

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4994034号
(P4994034)

(45) 発行日 平成24年8月8日(2012.8.8)

(24) 登録日 平成24年5月18日(2012.5.18)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 1 L 35/30	(2006.01)	HO 1 L 35/30	
HO 1 L 35/32	(2006.01)	HO 1 L 35/32	A
F 2 5 B 21/02	(2006.01)	F 2 5 B 21/02	A
HO 2 N 11/00	(2006.01)	HO 2 N 11/00	A

請求項の数 34 (全 42 頁)

(21) 出願番号	特願2006-523994 (P2006-523994)	(73) 特許権者	503285689
(86) (22) 出願日	平成16年8月17日 (2004.8.17)		ビーエスエスティー エルエルシー
(65) 公表番号	特表2007-503121 (P2007-503121A)		アメリカ合衆国 91706-2058
(43) 公表日	平成19年2月15日 (2007.2.15)		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 5462
(86) 国際出願番号	PCT/US2004/026757	(74) 代理人	100065215
(87) 国際公開番号	W02005/020340		弁理士 三枝 英二
(87) 国際公開日	平成17年3月3日 (2005.3.3)	(74) 代理人	100076510
審査請求日	平成19年7月20日 (2007.7.20)		弁理士 掛樋 悠路
(31) 優先権主張番号	10/642,773	(74) 代理人	100114616
(32) 優先日	平成15年8月18日 (2003.8.18)		弁理士 眞下 晋一
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	ベル ロン イー.
			アメリカ合衆国 91001 カリフォルニア アルタデナ グランド オークス 1819

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高出力密度熱電システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の複数の熱電モジュールであって、当該熱電モジュールの少なくともいくつかは互いに異なる温度の第1の側及び第2の側を有している熱電モジュールと、

複数の熱伝達装置と、を備え、前記複数の熱伝達装置の第1のセットは第1の部分、第2の部分、および、前記第1の部分と前記第2の部分との間に配置された電気絶縁体を備え、前記第1の部分は前記第1の複数の熱電モジュールの第1の側の間に挟まれ、前記複数の熱伝達装置の第2のセットは前記第1の複数の熱電モジュールの第2の側の間に挟まれ、熱電モジュールおよび熱伝達装置の第1のスタックを形成し、前記熱伝達装置の前記第1及び第2のセットの少なくとも第1のサブセットが異なる方向において前記第1のスタックから突出し、前記熱伝達装置の前記第1及び第2のセットの少なくとも第2のサブセットが作動媒体の移動方向において熱絶縁を提供するように配置され、かつ、

第2の複数の熱電モジュールを備え、前記第1のセットの前記熱伝達装置の少なくともいくつかの前記第2の部分は前記第2の複数の熱電モジュールの少なくとも2つの間に挟まれ、前記熱伝達装置の前記第1のセットの少なくともいくつかは前記第2の複数の熱電モジュールの少なくとも2つから突出する熱電システム。

【請求項 2】

前記第1のスタックに電氣的に接続される電流源をさらに備え、電流が前記熱伝達装置および前記第1のスタックの前記第1の熱電モジュールに直列に流れる請求項1に記載の熱電システム。

【請求項 3】

前記複数の熱伝達装置の前記第 1 のセットの熱伝達装置の少なくともいくつかは、前記第 1 の熱電モジュールの少なくともいくつかを前記第 2 の熱電モジュールの少なくともいくつかから熱絶縁させる請求項 1 に記載の熱電システム。

【請求項 4】

前記作動媒体は、作動流体を含む請求項 1 に記載の熱電システム。

【請求項 5】

前記熱伝達装置の前記第 1 及び第 2 のセットの第 3 のサブセットは、複数の熱交換器素子を有する熱交換器である請求項 1 に記載の熱電システム。

【請求項 6】

前記第 1 の部分は電極部分を備え、前記第 2 の部分はシャント部分を備え、前記電極部分は前記シャント部分から電氣的に絶縁され、かつ、前記シャント部分に熱接触される請求項 1 に記載の熱電システム。

【請求項 7】

前記第 1 の熱電モジュールの少なくともいくつかは、熱電素子を備える請求項 1 に記載の熱電システム。

【請求項 8】

前記熱電素子は、交互に配置される P 型熱電素子および N 型熱電素子を備える請求項 7 に記載の熱電システム。

【請求項 9】

作動媒体の移動方向は、前記第 1 のスタックから、前記第 2 の複数の熱電モジュールの少なくとも 2 つへの方向である請求項 1 に記載の熱電システム。

【請求項 10】

作動媒体の移動方向は一般に、前記第 1 のスタックの方向である請求項 1 に記載の熱電システム。

【請求項 11】

第 1 の複数の熱電モジュールであって、当該熱電モジュールの少なくともいくつかは互いに異なる温度の第 1 の側及び第 2 の側を有している熱電モジュールと、

複数の熱伝達装置と、を備え、前記複数の熱伝達装置の第 1 のセットは第 1 の部分、第 2 の部分、および、前記第 1 の部分と前記第 2 の部分との間に配置された電気絶縁体を備え、前記第 1 の部分は前記第 1 の複数の熱電モジュールの第 1 の側の間に挟まれ、前記複数の熱伝達装置の第 2 のセットは前記第 1 の複数の熱電モジュールの第 2 の側の間に挟まれ、熱電モジュールおよび熱伝達装置の第 1 のスタックを形成し、前記熱伝達装置の前記第 1 及び第 2 のセットの少なくとも第 1 のサブセットが前記第 1 のスタックから離れる方向に突出し、前記熱伝達装置の前記第 1 及び第 2 のセットの少なくとも第 2 のサブセットが少なくとも 1 つの媒体を収容し、前記媒体が液体および/または固体であり、かつ、

第 2 の複数の熱電モジュールを備え、前記第 1 のセットの前記熱伝達装置の少なくともいくつかの前記第 2 の部分は前記第 2 の複数の熱電モジュールの少なくとも 2 つの間に挟まれ、前記熱伝達装置の前記第 1 のセットの少なくともいくつかは前記第 2 の複数の熱電モジュールの少なくとも 2 つから突出する熱電システム。

【請求項 12】

前記複数の熱伝達装置の前記第 1 及び第 2 のセットの前記第 1 のサブセットは、異なる方向において前記第 1 のスタックから突出する請求項 11 に記載の熱電システム。

【請求項 13】

前記第 2 のサブセットの前記熱伝達装置の少なくともいくつかは第 1 の媒体を収容し、前記第 2 のサブセットの前記熱伝達装置の他の少なくともいくつかは第 2 の媒体を収容し、前記第 1 の媒体が液体および/または固体であり、前記第 2 の媒体は、液体、固体、気体または液体、固体および気体の任意の組み合わせからなる群から選択される請求項 11 に記載の熱電システム。

【請求項 14】

10

20

30

40

50

前記第1の媒体は液体であり、前記第2の媒体は気体である請求項13に記載の熱電システム。

【請求項15】

前記少なくとも1つの媒体は移動し、前記熱伝達装置の前記第1のサブセットの少なくともいくつかは、前記少なくとも1つの媒体の移動方向において熱絶縁を提供するように配置される請求項11に記載の熱電システム。

【請求項16】

前記第1のスタックに電氣的に接続される電流源をさらに備え、前記電流が前記熱伝達装置および前記第1のスタックの熱電モジュールを通して流れる請求項11に記載の熱電システム。

10

【請求項17】

前記第1の熱電モジュールの少なくともいくつかはP型熱電素子を備え、前記第2の熱伝達装置の少なくともいくつかはN型熱電素子を備え、前記第1のセットの前記熱伝達装置の少なくともいくつかは前記P型熱電素子の少なくともいくつかを前記N型熱電素子の少なくともいくつかから熱絶縁する請求項11に記載の熱電システム。

【請求項18】

前記少なくとも1つの媒体は、移動作動媒体である請求項11に記載の熱電システム。

【請求項19】

前記熱伝達装置の前記第1及び第2のセットの第3のサブセットは、熱交換器素子を有する熱交換器である請求項11に記載の熱電システム。

20

【請求項20】

前記第1の部分は電極部分を備え、前記第2の部分はシャント部分を備え、前記電極部分は前記シャント部分から電氣的に絶縁され、かつ、前記シャント部分に熱接触される請求項11に記載の熱電システム。

【請求項21】

第1の複数の熱電モジュールであって、当該熱電モジュールの少なくともいくつかは互いに異なる温度の第1の側及び第2の側を有している熱電モジュールを備え、前記熱電モジュールの少なくともいくつかが高い出力密度動作を与えるようなサイズであり、

複数の熱伝達装置を備え、前記複数の熱伝達装置の第1のセットは第1の部分、第2の部分、および、前記第1の部分と前記第2の部分との間に配置された電気絶縁体を備え、前記第1の部分は前記第1の複数の熱電モジュールの第1の側の間に挟まれ、前記複数の熱伝達装置の第2のセットは前記第1の複数の熱電モジュールの第2の側の間に挟まれ、前記第1の複数の熱電モジュールおよび熱伝達装置の第1のスタック構成を形成し、かつ

30

第2の複数の熱電モジュールを備え、前記第1のセットの前記熱伝達装置の少なくともいくつかの前記第2の部分は前記第2の複数の熱電モジュールの少なくとも2つの間に挟まれ、前記熱伝達装置の前記第1のセットの少なくともいくつかは前記第2の複数の熱電モジュールの少なくとも2つから突出する熱電システム。

【請求項22】

前記第1の複数の熱電モジュールの少なくともいくつかはN型熱電素子であり、前記第2の熱電モジュールの少なくともいくつかはP型熱電素子である請求項21に記載の熱電システム。

40

【請求項23】

前記N型熱電素子またはP型熱電素子の少なくともいくつかは5ミクロン～1.2ミリの厚さであり、前記N型又はP型熱電素子の電流方向における長さに対する面積の比が比較的大きい請求項22に記載の熱電システム。

【請求項24】

前記比が、6対1である請求項23に記載の熱電システム。

【請求項25】

前記N型熱電素子またはP型熱電素子の少なくともいくつかは、20ミクロン～300

50

ミクロンの厚さである請求項 2 3 に記載の熱電システム。

【請求項 2 6】

前記 N 型熱電素子または P 型熱電素子の少なくともいくつかは、20 ミクロン～200 ミクロンの厚さである請求項 2 3 に記載の熱電システム。

【請求項 2 7】

前記 N 型熱電素子または P 型熱電素子の少なくともいくつかは、20 ミクロン～100 ミクロンの厚さである請求項 2 3 に記載の熱電システム。

【請求項 2 8】

前記 N 型熱電素子または P 型熱電素子の少なくともいくつかは、100 ミクロン～600 ミクロンの厚さである請求項 2 3 に記載の熱電システム。

10

【請求項 2 9】

前記第 1 及び第 2 のセットの前記熱伝達装置のサブセットは、作動流体の流れる方向において熱絶縁を提供するように配置される請求項 2 1 に記載の熱電システム。

【請求項 3 0】

前記第 1 のスタック構成に電氣的に接続される電流源をさらに備え、電流が前記第 1 のスタック構成の前記熱伝達装置および第 1 の熱電モジュールを通して直列に流れる請求項 2 1 に記載の熱電システム。

【請求項 3 1】

前記第 1 及び第 2 のセットの前記熱伝達装置のサブセットは、前記 P 型熱電素子の少なくともいくつかを前記 N 型熱電素子の少なくともいくつかから熱絶縁する請求項 2 2 に記載の熱電システム。

20

【請求項 3 2】

前記第 1 及び第 2 のセットの前記熱伝達装置のサブセットは移動作動流体を収容する請求項 2 1 に記載の熱電システム。

【請求項 3 3】

前記第 1 及び第 2 のセットの前記熱伝達装置のサブセットの少なくともいくつかは、内部に熱交換器素子を有するハウジングを備える熱交換器である請求項 3 2 に記載の熱電システム。

【請求項 3 4】

前記第 1 の部分は電極部分を備え、前記第 2 の部分はシャント部分を備え、前記電極部分は前記シャント部分から電氣的に絶縁され、かつ、前記シャント部分に熱接触される請求項 2 1 に記載の熱電システム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

継続出願データ

本出願は、2002 年 8 月 23 日に出願された米国特許出願公開第 10 / 227, 398 号明細書の一部継続出願であり、2001 年 2 月 9 日に提出された米国特許仮出願第 60 / 267, 657 号明細書に関連し、その出願日の利益を主張する 2001 年 4 月 27 日に提出された米国特許第 6, 539, 725 号明細書の継続出願である 2003 年 3 月 31 日に提出された米国特許出願公開第 10 / 405, 001 号明細書の一部継続出願である。

40

【0002】

本開示は、ソリッドステート冷却、加熱および発電システムのための改良された構成に関する。

【背景技術】

【0003】

熱電装置 (TE) は、一定の材料の特性を利用して、電流の存在下で材料を横切って温度勾配を生じさせる。従来の熱電装置は、装置内の熱電材料として P 型および N 型の半導体を用いる。これらは、加熱または冷却の所望の機能が得られるような態様で物理的かつ

50

電氣的に構成される。

【 0 0 0 4 】

今日、熱電装置に用いられている最も一般的な構成が図 1 A に示されている。一般に、P 型および N 型の熱電素子 1 0 2 が、2 つの基板 1 0 4 の間の矩形のアセンブリ 1 0 0 に配置される。電流 I が、両方の型の素子の中を通過する。素子は、素子 1 0 2 の端部に付けられた銅のシャント 1 0 6 を介して直列に接続される。直流電圧 1 0 8 が印加されると、TE 素子を横切る温度勾配が生じる。TE は、一般に、液体、気体および物体の物体を冷却するために用いられる。

【 0 0 0 5 】

ソリッドステート冷却、加熱および発電 (SSCHP) システムは、軍事および航空宇宙計器装備、温度制御および発電の用途のために 1 9 6 0 年代から用いられてきた。そのようなシステムは、果たす役割に対するコストが高過ぎたため、民間での使用には限度があり、電力密度が低いいため、SSCHP システムはさらに大型となり、さらに高価で、あまり効率的ではなく、商品化の許容範囲を超える重量だった。

【 0 0 0 6 】

近年の材料の改良によって、効率および出力密度は、本システムの 1 0 0 倍まで上昇する見込みである。しかし、熱電 (TE) 装置の利用は、低い効率、低い出力密度および高いコストによって制限されてきた。

【 0 0 0 7 】

TE 設計ガイド (非特許文献 1) から、今日の TE 材料における $ZT = 0.5$ のモジュールによって生成されるピーク効率における冷却出力は、最大冷却出力の約 2 2 % であることが公知である。したがって、最高の可能な効率を達成するために、最大冷却における動作に必要な数に比べて、複数の TE モジュールが必要とされる。その結果、効率的な動作のための TE モジュールのコストは著しく高価であり、結果として生じるシステムは実質的に大型である。

【 0 0 0 8 】

参考文献 (たとえば、非特許文献 2) から周知であるように、最大熱冷却出力は以下のように書くことができる。

$$(1) \quad q_{COPR} = I_{OPT} \alpha_C - \frac{1}{2} I_{OPT}^2 R - K \Delta T$$

式中、 q_{COPR} は最適な冷却熱出力であり、

I_{OPT} は最適な電流であり、

α_C はゼーベック係数であり、

R はシステムの電気抵抗であり、

K はシステムの熱伝導率であり、

T は、高温側と低温側の温度差であり、

T_C は低温側の温度である。さらに、非特許文献 2 によれば、

$$(2) \quad I_{OPT} = \frac{\alpha}{R} \frac{1}{\left(\sqrt{ZT_{AVE}} - 1\right)} = \frac{\alpha}{R(M-1)}$$

である。式中、

Z は材料の熱電性能指数であり、

T_{AVE} は高温側温度および低温側温度の平均である。

$$M = \sqrt{ZT_{AVE}} + 1$$

【 0 0 0 9 】

式 (2) を (1) 代入すると、

10

20

30

40

$$(3) \quad q_{OPT} = \left[\frac{ZT_c}{(M-1)} \left(\frac{\Delta T}{T_c} - \frac{1}{2(M-1)} \right) - \Delta T \right] K$$

となる。

【 0 0 1 0 】

式(3)の右側のカッコ内の項は、TEシステムのサイズ(または寸法)に関係ないため、冷却量 q_{OPT} は材料特性の関数および K のみである。図1の幾何構成に関して、 K は以下のように書くことができる。

$$(4) \quad K = \frac{\lambda A_c}{L_c}$$

10

式中、 λ はN型材料およびP型材料の平均熱伝導率であり、

A_c は素子の面積であり、

L_c は各素子の長さである。

【 0 0 1 1 】

λ は固有の材料特性であるため、比 L_c / A_c が一定である限り、最適な熱出力 q_{OPT} は等しくなる。 I_{OPT} に等しい電流の場合には、抵抗は、

$$(5) \quad R_c = R_{OC} + R_{PC} = \frac{\rho_{TE} L_c}{A_c} + R_{PC}$$

20

である。式中、 ρ_{TE} はTE素子の固有平均抵抗であり、

R_{OC} はTE材料の抵抗であり、

R_{PC} は寄生抵抗である。

【 0 0 1 2 】

モーメントに関して、 R_p が0であると仮定すると、 R は定数である。 L_c / A_c が一定であれば、 I_{OPT} は定数である。比 L_c / A_c が変化する場合に限り、 K 、 q_{COPT} および R_{OC} 、 I_{OPT} が変化する。

