

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6336859号
(P6336859)

(45) 発行日 平成30年6月6日 (2018.6.6)

(24) 登録日 平成30年5月11日 (2018.5.11)

(51) Int. Cl. F I
F 2 5 B 21/02 (2006.01) F 2 5 B 21/02 T

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2014-178144 (P2014-178144)	(73) 特許権者	502096543
(22) 出願日	平成26年9月2日 (2014.9.2)		パロ・アルト・リサーチ・センター・イン
(65) 公開番号	特開2015-59739 (P2015-59739A)		コーポレーテッド
(43) 公開日	平成27年3月30日 (2015.3.30)		P a l o A l t o R e s e a r c h
審査請求日	平成29年9月4日 (2017.9.4)		C e n t e r I n c o r p o r a t e d
(31) 優先権主張番号	14/033, 240		アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94
(32) 優先日	平成25年9月20日 (2013.9.20)		304、パロ・アルト、コヨーテ・ヒル・
(33) 優先権主張国	米国 (US)		ロード 3333
早期審査対象出願		(74) 代理人	100079049
			弁理士 中島 淳
		(74) 代理人	100084995
			弁理士 加藤 和詳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気熱量冷却装置およびヒートポンプ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

熱エネルギーの伝達を制御するシステムであって、

熱エネルギー源と、

複数の熱エネルギーシンクと、

互いに隣接する複数の電気熱量構造体と、

各々前記複数の電気熱量構造体の各組の間に配置された複数の熱伝導構造体と、

前記複数の電気熱量構造体の1つを運搬し且つ位置決めする複数の懸架要素と、

を備え、

前記複数の電気熱量構造体と前記複数の懸架要素とは、第1の位置と第2の位置との間
での前記電気熱量構造体の物理的な移動を交互に行い、

前記システムは、

前記電気熱量構造体の少なくとも1つの温度を制御するための温度制御信号と、前記電
気熱量構造体の少なくとも1つの前記交互の物理的移動を制御するための動作制御信号と
の両方を各々が同時に供給する複数の制御信号供給源を更に備える、

システム。

【請求項 2】

前記制御信号供給源が、前記温度制御信号と前記動作制御信号が自己同期するよう設定
される、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記複数の電気熱量構造体は対になって配置され、

前記第 1 の位置は、前記対の電気熱量構造体の各々が互いに離れるようにバイアスされる位置であり、

前記第 2 の位置は、前記対の電気熱量構造体の各々が互いに向かうようにバイアスされる位置である、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記複数の懸架要素の各々は、それぞれの電気熱量構造体を前記第 1 の位置にバイアスするように構成され、

前記制御信号供給源は、前記複数の電気熱量構造体の各々を前記第 2 の位置に移動させるための前記動作制御信号を提供するように構成される、

請求項 3 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、熱を伝達する装置および方法に関し、より具体的には、その熱伝達装置を用いる電気熱量ヒートポンプおよび冷却装置、システム、および方法に関する。

【背景技術】

【0002】

周知の通り、電気熱量効果とは特定の材料が印加された電界にさらされたときに、その材料が温度を増減させる能力のことである。歴史的に、電気熱量材料内の温度変化の度合いは、比較的大きな電界では比較的小さかったので、これを実際に適用するには限界があった。近年、特定の材料のより効率的な電気熱量への反応に対しては、将来性が見え始めてきた。例えば、 $P(VDFTrFE)$ に基づく重合体および共重合体、および PZT に基づくいくつかの材料などのセラミック材料が、比較的大きな電気熱量効果を示し始めてきた。これにより、これらの材料に関する新しい応用例の調査が可能となった。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本開示は、電気熱量材料を用いて熱の伝達を行うシステムおよび処理に関する。冷却装置およびヒートポンプなど、熱エネルギーの伝達を制御するシステムおよび方法を開示する。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本開示の一様態に従うと、このシステムは、熱エネルギー源と、この熱エネルギー源から離れて配置される熱エネルギーシンクと、懸架されることにより運ばれ、熱エネルギー源との熱交換位置と熱エネルギーシンクとの熱交換位置との間で交互に物理的移動を行うよう設定される電気熱量構造体と、この電気熱量構造体の温度を制御するための温度制御信号、および熱エネルギー源との熱交換位置と熱エネルギーシンクとの熱交換位置との間の電気熱量構造体の交互に行われる物理的移動を制御するための動作制御信号とを同時に供給する制御信号供給源と、を含む。所望の構成要素の加熱または冷却を行うことができる。動作制御は、静電制御、磁気制御、機械的制御などでよく、この動作制御は電気熱量構造体内の温度制御に対して用いられる電界と自己同期する。本明細書で使用される用語、自己同期とは、共通または接続した供給源、あるいは制御であり、その 2 つの機能（動作制御および温度制御）の動作がその発生位置 / 時間で共通に制御される。つまり、それらの 2 つの機能を独立して制御しない。

【0005】

本開示の別の様態に従うと、熱エネルギーの伝達を制御する方法には、熱エネルギー源を供給するステップと、この熱エネルギー源から離れて配置される熱エネルギーシンクを供給するステップと、熱エネルギー源と熱エネルギーシンクとの間に電気熱量構造体を配置するステップであって、この電気熱量構造体は懸架されることにより運ばれ、熱エネル

10

20

30

40

50

ギー源との熱交換位置と熱エネルギーシンクとの熱交換位置との間を交互に物理的移動を行うよう設定される、ステップと、電気熱量構造体の温度を制御するための温度制御信号、および熱エネルギー源との熱交換位置と熱エネルギーシンクとの熱交換位置との間の電気熱量構造体の交互に行われる物理的移動を制御するための動作制御信号の両方を制御信号供給源により同時に供給するステップと、が含まれる。

【0006】

本開示の種々の様態に従うと、制御信号供給源は、温度制御信号と動作制御信号が自己同期するよう設定される。さらに、種々の様態に従うと、温度制御信号と動作制御信号は同じ信号である。

【0007】

種々の実装形態では、温度センサが、電気熱量構造体および制御信号供給源と通信可能に接続され得る。この制御信号供給源は、電気熱量構造体が熱エネルギーシンクと熱交換を行う閾値より上の値から、電気熱量構造体が熱エネルギーシンクと熱交換を行わない閾値より下の値に、動作制御信号を調整するための温度信号に反応するよう設定され、この温度信号は温度センサにより供給される。

