

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6457967号
(P6457967)

(45) 発行日 平成31年1月23日(2019.1.23)

(24) 登録日 平成30年12月28日(2018.12.28)

(51) Int.Cl.

G O 1 N 25/64 (2006.01)

F 1

G O 1 N 25/64

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2016-61413 (P2016-61413)
 (22) 出願日 平成28年3月25日 (2016.3.25)
 (65) 公開番号 特開2017-173215 (P2017-173215A)
 (43) 公開日 平成29年9月28日 (2017.9.28)
 審査請求日 平成29年10月20日 (2017.10.20)

(73) 特許権者 000108797
 エスペック株式会社
 大阪府大阪市北区天神橋3丁目5番6号
 (74) 代理人 100067828
 弁理士 小谷 悅司
 (74) 代理人 100115381
 弁理士 小谷 昌崇
 (74) 代理人 100137143
 弁理士 玉串 幸久
 (72) 発明者 山内 悟留
 大阪府大阪市北区天神橋3丁目5番6号
 エスペック株式会社内
 審査官 野田 華代

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】湿度計及び環境試験装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定空間内の空気の相対湿度を測定する湿度計であって、
 前記測定空間内に位置する第1部位と、第2部位とを有し、前記第1部位から前記第2部位に熱伝導させる伝熱部材と、

前記第2部位に熱的に接続された放熱ブロックと、

前記測定空間内の空気の乾球温度を検出する乾球温度検出部と、

前記第1部位の温度を検出する第1温度検出部と、

前記放熱ブロックの温度を検出するブロック温度検出部と、

前記乾球温度検出部、前記第1温度検出部及び前記ブロック温度検出部の検出結果に基づいて前記測定空間内の空気の相対湿度を導出する演算部と、を備え、

前記ブロック温度検出部は、前記放熱ブロックの周囲の空気との伝熱が遮断された状態で配置されている湿度計。

【請求項 2】

前記ブロック温度検出部は、前記放熱ブロックに埋め込まれている請求項1に記載の湿度計。

【請求項 3】

前記伝熱部材は、前記第1部位と前記第2部位との間で前記伝熱部材内で作動流体が相変化しつつ循環することにより、前記第1部位から前記第2部位への熱伝導を行うように構成されている請求項1又は2に記載の湿度計。

【請求項 4】

前記伝熱部材及び前記第1温度検出部を覆う保護管が設けられ、
前記保護管の端部にはフランジ部が設けられ、
前記保護管は、前記フランジ部を介して前記放熱ブロックに固定されている請求項1から3の何れか1項に記載の湿度計。

【請求項 5】

前記フランジ部は、前記保護管の延びる方向に対して直交する方向において、一方向に長い形状である請求項4に記載の湿度計。

【請求項 6】

試験空間を有する試験槽と、10

前記試験空間を前記測定空間として配置された請求項1から5の何れか1項に記載の湿度計と、を備えている環境試験装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、湿度計及び環境試験装置に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

従来、特許文献1に開示されているように、測定空間内の湿度を測定するための湿度計が知られている。特許文献1に開示された湿度計は、露点を導出する露点計と、露点から相対湿度を演算する湿度演算処理部とを備えている。露点計は、図8に示すように、測定空間S1と外部空間S2とに跨るように配置されたヒートパイプ202と、ヒートパイプ202における外部空間S2に位置する外側部202bに伝熱板203を介して取り付けられた熱流センサ204と、ヒートパイプ202における測定空間S1内に位置する内側部202aの温度を検出する第1温度検出部205と、測定空間S1の温度を検出する第2温度検出部206と、露点を導出する演算処理部207と、を備えている。20

【0003】

測定空間S1の温度が外部空間S2の温度よりも高ければ、ヒートパイプ202の内側部202aの熱が外側部202bに搬送される。このとき、ヒートパイプ202の内側部202aでは、結露が生じている。そして、ヒートパイプ202の内側部202aから伝わった熱は、熱流センサ204を通過して外部空間S2に放出される。即ち、熱流センサ204を通過する熱流が形成される。そして、露点計は、測定空間S1の温度、ヒートパイプ202における内側部202aの温度及び熱流センサ204を通過する熱流量と、露点との間に成立する所定の関係を利用して、露点を導出している。30

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献1】特開2012-242347号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

特許文献1に開示された湿度計では、測定空間S1からヒートパイプ202に入る顯熱と、ヒートパイプ202表面での結露によってヒートパイプ202に入る潜熱とを合わせた熱量が、熱流センサ204を通過する熱流量と等しくなるという熱収支を利用しているため、測定空間S1の広い温度領域で相対湿度を導出できるという利点がある。しかしながら、さらに研究を進めると、この特許文献1の湿度計でも改善の余地が残されていることが判明した。

【0006】

そこで、本発明は、前記従来技術を鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、測定空間内の熱を伝熱部材を介して放熱させたときの熱収支に基づいて相対湿度を導40

50

出する湿度計の精度を向上させることにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

すなわち、特許文献1に開示された湿度計のように熱流センサが用いられる場合には、熱流センサから放熱されているため、熱流センサ周囲の空気の流れ等の影響を受けることにより、熱流センサの出力から算出される放熱量が変動することが新たに判明した。そこで、本発明者らは、相対湿度の導出精度をさらに向上すべく、熱流センサに代わる手段を用いることとした。

