

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5226861号
(P5226861)

(45) 発行日 平成25年7月3日 (2013.7.3)

(24) 登録日 平成25年3月22日 (2013.3.22)

(51) Int.Cl.
GO 1 N 17/00 (2006.01)F I
GO 1 N 17/00

請求項の数 17 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2011-511278 (P2011-511278)	(73) 特許権者	000108797
(86) (22) 出願日	平成22年4月5日 (2010.4.5)		エスベック株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2010/002495		大阪府大阪市北区天神橋3丁目5番6号
(87) 国際公開番号	W02010/125748	(73) 特許権者	000006231
(87) 国際公開日	平成22年11月4日 (2010.11.4)		株式会社村田製作所
審査請求日	平成24年12月20日 (2012.12.20)		京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(31) 優先権主張番号	特願2009-109839 (P2009-109839)	(74) 代理人	100067828
(32) 優先日	平成21年4月28日 (2009.4.28)		弁理士 小谷 悦司
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(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	嶋田 哲也
			大阪市北区天神橋3丁目5番6号 エスベック株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 結露試験装置及び結露試験方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

結露試験を行うための装置であって、
 空気の温度及び湿度を所定の温度及び湿度に調整可能な調整部と、
 供試体を載置可能な載置面を有し且つ前記載置面を冷却可能な試料台を備え、前記調整部とは別個に設置される試験槽と、

前記調整部と前記試験槽とを繋ぐダクトと、を備え、

前記試験槽は、前記ダクトを通して前記試験槽内に流入した空気が前記試料台の側方から前記試料台上に流れる際に、前記試料台における風上側の端部の真上の位置において前記空気を所定の角度で下向きに傾斜した方向に導く導風部材を備えている結露試験装置。

10

【請求項2】

請求項1に記載の結露試験装置において、

前記ダクトの上流側端部は、下流側端部よりも低い位置に配設されている結露試験装置

。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の結露試験装置において、

前記試料台の側方から前記試料台に向かって流れる空気の風速は、0.2～2m/sである結露試験装置。

【請求項4】

請求項1から3の何れか1項に記載の結露試験装置において、

20

前記試料台における風上側の端部の真上の位置での前記導風部材の傾き角度は、水平方向に対して5～80度である結露試験装置。

【請求項5】

請求項1から4の何れか1項に記載の結露試験装置において、
所定の温度及び湿度に調整された空気の流速を安定させるバッファ空間が形成されている結露試験装置。

【請求項6】

請求項1から5の何れか1項に記載の結露試験装置において、
前記導風部材は、風上側から風下側に向かって空気の流路面積を小さくする結露試験装置。

10

【請求項7】

請求項1から6の何れか1項に記載の結露試験装置において、
前記導風部材は、前記試験槽のケーシングの一部である結露試験装置。

【請求項8】

請求項1から7の何れか1項に記載の結露試験装置において、
前記試験槽は、前記供試体の表面を拡大可能な顕微鏡を備えている結露試験装置。

【請求項9】

請求項1から8の何れか1項に記載の結露試験装置において、
前記試験槽は、前記供試体の表面に生じた結露を検出可能な結露検出部を備えている結露試験装置。

20

【請求項10】

請求項1から9の何れか1項に記載の結露試験装置において、
前記空気の風速及び前記導風部材の角度の少なくとも一方が可変である結露試験装置。

【請求項11】

請求項1から10の何れか1項に記載の結露試験装置において、
前記試料台の載置面には、熱抵抗低減材が設けられている結露試験装置。

【請求項12】

請求項1から10の何れか1項に記載の結露試験装置において、
前記試料台は、ペルチエ素子を有する結露試験装置。

【請求項13】

請求項12に記載の結露試験装置において、
前記供試体上を通過した空気を前記ペルチエ素子からの放熱で加熱する結露試験装置。

30

【請求項14】

結露試験を行う方法であって、
調整部内において、空気の温度及び湿度を所定の温度及び湿度に調整し、
前記調整部からダクトを通して試験槽に空気を導入し、
前記試験槽内において、供試体が載置された試料台の載置面を冷却し、
前記試験槽内において、前記試料台の側方から、前記試料台における風上側の端部の真上の位置において所定の角度で下向きに傾斜した方向に空気を導いて、前記試料台上に空気を流し、前記供試体上に結露を生じさせる結露試験方法。

40

【請求項15】

請求項14に記載の結露試験方法において、
前記試料台の側方から前記試料台に向かって、風速0.2～2m/sで空気を流す結露試験方法。

【請求項16】

請求項14又は15に記載の結露試験方法において、
前記試料台の側方から前記試料台に向かって、水平方向に対して5～80度の角度で斜め下向きに空気を流す結露試験方法。

【請求項17】

請求項14から16の何れか1項に記載の結露試験方法において、

50

バッファ空間内において空気の流速と湿度分布を安定させ、この流速と湿度分布が安定した空気を前記試料台の側方から斜め下方に前記試料台上に向けて流れさせる結露試験方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、結露試験装置及び結露試験方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、下記特許文献1～3に開示されているように、結露試験を行うことが可能な結露試験装置が知られている。

10

【0003】

特許文献1に開示された結露試験装置は、断熱パネルによって構成された全体槽を有する。この全体槽には、試験室と低温側調整槽と高温側調整槽とが含まれている。低温側調整槽は、試験室の下側に配設されており、低温低湿度の空気を生成する。試験室の床面パネルには、試験室と低温側調整槽との間で空気の循環／遮断を行うための導入口ダンパー及び排出口ダンパーが設けられている。一方、高温側調整槽は、試験室の背面側に配設されており、高温高湿度の空気を生成する。試験室の背面パネルには、試験室と高温側調整槽との間で空気の循環／遮断を行うための導入口ダンパー及び排出口ダンパーが設けられている。そして、この結露試験装置では、各調整槽で生成された空気を試験室に導入するタイミングを調整することにより、試験室内を結露環境下に調整している。

20

【0004】

一方、特許文献2に開示された結露環境試験装置は、装置本体を有し、この装置本体内在仕切り板によって空調室と試験室とに仕切られた構成となっている。空調室には、加湿器、蒸発器及び加熱器が配設されており、試験室の試料台には、冷却器が配設されている。仕切り板には、空調室で所定の温度及び湿度に調整された空気を試験室内に導入させるための導入口と、試験室内の空気を空調室に戻すための排出口とが設けられている。そして、この結露環境試験装置では、結露制御器によって加湿器及び冷却器を制御するとともに、蒸発器及び加熱器を制御することにより、試料台上の供試体上で結露を生じさせることができる。

30

【0005】

また、特許文献3に開示された結露試験装置では、装置本体内在試験室と空調室とに仕切られている。装置本体内在には、定露点発生装置と冷風発生器とが設けられている。この定露点発生装置で生成された湿り空気と、冷風発生装置で生成された低温空気とは、ダクトによって試験室内に導入される。これにより、試験室内の試料台上に載置された供試体上で結露を生じさせることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2007-271551号公報

40

【特許文献2】特許第3113823号公報

【特許文献3】特開平5-164684号公報

【0007】

特許文献1及び2の試験装置では、試験室と空調室（又は調整槽）との間で空気が循環する。しかしながら、これらの試験装置では、試験室内において空気の流れを正確にコントロールすることは困難なため、供試体上の結露をほぼ均一な状態に維持することは困難である。

【0008】

一方、特許文献3の試験装置では、温度及び湿度が調整された空気がダクト内を流れて試験室内の試料台上に導かれるので、ダクトを流れてきた空気を直接、供試体に当てるこ

50

とができる。このため、供試体の温度を試験室全体の温度よりも低温にすることができて、供試体に結露を発生させることができる。しかしながら、ダクトの出口が供試体のすぐ上に位置しているので、ダクト内で生じた結露水が供試体上に落ちる虞がある。このため、供試体上の結露をほぼ均一な状態に維持することは困難である。

【0009】

また、特許文献1から3の何れの試験装置も試験室と空調室とが一体的に形成される構成なので、空調室の振動が試験室内に伝わってしまい、これにより、結露粒が融合したり、流れたりして供試体の結露状態に影響を及ぼす虞がある。このため、供試体が振動を受けることによって、供試体上の結露をほぼ均一な状態に維持することは困難となる。

