

(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
2019年1月24日(24.01.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/016873 A1

(51) 国際特許分類:
F28D 15/02 (2006.01) *F28D 15/04* (2006.01)

知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/025992

(22) 国際出願日: 2017年7月18日(18.07.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 日本碍子株式会社(NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 Aichi (JP).

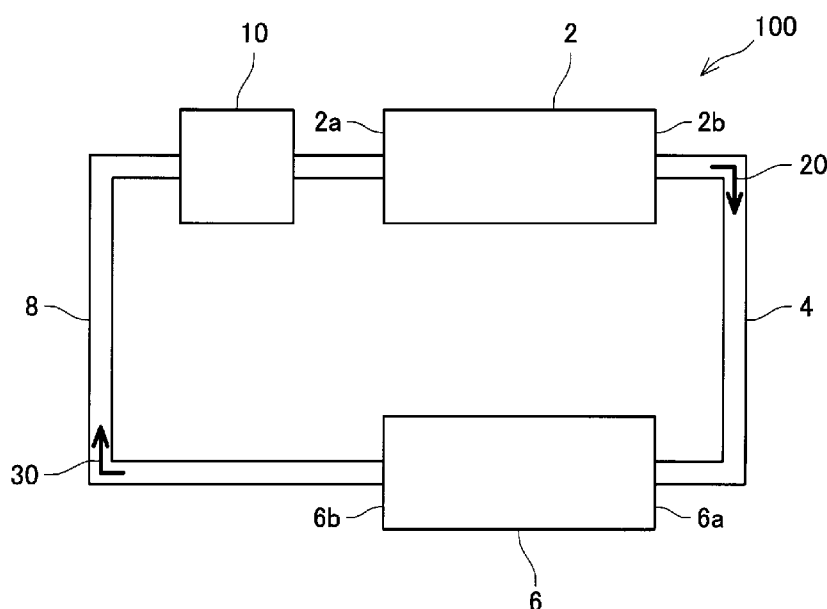
(72) 発明者: 小林 博治 (KOBAYASHI Hiroharu); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP).
廣田 寿一 (HIROTA Toshikazu); 〒4678530 愛

(74) 代理人: 特許業務法人 快友国際特許事務所 (KAI-U PATENT LAW FIRM); 〒4516009 愛知県名古屋市西区牛島町 6 番 1 号 名古屋ルーセントタワー 9 階 Aichi (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: WICK

(54) 発明の名称: ウィック



(57) **Abstract:** This wick, which is used in an evaporator of a loop heat pipe, is provided with a first layer, a second layer having a higher porosity than the first layer, and an intermediate layer disposed between the first layer and the second layer. In the intermediate layer, the porosity increases continuously from the first layer side toward the second layer side, and the average value of the porosity is greater than that of the first layer and smaller than that of the second layer. In addition, the wick satisfies the following equation (1), where the porosity of the first layer is P1(%), the porosity of the second layer is P2(%), and the thickness of the intermediate layer is L (μm). $0.3 < (P2 - P1) / L < 50 \dots (1)$



SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: ループヒートパイプの蒸発器で用いるウィックであって、第1層と、第1層より気孔率の大きい第2層と、第1層と第2層の間に配置されている中間層を備えている。中間層では、気孔率が第1層側から第2層側に向けて連続的に増加しており、気孔率の平均値が第1層より大きく第2層より小さい。また、ウィックは、第1層の気孔率を P_1 (%) とし、第2層の気孔率を P_2 (%) とし、中間層の厚みを L (μm) としたときに、下記式 (1) を満足する。 $0.3 < (P_2 - P_1) / L < 50 \cdots (1)$

明 細 書

発明の名称 : ウィック

技術分野

[0001] 本明細書に開示する技術は、ループヒートパイプで用いられるウィックに関する。

背景技術

[0002] 高温部で流体を液相から気相に変化させ、低温部で気相から液相に変化させることにより、熱移動を行うループヒートパイプが知られている。特開2002-181469号公報は、高温部で用いる蒸発器の構造を開示している。以下、特開2002-181469号公報を、特許文献1と称する。蒸発器は、金属製の筒状ケースと、筒状ケース内に配置されているウィックを備えている。ウィックは、筒状の多孔質体であり、軸方向（長手方向）の一端が開口し、他端が閉口しているウィック内空間を備えている。液相の流体は、ウィックの開口よりウィック内空間に導入される。筒状ケースとウィックの間には、気相流体が移動する気相流路が設けられている。液相の流体は、毛細管現象により、ウィック内空間からウィック内部に移動する。流体は、ウィック内部で受熱することにより、液相から気相に変化し、気相流路に移動する。気相流体は、気相流路を通過して低温部（凝縮部）に移動する。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0003] 流体が液相から気相に変化するとき、流体の体積が増加する。流体の体積増加に伴ってウィック内部（多孔質体の内部）の圧力が上昇すると、液相の流体がウィック内空間からウィック内部に移動しにくくなる。そのため、ウィック内部の圧力上昇を抑制する技術が求められている。本明細書は、内部圧力の上昇が抑制されたウィックを実現する技術を提供する。

課題を解決するための手段

[0004] 本明細書で開示するウィックは、ループヒートパイプの蒸発器で用いるこ

とができる。ウィックは、第1層と、第2層と、第1層と第2層の間に配置されている中間層を備えていてよい。第2層は、第1層より気孔率が大きくてよい。中間層は、気孔率が第1層側から第2層側に向けて連続的に増加しており、気孔率の平均値が第1層より大きく第2層より小さくてよい。このウィックは、第1層の気孔率を P_1 (%) とし、第2層の気孔率を P_2 (%) とし、中間層の厚みを L (μm) としたときに、下記式(1)を満足してよい。

$$0.3 < (P_2 - P_1) / L < 50 \cdots (1)$$

[0005] 上記ウィックは、第1層を液相流体が存在する空間（液相流体空間）側に位置させ、第2層を気相流体が存在する空間（気相流体空間）側に位置させて使用する。すなわち、流体の移動方向の上流側に第1層を位置させ、下流側に第2層を位置させる。第2層の気孔率が第1層より大きいので、流体が液相から気相に変化したときに、流体の体積膨張に伴ってウィック内の圧力が上昇することを抑制することができる。また、中間層が設けられているので、ウィック内で発生した気泡（気相流体）が第1層の表面側に移動することを抑制することができる。すなわち、ウィック内で発生した気相流体が液相流体空間側に逆流することを抑制し、第1層の圧力上昇を抑制することができる。なお、上記ウィックでは、第1層と第2層の気孔率差（ $P_2 - P_1$ ）と中間層の厚み L の比 X 、すなわち、中間層における気孔率の増加率 X （ $X = (P_2 - P_1) / L$ ）が、 $0.3 \sim 50$ の範囲に調整されている。 $X \leq 0.3$ の場合、すなわち、中間層における気孔率の変化率が小さい場合、気泡が第2層に移動するまでの距離が長くなり、中間層の圧力が上昇し、結果としてウィック内の圧力が上昇することが起こり得る。また、 $50 \leq X$ の場合、気孔率の変化（第1層と第2層の気孔率差）に対する中間層の厚みが薄すぎ、上記した中間層の効果が活かされず、気泡が液相流体空間側に逆流することが起こり得る。 $0.3 < X < 50$ とすることにより、ウィック内の圧力上昇を十分に抑制することができる。

