(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 12 月 15 日(15.12.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/199790 A1

(51) 国際特許分類:
B01J 19/24 (2006.01) *F28D 9/00* (2006.01)
C01B 3/38 (2006.01) *F28F 3/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/066992

(22) 国際出願日: 2016 年 6 月 8 日(08.06.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2015-115659 2015 年 6 月 8 日(08.06.2015) JP

(71) 出願人: 株式会社ＩＨＩ (IHI CORPORATION) [JP/JP]; 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 坂倉 茂樹 (SAKAKURA, Shigeki); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 株式会社ＩＨＩ内 Tokyo (JP). 本間 信之 (HONMA, Nobuyuki); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 株式会社ＩＨＩ内 Tokyo (JP). 西井 崇 (NISHII, Takashi); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 株式会社ＩＨＩ内 Tokyo (JP). 金子 朋広 (KANEKO, Tomohiro); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 株式会社ＩＨＩ内 Tokyo (JP). 原田 理絵 (HARADA, Rie); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 株式会社ＩＨＩ内 Tokyo (JP). 真崎 邦崇 (MASAKI, Kunitaka); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 株式会社ＩＨＩ内 Tokyo (JP). 鎌田 博之 (KAMATA, Hiroyuki); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 株式会社ＩＨＩ内 Tokyo (JP). 濱田 行貴 (HAMADA, Koki); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 株式会社ＩＨＩ内 Tokyo (JP). 矢野 明久 (YANO, Akihisa); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 株式会社ＩＨＩ内 Tokyo (JP). 岡 辰哉 (OKA, Tatsuya); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 株式会社ＩＨＩ内 Tokyo (JP). 武内 佑介 (TAKEUCHI, Yusuke); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 株式会社ＩＨＩ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 三好 秀和, 外 (MIYOSHI, Hidekazu et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目２番８号 虎ノ門琴平タワー Tokyo (JP).

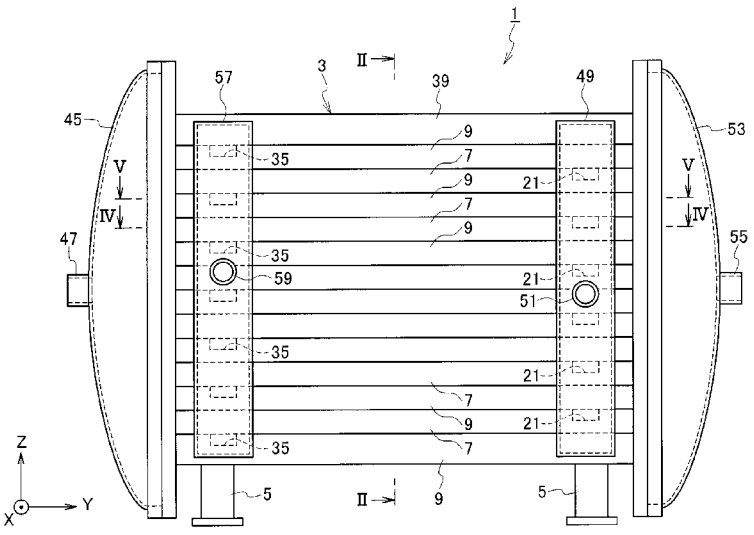
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

[続葉有]

(54) **Title**: REACTOR

(54) 発明の名称 : リアクタ

[図1]



(57) **Abstract**: An end surface of each first side wall, an end surface of each first intermediate wall, and an end surface of each first regulating wall are joined, by diffusion bonding, to an adjacent second structure, and an end surface of each second side wall, an end surface of each second intermediate wall, and an end surface of each second regulating wall are joined, by diffusion bonding, to an adjacent first structure or a cover structure. The thickness dimension of the first side walls is greater than or equal to the thickness dimension of the first intermediate walls, and the thickness dimension of the second side walls is greater than or equal to the thickness dimension of the second intermediate walls.

(57) 要約: 各第一側壁の端面、各第一中間壁の端面及び各第一規制壁の端面は、隣接する第二構造体に拡散接合され、各第二側壁の端面、各第二中間壁の端面及び各第二規制壁の端面は、隣接する第一構造体又は蓋構造体に拡散接合され、第一側壁の厚み寸法は、第一中間壁の厚み寸法以上に設定され、第二側壁の厚み寸法は、第二中間壁の厚み寸法以上に設定されている。

WO 2016/199790 A1

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： リアクタ

技術分野

[0001] 本開示は、第一流体（例えば、反応流体）と第二流体（例えば、熱媒体）との間の熱交換によって第一流体を反応させて、生成物（反応生成物）を生成するリアクタに関する。

背景技術

[0002] 特許文献１～３は、内側に原料流体を流通させる反応流路を有した多数の反応管と、多数の反応管を加熱するバーナとを具備した多管式のリアクタを開示している。一方、特許文献４は、原料流体の反応場を形成するための複数の流れチャンネルと、原料流体を加熱するための複数の流れチャンネルとを上下方向へ沿って交互に積層してなるリアクタモジュールを具備した積層式のリアクタを開示している。また、流れチャンネルを具備したリアクタについて、文献５～文献７に開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平６－３４５４０５号公報

特許文献2：特開２００３－１８３００３号公報

特許文献3：特表２０１０－５３２７０７号公報

特許文献4：特開２００８－５２６５０１号公報

特許文献5：国際公開ＷＯ２０１５／０３７５９７

特許文献6：特表２０１３－５０８１５０号公報

特許文献7：特開２０１４－８４３３４号公報

発明の概要

[0004] ところで、多管式のリアクタにおいては、各反応流路に対して略等しく熱を与えて反応流路毎に反応のバラツキが生じないように、多数の反応管を適切な配置状態（配列状態）に設定する必要がある。そのため、リアクタのリ

アクタ容量を変更する場合には、リアクタ全体に関して設計を大幅にやり直さなければならず、多大な労力と時間を要することになる。

[0005] 一方、積層式のリアクタにおいては、第一構造体（例えば、反応場を構成するもの）及び第二構造体（例えば、熱媒体を供給するもの）の積層数に拘わらず、各第一流路（反応場の流路）に対して略等しく熱を与えることができる。しかし、リアクタコア自体が十分な構造強度（耐圧強度）を有していないため、内外の圧力差に耐える容器（圧力容器）を用い、その容器内にリアクタコアを収容する必要がある。そのため、リアクタのリアクタ容量を変更する場合には、第一構造体等の積層数を変更するだけではなく、リアクタの構成要素である容器に関して設計を大幅にやり直さなければならず、フレキシブルに対処することが困難になる。

[0006] なお、第一流体の反応が第一流体の加熱による吸熱反応である場合の他に、第一流体の冷却による発熱反応である場合も同様である。

[0007] そこで、本開示は、装置全体の設計を大幅にやり直すことなく、リアクタ容量を変更可能なリアクタ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

[0008] 本開示の一態様に係るリアクタは、第一流体と第二流体との間の熱交換によって、第一流体を反応させて、生成物を生成するリアクタであって、板状の第一ベース板の片面における第一方向の両端側にそれぞれ設けられかつ第一方向に直交する第二方向へ延びた第一側壁、及び第一ベース板の片面における一対の第一側壁の間に第一方向に沿って間隔を置いて設けられかつ第二方向へ延びた複数の第一中間壁を有し、各隣接する第一側壁と第一中間壁の間、及び各隣接する一対の第一中間壁の間に、第一流体を流通させる第一流路がそれぞれ形成された複数の第一構造体と、第一方向と第二方向に直交する第三方向に沿って複数の第一構造体と混在して積層され、板状の第二ベース板の片面における第一方向の両端側にそれぞれ設けられかつ第二方向へ延びた第二側壁、及び第二ベース板の片面における一対の第二側壁の間に第一方向に沿って間隔を置いて設けられかつ第二方向へ延びた複数の第二中間壁

を有し、各隣接する第二側壁と第二中間壁の間、及び各隣接する一対の第二中間壁の間に、第二流体を流通させる第二流路がそれぞれ形成された複数の第二構造体と、第三方向の一端側に位置する第二構造体に設けられ、複数の第二流路を覆う蓋構造体と、を具備し、各第一側壁の端面及び各第一中間壁の端面は、隣接する第二構造体に接合され、各第二側壁の端面及び各第二中間壁の端面は、隣接する第一構造体又は蓋構造体に接合され、第一側壁の厚み寸法は、第一中間壁の厚み寸法以上に設定され、第二側壁の厚み寸法は、第二中間壁の厚み寸法以上に設定されている。

[0009] なお、第一流体及び第二流体は、双方が吸熱反応又は発熱反応を生じさせるものであっても構わない。あるいは、いずれか一方が上記反応を生じさせ、他方が熱媒体を流通するものであっても構わない。また、「混在して積層され」とは、複数の第一構造体と複数の第二構造体とが交互に積層されることの他に、少なくともいずれか一対の第一構造体同士又は第二構造体同士が重ね合った状態で積層されている場合も含む意である。

[0010] 本開示によれば、第一構造体等の積層数に拘わらず、各第一流路に対して略等しく熱を与えることができ、かつ、容器によってリアクタコアを収容することなく、リアクタコアの耐圧強度を十分に確保できる。従って、リアクタのリアクタ容量を変更する場合でも、リアクタに関する設計を大幅にやり直すことなく、第一構造体等の積層数を変更するだけでフレキシブルに対処することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図１は、本開示の実施形態に係るリアクタの模式的な正面図である。

[図2]図２は、図１におけるII-II線に沿った拡大断面図である。

[図3]図３は、図２における矢視部IIIの拡大図である。

[図4]図４は、図１におけるIV-IV線に沿った断面図である。

[図5]図５は、図１におけるV-V線に沿った断面図である。

[図6]図６は、一実施形態の変形例１を説明するための断面図である。

[図7]図７は、一実施形態の変形例１を説明するための断面図である。

[図8A]図８Ａは、一実施形態の変形例２を説明するための断面図である。

[図8B]図８Ｂは、一実施形態の変形例３を説明するための断面図である。

発明を実施するための形態

[0012] 本開示の実施形態について図面を参照して説明する。以下、本実施形態では、第一流体を原料流体とし、第二流体を熱媒体とした場合を例として説明する。

[0013] 図１に示すように、本実施形態に係るリアクタ（積層式のリアクタ）１は、第一流体Ｍ（図４参照）と第二流体ＨＣ（図５参照）との間の熱交換によって第一流体Ｍを加熱又は冷却することにより、第一流体Ｍを反応させ、生成物Ｐ（図４参照）を生成する。リアクタ１の具体的な構成を説明する前に、第一流体Ｍの反応について簡単に説明する。

[0014] 第一流体Ｍの反応の種類としては、第一流体Ｍの加熱による吸熱反応と、第一流体Ｍの冷却による発熱反応とがある。前者の反応（吸熱反応）の例としては、例えば、後記の化学式(1)に示すメタンの水蒸気改質反応、後記の化学式(2)に示すメタンのドライリフォーミング反応等が挙げられる。

[0015] $CH_4 + H_2O \rightarrow 3H_2 + CO$ ・・・化学式(1)

$CH_4 + CO_2 \rightarrow 2H_2 + 2CO$ ・・・化学式(2)

後者の反応（発熱反応）の例としては、例えば、後記の化学式(3)に示すシフト反応、後記の化学式(4)に示すメタネーション反応、後記の化学式(5)に示すフィッシャー-トロプシュ（Fischer tropsch）合成反応等が挙げられる。

[0016] $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$ ・・・化学式(3)

$CO + 3H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$ ・・・化学式(4)

$(2n+1)H_2 + nCO \rightarrow C_nH_{2n+2} + nH_2O$ ・・・化学式(5)

なお、第一流体Ｍの反応は、メタンの水蒸気改質反応等に限定されるものでなく、アセチル化反応、付加反応、アルキル化反応、脱アルキル化反応、水素脱アルキル化反応、還元性アルキル化反応、アミン化反応、芳香族化反