【0008】

本開示のその他の様態に従うと、この電気熱量構造体は、第1の温度制御信号で熱エネルギー源の温度より低い第1の温度となり、ほぼ同時に、この電気熱量構造体は、第1の動作制御信号で熱エネルギー源と熱交換を行い、これにより、この電気熱量構造体は上記の熱エネルギー源から熱エネルギーを受け取る。この電気熱量構造体は、第2の温度制御信号で熱エネルギーシンクの温度より高い第2の温度となり、ほぼ同時に、この電気熱量構造体は、第2の動作制御信号で熱エネルギーシンクと熱交換を行い、それにより、この電気熱量構造体は熱エネルギーシンクに熱エネルギーを伝達する。

【0009】

上記で本開示の複数の固有の様態、特徴、および利点を簡単に説明してきた。上記の概要は、以下に続く完全な説明に関する背景および特定の概念を紹介するために提供されているが、この概要は網羅的ではない。上記の概要は、特許請求される主題の様態、特徴、または利点の排他的識別を意図するものではない、またそのように読み取られるものではない。したがって、上記の概要は、請求項に対して与えられる制限、および上記の特許請求の範囲を決めてしまうその他の方法として読み取られるものではない。

【0010】

本明細書に添付される図面では、種々の図面間で同様の参照符号が同様の構成要素を示す。説明可能であるものの、下記の図面は正確な縮尺率で示されてはいない。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1は、本開示の第1の実施形態に従った、第1の状態において第1の本体から第2の本体に熱エネルギーを伝達するための構造体を示す概略側面図である。

【図2】図2は、本開示の第1の実施形態に従った、第2の状態において第1の本体から第2の本体に熱エネルギーを伝達するための構造体を示す概略側面図である。

【図3】図3は、本開示の実施形態に従った、多層の電気熱量構造体を示す切り取り側面図である。

【図4】図4は、本開示の実施形態に従った、不動態化された構造を示す多層の電気熱量構造体を示す切り取り側面図である。

【図5A】図5Aは、本開示の別の実施形態に従った、第1の状態において第1の本体から第2の本体に熱エネルギーを伝達するための構造体を示す概略側面図である。

【図5B】図5Bは、本開示の別の実施形態に従った、第2の状態において第1の本体から第2の本体に熱エネルギーを伝達するための構造体を示す概略側面図である。

【図5C】図5Cは、本開示の別の実施形態に従った、第3の状態において第1の本体から第2の本体に熱エネルギーを伝達するための構造体を示す概略側面図である。

【図6A】図6Aは、本開示の実施形態に従った、第1の状態における、電気活性層を含

10

20

30

40

50

む多層の電気熱量構造体を示す切り取り側面図である。

【図 6 B】図 6 B は、本開示の実施形態に従った、第 2 の状態における、電気活性層を含む多層の電気熱量構造体を示す切り取り側面図である。

【図 7 A】図 7 A は、本開示の実施形態に従った、第 1 の状態における、多層電気熱量構造体を含む電気熱量の熱エネルギー伝達装置の一実施形態を示す切り取り側面図である。

【図 7 B】図 7 B は、本開示の実施形態に従った、第 2 の状態における、多層電気熱量構造体を含む電気熱量の熱エネルギー伝達装置の一実施形態を示す切り取り側面図である。

【図 8】図 8 は、本開示の実施形態に従った、別の懸架要素を有する、第 1 の本体から第 2 の本体に熱エネルギーを伝達するための構造体を示す概略側面図である。

【図 9】図 9 は、本開示の実施形態に従った、さらに別の懸架要素を有する、第 1 の本体から第 2 の本体に熱エネルギーを伝達するための構造体を示す概略側面図である。

【図 10】図 10 は、本開示の実施形態に従った、そしてさらに別の懸架要素を有する、第 1 の本体から第 2 の本体に熱エネルギーを伝達するための構造体を示す概略側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本開示の詳細を不必要に分かりにくくしないよう、周知の開始材料、加工技術、構成部品、設備、およびその他の周知な詳細の説明は、単に要約しただけである、あるいは省略されていることを最初に申し上げておく。したがって、詳細が周知でない場合には、その詳細を本開示の出願に残して、これらの詳細に関する選択を提案する、あるいは指示する。

【0013】

本明細書では、対象物の冷却処理または加熱処理の一部として、電気熱量キャパシタを熱源とヒートシンクに交互に接続させる種々の技術および装置を開示する。ある実施形態では、電気熱量キャパシタの温度を修正するために用いられるものと同一または同様の電界および/または電圧で熱源/ヒートシンクとの接続も制御される。

【0014】

ある熱力学サイクルに従って、好適な電気熱量材料を冷却される対象物と物理的接触するように配置する（あるいは、一般に電気熱量材料を 1 枚以上のその他の層と接触させ、これらの層を冷却される対象物への熱経路として機能することも可能であるが、本明細書では説明を簡単にするために、電気熱量材料と冷却される対象物が直接接触するものとする。そして、変形例も本明細書の範囲に含まれることは理解されよう）。まず、冷却される対象物の温度 T_c は、電気熱量材料の温度 T_b よりも高く、このことを本明細書では $T_b < T_c$ で示す。経時的に、冷却される対象物からのいくらかの熱エネルギー量 Q が、電気熱量材料に伝達され、そして冷却される対象物は冷却され、電気熱量材料の温度は $T_b + T$ まで上昇する。

