

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-531163

(P2017-531163A)

(43) 公表日 平成29年10月19日(2017. 10. 19)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1N 27/12 (2006.01)	GO1N 27/12	G 2GO46
GO1K 7/16 (2006.01)	GO1N 27/12	B
	GO1K 7/16	Z

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2017-503509 (P2017-503509)
 (86) (22) 出願日 平成27年7月22日 (2015. 7. 22)
 (85) 翻訳文提出日 平成29年3月14日 (2017. 3. 14)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2015/041577
 (87) 国際公開番号 W02016/014689
 (87) 国際公開日 平成28年1月28日 (2016. 1. 28)
 (31) 優先権主張番号 62/027, 753
 (32) 優先日 平成26年7月22日 (2014. 7. 22)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 62/172, 546
 (32) 優先日 平成27年6月8日 (2015. 6. 8)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 500499508
 ブルーワー サイエンス アイ エヌ シー
 アメリカ合衆国 ミズーリ州 65401
 ローラ ブルーワー ドライブ 2401
 (74) 代理人 100080159
 弁理士 渡辺 望稔
 (74) 代理人 100090217
 弁理士 三和 晴子
 (74) 代理人 100152984
 弁理士 伊東 秀明

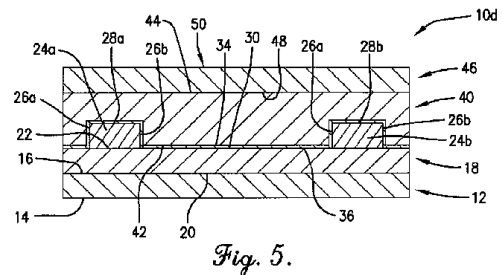
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜抵抗式センサ

(57) 【要約】

誘電体および/または金属積層構造内の、薄く電子的に「アクティブな」センシング層を有する印刷された抵抗式センサおよびトランスデューサが提供される。アクティブセンシング層の電子抵抗は、センサ環境の変化時に測定される。アクティブセンシング層周りの多層構造を利用することで、センシング素子の電子信号を向上させることができる。アクティブセンシング層を取り囲む構造および材料を注意深く選択することにより、環境の変化を検出するためのセンサの感度、安定性、および選択性を向上させる。この設計により、数多くの特定の適用分野において環境センシングが可能となる。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

バリア層と、
少なくとも 2 つの電極と接触するアクティブセンシング層と、
前記アクティブセンシング層と前記バリア層との間に配置され、かつ、第 1 の側と第 2 の側とを有する誘電体層とを有し、
前記少なくとも 2 つの電極は、両方とも、前記誘電体層の前記第 2 の側に隣接する、
抵抗性トランスデューサであるトランスデューサ。

【請求項 2】

前記バリア層は、金属、金属酸化物、金属窒化物、半導体、ガラス、有機ポリマー、およびこれらの混合物から成る群から選択される材料を有する請求項 1 に記載のトランスデューサ。 10

【請求項 3】

前記アクティブセンシング層は、約 1 0 0 0 n m 未満の厚さを有する請求項 1 に記載のトランスデューサ。

【請求項 4】

前記アクティブセンシング層は、炭素質材料である請求項 1 に記載のトランスデューサ。

【請求項 5】

前記アクティブセンシング層は、カーボンナノチューブ、カーボンナノチューブ織物、アモルファスカーボンフィルム、グラファイト、グラフェン、熱分解カーボン、カーボンファイバ、カーボンブラック、シリコン、導電性ポリマー、フラーレンカーボン煤、ならびにこれらの複合材および混合物から成る群から選択される請求項 1 に記載のトランスデューサ。 20

【請求項 6】

前記誘電体層は、非導電性ポリマー、非導電性フォトレジスト、非導電性セラミック、非導電性金属窒化物、非導電性金属酸化物、非導電性金属複合材、およびこれらの混合物から成る群から選択される材料を有する請求項 1 に記載のトランスデューサ。

【請求項 7】

前記アクティブセンシング層は、第 1 の側と第 2 の側とを有し、前記アクティブセンシング層の前記第 1 の側は、前記誘電体層の前記第 2 の側に対向している請求項 1 に記載のトランスデューサ。 30

【請求項 8】

前記バリア層は、第 1 の側と第 2 の側とを有し、前記誘電体層は、前記バリア層の前記第 2 の側に隣接し、さらに、前記バリア層の前記第 1 の側に対向する基板を有する請求項 1 に記載のトランスデューサ。

【請求項 9】

前記基板は、金属、金属酸化物、金属窒化物、半導体、ガラス、紙、有機ポリマー、およびこれらの混合物から成る群から選択される請求項 8 に記載のトランスデューサ。

【請求項 10】

さらに、前記アクティブセンシング層の前記第 2 の側に対向する信号増強層を有する請求項 6 に記載のトランスデューサ。 40

【請求項 11】

前記信号増強層は、非導電性ポリマー、非導電性フォトレジスト、非導電性セラミック、非導電性金属窒化物、非導電性金属酸化物、非導電性金属複合材、およびこれらの混合物から成る群から選択される材料を有する請求項 10 に記載のトランスデューサ。

【請求項 12】

さらに、前記信号増強層に隣接するフィルタ層を有する請求項 10 に記載のトランスデューサ。

【請求項 13】

50

前記フィルタ層は、金属フィルム、高分子フィルム、セラミックフィルム、単結晶フィルム、イオン選択性フィルム、化学的選択性フィルム、生物学的選択性フィルム、金属酸化物フィルム、金属窒化物フィルム、有機金属フィルム、およびこれらの組み合わせから成る群から選択される請求項 1 2 に記載のトランスデューサ。

【請求項 1 4】

前記バリア層は、金属、金属酸化物、金属窒化物、半導体、ガラス、有機ポリマー、およびこれらの混合物から成る群から選択される材料を有し、

前記アクティブセンシング層は、カーボンナノチューブ、カーボンナノチューブ織物、アモルファスカーボンフィルム、グラファイト、熱分解カーボン、グラフェン、カーボンファイバ、カーボンブラック、シリコン、導電性ポリマー、フラーレンカーボン煤、なら

10

びにこれらの複合材および混合物から成る群から選択され、
前記誘電体層は、非導電性ポリマー、非導電性フォトレジスト、非導電性セラミック、非導電性金属窒化物、非導電性金属酸化物、非導電性金属複合材、およびそれらの混合物から成る群から選択される材料を有する請求項 1 に記載のトランスデューサ。

【請求項 1 5】

前記アクティブセンシング層は、第 1 の側と第 2 の側とを有し、前記アクティブセンシング層の前記第 1 の側は、前記誘電体層の前記第 2 の側に対向し、

さらに、前記アクティブセンシング層の前記第 2 の側に対向する信号増強層と、

前記信号増強層に隣接するフィルタ層とを有する請求項 1 に記載のトランスデューサ。

【請求項 1 6】

前記バリア層は、金属、金属酸化物、金属窒化物、半導体、ガラス、有機ポリマー、およびこれらの混合物から成る群から選択される材料を有し、

前記アクティブセンシング層は、カーボンナノチューブ、カーボンナノチューブ織物、アモルファスカーボンフィルム、グラファイト、グラフェン、熱分解カーボン、カーボンファイバ、カーボンブラック、シリコン、導電性ポリマー、フラーレンカーボン煤、なら

20

びにこれらの複合材および混合物から成る群から選択され、
前記誘電体層は、非導電性ポリマー、非導電性フォトレジスト、非導電性セラミック、非導電性金属窒化物、非導電性金属酸化物、非導電性金属複合材、およびこれらの混合物から成る群から選択される材料を有し、

前記信号増強層は、非導電性ポリマー、非導電性フォトレジスト、非導電性セラミック、非導電性金属窒化物、非導電性金属酸化物、非導電性金属複合材、およびこれらの混合物から成る群から選択される材料を有し、

30

前記フィルタ層は、金属フィルム、高分子フィルム、セラミックフィルム、単結晶フィルム、イオン選択性フィルム、化学的選択性フィルム、生物学的選択性フィルム、金属酸化物フィルム、金属窒化物フィルム、有機金属フィルム、およびこれらの組み合わせから成る群から選択される請求項 1 5 に記載のトランスデューサ。

【請求項 1 7】

大気条件下で、約 5 0 m s e c 未満の応答時間および約 1 0 0 m s e c 未満の立下り時間を有する請求項 1 に記載のトランスデューサ。

【請求項 1 8】

請求項 1 に記載のトランスデューサを有するセンサ。

40

【請求項 1 9】

さらに、前記トランスデューサに動作可能に連結される制御部を有する請求項 1 8 に記載のセンサ。

【請求項 2 0】

分析物に曝された時に前記トランスデューサによって生じる抵抗の変化を、前記制御部が検出し、分析することが可能となるように、前記制御部は、前記トランスデューサに動作可能に連結される請求項 1 8 に記載のセンサ。

【請求項 2 1】

前記バリア層は、金属、金属酸化物、金属窒化物、半導体、ガラス、有機ポリマー、お

50

よびこれらの混合物から成る群から選択される材料を有し、

前記アクティブセンシング層は、カーボンナノチューブ、カーボンナノチューブ織物、アモルファスカーボンフィルム、グラファイト、グラフェン、熱分解カーボン、カーボンファイバ、カーボンブラック、シリコン、導電性ポリマー、フラーレンカーボン煤、ならびにこれらの複合材および混合物から成る群から選択され、

前記誘電体層は、非導電性ポリマー、非導電性フォトレジスト、非導電性セラミック、非導電性金属窒化物、非導電性金属酸化物、非導電性金属複合材、およびこれらの混合物から成る群から選択される材料を有する請求項 19 に記載のセンサ。

【請求項 22】

前記アクティブセンシング層は、第 1 の側と第 2 の側とを有し、前記アクティブセンシング層の前記第 1 の側は、前記誘電体層の前記第 2 の側に対向し、

10

前記トランスデューサは、さらに、

前記アクティブセンシング層の前記第 2 の側に対向する信号増強層と、

前記信号増強層に隣接するフィルタ層とを有する請求項 18 に記載のセンサ。

【請求項 23】

前記バリア層は、金属、金属酸化物、金属窒化物、半導体、ガラス、有機ポリマー、およびこれらの混合物から成る群から選択される材料を有し、

前記アクティブセンシング層は、カーボンナノチューブ、カーボンナノチューブ織物、アモルファスカーボンフィルム、グラファイト、グラフェン、熱分解カーボン、カーボンファイバ、カーボンブラック、シリコン、導電性ポリマー、フラーレンカーボン煤、ならびにこれらの複合材および混合物から成る群から選択され、

20

前記誘電体層は、非導電性ポリマー、非導電性フォトレジスト、非導電性セラミック、非導電性金属窒化物、非導電性金属酸化物、非導電性金属複合材、およびこれらの混合物から成る群から選択される材料を有し、

前記信号増強層は、非導電性ポリマー、非導電性フォトレジスト、非導電性セラミック、非導電性金属窒化物、非導電性金属酸化物、非導電性金属複合材、およびこれらの混合物から成る群から選択される材料を有し、

前記フィルタ層は、金属フィルム、高分子フィルム、セラミックフィルム、単結晶フィルム、イオン選択性フィルム、化学的選択性フィルム、生物学的選択性フィルム、金属酸化物フィルム、金属窒化物フィルム、有機金属フィルム、およびこれらの組み合わせから成る群から選択される請求項 22 に記載のセンサ。

30

【請求項 24】

前記トランスデューサは、大気条件下で、約 50 msec 未満の応答時間および約 100 msec 未満の立下り時間を有する請求項 18 に記載のセンサ。

【請求項 25】

状態の存在を検出する方法であって、

分析物が存在するかもしれない環境にトランスデューサを導入する工程と、

前記トランスデューサが前記状態の前記存在を示すかどうかを観察する工程とを有し、

前記トランスデューサは、

バリア層と、

40

少なくとも 2 つの電極と接触するアクティブセンシング層と、

前記アクティブセンシング層と前記バリア層との間に配置され、かつ、第 1 の側と第 2 の側とを有する誘電体層とを有し、

前記少なくとも 2 つの電極は、両方とも、前記誘電体層の前記第 2 の側に隣接し、

前記存在は、抵抗の変化によって示される方法。

【請求項 26】

前記状態は、分析物の存在、温度の変化、あるいはその両方から成る群から選択されるものである請求項 25 に記載の方法。

【請求項 27】

前記分析物は、湿気、ガス、気流、VOC、およびこれらの組み合わせから成る群から

50

選択される請求項 26 に記載の方法。

【請求項 28】

前記トランスデューサは、大気条件下で、約 50 msec 未満の応答時間および約 100 msec 未満の立下り時間を有する請求項 25 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

発明の背景

(関連出願)

本願は、2014年7月22日提出の出願番号62/027,753、ULTRAFAS
T HUMIDITY DETECTOR FOR USE IN SPEECH A
ND HEALTH ANALYZERS (音声およびヘルスアナライザー用超高速湿度
検出器)と題した米国仮出願、および2015年6月8日提出の出願番号62/172,
546、THIN-FILM RESISTIVE-BASED SENSOR (薄膜抵
抗式センサ)と題した米国仮出願の優先権の利益を主張するものであり、それぞれの出願
全体を参照により本明細書中に含める。