【発明の概要】

10

【0010】

本発明の目的は、供試体上の結露をほぼ均一な状態に維持することが可能な結露試験装置及び方法を提供することである。

【0011】

本発明の一局面に従う結露試験装置は、結露試験を行うための装置であって、空気のと温度及び湿度を所定の温度及び湿度に調整可能な調整部と、供試体を載置可能な載置面を有し且つ前記載置面を冷却可能な試料台を備え、前記調整部とは別個に設置される試験槽と、前記調整部と前記試験槽とを繋ぐダクトと、を備え、前記試験槽は、前記ダクトを通して前記試験槽内に流入した空気が前記試料台の側方から前記試料台上に流れる際に、前記試料台における風上側の端部の真上の位置において前記空気を所定の角度で下向きに傾斜した方向に導く導風部材を備えている結露試験装置である。

20

【0012】

また、本発明の一局面に従う結露試験方法は、結露試験を行う方法であって、調整部において、空気のと温度及び湿度を所定の温度及び湿度に調整し、前記調整部からダクトを通して試験槽に空気を導入し、前記試験槽内において、供試体が載置された試料台の載置面を冷却し、前記試験槽内において、前記試料台の側方から、前記試料台における風上側の端部の真上の位置において所定の角度で下向きに傾斜した方向に空気を導いて、前記試料台上に空気を流し、前記供試体上に結露を生じさせる結露試験方法である。

【図面の簡単な説明】

【0013】

30

【図1】本発明の第1実施形態に係る結露試験装置を概略的に示す図である。

【図2】前記結露試験装置において、供試体に向かう空気の流れを説明するための図である。

【図3】風向きと結露量の変動幅との関係（一例）を示す図である。

【図4】（a）供試体の風上側での表面の結露を示す図であり、（b）供試体の風下側での表面の結露を示す図である。

【図5】（a）（b）（c）風向きによる境界層の影響を説明するための図である。

【図6】（a）（b）風速0.2m/s未満の場合での結露状態の時間変化を説明するための図である。

【図7】風速と結露の粒径のばらつきとの関係（角度5度の場合の結果の一例）を示す特性図である。

40

【図8】風速と結露の粒径のばらつきとの関係（角度30度の場合の結果の一例）を示す特性図である。

【図9】前記結露試験装置による結露試験方法の手順を説明するためのフロー図である。

【図10】本発明の第1実施形態の変形例に係る結露試験装置を概略的に示す図である。

【図11】本発明の第1実施形態の変形例に係る結露試験装置を概略的に示す図である。

【図12】本発明の第2実施形態に係る結露試験装置を概略的に示す図である。

【図13】本発明の第2実施形態の変形例に係る結露試験装置を概略的に示す図である。

【図14】本発明の第2実施形態の変形例に係る結露試験装置を概略的に示す図である。

【図15】ワイブルプロットによる再現性確認のための実験結果の一例を示す特性図であ

50

る。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の一実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

【0015】

(第1実施形態)

図1に示すように第1実施形態に係る結露試験装置10は、調整部の一例としての調整槽12と、試験槽14と、これらを繋ぐダクト17、18とを備えている。

【0016】

調整槽12は、試験槽14に供給される空気の温度及び湿度を所定の温度及び湿度に調整するためのセクションである。調整槽12は、中空状のケーシング21を備えている。ケーシング21の底部には、脚部21aが設けられており、この脚部21aは接地している。

10

【0017】

ケーシング21内には、仕切り板23が鉛直方向に延びるように配設されており、この仕切り板23によって、調整槽12内は、調整空間SAとバッファ空間SBとに仕切られている。仕切り板23には、2つの連通孔23a、23bが設けられている。一方の連通孔23aは仕切り板23の上端部に位置し、他方の連通孔23bは仕切り板23の下端部に位置している。

【0018】

20

調整空間SAには、加湿器25と、冷却器27と、加熱器29と、送風機31とが配設されている。送風機31は、調整空間SAの上端部に配設されており、温度及び湿度が調整された空気をバッファ空間SBに向けて吹き出す。これにより、調整槽12内では、上側の連通孔23a及び下側の連通孔23bを通して、調整空間SAとバッファ空間SBとの間で空気が循環する。なお、送風機31は、送風量が可変のものでもよく、あるいは一定風量のものでもよい。

【0019】

バッファ空間SBには、何も配設されていない。バッファ空間SBには、その上端部の連通孔23aから空気が流入する。そして、バッファ空間SB内の空気は、下端部の連通孔23bから流出して調整空間SAに戻る。バッファ空間SB内には空気が流通しているが、バッファ空間SB内の圧力はほぼ安定している。ケーシング21の側壁部には、バッファ空間SBに臨む位置に流出口21bと流入口21cとが形成されている。流出口21bは、仕切り板23に形成された上側の連通孔23aよりも下方に位置し、流入口21cは、流出口21bよりも下方に位置する。

30

【0020】

試験槽14は、供試体Wの結露試験を行うセクションである。試験槽14は、中空状のケーシング35を備えている。試験槽14のケーシング35は、例えば矩形状に形成された底部36と、底部36の周縁部から立ち上がるように設けられる側壁部37a、37bと、側壁部37a、37bの上端部に架渡されるように設けられる天井部38とを備えている。

40

【0021】

1つの側壁部(図1の左側の側壁部)37aには、ケーシング35内に空気を導入するための導入口37cと、ケーシング35内の空気を排出するための導出口37dとが形成されている。導入口37cは、導出口37dよりも上側に位置している。側壁部37aには、導入口37cから調整槽12の流出口21bに繋がる上流側ダクト17が接続されている。また側壁部37aには、導出口37dから調整槽12の流入口21cに繋がる下流側ダクト18が接続されている。これにより、バッファ空間SB内の空気は、上流側ダクト17を通して試験槽14内に導入され、試験槽14内の空気は、下流側ダクト18を通してバッファ空間SBに戻される。上流側ダクト17は、例えば1.5m~2m程度の長さを有する。

50

【0022】

試験槽14の導入口37cは、調整槽12の流出口21bよりも上方に位置している。言い換えると、上流側ダクト17の上流側端部は、上流側ダクト17の下流側端部よりも低い位置に配設されている。このため、上流側ダクト17を流れる空気は上方に向かって流れることになり、ダクト17内で結露した場合には、結露水はダクト17を伝って調整槽12に流れる。また、加湿器25で発生し、空気中を浮遊する水粒子は、慣性力によってダクト17の壁面に付着するが、この水粒子は、前記結露水と合流して同様に調整槽12に流れる。したがって、結露水が試験槽14内に流れ込むのを防止することができる。

【0023】

ケーシング35の底部36には、脚部36aが設けられており、この脚部36aは接地している。すなわち、試験槽14と調整槽12とは、それぞれ別個に設置されている。そして、試験槽14と調整槽12とはダクト17、18によって互いに連結されている。このため、調整槽12の振動が試験槽14には伝わり難くなっている。

【0024】

試験槽14内は試験空間STとして形成されている。そして、試験槽14内には、仕切り部材41と、試料台43と、第1ファン45と、整風板47と、第2ファン49と、フィン51とが配設されている。仕切り部材41は、導入口37cと導出口37dとの間の高さ位置において、導入口37c及び導出口37dを有する側壁部37aから、その対向する側壁部37bに向かって延びる姿勢で配設された板状の部材である。仕切り部材41と対向側壁部37bとの間には、所定幅の間隙が形成されていて、この間隙を通して仕切り部材41の上側の上流側空間SUと、仕切り部材41の下側の下流側空間SDとが連通している。上流側空間SUには、導入口37cを通して調整槽12からの空気が導入される。下流側空間SDの空気は、導出口37dを通して排出され、この空気は調整槽12に戻される。なお、下流側ダクト18を省略し、試験槽14の導出口37dから排出される空気が外部に排出されて調整槽12には戻らない構成としてもよい。

【0025】

仕切り部材41には、開口部が形成されており、試料台43はこの開口部から下から嵌め込まれている。そして、試料台43の上面である載置面43aは水平になっていて、試験空間STの上流側空間SUに面している。試料台43は、熱伝導率の高い材質で構成されているが、仕切り部材41との間に隙間が形成される等により、試料台43の熱が仕切り部材41に伝わり難いようになっている。

