

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7666388号
(P7666388)

(45)発行日 令和7年4月22日(2025.4.22)

(24)登録日 令和7年4月14日(2025.4.14)

(51)国際特許分類

H 04 R 23/00 (2006.01)
F 25 B 9/00 (2006.01)

F I

H 04 R 23/00
F 25 B 9/00

3 1 0
Z

請求項の数 6 (全18頁)

(21)出願番号 特願2022-63441(P2022-63441)
(22)出願日 令和4年4月6日(2022.4.6)
(65)公開番号 特開2023-154240(P2023-154240)
A)
(43)公開日 令和5年10月19日(2023.10.19)
審査請求日 令和6年2月15日(2024.2.15)

(73)特許権者 000004260
株式会社デンソー
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(74)代理人 110000648
弁理士法人あいち国際特許事務所
丹羽 三信
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式
会社デンソー内
審査官 中村 天真

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 热音変換器

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**

熱音響現象を利用して熱を音波に変換する熱音変換器(1)であつて、
第1外周部(23)の内周側に形成されて前記音波が通過する第1音波通路(21)、
及び前記第1外周部に形成されて第1流体(F1)が流通する高温側流路(22)を有する加熱器(2)と、

第2外周部(33)の内周側に形成されて前記音波が通過する第2音波通路(31)、
及び前記第2外周部に形成されて前記第1流体よりも温度が低い第2流体(F2)が流通する低温側流路(32)を有する冷却器(3)と、

前記加熱器と前記冷却器との間に配置され、複数のセル壁(44)の間に形成されて前記第1音波通路及び前記第2音波通路を介して前記音波が通過する中間音波通路(41)を有する蓄熱器(4)と、を備え、

前記加熱器及び前記冷却器のうちの少なくとも一方には、前記第1外周部又は前記第2外周部の内周側に設けられて前記第1音波通路又は前記第2音波通路を複数に仕切る伝熱部(24, 34)が設けられており、

前記蓄熱器における、前記中間音波通路の形成方向に沿った軸線方向(L)に直交する断面内の、前記伝熱部と対向する位置には、前記セル壁よりも厚く、かつ前記中間音波通路の一部を塞いで前記伝熱部との伝熱を行うための伝熱壁部(43)が形成されており、前記伝熱壁部は、前記セル壁と同質の材料によって、前記蓄熱器における、前記伝熱部と対向する前記軸線方向の端部に形成されている、熱音変換器。

【請求項 2】

熱音響現象を利用して熱を音波に変換する熱音変換器（1）であって、
 第1外周部（23）の内周側に形成されて前記音波が通過する第1音波通路（21）、及び前記第1外周部に形成されて第1流体（F1）が流通する高温側流路（22）を有する加熱器（2）と、
 第2外周部（33）の内周側に形成されて前記音波が通過する第2音波通路（31）、及び前記第2外周部に形成されて前記第1流体よりも温度が低い第2流体（F2）が流通する低温側流路（32）を有する冷却器（3）と、
 前記加熱器と前記冷却器との間に配置され、複数のセル壁（44）の間に形成されて前記第1音波通路及び前記第2音波通路を介して前記音波が通過する中間音波通路（41）を有する蓄熱器（4）と、を備え、
 前記加熱器及び前記冷却器のうちの少なくとも一方には、前記第1外周部又は前記第2外周部の内周側に設けられて前記第1音波通路又は前記第2音波通路を複数に仕切る伝熱部（24, 34）が設けられており、
 前記蓄熱器における、前記中間音波通路の形成方向に沿った軸線方向（L）に直交する断面内の、前記伝熱部と対向する位置には、前記セル壁よりも厚く、かつ前記中間音波通路の一部を塞いで前記伝熱部との伝熱を行うための伝熱壁部（43）が形成されており、前記伝熱部と前記伝熱壁部との間には、前記伝熱部を構成する材料及び前記伝熱壁部を構成する材料よりも軟質な材料によって構成された熱伝導材（461, 462）が挟まれている、熱音変換器。

10

20

【請求項 3】

前記伝熱壁部は、前記セル壁と同質の材料によって、前記蓄熱器の前記軸線方向の全長にわたって又は前記蓄熱器における、前記伝熱部と対向する前記軸線方向の端部に形成されている、請求項2に記載の熱音変換器。

【請求項 4】

熱音響現象を利用して熱を音波に変換する熱音変換器（1）であって、
 第1外周部（23）の内周側に形成されて前記音波が通過する第1音波通路（21）、及び前記第1外周部に形成されて第1流体（F1）が流通する高温側流路（22）を有する加熱器（2）と、
 第2外周部（33）の内周側に形成されて前記音波が通過する第2音波通路（31）、及び前記第2外周部に形成されて前記第1流体よりも温度が低い第2流体（F2）が流通する低温側流路（32）を有する冷却器（3）と、
 前記加熱器と前記冷却器との間に配置され、複数のセル壁（44）の間に形成されて前記第1音波通路及び前記第2音波通路を介して前記音波が通過する中間音波通路（41）を有する蓄熱器（4）と、を備え、
 前記加熱器及び前記冷却器のうちの少なくとも一方には、前記第1外周部又は前記第2外周部の内周側に設けられて前記第1音波通路又は前記第2音波通路を複数に仕切る伝熱部（24, 34）が設けられており、
 前記蓄熱器における、前記中間音波通路の形成方向に沿った軸線方向（L）に直交する断面内の、前記伝熱部と対向する位置には、前記セル壁よりも厚く、かつ前記中間音波通路の一部を塞いで前記伝熱部との伝熱を行うための伝熱壁部（43）が形成されており、前記伝熱部の内部には、前記高温側流路又は前記低温側流路から分岐して前記第1流体又は前記第2流体が流通する分岐流路（25, 35）が形成されている、熱音変換器。

30

40

【請求項 5】

前記伝熱壁部は、前記セル壁と同質の材料によって、前記蓄熱器の前記軸線方向の全長にわたって又は前記蓄熱器における、前記伝熱部と対向する前記軸線方向の端部に形成されている、請求項4に記載の熱音変換器。

【請求項 6】

前記第1流体は、排熱源（6）から供給される排ガス（G）の排熱を利用したものであり、

50

前記音波を利用して発電を行う熱音響発電装置（5）を構成する、請求項1～5のいずれか1項に記載の熱音変換器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、熱音変換器に関する。

【背景技術】

【0002】

熱音変換器は、熱音響現象を利用して熱を音波に変換するものである。熱音変換器による音波は、電気等の他のエネルギーにさらに変換されて用いられる。熱音変換器は、作動流体が音波として通過する蓄熱器の一端に、加熱側の熱交換器である加熱器を配置するとともに、蓄熱器の他端に、冷却側の熱交換器である冷却器を配置して構成される。そして熱音変換器は、加熱器に流通する流体と冷却器に流通する流体とによって蓄熱器の両端に発生する温度差を利用して、蓄熱器を通過する作動流体の音波を増幅させる。

