

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-167913

(P2012-167913A)

(43) 公開日 平成24年9月6日(2012.9.6)

| (51) Int.Cl. | F I | テーマコード (参考) |
|-------------------------|----------------------|-------------|
| F 2 4 F 13/30 (2006.01) | F 2 4 F 1/00 3 9 1 A | 3 L 0 5 1 |
| F 2 8 F 1/40 (2006.01) | F 2 8 F 1/40 D | |
| F 2 5 B 1/00 (2006.01) | F 2 5 B 1/00 3 9 6 Z | |

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2011-31515 (P2011-31515)
 (22) 出願日 平成23年2月17日 (2011.2.17)

(71) 出願人 399048917
 日立アプライアンス株式会社
 東京都港区海岸一丁目16番1号
 (74) 代理人 100100310
 弁理士 井上 学
 (74) 代理人 100098660
 弁理士 戸田 裕二
 (74) 代理人 100091720
 弁理士 岩崎 重美
 (72) 発明者 高久 昭二
 栃木県栃木市大平町富田800番地
 日立アプライアンス
 株式会社内
 Fターム(参考) 3L051 BE05

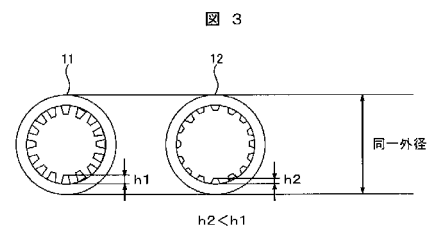
(54) 【発明の名称】 空気調和機

(57) 【要約】

【課題】本発明は、HFO-1234系冷媒を用いたヒートポンプ式空気調和機において、暖房性能の低下を抑制しつつ、冷房運転時の性能を向上させることを課題とする。

【解決手段】圧縮機と、四方弁と、室外熱交換器と、膨張弁と、室内熱交換器と、を備え、室内熱交換器は冷房運転時に室内熱交換器の冷媒入口側に位置する1パス部分と冷媒流れ下流側において複数のパスに分岐した複数パス部分とを備え、1パス部分は複数パス部分の風上側に位置し、複数パス部分における冷媒配管内面の管壁高さを1パス部分における冷媒配管内面の管壁高さよりも低くする。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧縮機と、四方弁、室外熱交換器と、膨張弁と、室内熱交換器と、を備え、
 冷房運転では、前記圧縮機、前記四方弁、前記室外熱交換器、前記膨張弁、前記室内熱交換器の順に接続するとともに、前記室内熱交換器を蒸発器として機能させ、
 暖房運転では、前記圧縮機、前記四方弁、前記室内熱交換器、前記膨張弁、前記室外熱交換器の順に接続するとともに、前記室内熱交換器を凝縮器として機能させる空気調和機であって、
 作動流体として、少なくとも H F O - 1 2 3 4 系冷媒を用い、
 前記室内熱交換器は前記冷房運転時に前記室内熱交換器の冷媒入口側に位置する 1 パス部分と冷媒流れ下流側において複数のパスに分岐した複数パス部分とを備えるとともに、前記 1 パス部分は前記複数パス部分の風上側に位置し、
 前記複数パス部分における冷媒配管内面の管壁高さは前記 1 パス部分における冷媒配管内面の管壁高さよりも低い空気調和機。

10

【請求項 2】

圧縮機、四方弁、室外熱交換器、膨張弁、室内熱交換器等を備え、おのをおの冷媒配管等で圧縮機と、四方弁、室外熱交換器と、膨張弁と、室内熱交換器と、を備え、
 冷房運転では、前記圧縮機、前記四方弁、前記室外熱交換器、前記膨張弁、前記室内熱交換器の順に接続するとともに、前記室内熱交換器を蒸発器として機能させ、
 暖房運転では、前記圧縮機、前記四方弁、前記室内熱交換器、前記膨張弁、前記室外熱交換器の順に接続するとともに、前記室内熱交換器を凝縮器として機能させる空気調和機であって、
 作動流体として、少なくとも H F O - 1 2 3 4 系冷媒を用い、
 前記室内熱交換器は前記冷房運転時に前記室内熱交換器の冷媒入口側に位置する 1 パス部分と冷媒流れ下流側において複数のパスに分岐した複数パス部分とを備えるとともに、前記 1 パス部分は前記複数パス部分の風上側に位置し、
 前記複数パス部分における冷媒配管内面のらせん溝リード角は前記 1 パス部分における冷媒配管内面のらせん溝リード角よりも大きい空気調和機。

