

(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
2023年11月16日(16.11.2023)



(10) 国際公開番号

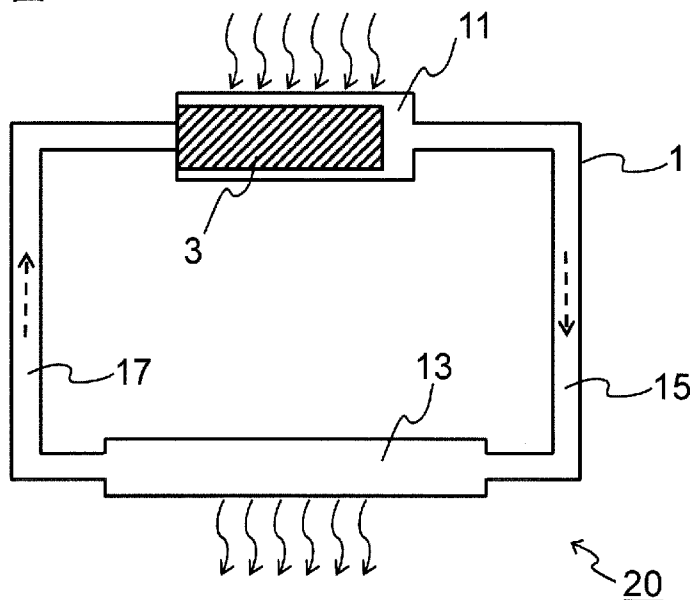
WO 2023/219168 A1

- (51) 国際特許分類:
F28D 15/04 (2006.01) *D01F 9/08* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/017973
- (22) 国際出願日: 2023年5月12日(12.05.2023)
- (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 2022-079566 2022年5月13日(13.05.2022) JP
- (71) 出願人: 株式会社村田製作所 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 森田 公之 (MORITA, Hiroyuki); 〒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). ▲柳▼
- 町 章麿(YANAGIMACHI, Akimaro); 〒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). 河野 鷹行 (KONO, Takayuki); 〒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). 部田 武志(TORITA, Takeshi); 〒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: 山尾 憲人, 外(YAMAOKA, Norihito et al.); 〒5300017 大阪府大阪市北区角田町8番1号 大阪梅田ツインタワーズ・ノース 青山特許事務所 Osaka (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,

(54) Title: WICK AND HEAT TRANSPORT DEVICE

(54) 発明の名称: ウィックおよび熱輸送装置

図1



(57) Abstract: Provided is a wick used to transport heat, the wick containing materials including nanofibers and/or a two-dimensional substance of a material represented by the formula MQ_aO_b (wherein M is at least one element selected from the group consisting of Groups 3, 4, 5, 6, and 7, Q is at least one element (excluding O) selected from the group consisting of Groups 12, 13, 14, 15, and 16, a is 0 or more and 2 or less, and b is greater than 0 and 2 or less).



WO 2023/219168 A1

HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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: 熱輸送のために使用されるウィックであって、式: $M Q_a O_b$ (式中、Mは、第3、4、5、6および7族からなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、Qは、第12、13、14、15および16族からなる群より選択される少なくとも1種の元素(但し、Oを除く)であり、aは、0以上2以下であり、bは、0より大きく、2以下である) で表される材料のナノファイバーおよび/または2次元物質を含む材料を含む、ウィック。

明 細 書

発明の名称： ウィックおよび熱輸送装置

技術分野

[0001] 本開示は、ウィックおよび熱輸送装置に関し、より詳細には、熱輸送のために使用されるウィック、および作動流体の相変化を利用した熱輸送装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、ヒートパイプやベーパーチャンバー等の、作動流体の相変化（より詳細には、蒸発および凝縮）を利用した熱輸送装置が知られている。かかる熱輸送装置においては、液体状態の作動流体を毛細管力（毛細管現象による吸引力）により移送するウィックが使用されている。

[0003] 例えば、特許文献1には、平均粒径が $20\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下の金属粒子の焼結体をウィックとして用いることが記載されている。また例えば、特許文献2には、炭素繊維および／または酸化繊維を含む繊維構造体の少なくとも一部に炭素質多孔体が充填された繊維含有多孔体であって、炭素質多孔体の細孔径分布において細孔径 $10\mu\text{m}$ 以下の領域に少なくとも1つのピークを有する繊維含有多孔体をウィックとして用いることが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2022-27310号公報

特許文献2：特開2020-112326号公報

非特許文献

[0005] 非特許文献1：Hussein O. Badr, et al., "Bottom-up, scalable synthesis of anatase nanofilament-based two-dimensional titanium carbo-oxide flakes", Materials Today (2021) <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2021.10.033>

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上述したような熱輸送装置は、熱伝導性を少なくとも部分的に有する筐体を用い、筐体内にウィックが配置されるとともに作動流体が封入された構成を有する。筐体内では、外部から熱が供給される比較的高温の部分において作動流体が蒸発し、気体状態になった作動流体は筐体内を移動し、比較的低温の部分において凝縮することで熱を外部へ放出し、液体状態になった作動流体は比較的高温の部分へとウィックの毛細管力により移送される（戻される）。

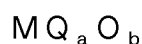
[0007] 近年、熱輸送装置が組み込まれ得る電子機器の小型化等により、熱輸送装置には熱輸送性能の一層の向上が求められている。従来一般的に、気体状態の作動流体が筐体内を移動する速度より、液体状態の作動流体がウィックの毛細管力により移送される速度のほうが小さく、熱輸送装置の熱輸送性能は、液体状態の作動流体がウィックの毛細管力により移送される速度により制限され得る。熱輸送装置の熱輸送性能を向上させるためには、ウィックにおける液体状態の作動流体の移送速度は、より大きいほうが望ましい。

[0008] 本開示の目的は、液体状態の作動流体の移送速度が大きい、新規なウィックを提供することにある。本開示の更なる目的は、かかるウィックを用いた新規な熱輸送装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本開示の1つの要旨によれば、熱輸送のために使用されるウィックであって、

以下の式：



（式中、Mは、第3、4、5、6および7族からなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、

Qは、第12、13、14、15および16族からなる群より選択される少なくとも1種の元素（但し、Oを除く）であり、

aは、0以上2以下であり、

bは、0より大きく、2以下である)

で表されるナノファイバーおよび／または2次元物質を含む材料を含む、ウィックが提供される。

[0010] 本開示のもう1つの要旨によれば、作動流体の相変化を利用した熱輸送装置であって、

内部に空間を有する筐体と、

前記筐体内に配置された、前記ウィックと、

前記ウィックと接触可能な状態で、前記筐体内に封入された作動流体と、を含む、熱輸送装置が提供される。

発明の効果

[0011] 本開示によれば、液体状態の作動流体の移送速度が大きい、新規なウィックが提供される。更に、本開示によれば、かかるウィックを用いた新規な熱輸送装置が提供される。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本開示の1つの実施形態における熱輸送装置の概略模式断面図である。

[図2]実施例1において製造した材料(TiCO)のXRDパターンを示す。

[図3]実施例1において製造した材料(TiCO)のFE-SEM像を示す。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本開示の実施形態におけるウィックおよび熱輸送装置について詳述するが、本開示はこれら実施形態に限定されるものではない。

[0014] (実施形態1：ウィック)

本実施形態は、ウィックに関する。本開示において、「ウィック」は、熱輸送のために使用される部材を意味する。より詳細には、「ウィック」は、液体状態の作動流体を毛細管力により移送可能な部材を意味する。

[0015] 本実施形態において、ウィックは、ナノファイバーおよび／または2次元物質を含む材料、を含む。本開示において、単に「材料」という場合、「ナノファイバーおよび／または2次元物質を含む材料」（換言すれば、ナノフ

