

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3796498号  
(P3796498)

(45) 発行日 平成18年7月12日(2006.7.12)

(24) 登録日 平成18年4月21日(2006.4.21)

(51) Int. Cl. F I  
**FO2G 1/055 (2006.01)** FO2G 1/055 E  
**FO2G 1/053 (2006.01)** FO2G 1/053 Z  
**F28F 21/04 (2006.01)** F28F 21/04

請求項の数 8 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2003-371147 (P2003-371147)	(73) 特許権者	503361400
(22) 出願日	平成15年10月30日(2003.10.30)		独立行政法人 宇宙航空研究開発機構
(65) 公開番号	特開2005-133653 (P2005-133653A)		東京都調布市深大寺東町七丁目4番地1
(43) 公開日	平成17年5月26日(2005.5.26)	(73) 特許権者	000005821
審査請求日	平成18年2月10日(2006.2.10)		松下電器産業株式会社
早期審査対象出願			大阪府門真市大字門真1006番地
		(73) 特許権者	501204525
			独立行政法人海上技術安全研究所
			東京都三鷹市新川6丁目38番1号
		(74) 代理人	100092200
			弁理士 大城 重信
		(74) 代理人	100110515
			弁理士 山田 益男
		(74) 代理人	100108567
			弁理士 加藤 雅夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スターリングエンジン

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

スターリングエンジンにおいて、高温部と、該高温部と低温部をつなぐ部分を別材質で形成して一体に接合してなり、前記高温部を耐熱性が高くかつ熱伝導率の高い耐熱・高熱伝導性材料で一体構造に形成し、且つ前記高温部と低温部をつなぐ部分は動作ガス流れと接する部材からなり、熱伝導率の低い耐熱・低熱伝導性材料で形成したことを特徴とするスターリングエンジン。

【請求項2】

スターリングエンジンにおいて、高温部と、該高温部と低温部をつなぐ部分を別材質で形成して一体に接合してなり、前記高温部は、膨張空間ヘッド部と高温側熱交換器本体を耐熱性が高くかつ熱伝導率の高い同一の耐熱・高熱伝導性材料で一体に成形してなることを特徴とするスターリングエンジン。

【請求項3】

前記高温部を形成する耐熱・高熱伝導性材料が、炭化珪素系セラミックス、窒化珪素系セラミックス、窒化アルミニウム系セラミックス又はアルミナ系から選択されるセラミックス、又はこれらのセラミックスと金属の傾斜機能材料である請求項1又は2に記載のスターリングエンジン。

【請求項4】

前記高温部と低温部をつなぐ部分が、熱伝導率の低い耐熱・低熱伝導性材料で形成されている請求項2に記載のスターリングエンジン。

## 【請求項 5】

前記高温部と低温部をつなぐ部分を形成する前記耐熱・低熱伝導性材料が、酸化珪素系、コーライト系、マイカ系、チタン酸アルミニウム系又は石英系から選択されるセラミックス、又はこれらのセラミックスと金属との傾斜機能材料である請求項 1 又は 4 に記載のスターリングエンジン。

## 【請求項 6】

前記スターリングエンジンが、ディスプレイサピストンとパワーピストンが同一のシリンダに配置されている型スターリングエンジンである請求項 1 又は 2 に記載のスターリングエンジン。

## 【請求項 7】

前記スターリングエンジンが、ディスプレイサピストンとパワーピストンが独立した異なるシリンダに配置されている型スターリングエンジンである請求項 1 又は 2 に記載のスターリングエンジン。

## 【請求項 8】

前記スターリングエンジンが、膨張シリンダに配置された膨張ピストンと、圧縮シリンダに配置された圧縮ピストンの 2 つの独立したピストンを有する型スターリングエンジンである請求項 1 又は 2 に記載のスターリングエンジン。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、スターリングエンジン、特に高効率化を図ったスターリングエンジンに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

