

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5806316号

(P5806316)

(45) 発行日 平成27年11月10日 (2015.11.10)

(24) 登録日 平成27年9月11日 (2015.9.11)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 C 7/04 (2006.01)	HO 1 C 7/04
HO 1 C 7/02 (2006.01)	HO 1 C 7/02
HO 1 C 17/06 (2006.01)	HO 1 C 17/06 A
GO 1 K 7/22 (2006.01)	GO 1 K 7/22 N

請求項の数 25 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2013-528807 (P2013-528807)	(73) 特許権者	512123363
(86) (22) 出願日	平成23年9月13日 (2011.9.13)		ビーエスティ・センサーズ・(プロプライ
(65) 公表番号	特表2013-538462 (P2013-538462A)		エタリー)・リミテッド
(43) 公表日	平成25年10月10日 (2013.10.10)		PST SENSORS (PROPR I
(86) 国際出願番号	PCT/IB2011/054001		ETARY) LIMITED
(87) 国際公開番号	W02012/035494		南アフリカ7700ユニバーシティ・オブ
(87) 国際公開日	平成24年3月22日 (2012.3.22)		・ケープ・タウン、アッパー・キャンパス
審査請求日	平成26年4月9日 (2014.4.9)		、アールダブリュー・ジェイムズ・ビルデ
(31) 優先権主張番号	2010/06532		イング、ルーム513
(32) 優先日	平成22年9月13日 (2010.9.13)	(74) 代理人	100101454
(33) 優先権主張国	南アフリカ (ZA)		弁理士 山田 卓二
		(74) 代理人	100081422
			弁理士 田中 光雄
		(74) 代理人	100132241
			弁理士 岡部 博史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 印刷された温度センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

温度検出デバイスの製造方法であって、

サーミスタ構造を定義するように、少なくとも1つのシリコン層と少なくとも1つの電極又は接点を形成することを含み、

少なくとも前記シリコン層は、印刷することにより形成され、

前記シリコン層を印刷している間、前記シリコン層と前記少なくとも1つの電極又は接点のうち少なくとも1つが基板により支持され、

前記シリコン層は、シリコン粒子を有するインク、及びバインダーと適切な溶媒とから構成される液体溶媒、から形成され、前記シリコン粒子は、10ナノメートルから100マイクロメートルの範囲内の大きさを有し、かつ粒子間の電荷の輸送を許容する面を有しており、個々の粒子間又は粒子のクラスター間の電荷の輸送は、熱活性化処理によって制限され、

公称温度、又は室温での抵抗率が前記シリコン層の微細構造により主に支配されるように、前記シリコン層を通る電流の全輸送は、中間接続する粒子と粒子のクラスターとの間の浸透経路に続いており、前記シリコン層の微細構造は、バインダーに対するシリコンの割合を変化させて、インク組成物を変更することによりシリコン粒子層内に少なくとも1つの更なる伝導経路を追加して変更することにより、あるいはシリカ若しくはセラミックナノ粒子の絶縁相か、又は伝導若しくは半導体相のどちらかの相を前記インクに追加して変更することにより、サーミスタ構造の温度依存抵抗と並列に、相対的に温度に依存しな

い内部抵抗を効果的に追加する、温度検出デバイスの製造方法。

【請求項 2】

前記少なくとも 1 つの電極又は接点は、印刷により形成される、請求項 1 に記載の温度検出デバイスの製造方法。

【請求項 3】

前記少なくとも 1 つのシリコン層と少なくとも 1 つの電極 又は接点は、温度が測定されるべき対象物に直接当てられ、前記対象物自体が前記サーミスタ構造の前記基板を形成するようになっている、請求項 1 又は 2 に記載の温度検出デバイスの製造方法。

【請求項 4】

前記基板は、導電性本体を備え、前記基板は前記サーミスタ構造の電極又は接点を形成する、請求項 1 又は 2 に記載の温度検出デバイスの製造方法。

【請求項 5】

前記基板は、シート材料を備える、請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の温度検出デバイスの製造方法。

【請求項 6】

前記基板は、固体薄膜、繊維材料又は織物を含む、請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の温度検出デバイスの製造方法。

【請求項 7】

前記基板は、固体材料、繊維又は粒子材料を有する合成物、又は織物を有する合成物を含む、請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の温度検出デバイスの製造方法。

【請求項 8】

前記基板は、製造中において前記サーミスタ構造のための一時的な支持又はテンプレート形成する、請求項 1 又は 2 に記載の温度検出デバイスの製造方法。

【請求項 9】

前記基板は、前記サーミスタ構造を印刷した後、犠牲とされて、そして化学的手段、熱的手段又は機械的手段によって取り除かれる、請求項 8 に記載の温度検出デバイスの製造方法。

【請求項 10】

前記基板は、再利用可能なテンプレートを形成する、請求項 8 に記載の温度検出デバイスの製造方法。

【請求項 11】

印刷された温度センサの公称抵抗を減少させるため、前記サーミスタ構造の前記温度依存抵抗と並列に、導電性インクを用いて、内部の温度に依存しない抵抗を印刷することを含む、請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載の温度検出デバイスの製造方法。

【請求項 12】

前記印刷された温度センサの公称抵抗を増大させるため、前記サーミスタ構造の前記温度依存抵抗と直列に、導電性インクを用いて、内部の温度に依存しない抵抗を印刷することを含む、請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載の温度検出デバイスの製造方法。

【請求項 13】

前記インクの前記シリコン粒子の画分は、5 %～95 %の範囲内である、請求項 1 乃至 12 のいずれか一項に記載の温度検出デバイスの製造方法。

【請求項 14】

シリコン粒子を容量で 25 %～60 %の範囲内で前記インク内の前記シリコン粒子の画分を変更することにより、前記印刷された温度センサの前記抵抗を調整することを含む、請求項 13 に記載の温度検出デバイスの製造方法。

【請求項 15】

前記インクは、60 %を超えて、好ましくは 80 %を超えてシリコン粒子画分を有する、請求項 13 に記載の温度検出デバイスの製造方法。

【請求項 16】

厚膜堆積処理によって、又は電気メッキ若しくは無電解メッキによって、導電性インク

10

20

30

40

50

を用いて、印刷することにより少なくとも前記電極又は接点の1つを形成すること、を含む、請求項1乃至15のいずれか一項に記載の温度検出デバイスの製造方法。

【請求項17】

前記少なくとも1つの接点を、所望の形状に形成するため、化学的エッチング又は電気化学的エッチング、レーザースクラビング若しくは別の方法で材料を除去することによって正確な形状にパターニングするステップを含む、請求項16に記載の温度検出デバイスの製造方法。

