



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02806235.3

[43] 公开日 2004 年 5 月 12 日

[11] 公开号 CN 1496468A

[22] 申请日 2002.2.7 [21] 申请号 02806235.3

[30] 优先权

[32] 2001. 2. 9 [33] US [31] 60/267,657

[32] 2001. 4. 27 [33] US [31] 09/844,818

[86] 国际申请 PCT/US2002/003772 2002.2.7

[87] 国际公布 WO02/065030 英 2002.8.22

[85] 进入国家阶段日期 2003.9.9

[71] 申请人 BSST 公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 L·E·贝尔

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

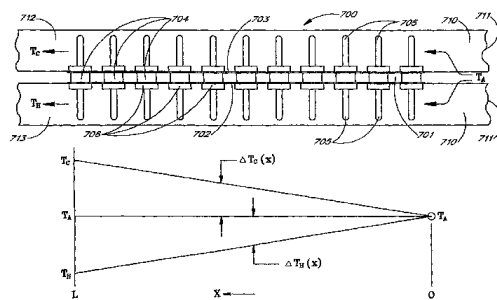
代理人 赵蓉民

权利要求书 9 页 说明书 24 页 附图 24 页

[54] 发明名称 利用热隔离的效率改善的热电装置

[57] 摘要

本发明公开了提高效率的热电系统和制造这种热电系统的方法。在整个热电系统(700)的至少一个方向上的热电元件(704)之间进行充分热隔离,这比传统热电阵列具有提高效率。也为联接到热电元件上的至少一个热交换器(705)提供了充分的热隔离。在一个实施例中,热电元件的性能,如电阻或电流等,在整个热电阵列的至少一个方向上也是变化的。另外,在一个实施例中,可根据动态调节标准改变热电元件的机械结构。



1. 与至少一种要冷却或加热媒质一起使用的一种热电系统, 包括:
多个热电元件, 形成具有冷侧和热侧的热电阵列; 其中多个热电
5 元件在整个阵列至少一个方向上彼此充分热隔离; 以及
至少一个热交换器, 位于与至少一个热电元件热传递的至少冷侧
和/或热侧上, 热交换器设计成可有效地保持热电元件的热隔离。

2. 根据权利要求 1 所述的热电系统, 其中至少一种媒质在至少一
10 个方向上移动穿过阵列至少一侧的至少一部分。

3. 根据权利要求 2 所述的热电系统, 其中所述一些热电元件的至
少一个特征在媒质移动方向上变化。

15 4. 根据权利要求 3 所述的热电系统, 其中所述至少一个特征至少
包括所述至少一些热电元件的电阻。

5. 根据权利要求 4 所述的热电系统, 其中所述电阻通过改变所述
至少一些热电元件的长度而变化。

20 6. 根据权利要求 4 所述的热电系统, 其中所述电阻通过改变所述
至少一些热电元件的横截面积而变化。

7. 根据权利要求 4 所述的热电系统, 其中所述电阻通过改变所述
25 至少一些热电元件的机械结构而变化。

8. 根据权利要求 4 所述的热电系统, 其中所述电阻通过改变至少
一种热电材料的电阻率而变化。

30 9. 根据权利要求 1 所述的热电系统, 其中对于在阵列上至少一些
热电元件, 经过所述热电元件的电流是不同的。

10. 根据权利要求 2 所述的热电系统,其中所述热交换器包括多个部分,这些部分中的至少一些与所述至少一个热电元件热传递,而这些部分中的至少一些在媒质运动方向上与其它所述部分充分热隔离。

5 11. 根据权利要求 10 所述的热电系统,其中所述至少一些所述部分包括柱销。

12. 根据权利要求 10 所述的热电系统,其中所述至少一些所述部分包括热管。

10

13. 根据权利要求 10 所述的热电系统,其中所述至少一些所述部分包括散热片。

14. 根据权利要求 1 所述的热电系统,其中在每个冷侧和热侧上至少有一个热交换器。

15

15. 根据权利要求 1 所述的热电系统,其中一侧具有散热片,同时一侧具有至少一个热交换器。

20 16. 根据权利要求 15 所述的热电系统,其中散热片带有至少一个热管,该热管一端与热电阵列一侧热传递,而另一端与散热片热传递。

20

17. 根据权利要求 1 所述的热电系统,其中所述热电元件受到至少一种磁场作用。

25

18. 根据权利要求 1 所述的热电系统,其中所述媒质包括至少一种流体。

19. 根据权利要求 1 所述的热电系统,其中所述媒质包括至少一种固体。

30

20. 根据权利要求 1 所述的热电系统,其中所述媒质包括至少一种

流体和至少一种固体的混合物。

21. 根据权利要求 3 所述的热电系统, 其中所述至少一个特征是通过
5 对所述热电系统的机械机构进行调整而可动态进行调节。

22. 根据权利要求 21 所述的热电系统, 其中与所述热电系统联接
的控制系统根据至少一个输入给所述控制系统的输入信号来调节机械
结构。

10 23. 根据权利要求 22 所述的热电系统, 其中所述控制系统根据至
少一种算法进行操作。

24. 根据权利要求 3 所述的热电系统, 其中与所述热电系统联接的
控制系统根据至少一个输入到控制系统的输入信号来调节该至少一个
15 特征。

25. 根据权利要求 24 所述的热电系统, 其中所述控制系统根据至
少一种算法进行操作。

20 26. 与具有取向运动的至少一种要冷却或加热媒质一起使用的热
电系统, 包括:

多个热电元件, 形成具有冷侧和热侧的热电阵列, 其中这些热电
元件中的至少一些的至少一个特征在媒质运动方向上是变化的。

25 27. 根据权利要求 26 所述的热电系统, 其中所述至少一个特征包
括至少一些热电元件的至少电阻特征。

28. 根据权利要求 27 所述的热电系统, 其中所述电阻通过改变至
少一些热电元件的长度而变化。

30 29. 根据权利要求 27 所述的热电系统, 其中所述电阻通过改变至
少一些热电元件的横截面积而变化。

30. 根据权利要求 27 所述的热电系统，其中所述电阻通过改变所述至少一些热电元件的机械结构而变化。

31. 根据权利要求 27 所述的热电系统，其中所述电阻通过改变至少一种热电材料的电阻率而变化。

32. 根据权利要求 26 所述的热电系统，其中所述至少一个特征是通过所述热电系统的机械机构进行调整而可动态地进行调节。

33. 根据权利要求 32 所述的热电系统，其中与所述热电系统联接的控制系统根据至少一个输入到所述控制系统的输入信号来调节机械结构。

34. 根据权利要求 33 所述的热电系统，其中所述控制系统根据至少一种算法进行操作。

35. 根据权利要求 26 所述的热电系统，其中所述至少一个特征包括经过热电元件的电流。

36. 根据权利要求 26 所述的热电系统，其中所述热电阵列至少在冷侧或热侧上具有至少一个热交换器。

37. 根据权利要求 36 所述的热电系统，其中所述热交换器包括多个部分，这些部分中的至少一些与至少一个热电元件热传递，而这些部分中的至少一些在媒质运动方向上与其它所述部分充分热隔离。

38. 根据权利要求 37 所述的热电系统，其中所述至少一些所述部分中包括柱销。

39. 根据权利要求 37 所述的热电系统，其中所述至少一些所述部分中包括热管。

40. 根据权利要求 37 所述的热电系统，其中所述至少一些所述部分中包括散热片。

41. 根据权利要求 36 所述的热电系统，其中在每个冷侧和热侧上
5 至少有一个热交换器。

42. 根据权利要求 36 所述的热电系统，其中一侧具有散热片，另一侧具有一个热交换器。

10 43. 根据权利要求 26 所述的热电系统，其中所述热电元件受到至少一种磁场作用。

44. 根据权利要求 26 所述的热电系统，其中所述媒质包括至少一种流体。

15

45. 根据权利要求 26 所述的热电系统，其中所述媒质包括至少一种固体。

46. 根据权利要求 26 所述的热电系统，其中所述至少一种媒质包
20 括至少一种流体和至少一种固体的混合物。

47. 根据权利要求 26 所述的热电系统，其中与所述热电系统联接的控制系统根据至少一个输入到控制系统的输入信号来调节该至少一个特征。

25

48. 根据权利要求 47 所述的热电系统，其中所述控制系统根据至少一种算法进行操作。

49. 一种制造改进的热电系统的方法，其中所述热电系统与至少一种要冷却或加热媒质一起使用，该方法包括的步骤为：

30

把多个热电元件形成在具有冷侧和热侧的热电阵列内；其中多个热电元件在整个阵列上至少一个方向上彼此充分热隔离；以及

从热电阵列的至少一侧交换热量，其交换热量的方式充分保持热电元件的热隔离。

50. 根据权利要求 49 所述的方法，还包括的步骤为，在至少一个
5 方向上、穿过阵列至少一侧的至少一部分移动该至少一种媒质。

51. 根据权利要求 50 所述的方法，还包括的步骤为，改变热电元件在媒质移动方向上的至少一个特征。

10 52. 根据权利要求 51 所述的方法，其中改变的步骤包括对至少一些热电元件的至少电阻特征进行改变。

53. 根据权利要求 52 所述的方法，其中改变所述电阻的步骤包括改变至少一些热电元件的长度。

15

54. 根据权利要求 52 所述的方法，其中改变所述热电元件电阻的步骤包括改变至少一些热电元件的横截面积。

20 55. 根据权利要求 52 所述的方法，其中改变所述热电元件电阻的步骤包括改变至少一些热电元件的机械结构。

56. 根据权利要求 52 所述的方法，其中改变所述热电元件电阻的步骤包括改变至少一些热电元件的电阻率。

25 57. 根据权利要求 49 所述的方法，还包括改变经过阵列中所述至少一些热电元件的电流。

30 58. 根据权利要求 50 所述的方法，其中交换热量的步骤包括提供一个热交换器，该热交换器包括多个部分，每个部分与所述至少一个热电元件热传递，而这些部分中的至少一些在媒质运动方向上与其它所述部分充分热隔离。

59. 根据权利要求 58 所述的方法，其中至少一些所述部分包括柱销。

60. 根据权利要求 58 所述的方法，其中至少一些所述部分包括热管。

61. 根据权利要求 58 所述的方法，其中至少一些所述部分包括散热片。

62. 根据权利要求 49 所述的方法，交换热量的步骤包括在冷侧和热侧上进行热量交换。

63. 根据权利要求 49 所述的方法，进一步包括从热电阵列的至少一侧进行散热。

64. 根据权利要求 49 所述的方法，进一步包括使所述热电元件受到至少一种磁场作用的步骤。

65. 根据权利要求 49 所述的方法，其中所述媒质包括至少一种流体。

66. 根据权利要求 49 所述的方法，其中所述媒质包括至少一种固体。

67. 根据权利要求 49 所述的方法，其中所述至少一种媒质包括至少一种流体和至少一种固体的混合物。

68. 根据权利要求 51 所述的方法，其中改变的步骤包括通过对热电系统的机械机构进行调整而动态地调节该至少一个特征。

69. 根据权利要求 68 所述的方法，其中动态调节的步骤包括估算至少一个参数并根据该估算进行调节。

70. 根据权利要求 69 的方法，其中一种算法响应于表示所述至少一个参数的至少一个传感器输入，根据该算法进行动态调节步骤。

5 71. 根据权利要求 51 所述的方法，进一步包括根据至少一个参数的估算值、对至少一个特征进行动态调节的步骤。

72. 根据权利要求 71 所述的方法，其中一种算法响应于表示所述至少一个参数的至少一个传感器输入，根据该算法进行动态调节步骤。

10 73. 与至少一种要冷却或加热媒质一起使用的热电系统，包括：
把多个热电元件形成在具有冷侧和热侧的热电阵列内的装置；其中多个热电元件在整个阵列上至少一个方向上彼此充分热隔离；以及
从热电阵列的至少一侧交换热量的装置，其交换热量方式充分保持热电元件的热隔离。

15

74. 根据权利要求 73 所述的方法，其中所述至少一种媒质在至少一个方向上、穿过阵列至少一侧的至少一部分移动。

20 75. 根据权利要求 74 所述的热电系统，其中所述热电元件的至少一个特征在媒质移动方向上被改变。

76. 根据权利要求 75 所述的热电系统，其中所述至少一个特征包括至少一些热电元件的电阻。

25 77. 根据权利要求 75 所述的热电系统，其中所述至少一个特征包括经过阵列中至少一些热电元件的电流。

78. 根据权利要求 74 所述的热电系统，其中交换热量的装置包括热交换器。

30

79. 根据权利要求 78 所述的热电系统，其中热交换器包括多个部分，每个部分均与至少一个热电元件热传递，而热交换器的至少一些

部分在媒质运动方向上与热交换器的其它部分充分热隔离。

80. 根据权利要求 79 所述的热电系统，其中所述至少一些部分包括柱销。

5

81. 根据权利要求 79 所述的热电系统，其中所述至少一些部分包括热管。

82. 根据权利要求 79 所述的热电系统，其中所述至少一些部分包
10 括散热片。

83. 根据权利要求 73 所述的热电系统，还包括从热电阵列的至少一侧进行散热的装置。

15 84. 根据权利要求 73 所述的热电系统，其中所述媒质包括至少一种流体。

85. 根据权利要求 73 所述的热电系统，其中所述媒质包括至少一种固体。

20

86. 根据权利要求 73 所述的热电系统，其中所述至少一种媒质包括至少一种流体和至少一种固体的混合物。

87. 根据权利要求 75 所述的热电系统，其中所述至少一个特征通
25 过动态调节来改变。

88. 根据权利要求 87 所述的方法，其中一种算法响应于表示所述至少一个参数的至少一个传感器输入，根据所述算法进行动态调节。

利用热隔离的效率改善的热电装置

5 技术领域

本发明涉及更高效地产生热和/或冷条件的改进的热电装置。

背景技术

在有电流存在时，热电装置（TEs）利用某些材料的性能沿着该材料形成热梯度。传统的热电装置利用 P 型和 N 型半导体作为装置内的热电材料。这些材料在物理结构上以及电学上被设计成具有需要的加热或冷却功能。

一些与用于冷却和加热的 TEs 有关的基本公式、理论、学术论文、测试方法和数据在 Electronic Refrigeration 中的 H.J.Goldsmid（英格兰 NW2 5JN 伦敦 Brondesbury 公园 207 号 Pion Ltd.公司）的文章中描述过（1986）。图 1 中示出了目前在热电装置中采用的最普通结构。通常，P 型和 N 型热电元件 102 排列在矩形组件 100 内两个基片 104 之间。电流 I 穿过两种元件。这些元件通过焊接在元件 102 末端的铜分路件（copper shunt）106 进行串联连接。在加有直流电压 108 时，该电压可在整个 TE 元件上产生温度梯度。图 2 为流动示意图，图 3 为目标（object）图。图 2 和图 3 均示出了采用图 1 的 TE 组件 100 的一般系统图。

当电流经过热电元件时，该热电元件一端变冷而另一端变热。TEs 一般用于对液体、气体和固体冷却。

用于最普通形式 TE 装置的基本公式如下：

$$\begin{aligned} (1) \quad q_c &= \alpha IT_c - \frac{1}{2} I^2 R - K \Delta T \\ (2) \quad q_{in} &= \alpha I \Delta T + I^2 R \\ (3) \quad q_h &= \alpha IT_h + \frac{1}{2} I^2 R - K \Delta T \end{aligned}$$

其中 q_c 为冷却率（从冷侧焓的迁移率）， q_{in} 为系统的能量输入，而 q_h 为系统的热量输出，其中：

α = 塞贝克系数

I =电流

T_c =冷侧绝对温度

T_h =热侧绝对温度

R =电阻

5 K =热导率

在这里, α 、 R 和 K 假定为常数, 或者是在适当温度范围内适宜的平均值。

在稳态下, 输入和输出能量平衡:

$$(4) \quad q_c + q_{in} = q_h$$

10 另外, 为了分析在制冷和加热工业中采用设备的性能, 需要进行下面定义:

$$(5) \quad \beta = q_c / q_{in} = \text{冷却性能系数 (COP)}$$

$$(6) \quad \gamma = q_h / q_{in} = \text{加热 COP}$$

从公式 (4) 得到:

$$15 \quad (7) \quad q_c / q_{in} + q_{in} / q_{in} = q_h / q_{in}$$

$$(8) \quad \beta + 1 = \gamma$$

于是 β 和 γ 建立了紧密联系, 而 γ 始终比 β 大 1。

如果计算这些公式, 就会得到 β 或 γ 为最大值以及 q_c 或 q_{in} 为最大值的条件。

20 如果 β 最大值确定为 β_m , 而对于 q_c 最大值时 COP 为 β_{cm} , 则结果如下:

$$(9) \quad \beta_m = \frac{T_c}{\Delta T_c} \left(\frac{\sqrt{1 + ZT_m} - \frac{T_h}{T_c}}{\sqrt{1 + ZT_m} + 1} \right)$$

$$(10) \quad \beta_{cm} = \left(\frac{\frac{1}{2} ZT_c - \Delta T}{ZT_c T_h} \right)$$

其中:

$$25 \quad (11) \quad Z = \frac{\alpha^2}{RK} = \frac{\alpha^2 \rho}{\lambda} = \text{优良指数 (Figure of Merit)}$$

$$(12) T_m = \frac{T_c + T_h}{2}$$

以及;

其中: λ =材料热导率; 以及

ρ =材料电阻

- 5 需要注意的是, 对于具有平行侧边的简单固体形状, 有
 $K = \lambda \times \text{面积} / \text{长度}$ 。

类似地, $R = (\rho \times \text{长度}) / \text{面积}$ 。这样, 在形状上的任何变化, 如长度、面积、重心指数 (conality) 等的变化, 均可影响 K 和 R 。另外, 如果柔性元件的形状通过机械的或其它手段改变, 则 K 和 R 也变化。

- 10 β_m 和 q_{cm} 只取决于 Z 、 T_c 和 T_h 。这样, Z 称为优良指数, 是表示 TE 系统性能特征的基本参数。 Z 的大小决定着具有图 1 几何形状和其它所有几何形状的热电性能以及目前热电装置的使用。

- 采用当前的材料, 热电装置具有一定的空间和一些商业用途。但是, 用途是有限的, 因为系统效率太低, 而不能与采用象氟里昂那样
 15 液体的大多数冷却系统 (如在电冰箱、汽车采暖通风和空调 (HVAC) 系统、建筑采暖通风和空调 (HVAC) 系统、家庭空调器等采用的系统) 竞争。

当从公式 (9) 得到的最大热电效率与卡诺循环效率 C_m (对于任何冷却系统的理论最大系统效率) 比较时, 这种限制就更明显了;

$$20 \quad (13) \quad \frac{\beta_m}{C_m} = \frac{\frac{T_c}{\Delta T} \left(\frac{\sqrt{1 + ZT_m} - \frac{T_h}{T_c}}{\sqrt{1 + ZT_m} + 1} \right)}{\frac{T_c}{\Delta T}} = \left(\frac{\sqrt{1 + ZT_m} - \frac{T_h}{T_c}}{\sqrt{1 + ZT_m} + 1} \right)$$

