

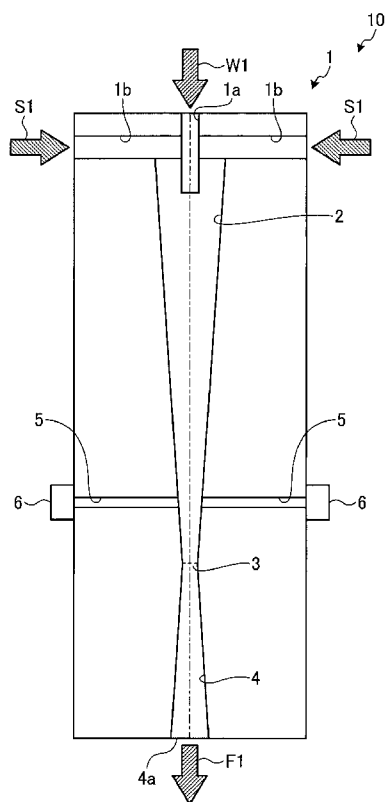


- (51) 国際特許分類 : F04F 5/04 (2006.01) F25B 43/00 (2006.01)
F2SB 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号 : PCT/JP20 14/062271
- (22) 国際出願日 : 2014 年 5 月 7 日 (07.05.2014)
- (25) 国際出願の言語 : 日本語
- (26) 国際公開の言語 : 日本語
- (30) 優先権データ :
特願 2013-098752 2013 年 5 月 8 日 (08.05.2013) JP
特願 2013-098872 2013 年 5 月 8 日 (08.05.2013) JP
- (71) 出願人 : 国立大学法人筑波大学 (UNIVERSITY OF TSUKUBA) [JP/JP]; 〒3058577 茨城県つくば市天王台一丁目1番1 Ibaraki (JP); 株式会社WELCON (WELCON INC.) [JP/JP]; 〒95601 13 新潟県新潟市秋葉区矢代田15-1 Niigata (JP).
- (72) 発明者 : 阿部 豊 (ABE, Yutaka); 〒3058577 茨城県つくば市天王台一丁目1番1 国立大学法人筑波大学内 Ibaraki (JP); 武内 孝一郎 (TAKEUCHI, Koichiro); 〒3058577 茨城県つくば市天王台一丁目1番1 国立大学法人筑波大学内 Ibaraki (JP); 鈴木 裕 (SUZUKI, Yutaka); 〒95601 13 新潟県新潟市秋葉区矢代田15-1 株式会社WELCON内 Niigata (JP).
- (74) 代理人 : 酒井 宏明 (SAKAI, Hiroaki); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目2番5号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 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, 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, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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.

[続葉有]

(54) Title: STEAM INJECTOR AND HEAT PUMP DEVICE

(54) 発明の名称 : 蒸気インジェクタおよびヒートポンプ装置



(57) Abstract: A steam injector provided with: an introduction part which introduces a liquid flow of a refrigerant and a steam flow of the refrigerant; a mixing part which has a shape with an interior cross-sectional area decreasing in the direction of movement of the liquid flow, and forms a refrigerant flow by mixing the jet-like liquid flow and the steam flow therein; a throat part which is formed on the output side of the mixing part; and a diffuser part which has a shape with an interior cross-sectional area increasing from the throat part in the direction of the movement of the refrigerant flow, and discharges the refrigerant flow with an increased pressure from a discharge section, wherein the interior cross-sectional area of the throat part is a cross-sectional area smaller than a critical cross-sectional area at which the discharge pressure of the refrigerant flow discharged from the discharge section of the diffuser part nonlinearly increases when the interior cross-sectional area of the throat part is reduced.

(57) 要約 : 冷媒の液流と前記冷媒の蒸気流とを導入する導入部と、前記液流の進行方向に向かって内部断面積が縮小する形状を有し、内部において噴流状の前記液流と前記蒸気流とを混合して冷媒流を形成する混合部と、前記混合部の出力側に形成されたスロート部と、前記スロート部から前記冷媒流の進行方向に向かって内部断面積が拡大する形状を有し、圧力が高められた前記冷媒流を吐出部から吐出するディフューザ部と、を備え、前記スロート部の内部断面積は、前記スロート部の内部断面積を減少させたときに前記ディフューザ部の吐出部から吐出される前記冷媒流の吐出圧が非線形的に増加する臨界断面積より小さい断面積である蒸気インジェクタ。



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可[△]): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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 : 蒸 気 イ ン ジ ェ ク タ お よ び ヒ ー ト ポ ン プ 装 置

技 術 分 野

[0001] 本発明は、蒸気インジェクタおよびこれを用いたヒートポンプ装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、エジェクタを用いた冷凍サイクルが開示されている（例えば特許文献1、非特許文献1参照）。この冷凍サイクルでは、膨張弁を用いた冷凍サイクルにおいては膨張弁で渦として損失していたエネルギーを、エジェクタによりコンプレッサの仕事として回収することにより、COPを向上させた高効率冷凍サイクルが実現されているとされている。

[0003] 一方、小型の蒸気インジェクタとして、スロート部の内径が6.0mmのものが開示されている（例えば非特許文献2参照）。この蒸気インジェクタによれば、入力された蒸気の圧力と比較してより高い吐出圧が得られている。

先行技術文献

特 許 文 献

[0004] 特 許 文 献 1 : 特 許 第 3 2 1 9 1 0 8 号 公 報

非 特 許 文 献

[0005] 非 特 許 文 献 1 : 武 内 他、 「 世 界 初 エ ジ ェ ク タ サ イ ク ル 冷 凍 機 の 開 発 」 、 デ ン ソ ー テ ク ニ カ ル レ ビ ュ ー 、 v o l . 1 4 （ 2 0 0 9 年 1 2 月 ） 、 第 6 5 〜 7 5 頁

非 特 許 文 献 2 : Y. Abe et al., " Model deve lopment of turbu lent d' l
s p e r s i o n f o r c e f o r a d v a n c e d t w o - f l u i d m o d e l i n c o n s i d e r a t i o n
o f b u b b l e - l i q u i d p h a s e i n t e r a c t i o n s " , P r o c e e d i n g s o f t h e 1 8 t h
I n t e r n a t i o n a l C o n f e r e n c e o n N u c l e a r E n g i n e e r i n g (I C O N E - 1 8) I C
O N E 1 8 - 2 9 5 1 7 , 2 0 1 0 .

非特許文献3：奈良林他、「蒸気インジェクタの高性能化に関する研究(第1報、作動メカニズムの定式化と特性解析)」、日本機械学会論文集B編、第62巻 第597号、1996年(平成8年)5月、第1833頁

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、上述した冷凍サイクル等のヒートポンプ装置への応用を考慮すると、COP等で表されるエネルギー効率の向上のために、吐出圧がより高い蒸気インジェクタが求められている。

[0007] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、吐出圧がより高い蒸気インジェクタおよびこれを用いたヒートポンプ装置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] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の一態様に係る蒸気インジェクタは、冷媒の液流と前記冷媒の蒸気流とを導入する導入部と、前記液流の進行方向に向かって内部断面積が縮小する形状を有し、内部において噴流状の前記液流と前記蒸気流とを混合して冷媒流を形成する混合部と、前記混合部の出力側に形成されたスロート部と、前記スロート部から前記冷媒流の進行方向に向かって内部断面積が拡大する形状を有し、圧力が高められた前記冷媒流を吐出部から吐出するディフューザ部と、を備え、前記スロート部の内部断面積は、前記スロート部の内部断面積を減少させたときに前記ディフューザ部の吐出部から吐出される前記冷媒流の吐出圧が非線形的に増加する臨界断面積より小さい断面積であることを特徴とする。

[0009] 本発明の一態様に係る蒸気インジェクタは、前記スロート部の内部断面積は、前記スロート部の内部断面積の変化に対する前記冷媒流の吐出圧の変化を表す曲線の1階微分係数が0より小さい、または2階微分係数が0より大きい内部断面積であることを特徴とする。

[0010] 本発明の一態様に係る蒸気インジェクタは、前記スロート部の内部断面積をA、前記導入部における前記液流の質量流量、流速をそれぞれ m_{w0} 、 u_{w0}

、前記導入部における前記蒸気流の質量流量、流速をそれぞれ m_{s0} 、 u_{s0} 、前記スロート部における前記冷媒流の質量流量、流速をそれぞれ m_{l1} 、 u_{l1} 、前記混合部、前記スロート部、前記ディフューザ部における圧力損失係数をそれぞれ ζ_N 、 ζ_T 、 ζ_D 、前記液流の密度を ρ_w 、前記冷媒流の前記吐出部における吐出圧を P_D とすると、以下の式 (1) が成り立つことを特徴とする。

[数 1]

$$P_D = (m_{w0} \cdot u_{w0}) / A_{l1} + (m_{s0} \cdot u_{s0}) / A_{l1} - (m_{l1} \cdot u_{l1}) / A_{l1} + (1 - \zeta_N) \cdot (\rho_w \cdot u_{l1}^2 / 2) - (\zeta_T + \zeta_D) \cdot (\rho_w \cdot u_{l1}^2 / 2) \quad \cdots \text{ひ})$$

- [001 1] 本発明の一態様に係る蒸気インジェクタは前記スロート部の内部断面は円形であり、該内部断面の直径は 2 mm 以下であることを特徴とする。
- [001 2] 本発明の一態様に係る蒸気インジェクタは、前記内部断面の直径は 1 mm 以下であることを特徴とする。
- [001 3] 本発明の一態様に係る蒸気インジェクタは、前記混合部において、前記液流が導入される領域の断面積を A_{w0} 、前記蒸気流が導入される領域の断面積を A_{s0} とすると、 A_{s0} / A_{w0} は、7 以上 30 以下であることを特徴とする。
- [0014] 本発明の一態様に係る蒸気インジェクタは、前記 A_{s0} / A_{w0} は、10 以上 20 以下であることを特徴とする。
- [001 5] 本発明の一態様に係る蒸気インジェクタは、前記混合部の内部から外気に連通するように形成されたドレイン管をさらに備えることを特徴とする。
- [001 6] 本発明の一態様に係る蒸気インジェクタは、前記ドレイン管には逆止弁が設けられていることを特徴とする。
- [001 7] 本発明の一態様に係る蒸気インジェクタは、前記冷媒は水または代替フロンであることを特徴とする。
- [001 8] 本発明の一態様に係る蒸気インジェクタは、上記蒸気インジェクタである複数の単位蒸気インジェクタと、前記各単位蒸気インジェクタの各導入部に前記冷媒の液流および蒸気流のそれぞれを供給するための液流路および蒸気流路と、を備えることを特徴とする。
- [001 9] 本発明の一態様に係る蒸気インジェクタは、当該蒸気インジェクタは、一

組の構成部材が接合して形成されており、前記一組の構成部材のそれぞれには、前記導入部、前記混合部、前記スロート部、および前記ディフューザ部を複数に分割した形状の溝または穴が形成されており、前記導入部、前記混合部、前記スロート部、および前記ディフューザ部は、前記一組の構成部材を接合したときに前記溝または前記穴によって形成されることを特徴とする。

[0020] 本発明の一態様に係る蒸気インジェクタは、前記一組の構成部材は、板状であって、積層した状態で互いに接合されており、前記複数の単位蒸気インジェクタのうち少なくとも2以上が、前記板状構成部材の主表面に沿って配列していることを特徴とする。

[0021] 本発明の一態様に係る蒸気インジェクタは、前記板状構成部材の主表面に沿って配列した前記単位蒸気インジェクタの各前記導入部を連通する流路が形成されていることを特徴とする。

[0022] 本発明の一態様に係る蒸気インジェクタは、前記一組の構成部材は、板状であって、積層した状態で互いに接合されており、前記複数の単位蒸気インジェクタのうち少なくとも2以上が、前記板状構成部材の積層方向に沿って配列していることを特徴とする。

[0023] 本発明の一態様に係る蒸気インジェクタは、前記板状構成部材の積層方向に沿って配列した前記単位蒸気インジェクタの各前記導入部を連通する流路が形成されていることを特徴とする。

[0024] 本発明の一態様に係る蒸気インジェクタは、前記一組の構成部材は、積層した状態で互いに接合されており、前記複数の単位蒸気インジェクタは、前記構成部材の積層方向に沿って延在していることを特徴とする。

[0025] 本発明の一態様に係る蒸気インジェクタは、前記一組の構成部材は拡散接合により接合していることを特徴とする。

[0026] 本発明の一態様に係るヒートポンプ装置は、冷媒を圧縮する圧縮器と、前記冷媒を凝縮する凝縮器と、前記冷媒を蒸発させる蒸発器と、前記冷媒の蒸気流と、前記冷媒の液流とが導入され、圧力が高められた冷媒流を前記ディ

フューザ部の吐出部から吐出する上記蒸気インジェクタと、を備えることを特徴とする。

発明の効果

[0027] 本発明によれば、吐出圧がより高い蒸気インジェクタおよびこれを用いたヒートポンプ装置を実現できるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0028] [図1] 図1は、実施の形態1に係る蒸気インジェクタの模式的な構成図である。

[図2] 図2は、図1の導入部および混合部の要部拡大図である。

[図3] 図3は、蒸気インジェクタの作動特性予測モデルを説明する図である。

[図4] 図4は、スロート部の内径と吐出圧との関係を示す図である。

[図5] 図5は、図4に示す曲線の1階微分係数を示す図である。

[図6] 図6は、図4に示す曲線の2階微分係数を示す図である。

[図7] 図7は、導入部における蒸気流の圧力と吐出圧との関係を示す図である。

[図8] 図8は、安定動作時および不安定動作時における導入される蒸気流の圧力およびドレイン管内の圧力を示す図である。

[図9] 図9は、実施の形態2に係る蒸気インジェクタの模式的な斜視図である。

[図10] 図10は、図9の板状構成部材の平面図である。

[図11] 図11は、図9の蒸気インジェクタの要部断面図である。

[図12] 図12は、冷媒の流れを説明する図である。

[図13] 図13は、導入部の別の態様を説明する要部断面図である。

[図14A] 図14Aは、変形例1に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。

[図14B] 図14Bは、変形例1に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。

[図14C] 図14Cは、変形例1に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する

模式図である。

[図14D] 図14Dは、変形例1に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。

[図15] 図15は、図14Bの板状構成部材の平面図である。

[図16] 図16は、図14Dの板状構成部材の平面図である。

[図17] 図17は、図14Bの板状構成部材の斜視図である。

[図18A] 図18Aは、変形例2に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。

[図18B] 図18Bは、変形例2に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。

[図18C] 図18Cは、変形例2に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。

[図18D] 図18Dは、変形例2に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。

[図19] 図19は、図18Bの板状構成部材の平面図である。

[図20] 図20は、図18Dの板状構成部材の平面図である。

[図21A] 図21Aは、変形例3に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。

[図21B] 図21Bは、変形例3に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。

[図21C] 図21Cは、変形例3に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。

[図21D] 図21Dは、変形例3に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。

[図22] 図22は、図21Bの板状構成部材の平面図である。

[図23] 図23は、図21Dの板状構成部材の平面図である。

[図24A] 図24Aは、変形例4に係る蒸気インジェクタの構成を説明する模式図である。

[図24B] 図24Bは、変形例4に係る蒸気インジェクタの構成を説明する模式図である。

[図24C] 図24Cは、変形例4に係る蒸気インジェクタの構成を説明する模式図である。

[図24D] 図24Dは、変形例4に係る蒸気インジェクタの構成を説明する模式図である。

[図25A] 図25Aは、図24Bの板状構成部材構成を説明する模式図である。

[図25B] 図25Bは、図24Bの板状構成部材の構成を説明する模式図である。

[図25C] 図25Cは、図24Bの板状構成部材の構成を説明する模式図である。

[図25D] 図25Dは、図24Bの板状構成部材の構成を説明する模式図である。

[図25E] 図25Eは、図24Cのノズルの構成を説明する模式図である。

[図26A] 図26Aは、変形例5に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。

[図26B] 図26Bは、変形例5に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。

[図26C] 図26Cは、変形例5に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。

[図26D] 図26Dは、変形例5に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。

[図26E] 図26Eは、変形例5に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。

[図27] 図27は、図26Cの板状構成部材の平面図である。

[図28] 図28は、図26Bの板状構成部材の平面図である。

[図29] 図29は、変形例6に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。

[図30] 図30は、実施の形態3に係るヒートポンプ装置のブロック図である。

[図31] 図31は、実施の形態4に係るヒートポンプ装置のブロック図である。

発明を実施するための形態

[0029] 以下に、図面を参照して本発明に係る蒸気インジェクタおよびヒートポンプ装置の実施の形態を詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。また、各図面において、同一または対応する構成要素には適宜同一の符号を付している。また、図面は模式的なものであり、各要素の寸法や寸法の比率などは現実のものとは異なることに留意すべきである。また、図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれている。

[0030] 本発明者らは、吐出圧がより高い蒸気インジェクタを実現するために鋭意検討したところ、スロート部の面積が所定値以下になると、吐出されるジェット液流の吐出圧が急激に増大することを初めて発見し、本発明に想到したものである。

[0031] (実施の形態1)

図1は、実施の形態1に係る蒸気インジェクタの模式的な構成図である。図1に示すように、蒸気インジェクタ10は、導入部1と、混合部2と、スロート部3と、ディフューザ部4と、ドレイン管5と、逆止弁6とを備えている。以下、蒸気インジェクタ10の構成および動作について説明する。

[0032] 導入部1は、冷媒の液流W1を導入するノズル状の液流導入部1aと、液流導入部1aの両側に形成された、冷媒の蒸気流S1を導入する蒸気流導入部1bとを有する。液流W1はノズル状の液流導入部1aによって噴流状となって導入される。なお、用いる冷媒は、水や代替フロン等、ヒートポンプ装置で利用できる冷媒であれば特に限定はされない。

[0033] 混合部2は、図1の紙面下方である液流の進行方向に向かって内部断面積が縮小する形状を有している。本実施の形態1では混合部2は断面円形であ

るが、断面が矩形などの他の形状でもよい。混合部 2 は、内部において液流と蒸気流とを混合し、気液混合状態にある冷媒流を形成する部分である。ここで、蒸気流は液流によって急激に冷却されて凝縮し、その体積が大幅に減少するため、混合部 2 内部では負圧が生じる。これによつて導入される蒸気流の流速も高まる。

[0034] 図 2 は、図 1 の導入部 1 および混合部 2 の要部拡大図である。図 2 に示すように、蒸気流導入部 1 b から導入された蒸気流 S 1 は、液流導入部 1 a から導入された噴流状の液流 W 1 の外周側から液流 W 1 と合流し、混合される。なお、符号 C 1 は、混合部 2 において、液流 W 1 を導入し蒸気流 S 1 と混合する領域を示している。この領域 C 1 の断面積を A_{w0} とする。また、符号 C 2 は、蒸気流 S 1 を導入し液流 W 1 と混合する領域を示している。この領域 C 2 の断面積を A_{s0} とする。

[0035] 図 1 に戻る。スロート部 3 は、混合部 2 の出力側であつてかつディフューザ部 4 の入力側に形成されている。本実施の形態 1 ではスロート部 3 は断面円形であるが、断面が矩形などの他の形状でもよい。スロート部 3 は混合部 2 からディフューザ部 4 にわたる部分で内部断面積が最も小さい部分である。したがって、冷媒流はスロート部 3 を通過する際に流速が最も高くなる。

[0036] ディフューザ部 4 は、スロート部 3 から冷媒流の進行方向に向かって内部断面積が拡大する形状を有している。本実施の形態 1 ではディフューザ部 4 は断面円形であるが、断面が矩形などの他の形状でもよい。ディフューザ部 4 の内部断面積は冷媒流の進行方向に向かって拡大しているため、冷媒流は進行するにつれて流速が低くなるとともに圧力が高められる。その結果、ディフューザ部 4 は、圧力が高められた冷媒流を、吐出部 4 a から冷媒流 F 1 として吐出する。

[0037] ドレイン管 5 は、混合部 2 の内部から外部に連通するように形成されている。ドレイン管 5 には逆止弁 6 が設けられている。ドレイン管 5 は、混合部 2 内の余分な蒸気を排気する機能を有する。このように余分な蒸気を排気することによって蒸気インジェクタ 10 の動作の安定性が高くなる。なお、蒸

気インジェクタ 10 の動作時には、上述したように混合部 2 内部で負圧が生じる。逆止弁 6 は、負圧によって混合部 2 内部に外気が流入しないように機能することによって、蒸気インジェクタ 10 の動作の安定性を高める。

[0038] 蒸気インジェクタ 10 は、たとえば、2 以上の構成部材（たとえば板状の構成部材）からなる一組の構成部材のそれぞれに、導入部 1、混合部 2、スロート部 3、ディフューザ部 4、およびドレイン管 5 を複数に分割した形状の溝または穴を形成し、溝または穴を形成した一組の構成部材を接合することによって形成しても良い。このとき、導入部 1、混合部 2、スロート部 3、ディフューザ部 4、およびドレイン管 5 のそれぞれは、一組の構成部材を接合したときに、各構成部材に形成された溝または穴が組み合わさることによって形成される。なお、構成部材の構成材料はたとえば樹脂材料などでもよいが、構成部材を金属製等とし、一組の構成部材の接合を拡散接合等により行うことによって、冷媒流 F 1 の吐出圧が高くてそれに耐えうる十分な接合強度が得られる。構成部材を構成する金属材料としては、ステンレス材料等の断熱性が高いものが好ましい。

[0039] ここで、本実施の形態 1 に係る蒸気インジェクタ 10 では、スロート部 3 の内部断面積は、所定の臨界断面積よりも小さく設定されている。これによって、ディフューザ部 4 の吐出部 4 a から吐出される冷媒流の吐出圧が高くなっている。