10

【0003】

熱音変換器における熱音変換効率を向上させるためには、蓄熱器における作動流体が通過する通路の開口面積（開口率）を確保しつつ、加熱器における流体と作動流体との熱交換、及び冷却器における流体と作動流体との熱交換をいかに効果的に行うかが重要になる。例えば、特許文献1の熱交換部材においては、スタック（蓄熱器）と熱交換部材（熱交換器）とによって熱音変換器を構成する際に、スタックにおける、複数の微小流路を形成する流路壁と、熱交換部材の板部とが適切に接触するようにしている。そして、スタックにおける作動気体が通過する微小流路と、熱交換部材の板部とが重ならないようにし、微小流路の開口面積が減少しないようにしている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2020-125877号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

30

特許文献1においては、熱交換部材の板部をスタックの流路壁に接触させるために、板部の厚みを小さく形成する必要がある。また、特許文献1においては、熱交換部材の板部の先端部をスタックの流路壁に接触させるために、この先端部を残りの基端部分よりも細くなるようテーパ状に加工している。そして、スタックの微小流路の開口面積を大きくするためには、スタックの流路壁の厚みを小さくする必要があり、熱交換部材の板部の厚みを更に小さくする必要が生じる。このことより、熱交換部材の板部の強度が確保できないために、スタックの流路壁の厚みを小さくすることができず、スタックの微小流路の開口面積を大きくすることが難しい。

【0006】

本発明は、かかる課題に鑑みてなされたもので、蓄熱器の中間音波通路の開口面積の確保と、加熱器及び冷却器の少なくとも一方と蓄熱器との伝熱の促進とを両立させることができる熱音変換器を提供しようとするものである。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様は、

熱音響現象を利用して熱を音波に変換する熱音変換器（1）であって、

第1外周部（23）の内周側に形成されて前記音波が通過する第1音波通路（21）、及び前記第1外周部に形成されて第1流体（F1）が流通する高温側流路（22）を有する加熱器（2）と、

第2外周部（33）の内周側に形成されて前記音波が通過する第2音波通路（31）、

50

及び前記第2外周部に形成されて前記第1流体よりも温度が低い第2流体(F2)が流通する低温側流路(32)を有する冷却器(3)と、

前記加熱器と前記冷却器との間に配置され、複数のセル壁(44)の間に形成されて前記第1音波通路及び前記第2音波通路を介して前記音波が通過する中間音波通路(41)を有する蓄熱器(4)と、を備え、

前記加熱器及び前記冷却器のうちの少なくとも一方には、前記第1外周部又は前記第2外周部の内周側に設けられて前記第1音波通路又は前記第2音波通路を複数に仕切る伝熱部(24, 34)が設けられており、

前記蓄熱器における、前記中間音波通路の形成方向に沿った軸線方向(L)に直交する断面内の、前記伝熱部と対向する位置には、前記セル壁よりも厚く、かつ前記中間音波通路の一部を塞いで前記伝熱部との伝熱を行うための伝熱壁部(43)が形成されており、前記伝熱壁部は、前記セル壁と同質の材料によって、前記蓄熱器における、前記伝熱部と対向する前記軸線方向の端部に形成されている、熱音変換器にある。

本発明の他の態様は、

熱音響現象を利用して熱を音波に変換する熱音変換器(1)であって、

第1外周部(23)の内周側に形成されて前記音波が通過する第1音波通路(21)、及び前記第1外周部に形成されて第1流体(F1)が流通する高温側流路(22)を有する加熱器(2)と、

第2外周部(33)の内周側に形成されて前記音波が通過する第2音波通路(31)、及び前記第2外周部に形成されて前記第1流体よりも温度が低い第2流体(F2)が流通する低温側流路(32)を有する冷却器(3)と、

前記加熱器と前記冷却器との間に配置され、複数のセル壁(44)の間に形成されて前記第1音波通路及び前記第2音波通路を介して前記音波が通過する中間音波通路(41)を有する蓄熱器(4)と、を備え、

前記加熱器及び前記冷却器のうちの少なくとも一方には、前記第1外周部又は前記第2外周部の内周側に設けられて前記第1音波通路又は前記第2音波通路を複数に仕切る伝熱部(24, 34)が設けられており、

前記蓄熱器における、前記中間音波通路の形成方向に沿った軸線方向(L)に直交する断面内の、前記伝熱部と対向する位置には、前記セル壁よりも厚く、かつ前記中間音波通路の一部を塞いで前記伝熱部との伝熱を行うための伝熱壁部(43)が形成されており、前記伝熱部と前記伝熱壁部との間には、前記伝熱部を構成する材料及び前記伝熱壁部を構成する材料よりも軟質な材料によって構成された熱伝導材(461, 462)が挟まれている、熱音変換器にある。

本発明のさらに他の態様は、

熱音響現象を利用して熱を音波に変換する熱音変換器(1)であって、

第1外周部(23)の内周側に形成されて前記音波が通過する第1音波通路(21)、及び前記第1外周部に形成されて第1流体(F1)が流通する高温側流路(22)を有する加熱器(2)と、

第2外周部(33)の内周側に形成されて前記音波が通過する第2音波通路(31)、及び前記第2外周部に形成されて前記第1流体よりも温度が低い第2流体(F2)が流通する低温側流路(32)を有する冷却器(3)と、

前記加熱器と前記冷却器との間に配置され、複数のセル壁(44)の間に形成されて前記第1音波通路及び前記第2音波通路を介して前記音波が通過する中間音波通路(41)を有する蓄熱器(4)と、を備え、

前記加熱器及び前記冷却器のうちの少なくとも一方には、前記第1外周部又は前記第2外周部の内周側に設けられて前記第1音波通路又は前記第2音波通路を複数に仕切る伝熱部(24, 34)が設けられており、

前記蓄熱器における、前記中間音波通路の形成方向に沿った軸線方向(L)に直交する断面内の、前記伝熱部と対向する位置には、前記セル壁よりも厚く、かつ前記中間音波通路の一部を塞いで前記伝熱部との伝熱を行うための伝熱壁部(43)が形成されており、

10

20

30

40

50

前記伝熱部の内部には、前記高温側流路又は前記低温側流路から分岐して前記第1流体又は前記第2流体が流通する分岐流路(25, 35)が形成されている、熱音変換器にある。

【発明の効果】

【0008】

前記一態様の熱音変換器においては、加熱器の第1外周部及び冷却器の第2外周部の少なくとも一方の内周側には、第1音波通路又は第2音波通路を複数に仕切る伝熱部が設けられている。また、蓄熱器における、伝熱部と対向する位置には、伝熱壁部が形成されている。伝熱壁部は、中間音波通路の一部を塞ぎ、セル壁の厚みよりも厚く形成されている。そして、伝熱部と伝熱壁部とが対面して接触することにより、加熱器及び冷却器の少なくとも一方と蓄熱器との伝熱を促進することができる。

10

【0009】

また、伝熱部をセル壁に対面させる必要がなく、セル壁の厚みを大きく確保する必要がない。そのため、加熱器及び冷却器の少なくとも一方の伝熱部の強度、及び蓄熱器の伝熱壁部の強度を確保しつつ、蓄熱器における複数のセル壁の厚みを小さくして、蓄熱器の中間音波通路の開口面積を確保することができる。

【0010】

それ故、前記一態様の熱音変換器によれば、蓄熱器の中間音波通路の開口面積の確保と、加熱器及び冷却器の少なくとも一方と蓄熱器との伝熱の促進とを両立させることができる。