【請求項18】

前記接点は、前記サーミスタ構造の径方向の電気経路が、測定される抵抗を前記印刷する方向に対して全方向にわたって平均化するように、円形の幾何学形状を有しており、前記印刷処理におけるいかなる横方向の異方性の影響を排除することを確実にしている、請求項1乃至17のいずれか一項に記載の温度検出デバイスの製造方法。

10

【請求項19】

サーミスタデバイスに電流を供給するために使用される任意の2つの接点との間の距離が前記接点との間の半導体経路の幅と比べて小さくなるように、前記サーミスタデバイスのアスペクト比が $1/30$ より低い、請求項1乃至18のいずれか一項に記載の温度検出デバイスの製造方法。

【請求項20】

前記サーミスタデバイスの前記アスペクト比は、 $1/1000$ より低い、請求項19に記載の温度検出デバイスの製造方法。

20

【請求項21】

並んで延設される2つの細長い並列の接点は、比較的広い領域を覆うように、螺旋を定義するか又は経路を蛇行するパターンで堆積させて、それによって、前記基板の対応する形状の領域の平均温度を監視できる、請求項1乃至17、19又は20のいずれか一項に記載の温度検出デバイスの製造方法。

【請求項22】

蛇行隙間を定義するように、互いに平行に延び、隣接する複数の細長いストリップ又は複数のフィンガーをそれぞれ有する、2つの互いに組み合わせた電気接点は、印刷された粒状シリコン層によって接続又はブリッジされている、請求項1乃至17、19又は20のいずれか一項に記載の温度検出デバイスの製造方法。

30

【請求項23】

前記印刷された粒状シリコン層は、前記電極間の前記蛇行隙間に続くように構成された、請求項22に記載の温度検出デバイスの製造方法。

【請求項24】

前記印刷された粒状シリコン層は、前記電極間の前記蛇行隙間の上に連続層を形成する、請求項22に記載の温度検出デバイスの製造方法。

【請求項25】

4つの電気接点であって、前記4つの電気接点のうち2つの電気接点が電流を前記温度検出デバイスに供給するために使用され、前記4つの電気接点のうち2つの電気接点を使用中の電圧を監視するために使用され、前記4つの電気接点は、より高い精度を得るために従来の線形4点幾何学形状又は通常使用されるファン・デル・ポー(van der Pauw)形状のいずれかで堆積される、請求項1乃至20のいずれか一項に記載の温度検出デバイスの製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、温度検出デバイス及びそのデバイスの製造方法に関する。特に、本発明は負温度係数サーミスタに関する。

【背景技術】

【0002】

50

機能性インクの印刷は、エレクトロニクス分野において長い伝統を有している。例えば、プリント基板上のスクリーン印刷配線及び抵抗に顔料系インクが使用されている。これらの用途に使用される厚膜インクは、それぞれ銀と炭素の溶剤及び顔料を含み、顔料粒子はナノメートル領域の寸法を有し得る。

【0003】

伝統的に最も機能的な材料は、スクリーン印刷などの従来の印刷技術によって印刷されている。最近の開発は、回路の受動部品だけでなく、能動部品を印刷することを目的としている。例えば、印刷されたナノ粒子のシリコン成分が国際公開第2004/068536号に開示されており、太陽電池及びトランジスタのような能動素子における半導体層を印刷することが開示されている。しかしながら、半導体厚膜ペーストの適用に通常知られている例は、サーミスタとして知られている、温度依存抵抗の製造である。そのようなデバイスは、通常、受動電子部品とみなされる。ここで特に関連の深いものは、抵抗の負温度係数を有するサーミスタであって、サーミスタの電気抵抗値が温度の上昇とともにほぼ指数関数的に減少することを意味する、NTCサーミスタとして通常知られている。

【0004】

この一般的な種類の既存のサーミスタは、ガラスフリットなどの化合物半導体材料とバインダー材料の粉末を含むペーストで構成されている。このペーストは、素地を形成するようセラミック基板上にスクリーン印刷されるか、又は流し込まれた後、塊状の層、即ち半導体材料の素地を形成するために高温で焼結される。常に、厚膜サーミスタの場合において、熱処理時の歪みが生じるために、硬化する前に適切な抵抗を得るように、材料をさらにトリミングすることが必要とされる。

【0005】

使用される製造プロセスは、使用され得る基板材料に制限を加えており、紙及びポリマーフィルムなどの軽い、フレキシブル材料を多く使用しないようにしている。伝統的に、サーミスタの製造に使用される厚膜インクは、硫化鉛などの重金属硫化物及び又はテルル化物で構成され、有害物質に関する欧州規制（RoHS指令）などの現在の法律を準拠していない。最近導入された代替的な材料としては、酸化マンガンなどのレアアースおよび遷移金属酸化物の混合組成物を含む。シリコンをベースとしたサーミスタは、通常、重ドーピングシリコンウエハから切り出されて作られ、正温度係数抵抗を有している。

【0006】

代替的な温度検出デバイス及びそのデバイスの製造方法を提供することが本発明の目的である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】国際公開第2004/068536号

【特許文献2】国際公開第2007/004014号

【特許文献3】国際公開第2007/023362号

【特許文献4】国際公開第2009/125370号

【特許文献5】国際公開第2007/072162号

【発明の概要】

【0008】

本発明によれば、温度検出デバイスの製造方法を提供しており、前記方法は、サーミスタ構造を定義するため、少なくとも1つのシリコン層と少なくとも2つの伝導電極又は接点を含み、少なくともシリコン層は印刷することによって形成され、そしてシリコン層と伝導電極又は接点のうちの少なくとも1つは、当該シリコン層の印刷時に基板材料によって支持されている。

【0009】

温度検出デバイスは、負温度係数（NTC）トランジスタであってもよい。

【0010】

本発明の目的で、「印刷すること」は、固体基板上に液体又はコロイド混合物を堆積させる任意の方法として、最も広義に解釈されるべきであり、故にドロップキャストリング、スリットコーティング、スピンコーティング及び溶射などのコーティング方法を含むべきである。

【0011】

ステンシルを介してデザインを印刷すること又はコーティングすることによって、ダイレクトパターンニングすることが望ましいが、基板材料がぴったりの大きさと形状を有していれば、これは必要ではない。