【0015】

次いで、電気熱量材料が冷却される対象物との物理的接触位置から離れ、ヒートシンクと物理的に接触するように、冷却される対象物に対する電気熱量材料およびヒートシンクの位置を変更する（あるいは、一般に電気熱量材料を、その他の 1 枚以上の層と接触させ、これらの層をヒートシンクへの熱経路として機能させることも可能であるが、本明細書では、説明を簡単にするために、電気熱量材料とヒートシンクは直接接触するものとする。そして変形例も本明細書の範囲に含まれることは理解されよう）。ある実施形態では、ヒートシンクの温度 T_h は、「 $T_b + T$ 」よりも高い。したがって、電気熱量材料から効率的に熱を伝達させるために、電気熱量材料全体に渡って電界を印加して、その温度を T_h より高くする。これにより、熱エネルギーが電気熱量材料からヒートシンクへ伝達され、そして、その熱エネルギーは冷却される対象物からヒートシンクに往復する。電気熱量材料の温度がほぼ T_b に戻ったら、この電界は電気熱量材料から取り除くことができる。そして、この電気熱量材料は、冷却される対象物との物理的接触位置に戻る事ができ、この処理が繰り返される。上記の例により、所望の対象物を冷却することができるが、

本明細書でさらに議論する通り、所望の対象物を加熱することも同様に実現可能であることは理解されよう。

【 0 0 1 6 】

図示する通り、下記の特定の実施形態では、電圧源により 2 枚の層、2 本の電極、2 つの端子などの間に電圧がかけられる。このような、2 枚の層、2 本の電極、2 つの端子などは、電気熱量材料の両側に配置される。それらの層、電極、端子などにかかる電圧により、電気熱量材料の温度が制御される。さらに、このような層、電極、端子などの一方を、ヒートシンクまたは熱源上に、あるいはヒートシンクまたは熱源に隣接させて配置する。これらの層、電極、端子等と、それに対応する層、電極、端子等（上記の電気熱量構造体上に配置された）との間にかかる電圧により、この電気熱量構造体の動作は制御される。ある実施形態では、単一の電圧が電気熱量構造体の温度と位置の両方を制御する制御信号として機能することができる。この意味で、電圧を温度制御信号および動作制御信号と呼ぶことができる。別の言い方をすれば、単一の供給源で温度制御信号および動作制御信号を同時に供給することができる。

10

【 0 0 1 7 】

図 1 および図 2 を参照して、本開示に従った、熱伝達システムの第 1 の実施形態 1 0 を説明する。冷却される対象物 1 2 の温度は、初期温度 T_1 である。懸架装置 1 6 により運ばれる電気熱量構造体 1 4 は、対象物 1 2 と物理的に接触して配置されている。この接触により、例えば、懸架装置によりバイアスがかかることができ、この懸架装置はスプリングなどでよい（変形例を本明細書でさらに議論する）。

20

【 0 0 1 8 】

いくつかの実施形態に従うと、電気熱量構造体 1 4 は、上面と底面に配置されたオーミック層 2 0 および 2 2 を有する電気熱量本体 1 8（例えば、ポリ（フッ化ビニリデン-トリフルオロエチレン）共重合体、フッ素系共重合体 P（VDF-TrFE）などの重合体および共重合体、チタン酸ジルコニウム酸鉛（PZT）などのセラミック材料）を含む。これらのオーミック層 2 0 および 2 2 は、例えば、切り替え可能電圧源 V と電氣的に接続する。この切り替え可能電圧源 V が、電圧の形態で信号を供給して、電気熱量材料 1 8 内で電界を選択的に生成する。電界が生成されていない場合、あるいは電界が第 1 の状態（V により示される）とすると、電気熱量構造体 1 4 の温度が T_2 となり、「 $T_2 < T_1$ 」の関係が成り立つ。電気熱量構造体 1 4 の温度が「 T_1 」の量分だけ変化して、この電気熱量構造体 1 4 の温度が、新しく温度「 $T_2 + T_1$ 」となる。

30

【 0 0 1 9 】

第 1 の状態「V」のときヒートシンク構造体 2 4 が、電気熱量構造体 1 4 に近接するが、実際には離れて配置されている。ヒートシンク構造体 2 4 は、電圧源と電氣的に接続する（実際に、特定の実施形態では、電圧源 V と接続する）不動態化されたオーミック層 2 6、または同様の構造体を含むことができる。この接続では、オーミック層 2 2 とオーミック層 2 6 の間に電圧がかけられて電界が生成されたとき、あるいはこの電界を第 2 の状態（「V」により示される）とすると、オーミック層 2 2 とオーミック層 2 6 が互いに引きつけられる。これにより、電気熱量構造体 1 4 は移動し、対象物 1 2 との物理的接触位置からは離れ、シンク 2 4 と物理的に接触する（不動態化されたオーミック層 2 6 を介して）。

40

【 0 0 2 0 】

この電界（V）は、オーミック層 2 0 とオーミック層 2 2 の間にかかる電圧を通して、電気熱量材料 1 8 にもかけられる。これにより、電気熱量効果を通じて、電気熱量材料 1 8 の温度が上り、新しい温度 T_3 となり、「 $T_3 > T_2 + T_1$ 」の関係が成り立つようになる。

【 0 0 2 1 】

ヒートシンク 2 4 は、最初に「 $T_3 > T_4$ 」となるよう温度 T_4 が設定される。次いで、いくつかの熱エネルギー量「 Q_2 」を、電気熱量構造体 1 4 からヒートシンク 2 4 に伝達することができる。それにより、熱エネルギーが、対象物 1 2 からシンク 2 4 に往復

50

する。次いで、この電圧源の電圧を設定閾値より下の値に切り替えて電界を弱める、あるいはこの電圧を取り除く、これにより電気熱量材料 1 8 は温度 T 2 に冷却され、電気熱量構造体 1 4 は、スプリング力 F を通して対象物 1 2 との物理的接触位置まで戻される。上記の処理を繰り返すことができる。単一の電圧源 V を用いて、電気熱量構造体 1 4 の動作と電気熱量材 1 8 内の温度変化の両方のための電界を生成する場合、これらの目的のために自己同期した電界を生成することができる。

【 0 0 2 2 】

尚、上述した説明は、少なくともシステムがほぼ安定した状態で動作しているときに当てはまる。このようなシステムの動作は、冷却される対象物の温度が徐々に下がり安定状態の温度に達するまで（あるいは、電気熱量構造体 1 4 の動作の各段階において、温度サイクルが発生するような安定状態に近づくまでの）の立ち上がり時間から始まる。さらに、ヒートシンクの温度、または冷却される対象物の熱出力、あるいは同様のパラメータを変更した場合、このシステムは安定状態で動作しなくなる。一般に、安定状態を記載することにより、動作中のシステムの一例が提供され、異なる動作条件のもとでは、これらのシステムは異なった動作を行うことは当業者なら理解されよう。

