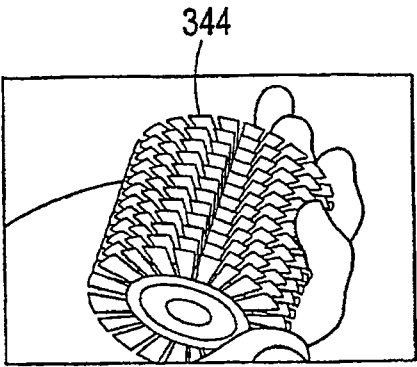


图 6

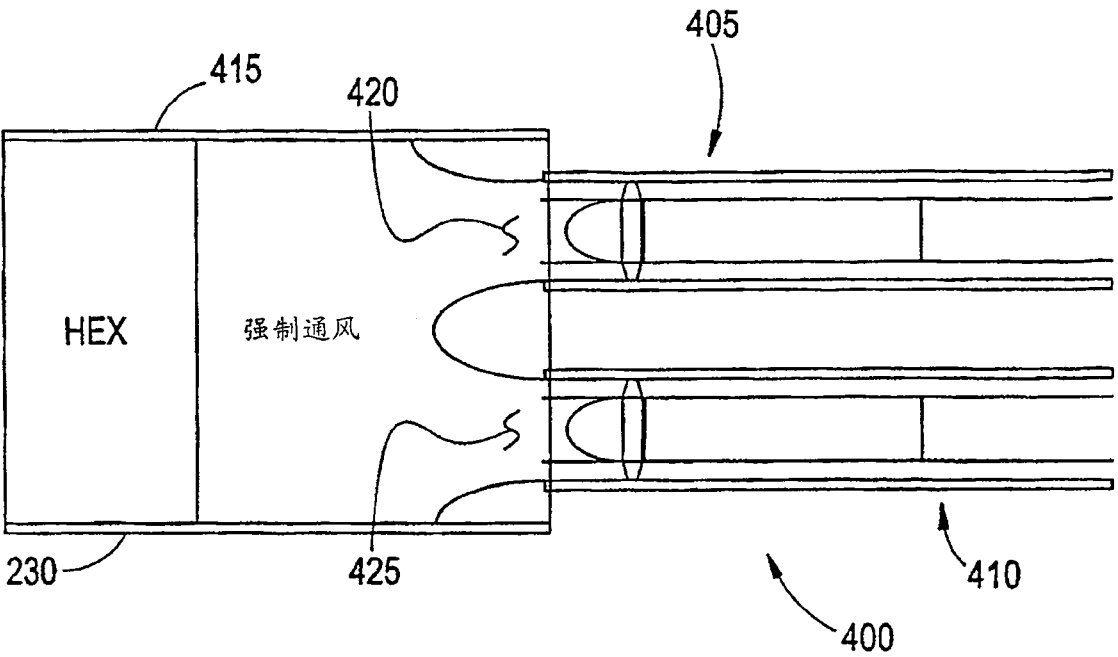


图 7