【0012】

特に印刷の定義は、フレキソ印刷と凸版印刷に限られず；グラビア印刷などの凹版処理；そしてリゾグラフィー、セログラフィー、及びサーモグラフィーなどの平板印刷を含む、すべての種類の印刷を含むべきである。

10

【0013】

想定される平板印刷の方法は、デザインが最初にオフセットリゾグラフィーとオフセットグラビア印刷などのブランケットロールに転写される、又はパッド印刷のようにタンポに転写される、すべてのオフセット印刷処理を含む。

【0014】

最後に、用語の印刷することは、印刷、特にスクリーン印刷として一般的に定義される伝統的なステンシル方法はもちろん、インクジェット印刷、エアロゾル噴射、及び電気流体力学的噴射などの非接触印刷方法も含むべきである。

20

【0015】

少なくともシリコン層、そして好ましくは電極又は接点が、上記で定義されるように印刷されることによって堆積される。

【0016】

少なくとも1つの前記シリコン層と少なくとも2つの伝導電極又は接点が温度を測定する対象物に直接当てられていてもよく、その対象物自体が基板を形成していてもよい。

【0017】

あるいは基板がサーミスタのための1つの接点を形成するように、基板が任意の金属、他の伝導性本体であってもよい。

【0018】

30

さもないれば基板は、接点とシリコン層が堆積され得る際に任意の材料又は材料の組み合わせとすることができる。

【0019】

好ましい一実施形態において、基板は、例えば金属箔又は高分子シートなどの固体薄膜；紙及びフェルト材料などの繊維材料；又は織物を含むフレキシブルシートを備えている。

【0020】

デバイスに接点を1つも形成しない金属基板又は伝導性基板の場合、基板の表面は、塗料、インク、ニス又はラッカーの形で又は、酸化、炭化、窒化又は陽極処理などの一般的な表面処理プロセスにより、中間絶縁層を入れることによって非導通にしてもよい。

40

【0021】

別の好ましい実施形態において、基板は、金属シート、ガラス、又は高分子シート、あるいは半導体ウェハなどの固体材料で構成され得る硬いシート；紙とフェルト材料などの繊維又は粒子材料を含む合成物；又は織物を含む合成物で形成される。

【0022】

ほんの一例として、基板を形成することができる材料は、銅、アルミニウム、金、銀、それらの合金、シリコン、ゲルマニウム、炭化ケイ素、フリントガラス、クラウンガラス、ホウケイ酸ガラス、石英、紙カード、綿、ガラス繊維、ポリイミド、ポリエステル及びその誘導体、他のプラスチック、セルロース、そして他の多くの材料を含む。

【0023】

50

温度を測定すべき対象の本体が基板を形成しない場合、基板は、サーミスタ構造を永久的に支持するように形成してもよい。

【0024】

あるいは、基板は、それらの製造中、サーミスタ構造のための一時的な支持又はテンプレート形成してもよい。

【0025】

この場合、基板は、サーミスタ構造を印刷した後、犠牲とされて、そして化学的手段、熱的手段又は機械的手段によって取り除かれてもよいし、あるいは基板は再利用可能なテンプレートを形成してもよい。

【0026】

好ましい実施形態において、シリコン層は、シリコン粒子を有するインクと、バインダー及び適切な溶媒で構成される液体溶媒から形成される。いくつかの場合、印刷処理に応じて、溶媒が省略されてもよく、あるいは溶媒は、乾燥剤又は安定剤などのインクの製剤に通常使用される付加化合物であってもよい。

【0027】

シリコン粒子は、10ナノメートルから100マイクロメートルの範囲内の大きさを有すべきであり、好ましくは50～250ナノメートルの間の特徴的な大きさのナノ粒子であるべきである。

【0028】

シリコンナノ粒子は、粒子間の電荷の輸送を許容する面を有しているべきである。これは、国際公開第2007/004014号に記載されるように、酸素種、ヒドロキシル種又は水素種による面の未結合手 (surface dangling bond) の適切な終端を通して達成されてもよい。

【0029】

個々の粒子間又は粒子のクラスター間、即ち半導体材料と伝導電極との間の電荷の輸送を熱活性化処理で制限するホッピング浸透処理により、印刷されたシリコン層内に形成されたシリコンナノ粒子網を介して電気伝導が生じることが推定されている。したがって、抵抗の温度係数は、主に粒子特性、特にそれらの表面と内面での粒子特性によって決定される。他の種、特に簡単にイオン化される小さい分子の吸着により閉じ込められた状態の案内又は除去による表面の改質；又は他の材料、特に大きな有機分子の部分酸化又は部分吸着によって引き起こされる界面障壁の厚さの変化が、材料の温度応答を変更するために使用され得る。

【0030】

抵抗の温度依存性に寄与することが知られている別の方法では、内在する又は低濃度にドーピングされた半導体のキャリアを熱生成している。それは、従来のドーピングされたn型及びp型材料からそれらを製造するか、又は国際公開第2007/023362号に記載されているように表面上に完全にイオン化されたイオン種を吸着するかのどちらかにより、シリコン粒子の適切なドーピングレベルを選択することが望ましい。

【0031】

好ましいシリコンナノ粒子は、バルクシリコンの機械的摩耗によって、又は酸素の排除、若しくは国際公開第2009/125370号に記載されるように準化学量論的な酸化物の還元によって完全な酸化が防止される、モノシラン、ジシラン、及びそれらの誘導体を含む任意のシランガスの熱分解などのいくつかの他の方法によって、製造され得る。

【0032】

シリコン層を通る電流の全体輸送は、中間接続する粒子と粒子のクラスターとの間の浸透経路に続く。したがって、公称温度、又は室温、抵抗率は、主にシリコン層の微細構造、及び特に粒子の相互接続の数により支配される。これは、印刷処理の選択とそのパラメータによってだけでなく、シリコンとバインダーとの比の変化若しくはシリカ又は他のセラミックナノ粒子などの絶縁層又は伝導性金属ナノ粒子の更なるインク組成物の変形によって変更され得る。

10

20

30

40

50

【0033】

方法は、バインダーに対するシリコンの比を変化させることによる、インク組成物の変更によって、シリコン粒子層内に少なくとも1つの更なる伝導経路を追加すること、又はシリカあるいは他のセラミックナノ粒子などの絶縁層か伝導層又は半導体層をインクに追加すること、それによって効果的にサーミスタ構造の温度依存抵抗と並列に相対的な非温度依存の内部抵抗を追加することを含んでもよい。

