

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第4041972号  
(P4041972)

(45) 発行日 平成20年2月6日 (2008.2.6)

(24) 登録日 平成19年11月22日 (2007.11.22)

(51) Int.Cl.	F I	
F 2 5 B 21/02 (2006.01)	F 2 5 B 21/02	G
H O 1 L 23/427 (2006.01)	F 2 5 B 21/02	D
H O 1 L 35/30 (2006.01)	F 2 5 B 21/02	R
H O 1 L 35/32 (2006.01)	H O 1 L 23/46	B
H O 1 L 35/34 (2006.01)	H O 1 L 35/30	

請求項の数 17 (全 32 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2002-564308 (P2002-564308)	(73) 特許権者	503285689
(86) (22) 出願日	平成14年2月7日 (2002.2.7)		ビーエスエスティー エルエルシー
(65) 公表番号	特表2004-526930 (P2004-526930A)		アメリカ合衆国 9 1 7 0 6 - 2 0 5 8
(43) 公表日	平成16年9月2日 (2004.9.2)		カリフォルニア州 アーウィンデイル アーウィンデイル アベニュー 5 4 6 2
(86) 国際出願番号	PCT/US2002/003772	(74) 代理人	100065215
(87) 国際公開番号	W02002/065030		弁理士 三枝 英二
(87) 国際公開日	平成14年8月22日 (2002.8.22)	(74) 代理人	100094101
審査請求日	平成17年2月7日 (2005.2.7)		弁理士 館 泰光
(31) 優先権主張番号	60/267, 657	(74) 代理人	100114616
(32) 優先日	平成13年2月9日 (2001.2.9)		弁理士 眞下 晋一
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100124028
(31) 優先権主張番号	09/844, 818		弁理士 松本 公雄
(32) 優先日	平成13年4月27日 (2001.4.27)	(74) 代理人	100124039
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 立花 顕治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱的な分離を利用した効率改善型熱電システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

冷却または加熱される少なくとも1つの媒体を用いる熱電システムであって、  
冷却側および加熱側を備えた熱電アレイを形成するとともに、少なくともそのいくつか、前記熱電アレイに沿った少なくとも1つの方向において、相互に実質的に熱的に分離された複数の熱電エレメントと、  
少なくとも前記冷却側および/または前記加熱側で、少なくとも1つの前記熱電エレメントと熱的に接触し、前記熱電エレメントの熱的な分離を有効に維持するように構成された少なくとも1つの熱交換器とを備え、  
少なくとも1つの前記熱交換器が複数の部分で構成され、複数の前記熱電エレメントのうちの1つの熱電エレメントが、少なくとも1つの前記部分と熱的に接触しており、前記部分が、前記媒体が移動する方向で、相互に実質的に熱的に分離されていることを特徴とする熱電システム。

【請求項 2】

前記少なくとも1つの媒体が、前記熱電アレイの少なくとも一方の側の少なくとも一部に沿って、少なくとも1つの方向に移動することを特徴とする請求項1に記載の熱電システム。

【請求項 3】

いくつかの前記熱電エレメントの少なくとも1つの特性が、媒体が移動する方向で変化していることを特徴とする請求項2に記載の熱電システム。

## 【請求項 4】

前記少なくとも 1 つの特性が、少なくともいくつかの前記熱電エレメントの少なくとも電気抵抗および / または熱抵抗を含むことを特徴とする請求項 3 に記載の熱電システム。

## 【請求項 5】

前記熱電エレメントを流れる電流が、前記熱電アレイ内の少なくともいくつかの前記熱電エレメント間で異なることを特徴とする請求項 1 に記載の熱電システム。

## 【請求項 6】

少なくともいくつかの前記部分が、ヒートパイプであることを特徴とする請求項 1 に記載の熱電システム。

## 【請求項 7】

前記熱電エレメントに、少なくとも 1 つの磁界が印加されることを特徴とする請求項 1 に記載の熱電システム。

## 【請求項 8】

前記少なくとも 1 つの特性が、前記熱電システムに接続された前記制御システムによって、該制御システムへの少なくとも 1 つの入力に基づいて調整されるものであることを特徴とする請求項 3 に記載の熱電システム。

## 【請求項 9】

前記制御システムが、少なくとも 1 つのアルゴリズムに従って動作するものであることを特徴とする請求項 8 に記載の熱電システム。

## 【請求項 10】

冷却または加熱される少なくとも 1 つの媒体を用いる改良型熱電システムを製造する方法であって、

冷却側および加熱側を備えた熱電アレイ内に、複数の熱電エレメントを形成するとともに、複数の前記熱電エレメントを、前記熱電アレイの少なくとも 1 つの方向において、相互に実質的に熱的に分離させるステップと、

複数の部分で構成された少なくとも 1 つの熱交換器を提供するステップであって、複数の前記熱電エレメントのうちの 1 つの熱電エレメントが、少なくとも 1 つの前記部分と熱的に接触し、前記部分が、媒体が移動する方向で、相互に実質的に熱的に分離するように構成するステップと、

前記熱電エレメントの熱的な分離が有効に維持されている状態で、前記熱電アレイの少なくとも一方の側で熱交換が行われるようにするステップとを含むことを特徴とする熱電システムの製造方法。

## 【請求項 11】

少なくとも 1 つの媒体が、前記熱電アレイの少なくとも一方の側の少なくとも一部に沿って、少なくとも 1 つの方向に移動するようにするステップをさらに含むことを特徴とする請求項 10 に記載の熱電システムの製造方法。

## 【請求項 12】

前記熱電エレメントの少なくとも 1 つの特性を、前記媒体が移動する方向で変化させるステップをさらに含むことを特徴とする請求項 11 に記載の熱電システムの製造方法。

## 【請求項 13】

前記熱電エレメントの少なくとも 1 つの特性を変化させるステップが、少なくともいくつかの前記熱電エレメントの少なくとも電気抵抗を変化させることを含む請求項 12 に記載の熱電システムの製造方法。

## 【請求項 14】

前記熱電アレイ内の少なくともいくつかの前記熱電エレメントを流れる電流を変化させるステップを、さらに含むことを特徴とする請求項 10 に記載の熱電システムの製造方法。

## 【請求項 15】

前記熱電エレメントに、少なくとも 1 つの磁界を印加するステップを、さらに含むことを特徴とする請求項 10 に記載の熱電システムの製造方法。

10

20

30

40

50

## 【請求項 16】

前記少なくとも 1 つのパラメータの評価に応答して、前記少なくとも 1 つの特性を動的に調整するステップを、さらに含むことを特徴とする請求項 12 に記載の熱電システムの製造方法。

## 【請求項 17】

前記動的に調整するステップが、前記少なくとも 1 つのパラメータを表す前記少なくとも 1 つの感覚入力に応答するアルゴリズムに従って進行するものである請求項 16 に記載の熱電システムの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

10

## 【0001】

本発明は、より効率の高いヒートコンディションおよび/またはコールドコンディションを構成するための改良型熱電システムに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

熱電デバイス (TE) には、電気が流れると材料の両端間に熱勾配が発生するという特殊な材料の特性が利用されている。従来の熱電デバイスには、その内部に、熱電材料として P 型および N 型半導体が利用されている。これらの熱電デバイスは、目標とする加熱機能または冷却機能が得られるように、物理的かつ電氣的に構成されている。

## 【0003】

20

TE に関係する、冷却および加熱のためのいくつかの基本的な方程式、理論、研究、試験方法およびデータが開示されている (例えば、非特許文献 1 参照)。図 1 A、1 B は、現在、熱電デバイスに採用されている最も一般的な構成を示す図であり、(a) は斜視図、(b) は部分拡大正面図である。通常、P 型および N 型熱電エレメント 102 は、2 枚の基板 104 の間に挟まれており、長方形のアセンブリ 100 内に配列されている。P 型および N 型の両方の熱電エレメントを通して、電流 I が流れる。熱電エレメント 102 は、熱電エレメント 102 の端部にはんだ付けされた銅シャント 106 を介して、直列に接続されている。DC 電圧 108 が印加されると、TE エレメントの両端間に温度勾配が発生する。図 2 および図 3 は、いずれも図 1 に示した TE アセンブリ 100 を使用したシステムの概要を示す図で、図 2 は液体の流れを示す図、図 3 は冷却または加熱対象物を示す図である。

30

## 【0004】

熱電エレメントを通して電流が流れると、熱電エレメントの一方の端部がクーラになり、もう一方の端部がウォーマになる。TE は、液体、気体およびその他の対象物の冷却に広く使用されている。

## 【0005】

TE デバイスに関する最も一般的な形の基本方程式は、以下の通りである。

$$(1) \quad q_c = I T_c - (1/2) I^2 R - K T$$

$$(2) \quad q_{in} = I T + I^2 R$$

$$(3) \quad q_h = I T_h - (1/2) I^2 R - K T$$

40

上記の式で、 $q_c$  は冷却率 (コールド側からの熱含量除去率) であり、 $q_{in}$  は、システムに入力される電力である。また、 $q_h$  はシステムの熱出力である。ここで、

= ゼーベック係数

I = 電流

$T_c$  = コールド側絶対温度

$T_h$  = ホット側絶対温度

R = 電気抵抗

K = 熱伝導係数

である。また、 $\alpha$ 、R および K は仮定定数であるか、または適当な温度範囲に対して適切に平均化された値である。

50

## 【 0 0 0 6 】

定常状態下においては、入力エネルギーと出力エネルギーは、以下のように平衡する。

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

また、冷凍および加熱業界で使用されている意味での性能を解析するためには、以下の定義が必要である。

$$(5) \quad = q_c / q_{in} = \text{冷却性能係数 (冷却 COP)}$$

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

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

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

したがって、およびは密接に関係しており、は「1」の数だけ常により大きい。これらの式を操作することにより、またはのいずれか、すなわち $q_c$ または $q_h$ のいずれかが最大になる条件を求めることができる。 10

## 【 0 0 0 7 】

の最大値を $\beta_m$ で表し、 $q_c$ の最大値に対するCOPを $\beta_{cm}$ で表すと、以下の式が得られる。

## 【 0 0 0 8 】

## 【 数 9 】

$$(9)$$

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

20

## 【 0 0 0 9 】

## 【 数 1 0 】

$$(10)$$

30

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

40

上記の式で、 $Z$ および $T_m$ は、下記のとおりである。

$$(11) \quad \underline{Z} = \frac{1}{L^2} / Z(RK) = \left( \frac{1}{L^2} \right) / \text{フィギュアオブメリット}$$

$$(12) \quad T_m = (T_c + T_h) / 2$$

ここで、 $K$  = 材料の熱伝導率

$R$  = 材料の電気抵抗率

側面が平行の単純な固体形状の場合、 $K = \text{熱伝導率} \times \text{面積} / \text{長さ}$ であることに留意されたい。同様に、 $R = (\text{電気抵抗率} \times \text{長さ}) / \text{面積}$ である。したがって、 $K$ および $R$ は共に、あらゆる形状変化、例えば長さ、面積、コナリティ(conality)等の変化に影響される。また、 $K$ および $R$ は、機械的または他の手段によるフレキシブルエレメントの形状変化にも影響される。

## 【 0 0 1 0 】

50

$m$ および $q_{cm}$ は、 $Z$ 、 $T_c$ および $T_h$ にのみ依存している。したがって、 $Z$ はフィギュアオブメリット（性能指数）と呼ばれ、 $TE$ システムの性能を特徴付ける基本的なパラメータである。 $Z$ の大きさが、図1に示す幾何学および他のほとんどの幾何学における熱電性能を左右し、また、今日における熱電エレメントの用途を決定付けている。

【0011】

最新の材料を使用した熱電デバイスが、特定の航空宇宙産業およびいくつかの商用目的に使用されている。しかし、システムの効率が、フロン類の流体（例えば、冷蔵庫、自動車HVACシステム、建築物HVACシステム、家庭用空気調和装置等）に使用されている）を使用するほとんどの冷凍システムの効率と競争するには、あまりにも悪すぎるため、その用途は限られたものとなっている。

10

【0012】

(9)式の最大熱電効率と、カルノーサイクル効率（任意の冷却システムの理論的最大システム効率）である $C_m$ とを比較すると、限界が明らかになる。

【0013】

【数13】

(13)

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

20

検算する場合、 $Z$  とすると、 $C_m$ であることに留意されたい。最良の商用 $TE$ 材料は、積が、下記の式になるような $Z$ を有するものである。

【0014】

$Z T_a = 1$

いくつかの商用材料は、ある程度の狭い温度範囲に対して $Z T_a = 1$ であるが、現在の商用材料では、 $Z T_a$ が「1」の数を超えることがない。図4は、 $Z T_a$ が「1」の数を超えないことを示したものである。実験室的な材料の中には、 $Z T_a = 2 \sim 4$ を示す材料もあるが、これらの材料は商業規模では生産されていない。一般的には、より良好な材料を商用的に利用することができるようになっているが、本発明の利点を不要にするほどの材料ではない。

30

【0015】

現在、いくつかの構成の熱電デバイスが、自動車座席の冷却システム、携帯型冷却器および冷蔵庫、科学アプリケーション向け高効率液体システム、エレクトロニクスおよび光ファイバシステムの冷却、および赤外線センシングシステムの冷却に使用されている。

【0016】

これらのすべてのデバイスに共通していることは、 $T_h$ が $TE$ のホット側全体にわたって一様であり、同様に、 $T_c$ がコールド側全体にわたって一様であることである。このようなデバイスはほとんどの場合、 $TE$ のホット側およびコールド側エンドプレートにアルミナ基板（良好な熱伝導体）が使用され、また、熱交換器として銅またはアルミニウムのフィンまたはブロックが、少なくとも一方の側に使用されている。