[0006] 上記ウィックは、第1層の厚みを L_1 とし、第2層の厚みを L_2 としたと

きに、下記式（２）を満足してよい。

$$0.01 < L / (L_1 + L_2 + L) \times 100 < 10 \cdots (2)$$

[0007] 上記式（２）は、ウィックの厚み全体（ $L_1 + L_2 + L$ ）に対する中間層の厚み（ L ）の割合 Y （％）が、 $0.01 \sim 10$ ％の範囲に調整されていることを示している。 $0.01 < Y < 10$ に調整することにより、上記した中間層の効果がより確実に発揮される。

[0008] 上記ウィックでは、第１層は、第１粒子を含んでいてよい。第２層は、第１粒子より大きな第２粒子を含んでいてよい。中間層は、第１粒子及び第２粒子を含んでいてよい。すなわち、中間層は、第１層を構成する粒子（第１粒子）と第２層を構成する粒子（第２粒子）が混在していてよい。

[0009] 第２層が第１層に含まれる粒子（第１粒子）よりも粒径の大きな粒子（第２粒子）を含むことにより、容易に第２層の気孔率を第１層より大きくすることができる。また、中間層を第１粒子と第２粒子が混在する構成にすることにより、第１層から第２層に向けた気孔率の連続的な変化（増加）を容易に実現することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図１]ループヒートパイプの概略図を示す。

[図２]第１実施例の蒸発器の断面図を示す。

[図３]図２のIII－III線に沿った断面図を示す。

[図４]第２実施例の蒸発器の断面図を示す。

[図５]ウィックを構成する粒子の概略図を示す。

[図６]ウィックの厚み方向における気孔率の変化を示す。

[図７]実験例の結果を示す。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本明細書で開示される技術の特徴を整理する。なお、以下に記す事項は、各々単独で技術的な有用性を有している。

[0012] 本明細書で開示するウィックは、ループヒートパイプの蒸発器で用いることができる。ループヒートパイプは、蒸発器と、凝縮器と、蒸気管と、液管

を備えていてよい。この場合、蒸気管は蒸発器の出口と凝縮器の入口に接続され、液管は凝縮器の出口と蒸発器の入口に接続される。蒸発器は高温部に配置され、凝縮器は低温部に配置される。ループヒートパイプ内には、流体（作動流体）が封入される。流体は、蒸発器で液相から気相に変化し、凝縮器で気相から液相に変化する。そのため、蒸気管を気相流体（蒸気）が通過し、液管を液相流体（液体）が通過する。なお、液管の中間に、液相流体を一時的に貯留するためのリザーバタンクを配置してもよい。

[0013] 蒸発器は、ケースと、ケース内に配置されるウィックを備えている。ケース内には、液相の流体が移動する液相流体空間と、気相の流体が移動する気相流体空間が設けられている。液相流体空間と気相流体空間は、ウィックによって分離されている。すなわち、流体が移動する方向において、ウィックの上流に液相流体空間が設けられており、ウィックの下流に気相流体空間が設けられている。

[0014] ケースは、熱伝導率の高い材料、例えば、金属製であってよい。ケースの好ましい材料として、銅（Cu）、アルミニウム（Al）、それらの合金、あるいは、SUS（ステンレススチール）等が挙げられる。

[0015] ウィックは、多孔質体である。ウィックを構成する多孔質体は、流体に対して毛細管現象を発現する連通孔を含んでいる。ウィックの材料は、樹脂、金属、セラミックス等を用いることができる。良好な強度、耐久性が得られるという観点より、ウィックの材料は金属またはセラミックスが好ましい。また、良好な耐熱性、耐食性も得られるという観点よりウィックの材料はセラミックスが特に好ましい。

[0016] ウィックは、第1層と、気孔率が第1層より大きい第2層と、第1層と第2層の間に配置されている中間層を備えていてよい。中間層の気孔率は、第1層側から第2層側に向けて連続的に増加していてよい。また、中間層の気孔率の平均値は、第1層より大きく、第2層より小さくてよい。中間層の気孔率は、第1層側（第1層との境界近傍）では第1層の気孔率にほぼ等しく、第2層側（第2層との境界近傍）では第2層の気孔率にほぼ等しくてよい。

中間層は、第1層と第2層の気孔率の差を緩和するためのバッファ層と捉えることもできる。ウィックは、第1層が液相流体空間に接し、第2層が気相流体空間と接するようにケース内に配置されてよい。

[0017] 流体は、毛細管現象によって液相流体空間からウィック内（第1層）に移動し、第1層側から第2層側に移動しながら液相から気相に変化し、ウィック内（第2層）から気相流体空間に移動する。流体は、液相から気相に変化するとき体積膨張する。第2層の気孔率を第1層より大きくすることによって、気相流体によるウィック内の圧力上昇を抑制することができる。また、気相流体が第1層に圧力を加えて液相流体の移動が妨げられることを抑制することもできる。なお、第2層の気孔率は、第1層の気孔率より2%以上大きいことが好ましく、4%以上大きいことがより好ましく、6%以上大きいことが特に好ましい。

[0018] 第1層の気孔率は、35%以上であることが好ましい。第1層は、液相流体空間に露出しており、液相流体と接触する。第1層の気孔率が35%未満の場合、ウィック内における液相流体の移動抵抗が大きくなり、流体がスムーズに移動しにくくなることがある。第1層の気孔率は、40%以上であることがより好ましく、45%以上であることが特に好ましい。また、第1層の気孔率は、65%以下であることが好ましい。第1層の気孔率が65%を超えると、ウィックの強度が低下し、液相流体が移動する際の抵抗によってウィックが損傷することが起こり得る。第1層の気孔率は、55%以下であることがより好ましく、50%以下であることが特に好ましい。なお、第2層の気孔率は、70%以下であることが好ましい。

[0019] 第2層の気孔径は、第1層の気孔径より大きくてよい。第2層の気孔径を第1層より大きくすることによっても、気相流体が第1層に圧力を加えることを抑制することができる。好ましくは、ウィックは、第2層の気孔率が第1層より大きいとともに、第2層の気孔径が第1層より大きい。第2層の気孔径は、第1層より0.2 μm 以上大きいことが好ましく、0.5 μm 以上大きいことがより好ましく、1.0 μm 以上大きいことが特に好ましい。な