注意, 作为校验, 如果 $Z \rightarrow \infty$, 则 $\beta \rightarrow C_m$ 。最好的商业 TE 材料具有的 Z 值可使乘积:

$$ZT_a \approx 1$$

- 25 几种商业材料在一些较窄温度范围上为 $ZT_a = 1$ 。但是在目前商业材料中 ZT_a 不超过 1。图 4 示出了这种情况。有些实验材料可实现 $ZT_a = 2$ 到 4, 但是这些材料没有形成产业化。一般地, 较好材料可以购买到,

但这并不妨害本发明的好处。

热电装置的几种结构目前用于：汽车座位冷却系统、便携式冷却器和电冰箱、科学研究用的高效液体系统、电子设备和光纤系统以及红外线传感系统的冷却。

- 5 所有这些装置的共同点在于， T_h 在 TE 的热侧得到补偿，同样 T_c 在冷侧得到补偿。在大多数这种装置中，TEs 采用氧化铝基片（热的良导体）作为热侧和冷侧端板，而铜或铝散热片或散热块作为在至少一侧上的热交换器。

- 10 这样，条件可非常近似地由图 5 中的示意图来表示。在这种情况下， ΔT 分成在冷侧的 ΔT_c 和热侧的 ΔT_h ，其中 $\Delta T = \Delta T_c + \Delta T_h$ 。

将公式（1）和（2）代入公式（5）中可得到：

$$(14) \quad \beta = \frac{q_c}{q_m} = \frac{\alpha I T_c - \frac{1}{2} I^2 R - K \Delta T}{\alpha I \Delta T + I^2 R}$$

- 15 而其中 ΔT 是 ΔT_c 和 ΔT_h 的和。因此，例如，如果 $\Delta T_c = \Delta T_h$ ，则 $\Delta T = 2 \Delta T_c$ 。由于随着 ΔT 增加，效率降低，因此就特别需要使 ΔT 尽可能小。一种选择是使流过热侧的流体比流过冷侧的多很多。为此，来自热侧的热流公式为：

$$(15) \quad q_h = C_p M \Delta T_h$$

其中 C_p 为每单位时间（如，每秒）经过热侧的流体热容。

- 20 这样，如果对于给定的需要值 q_h 而 $C_p M$ 非常大时， ΔT_h 就非常小。然而，这样存在的不足的是，需要较大的风扇或泵以及大量废流体（也就是说，没有被冷却但作为过程的一部分排出以获得更有效冷却的流体）。

- 25 第二种选择是使在热侧的散热片很大，从而使热被动地散掉。这样的实例是在汽车中的低能源 TE，其中热侧与汽车底盘有非常好的热接触；或者在潜艇中的 TE 系统，其中 TE 与船体也因此与海水有非常好的热接触。但是，这些方法通常很难实现，或者成本、重量或其它条件限制了它们的使用。这样的结果是，在大多数装置中， ΔT 实际上比 ΔT_c 大，效率因此受到影响。

发明内容

一般地，通过把热电元件的整个组件分成热隔离的分组件，可得到提高效率的热电装置。通过利用热隔离，并控制要经过热电装置各部分进行冷却或加热的材料的流动方向和位置，可提高总效率。通过改变总热电装置各部分的 ΔT 以及物理学、热学和电学性能，也可提高效率。

本发明的一个方面涉及与至少一种要冷却或加热媒质一起使用的一种热电系统。该系统具有形成具有冷侧和热侧的热电阵列的多个热电元件；其中多个热电元件在整个阵列上至少一个方向上彼此充分热隔离。至少一个热交换器位于冷侧和/或热侧至少之一上并与至少一个热电元件热传递。热交换器设计成可有效地保持热电元件的热隔离。

在一个实施例中，如液体、固体或这两种组合的媒质在至少一个方向上移动穿过阵列至少一侧的至少一部分。在另一个实施例中，热电元件的至少一个特征，比如电阻，可在媒质移动方向上改变。电阻可以多种方式改变，如通过改变热电元件的长度、改变热电元件的横截面积、改变每个热电元件的机械结构，或者通过改变至少一种热电材料的电阻率以及适用于用途的其它方式。

在又一个实施例中，经过阵列中的至少一些热电元件的电流不同。

较好的是，热交换器包括多个部分，如柱销、散热片或热管，每一部分与至少一个热电元件热传递，至少一些部分在媒质移动方向上与其它所述部分充分热隔离。最好是，该部分的热隔离与热电元件的热隔离对应，从而提供了有效热隔离的分组件。在一个实施例中，热交换器位于每个冷侧和热侧上。可选择的是，一侧具有散热片，另一侧具有热交换器。散热片通过热管可联接到热电阵列的一侧上，该热管在一端与阵列热接触，而在另一端与散热片接触。在另一个实施例中，热电元件还受到至少一个磁场作用。

较好的是，热电系统的至少一个特征可经过对热电系统的机械结构调整而动态调节。与所述热电系统联接的控制系统根据至少一个输入到控制系统的输入信号来调节该机械结构。最好是，经过调节，该控制系统进行操作以动态地提高效率。可设置有算法，根据该算法，控制系统进行操作。在一个实施例中，根据至少一个输入到控制系统

的信号，控制系统调节至少一个特征。

各种特征，比如热隔离、特征变化、电流变化、提供磁场和控制系统等可根据具体用途组合使用或单独使用。

本发明的另一个方面涉及一种制造改进的热电系统的方法，其中
5 该热电系统与至少一种如流体、固体或流体和固体组合的要冷却或加热媒质一起使用，该方法包括的步骤有：使多个热电元件形成具有冷侧和热侧的热电阵列；其中多个热电元件在整个阵列上至少一个方向上彼此充分热隔离；以及从热电阵列的至少一侧交换热量，其交换热量方式充分保持热电元件的热隔离。

10 在该方法的一个实施例中，媒质在至少一个方向上、移动穿过阵列至少一侧的至少一部分。该方法的另一个实施例进一步包括的步骤有，在媒质移动方向上改变热电元件的至少一个特征，比如电阻或机械结构。例如，电阻可以通过比如改变长度、横截面积、机械结构或至少一些热电元件的电阻率等任何方式来改变。在一个实施例中，改变
15 的步骤包括对至少一个特征进行动态调节。最好是，根据对来自传感器或用户的至少一个参数的估算，可进行调节。算法可用来控制该调节。

在一个实施例中，交换热量的步骤包括提供热交换器，该热交换器包括多个部分，每个部分与至少一个热电元件热传递，而这些部分
20 中的至少一些在媒质运动方向上与其它所述部分充分热隔离。该部分可采取如柱销、散热片和热管等许多结构，或者采用其它适当的热交换器材料。在一个实施例中，交换热量的步骤包括在冷侧和热侧上进行热量交换。可选择地，该方法包括从热电阵列的至少一侧进行散热的步骤。

25 在另一个实施例中，该方法还包括改变经过阵列中至少一些热电元件的电流的步骤。在又一个实施例中，该方法还包括使热电元件受到至少一种磁场作用的步骤。

下面结合多个附图，对本发明的这些和其它特征进一步详细描述。

30 附图说明

下面结合附图来详细描述优选实施例。

图 1A 和 1B 示出了一种传统的热电装置；

图 2 示出了在传统流体加热或冷却应用中的一种传统热电装置；

图 3 示出了用于对材料或部件进行冷却的一种传统热电元件；

图 4 示出了对各种热电材料效率的测量；

5 图 5 示出了传统热电装置的一般化条件示意图；

图 6 示出了热电系统的一般化方框图；

图 7A 示出根据本发明热电系统的第一实施例及伴随的温度轮廓；

图 7B 和 7C 示出了图 7A 热电系统的更详细结构；

10 图 7D 和 7E 示出了图 7A 的热电系统的可替代实施例，该实施例中包括根据本发明的附加的增强结构；

图 8 示出了根据本发明的用于从相对两侧流动的热电系统；

图 9A-9E 示出了具有图 7A-E 以及图 8 特征的热电装置实例，但是利用了用于热交换器和热电元件的不同的几何形状；

15 图 10 示出了利用控制系统的本发明热电系统的另一实施例，其中该控制系统使经过该热电系统各部分的电流发生改变；

图 11 示出了根据本发明一个方面的热电系统的又一个实施例，其中通过机械方式得到热电元件中电阻变化；

图 12 示出了根据本发明的热电系统的又一个实施例，其中依靠对磁场的应用进一步提高了效率；

20 图 13 示出了又一个实施例，其中依靠穿过 TE 元件长度的磁场进一步提高了效率；

图 14 示出了根据本发明的一种热电系统，其中要冷却的材料是固体而不是流体；

25 图 15A-15G 示出了沿着根据本发明一种隔离元件热电系统长度的温度轮廓的几个实例；

图 16 示出了热电系统的又一个实施例，其中在无用侧的流体在拆开的热电阵列的长度方向横穿流动；

图 17 示出了热电系统的又一个实施例，其中在无用侧的流体在拆开的阵列长度方向横穿流动，但与图 16 不同的是流动从相对端开始的；

30 图 18 示出了热电系统的又一个实施例，其中在无用侧的流体没有横穿阵列的整个长度。

具体实施方式

为了达到描述的目的，利用实例和具体实施例来介绍本发明。虽然提出各种实例来表明如何采用不同结构来获得需要的改进，但是这些具体实施例仅仅是示意性的，在任何情况下都不限制提出的本发明。

5 图 6 示出了整个 TE 系统 600 的一般方框图。具有热侧 603 和冷侧 604 的热电组件 601 与电源 602 进行电连接。热电组件 601 与热侧 603 上的热侧热交换器 607 以及在冷侧 604 上的热交换器 608 进行良好的热接触。热侧 603 上的流体源 605 和冷侧 604 的流体源 606 配有适当的管道或导管，使其中的流体流过各自对应的热交换器 607 和 608。加热的流体 609 和冷却的流体 610 在图中右侧从该系统中流出。为了某些应用（下面给出的实例），热交换器 607 和 608 中之一可由散热片来代替，从而就不需要在那一侧的流体源或流体。

一般地，如贯穿本说明书中的进一步细节中描述的那样，本发明通过增强热电系统结构，沿着阵列在要加热或冷却介质流动方向，在各元件之间或热电系统各级之间提供热隔离，从而提高了热电系统的效率。下面大量的实例集中在冷却上。然而，该原理也同样可用于加热。图 7A 示出了根据本发明充分提高效率的 TE 系统 700 的第一实施例。如描述的那样，TE 元件阵列 701 包括中间夹有多个 TE 元件 704 的热侧基片 702 和冷侧基片 703。多个柱销 705 与 TE 元件 704 通过热侧基片 702 和冷侧基片 703 而具有良好的热接触，并形成 TE 系统 700 的热交换器。如图所示，柱销 705 具有非常象钉子的结构，其头部 706 与 TE 元件 704（热侧和冷侧）有良好的热接触。最好是，柱销 705 由铜或其它具有高热导率的材料制成。根据用途以及传热发生的流体，柱销 705 可用其它热交换器结构或几何形状来代替。下面描述了这样一些几何结构，如热导管和散热片。这些热交换器应使从柱销到柱销流体流动方向的热传递最小，同时保持从 TE 元件 704 到柱销 705 的良好热传递。

热侧基片 702 和冷侧基片 703 由具有这样材料和/或者几何形状来构成，即可使在流体流动方向沿着 TE 元件阵列 701 长度产生不良热传导。最好是，基片 702 和 703 很薄，从而其相对不良热传导不会明显影响从 TE 元件 704 到柱销 705 的热传递。热侧基片 702 和冷侧基片

703 与 TE 元件阵列 701 保持在一起，并具有可在 TE 元件 704 之间提供需要的传统电连接的导电部。最好是，材料可选择地在两侧覆盖有铜或其它导电覆层（用于电路或到柱销 705 上的热附着），其中铜具有约 0.050mm 厚度。一种优选材料为 Kapton MT 或其它柔性、电绝缘、印制电路材料。对于 Kapton MT，热导率约为 0.5W/mK，厚度约为 0.025mm。可选择的是，热导率可充分大，例如为 20W/mK，并且，如果热侧基片 702 和冷侧基片 703 足够薄（在一实施例中小于 0.05mm），或者形状设计成可在流动方向上在相邻柱销之间提供热隔离，则在性能上仍然具有净正效应（net positive effect）。TE 系统 700 结构的目的是使 TE 元件 704 彼此在流体流动方向上充分隔离，但仍然与相应的热交换器有良好的热接触。

上面描述了一个具体的热交换器。为了通过本发明获得效率增益，重要的是，热交换器应该在局部点水平上有效。换句话说，重要的是，在热交换器的每个点，使加热或冷却的媒质达到接近于在该点热交换器的温度。当要冷却的媒质穿过热电系统时，该媒质和位于每处的热交换器之间的温度差可降低热效率。这样，根据本发明，热电元件在流动方向充分热隔离，该热交换器同样优选地与热电元件进行热连接，但是在流动方向上充分热隔离，同时考虑到移动媒质的特性，该热交换器设计成在任何给定位置，在热交换器和要冷却或加热的媒质之间的温度差比从内部到外部总温度差小。

另外，热电元件之间的热隔离水平取决于平衡（trade-offs）和具体应用。例如，热传导对于热交换器是需要的，但是沿着从热电元件到热电元件的基片的热隔离也是需要的。虽然从元件到元件的良好热隔离可提高效率，但是，可通过来自热电元件和热交换器之间的不良局部热传导的效率损失，或者在热交换器和要冷却或加热媒质之间的不充分热传递，对效率进行弥补。这样，每种应用需要对这些三种相互关联的特性进行平衡以得到实际的、尽管对于具体应用中不是始终最理想的设计。

图 7B 和 7C 中更详细地示出了图 7A 的 TE 系统的一种可能结构。图 7B 为图 7A 的 TE 系统 700 一部分的边缘视图。图 7C 为从冷侧基片的底部从 TE 侧看与图 7B 中基片垂直的基片视图。图 7C 示出了用于

TE 元件 704 阵列（对于四个元件宽）的一种电路图形的可能设计。沿宽度或长度，元件数量选择与用途匹配，同时也可以是任意数量。冷侧基片 703 在图中示出，热侧基片 702 在本例中以相同方式形成。基片 703 由电绝缘层 714 组成，该电绝缘层 714 提供一种结构，在该结构上形成把 TE 元件 704 连接在一起的电路 715。在电绝缘层的相对一侧为柱销 705 可与之有良好热接触的金属衬垫 716（图 7B）。例如通过焊接或环氧树脂粘接可得到这种接触。其它方法也是合适的。如果柱销直接固定到电绝缘层 714 上，同时具有良好的热接触和热传送性能，金属衬垫 716 就不需要了。该柱销可以是电绝缘层的延伸部，从而柱销或者具有这种作用的其它部件可作为一个整体。可选择的是，或者可结合的是，电绝缘层可以为各向异性从而其热导率在从 TE 元件到柱销方向较高，而在流动方向较低。使垂直于平面发生良好热传递的另一方法是让电绝缘层 714 很薄。虽然电绝缘层 714 最好在其流动方向具有良好的热绝缘性，但是该热绝缘性可在绝缘层上通过间隙 717 来提供或进一步增强，从而绝缘层的热导率可由 TE 元件 704 之间的空气或其它媒质来代替。在一个实施例中，间隙 717 可填充有具有较高热绝缘性的材料。

图 7A 的 TE 系统 700 设计成使流体从右边向左边流动。具有周围环境温度 T_A 的流体 710 通过适当的管道 711 进入，并直接经过作为热交换器的柱销 705。流体在左侧流出，其中被冷却的流体 712 具有冷却温度 T_C ，而加热的流体 713 具有较高温度 T_H 。在该实施例中，柱销 705，包括其头部 706，彼此没有良好的热接触，从而每个柱销与在流体流动方向的其它柱销有效地热隔离。较好的是，TE 元件阵列 701，具体地说是基片 702、703 设计成在流体流动方向上是热的不良导体，而在 TE 元件 704 和柱销 705 之间提供了良好的热传导性。

TE 元件 704 可以是传统的 TE 元件。然而，对图 7A 设计中 TE 元件阵列 701 的 TE 元件 704 改型可进一步提高效率。在一个实施例中，TE 元件 704 的结构设计成在图 7A 中右端上具有较低的电阻，并且向左电阻增加，或者相反，但是增加电阻方向与流动方向匹配。最好是，在较高电阻端的最后一个 TE 元件的电阻大约等于传统 TE 元件的电阻。比较有利的是，在 x 方向（在图 7A 中从右到左）的电阻 R 近似为：

$$(16) R(x) = R_0 \left(\frac{x}{L} \right)$$

其中 R_0 = 在传统 TE 中一元件的电阻, 以及

$R(x)$ = 在 x 处 TE 元件的电阻。

其中恒定电流经过 TE。

5 需要注意的是, 由于 $R(0)$ 将为零, 公式 (16) 就不是很严密了。

不过, 如果 $R(0)$ 小于 $\frac{1}{2}R_0$, 就会有实质性的好处 (假定经过整个 TE

的电流 I 为恒定值)。另外, 需要注意的是, 在除了流体流出的端部以外的任何点, 由于 $\Delta T(x)$ 和 $R(x)$ 在别处较低, 于是效率要比传统装置高, 这在下面公式中可以看出。在任何点 x 处的效率或者 COP 可

10 近似为:

$$(17) \beta_p(x) = \frac{\alpha I T_c - \frac{1}{2} I R(x) - K \Delta T(x)}{\alpha I \Delta T(x) + I^2 R(x)}$$

其中

(18) $R(x)$ = 在 x 处 TE 元件的电阻

(19) $\Delta T(x)$ = 在 x 处的 ΔT

15 (20) β_p = 具有该几何形状 COP

电阻 $R(x)$ 小于 R_0 , 从而 $I^2 R(x)$ 小于 $I^2 R_0$, 同时 $\Delta T(x)$ 小于 $\Delta T(L)$ 。

在除了 L 以外的每个点 x , 比较有利的是, $R(x)$ 小于 R_0 , 同时 $\Delta T(x)$ 小于 $\Delta T(L)$, 从而分子在 L 处具有最小值。同样, 比较有利的是, 分母在 x 处更小, 从而对于所有小于 L 的 x , 则 $\beta(x)$ 大于 $\beta(L)$ 。从
20 0 到 L 对 $\beta(x)$ 的积分即为装置的 COP, 如果由于流体流动方式或在流体方向上热导率与传统 TE 系统中相同, β 实际上为常数, 则通过上述方法得到的积分值大于 COP。总之, 由于在整个 TE 系统 700 的热侧基片 702 和冷侧基片 703 (ΔT) 之间的平均温差比传统系统中的小, 因此, 图 7A 的 TE 系统比传统 TE 系统具有提高效率, 从而提高了
25 热力效率。这些特性在图 7A 中的温度轮廓图中示出。对 COP 详细计算表明, β_p 最好是比类似传统装置的 COP 大 50% 到 150%。