応、アリール化反応、自熱式改質反応、カルボニル化反応、脱カルボニル化反応、還元性カルボニル化反応、カルボキシル化反応、還元性カルボキシル化反応、還元性カップリング反応、縮合反応、分解(クラッキング)反応、水素分解反応、環化反応、シクロオリゴマー化反応、脱ハロゲン化反応、二量体化反応、エポキシ化反応、エステル化反応、交換反応、ハロゲン化反応、水素ハロゲン化反応、同族体形成反応、水和反応、脱水反応、水素化反応、脱水素化反応、水素カルボキシル化反応、水素ホルミル化反応、水添分解反応、水素金属化反応、ヒドロシリル化反応、加水分解反応、水素化処理反応、異性体化反応、メチル化反応、脱メチル化反応、置換反応、ニトロ化反応、酸化反応、部分酸化反応、重合反応、還元反応、逆水性ガスシフト反応、スルホン化反応、短鎖重合反応、エステル交換反応、及び三量体化反応であっても構わない。

[0017] 第二流体ＨＣとしては、燃焼ガス等の高温ガス、水、冷媒等が用いられており、第一流体Ｍの反応の種類及び反応条件に応じて適切なものが選択される。具体的には、例えば、第一流体Ｍの反応がメタンの水蒸気改質反応である場合には、燃焼ガス等の高温ガスが第二流体ＨＣとして用いられる。第一流体Ｍの反応がメタンのドライリフォーミング反応である場合には、例えば、高温ガス等が第二流体ＨＣとして用いられる。第一流体Ｍの反応がシフト反応である場合には、例えば、油、水（水蒸気を含む）、溶融塩等が第二流体ＨＣとして用いられる。第一流体Ｍの反応がメタネーション反応である場合には、例えば、油、水（水蒸気を含む）、溶融塩等が第二流体ＨＣとして用いられる。第一流体Ｍの反応がフィッシャー－トロプシュ合成反応である場合には、例えば、水（水蒸気を含む）等が第二流体ＨＣとして用いられる。

[0018] 以下、リアクタ１の具体的な構成について説明する。なお、本実施形態において、リアクタ１の奥行方向である前後方向は、特許請求の範囲に記載の第一方向（Ｘ方向）に相当する。同様に、リアクタ１の幅方向である左右方向は、特許請求の範囲に記載の第二方向（Ｙ方向）、リアクタ１の高さ方向

である上下方向は、特許請求の範囲に記載の第三方向（Ｚ方向）にそれぞれ相当する。また、図２においては、一部の触媒部材及び一部のフィンのみを模式的に図示してある。図４においては、触媒部材の図示を省略してある。図６においては、触媒部材の図示を省略してある。図８Ａ及び図８Ｂにおいては、触媒部材及びフィンの図示を省略してある。

[0019] 図１及び図２に示すように、リアクタ１は、その中枢（リアクタ１の中枢）をなすリアクタコア３を具備している。リアクタコア３は、複数の支柱５によって適宜箇所に設置されている。また、リアクタコア３は、第一流体Ｍの反応場を形成する（第一流体Ｍを反応させる）ための矩形の複数（多数）の第一構造体（反応部材）７と、第一流体Ｍを加熱又は冷却するための矩形の複数（多数）の第二構造体（温調部材）９とを含む。第一構造体７と第二構造体９とは、上下方向に沿って交互に積層される。なお、複数の第一構造体７と複数の第二構造体９とが交互に積層される形態に限らず、少なくともいずれか一対の第一構造体同士又は第二構造体同士が重ね合った状態で積層されている形態でもよい。そして、各第一構造体７及び各第二構造体９の具体的な構成は、次のようになる。

[0020] 図２から図４に示すように、第一構造体７は、例えばステンレス鋼等の鉄系の合金、又は例えばインコネル６２５，インコネル６１７、Ｈａｙｎｅｓ ａｌｌｏｙ ２３０等のニッケル合金（耐熱合金の一例）により構成されている。第一構造体７は、矩形板状の第一ベース板１１を有する。第一ベース板１１の片面（厚さ方向の片面、本実施形態にあっては、上面）における前端側及び後端側には、第一側壁１３がそれぞれ設けられている。各第一側壁１３は、上方向（片方向）へ突出しかつ左右方向へ延びている。また、第一ベース板１１の片面における一対の第一側壁１３の間には、複数の第一中間壁１５が前後方向に等間隔に設けられている。各第一中間壁１５は、上方向へ突出しかつ左右方向へ延びている。各第一中間壁１５の高さは、第一側壁１３と同じ高さになっている。

[0021] 各隣接する第一側壁１３と第一中間壁１５との間、及び、各隣接する一対

の第一中間壁１５の間には、第一流体Ｍを流通させる第一流路１７がそれぞれ形成されている。換言すれば、第一構造体７の片面には、複数の第一流路１７が前後方向に等間隔に形成されており、複数の第一流路１７が形成されることによって、第一ベース板１１の片面に一対の第一側壁１３及び複数の第一中間壁１５が設けられる。各第一流路１７は、左右方向へ延びており、本実施形態にあっては、一例として、各第一流路１７の流路長さ（左右方向の長さ）は、１００ｃｍ程度に設定されている。各第一流路１７の断面形状は、矩形である。各第一流路１７の左端側は、第一流体Ｍを導入するように開口されている。

[0022] 第一ベース板１１の片面の右端側には、複数の第一流路１７内への第二流体ＨＣの流入を阻止する第一規制壁１９が設けられている。第一規制壁１９は、上方向へ突出し、かつ一対の第一側壁１３を連結するように前後方向へ延びている。第一規制壁１９の高さは、第一側壁１３及び第一中間壁１５と同じ高さになっている。また、一方又は両方の第一側壁１３の右端側には、生成物Ｐを導出する導出するための第一導出口２１が設けられている。そして、第一ベース板の片面の右端側（第一規制壁１９側）には、複数の第一流路１７の右端側と第一導出口２１とを連絡する第一連絡流路２３が形成されている。第一連絡流路２３は、前後方向へ延びている。

[0023] ここで、各第一構造体７は、一枚板からなる母材に対して切削加工を行うことによって製作されているが、エッチング加工を行うことによって製作されても構わない。また、第一ベース板１１に一対の第一側壁１３、複数の第一中間壁１５、及び第一規制壁１９を拡散接合することによって製作されても構わない。また、接合の別態様として、溶接又はろう付けを用いても構わない。各第一構造体７は、三次元プリンタを用いた金属粉末の焼成によって製作されても構わない。更に、各第一構造体７は、切削加工、エッチング加工、拡散接合、溶接、ろう付け、又は金属粉末の焼成のうちの２つ以上の製作方法を組み合わせて製作されても構わない。

[0024] なお、リアクタコア３は、模式的に図示したものであり、本実施形態にあ

っては、一例として、第一構造体７の個数は、数１０個であり、各第一構造体７における第一流路１７の本数は、数１０本である。また、第一規制壁１９及び第一連絡流路２３の個数は、第一流路１７の個数に応じた個数に変更しても構わない。更に、リアクタ１の運転中における第一流路１７内の最大圧力は、第一流体Ｍの反応の種類及び反応条件に応じて、０．０～２０．０ＭＰａＧの範囲内の所定の圧力に設定されている。

[0025] 図２、図３、及び図５に示すように、第二構造体９は、第一構造体７と同じ材料により構成されており、矩形板状の第二ベース板２５を有している。第二ベース板２５の片面（上面）における前端側及び後端側には、第二側壁２７がそれぞれ設けられている。各第二側壁２７は、上方向へ突出しかつ左右方向へ延びている。また、第二ベース板２５の片面における一対の第二側壁２７の間には、複数の第二中間壁２９が前後方向に等間隔に設けられている。各第二中間壁２９は、上方向へ突出しかつ左右方向へ延びている。各第二中間壁２９の高さは、第二側壁２７と同じ高さになっている。

[0026] 各隣接する第二側壁２７と第二中間壁２９との間、及び、各隣接する一対の第二中間壁２９の間には、第一流体Ｍと熱交換を行う第二流体ＨＣを流通させる第二流路３１がそれぞれ形成されている。換言すれば、第二構造体９の片面には、複数の第二流路３１が前後方向に等間隔に形成されており、複数の第二流路３１が形成されることによって、第二ベース板２５の片面に一対の第二側壁２７及び複数の第二中間壁２９が設けられることになる。また、各第二流路３１は、左右方向へ延びており、本実施形態にあっては、一例として、各第二流路３１の流路長さ（左右方向の長さ）は、１００ｃｍ程度に設定されている。各第二流路３１の断面形状は、矩形である。各第二流路３１の右端側は、第二流体ＨＣを導入するように開口されている。更に、各第二流路３１は、第二ベース板２５又は第一ベース板１１を挟んで対応する第一流路１７に上下に対向してある。

[0027] 第二ベース板２５の片面の左端側には、複数の第二流路３１内への第一流体Ｍの流入を阻止する第二規制壁３３が設けられている。第二規制壁３３は

、上方向へ突出し、かつ一対の第二側壁２７を連結するように前後方向へ延びている。第二規制壁３３の高さは、第二側壁２７及び第二中間壁２９と同じ高さになっている。また、一方又は両方の第二側壁２７の左端側には、第二流体ＨＣを導出するための第二導出口３５が設けられている。そして、第二ベース板２５の片面の左端側（第二規制壁３３側）には、複数の第二流路３１の左端側と第二導出口３５とを連絡する第二連絡流路３７が形成されている。第二連絡流路３７は、前後方向へ延びている。

[0028] ここで、各第二構造体９は、一枚板からなる母材に対して切削加工を行うことによって製作されているが、エッチング加工によって製作されても構わない。また、第二ベース板２５に一対の第二側壁２７、複数の第二中間壁２９、及び第二規制壁３３を拡散接合することによって製作されても構わなく、接合の別態様として、溶接又はろう付けを用いても構わない。各第二構造体９は、三次元プリンタを用いた金属粉末の焼成によって製作されても構わない。更に、各第二構造体９は、切削加工、エッチング加工、拡散接合、溶接、ろう付け、又は金属粉末の焼成のうちの２つ以上の製作方法を組み合わせて製作されても構わない。

[0029] なお、前述のように、リアクタコア３は模式的に図示したものであり、本実施形態にあっては、一例として、第二構造体９の個数は、数１０個であり、各第二構造体９における第二流路３１の本数は、数１０本である。また、第二規制壁３３及び第二連絡流路３７の個数は、第二流路３１の個数に応じた個数に変更しても構わない。更に、リアクタ１の運転中における第二流路３１内の最大圧力は、第一流体Ｍの反応の種類及び反応条件に応じて、０～２０．０ＭＰａＧの範囲内の所定の圧力に設定されている。

[0030] 続いて、本実施形態に係るリアクタコア３のその他の構成について説明する。

[0031] 図２及び図３に示すように、上端側に位置する第二構造体（最上部の第二構造体）９には、複数の第二流路３１を覆う矩形板状の蓋構造体（蓋部材）３９が設けられている。また、下端側に位置する第二構造体（最下部の第二

構造体）９における第二ベース板２５は、最下部の第二構造体９を除いた各第二構造体９における第二ベース板２５よりも厚肉になっている。各第一構造体７、及び最下部の第二構造体９を除いた各第二構造体９は、それぞれ同じ形状になっている。

[0032] 各第一側壁１３の端面（先端面）１３ｅ、各第一中間壁１５の端面１５ｅ、及び各第一規制壁１９の端面１９ｅは、隣接する（各第一構造体７に隣接する）第二ベース板２５の下面２５ｕに拡散接合（接合の一例）されている。また、各第二側壁２７の端面２７ｅ、各第二中間壁２９の端面２９ｅ、及び各第二規制壁３３の端面３３ｅは、隣接する（各第二構造体９に隣接する）第一ベース板１１の下面１１ｕ又は蓋構造体３９の下面３９ｕに拡散接合されている。つまり、リアクタコア３、換言すれば、リアクタ１は、リアクタ容量に応じた所定数の第一構造体７と、所定数よりも１つ多い第二構造体９とを交互に積層し、かつ、最上部の第二構造体９に蓋構造体３９を配置している。リアクタ１は、その配置状態で、複数の第一構造体７、複数の第二構造体９、及び蓋構造体３９を同時に拡散接合することによって製作されている。

