

(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2010-8371

(P2010-8371A)

(43) 公開日 平成22年1月14日(2010.1.14)

(51) Int.Cl.

G 0 1 N 27/00

(2006.01)

F I

G 0 1 N 27/00

J

テーマコード (参考)

2 G 0 6 0

審査請求 有 請求項の数 22 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2008-171168 (P2008-171168)

(22) 出願日 平成20年6月30日 (2008. 6. 30)

(出願人による申告) 平成19年度、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、水素安全利用等基盤技術開発 (再) 委託事業、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号

(74) 代理人 100080001

弁理士 筒井 大和

(72) 発明者 宇佐川 利幸

埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株

式会社日立製作所基礎研究所内

(72) 発明者 橋本 伸男

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

Fターム(参考) 2G060 AA02 AB03 AE19 BA07 BB09

BB11 BB14 BD06 DA02 DA11

HB05 HB06

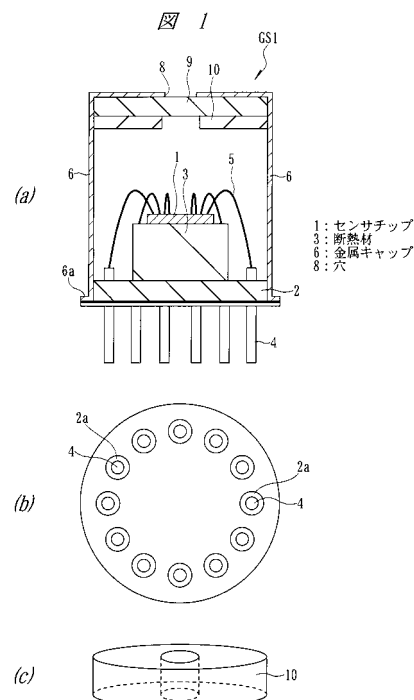
(54) 【発明の名称】 可燃性ガスセンサ

(57) 【要約】

【課題】軽量小型で、防爆性を有する可燃性ガスセンサを実現することのできる技術を提供する。

【解決手段】可燃性ガスセンサGS1は、センサチップ1と、センサチップ1を搭載するステム2と、上部と側部とを有し、側部の最下部がステム2の外周と溶接された金属キャップ6とを含み、ステム2と金属キャップ6とによってセンサチップ1を囲んでいる。金属キャップ6の上部には、例えば直径が0.5～3mmの穴8が形成されており、金属キャップ6の内側にその穴8を覆う、例えば穴径が1～4μm、厚さが0.3～1mmの防水透湿性素材9が断熱材10によりかしている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ガスセンサと、前記ガスセンサを搭載するステムと、上部および側部を有し、前記側部の最下部が前記ステムの外周と接合されたキャップとを含み、前記ステムと前記キャップとによって前記ガスセンサを囲む可燃性ガスセンサであって、

前記キャップの一部に穴が形成され、前記キャップの内側に前記穴を覆う第 1 の防水透湿性素材が設置されていることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 2】

ガスセンサと、前記ガスセンサを搭載するステムと、上部および側部を有し、前記側部の最下部が前記ステムの外周と接合されたキャップとを含み、前記ステムと前記キャップとによって前記ガスセンサを囲む可燃性ガスセンサであって、

前記キャップの一部に穴が形成され、前記キャップの内側に前記穴を覆う第 1 の防水透湿性素材が設置され、前記キャップの側部の外側に第 2 の防水透湿性素材が設置されていることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 3】

ガスセンサと、前記ガスセンサを搭載するステムと、上部および側部を有し、前記側部の最下部が前記ステムの外周と接合されたキャップとを含み、前記ステムと前記キャップとによって前記ガスセンサを囲む可燃性ガスセンサであって、

前記キャップの一部に穴が形成され、前記キャップの上部および側部の外側に第 2 の防水透湿性素材が設置されていることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 4】

請求項 1 または 2 記載の可燃性ガスセンサにおいて、前記第 1 の防水透湿性素材は、孔径が $1 \sim 4 \mu\text{m}$ 、厚さが $0.3 \sim 1 \text{ mm}$ の多孔質膜であることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 5】

請求項 1 または 2 記載の可燃性ガスセンサにおいて、前記第 1 の防水透湿性素材は、フッ素樹脂とポリウレタンポリマーとを複合化した素材であることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 6】

請求項 2 または 3 記載の可燃性ガスセンサにおいて、前記第 2 の防水透湿性素材は、孔径が $1 \sim 4 \mu\text{m}$ 、厚さが $0.3 \sim 1 \text{ mm}$ の多孔質膜であることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 7】

請求項 2 または 3 記載の可燃性ガスセンサにおいて、前記第 2 の防水透湿性素材は、フッ素樹脂とポリウレタンポリマーとを複合化した素材であることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 8】

請求項 1 または 2 記載の可燃性ガスセンサにおいて、前記キャップの上部に前記穴が形成されており、前記穴を覆う前記第 1 の防水透湿性素材は、断熱材によってかきめられていることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 9】

請求項 1、2 または 3 記載の可燃性ガスセンサにおいて、前記キャップの一部に形成された前記穴の直径は、 $0.5 \sim 3.0 \text{ mm}$ であることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 10】

請求項 1、2 または 3 記載の可燃性ガスセンサにおいて、前記ステムと前記キャップとによって囲まれた領域の体積が 10 mL 以下であることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 11】

請求項 1、2 または 3 記載の可燃性ガスセンサにおいて、前記ガスセンサと前記ステムとの間に断熱材が挿入されていることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 12】

10

20

30

40

50

請求項 1、2 または 3 記載の可燃性ガスセンサにおいて、前記ステムの裏面がエポキシ樹脂で覆われていることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 1 3】

請求項 2 または 3 記載の可燃性ガスセンサにおいて、前記キャップの前記側部の最下部と前記ステムの外周とが接合された部分は、前記第 2 の防水透湿性素材により覆われていることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 1 4】

請求項 1、2 または 3 記載の可燃性ガスセンサにおいて、前記キャップはステンレス製またはセラミック製であることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 1 5】