【 0 0 2 3 】

あるいは、動作制御信号および温度制御信号に関して同じ電圧をかけることで、オーミック層 1 8 とオーミック層 2 2 の間、およびオーミック層 2 2 とオーミック層 2 6 の間の電圧低下のタイミングと波形を制御して、電気熱量材料 1 4 とヒートシンク 2 4 の間の熱エネルギー伝達を最適化することが可能となる。例えば、センサ 2 8 により、電気熱量材料 1 8 の温度とヒートシンク 2 4 の温度が互いの設定閾値内であると感知されたとき、例えば、電気熱量材料 1 8 からの熱の抽出（および、したがって、装置および処理の熱効率）を最大にするために、この電圧を下げるができる。さらに、対象物 1 2 とヒートシンク 2 4 の間の電気熱量構造体 1 4 の動作が瞬時でないことを考慮すると、電圧の下降パターンまたは波形を用いて、例えば、電気熱量材料 1 8 の温度とヒートシンク 2 4 の温度が互いに接近したときに、電圧を下げることができ、そしてさらに、これらの 2 つの温度が設定弁別閾に達したときに、電気熱量構造体 1 4 がヒートシンク 2 4 から引き離されるように、スプリング 1 6 により（力 F により）、電気熱量構造体 1 4 の動作を開始させることができる。このシステムのその他の構成要素の温度（および周囲温度）を、タイミング制御、電圧レベルおよび電圧波形などに関して用いることができ、ここで開示されるものは限定を意図するものではない。

【 0 0 2 4 】

上記の電気熱量構造体 1 4 の静電駆動では、理想的には、高い電界が原因でオーミック層 2 2 とオーミック層 2 6 の間の隙間に渡ってアーク放電しないようシステムを設計しなければならない。これを実現させる一つ的手段として、少なくとも真空中に近い状態（例えば、10 - 3 トルから 10 - 4 トル）でこの処理が行われ、電気熱量構造体 1 6 の移動距離（すなわち、対象物 1 2 とシンク 2 4 の間の間隔）を比較的小さくする（例えば、約数マイクロメートル以下）。これらの条件を緩和するために、電気熱量構造体 1 6 の駆動に関して他の実施形態が用いられる。例えば、電気熱量構造体 1 6 を静電駆動させる（および、そのためのオーミック層などの構成要素）代わりに、磁気駆動の構成も検討されている。この実施形態では、1 枚以上の上述のオーミック層が電磁石コイルの構造体と交換され、この電磁石コイルの構造体は、元来の形態で形成される、あるいは 1 つ以上の電気熱量構造体 1 4 および / またはヒートシンク 2 4 の表面に適用して形成されている。対応する磁気（鉄の）層を電気熱量構造体 1 4 上に、および / またはヒートシンク 2 4 上に形成して、これにより、電圧をかけることにより、磁場を形成して電気熱量構造体 1 4 を引きつけて対象物 1 2 との物理的接触から分離させ、ヒートシンク 2 4 と物理的に接触させるようにすることができる。起磁場（*m o t i v e m a g n e t i c f i e l d*）を生成するために用いられる電圧と同じ電圧を用いて、電気熱量材料内の電界も生成することができる、あるいは、上記の通り、この電圧と電界を生成するために用いられる電圧を同期させることができ、再度記載するが、電界生成を自己同期させることもできる。

10

20

30

40

50

【0025】

もちろん、本開示を考慮して、多くの変更形態、およびその他の実施形態が提示される可能性はある。例えば、オーミック層を離散電極構造体、全面層等として形成することもできる。さらに、接触する層および材料の数を変更することもできる。電気熱量構造体と、冷却される対象物および/またはヒートシンクとの間の熱伝達は、電極を介して行うことができる、あるいは、電気熱量層を形成する電気熱量材料と、冷却される対象物および/または容器との間で直接物理的に接触するよう、この構造体を設定することができる。熱伝導材料、放熱グリス、液体膜、液体の小滴、炭素ナノチューブ「ターフ」などの1枚以上の表面層を電気熱量構造体、冷却される対象物、および/またはヒートシンクのうちの1つ以上に配置して、熱的接触を向上させることが可能であることは言うまでもない。10
コイルスプリング、二重片持ちスプリング、磁気バイアスなどにより、この積層体を懸架する方法を変更することも可能である。これらの変形例はそれぞれ、冷却される対象物とヒートシンクとの間の切り替え可能な熱経路の機能を提供することが可能であり、このヒートシンクは、システムを含む材料の電気熱量効果を用いる。

【0026】

ある実施形態では、上記のタイプの電気熱量構造体は、図3に示した構造体などの多層積層構造体でよい。この構造体30は、オーミック材料32（例えば、金属）と電気熱量材料34（例えば、P(VDF-TrFE)、PZT）とが交互に配置された交互層からなる。このシステムの構成要素の材料とサイズの相関関係は、ある実施形態では、層32が約20nmから10μmで、層35が約100nmから50μmでよい。層32aおよび層32b、層32bおよび層32cなどの連続金属層は、電圧源Vと電氣的に接続して、例えば、その中に入る電気熱量の層34aおよび34b内で電界がそれぞれ生成されるようにすることができる。このような構成により、所与の電気熱量材料の体積に対して、制限された電圧以内で、高い電界を供給することが可能となる。20

【0027】

図1および図2に示された実施形態に従うと、ヒートシンク24の上のオーミック層26を不動態化してオーミック層22とオーミック層26の間の短絡を防止しなければならない。図4に示す通り、例えば、オーミック層26の上に誘電層36を塗布することによりこれを実現可能である。あるいは、オーミック層22がその上に塗布される不活性層を備えてもよい、またはオーミック層22とオーミック層26の両方を不動態化してもよい。30

