(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
2010 年 9 月 16 日(16.09.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/104038 A1

(51) 国際特許分類:
C03B 37/085 (2006.01) *C03B 37/02* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2010/053799

(22) 国際出願日: 2010 年 3 月 8 日(08.03.2010)

(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 2009-055571 2009 年 3 月 9 日(09.03.2009) JP
特願 2009-125725 2009 年 5 月 25 日(25.05.2009) JP
特願 2009-162901 2009 年 7 月 9 日(09.07.2009) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日東紡績株式会社 **(NITTO BOSEKI CO., LTD.)** [JP/JP]; 〒9608161 福島県福島市郷野目字東１番地 Fukushima (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 平山　紀夫 **(HIRAYAMA Norio)** [JP/JP]; 〒9608161 福島県福島市郷野目字東１番地　日東紡績株式会社内 Fukushima (JP). 宮永　直弘 **(MIYANAGA Naohiro)** [JP/JP]; 〒9608161 福島県福島市郷野目字東１番地　日東紡績株式会社内 Fukushima (JP). 高橋　雅彦 **(TAKAHASHI Masahiko)** [JP/JP]; 〒9608161 福島県福島市郷野目字東１番地　日東紡績株式会社内 Fukushima (JP). 小川　鎌太郎 **(OGAWA Kentarou)** [JP/JP]; 〒9608161 福島県福島市郷野目字東１番地　日東紡績株式会社内 Fukushima (JP).

(74) 代理人: 長谷川　芳樹，外 **(HASEGAWA Yoshiki** et al.); 〒1040061 東京都千代田区丸の内二丁目１番１号 丸の内 ＭＹ ＰＬＡＺＡ（明治安田生命ビル）９階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

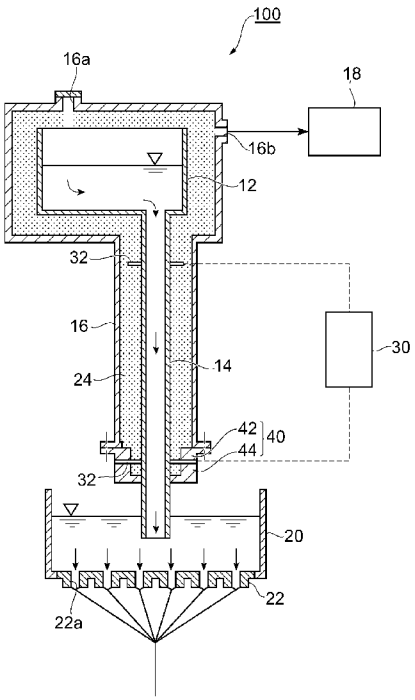
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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**: GLASS-MELTING DEVICE FOR PRODUCING GLASS FIBER AND METHOD FOR PRODUCING GLASS FIBER

(54) 発明の名称 : ガラス繊維製造用ガラス溶融装置、及びガラス繊維の製造方法

[図1]



(57) **Abstract**: Provided are a glass-melting device for producing a glass fiber whereby invasion of bubbles into glass fibers under spinning can be effectively reduced, and a method for producing a glass fiber using the device. A glass-melting device (100) for producing a glass fiber which comprises: a first glass-melting tank (12); a conduit (14) extending downward from the first glass-melting tank (12); a suction unit (18) for exposing the first glass-melting tank (12) to a reduced pressure atmosphere; a second glass-melting tank (20) being provided below the conduit (14) and exposed to an atmospheric pressure atmosphere; and a bushing (22) being provided at the bottom of the second glass-melting tank (20) and equipped with a number of nozzles (22a).

(57) 要約: 紡糸されるガラス繊維中への気泡の混入を効果的に低減することが可能なガラス繊維製造用ガラス溶融装置及びこれを用いたガラス繊維の製造方法を提供する。 ガラス繊維製造用ガラス溶融装置１００は、第１のガラス溶融槽１２と、第１のガラス溶融槽１２から下方に延びる導管１４と、第１のガラス溶融槽１２を減圧雰囲気に晒すための吸引装置１８と、導管１４の下方に設けられ大気圧雰囲気に晒される第２のガラス溶融槽２０と、第２のガラス溶融槽２０の底部に設けられ多数のノズル２２ａを有するブッシング２２と、を備える。

WO 2010/104038 A1

(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, 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 ：

ガラス繊維製造用ガラス溶融装置、及びガラス繊維の製造方法

技術分野

[0001] この発明は、ガラス繊維を紡糸するためにガラス原料を溶融するガラス繊維製造用ガラス溶融装置、及びこれを用いたガラス繊維の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 溶融ガラスを繊維化して複数のガラス繊維とし、これを集束してガラス繊維糸として紡糸するガラス繊維の製造における代表的な溶融方法として、ダイレクトメルト法とマーブルメルト法がある。ダイレクトメルト法は、ガラス原料である各種鉱物質の粉末や粒状物を配合して溶融炉に投入し、これを溶融して溶融ガラスとする方式である。一方、マーブルメルト法は、溶融ガラスを固めたマーブルと称されるガラス塊を溶融炉で再溶融し、溶融ガラスとする方式である（例えば、特許文献１）。

[0003] このようにガラス繊維の紡糸においては、鉱物質のガラス原料やガラス魂などの固形原料を溶融することになるが、溶融時に発生する気泡が問題となる。発生する気泡としては、溶融炉への原料投入時の抱き込み泡による気泡、原料に含まれる揮発成分（炭酸塩、硫酸塩、酸化物）による気泡、溶融炉のジルコニアレンガとの界面から発生する気泡、溶融炉の白金との反応により発生する気泡などが挙げられる。

[0004] これら気泡の存在により、その後の紡糸に当たってガラス繊維中に気泡が存在してしまうと、ガラス繊維糸の紡糸時に切断のトラブルが生じたり、紡糸されたガラス繊維糸を補強材とする成形品の機械的強度や電気絶縁性などの低下を招いたりするおそれがある。

[0005] そこで、ガラス原料や固形原料に清澄剤を添加したり、特許文献１のように溶融炉の流出口にバルブを装着したりして、気泡を減少させている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２００３－１９２３７３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、清澄剤を添加することは環境問題やコスト面から好ましくなく、また特許文献１のように溶融炉の流出口にバルブを装着するものでは、気泡の混入を効果的に低減することはできなかった。

[0008] 本発明は、上記した事情に鑑みてなされたものであり、紡糸されるガラス繊維中への気泡の混入を効果的に低減することが可能なガラス繊維製造用ガラス溶融装置及びこれを用いたガラス繊維の製造方法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

[0009] 本発明のガラス繊維製造用ガラス溶融装置は、第１のガラス溶融槽と、第１のガラス溶融槽から下方に延びる導管と、第１のガラス溶融槽を減圧雰囲気に晒すための第１の吸引装置と、導管の下方に設けられ大気圧雰囲気に晒される第２のガラス溶融槽と、第２のガラス溶融槽の底部に設けられ多数のノズルを有するブッシングと、を備えることを特徴とする。

[0010] このガラス溶融装置では、第１のガラス溶融槽において減圧雰囲気下でガラスを溶融することで、溶融ガラスから気泡を除くことができる。したがって、紡糸されるガラス繊維中への気泡の混入を効果的に低減することが可能となる。

[0011] 第１のガラス溶融槽、導管、第２のガラス溶融槽、及びブッシングのそれぞれは、独立して温度調整可能な加熱手段を備えると好ましい。このようにすれば、第１のガラス溶融槽、導管、第２のガラス溶融槽、及びブッシングをそれぞれ独立して温度調整することで、各領域で最適な温度条件を与えることができ、リボイルによる気泡発生を抑制することができる。

[0012] 導管の上部または第１の溶融槽と、導管の下部には、それぞれ電極部が設けられ、導管は通電加熱されると好ましい。ガラス繊維の製造においては、単位時間当たりに紡糸されるガラス重量が小さく、持込熱量が少ないため導管の途中で溶融ガラスが冷却され固まるおそれがある。そのため、電極部を介して導管自体を通電加熱することで、溶融ガラスの冷却を抑えることができる。

[0013] 導管の下部には、導管から分岐して上方に向けて延びる導管分岐部が形成されており、導管の上部または第１の溶融槽と、導管分岐部には、それぞれ電極部が設けられ、導管及び導管分岐部は通電加熱されることが好ましい。このように、導管の下端部から分岐された導管分岐部に電極部を設けることで、電極部との接続部と導管との間に所定距離をおくことができるため、導管の下端部も安定した設定温度に昇温させることができる。これにより、導管に導入された溶融ガラスを適切に昇温させることができる。

[0014] 第１のガラス溶融槽及び導管は、第１の吸引装置により減圧される減圧ハウジングによって覆われていると好ましい。このようにすれば、第１のガラス溶融槽の減圧制御が容易になる。また、導管をも減圧ハウジングによって覆うことで、減圧による導管の座屈が発生し難くなるため、導管の肉厚を薄くすることができる。このことは、白金などの高価な材料により導管を製造する場合に特に有効である。

[0015] 導管の下部と減圧ハウジングとは、水冷管を有するフランジを介して連結されていると好ましい。導管と減圧ハウジングとは、Ｏリング等のパッキンを用いて密閉すると好ましいが、この場合、導管と減圧ハウジングとの連結部の温度を、パッキンの耐熱温度以下に制御する必要がある。しかしながら、導管は高温になるため、このように水冷管を有するフランジを介して連結することで、パッキンを用いて密閉することが可能となる。

[0016] 第１のガラス溶融槽、導管、及び第２のガラス溶融槽は、少なくとも内面が白金または白金合金で形成されていると好ましい。耐火物レンガでこれらを形成した場合、溶融ガラスとの界面劣化により異物が混入するおそれがあ

るが、少なくとも内面を白金または白金合金で形成することで、異物の混入を最小限に抑えることができる。

[0017] また、導管ばかりでなく、第１のガラス溶融槽、及び第２のガラス溶融槽も通電加熱することができる。

[0018] 第２のガラス溶融槽の下部には、ブッシングが複数設けられていると好ましい。このようにすることで、生産性を向上させることができ、しかも一つのブッシングで不具合が生じても、他のブッシングを介して紡糸を続けることで、安定したガラス繊維の製造が可能になる。

[0019] 多数のノズルを有するブッシングが底部に設けられており大気圧雰囲気に晒される第３のガラス溶融槽と、第２のガラス溶融槽と第３のガラス溶融槽とを連通させる連通管と、を備えると好ましい。このようにすれば、第２のガラス溶融槽と第３のガラス溶融槽とでそれぞれ紡糸をしていて、第２のガラス溶融槽や第３のガラス溶融槽で不具合が生じても、不具合が生じた溶融槽の下部のブッシングの温度を制御し、当該ブッシングから紡糸されないようにすることで、不具合が発生した以外の溶融槽の下部のブッシングから紡糸を続けることができ、安定したガラス繊維の製造が可能になる。

[0020] 本発明のガラス繊維の製造方法は、上記したガラス繊維製造用ガラス溶融装置を用いたガラス繊維の製造方法である。この方法では、第１のガラス溶融槽に溶融ガラス、ガラス塊、またはガラス原料を投入し、減圧雰囲気下で第１のガラス溶融槽を加熱して溶融ガラス、ガラス塊、またはガラス原料を溶融し、さらに導管、第２のガラス溶融槽、及びブッシングのそれぞれを加熱して溶融したガラスを第２のガラス溶融槽に導入し、ブッシングのノズルから溶融したガラスを紡糸してガラス繊維を製造することを特徴とする。

[0021] このガラス繊維の製造方法では、第１のガラス溶融槽において減圧雰囲気下でガラスを溶融することで、ガラスから気泡を除くことができる。したがって、紡糸されるガラス繊維中への気泡の混入を効果的に低減することが可能となる。

[0022] 第１のガラス溶融槽の溶融ガラス液面を、第２のガラス溶融槽の溶融ガラ

ス液面よりも１５０ｃｍ以上高くすると好ましい。この程度の高さにすれば、第１のガラス溶融槽の溶融ガラス液面を大気圧と比べて０．４気圧程度以上低くすることができる。この程度の減圧雰囲気下にすれば、溶融ガラス中のガスが連続的に既存の気泡内に拡散して泡径が急激に大きくなることで、大きな脱泡効果を得ることができる。

[0023] 換言すれば、第１のガラス溶融槽の溶融ガラス液面を大気圧と比べて０．４～０．９気圧程度低くなるように、導管の長さや第１のガラス溶融槽の溶融ガラスの深さを適宜設定すれば、大きな脱泡効果を得ることができる。

[0024] 第１のガラス溶融槽が晒される減圧雰囲気の気圧と大気圧との圧力差が一定になるように、第１の吸引装置による吸引量を制御すると好ましい。このように、大気圧との圧力差が一定になるように制御することで、大気圧の微小な変動による溶融ガラスの液面変動を抑えることができる。

[0025] 第２のガラス溶融槽の溶融ガラス液面の高さに基づいて、第１のガラス溶融槽への溶融ガラス、ガラス塊、またはガラス原料の投入量を制御すると好ましい。また、第２のガラス溶融槽の溶融ガラス液面の面積は、第１のガラス溶融槽の溶融ガラス液面の面積以上とすることを特徴としてもよい。このようにすれば、第２のガラス溶融槽の液位の変動を少なくすることができ、第２のガラス溶融槽の壁面と溶融ガラスの接触面からの抱込み泡の発生を抑制することができる。また、紡糸するガラス繊維の太さの変動を抑制し、ガラス繊維の番手変動による成形品の強度や電気特性のバラツキを抑えることができる。

[0026] ところで、上記ガラス繊維製造用ガラス溶融槽の場合、ガラス繊維の製造においては単位時間当たりに紡糸されるガラス重量が小さいため、導管を加熱しないと溶融したガラスが導管内で冷却されて固化してしまう。このため、ガラス繊維製造用ガラス溶融装置の立ち上げ時に導管を加熱するが、この加熱時の温度上昇により、導管及びこの導管を覆う減圧ハウジングは長手方向に膨張する。しかしながら、導管と減圧ハウジングとの間では、大きな温度差が発生するとともに熱膨張係数も異なることから、熱膨張による伸び量

が大きく異なってしまう。このため、その伸縮量の相違により導管及び減圧ハウジングが破損する可能性が大きい。

[0027] そこで、本発明は、更に、導管の加熱に起因する導管及び減圧ハウジングの破損を防止することができるガラス繊維製造用ガラス溶融装置及びこれを用いたガラス繊維の製造方法を提供することを目的とする。

[0028] すなわち、本発明に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置は、第１のガラス溶融槽及び導管を覆って第１の吸引装置により減圧される減圧ハウジングと、第１のガラス溶融槽、導管、第２のガラス溶融槽、ブッシングをそれぞれ加熱する加熱装置と、を更に備え、減圧ハウジングには、伸縮可能な伸縮ハウジング部が設けられていることを特徴とする。

[0029] 本発明に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置では、第１のガラス溶融槽において減圧雰囲気下でガラスを溶融することで、溶融ガラスから気泡を除くことができるため、紡糸されるガラス繊維中への気泡の混入を効果的に低減することが可能となる。そして、導管の加熱により昇温された導管及び減圧ハウジングは、熱膨張係数の違いや温度の違いによりその伸縮量が異なるが、伸縮ハウジング部により減圧ハウジングを伸縮させることにより、両者の長さを一致させることができる。これにより、昇温による伸縮量の違いにより導管及び減圧ハウジングに与える負荷を軽減することができるため、導管及び減圧ハウジングの破損を防止することができる。

[0030] この場合、減圧ハウジングには断熱材が収容されており、断熱材の少なくとも一部は、弾性を有する弾性断熱材であることが好ましい。このように構成することで、導管及び減圧ハウジングの熱膨張に伴い弾性断熱材が膨張するため、断熱材の隙間の発生による断熱効率の低下を抑制することができる。

[0031] そして、減圧ハウジングには、断熱材を仕切る仕切部材が設けられていることが好ましい。このように構成することで、仕切部材の上部に配置された断熱材が仕切部材に支持されるため、減圧ハウジングに設けられた伸縮ハウジング部に作用する荷重を軽減することができる。しかも、導管及び減圧ハ

ウジングの熱膨張により生じる断熱材の隙間の位置が特定されるため、弾性断熱材を適切な位置に挿入することができる。

[0032] また、弾性断熱材は、仕切部材の付近に収容されていることが好ましい。導管及び減圧ハウジングが熱膨張すると、仕切部材により仕切られた断熱材の間に隙間が生じるため、この仕切部材の付近に弾性断熱材を収容することで、断熱材の隙間を適切に埋めることができる。

[0033] そして、減圧ハウジングには、減圧ハウジング内に断熱材を挿入するための断熱材挿入口が形成されていることが好ましい。このように構成することで、導管及び減圧ハウジングの熱膨張により断熱材の隙間が生じたとしても、外部から減圧ハウジング内に断熱材を挿入することができるため、断熱効率の低下を抑制することができる。

[0034] また、導管には、屈曲または湾曲されて導管を伸縮させる伸縮導管部が形成されていることが好ましい。このように構成することで、導管と導管ハウジングにおける導管を覆う部分（導管ハウジング部）の長さのズレが矯正されるため、導管と導管ハウジングの長さを一致させることができる。

[0035] 本発明に係るガラス繊維の製造方法は、上記したガラス繊維製造用ガラス溶融装置を用いたガラス繊維の製造方法であって、ガラス繊維の製造立上げ段階として、溶融ガラス、ガラス魂、またはガラス原料を第１のガラス溶融槽及び第２のガラス溶融槽の少なくとも一方に投入する段階（１）と、第１のガラス溶融槽及び第２のガラス溶融槽の少なくとも一方を加熱して、溶融ガラス、ガラス魂、またはガラス原料を溶融し、導管の下端部を溶融したガラスで塞ぐ段階（２）と、次いで、第１のガラス溶融槽を減圧雰囲気に晒す段階（３）と、第１のガラス溶融槽、導管、第２のガラス溶融槽、ブッシングを加熱し、ブッシングのノズルから溶融したガラスを紡糸する段階（４）と、を含み、ガラス繊維の製造立上げ段階に、導管の熱膨張量と減圧ハウジングの熱膨張量との関係に基づいて伸縮ハウジングの伸長量を調整することを特徴とする。

[0036] ここで、導管の下端部を溶融したガラスで塞ぐ段階（２）を効率的に行う

ためには、段階（１）において、溶融ガラス、ガラス魂、またはガラス原料を第２のガラス溶融槽に投入し、段階（２）において、第２のガラス溶融槽を加熱することが好ましい。さらに、ガラス繊維の製造立上げ段階の作業を効率的に行うために、段階（１）において、第１のガラス溶融槽にも、溶融ガラス、ガラス魂、またはガラス原料を、導管へ多量に流出しない程度に投入し、段階（２）において、第１の溶融槽も加熱することが好ましく、さらに、段階（２）において、導管も加熱することが最も好ましい。

[0037] 本発明に係るガラス繊維の製造方法では、ガラス繊維の製造立上げ段階として、溶融したガラスで導管の下端部を塞ぐことで、第１のガラス溶融槽が密閉されるため、第１ガラス溶融槽を減圧雰囲気に晒すことができる。そして、第１のガラス溶融槽において減圧雰囲気下でガラスを溶融することで、溶融ガラスから気泡を除くことができるため、紡糸されるガラス繊維中への気泡の混入を効果的に低減することが可能となる。そして、導管の加熱により昇温された導管及び減圧ハウジングは、熱膨張係数の違いや温度の違いによりその伸縮量が異なるが、伸縮ハウジング部により減圧ハウジングを伸縮させることにより、両者の長さを一致させることができる。これにより、昇温による伸縮量の違いにより導管及び減圧ハウジングに与える負荷を軽減することができるため、導管及び減圧ハウジングの破損を防止することができる。

[0038] この場合、導管及び減圧ハウジングの昇温に伴い、減圧ハウジング内に断熱材を挿入することが好ましい。導管及び減圧ハウジングが昇温すると導管及び減圧ハウジングが熱膨張して断熱材に隙間が生ずるが、外部から減圧ハウジング内に断熱材を挿入することで、断熱効率の低下を抑制することができる。

[0039] ところで、ガラス溶融槽において溶融ガラスの液位が変動すると、ガラス溶融槽の壁面と溶融ガラスの接触面からの抱込み泡が発生することが多い。しかしながら、上記ガラス繊維製造用ガラス溶融装置では、第１のガラス溶融槽の圧力変動により第１のガラス溶融槽における溶融ガラスの液位が変動

するため、固形原料を第１のガラス溶融槽に投入する際に、如何にして第１のガラス溶融槽の気圧変動を抑制するかが重要な問題となる。

[0040] そこで、本発明は、更に、固形原料を第１のガラス溶融槽に投入する際に、第１のガラス溶融槽の圧力変動を抑えることができるガラス繊維製造用ガラス溶融装置及びこれを用いたガラス繊維の製造方法を提供することを目的とする。

[0041] すなわち、本発明に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置は、第１のガラス溶融槽及び導管を覆って第１の吸引装置により減圧される減圧ハウジングと、減圧ハウジングに連結されて第１のガラス溶融槽に投入する固形原料が収容され、固形原料の入口側に設けられた第１の開閉機構と、固形原料の出口側に設けられた第２の開閉機構と、が設けられた投入容器と、投入容器内を減圧する第２の吸引装置と、を更に備えることを特徴とする。

[0042] 本発明に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置では、第１のガラス溶融槽において減圧雰囲気下で固形原料を溶融することで、溶融ガラスから気泡を除くことができるため、紡糸されるガラス繊維中への気泡の混入を効果的に低減することが可能となる。そして、第２の開閉機構を閉めた状態で投入容器に固形原料を投入し、第１の開閉機構及び第２の開閉機構を閉じた状態で投入容器内を減圧し、次いで第２の開閉機構のみを開けて固形原料を第１のガラス溶融槽に投入することで、第１のガラス溶融槽を大気圧に晒すことなく固形原料を第１のガラス溶融槽に投入することができるため、第１のガラス溶融槽の圧力変動を抑えることができる。これにより、第１のガラス溶融槽における溶融ガラスの液位変動が抑えられるため、第１のガラス溶融槽の壁面と溶融ガラスの接触面からの抱込み泡の発生を抑制することができる。なお、第１のガラス溶融槽における溶融ガラスの液位変動が抑えられるため、第２のガラス溶融槽における溶融ガラスの液位変動も抑えられ、第２のガラス溶融槽の壁面と溶融ガラスの接触面からの抱込み泡の発生を抑制することができる。これにより、紡糸するガラス繊維の太さの変動を抑制し、ガラス繊維の番手変動による成形品の強度や電気特性のばらつきを抑えることが

できる。

[0043] この場合、第１のガラス溶融槽には、投入容器から固形原料が投入される位置に配置されて開口が形成された溶融槽内容器が設けられていることが好ましい。固形原料を直接第１のガラス溶融槽に投入すると、第１のガラス溶融槽の底部の早流れにより、溶融ガラスから気泡を除くための十分な滞留時間が確保できないおそれがあるが、このように構成することで、投入容器から投入された固形原料は、溶融槽内容器において溶融された後に、開口から流出して第１のガラス溶融槽から導管に流れていく。これにより、第１のガラス溶融槽内において、溶融ガラスから気泡を除くための十分な滞留時間を確保することができるため、紡糸されるガラス繊維中への気泡の混入をより効果的に低減することが可能となる。

[0044] そして、第１のガラス溶融槽には、溶融ガラスの上部を仕切る上部仕切板が設けられていることが好ましい。このように構成することで、溶融ガラスから除かれた気泡が溶融ガラスの流れに伴って進行するのを上部仕切板により阻害することができるため、この気泡が導管に流れていくのを防止することができる。これにより、紡糸されるガラス繊維中への気泡の混入をより効果的に低減することが可能となる。

[0045] また、第１のガラス溶融槽には、溶融ガラスの下部を仕切る下部仕切板が設けられていることが好ましい。このように構成することで、第１のガラス溶融槽において溶融された溶融ガラスは、下部仕切板を乗り越えた後に導管に流れていくため、溶融ガラスから気泡を除くために十分な滞留時間を確保することができるとともに、溶融ガラスから除かれた気泡が、第１のガラス溶融槽の底部の早流れに乗って導管に流れていくのを防止することができる。これにより、紡糸されるガラス繊維中への気泡の混入をより効果的に低減することが可能となる。しかも、完全に溶融していない固形原料は、下部仕切板により進行を阻害されるため、この固形原料が導管に流れていくのを防止することができる。

