

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6937546号
(P6937546)

(45) 発行日 令和3年9月22日(2021.9.22)

(24) 登録日 令和3年9月2日(2021.9.2)

(51) Int.CI.

F 1

F25B 21/02 (2006.01)

F 25 B 21/02

F25B 21/00 (2006.01)

F 25 B 21/00

H01L 37/02 (2006.01)

H 01 L 37/02

請求項の数 10 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2015-107143 (P2015-107143)

(22) 出願日 平成27年5月27日(2015.5.27)

(65) 公開番号 特開2016-5429 (P2016-5429A)

(43) 公開日 平成28年1月12日(2016.1.12)

審査請求日 平成30年5月7日(2018.5.7)

審判番号 不服2019-9124 (P2019-9124/J1)

審判請求日 令和1年7月8日(2019.7.8)

(31) 優先権主張番号 14/306,871

(32) 優先日 平成26年6月17日(2014.6.17)

(33) 優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 504407000

パロ アルト リサーチ センター イン
コーポレイテッド
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94
304 パロ アルト カイオーテ ヒル
ロード 3333

(74) 代理人 100094569

弁理士 田中 伸一郎

(74) 代理人 100109070

弁理士 須田 洋之

(74) 代理人 100067013

弁理士 大塚 文昭

(74) 代理人 100086771

弁理士 西島 幸喜

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】能動再生を用いる電気熱量システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対象からヒートシンクに熱を移動させることにより、前記対象を冷却するシステムであつて、

第1の電気熱量キャパシタと、

前記第1の電気熱量キャパシタと隣接する第2の電気熱量キャパシタであつて、隣接することにより、前記第1の電気熱量キャパシタと第2の電気熱量キャパシタとの間で熱の移動が可能になる、第2の電気熱量キャパシタと、を含み、

前記第1の電気熱量キャパシタには第1の電界がかけられ、前記第2の電気熱量キャパシタには第2の電界がかけられ、

前記第1の電界と前記第2の電界とは、前記第1の電気熱量キャパシタ及び前記第2の電気熱量キャパシタが、前記第1の電気熱量キャパシタと前記第2の電気熱量キャパシタとの間で切替え可能な電圧源に接続されることにより、相補的な関係を有し、それにより、前記第1の電界および前記第2の電界が、前記それぞれの電気熱量キャパシタにかけられると、強められる第1の電界に従って、前記第1の電気熱量キャパシタの温度が上がり、弱められる第2の電界に従って、前記第2の電気熱量キャパシタの温度が下がる、あるいは、弱められる第1の電界に従って、前記第1の電気熱量キャパシタの温度が下がり、強められる第2の電界に従って、前記第2の電気熱量キャパシタの温度が上がり、

前記第1の電気熱量キャパシタに対して、前記第2の電気熱量キャパシタを第1の方向に移動させ、前記第2の電界を弱めると同時に、前記第1の電界を強めて、前記第1の電

10

20

気熱量キャパシタを前記第2の電気熱量キャパシタよりも高温にして、前記第1の電気熱量キャパシタから前記第2の電気熱量キャパシタに熱を移動させ、ここで、前記第1の電気熱量キャパシタは、その高温側から低温側まで全体にわたって温度勾配を有し、前記第2の電気熱量キャパシタは、その高温側から低温側まで全体にわたって温度勾配を有し、前記第1の方向への移動により、前記第1の電気熱量キャパシタの前記低温側付近が前記第2の電気熱量キャパシタの前記高温側付近と熱的に接触することとなり、前記第1の電気熱量キャパシタの前記低温側付近から前記第2の電気熱量キャパシタの前記高温側付近へ熱が移動し、

前記第1の電気熱量キャパシタに対して、前記第2の電気熱量キャパシタを前記第1の方向と反対の方向に移動させ、次いで、前記第1の電気熱量キャパシタにかかる電界を弱めると同時に、前記第2の電気熱量キャパシタにかかる電界を強めて、前記第2の電気熱量キャパシタを前記第1の電気熱量キャパシタよりも高温にして、前記第2の電気熱量キャパシタから前記第1の電気熱量キャパシタに熱を移動させ、ここで、前記第1の電気熱量キャパシタは、高温側から低温側まで全体にわたって温度勾配を有し、前記第2の電気熱量キャパシタは、高温側から低温側まで全体にわたって温度勾配を有し、前記第1の方向と反対の方向への移動により、前記第1の電気熱量キャパシタの前記高温側付近が前記第2の電気熱量キャパシタの前記低温側付近と熱的に接触することとなるとともに、前記第2の電気熱量キャパシタの前記高温側が前記ヒートシンクと、また前記第1の電気熱量キャパシタの前記低温側が前記対象と、それぞれ熱的に接触することとなり、前記第2の電気熱量キャパシタの前記低温側付近から前記第1の電気熱量キャパシタの前記高温側付近へ熱が移動するとともに、前記第2の電気熱量キャパシタの前記高温側からヒートシンクへ、また前記対象から前記第1の電気熱量キャパシタの前記低温側へ、それぞれ熱が移動する、