ファイバーおよび2次元物質の少なくともいずれかを含む材料)を意味するものとする。本実施形態において、ナノファイバーおよび/または2次元物質を含む材料は、代表的には、固形分であり、かつ、バインダー等(例えばポリマー)を含まない材料を意味する。ナノファイバーおよび/または2次元物質を含む材料は、狭義には、ナノファイバーおよび2次元物質の少なくともいずれかから実質的に成る材料(不可避免的に混入し得る他の物体や不純物等を含んでよい)を意味し得る。しかしながら、ナノファイバーおよび/または2次元物質を含む材料は、これらに限定されない。

[0016] 本実施形態のウィックに含まれる材料は、所定の材料(物質)のナノファイバー(またはナノフィラメント、以下も同様)および/または2次元物質である。本実施形態において使用可能な所定の材料は、以下の式(1)で表されるものである。



(式中、Mは、第3、4、5、6および7族からなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、いわゆる早期遷移金属、例えばSc、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、MoおよびMnからなる群より選択される少なくとも1種の元素を含み得、好ましくは、Ti、V、Cr、MoおよびMnからなる群より選択される少なくとも1種の元素を含み得、

Qは、第12、13、14、15および16族からなる群より選択される少なくとも1種の元素(但し、Oを除く)であり、例えばB、C、N、Si、PおよびSからなる群より選択される少なくとも1種の元素を含み得、

aは、0以上2以下であり、

bは、0より大きく、2以下である)

[0017] 上記所定の材料を、以下、単に「MQO」とも称する。MQOの例としては、TiO₂、TiCO、TiCON、VO₂、VCO、VCON、CrO₂、CrCO、CrCON、MoO₂、MoCO、MoCON、MnO₂、MnCO、MnCONなどの式で表される材料が含まれる。例えば、式(1)において、前記MがTiであり、前記QがCであってよい。また例えば、式(1

)において、前記aが0でないものであってよい。

[0018] 上記所定の材料は、代表的には、X線回折(XRD)パターンにおいて回折角 2θ が 2° 以上 10° 以下の範囲にピークを有し得る。

[0019] MQOは、六方晶系とは異なる結晶構造を有する。本実施形態はいかなる理論によっても拘束されないが、MQOの結晶構造は、現時点では、アナターゼ型またはレピドクロサイト型あるいはこれらが混在したものであると考えられ得る。例えば、MQOの結晶構造は、レピドクロサイト型であってよい。

[0020] MQOは、例えば次のようにして、第1原料および第2原料を用いて製造可能である。第1原料は、少なくとも上記Mを含有し、第2原料は、少なくとも上記Qを含有し、第1原料および第2原料は、プロトン性溶媒中で反応してMQOを生成させ得るものである。

[0021] 第1原料として、以下の式(2)で表される材料が使用され得る。



(式中、Mは、上記の通りであり、

A¹は、第12、13、14、15および16族からなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、例えばB、C、N、O、Si、PおよびSからなる群より選択される少なくとも1種の元素を含み得、

cおよびdは、それぞれ互いに独立して、1以上5以下である)

但し、式(2)で表される材料は、生成物のMQOと相違することを要する。式(2)で表される材料は、代表的には、X線回折(XRD)パターンにおいて回折角 2θ が 2° 以上 10° 以下の範囲にピークを有しないものであり得る。

[0022] 式(2)で表される第1原料の例には、TiB₂、TiB、TiC、TiN、TiO₂、Ti₅Si₃、Ti₂SbP、VO₂、V₂O₄、NbC、Nb₂O₅、MoO₂、MoO₃、MoS₂、MnO₂、Mn₃O₄、MnCO₃などが含まれる。第1原料として使用可能なMnO₂は、XRDパターンにおいて、 $2\theta = 13^\circ$ 付近にピークを有し、 2θ が 2° 以上 10° 以下の範囲にピークを

有しない。

[0023] あるいは、または上記に加えて、第1原料として、以下の式(3)で表される材料(以下、単に「MAX相」または「MAX原料」とも言う)が使用され得る。



(式中、Mは、上記の通りであり、

Xは、CおよびNからなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、

nは、1以上4以下であり、

mは、nより大きく、5以下であり、

A²は、第12、13、14、15および16族からなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、通常はA族元素、代表的にはIIIA族およびIVA族であり、より詳細にはAl、Ga、In、Tl、Si、Ge、Sn、Pb、P、As、SおよびCdからなる群より選択される少なくとも1種を含み得、好ましくはAlである)

MAX相は、M_mX_nで表される2つの層(各XがMの八面体アレイ内に位置する結晶格子を有し得る)の間に、A²原子により構成される層が位置した結晶構造を有する。MAX相は、代表的にm=n+1の場合、n+1層のM原子の層の各間にX原子の層が1層ずつ配置され(これらを合わせて「M_mX_n層」とも称する)、n+1番目のM原子の層の次の層としてA²原子の層(「A²原子層」)が配置された繰り返し単位を有する。しかしながら、MAX相はこれに限定されない。

[0024] 式(3)で表される第1原料の例には、Ti₃AlC₂、Ti₃GaC₂、Ti₃SiC₂などが含まれる。

[0025] 第1原料として、式(2)で表される材料と、式(3)で表される材料と一緒に(例えば混合物として)使用されてもよい。

[0026] 第2原料として、炭素含有基を有するイオン結合性物質が使用され得る。炭素含有基を有するイオン結合性物質は、Cを含有する。イオン結合性物質

は、例えばアンモニウム塩、リン酸塩、硫酸塩等が挙げられる。

[0027] より詳細には、第2原料として、第四級アンモニウム塩が使用され得る。第四級アンモニウム塩の例には、テトラメチルアンモニウムヒドロキシド（TMAH）、テトラエチルアンモニウムヒドロキシド（TEAH）、テトラプロピルアンモニウムヒドロキシド（TPAH）、テトラブチルアンモニウムヒドロキシド（TBAHまたはTBAOH）、ベンジルトリメチルアンモニウムヒドロキシド、テトラブチルアンモニウムフルオリド（TBAF）、テトラブチルアンモニウムクロリド（TBACl）、テトラブチルアンモニウムブロミド（TBAB）、テトラブチルアンモニウムヨージド（TBAI）、ベンジルトリエチルアンモニウムクロリド（BTEAC）、ヘキサデシルトリメチルアンモニウムブロミド、セチルトリメチルアンモニウムブロミド（CTAB）、ベンゼトニウムクロリド、ベンザルコニウムクロリド、セチルピリジニウムクロリド（CPC）などが含まれる。なかでも、TMAH、TBAOHが好ましい。

[0028] あるいは、または上記に加えて、第2原料として、Pおよび／またはS等を含む他のイオン結合性物質が使用され得る。

[0029] プロトン性溶媒は、第1原料および第2原料を少なくとも部分的に溶解させ得るものであればよく、特に水性溶媒であり得る。プロトン性溶媒としては、水、アルコール（例えばエタノール、1-プロパノール、イソプロパノール）、カルボン酸（例えば酢酸、ギ酸）などが用いられる。水性溶媒は、水および場合により水と相溶性の液状物質（例えば水以外のプロトン性溶媒）から構成され得、好ましくは水である。

[0030] 第1原料と第2原料とをプロトン性溶媒中にて反応させる。第2原料は、予めプロトン性溶媒に対して添加され得る。プロトン性溶媒および第2原料の合計に対する第2原料の割合は、例えば5質量%以上、特に20質量%以上であり得、および／または、例えば80質量%以下、特に50質量%以下であり得る。第2原料が添加されたプロトン性溶媒に、更に第1原料が添加されて、混合され得る。かかる混合物において、MQOを生成する反応が進

行する。混合物（反応生成物を含み得る）の温度（反応温度）は、例えば15℃以上、特に40℃以上であり、および／または、例えば100℃以下、特に80℃以下であり得る。混合時間（反応時間）は、例えば1日以上、特に2日以上であり得、および／または、例えば10日以下、特に7日以下であり得る。混合は、例えば、ホットプレートスターラーと温水浴により反応温度を保ちながら、容器中に投入した磁気攪拌子を、マグネティックスターラーを用いて回転攪拌することで実施され得る。しかしながら、反応を進行させ得る処理操作および条件（温度、時間等）は、上記に限定されず、使用する第1原料、第2原料およびプロトン性溶媒等に応じて適宜選択してよい。