[0046] なお、第１の溶融槽には、上記の上部仕切板及び下部仕切板の少なくとも

一方が設けられていることが好ましいが、上部仕切板及び下部仕切板の両方ともが設けられていることがより好ましい。

[0047] なお、第１の吸引装置と第２の吸引装置とは同一としてもよい。このように構成することで、第１のガラス溶融槽の気圧と投入容器内の気圧とを容易に一致させることができる。しかも、一つの吸引装置で第１のガラス溶融槽と投入容器との双方を減圧させることができるため、コストを低減することができる。

[0048] 本発明に係るガラス繊維の製造方法は、上記したガラス繊維製造用ガラス溶融装置を用いたガラス繊維の製造方法であって、第２の開閉機構を閉めた状態で第１の開閉機構を開けて投入容器に固形原料を投入し、第１の開閉機構を閉じて第２の吸引装置により投入容器内を減圧した状態で、第２の開閉機構を開けて、第１のガラス溶融槽に固形原料を投入し、減圧雰囲気下で第１のガラス槽を加熱して固形原料を溶融し、導管、第２のガラス溶融槽、及びブッシングのそれぞれを加熱して溶融した溶融ガラスを第２のガラス溶融槽に投入し、ブッシングのノズルから溶融ガラスを紡糸してガラス繊維を製造することを特徴とする。

[0049] 本発明に係るガラス繊維の製造方法では、第１のガラス溶融槽において減圧雰囲気下で固形原料を溶融することで、溶融ガラスから気泡を除くことができるため、紡糸されるガラス繊維中への気泡の混入を効果的に低減することが可能となる。そして、第２の開閉機構を閉めた状態で投入容器に固形原料を投入し、第１の開閉機構及び第２の開閉機構を閉じた状態で投入容器内を減圧し、第２の開閉機構のみを開けて固形原料を第１のガラス溶融槽に投入することで、第１のガラス溶融槽を大気圧に晒すことなく固形原料を第１のガラス溶融槽に投入することができるため、第１のガラス溶融槽の圧力変動を抑えることができる。これにより、第１のガラス溶融槽における溶融ガラスの液位変動が抑えられるため、第１のガラス溶融槽の壁面と溶融ガラスの接触面からの抱込み泡の発生を抑制することができる。なお、第１のガラス溶融槽における溶融ガラスの液位変動が抑えられるため、第２のガラス溶

融槽における溶融ガラスの液位変動も抑えられ、第２のガラス溶融槽の壁面と溶融ガラスの接触面からの抱込み泡の発生を抑制することができる。これにより、紡糸するガラス繊維の太さの変動を抑制し、ガラス繊維の番手変動による成形品の強度や電気特性のばらつきを抑えることができる。

発明の効果

[0050] 本発明によれば、紡糸されるガラス繊維中への気泡の混入を効果的に低減することが可能なガラス繊維製造用ガラス溶融装置及びこれを用いたガラス繊維の製造方法を提供することができる。

[0051] また、本発明によれば、導管の加熱に起因する導管及び減圧ハウジングの破損を防止することができる。

[0052] また、本発明によれば、固形原料を第１のガラス溶融槽に投入する際に、第１のガラス溶融槽の圧力変動を抑えることができる。

図面の簡単な説明

[0053] [図1]第１の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置の構成を示す断面図である。

[図2]減圧ハウジングを取り除いた状態のガラス繊維製造用ガラス溶融装置の構成を模式的に示す斜視図である。

[図3]導管の下部における導管と減圧ハウジングとの連結の様子を示す図であり、（ａ）は一部破断正面図であり、（ｂ）は（ａ）のｂ－ｂ線断面図である。

[図4]第２の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置の構成を示す断面図である。

[図5]導管の下部における導管と減圧ハウジングとの連結の様子を示す図であり、（ａ）は一部破断正面図であり、（ｂ）は（ａ）のｂ－ｂ線断面図である。

[図6]一対の電極部に挟まれる導管の温度分布を示している。

[図7]第３の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置の構成を示す断面図である。

[図8]図７に示すガラス繊維製造用ガラス溶融装置の一部を拡大した断面図であり、（ａ）は正面断面図であり、（ｂ）は（ａ）のｂ－ｂ線断面図である。

[図9]導管の下部における導管と減圧ハウジングとの連結の様子を示す図であり、（ａ）は一部破断正面図であり、（ｂ）は（ａ）のｂ－ｂ線断面図である。

[図10]第４の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置の構成を示す断面図である。

[図11]図１０に示すガラス繊維製造用ガラス溶融装置の一部を拡大した断面図であり、（ａ）は正面断面図であり、（ｂ）は（ａ）のｂ－ｂ線断面図である。

[図12]導管及び導管ハウジングが熱膨張した状態を示した図である。

[図13]第５の実施形態における導管の一部拡大図を示した図であり、（ａ）～（ｄ）は導管の変形例を示した図である。

[図14]第６の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置の構成を示す断面図である。

[図15]ガラス繊維製造用ガラス溶融装置の変形例を示す断面図である。

[図16]ガラス繊維製造用ガラス溶融装置の変形例を示す断面図である。

[図17]ガラス繊維製造用ガラス溶融装置の変形例を示す断面図である。

[図18]ガラス繊維製造用ガラス溶融装置の変形例を示す断面図である。

[図19]ガラス繊維製造用ガラス溶融装置の変形例を示す断面図である。

[図20]減圧脱泡することなく大気圧下で溶融ガラスを得て、溶融槽中の溶融ガラスの静水圧によりブッシングのノズルから溶融ガラスを流下させて冷却固化したガラス塊（同図（ａ））と、図１のガラス溶融装置により溶融ガラスを減圧脱泡して溶融ガラスを得て、同様に作製したガラス塊（同図（ｂ））を顕微鏡で観察した写真である。

発明を実施するための形態

[0054] 以下、添付図面を参照しながら本発明の実施形態を詳細に説明する。なお

、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

[0055] ［第１実施形態］

図１は、第１の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置の構成を示す断面図である。図２は、減圧ハウジングを取り除いた状態のガラス繊維製造用ガラス溶融装置の構成を模式的に示す斜視図である。図１及び図２に示すように、第１の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置（以下、「ガラス溶融装置」ともいう。）１００は、第１のガラス溶融槽１２と、導管１４と、減圧ハウジング１６と、吸引装置１８と、第２のガラス溶融槽２０と、ブッシング２２と、を備えている。

[0056] 第１のガラス溶融槽１２は、投入された溶融ガラス、ガラス塊、またはガラス原料を受け入れて溶融するものであり、上方が開口している。

[0057] この第１のガラス溶融槽１２は、溶融ガラス、ガラス塊、ガラス原料の溶融のための図示しない加熱手段を備えている。この加熱手段としては、例えばバーナや電気ヒータであってもよく、あるいは槽に接続した電極から通電して槽を自己発熱させるものであってもよい。自己発熱させる場合は、槽は通電により発熱する材料で少なくとも内壁が形成されていると好ましく、例えば白金や白金合金から構成されていると好ましい。

[0058] 導管１４は、第１のガラス溶融槽１２から下方に延びており、第１のガラス溶融槽１２で溶融されたガラスを第２のガラス溶融槽２０に送る。この導管１４は、溶融ガラスの加熱のための加熱手段３０を備えている。この加熱手段３０は、導管１４の上部及び下部に設けたフランジ状の電極部３２から通電して自己発熱させるものである。よって、導管１４は通電により発熱する材料で形成されており、例えば白金や白金合金から構成されている。なお、電極部３２の設置位置は導管１４の上部に換えて、第１の溶融槽の壁面としてもよい。この場合、第１の溶融槽の加熱手段の障害にならないように、電極部３２は第１の溶融槽の底面部や側面部下方に設けることが好ましい。

[0059] 減圧ハウジング１６は、導管１４の下端が突き出た状態で、第１のガラス

溶融槽１２及び導管１４を気密に覆っている。減圧ハウジング１６の材質及び構造は、気密性及び強度を有するものであれば特に限定されず、ステンレス等の金属材料から形成されていると好ましい。

[0060] この減圧ハウジング１６の上壁には、溶融ガラス、ガラス塊、またはガラス原料を導入する導入口１６ａが設けられている。導入口１６ａは開閉可能な構造を備えている。また、減圧ハウジング１６の側壁には、吸引装置１８に接続された減圧のための吸引口１６ｂが設けられている。なお、減圧ハウジング１６と第１のガラス溶融槽１２及び導管１４との間の空間には、断熱材２４が設けられていると断熱効率の向上のため好ましい。

[0061] 吸引装置１８は、減圧ハウジング１６内のガスを真空ポンプにより吸引して減圧ハウジング１６内を減圧雰囲気にする。

[0062] 第２のガラス溶融槽２０は、導管１４の下方に設けられ、導管１４から供給される溶融ガラスを受け入れて溶融する。この第２のガラス溶融槽２０は、上方が開口しており、大気圧雰囲気に晒されている。この第２のガラス溶融槽２０は、溶融ガラスを加熱するための図示しない加熱手段を備えている。この加熱手段としては、例えばバーナや電気ヒータであってもよく、あるいは槽に接続した電極から通電して槽を自己発熱させるものであってもよい。自己発熱させる場合は、槽は通電により発熱する材料で少なくとも内壁が形成されていると好ましく、例えば白金や白金合金から構成されていると好ましい。

[0063] ブッシング２２は、第２のガラス溶融槽２０の底部に設けられている。このブッシング２２は、紡糸のための多数（例えば、１００～４０００程度）のノズル２２ａを有している。このブッシング２２は、溶融ガラスの加熱のための加熱手段を備えている。この加熱手段は、ブッシング２２に設けた図示しない電極から通電して自己発熱させるものである。よって、ブッシング２２は通電により発熱する材料で形成されており、例えば白金や白金合金から構成されている。

[0064] 上記した第１のガラス溶融槽１２、導管１４、第２のガラス溶融槽２０、

及びブッシング２２を加熱する加熱手段のそれぞれは、独立して温度調整可能にしている。

[0065] ここで、前述したように、減圧ハウジング１６は導管１４をも覆っているため、導管１４の下部と減圧ハウジング１６との連結が重要である。そこで本実施形態では、図３に示すように、導管１４の下部と減圧ハウジング１６とは、水冷管５０を有するフランジ４０を介して連結されている。なお、図３は、導管の下部における導管と減圧ハウジングとの連結の様子を示す図であり、（ａ）は一部破断正面図であり、（ｂ）は（ａ）のｂ－ｂ線断面図である。

[0066] より詳細には、このフランジ４０は、導管１４下部に一体的に設けられフランジ状に設けられた電極部３２を挟み込む上フランジ４２と下フランジ４４とを有している。上フランジ４２は、ボルト等により減圧ハウジング１６の下端に接続され、電極部３２を上側から挟み込む。下フランジ４４は、導管１４の下端から挿通され、電極部３２を下側から挟み込む。これら上フランジ４２及び下フランジ４４は環状の部材で例えばステンレス等の金属から形成されており、内側には断熱材２４が配されている。

[0067] このように、上フランジ４２と下フランジ４４が電極部３２を上下から挟み込んだ状態で、これらが一体としてボルト等により連結されている。なお、上フランジ４２と電極部３２との間、下フランジ４４と電極部３２との間には、気密性及び電気絶縁性を確保するためのパッキン４６が設けられている。また、減圧ハウジング１６と上フランジ４２との間には、気密性を確保するためのＯリング４８が設けられている。このようにして、導管１４の下部と減圧ハウジング１６との間は、上フランジ４２及び下フランジ４４により気密に挟み込まれた電極部３２により、気密性が保持されている。

[0068] ここで、電極部３２は、直接通電により加熱されるため、電極部３２自体が高温になる。したがって、連結部分での温度は３００℃以上になり、Ｏリング４８やパッキン４６の耐熱温度以上となるおそれがあることから、気密性を保持できなくなるおそれがある。そこで、上フランジ４２と下フランジ

４４には、図３に示すように、水冷管５０が設けられている。本実施形態では、水冷管５０は、上フランジ４２及び下フランジ４４の肉部を刳り抜いて形成されている。

[0069] ただし、水冷は導管１４を冷却し、導管１４を流れる溶融ガラスの温度を低下させることにもつながるため、水冷管５０の位置は導管１４からなるべく離したほうがよい。しかしながら、水冷管５０の位置を導管１４から離すことにより減圧ハウジング１６の大型化にもつながるため、導管１４からの距離が９０ｍｍ～２００ｍｍ程度となるように設計するのがよい。また、水冷管５０の断面形状は円形が望ましいが、加工性を考慮すると矩形でもよい。

[0070] また、水冷管５０はＯリング４８やパッキン４６を均一に冷却するために、周状に配置することが望ましい。また、水冷管５０はパッキン４６直下、直上に設けることにより、効率的に冷却が行なえる。

[0071] なお、第１のガラス溶融槽１２、導管１４、及び第２のガラス溶融槽２０は、少なくとも内面が白金または白金合金で形成されていると好ましい。上記説明では、通電加熱の観点からこれら第１のガラス溶融槽１２、導管１４、及び第２のガラス溶融槽２０が白金または白金合金で形成してもよい旨を説明したが、異物混入防止の観点からは、少なくとも内面を白金または白金合金で形成することで、耐火物レンガでこれらを形成する場合に発生し得る、溶融ガラスとの界面劣化による異物の混入を最小限に抑えることができる。

[0072] 次に、上記したガラス繊維製造用ガラス溶融装置１００を用いたガラス繊維の製造方法について説明する。

[0073] まず、第１のガラス溶融槽１２に、溶融ガラス、ガラス塊、またはガラス原料を投入する。ガラス原料は、クレー、ライムストーン、ドロマイト、コレマナイト、シリカサンド、アルミナ、炭酸カルシウム、炭酸ナトリウムなどの粉状の混合物である。溶融ガラスは、この混合物を第１の溶融槽に投入するに先立ち予め溶融させたものである。ガラス塊は、溶融ガラスを一旦冷

却固化させたものである。

[0074] 一方、吸引装置１８により減圧ハウジング１６内の圧力損失が大気圧に対して０．４～０．９気圧低くなるように、減圧ハウジング１６内を減圧する。また、溶融ガラスの温度が１３５０～１５５０℃となるように第１のガラス溶融槽１２を加熱して、上記溶融ガラス、ガラス塊、ガラス原料を溶融する。

[0075] さらに、導管１４、第２のガラス溶融槽２０、及びブッシング２２のそれぞれを独立に加熱する。それぞれの温度は、導管１４で１３００～１４５０℃、第２のガラス溶融槽２０で１２９０～１４００℃、ブッシング２２で１２５０～１３００℃とする。なお、導管１４、第２のガラス溶融槽２０、及びブッシング２２の中の溶融ガラスの温度より、第１のガラス溶融槽１２の中の溶融ガラスの温度が高くなるように温度制御することが好ましい。このようにすることにより、リボイルによる気泡の発生を抑制することができる。次に、第１のガラス溶融槽１２から導管１４を通して第２のガラス溶融槽２０に溶融ガラスを導入する。そして、溶融ガラスをブッシング２２のノズル２２ａから図示しない巻取り機により高いテンションで巻き取られることで溶融ガラスを紡糸し繊維化する。一のノズル２２ａからの溶融ガラスの吐出流量は、例えば０．０５～５．０ｇ／分である。

[0076] このように、第１のガラス溶融槽１２の溶融ガラスを減圧雰囲気下に晒すことで、ガラスから効果的に気泡を除くことができる。また、第１のガラス溶融槽１２、第２のガラス溶融槽２０、及びブッシング２２を加熱するだけでなく導管１４をも加熱し、しかも独立に温度制御することで、導管１４でガラスが固まるのを抑制することができる。すなわち、ガラス繊維の製造においては、単位時間当たりに紡糸されるガラス重量が小さく、持込熱量が少ないため導管１４の途中で溶融ガラスが冷却され固まるおそれがあるが、本実施形態では上記構成により導管１４でガラスが固まるのを抑制している。

[0077] ここで、本実施形態では、第１のガラス溶融槽１２の溶融ガラス液面が、第２のガラス溶融槽２０の溶融ガラス液面よりも１５０ｃｍ以上高い状態で

紡糸する。より好ましくは、２３０ｃｍ～４６０ｃｍとする。この程度の高さにすれば、第１のガラス溶融槽１２の溶融ガラス液面を大気圧と比べて０．４～０．９気圧程度低くすることができ、溶融ガラス中のガスが連続的に既存の気泡内に拡散して泡径が急激に大きくなることで、大きな脱泡効果を得ることができる。

[0078] また、第１のガラス溶融槽１２が晒される減圧雰囲気、すなわち減圧ハウジング１６内の気圧と大気圧との圧力差が一定になるように、吸引装置１８による吸引量を制御する。このようにすることで、大気圧の微小な変動による溶融ガラスの液面変動を抑えることができる。

[0079] 第１のガラス溶融槽１２への溶融ガラス、ガラス塊、ガラス原料の投入量は、第２のガラス溶融槽２０の溶融ガラス液面の高さに基づいて、その高さが一定になるように制御する。また、第２のガラス溶融槽２０の溶融ガラス液面の面積を、第１のガラス溶融槽１２の溶融ガラス液面の面積以上とする。このようにすれば、第２のガラス溶融槽２０の液位の変動を少なくすることができ、第２のガラス溶融槽２０の壁面と溶融ガラスの接触面からの抱込み泡の発生を抑制することができる。また、紡糸するガラス繊維の太さの変動を抑制し、ガラス繊維の番手変動による成形品の強度や電気特性のバラツキを抑えることができる。

[0080] 以上詳述したように、本実施形態のガラス溶融装置１００では、第１のガラス溶融槽１２において減圧雰囲気下でガラスを溶融することで、溶融ガラスから気泡を除くことができる。したがって、清澄剤を用いることなく紡糸されるガラス繊維中への気泡の混入を効果的に低減することが可能となる。例えば、溶融ガラスを減圧雰囲気下で脱泡せず大気雰囲気下で紡糸したガラス繊維と比べて、同じ長さのガラス繊維中に含まれる気泡の数を１／１０～１／１０００に減少させることができる。

[0081] また、第１のガラス溶融槽１２、導管１４、第２のガラス溶融槽２０、及びブッシング２２のそれぞれは、独立して温度調整可能な加熱手段を備えるため、第１のガラス溶融槽１２、導管１４、第２のガラス溶融槽２０、及び

ブッシング２２をそれぞれ独立して温度調整することで、各領域で最適な温度条件を与えることができ、気泡発生を抑制するためのリボイルの制御がし易くなる。

[0082] また、導管１４の上部と下部にはそれぞれ電極部３２が設けられ、通電加熱されるため、導管１４において溶融ガラスが冷却して固まるのを抑えることができる。

[0083] また、第１のガラス溶融槽１２及び導管１４は、吸引装置１８により減圧される減圧ハウジング１６によって覆われているため、第１のガラス溶融槽１２の減圧制御が容易になる。また、導管１４をも減圧ハウジング１６によって覆うことで、減圧による導管１４の座屈が発生し難くなるため、導管１４の肉厚を薄くすることができる。このことは、白金などの高価な材料により導管１４を製造する場合に特に有効である。

[0084] また、導管１４の下部と減圧ハウジング１６とは、水冷管５０を有するフランジ４０を介して連結されているため、導管１４と減圧ハウジング１６とを、パッキン４６やＯリング４８を用いて密閉することが可能となる。

[0085] ［第２実施形態］

次に、図４及び図５を参照して、第２の実施形態について説明する。第２の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置２００は、基本的に第１の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置１００と同じ構成をしている。このため、以下では、第１の実施形態と相違する点のみ説明し、第１の実施形態と同じ点の説明を省略する。

[0086] 図４は、第２の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置の構成を示す断面図である。図５は、導管の下部における導管と減圧ハウジングとの連結の様子を示す図であり、（ａ）は一部破断正面図であり、（ｂ）は（ａ）のｂ－ｂ線断面図である。図４及び図５に示すように、ガラス繊維製造用ガラス溶融装置２００は、第１のガラス溶融槽１２と、導管２１４と、減圧ハウジング１６と、吸引装置１８と、第２のガラス溶融槽２０と、ブッシング２２と、を備えている。

[0087] 導管２１４は、第１の実施形態と同様に第１のガラス溶融槽１２から下方に延びており、第１のガラス溶融槽１２で溶融されたガラスを第２のガラス溶融槽２０に送る。そして、導管２１４の下端部に、導管２１４から分岐する導管分岐部２１４ａが形成されている。

[0088] この導管分岐部２１４ａは、減圧ハウジング１６の下端部付近において、導管２１４の下端部から導管２１４を覆うように折り返されている。そして、導管分岐部２１４ａは、導管２１４から所定距離離間するとともに導管２１４に沿って鉛直方向上方に向けて延びる円筒状に形成されている。このため、導管２１４と導管分岐部２１４ａとにより二重管が形成される。そして、導管分岐部２１４ａの先端が、導管２１４と水冷管５０との間において、上フランジ４２と下フランジ４４とで挟み込まれる電極部３２に接続されている。このため、電極部３２と導管２１４とが所定距離離間している。このようにして、導管２１４の下部と減圧ハウジング１６との間は、導管分岐部２１４ａと上フランジ４４及び下フランジ４２により気密に挟み込まれた電極部３２とにより、気密性が保持されている。このため、吸引装置１８による吸引により、導管２１４と導管分岐部２１４ａとの間も減圧雰囲気となる。そして、導管分岐部２１４ａは、導管２１４と同様に、通電により発熱する材料で形成されており、例えば白金や白金合金から構成されている。このため、導管２１４への通電は、電極部３２から導管分岐部２１４ａを介して行われる。

[0089] そして、減圧ハウジング１６と導管２１４との間に収容される断熱材２４は、導管２１４と導管分岐部２１４ａとの間にも収容されている。このため、電極部３２と導管２１４との間に形成される空間に断熱材２４が配置される。これにより、上フランジ４２及び下フランジ４４に設けられる水冷管５０による冷却作用が、導管２１４に及ぼす影響を小さくすることができる。

[0090] また、下フランジ４４には、導管分岐部２１４ａを覆うハウジング２１６が連結されており、このハウジング２１６と導管分岐部２１４ａとの間にも、断熱材２４が収容されている。これにより、導管分岐部２１４ａの加熱効

率を向上させることができる。なお、導管分岐部２１４ａとハウジング２１６との間の領域と、導管分岐部２１４ａと導管２１４との間の領域とは、導管分岐部２１４ａにより分断されているため、吸引装置１８で吸引しても、導管分岐部２１４ａとハウジング２１６との間の領域は、減圧雰囲気とならない。

[0091] 図６は、一対の電極部に挟まれる導管の温度分布を示している。なお、図６において、導管２１４は、便宜上、一直線状に延ばして図示している。図６に示すように、一対の電極部３２から通電加熱されると、導管２１４の中央部分では、温度勾配が小さく設定温度に昇温されるが、電極部３２との接続部付近は、大きな温度勾配により端部に向かうほど温度が低下する。ここで、第１のガラス溶融槽１２側に配置された電極部３２との接続部付近では、第１のガラス溶融槽１２から導入された溶融ガラスの持込熱量により、導管２１４の過冷却を防止することができる。しかしながら、第２のガラス溶融槽２０側に配置された電極部３２の接続部付近では、このような持込熱量が少ないため、設定温度未満になって過冷却される可能性がある。そこで、導管２１４の下端部から分岐された導管分岐部２１４ａの先端に電極部３２を接続することで、電極部３２との接続部と導管２１４との間に所定距離をおくことができるため、導管２１４の下端部も安定した設定温度に昇温させることができる。これにより、導管２１４に導入された溶融ガラスを適切に昇温させることができる。なお、導管２１４における溶融ガラスの加熱領域を確保する観点から、導管２１４から導管分岐部２１４ａが分岐する位置をできるだけ下方に配置することが好ましい。