20

【請求項 3】

圧縮機、四方弁、室外熱交換器、膨張弁、室内熱交換器等を備え、おのをおの冷媒配管等で圧縮機と、四方弁、室外熱交換器と、膨張弁と、室内熱交換器と、を備え、
 冷房運転では、前記圧縮機、前記四方弁、前記室外熱交換器、前記膨張弁、前記室内熱交換器の順に接続するとともに、前記室内熱交換器を蒸発器として機能させ、
 暖房運転では、前記圧縮機、前記四方弁、前記室内熱交換器、前記膨張弁、前記室外熱交換器の順に接続するとともに、前記室内熱交換器を凝縮器として機能させる空気調和機であって、
 作動流体として、少なくとも H F O - 1 2 3 4 系冷媒を用い、
 前記室内熱交換器は、前記冷房運転時に前記室内熱交換器の冷媒入口側に位置する 1 パス部分と冷媒流れ下流側において複数のパスに分岐した複数パス部分とを備えるとともに、前記 1 パス部分は前記複数パス部分の風上側に位置し、
 前記複数パス部分における冷媒配管内面のらせん溝ピッチは前記 1 パス部分における冷媒配管内面のらせん溝ピッチよりも大きい空気調和機。

30

40

【請求項 4】

圧縮機、四方弁、室外熱交換器、膨張弁、室内熱交換器等を備え、おのをおの冷媒配管等で圧縮機と、四方弁、室外熱交換器と、膨張弁と、室内熱交換器と、を備え、
 冷房運転では、前記圧縮機、前記四方弁、前記室外熱交換器、前記膨張弁、前記室内熱交換器の順に接続するとともに、前記室内熱交換器を蒸発器として機能させ、
 暖房運転では、前記圧縮機、前記四方弁、前記室内熱交換器、前記膨張弁、前記室外熱交換器の順に接続するとともに、前記室内熱交換器を凝縮器として機能させる空気調和機であって、

50

作動流体として、少なくともHFO-1234系冷媒を用い、

前記室内熱交換器は、前記冷房運転時に前記室内熱交換器の冷媒入口側に位置する1パス部分と冷媒流れ下流側において複数のパスに分岐した複数パス部分とを備えるとともに、前記1パス部分は前記複数パス部分の風上側に位置し、

(1)前記複数パス部分における冷媒配管内面の管壁高さは前記1パス部分における冷媒配管内面の管壁高さよりも低い、(2)前記複数パス部分における冷媒配管内面のらせん溝リード角は前記1パス部分における冷媒配管内面のらせん溝リード角よりも大きい、(3)前記複数パス部分における冷媒配管内面のらせん溝ピッチは前記1パス部分における冷媒配管内面のらせん溝ピッチよりも大きい、の何れか2以上を組み合わせた空気調和機。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、HFO-1234系冷媒を用いたヒートポンプ式空気調和機に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、地球環境保護の一環として、空気調和機において、現在使用されているR-410A等の冷媒に比べて地球温暖化係数(以下「GWP」という。)が低い冷媒への切り替えが検討されている。このような冷媒の候補の一つとしてHFO-1234系冷媒がある。しかしながら、HFO-1234系冷媒はR-410A等の冷媒に比べ低圧冷媒であるため、冷媒の圧力損失が性能に与える影響が大きい。