前記システム。

【請求項2】

前記第1の電気熱量キャパシタと前記第2の電気熱量キャパシタとの間に潤滑剤をさらに含む請求項1に記載のシステム。

【請求項3】

前記第1および/または第2の電気熱量キャパシタが複数の電気熱量材料を含む、請求項1に記載のシステム。

【請求項4】

前記複数の電気熱量材料が直列構成および/または層構成にある、請求項3に記載のシステム。

【請求項5】

第1の電気熱量キャパシタおよび第2の電気熱量キャパシタが交互に並んで対を成す構成に積層された複数の第1および第2の電気熱量キャパシタをさらに含む、請求項1に記載のシステム。

【請求項6】

前記交互に並んで対を成す構成にある一方または両方の電気熱量キャパシタが、同時に移動される、請求項5に記載のシステム。

【請求項7】

前記第1の電界および前記第2の電界を強くしたり、弱くしたりすることに対応させて、前記同時の移動が断続的に、あるいは連続的に発生する、請求項6に記載のシステム。

【請求項8】

前記移動がアクチュエータにより引き起こされる、請求項1に記載のシステム。

【請求項9】

前記移動が直線または回転運動を含む、請求項1に記載のシステム。

【請求項10】

対象からヒートシンクに熱を移動させることにより、前記対象を冷却する方法であって、

10

20

30

40

50

第1の電気熱量キャパシタに対して、第2の電気熱量キャパシタを第1の方向に移動させるステップであって、前記第1の電気熱量キャパシタ及び前記第2の電気熱量キャパシタが、前記第1の電気熱量キャパシタと前記第2の電気熱量キャパシタとの間で切替え可能な電圧源に接続される、前記ステップと、

前記第2の電気熱量キャパシタにかかる電界を弱くすると同時に、前記第1の電気熱量キャパシタにかかる電界を強くして、前記第1の電気熱量キャパシタを前記第2の電気熱量キャパシタよりも高温にして、前記第1の電気熱量キャパシタから前記第2の電気熱量キャパシタに熱を移動させるステップであって、前記第1の電気熱量キャパシタは、その高温側から低温側まで全体にわたって温度勾配を有し、前記第2の電気熱量キャパシタは、その高温側から低温側まで全体にわたって温度勾配を有し、前記第1の方向への移動により、前記第1の電気熱量キャパシタの前記低温側付近が前記第2の電気熱量キャパシタの前記高温側付近と熱的に接触することとなり、前記第1の電気熱量キャパシタの前記低温側付近から前記第2の電気熱量キャパシタの前記高温側付近へ熱が移動する、前記ステップと、

前記第1の電気熱量キャパシタに対して、前記第2の電気熱量キャパシタを前記第1の方向と反対の方向に移動させるステップと、

前記第1の電気熱量キャパシタにかかる電界を弱くすると同時に、前記第2の電気熱量キャパシタにかかる電界を強くして、前記第2の電気熱量キャパシタを前記第1の電気熱量キャパシタよりも高温にして、前記第2の電気熱量キャパシタから前記第1の電気熱量キャパシタに熱を移動させるステップであって、前記第1の電気熱量キャパシタは、高温側から低温側まで全体にわたって温度勾配を有し、前記第2の電気熱量キャパシタは、高温側から低温側まで全体にわたって温度勾配を有し、前記第1の方向と反対の方向への移動により、前記第1の電気熱量キャパシタの前記高温側付近が前記第2の電気熱量キャパシタの前記低温側付近と熱的に接触することとなるとともに、前記第2の電気熱量キャパシタの前記高温側が前記ヒートシンクと、また前記第1の電気熱量キャパシタの前記低温側が前記対象と、それぞれ熱的に接触することとなり、前記第2の電気熱量キャパシタの前記低温側付近から前記第1の電気熱量キャパシタの前記高温側付近へ熱が移動するとともに、前記第2の電気熱量キャパシタの前記高温側からヒートシンクへ、また前記対象から前記第1の電気熱量キャパシタの前記低温側へ、それぞれ熱が移動する、前記ステップと、

を含む方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、電気熱量冷却および／または電気熱量加熱に関し、より具体的には、能動再生を用いる電気熱量冷却および／または電気熱量加熱に関する。

