

(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
2012年11月1日(01.11.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/147288 A1

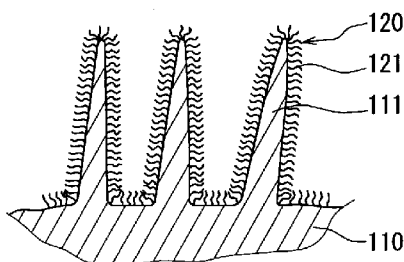
- (51) 国際特許分類:
B05D 5/00 (2006.01) F28F 1/32 (2006.01)
C23C 22/68 (2006.01) F28F 13/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/002423
- (22) 国際出願日: 2012年4月6日(06.04.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-099198 2011年4月27日(27.04.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP). 外山 哲男(TOYAMA, Tetsuo) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デンソー内 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 西岡 侑作(NISHIOKA, Yusaku) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 西野 友英(NISHINO, Tomohide) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 瀧川 賢司
- (74) 代理人: 金 順姫(KIN, Junhi); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦2丁目13番19号 瀧定ビル6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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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),

[続葉有]

(54) Title: WATER-REPELLENT SUBSTRATE, HEAT EXCHANGER USING WATER-REPELLENT SUBSTRATE, AND METHOD FOR PRODUCING WATER-REPELLENT SUBSTRATE

(54) 発明の名称: 撥水性基材、撥水性基材を用いた熱交換器、および撥水性基材の製造方法

[図2]



(57) Abstract: A water-repellent substrate (100) is provided with a substrate (110), and a hydrophobic film (120) disposed upon the surface of the substrate (110), wherein a plurality of needle-shaped protrusions (111) is formed on the surface of the substrate (110). The hydrophobic film (120) comprises a plurality of minute protrusions (121) that are finer than the needle-shaped protrusions (111), and the plurality of minute protrusions (121) is disposed upon the needle-shaped protrusions (111) and the surface of the substrate (110) remaining between the surfaces of the needle-shaped protrusions (111). The water-repellent substrate (100) forms at least either a tube (211) that constitutes a heat exchange section (210) of a heat exchanger (200) and is used for circulating a heat transfer medium, or a fin (212) that is connected to the tube (211) and forms a surface that transfers heat to atmospheric air.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2012/147288 A1

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

撥水性基材 (100) は、基材 (110) と、該基材 (110) の表面に設けられた疎水性皮膜 (120) とを備え、基材 (110) の表面には、複数の針状突起部 (111) が形成されている。疎水性皮膜 (120) は、針状突起部 (111) よりも微細な複数の微細突起部 (121) からなり、該複数の微細突起部 (121) は、針状突起部 (111) の表面と、針状突起部 (111) 間の残りの基材 (110) 表面とに設けられている。熱交換器 (200) の熱交換部 (210) を構成する熱媒体流通用のチューブ (211) と、該チューブ (211) に接続されて空気に対する伝熱面を形成するフィン (212) とのうちの少なくとも一方が撥水性基材 (100) によって形成されている。

明 細 書

発明の名称：

撥水性基材、撥水性基材を用いた熱交換器、および撥水性基材の製造方法
関連出願の相互参照

[0001] 本開示は、2011年4月27日に出願された日本特許出願第2011-99198号に基づくものであり、この開示をもってその内容を本明細書中に開示したものとする。

技術分野

[0002] 本開示は、低温時に基材表面から生成される凝縮水を撥水させる撥水性基材、撥水性基材を用いた熱交換器、および撥水性基材の製造方法に関するものである。

背景技術

[0003] 従来の撥水性基材として、例えば特許文献1に記載されたものが知られている。特許文献1の撥水性基材は、車両用の窓ガラス等に適用されるものであって、基材の表面に微小凹凸を有する下地膜と、下地膜の微小凹凸上に形成された撥水性皮膜とを有している。撥水性皮膜は、下地膜の微小凹凸を反映した表面形状となっている。更に、撥水性皮膜の表面形状は、粒子状突起物と、この粒子状突起物よりも基板の表面から測定した高さが高い柱状突起物とから構成されている。

[0004] 撥水性皮膜の表面における水滴の接触角をCA、水滴を滴下したときに水滴が転落する臨界角度としての転落角をTAとしたとき、窓ガラスに適用された特許文献1では、 $CA \geq 150$ 度かつ $TA \leq 15$ 度、または 150 度 $> CA \geq 145$ 度かつ $TA \leq 5$ 度となっており、撥水性に優れ、窓ガラスの表面に水滴が残りにくいものとなっている。

[0005] しかしながら、特許文献1の撥水性基材では、上記のように窓ガラス等の上に滴下された水滴を転落させることに優れたものとなっている。これに対して、例えば基材が低温場に置かれたときに、基材に触れる空気中の水蒸気

が凝縮されて基材の表面から凝縮水が発生する場合は、特許文献1の撥水性基材では、凝縮水の良好な撥水性が得られないという問題があった。即ち、特許文献1の撥水性基材では、粒子状突起物および柱状突起物間に形成される凹部内からも凝縮水が生成される形となり、凹部に凝縮水が溜まり、更に凹部の外側で各凹部内の凝縮水が互いに繋がり大きな水の膜となって形成されていくので、凝縮水の良好な撥水性が得られず、凝縮水を滑落させ難いものとなっていた。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特許第4198598号公報

発明の概要

[0007] 本開示の目的は、上記問題に鑑み、表面に発生する凝縮水に対して良好な撥水性を有する撥水性基材、撥水性基材を用いた熱交換器、および撥水性基材の製造方法を提供することにある。

[0008] 上記目的を達成するために、本開示では、基材と、前記基材の表面に設けられた疎水性皮膜とを備える撥水性基材であって、前記基材の表面には、複数の針状突起部が形成されており、前記疎水性皮膜は、前記複数の針状突起部よりも微細な複数の微細突起部からなり、前記複数の微細突起部が、前記複数の針状突起部の表面と、前記複数の針状突起部間の残りの前記基材表面とに設けられている撥水性基材を提供する。

[0009] さらに、上記目的を達成するために、本開示では、熱交換部を備え、前記熱交換部の内部を流通する熱媒体によって、前記熱交換部の外部を流通する空気から吸熱する吸熱用の熱交換器であって、前記熱交換部を形成する前記熱媒体流通用のチューブと、前記チューブに接続されて前記空気に対する伝熱面を形成するフィンとのうちの少なくとも一方が、前記撥水性基材によって形成されている熱交換器を提供する。

