

(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
2017年12月7日(07.12.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/208581 A1

(51) 国際特許分類:

F28D 15/02 (2006.01) *F28D 15/04* (2006.01)
B22F 5/12 (2006.01) *H05K 7/20* (2006.01)
B22F 7/04 (2006.01)

JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 Kyoto (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/011705

(22) 国際出願日: 2017年3月23日(23.03.2017)

(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 2016-107377 2016年5月30日(30.05.2016) JP

(71) 出願人: 株式会社村田製作所
(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/

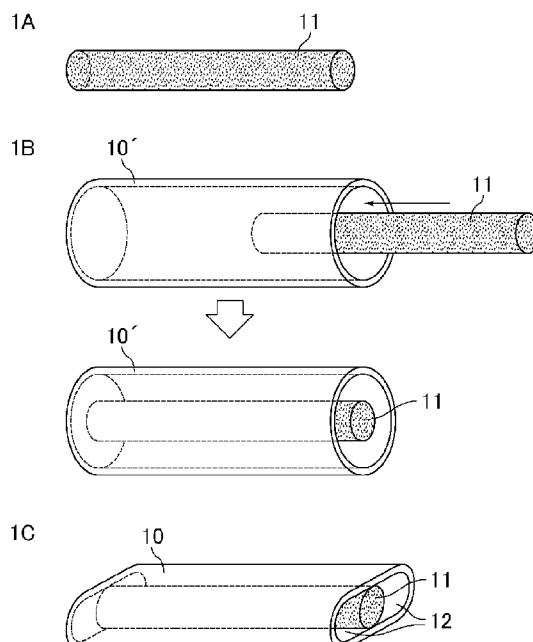
(72) 発明者: 鷲塚 清多郎 (WASHIZUKA, Seitaro); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 川口 義博 (KAWAGUCHI, Yoshihiro); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 北村 隆司 (KITAMURA, Takashi); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 安富国際特許事務所 (YASUTOMI & ASSOCIATES); 〒5320003 大阪府大阪市淀川区宮原 3 丁目 5 番 36 号 Osaka (JP).

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING HEAT PIPE

(54) 発明の名称: ヒートパイプの製造方法

図3



(57) Abstract: The present invention provides a method for producing a heat pipe, the method being characterized by comprising a step for preparing a bar-shaped wick structure that comprises an intermetallic compound of a first metal, which is, Sn or a Sn alloy and a second metal, which is, a Cu alloy; a step for inserting the wick structure into a pipe-shaped container; and a step for fixing the wick structure in the container, with the gap being left between the inner wall of the container and the wick structure by deforming the container.



(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, 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, 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: 本発明のヒートパイプの製造方法は、第1金属であるSn又はSn合金と第2金属であるCu合金との金属間化合物からなる、棒状のウィック構造体を準備する工程と、管状のコンテナ内に上記ウィック構造体を挿入する工程と、上記コンテナを変形させることにより、上記コンテナの内壁と上記ウィック構造体との間に空隙を残した状態で、上記コンテナ内に上記ウィック構造体を固定する工程と、を備えることを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：ヒートパイプの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、ヒートパイプの製造方法に関する。

背景技術

[0002] ヒートパイプは、パソコン等の電子機器に搭載されるCPUの冷却等に使用される。ヒートパイプは、非凝縮性流体を脱気して、適量の作動液が封入されている密閉された金属体である。コンテナ内部に封入された作動液は、蒸発部においてコンテナ外部から加熱されることで蒸発し、凝縮部において蒸気が冷却されることで凝縮して作動液に戻り、潜熱として熱を輸送する。潜熱として熱を輸送するため、蒸発部と凝縮部の小さな温度差でも熱を輸送することが可能となる。

[0003] コンテナ内では、凝縮部で凝縮した作動液を蒸発部に還流させる必要がある。蒸発部が凝縮部より上側に位置する場合や、蒸発部及び凝縮部が水平に位置する場合には、作動液の還流に作動液の表面張力を利用する。そのため、コンテナ内部にウィック構造体を必要とする。

[0004] ウィック構造体には、多数本の細線を束ねた線状体、メッシュ等の網目体、銅粉等の金属粉末を焼結した焼結体が用いられる。金属粉末の焼結体を利用したものは、高い表面張力を得られることが知られている。

[0005] 例えば、特許文献1には、切り欠き部を有する芯棒をコンテナ内に挿入し、芯棒の切り欠き部とコンテナの内壁とで形成される空間に金属粉末を充填し、金属粉末及び芯棒が挿入された状態でコンテナを加熱し、コンテナから芯棒を引き抜き、コンテナに扁平加工を施し、コンテナ内に作動液を封入するヒートパイプの製造方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2009-68787号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] 特許文献 1 に記載の方法では、金属粉末及び芯棒が挿入された状態でコンテナを加熱することで、金属粉末が焼結して焼結金属を形成し、この焼結金属をコンテナに固定することができる。しかし、加熱により焼結金属をコンテナに固定する際、芯棒と焼結金属とが固着してしまい、芯棒の引き抜きが困難になるという問題がある。
- [0008] コンテナから芯棒が容易に引き抜けなくなると、ヒートパイプを製造するための時間が長くなるため、ヒートパイプの生産性が低下するという問題が生じる。
- [0009] 本発明は上記の問題を解決するためになされたものであり、コンテナから芯棒を引き抜く必要がないヒートパイプの製造方法、又は、コンテナから芯棒を容易に引き抜くことができるヒートパイプ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

- [0010] 本発明者らは、第 1 金属である S n 又は S n 合金と、第 1 金属よりも融点の高い第 2 金属である C u 合金との金属間化合物をウィック構造体として使用することを考えた。第 1 金属（例えば S n）と第 2 金属（例えば C u - N i 合金）とを加熱した場合、温度が第 1 金属の融点以上に達すると、第 1 金属が溶融する。さらに加熱が続くと、第 1 金属と第 2 金属とが反応し、金属間化合物（例えば (C u, N i)₆S n₅）が生成する。金属間化合物が形成される際にはボイド（気孔）が生じるため、上記金属間化合物は、ウィック構造体に適した多孔質となる。
- [0011] 本発明の第 1 実施形態に係るヒートパイプの製造方法は、第 1 金属である S n 又は S n 合金と第 2 金属である C u 合金との金属間化合物からなる、棒状のウィック構造体を準備する工程と、管状のコンテナ内に上記ウィック構造体を挿入する工程と、上記コンテナを変形させることにより、上記コンテナの内壁と上記ウィック構造体との間に空隙を残した状態で、上記コンテナ内

に上記ウィック構造体を固定する工程と、を備えることを特徴とする。

[0012] 本発明の第1実施形態では、棒状のウィック構造体を準備しておき、これを管状のコンテナ内に挿入して固定することによって、コンテナから芯棒を引き抜くことなくヒートパイプを製造することができる。

[0013] 本発明の第1実施形態において、上記ウィック構造体を準備する工程では、上記第1金属と上記第2金属とを含む金属粉末を加熱することにより上記ウィック構造体を作製することが好ましい。

例えば、ウィック構造体として銅粉の焼結体を作製する場合には、900℃程度の高温で焼結を行う必要があるため、コンテナ内に挿入する前にウィック構造体を別途作製することは行われていなかった。これに対し、第1金属と第2金属との金属間化合物からなるウィック構造体を作製する場合には、300℃程度の低温で加熱を行えばよいため、ウィック構造体を容易に作製することができる。

[0014] 本発明の第2実施形態に係るヒートパイプの製造方法は、第1金属であるSn又はSn合金からなる金属棒を準備する工程と、管状のコンテナの内壁と上記金属棒との間の空間に、第2金属であるCu合金を含む金属粉末が充填されるように、上記金属棒及び上記金属粉末を上記コンテナ内に挿入する工程と、上記コンテナ内に挿入された上記金属棒及び上記金属粉末を加熱することにより、上記金属棒を構成する上記第1金属と上記金属粉末に含まれる上記第2金属とを反応させて、金属間化合物からなるウィック構造体を形成するとともに、上記コンテナ内に空隙を形成する工程と、を備えることを特徴とする。

[0015] 本発明の第2実施形態では、従来使用されていた芯棒に代えて、第1金属からなる金属棒を使用し、この金属棒と第2金属を含む金属粉末とをコンテナ内に挿入する。コンテナ内に挿入された金属棒及び金属粉末を加熱することにより、金属棒を構成する第1金属と金属粉末に含まれる第2金属とが反応して、金属間化合物からなるウィック構造体が形成されるとともに、金属棒が消滅するため、コンテナ内に空隙が形成される。したがって、コンテナが

ら芯棒を引き抜くことなくヒートパイプを製造することができる。

[0016] 本発明の第2実施形態において、上記金属棒及び上記金属粉末を挿入する工程では、上記コンテナ内に上記金属棒を挿入した後、上記コンテナの内壁と上記金属棒との間の空間に上記金属粉末を充填してもよい。また、上記金属棒及び上記金属粉末を挿入する工程では、上記コンテナ内に上記金属粉末を充填した後、上記コンテナ内の上記金属粉末を押し出すように上記コンテナ内に上記金属棒を挿入してもよい。さらに、上記金属棒及び上記金属粉末を挿入する工程では、上記金属棒の周囲に上記金属粉末を付着させた後、上記金属粉末が付着した上記金属棒を上記コンテナ内に挿入してもよい。

[0017] 本発明の第3実施形態に係るヒートパイプの製造方法は、第1金属であるS_n又はS_n合金と第2金属であるCu合金とを含むメッシュシートを準備する工程と、管状のコンテナの内壁に沿うように、上記メッシュシートを上記コンテナ内に挿入する工程と、上記コンテナ内に挿入された上記メッシュシートを加熱することにより、上記メッシュシートを構成する上記第1金属と上記第2金属とを反応させて、金属間化合物からなるウィック構造体を形成する工程と、を備えることを特徴とする。

[0018] 本発明の第3実施形態では、第1金属と第2金属とを含むメッシュシートを、コンテナの内壁に沿うようにコンテナ内に挿入する。コンテナ内に挿入されたメッシュシートを加熱することにより、メッシュシートを構成する第1金属と第2金属とが反応して、金属間化合物からなるウィック構造体が形成される。したがって、コンテナから芯棒を引き抜くことなくヒートパイプを製造することができる。

[0019] 本発明の第3実施形態において、上記メッシュシートを準備する工程では、上記第2金属からなるメッシュに上記第1金属をめっきすることにより上記メッシュシートを作製することが好ましい。また、上記メッシュシートを準備する工程では、上記第2金属からなるメッシュに上記第1金属を含む金属粉末を付着させることにより上記メッシュシートを作製することが好ましい。

第2金属からなるメッシュを用いることにより、第1金属と反応させた後に形成されるウィック構造体の気孔率を高くすることができる。金属粉末をメッシュに付着させる場合、ウィック構造体の気孔率をさらに高くすることができる。

[0020] 本発明の第4実施形態に係るヒートパイプの製造方法は、第2金属であるCu合金からなるメッシュが芯棒の周囲に巻き付けられたメッシュ付き芯棒を準備する工程と、管状のコンテナの内壁と上記メッシュ付き芯棒との間の空間に、第1金属であるSn又はSn合金と上記第2金属とを含む金属粉末が充填されるように、上記メッシュ付き芯棒及び上記金属粉末を上記コンテナ内に挿入する工程と、上記コンテナ内に挿入された上記メッシュ付き芯棒及び上記金属粉末を加熱することにより、上記金属粉末に含まれる上記第1金属と上記第2金属とを反応させるとともに、上記金属粉末に含まれる上記第1金属と上記メッシュ付き芯棒を構成する上記第2金属とを反応させて、金属間化合物からなるウィック構造体を形成する工程と、上記コンテナから上記芯棒を引き抜く工程と、を備えることを特徴とする。

[0021] 本発明の第4実施形態では、第2金属からなるメッシュが芯棒の周囲に巻き付けられているため、コンテナの内壁と芯棒との間で第1金属と第2金属とが反応した際、熔融した第1金属が芯棒に接触しにくくなり、芯棒と金属間化合物との固着が防止される。一方、芯棒の周囲に巻き付けられていたメッシュは、第1金属と反応して金属間化合物を形成するため、コンテナに固定される。その結果、コンテナから芯棒のみを引き抜くことができる。

[0022] 本発明の第5実施形態に係るヒートパイプの製造方法は、少なくとも表面が樹脂からなり、上記樹脂は、第1金属であるSn又はSn合金と第2金属であるCu合金とが反応して金属間化合物が生成する温度よりも高い融点を有し、かつ、上記金属間化合物の熱膨張係数よりも大きい熱膨張係数を有する芯棒を準備する工程と、管状のコンテナの内壁と上記芯棒との間の空間に、上記第1金属と上記第2金属とを含む金属粉末が充填されるように、上記芯棒及び上記金属粉末を上記コンテナ内に挿入する工程と、上記コンテナ内に

挿入された上記芯棒及び上記金属粉末を加熱することにより、上記金属粉末に含まれる上記第1金属と上記第2金属とを反応させて、金属間化合物からなるウィック構造体を形成する工程と、上記コンテナから上記芯棒を引き抜く工程と、を備えることを特徴とする。