お、気孔径は、細孔径分布を測定し、平均細孔径を計算することによって得られる。気孔径（平均細孔径）は、水銀圧入法を用いて測定することができる。

[0020] 第1層の気孔径は、液相流体の移動抵抗が増大することを抑制するため、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、より好ましくは $0.5\ \mu\text{m}$ 以上であり、特に好ましくは $1.0\ \mu\text{m}$ 以上である。また、第1層の気孔径は、毛細管力を維持するために、 $5\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、より好ましくは $4\ \mu\text{m}$ 以下であり、特に好ましくは $3\ \mu\text{m}$ 以下である。なお、第2層の気孔径は、 $7\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0021] 中間層は、気孔率が第1層から第2層に向けて連続的に変化し、気孔径も第1層から第2層に向けて連続的に変化してよい。この場合、中間層の気孔率の平均値は、第1層の気孔率より大きく、第2層の気孔率より小さい。また、中間層の気孔径の平均値も、第1層の気孔径より大きく、第2層の気孔径より小さい。流体は、中間層付近で液相から気相に変化する。すなわち、中間層付近で、液相流体から気泡が生じ始める。第1層側から第2層側に向けて中間層の気孔率が連続的に変化していると、気泡が第1層側から第2層側に移動しやすくなる。気泡が第1層側に移動することを抑制することができ、すなわち、気泡が第1層側に逆流してウィック（第1層）に圧力を加えることが抑制され、液相流体空間から第1層内への液相流体の移動をスムーズにすることができる。

[0022] 上記ウィックでは、第1層の気孔率と第2層の気孔率と中間層の厚みが、以下の関係を満たしてよい。

$$0.3 < (P2 - P1) / L < 50 \cdots (1)$$

$P1$ ：第1層の気孔率（単位：%）、 $P2$ ：第2層の気孔率（単位：%）、 L ：中間層の厚み（単位： μm ）を示す。

[0023] 上記式（1）は、中間層における気孔率の増加率 X の範囲を示している。なお、中間層における気孔率の増加率 X は、 $5\ (\%/ \mu\text{m})$ より大きくてもよく、 $10\ (\%/ \mu\text{m})$ より大きくてもよく、 $40\ (\%/ \mu\text{m})$ より大きくてもよく、

もよい。

[0024] 中間層の厚み（第1層と第2層を結ぶ方向における中間層が存在する距離）は、第1層及び第2層の厚みより薄くてよい。また、中間層の厚みは、ウィック全体の厚みに対して、0.01%より大きく、10%より小さくてよい。具体的には、ウィックは、第1層の厚みを L_1 とし、第2層の厚みを L_2 としたときに、下記式（2）を満足してよい。

$$0.01 < L / (L_1 + L_2 + L) \times 100 < 10 \cdots (2)$$

[0025] また、中間層の厚み L は、ウィック全体の厚みに対して、0.01%より大きくてよく、0.02%より大きくてよく、0.03%より大きくてもよい。また、中間層の厚み L は、9%より小さくてよく、0.9%より小さくてよく、0.09%より小さくてよく、0.05%より小さくてもよい。

[0026] 第1層を構成する原料と、第2層を構成する原料は異なっていてよい。例えば、第2層を構成する原料の粒子サイズは、第1層を構成する原料の粒子サイズより大きくてよい。すなわち、第1層は第1粒子を含み、第2層は第1粒子より大きな第2粒子を含んでいてよい。具体的には、第1層は、第1粒子を主体とする原料（第1層に占める第1粒子の体積が50vol%以上）で構成されていてよい。第2層は、第2粒子を主体とする原料（第2層に占める第2粒子の体積が50vol%以上）で構成されていてよい。この場合、中間層は第1粒子及び第2粒子を含んでいてよい。換言すると、中間層は、第1粒子と第2粒子が混在していてよい。

[0027] 凝縮器は、放熱によって流体が気相から液相に変化する構造を備えている。特に限定されるものではないが、凝縮器は、金属製の単管であってよい。あるいは、凝縮器は、蒸発器と同様に、ケースと、ケース内に配置されるウィックを備えた構造であってもよい。この場合、凝縮器のケース及びウィックは、上記した蒸発器のケース及びウィックで説明した範囲内のものを適宜選択することができる。

[0028] 蒸気管および液管の材料は、流体の種類、ループヒートパイプを使用する環境（温度等）に応じて、適宜選択することができる。例えば、蒸気管およ

び液管の各々は、樹脂製、金属製、あるいはセラミックス（セラミックス緻密体）製であってよい。なお、流体は、水、アンモニア、有機溶媒を用いることができる。有機溶媒の一例として、アセトン、アルコール、フロン、グリコールエーテル類、ナフタレン、ジエチルジフェニル等を用いることができる。流体は、ループヒートパイプが使用される温度域で液相から気相に変化するものを適宜選択することができる。

実施例

[0029] （第1実施例）

図1を参照し、ループヒートパイプ100について説明する。ループヒートパイプ100は、蒸発器2と、蒸気管4と、凝縮器6と、液管8と、リザーバ10を備えている。蒸気管4は、蒸発器2の出口2bと凝縮器6の入口6aの間を接続している。また、液管8は、凝縮器6の出口2bと蒸発器2の入口2aの間を接続している。リザーバ10は、液管8の中間に接続されている。ループヒートパイプ100内には、流体（作動流体）が封止されている。

[0030] 蒸発器2は、高温部に配置される。蒸発器2には、液管8より液相流体が導入される。蒸発器2では、液相流体が加熱されて気相流体に変化する。気相流体は、蒸気管4内を矢印20方向に移動し、凝縮器6に導入される。蒸発器2の詳細は後述する。

[0031] 凝縮器6は、低温部に配置される。凝縮器6では、気相流体が冷却されて液相流体に変化する。液相流体は、液管8内を矢印30方向に移動し、蒸発器2に導入される。なお、液相流体は、リザーバ10に一時的に貯留された後、蒸発器2に導入される。リザーバ10により、蒸発器2への液相流体の導入量が安定する。流体がループヒートパイプ100内を循環することによって、高温部から低温部に熱が移動する。

[0032] 図2及び図3を参照し、蒸発器2について説明する。蒸発器2は、ケース50とウィック52を備えている。蒸発器2では、円筒状のケース50と、円筒状のウィック52を利用している。ケース50は金属製であり、ウィッ

ク５２はセラミックス製である。ケース５０は、長手方向（Ｙ軸方向）の一端に入口２ａが設けられており、他端に出口２ｂが設けられている。入口２ａは液管８と接続しており、出口２ｂは蒸気管４と接続している（図１も参照）。ウィック５２は、ケース５０内に配置されている。ウィック５２は、Ｙ軸方向の一方の端部５２ａが開口しており、他方の端部５２ｂが閉口している。端部５２ａは、入口２ａ側で、入口２ａを囲った状態でケース５０に接触している。そのため、ウィック５２の内部は、液管８と連通している。ウィック５２の内部に、液相流体空間５８が形成される。なお、端部５２ｂは、ケース５０と非接触である。

[0033] ウィック５２の外周は、ケース５０の内周と接触している（図３を参照）。ウィック５２は、焼きばめによって、ケース５０内に嵌められている。また、複数の溝６０が、ウィック５２の外周に設けられている。図３は、一例として、４個の溝６０を示している。溝６０は、Ｙ軸方向の一端から他端まで伸びている。溝６０によって、ケース５０の内周とウィック５２の外周の間に、気相流体空間５４が形成される。気相流体空間５４は、気相流体の流路であり、出口２ｂと連通している。