[0031] 上記反応により、MQOが生成し、やがてMQOのナノファイバーに、更にはMQOのナノフレークに成長し得る。本開示を限定するものではないが、得られるMQOのナノファイバーは、ナノスケールの幅で延在するナノリボンの形態であり得る。また、複数のMQOのナノファイバー（例えばナノリボン）が、互いに結合および／または一体化して2次元状に延在するナノフレークに成長していてもよい。また、複数のMQOのナノフレークが、（例えばファンデルワールス力により）互いに重なり合って積層体を構成していてもよい。本開示はいかなる理論によっても拘束されないが、かかるMQOの生成および成長は、ボトムアップ型の合成反応によるものと考えられ得る（例えば非特許文献1を参照のこと）。

[0032] 本開示において、MQOは、固形分である。MQOは、代表的には粒子（または粉末）であり得る。

[0033] 反応後の混合物（反応混合物とも言う）は、適宜、後処理に付してよい。かかる後処理として、例えば洗浄、衝撃付与（せん断力付与も含まれる）、乾燥（例えばフリーズドライ、熱乾燥）、粉碎等が挙げられる。

[0034] 洗浄は、プロトン性溶媒を使用して実施されてよい。プロトン性溶媒について、上述と同様の説明が当て嵌まり得、プロトン性溶媒は、例えば、水またはアルコールで洗浄されてよい。洗浄後、分離操作（遠心分離および／ま

たはデカンテーション) を行い得る。遠心分離した後の上澄み液の pH が、例えば 8 以下になるまで、洗浄および分離操作を繰返し実施し得る。

[0035] 場合により、上記洗浄に代えて、または加えて、金属塩の水溶液を使用して洗浄を実施してよい。金属塩は、例えば、アルカリ金属 (Li、Na、K 等) のハロゲン化物 (フッ化物、塩化物、臭化物、ヨウ化物)、代表的には、LiCl、NaCl、KCl などであり得る。具体的には、例えば、1 ~ 10 モル濃度の金属塩水溶液を使用して洗浄を実施してよい。洗浄後、分離操作 (遠心分離および/またはデカンテーション) を行い得る。この場合にも、遠心分離した後の上澄み液の pH が、例えば 8 以下になるまで、洗浄および分離操作を必要に応じて繰返し実施し得る。

[0036] 洗浄の間および/またはその後に、振動および/または超音波などの衝撃を付与してよい。これにより、MQO の粒子 (例えばナノファイバー/ナノフレーク、以下同様) の分散等を促進することができる。MQO の粒子が凝集していた場合には、これを解砕することができる。かかる効果は、金属塩の水溶液を用いて洗浄する間に衝撃を加える場合に顕著に得られる (金属塩に由来する金属カチオンが凝集体の隙間に入り込んで解砕できると考えらえる)。衝撃は、例えばハンドシェイク、オートマチックシェイカー、機械式振とう機、ボルテックスミキサー、ホモジナイザーおよび超音波バス等のいずれか 1 つ以上を使用して付与することができる。

[0037] MQO の粒子は固形分であるので、存在する場合に不要な液体成分を除去するために、任意の適切なタイミングで分離操作を実施し得る。最後の分離操作として、例えば、乾燥操作、代表的には、フリーズドライまたは熱乾燥を実施してよい。フリーズドライは、例えば、MQO の粒子と液体成分を含む混合物を任意の適切な温度 (例えば -40°C) で凍結させ、その後、減圧雰囲気下で乾燥させることにより、実施され得る。熱乾燥は、例えば、MQO の粒子と液体成分を含む混合物を常圧または減圧雰囲気下で、 25°C 以上 (例えば 200°C 以下) の温度で乾燥させることにより、実施され得る。粉碎は、特に限定されないが、例えば乳鉢と乳棒の組み合わせ、あるいは IK

Aミル等を用いて実施され得る。乾燥後に粉砕を実施してもよい。

[0038] 以上により、MQOを含む材料として、MQOの粒子を得ることができる。MQOの粒子として、例えばナノファイバー（および場合によりMQOのナノファイバーの集合体、例えばMQOのナノフレーク、これらを総称して「MQOのナノファイバー等」とも言う）を得ることができる。

[0039] MQOは、式（1）で表されるが、MQOを含む材料（代表的には、MQOの粒子）は、式（1）の構成元素のみから成ることを要するものではない。本開示を限定するものではないが、MQOを含む材料は、場合により、プロトンおよび／または金属カチオンを含んでいてもよい。また、本開示を限定するものではないが、MQOを含む材料は、場合により、その表面に存在する修飾または終端Tとして、水酸基、塩素原子、酸素原子および水素原子および窒素原子からなる群より選択される少なくとも1種を有してよい。また、MQOを含む材料（代表的には、MQOの粒子）は、2つ以上の層を有してよく、これら層の間に、アンモニウムイオン（例えば第四級アンモニウムカチオン）および金属カチオン（例えばアルカリ金属イオン、アルカリ土類金属イオン）からなる群より選択される少なくとも1種が存在してよい。

[0040] MQOのナノファイバー等のMQOを含む材料は、不純物として、未反応の第1原料および／または第2原料を含み得、また、第1原料、第2原料および／またはプロトン性溶媒に由来する物質を含み得る。例えば、第2原料として第四級アンモニウム塩を使用した場合、MQOのナノファイバー等のMQOを含む材料に、Nが任意の形態で存在（残留）していてもよい。本実施形態を限定するものではないが、MQOを含む材料は、アンモニウムイオン、テトラメチルアンモニウムイオンを含んでよい。また例えば、第1原料として、MAX原料を使用した場合、本開示において、MQOを含む材料は、残留するA原子を比較的少量、例えば元のA原子に対して10質量%以下で含んでいてもよい。A原子の残留量は、好ましくは8質量%以下、より好ましくは6質量%以下であり得る。しかしながら、A原子の残留量は、

10質量%を超えていたとしても、使用条件等によっては問題がない場合もあり得る。

[0041] MQOのナノファイバー等のMQOを含む材料をより高い純度で得るためには、洗浄および遠心分離を複数回繰返し、最終の遠心分離後に上澄み液を回収することが好ましい。かかる上澄み液は、そのまま、または液状媒体で適宜希釈して、あるいは乾燥後に液状媒体と混合して、MQOのナノファイバー等のMQOの粒子を含むスラリーとすることができる。

[0042] 本実施形態のウィックは、MQOのナノファイバー等のMQOを含む材料を、任意の適切な方法で所望の形状および寸法に造形（成形、切断等）することにより製造され得る。代表的には、本実施形態のウィックは、MQOのナノファイバー等を用いて形成される繊維構造体であってよい。かかる繊維構造体は、例えば、MQOのナノファイバーを含むスラリーを、任意の適切な方法（例えばろ過、スプレー、バーコート、スピコート、浸漬など）で基材上に適用し、乾燥させ、その後、基材を除去することにより製造され得る。上記スラリーに含まれる液状媒体は、適宜選択可能であり、例えばプロトン性溶媒（上述と同様の説明が当て嵌まり得る）、非プロトン性溶媒（例えばテトラヒドロフラン、塩化メチレン、アセトニトリル、アセトン、N,N-ジメチルホルムアミド、ジメチルスルホキシドなど）、非極性溶媒（例えばヘキサン、ベンゼン、トルエン、ジエチルエーテル、クロロホルム、酢酸エチル）などが用いられ得る。

