

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2020-24924
(P2020-24924A)

(43) 公開日 令和2年2月13日 (2020. 2. 13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H05B 3/52 (2006.01)	H05B 3/52	3K058
H05B 3/12 (2006.01)	H05B 3/12 A	3K092
H05B 3/00 (2006.01)	H05B 3/00 310C	

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2019-177278 (P2019-177278)	(71) 出願人	501162454 ワットロー・エレクトリック・マニュファ クチャリング・カンパニー アメリカ合衆国、ミズーリ州 63146 セントルイス、ラックランド・ロード 12001
(22) 出願日	令和1年9月27日 (2019. 9. 27)	(74) 代理人	110001737 特許業務法人スズエ国際特許事務所
(62) 分割の表示	特願2019-521098 (P2019-521098) の分割	(72) 発明者	オーセ、ジェレミー アメリカ合衆国、イリノイ州 60071 、リッチモンド、ケノシャ・ストリート 5710
原出願日	平成29年10月23日 (2017. 10. 23)		
(31) 優先権主張番号	62/411, 197		
(32) 優先日	平成28年10月21日 (2016. 10. 21)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	62/411, 202		
(32) 優先日	平成28年10月21日 (2016. 10. 21)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ヒータシステムとその動作方法及びそのヒータ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 抵抗素子がヒータ及び温度センサとして機能するヒータを提供する。

【解決手段】 ヒータ 30 は少なくとも 1 つの抵抗素子 34 を含む。少なくとも 1 つの抵抗素子は、抵抗素子がヒータとして及び温度センサとして機能するように、高い抵抗温度係数 (TCR) を有する材料を含み、抵抗素子は、約 95 % よりも多いニッケル、ニッケル銅合金、ステンレス鋼、モリブデン-ニッケル合金、ニオブ、ニッケル-鉄合金、タンタル、ジルコニウム、タングステン、モリブデン、ニシル、及びチタンからなるグループから選択される材料である。

【選択図】 図 1

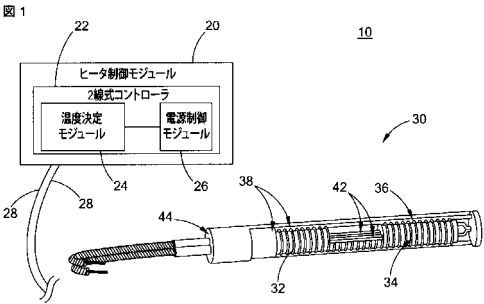


FIG. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高い抵抗温度係数（TCR）を有する抵抗素子を備え、前記抵抗素子がヒータとして及び温度センサとして機能するように、前記抵抗素子が約 95% より多いニッケルを有する材料であるヒータ。

【請求項 2】

前記抵抗素子を囲む絶縁材料と、前記絶縁材料を囲むシースとをさらに具備する請求項 1 記載のヒータ。

【請求項 3】

前記絶縁材料は MgO を含み、前記シースは金属材料である請求項 2 記載のヒータ。

10

【請求項 4】

前記抵抗素子は、ニッケル、ニッケル合金、ニッケル-クロム合金、鉄-クロム-アルミニウム合金、ニッケルアルミナイド、コバルト合金、鉄合金、及び貴金属からなるグループから選択されるコーティング材料をさらに具備する請求項 1 記載のヒータ。

【請求項 5】

高 TCR を有する前記材料と前記コーティング材料とを含む複数の抵抗素子をさらに具備する請求項 4 記載のヒータ。

【請求項 6】

複数の電源ノードを有する制御システムをさらに含み、各抵抗素子は、複数の電源ノードのうちの第 1 の電源ノードと第 2 の電源ノードとの間に接続され、各抵抗素子は前記抵抗素子を作動及び非作動とするように形成されたアドレス可能スイッチに接続され、各抵抗要素は、前記制御システムにより独立に制御される請求項 5 記載のヒータ。

20

【請求項 7】

少なくとも 3 つの電源ノードを有する制御システムをさらに具備し、前記複数の抵抗素子のうちの抵抗素子は各対の電源ノード間に接続される請求項 5 に記載のヒータ。

【請求項 8】

複数の電源ノードを有する制御システムをさらに具備し、前記複数の抵抗素子のうちの第 1 の抵抗素子及び第 2 の抵抗素子は、第 1 のノードと第 2 のノードとの間に接続され、前記第 2 のノードに関連する前記第 1 のノードの第 1 の極性により前記第 1 の抵抗素子が差動され、前記第 2 の抵抗素子が非作動とされ、前記第 2 のノードに関連する前記第 1 のノードの第 2 の極性により前記第 1 の抵抗素子が非作動とされ、前記第 2 の抵抗素子が作動される請求項 5 記載のヒータ。

30

【請求項 9】

複数の独立に制御可能なゾーンをさらに具備する請求項 5 記載のヒータ。

【請求項 10】

前記抵抗素子は、ニッケル、ステンレス鋼、モリブデン-ニッケル合金、ニオブ、ニッケル-鉄合金、タンタル、ジルコニウム、タングステン、モリブデンからなるグループから選択された材料である請求項 1 記載のヒータ。

【請求項 11】

前記抵抗素子は、少なくとも約 1,000 ppm の TCR、及び約 500℃ - 1,000℃ の温度範囲に亘って約 1% 未満の温度ドリフトを有する請求項 1 に記載のヒータ。

40

【請求項 12】

高い抵抗温度係数（TCR）を有する抵抗素子を具備し、前記抵抗素子がヒータ及び温度センサとして機能し、前記抵抗素子が、約 95% を超えるニッケル、ニッケル銅合金、ステンレス鋼、モリブデン-ニッケル合金、ニオブ、ニッケル-鉄合金、タンタル、ジルコニウム、タングステン、モリブデン、ニシル、及びチタンからなるグループから選択される材料であるヒータ。

【発明の詳細な説明】

【関連出願との相互参照】

【0001】

50

本出願は、2016年10月21日に出願された米国仮特許出願第62/411,197号及び2016年10月21日に出願された米国仮特許出願62/411,202の利益及び優先権を主張する。

【技術分野】

【0002】

本出願は電気ヒータに係わり、より詳細には改良された温度検知能力を有する電気ヒータに関する。

【背景技術】

【0003】

この欄の記載は本開示に関連する背景情報を単に提供するものであり、先行技術を構成しない場合がある。

【0004】

管状ヒータ、カートリッジヒータ、及びケーブルヒータはチューブ状ヒータであり、これらは、一般的にスペースが限られた用途で使用される。必要に応じて、ヒータ及び／又は周囲環境の温度を測定及び監視するため、1つ以上の温度センサがヒータに接続されてもよい。温度センサ及び温度センサを外部制御システムに接続するための付随ワイヤは、ヒータ用に確保されている貴重なスペースを消費する可能性があり、ヒータの設置をより困難にする。これは、複数のセンサを備えた複数のヒータが設置される場合に特に明らかである。

【発明の概要】

【0005】

一形態において、抵抗素子がヒータ及び温度センサとして機能するように、高い抵抗温度係数(TCR)を有する抵抗素子を備え、抵抗素子が約95%より多いニッケルを有する材料であるヒータが提供される。

【0006】

別の形態において、抵抗素子がヒータ及び温度センサとして機能するように、高い抵抗温度係数(TCR)を有する抵抗素子を具備し、抵抗素子が少なくとも約1,000ppmのTCRを有し、約500℃-1,000℃の温度範囲に亘って約1%未満の温度ドリフトを有するヒータが提供される。