スターリングエンジンの理論熱効率は、高温部と低温部の温度のみによって決まり、高温部の温度を高く、低温部の温度を低くすればする程熱効率が低い。そして、スターリングエンジンはクローズサイクルであり、動作ガスを外部より加熱・冷却を行なうので、動作ガスの加熱及び冷却は高温部及び低温部の壁面を通して行う必要があり、高温部及び低温部での熱交換率を高めるためには熱伝導率の高い材料が必要である。動作ガスとしては、通常ヘリウムガスや水素ガスが使用されており、高圧で循環しているため、動作ガスの流路は、耐熱性と共に耐圧性・耐酸化・耐食性、高クリープ強度、高熱疲労強度を有することが要求される。そのため、従来、シリンダ及び高温側熱交換器を構成するヒータ管として、耐食性・耐熱性に優れている HR 30、SUS 310S、インコネル（登録商標）、ハステロイ（登録商標）等の耐熱合金鋼を用いているが非常に高価であるという問題点がある。しかも、その場合でも、高温部を構成する部材及び高温部からの受熱により高温となる部材は、金属材料により加熱温度に制限を受けてしまう。例えば、動作ガスの圧力が 3 MPa にも達する高圧条件下では、先に述べた金属材料のクリープの発生により、耐久性の観点から加熱温度は 700 程度までの温度が限界と考えられており、それ以上の加熱温度の高温化による高効率化を困難にしている。

さらに、従来のスターリングエンジンでは高温部を、伝熱面積をかせぐために動作ガスが通過する多数の耐熱合金管を膨張空間ヘッド部に、口ウづけや溶接で接合して突出させて形成する必要があり、シール不良によるもれが発生しやすく、多数の耐熱合金管を必要とすることから、構造体として、複雑になり、コスト高となっている。

## 【0003】

一方、スターリングエンジンにおいて高温部と低温部をつなぐ部材は、高温部端が高温で低温部端で低温を維持し、温度差の大きい状態を維持することが要求され、高温部の高温と低温部の低温が隣接することになるため、断熱性が高く熱伝導率が低い部材で構成することが望ましい。しかしながら、従来のスターリングエンジンでは、高温部と低温部をつなぐ部材は耐熱性・熱伝導性に優れている高ニッケル鋼やステンレス材料からなる高温部と一体部材で構成しているため、高温部と低温部をつなぐ部材壁を通じた熱伝導により

10

20

30

40

50

、大きな熱損失が発生するという問題点がある。

このように、高温部を構成する材質は、耐熱性に優れ、一方においては高い熱伝導性を有し、他方において、高効率の観点から高温部と低温部をつなぐ部材は低い熱伝導性を有するという、相反する特性が要求されるが、従来のスターリングエンジン構造では、この相反する要求を同時に満たすのは不可能であるので、何れかを犠牲にしなければならなかった。

#### 【0004】

そのような技術的背景のもとで、スターリングエンジンの熱効率をより上昇させる手段として、例えば、燃焼器の燃焼ガスと動作ガスとの熱交換を行う複数本のU字状のヒータ管のうち、互いに隣接する管のU字曲げ部の中心位置に段差を付けることによって、熱応力や外力を受けても相互に干渉しないようにして、各U字状管相互の均等幅の隙間を常時確保し、高温の燃焼ガスとの接触を均等に行えるようにして、高温部での熱交換効率を高めるようにしたもの（特許文献1参照）、あるいは圧縮空間と膨張空間を複数の連結管で連結して、各連結管内に低温部、再生部、高温部を順に配置し、高温部の温度分布に合わせて再生部及び低温部の諸元を自由に変えることによって、エンジン出力の向上を図ったもの（特許文献2参照）等が提案されている。さらに、他の方法として、高温部、再生器、低温部を二重シェルで囲って、二重シェル内に液体塩のような非圧縮性の断熱材料を充填することによって、作動温度と圧力を高め、再生器の効率を向上させると共に、動作流体の流れに対して直交する方向に熱伝達が増加されるようにすることが提案されている（特許文献3参照）。