[0034] 液相流体空間５８には、液管８から液相流体が導入される。矢印３２は、液相流体の流れを示している。液相流体は、毛細管現象によって、液相流体空間５８からウィック５２の内部に移動する。流体は、矢印３４方向（ウィック５２の厚み方向）に移動し、気相流体空間５４に達する。ウィック５２の内部では、液相流体が受熱し、液相流体が気相流体に変化する。そのため、気相流体空間５４には気相流体が供給される。気相流体は、出口２ｂに向かって、気相流体空間５４を矢印３６方向に移動する。なお、気相流体は、矢印３８に示すように、出口２ｂを通じて蒸気管４（図１を参照）に移動する。

[0035] （第２実施例）

図４を参照し、蒸発器２０２について説明する。蒸発器２０２は、蒸発器２の変形例である。図４は、蒸発器２における図３に相当する断面を示して

いる。すなわち、図4は、蒸発器202の長手方向に直交する断面を示している。蒸発器202について、蒸発器2と同様の構成には、同一又は下二桁が同一の参照番号を付し、説明を省略することがある。蒸発器202は、蒸発器2に代えて、ループヒートパイプ100の蒸発器として利用することができる。

[0036] 蒸発器202は、角筒状のケース250と角筒状のウィック252を備えており、ケース250内にウィック252が嵌め込まれている。蒸発器202においても、流体は、液相流体空間258からウィック252内に移動し、ウィック内で液相から気相に変化し、気相流体空間254に移動する。

[0037] (ウィックの構造)

図5及び図6を参照し、ウィック52, 252の内部構造について説明する。図5は、ウィック52, 252を構成する粒子を模式的に示している。また、図6は、ウィック52, 252の厚み方向の位置（横軸：単位 μm ）と気孔率（縦軸：単位%）の関係を示している。横軸の参照番号58, 54は、各々液相流体空間と気相流体空間に相当する。

[0038] 図5に示すように、ウィック52, 252は、複数の粒子70p、74pで構成された多孔質体である。気相流体空間54, 254側を構成する粒子74pの径は、液相流体空間58, 258側を構成する粒子70pの径より大きい。ウィック52, 252は、小径の粒子70pで構成された第1層70と、大径の粒子74pで構成された第2層74を備えている。なお、図6の曲線80に示すように、第1層70の気孔率P1は、第2層74の気孔率P2より小さい。また、図示は省略するが、第1層70の気孔径も、第2層74の気孔径より小さい。

[0039] 第1層70と第2層74の間には、粒子70p, 74pが混在した中間層72が設けられている。中間層72では、第1層70側から第2層74側に向かうに従って、粒子70p（第1層70を構成する粒子）の割合が小さくなっている。そのため、図6に示すように、中間層72では、気孔率は、第1層70側から第2層74側に向かうに従って連続的に増加している。具体

的には、中間層 7 2 の気孔率は、第 1 層 7 0 側から第 2 層 7 4 側に向かうに従って、気孔率 P_1 から P_2 に連続的に増加している。そのため、中間層 7 2 における気孔率の増加率 X は、 $X = (P_2 - P_1) / L$ で示される。ウィック 5 2, 2 5 2 では、気孔率の増加率 X が、下記式 (1) を満足するように、気孔率 P_1 , P_2 及び中間層の厚み L が調整されている。さらに、ウィック 5 2, 2 5 2 では、ウィック 5 2, 2 5 2 の厚み全体に対する中間層の厚み L の割合 Y ($Y = L / (L_1 + L_2 + L) \times 100$) が、下記式 (2) を満足するように、第 1 層の厚み L_1 、第 2 層の厚み L_2 及び中間層の厚み L が調整されている。

$$0.3 < (P_2 - P_1) / L < 50 \cdots (1)$$

$$0.01 < L / (L_1 + L_2 + L) \times 100 < 10 \cdots (2)$$

[0040] 上記したように、中間層 7 2 は、粒子 7 0 p, 7 4 p が混在している。第 1 層 7 0, 中間層 7 2, 第 2 層 7 4 を備えるウィックは、例えば焼成後の第 2 層 7 4 の表面に第 1 層 7 0 を構成する原料を乾式で吸引し、第 2 層 7 4 の表面に第 1 層 7 0 が形成された多孔質体を焼成することにより製造することができる。具体的には、粒子 7 4 p を含む原料を用いて押出成型、プレス成型等を利用して第 2 層 7 4 を形成した後、焼成し、第 2 層 7 4 の焼成体を作成する。その後、焼成体 (第 2 層 7 4) の一方の面に粒子 7 0 p を含む原料を形成し、さらに焼成する。第 2 層 7 4 を焼成することによって生じた隙間に粒子 7 0 p が侵入し、第 1 層 7 0 と第 2 層 7 4 の間に、粒子 7 0 p と 7 4 p が混在した層 (中間層 7 2) が形成される。

[0041] 例えばウィック 5 2, 2 5 2 の場合、まず、粒子 7 4 p を含む原料を用いて押出成型によって筒状の層 (第 2 層 7 4) を形成する。その後、筒状の層を焼成することにより、筒状の焼成体を形成する。その後、粒子 7 0 p を含む原料を焼成体の内側に形成し、筒状の層 (第 1 層 7 0) を形成する。第 2 層 7 4 の内側に第 1 層 7 0 が形成された多孔質体を焼成することにより、第 1 層 7 0 と第 2 層 7 4 の間に中間層 7 2 が設けられたウィック 5 2, 2 5 2 が得られる。なお、ウィック 5 2, 2 5 2 の場合、第 2 層 7 4 の気孔率は約

60%であり、第1層70の気孔率は約40%であり、中間層72の気孔率は第1層70から第2層74に向けて40～60%の間で連続的に変化（増加）している。また、第2層74は第1層70よりも気孔径が大きい。具体的には、第2層74の気孔径は約3 μ mであり、第1層70の気孔径は約2 μ mであり、中間層72の気孔径は第1層70から第2層に向けて2～3 μ mの間で連続的に変化（増加）している。なお、中間層72の厚みは、ウィック52、252の厚みに対して0.01～10%の範囲で調整されている。

[0042] ウィック52、252の利点を説明する。上記したように、第2層74の気孔率は、

第1層70より大きい。そのため、流体が液相流体空間58から気相流体空間54に向けて移動しながら液相から気相に変化したときに、流体の体積膨張に起因してウィック52、252内部の圧力が上昇することを抑制できる。液相流体が存在する部分（第1層70）に圧力が加わることが抑制され、液相流体空間58からウィック52、252内への液相流体の移動が妨げられることが抑制される。さらに、第1層70と第2層74の間に中間層72が設けられていることにより、気相流体が第1層70に移動する（気泡が逆流する）ことを抑制することもできる。第1層70の圧力上昇をさらに抑制することができる。