10

【0002】

(発明の分野)

本発明は、広くは、薄膜抵抗式センサに関する。

【背景技術】

20

【0003】

(先行技術の説明)

環境の変化を感知することができるセンサは、数多くの用途において求められている。
温度、圧力、あるいはセンサと接触する様々な分析物(空気中の水分またはガス等を含む
)の変化を検出することは、室内および屋外の気候検出および制御、プロセス制御、生物
測定学、医学的利用等の用途にとって望ましい。しかしながら、種々の用途のためのこれ
らのセンサの有用性は、正確かつ精密に刺激を測定するそれらの能力だけでなく、短期的
および長期的にその刺激を検出して測定するそれらの能力によっても制限される。呼吸セ
ンサ等のように、即座の検出が必須となる用途において、湿度を測定することを試みる場
合に、応答時間および整定時間は、非常に重要な仕様である。センサの応答時間は、セン
サが負荷のない状態から負荷のステップ変化に应答するまでに要する時間のことである。
整定時間は、センサが一度オンになってから安定した出力に達するのに要する時間のこと
である。センサはまた、長期の安定性および測定を維持することができなければならず、
また、低ヒステリシスを示すべきである。

30

【0004】

環境センサは、温度、湿度、ガス、あるいは気流等の、大気中の物理的变化を検出する
ことができる。センシング素子により、センサは、変換素子による変動を、送信および測
定することが可能である電気信号に変換する。多くの実践において、「アクティブな」層
の電子抵抗は、センサ環境の変化時に測定される。この測定が一価のものであり、安定し
、再現性のあるものである場合、それを、センサを取り巻く環境を示す信号として較正し
て使用することが可能である。

40

【0005】

環境センサの構造および構成には異なるアプローチが存在する。それらのアプローチは
、安定性、感度、低ヒステリシス、信頼性および/または精度を含む効率的なセンシング
能力のうちの一つ以上の特性を向上させることを求める。もっとも基本的な、印刷された
、および/または薄膜抵抗式センサは通常、誘電体基板上に印刷された、薄く電子的に「
アクティブな」センシング層、および、その上面に印刷された不動態化または保護被覆層
を含む。

【0006】

多くの先行技術の直流の、抵抗式センサは、非常に高いヒステリシス、低安定性および

50

低精度の結果による性能の低さに悩まされてきた。これらの装置は、しばしば、ポリマーベースの材料または予測できない材料を利用しているので、高いヒステリシス、低い安定性および精度の問題は、しばしば、この薄膜構造におけるセンシング素子に使用される材料の選択に起因する。

【0007】

静電容量、誘導、光学、および物理式であり、かつ、確立された材料を利用するその他のセンサ技術は、一般的に、この種の性能の低さに悩まされない。しかしながら、これらのセンサ技術は、より信頼性があるものの、速度が遅いものである。

【発明の概要】

【0008】

本発明は、バリア層と、少なくとも2つの電極と接触するアクティブセンシング層と、アクティブセンシング層とバリア層との間に配置され、かつ、第1の側と第2の側とを有する誘電体層とを有するトランスデューサを提供する。この少なくとも2つの電極は、両方とも、誘電体層の第2の側に隣接し、該トランスデューサは、抵抗性トランスデューサである。

【0009】

本発明はさらに、バリア層と、少なくとも2つの電極と接触するアクティブセンシング層と、アクティブセンシング層とバリア層との間に配置され、かつ、第1の側と第2の側とを有する誘電体層とを有するトランスデューサを有するセンサを提供する。この少なくとも2つの電極は、両方とも、誘電体層の第2の側に隣接し、該トランスデューサは、抵抗性トランスデューサである。

【0010】

最後に、本発明は、状態の存在を検出する方法を提供する。該方法は、分析物が存在するかもしれない環境にトランスデューサを導入する工程を有する。該トランスデューサは、バリア層と、少なくとも2つの電極と接触するアクティブセンシング層と、アクティブセンシング層とバリア層との間に配置され、かつ、第1の側と第2の側とを有する誘電体層とを有する。この少なくとも2つの電極は、両方とも、誘電体層の第2の側に隣接する。該方法はまた、トランスデューサが状態の存在を示すかどうかを観察する工程を有し、該存在は、抵抗の変化によって示される。

【図面の簡単な説明】

【0011】

図面の簡単な説明

【図1】図1は、本発明のトランスデューサの1つの実施形態を示す概略図である。

【図2】図2は、アクティブセンシング層が電極に跨っている本発明のトランスデューサのさらなる実施形態を示す概略図である。

【図3】図3は、トランスデューサが基板上に支持されている本発明のトランスデューサの別の実施形態の概略図である。

【図4】図4は、信号増強層がアクティブセンシング層の上にあるさらなる実施形態を示す概略図である。

【図5】図5は、図4のトランスデューサに類似しているが、フィルタ層が信号増強層に隣接しているトランスデューサを示すさらに別の実施形態である。

【図6】図6は、図5のトランスデューサに類似しているが、フィルタ層がアクティブセンシング層に隣接しているトランスデューサを示す別の実施形態の概略図である。

【図7】図7は、「テストング、ワン、ツー、スリー」と発している間の湿度信号および音声信号を示しているグラフである。

【図8】図8は、多湿空気の1秒パルスに対するトランスデューサの応答を示すグラフである。

【図9】図9は、多湿空気の10分パルスに対する、図8に示すのと同じトランスデューサの応答を示すグラフである。

【図10】図10は、遅く変化する湿度濃度に対するトランスデューサの応答のグラフで

10

20

30

40

50

ある。

【図 1 1】図 1 1 は、実施例 3 の集積型温度および分析物トランスデューサの上面図および側面図である。

【図 1 2】図 1 2 は、ポリミド基板上の温度 / 分析物トランスデューサの写真である。

【図 1 3】図 1 3 は、実施例 6 の単純なトランスデューサ構造の上面図および側面図である。

【図 1 4】図 1 4 は、PET 基板上の個別温度トランスデューサの写真である。

【図 1 5】図 1 5 は、1 つの被試験デバイス (DUT) に印加した V により電流を測定するスキャナシステムのアレイ動作を示す概略図である。

【図 1 6】図 1 6 は、環境チャンバ内の平均相対湿度および温度の分布を示すグラフである。

10

【図 1 7】図 1 7 は、実施例 5 の温度トランスデューサのヒステリシスグラフである。

【図 1 8】図 1 8 は、実施例 3 の温度トランスデューサのヒステリシスグラフである。

【図 1 9】図 1 9 は、実施例 5 の 1 4 個の温度トランスデューサの精度およびヒステリシスを示すグラフである。

【図 2 0】図 2 0 は、実施例 4 の 1 3 個の温度トランスデューサの精度およびヒステリシスを示すグラフである。

【図 2 1】図 2 1 は、実施例 5 の湿度トランスデューサのヒステリシスグラフである。

【図 2 2】図 2 2 は、実施例 3 の湿度トランスデューサのヒステリシスグラフである。

【図 2 3】図 2 3 は、実施例 5 の 1 4 個の湿度トランスデューサの精度およびヒステリシスのグラフである。

20

【図 2 4】図 2 4 は、一定の温度および相対湿度における温度トランスデューサの電流 - 時間のグラフである。

【図 2 5】図 2 5 は、60 日間の室内条件における 8 個の温度トランスデューサの抵抗 - 時間のグラフである。

【図 2 6】図 2 6 は、一定の温度および相対湿度における湿度トランスデューサの電流 - 時間のグラフである。

【図 2 7】図 2 7 は、60 日間の室内条件における 8 個の湿度トランスデューサの抵抗 - 時間のグラフである。

【図 2 8】図 2 8 は、分析物トランスデューサの応答時間および回復時間を決定するのに使用される実験装置を示す概略図である。

30

【図 2 9】図 2 9 は、指からの熱に対する温度トランスデューサの応答時間および回復時間を示すグラフである。

【図 3 0】図 3 0 は、PEDOT : PSS 式温度トランスデューサの応答のグラフである。

【図 3 1】図 3 1 は、「ハロー、ワン、ツー、スリー」と発している間の熱変動に対する応答のグラフである。

【図 3 2】図 3 2 は、PEDOT : PSS 式温度トランスデューサの応答のグラフである。

【図 3 3】図 3 3 は、温度 / 分析物センサの低電圧の I - V 挙動を示すグラフである。

40

【図 3 4】図 3 4 は、人間の呼吸に反応した温度 / 分析物トランスデューサの低電力 (< 30 pW) 動作を示すグラフである。

【図 3 5】図 3 5 は、異なる揮発性有機物蒸気に対する応答時間および回復時間のプロットを示すグラフである。

【図 3 6】図 3 6 は、日本ゼオン株式会社製の CNT 式温度トランスデューサのヒステリシスグラフである。

【図 3 7】図 3 7 は、相対湿度変化および温度変化に対するセンサの応答を示すグラフである。

【図 3 8】図 3 8 は、半導電性 CNT 式温度トランスデューサのヒステリシスグラフである。

50

【図 3 9】図 3 9 は、相対湿度変化および温度変化に対するセンサの応答を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明は、広く、従来のセンサ技術に組み込むことが可能な新規のトランスデューサ、並びに、温度の変化または分析物の存在等、ある状態の存在を検出するためにそれらのトランスデューサを用いる方法に関する。検出されるかもしれない典型的な分析物は、湿度、ガス、気流、揮発性有機化合物（アミド、アルデヒド、エーテル、ケトン、エステル、およびアルコール等の VOC）、およびこれらの組み合わせから成る群から選択されるものを含む。都合のよいことに、本発明は、特に、極性 VOC を検出するのに有益である。

10

【0013】

1. 図 1 ~ 2 の実施形態

より詳しく言えば、図 1 を参照すると、本発明によるトランスデューサの第 1 実施形態が示される。トランスデューサ 10 は、第 1 の側 1 4 と第 2 の側 1 6 とを有するバリア層 1 2 を有する。さらに、トランスデューサ 10 は、バリア層 1 2 に隣接する誘電体層 1 8 を有する。誘電体層 1 8 は、第 1 の側 2 0 と第 2 の側 2 2 とを有する。図示されるように、誘電体層 1 8 の第 1 の側 2 0 は、バリア層 1 2 の第 2 の側 1 6 に対向するのが好ましい。

【0014】

トランスデューサ 10 はまた、少なくとも 2 つの電極 2 4 a、2 4 b を含む。各電極 2 4 a、2 4 b は、側壁 2 6 a、2 6 b を有し、かつ、電極 2 4 a、2 4 b は、それぞれ、上面 2 8 a、2 8 b を有する。電極 2 4 a、2 4 b は、誘電層 1 8 の第 2 の側 2 2 の上に置かれ、その一方で、上面 2 8 a、2 8 b は、第 2 の側 2 2 から離れている。さらに、トランスデューサ 10 は、第 1 の側 3 2 と第 2 の側 3 4 とを有するアクティブセンシング層 3 0 を含む。アクティブセンシング層 3 0 は、誘電体層 1 8 に隣接しており、図示されるように、アクティブセンシング層 3 0 の第 1 の側 3 2 は、誘電体層 1 8 の第 2 の側 2 2 と接触するのが好ましく、これにより、界面 3 6 が形成される。

20

【0015】

重要なことは、アクティブセンシング層 3 0 はまた、各電極 2 4 a、2 4 b と接触している。図 1 を参照すると、アクティブセンシング層 3 0 は、電極 2 4 a の側壁 2 6 b と接触し、かつ、電極 2 4 b の側壁 2 6 a と接触している。別の実施形態において、アクティブセンシング層 3 0 は、電極 2 4 a、2 4 b に追従する。つまり、アクティブセンシング層 3 0 は、電極 2 4 a、2 4 b のそれぞれの側壁 2 6 a、2 6 b および上面 2 8 a、2 8 b と接触している（図 2 のトランスデューサ 10 a を参照）。別の実施形態において、電極 2 4 a、2 4 b は、接触が依然として達成されるのであれば、アクティブセンシング層 3 0 の下ではなく、アクティブセンシング層 3 0 の上部に配置されてもよい（つまり、それらの順番を逆にすることが可能である）。したがって、アクティブセンシング層 3 0 が電極 2 4 a、2 4 b の両方と接触するようなものであれば、どんな配置でも受け入れ可能である。

30

【0016】

バリア層 1 2

図示されるバリア層 1 2 は、分離層として機能する。バリア層 1 2 は、存在するかもしれない任意の基板（以下を参照）の化学的特性および物理的特性からアクティブ（つまり、センシング）層 3 0 を分離するように設計され、かつ、環境の刺激によるアクティブセンシング層 3 0 への影響を回避するように設計されている。バリア層 1 2 の材料および特性は、作製されるトランスデューサの種類に依存する。バリア層 1 2 は、金属、セラミック、ポリマー、複合材、あるいはこれらの混合物であってもよいが、これらに限らない。バリア層 1 2 は、導電性または電気絶縁性であってもよい。さらに、バリア層 1 2 は、スクリーン印刷、スプレーコーティング、エアロゾル・ジェット（米国登録商標）印刷、インクジェット印刷、フレキソ印刷、グラビア印刷、リソグラフィック技術、スピニング