【0011】

なお、本発明の一態様において示す各構成要素のカッコ書きの符号は、実施形態における図中の符号との対応関係を示すが、各構成要素を実施形態の内容のみに限定するものではない。

20

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、参考形態1にかかる、ループ型の熱音響発電装置を示す説明図である。

【図2】図2は、参考形態1にかかる、熱音変換器を示す、図6のII-II断面図である。

【図3】図3は、参考形態1にかかる、熱音変換器を示す、図6のIII-III断面図である。

【図4】図4は、参考形態1にかかる、熱音変換器の蓄熱器を示す、図2のIV-IV断面図である。

30

【図5】図5は、参考形態1にかかる、図4の一部を拡大して示す断面図である。

【図6】図6は、参考形態1にかかる、熱音変換器の加熱器を示す、図2のVI-VI断面図である。

【図7】図7は、参考形態1にかかる、直管型の熱音響発電装置を示す説明図である。

【図8】図8は、実施形態2にかかる、熱音変換器を示す、図10のVIII-VIII断面図である。

【図9】図9は、実施形態2にかかる、熱音変換器を示す、図10のVIIII-VIIII断面図である。

【図10】図10は、実施形態2にかかる、熱音変換器の加熱器を示す、図8のX-X断面図である。

40

【図11】図11は、実施形態3にかかる、熱音変換器を示す、図6のII-II断面相当図である。

【図12】図12は、実施形態3にかかる、熱音変換器を示す、図6のIII-III断面相当図である。

【図13】図13は、実施形態3にかかる、図11の一部を拡大して示す断面図である。

【図14】図14は、実施形態4にかかる、熱音変換器を示す、図6のII-II断面相当図である。

【図15】図15は、実施形態4にかかる、図14の一部を拡大して示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

50

前述した熱音変換器にかかる基本構成を示す参考形態、好ましい実施形態について、図面を参照して説明する。

<参考形態 1>

本形態の熱音変換器 1 は、図 2 ~ 図 6 に示すように、熱音響現象を利用して熱を音波に変換するものである。熱音変換器 1 は、加熱器 2、冷却器 3 及び蓄熱器 4 を備える。加熱器 2 は、第 1 外周部 2 3 の内周側に形成されて音波が通過する第 1 音波通路 2 1 と、第 1 外周部 2 3 に形成されて第 1 流体 F 1 が流通する高温側流路 2 2 とを有する。冷却器 3 は、第 2 外周部 3 3 の内周側に形成されて音波が通過する第 2 音波通路 3 1 と、第 2 外周部 3 3 に形成されて第 1 流体 F 1 よりも温度が低い第 2 流体 F 2 が流通する低温側流路 3 2 とを有する。蓄熱器 4 は、加熱器 2 と冷却器 3 との間に配置されており、複数のセル壁 4 4 の間に形成されて第 1 音波通路 2 1 及び第 2 音波通路 3 1 を介して音波が通過する中間音波通路 4 1 を有する。

【0014】

加熱器 2 の第 1 外周部 2 3 の内周側には、第 1 音波通路 2 1 を複数に仕切る第 1 伝熱部 2 4 が設けられている。また、冷却器 3 の第 2 外周部 3 3 の内周側には、第 2 音波通路 3 1 を複数に仕切る第 2 伝熱部 3 4 が設けられている。図 5 に示すように、蓄熱器 4 における、中間音波通路 4 1 の形成方向に沿った軸線方向 L に直交する断面内の、各伝熱部 2 4, 3 4 と対向する位置には、加熱器 2 の第 1 伝熱部 2 4 及び冷却器 3 の第 2 伝熱部 3 4 との伝熱を行うための伝熱壁部 4 3 が形成されている。伝熱壁部 4 3 は、セル壁 4 4 の厚みよりも大きな厚みを有しており、中間音波通路 4 1 の一部を塞ぐ状態で形成されている。

【0015】

以下に、本形態の熱音変換器 1 について詳説する。

(熱音変換器 1 及び熱音響発電装置 5)

図 1 に示すように、本形態の熱音変換器 1 は、音波を利用して発電を行う熱音響発電装置 5 を構成している。熱音変換器 1 は、熱音響発電装置 5 を構成する配管の途中に 1 つ又は複数配置される。本形態の熱音響発電装置 5 は、環状に形成された環状配管 5 1 と、環状配管 5 1 の途中に配置された熱音変換器 1 と、環状配管 5 1 から分岐した分岐配管 5 2 に接続された発電機 5 3 とを備えるループ型のものである。

【0016】

熱音変換器 1 は、環状配管 5 1 を循環する作動流体 F 0 による音波を增幅させるために用いられる。熱音変換器 1 は、蓄熱器 4 の軸線方向 L の両端における温度差を利用して、気体である作動流体 F 0 を膨張収縮させることによって、作動流体 F 0 による音波を増幅する。蓄熱器 4 の軸線方向 L の両端の温度差は、加熱器 2 における第 1 流体 F 1 による蓄熱器 4 及び作動流体 F 0 の加熱と、冷却器 3 における第 2 流体 F 2 による蓄熱器 4 及び作動流体 F 0 の冷却とによって形成される。

【0017】

発電機 5 3 は、音波による振動を、電磁誘導を利用して電気に変換するリニア発電機によって構成されている。そして、熱音変換器 1 によって増幅された音波は、発電機 5 3 に利用されて電気に変換される。

【0018】

なお、熱音響発電装置 5 は、図 7 に示すように、直線状に形成された配管である直管 5 4 と、直管 5 4 の途中に配置された熱音変換器 1 と、直管 5 4 の一端に接続された音波発生器 5 5 と、直管 5 4 の他端に接続された発電機 5 3 とを備える直管型のものとしてもよい。

【0019】

(第 1 流体 F 1 及び第 2 流体 F 2)

図 1 に示すように、本形態の第 1 流体 F 1 には、排熱源 6 から供給される排ガス G の排熱を利用したものである。具体的には、第 1 流体 F 1 には、排熱源 6 から排気管 6 1 へ排出される排ガス G と熱交換を行って排ガス G の排熱によって加熱される熱媒油を用いる。排気管 6 1 には、排ガス G と熱媒油との熱交換を行うための熱交換器 6 2 が配置されてい

る。

【 0 0 2 0 】

排熱源 6 には、例えば、燃料の燃焼によって加熱を行う工業炉としての焼成炉、アルミ溶解炉等がある。排熱源 6 は、燃焼による排ガス G が排出される種々の設備としてもよい。本形態の第 2 流体 F 2 には、工場内で使用される循環水が用いられる。第 2 流体 F 2 には、排ガス G よりも温度が低い種々の流体を用いればよい。また、第 2 流体 F 2 の温度は、作動流体 F 0 の温度よりも低い。本形態の熱音変換器 1 及び熱音響発電装置 5 の作動流体 F 0 には、ヘリウム、アルゴン等の不活性ガスが用いられる。