[0092] ［第３実施形態］

次に、図７及び図８を参照して、第３の実施形態について説明する。第３の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置３００は、基本的に第１の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置１００と同じ構成をしている。このため、以下では、第１の実施形態と相違する点のみ説明し、第１の実施形態と同じ点の説明を省略する。

[0093] 図７は、第３の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置の構成を示す断面図である。図８は、図７に示すガラス繊維製造用ガラス溶融装置の一部を拡大した断面図であり、（ａ）は正面断面図であり、（ｂ）は（ａ）のｂ－ｂ線断面図である。図７及び図８に示すように、ガラス繊維製造用ガラス溶融装置３００は、第１のガラス溶融槽１２と、導管１４と、減圧ハウジング３１６と、吸引装置１８と、第２のガラス溶融槽２０と、ブッシング２２と、を備えている。

[0094] 減圧ハウジング３１６は、第１のガラス溶融槽１２を覆う溶融槽ハウジング３１７ａと、導管１４を覆う導管ハウジング３１７ｂとにより構成されており、導管１４の下端が突き出た状態で、第１のガラス溶融槽１２及び導管１４を気密に覆っている。減圧ハウジング３１６の材質及び構造は、気密性及び強度を有するものであれば特に限定されず、ステンレス等の金属材料から形成されていると好ましい。

[0095] この減圧ハウジング３１６と第１のガラス溶融槽１２及び導管１４との間の空間には、断熱効率を向上させるための断熱材２４が収容されている。この断熱材２４は、第１のガラス溶融槽１２及び導管１４と減圧ハウジング３１６との間を断熱するものであり、減圧ハウジング３１６の温度を耐熱温度以下にするものである。よって、断熱材２４は、減圧ハウジング３１６の温度を耐熱温度以下にして長期的に構造が保持される材料で形成されており、例えば、形状保持性や経済性の優れる耐火断熱レンガ２４ａや、弾性構造を有する弾性断熱材２４ｂから構成されている。なお、弾性断熱材２４ｂは、例えば、ファイバーフラックスなどのウール系の断熱材であって、グラスウールなどで構成される。

[0096] ここで、前述したように、導管１４が加熱手段３０により加熱されると、導管１４及び導管ハウジング３１７ｂが熱膨張により伸長する。そこで、本実施形態では、溶融槽ハウジング３１７ａに収容される断熱材２４は、積層された耐火断熱レンガ２４ａにより構成されており、導管ハウジング３１７ｂに収容される断熱材２４は、積層された耐火断熱レンガ２４ａの間に弾性

断熱材２４ｂが挿入されて構成されている。これにより、導管１４及び導管ハウジング３１７ｂの伸長に伴って弾性断熱材２４ｂが膨張し、導管ハウジング３１７ｂ内が常に断熱材２４で充填された状態となる。なお、弾性断熱材２４ｂは、任意の位置において耐火断熱レンガ２４ａの間に挿入してもよいが、耐火断熱レンガ２４ａの自重を考慮すると、上部に配置される耐火断熱レンガ２４ａの間に挿入するのが好ましい。

[0097] 溶融槽ハウジング３１７ａは、ガラス溶融装置３００が設置される建造物に設置されており、例えば、建物の床面に載置されている。このため、溶融槽ハウジング３１７ａに収容される断熱材２４は、この建物の床面に支持されている。

[0098] この溶融槽ハウジング３１７ａの上壁には、溶融ガラス、ガラス塊、またはガラス原料を投入する導入口３１６ａが設けられている。導入口３１６ａは開閉可能な構造を備えている。また、溶融槽ハウジング３１７ａの側壁には、吸引装置１８に接続された減圧のための吸引口３１６ｂが設けられている。

[0099] ここで、前述したように、導管１４が加熱手段３０により加熱されると、導管１４は１４００℃程度まで昇温される。ところが、導管ハウジング３１７ｂは、断熱材２４により断熱されるとともに外気に晒されているため、３００℃程度までしか昇温されない。このため、導管１４と導管ハウジング３１７ｂとの温度差及びその熱膨張率の相違により、導管１４の熱膨張量と導管ハウジング３１７ｂの熱膨張量とが相違して、その長さにずれが生じる。そこで、本実施形態では、図８に示すように、導管ハウジング３１７ｂの胴部の一部に、長手方向（上下方向）に伸縮可能な伸縮ハウジング部３６０が設けられている。

[0100] この伸縮ハウジング部３６０は、導管ハウジング３１７ｂを長手方向に伸縮させるものである。伸縮ハウジング部３６０は、第２のガラス溶融槽２０の輻射熱による悪影響を抑制して、長期耐久性や作業性を考慮し、導管ハウジング３１７ｂの長手方向において中央より上部に設けられている。そして

、伸縮ハウジング部３６０は、蛇腹部３６１と、第１フランジ部３６２と、第２フランジ部３６３と、支持部３６４と、を備えている。

[0101] 蛇腹部３６１は、蛇腹状に屈曲されて伸縮可能に構成されている。また、蛇腹部３６１は、導管ハウジング３１７ｂと同様な横断面を有しており、導管ハウジング３１７ｂの胴部を構成している。このため、蛇腹部３６１の材質及び構造は、気密性及び強度を有するものであれば特に限定されず、ステンレス等の金属材料から形成されていると好ましい。

[0102] 第１フランジ部３６２は、蛇腹部３６１の上部において、導管ハウジング３１７ｂから突出したフランジ上に形成されている。第２フランジ部３６３は、蛇腹部３６１の下部において、導管ハウジング３１７ｂから突出したフランジ上に形成されている。そして、第１フランジ部３６２と第２フランジ部３６３とは、蛇腹部３６１を挟み込むように互いに対向して配置されている。

[0103] 支持部３６４は、第１フランジ部３６２と第２フランジ部３６３とを伸縮可能に支持するものである。このため、支持部３６４は、導管１４、導管ハウジング３１７ｂ及び導管ハウジング３１７ｂに収容される断熱材２４を支えるだけの耐荷重性を有し、伸縮可能な構造により構成されている。具体的には、第１フランジ部３６２及び第２フランジ部３６３に螺着される複数本のボルト及びナットにより構成される。そして、例えば、ボルトを緩めると、第１フランジ部３６２と第２フランジ部３６３との離間距離が広がって伸縮ハウジング部３６０が伸長し、ボルトを締めると、第１フランジ部３６２と第２フランジ部３６３との離間距離が狭まって伸縮ハウジング部３６０が短縮する構造となっている。

[0104] また、導管ハウジング３１７ｂの側壁には、断熱材２４を挿入する断熱材挿入口３７０が設けられている。断熱材挿入口３７０は、断熱材２４を挿入する際の作業性を考慮して、導管ハウジング３１７ｂの上部に設けられており、詳細には、積層された耐火断熱レンガ２４ａの間であって弾性断熱材２４ｂが挿入された位置に設けられている。

[0105] そして、導管ハウジング３１７ｂは、図９に示すように、導管１４の下部において、水冷管５０を有するフランジ４０を介して連結されている。

[0106] 次に、上記したガラス溶融装置３００を用いたガラス繊維の製造方法について説明する。

[0107] まず、ガラス溶融装置３００の稼動を開始する際は、ガラス繊維を製造するガラス繊維の製造工程に先立って、ガラス繊維の製造準備を行うガラス繊維の製造立上げ工程を行う。

[0108] このガラス繊維の製造立上げ工程では、まず、第１のガラス溶融槽１２及び第２のガラス溶融槽２０に、溶融ガラス、ガラス塊、またはガラス原料を投入する。ガラス原料は、クレー、ライムストーン、ドロマイト、コレマナイト、シリカサンド、アルミナ、炭酸カルシウム、炭酸ナトリウムなどの粉状の混合物である。溶融ガラスは、この混合物を第１のガラス溶融槽１２に投入するに先立ち予め溶融させたものである。ガラス塊は、溶融ガラスを一旦冷却固化させたものである。

[0109] 次に、投入された溶融ガラス、ガラス塊、またはガラス原料が溶融するように、第１のガラス溶融槽１２及び第２のガラス溶融槽２０を加熱する。なお、この際に導管１４も加熱する。そして、第１のガラス溶融槽１２及び第２のガラス溶融槽２０に投入された上記溶融ガラス、ガラス塊、ガラス原料を溶融して、導管１４の下端部を溶融したガラスで塞ぐ。その後、吸引装置１８により減圧ハウジング３１６内の気圧が大気圧に対して０．４～０．９気圧低くなるように、減圧ハウジング３１６内を減圧する。すると、この減圧ハウジング３１６の減圧により、導管１４内の溶融ガラスの液面が上昇する。

[0110] さらに、第１のガラス溶融槽１２、導管１４、第２のガラス溶融槽２０、及びブッシング２２のそれぞれを独立に加熱する。それぞれの温度は、第１のガラス溶融槽１２で１３５０～１５５０℃、導管１４で１３００～１４５０℃、第２のガラス溶融槽２０で１２９０～１４００℃、ブッシング２２で１２５０～１３００℃とする。そして、第１のガラス溶融槽１２から導管１

４を通して第２のガラス溶融槽２０に溶融ガラスを導入し、溶融ガラスをブッシング２２のノズル２２ａから引き出す。なお、ガラス繊維の製造立上げ工程では、ブッシング２２のノズル２２ａから溶融ガラスを引き出すことなく、単にノズル２２ａから溶融ガラスを垂れ流すだけであってもよい。

[0111] ここで、導管１４の温度と導管ハウジング３１７ｂの温度を計測して、これらの温度に基づいて導管１４及び導管ハウジング３１７ｂの熱膨張による伸び量を算出し、導管１４の伸び量と導管ハウジング３１７ｂの伸び量との差分を算出する。

[0112] 導管１４の伸び量と導管ハウジング３１７ｂの伸び量との差分λは、式（１）により求められる。

$$\lambda = L(\alpha_1 \Delta t_1 - \alpha_2 \Delta t_2) \quad \cdots (1)$$

ここで、Ｌは、昇温前の導管１４及び導管ハウジング３１７ｂの長さ、α_1は、昇温後の導管１４温度における導管１４の熱膨張係数、Δt_1は、昇温前の雰囲気温度と昇温後の導管１４温度との温度差、α_2は、昇温後の導管ハウジング３１７ｂ温度における導管ハウジング３１７ｂの熱膨張係数、Δt_2は、昇温前の雰囲気温度と昇温後の導管ハウジング３１７ｂ温度との温度差を示している。

[0113] 例えば、導管１４及び導管ハウジング３１７ｂの長さが３５０ｃｍであって、導管１４が白金で形成され、導管ハウジング３１７ｂがステンレスで形成されたガラス溶融装置３００において、外界の雰囲気温度が２０℃のときに、導管１４を１４００℃に昇温させることにより、導管ハウジング３１７ｂが３００℃に昇温した場合について考える。この場合、導管１４の熱膨張係数は１．０×１０$^{-5}$（／℃）、導管ハウジング３１７ｂの熱膨張係数は１．７×１０$^{-5}$（／℃）となるため、導管１４は約４．８３ｃｍ伸び、導管ハウジング３１７ｂは約１．６７ｃｍ伸び、導管１４は導管ハウジング３１７ｂよりも約３．２ｃｍ長く伸びる。

[0114] そして、このように算出された熱膨張による伸び量の差分がゼロとなるように、伸縮ハウジング部３６０のボルトを緩めて導管ハウジング３１７ｂを

伸長させ、導管１４と導管ハウジング３１７ｂの長さを一致させる。なお、ガラス溶融装置３００を停止するために導管１４の加熱を停止したときは、伸縮ハウジング部３６０のボルトを締めて導管ハウジング３１７ｂを短縮させ、導管１４と導管ハウジング３１７ｂの長さを一致させる。

[0115] ところで、断熱材２４として導管ハウジング３１７ｂ内に積層された耐火断熱レンガ２４ａは伸縮性が非常に小さい。このため、熱膨張により導管１４及び導管ハウジング３１７ｂが伸びるとともに、伸縮ハウジング部３６０の調整により導管ハウジング３１７ｂが伸びると、耐火断熱レンガ２４ａ間に隙間が生じる。このとき、耐火断熱レンガ２４ａの間に挿入された弾性断熱材２４ｂが膨張するため、耐火断熱レンガ２４ａ間の隙間が弾性断熱材２４ｂにより埋められる。そして、導管１４及び導管ハウジング３１７ｂの伸び量が大きく、弾性断熱材２４ｂの膨張だけでは耐火断熱レンガ２４ａ間の隙間を完全に埋めることができない場合や、弾性断熱材２４ｂのかさ密度が小さくなった場合は、断熱材挿入口３７０から、新たに弾性断熱材２４ｂなどの断熱材２４を導管ハウジング３１７ｂ内に挿入することにより、耐火断熱レンガ２４ａ間の隙間を完全に埋めることができる。

[0116] そして、ガラス溶融装置３００が規定の温度及び気圧になると、ガラス繊維の製造立上げ工程を終了し、ガラス繊維の製造工程を行う。

[0117] このガラス繊維の製造工程では、第１のガラス溶融槽１２の液位が略一定となるように、第１のガラス溶融槽１２に、溶融ガラス、ガラス塊、またはガラス原料を投入する。

[0118] また、吸引装置１８により減圧ハウジング３１６内の気圧が大気圧に対して０．４～０．９気圧低くなるように、減圧ハウジング３１６内を減圧した状態にする。また、溶融ガラスの温度が１３５０～１５５０℃となるように第１のガラス溶融槽１２を加熱して、上記溶融ガラス、ガラス塊、ガラス原料を溶融する。

[0119] さらに、導管１４、第２のガラス溶融槽２０、及びブッシング２２のそれぞれを独立に加熱する。それぞれの温度は、導管１４で１３００～１４５０

℃、第２のガラス溶融槽２０で１２９０～１４００℃、ブッシング２２で１２５０～１３００℃とする。なお、導管１４、第２のガラス溶融槽２０、及びブッシング２２の中の溶融ガラスの温度より、第１のガラス溶融槽１２の中の溶融ガラスの温度が高くなるように温度制御することが好ましい。このようにすることにより、リボイルによる気泡の発生を抑制することができる。

[0120] そして、第１のガラス溶融槽１２から導管１４を通して第２のガラス溶融槽２０に溶融ガラスを導入する。そして、溶融ガラスをブッシング２２のノズル２２ａから図示しない巻取り機により高いテンションで巻き取られることで溶融ガラスを紡糸し繊維化する。一のノズル２２ａからの溶融ガラスの吐出流量は、例えば０．０５～５．０ｇ／分である。

[0121] このように、第１のガラス溶融槽１２の溶融ガラスを減圧雰囲気下に晒すことで、ガラスから効果的に気泡を除くことができる。また、第１のガラス溶融槽１２、第２のガラス溶融槽２０、及びブッシング２２を加熱するだけでなく導管１４をも加熱し、しかも独立に温度制御することで、導管１４でガラスが固まるのを抑制することができる。すなわち、ガラス繊維の製造においては、単位時間当たりに紡糸されるガラス重量が小さく、持込熱量が少ないため導管１４の途中で溶融ガラスが冷却され固まるおそれがあるが、本実施形態では上記構成により導管１４でガラスが固まるのを抑制している。

[0122] そして、第１のガラス溶融槽１２の溶融ガラス液面が、第２のガラス溶融槽２０の溶融ガラス液面よりも１５０ｃｍ以上高い状態で紡糸する。より好ましくは、２３０ｃｍ～４６０ｃｍとする。この程度の高さにすれば、第１のガラス溶融槽１２の溶融ガラス液面を大気圧と比べて０．４～０．９気圧程度低くすることができ、溶融ガラス中のガスが連続的に既存の気泡内に拡散して泡径が急激に大きくなることで、大きな脱泡効果を得ることができる。

[0123] また、第１のガラス溶融槽１２が晒される減圧雰囲気、すなわち減圧ハウジング３１６内の気圧と大気圧との圧力差が一定になるように、吸引装置１

８による吸引量を制御する。このようにすることで、大気圧の微小な変動による溶融ガラスの液面変動を抑えることができる。

[0124] 更に、第１のガラス溶融槽１２への溶融ガラス、ガラス塊、ガラス原料の投入量は、第２のガラス溶融槽２０の溶融ガラス液面の高さに基づいて、その高さが一定になるように制御する。また、第２のガラス溶融槽２０の溶融ガラス液面の面積を、第１のガラス溶融槽１２の溶融ガラス液面の面積以上とする。このようにすれば、第２のガラス溶融槽２０の液位の変動を少なくすることができ、第２のガラス溶融槽２０の壁面と溶融ガラスの接触面からの抱込み泡の発生を抑制することができる。また、紡糸するガラス繊維の太さの変動を抑制し、ガラス繊維の番手変動による成形品の強度や電気特性のバラツキを抑えることができる。

[0125] 以上詳述したように、本実施形態のガラス溶融装置３００では、第１のガラス溶融槽１２において減圧雰囲気下でガラスを溶融することで、溶融ガラスから気泡を除くことができるため、紡糸されるガラス繊維中への気泡の混入を効果的に低減することが可能となる。そして、導管１４の加熱により昇温された導管１４及び導管ハウジング３１７ｂは、熱膨張係数の違いや温度の違いによりその伸縮量が異なるが、伸縮ハウジング部３６０により導管ハウジング３１７ｂを伸縮させることにより、両者の長さを一致させることができる。これにより、昇温による伸縮量の違いにより導管１４及び導管ハウジング３１７ｂに与える負荷を軽減することができるため、導管１４及び導管ハウジング３１７ｂの破損を防止することができる。

[0126] しかも、本実施形態のガラス溶融装置３００を用いてガラス繊維を製造する際、ガラス繊維の製造立上げ工程として、溶融したガラスで導管の下端部を塞ぐことで、第１のガラス溶融槽が密閉されるため、第１のガラス溶融槽１２を減圧雰囲気に晒すことができる。そして、第１のガラス溶融槽１２において減圧雰囲気下でガラスを溶融することで、溶融ガラスから気泡を除くことができるため、紡糸されるガラス繊維中への気泡の混入を効果的に低減することが可能となる。

[0127] そして、断熱材２４の一部を弾性断熱材２４ｂとすることで、導管１４及び導管ハウジング３１７ｂの熱膨張に伴い弾性断熱材２４ｂが膨張するため、断熱材２４の隙間の発生による断熱効率の低下を抑制することができる。

[0128] しかも、導管ハウジング３１７ｂに断熱材挿入口３７０を設けることで、弾性断熱材２４ｂの膨張によっても断熱材２４の隙間が埋まらない場合に、導管ハウジング３１７ｂ内に弾性断熱材２４ｂなどの断熱材２４を新たに挿入することができるため、断熱材２４の隙間の発生による断熱効率の低下を更に抑制することができる。

[0129] ［第４実施形態］

次に、図１０及び図１１を参照して、第４の実施形態について説明する。第４の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置４００は、基本的に第３の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置３００と同じ構成をしている。そして、このガラス繊維製造用ガラス溶融装置４００は、導管ハウジング３１７ｂに断熱材２４を仕切る仕切部材４２０が設けられた点のみ、第３の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置３００と相違する。このため、以下では、第３の実施形態と相違する点のみ説明し、第３の実施形態と同じ点の説明を省略する。

[0130] 図１０は、第４の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置の構成を示す断面図である。図１１は、図１０に示すガラス繊維製造用ガラス溶融装置の一部を拡大した断面図であり、（ａ）は正面断面図であり、（ｂ）は（ａ）のｂ－ｂ線断面図である。図１０及び図１１に示すように、ガラス繊維製造用ガラス溶融装置４００には、導管ハウジング３１７ｂに仕切部材４２０が設けられている。

[0131] この仕切部材４２０は、導管ハウジング３１７ｂに収容された断熱材２４を仕切り、仕切部材４２０よりも上部に配置される断熱材２４を支持するものである。仕切部材４２０は、断熱材挿入口３７０の直上に配置されており、導管ハウジング３１７ｂの内壁から内側に突出するフランジ状に形成されている。具体的には、導管ハウジング３１７ｂ内に積層された耐火断熱レン

ガ２４ａが仕切部材４２０により仕切られており、仕切部材４２０の上部に配置された耐火断熱レンガ２４ａが仕切部材４２０により支持されている。このように、仕切部材４２０は、耐火断熱レンガ２４ａを支持するため、できるだけ導管ハウジング３１７ｂの上部に配置されることが好ましい。そして、仕切部材４２０により仕切られた耐火断熱レンガ２４ａの間に、弾性断熱材２４ｂが挿入されている。これにより、断熱材挿入口３７０は、仕切部材４２０により支持されている耐火断熱レンガ２４ａの下に挿入された弾性断熱材２４ｂに接続されている。

[0132] 次に、図１２を参照して、上記したガラス溶融装置４００を用いたガラス繊維の製造方法について説明する。

[0133] まず、第３の実施形態に係るガラス溶融装置３００と同様に、ガラス繊維の製造立上げ工程において、第１のガラス溶融槽１２及び第２のガラス溶融槽２０に、溶融ガラス、ガラス塊、またはガラス原料を投入する。そして、第１のガラス溶融槽１２及び第２のガラス溶融槽２０と、さらに導管１４を加熱して溶融ガラス、ガラス塊、またはガラス原料を溶融し、この溶融したガラスで導管１４の下端部を塞いだ後、吸引装置１８により減圧ハウジング３１６内を減圧して、導管１４内の溶融ガラスの液面を上昇させる。その後、第１のガラス溶融槽１２、導管１４、第２のガラス溶融槽２０、及びブッシング２２のそれぞれを独立に加熱して、第１のガラス溶融槽１２から導管１４を通して第２のガラス溶融槽２０に溶融ガラスを導入し、溶融ガラスをブッシング２２のノズル２２ａから引き出す。

[0134] すると、導管１４及び導管ハウジング３１７ｂが熱膨張により伸長するため、伸縮ハウジング部３６０により導管ハウジング３１７ｂを伸長させて、導管１４と導管ハウジング３１７ｂの長さを一致させる。

[0135] このとき、図１２に示すように、導管ハウジング３１７ｂ内では、仕切部材４２０の上部に配置された耐火断熱レンガ２４ａが仕切部材４２０に支持され、導管ハウジング３１７ｂの伸長に伴い、仕切部材４２０で仕切られた耐火断熱レンガ２４ａの間に隙間が生じる。すると、この間に挿入された弾

性断熱材２４ｂが膨張して、耐火断熱レンガ２４ａ間の隙間が弾性断熱材２４ｂにより埋められる。このとき、断熱材挿入口３７０が仕切部材４２０の直下に配置されているため、耐火断熱レンガ２４ａの間に形成された隙間に断熱材挿入口３７０が連通される。そこで、導管１４及び導管ハウジング３１７ｂの伸び量が大きく、弾性断熱材２４ｂの膨張だけでは耐火断熱レンガ２４ａ間の隙間を完全に埋めることができない場合や、弾性断熱材２４ｂのかさ密度が小さくなった場合は、減圧ハウジング３１６内を減圧する前に、断熱材挿入口３７０から、新たに弾性断熱材２４ｂなどの断熱材２４を導管ハウジング３１７ｂ内に挿入して、耐火断熱レンガ２４ａ間の隙間を完全に埋める。

[0136] このようにしてガラス繊維の製造立上げ工程が終了すると、ガラス繊維の製造工程を行う。すなわち、第１のガラス溶融槽１２から導管１４を通して第２のガラス溶融槽２０に溶融ガラスを導入し、溶融ガラスをブッシング２２のノズル２２ａから図示しない巻取り機により高いテンションで巻き取られることで溶融ガラスを紡糸し繊維化する。

[0137] 以上詳述したように、本実施形態のガラス溶融装置４００では、導管ハウジング３１７ｂに仕切部材４２０を設けることで、仕切部材４２０の上部に配置された耐火断熱レンガ２４ａが仕切部材４２０に支持されるため、導管ハウジング３１７ｂに設けられた伸縮ハウジング部３６０に作用する荷重を軽減することができる。しかも、導管１４及び導管ハウジング３１７ｂの熱膨張により形成される耐火断熱レンガ２４ａ間の隙間の位置が特定されるため、弾性断熱材２４ｂを適切な位置に挿入することができるとともに、断熱材挿入口３７０を適切な位置に設置することができる。