【0008】

前記の目的を達成するため、本発明は、測定空間内の空気の相対湿度を測定する湿度計であって、前記測定空間内に位置する第1部位と、第2部位とを有し、前記第1部位から前記第2部位に熱伝導させる伝熱部材と、前記第2部位に熱的に接続された放熱ブロックと、前記測定空間内の空気の乾球温度を検出する乾球温度検出部と、前記第1部位の温度を検出する第1温度検出部と、前記放熱ブロックの温度を検出するブロック温度検出部と、前記乾球温度検出部、前記第1温度検出部及び前記ブロック温度検出部の検出結果に基づいて前記測定空間内の空気の相対湿度を導出する演算部と、を備え、前記ブロック温度検出部は、前記放熱ブロックの周囲の空気との伝熱が遮断された状態で配置されている湿度計である。

10

【0009】

本発明では、伝熱部材の第2部位に放熱ブロックが熱的に接続されている。そして、ブロック温度検出部は、放熱ブロックの温度を検出する。放熱ブロックは熱容量が大きく、周囲の空気の流れや、該空気の温度の微小変動の影響を受け難い。このため、放熱ブロックの温度は、周囲の空気の流れ等によって変動し難く安定しやすい。このため、放熱ブロックから放出される放熱量を安定させることができるために、測定空間内の相対湿度を精度よく算出することができる。

20

【0010】

しかも、前記ブロック温度検出部が前記放熱ブロックの周囲の空気との伝熱が遮断された状態で配置されているので、ブロック温度検出部自体が周囲の空気の温度の影響を受けないため、放熱ブロックの温度をより正確に検出することができる。

【0011】

30

前記ブロック温度検出部は、前記放熱ブロックに埋め込まれていてもよい。この態様では、ブロック温度検出部が放熱ブロックに埋め込まれているため、より安定した温度を検出することができる。すなわち、放熱ブロックにおいて、周囲の空気に触れる表面は、周囲の空気の流動の影響を少なからず受けることがある。これに対し、ブロック温度検出部が放熱ブロックの内部に埋め込まれていれば、そのような影響はない。したがって、放熱ブロックの温度をより正確に検出することができる。

【0012】

前記伝熱部材は、前記第1部位と前記第2部位との間で前記伝熱部材内で作動流体が相変化しつつ循環することにより、前記第1部位から前記第2部位への熱伝導を行うように構成されていてもよい。この態様では、伝熱部材において、第1部位から第2部位への熱伝導を効率良く行うことができる。

40

【0013】

前記伝熱部材及び前記第1温度検出部を覆う保護管が設けられていてもよい。また、前記保護管の端部にはフランジ部が設けられていてもよい。前記保護管は、前記フランジ部を介して前記放熱ブロックに固定されていてもよい。この態様では、保護管が放熱ブロックに支持されるため、保護管を安定して保持することができる。

【0014】

前記フランジ部は、前記保護管の延びる方向に対して直交する方向において、一方向に長い形状であってもよい。この態様では、保護管内に第1温度検出部が配置されているとしても、保護管の周方向に対して第1温度検出部がどの向きに配置されているかを容易に

50

把握することができる。したがって、測定空間内における空気の流動方向を考慮して、第1温度検出部が配置される向きを決めることができる。

【0015】

本発明は、試験空間を有する試験槽と、前記試験空間を前記測定空間として配置された前記湿度計と、を備えている環境試験装置である。

【発明の効果】

【0016】

以上説明したように、本発明によれば、熱流センサを用いる場合に比べ、相対湿度の導出精度を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0017】

【図1】本発明の実施形態に係る環境試験装置の概略構成を示す図である。

【図2】保護管及び保護管に固定された放熱ブロックを示す図である。

【図3】放熱ブロックの内部構造を説明するための図である。

【図4】保護管の先端部の構成を説明するための図である。

【図5】演算部によって導出された測定空間の相対湿度と基準値とを比較した結果を示す図である。

【図6】露点Tdと温度差Te-Tbとの関係を示す図である。

【図7】本発明のその他の実施形態で用いられる放熱ブロックの斜視図である。

【図8】従来の環境試験装置の概略構成を示す図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明を実施するための形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0019】

図1は、本発明の実施形態に係る環境試験装置の概略構成を示している。この環境試験装置は、例えば恒温恒湿槽として構成されており、試験空間101を有する試験槽としてのチャンバ100と、試験空間101の温度および湿度を制御する制御部（図示せず）と、試験空間101中の空気の相対湿度を測定するための湿度計1とを備える。すなわち、試験空間101は、湿度計1によって空気の相対湿度を測定する対象空間としての測定空間である。

30

【0020】

チャンバ100は、その内部に試験空間101を有する中空の筐体を備えており、筐体は、断熱壁102によって試験空間101を取り囲む構成となっている。したがって、試験空間101は、断熱壁102によって外部空間103から断熱されている。なお、筐体内には、試験空間101を空調するための設備が配設されるとともに試験空間101に連通した図略の空調空間が設けられている。この空調空間内で空気の温度及び湿度が図略の制御部によって調節され、これにより、試験空間101内の温度及び湿度が調整される。

【0021】

湿度計1は、環境試験装置のチャンバ100の内部の試験空間101における空気の相対湿度を測定するための装置である。湿度計1は、チャンバ100の試験空間101内の温度を測定する測定部2と、当該測定部2で測定された温度から相対湿度を演算する演算装置3とを備える。

40

【0022】

測定部2は、試験空間101の乾球温度を測定する乾球温度測定部4と、試験空間101中の空気の水蒸気分圧を算出するために必要な温度を測定するための部材温度測定部5と、を備える。