[0043] 以上により、本実施形態のウィックが得られる。本実施形態のウィックの形状および寸法は、所望される用途に応じて適宜選択され得る。

[0044] 上述のように、MQOを含む材料は、代表的には、X線回折（XRD）パターンにおいて回折角 2θ が 2° 以上 10° 以下の範囲にピークを有し得る。本開示はいかなる理論によっても拘束されないが、MQOを含む材料が、XRDパターンにおいて $2\theta = 2^\circ$ 以上 10° 以下の範囲にピークを有することは、かかるMQOが、周知の金属酸化物とは異なる結晶構造を有することを意味していると考えられる。

- [0045] なお、本開示において、XRDパターンは、特性X線としてCuK α 線（ \approx 約1.54 Å）を使用して、XRD分析装置にて θ 軸方向スキャンにより得られるパターン（縦軸が強度で、横軸が 2θ ）であり、「XRDプロファイル」とも称され得る。XRDパターンにおけるピークは、目視により、またはXRD分析装置と共に使用されるソフトウェアを用いて認定可能である。2 θ の低角度域においてXRDパターンをできるだけ正確に測定するには、XRD分析装置に、c軸配向したMQOの膜を設置して（例えば、後述する実施例のように、吸引ろ過後にフィルターを除去して得られる自立膜を、フィルターと接していた面を下側に配置して）測定することが好ましい。
- [0046] 本実施形態を限定するものではないが、例えば、本実施形態の材料（より詳細にはMQO）は、波長514 nmのレーザーを用いたラマンスペクトルにおいて、ラマンシフトが少なくとも275~295 cm $^{-1}$ 、435~455 cm $^{-1}$ 、および665~745 cm $^{-1}$ の位置にピークを有し得る。
- [0047] 本実施形態を限定するものではないが、例えば、本実施形態の材料（より詳細にはMQO）は、波長514 nmのレーザーを用いたラマンスペクトルにおいて、ラマンシフトが140~160 cm $^{-1}$ 、275~295 cm $^{-1}$ 、435~455 cm $^{-1}$ 、および665~745 cm $^{-1}$ の位置にピークを有し得る。なお、140~160 cm $^{-1}$ はアナターゼ型のピークである。
- [0048] 本実施形態を限定するものではないが、例えば、本実施形態の材料（より詳細にはMQO）は、アナターゼ型またはレピドロサイト型あるいはこれらが混在した結晶構造を有する。より好ましくは、レピドロサイト型の結晶構造を有する。
- [0049] 本実施形態を限定するものではないが、例えば、本実施形態の材料（より詳細にはMQO）は、波長514 nmのレーザーを用いたラマンスペクトルにおいて、ラマンシフトが少なくとも275~295 cm $^{-1}$ 、435~455 cm $^{-1}$ 、および665~745 cm $^{-1}$ の位置にピークを有し、それぞれのピークの強度をX、Y、Zとした場合にXが最も大きい、との態様を取り得る。

- [0050] 本実施形態を限定するものではないが、さらに好ましくは、本実施形態の材料（より詳細にはMQO）は、波長514 nmのレーザーを用いたラマンスペクトルにおいて、ラマンシフトが少なくとも180~200 cm⁻¹、275~295 cm⁻¹、375~395 cm⁻¹、435~455 cm⁻¹、および665~745 cm⁻¹の位置にピークを有し、それぞれのピークの強度をV、X、Y、Z、Wとした場合にXが最も大きい、との態様を取り得る。
- [0051] なお、本開示において、ラマンスペクトルは、励起光源として波長514 nmのレーザー光を使用して、ラマン分光分析装置にて測定されるもの（縦軸が強度で、横軸がラマンシフト）である。ラマンスペクトルにおけるピークは、目視により、またはラマン分光分析装置と共に使用されるソフトウェアを用いて認定可能である。
- [0052] MQOの粒子の粒径は、例えば0.01 nm以上、特に0.1 nm以上、更に1 nm以上であり得、および／または、例えば1000 nm未満、特に100 nm以下、更に50 nm以下であり得る。かかる粒子は、ナノ粒子とも称され得る。
- [0053] MQOの粒子の形態は、ナノファイバーおよび／または2次元物質である。2次元物質には、ナノフレークおよびナノフレークの積層体のうちの1以上が包含される。本実施形態において、2次元物質は、ナノフレークおよびナノフレークの積層体のみに限定されない。
- [0054] 本実施形態によれば、MQOを含む材料、代表的にはMQOの粒子（例えばナノファイバー／ナノフレーク）、例えばMQOのナノファイバー（および場合によりMQOのナノファイバーの集合体、例えばMQOのナノフレーク）を含むウィックが提供される。例えばMQOのナノファイバーは、親水性表面を有し、かつ、ナノオーダーの断面外形寸法を有する。かかるMQOのナノファイバーを含むウィックは、液体状態の作動流体を毛細管現象により吸引する力（例えば吸い上げる力）が大きく、よって、液体状態の作動流体を大きい速度で移送する（例えば吸い上げる）ことができる。その理由は、ナノオーダーの断面外形寸法により、ウィックにおけるナノファイバーの

体積密度が高く、ナノファイバーの隙間により狭い空間（作動流体の流路）が形成されるとともに、液体状態の作動流体と接触し得るナノファイバーの全表面積が大きくなること、親水性表面により、液体状態の作動流体（代表的には水であるが、これに限定されない）がMQOのナノファイバーの表面に対して濡れ広がり易くなることによると考えられる。

[0055] 本開示においてMQOの「ナノファイバー」とは、長手方向に延在した固体物であって、長手方向に対して垂直な断面の外形寸法（断面外形寸法）が、ナノオーダー（即ち、1 nm以上1000 nm未満）またはそれより小さいサブナノオーダー（1 nm未満、例えば0.1 nm以上1 nm未満）であるものを意味する。MQOのナノファイバーの長手方向の長さは、特に限定されない。すなわち、ナノファイバーの長手方向の長さは、ナノオーダー（即ち、1 nm以上1000 nm未満）に限定されず、ミクロンオーダー（1 μ m以上1000 μ m未満）であってもよい。ナノファイバーの断面外形寸法は、例えば0.1 nm以上、特に1 nm以上で、例えば100 nm以下、特に50 nm以下、好ましくは15 nm以下であり得る。このように小さい断面外形寸法を有するMQOのナノファイバー等を含むウィックは、液体状態の作動流体をより大きい速度で移送することができる。本実施形態を限定するものではないが、上述した製造方法によれば、このように小さい断面外形寸法を有するMQOのナノファイバーが実現可能である。

[0056] 本開示において、MQOのナノファイバーの断面外形寸法は、MQOのナノファイバーの長手方向を横切る断面において、中心を通る最短距離を意味する。MQOのナノファイバーの断面の形状は、特に限定されないが、例えば矩形（長方形、正方形等）、楕円形（扁平円、真円等）で近似され得る。MQOのナノファイバーが、ナノリボンの形態である場合、その断面の形状は、長方形で近似され得、断面外形寸法は、長方形の短辺長さに相当し得る。MQOのナノファイバーが、ナノフィラメントの形態である場合、その断面の形状は、扁平円で近似され得、断面外形寸法は、扁平円の短径長さに相当し得る。