[0010] さらに、上記目的を達成するために、本開示では、基材と、前記基材の表面に設けられた疎水性皮膜とを備えた撥水性基材の製造方法であって、前記

基材の表面に、複数の針状突起部を形成することと、前記複数の針状突起部の表面と、前記複数の針状突起部間の残りの前記基材表面とに、前記複数の針状突起部よりも微細な複数の微細突起部を形成することで、前記疎水性皮膜を形成することを含む撥水性基材の製造方法を提供する。

図面の簡単な説明

- [0011] [図1]図1は撥水性基材を示す断面図である。
- [図2]図2は図1中の矢印IIで示す部分の拡大図である。
- [図3]図3(a)および図3(b)は基材の表面を示す拡大図である(倍率1000倍)。
- [図4]図4(a)および図4(b)は基材の表面(針状突起部)を示す拡大図である(倍率100000倍)。
- [図5]図5は熱交換器を示す斜視図である。
- [図6]図6はフィン断面と凝縮水滴径を示すモデル図である。
- [図7]図7は水滴滑落計算式を得るためのモデル図である。
- [図8]図8は滑水膜の表面エネルギーを算出するためのモデル図である。
- [図9]図9は液滴直径が0.4mmで滑落するように接触角を算出するためのモデル図である。
- [図10]図10はフィン内で水滴が閉塞しないための接触角を求めるグラフである。
- [図11]図11(a)は本開示に基づく熱交換器における着霜、除霜を繰り返したときの着霜時間を示すグラフであり、図11(b)は比較例の熱交換器における着霜、除霜を繰り返したときの着霜時間を示すグラフである。

発明を実施するための形態

- [0012] 以下に、図面を参照しながら本開示の複数の形態を説明する。各形態において先行する形態で説明した事項に対応する部分には同一の参照符号を付して重複する説明を省略する場合がある。各形態において構成の一部のみを説明している場合は、構成の他の部分については先行して説明した他の形態を適用することができる。各実施形態で具体的に組み合わせが可能であること

を明示している部分同士のみ組み合わせばかりではなく、特に組み合わせに支障が生じなければ、明示していなくても実施形態同士を部分的に組み合わせることも可能である。

[0013] (第1実施形態)

第1実施形態の撥水性基材100について、図1～図4(b)を用いて説明する。図1は撥水性基材100を示す断面図、図2は図1中の矢印IIで示す部分の拡大図、図3(a)および図3(b)は基材110の表面を示す拡大図(倍率1000倍)、図4(a)および図4(b)は基材110の表面(針状突起部111)を示す拡大図(倍率100000倍)である。撥水性基材100は、図1に示すように、アルミニウム製板材から形成される基材110の表面に疎水性皮膜120が設けられて形成されている。

[0014] 基材110は、アルミニウム、アルミニウム合金、鉄、銅等の金属製、あるいは樹脂製の板部材であり、基材110の表面には、針状に延びる多数の針状突起部111が形成されている。針状突起部111の突起部と突起部との間の寸法を周期と定義したとき、針状突起部111の周期は、700nm～500 μ m程度となっている。針状突起部111の周期は、好ましくは1 μ m～10 μ m程度が良い。このように針状突起部111は、ミクロンオーダーの突起部となっている。

[0015] 疎水性皮膜120は、複数の微細突起部121によって形成されている。つまり、疎水性皮膜120は、複数の微細突起部121の集合体として形成されている。微細突起部121は、針状突起部111の表面および針状突起部111間の残りの基材110表面において、針状突起部111よりも更に微細に形成された突起部である。微細突起部121の周期は、1nm～500nm程度となっている。微細突起部121の周期は、好ましくは1nm～10nm程度が良い。このように微細突起部121は、ナノオーダーの突起部となっている。

[0016] 上記の撥水性基材110は、以下のように製造されるようになっている。

[0017] 1. 第1工程(前工程)

まず、 4 cm^2 (2 cm 四方) のアルミニウム製板材を基材 110 として製作する。そして、研磨によって、基材 110 の表面に、凹凸部 112 を形成する。この凹凸部 112 は、例えば、熱交換器を構成するチューブやフィン の材料段階における表面と同等の凹凸状態にするものである。

[0018] 実際の研磨にあたっては、例えば、#100 耐水性紙やすり (三共理化学社製 Fuji Star) を使用した。表面粗さ計測器 (Digital Instruments 社製 Dektak 6M) を用いて、研磨後の基材 110 の表面粗さを計測することにより、凹凸部 112 の周期 (山と山との間の寸法) を測定することができる。得られた周期 (輪郭曲線要素の平均長さ RSm : JIS B0601-2001) は、 $10\text{ }\mu\text{m}$ であることが確認された。なお、このときの凹凸部 112 の算術平均高さ Ra は、 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ であった。この時の走査型電子顕微鏡 (SEM) による表面形状観察像を図 3 (a) および図 3 (b) に示す。尚、図 3 (a) および図 3 (b) は、基材 110 の表面の代表の 2ヶ所における観察結果である。

[0019] 2. 第 2 工程 (突起部形成工程)

第 1 工程にて凹凸部 112 の形成された基材 110 をアセトンに浸漬して表面清浄化を行い、沸騰する純水中に 5 分間浸漬することでベーマイト処理を行った。次に、取り出した基材 110 を冷却後、超純水を吹きかけて洗浄し、窒素ガスを吹きかけて乾燥させた。これにより、基材 110 の表面に水酸基を生成させた。また、基材 110 の表面に針状突起部 111 を形成させた。なお、沸騰水中にジエタノールアミン等のアミン類を添加してもよい。

[0020] 上記のように基材 110 をベーマイト処理する目的は 2 つある。1 つはベーマイト処理することにより基材 110 の表面に水酸基を形成し、続く第 3 工程において、水飽和溶液中に溶解された疎水性の官能基を有する分子と水酸基とを反応させ、同分子と基材 110 との間の強固な結合を形成するためである。

[0021] ベーマイト処理の目的の 2 つめは、ベーマイト処理の過程で基材 110 の表面がエッチングされ、凹凸部 112 の表面に非常に微細な針状構造をなす

針状突起部 1 1 1 を形成させるためである。このベーマイト処理後の基材 1 1 0 を、走査型電子顕微鏡 (SEM) で観察した像を図 4 (a) および図 4 (b) に示す。尚、図 4 (a) および図 4 (b) は、基材 1 1 0 の表面の代表の 2 ヶ所における観察結果である。この SEM 像からの解析結果から粗さの解析をしたところ、針状突起部 1 1 1 が確認された。なお、このときの針状突起部 1 1 1 の算術平均高さ R_a は、20 nm であった。