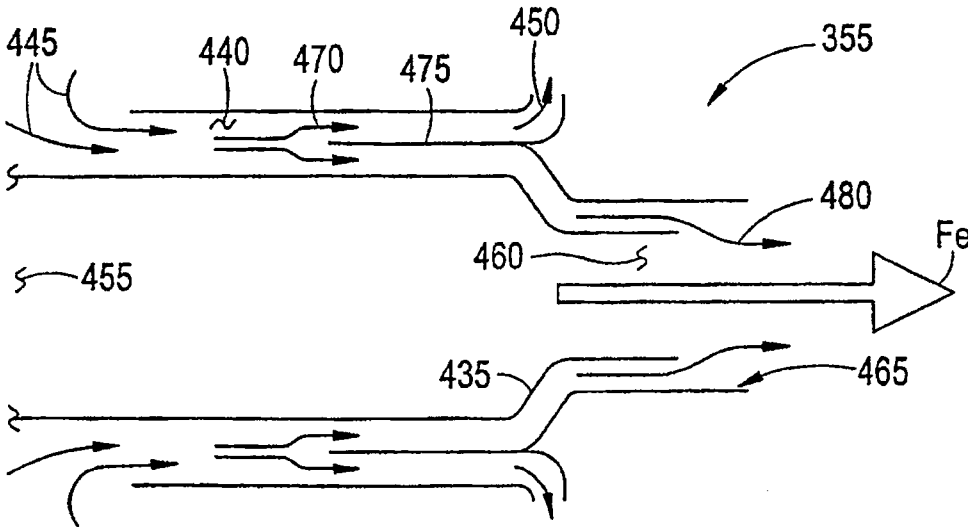


图 8

图 9

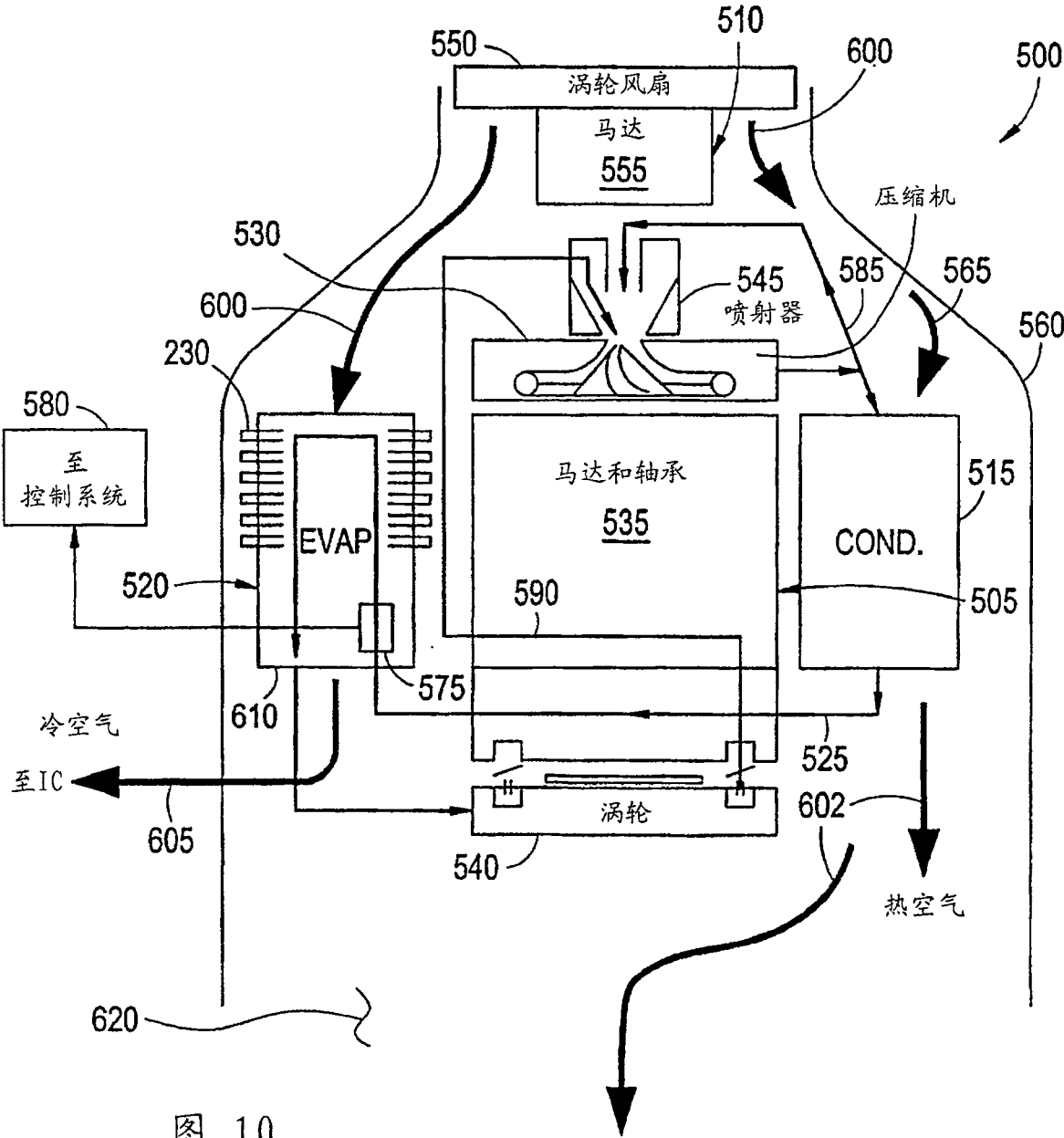
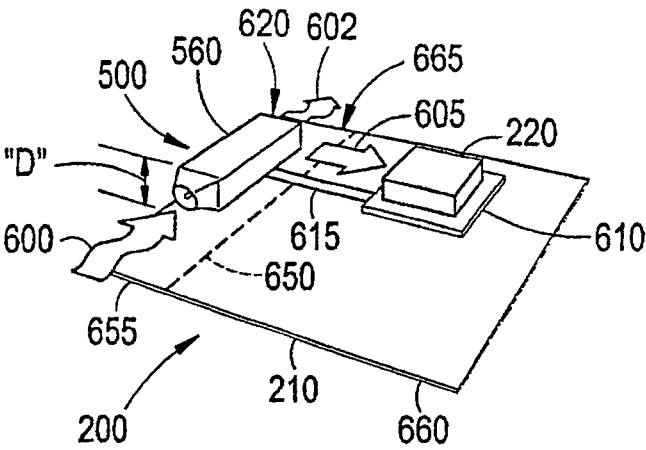