【0034】

シリコン粒子層にさらに伝導経路を追加することは、サーミスタ構造の温度依存性材料と並列に相対的に温度に依存しない内部抵抗を加えるという効果を有する。この組み合わせは、デバイスの温度感度を変更するために使用することができる。

10

【0035】

この考えを発展させて、追加の層は、別のドーパされたシリコンのナノ粒子、又は別の半導体材料で構成されてもよい。

【0036】

別のアプローチにおいて、印刷された温度センサは、サーミスタ構造の温度依存抵抗と並列に、導電性インクを使用して印刷された、内部温度に依存しない抵抗で製造することができる。

【0037】

同様に、印刷された温度センサの公称抵抗は、サーミスタ構造の温度依存抵抗と直列に、温度に依存しない内部抵抗を印刷することによって大きくすることができる。

20

【0038】

使用されるインク中のシリコン粉末とバインダーの比は、デバイスの公称動作範囲内で測定可能な電気コンダクタンスとなるように十分であるべきだが、シリコン層の構造的完全性を維持する程度に低くしなければならない。

【0039】

インク中のナノ粒子画分は5%~95%の範囲内であってもよいが、ナノ粒子の濃度が下限の浸透限界より十分大きく、実用限界が約25%のとき、上記のように最高の成果が達成される。

【0040】

浸透限界の下限と上限との間で、抵抗は、単にインク内のシリコンナノ粉末の画分の変更によって調整されてもよい。我々の結果は、この領域がインク内のシリコンナノ粉末粒子の容量で25%~60%に広く対応することを示している。

30

【0041】

材料特性がインク中のシリコンの画分でわずかにだけ変化する場合、浸透限界以上の、高い粒子とバインダーの比で最良の再現性が得られる。これは、60%を超え、好ましくは80%を超えたシリコン画分で達成することができる。

【0042】

インク溶剤は、有機バインダーとその適切な溶媒を含む任意の通常使用されるインクベースから構成されてもよい。

【0043】

バインダーは、ポリスチレン又は酢酸酪酸セルロースなどの可溶性ポリマー、又はアクリルエマルジョン又は国際公開第2007/072162号に記載された、例えば、アマニ油又はカレンジュラ油などの天然油などの常温重合モノマー (autopolymersing monomer)、若しくは脂肪酸であってもよい。

40

【0044】

一実施形態及び以下に記載された実施例において、使用されるバインダーは、水系アクリルエマルジョンを含む、商業的なスクリーン印刷インクベースであって、そして溶媒は、プロピレングリコールであった。

【0045】

適切であると示される他のバインダーと溶媒の組み合わせは、商業的なラッカーシンナ

50

一、アセトン又は同等のものと精製されたアマニ油との組み合わせ、ポリスチレンとクロロホルムとの組み合わせ、及びアセテートブチレートとクロロホルムとの組み合わせを含む。

【0046】

基板が電気接点の1つを形成しているデバイスを除き、電気接点が印刷によって直接パターンニングされるように、シリコン層と同様の方法で電気接点を製造することが好ましい。この目的のために、例えば、銀、金又はグラファイト系スクリーン印刷ペースト又は金属ナノ粒子ベースのインクのような任意の通常入手可能な導電性インクを用いてもよい。

【0047】

あるいは、接点は、スパッタリング、蒸着、又は化学蒸着のような確立された薄膜蒸着プロセスのうちの1つによって形成することができる。同様に、電気めっき又は無電解めっきを利用することができる。

【0048】

そのような場合には、接点が化学的または電気化学的エッチング、レーザースクライビングまたは他の所望の形状を形成する材料を除去することによって正確な形状にパターンニングされてもよい。

【0049】

好ましい一実施形態において、接点は、サーミスタ構造の径方向の電気経路が、測定される抵抗を印刷方向に対して全方向にわたって平均化するように円形の幾何学形状を有しており、印刷処理におけるいかなる横方向の異方性の影響を排除することを確実にしている。

【0050】

一般的に印刷されたシリコン材は高い抵抗率を有するため、サーミスタデバイスのアスペクト比は、低くするべきであり、電流を供給するために使用される任意の2つの接点との間の距離は、接点との間の半導体経路の幅と比べて小さくするべきである。

【0051】

好ましくは、サーミスタデバイスのアスペクト比は、 $1/30$ より小さく、そしてより好ましくは、 $1/1000$ より小さい。

【0052】

一実施形態において、これは、添付図面の図1に示されるように、伝導性材料の2つの層の間に印刷されたシリコン材料の層を含む多層構造によって達成することができる。このようなデバイスでは、抵抗は、シリコン層の平面に垂直な方向において、シリコン層の厚みを介して測定される。したがって、このような温度センサの領域は、ほぼ無限に拡張することができ、任意の形状をとることができる。

【0053】

しかしながら、通常は、製造工程を簡略化するために、同一平面上の一連の電極又は接点が好ましい。この場合、少なくとも2つの伝導接点が、任意の適切な処理によってシリコン層の上に、又は最初に基板上に堆積されて、続いてシリコン層で重ね刷りされる。これら二つの形状は、それぞれトップ接点デバイス又はボトム接点デバイスと呼ぶことができる。

【0054】

同一平面上の接点を備えたデバイスについては、以下の図2～8に示される特定の形状は、幅と長さの比を増加させるために適用することができる。

【0055】

一実施形態において、並んで延設される2つの細長い並列の接点は、比較的広い領域を覆うように、螺旋を定義するか、又は経路を蛇行させるパターンで堆積させて、それによって、基板の対応する形状の領域の平均温度を監視できる。

【0056】

別の実施形態において、蛇行隙間を定義するように、互いに平行に延び、隣接する複数の細長いストリップ又は複数のフィンガーをそれぞれ有する、2つの互いに組み合わせた

10

20

30

40

50

電気接点が、印刷された粒状シリコン層によって接続又はブリッジされている。

【0057】

印刷された粒状シリコン層は、電極間の蛇行隙間に続くように構成してもよいし、電極間の蛇行隙間の上に連続層を形成してもよい。

【0058】

別の実施形態において、4つの電気接点であって、4つの電気接点のうち2つの電気接点が電流を温度検出デバイスに供給するために使用され、4つの電気接点のうち2つの電気接点在使用中の電圧を監視するために使用され、4つの電気接点により高い精度を得るために従来の線形4点幾何学形状又は通常使用されるファン・デル・ポー(van der Pauw)形状のいずれかで堆積されている。