[0022] 3. 第 3 工程 (製膜工程)

製膜工程は、上記第 1、第 2 工程の後に、基材 1 1 0 を疎水性の官能基を有する分子の水飽和溶液中に浸漬させることで、針状突起部 1 1 1 の表面および針状突起部 1 1 1 間の残りの基材 1 1 0 表面に、それぞれが疎水性の官能基を有する分子鎖からなる複数の微細突起部 1 2 1 を形成することにより、疎水性皮膜 1 2 0 を形成するものである。

[0023] 具体的には、ODS (octadecyltrimethoxysilane) 25 mM の水飽和キシレン溶液に、第 2 工程にて表面をベーマイト処理した基材 1 1 0 を室温 (20°C) で 2 日浸漬した。

[0024] 4. 第 4 工程 (製膜処理の後処理)

第 3 工程にて製膜処理を行った基材 1 1 0 をアセトンにて洗浄した後、80°C にて 1 時間乾燥させた。

[0025] 以上の工程により、針状突起部 1 1 1 の表面、および針状突起部 1 1 1 間の残りの基材 1 1 0 表面に、アルキル基を有する $C_{18}H_{37}Si(O^-)_3$ の複数の分子鎖 (アルキル鎖)、即ち、複数の微細突起部 1 2 1 が形成され、同複数の分子鎖により、単分子膜 (アルキル単分子膜) である疎水性皮膜 (撥水膜) 1 2 0 が形成された撥水性基材 1 0 0 を作製した。なお、上記第 4 工程は省略することもできる。

[0026] このように構成された撥水性基材 1 0 0 は、図 1、図 2 に模式的に示す構造を有する。この撥水性基材 1 0 0 においては、針状突起部 1 1 1 が上記第 2 工程により形成され、微細突起部 1 2 1、即ち疎水性皮膜 1 2 0 (ODS 単分子膜) が上記第 3 工程により形成されたものとなっている。

[0027] このようにして形成した撥水性基材100は、高い撥水性（接触角＝160°）を有しており、3°で配置した撥水性基材100に凝縮水を発生させると、水滴直径1mmとなったときに滑落した。

[0028] 本実施形態では、基材110の表面に凝縮水が発生するような条件下において、凝縮水は、針状突起部111間の底部表面から凝縮水が生成されても、互いに結合して成長していく際に微細突起部121によって針状突起部111間の底部側から先端側に向けて押し出されていくので、針状突起部111間に停滞することがない。よって、従来技術のように凹部に凝縮水が溜まり、更に凹部の外側で各凹部内の凝縮水が互いに繋がり大きな水の膜となって形成されることなく、凝縮水の水滴として撥水させて滑落させていくことができる。

[0029] また、本実施形態の撥水性基材100では、低温時において表面に霜が発生しうる条件下においても、上記のように高い滑落性能を発揮することから、撥水性基材100表面に霜の発生が起きる時間を遅らせることができた。

[0030] （第2実施形態）

第2実施形態では、上記第1実施形態に対して、第3工程における製膜材料を変更して撥水性基材100を作成した。

[0031] 即ち、まず、第1工程、および第2工程までは、上記第1実施形態と同一の工程を経た基材110を準備した。そして、第3工程（製膜工程）として、FAS17（perfluorodecyltrimethoxysilane）25mMの水飽和1、3-ビス（トリフルオロメチル）ベンゼン（F6xy）溶液に、第2工程にて表面をペーマイト処理した基材110を室温（20℃）で2日浸漬した。

[0032] 上記第3工程の後、上記第1実施形態の第4工程と同様の処理を行った。以上の工程により、針状突起部111の表面、および針状突起部111間の残りの基材110表面に、フルオロアルキル基を有する $C_8F_{17}C_2H_4Si(O^-)_3$ の複数の分子鎖（フルオロアルキル鎖）、即ち、複数の微細突起部121が形成され、同複数の分子鎖により、単分子膜（フルオロアルキル単分

子膜)である疎水性皮膜120が形成された撥水性基材100を作製した。
なお、第4工程は省略することもできる。

[0033] このようにして作成された撥水性基材100は、第1実施形態にて作成した撥水性基材100と同等の撥水性を示した。

[0034] (第3実施形態)

第3実施形態では、第1、第2実施形態に対して、第3工程における製膜材料を変更して撥水性基材100を作成した。

[0035] 即ち、まず、第1工程、および第2工程までは、上記第1、第2実施形態と同一の工程を経た基材110を準備した。そして、第3工程(製膜工程)として、 $C_8F_{17}C_2H_4NCO$ (perfluorodecylisocyanate) 0.5gが封入された容積20mlの密閉加圧可能な反応容器に、第2工程にて表面をベーマイト処理した基材110を挿入して密封し、150℃にて72時間気相反応させた。

[0036] 上記第3工程の後、上記第1、第2実施形態の第4工程と同様の処理を行った。以上の工程により、針状突起部111の表面、および針状突起部111間の残りの基材110表面に、フルオロアルキル基を有する $C_8F_{17}C_2H_4NHCOO^-$ の複数の分子鎖(フルオロアルキル鎖)、即ち、複数の微細突起部121が形成され、同複数の分子鎖により、単分子膜(フルオロアルキル単分子膜)である疎水性皮膜120が形成された撥水性基材100を作製した。なお、第4工程は省略することもできる。

[0037] このようにして作成された撥水性基材100は、第1、第2実施形態にて作成した撥水性基材100と同等の撥水性を示した。

[0038] (第4実施形態)

第4実施形態では、第1～第3実施形態に対して、第3工程における製膜材料を変更して撥水性基材100を作成した。

[0039] 即ち、まず、第1工程、および第2工程までは上記第1～第3実施形態と同一の工程を経た基材110を準備した。そして、第3工程(製膜工程)として、 $C_{18}H_{37}NCO$ (octadecylisocyanate) 1.4

gが封入された容積100mlの密閉加圧可能な反応容器に、第2工程にて表面をベーマイト処理した基材110を挿入して密封し、150℃にて72時間気相反応させた。

[0040] 上記第3工程の後、上記第1～第3実施形態の第4工程と同様の処理を行った。以上の工程により、針状突起部111の表面、および針状突起部111間の残りの基材110表面に、アルキル基を有する $C_{18}H_{37}NHCOO^-$ の複数の分子鎖（アルキル鎖）、即ち、複数の微細突起部121が形成され、同複数の分子鎖により、単分子膜（アルキル単分子膜）である疎水性皮膜120が形成された撥水性基材100を作製した。