[0040] 以下、冷媒流の吐出圧が高くなる原理を、蒸気インジェクタの作動特性予測モデル（非特許文献 3 参照）に基づいて説明する。図 3 は、蒸気インジェクタの作動特性予測モデルを説明する図である。図 3 において、符号「0」は液流 W 1 と蒸气流 S 1 とを混合する領域の始点を示している（図 2 の領域 C 1、C 2 参照）。符号「1」はスロート部 3 を示す。符号「D」はディフューザ部 4 の吐出部 4 a を示している。これらの符号は以下の式において適宜変数の添え字として使用する。

[0041] このモデルでは、まず、蒸气流 S 1 はスロート部 3 で全量凝縮すると仮定する。また、蒸气流 S 1 は臨界流となって混合部 2 に導入されると仮定し、

臨界圧力から蒸気流 S_1 の流速を算出する。さらに、流動構造や冷媒流の界面挙動は考慮しないこととする。

[0042] まず、混合部2（「D」－「1」間）の液流 W_1 、蒸気流 S_1 、冷媒流 F_1 に対して質量保存則の式、エネルギー保存則の式、運動量保存側の式を適用する。さらに、ディフユーザ部4（「1」－「D」間）の冷媒流 F_1 にベルヌイの式を適用する。これによつて下記の式（1）が導かれる。なお、ここでは冷媒を水とした。すなわち、液流および蒸気流に関するパラメータの値としては、水流、水蒸気流の値を使用した。

[0043] [数2]

$$P_D = (m_{w0} \cdot u_{w0}) / A_1 + (m_{s0} \cdot u_{s0}) / A_1 - (m_{i1} \cdot u_{i1}) / A_1 \\ + (1 - \zeta_N) \cdot (\rho_w \cdot u_1^2 / 2) - (\zeta_T + \zeta_D) \cdot (\rho_{3/4} \cdot u_1^2 / 2) \quad \cdots (1)$$

ここで、式（1）では、スロート部3の内部断面積を A_1 、導入部1における液流 W_1 の質量流量、流速をそれぞれ m_{w0} 、 u_{w0} 、導入部1における蒸気流 S_1 の質量流量、流速をそれぞれ m_{s0} 、 u_{s0} 、スロート部3における冷媒流 F_1 の質量流量、流速をそれぞれ m_{i1} 、 u_{i1} 、混合部2、スロート部3、ディフユーザ部4における圧力損失係数をそれぞれ ζ_N 、 ζ_T 、 ζ_D 、液流 W_1 の密度を ρ_w 、冷媒流 F_1 の吐出部4aにおける吐出圧を P_D としている。また、式（1）を導出する際には、 A_{w0} を $7.54 \times 10^{-7} \text{ m}^2$ とし、 A_{s0} を $5.42 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ とした。このとき、 A_{s0} / A_{w0} は約7.2である。また、導入部1における液流 W_1 の温度 T_{w0} を 20°C とし、 ζ_s を0.37とした。

[0044] 式（1）において、 ζ_N を0.05、 ζ_T を0.1、 ζ_D を0.15とし、 m_{w0} を $1.27 \times 10^{-2} \text{ kg/s}$ とし、導入部1における蒸気流 S_1 の圧力 P_s を0.10 MPa、0.13 MPa、または0.15 MPaとした場合に、スロート部3の内径 D_T を6.0 mmから300 μm まで変化させたときの吐出圧 P_D の変化を算出した。ここで、1気圧は0.1024 MPaである。なお、スロート部3は断面円形とする。このとき、内部断面積 A_1 に対して、 $\pi (D_T / 2)^2 = A_1$ が成り立つ。

[0045] 図4は、スロート部3の内径 D_T と吐出圧 P_D との関係を示す図である。図5は、図4に示す曲線の1階微分係数を示す図である。図6は、図4に示す曲線の2階微分係数を示す図である。図4～6を導出する際には、 D_T の値を0.01mm刻みで変化させて計算を行った。図4に示すように、いずれの圧力 P_s の値についても、内径 D_T を6.0mmから減少させても、吐出圧 P_D は略一定であった。しかし、いずれの圧力 P_s の値についても、内径 D_T が約1.0mmを臨界値として、内径 D_T が臨界値より小さい値（たとえば600 μ m）では吐出圧 P_D が非線形的に急激に増加することが式（1）の解析から確認された。また、図5に示すように、図4に示す内径 D_T と圧力 P_s との関係を示す曲線の1階微分係数は、内径 D_T が1.0mmよりも大きいときはほぼ0である。しかし、約1.0mmを臨界値として、内径 D_T が臨界値より小さい値では0より小さくなり、その後急激に減少する。さらに、図6に示すように、図4に示す内径 D_T と圧力 P_s との関係を示す曲線の2階微分係数は、内径 D_T が1.0mmよりも大きいときはほぼ0である。しかし、約1.0mmを臨界値として、内径 D_T が臨界値より小さい値では0より大きくなり、その後急激に増大する。

[0046] そこで、本実施の形態1に係る蒸気インジェクタ10では、スロート部3の内径 D_T 、または内部断面積 A_s を、吐出圧 P_D が増加する臨界値（内径または断面積）より小さい内径または断面積とすることによって、従来なし得なかった高い吐出圧を実現している。このような臨界値より小さい内径または断面積では、スロート部3の内径 D_T または内部断面積 A_s の変化に対する、吐出圧 P_D の変化を表す曲線（すなわち、図4に示す曲線）の1階微分係数が0より小さくなっている。また、2階微分係数は0より大きくなっている。したがって、このような1階または2階の微分係数が0から変化する内径 D_T または内部断面積 A_s とすることによって、高い吐出圧 P_D が実現される。

[0047] なお、上記の図4、5、6では、内径 D_T が臨界値よりも大きい場合は、吐出圧 P_D は略一定であり、その変化を示す曲線の1階および2階の微分係数はほぼ0である。したがって、臨界値は、1階または2階の微分係数が0から

変化する値として定義することができる。一方、内径 D_T が臨界値よりも小さい場合に、吐出圧 P_D が略一定ではなく、その変化を示す曲線の 1 階および 2 階微分係数が 0 ではない場合もある。そのような場合は、2 階微分係数が、内径 D_T または内部断面積 A の減少に応じて 10 % 以上上昇する値を、臨界値として定義してもよい。たとえば、内径 D_T を 1.0 mm から 0.9 mm に減少させたときに、2 階微分係数が 1.0 から 1.1 に、10 % 上昇した場合には、内径 D_T の臨界値は 1.0 mm と定義してもよい。

[0048] また、吐出圧 P_D が増加する臨界値（内径または断面積）は、式（1）に含まれる各パラメータの値によって変化する。したがって、各パラメータの値を勘案して、スロート部 3 の内径 D_T または内部断面積 A を臨界値より小さくなるように設定すれば、本発明の効果としての高い吐出圧 P_D を得ることができる。たとえば、冷媒が水ではなく他の冷媒の場合は、水に関するパラメータを、使用する冷媒に関するパラメータに置き換えて、スロート部 3 の内径 D_T または内部断面積 A を設定すればよい。

[0049] つぎに、式（1）において、スロート部 3 の内部断面積 A を $2.83 \times 10^{-7} \text{ m}^2$ （内径 D_T としては $600 \mu\text{m}$ ）とし、 m_{w0} を $1.27 \times 10^{-2} \text{ kg/s}$ 、 $1.43 \times 10^{-2} \text{ kg/s}$ 、または $1.59 \times 10^{-2} \text{ kg/s}$ とした場合に、導入部 1 における蒸気流 S_1 の圧力 P_s を変化させたときの吐出圧 P_D の変化を算出した。

[0050] 図 7 は、導入部 1 における蒸気流 S_1 の圧力 P_s と吐出圧 P_D との関係を示す図である。図 7 に示すように、圧力 P_s を高めるほど吐出圧 P_D を高くすることができることを式（1）の解析から確認した。

[0051] つぎに、樹脂材料を用いて蒸気インジェクタを実際に作製し、その動作を実証する実験を行った。作製した蒸気インジェクタは、7 種類である。すなわち、図 1 に示す実施の形態 1 の構成のもので、 A_{s0}/A_{w0} を 36.2 としたもの（サンプル 1）、逆止弁を設けない以外はサンプル 1 と同じ構成のもの（サンプル 2）、逆止弁およびドレイン管を設けない以外はサンプル 1 と同じ構成のもの（サンプル 3）である。また、図 1 に示す実施の形態 1 の構

成のもので、 A_{s0}/A_{w0} を7.2としたもの（サンプル4）、逆止弁を設けない以外はサンプル1と同じ構成のもの（サンプル5）、逆止弁およびドレイン管を設けない以外はサンプル1と同じ構成のもの（サンプル6）である。また、図1に示す実施の形態1の構成に、さらに A_{s0}/A_{w0} を可変にできる機構を設けたもの（サンプル7）である。このような可変機構は、液流導入部1aの混合部2への突出量を変更できるように構成することで実現できる。

[0052] なお、サンプル1～7の共通の構成としては、混合部2の長さを22.5 mmとし、混合部2の、スロート部3の反対側の内径を3.4 mmとし、液流W1を導入する断面積 A_{w0} を1.94 m²（内径としては1.57 mm）とし、スロート部3の内径 D_T を600 μ mとし、ディフューザ部4の長さを14.4 mmとし、ディフューザ部4の吐出部4aの内径を2.0 mmとした。また、ドレイン管5については内径を0.45 mmとした。

[0053] また、本実験においても、冷媒として水を用い、以下のように実験条件を調整可能な実験系を用いた。まず、導入部における蒸気流の圧力 P_s は0.11 MPa～0.15 MPaの範囲で調整可能である。また、導入部において、液流の温度 T_w は11.9℃～26℃の範囲、蒸気流の温度 T_s は101.4℃～111.2℃の範囲で調整可能である。また、導入部における液流の流速 m_w は1.59 ml/s～2.20 ml/s（なお、液流の密度はたとえば958 kg/m³である）の範囲で調整可能である。また、導入する液流または蒸気流の溶存酸素量 DO_w または DO_s は0.8 mg/l～8.0 mg/lの範囲で調整可能である。

[0054] （実験1）

サンプル3（ $A_{s0}/A_{w0}=36.2$ 、ドレイン管および逆止弁無し）の蒸気インジェクタを用いて、はじめに、 $T_w=12.6$ ℃の液流を導入したところ、蒸気インジェクタ内の混合部およびスロート部に水の液体が静的に蓄積した。この状態で、つぎに、 $P_s=0.11$ MPa、 $T_{s0}=102.3$ ℃の蒸気流を導入した。すると、混合部において液体の流動が生じ、ディフュー

ザ部の吐出部から冷媒流が吐出され、蒸気インジェクタの動作が確認された。

[0055] (実験 2)

サンプル 4 ($A_{s0}/A_{w0} = 7.2$ 、ドレイン管および逆止弁有り)の蒸気インジェクタを用いて、はじめに、 $T_{w0} = 24.5^\circ\text{C}$ 、 $m_{w0} = 1.59 \text{ ml/s}$ 、 $DO_w = 1.64 \text{ mg/l}$ の液流を導入し、つぎに、蒸気流を導入した。すると、混合部において液体の流動が生じ、ディフューザ部の吐出部から冷媒流が吐出され、蒸気インジェクタの動作が確認されたが、動作が不安定になる場合があった。

[0056] 図 8 は、安定動作時および不安定動作時における導入される蒸気流の圧力およびドレイン管内の圧力を示す図である。横軸は測定開始時からの経過時間である。図 8 において、 P_{in} はドレイン管内の圧力を示し、 P_s は蒸気流の圧力を示している。また、「Stable」は蒸気インジェクタが安定動作状態にあることを意味し、「Unstable」は蒸気インジェクタが不安定動作状態にあることを意味する。

[0057] 図 8 に示すように、安定動作時には P_{in} が P_s よりも低く、混合部内が負圧になっていた。一方、不安定動作時には P_s が P_{in} よりも低く、混合部内が正圧となっており、かつ P_s の値が不安定であり、安定した蒸気流の導入が行われない状態であることが確認された。

[0058] (実験 3 — 1、3 — 2、3 - 3)

サンプル 7 (A_{s0}/A_{w0} 可変、ドレイン管および逆止弁有り)の蒸気インジェクタを用いて、はじめに、 $T_{w0} = 21.7^\circ\text{C}$ 、 $m_{w0} = 1.91 \text{ ml/s}$ 、 $DO_w = 2.4 \text{ mg/l}$ の液流を導入し、つぎに、 $P_s = 0.13 \text{ MPa}$ 、 $DO_s = 3.5 \text{ mg/l}$ の蒸気流を導入する実験を行った。なお、 A_{s0}/A_{w0} については、4.4、15.1、または38.3に設定した。

[0059] すると、蒸気インジェクタは、 $A_{s0}/A_{w0} = 4.4$ および $A_{s0}/A_{w0} = 38.3$ の場合は動作せず、 $A_{s0}/A_{w0} = 15.1$ の場合はディフューザ部の吐出部から高い吐出圧の冷媒流が吐出され、蒸気インジェクタの動作が確認

された。

[0060] 本発明者らがさらに実験を行ったところ、 A_{s0}/A_{w0} の値としては、7以上30以下の範囲にある場合が蒸気インジェクタの動作上好ましく、10以上20以下である場合が、安定動作上さらに好ましい。

[0061] (実施の形態2)

つぎに、本発明の実施の形態2について説明する。本実施の形態2に係る蒸気インジェクタは、実施の形態1に係る蒸気インジェクタ10と同様の構成を有する単位蒸気インジェクタを複数備えるものである。本実施の形態2に係る蒸気インジェクタは、小型であり吐出圧が高い複数の単位蒸気インジェクタを複数備え、各単位蒸気インジェクタが吐出する、吐出圧が高くされた冷媒流のすべてを合流させて吐出することにより、小型でありながら高い吐出圧および吐出量を実現したものである。

[0062] 図9は、実施の形態2に係る蒸気インジェクタの模式的な斜視図である。この蒸気インジェクタ100は、複数（本実施の形態2では5）の板状構成部材101、102、103、104、105で構成されている。これらの一組の板状構成部材101、102、103、104、105は、積層した状態で互いに接合されている。板状構成部材101、105は積層構造の蒸気インジェクタ100の最上層または最下層を構成している。

[0063] 板状構成部材101には、外部から冷媒の液流W1を供給する冷媒液供給口101aと冷媒の蒸気流S1を外部に排出する冷媒蒸気排出口101bとが形成されている。板状構成部材105には、液流W1を外部に排出する冷媒液排出口105aと外部から蒸気流S1を供給する冷媒蒸気供給口105bとが形成されている。また、蒸気インジェクタ100の側面には冷媒流F1を吐出する冷媒流吐出口106が形成されている。

[0064] 図10は、板状構成部材102の平面図である。図10において、斜線部は板状構成部材102の主表面であり、板状構成部材102の主表面には複数の溝および穴が形成されている。これらの溝および穴は、板状構成部材101の、板状構成部材102と対向する主表面、板状構成部材102、10

3、104の両主表面、および板状構成部材105の、板状構成部材104と対向する主表面にも形成されている。これらの溝および穴は、後述する単位蒸気インジェクタの導入部、混合部、スロート部、およびディフューザ部を2分割した形状の溝または穴を含む。板状構成部材101、102、103、104、105の対向する主表面が接合することによって、これらの溝または穴が組み合わさって、複数の単位蒸気インジェクタ、および単位蒸気インジェクタに対して、冷媒液および冷媒蒸気の供給または排出を行うための流路が形成される。

[0065] 具体的には、図10に示すように、板状構成部材102には、冷媒液供給口102aと、冷媒蒸気排出口102bと、冷媒液排出口102cと、冷媒蒸気供給口102dとが形成されている。また、板状構成部材102と板状構成部材103との接合により、3つの単位蒸気インジェクタ10'と、冷媒液流路102eと、冷媒蒸气流路102fと、冷媒流合流流路102gとが形成される。冷媒液供給口102aは図9に示す冷媒液供給口101aと連通している。冷媒蒸気排出口102bは図9に示す冷媒蒸気排出口101bと連通している。冷媒液排出口102cは図9に示す冷媒液排出口105aと連通している。冷媒蒸気供給口102dは図9に示す冷媒蒸気供給口105bと連通している。また、冷媒液供給口102aと冷媒液排出口102cとは、冷媒液流路102eを介して連通している。冷媒蒸気排出口102bと冷媒蒸気供給口102dとは、冷媒蒸气流路102fとを介して連通している。

[0066] 単位蒸気インジェクタ10'は、板状構成部材101、102の主表面に沿って配列している。また、単位蒸気インジェクタ10'は、1組の板状構成部材101、102、103、104、105を接合することによって各板状構成部材間に形成されるので、板状構成部材101、102、103、104、105の積層方向にも沿って配列している。蒸気インジェクタ100では、主表面に沿って3個、積層方向に沿って4個の単位蒸気インジェクタが形成されている。したがって、蒸気インジェクタ100は、合計で12

個の単位蒸気インジェクタが集積されたものである。なお、主表面または積層方向に沿って配列される単位蒸気インジェクタの数をそれぞれ N 、 M とすると、蒸気インジェクタ 100 の場合は $N = 3$ 、 $M = 4$ であるが、 N が 1 で M が 2 以上、 N が 2 以上で M が 1、または N 、 M とも 2 以上であってもよい。

[0067] 各単位蒸気インジェクタ 100 は、実施の形態 1 に係る蒸気インジェクタ 10 と同様に、導入部 1 と、混合部 2 と、スロート部 3 と、ディフューザ部 4 とを備えている。

[0068] 導入部 1 は、ノズル状の液流導入部 1a と、蒸気流導入部 1b とを有する。液流導入部 1a は、外部から、冷媒液供給口 101a、冷媒液供給口 102a および冷媒液流路 102e を介して供給された冷媒の液流 W_1 を導入する。蒸気流導入部 1b は、液流導入部 1a の両側に形成され、冷媒蒸気供給口 105b、冷媒蒸気供給口 102d および冷媒蒸气流路 102f を介して供給された蒸气流 S_1 を導入する。液流 W_1 はノズル状の液流導入部 1a によって噴流状となって導入される。なお、用いる冷媒は、水や代替フロン等、ヒートポンプ装置で利用できる冷媒であれば特に限定はされない。

[0069] 図 11 は、蒸気インジェクタ 100 の要部断面図であって、図 10 の A-A 線に対応する断面における断面を示している。このように、液流導入部 1a および蒸気流導入部 1b は板状構成部材 101 と板状構成部材 102 とを接合したときに、対向する主表面に形成された溝が組み合わさることによって形成される。

[0070] 図 10 に戻る。実施の形態 1 と同様に、混合部 2 は、図 10 の紙面右方である液流の進行方向に向かって内部断面積が縮小する形状を有している。なお、本実施の形態 2 では混合部 2 は断面矩形であるが、実施の形態 1 の場合と同様に断面が円形でもよいし、他の形状でもよい。混合部 2 は、内部において液流と蒸气流とを混合し、気液混合状態にある冷媒流を形成する。混合部 2 内部では負圧が生じ、これによつて導入される蒸气流の流速も高まる。

[0071] 図 10 に示すように、蒸気流導入部 1b から導入された蒸气流 S_1 は、液

流導入部 1 a から導入された噴流状の液流 W 1 の外周側から液流 W 1 と合流し、混合される。

[0072] 実施の形態 1 と同様に、スロート部 3 は、混合部 2 の出力側であってかつディフューザ部 4 の入力側に形成されている。本実施の形態 2 ではスロート部 3 は断面矩形であるが、実施の形態 1 の場合と同様に断面が円形でもよいし、他の形状でもよい。冷媒流はスロート部 3 を通過する際に流速が最も高くなる。

[0073] 実施の形態 1 と同様に、ディフューザ部 4 は、スロート部 3 から冷媒流の進行方向に向かって内部断面積が拡大する形状を有している。本実施の形態 2 ではディフューザ部 4 は断面矩形であるが、実施の形態 1 の場合と同様に断面が円形でもよいし、他の形状でもよい。ディフューザ部 4 では、冷媒流は流速が低くなるとともに圧力が高められる。その結果、ディフューザ部 4 は、圧力が高められた冷媒流を、吐出部 4 a から冷媒流 F 1 として吐出する。

[0074] 冷媒流合流流路 102 g は、各単位蒸気インジェクタ 101 のディフューザ部の吐出部に連通しており、吐出された各冷媒流 F 1 を合流させる。冷媒流吐出口 106 は合流された冷媒流 F 1 を蒸気インジェクタ 100 の外部に吐出する。

[0075] 図 12 は、冷媒の流れを説明する図である。図 12 に示すように、冷媒の液流 W 1 は、冷媒液供給口 101 a から供給された後、板状構成部材 102 に形成された冷媒液供給口から、板状構成部材 101 と板状構成部材 102 との接合により形成された各単位蒸気インジェクタに供給される。各単位蒸気インジェクタに供給されなかった液流は冷媒液排出口から排出され、板状構成部材 103 に形成された冷媒液供給口から、板状構成部材 102 と板状構成部材 103 との接合により形成された各単位蒸気インジェクタに供給される。すなわち、隣接する板状構成部材の冷媒液供給口と冷媒液排出口とは連通しており、板状構成部材の積層方向に沿って配列した単位蒸気インジェクタの各導入部を連通する流路を形成している。以下、同様に、各板状構成