图 7D 中示出了用于获得沿着装置长度方向增加电阻的 TE 系统结

构的一个实例。在该结构中，同样地，TE 元件阵列 721 包括中间夹有多个 TE 元件 724 的热侧基片 722 和冷侧基片 723。通过热侧基片 722 和冷侧基片 723，多个柱销 725 与 TE 元件 724 具有良好的热接触，形成 TE 系统 720 的热交换器。同样，沿着 TE 元件阵列 721 的热导率最好最小，这在图 7C 的实例中以热侧基片 722 和冷侧基片 723 中的间隙 726 的形式示出。在图 7C 中流动从左侧到右侧，其中具有周围温度 T_A 的流体 727 通过适当管道 728，并流过起热交换器作用的柱销 725。该流体以具有温度 T_C 的冷却流体 729 和具有温度 T_H 的加热流体 730 在右侧流出。在该实例中，通过改变 TE 元件 724 长度来使其电阻发生变化，其中较好的是，在入口 736 具有最小电阻和最短 TE 元件 731，而在 TE 系统 720 的出口端 737 有最大电阻和最长 TE 元件 732。TE 元件 724 的电阻也因此和其长度最好与图 7D 底部所示温度轮廓的两个曲线 734 和 735 的 $\Delta T(x)$ 733 成正比。需要注意的是，这两个曲线不是象在图 7A 中那样的直线。 $\Delta T(x)$ 曲线的函数形式通过 $R(x)$ 和电流以及其它影响流体加热和冷却的因素控制。无论 $\Delta T(x)$ 曲线的是什么函数形式，元件的电阻最好为一般形式。

图 7E 中示出了根据本发明的 TE 系统 740 的又一个实例。除了热侧基片 742 为热交换器外，该实施例与图 7D 中所示的相同。从由 TE 系统 740 产生热量的角度看，热侧基片 742 为散热片。最好是，从由 TE 系统 740 产生热量的角度看，该散热片实际上无限大。在该结构中，TE 元件阵列 741 包括中间夹有多个 TE 元件 744 的热侧基片 742 和冷侧基片 743。通过冷侧基片 743，多个柱销 745 与 TE 元件 744 具有良好的热接触，形成 TE 系统 740 的冷侧热交换器。如果在使用中需要加热而不是冷却，则通过把电流方向颠倒，就可使热侧和冷侧对调。同样，在冷侧基片 743，沿着 TE 元件阵列 741 长度的热导率最小。如图 7D 所示，通过冷侧基片 743 上的间隙 746，可加强或得到热隔离。如在前面实例中所描述的，间隙 746 可以充满空气或其它低热导率的材料。在图 7E 中，流动从左边到右边，其中具有周围环境温度 T_A 的流体 747 进入到适当管道 748 内，并从作为热交换器的柱销 745 旁流过。作为具有较凉温度 T_C 的冷却流体 749 的流体在右边流出。较好的是，通过改变 TE 元件 744 长度来使其电阻发生变化，其中在 TE 系统 740

的入口具有最小电阻和最短 TE 元件 751，而在 TE 系统 740 的出口端有最大电阻和最长 TE 元件 752。在该实例中，可以看出，TE 元件 744 的电阻也因此和其长度与图 7E 底部所示温度轮廓图中的两个曲线 754 和 755 的 $\Delta T(x)$ 753 大致成正比。在该实例中，曲线 755 是直线，因为热侧基片 742 实际上为无限大的散热片。这种散热片 742 可以是容器的壁，其中该壁的另外一侧与通过外部手段保持在常温下的大量流体接触。

图 8 中示出了根据本发明采用了 TE 元件热隔离的 TE 系统 800 的又一个结构。就象图 7A 所示的，TE 元件阵列 801 包括热侧基片 702、冷侧基片 703、多个 TE 元件 704 和与 TE 元件 704 良好接触的多个柱销 705。在该实施例中，和前面一样，在流动方向采用热隔离，但是流体 807 和流体 809 来自 TE 系统 800 的相对两端，其中通过冷侧管 808 具有周围环境温度 T_A 流入的流体 807 用于沿着冷侧流动，而进入热侧管 810 具有周围环境温度 T_A 的流体 809 用于沿着热侧流动。流体 807、809 流过柱销 705，在各自对应的管道 808、810 的一端流出。在穿过相应的 TE 系统 800 的热侧和冷侧流动后，最后加热的流体 811 以温度 T_H 从一端流出，而最后冷却的具有温度 T_C 的流体 812 从另一端流出。

比较有利的一个特定情况是当 $\Delta T(x)$ 和 $R(x)$ 为常数时，因为此时趋向于这样有用的情况，即可平衡热力效率、容易制造和对减少不用侧（热侧）流动的需要。如果：

$$(21) \quad \Delta T(x) = \Delta T_c = \Delta T_h = \Delta T$$

则近似地：

$$(22) \quad \beta_c(x) = \frac{\alpha I T_c - \frac{1}{2} I^2 R - K \Delta T}{\alpha I \Delta T + I^2 R}$$

$$(23) \quad \beta_c = \text{对于该几何形状 COP}$$

如果该近似结果与用于 $\Delta T_H = \Delta T_C$ 的传统装置 COP 的相关公式相比，则本系统将更有效，由于在公式 (23) 中， $\Delta T = \Delta T_c$ ，而在传统装置中，

$$(24) \quad \Delta T = \Delta T_c + \Delta T_h$$

同时假定 $\Delta T_c = \Delta T_h$ ，则

$$(25) \Delta T = 2 \Delta T_c$$

从而从公式 (22) 中可知, β_c 将比 β 大 (公式 14), 作为实例, 对于下面设计参数:

$$\alpha = 10^{-1} V/K$$

5 $I = 3 A$

$$R = 2 \Omega$$

$$K = 2 W/mK$$

$$T_c = 280 C$$

$$\Delta T_c = \Delta T_h = 10 C$$

10 公式 (22) 得到:

$$(26) \beta_c = 2.11$$

对于 $\Delta T = 2 \Delta T_c$ 的传统设计:

$$(27) \beta = 1.40$$

另外, 由于系统效率较高, 总流量在不用侧 809、811 的一部分减少, 从而在本设计方案中, 来自 q_{in} 的相对较少热量从不用侧 809、811 被散失。

图 8A 的下部示出用于图 8A 中 TE 系统 800 的流体温度轮廓图。

所有上述几何形状提供了本发明各种变化, 这些变化涉及在流体流动方向上对 TE 元件进行热隔离。上述披露的隔离元件几何形状的益处包括:

(1) 热力效率可实质性地提高;

(2) 在主要侧 (在具体应用中有利的一侧, 冷侧或热侧) 流体流动分量可实质性地提高。

虽然上面披露了具体实施例, 然而产生或提供上面解释的热隔离效率的任何结构都包括在本发明的范围内。另外, 除了通过上面披露的实施例得到的隔离效率外, 如对减少电阻的增加也促进了改进。

图 7A-E 和图 8 示出了在流动方向上 TE 元件热隔离的重要特征, 其中由于在流动方向上 TE 元件的电阻增加从而随之元件的性能提高。图 9A 到 9E 示出了包含这些特征但是利用了热交换器和 TE 元件不同几何形状的实施例的另外实例。

图 9A 和 9B 示出了 TE 系统 900 这样的实施例, 其中热交换器具

有散热片，而没有柱销。图 9A 为侧视图，而图 9B 为端视图。如图所示，TE 元件阵列 901 包括中间夹有多个 TE 元件 904 的热侧基片 902 和冷侧基片 903。通过热侧基片 902 和冷侧基片 903，多个热交换器 905 与 TE 元件 904 具有良好的热接触。通过最好焊接到基片 902 和 903 以及 TE 元件 904 上的电路 908，建立了从元件到元件的电连接。如图所
5 示，热交换器 905 包括薄金属散热片的皱褶，该散热片通过基片 902 和 903 与 TE 元件 904（热侧和冷侧）具有良好的热接触。最好是，热交换器 905 由铜或其它材料制成，其中这些材料具有高热导率并具有尽可能平的底部边缘 907 以提供与基片 902 和 903 具有良好接触的最大表面。通过为被间隙 909 隔开的每排 TE 元件 904 设置独立的热交换器 905，使在该实施例中在流动方向（与图 9B 平面垂直）的热导率最小。
10

图 9C 示出了 TE 系统 920 的另一个实施例，该实施例示出了热管 925 和散热片 926 的使用。TE 元件阵列 921 包括中间夹有多个 TE 元件 924 的冷侧基片 923 和热侧基片 922。在该结构中，TE 系统设计成用于冷却。同样地，冷侧基片 923 在流动方向具有较差的热导率。多个热管 925 通过冷侧基片 923 与 TE 元件 924 具有良好的热接触，同时该热管 925 把热量在冷侧基片 923 和热交换器 926 之间传送，如图所
15 示，该热交换器 926 在热管 925 的末端部。在该实施例中，流动方向是从图 9C 中的底部到顶部。在图 9C 中示出的 TE 系统 920 中，热侧基片 922 与散热片 926 具有良好的热接触。比较有利的是，从由 TE 系统 920 产生热量的角度看，散热片 926 实际上无限大。图中示出的 TE 系统 920 还采用 TE 元件 924 在流动方向上变化的电阻。最低电阻元件 927 位于流动入口侧 929，而最大电阻元件 928 位于流动出口侧 930。
20 此时的电阻与 TE 元件 924 的截面积成反比，从入口 929 到出口 930 的截面积减少，从而使电阻增加。TE 元件 924 与上面描述过但为了清楚起见没有示出的电路电连接。
25

图 9D 和 9E 示出了用于冷却的被隔离 TE 系统 940 的又一个实施例。图 9D 为端视图，而图 9E 为侧视图。示出的结构描述了一个制造带散热片的热交换器 945 的优选方法。如图所示，TE 元件阵列 941 包括热侧基片 942 和冷侧基片 943。至少冷侧基片 943 在流动方向上具有
30

较低热导率。这些基片 942 和 943 中间夹有多个 TE 元件 944，该 TE 元件 944 与上述电路 949 电连接在一起。单个散热片阵列 945 通过冷侧基片 943 而与 TE 元件 944 具有良好的热接触。不管是否是一整体，经过散热片阵列 945 流动方向上的热导率也通过邻近散热片区之间间隙 946 而减少。接头 947 把整个阵列固定在一起。较好的是，这些接头 947 与间隙 946 相比足够小，从而它们不明显增加在相邻散热区之间的热传递。可通过 TE 元件电阻来得到的增强在图 9 中示出，其中 TE 元件 944 的长度随着从入口 950 到出口 951 流动方向而增加。根据前面的实施例，变化的电阻可通过其它方式而获得，如改变 TE 元件 944 的截面、改变 TE 元件材料的电阻率，或者对 TE 元件的长度、截面和电阻率改变的结合。最后，散热片 948 与热侧基片 942 具有良好的热接触。这种散热片最好是图 7E 和 9C 中描述的那种。

图 10 示出了另外实施例，由于在流动方向上 TE 元件的电阻变化（和隔离的元件），该实施例获得与前面描述实施例类似的性能增强。在该实施例中，TE 元件的电阻在整个装置上是相同的，但施加到元件上的电压沿着流动方向上是变化的。

在图 10 中示出了 TE 系统 1000 的实例，其中 TE 元件 1001 包括中间夹有多个 TE 元件 1004 的热侧基片 1002 和冷侧基片 1003。多个热交换器 1005 通过热侧基片 1002 和冷侧基片 1003 与 TE 元件 1004 有良好的热接触。该热交换器 1005 和基片 1002、1003 可具有前面实施例中描述的任何结构。象图 9A 和 9B 描述的那些一样，热交换器 1005 通过基片 1002 和 1003 与 TE 元件 1004 具有良好的热接触（热侧 1011 和冷侧 1010）。如图 10 所示，在热侧 1011 和冷侧 1010 的流动是从左边到右边。具有周围环境温度 T_A 的流体 1009 进入到左边，并越过或穿过热交换器 1008，流体温度在整个 TE 系统 1000 上逐渐变化，直到以流体 1010 和 1011 在右边流出，其中在冷侧流体 1010 具有减少的温度 T_C ，而在热侧流体 1011 具有升高的温度 T_H 。通过连接到基片 1002 和 1003 以及 TE 元件 1004 上的电路 1008，建立了从 TE 元件到 TE 元件的电连接。不同于前面实施例中基片上的互连电路，基片电路 1008 不与所有的 TE 元件 1004 串联连接。

在图 10 中，电路 1008 设计成使与流动方向垂直的单个 TE 元件

1004 或 TE 元件 1004 行可具有不同电源，从而可使不同电流流经该元件或元件行。因此，如图 10 所示，在热电阵列 1001 的不同段或区加有不同的控制电压 1020。在一个实施例中，多个传感器 1013、1014、1015 与控制系统 1012 连接，该控制系统 1012 用于监控 TE 系统。该
 5 控制系统 1012 与多个控制电压 1020 连接，从而控制加在 TE 阵列 1001 上不同元件或行上的电流。根据外部条件或系统本身条件，通过控制系统 1012 可对沿着 TE 系统 1000 长度上的电压进行改变。其中一些或全部可存在的这些条件包括外部温度或流量、内部温度或流量，通过具体的 TE 元件或 TE 元件行，用户可选择地进行输入以手动控制需要的
 10 加热或冷却量。

通过如传感器 1013、1014 的传感器可对如外部温度或流量、内部温度或流量的条件进行监控。用户可选择的输入可通过控制系统 1012 的旋钮、拨号盘、按钮或其它程序化方式来进行。例如，可为用户提供可选择或结构化输入的用户界面 1015。最好是，通过用户界面 1015，
 15 被监控的条件或借助于传感器 1013、1014 监控的条件的断路电平 (trip levels) 可进行修改以使 TE 系统专门满足特殊用途或任意给定时间的特殊条件。传感器 1013、1014 和 1015 通过控制电路 1012 来监控，该控制电路 1012 采用硬件或软件关系 (其特性取决于用途) 来使施加的电压根据传感器输入而变化。

20 这种系统的优点是，它可使 TE 元件 1004 产生的热能随着需要而变化，以提高效率。例如，这使得对经过 TE 元件 1004 的电流随流动条件的变化而随时进行调整。通过公式 32 可以理解利用本实施例得到效率增益的能力，公式 32 给出了在沿 TE 系统长度上任意点 x 处的该系统最佳效率 $I_{opt}(x)$ 的电流。

$$25 \quad (28) \quad I_{opt} = \frac{\alpha \Delta T(x)}{R(\sqrt{1+ZT}-1)}$$

在公式 (28)，参数 α 和 Z 为 TE 材料的性能参数。 R 为 TE 元件 1004 的电阻，在讨论图 10 中实施例时，该电阻可以认为在整个 TE 系统 1000 中是恒定的。因此，公式 (28) 示出对于最佳效率， I_{opt} 与 ΔT 成正比。为了获得 I_{opt} ，需要使在位置 x 处的元件电压为 I_{opt} 和 R 的乘积。由于在实例中， ΔT 从左边的零增加到右边的最大值，最左边元件
 30

应该加上尽可能低的实用电压，同时在出口端 1010 和 1011 增加到最大值。这样，在图 10 中， $0 < V_1 < V_2 < V_3 \cdots \cdots < V_n$ 。最好是，随着流动方向 x 位置的电压变量近似为：

$$(29) \quad V(x) = \frac{\alpha \Delta T(x)}{R(\sqrt{1+ZT} - 1)}$$

5 图 11 示出了根据本发明一个方面的 TE 系统 1100 的又一个实例，其中由于通过机械方式对电阻改变，从而性能得到提高。TE 元件阵列 1101 包括中间夹有多个 TE 元件 1104 的热侧基片 1102 和冷侧基片 1103。在该实施例中，TE 元件 1104 由容纳在管 1110 内的液体 TE 材料 1109 制成，该管 1110 末端由互连电路 1108 和热侧基片 1102 及冷侧
10 基片 1103 联合封闭。液体 TE 材料可能的实例为具有成为液体时温度（室温以上）的铊和碲的混合物（P 型）以及汞/铷混合物（N 型）。另外实例是 P 型的混合在汞内的铋和碲化物以及 N 型的混合在汞内的铋和碲化物。A.F.LOFFE 在“半导体热元件”及“热电冷却”（1957 年伦敦的 INFOSEARCH 杂志）一文中描述过一些这样的材料。

15 多个热交换器 1105 通过冷侧基片 1103 与 TE 元件 1104 具有良好的热接触。如在该实例中所示的，热交换器 1105 与图 9A 和 9B 描述的那些类似，通过冷侧基片 1103 与 TE 元件 1104 具有良好的热接触。如上所述，该热交换器可以是多个不同的种类，如销钉、散热片或热管，或者是多个其它热交换器型。如以前那样，TE 元件 1104 充分地或至少
20 在冷侧基片 1103 的流体流动方向上被明显地热隔离。散热片 1114（从 TE 系统 1100 实际上为无限大的角度看）通过热侧基片 1102 与 TE 元件 1104 具有良好的热接触。在该实施例中，在 TE 元件 1104 的至少一些或者有可能的话全部设置有柱塞 1107。该柱塞具有孔 1108，并与致动器 1115 联接，其中该致动器 1115 与系统控制器 1116 联接。
25 该系统控制器 1116 联接到多个传感器 1117、1118 和 1119 上。例如，该传感器可以是外部传感器 1117、内部传感器 1118 和用户控制的或用户输入的装置 1119。最好是，系统控制器 1116 为致动器 1115 提供基于硬件或微处理器的计算机控制，该系统控制器包括致动器 1115 的电源或驱动器，为致动器 1115 提供需要的充足电流。通过与基片 1102
30 和冷侧基片 1103 连接并与 TE 元件 1104 的表面以及柱塞 1107 接触的

电路 1106, 实现从 TE 元件到 TE 元件的电连接。利用滑动触点 1113, 可得到柱塞 1107 与热侧基片 1102 的电接触。在柱塞 1107 上的孔 1108 可使液体 TE 材料 1109 在柱塞移动时经过该孔。在任何位置, 柱塞 1107 把液体 TE 材料分成前区 1111 和后区 1112。在该实施例中, 柱塞 1107 由导电材料制成, 该材料的导电率明显大于液体 TE 材料 1109 的导电率。当柱塞 1107 没有完全靠在热侧电路 1106 上从而后区 1112 容积不为零时, 液体 TE 材料 1109 一部分被柱塞 1107 显著变短, 这样, 把 TE 元件 1104 的电阻减少到小于最大电阻的某些值。这样, 可根据固定或随着时间变化的方案来调整柱塞 1107 的位置, 以沿着 TE 系统 1100 长度方向来改变 TE 元件 1104 的电阻。控制方案与图 10 中描述的类似, 不同的是, 没有改变加在 TE 元件 1104 上的电压, 而是通过利用致动器 1115 来改变柱塞 1107 的位置, 其中致动器 1115 由响应来自外部传感器 1117、内部传感器 1118、用户输入传感器 1119 或其它信号装置的控制器 1116 或其它电源来控制。