图 10

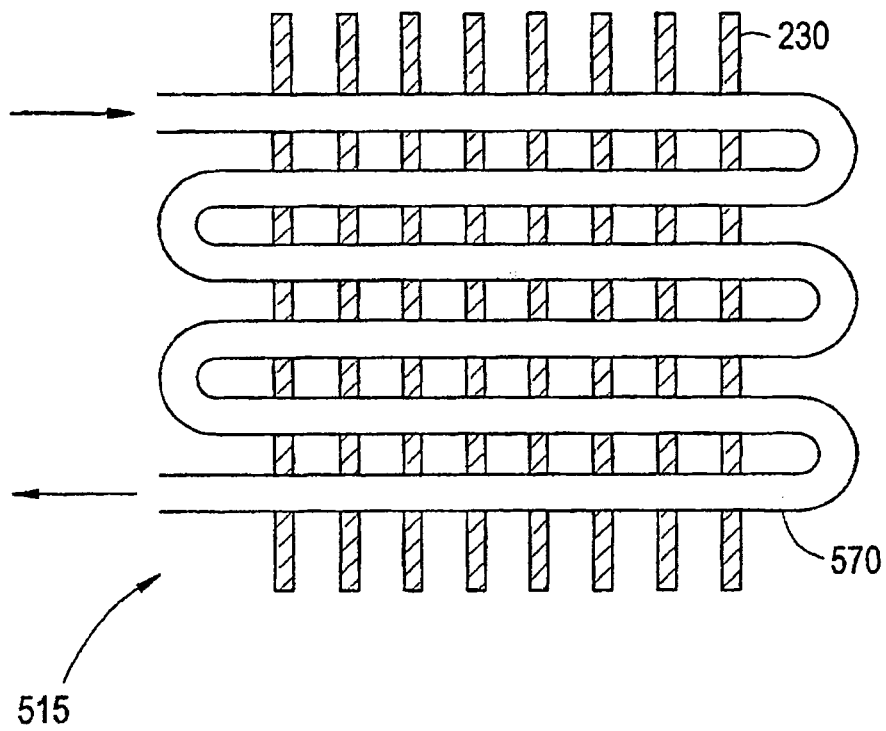


图 11

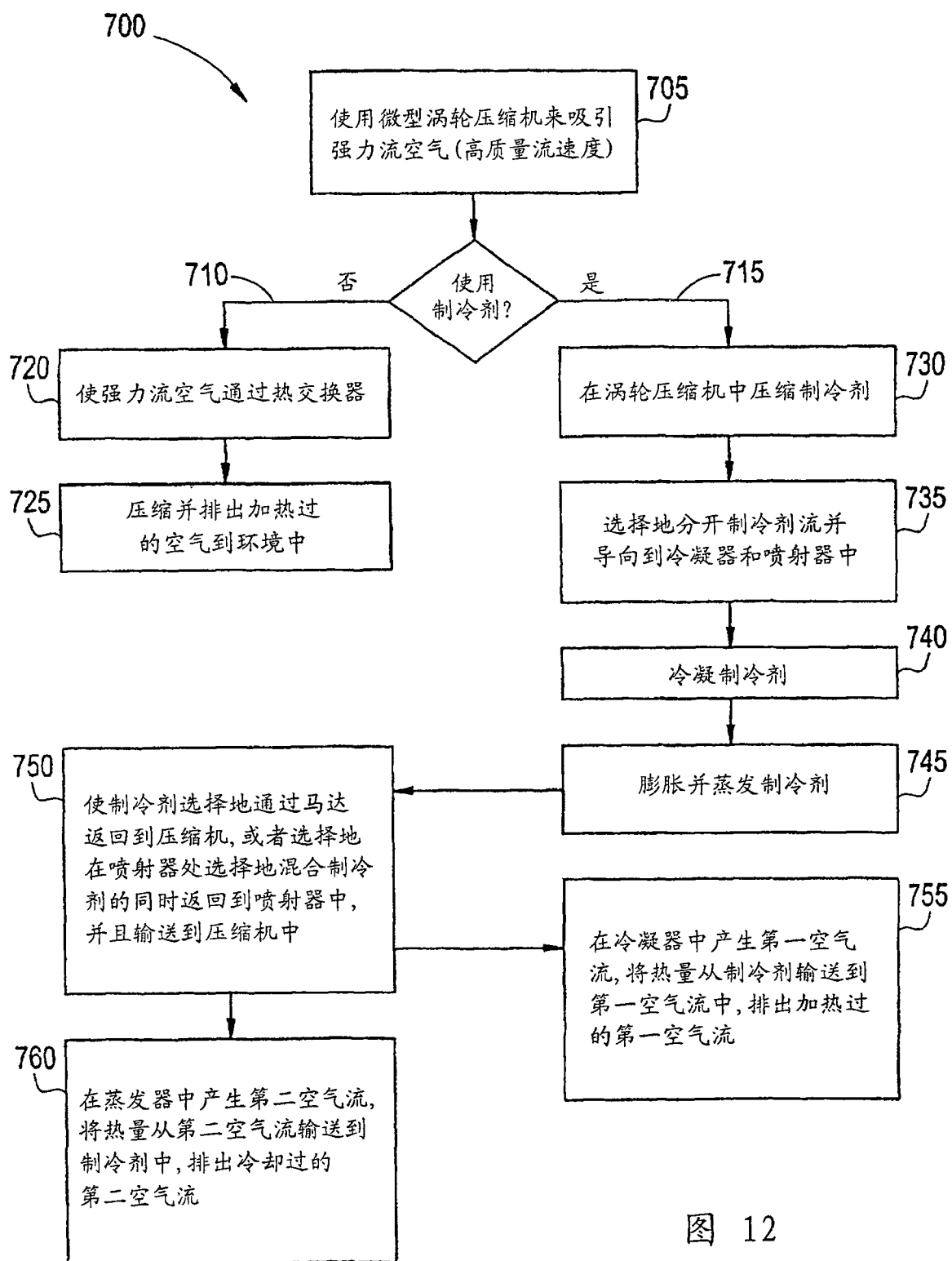


图 12