[0043] また、ウィック52、252では、第2層74の気孔径は第1層70より大きく、中間層72の気孔径は第1層70から第2層に向けて連続的に変化（増加）している。このような構造によって、ウィック52、252内の圧力上昇を抑制することができるとともに、流体の体積膨張に伴うウィック52、252の構造破壊も抑制することができる。また、第2層74を構成する粒子74pのサイズ（粒子径）は、第1層70を構成する粒子70pのサイズより大きい。第1層70と第2層74の粒子サイズを変化させることにより、容易に第1層70と第2層74の気孔率、気孔径を変化させることができる。また、第1層70と第2層74の粒子サイズを変化させることに

より、第1層70から第2層に向けて気孔率、気孔径が連続的に増加する層（中間層72）を容易に形成することができる。

[0044] （実験例）

第1層と第2層の間に中間層を有するウィックを作成し、ループヒートパイプへの適応性について評価した。具体的には、まず、押出成型を用いて筒状の多孔質体を形成した後、多孔質体を焼成し、気孔率60%の筒状焼成体（第2層）を作成した。その後、筒状焼成体の内側に、第2層を構成する粒子よりも小径の粒子を含む原料を乾式で吸引し、内側層（第1層）を形成した。その後、この成形体を焼成することにより、ウィックを作成した。なお、第1層は、気孔率が40%となるように原料を調整した。また、本実験例では、第2層の厚み L_2 、及び、第1層を形成する際の吸引条件を調整し、5種類の試料（試料1～5）を作成した。

[0045] 図7に、試料1～5について、各層の厚み、気孔率、気孔率の増加率 X （ $X = (P_2 - P_1) / L$ ）、全体の厚みに占める中間層の厚み割合 Y （ $L / (L_1 + L_2 + L) \times 100$ ）を示す。なお、中間層の気孔率 P は、中間層全体の気孔率の平均値を示している。試料1～5は、上記式（1）及び（2）を満足する結果であった。

[0046] また、比較例として、第1層と第2層の間に中間層を有していないウィックを作成し、ループヒートパイプへの適応性について評価した（試料6）。試料6は、まず、押出成型を用いて筒状の多孔質体（第2層）を形成した後、多孔質体を焼成することなく、スリップキャスト法を用いて多孔質体の内側に内側層（第1層）を形成した。試料6は、多孔質体（第2層）を形成した後に焼成していないので、第1層と第2層の間に中間層は形成されない。図7に、試料6の各層の厚み、気孔率を示す。

[0047] 試料1～6のウィックを用いて図1に示すループヒートパイプ100を作成し、ループヒートパイプ100が動作するか否かの評価を行った。すなわち、蒸発器2を加熱し、流体がループヒートパイプ100内を循環するか否かの評価を行った。図7に、流体が1hr以上循環した試料に「○」、1h

r以内に流体の循環が停止した試料に「×」を付している。図7に示すように、試料1～5のウィックを用いたループヒートパイプは、いずれも流体がループヒートパイプ内を循環する結果が得られた。それに対し、試料6のウィックを用いたループヒートパイプは、流体がループヒートパイプ内を循環せず、ループヒートパイプとして機能しなかった。この結果は、中間層を設けることにより、気泡（気相流体）が気相流体空間にスムーズに移動し、ウィック内の圧力上昇が抑制され、液相流体が液相流体空間からウィック内へスムーズに移動したことを示している。

[0048] 上記実施例では、円筒状のウィック（ウィック52）と角筒状のウィック（ウィック252）について説明した。円筒状のウィックは、高強度であり、ウィック内における均一な熱伝導を実現することができるという特徴を有している。また、角筒状のウィックは、熱源に対してウィック（蒸発器）の受熱面積を増加させることができるという特徴を有している。

[0049] また、上記実施例では円筒状、あるいは、角筒状のウィックの外表面（第2層の表面）に複数の溝（気相流体空間）を形成し、ウィックをケース内に嵌め込む形態について説明した。しかしながら、本明細書で開示する技術は、第1層の表面が液相流体空間に面し、第2層の表面が気相流体空間に面していればよく、必ずしも実施例で説明した形態に限定されるものではない。

[0050] 例えば、ウィックの外表面に1個の溝（気相流体空間）が設けられていてもよい。あるいは、ウィックの外表面に複数の突起を設け、突起と突起の間の空間によって気相流体の流路（気相流体空間）が形成されていてもよい。また、例えば、筒状（円筒状、角筒状）のウィックとケースの間にスペーサを配置し、ウィックとケースの間に気相流体空間を形成してもよい。この場合、ウィックの外表面に溝を形成することを省略することができる。

[0051] また、上記実施例では、気孔率等（気孔率、気孔径、粒子サイズ）が異なる第1層と第2層の間に中間層が設けられているウィックについて説明した。しかしながら、本明細書で開示する技術は、少なくとも気孔率等が異なる2層の間に中間層が設けられていればよく、気孔率等が異なる層が複数（3層

以上) 設けられたウィックに適用することもできる。例えば、第2層の表面(中間層と反対側の面)に、第2層と気孔率等が異なる第3層が設けられていてもよい。この場合、第2層と第3層の間に、さらに第2の中間層が設けられていてもよい。第2の中間層の特徴は、上記した中間層と同様に、気孔率が第2層側から第3層側に向けて連続的に増加しており、気孔率の平均値が第2層より大きく第3層より小さくてよい。

[0052] 以上、本発明の実施形態について詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、特許請求の範囲を限定するものではない。特許請求の範囲に記載の技術には、以上に例示した具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。また、本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組合せに限定されるものではない。また、本明細書または図面に例示した技術は複数目的を同時に達成するものであり、そのうちの一つの目的を達成すること自体で技術的有用性を持つものである。

請求の範囲

[請求項1]

ループヒートパイプの蒸発器で用いるウィックであって、
第1層と、

第1層より気孔率が大きい第2層と、

第1層と第2層の間に配置されており、気孔率が第1層側から第2層側に向けて連続的に増加しており、気孔率の平均値が第1層より大きく第2層より小さい中間層と、を備えており、

第1層の気孔率を P_1 (%) とし、第2層の気孔率を P_2 (%) とし、中間層の厚みを L (μm) としたときに、下記式(1)を満足する、ウィック。

$$0.3 < (P_2 - P_1) / L < 50 \dots (1)$$

[請求項2]