部材の接合により形成された各単位蒸気インジェクタに液流が供給され、未使用の液流は板状構成部材 105 の冷媒液排出口 105 a から外部に排出される。

[0076] 同様に、冷媒の蒸気流 S 1 は、冷媒蒸気供給口 105 b から供給された後、板状構成部材 104 に形成された冷媒蒸気供給口から、板状構成部材 105 と板状構成部材 104 との接合により形成された各単位蒸気インジェクタに供給される。各単位蒸気インジェクタに供給されなかった蒸気流は冷媒蒸気排出口から排出され、板状構成部材 103 に形成された冷媒蒸気供給口から、板状構成部材 104 と板状構成部材 103 との接合により形成された各単位蒸気インジェクタに供給される。以下、同様に、各板状構成部材の接合により形成された各単位蒸気インジェクタに蒸気流が供給され、未使用の蒸気流は板状構成部材 101 の冷媒蒸気排出口 101 b から外部に排出される。

[0077] この蒸気インジェクタ 100 は、上述したように 12 個の単位蒸気インジェクタが集積されたものであり、各単位蒸気インジェクタが吐出する冷媒流のすべてを合流させた冷媒流を吐出する。ここで、単位蒸気インジェクタ 100 は、実施の形態 1 に係る蒸気インジェクタ 10 と同様の構成を有しており、スロート部 3 の内部断面積が冷媒流の吐出圧が非線形的に増加する臨界断面積よりも小さく設定されている。これによつて、単位蒸気インジェクタ 100 は、蒸気インジェクタ 10 と同様にデフューザ部 4 の吐出部 4 a から吐出される冷媒流の吐出圧が高くなっている。したがって、この蒸気インジェクタ 100 は、小型でありながら、吐出圧が高く、かつ吐出量が多いものである。

[0078] なお、図 13 は、導入部の別の態様を説明する要部断面図である。図 13 に示すように、導入部 1' は、図 10 に示す導入部 1 と置き換えて使用できるものであつて、液流導入部 1 a と、蒸気流導入部 1 b との間に介在する断熱層 1 c を有するものである。断熱層 1 c はたとえば 2 つの壁部の間に空気を充填させた層または真空とした層として構成することができる。

[0079] 導入部 1 において液流 W 1 が蒸気流 S 1 によって加熱されると、混合部 2 における蒸気流 S 1 を液流 W 1 によって急激に冷却して凝縮する効果が減少する。これに対して、導入部 1' においては、断熱層 1c によって、液流 W 1 が蒸気流 S 1 によって加熱されることが防止または抑制されるので、上記凝縮効果の減少が防止または抑制される。

[0080] なお、上記板状構成部材 101、102、103、104、105 の構成材料はたとえば樹脂材料などでもよいが、これらを金属製等とし、一組の板状構成部材の接合を拡散接合等により行うことによって、冷媒流 F 1 の吐出量が多く、吐出圧が高くてもそれに耐えうる十分な接合強度が得られる。板状構成部材を構成する金属材料としては、ステンレス材料等の断熱性が高いものが好ましい。

[0081] また、実施の形態 1 に係る蒸気インジェクタ 10 と同様に、上記単位蒸気インジェクタ 10' において、混合部 2 の内部から外気に連通するように形成されたドレイン管をさらに備えるようにしてもよい。ドレイン管により、混合部 2 内の余分な蒸気を排気することによって単位蒸気インジェクタ 10' の動作の安定性が高くなる。また、ドレイン管には逆止弁が設けられていてもよい。逆止弁は、単位蒸気インジェクタ 10' の動作時に生じる負圧によって混合部 2 内部に外気が流入しないように機能することによって、単位蒸気インジェクタ 10' の動作の安定性を高める。

[0082] 以下、実施の形態 2 の変形例 1〜6 に係る蒸気インジェクタについて説明する。

[0083] (変形例 1)

図 14A〜14D は、変形例 1 に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。図 14A は蒸気インジェクタ 100A を示し、図 14B、14C、14D はその構成要素である板状構成部材 102A、103A、101A を示している。蒸気インジェクタ 100A は、複数の板状構成部材 102A、103A の組の間に板状構成部材 101A を配置したものが複数組積層された構成を有する。これらの板状構成部材は、たとえば金属製であ

り、拡散接合により接合される。

[0084] 図 15 は、図 14 B の板状構成部材 102A の平面図である。図 15 において、クロスハッチが施された領域は溝を示している。なお、板状構成部材 103A も板状構成部材 102A と同様の構成を有している。図 15 に示すように、板状構成部材 102A には、板状構成部材 102A を貫通するように、冷媒液流路 102Ae と、冷媒蒸气流路 102Af と、冷媒流合流流路 102Ag と、冷媒流吐出口 106A とが形成されている。また、板状構成部材 102A は、単位蒸気インジェクタ 10A の導入部 1A、混合部 2A、スロート部 3A、およびディフューザ部 4A を構成するための溝を有している。板状構成部材 102A と板状構成部材 103A との接合により単位蒸気インジェクタ 10A が形成される。なお、板状構成部材 102A と板状構成部材 103A とは、互いの溝が組み合うように積層させても良いし、一方の板状構成部材の溝が形成された主表面と、一方の板状構成部材の溝が形成されていない主表面とが対向するように積層させても良い。

[0085] 各単位蒸気インジェクタ 10A は、導入部 1A と、混合部 2A と、スロート部 3A と、ディフューザ部 4A とを備えている。導入部 1A は、ノズル状の液流導入部 1Aa と、蒸气流導入部 1Ab とを有する。液流導入部 1Aa は、外部から、冷媒液流路 102Ae を介して供給された冷媒の液流を導入する。蒸气流導入部 1Ab は、液流導入部 1Aa の両側に形成され、冷媒蒸气流路 102Af を介して供給された蒸气流を導入する。単位蒸気インジェクタ 10A の具体的構成および動作は単位蒸気インジェクタ 10' と略同様であり、スロート部 3A の内部断面積が冷媒流の吐出圧が非線形的に増加する臨界断面積よりも小さく設定されていることにより、吐出圧が高くなっている。

[0086] 図 16 は、図 14 D の板状構成部材 101A の平面図である。図 16 に示すように、板状構成部材 101A には、冷媒液流路 101Ae と、冷媒蒸气流路 101Af と、冷媒流合流流路 101Ag と、冷媒流吐出口 106A とが形成されている。板状構成部材 101A は、板状構成部材 102A と板状

構成部材 103A との間に挟まれて、各単位蒸気インジェクタ 10A の蒸気流導入部 1Ab への冷媒蒸気の流路を確保するためのスペーザの役目を果たしている。

[0087] 図 17 は、図 14B の板状構成部材 102A の斜視図であって、溝の構成を理解しやすくするために板状構成部材 102A を切断して示している。

[0088] (変形例 2)

図 18A ～ 18D は、変形例 2 に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。図 18A は蒸気インジェクタ 100B を示し、図 18B、18C、18D はその構成要素である板状構成部材 102B、103B、101B を示している。蒸気インジェクタ 100B は、複数の板状構成部材 102B、103B の組の間に板状構成部材 101B を配置したものが複数組積層された構成を有する。これらの板材構成部材は、たとえば金属製であり、拡散接合により接合される。

[0089] 図 19 は、図 18B の板状構成部材 102B の平面図である。図 19 において、クロスハッチが施された領域は溝を示している。なお、板状構成部材 103B も板状構成部材 102B と同様の構成を有している。図 19 に示すように、板状構成部材 102B には、板状構成部材 102B を貫通するように、冷媒液流路 102Be と、冷媒蒸气流路 102Bf と、冷媒流合流流路 102Bg と、冷媒流吐出口 106B とが形成されている。また、板状構成部材 102B は、単位蒸気インジェクタ 10B の導入部 1B、混合部 2B、スロート部 3B、およびディフューザ部 4B を構成するための溝を有している。板状構成部材 102B と板状構成部材 103B との接合により単位蒸気インジェクタ 10B が形成される。なお、板状構成部材 102B と板状構成部材 103B とは、互いの溝が組み合うように積層させても良いし、一方の板状構成部材の溝が形成された主表面と、一方の板状構成部材の溝が形成されていない主表面とが対向するように積層させても良い。

[0090] 各単位蒸気インジェクタ 10B は、導入部 1B と、混合部 2B と、スロート部 3B と、ディフューザ部 4B とを備えている。導入部 1B は、ノズル状

の液流導入部 1 B a と、蒸気流導入部 1 B b とを有する。液流導入部 1 B a は、外部から、冷媒液流路 1 0 2 B e を介して供給された冷媒の液流を導入する。蒸気流導入部 1 B b は、液流導入部 1 B a の両側に形成され、冷媒蒸気流路 1 0 2 B f を介して供給された蒸気流を導入する。単位蒸気インジェクタ 1 0 B の具体的構成および動作は単位蒸気インジェクタ 1 0 〃 と略同様であり、スロート部 3 B の内部断面積が、冷媒流の吐出圧が非線形的に増加する臨界断面積よりも小さく設定されていることにより、吐出圧が高くなっている。

[0091] 図 2 0 は、図 1 8 D の板状構成部材 1 0 1 B の平面図である。図 2 0 に示すように、板状構成部材 1 0 1 B には、冷媒液流路 1 0 1 B e と、冷媒蒸気流路 1 0 1 B f と、冷媒流合流流路 1 0 1 B g と、冷媒流吐出口 1 0 6 B とが形成されている。板状構成部材 1 0 1 B は、板状構成部材 1 0 2 B と板状構成部材 1 0 3 B との間に挟まれて、各単位蒸気インジェクタ 1 0 B の蒸気流導入部 1 B b への冷媒蒸気の流路を確保するためのスペーザの役目を果たしている。

[0092] ここで、板状構成部材 1 0 2 B には、さらに、液流導入部 1 B a と、蒸気流導入部 1 B b との間に介在する貫通溝 1 B e が形成されている。このような貫通溝 1 B e は板状構成部材 1 0 1 B にも形成されている。さらに、この貫通溝 1 B c は冷媒液流路 1 0 2 B e と冷媒蒸気流路 1 0 2 B f との間にも介在するように形成されている。この貫通溝 1 B e は、液流導入部 1 B a と、蒸気流導入部 1 B b との間、および冷媒液流路 1 0 2 B e と冷媒蒸気流路 1 0 2 B f との間を断熱する断熱層としての空気層を形成する。これによって、混合前に液流が蒸気流によって加熱されることが防止または抑制されるので、混合部 2 B における凝縮効果の減少が防止または抑制される。なお、貫通溝 1 B c 内は真空としてもよい。

[0093] (変形例 3)

図 2 1 A ～ 2 1 D は、変形例 3 に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。図 2 1 A は蒸気インジェクタ 1 0 0 C を示し、図 2 1 B

、 2 1 C、 2 1 Dはその構成要素である板状構成部材 1 0 2 C、 1 0 3 C、 1 0 1 Cを示している。蒸気インジェクタ 1 0 0 Cは、複数の板状構成部材 1 0 2 C、 1 0 3 Cの組の間に板状構成部材 1 0 1 Cを配置したものが複数組積層された構成を有する。これらの板状構成部材は、たとえば金属製であり、拡散接合により接合される。

[0094] 図 2 2 は、図 2 1 Bの板状構成部材 1 0 2 Cの平面図である。図 2 2において、クロスハッチが施された領域は溝を示している。なお、板状構成部材 1 0 3 Cも板状構成部材 1 0 2 Cと同様の構成を有している。図 2 2に示すように、板状構成部材 1 0 2 Cには、板状構成部材 1 0 2 Cを貫通するように、冷媒液流路 1 0 2 C e と、冷媒蒸気流路 1 0 2 C f と、冷媒流合流流路 1 0 2 C g と、冷媒流吐出口 1 0 6 C とが形成されている。また、板状構成部材 1 0 2 Cは、単位蒸気インジェクタ 1 0 Cの導入部 1 C、混合部 2 C、スロート部 3 C、およびディフューザ部 4 Cを構成するための溝を有している。板状構成部材 1 0 2 Cと板状構成部材 1 0 3 Cとの接合により単位蒸気インジェクタ 1 0 Cが形成される。なお、板状構成部材 1 0 2 Cと板状構成部材 1 0 3 Cとは、互いの溝が組み合うように積層させても良いし、一方の板状構成部材の溝が形成された主表面と、一方の板状構成部材の溝が形成されていない主表面とが対向するように積層させても良い。

[0095] 各単位蒸気インジェクタ 1 0 Cは、導入部 1 Cと、混合部 2 Cと、スロート部 3 Cと、ディフューザ部 4 Cとを備えている。導入部 1 Cは、ノズル状の液流導入部 1 C a と、蒸気流導入部 1 C b とを有する。液流導入部 1 C a は、外部から、冷媒液流路 1 0 2 C e を介して供給された冷媒の液流を導入する。蒸気流導入部 1 C b は、液流導入部 1 C a の両側に形成され、冷媒蒸気流路 1 0 2 C f を介して供給された蒸気流を導入する。単位蒸気インジェクタ 1 0 Cの具体的構成および動作は単位蒸気インジェクタ 1 0 〃と略同様であり、スロート部 3 Cの内部断面積が冷媒流の吐出圧が非線形的に増加する臨界断面積よりも小さく設定されていることにより、吐出圧が高くなっている。なお、この単位蒸気インジェクタ 1 0 Cでは、液流の進行方向の側面

から蒸気流が混合される。図 2 2 において、符号 1 C a a は混合する際に液流が導入される断面積を示し、符号 1 C b a は混合する際に蒸気流が導入される断面積を示している。

[0096] 図 2 3 は、図 2 1 D の板状構成部材 1 0 1 C の平面図である。図 2 3 に示すように、板状構成部材 1 0 1 C には、冷媒液流路 1 0 1 C e と、冷媒蒸気流路 1 0 1 C f と、冷媒流合流流路 1 0 1 C g と、冷媒流吐出口 1 0 6 C とが形成されている。板状構成部材 1 0 1 C は、板状構成部材 1 0 2 C と板状構成部材 1 0 3 C との間に挟まれて、各単位蒸気インジェクタ 1 0 C の蒸気流導入部 1 C b への冷媒蒸気の流路を確保するためのスペーザの役目を果たしている。

[0097] ここで、板状構成部材 1 0 2 C にも、板状構成部材 1 0 2 B と同様に、液流導入部 1 C a と、蒸気流導入部 1 C b との間に介在する貫通溝 1 C c が形成されている。このような貫通溝 1 C c は板状構成部材 1 0 1 C にも形成されている。さらに、この貫通溝 1 C c は冷媒液流路 1 0 2 C e と冷媒蒸気流路 1 0 2 C f との間にも介在するように形成されている。この貫通溝 1 C c は、液流導入部 1 C a と、蒸気流導入部 1 C b との間、および冷媒液流路 1 0 2 C e と冷媒蒸気流路 1 0 2 C f との間を断熱する断熱層としての空気層を形成する。これによつて、混合前に液流が蒸気流によって加熱されることが防止または抑制されるので、混合部 2 C における凝縮効果の減少が防止または抑制される。なお、貫通溝 1 C c 内は真空としてもよい。

[0098] (変形例 4)

図 2 4 A ～ 2 4 D は、変形例 4 に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。図 2 4 A は蒸気インジェクタ 1 0 0 D を示し、図 2 4 B 、 2 4 C 、 2 4 D はその構成要素である板状構成部材 1 0 2 D 、 ノズル 1 1 0 D 、 板状構成部材 1 0 3 D を示している。蒸気インジェクタ 1 0 0 D は、複数の板状構成部材 1 0 2 D 、 1 0 3 D の組が複数組積層された構成を有する。これらの板材構成部材は、たとえば金属製であり、拡散接合により接合される。

[0099] 図 2 5 A ～ 2 5 E は、図 2 4 B、2 4 C の板状構成部材および ノズルの構成を説明する模式図である。図 2 5 A は板状構成部材 1 0 2 D を示し、図 2 5 B、2 5 C、2 5 D はそれぞれ図 2 5 A における A — A 線断面、B — B 線断面、C — C 線断面を示し、図 2 5 E は ノズル 1 1 0 D を示している。図 2 5 A ～ 2 5 D において、クロスハッチが施された領域は溝を示している。なお、板状構成部材 1 0 3 D も板状構成部材 1 0 2 D と同様の構成を有している。

[01 00] 図 2 5 A ～ 2 5 D に示すように、板状構成部材 1 0 2 D には、板状構成部材 1 0 2 D を貫通するように、冷媒液流路 1 0 2 D e と、冷媒蒸気流路 1 0 2 D f と、冷媒流合流流路 1 0 2 D g と、冷媒流吐出口 1 0 6 D とが形成されている。また、板状構成部材 1 0 2 D は、単位蒸気インジェクタ 1 0 D の混合部 2 D、スロート部 3 D、およびディフューザ部 4 D を構成するための溝を有している。さらに、板状構成部材 1 0 2 D は、ノズル 1 1 0 D を嵌めるための溝 1 0 2 D h を有している。ノズル 1 1 0 D を溝 1 0 2 D h に嵌めた状態で板状構成部材 1 0 2 D と板状構成部材 1 0 3 D との接合により単位蒸気インジェクタ 1 0 D が形成される。このとき、ノズル 1 1 0 D は板状構成部材 1 0 3 D 側に形成された、溝 1 0 2 D h と同様の溝にも嵌まる。

[01 01] 各単位蒸気インジェクタ 1 0 D は、導入部と、混合部 2 D と、スロート部 3 D と、ディフューザ部 4 D とを備えている。導入部は、ノズル状の液流導入部 1 D a と、蒸気流導入部 1 D b とを有する。液流導入部 1 D a は、外部から、冷媒液流路 1 0 2 D e を介して供給された冷媒の液流を導入する。蒸気流導入部 1 D b は、液流導入部 1 D a を取り囲むように形成され、冷媒蒸気流路 1 0 2 D f を介して供給された蒸気流を導入する。単位蒸気インジェクタ 1 0 D の具体的構成および動作は単位蒸気インジェクタ 1 0 〃 と略同様であり、スロート部 3 D の内部断面積が冷媒流の吐出圧が非線形的に増加する臨界断面積よりも小さく設定されていることにより、吐出圧が高くなっている。

[01 02] ここで、ノズル 1 1 0 D を溝 1 0 2 D h に嵌めた状態で板状構成部材 1 0

２Ｄと板状構成部材１０３Ｄとを接合したとき、ノズル１１０Ｄによって導入部の液流導入部１Ｄａが形成され、混合部２Ｄの冷媒蒸気流路１０２Ｄｆにおいてノズル１１０Ｄの周囲を囲む溝が蒸気流導入部１Ｄｂとなる。蒸気インジェクタ１００Ｄは、ノズル１１０Ｄが溝１０２Ｄｈ内を移動し、かつ所望の位置に固定されることができるような機構を有している。ノズル１１０Ｄの位置を溝１０２Ｄｈの長手方向に対して移動させることによって、導入部における液流導入部１Ｄａと蒸気流導入部１Ｄｂとの断面積比を変化させることができる。

[01 03] （変形例５）

図２６Ａ～２６Ｅは、変形例５に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。図２６Ａは蒸気インジェクタ１００Ｅを示し、図２６Ｂ、２６Ｃ、２６Ｄ、２６Ｅはその構成要素である板状構成部材１０２Ｅ、１０３Ｅ、１０４Ｅ、１０１Ｅを示している。蒸気インジェクタ１００Ｅは、複数の板状構成部材１０２Ｅ、１０３Ｅ、１０４Ｅ、１０１Ｅの組が複数組積層された構成を有する。これらの板材構成部材は、たとえば金属製であり、拡散接合により接合される。

[01 04] 図２７は、図２６Ｃの板状構成部材１０３Ｅの平面図である。図２７において、クロスハッチが施された領域は溝を示している。なお、板状構成部材１０４Ｅも板状構成部材１０３Ｅと同様の構成を有している。図２７に示すように、板状構成部材１０３Ｅには、板状構成部材１０３Ｅを貫通するように、冷媒液流路１０３Ｅｅと、冷媒蒸気流路１０３Ｅｆと、冷媒流合流流路１０３Ｅｇと、冷媒流吐出口１０６Ｅとが形成されている。また、板状構成部材１０３Ｅは、単位蒸気インジェクタ１０Ｅの導入部１Ｅ、混合部２Ｅ、スロート部３Ｅ、およびディフューザ部４Ｅを構成するための溝を有している。さらに、板状構成部材１０３Ｅには、蒸気流導入部１Ｅｃを構成するための、板状構成部材１０３Ｅを貫通する楔型の貫通孔が形成されている。

[01 05] 図２８は、図２６Ｂの板状構成部材１０２Ｅの平面図である。なお、板状構成部材１０１Ｅも板状構成部材１０２Ｅと同様の構成を有している。図２

8 に示すように、板状構成部材 102E には、冷媒液流路 102Ee と、冷媒蒸气流路 102Ef と、冷媒流合流流路 102Eg と、冷媒流吐出口 106E とが形成されている。また、板状構成部材 102E は、冷媒蒸气流路 102Ef と連通する、蒸气流導入部 1Ec を構成するための溝と、スロート部 3E を構成する溝と、冷媒蒸気を逃がす流路 102Eh を構成するための溝とを有している。なお、冷媒蒸気を逃がす流路 102Eh を構成するための溝は無くても良い。

[01 06] 板状構成部材 102E、103E、104E、および 101E の接合により単位蒸気インジェクタ 10E が形成される。なお、接合したときに、板状構成部材 103E に形成された、蒸气流導入部 1Ec を構成するための貫通孔と、板状構成部材 102E に形成された、蒸气流導入部 1Ec を構成するための溝とは連通する。なお、板状構成部材 104E、板状構成部材 101E にも同様の貫通孔と溝とが形成されており、これらは接合したときに連通する。