【 0 0 2 1 】

本形態においては、蓄熱器 4 の中心軸線 O に沿った方向を軸線方向 L といい、蓄熱器 4 の中心軸線 O の周りの方向を周方向 C といい、蓄熱器 4 の中心軸線 O を中心とする放射状の方向を径方向 R という。加熱器 2 の中心軸線 O 及び冷却器 3 の中心軸線 O は、蓄熱器 4 の中心軸線 O と同一軸線上にあり、蓄熱器 4 の中心軸線 O は、加熱器 2 の中心軸線 O 及び冷却器 3 の中心軸線 O のことも示す。

10

【 0 0 2 2 】

(蓄熱器 4)

図 2、図 4 及び図 5 に示すように、蓄熱器 4 は、外周側の壁部を構成する外周壁部 4 2 と、外周壁部 4 2 の内周側において、外周壁部 4 2 に架け渡された複数の伝熱壁部 4 3 と、外周壁部 4 2 の内周側において、軸線方向 L に沿った複数の貫通孔 4 5 を形成するセル壁 4 4 とを有する。外周壁部 4 2 は、円筒形状に形成されている。

20

【 0 0 2 3 】

伝熱壁部 4 3 は、複数個が並列に並ぶ状態で、外周壁部 4 2 の径方向 R の一方側から他方側に向けて形成されている。本形態の伝熱壁部 4 3 は、セル壁 4 4 と同質の材料によって、蓄熱器 4 の軸線方向 L の全長にわたって連続して形成されている。この構成により、蓄熱器 4 の伝熱壁部 4 3 が加熱器 2 の第 1 伝熱部 2 4 及び冷却器 3 の第 2 伝熱部 3 4 に連続して接触し、蓄熱器 4 と加熱器 2 及び冷却器 3 との間の伝熱を促進することができる。伝熱壁部 4 3 は、加熱器 2 の第 1 伝熱部 2 4 と冷却器 3 の第 2 伝熱部 3 4 とに接触する状態で形成されている。伝熱壁部 4 3 の厚みは、例えば、セル壁 4 4 の厚みの 10 ~ 500 倍の厚みにすればよい。

【 0 0 2 4 】

30

セル壁 4 4 は、格子状、ハニカム状等の多角形状の壁部として形成されている。セル壁 4 4 は、蓄熱器 4 の軸線方向 L の全長にわたって連続して形成されている。セル壁 4 4 の厚みは、例えば、貫通孔 4 5 の幅の 1 / 10 ~ 1 / 2 倍の大きさにすればよい。蓄熱器 4 は、セラミックス材料によって構成されている。蓄熱器 4 は、金属材料によって構成してもよい。蓄熱器 4 の中間音波通路 4 1 は、セル壁 4 4 、外周壁部 4 2 及び伝熱壁部 4 3 によって囲まれた複数の貫通孔 4 5 によって形成されている。貫通孔 4 5 のほとんどは、交差するセル壁 4 4 に囲まれて形成されている。

【 0 0 2 5 】

蓄熱器 4 の開口率は、蓄熱器 4 の軸線方向 L に直交する断面の断面積における、中間音波通路 4 1 の開口面積、換言すれば、複数の貫通孔 4 5 の合計の開口面積として示される。本形態のセル壁 4 4 及び伝熱壁部 4 3 は、蓄熱器 4 の開口率が 50 ~ 90 % の範囲内になるように形成されている。

40

【 0 0 2 6 】

(加熱器 2)

図 2、図 3 及び図 6 に示すように、加熱器 2 は、環状に形成された第 1 外周部 2 3 と、第 1 外周部 2 3 の内周側において、複数個が並列に並ぶ状態で、第 1 外周部 2 3 の径方向 R の一方側から他方側に向けて形成された第 1 伝熱部 2 4 とを有する。第 1 外周部 2 3 の内部には、第 1 流体 F 1 が流通する高温側流路 2 2 が環状に形成されている。第 1 外周部 2 3 の径方向 R の一方側には、高温側流路 2 2 に第 1 流体 F 1 を流入させるための第 1 流路入口 2 2 1 が形成されており、第 1 外周部 2 3 の径方向 R の他方側には、高温側流路 2

50

2 から第 1 流体 F 1 を流出させるための第 1 流路出口 2 2 2 が形成されている。換言すれば、第 1 流路入口 2 2 1 と第 1 流路出口 2 2 2 とは、周方向 C に位相が 180° 異なる位置に形成されている。

【 0 0 2 7 】

加熱器 2 の複数の第 1 伝熱部 2 4 は、蓄熱器 4 の複数の伝熱壁部 4 3 と対面して接触する状態で形成されている。本形態の第 1 伝熱部 2 4 は、中実状に形成されている。本形態の第 1 伝熱部 2 4 の軸線方向 L に直交する断面の形状は、伝熱壁部 4 3 の軸線方向 L に直交する断面の形状とほぼ同じである。第 1 伝熱部 2 4 の幅は、蓄熱器 4 の伝熱壁部 4 3 の幅とほぼ同じである。第 1 伝熱部 2 4 の幅は、伝熱壁部 4 3 の幅と同じであってもよく、伝熱壁部 4 3 の幅を超えない範囲で適宜決定すればよい。

10

【 0 0 2 8 】

加熱器 2 の第 1 音波通路 2 1 は、第 1 外周部 2 3 及び第 1 伝熱部 2 4 によって囲まれた開口部分として形成されている。第 1 音波通路 2 1 は、蓄熱器 4 のセル壁 4 4 及び貫通孔 4 5 に軸線方向 L に向き合う位置に形成されている。

【 0 0 2 9 】

加熱器 2 においては、第 1 流路入口 2 2 1 から高温側流路 2 2 に流入する第 1 流体 F 1 が高温側流路 2 2 を流れる際に、第 1 外周部 2 3 及び第 1 伝熱部 2 4 が加熱される。そして、第 1 外周部 2 3 及び第 1 伝熱部 2 4 からの伝熱によって第 1 音波通路 2 1 を通過する作動流体 F 0 が加熱され、かつ、第 1 外周部 2 3 によって蓄熱器 4 が加熱されるとともに第 1 伝熱部 2 4 によって蓄熱器 4 の伝熱壁部 4 3 が加熱される。また、加熱に用いられた第 1 流体 F 1 は、高温側流路 2 2 から第 1 流路出口 2 2 2 へ流出する。

20

【 0 0 3 0 】

(冷却器 3)

図 2、図 3 及び図 6 に示すように、冷却器 3 は、環状に形成された第 2 外周部 3 3 と、第 2 外周部 3 3 の内周側において、複数個が並列に並ぶ状態で、第 2 外周部 3 3 の径方向 R の一方側から他方側に向けて形成された第 2 伝熱部 3 4 とを有する。図 6 は、加熱器 2 について示すが、冷却器 3 も加熱器 2 と同様の構造を有する。第 2 外周部 3 3 の内部には、第 2 流体 F 2 が流通する低温側流路 3 2 が環状に形成されている。第 2 外周部 3 3 の径方向 R の一方側には、低温側流路 3 2 に第 2 流体 F 2 を流入させるための第 2 流路入口 3 2 1 が形成されており、第 2 外周部 3 3 の径方向 R の他方側には、低温側流路 3 2 から第 2 流体 F 2 を流出させるための第 2 流路出口 3 2 2 が形成されている。換言すれば、第 2 流路入口 3 2 1 と第 2 流路出口 3 2 2 とは、周方向 C に位相が 180° 異なる位置に形成されている。