第1層の厚みを L_1 とし、第2層の厚みを L_2 としたときに、下記式(2)を満足する請求項1に記載のウィック。

$$0.01 < L / (L_1 + L_2 + L) \times 100 < 10 \dots (2)$$

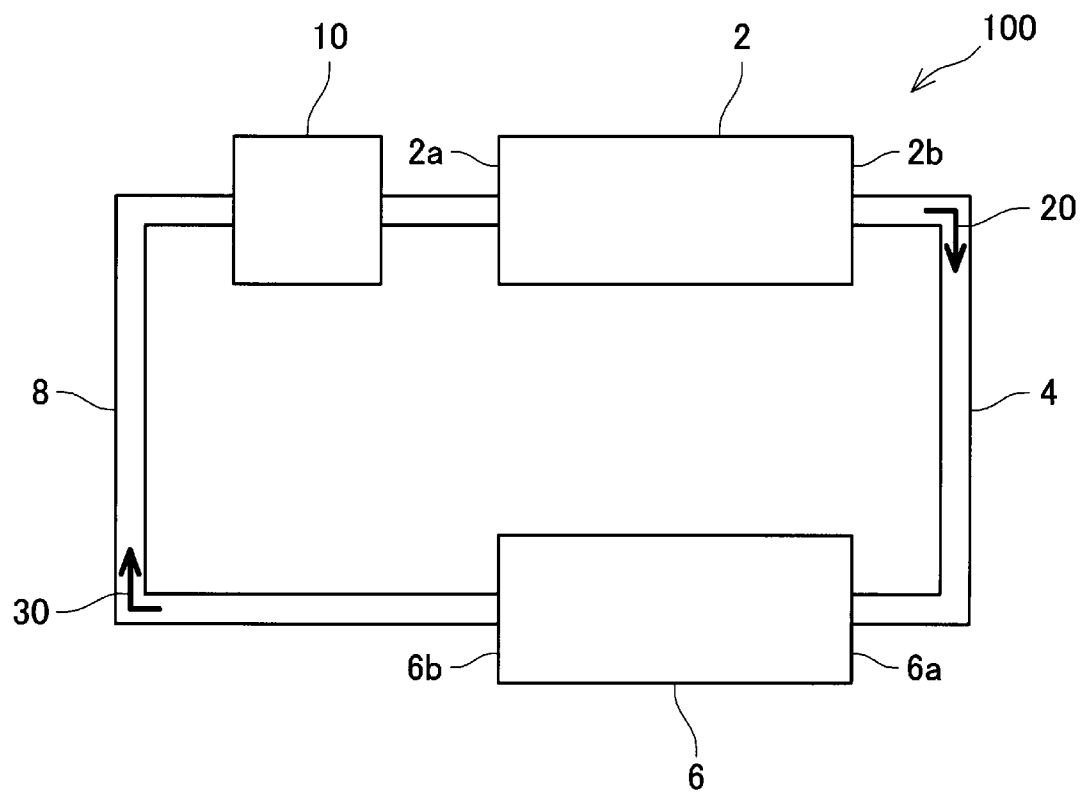
[請求項3]