[01 07] 各単位蒸気インジェクタ 10E は、導入部 1E と、混合部 2E と、スロート部 3E と、ディフューザ部 4E とを備えている。導入部 1E は、ノズル状の液流導入部 1Ea と、蒸气流導入部 1Eb、1Ec とを有する。液流導入部 1Ea は、外部から、冷媒液流路 103Ee を介して供給された冷媒の液流を導入する。蒸气流導入部 1Eb は、液流導入部 1Ea の両側に形成され、冷媒蒸气流路 103Ef を介して供給された蒸气流を導入する。

[01 08] さらに、蒸气流導入部 1Ec は、液流導入部 1Ea の上下に形成され、冷媒蒸气流路から、板状構成部材 102E、101E に形成された蒸气流導入部 1Ec を構成する溝（図 28 参照）を通り、板状構成部材 103E、104E に形成された蒸气流導入部 1Ec を構成する貫通孔（図 27 参照）をさらに通って供給された蒸气流を導入する。すなわち、各単位蒸気インジェクタ 10E では、液流導入部 1Ea の左右両側、および上下両側の四方から、蒸气流が導入される。なお、板状構成部材 102E、101E に形成された蒸气流導入部 1Ec を構成する溝を通ったが板状構成部材 103E、104

Eに形成された蒸気流導入部1Ecを構成する貫通孔を通らなかった冷媒蒸気は流路102Ehから冷媒流吐出口106Eに逃がされる。

[01 09] 単位蒸気インジェクタ10Eのその他の具体的構成および動作は単位蒸気インジェクタ10'と略同様であり、スロート部3Eの内部断面積が冷媒流の吐出圧が非線形的に増加する臨界断面積よりも小さく設定されていることにより、吐出圧が高くなっている。この単位蒸気インジェクタ10Eでは、液流導入部1Eaの四方に形成された蒸気流導入部1Eb、1Ecから冷媒蒸気を導入するので、より効率的に冷媒蒸気を導入することができる。

[01 10] (変形例6)

図29は、変形例6に係る蒸気インジェクタの内部構成を説明する模式図である。この蒸気インジェクタ200は、構成部材201、202、203、204、205で構成されている。構成部材201、202、203、204、205を積層して接合することによって、構成部材201、202、203、204、205の積層方向に沿って延在する9個の単位蒸気インジェクタ10Gが形成される。各単位蒸気インジェクタ10Gは、導入部1Gと、混合部2Gと、スロート部3Gと、ディフューザ部4Gとを備えている。導入部1Gは、ノズル状の液流導入部1Gaと、蒸気流導入部1Gbとを有する。これらの構成部材は、たとえば金属製であり、拡散接合により接合される。

[01 11] 構成部材201は、断面矩形状の貫通孔である冷媒液流路200eを有している。また、構成部材201は、冷媒液流路200eと、ノズルである構成部材205によって形成される導入部1Gの液流導入部1Gaと連通する連通孔200e1と、を有する。構成部材202には円錐状の貫通孔である混合部2Gが形成されている。また、構成部材201、202、205が接合したときに、構成部材201と構成部材202とによって冷媒蒸気流路200fが形成される。また、構成部材205が混合部2Gに挿通され、構成部材205と混合部2Gとの隙間に蒸気流導入部1Gbが形成される。

[01 12] また、構成部材203には円錐状の貫通孔であるディフューザ部4Gが形

成されている。構成部材 202 と構成部材 203 とが接合したときに、構成部材 202 と構成部材 203 との接合面の位置にスロート部 3G が形成される。また、構成部材 203 と構成部材 204 とが接合したときに、冷媒流合流流路 200g と、冷媒流吐出口 206 とが形成される。

[01 13] 単位蒸気インジェクタ 10G のその他の具体的構成および動作は単位蒸気インジェクタ 10' と略同様であり、スロート部 3G の内部断面積が冷媒流の吐出圧が非線形的に増加する臨界断面積よりも小さく設定されていることにより、吐出圧が高くなっている。このように、単位蒸気インジェクタは、積層して接合する構成部材の積層方向に沿って延在するように形成されてもよい。

[01 14] (実施の形態 3)

図 30 は、本発明の実施の形態 3 に係るヒートポンプ装置のブロック図である。図 30 に示すように、ヒートポンプ装置 1000 は、実施の形態 2 に係る蒸気インジェクタ 100 と、圧縮器 20 と、凝縮器 30 と、蒸発器 40 と、気液分離器 50 とを備えている。これらの要素は、冷媒を循環させる流路としての配管によって接続されている。

[01 15] ヒートポンプ装置 1000 の動作を説明する。圧縮器 20 は、外部からの電力 P によって、気液分離器 50 から供給された冷媒蒸気を圧縮する。一方、凝縮器 30 は圧縮された冷媒蒸気の熱を熱 H1 として放熱するとともに冷媒蒸気を凝縮し、冷媒液とする。蒸発器 40 は、気液分離器 50 から供給された冷媒液に外部から吸熱した熱 H2 を与えて冷媒を蒸発させる。

[01 16] 蒸気インジェクタ 100 は、蒸発器 40 から供給された冷媒の蒸気流と、凝縮器 30 から供給された冷媒の液流とが導入され、圧力が高められた冷媒流を冷媒流吐出口 106 (図 9 参照) から吐出する。気液分離器 50 は、吐出された冷媒流に含まれる冷媒の液体と蒸気とを分離し、冷媒蒸気を圧縮器 20 に供給するとともに、冷媒液を蒸発器 40 に供給する。

[01 17] このヒートポンプ装置 1000 では、膨張弁を用いたヒートポンプ装置においては膨張弁で渦として損失していたエネルギーを蒸気インジェクタ 10

0により回収できる。さらに、このヒートポンプ装置1000では、蒸気インジェクタ100によって圧縮器20の負担が軽減されるので、所望の動作状態を実現するために外部から与えるべき電力Pの電力量を低減することができる。これによつて、このヒートポンプ装置1000は、COPを向上させた高効率ヒートポンプ装置として機能する。このヒートポンプ装置1000は、空気調和装置、冷凍装置、給湯装置など、ヒートポンプ装置を使用する各種装置に使用することができ、これによつて高効率装置が実現される。

[01 18] (実施の形態4)

図31は、本発明の実施の形態4に係るヒートポンプ装置のブロック図である。図31に示すように、ヒートポンプ装置2000は、実施の形態2に係る蒸気インジェクタ100と、圧縮器20と、凝縮器30と、蒸発器40と、気液分離器50と、膨張弁60と、ポンプ70とを備えている。これらの要素は、冷媒を循環させる流路としての配管によつて接続されている。

[01 19] このヒートポンプ装置2000では、蒸気インジェクタ100は、圧縮器20から供給された冷媒の蒸気流と、気液分離器50からポンプ70で圧力が高められた状態で供給された冷媒の液流とが導入され、圧力が高められた冷媒流を冷媒流吐出口106から吐出する。凝縮器30は、蒸気インジェクタ100から圧力が高められた冷媒流を供給され、その熱を熱H1として放熱するとともに冷媒流を凝縮する。気液分離器50は、凝縮器30からの冷媒流に含まれる冷媒の液体と蒸気とを分離し、冷媒蒸気を膨張弁60に供給するとともに、冷媒液をポンプ70に供給する。膨張弁60は、冷媒蒸気を低温、低圧の冷媒液とする。蒸発器40は、膨張弁60によつて低温、低圧にされた冷媒液に外部から吸熱した熱H2を与えて冷媒を蒸発させる。圧縮器20は、外部からの電力Pによつて、蒸発器40から供給された冷媒蒸気を圧縮する。

[01 20] このヒートポンプ装置2000では、蒸気インジェクタ100は圧縮器20による冷媒の圧縮を補助して凝縮器30に所望の圧力の冷媒を供給するようにしている。その結果、所望の動作状態を実現するために外部から与える

べき電力 P の電力量を低減することができる。これによつて、このヒートポンプ装置 2000 は、COP を向上させた高効率ヒートポンプ装置として機能する。このヒートポンプ装置 2000 は、空気調和装置、冷凍装置、給湯装置など、ヒートポンプ装置を使用する各種装置に使用することができ、これによつて高効率装置が実現される。

[0121] なお、上記実施の形態 3、4 のヒートポンプ装置 1000、2000 において、蒸気インジェクタ 100 は、その変形例 1〜5 の蒸気インジェクタや実施の形態 1 に係る蒸気インジェクタ 10 に置き換えることができる。

[0122] なお、上記実施の形態により本発明が限定されるものではない。上述した各構成要素を適宜組み合わせて構成したものも本発明に含まれる。また、さらなる効果や変形例は、当業者によつて容易に導き出すことができる。よつて、本発明のより広範な態様は、上記の実施の形態に限定されるものではなく、様々な変更が可能である。

符号の説明

[0123] 1、ド、1A、1B、1C、1E、1G 導入部
 1a、1Aa、1Ba、1Ca、1Da、1Ea、1Ga 液流導入部
 1b、1Ab、1Bb、1Cb、1Db、1Eb、1Ec、1Gb 蒸気流導入部
 1Bc、1Cc 貫通溝
 2、2A、2B、2C、2D、2E、2G 混合部
 3、3A、3B、3C、3D、3E、3G スロート部
 4、4A、4B、4C、4D、4E、4G ディフューザ部
 4a 吐出部
 5 ドレイン管
 6 逆止弁
 10、100、100A、100B、100C、100D、100E、200 蒸気インジェクタ
 10'、10A、10B、10C、10D、10E、10G 単位蒸気イ

ンジェクタ

2 0 圧縮器

3 0 凝縮器

4 0 蒸発器

5 0 気液分離器

6 0 膨張弁

7 0 ポンプ

1 0 1、1 0 1 A、1 0 1 B、1 0 1 C、1 0 1 E、1 0 2、1 0 2 A、
1 0 2 B、1 0 2 C、1 0 2 D、1 0 2 E、1 0 3、1 0 3 A、1 0 3 B、
1 0 3 C、1 0 3 D、1 0 3 E、1 0 4、1 0 4 E、1 0 5 板状構成部材

1 0 1 a、1 0 2 a 冷媒液供給口

1 0 1 b、1 0 2 b 冷媒蒸気排出口

1 0 2 c、1 0 5 a 冷媒液排出口

1 0 2 d、1 0 5 b 冷媒蒸気供給口

1 0 1 A e、1 0 1 B e、1 0 1 C e、1 0 2 e、1 0 2 A e、1 0 2 B
e、1 0 2 C e、1 0 2 D e、1 0 2 E e、1 0 3 E e、2 0 0 e 冷媒液
流路

1 0 1 A f、1 0 1 B f、1 0 1 C f、1 0 2 f、1 0 2 A f、1 0 2 B
f、1 0 2 C f、1 0 2 D f、1 0 2 E f、1 0 3 E f、2 0 0 f 冷媒蒸
気流路

1 0 1 A g、1 0 1 B g、1 0 1 C g、1 0 2 g、1 0 2 A g、1 0 2 B
g、1 0 2 C g、1 0 2 D g、1 0 2 E g、1 0 3 E g、2 0 0 g 冷媒蒸
気流路
合流流路

1 0 2 D h 溝

1 0 2 E h 流路

1 0 6、1 0 6 A、1 0 6 B、1 0 6 C、1 0 6 D、1 0 6 E、2 0 6

冷媒流吐出口

1 1 0 D ノズル

2 0 1、2 0 2、2 0 3、2 0 4、2 0 5 構 成 部 材

2 0 0 e 1 連 通 孔

1 0 0 0、2 0 0 0 ヒ ー ト ポ ン プ 装 置

C 1、C 2 領 域

F 1 冷 気 流

H 1、H 2 熱

P 電 力

S 1 蒸 気 流

W 1 液 流

請求の範囲

- [請求項 1] 冷媒の液流と前記冷媒の蒸気流とを導入する導入部と、
- 前記液流の進行方向に向かって内部断面積が縮小する形状を有し、
- 内部において噴流状の前記液流と前記蒸気流とを混合して冷媒流を形成する混合部と、
- 前記混合部の出力側に形成されたスロート部と、
- 前記スロート部から前記冷媒流の進行方向に向かって内部断面積が拡大する形状を有し、圧力が高められた前記冷媒流を吐出部から吐出するディフューザ部と、
- を備え、
- 前記スロート部の内部断面積は、前記スロート部の内部断面積を減少させたときに前記ディフューザ部の吐出部から吐出される前記冷媒流の吐出圧が非線形的に増加する臨界断面積より小さい断面積であることを特徴とする蒸気インジェクタ。
- [請求項 2] 前記スロート部の内部断面積は、前記スロート部の内部断面積の変化に対する前記冷媒流の吐出圧の変化を表す曲線の 1 階微分係数が 0 より小さい、または 2 階微分係数が 0 より大きい内部断面積であることを特徴とする請求項 1 に記載の蒸気インジェクタ。
- [請求項 3] 前記スロート部の内部断面積を A 、前記導入部における前記液流の質量流量、流速をそれぞれ m_{w0} 、 u_{w0} 、前記導入部における前記蒸気流の質量流量、流速をそれぞれ m_{s0} 、 u_{s0} 、前記スロート部における前記冷媒流の質量流量、流速をそれぞれ m 、 u 、前記混合部、前記スロート部、前記ディフューザ部における圧力損失係数をそれぞれ ζ_N 、 ζ_T 、 ζ_D 、前記液流の密度を ρ_w 、前記冷媒流の前記吐出部における吐出圧を P_D とすると、以下の式 (1) が成り立つことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の蒸気インジェクタ。

[数 1]

$$P_D = (m_{w0} \cdot u_{w0}) / A_I + (m_{s0} \cdot u_{s0}) / A_{I1} - (m_{v1} \cdot u_{v1}) / A_{I1} \\ + (1 - \zeta_N) \cdot (\rho_w \cdot u_{v1}^2 / 2) - (\zeta_T + \zeta_D) \cdot (\rho_v \cdot u_{v1}^2 / 2) \quad \dots \text{ヒ})$$

[請求項 4] 前記スロート部の内部断面は円形であり、該内部断面の直径は 2 m m 以下であることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一つに記載の蒸気インジェクタ。

[請求項 5] 前記内部断面の直径は 1 m m 以下であることを特徴とする請求項 4 に記載の蒸気インジェクタ。

[請求項 6] 前記混合部において、前記液流が導入される領域の断面積を A_{w0} 、前記蒸気流が導入される領域の断面積を A_{s0} とすると、 A_{s0} / A_{w0} は、7 以上 30 以下であることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか一つに記載の蒸気インジェクタ。

[請求項 7] 前記 A_{s0} / A_{w0} は、10 以上 20 以下であることを特徴とする請求項 6 に記載の蒸気インジェクタ。

[請求項 8] 前記混合部の内部から外気に連通するように形成されたドレイン管をさらに備えることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか一つに記載の蒸気インジェクタ。

[請求項 9] 前記ドレイン管には逆止弁が設けられていることを特徴とする請求項 8 に記載の蒸気インジェクタ。

[請求項 10] 前記冷媒は水または代替フロンであることを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれか一つに記載の蒸気インジェクタ。

[請求項 11] 請求項 1 ～ 10 のいずれか一つに記載の蒸気インジェクタである複数の単位蒸気インジェクタと、

前記各単位蒸気インジェクタの各導入部に前記冷媒の液流および蒸気流のそれぞれを供給するための液流路および蒸気流路と、

を備えることを特徴とする蒸気インジェクタ。

[請求項 12] 当該蒸気インジェクタは、一組の構成部材が接合して形成されており、

前記一組の構成部材のそれぞれには、前記導入部、前記混合部、前記スロート部、および前記ディフューザ部を複数に分割した形状の溝または穴が形成されており、前記導入部、前記混合部、前記スロート部、および前記ディフューザ部は、前記一組の構成部材を接合したときに前記溝または前記穴によって形成されることを特徴とする請求項 11 に記載の蒸気インジェクタ。

[請求項13]

前記一組の構成部材は、板状であって、積層した状態で互いに接合されており、

前記複数の単位蒸気インジェクタのうち少なくとも2以上が、前記板状構成部材の主表面に沿って配列していることを特徴とする請求項 12 に記載の蒸気インジェクタ。

[請求項14]

前記板状構成部材の主表面に沿って配列した前記単位蒸気インジェクタの各前記導入部を連通する流路が形成されていることを特徴とする請求項 13 に記載の蒸気インジェクタ。

[請求項15]

前記一組の構成部材は、板状であって、積層した状態で互いに接合されており、

前記複数の単位蒸気インジェクタのうち少なくとも2以上が、前記板状構成部材の積層方向に沿って配列していることを特徴とする請求項 12 ～ 14 のいずれか一つに記載の蒸気インジェクタ。

[請求項16]

前記板状構成部材の積層方向に沿って配列した前記単位蒸気インジェクタの各前記導入部を連通する流路が形成されていることを特徴とする請求項 15 に記載の蒸気インジェクタ。

[請求項17]

前記一組の構成部材は、積層した状態で互いに接合されており、

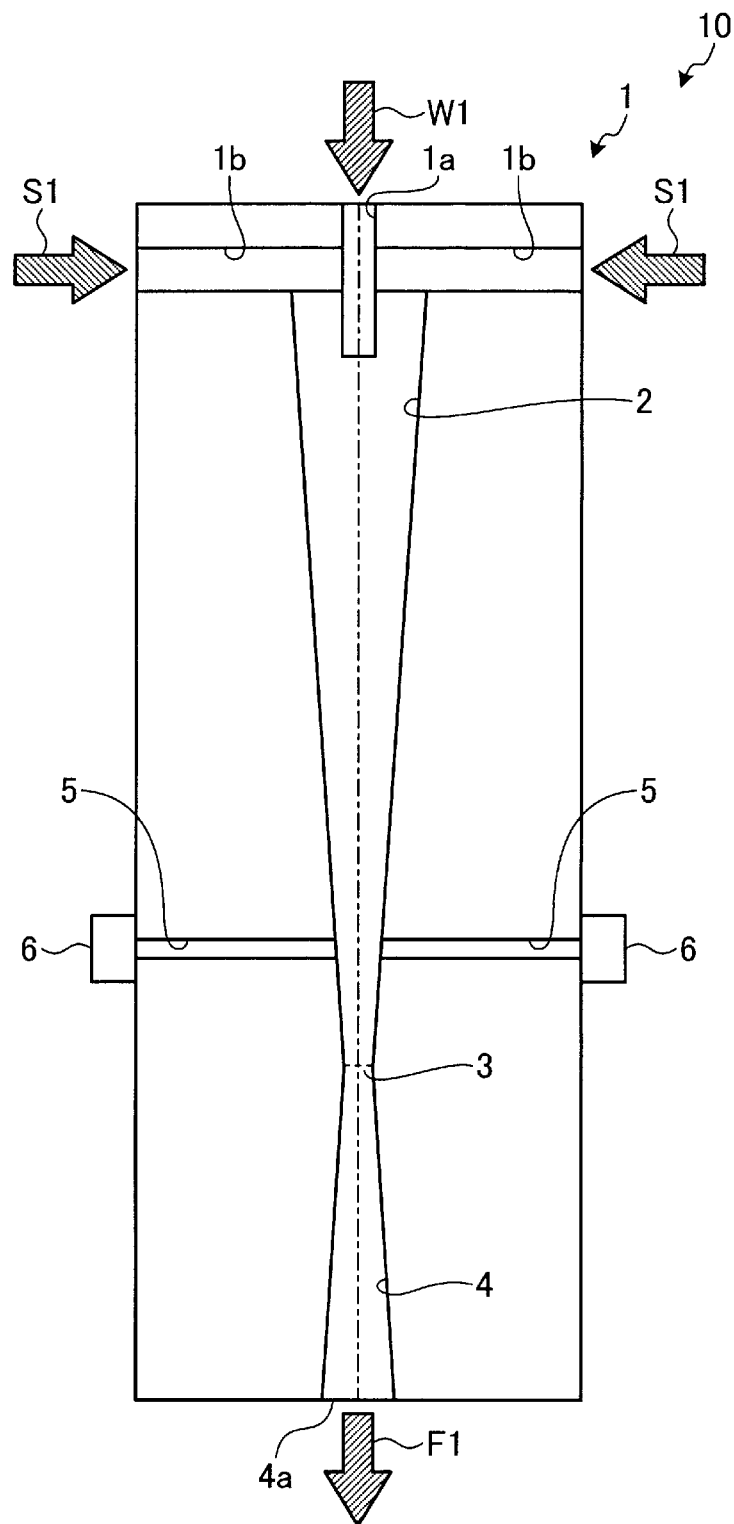
前記複数の単位蒸気インジェクタは、前記構成部材の積層方向に沿って延在していることを特徴とする請求項 12 に記載の蒸気インジェクタ。

[請求項18]

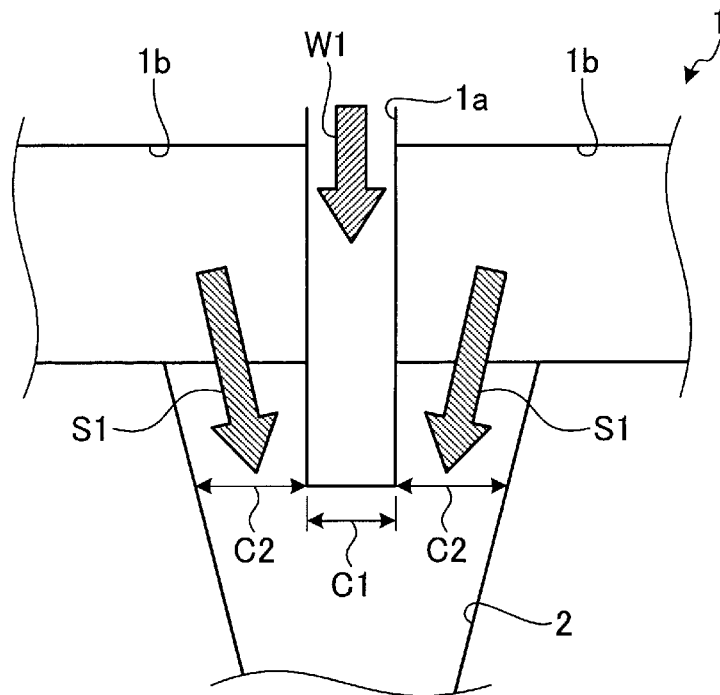
前記一組の構成部材は拡散接合により接合していることを特徴とする請求項 11 ～ 17 のいずれか一つに記載の蒸気インジェクタ。