[0138] この場合、導管１４及び導管ハウジング３１７ｂが熱膨張すると、仕切部材４２０により仕切られた耐火断熱レンガ２４ａの間に隙間が生じるため、仕切部材４２０により仕切られた耐火断熱レンガ２４ａの間に弾性断熱材２４ｂを挿入することで、断熱材の隙間を適切に埋めることができる。

[0139] また、導管ハウジング３１７ｂに断熱材挿入口３７０を設けることで、導

管１４及び導管ハウジング３１７ｂの熱膨張により耐火断熱レンガ２４ａの間に隙間が生じたとしても、外部から導管ハウジング３１７ｂ内に弾性断熱材２４ｂを挿入することができるため、断熱効率の低下を抑制することができる。

[0140] ［第５実施形態］

次に、図１３を参照して、第５の実施形態について説明する。第５の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置５００は、基本的に第３の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置３００と同じ構成をしている。そして、このガラス繊維製造用ガラス溶融装置５００は、導管１４の一部が変形している点のみ、第３の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置３００と相違する。このため、以下では、第３の実施形態と相違する点のみ説明し、第３の実施形態と同じ点の説明を省略する。

[0141] 図１３は、第５の実施形態における導管の一部拡大図を示した図であり、（ａ）～（ｄ）は導管の変形例を示した図である。図１３（ａ）～（ｄ）に示すように、ガラス繊維製造用ガラス溶融装置５００の導管１４には、導管１４を長手方向に伸縮させる伸縮導管部５１４ａ～５１４ｄが形成されている。

[0142] この伸縮導管部５１４ａ～５１４ｄは、導管１４の一部が屈曲または湾曲して形成されている。伸縮導管部５１４ａ～５１４ｄの形状は、導管１４を長手方向に伸縮させることができれば如何なる形状であってもよく、導管１４を湾曲または屈曲させて形成するのが好ましい。例えば、図１３（ａ）では、導管１４を蛇腹状に屈曲させた形状の伸縮導管部５１４ａを採用しており、図１３（ｂ）では、導管１４の径が膨らんで湾曲させた形状の伸縮導管部５１４ｂを採用しており、図１３（ｃ）では、導管１４を一方向に湾曲させた形状の伸縮導管部５１４ｃを採用しており、図１３（ｄ）では、導管１４を波状に湾曲させた形状の伸縮導管部５１４ｄを採用している。なお、導管１４には、伸縮導管部５１４ａ～５１４ｄの少なくとも一つが形成されていればよい。

[0143] なお、導管１４は比較的長い筒状体なので、図１３（ａ）の態様の導管が作製上好ましい。ここで、ガラス溶融装置の組立て時の作業性や輸送コストを考慮した場合、２つ以上に分割されていることが好ましい。この場合、分割された導管１４を、一端若しくは両端を外側に屈曲させた筒状体や、一端若しくは両端にフランジが設けられた筒状体とし、ガラス溶融装置の組立て時に、屈曲部の先端同士やフランジの先端同士を溶接することが好ましい。これにより、効率的に組立てが行うことができ、伸縮導管部５１４ａ～５１４ｄを有する導管１４を容易に作成することができる。

[0144] 次に、上記したガラス溶融装置５００を用いたガラス繊維の製造方法について説明する。

[0145] まず、第３の実施形態に係るガラス溶融装置３００と同様に、ガラス繊維の製造立上げ工程において、第１のガラス溶融槽１２及び第２のガラス溶融槽２０に、溶融ガラス、ガラス塊、またはガラス原料を投入する。そして、第１のガラス溶融槽１２及び第２のガラス溶融槽２０、さらに導管１４を加熱して、溶融ガラス、ガラス塊、またはガラス原料を溶融し、この溶融したガラスで導管１４の下端部を塞いだ後、吸引装置１８により減圧ハウジング３１６内を減圧して、導管１４内の溶融ガラスの液面を上昇させる。その後、第１のガラス溶融槽１２、導管１４、第２のガラス溶融槽２０、及びブッシング２２のそれぞれを独立に加熱して、第１のガラス溶融槽１２から導管１４を通して第２のガラス溶融槽２０に溶融ガラスを導入し、溶融ガラスをブッシング２２のノズル２２ａから引き出す。

[0146] すると、導管１４及び導管ハウジング３１７ｂが熱膨張により伸長するため、上記した式（１）により算出された差分λに基づいて伸縮ハウジング部３６０を調整し、導管１４と導管ハウジング３１７ｂの長さを一致させる。

[0147] このとき、実際には、導管１４や導管ハウジング３１７ｂの温度分布が一様ではないため、必ずしも、理論値と、実際に生じた実現象とは一致しない。このため、伸縮ハウジング部３６０で調整したとしても、導管１４と導管ハウジング３１７ｂの長さが一致しない場合がある。そこで、導管１４に形

成された伸縮導管部５１４ａ～５１４ｄが伸縮することで、導管１４と導管ハウジング３１７ｂの長さのズレが矯正されて、導管１４と導管ハウジング３１７ｂの長さが一致する。

[0148] このようにしてガラス繊維の製造立上げ工程が終了すると、ガラス繊維の製造工程を行う。すなわち、第１のガラス溶融槽１２から導管１４を通して第２のガラス溶融槽２０に溶融ガラスを導入し、溶融ガラスをブッシング２２のノズル２２ａから図示しない巻取り機により高いテンションで巻き取られることで溶融ガラスを紡糸し繊維化する。

[0149] 以上詳述したように、本実施形態のガラス溶融装置５００では、導管１４に伸縮導管部５１４ａ～５１４ｄを形成することで、伸縮ハウジング部３６０の調整で導管１４と導管ハウジング３１７ｂの長さが一致しない場合でも、導管１４と導管ハウジング３１７ｂの長さのズレが矯正されるため、導管１４と導管ハウジング３１７ｂの長さを一致させることができる。

[0150] ［第６実施形態］

次に、図１４を参照して、第６の実施形態について説明する。第６の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置６００は、基本的に第１の実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置１００と同じ構成をしている。このため、以下では、第１の実施形態と相違する点のみ説明し、第１の実施形態と同じ点の説明を省略する。

[0151] 図１４は、実施形態に係るガラス繊維製造用ガラス溶融装置の構成を示す断面図である。図１４に示すように、ガラス繊維製造用ガラス溶融装置６００は、第１のガラス溶融槽６１２と、導管１４と、減圧ハウジング６１６と、第１の吸引装置６１８と、第２のガラス溶融槽２０と、ブッシング２２と、原料計量部６２６と、圧力容器６２８と、第２の吸引装置６３０と、同圧化バルブ６３２と、を備えている。

[0152] 第１のガラス溶融槽６１２は、投入されたガラス塊やガラス原料などの固形原料を溶融して導管１４に導出するものであり、上方が開口している。

[0153] この第１のガラス溶融槽６１２は、固形原料の溶融のための図示しない加

熱手段を備えている。この加熱手段としては、例えばバーナや電気ヒータであってもよく、あるいは槽に接続した電極から通電して槽を自己発熱させるものであってもよい。自己発熱させる場合は、槽は通電により発熱する材料で少なくとも内壁が形成されていると好ましく、例えば白金や白金合金から構成されていると好ましい。

[0154] そして、第１のガラス溶融槽６１２には、固形原料が投入されるバスケット６３４と、第１のガラス溶融槽６１２を仕切る上部仕切板６３６及び下部仕切板６３８とが設けられている。なお、バスケット６３４、上部仕切板６３６及び下部仕切板６３８の詳細は後述する。

[0155] 導管１４は、第１のガラス溶融槽６１２で溶融されたガラスを第２のガラス溶融槽２０に送るものであり、第１のガラス溶融槽６１２から下方に延びる細長い円筒状に形成されている。

[0156] この導管１４は、溶融ガラスの加熱のための図示しない加熱手段を備えている。この加熱手段は、導管１４の上部及び下部に設けた図示しない電極部から通電して自己発熱させるものである。よって、導管１４は通電により発熱する材料で形成されており、例えば白金や白金合金から構成されている。

[0157] 減圧ハウジング６１６は、導管１４の下端が突き出た状態で、第１のガラス溶融槽６１２及び導管１４を気密に覆っている。減圧ハウジング６１６の材質及び構造は、気密性及び強度を有するものであれば特に限定されず、ステンレス等の金属材料から形成されていると好ましい。

[0158] この減圧ハウジング６１６の上壁には、固形原料を導入する導入口６１６ａが設けられている。また、減圧ハウジング６１６の側壁には、第１の吸引装置６１８に接続された減圧のための吸引口６１６ｂが設けられている。そして、減圧ハウジング６１６と第１のガラス溶融槽６１２及び導管１４との間の空間には、断熱材２４が設けられている。この断熱材２４は、減圧ハウジング６１６の温度を耐熱温度以下にして長期的に構造が保持される材料で形成されており、例えば、形状保持性や経済性の優れる耐火断熱レンガや、弾性構造を有する弾性断熱材などで構成されている。なお、弾性断熱材は、

例えば、ファイバーフラックスなどのウール系の断熱材であって、グラスウールなどで構成される。

[0159] 第１の吸引装置６１８は、減圧ハウジング６１６内のガスを真空吸引して減圧ハウジング６１６内を減圧雰囲気にするものであり、真空ポンプにより構成されている。

[0160] 原料計量部６２６は、第１のガラス溶融槽６１２に投入する固形原料を計量するものであり、減圧ハウジング６１６の上方に設けられている。この原料計量部６２６は、固形原料の形状に合わせて適宜変更することが好ましく、その計量方式は、例えば、固形原料がマーブルなどの場合は、マーブルを数えるカウンター方式が採用され、固形原料がカレットやバッチなどの場合は、ロードセルなどの重量測定方式が採用される。

[0161] 圧力容器６２８は、第１のガラス溶融槽６１２に投入する固形原料を収容するものであり、減圧ハウジング６１６の上部に設けられている。この圧力容器６２８は、原料計量部６２６に連結されるとともに、減圧ハウジング６１６の導入口６１６ａに連結されており、容器部６２８ａと、上部開閉機構６２８ｂと、下部開閉機構６２８ｃと、を備えている。

[0162] 容器部６２８ａは、原料計量部６２６で所定量に計量された固形原料を第１のガラス溶融槽６１２に投入するための容器である。そして、容器部６２８ａは、上部開閉機構６２８ｂを介して原料計量部６２６と連通されており、下部開閉機構６２８ｃを介して減圧ハウジング６１６の導入口６１６ａと連通されている。

[0163] 上部開閉機構６２８ｂは、容器部６２８ａの固形原料の入口側である原料計量部６２６側に設けられており、容器部６２８ａと原料計量部６２６との間を開閉するものである。この上部開閉機構６２８ｂは、例えば、シャッターなどにより構成されている。そして、上部開閉機構６２８ｂが開けられると、原料計量部６２６と容器部６２８ａとが連通されて、原料計量部６２６で計量された固形原料が容器部６２８ａに投入される。一方、上部開閉機構６２８ｂが閉められると、原料計量部６２６と容器部６２８ａとの間が密閉

される。

[0164] 下部開閉機構６２８ｃは、容器部６２８ａの固形原料の出口側である減圧ハウジング６１６側に設けられており、容器部６２８ａと減圧ハウジング６１６との間を開閉するものである。この下部開閉機構６２８ｃは、例えば、シャッターなどにより構成されている。そして、下部開閉機構６２８ｃが開けられると、容器部６２８ａと減圧ハウジング６１６とが連通されて、容器部６２８ａに収容された固形原料が減圧ハウジング６１６の導入口６１６ａから第１のガラス溶融槽６１２に投入される。一方、下部開閉機構６２８ｃが閉められると、容器部６２８ａと減圧ハウジング６１６との間が密閉されて、減圧ハウジング６１６内が気密に保たれる。

[0165] 第２の吸引装置６３０は、容器部６２８ａ内のガスを真空吸引して容器部６２８ａ内を減圧雰囲気にするものであり、真空ポンプにより構成されている。

[0166] 同圧化バルブ６３２は、容器部６２８ａ内の気圧と減圧ハウジング６１６内の気圧とを同一にするものである。この同圧化バルブ６３２は、容器部６２８ａと減圧ハウジング６１６の導入口６１６ａとに連通された配管に取り付けられており、この配管を開閉するバルブである。そして、同圧化バルブ６３２が開けられると、容器部６２８ａと減圧ハウジング６１６とが連通されて、容器部６２８ａ内の気圧と減圧ハウジング６１６内の気圧とが同圧化される。一方、同圧化バルブ６３２が閉められると、容器部６２８ａと減圧ハウジング６１６とが分断されて、減圧ハウジング６１６内が気密に保たれる。

[0167] そして、上述したバスケット６３４は、圧力容器６２８から投入された固形原料が投入されるものであり、圧力容器６２８が取り付けられる導入口６１６ａの直下に配置されて、上方が開口している。なお、バスケット６３４は、少なくとも表面が白金または白金合金で形成されていると好ましい。

[0168] このバスケット６３４は、パンチングプレートが組み合わされた箱型に形成された容器であり、複数の開口６３４ａが形成されている。この開口６３

４ａは、バスケット６３４の中央部及び上部にのみ形成されており、バスケット６３４の底面及び下部に形成されていない。このように、バスケット６３４の底面及び下部に開口６３４ａを形成しないことで、ガラス溶融装置６００の立ち上げ時や気圧の変動などの理由で第１のガラス溶融槽６１２の液位がバスケット６３４よりも低下した場合でも、バスケット６３４内に溶融ガラスを溜めておくことができる。このため、圧力容器６２８から投入された固形原料が直接バスケット６３４に衝突することにより生じるバスケット６３４の変形や、バスケット６３４の白金が異物となって溶融ガラスに混ざるのを防止することができる。

[0169] そして、このバスケット６３４は、第１のガラス溶融槽６１２において持ち上げられた状態で保持されており、その底部が浮いた状態となっている。第１のガラス溶融槽６１２では、底部よりも上部に向かうほど溶融ガラスの温度が高くなるため、このように、バスケット６３４を持ち上げた状態とすることで、圧力容器６２８から投入された固形原料をより高い温度で確実に溶融させることができる。

[0170] 上部仕切板６３６は、溶融ガラスの上部を仕切るものであり、溶融ガラスの液面付近での通過を遮断して、第１のガラス溶融槽６１２の底面付近での溶融ガラスの通過のみを許可するものである。この上部仕切板６３６は、第１のガラス溶融槽６１２を横断するように形成されており、第１のガラス溶融槽６１２の中段部から溶融ガラスの液面よりも高い位置まで立設されている。これにより、上部仕切板６３６の下方からのみ、溶融ガラスの通過が可能となっている。そして、この上部仕切板６３６は、バスケット６３４と導管１４との間に２枚設けられている。

[0171] 下部仕切板６３８は、溶融ガラスの下部を仕切るものであり、第１のガラス溶融槽６１２の底面付近での溶融ガラスの通過を遮断して、溶融ガラスの液面付近での通過のみを許可するものである。この下部仕切板６３８は、第１のガラス溶融槽６１２を横断するように形成されており、第１のガラス溶融槽６１２の底面から溶融ガラス液面よりも低い位置まで立設されている。

これにより、下部仕切板６３８の上方からのみ、溶融ガラスの通過が可能となっている。そして、この下部仕切板６３８は、バスケット６３４と導管１４との間に２枚設けられている。

[0172] そして、上部仕切板６３６と下部仕切板６３８とは交互に並んで配置されており、バスケット６３４側に上部仕切板６３６が配置されるとともに、導管１４側に下部仕切板６３８が配置されている。なお、上部仕切板６３６及び下部仕切板６３８は、少なくとも表面が白金または白金合金で形成されていると好ましい。

[0173] なお、上記した第１のガラス溶融槽６１２、導管１４、第２のガラス溶融槽２０、及びブッシング２２を加熱する加熱手段のそれぞれは、独立して温度調整可能にしている。

[0174] 次に、上記したガラス溶融装置６００を用いたガラス繊維の製造方法について説明する。

[0175] まず、上部開閉機構６２８ｂ、下部開閉機構６２８ｃ及び同圧化バルブ６３２を閉めて、第１の吸引装置６１８により減圧ハウジング６１６内の圧力が大気圧に対して０．４～０．９気圧低くなるように、減圧ハウジング６１６内を減圧する。

[0176] 次に、原料計量部６２６に、固形原料を投入して、所定量の固形原料を計測する。固形原料は、ガラス原料やガラス魂などである。ガラス原料は、クレー、ライムストーン、ドロマイト、コレマナイト、シリカサンド、アルミナ、炭酸カルシウム、炭酸ナトリウムなどの粉状の混合物である。ガラス塊は、溶融ガラスを一旦冷却固化させてマーブル状またはカレット状などに形成したものである。

[0177] 次に、下部開閉機構６２８ｃを閉めた状態で上部開閉機構６２８ｂのみを開けて、原料計量部６２６で計量された固形原料を容器部６２８ａに投入する。そして、上部開閉機構６２８ｂを閉じて容器部６２８ａを密閉し、第２の吸引装置６３０により容器部６２８ａ内の気圧が大気圧に対して０．４～０．９気圧低くなるように、容器部６２８ａ内を減圧する。このとき、第１

の吸引装置６１８と第２の吸引装置６３０との個体差などにより、減圧ハウジング６１６内の気圧と容器部６２８ａ内の気圧とが一致しない場合がある。そこで、同圧化バルブ６３２を開き、減圧ハウジング６１６内の気圧と容器部６２８ａ内の気圧とを同圧化する。その後、上部開閉機構６２８ｂを閉めた状態で下部開閉機構６２８ｃのみを開けて、容器部６２８ａに収容されている固形原料を落下させ、減圧ハウジング６１６の導入口６１６ａから第１のガラス溶融槽６１２に投入する。このとき、固形原料は、第１のガラス溶融槽６１２に設けられたバスケット６３４に投入される。

[0178] そして、溶融ガラスの温度が１３５０～１５５０℃となるように第１のガラス溶融槽６１２を加熱して、固形原料を溶融する。このとき、第１のガラス溶融槽６１２では、バスケット６３４に投入された固形原料が溶融して、この溶融ガラスがバスケット６３４の開口６３４ａから第１のガラス溶融槽６１２内に流出する。そして、この溶融ガラスは、上部仕切板６３６の下方を潜るとともに、下部仕切板６３８の上方を乗り越えて、導管１４に導出される。

[0179] さらに、導管１４、第２のガラス溶融槽２０、及びブッシング２２のそれぞれを独立に加熱する。それぞれの温度は、導管１４で１３００～１４５０℃、第２のガラス溶融槽２０で１２９０～１４００℃、ブッシング２２で１２５０～１３００℃とする。なお、導管１４、第２のガラス溶融槽２０、及びブッシング２２の中の溶融ガラスの温度より、第１のガラス溶融槽６１２の中の溶融ガラスの温度が高くなるように温度制御することが好ましい。このようにすることにより、リボイルによる気泡の発生を抑制することができる。

[0180] その後、第１のガラス溶融槽６１２から導管１４を通して第２のガラス溶融槽２０に溶融ガラスを導入する。そして、溶融ガラスをブッシング２２のノズル２２ａから図示しない巻取り機により高いテンションで巻き取られることで溶融ガラスを紡糸し繊維化する。一のノズル２２ａからの溶融ガラスの吐出流量は、例えば０．０５～５．０ｇ／分である。

[0181] このように、第１のガラス溶融槽６１２の溶融ガラスを減圧雰囲気下に晒すことで、ガラスから効果的に気泡を除くことができる。また、第１のガラス溶融槽６１２、第２のガラス溶融槽２０、及びブッシング２２を加熱するだけでなく導管１４をも加熱し、しかも独立に温度制御することで、導管１４でガラスが固まるのを抑制することができる。すなわち、ガラス繊維の製造においては、単位時間当たりに紡糸されるガラス重量が小さく、持込熱量が少ないため導管１４の途中で溶融ガラスが冷却され固まるおそれがあるが、本実施形態では上記構成により導管１４でガラスが固まるのを抑制している。

[0182] そして、第１のガラス溶融槽６１２の溶融ガラス液面が、第２のガラス溶融槽２０の溶融ガラス液面よりも１５０ｃｍ以上高い状態で紡糸する。より好ましくは、２３０ｃｍ～４６０ｃｍとする。この程度の高さにすれば、第１のガラス溶融槽６１２の溶融ガラス液面を大気圧と比べて０．４～０．９気圧程度低くすることができ、溶融ガラス中のガスが連続的に既存の気泡内に拡散して泡径が急激に大きくなることで、大きな脱泡効果を得ることができる。

[0183] また、第１のガラス溶融槽６１２が晒される減圧雰囲気、すなわち減圧ハウジング６１６内の気圧と大気圧との圧力差が一定になるように、第１の吸引装置６１８による吸引量を制御する。このようにすることで、大気圧の微小な変動による溶融ガラスの液面変動を抑えることができる。

[0184] 更に、第１のガラス溶融槽６１２への固形原料の投入量は、第２のガラス溶融槽２０の溶融ガラス液面の高さに基づいて、その高さが一定になるように制御する。また、第２のガラス溶融槽２０の溶融ガラス液面の面積を、第１のガラス溶融槽６１２の溶融ガラス液面の面積以上とする。このようにすれば、第２のガラス溶融槽２０の液位の変動を少なくすることができ、第２のガラス溶融槽２０の壁面と溶融ガラスの接触面からの抱込み泡の発生を抑制することができる。また、紡糸するガラス繊維の太さの変動を抑制し、ガラス繊維の番手変動による成形品の強度や電気特性のバラツキを抑えること

ができる。

[0185] 以上詳述したように、本実施形態のガラス溶融装置６００では、第１のガラス溶融槽６１２において減圧雰囲気下で固形原料を溶融することで、溶融ガラスから気泡を除くことができるため、紡糸されるガラス繊維中への気泡の混入を効果的に低減することが可能となる。そして、下部開閉機構６２８ｃを閉めた状態で容器部６２８ａに固形原料を投入し、上部開閉機構６２８ｂ及び下部開閉機構６２８ｃを閉じた状態で容器部６２８ａ内を減圧し、下部開閉機構６２８ｃのみを開けて固形原料を第１のガラス溶融槽６１２に投入することで、第１のガラス溶融槽６１２を大気圧に晒すことなく固形原料を第１のガラス溶融槽６１２に投入することができるため、第１のガラス溶融槽６１２の圧力変動を抑えることができる。これにより、第１のガラス溶融槽６１２における溶融ガラスの液位変動が抑えられるため、第１のガラス溶融槽６１２の壁面と溶融ガラスの接触面からの抱込み泡の発生を抑制することができる。なお、第１のガラス溶融槽６１２における溶融ガラスの液位変動が抑えられるため、第２のガラス溶融槽２０における溶融ガラスの液位変動も抑えられ、第２のガラス溶融槽２０の壁面と溶融ガラスの接触面からの抱込み泡の発生を抑制することができる。これにより、紡糸するガラス繊維の太さの変動を抑制し、ガラス繊維の番手変動による成形品の強度や電気特性のばらつきを抑えることができる。

[0186] このとき、固形原料を直接第１のガラス溶融槽６１２に投入すると、第１のガラス溶融槽６１２の底部の早流れにより、溶融ガラスから気泡を除くための十分な滞留時間が確保できないおそれがある。しかしながら、減圧ハウジング６１６の導入口６１６ａ直下にバスケット６３４を設けることで、圧力容器６２８から投入された固形原料は、バスケット６３４内において溶融された後に、開口６３４ａから流出して第１のガラス溶融槽６１２から導管１４に流れていく。これにより、第１のガラス溶融槽６１２内において溶融ガラスから気泡を除くための十分な滞留時間を確保することができるため、紡糸されるガラス繊維中への気泡の混入をより効果的に低減することが可能

となる。

[0187] そして、第１のガラス溶融槽６１２に上部仕切板６３６を設けることで、溶融ガラスから除かれた気泡が溶融ガラスの流れに伴って進行するのを上部仕切板６３６により阻害することができるため、この気泡が導管１４に流れていくのを防止することができる。これにより、紡糸されるガラス繊維中への気泡の混入をより効果的に低減することが可能となる。