[0023] 本発明の第5実施形態では、芯棒の材料として、ウィック構造体を構成する金属間化合物が生成する温度よりも高い融点を有し、かつ、上記金属間化合物の熱膨張係数よりも大きい熱膨張係数を有する樹脂を使用する。このような樹脂は、金属間化合物を形成するための加熱の際に膨張するため、膨張した樹脂に押さえ付けられた状態で金属間化合物からなるウィック構造体が形成される。一方、加熱後、冷却の際に上記樹脂が収縮するため、ウィック構造体と芯棒との間に隙間が生じる。したがって、コンテナから芯棒を容易に引き抜くことができる。

[0024] 本発明の第5実施形態において、上記樹脂は、シリコーン樹脂であることが好ましい。

[0025] 本発明の第6実施形態に係るヒートパイプの製造方法は、管状のコンテナの内壁と芯棒との間の空間に、第1金属であるSn又はSn合金と第2金属であるCu合金とを含む金属粉末が充填されるように、上記芯棒及び上記金属粉末を上記コンテナ内に挿入する工程と、上記芯棒が挿入された状態の上記コンテナ内の上記金属粉末を、上記第1金属の融点未満の温度で加熱することにより、上記金属粉末に含まれる上記第1金属の一部と上記第2金属の一部とを反応させて金属間化合物を生成させる工程と、上記コンテナから上記芯棒を引き抜く工程と、上記芯棒が引き抜かれた状態の上記コンテナ内の上記金属粉末を、上記第1金属の融点以上の温度で加熱することにより、上記金属粉末に含まれる未反応の上記第1金属と上記第2金属とを反応させて、金属間化合物からなるウィック構造体を形成する工程と、を備えることを特徴とする。

[0026] 本発明の第6実施形態では、コンテナ内に芯棒が挿入された状態で、第1金属の融点未満の温度で金属粉末を加熱することにより、金属粉末の一部を金

属間化合物にしておく。その結果、金属粉末の形状が維持され、コンテナ内に金属粉末が固定されるため、コンテナから芯棒を引き抜くことができる。芯棒を引き抜いた後、第1金属の融点以上の温度で残りの金属粉末を加熱することにより、未反応の第1金属と第2金属とが反応して、金属間化合物からなるウィック構造体が形成される。

[0027] 本発明の第6実施形態において、上記芯棒は、発熱体からなり、上記第1金属の融点未満の温度で上記金属粉末を加熱する工程では、上記芯棒を発熱させることが好ましい。

芯棒を発熱させることにより、芯棒と接する部分の金属粉末を金属間化合物にすることができるため、コンテナから芯棒を引き抜きやすくなる。

発明の効果

[0028] 本発明によれば、コンテナから芯棒を引き抜く必要がないヒートパイプの製造方法、又は、コンテナから芯棒を容易に引き抜くことができるヒートパイプの製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]図1は、本発明のヒートパイプの製造方法によって製造されるヒートパイプの一例を模式的に示す断面図である。

[図2]図2は、本発明のヒートパイプの製造方法によって製造されるヒートパイプの別の一例を模式的に示す断面図である。

[図3]図3は、本発明の第1実施形態に係るヒートパイプの製造方法の一例を模式的に示す斜視図である。

[図4]図4は、本発明の第1実施形態に係るヒートパイプの製造方法の別の一例を模式的に示す斜視図である。

[図5]図5(a)、図5(b)、図5(c)、図5(d)、図5(e)及び図5(f)は、本発明の第1実施形態に係るヒートパイプの製造方法により得られるヒートパイプの別の例を模式的に示す断面図である。

[図6]図6(a)、図6(b)及び図6(c)は、コンテナの両側側面又は片側側面が平坦であるヒートパイプの製造方法の一例を模式的に示す断面図で

ある。

[図7]図7 (a)、図7 (b)、図7 (c 1)、図7 (c 2)、図7 (d 1) 及び図7 (d 2) は、コンテナの両側側面又は片側側面が平坦であるヒートパイプの製造方法の別の一例を模式的に示す断面図である。

[図8]図8 (a)、図8 (b)、図8 (c) 及び図8 (d) は、コンテナの片側側面が平坦であるヒートパイプの製造方法のさらに別の一例を模式的に示す断面図である。

[図9]図9 (a) 及び図9 (b) は、本発明の第1実施形態に係るヒートパイプの製造方法により得られるヒートパイプのさらに別の例を模式的に示す断面図である。

[図10]図10は、本発明の第2実施形態に係るヒートパイプの製造方法の一例を模式的に示す斜視図である。

[図11]図11は、金属棒及び金属粉末を挿入する工程の例を模式的に示す斜視図である。

[図12]図12は、本発明の第3実施形態に係るヒートパイプの製造方法の一例を模式的に示す斜視図である。

[図13]図13は、本発明の第4実施形態に係るヒートパイプの製造方法の一例を模式的に示す斜視図である。

[図14]図14は、本発明の第5実施形態に係るヒートパイプの製造方法の一例を模式的に示す斜視図である。

[図15]図15は、本発明の第5実施形態に係るヒートパイプの製造方法の別の一例を模式的に示す斜視図である。

[図16]図16は、本発明の第6実施形態に係るヒートパイプの製造方法の一例を模式的に示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0030] 以下、本発明のヒートパイプの製造方法について説明する。

しかしながら、本発明は、以下の構成に限定されるものではなく、本発明の要旨を変更しない範囲において適宜変更して適用することができる。なお、

以下において記載する本発明の個々の望ましい構成を2つ以上組み合わせたものもまた本発明である。

[0031] 図1は、本発明のヒートパイプの製造方法によって製造されるヒートパイプの一例を模式的に示す断面図である。

図1に示すヒートパイプ1は、コンテナ10及びウィック構造体11を備える。ウィック構造体11は、コンテナ10内の中央部に固定されており、コンテナ10内の両端部において、コンテナ10の内壁とウィック構造体11との間に空隙12が形成されている。図1では、コンテナ10は、扁平な管形状を有しているが、コンテナ10の断面形状は特に限定されない。図1には示していないが、コンテナ10内は、空気等の非凝縮性ガスが脱気されており、作動液が封入されている。

[0032] 図2は、本発明のヒートパイプの製造方法によって製造されるヒートパイプの別の一例を模式的に示す断面図である。

図2に示すヒートパイプ2は、コンテナ20及びウィック構造体21を備える。ウィック構造体21は、コンテナ20の内壁に固定されており、コンテナ20内の中央部に空隙22が形成されている。図2では、コンテナ20は、断面が略円形の管形状を有しているが、コンテナ20の断面形状は特に限定されず、扁平な管形状を有していてもよい。図2には示していないが、コンテナ20内は、空気等の非凝縮性ガスが脱気されており、作動液が封入されている。

[0033] 上記ヒートパイプを製造する方法として、本発明の第1実施形態～第6実施形態に係るヒートパイプの製造方法について説明する。

図1に示すヒートパイプ1は、本発明の第1実施形態に係る方法によって製造することができ、図2に示すヒートパイプ2は、本発明の第2実施形態～第6実施形態に係る方法によって製造することができる。

[0034] 以下に示す各実施形態は例示であり、異なる実施形態で示した構成の部分的な置換又は組み合わせが可能であることは言うまでもない。第2実施形態以降では、第1実施形態と共通の事項についての記述は省略し、異なる点につ

いてのみ説明する。特に、同様の構成による同様の作用効果については、実施形態毎には逐次言及しない。

[0035] (第1実施形態)

図3は、本発明の第1実施形態に係るヒートパイプの製造方法の一例を模式的に示す斜視図である。

[0036] まず、図3の1Aに示すように、第1金属と第2金属との金属間化合物からなる、棒状のウィック構造体11を準備する。

[0037] 上記ウィック構造体は、第1金属と第2金属とを含む金属粉末を加熱することにより作製することが好ましい。例えば、アルミナ等の耐熱性セラミックからなる焼成用治具に上記金属粉末を充填して加熱することにより、第1金属と第2金属との金属間化合物からなるウィック構造体を作製することができる。金属粉末の形状もしくは粒径を調整することにより、ウィック構造体の気孔率を調整することができる。

[0038] 上記ウィック構造体は、第2金属からなるメッシュを棒状に丸めたものを、溶融した第1金属に浸漬し、これを加熱することにより作製することもできるし、第2金属からなる多孔質棒を、溶融した第1金属に浸漬し、これを加熱することにより作製することもできる。上記の方法では、第1金属と第2金属とを含む金属粉末を加熱する方法と比べて、大小異なるサイズの気孔を付与することができる等、得られる焼結体の多孔質の具合を調整することができるため、ヒートパイプの性能を任意に調整することができる。具体的には、第1金属と第2金属とを含む金属粉末を加熱する方法では、第1金属と第2金属との合金化反応によって気孔が形成されるのに対し、上記の方法では、合金化反応によって気孔が形成される他、第2金属からなるメッシュ又は多孔質棒に当初から存在する気孔を残すことができる。したがって、第2金属からなるメッシュ又は多孔質棒に当初から存在する気孔のサイズが大きければ、気孔の中心には第1金属が濡れないため、大きい気孔が空洞として残存し、さらに、合金化反応によって小さい気孔が新たに形成される。なお、大小異なるサイズの気孔の割合は、溶融する第1金属の温度や浸漬時間、

第2金属からなるメッシュ又は多孔質棒の多孔質の度合いによって調整することができる。

[0039] 加熱温度は、250℃以上、350℃以下が好ましい。加熱時間は、10分間以上が好ましく、また、180分間以下が好ましく、60分間以下がより好ましい。

[0040] 第1金属は、Sn又はSn合金であり、例えば、Sn単体、又は、Cu、Ni、Ag、Au、Sb、Zn、Bi、In、Ge、Al、Co、Mn、Fe、Cr、Mg、Pd、Si、Sr、Te及びPからなる群より選ばれる少なくとも1種とSnとを含む合金が挙げられる。中でも、Sn、Sn-3Ag-0.5Cu、Sn-3.5Ag、Sn-0.75Cu、Sn-58Bi、Sn-0.7Cu-0.05Ni、Sn-5Sb、Sn-2Ag-0.5Cu-2Bi、Sn-57Bi-1Ag、Sn-3.5Ag-0.5Bi-8In、Sn-9Zn、又は、Sn-8Zn-3Biが好ましい。

上記表記において、例えば、「Sn-3Ag-0.5Cu」は、Agを3重量%、Cuを0.5重量%含有し、残部をSnとする合金であることを示している。

[0041] 第2金属は、Cu合金であり、例えば、Cu-Ni合金、Cu-Mn合金、Cu-Al合金又はCu-Cr合金が挙げられる。これらの中では、Cu-Ni合金又はCu-Mn合金が好ましい。

Cu-Ni合金は、Niの割合が5重量%以上30重量%以下であるCu-Ni合金が好ましく、例えば、Cu-5Ni、Cu-10Ni、Cu-15Ni、Cu-20Ni、Cu-25Ni、又は、Cu-30Niが挙げられる。Cu-Ni合金には、Cu-Ni-Co合金、Cu-Ni-Fe合金等のように第3成分を含む合金も含まれる。

Cu-Mn合金は、Mnの割合が5重量%以上30重量%以下であるCu-Mn合金が好ましく、例えば、Cu-5Mn、Cu-10Mn、Cu-15Mn、Cu-20Mn、Cu-25Mn、又は、Cu-30Mnが挙げられる。

Cu-AI合金は、AIの割合が5重量%以上10重量%以下であるCu-AI合金が好ましく、例えば、Cu-5AI、又は、Cu-10AIが挙げられる。

Cu-Cr合金は、Crの割合が5重量%以上10重量%以下であるCu-Cr合金が好ましく、例えば、Cu-5Cr、又は、Cu-10Crが挙げられる。

なお、第2金属は、Cu-Mn-Ni等のようにMn及びNiを同時に含んでいてもよく、また、P等の第3成分を含んでいてもよい。

上記表記において、例えば、「Cu-5Ni」は、Niを5重量%含有し、残部をCuとする合金であることを示している。Mn、AI又はCrについても同様である。

[0042] 第1金属と第2金属とを含む金属粉末を加熱することにより、温度が第1金属（例えばSn）の融点以上に達すると、第1金属が溶融する。さらに加熱が続くと、第1金属と第2金属（例えばCu-Ni合金）とが反応して金属間化合物（例えば $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$ ）が生成する。金属間化合物が生成する反応に伴い、金属間化合物の中にはボイド（気孔）が形成されるため、上記金属間化合物は多孔質となる。金属間化合物を多孔質にする観点から、第1金属及び第2金属を加圧しない状態で両者を反応させることが好ましい。

[0043] ウィック構造体中の金属間化合物は、ウィック構造体の断面を金属顕微鏡を用いて観察することによって簡易的に確認することができる。詳細には、エネルギー分散型X線分析（EDX）等による組成分析と、微小部X線回折等による結晶構造解析とを行うことによって、 $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$ 等の金属間化合物を確認することができる。

[0044] ウィック構造体の形状は、棒状である限り特に限定されないが、円柱状であることが好ましい。ウィック構造体の形状は、円錐台形状等であってもよい。また、ウィック構造体の長さも、特に限定されない。