【0023】

乾球温度測定部4は、試験空間101内部に設置され、試験空間101内部の乾球温度を検出する乾球温度検出部としての乾球温度センサ7と、乾球温度センサ7を覆う保護管8とを備える。保護管8は、ステンレスなどの金属材料で製造された密封された管である

50

。乾球温度センサ7は、電線9の端部に接続されている。電線9は、保護管8の内部を通って試験空間101の外部に引き出されている。なお、保護管8の内部は、試験空間101に連通してもよい。また、保護管8を省略することも可能である。

【0024】

部材温度測定部5は、図2から図4にも示すように、チャンバ100の断熱壁102を貫通して当該チャンバ100の内側から外側にかけて延びるように取り付けられたヒートパイプ11と、当該ヒートパイプ11におけるチャンバ100内側の部分（第1部位11a）に取り付けられた温度センサ12と、ヒートパイプ11および温度センサ12を覆う保護管14と、ヒートパイプ11における外部空間103内に位置する外側部（第2部位11b）に取り付けられた放熱プロック13と、放熱プロック13の温度を検出するプロック温度センサ16と、保護管14とヒートパイプ11との隙間に充填された充填材15とを備える。なお、保護管14とヒートパイプ11とが互いに密着している場合には、充填材15を省略することも可能である。10

【0025】

ヒートパイプ11は、試験空間101の内部と外部との間で熱伝導が可能な伝熱部材であり、試験空間101内に配置される第1部位11aと、当該試験空間101から断熱壁102によって断熱された外部空間103に配置される第2部位11bと、断熱壁102内に位置する第3部位11cとを有する。

【0026】

ヒートパイプ11は、作動流体が封入されており、試験空間101の温度と外部空間103の温度との温度差によってヒートパイプ現象を生じさせ得るように構成されている。これにより、ヒートパイプ11では、断熱壁102を貫通する第3部位11cを介して第1部位11aと第2部位11bとの間での伝熱が許容されている。具体的には、ヒートパイプ11は、銅などの熱伝導性の良い材料からなる密閉された細い管の内部に熱伝達媒体として水などの作動流体が減圧状態で封入されることによって構成されている。ヒートパイプ11は、作動流体が蒸発および凝縮しながら管本体の内部を循環することによって、試験空間101内の第1部位11aと外部空間103に位置する第2部位11bとの間ににおいて熱が搬送されるヒートパイプ現象を生じさせる。試験空間101内の温度が外部空間103の温度よりも所定温度以上高ければ、第1部位11aで蒸発した作動流体が第2部位11bで凝縮する。したがって、ヒートパイプ11は、第1部位11aにおいて試験空間101内の空気から吸熱し、第2部位11bにおいて外部空間103の空気に放熱する。2030

【0027】

温度センサ12は、ヒートパイプ11の第1部位11aの端部11a1（図4参照）の表面に取り付けられ、当該第1部位11aの端部11a1の表面の温度を検出する第1温度検出部として機能する。すなわち、温度センサ12は、ヒートパイプ11のうち、作動流体が蒸発する部位の温度を検出する。

【0028】

温度センサ12は、熱電対などからなり、薄いシート状に形成されている。また、温度センサ12は、ヒートパイプ11の外周面に沿うように配置され、第1部位11aの端部11a1の表面に接着されている。これにより、温度センサ12は、ヒートパイプ11に熱的に接続されている。温度センサ12には、電線17が接続されている。この電線17は、ヒートパイプ11と保護管14との間の隙間に配策されている。40

【0029】

温度センサ12は、ヒートパイプ11の第1部位11aの表面と保護管14との間に挟まれて保持されている。このため、温度センサ12がヒートパイプ11の表面から脱落するのが防止されている。

【0030】

保護管14は、試験空間101側の一端部（先端部）14aが閉じられた有底筒状の部材である。すなわち、保護管14の先端部14aは閉じられ、他方の端部（基端部）14

b には開口が形成されている。基端部 14 b の開口は、外部空間 103 に位置している。

【0031】

基端部 14 b には、平板形状のフランジ部 18 が設けられている。フランジ部 18 は、一方向に長い形状に形成されている。フランジ部 18 の長手方向の向きは、温度センサ 12 が取り付けられた位置（周方向の位置）に対して決められている。したがって、保護管 14 内において周方向のどの位置に温度センサ 12 が取り付けられているかが、フランジ部 18 の向きによって容易に分かる。フランジ部 18 は、保護管 14 に放熱ブロック 13 を固定するために用いられる。

【0032】

ヒートパイプ 11 は、温度センサ 12 が取り付けられた状態で、保護管 14 の基端部 14 b の開口を通して保護管 14 内に挿入されている。保護管 14 は、この状態で、ヒートパイプ 11 の第 1 部位 11 a および当該第 1 部位 11 a の表面に取り付けられた温度センサ 12 を覆っている。また、保護管 14 は、断熱壁 102 内部に位置しているヒートパイプ 11 の第 3 部位 11 c も覆っている。

【0033】

保護管 14 は、耐腐食性を有する金属材料（例えば、ステンレス）によって構成されている。保護管 14 の内径は、温度センサ 12 が取り付けられた状態でヒートパイプ 11 が挿入できるように、ヒートパイプ 11 の外径よりも少し大きくなるように設定されている。ヒートパイプ 11 と保護管 14との隙間には、熱伝導性の充填材 15 が充填されている。なお、ヒートパイプ 11 と保護管 14 との隙間に充填材 15 を充填した後に、ヒートパイプ 11 を拡管して隙間を狭くしてもよい。