20

【0003】

従って、HFO-1234系冷媒を作動流体として使用する場合は、圧力損失による性能低下が大きいため、他の高圧冷媒と混合させて圧力損失による性能低下を抑制したり、冷房運転時に蒸発器として作用する室内熱交換器内の圧力損失を低減する必要がある。また、冷房運転時には蒸発した冷媒が室内熱交換器から接続配管内を経て室外機サイクルへ送られるが、その際の接続配管の圧力損失も低減する必要がある。

【0004】

特許文献1では、非共沸混合冷媒を用いた空気調和機において、熱交換器配管内の溝形状を工夫し、伝熱性能を向上させている。具体的には、非共沸混合冷媒を用いた冷凍サイクルの熱交換器に使用される伝熱管において、内面に非二等辺三角形突起、または二円弧型突起、または切り起こしフィン、又は縦渦発生フィンを設ける、又はU字型ベント部に攪拌手段を備えた攪拌棒を固定し直管部まで挿入する、ことによって、液膜の攪拌作用を促進するとともに、気液界面近傍に形成される濃度境界層を分断或いは攪乱して非共沸冷媒の伝熱抵抗を低減している。

30

【0005】

また、特許文献2では、熱交換器の伝熱管内面の溝高さを工夫して性能を向上させている。具体的には、内側熱交換器の伝熱管の内面に備えた溝のピッチを室外側熱交換器の伝熱管の内面に備えた溝のピッチよりも小さくした室内側熱交換器と室外側熱交換器とから構成し、室内側熱交換器の伝熱管の熱伝達率の向上を図り、室外機側熱交換器の圧力損失の低減を図ることができるとしている。

40

【0006】

しかしながら、特許文献1のように、管内壁に複雑な突起を設けると、冷媒を攪拌して伝熱性能を向上させることはできるが、それと同時に冷媒が流れたときの圧力損失が大きくなり、熱交換器を蒸発器として作用させた場合にその圧力損失で性能が低下する可能性がある。

【0007】

また、作動流体としてHFO-1234系冷媒を使用する場合は、圧力損失による性能低下が大きいため、特に冷房運転時は接続配管等の圧力損失の影響が大きいため、暖房運転時よりも蒸発器側の圧力損失を低減する必要がある。特許文献2では、暖房性能を重視

50

した構成となっており、低圧冷媒であるHFO-1234系冷媒を使用した場合、冷房性能が低下してしまう可能性がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開平10-103886号公報

【特許文献2】特開平6-147532号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

10

本発明は、HFO-1234系冷媒を用いたヒートポンプ式空気調和機において、暖房性能の低下を抑制しつつ、冷房運転時の性能を向上させることを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

圧縮機と、四方弁、室外熱交換器と、膨張弁と、室内熱交換器と、を備え、冷房運転では、圧縮機、四方弁、室外熱交換器、膨張弁、室内熱交換器の順に接続するとともに、室内熱交換器を蒸発器として機能させ、暖房運転では、圧縮機、四方弁、室内熱交換器、膨張弁、室外熱交換器の順に接続するとともに、室内熱交換器を凝縮器として機能させる空気調和機であって、作動流体として少なくともHFO-1234系冷媒を用い、室内熱交換器は冷房運転時に室内熱交換器の冷媒入口側に位置する1パス部分と冷媒流れ下流側において複数のパスに分岐した複数パス部分とを備えるとともに、1パス部分は複数パス部分の風上側に位置し、複数パス部分における冷媒配管内面の管壁高さは1パス部分における冷媒配管内面の管壁高さよりも低い。

20

【発明の効果】

【0011】

HFO-1234系冷媒を用いたヒートポンプ式空気調和機において、暖房性能の低下を抑制しつつ、冷房運転時の性能を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】空気調和機の冷凍サイクル構成図。

30

【図2】室内機の断面図。

【図3】冷媒配管内面の管壁高さを示す図。

【図4】冷媒配管内面のらせん溝リード角を示す図。

【図5】冷媒配管内面のらせん溝ピッチを示す図。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の空気調和機の実施例について図面を用いて説明する。まず、空気調和機の全体構成について図1及び図2を用いて説明する。図1は空気調和機のサイクル構成図、図2は室内機の断面図である。