30

【 0 0 3 1 】

冷却器 3 の複数の第 2 伝熱部 3 4 は、蓄熱器 4 の複数の伝熱壁部 4 3 と対面して接触する状態で形成されている。本形態の第 2 伝熱部 3 4 は、中実状に形成されている。本形態の第 2 伝熱部 3 4 の軸線方向 L に直交する断面の形状は、伝熱壁部 4 3 の軸線方向 L に直交する断面の形状とほぼ同じである。第 2 伝熱部 3 4 の幅は、蓄熱器 4 の伝熱壁部 4 3 の幅とほぼ同じである。第 2 伝熱部 3 4 の幅は、伝熱壁部 4 3 の幅と同じであってもよく、伝熱壁部 4 3 の幅を超えない範囲で適宜決定すればよい。

40

【 0 0 3 2 】

冷却器 3 の第 2 音波通路 3 1 は、第 2 外周部 3 3 及び第 2 伝熱部 3 4 によって囲まれた開口部分として形成されている。第 2 音波通路 3 1 は、蓄熱器 4 のセル壁 4 4 及び貫通孔 4 5 に軸線方向 L に向き合う位置に形成されている。

【 0 0 3 3 】

冷却器 3 においては、第 2 流路入口 3 2 1 から低温側流路 3 2 に流入する第 2 流体 F 2 が低温側流路 3 2 を流れる際に、第 2 外周部 3 3 及び第 2 伝熱部 3 4 が冷却される。そして、第 2 外周部 3 3 及び第 2 伝熱部 3 4 への伝熱によって第 2 音波通路 3 1 を通過する作動流体 F 0 が冷却され、かつ、第 2 外周部 3 3 によって蓄熱器 4 が冷却されるとともに第 2 伝熱部 3 4 によって蓄熱器 4 の伝熱壁部 4 3 が冷却される。また、冷却に用いられた第

50

2 流体 F 2 は、低温側流路 3 2 から第 2 流路出口 3 2 2 へ流出する。

【 0 0 3 4 】

本形態の加熱器 2 及び冷却器 3 には、同じ形状のものが使用される。加熱器 2 の第 1 伝熱部 2 4 と冷却器 3 の第 2 伝熱部 3 4 とは、同じ形状に形成されている。

【 0 0 3 5 】

(作用効果)

本形態の熱音変換器 1 においては、加熱器 2 の第 1 外周部 2 3 の内周側には、第 1 音波通路 2 1 を複数に仕切る第 1 伝熱部 2 4 が設けられており、冷却器 3 の第 2 外周部 3 3 の内周側には、第 2 音波通路 3 1 を複数に仕切る第 2 伝熱部 3 4 が設けられている。また、蓄熱器 4 における、第 1 伝熱部 2 4 及び第 2 伝熱部 3 4 と対向する位置には、伝熱壁部 4 3 が形成されている。伝熱壁部 4 3 は、中間音波通路 4 1 の一部を塞ぎ、セル壁 4 4 の厚みよりも厚く形成されている。そして、第 1 伝熱部 2 4 及び第 2 伝熱部 3 4 と伝熱壁部 4 3 とが対面して接触することにより、加熱器 2 及び冷却器 3 と蓄熱器 4 との伝熱を促進することができる。

10

【 0 0 3 6 】

また、第 1 伝熱部 2 4 及び第 2 伝熱部 3 4 をセル壁 4 4 に対面させる必要がなく、セル壁 4 4 の厚みを大きく確保する必要がない。そのため、加熱器 2 の第 1 伝熱部 2 4 及び冷却器 3 の第 2 伝熱部 3 4 の強度、及び蓄熱器 4 の伝熱壁部 4 3 の強度を確保しつつ、蓄熱器 4 における複数のセル壁 4 4 の厚みを小さくして、蓄熱器 4 の中間音波通路 4 1 の開口面積を確保することができる。

20

【 0 0 3 7 】

それ故、本形態の熱音変換器 1 によれば、蓄熱器 4 の中間音波通路 4 1 の開口面積の確保と、加熱器 2 及び冷却器 3 と蓄熱器 4 との伝熱の促進とを両立させることができる。中間音波通路 4 1 の開口面積を確保することにより、熱を音に変換する熱音変換効率を適切に確保することができる。

【 0 0 3 8 】

また、セル壁 4 4 の厚みを小さくしても、伝熱壁部 4 3 の厚みが大きいことにより、加熱器 2 及び冷却器 3 と蓄熱器 4 との伝熱を効果的に行うことができる。また、加熱器 2 の第 1 伝熱部 2 4 及び冷却器 3 の第 2 伝熱部 3 4 が伝熱壁部 4 3 と同じ断面形状に形成されていることにより、第 1 伝熱部 2 4 及び第 2 伝熱部 3 4 によって蓄熱器 4 の中間音波通路 4 1 が遮られない。そして、本形態の熱音変換器 1 の構成により、熱音変換効率を最大化することができる。

30

【 0 0 3 9 】

なお、加熱器 2 の第 1 伝熱部 2 4 及び冷却器 3 の第 2 伝熱部 3 4 との一方は、形成されていなくてもよい。つまり、蓄熱器 4 の伝熱壁部 4 3 に接触する伝熱部は、加熱器 2 又は冷却器 3 の一方のみに形成されていてもよい。

【 0 0 4 0 】

< 実施形態 2 >

本形態は、加熱器 2 の第 1 伝熱部 2 4 及び冷却器 3 の第 2 伝熱部 3 4 の構造が、参考形態 1 と異なる場合について示す。具体的には、図 8 ~ 図 10 に示すように、加熱器 2 の複数の第 1 伝熱部 2 4 の内部には、第 1 外周部 2 3 の高温側流路 2 2 から分岐して第 1 流体 F 1 が流通する第 1 分岐流路 2 5 がそれぞれ形成されている。加熱器 2 において、第 1 流路入口 2 2 1 から高温側流路 2 2 に流入する第 1 流体 F 1 は、高温側流路 2 2 を流れるとともに高温側流路 2 2 から分岐して複数の第 1 分岐流路 2 5 へ流れる。また、高温側流路 2 2 を流れる第 1 流体 F 1 と、複数の第 1 分岐流路 2 5 を流れる第 1 流体 F 1 とは、第 1 流路出口 2 2 2 の付近において合流して、第 1 流路出口 2 2 2 から流出する。

40

【 0 0 4 1 】

図 8 ~ 図 10 に示すように、冷却器 3 の複数の第 2 伝熱部 3 4 の内部には、第 2 外周部 3 3 の低温側流路 3 2 から分岐して第 2 流体 F 2 が流通する第 2 分岐流路 3 5 がそれぞれ形成されている。図 10 は、加熱器 2 について示すが、冷却器 3 も加熱器 2 と同様の構造

50

を有する。冷却器 3において、第2流路入口 321から低温側流路 32に流入する第2流体 F2は、低温側流路 32を流れるとともに低温側流路 32から分岐して複数の第2分岐流路 35へ流れる。また、低温側流路 32を流れる第2流体 F2と、複数の第2分岐流路 35を流れる第2流体 F2とは、第2流路出口 322の付近において合流して、第2流路出口 322から流出する。