在本领域都知道, 通过使用适当的磁场来增强某些 TE 材料的性能。图 12 示出了 TE 系统 1200 的实施例, 其中 TE 元件 1204 的材料结构是这样的, 它可使磁场加在 TE 元件的整个宽度上。如图所示, TE 元件阵列 1201 包括中间夹有多个 TE 元件 1204 的热侧基片 1202 和冷侧基片 1203。热交换器 1205 通过热侧基片 1202 和冷侧基片 1203 与 TE 元件 1204 具有良好的热接触。如图所示, 热交换器 1205 为如图 9A 和 9B 中描述的任何适当的结构。在该实施例中, 如前面那样, 在流动方向上对 TE 元件 1204 采用充分或明显的热隔离。通过焊接或其它方式固定到热侧基片 1202 和冷侧基片 1203 以及 TE 元件 1204 上的电路 1206, 可得到 TE 元件的串联电连接。例如, 对于某些 TE 材料, 可加有适当的磁场, 该磁场来自于关于其极性取向成相同方向的永磁铁(在图 12 中 N 表示北极和 S 表示南极)。该磁场(由虚线表示) 1208 穿过 TE 元件 1204 的宽度。

图 13 示出了 TE 系统 1300 的实施例, 其中 TE 元件 1304 的材料结构是这样的, 它可通过在整个 TE 元件长度上利用适当磁场可得到增强。如图所示, TE 元件阵列 1301 包括中间夹有多个 TE 元件 1304 的热侧基片 1302 和冷侧基片 1303。在该实施例中, 热交换器 1305 通过

冷侧基片 1303 而与永磁铁 1307 具有良好的热接触，永磁铁 1307 又依次地与 TE 元件 1304 具有良好的热接触。在一个实施例中，磁铁形成热交换器。可选择的是，热交换器 1305 与图 9A 和 9B 中描述的类似。在该实施例中，在流动方向对 TE 元件 1304 采用了充分或明显的热隔离。散热片 1309（从 TE 系统 1300 实际上为无限大的角度看）通过热侧基片 1302 而与 TE 元件 1304 具有良好的热接触。散热片 1309 可由类似铁等具有高导磁率的材料制成。通过以焊接或其它方式固定到热侧基片 1302 和冷侧基片 1303 以及 TE 元件 1304 上的电路 1306，可得到 TE 元件的串联电连接。可加有适当的磁场，该磁场来自于关于极性成对取向的永磁铁（在图 13 中 N 表示北极和 S 表示南极）。通过高导磁率散热片 1309 在热侧上完成磁路。该磁场（由虚线表示）1308 因此可充分地穿过 TE 元件 1304 的宽度。

在上面披露的实施例中，热量传递或者排出热量的媒质为液体。图 14 示出了用固体代替液体的结构。图中示出了 TE 系统 1400，其中 TE 元件阵列 1401 包括中间夹有多个 TE 元件 1404 的热侧基片 1402 和冷侧基片 1403。散热片 1409（从 TE 系统 1400 实际上为无限大的角度看）通过热侧基片 1402 而与 TE 元件 1404 具有良好的热接触。通过以焊接或其它方式固定到热侧基片 1402 和冷侧基片 1403 以及 TE 元件 1404 上的电路 1407，可得到 TE 元件的串联电连接。被冷却固体材料 1405（在示出的情况）从图中左边被移动到右边，同时通过冷侧基片 1403 而与 TE 元件 1404 具有良好的热接触。例如通过热脂 1406，可在固体 1405 和冷侧基片 1403 之间的界面上得到良好的导热性。当固体 1405 经过冷侧基片 1403 时，就被 TE 元件 1404 逐渐地冷却。最好是，从 TE 元件通过基片 1403 和热脂 1406 以及通过固体 1405 但不沿着固体运动方向，固体材料具有良好的导热性。固体 1405 的适当材料可以为复合物或其它各向异性的材料，或者固体 1405 可以在垂直于运动方向上开槽，同时槽内填有例如绝热体。

图 15A 到 15G 示出了沿着被隔离元件 TE 系统长度方向上不同温度轮廓的实例。在这些所有的附图中，从右到左表示热侧流动，而从左到右表示冷侧流动。对于这些一侧具有散热片的实例中，在带有散热片的一侧没有流动。点 O 始终在左边，表示冷侧流动的进入端和热

侧流动的流出端。点 L 始终在右边，表示冷侧流动的出口端和热侧流动的进入端。水平线始终表示周围环境温度 T_A 。图 15A 示出了 $\Delta T_C = \Delta T_H$ 的情况。图 15B 示出了 $\Delta T_C > \Delta T_H$ 的情况。图 15C 示出了 $\Delta T_C < \Delta T_H$ 的情况。图 15D 示出了热侧具有无限大散热片因此 $\Delta T_H = 0$ 的情况。图 15E 示出了冷侧具有无限大散热片因此 $\Delta T_C = 0$ 的情况。图 15F 示出了温度为 $T_{CIN} < T_A$ 的冷流体进入的情况。图 15G 示出温度为 $T_{HIN} > T_A$ 的热流体进入的情况。根据本发明的启示，可预想到其它温度轮廓，同时设计出形成所有散热片的可能组合、输入温度和输出温度的装置。

在两种模式的操作中，理想的公式(9)表示当在冷却模式下的 COP 是最好的，同样在加热模式下 COP 也是最好的。然而，流速、TE 元件电阻对位置的变化，或者 TE 元件电流对位置的变化对于该应用场合不适用。通过对热电基本公式推导的这些参数进行调整可使整个系统性能最优化。

图 16 示出了 TE 系统 1600 的另一个实施例，其中在不用侧上的流体横穿 TE 阵列 1601 长度上的区段 1609。象在前面的实施例中那样，TE 阵列 1601 包括其间夹有多个 TE 元件 1604 的热侧基片 1602 和冷侧基片 1603。多个柱销 1605 通过热侧基片 1602 和冷侧基片 1603 与 TE 元件 1604 具有良好的热接触，并形成了 TE 系统 1600 的热交换器。如上所述，柱销 1603 具有与销钉类似的形式，其头部 1606 与 TE 元件 1604（热侧和冷侧）具有良好的热接触。最好是，柱销 1605 由铜或者其它具有高热导率的材料制成。根据应用或热传递发生的流体，柱销 1605 可用上面已经描述过的其它热交换器结构或几何形状代替。

沿着电路 1606 的热侧基片 1602 和冷侧基片 1603 的结构如图 7A 到 7C 中那样，保持了沿着 TE 阵列 1601 长度对 TE 元件 1604 的热隔离。热侧管道 1607 固定到 TE 系统 1600 的热侧上，以在左边把温度为 T_A 的流体引入经过在热侧的热交换器 1605，同时在右边引导温度为 T_H 的流体流出。多个管道 1608 固定到 TE 系统 1600 的冷侧，以把流体引导经过热交换器 1605 的多个区段 1609。具有温度 T_A 的流体在两个管道 1608 的左端分别进入其各自的最左边，并在其各自的右端流出。具有温度 T_A 的流体在两个管道 1608 的右端进入其各自的最右端，并在左端流出。附图示出了在冷侧的三个区段 1609，其中冷侧在示出的实

施例中为无用侧，其也可以是任意个区段，同时它们不必都具有相同长度或在相同方向流动。冷侧出口温度 T_{C1} 、 T_{C2} 等不一定相同，经过每个出口流体量也不一定相同。

因为具有温度 T_A 的冷侧空气沿着 TE 系统 1600 长度在多个点引入，在 TE 元件 1604 上的 ΔT 比如果冷侧空气在排出前经过冷侧的所有热交换器 1605 时的 ΔT 要小。如公式 10 所示，当 ΔT 较小时，COP 变得较大；从而 TE 系统 1600 的热侧可比具有单个冷侧管道时更暖。在图 16 底部的温度轮廓图中示出了这种情况。在具有温度 T_A 的流体进入的每个点（点 0、 L_1 、 L_2 ...），上个区的 COP 变得相对小。具有 T_A 的新流体提高了流体进入级的 COP，从而得到了整个该区段的附加的 ΔT 。需要注意的是，通常，每个区段增加的净 ΔT 将使装置的长度减小，除非在后面一级（ L_2 等）进入的流体具有比 T_A 高的温度，或者在后面一级的散热能力足够大。

图 16 中示出的实施例示出了在加热模式下操作的 TE 系统。该同一技术与在冷却模式中类似，用于提高 TE 系统的性能，其中在不用侧的流体在多个点进入。

图 17 示出了 TE 系统 1700 的另一个实施例，其中在不用侧（冷侧）的流体在区段 1709 上横穿 TE 阵列 1701 的长度。图 17 不同于图 16 的地方在于，在图 17 中，流动是从 TE 系统 1700 的相对两端进行的。TE 阵列 1701 与图 16 中一样，包括热侧基片 1702、冷侧基片 1703、多个柱销 1705、电路 1706、热侧管道 1707 和用于热交换器 1705 多个区段 1709 的多个管道 1708。

同样地，图 17 中示出的实施例描述了在加热模式下操作的 TE 系统。该同一技术与在冷却模式中类似，用于提高 TE 系统的性能，其中在不用侧的流体在多个点进入。而且，不是所有不用侧流体需要在同一方向流动、以相同温度进入、以相同间隔或相等长度段流动，或者具有相同的流体流速。

图 18 示出了 TE 系统 1800 的另一实施例，其中在不用侧上的流动不用横穿 TE 阵列 1801 的整个长度。就象图 16 中那样，该 TE 阵列 1801 包括热侧基片 1802、冷侧基片 1803 和多个柱销 1805。热侧管道 1807 固定到 TE 系统 1800 的热侧上，在左边把具有温度 T_A 的流体引入，经

过在热侧上的热交换器 1805, 并在右边以温度 T_H 流出。管道 1808 固定到 TE 系统 1800 的冷侧上, 以把流体导引经过热交换器 1805。在图中具有温度 T_A 的流体在左边进入到冷侧管 1808。阀 1809 具有两个位置, 一个位置 (打开) 使流体经过整个管道 1808 流动, 从而以温度 T_C 在右端流出。阀 1809 的另一个位置 (闭合) 使流体仅流过管道 1808 的一部分, 从而以温度 T_C^* 在中间位置 1810 流出。图中示出了两个区段 1812, 但同时可以是任何数量, 同时它们不必要是相同长度、具有相同方向的流体流动或具有以相同温度进入的流体。

如果阀 1809 处于打开位置, 同时 TE 系统需要只产生较小的 ΔT , 如图 18 底部所示, 温度轮廓为 1820 和 1821 (长虚线)。需要注意的是, 在流出点 L_2 , 冷侧曲线的斜率为非零, 从而热流也为非零。因此, 在该情况下, TE 系统 1800 仍然从冷侧迁移热量, 并仍然把热量散布给热侧。如果阀仍然处于打开位置, 则 TE 系统 1800 就需要产生较大的 ΔT , 为了产生足够的 ΔT , 加在 TE 系统 1804 上的能量是必要的, 同时冷侧温度轮廓近似为曲线 1822 和 1823。需要注意的是, 在一些中间点 L_1 , 冷侧温度的斜率实际上为零。如果流动能继续经过 L_1 , 则冷侧温度轮廓将继续沿着曲线 1823 (短虚线)。如果阀 1809 关闭, 从而使流体从流出点 1810 处倾泻出, 则除了热损失外的所有焦耳热量可用来进一步把热侧温度提高到 T_H^* , 形成热侧温度轮廓 1824。

使流动从 TE 阵列 1801 的一部分开始的技术也可用于流动从相对一端开始的装置中。另外, 阀 1809 和单个冷侧管道 1808 可用多个阀和管道来代替。

在上面描述的所有实施例中, 可设置与图 10 和 11 中描述类似的系统控制器。那些描述集中在利用控制器调节 TE 元件上的电压 (图 10), 并调节柱塞的位置 (图 11)。该控制器还可利用来自相同或类似传感器输入的信息与硬件或软件关系一道来调节例如电流 (对于 TE 元件的串联) 或热侧、冷侧流速。该软件关系的形式可以为查找表、公式或其它算法。使用这种控制器从而为提高总效率以减少平均输入能量或另外改变系统输出而提供了机会。

上述控制器考虑到了监控几个参数并根据这些参数来动态调节系统的可能性, 然而, 该控制系统可以为非常简单的系统, 如由用户使

用的开关等。例如，控制系统可只是一个开关，该开关改变在热电系统中电流的方向，以从冷却到加热进行变化，或者改变电流以动态地调节电流量，从而使冷却或加热量变化，其中传感器输入为确定温度太热或太冷的人。

- 5 上述描述建议，每排 TE 元件在长度、面积、电阻率或在施加的电能上要变化。考虑到可制造性、简单化和低成本，TE 元件组可以相同或设计成子模块。这样，不是每排都必须不同。这种简化仍能提高效率，同时根据采用的不同尺寸、能量、标准的多少而有不同程度改进。

10 在上述实施例中，其中可采用散热片，散热片可由热管或其它热传递机构来代替。这样，散热片或类似部件可距离较远，或者组件可联接到另外的一个或多个可把废热能排掉的组件上。另外，虽然已经描述了流体和固体用于冷却或加热的媒质，然而，流体和固体的组合，如泥浆（Slurry）等也可作为冷却或加热的媒质。最后，结合热隔离特性对提高效率的各种方式进行了描述。然而，如改变电阻、改变电流
15 及上述其它提高效率的方式可在具体应用中适当地一起或单独使用。

20 上述实施例集中对所提出的 TE 系统的冷侧或冷却特性进行了讨论。通过改变流经这种装置的电流方向或改变从热侧到冷侧的输出的方向，加热或加热和冷却也可具有相同或者类似结构。对于任意具体使用的最优化可取决于 TE 系统的特定用途。然而，在具体应用中可出现几个潜在的差别：

- 1) 在加热模式，在汽车、家庭或工业加热系统中，例如，需要的 ΔT_H 要比 ΔT_C 充分大；
- 2) 质量流动比（主要侧到不用侧）需要调节以使性能最优化；
- 3) 目前的 TE 热抽汲功率（pumping power）的能力把整个装置的
25 ΔT 限制到约 70 摄氏度，因此要得到具有高 COP 的高 ΔT_H ，结构和流动模式需要根据任何具体应用来调整；以及
- 4) 当根据需要，系统需要在加热或冷却两种模式下操作时，（HVAC 或热泵系统）设计最好是有足够的灵活性以在两种模式下有效地操作。