40

【0017】

したがって、良好な近似を得るための条件は、図5に示す線図で表すことができる。このケースでは、 $T$ は、 $T = T_c + T_h$ である。 $T_c$ および $T_h$ で、それぞれコールド側およびホット側に分割されている。(1)式および(2)式を(5)式に代入すると、下記の(14)式が得られる。

【0018】

## 【数 1 4】

(14)

$$\beta = \frac{q_c}{q_{in}} = \frac{\alpha I T_c - \frac{1}{2} I^2 R - K \Delta T}{\alpha I \Delta T + I^2 R}$$

しかし、 $T$ は、 $T_c$ と $T_h$ の和であるため、例えば $T_c = T_h$ であるとする、 $T = 2 T_c$ である。効率は $T$ の増加と共に低下するため、 $T$ を可能な限り小さくすることが大いに望ましい。オプションの1つは、ホット側に沿って流れる流体の量を、コールド側に沿って流れる流体の量と比較して、極めて多くすることである。この場合、ホット側からの熱流の方程式は、下記の(15)式で表される。

10

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

$C_p M$ は、ホット側を通過する流体の単位時間当たり(例えば、1秒当たり)の熱量である。

## 【0019】

したがって、 $C_p M$ が与えられた要求値 $q_h$ に対して極めて大きい場合、 $T_h$ は極めて小さくなる。しかし、これには欠点があり、大型ファン、すなわちポンプを必要とし、また、流体が大量に廃棄される(つまり、より効果的な冷却を達成するべく、プロセスの一部として、冷却されることなく流体が廃棄される)。

20

## 【0020】

第2のオプションは、熱が受動的に放熱されるよう、ホット側のヒートシンクを極めて大きくすることである。その例は、ホット側が車両シャーシと極めて良好に熱接触している、自動車における低電力TE、またはTEが外殻、延いては海水と良好に熱接触している、潜水艦におけるTEシステムである。しかしながら、これらの方法は一般的には実施が困難であり、またはコスト、重量、サイズまたはその他の条件が、それらの用途を制限している。そのために、ほとんどのデバイスで、 $T$ が $T_c$ より実質的に大きくなっており、効率の問題を抱えている。

【非特許文献1】H. J. Goldsmid, Electronic Refrigeration, Pion Ltd, 207 Brondesbury Park, London, NW2 5JN, England (1986)

30

## 【発明の開示】

## 【0021】

全体的には、熱電エレメントのアセンブリ全体を、熱的に分離されたサブアセンブリに細分化することにより、効率改善型熱電デバイスが得られている。熱的な分離を利用し、かつ、熱電エレメントにより冷却または加熱される材料の位置および流れ方向を制御することにより、全体の効率が改善されている。また、 $T$ を変化させ、かつ、熱電デバイス全体における各部の熱電エレメントの物理的、熱的および電気的特性を変化させることによって、効率が改善されている。

## 【0022】

40

本発明に係る一つの態様には、冷却または加熱される少なくとも1つの媒体を用いる熱電システム(熱電デバイス)が包含されている。このシステムは、冷却側および加熱側を備えた熱電エレメントアレイ(以下、熱電アレイと略記する)を形成している複数の熱電エレメントを有しており、これらの複数の熱電エレメントは、熱電アレイに沿った少なくとも1つの方向で、相互に実質的に熱的に分離されている。冷却側および/または加熱側のうちの少なくとも一方の側に、少なくとも1つの熱交換器が設けられており、少なくとも1つの熱電エレメントと熱的に接触している。熱交換器は、熱電エレメントの熱的な分離を有効に維持するように構成されている。

## 【0023】

一実施の形態では、流体、固体または流体と固体の組み合わせなどの媒体が、熱電アレ

50

イの少なくとも一方の側の少なくとも一部に沿って、少なくとも1つの方向に移動するようになっている。他の実施の形態では、例えば電気抵抗（以下、抵抗と略記する）などの少なくとも1つの熱電エレメントの特性が、媒体の移動方向で変化している。抵抗は、熱電エレメントの長さの変化、熱電エレメントの断面積の変化、各熱電エレメントの機械的構成の変化、または少なくとも1つの熱電材料の抵抗率など、多くの方法によって変化させることができ、また、アプリケーションに適した任意の方法で変化させることができる。

【0024】

さらに別の実施の形態では、熱電アレイ内の少なくともいくつかの熱電エレメントを流れる電流が、他の熱電エレメントを流れる電流と異なっている。

10

【0025】

熱交換器は、ポスト、フィンまたはヒートパイプなどで、複数の部分で構成されており、各々の部分が少なくとも1つの熱電エレメントと熱的に接触し、少なくともいくつかの部分が、媒体が移動する方向で相互に実質的に熱的に分離されていることが好ましい。これらの部分の熱的な分離が熱電エレメントの熱的な分離に対応し、それにより、効果的に熱的に分離されたサブアセンブリが提供されることが好ましい。一実施の形態では、冷却側および加熱側の各々に熱交換器が設けられている。別の実施の形態としては、一方の側にヒートシンクを設け、もう一方の側に熱交換器を設けることもできる。ヒートシンクは、一方の端部で熱電アレイと熱接触し、もう一方の端部でヒートシンクと熱接触しているヒートパイプを介して、熱電アレイの一方の側に接合しているのがよい。また、別の実施の形態では、熱電エレメントに、少なくとも1つの磁界が印加されている。

20

【0026】

熱電システムの機械的な構成を調整することにより、熱電システムの少なくとも1つの特性を動的に調整できるようにすることが好ましい。熱電システムに接続された制御システムにより、制御システムへの少なくとも1つの入力に基づいて、機械的な構成が調整される。制御システムは、調整によって効率を動的に改善することができるように動作することが好ましい。そのアルゴリズムが提供されており、制御システムはそのアルゴリズムに従って動作するように構成されている。一実施の形態では、制御システムは、制御システムへの少なくとも1つの入力に基づいて、少なくとも1つの特性を調整するようになっている。

30

【0027】

熱的な分離、特性の変化、電流の変化、磁界の印加および制御システムなどの様々な特徴を、個々のアプリケーションに、様々な組み合わせで、または単独で使うことができる。

【0028】

本発明に係る別の態様には、流体、固体または流体と固体の組み合わせなど、冷却または加熱される少なくとも1つの媒体を用いる熱電システムの製造方法が包含されている。この方法には、冷却側および加熱側を備えた熱電アレイ内に、複数の熱電エレメントを形成するとともに、複数の前記熱電エレメントを、前記熱電アレイの少なくとも1つの方向で、相互に実質的に熱的に分離させるステップと、前記熱電エレメントの熱的な分離が有効に維持される状態で、前記熱電アレイの少なくとも一方の側で熱交換が行われるようにするステップとが含まれている。

40

【0029】

この熱電システムの製造方法に係る一実施の形態では、媒体は、熱電アレイの少なくとも一方の側の少なくとも一部に沿って、少なくとも1つの方向に移動するようになっている。この方法に係る別の実施の形態には、さらに、熱電エレメントの抵抗または機械的な構成など、少なくとも1つの特性を媒体が移動する方向で変化させるステップが含まれている。例えば、抵抗は、少なくともいくつかの熱電エレメントの長さ、断面積、機械的な構成または抵抗率の変化など、任意の多くの方法で変化させることができる。一実施の形態では、少なくとも1つの特性を変化させるステップには、少なくとも1つの特性を動的

50

に調整するステップが含まれている。この調整は、感覚入力、すなわちユーザによって入力される少なくとも1つのパラメータの評価に基づいていることが好ましい。この調整は、アルゴリズムによって制御されるようになっている。

#### 【0030】

一実施の形態では、熱交換するステップには、各々の部分が少なくとも1つの熱電エレメントと熱的に接触し、少なくともいくつかの部分が、媒体が移動する方向で、他の部分から実質的に熱的に分離された複数の部分からなる熱交換器を形成するステップが含まれている。それらの部分は、ポスト、フィンまたはヒートパイプ、またはその他の適切な熱交換器材料など、任意の数で構成することができる。一実施の形態では、熱交換するステップには、冷却側および加熱側の両方で熱交換するステップが含まれている。別法としては、上記方法には、熱電アレイの少なくとも一方の側から熱を放熱させるステップが含まれている。

10

#### 【0031】

別の実施の形態に係る方法には、さらに、熱電アレイ内の少なくともいくつかの熱電エレメントを流れる電流を変化させるステップが含まれている。さらに別の実施の形態に係る方法には、さらに、熱電エレメントに、少なくとも1つの磁界を印加するステップが含まれている。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0032】

以下、本発明に係る上記の熱電システム、その製造方法およびその他の特徴を、多数の図を参照しながら詳細に説明する。本発明に係る好ましい実施の形態に関する詳細な説明は、添付する図に基づいてなされるものとする。

20

#### 【0033】

本発明について、説明用として、図面に示す実施例および特定の実施の形態を使用して紹介する。目的とする改善を達成するために、様々な構成がどのように使用されているかを示すために、様々な実施例が示されているが、これらの特定の実施の形態は説明用であり、本発明の技術的範囲を制限することを意図したものではない。

#### 【0034】

図6は、TEシステム600の全体の構成を一般化して示すブロック図である。電源602に、ホット側603およびコールド側604を備えた熱電アセンブリ(熱電エレメント)601が電氣的に接続されている。熱電アセンブリ601は、ホット側603上のホット側熱交換器607と良好に熱接触し、かつ、コールド側604上のコールド側熱交換器608と良好に熱接触している。適切なダクトまたはパイプを備える(図示省略)ホット側603の流体源605およびコールド側604の流体源606が、それぞれの熱交換器607および608に流体を送っている。加熱された流体609および冷却された流体610は、図の右側へ向かってシステムから流出する。特定のアプリケーション(以下に示す実施例を備えている)では、熱交換器607または608の一方がヒートシンクに置き換えられ、それにより、ヒートシンクに置き換えられた側の流体源または流体の必要性が取り除かれている。

30

#### 【0035】

一般的には、本明細書により、さらに詳細に説明するように、本発明は、熱電システムの構成の改良による熱電システムの効率改善に関するものであり、加熱または冷却される媒体が流れる方向において、熱電システムのエレメント間またはステージ間の熱的な分離を提供するものである。以下に示す実施例のほとんどは、冷却に焦点が絞られているが、本発明の原理は、加熱アプリケーションにも適用することができる。

40

#### 【0036】

図7Aは、本発明によって実質的に効率が改善されるTEシステム700に係る第1の実施の形態を示す図である。図7Aに示したように、TEエレメントアレイ(熱電アレイ)701は、複数のTEエレメント704をサンドイッチしているホット側基板702およびコールド側基板703を使用して構成されている。複数のピン705が、ホット側基

50

板 7 0 2 およびコールド側基板 7 0 3 の両方に、それらの基板を介して T E エlement 7 0 4 と良好に熱接触し、T E システム 7 0 0 の熱交換器を構成している。図 7 A に示したように、ピン 7 0 5 は、釘に極めて類似した形状を有しており、そのヘッド 7 0 6 は、T E エlement 7 0 4 と良好に熱接触している（ホット側およびコールド側）。ピン 7 0 5 は、熱伝導率の高い銅または他の材料であることが好ましい。アプリケーションに応じて、または熱伝達が生じる流体に応じて、ピン 7 0 5 を他の熱交換器の構成すなわち幾何学的構成に置き換えることができる。例えばヒートパイプまたはフィンなど、このような幾何学的構成のいくつかについて以下で説明する。熱交換器は、ピンからピンへ流体が流れる方向の熱伝達を最小にし、かつ、T E エlement 7 0 4 からピン 7 0 5 に対しては良好な熱伝達を維持するものでなければならない。

10

#### 【 0 0 3 7 】

ホット側基板 7 0 2 およびコールド側基板 7 0 3 は、T E エlement アレイ 7 0 1 の長さ方向に沿って、流体が流れる方向で熱伝導率が小さくなるような材料でできており、かつ/またはそのように幾何学的に構成されている。基板 7 0 2 および 7 0 3 は、熱伝導率が比較的小さいので、それによって T E エlement 7 0 4 からピン 7 0 5 への熱伝達が重大な影響を受けないように、薄いことが好ましい。ホット側基板 7 0 2 およびコールド側基板 7 0 3 は、T E エlement アレイ 7 0 1 をまとめて保持し、かつ、T E エlement 7 0 4 間において要求される従来の電気的接続を提供する導電部分を有している。その材料は、銅が選択的にクラッドされているか、厚さ約 0 . 0 5 0 mm の銅が両面（回路用およびピン 7 0 5 への熱付着用）にクラッドされた導電性材料が選択的にクラッドされていることが好ましい。好ましい材料の 1 つは、K a p t o n M T またはその他のフレキシブル電気の絶縁印刷回路材料である。K a p t o n M T の熱伝導率は約 0 . 5 W / m · K であり、厚さは約 0 . 0 2 5 mm である。別法としては、熱伝導率を実質的にもっと大きく、例えば 2 0 W / m · K とし、かつ、基板 7 0 2 および 7 0 3 が十分に薄い（一実施の形態では、約 0 . 0 5 mm 未満）場合、または隣接するピンとピンの間の流れ方向における熱的な分離を提供するような形状である場合に、性能上の有効な効果を得ることができる。T E システム 7 0 0 の構成が目指しているのは、それぞれの熱交換器部品と良好に熱接触した状態で、流体が流れる方向において、個々の T E エlement 7 0 4 を、実質的に熱的に分離した状態に維持することである。