40

50

ィング、蒸着、スパッタリング、積層、ALD、CVD、およびPECVDから成る群から選択されるものを含む任意の好適な技術により堆積されてもよい。バリア層12の平均厚さは、好ましくは約50nm~約50μm、より好ましくは約100nm~約4μm、さらにより好ましくは約100nm~約2μmである。

【0017】

トランスデューサが分析物トランスデューサである場合、バリア層12は、分析物と化学的または物理的に反応すべきではない。したがって、バリア層12は、ASTM法D-570によって測定した場合、約0.02%未満、好ましくは約0.001%未満、より好ましくは約0の分析物溶解度を有することが好ましい。バリア層12を介した分析物の拡散率は、ASTM法F1249によって測定した場合、約1g/m²/日未満、好ましくは約0.01g/m²/日未満、より好ましくは約0.001g/m²/日となるべきである。湿度トランスデューサについては、バリア層12は、疎水性であることが好ましく、トランスデューサの構造体内に水蒸気を残存させず、または、その中のいずれの方向にも水蒸気を通過させない。

10

【0018】

誘電体層18

図に示すように、誘電体層18は、信号増強層として機能し、トランスデューサの電極24a、24bとバリア層12との間に配置される。誘電体層18を形成する材料を変更することで、トランスデューサ10からの出力信号の信号対雑音比を大幅に増加させることが可能である。誘電体層18は、好ましくは約10⁻¹¹S/m未満、より好ましくは約10⁻²¹S/m未満、さらにより好ましくは約10⁻²⁵S/m~約10⁻²³S/mの導電率を有する。誘電体層18のシート抵抗は、少なくとも約10¹⁶Ω/□、好ましくは少なくとも約10²⁶Ω/□、より好ましくは約10²⁹Ω/□~約10³¹Ω/□となるべきである。誘電体層18は、スクリーン印刷、スプレーコーティング、エアロゾル・ジェット(米国登録商標)印刷、インクジェット印刷、フレキソ印刷、グラビア印刷、ドローバーコーティング、ディップコーティング、リソグラフィック技術、スピニング、蒸着、スパッタリング、積層、ALD、CVD、およびPECVDから成る群から選択されるものを含む任意の好適な技術により堆積されてもよい。

20

【0019】

誘電体層18の平均厚さは、好ましくは約1μm~約10μm、より好ましくは約1μm~約8μm、さらにより好ましくは約1μm~約3μmである。導電性バリア層12を用いる実施形態において、誘電体層18は、ピンホールをほぼ有していないものとするべきであり、ピンホールを全く有していないのが好ましい。

30

【0020】

1つの実施形態において、誘電体層18は、検出された状態または刺激に反応してもよい。例えば、分析物トランスデューサにおいて、誘電体層18は、分析物が接触する場合、化学的または物理的变化、あるいは反応を感じてもよい。この化学的または物理的变化、あるいは反応により、分析物に曝されたときに、アクティブセンシング層30からの出力信号をさらに高めるまたは増幅させることができる。例えば、誘電体層18が、アルコールに溶解可能な材料で作られる場合、装置は、アクティブセンシング層を通じてアルコール拡散に応答するだけでなく、誘電体層18の形態変化にも応答して、全体の感度を大幅に増加させる。この場合、誘電体層18における不可逆反応は、トランスデューサ内のヒステリシスの主な原因になるので、誘電体層18における可逆反応は、不可逆反応を超えるのが好ましい。

40

【0021】

誘電体層18が反応性である場合、誘電体層18は、ASTM法F1249によって測定した場合、少なくとも約50g/m²/日、好ましくは少なくとも約500g/m²/日、より好ましくは約2000g/m²/日~約5000g/m²/日の分析物に対する拡散率を有するべきである。誘電体層18が反応性である場合、誘電体層18は、ASTM法D-570によって測定した場合、少なくとも約0.8%、好ましくは少なくとも約

50

2.0%、より好ましくは約5.0%～約20%の層内の分析物溶解度を有するべきである。誘電体層18は、任意の非導電性材料、または、(ポリエステルおよびポリメチルメタクリレート(PMMA)等の)ポリマー、フォトレジスト、セラミック、金属複合材、金属酸化物、およびこれらの混合物から成る群から選択されるものを含む任意の材料より作られることが可能であり、対象の分析物に依存する。

【0022】

別の実施形態において、誘電体層18は、検出された刺激に反応しない。この場合、誘電体層18は、分析物と接触した場合、化学的または物理的变化、あるいは反応を感じるべきではない。このように、誘電体層18は、分離層として作用してもよく、基板(もし存在する場合;以下を参照)またはバリア層12を環境信号から分離すること、および/または、アクティブセンシング層30を基板および/またはバリア層12から分離することをもたらす。誘電体層18が非反応性である場合、誘電体層18は、ASTM法F1249によって測定した場合、約4g/m²/日未満、好ましくは約1g/m²/日未満、より好ましくは約0g/m²/日～約0.001g/m²/日の分析物に対する拡散率を有するべきである。誘電体層18が非反応性である場合、誘電体層18は、ASTM法D-570によって測定した場合、約0.02%未満、好ましくは約0.001%未満、さらに好ましくは約0%の層内の分析物溶解度を有するべきである。非反応性誘電体層18は、任意の非導電性材料、または、(ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)シリコン誘電材料、シクロオレフィンコポリマー、ポリビニリデンフルオライド(PVDF)、およびポリスチレン等の)ポリマー、フォトレジスト、セラミック、(窒化シリコン等の)金属窒化物、(酸化アルミニウム等の)金属酸化物、金属複合材、およびこれらの組み合わせから成る群から選択されるものを含む任意の材料より作られることが可能である。

10

20

【0023】

電極24a、24b

電極24a、24bは、好ましくは平板電極であるが、互いに組み合わせられる電極とすることも可能である。好ましくは、電極24a、24bは、高い電子移動度または正孔移動度および大きなキャリア濃度を有する。電極24a、24bを形成するのに好適な材料は、銀、ポリ(3,4-エチレンジオキシチオフエン)(PEDOT)、金、高度にドーブされたシリコン、導電性カーボンナノチューブ(CNTs)、グラフェンインク、パラジウム、銅、アルミニウム、任意の導電性ポリマー、およびCNT/グラフェン-導電性ポリマー複合材から成る群から選択されるものを含む。これらの好ましい材料は、アクティブセンシング層30に対して、低いショットキーバリアおよび低い接触抵抗を有する。

30

【0024】

この電極は、スクリーン印刷、スプレーコーティング、エアロゾル・ジェット(米国登録商標)印刷、インクジェット印刷、フレキソ印刷、グラビア印刷、リソグラフィック技術、スピコーティング、蒸着、スパッタリング、およびレーザアブレーションから成る群から選択されるものを含む、任意の好適な技術によって形成されてもよい。

【0025】

アクティブセンシング層30

アクティブセンシング層30は、環境の変化に対して比例的に変化する電子抵抗信号を提供する。目的の環境の変化に対して、その電子抵抗の変化により応答する任意の材料が、アクティブセンシング層30に使用されてもよい。この電子抵抗の変化は、その電子構造の変化、欠陥状態の変化、あるいは電子キャリア密度の変化の結果であってもよい。好ましくは、アクティブセンシング層30の抵抗は、約5k Ω ～約10M Ω であり、より好ましくは約100k Ω ～約5M Ω 、さらにより好ましくは約500k Ω ～約2M Ω である。環境の刺激に曝される場合に、アクティブセンシング層30の抵抗は、環境の刺激の変化に対して比例的に変化するべきである。抵抗の変化は、(温度トランスデューサおよび相対湿度トランスデューサについて、それぞれ)好ましくは1%または相対湿度1%変化当たり少なくとも約0.1%、より好ましくは1%または相対湿度1%変化当たり少なくとも約0.5%の出力信号変化となるべきである。

40

50

【 0 0 2 6 】

好ましくは、アクティブセンシング層 30 を形成するのに用いられる材料は、ワイヤー、狭いブリッジ、ロッド、個別の CNT 等と対照的に、フィルムまたは織物として提供されることが可能な平面状の材料である。さらに、アクティブセンシング層 30 は、数多くの欠陥状態を有する無秩序化された導体、および不規則な導電路を誘発するシートまたはフィルムモフォロジを有する。この無秩序化または不規則性により、利用される特定の部分の間に「接合部」が導かれ、これらの接合部は、アクティブセンシング層 30 が適切に機能するために重要なものである。アクティブセンシング層にとって好適な材料は、(金属型または半導電型)カーボンナノチューブ、官能化または非官能化カーボンナノチューブ(CNT)織物、アモルファスカーボンフィルム、熱分解カーボン、グラファイト、グラフェン、カーボンファイバ、フラーレンカーボン煤、カーボンブラック、シリコン、イオン注入およびその他の導電性ポリマー(PEDOT: PSS、ポリアニリン、ポリフルオレン、ポリフェニレン、ポリピレン、ポリアズレン、ポリナフタレン、ポリピロール、ポリカルバゾール、ポリインドール、ポリアゼピン、ポリアセチレン、ポリフェニレンビニレン、およびポリチオフェン等)、金属粒子でドーブされたCNTまたはグラフェン、ならびにこれらの複合材および混合物から成る群から選択されるものを含む。アクティブセンシング層 30 がCNTから形成される場合、上記の接合部は、チューブ間に生成される。導電性ポリマーにおいて、高導電性結晶領域および低導電率アモルファス領域は、協働して、接合部を形成する。その他の材料において、材料内の「プレート」は、協働して、アクティブセンシング層 30 のシートまたは織物における接合部を形成する。

10

20

【 0 0 2 7 】

アクティブセンシング層 30 は、二次元のシートまたはフィルムに近づくような、非常に薄い「肌」のように、非常に薄くなるように選択される。したがって、アクティブセンシング層 30 は、約 1000 nm 未満、好ましくは約 200 nm 未満、より好ましくは約 100 nm 未満、さらにより好ましくは約 10 nm ~ 約 100 nm である平均厚みを有するべきである。特に好ましい実施形態において、アクティブセンシング層 30 は、約 30 nm 未満、好ましくは約 1 nm ~ 約 30 nm の平均厚さを有する。このような低厚みにおいて、アクティブセンシング層 30 は、質量、体積、および熱容量等の無視できるバルク特性を有する。したがって、このアクティブセンシング層 30 は、包囲する層の化学的、物理的および生物学的特性の多くを呈するので、誘電体層 18 の選択を行うことは、感知される特定の目標または状態に対して重要なことである。

30

【 0 0 2 8 】

アクティブセンシング層 30 は、スクリーン印刷、スプレーコーティング、エアロゾル・ジェット(米国登録商標)印刷、インクジェット印刷、ディップコーティング、エアブラシ技術、フレキソ印刷、グラビア印刷、リソグラフィック技術、スピンコーティング、蒸着、スパッタリング、積層、ALD、CVD、およびPECVDから成る群から選択されるものを含む任意の好適な技術により堆積されてもよい。

【 0 0 2 9 】

界面 36

誘電体層 18 とアクティブセンシング層 30 との間の界面 36 は、「チョーク領域」と考えられる。界面 36 は、別材料または個別の層ではないが、界面 36 の特性は、界面 36 の性質を変えることで変更することができる。いくつかの実施形態において、チョーク領域/界面 36 は、入ってくる環境信号の一部をアクティブセンシング層 30 に戻すように反射するように作用する。その他の実施形態において、アクティブセンシング層 30 の第 1 の側 32 および誘電体層 18 の第 2 の側 22 の一方または両方を、熱処理、放射、フッ素化、UV硬化、あるいはイオン注入等によって処理することで、界面 36 を変質させてもよい。

40

【 0 0 3 0 】

2. 図 3 の実施形態

本実施形態およびそれ以降の実施形態は、追加の層が存在する状況を提供している。こ

50

これらの層は、図1または図2のいずれかの実施形態に加えることが可能であるが、簡潔にするために、これらの層は、図2の実施形態と共に記載されている。図1および図2の実施形態に類似する番号は、類似の部分を示しており、各実施形態を繰り返すのではなく、上の記載を参照するものとする。

【0031】

図3を参照すると、トランスデューサ10bが示される。トランスデューサ10bは、バリア層12の第1の側14に対向する基板38をさらに有している点で、前の実施形態とは異なっている。基板38は、金属、ポリマー、セラミック、シリコン、あるいは単結晶から成る群から選択されるものを含む、任意数の材料から形成されてもよい。好ましくは、材料は、金属、金属酸化物、金属窒化物、半導体、ガラス、紙、および有機ポリマーから成る群から選択される。好適な金属は、シリコン、アルミニウム、およびステンレス鋼から成る群から選択されるものを含む。好適な金属酸化物は、酸化アルミニウムおよび酸化シリコンから成る群から選択されるものを含む。好適な金属窒化物は、窒化シリコンおよび窒化スズから成る群から選択されるものを含む。好適な有機ポリマーは、ポリイミド(カプトン(米国登録商標)フィルム等)、ポリアミド、ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE、テフロン(登録商標)等)、アクリレート、メタクリレート、スチレン、シクロオレフィンポリマー(ゼオノア等)、シクロオレフィンコポリマー、ポリエステル、およびポリエチレンナフタレートから成る群から選択されるものを含む。基板は、導電性、絶縁性、可撓性、あるいは剛性であってもよい。