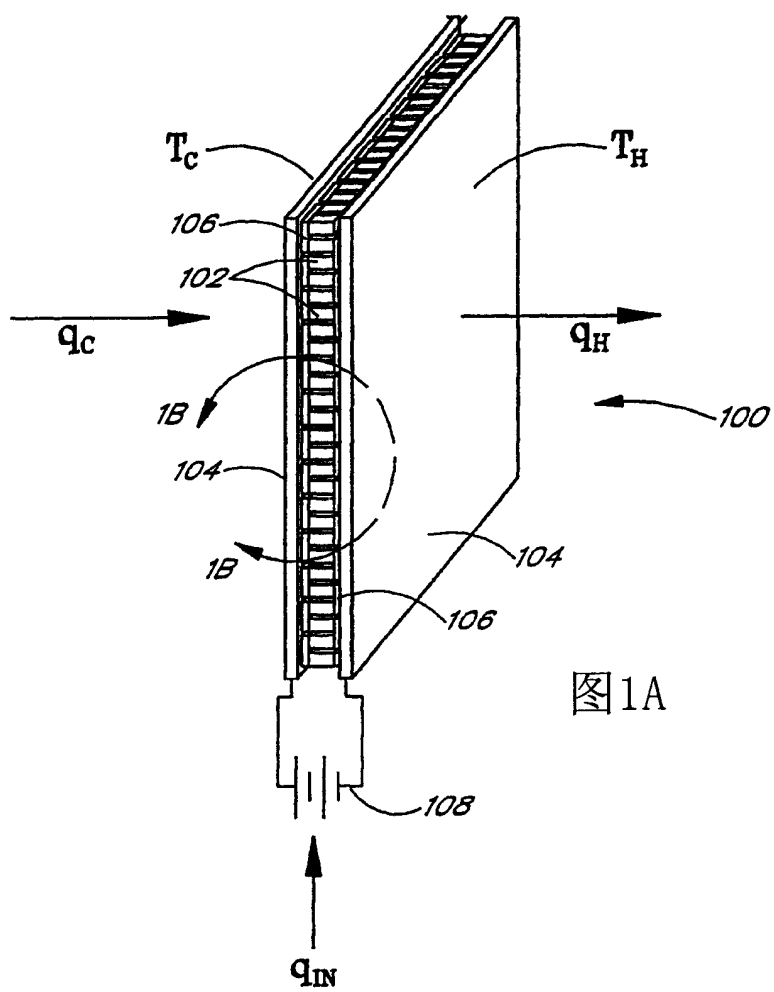


图1A

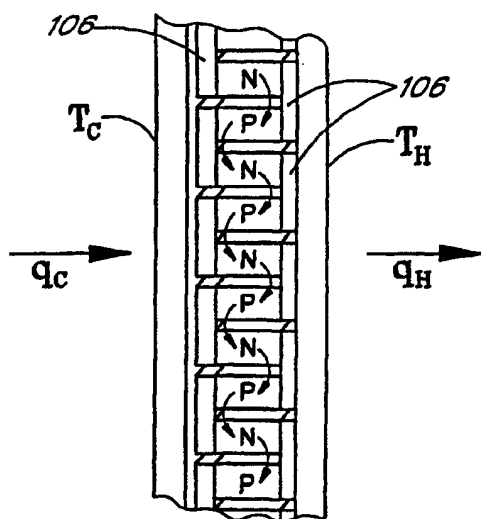


图1B

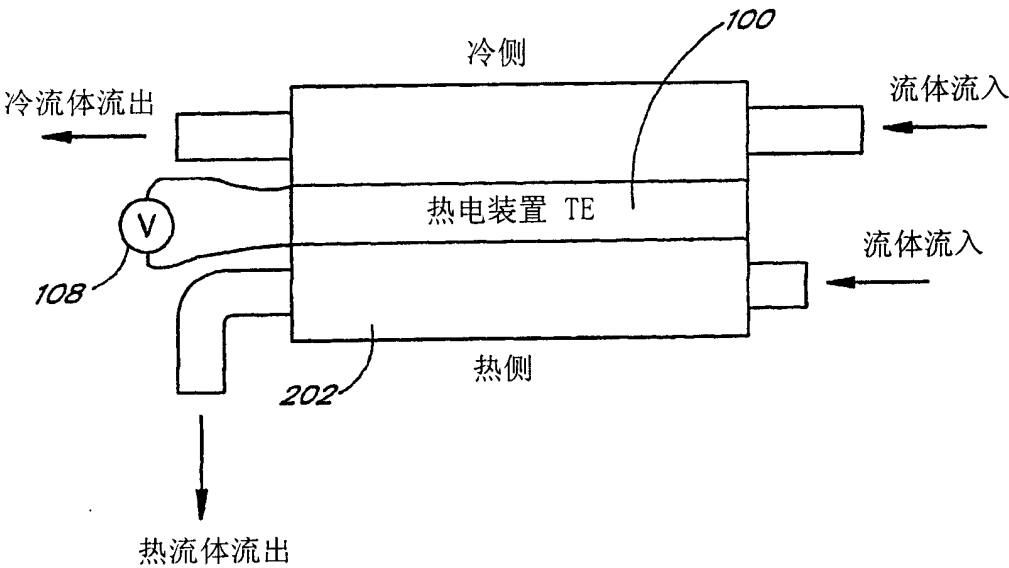


图2

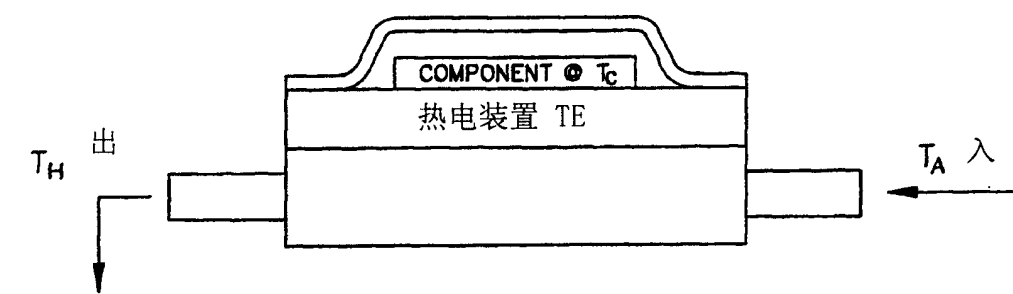


图3

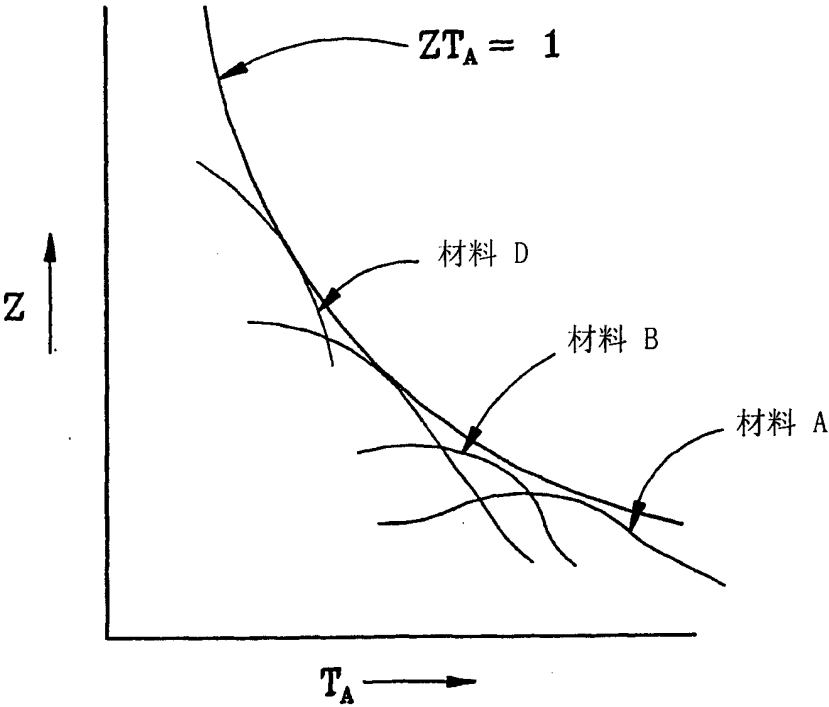


图4

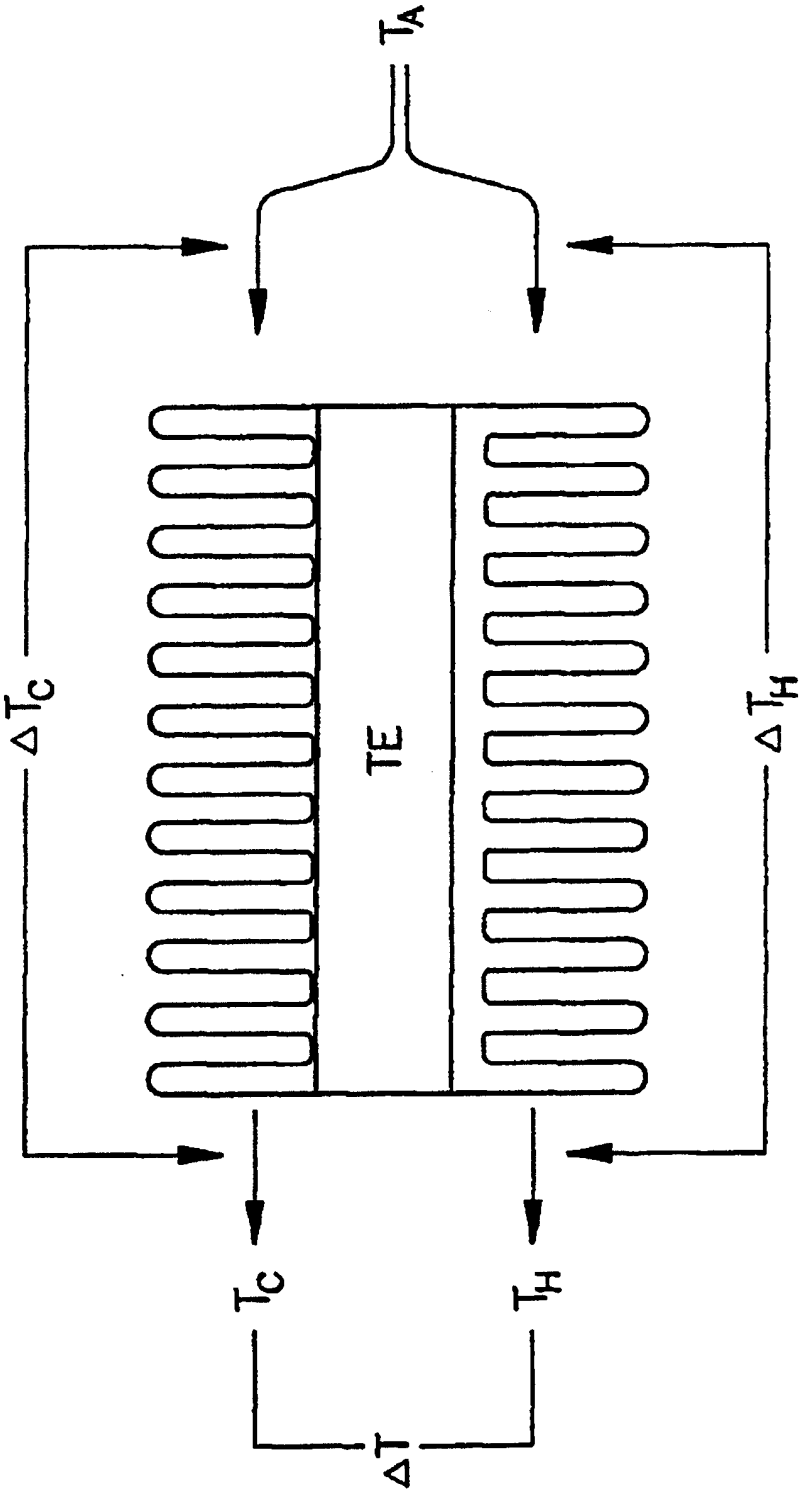


图 5

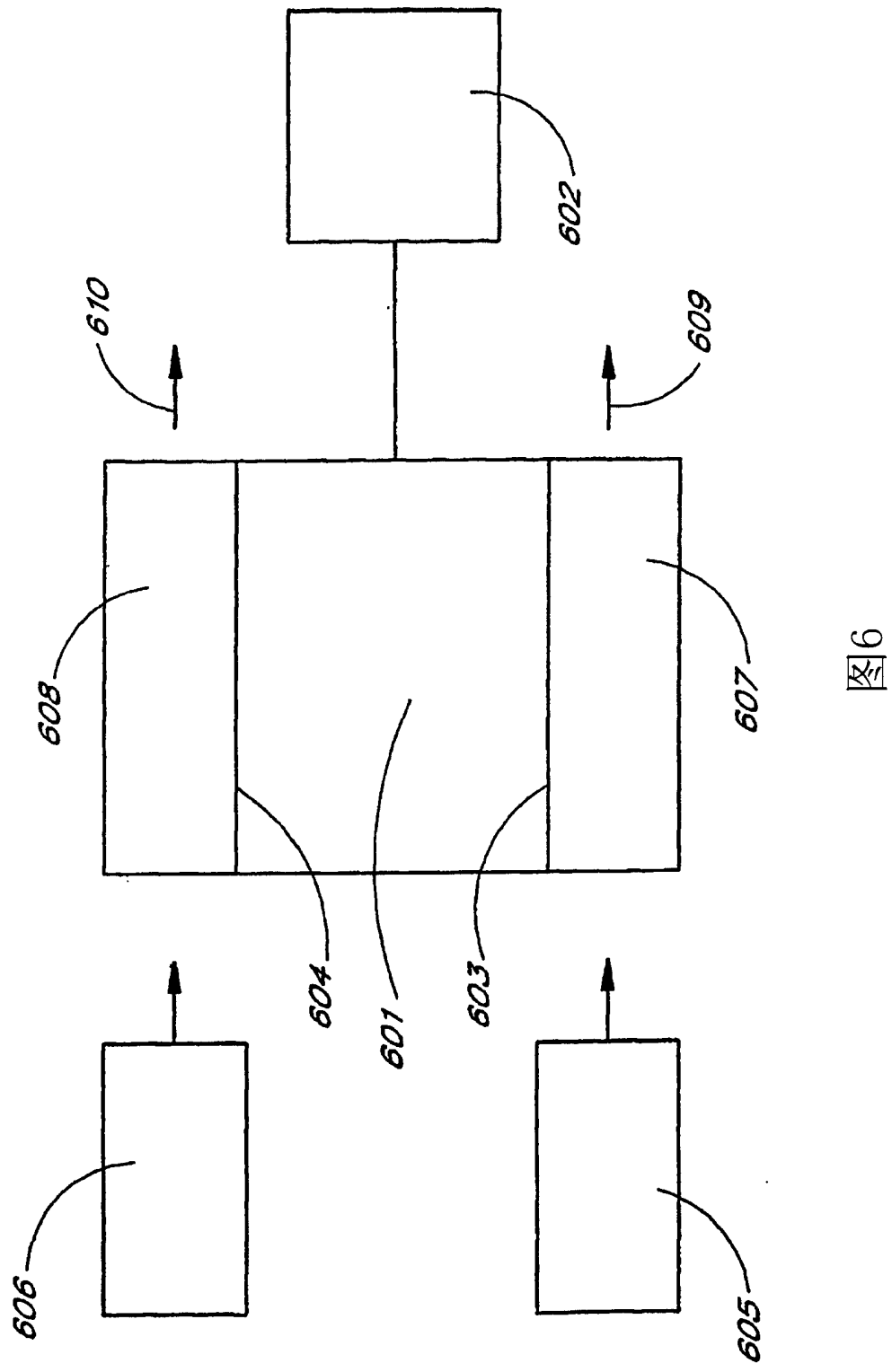


图6

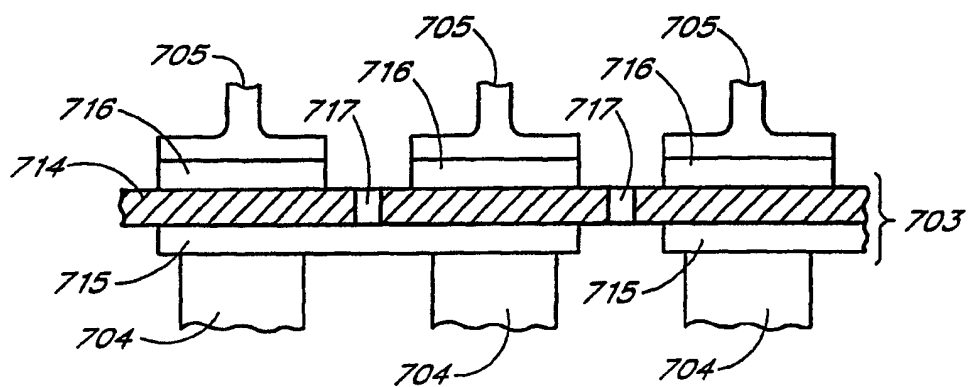


图7B

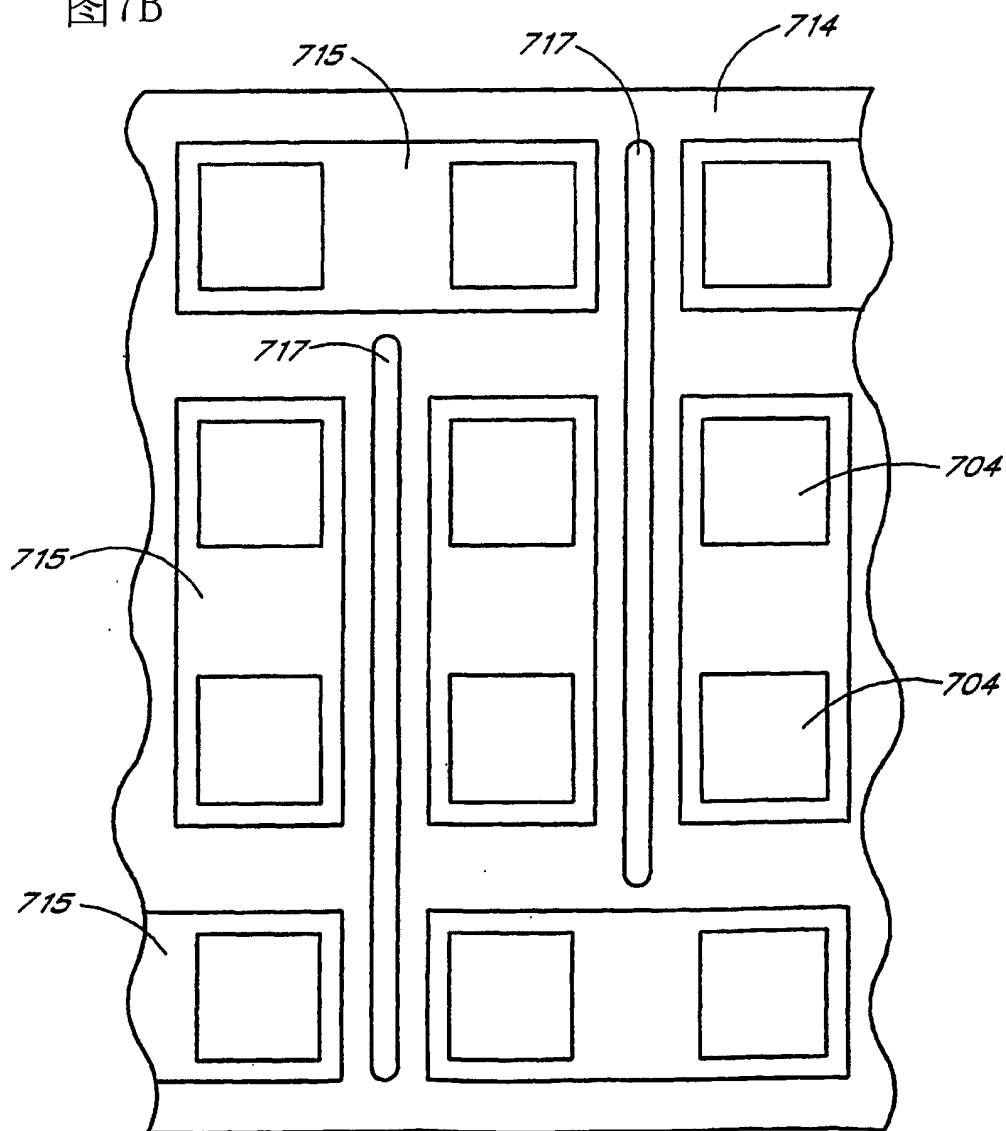


图7C

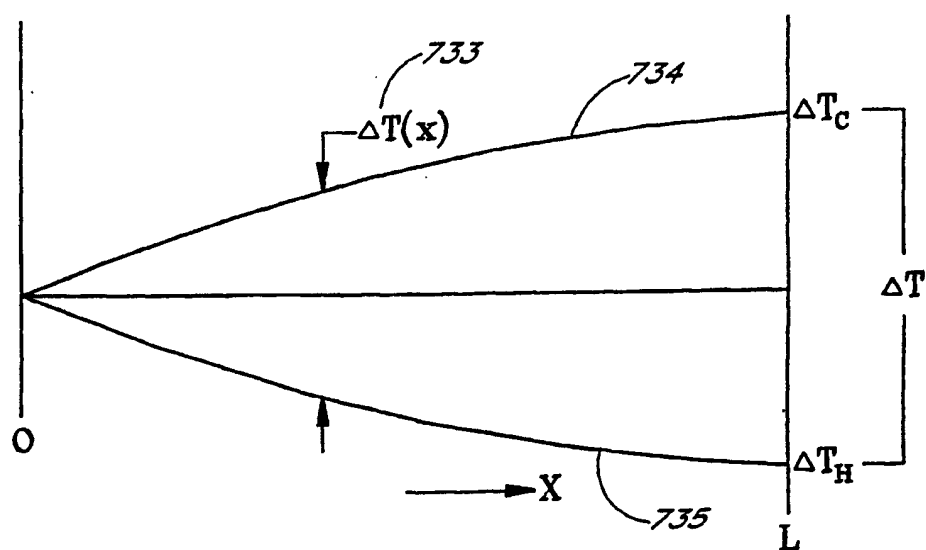
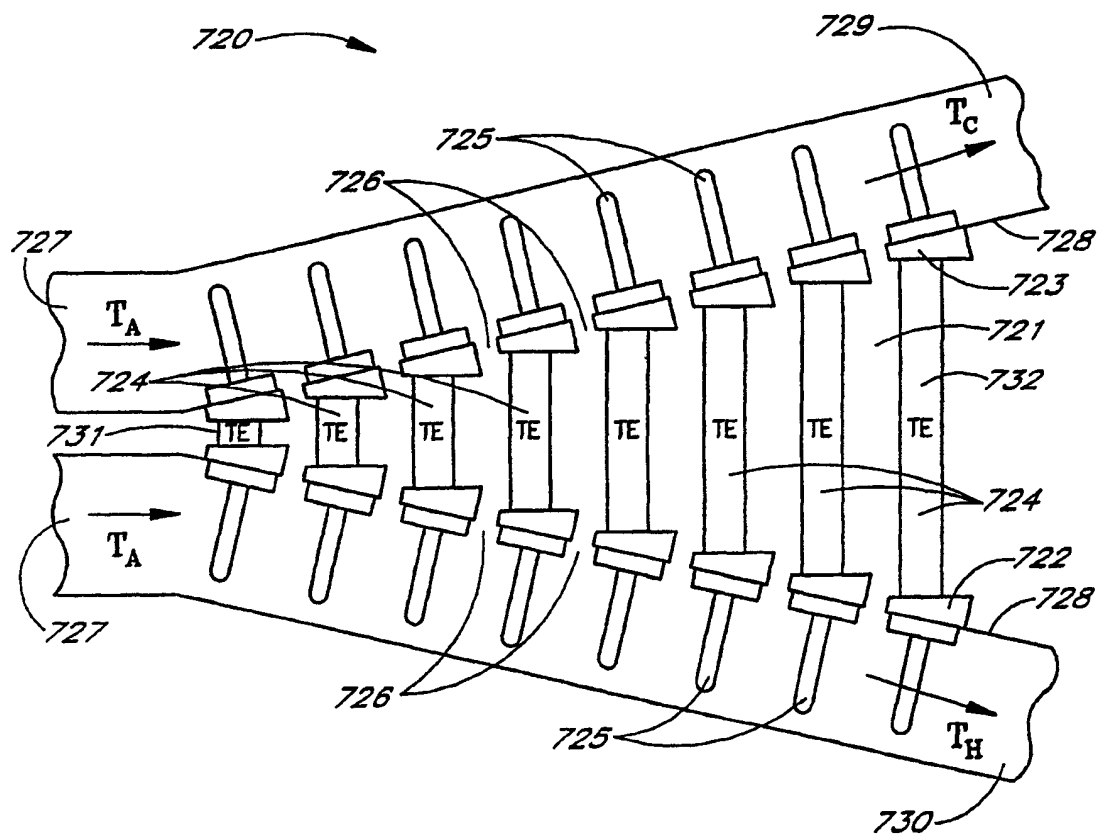