[0033] 第一側壁１３の厚み寸法Ｔ１は、第一中間壁１５の厚み寸法Ｔ２よりも大きく設定されており、第二側壁２７の厚み寸法Ｓ１は、第二中間壁２９の厚み寸法Ｓ２よりも大きく設定されている。具体的には、第一中間壁１５の厚み寸法Ｔ２に対する第一側壁１３の厚み寸法Ｔ１の比率Ｔ１／Ｔ２は、４．０以上に設定されている。同様に、第二中間壁２９の厚み寸法Ｓ２に対する第二中間壁２９の厚み寸法Ｓ１の比率Ｓ１／Ｓ２は、４．０以上に設定されている。比率Ｔ１／Ｔ２及び比率Ｓ１／Ｓ２をそれぞれ４．０以上にしたのは、次の理由による。すなわち、第一側壁１３の端面１３ｅの接合面積及び第二側壁２７の端面２７ｅの接合面積をより十分に確保して、リアクタコア３（リアクタ１）全体として、構造強度（耐圧強度）及び第一流体Ｍ等の漏れを防止するシール性をより高めるためである。なお、第一規制壁１９の厚み寸法Ｔ３（図４参照）は、第一側壁１３の厚み寸法Ｔ１以上に設定されて

おり、第二規制壁３３の厚み寸法Ｓ３（図５参照）は、第二側壁２７の厚み寸法Ｓ１以上に設定されている。

[0034] 各第一流路１７の断面における短辺寸法Ｔ４に対する長辺寸法Ｔ５の比率Ｔ５／Ｔ４は、１８．０以下に設定されている。同様に、各第二流路３１の断面における短辺寸法Ｓ４に対する長辺寸法Ｓ５の比率Ｓ５／Ｓ４は、１８．０以下に設定されている。比率Ｔ５／Ｔ４及び比率Ｓ５／Ｓ４を１８．０以下にそれぞれ設定したのは、次の理由による。すなわち、第一中間壁１５の端面１５ｅの接合面積及び第二中間壁２９の端面２９ｅの接合面積をより十分に確保して、各第一流路１７等の構造強度（耐圧強度）及びシール性をより高めるためである。なお、本実施形態にあっては、第一流路１７の断面における短辺寸法Ｔ４は、第一流路１７の深さ寸法と同義であって、第二流路３１の断面における短辺寸法Ｓ４は、第二流路３１の深さ寸法と同義である。第一流路１７の断面における長辺寸法Ｔ５は、第一流路１７の幅寸法と同義であって、第二流路３１の断面における長辺寸法Ｓ５は、第二流路３１の幅寸法と同義である。

[0035] 第一中間壁１５の厚さ寸法Ｔ２に対する第一流路１７の幅寸法Ｔ５の比率Ｔ５／Ｔ２は、１．０以上、好ましくは、２．０～４．０に設定されている。同様に、第二中間壁２９の厚さ寸法Ｓ２に対する第二流路Ｓ５の幅寸法の比率Ｓ５／Ｓ２は、１．０以上、好ましくは、２．０～４．０に設定されている。比率Ｔ５／Ｔ２及び比率Ｓ５／Ｓ２を１．０以上に設定したのは、第一流路１７内に第一流体Ｍの反応場を十分に形成するためである。比率Ｔ５／Ｔ２及び比率Ｓ５／Ｓ２を好ましくは２．０以上に設定したのは、第一流路１７内に第一流体Ｍの反応場をより十分に形成するためである。比率Ｔ５／Ｔ２及び比率Ｓ５／Ｓ２を好ましくは４．０以下に設定したのは、第一中間壁１５の端面１５ｅの接合面積及び第二中間壁２９の端面２９ｅの接合面積をより十分に確保して、各第一流路１７等の構造強度（耐圧強度）及びシール性をより高めるためである。なお、本実施形態にあっては、一例として、第一流路１７の幅寸法Ｔ５及び第二流路３１の幅寸法Ｓ５は、２～６０ｍ

ｍに設定されている。

[0036] 第一中間壁１５の厚み寸法Ｔ２に対する第一流路１７の底部側の第一ベース板１１の厚み寸法（第一ベース板１１の厚み寸法）５の比率Ｔ６／Ｔ２は、０．２～５．０に設定されている。同様に、第二中間壁２９の幅寸法Ｓ２に対する第二流路３１の底部側の第二ベース板２５の厚み寸法（第二ベース板２５の厚み寸法）Ｓ６の比率Ｓ６／Ｓ２は、０．２～５．０に設定されている。比率Ｔ６／Ｔ２及び比率Ｓ６／Ｓ２を０．２以上に設定したのは、第一ベース板１１の剛性及び第二ベース板２５の剛性をより十分に確保して、各第一流路１７等の構造強度（耐圧強度）及びシール性をより高めるためである。比率Ｔ６／Ｔ２及び比率Ｓ６／Ｓ２を５．０以下に設定したのは、各第一流路１７と対応する第二流路３１との距離を短くして、各第一流路１７内の第一流体Ｍと対応する第二流路３１内の第二流体ＨＣとの間の伝熱効率を高めるためである。

[0037] なお、第二側壁２７の厚み寸法Ｓ１は、第一側壁１３の厚み寸法Ｔ１と同じに設定されており、第二中間壁２９の厚み寸法Ｓ２は、第一中間壁１５の厚み寸法Ｔ２と同じに設定されている。また、第二規制壁３３の厚み寸法Ｓ３は、第一規制壁１９の厚み寸法Ｔ３と同じに設定されている。

[0038] 各第一流路１７内には、第一流体Ｍの反応を促進する触媒を担持した触媒部材（触媒構造体）４１が着脱可能に設けられている。また、各触媒部材４１は、例えばステンレス鋼等により構成され、かつ左右方向へ延びている。各触媒部材４１の断面は、一例として、波形状を呈している。ここで、触媒は、第一流体Ｍの反応の種類に応じて適宜に選択される。例えば、第一流体Ｍの反応がメタンの水蒸気改質反応である場合には、Ｎｉ（ニッケル）、Ｐｔ（白金）、Ｒｕ（ルテニウム）、Ｒｈ（ロジウム）、Ｐｄ（パラジウム）、Ｃｏ（コバルト）、レニウム（Ｒｅ）、イリジウム（Ｉｒ）の群から選択される１種又は複数種の金属が触媒として用いられる。なお、各第一流路１７内に触媒部材４１が着脱可能に設けられる代わりに、各第一流路１７内に触媒が塗布（担持の一例）されるようにしても構わない。

[0039] 各第二流路３１内に、一対のフィン（バッフル）４３が着脱可能に設けられている。一対のフィン４３は、上下に重ね合わされている。また、各フィン４３は、例えばステンレス鋼等により構成され、かつ左右方向へ延びている。各フィン４３の断面は、一例として、波形状を呈している。

[0040] 続いて、本発明の実施形態に係るリアクタコア３の周辺の構成について説明する。

[0041] 図１及び図４に示すように、リアクタコア３の左側には、各第一流路１７に第一流体Ｍを導入するためのドーム状の第一導入チャンバ（中空状の第一導入部材の一例）４５が着脱可能に設けられている。第一導入チャンバ４５の内部は、各第一流路１７に連通している。また、第一導入チャンバ４５には、原料供給ポート４７が設けられている。原料供給ポート４７は、第一流体Ｍを供給する原料供給源（図示省略）に接続されている。

[0042] リアクタコア３の正面（前面）の右端側には、各第一導出口２１から導出した生成物Ｐを集合して排出するための箱形等の第一排出チャンバ（中空状の第一排出部材の一例）４９が設けられている。また、第一排出チャンバ４９は、上下方向へ延びており、第一排出チャンバ４９の内部は、各第一導出口２１に連通している。更に、第一排出チャンバ４９の中央部、端部、上部、又は下部には、生成物排出ポート５１が設けられている。生成物排出ポート５１は、生成物Ｐに対して後処理等を行う別の処理器（図示省略）に接続されている。

[0043] 図１及び図５に示すように、リアクタコア３の右側には、各第二流路３１に第二流体を導入するためのドーム状の第二導入チャンバ（中空状の第二導入部材の一例）５３が着脱可能に設けられている。第二導入チャンバ５３の内部は、各第二流路３１に連通している。また、第二導入チャンバ５３には、熱媒供給ポート５５が設けられている。熱媒供給ポート５５は、第二流体ＨＣを供給する熱媒供給源（図示省略）に接続されている。

[0044] リアクタコア３の正面の左端側には、各第二導出口３５から導出した第二流体ＨＣを集合して排出するための箱形等の第二排出チャンバ（中空状の第

二排出部材の一例）５７が設けられている。また、この第二排出チャンバ５７は、上下方向へ延びており、第二排出チャンバ５７の内部は、各第二導出口３５に連通している。更に、第二排出チャンバ５７の中央部、端部、上部、又は下部には、熱媒排出ポート５９が設けられており、この熱媒排出ポート５９は、第二流体ＨＣを回収する熱媒回収器（図示省略）に接続されている。

[0045] 続いて、本実施形態の作用及び効果について説明する。

[0046] 原料供給源から原料供給ポート４７を経由して第一導入チャンバ４５（リアクタコア３側）に第一流体Ｍを供給することにより、第一流体Ｍが各第一流路１７内に導入され、各第一流路１７内を紙面右方向に向かって流通する。また、熱媒供給源から熱媒供給ポート５５を経由して第二導入チャンバ５３（リアクタコア３側）に第二流体ＨＣを供給することにより、第二流体ＨＣが各第二流路３１内に導入され、各第二流路３１内を各第一流路１７内の第一流体Ｍの流れ方向と逆方向（対向流方向）である紙面左方向に向かって流通する。すると、各第一流路１７内の第一流体Ｍと対応する第二流路３１内の第二流体ＨＣとの間で熱交換が行われ、第一流体Ｍを加熱又は冷却することができる。これにより、各触媒部材４１に担持された触媒の反応促進作用も相まって、第一流体Ｍを反応（吸熱反応又は発熱反応）させて、生成物Ｐを生成することができる。一方、生成された生成物Ｐは、各第一導出口２１から第一排出チャンバ４９内へ導出され、生成物排出ポート５１から別の処理機側へ排出される。熱交換に寄与した第二流体ＨＣは、各第二導出口３５から第二排出チャンバ５７内へ導出され、熱媒排出ポート５９から熱媒回収器側へ排出される。

[0047] ここで、各第一流路１７内の第一流体Ｍと対応する第二流路３１内の第二流体ＨＣとの間で熱交換が行われているため、第一構造体７及び第二構造体９の積層数に拘わらず、各第一流路１７に対して略等しく熱を与えることができる。

[0048] 各第一側壁１３の端面１３ｅ及び各第一中間壁１５の端面１５ｅ等が隣接

する第二ベース板２５の下面２５ｕに拡散接合されているため、第一流路１７毎に、構造強度（耐圧強度）及び第一流体Ｍ等の漏れを防止するシール性を確保（保証）することができる。また、各第二側壁２７の端面２７ｅ及び各第二中間壁２９の端面２９ｅ等が隣接する第一ベース板１１の下面１１ｕ又は蓋構造体３９の下面３９ｕに拡散接合されている。従って、第二流路３１毎に、構造強度（耐圧強度）及び第二流体ＨＣの漏れを防止するシール性を確保（保証）することができる。特に、比率Ｔ５／Ｔ４及び比率Ｓ５／Ｓ４を１８．０以下にそれぞれ設定されているため、第一中間壁１５の端面１５ｅの接合面積等をより十分に確保して、各第一流路１７等の構造強度（耐圧強度）及びシール性をより高めることができる。

[0049] そして、第一側壁１３の厚み寸法Ｔ１が第一中間壁１５の厚み寸法Ｔ２以上に設定され、第二側壁２７の厚み寸法Ｓ１が第二中間壁２９の厚み寸法Ｓ２以上に設定されている。これにより、内外の圧力差に耐える容器（圧力容器　図示省略）によってリアクタコア３を収容することなく、リアクタコア３（リアクタ１）全体としての構造強度（耐圧強度）及びシール性を確保（保証）することができる。特に、比率Ｔ１／Ｔ２及び比率Ｓ１／Ｓ２が４．０以上にそれぞれ設定されているため、第一側壁１３の端面１３ｅの接合面積等をより十分に確保して、リアクタコア３の構造強度（耐圧強度）及びシール性をより高めることができる。