[0041] このようにして作成された撥水性基材100は、第1～第3実施形態にて作成した撥水性基材100と同等の撥水性を示した。

[0042] （第5実施形態）

第5実施形態は、上記第1～第4実施形態にて説明した撥水性基材100を熱交換器200に適用したものである。

[0043] 熱交換器200は、吸熱用の熱交換器であって、図5に示すように、例えば車両用空調装置の冷凍サイクルにおいて空調用空気を冷却する蒸発器となっている。熱交換器200は、熱交換部210と、この熱交換部210に接続される一对のヘッダタンク220とを備えている。熱交換部210は、複数積層される断面扁平状のチューブ211と、各チューブ211の間に介在される波形のフィン212とを有している。チューブ211は、内部を熱媒体としての冷媒が流通する管部材であり、各チューブ211の両先端部は、一对のヘッダタンク220内部にそれぞれ連通するように接続されている。また、フィン212は、薄肉の帯板材から波状に形成されて伝熱面を形成する伝熱部材であり、チューブ211に接合（接続）されている。フィン212の伝熱面には、図6に示すように、鎧戸状のルーバ212aが複数形成されている。第5実施形態の熱交換器200では、上記チューブ211とフィン212とが、上記第1～第4実施形態のいずれか1つにて説明した撥水性基材100によって形成されている。

[0044] 熱交換器200においては、冷凍サイクル内で減圧されて低温低圧となった冷媒が、複数のチューブ211内を流通し、また、チューブ211の外側およびフィン212の周り（熱交換部210の外側）を空調用空気が通過し、空調用空気が冷媒によって冷却されるようになっている。空調用空気が冷却される際に、空調用空気の温度が空気中に含まれる水蒸気の露点温度を下回ると、水蒸気は凝縮水となって熱交換部210（チューブ211、フィン212）の表面に付着する。この凝縮水の付着状態が続くと、熱交換部210を通過する空調空気の通気抵抗が増加し、また凝縮水による熱抵抗が上昇するため、熱交換器200における熱交換性能が低下する。更には、凝縮水は、凍結温度以下となると凍結して熱交換部210の表面に霜となって付着してしまう。よって、吸熱用の熱交換器200においては、まず、作動中に凝縮水が生成されても、生成された凝縮水を撥水作用によって速やかに滑落させることが必要とされる。以下、生成される凝縮水を速やかに滑落させるための条件を検討する。

[0045] まず、図6示すように、フィン212においては、通常、各伝熱面間の距離は、1.5mm程度に、またルーバ212aのピッチは0.8mm程度に設定されている。よって、凝縮水が生成された場合でも凝縮水が隙間の狭いルーバ212aの間で表面張力によって幕張り（水滴詰まり）を形成しないように、生成される凝縮水の液滴直径が0.4mm以下となるように抑えてやる必要がある。

[0046] ここで、水滴の滑落計算式については、以下の数式1が知られている。即ち、

$$2\pi r E = m g \cdot \sin \alpha \quad (\text{数式1})$$

数式1にて、図7に示すように、 $2\pi r E$ は付着力、 $m g \cdot \sin \alpha$ は滑落方向に沿う重力を表しており、 r は凝縮水着滴半径（m）、 E は滑水膜の表面エネルギー（J/m²）、 m は水滴の質量（kg）、 g は重力加速度（m/s²）、 α は傾斜角（度）であり、図7中の θ は接触角（度）である。尚、凝縮水着滴半径 r は、接触角 θ の関数として表すことができ、凝縮水着滴半径

$r = (\text{水滴直径 } d / 2) \cdot \cos(\theta - 90)$ である。

[0047] 次に、上記数式1と、実験結果とをもとに表面エネルギーEを求める。例えば、実験条件として、上記第1実施形態で説明したように、水滴直径dを1mm、傾斜角 α を3度、接触角 θ を160度、無風条件としたときに、水滴が滑落することを確認している(図8)。よって、上記の条件を数式1に代入して、実際に水滴が滑落する際の表面エネルギーEを求める。数式1より、

$$\begin{aligned} & 2 \cdot \pi \cdot 0.5 \cdot \cos(160 - 90) \cdot E \\ & = 4 / 3 \cdot \pi \cdot 0.5^3 \cdot 9.8 \cdot \sin(3) \end{aligned}$$

となり、 $E = 2.5 \times 10^{-4} \text{ (J/m}^2\text{)}$ が得られた。

[0048] 次に、水滴直径dがルーバ212aの隙間(0.8mm)を確実に通過可能な0.4mmの場合に、滑落可能な接触角 θ を数式2より算出する。即ち、

$$2 \pi r E = 1 / 2 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot A \cdot C_D \quad (\text{数式2})$$

数式2にて、図9に示すように、 $2 \pi r E$ は付着力、 $1 / 2 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot A \cdot C_D$ は抗力を表しており、 r は凝縮水着滴半径(m)、 E は滑水膜の表面エネルギー(J/m^2)、 ρ は空気密度(kg/m^3)、 V は相対速度(m/s)、 A は投影断面積(m^2)、 C_D は抗力係数である。

[0049] 数式2に、凝縮水着滴半径 $r = (\text{水滴直径 } d / 2) \cdot \cos(\theta - 90)$ 、滑落する際の表面エネルギーEを $2.5 \times 10^{-4} \text{ (J/m}^2\text{)}$ として、空気密度 $\rho = 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ 、相対速度 $V = 1 \text{ m/s}$ 、投影断面積 $A = \pi \cdot 0.2^2$ 、抗力係数 $C_D = \text{近似値}$ 、を代入して、接触角 θ に対する付着力と抗力とを求めると図10が得られた。

[0050] 凝縮水がルーバ212a間で閉塞しないためには、図10の抗力が付着力よりも上回る接触角 θ の範囲であることが必要であり、その接触角 θ は148度以上であることが解った。

[0051] 上記第1～第4実施形態の撥水性基材100は、接触角が160度のレベルで得られており、この撥水性基材100を用いた熱交換器200においては、チューブ211やフィン212の表面から特別な操作をすることなく、