【0007】

さらに別の形態において、抵抗素子がヒータとして及び温度センサとして機能するように、高い抵抗温度係数(TCR)を有する抵抗素子を含み、抵抗素子が、約95%より多いニッケル、ニッケル銅合金、ステンレス鋼、モリブデン-ニッケル合金、ニオブ、ニッケル-鉄合金、タンタル、ジルコニウム、タングステン、モリブデン、ニシル、及びチタンからなるグループから選択される材料であるヒータが提供される。

【0008】

別の形態において、高い抵抗温度係数(TCR)を有し、ニッケル、ニッケル-クロム合金、鉄-クロム-アルミニウム合金、ニッケルアルミナイド、及び抵抗素子がヒータ及び温度センサとして機能するような貴金属からなるグループから選択されるコーティング材料を有する材料を具備する少なくとも1つの抵抗素子を含むヒータが提供される。

【0009】

別の形態において、複数の独立に制御可能なゾーンを具備し、各独立に制御可能なゾーンが、高い抵抗温度係数(TCR)を有し、ニッケル、ニッケル-クロム合金、鉄-クロム-アルミニウム合金、ニッケルアルミナイド、及び抵抗素子がヒータ及び温度センサとして機能するような貴金属からなるグループから選択されたコーティング材料を有する材料から作られた抵抗素子を具備するヒータが提供される。

【0010】

さらなる適用分野は、本明細書に提供される説明から明らかになるであろう。説明及び特定の実施例は例示の目的のみを意図しており、本開示の範囲を限定することを意図していないことを理解されたい。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【0011】

本開示を十分に理解可能とするため、添付の図面を参照しながら、例として与えられたその様々な形態がここで説明される。

【0012】

【図1】図1は、本開示の一形態による、ヒータ制御モジュール及びカートリッジヒータを含むヒータシステムの概略図である。

【0013】

【図2】図2は、本開示の別の形態によるカートリッジヒータの斜視図である。

【0014】

【図3】図3は、明確にするために絶縁材料及び外側シースを除いた複数のゾーンを有するカートリッジヒータの斜視図である。

【0015】

【図4】図4は、図3のヒータユニットの斜視図である。

【0016】

【図5】図5は、複数の抵抗素子、複数の電源導体、及び一对の導線の間の接続を示す図3と同様の図である。

【0017】

【図6】図6は、本開示の教示に係る双方向サーマルアレイと同一用途の抵抗素子及びそれらの材料を制御するための電源制御モジュールの概略図である。

【0018】

【図7】図7は、本開示の教示に係る抵抗素子及びそれらの材料と共に使用される電源制御のためのアドレス指定可能なスイッチを使用するサーマルアレイの概略図である。

【0019】

【図8】図8は、本開示のさらに別の形態に係る抵抗材料及び／又は制御を使用する管状ヒータの概略図である。

【0020】

【図9】図9は、本開示の別の形態に係る抵抗材料及び／又は制御を使用する積層ヒータの概略断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下の説明は、本質的に単なる例示であり、本開示、応用、又は用途を限定することを意図するものではない。例えば、本開示の以下の形態は、半導体処理における静電チャック又は熱交換器と共に使用することができる。しかしながら、本明細書で提供されるヒータ及びシステムは様々な用途に使用することができ、半導体処理用途に限定されないことを理解されたい。

【0022】

図1を参照するに、本開示の一形態によるヒータシステム10は、ヒータ制御モジュール20及びヒータ30を含む。ヒータ制御モジュール20は、温度決定モジュール24及び電源制御モジュール26を含む2線式コントローラ22を含む。2線式コントローラ22は、一对の導線28を介してヒータ30と通信する。ヒータ30は、カートリッジヒータ30とすることができ、一般に、コア本体32と、コア本体32に巻き付けられた抵抗ワイヤの形態の抵抗素子34と、コア本体32及び抵抗素子34を囲む金属シース36、及び金属シース36から抵抗素子34を電気的に絶縁するため及び抵抗素子34からの熱を金属シース36へ熱伝導させるために金属シース36内の空間を満たす絶縁材料38を含む。コア本体32はセラミック製でもよい。絶縁材料38は、圧縮酸化マグネシウム(MgO)であり得、より具体的には、本開示の一形態では、少なくとも50%のMgOである。複数の電源導体42は長手方向に沿ってコア本体32を通して延び、抵抗素子34に電気的に接続される。電源導体42は、外側シース36を封止する端部片44を通して延びている。電源導体42は、一对の導線28を介して2線式コントローラ22に接続さ

10

20

30

40

50

れる。カートリッジヒータの様々な構造及びさらなる構造的及び電氣的詳細は、米国特許第2, 831, 951号及び第3, 970, 822号にさらに詳細に記載されており、これらは本出願と共通に譲渡され、その内容はその全体が参照により本明細書に組み込まれる。したがって、本明細書に示された形態は単なる例示であり、本開示の範囲を限定するものとして解釈されるべきではないことを理解されたい。なお、図1に示すカートリッジヒータ30以外の他のヒータについても、以下にさらに詳細に説明される本開示の教示に従って、用いることができる。

【0023】

2線式コントローラ22は、一形態ではマイクロプロセッサに基づいており、温度決定モジュール24及び電源制御モジュール26を含む。ヒータ30は、図示するように一組の導線28を介して2線式コントローラに接続される。電源は、導線28を介してヒータ30に供給され、ヒータ30の温度情報は命令により同じ組の導線28を介して2線式コントローラ22に提供される。具体的には、温度決定モジュール24は、抵抗素子34の計算された抵抗に基づきヒータ30の温度を決定し、その後、ヒータ30の温度を制御するため、信号を電源制御モジュール26に送る。したがって、ヒータ用の1組や温度センサ用の1組よりむしろ、導線28用の1組のみが必要とされる。

【0024】

抵抗素子34がヒータ素子に加えて温度センサの機能の両方を果たすため、抵抗素子34は比較的高い抵抗温度係数(TCR)を有する材料である。金属の抵抗は温度とともに増加するので、任意の温度 t (°C)での抵抗は次のようになる。

$$R = R_0 (1 + \alpha t) \quad (\text{式1})$$

ここで、 R_0 はある基準温度(しばしば0°C)での抵抗値、 α は抵抗温度係数(TCR)である。したがって、ヒータの温度を決定するために、抵抗素子34の抵抗は、2線式コントローラ22によって計算される。一形態において、抵抗素子34の両端の電圧及び流れる電流は、2線式コントローラを用いて測定され、抵抗素子34の抵抗値は、オームの法則に基づいて算出される。式1、又は抵抗温度検出器(RTD)を使用する温度測定の当業者に知られている同様の式、及び既知のTCRを使用して、抵抗素子34の温度が計算され、ヒータ制御に使用される。

【0025】

したがって、本開示の一形態では、小さな温度変化が大きな抵抗変化をもたらすように比較的高いTCRが使用される。したがって、白金(TCR=0.0039Ω/Ω/°C)、ニッケル(TCR=0.0041Ω/Ω/°C)、又は銅(TCR=0.0039Ω/Ω/°C)、及びそれらの合金などの材料を含む配合物が抵抗素子34に使用される。2線式ヒータ制御システムは、米国特許第7, 601, 935号及び第7, 196, 295号、及び係属中の米国特許出願番号第11/475, 534号に開示され、これらは、本出願と共通に譲渡され、その内容はその全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0026】

別の形態において、抵抗素子34の材料は、抵抗素子34の動作温度範囲と少なくとも部分的に重なる温度範囲に亘って温度の上昇と共に電気抵抗が負に変化する。この材料を備えた抵抗素子34の機能性は、「目標とする減少する温度抵抗特性を有する抵抗素子」の表題が付された米国特許出願第15/447, 994号に記載され、それは本出願と共通に譲渡され、その内容はその全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0027】

