

(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
2018年4月5日(05.04.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/062012 A1

(51) 国際特許分類:
F25D 31/00 (2006.01) F25B 23/00 (2006.01)
(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/034213
(22) 国際出願日: 2017年9月22日(22.09.2017)
(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 2016-194976 2016年9月30日(30.09.2016) JP
(71) 出願人: 富士フイルム株式会社 (FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布2丁目2番30号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 吉澤 宏俊 (YOSHIZAWA, Hirotoishi); 〒2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 安田 英紀 (YASUDA, Hideki); 〒2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 吉弘 達矢 (YOSHIHIRO, Tatsuya); 〒2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).

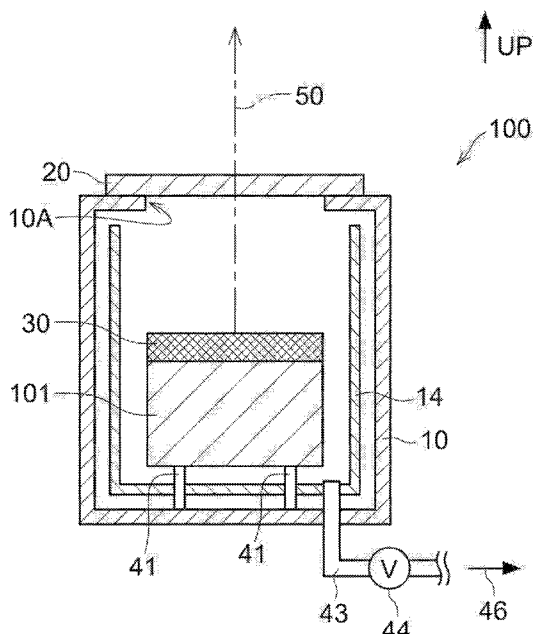
(74) 代理人: 特許業務法人太陽国際特許事務所 (TAIYO, NAKAJIMA & KATO); 〒1600022 東京都新宿区新宿4丁目3番17号 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,

(54) Title: RADIANT COOLING DEVICE

(54) 発明の名称: 放射冷却装置

[図1]



(57) Abstract: A radiant cooling device (100) comprising: a vacuum insulation container (10) for housing an object (101) to be cooled therein and vacuum-insulating the object to be cooled from outside, and which is provided with an opening (10A); a far-infrared radiator (30) which is disposed between the object to be cooled within the vacuum insulation container and the opening, which is vacuum-insulated from the outside of the vacuum insulation container, and which makes thermal contact with the object to be cooled and radiates far-infrared rays having a wavelength range of 8 μm to 13 μm ; and a far-infrared transmitting window member (20) which closes the opening of the vacuum insulation container and allows the far-infrared rays radiated from the far-infrared radiator to pass therethrough.

(57) 要約: 開口部 (10A) が設けられ、内部に被冷却体 (101) を收容して前記被冷却体を外部から真空断熱するための真空断熱容器 (10) と、真空断熱容器内における被冷却体と開口部との間に配置され、真空断熱容器の外部から真空断熱され、被冷却体に対して熱的に接触し、8 μm ~ 13 μm の波長範囲の遠赤外線を放射する遠赤外線放射体 (30) と、真空断熱容器の開口部を閉塞し、遠赤外線放射体から放射された遠赤外線を透過する遠赤外線透過窓部材 (20) と、を備える放射冷却装置 (100)。

[続葉有]

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
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))

明 細 書

発明の名称：放射冷却装置

技術分野

[0001] 本開示は、放射冷却装置に関する。

背景技術

[0002] 放射冷却は、一般的に知られている自然現象である。

近年、省エネルギー性等の観点から、放射冷却を利用した放射冷却装置が検討されている。

[0003] 例えば、被冷却体を冷却するための放射冷却装置であって、被冷却体に対する深さ方向に配置された複数の異なる材料を含み、上記複数の異なる材料が、太陽光スペクトル反射部と熱放射部とを含む放射冷却装置が知られている（例えば、米国特許出願公開第2015/0338175A1号明細書参照）。

[0004] また、一面を開口した断熱容器と、この断熱容器の開口を覆う透光板と、この透光板の内部に開口を覆うように設けた熱放射体と、この熱放射体の内部に被冷却体を出入りさせる出入部とからなり、上記透光板は高い赤外線透過性を有する $\text{TiBr} \cdot \text{TiI}$ の結晶体、 As_2Se_3 系ガラス又は $\text{Ge}_{33}\text{Asd}_{12}\text{Se}_{55}$ 系ガラス等からなる板体で形成され、上記熱放射体は被冷却体と接触し、かつ反射率及び熱伝導率の高い金属板と、この金属板を被覆する太陽光線に対して高い反射率を有し赤外線に対して高い放射率を有する TiO_2 からなる被膜とから形成されている放射冷却器が知られている（例えば、特開昭61-223468号公報参照）。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、米国特許出願公開第2015/0338175A1号明細書に記載の技術では、太陽光スペクトル反射部から熱放射部への熱伝導に起因して放射冷却性能が低下する場合がある。

また、特開昭61-223468号公報に記載の技術では、開口を覆う透光板から熱放射体への熱伝導に起因して、放射冷却性能が低下する場合がある。

[0006] 本発明の一態様の課題は、放射冷却性能が向上した放射冷却装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するための手段には、以下の態様が含まれる。

<1> 開口部が設けられ、内部に被冷却体を収容して被冷却体を外部から真空断熱するための真空断熱容器と、

真空断熱容器内における被冷却体と開口部との間に配置され、真空断熱容器の外部から真空断熱され、被冷却体に対して熱的に接触し、 $8\mu\text{m}\sim 13\mu\text{m}$ の波長範囲の遠赤外線を放射する遠赤外線放射体と、

真空断熱容器の開口部を閉塞し、遠赤外線放射体から放射された上記遠赤外線を透過する遠赤外線透過窓部材と、
を備える放射冷却装置。

<2> 真空断熱容器は、 10Pa 以下の真空度にて、被冷却体及び遠赤外線放射体を真空断熱容器の外部から真空断熱する<1>に記載の放射冷却装置。

<3> 遠赤外線放射体は、上記遠赤外線を放射する方向の上記波長範囲における平均放射率 E_{8-13} が0.80以上であり、

遠赤外線透過窓部材は、上記遠赤外線を透過する方向の上記波長範囲における平均透過率 T_{8-13} が0.40以上である<1>又は<2>に記載の放射冷却装置。

<4> 遠赤外線放射体が、黒体放射体である<1>～<3>のいずれか1つに記載の放射冷却装置。

<5> 遠赤外線放射体は、上記遠赤外線を放射する方向の $5\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ の波長範囲における平均放射率 E_{5-25} に対する上記遠赤外線を放射する方向の $8\mu\text{m}\sim 13\mu\text{m}$ の波長範囲における平均放射率 E_{8-13} の比である E_{8-13}/E_{5-25}

τ_{13} / E_{5-25} 比が、1.20以上である<1>~<4>のいずれか1つに記載の放射冷却装置。

<6> 遠赤外線透過窓部材は、遠赤外線放射体側の面とは反対側の面の日射反射率が80%以上である<1>~<5>のいずれか1つに記載の放射冷却装置。

<7> 遠赤外線透過窓部材は、上記遠赤外線を透過する方向の $5\mu\text{m} \sim 25\mu\text{m}$ の波長範囲における平均透過率 T_{5-25} に対する上記遠赤外線を透過する方向の $8\mu\text{m} \sim 13\mu\text{m}$ の波長範囲における平均透過率 T_{8-13} の比である T_{8-13} / T_{5-25} 比が、1.20以上である<1>~<6>のいずれか1つに記載の放射冷却装置。

<8> 更に、少なくとも真空断熱容器の内壁面と被冷却体との間に配置され、内壁面から $5\mu\text{m} \sim 25\mu\text{m}$ の波長範囲の遠赤外線が放射された場合において内壁面から放射された $5\mu\text{m} \sim 25\mu\text{m}$ の波長範囲の遠赤外線を反射する内部遠赤外線反射膜を備える<1>~<7>のいずれか1つに記載の放射冷却装置。

<9> 更に、遠赤外線透過窓部材から見て遠赤外線放射体側とは反対側に、遠赤外線透過窓部材を透過した上記遠赤外線が通過する金属筒部材を備える<1>~<8>のいずれか1つに記載の放射冷却装置。

<10> 更に、真空断熱容器の内壁面に、被冷却体を支持する支持部材を備える<1>~<9>のいずれか1つに記載の放射冷却装置。

発明の効果

[0008] 本発明の一態様によれば、放射冷却性能が向上した放射冷却装置が提供される。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本開示の放射冷却装置の一例である放射冷却装置を概念的に示す概略断面図である。

[図2]本開示の放射冷却装置の一例において、 $\lambda(G) / \lambda(G, 0)$ 比と K ($=L_{\text{mean}} / L$ 比)との関係を示すグラフである。

[図3]本開示の放射冷却装置の別の一例である放射冷却装置を概念的に示す概略断面図である。

[図4]実施例1における、評価開始からの経過時間と被冷却体の温度及び外気温との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0010] 本明細書において、「～」を用いて表される数値範囲は、「～」の前後に記載される数値を下限値および上限値として含む範囲を意味する。

本明細書において、組成物中の各成分の量は、組成物中に各成分に該当する物質が複数存在する場合、特に断らない限り、組成物中に存在する上記複数の物質の合計量を意味する。

本明細書において、波長範囲の限定が無い「遠赤外線」とは、 $5\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ の波長範囲の電磁波を意味し、「 $8\mu\text{m}\sim 13\mu\text{m}$ の波長範囲の遠赤外線」とは、上記の遠赤外線のうち $8\mu\text{m}\sim 13\mu\text{m}$ の波長範囲内の遠赤外線を意味する。

[0011] 本開示の放射冷却装置は、

開口部が設けられ、内部に被冷却体を収容して被冷却体を外部から真空断熱するための真空断熱容器と、

真空断熱容器内における被冷却体と開口部との間に配置され、真空断熱容器の外部から真空断熱され、被冷却体に対して熱的に接触し、 $8\mu\text{m}\sim 13\mu\text{m}$ の波長範囲の遠赤外線（以下、「特定遠赤外線」ともいう）を放射する遠赤外線放射体と、

真空断熱容器の開口部を閉塞し、遠赤外線放射体から放射された特定遠赤外線を透過する遠赤外線透過窓部材と、
を備える。

[0012] 本開示の放射冷却装置によれば、遠赤外線放射体及び被冷却体が容器内に収容されていない場合、及び、遠赤外線放射体及び被冷却体が容器内に収容されているが、容器の外部から真空断熱されていない場合と比較して、放射冷却性能が向上する。かかる効果は、日中、夜間を問わず奏される効果であ

る。

かかる効果が奏される理由は、以下のように推測される。

[0013] 本開示の放射冷却装置の真空断熱容器内に被冷却体が収容された場合、被冷却体に熱的に接触する遠赤外線放射体から、特定遠赤外線（即ち、 $8\mu\text{m}$ ～ $13\mu\text{m}$ の波長範囲の遠赤外線）が放射される。特定遠赤外線の波長範囲（ $8\mu\text{m}$ ～ $13\mu\text{m}$ ）は、「大気の窓」と称される波長範囲であり、大気を通過する電磁波の透過率が高い波長範囲である。このため、被冷却体に熱的に接触する遠赤外線放射体から放射された特定遠赤外線は、遠赤外線透過窓部材を透過し、その後、大気に吸収されずに大気を透過して天空（即ち、宇宙空間）に到達する。その結果、放射冷却現象によって被冷却体が冷却される。

本開示の放射冷却装置では、遠赤外線放射体及び被冷却体が、真空断熱容器内に収容され、真空断熱容器の外部から真空断熱される。これにより、真空断熱容器の外部からの熱流入、並びに、真空断熱容器内での熱対流及び熱伝導に起因する、放射冷却性能の低下が抑制される。その結果、本開示の放射冷却装置では、遠赤外線放射体及び被冷却体が容器内に収容されていない場合、及び、遠赤外線放射体及び被冷却体が容器内に収容されているが、容器の外部から真空断熱されていない場合と比較して、放射冷却性能が向上すると考えられる。

[0014] 以下、本開示の放射冷却装置の一例について、図面を参照しながら説明する。ただし、本開示の放射冷却装置は、以下の一例には限定されない。

なお、図面において、実質的に同一の機能を有する部材には同一の符号を付与し、明細書中では、重複した説明を省略する場合がある。

[0015] 図1は、本開示の放射冷却装置の一例である放射冷却装置が、真空断熱容器内に被冷却体を収容し、かつ、真空断熱容器の開口部が上（図1中、矢印UPの方向；天空の方向）を向く配置で屋外に配置された様子を概念的に示す概略断面図である。