[請求項 19] 冷媒を圧縮する圧縮器と、
 前記冷媒を凝縮する凝縮器と、
 前記冷媒を蒸発させる蒸発器と、
 前記冷媒の蒸気流と、前記冷媒の液流とが導入され、圧力が高められた冷媒流を前記ディフューザ部の吐出部から吐出する請求項 1 ～ 18 のいずれか一つに記載の蒸気インジェクタと、
 を備えることを特徴とするヒートポンプ装置。

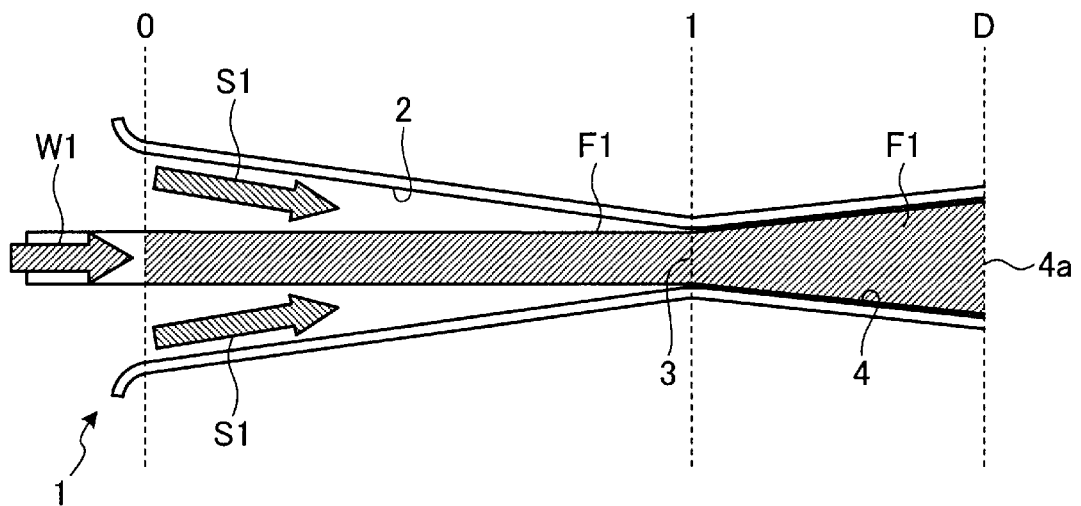
[図1]



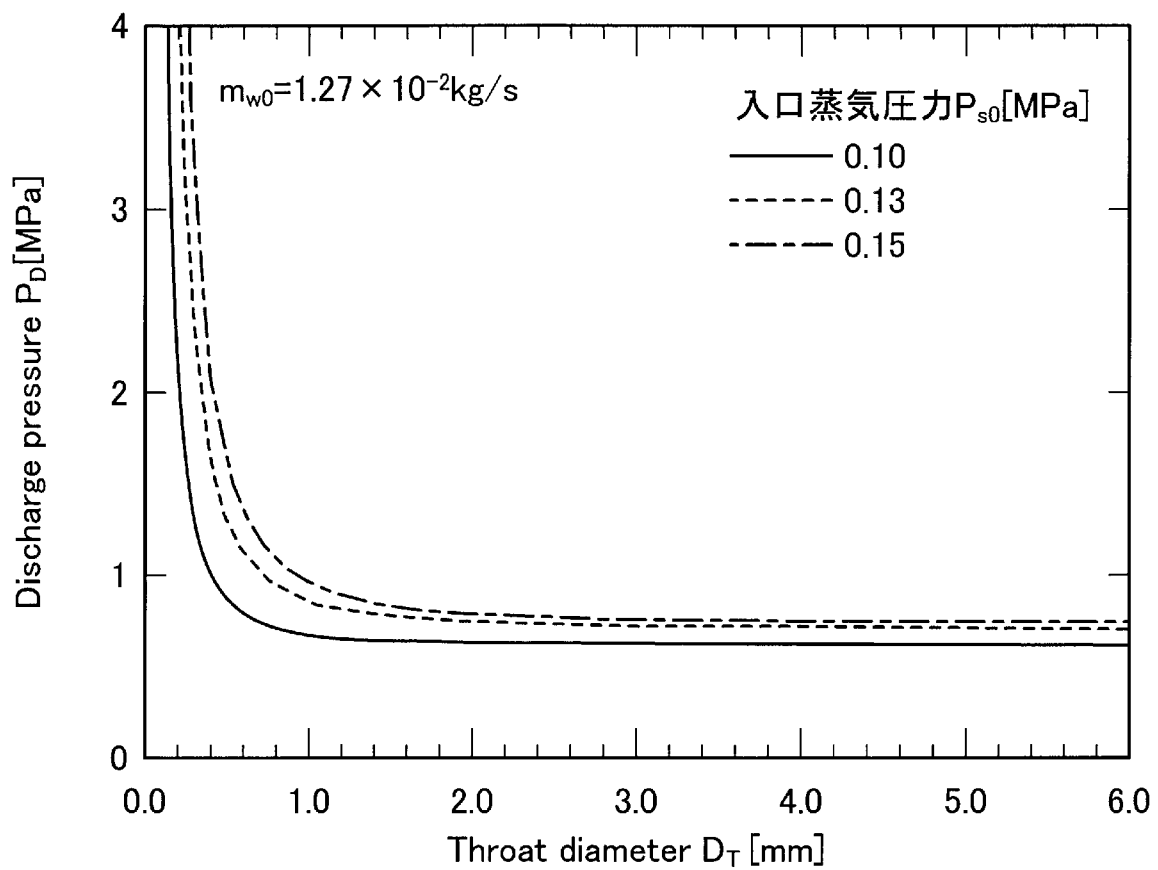
[図2]



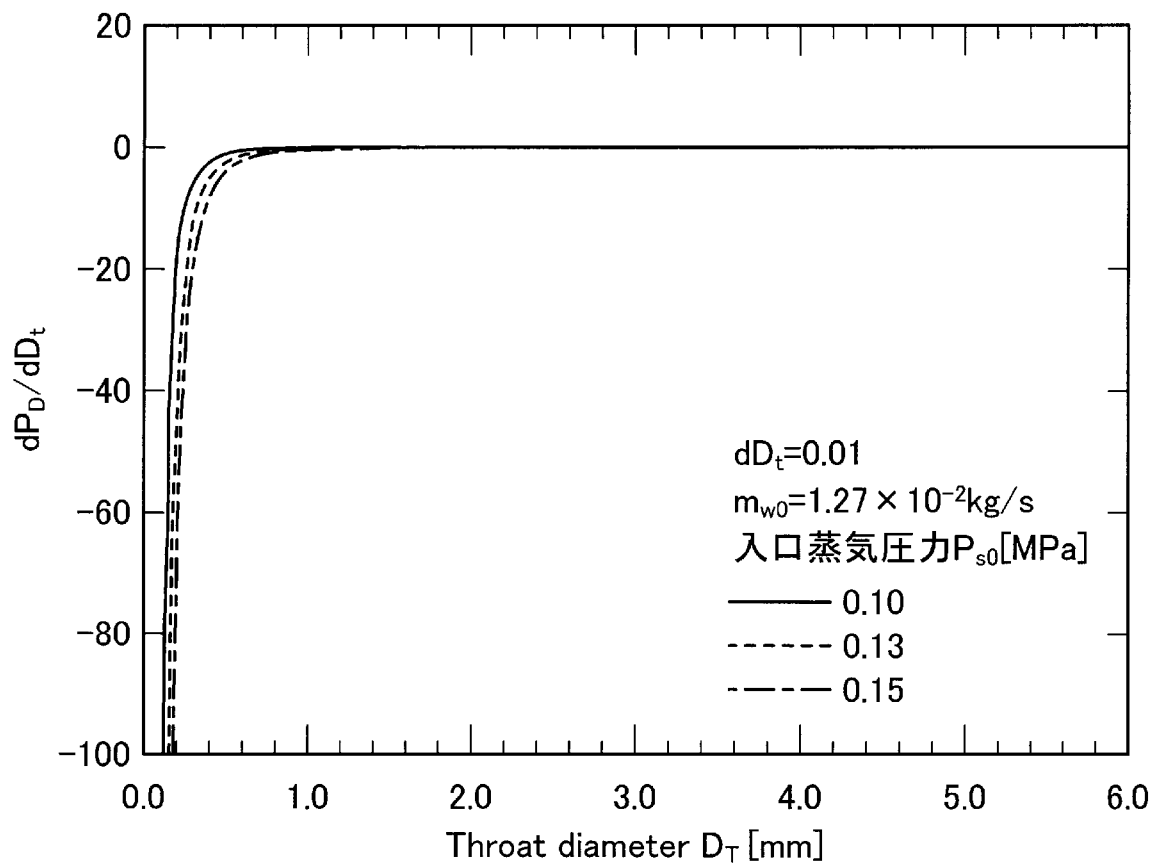
[図3]



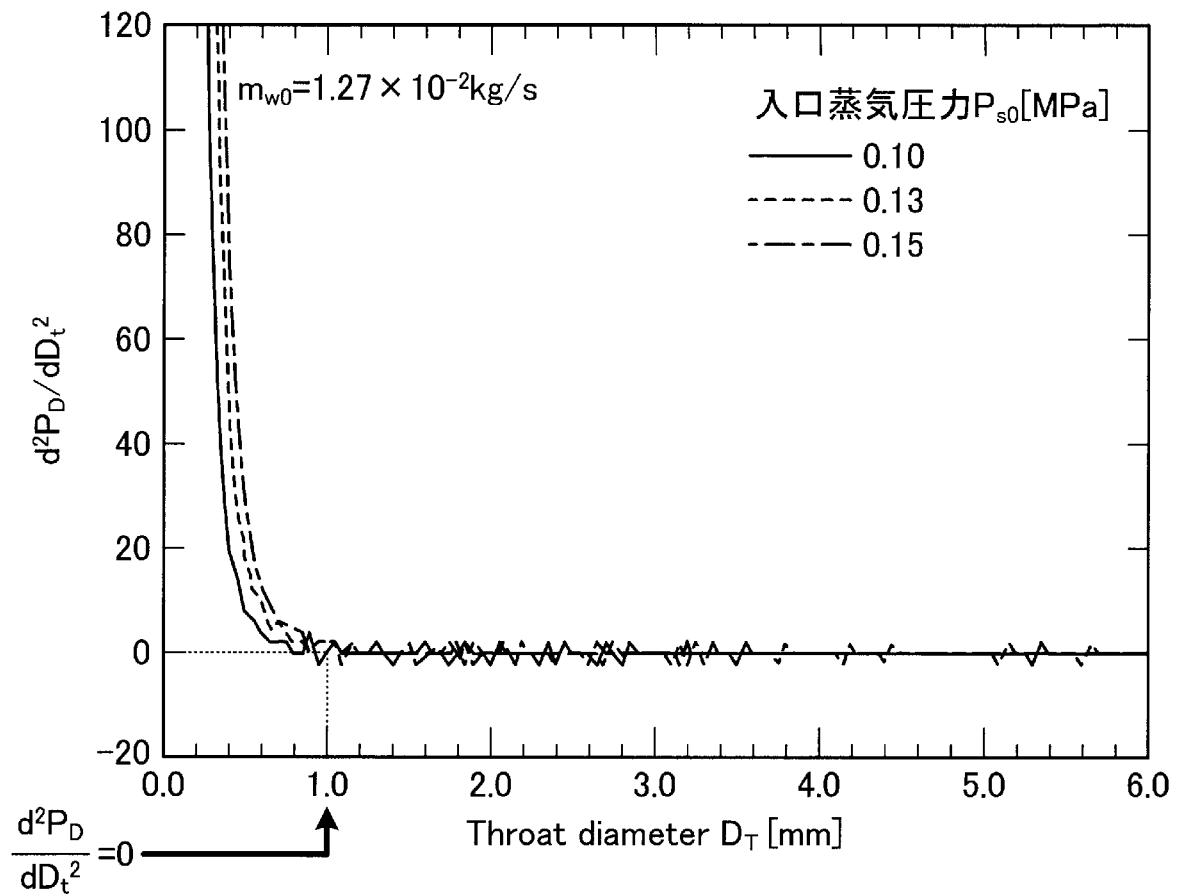
[図4]



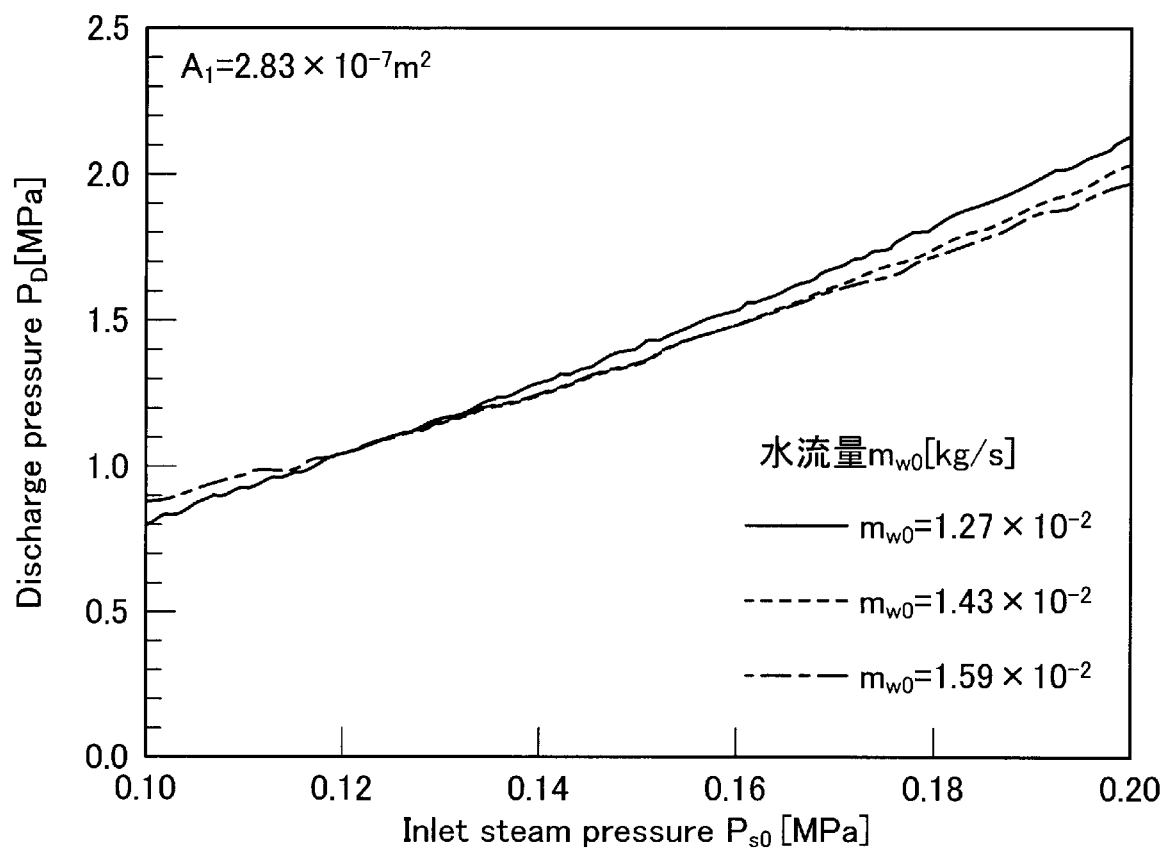
[図5]



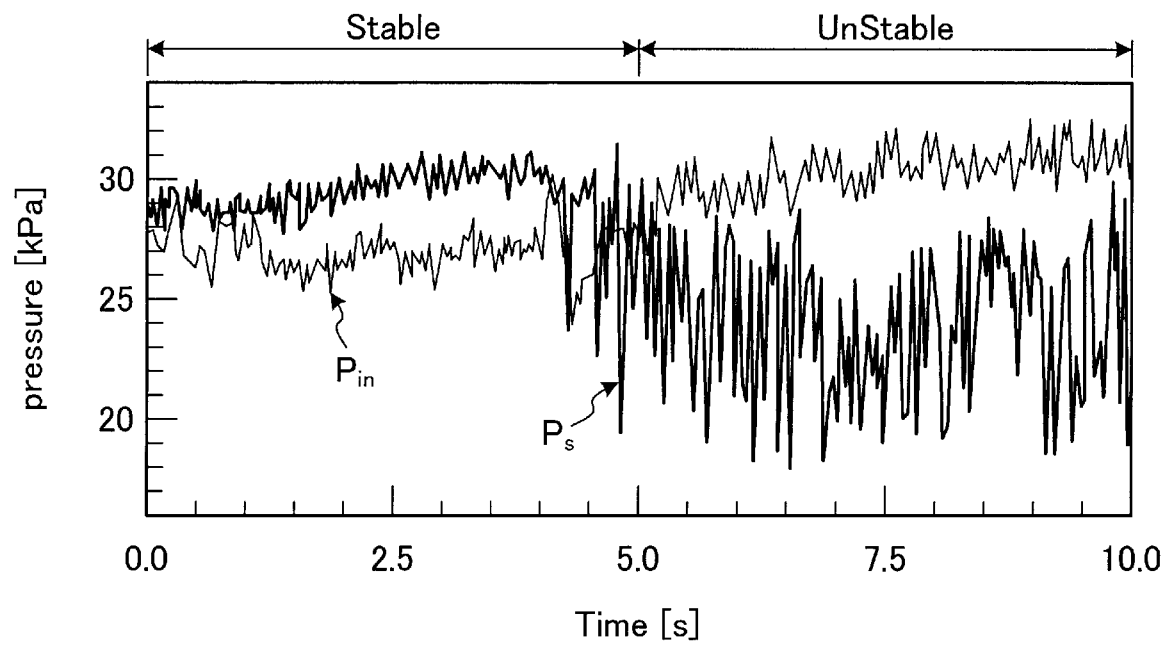
[図6]



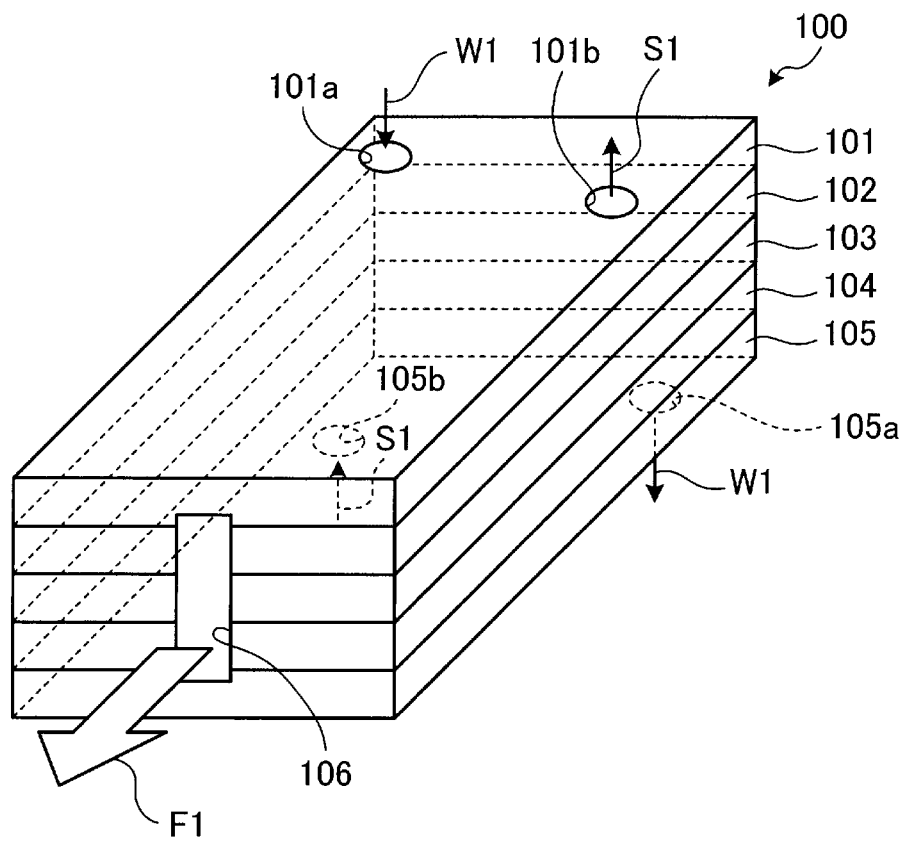
[図7]