抵抗要素34は、数ある中で、ニッケル、ニッケル銅(例えば、モネル(登録商標)ブランド)、ステンレス鋼(例えば、304L)、モリブデン-ニッケル合金、ニオブ、ニッケル-鉄合金、タンタル、ジルコニウム、タングステン、モリブデン、ニシル(微量のMgを含むニッケル-シリコン)、及びチタン、並びにそれらの組み合わせからなるグループから選択される材料を含むことが可能である。比較的高いTCRを有する抵抗素子34は、2本のワイヤ(すなわち一对の導線28)のみを介して抵抗フィードバック制御を可能にする。

【0028】

例えば、少なくとも約1,000ppmのTCRが使用され、そして様々な動作範囲に関して約500℃～1,000℃の温度範囲に亘って約1%未満の温度ドリフトが、本発明の教示によって企図される。

【0029】

図2～図5を参照するに、ヒータ50は、コア本体の数及び使用される電源導体の数を除き、図1と同様の構成を有するカートリッジヒータ50の形態が可能である。より具体的には、カートリッジヒータ50はそれぞれ、複数のヒータユニット52と、複数の電源導体56と共に、その中に複数のヒータユニット52を封入する外側金属シース54（図2にのみ示されている）とを含む。絶縁材料（図2乃至図5には示されていない）は、複数の加熱ユニット52と外側金属シース54との間に設けられ、加熱ユニット52を外側金属シース54から電氣的に絶縁する。複数のヒータユニット52のそれぞれは、コア本体58とコア本体58を取り巻く抵抗ヒータ素子60（図5に明示する）を含む。各ヒータユニット52の抵抗ヒータ素子60は、1つ又は複数の加熱ゾーン62を画定するために1つ又は複数の加熱回路を画定してもよい。

【0030】

本形態において、各ヒータユニット52は1つの加熱ゾーン62を画定し、複数のヒータユニット52は長手方向Xに沿って整列される。したがって、カートリッジヒータ50は、長手方向Xに沿って整列された複数の加熱ゾーン62を画定する。各ヒータユニット52のコア本体58は、電源導体56がそこを通過して延びることを可能にするために複数の貫通孔／開口64を画定する。

【0031】

ヒータユニット52の抵抗ヒータ素子60は電源導体56に接続され、電源導体56は、次にヒータ制御モジュール20（図1に示す）に接続される。電源導体56は、電力供給装置（図示せず）を含む電源制御モジュール26からの電源を複数のヒータユニット50に供給する。電源導体56を抵抗素子60に適正に接続することにより、及び電源を全ての電源導体56のある物のみに供給することにより、複数の加熱ユニット52の抵抗素子60は、ヒータ制御モジュール20の電源制御モジュール26によって独立して制御することができる。したがって、特定の加熱ゾーン62の1つの抵抗素子60の故障は、残りの過熱ゾーン62の残りの抵抗素子60の適正な動作に影響しない。さらに、加熱ゾーン62は、所望の加熱プロファイルを提供するように独立して制御することができる。

【0032】

本形態において、4つの電源導体56は、カートリッジヒータ50に使用され、6つのヒータユニット52の6つの独立した電気加熱回路に電源を供給する。任意の数の独立に制御される加熱回路及び独立に制御される制御加熱ゾーン62を形成するために、任意の数の電源導体56を有することが可能である。

【0033】

図5を参照して、6つのヒータユニット52と4つの電源導体56との接続について説明する。電源導体56と加熱ユニット52との間の接続を説明するために、電源導体を参照文字A、B、C、Dで示す。

【0034】

ヒータユニット52の抵抗素子60は、4つの電源導体A、B、C、Dのうちの2つにそれぞれ接続される。複数のヒータユニット52の抵抗素子60は、異なる対の電源導体に接続される。例えば、図5の左から右の順に配置されるヒータユニット52の抵抗素子60は、電源導体AとB、電源導体AとC、電源導体AとD、電源導体BとC、電源導体BとD、電源導体CとDにそれぞれ接続される。カートリッジヒータ50の長手方向端部に隣接するヒータユニット52の抵抗素子60は、さらに、リード線66に接続され、リード線66は、リード線66間に配置された抵抗素子60の抵抗値を決定するための2線式コントローラ22に接続される。

【0035】

電源制御モジュール 26 (図 1 にのみ示されている) は、複数の電源導体 A、B、C、D のいずれかに供給される電源レベルをオフ又は低下し、それによって対応するヒータ 52 を作動させるマルチゾーンアルゴリズムを含むことができる。例えば、電源制御モジュール 26 が電源導体 A 及び B のみに電源を供給し、電源導体 C 及び D に電源を供給しない場合、図 5 の左端のヒータユニット 52 のみが熱を発生するため作動される。電源制御モジュール 26 が電源導体 A、B 及び C のみに電源を供給し、電源導体 D に電源を供給しない場合、図 2 の左端の 2 つのヒータユニット 52 のみが熱を発生するため作動される。各ヒータユニット 52 への電源、その結果としての加熱ゾーンを注意深く調整することによって、カートリッジヒータ 50 の全体的な信頼性を向上させることができる。カートリッジヒータ 50 の特定のヒータユニット 52 でホットスポットが検出された場合、特定のヒータユニット 52 の故障を回避するために特定のヒータユニット 52 への電源供給を低減することができ、それによって安全性が向上する。

10

【0036】

より多くの電氣的に別個の加熱ゾーン 62 は、多重化、極性感応スイッチング及び電源制御モジュール 26 による他の回路トポロジーを通して生成できる。電源制御モジュール 26 は、多重化、又は所定の数の電源導体についてカートリッジヒータ 50 内の加熱ゾーンの数を増やすためのサーマルアレイの様々な配置を使用することができる。サーマルアレイシステムを電源制御モジュール 26 として使用することは、米国特許第 9, 123, 755 号、第 9, 123, 756 号、第 9, 177, 840 号、第 9, 196, 513 号、ならびに同時係属中の米国出願第 13/598, 956 号、第 13/598, 995 号、及び第 13/598, 977 号に開示されている。これらの特許及び同時係属出願は本出願と共通に譲渡され、その内容はその全体が参照により本明細書に組み込まれる。

20

【0037】

一般に、一形態の電源制御モジュール 26 は、測定された抵抗値を基準温度と周期的に比較して経時的な抵抗ドリフトを調整する制御システムを含む。制御システムは、本明細書に記載された様々なヒータの一連の抵抗及びワット密度に適応させるため、電源信号の電圧を変化させることもできる。電源制御モジュール 26 はさらに、2016 年 6 月 15 日に出願された本願と共通に所有された同時係属出願第 62/350, 275 号に開示されているようなものであってもよく、その全内容は参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

30

【0038】

具体的には、電源制御モジュール 26 は、制御回路、又はセンサ測定値を受信し、その測定値に基づき制御アルゴリズムを実施するように構成されたコントローラベースのマイクロプロセッサを含むことができる。幾つかの例において、電源制御モジュール 26 は、複数のヒータユニット 52 内の 1 つ又は複数の抵抗素子 60 の電気特性を測定することができる。さらに、電源制御モジュール 26 は、測定値に基づき、ヒータユニット 52 の各抵抗素子 60 に電源がどのように供給されるかを決定するための複数のスイッチを含み、及び／又は制御することができる。

