

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4790087号
(P4790087)

(45) 発行日 平成23年10月12日(2011.10.12)

(24) 登録日 平成23年7月29日(2011.7.29)

(51) Int. Cl. F I
 HO 1 L 23/473 (2006.01) HO 1 L 23/46 Z
 HO 5 K 7/20 (2006.01) HO 5 K 7/20 N

請求項の数 9 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2010-519181 (P2010-519181)	(73) 特許権者	390005175 株式会社アドバンテスト 東京都練馬区旭町1丁目32番1号
(86) (22) 出願日	平成19年7月30日(2007.7.30)	(74) 代理人	110000486 とこしえ特許業務法人
(65) 公表番号	特表2010-535417 (P2010-535417A)	(72) 発明者	ラリー, スタッキー アメリカ合衆国, カリフォルニア州921 29, サンディエゴ, アドワブ プラフス ドライブ8517
(43) 公表日	平成22年11月18日(2010.11.18)	(72) 発明者	アナスタシオス, ゴルナス アメリカ合衆国, イリノイ州60613, シカゴ, エーピーティー5205, ダブリ ュ アービングパーク アールディー65 5
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/074727		
(87) 国際公開番号	W02009/017495		
(87) 国際公開日	平成21年2月5日(2009.2.5)		
審査請求日	平成22年7月30日(2010.7.30)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子部品の温度制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電子部品と熱的に接触するヒートシンクを介して流体循環により前記電子部品の温度を制御する装置において、

第1温度の冷媒を導入するように構成された第1可変流体源と、

前記第1温度より高い第2温度の、前記電子部品の設定温度と等しい温度の設定温度流体を導入するように構成された第2可変流体源と、

前記第1温度及び前記第2温度より高い第3温度の温媒を導入するように構成された第3可変流体源と、

調節された量の前記冷媒、前記設定温度流体および前記温媒のうち少なくとも2つを流して前記ヒートシンクに接触する、前記ヒートシンク温度に直接影響する混合温度を有する混合流体にするように構成されたバルブと、を備え、

前記調節された量の前記冷媒、前記設定温度流体および前記温媒のうち少なくとも2つは、前記ヒートシンク温度が前記電子部品の温度の変化を相殺するとともに前記電子部品の設定温度を維持するように制御することができる電子部品の温度制御装置。

【請求項2】

請求項1において、

前記バルブはディスクバルブである電子部品の温度制御装置。

【請求項3】

請求項1又は2において、

前記設定温度流体の温度は、前記温媒の温度に対するよりも前記冷媒の温度に近似する電子部品の温度制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか一項において、

第 1 流体帰還流路と、

第 2 流体帰還流路と、を備え、

前記混合流体が前記ヒートシンクに当たったのち、前記混合流体の一部が前記第 1 流体帰還流路を介して前記第 1 可変流体源へ帰還するとともに、前記混合流体の残余は前記第 2 流体帰還流路を介して前記第 2 可変流体源へ帰還する電子部品の温度制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか一項において、

それぞれが第 1 バルブと第 2 バルブ、およびそれぞれが第 1 ヒートシンクと第 2 ヒートシンクとを有する第 1 電気部品試験部と第 2 電気部品試験部とを備え、

少なくとも前記第 2 バルブは前記第 2 ヒートシンクに接触する前記設定温度流体のみを導出するように構成され、

前記第 1 電気部品試験部が電気部品を試験している場合は、前記第 1 バルブは前記第 1 ヒートシンクに接触する前記混合流体を導出するとともに、前記第 2 電気部品試験部は次の電気部品の試験を待機し、前記第 2 バルブは前記第 2 ヒートシンクに接触する前記設定温度流体のみを導出する電子部品の温度制御装置。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか一項において、

前記ヒートシンクは複数のフィンを有し、

前記フィンの延在方向と、前記混合流体が前記ヒートシンクに接触する方向とが垂直である電子部品の温度制御装置。

【請求項 7】

第 2 温度は第 1 温度より高く第 3 温度は第 2 温度より高い条件下、

第 1 流体容器、第 2 流体容器及び第 3 流体容器にそれぞれ貯留された、第 1 温度の冷媒と前記電子部品の目標温度と等しい前記第 2 温度の目標温度流体と第 3 温度の温媒とを用いて、ヒートシンクに熱的に接触する電子部品の温度を制御する方法であって、

前記第 1 温度と前記第 3 温度との間の混合温度を有する混合流体を得るために、前記冷媒、前記目標温度流体及び前記温媒の少なくとも 2 つの流体の割合を決定するステップと

、前記混合流体を得るために前記決定された割合で前記冷媒、前記目標温度流体及び前記温媒の少なくとも 2 つの流体を前記容器から導出するステップと、

前記電子部品の温度の変化を相殺するとともに前記電子部品の目標温度を維持するために、前記ヒートシンクの温度を調整して前記ヒートシンクの少なくとも一部に前記混合流体を接触させるステップと、を含む電子部品の温度制御方法。

【請求項 8】

請求項 7 において、

前記冷媒、前記目標温度流体及び前記温媒の少なくとも 2 つの流体を導出するステップは、ディスクバルブを介して前記冷媒、前記目標温度流体及び前記温媒の少なくとも 2 つの流体を前記容器から導出するステップを含む電子部品の温度制御方法。

【請求項 9】

請求項 7 又は 8 において、

前記目標温度流体の目標温度は、前記温媒の温度に対するよりも前記冷媒の温度に近似する電子部品の温度制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この開示は温度制御の分野に関し、特に試験中において電子部品又は電子的構成要素の加

10

20

30

40

50

熱および/または冷却を通じて設定温度を維持するものに関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、半導体のような固体化された（ソリッドステート）の電子部品又は電子的構成要素は、温度によってパフォーマンス特性が変化する。特に、例えば操作中に電子部品が発熱（すなわち自己発熱）して内部温度が上昇するように、パフォーマンス特性は変化する。その上、固体の電子部品は、異なる環境で、或いは、広い温度範囲で使用されることもある。

【0003】

一定のパフォーマンス特性を保証するために、電子部品の温度を相対的に一定に維持することが望ましい。設計仕様を満たし正常な作動を保証するために電子部品の機能試験をする時が、まさに妥当する。例えば、テスト中デバイス（DUT）と呼ばれる電子部品は、いろいろなデバイス特性を観察するために、短絡試験や過熱試験のような耐久性処置を受けことがある。そのような試験の間には、結果を有意義なものとするために、DUTの温度を所定の試験温度又は設定温度であるように相対的に一定に保持しなければならない。言い換えれば、テスターは、ある観察される電気的特性が温度変化よりも他の要因に起因していることを確認できなければならない。

10

【0004】

一定の温度を維持するために、既知の温度制御装置は、例えば電気ヒータを通じて熱を加えるのと同様に例えばヒートシンクを通じて除熱することができる。ヒートシンクは、DUTの温度よりもずっと低い温度の流体を備えている。ヒータは、DUTとヒートシンクの間配置され、DUTの試験に求められる温度まで、ヒータ表面の温度を上げるように電力がヒータに供給される。ヒートシンクは、自己発熱によって電子部品の温度が試験温度を超えて上昇した範囲において、過剰熱を相殺するとともにDUTの試験工程の間に生じた熱を除去する。電力の変動により、重大かつ比較的瞬間的な自己発熱が生じるため、無意味な温度上昇の補正に対し正確に、かつ素早く反応する温度制御器が求められている。

20

【0005】

しかしながら、除去できる能力の総和はヒータ自体の最大電力密度（またはワット密度）によって制限される。たとえば、500ワットで操作可能なヒータにあっては、冷媒をヒートシンクに導入することで、その電力の約半分が試験温度を維持するためだけに消費される。したがって、たとえば250ワットの電力が試験温度を維持するために必要とされる。そして、DUTに対する印加電力に基づいてヒータの電力がゼロに減少すると、DUTから除去できる最大電力は250ワットである。一方、ヒータは、ヒートシンクを通して除去される熱を相殺することはできない。特にこのことは、現在のDUT試験では500ワットまで至る要求があり、将来的にはそれを越える要求がある点で問題である。またヒータは、無意味な熱抵抗や熱容量を付加したり、勾配（非熱的均一面）を誘発したり、不適切な応答時間であったりする。