[0188] また、第１のガラス溶融槽６１２に下部仕切板６３８を設けることで、第１のガラス溶融槽６１２において溶融された溶融ガラスは、下部仕切板６３８を乗り越えた後に導管１４に流れていくため、溶融ガラスから気泡を除くために十分な滞留時間を確保することができるとともに、溶融ガラスから除かれた気泡が、第１のガラス溶融槽６１２の底部の早流れに乗って導管１４に流れていくのを防止することができる。これにより、紡糸されるガラス繊維中への気泡の混入をより効果的に低減することが可能となる。しかも、完全に溶融していない固形原料は、下部仕切板６３８により進行を阻害されるため、この固形原料が導管１４に流れていくのを防止することができる。

[0189] 以上、本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されることなく、種々の変形が可能である。例えば、第１の実施形態では、一の第１のガラス溶融槽１２から一の第２のガラス溶融槽２０に溶融ガラスを供給して紡糸する場合について説明したが、図１５に示すガラス溶融装置１００ａのように、多数のノズル２２ａを有するブッシング２２が底部に設けられた第３のガラス溶融槽６０を備えていてもよい。

[0190] 第３のガラス溶融槽６０の構造は、第２のガラス溶融槽２０と同様である。このガラス溶融装置１００ａでは、第３のガラス溶融槽６０を複数備えており、これら第３のガラス溶融槽６０は上部が開口され大気圧雰囲気に晒されている。第２のガラス溶融槽２０と第３のガラス溶融槽６０とは、連通管６２により連通されており、第２のガラス溶融槽２０から第３のガラス溶融槽６０へと溶融ガラスが供給されるようになっている。ここで、連通管６２および第３のガラス溶融槽６０には独立して温度制御可能な加熱手段が設け

られていると好ましい。

[0191] このガラス溶融装置１００ａは、第３のガラス溶融槽６０を備えるため、一の第１のガラス溶融槽１２を共用して、より多くのガラス繊維を効率よく製造することができる。また、第２のガラス溶融槽２０や一の第３のガラス溶融槽６０に不具合が発生しても、当該溶融槽の下部のブッシングの温度を低くして紡糸を停止し、第２の溶融槽や他の第３の溶融槽の下部のブッシングのノズルから紡糸を継続することができる。

[0192] なお、更に第３のガラス溶融槽６０を設け、第３のガラス溶融槽６０同士を連通管６２で連通してもよい。また、第２及び第３のガラス溶融槽２０，６０の液位の変動を少なくする観点からは、第２及び第３のガラス溶融槽２０，６０の溶融ガラス液面の面積を実質的に同一にし、第２及び第３のガラス溶融槽２０，６０の溶融ガラス液面の面積の合計を、第１のガラス溶融槽１２の溶融ガラス液面の面積以上とすると好ましい。

[0193] また、図１６に示すガラス溶融装置１００ｂのように、導管１４から直接溶融ガラスが供給される第２のガラス溶融槽２０を複数備えてもよい。この場合、導管１４は途中で第２のガラス溶融槽２０の数だけ分岐される。このようにしても、一の第１のガラス溶融槽１２を共用して、より多くのガラス繊維を効率よく製造することができる。なお、第２のガラス溶融槽２０は互いに連通管で連通していてもよい。

[0194] また、複数の第２のガラス溶融槽２０の液位の変動を少なくする観点からは、それぞれの第２のガラス溶融槽２０の溶融ガラス液面の面積を実質的に同一にし、複数の第２のガラス溶融槽２０の溶融ガラス液面の面積の合計を、第１の溶融槽の溶融ガラス液面の面積以上とすることが好ましい。

[0195] また、第１の実施形態では、一の第１のガラス溶融槽１２から一の第２のガラス溶融槽２０に溶融ガラスを供給して紡糸する場合について説明したが、複数の第１のガラス溶融槽１２から一の第２のガラス溶融槽２０に溶融ガラスを供給するようにしてもよい。このようにすれば、一の第１のガラス溶融槽１２での溶融ガラスの供給に不具合が生じた場合は、不具合が発生した

第１のガラス溶融槽１２やその下部の導管１４で溶融ガラスを冷却することで、溶融ガラスを固めて一の第１のガラス溶融槽１２からの溶融ガラスの供給を停止しつつ、他の第１のガラス溶融槽１２からの溶融ガラスの供給により紡糸を継続することができる。なお、この場合においても、第２のガラス溶融槽２０の液位の変動を少なくする観点からは、第１のガラス溶融槽１２の溶融ガラス液面の面積を実質的に同一にし、第２のガラス溶融槽２０の溶融ガラス液面の面積を、複数の第１のガラス溶融槽１２の溶融ガラス液面の面積の合計以上とすると好ましい。

[0196] また、第１の実施形態では、第２のガラス溶融槽２０にブッシング２２が一つ設けられる形態について説明したが、図１７に示すガラス溶融装置１００ｃのように、第２のガラス溶融槽２０を大きくして、底部にブッシング２２を複数設けるように構成してもよい。このようにすれば、一つのブッシング２２で不具合が生じても、他のブッシング２２を介して紡糸を続けることで、安定したガラス繊維の製造が可能になる。

[0197] さらに、図１に示すガラス溶融装置１００や、図１７に示すガラス溶融装置１００ｃを複数並列に設け、それぞれの第２のガラス溶融槽を連通管で連通することもできる。この場合、第１の溶融槽や導管で不具合が発生しても、また第２の溶融槽や連通管で不具合が発生しても、作業を中断することなく安定して連続してガラス繊維を製造することができる。

[0198] また、第３及び第４の実施形態では、導管ハウジング３１７ｂ内に耐火断熱レンガ２４ａと弾性断熱材２４ｂとが収容されているものとして説明したが、初期状態で耐火断熱レンガ２４ａのみを収容しておき、導管１４及び導管ハウジング３１７ｂが熱膨張したときに、断熱材挿入口３７０から弾性断熱材２４ｂを挿入するものとしてもよい。

[0199] また、第４の実施形態において、仕切部材４２０は、導管ハウジング３１７ｂの内壁から内側に突出するフランジ状に形成されるものとして説明したが、断熱材２４を仕切るとともに支持することができれば如何なる形状であってもよく、導管ハウジング３１７ｂの内壁から内側に突出する舌片状や矩

形板状であってもよい。

[0200] また、第６の実施形態では、第２の吸引装置６３０により圧力容器６２８の容器部６２８ａ内を減圧するものとして説明したが、図１８に示すガラス溶融装置６００ａのように、第１の吸引装置６１８により圧力容器６２８の容器部６２８ａ内を減圧するものとしてもよい。この場合、第１の吸引装置６１８と容器部６２８ａとを連通する配管にバルブ６５０を取り付けておき、通常時はバルブ６５０を閉めておき、容器部６２８ａ内を減圧するときのみバルブ６５０を開ける。このように構成することで、第１のガラス溶融槽６１２の気圧と容器部６２８ａ内の気圧とを容易に一致させることができる。しかも、第１の吸引装置６１８のみで第１のガラス溶融槽６１２と容器部６２８ａとの双方を減圧させることができるため、コストを低減することができる。

[0201] また、第６の実施形態では、導入口６１６ａの直下にバスケット６３４を設けるものとして説明したが、図１９に示すガラス溶融装置６００ｂのように、バスケット６３４の代わりに第１のガラス溶融槽６１２を仕切る仕切板６６０を設けるものとしてもよい。この仕切板６６０は、上部仕切板６３６及び下部仕切板６３８よりも導入口６１６ａに近接した位置であって、上部仕切板６３６及び下部仕切板６３８よりも上流に配置されている。仕切板６６０は、第１のガラス溶融槽６１２を横断するように第１のガラス溶融槽６１２の底面から上方に向けて延在しており、中央部及び上部に複数の開口６６０ａが形成されている。このため、開口６６０ａは、溶融ガラスの液面付近に配置される。

[0202] このように構成することで、第１のガラス溶融槽６１２に投入された固形原料６７０は、仕切板６６０に仕切られた領域内に収容された状態で溶融され、溶融した溶融ガラスのみが開口６６０ａから導管１４に向けて流れ出す。そして、仕切板６６０の下部に開口６６０ａを形成しないことで、ガラス溶融装置６００の立ち上げ時や気圧の変動などの理由で第１のガラス溶融槽６１２の液位がバスケット６３４よりも低下した場合でも、仕切板６６０に

仕切られた導入口６１６ａ直下の領域に溶融ガラスを溜めておくことができる。このため、圧力容器６２８から投入された固形原料が直接第１のガラス溶融槽６１２に衝突することにより生じる第１のガラス溶融槽６１２の変形や、第１のガラス溶融槽６１２の白金が異物となって溶融ガラスに混ざるのを防止することができる。

[0203] また、第６の実施形態では、容器部６２８ａ内の気圧と減圧ハウジング６１６内の気圧とを同圧化させるために同圧化バルブ６３２を設けるものとして説明したが、例えば、下部開閉機構６２８ｃを僅かに開けることで、容器部６２８ａ内の気圧と減圧ハウジング６１６内の気圧とを同圧化させるものとしてもよい。

[0204] また、第６の実施形態では、上部仕切板６３６及び下部仕切板６３８をそれぞれ２組ずつ設けるものとして説明したが、その数、組み合わせ、配置方法などは適宜選択することができ、例えば、１組ずつ設けてもよく、何れか一方のみを設けてもよい。

実施例

[0205] 次に、図１に示すガラス溶融装置１００を用いてガラス繊維を製造した場合における、脱泡効果を確かめる実証試験とその試験結果について説明する。

[0206] この実証試験では、図１に示すガラス溶融装置１００を用いて、第１のガラス溶融槽１２にＥガラスマーブルを直接投入し、溶融と減圧脱泡を同時に行い、導管１４、第２のガラス溶融槽２０を介して、ブッシング２２でガラス繊維の溶融紡糸を行なった。そして、このガラス溶融装置１００を用いて溶融ガラスを高速で紡糸し、良好にガラス繊維を得ることができることを確かめた。そして、脱泡効果を確かめるため、第２の溶融槽のブッシング２２のノズルから溶融ガラスを流下させビーズ状にすることで、ビーズ内に混入する気泡の個数を顕微鏡観察により調べた。

[0207] ここで、原料投入量のばらつきにより、ブッシング２２のノズル２２ａから吐出される流量と等価にならない場合を想定して、第２のガラス溶融槽２

０の液面面積は、第１のガラス溶融槽１２の液面面積と同等（３４０００ｍｍ^2）とすることで、第２のガラス溶融槽２０の液面変動を制御しやすく、ガラス繊維の繊維径への原料投入量のばらつきによる影響を低くした。

[0208] 減圧脱泡による溶融紡糸の定常運転が開始された後、ブッシング２２のノズル２２ａから吐出された溶融ガラスをビーズ状になるまで保持した後、これを採取した。

[0209] なお、この実証試験における各条件を表１に示す。

[表1]

ガラスの種類	Ｅガラス
第１のガラス溶融槽内の圧力	０．３ atm
第２のガラス溶融槽内の圧力	１．０atm（大気圧）
第２のガラス溶融槽の液面に対する第１の溶融槽の液面の高さ	２９０ｃｍ
制御温度（第１のガラス溶融槽）	１４７０ ℃
制御温度（導管）	１４００ ℃
制御温度（第２のガラス溶融槽、ブッシング）	１２９０ ℃
４００個のノズルからの総吐出流量	５０ ｇ／ｍｉｎ
第１のガラス溶融槽の液面面積	３４０ ｃｍ^2
第２のガラス溶融槽の液面面積	３４０ ｃｍ^2
導管断面積	５ ｃｍ^2

[0210] １個当たり約３～１０ｇ（平均約６ｇ）のガラスビーズ５０ｋｇを顕微鏡観察し、ビーズ内の気泡の個数を調べた。気泡の数は１個／ｋｇであった。

[0211] また、別個の溶融槽で第１の溶融槽、導管、および第２の溶融槽中の溶融ガラスと同重量のガラスマーブルを大気圧下で溶融し、得られたガラスマーブルの気泡数を同様の方法で調べた。気泡数は約１００個／ｋｇであった。このことから減圧脱泡によるガラス溶融装置１００の脱泡効果が高いことが分わかった。

[0212] 図２０は、大気圧でのみガラスを溶融し、ガラスの静水圧によりブッシングのノズルから溶融ガラスを流下させて作製したガラス塊（同図（ａ））と、図１のガラス溶融装置１００により溶融ガラスを減圧脱泡してガラスを溶融して、溶融ガラスを流下させて作製したガラス塊（同図（ｂ））のガラスビーズを顕微鏡で観察した写真である。図２０に示すように、本実施形態の

ガラス溶融装置１００により溶融ガラスを減圧脱泡して紡糸した場合、顕著な脱泡効果が得られることが分かる。

産業上の利用可能性

[0213] 本発明は、ガラス繊維を紡糸するためにガラス原料を溶融するガラス繊維製造用ガラス溶融装置として利用可能である。

符号の説明

[0214] １００，１００ａ，１００ｂ，１００ｃ，２００，３００，４００，５００，６００，６００ａ，６００ｂ…ガラス繊維製造用ガラス溶融装置（ガラス溶融装置）、１２…第１のガラス溶融槽、１４…導管、１６…減圧ハウジング、１６ａ…導入口、１６ｂ…吸引口、１８…吸引装置（第１の吸引装置）、２０…第２のガラス溶融槽、２２…ブッシング、２２ａ…ノズル、２４…断熱材、２４ａ…耐火断熱レンガ、２４ｂ…弾性断熱材、３０…加熱手段、３２…電極部、４０…フランジ、４２…上フランジ、４４…下フランジ、４６…パッキン、４８…Ｏリング、５０…水冷管、６０…第３のガラス溶融槽、６２…連通管、２１４…導管、２１４ａ…導管分岐部、３１６…減圧ハウジング、３１６ａ…導入口、３１６ｂ…吸引口、３１７ａ…溶融槽ハウジング、３１７ｂ…導管ハウジング、３６０…伸縮ハウジング部、３６１…蛇腹部、３６２…第１フランジ部、３６３…第２フランジ部、３６４…支持部、３７０…断熱材挿入口、４２０…仕切部材、５１４ａ～５１４ｄ…伸縮導管部、６１２…第１のガラス溶融槽、６１６…減圧ハウジング、６１６ａ…導入口、６１６ｂ…吸引口、６１８…第１の吸引装置、６２６…原料計量部、６２８…圧力容器（投入容器）、６２８ａ…容器部、６２８ｂ…上部開閉機構（第１の開閉機構）、６２８ｃ…下部開閉機構（第２の開閉機構）、６３０…第２の吸引装置、６３２…同圧化バルブ、６３４…バスケット（溶融槽内容器）、６３４ａ…開口、６３６…上部仕切板、６３８…下部仕切板、６５０…バルブ、６６０…仕切板、６６０ａ…開口、６７０…固形原料。

請求の範囲

[請求項1] 第１のガラス溶融槽と、

前記第１のガラス溶融槽から下方に延びる導管と、

前記第１のガラス溶融槽を減圧雰囲気に晒すための第１の吸引装置と、

前記導管の下方に設けられ大気圧雰囲気に晒される第２のガラス溶融槽と、

前記第２のガラス溶融槽の底部に設けられ多数のノズルを有するブッシングと、

を備えることを特徴とするガラス繊維製造用ガラス溶融装置。

[請求項2] 前記第１のガラス溶融槽、前記導管、前記第２のガラス溶融槽、及び前記ブッシングのそれぞれは、独立して温度調整可能な加熱手段を備えることを特徴とする請求項１に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置。

[請求項3] 前記導管の上部または前記第１の溶融槽と、前記導管の下部とには、それぞれ電極部が設けられ、前記導管は通電加熱されることを特徴とする請求項２に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置。

[請求項4] 前記導管の下部には、前記導管から分岐して上方に向けて延びる導管分岐部が形成されており、

前記導管の上部または前記第１の溶融槽と、前記導管分岐部とには、それぞれ電極部が設けられ、前記導管及び前記導管分岐部は通電加熱されることを特徴とする請求項２に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置。

[請求項5] 前記第１のガラス溶融槽及び前記導管は、前記第１の吸引装置により減圧される減圧ハウジングによって覆われていることを特徴とする請求項１～４のいずれか１項に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置。

[請求項6] 前記導管の下部と前記減圧ハウジングとは、水冷管を有するフラン

ジを介して連結されていることを特徴とする請求項５に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置。

[請求項7] 前記第１のガラス溶融槽、前記導管、及び前記第２のガラス溶融槽は、少なくとも内面が白金または白金合金で形成されていることを特徴とする請求項１～６のいずれか１項に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置。

[請求項8] 前記第２のガラス溶融槽の底部には、前記ブッシングが複数設けられていることを特徴とする請求項１～７のいずれか１項に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置。

[請求項9] 多数のノズルを有するブッシングが底部に設けられており大気圧雰囲気に晒される第３のガラス溶融槽と、

前記第２のガラス溶融槽と前記第３のガラス溶融槽とを連通させる連通管と、

を備えることを特徴とする請求項１～８のいずれか１項に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置。

[請求項10] 請求項１～９のいずれか１項に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置を用いたガラス繊維の製造方法であって、

前記第１のガラス溶融槽に溶融ガラス、ガラス塊、またはガラス原料を投入し、

減圧雰囲気下で前記第１のガラス溶融槽を加熱して前記溶融ガラス、ガラス塊、またはガラス原料を溶融し、

前記導管、前記第２のガラス溶融槽、及び前記ブッシングのそれぞれを加熱して溶融したガラスを前記第２のガラス溶融槽に導入し、

前記ブッシングの前記ノズルから前記溶融したガラスを紡糸してガラス繊維を製造することを特徴とするガラス繊維の製造方法。

[請求項11] 前記第１のガラス溶融槽の溶融ガラス液面を、前記第２のガラス溶融槽の溶融ガラス液面よりも１５０ｃｍ以上高くすることを特徴とする請求項１０に記載のガラス繊維の製造方法。

[請求項12] 前記第１のガラス溶融槽が晒される減圧雰囲気の気圧と大気圧との圧力差が一定になるように、前記第１の吸引装置による吸引量を制御することを特徴とする請求項１０または１１に記載のガラス繊維の製造方法。

[請求項13] 前記第２のガラス溶融槽の溶融ガラス液面の高さに基づいて、前記第１のガラス溶融槽への前記溶融ガラス、ガラス塊、またはガラス原料の投入量を制御することを特徴とする請求項１０～１２のいずれか１項に記載のガラス繊維の製造方法。

[請求項14] 前記第２のガラス溶融槽の溶融ガラス液面の面積は、前記第１のガラス溶融槽の溶融ガラス液面の面積以上とすることを特徴とする請求項９～１２のいずれか１項に記載のガラス繊維の製造方法。

[請求項15] 前記第１のガラス溶融槽及び前記導管を覆って前記第１の吸引装置により減圧される減圧ハウジングと、

前記第１のガラス溶融槽、前記導管、前記第２のガラス溶融槽、前記ブッシングをそれぞれ加熱する加熱手段と、を更に備え、

前記減圧ハウジングには、伸縮可能な伸縮ハウジング部が設けられていることを特徴とする請求項１に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置。

[請求項16] 前記減圧ハウジングには断熱材が収容されており、

前記断熱材の少なくとも一部は、弾性を有する弾性断熱材であることを特徴とする請求項１５に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置。

[請求項17] 前記減圧ハウジングには、前記断熱材を仕切る仕切部材が設けられていることを特徴とする請求項１６に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置。

[請求項18] 前記弾性断熱材は、前記仕切部材の付近に収容されていることを特徴とする請求項１７に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置。

[請求項19] 前記減圧ハウジングには、前記減圧ハウジング内に前記断熱材を挿

入するための断熱材挿入口が形成されていることを特徴とする請求項１６～１８の何れか１項に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置。

[請求項20] 前記導管には、屈曲または湾曲されて前記導管を伸縮させる伸縮導管部が形成されていることを特徴とする請求項１５～１９の何れか１項に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置。

[請求項21] 請求項１５～２０の何れか１項に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置を用いたガラス繊維の製造方法であって、

前記ガラス繊維の製造立上げ段階として、

溶融ガラス、ガラス魂、またはガラス原料を前記第１のガラス溶融槽及び前記第２のガラス溶融槽の少なくとも一方に投入する段階と、

前記第１のガラス溶融槽及び前記第２のガラス溶融槽の少なくとも一方を加熱して、前記溶融ガラス、ガラス魂、またはガラス原料を溶融し、前記導管の下端部を溶融したガラスで塞ぐ段階と、

次いで、前記第１のガラス溶融槽を減圧雰囲気に晒す段階と、

前記第１のガラス溶融槽、前記導管、前記第２のガラス溶融槽、前記ブッシングを加熱し、前記ブッシングの前記ノズルから前記溶融したガラスを紡糸する段階と、を含み、

前記ガラス繊維の製造立上げ段階に、

前記導管の熱膨張量と前記減圧ハウジングの熱膨張量との関係に基づいて前記伸縮ハウジングの伸長量を調整することを特徴とするガラス繊維の製造方法。

[請求項22] 前記導管及び前記減圧ハウジングの昇温に伴い、前記減圧ハウジング内に断熱材を挿入することを特徴とする請求項２１に記載のガラス繊維の製造方法。

[請求項23] 前記第１のガラス溶融槽及び前記導管を覆って前記第１の吸引装置により減圧される減圧ハウジングと、

前記減圧ハウジングに連結されて前記第１のガラス溶融槽に投入する固形原料が収容され、前記固形原料の入口側に設けられた第１の開

閉機構と、前記固形原料の出口側に設けられた第２の開閉機構と、が設けられた投入容器と、

前記投入容器内を減圧する第２の吸引装置と、

を更に備えることを特徴とする請求項１に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置。

[請求項24] 前記第１のガラス溶融槽には、前記投入容器から前記固形原料が投入される位置に配置されて開口が形成された溶融槽内容器が設けられていることを特徴とする請求項２３に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置。

[請求項25] 前記第１のガラス溶融槽には、溶融ガラスの上部を仕切る上部仕切板が設けられていることを特徴とする請求項１～９，１５～２０，２３，２４の何れか１項に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置。

[請求項26] 前記第１のガラス溶融槽には、溶融ガラスの下部を仕切る下部仕切板が設けられていることを特徴とする請求項１～９，１５～２０，２３～２５の何れか１項に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置。

[請求項27] 前記第１の吸引装置と前記第２の吸引装置とは同一であることを特徴とする請求項２３～２６の何れか１項に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置。