【特許文献1】特開平5-172003号公報

【特許文献2】特開平6-280678号公報

【特許文献3】特表2001-505638号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

#### 【0005】

スターリングエンジンの熱効率高めるために従来提案されている上記方法は、何れも熱効率の向上には寄与するものであるが、未だ満足するものではない。

そこで、本発明は、従来と比べて大幅な熱効率の向上と熱伝導損失の低減により、高効率スターリングエンジンを得ようとするものであり、より具体的には高温部の加熱温度を従来よりも高くすることを可能とし、且つ高温部と低温部をつなぐ部材での大きな熱損失を抑えることを可能とすることにより、高効率化を達成することができるスターリングエンジンを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

#### 【0006】

上記問題点を解決する本発明のスターリングエンジンは、高温部と、該高温部と低温部をつなぐ部分を別材質で形成して一体に接合してなり、前記高温部を耐熱性が高くかつ熱伝導率の高い耐熱・高熱伝導性材料で一体構造に形成し、且つ前記高温部と低温部をつなぐ部分は動作ガス流れと接する部材からなり、熱伝導率の低い耐熱・低熱伝導性材料で形成したことを特徴とするものである。また、本発明の他のスターリングエンジンは、高温部と、該高温部と低温部をつなぐ部分を別材質で形成して一体に接合してなり、前記高温部が、膨張空間ヘッド部と高温側熱交換器本体を耐熱性が高くかつ熱伝導率の高い同一の耐熱・高熱伝導性材料で一体に成形してなることを特徴とするものである。

#### 【0007】

前記耐熱・高熱伝導性材料としては、炭化珪素系セラミックス、窒化珪素系セラミックス、窒化アルミニウム系セラミックス又はアルミナ系から選択されるセラミックス、又はこれらのセラミックスと金属の傾斜機能材料が好適に採用できる。また、前記高温部と低温部をつなぐ部分を、熱伝導率の低い耐熱・低熱伝導性材料で形成することが望ましい。該耐熱・低熱伝導性材料としては、酸化珪素系、コーライト系、マイカ系、チタン酸アルミニウム系又は石英系から選択されるセラミックス、又はこれらのセラミックスと金属

10

20

30

40

50

との傾斜機能材料が好適に採用できる。

【 0 0 0 8 】

前記スターリングエンジンは、その形式が限定されるものでなく、ディスプレイサピストンとパワーピストンが同一のシリンダに配置されている型スターリングエンジン、ディスプレイサピストンとパワーピストンが独立した異なるシリンダに配置されている型スターリングエンジン、または膨張シリンダに配置された膨張ピストンと、圧縮シリンダに配置された圧縮ピストンの2つの独立したピストンを有する型スターリングエンジン何れにも適用可能である。

【 発明の効果 】

【 0 0 0 9 】

本発明の請求項1によれば、高温部と低温部をつなぐ部材を分割構成として、高温部を耐熱性が高くかつ熱伝導率の高い耐熱・高熱伝導性材料で形成したので、高温部の温度を従来よりも高く設定することができ、効率を高めることができた。そして、請求項2の発明によれば、前記高温部を、膨張空間ヘッド部と高温側熱交換器本体が同一材質である耐熱・高熱伝導性材料で一体に成形されて形成されているので、高温側熱交換器本体を厚く一体形成することができ、従来の伝熱管のみを突出形成した高温側熱交換器に比べて耐圧構造を有し、高温部での加熱温度のより高温化を可能にすると共に、耐久性を向上させることができる。さらに、請求項4の発明によれば、前記つなぐ部分を熱伝導率の低い耐熱・低熱伝導性材料で形成したので、つなぐ部分での熱伝導による熱損失を従来と比べて大幅に低減させることができ、その結果高効率スターリングエンジンを得ることができる。そして、高温部を耐熱・高熱伝導性のセラミックス材料で、及びつなぎ部を耐熱・低熱伝導性のセラミックス材料で形成することにより、動作ガスに対する耐熱性と共に耐圧性・耐酸化・耐食性、高クリープ強度、高熱疲労強度を高めることができ、高温部での加熱温度のより高温化を可能にすると共に、耐久性を向上させることができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 0 】