30

【0006】

この種の温度制御装置の改良は簡単ではない。たとえば、ヒートシンクは、ヒートシンク効率を高めるのにはそぐわないヒータと適当にバランスしなければならない。すなわち、たとえばヒートシンクを通る流体流量を増加したり、流体温度を下げたり、フィン効率を高めたり、及び/又はさらに効果的な流体を併用したりすることで、ヒートシンクの熱除去能力が高くなると、ヒータ能力もこれに応じて、冷却能力の増加分を相殺するとともに試験温度を維持するために増加させる必要がある。

40

【0007】

他の温度制御装置は、ヒートシンクとヒータとの組み合わせを必須とはしていないが、いまだ機能的な点で非効率である。たとえば、ペルチェ素子は電圧から温度差を生じさせ、ヒートシンクとしても熱源としても効果的に作用する。しかし、ペルチェ素子の欠点は、重要な電力を除去したり高電力密度を取り扱ったりすることができない。なぜなら、動的に反応するとともに電子部品から電力を除去するために必要な応答時間が不適切だからで

50

ある。したがって、現在の温度制御装置は、電子部品を一定温度に維持するといった要求に適切に応じてはいない。

【0008】

たとえば、図1は従来の温度制御装置の代表的な温度応答を示すグラフであり、DUTの温度を調節するのに使用されるものである。縦軸は摂氏温度、横軸は経過時間、たとえば秒を示す。また、設定温度である試験温度102は試験が行われる所望の温度で示されている。図1では設定温度を90とする。また、たとえばDUTから熱を除去するように構成されたヒートシンクを流れる流体の温度としての流体温度104も示されている。流動的な増分Tは試験温度102と流体温度104との温度差である。典型的なグラフに示された流体温度104は、約30であり、結果的に流動的な増分Tは70になる。周知の如く、流動的な増分Tが大きければ大きいほどヒートシンクの冷却能力を速くすることができる。

10

【0009】

既述したとおり、試験環境下において電力はヒータにもDUTにも供給される。ヒータ電力110は、当該ヒータを最大温度に維持することができるレベル(たとえば500ワット)から開始し、本例では300として説明する。そして、電子部品の電力112が徐々にDUTに印加されて所望の試験が行われ、ヒータの電力110は、電子部品温度108の増加を相殺するためにヒータ温度を下げるべく、これに対応して減少する。しかしながら、ヒータ電力110がゼロまで下がったら、電子部品温度108は上昇を続けるものの、ヒートシンクの流体温度104の効果は、もはや試験温度を維持するためにDUTを冷却するには十分ではなく、図示するようにヒータ電力110がゼロになった後に電子部品温度108が上昇することになる。したがって、この試験システムは、電子部品の電力112が適切な試験に要求されたレベルに到達する前に中断してしまう。

20

【0010】

既述したとおり、ヒートシンクの流動的な増分Tを増加させることは特に効果的又は効率的ではない。これは低温の流体温度104、なかでも電子部品の電力112が低電力の場合に、この流体温度104を相殺するのにヒータ電力110(したがってヒータ温度)を増加させなければならないからである。ヒータ電力110の増加のほとんどは、増加した流動的な増分Tによって無効にされる。

【発明の開示】

30

【0011】

本発明の限定されない実施形態によれば、電子部品と熱的に接触するヒートシンクを介して流体循環により前記電子部品の温度を制御する装置において、第1温度の冷媒を導入する可変冷媒導入部と、前記第1温度より高い第2温度の温媒を導入する可変温媒導入部と、前記可変冷媒導入部及び前記可変温媒導入部に接続され、前記冷媒と前記温媒が混合して前記ヒートシンクに接触する混合媒体になるとともに、当該混合媒体の混合温度は前記ヒートシンクの温度に直接影響するチャンバと、を有し、前記可変冷媒導入部及び前記可変温媒導入部は、前記ヒートシンクの温度が前記電子部品の温度の変動を相殺し、実質的に前記電子部品の設定温度を維持するように、前記混合温度を動的に制御するように調節される電子部品の温度制御装置が提供される。また前記電子部品は半導体素子である。

40

【0012】

上記装置は、さらに前記可変冷媒導入部により導入された冷媒に応じた量の混合媒体を導出する可変冷媒導出部を含んでもよい。また上記装置は、前記可変温媒導入部により導入された温媒に応じた量の混合媒体を導出する可変温媒導出部を含んでもよい。

【0013】

本発明の第2の実施形態では、前記第1温度は、前記設定温度に対して0~-140の範囲内、前記第2温度は前記設定温度に対して0~75の範囲内としてもよい。換言すれば、前記第1温度は、設定温度に等しいか又は設定温度から-140以下の範囲内、前記第2温度は、設定温度に等しいか又は設定温度から75以上の範囲内としてもよい。

50

【 0 0 1 4 】

他の実施形態において、前記電子部品の温度が上昇した場合は、前記冷媒を増加させるとともに前記温媒を減少させてもよい。また、前記電子部品の温度が下降した場合は、前記冷媒を減少させるとともに前記温媒を増加させてもよい。

【 0 0 1 5 】

上記装置は、前記冷媒の前記第 1 温度を実質的に維持するチラー及び / 又は前記温媒の前記第 2 温度を実質的に維持するヒータを備えてもよい。さらに、前記冷媒の前記第 1 温度を実質的に維持する第 1 熱交換器と、前記温媒の前記第 2 温度を実質的に維持する第 2 熱交換器と、を備えてもよい。

【 0 0 1 6 】

さらに他の限定されない実施形態では、第 1 温度の第 1 流体と第 2 温度の第 2 流体とを用いて、ヒートシンクに熱的に接触する電子部品の温度を制御する方法であって、前記第 1 温度と前記第 2 温度との間の混合温度を有する混合流体を得るために前記第 1 流体と前記第 2 流体との割合を決定するステップと、前記混合流体を得るために前記決定された割合で前記第 1 流体と前記第 2 流体とを混合するステップと、前記電子部品の温度の変化を相殺するとともに前記電子部品の目標温度を実質的に維持するために、前記ヒートシンクの温度を調整して前記ヒートシンクの少なくとも一部に前記混合流体を導出するステップと、を含む電子部品の温度制御方法が提供される。

前記第 1 流体と前記第 2 流体とを混合するステップは、前記第 1 流体に対応する第 1 導入部を介して前記第 1 流体を導入するとともに、前記第 2 流体に対応する第 2 導入部を介して前記第 2 流体を導入するステップと、前記第 1 流体に対応する第 1 導出部と前記第 2 流体に対応する第 2 導出部を介して前記決定された割合で前記混合流体を導出するステップと、を含んでもよい。

また、前記第 1 温度は前記目標温度より低く、前記第 2 温度は前記目標温度より高くてもよい。

これに加えて、前記第 1 温度は、前記目標温度に対して 0 ~ - 1 4 0 の範囲内、前記第 2 温度は前記目標温度に対して 0 ~ 7 5 の範囲内としてもよい。換言すれば、前記第 1 温度は、設定温度に等しいか又は設定温度から - 1 4 0 以下の範囲内、前記第 2 温度は、設定温度に等しいか又は設定温度から 7 5 以上の範囲内としてもよい。

【 0 0 1 7 】

他の実施形態では、前記電子部品の温度が上昇した場合は前記第 2 流体に対する前記第 1 流体の割合が増加するように決定され、前記電子部品の温度が下降した場合は前記第 2 流体に対する前記第 1 流体の割合が減少するように決定されてもよい。また、チラーを用いて前記第 1 温度を実質的に維持し、ヒータを用いて前記第 2 温度を実質的に維持してもよい。

【 0 0 1 8 】

本発明の他の実施形態では、電子部品の温度を制御する装置において、混合温度を得るために、それぞれ対応する温度を有する複数の流体を混合するように構成されたバルブと、前記電子部品に熱的に接触し、前記混合温度に直接関係するヒートシンク温度を有するヒートシンクと、を備え、前記複数の流体の混合比率は、前記混合温度及びこれに関連する前記ヒートシンク温度を動的に変更するために調節される電子部品の温度制御装置が提供される。

上記装置は前記ヒートシンクと前記電子部品との間に配置された熱接触面材料を含んでもよく、前記ヒートシンクは、前記熱接触面材料を介して前記電子部品の目標温度を実質的に維持してもよい。