10

20

【0032】

3. 図4の実施形態

図4を参照すると、さらなる実施形態は、トランスデューサ10cの形式で示される。トランスデューサ10cは、信号増強層40をさらに含む点を除いて、図2に示されるものに類似している。信号増強層40は、第1の側42と第2の側44とを有する。信号増強層40の第1の側42は、アクティブセンシング層30の全てまたは一部に隣接しており、アクティブセンシング層30の第2の側34に対向しているのが好ましい。

【0033】

信号増強層40は、好ましくは、誘電材料である。つまり、信号増強層40は、好ましくは約 10^{-11} S/m未満、より好ましくは約 10^{-21} S/m未満、さらにより好ましくは約 10^{-25} S/m~約 10^{-23} S/mの導電率を有する。信号増強層40のシート抵抗は、少なくとも約 10^{16} /、好ましくは少なくとも約 10^{26} /、より好ましくは約 10^{29} / ~約 10^{31} / となるべきである。信号増強層40は、スクリーン印刷、スプレーコーティング、エアロゾル・ジェット(米国登録商標)印刷、インクジェット印刷、フレキソ印刷、グラビア印刷、ドローバーコーティング、ディップコーティング、リソグラフィック技術、スピニング、蒸着、スパッタリング、積層、ALD、CVD、およびPECVDから成る群から選択されるものを含む任意の好適な技術により堆積されてもよい。信号増強層40の厚さは、好ましくは約50nm~約50 μ m、より好ましくは約100nm~約4 μ m、さらにより好ましくは約100nm~約2 μ mである。信号増強層40は、ASTM法F1249によって測定した場合、少なくとも約50g/m²/日、好ましくは少なくとも約500g/m²/日、より好ましくは約2000g/m²/日~約5000g/m²/日の分析物に対する拡散率を有するべきである。この実施形態において、信号増強層40は、ASTM法D-570試験によって測定した場合、好ましくは約1g/m²/日未満、より好ましくは約0.01g/m²/日未満、さらにより好ましくは約0g/m²/日~約0.001g/m²/日の非分析物に対する拡散率を有する。

30

40

【0034】

1つの実施形態において、信号増強層40は、検出される刺激に反応してもよい。例えば、分析物トランスデューサにおいて、信号増強層40は、目的の分析物と接触する場合に、化学的または物理的变化、あるいは反応を感じてもよい。この化学的または物理的変

50

化、あるいは反応により、分析物に曝されたときに、アクティブセンシング層 30 からの出力信号をさらに高めるまたは増幅させることができる。信号増強層 40 が反応性である場合、信号増強層 40 は、ASTM 法 D - 570 によって測定した場合、少なくとも約 0.8%、好ましくは少なくとも約 2.0%、より好ましくは約 5.0% ~ 約 10% の層内の分析物溶解度を有するべきである。反応性の信号増強層 40 は、任意の非導電性材料、または、(ポリエステルまたはポリメチルメタクリレート (PMMA) 等の) ポリマー、フォトレジスト、セラミック、金属複合材、あるいはこれらの混合物から成る群から選択されるものを含む任意の材料より作られることが可能である。

【0035】

別の実施形態において、信号増強層 40 は、検出される刺激に反応しないのが好ましい。この場合、信号増強層 40 は、分析物と接触した場合に、化学的または物理的变化、あるいは反応を感じるべきではない。このように、信号増強層 40 は、分離層として挙動してもよく、これは、アクティブセンシング層 30 を有害な環境影響から分離させるものである。信号増強層 40 が非反応性である場合、信号増強層 40 は、ASTM 法 D - 570 によって測定した場合、約 0.02% 未満、好ましくは約 0.001% 未満、より好ましくは約 0% の層内の分析物溶解度を有するべきである。非反応性の信号増強層 40 は、任意の非導電性材料、または、(ポリテトラフルオロエチレン (PTFE)、シリコン誘電材料、環状オレフィンコポリマー、ポリビニリデンフルオライド (PVDF)、およびポリスチレン等の) ポリマー、フォトレジスト、セラミック、金属複合材、金属酸化物、(窒化シリコン等の) 金属窒化物、あるいはこれらの混合物から成る群から選択されるものを含む任意の材料から作られることが可能である。

10

20

【0036】

4. 図 5 ~ 6 の実施形態

図 5 を参照すると、トランスデューサ 10d が示される。トランスデューサ 10d は、フィルタ層 46 をさらに含んでいる点以外は、図 4 のトランスデューサ 10c に類似している。フィルタ層 46 は、第 1 の側 48 と第 2 の側 50 とを有し、信号増強層 40 に隣接して配置され、好ましくは、第 1 の側 48 は、信号増強層 40 の第 2 の側 44 に対向している。

【0037】

図 6 のトランスデューサ 10e として示されるさらなる実施形態において、信号増強層 40 は、存在していないので、フィルタ層 46 の第 1 の側 48 は、アクティブセンシング層 30 に隣接している。さらに好ましくは、この実施形態においては、フィルタ層 46 の第 1 の側 48 は、アクティブセンシング層 30 の第 2 の側 34 に対向している。

30

【0038】

トランスデューサ 10d あるいは 10e のどちらかを参照するかにかわらず、フィルタ層 46 は、トランスデューサの電極 24a、24b の一部または全てと環境との間に配置される。フィルタ層 46 は、環境の刺激の一部または全てから、アクティブセンシング層 30 を分離するように設計される。つまり、所望の環境信号のみをアクティブセンシング層 30 に接触させて反応させることを可能にすることにより、フィルタ層 46 は、トランスデューサの機能または感度を向上させることが可能である。フィルタ層 46 の材料および特性は、作製されるトランスデューサの種類に依存する。フィルタ層 46 は、金属フィルム、高分子フィルム、セラミックフィルム、単結晶フィルム、イオン選択性フィルム、化学的選択性フィルム、生物学的選択性フィルム、金属酸化物フィルム、金属窒化物フィルム、有機金属フィルム、およびこれらの組み合わせから成る群から選択される材料から形成されるのが好ましい。

40

【0039】

フィルタ層 46 は、導電性または電気絶縁性であってもよい。さらに、フィルタ層 46 は、スクリーン印刷、スプレーコーティング、エアロゾル・ジェット (米国登録商標) 印刷、インクジェット印刷、フレキソ印刷、グラビア印刷、ドローバーコーティング、ディップコーティング、リソグラフィック技術、スピニング、蒸着、スパッタリング

50

、積層、レーザアブレーション、ALD、CVD、およびPECVDから成る群から選択されるものを含む任意の好適な技術により堆積されてもよい。フィルタ層46の厚さは、好ましくは約10nm~約150 μ m、より好ましくは約50nm~約100 μ m、さらにより好ましくは約100nm~約2 μ mである。

【0040】

1つの実施形態において、トランスデューサ10dまたは10eが分析物トランスデューサである場合、フィルタ層46は、優先的に、所望の分析物を通過させることを可能にする一方で、望まない環境信号を遮蔽する。好ましくは、フィルタ層46は、高分析物伝送率および低分析物吸収および反射率を有するべきである。フィルタ層46は、ASTM法F1249によって測定した場合、少なくとも約50g/m²/日、好ましくは少なくとも約500g/m²/日、より好ましくは約2000g/m²/日~約5000g/m²/日の分析物に対する拡散率を有するべきである。例えば、湿度トランスデューサについて、フィルタ層46は、紙、セルロース紙、ゴアテックス材料、PVDF、PTFE、および任意の多孔性の透湿性層から成る群から選択されるもの等の材料の水透過膜である。

10

【0041】

別の実施形態において、トランスデューサ10dまたは10eは、温度または力等の物理的刺激を検出することが意図されており、かつ、環境中の分析物の濃度からの影響が望まれない場合、フィルタ層46は、水分または薬剤等の任意の分析物がフィルタ層46を貫通することを防ぐ封止剤であることが好ましい。例えば、温度トランスデューサにおいて、フィルタ層46は、熱を除く任意の環境信号がアクティブセンシング層と相互作用することを防ぐ高い熱伝導率を有する封止剤とする。この場合、フィルタ層46用の好ましい材料は、金属、(酸化アルミニウムまたは酸化ベリリウム等の)金属酸化物、金属窒化物、(ダイヤモンドまたは石英等の)結晶性非金属、シリコン、ポリアクリレート、ポリメタクリレート、ポリウレタン、多糖類、およびスチレンから成る群から選択されるものを含む。非分析物について、フィルタ層46は、ASTM法F1249によって測定した場合、約1g/m²/日未満、好ましくは約0.01/m²/日未満、より好ましくは約0.001/m²/日未満の非分析物に対する拡散率を有するべきである。トランスデューサ10dまたは10eが温度トランスデューサである場合、フィルタ層46は、少なくとも約10W/m \cdot K、好ましくは少なくとも約100W/m \cdot K、より好ましくは少なくとも約400W/m \cdot Kの熱伝導率を有するべきである。

20

30

【0042】

形成

都合のよいことに、本発明のトランスデューサの製造は、電子回路印刷技術によって達成され得る。センサを製造するために印刷技術を使用することは、低コスト、高速、基板の多様性、および形状要因の理由により、望ましいものである。しかしながら、センサの材料および寸法が適切に選択される場合、センサは、標準的なフォトリソグラフィ技術および材料を用いて製造されることが予測されるであろう。

【0043】

1つの実施形態において、トランスデューサは、トランスデューサと制御部とを有する装置(例えば、センサ)内にパッケージ化される。制御部は、トランスデューサの抵抗の変化を解釈し、トランスデューサにまたがる抵抗の変化に基づいて環境の刺激の濃度を算出することが可能である。上述したように、装置は、装置内および装置周辺における温度の変動を補償するために温度センサを任意的に含んでもよい。

40

【0044】

1つの実施形態において、装置は、センサによって生成される高速の電気抵抗変動を測定するために十分なバンドパスでトランスデューサからの信号を増幅することが可能なものとして、電子回路およびソフトウェア読み出し分析システムを有する。これらの信号は、一度増幅されると、マイクロコントローラ、マイクロプロセッサ、あるいはロジックアレイシステム等の制御部において、それ以降のデータ分析用のデジタル信号に変換される。

50

【0045】

制御部は、ハードウェアフィルタリングまたはアナログまたはデジタル信号処理段階の後に続く、さらなる信号分析、ストレージ、および結果の可視表示のためのマイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、あるいはロジックアレイへのデジタル変換の有無にかかわらず、増幅器と信号調整回路とを含むハードウェア部を有するのが好ましい。つまり、本発明のトランスデューサは、以下の一般的な処理により、一般的なセンサ、およびトランスデューサを必要とするその他の装置に組み込まれ得る。

【0046】

用途

湿度、ガス、あるいはVOCセンサとして、本発明のトランスデューサを利用する場合、アクティブセンシング層の抵抗は、若干温度にもまた依存するものである。任意的に、より精度が高くなるように、密封されている温度センサを、湿度、ガス、あるいはVOCセンサと一体化して、温度補償器素子として用いることが可能である。この温度補償器素子は、装置構造体の上あるいは個別の構造体内に直接組み込まれることが可能である。この補償器素子は密閉されているので、補償器素子は、温度に感応するだけであり、湿気、ガス、あるいはVOCセンサ信号全体における温度の影響をなくすために、減算モードにおいて用いられることが可能である。

10

【0047】

本発明のトランスデューサが、湿度センサを作製するのに用いられる場合、湿度トランスデューサは、好ましくは約5 msec未満、より好ましくは約1.0 msec未満、さらにより好ましくは約0.5 msec~約1.0 msecの平衡時間を有する。湿度トランスデューサはまた、非常に低い応答時間を有する。湿度トランスデューサは、大気条件下で、約50 msec未満、好ましくは約20 msec未満、より好ましくは約10 msec未満、さらにより好ましくは約5 msec~約10 msecの応答（または立上り）時間を有するべきである。湿度トランスデューサは、大気条件下で、約100 msec未満、好ましくは約90 msec未満、より好ましくは約50 msec未満、さらにより好ましくは約20 msec~約50 msecの立下り時間を有する。

20

【0048】

湿度トランスデューサは、電極構造体内の表面湿度変化に関連して変化する抵抗に基づいている。好ましい変化は、30%の湿度変化により、室温において少なくとも20%の抵抗変化である。センサに必要な電流は、好ましくは約500 nA~約20 μ A、より好ましくは約500 pA~約200 nA、さらにより好ましくは約50 pA~約200 pAである。

30

【0049】

トランスデューサの速度は、音声検出および認識等の数多くの用途を容易にすることができる。例えば、図7は、「テストング、ワン、ツー、スリー」という言葉を発した時の、複数のトランスデューサのうちの一つからの同時湿度信号（上部パネル）および同時音声信号（下部パネル）を示す。各音節は、固有の湿度サインを有し、音声信号と結合して、振幅情報により話者の水和性を示し、周波数情報により話者の同一性を示すことができる。