【0034】

ヒートパイプ 11 のうち、チャンバ 100 の試験空間 101 内部に配置される第 1 部位 11 a およびチャンバ 100 の断熱壁 102 を貫通する第 3 部位 11 c は、充填材 15 を介して保護管 14 の内面に接触している。すなわち、ヒートパイプ 11 は保護管 14 に熱的に接続されている。これにより、充填材 15 を介して保護管 14 からヒートパイプ 11 へ熱を伝えることが可能になる。充填材 15 としては、高い熱伝導性を有する材料が採用され、例えば、酸化マグネシウムや伝熱グリスなどが用いられる。

【0035】

放熱ブロック 13 は、例えばアルミニウム合金等の金属製のものである。放熱ブロック 13 は塊状のものである。このため、放熱ブロック 13 は、試験空間 101 及び外部空間 103 の温度差に応じてヒートパイプ 11 からの伝熱量が変化した場合に、当該温度差に応じて放熱量を変化させる一方で、放熱ブロック 13 周囲の空気の流れ等によっては放熱量が変動しないような大きさの熱容量を有している。

【0036】

放熱ブロック 13 は、保護管 14 の基端部 14 b 近傍に設けられたフランジ部 18 に固定されている。すなわち、フランジ部 18 に形成された挿通孔に挿通されたビスを放熱ブロック 13 の側面に締結することにより、放熱ブロック 13 は保護管 14 に固定されている。なお、フランジ部 18 には、保護管 14 を挿通させる貫通孔（図示省略）が形成されている。また、フランジ部 18 は保護管 14 の基端部 14 b に固定されていてもよい。

【0037】

放熱ブロック 13 は、ヒートパイプ 11 の第 2 部位 11 b の端部に熱的に接続されている。具体的に、放熱ブロック 13 は、中実状に形成されており、放熱ブロック 13 を貫通する貫通孔 13 a が形成されている。ヒートパイプ 11 の第 2 部位 11 b 及び電線 17 はこの貫通孔 13 a に挿入されている。そして、ヒートパイプ 11 を拡管されることにより、保護管 14 の基端部 14 b よりも放熱ブロック 13 の奥側において、ヒートパイプ 11 は、貫通孔 13 a の内周面に密着した状態となっている。これにより、ヒートパイプ 11 と放熱ブロック 13 とは熱的に接続されている。ヒートパイプ 11 にブロック状の放熱ブロック 13 が熱的に接続されているため、ヒートパイプ 11 及び放熱ブロック 13 を一体とした大きな熱容量が構成されている。なお、ヒートパイプ 11 を拡管するのに代えて、

10

20

30

40

50

放熱ブロック 13 を焼き嵌めするようにしてもよい。ヒートパイプ 11 と放熱ブロック 13 の貫通孔 13a の内周面との間に、図略の充填材を介装してもよい。充填材を介装することにより、ヒートパイプ 11 と放熱ブロック 13 との間の熱抵抗を低減することができる。

【 0 0 3 8 】

放熱ブロック 13 の貫通孔 13a 内に挿入された電線 17 は、放熱ブロック 13 に固定されたコネクタ 20 に電気的に接続されている。コネクタ 20 には、演算装置 3 に接続された電線 21 (図 1 参照) が接続可能となっている。

【 0 0 3 9 】

放熱ブロック 13 には、放熱ブロック 13 が有する熱を放出するための複数の針状の冷却フィン 22 が設けられている。この冷却フィン 22 は、ヒートパイプ 11 の第 2 部位 11b から放熱ブロック 13 に伝達された熱を外部空間 103 に放熱する。冷却フィン 22 は、外部空間 103 の温度に対して試験空間 101 内の温度が相対的に変化する範囲から得られる伝熱量に対して、大き過ぎず、かつ小さ過ぎない放熱量が得られる寸法に設定されている。すなわち、ヒートパイプ 11 の第 1 部位 11a の先端部 11a1 を試験空間 101 内部の環境下における露点以下まで冷却可能な放熱量を有する一方で、露点よりも過剰に低くならないような放熱量が得られるように設計されている。

【 0 0 4 0 】

放熱ブロック 13 には、放熱ブロック 13 の温度を検出するブロック温度検出部としてのブロック温度センサ 16 が埋め込まれている。具体的に、放熱ブロック 13 には、フランジ部 18 に固定された面とは反対側の面から放熱ブロック 13 の中に向かって延びる有底穴 13b が形成されている。ブロック温度センサ 16 は、有底穴 13b の奥側部に配置されており、ブロック温度センサ 16 に接続された配線 23 が有底穴 13b から引き出されている。この配線 23 は、演算装置 3 に接続されている。

【 0 0 4 1 】

有底穴 13b には、グリス等の充填材 24 が挿入されていて、有底穴 13b は充填材 24 によって塞がれている。このため、充填材 24 により、ブロック温度センサ 16 は、放熱ブロック 13 の周囲の空気との伝熱が遮断された状態となっている。このため、ブロック温度センサ 16 は、放熱ブロック 13 の周囲の空気の温度が微小に変動した場合、周囲の空気が流動する場合にその影響を受けることなく、放熱ブロック 13 の温度を検出することができる。また、ブロック温度センサ 16 は、充填材 24 を介して放熱ブロック 13 と熱的に接続されている。すなわち、充填材 24 は、ブロック温度センサ 16 と放熱ブロック 13 との間の熱抵抗を低減する機能を有するとともに、ブロック温度センサ 16 を周囲の空気から遮断する機能をも有している。なお、充填材 24 を省略することも可能である。この場合、ブロック温度センサ 16 は、周囲の空気とは完全に遮断された状態ではなくなるが、放熱ブロック 13 に埋め込まれているため、周囲の空気の温度の影響を受け難い。