【 0 0 1 3 】

一般に、同一の冷却出力に関して装置をより小さく製作することが好都合である。熱電システムにおける重要な制限は、たとえば、長さ L_c が一定の A_c に関して減少するとき、TE材料損失に対する寄生抵抗損失の比 ϕ_c は比較的大きくなることである。

30

$$(6) \quad \phi_c = \frac{R_{PC}}{R_{OC}}$$

これは、代表的なTE対を示す図1Cを参照することによって分かる。複数の寄生損失が生じる場合には、うまく設計されたTEの場合の最大の損失の1つは、シャント106から生じる。TE素子102当たりのシャント106の抵抗は約

$$(7) \quad R_{PC} \approx \left(\frac{B_c + G_c}{W_c T_c} \right) P_{SC}$$

40

である。式中、 G_c はTE素子間の間隙である。

B_c はTE素子とシャントの奥行きである。

W_c はTE素子とシャント幅である。

T_c はシャント厚さである。

P_{SC} はシャントの抵抗率である。

【 0 0 1 4 】

図1の幾何構成に関して、TE素子に関する抵抗は、

$$(8) \quad R_{OC} = \frac{P_{TE} L_C}{B_C W_C}$$

である。式中、 L_C は TE 素子長さである。したがって、式 (7) および (8) を (6) に用いると、

$$(9) \quad \phi_c \approx B_C \left(\frac{B_C + G_C}{T_C L_C} \right) \left(\frac{P_{SC}}{P_{TE}} \right)$$

10

である。

【特許文献 1】米国特許第 6,539,735 号明細書

【非特許文献 1】メルコア・コーポレーション (Melcor Corporation)、「熱電ハンドブック (Thermoelectric Handbook)」、1995、16~17 頁

【非特許文献 2】H. J. ゴールドシュミット (H. J. Goldsmid)、「電子冷却 (Electronic Refrigeration)」、1986、9 頁

【非特許文献 3】W. M. キーズ (W. M. Keys) および A. L. アレクサンダー (A. L. Alexander) 著、「小型熱交換器第 3 版 (Compact Heat Exchangers, 3rd Edition)」

20

【非特許文献 4】アングリスト, S. W. (Angrist, S. W.) 著、「直接エネルギー変換第 3 版 (Direct Energy Conversion, 3rd edition)」、1976、第 4 章

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

「熱的な分離を利用した効率改善型熱電システム (Efficiency Thermoelectrics Utilizing Thermal Isolation)」という名称の特許文献 1 に記載されている幾何構成に関する効率の上昇は、多くの重要な用途ではさらに 50%~100% 改善される。材料改良と組み合わせると、4 倍以上のシステム効率の上昇が近い将来可能となると思われる。これらの実質的な改良の見込みは、当該技術に新たな関心と呼び、新しい用途のための SSCHP システムを開発する取り組みが行われる結果になった。

30

【課題を解決するための手段】

【0016】

一般に、本開示は、SSCHP 構成の新しい系統について記載している。これらの構成は、コンパクトに、かつ高効率の出力変換を達成し、比較的 low コストにすることができる。一般に、TE 素子またはモジュール (本明細書では総称して素子と呼ぶ) を熱交換器同士の間挟んだいくつもの実施形態が開示されている。TE 素子は、熱交換器を間に挟んだ任意の 2 つの素子に関して、同一の温度タイプ側が熱交換器に面しているように向けられることが好都合である。たとえば、熱交換器を間に挟んだ TE 素子のそれぞれの比較的低温側は、同一の熱交換器またはシャントに面し、したがって互いに面している。この構成の類型では、少なくとも 1 つの作動媒体が、少なくとも 2 つの熱交換器中を連続的に通過し、その結果、冷却または加熱が、作動媒体に追加して行われる。この構成には、上記の参考文献に記載されたように、高いシステム効率および出力密度を示す製造可能なシステムにおいて、特許文献 1 に記載されているように、熱絶縁の利点を用いるという別の利点がある。特許文献 1 において説明されているように、一般に、TE 装置は、TE 素子のアセンブリ全体を、熱絶縁されたサブアセンブリまたは一部分にさらに分割することによって、効率の向上または改善を達成する。たとえば、熱交換器は、作動媒体の流れの方向に熱絶縁するようにさらに分割されてもよい。たとえば、TE システムは、冷却側および

40

50

加熱側を有するTEアレイを形成する複数のTE素子を有しており、この複数のTE素子は、アレイを横切って少なくとも1つの方向において互いに実質的に分離されている。熱絶縁は、作動媒体の流れの方向に行われることが好ましい。作動流体の流れの方向に熱絶縁される部分を熱交換器が有するように一部分に構成される熱交換器を備えることによって、この熱絶縁を行うことができる。

【0017】

本開示では、作動流体のために同一の温度タイプの熱交換器を連続して用いることによって、それ自体に一種の熱絶縁を提供する。さらに、熱交換器またはTE素子またはTEモジュールあるいは任意の組み合わせは、一連の熱交換器または連続した熱交換器中に少なくとも1つの作動流体を連続して通過させることにより得られる熱絶縁を上回る熱絶縁が、作動流体の流れの方向に提供されるように構成されてもよい。

10

【0018】

冷却および/または加熱を行う応用のために開示した原理は、発電の応用に同様に適用可能であり、発電用のアセンブリを製作するための任意の方法において組み合わせてもよい任意の構成、設計の詳細および類似の部品もまた適用可能である。本システムは、所与の応用のための効率を最大限にするような態様に調節されてもよいが、一般的な原理を利用している。

【0019】

この応用に関して記載される実施形態によって、熱絶縁による効率の上昇を依然として維持するか、または改善すると同時に、SSCHP装置の構造の複雑さおよびコストを低減させる。

20

【0020】

より少ないTE材料を用い、ピーク効率にさらに近い動作を促進することによって、コストを低減するためのいくつかの実施形態もまた、開示される。多くの実施形態は、寄生損失における実質的な減少を達成する(図12~図31参照)。

【0021】

本発明のこれらの態様および他の態様および実施形態を図面に関連してさらに詳細に述べる。

【0022】

開示された実施形態の一態様は、複数のN型熱電素子および複数のP型熱電素子を有する熱電システムを含む。複数の第1のシャントおよび複数の第2のシャントが提供されることが好ましい。第1のシャントの少なくともいくつかは、少なくとも1つのN型熱電素子と少なくとも1つのP型熱電素子との間に挟まれ、第2のシャントの少なくともいくつかは、少なくとも1つのP型熱電素子と少なくとも1つのN型熱電素子との間に挟まれ、第1のシャントおよび第2のシャントが交互に配置された熱電素子のスタックを形成されるようになっており、第1のシャントの少なくともいくつかおよび第2のシャントの少なくともいくつかは異なる方向においてスタックから離れる方向に突出している。

30

【0023】

熱電素子は、超格子およびヘテロ構造の熱電設計のために5ミクロン~1.2mm、20ミクロン~200ミクロンなど相当薄く構成されることが好ましく、別の実施形態では100ミクロン~600ミクロンである。これらの設計は、熱電材料の使用を著しく減少させる。

40

【0024】

一実施形態において、熱電システムは、スタックに電氣的に結合された電流源をさらに備え、駆動電流が熱伝達装置および熱電素子を直列に流れる。別の実施形態において、熱伝達装置は、P型熱電素子の少なくともいくつかをN型熱電素子の少なくともいくつかから熱絶縁する。

【0025】

一実施形態において、熱伝達装置は作動流体を受け入れて所定の方向に流す。熱伝達装置は、熱交換器であり、1つ以上の熱交換器素子を内部に有するハウジングを有するこ

50

とが好ましい。

【0026】

別の実施形態において、第1のシャントの少なくともいくつかは、第2のシャント部分から電氣的に分離され、熱的に結合される第1の電極部分から構成される。

【0027】

本開示のこれらの態様および他の態様は、以下のさらに詳細な説明から明白となるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

本説明の文脈において、熱電モジュールおよびTEモジュールなる語は、通常の意味および慣用されている意味を広義で用いるものであって、(1)カリフォルニア州サンディエゴのハイ・ゼット・テクノロジー・インコーポレイテッド(Hi Z Technologies Inc. (San Diego, CA))により製造される熱電変換器などの従来の熱電モジュール、(2)量子トンネリング変換器、(3)熱電子モジュール、(4)磁気熱量モジュール、(5)熱電気、磁気熱量、量子トンネリングおよび熱電子効果の1つを利用した素子または任意の組み合わせを用いる素子、(6)上記の(1)から(6)の任意の組み合わせ、アレイ、アセンブリおよび他の構造体である。熱電素子なる語は、熱電気、熱電子、量子トンネリングおよびこれらの効果の任意の組み合わせを用いて動作する個別の素子を示すためのさらに詳細な語である。

【0029】

以下の説明において、熱電システムまたはSSCHPシステムは、例として説明している。しかし、このような技術および説明には、すべてのSSCHPシステムを包含するものと解釈される。

【0030】

したがって、説明および例示の目的で特定の実施形態における例を用いて、本発明を紹介する。以下に記載される種々の実施例は、さまざまな構成を示し、所望の改良を行うために用いることができる。本説明によって、特定の実施形態および実施例は例示に過ぎず、ここに示した本発明を限定することを決して意図していない。さらに、冷却側、加熱側、低温側、高温側、比較的低温側および比較的高温側、ならびに同種の用語は、特定の温度を示すものではないが、関連する用語であることを理解すべきである。たとえば、熱電素子またはアレイまたはモジュールの「高温」側は、周囲温度である場合もあり、「低温」側は、周囲温度より低温である場合もある。その逆が真の場合もある。したがって、これらの語は、相互に相対的であり、熱電気の一方の側が、その反対側と指定した側の温度よりも高温または低温であることを示す。

【0031】

図2は、熱電アレイ200のための好都合な構成の第1の一般化した実施形態を示す。アレイ200は複数のTEモジュール201、211、212、213、218を有し、これらのTEモジュールは複数の第1の側の熱交換器202、203、205および複数の第2の側の熱交換器206、207、209と良好な熱伝達状態にある。第1の側の熱交換器および第2の側の熱交換器という呼び方は、熱交換器が、SSCHPシステム全体の一方の側または他方の側にあることではなく、単に熱電モジュールの比較的低温側または比較的高温側のいずれかと熱伝達状態にあることを意味または示唆する。このことは、熱交換器が熱電モジュール同士の間実際に挟まれているという点において図面から明白である。その意味で、それらは、熱電モジュールの第1の側または第2の側と熱伝達状態にある。第1のTEモジュール201の比較的低温側は、第1の側の熱交換器205と熱接触状態にあり、TEモジュール201の高温側は、入口の第2の側の熱交換器206と熱接触状態にある。流体などの第2の作動媒体215が、図2の右上の隅からアレイ200内に入り、入口の第2の側の熱交換器206を通り、左下付近の最終または出口の第2の側の熱交換器209から出ていく。第1の作動媒体216が、左上の入口の第1の側の熱交換器202を通過して入り、右下付近の最終または出口の第1の側の熱交換器205か

10

20

30

40

50

ら出ていく。図示していない電源に接続された（他のTEモジュールに関しても同様）電線210が、各TEモジュール201に接続されている。図2において線として表されている第1の管路208が、第2の作動媒体215を運び、第2の管路204が、図示したような種々の熱交換器202、203、205、206、207および209の中を連続して第1の作動媒体216を運ぶ。

【0032】

動作中、第2の作動媒体215は、入口の第2の側の熱交換器206を下方へ流れるにつれて、TEモジュール201から熱を吸収する。第2の作動媒体215は、管路208を通り、上方へ向かって第2の側の熱交換器207中を通過する。熱交換器207との良好な熱伝達状態にあるのは、TEモジュール211および212の比較的高温側であり、それぞれの比較的高温側が互いに面して第2の側の熱交換器207を間に挟むように構成されている。第2の側の作動媒体215は、さらに、第2の側の熱交換器207を流れるにつれて加熱される。第2の側の作動媒体215は次に、第2の側の熱交換器209を通過し、この場合も先と同様に、TEモジュール213および218の比較的高温側が、第2の側の熱交換器209を挟んでおり、第2の側の熱交換器209に熱を伝達して、第2の側の作動媒体215をさらに加熱する。熱交換器209から、第2の作動媒体215は、出口または最終の第2の側の熱交換器209からアレイ200を出ていく。

10

【0033】

同様に、第1の作動媒体216は、図2の左上の隅から入口の第1の側の熱交換器202に入る。この熱交換器202は、TEモジュール218の比較的低温側と良好な熱伝達状態にある。第1の作動媒体216は、入口の第1の側の熱交換器202を流れるにつれて、冷却され、別の第1の側の交換器203を通り、最後に出口の第1の側の熱交換器205を通過して、比較的低温の作動媒体217として出ていく。

20

【0034】

配線210を通る電力によって、TEモジュール218内、および同様にすべての他のTEモジュール内に、熱電冷却および熱電加熱が提供される。

【0035】

したがって、要約して言えば、作動媒体が、アレイの左手側においてTEモジュールの低温側と良好な熱接触状態で配置され、その結果、熱が媒体から抽出される。次いで、媒体は、第2および第3のTEモジュールと接触し、そこで、熱がさらに抽出され、媒体がさらに冷却される。所望の数の段階を通過して右へ媒体が進むにつれて、増加分の冷却プロセスが続く。媒体は、適切な量が冷却された後、右から出ていく。同時に、第2の媒体が、さらに右からシステムに入り、第1の段階を流れるにつれて、徐々に加熱される。次いで、さらに加熱が行われる次の段階などに入る。ある段階における熱入力により、隣接したTEモジュールの低温側から熱が抽出され、それらのモジュール内への電力が結果として生じる。高温側媒体は、概ね右から左の方向に移動するにつれて次第に加熱される。

30

【0036】

上述の幾何構成に加えて、本システムは、両方の媒体が同一温度で入り、次第に高温および低温になる場合に、利点を提供する。同様に、媒体は、アレイ内の任意の位置における低温側または高温側から除去することもでき、または低温側または高温側に追加することもできる。アレイは、5、7、35、64などの任意の有用な数のセグメントであってもよく、またさらに多くの数のセグメントであってもよい。

40

【0037】

本システムはまた、本プロセスを逆にして、高温および低温の媒体をTEモジュールに接触させ、かつ高温および低温媒体を対向する端部から移動させて（図2の場合と同様であるが、高温媒体が媒体216として入り、低温媒体が媒体215として入る点異なる）、動作させることもできる。したがって、TEモジュールを横切ってそのように誘発される温度勾配により、電流および電圧が生成され、したがって熱出力が電力に変換される。これらの作動モード、および後述の本文に記載したものはすべて、本発明の一部である。

50

【 0 0 3 8 】

図2に示されているように、熱交換器を一連の段階へ分けることによって、TEモジュールからTEモジュールへ作動媒体が流れる方向における熱絶縁が行われる。「熱的な分離を利用した第1の効率改善型熱電システム(First Efficiency Thermoelectrics Utilizing Thermal Isolation)」という名称で、2001年4月27日出願の特許文献1が熱絶縁の原理を詳細に説明しており、この原理は、製造しやすくするための種々の特定の実施例かつ実際の実施例に関して、この説明を通じて示されている。この特許出願は、参照によってその全体が本願明細書に援用されるものとする。

【 0 0 3 9 】

特許文献1に記載したように、図2に示したような向流構成で媒体を徐々に加熱、冷却することによって、熱絶縁の利点がない単一のTEモジュールの同じ条件下におけるものより熱力学的効率を高くすることができる。したがって、図2に示された構成は、容易に製造可能なコンパクトな設計の熱電モジュール同士の間には挟まれた熱交換器のセグメントまたは段階によって熱絶縁を得るSSCHPシステム200を示している。

【 0 0 4 0 】

上述の特徴に加えて、熱電モジュール自体が媒体の流れの方向に熱絶縁を提供するように構成可能であり、各熱交換器または熱交換器のいくつかは、図5にさらに記載する構成または他の適切な構成によって、個々の熱交換器に熱絶縁を提供するように構成可能である。一般に、熱交換器を流れの方向にセグメントに分割して、TEモジュール218などの単一のTEモジュールおよび入口熱交換器202の流れに沿って熱絶縁を増大させることができる。

【 0 0 4 1 】

図3は、図2の場合と同様の一般的な設計のアレイ300を示す。このアレイ300は、複数のTEモジュール301と、第1の作動媒体315が、連続した熱交換器からここに示した熱交換器通路へ流れるように連結されている比較的低温側熱交換器302、305および307とからなる。同様に、複数の高温側熱交換器309、311および313が、矢印で示した方向に連続する態様または段階的な態様で比較的高温側作動媒体317を送る。TEモジュール301は、図2の説明のように配置され、電力が供給される。

【 0 0 4 2 】

図3の下半分は、比較的低温側作動媒体の低温側温度または温度変化303、304、306、308と、比較的高温側作動媒体の高温側温度310、312、314を示している。

【 0 0 4 3 】

比較的低温側作動媒体315は、入口の比較的低温側熱交換器302に入りその中を流れる。入口の比較的低温側熱交換器302を流れる際の作動媒体の温度の低下303が、低温側温度曲線 T_c における低下303により示されている。比較的低温側作動媒体315は、次の段階の比較的低温側熱交換器305の中を流れるにつれて、温度低下304により示されるようにさらに冷却され、第3の比較的低温側熱交換器307を流れるにつれて、この場合も同様に、それに伴い温度低下306が生じる。比較的低温側作動媒体315は、温度308で比較的低温流体316として出ていく。同様に、比較的高温側作動媒体317は、第1または入口の比較的高温側熱交換器309に入り、図3に比較的高温側の温度曲線 T_H によって示されるように、第1の温度310で出ていく。比較的高温側作動流体は、図2に示したように複数の段階でアレイ300を進み、徐々に高温となり、最後に出口の比較的高温側熱交換器313を通過した後、比較的高温側の温度314で比較的高温側作動流体318として出ていく。(TEモジュールおよび熱交換器である)段階の数を増加させることによって、冷却および加熱の出力量の増加および各熱交換器により生じる温度変化の減少が可能となり、および/またはアレイを流れる媒体の量が増加することが容易に分かる。特許文献1に教示されるように、たとえ低速度でも、段階が増えると効率は高くなり得る。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