基板の主面に、センサ用電界効果トランジスタ、参照用電界効果トランジスタ、ヒータ配線および p n 接合ダイオードが形成されたセンサチップと、前記センサチップを搭載するステムと、前記センサチップと前記ステムとの間に挿入された断熱材とを含む可燃性ガスセンサであって、

前記センサ用電界効果トランジスタは、触媒金属ゲートと、ソース領域と、ドレイン領域とを有し、前記触媒金属ゲートと前記ソース領域との間および前記触媒金属ゲートと前記ドレイン領域との間に、それぞれ前記ヒータ配線が配置され、前記触媒金属ゲートおよび前記ヒータ配線が配置された領域の前記基板の厚さが、前記触媒金属ゲートおよび前記ヒータ配線が配置されていない領域の前記基板の厚さよりも薄いことを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 1 6】

請求項 1 5 記載の可燃性ガスセンサにおいて、前記触媒金属ゲートおよび前記ヒータ配線が配置された領域の前記基板の厚さが、 $0.1 \sim 20 \mu\text{m}$ であることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 1 7】

請求項 1 5 記載の可燃性ガスセンサにおいて、前記基板は、シリコン基板、埋め込み絶縁層およびチャネルシリコン層が積層された S O I 基板であり、前記触媒金属ゲートおよび前記ヒータ配線が配置された領域の前記シリコン基板が除去されていることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 1 8】

請求項 1 5 記載の可燃性ガスセンサにおいて、前記触媒金属ゲートは、Pt からなることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 1 9】

請求項 1 5 記載の可燃性ガスセンサにおいて、さらに、前記センサチップは上部と側部とを有するキャップにより囲まれ、前記キャップの前記側部の最下部が前記ステムの外周と接合されており、前記キャップの一部に穴が形成され、前記キャップの内側に前記穴を覆う第 1 の防水透湿性素材が設置されていることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 2 0】

請求項 1 5 記載の可燃性ガスセンサにおいて、さらに、前記センサチップは上部と側部とを有するキャップにより囲まれ、前記キャップの前記側部の最下部が前記ステムの外周と接合されており、前記キャップの一部に穴が形成され、前記キャップの内側に前記穴を覆う第 1 の防水透湿性素材が設置され、前記キャップの前記側部の外側に第 2 の防水透湿性素材が設置されていることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 2 1】

請求項 1 5 記載の可燃性ガスセンサにおいて、さらに、前記センサチップは上部と側部とを有するキャップにより囲まれ、前記キャップの前記側部の最下部が前記ステムの外周と接合されており、前記キャップの一部に穴が形成され、前記キャップの上部および側部の外側に第 2 の防水透湿性素材が設置されていることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【請求項 2 2】

請求項 1 5 記載の可燃性ガスセンサにおいて、さらに、前記センサチップは基板モジュ

10

20

30

40

50

ール上に搭載され、前記センサチップを搭載する前記基板モジュール全体が上部と側部とを有するキャップにより囲まれ、前記キャップの前記側部の最下部が前記システムの外周と接合されており、前記キャップの一部に穴が形成され、前記キャップの内側に前記穴を覆う第1の防水透湿性素材が設置されていることを特徴とする可燃性ガスセンサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、可燃性ガスセンサに関し、特に、水素ガスを検知するガスセンサの実装構造に適用して有効な技術に関するものである。

【背景技術】

【0002】

例えば爆発の恐れがある可燃性ガス（例えば水素ガスまたはメタンガスなど）を検知するガスセンサの実装構造が、産業安全研究所技術指針、工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆2006）、独立行政法人産業安全研究所発行、pp138-143（非特許文献1）に記載されている。この基準に従ったガスセンサの実装構造が耐圧防爆構造として認定されている。耐圧防爆構造は、ガスセンサの実装内空間で万一ガス爆発が生じたときに、ガスセンサの実装外空間に存在する爆発性ガスに引火または爆発をおこさせないことを保証する構造である。

【0003】

また、水素ガスを検知するガスセンサの一例として、1975年にランドストローム（Lundstroem）らによって提案されたゲートにPdを用いたSi-MOSFET（Metal oxide Semiconductor Field Effect Transistor）型水素ガスセンサ（非特許文献2）がある。その後、ゲート構造に幾多の工夫が加えられてはいるが、Si-MOSFET型水素ガスセンサは、その動作温度が、例えば100～150程度であり、接触燃焼式センサや金属酸化物半導体センサの動作温度300～500よりも低いという特徴を有している。

【0004】

また、特許第2848818号公報（特許文献1）には、ソース・ドレイン電極を跨いでゲート電極の延長ゲートを構成し、延長ゲートの下にシリコン基板をリセスして配置したマイクロヒータにより局部的に加熱し、水素ガスを延長ゲートで解離させてゲート電極中を拡散させることにより、ゲート絶縁膜界面に水素を運ぶSi-MOSFET型水素ガスセンサが開示されている。

【0005】

また、燃料電池自動車・家庭用燃料電池の実用化に向けて2007NEDO平成18年度成果報告シンポジウム、7月12日（第3日）ポスター発表要旨集、p84（非特許文献3）には、半導体チップ上にヒータと、センサ素子と、温度を計測するpn接合ダイオードとを搭載したセンサチップを備えるSi-MOSFET型水素ガスセンサが記載されている。

【特許文献1】特許第2848818号公報

【非特許文献1】産業安全研究所技術指針、工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆2006）、独立行政法人産業安全研究所発行、pp138-143

【非特許文献2】I. Lundstroem Sensors and Actuators, B1（1990）, pp15-20

【非特許文献3】燃料電池自動車・家庭用燃料電池の実用化に向けて2007NEDO平成18年度成果報告シンポジウム、7月12日（第3日）ポスター発表要旨集、p84

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

一般に、可燃性ガスを検知する多くのセンサ部分の大きさは数ミリ程度、重量は50mg程度であるが、前述した耐圧防爆構造を採用すると外形容量は650mL程度（外形寸

10

20

30

40

50

法：約 70 (W) × 150 (H) × 110 (D) mm、取り付け金具含まず) と大きくなり、重量も 900 g 程度と重くなるので、耐圧防爆構造のガスセンサの設置場所に制限が加わり、実際の設置時における作業性も悪くなる。そのため、可燃性ガスの場合、ガス漏れが発生する箇所が予め予測できるにもかかわらず、ガス漏れが発生する可能性が高い箇所に常に耐圧防爆構造のガスセンサを設置することができないという課題がある。爆発の恐れがある可燃性ガス、特に水素ガスは拡散が非常に早いことから、漏れる危険性のある箇所にガスセンサを置かないと、開放空間であれば見逃す恐れがあり、密閉空間であればガスセンサが反応するよりも先に爆発する恐れがある。