[0050] 各第一流路１７の流路断面の少なくとも一辺の寸法が数ｍｍ程度であって、各第一流路１７の単位体積当たりの比表面積が大きくなっている。また、各一対のフィン４３によって各第二流路３１内における第二流体ＨＣの流れに乱流を発生させ、かつ各第二流路３１内における伝熱面積を増やすことができる。これにより、各第一流路１７内の第一流体Ｍと対応する第二流路３１内の第二流体ＨＣとの間の伝熱効率を高めることができる。特に、比率Ｔ６／Ｔ２及び比率Ｓ６／Ｓ２が０．２～５．０に設定されているため、第一ベース板１１の剛性等をより十分に確保した上で、各第一流路１７内の第一流体Ｍと対応する第二流路３１内の第二流体ＨＣとの間の伝熱効率をより高

めることができる。

[0051] 第一導入チャンバ４５がリアクタコア３の左側に対して着脱可能であるため、触媒部材４１に担持した触媒が劣化等した場合に、リアクタコア３の左側から触媒部材４１の交換を容易に行うことができる。また、第二導入チャンバ５３がリアクタコア３の右側に対して着脱可能であるため、フィン４３が損傷等した場合に、リアクタコア３の右側からフィン４３の交換を容易に行うことができる。

[0052] 本実施形態によれば、第一構造体７等の積層数に拘わらず、各第一流路１７に対して略等しく熱を与えることができ、かつ、容器（圧力容器）によってリアクタコア３を収容することなく、リアクタコア３の構造強度（耐圧強度）等を十分に確保できる。従って、リアクタ１のリアクタ容量を変更する場合でも、リアクタ１に関する設計を大幅にやり直すことなく、第一構造体７等の積層数を変更するだけでフレキシブルに対処することができる。つまり、リアクタ１の容量の変更に対して、リアクタ１の設計の自由度を高めることができる。

[0053] 容器によってリアクタコア３を収容することなく、リアクタコア３の構造強度（耐圧強度）を十分に確保できる。従って、リアクタ１の構成要素から容器を省いて、リアクタ１の構成の簡略化を図ると共に、リアクタ１の大型化を抑えて、リアクタ１の設置スペースの削減を図ることができる。

[0054] 前述の効果の他に、本実施形態によれば、各第一流路１７内の第一流体Ｍと対応する第二流路３１内の第二流体ＨＣとの間の伝熱効率をより高めることができるため、第一流体Ｍの反応速度及び生成物Ｐの収率を向上させることができる。また、触媒部材４１に担持した触媒が劣化等した場合に、リアクタコア３の左側から触媒部材４１の交換を容易に行うと共に、フィン４３が損傷等した場合に、リアクタコア３の右側からフィン４３の交換を容易に行うことができる。従って、リアクタ１のメンテナンス性を向上させることができる。

[0055] なお、本実施形態においては、リアクタコア３の構成を次のように変更す

ることが可能である。

[0056] 第一ベース板１１の片面の右端側に第一規制壁１９が設けられ、一方又は両方の第一側壁１３の右端側に第一導出口２１が設けられ、また、第一ベース板１１の片面の右端側に第一連絡流路２３が形成される代わりの構成を考える。例えば、各第一流路１７の右端側が生成物Ｐを導出するように開口されていてもよい。この場合には、第二ベース板２５の片面の右端側に、複数の第二流路３１内への生成物Ｐの流入を阻止する別の第二規制壁（図示省略）が設けられ、一方又は両方の第二側壁２７の右端側に、第二流体ＨＣを導入するための第二導入口（図示省略）が設けられる。第二ベース板２５の片面の右端側に、第二導入口と複数の第二流路３１の右端側を連絡する別の第二連絡流路（図示省略）が形成される。リアクタコア３の正面の右端側に箱形等の第一排出チャンバ４９が設けられる代わりに、リアクタコア３の右側にドーム状の第一排出チャンバ（図示省略）が設けられる。リアクタコア３の右側にドーム状の第二導入チャンバ５３が設けられる代わりに、リアクタコア３の正面の右端側に箱形等の第二導入チャンバ（図示省略）が設けられる。

[0057]（変形例１）

本実施形態の変形例１について図６及び図７を参照して説明する。

[0058] 図４に示す例では、各第一流路１７の左端側が開口されている。これに代えて、図６に示す例では、各第一流路１７の右端側は、生成物Ｐを導出するように開口されている。第一規制壁１９は、第一ベース板１１の片面の右端側ではなく、第一ベース板１１の片面の左端側に設けられている。また、図４に示す例では、一方又は両方の第一側壁１３の右端側に第一導出口２１が設けられている。これに代えて、図６に示す例では、一方又は両方の第一側壁１３の左端側には、第一流体Ｍを導入するための第一導入口６１が設けられている。更に、図４に示す例では、第一ベース板１１の片面の左端側に第一連絡流路２３が形成されている。これに代えて、図６に示す例では、第一ベース板１１の片面の左端側には、第一導入口６１と複数の第一流路１７の

左端側を連絡する第一連絡流路６３が形成されている。第一連絡流路６３は、前後方向へ延びている。

[0059] 図５に示す例では、各第二流路３１の右端側が開口されている。これに代えて、図７に示す例では、各第二流路３１の左端側は、第二流体ＨＣを導出するように開口されている。第二規制壁３３は、第二ベース板２５の片面の左端側ではなく、第二ベース板２５の片面の右端側に設けられている。また、図５に示す例では、一方又は両方の第二側壁２７の左端側に第二導出口３５が設けられている。これに代えて、図７に示す例では、一方又は両方の第二側壁２７の右端側には、第二流体ＨＣを導入するための第二導入口６５が設けられている。更に、第二ベース板２５の片面の左端側に第二連絡流路３７が形成される代わりに（図５参照）、第二ベース板２５の片面の右端側には、第二導入口６５と複数の第二流路３１の右端側とを連絡する第二連絡流路６７が形成されており、この第二連絡流路６７は、前後方向へ延びている。

[0060] 図４に示す例では、リアクタコア３の左側にドーム状の第一導入チャンバ４５が着脱可能に設けられている。これに代えて、図６に示す例では、リアクタコア３の正面の左端側には、各第一導入口６１から各第一流路１７内に第一流体Ｍを導入するための箱形等の第一導入チャンバ（中空状の第一導入部材の一例）６９が設けられている。また、第一導入チャンバ６９は、上下方向へ延びており、第一導入チャンバ６９の内部は、各第一導入口６１に連通している。更に、第一導入チャンバ６９の中央部、端部、上部、又は下部には、原料供給源に接続した原料供給ポート７１が設けられている。

[0061] 図４に示す例では、リアクタコア３の正面の右端側に箱形等の第一排出チャンバ４９が設けられている。これに代えて、図６に示す例では、リアクタコア３の右側には、各第一流路１７内から導出した生成物Ｐを集合して排出するためのドーム状の第一排出チャンバ（中空状の第一排出部材の一例）７３が着脱可能に設けられている。また、第一排出チャンバ７３の内部は、各第一流路１７に連通している。第一排出チャンバ７３には、前記別の処理器

に接続した生成物排出ポート７５が設けられている。

[0062] 図５に示す例では、リアクタコア３の右側に第二導入チャンバ５３が設けられている。これに代えて、図７に示す例では、リアクタコア３の正面の左端側には、各第二導入口６５から各第二流路３１内に第二流体ＨＣを導入するための箱形等の第二導入チャンバ（中空状の第二導入部材の一例）７７が設けられている。また、第二導入チャンバ５３は、上下方向へ延びており、第二導入チャンバ７７の内部は、各第二導入口６５に連通している。更に、第二導入チャンバ７７の中央部、端部、上部、又は下部には、前記熱媒供給源に接続した熱媒供給ポート７９が設けられている。

[0063] 図５に示す例では、リアクタコア３の正面の左端側に第二排出チャンバ５７が設けられている。これに代えて、図７に示す例では、リアクタコア３の左側には、各第二流路３１から導出した第二流体ＨＣを集合して排出するためのドーム状の第二排出チャンバ（中空状の第二排出部材の一例）８１が着脱可能に設けられている。また、第二排出チャンバ８１の内部は、各第二流路３１に連通しており、第二排出チャンバ８１には、前記熱媒回収器に接続した熱媒排出ポート８３が設けられている。

[0064] 続いて、変形例１の作用のうち、本実施形態の作用と異なる点について説明する。

[0065] 原料供給源から原料供給ポート７１を経由して第一導入チャンバ６９に第一流体Ｍを供給することにより、第一流体Ｍが各第一導入口６１から各第一流路１７内に導入され、各第一流路１７内を紙面右方向（入口側から出口側）に向かって流通する。また、熱媒供給源から熱媒供給ポート７９を経由して第二導入チャンバ７７に第二流体ＨＣを供給することにより、第二流体ＨＣが各第二導入口６５から各第二流路３１内に導入され、各第二流路３１内を紙面左方向（入口側から出口側）に向かって流通する。これにより、各第二流路３１内の第二流体ＨＣと対応する第一流路１７内の第一流体Ｍとの間、換言すれば、流れ方向が対向流の関係にある第一流体Ｍと第二流体ＨＣとの間で熱交換が行われ、第一流体Ｍを加熱又は冷却することができる。よっ

て、各触媒部材４１に担持された触媒の反応促進作用も相まって、第一流体Ｍを反応（吸熱反応又は発熱反応）させて、生成物Ｐを生成することができる。一方、生成された生成物Ｐは、各第一流路１７の出口側から第一排出チャンバ７３内へ導出され、生成物排出ポート７５から前記別の処理機側へ排出される。熱交換に寄与した第二流体ＨＣは、各第二流路３１の出口側から第二排出チャンバ８１内へ導出され、熱媒排出ポート８３から前記熱媒回収器側へ排出される。

[0066] 更に、第一排出チャンバ７３がリアクタコア３の右側に対して着脱可能であるため、触媒部材４１に担持した触媒が劣化等した場合に、リアクタコア３の右側から触媒部材４１の交換を容易に行うことができる。また、第二排出チャンバ８１がリアクタコア３の左側に対して着脱可能であるため、フィン４３が損傷等した場合に、リアクタコア３の左側からフィン４３の交換を容易に行うことができる。

[0067] そして、変形例１においても、前述の本実施形態の効果と同様の効果を奏する。

[0068] なお、変形例１においては、リアクタコア３の構成を次のように変更することが可能である。

[0069] 前述の実施形態では、第二ベース板２５の片面の右端側に第二規制壁３３が設けられ、一方又は両方の第二側壁２７の右端側に第二導入口６１が設けられ、また、第二ベース板２５の片面の右端側に第二連絡流路６７が形成されている。これに変えて、変形例１では、各第二流路３１の右端側が第二流体ＨＣを導入するように開口されている。この場合には、第一ベース板１１の片面の右端側に、複数の第一流路１７内への第二流体ＨＣの流入を阻止する別の第一規制壁（図示省略）が設けられ、一方又は両方の第一側壁１３の右端側に、生成物Ｐを導出するための第一導出口（図示省略）が設けられている。第一ベース板１１の片面の右端側に、複数の第一流路１１の右端側と第一導出口を連絡する別の第一連絡流路（図示省略）が形成されている。リアクタコア３の右側にドーム状の第一排出チャンバ７３が設けられる代わり

に、リアクタコア３の正面の右端側に箱形等の第一排出チャンバ（図示省略）が設けられている。リアクタコア３の正面の右端側に箱形等の第二導入チャンバ７７が設けられる代わりに、リアクタコア３の右側にドーム状の第二導入チャンバ（図示省略）が設けられている。

[0070] （変形例２）

本実施形態の変形例２について、図８Ａを参照して説明する。

[0071] 図８Ａに示すように、第一ベース板１１の片面（上面）に第一側壁１３及び複数の第一中間壁１５等が設けられる他に、第一ベース板１１のもう片面（下面）における前端側及び後端側には、補助第一側壁８５がそれぞれ設けられている。また、第一ベース板１１のもう片面における一対の補助第一側壁８５の間には、複数の補助第一中間壁８７が前後方向（Ｘ方向）に等間隔に設けられている。ここで、各補助第一側壁８５は、下方向（もう片方向；Ｚ方向マイナス側）へ突出しかつ左右方向（Ｙ方向）へ延びており、各補助第一側壁８５の端面（先端面）８５ｅは、対応する第二側壁２７の端面２７ｅに拡散接合（接合の一例）されている。各補助第一中間壁８７は、下方向へ突出しかつ左右方向へ延びており、各補助第一中間壁８７の端面８７ｅは、対応する第二中間壁２９の端面２９ｅに拡散接合されている。