【0014】

40

空気調和機は、室内機及び室外機を備え、接続配管によりこの室内機及び室外機が接続される。図1において、本実施例の空気調和機の冷凍サイクル装置は、圧縮機1、四方弁2、室外熱交換器3、室外ファン4、膨張弁5、室内熱交換器7、室内ファン8を備え、これらを冷媒配管等で接続して冷媒回路を形成する。

【0015】

ここで、冷媒配管内を流れる作動流体としてHFO-1234系冷媒を用いる。具体的には、HFO-1234系冷媒単独、又は、HFO-1234系冷媒とHFO-1234系冷媒よりも高圧で使用される他の冷媒とを混合した冷媒を用いる。HFO-1234系冷媒と他の冷媒との混合冷媒を用いる場合、地球温暖化係数(GWP)がR410A以下になるように混合比を調節する。

50

【 0 0 1 6 】

さらに、図 1 及び図 2 に示すように、室内熱交換器 7 は、冷房運転時における冷媒入口側を 1 パス (1 パス部 1 1) とし、その後、室内熱交換器 7 内において複数パス (複数パス部 1 2) に分岐する。また、室内熱交換器 7 における 1 パス部 1 1 は、室内熱交換器 7 における複数パス部 1 2 に対して風上側に配置する。室内熱交換器 7 における 1 パス部 1 1 と複数パス部 1 2 は一体に構成してもよいし、別体として構成してもよい。

【 0 0 1 7 】

このような空気調和機において、四方弁 2 により冷媒の流れを変えることにより、冷房運転、暖房運転、及び、除湿運転を行う。例えば、冷房運転では、圧縮機 1，四方弁 2，室外熱交換器 3，膨張弁 5，室内熱交換器 7 の順に接続し、膨張弁 5 を制御して、室内熱交換器を蒸発器 (冷却器) として機能させて室内を冷房する。暖房運転では、圧縮機 1，四方弁 2，室内熱交換器 7，膨張弁 5，室外熱交換器 3 の順に接続し、膨張弁 5 を制御して、室内熱交換器 7 を凝縮器 (加熱器) として機能させて室内を暖房する。除湿運転では、圧縮機 1，室外熱交換器 3，膨張弁 5，室内熱交換器 7 の一部、図示しない除湿絞り装置，室内熱交換器 7 の他の一部の順に接続し、膨張弁 5 及び除湿絞り装置を制御して、室内熱交換器 7 の一部を凝縮器 (加熱器) として機能させ室内熱交換器 7 の他の一部を蒸発器 (冷却器) として機能させて室内を除湿する。

【 0 0 1 8 】

図 2 において、室内機は、室内空気を吸い込む空気吸込口を室内機上部に備える。空気吸込口の下流側には、室内空気中の塵埃を除去するフィルターが空気吸込口を覆うように配置される。フィルターの下流であって、室内機筐体の中央部には、略逆 V 字状に形成され室内熱交換器 7 が配置される。室内熱交換器 7 の下流には、室内熱交換器 7 の幅と略等しい長さの貫流ファン方式の室内ファン 8 が配置される。室内熱交換器 7 の下端部には露受皿が配置される。露受皿は、冷房運転時や除湿運転時に室内熱交換器 7 に発生する凝縮水を受ける。露受皿に集められた凝縮水はドレン配管を通して室外に排出される。室内熱交換器 7 の下流であって、室内機の下部には、室内熱交換器 7 で加熱，冷却，除湿等された室内空気を室内に吹き出す空気吹出口を備える。空気吹出口には、吹き出される空気を左右方向に偏向する左右風向板、及び、上下方向に偏向する上下風向板を備える。