【背景技術】

【0002】

電気熱量効果（ECE）と焦電効果は、同じ現象のことを指す。すなわち、電界の変化に関連した材料の温度変化である。冷却または冷蔵用途で材料を使用するときは、「電気熱量」という用語が一般に用いられる。電気や機械的作用を熱から発生させるために材料が使用されるときは（すなわち、熱機関として）、「焦電」という用語が用いられる。

【0003】

特定の材料、とりわけ、P(VDF-TrFE)に基づくポリマーおよびコポリマー、およびジルコン酸チタン酸鉛(PZT)などのセラミック材料は大きなECEを有することが示されている。これらの材料を用いて、低い温度から高い温度に熱を移動させることにより、冷蔵効果をもたらすことができる。また、異なる温度による電気変位の差に関連して電荷を抽出することにより、これらの材料を熱機関としても用いることもできる。

【0004】

ECEを示す材料（「ECE材料」）を冷却装置内で使用するために、装置の一方の側か

10

20

30

40

50

ら熱を抽出し、他方の側に伝えるよう、電界をかけることで引き起こされる温度変化と、熱流の指向性を作り出す何らかの手段と、を同期させることができる。これを行うための一手段として、E C キャパシタのどちらか一方の側に高い熱の伝導経路を交互に作成する温度スイッチを用いる。別の手段としては、再生を用いる。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0005】

能動再生を用いる電気熱量システムは、互いに隣接して配置され、その間の熱の移動を可能にする第1の電気熱量キャパシタおよび第2の電気熱量キャパシタを含む。このシステムでは、電界がかけられたときに、第1の電気熱量キャパシタの温度が上がり、第2の電気熱量キャパシタの温度が下がるよう、または逆に、相補関係にある第1の電界と第2の電界をそれぞれの電気熱量キャパシタにかける。これらの電気熱量キャパシタを互いに物理的に移動させることにより、これら2つの電気熱量キャパシタ間の熱の移動を容易にし、それに加えて、第1の電気熱量キャパシタに接続する冷却される対象から第2の電気熱量キャパシタに接続するヒートシンクに熱を移動させることができる。10

【0006】

能動再生を用いる電気熱量システムは、交互に並んで対を成す第1の電気熱量キャパシタと第2の電気熱量キャパシタの積層をさらに含むことができ、この積層では、同じ種類の電気熱量キャパシタをほぼ同時に移動させる。各電気熱量キャパシタは、誘電層が電気熱量効果を示す材料である単一層の平行板キャパシタ構造、このような単一層の積層を含む複数の層のキャパシタ構造、または異なるキャパシタ構造を有することができる。この電気熱量キャパシタの移動は、アクチュエータを使用することにより引き起こすことができる。断続的あるいは連続的に、電気熱量キャパシタを移動させ、かつ、電気熱量キャパシタに電界をかけることができる。この移動は、直線運動または回転運動でよい。熱源およびヒートシンクを電気熱量キャパシタに直接、あるいは液体熱交換連結または固体熱交換連結を介して連結することができる。20

【0007】

能動再生を介して電気熱量冷却を行う方法は、第1の電気熱量キャパシタに対して、第2の電気熱量キャパシタを第1の方向に移動させるステップを含む。また、この方法は、第2の電気熱量キャパシタにかかる電界を弱く抑えると同時に、第1の電気熱量キャパシタにかかる電界を強くして、第1の電気熱量キャパシタから第2の電気熱量キャパシタに熱を移動させるステップも含む。この方法は、第1の電気熱量キャパシタに対して、第2の電気熱量キャパシタを、第1の方向と反対の方向に、移動させるステップをさらに含む。また、この方法は、第1の電気熱量キャパシタにかかる電界を弱く抑えると同時に、第2の電気熱量キャパシタにかかる電界を強くして、第2の電気熱量キャパシタから第1の電気熱量キャパシタに熱を移動させるステップも含む。30

【0008】

これに加えて、この方法は、第1の電気熱量キャパシタを熱源に連結させるステップと、第2の電気熱量キャパシタをヒートシンクに連結させるステップと、を含むことができる。第2の電気熱量キャパシタの移動、および電界の調整は、断続的に、あるいは連続的に行うことができる。40

【0009】

上記の概説は、各実施形態または全ての実装形態の説明を意図したものではない。下記の詳細な説明および請求項を添付図面と併せて参照することにより、より完全な理解が明らかとなり、得られるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1A】図1Aは、本明細書に開示される種々の実施形態に従った、能動再生を介して電気熱量冷却を行うシステムを示す図である。