[0072] 第二ベース板２５の片面に第二側壁２７及び複数の第二中間壁２９等が設けられる他に、第二ベース板２５のもう片面における前端側及び後端側には、補助第二側壁８９がそれぞれ設けられている。また、第二ベース板２５のもう片面における一対の補助第二側壁８９の間には、複数の補助第二中間壁９１が前後方向に等間隔に設けられている。ここで、各補助第二側壁８９は、下方向へ突出しかつ左右方向へ延びており、各補助第二側壁８９の端面８９ｅは、対応する第一側壁１３の端面１３ｅに拡散接合されている。各補助第二中間壁９１は、下方向へ突出しかつ左右方向へ延びており、各補助第二中間壁９１の端面９１ｅは、対応する第一中間壁１５の端面１５ｅに拡散接合されている。

[0073] そして、変形例２においても、前述の本実施形態と同様の作用及び効果を

奏する。

[0074] （変形例３）

本実施形態の変形例３について、図８Ｂを参照して説明する。

[0075] 図８Ｂに示すように、第一ベース板１１の片面（上面）に第一側壁１３及び複数の第一中間壁１５等が設けられる他に、第一ベース板１１のもう片面（下面）には、複数の補助反応壁９３が前後方向（Ｘ方向）に間隔を置いて設けられている。ここで、各補助反応壁９３は、下方向（もう片方向；Ｚ方向マイナス側）へ突出しかつ左右方向（Ｙ方向）へ延びており、各補助反応壁９３の端面（先端面）９３ｅは、第二ベース板２５の片面（第二流路３１の底面）に拡散接合されている。

[0076] 第二ベース板２５の片面に第二側壁２７及び複数の第二中間壁２９等が設けられる他に、第二ベース板２５のもう片面には、複数の補助温調壁９５が前後方向に間隔を置いて設けられている。ここで、各補助温調壁９５は、下方向へ突出しかつ左右方向へ延びており、各補助温調壁９５の端面９５ｅは、第一ベース板１１の片面（第一流路１７の底面）に拡散接合されている。

[0077] そして、変形例３においても、前述の本実施形態と同様の作用及び効果を奏する。

[0078] 本開示は、前述の実施形態の説明に限るものでなく、例えば、少なくともいずれか一対の第一構造体７同士又は第二構造体９同士が重ね合った状態で積層される等、種々の態様で実施可能である。

[0079] 例えば、第一流路１７に生成物の生成反応が吸熱反応である第一流体Ｍを供給し、第二流路３１に生成物の生成反応が発熱反応である第二流体ＨＣを供給する。この場合、第二流路３１を第二流体ＨＣが進むに従って発熱反応が発生し、反応熱が生じる。この反応熱を第一流路１７内で生じる吸熱反応の熱源に用いることができる。これにより、熱の有効利用が可能である。

[0080] このように、本開示は、ここでは記載していない様々な実施の形態などを含むことは勿論である。従って、本開示の技術的範囲は、上述の説明から妥当な特許請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ定められる。

請求の範囲

[請求項1] 第一流体と第二流体との間の熱交換によって、第一流体を反応させて、生成物を生成するリアクタであって、

板状の一ベース板の片面における第一方向の両端側にそれぞれ設けられかつ前記第一方向に直交する第二方向へ延びた第一側壁、及び前記第一ベース板の片面における一対の前記第一側壁の間に前記第一方向に沿って間隔を置いて設けられかつ前記第二方向へ延びた複数の第一中間壁を有し、各隣接する前記第一側壁と前記第一中間壁の間、及び各隣接する一対の前記第一中間壁の間に、第一流体を流通させる第一流路がそれぞれ形成された複数の第一構造体と、

前記第一方向と前記第二方向に直交する第三方向に沿って複数の前記第一構造体と混在して積層され、板状の第二ベース板の片面における前記第一方向の両端側にそれぞれ設けられかつ前記第二方向へ延びた第二側壁、及び前記第二ベース板の片面における一対の前記第二側壁の間に前記第一方向に沿って間隔を置いて設けられかつ前記第二方向へ延びた複数の第二中間壁を有し、各隣接する前記第二側壁と前記第二中間壁の間、及び各隣接する一対の前記第二中間壁の間に、第二流体を流通させる第二流路がそれぞれ形成された複数の第二構造体と、

前記第三方向の一端側に位置する前記第二構造体に設けられ、複数の前記第二流路を覆う蓋構造体と、を具備し、

各第一側壁の端面及び各第一中間壁の端面は、隣接する前記第二構造体に接合され、

各第二側壁の端面及び各第二中間壁の端面は、隣接する前記第一構造体又は前記蓋構造体に接合され、

前記第一側壁の厚み寸法は、前記第一中間壁の厚み寸法以上に設定され、

前記第二側壁の厚み寸法は、前記第二中間壁の厚み寸法以上に設定

されているリアクタ。

[請求項2] リアクタ容量に応じた所定数の前記第一構造体と、複数の前記第二構造体とを混在して積層し、かつ前記第三方向の一端側に位置する前記第二構造体に前記蓋構造体を配置した状態で、複数の前記第一構造体、複数の前記第二構造体、及び前記蓋構造体を同時に接合することによって製作されている、請求項１に記載のリアクタ。

[請求項3] 複数の前記第一構造体及び複数の前記第二構造体は、前記第三方向に沿って交互に積層されている、請求項１又は請求項２に記載のリアクタ。

[請求項4] 前記第一中間壁の厚み寸法に対する前記第一側壁の厚み寸法の比率、及び前記第二中間壁の厚み寸法に対する前記第二側壁の厚み寸法の比率は、４．０以上にそれぞれ設定されている、請求項１から請求項３のうちのいずれか１項に記載のリアクタ。

[請求項5] 各第一流路の断面形状及び各第二流路の断面形状は、それぞれ矩形であって、各第一流路の断面における短辺寸法に対する長辺寸法の比率、及び各第二流路の断面における短辺寸法に対する長辺寸法の比率は、１８．０以下にそれぞれ設定されている、請求項１から請求項４のうちのいずれか１項に記載のリアクタ。

[請求項6] 前記第一中間壁の厚さ寸法に対する前記第一流路の幅寸法の比率、及び前記第二中間壁の厚さ寸法に対する前記第二流路の幅寸法の比率は、１．０以上にそれぞれ設定されている、請求項１から請求項５のうちのいずれか１項に記載のリアクタ。

[請求項7] 前記第一中間壁の厚み寸法に対する第一流路の底部側の前記第一ベース板の厚み寸法の比率、及び前記第二中間壁の厚み寸法に対する第二流路の底部側の前記第二ベース板の厚み寸法の比率は、０．２～５．０にそれぞれ設定されている、請求項１から請求項６のうちのいずれか１項に記載のリアクタ。

[請求項8] 前記第二側壁の厚み寸法は、前記第一側壁の厚み寸法と同じに設定

され、前記第二中間壁の厚み寸法は、前記第一中間壁の厚み寸法と同じに設定されている、請求項１から請求項７のうちのいずれか１項に記載のリアクタ。

[請求項9] 各第一流路内に、第一流体の反応を促進する触媒が担持されている、請求項１から請求項８のうちのいずれか１項に記載のリアクタ。

[請求項10] 各第一流路内に、前記触媒を担持した触媒部材が着脱可能に設けられている、請求項９に記載のリアクタ。

[請求項11] 各第二流路内に、フィンが着脱可能に設けられている、請求項１から請求項１０のうちのいずれか１項に記載のリアクタ。

[請求項12] 各第一ベース板の片面の前記第二方向の他端側に、複数の前記第一流路内への第二流体の流入を阻止する第一規制壁が設けられ、各第一構造体における少なくともいずれかの前記第一側壁の前記第二方向の他端側に、生成物を導出するための第一導出口が設けられ、各第一構造体の片面における前記第二方向の他端側に、複数の前記第一流路の前記第二方向の他端側と前記第一導出口を連絡する第一連絡流路が形成され、

各第二ベース板の片面の前記第二方向の一端側に、複数の前記第二流路内への第一流体の流入を阻止する第二規制壁が設けられ、各第二構造体における少なくともいずれかの前記第二側壁の前記第二方向の一端側に、第二流体を導出するための第二導出口が設けられ、各第二構造体の片面における前記第二方向の一端側に、複数の前記第二流路の前記第二方向の一端側と前記第二導出口を連絡する第二連絡流路が形成され、

各第一規制壁の端面は、隣接する前記第二構造体又は前記第一構造体に接合され、

各第二規制壁の端面は、隣接する前記第一構造体、前記第二構造体、又は前記蓋構造体に接合されている、請求項１から請求項１１のうちのいずれか１項に記載のリアクタ。

[請求項13] 複数の前記第一構造体と複数の前記第二構造体を混在して積層してなるリアクタコアの前記第二方向の一方側に着脱可能に設けられ、各第一流路内に第一流体を導入するための中空状の第一分配流路と、

前記リアクタコアに設けられ、各第一導出口から導出した生成物を集合して排出するための中空状の第一排出部材と、

前記リアクタコアの前記第二方向の他方側に着脱可能に設けられ、各第二流路内に第二流体を導入するための中空状の第二導入部材と、

前記リアクタコアに設けられ、各第二導出口から導出した第二流体を集合して排出するための中空状の第二排出部材と、を具備している、請求項１２に記載のリアクタ。

[請求項14] 各第一ベース板の片面における前記第二方向の一端側に、複数の前記第一流路内への第二流体の流入を阻止する第一規制壁が設けられ、各第一構造体における少なくともいずれかの前記第一側壁における前記第二方向の一端側に、第一流体を導入するための第一導入口が設けられ、各第一構造体の片面における前記第二方向の一端側に、前記第一導入口と複数の前記第一流路の前記第二方向の一端側を連絡する第一連絡流路が形成され、

各第二ベース板の片面における前記第二方向の他端側に、複数の前記第二流路内への第一流体の流入を阻止する第二規制壁が設けられ、各第二構造体における少なくともいずれかの前記第二側壁における前記第二方向の他端側に、第二流体を導入するための第二導入口が設けられ、各第二構造体の片面における前記第二方向の他端側に、前記第二導入口と複数の前記第二流路の前記第二方向の他端側を連絡する第二連絡流路が形成され、

各第一規制壁の端面は、隣接する前記第二構造体又は前記第一構造体に接合され、

各第二規制壁の端面は、隣接する前記第一構造体、前記第二構造体、又は前記蓋構造体に接合されている、請求項１から請求項１１のう

ちのいずれか１項に記載のリアクタ。

[請求項15] 複数の前記第一構造体と複数の前記第二構造体を混在して積層してなるリアクタコアに設けられ、各第一導入口から各第一流路内に第一流体を導入するための中空状の第一導入部材と、