- [0057] MQOのナノファイバー等のMQOを含む材料のBET比表面積は、特に限定されないが、例えば $10\text{ m}^2/\text{g}$ 以上 $500\text{ m}^2/\text{g}$ 以下であり得る。BET比表面積は、窒素ガスまたは他の適切なガス（例えばクリプトン（Kr）ガス等）を用いた吸着法により、液体窒素温度（77 K）下での、窒素ガスまたは上記他のガスの等温吸着曲線からBET式を用いて計算される。
- [0058] 本開示において「2次元物質」とは、2次元的に延在した表面（平面、2次元シート面ともいう）を有し、該表面の最大寸法（粒子の「面内寸法」に対応し得る）に対して厚さが比較的小さい固体物であって、厚さが、ナノオーダー（即ち、 1 nm 以上 1000 nm 未満）またはそれより小さいサブナノオーダー（ 1 nm 未満、例えば 0.1 nm 以上 1 nm 未満）であるものを意味する。前記面内寸法は、ナノオーダー（即ち、 1 nm 以上 1000 nm 未満）に限定されず、ミクロンオーダー（ $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $1000\text{ }\mu\text{m}$ 未満）であってもよい。2次元物質には、前述の通りナノフレークおよびナノフレークの積層体のうちの1以上が包含される。ナノフレークは、ナノシートまたは2次元（ナノ）シートとも称され得る。ナノフレークの1層の厚さは、例えば 0.01 nm 以上、特に 0.8 nm 以上で、例えば 20 nm 以下、特に 3 nm 以下であり得る。ナノフレークの面内寸法は、例えば $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上、特に $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上で、例えば $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下、特に $40\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり得る。ナノフレークは、ナノファイバーが集合することにより構成され得る。
- [0059] ナノフレークの積層体は、多層MQOとも称され得る。隣接する2つのナノフレーク（または隣接する2層のMQO）の間の距離（層間距離または空隙寸法）は、特に限定されない。
- [0060] なお、上述した各寸法は、（必要な場合には、集束イオンビーム（FIB）などの方法により加工して）走査型電子顕微鏡（SEM）、透過型電子顕微鏡（TEM）または原子間力顕微鏡（AFM）にて観察される写真に基づく数平均寸法（少なくとも40個の数平均）、あるいはX線回折（XRD）法により測定した（002）面の逆格子空間上の位置より計算した実空間における距離として求められ得る。本開示において、例えばMQOのナノファ

イバーの断面外形寸法は、MQOのナノファイバーを含むウィックの断面を集束イオンビーム（FIB）などの方法により露出させ、露出した断面を走査電子顕微鏡（SEM）や透過型電子顕微鏡（TEM）で撮影し、得られた像において、MQOのナノファイバーの長手方向を横切る断面が現れているものを少なくとも40個抽出し、それらの断面外形寸法の数平均を算出することで求められる。

[0061] しかしながら、本開示において、MQOは、上記の形態に限定されず、任意の適切な形態を有し得ることに留意されるべきである。

[0062] （実施形態2：熱輸送装置）

本実施形態は、熱輸送装置に関する。本開示において、「熱輸送装置」は、作動流体の相変化を利用して熱を輸送する装置を意味する。作動流体の相変化は、蒸発および凝縮を意味する。

[0063] 図1を参照して、本実施形態の熱輸送装置20は、
内部に空間を有する筐体1と、
筐体1内に配置されたウィック3と、
ウィック3と接触可能な状態で、筐体1内に封入された作動流体（図示せず）と、
を含む。ウィック3は、実施形態1にて上述したものを使用する。

[0064] 本実施形態を限定するものではないが、図1は、熱輸送装置20がループ型ヒートパイプである場合を例示的に示す。図示する例において、筐体1は、蒸発器11と、凝縮器13と、これらの間をそれぞれ連結する気体流路15および液体流路17とを含み、蒸発器11、凝縮器13、気体流路15および液体流路17は、筐体1の内部空間を一体的に構成している。ウィック3は、蒸発器11内に配置される。作動流体（図示せず）は、筐体1の内部空間に封入されている。筐体1は、少なくとも蒸発器11および凝縮器13において、熱伝導性を有する材料（例えば金属）から構成される。

[0065] 筐体1内では、外部（熱源）から熱が供給される蒸発器11（比較的高温の部分）において作動流体が蒸発し、気体状態になった作動流体は気体流路

15内を移動し、凝縮器13（比較的低温の部分）において凝縮することで熱を外部へ放出し、液体状態になった作動流体は、ウィック3の毛細管力により、液体流路17を通過して蒸発器11へと移送される（戻される）。これにより、作動流体は、相変化しながら筐体1内にて循環する。図1において、作動流体の流れを点線矢印にて模式的に示し、外部からの熱の供給（熱入力）および外部への放熱（熱出力）を波線矢印にて模式的に示す。

[0066] 本実施形態によれば、熱輸送装置20において、実施形態1にて上述したウィック3を用いているので、液体状態の作動流体を大きい速度で移送することができ、高い熱輸送性能が得られ、熱輸送装置20の最大熱輸送量が向上する。

[0067] 図1に示す例では、熱輸送装置20がループ型ヒートパイプである場合を示したが、本実施形態の熱輸送装置は、実施形態1にて上述したウィック3を用いること以外は、ウィックを備える既知の熱輸送装置（例えば管型ヒートパイプ、ベーパーチャンバーなど）の構成を適用したものであってよい。

[0068] 以上、本開示のある実施形態におけるウィックおよび熱輸送装置について詳述したが、本開示は種々の改変が可能である。なお、本開示のウィックは、上述の実施形態における製造方法とは異なる方法によって製造されてもよいことに留意されたい。

実施例

[0069] （実施例1）

実施例1は、実施形態1のウィックであって、TiCOのナノファイバーを使用したウィックに関する。

[0070] ・TiCOナノファイバーを含むスラリーの調製

まず、容器（100mLアイボリー）に、ニホウ化チタン（TiB₂、Alfa Aesar社製）1gと、25質量%のテトラメチルアンモニウムヒドロキシド（TMAH）水溶液30mL（東京化成工業株式会社製）とを投入した。そこに、容器の円形底面の内径とほぼ同じサイズ（35mm）の長さのスターラーチップを入れた。容器を水浴で50℃に保ちながら、容器内の混合物を

スターラーチップで攪拌し120時間維持し、これにより反応を進行させた。次に、容器内の反応混合物を（エタノールや水等の液状媒体を添加することなく）ステンレス製スパチュラで50 mL遠沈管に移した。遠心分離機を用いて3500 Gおよび5分間の条件で遠心分離を行って固形分を沈降させた。（i）遠心分離後、上澄み液を廃棄し、（ii）遠沈管中の残りの沈降物にエタノール（富士フィルム和光純薬株式会社製）40 mLを加え、ハンドシェイクを5分間行い（リスラリー）、（iii）上記と同条件で遠心分離を行った。この（i）～（iii）の操作を、上澄み液のpHが8以下になるまで繰り返した。3回繰り返したところで上澄み液のpHが8以下になったので、この上澄み液を廃棄して、繰返し操作を終了とした。遠沈管中の残りの沈降物に純水40 mLを加え、オートマチックシェイカーを用いて15分間振とう攪拌した。その後、遠心分離機を用いて3500 Gおよび30分間の条件で遠心分離を行って、上澄み液をサンプルスラリーとして回収した。得られたサンプルスラリーが、TiCOナノファイバーを含むスラリーに該当する（下記の分析結果を参照のこと）。

[0071] ・ウィックの作製

上記で調製したサンプルスラリーを、ヌッチェを用いて一晩吸引ろ過した。吸引ろ過のフィルターには、メンブレンフィルター（デュラポア、孔径0.45 μm 、メルク株式会社製）を用いた。吸引ろ過後、フィルター上の前駆体膜を真空オーブンで80℃にて一晩乾燥させ、フィルターを除去して、自立膜を得た。得られた自立膜を長方形に切断して、幅（W）1 cm、長さ（L）2 cm、厚さ（T）100 μm のウィックサンプルを得た。

[0072] ・ウィックの評価

上記で作製したウィックサンプルを、WT面（1 cm \times 100 μm ）が上端面および下端面になるように垂直に立てた状態で、水を入れたシャーレに配置して、約1 mmの深さで水に漬けたところ、水を上端面まで4 mm/sの速度で吸い上げた。この結果から、ウィックサンプルが、単位時間単位面積あたりの吸い上げる水の体積は、 $4 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ であり、よ