【 0 0 4 2 】

演算装置 3 は、図 1 に示すように、測定部 2 から送られてきた温度に関する情報等の情報を記憶する記憶部 31 と、記憶部 31 に記憶された温度に関する情報を用いて相対湿度を演算する演算部 32 と、演算部 32 で求められた相対湿度に関する情報を出力する出力部 33 とを備える。

【 0 0 4 3 】

記憶部 31 は、乾球温度センサ 7 から電線 9 を介して送られてきた乾球温度に関する情報を記憶する乾球温度記憶部 31a と、温度センサ 12 から送られてきたヒートパイプ 11 の第 1 部位 11a における温度に関する情報を記憶するヒートパイプ温度記憶部 31b と、ブロック温度センサ 16 によって検出された放熱ブロック 13 の温度に関する情報を記録するブロック温度記憶部 31c と、を有する。

【 0 0 4 4 】

演算部 32 は、乾球温度記憶部 31a に記憶された乾球温度、ヒートパイプ温度記憶部

10

20

30

40

50

3 1 b に記憶された第 1 部位 1 1 a の温度及びブロック温度記憶部 3 1 c に記憶された放熱ブロック 1 3 の温度を用いて、所定の演算式によって演算することにより、試験空間 1 0 1 内部の相対湿度を演算する。

【 0 0 4 5 】

出力部 3 3 は、ディスプレイまたはプリンタなどからなる。出力部 3 3 は、演算部 3 2 で求められた相対湿度に関する情報を、図略のディスプレイ上に表示することによって出力してもよく、あるいは、図略のプリンタから印刷することによって出力してもよい。

【 0 0 4 6 】

ここで、演算部 3 2 が行う試験空間 1 0 1 内の空気の相対湿度の演算について説明する。

10

【 0 0 4 7 】

相対湿度の導出には、ヒートパイプ 1 1 の第 1 部位 1 1 a への入熱量と、放熱ブロック 1 3 から放出される放熱量と、がバランスする、という熱収支に関する関係式が用いられている。ヒートパイプ 1 1 の第 1 部位 1 1 a への入熱には、試験空間 1 0 1 (測定空間) からヒートパイプ 1 1 の第 1 部位 1 1 a に入る顯熱と、試験空間 1 0 1 の空気中の水分の凝縮による潜熱とが含まれる。

【 0 0 4 8 】

保護管 1 4 (ヒートパイプ 1 1) の表面における空気中の水分の凝縮により、ヒートパイプ 1 1 に入る潜熱、言い換えると、凝縮による吸熱量 $q_{c_{on}}$ は式 (1) で表される。試験空間 1 0 1 からヒートパイプ 1 1 に入る顯熱、言い換えると、空気による伝熱量 q_{heat} は、式 (2) で表される。

20

【 0 0 4 9 】

【 数 1 】

$$q_{Con} = H_v \cdot \frac{D}{\delta} \cdot \frac{p_0}{p} \cdot \frac{1}{R t_e} (e - e_{se}) \quad \text{式(1)}$$

$$q_{Heat} = \frac{\lambda}{\delta} (t - t_e) \quad \text{式(2)}$$

30

【 0 0 5 0 】

ここで、 H_v : 水の潜熱、 D : 水蒸気拡散係数、 δ : 境界膜厚さ、 R : 気体定数、 t_e : 第 1 部位 1 1 a の温度、 e_{se} : t_e における飽和水蒸気圧、 e : 試験空間 1 0 1 内の空気中の水蒸気分圧、 λ : 空気の熱伝導率、 t : 乾球温度である。

【 0 0 5 1 】

放熱ブロック 1 3 から外部への放熱量 q_c は、以下の式 (3) で表される。

【 0 0 5 2 】

【 数 2 】

$$q_c = \frac{(t_e - t_b)}{R_{eb}} \quad \text{式(3)}$$

40

【 0 0 5 3 】

ここで、 t_b は：放熱ブロック 1 3 の温度 (ブロック温度) 、 R_{eb} : ヒートパイプ 1 1 と放熱ブロック 1 3 との間の熱抵抗である。

【 0 0 5 4 】

凝縮による吸熱量 $q_{c_{on}}$ と空気による伝熱量 q_{heat} の合計値は、外部への放熱量 q_c と平衡するため、以下の式 (4)

$$q_{c_{on}} + q_{heat} = q_c \quad \text{式(4)}$$

50

が成立する。式(4)に式(1)～(3)を代入して整理すると、式(5)が得られる。

【0055】

【数3】

$$e = e_{se} - \frac{R \cdot t_e \cdot \lambda}{H_v \cdot D \cdot p_0} \cdot p \cdot (t - t_e) + \frac{R \cdot t_e \cdot \lambda}{H_v \cdot D \cdot p_0} \cdot p \frac{\delta}{\lambda} \cdot \frac{(t_e - t_b)}{R_{eb}} \quad \text{式(5)}$$