上述の実験および説明は、図 2 および図 3 の構成により行うことができる熱絶縁および段階的な加熱および冷却が、効率を著しく上昇させることから、重要であることを示す。そのようなシステムでは、実験室のテストで、100%を超える上昇が達成された。

【 0 0 4 5 】

図 4 A は、図 2 および図 3 において記載したように構成された 3 つの T E モジュール 4 0 2 と、4 つの熱交換器 4 0 3 と、2 つの管路 4 0 5 とを備えたアレイ 4 0 0 を示す。比較的低温側作動流体が比較的低温側の入口 4 0 4 から、比較的高温側作動流体が比較的高温側の入口 4 0 7 からそれぞれ入り、比較的低温側の出口 4 0 6 および比較的高温側の出口 4 0 8 からそれぞれ出ていく。図 4 B は、熱交換器 4 0 3 の一実施形態のさらに詳細な図である。この図は、流体媒体に適するタイプとして示している。熱交換器アセンブリ 4 0 3 は、入口 4 1 0 および出口 4 1 1 を有する外側ハウジング 4 1 2 と、熱交換器フィン 4 1 4 と、流体分配マニホールド 4 1 3 とからなる。アレイ 4 0 0 の動作は、本質的に図 2 および図 3 に記載したものと同一である。T E モジュール 4 0 2 の数は、図 4 では 3 つであるが、任意の数であってもよい。ハウジング 4 1 2 は、熱伝導性があり、耐腐食性の銅またはアルミニウムなどの適切な材料からなることが有利である。一実施形態において、熱交換器フィン 4 1 4 は、T E モジュールへの境界面を横切って良好な熱伝導率を達成するように、折りたたまれ、ハウジング 4 1 2 へ半田付けまたはろう接された銅またはアルミニウムであることが有利である。フィン 4 1 4 は、任意の形態であってもよいが、システムに望ましい熱伝達特性を達成することに十分に適した設計であることが好ましい。詳細な設計のガイドラインは、非特許文献 3 において見出すことができる。あるいは、穿孔型フィン、並列型プレート、ルーバ型フィン、ワイヤメッシュ型および同種のものなど任意の他の適切な熱交換器を用いてもよい。そのような構成は、当業界において周知であり、図 2 ~ 図 1 1 の任意の図面における任意の構成においても用いることができる。

【 0 0 4 6 】

図 5 A は、管路の連結によって、熱交換器段階から熱交換器への流れを形成する図 4 の構成の代替構成を示す。アレイ 5 0 0 は、第 1 の T E モジュール 5 0 1 および第 2 の T E モジュール 5 1 0 と、3 つの熱交換器 5 0 2、5 0 3 および 5 0 6 と、1 つの管路 5 0 4 とを有する。当然のことながら、前の実施形態および構成と同様に、2 つの第 1 の側の熱交換器 5 0 2、5 0 3 および 1 つの第 2 の側の熱交換器 5 0 6 に関する特定の数は、限定的ではなく、他の数にしてもよい。

【 0 0 4 7 】

図 5 B は、熱交換器 5 0 2、5 0 3、5 0 6 のための好ましい実施形態の拡大図を示している。図 5 B に示されているような熱交換器のこの構成は、他の実施形態に適しており、図 2 ~ 図 8 および図 1 1 における構成のいずれにおいても用いることができる。そのような構成の熱交換器の 1 つ以上の熱交換器に有利であるこの実施形態は、間隙 5 1 3 により隔てられセグメントに分割された熱交換器フィン 5 1 1 を備えた外側ハウジング 5 1 6 を有している。作動流体は、入口 5 0 5 から入り、出口 5 0 8 から出ていく。間隙の代わりとして、熱交換器フィン同士の間には物理的な間隙を実際に設けるのではなく、一部分に対しては熱伝導性がありかつ別の部分に対しては熱伝導性がないような異方性であるように熱交換器を製作することができる。その目的は、流れの方向において、個別の熱交換器セグメントの段階と別の個別の熱交換器セグメントの段階との間に熱絶縁が得られることである。これは、図 2 ~ 図 5 に記載された実施形態において熱交換器の段階を有することにより得られる熱絶縁に追加される熱絶縁である。

【 0 0 4 8 】

たとえば加熱される第 1 の作動流体 5 0 7 が、入口 5 0 5 から入り、第 1 の T E モジュール 5 0 1 と熱伝達状態の入口または第 1 の熱交換器 5 0 2 中を下方向へ流ることが有利である。作動流体 5 0 7 は、底部から出ていき、管路 5 0 4 を通って次の熱交換器 5 0 3 へ導かれ、そこで、再度、第 2 の T E モジュール 5 1 0 を下方向に通って、比較的高温の作動流体 5 0 8 として出ていく。第 2 の作動流体 5 1 7 は、入口 5 1 8 を通って図

10

20

30

40

50

5 Aの底部から入り、TEモジュール501および510の(本実施例では)比較的低温側を通り過ぎて第3の熱交換器506中を上方向へ流ることが好ましい。熱交換器506は、TEモジュール501および510の比較的低温側と良好な熱伝達状態にある。この構成によって、作動流体507および517は、上述の特許文献1の教示による向流システムを形成する。

【0049】

図5Bに詳細に示される熱交換器502、503および506は、TEモジュール501、510、510の面から、ハウジング516を通り、(4つの分離したセグメントとして示した)熱交換器フィン511への熱伝導率が高くなるように構成されることが好ましい。しかし、各熱交換器セグメントを他のものから熱絶縁するように、流れの方向では熱伝導率を低くすることが望ましい。絶縁が著しく、TEモジュール501および510の内部熱伝導率が、垂直方向(作動流体の流れる方向)には高くない場合、アレイ500は、熱絶縁による利点を有し、さらに高い効率で動作可能である。実際に、さらに多くのTEモジュールおよびさらに多くの熱交換器からなるアレイの場合には、アレイ500は応答可能である。

【0050】

図6は、有利なことに作動気体で作動するように設計されたさらに別の加熱器/冷却器システム600を示す。加熱器/冷却器600は、第1の側の熱交換器603、605および第2の側の熱交換器604と良好な熱伝達状態にあるTEモジュール601、602を有する。空気または他の気体などの第1の作動流体606は、ダクト607、608、610によって収容され、第2の作動流体616は、ダクト615、613によって収容されている。ファンまたはポンプ609、614が、ダクト608、615内に装着される。

【0051】

第1の作動流体606は、入口ダクト607からシステム600に入る。作動流体606は、たとえば加熱(または冷却)が行われる第1の熱交換器603を通過する。次いで、作動流体606は、作動流体606をダクト608および第2の熱交換器605中に流入するように動作するファン609を通り抜け、第2の熱交換器605でさらに加熱(または冷却)されて、ダクト610から出ていく。同様に、空気または別の気体などの作動流体が、入口ダクト615を通過して入る。作動流体は、第2のファンまたはポンプ614により、第3の熱交換器604中へ押し入れられて、この実施例では、第3の熱交換器604で冷却(または加熱)される。冷却(または加熱)された作動流体616は、出口ダクト613から出ていく。

【0052】

システム600は、さらなるTEモジュールおよび熱交換器からなる複数のセグメントを有し、図5Bに記載したように離隔されセグメントに分割された熱交換器を備えることができる。さらに、追加の流出入を行う力を提供するために多数のファンまたはポンプを有することができる。さらに、1つのダクト、たとえば607、608は1つの流体を有し、他のダクト613、615は第2のタイプの気体を有し得る。あるいは、一方の側は液体の作動流体を有し、また他方の側は気体を有してもよい。したがって、本システムには、作動媒体が流体または液体であるかの制限がない。さらに、出口ダクト613が、ファンダクト609の周りを通ることができることに留意すべきである。

【0053】

図7Aは、流体と共に用いることが有利である加熱および冷却のシステム700を示す。アセンブリは、複数の第1の側の作動媒体703および複数の第2の側の作動媒体704を有する複数のTEモジュール701を備える。本実施例では、第1の側の作動媒体703および第2の側の作動媒体704が、ディスクを形成する。第1の側の作動媒体703は、第1の側のシャフト709に取り付けられ、第2の側の作動媒体704は、第2の側のシャフト708に取り付けられる。シャフト708、709は今度はそれぞれ、第1の側のモータ706および第2の側のモータ705と、対応するベアリング707とに取

10

20

30

40

50

り付けられる。モータ回転の好ましい方向が、矢印710および711によって示される。

【0054】

セパレータ717が、アレイを2つの部分に分割し、TEモジュール701を位置決める。TEモジュール701は、セパレータ717によって所定の位置に保持されており、第1の側の作動媒体703および第2の側の作動媒体704を間に交互に挟むように離隔されている。任意の2つのTEモジュール701に関して、モジュールは、低温側および高温側が前の実施形態の場合のように互いに面するように向けられる。作動媒体703、704は、TE素子701と良好な熱伝達状態にある。熱グリースまたは同種のものが、熱電素子701と作動媒体703、704との間の境界面に供給されることが有利である。グリースの目的は、作動媒体703、704の動作に関する以下の説明から明白になる。第1の側のハウジング部分714および第2の側のハウジング部分715は、システム700により調節された流体を含んでいる。電線712、713は、TEモジュールに駆動電流を供給するようにTEモジュール701に接続している。

10

【0055】

図7Bは、図7Aのシステム700の一部を通る7B-7Bで切り取った断面図である。第1の流体721および第2の流体723は、矢印721および723による流れの方向に沿って表される。第1の流体は矢印722で表されるように出ていき、第2の流体は、矢印724で表されるように出ていく。システム700は、電線712および713からTEモジュール701に電流を流すことにより動作する。TEモジュール701は、図2および図3に記載したように互いに面するように配置された低温側および高温側を有する。たとえば、それらの隣接した低温側はいずれも、第1の側の作動媒体703に面し、高温側は第2の側の作動媒体704に面する。セパレータ717は、TEモジュール701の位置決めおよびアレイ700の低温側からの高温側の分離という2つの機能を果たす。

20

【0056】

動作を理解するために、たとえば、第2の流体723が冷却されるものと仮定する。冷却は、第2の側の媒体704との熱交換によって行われる。第2の側の手段704が回転しているときに、任意の所与の時点でTEモジュール701の比較的低温側と接触した表面の部分が、冷却される。その部分が、第2のモータ705の動きによってTEモジュール701から遠ざかるように回転するとき、第2の媒体704は第2の側の流体を冷却し、次にこの第2の側の流体が出口724から出ていく。第2の流体は、ハウジング部分715およびセパレータ717によってアレイ700内に閉じ込められる。

30

【0057】

同様に、第1の流体721は、第1の側の媒体703をTEモジュール701の比較的高温側と熱接触させることによって加熱される。(矢印711で示す)回転によって、第1の媒体703の加熱される部分は、第1の流体721が通り抜けることができ、熱接触によって加熱されることができる場所へ移動する。第1の流体721は、ハウジング714とセパレータ717との間に収容され、出口722から出る。

40

【0058】

上述したように、熱伝導性のあるグリースまたは水銀などの液体金属を用いて、接触領域でTEモジュール701と媒体703、704との間の良好な熱接触を提供することができる。

【0059】

上述したように、図7Aおよび図7Bの構成はまた、マイクロプロセッサ、レーザダイオードおよび同種のものなどの外部構成要素を冷却または加熱するために用いることが有利である。そのような場合には、ディスクは、熱グリースまたは液体金属または同種のものを用いてその部品に接触して、その部品へ熱を伝達するか、またはその部品から熱を伝達する。

【0060】

50

図7Cは、TEモジュール701が熱絶縁を達成するようにセグメントに分割されたシステム700の改変版を示す。図7Cは、TEモジュール701および702が、移動媒体704および703（この実施例では回転ディスク）を加熱するために熱出力を伝達するレイ700の部分についての詳細な図を示す。移動媒体704および703は、それぞれ軸733および734を中心にして回転する。

【0061】

一実施形態において、作動媒体704および703は、矢印710および711によって示されるように逆方向に回転することが有利である。移動媒体704、703が回転すると、TEモジュール701および702の異なる部分からの熱伝達により、移動媒体704、703に熱接触し、移動媒体704、703の温度が徐々に変化する。たとえば、第1のTEモジュール726は、特定の位置で移動媒体704を加熱する。その位置における移動媒体704の材料は、移動媒体704が反時計回りに回転するにつれて、第2のTEモジュール725と接触するようになる。移動媒体704の同じ部分は、さらに別のTEモジュールセグメント701上に移動する。移動媒体703が反時計回りに回転し、TEモジュール701および続いてTEモジュール725および726と係合すると、逆の作用が生じる。

10

【0062】

移動媒体704、703は、半径方向および軸方向には熱伝導率が高く、角度方向、すなわち移動方向には熱伝導率が低いことが有利である。この特性によって、作動媒体704および703中の伝導率による1つのTEモジュール725から別のTEモジュール726への熱伝達は最小限となるため、有効な熱絶縁が達成される。

20

【0063】

TEモジュールまたはセグメント701、725、726の代わりとして、単一のTE素子または複数のTE素子セグメントを代用してもよい。この場合には、TE素子701が、移動媒体704、708の移動方向における長さ比べて厚さが非常に薄く、その方向において熱伝導率が比較的低いのであれば、その長さにわたって有効な熱絶縁を示すことになる。それらは、熱を伝導するため、それらが個別のTEモジュール701から構成されているように、熱的に応答する。この特性は、移動媒体704、703内の移動方向において熱伝導率が低いことと組み合わせると、有効な熱絶縁を達成することができることから、性能が強化される。

30

【0064】

図7Dは、スポーク727を有するホイール729の形状に形成された移動媒体704およびスポーク731を有するホイール732の形状に形成された移動媒体703のための代替構成を示す。熱交換器材料728および730が、スポーク727同士の間空間およびスポーク731同士の間空間にあり、スポーク727、731と良好な熱接触状態にある。

【0065】

システム700は、図7Dに示すさらに別のモードで動作可能である。この構成では、作動流体（図示せず）が、レイ700の軸に沿って軸方向に1つの媒体704から次の移動媒体704へ連続して、移動媒体704、703中を流れ、最後の媒体704を通過するまで軸方向に流れて、出ていく。同様に、別の作動流体（図示せず）が、レイ700中を軸方向に、個別の移動媒体703の中を流れる。この構成では、ダクト714、715およびセパレータ717は、移動媒体704、703を包囲し、媒体703から媒体704を隔離する連続リングを形成するような形状にされる。

40

【0066】

作動流体が軸方向に流れると、熱出力は、熱交換器材料728および730を通過して作動流体に伝えられる。たとえば、熱交換器728を通過する高温側作動流体は、熱交換器730中を移動する作動流体とは逆方向にレイ700中を流れることが有利である。この動作モードでは、レイ700は、向流型熱交換器として機能し、一連の連続した熱交換器728および730は、中を通過するそれぞれの作動流体を徐々に加熱し冷却する。

50

図7Cに関して記載したように、熱能動素子は、移動媒体704、703の移動方向に有効な熱絶縁を有するように構成することができるTEモジュール701であってもよい。あるいは、TEモジュール701および702は、図7Cに記載したようなセグメントであってもよい。後者の場合には、移動媒体704の外側ディスク729の部分および移動媒体703の外側ディスク732の部分を熱絶縁するように、移動方向では移動媒体704、703の熱伝導率が低いことがさらに好都合である。

【0067】

あるいは、設計は、部分729および732内に半径方向のスロット（図示せず）を含むことができ、これらの半径方向のスロットは、移動方向に熱絶縁を達成するようにTEモジュール701および702から熱伝達を受ける。

10

【0068】

図8は、第1の側の熱交換器803と第2の側の熱交換器808との間に、複数のTE素子801（網掛け部分）およびTE素子802（網掛けしていない部分）を有する熱システム800の別の実施形態を示す。電源805が、電流804を供給し、電線806、807によって熱交換器808に接続されている。システム800は、たとえば図2、図3、図4、図5、図6および図7に記載したように、高温側作動媒体および低温側作動媒体をアレイ800中に移動させるために管路およびポンプまたはファン（図示せず）を有する。

【0069】

この設計では、（多数のTE素子を有する）TEモジュールは、TE素子801および802で置き換えられる。たとえば、網掛けしたTE素子801をN型のTE素子であってもよいし、網掛けしていないTE素子802をP型のTE素子であってもよい。この設計に関しては、導電率が非常に高くなるように熱交換器803および808を構成することが好都合である。たとえば、熱交換器803、808のハウジングおよびその内部フィンまたは他のタイプの熱交換器部材は、銅または他の熱伝導性および導電性が高い材料から構成することができる。あるいは、熱交換器803および808は、TE素子801および802ときわめて良好な熱伝達にあるが、電気絶縁状態にすることができる。その場合には、図1に示したものと類似の方法で電氣的に接続されるが、シャントが熱交換器803および808を通り過ぎてループを形成するように、TE素子801および802の面に電気シャント（図示せず）を接続することができる。