10

【0059】

本発明は、上記で定義した方法によって製造温度検出デバイスにまで及ぶ。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図1】図1は本発明に係る多層温度検出デバイスの概略側面図である。

【図2】図2は螺旋状の形状を有する本発明に係る印刷されたサーミスタの第1の実施形態の構成を示す模式図である。

【図3】図3は互いに組み合わせた形状を有する、本発明に係る印刷されたサーミスタの第2の実施形態の構成を示す模式図である。

【図4】図4は同心円状に配設された接点を有する、本発明に係る印刷されたサーミスタの第3の実施形態の構成を示す模式図である。

20

【図5】図5は同心円状に配設された接点を有する、本発明に係る印刷されたサーミスタの第4の実施形態の構成を示す模式図である。

【図6】図6は4つの電極構成を有する、本発明に係る印刷されたサーミスタの第5の実施形態の構成を示す模式図である。

【図7】図7は電気抵抗を決定するためにファンデルポー法が使用できるように印刷された粒状シリコンの層によって接続された4つの電気接点を有する、本発明に係る印刷されたサーミスタの第6の実施形態の構成を示す模式図である。

【図8】図8は図7の実施形態と同様に、本発明に係る印刷されたサーミスタの第6の実施形態の構成を示すが、延設された接点アームを有する模式図である。

30

【図9】図9は図6に示されたデザインのサーミスタの一例についてのアレニウス曲線を示すグラフである。

【図10】図10は図5に示されたデザインのボトム接点サーミスタの一例についてのアレニウス曲線を示すグラフである。

【図11】図11は本発明の方法に従って形成された負温度係数のサーミスタの実施形態の写真である。

【図12】図12は図11に示すように互いに組み合わせたサーミスタのパリエーションの写真である。

【発明を実施するための形態】

【0061】

40

図1は、本発明の一実施形態に係る基本的な多層サーミスタ構造の概略側断面図を示している。

【0062】

サーミスタ構造は、基板上に形成されており、第1の金属層12、第1の金属層14上に印刷された粒状シリコン層14、及び粒状シリコン層14上に堆積された第2の金属層16を備える。上記で示したように、基板10は、多くの形態をとることができるが、一般的には、例えば、金属箔又はポリマーシートなどの固体膜；紙及びフェルト材料などの繊維材料；又は織物から構成することができるフレキシブルシートを含んでいる。これらの実施例は、例示の目的のためにのみ提供され、限定されることを意図するものではない。金属層と粒状シリコン層は、好ましくは上記で定義された印刷により堆積される。

50

【0063】

図1の実施形態において、基板10は、非導通であるか、又は導通している場合でも、サーミスタ構造の電気接点としての機能を持たない。この実施形態において、第1の金属層12と第2の金属層16は、それぞれにワイヤ又は他の導体18及び20を接続することができ、伝導電極又は接点として機能する。

【0064】

本発明の方法により製造されたサーミスタのいくつかの例示的な実施形態が図2～図8を参照して説明される。

【0065】

図2に示されるように、第1の実施形態は、ボトム接点二端子サーミスタである。この実施形態は、基板26上に形成された、並んで延設される2つの細長い伝導接点22、24を備えており、それぞれが広範囲を覆うように螺旋状などのパターンで配設されてもよい。接点は、細長い螺旋形状を有して印刷された粒状シリコン層28によって、それぞれの接点を部分的に覆うように接続又はブリッジされ、基板によって全体構造が支持されている。電気接点は、必要に応じて接点22と24に対して作ることができる。

10

【0066】

図示される四角にされた螺旋形状の代わりに、粒状シリコン層の接点層とブリッジ層が、別の平行な曲がりくねった経路又は曲線の螺旋状の経路に続いてよい。サーミスタ構造は、基板26（又は基板26が接触するための対象物）の広くて、不規則になり得る形状の領域の平均温度を監視できるように、相対的に広い領域を覆ってもよい。

20

【0067】

粒状シリコンの層が最初に印刷されて、当該粒状シリコンの層に接点が堆積されると、堆積シーケンスを単に反転することによって、同様のトップ接点が製造されてもよい。代替的なアプローチにおいて、シリコンストリップが接点ストリップの上に又は下に堆積された連続層を形成してもよい。

【0068】

図3は、印刷された粒状シリコン層34によって接続又はブリッジされた2つの互いに組み合わせた電気接点30と32を含む互いに組み合わせた2つの端子サーミスタの図である。シリコンインクの層が層34を形成して、2組の電極と接続するように印刷された蛇行隙間を定義するため、接点30と32は、それぞれ互いに平行かつ隣接して延設する複数の細長いストリップ又はフィンガー36と38を有する。接点又は電極と、それらのフィンガーの数や長さは、任意の所望の領域を覆うように変更することができる。サーミスタは、基板40上に印刷される。

30

【0069】

このシリコン層34は、図に示されるように、電極間の隙間に続くように構成してもよいし、連続層を形成することもできる。デバイスは、上述したような材料の堆積順序に応じて、ボトム接点デバイス又はトップ接点デバイスであってもよい。

【0070】

図4は、サーミスタの電気経路が内部電気接点42と同心円形状の外部接点又は電極44を有する円形構造の径方向にある実施形態を示している。接点は、印刷された粒状シリコンの環状層46によって接続されている。サーミスタは、基板48上に印刷される。

40

【0071】

図5は、図4と同様の実施形態を示しており、2つの接点が、固体の内部円50を含み、同心円状の外輪52が同軸形状に堆積している。印刷された粒状シリコン層54は、2つの接点をブリッジする、第2の同心環を形成する。しかしながら、図5のデバイスにおいて、内部電極接点50は、外部接点52の隙間を通して第1の電気接点パッドに径方向外側に延びている。外部接点はまた、第2の電気接点パッド58に対して外側に延びている。構造は、基板60上に印刷されている。2つの接点間の環状隙間をブリッジする、印刷されたシリコン層54によって画定された同心環は、完全につながっているか又は（図に示すように）分断されているかどちらでもよい。

50

【0072】

図4と図5の例示の実施形態は、トップ接点デバイス又はボトム接点デバイスのどちらかとして製造され得、特に印刷プロセスに適合される。これらのサーミスタ構造の径方向の電気経路は、測定された抵抗を印刷する方向に対して全方向にわたって平均化して、そして堆積処理におけるいかなる横方向の異方性の影響を排除することを確実にしている。