前記リアクタコアの前記第二方向の他方側に着脱可能に設けられ、各第一流路内から導出した生成物を集合して排出するための中空状の第一排出部材と、

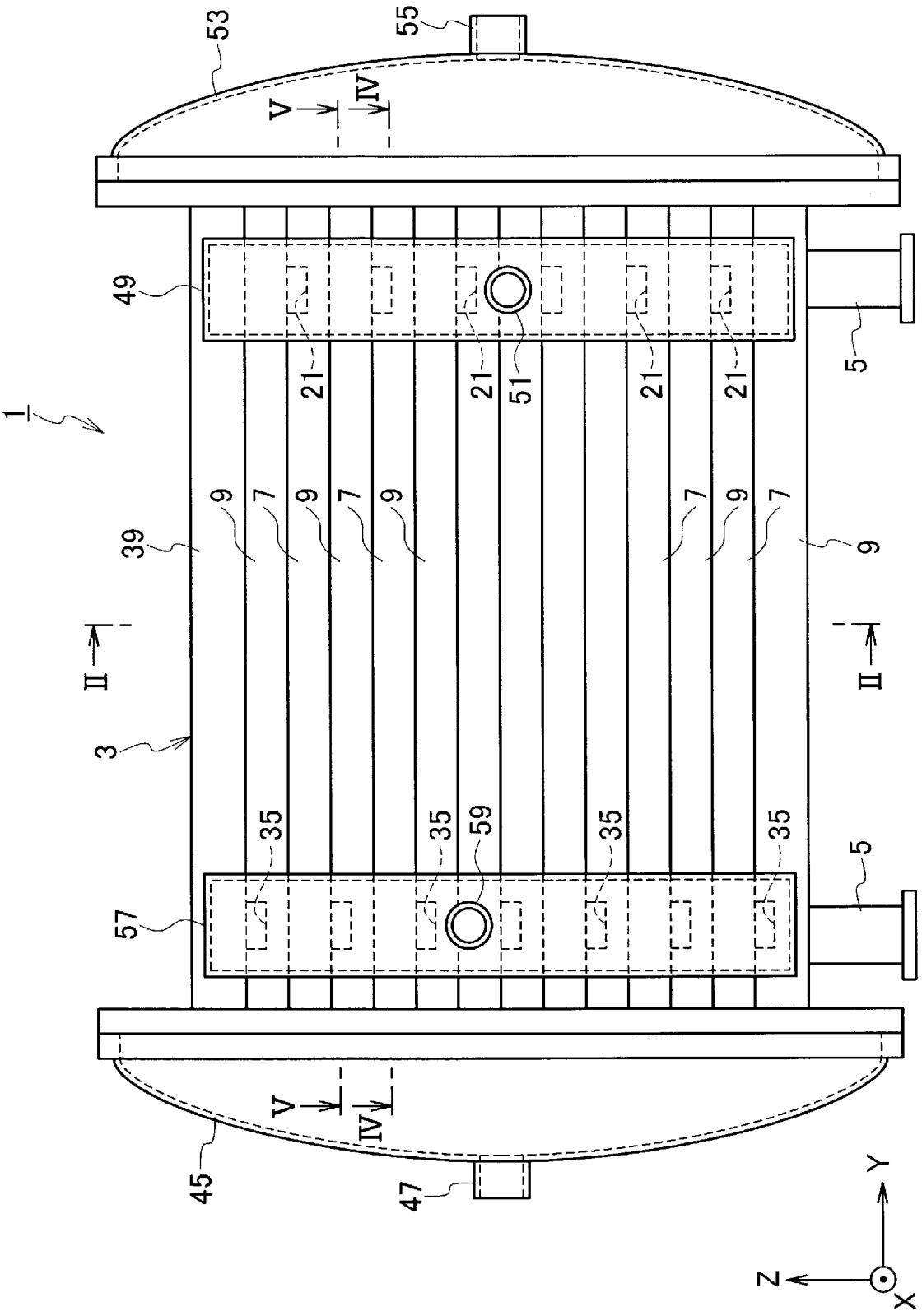
前記リアクタコアに設けられ、各第二導入口から各第二流路内に第二流体を導入するための中空状の第二導入部材と、

前記リアクタコアの前記第二方向の一方側に着脱可能に設けられ、各第二構造体から導出した第二流体を集合して排出するための中空状の第二排出部材と、を具備している、請求項１４に記載のリアクタ。

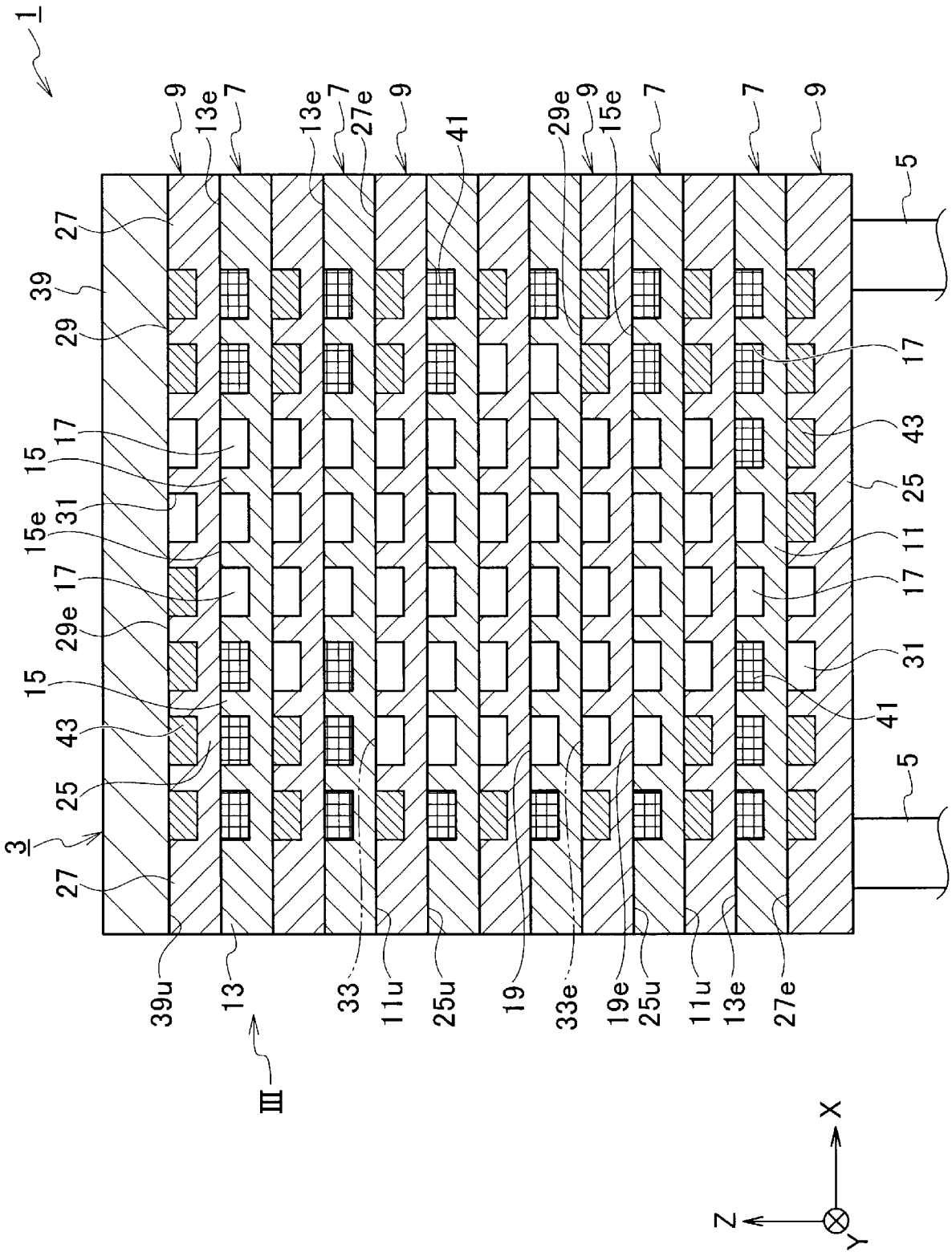
[請求項16] 各第一側壁の端面、各第一中間壁の端面の接合、及び各第一規制壁の端面の接合は、それぞれ拡散接合であって、各第二側壁の端面、各第二中間壁の端面、及び各第二規制壁の端面の接合は、それぞれ拡散接合である、請求項１２から請求項１５のうちのいずれか１項に記載のリアクタ。

[請求項17] 運転中における前記第一流路内及び前記第二流路内の最大圧力は、０．０～２０．０ＭＰａＧに設定されている、請求項１から請求項１６のうちのいずれか１項に記載のリアクタ。

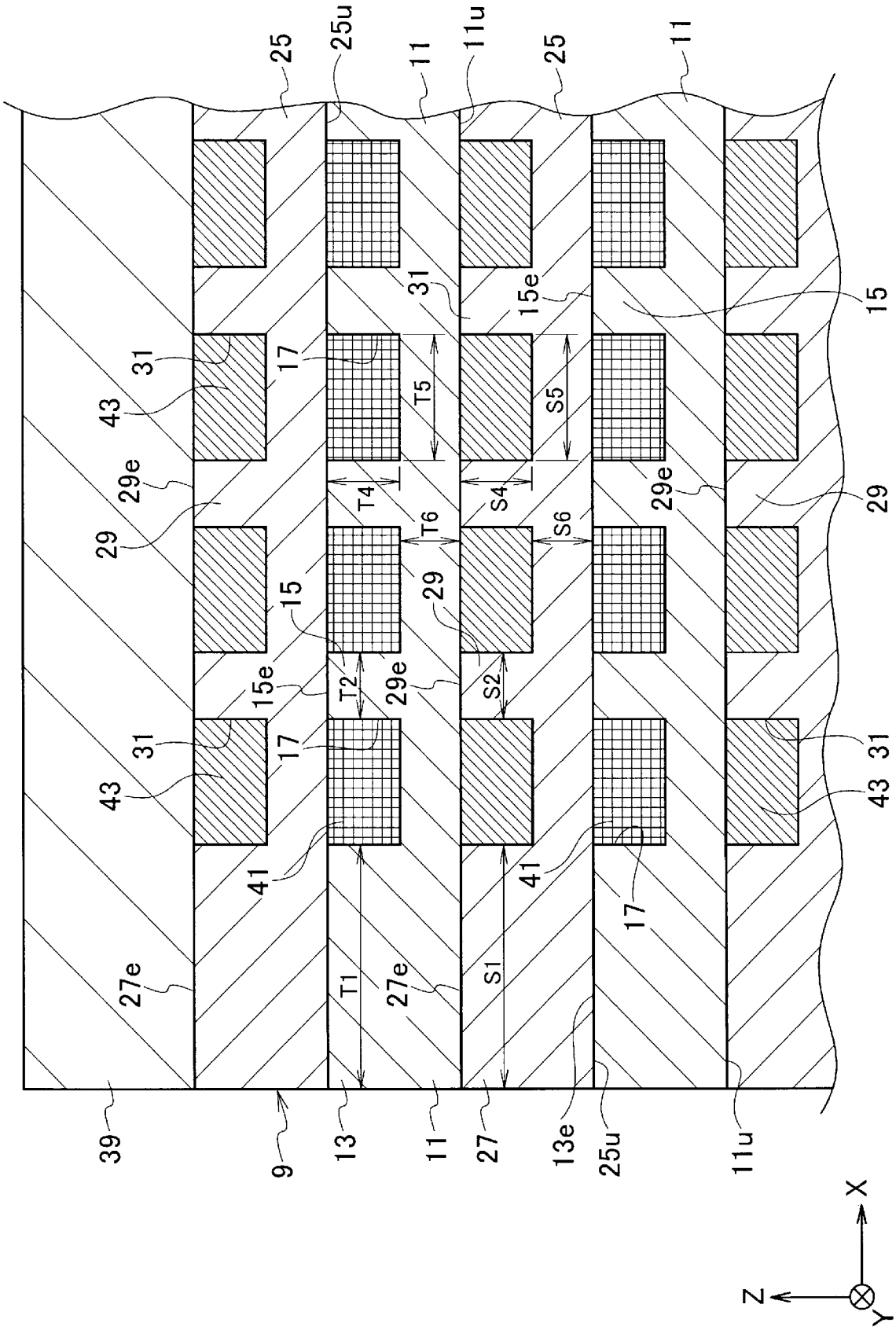
[図1]