40

【0050】

揮発性レベルセンサは、高速度のトランスデューサを利用することで作製することができる。一つの実施形態において、極性溶媒濃度が、所定の設定点レベルを超えるまたは下回る場合に、光をオンオフするのに、トランスデューサおよび関連する電子回路を用いることができる。このように、対象物から放たれる極性溶媒蒸気が、乾燥器の中身の乾燥予測レベルを下回る場合に、乾燥器は制御されるまたはオフになってもよい。

【0051】

トランスデューサの性能

図8は、増加した相対湿度（RH）の1秒パルスに曝された場合の特定の基本センサの挙動を示す。トランスデューサは、100 ms以内で、素早く反応し回復する。これらの

50

速度において、CNT式アクティブセンシング層とPET信号増強層との間の界面において形成されるチョーク領域が優位を占める。これらの湿度トランスデューサは、10ms未満の超高速の応答時間および約40msの回復時間を有する。アルコールおよびケトンを含むその他の構成の高速パルスに対して、非常に似たような挙動が観察され、それらの主な違いは、正確な応答時間および回復時間にあるが、それらは全て250ms以内であった。

【0052】

図9は、拡張時間(10分)の間、より高い相対湿度に曝される場合の同じ基本トランスデューサの応答を示す。このより長い時間の間、チョーク領域は、信号増強層への水の拡散を完全には遮蔽しない。センサがその平衡状態に完全に回復することができる前に信号増強層に拡散した湿気が流れ出てしまうので、この影響により、センサの回復時間は遅くなる。これは、アクティブ層ではなく、信号増強層または誘電体層により引き起こされる装置のヒステリシスである。

10

【0053】

図10において、相対湿度は、シールされた環境チャンバにおいて約4時間周期の三角波の形式で遅く変化しており、図8および図9と同じトランスデューサからの生成された信号が示される。この図における線は、時間に対する入力濃度変化を示しており、その一方で、ドットは、湿度トランスデューサからの読みを示している。より遅い濃度の変動に曝される場合、センサアクティブは、何時間後であっても平衡にはならない。

20

【0054】

図10における応答は、センサが、変化する水蒸気的环境濃度に対して、そのピークにおいて比較的素早く反応することを示す。これは、より高い濃度変化周波数の領域であり、トランスデューサは、ハイパスフィルタのように動作して、この濃度変動に対してより早く応答する。

【0055】

トランスデューサヒステリシスの算出

1つの環境の刺激が強まり、下がる時、トランスデューサから出力される電流は、一定の印加電圧で記録される。電流出力値は、次の式を用いて抵抗値に変換される。

抵抗 = (印加電圧) / (電流出力)

【0056】

抵抗出力 - 温度のグラフがプロットされており、最良適合線が描かれている。最良適合線の傾斜およびy切片値を用いることで、校正された基準によって測定した場合、正方向および逆方向のサイクルの記録された各データ点における各抵抗値は、以下の式を用いて算出される温度値に変換される。

30

$$X_{ca1} = (R - c) / m$$

この式において、「R」は抵抗出力、「c」は最良適合線のy切片、「m」は最良適合線の傾き、「 X_{ca1} 」は、算出値である。実際の記録された各データ点において、正方向サイクル中の実際のデータ点から算出される値と、逆方向サイクル中の実際のデータ点から算出される値との違いが算出される。正方向サイクルおよび逆方向サイクル中の記録された各データ点における違いが追加される。これは、各データ点で行われる。全体の範囲において実際値から算出される値の最大偏差が、装置のヒステリシスとして得られる。

40

【0057】

温度センサ精度の算出

トランスデューサの精度を算出するために、所定の刺激のサイクルに対して、実際値と、上記で算出するような算出値との違いが求められる。トランスデューサの精度は、そのトランスデューサにおける算出値と実際値との最も大きな違いとして算出される。

【実施例】

【0058】

実施例

以下の実施例により、本発明による好適な方法を説明する。ただし、これらの実施例は

50

例示のために記載するものであり、そのいかなる内容も、本発明の範囲全体を限定するものとして解釈してはならない。

【実施例 1】

【0059】

実施例 1

カーボンナノチューブインク 1 の調製

CNTインク用のソースとして、Brewer Science (米国登録商標) CNTRENE (米国登録商標) 1020 材料が、用いられた。印刷を容易にするために、ジメチルホルムアミド (DMF) (シグマ アルドリッチ社製、Part # D158550 - 4L) と脱イオンした (DI) 水との比率が 1 : 1 である溶液を用いて、元の CNTインク (24 の光学密度に相当) をこの DMF と DI 水との溶液により約 1 : 12 に薄めて、約 30 秒間振り動かすことで、装置上に噴霧するためにインクを 2.0 の光学密度に薄めた。

10

【実施例 2】

【0060】

実施例 2

カーボンナノチューブインク 2 の調製

CNTインク用のソースとして、Brewer Science (米国登録商標) CNTRENE (米国登録商標) 1020 材料が、用いられた。印刷を容易にするために、脱イオンした (DI) 水を用いて、元の CNTインク (24 の光学密度に相当) を DI 水により薄めて、約 30 秒間振り動かすことで、装置上に噴霧するためにインクを 2.0 の光学密度に薄めた。

20

【実施例 3】

【0061】

実施例 3

PET 上の集積型温度 / 分析物トランスデューサの作製

この実施例において、32 個の集積型温度 / 分析物トランスデューサが可撓性 Melinex (米国登録商標) ST730 PET 基板 (テクラ社 (Tekra, Inc.) 53151 ウィスコンシン州、ニューベルリン、ウエストリンカーンアベニュー 16700) 上に作製された。このトランスデューサの構造は、図 11 に示される。まず、基板は、130 で 10' / 分の速度のコンペアオープン内で焼成された。次に、下部金属層、つまり、AG-800 銀導電性インク (Conductive Compounds 社、ニューハンプシャー州ハドソン) は、以下のパラメータを用いて、AT-60PD スクリーンプリンタを用いて基板上にスクリーン印刷された。スクリーン: ポリエステル、230 スレッド / インチ、フラッド / スキージ速度: 225 mm / s、フラッド圧力: 10 psi、スキージ圧力: 25 psi。基板は、その後、130 で 10' / 分の速度のコンペアオープン内で硬化された。硬化された銀フィルムは、5 μm の厚さを有した。下部絶縁層、つまり、ブルーワーサイエンス社 (Brewer Science, Inc.) 製の実験用のシクロオレフィンポリマーは、金属層と同じパラメータを用いて、金属層の上部にスクリーン印刷され、130 で 10' / 分の速度のコンペアオープン内で硬化された。このフィルムの厚さは、約 8 μm であった。その後、銀電極は、金属層と同じスクリーン印刷および硬化パラメータを用いて、下部絶縁層の上部にスクリーン印刷された。実施例 1 の材料は、その後、135 のプラテン温度、走査幅 2 mm、フローレート 10 ml / hr、走査速度 60 mm / s、および Sono-Tek モデル 048-00214 スプレーヘッドにより、Sono-Tek スプレーヘッドを有するカスタムメイドのスプレーコーターを用いて、電極領域にわたってスプレーコートされた。CNT フィルム厚さは、およそ 20 nm であった。上部絶縁層、つまり、下部絶縁層と同じ材料は、同じスクリーン印刷のパラメータを用いて、温度トランスデューサ領域上の CNT 上にスクリーン印刷され、130 で 10' / 分の速度のコンペアオープン内で硬化され、さらに、Fusion UV Systems, Inc. 製の LC-6B ベンチトップコン

30

40

50

ベアを用いて、52' / 分のコンベア速度で紫外線硬化された。最後に、上部金属層、つまりAG-800銀導電性インクは、下部金属層と同じスクリーン印刷パラメータを用いて温度トランスデューサ上にスクリーン印刷され、130' で10' / 分の速度のコンベアオープン内で硬化された。これらの上部層の膜厚およびスクリーン印刷パラメータは、各下部層と同じであった。

【実施例4】

【0062】

実施例4

ポリイミド上の集積型温度/分析物トランスデューサの作製

集積型温度/分析物トランスデューサのシートは、ポリイミドシート(デュボン(DuPont)、アメリカ合衆国)を、基板として使用した以外は、実施例3と同じ条件で作製された。図12は、生成されたトランスデューサのシートを示す。

10

【実施例5】

【0063】

実施例5

比較用の集積型温度および湿度トランスデューサの作製

集積型温度および湿度トランスデューサは、電子回路印刷技術を用いて、比較的大きいトランスデューサ(約 1.5 cm^2)として合成された。電極は、ナノ銀導電性インク(Conductive Compounds社のAG-800)を用いてテクラ社のポリエチレンテレフタレート(PET)基板上にスクリーン印刷され、コンベアベルトオープン内において110' で10分間硬化された。使用されるセンシング素子は、実施例2の材料を使用して被覆され、2つの電極にわたってスプレーコーティングすることで、電極間に50nmの厚さで堆積された。最後に、デュボン製の5036ポリマー封止材料は、温度電極上のCNTセンシング素子の上部にスクリーン印刷された。

20

【実施例6】

【0064】

実施例6

個別温度トランスデューサの作製

個別温度トランスデューサは、実施例3と同じ印刷パラメータを用いて作製された。この設計において、2つの電極のみが印刷され、湿度電極は存在しなかった。図13にトランスデューサの構造が示される。図14は、生成されたトランスデューサのシートを示す。

30

【実施例7】

【0065】

実施例7

トランスデューサ試験装置の構成

トランスデューサは、カスタムメイドのスキャナシステムを用いて、環境チャンバ(エスベック製BTL-433モデル)の内部において制御された相対湿度および温度下で試験された。試験下にある32個の集積型トランスデューサを電圧供給および電流/電圧出力測定用のシステムの電子回路に電気的に接続するために、スキャナボードシステムは、96個のばね付勢ポゴピンを備えたスキャナボード、およびクランプシステムを含んだ。スキャナはまた、環境チャンバ内の相対湿度および温度を測定するための4つの較正された標準センサ(2つのハネウェル社製のNIH-400湿度センサおよび2つのテキサスインスツルメンツ社製のLM335温度センサ)を含んだ。この電子システムは、標準センサおよびDUTに電圧を供給し、DUTから出力される電流を測定するために、ケースレー社製の617電位計を用いた。ケースレー社製の195Aデジタルマルチメータは、標準センサから出力された電圧を測定するのに用いられた。スキャナボックスは、32個の集積型温度/分析物トランスデューサを同時に試験するために、スキャナリレーボード、スキャナコントローラ、およびマルチプレクサを利用した。この試験のために、各DUTは、正方向にバイアスされ、その一方で、その他の全ての装置は、漏れ電流をなくすた

40

50

めに強制的にゼロとした。1つのDUTへの印加電圧により電流を測定するアレイ動作を示す回路部分の概略図を、図15に示す。データ取得は、Lab View 2011プログラムを用いて行われた。スキャナシステムは、1度に1つのDUTに電圧を供給した。データを取得するための整定時間は、1秒に設定され、その一方で、データ取得周期は、15分の長さであった。

【0066】

図15に示された回路は、行(R11~R42)リレーのうちの1つおよび列(C1~C8)リレーのうちの1つを選択することにより、マトリクス内のそれぞれの抵抗を測定するのに用いられる。例えば、リレーC5およびリレーR22を閉じることで、抵抗器R_iを測定することができる。C5およびR22を閉じている場合、列5における全ての抵抗器は、その一端が電源HI端子に接続されている。その他の全ての列におけるその他の抵抗器は全て、その両端部が(リレーの閉じられたコンタクトを介して)電源LO端子または(行R22に沿って)仮想のLO電圧における電流計HI+端子の何れかに接続されている。これらの抵抗器は全て、それらにまたがる電圧が存在しないことで、それらを通る電流が存在しないので、電源から流れることが可能な電流のみが列5内の抵抗器を通る。しかし、電流計を通る電流のみが、行22に沿って流れる電流である。R_iを除いたその他の抵抗器全ては、5以外の列に接続され、それらを通る電流が存在しないので、電子電流計によって測定される電流は、ただのR_iを通る電流である。R_iの抵抗は、電源電圧を電子電流計で測定された電流で割ったものに等しい。

10

【0067】

温度/分析物トランスデューサのヒステリシスおよび精度の試験について、一定の温度(25)において、チャンバ内の相対湿度を、25%~80%につり上げて、その後再び25%に戻した。温度トランスデューサのヒステリシスおよび精度の試験について、相対湿度を35%に保ったままで、温度を、20~90につり上げて、その後再び20に戻した。各テストについて、各トランスデューサからの出力電流は、一定の電圧0.5Vで測定された。4つの標準校正センサは、チャンバ内の相対湿度および温度を測定するのに用いられた。校正された標準センサによって記録された、チャンバの相対湿度および温度分布は、図16に示される。