20

30

【0070】

構成に関係なく、N型TE素子801からP型TE素子802へ流れるDC電流804が、たとえば、それらの素子の間に挟まれた第1の側の熱交換器803を冷却し、次に、P型TE素子802からN型TE素子801へ流れる電流804が、それらの素子の間に挟まれた第2の側の熱交換器808を加熱する。

【0071】

標準的なTEモジュールのシャント、基板および多数の電気コネクタの電線を排除するか、または減少させることができるため、アレイ800は最小のサイズおよび最小の熱損失を示し得る。さらに、TE素子801および802は、素子の導電率および電気容量が高くなるように構成要素を設計した場合には、高電流に適応するヘテロ構造にすることができる。そのような構成では、アレイ800は、熱出力密度を高くすることができる。

40

【0072】

図9は、図8に記載したのと同じ一般的なタイプの熱電システム900を示す。この熱電システム900は、第1の側の熱伝達部材903と第2の側の熱伝達部材905との間に、それらと良好な熱接触状態のP型TE素子901およびN型TE素子902を備える。この構成では、熱伝達部材903および905は、熱伝導性ロッドまたはヒートパイプの形態を有する。熱伝達部材903および905に取り付けられ、それらと良好な熱伝達状態にあるのは、熱交換器フィン904、906または同種のものである。第1の管路907が第1の作動媒体908および909の流れを閉じ込め、第2の管路914が第2の作動流体910および911の流れを閉じ込める。電気コネクタ912および913が、

50

図 8 に記載したように、P 型 T E 素子 9 0 1 および N 型 T E 素子 9 0 2 を交互に配置したスタックに電流を導く。

【 0 0 7 3 】

動作中、例として、電流は、第 1 のコネクタ 9 1 2 からアレイ 9 0 0 に入り、交互に配置された（網掛けした）P 型 T E 素子 9 0 1 および（網掛けしていない）N 型 T E 素子 9 0 2 を通過し、第 2 の電気コネクタ 9 1 3 から出る。このプロセスでは、第 1 の作動媒体 9 0 8 は、熱伝達フィン 9 0 4 による伝導によって加熱されるにつれて、次第に高温になり、この熱伝達フィン 9 0 4 は、今度は、第 1 の熱伝達部材 9 0 3 により伝導が行われることによって加熱される。第 1 の管路 9 0 7 は第 1 の作動媒体 9 0 8 を包囲して閉じ込めるため、この第 1 の作動媒体 9 0 8 は温度の変化した作動流体 9 0 9 として出ていく。第 1 の管路 9 0 7 の部分は、第 1 の（この場合には高温の）作動媒体 9 0 8 および 9 0 9 から、T E 素子 9 0 1、9 0 2 および第 2 の側の熱伝達部材 9 0 5 を熱絶縁する。同様に、第 2 の作動媒体 9 1 0 は、第 2 の管路 9 1 4 から入り、第 2 の側の熱交換器 9 0 6 を通り抜けていくにつれて（この実施例では）冷却され、冷却された流体 9 1 1 として出ていく。T E 素子 9 0 1、9 0 2 は、第 2 の側の熱伝達部材 9 0 5 および熱交換器フィン 9 0 6 を冷却する。第 2 の側の管路 9 1 4 は、第 2 の（この実施例では冷却された）作動媒体 9 1 0 を閉じ込め、アレイ 9 0 0 の他の部分から絶縁する働きをする。

10

【 0 0 7 4 】

図 8 から図 9 の実施形態において個々の T E 素子について説明したが、T E モジュールを T E 素子 9 0 1、9 0 2 の代わりに用いてもよい。さらに、ある状況では、熱伝達部材 9 0 3、9 0 5 から T E 素子 9 0 1、9 0 2 を電氣的に絶縁し、シャント（図示せず）中に電流を流すことが好都合である場合がある。また、熱交換器 9 0 4、9 0 6 は、システムの機能に好都合な任意の設計であってもよい。他の実施形態の場合と同様に、図 8 および図 9 の構成によって、比較的容易に製作可能なシステムを得られ、このシステムはまた熱絶縁により効率が高くなるのが分かる。たとえば、図 8 において、P 型熱電素子と N 型熱電素子との間に交互に配置された熱交換器 8 0 8、8 0 3 は、比較的低温または比較的高温の熱交換器タイプのいずれかであるが、互いに適切に熱絶縁され、それにより P 型熱電素子および N 型熱電素子を互いに適切に熱絶縁する。

20

【 0 0 7 5 】

図 1 0 に、熱絶縁を提供する別の熱電アレイシステム（1 0 0 0）を示す。この構成は、同一の媒体の冷却および加熱を用いて、除湿するか、あるいは沈澱物、霧、凝縮可能な蒸気、反応生成物および同様のものを除去し、媒体を元の温度より若干高い温度に戻すシステムの機能を果たし得ることが有利である。

30

【 0 0 7 6 】

システム 1 0 0 0 は、低温側熱伝達素子 1 0 0 3 を点在させた P 型 T E 素子 1 0 0 1 と、高温側の熱伝達素子 1 0 0 4 を点在させた N 型の T E 素子 1 0 0 2 とを交互に配置したスタックからなる。示した実施形態では、熱交換器フィン 1 0 0 5 は比較的低温側熱伝達素子 1 0 0 3 のために、熱交換器フィン 1 0 0 6 は比較的高温側の熱伝達素子 1 0 0 4 のために設けられる。アレイ 1 0 0 0 内において、比較的低温側の管路 1 0 1 8 は作動流体 1 0 0 7、1 0 0 8 を導き、比較的高温側の管路 1 0 1 9 は作動流体 1 0 0 9 を導く。ファン 1 0 1 0 が、アレイ 1 0 0 0 中に作動流体 1 0 0 7、1 0 0 8 および 1 0 0 9 を引き入れる。比較的低温側を流れている間、比較的低温側絶縁体 1 0 1 2 が T E 素子のスタックから作動流体 1 0 0 7 を絶縁することが好ましく、比較的高温側を流れている間、比較的高温側の絶縁体 1 0 2 0 が T E 素子のスタックから作動流体を絶縁することが好ましい。バッフル 1 0 1 0 または同種のものが、比較的低温側と比較的高温側とを隔てる。好ましい一実施形態において、バッフル 1 0 1 0 は、作動流体 1 0 2 1 を通過させるための通路 1 0 1 0 を有する。同様に、一実施形態において、流路 1 0 1 7 によって流体 1 0 1 6 は高温側の流路に入ることができる。

40

【 0 0 7 7 】

スクリーン 1 0 1 1 または他の多孔性の作動流体フローリストラクタが、アレイ 1 0 0

50

0の比較的高温側から比較的低温側を隔てる。凝縮した固体沈澱物、液体および同種のもの1013が、アレイ1000の底部に蓄積し、バルブ1014を通過してスパウト1050から流出されることができる。

【0078】

図9の説明において述べたように、TE素子1001による電流(図示せず)が比較的低温側熱伝達素子1003を冷却し、TE素子1002による電流(図示せず)が比較的高温側熱伝達素子1004を加熱する。動作中、作動流体1007が比較的低温側を流れていくにつれて、アレイ1000の底部で作動流体1007からの沈澱物、水分または他の凝縮液1013を収集することができる。必要に応じて、バルブ1014を開いて、沈澱物、水分または凝縮液1013をスパウト1015から除去するか、または任意の他の適切な手段によって抽出することができる。

10

【0079】

比較的低温側から比較的高温側にバイパス通路1020を通過して、作動流体1021のいくらかを流すことができることが有利である。この設計の場合には、比較的低温側の流体1007の必ずしもすべてが、フローリトリクタ1011を流れるわけではないが、その代わりにフローリトリクタ1011を利用して、比較的高温側作動流体の温度を局所的に減少させ、それにより、ある状況下でアレイ1000の熱力学的効率を改善することができる。システムの流れ特性の適切な設計によって、バイパス通路1020の流れとフローリトリクタ1011の流れとを適切な割合にすることができる。たとえば、流れを制御するためにバルブを組み込み、特定の通路を開閉可能にすることができる。いくつ

20

【0080】

比較的高温側作動流体の温度を低下させるため、またはアレイ1000の効率を向上させるために、さらなる比較的高温側冷却剤1016を側方通路1017からアレイ1000に入れることができることが有利である。

【0081】

この構成によって、フローリトリクタ1011において非常に低温の状態が生じ、その結果、作動流体1008は、相当量の沈澱物、凝縮液または水分を除去する能力を備え

30

【0082】

図11は、図2および図3の設計と類似しているが、作動媒体が本システムを通る代替通路を有する熱電アレイ1100を示す。アレイ1100は、熱交換器1102同士の間

40

【0083】

動作中、例として、冷却される作動媒体が、第1の入口ポート1103から入り、熱交換器1102のいくつかを通過し、それにより徐々に(この実施例では)冷却を行い、第1の出口ポート1104から出ていく。アレイ1100から熱を取り除く作動媒体の一部が、第2の入口ポート1105から入り、熱交換器1102を通過し、本プロセスにおいて徐々に加熱され、第2の出口ポート1106から出ていく。

50

【 0 0 8 4 】

熱を取り除くために作動媒体の第 2 の部分が、第 3 の入口ポート 1 1 0 7 から入り、熱交換器 1 1 0 2 のいくつかを通り抜けるにつれて加熱され、第 3 の出口ポート 1 1 0 8 から出ていく。

【 0 0 8 5 】

この設計によって、高温側作動媒体がこの実施例では 2 箇所から流入するため、第 1 の入口ポート 1 1 0 3 から第 1 の出口ポート 1 1 0 4 へ流れる低温側作動媒体は効率的に冷却され、結果として生じる T E モジュール 1 1 0 1 中の温度差は、作動媒体が単一のポートから流入する場合よりも、平均して小さくなり得る。平均温度勾配が平均より小さい場合には、大部分の状況下でシステム効率が高くなる。第 2 の入口ポート 1 1 0 5 および第 3 の入口ポート 1 1 0 7 を流れる相対的流量を調整して、所望の性能を達成するか、または外部の条件の変更に応答することができる。例として、第 3 の入口ポート 1 1 0 7 を通る流量を多くすることによって、最も効率的には、第 3 の出口ポート 1 1 0 8 が入口になるようにその部分の流れの方向を逆にするによって、第 1 の出口ポート 1 1 0 4 を出る低温側作動媒体の出口温度を低下させることができる。

10

【 0 0 8 6 】

従来熱電システム 1 0 0 に関する基本的で基礎を成す接続が、図 1 C にさらに詳細に示されている。上述したように、P 型素子 1 1 0 および N 型素子 1 1 2 は、当業界では公知のタイプである。シャント 1 0 6 が、P 型素子 1 1 0 および N 型素子 1 1 2 に取り付けられ、P 型素子 1 1 0 および N 型素子 1 1 2 と良好な電気接続状態にある。一般に、図 1 A に示されているように、そのような T E 素子およびシャントが多数、共に接続され、T E モジュールを形成する。

20

【 0 0 8 7 】

電流方向における T E 素子 1 1 0、1 1 2 の長さは、 L_c 1 1 6 である。その奥行きは B_c 1 1 7 であり、その幅は W_c 1 1 8 であり、その離隔距離は G_c 1 2 0 である。シャント 1 0 6 の厚さは、 T_c 1 0 9 である。

【 0 0 8 8 】

当業界では公知であるように、寸法 B_c 、 W_c および L_c のほか、T E 材料の性能指数 Z 、電流 1 2 2 および動作温度が、冷却量、加熱量または生成される電力量を決定する（たとえば、非特許文献 4 参照）。

30

【 0 0 8 9 】

図 1 2 に示される設計は、図 1 の従来構成を必要な熱電材料の量およびシャント 1 0 6 における寄生抵抗の大きさを削減する態様に改変したものである。T E 構成 1 2 0 0 は、シャント 1 2 0 3 と複数の第 2 の側のシャント 1 2 0 4 との間に直列に挟まれ、交互に配置された導電型からなる T E 素子 1 2 0 1、1 2 0 2 を有するため、電流 1 2 0 9 は図 1 C の場合のように奥行きに略平行ではなく、シャントの奥行き B_B および幅 W_B に対して垂直に流れる。図 1 2 の設計の場合には、 R_{OB} に対する R_{PB} の比 ϕ_B は

$$(10) \quad \phi_B \approx \frac{R_{PB}}{R_{OB}}$$

40

である。尚、

$$(11) \quad R_{PB} = \frac{P_{SB} T_B}{B_B W_B}$$

$$(12) \quad R_{OB} = \frac{P_{TE} L_B}{B_B W_B}$$

50

であることから

$$(13) \quad \phi_B \approx \left(\frac{T_B}{B_B} \right) \left(\frac{P_{SB}}{P_{TE}} \right)$$

である。式中、

T_B はシャントの厚さであり、

L_B はTE素子の長さであり、

P_{SB} はシャントの抵抗率であり、

B_B はTE素子およびシャントの使用中の奥行きであり、

W_B はTE素子およびシャントの使用中の幅である。

10

【0090】

c が B に等しく設定される場合には、寄生電気抵抗損失は図1Cおよび図12の構成の性能に同じ比例的な影響を有する。比較目的のために、2つの構成の材料特性が同一であると仮定すると、

$$(14) \quad c = B$$

またはBに式(9および12)を用いて、

$$(15) \quad \frac{L_C}{L_B} \approx B_C \left(\frac{B_C + G_C}{T_C T_B} \right)$$

20

今日の代表的な熱電モジュールの場合には、

$$B_C \approx 1.6 \text{ mm.}$$

$$W_C \approx 1.6 \text{ mm.}$$

$$G_C \approx 1.6 \text{ mm.}$$

$$T_C \approx 0.4 \text{ mm.}$$

30

であり、

$$T_B \approx 2 \text{ mm.}$$

$$P_{SB} = P_{SC}$$

と仮定すると、

$$(16) \quad \frac{L_C}{L_B} \approx 6.4$$

40

である。

【0091】

したがって、長さ L_B は L_C の $1/6.4$ であり、図12の設計において結果として生じる抵抗損失は従来のTEモジュールの抵抗損失を超えない。これが事実であり、他のすべての損失が無視し得るか、または比例的に減少する場合には、図12の構成を用いるTEシステムは、図1Cの設計と同一の動作効率であるが、 $L_B = L_C / 6.4$ である点が異なる。

【0092】

50

新たな構成の体積を図1Cの体積と比較することができる。同じ q_{OPT} の場合には、体積比は依然として同じままでなければならないことから、

$$(17) \quad \frac{L_B}{A_B} = \frac{L_C}{A_C}$$

であり、

$$(18) \quad \frac{L_B}{L_C} = \frac{1}{6.4}$$

10

$$(19) \quad A_C = 6.4 A_B$$

である。

【0093】

2つの熱電材料の体積比は

$$(20) \quad V_C = A_C L_C$$

$$(21) \quad V_B = A_B L_B$$

であり、

$$(22) \quad \frac{V_B}{V_C} = \left(\frac{A_B}{A_C} \right) \left(\frac{L_B}{L_C} \right)$$

20

$$(23) \quad \approx \frac{1}{6.4^2} \approx \frac{1}{41}$$

したがって、これらの仮定によって、TE材料の1/41が必要とされる。この実質的な電位の減少は、行われる仮定の正確さのために十分に実現されない可能性があるが、それでも用いられるTE材料の量、引いてはコストおよびサイズも減少する際にきわめて有利である場合がある。

30

【0094】

図12のTEスタック構成1200は、長さ L_B 1205のP型TE素子1201およびN型TE素子1202を有する。電流が流れる方向は、矢印1209によって示される。TE素子は、奥行き B_B および幅 W_B を有する。電流の方向において、P型TE素子1201とN型TE素子1202との間に、第2の側のシャント1204(「PNシャント」)がある。電流の方向において、N型TE素子1202とP型TE素子1201の間には、第1の側のシャント1203(「NPシャント」)がある。PNシャントは、スタック1200からNPシャント1203とは略逆方向に延在する。180°以外の角度もまた、好都合である。

【0095】

40

適切な電流1209が示された方向に流れる場合には、NPシャント1203が冷却され、PNシャント1204が加熱される。この構成によって、構成1200に関する寄生電気抵抗損失は、TE素子の寸法が同一である場合の図1の従来の構成100に比べて、一般に小さい。したがって、TEの長さ L_B 1205が減少して2つの構成における寄生的な電気損失の比と同等と見なされる場合には、TEの長さ L_B は小さくなり、図12の構成は図1の構成より高い出力密度で動作することができる。その結果、図12の構成1200はまた、図1の従来の設計の場合より少ない熱電材料を用い、よりコンパクトにすることができる。

【0096】

シャント1203、1204は、TE素子1201、1202から遠ざかる方向に熱出

50

力を伝達することと、作動流体などの外部物体または媒体と熱出力を交換することという2つの機能を果たすことができる。

【0097】

熱交換器1302を形成するために組み合わせられるシャントの好ましい実施形態1300の図が、図13Aに示されている。少なくとも1つのTE素子1301が、熱交換シャント1302の盛り上がった電極面1303に半田などによって電氣的に接続されることが好ましい。TE素子1301の取り付けおよび低い抵抗における電流の流れを促進するために、シャント1302は、主にアルミニウムなどの優れた熱導体から構成され、銅などの導電率の高い材料から構成される一体型被覆材料1304を有することができることが有利である。

10

【0098】

図13Bは、図13Aの熱電シャント1302およびTE素子1301から構成されるスタック熱電アセンブリ1310の一部の詳細な側面図を示す。盛り上がった電極面1303を備えた複数のシャント1302は、交互に配置される導電型のTE素子1301に直列に電氣的に接続される。