【 0 0 1 9 】

これに加えて、前記ヒートシンクは複数のフィンを有し、前記フィンは、前記ヒートシンクに接触する前記混合流体と垂直方向に延在してもよい。

【 0 0 2 0 】

本発明の他の限定されない実施形態では、電子部品と熱的に接触するヒートシンクを介し

10

20

30

40

50

て流体循環により前記電子部品の温度を制御する装置において、第1温度の第1流体を導入するように構成された第1可変流体源と、前記第1温度より高い第2温度の第2流体を導入するように構成された第2可変流体源と、前記第1温度及び前記第2温度より高い第3温度の第3流体を導入するように構成された第3可変流体源と、調節された量の前記第1流体、前記第2流体および前記第3流体のうち少なくとも2つを流して前記ヒートシンクに接触する、前記ヒートシンク温度に直接影響する混合温度を有する混合流体にするように構成されたバルブ(ディスクバルブにしてもよい)と、を備え、前記調節された量の前記第1流体、前記第2流体および前記第3流体のうち少なくとも2つは、前記ヒートシンク温度が前記電子部品の温度の変化を相殺するとともに前記電子部品の設定温度を実質的に維持するように制御することができる電子部品の温度制御装置が提供される。

10

【0021】

さらに、前記第1流体を冷媒、前記第2流体を前記電子部品の設定温度と等しい温度の設定温度流体、前記第3流体を温媒としてもよい。また、前記設定温度流体の温度は、前記温媒の温度に対するよりも前記冷媒の温度に近似してもよい。さらに、前記第1流体、前記第2流体及び前記第3流体の少なくとも2つは同じ流体の一部または全て同じ流体の一部としてもよい。

【0022】

上記装置は、第1流体帰還流路と、第2流体帰還流路と、を備え、前記混合流体が前記ヒートシンクに当たったのち、前記混合流体の一部が前記第1流体帰還流路を介して前記第1流体源へ帰還するとともに、前記混合流体の残余は前記第2流体帰還流路を介して前記第2流体源へ帰還してもよい。

20

【0023】

さらに他の実施形態では、それぞれが第1バルブと第2バルブ、およびそれぞれが第1ヒートシンクと第2ヒートシンクとを有する第1電気部品試験部と第2電気部品試験部とを備え、少なくとも前記第2バルブは前記第2ヒートシンクに接触する前記第2流体のみを導出するように構成され、前記第1電気部品試験部が電気部品を試験している場合は、前記第1バルブは前記第1ヒートシンクに接触する前記混合流体を導出するとともに、前記第2電気部品試験部は次の電気部品の試験を待機し、前記第2バルブは前記第2ヒートシンクに接触する前記第2流体のみを導出してもよい。

【0024】

さらに、本発明の限定されない実施形態では、第2温度は第1温度より高く第3温度は第2温度より高い条件下、第1流体容器、第2流体容器及び第3流体容器にそれぞれ貯留された、第1温度の第1流体と第2温度の第2流体と第3温度の第3流体とを用いて、ヒートシンクに熱的に接触する電子部品の温度を制御する方法であって、前記第1温度と前記第3温度との間の混合温度を有する混合流体を得るために、前記第1流体、前記第2流体及び前記第3流体の少なくとも2つの流体の割合を決定するステップと、前記混合流体を得るために前記決定された割合で前記第1流体、前記第2流体及び前記第3流体の少なくとも2つの流体を前記容器から導出するステップと、前記電子部品の温度の変化を相殺するとともに前記電子部品の目標温度を実質的に維持するために、前記ヒートシンクの温度を調整して前記ヒートシンクの少なくとも一部に前記混合流体を接触させるステップと、を含む電子部品の温度制御方法が提供される。

30

40

また、前記第1流体、前記第2流体及び前記第3流体の少なくとも2つの流体を導出するステップは、ディスクバルブを介して前記第1流体、前記第2流体及び前記第3流体の少なくとも2つの流体を前記容器から導出するステップを含んでもよい。

【0025】

また、前記第1流体を冷媒、前記第2流体を前記電子部品の目標温度と等しい温度の目標温度流体、前記第3流体を温媒としてもよい。さらに、前記目標温度流体の目標温度は、前記温媒の温度に対するよりも前記冷媒の温度に近似してもよい。加えて、前記第1流体、前記第2流体及び前記第3流体の少なくとも2つは同じ流体の一部または全て同じ流体の一部としてもよい。

50

【0026】

上記方法は、前記ヒートシンクに前記混合流体を接触させたのち、第1流体帰還流路を介して前記混合流体の一部を前記第1流体容器へ帰還させるステップと、前記ヒートシンクに前記混合流体を接触させたのち、第2流体帰還流路を介して前記混合流体の残余を前記第2流体容器へ帰還させるステップと、を含んでもよい。

【0027】

さらに、それぞれが第1バルブと第2バルブ、およびそれぞれが第1ヒートシンクと第2ヒートシンクとを有する第1電気部品試験部と第2電気部品試験部とを備え、前記第1流体、前記第2流体及び前記第3流体の少なくとも2つの流体の導出が電気部品の試験中に前記第1電気部品試験部にて行われるものであって、前記第1流体、前記第2流体及び前記第3流体の少なくとも2つの流体が前記第1電気部品試験部により導出されているとともに前記第2電気部品試験部が次の電気部品の試験を待機している間は、前記第2流体が前記第2ヒートシンクに接触するように前記第2流体のみを導出してよい。また、前記接触は、前記ヒートシンクのフィンが延在する方向の垂直方向に生じてよい。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下の開示は、制御された環境下において試験され、試験中デバイス(DUT)と称される固体化された電子部品の温度を調節する装置及び方法に関する。一の実施の形態では、DUTと従来技術の温度制御装置のヒートシンクとの間のヒータは除外してよい。しかも、それぞれ異なる温度の流体(限定はされないが液体、気体、粒子、微粒子及びこれらの組み合わせを含む全ての非固体でよい)の一部は種々の割合でヒートシンク内において混合され、DUTの温度を維持し制御する。これに代えて、それぞれ異なる温度の少なくとも2つの流体を種々の割合でヒートシンク内において混合し、DUTの温度を維持し制御してもよい。加えて、異なる物質状態の2又はそれ以上の流体を本発明に使用してもよい。たとえば、本発明の限定されない実施形態に関し、ガスと液体を混合してもよい。すなわち、ここに開示するすべてのヒートシンクは熱容量及び熱抵抗がきわめて小さい。

【0029】

一の実施の形態では、バルブは、ヒートシンクに導入される流体の割合及びデューティサイクルを制御する。そのヒートシンクの形態は特に限定されない。すなわち、効率と熱除去能力は、流体流量の増加、圧力の増加、フィン効率の最適化、適した流体の選択、流量の増加、増分Tの増加(すなわちDUTの試験温度に対するヒートシンク流体温度)及びこれに類するものによって、最大値まで増加する。意味深いことに、流体の冷媒増分Tの原理は加熱要求にも適用される。すなわち、必要とされる如くヒートシンクの温度を上昇させるために、ヒータを要求することなく、大きな増分Tの温媒が用いられる。加えて、ヒータ及び結合されたヒータの痕跡を除去するために、ヒートシンクの表面の温度勾配が、事実上除去される。

【0030】

図2は、本発明の観点によるDUT温度を調節するために使用される温度制御装置の代表的な温度応答を示すグラフである。SOT(試験開始)までは電子部品に印加される電力はゼロである。さらにまた、試験温度102は模範的に90に設定される。また、それぞれが試験温度102に対する冷媒増分Tおよび温媒増分Tを有する冷媒温度204および温媒温度206が存在する。同図にはヒータの電力は示されていない。なぜならヒートシンクの冷媒の効果を相殺するためにヒータは採用されていないからである。

【0031】

ヒータ電力を無効にすることについて関係はないので、冷媒温度204は従来システムの冷媒温度104に比べ著しく低い。図2には代表的に実施形態としての冷媒温度204は約-30、その結果としての冷媒増分Tが120として示されている。また、図2の模範的な実施形態としての温媒温度206は約200、その結果としての温媒増分Tが110として示されている。