20

【実施例8】

【0068】

実施例8

カーボンナノチューブ式温度トランスデューサの温度ヒステリシスおよび精度

実施例3および5で作製されたトランスデューサのヒステリシス試験は、実施例7に記載された試験装置にトランスデューサを配置することで行われた。温度は、実施例7に記載されるように、20~90~20のサイクルで行われ、センサから出力される電流は、一定の印加電圧0.5Vで記録された。抵抗出力-温度のグラフがプロットされ、最良適合線が引かれている。最良適合線の傾きおよびy切片値を用いて、校正された温度センサによって記録された各温度における各抵抗値を、算出された温度値に変換した。正方向および逆方向の温度サイクル中の実際の温度からの各算出された温度の偏差が算出され、正方向および逆方向の温度サイクルについて記録された温度毎の温度の違いも共に加えられた。全ての範囲における実際の温度からの算出された温度の最大偏差が、その装置のヒステリシス値となる。信号増強層または分離層を使用していない実施例5のトランスデューサのヒステリシスは、およそ16であり、図17に示されている。実施例3からのトランスデューサのヒステリシスは、分離層およびフィルタ層を加えることで、大幅に向上し、図18に示すように、約2であった。

30

40

【0069】

各温度トランスデューサの精度もまた、記録された各温度において算出された温度と実際の温度との差を見つけることで、上述したプロセス中に算出された。最も大きな違いは、装置の精度であった。実施例5のトランスデューサのシートの精度は、図19に示されている。実施例3のトランスデューサのシートの精度は、大幅に向上し、図20に示され

50

る。

【実施例 9】

【0070】

実施例 9

カーボンナノチューブ式湿度トランスデューサの湿度ヒステリシスおよび精度

実施例 3 および 5 において作製されたトランスデューサのヒステリシス試験は、実施例 7 の試験装置にトランスデューサを配置することで行われた。実施例 7 に示されるように、一定の温度 (25) において、チャンバ内の相対湿度を 25 % から 80 % につり上げて、その後 25 % に戻し、センサから出力される電流は、一定の印加電圧 0.5 V において記録された。抵抗出力 - 相対湿度のグラフがプロットされ、最良適合線が引かれた。最良適合線の傾きおよび y 切片値を用いることで、較正された湿度センサによって記録された各湿度点における各抵抗値は、算出された湿度値に変換された。正方向および逆方向の湿度サイクル中の実際の相対湿度からの各算出された相対湿度の偏差が算出され、正方向および逆方向の湿度サイクルにおいて記録された湿度毎の湿度差も共に加えられた。全範囲における実際の湿度からの算出された湿度の最大偏差が、その装置のヒステリシス値となった。信号増強層または分離層を使用しなかった実施例 5 のトランスデューサのヒステリシスは、図 2 1 に示される。実施例 3 のトランスデューサのヒステリシスは、図 2 2 に示される。

10

【0071】

記録された各湿度において算出された湿度と実際の湿度との違いを見つけることで、上述したプロセス中に、各湿度トランスデューサの精度もまた、算出された。一番大きい違いは、装置の精度であった。実施例 5 のトランスデューサのシートの精度は、図 2 3 に示される。

20

【実施例 10】

【0072】

実施例 10

時間に対する装置安定性

実施例 5 の温度トランスデューサは、時間に対する装置安定性を試験するために、長期間にわたって、一定の温度および相対湿度 (25 / 50 % RH) で、環境チャンバ内で試験された。図 2 4 は、72 時間の期間にわたって、環境チャンバ内で 8 個の代表的な温度トランスデューサの出力電流を示す。図 2 5 は、60 日間周囲室温条件において、デジタルマルチメータによって測定した場合の、8 個の温度トランスデューサの抵抗出力を示す。図示されるように、装置は、時間に対して極端に安定した性能を示す。

30

【0073】

実施例 5 の湿度トランスデューサは、時間に対する装置安定性を試験するために、長期間にわたって、一定の温度および相対湿度 (25 / 50 % RH) で、環境チャンバ内で試験された。図 2 6 は、72 時間の期間にわたって、環境チャンバ内の 8 個の代表的な湿度トランスデューサの出力電流を示す。図 2 7 は、60 日間周囲室温条件において、デジタルマルチメータによって測定した場合の、8 個の湿度トランスデューサの抵抗出力を示す。図示されるように、装置は、時間に対して極端に安定した性能を示す。

40

【実施例 11】

【0074】

実施例 11

集積型温度および分析物トランスデューサの速度測定

実施例 5 において作製されたトランスデューサは、多湿空気の導入に対する応答および回復時間について試験された。応答時間および回復時間を測定するための実験装置を図 2 8 に示す。ソレノイドバルブ (Ingersoll - Rand P251SS120 - A - G) を用いて、トランスデューサに対して、乾燥および多湿 (30 % 相対湿度) 空気を 1 秒パルスとして導入した。多湿空気を導入した場合のトランスデューサの応答時間 (1 / e)、および 1 秒後に多湿空気が乾燥空気と入れ替わる場合の回復時間を図 8 に示す。

50

応答時間は、 < 10 ミリ秒となり、回復時間は、約 40 ミリ秒となった。

【実施例 12】

【0075】

実施例 12

集積型温度トランスデューサの速度測定

熱変化に対する実施例 5 のトランスデューサの感度および速度を評価するために、指でトランスデューサに触れて、その後離して、ケースレー社製の 4200 - SCS 半導体分析器を用いて、リアルタイムで電流出力データを記録した。人間の指からの熱に対するトランスデューサの応答は、図 29 に示される。図示されるように、温度トランスデューサは、触れたときに、指からの非常に小さな熱に対してさえ、非常に素早く応答しており、離したときに、非常に素早く回復している。温度トランスデューサは、 < 50 ミリ秒の応答時間および < 150 ミリ秒の回復時間を有する。

10

【実施例 13】

【0076】

実施例 13

有機ポリマーを用いた比較の薄膜温度トランスデューサ

薄膜温度トランスデューサは、アクティブセンシング層として、CNT インクの代わりに、 10 nm の層の導電性ポリマー、つまり、PEDOT : PSS (シグマ アルドリッチ社製、製品番号 655201) を利用したことを除いて、実施例 5 と同様に作製された。図 30 は、実施例 7 の環境チャンバ内の正方向および逆方向の温度サイクル中の 4 つの代表的な PEDOT : PSS 式温度トランスデューサの応答を示す。これらのトランスデューサは、 4 未満のヒステリシスを有する。これらのトランスデューサはまた、 50 ミリ秒未満の超高速な応答時間を有する。図 31 は、「ハロー、ワン、ツー、スリー」と発する人から 1.5 インチを保っているときの、熱変動に対するポリマーベースの温度トランスデューサの応答を示す。

20

【実施例 14】

【0077】

実施例 14

有機ポリマーを用いた薄膜温度トランスデューサ

薄膜温度トランスデューサは、アクティブセンシング層として、CNT インクの代わりに、 10 nm の層の導電性ポリマー、つまり、PEDOT : PSS (シグマ アルドリッチ社製、製品番号 655201) を利用したことを除いて、実施例 3 と同様に作製された。図 32 は、実施例 7 の環境チャンバ内の正方向および逆方向の温度サイクル中の 4 つの代表的な PEDOT : PSS 式温度トランスデューサの応答を示す。

30

【実施例 15】

【0078】

実施例 15

集積型トランスデューサの低電力動作

集積型温度 / 分析物トランスデューサは、非常に低い電力 (数 pW) で動作することが可能であるので、低電池消耗動作および長期間処理 / 環境監視用途に適している。ケースレー社製の SCS 4200 半導体分析器を用いた、 -2.5 mV、 $+2.5$ mV の温度範囲において実施例 5 で作製された温度 / 分析物トランスデューサの I - V 挙動を、図 33 に示す。図示されるように、それらは、非常に低い電圧に線形的に挙動が落ちることを実証している。図 34 は、人間の呼吸に対して、 1 μ V で動作される、温度 / 分析物トランスデューサの応答を示す。トランスデューサは、この呼吸監視動作中に < 30 pW の電力を消費する。

40

【実施例 16】

【0079】

実施例 16

揮発性有機化合物 (VOC) 蒸気検出トランスデューサ

50

集積型温度/分析物トランスデューサは、実施例5と同様に作製された。応答時間および回復時間を測定する実験装置を図28に示すが、ここでは、湿気の代わりに、溶媒のプール上に乾燥空気を吹き付けることで、溶媒蒸気が空気流に導入された。この溶媒を含む空気は、トランスデューサに到達する前にガラスフリットを通り抜けた。応答時間および回復時間の試験のために、センサは、乾燥空気で1分間バージされ、その後、ラインは、溶媒を含む空気で5秒間バージされ、その後、ソレノイド(Ingersoll-Rand P251SS120-A-G)を用いて、溶媒を含む空気の1秒パルスをとランスデューサに導入した。応答時間は、パルスの立上り縁と、応答がベースライン信号と信号最大値との間の期間の63.2%に到達した点との間の時間として算出された。同様に、回復時間は、パルスの立下り縁と、応答が初期のベースラインの63.2%に到達した点との間の時間としてとられた。電圧出力が指数関数的に変化するので、最大出力の63.2%に到達する時間は、応答時間を算出するための工業規格として使用される。これらのトランスデューサは、湿度に感応するだけでなく、図35および表1に示されるように、複数の類の極性揮発性有機物に対しても、非常に速い応答時間および回復時間で感応する。

10

20

30

40

50

【0080】

【表1】

類	溶媒	応答時間 (ms)	回復時間 (ms)
アルコール	メタノール	16.0	31.6
	イソプロパノール	42.6	14.4
ケトン	アセトン	30.0	21.6
	MEK	33.2	30.0
エステル	ブチルアセテート	17.2	75.6

【実施例17】

【0081】

実施例17

湿度トランスデューサによる音声認識

実施例5の集積型温度/湿度トランスデューサは、口とセンサとの間の距離を変えると、並びに、室内および室外で試験することにより、音声により生成される相対湿度(RH)信号の取得の有効性について試験された。室内において、センサは、トランスデューサから20cmの距離で、「1-2-3」と発している人からの明瞭なRH信号を与えた(研究室温度=23、RH=55%)。音声認識用のセンサ装置がより長い距離であっても使用できるように、信号は、適切な電子回路および増幅器を用いることで増幅することができる。

【0082】

室外については、野外(風速約9マイル/時)において口から5cmの距離において、同じセンサの試験を行った。僅かなそよ風も存在しない場合、明瞭な、音声により生成されたRH信号が存在した。しかしながら、比較的強いそよ風においてはRH信号が存在しなかった。

【実施例18】

【0083】

実施例18

カーボンナノチューブ式温度トランスデューサの温度ヒステリシスおよび精度

温度トランスデューサは、アクティブ層が、光学密度が2の日本ゼオン株式会社製のCNTを含んだインクを用いたことを除いて、実施例6と同様に作製された。アクティブ層は、3つの層にスプレーコートすることで形成された。温度トランスデューサは、実施例

7と同様に試験された。

【0084】

図36に示すように、全てのセンサのヒステリシスおよび精度は、それぞれ3 および2.5 未満であった。抵抗の温度係数(1 の温度変化に対する抵抗の%変化)は、約0.55%/ であった。図37に示されるように、センサは、相対湿度変化(1.25 ~ 7.25時間)に全く応答しないが、温度変化(9 ~ 15時間)には応答する。

【実施例19】

【0085】

実施例19

半導電性カーボンナノチューブインク3の調製

この手順において、20ミリグラムのSWeNT社製SG65原料のCNT材料は、脱イオンした水において200ミリリットルの0.5%ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム(SDBS)(重量)と混合された。スラリーは、微細流動装置(型式:M10Y、カラムサイズ:87μm)を用いて20分間分散された。生成された分散物は、22.5rpmで30分間遠心された。完成したインクの光学密度は、1.90であった。

10

【実施例20】

【0086】

実施例20

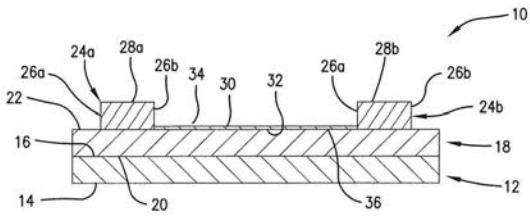
半導電性カーボンナノチューブ式温度トランスデューサの温度ヒステリシスおよび精度
温度トランスデューサは、アクティブ層に実施例19のインクを用いたこと以外は、実施例6と同様に作製された。アクティブ層は、トランスデューサ上にスプレーコートされ、表面活性剤は、イソプロパノールによる浸漬洗浄、および、それに続く脱イオンした水による浸漬洗浄により、アクティブ層から取り除かれた。温度トランスデューサは、実施例7と同様に試験された。

20

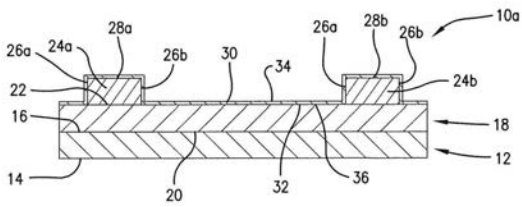
【0087】

全てのセンサのヒステリシスおよび精度は、図38に示すように、1.5 を下回った。抵抗の温度係数は、約0.55%/ であった、図39に示すように、センサは、相対湿度変化(1.25 ~ 7.25時間)に全く応答しないが、温度変化(9 ~ 15時間)に
応答する。