【0056】

乾湿計係数Aを以下の式(6)で定義すると、式(5)は簡略化され、以下の式(7)が得られる。

【0057】

【数4】

$$A = \frac{R \cdot t_w \cdot \lambda}{H_v \cdot D \cdot p_0} \quad \text{式(6)}$$

$$e = e_{se} - A \cdot p \cdot (t - t_e) + A \cdot p \cdot \frac{\delta}{\lambda} \cdot \frac{(t_e - t_b)}{R_{eb}} \quad \text{式(7)}$$

【0058】

式(7)を、各温度t、t_e、t_bの関数として整理すると、式(8)が得られる。

【0059】

【数5】

$$e = e_{se} + \left(\frac{A \cdot p \cdot \delta}{R_{eb}} - A \cdot p \right) \cdot t_e + A \cdot p \cdot t - \frac{A \cdot p \cdot \delta}{R_{eb}} \cdot t_b \quad \text{式(8)}$$

【0060】

この式(8)を用いて空気の水蒸気分圧eを導出することができ、この水蒸気分圧eを用いて、測定空間の相対湿度を求めることができる。

【0061】

演算部32には、乾球温度記憶部31aに記憶された乾球温度tと、ヒートパイプ温度記憶部31bに記憶された第1部位11aの温度t_eと、ブロック温度記憶部31cに記憶された放熱ブロック13の温度(ブロック温度)t_bとが入力される。

【0062】

記憶部31には、乾球温度tと飽和水蒸気圧e_sとを関連付けた情報が記憶されるとともに、式(8)が記憶されている。そして、演算部32に入力された乾球温度tと、第1部位11aの温度t_eと、ブロック温度t_bとを式(8)に代入することにより、演算部32は、空気の水蒸気分圧eを導出する。また、演算部32は、乾球温度tに対応する飽和水蒸気圧e_sに対する水蒸気分圧eのパーセンテージから、測定空間の相対湿度を導出する。

【0063】

ここで、演算部32によって導出された測定空間の相対湿度と基準値とを比較した結果について、図5を参照しつつ説明する。基準値は、恒温恒湿槽に備え付けられた従来公知の基準湿度計による検出値である。また、比較例として、ヒートパイプにおける外部空間に位置する外側部に熱流センサが取り付けられた構成も用意し、比較例による検出結果との比較も行った。

【0064】

図5において、上部に示されている波形は、本実施形態によって得られた相対湿度、基

10

20

30

40

50

準湿度計による相対湿度（基準湿度）、比較例によって得られた相対湿度である。下部に示されている波形は、本実施形態によって得られた相対湿度と基準湿度との差分を示す波形と、比較例によって得られた相対湿度と基準湿度との差分を示す波形である。なお、この測定例は、相対湿度を 85 % R H 設定とし、外部空間（外部空間 103）の温度（外気温度）を 40 から 3 まで次第に下げ、その後、33 まで上昇させたときの測定空間（試験空間 101）内の相対湿度を測定したものである。

【0065】

図 5 に示すように、比較例では、測定空間内の温度が変化するのに伴い、相対湿度も変化し、最大で 5 % 以上の誤差があることが分かる。熱流センサを用いた場合では、外気温度の変化に応じて導出された相対湿度が変化していることから、熱流センサによる熱流量の検出値は、熱流センサの表面からの放熱量の変動の影響を受けてばらついていると推測される。これに対し、本実施形態によって導出された相対湿度は、外気温度によらず $\pm 2\%$ の誤差範囲内に収まっている。すなわち、放熱ブロック 13 の温度を用いた場合には、外気温度の微小変動の影響（気流による影響）を受け難いため、放熱ブロック 13 からの放熱量を、ヒートパイプ 11 における第 1 部位 11a の温度 t_e と放熱ブロック 13 の温度 t_b との温度差から精度よく求めることができると推測される。10

【0066】

放熱ブロック 13 はヒートパイプ 11 と熱的に接続されている。このため、図 6 に示すように、ヒートパイプ 11 における第 1 部位 11a の温度 t_e とブロック温度 t_b との温度差 $t_e - t_b$ は、測定空間（試験空間 101）内の露点 T_d の変化に対して線形的に変化する関係にある。一方で、温度差 $t_e - t_b$ は、放熱ブロック 13 の放熱量に比例する関係にあるため、放熱ブロック 13 からの放熱量は、外部空間の温度（外気温度）に応じて異なる。したがって、放熱量を温度差 $t_e - t_b$ で定量化することができるところの裏付けとなっている。なお、図 6 は、外気温度が 0 ~ 40 の場合の測定例である。20

【0067】

以上説明したように、本実施形態では、ヒートパイプ 11 の第 2 部位 11b に放熱ブロック 13 が熱的に接続されている。そして、ブロック温度センサ 16 は、放熱ブロック 13 の温度を検出する。放熱ブロック 13 は熱容量が大きく、周囲の空気の流れや、該空気の温度の変動の影響を受け難い。このため、放熱ブロック 13 の温度は、周囲の空気の流れ等によって変動し難い。このため、放熱ブロック 13 から放熱される放熱量を安定させることができるために、試験空間 101 内の相対湿度を精度よく算出することができる。30

【0068】

また本実施形態では、ブロック温度センサ 16 が放熱ブロック 13 の周囲の空気との伝熱が遮断された状態で配置されている。このため、ブロック温度センサ 16 自体が周囲の空気の温度の影響を受けないため、放熱ブロック 13 の温度をより正確に検出することができる。