って、単位時間単位面積あたりの吸い上げる水の質量は、 $4 \text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ となる（水の比重： $1000 \text{ kg} / \text{m}^3$ ）。 25°C における単位質量あたりの水の蒸発熱は、 $2442 \text{ kJ} / \text{kg}$ であることから、このウィックサンプルが、 25°C における水の蒸発による奪える熱量は、 $9768 \text{ kW} / \text{m}^2$ と計算される。すなわち、実施例1のウィックサンプルは、水の移送速度が $4 \text{ m} / \text{s}$ であり、 25°C での水の熱輸送性能が約 $10^4 \text{ kW} / \text{m}^2$ であった。

[0073] ・分析

上記と同様にして得られた自立膜をX線光電子分光法（XPS）で分析したところ、得られたXPSスペクトルにおいて、Ti 2p、C 1s、O 1s、N 1sに対応するピークが認められ、よって、Ti、C、O、Nが検出された。Nは、原料のTMAHの残留分であると考えられることから、自立膜の材料は、Ti、C、Oから構成されることが考えられる。

また、上記と同様にして得られた自立膜について、XRD装置（株式会社リガク製、MiniFlex）を用いてXRDプロファイルを測定した（特性X線： $\text{CuK}\alpha = 1.54 \text{ \AA}$ ）。得られたXRDパターンを図2に示す。図2から理解されたとおり、この材料は、 $2\theta = 7.26^\circ$ にピークを有していた。

[0074] また、遠沈管に上記と同様にして得られたTiCOナノファイバーを含むスラリー0.01gと純水1gを加えてオートマチックシェイカーを用いて5分間振とう攪拌し、得られたスラリーをアルミナ多孔質基板（Cytiva社製）に滴下し、FE-SEM（S-4800、株式会社日立ハイテク製）を使用してTiCOナノファイバーを観察した。図3としてFE-SEM像を示す。図3から理解される通り、この材料は約5nmの断面外形寸法を有していた。

[0075] （比較例1）

比較例1は、二次元材料の1種であるMXeneの粒子を使用したウィックに関する。

[0076] ・MAX粒子（MXene粒子の前駆体）の調製

TiC粉末、Ti粉末およびAl粉末（いずれも株式会社高純度化学研究所製）を2：1：1のモル比で、ジルコニアボールを入れたボールミルに投入して24時間混合した。得られた混合粉末をAr雰囲気下にて1350℃で2時間焼成した。これにより得られた焼成体（ブロック）をエンドミルで最大寸法40μm以下まで粉砕した。これにより、MAX粒子としてTi₃AlC₂粒子を得た。

[0077] ・前駆体のエッチング（ACID法）

上記方法で調製したTi₃AlC₂粒子（粉末）を用い、下記エッチング条件でエッチングを行って、Ti₃AlC₂粉末に由来する固体成分を含む固液混合物（スラリー）を得た。

（エッチング条件）

- ・前駆体：Ti₃AlC₂（目開き45μmふるい通し）
- ・エッチング液組成：49%HF 6mL
H₂O 18mL
HCl（12M） 36mL
- ・前駆体投入量：3.0g
- ・エッチング容器：100mLアイボリー
- ・エッチング温度：35℃
- ・エッチング時間：24h
- ・スターラー回転数：400rpm

[0078] ・エッチング後の洗浄

上記スラリーを2分割して、50mL遠沈管2本にそれぞれ挿入し、遠心分離機を用いて3500Gの条件で遠心分離を行った後、上澄み液を廃棄した。各遠沈管中の残りの沈殿物に純水40mLを追加し、再度3500Gで遠心分離を行って上澄み液を分離除去する操作を11回繰り返した。最終遠心分離後に、上澄み液を廃棄し、Ti₃C₂T_x-水分媒体クレイを得た。

[0079] ・Liインターカレーション

上記方法で調製したTi₃C₂T_x-水分媒体クレイに対し、下記条件の通り

、Li含有化合物としてLiClを用い、20℃以上25℃以下で12時間攪拌して、Liインターカレーションを行った。

(Liのインターカレーションの条件)

- ・ $Ti_3C_2T_x$ -水分媒体クレイ (洗浄後MXene) : 固形分0.75g
- ・ LiCl : 0.75g
- ・ インターカレーション容器 : 100mLアイボーイ
- ・ 温度 : 20℃以上25℃以下 (室温)
- ・ 時間 : 10h
- ・ スターラー回転数 : 800rpm

[0080] ・ デラミネーション

上記 $Ti_3C_2T_x$ -水分媒体クレイに (i) 純水40mLを追加してからシェーカーで15分間攪拌後に、(ii) 3500Gで遠心分離し、(iii) 上澄み液を単層MXene含有液として回収した。この(i)～(iii)の操作を、合計4回繰り返して、単層MXene含有上澄み液を得た。さらに、この上澄み液を、遠心分離機を用いて4300G、2時間の条件で遠心分離を行った後、上澄み液を廃棄し、単層・少層MXene含有試料として単層・少層MXene含有クレイを得た。

[0081] ・ MXene粒子を含むスラリーの調製

このMXene含有クレイと純水とを適切な量で混合して、固形分濃度 (MXene粒子濃度) が34mg/mLのサンプルスラリーを準備した。得られたサンプルスラリーが、MXene粒子を含むスラリー (MXene-水分散体) に該当する。

[0082] ・ ウィックの作製

上記で調製したサンプルスラリーを用いたこと以外は、実施例1と同様に、幅 (W) 1cm、長さ (L) 2cm、厚さ (T) 100μmのウィックサンプルを得た。

[0083] ・ ウィックの評価

上記で作製したウィックサンプルを、WT面 (1cm×100μm) が上

端面および下端面になるように垂直に立てた状態で、水を入れたシャーレに配置して、約1 mmの深さで水に漬けたところ、水を吸い上げることは全くできなかった（吸い上げ高さゼロmm）。

[0084] （比較例2）

比較例2は、金属粉（銅粉）の焼結体（多孔質金属焼結体）を使用したウィックに関する。

[0085] ・ウィックの作製

金属粉として、平均粒径D50が50 μm の銅粉を用い、アクリル樹脂（バインダー）と銅粉とを体積比1：1で混合した。得られた混合物を400 $^{\circ}\text{C}$ で1時間の熱処理に付して、アクリル樹脂を燃焼除去して、多孔質金属焼結体を得た。得られた多孔質金属焼結体を切断して、幅（W）1 cm、長さ（L）2 cm、厚さ（T）100 μm のウィックサンプルを得た。

[0086] ・ウィックの評価

上記で作製したウィックサンプルを、WT面（1 cm \times 100 μm ）が上端面および下端面になるように垂直に立てた状態で、水を入れたシャーレに配置して、約1 mmの深さで水に漬けたところ、水を上端面まで0.5 mm/sの速度で吸い上げた。この結果から、比較例2のウィックサンプルは、水の移送速度が0.5 mm/sであり、実施例1と同様の計算により、25 $^{\circ}\text{C}$ での水の熱輸送性能が約10³ kW/m²であった。

[0087] （比較例3）

比較例3は、金属粉（チタン粉）の焼結体（多孔質金属焼結体）を使用したウィックに関する。

[0088] ・ウィックの作製

金属粉として、平均粒径D50が50 μm のチタン粉を用いたこと以外は、比較例2と同様にして、幅（W）1 cm、長さ（L）2 cm、厚さ（T）100 μm のウィックサンプルを得た。

[0089] ・ウィックの評価

上記で作製したウィックサンプルを、比較例2と同様に評価したところ、

水を上端面まで0.5 mm/sの速度で吸い上げた。この結果から、比較例3のウィックサンプルは、水の移送速度が0.5 mm/sであり、25℃での水の熱輸送性能が約10³ kW/m²であった。

産業上の利用可能性

[0090] 本開示のウィックは、作動流体の相変化を利用した熱輸送装置において、作動流体を毛細管力により移送するために使用され得る。本開示の熱輸送装置は、電子機器に組み込まれて、電子機器の熱源からの熱を放出（除熱）するために使用され得る。しかしながら、本開示のウィックおよび熱輸送装置は、これらのみならず、任意の適切な用途に利用可能である。