【0026】

試料台43は、ペルチエ素子が含まれる加熱冷却部43bを備え、この加熱冷却部43bによって載置面43aを加熱可能又は冷却可能に構成されている。すなわち、試料台43は、載置面43a上の供試体Wを加熱又は冷却する加熱冷却プレートとして機能する。加熱冷却部43bには、多数のフィン51が熱的に接続されており、このフィン51は下流側空間SDに配設されている。これにより、上流側空間SUを通過した空気がフィン51間を流通する。すなわち、加熱冷却部43bのペルチエ素子が試料台43の載置面43aを冷却するように機能するときには、ペルチエ素子の放熱部の熱が伝わるフィン51によって下流側空間SD内の空気を加熱する。

【0027】

第1ファン45は、上流側空間SUに配設されている。より具体的には、第1ファン45は、試験槽14内における導入口37cのすぐ内側に配設されている。第1ファン45は、送風量を可変なファンによって構成されている。

【0028】

なお、第1ファン45は、上流側ダクト17の下流側に位置する上流側空間SU内に配設される構成に限られるものではない。例えば、第1ファン45は、上流側ダクト17の上流側であるバッファ空間SB内に配設されていてもよい（図11参照）。この場合には、第1ファン45は、調整槽12の流出口21bを覆うように設けられることになる。第1ファン45が調整槽12に配置される構成では、第1ファン45の振動が試料台43に

伝わることを防止できるので、試料台 4 3 の振動をより効果的に抑制することができる。
また、第 1 ファン 4 5 は、上流側ダクト 1 7 の中間位置に設けられていてもよい。

【0029】

整風板 4 7 は、第 1 ファン 4 5 のすぐ下流側に配設されており、第 1 ファン 4 5 から吹き出された空気を整流する。整風板 4 7 は、後述の導風部材 5 7 よりも上流側に位置している。

【0030】

第 2 ファン 4 9 は、フィン 5 1 のすぐ上流側に配設されている。第 2 ファン 4 9 は、上流側空間 S U 内の空気を吸引し、その吸引した空気をフィン 5 1 に向かって吹き出す。すなわち、上流側空間 S U 内の空気は、試料台 4 3（又は供試体 W）によって冷却されるが、この空気が下流側空間 S D 内において加熱される。これにより、下流側空間 S D 内での結露を抑制することができる。なお、第 2 ファン 4 9 は、調整槽 1 2 内又は下流側ダクト 1 8 の中間位置に配置されていてもよい（図 1 1 参照）。

【0031】

試料台 4 3 の載置面 4 3 a には、熱抵抗低減材 5 5（図 2 参照）が設けられており、試料台 4 3 の載置面 4 3 a はこの熱抵抗低減材 5 5 を介して供試体 W と熱的に接続されている。この熱抵抗低減材 5 5 は、例えば熱伝導シート、熱伝導グリス等からなる。熱伝導シートとしては、例えば富士高分子工業社製の G R - b 等が挙げられる。熱伝導グリスとしては、例えば信越シリコン社製の G - 7 4 7 等が挙げられる。また、この載置面 4 3 a において、供試体 W が載置されていない箇所（露出部）を断熱材等によって適宜保護すると、ペルチエ素子からの不要な放熱や不要な結露の発生を防止することができる。

【0032】

試験槽 1 4 のケーシング 3 5 は、天井部 3 8 の一部が導風部材 5 7 として機能する。すなわち、天井部 3 8 は、ダクト 1 7、1 8 が接続されている側壁部 3 7 a の上端部から水平に延びる水平部 3 8 a と、この水平部 3 8 a の先端部から斜め下方に延びる傾斜部 3 8 b とを有する。この傾斜部 3 8 b は、空気の流れる方向において、少なくとも試料台 4 3 の幅よりも大きな幅を有しており、試料台 4 3 における風上側の端部（図 1 における左端部）よりも風上側（導入口 3 7 c に近い側）の位置から試料台 4 3 における風下側の端部よりも風下側の位置に至るまで延びている。傾斜部 3 8 b の下面（内面）は、風上側から風下側に向かうにしたがって次第に下がる平坦な傾斜面となっている。すなわち、傾斜部 3 8 b は、空気が上流側空間 S U 内において試料台 4 3 の側方から試料台 4 3 上に流れる際に、試料台 4 3 における風上側の端部の真上の位置において所定の角度で下向きに傾斜した方向に空気を導く。したがって、傾斜部 3 8 b は導風部材 5 7 として機能する。ケーシング 3 5 の傾斜部 3 8 b と仕切り部材 4 1 及び試料台 4 3 との間の間隙は、風上側から風下側に向かって次第に狭くなっている。すなわち、上流側空間 S U 内の空気の流路面積は、導風部材 5 7 により、風上側から風下側に向かうほど次第に小さくなっている。

【0033】

傾斜部 3 8 b の下端部（図 1 の右端部）は、ケーシング 3 5 の側壁部（対向側壁部）3 7 b と一体的に形成されている。そして、傾斜部 3 8 b 及び対向側壁部 3 7 b からなる蓋部 5 9 は、水平部 3 8 a との接続部位を軸（回動軸）として回動可能に構成されている。蓋部 5 9 は、供試体 W の出し入れ時等に試験空間 S T を開放することができる。

【0034】

試験槽 1 4 は、供試体 W の表面に生じた結露を検出可能な結露検出部の一例である結露量センサ 6 1 を備えている。結露量センサ 6 1 は、楕形状の電極を備えており、電極間の静電容量に応じた発信周波数の信号を出力する。すなわち、電極間の結露量が変わることによって電極間の静電容量が変化するので、結露量センサ 6 1 は、静電容量の変化に応じて発信周波数を変化させる。これにより、結露量センサ 6 1 では、結露量を検出可能となっている。

【0035】

結露量センサ 6 1 は、熱伝導シート、熱伝導グリス等からなる熱抵抗低減材 6 3（図 2

10

20

30

40

50

参照)を介して供試体Wに熱的に接続するようにしてもよく、あるいは供試体Wに直接接触するようにしてもよい。

【0036】

結露試験装置10は、加湿器25、冷却器27及び加熱器29を制御する温湿度調節器65を備えている。温湿度調節器65には、上流側空間SU内に配設された温湿度センサ67から出力された信号が入力される。また、温湿度調節器65では、試験槽14内の温度及び湿度を設定可能となっている。そして、温湿度調節器65は、設定された温度及び湿度になるように、温湿度センサ67からの信号に基づいて加湿器25、冷却器27及び加熱器29を制御する。なお、温湿度センサ67は、上流側空間SU内において、試料台43の熱の影響を受け難い場所に配設されている。

10

【0037】

結露試験装置10は、第1ファン45の送風量及び試料台43の加熱冷却量を制御する結露制御器69を備えている。結露制御器69は、結露量センサ61から出力される信号に基づき、供試体W上に所定量の結露が生ずるように、第1ファン45及び加熱冷却部43bを制御する。

【0038】

傾斜部38bの傾斜角度は、水平方向に対して5度以上、より好ましくは10度以上であり、且つ80度以下であるのが好ましい。この場合、図2に示すように、供試体Wに向かって流れる空気が、5～80度(より好ましくは10～80度、さらに好ましくは10から30度)の傾斜角度で下向きとなる。図3に示すように、風向が水平方向に対して5度未満の場合、又は80度を超える場合には、供試体W表面上の結露量の変動幅が大きくなってしまふ。つまり、所定の面積あたりの結露量が変動してしまふ。このため、風向きを5～80度(より好ましくは10～80度、さらに好ましくは10から30度)とすることにより、結露量の変動幅を抑制することができる。なお、図3は、風速を0.5m/sとしたときの結果の一例である。

20

【0039】

さらに、風向きが0度の場合には、図4(a)(b)に示すように、風上側と風下側とで露の粒径が大きく異なる。これは、後述の風速領域では、図5(a)に示すように、空気の流れない層(境界層)の厚みが風下側ほど厚くなるように境界層が形成され、風上側と風下側とで熱交換量がばらつくことが原因であると推測される。風向きが5～80度であれば、風上側と風下側とにおいて境界層の厚みはほぼ同等となる(図5(b)(c))。これは、後述する顕微鏡等のような障害物がある場合でも同様である(図5(c))。なお、図4(a)(b)は、供試体W表面上の結露の様子を撮影したものであり、(a)は風上側の部位で生じた結露、(b)は風下側の部位で生じた結露である。