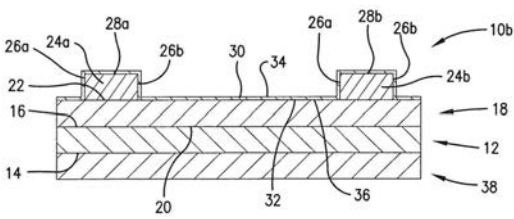
【図 1】



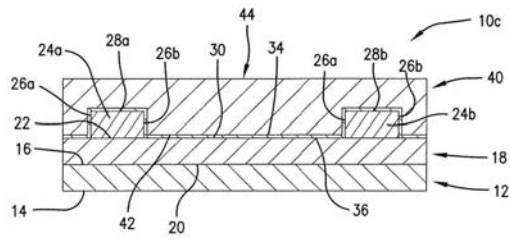
【図 2】



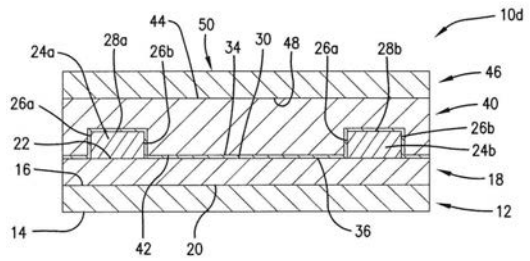
【図 3】



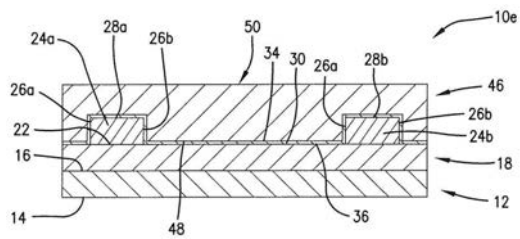
【図 4】



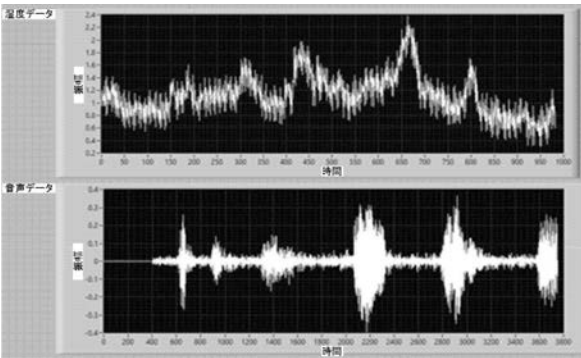
【図 5】



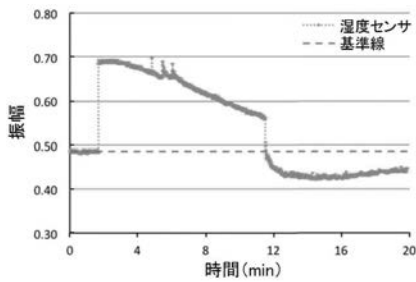
【図 6】



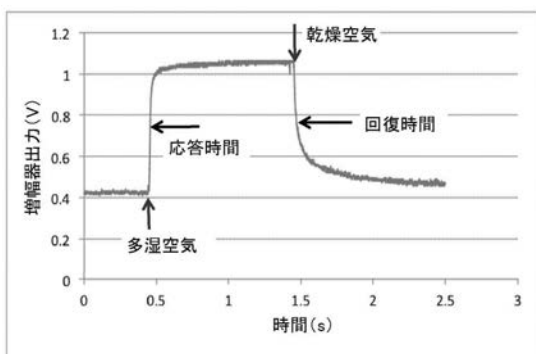
【図 7】



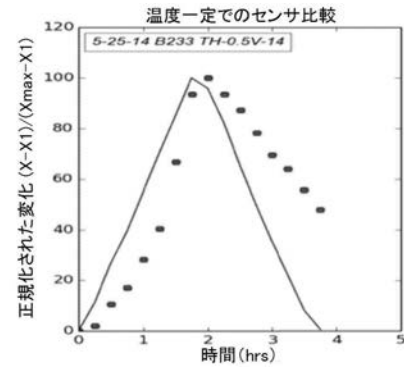
【図 9】



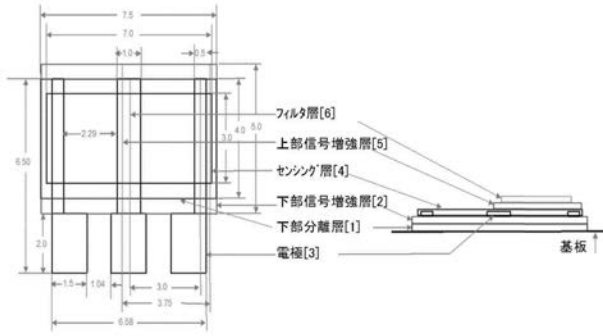
【図 8】



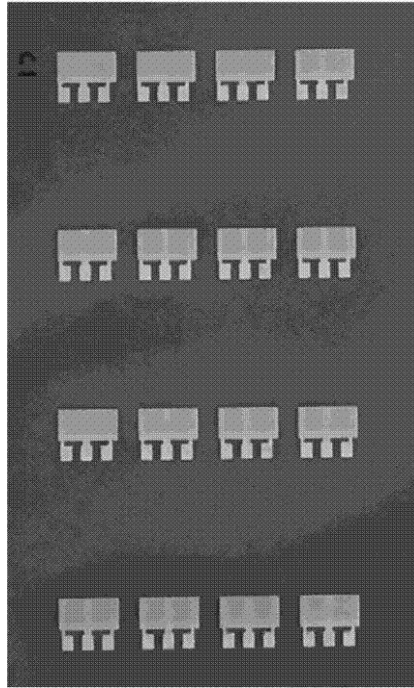
【図 10】



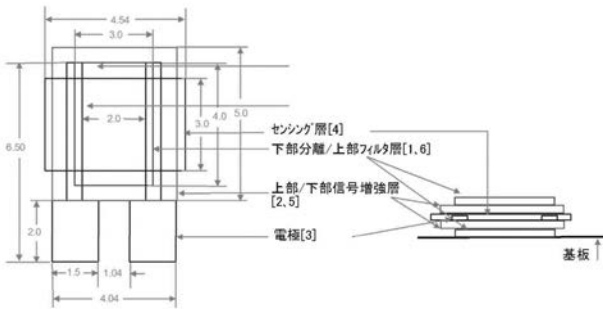
【図 1 1】



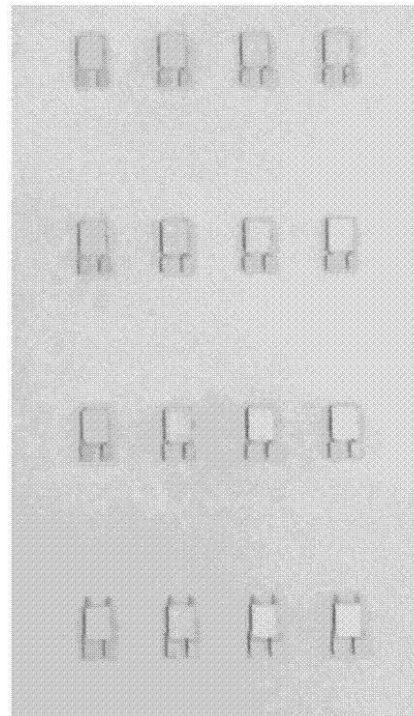
【図 1 2】



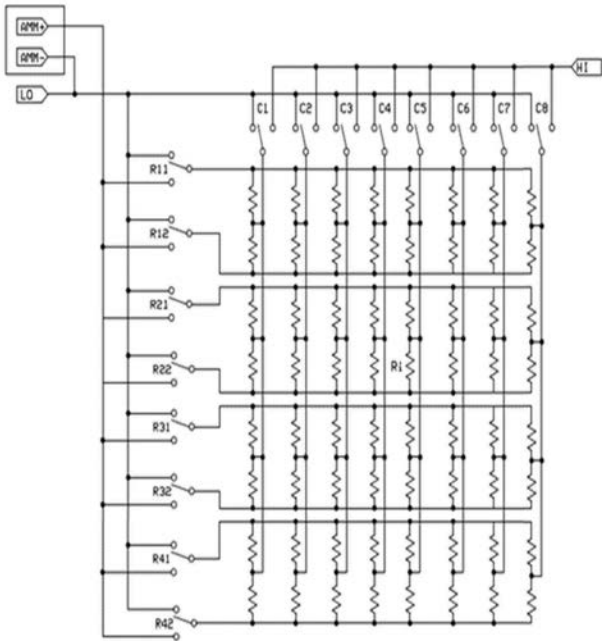
【図 1 3】



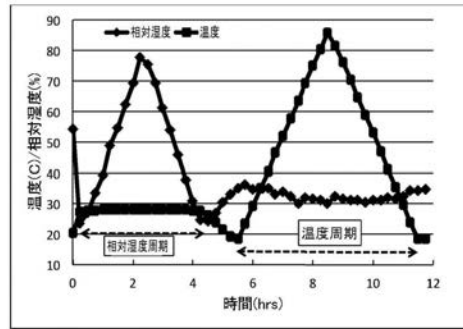
【図 1 4】



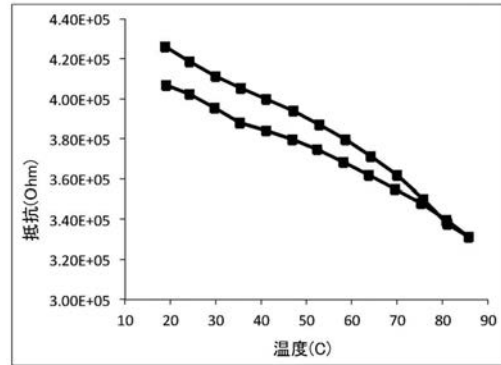
【 図 1 5 】



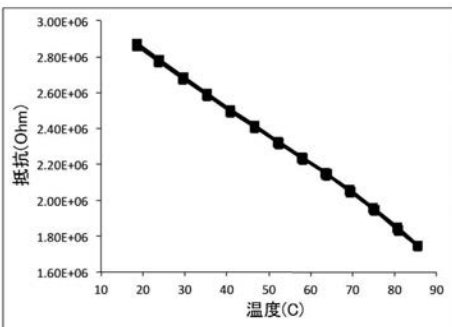
【 図 1 6 】



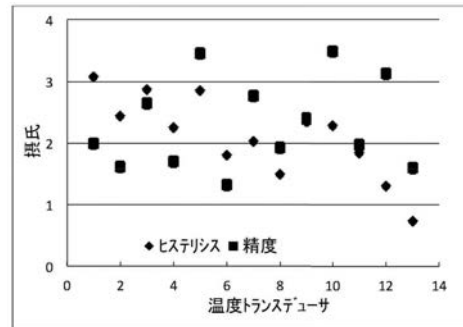
【 図 1 7 】



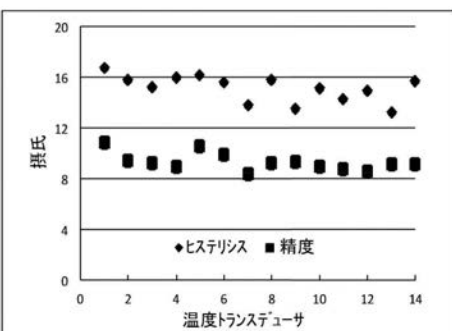
【 図 1 8 】



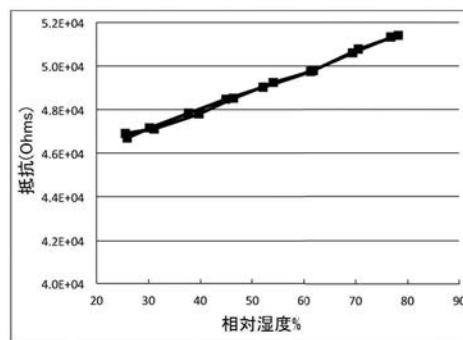
【 図 2 0 】



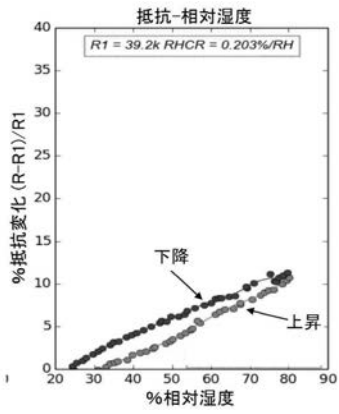
【 図 1 9 】



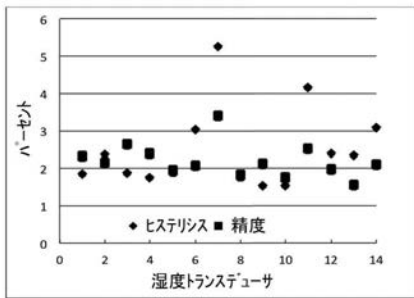
【 図 2 1 】



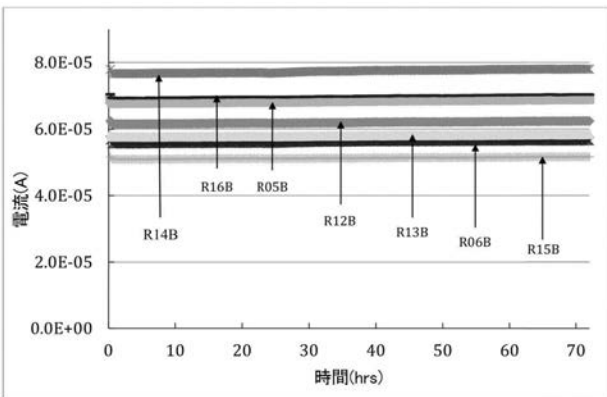
【 図 2 2 】



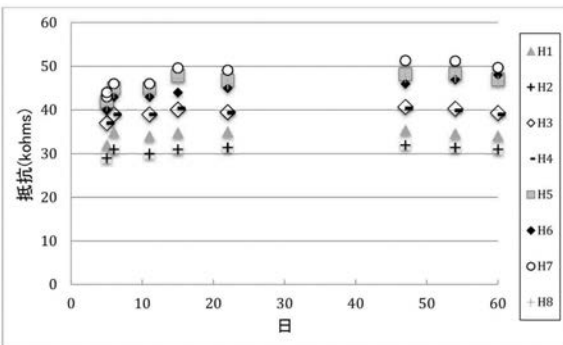
【 図 2 3 】



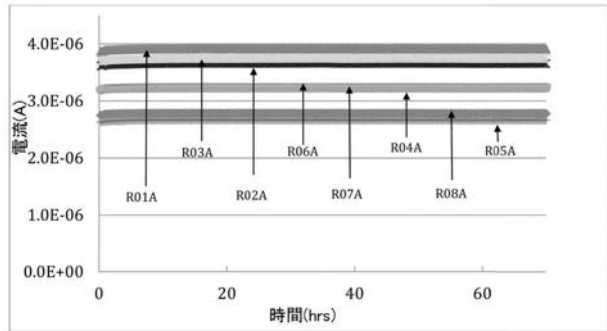
【 図 2 6 】



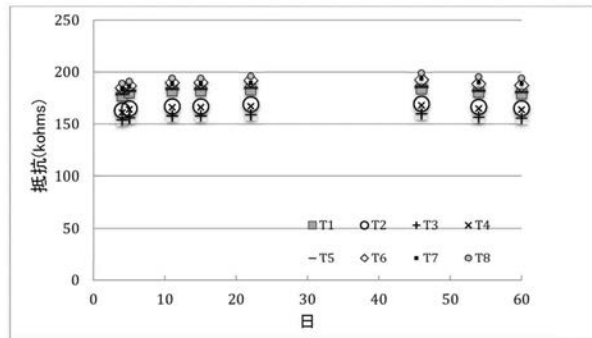
【 図 2 7 】



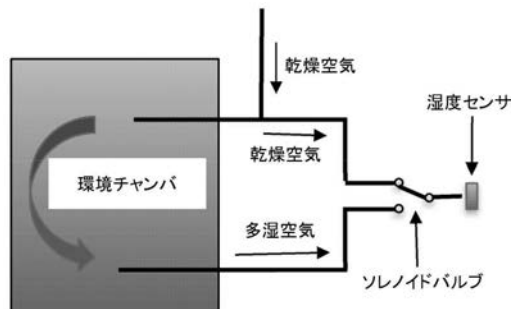
【 図 2 4 】



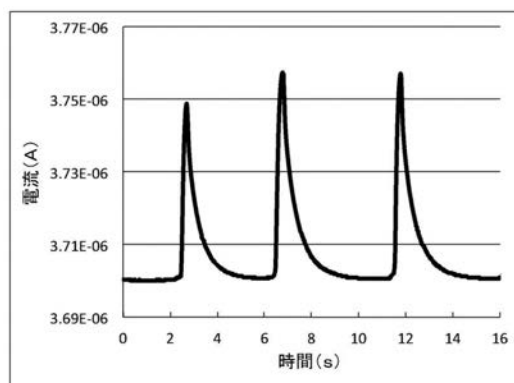
【 図 2 5 】



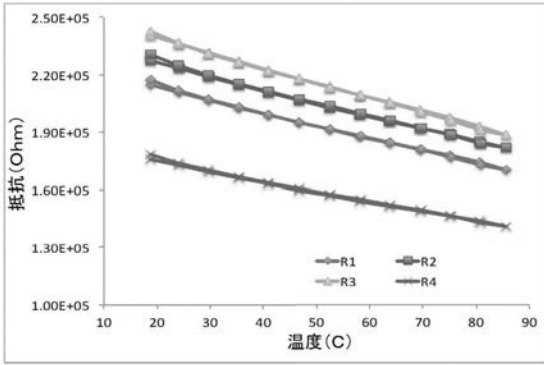
【 図 2 8 】



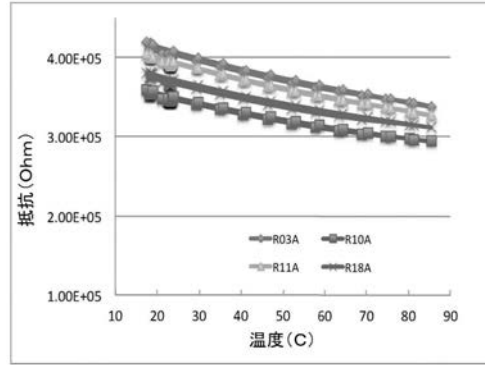
【 図 2 9 】



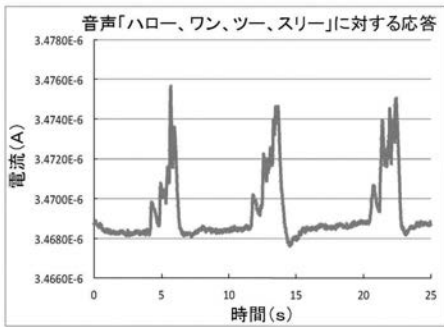
【 図 3 0 】



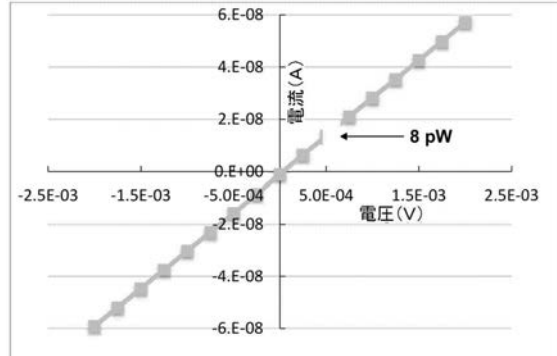
【 図 3 2 】



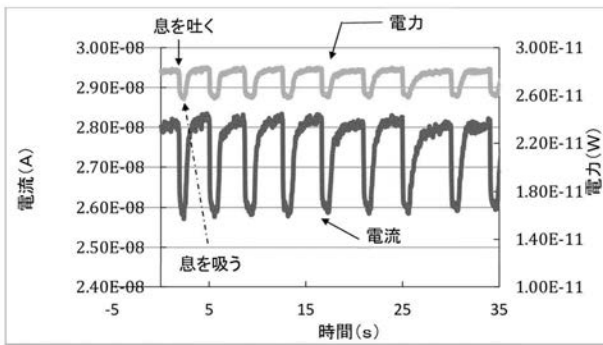
【 図 3 1 】



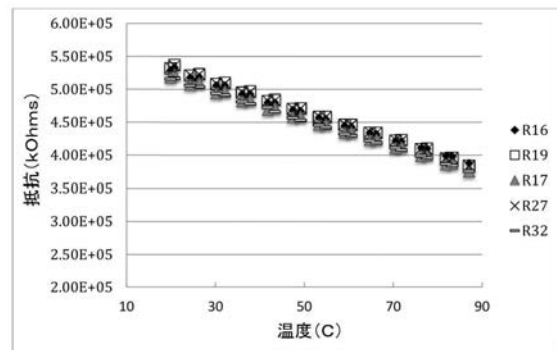
【 図 3 3 】



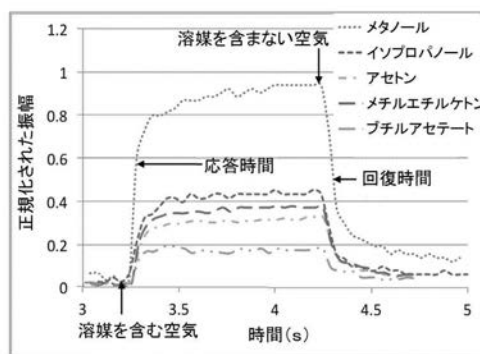
【 図 3 4 】



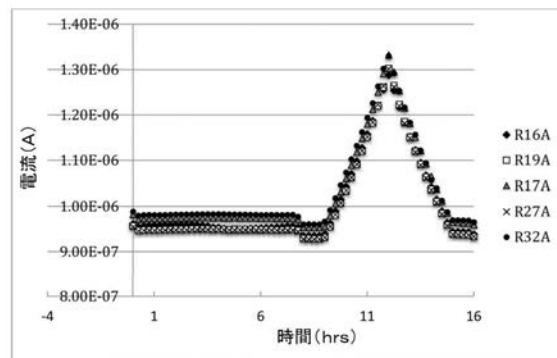
【 図 3 6 】



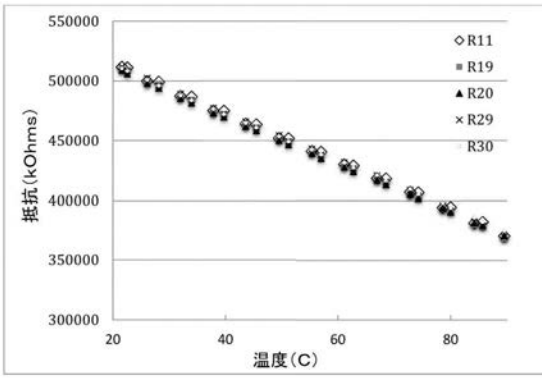
【 図 3 5 】



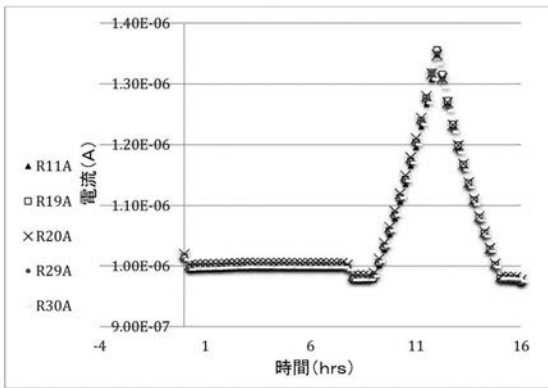
【 図 3 7 】





【 図 3 8 】



【 図 3 9 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2015/041577