【 0 0 1 9 】

空気調和機は、室内空気を空気吸込口から吸い込み、室内熱交換器 7 で加熱，冷却，除湿等された室内空気を、空気吹出口から室内に吹き出すことにより、室内を空気調和する。まず、室内ファン 8 を運転して、室内空気を空気吸込口から室内機内に吸い込む。その後、室内機内に吸い込まれた室内空気は、室内熱交換器 7 で加熱，冷却，除湿等されて、室内ファン 8 を介して、空気吹出口から室内に吹き出される。空気吹出口から室内に吹き出される調和された空気は、左右風向板及び上下風向板により、左右方向及び上下方向が偏向される。このようにして、室内空気を空気吸込口から吸い込み、室内熱交換器 7 で加熱，冷却，除湿等された室内空気を空気吹出口から室内に吹き出すことにより、室内を空気調和する。

【 0 0 2 0 】

冷房運転時の冷媒の流れを詳細に説明する。圧縮機 1 にて高温・高圧ガスにされた冷媒は、四方弁 2 を介して室外熱交換器 3 に流入する。室外熱交換器 3 に流入した冷媒は、室外ファン 4 により空気と熱交換して液冷媒に凝縮され、膨張弁 5 により低温・低圧二相流冷媒となる。低温・低圧となった二相流冷媒は、細径接続配管 6 を介して室内熱交換器 7 に流入する。室内熱交換器 7 に流入した冷媒は、室内ファン 8 により空気と熱交換した後、太径接続配管 9 及び四方弁 2 を介して再び圧縮機 1 に戻る。

【 0 0 2 1 】

このようなサイクル構成において冷房運転を行うと、室内熱交換器 7 内、室内熱交換器 7 冷媒出口配管から太径接続配管 9 までの接続管 1 0、及び太径接続配管 9 を通過する際に、圧力損失が生じる。低圧冷媒である H F O - 1 2 3 4 系冷媒を作動流体とした場合、圧力損失による性能低下が従来の R 4 1 0 A 等の高圧冷媒に比べ大きい。

【 0 0 2 2 】

図 3 は 1 パス部及び複数パス部における冷媒配管内面の管壁高さを示す図である。本実施例においては、図 3 に示すように、室内熱交換器 7 の複数パス部 1 2 における冷媒配管内面の管壁高さ h_2 を、室内熱交換器 7 の 1 パス部 1 1 における冷媒配管内面の管壁高さ h_1 よりも低くする。また、拡管後の冷媒配管外径と底肉厚を同等程度とする。

【 0 0 2 3 】

室内熱交換器 7 の複数パス部 1 2 における冷媒配管内面の管壁高さ h_2 を、室内熱交換器 7 の 1 パス部 1 1 における冷媒配管内面の管壁高さ h_1 よりも低くするので、低圧冷媒である H F O - 1 2 3 4 系冷媒を作動流体とした場合であっても、蒸発器として作用する室内熱交換器 7 内での冷媒の圧力損失を低減できるので冷房運転時の性能を向上させることができる。尚、冷房運転時における室内熱交換器 7 冷媒配管入口の 1 パス部 1 1 を室内熱交換器 7 全体割合に対して小さくすれば性能への影響は小さい。

10

【 0 0 2 4 】

また、冷房運転時における室内熱交換器 7 冷媒配管入口の 1 パス部 1 1 の溝高さ h_1 は高いままにしておく（室内熱交換器 7 の 1 パス部 1 1 における冷媒配管内面の管壁高さ h_1 を室内熱交換器 7 の複数パス部 1 2 における冷媒配管内面の管壁高さ h_2 よりも高くする）ことで、暖房運転時に凝縮器として作用させた場合においても暖房性能の低下を抑制することができる。室内熱交換器 7 の 1 パス部 1 1 は暖房運転時における室内熱交換器 7 の冷媒出口に位置するため、1 パス部 1 1 での冷媒は過冷却状態（液冷媒）となっており、熱交換器の熱伝達率は伝熱管内の熱伝達率が支配的になるため、暖房性能の性能低下も抑制することができる。

20

【 0 0 2 5 】

図 4 は 1 パス部及び複数パス部における冷媒配管内面のらせん溝リード角を示す図である。図 3 に示す冷媒配管内面の管壁高さの関係に代えて、図 4 に示すように、室内熱交換器 7 の複数パス部 1 2 における冷媒配管内面のらせん溝リード角 B を、室内熱交換器 7 の 1 パス部 1 1 における冷媒配管内面のらせん溝リード角 A よりも緩やかにする（大きくする）ようにしてもよい。