30

【0040】

また、供試体Wのすぐ上の位置での風速は、0.2m/s以上でかつ2.0m/s未満であるのが好ましい。風速が0.2m/s未満の場合には、供試体W表面での空気の循環が十分でなくなるため、空気中から供試体Wへ供給される水分量が減少する傾向となる。このため、僅かな空気の動き、放射、光等の周囲の状態に敏感に反応し易くなる。図6(a)(b)は、第1ファン45を停止した状態(風速0m/s)での結露発生直後の様子(a)と、10分経過後の様子(b)を示している。したがって、供試体W上の結露を所定時間に亘って安定させるためには、風速が0.2m/s以上であるのが好ましい。

40

【0041】

図7は、風向角度を5度、結露量設定値を $10\mu\text{g}/\text{mm}^2$ とした場合の結果の一例である。図7を見ると、風速0.2m/sのときに結露粒径が最小となり、しかもそのばらつきも最小となっていることが分かる。そして、風速が0.2m/s未満になると結露粒径が大きくなると共にそのばらつきも大きくなり、風速が0m/sの場合では、図7には表れていないが、前述したように結露発生直後の様子と10分経過後の様子とで粒径が変わってしまう。したがって、風速は0.2m/s以上であるのが好ましい。一方、風速が0.2m/s以上の場合では、ばらつきの点では少し不安定な傾向が見られるものの、風

50

速が大きくなるのにしたがって、結露粒径が次第に大きくなる。このため、 0.2 m/s 以上の範囲では、風速をコントロールすることにより、結露粒径を所望の値に安定して制御することが可能であることがわかる。

【0042】

風向角度が5度の場合、風速が 1.5 m/s のところ、ばらつきが大きくなっているが、図8に示すように、風向角度が30度の場合には、ばらつきが改善されている。そして、風速 2.0 m/s 未満の範囲であれば、風速の変化に対する粒径の変化が安定し、ばらつきもほぼ安定していることが分かる。これらの結果により、供試体W上に均一な結露を生じさせるためには、風速が 0.2 m/s 以上で、 2.0 m/s 未満であり、且つ風向角度が5度～30度、望ましくは10度～30度であるのが好ましい。

10

【0043】

なお、風速は、例えば供試体Wの20mm程度上の位置に風速センサ71を設けて測定すればよい。第1ファン45の回転数と風速との関係が分かっているならば、風速センサ71は取り外されていてもよい。

【0044】

ここで、本実施形態に係る結露試験装置10による結露試験方法について、図9を参照しつつ説明する。図9に示すように、まず調整槽12の空調装置、すなわち加湿器25及び加熱器29（あるいは冷却器27）の運転を開始するとともに、送風機31の運転を開始する（ステップST1, 2）。そして、上流側空間SU内の温度及び湿度が、設定された試験温度及び試験湿度になるまで待機する（ステップST3）。この間に供試体Wを洗

20

【0045】

上流側空間SU内の温度及び湿度が所望の温度及び湿度に達したところで、試験槽14のケーシング35の蓋部59を開放し、供試体Wを試料台43に取り付ける（ステップST4）。供試体Wが電子デバイス等である場合のように供試体Wへの配線が必要な場合には計測用配線の接続をし、また供試体Wに結露量センサ61を取り付ける（ステップST5, 6）。蓋部59を閉めた後、試料台43のペルチエ素子に電圧を印加して、試料台43を冷却する（ステップST7）。このとき、試料台43の載置面43aの温度が所定の温度（例えば 30°C ）になるようにペルチエ素子を制御する。そして、試料台43の載置

30

【0046】

温度差が規定値以下であれば、試料台43への供試体Wの取り付け、および供試体Wへの結露量センサ61の取り付けがうまくできていることになるので、続いて試験条件の入力を行う（ステップST9）。ここでの試験条件の入力は、結露量、サイクル数、試験時間等である。そして、試験開始の指令が入力されると（ステップST10）、設定された結露量になるように、第1ファン45の回転数と試料台43の温度が制御される。このとき、所定時間（例えば5～10分程度）が経過した時点で結露量をチェックすることにより、設定条件が満足されるように結露試験が行われているかどうかをチェックする（ステップST11）。そして、所定の結露量が出ていないような場合には、配線が外れている可能性もあるので、再度チェックする。一方、所定の結露量が出ている場合には、試験を実施継続する（ステップST12）。

40

【0047】

供試体Wを結露させる結露試験では、調整槽12において、加湿器25、加熱器29及

50

び送風機 3 1 が駆動され、また必要に応じて冷却器 2 7 が駆動されている。したがって、所定の温度及び湿度に調整された空気がバッファ空間 S B と調整空間 S A との間で循環している。そして、この所定温度及び所定湿度に調整された空気の一部は、第 1 ファン 4 5 によってバッファ空間 S B から上流側ダクト 1 7 内へと流出し、試験槽 1 4 内に導かれる。すなわち、バッファ空間 S B 内の空気が第 1 ファン 4 5 の回転数に応じて流出して試験槽 1 4 に導入される構成となっている。このため、送風機 3 1 による風量（風速）が変動することがあるとしても、試験槽 1 4 内では、送風機 3 1 の風速変動の影響を低減することができるため、所定の温度及び湿度に調整された空気の流速を試験槽 1 4 内において安定させることができる。

【0048】

10

試験槽 1 4 では、第 1 ファン 4 5 及び整風板 4 7 間を通過した空気は、ケーシング 3 5 の傾斜部 3 8 b に案内されて、水平方向に対して所定の傾斜角度で下方に向かって流れる。そして、この空気は、試料台 4 3 の載置面 4 3 a 及び供試体 W の表面によって冷却される。このとき、空気に含まれている水分が載置面 4 3 a 上あるいは供試体 W 上に凝縮する。供試体 W に結露を生じさせる空気の風速が $0.2 \sim 2.0 \text{ m/s}$ の範囲内であり、供試体 W 付近において供試体 W に向かって流れる空気の向きが、 $5 \sim 80$ 度となっているので、供試体 W の全面においてほぼ均一の結露を生じさせることができ、しかもそれを長時間維持することができる。

【0049】

試料台 4 3 上を通過した空気は、仕切り部材 4 1 とケーシング 3 5 の対向側壁部 3 7 b との間隙を通して下流側空間 S D へと流れ込み、第 2 ファン 4 9 を通過してフィン 5 1 間を通過する。このとき、フィン 5 1 はペルチエ素子の放熱部の熱を受けて加熱されているので、通過する空気がフィン 5 1 によって加熱される。したがって、下流側空間 S D 内では空気中の水分が結露することが抑制される。この空気は、下流側ダクト 1 8 を通して調整槽 1 2 に戻る。結露試験中は、このような空気の循環が繰り返される。

20

【0050】

結露試験には、定値試験とサイクル試験とがある。定値試験は、設定された結露量になるように、第 1 ファン 4 5 の回転数と試料台 4 3 の温度を調整し、それを設定された試験時間だけ維持する試験である。すなわち、定値試験は結露工程のみを行う試験である。一方、サイクル試験は、結露量、結露時間、乾燥時間およびサイクル数が設定されて、結露工程と乾燥工程とが所定サイクル数だけ繰り返される試験である。ステップ S T 1 2, 1 3 は、定値試験であるか、サイクル試験であるかに応じて、適宜実行され、試験が完了すると運転を停止する（ステップ S T 1 4）。

30

【0051】

そして、最後に試料台 4 3 を加熱する運転を行い（ステップ S T 1 5）、試料台 4 3 を乾燥させる。この乾燥運転が終了したら、ケーシング 3 5 の蓋部 5 9 を開放して、計測用配線、結露量センサ 6 1 および供試体 W を取り外して、試験を終了する（ステップ S T 1 6）。