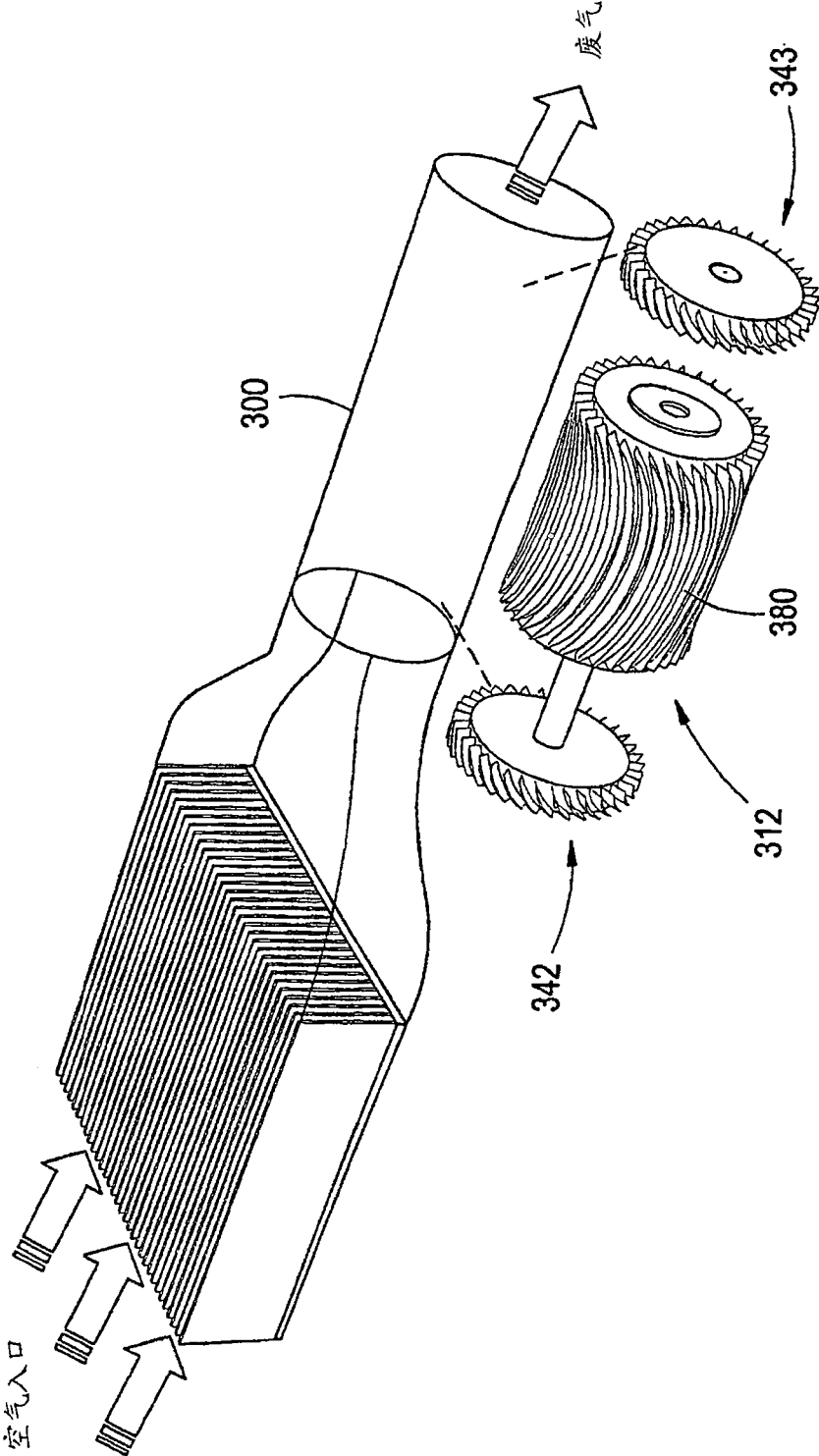


图 13

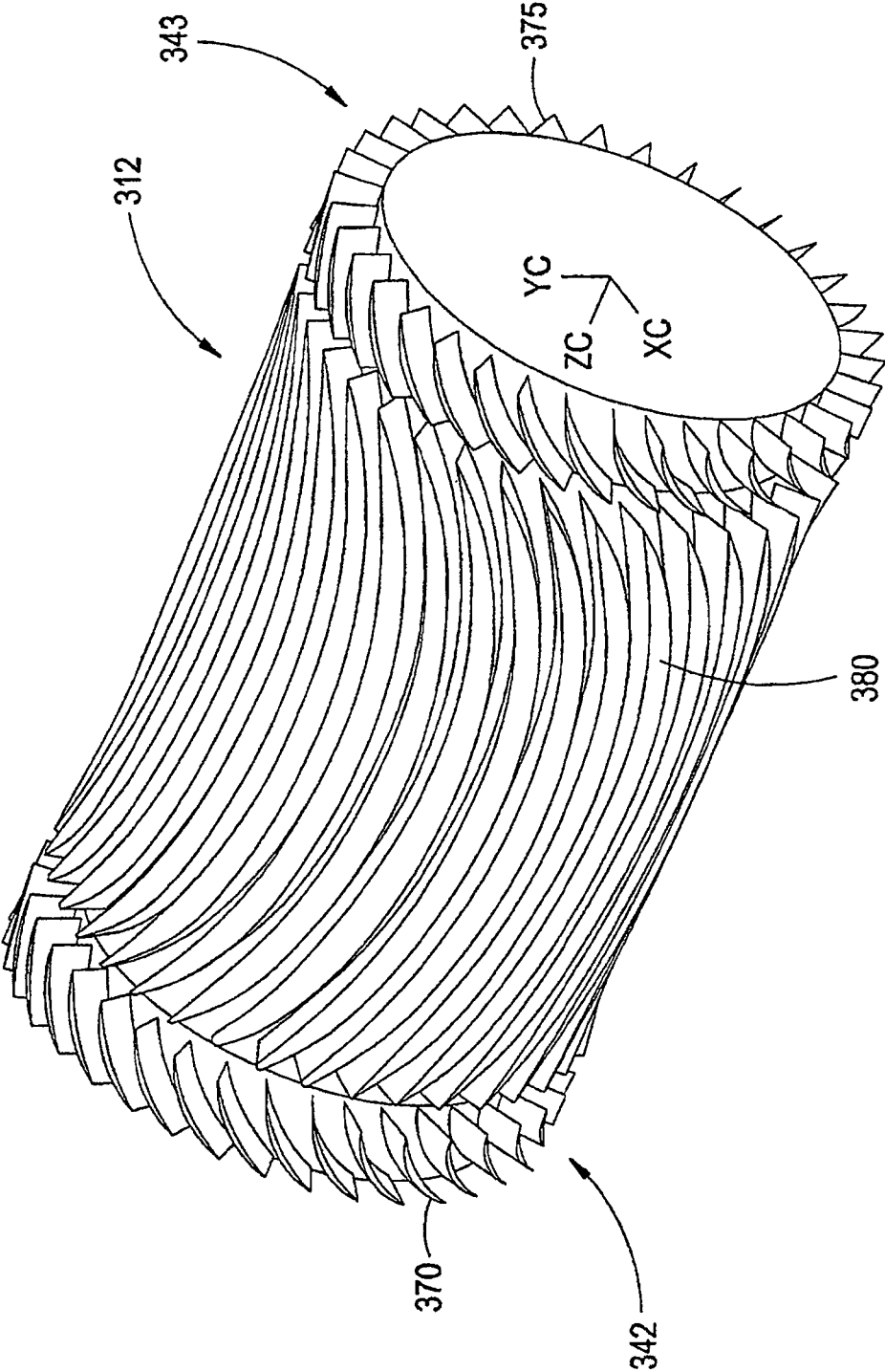


图 14