【0032】

冷媒と温媒または同じ流体（すなわち定常的に循環する流体）の低温部分と高温部分は連続的に調節可能な割合で混合され、混合されたヒートシンクの流体温度 209 とされる。全ての実施の形態において、当業者は、使用される流体は同じ、定常的に循環する流体であってもよいし、又はこれに代えて2又はそれ以上の別個の流体であって分離された容器に収容され混合されるまで互いに混ざり合うことがないものであってもよいことを容易に理解する。試験温度 102 を維持するために、混合されたヒートシンクの流体温度 209 は、電子部品の電力の上昇に応じてヒートシンクの流体温度 209 が降下することが示されているとおり、電子部品の電力 112（及びこれに応じて増加する電子部品温度）を相殺するように調節される。このようにして電子部品の電力 112 は、試験温度 102 が維持されたまま、最大試験要求値まで増加することができる。

10

【0033】

図3は、図2の温度制御を達成できる、本発明の実施の形態に係る模範的な温度制御装置を示す概略ブロック図である。同図に示す実施形態において、温度制御装置 300 はクローズドシステムを備え、このシステムは、たとえば Dynalene HC-10 の流体を、一組の熱交換器及びバルブを通して循環する。これにより、冷媒増分 T の容器 310 との相互作用を介して一部の流体は冷媒増分 T まで冷却されると同時に、温媒増分 T の容器 320 との相互作用を介して他の流体は温媒増分 T まで加熱される。たとえば、図示する実施形態では冷媒容器 310 と温媒容器 320 は別のクローズドシステムに組み込まれ、これらのクローズドシステムはそれぞれ冷媒と温媒とを、たとえば並行流の熱交換器である熱交換器 312, 322 に流す。勿論、本発明の範囲と精神を逸脱しない限りいかなるタイプの熱交換器を温度制御装置 300 に組み込んでもよい。さらに、温度制御装置 300 に使用される流体の例示は限定する趣旨ではなく、液体、気体または液体と気体の混合物を適用することができる。

20

【0034】

冷媒増分 T の容器 310 は、チラー、たとえば冷媒増分 T（たとえば図2に示すように冷媒増分 T が 120 となる冷媒出口温度 -30）とするために熱交換器 312 の出口温度を充分低温に維持するものを組み込んでもよい。チラーは冷却要求に応じて単体で又は直列にしてもよく、たとえば試験及び/又は使用者のニーズに基づいて変更してもよい。温媒増分 T の容器 320 は、ボイラー、たとえば温媒増分 T（たとえば図2に示すように温媒増分 T が 110 となる温媒出口温度 200）とするために熱交換器 322 の出口温度を充分高温に維持するものを組み込んでもよい。さらに、温度制御装置 300 に使用される流体の冷媒増分 T と温媒増分 T を適切に生成し維持する、熱交換器に依存しない冷却システム及び加熱システムを含むあらゆる手段が、本発明の範囲と精神を逸脱しない限りここに組み込んでもよい。

30

【0035】

熱交換器 312, 322 は、単一の導管 305 を介して流通する流体の温度を調節し、導管 305 は種々の枝管を介して流体をヒートシンク 340, 350, 360, 370 に案内する。それぞれのヒートシンクは、電子部品（たとえば DUT）に接触し、その設定温度を維持する。図示する実施形態では、導管 305 は分離されたクローズドシステムであり、ヒートシンクから出た流体を、熱交換器 312, 322 から出た流量割合で両熱交換器 312, 322 へ戻す。

40

【0036】

流体は導管 305 をすべての適切な手段及び圧力で流通してよい。たとえば、図示する実施形態では、ポンプ 382（同例では約 180 PSI で流体を吸引するが当業者であればシステムのニーズに応じて流体の吸引圧を大きく又は小さくすることができる。）は、導管 305 を介して流体を吸引し、同時にアキュムレータ 384（同例では約 180 PSI で流体を吸引するが当業者であればシステムのニーズに応じて流体の吸引圧を大きく又は小さくすることができる。）およびレギュレータ 386（同例では約 160 PSI で流体を吸引するが当業者であればシステムのニーズに応じて流体の吸引圧を大きく又は小さくすることができる。）はシステム内の圧力を一定に維持する。流体は、2ポートチェック

50

バルブ 3 1 4 , 3 2 4 のようなバルブを介して熱交換器 3 1 2 , 3 2 2 に流入する。2 ポートチェックバルブ 3 1 4 , 3 2 4 はそれぞれ、熱交換器 3 1 2 , 3 2 2 を通る流体の方向を特定方向に保証し、それぞれの熱交換器 3 1 2 , 3 2 2 に流入する流体量を調節する。

【 0 0 3 7 】

熱交換器 3 1 2 を通過する流体の一部は、図 2 のグラフに示されるように冷媒増分 T (たとえば 1 2 0) に相当する所定の低温 (たとえば - 3 0) に冷却される。同様に、熱交換器 3 2 2 を通過する流体の一部は、図 2 のグラフに示されるように温媒増分 T (たとえば 1 1 0) に相当する所定の高温 (たとえば 2 0 0) に加熱される。これら冷媒と温媒はそれぞれ、熱交換器 3 1 2 , 3 2 2 から導管 3 0 5 の枝管 3 0 5 a , 3 0 5 b を介して導出される。

10

【 0 0 3 8 】

図示する実施形態では、枝管 3 0 5 a 内の冷媒は、ヒートシンク 3 4 0 , 3 5 0 , 3 6 0 , 3 7 0 にそれぞれ対応した 4 つの冷媒コントロールバルブ 3 4 1 , 3 5 1 , 3 6 1 , 3 7 1 に分かれて流れるように分岐される。同様に、枝管 3 0 5 b 内の温媒は、ヒートシンク 3 4 0 , 3 5 0 , 3 6 0 , 3 7 0 にそれぞれ対応した 4 つの温媒コントロールバルブ 3 4 2 , 3 5 2 , 3 6 2 , 3 7 2 に分かれて流れるように分岐される。コントロールバルブは、たとえば周波数幅変調 (P W M) されるアナログ式流体コントロールバルブ、微小電気機械素子 (M E M S) の流体コントロールバルブ又はこのようなバルブであってよい。勿論、本発明の範囲及び精神を逸脱しない限り、ヒートシンクに対応するだけでなく、あらゆる数量及びタイプのバルブを含んでよい。たとえば図示する実施形態では、温度制御装置 3 0 0 は、熱交換器 3 1 2 に対応するひとつの流体コントロールバルブと、ひとつのヒートシンク及び熱交換器 3 2 2 に対応するひとつの流体コントロールバルブとを含む。

20

【 0 0 3 9 】

冷媒コントロールバルブ 3 4 1 , 3 5 1 , 3 6 1 , 3 7 1 と温媒コントロールバルブ 3 4 2 , 3 5 2 , 3 6 2 , 3 7 2 は 1 組とされ、それぞれのヒートシンクが、一方が冷媒、他方が温媒という、それぞれが冷媒コントロールバルブと温媒コントロールバルブにより制御される 2 つの入口を有することになる。このようにして、コントロールバルブは冷媒と温媒のそれぞれ流量を調節し、ヒートシンク内において所望温度を有する混合流体を得る。たとえば、冷媒と温媒はヒートシンクのチャンバ内で混合されてよい。

30

【 0 0 4 0 】

混合流体はそれぞれのヒートシンク 3 4 0 , 3 5 0 , 3 6 0 , 3 7 0 に接触し、各ヒートシンクの温度を制御する (ひいては各 D U T の温度を制御する)。ここに説明されているとおり、接触方向は、その概要を図 7 に示すように各ヒートシンク 3 4 0 , 3 5 0 , 3 6 0 , 3 7 0 のフィン F の延在方向 (矢印 F D で示す) に対してほぼ垂直方向 (すなわち法線、矢印 I D で示す) である。ヒートシンク 3 4 0 , 3 5 0 , 3 6 0 , 3 7 0 のフィンに接触し循環する混合流体を矢印 I C で示す。ヒートシンクに接触する混合流体により、混合温度の効果は直接的かつ効率的にヒートシンクへ伝達される。また、混合流体は各ヒートシンクから均等に導出され、熱傾斜や他の不均一な温度分布となる好ましくない効果の発生が避けられる。冷媒及び温媒のコントロールバルブは、接触する流体の温度変化に対するヒートシンクの時間応答性を高めるため、すなわち瞬間的な時間応答性に近づけるため、それぞれのヒートシンクのすぐ近くに配置されてよい。