良好に凝縮水を滑落、および除去することができた。また、凝縮水の良好な滑落が得られたことから、熱交換部210の表面に霜が所定量まで発生する時間を遅らせることができた。

[0052] 図11(a)は、本開示に基づく熱交換器200において着霜、除霜を繰り返したときの着霜時間を示すグラフである。図11(b)は、比較例の熱交換器において着霜、除霜を繰り返したときの着霜時間を示すグラフである。比較例の熱交換器は、従来の親水性の皮膜を備え、本実施形態における疎水性皮膜を備えないものである。実験条件は、

・着霜運転時において、

空気側条件として

乾球温度 = 2 ± 0.3 °C、湿球温度 = 1 ± 0.3 °C、

前面風速 = 0.8 ± 0.01 m/s、

冷媒側条件として

冷媒入口温度 = -7.4 ± 0.6 °C、冷媒流量 = 10 ± 0.5 L/MIN、

IN、

・除霜運転時において、

空気側条件として

前面風速 = 0 m/s、

冷媒側条件として

冷媒入口温度 = 13 ± 2 °C、冷媒流量 = 2 ± 0.5 L/MIN、

・試験サイクル

着霜条件で熱交換器の通風抵抗が100Paまで上昇した時点で終了し、除霜運転6分とし、

以下、繰り返すものとした。

[0053] 本開示では、比較例に対して凝縮水の滑落を促進できるので、凝縮水が熱交換部210に停滞しにくく、よって着霜して、熱交換部210の通風抵抗が所定値（ここでは、100Pa）にいたるまでの時間を大きく低減できている。

[0054] (その他の実施形態)

以上、本開示の実施形態について説明したが、本開示は、上記実施形態に何ら限定されることはなく、本開示の技術的範囲に属する限り種々の形態をとり得ることはいうまでもない。

[0055] 例えば、上記各実施形態においては、疎水性皮膜120として、ODS、FAS17、 $C_8F_{17}C_2H_4NCO$ 、 $C_{18}H_{37}NCO$ 等を用いて単分子膜を形成したが、それら以外の材料で単分子膜を形成しても良い。例えば、片側にフッ素のような疎水基を持ち、反対側に $O-Si-O$ のような水酸基に結合し易い官能基を持った構造のものならば適用可能である。尚、疎水性皮膜120を構成する分子として、アルキル基、フルオロアルキル基のような疎水性の官能基を有する分子が含まれていると高い疎水性を発現させることができる。

[0056] また、針状突起部111の作成方法は、上述した各実施形態の方法に限定されず、この他にも、ナノインプリント法等を用いることができる。

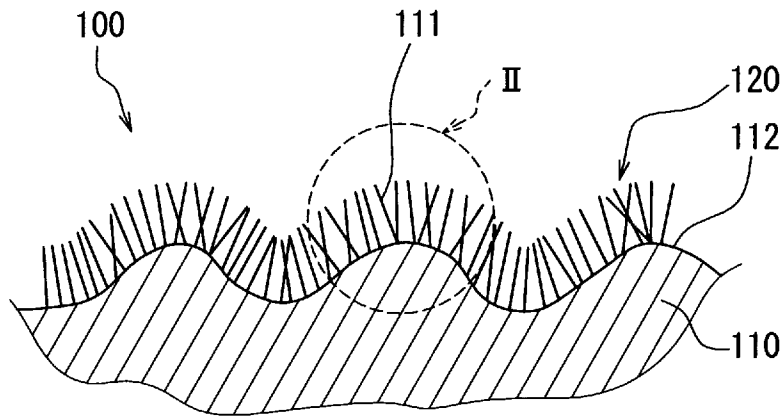
[0057] また、上記各実施形態では基材110として、アルミニウム製板材を用いる構成を例示したが、アルミニウム製板材以外にも銅板や鉄板等、様々な金属を用いることができる。また、基材110は、金属に限定されず、例えば樹脂で形成されていても良い。

請求の範囲

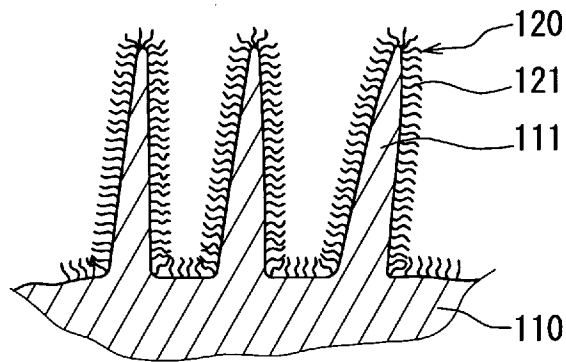
- [請求項1] 基材（110）と、
前記基材（110）の表面に設けられた疎水性皮膜（120）とを備える撥水性基材であって、
前記基材（110）の表面には、複数の針状突起部（111）が形成されており、
前記疎水性皮膜（120）は、前記複数の針状突起部（111）よりも微細な複数の微細突起部（121）からなり、前記複数の微細突起部（121）が、前記複数の針状突起部（111）の表面と、前記複数の針状突起部（111）間の残りの前記基材（110）表面とに設けられている撥水性基材。
- [請求項2] 前記複数の微細突起部（121）は、前記疎水性被膜（120）としての単分子膜を形成する複数の分子鎖であり、前記各分子鎖は、少なくとも1つの疎水性の官能基を有する請求項1に記載の撥水性基材。
- [請求項3] 前記少なくとも1つの疎水性の官能基として、アルキル基、およびフルオロアルキル基の少なくとも一方を含む請求項2に記載の撥水性基材。
- [請求項4] 前記基材（110）は、金属および金属酸化物のうちのいずれか一方からなる請求項2または請求項3に記載の撥水性基材。
- [請求項5] 熱交換部（210）を備え、前記熱交換部（210）の内部を流通する熱媒体によって、前記熱交換部（210）の外部を流通する空気から吸熱する吸熱用の熱交換器であって、
前記熱交換部（210）を形成する前記熱媒体流通用のチューブ（211）と、前記チューブ（211）に接続されて前記空気に対する伝熱面を形成するフィン（212）とのうちの少なくとも一方が、請求項1～請求項4のいずれか1つに記載の撥水性基材（100）によって形成されている熱交換器。