【0099】

適切な電流が印加されるときに、シャント1302は交互に加熱および冷却される。生成される熱出力は、シャント1302によってTE素子1301から遠ざかるように輸送される。盛り上がった電極1303は、TE素子1301を取り付けるために、信頼性が高く、低コストで安定な面に役立つことが有利である。実際には、複数のこれらのアセンブリ1310のスタックが形成されてもよい。スタックのアレイを用いて、熱絶縁もさらに促進することができる。

20

【0100】

半田がTE素子1301からの短絡を防止するように電極1303を形成することができることが有利である。また、接触面積、ひいてはTE素子1301を通る電流密度を制御するように電極1303を形成することができることが有利である。

【0101】

シャント熱交換器1400の一部分の実施例が、図14に示されている。この部分1400は、熱伝達を促進するために、表面積を増大する。TE素子1401が、図13Aに示したように、または本願明細書の他の実施形態の場合のように構成されることが好ましいシャント1402に取り付けられる。フィンなどの熱交換器1403、1404が、シャント1402にろう接などによる良好な熱接触によってシャント1402に取り付けられる。この実施形態において、作動流体1405は、熱交換器1403、1404を通過する。

30

【0102】

シャント部分1400は、作動流体1405が熱交換器1403、1404を通り抜けるときに、熱出力が効率的に伝達されるように構成されることが有利である。さらに、図12および図13Bに記載したようなスタックの中に組み込まれるときに、シャント1402および熱交換器1403、1404の材料のサイズおよび比率は動作効率を最適化するように設計される。有利なことに、熱交換器1403、1404はルーバ付きであってもよく、多孔性であってもよく、または非特許文献3に記載されているものなどの上記の目的を達成する任意の他の熱交換器設計に置き換えられてもよい。熱交換器1403、1404は、エポキシ、半田、ろう接、溶接または良好な熱接触を提供する任意の他の取り付け方法によって、シャント1402に取り付けられることができる。

40

【0103】

シャントセグメント1500の別の実施例が、図15に示されている。シャントセグメント1500は、複数のシャント素子1501、1502、1503および1504から構成される。シャント素子1501、1502、1503および1504は、互いの上に折り畳まれてもよく、ろう接されてもよく、リベットで締められてもよく、またはTE素子1506からシャント1501、1502、1503および1504に、電流を通し、

50

熱抵抗を低くするための電気抵抗の低い経路を提供する任意の他の方法で接続されてもよい。TE素子1506は、ベース部分1505またはその付近でセグメント1500に取り付けられることが有利である。

【0104】

シャントセグメント1500は、図14のシャントセグメント1400の代替設計を示す。シャントセグメント1500は、図12および図13に示されているようなスタックに構成されることができ、必要に応じてスタックのアレイに構成されることができる。図14および図15の構成はいずれも、これらの設計から製作されたTEシステムの人件費を下げるために、自動的に組み立てられることができる。

【0105】

シャントセグメントはまた、図16に示されるようなスタックアセンブリ1600に形成されることができる。中央シャント1602は、中央シャント1602の対向する側の各端部にある逆の導電型の第1の側および第2の側のTE素子1605の各端部に同一の導電型の第1の側のTE素子1601を有する。シャント1602のスタックを形成するために、図16に示すように、各中央シャント1602同士の間、右側シャント1603および左側シャント1604が配置される。右側シャント1603は、左端部がTE素子1601、1605の間に挟まれ、良好な熱接触および電気接触状態となるように配置される。同様に、左側シャント1604は、右端部がTE素子1601、1605の間に挟まれ、良好な熱接触および電気接触状態となるように配置される。シャント1602、1603および1604は、交互に積み重ねられ、電氣的に接続されてシャントスタック1600を形成する。第1の作動流体1607および第2の作動流体1608は、アセンブリ1600を通り抜ける。当然のことながら、図16に示され、本願明細書に記載されるスタック構成の実施形態の場合には、スタックはスタック中にさらに多くのシャント素子からなってもよく、その可能性は高い。スタックアセンブリ1600のほんの一部は、読者が理解しやすくするために示しているに過ぎない。そのようなスタックをさらに繰り返すことは、図面から明白である。さらに、作動流体の方向に熱絶縁されたさらなるスタックを形成することが可能である。

【0106】

適切な電流がTE素子1601、シャント1605、1604を通る一方向に印加されるときに、中央シャント1602は冷却され、左側シャント1604および右側シャント1606が加熱される。その結果、中央シャント1602を通り抜ける第1の作動流体1607は冷却され、右側シャント1603および左側シャント1604は加熱される。スタックアセンブリ1600は、流体を調整するためのソリッドステートヒートポンプを形成する。スタック1600は少数のセグメントまたは多くのセグメントを備えることができ、それによって、印加される電流および電圧の量、構成要素の寸法およびアセンブリに組み込まれるセグメントの数に応じて、異なる出力レベルで動作することができることに留意することが重要である。そのようなスタックのアレイもまた、好都合である場合がある。そのようなスタック1600のアレイが用いられる状況において、特許文献1に記載したように、効率を向上させるために、流体の方向に熱絶縁を提供することが好ましい。

【0107】

また、性能を向上させるために、シャント1602、1603、1604を図14および図15に示したような他の形状に置き換えることができるが、これらの形状に限定されるわけではないことも理解すべきである。

【0108】

図16に示されるスタックアセンブリ1600の変形が、図17に示されている。この構成では、TEアセンブリ1700は、略円形形状を形成するために右側シャント1703および左側シャント1704から構成される。右側シャント1703は、左側シャント1704のような部分円を形成するために構成されることが有利である。好ましい実施形態において、動作中に低温になるシャントは、その装置の特定の目的に応じて、高温になるシャントより大きいかまたは小さいかのいずれかである場合がある。中央の流れの部分

10

20

30

40

50

を形成するために、実質的に円形の構成は必要ではなく、図17に示されたシャントセグメントの他の構成を用いることも可能であることを留意すべきである。たとえば、右側シャントは半矩形または半四角形であってもよく、左側シャント1704は半矩形または四角形であってもよい。同様に、一方の側は多面であってもよく、一方の側はアーチ型であってもよい。シャントの具体的な形状は変更可能である。図16に関して説明したように、交互に配置される導電型からなるTE素子1701および1702は、スタックアセンブリ1700において直列に電氣的に接続される。流体1712は、シャント1703、1704によって形成される中央領域の中を流れることが好ましい。流体1712の第1の部分1707は右側シャント1703同士の間を通り、作動流体1712の第2の部分1706は左側シャント1704同士の間を通る。電源1708は、電線1712、1713によってTE素子に電氣的に接続され、電線は接点1710および1711でスタックに接続される。ファン1709は、スタックの一（または両）端に取り付けられてもよい。ポンプ、ブロワまたは同種のものも用いることが可能である。

10

【0109】

電力がファン1709に印加されると、アセンブリ1700を通して作動流体1712を流入する。右側シャント1703が冷却されるような極性で電流が供給されるとき、作動流体1712の第1の流体部分1707は右側シャント1703を通過するにつれて冷却される。同様に、作動流体の第2の部分1706は、加熱された左側シャント1704を通過するにつれて過熱される。アセンブリ1700は、単一のコンパクトな冷却器/加熱器を形成し、その構成において用いられるシャント1703、1704の数によって、容量および全体サイズを調整することができる。シャント1703、1704は角ばっていてもよく、楕円形または任意の他の好都合な形状であってもよいことは明白である。さらに、シャントは、図14、図15に示された設計または任意の他の有用な構成であってもよい。

20

【0110】

図12、図14、図15、図16および図17の熱電システムの一実施形態において、図18に示されるようなアレイの1つ以上の部分に、2つ以上のTE素子を用いることができる。この実施例において、TE素子1801、1804は、シャント1802、1803のそれぞれの側で盛り上がった電極面1804に接続される。

【0111】

電氣的に並列である複数のTE素子1801は、機械的安定性を増大し、熱出力をさらにうまく分散し、システムに電氣的冗長性を追加することができる。3つ以上のTE素子1801を並列に用いることができる。

30

【0112】

一定の用途において、図12～図13によるシャントの露出部分を電極部分から電氣的に絶縁することが望ましい。そのようなシャントの一実施例が、図19に示されている。この実施形態において、電気絶縁体1905は、シャント1900の熱交換部分1904からシャント1900の電極部分1903を分離する。TE素子1901、1902は、電極部分1903に装着されることが好ましい。

【0113】

動作中、銅などの導電性および熱伝導率の高い材料から構成される電極部分1903を介して対向する導電型のTE素子1901、1902の間に電位が印加されることが有利である。TE素子1901、1902によって生成される熱出力は、シャント電極に沿い、電気絶縁体1905を通り、シャント1900の熱交換部分1904に伝導される。電気絶縁体1905はアルミナ、熱伝導エポキシまたは同種のものなどのきわめて優れた熱伝導体であることが有利である。図示されているように、電気絶縁体1905によって形成される境界面の形状は、熱抵抗を最小限に抑えるために、浅い「V」字形状である。適切に低い界面熱抵抗を有する任意の他の形状および材料の組み合わせもまた、用いることができる。そのようなシャント1900のスタックを前述のように用いることができる。

40

【0114】

50

電気絶縁の代替形態が、図20の平面図に示される別のシャントセグメントアセンブリ2000に示されている。第1のTE素子2001は、シャントセグメントアレイ2000の左側シャント2003に接続され、第2のTE素子2002は、シャントセグメントアレイ2000の右側シャント2004に接続される。電気絶縁体2005は、左側シャントセグメント2003と右側シャントセグメント2004との間に配置される。

【0115】

図20に示される構成は、シャント2000全体の機械的完全性を保持すると同時に、TE素子2001とTE素子2002との間に電気絶縁を提供する。示されたようなこの構成において、電気絶縁体2005は特に良好な熱伝導率を提供する必要はない。電気絶縁体2005がTE素子2001とTE素子2002との間の概ね中央に配置されるのであれば、熱出力源であるTE素子2001および2002は、異なるレベルで左側シャントセグメント2003および右側シャントセグメント2004を冷却または加熱することができるためである。2つのTE素子2001および2つの第2のTE素子2002が示されているが、それぞれの側により大きなTE素子またはより多数のTE素子を用いることができることを留意すべきである。2つの第1のTE素子2001および2つの第2のTE素子2002は、十分に安定な機械構造を図示するために選択されているにすぎない。また、所望の電流経路に応じて、第1のTE素子2001および第2のTE素子2002は異なる導電型である必要はないが、異なる導電型であってもよいことも留意すべきである。

【0116】

シャント2100内の電気絶縁を達成する代替方法が、図21に示されている。2つの第1のTE素子2101を有するシャント部分2103は、2つの第2のTE素子2102を有する第2のシャント部分2104に機械的に取り付けられる。電気絶縁体2106は、間隙2105によって互いから離隔されるシャント部分2103および2104に機械的に取り付ける。

【0117】

機械的な取り付け2106がTE素子2101とTE素子2102との間の略中央に配置され、TE素子2101および2102が略等しい熱出力を生成する場合には、電気絶縁体2106は優れた熱伝導体である必要はない。TE素子2101および2102はそれぞれ、それぞれのシャント部分2103および2104に熱出力を提供する。電気絶縁体2106は、裏面粘着式のカプトンテープ、射出成形プラスチック、熱溶融型接着剤または任意の他の適切な材料であってもよい。図21の平面図に示されているように、シャント部分2103、2104は、重ね接合を形成するために重ね合わせない。エポキシまたは他の電気絶縁結合剤によるそのような接合もまた可能である。

【0118】

図22の平面図に示される別のシャントセグメントアレイ2200は、矩形のTEアレイ2200中に電氣的に絶縁されたシャントセグメントを有する。第1のTE素子2201は、第1のシャント部分2202に熱接触され、第2のTE素子2203は、第2のシャント部分2204に熱接触される。各シャント部分は、間隙2210、2211によって他のシャント部分から電氣的に分離される。アセンブリの左側にある電気絶縁体2208、中央にある絶縁体2207および右側にある絶縁体2209が設けられることが好ましい。矢印2212は、作動流体が流れる方向を示す。この構成は、電気絶縁がない類似のアレイより高い電圧かつ低い電流で動作することができる。図20に関して述べたように、第1のTE素子2201および第2のTE素子2203は異なる導電型である必要はないが、異なる導電型であってもよい。これは、所望の電流の方向に左右される。しかし、TE素子2202、2203は、異なる電位である場合がある。

【0119】

間隙2210は、第1のシャント部分2202を互いから効率的に熱絶縁し、第2のシャント部分2204を互いから効率的に熱絶縁するために機能する。同様に、側部の絶縁体2208、2209は、熱絶縁および電気絶縁の両方を提供すると同時に、シャントに

10

20

30

40

50

共に機械的に取り付けられる。中央の絶縁体 2207 は、その長さに沿って電気絶縁および熱絶縁を提供する。したがって、アレイ 2200 は、特許文献 1 に記載したように、矢印 2212 の方向において熱絶縁を形成するように構成される。この構成は、電気絶縁がない類似のアレイより高い電圧かつ低い電流で動作することができる。

【0120】

一般に図 22 に示されたタイプからなるシャントセグメントアレイを用いる冷却システム 2300 が、図 23 に示されている。冷却システム 2300 は、テープなどの電気絶縁材料 2320 によって機械的に接続される内側シャントセグメント 2301、2302 を有する。内側シャントセグメント 2302 は、電気的かつ熱的な絶縁材料 2321 によって機械的に接続される。同様に、内側セグメント 2301 は、電気的かつ熱的な絶縁材料 2307 によって機械的に接続される。内側シャントセグメント 2301、2302 は、図 22 に記載した態様では端部の TE 素子（図示せず）に別々に接続される。TE は、内側シャントセグメント 2301、2302 とそれぞれの外側シャントセグメント 2303、2305 との間のスタックに挟まれる。中央のシャントセグメント 2301 は、左外側シャントセグメント 2305 に別々に接続され、内側シャントセグメント 2302 は右外側シャントセグメント 2303 に接続される。右外側シャントセグメント 2303 は同様に、内側シャントセグメント 2302 を接続する電気絶縁材料 2321 に類似の電気的かつ熱的な絶縁材料 2322 によって機械的に接続されることが好ましい。左外側シャントセグメント 2305 は、同様に機械的に接続される。ハウジング 2311 は、シャントセグメントおよび TE のスタックアレイを保持する。端子 2312 および 2314 は、内部セグメント 2301 に電気的に接続される。同様に、端子 2315 および 2316 は、内側シャントセグメント 2302 に接続される。熱的かつ電気的絶縁スペーサ 2309、2310 が、それぞれの内側セグメントと外側セグメントとの間に配置されることが好ましい。

【0121】

第 1 の作動流体 2317 は内側領域を通過し、第 2 の作動流体 2318、2319 は外側領域を通過する。適切な極性および大きさの電圧が端子 2312 と端子 2314 との間、端子 2315 と端子 2316 との間に印加されるときに、内側シャントセグメント 2301、2302 が冷却される。また、外側シャントセグメント 2303、2305 が加熱される。したがって、内側領域を流れる作動流体 2317 が冷却され、外側シャントセグメント 2303、2305 を流れる作動流体 2318、2319 が加熱される。ハウジング 2311 および絶縁体 2309、2310 は、加熱される流体 2318、2319 から冷却される流体 2317 を収容して隔てる。

【0122】

システム 2300 における各スタックに電圧を印加するための電気接続は、高電圧で動作するために直列であってもよく、約 1/2 の電圧で動作するために直列/並列であってもよく、約 1/4 の電圧で動作するために並列であってもよい。内側作動流体 2317 を加熱し、外側作動流体 2318、2319 を冷却するために、極性は逆であってもよい。作動流体 2317、2318、2319 が流れる方向にさらに多くのセグメントを用いて、さらに高い電圧で動作し、結果として生じるさらに有効な熱絶縁により更に高い効率を達成することが可能である。

【0123】

熱絶縁による性能の向上を達成する別のコンパクトな設計は、図 24A および図 24B に示されているように、組み合わせたシャントおよび熱伝達セグメント 2400 を用いる。この設計は図 14 の設計にきわめて類似しているが、TE 素子 2401、2402 が流体の流れの一般的な方向に整列されている点異なる。対向する導電型の TE 素子 2401、2402 がシャント 2404 の延在部 2403 に接続される。フィンなどの熱交換器 2405、2406 が、シャント 2404 と良好な熱接触状態にあることが好ましい。作動流体 2409 は、電流の方向に応じて、熱交換器 2405、2406 を流れるにつれて加熱または冷却される。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 4 】

図 2 4 B は、図 2 4 A に示されているような T E シャントセグメント 2 4 0 0 からなるスタック 2 4 1 0 の一部分を示す。電流 2 4 1 7 は、矢印によって示される方向に流れる。複数の第 1 の側のシャント 2 4 0 0 および複数の第 2 の側のシャント 2 4 0 0 a が、T E 素子 2 4 1 1 に接続される。第 1 の作動流体 2 4 1 8 は、スタック 2 4 1 0 の下部分に沿って図 2 4 A の第 2 の側のシャント 2 4 0 0 a にある熱交換器を通して流れ、作動流体 2 4 1 9 は、第 1 の側のシャント 2 4 0 0 の熱交換器を通して逆方向に流れることが有利である。