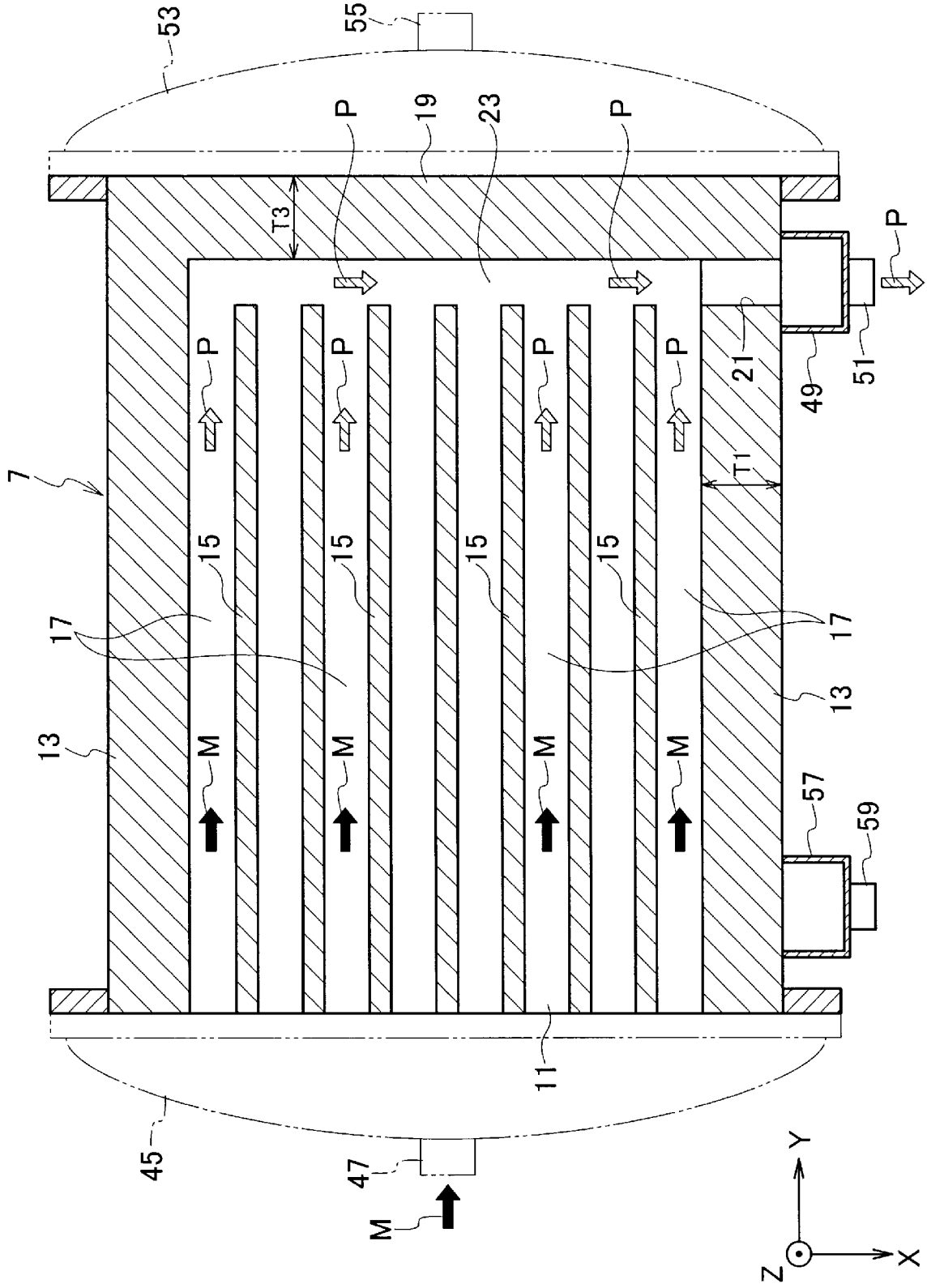
[図2]


1
9
13e
7
13e
7
27e
9
41
29e
9
15e
7
7
9
5
27
39
29
17
15
31
15e
17
29e
15
43
25
3
27
17
43
25
11
17
31
41
5
39u
13
III
33
11u
25u
19
33e
19e
25u
11u
13e
27e
X
Z
Y

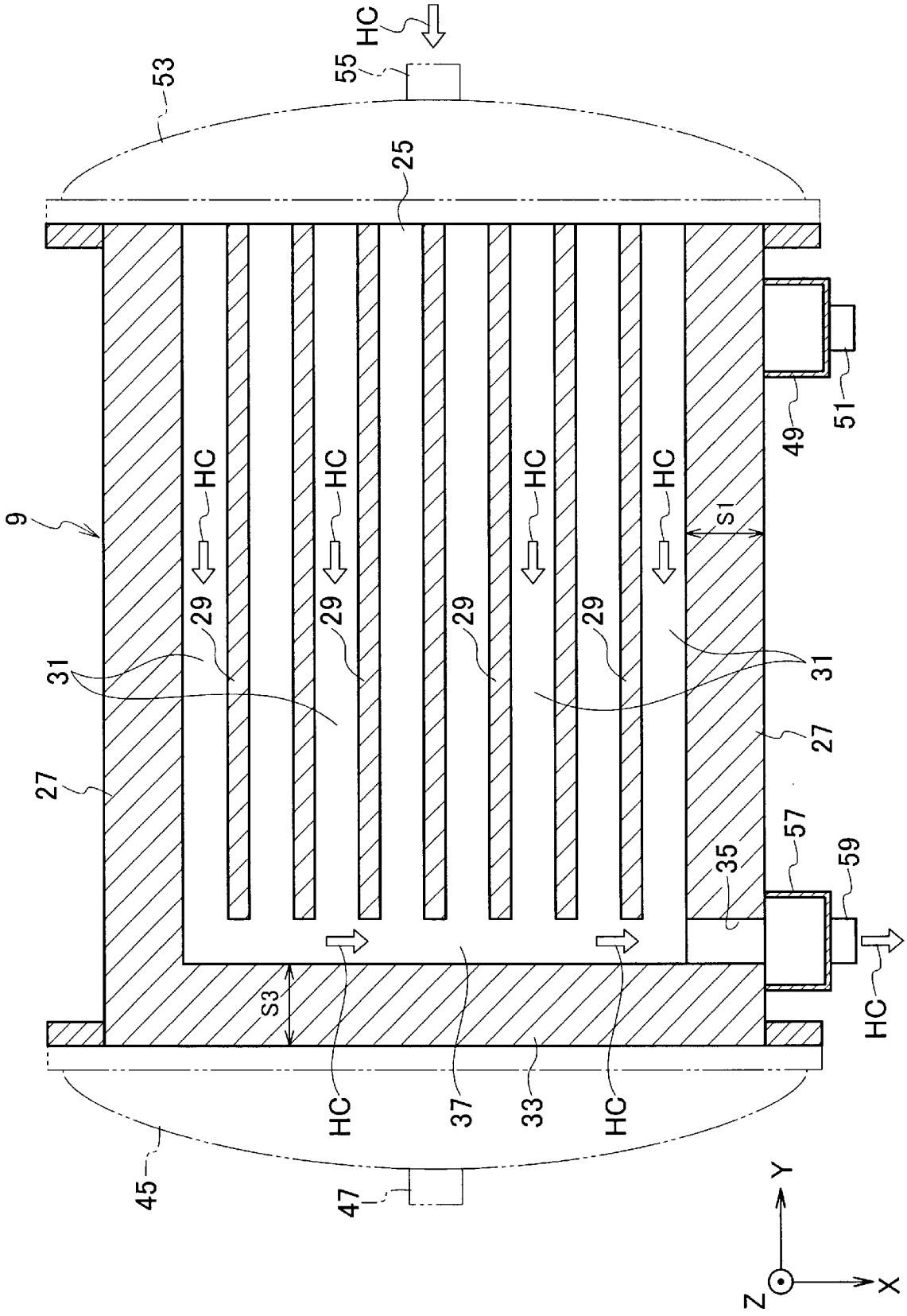
[図3]


25
25u
11
11u
25
11
31
15e
15
31
17
43
T5
S5
29e
T4
S4
29e
29
29
T6
S6
15
29
15e
T2
29e
S2
31
17
31
43
43
41
41
17
27e
T1
27e
S1
39
9
13
11
27
13e
25u
11u
X
Z
Y

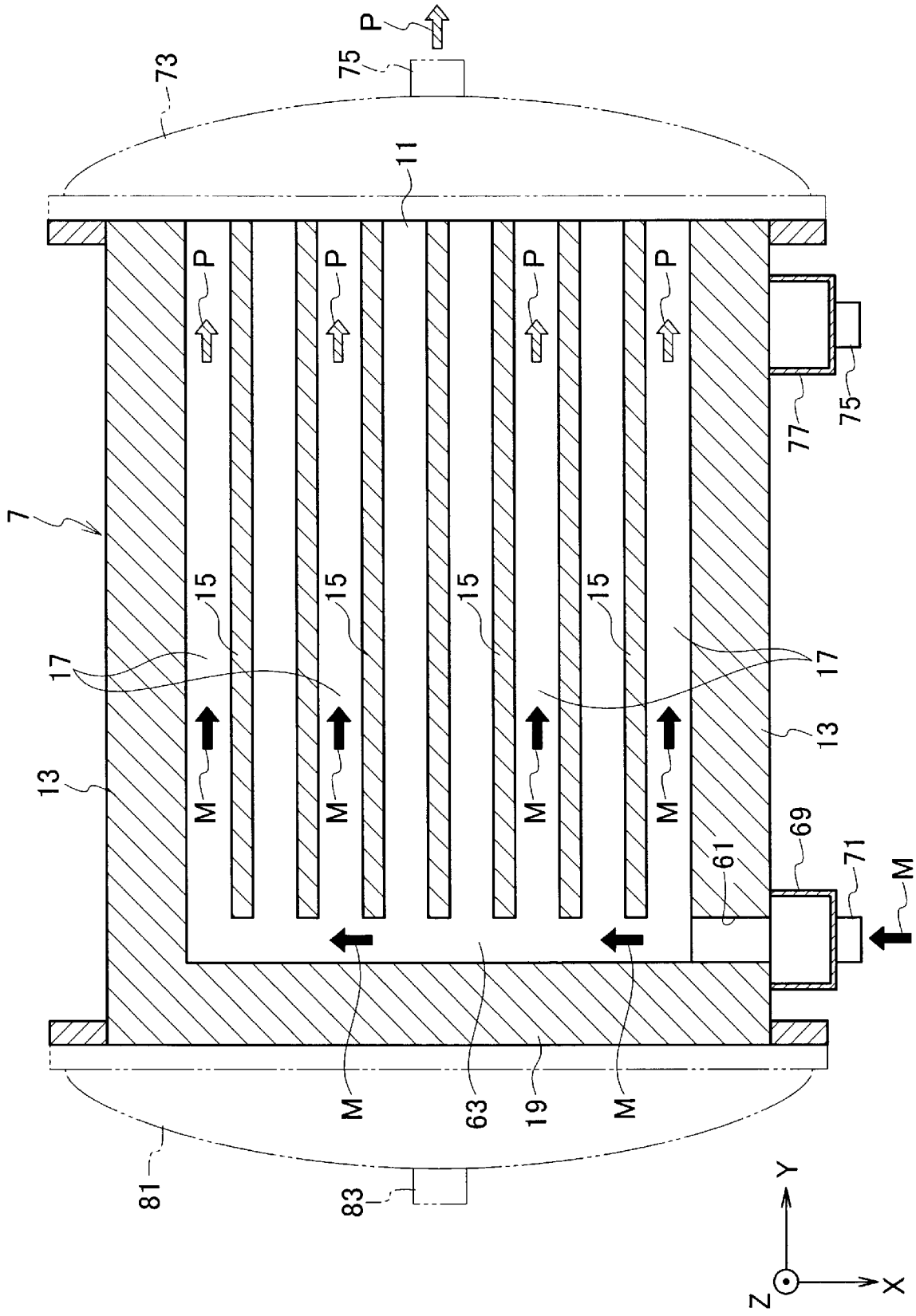
[図4]