【0007】

また、厳密な意味では防爆領域とは言えないが、爆発の恐れがある場所、例えばガソリンスタンドまたは水素ガスなどをキャリアガスとして多用する半導体工場などにおいても、防爆性能を備えたガスセンサをガス漏れが発生する可能性が高い場所に設置することが望まれている。しかし、このような爆発の恐れがある場所であっても、前述したように、耐圧防爆構造のガスセンサの設置場所には制限が加わるため、ガス漏れの危険性のある場所に耐圧防爆構造のガスセンサを常に設置することができない。また、新規の取り付けや寿命保証によるガスセンサの交換の作業性も悪いという問題もある。

【0008】

そこで、例えば可燃性ガスの発生元にガスセンサを設置する場合には、前述した耐圧防爆構造を採用せずにセンサ部分のみを設置することもある。しかし、耐圧防爆構造を採用していないので当然に防爆性が保証できない。

【0009】

また、前述した防爆指針によれば、耐圧防爆構造の防爆の最も核となるフレームアレスタ部分に焼結金属を用いた場合、公称ろ過径の最大値は 70 ~ 120 μm 、厚さの最小値は 2 ~ 4 mm と決められている。また、フレームアレスタ部分に焼結金網を用いた場合、100 メッシュ金網の最小焼結枚数は 4 ~ 8 枚、異メッシュ 5 層焼結金網の公称ろ過径の最大値は 100 μm 、厚さの最小枚数は 1 枚と決められている。また、外部からの衝撃にも耐えるように強度基準が設けられており、通常ガスセンサは鉄製の保護カバーを備えている。このように、耐圧防爆構造を実現するには特殊な構造を要するため、耐圧防爆構造のガスセンサの製造価格が非常に高くなる傾向にある。

【0010】

また、可燃性ガスを検知する多くのガスセンサでは、防爆性に加えて、ガスセンサの信頼性を保証するために、外気による擾乱（例えば湿気、塩分、NO_xなどのガスまたは粉塵など）からガスセンサを守る実装も不可欠である。

【0011】

ところで、前述した水素ガスを検知する Si-MOSFET 型水素ガスセンサでは、100 ~ 150 程度の動作温度を維持した状態でセンサチップの消費電力を下げることで、センサチップに防爆性を持たせることができる。事実、Si-MOSFET 型水素ガスセンサの消費電力を 25 mW 以下とし、定格電圧 1.2 V 以下、定格電流 0.1 A 以下の動作条件を実現できれば、センサチップに防爆構造は不要になることが法律的にも認められている。

【0012】

しかし、一般に可燃性ガスセンサのセンサチップの消費電力は数 100 mW 程度であることが多い。例えば接触燃焼式と呼ばれる動作温度 300 ~ 500 のセンサでは、センサチップのサイズを 200 μm 程度と小さくした「 μ -CS センサ」においてさえも、その消費電力は 70 mW 程度であり、さらに低消費電力化することは容易ではない。また、宇佐川らの日本国特許出願第 2008-156427 号 (2008.6.16 出願) に開示されたガスセンサにおいては、100 ~ 150 程度で動作させる時の消費電力は 100 ~ 150 mW 程度となり、消費電力が 25 mW 以下で、定格電圧 1.2 V 以下、定格電流 0.1 A 以下を実現することができなかった。さらに、前述した特許文献 1 に記載された Si-MOSFET 型水素ガスセンサでは、ゲート絶縁膜近傍のゲート電極の温度が上

10

20

30

40

50

昇せず、拡散距離が長いために応答速度が遅いという問題もある。

【 0 0 1 3 】

本発明の目的は、軽量小型で、防爆性を有する可燃性ガスセンサを実現することのできる技術を提供することにある。

【 0 0 1 4 】

また、本発明の目的は、ガスセンサ特性を損なうことなく、消費電力が 2 5 m W 以下で、定格電圧 1 . 2 V 以下、定格電流 0 . 1 A 以下の S i - M O S F E T 型水素ガスセンサを実現することのできる技術を提供することにある。

【 0 0 1 5 】

本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 6 】

本願において開示される発明のうち、代表的なものの一実施の形態を簡単に説明すれば、次のとおりである。

【 0 0 1 7 】

この実施の形態は、センサチップと、センサチップを搭載するステムと、センサチップとステムとの間に挿入された断熱材と、側部の最下部がステムの外周と溶接された金属キャップとを含み、ステムと金属キャップとによってセンサチップを囲む可燃性ガスセンサである。金属キャップの上部には穴が形成されており、金属キャップの内側にその穴を覆う防水透湿性素材が断熱材によりかしめられている。防水透湿性素材の穴径は 1 ~ 4 μ m、厚さは 0 . 3 ~ 1 m m である。

【 0 0 1 8 】

また、この実施の形態は、センサチップと、センサチップを搭載するステムと、センサチップとステムとの間に挿入された断熱材とを含む可燃性ガスセンサである。センサチップには、センサ用電界効果トランジスタ、参照用電界効果トランジスタ、ヒータ配線および p n 接合ダイオードが形成されており、センサ用電界効果トランジスタの触媒金属ゲートとソース電極との間隙および触媒金属ゲートとドレイン電極との間隙の距離を長くして、ここにヒータ配線が形成され、触媒金属ゲートおよびヒータ配線が形成された領域の基板の厚さが、触媒金属ゲートおよびヒータ配線が形成されていない領域の基板の厚さよりも薄く加工されている。触媒金属ゲートおよびヒータ配線が形成された領域の基板の厚さは 0 . 1 ~ 2 0 μ m である。