【0052】

なお、本実施形態の結露試験装置 1 0 は、恒温恒湿試験が可能な環境試験装置でもある。恒温恒湿試験では、上流側空間 S U 内の温度および湿度を、設定された温度及び湿度（例えば 85°C 、 $85\% \text{ RH}$ ）に維持する制御を行う。この試験では、供試体 W の表面を結露させる必要がないため、試料台 4 3 の冷却を行うことなく、空調装置（加湿器 2 5 と、冷却器 2 7 と、加熱器 2 9 と、送風機 3 1）を駆動する。このため、試料台 4 3 上に供試体 W をセットしたままの状態、結露試験とは別の耐湿ストレスを付加することもできる。すなわち、本実施形態の結露試験装置 1 0 では、供試体 W を試験空間 S T から取り出すことなく、結露試験だけでなく、耐湿試験をもすることができる。

40

【0053】

以上説明したように、本第 1 実施形態の試験装置 1 0 では、試料台 4 3 の載置面 4 3 a を冷却することによって供試体 W を冷却することにより、供試体 W の表面に結露させるこ

50

とができる。そして、風上側の試料台 4 3 の端部の真上の位置において所定の角度で下向きに傾斜した方向に空気を導く導風部材 5 7 が設けられているので、試験槽 1 4 内に導入された調整空気を所定の角度で供試体 W に向かって流すことができる。このため供試体 W において、風上側の部位から風下側の部位に亘って均等に空気を当てることが可能となるので、供試体 W の表面上に生ずる結露の粒径を安定化させることができる。しかも、試験槽 1 4 内に流入した空気が試料台 4 3 の側方から試料台 4 3 上に流れるようになっているので、上流側ダクト 1 7 内で生じた結露水がダクト 1 7 の流出口から滴下することがあったとしても、試料台 4 3 及び供試体 W 上に落ちることはない。このため、ダクト 1 7 内で生じた結露水が、供試体 W 上の結露に影響することを防止することができる。さらに、試験槽 1 4 が調整槽 1 2 と別個に設置されるとともに両者がダクト 1 7, 1 8 で繋がれる構成となっているので、調整槽 1 2 で生ずる振動が試験槽 1 4 に伝わることを防止できる。この結果、試料台 4 3 に載置された供試体 W の表面に生ずる結露への影響を抑止することができる。これらの相乗効果により、小径の結露を安定して発生させることができる。したがって、供試体 W 上の結露をほぼ均一な状態で維持することができる。

10

【0054】

本第 1 実施形態では、上流側ダクト 1 7 の上流側端部が下流側端部よりも低い位置に配設されているので、上流側ダクト 1 7 内で生じた結露水が試験槽 1 4 内へ浸入するのを防止するための部材を追加しなくても、結露水が試験槽 1 4 内に流れ込むことを防止することができる。また、空気中に浮遊する水粒子が上流側ダクト 1 7 を通して試験槽 1 4 内に導入されて、供試体表面に落下することを防止することができる。

20

【0055】

また本第 1 実施形態では、風速が $0.2 \sim 2 \text{ m/s}$ であり、導風部材 5 7 の傾き角度が水平方向に対して $5 \sim 80$ 度であるので、供試体 W の結露をより効果的にほぼ均一な状態に維持することができる。つまり、風速が 0.2 m/s 以上では所定時間に亘って結露を安定させることができ、風速が 2.0 m/s 未満では、露の粒径ばらつきを抑えることができる。一方、空気の流れる方向が水平方向に対して 0 度の場合、空気の流れない層の厚みが風下側ほど大きく形成されるため、風下側において供試体 W の表面の熱交換が抑制されて露の粒径が大きくなる傾向となってしまう。一方、空気の流れる方向が水平方向に対して 90 度（垂直）の場合、よどみ点が生ずることにより、略中央部において供試体 W の表面の熱交換が抑制されて露の粒径が大きくなり、且つよどみ点下流部で全体的な乱流が発生するので、粒径が安定しなくなってしまう。したがって、風速を $0.2 \sim 2 \text{ m/s}$ とし、導風部材 5 7 の傾きを $5 \sim 80$ 度とすることにより、結露をほぼ均一な状態で安定させることができる。

30

【0056】

本第 1 実施形態では、調整槽 1 2 内にバッファ空間 S B が形成されていて、このバッファ空間 S B 内の空気を試験槽 1 4 内に導入するように構成されている。バッファ空間 S B から流出する空気の流速及び湿度分布が安定するので、供試体 W に向かって流れる空気の流速及び湿度分布が安定する。このため、供試体 W 上の結露をより効果的にほぼ均一な状態に維持することができる。

【0057】

本第 1 実施形態では、上流側空間 S U において、風上側から風下側に向かって空気の流路面積が次第に小さくなるので、空気の流れる方向を規制し易くすることができる。この結果、供試体 W 上を流れる空気の流れを安定させることができ、供試体 W 上の結露をより効果的にほぼ均一な状態に維持することができる。

40

【0058】

本第 1 実施形態では、ケーシング 3 5 の一部を導風部材 5 7 として機能させるようにしているので、試験槽 1 4 のケーシング 3 5 に部材を追加することなく、導風効果を得ることができる。

【0059】

本第 1 実施形態では、結露量センサ 6 1 を備えているので、供試体 W の表面上の結露の

50

状態を把握できる。

【0060】

本第1実施形態では、試料台43の載置面43aに熱抵抗低減材55が設けられている。このため、試料台43の熱を供試体Wに伝え易くすることができるとともに熱伝導量のばらつきを抑制することができるので、供試体W上の結露状態の調整をより正確に行い易くすることができる。また供試体Wの接触面が平坦でない場合でも、試料台43の載置面43aに密着させることが可能となる。

【0061】

本第1実施形態では、試料台43がペルチエ素子を有する構成なので、ペルチエ素子への印加電圧を制御することにより、供試体W上の結露状態を調整することができる。しかも、供試体W上を通過した空気をペルチエ素子からの放熱で加熱するので、加熱器を新たに追加することなく、試験槽14内での不要な結露を抑制することができる。すなわち、供試体W上を通過した空気は、冷却されているため相対湿度が上昇している。このため、試験槽14内で結露し易い。しかしながら、相対湿度の上昇した空気をペルチエ素子の放熱部で加熱するので、試験槽14内での結露を抑制することができる。

【0062】

なお、本第1実施形態では、結露試験装置10を、調整槽12と試験槽14との間で空気を循環させる方式としたが、これに限られるものではない。すなわち、下流側ダクト18が省略されるとともに調整槽12の流入口21cが外気を吸入する構成としてもよい。この場合、試験槽14内において供試体Wを冷却した空気は導出口37dを通して外部に排気される構成となる。この構成において、試験槽14の導出口37dは、導入口37cと同じ側壁部37aに形成される必要はなく、例えば導出口37dが対向側壁部37bに形成される構成としてもよい。

【0063】

また本第1実施形態では、ケーシング35の一部（傾斜部38b）が導風部材57として機能する構成としたが、これに限られるものではない。例えば、図10に示すように、導風部材57がケーシング35の内側に配設される構成としてもよい。図10は、導風部材57がケーシング35の天井部38及び側壁部37bに固定される構成例を示している。ただし、導風部材57は、傾斜角度を可変にケーシング35に取り付けられていてもよい。例えば、導風部材57の上端部が、ケーシング35の天井部38に回動可能に結合されていれば、導風部材57の傾きを変えることができる。こうすれば、導風部材57の角度を変えることにより、供試体Wの表面上の結露状態を調整することが可能となる。

【0064】

図11に示すように、結露試験装置10は、顕微鏡73を備えていてもよい。図11の形態では、ケーシング35の天井部38は、水平部38aと、この水平部38aから連続する傾斜部38bと、この傾斜部38bの下端部から側方に延出される延出部38cとを備えている。傾斜部38bは、試料台43よりも風上側から対向側壁部37bに向かって試料台43の上方まで延びている。つまり、傾斜部38bは、試料台43における風上側の端部の真上の位置を通過して、風上側から風下側に向かって延びている。ただし、本第1実施形態と異なり、傾斜部38bは、試料台43の風下側の端部の真上の位置には達していない。傾斜部38bは、本第1実施形態と同様に導風部材57として機能する。そして、試料台43の中央付近の真上の位置に顕微鏡73が配設されている。顕微鏡73の下端部は、延出部38cに形成された開口部を通して上流側空間SU内に入り込んでいるが、傾斜部38bに案内される空気の流れを妨害し難くなっている。この変形例では、供試体W上の微細な結露の状態を観察できる。しかも、顕微鏡73が、導風部材57から繋がって水平方向に延びる延出部38cに位置しているため、空気の流れを乱さないようにすることができる。