【0042】

本形態の熱音変換器 1においては、第1伝熱部 24によって、加熱器 2における軸線方向 Lに直交する断面内の温度の分布を小さくし、第2伝熱部 34によって、冷却器 3における軸線方向 Lに直交する断面内の温度の分布を小さくすることができる。また、第1分岐流路 25を流れる第1流体 F1によって、加熱器 2の第1伝熱部 24をより高温にすることができる。これにより、加熱器 2の第1伝熱部 24から蓄熱器 4の伝熱壁部 43への伝熱をさらに促進することができる。また、第2分岐流路 35を流れる第2流体 F2によって、冷却器 3の第2伝熱部 34をより低温にすることができる。これにより、蓄熱器 4の伝熱壁部 43から冷却器 3の第2伝熱部 34への伝熱をさらに促進することができる。

10

【0043】

本形態の熱音変換器 1における、その他の構成、作用効果等については、参考形態 1の構成、作用効果等と同様である。また、本形態においても、参考形態 1に示した符号と同一の符号が示す構成要素は、参考形態 1の構成要素と同様である。

【0044】

なお、分岐流路は、加熱器 2の第1伝熱部 24と冷却器 3の第2伝熱部 34とのいずれか一方にのみ形成されていてもよい。

20

【0045】

また、本形態の各分岐流路 25, 35の構成は、後述する実施形態 3の蓄熱器 4を用いた熱音変換器 1の構成、又は後述する実施形態 4の各熱伝導材 461, 462を用いた熱音変換器 1の構成に適用してもよい。

【0046】

<実施形態 3>

本形態は、蓄熱器 4の伝熱壁部 43の構造が、参考形態 1と異なる場合について示す。具体的には、図 11～図 13に示すように、蓄熱器 4の伝熱壁部 43は、セル壁 44と同質の材料によって、蓄熱器 4における、第1伝熱部 24及び第2伝熱部 34と対向する軸線方向 Lの端部に形成されている。本形態の伝熱壁部 43は、蓄熱器 4の軸線方向 Lの両端部において、軸線方向 Lの一部分としてそれぞれ形成されている。換言すれば、伝熱壁部 43は、加熱器 2の第1伝熱部 24と対面して接触する部位、及び冷却器 3の第2伝熱部 34と対面して接触する部位とに分かれて形成されている。

30

【0047】

本形態の伝熱壁部 43は、セル壁 44によって囲まれて形成された貫通孔 45の軸線方向 Lの両端部を、蓄熱器 4を構成するセラミックス材料と同質のセラミックス材料によって埋めることによって形成されている。換言すれば、伝熱壁部 43は、蓄熱器 4における、第1伝熱部 24及び第2伝熱部 34と対面する位置にあるセル壁 44の貫通孔 45の軸線方向 Lの両端部に、ペースト状のセラミックス材料を充填することによって形成される。本形態においては、蓄熱器 4の外周壁部 42、セル壁 44及び伝熱壁部 43は、同じセラミックス材料によって構成されている。

40

【0048】

本形態の蓄熱器 4においては、伝熱壁部 43を簡易的に形成することができる。そのため、伝熱壁部 43の形成が容易であり、蓄熱器 4の中間音波通路 41の開口面積の確保と、加熱器 2及び冷却器 3と蓄熱器 4との伝熱の確保との両立を、簡単な工夫によって実現することができる。

【0049】

本形態の熱音変換器 1における、その他の構成、作用効果等については、参考形態 1、実施形態 2の構成、作用効果等と同様である。また、本形態においても、参考形態 1、実

50

施形態 2 に示した符号と同一の符号が示す構成要素は、参考形態 1、実施形態 2 の構成要素と同様である。

【 0 0 5 0 】

なお、本形態の伝熱壁部 4 3 は、蓄熱器 4 の軸線方向 L のいずれかの端部のみに形成されていてもよい。つまり、伝熱壁部 4 3 は、加熱器 2 の第 1 伝熱部 2 4 とのみ対面して接触するよう形成されていてもよく、冷却器 3 の第 2 伝熱部 3 4 とのみ対面して接触するよう形成されていてもよい。

【 0 0 5 1 】

本形態の蓄熱器 4 の伝熱壁部 4 3 の構成は、実施形態 2 の、加熱器 2 及び冷却器 3 に分岐流路 2 5 , 3 5 が形成された熱音変換器 1 に対して適用している。一方、本形態の蓄熱器 4 の伝熱壁部 4 3 の構成は、参考形態 1 の、加熱器 2 及び冷却器 3 に分岐流路 2 5 , 3 5 が形成されていない熱音変換器 1 に適用してもよい。

10

【 0 0 5 2 】

< 実施形態 4 >

本形態は、加熱器 2 及び冷却器 3 と蓄熱器 4 との間に別部材を配置する場合について示す。具体的には、図 1 4 及び図 1 5 に示すように、加熱器 2 の第 1 伝熱部 2 4 と蓄熱器 4 の伝熱壁部 4 3 との間には、第 1 伝熱部 2 4 を構成する材料及び伝熱壁部 4 3 を構成する材料よりも軟質な材料によって構成された第 1 熱伝導材 4 6 1 が挟まれている。また、冷却器 3 の第 2 伝熱部 3 4 と蓄熱器 4 の伝熱壁部 4 3 との間には、第 2 伝熱部 3 4 を構成する材料及び伝熱壁部 4 3 を構成する材料よりも軟質な材料によって構成された第 2 熱伝導材 4 6 2 が挟まれている。

20

【 0 0 5 3 】

本形態の加熱器 2 の第 1 伝熱部 2 4 及び冷却器 3 の第 2 伝熱部 3 4 は金属材料によって構成されており、蓄熱器 4 の伝熱壁部 4 3 はセラミックス材料によって構成されている。加熱器 2 と蓄熱器 4 との間、及び冷却器 3 と蓄熱器 4 との間に配置された各熱伝導材 4 6 1 , 4 6 2 は、金属材料及びセラミックス材料よりも軟質な金属材料、高分子材料等によって構成されている。各熱伝導材 4 6 1 , 4 6 2 は、伝熱シート又は伝熱ゲルとして、シート状又はゲル状の形態で形成される。

【 0 0 5 4 】

本形態の第 1 热伝導材 4 6 1 の軸線方向 L に直交する断面の形状は、第 1 伝熱部 2 4 の軸線方向 L に直交する断面の形状、及び伝熱壁部 4 3 の軸線方向 L に直交する断面の形状とほぼ同じである。第 2 热伝導材 4 6 2 の軸線方向 L に直交する断面の形状は、第 2 伝熱部 3 4 の軸線方向 L に直交する断面の形状、及び伝熱壁部 4 3 の軸線方向 L に直交する断面の形状とほぼ同じである。