【0069】

しかも本実施形態では、ブロック温度センサ 16 が放熱ブロック 13 に埋め込まれているため、より安定した温度を検出することができる。すなわち、放熱ブロック 13 において、周囲の空気に触れる表面は、周囲の空気の流動の影響を少なからず受けることがある。これに対し、ブロック温度センサ 16 が放熱ブロック 13 の内部に埋め込まれていれば、そのような影響はない。したがって、放熱ブロック 13 の温度をより正確に検出することができる。40

【0070】

また本実施形態では、保護管 14 がフランジ部 18 を介して放熱ブロック 13 に支持されるため、保護管 14 を安定して保持することができる。

【0071】

また本実施形態では、フランジ部 18 が保護管 14 の延びる方向に対して直交する方向において、一方向に長い形状となっている。このため、保護管 14 内に温度センサ 12 が配置されているとしても、保護管 14 の周方向に対して温度センサ 12 がどの向きに配置

10

20

30

40

50

されているかを容易に把握することができる。したがって、試験空間101内における空気の流動方向を考慮して、温度センサ12が配置される向きを決めることができる。

【0072】

なお、本発明は、前記実施形態に限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲で種々変更、改良等が可能である。例えば、前記実施形態では、ブロック温度センサ16が放熱ブロック13の中に埋め込まれた例について説明した。これに限られるものではなく、例えば、図7に示すように、ブロック温度センサ16は、放熱ブロック13の外面に固定されるとともに、カバー26で覆われる形態であってもよい。この場合、カバー26は断熱性を有するものであることが望ましい。

【0073】

前記実施形態では、記憶部31に式(8)が記憶されている構成としたが、式(5)が記憶されていて、演算部32は、乾球温度 t と、第1部位11aの温度 t_e と、ブロック温度 t_b とを式(5)に代入する構成であってもよい。この構成でも、放熱ブロック13からの放熱量に相關関係のある第1部位11aの温度 t_e と、ブロック温度 t_b との温度差を用いて相対湿度(又は空気中の水蒸気分圧 e)を導出することとなる。

10

【0074】

前記実施形態では、湿度計1が環境試験装置のチャンバ100に形成された試験空間101内の空気の相対湿度を導出する構成であったが、これに限られない。湿度計1は、所定の閉じた空間(測定空間)内の空気の相対湿度を測定する構成であれば、チャンバ100に設けられるものに限られない。この場合、ヒートパイプ11の第1部位11aが配置される測定空間と第2部位11bが配置される外部空間とが断熱壁102とによって区画される構成に限られない。測定空間と外部空間とが区分けされていることが好ましいが、区分けされていない場合でもよい。

20

【0075】

前記実施形態では、伝熱部材がヒートパイプ11によって構成された例を示したが、これに限られない。例えば、伝熱部材が銅製の棒材によって形成されていてもよい。

【0076】

前記実施形態では、保護管14がフランジ部18を介して放熱ブロック13に固定される構成としたが、これに限られない。例えば、フランジ部18を省略することも可能である。この場合、保護管14の基端部14bが放熱ブロック13の貫通孔13aに差し込まれることによって、保護管14が放熱ブロック13に固定される構成となる。

30

【0077】

前記実施形態では、フランジ部18が保護管14の延びる方向に対して直交する方向において、一方向に長い形状となっているがこれに限られない。フランジ部18の形状は任意の形状であってもよい。

【符号の説明】

【0078】

- 1 湿度計
- 7 乾球温度センサ
- 11 ヒートパイプ
- 11a 第1部位
- 11b 第2部位
- 12 温度センサ
- 13 放熱ブロック
- 14 保護管
- 16 ブロック温度センサ
- 18 フランジ部
- 32 演算部
- 100 チャンバ
- 101 試験空間