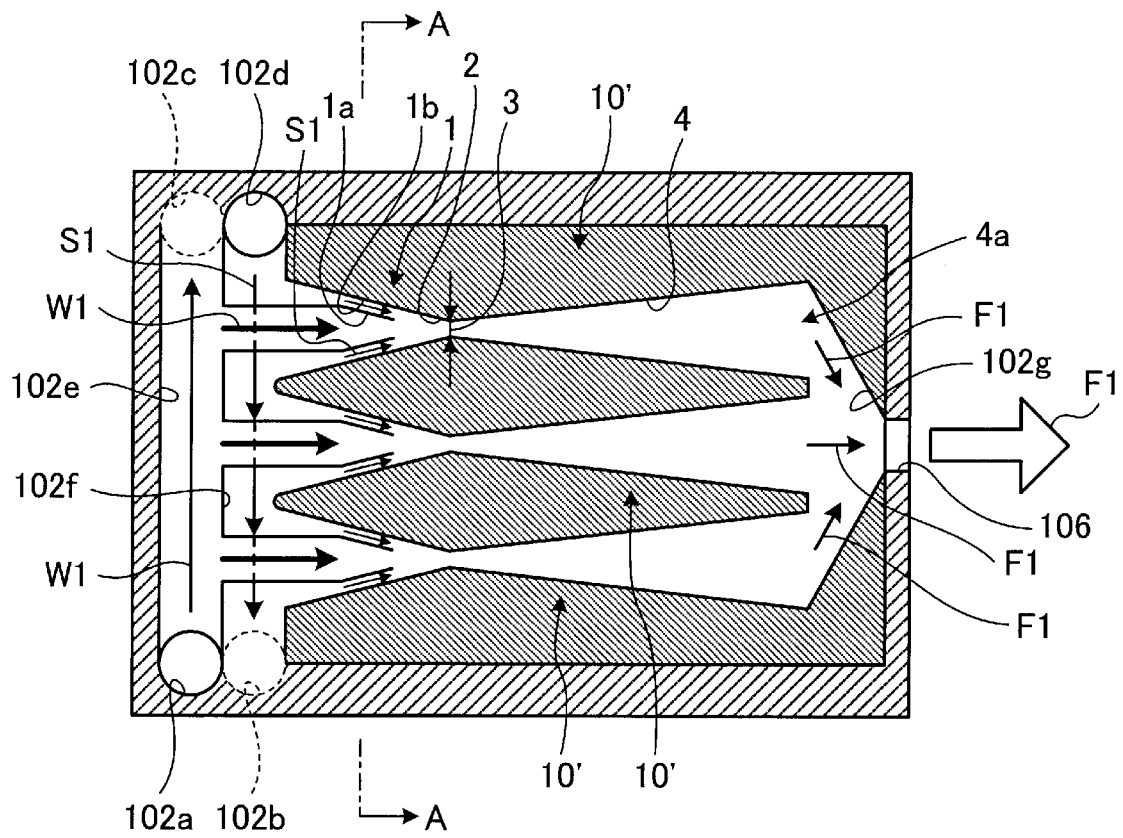
[図8]



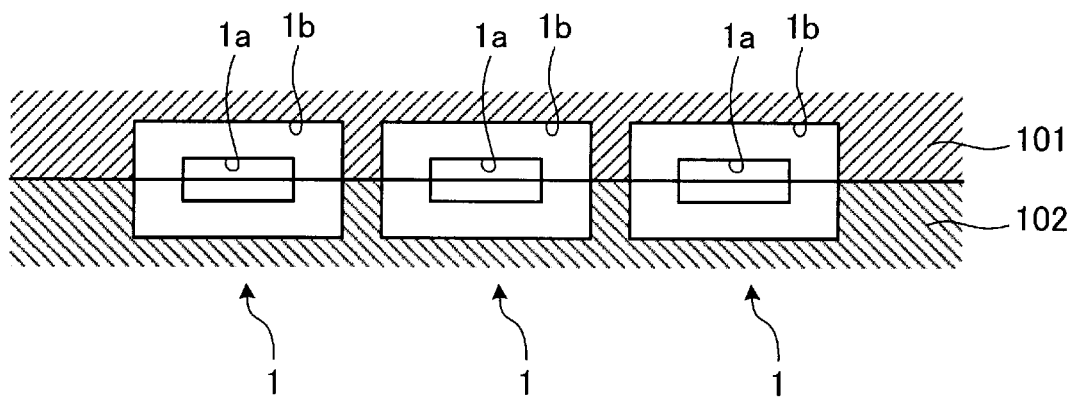
[図9]



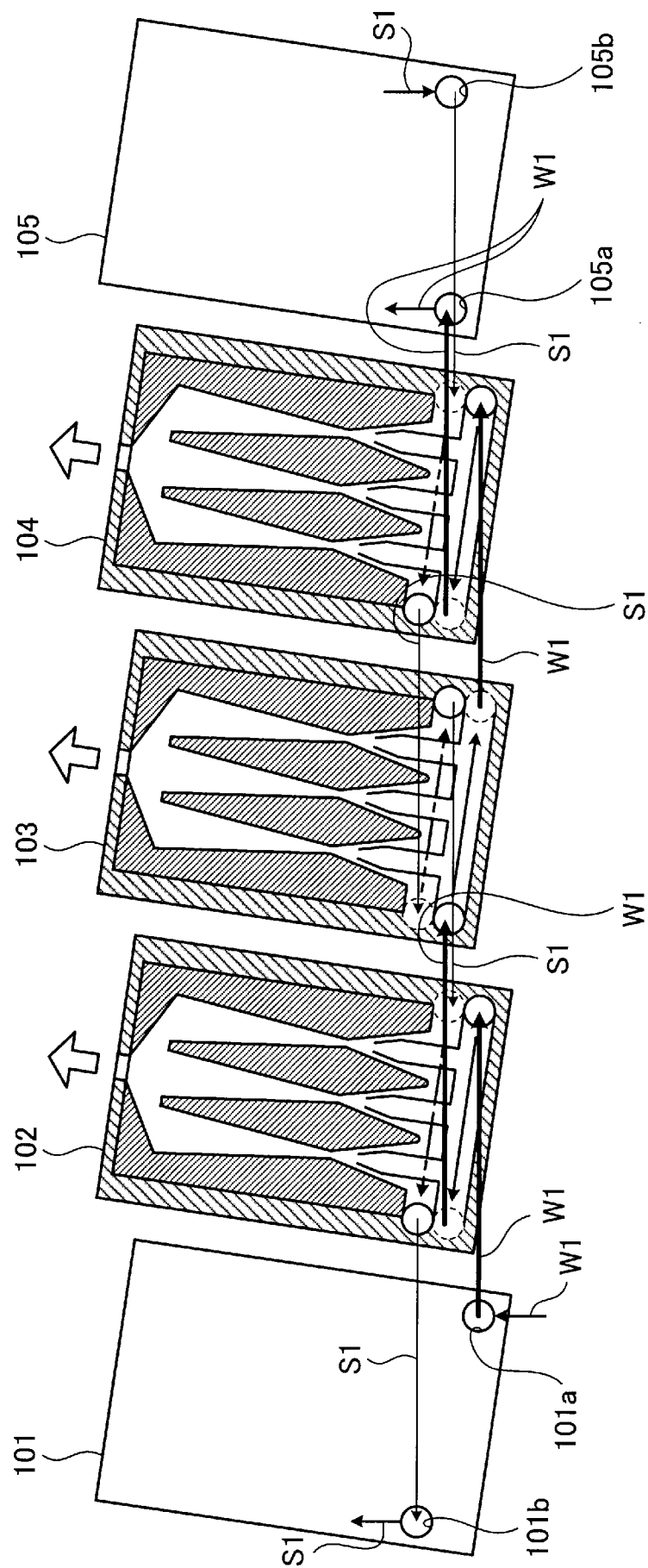
[図10]



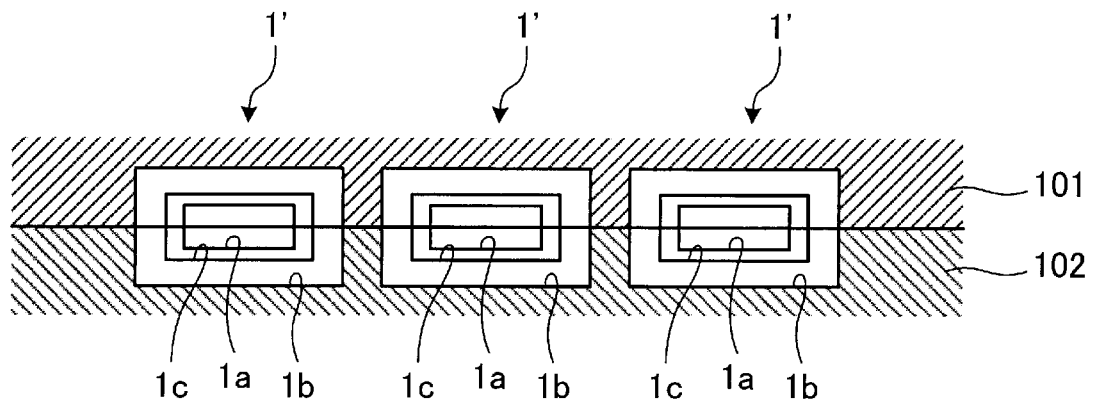
[図11]



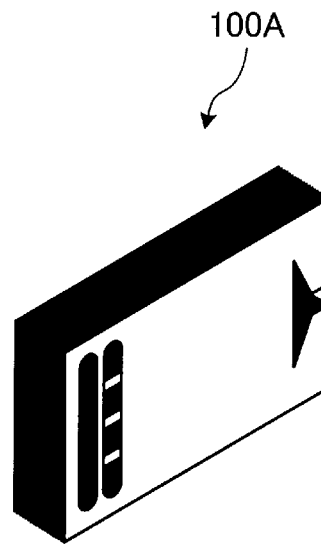
[図12]



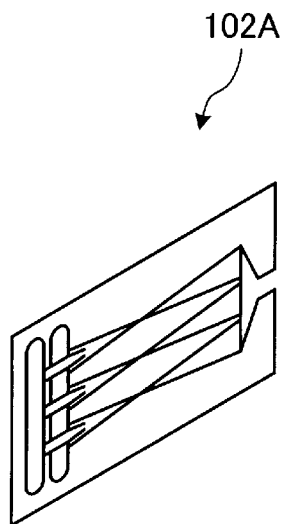
[図13]



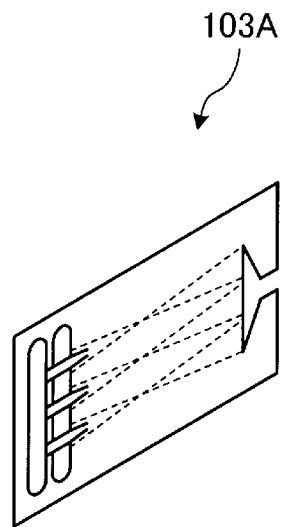
[図14A]



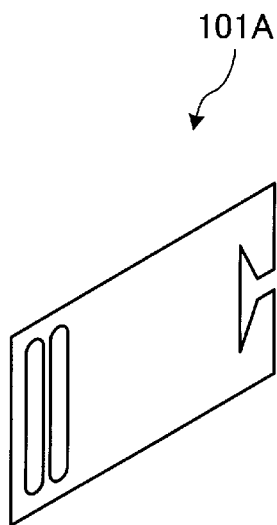
[図14B]



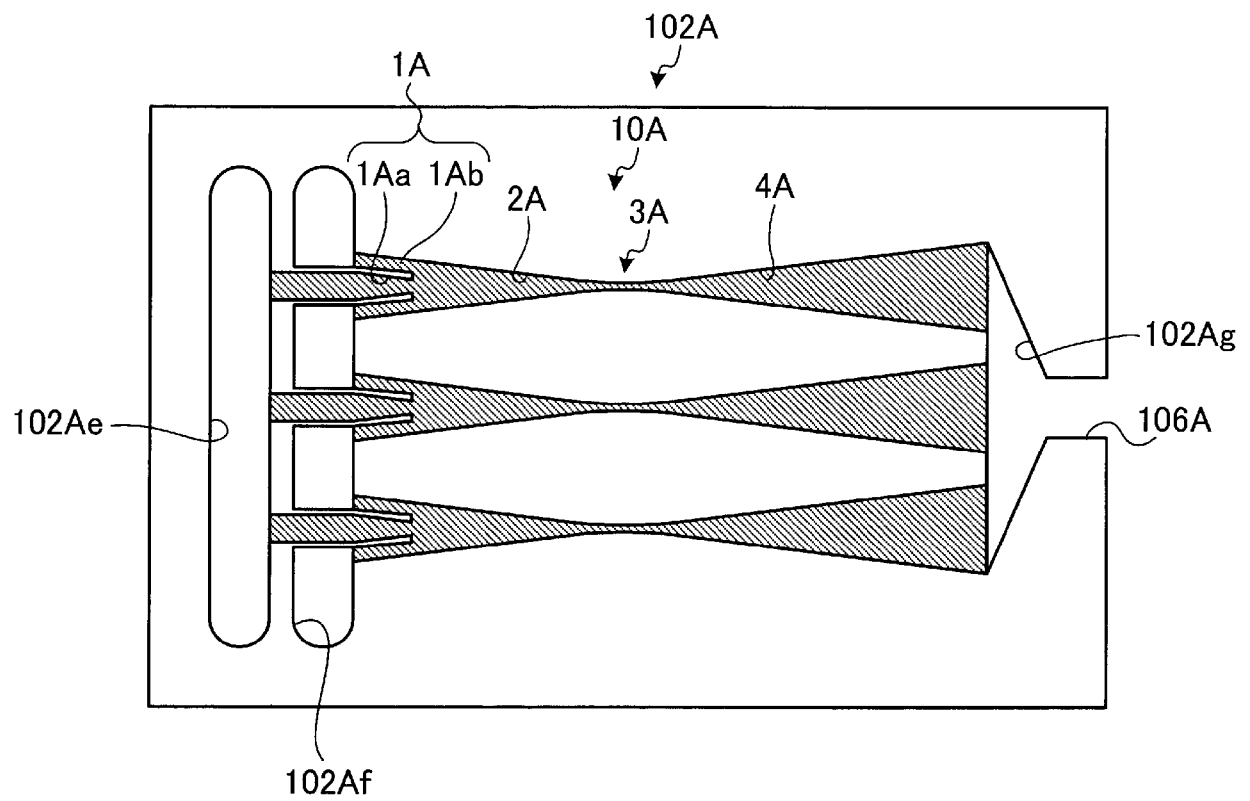
[図14C]



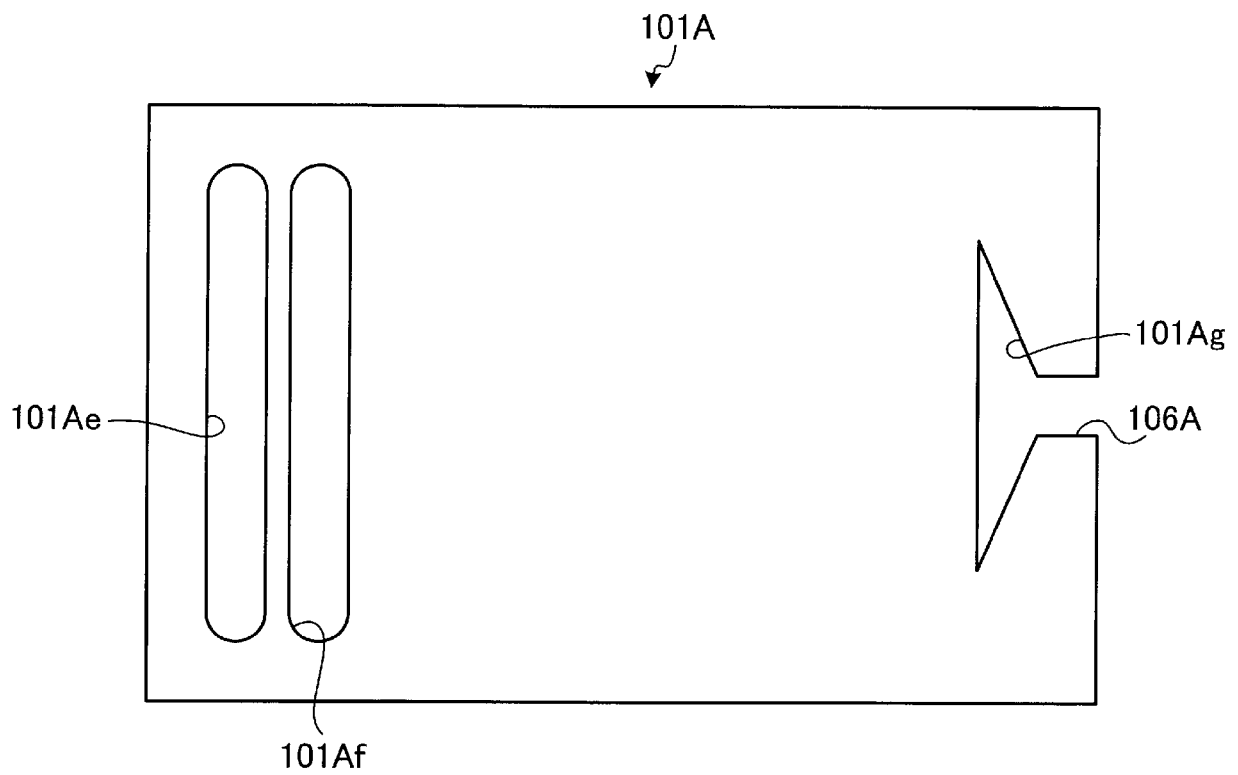
[図14D]



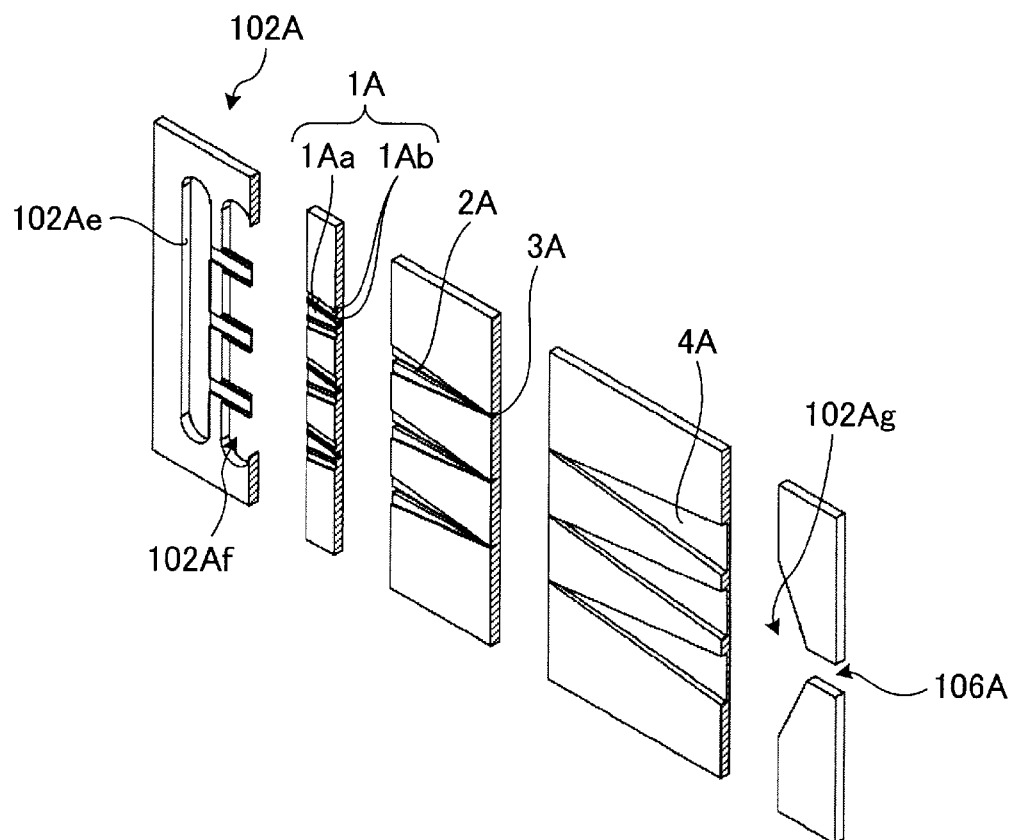
[図15]



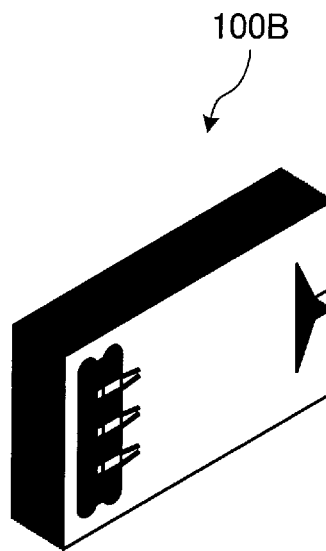
[図16]



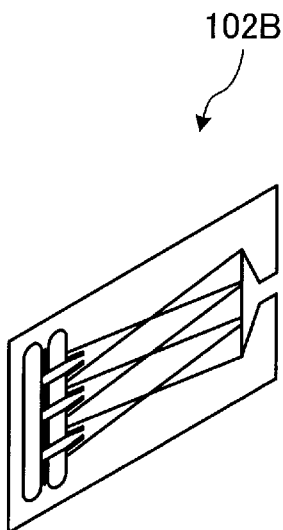
[図17]



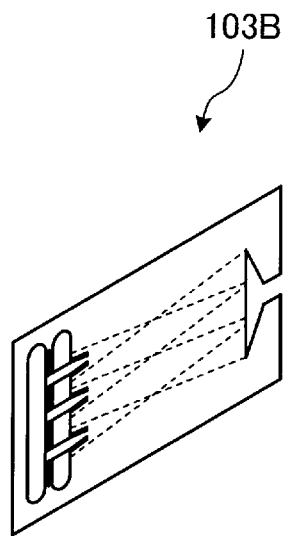
[図18A]