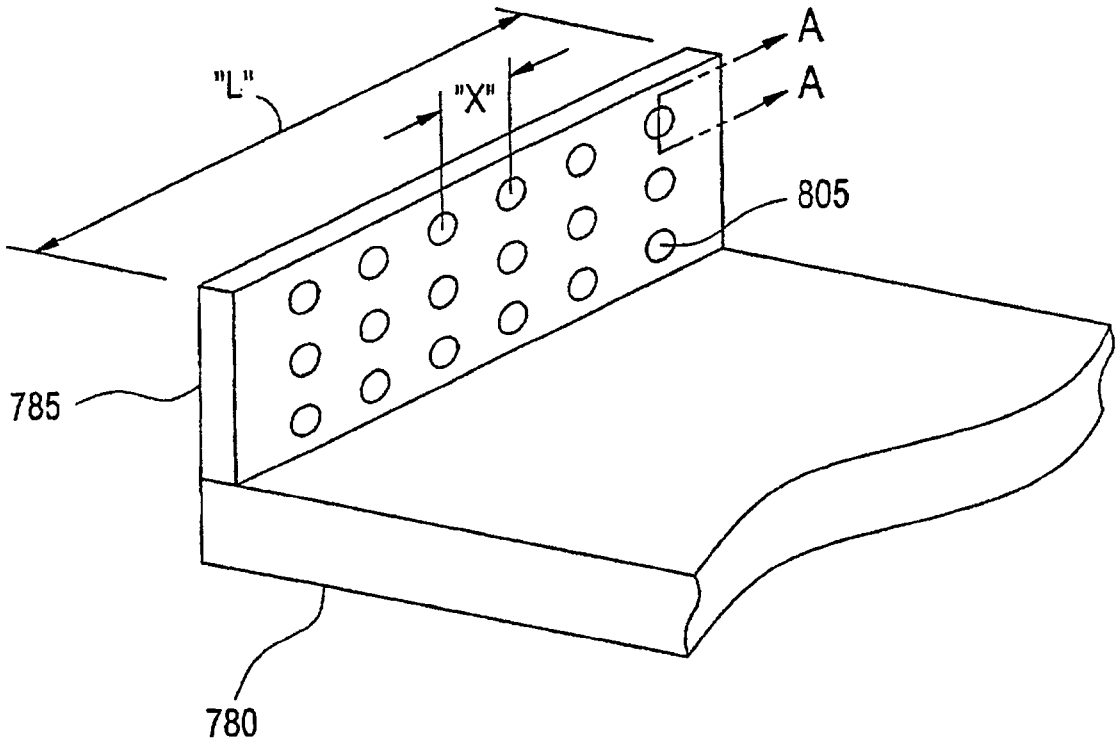


图 17

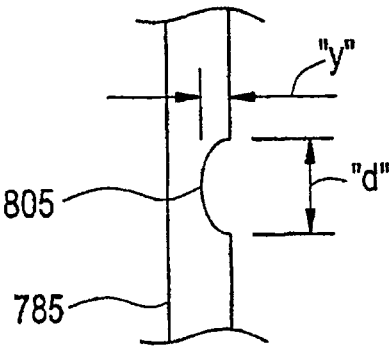


图 18