【図1B】図1Bは、本明細書に開示される種々の実施形態に従った、能動再生を介して50

電気熱量冷却を行うシステムを示す図である。

【図1C】図1Cは、本明細書に開示される種々の実施形態に従った、能動再生を介して電気熱量冷却を行うシステムを示す図である。

【図2A】図2Aは、本明細書に開示される種々の実施形態に従った、能動再生を介して電気熱量冷却を行うシステムを示す図である。

【図2B】図2Bは、本明細書に開示される種々の実施形態に従った、能動再生を介して電気熱量冷却を行うシステムを示す図である。

【図3A】図3Aは、本明細書に開示される種々の実施形態に従った、能動再生を介して電気熱量冷却を行うシステムに関連し得る波形の一例を示す図である。

【図3B】図3Bは、本明細書に開示される種々の実施形態に従った、能動再生を介して電気熱量冷却を行うシステムに関連し得る波形の一例を示す図である。 10

【図4A】図4Aは、本明細書に開示される種々の実施形態に従った、電気熱量キャパシタの複数の積層を組み込んだ、能動再生を介して電気熱量冷却を行うシステムを示す図である。

【図4B】図4Bは、本明細書に開示される種々の実施形態に従った、電気熱量キャパシタの複数の積層を組み込んだ、能動再生を介して電気熱量冷却を行うシステムを示す図である。

【図5A】図5Aは、本明細書に開示される種々の実施形態に従った、固体連結ブロックを組み込んだ、能動再生を介して電気熱量冷却を行うシステムを示す図である。

【図5B】図5Bは、本明細書に開示される種々の実施形態に従った、固体連結ブロックを組み込んだ、能動再生を介して電気熱量冷却を行うシステムを示す図である。 20

【図6A】図6Aは、本明細書に開示される種々の実施形態に従った、能動再生を介して電気熱量冷却を行うシステムの別の構成を示す図である。

【図6B】図6Bは、本明細書に開示される種々の実施形態に従った、能動再生を介して電気熱量冷却を行うシステムの別の構成を示す図である。

【図7A】図7Aは、本明細書に開示される種々の実施形態に従った、能動再生を用いて焦電工エネルギーを回収するシステムを示す図である。

【図7B】図7Bは、本明細書に開示される種々の実施形態に従った、能動再生を用いて焦電工エネルギーを回収するシステムを示す図である。

【図7C】図7Cは、本明細書に開示される種々の実施形態に従った、能動再生を用いて焦電工エネルギーを回収するシステムを示す図である。 30

【発明を実施するための形態】

【0011】

これらの図面の縮尺は必ずしも一定ではない。これらの図面において、同様の参照番号は、同様の構成要素を示す。しかし、所与の図面内の構成要素を指すために参照番号を用いることは、他の図面の同じ参照番号で示されている構成要素を限定することを意図するものではないことは理解されよう。

【0012】

次に図1A～図1Cを参照すると、能動再生を介して電気熱量冷却を行うシステム200の概略図が示されている。このシステム200は、第1のECキャパシタ202および第2のECキャパシタ204を供給する。この第2のECキャパシタ204にかけられる電界と、第1のECキャパシタ202にかけられる電界とは相補関係にあるため、第2のECキャパシタ204の温度が上がると、第1のECキャパシタ202の温度は下がり、逆もまた同様である。なお、図1Cは、種々のシステムのフェーズ中の各ECキャパシタ202および204全域の温度を分かり易くするための温度スケールを提供している。また、図1A～図1Cには、各キャパシタ202および204内の個別のセクションが示されているが、これらのセクションは、実際は、異なる温度で最適に機能するよう調整された異なるEC材料でよい。あるいは、これらのセクションは、同種のEC材料全体の温度勾配を示しているセクションと同種のEC材料でよい。

【0013】

10

20

30

40

50

図1Aには、システム200の再生フェーズが示されている。再生フェーズ中は、第1のECキャパシタ202は、比較的高温であり（強い電界がかけられている）、第2のECキャパシタ204は、比較的低温である（弱い電界がかけられている）。第1のECキャパシタ202から第2のECキャパシタ204に熱が移動する。なお、第1のECキャパシタ202および第2のECキャパシタ204はそれぞれ、複数の電気熱量材料212を含む。この構成では、複数の電気熱量材料212は直列に、すなわち並んで方向付けされているが、電気熱量材料は層を成してもよい、あるいは、混ぜ合わされて所望の電気熱量の機能を有する所望の電気熱量キャパシタを形成してもよい。