- [請求項6] 基材(110)と、前記基材(110)の表面に設けられた疎水性皮膜(120)とを備えた撥水性基材(100)の製造方法であって、
- 前記基材(110)の表面に、複数の針状突起部(111)を形成することと、
- 前記複数の針状突起部(111)の表面と、前記複数の針状突起部(111)間の残りの前記基材(110)表面とに、前記複数の針状突起部(111)よりも微細な複数の微細突起部(121)を形成することで、前記疎水性皮膜(120)を形成することを含む撥水性基材の製造方法。
- [請求項7] 前記複数の針状突起部(111)を形成する以前に、前記基材(110)をアルミニウムおよびアルミニウム合金のうちのいずれか一方から形成することをさらに含み、前記複数の針状突起部(111)を形成することは、前記基材(110)をベーマイト処理することによって前記複数の針状突起部(111)を形成することを含む請求項6に記載の製造方法。
- [請求項8] 前記複数の微細突起部(121)を形成することは、前記複数の針状突起部(111)が形成された前記基材(110)を、少なくとも1つの疎水性の官能基を有する分子の水飽和溶液に浸漬することで、前記複数の微細突起部(121)を前記基材(110)上に形成することを含む請求項7に記載の製造方法。

[図1]

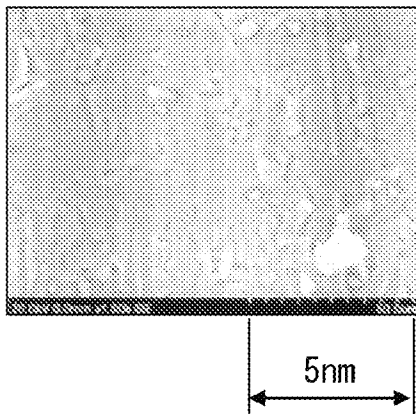


[図2]

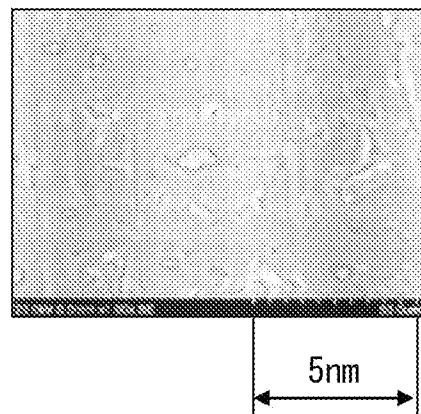


[図3]

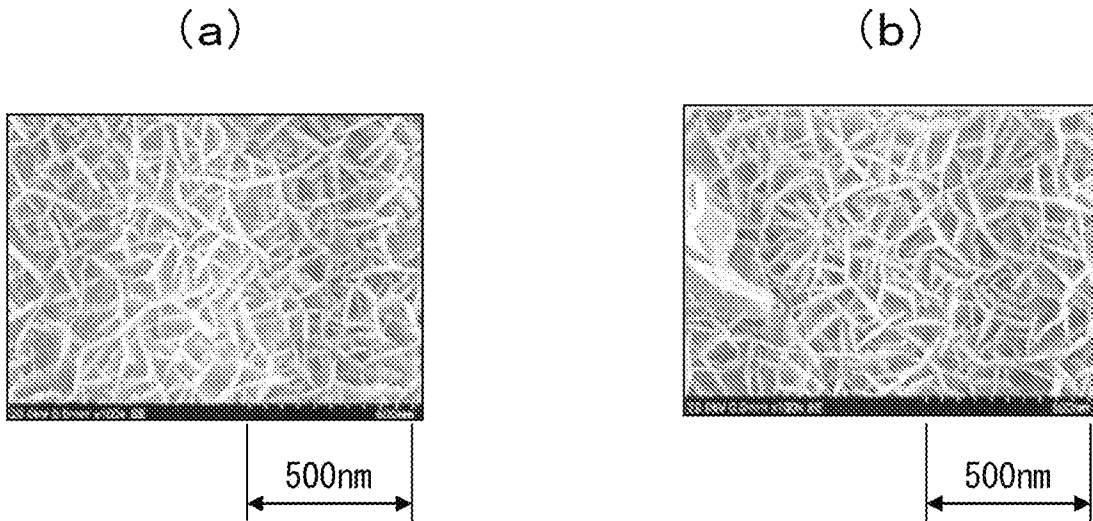
(a)



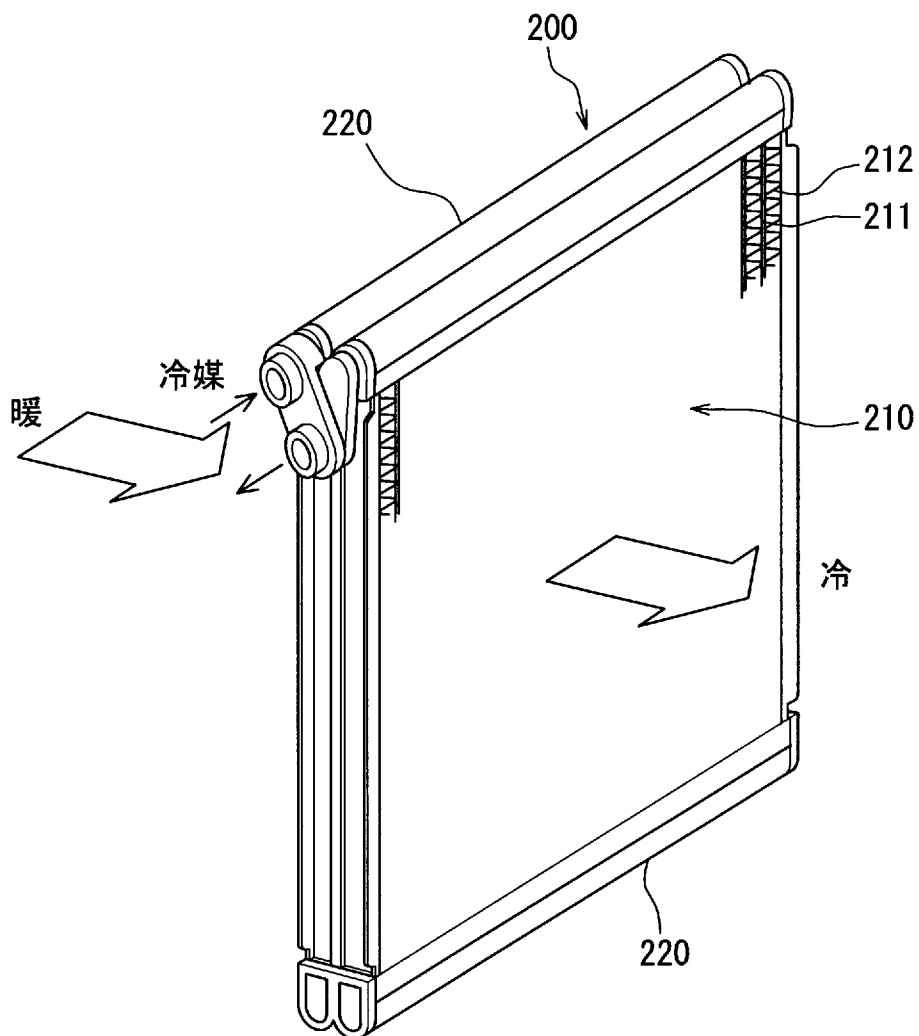
(b)