【0073】

より高い精度を得るために、既知の4点抵抗測定法での使用に適したサーミスタデバイスが望ましい。これは、図6に示すように、4つの同一平面上の電極を有するデバイスによって達成することができる。このデバイスは、電位差が決定されて、電流が供給される2つの追加の電極66と68との間に微細構造を持つ2つの内部電極62と64を有する。すべての4つの電極が、印刷された粒状シリコンのオーバー印刷層70によって接続されている。デバイスは、基板72上に形成されている。内部電極62と64のそれぞれは、その各端部に拡大された接点パッドを有する。

10

【0074】

2つの内部電極62と64は、粒状シリコン層における電位差を測定するように使用され、そして非常に微細に印刷し得る。外部電極66と68は、励磁電流を供給するように使用され、内部電極に比べて相対的に大きくてもよい。この形状の最も簡単なバリエーションでは、図示するように、シリコン層70が、デバイスの中央部に4つの電極をブリッジする厚いストリップとして単に印刷されているのみである。

20

【0075】

4点抵抗法に代わるものは、図7に示される円形のデザイン又は図8に示される「ギリシャ十字」形状などの、既知のファン・デル・ポール形状のいずれかを使用することである。

【0076】

図7の印刷されたサーミスタデバイスにおいて、4つの等間隔の楔形電気接点74、76、78及び80が提供されており、固体円形形状を有する印刷された粒状シリコンの層82によって接続される。デバイスは、基板84上に印刷される。4つの接点は、印刷されたシリコンの層で充填されたパターンの中央の空間で円形状に対称に配置されている。最高の精度を得るためには、この後者の層は、円形状を有している必要があり、中心に位置する。しかしながら、これは必須ではなく、適切なデバイスは、電極の上に又は真下にシリコンの連続層を印刷することによって製造することができる。

30

【0077】

図8のデバイスにおいて、4つの電極86、88、90及び92は、基板94上に対称的に堆積される。粒状シリコンの層96は、接点間のデバイスの中央領域に堆積される。層96は、十字のアームの先端が部分的にそれぞれの電極の上を覆って電極の間に2つの垂直なシリコン経路を定義する、ギリシャ十字の形状を有する。

【0078】

本発明のサーミスタによって定義することができるファン・デル・ポール形状のさらによく知られたバリエーションは、そのようなクローバリーフ又はマルタ十字など、これらの2つの基本的な形態の幾何学的特徴を組み合わせた構造を含む。

40

【0079】

デバイスを製造するための印刷の使用を可能にする、温度依存抵抗を決定する新規な方法は、トップ接点とボトム接点を形成する同一の対称的な電極構造を有することによって、ファン・デル・ポール手法の原理を拡張することである。上述した2つの接点のデザインのいずれかが、標準的な4点ファン・デル・ポール手法と類似の方法において、シリコン層のバルクを介して抵抗を決定するために使用され得る。同様に、トップ接点とボトム接点の両方に適用された4つの電極構成は、さらなる高い精度と安定性を有する抵抗測定を提供する。

【0080】

さらに、上記のデザインのいずれか、又は電極の類似の配置は、特定の領域上の温度分

50

布をマッピングすることを可能にするピクセル化されたセンサを形成するように基板上の広い領域にわたって並べるように配置することができる。

【0081】

(実施例1)

第1の実施例では負温度係数サーミスタは、図6に示すデザインに従って製造された。4つの銀電極又は接点が、デュポン社の5000銀導体を用いたスクリーン印刷により80 g/m²の上質紙のシート基板上に堆積された。任意の2つの隣接する電極間の距離は、2 mmであった。銀インクを周囲条件下で約1日乾燥させた後、シリコンインクが、デバイスのすべての4つの電極間の接続を形成するためにドロップキャストされた。インクに使用されるシリコンナノ粒子は、国際公開第2009/125370号に開示された方法によれば、ホウ素ドーピングされたp型シリコンウェハから製粉された。これらの粒子は、95重量%のシリコンの割合で市販されているアクリル系スクリーン印刷塩基と混合し、インクの濃度をプロピレングリコールで薄くすることにより調整した。

【0082】

完成したデバイスは、約15 mm×10 mmのサイズの小さい柔軟なデバイスを形成するために紙の大きいシートから切り出された。予備試験では、室温電流/電圧特性は、4点手法と2点技法の両方により決定された。その温度応答をテストするために、本デバイスは、紙基材が印刷されたサーミスタ素子とガラスとの間にあるように、及びデバイスの軸がガラスの外周に続くように、直径65 mmのガラスビーカーの外側に粘着テープで固定された。

【0083】

抵抗の温度依存性を校正するために、デジタル温度計で水の温度を測定しながら、ビーカーを氷水で満たして、電気ホットプレートで加熱した。便宜上、抵抗は単にデジタルマルチメータで測定した。図9は、アレニウススケールのサーミスタの抵抗温度応答を示す。示された温度範囲において、デバイスは、 2210 ± 30 Kの β 値と通常呼ばれる対数の温度係数を示す。

【0084】

(実施例2)

第2の実施例において、図5に示されたデザインに従って負温度係数サーミスタが製造された。銀接点は、80 g/m²の上質紙のシートを有する基板上にデュポン社の5000銀導体を用いたスクリーン印刷により堆積された。内部電極の直径は、5 mmであり、2つの電極間の間隔は0.5 mmであった。銀インクを周囲条件下で約1日乾燥させた後、シリコン層は、国際公開第2009/125370号に開示された方法に従って2503グレードの金属シリコンから粉砕されたシリコンナノ粒子を用いて、電極間の隙間を覆ってスクリーン印刷された。これらのナノ粒子は、88重量%のシリコンの割合で市販されているアクリル系スクリーン印刷塩基と混合し、インクの濃度をプロピレングリコールで薄くすることにより調整した。

【0085】

完成したデバイスは、約20 mm×15 mmのサイズの小さい柔軟なデバイスを形成するために紙の大きいシートから切り出された。銀線は、安全な固定接続を形成するために、接点パッドに半田付けされた。ゼロ磁場条件下で、レイクショア社の7700ホール測定システム、及び関連する低温保持装置を用いて、50 Kから350 Kの温度範囲において、デバイスのために電流/電圧特性が測定された。図10の一例として示されている抵抗/温度特性は、低励磁電流の電流/電圧特性の傾きから決定した。拡張された温度範囲では、液体窒素温度で通常1000 Kであって、室温付近で2000 Kの少なくとも2つのアレニウス係数がある。同様のデバイスのさらなる研究は、350 Kを超えた温度で明らかとなる約10000 Kの3つ目のベータ値を示す。異なる範囲内のこれらの異なる β 値の組み合わせは、印刷されたシリコンサーミスタを、広い温度範囲にわたって適用することができる。