【0014】

図1Bには、システム200の熱移動フェーズが示されている。熱移動フェーズ中は、第2のECキャパシタ204は、第1のECキャパシタ202の固定位置に対してシフトしている、または、移動している、すなわち、特定の用途に好適になるように、ECキャパシタ202および204のどちらか一方、または両方を移動させることができる。さらに、熱移動フェーズ中は、第2のECキャパシタ204は比較的高温であり（強い電界がかけられている）、第1のECキャパシタ202は比較的低温である（弱い電界がかけられている）。そのため、第2のECキャパシタ204から第1のECキャパシタ202に熱が移動する。それに加えて、熱移動フェーズでは、第2のECキャパシタ204の高温側が、高い温度 T_h でヒートシンク206と接触し、第1のECキャパシタ202の低温側が、低い温度 T_c で冷却される対象208と接触する（ $T_c < T_h$ ）。図1Aおよび図1B内の垂直方向の矢印は、熱流の方向を示している。なお、2つのキャパシタ202および204の温度は一定ではなく、各キャパシタ202および204の全体に渡って常に温度勾配が存在する、すなわち、右が高温で左が低温である。

【0015】

同様に、図2Aおよび図2Bには、第1のECキャパシタ202および第2のECキャパシタ204を有するシステム200が示されている。図2Aは、システム200の再生フェーズを示しており、電圧源210により第1のECキャパシタ202には強い電界がかけられており、第2のECキャパシタ204には電圧源が無いことで示されている弱い電界がかけられ、第2のECキャパシタ204を比較的に低温に保っている。側面の矢印は、ECキャパシタ（複数可）202および204をずらす移動を示しており、どちらか一方または両方ずらすことができる。垂直方向の矢印は、第1のECキャパシタ202から第2のECキャパシタ204への熱の移動の方向を示している。

【0016】

図2Bには、システム200の熱移動フェーズが示されており、第2のECキャパシタ204には電圧源210により生成された強い電界がかけられ、第1のキャパシタ202には電圧源が無いことで示されている弱い電界がかけられている。第2のECキャパシタ204の高温側にはヒートシンク206が再度供給され、第1のECキャパシタ202の低温側には冷却される対象208が再度供給されている。垂直方向の矢印は、再度熱の移動の方向を示している。図2Aおよび図2Bでは、各ECキャパシタが電気熱量ポリマー、電気熱量コポリマー、および／または電気熱量セラミックを含むことができる、1つ以上のEC材料212から作成されていることをさらに強調させている。ポリマーは、一般に、弾性率が低く、セラミックはもろい性質を有し得る。したがって、金属箔またはその他の補強材で、ECキャパシタを補強する必要があることがある。

【0017】

図1および図2に示されている、システム200が行う能動再生を介する電気熱量冷却は、（1）一方の方向に移動させるステージと、（例えば、第2のECキャパシタ204を第1のECキャパシタ202に対して左方向に移動させる）（2）2つの電界のうちの第1の電界を強め、もう一方の電界は弱く保つステージと、（例えば、第1のECキャパシタ202にかけられる電界を強める）（3）他方の方向に移動させるステージと、（例えば、第2のECキャパシタ204を第1のECキャパシタ202に対して移動させる）（4）2つの電界のうちの第2の電界を強め、もう一方の電界は弱く保つステージと（例

10

20

30

40

50

えば、第2のECキャパシタ204にかけられる電界を強める)、の4つのステージで構成されている。各ステップでは、個別の移動と電界の変更が行われているが、システム200は、これらを連続して行うこともできる。

【0018】

図3Aには、個別の移動および電界の変化に関する波形が示されており、具体的には、時間に対する、位置、第1のECキャパシタ202にかけられる電界、および第2のECキャパシタ204にかけられる電界が示されている。図3Bは、連続する移動および電界の変化に関する波形を示しており、具体的には、時間に対する、位置、第1のECキャパシタ202にかけられる電界、および第2のECキャパシタ204にかけられる電界が示されている。図3Bにはランプ波形が示されているが、システム200が適切に同期されている限り、他の種類の連続波形、例えば正弦波、の可能性もあることに留意されたい。10

【0019】

図1および図2には、ECキャパシタ層を2つ(202および204)だけ有するシステム200の例示的な実施形態が示されているが、実際には、多くの層のECキャパシタを積層することができる。図4Aおよび図4Bには、複数の第1のECキャパシタ、例えば、202(a)~202(d)が複数の第2のECキャパシタ204(a)~204(d)と交互に並ぶ、システム200の例示的な実施形態が示されている。もう一度繰り返すが、側面の矢印は移動の方向を示し、垂直方向の矢印は熱の移動の方向を示している。ヒートシンク206および冷却される対象208も、図4Bの構成に組み込まれている。特定の用途に対する好適な構成として、あらゆる数のECキャパシタ層を用いることができる。20