以下、本発明を図面を基に詳細に説明する。図1は、本発明を型のフリーピストン型スターリングエンジンに適用した本発明の実施形態を示している。

図中、2はディスプレイサピストン、3はパワーピストン、4はシリンダ、5は高温部である高温側熱交換器、6は再生器、7は低温部であり、以上の構成要素の基本機能は従来のスターリングエンジンと同様である。そして、本実施形態では、パワーピストン3の出力により発電している場合を示し、パワーピストン3の下端に固定された端板8の端部に、永久磁石10が先端部に固定された環状リング9を直立させて、永久磁石10とシリンダ4の外周部に設けられたインナーヨーク11内に挿入固定されたコイル(図示せず)との間に発電機を構成し、パワーピストン3が往復動することによって永久磁石10が上下振動し発電するようになっている。しかしながら、パワーピストン3の出力形式は、これに限るものでなく、パワーピストン3の上下運動を回転運動や直動往復運動として出力するなど種々の用途に適用できるものであり、特に限定されない。

【 0 0 1 1 】

本実施形態では、上記構成の型のスターリングエンジン1において、ディスプレイサピストン2が摺動するシリンダ4を、上部から順に高温部5、再生器6、低温部7に対応する部分に分割して違う材質で構成している。高温部5は、シリンダ4の膨張空間ヘッド部12と高温側熱交換器本体14を構成し、熱伝導率が高く且つ耐熱性に優れているセラミックス材料で一体成形して形成されている。高温側熱交換器本体14の内部には、再生器6と膨張空間13を移動する動作ガスを加熱するために動作ガス流路15が形成され、高温側熱交換器本体14を外部より加熱することによって、動作ガス流路を通過する動作ガスを加熱するようになっている。本実施形態では、図1に示すように、動作ガス流路15に、後述する再生器6と膨張空間13を結ぶ加熱パイプ19を嵌合して、高温側熱交換器を構成しているが、耐熱・高熱伝導性セラミックスで一体成形された高温側熱交換器本体内に形成された動作ガス流路15内を直接動作ガスが移動するようによい。

10

20

30

40

50

## 【0012】

本実施形態では、高温側熱交換器本体14を熱伝導率が高く且つ耐熱性に優れている材料で形成されているので、高温側熱交換器本体14内の動作ガス流路15を通過する動作ガスを1000以上に加熱することが可能である。そして、本実施形態によれば、後述するように高温側熱交換器本体を熱伝導率が高く且つ耐熱性に優れているセラミックス又は傾斜機能材で、その内部に多数の動作ガス流路を設けて一体に成形した一体構造となっているので、従来のように、燃焼室内に動作流体が流通する多数の加熱チューブをU字状に外部突出させる必要がなく、高温側熱交換器（ヒータ）の構成を単純化できると共に、高温側熱交換器本体を厚く形成しても動作流体を効率良く加熱することができるので、高温側熱交換器本体を厚く形成して耐圧性を向上させることができる。

10

## 【0013】

熱伝導率が高く且つ耐熱性に優れている材料としては、耐熱温度が750以上で、熱伝導率が20W/mK以上であることが望ましく、炭化珪素系（SiC）、窒化珪素系（Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>）、窒化アルミニウム（ALN）系、アルミナ系（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）等のセラミックスや、これらのセラミックスと金属との傾斜機能材が好適に採用できる。SiC系セラミックスは、耐熱性、耐磨耗性、耐食性において優れた特性を有し、1000以上の高温下でも強度の低下は殆どみられない。また、SiC系セラミックスの母材の中にSiC系セラミックス繊維が埋め込まれた複合材にすることによって、より高い強度と靱性を併せ持つ材料が得られる。そして、SiC系セラミックス、ALN系セラミックスは、共に熱伝導率が100W/mK以上で熱伝導性に優れ且つ耐熱性に優れているので、高温側熱交換器本体（ヒータ）を形成するのに適している。窒化珪素系セラミックスは、共有結合性の高い物質で、機械的、熱的性質に優れている。特に、強度、靱性、耐磨耗性に優れ、膨張係数が低く熱伝導性（熱伝導率約が20～30W/mK）が高く、対衝撃性もきわめて良好であり、1000以上の高温で十分使用可能である。さらに、アルミナ系セラミックスは、耐磨耗性、絶縁性に優れ、且つ熱伝導率が約30W/mKと高く、しかも比較的安価であるという利点がある。