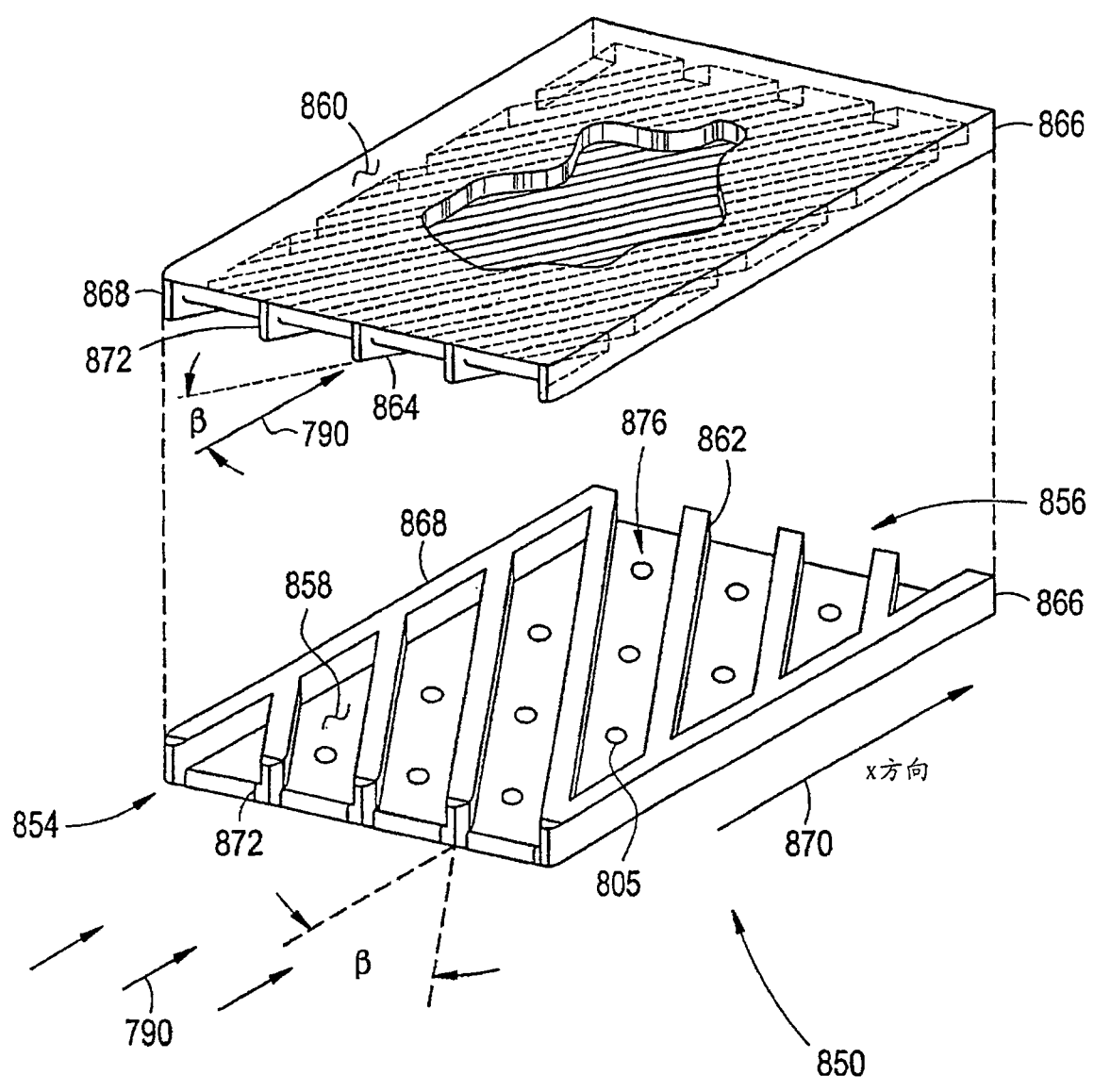


图 19

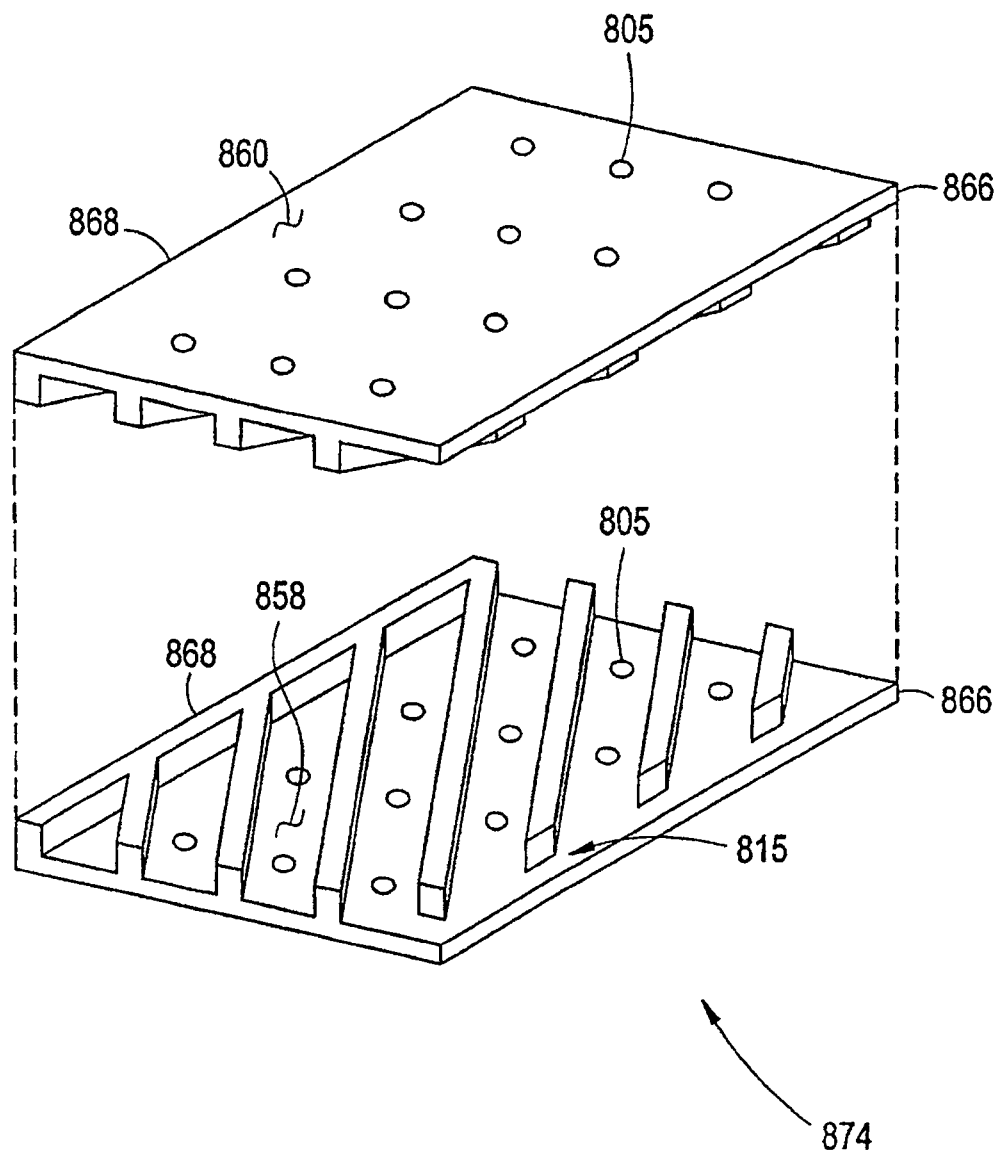


图 20