[0016] 図1に示されるように、放射冷却装置100は、真空断熱容器10を備え

る。

真空断熱容器 10 は、内部に被冷却体 101 を収容して被冷却体 101 を外部から断熱するための容器である。

真空断熱容器 10 の上面には、開口部 10A が設けられている。

[0017] 真空断熱容器 10 には、バルブ 44 を備えた配管 43 の一端が接続されている。配管 43 の他端には真空ポンプ（不図示）が接続されている。この一例では、真空ポンプを作動し、かつ、バルブ 44 を開くことにより、真空断熱容器 10 の内部を真空引き（即ち、排気）することができる。

[0018] 本開示において、「真空（状態）」とは、大気圧よりも圧力が低い状態を意味する。この限りにおいて、真空断熱容器 10 の内部の具体的な真空度には特に制限はない。

本開示において、外部から被冷却体及び遠赤外線放射体への熱伝導（即ち、熱流入）をより効果的に抑制し、装置の放射冷却性能をより向上させる観点から、真空断熱容器 10 の内部の真空度は、後述の不等式（1）を満たすこと、及び、100 Pa 以下（好ましくは 10 Pa 以下）であることの少なくとも一方に該当することが好ましい。

[0019] 放射冷却装置 100 は、真空断熱容器 10 の開口部 10A を閉塞する遠赤外線透過窓部材 20 を備える。遠赤外線透過窓部材 20 は、後述の遠赤外線放射体 30 から放射される特定遠赤外線 50 を透過する機能を有する。

この遠赤外線透過窓部材 20 は、真空断熱容器 10 の開口部 10A を覆う部材となっているが、遠赤外線透過窓部材は、この遠赤外線透過窓部材 20 の態様には限定されない。例えば、遠赤外線透過窓部材は、真空断熱容器の開口部に嵌め込まれる部材であってもよい。

[0020] 放射冷却装置 100 は、真空断熱容器 10 内に遠赤外線放射体 30 を備える。遠赤外線放射体 30 は、特定遠赤外線 50 を放射する機能を有する。

真空断熱容器 10 内に被冷却体 101 が収容された状態（図 1 の状態）において、遠赤外線放射体 30 は、被冷却体 101 に対して熱的に接触する。

ここで、遠赤外線放射体 30 が被冷却体 101 に対して熱的に接触すると

は、遠赤外線放射体 30 が被冷却体 101 に対し、直接接触するか、又は、熱伝導性部材（例えば金属部材）を介して接触することを意味する。

遠赤外線放射体 30 は、必ずしも真空断熱容器 10 内に固定配置されている必要はない。例えば、真空断熱容器 10 内に被冷却体 101 を収容した後、被冷却体 101 上に直接又は熱伝導性部材を介して載せるだけでもよい。

[0021] また、真空断熱容器 10 内の底面には、被冷却体 101 を支持するための支持部材として、複数の支持ピン 41 が設けられている。被冷却体 101 は、複数の支持ピン 41 によって支持されている。この一例では、上述の構造により、真空断熱容器 10 の底部から被冷却体 101 への熱伝導がより抑制され、より効果的な真空断熱が実現される。

複数の支持ピン 41 の材料としては、金属（例えば鋼）、セラミックス、樹脂等が挙げられる。

複数の支持ピン 41 の各々の形状には特に制限はない。複数の支持ピン 41 の各々の形状としては、例えば、円柱形状、円錐形状、角柱形状、角錐形状、ねじ形状等が挙げられる。

被冷却体 101 を支持するための支持部材は、真空断熱容器 10 内の底面に代えて、又は、真空断熱容器 10 内の底面に加えて、真空断熱容器 10 内の側面に設けられていてもよい。要するに、支持部材は、真空断熱容器 10 の内壁面と被冷却体 101 及び遠赤外線放射体 30 との接触面積を小さくする部材であればよい。

また、詳細は後述するが、被冷却体 101 を支持するための支持部材は必須の部材ではなく、省略することもできる。

[0022] 本明細書において、「断熱」とは熱伝導が抑制されることを意味し、具体的な熱伝導率については特に制限はない。本開示における「断熱」の熱伝導率として、好ましくは $0.1 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ 未満であり、より好ましくは $0.08 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ 以下である。

[0023] 放射冷却装置 100 は、真空断熱容器 10 の内壁面と、遠赤外線放射体 30 及び被冷却体 101 と、の間に配置され、上記内壁面から $5 \mu\text{m} \sim 25 \mu$

mの波長範囲の遠赤外線が放射された場合において上記内壁面から放射された $5\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ の波長範囲の遠赤外線を反射する内部遠赤外線反射膜14を備える。この一例では、内部遠赤外線反射膜14は、真空断熱容器10の内壁面に沿って配置されている。内部遠赤外線反射膜14は、真空断熱容器10の内壁面の少なくとも一部に接触していてもよいし、接触していなくてもよい。

内部遠赤外線反射膜14は、必須の部材ではなく、省略されていてもよい。

[0024] 以下、放射冷却装置100による被冷却体の冷却について説明する。

放射冷却装置100による被冷却体の冷却時には、まず、真空断熱容器10内に被冷却体101を収容し、次いで真空断熱容器10内において、遠赤外線放射体30を被冷却体101に熱的に接触させる。次に、真空断熱容器10の開口部10Aを遠赤外線透過窓部材20で覆って固定することにより、開口部10Aを閉塞する。次に、バルブ44を開放した状態で、配管43を通じて真空断熱容器10内を、所望とする真空度（例えば100Pa以下）となるまで真空引きする（図1中、真空引き方向46参照）。

真空断熱容器10内が所望とする真空度に維持された状態で、被冷却体101に熱的に接触している遠赤外線放射体30から放射された特定遠赤外線50が、遠赤外線透過窓部材20を透過して放射冷却装置100外に放出される。放射冷却装置100外に放出された特定遠赤外線50は、大気に吸収されずに大気を透過して天空（即ち、宇宙空間）に到達する。その結果、放射冷却現象によって被冷却体101が冷却される。

放射冷却装置100では、遠赤外線放射体30及び被冷却体101が真空断熱容器10内に収容され、真空断熱容器10の外部から真空断熱されている。これにより、真空断熱容器10の外部からの熱伝導（即ち、熱流入）に起因する、放射冷却性能の低下が抑制される。その結果、放射冷却装置100では、遠赤外線放射体及び被冷却体が容器内に収容されていない場合、及び、遠赤外線放射体及び被冷却体が容器内に収容されているが、容器の外部

から真空断熱されていない場合と比較して、放射冷却性能が向上する。

[0025] また、放射冷却装置 100 は、真空断熱容器 10 の内部に、内部遠赤外線反射膜 14 を備えるので、真空断熱容器 10 の内壁面から $5\mu\text{m} \sim 25\mu\text{m}$ の波長範囲の遠赤外線が放射された場合においても、この遠赤外線の遠赤外線放射体 30 及び被冷却体 101 への放射（即ち、熱放射）を抑制できる。このため、放射冷却性能がより向上する。

[0026] 図 1 において、放射冷却装置 100 全体の配置角度は、真空断熱容器 10 の開口部 10A が真上（即ち、重力方向に対して反対方向）を向く配置となっているが、放射冷却装置 100 全体の配置角度は、この角度には限定されない。放射冷却装置 100 全体の配置角度は、真空断熱容器の開口部が斜め上を向く配置であってもよい。要するに、放射冷却装置 100 全体の配置角度は、遠赤外線放射体 30 から放射された特定遠赤外線 50 が遠赤外線透過窓部材 20 を経由して天空に向けて放射される角度であればよい。太陽光による熱流入を抑制する観点から、放射冷却装置 100 全体の配置角度は、真空断熱容器の開口部が太陽の方向とは異なる方向を向く配置角度であることが好ましい。

[0027] 次に、本開示における被冷却体及び放射冷却装置の好ましい態様について説明する。

[0028] <被冷却体>

本開示における被冷却体（例えば被冷却体 101）としては、被冷却体としては、任意の対象物を適宜選択して用いることができ、特に限定されない。

被冷却体としては、真空断熱を利用する本開示の放射冷却装置の原理からみて、樹脂体、金属体等の固体が好ましい。但し、水などの液体又は水蒸気などの気体についても、これらを容器に閉じ込めた状態で真空断熱容器に収容することにより、被冷却体となり得る。もちろん、固体である被冷却体（氷、樹脂体、金属体等）を容器に閉じ込めて真空断熱容器に収容してもよい。

被冷却体を閉じ込める容器としては、任意の材料を適宜選択して用いることができ、特に限定されない。

被冷却体を閉じ込める容器の材料の具体例は、後述する真空断熱容器の材料の具体例と同様であり、好ましい態様も同様である。

[0029] <真空断熱容器>

本開示の放射冷却装置は、真空断熱容器（例えば、前述の真空断熱容器 10）を備える。

真空断熱容器は、この真空断熱容器の内部に被冷却体を収容し、収容された被冷却体を真空断熱容器の外部から真空断熱するための容器である。

真空断熱容器は、上述の機能を発揮できるものであればよく、具体的な構成には特に制限はない。また、真空断熱容器は、常時真空を維持している必要はなく、保管や輸送時には真空断熱容器の内部は常圧であってもよい。この場合、被冷却体を冷却のするための使用時に、真空断熱容器を例えば真空ポンプなどに連結することによって上記の真空断熱を達成できれば十分である。ただし、真空断熱容器は、少なくとも被冷却体を冷却する際にける、必要な真空の生成に耐えられる強度を有する。

[0030] 真空断熱容器の容器本体の材料には特に制限されない。

容器本体の材料としては、金属材料又は金属材料以外の無機材料が好ましい。

金属材料としては、銅、銀、アルミニウム等の金属；ステンレス、アルミニウム合金等の合金；等が挙げられる。

金属材料以外の無機材料としては、ソーダガラス、カリガラス、鉛ガラス等のガラス；PLZT（チタン酸ジルコン酸ランタン鉛）等のセラミックス；石英；蛍石；サファイア；等が挙げられる。

[0031] 容器本体の材料としては、外部からの熱流入を抑制する観点から、主な熱流入源である太陽光又は放射熱を反射する性能が高い、金属材料が好ましく、アルミニウム、銀、アルミニウム合金、又はステンレスがより好ましい。

また、容器本体の材料としては、金属材料以外の無機材料に対し、金属材

料がコーティングされた材料であってもよい。

[0032] 真空断熱容器の肉厚は、真空断熱容器の強度、断熱の程度などを考慮して、適宜設定できる。

[0033] また、真空断熱容器には、開口部（例えば、前述の開口部 10A）が設けられている。

真空断熱容器における開口部は、遠赤外線放射体から放射された特定遠赤外線の出口として機能する。

開口部を通じて真空断熱容器外に放出された特定遠赤外線は、この開口部を閉塞する後述の遠赤外線透過窓部材を透過し、更に大気を透過して天空に到達する。

[0034] 開口部の平面視形状は、楕円形状（円形状を含む）、長方形形状（正方形形状を含む）、長方形以外の多角形状、などが挙げられる。開口部の平面視形状は、これらの形状以外の不定形状であってもよい。

開口部の平面視形状は、加工容易性の観点から、楕円形状が好ましく、円形状がより好ましい。

[0035] また、真空断熱容器における開口部は、被冷却体の出入口としての機能を有していてもよい。

また、真空断熱容器には、開口部とは別に、被冷却体の出入口が設けられていてもよい。

このように、被冷却体を、真空断熱容器に入れたり、真空断熱容器から取り出したりすることができるように真空断熱容器を構成してもよい。この構成においては、被冷却体を冷却するとき以外は、真空断熱容器内に被冷却体が収容されていなくてもよい。

真空断熱容器は、被冷却体収容部を有するともいえる。被冷却体は被冷却体収容部から収納及び取り出し可能であってもよく、被冷却体収容部に固定されていてもよい。このような被冷却体収容部は、何らかの支持構造を周囲に備えた空間であってもよく、例えば何らかの入れ物の内部空間等であってもよい。

この観点からは、一実施形態では、

開口部が設けられ、内部に被冷却体収容部を備え、内部が減圧されたときに被冷却体収容部が外部から真空断熱されるように構成された真空断熱容器と、

真空断熱容器内における被冷却体収容部と開口部との間に配置され、真空断熱容器の内部が減圧されたときに真空断熱容器の外部から真空断熱されるように構成され、被冷却体収容部に対して熱的に接触し、 $8\mu\text{m}\sim 13\mu\text{m}$ の波長範囲の遠赤外線を放射する遠赤外線放射体と、

真空断熱容器の開口部を閉塞し、遠赤外線放射体から放射された上記遠赤外線を透過する遠赤外線透過窓部材と、

を備える放射冷却装置、

が提供される。前記減圧は、例えば、 $1.0\times 10^{-9}\text{Pa}\sim 100\text{Pa}$ の真空度への減圧であってもよく、あるいは $1.0\times 10^{-5}\text{Pa}\sim 10\text{Pa}$ の真空度への減圧であってもよい。このような放射冷却装置は、被冷却体を被冷却体収容部に配置し、真空ポンプ等を用いて真空断熱容器の内部を減圧することで、被冷却部材を冷却するのに使用可能である。このため、放射冷却装置の、被冷却体の冷却における使用も提供される。