40

【 0 0 4 1 】

説明のため一組のコントロールバルブとヒートシンクに関して言えば、コントロールバルブ 3 6 1 , 3 6 2 は、サーモスタットなどの温度センサ (不図示) からの信号に応じて開閉し、温度センサはヒートシンク 3 6 0 の温度変化及び / 又はヒートシンク 3 6 0 に接触する又はその他ヒートシンク 3 6 0 により提供された D U T の温度変化を監視する。上述したとおり、一対のコントロールバルブ 3 6 1 , 3 6 2 からの可変量の冷媒と温媒は所望割合で互いに混合し、ヒートシンク 3 6 0 に接触する。コントロールバルブ 3 6 1 , 3 6 2 の流量割合の調節は、本発明の範囲と精神を逸脱しない限り、各自のバルブにおいて行

50

っても又は流量と位置データをバルブから受け取るとともに温度データをヒートシンク及び/又はDUTから受け取る中央制御システムにおいて行ってもよい。

【0042】

一の実施形態では、ヒートシンク360は、熱接触面材料420(図5)のような熱接触面材料に取り付けられ、熱接触面材料はDUTに接触し、DUTを覆ってさらなる効率及び均一な温度分布とすることができる。熱接触面材料は、たとえば金属製基層にカーボンナノチューブを設けた構造を含んでよい。

【0043】

混合流体の温度は、DUTの設定温度を維持することが必要であるように、各可変コントロールバルブ361, 362を介してヒートシンク360へ入ることができる各流体量の機能として調節することができる。たとえば、ヒートシンク360に対面するDUTの温度がDUTに対する電力の増加に応じて上昇するので、ヒートシンク360の温度はこの変化を相殺するために下降しなければならない。そのため、ヒートシンク360の温度上昇を示すセンサからの信号に基づいて、冷媒コントロールバルブ361が徐々に開き、及び/又は温媒コントロールバルブ362が徐々に閉まる。逆に言えば、ヒートシンク360に取り付けられたDUTの温度が下降すると、ヒートシンクの温度は増加しなければならない、そのため冷媒コントロールバルブは徐々に閉まり、及び/又は温媒コントロールバルブ徐々に開く。各ヒートシンク340, 350, 360, 370は、DUTに影響する変化を相殺するために専用のセンサを備えてもよい。たとえば、DUTは僅かに異なる温度特性を有してよく、または種々の試験のタイミングは異なってもよい。

【0044】

混合流体は各ヒートシンク340, 350, 360, 370に入り、導管305を介して熱交換器312, 322へ戻る。個別に流体を冷却及び加熱する工程と、冷媒と温媒とを混合する割合を調節する工程は、それぞれのDUT及び/又はヒートシンク温度の監視に基づいて継続される。

【0045】

一の実施形態では、混合流体は、冷媒及び温媒入口に対応した、分離された冷媒及び温媒出口及び/又はバルブを介して各ヒートシンク340, 350, 360, 370から流出してよい。たとえば各冷媒及び温媒出口から流出する混合流体の均一性が、各冷媒及び温媒入口へ流入する均一性に対応するように、冷媒及び温媒入口と同様に、冷媒及び温媒出口は調節可能とされている。これに代えて、または各ヒートシンク340, 350, 360, 370から流出する混合流体の均一性を制御することに加えて、各熱交換器312, 322に流入する混合流体量は、同様にしてチェックバルブ314, 324それぞれにより制御してよい。これにより、各熱交換器312, 322に戻る混合流体量が、ヒートシンク340, 350, 360, 370に流入する冷媒及び温媒に対応した量に等しくなる。このようにして、熱交換器312, 322は、DUT温度を維持し、これによりシステムの効率を高めるための現在の要求による指示にしたがって、均一な量の流体全体をそれぞれ冷却及び加熱することが必要とされる。

【0046】

さらに、分離された冷媒及び温媒出口から流出する混合流体は、分離された導管を介して各熱交換器312, 322へ戻されてもよい。たとえば、ヒートシンク360に接触する混合流体が65%の冷媒と35%の温媒である場合に、65%の混合流体が冷媒導管を介してヒートシンクから流出し、35%の混合流体が温媒導管を介して流出する。さらに、熱交換器312, 322は、均一な量の流体全体をそれぞれ冷却及び加熱し、これによりシステムの効率を高める。

【0047】

他の実施形態では、冷媒と温媒は厳密な意味でヒートシンクにおいて混合されず、むしろ分離された導管に存在する間、熱エネルギーをヒートシンクに伝達する。たとえば、温媒増分Tの容器320から循環する温媒はヒートシンク(たとえばヒートシンク360)を通過し、ヒートシンク熱交換器(不図示)を介して熱をヒートシンクに伝達し、そして(温

10

20

30

40

50

媒増分Tの容器320に対応した)熱交換器322へ戻る。したがって、熱交換器322、入口側温媒コントロールバルブ342, 352, 362, 372、これに対応した出口側冷媒コントロールバルブおよび帰還導管(不図示)は、分離されたクローズドシステムとして機能する。同様に、(冷媒増分Tの容器310に対応した)熱交換器312、入口側冷媒コントロールバルブ341, 351, 361, 371、これに対応した出口側温媒コントロールバルブおよび帰還導管(不図示)は、分離されたクローズドシステムとして機能する。また、本例では、冷媒増分T及び温媒増分Tを与える分離された流体及び/又は異なるタイプの流体の使用が可能となる。

【0048】

さらに、温度制御装置の冷却サイクル及び加熱サイクルの分離状態が分離された帰還導管により維持され、冷媒と温媒が混合しない場合は、熱交換器312, 322は省略してもよい。すなわち、たとえばチラーによって冷却される冷媒増分Tの容器310内の冷媒を、制御された量で直接ヒートシンク340, 350, 360, 370に導入し、冷媒導管を介して均一な量の流体を冷媒増分Tの容器310へ戻してもよい。同様に、たとえばボイラーによって加熱される温媒増分Tの容器320内の温媒を、制御された量で直接ヒートシンク340, 350, 360, 370に導入し、温媒導管を介して補給された均一な量の流体を温媒増分Tの容器320へ戻してもよい。このように、冷媒増分Tの容器310及び温媒増分Tの容器320は、それぞれの容器から直接流出する流体量に合わせて補給される。

【0049】

さらに他の代替的な実施形態では、冷媒と温媒の割合は、ヒートシンクで混合して接触する冷媒と温媒の量を同時に調節する一又はそれ以上のサーマルチャックによって制御してもよい。たとえば、図4及び図5に示すように、単一のヒートシンク415のためのサーマルチャック400は、バルブ424(限定はされないがディスクバルブを含む)の動作により、冷媒入口410及びこれとは分離された温媒入口420を介してサーマルチャックへ流入する流体の流量を調節する。またサーマルチャック400は、冷媒入口410及び温媒入口420のそれぞれに対応した冷媒戻り412及び温媒戻り422を含む。ヒートシンク415にて混合して接触する流体は、上述したとおり冷媒入口410及び温媒入口420を介して流入する際の冷媒と温媒との割合と同じ割合で冷媒戻り412及び温媒戻り422を介してサーマルチャック400から流出してよい。さらに、本発明では、図3に示す配列と同様に複数の相互に連結されたサーマルチャック400を使用してもよい。

【0050】

サーマルチャック400は、位置決めの際に柔軟性を提供するジンバル430を介して基板405上のダイ(たとえばDUT406)に接触し装着されてよい。特に図5に示すように、内部を流れる流体はチャンバ417内で混合することによりヒートシンク415上で接触し、チャンバ417の内部流路を介してヒートシンク415内を循環する。ヒートシンク415は、上述したとおりたとえば効率的かつ均一な熱交換が可能な熱接触面材料420を介してDUT406の表面に作用する。一の実施形態では、流体は冷媒入口410及び温媒入口420を介してサーマルチャック400の調節部に流入し、ヒートシンク415に連続的に接触する。上述したとおり、流体は冷媒戻り412及び温媒戻り422を介してサーマルチャック400から流出する。