[0091] <1>

熱輸送のために使用されるウィックであって、

以下の式：



（式中、Mは、第3、4、5、6および7族からなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、

Qは、第12、13、14、15および16族からなる群より選択される少なくとも1種の元素（但し、Oを除く）であり、

aは、0以上2以下であり、

bは、0より大きく、2以下である）

で表される材料のナノファイバー

を含む、ウィック。

<2>

前記ナノファイバーの前記材料が、X線回折パターンにおいて回折角2θが2°以上10°以下の範囲にピークを有する、<1>に記載のウィック。

<3>

前記ナノファイバーが、1 nm以上15 nm以下の断面外形寸法を有する、<1>または<2>に記載のウィック。

<4>

作動流体の相変化を利用した熱輸送装置であって、
内部に空間を有する筐体と、
前記筐体内に配置された、＜1＞～＜3＞のいずれかに記載のウィックと
、
前記ウィックと接触可能な状態で、前記筐体内に封入された作動流体と、
を含む、熱輸送装置。

[0092] 本出願は、日本国特許出願である特願2022-079566号を基礎出願とする優先権主張を伴う。特願2022-079566号は参照することにより本明細書に取り込まれる。

符号の説明

- [0093]
- 1 筐体
 - 3 ウィック
 - 11 蒸発器
 - 13 凝縮器
 - 15 気体流路
 - 17 液体流路
 - 20 熱輸送装置

請求の範囲

- [請求項1] 熱輸送のために使用されるウィックであって、
以下の式：
$$M Q_a O_b$$

(式中、Mは、第3、4、5、6および7族からなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、
Qは、第12、13、14、15および16族からなる群より選択される少なくとも1種の元素（但し、Oを除く）であり、
aは、0以上2以下であり、
bは、0より大きく、2以下である）
で表されるナノファイバーおよび／または2次元物質を含む材料を含む、ウィック。
- [請求項2] 前記ナノファイバーおよび／または2次元物質を含む材料が、X線回折パターンにおいて回折角 2θ が 2° 以上 10° 以下の範囲にピークを有する、請求項1に記載のウィック。
- [請求項3] 前記ナノファイバーおよび／または2次元物質を含む材料が、波長 514 nm のレーザーを用いたラマンスペクトルにおいて、ラマンシフトが $140\sim 160\text{ cm}^{-1}$ 、 $275\sim 295\text{ cm}^{-1}$ 、 $435\sim 455\text{ cm}^{-1}$ 、および $665\sim 745\text{ cm}^{-1}$ の位置にピークを有する、請求項1または2に記載のウィック。
- [請求項4] 前記ナノファイバーおよび／または2次元物質を含む材料が、アナターゼ型またはレピドクロサイト型、もしくはこれらが混在した結晶構造を有する、請求項1～3のいずれかに記載のウィック。
- [請求項5] 前記ナノファイバーおよび／または2次元物質を含む材料が、レピドクロサイト型の結晶構造を有する、請求項1～4のいずれかに記載のウィック。
- [請求項6] 前記ナノファイバーおよび／または2次元物質を含む材料が、波長 514 nm のレーザーを用いたラマンスペクトルにおいて、ラマンシ

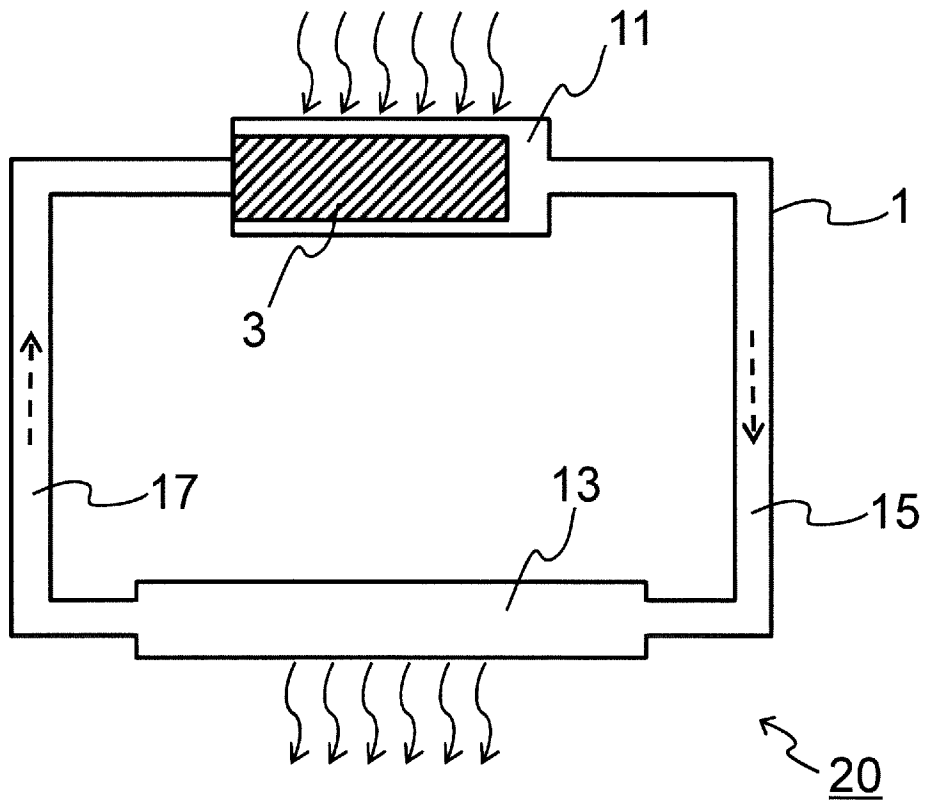
フトが少なくとも $180\sim 200\text{ cm}^{-1}$ 、 $275\sim 295\text{ cm}^{-1}$ 、 $375\sim 395\text{ cm}^{-1}$ 、 $435\sim 455\text{ cm}^{-1}$ 、および $665\sim 745\text{ cm}^{-1}$ の位置にピークを有し、それぞれのピークの強度をV、X、Y、Z、Wとした場合にXが最も大きい、請求項1～5のいずれかに記載のウィック。

[請求項7] 前記ナノファイバーが、 1 nm 以上 15 nm 以下の断面外形寸法を有する、請求項1～6のいずれかに記載のウィック。

[請求項8] 作動流体の相変化を利用した熱輸送装置であって、
内部に空間を有する筐体と、
前記筐体内に配置された、請求項1～7のいずれかに記載のウィックと、
前記ウィックと接触可能な状態で、前記筐体内に封入された作動流体と、
を含む、熱輸送装置。