また、

容器壁及び開口を有し、内部に容器壁から離間した位置に被冷却体収容部を備え、内部を 100Pa 以下に減圧するのに耐える強度を有する容器と、

$8\mu\text{m}\sim 13\mu\text{m}$ の波長範囲の遠赤外線を放射する遠赤外線放射体と、

容器の開口を閉塞するように配置されたときに上記遠赤外線を透過するように構成された遠赤外線透過窓部材と、

被冷却体を被冷却体収容部に配置し、遠赤外線放射体を、真空断熱容器内における被冷却体と開口との間に、被冷却体に対して熱的に接触し且つ容器壁から離間するように配置し、遠赤外線透過窓部材により容器の開口を閉塞し、容器内部を 100Pa 以下に減圧することで、被冷却体を冷却するプロセスを記載した指示と、

を備える冷却用キット、が提供される。

さらに、このような冷却用キットの、被冷却体の冷却における使用も提供される。

[0036] 真空断熱容器及び開口部の大きさには特に制限はなく、目的に応じて適宜設定され得る。

真空断熱容器の高さ（即ち、真空断熱容器の、遠赤外線放射体から特定遠赤外線が放射される方向の長さ）は、例えば10mm～2m、好ましくは10mm～500mm、より好ましくは100mm～300mmである。

真空断熱容器の最大長さ（即ち、上記高さ方向と直交する方向の最大長さ；例えば、真空断熱容器が円柱形状である場合には直径）は、例えば10mm～30m、好ましくは10mm～1000mm、より好ましくは100mm～500mmである。

真空断熱容器の開口部の最大長さ（例えば、開口部が円形状である場合には直径）は、例えば10mm～30m、好ましくは10mm～1000mm、より好ましくは50mm～210mmである。

[0037] （好ましい真空度）

真空断熱容器は、被冷却体及び遠赤外線放射体を収容し、これらを外部から真空断熱する。

真空断熱における具体的な真空度には特に制限はないが、被冷却体及び遠赤外線放射体への熱流入をより抑制することにより放射冷却性能をより向上させる観点から、100Pa以下が好ましく、10Pa以下がより好ましい。真空度の下限は特に限定されないが、技術的な制約の面からは、例えば 1.0×10^{-9} Pa以上、あるいは 1.0×10^{-5} Pa以上、あるいは 1.0×10^{-1} Pa以上となりうる。

[0038] また、真空断熱における真空度としては、被冷却体及び遠赤外線放射体への熱流入をより抑制することにより放射冷却性能をより向上させる観点から、下記不等式（1）を満たす真空度も好ましい。

[0039]

[数1]

$$P \leq \frac{9\sqrt{2}\beta k_B T}{\pi d^2 L} \quad \text{不等式 (1)}$$

[0040] 上記不等式 (1) において、P は、真空断熱における真空度 (Pa) を表し、 β は、1.5 ~ 2.0 の値を表し、 k_B は、ボルツマンの定数を表し、T は、真空断熱容器内の温度 (K) を表し、d は、真空断熱容器内の気体分子の直径 (m) を表し、L は、真空断熱容器と被冷却体との最短距離 (m) を表す。

[0041] 以下、不等式 (1) について、より詳細に説明する。

不等式 (1) は、真空断熱容器内に封入されている気体 G の大気圧下での熱伝導率を $\lambda(G, 0)$ とし、真空断熱容器内に封入されている気体 G の真空度 P (Pa) での熱伝導率を $\lambda(G)$ とした場合に、 $\lambda(G) / \lambda(G, 0)$ 比が 0.90 以下となることを意味する。

[0042] より詳細には、真空断熱容器と被冷却体との最短距離 (m) を L とし、真空断熱における真空度 P (Pa) での気体 G の平均自由行程を L_{mean} とし、 L_{mean} / L 比を K とし、 β を 1.5 ~ 2.0 の値とした場合、 $\lambda(G) / \lambda(G, 0)$ 比と $K (= L_{mean} / L \text{ 比})$ との間には、以下の関係式 (F1) が成り立つ。

[0043] $\lambda(G) / \lambda(G, 0) \text{ 比} = 1 / (1 + 2\beta K) \quad \dots \text{関係式 (F1)}$

[0044] 上記関係式 (F1) は、Energy and Buildings, Volume 42, Issue 2, pp. 147-272 (February 2010) 中の pp. 149 の式 (4) によって導き出された式である。

[0045] 図 2 は、 $\lambda(G) / \lambda(G, 0) \text{ 比}$ と $K (= L_{mean} / L \text{ 比})$ との関係を示すグラフである。

図2中、点線は、 β が1.5である場合の曲線であり、実線は、 β が2.0である場合の曲線である。

[0046] 本発明者等は、実験的に、 $\lambda(G)/\lambda(G, 0)$ 比が0.90以下である領域（即ち、図2のグラフの縦軸である $\lambda(G)/\lambda(G, 0)$ 比が0.90以下である領域）において、被冷却体及び遠赤外線放射体への熱流入がより抑制され、放射冷却性能がより向上することを知見した。

この知見は、以下の関係式（F2）によって示される。

[0047] $\lambda(G)/\lambda(G, 0)$ 比 $= 1/(1+2\beta K) = 1/(1+2\beta \times (L_{mean}/L)) \leq 0.90$ … 関係式（F2）

[0048] 一方、平均自由行程 L_{mean} は、理論的に、以下の関係式（F3）を満たす。

[0049] [数2]

$$L_{mean} = k_B T / \sqrt{2} \pi d^2 P \quad \text{関係式（F3）}$$

[0050] 上記関係式（F3）において、 P は、真空断熱における真空度（Pa）を表し、 k_B は、ボルツマンの定数を表し、 T は、真空断熱容器内の温度（K）を表し、 d は、真空断熱容器内の気体分子の直径（m）を表す。

[0051] 関係式（F2）に关系式（F3）の L_{mean} を代入し、式変形することにより、上述した不等式（1）が導かれる。

即ち、上述した不等式（1）は、 $\lambda(G)/\lambda(G, 0)$ 比が0.90以下となることを意味する。

[0052] 不等式（1）の一例として、 β が2.0であり、 d が 0.36×10^{-9} mである例が挙げられる。ここで、 0.36×10^{-9} mは、大気中の分子（即ち、窒素分子及び酸素分子）の平均直径である。

[0053] <支持部材>

本開示の放射冷却装置は、真空断熱容器の内壁面（即ち、底面及び／又は側面）に、被冷却体を支持するための支持部材（例えば、前述の支持ピン4

1) を少なくとも1つ備えてもよい。これにより、真空断熱容器の内壁面と被冷却体との接触面積を小さくする（又は、真空断熱容器の内壁面と被冷却体とが接触しないようにする）ことができるので、真空断熱容器の内壁面から被冷却体への熱伝導がより抑制される。

支持部材の材料としては、金属（鋼など）、セラミックス、樹脂等が挙げられる。

樹脂としては、アクリル樹脂、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、ABS樹脂（アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン共重合体樹脂）などが挙げられる。中でも、熱伝導率の低さの観点から、フェノール樹脂が好ましい。

支持部材の形状には特に制限はないが、支持部材の形状としては、円柱形状、円錐形状、角柱形状、角錐形状、球形状、板形状、等が挙げられる。

[0054] 本開示の放射冷却装置は、被冷却体を支持するための支持部材を備えることには制限されない。

例えば、磁力等の反発力を利用して真空断熱容器の底面から被冷却体を浮かせ、真空断熱容器の内壁面と被冷却体とを非接触とすることによっても、支持部材を備える場合と同様の効果を得ることができる。

磁力によって被冷却体を浮かせる態様は、真空断熱容器の底面に、磁石などの磁性材料を備えることによって実現できる。

また、後述の内部断熱層を備えることにより、支持部材を備える場合と同様の効果を得ることができる。

[0055] <内部断熱層>

本開示の放射冷却装置は、真空断熱容器の内壁面の少なくとも一部に沿って配置され、真空断熱容器の内壁面と被冷却体とを断熱するための内部断熱層を備えていてもよい。

内部断熱層における「内部」とは、真空断熱容器の内部を意味する。

内部断熱層は、上述の、被冷却体を支持するための支持部材として機能してもよい。

即ち、内部断熱層を、真空断熱容器の内壁面と被冷却体との間に設けるこ

とにより、真空断熱容器の内壁面と被冷却体との接触面積を小さくする（又は、真空断熱容器の内壁面と被冷却体とが接触しないようにする）ことができるので、真空断熱容器の内壁面から被冷却体への熱伝導がより抑制される。

内部断熱層を形成する断熱材料としては、任意の材料を適宜選択して用いることができ、特に限定されない。内部断熱層を形成する断熱材料としては、例えば、シリカエアロゲル、ポリスチレンフォーム、グラスウール、気泡緩衝材など、気泡を有する樹脂材料が挙げられる。

気泡緩衝材の市販品としては、エアーキャップ（登録商標）（酒井化学工業株式会社）、プチプチ（登録商標）（川上産業株式会社）、ミナパック（登録商標）（酒井化学工業株式会社）、等が挙げられる。

[0056] <内部遠赤外線反射膜>

本開示の放射冷却装置は、更に、少なくとも真空断熱容器の内壁面（即ち、側面及び／又は底面）と被冷却体との間に配置され、内壁面から $5\ \mu\text{m}$ ～ $25\ \mu\text{m}$ の波長範囲の遠赤外線が放射された場合において内壁面から放射された $5\ \mu\text{m}$ ～ $25\ \mu\text{m}$ の波長範囲の遠赤外線を反射する内部遠赤外線反射膜（例えば、前述の内部遠赤外線反射膜 14）を備えていてもよい。

内部遠赤外線反射膜は、例えば、真空断熱容器の内壁面の少なくとも一部に沿って配置され得る。内部遠赤外線反射膜は、真空断熱容器の内壁面の少なくとも一部に接触していてもよいし、接触していなくてもよい。

内部遠赤外線反射膜は、好ましくは、真空断熱容器の内壁面と、被冷却体及び遠赤外線放射体と、の間に配置される。

本開示の放射冷却装置が内部遠赤外線反射膜を備える場合には、真空断熱容器の内壁面から $5\ \mu\text{m}$ ～ $25\ \mu\text{m}$ の波長範囲の遠赤外線が放射された場合においても、真空断熱容器から被冷却体への遠赤外線の放射（即ち、熱放射）を抑制できるので、放射冷却性能がより高まる。

[0057] 内部遠赤外線反射膜は、 $5\ \mu\text{m}$ ～ $25\ \mu\text{m}$ の波長領域における平均反射率 R_{5-25} が、0.40 以上であることが好ましく、0.60 以上であることが

より好ましく、0.80以上であることが特に好ましい。

[0058] 本明細書において、平均反射率 R_{5-25} は、JIS R 3106:1998の付表3中、 $5\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ の波長範囲に含まれる波長における分光反射率の算術平均値を意味する。

平均反射率 R_{5-25} の測定方法は、JIS R 3106:1998の付表3中、 $5\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ の波長範囲に含まれる波長における分光反射率を測定し、測定結果の算術平均を求めること以外は、後述する平均放射率 E_{5-25} の測定方法と同様である。

[0059] 内部遠赤外線反射膜の材料としては、アルミニウム、アルミニウム合金、銀、銀合金、銅、銅合金、などが挙げられる。

[0060] <外部太陽光反射膜>

本開示の放射冷却装置は、真空断熱容器の外壁面の少なくとも一部の更に外側に、太陽光を反射する外部太陽光反射膜を備えていてもよい。これにより、太陽光の吸収による真空断熱容器の発熱を抑制できるので、本開示の放射冷却装置による放射冷却効果をより高めることができる。

外部太陽光反射膜における「外部」とは、真空断熱容器の外部を意味する。

外部太陽光反射膜としては、後述する遠赤外線透過窓材に含まれ得る太陽光反射層と同様の層（好ましくは、気泡を含む樹脂層である太陽光反射層）を用いることができる。

[0061] <遠赤外線放射体>

本開示の放射冷却装置は、真空断熱容器内に、特定遠赤外線を放射する遠赤外線放射体（例えば、前述の遠赤外線放射体30）を備える。

真空断熱容器内への被冷却体の収容時において、遠赤外線放射体は、被冷却体と真空断熱容器の開口部との間に配置され、被冷却体に熱的に接触する。

本明細書において、「特定遠赤外線を放射する」とは、特定遠赤外線を放射する方向の $8\mu\text{m}\sim 13\mu\text{m}$ の波長範囲における平均放射率 E_{8-13} が0.