【 0 0 2 6 】

室内熱交換器 7 の複数パス部 1 2 における冷媒配管内面のらせん溝リード角 B を、室内熱交換器 7 の 1 パス部 1 1 における冷媒配管内面のらせん溝リード角 A よりも大きくするので、上記実施例と同様に、低圧冷媒である H F O - 1 2 3 4 系冷媒を作動流体とした場合であっても、蒸発器として作用する室内熱交換器 7 内での冷媒の圧力損失を低減できるので、冷房運転時の性能を向上させることができる。また、冷房運転時における室内熱交換器 7 冷媒配管入口の 1 パス部 1 1 のらせん溝リード角 A は小さいままにしておく（室内熱交換器 7 の 1 パス部 1 1 における冷媒配管内面のらせん溝リード角 A を室内熱交換器 7 の複数パス部 1 2 における冷媒配管内面のらせん溝リード角 B よりも小さくする）ことで、暖房運転時に凝縮器として作用させた場合においても暖房性能の低下を抑制することができる。室内熱交換器 7 の 1 パス部 1 1 は暖房運転時における室内熱交換器 7 の冷媒出口に位置するため、1 パス部 1 1 での冷媒は過冷却状態（液冷媒）となっており、熱交換器の熱伝達率は伝熱管内の熱伝達率が支配的になるため、暖房性能の性能低下も抑制することができる。

30

40

【 0 0 2 7 】

図 5 は 1 パス部及び複数パス部における冷媒配管内面のらせん溝ピッチを示す図である。図 3 に示す冷媒配管内面の管壁高さの関係に代えて、図 5 に示すように、室内熱交換器 7 の複数パス部 1 2 における冷媒配管内面のらせん溝ピッチ 1_4 を、室内熱交換器 7 の 1 パス部 1 1 における冷媒配管内面のらせん溝ピッチ 1_3 よりも大きくするようにしてもよい。

【 0 0 2 8 】

室内熱交換器 7 の複数パス部 1 2 における冷媒配管内面のらせん溝ピッチ 1_4 を、室内熱交換器 7 の 1 パス部 1 1 における冷媒配管内面のらせん溝ピッチ 1_3 よりも大きくする

50

ので、上記実施例と同様に、低圧冷媒であるHFO-1234系冷媒を作動流体とした場合であっても、蒸発器として作用する室内熱交換器7内での冷媒の圧力損失を低減できるので、冷房運転時の性能を向上させることができる。また、冷房運転時における室内熱交換器7冷媒配管入口の1パス部11のらせん溝ピッチ13は小さいままにしておく(室内熱交換器7の1パス部11における冷媒配管内面のらせん溝ピッチ13を室内熱交換器7の複数パス部12における冷媒配管内面のらせん溝ピッチ14よりも小さくする)ことで、暖房運転時に凝縮器として作用させた場合においても暖房性能の低下を抑制することができる。室内熱交換器7の1パス部11は暖房運転時における室内熱交換器7の冷媒出口に位置するため、1パス部11での冷媒は過冷却状態(液冷媒)となっており、熱交換器の熱伝達率は伝熱管内の熱伝達率が支配的になるため、暖房性能の性能低下も抑制することができる。

10

【0029】

さらに、上述したような(1)室内熱交換器7の複数パス部12における冷媒配管内面の管壁高さ h_2 を室内熱交換器7の1パス部11における冷媒配管内面の管壁高さ h_1 よりも低くすること、(2)室内熱交換器7の複数パス部12における冷媒配管内面のらせん溝リード角 B を室内熱交換器7の1パス部11における冷媒配管内面のらせん溝リード角 A よりも大きくすること、(3)室内熱交換器7の複数パス部12における冷媒配管内面のらせん溝ピッチ14を室内熱交換器7の1パス部11における冷媒配管内面のらせん溝ピッチ13よりも大きくすることを、必要に応じて組み合わせた構成とすることもできる。このように構成しても、上述したように、低圧冷媒であるHFO-1234系冷媒を作動流体とした場合であっても、蒸発器として作用する室内熱交換器7内での冷媒の圧力損失を低減できるので冷房運転時の性能を向上させることができる。また、暖房運転時に凝縮器として作用させた場合においても暖房性能の低下を抑制することができる。室内熱交換器7の1パス部11は暖房運転時における室内熱交換器7の冷媒出口に位置するため、1パス部11での冷媒は過冷却状態(液冷媒)となっており、熱交換器の熱伝達率は伝熱管内の熱伝達率が支配的になるため、暖房性能の性能低下も抑制することができる。