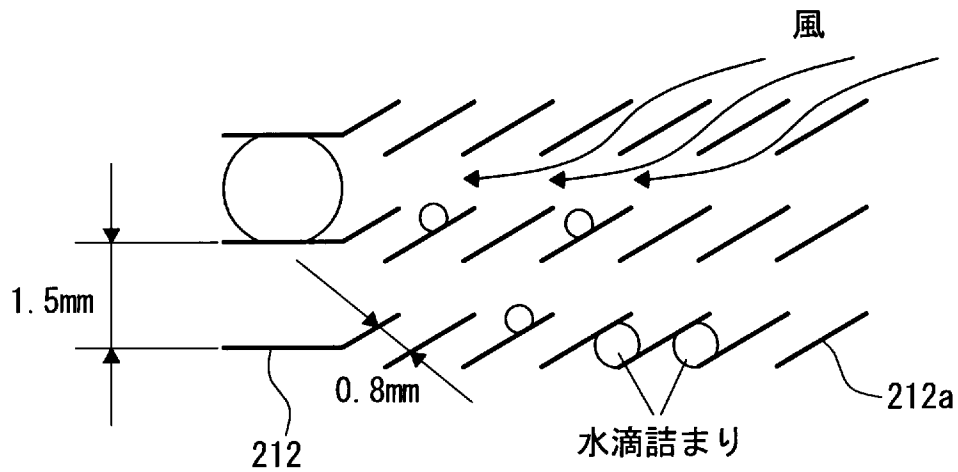
[図4]



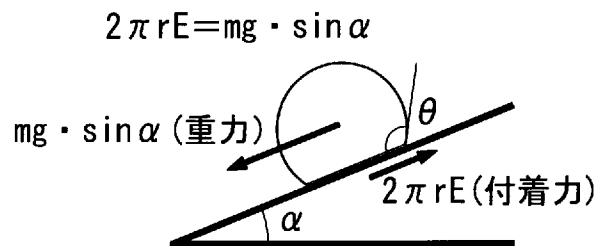
[図5]



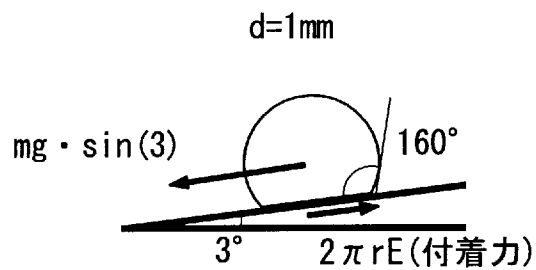
[図6]



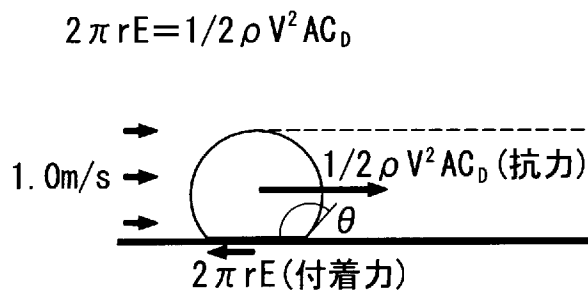
[図7]



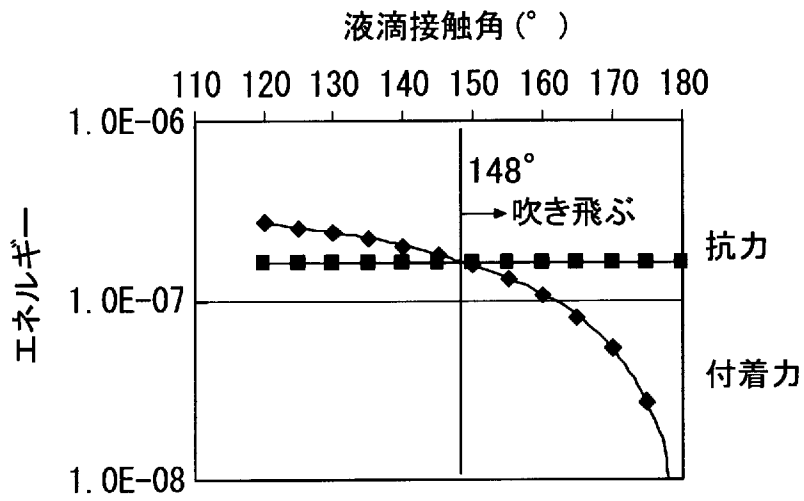
[図8]