40以上であることを意味する。特定遠赤外線を放射する方向とは、遠赤外線放射体から放出された特定遠赤外線が遠赤外線透過窓部材を通して真空断熱容器から外部へと放出される方向であり、例えば図1及び図3においては特定遠赤外線50の進行方向として示されている方向である。

[0062] 真空断熱容器内における遠赤外線放射体の位置は、真空断熱容器の外部から真空断熱容器の開口部を平面視した場合に、開口部の少なくとも一部と遠赤外線放射体の少なくとも一部とが重なる位置であることが好ましく、開口部の全体と遠赤外線放射体の少なくとも一部とが重なる位置であることがより好ましい。

[0063] 遠赤外線放射体の構造は、放射体本体からなる単層構造であってもよいし、放射体本体と他の層（例えば、後述の放射体反射層）とを含む積層構造であってもよい。

[0064] ($8\mu\text{m}\sim 13\mu\text{m}$ の波長範囲における平均放射率 E_{8-13})

遠赤外線放射体は、特定遠赤外線を放射する方向の $8\mu\text{m}\sim 13\mu\text{m}$ の波長範囲における平均放射率 E_{8-13} が、0.80以上であることが好ましく、0.85以上であることがより好ましく、0.90以上であることが特に好ましい。遠赤外線放射体の平均放射率 E_{8-13} が0.80以上であると、遠赤外線放射体の特定遠赤外線の放射性能がより向上するので、冷却時の到達温度をより低くすることができる。

遠赤外線透過窓部材の平均放射率 E_{8-13} の上限には特に制限はない。遠赤外線透過窓部材の製造適性の観点から、平均放射率 E_{8-13} は、0.98以下が好ましい。

[0065] 言うまでもないが、本明細書において、遠赤外線放射体の好ましい分光特性（平均放射率）は、遠赤外線放射体が積層構造を有する場合には、遠赤外線放射体全体（即ち積層構造全体）の分光特性を意味する。

[0066] 本明細書において、平均放射率 E_{8-13} は、JIS R 3106:1998の附表3中、 $8\mu\text{m}\sim 13\mu\text{m}$ の波長範囲に含まれる波長（前述の10個の波長）のそれぞれにおいて、キルヒホッフの法則によって分光透過率及び

分光反射率から分光放射率を求め、得られた分光放射率を算術平均した値を意味する。

$8\ \mu\text{m}$ ～ $13\ \mu\text{m}$ の波長範囲における平均放射率は、具体的には、以下のようにして求める。

まず、フーリエ変換赤外線分光（FTIR）により、 $1.7\ \mu\text{m}$ ～ $25\ \mu\text{m}$ の波長範囲における分光透過率及び分光反射率を測定する。

$1.7\ \mu\text{m}$ ～ $25\ \mu\text{m}$ の波長範囲における分光透過率及び分光反射率の測定結果のうち、JIS R 3106：1998の付表3における、 $8\ \mu\text{m}$ ～ $13\ \mu\text{m}$ の波長範囲に含まれる波長（具体的には、 $8.1\ \mu\text{m}$ 、 $8.6\ \mu\text{m}$ 、 $9.2\ \mu\text{m}$ 、 $9.7\ \mu\text{m}$ 、 $10.2\ \mu\text{m}$ 、 $10.7\ \mu\text{m}$ 、 $11.3\ \mu\text{m}$ 、 $11.8\ \mu\text{m}$ 、 $12.4\ \mu\text{m}$ 、及び $12.9\ \mu\text{m}$ の10点の波長。）ごとに、以下に示すキルヒホッフの法則より分光放射率を算出する。

キルヒホッフの法則： 分光放射率＝1－分光透過率－分光反射率

各波長の分光放射率（10個の値）を算術平均することにより、「 $8\ \mu\text{m}$ ～ $13\ \mu\text{m}$ の波長範囲における平均放射率」を求める。

[0067] なお、後述の実施例では、FTIR装置として、Varian社製FTIR（型番：FTS-7000）を用いた。

[0068] (E_{8-13}/E_{5-25} 比)

遠赤外線放射体は、特定遠赤外線を放射する方向について、特定遠赤外線を優先的に（理想的には選択的に）放射することが好ましい。

具体的には、遠赤外線放射体は、特定遠赤外線を放射する方向の $5\ \mu\text{m}$ ～ $25\ \mu\text{m}$ の波長範囲における平均放射率 E_{5-25} に対する上記平均放射率 E_{8-13} の比である E_{8-13}/E_{5-25} 比が、1.20以上であることが好ましく、1.30以上であることがより好ましく、1.50以上であることが特に好ましい。

遠赤外線放射体の E_{8-13}/E_{5-25} 比が1.20以上であると、大気の熱放射（即ち、波長 $8\ \mu\text{m}$ 未満の電磁波及び波長 $13\ \mu\text{m}$ 超の電磁波による熱放射）による遠赤外線放射体への熱流入を抑制しつつ、遠赤外線放射体から特

定遠赤外線を放射させることができる。従って、冷却時の到達温度をより低くすることができる。

[0069] E_{8-13}/E_{5-25} 比の上限には特に制限はない。遠赤外線放射体の製造適性の観点から、 E_{8-13}/E_{5-25} 比は2.40以下であることが好ましい。

[0070] 本明細書において、平均放射率 E_{5-25} は、JIS R 3106:1998の附表3中、 $5\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ の波長範囲に含まれる波長における分光放射率の算術平均値を意味する。

平均放射率 E_{5-25} は、具体的には、以下のようにして求める。

まず、フーリエ変換赤外線分光 (FTIR) により、 $1.7\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ の波長範囲の分光透過率及び分光反射率を測定する。

$1.7\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ の波長範囲の分光透過率及び分光反射率の測定結果のうち、JIS R 3106:1998の附表3における、 $5\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ の波長範囲に含まれる波長（具体的には、 $5.5\mu\text{m}$ 、 $6.7\mu\text{m}$ 、 $7.4\mu\text{m}$ 、 $8.1\mu\text{m}$ 、 $8.6\mu\text{m}$ 、 $9.2\mu\text{m}$ 、 $9.7\mu\text{m}$ 、 $10.2\mu\text{m}$ 、 $10.7\mu\text{m}$ 、 $11.3\mu\text{m}$ 、 $11.8\mu\text{m}$ 、 $12.4\mu\text{m}$ 、 $12.9\mu\text{m}$ 、 $13.5\mu\text{m}$ 、 $14.2\mu\text{m}$ 、 $14.8\mu\text{m}$ 、 $15.6\mu\text{m}$ 、 $16.3\mu\text{m}$ 、 $17.2\mu\text{m}$ 、 $18.1\mu\text{m}$ 、 $19.2\mu\text{m}$ 、 $20.3\mu\text{m}$ 、 $21.7\mu\text{m}$ 、及び $23.3\mu\text{m}$ の24点の波長。）ごとに、前述のキルヒホッフの法則より分光放射率を算出する。

各波長の分光放射率（24個の値）を算術平均することにより、平均放射率 E_{5-25} を求める。

[0071] ($3\mu\text{m}\sim 7\mu\text{m}$ の波長範囲における平均反射率 R_{3-7})

遠赤外線放射体は、遠赤外線放射窓部材側の面の、 $3\mu\text{m}\sim 7\mu\text{m}$ の波長範囲における平均反射率 R_{3-7} が、0.05以上であることが好ましく、0.10以上であることがより好ましい。遠赤外線透過窓部材の平均反射率 R_{3-7} が0.10以上であると、遠赤外線放射体及び被冷却体に対する上方（遠赤外線放射体から見て遠赤外線透過窓部材の方向）からの $3\mu\text{m}\sim 7\mu\text{m}$ の波長範囲の電磁波の入射を抑制できるので、かかる電磁波の入射による到達温

度の上昇をより抑制できる。

平均反射率 R_{3-7} が 0.05 以上であることは、遠赤外線放射体が後述の放射体反射層を含む場合により達成し易い。

遠赤外線透過窓部材の平均反射率 R_{3-7} の上限には特に制限はない。遠赤外線透過窓部材の製造適性の観点から、遠赤外線透過窓部材の平均反射率 R_{3-7} は、0.90 以下（より好ましくは 0.80 以下）であることが好ましい。

[0072] 本明細書において、平均反射率 R_{3-7} は、JIS R 3106 : 1998 の付表 3 中、 $3\mu\text{m} \sim 7\mu\text{m}$ の波長範囲に含まれる波長における分光反射率の算術平均値を意味する。

平均反射率 R_{3-7} の測定方法は、JIS R 3106 : 1998 の付表 3 中、 $3\mu\text{m} \sim 7\mu\text{m}$ の波長範囲に含まれる波長における分光反射率を測定し、測定結果の算術平均を求めること以外は、前述の平均放射率 E_{8-13} の測定方法と同様である。

[0073] (材料、形状など)

遠赤外線放射体（放射体本体）としては、公知の熱放射体から、特定遠赤外線を放射する物質を適宜選択して用いることができ、特に限定されない。

遠赤外線放射体（放射体本体）としては、 $8\mu\text{m} \sim 13\mu\text{m}$ の波長範囲における平均放射率が高い点で、黒体放射体、又は、チタニア膜とシリカ膜との積層膜を備える放射体が好ましい。

また、遠赤外線放射体（放射体本体）としては、製造容易性の観点からみると、黒体放射体が好ましい。

黒体放射体としては、黒体自体である黒体放射体、金属材料の表面に市販の黒体スプレーを塗布した黒体放射体、金属材料の表面に市販の黒体テープを貼付した黒体放射体、等が挙げられる。

また、遠赤外線放射体（放射体本体）としては、 E_{8-13}/E_{5-25} 比を向上させ易い観点（例えば、 E_{8-13}/E_{5-25} 比が 1.20 以上であることを達成し易い観点）からみると、チタニア膜とシリカ膜との積層膜を備える放射体が好ましい。

[0074] 遠赤外線放射体全体の三次元形状にも特に制限はないが、装置をコンパクトにする観点から、板形状であることが好ましい。

[0075] 遠赤外線放射体全体の平面視形状にも特に制限はない。遠赤外線放射体全体の平面視形状としては、楕円形状（円形状を含む）、長方形形状（正方形形状を含む）、長方形以外の多角形状、などが挙げられる。遠赤外線放射体の平面視形状は、これらの形状以外の不定形状であってもよい。

遠赤外線放射体全体の平面視形状としては、入手性の観点から、楕円形状であることが好ましく、円形状であることが特に好ましい。

[0076] 遠赤外線放射体全体の厚さにも特に制限はない。

遠赤外線放射体全体の厚さは、好ましくは1 mm～30 mm、より好ましくは1 mm～20 mm、特に好ましくは2 mm～10 mmである。

遠赤外線放射体全体の厚さが1 mm以上であると、遠赤外線放射体の強度の点で有利である。

遠赤外線放射体全体の厚さが30 mm以下であると、断熱容器内の省スペース化の点で有利である。

[0077] （放射体反射層）

遠赤外線放射体は、放射体本体と、放射体本体から見て遠赤外線放射窓部材側に配置され、 $3\ \mu\text{m}$ ～ $7\ \mu\text{m}$ の波長領域の電磁波を反射する放射体反射層と、を含むことができる。

遠赤外線放射体が放射体反射層を含む態様によれば、放射体本体及び被冷却体に対する上方（遠赤外線放射体から見て遠赤外線放射窓部材の方向）からの $3\ \mu\text{m}$ ～ $7\ \mu\text{m}$ の波長領域の電磁波の入射を抑制できるので、かかる電磁波の入射による到達温度の上昇をより抑制できる。

放射体反射層の好ましい態様は、後述の太陽光反射層の好ましい態様と同様である。

遠赤外線放射体が放射体反射層を含む態様によれば、遠赤外線放射体の平均反射率 R_{3-7} が0.05以上であることをより達成し易い。

[0078] <遠赤外線透過窓部材>

本開示の放射冷却装置は、真空断熱容器の開口部を閉塞し、特定遠赤外線（即ち、 $8\mu\text{m}\sim 13\mu\text{m}$ の波長範囲の遠赤外線）を透過する遠赤外線透過窓部材（例えば、前述の遠赤外線透過窓部材20）を備える。

[0079] 遠赤外線透過窓部材の構造は、窓部材本体からなる単層構造であってもよいし、窓部材本体と他の層（例えば、後述の太陽光反射層）とを含む積層構造であってもよい。

[0080] ($8\mu\text{m}\sim 13\mu\text{m}$ の波長範囲における平均透過率 T_{8-13})

遠赤外線透過窓部材は、特定遠赤外線を透過する方向の $8\mu\text{m}\sim 13\mu\text{m}$ の波長範囲における平均透過率 T_{8-13} が、0.40以上であることが好ましく、0.50以上であることがより好ましく、0.60以上であることが特に好ましい。特定遠赤外線を透過する方向とは、遠赤外線放射体から放出された特定遠赤外線が遠赤外線透過窓部材を通して真空断熱容器から外部へと放出される方向であり、例えば図1及び図3においては特定遠赤外線50の進行方向として示されている方向である。

遠赤外線透過窓部材の平均透過率 T_{8-13} が0.40以上であると、遠赤外線放射体から放射された特定遠赤外線が遠赤外線透過窓部材をより透過しやすくなるので、冷却時の到達温度をより低くすることができる。

遠赤外線透過窓部材の平均透過率 T_{8-13} の上限には特に制限はない。遠赤外線透過窓部材の製造適性の観点から、遠赤外線透過窓部材の平均透過率 T_{8-13} は、0.98以下が好ましい。