[請求項28] 請求項２３～２７の何れか１項に記載のガラス繊維製造用ガラス溶融装置を用いたガラス繊維の製造方法であって、

前記第２の開閉機構を閉めた状態で前記第１の開閉機構を開けて前記投入容器に固形原料を投入し、

前記第１の開閉機構を閉じて前記第２の吸引装置により前記投入容器内を減圧した状態で、前記第２の開閉機構を開けて、前記第１のガラス溶融槽に前記固形原料を投入し、

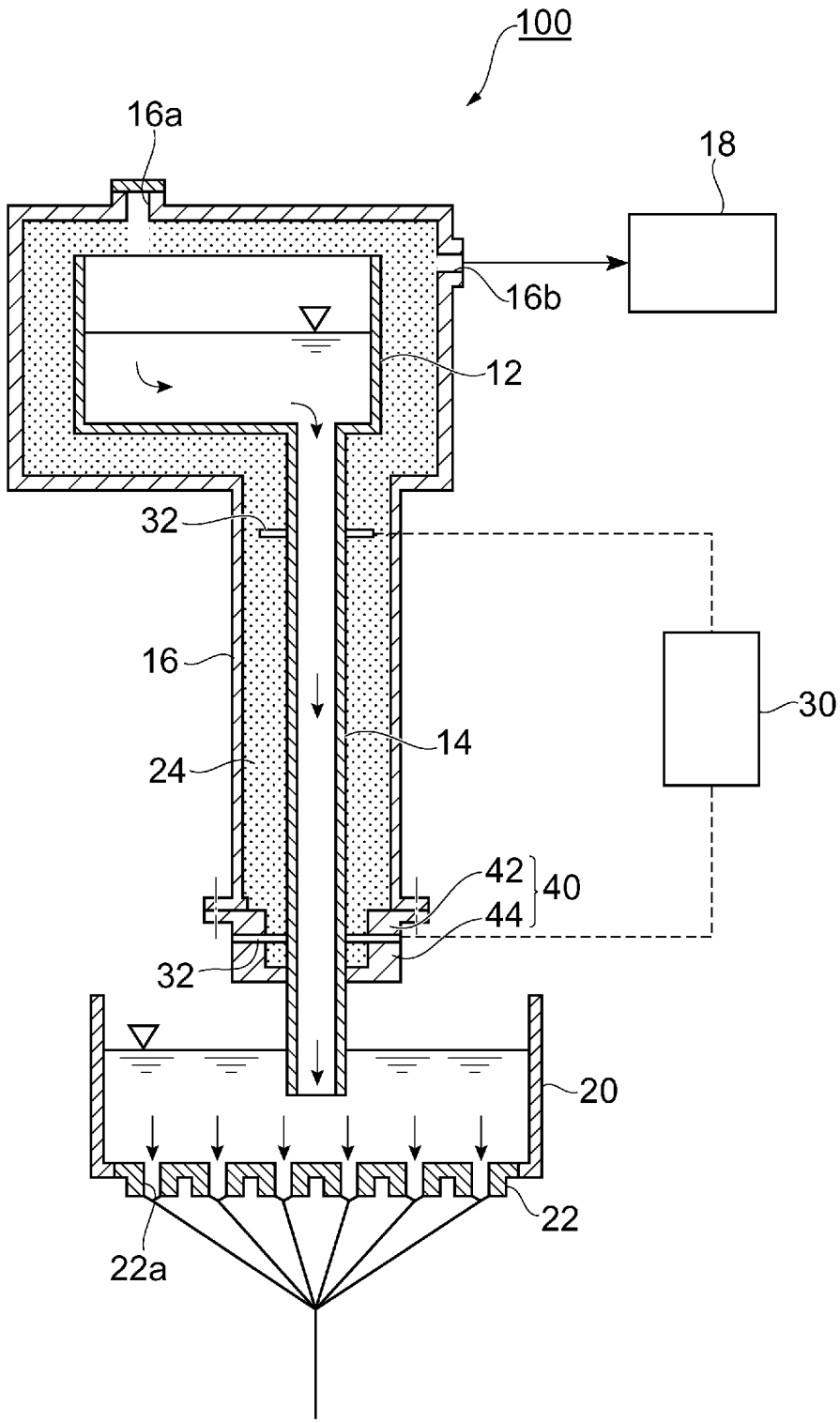
減圧雰囲気下で前記第１のガラス槽を加熱して前記固形原料を溶融し、

前記導管、前記第２のガラス溶融槽、及び前記ブッシングのそれぞ

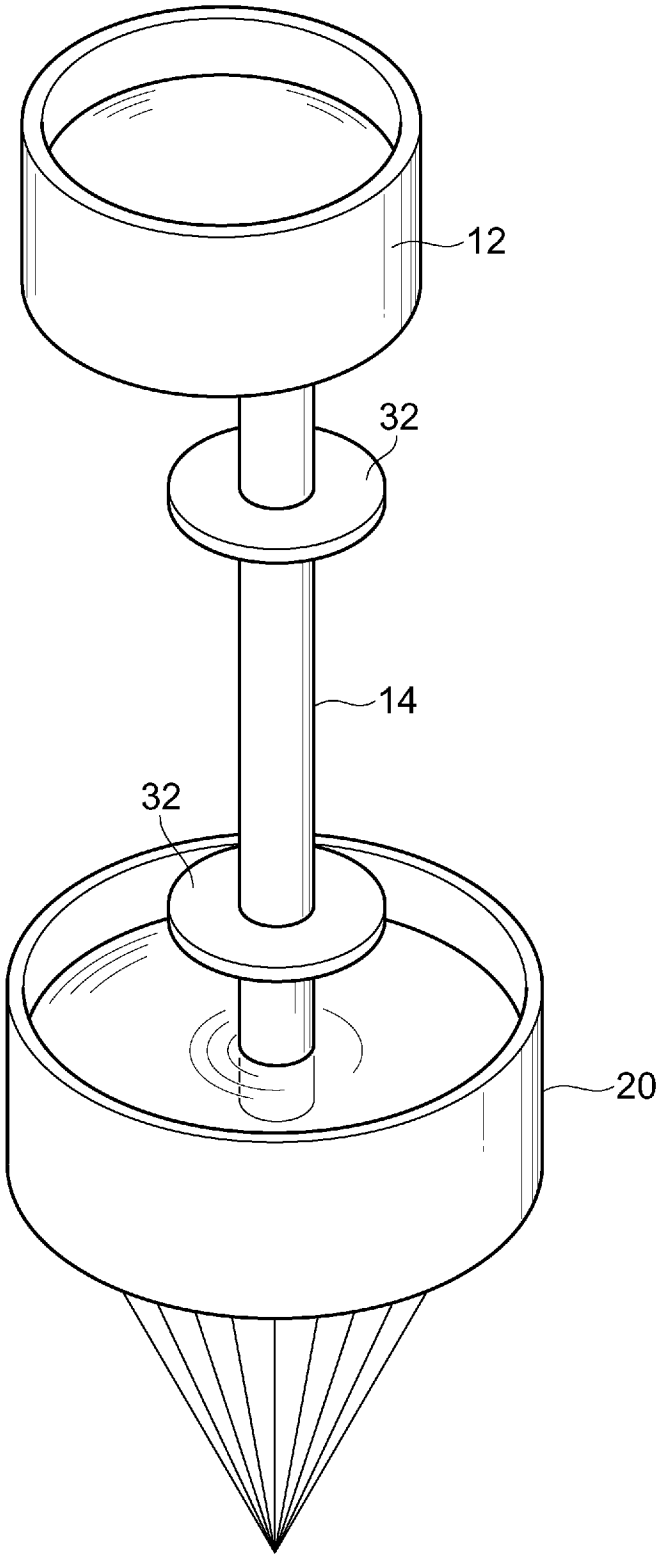
れを加熱して溶融した溶融ガラスを前記第２のガラス溶融槽に投入し、

前記ブッシングの前記ノズルから前記溶融ガラスを紡糸してガラス繊維を製造することを特徴とするガラス繊維の製造方法。

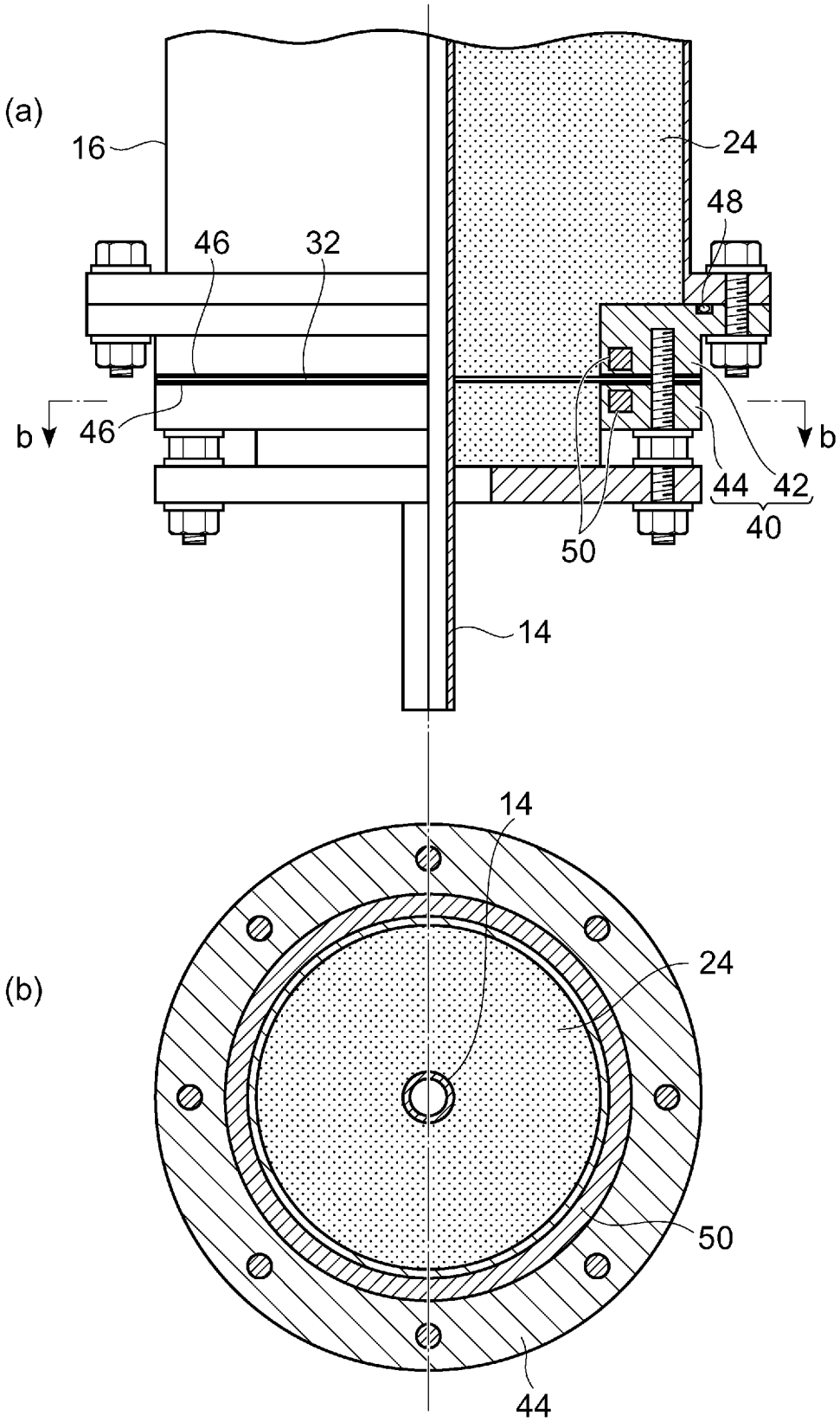
[図1]



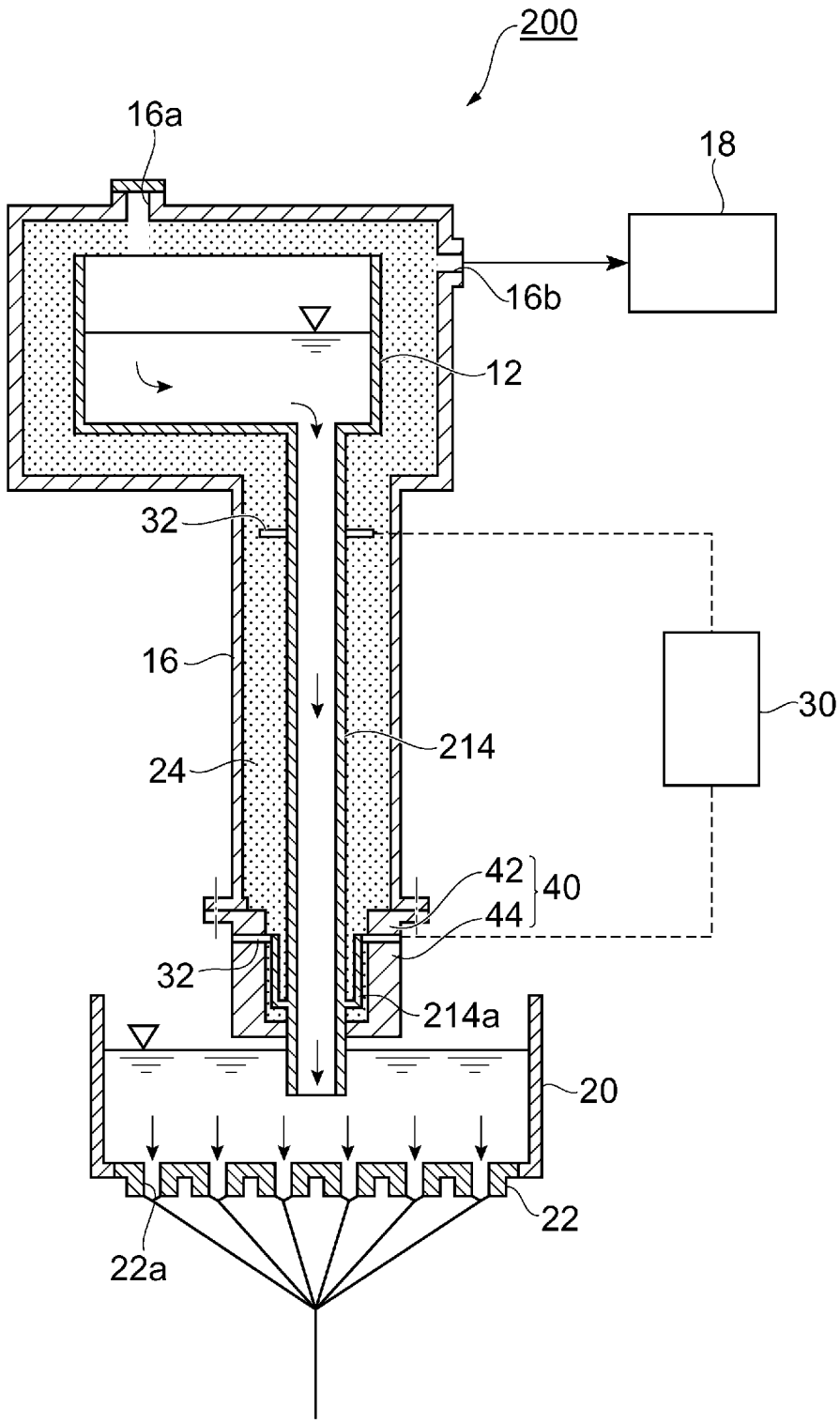
[図2]



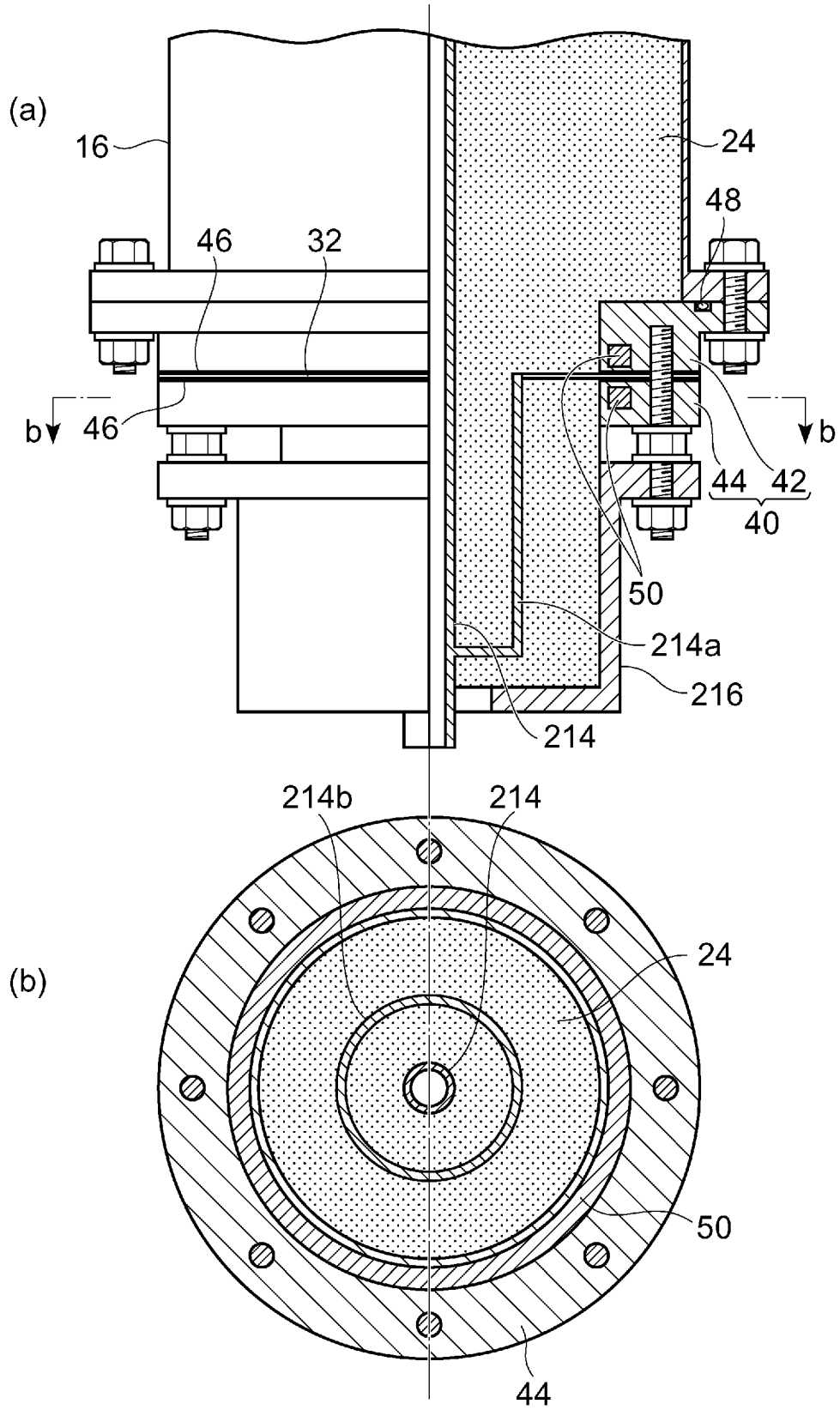
[図3]



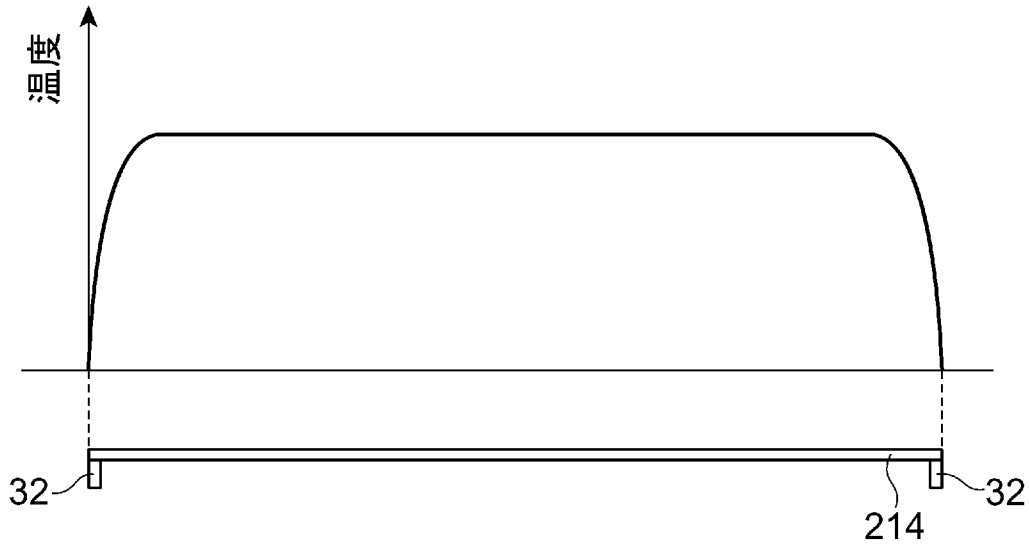
[図4]



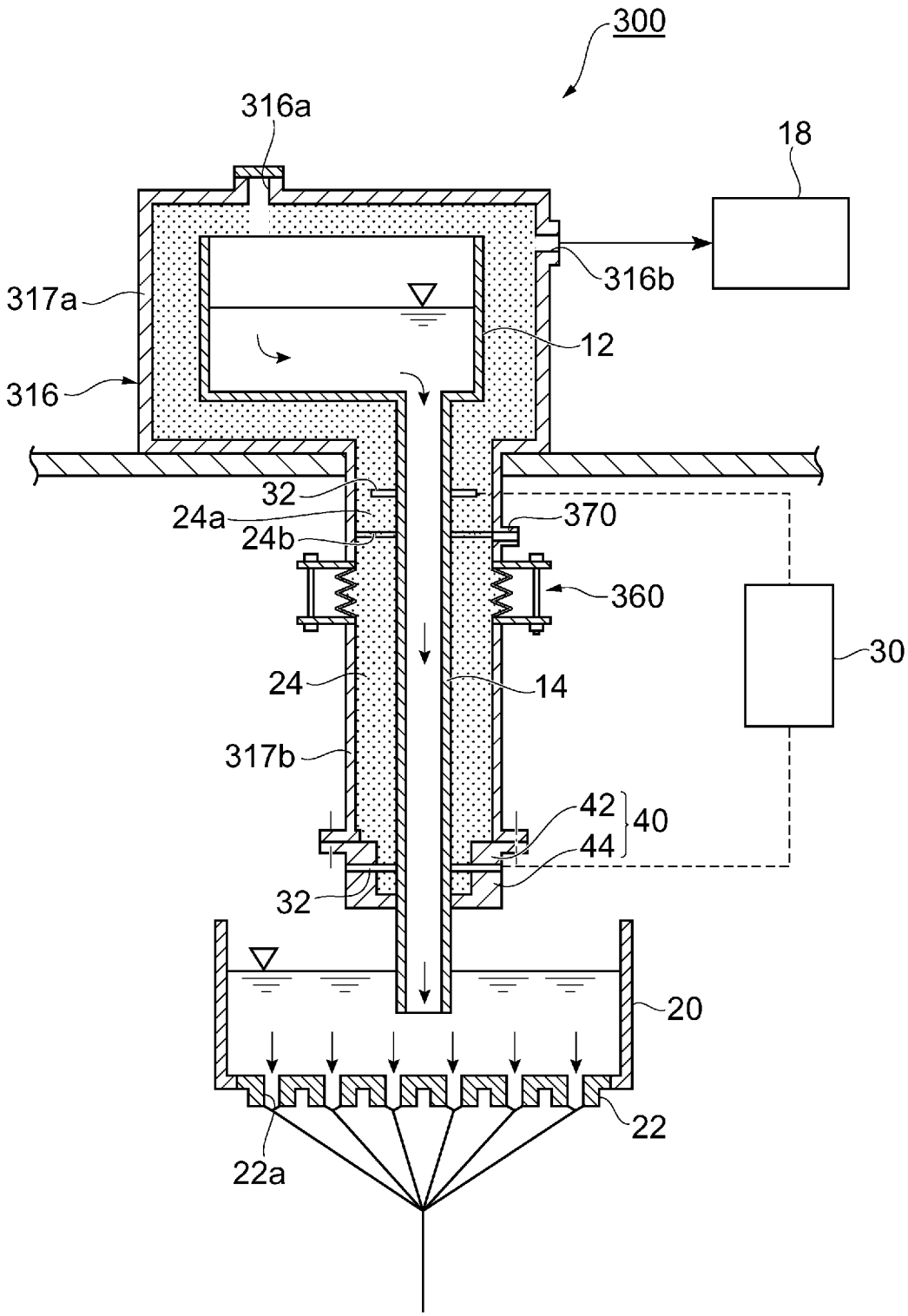
[図5]