【0086】

(実施例 3)

図 1 1 は、図 3 に示されたデザインに係る負温度係数のサーミスタの写真である。この場合において、シリコンは互いに組み合わせた銀接点の上に固体ブロックとして印刷されるが、接点間のシリコンの領域だけが温度依存抵抗に寄与する。抵抗が低いために、シリコン半導体の長さとの幅のアスペクト比は、理想的には $1/1000$ より低くなるべきである。この例において、銀接点は、隣接する電極間に 24 の間隙を有する、 25 の個々の電極を備え、各隙間は 16 mm の長さを有し、各間隙の幅（隣接する電極間の間隔）は、 0.25 mm である。

【0087】

高い抵抗のデバイスであって、（図 5 における導体間の隙間を定義する円の外周に対する導体間の横方向の隙間の比によって与えられる）長さとの幅のアスペクト比が約 $1/30$ である、実施例 2 のデバイスとは対照的に、本実施例のデザインは、 $1/1600$ のアスペクト比を有し、それに対応して同一のシリコン層の厚さでより低い抵抗を有する。

【0088】

銀接点は、デュポン社の 5000 銀導体を使用して、 160 gsm の板紙状の基板上にスクリーン印刷することによって堆積される。銀インクを周囲条件下で約 1 日乾燥させた後、シリコン層は、国際公開第 $2009/125370$ 号に開示された方法に従って 2503 グレードの金属シリコンから粉碎されたシリコンナノ粒子を用い、電極間の隙間を覆ってスクリーン印刷された。これらのナノ粒子は、 80 重量%のシリコンの割合で市販のアクリル系スクリーン印刷塩基と混合し、インクの濃度をプロピレングリコールで薄くすることにより調整した。

【0089】

南アフリカ仮特許第 $2010/06533$ 号明細書に開示された方法に従って、最後のサーミスタは、プラスチック積層から突出され得る銀接点を有する、個別部品としてパッケージングされた。多くのこのようなデバイスのテストは、 $20^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$ の温度範囲にわたってボックスオープン内で実施され、 $\pm 200\text{ K}$ の統計的変動を有する 2000 K の一定の β 値を得た。シリコン層の厚さに応じた、このデザインの通常の抵抗は、 $100\text{ k}\Omega$ である。 15 K から 350 K までの拡張された温度範囲にわたって、レイクショア社の 7700 システムを用いた低温度測定からのコンダクタンスの詳細な分析は、約 20 K 、 650 K 、および 1900 K の 3 つの固有の β 値を示した。

【0090】

(実施例 4)

図 1 2 は、より大きな領域にわたって延長され、かつグラフィックデザインとしての形をとる、図 3 の基本デザインに係る、実施例 3 に記載の互いに組み合わせたサーミスタの変形例の写真である。例として実物大の人間の手形をデザインとして選んだが、手形のデザインに限定されず、他のいくつかの抽象的な絵またはデザインが選択され得る。

【0091】

複数の銀トラックは、手の輪郭を形成するそれらの共通接続を有し、互いに組み合わせた電極を形成するために、 180 gsm の板紙の様々なカラーにデュポン社の 5000 銀導体を用いて、スクリーン印刷される。電極間の隙間は、 $0.5\text{ mm} \sim 1\text{ mm}$ の範囲でデザインの形状に適合するように調整される。国際公開第 $2009/125370$ 号に開示された方法に従って 2503 グレードのシリコンから粉碎された 80 重量%のナノ粒子を有するシリコンインクは、グラフィックデザインと、並列に接続された 1 組のサーミスタの両方を形成するために、異なる位置に印刷される。同じように手の全領域は、シリコンで印刷することができるが、これはサーミスタの構成および動作の原理の説明を可能にするために行われなかった。印刷した後、プラスチック積層から突出され得る銀接点を備えた、南アフリカ仮特許第 $2010/06533$ 号明細書に開示された方法に従って、個別部品としてパッケージングされた。このデザインの通常の抵抗は、シリコン層の厚さに応じて、 $20 \sim 40\text{ k}\Omega$ の間であり、そして β 値は $2000 \pm 100\text{ K}$ で一定である。