20

【符号の説明】

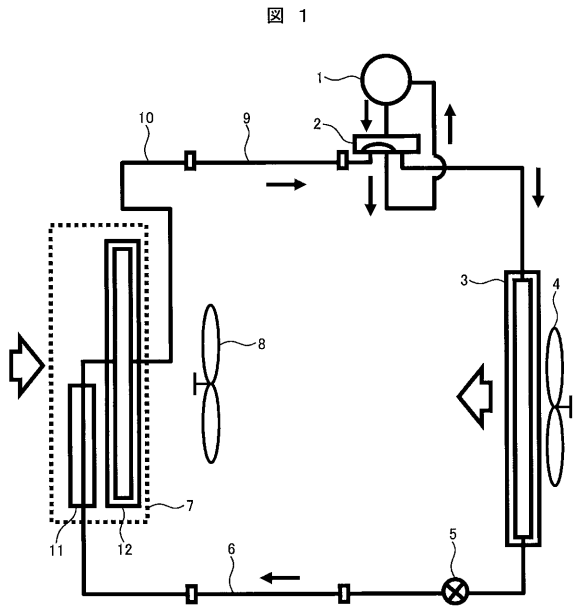
【0030】

- 1 圧縮機
- 2 四方弁
- 3 室外熱交換器
- 4 室外ファン
- 5 膨張弁
- 6 細径接続配管
- 7 室内熱交換器
- 8 室内ファン
- 9 太径接続配管
- 10 接続管
- 11 1パス部
- 12 複数パス部

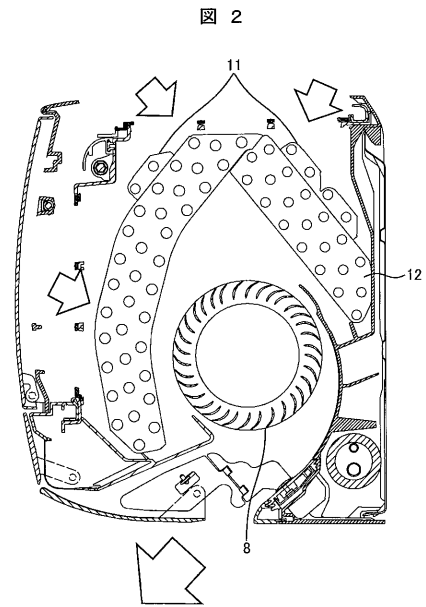
30

40

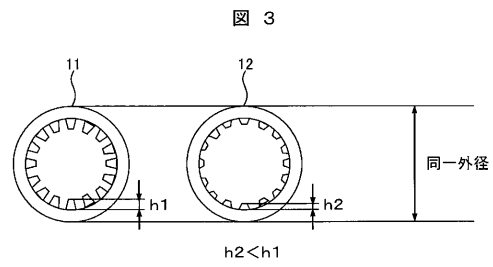
【 図 1 】



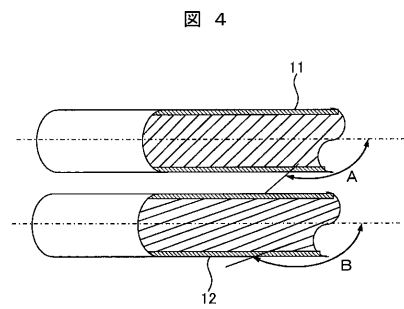
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