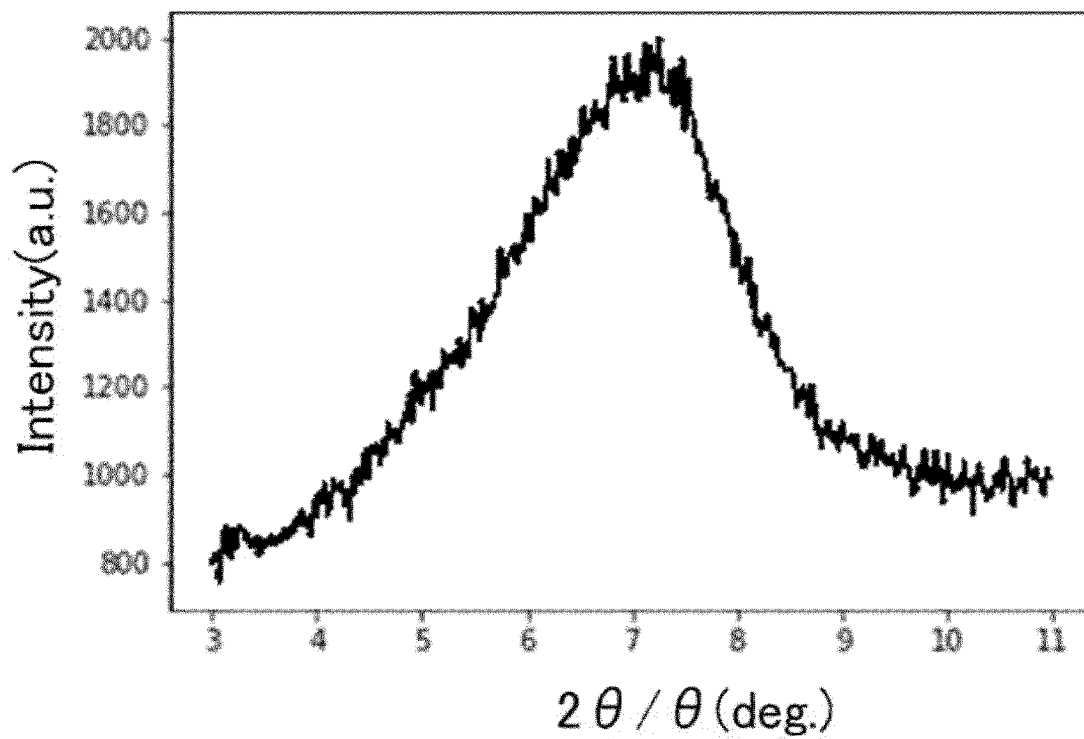
[図1]

図1



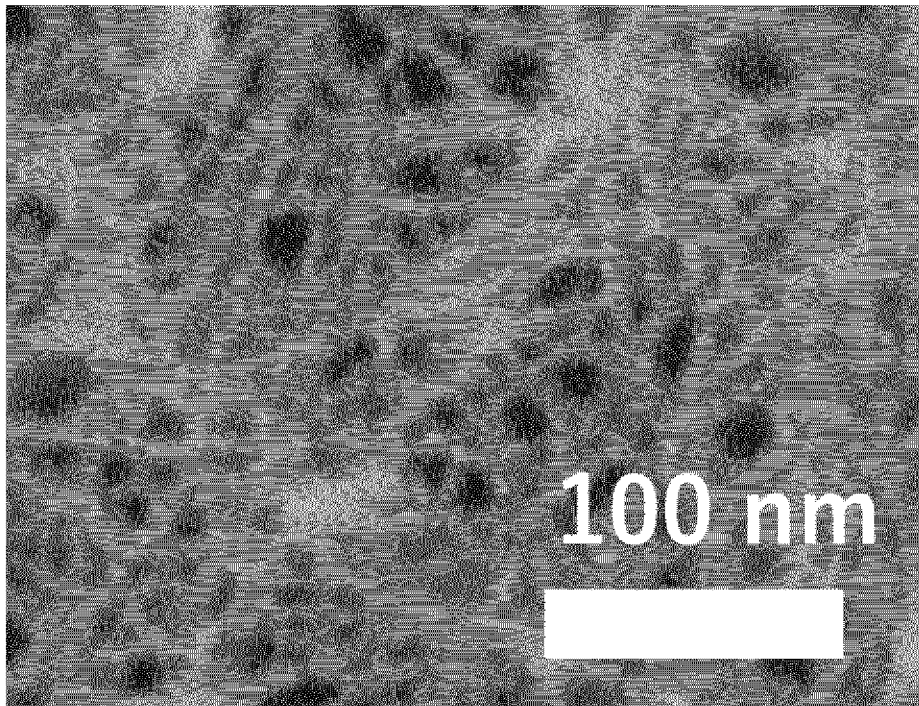
[図2]

図2



[3]

 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/017973

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>F28D 15/04</i> (2006.01)i; <i>D01F 9/08</i> (2006.01)i FI: F28D15/04 D; D01F9/08 D		
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) F28D15/04; D01F9/08		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
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.
X	JP 2015-169411 A (FUJITSU LTD) 28 September 2015 (2015-09-28) paragraphs [0001]-[0217], fig. 1-29	1-8
A	JP 2006-348346 A (NISSAN MOTOR CO LTD) 28 December 2006 (2006-12-28) paragraphs [0001]-[0031], fig. 1-6	1-8
A	US 2006/0151153 A1 (HON HAI PRECISION INDUSTRY CO., LTD.) 13 July 2006 (2006-07-13) paragraphs [0002]-[0035], fig. 1-4	1-8
A	US 2020/0149820 A1 (ROCCOR, LLC) 14 May 2020 (2020-05-14) paragraphs [0001]-[0062], fig. 1-6	1-8
A	US 2020/0340756 A1 (NANOTEK INSTRUMENTS, INC.) 29 October 2020 (2020-10-29) paragraphs [0001]-[0060], fig. 1-3	1-8
A	US 2010/0200199 A1 (ILLUMINEX CORPORATION) 12 August 2010 (2010-08-12) paragraphs [0002]-[0062], fig. 1-11	1-8
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 06 June 2023		Date of mailing of the international search report 20 June 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/017973

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 050212/1977 (Laid-open No. 145471/1978) (NITERRA CO LTD) 16 November 1978 (1978-11-16), specification, p. 2, line 15 to p. 3, line 3	1-8
.....		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/017973

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2015-169411	A	28 September 2015	(Family: none)			
JP	2006-348346	A	28 December 2006	(Family: none)			
US	2006/0151153	A1	13 July 2006	CN	1800766	A	
US	2020/0149820	A1	14 May 2020	US	2016/0123678	A1	
US	2020/0340756	A1	29 October 2020	(Family: none)			
US	2010/0200199	A1	12 August 2010	WO	2008/016725	A2	
				EP	1996887	A2	
				CA	2657423	A1	
				CN	101410685	A	
JP	53-145471	U1	16 November 1978	(Family: none)			

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F28D 15/04(2006.01)i; D01F 9/08(2006.01)i FI: F28D15/04 D; D01F9/08 D		
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）） F28D15/04; D01F9/08 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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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
X	JP 2015-169411 A（富士通株式会社）28.09.2015（2015-09-28） 段落0001-0217, 図1-29	1-8
A	JP 2006-348346 A（日産自動車株式会社）28.12.2006（2006-12-28） 段落0001-0031, 図1-6	1-8
A	US 2006/0151153 A1（HON HAI PRECISION INDUSTRY CO., LTD.）13.07.2006（2006-07-13） 段落0002-0035, 図1-4	1-8
A	US 2020/0149820 A1（ROCCOR, LLC）14.05.2020（2020-05-14） 段落0001-0062, 図1-6	1-8
A	US 2020/0340756 A1（NANOTEK INSTRUMENTS, INC.）29.10.2020（2020-10-29） 段落0001-0060, 図1-3	1-8
A	US 2010/0200199 A1（ILLUMINEX CORPORATION）12.08.2010（2010-08-12） 段落0002-0062, 図1-11	1-8
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的な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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日	
06.06.2023	20.06.2023	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 河野 俊二 3L 3941 電話番号 03-3581-1101 内線 3337	

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	日本国実用新案登録出願52-050212号(日本国実用新案登録出願公開53-145471号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム(日本特殊陶業株式会社) 16.11.1978 (1978-11-16) 明細書の第2ページ第15行-同第3ページ第3行	1-8

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/017973

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2015-169411 A	28.09.2015	(ファミリーなし)	
JP 2006-348346 A	28.12.2006	(ファミリーなし)	
US 2006/0151153 A1	13.07.2006	CN 1800766 A	
US 2020/0149820 A1	14.05.2020	US 2016/0123678 A1	
US 2020/0340756 A1	29.10.2020	(ファミリーなし)	
US 2010/0200199 A1	12.08.2010	WO 2008/016725 A2	
		EP 1996887 A2	
		CA 2657423 A1	
		CN 101410685 A	
JP 53-145471 U1	16.11.1978	(ファミリーなし)	