【発明の効果】

【 0 0 1 9 】

本願において開示される発明のうち、代表的なものの一実施の形態によって得られる効果を簡単に説明すれば以下のとおりである。

【 0 0 2 0 】

軽量小型で、防爆性を有する可燃性ガスセンサを実現することができる。また、ガスセンサ特性を損なうことなく、消費電力が 2 5 m W 以下で、定格電圧 1 . 2 V 以下、定格電流 0 . 1 A 以下の S i - M O S F E T 型水素ガスセンサを実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 1 】

以下の実施の形態において、便宜上その必要があるときは、複数のセクションまたは実施の形態に分割して説明するが、特に明示した場合を除き、それらはお互いに無関係なものではなく、一方は他方の一部または全部の変形例、詳細、補足説明等の関係にある。

【 0 0 2 2 】

また、以下の実施の形態において、要素の数等（個数、数値、量、範囲等を含む）に言及する場合、特に明示した場合および原理的に明らかに特定の数に限定される場合等を除き、その特定の数に限定されるものではなく、特定の数以上でも以下でも良い。さらに、以下の実施の形態において、その構成要素（要素ステップ等も含む）は、特に明示した場

10

20

30

40

50

合および原理的に明らかに必須であると考えられる場合等を除き、必ずしも必須のものではないことは言うまでもない。同様に、以下の実施の形態において、構成要素等の形状、位置関係等に言及するときは、特に明示した場合および原理的に明らかにそうでないと考えられる場合等を除き、実質的にその形状等に近似または類似するもの等を含むものとする。このことは、上記数値および範囲についても同様である。

【0023】

また、以下の実施の形態で用いる図面においては、平面図であっても図面を見易くするためにハッチングを付す場合もある。また、以下の実施の形態においては、電界効果トランジスタを代表するMISFET (Metal Insulator Semiconductor Field Effect Transistor) をMISと略し、pチャネル型のMISFETをpチャネルMISと略し、nチャネル型のMISFETをnチャネルMISと略す。なお、MOSFET (Metal Oxide Semiconductor FET) は、そのゲート絶縁膜が酸化シリコン (SiO_2 等) 膜からなる構造の電界効果トランジスタであり、上記MISの下位概念に含まれるものとする。また、以下の実施の形態において、ウエハと言うときは、Si (Silicon) 単結晶ウエハを主とするが、そのみではなく、SOI (Silicon On Insulator) ウエハ、集積回路をその上に形成するための絶縁膜基板等を指すものとする。その形も円形またはほぼ円形のみでなく、正方形、長方形等も含むものとする。

10

【0024】

また、以下の実施の形態を説明するための全図において、同一機能を有するものは原則として同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

20

【0025】

本発明の実施の形態では、可燃性ガスセンサの一例としてSi-MOSFET型水素ガスセンサについて説明するが、別方式のガスセンサに適用できることは言うまでもない。

【0026】

(実施の形態1)

本実施の形態1による簡易防爆構造の可燃性ガスセンサの基本的な構成を、図1を用いて説明する。図1(a)、(b)および(c)はそれぞれ可燃性ガスセンサの要部断面図、底面図および防水透湿性素材をかしめるための部品の斜視図である。

【0027】

図1(a)および(b)に示すように、可燃性ガスセンサGS1では、センサチップ1を用いており、センサチップ1がステム2上に、断熱材3を介して配置されている。センサチップ1は断熱材3の上面に貼り付けられている。ステム2には、ステム2を貫通して、ステム2の表面(センサチップ1および断熱材3が配置された面側)と裏面(センサチップ1および断熱材3が配置された面と反対側)との両面に突出する複数のリード端子(ここでは12本を例示している)4が備わっており、リード端子4は、リード端子4の外周に設けられたガラス材2aによってステム2に固定されている。センサチップ1の主面上に形成された複数の電極パッドとステム2に繋がる複数のリード端子4とがそれぞれワイヤ5によって接続されている。

30

【0028】

さらに、センサチップ1、断熱材3および複数のワイヤ5は、円筒形状の金属キャップ6により覆われており、金属キャップ6の側部の最下部(つばの部分6a)がステム2の周囲と溶接によって接合されている。センサチップ1は外気中の水素ガスを検出することから、金属キャップ6には、金属キャップ6の内側に外気を導入するための穴8が金属キャップ6の上部のほぼ中央部に形成されている。さらに、金属キャップ6の内側には、金属キャップ6の上部に接して防水透湿性素材9が設置されており、図1(c)に示す円柱形状の断熱材10によって防水透湿性素材9はかしめられている。本実施の形態1では、穴8を金属キャップ6の上部に設けたが、これに限定されるものではなく、例えば金属キャップ6の側部に形成してもよい。

40

【0029】

50

防水透湿性素材 9 は、例えば環境外気（例えば空気など）やガスなどを直接出し入れすることのできる多孔質膜である。この防水透湿性素材 9 は、耐水性の他に防塵性または耐薬品性としての効果も有しており、さらには防爆機能も有している。典型的な防水透湿性素材 9 としては、例えばフッ素樹脂の典型であるポリテトラフルオロエチレンを延伸加工したフィルムとポリウレタンポリマーとを複合化して作るゴアテックス（登録商標）などがある。防水透湿性素材 9 は、水蒸気は通すが水は通さないという特徴（防水性と透湿性の両立）があり、例えば上記ゴアテックスでは、 1 cm^2 当たり 14 億個の微細な穴を含んでいる。

【0030】

次に、本実施の形態 1 による防水透湿性素材の防爆性について図 2 を用いて説明する。図 2 は防水透湿性素材の防爆性を説明するための補助図であり、図 2 (a)、(b) および (c) はそれぞれ防水透湿性素材および金属焼結体板の火炎強さと膜厚との関係を示すグラフ図、防水透湿性素材の内部状態を説明する模式図および金属焼結体板の内部状態を説明する模式図である。