【0028】

図5A～図5Cには、各動作の3つの異なる状態における、本開示の別の実施形態50が示されている。上記の実施形態と同様に、実施形態50には、冷却される対象物54とヒートシンク56の間に配置された電気熱量構造体52が含まれる。電界バイアスが全くかからないように、電気熱量構造体52は、1つ以上のスプリング66または同様の懸架機構により懸架されている。電気熱量構造体52は、実質的に冷却される対象物54とヒートシンク56の間で懸架されるが、必ずしもこれらとは接触していない（あるいは、前に記載した通り、電界が完全にかからない状態で、電気熱量構造体52は、冷却される対象物54とヒートシンク56のどちらかと、部分的にまたは完全に接触してもよい）。本実施形態では、電気熱量構造体52には第1のオーミック層58および第2のオーミック層60が設けられ、そして対象物54にはオーミック層62が設けられ、さらにヒートシンク56にはオーミック層64が設けられている。所望の電圧極性を印加することができるように、各オーミック層は電圧供給と接続する。あるいは、再度記載するが、静電駆動のためのオーミック層に代わりに、電磁駆動のためのコイルおよびそれに対応する磁気層、またはその他の構造を用いることも可能である。40

【0029】

本実施形態の動作では、種々のオーミック層に電圧がかけられていないとき、電気熱量構造体52は、対象物54とヒートシンク56の両方の間で、かつ、それらから離れて配置されている。これを図5Aに示す。層62が第1の極性を有し層58、60、および6 50

4 がこれと反対の第 2 の極性を有するよう電圧をかけると、静電引力により電気熱量構造体 5 2 と対象物 5 4 が物理的に接触する。これを図 5 B に示す。層 5 8 および層 6 0 に印加される極性が同じであるため、電気熱量構造体には電界は生成されない。次いで、電気熱量構造体 5 2 は、対象物 5 4 から熱エネルギーを受け取ることができる。層 5 8、6 2、および 6 4 が第 2 の極性を有し、層 6 0 が第 1 の極性（反対の極性）を有するよう電圧をかけると、静電引力により電気熱量構造体 5 2 は対象物 5 4 との物理的接触位置から離れ、ヒートシンク 5 6 と物理的に接触する。これを図 5 C に示す。層 5 8 および層 6 0 に印加された電圧は互いに反対の極性を有する。したがって、これにより、電気熱量効果のため電気熱量構造体 5 2 の温度が上昇する。次いで、ヒートシンク 5 6 は、電気熱量構造体 5 2 から熱エネルギーを受け取ることができる。

10

【0030】

図 6 A および図 6 B には、本開示の実施形態 7 0 がさらに示されている。この実施形態 7 0 には、電気熱量材料を含む第 1 の層 7 4、および電気活性重合体を含む第 2 の層 7 6 から形成される積層構造体 7 2 が含まれる。電気活性重合体では非対称な歪が発生し、したがって、電界にさらされると屈曲する。第 1 の電極 7 8 は電気熱量材料層 7 4 上に配置され、第 2 の電極 8 0 は電気活性重合体層 7 6 上に配置される。コモン電極 7 9 を電極 7 8 と電極 8 0 の間に、必要に応じて誘電層を介して、配置することができる。これらの電極 7 8 および 8 0 は、それぞれ電圧源 V 1 および V 2 と電気的に接続し、これらの電圧源 V 1 および V 2 は、層 7 4 および 7 6 の各層内に所望の強さの電界を生成するための十分な電圧を電極 7 8 と電極 7 9 の間、および電極 7 9 と電極 8 0 の間にかけることが可能である。これらの電界により、電気熱量効果および電気活性重合体の屈曲を通して、電気熱量材料の温度が変化可能となる。

20

【0031】

この積層構造体 7 2 は、冷却される対象物 8 2 とヒートシンク 8 4 の間に配置される。最初に、電極 7 8 と電極 7 9 の間、および電極 7 9 と電極 8 0 の間に電圧がかけられていないとき（または、少なくとも、電気活性重合体層 7 6 を屈曲させるためには不十分な電界しか生成されていないとき）、積層構造体 7 2 は、対象物 8 2 と接触して（あるいは、このような対象物につながる低い熱抵抗率の経路と接触して）配置される。これを図 6 A に示す。この位置で、積層構造体 7 2 は対象物 8 2 からいくらかの熱エネルギーを受け取り、効率的に対象物 8 2 を冷却する。電気活性材料層 7 6 の上で電気熱量材料層 7 4 を片持ち支持することなどにより、またはその他の同様な構成で、電気熱量材料層 7 4 が、対象物 8 2（および、この構造体の状態によっては、シンク 8 4）と直接物理的に（すなわち、熱的に）接触できるよう、電気熱量材料層 7 4 および電気活性層 7 6 を随意的に設定することができる。

30

【0032】

上述した通り、本実施形態に従うと、電圧源 V 1 および電圧源 V 2 により、層 7 4 および層 7 6 の各層の中にそれぞれ独立した電界が生成される。温度変化と積層構造体 7 2 の動作が自己同期するよう、これらの電圧の生成は協働して制御される。あるいは単一の電圧源（図示せず）が、電極 7 8 と電極 8 0 の間で単一の電界を生成して、電気熱量材料 7 4 内の温度を変化させ、かつ電気活性重合体 7 6 を物理的に屈曲させることができるように、層 7 4 および層 7 6（および場合によっては電極など）の材料および寸法を選択可能である。

40

【0033】

次いで、層構造体 7 2 が対象物 8 2 との接触位置から離れてヒートシンク 8 4 と接触するように、電極 7 9 と電極 8 0 の間に（電圧源 V 2 により供給された）電圧をかけ十分に高い電界を生成して、電気活性重合体層 7 6 を屈曲させることが可能である（すなわち、ヒートシンクにつながる低い熱抵抗率の経路）。これを図 6 B に示す。電圧源 V 1 から供給される、電極 7 8 と電極 7 9 の間の第 2 の電圧により、電気熱量材料 7 4 の温度も上昇する。層構造体 7 2 の正味温度がヒートシンク 8 4 の温度を超えると、層構造体 7 2 からヒートシンク 8 4 に熱エネルギーが伝達される。次いで、電極 7 8 と電極 7 9 の間の電圧