第1層は、第1粒子を含み、

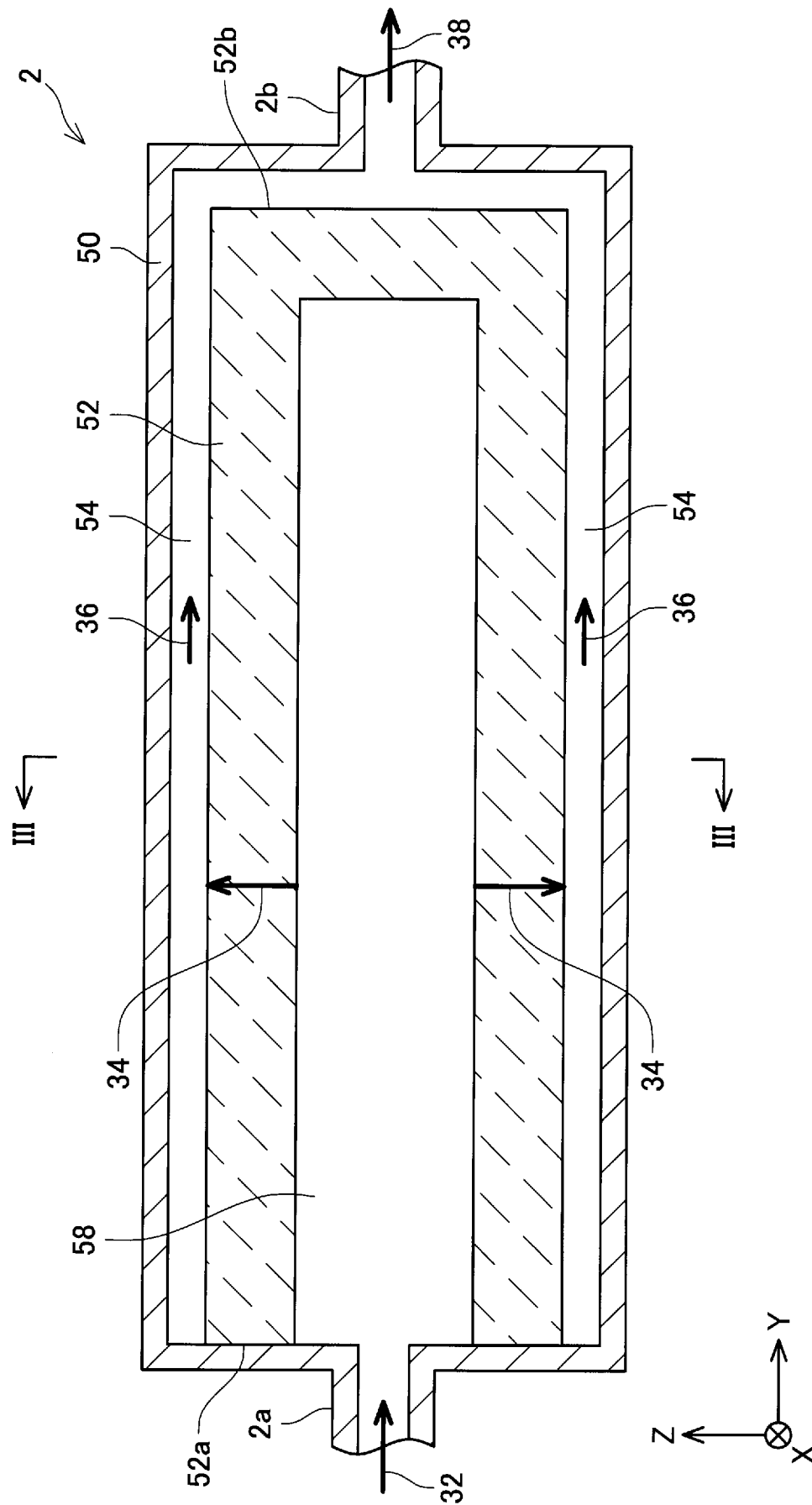
第2層は、第1粒子より大きな第2粒子を含み、

中間層は、第1粒子及び第2粒子を含む、請求項1又は2に記載のウィック。

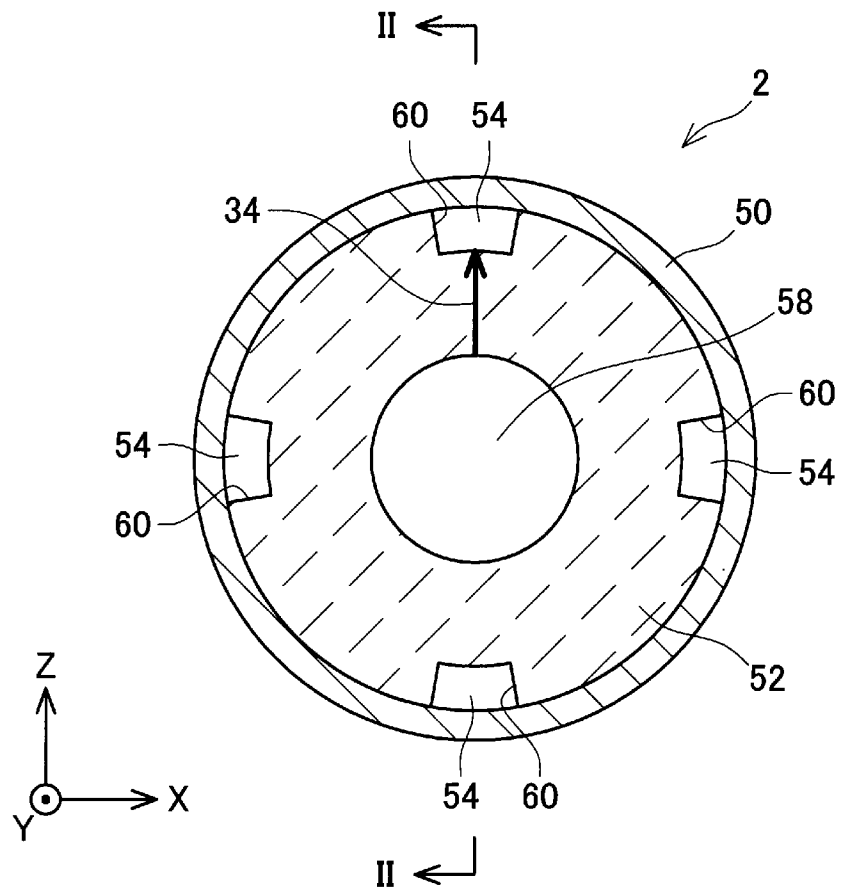
[図1]



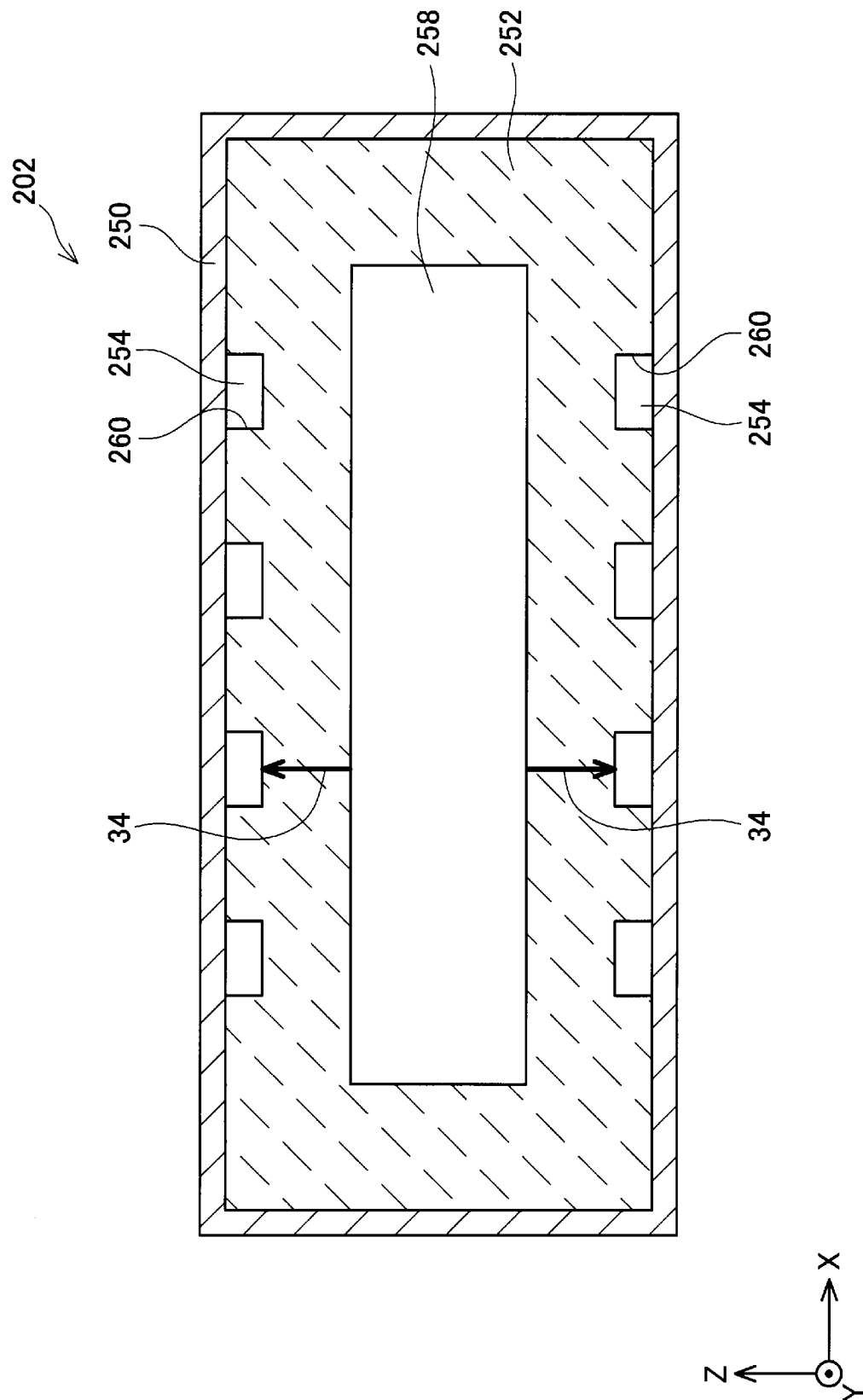
[図2]