【0051】

勿論、本発明の範囲と精神を逸脱しない限り、ヒートシンクの温度を制御するために異なる温度の流体から(すなわち冷媒増分T及び温媒増分Tを維持するため)熱エネルギーを伝達するいかなる手法を採用してもよい。また流体は幾つの異なる温度を有してもよい。たとえば、発明の一の実施形態では、導管305を流れる流体は、異なる増分Tを有する3つ以上の流体に分岐されてよく、これらは所望の混合流体温度とするために種々の割合で混合されてよい。

【0052】

10

20

30

40

50

図6は、本発明の観点による典型的な電子部品の温度制御方法を示すフローチャートである。ステップS602では、所望温度又は目標温度が、その維持のために温度制御装置に設定される。目標温度はDUTが試験される(たとえば90)設定温度でよい。またはこれに代えて、目標温度は電子部品が操作環境において機能し得る所望温度(または温度範囲)でよい。

【0053】

ステップS604では、電子部品(たとえばDUT)及び/又は電子部品に接触するヒートシンクの実温度が測定される。そして測定された温度は所望温度と比較される。2つの温度が同じときはヒートシンクの流体混合に何らの調節もせずにステップS604へ戻り、更新された温度データを取得する。

10

【0054】

実温度が設定温度より低いときは、ステップS612にて、ヒートシンクを流れる温媒量を増加させ、及び/又はヒートシンクを流れる冷媒量を減少させ、これによりヒートシンク温度を上昇させる。実温度が設定温度より高いときは、ステップS610にて、ヒートシンクを流れる冷媒量を増加させ、及び/又はヒートシンクを流れる温媒量を減少させ、これによりヒートシンク温度を下降させる。いずれの場合も流量調節後にステップS604へ戻り、更新された実温度データを取得し、必要に応じて次のステップを繰り返す。

【0055】

図8は本発明の他の実施形態に係るサーマルチャック500の概略図である。本例では3つの流体源、すなわち冷媒源510、設定温度流体源513および温媒源520が利用されている。設定温度流体源513の流体は、冷媒源510の流体より高い温度に設定されている。さらに特に、設定温度流体源513の流体はDUT(サーマルチャック500を介して潜在的に生じる熱損失を考慮して)の設定温度にほぼ等しい温度とされている。たとえば、DUTの設定温度が80であるときは設定温度流体源513の流体温度はたとえば85に設定されてよい。さらに、温媒源の流体温度は設定温度流体源513の流体よりも高い温度に設定されている。エネルギー効率を高めるため、設定温度流体の温度は、温媒温度に対するよりも冷媒温度に近似してよい。3つの異なる温度の3つの流体源510, 513, 520が図8に示されているが、代替的实施形態として3つ以上の異なる温度の3つ以上の流体源を使用してもよい。たとえば、3つの異なる設定温度にて3つのDUTを試験するように構成されたシステムにあっては、冷媒源、第1設定温度流体源、第2設定温度流体源、第3設定温度流体源及び温媒源といった5つの異なる温度の流体を含む合計5つの異なる流体源を含んでよい。

20

30

【0056】

図8に示すように、導管505は3つの流体源510, 513, 520をヒートシンク515に連結している。特に、冷媒は冷媒導管505aを介して流通し、マニホールド580を介してサーマルチャック500に案内され、ここで冷媒はバルブ524(限定されないがディスクバルブを含む)と連通する。さらに設定温度流体は設定温度流体源513から流出して導管505bを介して温媒源520に流入する。温媒源520の設定温度流体が所定の高温に達したら、温媒は導管505bを通過してマニホールド580を介してサーマルチャック500に至り、ここで温媒はバルブ524に連通する。温媒源520に直接流入しない設定温度流体は導管505sを通過してマニホールド580を介してサーマルチャック500に至り、ここで設定温度流体はバルブ524に連通する。DUTの試験中に、設定温度流体は、エネルギー効率を高めるため冷媒のみと混合してもよい。換言すれば、冷媒と温媒を直接混合すると重要なエネルギー消費やヒートシンク515全体にわたる温度傾斜の機会が増加するため、冷媒と温媒の直接混合を排除することはエネルギー効率を高める結果となる。

40

【0057】

図8は、冷媒導管505a、設定温度流体の導管505s及び温媒導管505bと連通しているようなディスクバルブ524を示す概略図である。バルブ524は、ヒートシンクの上に直接設置されることが好ましい。また、バルブ524は、所定の温度の複合流がヒ

50

ートシンク 5 1 5 (図 8 参照) へ流れるように、冷媒と設定温度流体と温媒とを混合した所望の流体を放出するために、180°又は360°回転する。特に限定されない実施形態では、バルブ 5 2 4 の回転が 0°の時に冷媒が流出し、バルブ 5 2 4 が 90°回転した時に、設定温度流体が流出し、バルブが 180°回転した時に、温媒が流出し、バルブ 5 2 4 が 270°回転した時に戻り用導管 5 0 5 R (図 8 参照) を介してヒートシンク 5 1 5 に流れている流体が戻る。これによって、流体がほぼ一定の割合で流出することが可能となる。このように、バルブ 5 2 4 は、導管 5 0 5 a , 5 0 5 s , 5 0 5 b の分岐合流点に設置されることが好ましい。温度の反応に早く適応するため、通過時間が短くなるように、ヒートシンクへの入口で流体の混合することが好ましい。また、上述の構造に伴って、ヒートシンク 5 1 5 とミキシングチャンバー 5 1 7 (図 1 1 参照) は、一つの入口と一つの出口だけを必要とする。さらに、混合した流体とヒートシンク 5 1 5 の距離を近付けることで、流体の非圧縮性の問題が小さくなる。また、上述の構造は、再現性の問題と履歴現象の問題を低減させる。

10

【 0 0 5 8 】

図 1 0 は、バルブ 5 2 4 の作動との関係において、冷媒、設定温度流体及び温媒の混合を示すグラフである。特に図 1 0 は、約 2 リットル / 分の一定の割合となっている複合流を示すが、2 リットル / 分よりも大きく又は小さくすることができることや一定でなく変化を持たせることも可能である。

【 0 0 5 9 】

図 8 は、戻り用導管 5 0 5 R からの接触した流体が設定温度流体の戻り用導管 5 0 5 s R を介して設定温度流体源 5 1 3 に戻される様子を示し、また、戻り用導管 5 0 5 R からの流体が冷媒の戻り導管 5 0 5 a R を介して冷媒源 5 1 0 へ戻される様子を示している。言い換えれば、3 つの流体の供給導管 5 0 5 a , 5 0 5 s , 5 0 5 b がサーマルチャック 5 0 0 に供給されている場合に、2 つの流体の戻り用導管 5 0 5 a R , 5 0 5 s R (又は 5 0 5 a R , 5 0 5 b R 又は 5 0 5 s R , 5 0 5 b R) だけは、サーマルチャックから供給されるようにしてもよい。しかしながら、図 1 1 は、3 つの流体の供給導管 5 0 5 a , 5 0 5 s , 5 0 5 b と 3 つの流体の戻り用導管 5 0 5 a R , 5 0 5 s R , 5 0 5 b R とを有しているサーマルチャック 5 0 0 の概略斜視図を示している。当業者は、1 つの流体の戻り用導管だけがサーマルチャックから供給されるような異なる実施形態を想像できると思われる。さらに、混合流体がヒートシンク 5 1 5 へ流れた後は、設定温度流体と温媒との温度差が小さくなるため、設定温度の戻り用導管 5 0 5 s R は、サーマルチャックの上部にある温媒の戻り用導管 5 0 5 b R の隣に配置され、これによって、熱損失を小さくできる。さらに、前述の混合流体の戻りは、チャック 5 0 0 の外部的又は内部的に実行される。

20

30

【 0 0 6 0 】

冷媒源 5 1 0 及び設定温度流体源 5 1 3 は約 3 0 リットル / 分一定で循環することが好ましいが、他の流量で循環させてもよくまた一定でなくてもよい。さらに最初の実施形態で触れたように、冷媒、設定温度流体及び温媒の導管は調節可能であり、たとえば冷媒、設定温度流体及び温媒の導管からの流出に対応する冷媒、設定温度流体及び温媒の導管への流入を均一にする。

【 0 0 6 1 】

複数のサーマルチャック 4 0 0 , 5 0 0 (複数のヒートシンク 4 1 5 , 5 1 5 を有する) を図 3 に示すように使用することもでき、これらを通る流体を直列または並列に接続することもできる。これに関連して、図 8 はサーマルチャック 5 0 0 に連結されたさらなるサーマルチャック 5 0 0 n を示す概略ブロック図である。