[0045] 次に、図3の1Bに示すように、管状のコンテナ10'内にウィック構造体

11を挿入する。図3の1Bでは、1本のウィック構造体11を挿入しているが、2本以上のウィック構造体を挿入してもよい。

[0046] コンテナは、熱を内部と外部で伝える必要があるため、熱伝導率の高い材料で構成されることが好ましい。コンテナの材料としては、例えば、銅、アルミニウム等の金属を使用することができる。また、ヒートパイプには、耐熱性と、内部蒸気圧および外力に耐え得る機械的強度とが必要であるため、コンテナの材料としては、例えば、ステンレス、銅合金、炭素鋼等を使用することもできる。コンテナの形状は特に限定されず、円筒状以外の筒状であってもよい。また、コンテナの内壁の形状も特に限定されず、グループ等の毛細管構造が内壁に備えられていてもよい。

[0047] 続いて、コンテナを変形させる。これにより、図3の1Cに示すように、コンテナ10の内壁とウィック構造体11との間に空隙12を残した状態で、コンテナ10内にウィック構造体11を固定する。

[0048] コンテナを変形させる方法としては、例えば、熱間圧延、冷間圧延等の圧延や、曲げ等の加工方法が挙げられる。ウィック構造体を構成する金属間化合物は脆い部材であるため、上記の加工は、コンテナが変形可能な範囲で行うことが好ましい。コンテナを変形させることで、コンテナの内壁にウィック構造体を接触させることができ、アンカー効果によってウィック構造体がコンテナ内に固定される。

[0049] 上述のとおり、ウィック構造体を構成する金属間化合物は多孔質であるため、毛細管現象によって作動液を移動させることができる。一方、コンテナ内壁とウィック構造体との間の空隙は、蒸気の流路として機能する。

[0050] その後、必要に応じて、コンテナ内部に存在する空気等の非凝縮性ガスを脱気し、コンテナ内に作動液を封入する。作動液としては、水、エタノール、メタノール、ナフタリン、ベンゼン、代替フロン、アンモニア等を使用することができる。また、非凝縮性ガスの脱気には、真空脱気法や、予め余分な量の作動液を注入しておき、コンテナを加熱して作動液を沸騰させることによって非凝縮性ガスを追い出す方法等が用いられる。

[0051] 以上により、図1に示すヒートパイプ1を製造することができる。

[0052] 図4は、本発明の第1実施形態に係るヒートパイプの製造方法の別の一例を模式的に示す斜視図である。

図4の1Aでは、図3の1Aと異なり、棒状のウィック構造体11を2本準備している。図4の1Bに示すように、管状のコンテナ10'内に2本のウィック構造体11を挿入した後、コンテナ10'を変形させる。これにより、図4の1Cに示すように、コンテナ10の内壁と2本のウィック構造体11との間に空隙12を残した状態で、コンテナ10内に2本のウィック構造体11を固定する。このように、2本以上のウィック構造体をコンテナ内に挿入してもよい。

[0053] 図5(a)、図5(b)、図5(c)、図5(d)、図5(e)及び図5(f)は、本発明の第1実施形態に係るヒートパイプの製造方法により得られるヒートパイプの別の例を模式的に示す断面図である。

図5(a)に示すヒートパイプ1a、図5(b)に示すヒートパイプ1b、及び、図5(c)に示すヒートパイプ1cのように、コンテナ10の両側側面が平坦であってもよいし、図5(d)に示すヒートパイプ1d、図5(e)に示すヒートパイプ1e、及び、図5(f)に示すヒートパイプ1fのように、コンテナ10の片側側面が平坦であってもよい。コンテナの両側側面又は片側側面を平坦にすることにより、より密集したスペースにヒートパイプを搭載することができるため、収納効率を上げることができる。そして、収納効率を上げることにより、ヒートパイプ搭載部の熱搬送効率の向上が期待できる。

[0054] コンテナの両側側面又は片側側面が平坦であるヒートパイプは、例えば、以下に示す方法によって製造することができる。なお、以下に示す方法では、コンテナの両側側面又は片側側面が平坦である形状だけでなく、側面以外の箇所も平坦である形状等、コンテナを任意の形状にすることができる。

[0055] 図6(a)、図6(b)及び図6(c)は、コンテナの両側側面又は片側側面が平坦であるヒートパイプの製造方法の一例を模式的に示す断面図である

。

図6 (a) に示すように、管状のコンテナ10'内にウィック構造体11を挿入した後、図6 (b) に示すように、コンテナ10'をプレスする。これにより、図6 (c) に示すように、例えば、図5 (a) に示すヒートパイプ1aの形状が得られる。

[0056] 図7 (a)、図7 (b)、図7 (c1)、図7 (c2)、図7 (d1) 及び図7 (d2) は、コンテナの両側側面又は片側側面が平坦であるヒートパイプの製造方法の別の一例を模式的に示す断面図である。

図7 (a) 及び図7 (b) に示すように、板状（箔状も含む）のコンテナ10''を成型する。ここで、図7 (c1) に示すように、成型後の2枚のコンテナ10''の内部に收容されるようにウィック構造体11を挿入した後、溶接等によってコンテナ10''の端部を封止することにより、図7 (d1) に示すように、例えば、図5 (a) に示すヒートパイプ1aの形状が得られる。また、図7 (c2) に示すように、成型後のコンテナ10''と未成型のコンテナ10''との内部に收容されるようにウィック構造体11を挿入した後、溶接等によってコンテナ10''の端部を封止することにより、図7 (d2) に示すように、例えば、図5 (b) に示すヒートパイプ1bの形状が得られる。

[0057] 図8 (a)、図8 (b)、図8 (c) 及び図8 (d) は、コンテナの片側側面が平坦であるヒートパイプの製造方法のさらに別の一例を模式的に示す断面図である。

図8 (a) 及び図8 (b) に示すように、板状（箔状も含む）のコンテナ10''を成型する。図8 (c) に示すように、成型後の1枚のコンテナ10''の内部に收容されるようにウィック構造体11を挿入した後、溶接等によってコンテナ10''の端部を封止することにより、図8 (d) に示すように、例えば、図5 (d) に示すヒートパイプ1dの形状が得られる。

[0058] コンテナの両側側面又は片側側面が平坦であるヒートパイプにおいて、コンテナ内に作動液を封入する方法としては、例えば、ウィック構造体を挿入す

る前に予めウィック構造体に含浸しておく方法、三方を封止した後に未封止口から作動液を注入し、最後に四方を封止する方法等が挙げられる。

[0059] 図9（a）及び図9（b）は、本発明の第1実施形態に係るヒートパイプの製造方法により得られるヒートパイプのさらに別の例を模式的に示す断面図である。

図9（a）に示すヒートパイプ1gでは、ウィック構造体11aの断面形状が半円形であり、図9（b）に示すヒートパイプ1hでは、ウィック構造体11bの断面形状が長方形である。図9（a）及び図9（b）では、コンテナ10の形状が図1と同じであるが、図5（a）、図5（b）、図5（c）、図5（d）、図5（e）及び図5（f）等と同じであってもよい。

[0060] このように、ウィック構造体の形状は、円柱状又は円錐台形状に限定されず、半円柱状であってもよいし、四角柱状（好ましくは直方体）、六角柱状等の角柱状等であってもよい。特に、半円柱状や角柱状といった形状を有するウィック構造体は、薄型のヒートパイプに好適に用いられる。

[0061] 所定の形状を有するウィック構造体は、例えば、第1金属と第2金属とを含む金属粉末を焼成用治具に充填する際に、目的の形状となるように上記金属粉末を配置し、これを加熱することにより作製することができる。円柱状又は半円柱状等、ウィック構造体が曲面部を有する場合には、焼成用治具との接触面積を小さくすることができるため、焼成用治具からウィック構造体を取り出しやすいという利点がある。また、角柱状等、ウィック構造体が平面部を有する場合には、コンテナ内にウィック構造体を挿入する際、側面等の平面部を保持して搬送することができるため、ウィック構造体を安定して搬送することができるという利点がある。

[0062] 以上のように、第1実施形態では、所定の形状を有するウィック構造体を予め作製しておき、コンテナを所定の形状に変形させることにより、任意の形状のヒートパイプを製造することができる。

[0063] （第2実施形態）

図10は、本発明の第2実施形態に係るヒートパイプの製造方法の一例を模

式的に示す斜視図である。

[0064] まず、図10の2Aに示すように、第1金属からなる金属棒23を準備する。

[0065] 第1金属は、Sn又はSn合金であり、第1実施形態で説明したものが挙げられる。

[0066] 金属棒の形状は、図10の2Aに示すように、中空の管状であることが好ましい。この場合、第1金属からなる箔（例えばSn箔）を丸めたものも含まれ、2層以上重なっていてもよい。金属棒が中空の管状である場合、少なくとも一方の端面が封止されていてもよい。また、金属棒の長さは、特に限定されない。

[0067] 次に、図10の2Bに示すように、管状のコンテナ20内に、金属棒23及び金属粉末24を挿入する。この際、コンテナ20の内壁と金属棒23との間の空間に金属粉末24が充填されるように、金属棒23及び金属粉末24をコンテナ20内に挿入する。金属棒23が中空の管状である場合、中空部に金属粉末24が入らないように金属粉末24を充填することが好ましい。

[0068] コンテナ20の材料、形状等は、第1実施形態で説明したコンテナ10'と同じである。

[0069] 金属粉末は、第2金属を含む。第2金属は、Cu合金であり、第1実施形態で説明したものが挙げられる。金属粉末中の第2金属の含有量は、60重量%以上が好ましく、80重量%以上がより好ましく、100重量%が特に好ましい。

[0070] 図11は、金属棒及び金属粉末を挿入する工程の例を模式的に示す斜視図である。

図11の2B-1では、コンテナ20内に金属棒23を挿入した後、コンテナ20の内壁と金属棒23との間の空間に金属粉末24を充填する。金属棒23が中空の管状である場合、中空部に金属粉末24が入らないように、少なくとも金属粉末を挿入する側の端面が封止されていることが好ましい。

図11の2B-2では、コンテナ20内に金属粉末24を充填した後、コン

テナ 20 内の金属粉末 24 を押し出すようにテナ 20 内に金属棒 23 を挿入する。金属棒 23 が中空の管状である場合、中空部に金属粉末 24 が入らないように、少なくとも金属棒を挿入する側の端面（図 11 の 2B-2 では紙面左側の端面）が封止されていることが好ましい。

図 11 の 2B-3 では、金属棒 23 の周囲に金属粉末 24 を付着させた後、金属粉末 24 が付着した金属棒 23 をテナ 20 内に挿入する。金属棒 23 が中空の管状である場合、少なくとも一方の端面が封止されていてもよい。金属棒の周囲に金属粉末を付着させる方法としては、金属粉末を含むペーストを金属棒の周囲に塗布する方法、金属粒子を金属棒にめっき処理する方法、金属粉末を金属棒に溶射する方法等が挙げられる。

なお、図 11 の 2B-3 のように、金属粉末が付着した金属棒を使用する場合、当該金属棒をテナ内に挿入した後に、さらに金属粉末を充填してもよいし、金属粉末が充填されたテナ内に当該金属棒を挿入してもよい。

[0071] 続いて、テナ内に挿入された金属棒及び金属粉末を加熱する。これにより、金属棒を構成する第 1 金属と金属粉末に含まれる第 2 金属とが反応して金属間化合物が生成するとともに、金属棒は消滅する。その結果、図 10 の 2C に示すように、金属間化合物からなるウィック構造体 21 が形成されるとともに、テナ 20 内に空隙 22 が形成される。溶融状態の金属間化合物が固まることによって、金属間化合物からなるウィック構造体はテナ内に固定される。

[0072] 加熱温度は、第 1 金属の融点以上の温度であることが好ましく、具体的には、250℃以上、350℃以下が好ましい。加熱時間は、10分間以上が好ましく、また、180分間以下が好ましく、60分間以下がより好ましい。

[0073] 第 1 金属と第 2 金属との反応は、第 1 実施形態で説明したとおりである。上述のとおり、ウィック構造体を構成する金属間化合物は多孔質であるため、毛細管現象によって作動液を移動させることができる。一方、テナ内の空隙は、蒸気の流路として機能する。

[0074] その後、第 1 実施形態と同様に、必要に応じて、テナ内部に存在する空

気等の非凝縮性ガスを脱気し、コンテナ内に作動液を封入する。コンテナ内に作動液を封入する前、又は、コンテナ内に作動液を封入した後、コンテナに扁平加工や曲げ加工等を施してもよい。

[0075] 以上により、図2に示すヒートパイプ2を製造することができる。

[0076] (第3実施形態)