【0065】

加熱冷却部43bは、ペルチエ素子を有する構成に限られない。例えば図11に示すように、加熱冷却部43bは、図外のチラーから冷却水を導入可能な構成としてもよい。そ

して、下流側空間 S D において、空気を加熱する場合には、その通り道にヒータ（図示省略）を配設してもよい。なお、ヒータを省略することも可能である。また、加熱冷却部 4 3 b のこの変形例は、第 2 実施形態及びその他の変形例に適用することもできる。

【0066】

また、上流側ダクト 1 7 は、中間部が下方に下がるように U 字状に折れ曲がるように形成されていてもよい。この構成では、調整槽 1 2 の流出口 2 1 b と試験槽 1 4 の導入口 3 7 c とが略同じ高さに形成されている場合でも、上流側ダクト 1 7 内で結露した水分が上流側ダクト 1 7 内に溜められ、試験槽 1 4 内に流れ込むことを防止できる。

【0067】

（第 2 実施形態）

図 1 2 は本発明の第 2 実施形態を示す。第 2 実施形態では、第 1 実施形態と異なり、試験槽 1 4 内にバッファ空間 S B が形成されている。尚、ここでは第 1 実施形態と同じ構成要素には同じ符号を付し、その詳細な説明を省略する。

【0068】

この第 2 実施形態では、調整槽 1 2 内に仕切り板 2 3 が設けられておらず、調整槽 1 2 内の空間が調整空間 S A として構成されている。調整槽 1 2 のケーシング 2 1 には、調整空間 S A に面するように流出口 2 1 b 及び流入口 2 1 c が形成されている。流出口 2 1 b には上流側ダクト 1 7 が取り付けられており、送風機 3 1 から吹き出された空気は、そのまま上流側ダクト 1 7 を流れる。流入口 2 1 c は、外気を調整空間 S A 内に導入する。

【0069】

試験槽 1 4 内には、仕切り板 7 5 が設けられている。そして、仕切り板 7 5、試料台 4 3 及び加熱冷却部 4 3 b により、試験槽 1 4 内の空間はバッファ空間 S B と試験空間 S T とに区画されている。ケーシング 3 5 の導入口 3 7 c は天井部 3 8 に形成されるとともにバッファ空間 S B に面している。したがって、上流側ダクト 1 7 を流れてきた空気は、まずバッファ空間 S B に流入する。このとき空気は下向きに流れる。なお、導入口 3 7 c は、天井部 3 8 ではなく側壁部 3 7 a に形成されていてもよい。この場合、導入口 3 7 c の位置は、後述の連通部（バッファ空間 S B と試験空間 S T との連通部）の位置に対して高さ方向又は側方にずらすのが好ましい。こうすることにより、上流側ダクト 1 7 から流出した空気がそのまま試験空間 S T に流入することを抑制することができる。

【0070】

バッファ空間 S B と試験空間 S T とを連通する連通部には第 1 ファン 4 5 が配設されている。このため、バッファ空間 S B 内の空気は第 1 ファン 4 5 を通して試験空間 S T 内に流入する。試験空間 S T には導出口 3 7 d が面している。なお、第 1 ファン 4 5 は、連通部に配設されるのではなく、バッファ空間 S B 内又は試験空間 S T 内に配設されていてもよい。

【0071】

導風部材 5 7 は、試験空間 S T 内に配設されており、仕切り板 7 5 の下端部に繋がっている。そして、導風部材 5 7 は、風上側から風下側に向かうにしたがって次第に降下する傾斜配置とされている。バッファ空間 S B とは反対側の対向側壁部 3 7 b には、導出口 3 7 d が開口しており、試験空間 S T 内を流通した空気は、導出口 3 7 d を通して外部へ排出される。なお、本第 2 実施形態の結露試験装置 1 0 でも、試験槽 1 4 内の空気を調整槽 1 2 に戻す循環方式としてもよい。この場合、調整槽 1 2 に流入口 2 1 c を形成するとともに、この流入口 2 1 c と試験槽 1 4 の導出口 3 7 d とを下流側ダクト 1 8 で繋げばよい（図 1 3 参照）。

【0072】

その他の構成、作用及び効果については、その説明を省略するが前記第 1 実施形態と同様である。

【0073】

なお、図 1 3 に示すように、導風部材 5 7 がケーシング 3 5 の一部として構成されていてもよい。すなわち、試験槽 1 4 の天井部 3 8 は、上方に突出する形状の突出部 3 8 d と

10

20

30

40

50

、傾斜部 38b とを備えている。そして、傾斜部 38b は、突出部 38d との接続部位から斜め下向きに延びていて、第 1 実施形態と同様に導風部材 57 として機能する。仕切り板 75 は、天井部 38 の突出部 38d と傾斜部 38b との接続部付近の真下の位置に鉛直方向に延びるように配設されている。そして、仕切り板 75 の上端部及び下端部において連通孔 75a、75b が形成されており、バッファ空間 SB 内に導入された空気は、この連通孔 75a、75b を通して試験空間 ST 内に流入する。このうち、下側の連通孔 75b を通して試験空間 ST 内に流入した空気は、ペルチエ素子の放熱部を冷却する。調整槽 12 には流入口 21c が形成されており、流入口 21c と試験槽 14 の導出口 37d とが下流側ダクト 18 を通して連通している。なお、仕切り板 75 の上端部及び下端部に連通孔 75a が形成される構成に代え、仕切り板 75 は、パンチングメタル等のように、多数の孔やスリットがほぼ全面に亘って形成された板材によって構成されていてもよい。

10

【0074】

本第 2 実施形態では、調整部が加湿器 25 と冷却器 27 と加熱器 29 と送風機 31 とが配設された調整槽 12 によって構成された例について説明したが、これに限られるものではない。例えば、図 14 に示すように、空気の温度及び湿度を所定の温度及び湿度に調整可能な調整部が、一般的な分流法を適用して加湿空気を生成するバブラー 77 と、乾燥空気を生成する乾燥空気生成部 78 と、両者と上流側ダクト 17 とを接続する配管部 79 とを備えている構成としてもよい。この場合、バブラー 77 と乾燥空気生成部 78 とはそれぞれ筐体を備えていて互いに別個に構成されている。乾燥空気生成部 78 は、加熱器 29 と冷却器 27 とが筐体内に配設されるとともに、図外の乾燥空気源に接続されている。配管部 79 は、主管 79a と、この主管 79a から分岐してバブラー 77 に接続される第 1 分岐管 79b と、主管 79a から分岐して乾燥空気生成部 78 に接続される第 2 分岐管 79c とを備えている。第 1 分岐管 79b 及び第 2 分岐管 79c にはそれぞれ流量調整弁 79d が設けられ、加湿空気及び乾燥空気の流量を調整可能となっている。なお、図 14 では、分流法によって加湿空気を生成する構成を示すが、これに代え、例えば二温度法やその他の湿度発生方法を適宜選択可能である。

20

【0075】

ここで、前記各実施形態の結露試験装置 10 による結露の再現性を確認するための実験を行ったので、その結果の一例について説明する。この実験では、供試体 W として、ガラスエポキシ基板上に銀メッキ電極が形成されたものを用い、電極間に 25V の電圧を印加した状態で結露工程と乾燥工程とを繰り返すサイクル試験を行った。結露工程は 20 分とし、乾燥工程は 10 分とした。そして、各供試体 W について、故障と判定されるまでの時間を記録した。ここでの故障の判定基準は、電極間の絶縁抵抗値が 1MΩ 以下となったかどうかとした。

30

【0076】

図 15 は、図 12 に示す試験装置 10 を用いて結露量の設定値を各種変更した場合の結果を示すものである。図 15 は、横軸を故障発生時間とし、縦軸を累積故障率および $\ln\{ \ln 1 / (1 - F(t)) \}$ として、ワイブルプロットを表したものである。図中の実線は、結露量の設定値が $3 \mu\text{g}/\text{mm}^2$ の場合であり、破線は $10 \mu\text{g}/\text{mm}^2$ の場合である。形状母数である m 値は、それぞれ 1.07、1.83 であり、1 を超えているので、磨耗故障型の加速寿命試験装置として有効であることが分かる。