20

## 【0014】

再生器6は、筒状の再生器ハウジング16にその環状壁内に所定間隔毎に金網17が嵌合し動作流体が通過する孔18を、高温側熱交換器14の動作ガス流路15と連通するように形成してある。なお、本実施形態では、再生器を筒状の再生器ハウジング16に軸心と平行に所定ピッチで複数の孔18を形成して構成したが、再生器ハウジングをシリンダの内壁面となる内筒と外筒に分割し、内筒と外筒との間の環状穴に金網を嵌合して形成することも可能である。再生器ハウジング16は耐熱・低熱伝導材料で形成され、耐熱・低熱伝導材料としては、耐熱温度が750以上で、熱伝導率が10W/mK以下の材料であることが望ましく、例えば酸化珪素系（熱伝導率約1W/mK）、コージライト系（熱伝導率約1W/mK）、マイカ系（熱伝導率約2W/mK）または石英ガラス系（熱伝導率約1W/mK）等の低熱伝導セラミックスが好適に使用できる。これらのセラミックス材料はステンレスと比べて強度は約1/5程度であるので、肉厚を5倍にする必要があるが、熱伝導率が約1/16であるので、全体として熱伝導による熱損失を1/3に低減できる。

30

40

## 【0015】

また、再生器ハウジング16の材料としては、上記のセラミックス単独の場合に限らず、内壁側がマイカ、コージライト、ジルコニア、石英ガラス、チタン酸アルミニウム等の熱伝導率の低いセラミックス層、外壁側に安価でかつ強度の強い鉄材層を積層してなる複合材、あるいは外壁側となる鉄材に前記熱伝導率の低いセラミックスを溶射してなる複合材、さらには、該複合材の外側となる鉄材の表面にさらにマイカ、コージライト、ジルコニア、石英ガラス、チタン酸アルミニウム等を溶射して、外壁面に熱伝導率の低い層を形成した複合材等を採用することによって、より安価にかつ薄く形成することができる。さらには、内側面が熱伝導率の低いセラミックス層で外側が鉄材となるように厚さ方向に分子レベルで成分が変化した傾斜機能材を使用することもできる。

50

## 【0016】

本実施形態では、低温部から下方のパワーピストン3が摺動する部分までを一体にシリンダ本体20として形成し、その上方外周部に低温部(クーラ)7を構成する内筒21と外筒22を設け、内筒21と外筒22の間に動作ガスが通過する複数個の冷却パイプ23を配置して、該冷却パイプと熱交換する冷却流体を供給口24、排出口25を介して循環させて、クーラを形成している。作動流体が通過する冷却パイプ23は、従来と同様にステンレス金属材又は熱伝導性に優れたセラミックス材等、熱伝導性に優れて機械的性質に優れているものであれば、特にその材質は限定されない。冷却パイプ23の下端は、シリンダ本体20内のディスプレイサピストン2の下方位置にマニホールド26を介して連通している。

10

## 【0017】

以上のように、本実施形態では、ディスプレイサピストン2、パワーピストン3が摺動するシリンダ4を、シリンダ本体20、再生器ハウジング16、高温側熱交換器本体14に3分割して構成してあるため、その繋ぎ目のシール構造は流通する高圧動作ガスが漏洩しないために重要である。次にそのシール構造について説明する。

本実施形態では、高温側熱交換器本体(ヒータヘッド)14に取付フランジ27を形成すると共に、再生器ハウジング16の上端に取付フランジ28を対向して形成し、両者をクランプ31で固定し、且つ再生器ハウジング16の下端にも取付フランジ29を形成し、低温部7の外筒22上端に形成した取付フランジ30と共に低温部7の内筒21の上端に形成した取付フランジ30との間をクランプ32で固定して、3者を緊密に一体化している。その際、高温側の取付フランジ27から冷却側の取付フランジ28に熱が逃げてしまうおそれがあるが、両者の係合面に耐熱性・断熱性・耐食性に優れたセラミックスファイバー等のシール材を介在させることによって、再生器ハウジングへの伝熱を少なくすると共に、接合面の密封性を高めている。シール材としては、前記のようにセラミックスファイバー等で形成したパッキング等が採用できるが、高耐熱性を有するパテ状の不定形シール剤や無機接着剤も採用可能である。