図12は、本発明の第3実施形態に係るヒートパイプの製造方法の一例を模式的に示す斜視図である。

[0077] まず、図12の3Aに示すように、第1金属と第2金属とを含むメッシュシート35を準備する。

[0078] 第1金属は、Sn又はSn合金であり、第1実施形態で説明したものが挙げられる。第2金属は、Cu合金であり、第1実施形態で説明したものが挙げられる。

[0079] メッシュシートの網目形状としては、例えば、織られた網目形状、編まれた網目形状、細かい穴が所定の間隔で打ち抜かれた網目形状等が挙げられる。

[0080] 上記メッシュシートは、第2金属からなるメッシュに第1金属をめっきすることにより作製することが好ましい。

[0081] また、上記メッシュシートは、第2金属からなるメッシュに第1金属を含む金属粉末を付着させることにより作製することが好ましい。この場合、メッシュの少なくとも一方の主面に金属粉末を付着させればよい。

[0082] メッシュに付着させる金属粉末は、第1金属に加えて第2金属を含むことが好ましい。金属粉末に含まれる第2金属は、メッシュを構成する第2金属と異なってもよいが、メッシュを構成する第2金属と同じであることが好ましい。

[0083] 金属粉末中の第1金属の含有量は、40重量%以上、80重量%以下が好ましい。また、金属粉末中の第2金属の含有量は、20重量%以上、60重量%以下が好ましい。

[0084] メッシュに金属粉末を付着させる方法としては、メッシュの網目に金属粉末を充填する方法、金属粉末を含むペーストをメッシュに塗布する方法、金属

粒子をメッシュにめっき処理する方法、金属粉末をメッシュに溶射する方法等が挙げられる。

[0085] ウィック構造体の気孔率を高くする観点から、メッシュに付着させる金属粉末の粒径は、メッシュの網目のサイズよりも大きいことが好ましい。金属粉末の粒径がメッシュの網目のサイズと同じか小さい場合、金属粉末によってメッシュの網目が埋まってしまい、反応後に形成されるウィック構造体が密になるおそれがある。

[0086] 次に、図12の3Bに示すように、管状のコンテナ20内に、メッシュシート35を挿入する。この際、芯棒を使用せず、メッシュシート35を丸めて、コンテナ20の内壁に沿うようにメッシュシート35をコンテナ20内に挿入する。図12の3Bでは、1枚のメッシュシート35を挿入しているが、2枚以上のメッシュシートを挿入してもよい。また、コンテナ内に挿入されたメッシュシートは、2層以上に重なっていてもよい。

[0087] メッシュの一方の主面のみに金属粉末を付着させたメッシュシートを用いる場合、金属粉末が付着した主面が内側になるように丸めて、コンテナ内に挿入することが好ましい。

[0088] コンテナ20の材料、形状等は、第1実施形態で説明したコンテナ10'と同じである。

[0089] 続いて、コンテナ内に挿入されたメッシュシートを加熱する。これにより、メッシュシートを構成する第1金属と第2金属とが反応して金属間化合物が生成する。その結果、図12の3Cに示すように、金属間化合物からなるウィック構造体21が形成される。また、コンテナ20内に空隙22が形成される。溶融状態の金属間化合物が固まることによって、金属間化合物からなるウィック構造体はコンテナ内に固定される。なお、メッシュシートの一部が反応せずに残っていてもよい。

[0090] 加熱温度は、第1金属の融点以上の温度であることが好ましく、具体的には、250℃以上、350℃以下が好ましい。加熱時間は、10分間以上が好ましく、また、180分間以下が好ましく、60分間以下がより好ましい。

[0091] 第1金属と第2金属との反応は、第1実施形態で説明したとおりである。上述のとおり、ウィック構造体を構成する金属間化合物は多孔質であるため、毛細管現象によって作動液を移動させることができる。一方、コンテナ内の空隙は、蒸気の流路として機能する。

[0092] その後、第1実施形態と同様に、必要に応じて、コンテナ内部に存在する空気等の非凝縮性ガスを脱気し、コンテナ内に作動液を封入する。コンテナ内に作動液を封入する前、又は、コンテナ内に作動液を封入した後、コンテナに扁平加工や曲げ加工等を施してもよい。また、コンテナ内にメッシュシートを挿入した後、メッシュシートを加熱する前に、上記加工を施してもよい。

[0093] 以上により、図2に示すヒートパイプ2を製造することができる。

[0094] (第4実施形態)

図13は、本発明の第4実施形態に係るヒートパイプの製造方法の一例を模式的に示す斜視図である。

[0095] まず、図13の4Aに示すように、第2金属からなるメッシュ45が芯棒43の周囲に巻き付けられたメッシュ付き芯棒46を準備する。図13の4Aでは、1枚のメッシュシート45が巻き付けられているが、2枚以上のメッシュシートが巻き付けられていてもよい。また、芯棒の周囲に巻き付けられたメッシュシートは、2層以上重なっていてもよい。

[0096] 第2金属は、Cu合金であり、第1実施形態で説明したものが挙げられる。また、メッシュシートの網目形状としては、第3実施形態で説明したものが挙げられる。

[0097] 芯棒の材料は、第1金属と第2金属とが反応して金属間化合物が生成する温度よりも高い融点を有し、かつ、上記金属間化合物が生成する温度で第1金属及び第2金属と反応しないものが好ましい。芯棒の材料としては、例えば、ステンレス、アルミナ等を使用することができる。

[0098] 芯棒の形状は特に限定されないが、円柱状であることが好ましい。芯棒は、長軸方向に沿って切り欠き部を有していてもよく、また、分割可能な形状で

あってもよい。また、芯棒の形状は、円錐台形状でもよい。芯棒の長さは特に限定されないが、コンテナの長さと同じであるか、又は、コンテナよりも長いことが好ましい。

[0099] 次に、図13の4Bに示すように、管状のコンテナ20内に、メッシュ付き芯棒46及び金属粉末44を挿入する。この際、コンテナ20の内壁とメッシュ付き芯棒46との間の空間に金属粉末44が充填されるように、メッシュ付き芯棒46及び金属粉末44をコンテナ20内に挿入する。

[0100] コンテナ20の材料、形状等は、第1実施形態で説明したコンテナ10'と同じである。

[0101] 金属粉末は、第1金属と第2金属とを含む。第1金属は、Sn又はSn合金であり、第1実施形態で説明したものが挙げられる。金属粉末に含まれる第2金属は、メッシュを構成する第2金属と異なってもよいが、メッシュを構成する第2金属と同じであることが好ましい。

[0102] 金属粉末中の第1金属の含有量は、20重量%以上、60重量%以下が好ましい。また、金属粉末中の第2金属の含有量は、40重量%以上、80重量%以下が好ましい。

[0103] メッシュ付き芯棒及び金属粉末をコンテナ内に挿入する方法としては、第2実施形態と同様の方法、すなわち、コンテナ内にメッシュ付き芯棒を挿入した後、コンテナの内壁とメッシュ付き芯棒との間の空間に金属粉末を充填する方法、コンテナ内に金属粉末を充填した後、コンテナ内の金属粉末を押し出すようにコンテナ内にメッシュ付き芯棒を挿入する方法、メッシュ付き芯棒のメッシュに金属粉末を付着させた後、金属粉末が付着したメッシュ付き芯棒をコンテナ内に挿入する方法等が挙げられる。金属粉末が付着したメッシュ付き芯棒を使用する場合、当該メッシュ付き芯棒をコンテナ内に挿入した後に、さらに金属粉末を充填してもよいし、金属粉末が充填されたコンテナ内に当該メッシュ付き芯棒を挿入してもよい。

[0104] 続いて、コンテナ内に挿入されたメッシュ付き芯棒及び金属粉末を加熱する。これにより、金属粉末に含まれる第1金属と第2金属とが反応するととも

に、金属粉末に含まれる第1金属とメッシュ付き芯棒を構成する第2金属とが反応して金属間化合物が生成する。その結果、図13の4Cに示すように、金属間化合物からなるウィック構造体21が形成される。溶融状態の金属間化合物が固まることによって、金属間化合物からなるウィック構造体はコンテナ内に固定される。第2金属からなるメッシュが芯棒の周囲に巻き付けられているため、コンテナの内壁と芯棒との間で第1金属と第2金属とが反応した際、溶融した第1金属が芯棒に接触しにくくなり、芯棒と金属間化合物との固着が防止される。なお、芯棒の周囲に巻き付けられたメッシュの一部が反応せずに残っていてもよい。特に、芯棒と金属間化合物との固着を防止する観点から、芯棒と接する部分のメッシュは、反応せずに残っていることが好ましい。

[0105] 加熱温度は、第1金属の融点以上の温度であることが好ましく、具体的には、250℃以上、350℃以下が好ましい。加熱時間は、10分間以上が好ましく、また、180分間以下が好ましく、60分間以下がより好ましい。

[0106] 第1金属と第2金属との反応は、第1実施形態で説明したとおりである。上述のとおり、ウィック構造体を構成する金属間化合物は多孔質であるため、毛細管現象によって作動液を移動させることができる。

[0107] そして、図13の4Dに示すように、コンテナ20から芯棒43を引き抜く。これにより、コンテナ20内に空隙22が形成される。コンテナ内の空隙は、蒸気の流路として機能する。上述のとおり、芯棒の周囲に巻き付けられていたメッシュは、第1金属と反応して金属間化合物を形成するため、コンテナに固定される。その結果、コンテナから芯棒のみを引き抜くことができる。

[0108] その後、第1実施形態と同様に、必要に応じて、コンテナ内部に存在する空気等の非凝縮性ガスを脱気し、コンテナ内に作動液を封入する。コンテナ内に作動液を封入する前、又は、コンテナ内に作動液を封入した後、コンテナに扁平加工や曲げ加工等を施してもよい。

[0109] 以上により、図2に示すヒートパイプ2を製造することができる。

[0110] (第5実施形態)

図14は、本発明の第5実施形態に係るヒートパイプの製造方法の一例を模式的に示す斜視図である。

[0111] まず、図14の5Aに示すように、樹脂からなる芯棒53を準備する。図14の5Aでは、全体が樹脂からなる芯棒53が示されているが、少なくとも表面が樹脂からなる芯棒であればよい。また、図14の5Aでは、円柱状の芯棒が示されているが、芯棒は、少なくとも一方の先端にテーパが付けられた丸棒でもよい。さらに、図14の5Aでは、丸棒形状の芯棒が示されているが、中空の丸棒形状の芯棒でもよい。

[0112] 上記樹脂は、第1金属と第2金属とが反応して金属間化合物が生成する温度よりも高い融点を有し、かつ、上記金属間化合物の熱膨張係数よりも大きい熱膨張係数を有する。ここで、樹脂の融点とは、JIS K7121における示差走査熱量測定(DSC)に準拠して測定した値を意味する。上記樹脂は、さらに、上記金属間化合物が生成する温度で第1金属及び第2金属と反応しないことが好ましい。

[0113] 上記樹脂の材料としては、例えば、シリコン樹脂、ポリベンゾイミダゾール樹脂(PBI)、ポリエーテルエーテルケトン樹脂(PEEK)、ポリイミド樹脂(PI)、ポリアミドイミド樹脂(PAI)、ポリテトラフルオロエチレン樹脂(PTFE)、パーフルオロアルコキシ樹脂(PFA)等が挙げられる。これらの中では、シリコン樹脂が好ましい。

[0114] 芯棒が樹脂以外の材料を含む場合、樹脂以外の材料としては、第4実施形態で説明したものが挙げられる。また、芯棒の形状、長さ等は、第4実施形態で説明した芯棒と同じである。

[0115] 次に、図14の5Bに示すように、管状のコンテナ20内に、芯棒53及び金属粉末54を挿入する。この際、コンテナ20の内壁と芯棒53との間の空間に金属粉末54が充填されるように、芯棒53及び金属粉末54をコンテナ20内に挿入する。

[0116] コンテナ20の材料、形状等は、第1実施形態で説明したコンテナ10'と

同じである。

- [0117] 金属粉末は、第1金属と第2金属とを含む。第1金属は、Sn又はSn合金であり、第1実施形態で説明したものが挙げられる。第2金属は、Cu合金であり、第1実施形態で説明したものが挙げられる。
- [0118] 金属粉末中の第1金属の含有量は、20重量%以上、40重量%以下が好ましい。また、金属粉末中の第2金属の含有量は、60重量%以上、80重量%以下が好ましい。
- [0119] 芯棒及び金属粉末をコンテナ内に挿入する方法としては、第2実施形態と同様の方法、すなわち、コンテナ内に芯棒を挿入した後、コンテナの内壁と芯棒との間の空間に金属粉末を充填する方法、コンテナ内に金属粉末を充填した後、コンテナ内の金属粉末を押し出すようにコンテナ内に芯棒を挿入する方法、芯棒の周囲に金属粉末を付着させた後、金属粉末が付着した芯棒をコンテナ内に挿入する方法等が挙げられる。金属粉末が付着した芯棒を使用する場合、当該芯棒をコンテナ内に挿入した後に、さらに金属粉末を充填してもよいし、金属粉末が充填されたコンテナ内に当該芯棒を挿入してもよい。
- [0120] 続いて、コンテナ内に挿入された芯棒及び金属粉末を加熱する。これにより、金属粉末に含まれる第1金属と第2金属とが反応して金属間化合物が生成する。図14の5Cに示すように、加熱の際、芯棒53を構成する樹脂は膨張するため、膨張した樹脂に押さえ付けられた状態で金属間化合物からなるウィック構造体21が形成される。一方、加熱後、冷却の際に上記樹脂が収縮するため、ウィック構造体21と芯棒53との間に隙間52が生じる。熔融状態の金属間化合物が固まることによって、金属間化合物からなるウィック構造体はコンテナ内に固定される。
- [0121] 加熱温度は、第1金属の融点以上の温度であることが好ましく、具体的には、250℃以上、300℃以下が好ましい。加熱時間は、10分間以上が好ましく、また、180分間以下が好ましく、60分間以下がより好ましい。
- [0122] 第1金属と第2金属との反応は、第1実施形態で説明したとおりである。上述のとおり、ウィック構造体を構成する金属間化合物は多孔質であるため、