40

【0077】

(前記実施形態の概要)

前記実施形態をまとめると、以下の通りである。

【0078】

(1) 前記実施形態では、試料台の載置面を冷却することによって供試体を冷却することにより、供試体の表面に結露させることができる。そして、風上側の試料台の端部の真上の位置において所定の角度で下向きに傾斜した方向に空気を導く導風部材が設けられているので、試験槽内に導入された調整空気を所定の角度で供試体に向かって流すことができる。このため供試体において、風上側の部位から風下側の部位に亘って均等に空気を当て

50

ることが可能となるので、供試体の表面上に生ずる結露の粒径を安定化させることができる。しかも、試験槽内に流入した空気が試料台の側方から試料台上に流れるので、ダクト内で生じた結露水がダクトの流出口から滴下することがあったとしても、試料台及び供試体上に落ちることはない。このため、ダクト内で生じた結露水が、供試体上の結露に影響することを防止することができる。さらに、試験槽が調整部と別個に設置されるとともに両者がダクトで繋がれる構成となっているので、調整部で生ずる振動が試験槽に伝わることを防止できる。この結果、試料台に載置された供試体の表面に生ずる結露への影響を抑止することができる。これらの相乗効果により、小径の結露を安定して発生させることができる。したがって、供試体上の結露をほぼ均一な状態で維持することができる。

【0079】

10

(2) 前記ダクトの上流側端部は、下流側端部よりも低い位置に配設されていてもよい。この態様では、ダクト内で生じた結露水が試験槽内へ浸入するのを防止するための部材を追加しなくても、結露水が試験槽内に流れ込むのを防止することができる。また、空気中に浮遊する水粒子がダクトを通して試験槽内に導入されて、供試体表面に落下することを防止することができる。

【0080】

(3) 前記試料台の側方から前記試料台に向かって流れる空気の風速は、 $0.2 \sim 2 \text{ m/s}$ であるのが好ましい。この態様では、供試体上の結露をより効果的にほぼ均一な状態に維持することができる。

【0081】

20

(4) 前記試料台における風上側の端部の真上の位置での前記導風部材の傾き角度は、水平方向に対して $5 \sim 80$ 度であるのが好ましい。この態様では、供試体上の結露をより効果的にほぼ均一な状態に維持することができる。

【0082】

(5) 前記結露試験装置には、所定の温度及び湿度に調整された空気の流速を安定させるバッファ空間が形成されているのが好ましい。この態様では、バッファ空間から流出する空気の流速が安定するので、供試体に向かって流れる空気の流速が安定する。このため、供試体上の結露をより効果的にほぼ均一な状態に維持することができる。

【0083】

(6) 前記導風部材は、風上側から風下側に向かって空気の流路面積を小さくするのが好ましい。この態様では、風上側から風下側に向かって空気の流路面積が次第に小さくなるので、空気の流れる方向を規制し易くすることができる。この結果、供試体上を流れる空気の流れを安定させることができ、供試体上の結露をより効果的にほぼ均一な状態に維持することができる。

30

【0084】

(7) 前記導風部材は、前記試験槽のケーシングの一部であってもよい。この態様では、試験槽のケーシングに部材を追加することなく、導風効果を得ることができる。

【0085】

(8) 前記試験槽は、前記供試体の表面を拡大可能な顕微鏡を備えていてもよい。この態様では、供試体上の微細な結露の状態を観察できる。

40

【0086】

(9) 前記試験槽は、前記供試体の表面に生じた結露を検出可能な結露検出部を備えているのが好ましい。この態様では、供試体の表面上の結露の状態を把握できる。

【0087】

(10) 前記空気の風速及び前記導風部材の角度の少なくとも一方が可変であってもよい。この態様では、空気の風速及び導風部材の角度の少なくとも一方を変えることにより、供試体の表面上の結露状態を調整することが可能となる。

【0088】

(11) 前記試料台の載置面には、熱抵抗低減材が設けられていてもよい。この態様では、試料台の熱を供試体に伝え易くすることができるとともに熱伝導量のばらつきを抑制する

50

ことができるので、供試体上の結露状態の調整をより正確に行い易くすることができる。また供試体の接触面が平坦でない場合でも、試料台の載置面に密着させることが可能となる。

【0089】

(12)前記試料台は、ペルチエ素子を有していてもよい。この態様では、ペルチエ素子への印加電圧を制御することにより、供試体上の結露状態を調整することができる。

【0090】

(13)前記供試体上を通過した空気を前記ペルチエ素子からの放熱で加熱してもよい。この態様では、加熱器を新たに追加することなく、試験槽内での不要な結露を抑制することができる。すなわち、供試体上を通過した空気は、冷却されているため相対湿度が上昇している。このため、試験槽内で結露し易い。しかしながら、相対湿度の上昇した空気をペルチエ素子の放熱部で加熱するので、試験槽内での結露を抑制することができる。

10

【0091】

(14)前記実施形態による結露試験方法は、調整部内において、空気の温度及び湿度を所定の温度及び湿度に調整し、前記調整部からダクトを通して試験槽に空気を導入し、前記試験槽内において、供試体が載置された試料台の載置面を冷却し、前記試験槽内において、前記試料台の側方から、前記試料台における風上側の端部の真上の位置において所定の角度で下向きに傾斜した方向に空気を導いて、前記試料台上に空気を流し、前記供試体上に結露を生じさせる。

【0092】

20

(15)前記結露試験方法において、前記試料台の側方から前記試料台に向かって、風速0.2～2m/sで空気を流すのが好ましい。

【0093】

(16)前記結露試験方法において、前記試料台の側方から前記試料台に向かって、水平方向に対して5～80度の角度で斜め下向きに空気を流すのが好ましい。

【0094】

(17)前記結露試験方法において、バッファ空間内において空気の流速と湿度分布を安定させ、この流速と湿度分布が安定した空気を前記試料台の側方から斜め下方に前記試料台上に向けて流れさせるのが好ましい。

【符号の説明】

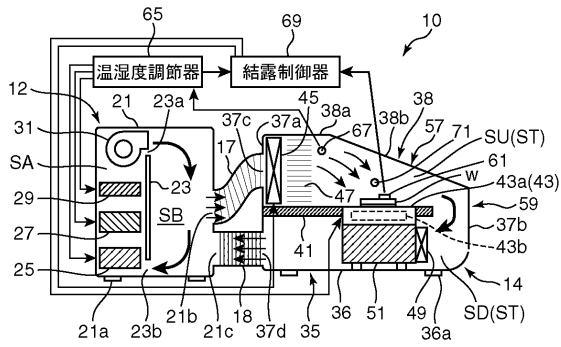
30

【0095】

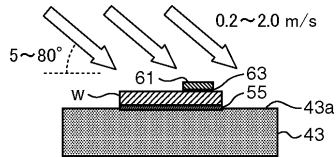
- 1 2 調整槽
- 1 4 試験槽
- 1 7 上流側ダクト
- 1 8 下流側ダクト
- 3 5 ケーシング
- 4 3 試料台
- 4 3 a 載置面
- 5 5 熱抵抗低減材
- 5 7 導風部材
- 6 1 結露量センサ（結露検出部）
- 7 3 顕微鏡
- S B バッファ空間