50

、および電極 79 と電極 80 の間の電圧を下げる、あるいは取り除いて、層構造体 72 の温度を下げ、対象物 82 との接触位置に戻すことが可能であり、この処理を繰り返す。このように、電気熱量材料 74 および電気活性重合体 76 は、自己同期して作動する。電圧を周期的に変動させることにより、この構造体を用いて（冷たい）対象物 82 から熱を繰り返し抽出し、その熱をヒートシンク 84 に戻すことができる。

【0034】

電極 78 と電極 80 の間の電圧を低下させるタイミングと波形を制御して、層構造体 72 とヒートシンク 84 の間の熱エネルギーの伝達を最適化することができる。例えば、層構造体 72 からの熱の抽出および、したがって、装置および処理の熱効率を最大にするために、例えば、センサ 86 により、層構造体の温度およびヒートシンク 84 の温度が互いの設定閾値内であると感知されたとき、この電圧を下げるのが可能である。さらに、電圧の印加を止めた後、すぐに電気活性重合体 76 の弛緩が行われなことを考慮すると、2つの温度が設定弁別閾に達したときに層構造体 72 がヒートシンク 84 から引き離されるように、電圧の下降パターンまたは波形を用いて、例えば、積層構造体の温度とヒートシンク 84 の温度が互いに接近したときに、電圧を下げるができる。

【0035】

このように、上記の例は、ずっと熱エネルギー源とシンクの間に配置された個々の電気熱量構造体に限定されてきたが、本明細書で開示された実施形態の変形例に従うと、電気熱量構造体および中間構造体のアレイを、熱エネルギー源とシンクの間に配置することができる。例えば、図 7A および図 7B を参照すると、実施形態 90 が示されている。この実施形態 90 には、冷却される対象物 92、ヒートシンク 94、および複数の電気熱量構造体 96a および 96b などが含まれる。上記で議論した通り、種々の電気熱量構造体 96a および 96b などは、固定したオーミック層（図示せず）を含むことができ、次に、これらのオーミック層が不動態化されて、静電駆動の実施形態内の短絡を防ぐことができる。

【0036】

図 7A には、第 1 の電気熱量構造体 96a が冷却される対象物 92 と熱的に接触し、第 2 の電気熱量構造体 96b からは物理的に分離した、装置の一構成が示されている。構造体 96c が、次に、構造体 96b と熱的に接触するが、構造体 96d からは物理的に分離する。このように、これらの電気熱量構造体は一对で熱的接触をしている。最後の電気熱量構造体 96e は、ヒートシンク 94 から物理的に分離している（本明細書では、5つの電気熱量構造体のパターンに限定されず、任意の数だけ繰り返すことができるが）。

【0037】

図 7A に示される第 1 の構成は、スプリングなどの物理的バイアスにより、あるいは冷却される対象物 92 と第 1 の電気熱量構造体 96a との間にかけられる第 1 の電圧、および第 2 の電気熱量構造体 96b と第 3 の電気熱量構造体 96c との間にかけられる第 2 の電圧などにより、あるいは、上記に記載した通り、別の機構により生成される静電力により作動することができる。

【0038】

図 7A に示す構成では、電気熱量構造体 96b および 96d 全体に渡って比較的高い電圧がかけられ、電気熱量構造体 96a、96c、および 96e 全体に渡って電圧をかけない、あるいは比較的低い電圧がかけられて、電気熱量構造体 96a の温度が冷却される対象物 92 の温度より低く、かつ電気熱量構造体 96c の温度が電気熱量構造体 96b の温度より低く、かつ電気熱量構造体 96e の温度が電気熱量構造体 96d の温度より低くなるようにする。このように、対象物 92 から構造体 96a に、かつ構造体 96b から構造体 96c に、かつ構造体 96d から構造体 96e に熱が伝達される。

【0039】

いくつかの実施形態では、構造体 96b および構造体 96d の全体に渡る比較的高い電圧が、熱的に接続する種々の構成要素間で静電引力を生成する電圧と同じでよい。このように、上記に記載した通り、この装置は「自己同期」する。

【 0 0 4 0 】

上記に記載した通り、温度ベースの制御システムにより、あるいは、他の何らかの機構により決定された、固定した一定時間、熱が伝達された後、システムの構成は、図 7 B に示される第 2 の構成に変更される。実施形態によっては、構造体 9 6 a と構造体 9 6 b の間、構造体 9 6 c と構造体 9 6 d の間、および構造体 9 6 e とヒートシンク 9 4 の間に電圧をかけることによりこれを実行するものもある。いくつかの実施形態では、対象物 9 2 と構造体 9 6 a の間の静電電圧、構造体 9 6 b と構造体 9 6 c の間の静電電圧、構造体 9 6 d と構造体 9 6 e の間の静電電圧は低下する。その他の実施形態では、磁力、電気活性重合体、または上記に記載したその他の手段により、構成間の熱伝達を実行する。

【 0 0 4 1 】

10

第 2 の構成では、電気熱量構造体 9 6 a、9 6 c、および 9 6 e の全体に渡って比較的高い電圧をかけて、それらの温度を上げるようにし、電気熱量構造体 9 6 b および 9 6 d の全体に渡って電圧をかけないで、あるいは比較的低い電圧をかけて、構造体 9 6 b の温度が構造体 9 6 a の温度より低く、かつ構造体 9 6 d の温度が構造体 9 6 c の温度より低く、かつヒートシンク 9 4 の温度が構造体 9 6 e の温度より低くなるようにする。このように、構造体 9 6 a から構造体 9 6 b に、構造体 9 6 c から構造体 9 6 d に、および構造体 9 6 e からヒートシンク 9 4 に熱は伝達される。

【 0 0 4 2 】

種々の実施形態では、構造体 9 6 a、9 6 c、および 9 6 e の全体に渡る比較的高い電圧は、熱的に接続する種々の構成要素間で静電引力を生成する電圧と同じでよく、この電圧により電気活性重合体が起動される、あるいは磁気手段またはその他の起動手段が付勢される。

20

【 0 0 4 3 】

再度記載するが、図 7 A および図 7 B には、5 つの電気熱量構造体 9 6 a、9 6 b、9 6 c、9 6 d、および 9 6 e が示されているが、これは単に本開示の一般的な趣旨を説明するための一実施形態に過ぎず、これより多いまたは少ない電気熱量構造体を有するシステムを使用することも可能である。