[0081] 言うまでもないが、本明細書において、遠赤外線透過窓部材の好ましい分光特性（平均透過率及び日照反射率）は、遠赤外線透過窓部材が積層構造を有する場合には、遠赤外線透過窓部材全体（即ち積層構造全体）の分光特性を意味する。

[0082] 本明細書において、平均透過率 T_{8-13} は、JIS R 3106:1998の附表3中、 $8\mu\text{m}\sim 13\mu\text{m}$ の波長範囲に含まれる波長における分光透過率の算術平均値を意味する。

平均透過率 T_{8-13} は、具体的には、以下のようにして求める。

まず、フーリエ変換赤外線分光（FTIR）により、 $1.7\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ の波長範囲の分光透過率を測定する。

$1.7\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ の波長範囲の分光透過率の測定結果のうち、JIS R 3106 : 1998の付表3における、 $8\mu\text{m}\sim 13\mu\text{m}$ の波長範囲に含まれる波長（前述の10点の波長。）での分光透過率の値（即ち、10個の値）を算術平均することにより、平均透過率 T_{8-13} を求める。

[0083] (T_{8-13}/T_{5-25} 比)

遠赤外線透過窓部材は、特定遠赤外線を透過する方向について、特定遠赤外線を優先的に（理想的には選択的に）透過させることが好ましい。

具体的には、遠赤外線透過窓部材は、特定遠赤外線を透過する方向の $5\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ の波長範囲における平均透過率 T_{5-25} に対する上記平均透過率 T_{8-13} の比である T_{8-13}/T_{5-25} 比が、1.20以上であることが好ましく、1.30以上であることがより好ましく、1.50以上であることが特に好ましい。

遠赤外線透過窓部材の T_{8-13}/T_{5-25} 比が1.20以上であると、大気の熱放射（即ち、波長 $8\mu\text{m}$ 未満の電磁波及び波長 $13\mu\text{m}$ 超の電磁波による熱放射）による放射冷却装置内への熱流入を抑制しつつ、遠赤外線放射体からの特定遠赤外線を透過させることができる。従って、冷却時の到達温度をより低くすることができる。

[0084] T_{8-13}/T_{5-25} 比の上限には特に制限はない。遠赤外線透過窓部材の製造適性の観点から、 T_{8-13}/T_{5-25} 比は2.40以下であることが好ましい。

[0085] 本明細書において、平均透過率 T_{5-25} は、JIS R 3106 : 1998の付表3中、 $5\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ の波長範囲に含まれる波長における分光透過率の算術平均値を意味する。

平均透過率 T_{5-25} は、具体的には、以下のようにして求める。

まず、フーリエ変換赤外線分光（FTIR）により、 $1.7\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ の波長範囲の分光透過率を測定する。

$1.7\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ の波長範囲の分光透過率の測定結果のうち、JIS

R 3106 : 1998 の付表 3 における、 $5\ \mu\text{m} \sim 25\ \mu\text{m}$ の波長範囲に含まれる波長（即ち、前述の 24 点の波長。）での分光透過率の値（即ち、24 個の値）を算術平均することにより、平均透過率 T_{5-25} を求める。

[0086] （日射反射率）

遠赤外線透過窓部材は、遠赤外線放射体側の面とは反対側の面の日射反射率が 60% 以上であることが好ましい。

遠赤外線透過窓部材の日射反射率が 60% 以上である場合には、断熱容器内への太陽光（即ち、 $300\ \text{nm} \sim 2500\ \text{nm}$ の波長範囲の電磁波）の入射を抑制できるので、断熱容器内への熱流入を抑制できる。従って、冷却時の到達温度をより低くすることができる。

遠赤外線透過窓部材の日射反射率は、70% 以上であることがより好ましく、80% 以上であることが特に好ましい。

遠赤外線透過窓部材の日射反射率の上限には特に制限はない。遠赤外線透過窓部材の製造適性の観点から、遠赤外線透過窓部材の日射反射率は、98% 以下であることが好ましい。

遠赤外線透過窓部材の日射反射率が 60% 以上であることは、遠赤外線透過窓部材が後述の太陽光反射層を含む場合により達成し易い。

[0087] 本明細書において、日射反射率は、JIS A 5759 : 2008 に準拠し、分光光度計によって拡散反射率を測定し、得られた拡散反射率に基づいて算出された値を意味する。

ここで、分光光度計としては、積分球分光光度計を用いる。

[0088] なお、後述の実施例では、日射反射率の測定に用いる分光光度計として、日本分光製分光光度計 V-670（積分球分光光度計）を用いた。

[0089] （材料、形状など）

遠赤外線透過窓部材（窓部材本体）の材料は、特定遠赤外線を透過できる材料であれば特に制限されない。

遠赤外線透過窓部材（窓部材本体）の材料としては、金属材料、金属材料以外の無機材料、等が挙げられ、より具体的には、ゲルマニウム（Ge；透

過波長 $1.8\mu\text{m}\sim 23\mu\text{m}$ ）、カルコゲナイド（透過波長 $0.75\mu\text{m}\sim 14\mu\text{m}$ ）、シリコン（Si；透過波長 $1.2\mu\text{m}\sim 15\mu\text{m}$ ）、ダイヤモンド（透過波長 220nm 以上）、フッ化カルシウム（ CaF_2 ；透過波長 $0.12\mu\text{m}\sim 12\mu\text{m}$ ）、ジंकセレン（ ZnSe ；透過波長 $0.5\mu\text{m}\sim 22\mu\text{m}$ ）、フッ化バリウム（ BaF_2 ；透過波長 $0.15\mu\text{m}\sim 15\mu\text{m}$ ）、硫化亜鉛（ ZnS ；透過波長 $0.37\mu\text{m}\sim 14\mu\text{m}$ ）、等が挙げられる。

中でも、ゲルマニウム、カルコゲナイド、又はシリコンが好ましい。

遠赤外線透過窓部材には、反射防止コーティングが施されていてもよい。

[0090] 遠赤外線透過窓部材全体の三次元形状にも特に制限はない。

作製容易性の観点から、遠赤外線透過窓部材の三次元形状は、板形状であることが好ましい。

[0091] 遠赤外線透過窓部材全体の平面視形状にも特に制限はない。遠赤外線透過窓部材全体の平面視形状としては、楕円形状（円形状を含む）、長方形形状（正方形形状を含む）、長方形以外の多角形状、などが挙げられる。遠赤外線透過窓部材の平面視形状は、これらの形状以外の不定形状であってもよい。

[0092] 遠赤外線透過窓部材全体の厚さにも特に制限はない。

遠赤外線透過窓部材全体の厚さは、好ましくは $1\text{mm}\sim 30\text{mm}$ 、より好ましくは $1\text{mm}\sim 20\text{mm}$ 、特に好ましくは $2\text{mm}\sim 10\text{mm}$ である。

厚さが 1mm 以上であると、断熱容器内への特定遠赤外線以外の電磁波の侵入をより抑制でき、また、遠赤外線透過窓部材の強度の点でも有利である。

厚さが 30mm 以下であると、特定遠赤外線の透過率がより向上する。

[0093] （太陽光反射層）

遠赤外線透過窓部材は、窓部材本体と、窓部材本体から見て遠赤外線放射体側とは反対側に配置され、太陽光を反射する太陽光反射層と、を含むことができる。

遠赤外線透過窓部材が太陽光反射層を含む態様によれば、断熱容器内への

太陽光（即ち、 $0.3\mu\text{m}\sim 2.5\mu\text{m}$ の波長範囲の電磁波）の入射を抑制できるので、断熱容器内への熱流入を抑制できる。従って、冷却時の到達温度をより低くすることができる。

遠赤外線透過窓部材が太陽光反射層を含む態様によれば、遠赤外線透過窓部材の日射反射率が60%以上であること（好ましくは70%以上であること、更に好ましくは80%以上であること）をより達成し易い。

[0094] 太陽光反射層は、太陽光を反射する機能を有するが、太陽光以外の電磁波（例えば波長 $2.5\mu\text{m}$ 超 $8\mu\text{m}$ 未満の電磁波）を反射する機能を有していてもよい。

[0095] 太陽光反射層の構造、大きさ、材料などについては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

太陽光反射層の構造は、単層構造であってもよいし、積層構造であってもよい。

太陽光反射層の構造が積層構造である場合、積層構造としては、金属層、無機物層、及び有機物層からなる群から選択される少なくとも1層を有する積層構造であることが好ましい。

[0096] また、太陽光反射層の構造は、微小構造（粒子、気泡など）を含む構造であってもよいし、表面に凹凸構造を備える構造であってもよい。

太陽光反射層の構造が、微小構造を含む構造である場合における「微小構造」としては、粒子、気泡などが挙げられる。

また、太陽光反射層は、連続層であることには限定されず、窓部材本体に分散された粒子からなる粒子層であってもよい。

[0097] 太陽光反射層は、粒子を含有することが好ましい。

粒子の数平均粒子径は、 $0.1\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ が好ましい。

粒子の数平均粒子径が $0.1\mu\text{m}$ 以上であると、太陽光反射層の太陽光に対する散乱断面積が大きくなる。これにより、遠赤外線透過窓部材全体の日射反射率をより大きくすることができる。

粒子の数平均粒子径が $20\mu\text{m}$ 以下であると、太陽光反射層の特定遠赤外

線に対する散乱断面積が小さくなる。これにより、遠赤外線透過窓部材全体の特定遠赤外線に対する透過率を高く維持できる。

[0098] 粒子の数平均粒子径は、以下のようにして測定された値を意味する。

即ち、ミクロトームを用いて太陽光反射層を厚さ方向に沿って切断し、切断面から電子顕微鏡 S 4 1 0 0（株式会社日立ハイテクノロジー製）を用いて倍率 1 0 0 0 倍の断面像を取得する。取得した断面像において、それぞれの粒子において、粒子内部の 2 点を結ぶ線分の中で最大の長さを粒子長さとする。

以上の粒子長さの測定を、断面像中の 1 0 0 箇所について行い、1 0 0 個の測定値の平均値を粒子の数平均粒子径とする。

[0099] 粒子を構成する物質としては、チタン酸化物、チタン酸バリウム化合物、硫化亜鉛、バリウム酸化物、マグネシウム酸化物、カルシウム酸化物、等が挙げられる。中でも、光学特性に優れる点で、硫化亜鉛が好ましい。

[0100] 太陽光反射層が粒子を含有する場合、太陽光反射層は、樹脂を含有してもよい。

樹脂の具体例は、後述する、気泡を含む樹脂層における樹脂の具体例と同様である。

[0101] 太陽光反射層は、遠赤外線透過窓部材全体としての特定遠赤外線の透過性を維持する観点から、太陽光反射層は、窓部材本体に分散された粒子（例えば、上述の硫化亜鉛粒子、酸化チタン粒子など）からなる粒子層であることが好ましい。

[0102] また、太陽光反射層が微小構造として気泡を含む場合、気泡以外の部分の材料としては、樹脂が挙げられる。

即ち、太陽光反射層としては、気泡を含む樹脂層である太陽光反射層を用いることもできる。

気泡を含む樹脂層における樹脂としては、ポリオレフィン（例えば、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリ 4-メチルペンテン-1、ポリブテン-1 等）、ポリエステル（例えば、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレン

ナフタレート等)、ポリカーボネート、ポリ塩化ビニル、ポリフェニレンサルファイド、ポリエーテルサルフォン、ポリエチレンサルファイド、ポリフェニレンエーテル、ポリスチレン、アクリル樹脂、ポリアミド、ポリイミド、セルロース（例えば、セルロースアセテート）などが挙げられる。

樹脂としては、加工性及び光学特性に優れる観点から、ポリエステルが好ましく、ポリエチレンテレフタレート（polyethylene terephthalate；以下、「PET」ともいう）が好ましい。

[0103] 気泡を含む樹脂層は、目的に応じて、2種以上の樹脂の混合物を含んでもよい。

また、気泡を含む樹脂層は、太陽光の反射率に影響を与えない範囲であれば、不可避免的な不純物を含有していてもよい。

[0104] 気泡を含む樹脂層における気泡とは、樹脂中に存在する気泡長さが10nm以上の気体よりなる空間を指す。気泡長さとは、それぞれの気泡において、気泡内部の2点を結ぶ線分の中で最大の長さを指す。気泡長さは、後記の方法で測定される値である。

気体の種類は、空気であってもよく、酸素、窒素、二酸化炭素などの空気以外の他の種類の気体であってもよい。

気泡の形状は、特に制限はなく、球形状、円柱形状、楕円形状、直方体形状（立方体形状）、角柱形状などの種々の形状が挙げられる。

また、気体の圧力は、大気圧であってもよく、大気圧よりも加圧又は減圧されていてもよい。気泡は、それぞれ、孤立して存在してもよく、部分的に繋がって存在していてもよい。

[0105] 気泡の数平均長さは、0.1 μ m～20 μ mが好ましい。

気泡の数平均長さが0.1 μ m以上であると、太陽光反射層の太陽光に対する散乱断面積が大きくなる。これにより、遠赤外線透過窓部材の日射反射率をより大きくすることができる。