20

#### 【 0 0 3 8 】

上記の熱交換器は、特定の熱交換器の 1 つである。本発明のシステムによって得ることができる効率利得 (efficiency gain) を利用するためには、熱交換器が局所ポイントレベルで有効であることが重要である。つまり、熱交換器の各々のポイントで、加熱または冷却すべき媒体の温度が、その位置における熱交換器の温度に近い温度になっていることが重要である。熱電システムに沿って移動する冷却される媒体と、各々の位置における熱交換器との間の温度差が大きい場合に熱効率が低下する。したがって、本発明によれば、熱電 Element は、流れの方向で実質的に熱的に分離され、熱交換器は、熱電 Element と良好に熱接触していることが好ましい。このように、熱電 Element は、実質的に流れの方向で熱的に分離されている。また、熱交換器は、移動媒体の性質を考慮して設計されているため、あらゆる与えられた位置において、熱交換器と、冷却または加熱される媒体との間の温度差が、入力から出力までの全温度差と比較して小さくなっている。

30

40

#### 【 0 0 3 9 】

また、熱電 Element 間に提供される熱的な分離のレベルは、トレードオフおよび個々のアプリケーションに応じて様々である。例えば、熱交換器に対しては、熱伝導が良好なことが望ましいが、熱電 Element から熱電 Element への基板に沿った方向では、熱的な分離が要求される。効率は、Element 間の熱的な分離が良好なほど改善されるが、この効率は、熱電 Element と熱交換器との間の局所的な熱伝導不良に起因する効率損失、または、熱交換器と冷却または加熱される媒体との間の無効熱伝達によってオフセットされる。したがって、必ずしも最適ではないとしても、個々のアプリケーションに対する実用的な設計を行うためには、各アプリケーションには、相互に関係するこれら 3 つの特性

50

のバランスを取る必要がある。

【 0 0 4 0 】

図 7 B および 7 C は、図 7 A に示した T E システムにおける一つの可能な構造を、より詳細に示した図である。図 7 B は、図 7 A に示した T E システム 7 0 0 の一部分を拡大して示した部分拡大断面図である。図 7 C は、図 7 B に示した基板を直角方向から見た図であり、コールド側基板の底部から見た T E 側を示す平面図である。なお、図 7 C は、T E エlement 7 0 4 のアレイ ( 4 エlement 幅 ) に関する回路トレースの一つの可能なレイアウトを示した図である。幅すなわち長さ方向のエlement の数は、アプリケーションに適合するように選択され、任意の数にすることができる。図 7 B には、コールド側基板 7 0 3 が示されている。ホット側基板 7 0 2 の構造も、図 7 B に示した実施の形態と同様である。

10

【 0 0 4 1 】

図 7 A に示した基板 7 0 3 は、電気絶縁層 7 1 4 で構成されており、電気絶縁層 7 1 4 の上に、T E エlement 7 0 4 を 1 つに接続するために使用される回路 7 1 5 が形成される。電気絶縁層 7 1 4 の一面側には、金属パッド 7 1 6 ( 図 7 B ) が設けられており、金属パッド 7 1 6 はピン 7 0 5 と良好に熱接触している。この熱接触は、例えば、はんだ付けまたはエポキシボンディングによって達成されるが、他の方法の利用も可能である。ピンが電気絶縁層 7 1 4 に直接取り付けられ、良好に熱接触し、かつ、良好な熱エネルギーの伝達特性を有している場合には、金属パッド 7 1 6 は不要である。ピンを電気絶縁層 7 1 4 の拡張部分とすることにより、ピンまたはピンの機能を果たす他の部分を単一ユニット構造にすることができる。

20

【 0 0 4 2 】

別法として、または組合せとして、電気絶縁層 7 1 4 を異方性とすることにより、電気絶縁層 7 1 4 の熱伝導率を、T E エlement からピンの方向に向かってより大きくし、かつ、流れの方向に向かってより小さくすることができる。電気絶縁層 7 1 4 における平面に直角な方向の熱伝達を良好にすることができる別の方法は、電気絶縁層 7 1 4 を極めて薄くすることである。電気絶縁層 7 1 4 は、流れの方向に対しては良好な熱的絶縁体であることが好ましいが、電気絶縁層 7 1 4 中のギャップ 7 1 7 によって熱絶縁を提供し、または熱絶縁をさらに強化することができる。それにより、電気絶縁層 7 1 4 の熱伝導率を T E エlement 7 0 4 間の空気または他の媒体の熱伝導率に置き換えることができる。一実施の形態では、熱絶縁性の高い材料がギャップ 7 1 7 に充填されている。

30

【 0 0 4 3 】

図 7 A に示した T E システム 7 0 0 は、右から左へ向かって流体が流れるように構成されている。適切なダクト 7 1 1 を通って、周囲環境 ( ambient ) 温度  $T_A$  で、流体 7 1 0 が流入し、熱交換器として機能しているピン 7 0 5 を通るように流れる。この流体は、冷却器の温度  $T_C$  に冷却された流体 7 1 2、およびより高い温度  $T_H$  に加熱された流体 7 1 3 として左側から流出する。この実施の形態では、ヘッド 7 0 6 を含むピン 7 0 5 は、相互に良好に熱接触していないため、各ピンは、流体が流れる方向では、相互の熱的な分離が効果的に行われている。T E エlement アレイ 7 0 1 および特にホット側およびコールド側の基板 7 0 2、7 0 3 は、流体が流れる方向に対する熱伝導率が低い材料であり、かつ、T E エlement 7 0 4 とピン 7 0 5 との間に良好な熱伝達を備えるように設計されることが好ましい。

40

【 0 0 4 4 】

T E エlement 7 0 4 は従来の T E エlement であるが、図 7 A に示した設計の T E エlement アレイ 7 0 1 の T E エlement 7 0 4 に改良を施すことにより、効率をさらに改善することができる。一実施の形態では、T E エlement 7 0 4 は、図 7 A の右端部分に、より小さい抵抗を持たせ、図の左側へ向かって抵抗が大きくなるように構成されているか、逆の方向に、抵抗が大きくなる方向と流れの方向とが一致するように構成されている。より大きい抵抗端である最後の T E エlement の抵抗は、従来の T E エlement の抵抗に概ね等しい抵抗であることが好ましい。x 方向 ( 図 7 A の右から左へ向かう方向 ) の抵

50

抗  $R$  は、

$$(16) \quad R(x) = R_0(x/L)$$

に近いことが有利である。上式で、 $TE$  全体の電流が一定である場合、

$R_0$  = 従来の  $TE$  中のエレメントの電気抵抗

$R(x)$  =  $x$  における  $TE$  エレメントの電気抵抗

である。

【0045】

(16) 式は、 $R(0)$  がゼロではないため、正確ではないことに留意されたい。しかしながら、 $R(0)$  が  $R_0/2$  未満である場合、実質的な利点を得られる（電流  $I$  が  $TE$  全体を通して一定であると仮定）。また、流体が流出する端部以外の任意のポイントの効率  $\beta_p(x)$  および  $R(x)$  の両方が、いずれの場所においてもより小さいため、次の方程式で示すように、従来のデバイスの効率より優れていることに留意されたい。任意のポイント  $x$  における効率すなわち  $COP$  は、次の (17) 式により近似することができる。

【0046】

【数17】

(17)

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

1

(17) 式で、

(18)  $R(x) = x$  における  $TE$  エレメントの電気抵抗

(19)  $T(x) = x$  における  $T$

(20)  $p$  = その幾何学に対する  $COP$

である。

【0047】

抵抗  $R(x)$  は  $R_0$  未満であり、したがって  $I^2 R(x)$  は  $I^2 R_0$  より小さく、また、 $T(x)$  は  $T(L)$  より小さい。 $L$  以外のすべてのポイント  $x$  においては、分子が最小値  $L$  になるように、 $R(x)$  が  $R_0$  未満であり、かつ、 $T(x)$  が  $T(L)$  未満であることが好ましい。同じ理由により、 $x$  における分母が小さく、したがって  $L$  未満のすべての  $x$  に対して、 $R(x)$  が  $R(L)$  より大きいことが好ましい。

【0048】

(17) 式を  $0$  から  $L$  まで積分することにより、そのデバイスの  $COP$  が得られる。この  $COP$  は、上記の理由により、流れの方向における流体流動パターンまたは熱伝導が、従来の  $TE$  システムの場合と同様であるので、事実上一定であった場合の  $COP$  より大きい。要約すると、図 7A に示した  $TE$  システムは、 $TE$  システム 700 の両端間におけるホット側 702 とコールド側 703 との間の平均温度差 ( $\Delta T$ ) が、従来のシステムの平均温度差より小さいため、従来の  $TE$  システムに対して効率が向上している。すなわち、 $TE$  システムの熱力学効率が向上している。図 7A に示した温度プロファイルを示すグラフは、これを示したものである。 $COP$  の詳細な計算により、 $p$  は、比較対象の従来のデバイスの  $COP$  より、50% ないし 150% 大きいことが分かった。

【0049】

図 7D は、一実施の形態に係る  $TE$  システムを示す側面図およびグラフであり、デバイスの長さ方向に沿って抵抗が増加するデバイスを実現するための  $TE$  システムの構成 720 を示す図である。この構成の場合も、 $TE$  エレメントアレイ（熱電アレイ）721 は、複数の  $TE$  エレメント 724 をサンドイッチしているホット側基板 722 およびコールド側基板 723 を使用して構成されている。複数のピン 725 が、ホット側基板 722 およびコールド側基板 723 の両方に、それらの基板を介して、 $TE$  エレメント 724 と良好

10

20

30

40

50

に熱接触し、TEシステム720の熱交換器を形成している。この場合も、TEエレメントアレイ721の長さ方向の熱伝導率は、図7Cに示した実施の形態で示されているように、基板722および723中のギャップ726によって最小化されることが好ましい。流れは、図7Dにおける左側から右側であり、適切なダクト728を通して、周囲環境温度 $T_A$ の流体727が流入し、熱交換器として機能しているピン725を通るように流れる。この流体は、温度 $T_C$ に冷却された流体729、および温度 $T_H$ に加熱された流体730として右側から流出する。この実施の形態では、TEエレメント724の抵抗の変化は、抵抗が最小でかつ長さが最短のTEエレメント731、および抵抗が最大でかつ長さが最長のTEエレメント732を、それぞれTEシステム720の流入側および流出側に配置し、それらの長さの変化によって達成されるようにすることが好ましい。TEエレメント724の抵抗、つまりそれらの長さは、図7Dの下側に示した温度プロファイルの2つの曲線734と735との差  $T(x)$  733に比例していることが好ましい。これらの2つの曲線734および735が、図7Aに示したような直線ではないことに留意されたい。 $T(x)$  曲線の関数形は、 $R(x)$ 、電流および流体の加熱と冷却に影響を及ぼす他の要因の関数である。 $T(x)$  曲線の関数形がどのようなものであっても、エレメントの抵抗は、その一般形に従っていることが好ましい。

#### 【0050】

図7Eは、本発明のTEシステム740に係るさらに別の実施の形態を示す側面図およびグラフである。この実施の形態は、ホット側基板742が熱交換器である点を除き、図7Dに示した実施の形態の場合と同じである。この熱交換器は、TEシステム740によって生成される熱の観点からヒートシンクである。TEシステム740によって生成される熱の観点から、ヒートシンクは本質的にインフィニット(infinite)であることが好ましい。この構成の場合、TEエレメントアレイ741は、複数のTEエレメント744をサンドイッチしているホット側基板742およびコールド側基板743を使用して構成されている。複数のピン745が、コールド側基板743を介してTEエレメント744と良好に熱接触し、TEシステム740のコールド側熱交換器を形成している。

#### 【0051】

ホット側およびコールド側は、アプリケーションが冷却ではなく加熱を要求している場合、流れる電流の方向を反転させることによって反転させることができる。この場合も、TEエレメントアレイ741の長さ方向の熱伝導率は、コールド側基板743上で最小化されている。図7Dの場合と同様、熱的な分離は、基板743中のギャップ746によって強化され、または達成されている。前述の実施の形態の場合と同様に、ギャップ746には、空気または他の熱伝導率が低い材料を充填することができる。

#### 【0052】

流れは、図7Eの左側から右側であり、適切なダクト748を通して、周囲環境温度 $T_A$ の流体747が流入し、熱交換器として機能しているピン745を通り過ぎるように流れる。この流体は、冷却器温度 $T_C$ に冷却された流体749として右側から流出する。TEエレメント744の抵抗の変化は、抵抗が最小でかつ長さが最短のTEエレメント751、および抵抗が最大でかつ長さが最長のTEエレメント752を、それぞれTEシステム740の流入側および流出側に配置した構成とし、それらの長さの変化によって実現することが好ましい。

#### 【0053】

この実施の形態では、図7Eに示したTEエレメント744の抵抗、つまりそれらの長さは、図7Dの下側に示した温度プロファイルの2つの曲線754と755との差  $T(x)$  753に実質的に比例している。また、この実施の形態では、事実上、ホット側基板742がインフィニットヒートシンクであるため、曲線755は直線である。このようなヒートシンク742は容器の壁であり、容器の外側は、外部手段によって一定の温度に維持された大量の流体と接触している。