【図 1】

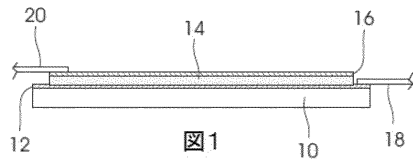


図 1

【図 2】

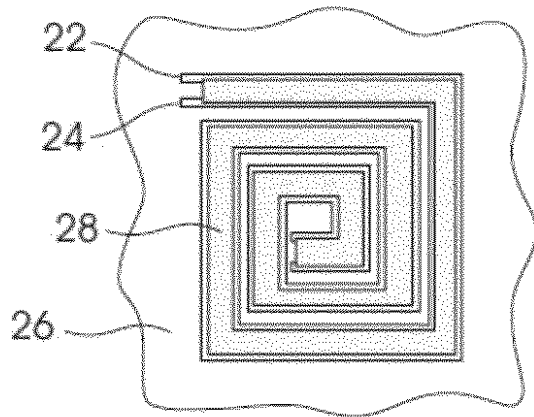


図 2

【図 3】

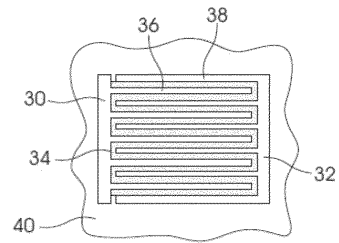


図 3

【図 4】

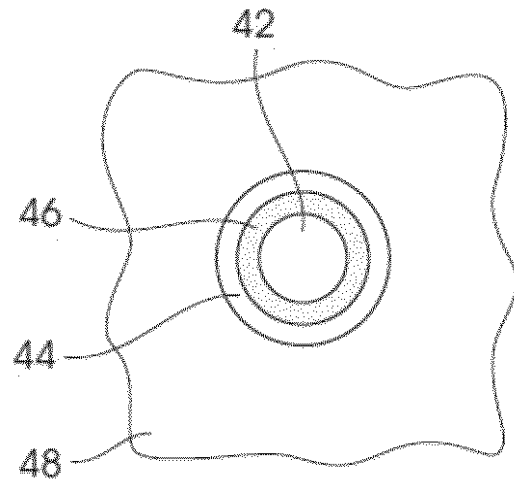


図 4

【図 5】

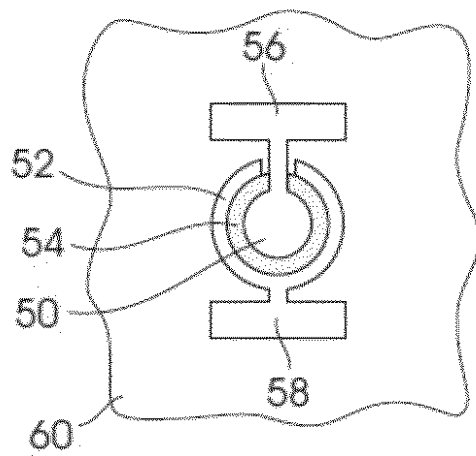


図 5

【図 6】

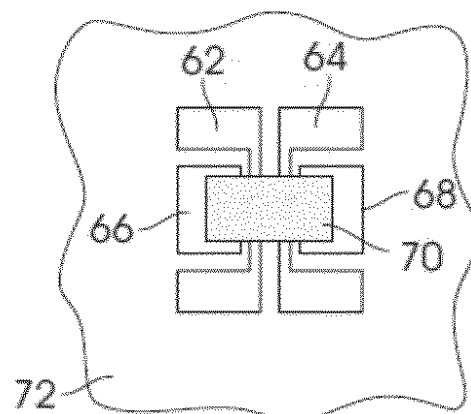


図 6

【図 7】

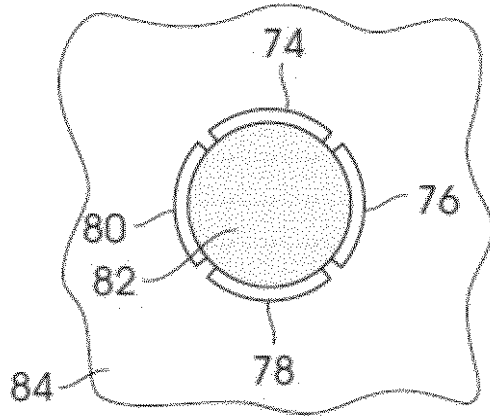


図 7

【図 8】

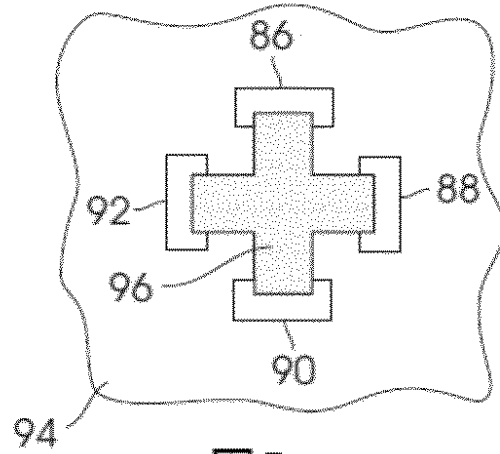


図 8

【図 9】

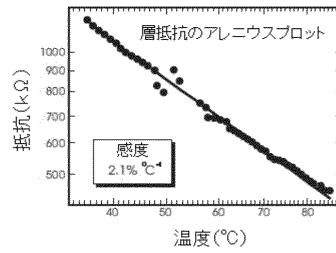


図 9

【図 10】

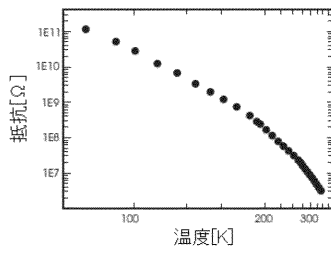


図 10

【図 12】

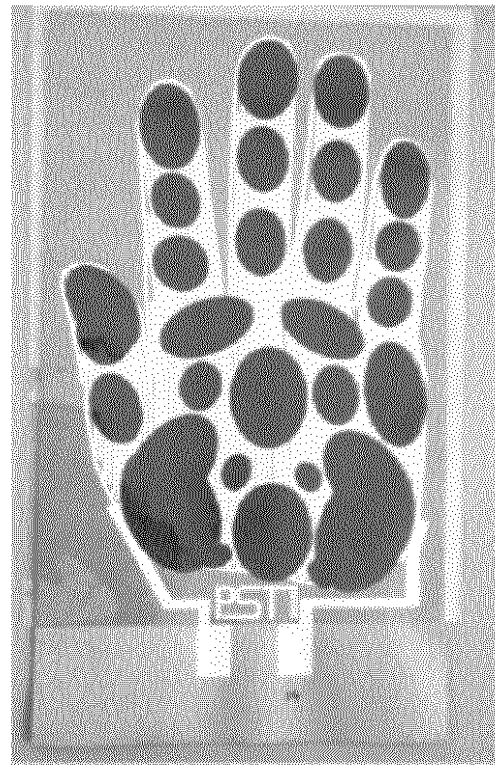


図 12

【図 11】

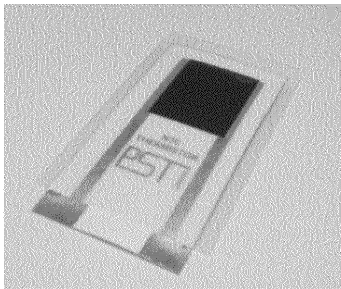


図 11

フロントページの続き

- (72)発明者 デイビッド・トーマス・ブリトン
南アフリカ 8001 ケープ・タウン、ブリー・ストリート 120 番、デ・オウド・スチュール 70
4
- (72)発明者 マルギット・ハルティング
南アフリカ 8001 ケープ・タウン、モーブレイ、トゥウィツケナム・ロード 8 番

審査官 田中 晃洋

- (56)参考文献 特開 2007-027541 (JP, A)
特開平 04-293203 (JP, A)
米国特許第 05622652 (US, A)
特開 2008-130639 (JP, A)
特開昭 61-160902 (JP, A)
国際公開第 2010/055841 (WO, A1)
特開 2003-168340 (JP, A)
米国特許出願公開第 2006/0199313 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| H01C | 7/04 |
| G01K | 7/22 |
| H01C | 7/02 |
| H01C | 17/06 |