気泡の数平均長さが20 μ m以下であると、太陽光反射層の特定遠赤外線に対する散乱断面積が小さくなる。これにより、遠赤外線透過窓部材の特定

遠赤外線に対する透過率を高く維持できる。

[0106] 気泡の数平均長さは、以下のようにして測定された値を意味する。

粒子の数平均粒子径の測定の場合と同様にして取得した断面像において、それぞれの気泡について、気泡内部の2点を結ぶ線分の中で最大の長さを、気泡長さとする。

以上の気泡長さの測定を、断面像中の100個の気泡について行い、100個の測定値の平均値を気泡の数平均長さとする。

[0107] 気泡を含む樹脂層である太陽光反射層としては、市販の樹脂フィルムを用いることもできる。

樹脂フィルムの市販品としては、古川電気工業（株）製の超微細発泡光反射板「MC PET / MC POLYCA」、東レ社製の白色PETフィルムである、ルミラー（登録商標）E20、同E22、同E28G、同E60などを挙げることができる。

[0108] また、太陽光反射層の構造が、表面に凹凸構造を備える構造である場合における、凹凸構造としては、平均ピッチが100 μm 以下である凹凸構造が好ましい。

このような凹凸構造を形成するための手段としては、例えば、ナノインプリント、プラズマエッチングなどが挙げられる。

[0109] <金属筒部材>

本開示の放射冷却装置は、遠赤外線透過窓部材から見て遠赤外線放射体側とは反対側に、遠赤外線透過窓部材を透過した特定遠赤外線が通過する金属筒部材を備えていてもよい。

本開示の放射冷却装置が金属筒部材を備える場合には、周辺環境部材（例えば、建物、電柱などの建造物）からの熱放射による真空断熱容器内への熱流入を抑制できる。従って、この熱流入による放射冷却性能の低下がより抑制される。

[0110] ここで、「筒」とは、テーパ筒を包含する概念である。

テーパ筒とは、軸方向一端側から他端側に向かうに従って径（外径及び

内径)が増大する形状の筒を指す。

[0111] 図3は、本開示の放射冷却装置の別の一例である、金属筒部材を備えた放射冷却装置の概略断面図である。

図3に示す放射冷却装置150の構造は、金属筒部材60を備えること以外は図1に示す放射冷却装置100の構造と同様である。

図3に示されるように、放射冷却装置150は、遠赤外線透過窓部材20から見て遠赤外線放射体30側とは反対側に、金属筒部材60を備えている。

金属筒部材60は、テーパ筒の形状を有している。テーパ筒の形状としては、線形テーパ形状、放物線テーパ形状、及び指数関数テーパ形状が挙げられる。

金属筒部材60は、軸方向の一端が遠赤外線透過窓部材20に接するように、かつ、軸方向の一端から他端に向かうに従って径が増大する向きに配置されている。

更に、金属筒部材60は、開口部10Aの開口方向から見た平面視（不図示）において、金属筒部材60の一端側の内周面で囲まれた範囲内に、開口部10Aが含まれるように配置されている。

[0112] 放射冷却装置150によれば、遠赤外線透過窓部材20を透過した特定遠赤外線50を金属筒部材60の内部を通過させつつ、周辺環境部材（例えば、建物、電柱などの建造物）からの熱放射（具体的には、周辺環境部材から放射された遠赤外線）を金属筒部材60の外周面によって遮ることができる。

更に、金属筒部材60は、軸方向の一端から他端に向かうに従って径が増大する向きに配置されているので、特定遠赤外線50が放射される実効的な面積が開口部10Aの面積よりも大きくなる。

これらの理由により、放射冷却装置150では、より優れた放射冷却性能が得られる。

[0113] 金属筒部材60の軸方向の他端側（即ち、遠赤外線透過窓部材20からみ

て遠い側の端部)の開口面積は、特定遠赤外線50が放射される実効的な面積を増大させる観点から、開口部10Aの面積に対し、1.1倍以上であることが好ましく、1.3倍以上であることが好ましい。

金属筒部材60の軸方向の他端側の開口面積は、周辺環境部材からの熱放射をより効果的に遮断する観点から、開口部10Aの面積に対し、6.0倍以下が好ましく、5.0倍以下がより好ましい。

[0114] 金属筒部材の表面の材料(金属)としては、遠赤外線の反射率が高い金属が好ましく、具体的には、アルミニウム、アルミニウム合金、銀、又は銀合金が好ましい。

[0115] 金属筒部材としては、市販のパラボリックミラー(例えば、国際商事(株)製の放物面ミラー)を用いてもよい。

ここで、パラボリックミラー(放物面ミラー)とは、放物線テーパ形状を有する金属筒部材を指す。

[0116] 金属筒部材の大きさには特に制限はなく、放射冷却装置の用途等を考慮して適宜設定され得る。

金属筒部材の軸方向両端の開口部の形状は、円形状であることが好ましい。

[0117] <金属筒部材の角度変更装置>

本開示の放射冷却装置が前述の金属筒部材を備える場合、本開示の放射冷却装置は、金属筒部材の外側開口部(遠赤外線透過窓部材から見て遠い側の端部)が向く角度を変更させる角度変更装置を備えていてもよい。

金属筒部材の外側開口部とは、遠赤外線透過窓部材から見て遠い側の端部の開口部を指す。

この角度変更装置は、金属筒部材の外側開口部を、太陽の位置とは異なる方向に向かせる機能を有することが好ましい。かかる機能を実現するために、任意のシステムを適宜選択して適用することができる。

この機能により、金属筒部材の外側開口部を、太陽の位置とは異なる方向に向かせることにより、太陽の直接光の入射を抑制できるので、この入射に

よる熱流入を抑制することができる。これにより、特に日中における到達温度の上昇をより抑制できる。

実施例

[0118] 以下、本開示の実施例を示すが、本開示は以下の実施例に限定されるものではない。

[0119] 〔実施例 1〕

＜放射冷却装置の作製＞

実施例 1 では、図 1 に示す放射冷却装置 100 を作製した。

まず、内径 $\phi 200\text{ mm}$ 、外径 $\phi 220\text{ mm}$ 、高さ 168 mm の内部中空の円柱形状の上面に $\phi 140\text{ mm}$ の開口部 10A が設けられた形状を有する SUS304 製の真空断熱容器 10 を準備した。この真空断熱容器 10 には、バルブ 44 を備えた配管 43 の一端が接続されている。配管 43 の他端に、真空断熱容器 10 内の真空度を確認するための真空ゲージ（ULVAC 社製 G-TRANSW1；不図示）及び真空断熱容器 10 内部を真空引きするための真空ポンプ（ULVAC 社製 GVD-136；不図示）を、上記他端側からこの順序で直列に接続した。

後述する放射冷却性能の評価時において、真空断熱容器 10 内の真空度は、高性能レコーダ（KEYENCE 社製 GR-3500）にて真空ゲージの電圧を測定し、真空度へ数値を変換することにより求めた。

[0120] 真空断熱容器 10 内の底面に、被冷却体を支持するための、支持ピン 41 を 3 つ配置した。3 つの支持ピン 41 としては、六角穴付止めねじ M5T6-25（ミスミ株式会社製、長さ 25 mm 、 $\phi 6\text{ mm}$ ）を用いた。

[0121] 真空断熱容器 10 内には、真空断熱容器 10 の内壁面に沿って、内部遠赤外線反射膜 14 としての市販のアルミホイル（三菱アルミニウム社製、ホイル）を配置した。

[0122] 被冷却体 101 として、熱容量 1500 J/K 、 $\phi 140\text{ mm}$ 、厚さ 21 mm のステンレス（SUS304）製の板材を準備した。

この被冷却体 101 の表面に、温度測定用の T 型熱電対（八光電機社製）

を取り付けた。

また、 $\phi 140\text{ mm}$ 、厚さ 5 mm 、熱容量 350 J/K のアルミニウム円板の表面に、黒体塗料（ジャパンセンサー社、黒体塗料JSC-3号）を塗布し、乾燥させることにより遠赤外線放射体30を準備した。

また、遠赤外線透過窓部材20として、両面にDLC（ダイヤモンドライクカーボン）コーティングが施された、 $\phi 160\text{ mm}$ 、厚さ 5 mm のゲルマニウム板（アイ・アール・システム社製）を準備した。

[0123] 遠赤外線透過窓部材20及び遠赤外線放射体30の分光特性は、表1に示すとおりであった。

[0124] 以上で準備した各部材を用い、放射冷却装置100を作製した。

まず、内部遠赤外線反射膜14及び3つの支持ピン41を配置した真空断熱容器10内に被冷却体101を入れ、3つの支持ピン41上に載せた。ここで、真空断熱容器10と被冷却体101との最短距離（不等式（1）における L ）が、 0.015 m となるようにした。

次に、真空断熱容器10内に遠赤外線放射体30を入れ、被冷却体101上に載せた。

次に、真空断熱容器10の開口部10A全体を遠赤外線透過窓部材20で覆い、固定することにより、遠赤外線透過窓部材20によって開口部10Aを閉塞した。

以上により、放射冷却装置100を得た。

[0125] <放射冷却性能の評価>

上記で作製された放射冷却装置100を、屋外に、真空断熱容器10の開口部10Aが真上を向く配置角度にて設置した。

屋外における放射冷却装置100の配置場所としては、遠赤外線放射体30から天空に向けて放射される特定遠赤外線50を遮る物体が無い場所を選んだ。

評価環境としては、快晴時の夜間（外気温 24°C ）を選んだ。

日没を評価開始時間として、バルブ44を開放した状態で真空ポンプを作

動させることにより、放射冷却装置 100 の真空断熱容器 10 内を、表 1 に示す真空度 P となるまで真空引きすることにより、放射冷却性能の評価を開始した。

評価開始後、真空断熱容器 10 内の真空度がこの真空度 P を維持するように調整したまま、放射冷却装置 100 を 10 時間静置した。評価中、被冷却体 101 の温度と外気温とを観測した。被冷却体 101 の温度は、その表面に取り付けた T 型熱電対（八光電機社製）を用いて観測し、外気温は、K 型熱電対（RKC 社製、ST-50）を用いて観測した。

[0126] 図 4 は、実施例 1 における、評価開始からの経過時間（横軸：時間（h））と被冷却体の温度及び外気温（縦軸：温度（℃））との関係を示すグラフである。

図 4 に示されるように、評価開始からの経過時間が進むに従い、被冷却体の温度が低下する（即ち、被冷却体が冷却される）ことが確認された。

[0127] 評価開始から 10 時間経過後、下記式に示す温度差（即ち、外気温に対する被冷却体 101 の温度）を求めることにより、放射冷却性能を評価した。この放射冷却性能の評価では、温度差（℃）が負の値でありかつ絶対値が大きい程、放射冷却性能に優れることを意味する。

結果（温度差）を表 1 に示す。

[0128] 温度差（℃） = 被冷却体 101 の温度（℃）－外気温（℃）

[0129] 〔実施例 2〕

放射冷却装置 100 の作製において、内部遠赤外線反射膜 14 を用いなかったこと以外は実施例 1 と同様の操作を行った。

結果を表 1 に示す。

[0130] 〔実施例 3〕

評価時における真空断熱容器 10 内の真空度 P を表 1 に示す値に変更したこと以外は実施例 2 と同様の操作を行った。

結果を表 1 に示す。

[0131] 〔実施例 4〕

遠赤外線放射体 30 を、表 1 に示す分光測定を有する遠赤外線放射体に変更したこと以外は実施例 2 と同様の操作を行った。

実施例 4 における遠赤外線放射体として、具体的には、 $\phi 140\text{ mm}$ 、厚さ 5 mm 、熱容量 350 J/K のアルミニウム円板の表面に、スパッタリングにより、 SiO_2 膜と TiO_2 膜との多層膜（詳細には、 TiO_2 膜/ SiO_2 膜/ TiO_2 膜の積層構造を有する多層膜）を形成した遠赤外線放射体を用いた。

実施例 4 における遠赤外線放射体の積層構造及び各膜の膜厚は、 TiO_2 膜（膜厚 1463 nm ）/ SiO_2 膜（膜厚 643 nm ）/ TiO_2 膜（膜厚 1428 nm ）/ Al 基板である。

[0132] 〔実施例 5〕

遠赤外線透過窓部材 20 を、表 1 に示す分光測定を有する遠赤外線透過窓部材に変更したこと以外は実施例 2 と同様の操作を行った。

実施例 5 における遠赤外線透過窓部材として、具体的には、実施例 2 で用いた遠赤外線透過窓部材の表面に、数平均粒径 $0.2\text{ }\mu\text{m}$ の硫化亜鉛粒子を分散させることにより、硫化亜鉛粒子からなる太陽光反射層を形成した遠赤外線透過窓部材を用いた。