毛細管現象によって作動液を移動させることができる。

[0123] そして、図14の5Dに示すように、コンテナ20から芯棒53を引き抜く。これにより、コンテナ20内に空隙22が形成される。コンテナ内の空隙は、蒸気の流路として機能する。上述のとおり、ウィック構造体と芯棒との間に隙間が生じているため、コンテナから芯棒を容易に引き抜くことができる。

[0124] その後、第1実施形態と同様に、必要に応じて、コンテナ内部に存在する空気等の非凝縮性ガスを脱気し、コンテナ内に作動液を封入する。コンテナ内に作動液を封入する前、又は、コンテナ内に作動液を封入した後、コンテナに扁平加工や曲げ加工等を施してもよい。

[0125] 以上により、図2に示すヒートパイプ2を製造することができる。

[0126] 図15は、本発明の第5実施形態に係るヒートパイプの製造方法の別の一例を模式的に示す斜視図である。

図15では、図14に示す円柱状の芯棒53と異なり、先端にテーパーが付けられた円錐台形状の芯棒53'を準備する。このように、芯棒は、少なくとも一方の先端にテーパーが付けられていることが好ましい。芯棒の引き抜きやすさの観点から、図15に示すように、芯棒53'のテーパー部をコンテナ20へ挿入する方が好ましい。

[0127] (第6実施形態)

図16は、本発明の第6実施形態に係るヒートパイプの製造方法の一例を模式的に示す斜視図である。

[0128] まず、図16の6Aに示すように、管状のコンテナ20内に、芯棒63及び金属粉末64を挿入する。この際、コンテナ20の内壁と芯棒63との間の空間に金属粉末64が充填されるように、芯棒63及び金属粉末64をコンテナ20内に挿入する。

[0129] コンテナ20の材料、形状等は、第1実施形態で説明したコンテナ10'と同じである。

[0130] 芯棒の材料としては、第4実施形態で説明したものが挙げられる。後述する

ように、芯棒を発熱させる場合には、芯棒が発熱体からなることが好ましい。具体的には、熱線を内蔵したセラミック管を芯棒として使用することが好ましく、ニクロム線を内蔵したアルミナ管を芯棒として使用することがより好ましい。また、芯棒の形状、長さ等は、第4実施形態で説明した芯棒と同じである。

[0131] 金属粉末は、第1金属と第2金属とを含む。第1金属は、Sn又はSn合金であり、第1実施形態で説明したものが挙げられる。第2金属は、Cu合金であり、第1実施形態で説明したものが挙げられる。

[0132] 金属粉末中の第1金属の含有量は、20重量%以上、40重量%以下が好ましい。また、金属粉末中の第2金属の含有量は、60重量%以上、80重量%以下が好ましい。

[0133] 芯棒及び金属粉末をコンテナ内に挿入する方法としては、第2実施形態と同様の方法、すなわち、コンテナ内に芯棒を挿入した後、コンテナの内壁と芯棒との間の空間に金属粉末を充填する方法、コンテナ内に金属粉末を充填した後、コンテナ内の金属粉末を押し出すようにコンテナ内に芯棒を挿入する方法、芯棒の周囲に金属粉末を付着させた後、金属粉末が付着した芯棒をコンテナ内に挿入する方法等が挙げられる。金属粉末が付着した芯棒を使用する場合、当該芯棒をコンテナ内に挿入した後に、さらに金属粉末を充填してもよいし、金属粉末が充填されたコンテナ内に当該芯棒を挿入してもよい。

[0134] 次に、芯棒が挿入された状態のコンテナ内の金属粉末を、第1金属の融点未満の温度で加熱する。これにより、図16の6Bに示すように、金属粉末64に含まれる第1金属の一部と第2金属の一部とが反応し、金属粉末64の一部が金属間化合物61となる。その結果、金属粉末64の形状が維持され、コンテナ20内に金属粉末64が固定される。

[0135] 第1金属の融点未満の温度で金属粉末を加熱する工程では、コンテナ全体を加熱してもよいが、芯棒を発熱させて金属粉末を加熱することが好ましい。芯棒を発熱させることにより、芯棒と接する部分の金属粉末を金属間化合物にすることができる。

- [0136] 加熱温度は、第1金属の融点未満の温度であれば特に限定されないが、170℃以上、230℃以下が好ましく、200℃以上、230℃以下がより好ましい。加熱時間は、15分間以上、180分間以下が好ましい。
- [0137] 続いて、図16の6Cに示すように、コンテナ20から芯棒63を引き抜く。これにより、コンテナ20内に空隙22が形成される。上述のとおり、金属粉末の形状が維持され、コンテナ内に金属粉末が固定されるため、コンテナから芯棒を引き抜くことができる。
- [0138] そして、芯棒が引き抜かれた状態のコンテナ内の金属粉末を、第1金属の融点以上の温度で加熱する。これにより、金属粉末に含まれる未反応の第1金属と第2金属とが反応して金属間化合物が生成する。その結果、図16の6Dに示すように、金属間化合物からなるウィック構造体21が形成される。溶融状態の金属間化合物が固まることによって、金属間化合物からなるウィック構造体はコンテナ内に固定される。
- [0139] 第1金属の融点以上の温度で金属粉末を加熱する工程では、コンテナ全体を加熱することが好ましい。
- [0140] 加熱温度は、第1金属の融点以上の温度であれば特に限定されないが、250℃以上、350℃以下が好ましい。加熱時間は、10分間以上が好ましく、また、180分間以下が好ましく、60分間以下がより好ましい。
- [0141] 第1金属と第2金属との反応は、第1実施形態で説明したとおりである。上述のとおり、ウィック構造体を構成する金属間化合物は多孔質であるため、毛細管現象によって作動液を移動させることができる。一方、コンテナ内の空隙は、蒸気の流路として機能する。
- [0142] その後、第1実施形態と同様に、必要に応じて、コンテナ内部に存在する空気等の非凝縮性ガスを脱気し、コンテナ内に作動液を封入する。コンテナ内に作動液を封入する前、又は、コンテナ内に作動液を封入した後、コンテナに扁平加工や曲げ加工等を施してもよい。
- [0143] 以上により、図2に示すヒートパイプ2を製造することができる。
- [0144] 上述したように、異なる実施形態で示した構成を部分的に置換又は組み合わせ

せることが可能である。例えば、第5実施形態で説明した芯棒を第4実施形態及び第6実施形態で使用してもよいし、第6実施形態で説明した方法を第4実施形態及び第5実施形態と組み合わせてもよい。

符号の説明

- [0145] 1, 1 a, 1 b, 1 c, 1 d, 1 e, 1 f, 1 g, 1 h, 2 ヒートパイプ
10, 10', 10'', 20 コンテナ
11, 11 a, 11 b, 21 ウィック構造体
12, 22 空隙
23 金属棒
24, 44, 54, 64 金属粉末
35 メッシュシート
43, 53, 53', 63 芯棒
45 メッシュ
46 メッシュ付き芯棒
52 隙間
61 金属間化合物

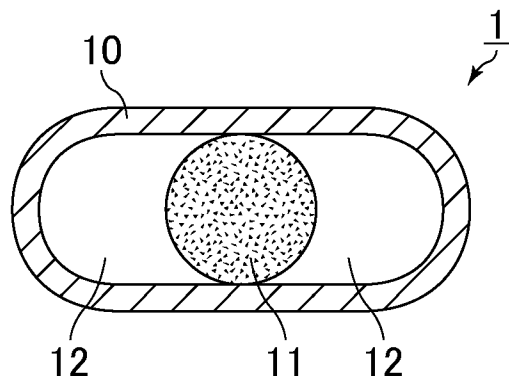
請求の範囲

- [請求項1] 第1金属であるSn又はSn合金と第2金属であるCu合金との金属間化合物からなる、棒状のウィック構造体を準備する工程と、管状のコンテナ内に前記ウィック構造体を挿入する工程と、前記コンテナを変形させることにより、前記コンテナの内壁と前記ウィック構造体との間に空隙を残した状態で、前記コンテナ内に前記ウィック構造体を固定する工程と、を備えることを特徴とするヒートパイプの製造方法。
- [請求項2] 前記ウィック構造体を準備する工程では、前記第1金属と前記第2金属とを含む金属粉末を加熱することにより前記ウィック構造体を作製する請求項1に記載のヒートパイプの製造方法。
- [請求項3] 2本以上の前記ウィック構造体を前記コンテナ内に挿入する請求項1又は2に記載のヒートパイプの製造方法。
- [請求項4] 少なくとも表面が樹脂からなり、前記樹脂は、第1金属であるSn又はSn合金と第2金属であるCu合金とが反応して金属間化合物が生成する温度よりも高い融点を有し、かつ、前記金属間化合物の熱膨張係数よりも大きい熱膨張係数を有する芯棒を準備する工程と、管状のコンテナの内壁と前記芯棒との間の空間に、前記第1金属と前記第2金属とを含む金属粉末が充填されるように、前記芯棒及び前記金属粉末を前記コンテナ内に挿入する工程と、前記コンテナ内に挿入された前記芯棒及び前記金属粉末を加熱することにより、前記金属粉末に含まれる前記第1金属と前記第2金属とを反応させて、金属間化合物からなるウィック構造体を形成する工程と、前記コンテナから前記芯棒を引き抜く工程と、を備えることを特徴とするヒートパイプの製造方法。
- [請求項5] 前記芯棒は、少なくとも一方の先端にテーパーが付けられている請求項4に記載のヒートパイプの製造方法。

- [請求項6] 前記樹脂は、シリコン樹脂である請求項4又は5に記載のヒートパイプの製造方法。
- [請求項7] 前記芯棒及び前記金属粉末を挿入する工程では、前記コンテナ内に前記芯棒を挿入した後、前記コンテナの内壁と前記芯棒との間の空間に前記金属粉末を充填する請求項4～6のいずれか1項に記載のヒートパイプの製造方法。
- [請求項8] 前記芯棒及び前記金属粉末を挿入する工程では、前記コンテナ内に前記金属粉末を充填した後、前記コンテナ内の前記金属粉末を押し出すように前記コンテナ内に前記芯棒を挿入する請求項4～6のいずれか1項に記載のヒートパイプの製造方法。
- [請求項9] 前記芯棒及び前記金属粉末を挿入する工程では、前記芯棒の周囲に前記金属粉末を付着させた後、前記金属粉末が付着した前記芯棒を前記コンテナ内に挿入する請求項4～6のいずれか1項に記載のヒートパイプの製造方法。

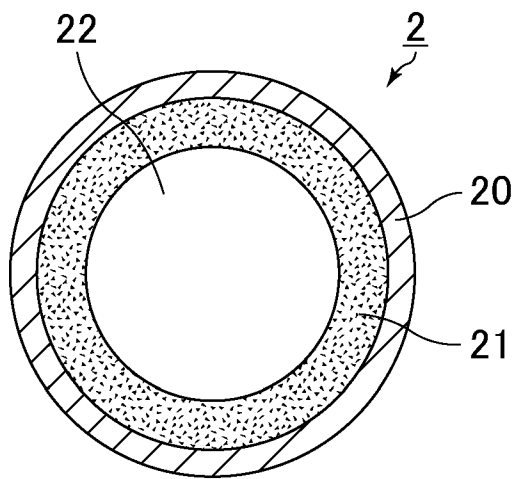
[図1]

図1



[図2]

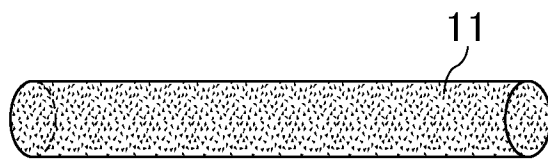
図2



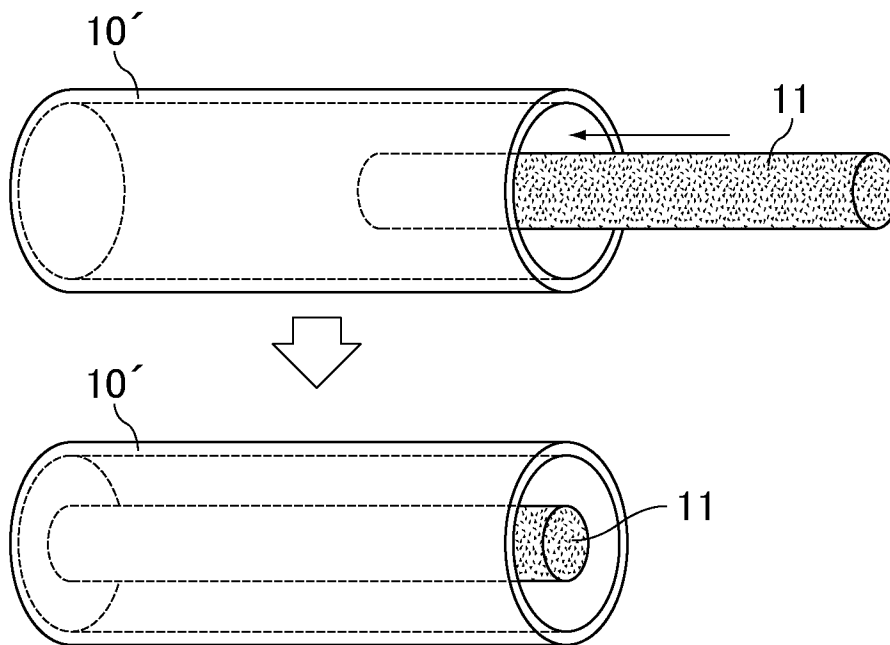
[図3]