【0020】

ECキャパシタ202および204の一方または両方の移動は、モータまたはその他のアクチュエータで実現することができる。積層を形成するECキャパシタの場合、交互に並ぶECキャパシタ層を互いに取り付けて、ほぼ均一で、同時に起こる移動を提供することができる。ECキャパシタ層間の良好な熱的接触を可能にするために、かつ移動している間の摩擦を抑えるために、各ECキャパシタ層の間に潤滑剤の層を供給することができる。潤滑剤は、熱伝導性油を含むことができる、あるいは、潤滑剤は、その他の全ての好適な油または液体潤滑剤および/またはグラファイトなどの固体潤滑剤、あるいは熱伝導性材料または断熱性材料の粒子を含む油を含むことができる。EC電気容量の層に関する移動の長さ(すなわち、移動させる距離)、EC電気容量の層の厚さ、電界を生成する電圧などは、材料およびシステムの選択に依存し、したがって、特定の用途に対して適切に選択される。30

【0021】

ヒートシンク206および冷却される対象208を、特定の用途に対して好適な全てのやり方でシステム200に接続させることができる。例えば、循環液またはその他のポンプを用いた液体冷却を通して、ヒートシンク206および対象208をシステム200に接続させることができる。その他の例示的な実施形態では、金属ブロック222の形態など、固体により連結することもできる。図5Aおよび図5Bを参照すると、図5Aでは、ECキャパシタ層202および204は、金属ブロック222に隣接して配置され、図5Bでは、移動することにより、ECキャパシタが金属ブロック222と接触して熱の移動を発生させる。次に、金属ブロック222をヒートシンク、および冷却される対象、および/または空気熱交換器または循環液などに連結することができる。本明細書にはシステム200の接続装置の例が記載されるが、その他の全ての好適な熱交換機構を用いてシステム200を接続することができる。40

【0022】

上記の開示では、線形の往復運動を行うECキャパシタの線形の構成に焦点を当ててきたが、ECキャパシタとそれらの移動は、線形運動または往復運動である必要はないことに留意されたい。例えば、ECキャパシタは、くさび形、ハーフディスクなどのディスク50

の一部でよく、その移動は回転運動でもよい。図6Aを参照すると、回転運動が可能な、熱伝達材料224内のくさび形の構成を有するシステム200が示されている。図6Bは、図6Aの第1のECキャパシタ202および第2のECキャパシタ204の断面図であり、第2のECキャパシタ204は第1のECキャパシタ202に対して回転運動が可能である。

【0023】

本明細書に記載されるシステム200の種々の実施形態では、より能動的な材料体積を通した、より高い電力密度、および／または、より高い温度の上昇、ならびにより効率的な熱の移動を通した、より高い仕事率という利点が提供され得る。

【0024】

あるいは、上記のコアシステムを、焦電熱機関として構成することができる。焦電熱機関の構成では、電気熱量材料の代わりに焦電材料が用いられる。この焦電材料は、熱エネルギーの回収を最適化するよう選択される。上記の冷却構成とは対照的に、高温側で装置により熱が吸収され、低温側では廃棄される。冷却構成では高い電圧を供給していたが、熱機関構成では負荷がこれにとって代わる。これらの負荷は、インピーダンスを有する受動負荷または能動負荷でよい、すなわち、キャパシタの移動と同期する電圧である。

【0025】

図7A～図7Cには、能動再生を用いて焦電発電を行うシステム700が示されている。このシステム700は、第1の焦電(PE)キャパシタ702および第2のPEキャパシタ704を供給する。熱源706およびヒートシンク708も供給される。なお、図7Cは、種々のシステムのフェーズ中の各PEキャパシタ702および704全域の温度を分かり易くするための温度スケールを提供している。また、図7A～図7Cには、各キャパシタ702および704内の個別のセクションが示されているが、これらのセクションは、実際は、異なる温度で最適に機能するよう調整された異なるPE材料でよい、あるいは、これらのセクションは、同種のPE材料全体の温度勾配を示しているセクションと同種のPE材料でよいことに留意されたい。

【0026】

図7Aは、焦電熱機関内の熱力学サイクルの1つのフェーズを示している。PEキャパシタ702が移動し、それにより、その高温側が熱源706と連通し、それと同時にPEキャパシタ702が熱を吸収するようその電圧が下がる。同時に、PEキャパシタ702と連通するPEキャパシタ704は、その電圧が上がり、それにより、PEキャパシタ704では、熱は拒否されPEキャパシタ702に移動する。図7Bに示される通り、第2のフェーズでは、PEキャパシタ702が移動し、それにより、その低温側がヒートシンク708と連通する。PEキャパシタ702の電圧が上がり、それにより、PEキャパシタ702では熱は拒否され、ヒートシンク708、および電圧が下がっているPEキャパシタ704に移動する。この焦電効果により、サイクルごとにシステムに供給される、電荷に電圧を乗じた正味の電気エネルギーは、抽出されるエネルギーより少なくなる。このように、この装置は熱機関として動作する。焦電キャパシタ、熱源、およびヒートシンクのその他の構成が可能であり、その他の焦電エネルギー回収サイクルも可能である。