[0133] 〔実施例 6〕

遠赤外線透過窓部材 20 を、表 1 に示す分光測定を有する遠赤外線透過窓部材に変更したこと以外は実施例 2 と同様の操作を行った。

実施例 6 における遠赤外線透過窓部材として、具体的には、 Ge 基板の表面に、スパッタリングにより多層膜（詳細には、 ZnS 膜/ Ge 膜/ TiO_2 膜/ Ge 膜/ ZnS 膜の積層構造を有する多層膜）を形成した赤外線透過窓部材を用いた。 Ge 基板としては、実施例 2 の遠赤外線透過窓部材と同形状である、 $\phi 160\text{ mm}$ 、厚さ 5 mm のゲルマニウム板（アイ・アール・システム社製）を用いた。

この遠赤外線透過窓部材の積層構造及び各膜の膜厚は、 ZnS 膜（膜厚 109 nm ）/ Ge 膜（膜厚 322 nm ）/ TiO_2 膜（膜厚 600 nm ）/ Ge

e 膜（膜厚 43 nm）／ZnS 膜（膜厚 624 nm）／Ge 基板である。

[0134] 〔実施例 7〕

実施例 7 では、図 3 に示す放射冷却装置 150 を作製した。

具体的には、実施例 2 における放射冷却装置の遠赤外線透過窓部材 20 に対し、遠赤外線透過窓部材 20 から見て遠赤外線放射体 30 側とは反対側に、金属筒部材 60 として、国際商事（株）のパラボリックミラー（詳細には、テーパ筒形状の金属筒部材。表面の材質はアルミニウム（アルミニウムコーティング））を取り付けた。

パラボリックミラーは、軸方向の一端が遠赤外線透過窓部材 20 に接するように、かつ、軸方向の一端から他端に向かうに従って径が増大する向きに取り付けた。

また、パラボリックミラーは、開口部 10A の開口方向から見た平面視（不図示）において、金属筒部材 60 の一端側の内周面で囲まれた範囲内に、開口部 10A が含まれるように取り付けた。

パラボリックミラーの軸方向の他端側（即ち、遠赤外線透過窓部材 20 からみて遠い側の端部）の開口面積は、開口部 10A の面積に対して 1.5 倍であった。

[0135] 以上の放射冷却装置 150 を用い、実施例 2 と同様の評価を行った。

結果を表 1 に示す。

[0136] 〔比較例 1〕

放射冷却性能の評価において、真空ポンプを作動させず、真空断熱容器 10 内を大気圧としたこと以外は実施例 2 と同様の評価を行った。

結果を表 1 に示す。

[0137] 〔比較例 2〕

放射冷却装置の作製において、遠赤外線放射体 30 を、黒体塗料が塗布される前のアルミニウム円板に変更した以外は実施例 2 と同様の操作を行った。

結果を表 1 に示す。

上記アルミニウム円板の平均放射率 E_{8-13} は 0.05 であった。前述のとおり、本明細書にいう遠赤外線放射体は、平均放射率 E_{8-13} が 0.40 以上である放射体を意味するので、上記アルミニウム円板は、本明細書にいう遠赤外線放射体には該当しない。

[0138]

[表1]

		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	比較例1	比較例2
真空断熱容器内の真空度P	真空度P (Pa)	3	3	100	3	3	3	3	101325 (大気圧)	3
	不等式(1) (Y: 満たす, N: 満たさない)	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	N	Y
	$\lambda(G)/\lambda(G, O)$ 比	0.86	0.86	0.99	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
放射冷却装置	内部遠赤外線反射層 (Y: 有り, N: 無し)	Y	N	N	N	N	N	N	N	N
	平均透過率 T_{8-13}	0.76	0.76	0.76	0.76	0.66	0.75	0.76	0.76	0.76
	T_{8-13}/T_{5-12} 比	1.35	1.35	1.35	1.35	1.43	1.75	1.35	1.35	1.35
	遠赤外線透過窓部材 太陽光反射層 (Y: 有り, N: 無し)	N	N	N	N	Y	N	N	N	N
	日射反射率	25%	25%	25%	25%	85%	25%	25%	25%	25%
遠赤外線放射体	平均放射率 E_{8-13}	0.94	0.94	0.94	0.80	0.94	0.94	0.94	0.94	無し (Al 円板)
	E_{8-13}/E_{5-12} 比	1.02	1.02	1.02	1.41	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
金属筒部材 (Y: 有り, N: 無し)		N	N	N	N	N	N	Y	N	N
評価	温度差 [被冷却体の表面温度 - 外気温] (°C)	-3.61	-3.28	-2.70	-5.82	-3.38	-5.30	-4.50	-1.98	-0.02

[0139] 表 1 に示すように、真空断熱を行った実施例 1 ～ 7 では、真空断熱を行わなかった比較例 1、及び、遠赤外線放射体に代えてアルミニウム円板を用いた比較例 2 と比較して、外気温に対する被冷却体の温度の差が大きく、放射冷却性能に優れていた。

2016 年 9 月 30 日に出願された日本国特許出願 2016-194976 号の開示は、その全体が参照により本明細書に取り込まれる。

本明細書に記載された全ての文献、特許出願、および技術規格は、個々の文献、特許出願、および技術規格が参照により取り込まれることが具体的かつ個々に記された場合と同程度に、本明細書中に参照により取り込まれる。

符号の説明

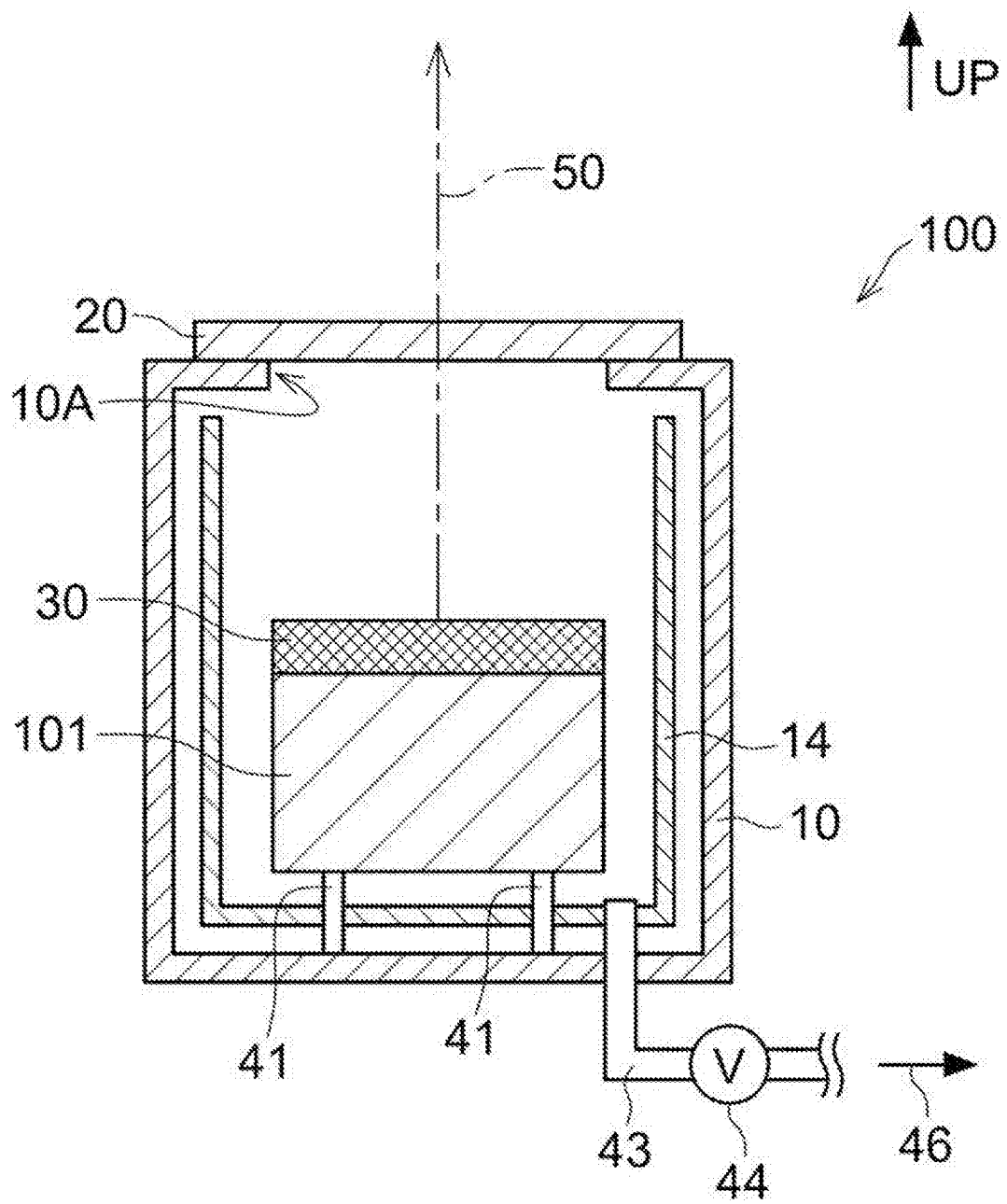
- [0140] 10 真空断熱容器
- 10A 開口部
 - 14 内部遠赤外線反射膜
 - 20 遠赤外線透過窓部材
 - 30 遠赤外線放射体
 - 41 支持ピン（支持部材）
 - 43 配管
 - 44 バルブ
 - 46 真空引き方向
 - 50 特定遠赤外線
 - 60 金属筒部材
 - 100、150 放射冷却装置
 - 101 被冷却体

請求の範囲

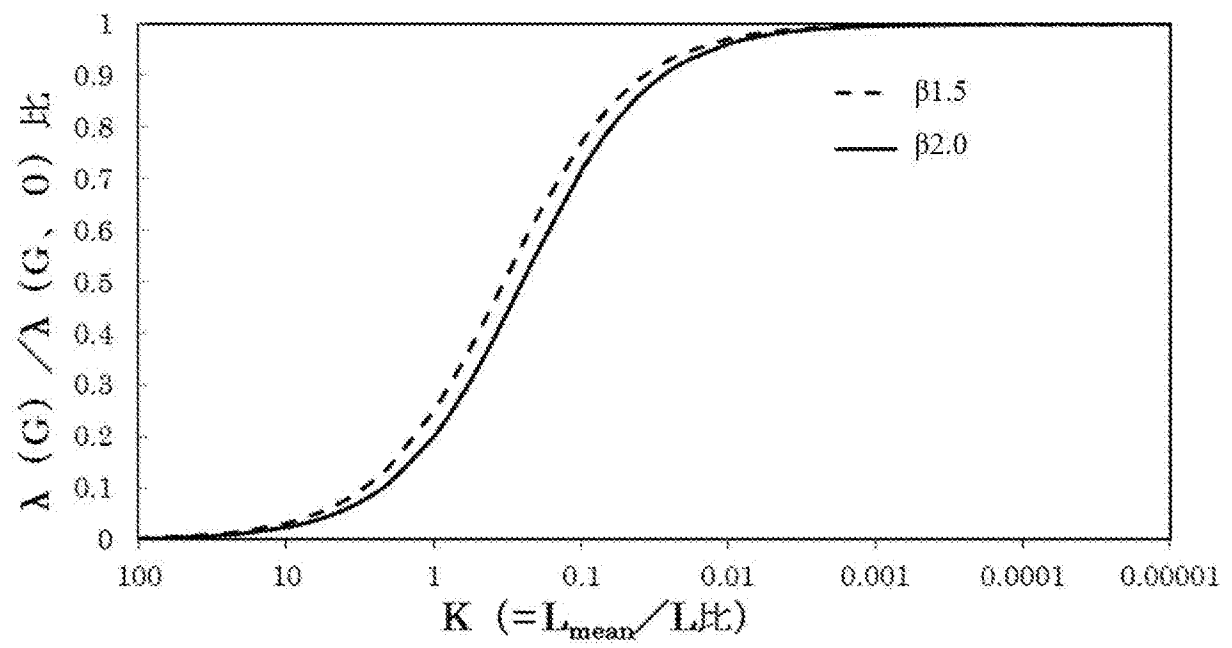
- [請求項1] 開口部が設けられ、内部に被冷却体を収容して前記被冷却体を外部から真空断熱するための真空断熱容器と、
- 前記真空断熱容器内における前記被冷却体と前記開口部との間に配置され、前記真空断熱容器の外部から真空断熱され、前記被冷却体に対して熱的に接触し、 $8\mu\text{m}\sim 13\mu\text{m}$ の波長範囲の遠赤外線を放射する遠赤外線放射体と、
- 前記真空断熱容器の前記開口部を閉塞し、前記遠赤外線放射体から放射された前記遠赤外線を透過する遠赤外線透過窓部材と、
- を備える放射冷却装置。
- [請求項2] 前記真空断熱容器は、 10Pa 以下の真空度にて、前記被冷却体及び前記遠赤外線放射体を前記真空断熱容器の外部から真空断熱する請求項1に記載の放射冷却装置。
- [請求項3] 前記遠赤外線放射体は、前記遠赤外線を放射する方向の前記波長範囲における平均放射率 E_{8-13} が 0.80 以上であり、
- 前記遠赤外線透過窓部材は、前記遠赤外線を透過する方向の前記波長範囲における平均透過率 T_{8-13} が 0.40 以上である請求項1又は請求項2に記載の放射冷却装置。
- [請求項4] 前記遠赤外線放射体が、黒体放射体である請求項1～請求項3のいずれか1項に記載の放射冷却装置。
- [請求項5] 前記遠赤外線放射体は、前記遠赤外線を放射する方向の $5\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ の波長範囲における平均放射率 E_{5-25} に対する前記遠赤外線を放射する方向の $8\mu\text{m}\sim 13\mu\text{m}$ の波長範囲における平均放射率 E_{8-13} の比である E_{8-13}/E_{5-25} 比が、 1.20 以上である請求項1～請求項4のいずれか1項に記載の放射冷却装置。
- [請求項6] 前記遠赤外線透過窓部材は、前記遠赤外線放射体側の面とは反対側の面の日射反射率が 80% 以上である請求項1～請求項5のいずれか1項に記載の放射冷却装置。