图7D

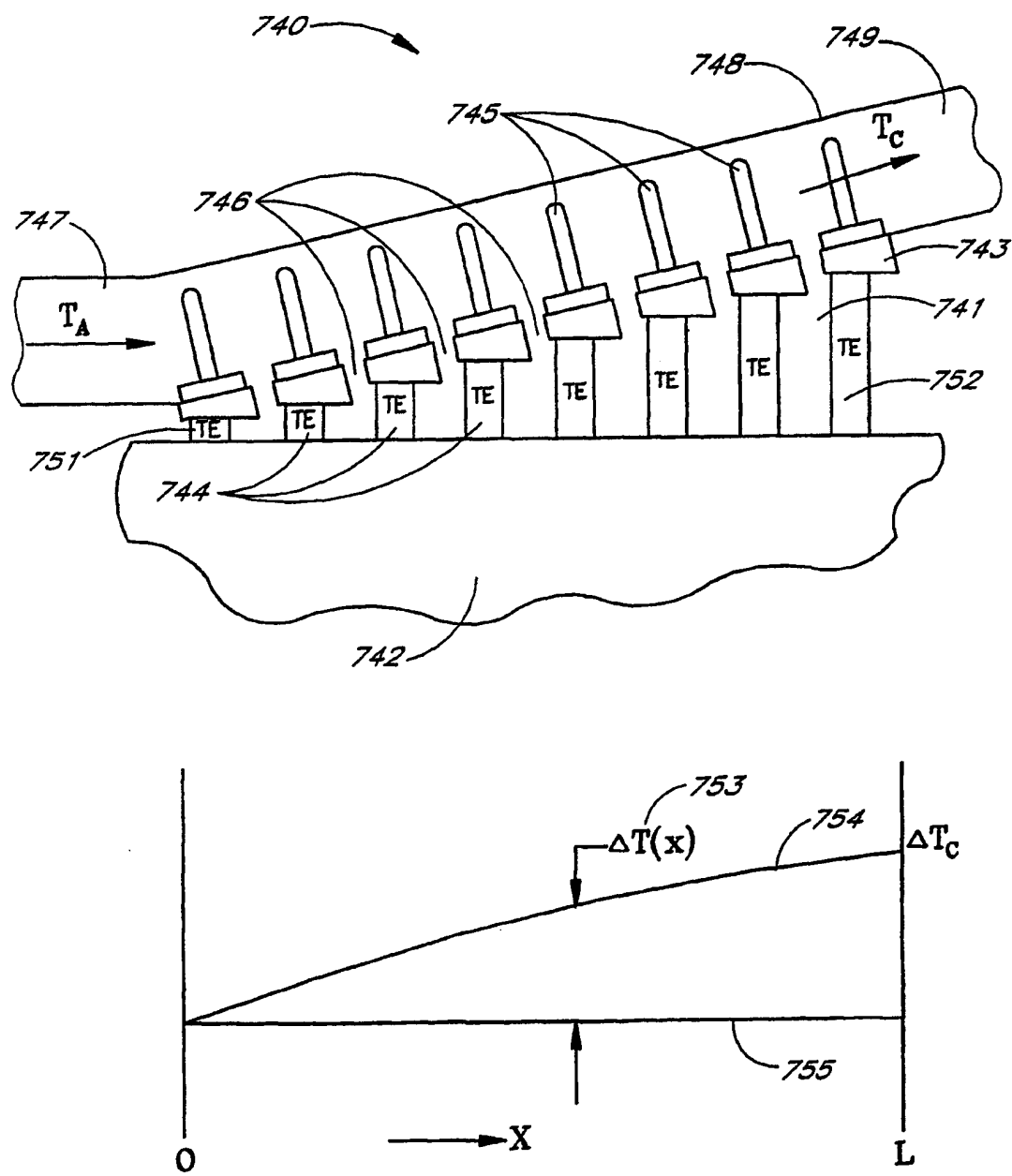


图7E

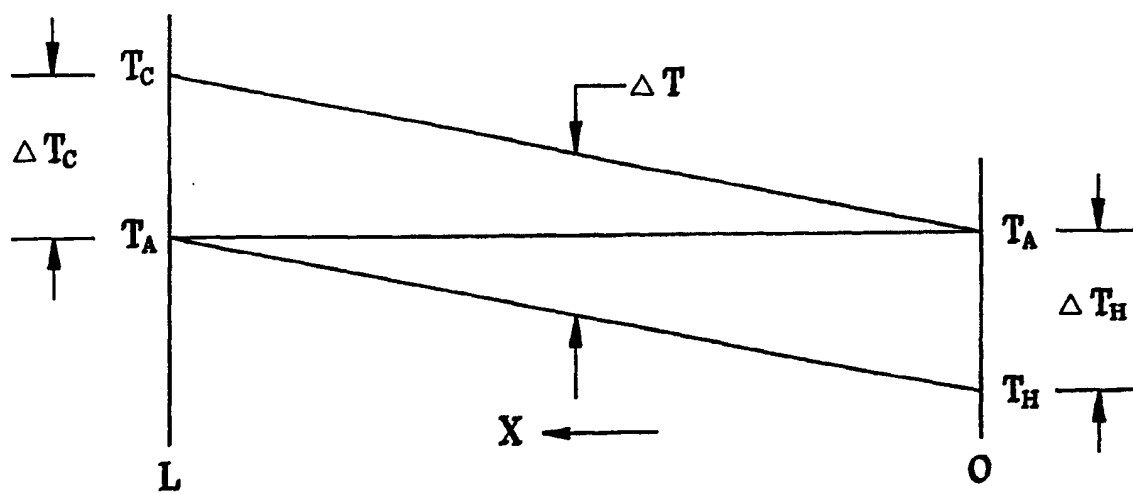
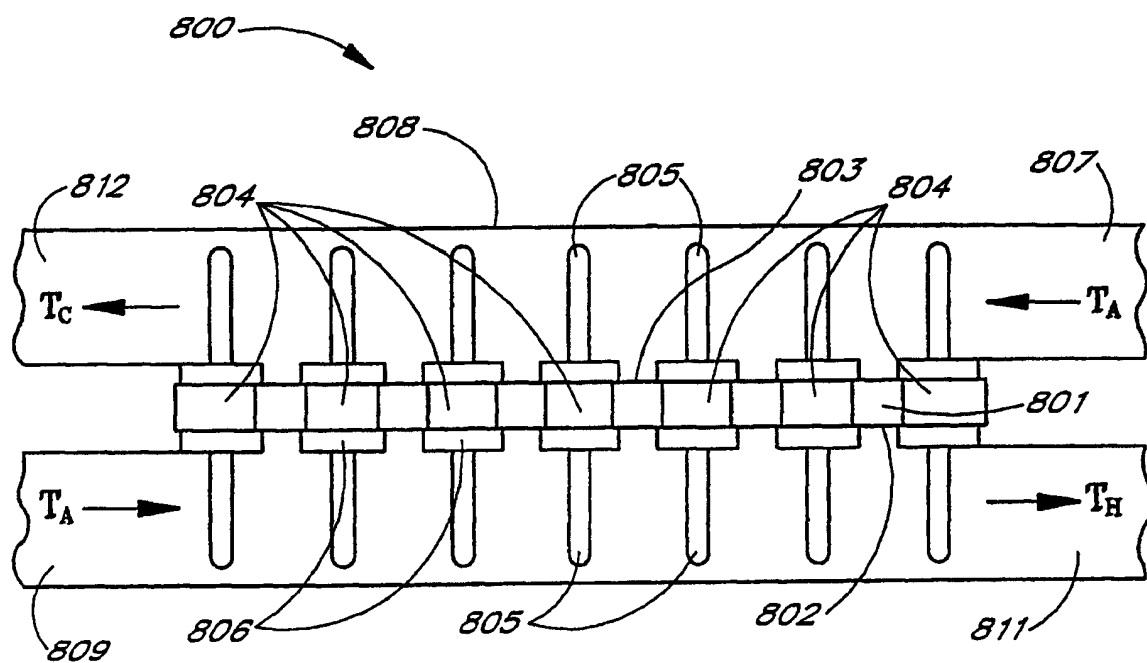