【0039】

図 6 を参照するに、電源制御モジュール 26 は、複数の電源ノード 136a、136b、136c、138a、138b、138c を有することができる。図 5 のヒータユニット 52 の抵抗素子 60 は、図 6 に示すサーマルアレイ 100 と同様に配置することができる。したがって、少なくとも 3 つの電源ノードの対の間に接続することができる。複数の抵抗素子のうちの抵抗素子は、各対の電源ノード間に接続される。その制御方式は、“サーマルアレイシステム”と題する本出願人の同時係属出願第 13/598, 956 号、第 13/598, 995 号、及び第 13/598, 977 号に開示されており、その内容全体は参照により本明細書に組み込まれる。

40

【0040】

具体的には、一例において、電源は、参照番号 112、114、116 で示されるように、三相電源入力を介してサーマルアレイ 100 に供給される。入力電源は、正の直流電

50

流（DC）電源線 120 と負の DC 電源線 122 に供給するため、整流回路 118 に接続されることができる。電源は、6つの電源ノードを介してサーマルアレイに分配することができる。コントローラ 110 は、正の電源線 120 を 6つの電源ノードのうちの任意の 1つに経路指定することができ、負の電源線 122 も複数の電源ノードのうちの任意の 1つに経路指定できるように、複数のスイッチを制御するように構成することができる。

【0041】

図示の実装において、電源ノードは、ノードの 2つのグループに構成される。ノードの第 1のグループは、電源ノード 136 a、電源ノード 136 b、及び電源ノード 136 c を含む。第 2グループは、電源ノード 138 a、電源ノード 138 b、及び電源ノード 138 c を含む。図示の実装において、複数の熱要素は、複数の熱要素の 3つのグループで各グループが 6つの熱要素を含むマトリックス配列に構成される。しかし、本明細書に記載の各実装として、より多い又はより少ないノードを使用することができ、さらに、熱要素の数は、ノードの数に応じて増減させることができる。

10

【0042】

図示されるように、熱要素の第 1のグループ 160 は全てノード 138 a に接続されている。同様に、第 2のグループの熱要素 170 は全て電源ノード 138 b に接続され、第 3のグループ 180 の熱要素は全て電源ノード 138 c に接続される。熱要素はヒータ素子とすることができる。ヒータ素子は、例えば温度依存性電気抵抗を有する導電材料から形成されてもよい。より具体的には、熱要素は、温度と相関する抵抗、キャパシタンス、又はインダクタンスなどの電気的特性を有するヒータ素子であってもよい。しかし、熱要素は一般に、抵抗素子などのエネルギー散逸素子としても分類され得る。したがって、本明細書に記載の各実装における熱要素は、上記の特性のいずれかを有することができる。

20

【0043】

各グループ内において、6つの熱要素は複数の熱要素の対に構成される。例えば、第 1のグループ 160 において、第 1の対の熱要素 146 a は、第 1の熱要素 164 及び第 2の熱要素 168 を含む。第 1の熱要素 164 は、第 2の熱要素 168 と電氣的に並列に接続されるように構成される。さらに、第 1の熱要素 164 は、一方向回路 162 に電氣的に直列に接続される。一方向回路 162 は、第 1の熱要素 164 に電流が一方向に流れるが反対方向には流ることができないように構成することができる。このような一方向回路 162 は最も単純な形でダイオードとして示される。

30

【0044】

第 1の一方向回路 162 は、カソードがノード 136 a に接続され、アノードが熱要素 164 を介してノード 138 a に接続されたダイオードとして示される。同様に、第 2の一方向回路 166 は、カソードが第 2熱要素 168 を介してノード 138 a に接続され、アノードがノード 136 a に接続されたダイオードとして示され、これにより、図示する第 1の一方向回路 162 の一方向性は、第 2の一方向回路 166 の反対である。一方向回路としてのダイオードの実装は、ある電源電圧供給のために動作するだけでもよいが、例えばより高い電源電圧に対して機能するシリコン制御整流器（SCR）を使用する回路を含む他の様々な回路が考案されてもよい。一方向回路のそのような実装は、以下でより詳細に説明されるが、本明細書で説明される実装のうちの任意のものと併せて使用されることも可能である。

40

【0045】

同様に、第 2の熱要素 168 は、ダイオードとして最も単純な形で示される第 2の一方向回路 166 と電氣的に直列に接続される。第 1の熱要素 164 及び第 1の一方向回路 162 は、第 2の熱要素 168 及び第 2の一方向回路 166 と、電源ノード 138 a と電源ノード 136 a との間で並列とされる。したがって、コントローラ 110 がノード 136 a に正の電圧を印加し、ノード 138 a に負の電圧を印加すると、電源は、第 1の対 146 a の第 1の熱要素 164 と第 2の熱要素 168 の両方に印加される。上述のように、第 1の一方向回路 162 は、第 2の一方向回路 166 と反対方向に向けられる。したがって、第 1の一方向回路 162 は、正電圧がノード 138 a に供給され、負電圧がノード 13

50

6 aに供給されると電流を第1の熱要素164に流すが、正電圧がノード136 aに供給され、負電圧がノード138 aに供給されると、電流が流れるのを防ぐ。対照的に、正電圧がノード136 aに印加され、負電圧が138 aに印加されると、電流は第2の熱要素168を通して流れることが可能になるが、極性が切り替わったとき、第2の熱要素168を通る電流の流れは第2の一方向回路166によって妨げられる。

【0046】

さらに、グループ内の熱要素の各対は、第1のグループの電源ノード136 a、136 b、136 cの異なる電源ノードに接続される。したがって、第1のグループ160の第1の対の熱要素146 aは、ノード136 aとノード138 aとの間に接続される。第2の対の熱要素146 bは電源ノード136 bと電源ノード138 aとの間に接続され、グループ160の第3の対の熱要素146 cは電源ノード136 cと電源ノード138 aとの間に接続される。このように、コントローラ110は、電源を供給するか戻すように電源ノード138 aを接続することによって要素のグループを選択するように構成することができ、次いで一对の熱要素(146 a、146 b、146 c)は、電源を供給するか戻すために、ノード136 a、136 b、又は136 cの一つの接続により選択されることが可能である。さらに、コントローラ110は、ノード138 aとノード136 a、136 b、及び/又は136 cとの間に提供される電圧の極性に基づき、各ペアの第1の要素又は各ペアの第2の要素に電源を供給するために選択することができる。

【0047】

同様に、第2のグループの熱要素170は、第2のグループのノードのノード138 bとノード136 a、136 b、及び136 cとの間に接続される。このように、グループ170の熱要素の第1の対146 dは、電源ノード136 aを使用して選択され、グループ170の第2の対146 e及び第3の対146 fは、ノード136 b及び136 cによってそれぞれ選択される。

【0048】

同様に、第2のグループの熱要素180は、第2のグループのノードのノード138 cとノード136 a、136 b、及び136 cとの間に接続される。グループ180の熱要素の第1の対146 gは、電源ノード136 aを使用して選択され、グループ170の熱要素の第2の対146 h及び第3の対146 iは、ノード136 b及び136 cによってそれぞれ選択される。

【0049】

図示の実装のため、コントローラ110は、複数のスイッチを操作する、正の電源線120を第1のグループの電源ノードの1つに接続するため、及び負の電源線122を第2のグループの電源ノードに接続するため、又は、代わりに、正の電源線120を第2グループの電源ノードに接続し、負の電源線122を第1グループの電源ノードに接続する。したがって、コントローラ110は、制御信号124を第1の極性制御スイッチ140及び第2の極性制御スイッチ142に供給する。第1の極性制御スイッチ140は、第1のグループの電源ノードを正の電源供給線120又は負の電源供給線122に接続し、一方、第2極性スイッチ142は、第2グループの電源ノードを、正の電源供給線120又は負の電源供給線122に接続する。