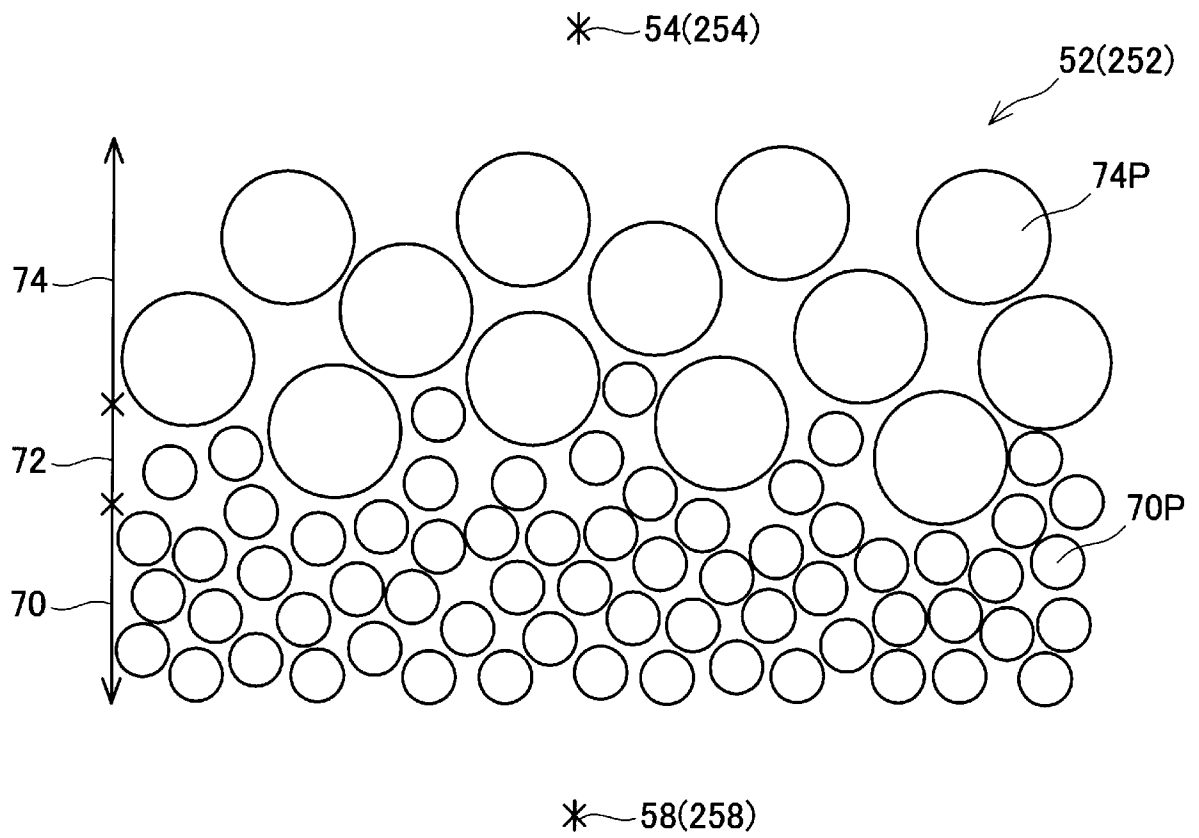
[図3]



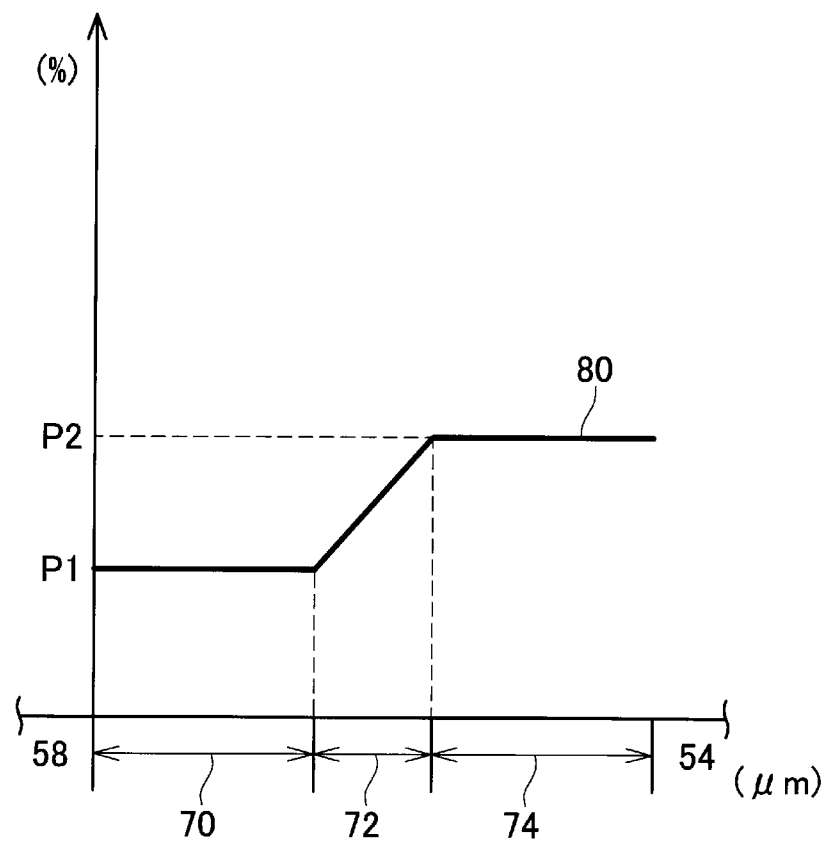
[図4]



[図5]



[図6]



[図7]

	第1層		中間層		第1層		気孔率の 増加率X	中間層の 厚み割合 Y	評価
	厚みL1	気孔率P1	厚みL	気孔率P	厚みL2	気孔率P2			
	μm	%	μm	ave. %	μm	%			
試料1	2500	40	2	50	2500	60	10	0.04	○
試料2	100	40	2	50	100	60	10	0.99	○
試料3	2500	40	0.5	50	2500	60	40	0.01	○
試料4	300	40	2	50	300	60	10	0.33	○
試料5	300	40	60	50	300	60	0.33	9.09	○
試料6	2500	40	--	--	2500	60	--	--	×

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/025992

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F28D15/02(2006.01)i, F28D15/04(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)

F28D15/02, F28D15/04

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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	JP 2002-181470 A (Mitsubishi Electric Corp.), 26 June 2002 (26.06.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-3
A	JP 2006-275424 A (Fujikura Ltd.), 12 October 2006 (12.10.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-3
A	JP 2012-132613 A (Fujitsu Ltd.), 12 July 2012 (12.07.2012), paragraphs [0002] to [0014]; fig. 1, 4 (Family: none)	1-3

☒ 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
15 August 2017 (15.08.17)

Date of mailing of the international search report
29 August 2017 (29.08.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/025992

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2011/0000646 A1 (HOU, Chuen-Shu), 06 January 2011 (06.01.2011), entire text; all drawings & CN 101943533 A	1-3
A	JP 2009-63191 A (JFE Steel Corp.), 26 March 2009 (26.03.2009), paragraphs [0035] to [0039]; fig. 3 (Family: none)	1-3
A	JP 10-246583 A (Mitsubishi Electric Corp.), 14 September 1998 (14.09.1998), entire text; all drawings & US 6330907 B1 entire text; all drawings	1-3
A	JP 9-119789 A (Mitsubishi Materials Corp.), 06 May 1997 (06.05.1997), entire text; all drawings (Family: none)	1-3

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F28D15/02(2006.01)i, F28D15/04(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. F28D15/02, F28D15/04

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
A	JP 2002-181470 A（三菱電機株式会社）2002.06.26, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-3
A	JP 2006-275424 A（株式会社フジクラ）2006.10.12, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-3
A	JP 2012-132613 A（富士通株式会社）2012.07.12, 段落 0002-0014, 図 1, 4（ファミリーなし）	1-3

☒ 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

15.08.2017

国際調査報告の発送日

29.08.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

伊藤 紀史

3M

7874

電話番号 03-3581-1101 内線 3377

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	US 2011/0000646 A1 (HOU, Chuen-Shu) 2011. 01. 06, 全文, 全図 & CN 101943533 A	1-3
A	JP 2009-63191 A (J F E スチール株式会社) 2009. 03. 26, 段落 0035-0039, 図 3 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 10-246583 A (三菱電機株式会社) 1998. 09. 14, 全文, 全図 & US 6330907 B1, 全文, 全図	1-3
A	JP 9-119789 A (三菱マテリアル株式会社) 1997. 05. 06, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-3