30

【 0 0 5 5 】

各熱伝導材 4 6 1 , 4 6 2 は、加熱器 2 と蓄熱器 4 との間、及び冷却器 3 と蓄熱器 4 との間を密着させるために用いられる。具体的には、加熱器 2 の第 1 伝熱部 2 4 の軸線方向 L の端面、冷却器 3 の第 2 伝熱部 3 4 の軸線方向 L の端面、及び蓄熱器 4 の伝熱壁部 4 3 の軸線方向 L の端面には、表面粗度として表される微小な凹凸が形成されている。そのため、第 1 伝熱部 2 4 及び第 2 伝熱部 3 4 と伝熱壁部 4 3 との間の接触面は、ミクロ的に観察した場合には点接触の状態になる可能性がある。この場合には、接触熱抵抗の増加により、第 1 伝熱部 2 4 及び第 2 伝熱部 3 4 と伝熱壁部 4 3 との間の伝熱性が低下するおそれがある。

40

【 0 0 5 6 】

そこで、本形態においては、第 1 伝熱部 2 4 及び第 2 伝熱部 3 4 と伝熱壁部 4 3 との間に各熱伝導材 4 6 1 , 4 6 2 を配置することにより、第 1 伝熱部 2 4 及び第 2 伝熱部 3 4 と伝熱壁部 4 3 との間の接触面における凹凸を埋めて、接触面における伝熱性を向上させることができる。

【 0 0 5 7 】

本形態の熱音変換器 1 における、その他の構成、作用効果等については、参考形態 1、

50

実施形態 2，3 の構成、作用効果等と同様である。また、本形態においても、参考形態 1，実施形態 2，3 に示した符号と同一の符号が示す構成要素は、参考形態 1，実施形態 2，3 の構成要素と同様である。

【0058】

なお、本形態の熱伝導材 461，462 は、加熱器 2 と蓄熱器 4 との間、又は冷却器 3 と蓄熱器 4 との間のいずれか一方にのみ配置されていてもよい。

【0059】

本形態の熱伝導材 461，462 の構成は、実施形態 2 の、加熱器 2 及び冷却器 3 に分岐流路 25，35 が形成された熱音変換器 1 に対して適用している。一方、本形態の熱伝導材 461，462 の構成は、参考形態 1 の、加熱器 2 及び冷却器 3 に分岐流路 25，35 が形成されていない熱音変換器 1 に適用してもよい。10

【0060】

<その他>

本発明の特徴を以下の通り示す。

[項 1]

熱音響現象を利用して熱を音波に変換する熱音変換器（1）であって、

第 1 外周部（23）の内周側に形成されて前記音波が通過する第 1 音波通路（21）、及び前記第 1 外周部に形成されて第 1 流体（F1）が流通する高温側流路（22）を有する加熱器（2）と、

第 2 外周部（33）の内周側に形成されて前記音波が通過する第 2 音波通路（31）、及び前記第 2 外周部に形成されて前記第 1 流体よりも温度が低い第 2 流体（F2）が流通する低温側流路（32）を有する冷却器（3）と、20

前記加熱器と前記冷却器との間に配置され、複数のセル壁（44）の間に形成されて前記第 1 音波通路及び前記第 2 音波通路を介して前記音波が通過する中間音波通路（41）を有する蓄熱器（4）と、を備え、

前記加熱器及び前記冷却器のうちの少なくとも一方には、前記第 1 外周部又は前記第 2 外周部の内周側に設けられて前記第 1 音波通路又は前記第 2 音波通路を複数に仕切る伝熱部（24，34）が設けられており、

前記蓄熱器における、前記中間音波通路の形成方向に沿った軸線方向（L）に直交する断面内の、前記伝熱部と対向する位置には、前記セル壁よりも厚く、かつ前記中間音波通路の一部を塞いで前記伝熱部との伝熱を行うための伝熱壁部（43）が形成されている、熱音変換器。30

[項 2]

前記伝熱壁部は、前記セル壁と同質の材料によって、前記蓄熱器の前記軸線方向の全長にわたって形成されている、項 1 に記載の熱音変換器。

[項 3]

前記伝熱壁部は、前記セル壁と同質の材料によって、前記蓄熱器における、前記伝熱部と対向する前記軸線方向の端部に形成されている、項 1 に記載の熱音変換器。

[項 4]

前記伝熱部と前記伝熱壁部との間には、前記伝熱部を構成する材料及び前記伝熱壁部を構成する材料よりも軟質な材料によって構成された熱伝導材（461，462）が挟まれている、項 1～3 のいずれか 1 項に記載の熱音変換器。40

[項 5]

前記伝熱部の内部には、前記高温側流路又は前記低温側流路から分岐して前記第 1 流体又は前記第 2 流体が流通する分岐流路（25，35）が形成されている、項 1～4 のいずれか 1 項に記載の熱音変換器。

[項 6]

前記第 1 流体は、排熱源（6）から供給される排ガス（G）の排熱を利用したものであり、

前記音波を利用して発電を行う熱音響発電装置（5）を構成する、項 1～5 のいずれか50

1 項に記載の熱音変換器。

【 0 0 6 1 】

本発明は、各実施形態のみに限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲においてさらに異なる実施形態を構成することが可能である。また、本発明は、様々な変形例、均等範囲内の変形例等を含む。さらに、本発明から想定される様々な構成要素の組み合わせ、形態等も本発明の技術思想に含まれる。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 2 】

- 1 热音変換器
- 2 加熱器
- 2 4 第1伝熱部
- 3 冷却器
- 3 4 第2伝熱部
- 4 蓄熱器
- 4 1 中間音波通路
- 4 3 伝熱壁部
- 4 4 セル壁