【0050】

さらに、コントローラ110は、第1グループ電源スイッチ130、132、及び134に制御信号126を供給する。スイッチ130、132、及び134は、スイッチ140の出力(正の供給線120又は負供給線122)を第1ノード136 a、第2ノード136 b、第3ノード136 cにそれぞれ接続する。さらに、コントローラ110は、制御信号128を第2グループ電力スイッチ150、152、及び154に供給する。スイッチ150、152、及び154は、スイッチ142の出力(正の供給線120又は負の供給線122)を第1のノード138 a、第2のノード138 b、及び第3のノード138 cにそれぞれ接続する。

【0051】

したがって、熱要素（又は抵抗素子）は、熱要素を少なくとも3つの電源ノードに接続することによって、別のノードに関連する1つのノードの極性を制御することによって、又は熱要素をアドレス可能なスイッチに接続することによって、作動又は非作動とすることができる。

【0052】

図6は、16個の熱要素がコントローラ110と様々な電源ノード及びスイッチとを含む電源制御モジュールに接続されていることを示しているが、熱要素の数は本開示の範囲から逸脱することなく増減できる。例えば、図5の抵抗素子60は、第1、第2及び第3のグループ160、170、180のいずれか1つを形成するように適切に配置することができ、コントローラ110が抵抗素子の作動又は非作動を独立して制御するために使用されることができるよう、コントローラ110や様々な電源ノード及び複数のスイッチに接続される。

10

【0053】

この構造で、カートリッジヒータ50の複数の加熱ゾーン62は、カートリッジヒータ50の長さに沿って電源出力又は熱分布を変えるために、独立して制御することができる。電源制御モジュール26は、加熱ゾーン62の各電源を調整するように構成できる。例えば、複数の加熱ゾーン62は、個々のヒータユニット52の寿命や信頼性、ヒータユニット52のサイズ及びコスト、局所熱流束、特性及びヒータユニット52の動作、ならびに全出力を含むが、これらに限定されない様々な加熱条件及び／又は加熱要件に応じて個別かつ動的に制御することができる。

20

【0054】

各回路は、温度及び／又は電源の分布がシステムパラメータの変動（例えば、製造変動／許容誤差、環境条件の変化、入口温度などの入口流れ条件の変化、入口温度分布、流速、速度分布、流体組成、流体熱容量など）に適応するように、所望の温度又は所望の電源レベルで個別に制御される。より具体的には、ヒータユニット52は、経時的なヒータ劣化の程度の変化と同様に製造上のばらつきのため、電源レベルで動作したときに同じ熱出力を発生しない可能性がある。ヒータユニット52は、所望の熱分布に従って熱出力を調整するように独立して制御されてもよい。ヒータシステムの構成要素の個々の製造公差及びヒータシステムの組立公差は、電源の変調電源の関数として増大する、言い換えれば、ヒータ制御の忠実度が高いため、個々の構成要素の製造公差は、厳しく／狭い必要はない。

30

【0055】

図7を参照すると、代替的に、図5の各熱要素又は抵抗素子60は、正のノード514と負のノード516の間のアドレス可能スイッチに電氣的に直列接続されてもよい。各アドレス指定可能なスイッチは、例えばトランジスタ、比較器及びSCRを含む個別の要素の回路、又は集積装置、例えばマイクロプロセッサ、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）、又は特定用途向け集積回路（ASIC）であってもよい。信号は、正のノード514及び／又は負のノード516を介してアドレス可能スイッチ524に供給されてもよい。例えば、電源信号は、周波数変調、振幅変調、デューティサイクル変調され得るか、又は現在アクティブにするスイッチ又は複数のスイッチの識別を示すスイッチ識別を提供する搬送波信号を含みことができる。さらに、様々なコマンド、例えばスイッチオン、スイッチオフ、又は較正コマンドは、同じ通信媒体を介して提供することができる。一例において、3つの識別子は、27個のアドレス指定可能なスイッチの制御を許容する全てのアドレス指定可能なスイッチに伝達することができ、それによって27個の熱要素を独立して作動又は非作動にすることができる。各熱要素522及びアドレス可能スイッチ524は、負のノード516と正のノード514の間に接続されたアドレス可能モジュール520を形成する。各アドレス可能スイッチは、電源線から電源及び通信を受け取ることができ、したがって、別々に第1のノード514及び／又は第2のノード516に接続することもできる。

40

【0056】

50

アドレス指定可能なモジュールのそれぞれは、固有のIDを有してもよく、各識別子に基づいてグループに分けられてもよい。例えば、第1行のアドレス指定可能なモジュール(520、530、532、534、536、538、540、542、及び544)の全ては、第1又は1のx識別子を有することができる。同様に、第2行のアドレス指定可能なモジュール(546、548、550、552、554、556、558、560、562)の全てが2のx識別子を有することができる一方で、第3行のモジュール(564、566、568、570、572、574、576、578、580)は、3のx識別子を有する。同様に、アドレス可能モジュール(520、530、532、546、548、550、564、566、568)の最初の3列582は、1のz識別子を有することができる。一方、第2の3列584は、2のz識別子を有し、第3の3列586は3のz識別子を有することができる。同様に、グループ内の各モジュールをアドレス指定するために、各アドレス可能モジュールは、各グループ内で一意のy識別子を有している。例えば、グループ526において、アドレス可能モジュール534は1のy識別子を有し、アドレス可能モジュール536は、2のy識別子を有し、そしてアドレス可能モジュール538は、3のy識別子を有する。

10

【0057】

図8を参照すると、本開示の別の形態によるヒータ70は、コイルの形態の抵抗要素72と、抵抗要素72を囲む絶縁材料74と、絶縁材料74を囲む管状シース76とを含む管状ヒータとすることができる。絶縁材料は、所望の絶縁耐力、熱伝導率及び寿命を有する材料とすることができ、酸化マグネシウム(MgO)を含むことができる。抵抗要素72は、一对の導線28(図1に示す)を介して2線式コントローラ24(図1に示す)に接続するための管状シース76から突出する一对の導電ピン78(図7には一方のみを示す)に接続される。抵抗要素72は熱を発生し、それは管状シース76に伝達され、それが周囲の環境又は部品を加熱する。管状ヒータ70は、管状ヒータ70を半導体処理チャンバの壁などの装置に取り付けるための取付け部材80をさらに含むことができる。

20

【0058】

図1の抵抗素子34と同様に、抵抗素子72は、数ある中で、ニッケル、ステンレス鋼、モリブデン-ニッケル合金、ニオブ、ニッケル-鉄合金、タンタル、ジルコニウム、白金、モリブデン、チタン、ニッケル-銅合金、又はニシルからなるグループから選択された材料を含むことができる。比較的高いTCRを含む抵抗素子72は、2本のワイヤ(すなわち、一对の導線28)のみを介して抵抗フィードバック制御を可能にする。熱ドリフトを回避又は低減するために、抵抗要素72は、ニッケル、ニッケル-クロム合金、鉄-クロム-アルミニウム合金、ニッケルアルミナイド、及び貴金属からなるグループから選択されるコーティングをさらに含むことができる。コーティングは、温度センサとして使用されるのに十分高いTCRを維持しながら、より大きな安定性を提供することができる。