図3

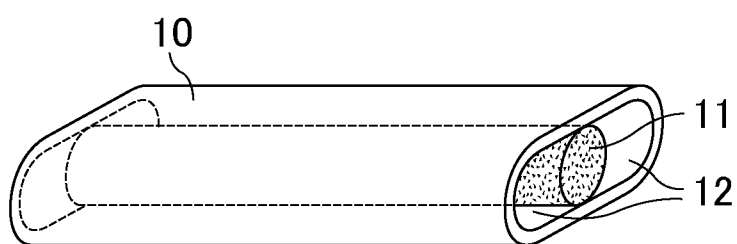
1A



1B



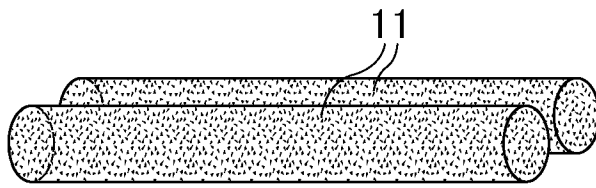
1C



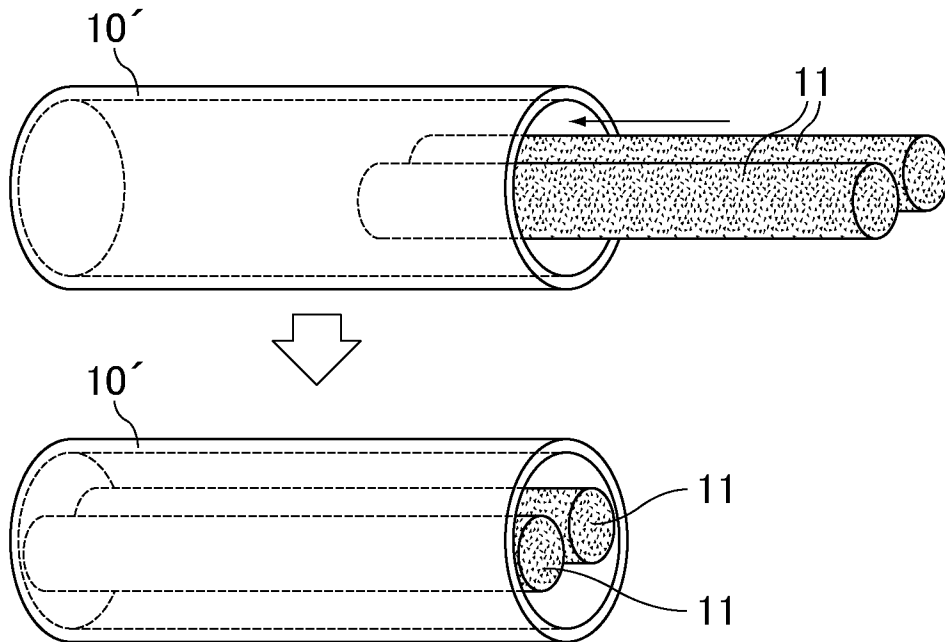
[図4]

図4

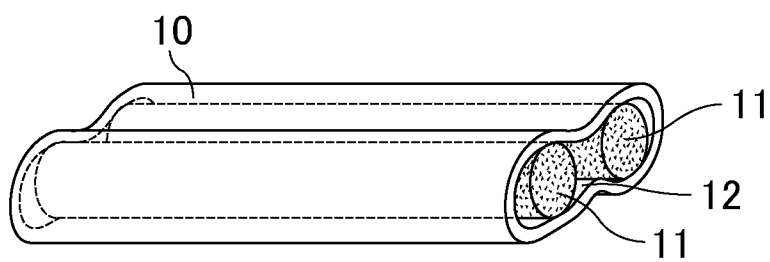
1A



1B



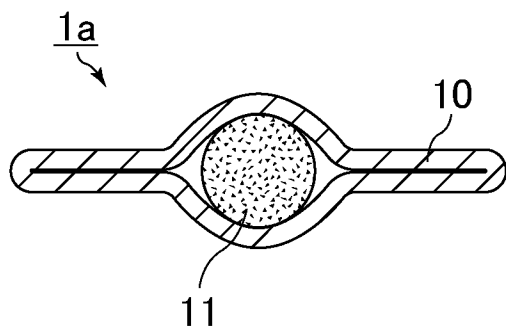
1C



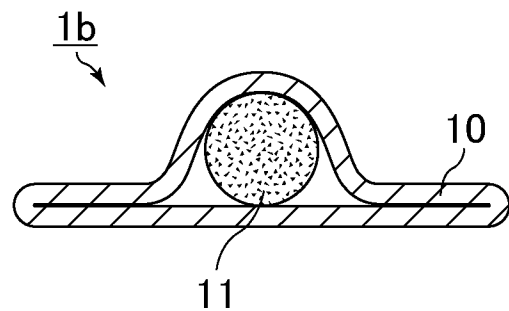
[図5]

図5

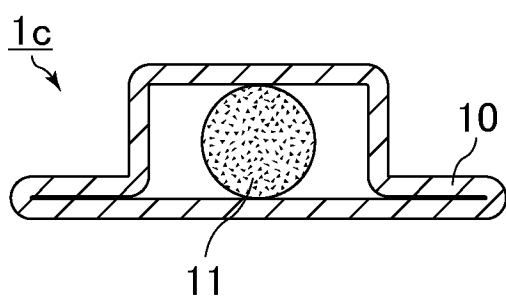
(a)



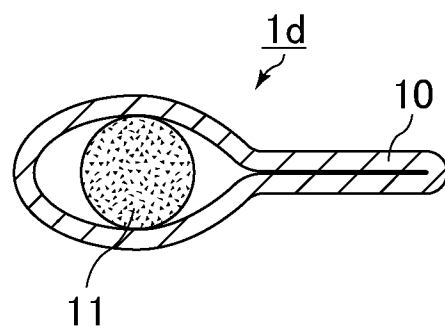
(b)



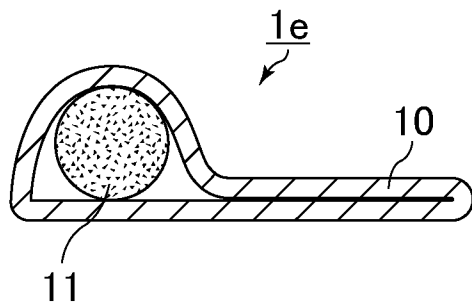
(c)



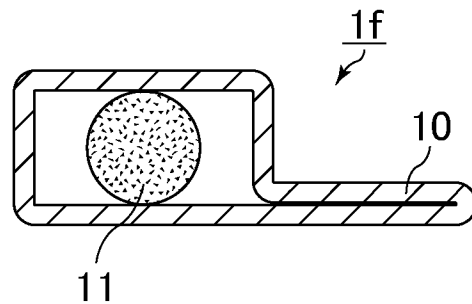
(d)



(e)



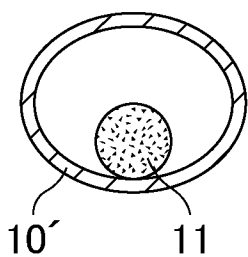
(f)



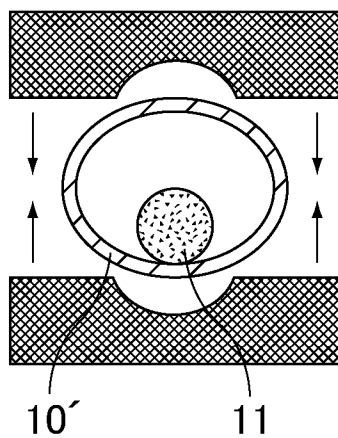
[図6]

図6

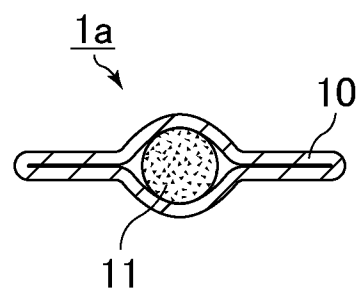
(a)



(b)

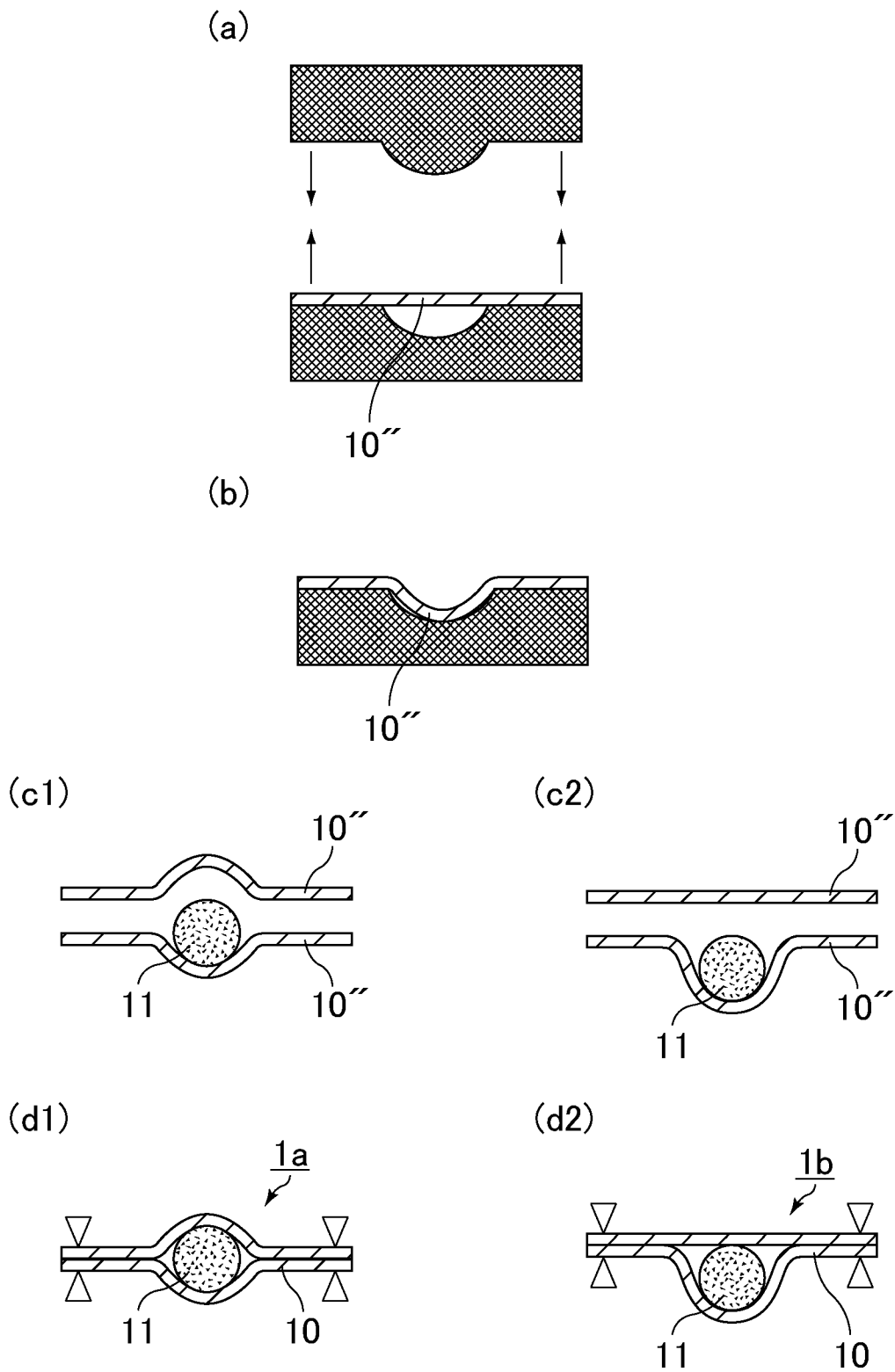


(c)



[図7]