53
55
P
19
23
P
T3
P
21
49
51
P
7
P
P
P
P
T1
15
15
15
15
17
17
13
13
M
M
M
M
57
59
11
45
47
M
Y
Z
X

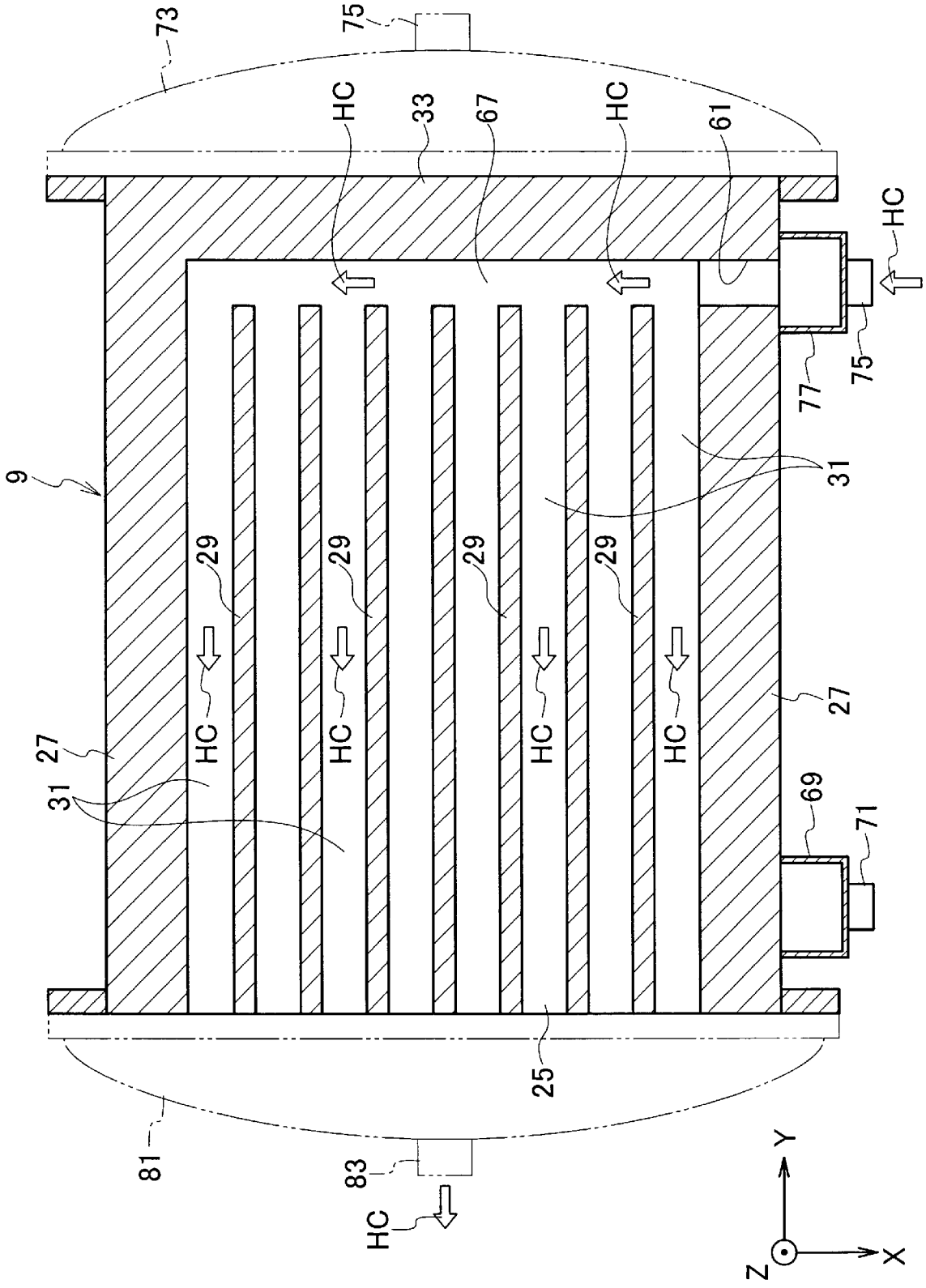
[図5]


HC
55
53
25
49
51
9
HC
HC
HC
HC
S1
29
29
29
29
31
31
27
27
57
35
59
S3
HC
HC
37
33
HC
45
47
Y
Z
X

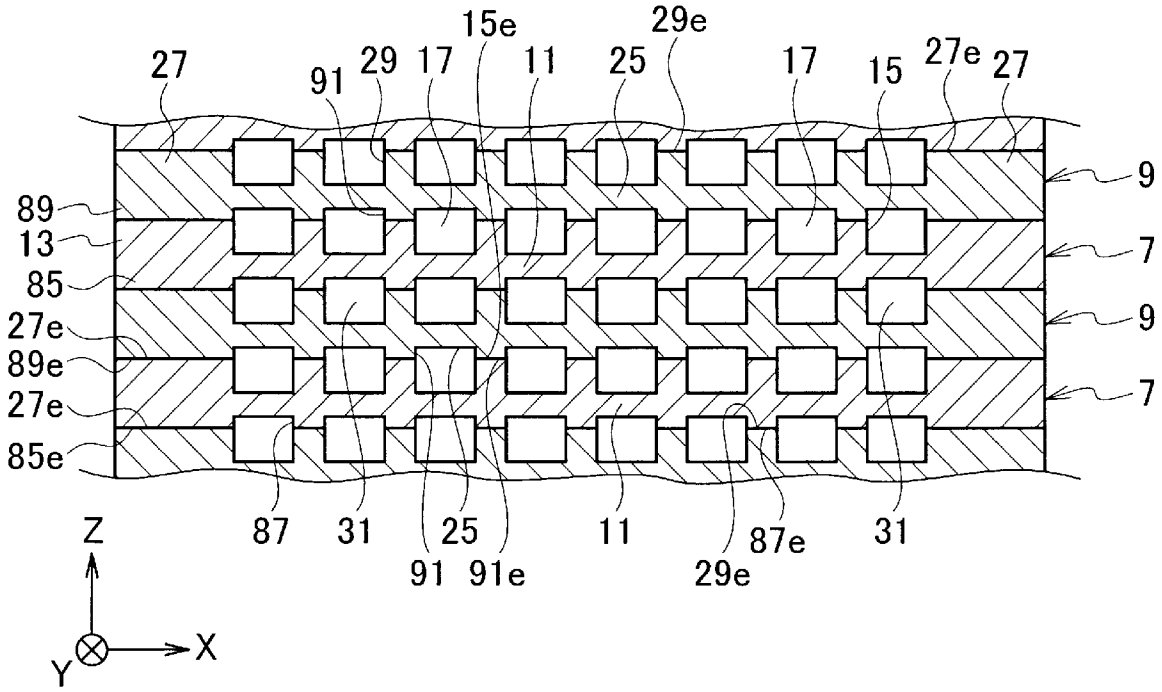
[図6]



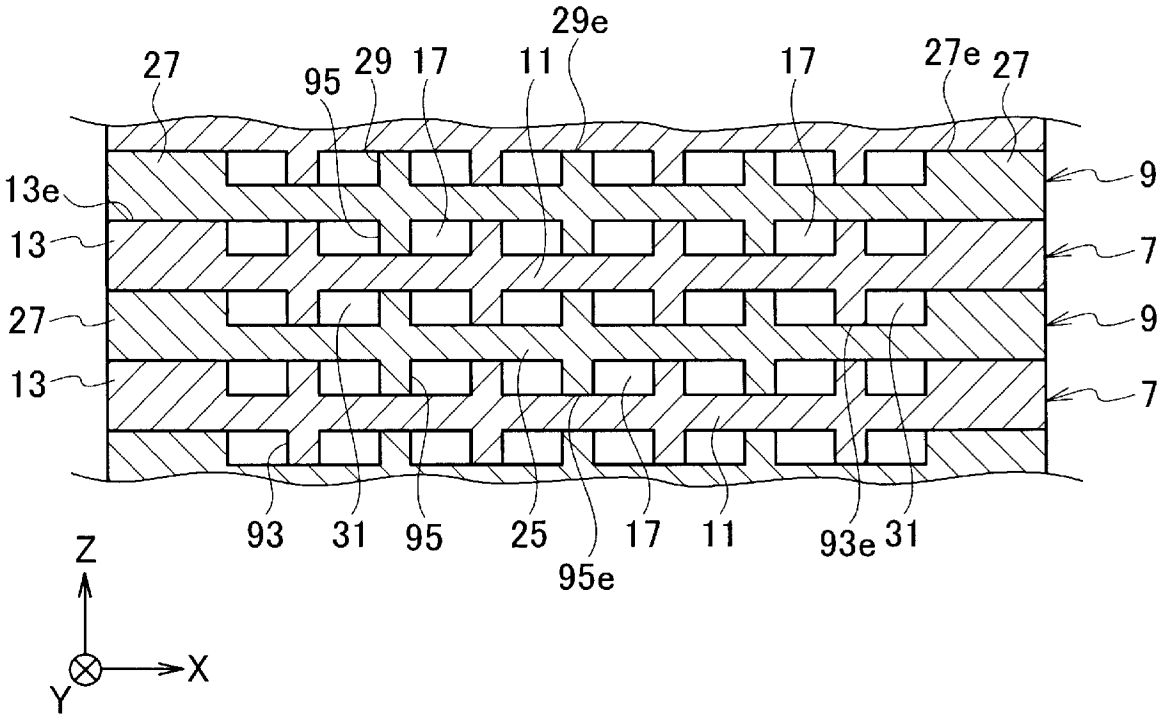
[図7]


73
75
HC
33
67
HC
61
HC
75
77
9
31
29
29
29
29
HC
HC
HC
HC
27
27
31
69
71
25
81
83
HC
Y
Z
X

[図8A]


27
91
29
17
15e
11
25
29e
17
15
27e
27
9
89
13
85
27e
89e
27e
85e
7
9
7
87
31
91
25
91e
11
29e
87e
31
Z
X
Y

[図8B]


29e
27
95
29
17
11
17
27e
27
9
13e
13
27
13
7
9
7
93
31
95
25
95e
17
11
93e
31
Z
X
Y

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/066992

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B01J19/24(2006.01)i, *C01B3/38*(2006.01)i, *F28D9/00*(2006.01)i, *F28F3/00*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B01J19/24, C01B3/38, F28D9/00, F28F3/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2015/037597 A1 (IHI Corp.), 19 March 2015 (19.03.2015), paragraphs [0022] to [0056]; fig. 1 to 3 & US 2016/0144336 A paragraphs [0031] to [0071]; fig. 1 to 3 & EP 3045222 A1	1-11,16-17 12-15
Y	JP 2006-336873 A (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 14 December 2006 (14.12.2006), paragraphs [0030] to [0033]; fig. 3 to 4 & US 2006/0151160 A1 paragraphs [0035] to [0038]; fig. 3 to 4 & WO 2004/031676 A1 & KR 10-2005-0067168 A & CN 1714270 A	1-11,16-17

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
17 August 2016 (17.08.16)	30 August 2016 (30.08.16)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/066992

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 6-111838 A (Toshiba Corp.), 22 April 1994 (22.04.1994), claim 1; fig. 1 (Family: none)	1-11,16-17
Y	JP 2008-518184 A (Korea Institute of Energy Reserach), 29 May 2008 (29.05.2008), paragraphs [0046], [0049]; fig. 3 & US 2008/0050634 A1 paragraphs [0082] to [0085]; fig. 3 & WO 2006/085715 A1 & KR 10-2006-0031935 A & CN 101040400 A	1-11,16-17
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 104524/1981(Laid-open No. 10583/1983) (Sumitomo Precision Products Co., Ltd.), 24 January 1983 (24.01.1983), page 4, line 15 to page 5, line 1 (Family: none)	11

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０６６９９２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B01J19/24(2006.01)i, C01B3/38(2006.01)i, F28D9/00(2006.01)i, F28F3/00(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B01J19/24, C01B3/38, F28D9/00, F28F3/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y A	WO 2015/037597 A1 (株式会社ＩＨＩ) 2015.03.19, [0022]-[0056], 図 1-3 & US 2016/0144336 A, [0031]-[0071], 図 1-3 & EP 3045222 A1	1-11, 16-17 12-15
Y	JP 2006-336873 A (昭和電工株式会社) 2006.12.14, [0030]-[0033], 図 3-4 & US 2006/0151160 A1, [0035]-[0038], 図 3-4 & WO 2004/031676 A1 & KR 10-2005-0067168 A & CN 1714270 A	1-11, 16-17

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１７．０８．２０１６	３０．０８．２０１６

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　４Ｑ　３８３８
関根　崇
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４６８

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 6-111838 A (株式会社東芝) 1994.04.22, 請求項1, 図1 (ファミリーなし)	1-11, 16-17
Y	JP 2008-518184 A (コリア・インスティチュート・オブ・エネルギー・リサーチ) 2008.05.29, [0046], [0049], 図3 & US 2008/0050634 A1, [0082]-[0085], 図3 & WO 2006/085715 A1 & KR 10-2006-0031935 A & CN 101040400 A	1-11, 16-17
Y	日本国実用新案登録出願56-104524号(日本国実用新案登録出願公開58-10583号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (住友精密工業株式会社) 1983.01.24, 第4頁第15行-第5頁第1行 (ファミリーなし)	11