40

【 0 0 6 2 】

多くの使用において、DUT の交換を迅速に行うことができるように、テスト部の基板 5 0 8 上の互いに交換可能な試験シーケンスの DUT 5 0 6 に対して一以上のサーマルチャック 4 0 0 , 5 0 0 を使用することは一般的である。図 1 2 は、2 つのサーマルチャック 5 0 0 A , 5 0 0 B を有するシステムであって、一方のサーマルチャック 5 0 0 A はテスト部 (位置 A) において DUT 5 0 6 を試験し、他方のサーマルチャック 5 0 0 B は DUT

50

Tの試験が終了するのを待機し(すなわち位置Bにて試験終了またはEOTを待機する)、サーマルチャック500Aは保持位置Cへ移動するとともに、サーマルチャック500Bは次のDUTを試験するために位置Aへ移動するといったシステムを示す。サーマルチャック500Bが次のDUTの試験を終了すると、サーマルチャック500Aは保持位置Cから位置Aへ戻り他のDUTを試験する。これを繰り返すことで全てのDUTが試験される。

【0063】

高速かつ連続するDUT試験(たとえばマルチサーマルチャック500が使用される状態)はかなりの量のエネルギー消費を必要とし、そのエネルギーはヒートシンクの冷却及び加熱の繰り返しに消費される。周知のとおり混合される流体間の温度差が大きければ大きいほどエネルギーロスも大きい。上述した構成では位置Bのサーマルチャック500Bは専ら設定温度流体を導出し、この設定温度流体は専らヒートシンク515に接触し(すなわちバルブ524は回転角が90°の位置に設定されている)、これにより位置Bのサーマルチャック500Bのヒートシンクをほぼ一定温度に維持し、異なる温度の流体の混合を回避し、もってシステムレベルにおけるエネルギー消費を著しく減少させる。さらに、試験の開始時には、位置Bのサーマルチャック500Bのヒートシンクはほぼ一定の設定温度に維持され、流体混合は回避されているので、ヒートシンク515全体にわたる及びDUT上の熱勾配は著しく減少する。加えて、エネルギー効率を高めるために、DUTの設定温度が低温である試験の場合はチラーの使用を省略してもよい。

【0064】

上述したとおり、温度制御を実行するためにヒートシンクを直接加熱するヒータを備えていないので、開示された実施形態は熱抵抗特性を改善することができるとともに熱勾配を除去することができ、従来技術では開示されていない極端な増分Tの使用を可能にすることができる。また開示された実施形態はさらなるエネルギーの節約と迅速な応答時間を創り出す。開示された実施形態はさらに正確な電子部品の試験や、たとえば1500ワットに至る従来の電子部品の500ワットを超える試験を実行することができる。さらに、あらゆる環境下(試験及び/又は操作)における電子部品の温度制御が高められることになる。

【0065】

本発明は、いくつかの典型的な実施形態を参照して説明し、これらは適当な方法で組み合わせることもできるが、使用された用語は、限定されるべき用語というよりむしろ図面と詳細な説明で用いられる用語であると理解すべきである。本発明の範囲及び精神を逸脱しない限り、現在または補正された添付した請求項の範囲内において変更することができる。本発明は、個々の手段、材質や実施形態の説明について説明されているが、記載された事項について限定する趣旨ではない。むしろ、本発明は、添付した請求の範囲内において、機能的に同等の構造、方法、用途にまで及ぶ。

【図面の簡単な説明】

【0066】

この開示は、図面に基づき、限定されない実施例により詳細に説明され、同一の符号は幾つかの図面を通して同様の部材を表わす。

【図1】従来技術の温度制御装置の典型的な温度応答を示すグラフである。

【図2】本発明の観点による温度制御装置の典型的な温度応答を示すグラフである。

【図3】本発明の観点による温度制御装置を示す典型的なブロック図である。

【図4】本発明の観点による温度制御装置のサーマルチャックを示す典型的な概略等角図である。

【図5】本発明の観点による温度制御装置のサーマルチャックを示す典型的な概略等角拡大図である。

【図6】本発明の観点による電子部品の温度制御方法を示す典型的なフローチャートである。

【図7】本発明の観点によるヒートシンクを示す典型的な概略図である。

【図8】本発明の観点による他の実施形態の温度制御装置のサーマルチャックを示す典型的な概略図である。

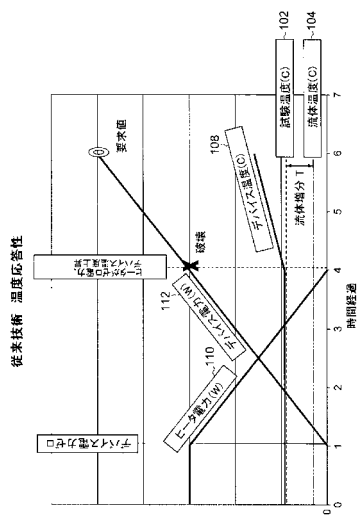
【図9】本発明の観点による他の実施形態の温度制御装置のバルブを示す典型的な概略図である。

【図10】本発明の観点による他の実施形態の冷媒、設定温度流体、温媒の混合を示すグラフである。

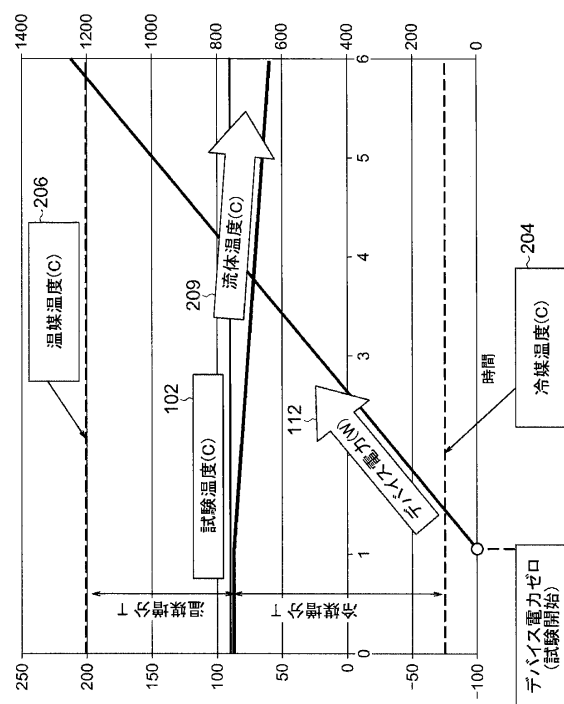
【図11】本発明の観点による他の実施形態の温度制御装置のサーマルチャックを示す典型的な斜視概略図である。