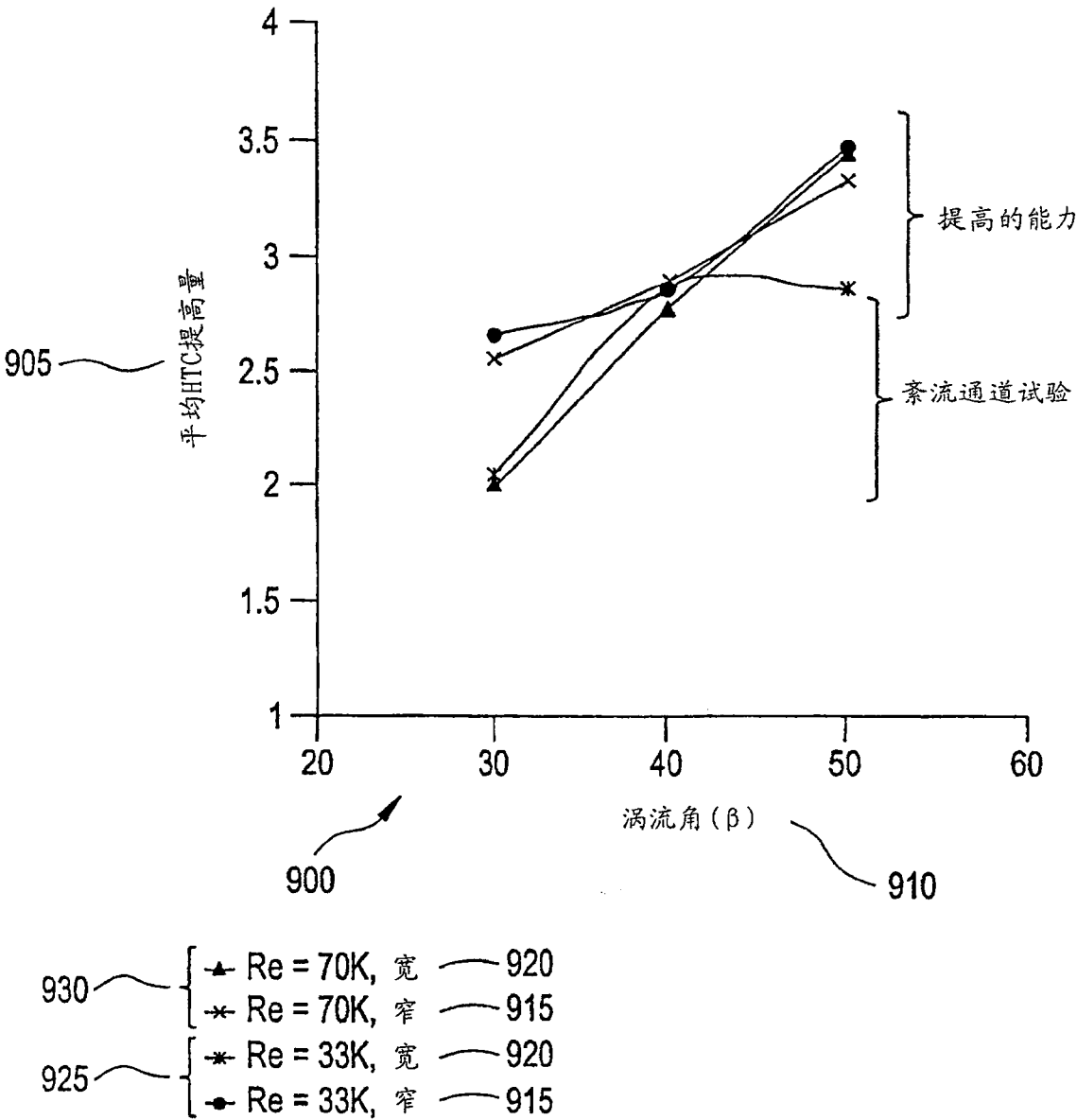
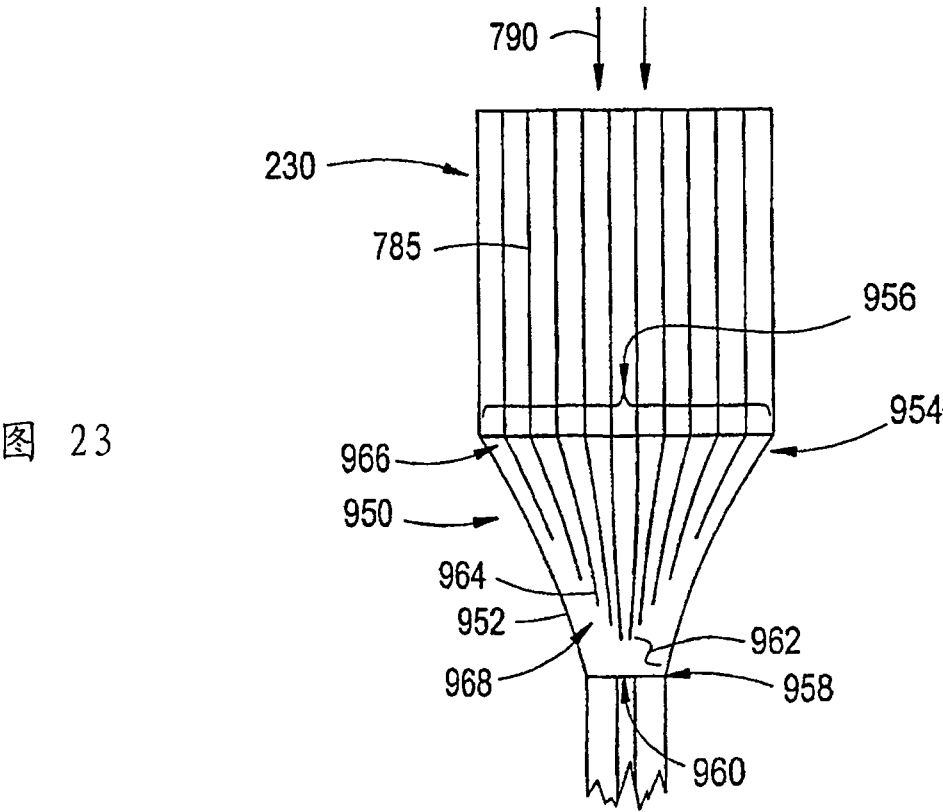
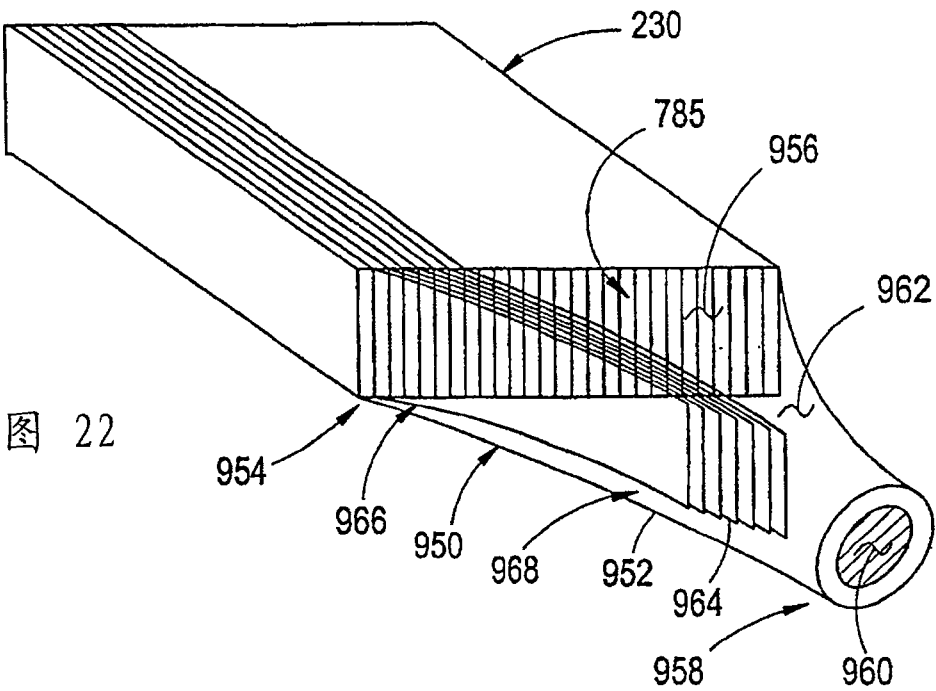