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G01R 31/00(2006.01)i, G01R 27/02(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01R 31/00; G11B 5/33; G01N 27/00; H01L 43/00; G01N 27/02; H01L 41/08; G01N 27/12; G01N 27/22; G11B 5/127; G01R 27/02		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & keywords: sensor, transducer, layer, electrode		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4584552 A (SUZUKI et al.) 22 April 1986 See abstract, columns 2-4, claim 2 and figure 7.	1-17
Y		18-28
Y	EP 2230507 A1 (NXP B.V.) 22 September 2010 See paragraphs [0021]-[0030], claims 1-7 and figures 1-3c.	18-28
A	US 2011-0263036 A1 (BLAUW et al.) 27 October 2011 See claims 1-7 and figures 1-6.	1-28
A	US 5910700 A (CROTZER) 08 June 1999 See figures 1-3.	1-28
A	US 2006-0262457 A1 (HIRATA et al.) 23 November 2006 See figures 1-6C.	1-28
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 16 November 2015 (16.11.2015)		Date of mailing of the international search report 16 November 2015 (16.11.2015)
Name and mailing address of the ISA/KR  International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon, 35208, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-472-7140		Authorized officer KANG, Sung Chul  Telephone No. +82-42-481-8405

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2015/041577

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 04584552 A	22/04/1986	JP 58-166781 A JP 58-166782 A JP 58-171879 A	01/10/1983 01/10/1983 08/10/1983
EP 2230507 A1	22/09/2010	None	
US 2011-0263036 A1	27/10/2011	EP 2372355 A2 EP 2372355 A3 JP 2011-203256 A	05/10/2011 25/01/2012 13/10/2011
US 05910700 A	08/06/1999	None	
US 2006-0262457 A1	23/11/2006	JP 2006-309842 A JP 4008456 B2 US 7558027 B2	09/11/2006 14/11/2007 07/07/2009

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. ゴアテックス

(72)発明者 ジェッド, ライアン イー.
アメリカ合衆国 65804 ミズーリ州 スプリングフィールド フェアウェイ 1515 サウス

(72)発明者 カエスタ, ヴィジャヤ
アメリカ合衆国 65807 ミズーリ州 スプリングフィールド ウェスト バトルフィールド
ロード 1029 アpartment イー205

(72)発明者 フューリー, ジョナサン
アメリカ合衆国 65810 ミズーリ州 スプリングフィールド ヴィレッジ テラス アヴェ
ニュー 2002 ウェスト

(72)発明者 コックス, ロバート クリスチャン
アメリカ合衆国 65401 ミズーリ州 ローラ ジェフェリーズ プレイス 12300

Fターム(参考) 2G046 AA24 AA25 AA26 AA32 BA01 BA09 BB02 FA01