【0027】

本明細書で開示されるシステム、装置、または方法は、本明細書に記載される特徴、構造、方法、またはそれらの組み合わせのうちの1つ以上を含むことができる。例えば、装置または方法を実装して、上記の特徴、および／またはプロセスのうちの1つ以上を含むことができる。そのような装置または方法は、本明細書に記載される、特徴および／またはプロセスの全てを含む必要はないが、そのような装置または方法を実装して、有用な構造および／または機能を提供する、選択された特徴および／またはプロセスを含むことができることが意図される。

【0028】

上記の開示された実施形態に対して種々の修正および追加が可能である。したがって、本開示の範囲は上記の特定の実施形態により制限されないものとし、下記に記載された請

求項およびその等価物によりのみ規定されるものとする。

【図1A】

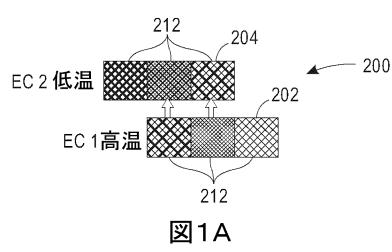


図1A

【図1C】

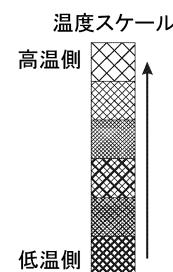


図1C

【図1B】

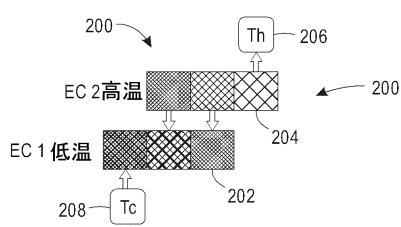


図1B

【図2A】

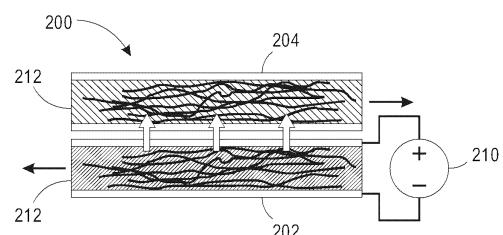


図2A

【図2B】

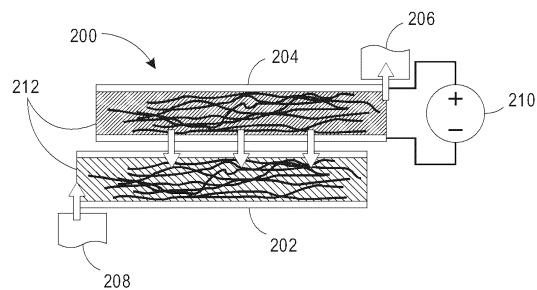


図2B

【図3B】

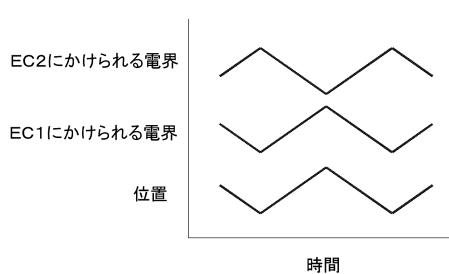


図3B

【図3A】

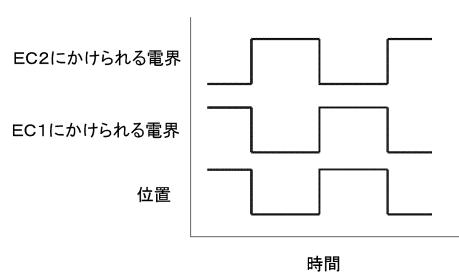


図3A

【図4A】

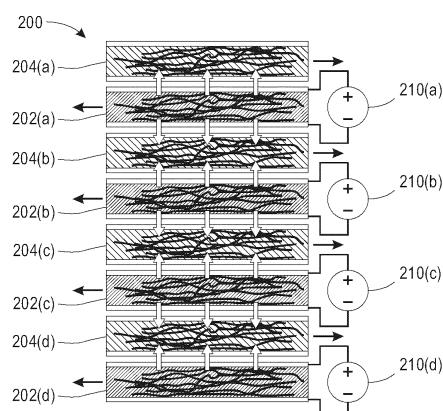


図4A

【図4B】