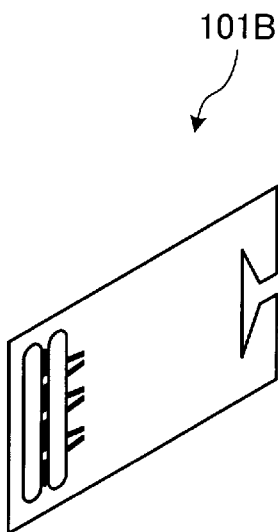
[図18B]



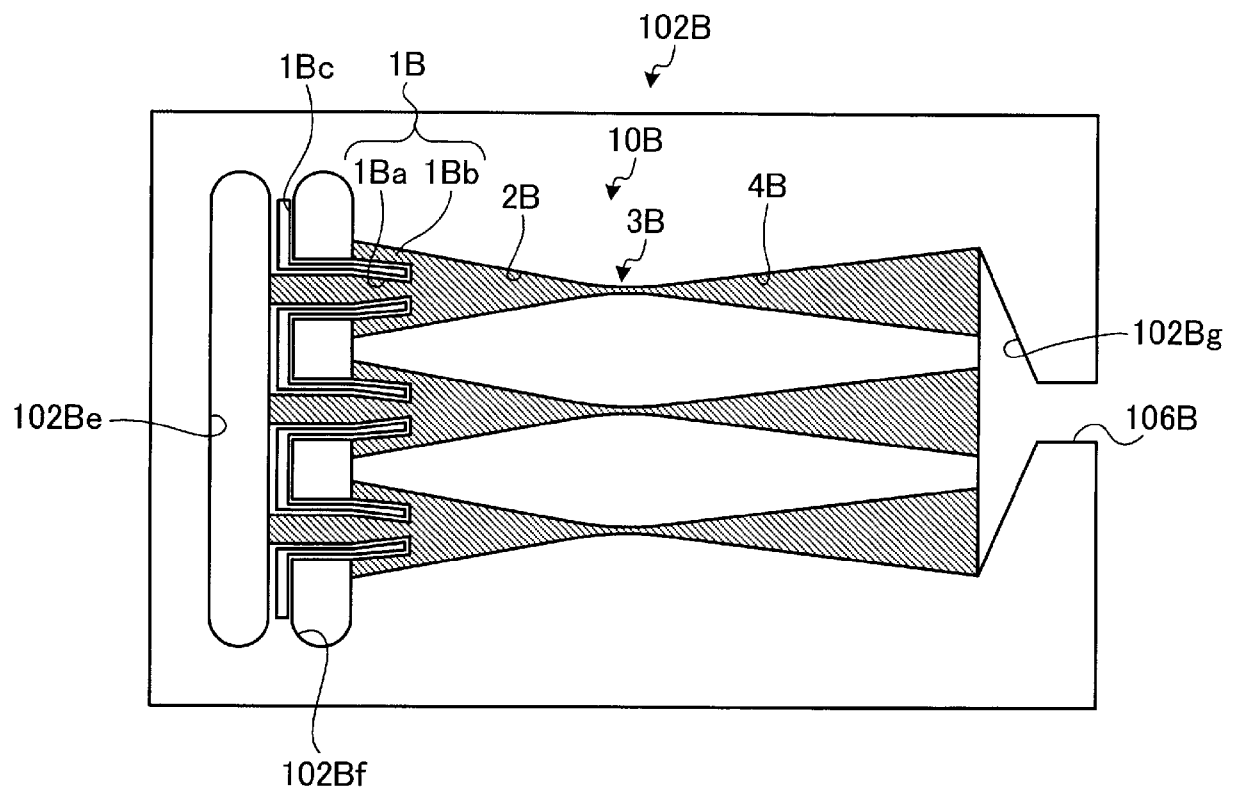
[図18C]



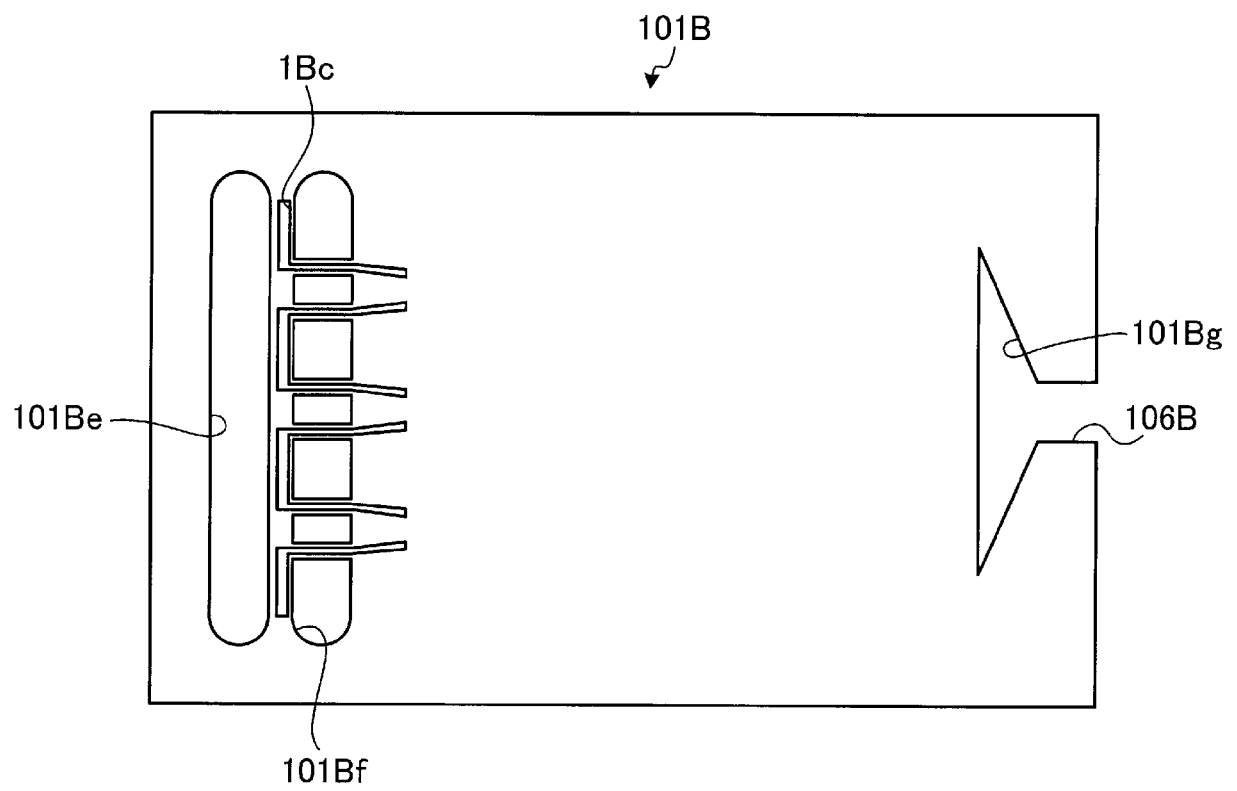
[図18D]



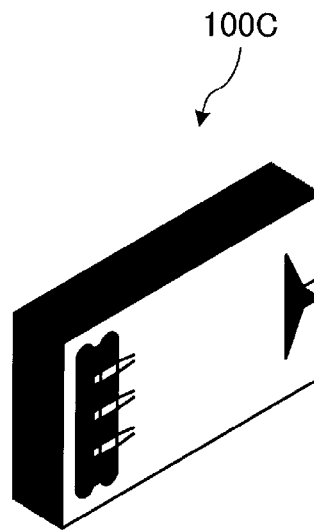
[図19]



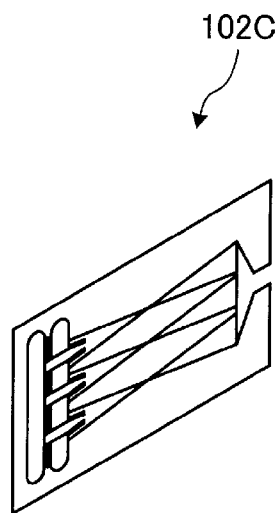
[図20]



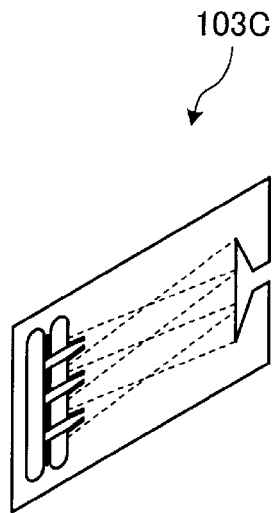
[図21A]



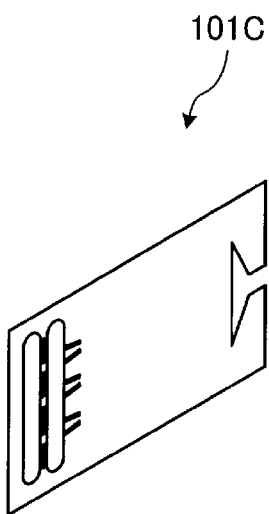
[図21B]



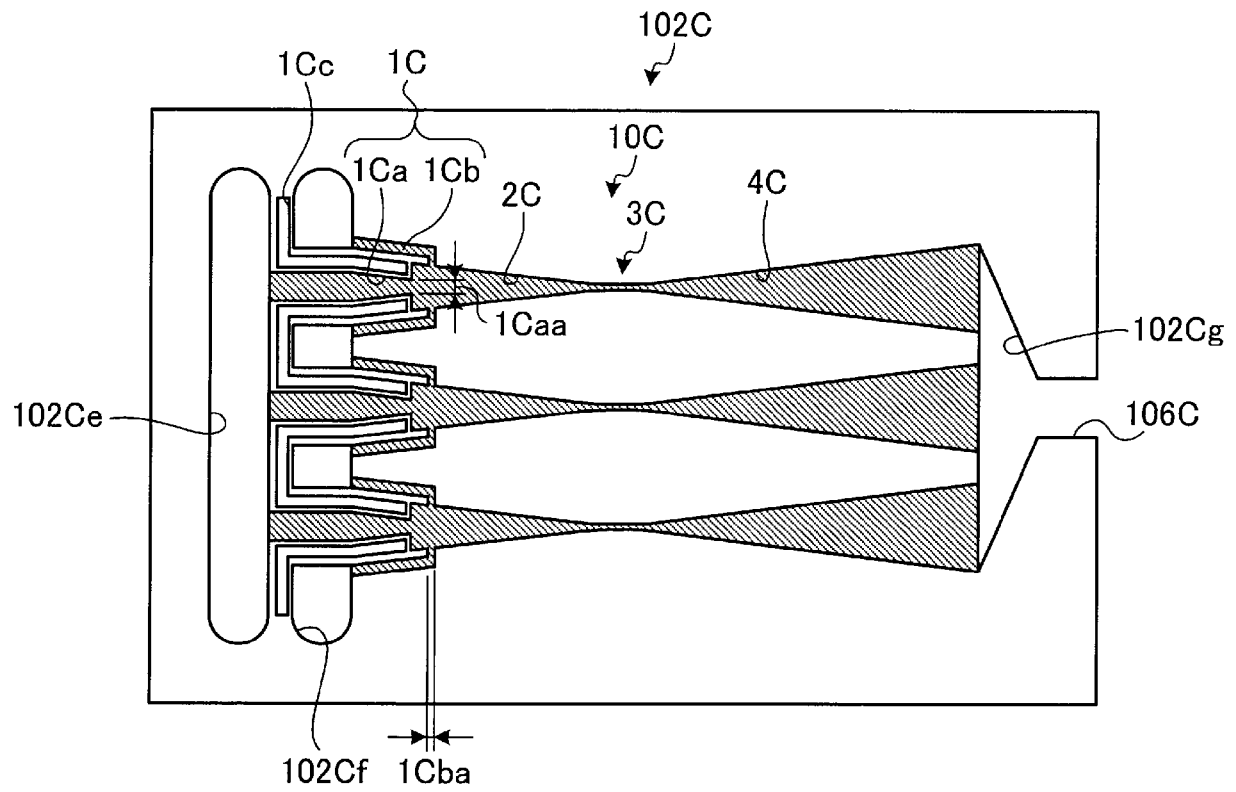
[図21C]



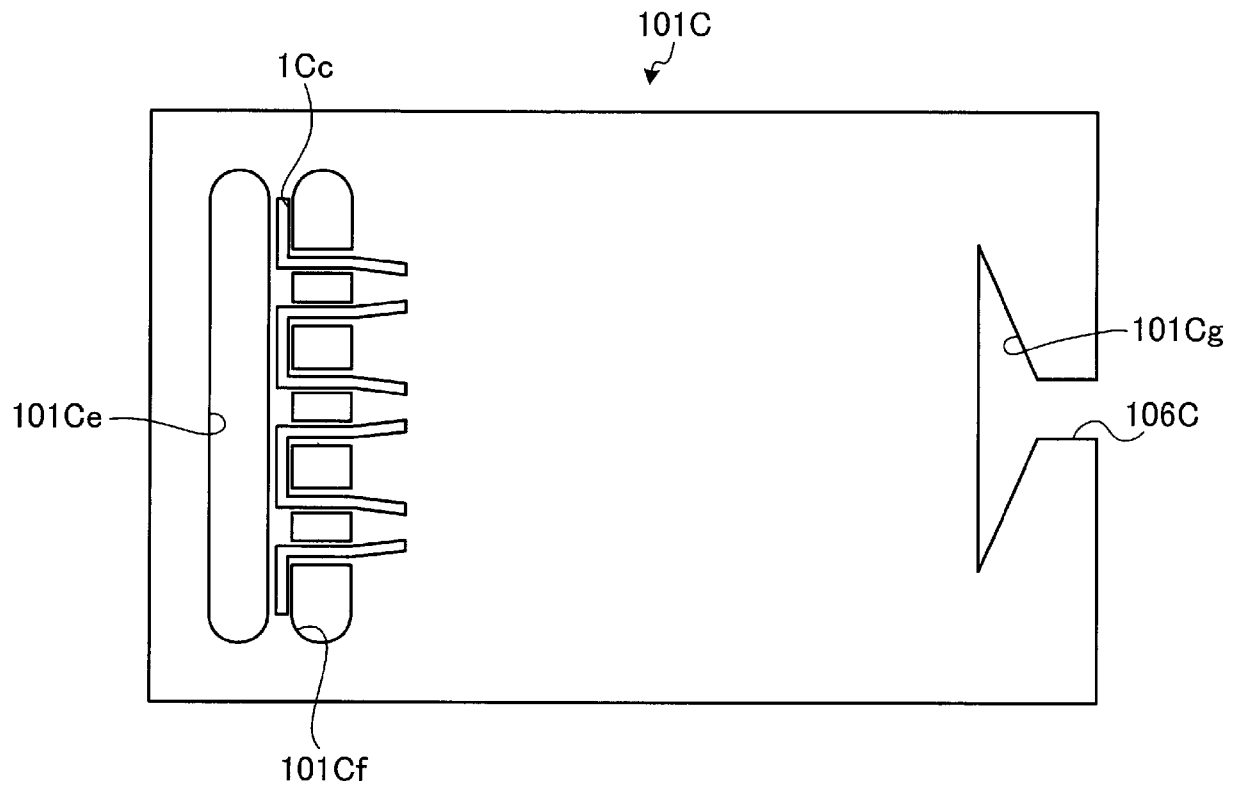
[図21D]



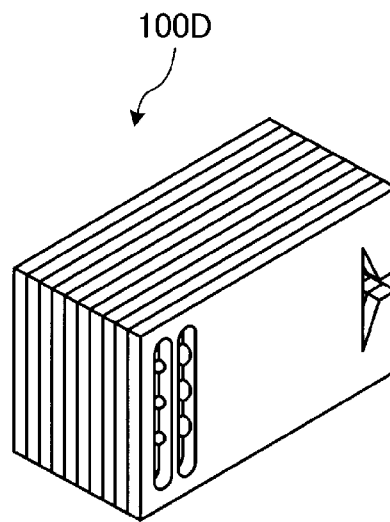
[図22]



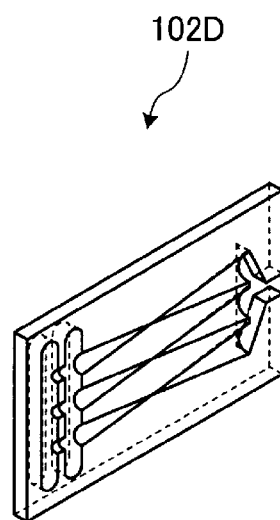
[図23]



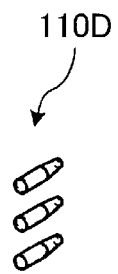
[図24A]



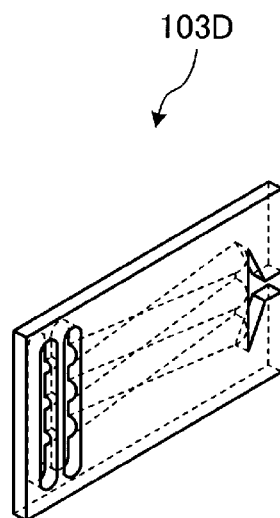
[図24B]



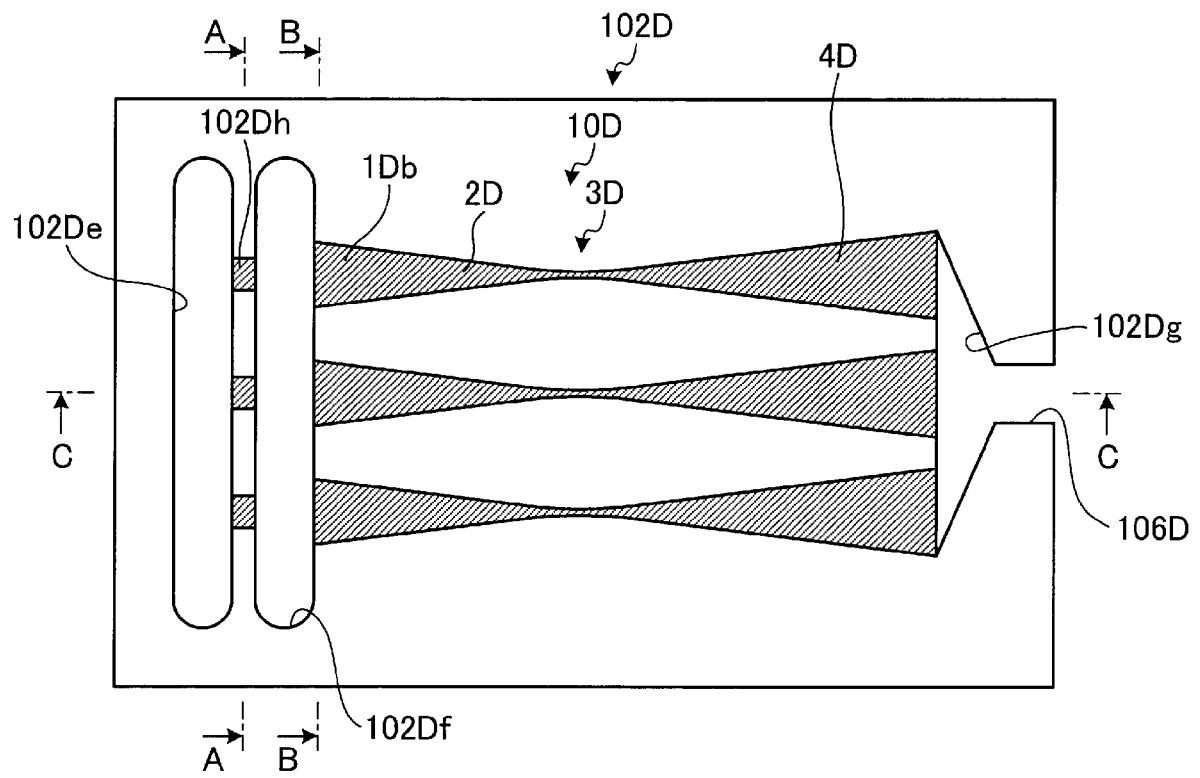
[図24C]



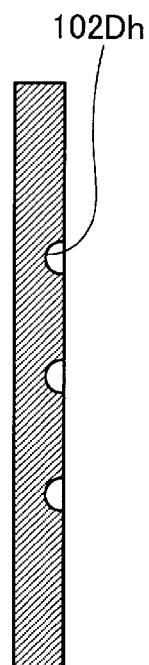
[図24D]



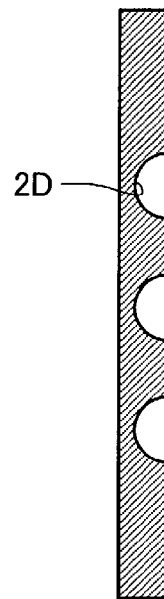
[図25A]



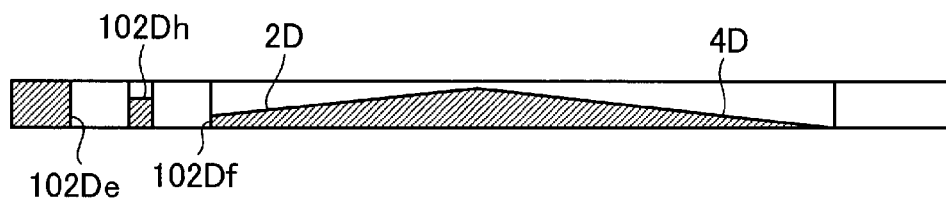
[図25B]



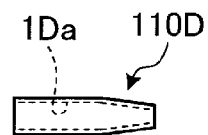
[図25C]