10

【0031】

前述した可燃性ガスセンサ G S 1 に備わるセンサチップ 1 の動作温度は、例えば 100 ~ 150 であるが、可燃性ガスセンサ G S 1 の実装構造を、金属キャップ 6 の内側で水素ガスが爆発しても金属キャップ 6 の外側に存在する水素ガスに引火し、爆発させない構造とする必要がある。ガス爆発の理論によれば、ガス燃焼の火炎がガス中を伝播し、壁を通り抜けるときに冷却されて壁中で死滅すれば外部への引火爆発は起こらないが、ガス燃焼の火炎が壁を通りぬければ外部への引火爆発は起こってしまう。この現象を支配する要因は、壁の穴の粒径、壁の穴の密度、壁を構成する材質の熱伝導度、火炎伝播に晒される壁の面積などであり、さらに実装内部の体積が大きくなると、実装内部での爆発エネルギーが大きくなることから、ガスが閉じ込められている実装内部の体積も考慮する必要がある。

20

【0032】

従って、本実施の形態 1 では、実装内部（金属キャップ 6 の内側）の体積が一定とすれば、実装空間を作る壁である金属キャップ 6 と多孔質膜からなる防水透湿性素材 9 とが被る圧力が主として問題となり、特に、金属キャップ 6 に設けられた穴 8 の部分に位置し、金属キャップ 6 よりも強度の弱い防水透湿性素材 9 に被る圧力が問題となる。

30

【0033】

そこで、可燃性ガスセンサ G S 1 で用いた防水透湿性素材 9 と同じ材質の多孔質膜の防爆性の試験を行った。図 2 (a) に防水透湿性素材（可燃性ガスセンサ G S 1 で用いた防水透湿性素材 9 と同じ材質）を通り抜ける火炎強さと膜厚との関係を示す。比較のために、金属焼結体板を通り抜ける火炎強さと膜厚との関係も同図に示す。防水透湿性素材 9 の内部状態は、図 2 (b) に示すように、ポリテトラフルオロエチレン 11 と空隙 12 とからなり、空隙 12 の穴径は、例えば 1 ~ 4 μm である。また、金属焼結体板の内部状態は、図 2 (c) に示すように、金属焼結体 13 と空隙 14 とからなり、空隙 14 の穴径は、例えば 100 μm 程度である。

40

【0034】

図 2 (a) に示すように、防水透湿性素材および金属焼結体板は、その膜厚が厚くなるに従い、通り抜ける火炎強さは減衰する。しかし、その通り抜ける火炎強さの減衰の様子は、防水透湿性素材と金属焼結体板とで異なり、同じ膜厚（同一体積、同一被爆面積）で比較すると、空隙の穴径が小さい防水透湿性素材の方が、空隙の穴径が大きい金属焼結体板よりも、通り抜ける火炎強さが小さくなっていることが分かる。従って、材質の熱伝導率の違いはあっても、空隙の穴径を小さくすることにより、多孔質膜の防爆効果が向上すると考えられる。

【0035】

本実施の形態 1 では、金属キャップ 6 の上部に形成された穴 8 を防水透湿性素材 9 により覆っているが、防水透湿性素材 9 に、空隙の穴径が 1 ~ 4 μm の多孔質膜を用いること

50

により、火炎核を消滅させることができる。なお、実装内部で連続して爆発が繰り返し起こることがあり、この場合は発熱効果により防水透湿性素材 9 が融解する可能性がある。しかし、常時センサチップ 1 の温度またはヒータ配線の抵抗をモニタすることにより、実装内部で爆発は、直ぐに探知することができる。

【0036】

次に、本実施の形態 1 による簡易防爆構造の可燃性ガスセンサの具体的な構造について図 3 ~ 図 6 を用いて説明する。図 3 は可燃性ガスセンサに備わるセンサチップの一例の光学顕微鏡写真、図 4 はセンサチップが貼り付けられた断熱材の上面図、図 5 はセンサチップが貼り付けられた断熱材の光学顕微鏡写真、図 6 は可燃性ガスセンサの要部断面図である。図 3 に示すセンサチップは、本発明者らが検討したセンサチップの一例であって、各素子の構成や配線は、これに限定されるものではない。

10

【0037】

図 3 に示すように、センサチップ 1 は、シリコン基板 15 上に、センサ用 n チャネル MIS 16、参照用 n チャネル MIS 17、金属配線によるヒータ 18、チップ温度を計測するための pn 接合ダイオード 19、および複数の電極パッド 20 が配置された構造を有している。センサ用 n チャネル MIS 16 と参照用 n チャネル MIS 17 とはほぼ同一の構造をしており、センサ用 n チャネル MIS 16 および参照用 n チャネル MIS 17 の触媒金属ゲートのゲート長は、例えば 20 μm 、ゲート幅は、例えば 300 μm である。

【0038】

センサ用 n チャネル MIS 16 の触媒金属ゲート、ソース領域およびドレイン領域はそれぞれ配線 21 を介して電極パッド 20 に接続されている。同様に、参照用 n チャネル MIS 17 の触媒金属ゲート、ソース領域およびドレイン領域はそれぞれ配線 21 を介して電極パッド 20 に接続されている。また、ヒータ 18 の両端はそれぞれ配線 21 を介して電極パッド 20 に接続されており、pn 接合ダイオード 19 の p 領域および n 領域はそれぞれ配線 21 を介して電極パッド 20 に接続されている。

20

【0039】

図 4 ~ 図 6 に示すように、センサチップ 1 は、PEEK 材（ポリエーテル・エーテル・ケトン材）を 3 ~ 5 mm の高さの円柱状に加工した断熱材 3 の上面に接着され、断熱材 3 はステム（例えば TO 系の TO5 - 12 ピン）2 の上面に接着している。ステム 2 は、例えば Au めっきされた Kovar（Fe に Ni および Co を配合した合金）製であり、その台座内径は、例えば 7.6 ϕ である。センサチップ 1 の厚さは、例えば 200 ~ 500 μm 、チップサイズは、例えば 2 mm $\times$ 2 mm である。金属キャップ 6 は、例えば Au めっきされた Kovar 製である。金属キャップ 6 の高さは、例えば 15 mm、金属キャップ 6 の上部に形成された穴 8 の直径は、例えば 0.5 ~ 1.5 mm である。防水透湿性素材 9 の穴径は 1 ~ 4 μm 、その厚さは、例えば 0.3 ~ 1 mm である。断熱材 10 の厚さは、例えば 3 mm であり、金属キャップ 6 の内側にかしめられている。金属キャップ 6 とステム 2 とは、金属キャップ 6 の側部の最下部（つばの部分 6a）において抵抗溶接法により溶接されている。