【 0 1 2 5 】

適切な電流 2 4 1 7 が印加されると、スタック 2 4 1 0 の上部分は、1 つのシャントセグメントから次のシャントセグメントに流れるにつれて、流体 2 4 1 9 を徐々に冷却し、下部分は、1 つのシャントセグメント 2 4 0 0 a から次のシャントセグメントに流れるにつれて、流体 2 4 1 8 を徐々に加熱する。

【 0 1 2 6 】

代わりとなる T E スタック構成 2 5 0 0 が、図 2 5 A に示されている。この T E スタックは、電流 2 5 1 2 の方向に略垂直に流れる作動流体 2 5 1 3 に関して熱絶縁という利点を達成する。第 1 のシャント 2 5 0 2 は、第 1 の T E 素子 2 5 0 1 に電氣的に接続され、熱交換器 2 5 0 3、2 5 0 4 と良好な熱接触状態にある。第 1 の側の第 2 のシャント 2 5 0 6 は同様に、熱交換器 2 5 0 8 と良好な熱接触状態にあり、第 1 の側の第 3 のシャント 2 5 0 5 は熱交換器 2 5 0 7 と良好な熱接触状態にある。各第 1 の側のシャント 2 5 0 2、2 5 0 6 および 2 5 0 5 の間には、交互に配置されるタイプの T E 素子 2 5 0 1 が点在し、図 1 2 と同様に、第 2 の側のシャント 2 5 0 9、2 5 1 0 および 2 5 1 1 は、略逆方向に突出している。第 2 の側のシャント 2 5 0 9、2 5 1 0 および 2 5 1 1 は、完全に示されていないが、一般に同一形状であり、第 1 の側のシャント 2 5 0 2、2 5 0 6 および 2 5 0 5 と同一の空間的關係を有する。作動流体 2 5 1 3 は、矢印によって示されるようにスタックアセンブリの中を通り抜ける。適切な電流が T E 素子を通して垂直に印加されると、第 1 の側のシャント 2 5 0 2、2 5 0 5 および 2 5 0 6 は加熱され、第 2 の側のシャント 2 5 0 9、2 5 1 0 および 2 5 1 1 は冷却される。作動流体 2 5 1 3 は最初に熱交換器 2 5 0 7 を、次に熱交換器 2 5 0 8 を、最後に熱交換器 2 5 0 3 を流れるにつれて、徐々に加熱される。完全なスタックアセンブリが電流の方向においてアレイ 2 5 0 0 の反復部分を有し、熱交換器 2 5 0 3 の一番上が別のアレイ部分の次に連続する熱交換器 2 5 0 4 の下に接近して離隔されるように組み立てられる。作動流体 2 5 1 3 が流れる方向における熱絶縁は、容易に明らかである。

【 0 1 2 7 】

図 2 5 B は、図 2 5 A に示されるアレイ部分 2 5 0 0 の平面図である。交互に配置される導電型の複数の T E 素子 2 5 0 1 の冷却は、複数の第 1 の側のシャント 2 5 0 2、2 5 0 6、2 5 0 5 および複数の第 2 の側のシャント 2 5 1 1、2 5 0 9、2 5 1 0 によって分散されるため、第 1 の側のシャント 2 5 0 2、2 5 0 6 および 2 5 0 5 は、第 2 の側のシャント 2 5 1 1、2 5 0 9 および 2 5 1 0 と交互に配置される。シャントは、間隙 2 5 3 4 によって隔てられ、各シャント用の熱交換器と良好な熱接触状態にある。第 1 の作動流体 2 5 3 1 は右から左に向かって上部分に沿って流れ、作動流体 2 5 3 2 は左から右に向かって下部分に沿って流れることが有利である。電流が T E およびシャントを流れる場合を除き、熱および電気の絶縁体 2 5 3 3 は、シャントの各ペアの間に設けられることが好ましい。

【 0 1 2 8 】

適切な電流がアレイ 2 5 0 0 を流れるとき、たとえば、作動流体 2 5 3 1 は徐々に加熱され、作動流体 2 5 3 2 は徐々に冷却される。絶縁体 2 5 3 3 は不必要な熱損失を防止し、作動流体 2 5 3 1、2 5 3 2 が混合するのを防止する。図示されているように、アレイ 2 5 0 0 は、向流モードで動作し、熱絶縁を用いて性能を向上する。同じアレイ 2 5 0 0 は、並流モードにおいて同一の方向に移動する作動流体 2 5 3 1、2 5 3 2 によって動作

10

20

30

40

50

することができ、依然として性能を向上するために熱絶縁という利点を有する。いずれの場合も、TE素子2521がすべて同一の抵抗ではないが、特許文献1に記載したように個別のTE素子同士の温度差および出力差に応じて変化する抵抗を有することが有利である。

【0129】

別のTEモジュール2600が、図26Aに示される。このTEモジュール2600は、本説明において説明した原理を用い、より高い電圧における動作を達成し、可能であれば、より高い出力密度、コンパクトなサイズ、耐久性、より高い効率という他の利点も達成する。第1のTE素子2601は、第1の端部シャント2603と第2のシャント2604との間に挟まれる。対向する導電型の第2のTE素子2602は、第2のシャント2604と第3のシャント2605との間に挟まれる。このパターンは、最後の端部シャント2606まで続く。電流2607は、矢印2608および2609によって示されるように、TEモジュールを通り、第1の端部シャント2603から出て、最後の端部シャント2606に流れ込む。間隙2611は、隣接するシャント間の電気接続を防止し、熱伝導を低減する。一実施形態において、第1の端部シャント2603および最後の端部シャント2606は、電極面2612を有する。他のシャントはシャント面2614を有し、シャント面2614は、シャントの本体から熱伝導するが、電気的には絶縁する。

【0130】

動作中、適切な電流2608は、上面を加熱し、下面を冷却する（またはその逆）TEモジュール2600を流れる。図26Aに示されるTEモジュール2600は、5つのTE素子および6つのシャントからなる。有利なことに、図示されているように、シャントで交互に離隔される任意の奇数のTE素子を用いることができる。さらに、2つ以上のTE素子（図18に関して説明したものと同種のTE素子）が、シャントの各ペアの間で並列に接続されてもよい。1つの面の電気絶縁部分に電力を閉じ込めるためなどの別の機能性を達成するために、偶数のTEを用いることができる。

【0131】

TEモジュール2600のアレイ2620が、図26Bに示される。図26Bは、図26Aにしたタイプであり、第1の側のシャント2604同士の間には挟まれた中央熱伝達部材2635に関し、互いの上に積み重ねられる2つのTEモジュール2600を示す。外側熱伝達部材2632および2636は、第2の側のシャント2605と熱接触される。シャントおよび熱伝達部材はまた、たとえば、図14および図15に示されたタイプなどの任意の他の適切なタイプであってもよい。第1のTEモジュールの第1の端部シャント2603は、外側熱伝達部材2632に電気的に接続される。同様に、第1のまたは上部TEモジュールの他端のシャント2606は、中央熱伝達部材2635に電気的に接続される。同様に、第2のTEモジュールの第2の端部シャント2606aは、中央熱伝達部材2635に電気的に接続され、図26Bの底部で第2のTEモジュールの第1の端部シャント2603aは、外側熱伝達部材2636に電気的に接続される。端部シャント2603、2606、2606aおよび2603a以外の他のシャント2604、2605は、熱伝導性の電気絶縁体2612を有する。さらに、図26Aの配置の場合のように、シャントは、互いに電気的に絶縁するために、間隙2611を有する。電流は、矢印2628、2629、2630、2631および2637によって示される。示されているように、TE素子2601、2602は、導電型が交互に配置される。

【0132】

適切な電流がアレイ2620を通り抜けるとき、第2の側のシャント2605および外側熱伝達部材2632および2636が加熱される。第1の側のシャント2604および中央熱伝達部材2635は、冷却される。逆向きの電流の場合には、逆になる。TE素子2601、2602の寸法および数を調整することによって、対応する電圧と共に、動作電流を調整することができる。同様に、出力密度を調整することができる。より多数のシャントおよびTE素子を用い、図26Bに示される構成より広くすることも可能であることを留意すべきである。さらに、さらなるTEモジュール2600を垂直方向に積み重ね

10

20

30

40

50

ることも可能である。さらに、図26Bの平面へのそのようなスタックのアレイまたは図26Bの平面から出るそのようなスタックのアレイを形成することが可能であり、上記の任意の組み合わせを用いることも可能である。適切なアレイでは、特許文献1の説明に基づき、熱伝達または作動流体の流れの方向における熱絶縁の原理を用いることが可能である。

【0133】

図26AのTEモジュール2600に類似のタイプのTEモジュール2700の別の実施形態が、図27に示されている。端部シャント2705、2704は、電源2720および接地用導体2709に電氣的に接続される。TE素子2701、2702は、一連のシャント2703、2704、2705、2706の間に電氣的に接続される。この実施形態において、すべてのシャント2703、2704、2705、2706は、絶縁体2711によって第1の熱伝達部材2708および第2の熱伝達部材2707から電氣的に絶縁される。シャントは、熱伝達部材2707、2708と良好な熱接触にある。第1の側の熱伝達部材2708は、矢印2712によって示される方向に移動する。第2の側の熱伝達部材2707は、矢印2710によって示される逆方向に移動することが有利である。

10

【0134】

適切な電流がTEモジュール2700に印加されると、第2の側の熱伝達部材2707が冷却され、第1の側の熱伝達部材2708が加熱される。動作は、図7A、図7B、図7Cおよび図7Dの説明に関連した動作に類似している。第1の熱伝達部材2708および第2の熱伝達部材2707は、図27から推察されるように、矩形形状である必要はなく、ディスク形状または図7Aに説明した形状などの任意の他の好都合な形状であってもよいことを留意すべきである。効率的な設計では、TEモジュール2700はまた、特許文献1で説明したような熱絶縁に関連する性能という利点を達成することができる。

20

【0135】

別の実施形態において、熱伝達構成要素2707および2708は、移動しない。そのような構成では、TEモジュール2700は、図1に示された標準的なモジュールと類似であるが、高い出力密度で動作することができ、比較的薄いTE素子2701、2702を用いることができる点が異なる。TEモジュール2700は、TE素子2701、2702に低い剪断応力を誘発することが有利である。この剪断応力は、たとえば、前記第1の側のシャントと第2の側のシャントとの間の熱膨張の差によって生成される。剪断応力はTE素子2701、2702を横切る温度差によってTEモジュール2700に生成され、幅の寸法に比例することから、剪断応力はモジュール全体の幅に比例し、標準的なTEモジュールの剪断応力よりはるかに小さくなり得る。図1に示される標準的なモジュールと図12を比較すれば、差異は分かる。図12の構成におけるものと同じの寸法の3つ以上のTE素子を備えた標準的なモジュールは、不都合なほど高い剪断応力を示す。そのような応力は、熱サイクルの耐久性およびモジュールサイズを制限する。

30

【0136】

図27はまた、本願明細書に記載された実施形態が発電にも、どのように用いることができるかを示すよい例を提供する。そのような構成では、電力を負荷に提供するために、端子2709、2720が、電源ではなく負荷に接続される。熱伝達部材2708、2707は、温度勾配の形で熱出力を提供する。第1の熱伝達部材2708と第2の熱伝達部材2707との間の温度勾配により、熱電システム2700は、端子2709、2720に電流を生成する。端子2709、2720は今度は、負荷または電力貯蔵システムに接続されることになる。したがって、システム2700は、発電装置として動作可能である。この詳細に示される他の構成はまた、温度勾配を用い、電流を誘導することによって、発電システムを提供する類似の態様に連結することも可能である。

40

【0137】

気体作動流体2810および液体作動流体2806を用いるTE熱伝達システム2800が、図28に示される。この実施形態において、第1の側のシャント熱交換器2803

50

は、図 2 4 A および図 2 4 B に示される構成からなる。シャント熱交換器 2 8 0 3 は、気体作動流体 2 8 1 0 によって熱出力を伝達する。この実施形態において、第 2 の側のシャント熱交換器 2 8 0 4、2 8 0 5 は、液体作動媒体 2 8 0 6 によって熱出力を伝達する。対向する導電型からなる複数の T E 素子 2 8 0 1 は、第 2 の側のシャント 2 8 0 4、2 8 0 5 とシャント熱交換器 2 8 0 3 との間に挟まれる。第 2 の側のシャント熱交換器 2 8 0 4、2 8 0 5 は同様に、交互に配置される導電型からなる T E 素子 2 8 0 1 同士の間にも挟まれる。電流 2 8 1 2、2 8 1 3 は、矢印 2 8 1 2、2 8 1 3 によって表されるように、システム 2 8 0 0 の中を流れる。この実施形態において、管 2 8 1 4、2 8 1 5 が、液体作動媒体 2 8 0 6 を一つのシャント熱交換器 2 8 0 4、2 8 0 5 から次のシャント熱交換器に流す。

10

【 0 1 3 8 】

T E 熱伝達システム 2 8 0 0 の動作は、図 2 4 B の説明の動作に類似であり、一方の作動流体 2 8 1 0 が気体であり、他方の作動流体 2 8 0 6 が液体である点が異なる。特許文献 1 に記載したような熱絶縁の利点はまた、システム 2 8 0 0 に示される設計の場合にも達成される。

【 0 1 3 9 】

図 2 9 は、シャント熱交換器 2 9 0 0 の詳細を示す。アセンブリは、きわめて優れた熱伝導材料から構成される容器 2 9 0 1 と、きわめて優れた導電性材料から構成される電極 2 9 0 2 と、容器 2 9 0 1 の上面および底面と良好な熱接触状態にある熱伝達フィン 2 9 0 5 および 2 9 0 6 と、を有することが有利である。一実施形態において、容器 2 9 0 1 および電極 2 9 0 2 は単一の材料から構成され、一体構成も可能である。容器 2 9 0 1 の底面と電極 2 9 0 2 との間の境界面 2 9 0 4 は、きわめて低い電気抵抗を有することが有利である。流体 2 9 0 9 は、シャント熱交換器 2 9 0 0 を通り抜ける。

20

【 0 1 4 0 】

動作中、T E 素子 (図示せず) は、電極 2 9 0 2 の上部および底部に電気的に接続される。適切な電流が T E および電極 2 9 0 2 を介して印加されるときに、容器 2 9 0 1 およびフィン 2 9 0 5、2 9 0 6 が加熱または冷却される。シャント熱交換器 2 9 0 0 中を流れる作動流体 2 9 0 9 が、熱交換器 2 9 0 0 によって加熱または冷却される。シャント熱交換器 2 9 0 0 の導電率は十分に優れており、寄生損失に大きく寄与しないことが有利である。電極 2 9 0 2 を通る電流経路を最小限に抑え、電流経路全体にわたる導電率を最大限にし、電極 2 9 0 2 の断面積を増大させることによって、そのような損失を小さくすることができる。

30

【 0 1 4 1 】

容器 2 9 0 1 の上面および底面、ならびにフィン 2 9 0 5 および 2 9 0 6 は、電流の方向に十分な導電率を提供し、図 4 B の実施形態に示されているように、固体電極本体 2 9 0 2 の断面積を小さくするか、完全に排除することができる。

【 0 1 4 2 】

ヒートシンクおよび流体システム 3 0 0 0 が、図 3 0 に示される。交互に配置される導電型からなる T E 素子 3 0 0 1 が、流体熱交換器 3 0 0 4 同士の間にも点在され、各流体熱交換器 3 0 0 4 は、シャント部分 3 0 0 3 およびシャント 3 0 0 2 および 3 0 0 5 を有する。電流 3 0 0 6、3 0 0 7 は、シャント部分 3 0 0 3、シャント 3 0 0 2 および 3 0 0 5、T E 素子 3 0 0 1 を通って流れる。作動流体 3 0 0 9 は、矢印によって示すように流れる。ヒートシンク 3 0 1 0 はシャント 3 0 0 2 と良好な熱接触にあり、かつシャント 3 0 0 2 から電気的に絶縁されており、ヒートシンク 3 0 1 1 はシャント 3 0 0 5 と良好な熱接触にあり、かつシャント 3 0 0 5 から電気的に絶縁されている。金属またはそうでない場合には導電性のヒートシンク 3 0 1 0、3 0 1 1 を用いた実施形態では、十分な熱伝導率を有することが有利である電気絶縁体 3 0 0 8、3 0 1 2 が、示された回路経路に電流 3 0 0 1、3 0 0 7 を閉じ込める。

40

【 0 1 4 3 】

適切な電流 3 0 0 6、3 0 0 7 が印加されるときに、熱出力は、作動流体 3 0 0 9 から

50

ヒートシンク3010、3011に伝達される。シャント熱伝達部材3004は互いに熱絶縁されているため、この実施形態では熱絶縁による性能の向上が達成される。

【0144】

代わりとなるシャント熱交換器の実施形態3100が、図31Aに示される。シャント部分3101は、TE素子(図示せず)への接続のための電極3102と、フィンなどの熱交換器3103と良好な熱接触状態にある熱伝達延在部3108と、を有する。流体3107は、熱交換器3103を通り抜ける。

【0145】

シャント熱交換器3100は、熱伝達延在部3108同士の間の中略中心に配置された電極3102を有することが好ましい。この実施形態において、熱出力は、2つの方向においてTEアセンブリに流れ込んでTEアセンブリから流れ出ることができるため、図24Aに示される実施形態に比べて、TE素子当たり約2倍の熱伝達力に増大することができる。シャント側は、たとえばヒートパイプ、対流熱の流れを組み込むことによって、または熱伝達を向上する任意の他の方法を用いることによって、熱伝達特性を向上してもよい。