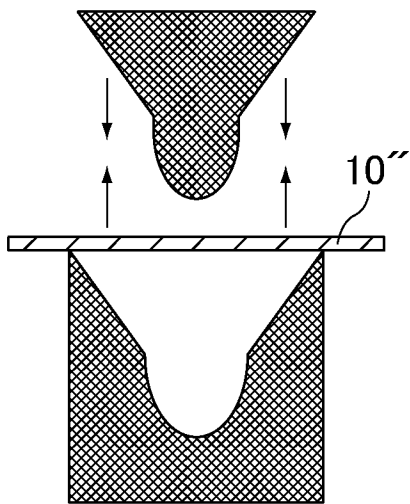
図7



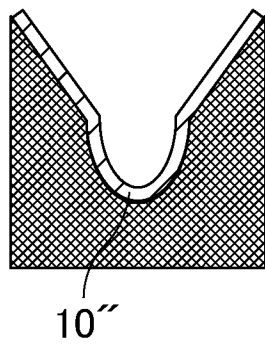
[図8]

図8

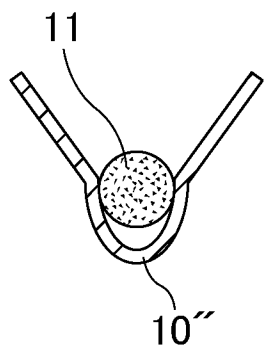
(a)



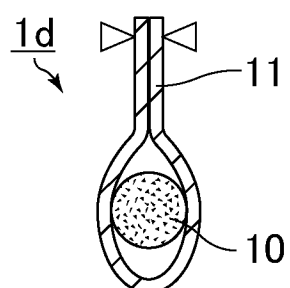
(b)



(c)



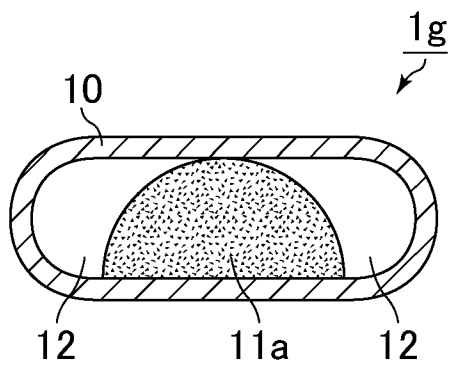
(d)



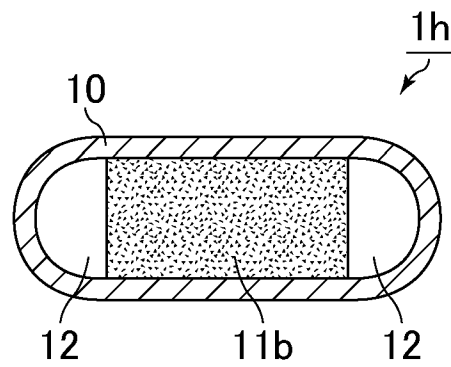
[図9]

図9

(a)



(b)



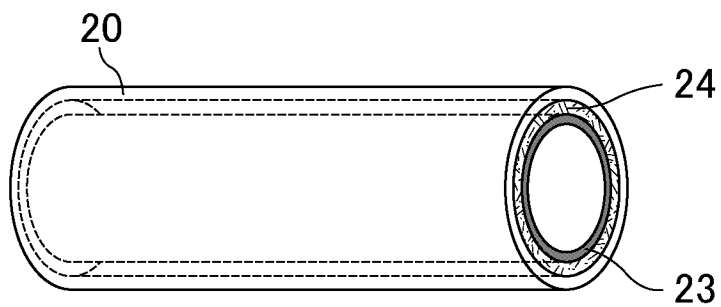
[図10]

図10

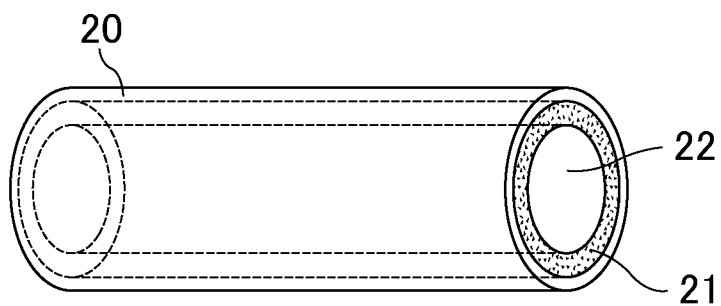
2A



2B



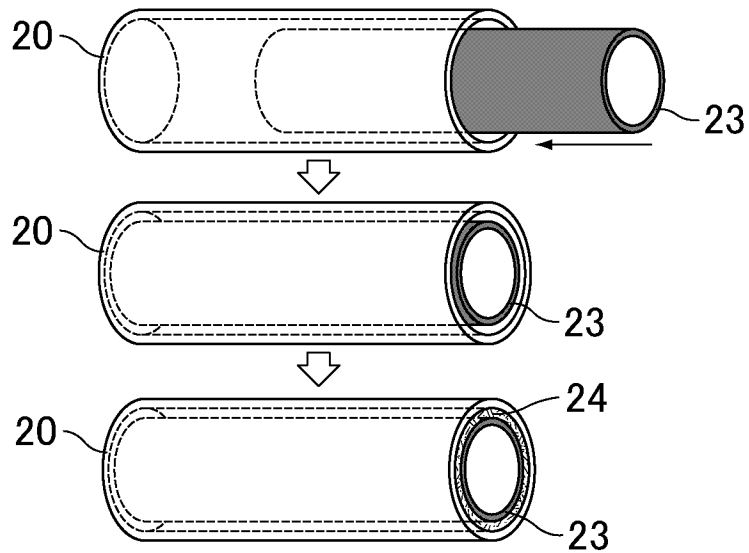
2C



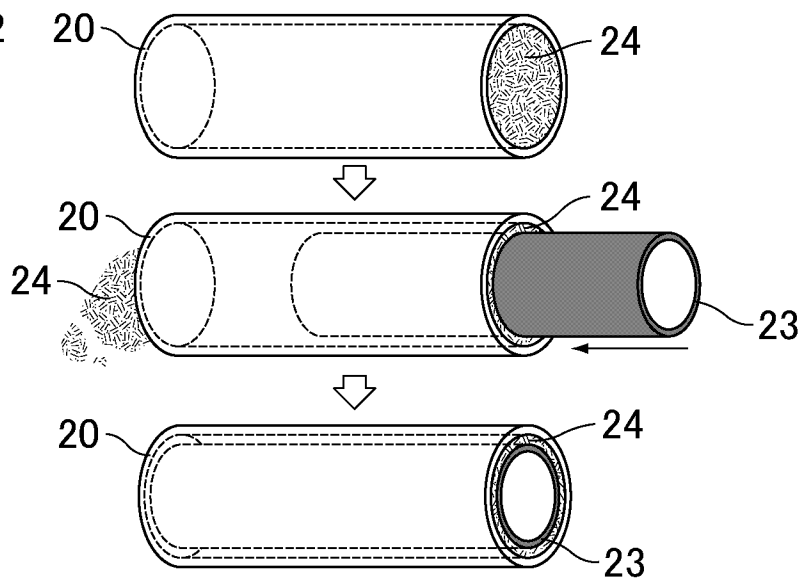
[図11]

図11

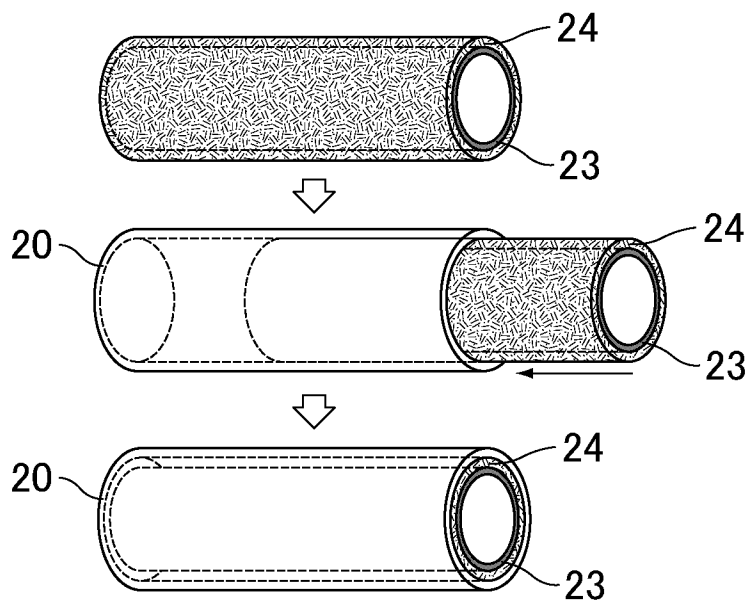
2B-1



2B-2



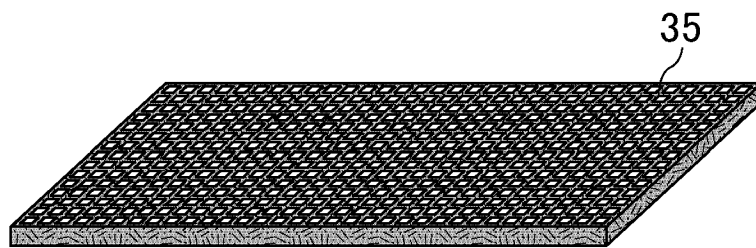
2B-3



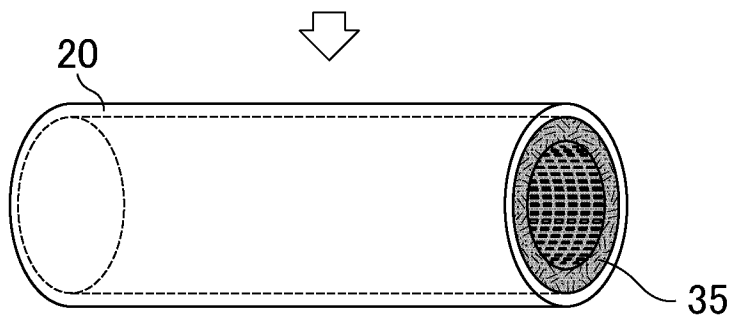
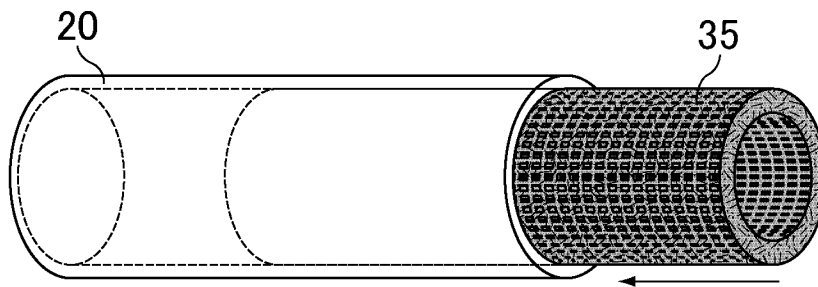
[図12]

図12

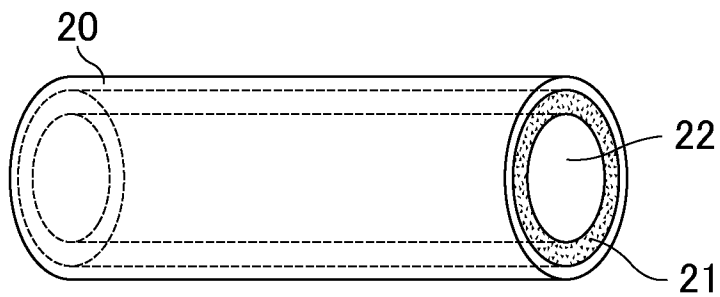
3A



3B



3C



[図13]