30

【0040】

断熱材 3 の外周領域には、ステム 2 を貫通して設けられた 12 本のリード端子 4 が配置されている。センサチップ 1 に設けられた複数の電極パッド 20 のうち、センサ用 n チャネル MIS 16 の触媒金属ゲート、ソース領域およびドレイン領域とそれぞれ配線 21 を介して電氣的に接続された電極パッド 20、参照用 n チャネル MIS 17 の触媒金属ゲート、ソース領域およびドレイン領域とそれぞれ配線 21 を介して電氣的に接続された電極パッド 20、ヒータ 18 の両端とそれぞれ配線 21 を介して電氣的に接続された電極パッド 20、pn 接合ダイオード 19 の p 領域および n 領域とそれぞれ配線 21 を介して電氣的に接続された電極パッド 20 は、ワイヤ 5 を用いてそれぞれリード端子 4 と接続されている。ワイヤ 5 は、例えば Al 線または Au 線である。ワイヤ 5 のボンディングを容易に行うために、リード端子 4 は断熱材 3 中を貫通させる形で、センサチップ 1 が貼り付けられた断熱材 3 の上面よりも低く形成されている。また、センサチップ 1 のアースを取るた

40

50

めのリード端子 4 を 1 本設けており、これによりセンサチップ 1 の電気的特性を安定させている。ここでは、ウェル層や基板等へ電氣的に接続される配線の図示は省略している。

【 0 0 4 1 】

次に、本実施の形態 1 による可燃性ガスセンサの防爆性能について説明する。以下に、本発明者らが行った水素爆発実験およびその結果について図 7 ~ 図 1 0 を用いて説明する。図 7 は水素防爆実験に用いた容器の要部断面図、図 8 は本実施の形態 1 による可燃性ガスセンサと同じ実装構造の爆発実験用試料の要部断面図、図 9 および図 1 0 は本発明者らが比較のために形成した爆発実験用試料の要部断面図である。

【 0 0 4 2 】

水素爆発実験には、図 7 に示す約 5 0 m L の銅製の容器 3 5 を使用した。容器 3 5 には水素着火温度が 5 6 0 以上に加熱できるニクロム線（図示は省略）が装着されている。容器 3 5 の上部は、例えばポリ塩化ビニリデンからなるフィルム 3 6 で覆い、粘土 3 7 を用いて容器 3 5 とフィルム 3 6 とを接着している。この容器 3 5 の内部に爆発実験用試料（例えば図示する爆発実験用試料 S 1 ）を据え付けて、外部から電圧 5 . 0 V 、電流 0 . 5 A 以下を加えることにより、爆発実験用試料が爆発するか否かの実験を行った。爆発が起きなかった場合には、ニクロム線を通電して水素爆発を確認し、これを容器 3 5 の内部に爆発に至る濃度の水素ガスが充満していたことの証拠とした。水素ガスの濃度は、理論的には容器 3 5 の内部の水素と酸素とが全て燃え尽くす約 3 0 % とした。

【 0 0 4 3 】

図 8 に示す本実施の形態 1 による可燃性ガスセンサと同じ実装構造の爆発実験用試料 S 1 は、金属キャップ 6 および防水透湿性素材 9 を設置しており、この水素爆発実験には、3 個の爆発実験用試料 S 1 を使用した。金属キャップ 6 の上部に形成された穴 8 の直径は 1 . 5 m m 、防水透湿性素材 9 の穴径は 1 μ m 、その厚さは 0 . 3 m m である。図 9 に示す本発明者らが比較のために形成した爆発実験用比較試料 R S 1 は、爆発実験用試料 S 1 に対して、金属キャップ 6 は設置したが、防水透湿性素材 9 は設置していない。また、図 1 0 に示す本発明者らが比較のために形成した爆発実験用比較試料 R S 2 は、爆発実験用試料 S 1 に対して、金属キャップ 6 および防水透湿性素材 9 は設置していない。また、図 8 ~ 図 1 0 に示すように、これら全ての試料 S 1 , R S 1 , R S 2 では、水素ガスの着火源にはタングステンフィラメント線 3 8 を用い、タングステンフィラメント線 3 8 の両端はそれぞれステム 2 を貫通して設置された異なるリード端子 4 に接続されている。

【 0 0 4 4 】

【 表 1 】

試料構造	実験結果
R S 1	1 秒以内に爆発（瞬時に爆発）
R S 2	1 秒以内に爆発（瞬時に爆発）
S 1	爆発なし、4 0 秒通電後断線
S 1	爆発なし、2 3 秒通電後断線
S 1	爆発なし、5 0 秒通電後断線

【 0 0 4 5 】

実験結果を表 1 にまとめる。金属キャップ 6 のみを実装し、防水透湿性素材 9 を実装していない爆発実験用比較試料 R S 1 と、金属キャップ 6 および防水透湿性素材 9 を実装していない爆発実験用比較試料 R S 2 では、外部から電圧 5 V 、電流 0 . 5 A を加えて通電したところ、瞬時に爆発が生じた。これに対して、爆発実験用試料 S 1 では、外部から電圧 5 V 、電流 0 . 5 A を加えて通電しても爆発が生じなかった。爆発実験用試料 S 1 に対しては、タングステンフィラメント線 3 8 を燃焼させて、断線させた後、ニクロム線を通電して水素爆発を起こすことによって、爆発が可能な濃度の水素ガスが容器 3 5 の内部に

充満していたことを確認している。また、爆発実験用試料 S 1 では、金属キャップ 6 の上部に設けられた穴 8 から、タングステンフィラメント線 3 8 が燃え尽きるまで容器 3 5 の内部で赤く燃焼していることを確認している。