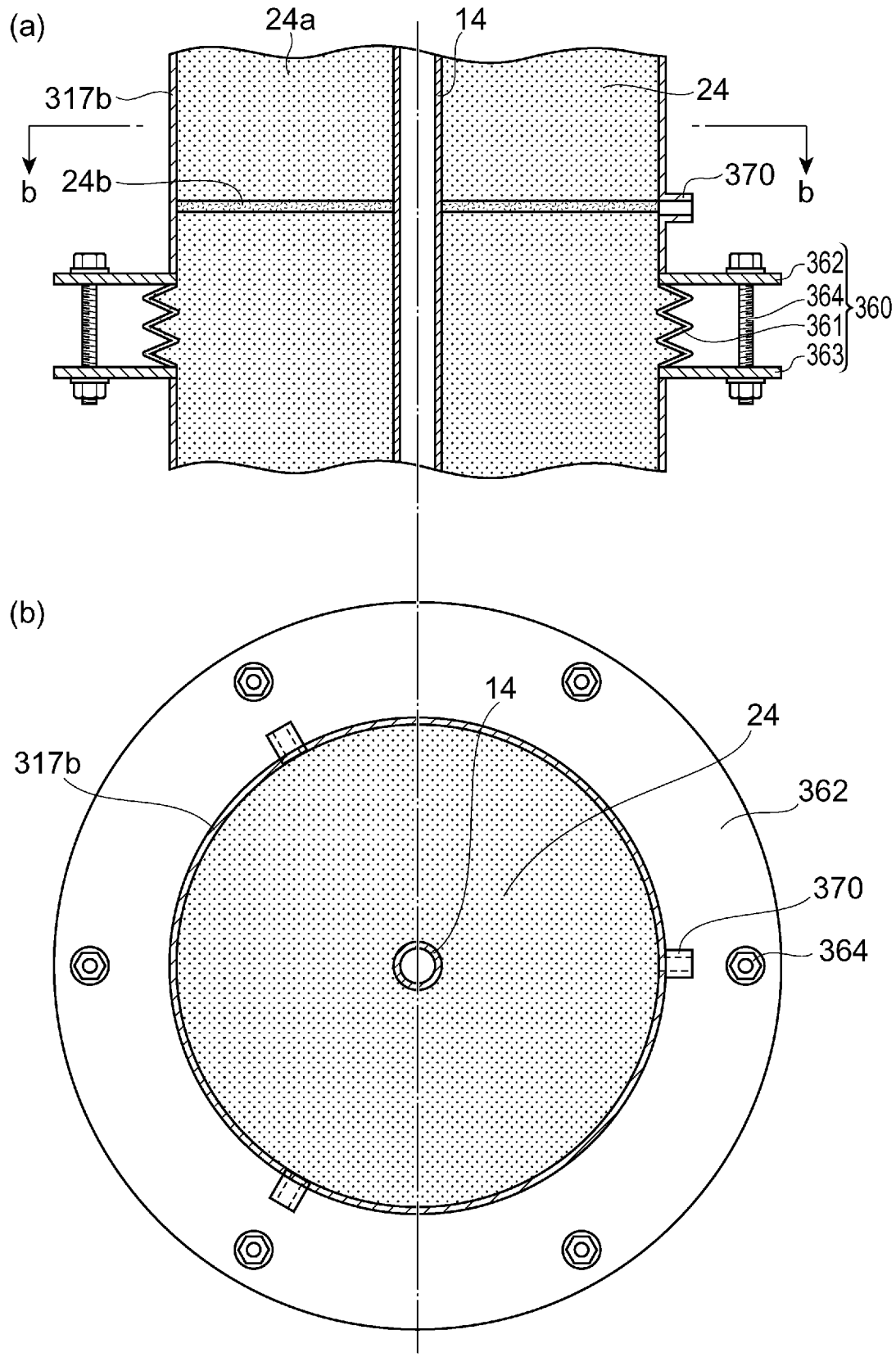
[図6]



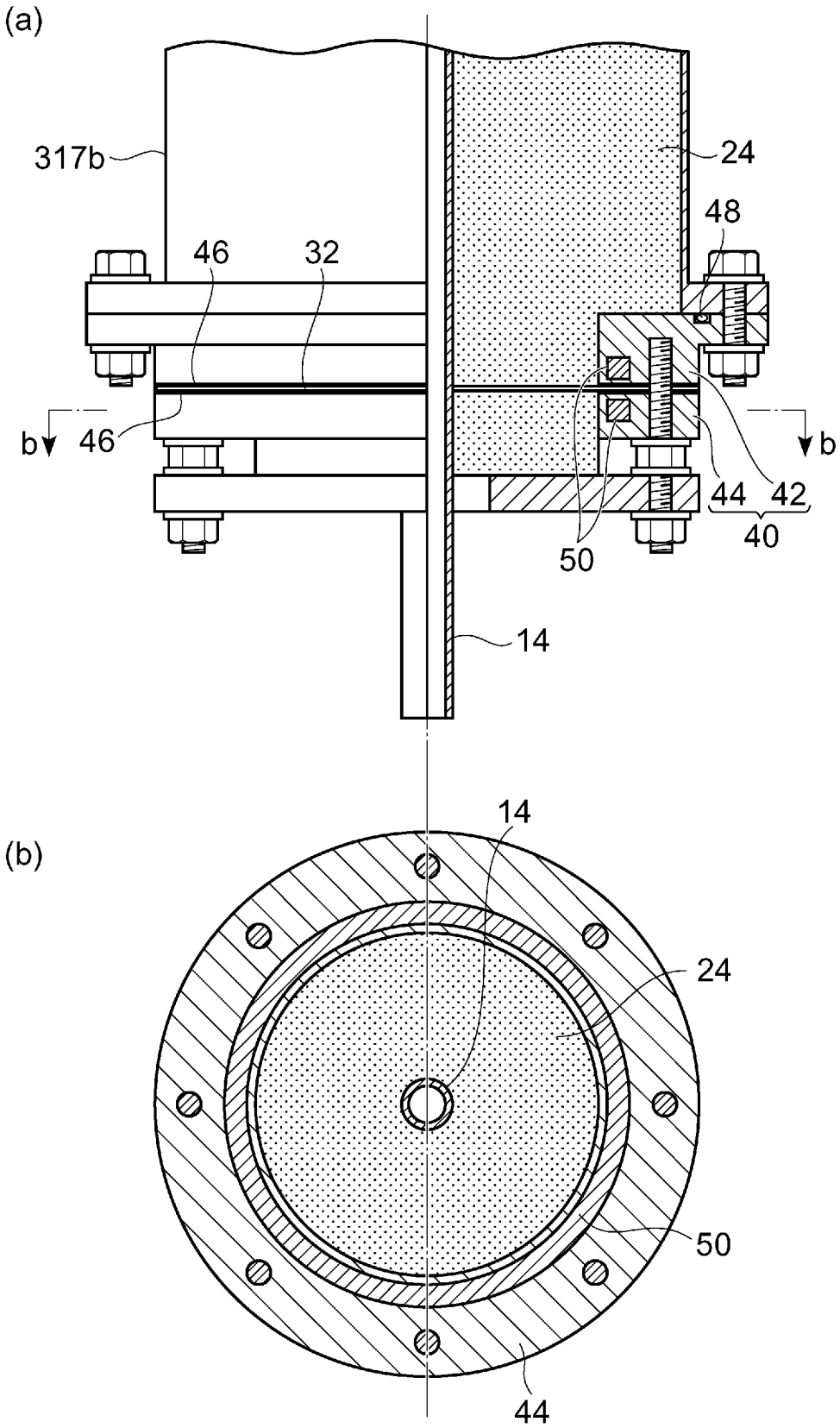
[図7]


300
316a
18
316b
317a
12
316
32
24a
24b
370
360
30
24
14
317b
42
40
44
32
20
22
22a

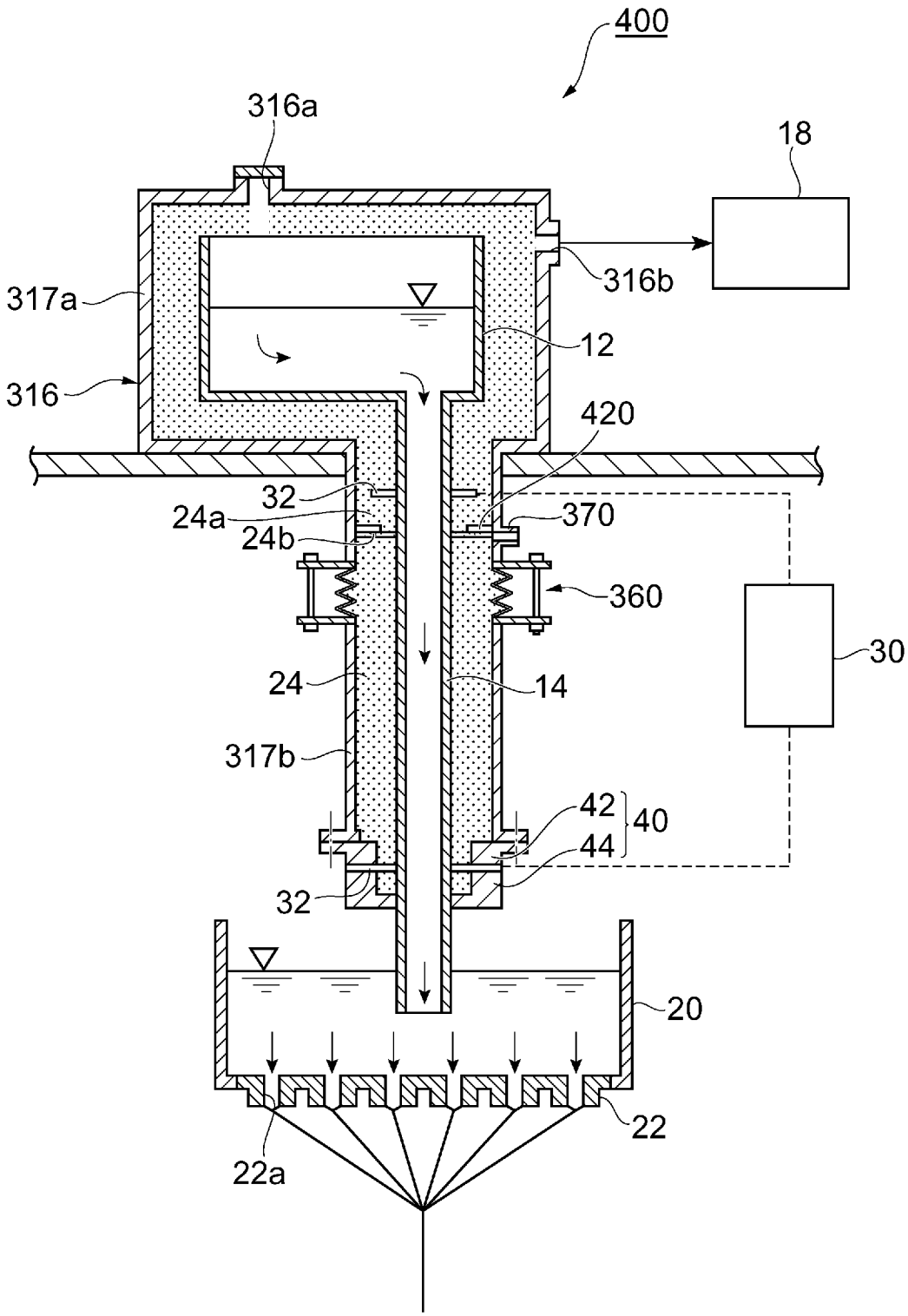
[図8]


(a)
24a
14
317b
24
b
24b
370
b
362
364
361
363
360
(b)
14
24
317b
362
370
364

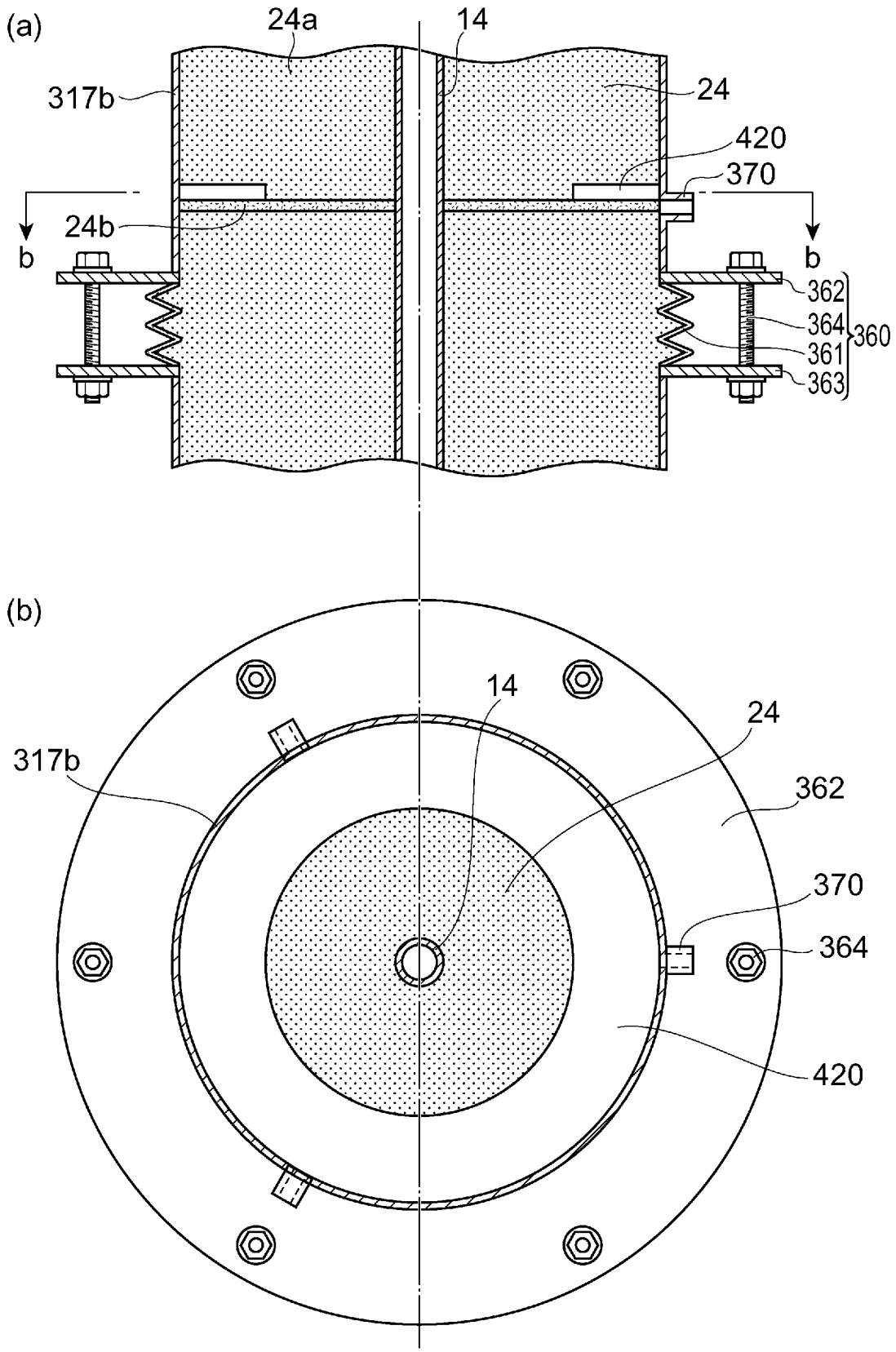
[図9]



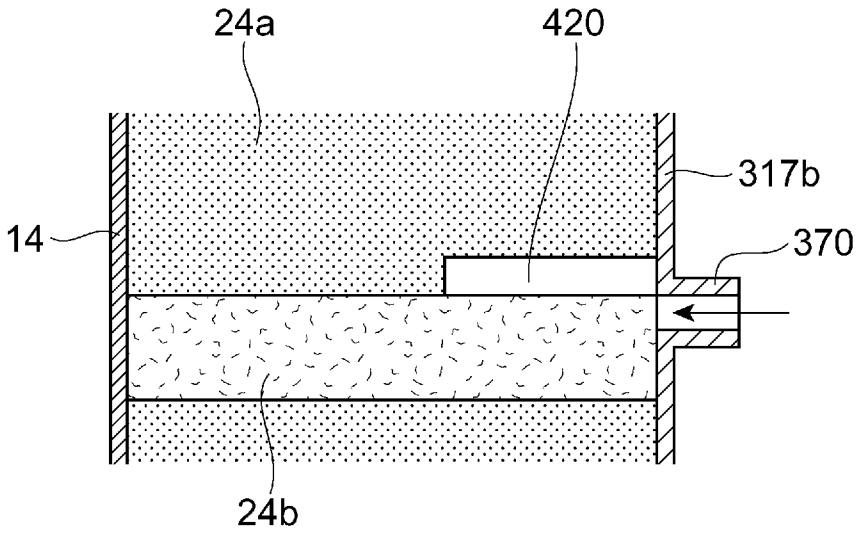
[図10]


400
316a
18
316b
317a
12
316
420
32
24a
370
24b
360
30
24
14
317b
42
40
44
32
20
22
22a

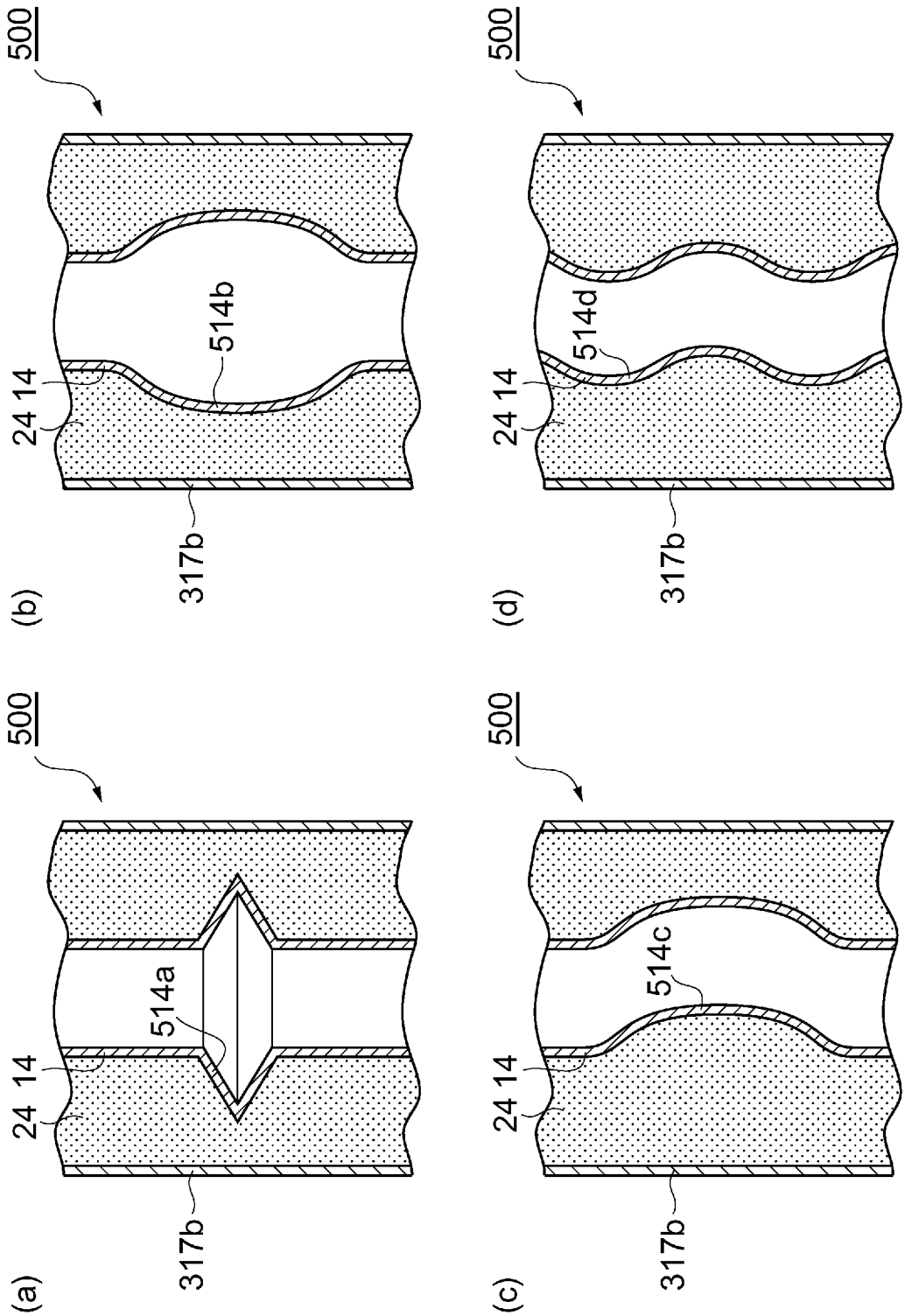
[図11]


(a)
24a
14
317b
24
420
370
24b
b
b
362
364
361
363
360
(b)
14
24
317b
362
370
364
420

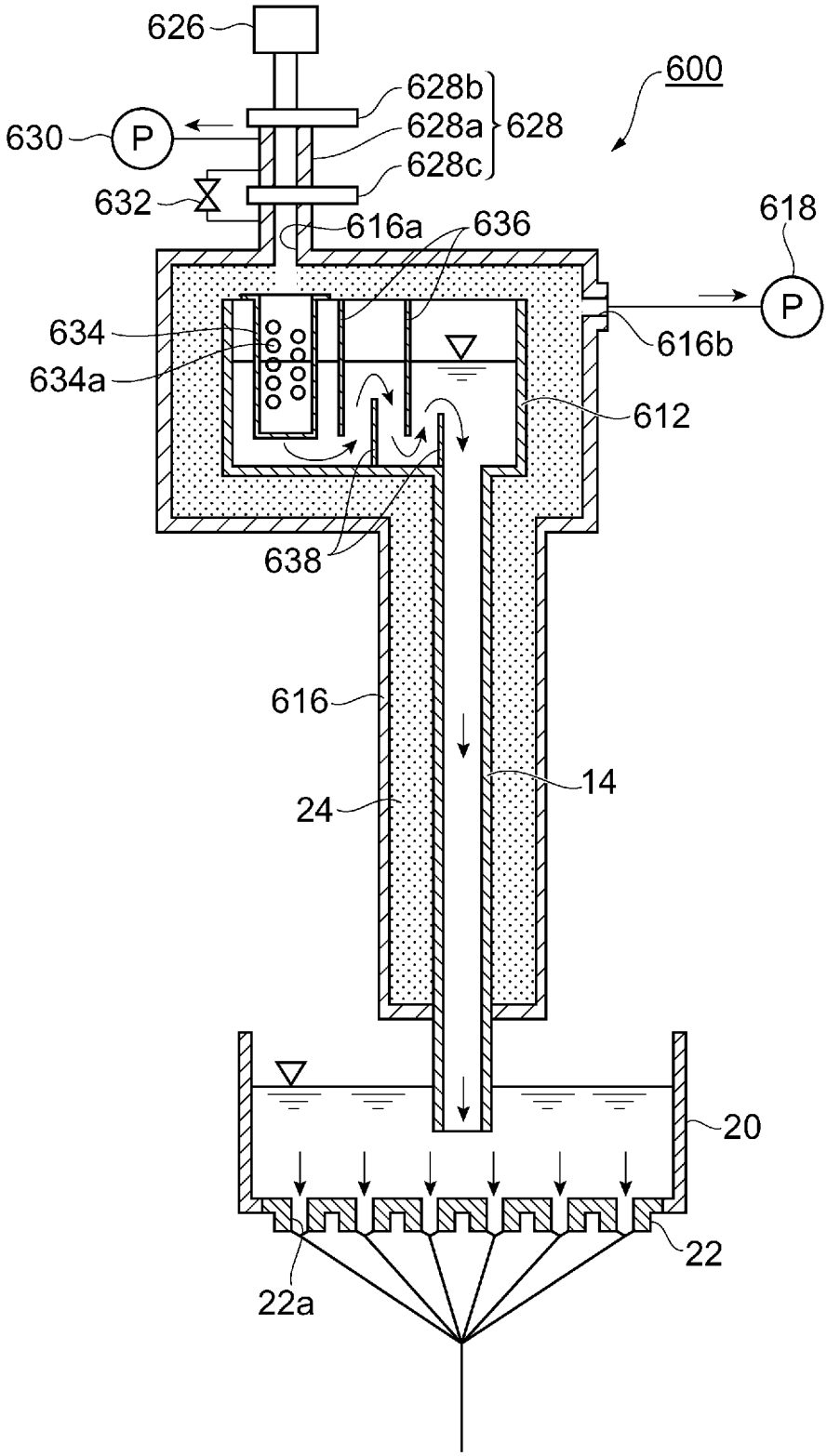
[図12]