30

【0059】

管状ヒータ70の一形態において、抵抗要素72は、約95%を超えるニッケルを有し、上述のようにMgOなどの鉱物絶縁体を有する材料、及びシース76用の金属材料である。この特別なヒータ構造は、改善された抵抗安定性とヒータ制御を提供する。本開示の別の形態において、この管状ヒータ構造は、本明細書に記載の様々な形態の電源制御モジュール及びコントローラを含む制御技術とさらに組み合わせることができ、コントローラ/電源制御モジュールによって温度ドリフトなどの特定の材料特性を補償することができる。

40

【0060】

図9を参照すると、本開示の別の形態によるヒータは、基板92上に配置された幾つかの層を含む積層ヒータ90でもよく、基板92は、加熱される部分又はデバイスに近接して配置される別個の要素、又は部品又はデバイス自体であってもよい。積層ヒータは、層状プロセスによって形成された少なくとも1つの機能層を含み、それは基板又は他の層への材料の蓄積又は堆積を含む。積層プロセスは、数ある中で、厚膜、薄膜、溶射、又はゾル-ゲルプロセスであり得る。

50

【0061】

図示されるように、一形態における層は、誘電体層94、抵抗層96、及び保護層96を具備する。誘電体層94は、基板92と抵抗層96との間の電氣的絶縁を提供し、積層ヒータ90の電源出力に見合った厚さの基板92上に配置される。抵抗層96は、誘電体層92上に配置され、本開示に従って2つの主要機能を提供する。第1に、抵抗層96は、積層ヒータ90のための抵抗ヒータ回路であり、それによって基板92に熱を供給する。第2に、抵抗層96は温度センサでもあり、抵抗層96の抵抗値は、積層ヒータ90の温度を決定するために使用される。保護層98は、一形態では絶縁体であるが、本開示の範囲内に留まり限り、特定の加熱用途の要件に従って導電性材料などの他の材料も使用することができる。

10

【0062】

端子パッド100は、誘電体層22上に配置され、抵抗層96と接触している。したがって、導線102は端子パッド100に接触し、抵抗層96を電源入力のため及びヒータ温度情報を2線式コントローラ14に送信するため、2線式コントローラ22（図1に示す）に接続する。さらに、保護層26は、抵抗層96の上に配置され、抵抗層96を電氣的に絶縁し、動作環境から保護するための誘電材料の一形態である。抵抗層96はヒータ素子及び温度センサの両方として機能するので、1組の積層ヒータ90及び別の温度センサ用の別の組の1組というよりは、1組の導線28（例えば2本のワイヤ）だけがヒータシステムに必要とされる。したがって、任意の所定のヒータシステムのための導線の数は、本開示によるヒータシステムを使用することによって50%減少される。さらに、抵抗層96全体がヒータ素子に加えて温度センサであるため、温度は、熱電対のような多くの従来の温度センサのように単一点ではなくヒータ素子全体にわたって感知される。

20

【0063】

図1の抵抗素子34と同様に、抵抗層94は、ニッケル、ステンレス鋼、モリブデン-ニッケル合金、ニオブ、ニッケル-鉄合金、タンタル、ジルコニウム、タングステン、モリブデンからなるグループから選択される材料を含むことができる。比較的高いTCRを含む抵抗層94は、2本のワイヤ（すなわち、一对の導線28）のみを介して抵抗フィードバック制御を可能にする。

【0064】

高いTCR、及び／又は熱ドリフトを低減するためのコーティングを有する抵抗要素は、当技術分野で知られている任意のヒータに適用することができ、カートリッジヒータ、管状ヒータ、ケーブルヒータ、及び本明細書に記載されているような積層ヒータに限定されず、又はさらにシリコンゴムヒータに適用できることが分かる。

30

【0065】

当業者には容易に理解されるように、上記の説明は本開示の原理の説明として意図されている。この説明は、次に続く特許請求の範囲で定義されるように、本開示の精神から逸脱することなく、本開示が修正、変形、及び変更を受けやすいという点で、本開示の範囲又は適用を限定することを意図しない。