【 0 0 4 6 】

また、他の水素爆発実験において、金属キャップ 6 の上部に形成された穴 8 の直径を 0 . 5 ~ 3 mm の範囲で用いたが、この範囲では防爆性に格段の違いは見られなかった。また、防水透湿性素材 9 の穴径を 1 ~ 4 μ m の範囲で、厚さを 0 . 3 ~ 1 mm の範囲で用いたが、それぞれの範囲では防爆性に格段の差は見られなかった。これらの実験結果から、穴径が 1 ~ 4 μ m、厚さが 0 . 3 ~ 1 mm の防水透湿性素材 9 を用いた実装は防爆に対して有効であると考えられる。

10

【 0 0 4 7 】

厳密に言えば、この水素爆発実験は、23 ~ 50 秒までは容器 3 5 の外部へ引火爆発しないことを示しているが、さらに長時間にわたり容器 3 5 の内部でタングステンフィラメント線 3 8 および水素ガスの燃焼が起こったときに、容器 3 5 の外部へ引火爆発するのか、防水透湿性素材 9 は融解するのかなどの問題は残る。しかし、現実には、可燃性ガスセンサ G S 1 は長時間高温にさらされることはないため、問題はないと考えられる。

【 0 0 4 8 】

ところで、多くの可燃性ガスセンサでは、防爆性が強く、外気による擾乱（湿気、塩分、NO_xなどのガスまたは粉塵など）から可燃性ガスセンサを守る実装技術が、可燃性ガスセンサの信頼性を保証するには不可欠である。

20

【 0 0 4 9 】

次に、本実施の形態 1 による可燃性ガスセンサの耐塩害性能について説明する。以下に、本発明者らが行った塩害試験の方法およびその結果について説明する。なお、防水透湿性素材が耐水性（H₂O ガスではない）または耐薬品性に強いことは、これまでも実証されている。塩害試験は、常時海岸または洋上に設置される機器に対する J I S 規格の塩害試験 C 6 0 0 6 8 - 2 - 5 2 に準拠した。塩害試験 C 6 0 0 6 8 - 2 - 5 2 には、塩害強度の違いにより、表 2 に示す厳しさ（1）と厳しさ（2）とがあるが、両者を適用した。

【 0 0 5 0 】

【表 2】

30

試験グレード	塩水噴霧サイクル試験	塩水噴霧	湿気中の放置
厳しさ（1）	2時間の塩水噴霧及びそれに続く湿気中での7日間の放置を1サイクルとして、これを4回繰り返す。	塩溶液濃度：5±1% （質量比） 塩溶液PH：6.5-7.2 （20±2℃） 温度：15-35℃ （設定30℃）	温度：40±2℃ 湿度：93（+2/-3）%RH
厳しさ（2）	2時間の塩水噴霧及びそれに続く湿気中での22時間の放置を1サイクルとして、これを3回繰り返す。		

40

【 0 0 5 1 】

図 1 1（a）および（b）に、塩害試験に用いた本実施の形態 1 による可燃性ガスセンサの要部断面図および底面図を示す。塩害試験に用いた可燃性ガスセンサ G S 2 では、前述した図 1 に示す可燃性ガスセンサ G S 1 に加えて、防水透湿性素材の役割を確かめるために、金属キャップ 6 の側部にチューブ状の防水透湿性素材 3 9 を装填し、さらにステンレス線 4 0 により、チューブ状の防水透湿性素材 3 9 を締め付けている。チューブ状の防水透湿性素材 3 9 には、互いに穴径の異なる 2 種類（2 μ m と 3 . 5 μ m）のチューブ状の防水透湿性素材 3 9 を用いた。チューブ状の防水透湿性素材 3 9 の厚さは、例えば 0 .

50

8 mmである。

【0052】

図12に、本実施の形態1による可燃性ガスセンサの塩害試験後のSEM (Scanning Electron Microscope: 走査型電子顕微鏡) 写真を示す。図12(a)、(b)および(c)はそれぞれ塩害試験を行っていない試料のSEM写真、厳しさ(1)の塩害試験を行った後の試料のSEM写真および厳しさ(2)の塩害試験を行った後の試料のSEM写真である。

【0053】

可燃性ガスセンサGS2のチューブ状の防水透湿性素材39で覆われていない金属キャップ6の側部、金属キャップ6のつばの部分6aとステム2との溶接部分、リード端子4とステム2との繋ぎのガラス材2aには赤錆による腐食が発生し、ステム2の影響によりセンサチップ1に動作不良が生じた。また、リード端子4にも赤錆が発生し、少しの力を加えただけでも容易に折れた。

【0054】

また、図12(b)のa、bおよびcで示す箇所、ならびに図12(c)のd、e、fおよびgで示す箇所において、EDX (Energy Dispersive X-ray Fluorescence: エネルギー分散型蛍光X線分析法) により構成元素の分析を行ったところ、b、dおよびgで示す箇所では、金属キャップ6の表面をめっきするAuのみが検出されたが、c、eおよびfで示す箇所では、Auめっきが剥がれており、Feなどが検出された。金属キャップ6のつばの部分6aとステム2との溶接部分においては、溶接時にAuめっきが剥がれた場所aで赤錆による腐食が著しく進んでいる。この溶接部分における腐食がステム2の表面にも広がっている箇所もある。ステム2に備わる12本のリード端子4およびガラス材2aでも腐食が観察されている。厳しさ(2)の塩害試験では、さらに金属キャップ6の側部の表面にも広く赤錆が認められた。

【0055】

これに対して、チューブ状の防水透湿性素材39で覆った部分は、厳しさ(1)および厳しさ(2)の塩害試験において錆は発生していない。ステンレス線40についても錆の発生は認められなかった。