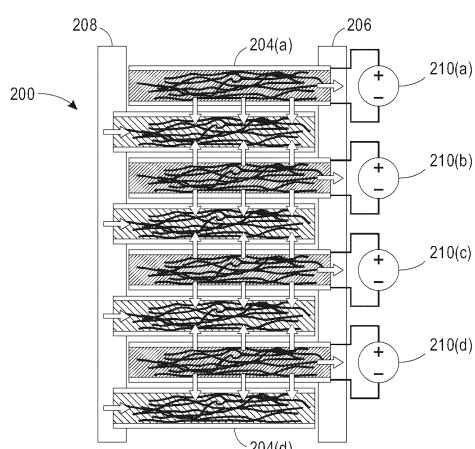


図4B

【図5A】

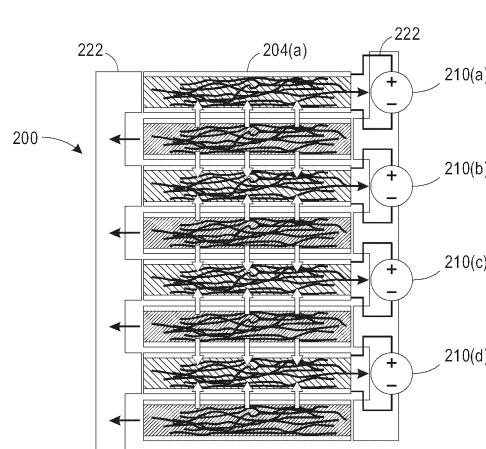


図5A

【図5B】

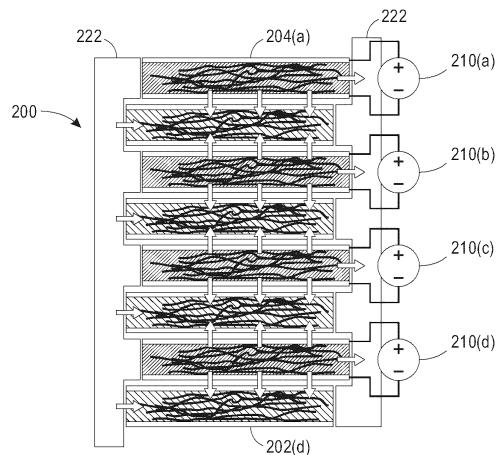


図5B

【図6A】

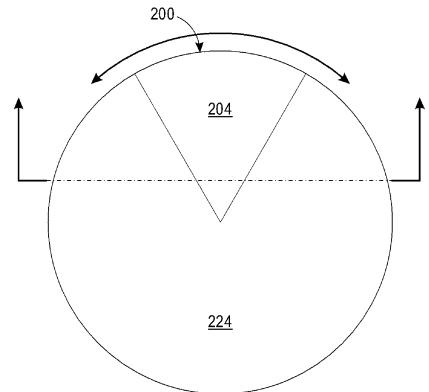


図6A

【図6B】

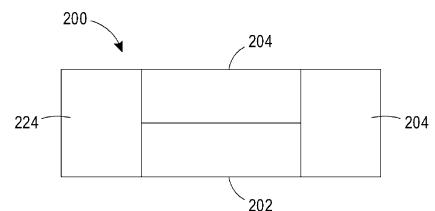


図6B

【図7A】

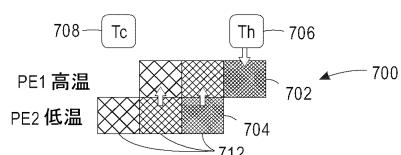


図7A

【図7C】

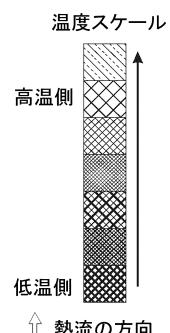


図7C

【図7B】

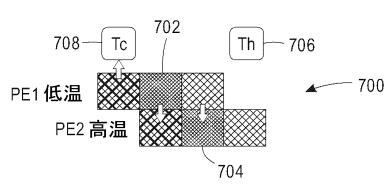


図7B

フロントページの続き

(74)代理人 100109335
弁理士 上杉 浩

(74)代理人 100120525
弁理士 近藤 直樹

(74)代理人 100139712
弁理士 那須 威夫

(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 94070 サン・カルロス アランデル・ロード 132

合議体

審判長 柿崎 拓
審判官 佐々木 芳枝
審判官 小川 恭司

(56)参考文献 特表2014-518371(JP,A)
特開2013-160460(JP,A)
特開2006-135074(JP,A)
特開2002-303465(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F25B 21/00
H02N 11/00
H01L 37/02
F25B 21/02