10

【0146】

図31Bは、シャント3111と、電極3112と、流入流体ポート3113、3114および流出流体ポート3115、3116とを備えた熱伝達シャントアセンブリ3110を示す。熱伝達シャントアセンブリ3110は、図29に示されるシステムより、TE素子当たりの熱伝達力を増大させることができ、より多くの流体輸送能力を有することができる。

20

【0147】

図31Cは、シャント部材3121と、電極3122と、熱交換面3123、3124とを有するシャントアセンブリ3120を示す。シャントアセンブリ3120は、図26Aおよび図26Bに示される実施形態に比べて、TE素子当たり約2倍の熱伝達力を有することができる。しかし、図26Aおよび図26Bに示される用途とは対照的に、シャントアセンブリ3120のスタックは、互いに対して略直角で交互に配置され、互いに対向する面3123、3124はいずれもたとえば加熱され、加熱されたペアに対して略直角であるスタックの次のペアの面が冷却される。あるいは、面3123、3214は、120°などの他の角度であってもよく、図26に示されるようにシャント2604と相互に点在してもよい。多面シャントの任意の組み合わせは、本発明の一部である。

30

【0148】

熱電材料における削減は相当劇的であってもよいことを留意すべきである。たとえば、本願明細書で説明した熱電素子は、1つの一般的な実施形態では5ミクロン~1.2mm程度に薄くてもよい。図31A~図31C、図26A~図26Bおよび図27の実施形態を用いて実現可能であるような超格子構成およびヘテロ構造構成の場合には、熱電素子は20ミクロン~300ミクロンの厚さであってもよく、20ミクロン~200ミクロンであればさらに好ましく、20ミクロン~100ミクロンではさらに一層好ましい。別の実施形態において、熱電素子の厚さは、100ミクロン~600ミクロンである。熱電素子に関するこれらの厚さは、従来の熱電システムより実質的に薄い。

40

【0149】

記載した構成はTE素子をアレイまたはモジュールに組み立てる必要はないことを留意すべきである。一部の用途では、TE素子は、熱伝達部材に直接取り付けることが有利であり、それによりシステムの複雑さおよびコストが削減される。上記の特徴は、本発明を逸脱することなく好都合な態様で組み合わせてもよいことも留意すべきである。さらに、TE素子が類似のサイズであるかのようにさまざまな図面で示されているが、TE素子はアレイまたはスタックにわたってサイズが変化してもよく、最終的なTE素子タイプはP型TE素子とは異なるサイズおよび形状であってもよく、いくつかのTE素子はヘテロ構造であり、他のTE素子は非ヘテロ構造に設計されてもよいことを留意すべきである。

【0150】

50

一般に、これらの図面に記載されたシステムは、冷却/加熱モードおよび発電モードの両方で動作する。冷却、加熱または発電のための性能を最適化するために、特定の変更を行うことができることが有利である。当業界では公知であるように、発電において高い効率を達成するために、たとえば、大きな温度差(200~2000°F)が望ましいのに対し、小さな温度差(10~60°F)は冷却システムおよび加熱システムの特性である。大きな温度差には、異なる構成材料、可能であれば異なる設計寸法および材料からなるTEモジュールおよびTE素子が必要である。しかし、異なる動作モードに関して基本的概念は依然として同じままである。図5、図8および図9に記載される設計は、簡単かつ簡素に、かつ低コストの設計を作成する可能性を提供することから、発電に好都合である。しかし、上述の設計はすべて、特定の発電用途に関して利点を有することができ、考慮しないわけにはいかない。

10

【0151】

本特許の開示は本発明の設計、構成および用途を提供することもまた留意すべしである。上記の説明は冷却における特性に関して解析されるが、類似の結果が加熱および発電の場合にも適用され、類似の結論につながる。一部のシステム、特に熱電子型およびヘテロ構造型のシステムは、本質的に高出力密度であってもよく、その場合には本発明はそのようなシステムの特性および可能な高い出力密度に適応させるのにさらに適し得る。

【0152】

上述のように、いくつかの例を説明してきたが、上記の説明は、添付の請求の範囲に記載される本発明の幅広い概念の例示に過ぎない。特許請求の範囲において、すべての用語は、通常の慣用的な意味であるものとし、上記の説明では、特に詳細に表さない限り、その用語は任意の特別な意味または特に定義された意味に制限されるわけではない。