【図 1】

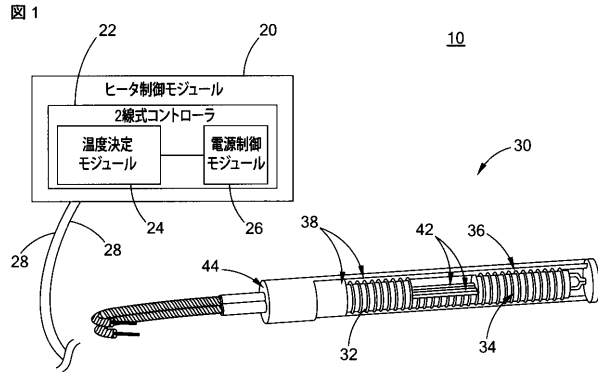


FIG. 1

【図 2】

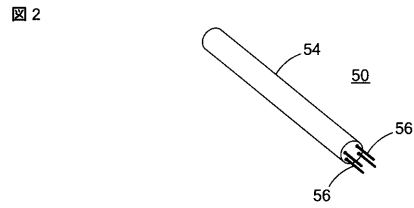


FIG. 2

【図 3】

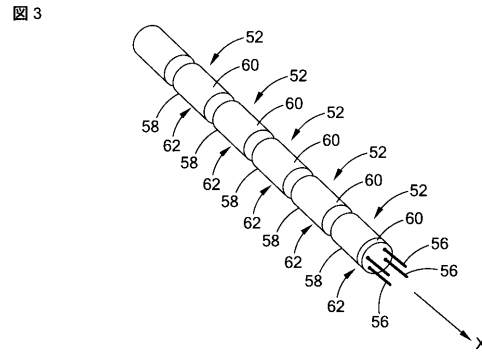


FIG. 3

【図 4】



FIG. 4

【図 5】

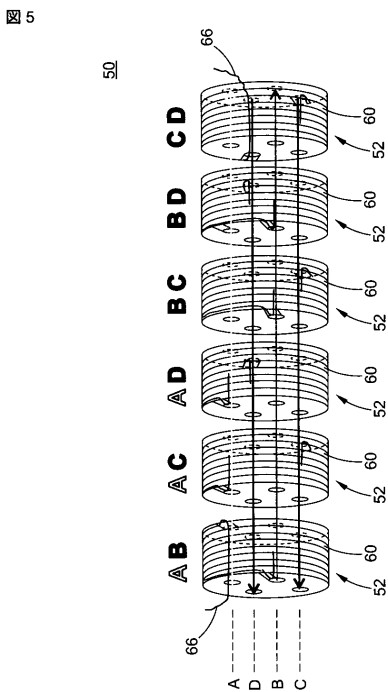


FIG. 5

【図 6】

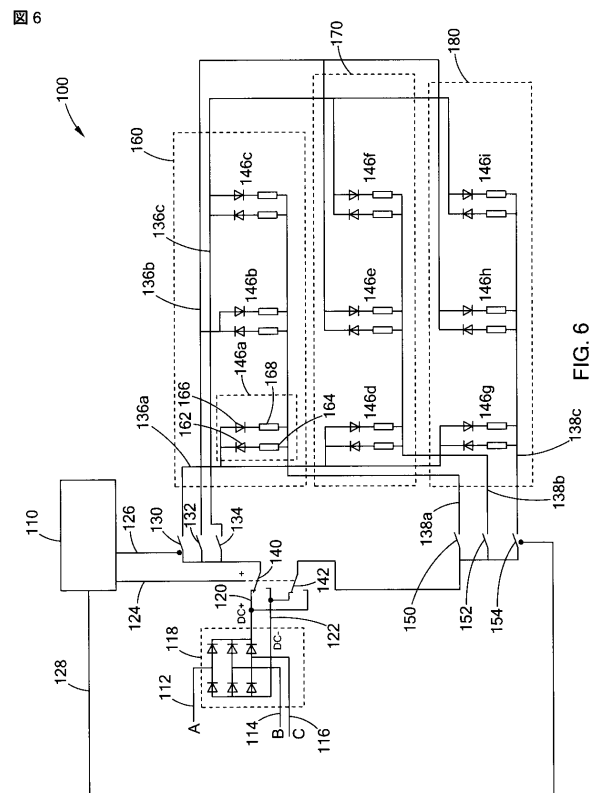
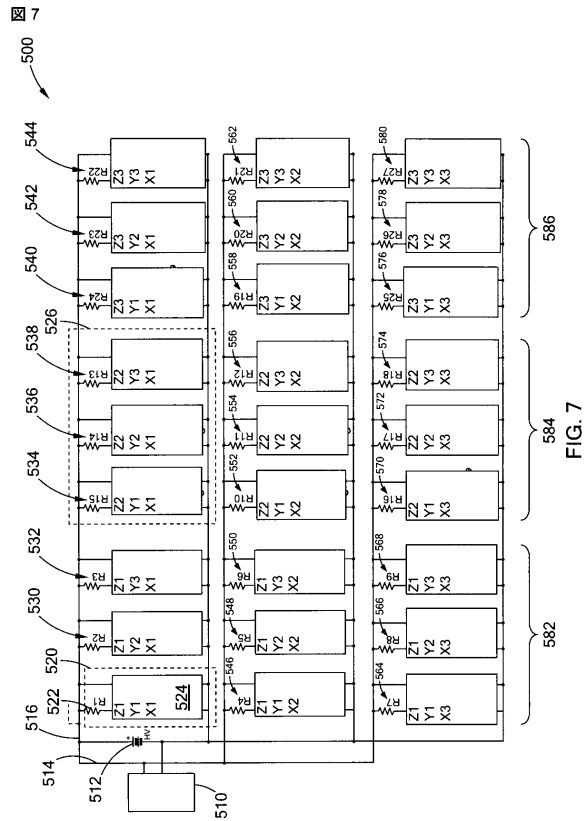


FIG. 6

【図 7】



【図 8】

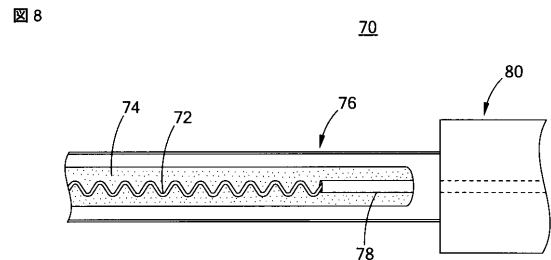


FIG. 8

【図 9】

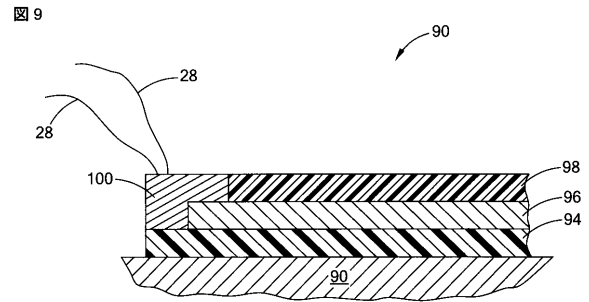


FIG. 9

【手続補正書】

【提出日】 令和1年10月1日 (2019.10.1)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】 特許請求の範囲

【補正対象項目名】 全文

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ヒータ及び温度センサとして機能するように、少なくとも約 1, 0 0 0 p p m の抵抗温度係数 (T C R) を有し、約 9 5 % より多いニッケルを有する材料である抵抗素子と、
 前記抵抗素子の温度ドリフトが約 5 0 0 ° C - 1, 0 0 0 ° C の温度範囲で約 1 % 未満であるように動作中に経時的な抵抗ドリフトを調整するため、抵抗素子の測定された抵抗値を基準温度と周期的に比較するように構成された電源制御モジュールを備えた 2 線式コントローラを含むヒータ制御モジュールと、
 を具備するヒータシステム。

【請求項 2】

前記抵抗素子を囲む絶縁材料と、前記絶縁材料を囲むシースとをさらに具備する請求項 1 記載のヒータシステム。

【請求項 3】

前記絶縁材料は、M g O を含み、前記シースは金属材料である請求項 2 記載のヒータシステム。

【請求項 4】

前記抵抗素子は、ニッケル、ニッケル合金、ニッケル - クロム合金、鉄 - クロム - アルミニウム合金、ニッケルアルミナイド、コバルト合金、鉄合金、及び貴金属からなるグル

ープから選択されるコーティング材料をさらに具備する請求項 1 記載のヒータシステム。

【請求項 5】

前記抵抗素子は、ニッケル、ニッケル合金、ニッケル-クロム合金、鉄-クロム-アルミニウム合金、ニッケルアルミナイド、コバルト合金、鉄合金、及び貴金属からなるグループから選択されるコーティング材料を具備する請求項 1 記載のヒータシステム。

【請求項 6】

少なくとも約 1, 000 ppm の TCR を有し、約 95 % より多いニッケルを有する材料である複数の抵抗素子をさらに具備する請求項 1 記載のヒータシステム。

【請求項 7】

複数の電源ノードを有する電源制御モジュールをさらに具備し、

各抵抗素子は、複数の前記電源ノードの第 1 の電源ノードと第 2 の電源ノードとの間に接続され、各抵抗素子は、前記抵抗素子を作動及び非作動とするように構成されたアドレス可能なスイッチに接続され、各抵抗素子は、前記制御システムにより独立に制御される請求項 6 記載のヒータシステム。

【請求項 8】

少なくとも 3 つの電源ノードを有する電源制御モジュールをさらに具備し、

複数の前記抵抗素子の抵抗素子は、電源ノードの各対の間に接続される

請求項 6 記載のヒータシステム。

【請求項 9】

複数の電源ノードを有する電源制御モジュールをさらに具備し、

複数の前記抵抗素子の第 1 の抵抗素子及び第 2 の抵抗素子は、第 1 のノードと第 2 のノードとの間に接続され、前記第 2 のノードに関連する前記第 1 のノードの第 1 の極性により、前記第 1 の抵抗素子が作動され、前記第 2 の抵抗素子が非作動とされ、前記第 2 のノードに関連する前記第 1 のノードの第 2 の極性により、前記第 1 の抵抗素子が非作動とされ、第 2 の抵抗素子が作動される

請求項 6 記載のヒータシステム。

【請求項 10】

少なくとも約 1, 000 ppm の TCR を有し、約 95 % より多いニッケルを有する材料である複数の抵抗素子と、各独立に制御可能なゾーンが複数の前記抵抗素子の少なくとも 1 つを含む複数の独立に制御可能なゾーンと、をさらに具備する請求項 1 記載のヒータシステム。

【請求項 11】

前記抵抗素子は、ニッケル、ニッケル銅合金、ステンレス鋼、モリブデン-ニッケル合金、ニオブ、ニッケル-鉄合金、タンタル、ジルコニウム、タングステン、モリブデン、ステンレス鋼、ニシル、及びチタンからなるグループから選択される材料である請求項 1 記載のヒータシステム。

【請求項 12】

前記抵抗素子は、層状プロセスによって形成される請求項 1 記載のヒータシステム。

【請求項 13】

ヒータシステムの動作中に抵抗素子の経時的な抵抗ドリフトが約 500 °C - 1, 000 °C の温度範囲で約 1 % 未満に調整されるように、抵抗素子の測定された抵抗値を基準温度と周期的に比較すること、