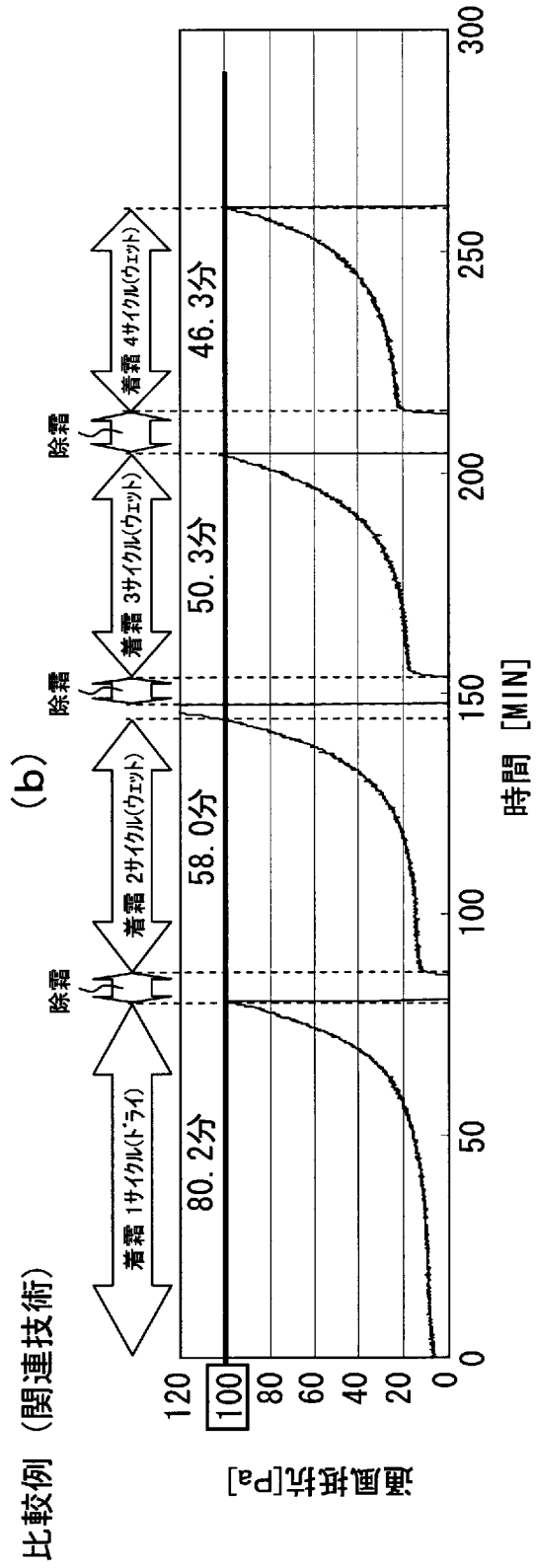
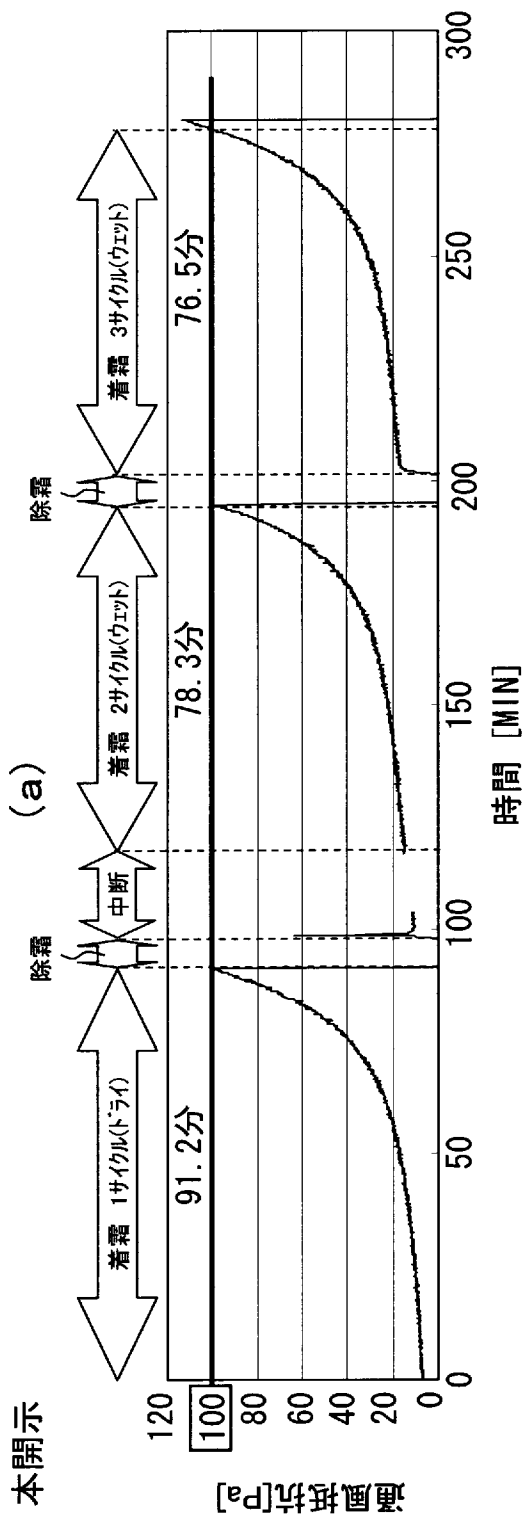
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/002423

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B05D5/00(2006.01) i, C23C22/68(2006.01) i, F28F1/32(2006.01) i, F28F13/18
(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)

B05D1/00-7/26, B32B1/00-43/00, C23C22/00-22/86, F28F1/32, 13/18

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 Y	JP 3-100182 A (Mitsubishi Metal Corp.), 25 April 1991 (25.04.1991), claims 1, 2; page 2, upper left column; page 3, upper right column; page 4, upper left column (Family: none)	1-4, 6-8 5
X Y A	JP 10-281690 A (Hitachi, Ltd.), 23 October 1998 (23.10.1998), claim 8; paragraphs [0038], [0043] to [0045]; fig. 3 (Family: none)	1-7 5 8

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
21 June, 2012 (21.06.12)

Date of mailing of the international search report
03 July, 2012 (03.07.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/002423

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 6-25449 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 01 February 1994 (01.02.1994), claim 1; paragraph [0010]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-3, 6 4-5, 7-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. B05D5/00(2006.01)i, C23C22/68(2006.01)i, F28F1/32(2006.01)i, F28F13/18(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. B05D1/00-7/26, B32B1/00-43/00, C23C22/00-22/86, F28F1/32, 13/18

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 1971-2012年
 日本国実用新案登録公報 1996-2012年
 日本国登録実用新案公報 1994-2012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 Y	JP 3-100182 A (三菱金属株式会社) 1991.04.25, 特許請求の範囲第1項, 第2項, 第2頁左上欄, 第3頁右上欄, 第4頁左上欄 (ファミリーなし)	1-4, 6-8 5
X Y A	JP 10-281690 A (株式会社日立製作所) 1998.10.23, [請求項8], [0038], [0043] - [0045], [図3] (ファミリーなし)	1-7 5 8

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 21.06.2012 国際調査報告の発送日 03.07.2012

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) 岩本 昌大	4 S	4 6 7 6
	電話番号 03-3581-1101 内線 3474		

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
X A	JP 6-25449 A (松下電器産業株式会社) 1994.02.01, [請求項1], [0010], [図1], [図2] (ファミリーなし)	1-3, 6 4-5, 7-8