#### 【0054】

図8は、本発明に係るTEエレメントの熱的な分離を使用したTEシステム800に関

10

20

30

40

50

するさらに別の構成を示す側面図およびグラフである。図 7 A の場合と同様に、TE エレメントアレイ 801 は、ホット側基板 802、コールド側基板 803、複数の TE エレメント 804、および TE エレメント 804 と良好に熱接触した複数のピン 805 を含んで構成されている。この実施の形態の場合にも、同じく流れ方向における熱的な分離が採用されており、周囲環境温度  $T_A$  でコールド側ダクト 808 に流入する流体 807 は、コールド側に沿って流れる。同様に、周囲環境温度  $T_A$  でホット側ダクト 810 に流入する流体 809 は、TE システム 800 の反対側の端部を起点とするホット側に沿って流れる。流体 807 および 809 は、ピン 805 を通るように流れ、それぞれダクト 808 および 810 の反対側の端部から流出する。TE システム 800 のホット側またはコールド側の両端間を流れた後、温度  $T_H$  に加熱された流体 811 が、一方の端部から流出し、温度  $T_C$  に冷却された流体 812 が、もう一方の端部から流出する。

10

【0055】

上記の対象とする特定なケースは、 $T(x)$  および  $R(x)$  が一定の場合である。その理由は、このケースが、熱力学的効率の考察、製造の容易さおよび排出側（ホット側）の流れを少なくする必要性をバランスさせる実際的なケースになる傾向にあるからである。仮に、

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

とすると、近似的に、(22) 式、(23) 式のように表される。

【0056】

【数 22】

20

$$(22)$$

$$\beta_c = \frac{\alpha I T_c - \frac{1}{2} I^2 R - K \Delta T}{\alpha I \Delta T + I^2 R}$$

$$(23) \quad \beta_c = \text{その幾何学に対する COP}$$

これらの近似結果を、 $T_h = T_c$  である従来のデバイスの COP に関する方程式と比較すると、(23) 式では  $T = T_c$  であり、一方、従来のデバイスでは、下記の (24) 式のとおりである。

30

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

また、 $T_c = T_h$  と仮定すると、

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

であるため、このシステムはより有効である。したがって (22) 式から、 $\beta_c$  は、一例として以下に示す設計パラメータの場合、((14) 式) より大きくなる。

【0057】

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

$$I = 3 \text{ A}$$

$$R = 2$$

$$K = 2 \text{ W / m} \cdot \text{K}$$

40

$$T_c = 280 \text{ C}$$

$$T_c = T_h = 10 \text{ C}$$

(22) 式から、下記の (26) 式が得られる。

$$(26) \quad \beta_c = 2.11$$

$T = 2 T_c$  である従来の設計の場合、は下記の (27) 式で表される。

$$(27) \quad \beta_c = 1.40$$

また、システムの効率がより優れているため、排出側の流体 809 および 811 の総流量の割合が小さい。したがって、この設計では、 $q_{in}$  からの熱のうち、排出側の流体 809 および 811 として排出される熱は、比較的わずかである。

【0058】

50

図 8 に示した下側のグラフは、T E システム 8 0 0 における流体の温度プロファイルを示した図である。

【 0 0 5 9 】

上述の幾何学はすべて、流体が流れる方向への T E エLEMENT の熱的な分離に関連する本発明に係る別の形態を提供したものである。上記の分離ELEMENT幾何学には、以下の利点が含まれている。

( 1 ) 熱力学効率が実質的に高い。

( 2 ) メイン側 ( 個々のアプリケーションにおけるコールド側またはホット側のうちの重要な方 ) の流体の流量割合が実質的に多い。

【 0 0 6 0 】

上記の実施の形態は、特定の実施の形態である。上述のような熱的な分離効率が得られる構成は、すべて本発明の技術的範囲に含まれる。また、例えば抵抗を小さくする改善により、上記の実施の形態によって得られる分離効率を、さらに向上させることができる。

【 0 0 6 1 】

図 7 A ~ 7 E および図 8 には、流れ方向における T E エLEMENT の抵抗の増加による性能向上と共に、流れ方向における T E エLEMENT の熱的な分離に、重要な特徴があることが示されている。図 9 A ないし 9 E は、別の実施の形態を示す図であり、これらの特徴が組み込まれ、かつ、異なる幾何学の熱交換器および T E エLEMENT が利用された例を示したものである。

【 0 0 6 2 】

図 9 A および 9 B は、T E システム 9 0 0 のこのような実施の形態を示したもので、熱交換器は、ピン以外のフィンを有している。図 9 A は側面図であり、図 9 B は図 9 A を端面から見た側面図である。図 9 A、9 B に示したように、T E エLEMENT アレイ 9 0 1 は、複数の T E エLEMENT 9 0 4 をサンドイッチしているホット側基板 9 0 2 およびコールド側基板 9 0 3 を使用して構成されている。複数の熱交換器 9 0 5 が、ホット側基板 9 0 2 およびコールド側基板 9 0 3 の両方に、それらの基板を介して、T E エLEMENT 9 0 4 と良好に熱接触している。T E エLEMENT 9 0 4 間は、基板 9 0 2、9 0 3 および T E エLEMENT 9 0 4 に接合された回路 9 0 8 を介して電氣的に接続されていることが好ましい。

【 0 0 6 3 】

図 9 A、9 B に示したように、熱交換器 9 0 5 は、基板 9 0 2 または 9 0 3 を介して、T E エLEMENT 9 0 4 ( ホット側およびコールド側 ) と良好に熱接触した波形の薄い金属フィン 9 0 6 を備えている。熱交換器 9 0 5 は、基板 9 0 2 および 9 0 3 と接触する部分の面積が大きくなるように、可能な限り平らな底部エッジ 9 0 7 を有する、熱伝導率が高い銅またはその他の材料で構成されていることが好ましい。流れ方向 ( 図 9 B の平面に直角の方向 ) の熱伝導率は、この実施の形態では、ギャップ 9 0 9 によって分離された T E エLEMENT 9 0 4 の列毎に別個の熱交換器 9 0 5 を設けることによって最小化されている。

【 0 0 6 4 】

図 9 C は、別の実施の形態に係る T E システム 9 2 0 を示す図であり、ヒートパイプ 9 2 5 およびヒートシンク 9 2 6 を使用した例を示す側面図である。T E エLEMENT アレイ 9 2 1 は、複数の T E エLEMENT 9 2 4 をサンドイッチしているホット側基板 9 2 2 およびコールド側基板 9 2 3 を使用して構成されている。この場合、T E システム 9 2 0 は冷却用として構成されている。この場合も、コールド側基板 9 2 3 の熱伝導率は、流れ方向で小さくなっている。複数のヒートパイプ 9 2 5 は、一方の端面がコールド側基板 9 2 3 を介して T E エLEMENT 9 2 4 と良好に熱接触し、もう一方の端面が例示した熱交換機 9 2 6 に接触しており、コールド側基板 9 2 3 と、熱交換器 9 2 6 との間で熱が伝達されるようになっている。この実施の形態では、流れの方向は、図 9 C の下から上に向かう方向である。図 9 C に示した T E システム 9 2 0 の場合、ホット側基板 9 2 2 は、ヒートシンク 9 2 6 と良好に熱接触している。T E システム 9 2 0 によって生成される熱の観点から

10

20

30

40

50

、事実上、ヒートシンク 9 2 6 はインフィニットであることが好ましい。

【 0 0 6 5 】

また、図に示す T E システム 9 2 0 には、流れ方向で抵抗が変化する T E エlement 9 2 4 が使用されている。最も抵抗の小さい Element 9 2 7 が流入側 9 2 9 に置かれ、最も抵抗の大きい Element 9 2 8 が流出側 9 3 0 に置かれている。この場合、抵抗は、T E エlement 9 2 4 の断面積に反比例し、断面積は、流入側 9 2 9 から流出側 9 3 0 へ向かって減少しているため、抵抗は、逆に流出側 9 3 0 から流入側 9 2 9 へ向かって増加している。T E エlement 9 2 4 は、上記のように、回路に電氣的接続されているが、分かり易くするために、図 9 C には示されていない。

【 0 0 6 6 】

図 9 D および 9 E は、さらに別の実施の形態に係る冷却用分離 Element T E システム 9 4 0 を示す図である。図 9 E は側面図であり、図 9 D は図 9 E を端面から見た図である。図 9 D、9 E に示した構造は、フィン付き熱交換器 9 4 5 を製造するための好ましい方法の 1 つを示している。図に示したように、T E エlement アレイ 9 4 1 は、ホット側基板 9 4 2 およびコールド側基板 9 4 3 を使用して構成されている。少なくともコールド側基板 9 4 3 は、流れ方向に小さい熱伝導率を有している。上記のように、回路 9 4 9 にまとめて電氣的に接続された複数の T E エlement 9 4 4 は、これらの基板 9 4 2 および 9 4 3 によりサンドイッチされている。

【 0 0 6 7 】

単一のフィンアレイ（フィン付き熱交換器）9 4 5 は、コールド側基板 9 4 3 を介して、T E エlement 9 4 4 と良好に熱接触している。単一片であるにもかかわらず、流れ方向におけるフィンアレイ 9 4 5 の熱伝導率は、隣接するフィンセクション間のギャップ 9 4 6 によって小さくなっている。タブ 9 4 7 は、アレイ全体を 1 つに保持している。これらのタブ 9 4 7 は、それらが、隣接するフィンセクション間の熱伝達を著しく大きくしないよう、ギャップ 9 4 6 と比較して十分に小さいことが好ましい。

【 0 0 6 8 】

図 9 E は、流れが流入側 9 5 0 から流出側 9 5 1 へ進むに伴って、T E エlement 9 4 4 の長さを増加させ、T E エlement 9 4 4 の抵抗変化にることによる改善を示した図である。既に示した実施の形態の場合と同様に、抵抗の変化は、他の方法、例えば T E エlement 9 4 4 の断面を変化させること、T E エlement 材料の抵抗率を変化させること、または T E エlement の長さ、断面および抵抗率が相違するものの組合せによって達成することができる。なお、ヒートシンク 9 4 8 は、ホット側基板 9 4 2 と良好に熱接触している。図 7 E および図 9 C には、これらのヒートシンクの好ましいタイプを示した。

【 0 0 6 9 】

図 1 0 は、別の実施の形態に係る T E システムを示す図であり、流れ方向における T E エlement の抵抗変化（および分離 Element）によって、既に説明した性能向上と同様の性能向上を達成することができるシステムを示す側面図である。この実施の形態では、T E エlement の抵抗は、デバイス全体を通して同じであるが、T E エlement に印加される電圧が、流れ方向で変化している。

【 0 0 7 0 】

図 1 0 には、T E システム 1 0 0 0 に係る一実施の形態が示されている。T E エlement アレイ 1 0 0 1 は、複数の T E エlement 1 0 0 4 をサンドイッチしているホット側基板 1 0 0 2 およびコールド側基板 1 0 0 3 を使用して構成されている。複数の熱交換器 1 0 0 5 が、ホット側基板 1 0 0 2 およびコールド側基板 1 0 0 3 の両方に、それらの基板を介して、T E エlement 1 0 0 4 と良好に熱接触している。熱交換器 1 0 0 5 および基板 1 0 0 2、1 0 0 3 は、既に説明した実施の形態に示す任意の構成にすることができる。熱交換器 1 0 0 5 は、図 9 A および 9 B に示した熱交換器と同様、基板 1 0 0 2 または 1 0 0 3 を介して、T E エlement 1 0 0 4（ホット側 1 0 1 1、コールド側 1 0 1 0）と良好に熱接触している。図 1 0 に示したように、ホット側 1 0 1 1 およびコールド側 1 0 1 0 の流れは、いずれも左から右である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 1 】

流体 1 0 0 9 は、周囲環境温度  $T_A$  で左側から流入し、熱交換器 1 0 0 5 を迂回して、または熱交換器を通して、TE システム 1 0 0 0 の全長さにわたって徐々に温度変化しながら流れ、コールド側では、 $T_C$  に温度が低下した流体 1 0 1 0 として右側から流出し、ホット側では、 $T_H$  に温度が上昇した流体 1 0 1 1 として右側から流出する。TE エlement と TE エlement との間は、基板 1 0 0 2、1 0 0 3 および TE エlement 1 0 0 4 に接続された回路 1 0 0 8 を介して電氣的に接続されている。既に示した実施の形態の場合のような基板上における相互接続回路とは異なり、基板の回路 1 0 0 8 は、すべての TE エlement 1 0 0 4 を直列に接続していない。

## 【 0 0 7 2 】

10

図 1 0 では、回路 1 0 0 8 は、個々の TE エlement 1 0 0 4 または流れ方向に対して直角方向を向いた TE エlement 1 0 0 4 の列が、電圧が異なる電源を有している。そのため、異なる電流が Element または列を流れるように構成されている。したがって、図 1 0 に示したように、熱電アレイ (TE エlement アレイ) 1 0 0 1 の様々なセグメント、すなわちセクションに、様々な制御電圧 1 0 2 0 が印加される。本実施の形態では、TE システムをモニタするために、制御システム 1 0 1 2 に接合された複数のセンサ 1 0 1 3、1 0 1 4 および 1 0 1 5 が設けられている。制御システム 1 0 1 2 は、複数の制御電圧 1 0 2 0 に接続され、TE エlement アレイ 1 0 0 1 内の異なる Element または列に供給される電流を制御している。

## 【 0 0 7 3 】

20

TE システム 1 0 0 0 の長さ方向の電圧は、外部の状態に応じて、またはシステム自体の内部の状態に応じて、制御システム 1 0 1 2 を介して変化させることができる。これらの状態には、そのうちのいくつか、またはすべてが存在する可能性がある、外部温度または流れ、内部温度または流れ、および個々の TE エlement または TE エlement の列による所望の加熱量または冷却量を手動で制御するためのユーザが選択可能な入力が含まれている。