图8

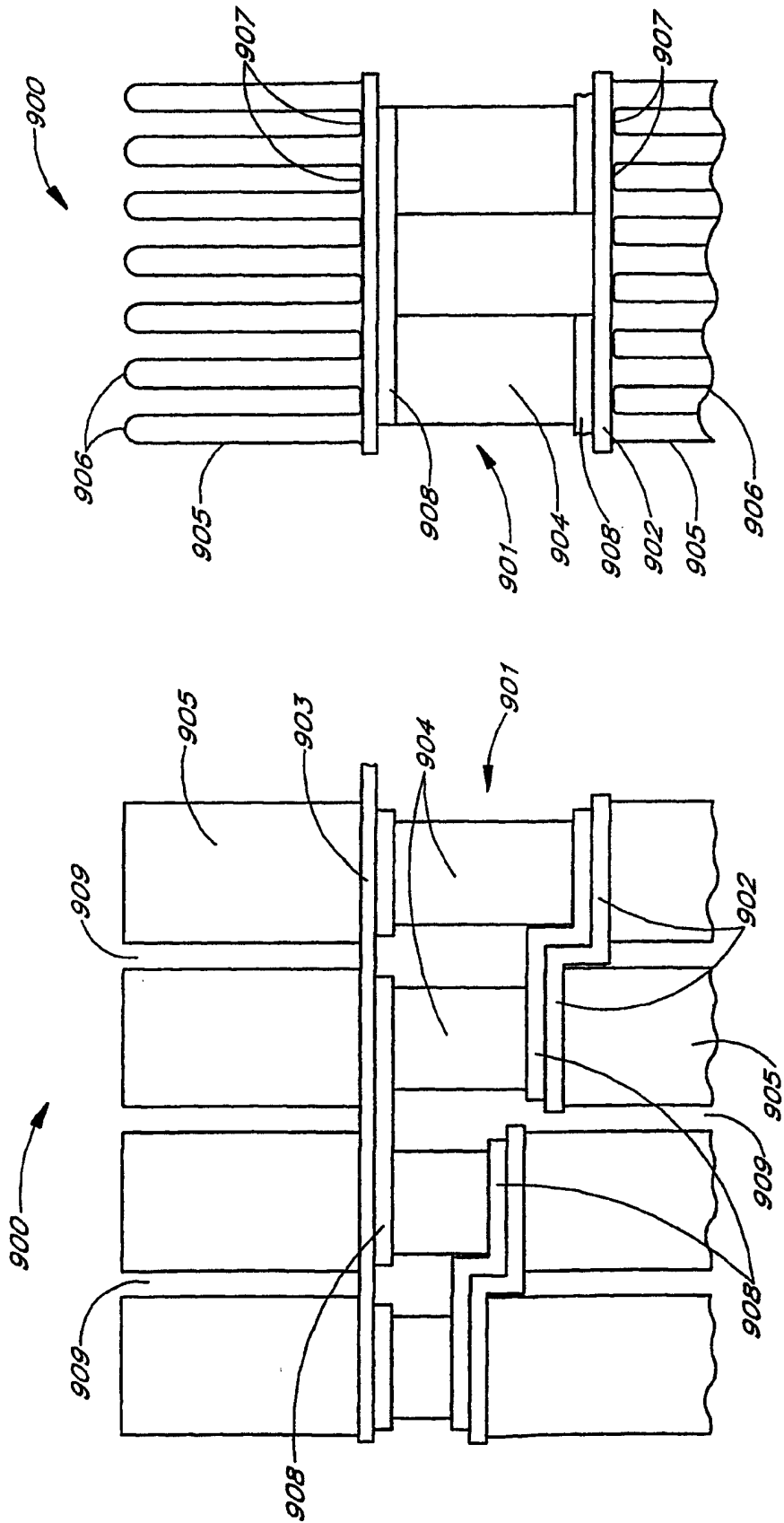


图9A

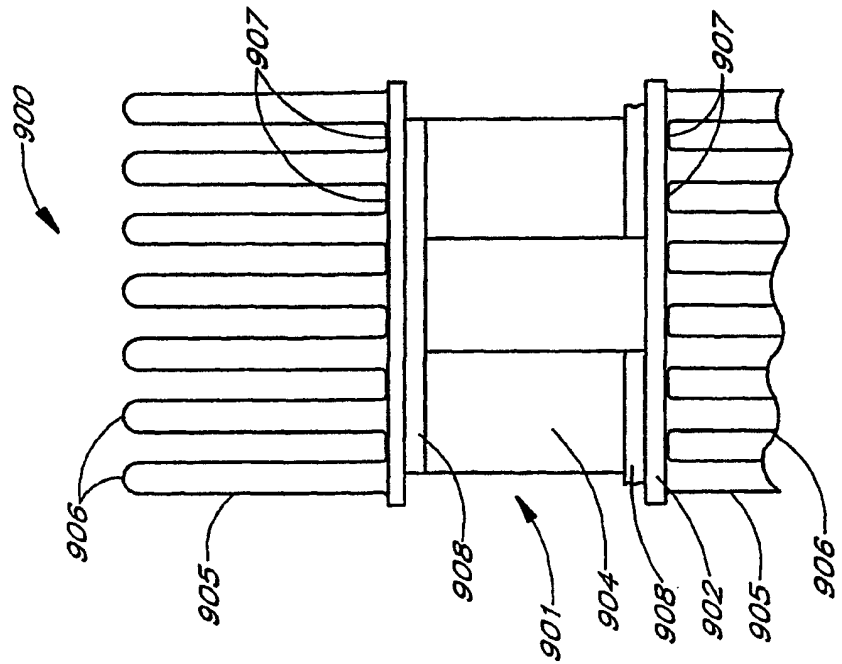


图9B

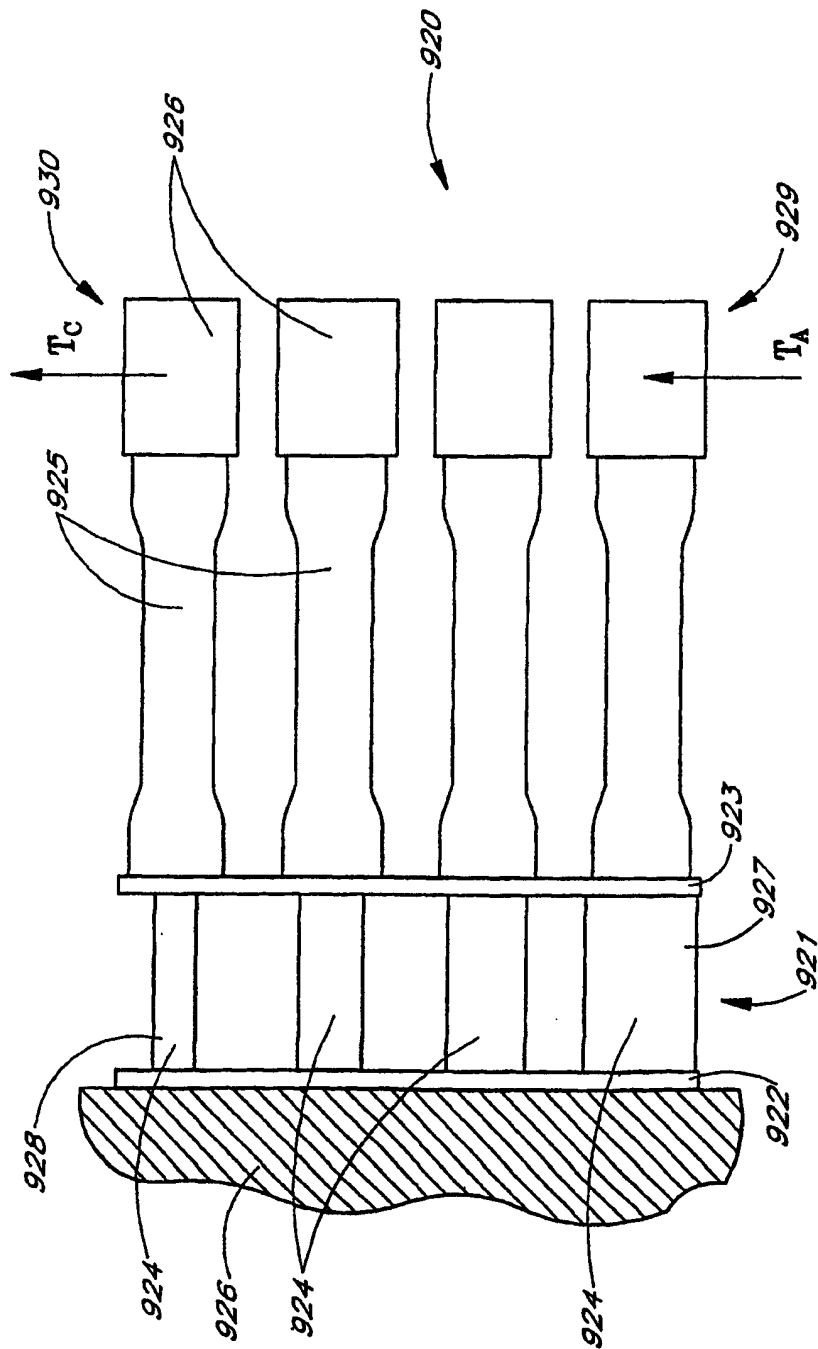


图9C

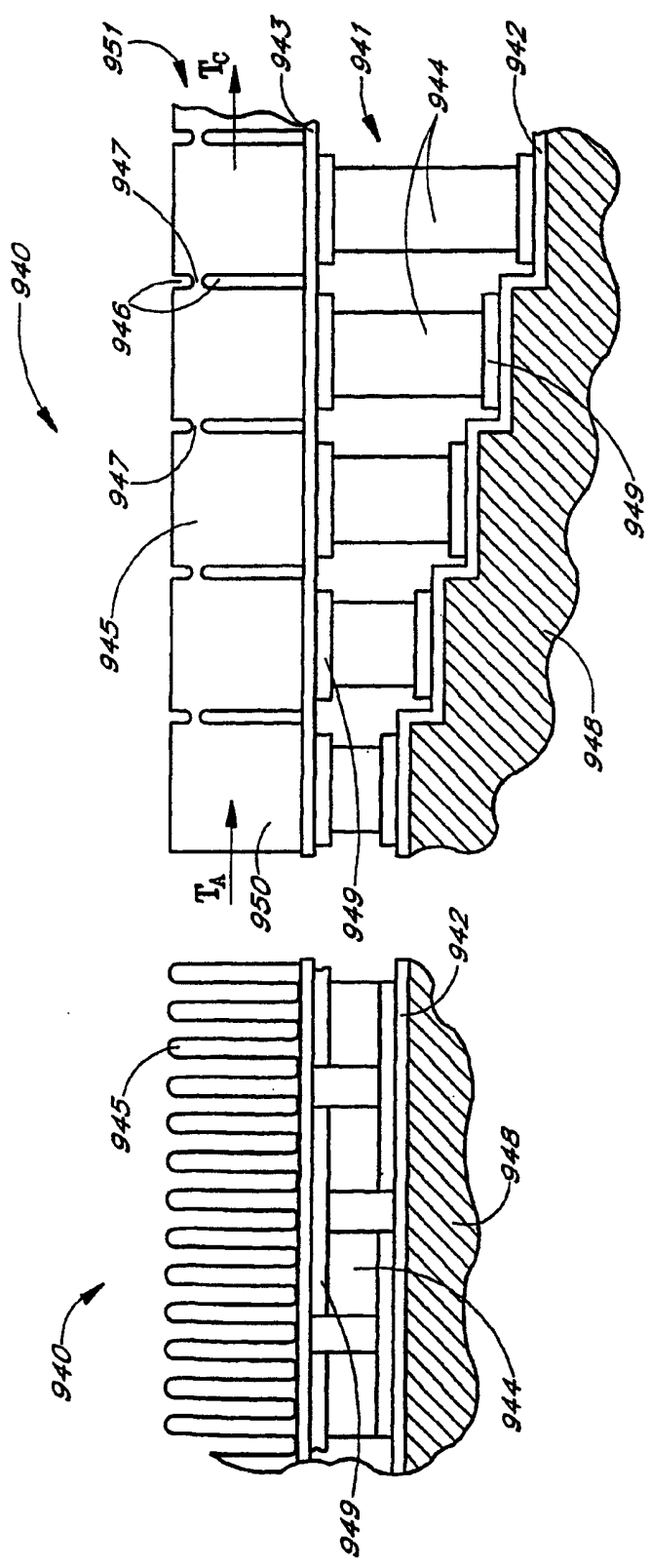


图9D

图9E

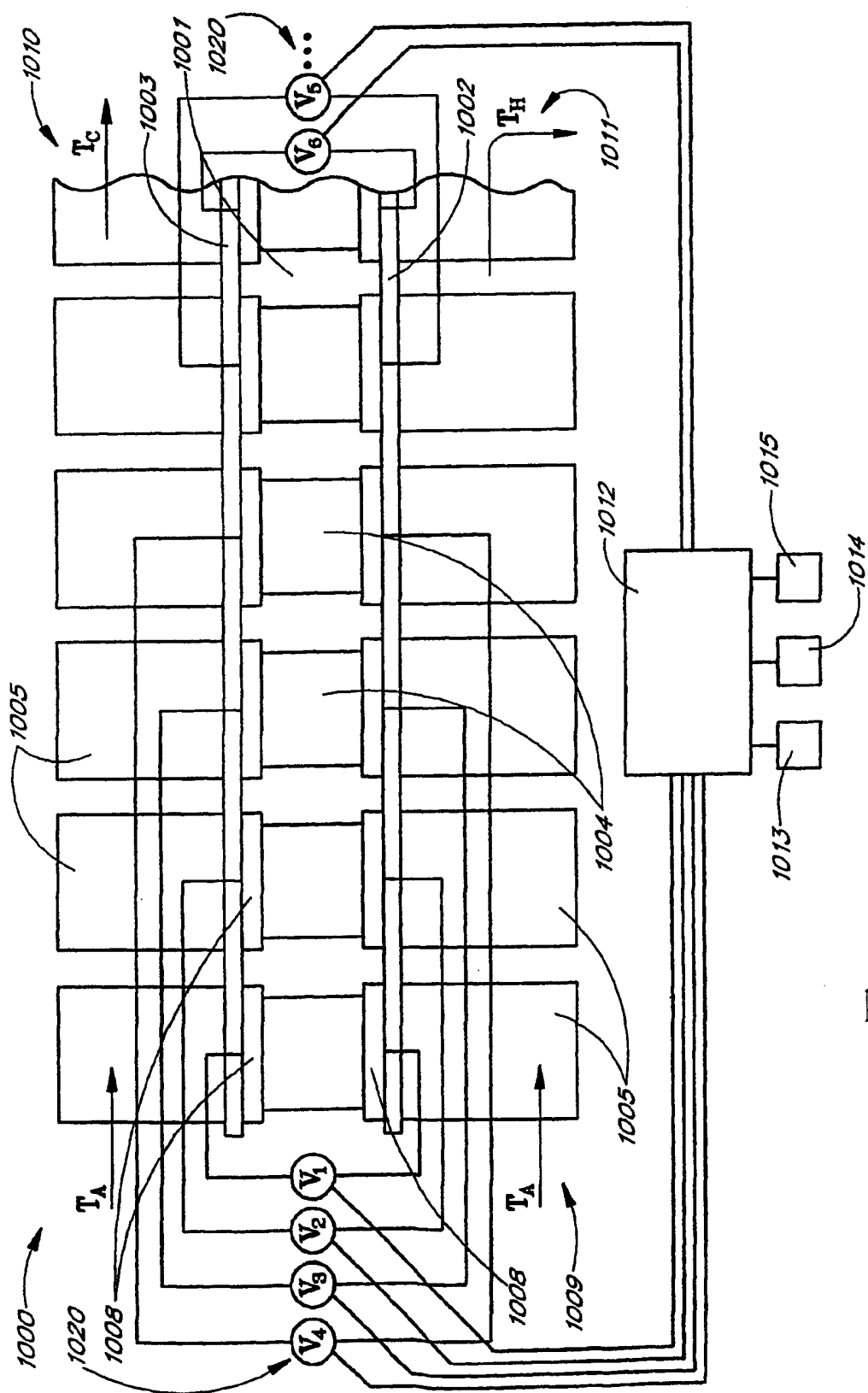


图10

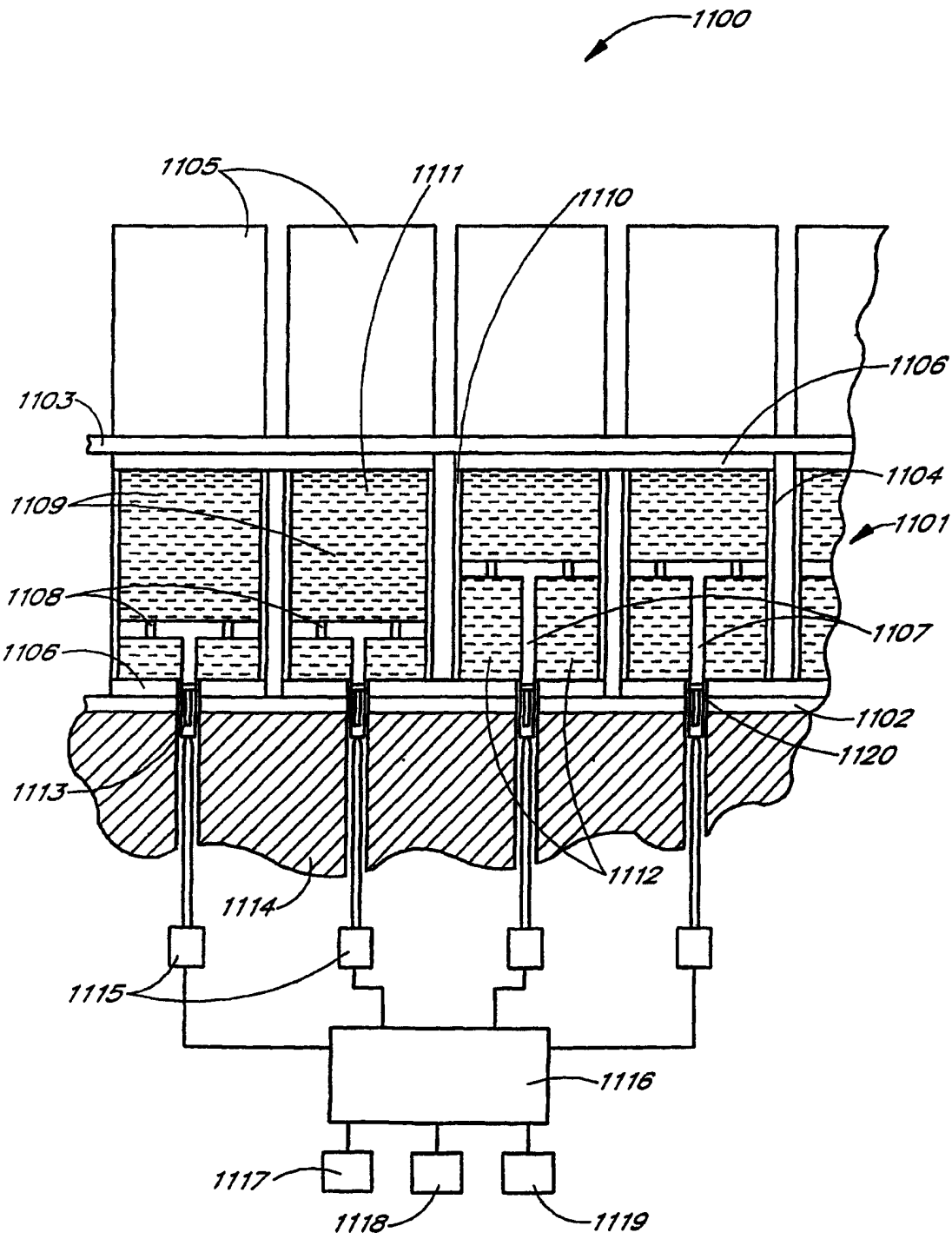


图11

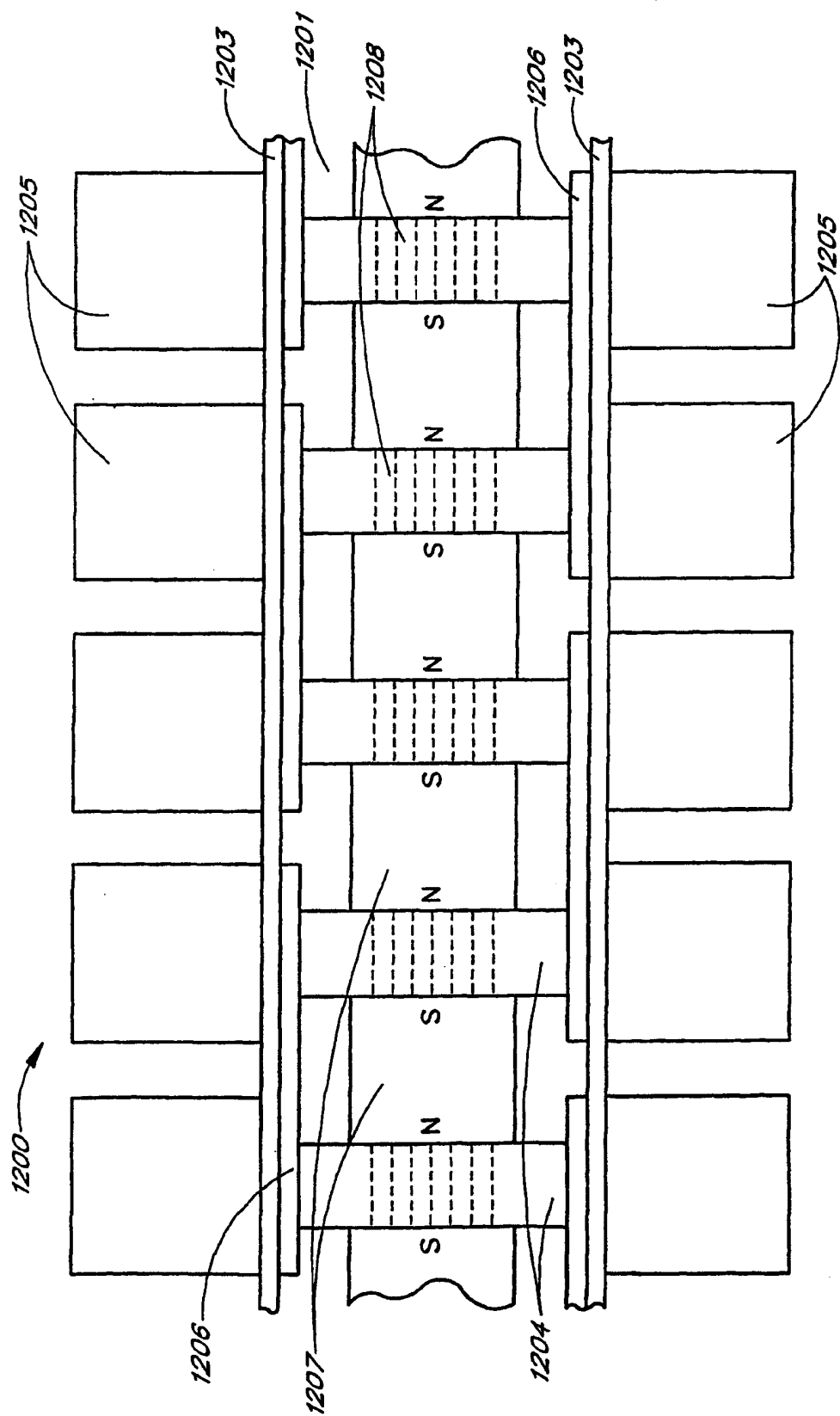


图12

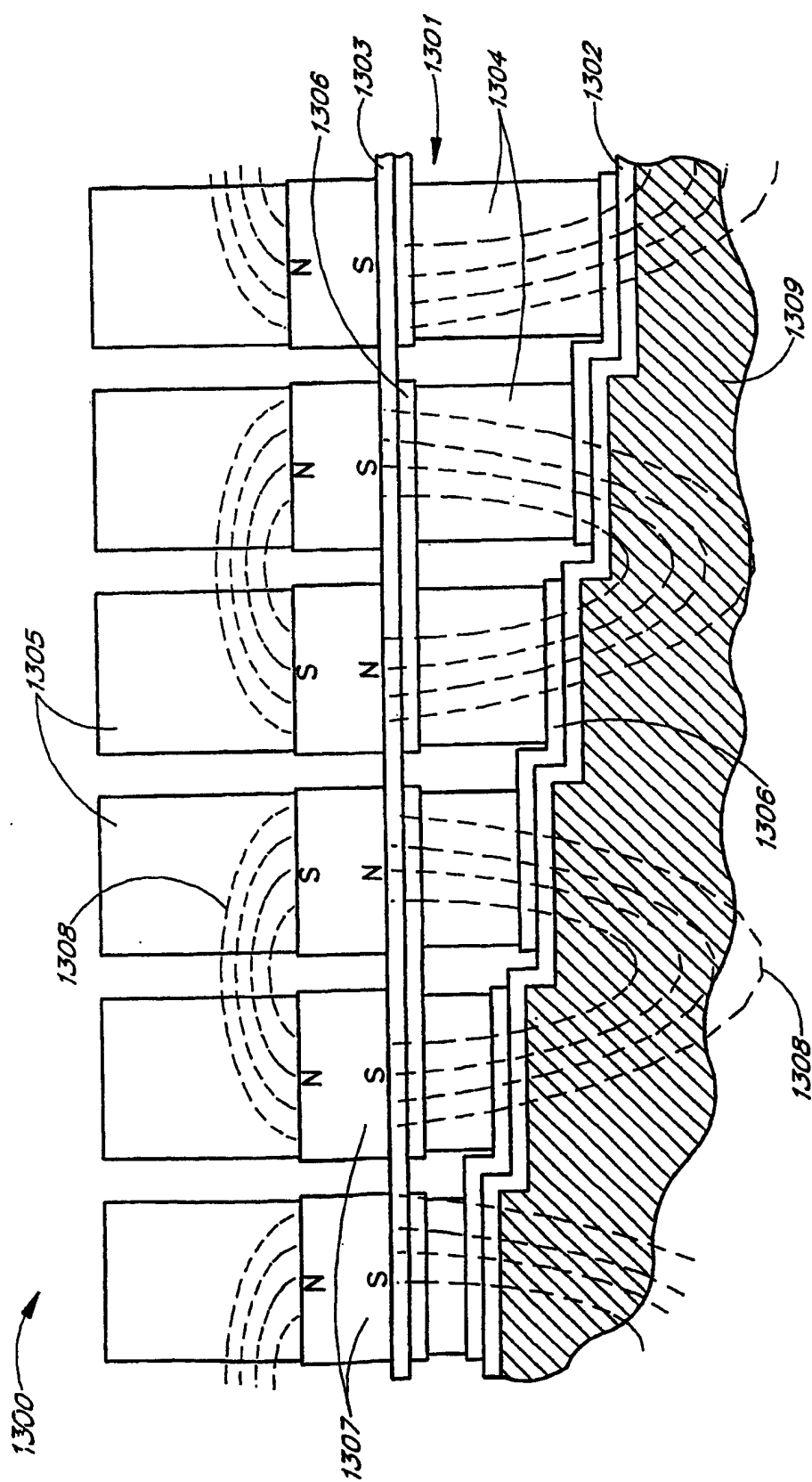


图13

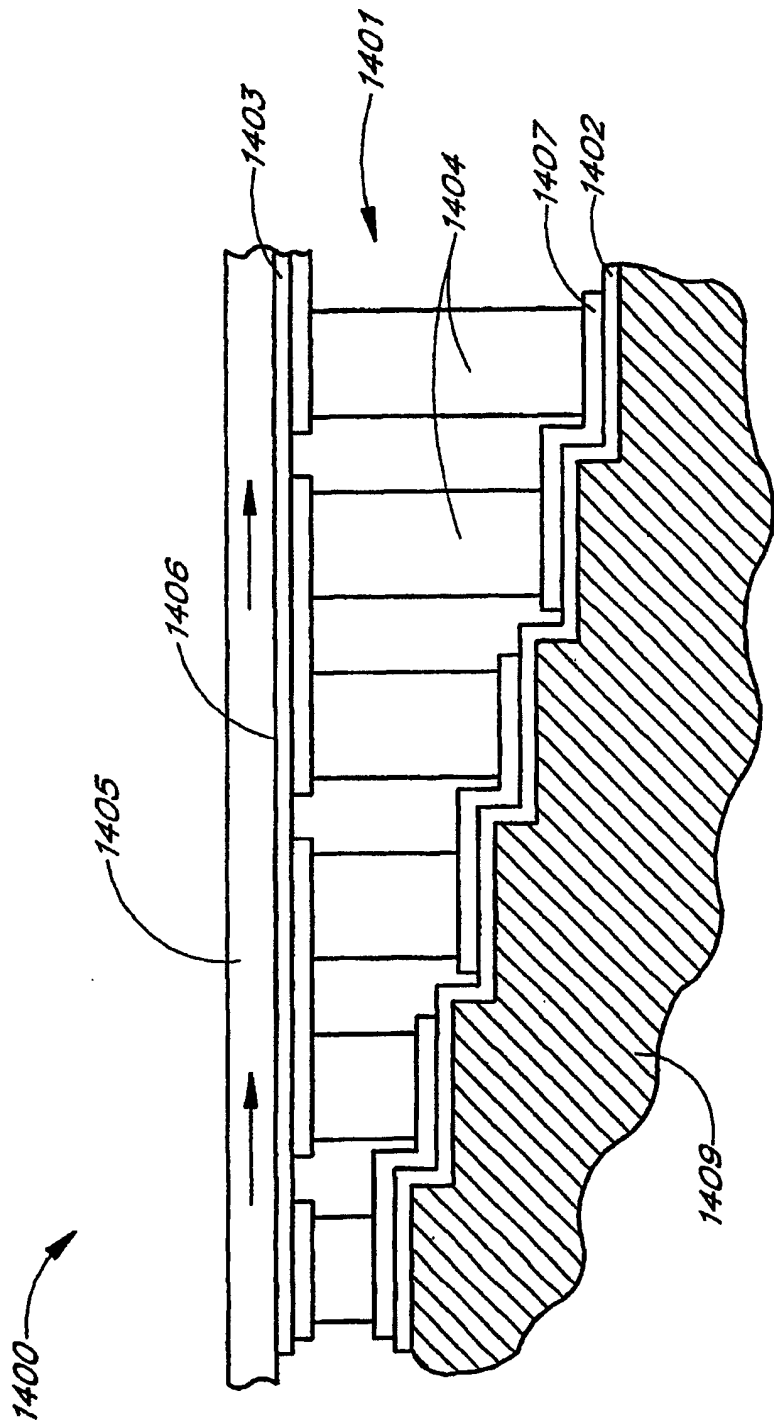