図13

4A

46

45

43

4B

20

44

45

43

46

4C

20

43

21

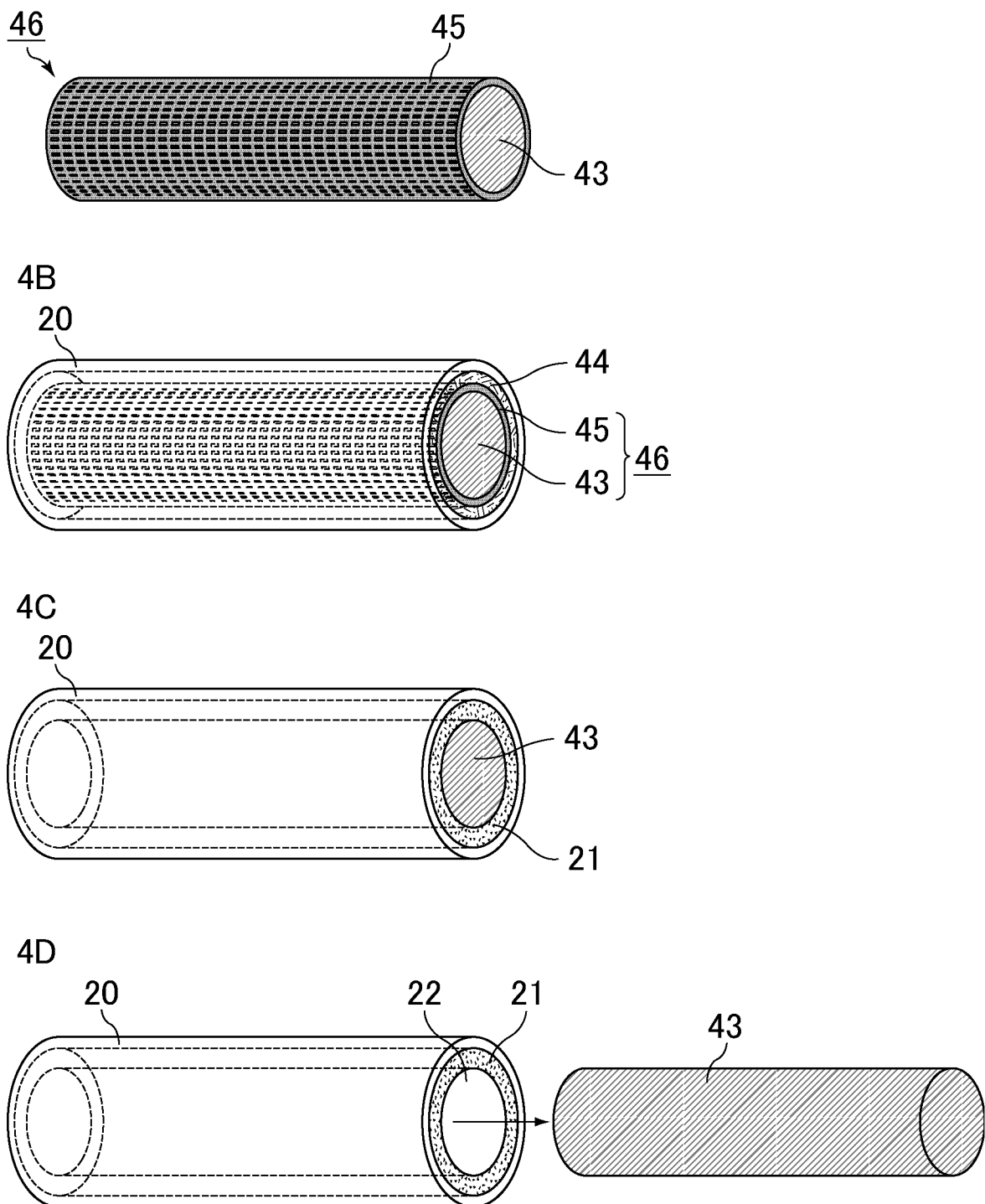
4D

20

22

21

43



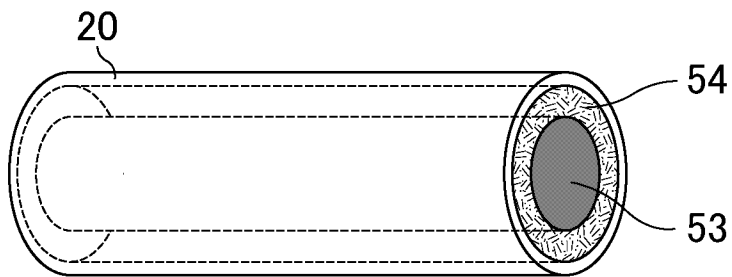
[図14]

図14

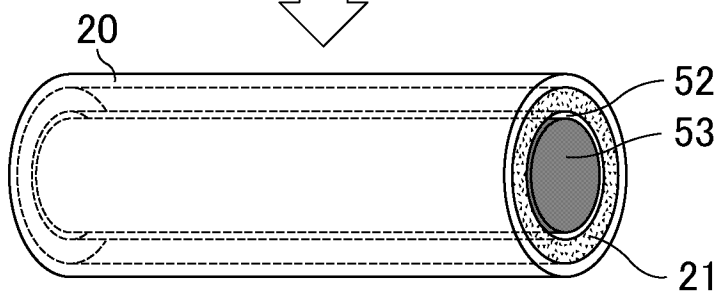
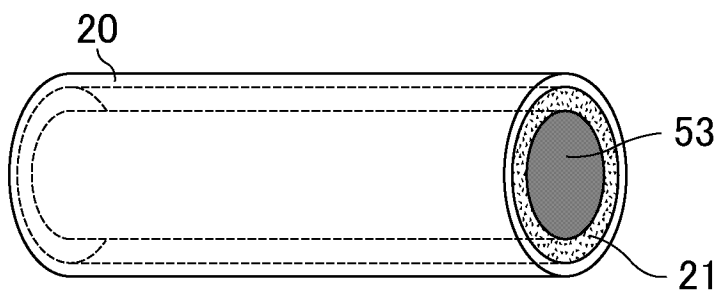
5A



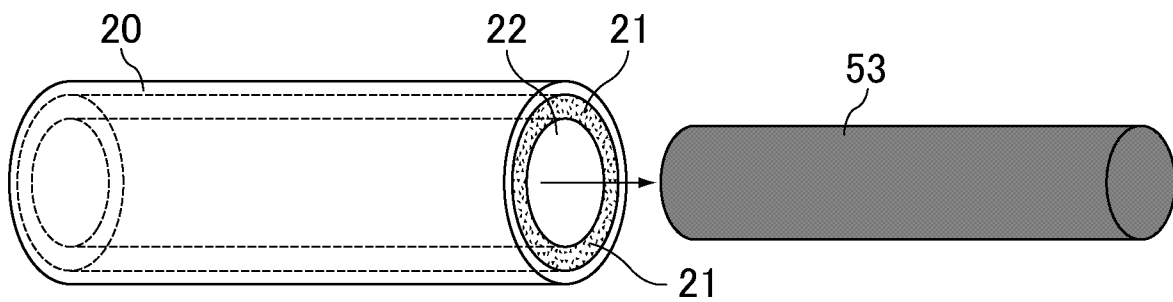
5B



5C

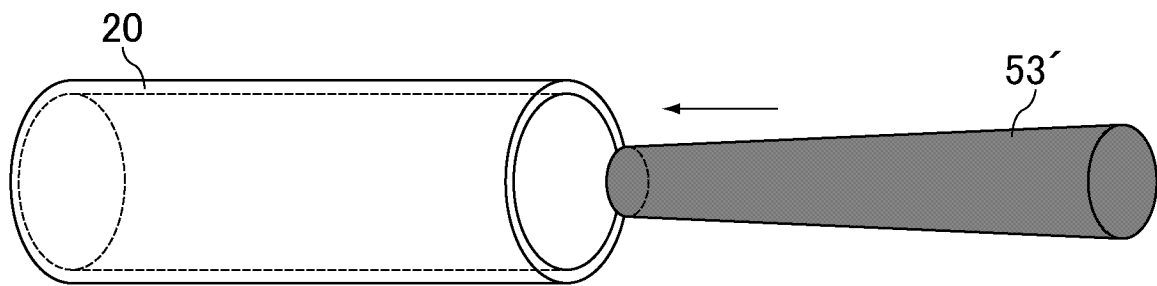


5D



[図15]

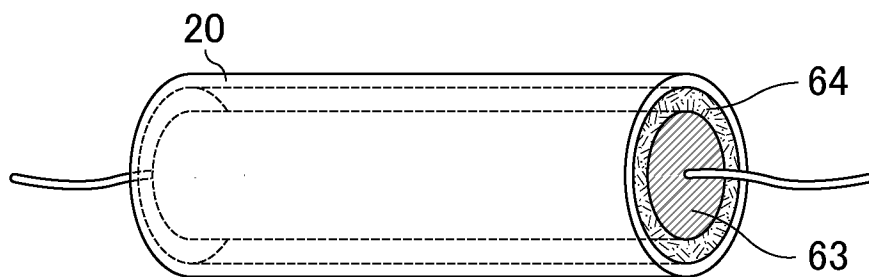
図15



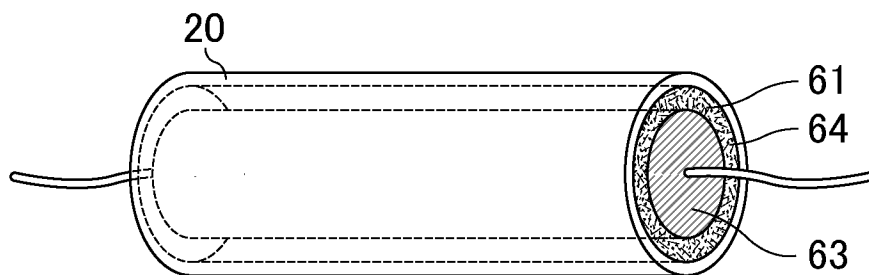
[図16]

図16

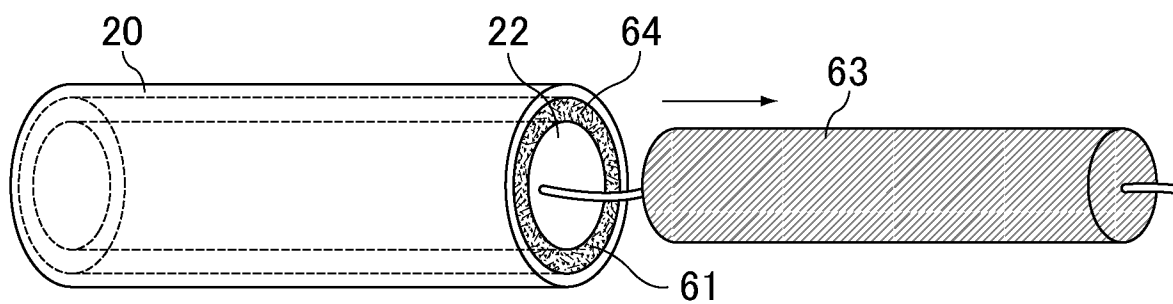
6A



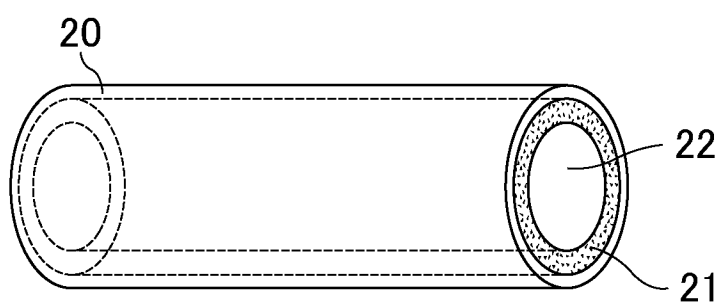
6B



6C



6D



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/011705

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F28D15/02(2006.01)i, B22F5/12(2006.01)i, B22F7/04(2006.01)i, F28D15/04(2006.01)i, H05K7/20(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)

F28D15/00-15/06, B22F5/12, B22F7/04, H05K7/20

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.
Y	JP 2004-198096 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 15 July 2004 (15.07.2004), paragraphs [0041], [0044]; fig. 6 (Family: none)	1-3
Y	JP 3110111 U (Gyokusei Kako Yugen Koshi), 16 June 2005 (16.06.2005), claim 1; paragraphs [0006] to [0013]; fig. 2 (Family: none)	1-9
Y	JP 2015-147989 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 20 August 2015 (20.08.2015), paragraphs [0029] to [0030], [0035], [0039], [0046] (Family: none)	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
02 June 2017 (02.06.17)

Date of mailing of the international search report
13 June 2017 (13.06.17)

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/JP2017/011705

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 52-81750 A (Tokico, Ltd.), 08 July 1977 (08.07.1977), page 2, upper left column, line 11 to lower right column, line 18; fig. 1 to 3 (Family: none)	4-9
Y	JP 51-44357 A (Tokico, Ltd.), 15 April 1976 (15.04.1976), page 1, lower right column, line 18 to page 2, upper right column, line 6; fig. 1 to 2 (Family: none)	5-9
A	US 2005/0022975 A1 (ROSENFELD), 03 February 2005 (03.02.2005), paragraphs [0036], [0040] & WO 2005/005903 A2 & CN 1836145 A	1-9

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, B22F5/12(2006.01)i, B22F7/04(2006.01)i, F28D15/04(2006.01)i, H05K7/20(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. F28D15/00-15/06, B22F5/12, B22F7/04, H05K7/20

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
Y	JP 2004-198096 A（古河電気工業株式会社）2004.07.15, 段落【0041】、【0044】、図6（ファミリーなし）	1-3
Y	JP 3110111 U（▲玉▼成化工有限公司）2005.06.16, 【請求項1】、段落【0006】－【0013】、図2（ファミリーなし）	1-9
Y	JP 2015-147989 A（株式会社村田製作所）2015.08.20, 段落【0029】－【0030】、【0035】、【0039】、【0046】（ファミリーなし）	1-9

☑ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 02.06.2017	国際調査報告の発送日 13.06.2017
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） 西山 真二 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
Y	JP 52-81750 A (トキコ株式会社) 1977. 07. 08, 第 2 ページ左上欄第 1 1 行ー右下欄第 1 8 行, 第 1 ー 3 図 (ファミリーなし)	4-9
Y	JP 51-44357 A (トキコ株式会社) 1976. 04. 15, 第 1 ページ右下欄第 1 8 行ー第 2 ページ右上欄第 6 行, 第 1 ー 2 図 (ファミリーなし)	5-9
A	US 2005/0022975 A1 (ROSENFELD) 2005. 02. 03, 段落 [0 0 3 6], [0 0 4 0] & WO 2005/005903 A2 & CN 1836145 A	1-9