## 【 0 0 7 4 】

外部温度または流れ、内部温度または流れなどの状態は、センサ 1 0 1 3 および 1 0 1 4 などを通してモニタされる。ユーザが選択可能な入力は、制御システム 1 0 1 2 のノブ、ダイヤル、押しボタンまたは他のプログラム可能な手段により行われる。例えば、ユーザが選択可能な入力またはユーザが構成可能な入力用に、ユーザインタフェース 1 0 1 5 が設けられている。モニタした状態、またはセンサ 1 0 1 3 および 1 0 1 4 を介してモニタした状態をトリップするレベルを、ユーザインタフェース 1 0 1 5 を介して修正することにより、TE システムの特定のアプリケーション、またはあらゆる時間に TE システムが置かれる特定の条件に合わせて、TE システムを個別化することが好ましい。センサ 1 0 1 3、1 0 1 4 および 1 0 1 5 は、ハードワイヤードまたはソフトウェア関係 (その性質は、アプリケーションによって異なる) を使用して、センサの入力に応じて印加電圧を変化させる制御回路 1 0 1 2 によってモニタされている。

30

## 【 0 0 7 5 】

このタイプのシステムの利点は、効率改善を達成するために、TE エlement 1 0 0 4 によって生成される熱出力を、必要に応じて変化させることができることである。例えば、刻々と変化する流れの状態に応じて、TE エlement 1 0 0 4 を流れる電流を調整することができる。この実施の形態に係る効率利得を得るための能力は、TE システムの長さ方向の任意のポイント  $x$  における TE システムの最適効率に対する電流  $I_{opt}(x)$  を求める下記の方程式 (28) 式によって理解することができる。

40

## 【 0 0 7 6 】

【数 28】

(28)

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

(28)式において、パラメータ  $\alpha$  および  $Z$  は、TE材料の特性値である。 $R$  は、TEエレメント1004の抵抗であり、図10に示した実施の形態を考察する場合、TEシステム1000全体を通して一定であると見なすことができる。したがって、(28)式は、最適効率の場合、 $I_{opt}$ が  $T$  に比例することを示している。 $I_{opt}$ を達成するためには、位置  $x$  におけるエレメントの両端間の電圧を、 $I_{opt}(x)$  と  $R$  との積にしなければならない。この実施例では、 $T$  は、左側のゼロから増加して右側で最大値になるため、最も左側のエレメントには、実用上可能な小さい電圧を印加し、出口1010および1011で最大値になるように増加させなければならない。したがって、図10では、 $0 < V_1 < V_2 < V_3 \cdots V_n$  である。流れの方向に沿った位置  $x$  における電圧は、近似的に、下記の(29)式であることが好ましい。

【0077】

【数 29】

(29)

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

図11は、本発明の別の実施の形態に係るTEシステム1100を示す断面図であり、抵抗の変化による性能の向上が、機械的な手段によって達成されている例を示す図である。TEエレメントアレイ1101は、複数のTEエレメント1104をサンドイッチしているホット側基板1102およびコールド側基板1103を使用して構成されている。この実施の形態では、TEエレメント1104は、端部が相互接続回路1108とホット側およびコールド側基板1102、1103との組合せによって密閉されたチューブ1110内に充填された液体TE材料1109で構成されている。液体TE材料の可能な例の1つは、液体になる温度(室温以上)におけるタリウムとテルルの混合物(p型)、および水銀/ルビジウムの混合物(n型)である。他の例は、水銀中でスラリー化されたP型ビスマスおよびテルル化合物、および水銀中でスラリー化されたN型ビスマスおよびテルル化合物である。A.F.LoffeのSemiconductor Thermal Elements, and Thermoelectric Cooling, Information, London, 1957に、このような材料のいくつかが記載されている。

【0078】

複数の熱交換器1105が、コールド側基板1103を介してTEエレメント1104と良好に熱接触している。図に示したように、この実施の形態における熱交換器1105は、図9Aおよび9Bに示した熱交換器905と同様であり、コールド側基板1103を介してTEエレメント1104と良好に熱接触している。上記のように、熱交換器1105は、釘、フィンまたはヒートパイプなどの多数の異なるタイプの熱交換器とすることができ、または任意の多数の他のタイプの熱交換器とすることができる。上記のように、TEエレメント1104は、コールド側1103を流体が流れる方向に、実質的に、または少なくとも効果的に熱的に分離されている。

【0079】

ヒートシンク1114(TEシステム1100の観点から、実質的に、インフィニットである)は、ホット側基板1102を介してTEエレメント1104と良好に熱接触している。この実施の形態では、少なくともいくつか、場合によってはすべてのTEエレメン

10

20

30

40

50

ト 1 1 0 4 に、ピストン 1 1 0 7 が設けられている。ピストンは孔 1 1 0 8 を有しており、システムコントローラ 1 1 1 6 に接続されたアクチュエータ 1 1 1 5 に結合されている。システムコントローラ 1 1 1 6 は、複数のセンサ 1 1 1 7、1 1 1 8 および 1 1 1 9 と接続されている。例えば、センサは、外部センサ 1 1 1 7、内部センサ 1 1 1 8 およびユーザ制御またはユーザ入力デバイス 1 1 1 9 である。システムコントローラ 1 1 1 6 は、ハードウェア、すなわちマイクロプロセッサをベースとしたコンピュータ制御をアクチュエータ 1 1 1 5 に提供することが好ましく、アクチュエータ 1 1 1 5 に必要な十分な電流を供給することができるように、アクチュエータ 1 1 1 5 用の電源すなわちドライバを備えている。

#### 【 0 0 8 0 】

T E エlement と T E エlement との間の電気的接続は、基板 1 1 0 2 および 1 1 0 3 に接続された回路 1 1 0 6 によって図られ、かつ、回路 1 1 0 6 は、T E エlement 1 1 0 4 の表面およびピストン 1 1 0 7 とともに接続されている。ピストン 1 1 0 7 からホット側基板 1 1 0 2 への電気的接続は、スライド接点 1 1 1 3 を使用して達成されている。ピストン 1 1 0 7 の中の孔 1 1 0 8 により、液体 T E 材料 1 1 0 9 は、ピストンが移動する際に孔 1 1 0 8 を通過することができる。ピストン 1 1 0 7 は、任意の位置で、液体 T E 材料を前方セクション 1 1 1 1 と後方セクション 1 1 1 2 とに分けている。この実施の形態では、ピストン 1 1 0 7 は、導電率が液体 T E 材料 1 1 0 9 の導電率より実質的に大きい導電材料で作製されている。

#### 【 0 0 8 1 】

ピストン 1 1 0 7 がホット側回路 1 1 0 6 まで完全に移動していない場合、すなわち後方セクション 1 1 1 2 に体積が残存している状態では、液体 T E 材料 1 1 0 9 の一部が、事実上、ピストン 1 1 0 7 によって短絡される。それにより、T E エlement 1 1 0 4 の抵抗が、その最大抵抗よりある程度の値だけ小さくなる。したがって、固定スキームまたは時間変化スキームに従って、T E エlement 1 1 0 4 の抵抗が T E システム 1 1 0 0 の長さ方向に沿って変化するように、ピストン 1 1 0 7 の位置を調整することができる。制御スキームは、図 1 0 に関連して説明したスキームと類似している。ただし、上記の制御スキームの場合には、T E エlement 1 1 0 4 に印加する電圧を変化させる代わりに、外部センサ 1 1 1 7、内部センサ 1 1 1 8、ユーザ入力センサ 1 1 1 9、または他の信号方式デバイスからの入力の変化にตอบสนองして、コントローラ 1 1 1 6 または他の電源によって制御されるアクチュエータ 1 1 1 5 を使用することにより、ピストン 1 1 0 7 の位置を変更することが好ましい点が相違する。

#### 【 0 0 8 2 】

本技術において理解されるように、適切な磁界を印加することにより、特定の T E 材料の性能を改善することができる。図 1 2 は、実施の形態に係る T E システム 1 2 0 0 の構成を示す側面図である。T E エlement 1 2 0 4 の材料構成は、磁界が T E エlement のほぼ幅方向全体に印加されるようになっている。図 1 2 に示したように、T E エlement アレイ 1 2 0 1 は、複数の T E エlement 1 2 0 4 をサンドイッチしているホット側基板 1 2 0 2 およびコールド側基板 1 2 0 3 を使用して構成されている。熱交換器 1 2 0 5 は、ホット側およびコールド側基板 1 2 0 2、1 2 0 3 を介して、T E エlement 1 2 0 4 と良好に熱接触している。図 1 2 に示したように、熱交換器 1 2 0 5 は、図 9 A および 9 B に関連して説明した構成など、任意の適切な構成の熱交換器である。

#### 【 0 0 8 3 】

この実施の形態においても、前述の実施の形態と同様、流れ方向における T E エlement 1 2 0 4 の実質的または効果的な熱的分離が採用されている。T E エlement の直列電気接続は、ホット側およびコールド側基板 1 2 0 2、1 2 0 3 および T E エlement 1 2 0 4 に接合または固定された回路 1 2 0 6 によって達成されている。例えば、いくつかの T E 材料に対して、永久磁石 1 2 0 7 から適切な磁界が印加されている。永久磁石 1 2 0 7 は、それらの極性（図 1 2 では、北は N で、また、南は S で示されている）が、すべて同じ方向に配向されている。したがって、磁界 1 2 0 8（点線で示す）は、T E エlemen

10

20

30

40

50

ト 1 2 0 4 の幅方向を貫通している。

【 0 0 8 4 】

図 1 3 は、実施の形態に係る T E システム 1 3 0 0 の構成を示す側面図である。T E エレメント 1 3 0 4 の材料構成は、T E エレメントの長さ方向全体に適切な磁界が印加されるようにすることによって、改善が図られている。図 1 3 に示したように、T E エレメントアレイ 1 3 0 1 は、複数の T E エレメント 1 3 0 4 をサンドイッチしているホット側基板 1 3 0 2 およびコールド側基板 1 3 0 3 を使用して構成されている。この実施の形態では、熱交換器 1 3 0 5 は、永久磁石 1 3 0 7 と良好に熱接触している。永久磁石 1 3 0 7 は、コールド側基板 1 3 0 3 を介して T E エレメント 1 3 0 4 と良好に熱接触している。一つの実施の形態では、永久磁石が熱交換器を形成している。別法としては、熱交換器 1 3 0 5 を、図 9 A および 9 B に関連して説明した熱交換器 9 0 5 と同様の熱交換器とすることもできる。

10

【 0 0 8 5 】

この実施の形態では、流れ方向における T E エレメント 1 3 0 4 の実質的または効果的な熱的分離が採用されている。ヒートシンク 1 3 0 9 ( T E システム 1 3 0 0 の観点から、実質的にインフィニットである ) は、ホット側基板 1 3 0 2 を介して T E エレメント 1 3 0 4 と良好に熱接触している。ヒートシンク 1 3 0 9 は、鉄などの高透磁率材料で作製されている。T E エレメント 1 3 0 4 の直列電気接続は、ホット側およびコールド側基板 1 3 0 2 、 1 3 0 3 および T E エレメント 1 3 0 4 に接合され、または取り付けられた回路 1 3 0 6 によって達成されている。磁界は、対毎に極性 ( 図 1 3 では、北は N で、また、南は S で示されている ) を向き合わせて配向された永久磁石 1 3 0 7 によって印加されている。磁気回路は、高透磁率のヒートシンク 1 3 0 9 を介してホット側で完結している。したがって、磁界 1 3 0 8 ( 点線で示す ) は、実質的に T E エレメント 1 3 0 4 の長さ方向を貫通している。

20

【 0 0 8 6 】

上記の実施の形態では、熱を伝達する媒体または熱を抽出する媒体が、流体である。図 1 4 は、流体が固体に置換された構造を有する T E システムを示す側面図である。図 1 4 に示した T E システム 1 4 0 0 は、複数の T E エレメント 1 4 0 4 をサンドイッチしているホット側基板 1 4 0 2 およびコールド側基板 1 4 0 3 を使用して構成された T E エレメントアレイ 1 4 0 1 を備えている。ヒートシンク 1 4 0 9 ( T E システム 1 4 0 0 の観点から、実質的にインフィニットである ) は、ホット側基板 1 4 0 2 を介して、T E エレメント 1 4 0 4 と良好に熱接触している。T E エレメント 1 4 0 4 の直列電気接続は、ホット側およびコールド側基板 1 4 0 2 、 1 4 0 3 および T E エレメント 1 4 0 4 に接合され、または取り付けられた回路 1 4 0 7 によって達成されている。

30

【 0 0 8 7 】

冷却される固体材料 1 4 0 5 ( 図に示すケースの場合 ) は、図 1 4 の左から右へ向かって移動し、コールド側基板 1 4 0 3 を介して T E エレメント 1 4 0 4 と良好に熱接触している。固体材料 1 4 0 5 とコールド側基板 1 4 0 3 との間の界面における良好な熱伝達率は、例えば、熱グリース 1 4 0 6 によって達成されている。固体材料 1 4 0 5 がコールド側基板 1 4 0 3 に沿って通過すると、固体 1 4 0 5 は、T E エレメント 1 4 0 4 によって徐々に冷却される。固体に沿った移動方向ではなく、固体材料 1 4 0 5 と T E エレメント 1 4 0 4 との間は、基板 1 4 0 3 およびグリース 1 4 0 6 を介して良好な熱伝達率を有していることが好ましい。適切な固体材料 1 4 0 5 は、複合材料 ( composites ) または他の熱異方性材料がよい。また、例えば、固体材料 1 4 0 5 の移動方向に対する直角方向にスロットが設けられ、そのスロットに熱絶縁体が充填されたものでもよい。