【 0 0 4 4 】

上記の種々の実施形態に関連して図示し説明した通り、電気熱量構造体は片持ち支持タイプのスプリングにより一方から懸架可能である。この構成は理解を容易にするために示しており、多くの潜在的な懸架の実施形態のうちの一例に過ぎない。懸架する方法には、コイルスプリング、複数の片持ち支持スプリング、磁気バイアスなどにより変更することが可能である。例えば、図 8 に示す実施形態 1 0 0 では、第 1 のスプリング 1 0 8 a および第 2 のスプリング 1 0 8 b (または、図 8 の平面に延在する付加的なスプリング、あるいは別のスプリング (図示せず)) により、電気熱量構造体 1 0 2 を熱エネルギー源 1 0 4 とシンク 1 0 6 との間で複数の側面から同等に懸架することが可能である。別の例として図 9 に示す通り、実施形態 1 1 0 に従うと、電気熱量構造体 1 1 2 の下に配置されたスプリング 1 1 8 により、電気熱量構造体 1 1 2 を熱エネルギー源 1 1 4 とシンク 1 1 6 の間で懸架することが可能である。これらの実施形態では、スプリングおよび表面の導電性および不能動化は、静電式、磁気式、電気活性式などの上記のどの駆動方法も可能となるよう決定される。図 1 0 には、さらに別の実施形態 1 2 0 が示されており、この実施形態 1 2 0 に従うと、電気熱量構造体 1 2 2 が熱エネルギー源 1 2 4 とシンク 1 2 6 の間に第 1 のスプリング 1 2 8 a および第 2 のスプリング 1 2 8 b により上辺と底辺から懸架されている。明示的に示されていない、これらの懸架の構成およびその他の懸架の構成の組み合わせも、本明細書では検討される。これらの種々の実施形態により、様々な懸架の構成が検討されることが示され、これらの実施形態自体は、本開示の特許請求の範囲を制限するものではない。

30

40

【 0 0 4 5 】

上記では冷却機能を説明してきたが、その他に、本明細書で開示されたシステムおよび方法では、加熱機能も提供可能であることは言うまでもない。例えば、冷却される対象物

50

の代わりに、熱源を供給することができる。電気熱量装置の温度を制御する電界を印加した状態で、熱源と加熱される対象物の間の電気熱量装置の動作を同期させて再度制御することにより、この電気熱量装置は熱源から加熱される対象物に熱を往復させることができる。電気熱量装置が、熱源との熱的接触位置にあるとき電界は存在することができず、電気熱量装置は最初に熱源よりも冷却されている。この電気熱量装置は、熱源から熱を受け取り、次いで、上記の方法および構造体によって、加熱される対象物との熱的接触位置まで移動することができる。この電気熱量装置に電界を印加して、その温度を加熱される対象物の温度より高くし、それにより、電気熱量装置から、加熱される対象物への熱の伝達が可能になる。電気熱量装置の温度を制御する電界（複数可）と、電気熱量装置の動作を制御する電界（複数可）とは、同じ電圧から生成された同じ電界、あるいは別々の電圧供給の共同制御などにより、同期された電界でもよく、そのようなシステムが「自己同期」システムである。この電気熱量装置を熱源との熱的接触位置に戻すことができ、再度記載するが、上記の通り、この処理を繰り返す。

10

【0046】

第1の層が第2の層または基板の「上」または「上方」に配置されると言うとき、第1の層が第2の層または基板に直接接触している、あるいは、第1の層と第2の層または基板の間に、層また数枚の層を介していてもよいということは言うまでもない。さらに、第1の層が第2の層または基板の「上」または「上方」に配置されると言うとき、第1の層は、第2の層または基板全体、あるいは第2の層または基板の一部を覆い得る。例えば、熱伝導材料、放熱グリス、液体金属の小滴のアレイ、または別の同様の処理を上記の選択した層または構造体の上下に加えることにより、電気熱量材料と熱源/ヒートシンクとの間の熱伝達を容易にすることが可能である。

20

【0047】

現代の電気装置における物理学およびそれらの生産方法は絶対的なものではなく、むしろ所望の装置および/または所望の結果を導くための統計的な努力である。たとえ処理の再現性に最大限の注意が払われたとしても、製造施設の清浄性、開始材料および加工材料の純度などにより、結果はばらついたり不完全になったりする。したがって、本開示の明細書または請求項における制限は、絶対として読み取ることはできない、あるいは、読み取らないものとする。これらの請求項の制限とは、それらの制限までの、あるいは、それらの制限を含む本開示の境界を規定することを意図する。これをさらに強調すると、「実質的に」という用語は、本明細書では請求項の制限と関連して時折使用され得る（ばらつき、および不完全品に関する考慮は、この用語と共に使用される制限のみに限定されないが）。本開示自体の制限として正確に規定することは難しいが、この用語は「大体において」、「ほぼ実施可能な」、「技術的制限内で」などと解釈されることを意図される。

30

【0048】

前述の説明では、例および変形例が提示されてきたが、膨大な数の変形例が存在し、これらの例は単なるそれらの代表であり、本開示の範囲、適用性、または構成を多少なりとも制限することを意図していないということは理解されよう。上記に開示された種々のおよびその他の特徴および機能、あるいはその代替手段は、望ましくは、様々なシステムまたは適用例に組合せることが可能である。現在予期していない、または予見していない種々の代替形態、修正形態、変更形態、あるいは、その中の、またはその上の改良形態が、今後当業者により行われる可能性があるが、それらも下記の請求項に包含されることを意図するものとする。

40

【0049】

したがって、前述の説明が当業者に本開示を実施するための有益な指針を提供し、説明された例の機能および構成に対する種々の変更は、その請求項により規定される本開示の趣旨および範囲から逸脱することなく実行可能であることは考慮されるものとする。