20

## 【0018】

以上のように、本実施形態のスターリングエンジンでは、高温側に炭化珪素セラミックス(SiC)、窒化珪素セラミックス(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)、アルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)等のセラミックスや、これらのセラミックスと金属との複合材や傾斜機能材を使用することによって、膨張空間温度T<sub>e</sub>を1000にしても十分強度的に可能であるので、図3に示すように、低温側の温度を60とした場合、理論熱効率は73.8%に向上可能である。したがって、従来のステンレス金属材を使用した場合の膨張空間温度700の場合、理論熱効率は65.8%であるので、従来と比べて大幅に熱効率を向上させることができる。

30

## 【0019】

以上の実施形態は、本発明をディスプレイサピストンとパワーピストンが同一のシリンダに配置されている型(1)のスターリングエンジンに適用した場合について説明したが、本発明のスターリングエンジンは型(1)に限らず、型(2)又は型(3)のスターリングエンジンにも適用できる。図2(a)は、型(1)のスターリングエンジンに適用した場合、同図(b)は型(2)のスターリングエンジンに適用した場合の実施形態の概略を示している。

40

## 【0020】

図2(a)の型(1)スターリングエンジン35において、36が膨張シリンダ37内に配置された膨張ピストン(パワーピストン)、38が圧縮シリンダ39内に配置された圧縮ピストンであり、膨張シリンダ37が高温部40、再生器ハウジング41及び圧縮シリンダ本体42をそれぞれ別部材で形成して一体に構成されている。高温部40及び再生器ハウジング41の構成は前記実施形態と同様な構成であり、且つそれぞれ材質も前記実施形態と同様な材質を採用して構成してあるので、詳細な説明は省略する。圧縮シリンダ39は、圧縮ピストンヘッド部と圧縮シリンダ本体44を別部材で形成して一体に構成してなり、圧縮ピストンヘッド部が低温部43となっており、該低温部に膨張シリンダ37の再

50

生器ハウジング 4 1 の下部から動作ガス流路 4 4 が形成され、冷却側熱交換器を構成している。

【 0 0 2 1 】

図 2 ( b ) は、本実施形態の 型のスターリングエンジン 5 0 を示し、ディスプレイサピストン 5 1 とパワーピストン 5 2 が異なるシリンダに配置されている。ディスプレイサピストン 5 1 が配置されているシリンダ 5 3 は、図 1 に示す実施形態と同様に、高温部 5 5、再生器ハウジング 5 6 及び低温部 5 7 から構成され、それぞれを別々の材料で形成して、一体に接合している。即ち、高温部 5 5 は膨張空間ヘッド部と高温側熱交換器本体が耐熱・高熱伝導性材料で一体に形成され、再生器ハウジング 5 6 は耐熱・低熱伝導性材料で形成され、低温部 5 7 は低温側熱交換器を構成して高熱伝導性材料で形成されている。そして、低温部の一端がパワーピストン 5 2 が配置されているシリンダ 5 8 の動作ガス流路 6 0 を介して圧縮空間と連通している。

10

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 2 2 】

本発明のスターリングエンジンは、その出力形態により大型・小型を問わず種々分野で利用可能であり、例えばリニア型の発電機、圧縮機、その他の回転機関や直動機関として利用でき、また宇宙での太陽エネルギーを利用した太陽電池よりも効率の良い高効率の発電機として利用可能である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 3 】