40

【 0 0 8 8 】

図 1 5 A ないし図 1 5 G は、分離エレメント T E システムの長さ方向における様々な温度プロファイルの例を示したグラフである。これらの図のすべてにおいて、ホット側の流れは、右側から左側として示され、また、コールド側の流れは、左側から右側として示されている。一方の側にヒートシンクを有しているケースでは、ヒートシンク側には流れが

50

存在しない。ポイントOは常に左側にあり、コールド側の流れの流入端およびホット側の流れの流出端を表している。ポイントLは常に右側にあり、コールド側の流れの流出端およびホット側の流れの流入端を表している。水平線は、常に周囲環境温度 $T_A$ を表している。

#### 【0089】

図15Aは、 $T_C = T_H$ のケース、図15Bは、 $T_C > T_H$ のケース、図15Cは、 $T_C < T_H$ のケースを示したグラフである。図15Dは、ホット側にインフィニットヒートシンク(infinite heat sink)を有し、したがって、 $T_H = 0$ のケース、図15Eは、コールド側にインフィニットヒートシンクを有し、したがって、 $T_C = 0$ のケース、図15Fは、冷たい流体が温度 $T_{CIN} < T_A$ で流入するケースを示したグラフである。図15Gは、熱い流体が温度 $T_{HIN} > T_A$ で流入するケースを示したグラフである。他の温度プロファイルも意図されており、また、デバイスは、本発明の教示に従って、ヒートシンク、流入温度および流出温度の可能なすべての組合せが生成されるように構成されている。

10

#### 【0090】

デュアルモード動作の場合、理想化された方程式(9)式は、冷却モードのCOPが最適化されると、加熱モードのCOPも最適化されるが、流量、TEエレメント抵抗値対位置の変化、またはTEエレメント電流値対位置の変化は、もはやそのアプリケーションには適切ではないことを示している。熱電気の基本方程式によって導かれるこれらのパラメータを調整することにより、システム全体の性能を最適化することができる。

20

#### 【0091】

図16は、別の実施の形態に係るTEシステム1600を示す側面図およびグラフである。排出側の流れが、セクション1609内のTEエレメントアレイ1601の長さ方向を通り抜けている。既に示した実施の形態の場合と同様、TEエレメントアレイ1601は、複数のTEエレメント1604をサンドイッチしているホット側基板1602およびコールド側基板1603を使用して構成されている。複数のピン1605が、ホット側基板1602およびコールド側基板1603の両方に、それらの基板を介して、TEエレメント1604と良好に熱接触し、TEシステム1600の熱交換器を形成している。図16に示したように、ピン1605は、釘に極めて類似した形状を有しており、そのヘッドは、TEエレメント1604(ホット側およびコールド側)と良好に熱接触している。ピン1605は、熱伝導率の大きい銅または他の材料でできていることが好ましい。ピン1605は、アプリケーションまたは熱の伝達が行われる流体に応じて、既にいくつかについて説明した他の熱交換器の構成または幾何学に置き換えることができる。

30

#### 【0092】

ホット側基板1602、コールド側基板1603および回路1606の構造は、図7Aないし7Cに関連して説明した構造と同じであり、TEアレイ1601の長さ方向におけるTEエレメント1604の熱的な分離特性を維持している。ホット側ダクト1607は、流体が、温度 $T_A$ で左側から流入し、ホット側の熱交換器1605を通過して温度 $T_H$ で右側から流出するように、TEシステム1600のホット側に取り付けられている。また、複数のダクト1608がTEシステム1600のコールド側に取り付けられており、流体が、熱交換器1605の複数のセクション1609を通過して流れるようになっている。

40

#### 【0093】

温度 $T_A$ の流体が、左側の2つのダクト1608のそれぞれ左端から流入し、それぞれ右端から流出する。温度 $T_A$ の流体が、最も右側のダクト1608の右端から流入し、その左端から流出する。図16には、図に示す実施の形態の排出側であるコールド側に3つのセクション1609が示されているが、セクションの数は任意であり、また、すべて同じ長さである必要はなく、または同じ方向に流れる必要もない。コールド側の出口温度 $T_{C1}$ 、 $T_{C2}$ 等は、同じ温度にする必要はなく、また、各々を通過する流体の量も同じである必要はない。

50

## 【 0 0 9 4 】

コールド側の空気は、温度  $T_A$  で、TE システム 1 6 0 0 の長さ方向の複数のポイントで導入されるため、TE エlement 1 6 0 4 の両端間の  $T$  は、コールド側の空気が、排出されるのに先だって、コールド側のすべての熱交換器 1 6 0 5 を通過する場合の  $T$  よりも小さい。( 1 0 ) 式で示したように、 $T$  が小さくなると COP が大きくなるため、TE システム 1 6 0 0 のホット側は、単一のコールド側ダクトを備えている場合よりも温かくなる。図 1 6 の下側に示したグラフは、これを温度プロファイルで示したものである。

## 【 0 0 9 5 】

温度  $T_A$  の流体の各導入ポイント ( ポイント 0、 $L_1$ 、 $L_2$  . . . ) では、前のセクションの COP は、比較的小さくなっている。温度  $T_A$  の新しい流体により、新しい流体が導入されるステージの COP が大きくなり、それにより、そのセクション全体の追加  $T$  が達成される。一般的に、各セクションによって付加される正味の  $T$  は、後続のステージ (  $L_2$  等 ) で導入される流体の温度が  $T_A$  より高くない限り、デバイスの長さに従って漸減すること、すなわち後続のステージにおけるヒートシンク性能が極めて高いことに留意されたい。

## 【 0 0 9 6 】

図 1 6 に示した実施の形態は、加熱モードにおける TE システムの動作を示したものである。これと同じ手法を使用して、同様に冷却モードで構成された、排出側の流体が複数のポイントから流入する TE システムの性能を向上させることができる。

## 【 0 0 9 7 】

図 1 7 は、別の実施の形態に係る TE システム 1 7 0 0 を示す側面図およびグラフである。排出側 ( 冷却側 ) の流れが、セクション 1 7 0 9 内の TE アレイ 1 7 0 1 の長さ方向を通り抜けている。図 1 7 は、TE システム 1 7 0 0 の反対側の端部からの流れである点で、図 1 6 と異なっている。TE エlement アレイ 1 7 0 1 は、図 1 6 の場合と全く同様に、ホット側基板 1 7 0 2、コールド側基板 1 7 0 3、複数のピン ( 熱交換器 ) 1 7 0 5、回路 1 7 0 6、ホット側ダクト 1 7 0 7、および熱交換器 1 7 0 5 の複数のセクション 1 7 0 9 に対応する複数のダクト 1 7 0 8 を使用して構成されている。

## 【 0 0 9 8 】

図 1 7 に示した実施の形態に係る TE システムは、この場合も加熱モードで動作している。これと同じ手法を使用して、同様に冷却モードで構成された、排出側の流体が複数のポイントから流入する TE システムの性能を向上させることができる。また、排出側流体のすべてが同じ方向に、同じ温度で流入する必要はなく、また、同じ間隔、すなわち同じ長さのセクションに流入し、または流体の流量が同じである必要もない。

## 【 0 0 9 9 】

図 1 8 は、他の実施の形態に係る TE システム 1 8 0 0 を示す側面図およびグラフである。排出側の流れが、TE エlement アレイ 1 8 0 1 の長さ全体を通り抜けていない。TE エlement アレイ 1 8 0 1 は、図 1 6 の場合と全く同様に、ホット側基板 1 8 0 2、コールド側基板 1 8 0 3 および複数のピン 1 8 0 5 を使用して構成されている。ホット側ダクト 1 8 0 7 は、流体が、温度  $T_A$  で左側から流入し、ホット側の熱交換器 1 8 0 5 を通過して温度  $T_H$  で右側から流出するように、TE システム 1 8 0 0 のホット側に取り付けられている。ダクト 1 8 0 8 が、TE システム 1 8 0 0 のコールド側に取り付けられており、流体が、熱交換器 1 8 0 5 を通過して流出するようになっている。

## 【 0 1 0 0 】

温度  $T_A$  の流体が、図の左端からコールド側ダクト 1 8 0 8 に流入する。バルブ 1 8 0 9 は、2 つの位置を有しており、一方の位置 ( 開位置 ) で、流体がダクト 1 8 0 8 全体を流れて、温度  $T_C$  で右端 1 8 1 1 から流出する。バルブ 1 8 0 9 のもう一方の位置 ( 閉位置 ) では、流体はダクト 1 8 0 8 の一部のみを流れて、温度  $T_C^*$  で中間位置 1 8 1 1 0 から流出する。図 1 8 には、2 つのセクション 1 8 1 2 が示されているが、セクションの数は任意であり、また、必ずしも同じ長さである必要はなく、また、流体の流れを同

10

20

30

40

50

じ方向にする必要も、または同じ温度で流入させる必要もない。

【 0 1 0 1 】

図 1 8 の下側に示した曲線 1 8 2 0 および 1 8 2 1 (長い点線) は、バルブ 1 8 0 9 が開位置にあり、T E システム 1 8 0 0 に若干の T を生成させる必要がある場合の温度プロファイルである。出口ポイント  $L_2$  では、コールド側曲線の勾配がゼロではないので、熱流がゼロではないことに留意されたい。したがって、この状況では、T E システム 1 8 0 0 は、依然としてコールド側から熱を除去し、かつ、依然として熱をホット側に引き渡している。バルブが依然として開位置にある状態で、T E システム 1 8 0 0 に大きな T を生成させる必要がある場合は、十分な T が発生するように、より多くの電力を T E エlement 1 8 0 4 に供給することにより、コールド側温度プロファイルが、概ね曲線 1 8 2 2 および 1 8 2 3 に従うようにしなければならない。中間ポイント  $L_1$  のいずれかで、コールド側温度の勾配が事実上ゼロであることに留意されたい。

10

【 0 1 0 2 】

$L_1$  を通過した後、流れを継続させることができる場合、コールド側温度は、曲線 1 8 2 3 (短い点線) に沿って継続する。バルブ 1 8 0 9 が閉じており、したがって流体を出口ポイント 1 8 1 0 に排出させている場合、事実上、熱損失を除くすべてのジュール加熱を利用して、ホット側温度プロファイル 1 8 2 4 に従って、さらにホット側温度を  $T_H^*$  まで上昇させることができる。

【 0 1 0 3 】

また、T E アレイ 1 8 0 1 の一部から流れを除去する手法を、対向する端部からの流れで構成されたデバイスに採用することもできる。さらに、バルブ 1 8 0 9 および単一のコールド側ダクト 1 8 0 8 を、複数のバルブおよびダクトに置き換えることもできる。

20

【 0 1 0 4 】

上記のすべての実施の形態には、図 1 0 および 1 1 に関連して説明したシステムコントローラと同様のシステムコントローラが存在している。これらの説明は、T E エlement の電圧を調整するためのコントローラ (図 1 0) およびピストンの位置を調整するためのコントローラ (図 1 1) の使用に的が絞られている。また、コントローラには、例えば電流 (T E エlement が直列に接続されている場合) またはホット側流量またはコールド側流量を調整することができるように、ハードワイヤードまたはソフトウェア関係と共に、同じまたは類似の感覚入力からの情報が使用されている。その関係は、ルックアップテーブル、数式または他のアルゴリズムプロセスの形態になっている。したがって、このようなコントローラを使用することにより、総合効率を改善する機会が提供され、平均入力電力を小さくし、またはシステムの出力を変更することができる。

30

【 0 1 0 5 】

図に示したコントローラには、複数のパラメータをモニタし、これらのパラメータにตอบสนองしてシステムを動的に調整する可能性が意図されている。このコントロールシステムは、例えばユーザによって制御されるスイッチなどの極めて単純なシステムである。例えば、コントロールシステムは、冷却から加熱へ変化させるために、熱電システムに流れる電流を反転させ、または温度が高すぎることを決定する人間による感覚入力を使用して電流の量を動的に調整し、それにより冷却量または加熱量を変化させることを目的として、電流を交番させるためのスイッチそのものである。

40

【 0 1 0 6 】

以上の説明では、T E エlement の各列の長さ、面積、抵抗率または印加電力の変更が提案されている。製造性、単純性およびコストの面から、T E エlement のグループは同一であるか、またはサブモジュールとして構成されている。したがって、すべての列を異なったものにする必要はない。このような単純化にもかかわらず、なおかつ効率が改善され、その改善は、どれだけ多くの様々なサイズ、電力、レベル等を使用するかに依存している。

【 0 1 0 7 】

ヒートシンクが使用されている上述の実施の形態の場合、ヒートシンクをヒートパイプ

50

または他の熱移送メカニズムに置き換えることができる。したがって、ヒートシンクまたは類似の手段を離して配置することができ、またはアセンブリを、排出熱出力を抽出する1つまたは複数の他のアセンブリにリンクさせることができる。また、冷却または加熱される媒体として流体および固体について説明したが、スラリーなどの流体と固体の組に合わせも、冷却または加熱すべき媒体として可能である。最後に、効率を改善するための様々な方法について、熱的な分離機能と組み合わせて説明したが、個々のアプリケーションに適切である場合、効率を改善するための、例えば抵抗変化、電流変化、および上記のその他の方法は、組み合わせて一体として使用することができ、または単独でも使用することができる。