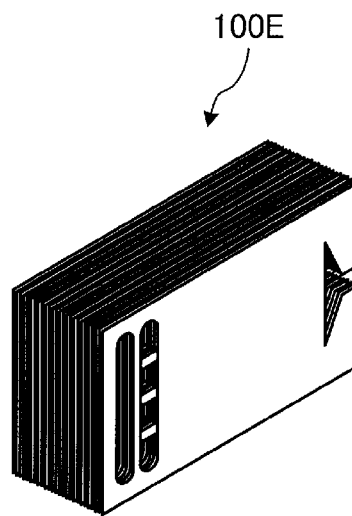
[図25D]



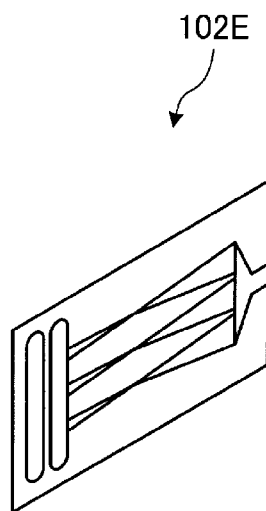
[図25E]



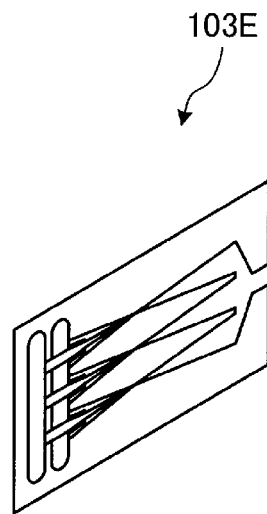
[図26A]



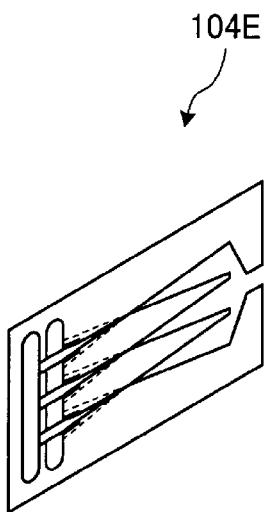
[図26B]



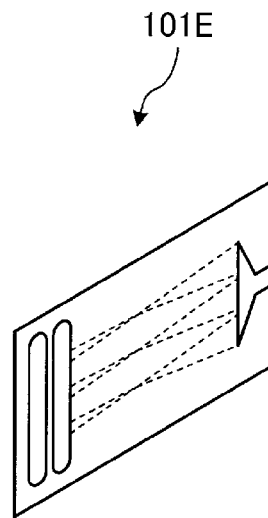
[図26C]



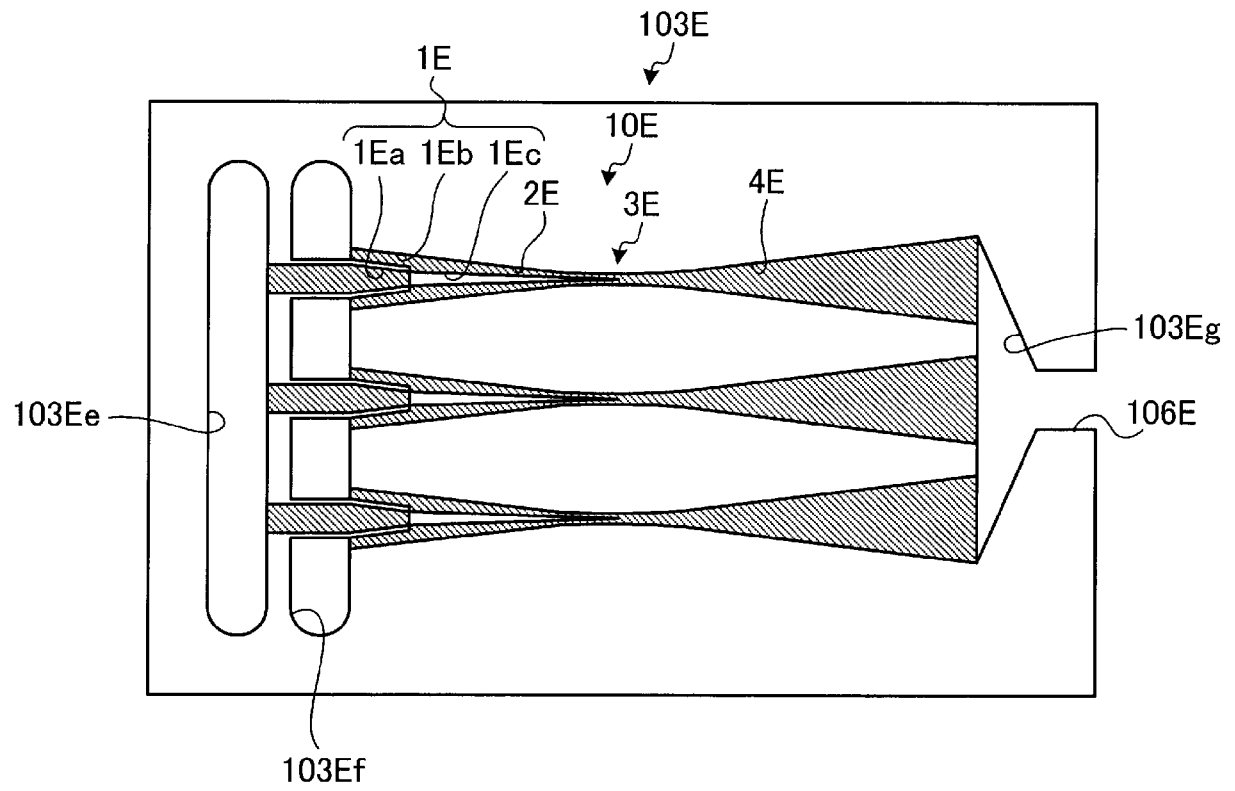
[図26D]



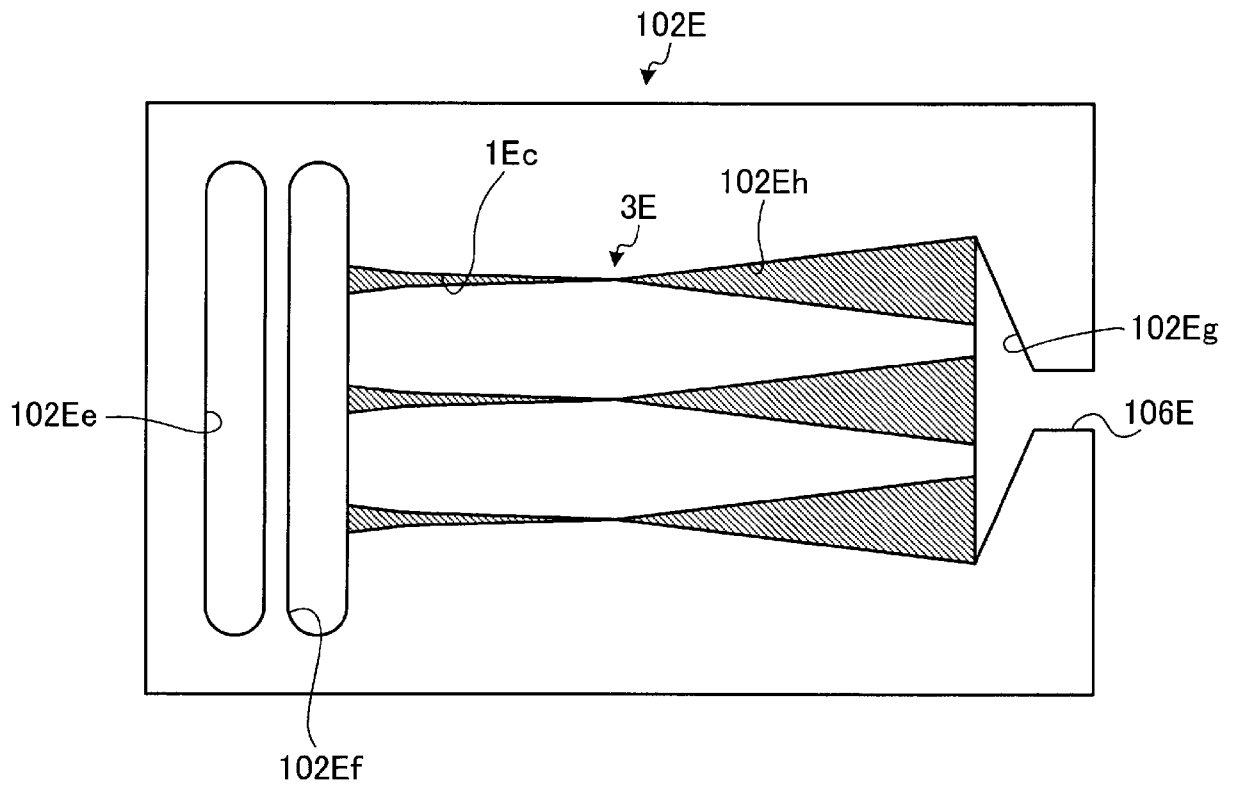
[図26E]



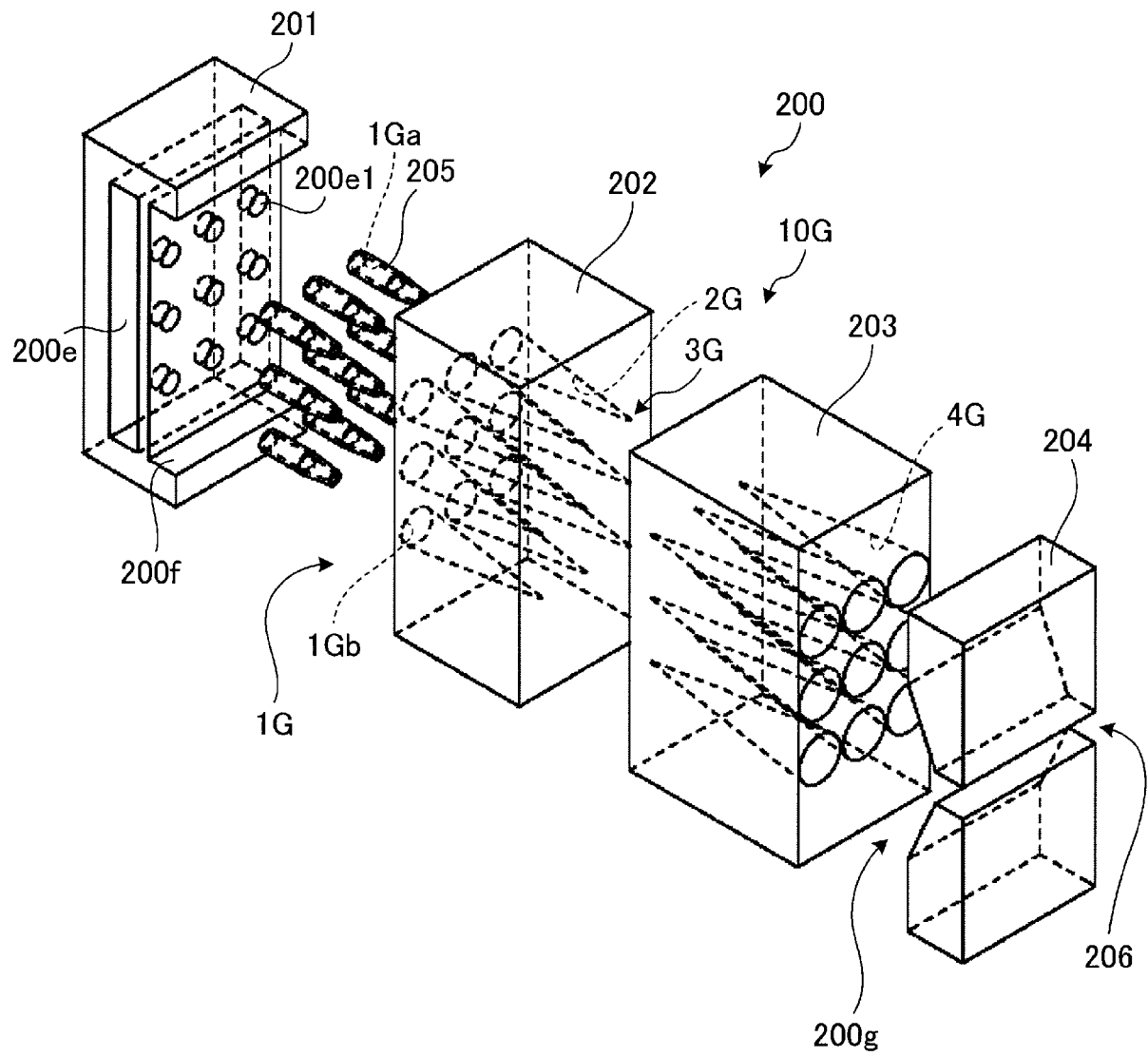
[図27]



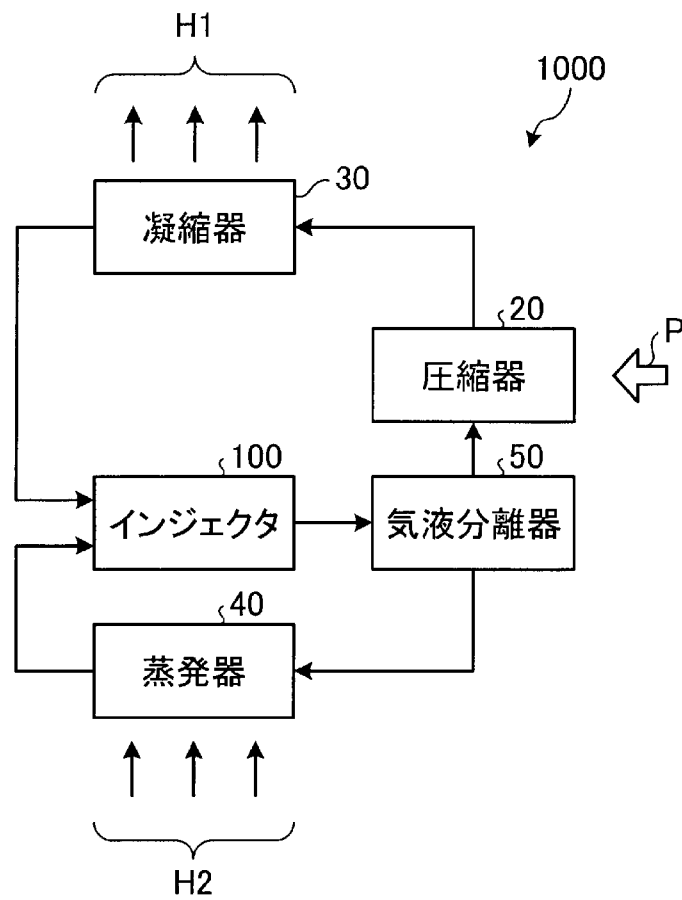
[図28]



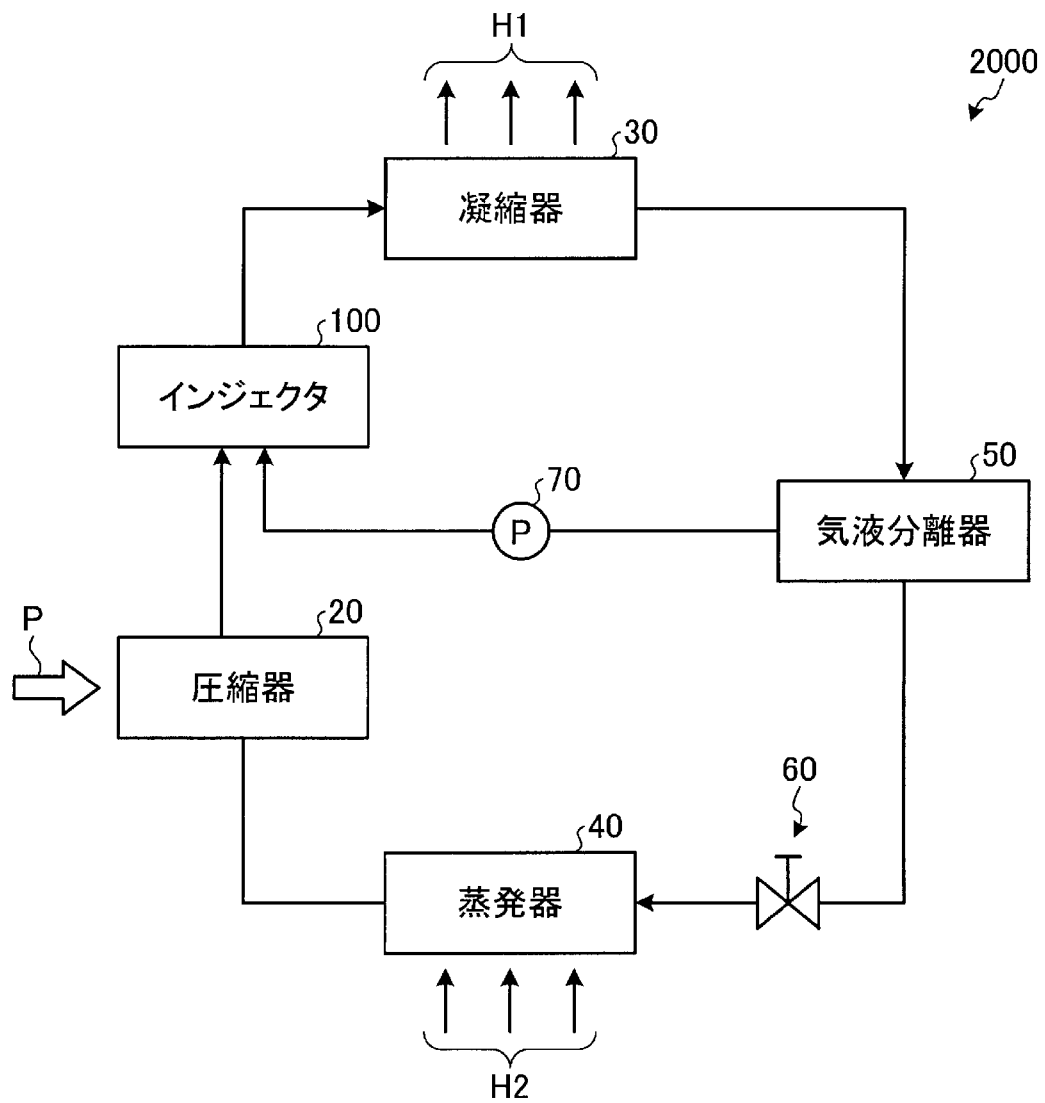
[図29]



[図30]



[図31]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 014 / 062271

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F 0 4 F 5 / 0 4 (2 0 0 6 . 0 1) i , F 2 5 B 1 / 0 0 (2 0 0 6 . 0 1) i , F 2 5 B 4 3 / 0 0 (2 0 0 6 . 0 1) 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)

F 0 4 F 5 / 0 4 , F 2 5 B 1 / 0 0 , F 2 5 B 4 3 / 0 0

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	1996-2014
Kokai	Jitsuyo	Shinan	Koho	1971-2014	Toroku	Jitsuyo	Shinan	Koho
								1994-2014

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.
A	J P 1 - 1 9 6 0 0 0 A (T o s h i b a C o r p .) , 0 7 A u g u s t 1 9 8 9 (0 7 . 0 8 . 1 9 8 9) , page 4 , lower l e f t c o l u m n , l i n e 2 t o p a g e 5 , upper l e f t c o l u m n , l i n e 1 ; f i g . 4 t o 5 (F a m i l y : n o n e)	1 - 1 9
A	M i c r o f i l m o f t h e s p e c i f i c a t i o n a n d d r a w i n g s a n n e x e d t o t h e r e q u e s t o f J a p a n e s e U t i l i t y M o d e l A p p l i c a t i o n N o . 1 7 5 0 7 / 1 9 8 3 (L a i d - o p e n N o . 1 2 3 7 0 0 / 1 9 8 4) (H i t a c h i , L t d .) , 2 0 A u g u s t 1 9 8 4 (2 0 . 0 8 . 1 9 8 4) , " E x a m p l e o f D e v i c e " ; f i g . 5 (F a m i l y : n o n e)	1 - 1 9



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

2 4 J u l y , 2 0 1 4 (2 4 . 0 7 . 1 4)

Date of mailing of the international search report

0 5 A u g u s t , 2 0 1 4 (0 5 . 0 8 . 1 4)

Name and mailing address of the ISA/

J a p a n e s e P a t e n t O f f i c e

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 014 / 062271

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 4-347400 A (Toshiba Corp.), 02 December 1992 (02.12.1992), paragraphs [0005] to [0010]; fig. 7 & US 5262091 A	1-19

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. F04F5/04 (2006. 01) i, F25B1/00 (2006. 01) i, F25B43/00 (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 (I P C))

Int.Cl. F04F5/04, F25B1/00, F25B43/00

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	1 9 2 2 — 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 — 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 — 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 — 2 0 1 4 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 カテゴリー水	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
A	JP 1-196000 A (株式会社東芝) 1989. 08. 07, 公報第 4 頁左下欄第 2 行 - 第 5 頁左上欄第 1 行, 第 4-5 図 (ファミリーなし)	1-19
A	日本国実用新案登録出願 58-17507 号 (日本国実用新案登録出願公開 59- 123700 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 (株式会社日立製作所) 1984. 08. 20, 考案の実施例, 第 5 図 (ファミリーなし)	1-19

☒ 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

- 「F」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
- 「Z」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 4 . 0 7 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 5 . 0 8 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 — 8 9 1 5

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)

佐藤 秀之

電話番号 0 3 — 3 5 8 1 — 1 1 0 1 内線 3 3 5 8

3 0

3 9 2 5

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
A	JP 4-347400 A (株式会社東芝) 1992. 12. 02, 段落 【0005】 - 【0010】 図 7 & US 5262091 A	1-19