前記抵抗素子は、前記抵抗素子がヒータ及び温度センサとして機能するように、約 95 % より多いニッケル及び少なくとも約 1, 000 ppm の抵抗温度係数 (TCR) を有する材料を具備する、

ヒータシステムの動作方法。

【請求項 14】

前記抵抗素子の抵抗及びワット密度の範囲に対応するために電源信号の電圧を変化させることをさらに具備する請求項 13 記載の方法。

【請求項 15】

前記測定された抵抗値に基づき制御アルゴリズムを実施することをさらに具備する請求項 1 3 記載の方法。

【請求項 1 6】

前記ヒータシステムは、複数の抵抗素子をさらに具備し、各抵抗素子は、少なくとも約 1, 0 0 0 p p m の T C R を有する請求項 1 3 記載の方法。

【請求項 1 7】

前記ヒータシステムは、複数の独立に制御可能なゾーンをさらに具備し、各独立に制御可能なゾーンは、前記複数の抵抗素子の少なくとも 1 つを含む請求項 1 3 記載の方法。

【請求項 1 8】

ヒータ及び温度センサとして機能するように、少なくとも 1, 0 0 0 p p m の抵抗温度係数 (T C R) を備え、約 9 5 % より多いニッケルを含む材料である抵抗素子を具備し、電源制御モジュールを備えた 2 線式コントローラを含むヒータ制御モジュールは、前記抵抗素子の温度ドリフトが約 5 0 0 °C - 1, 0 0 0 °C の温度範囲で約 1 % 未満であるように動作中に経時的な抵抗ドリフトを調整するため、前記抵抗素子の測定された抵抗値を基準温度と周期的に比較する

ヒータシステムで使用するためのヒータ。

【請求項 1 9】

前記電源制御モジュールの複数の電源ノードの第 1 の電源ノードと第 2 の電源ノードとの間に接続された複数の抵抗素子をさらに具備し、各抵抗素子は、前記抵抗素子を作動及び非作動とするように構成されたアドレス可能なスイッチに接続され、各抵抗素子は、前記電源制御モジュールにより独立に制御される

請求項 1 8 記載のヒータ。

【請求項 2 0】

前記抵抗素子は、ニッケル、ニッケル合金、ニッケル-クロム合金、鉄-クロム-アルミニウム合金、ニッケルアルミナイド、コバルト合金、鉄合金、及び貴金属からなるグループから選択されたコーティング材料を具備する請求項 1 8 記載のヒータ。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 6 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 6 5】

当業者には容易に理解されるように、上記の説明は本開示の原理の説明として意図されている。この説明は、次に続く特許請求の範囲で定義されるように、本開示の精神から逸脱することなく、本開示が修正、変形、及び変更を受けやすいという点で、本開示の範囲又は適用を限定することを意図しない。

以下に、本願出願の当初の特許請求の範囲に記載された発明を付記する。

〔1〕 高い抵抗温度係数 (T C R) を有する抵抗素子を備え、前記抵抗素子がヒータとして及び温度センサとして機能するように、前記抵抗素子が約 9 5 % より多いニッケルを有する材料であるヒータ。

〔2〕 前記抵抗素子を囲む絶縁材料と、前記絶縁材料を囲むシースとをさらに具備する〔1〕記載のヒータ。

〔3〕 前記絶縁材料は M g O を含み、前記シースは金属材料である〔2〕記載のヒータ。

〔4〕 前記抵抗素子は、ニッケル、ニッケル合金、ニッケル-クロム合金、鉄-クロム-アルミニウム合金、ニッケルアルミナイド、コバルト合金、鉄合金、及び貴金属からなるグループから選択されるコーティング材料をさらに具備する〔1〕記載のヒータ。

〔5〕 高 T C R を有する前記材料と前記コーティング材料とを含む複数の抵抗素子をさらに具備する〔4〕記載のヒータ。

〔6〕 複数の電源ノードを有する制御システムをさらに含み、各抵抗素子は、複数の電

源ノードのうちの第1の電源ノードと第2の電源ノードとの間に接続され、各抵抗素子は前記抵抗素子を作動及び非作動とするように形成されたアドレス可能スイッチに接続され、各抵抗要素は、前記制御システムにより独立に制御される〔5〕記載のヒータ。

〔7〕 少なくとも3つの電源ノードを有する制御システムをさらに具備し、前記複数の抵抗素子のうちの抵抗素子は各対の電源ノード間に接続される〔5〕記載のヒータ。

〔8〕 複数の電源ノードを有する制御システムをさらに具備し、前記複数の抵抗素子のうちの第1の抵抗素子及び第2の抵抗素子は、第1のノードと第2のノードとの間に接続され、前記第2のノードに関連する前記第1のノードの第1の極性により前記第1の抵抗素子が差動され、前記第2の抵抗素子が非作動とされ、前記第2のノードに関連する前記第1のノードの第2の極性により前記第1の抵抗素子が非作動とされ、前記第2の抵抗素子が作動される〔5〕記載のヒータ。

〔9〕 複数の独立に制御可能なゾーンをさらに具備する〔5〕記載のヒータ。

〔10〕 前記抵抗素子は、ニッケル、ステンレス鋼、モリブデン-ニッケル合金、ニオブ、ニッケル-鉄合金、タンタル、ジルコニウム、タンゲステン、モリブデンからなるグループから選択された材料である〔1〕記載のヒータ。

〔11〕 前記抵抗素子は、少なくとも約1,000ppmのTCR、及び約500℃-1,000℃の温度範囲に亘って約1%未満の温度ドリフトを有する〔1〕記載のヒータ。

。

〔12〕 高い抵抗温度係数（TCR）を有する抵抗素子を具備し、前記抵抗素子がヒータ及び温度センサとして機能し、前記抵抗素子が、約95%を超えるニッケル、ニッケル銅合金、ステンレス鋼、モリブデン-ニッケル合金、ニオブ、ニッケル-鉄合金、タンタル、ジルコニウム、タンゲステン、モリブデン、ニシル、及びチタンからなるグループから選択される材料であるヒータ。

フロントページの続き

- (72)発明者 スプーラー、ジェイク
アメリカ合衆国、ミズーリ州 6 3 1 4 6、セントルイス、ラックランド・ロード 1 2 0 0 1
- (72)発明者 シュミット、フィリップ、エス
アメリカ合衆国、ミネソタ州 5 5 9 8 7、ウィノナ、バンディー・ブルバード 1 2 4 1
- (72)発明者 マーガヴィオ、パトリック
アメリカ合衆国、ミズーリ州 6 5 2 0 1、コロンビア、アパートメント・ジー、ブロードウェイ・ヴィレッジ・ドライブ 3 2
- (72)発明者 ランハム、メリサ
アメリカ合衆国、ミズーリ州 6 3 4 4 1、フランクフォード、ナンバー1 2 2、パイク 7 3 6 6
- (72)発明者 ヴァラコヴィック、ポール
アメリカ合衆国、ミズーリ州 6 3 1 4 6、セントルイス、ラックランド・ロード 1 2 0 0 1
- (72)発明者 フィリップス、ブリタニー
アメリカ合衆国、ミズーリ州 6 3 1 4 6、セントルイス、ラックランド・ロード 1 2 0 0 1
- (72)発明者 エヴァリー、マーク
アメリカ合衆国、ミズーリ州 6 3 3 0 1、セントチャールズ、カンブリアン・ウェイ 3 1

Fターム(参考) 3K058 CA51 CB21

3K092 PP20 QA01 QA02 QB02 QB24 QB25 RA01 RB04 RD02 VV40

【外国語明細書】
2020024924000001.pdf