【0108】

10

上述の実施の形態は、コールド側すなわちTEシステムの冷却特性の考察に的を絞って示したものである。このようなデバイスに流れる電流の方向を反転させることによって、または出力をホット側からコールド側へ反転させることによって、加熱または加熱と冷却を、同じまたは類似の構成で提供することができる。あらゆる特定の用途に対する最適化は、TEシステムの個々のアプリケーションに応じて様々であるが、個々のアプリケーションには、以下に列記するいくつかの潜在的な相違が生じる。

1) 自動車用、家庭用および産業用加熱システムの場合、加熱モードでは、例えば必要な $T_H$ は、実質的に $T_C$ より大きい。

2) 性能を最適化するためには、マスフロー比率（排出側に対するメイン側）の調整が必要である。

20

3) 今日のTE熱ポンピング出力の能力により、デバイスの両端間の $T$ が約70に制限されているため、COPの大きい高 $T_H$ を達成するには、あらゆる特定のアプリケーションによる要求に応じて、構成およびフローパターンを調整しなければならない。

4) 要求に応じて、加熱モードまたは冷却モードのいずれかでシステムを動作させる必要がある場合、両方のモードで効果的に動作するように、十分フレキシブルに設計（HVACまたは熱ポンプシステム）することが好ましい。

【図面の簡単な説明】

【0109】

【図1A】従来の熱電デバイスを示す斜視図である。

【図1B】従来の熱電デバイスを示す部分拡大斜視図である。

30

【図2】従来の流体加熱アプリケーションまたは流体冷却アプリケーションにおける従来の熱電デバイスを示す側面図である。

【図3】材料またはコンポーネントの冷却に使用される従来の熱電エレメントを示す側面図である。

【図4】様々な熱電に対して測定した効率を示すグラフである。

【図5】従来の熱電デバイスの状態を一般化して示す図である。

【図6】熱電システムを一般化して示すブロック図である。

【図7A】本発明の第1の実施の形態に係る熱電システムを示す側面図および付随する温度プロファイルを示す図である。

【図7B】図7Aに示した熱電システムの構造をより詳細に示す部分拡大側面図である。

40

【図7C】図7Aに示した熱電システムの構造をより詳細に示す部分拡大平面図である。

【図7D】本発明の別の実施の形態に係る熱電システムを示す図であり、図7Aに示した熱電システムにさらに改善が加えられた熱電システムを示す側面図およびグラフである。

【図7E】本発明の別の実施の形態に係る熱電システムを示す図であり、図7Aに示した熱電システムにさらに改善が加えられた熱電システムを示す側面図およびグラフである。

【図8】本発明の実施の形態に係る流体の流れが対向する熱電システムを示す側面図およびグラフである。

【図9A】本発明の実施の形態に係る熱電システムを示す側面図であり、図7A～7Eおよび図8に示した特徴が組み込まれ、かつ、異なる幾何学の熱交換器および熱電エレメントを利用した熱電デバイスを示す図である。

50

【図 9 B】本発明の実施の形態に係る熱電システムを示す側面図であり、図 7 A ~ 7 E および図 8 に示した特徴が組み込まれ、かつ、異なる幾何学の熱交換器および熱電エレメントを利用した熱電デバイスを示す図である。

【図 9 C】本発明の実施の形態に係る熱電システムを示す側面図であり、図 7 A ~ 7 E および図 8 に示した特徴が組み込まれ、かつ、異なる幾何学の熱交換器および熱電エレメントを利用した熱電デバイスを示す図である。

【図 9 D】本発明の実施の形態に係る熱電システムを示す側面図であり、図 7 A ~ 7 E および図 8 に示した特徴が組み込まれ、かつ、異なる幾何学の熱交換器および熱電エレメントを利用した熱電デバイスを示す図である。

【図 9 E】本発明の実施の形態に係る熱電システムを示す側面図であり、図 7 A ~ 7 E および図 8 に示した特徴が組み込まれ、かつ、異なる幾何学の熱交換器および熱電エレメントを利用した熱電デバイスを示す図である。

10

【図 10】本発明の別の実施の形態に係る熱電システムを示す図であり、制御システムを使用した、システムの様々な部分を流れる電流が変化する熱電システムを示す図である。

【図 11】本発明の別の実施の形態に係る、機械的手段によって熱電エレメントの抵抗変化が達成される熱電システムを示す側面図である。

【図 12】本発明の実施の形態に係る、磁界を印加することによって効率がさらに改善される熱電システムを示す側面図である。

【図 13】本発明の別の実施の形態に係る、TE エLEMENT の長さ方向の磁界によって効率がさらに改善される熱電システムを示す側面図である。

20

【図 14】本発明の実施の形態に係る、冷却される材料が流体ではなく固体である熱電システムを示す側面図である。

【図 15 A】本発明の実施の形態に係る分離エレメント熱電システムにおける長さ方向の様々な温度プロファイルを示す図である。

【図 15 B】本発明の実施の形態に係る分離エレメント熱電システムにおける長さ方向の様々な温度プロファイルを示す図である。

【図 15 C】本発明の実施の形態に係る分離エレメント熱電システムにおける長さ方向の様々な温度プロファイルを示す図である。

【図 15 D】本発明の実施の形態に係る分離エレメント熱電システムにおける長さ方向の様々な温度プロファイルを示す図である。

30

【図 15 E】本発明の実施の形態に係る分離エレメント熱電システムにおける長さ方向の様々な温度プロファイルを示す図である。

【図 15 F】本発明の実施の形態に係る分離エレメント熱電システムにおける長さ方向の様々な温度プロファイルを示す図である。

【図 15 G】本発明の実施の形態に係る分離エレメント熱電システムにおける長さ方向の様々な温度プロファイルを示す図である。

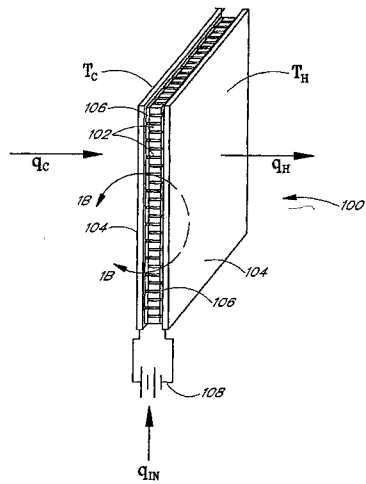
【図 16】本発明のさらに別の実施の形態に係る熱電システムを示す図であり、排出側の流れがセクション中の熱電アレイの長さ方向を通り抜ける熱電システムを示す側面図およびグラフである。

【図 17】本発明のさらに別の実施の形態に係る熱電システムを示す図であり、排出側の流れが対向する端部からの流れである点で図 16 の流れとは異なり、その排出側の流れが、セクション中の熱電アレイの長さ方向を通り抜ける熱電システムを示す側面図およびグラフである。

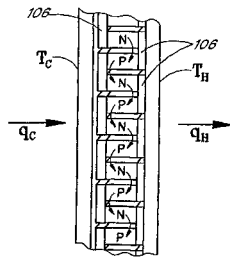
40

【図 18】本発明のさらに別の実施の形態に係る熱電システムを示す図であり、排出側の流れが熱電アレイの長さ全体を通り抜けない熱電システムを示す側面図およびグラフである。