- [請求項7] 前記遠赤外線透過窓部材は、前記遠赤外線を透過する方向の $5\ \mu\text{m}$ ～ $25\ \mu\text{m}$ の波長範囲における平均透過率 T_{5-25} に対する前記遠赤外線を透過する方向の前記波長範囲における平均透過率 T_{8-13} の比である T_{8-13}/T_{5-25} 比が、 1.20 以上である請求項1～請求項6のいずれか1項に記載の放射冷却装置。
- [請求項8] 更に、少なくとも前記真空断熱容器の内壁面と前記被冷却体との間に配置され、前記内壁面から $5\ \mu\text{m}$ ～ $25\ \mu\text{m}$ の波長範囲の遠赤外線が放射された場合において前記内壁面から放射された $5\ \mu\text{m}$ ～ $25\ \mu\text{m}$ の波長範囲の遠赤外線を反射する内部遠赤外線反射膜を備える請求項1～請求項7のいずれか1項に記載の放射冷却装置。
- [請求項9] 更に、前記遠赤外線透過窓部材から見て前記遠赤外線放射体側とは反対側に、前記遠赤外線透過窓部材を透過した前記遠赤外線が通過する金属筒部材を備える請求項1～請求項8のいずれか1項に記載の放射冷却装置。
- [請求項10] 更に、真空断熱容器の内壁面に、前記被冷却体を支持する支持部材を備える請求項1～請求項9のいずれか1項に記載の放射冷却装置。
- [請求項11] 請求項1～請求項10のいずれか1項に記載の放射冷却装置の、被冷却体の冷却における使用。

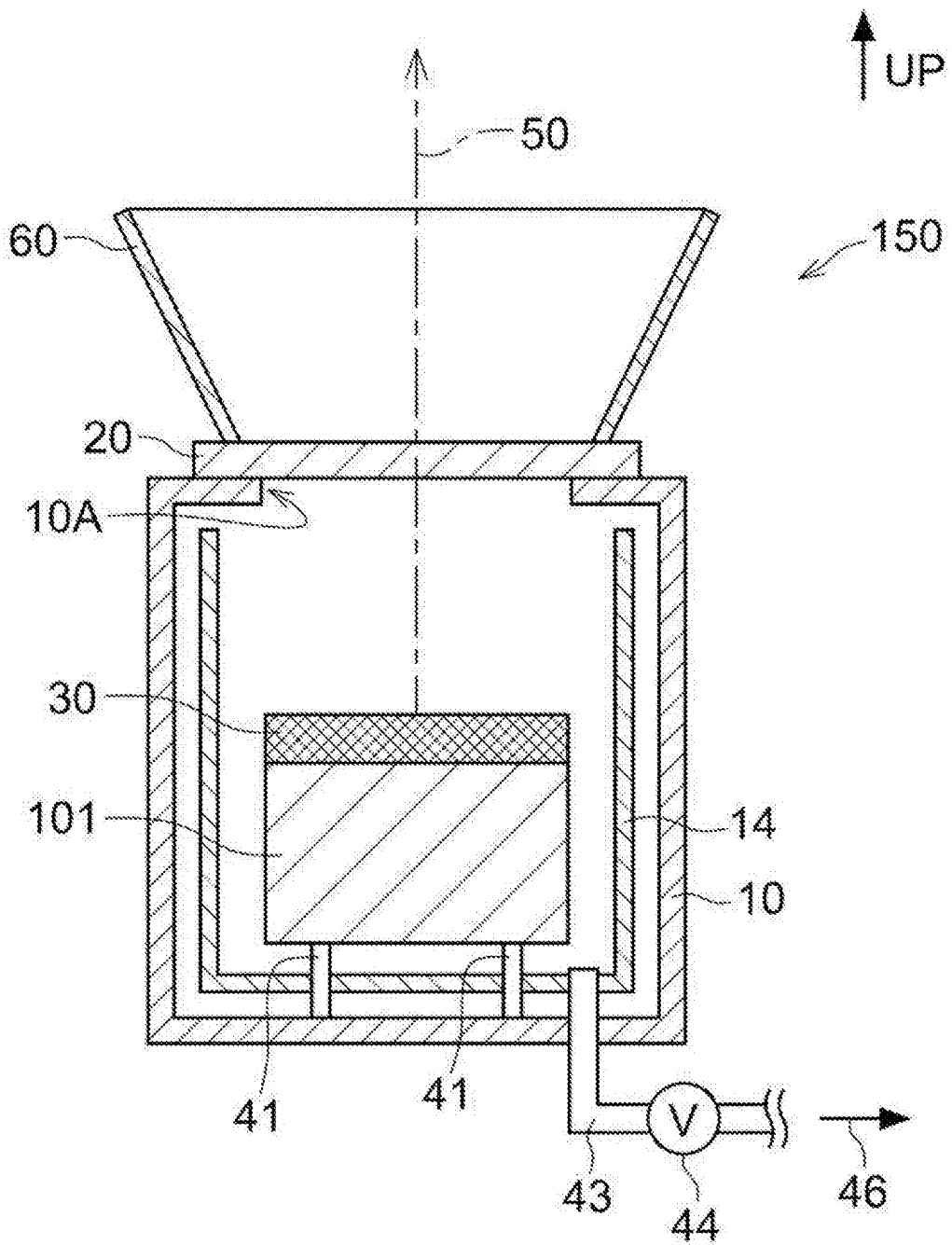
[図1]



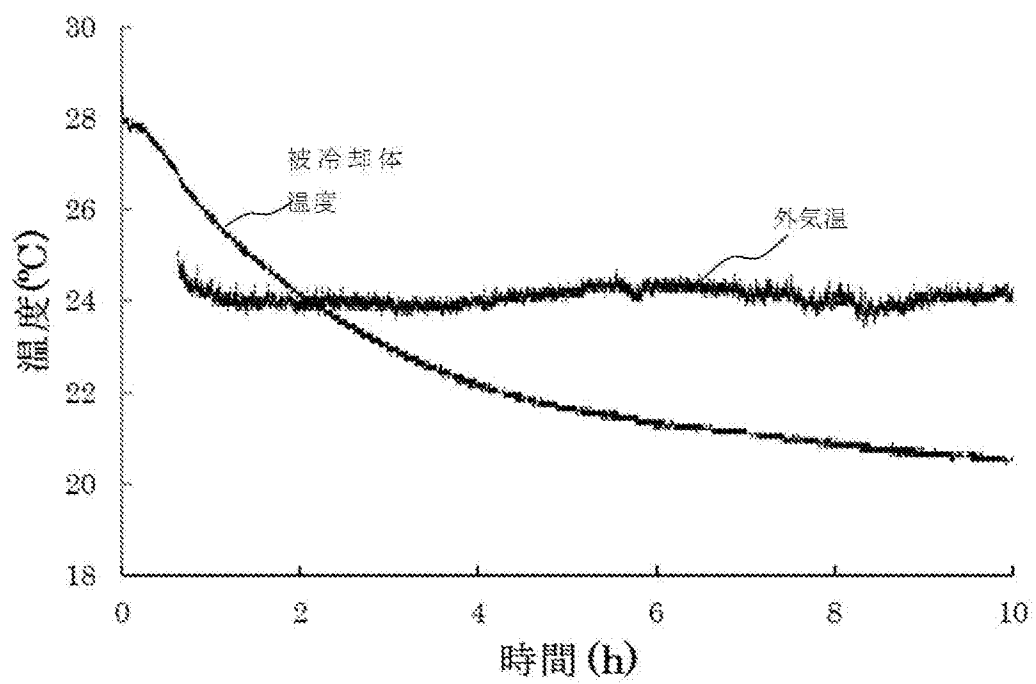
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/034213

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F25D31/00 (2006.01) i, F25B23/00 (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)

Int.Cl. F25D1/00-9/00, F25D31/00, F25B23/00, F25B27/00, F28D15/00-21/00, F24F5/00, F24J2/42, B64G1/50, B65D81/18

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	1971-2017
Registered utility model specifications of Japan	1996-2017
Published registered utility model applications of Japan	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

DWPI (Derwent Innovation), Japio-GPG/FX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 54-139150 A (SHIN MEIWA IND. CO., LTD.) 29 October 1979, page 2, upper left column, line 12 to page 3, lower right column, line 2, fig. 2, 3, 5-7 (Family: none)	1, 10-11 2-6, 8 7, 9
Y A	US 2010/0155043 A1 (SMITH, G. B.) 24 June 2010, paragraphs [0115], [0123]-[0144], fig. 7-9 & WO 2008/154692 A1 & AU 2007202832 A & KR 10-2010-0062992 A & CN 101784845 A & MX 2009014107 A & ZA 201000330 A	1-6, 8-11 7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
01 December 2017

Date of mailing of the international search report
12 December 2017

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/JP2017/034213

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 61-29664 A (MASUBUCHI, Hideo) 10 February 1986, page 1, lower left column, line 21 to lower right column, line 11 (Family: none)	1-6, 8-11
Y	JP 2015-169372 A (DAI NIPPON PRINTING CO., LTD.) 28 September 2015, paragraphs [0055], [0077] (Family: none)	2-3
Y	JP 2016-121328 A (YAMADA, Tsukasa) 07 July 2016, paragraph [0010], fig. 6 (Family: none)	3, 5
Y	JP 60-243435 A (SAITO, Takeo) 03 December 1985, page 3, upper right column, lines 8-13, (Family: none)	4
Y	US 2005/0167612 A1 (JAFFER, A.) 04 August 2005, paragraphs [0038]-[0043], fig. 1 (Family: none)	6, 8
P, A	JP 2016-188715 A (IMURA JAPAN KK) 04 November 2016, paragraphs [0018]-[0023], [0026], fig. 1, 6 (Family: none)	1, 3, 11
A	CN 105972856 A (UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA) 28 September 2016, paragraphs [0002]-[0047], fig. 1-5 (Family: none)	1-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F25D31/00(2006.01)i, F25B23/00(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. F25D1/00-9/00, F25D31/00, F25B23/00, F25B27/00, F28D15/00-21/00, F24F5/00, F24J2/42, B64G1/50, B65D81/18

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	1971-2017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)

DWPI (Derwent Innovation), Japio-GPG/FX

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 A	JP 54-139150 A (新明和工業株式会社) 1979.10.29, 第2ページ左上欄第12行-第3ページ右下欄第2行, 第2-3, 5-7 図 (ファミリーなし)	1, 10-11 2-6, 8 7, 9
Y A	US 2010/0155043 A1 (SMITH, Geoffrey B) 2010.06.24, 段落[0115], [0123]-[0144], Fig. 7 - Fig. 9 & WO 2008/154692 A1 & AU 2007202832 A & KR 10-2010-0062992 A & CN 101784845 A & MX 2009014107 A & ZA 201000330 A	1-6, 8-11 7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

01.12.2017

国際調査報告の発送日

12.12.2017

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)

小原 一郎

3M

3021

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 61-29664 A (増淵秀雄) 1986. 02. 10, 第 1 ページ左下欄第 21 行- 右下欄第 11 行 (ファミリーなし)	1-6, 8-11
Y	JP 2015-169372 A (大日本印刷株式会社) 2015. 09. 28, 段落[0055], [0077] (ファミリーなし)	2-3
Y	JP 2016-121328 A (山田幸) 2016. 07. 07, 段落[0010], 図 6 (ファミ リーなし)	3, 5
Y	JP 60-243435 A (斎藤武雄) 1985. 12. 03, 第 3 ページ右上欄第 8 行- 第 13 行 (ファミリーなし)	4
Y	US 2005/0167612 A1 (JAFFER, Aubrey) 2005. 08. 04, 段落 [0038]-[0043], Figure 1 (ファミリーなし)	6, 8
P, A	JP 2016-188715 A (イムラ・ジャパン株式会社) 2016. 11. 04, 段落 [0018]-[0023], [0026], 図 1, 6 (ファミリーなし)	1, 3, 11
A	CN 105972856 A (UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA) 2016. 09. 28, 段落[0002]-[0047], 図 1-5 (ファミリーなし)	1-11