图 21



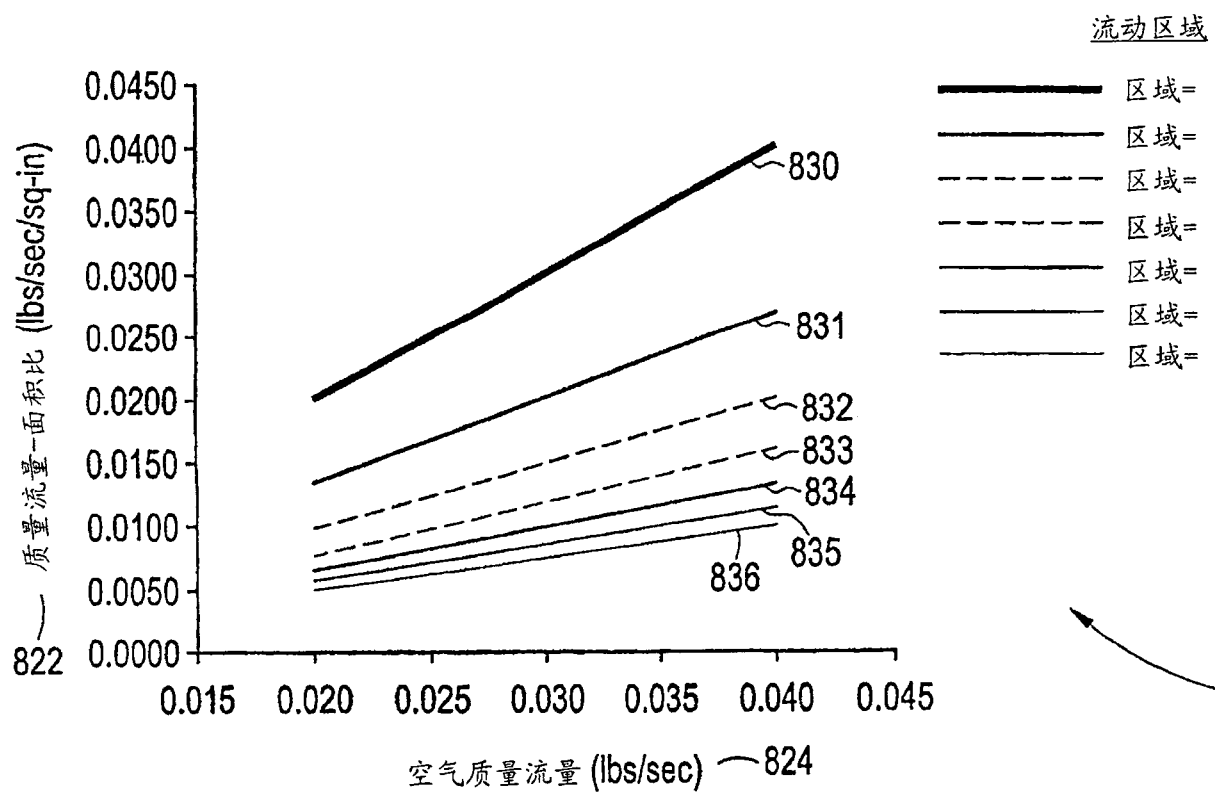


图 24

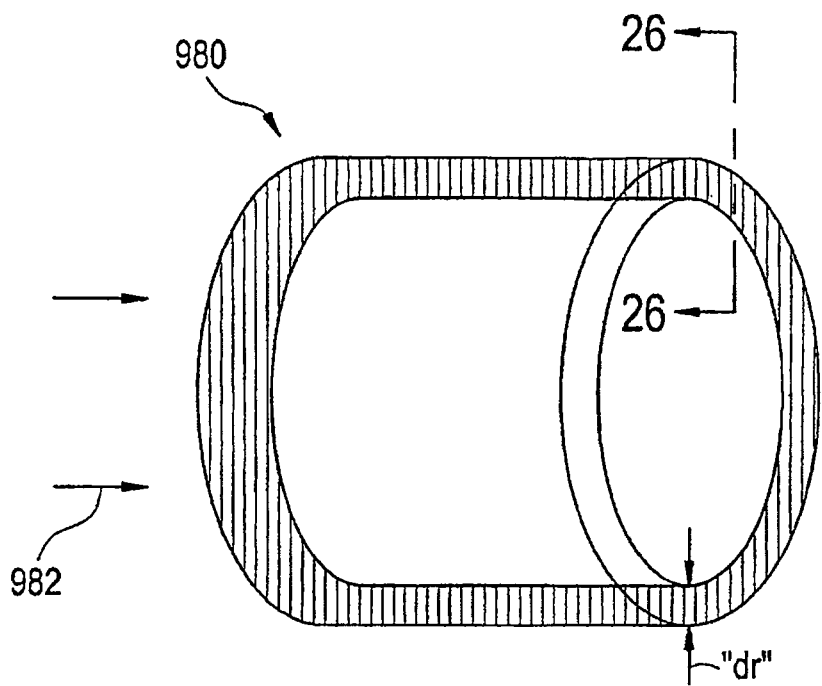


图 25

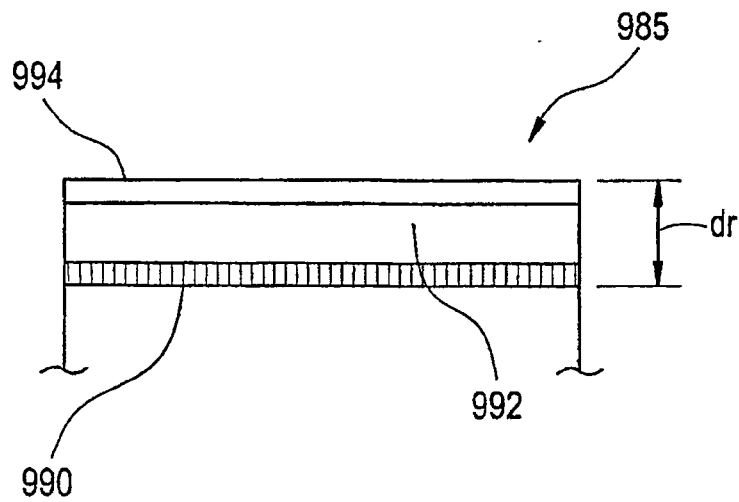


图 26