【図 1】

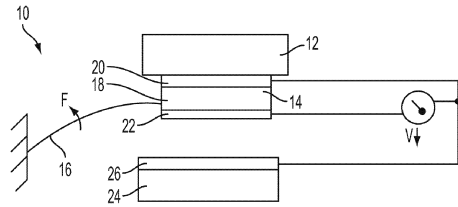


図 1

【図 2】

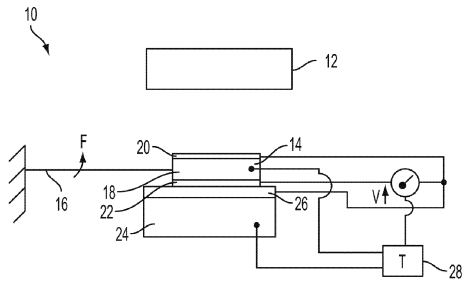


図 2

【図 3】

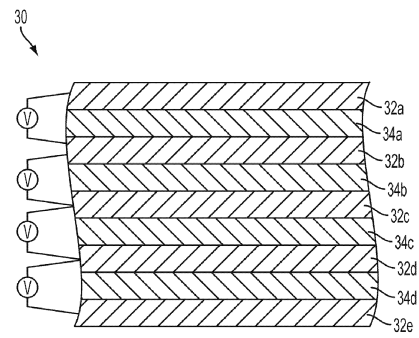


図 3

【図 4】

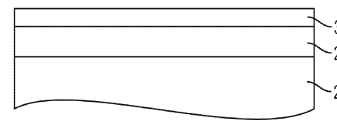


図 4

【図 5 A】

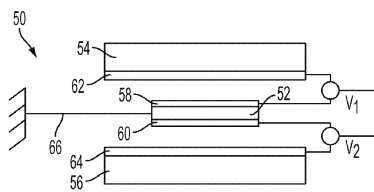


図 5 A

【図 6 A】

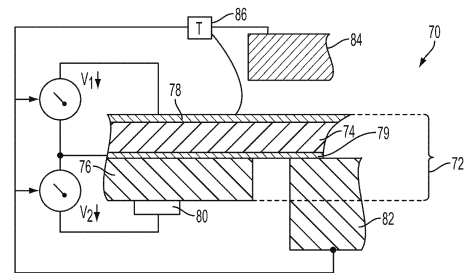


図 6 A

【図 5 B】

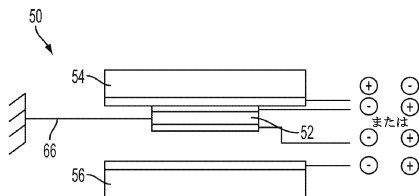


図 5 B

【図 6 B】

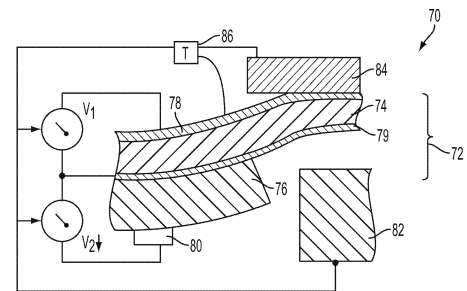


図 6 B

【図 5 C】

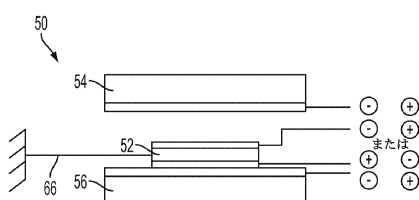


図 5 C

【図 7 A】

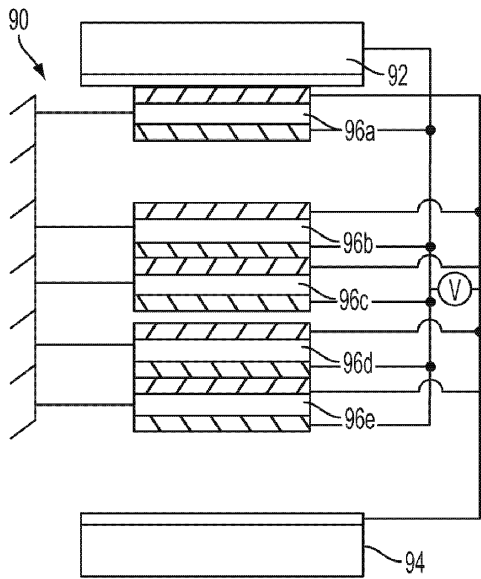


図 7 A

【図 7 B】

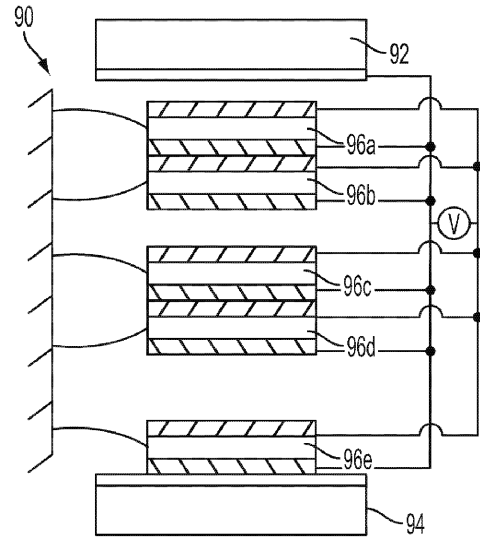


図 7 B

【図 8】

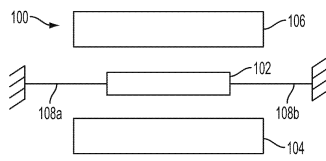


図 8

【図 9】

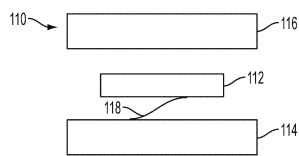


図 9

【図 10】

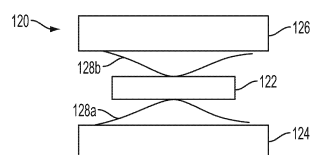


図 10

フロントページの続き

- (72)発明者 ディヴィッド・イー・シュワルツ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 7 0 サン・カルロス アランデル・ロード 1 3 2
(72)発明者 ダーク・デ・ブルカー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 2 8 サンノゼ ボンペイ・ドライブ 1 4 9 6

審査官 西山 真二

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2011/0146308(US, A1)
特開2013-160460(JP, A)
特公昭61-027670(JP, B2)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F 2 5 B 2 1 / 0 0 - 2 1 / 0 4