40

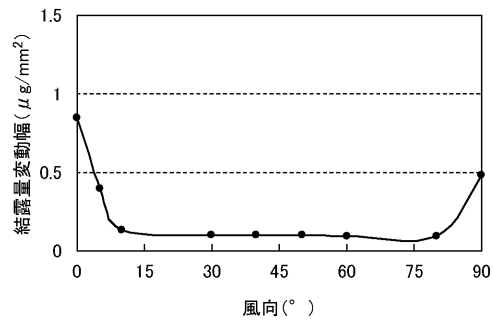
【図 1】



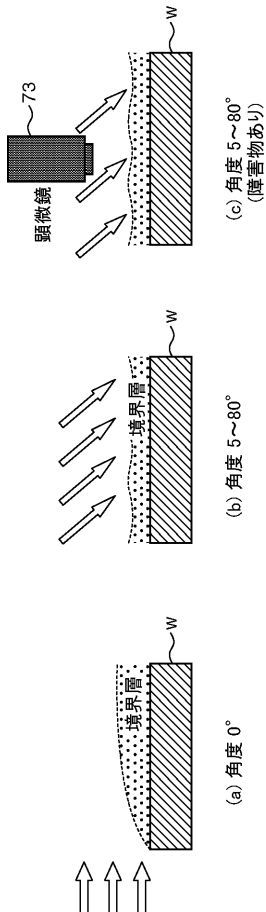
【図 2】



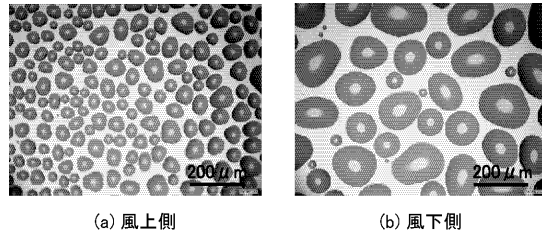
【図 3】



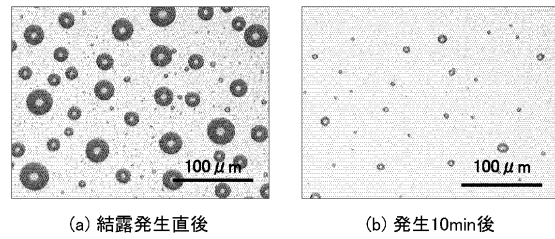
【図 5】



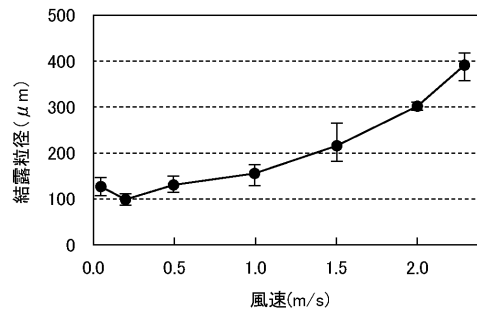
【図 4】



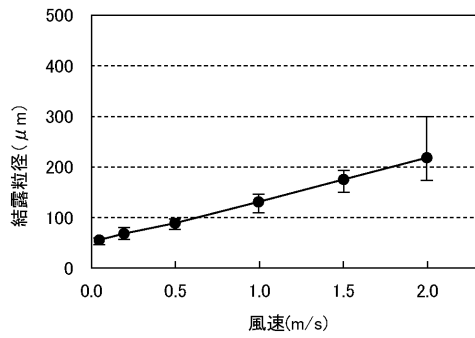
【図 6】



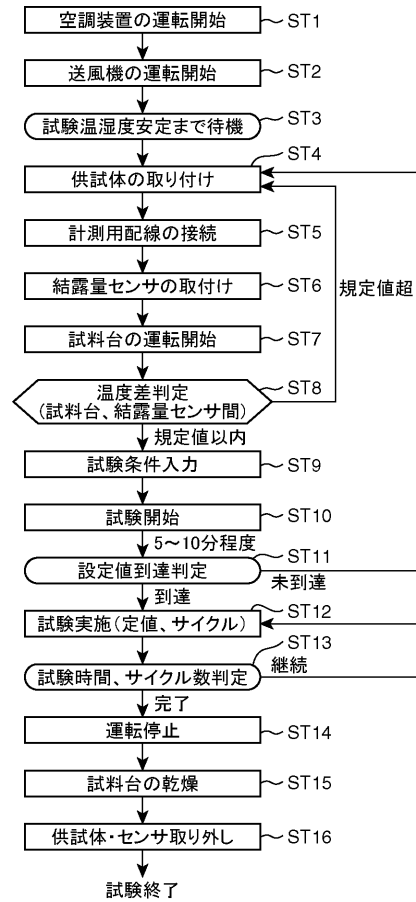
【図 7】



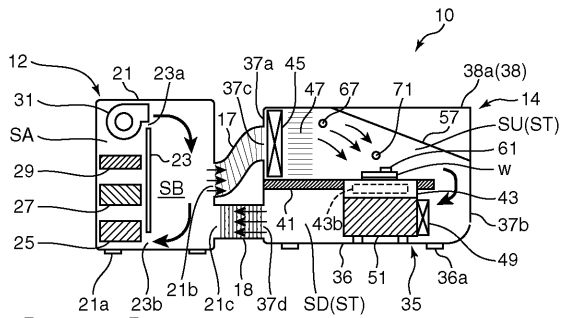
【図 8】



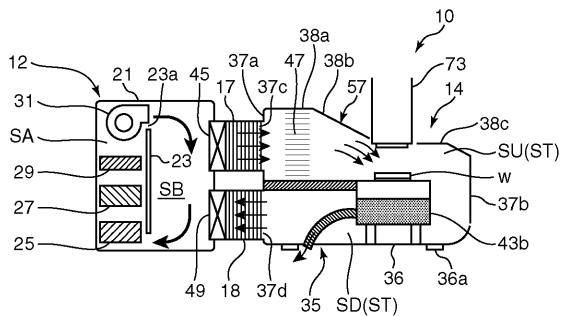
【図 9】



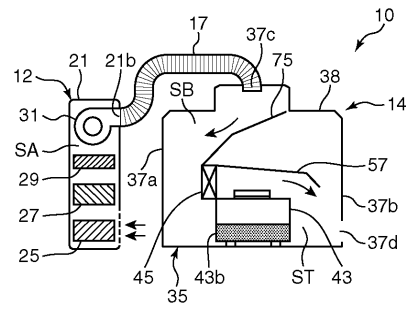
【図 10】



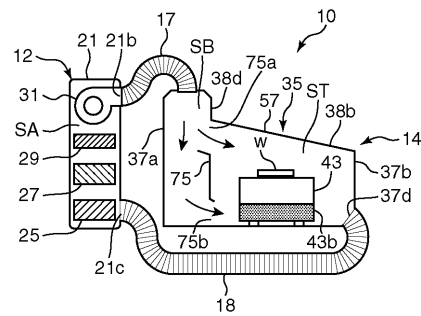
【図 11】



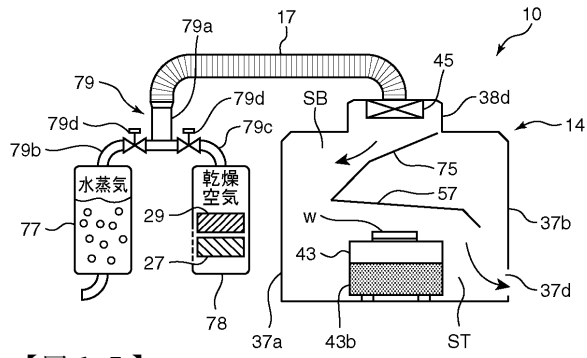
【図 12】



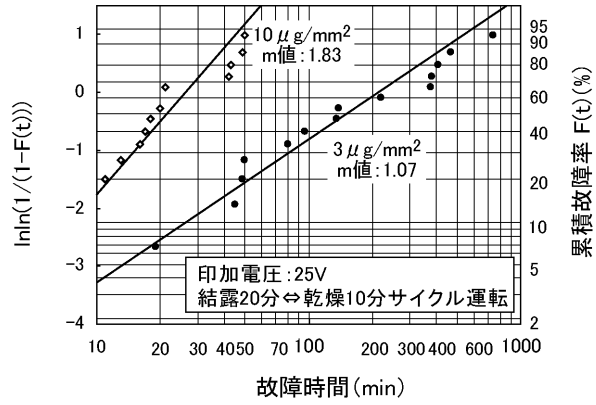
【図 13】



【図 1 4】



【図 1 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 田中 浩和
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
- (72)発明者 岡本 朗
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
- (72)発明者 水間 良典
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
- (72)発明者 岡田 誠一
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

審査官 福田 裕司

- (56)参考文献 特開平10-078387 (JP, A)
特開2007-271551 (JP, A)
特開平07-027374 (JP, A)
実公平07-027374 (JP, Y2)
特開2003-130399 (JP, A)
米国特許第5692566 (US, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 17/00