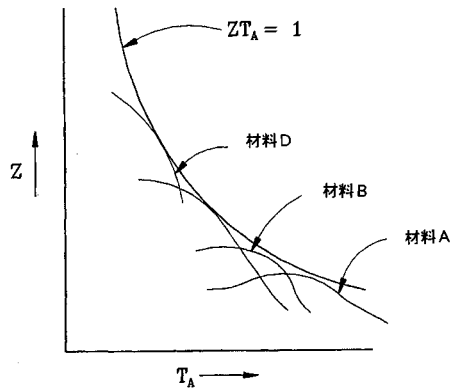
【図 1 A】



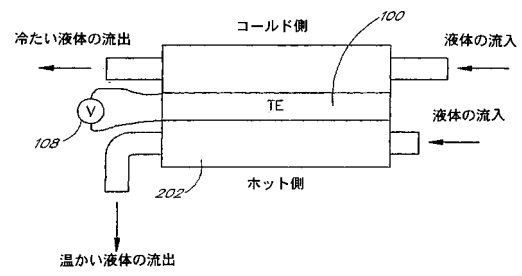
【図 1 B】



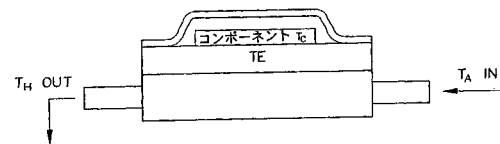
【図 4】



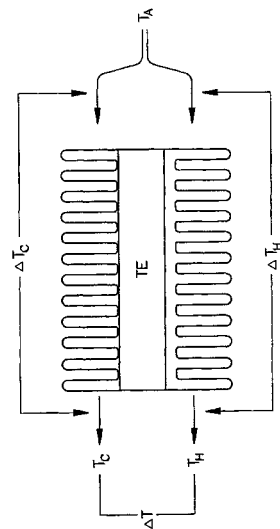
【図 2】



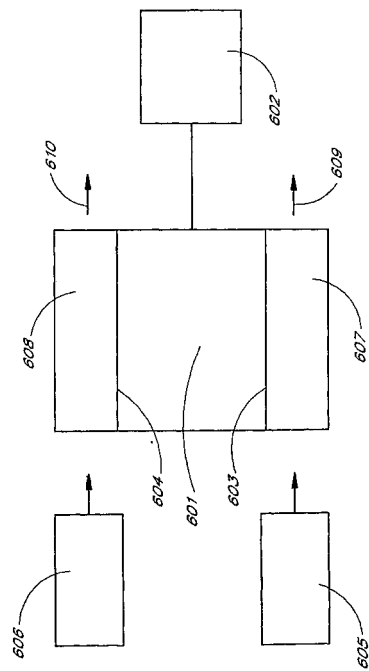
【図 3】



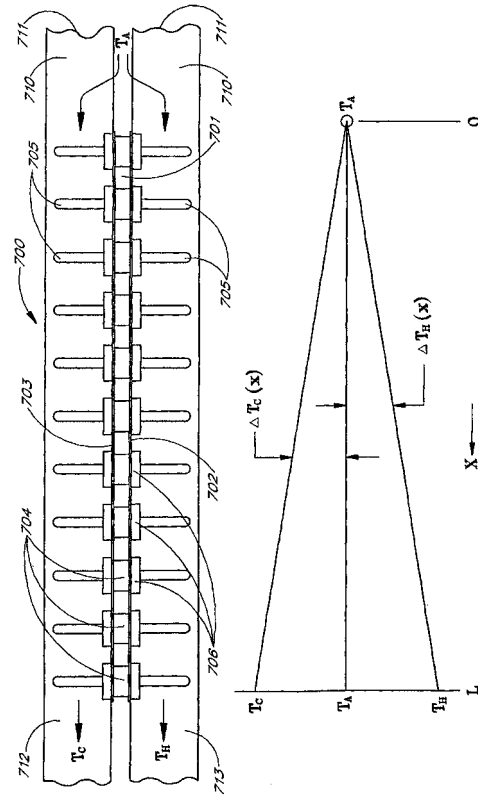
【図 5】



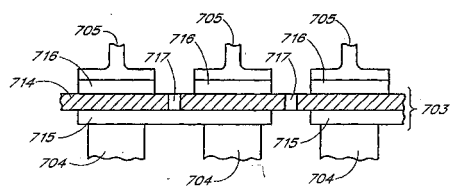
【図 6】



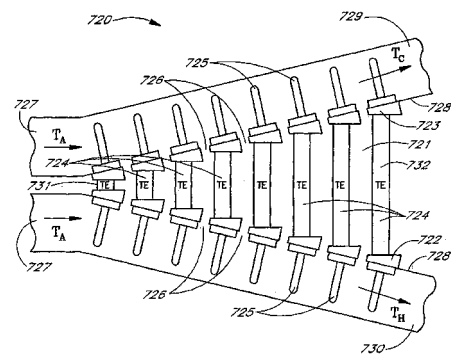
【図 7 A】



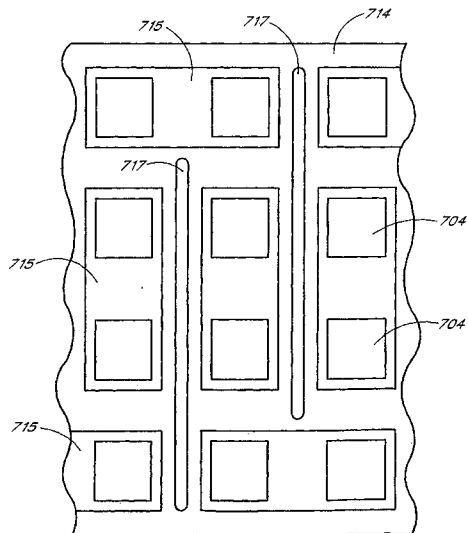
【図 7 B】



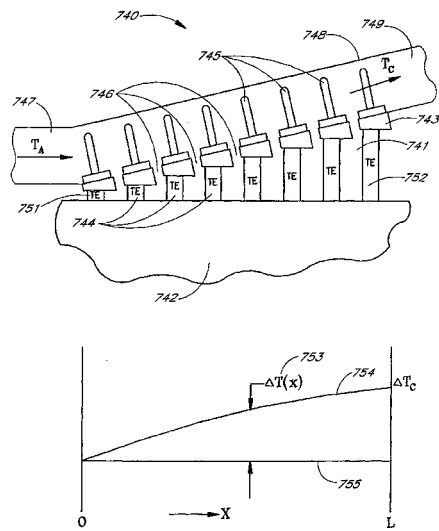
【図 7 D】



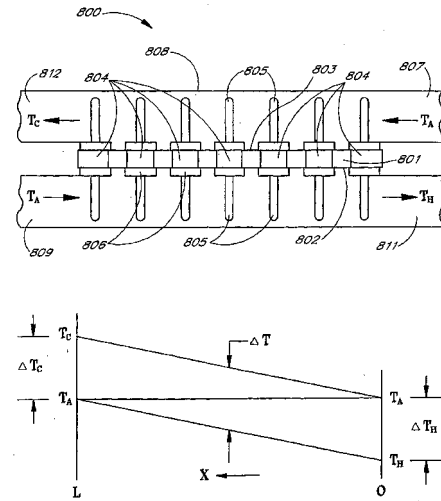
【図 7 C】



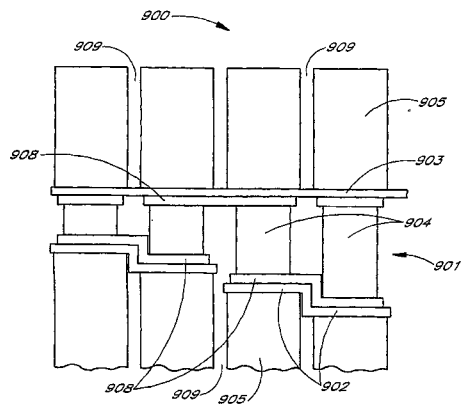
【図 7 E】



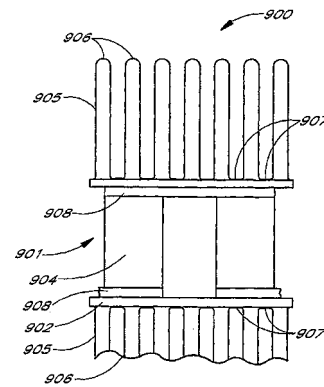
【図 8】



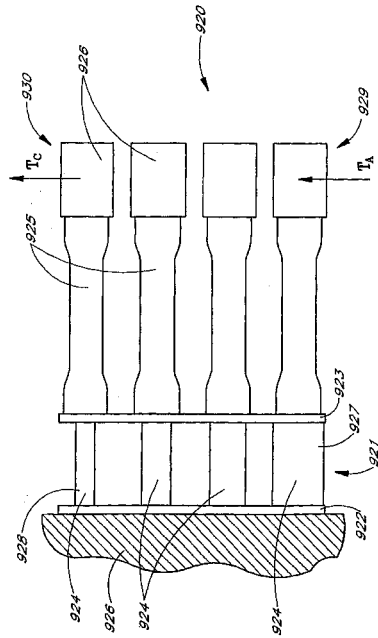
【図 9 A】



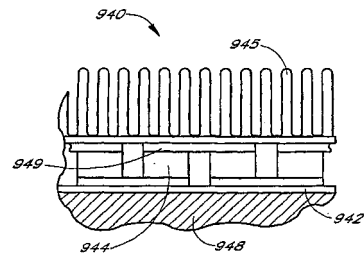
【図 9 B】



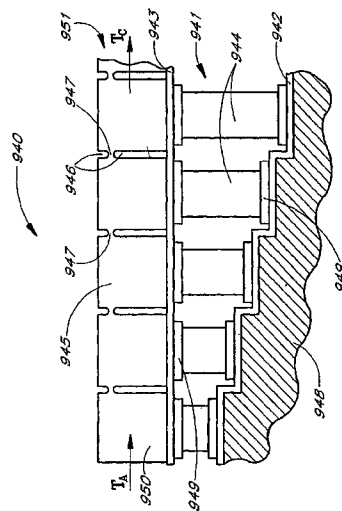
【 図 9 C 】



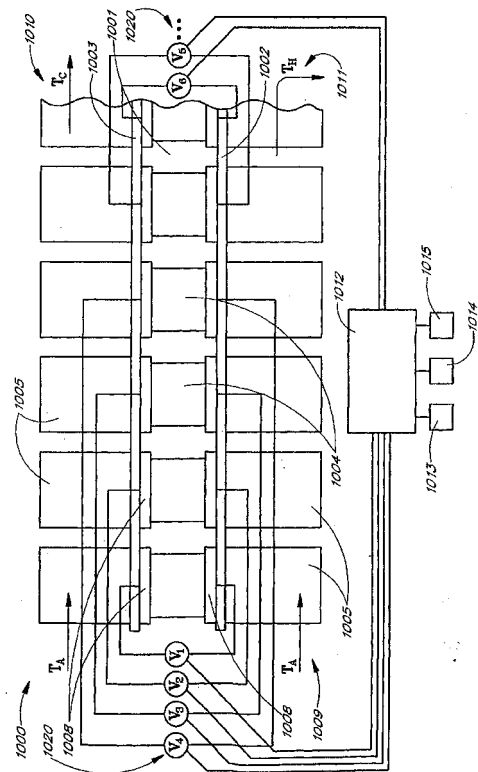
【 図 9 D 】



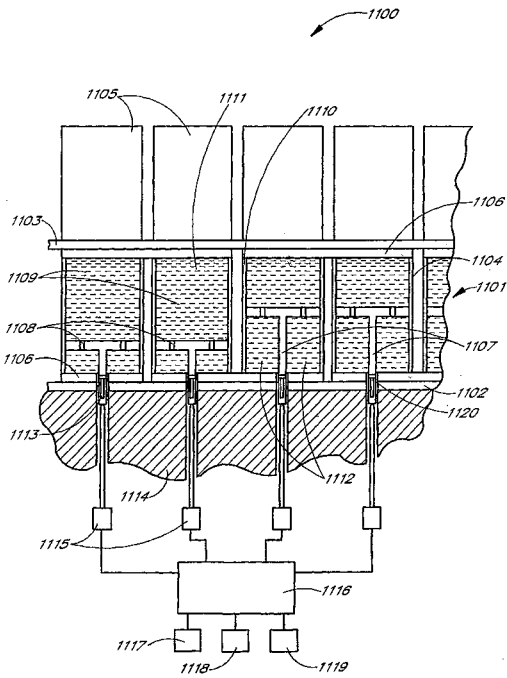
【 図 9 E 】



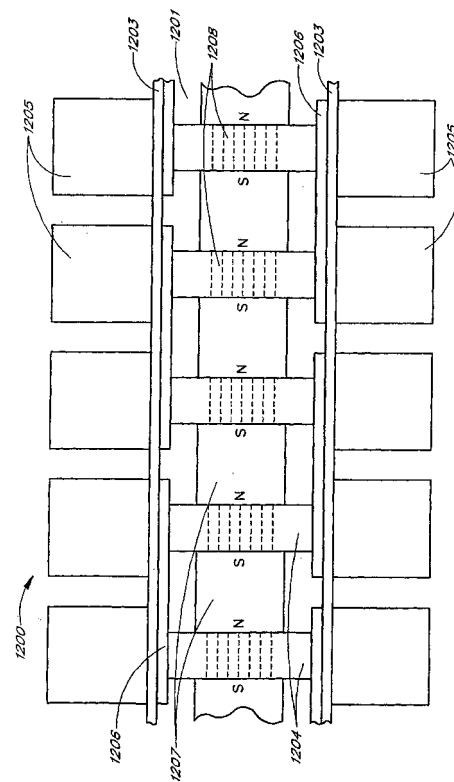
【 図 1 0 】



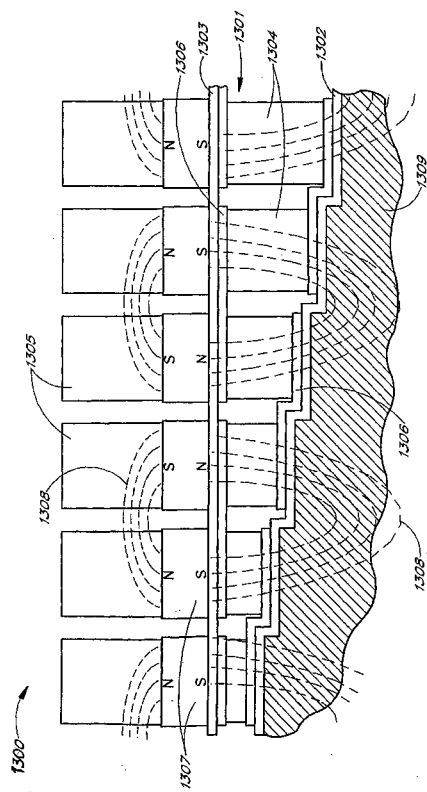
【図 11】



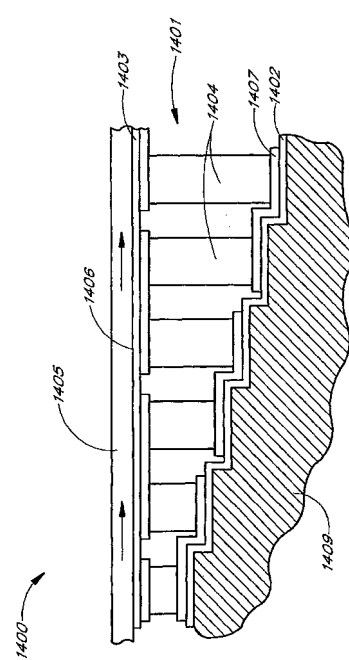
【図 12】



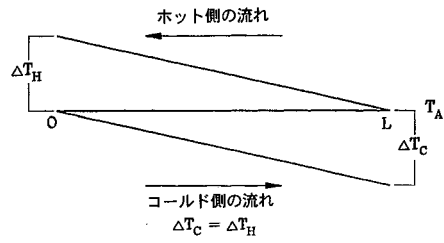
【図 13】



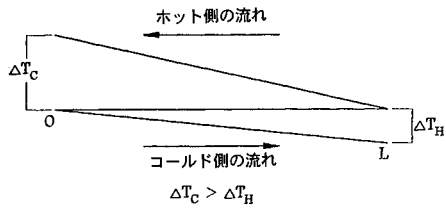
【図 14】



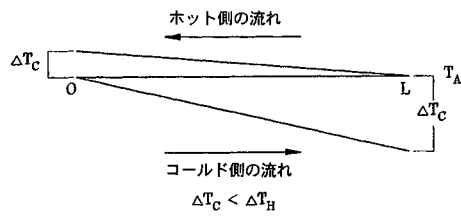
【図 15 A】



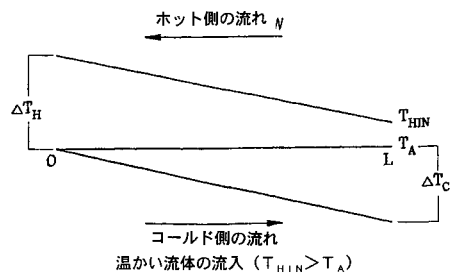
【図 15 B】



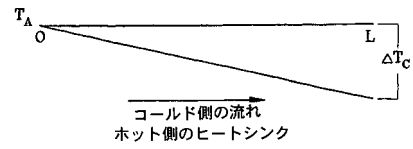
【図 15 C】



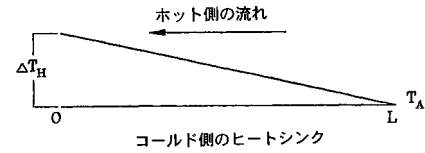
【図 15 G】



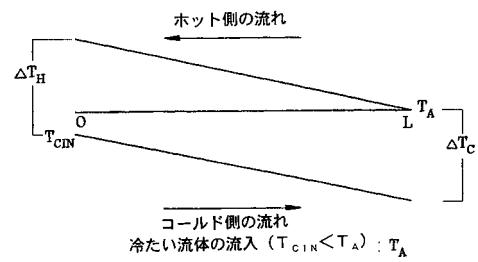
【図 15 D】



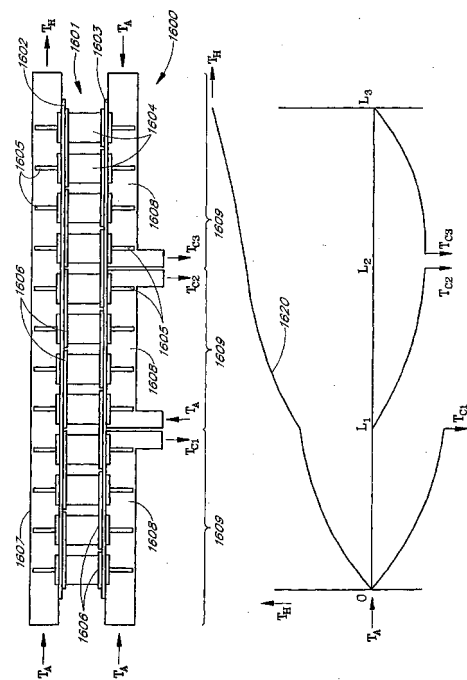
【図 15 E】



【図 15 F】



【図 16】





## フロントページの続き

(51)Int.Cl.

**H 0 2 N 11/00 (2006.01)**

F I

H 0 1 L 35/32

H 0 1 L 35/34

H 0 2 N 11/00

A

(72)発明者 ベル ロン イー .

アメリカ合衆国 9 1 0 0 1 カリフォルニア州 アルタディーナ グランド オークス 1 8 1  
9

審査官 川端 修

(56)参考文献 特開平 1 1 - 1 8 2 9 0 7 ( J P , A )

特開平 0 9 - 0 4 2 8 0 1 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

F25B 21/02

H01L 23/427

H01L 35/30

H01L 35/32

H01L 35/34

H02N 11/00