【 図 1 】 本発明の実施形態に係るスターリングエンジンの正面断面図である。

【 図 2 】 本発明の他の実施形態に係るスターリングエンジンの模式図であり、( a ) は 型、( b ) は 型のスターリングエンジンをそれぞれ示している。

【 図 3 】 スターリングエンジンにおける膨張空間温度と理論熱効率との関係を示す線図である。

20

【 符号の説明 】

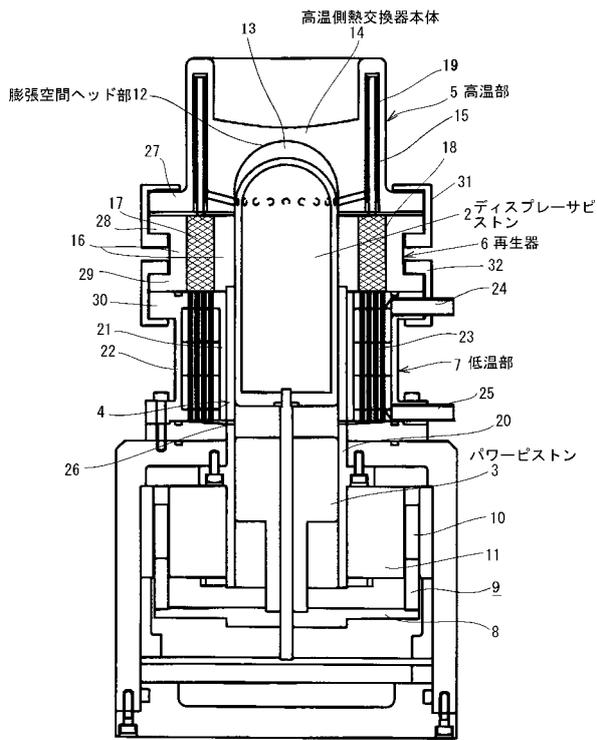
【 0 0 2 4 】

- 1、35、50 スターリングエンジン
- 2、51 ディスプレサピストン
- 3、52 パワーピストン
- 4、53、58 シリンダ
- 5、40、55 高温部
- 7、43、57 低温部
- 6 再生器
- 10 永久磁石
- 11 インナーヨーク
- 12 膨張空間ヘッド部
- 13 膨張空間
- 14 高温側熱交換器本体
- 15、44、60 動作ガス流路
- 16、41、56 再生器ハウジング
- 20 シリンダ本体
- 21 内筒
- 22 外筒
- 27、28、29、30 取付フランジ
- 31、32 クランプ
- 36 膨張ピストン
- 38 圧縮ピストン
- 59 圧縮空間

30

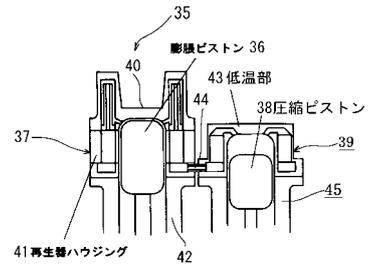
40

【 図 1 】

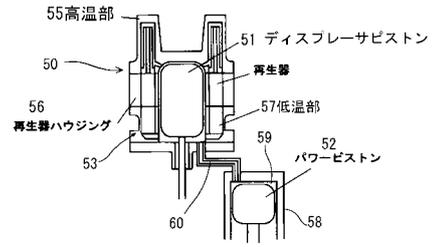


【 図 2 】

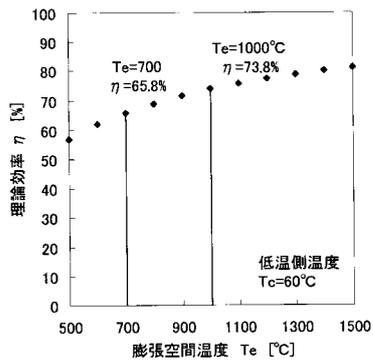
(a)



(b)



【 図 3 】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100084607

弁理士 佐藤 文男

(72)発明者 星野 健

東京都調布市深大寺東町7 - 4 4 - 1 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構内

(72)発明者 赤澤 輝行

大阪府門真市大字門真1 0 0 6番地 松下電器産業株式会社内

(72)発明者 平田 宏一

東京都三鷹市新川6丁目3 8番1号 独立行政法人 海上技術安全研究所内

(72)発明者 川田 正國

東京都三鷹市新川6丁目3 8番1号 独立行政法人 海上技術安全研究所内

審査官 植村 貴昭

(56)参考文献 特開2 0 0 3 - 2 1 4 7 1 7 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

F 0 2 G 1 / 0 5 5

F 0 2 G 1 / 0 5 3

F 2 8 F 2 1 / 0 4