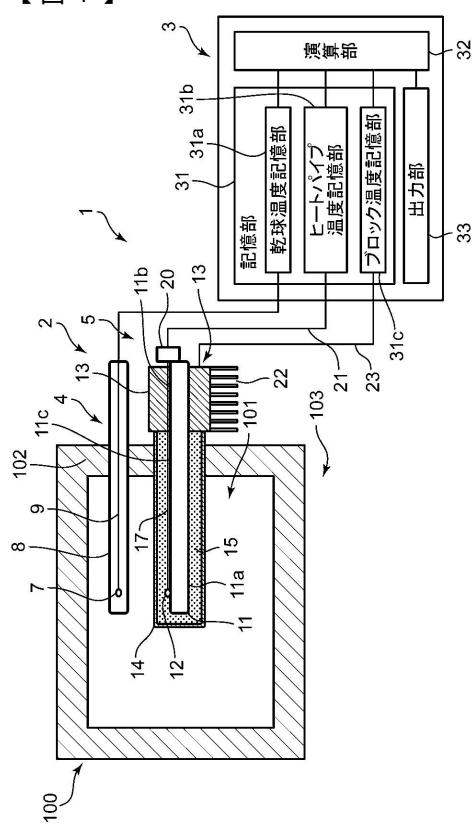
40

50

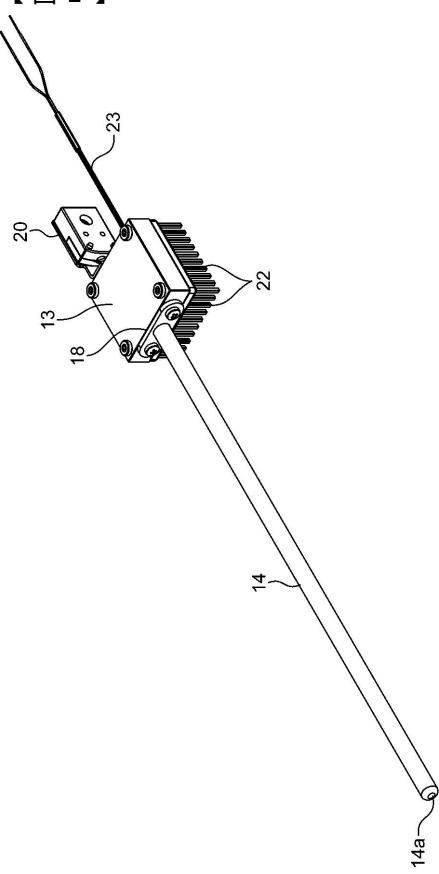
102 断熱壁

103 外部空間

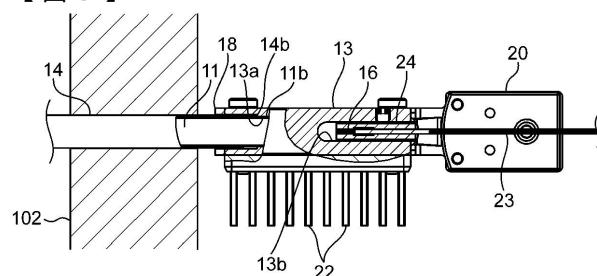
【図1】



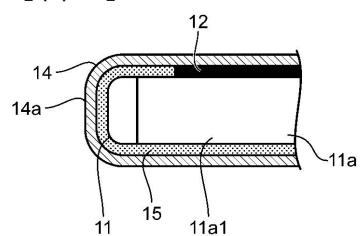
【図2】



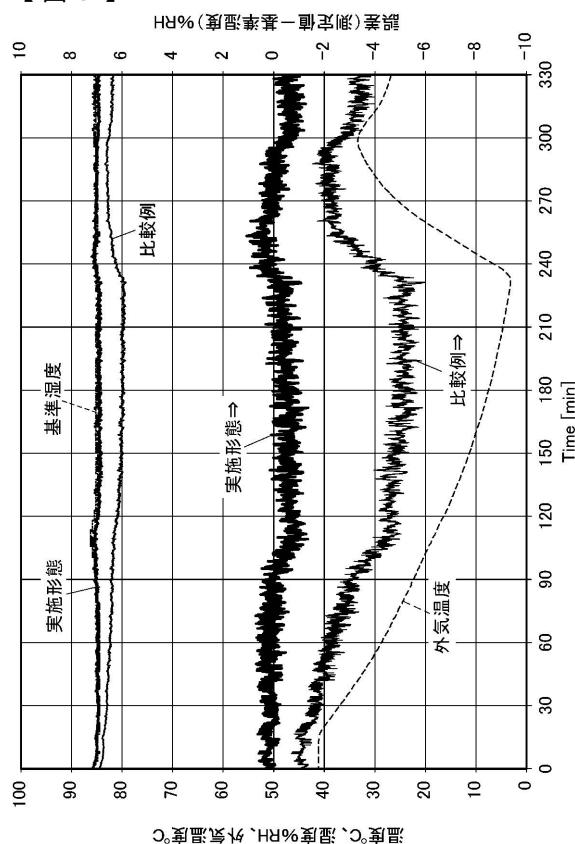
【図3】



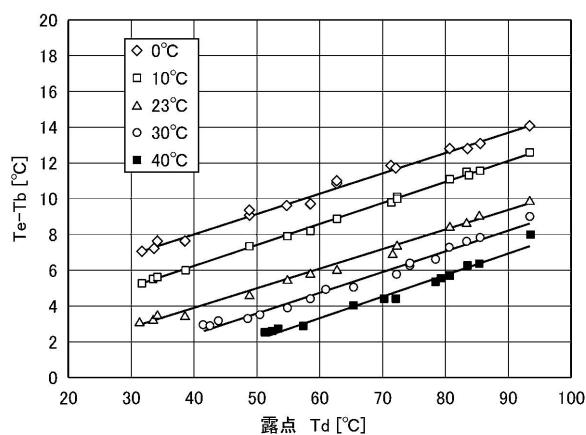
【図4】



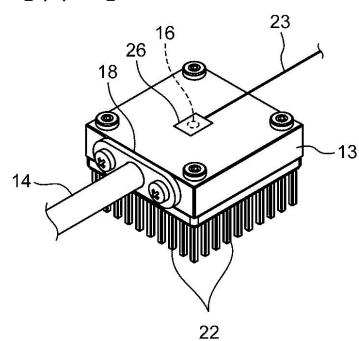
【図5】



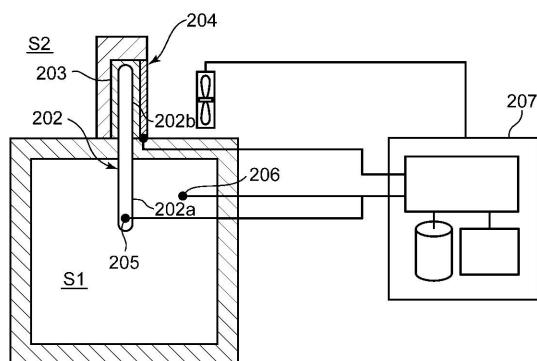
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-083206(JP,A)
特開平05-252637(JP,A)
特開2014-002347(JP,A)
米国特許出願公開第2015/0282389(US,A1)
特開2015-055556(JP,A)
特開昭56-019431(JP,A)
特開昭58-106792(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 25/64