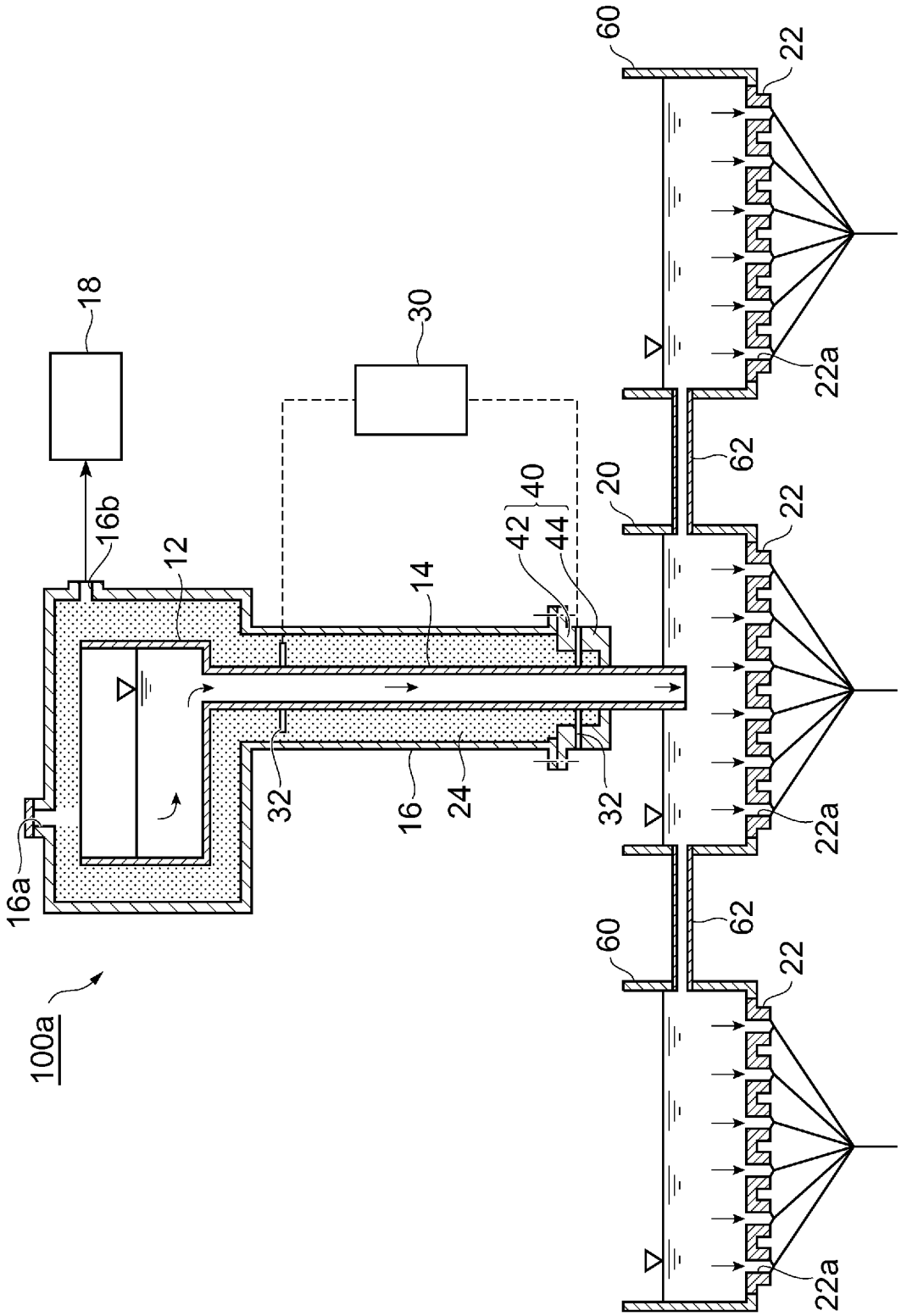
[図13]


500
514b
24 14
317b
(b)
500
514d
24 14
317b
(d)
500
514a
24 14
317b
(a)
500
514c
24 14
317b
(c)

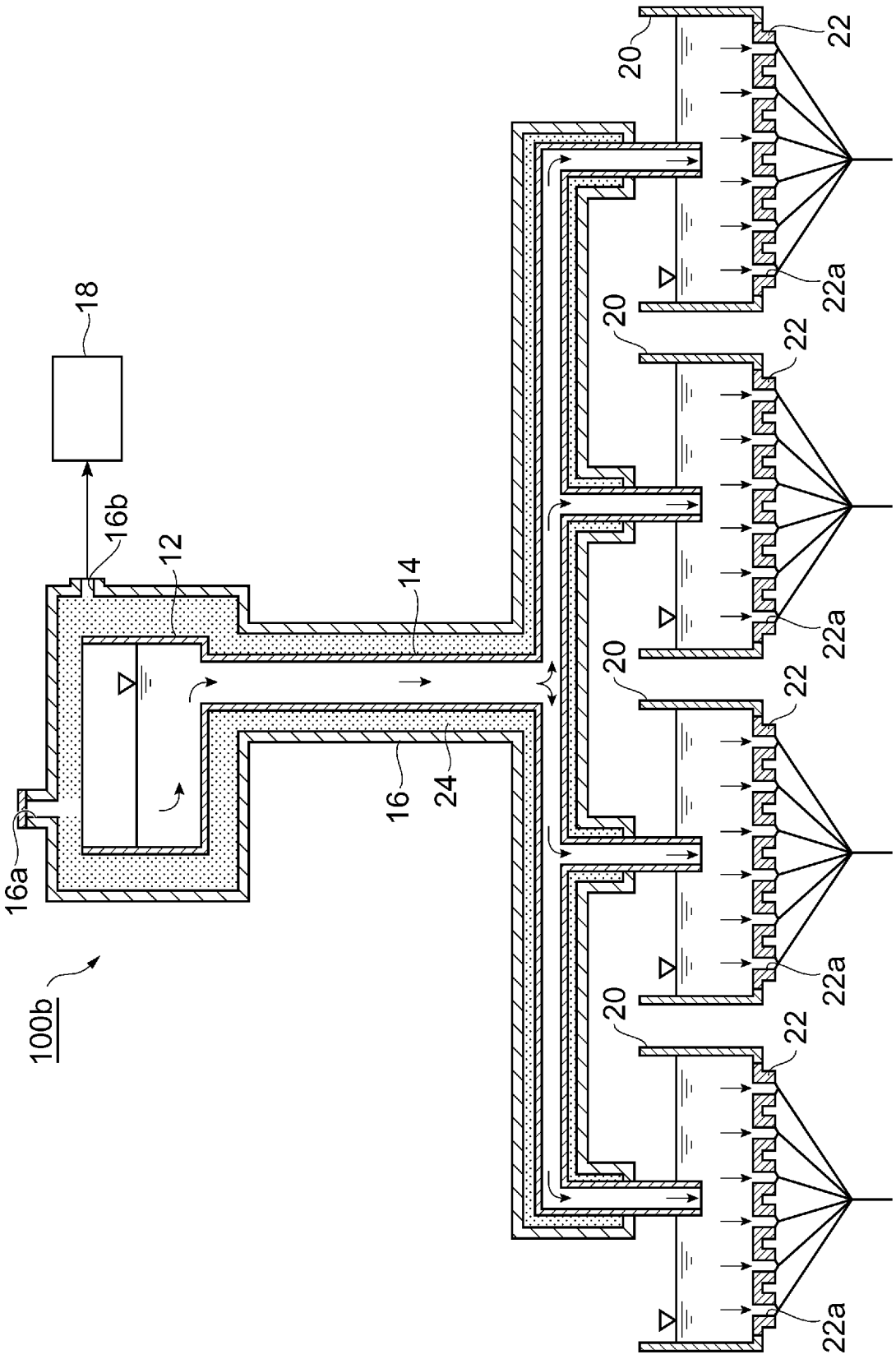
[図14]


626
628b
628a
628c
628
600
630
P
632
616a
636
618
P
634
634a
616b
612
638
616
14
24
20
22
22a

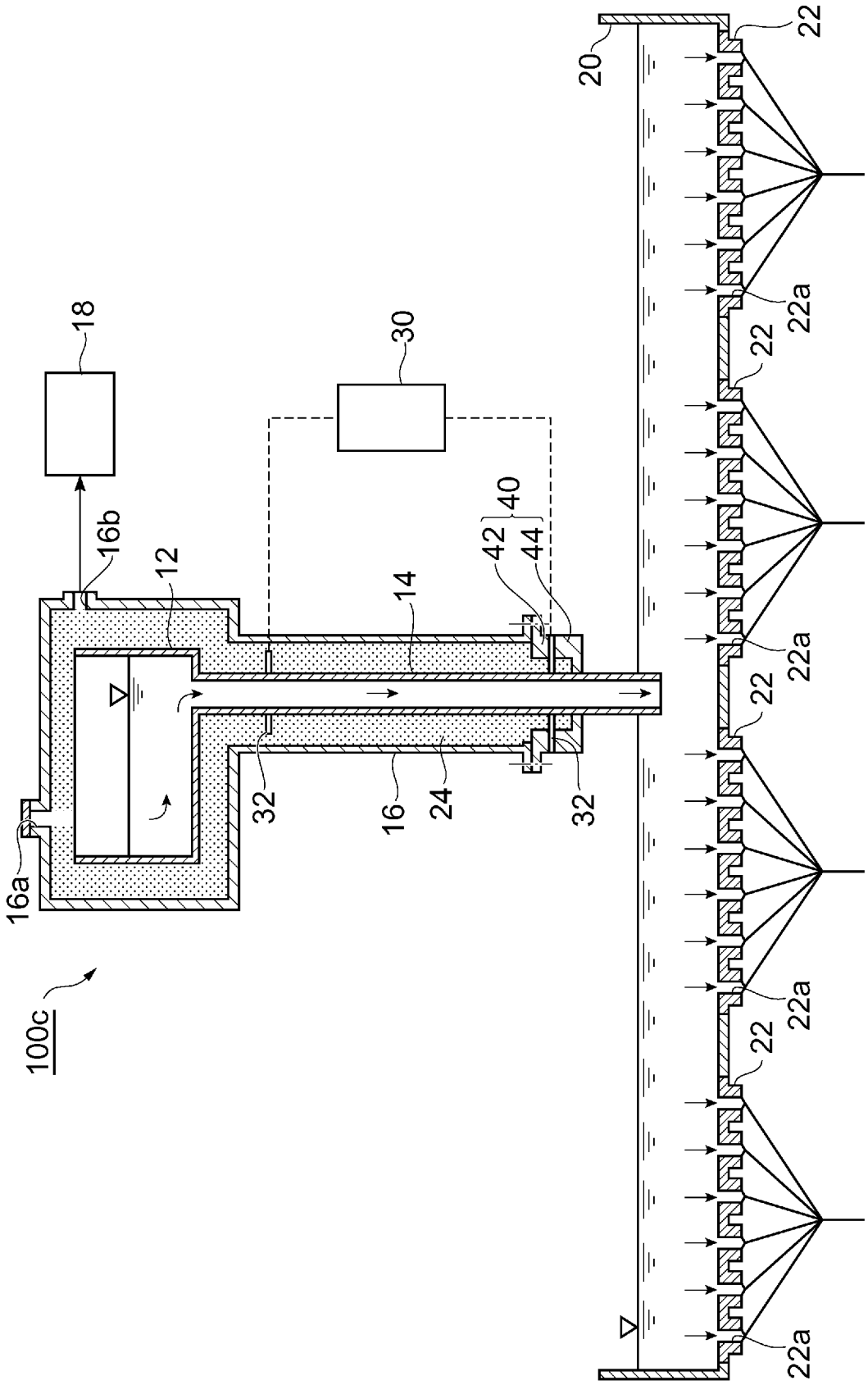
[図15]



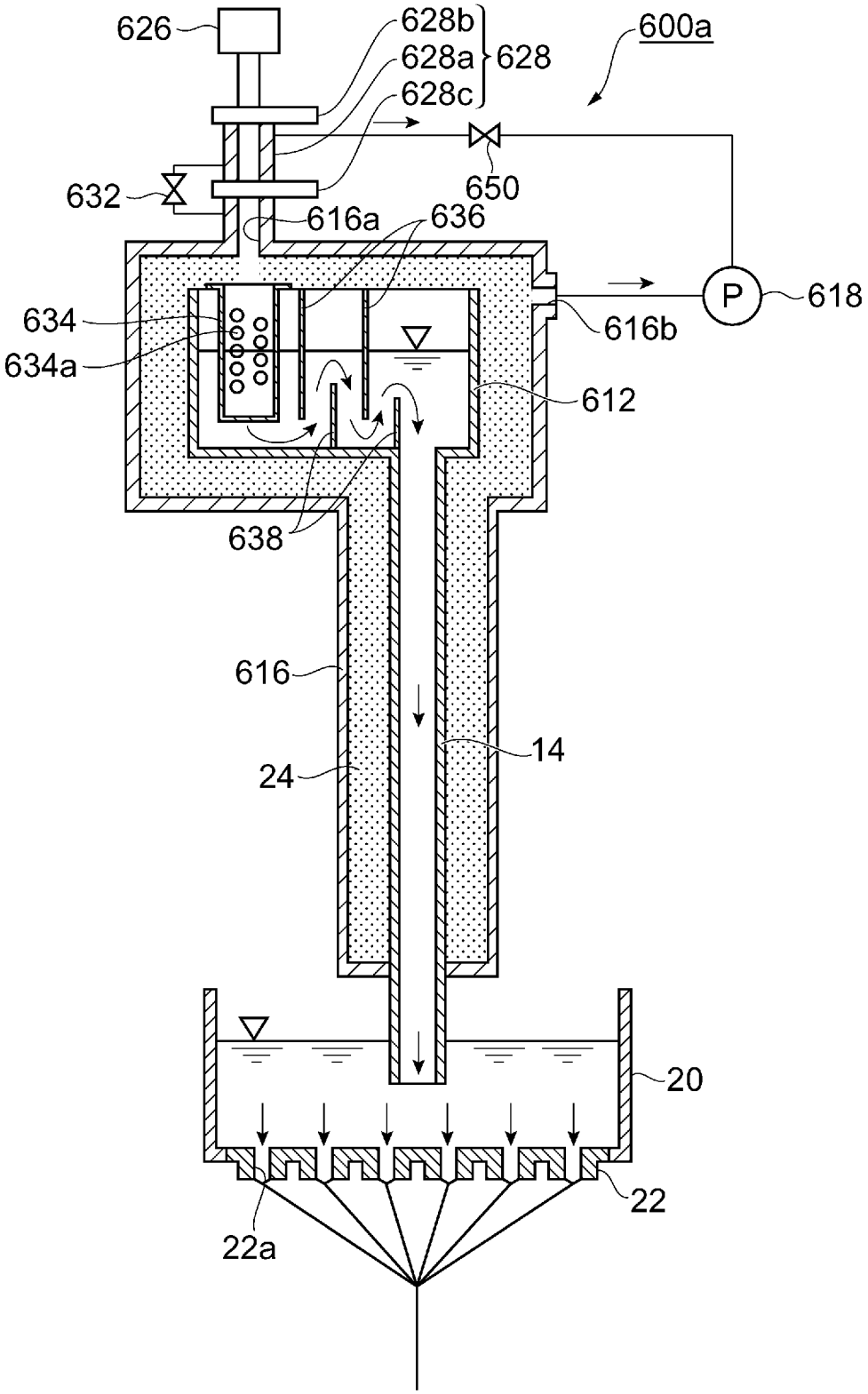
[図16]



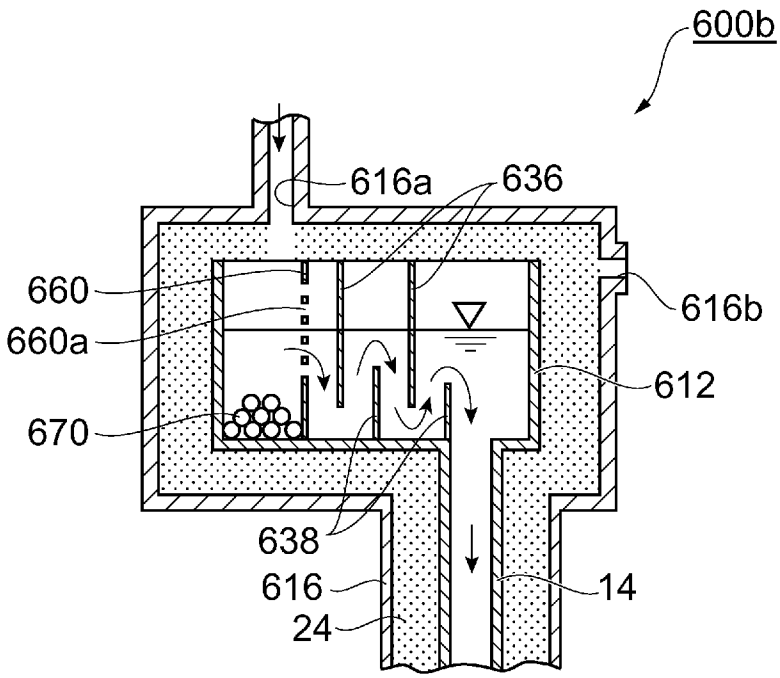
[図17]



[図18]

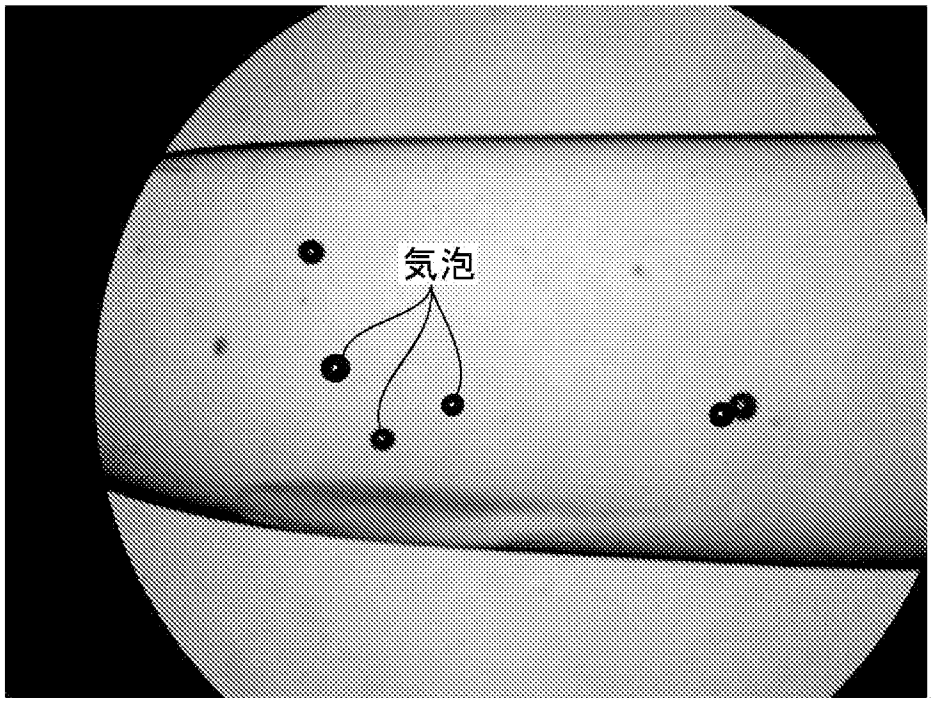

626
628b
628a
628c
628
600a
650
632
616a
636
634
634a
P
618
616b
612
638
616
14
24
20
22
22a

[図19]

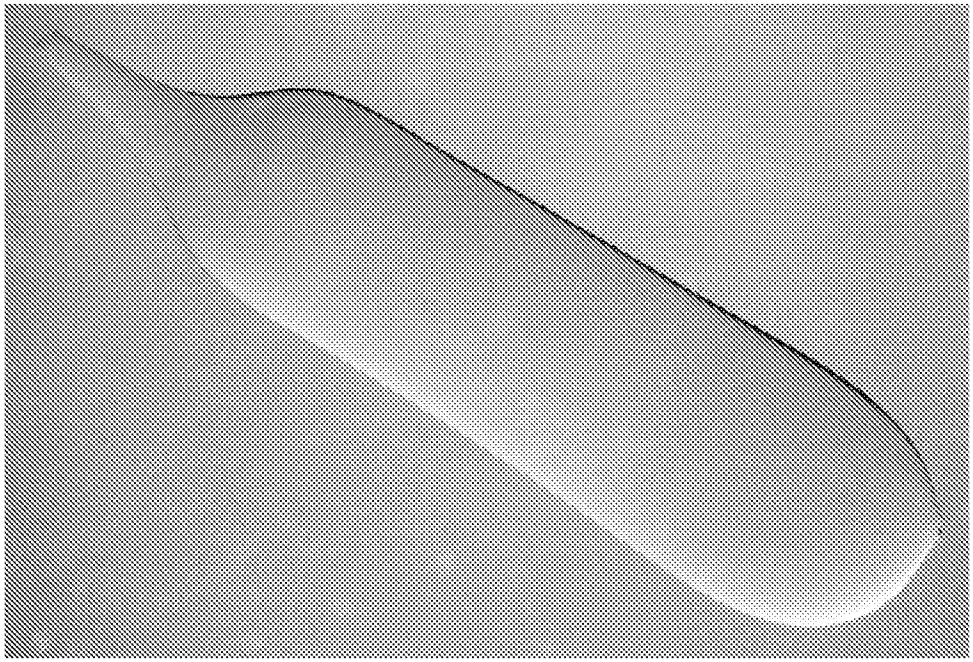


[図20]

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/053799

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C03B37/085(2006.01)i, *C03B37/02*(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)
C03B37/00-37/16, C03B1/00-5/44, C03B8/00-8/04, C03B19/12-20/00

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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	JP 57-149839 A (Nitto Boseki Co., Ltd.), 16 September 1982 (16.09.1982), claims; examples; drawings; page 2, lower left column, line 15 to lower right column, line 9; page 3, lower left column, line 4 to page 7, lower left column, line 13 (Family: none)	1-8,10-13, 25,26
Y	WO 2006/059576 A1 (Nippon Sheet Glass Co., Ltd.), 08 June 2006 (08.06.2006), claims; paragraphs [0034] to [0048]; fig. 1 to 3, 5 (Family: none)	1-8,10-13, 25,26

☒ 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
01 June, 2010 (01.06.10)	15 June, 2010 (15.06.10)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/053799

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 2002-87826 A (Corning Inc.), 27 March 2002 (27.03.2002), claims; paragraphs [0005], [0022]; drawings & US 6286337 B1 & CN 1334253 A	6
A	JP 2006-206439 A (Asahi Glass Co., Ltd.), 10 August 2006 (10.08.2006), claims; examples; fig. 8 & WO 2004/070251 A1 & US 2005/0268663 A1	1-28
A	JP 2008-266072 A (Nippon Electric Glass Co., Ltd.), 06 November 2008 (06.11.2008), claims; fig. 1 (Family: none)	1-28

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１０／０５３７９９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C03B37/085(2006.01)i, C03B37/02(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.　C03B37/00-37/16, C03B1/00-5/44, C03B8/00-8/04, C03B19/12-20/00

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	１９７１－２０１０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１０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	JP 57-149839 A（日東紡績株式会社）1982.09.16, 特許請求の範囲、実施例、図面、第２頁左下欄第１５行－同頁右下欄第９行、第３頁左下欄第４行－第７頁左下欄第１３行（ファミリーなし）	1-8,10-13,25,26
Y	WO 2006/059576 A1（日本板硝子株式会社）2006.06.08, 特許請求の範囲、［００３４］－［００４８］、図１－３、５（ファミリーなし）	1-8,10-13,25,26

☑　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 ０１．０６．２０１０	国際調査報告の発送日 １５．０６．２０１０
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）　４Ｔ　９３４３ 大工原　大二 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４６５

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 2002-87826 A (コーニング　インコーポレイテッド) 2002.03.27, 特許請求の範囲、【０００５】、【００２２】、図面 & US 6286337 B1 & CN 1334253 A	6
A	JP 2006-206439 A (旭硝子株式会社) 2006.08.10, 特許請求の範囲、実施例、図８ & WO 2004/070251 A1 & US 2005/0268663 A1	1-28
A	JP 2008-266072 A (日本電気硝子株式会社) 2008.11.06, 特許請求の範囲、図１ (ファミリーなし)	1-28