10

20

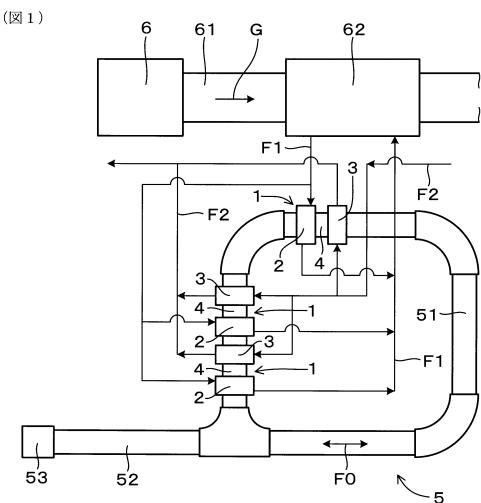
30

40

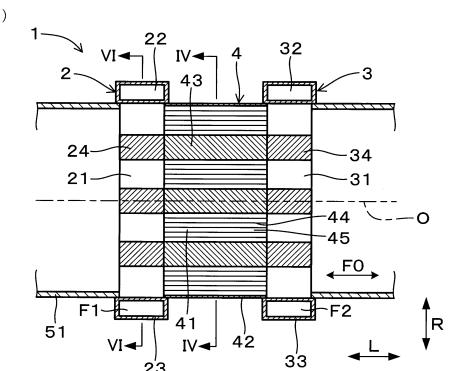
50

【図面】

【図 1】

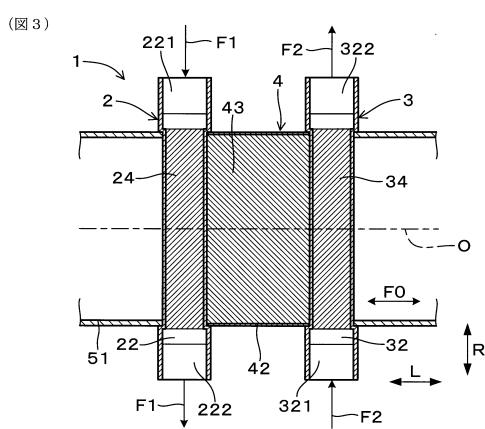


【図 2】

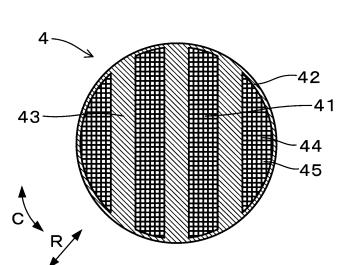


10

【図 3】



【図 4】



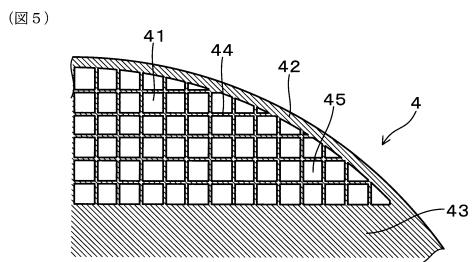
20

30

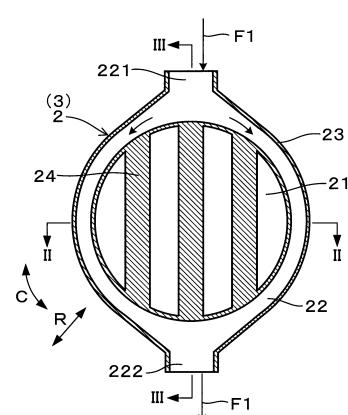
40

50

【図 5】

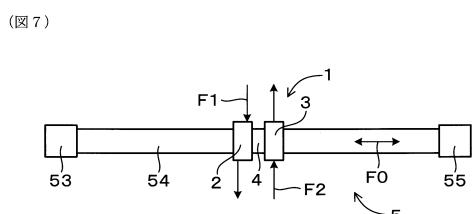


【図 6】

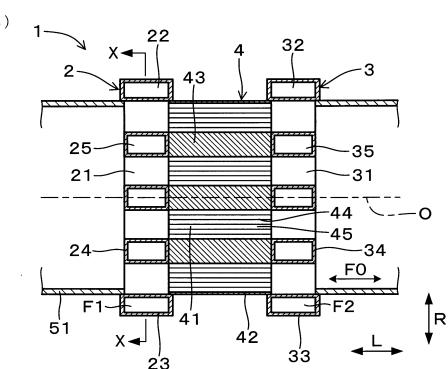


10

【図 7】



【図 8】



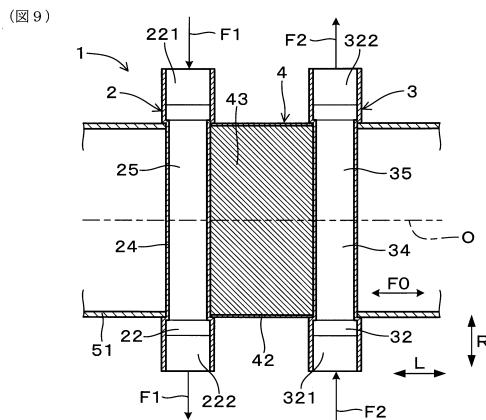
20

30

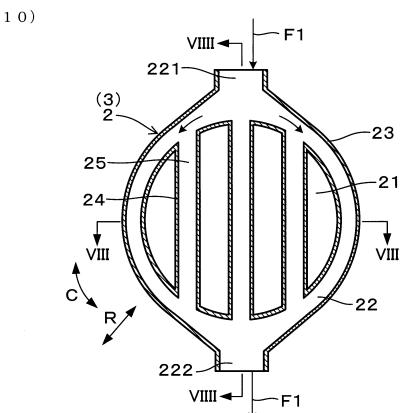
40

50

【図 9】

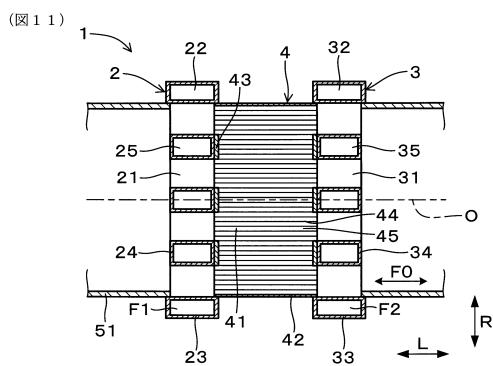


【図 10】

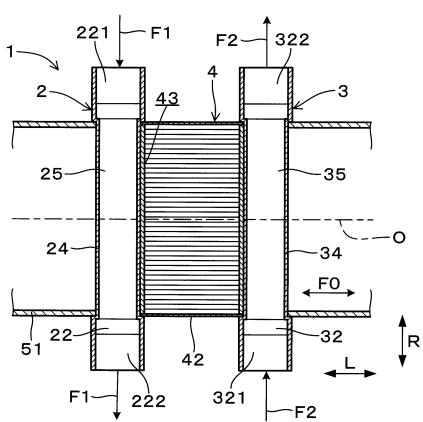


10

【図 11】



【図 12】



20

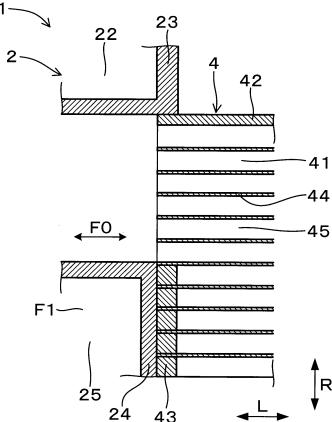
30

40

50

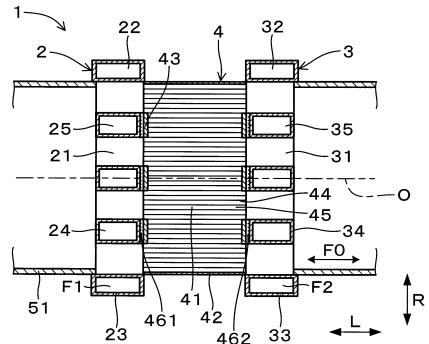
【図13】

(図13)



【図14】

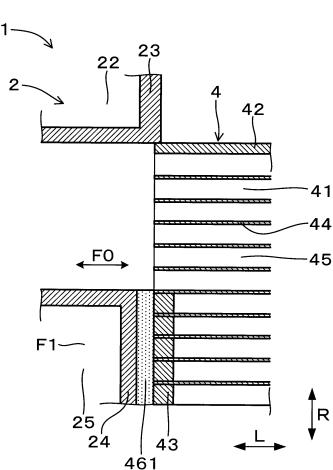
(図14)



10

【図15】

(図15)



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献
- 特開2016-090209 (JP, A)
特開2016-061267 (JP, A)
国際公開第2021/152798 (WO, A1)
国際公開第2016/185963 (WO, A1)
国際公開第2011/071161 (WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- F 25 B 9 / 00 - 9 / 14
H 04 R 23 / 00 - 23 / 02