【図12】本発明の観点による他の実施形態の温度制御装置のデュアルチャックシステムを示す典型的な概略側面図である。

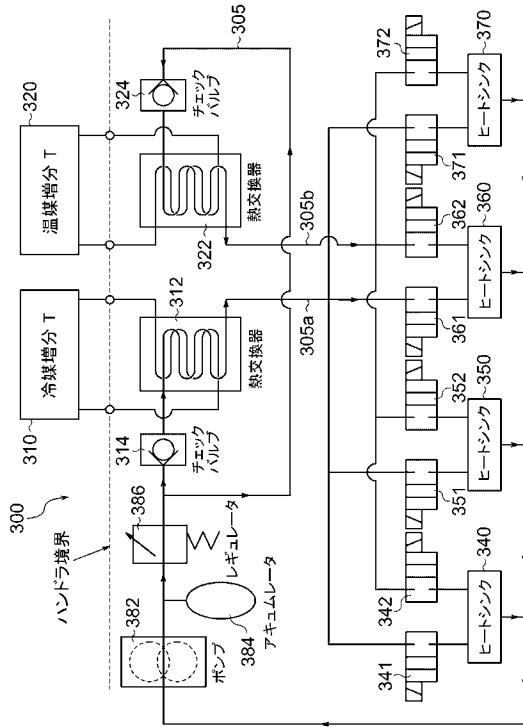
【図1】



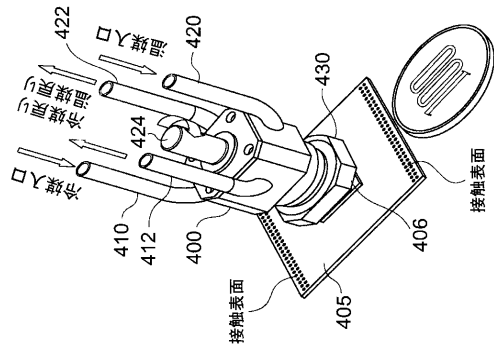
【図2】



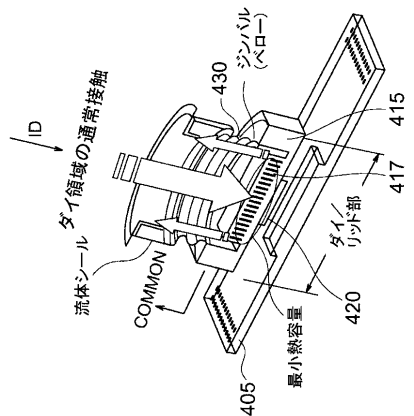
【図3】



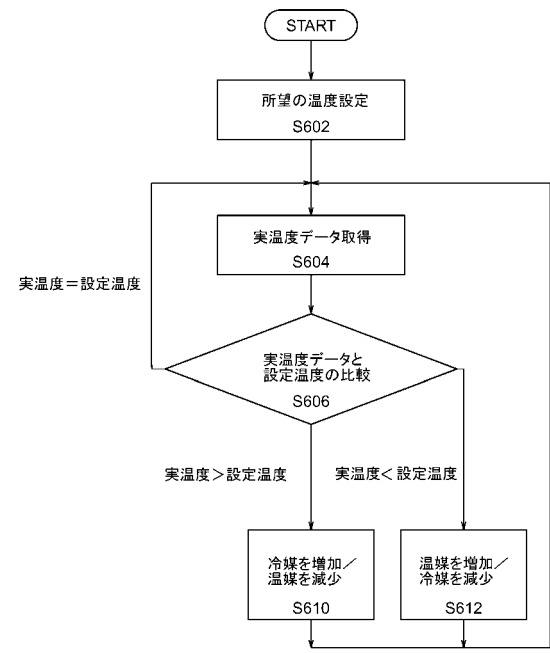
【図4】



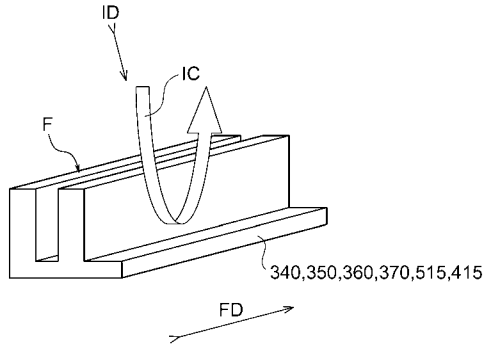
【図5】



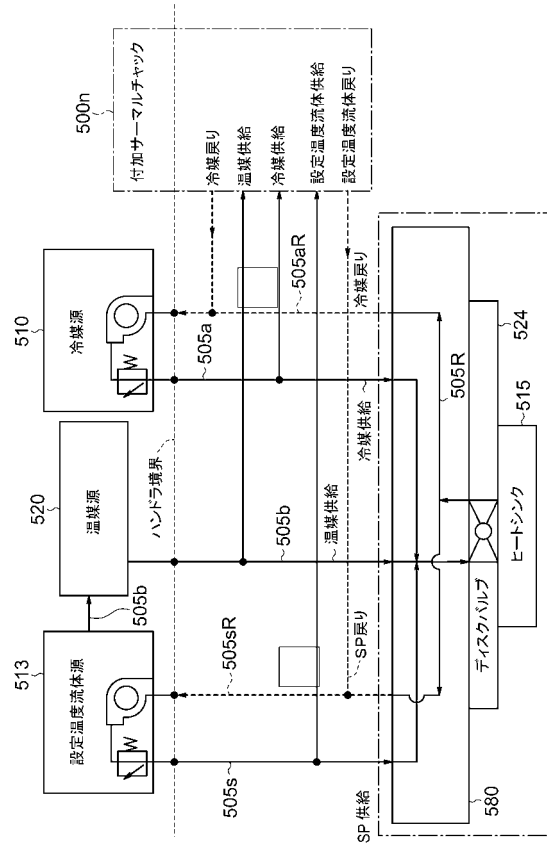
【図6】



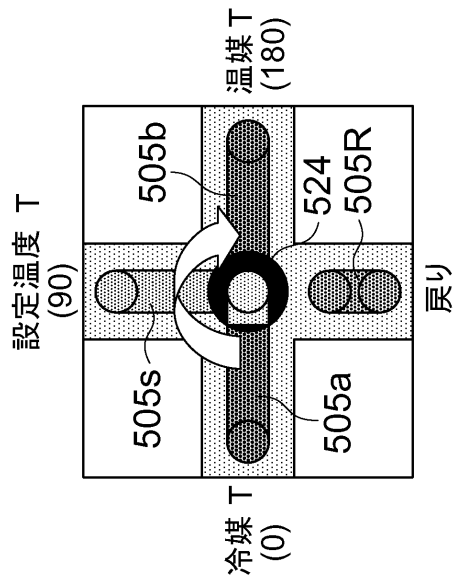
【 図 7 】



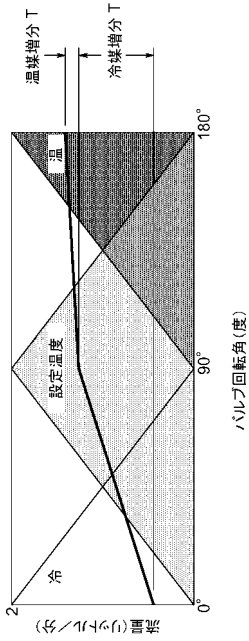
【 図 8 】



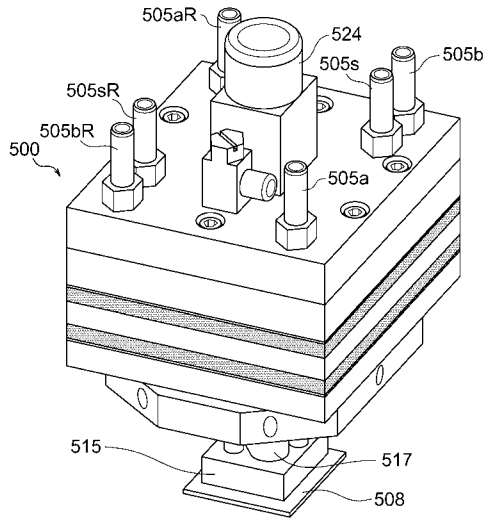
【 図 9 】



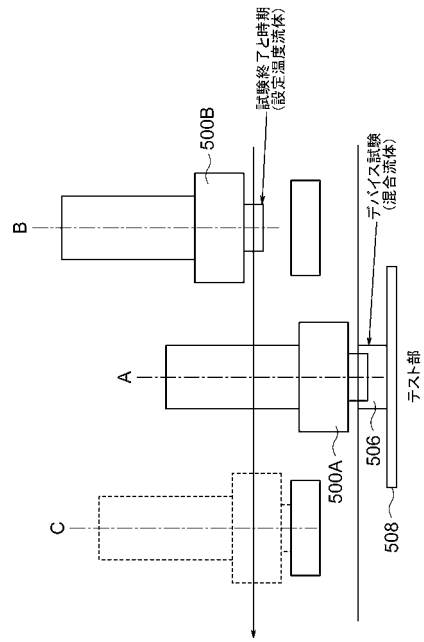
【 図 10 】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

- (72)発明者 ロバートエドワード, アルザツ
アメリカ合衆国, イリノイ州 6 0 1 7 4 , セントチャールズ, ソーンウッド ディーアール 8 3 4
- (72)発明者 デイビッド, ユー
アメリカ合衆国, イリノイ州 6 0 1 0 8 , ブルーミングデイル, レハイ レイン 2 2 2

審査官 石野 忠志

- (56)参考文献 特表 2 0 0 4 - 5 1 1 7 5 4 (J P , A)
米国特許第 0 4 5 1 2 1 6 1 (U S , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 23/473

H05K 7/20

G01R 31/26