20

【図面の簡単な説明】

【0153】

【図1A】従来のTEモジュールを示す。

【図1B】従来のTEモジュールを示す。

【図1C】従来のTE対を示す。

【図2】作動媒体の熱絶縁および向流の移動に関するSSCHPシステムの一般的な配置を示す。

【図3】作動媒体がシステムの中を進んでいくにつれて媒体に生じる温度変化を示す。

30

【図4】3つのTEモジュールと、4つのフィン型熱交換器と、液体作動媒体とを有するシステムを示す。

【図5】2つのTEモジュールと、1つの熱交換器に関してある程度の熱絶縁を達成するためにセグメントに分割された熱交換器と、液体媒体の向流とを有するシステムを示す。

【図6】2つのTEモジュールと、流体の流れを制御するためにダクトドファンとを有する気体媒体システムを示す

【図7A】性能をさらに向上するために向流を伴う固体媒体システムを示す。TE素子は、熱絶縁を追加するように厚さに対する長さの比が大きい比を用いる。

【図7B】性能をさらに向上するために向流を伴う固体媒体システムを示す。TE素子は、熱絶縁を追加するように厚さに対する長さの比が大きい比を用いる。

40

【図7C】性能をさらに向上するために向流を伴う固体媒体システムを示す。TE素子は、熱絶縁を追加するように厚さに対する長さの比が大きい比を用いる。

【図7D】性能をさらに向上するために向流を伴う固体媒体システムを示す。TE素子は、熱絶縁を追加するように厚さに対する長さの比が大きい比を用いる。

【図8】電流が直接アレイ中を流れるようにTE素子を配置することにより、性能が改良されると同時にコスト、重量およびサイズが低減されるシステムを示す。

【図9】TE素子、ヒートパイプおよび熱交換器を有し、簡素かつ低コストのシステムを示す。高温側および低温側が、ヒートパイプを通る熱輸送により隔てられる。

【図10】熱交換器およびTEモジュールアレイ中に流体が流入出され、気体、あるいは液体または気体からの沈澱物から水分を凝縮させるように一端を低温にする流体システム

50

を示す。システムは、作動流体の流れを分流して、アレイの部分にわたる温度差を減少させることにより効率を改善するように形成される。

【図 1 1】作動流体が種々の位置で流入出し、システムの一部が向流モードで動作し、別の一部が並流モードで動作するアレイを示す。

【図 1 2】寄生電気抵抗損失を減少させるスタック T E システムを示す。

【図 1 3 A】スタックシステムに関する好ましい実施形態における T E 素子および熱交換部材の詳細を示す。

【図 1 3 B】図 1 3 A に示される素子から構成されるスタックシステムの一部を示す。

【図 1 4】別の T E 素子および熱交換器の構成を示す。

【図 1 5】さらに別の T E 素子および熱交換器の構成を示す。

10

【図 1 6】電氣的に並列である T E 素子の 2 つの垂直列を備えたスタック構成を示す。

【図 1 7】電氣的に並列である T E 素子の 2 つの列を備えた冷却 / 加熱アセンブリを示す。

【図 1 8】電氣的に並列である 2 つの T E 素子を備えた別の構成を示す。

【図 1 9】1 つの部分が別の部分から電氣的に分離された熱交換器素子を示す。

【図 2 0】1 つの部分が別の部分から電氣的に分離された熱交換器素子の別の構成を示す。

【図 2 1】1 つの部分が別の部分から電氣的に分離された熱交換器素子のさらに別の構成を示す。

【図 2 2】電氣的かつ熱的に分離される部分のアレイに構成される熱交換器セグメントを示す。

20

【図 2 3】図 2 2 の概念によって構成された冷却器 / 加熱器を示す。

【図 2 4 A】流体の流れの方向に整列された T E 素子を備えた熱交換セグメントを示す。

【図 2 4 B】電流が作動流体の流れに略並列に流れる分離素子型熱交換器アレイとして構成される図 2 4 A のセグメントを示す。

【図 2 5 A】電流が電流の方向に略並列に流れる分離素子型熱交換器アレイとしての設計のセグメントを示す。

【図 2 5 B】図 2 5 A のアセンブリの平面図を示す。

【図 2 6 A】比較的高い電圧で動作し、寄生電気抵抗を減少させる T E 熱交換器モジュールを示す。

30

【図 2 6 B】図 2 6 A の T E モジュールを用いる熱交換器アレイの平面図を示す。

【図 2 7】移動固体部材に対する熱伝達を備えた分離素子およびスタックの構成を示す。

【図 2 8】液体と気体との間の熱伝達を備えた分離素子スタックアレイを示す。

【図 2 9】図 2 8 のスタックアレイにおいて用いるための寄生電気抵抗の低い熱交換器モジュールを示す。

【図 3 0】固体ヒートシンクおよび移動気体作動流体を備えた分離素子型熱交換器のセグメントを示す。

【図 3 1 A】素子から約 2 倍の熱が伝達する略中央にある T E 素子を備えた熱交換器素子を示す。

【図 3 1 B】略中央に T E 素子を備えた一般に液体用の別の熱伝達素子を示す。

40

【図 3 1 C】略中央に T E 素子を備えたさらに別の熱交換器を示す。

【図1A】

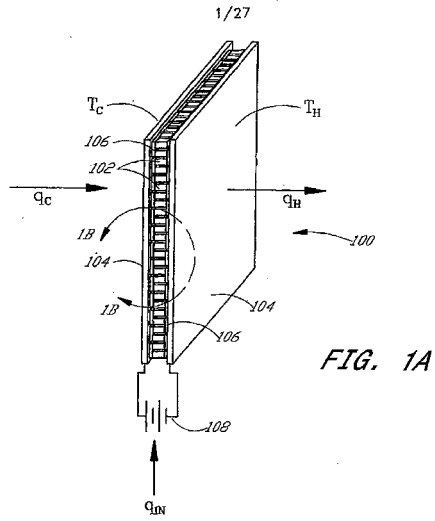


FIG. 1A

【図1C】

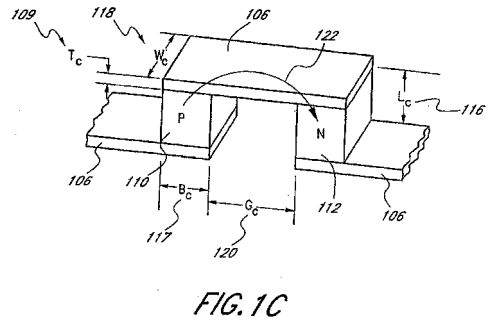


FIG. 1C

【図1B】

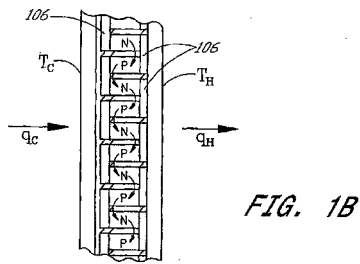


FIG. 1B

【図2】

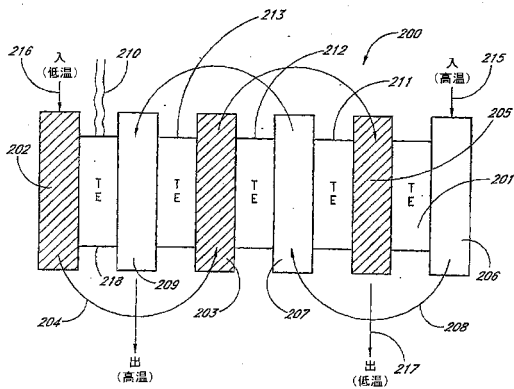


FIG. 2

【図3】

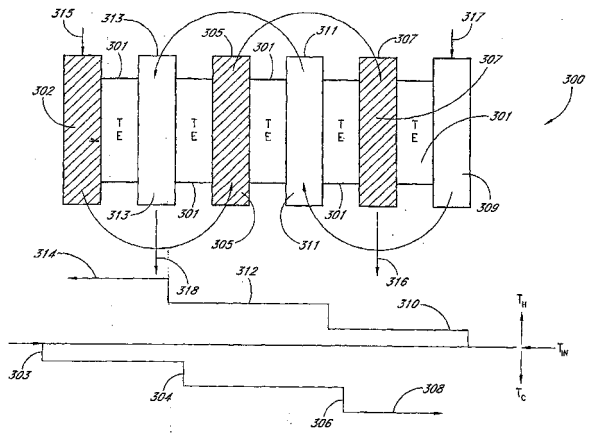


FIG. 3

【 図 4 】

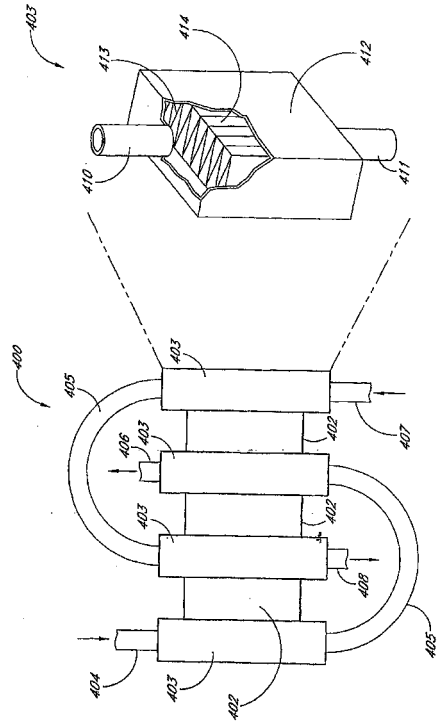


FIG. 4A

FIG. 4B

【 図 5 】

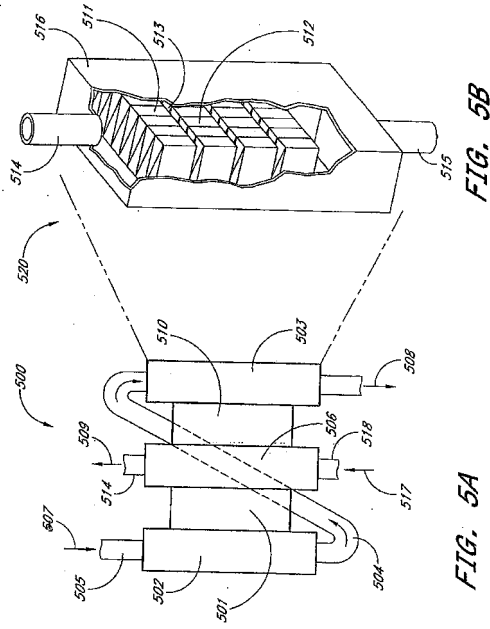


FIG. 5A

FIG. 5B

【 図 6 】

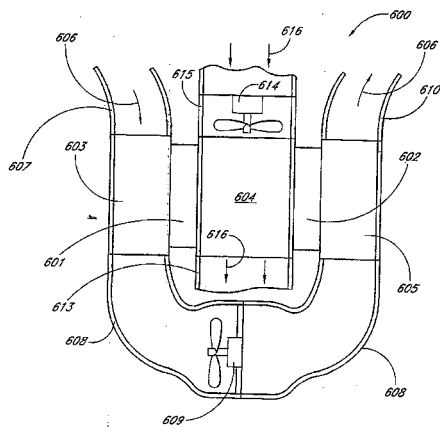


FIG. 6

【 図 7 A 】

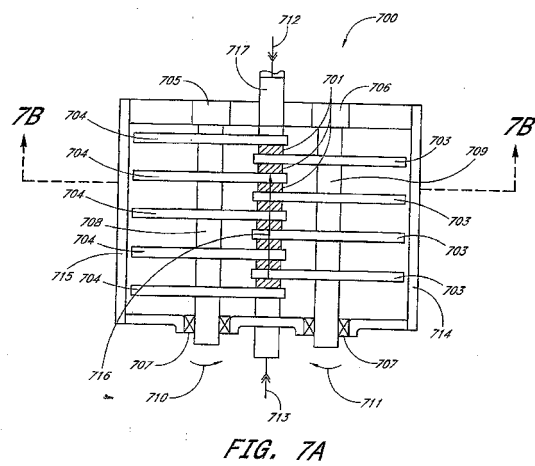


FIG. 7A

7B

7B

【図7B】

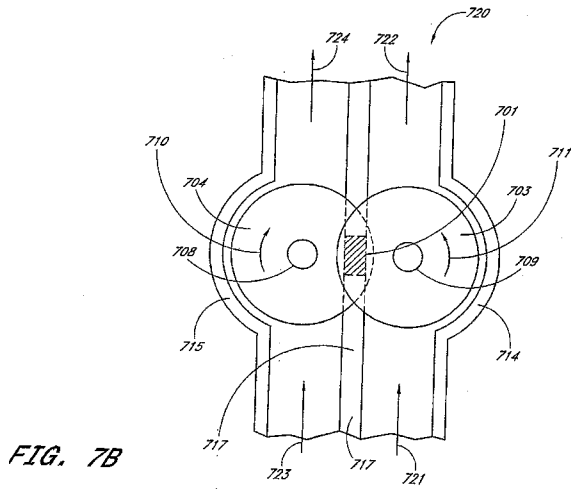


FIG. 7B

【図7C】

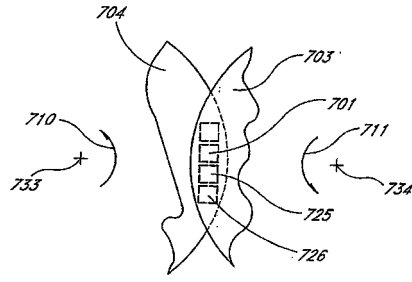


FIG. 7C

【図7D】

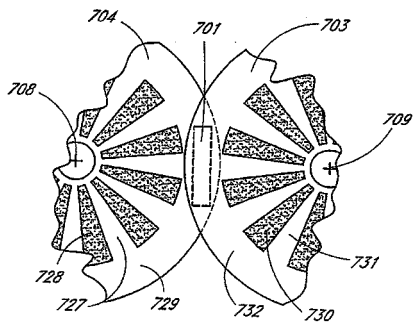


FIG. 7D

【図8】

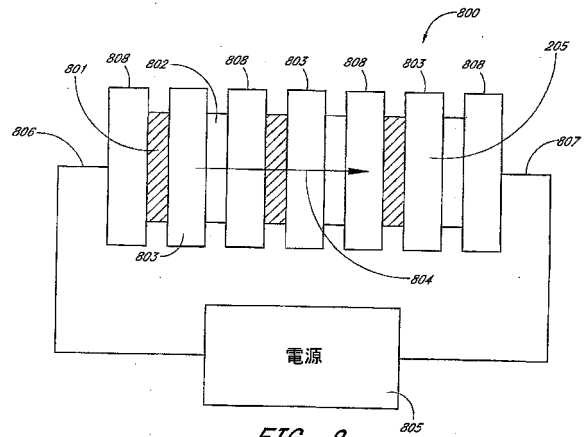


FIG. 8

【 図 9 】

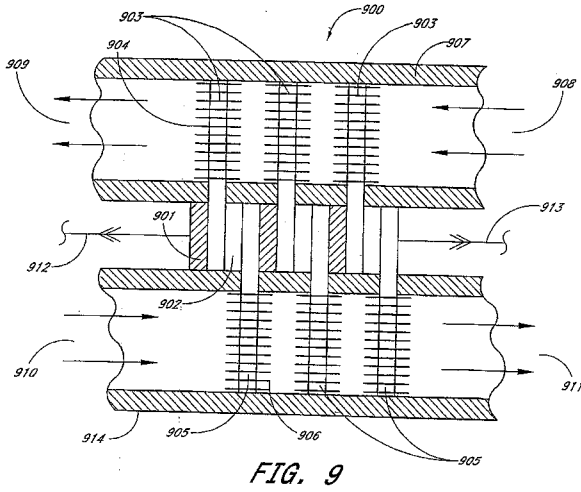


FIG. 9

【 図 10 】

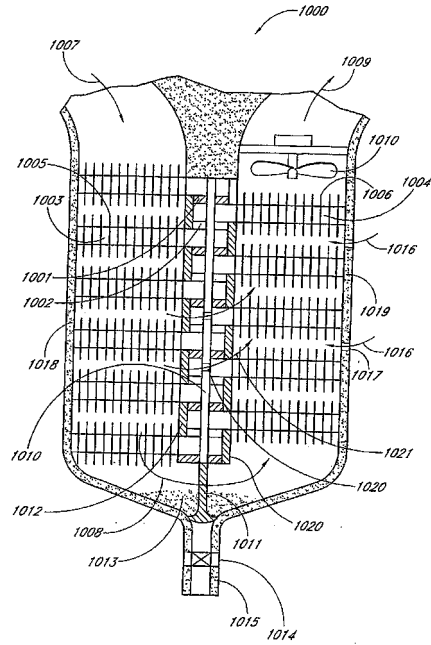


FIG. 10

【 図 11 】

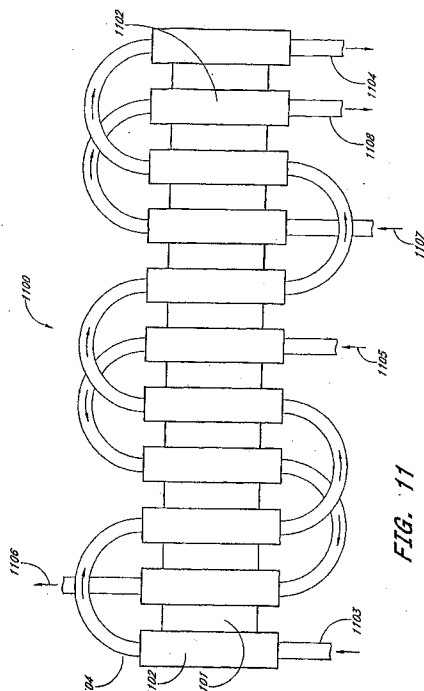


FIG. 11

【 図 12 】

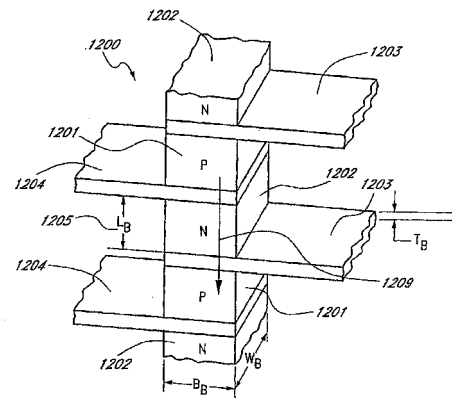


FIG. 12

【 図 13 A 】

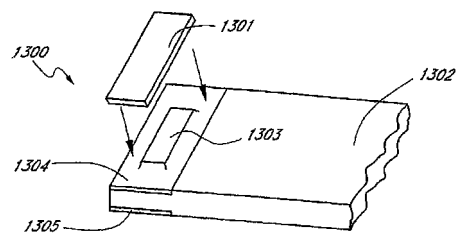


FIG. 13A

【図13B】

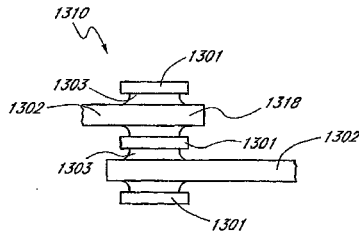


FIG. 13B

【図14】

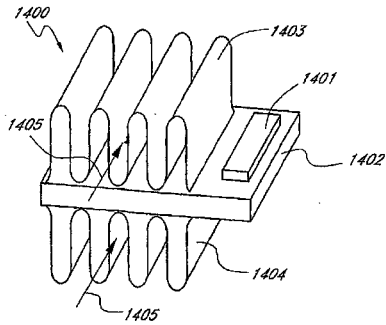


FIG. 14

【図15】

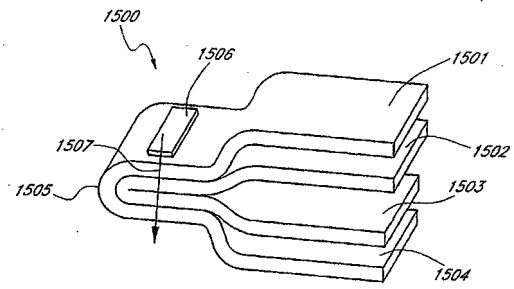


FIG. 15

【図16】

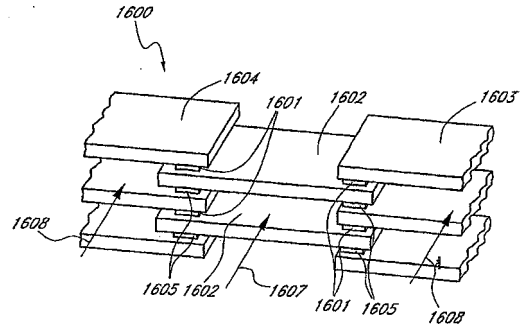


FIG. 16

【図17】

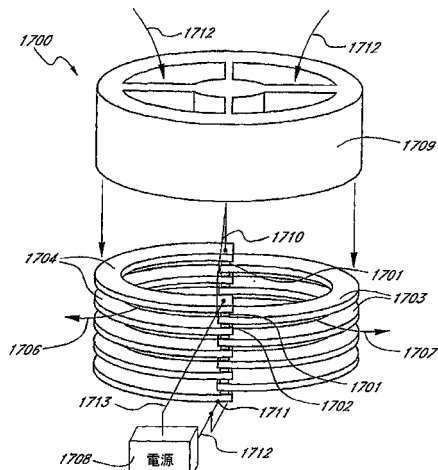


FIG. 17

【図19】

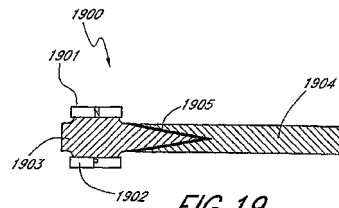


FIG. 19

【図20】

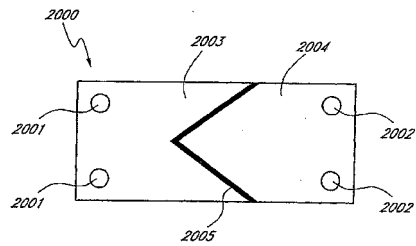


FIG. 20

【図18】

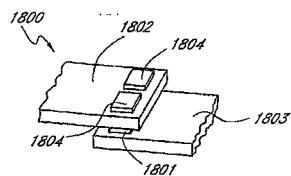


FIG. 18

【 2 1 】

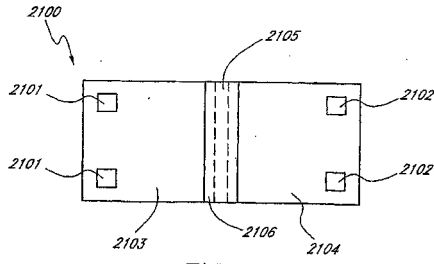


FIG.21

【 2 2 】

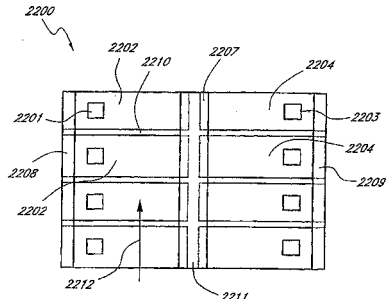


FIG.22

【 2 3 】

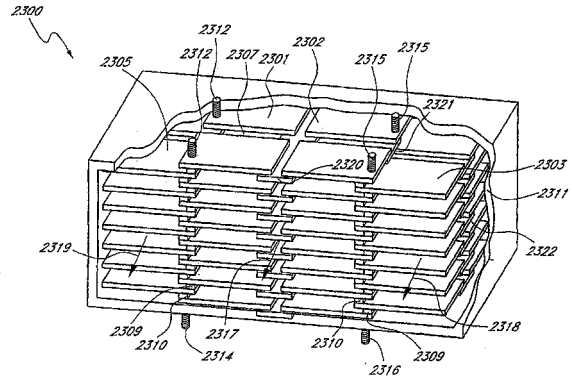


FIG.23

【 2 4 A 】

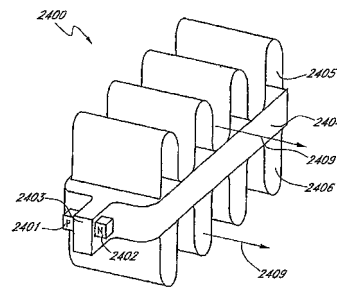


FIG.24A

【 2 4 B 】

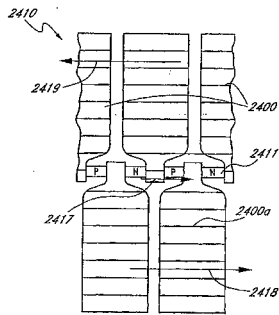


FIG.24B

【 2 5 B 】

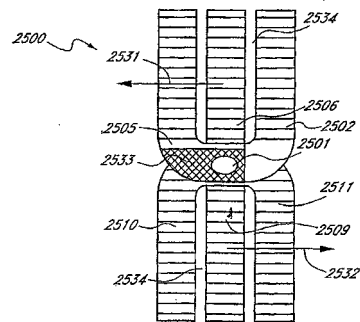


FIG.25B

【 2 5 A 】

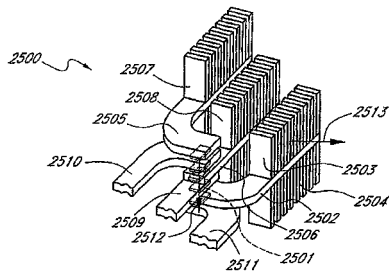


FIG.25A

【 2 6 A 】

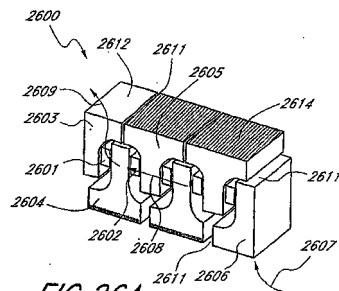
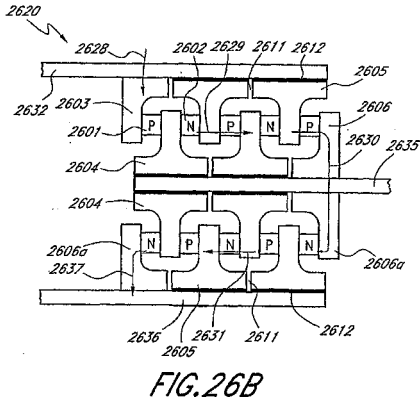
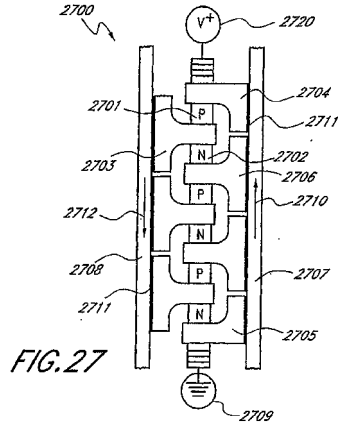


FIG.26A

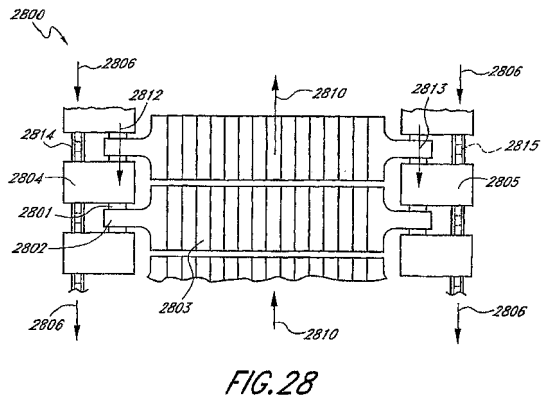
【 図 26 B 】



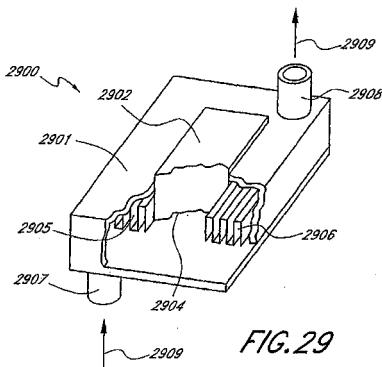
【 図 27 】



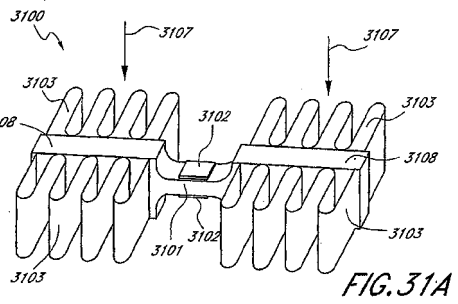
【 図 28 】



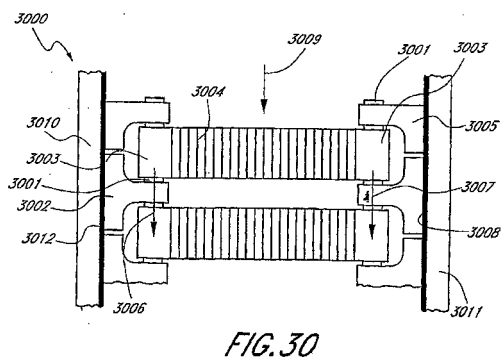
【 図 29 】



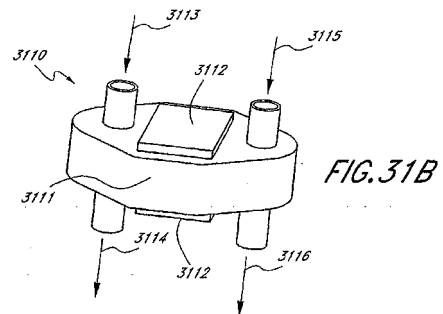
【 図 31 A 】



【 図 30 】



【 図 31 B 】



【 3 1 C】

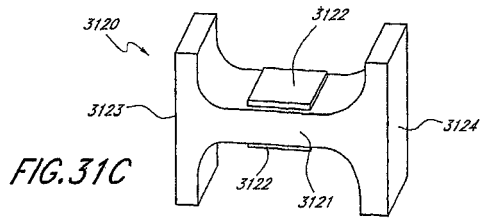


FIG. 31C

フロントページの続き

審査官 宮澤 尚之

- (56)参考文献 特開平03-263382(JP,A)
米国特許第04420940(US,A)
米国特許第05385020(US,A)
米国特許第04065936(US,A)
米国特許第03607444(US,A)
特開平10-325561(JP,A)
Robert W.Diller, Lon E.Bell, Experimental Results Confirming Improved Efficiency of Thermoelectric Power Generation Systems with ,
22nd International Conference on Thermoelectrics, フランス, 2003年 8月17日, 571-573

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 35/30
F25B 21/02
H01L 35/32
H02N 11/00