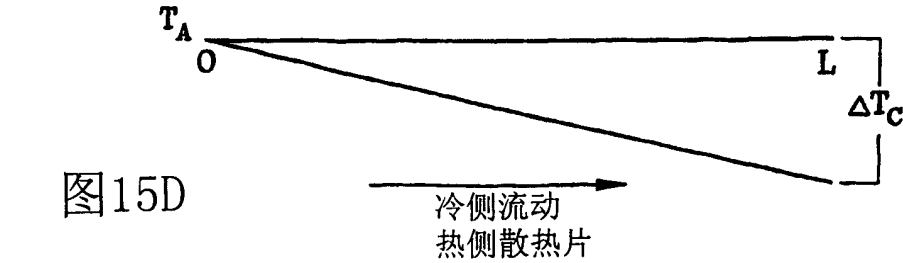
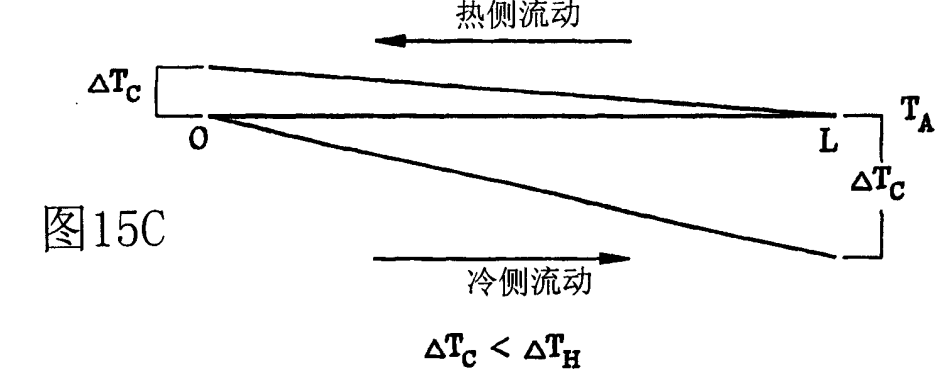
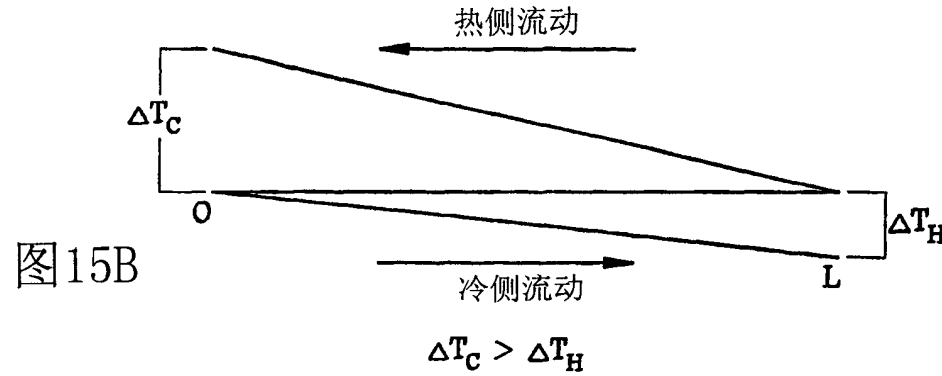
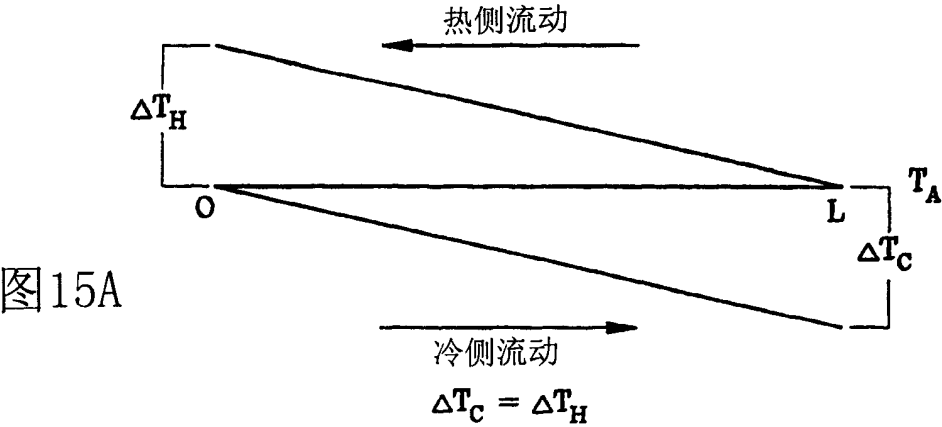


图14



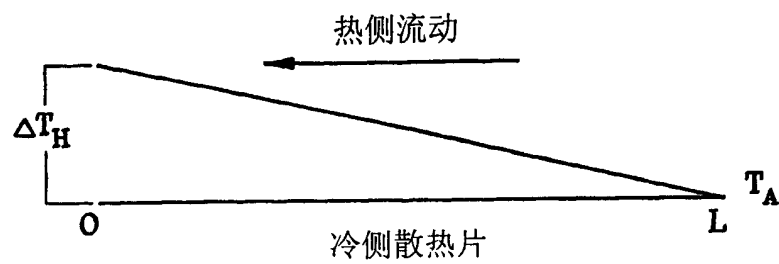


图15E

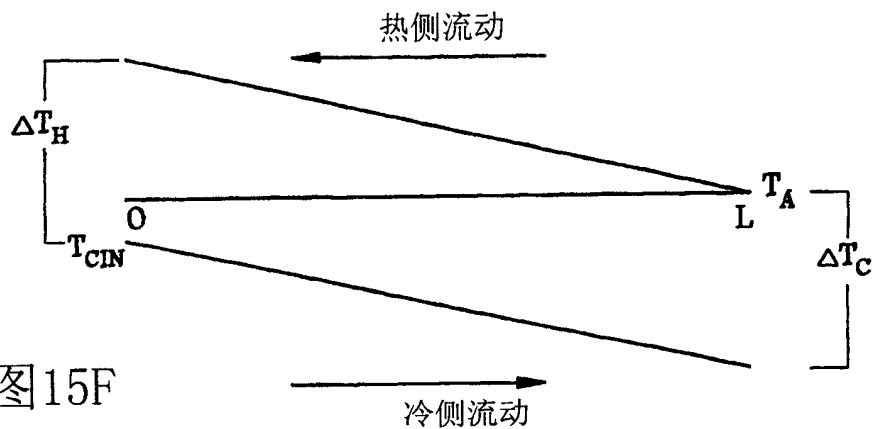


图15F

温度为 $T_{CIN} < T_A$ 的冷流体进入

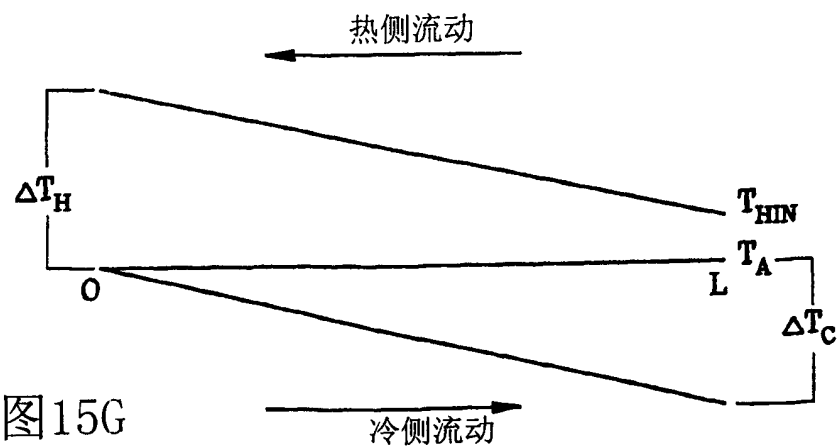


图15G

温度为 $T_{HIN} > T_A$ 的热流体进入

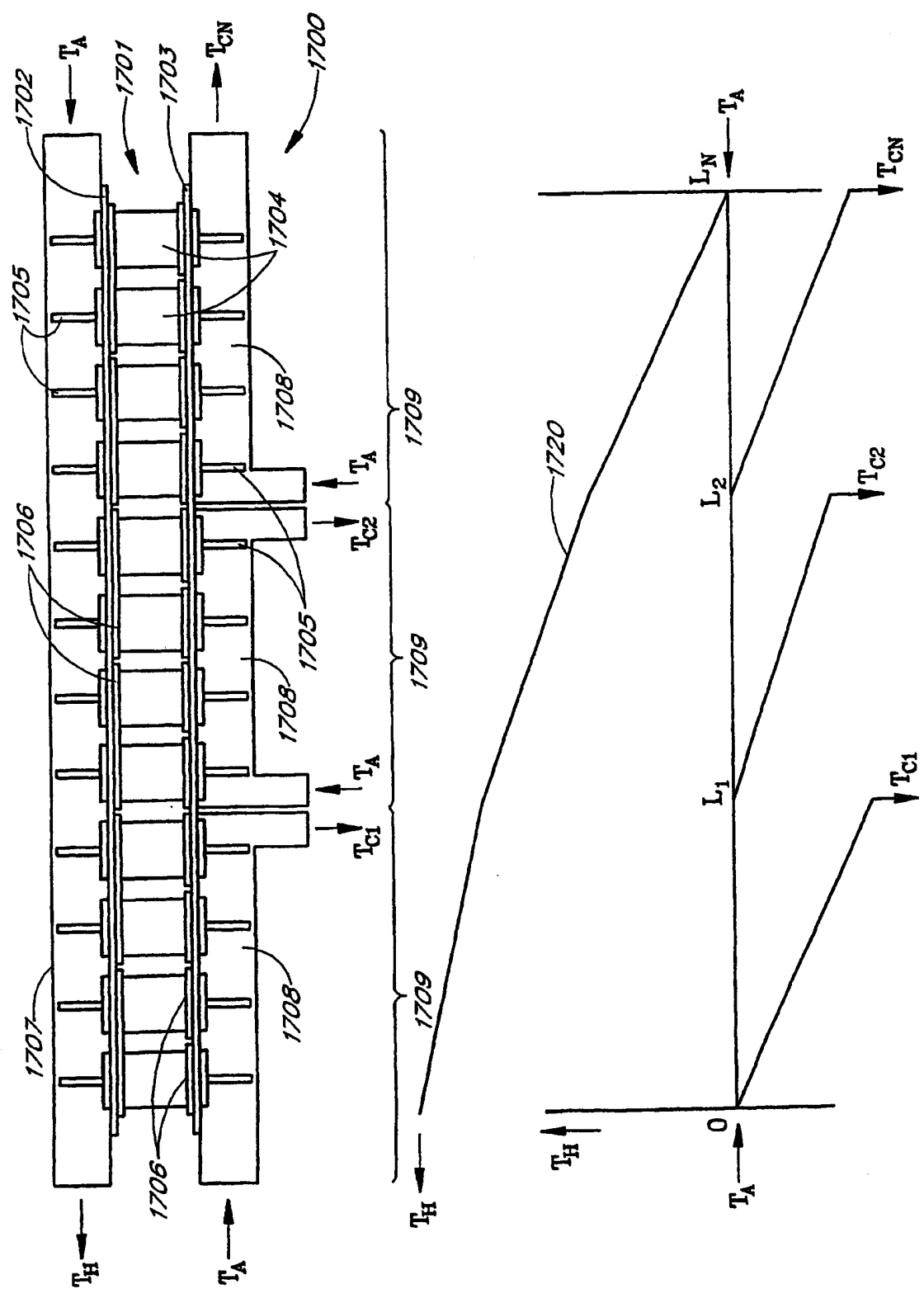


图17

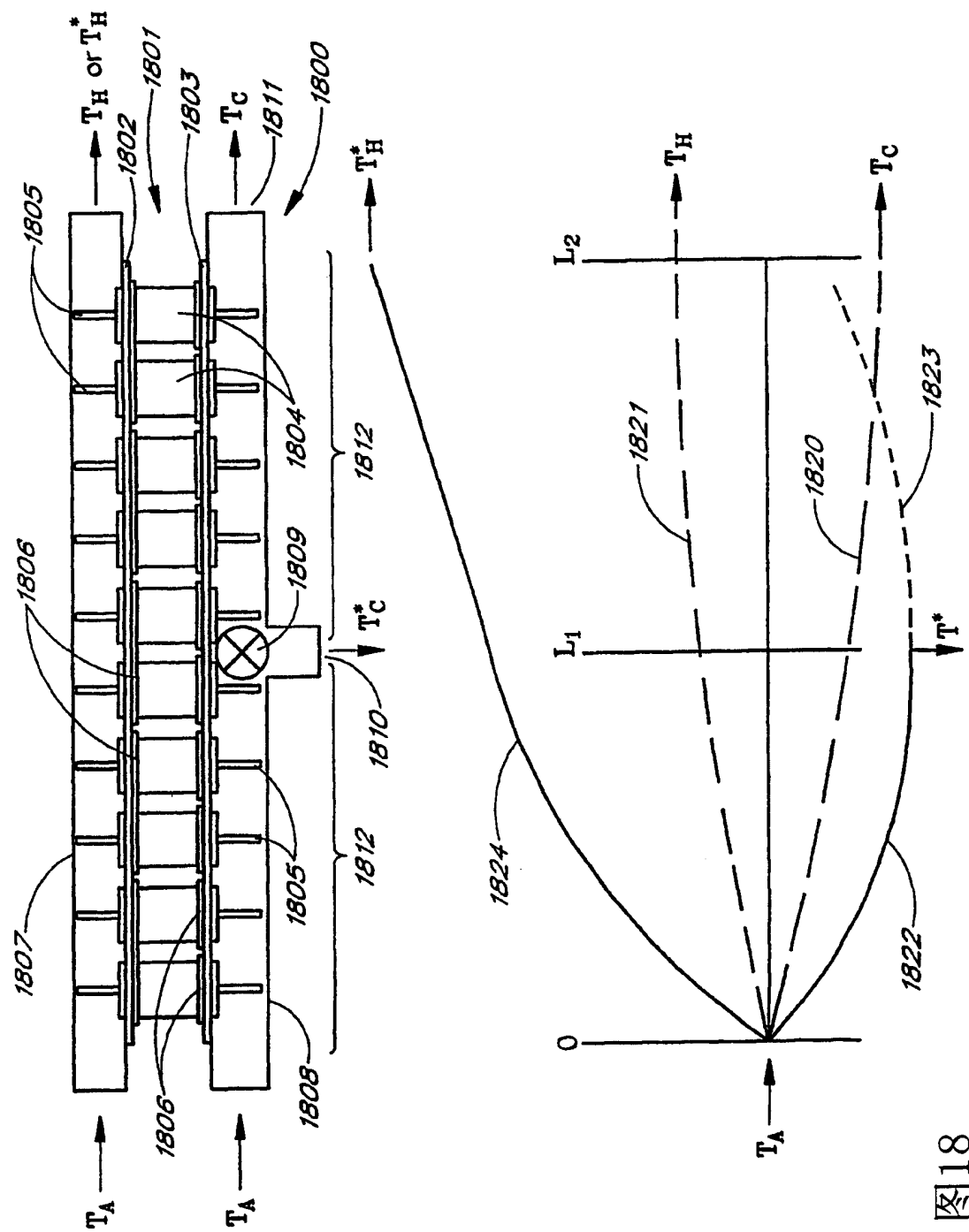


图18