【0056】

また、6個の試料について水素応答特性を測定したとこと、厳しさ(2)の塩害試験後では、4個の試料では水素応答特性 ΔV_g および応答速度に変化は無かったが、2個の試料においては応答速度の低下が見られ、600秒経過しても応答速度は飽和しなかった。また、厳しさ(1)の塩害試験後では、水素応答特性 ΔV_g も応答速度も著しく低下したが、金属キャップ6を除去し、ワイヤ5を接続し直して再測定すると、応答速度は低下したままで変化はないが、水素応答特性 ΔV_g はある程度回復した。このような現象の原因としては、金属キャップ6のつばの部分6aとステム2との溶接部分の腐食が進んだ箇所からの塩分や水の侵入、金属キャップ6とステム2との間に発生した赤錆、またはリード端子4の周りに発生した赤錆などが考えられる。なお、この塩害試験では、センサチップ1のセンサ用nチャネルMIS16のしきい値電圧 V_{th} には顕著な変化は見られなかった。

【0057】

リード端子4とステム2との繋ぎのガラス材2aで発生する錆は、ステム2の裏面をモールド材、例えばエポキシ樹脂などで覆うことにより防止することができる。

【0058】

また、他の塩害試験において、金属キャップ6の上部に形成された穴8の直径を0.5~3 mmの範囲で用いたが、この範囲では水素応答特性 ΔV_g に格段の違いは見られなかった。また、防水透湿性素材9の穴径を1~4 μm の範囲で、厚さを0.3~1 mmの範囲で用いたが、それぞれの範囲では水素応答特性 ΔV_g に格段の差は見られなかった。これらの実験結果から、穴径が1~4 μm 、厚さが0.3~1 mmの防水透湿性素材9を用いた実装は塩害に対して有効であると考えられる。

【 0 0 5 9 】

塩害を考慮する必要がない場合は、金属キャップ 6 および Kovar 製のステム 2 を用いることができる。これに対して、塩害を考慮する必要がある場合は、金属キャップ 6 およびステム 2 の外側を防水透湿性素材 3 9 により覆うことにより、金属キャップ 6 およびステム 2 の腐食を防止することができる。なお、金属キャップ 6 およびステム 2 の外側を防水透湿性素材 3 9 により覆う可燃性ガスセンサの他の例については、後述する実施の形態 2 において説明する。また、金属キャップ 6 およびステム 2 に代えて、セラミック製またはステンレス製のキャップおよびステムを用いることもできる。

【 0 0 6 0 】

次に、本実施の形態 1 による可燃性ガスセンサの実装構造の耐粉塵性能について説明する。以下に、本発明者らが行った粉塵試験の方法およびその結果について説明する。大気中の粉塵、特に自動車や各種施設から大気中に排出される粒子状物質 (Particulate Matter) に対する防水透湿性素材の防止能力試験を行った。高速道路直近で、海岸から 80 m 程度に立地する実際の水素ステーションにセンサチップおよび実装品である可燃性ガスセンサを設置し、半年間に渡ってこれら試料の劣化を観察した。

【 0 0 6 1 】

図 1 3 に、粉塵試験 1 2 日経過後のセンサチップの SEM 写真を示す。図 1 3 に示すように、大気中に排出される粒子状物質 4 1 が、センサ用 n チャンネル MIS 1 6 の触媒金属ゲート 2 8 (ゲート長 20 μm) を直撃しており、センサ用 n チャンネル MIS 1 6 の動作特性に顕著な劣化が見られた。しかし、可燃性ガスセンサのゲート領域には、光学顕微鏡による観察では、異物は見られなかった。この結果から、防水透湿性素材を用いた実装は防塵にも効果があることがわかる。また、センサ用 n チャンネル MIS 1 6 の動作特性も安定であり、水素応答特性 ΔV_g の変動も小さいことが確かめられた。

【 0 0 6 2 】

以上説明した防爆試験、塩害試験および防塵試験から、前述した図 1 に示す可燃性ガスセンサ GS 1 は防爆および防塵に対して有効であり、前述した図 1 1 に示す可燃性ガスセンサ GS 2 は防爆、耐塩害および防塵に対して有効であることが言える。

【 0 0 6 3 】

このように、本実施の形態 1 によれば、センサチップ 1 を用いて可燃性ガスセンサ GS 1 を構成し、さらに断熱材 3 を介してセンサチップ 1 をステム 2 上に配置して金属キャップ 6 で覆う実装構造とすることにより、実装構造の内部の体積を、従来の耐圧防爆構造を採用したガスセンサの 1 / 10 以下である 10 mL 以下 (例えば前述した図 4 ~ 図 6 に示す可燃性ガスセンサ GS 1 の体積は 0 . 5 mL 程度) とすることができる。また、金属キャップ 6 の上部には外気を導入するための穴 8 が形成されるが、この穴 8 を金属キャップ 6 の内側から防水透湿性素材 9 で覆うことにより、可燃性ガスセンサ GS 1 に防爆効果および防塵効果を持たせることができる。これにより、軽量小型で、防爆性を有する可燃性ガスセンサ GS 1 を実現することができる。さらに、金属キャップ 6 の外側をチューブ状の防水透湿性素材 3 9 で覆うことにより、可燃性ガスセンサ GS 1 よりも耐塩害効果の高い可燃性ガスセンサ GS 2 を実現することができる。

【 0 0 6 4 】

ところで、防爆性および耐圧防爆構造のフレームアレスタでは、フレームアレスタの隙間を火炎が通過するときに熱を奪い、爆発温度以下にし、火炎が外部に漏れないように設計される。防爆には、フレームアレスタの隙間を火炎が通過するときに熱を奪い爆発温度以下とすることが必要である。本実施の形態 1 による可燃性ガスセンサ GS 1 では、厚さが 0 . 3 ~ 1 μm の防水透湿性素材 9 を用いているが、その公称ろ過径の最大値は 1 ~ 4 μm と小さく、また、金属キャップ 6 の内部の空間も 0 . 5 mL と小さいので、ガス爆発のエネルギーが金属キャップ 6 の内部の空間の体積に比例することを考慮すれば、ガス爆発が外部に漏れることを防止することができる。また、小型軽量を考慮すると、金属よりも樹脂系材料が好適である。樹脂系材料は一般に耐熱性は劣るという問題はあるが、可燃性ガスセンサは長時間高温にさらされないことから、防水透湿性素材を使用するこ

10

20

30

40

50

とは問題とはならない。

【 0 0 6 5 】

(実施の形態 2)

本実施の形態 2 では、金属キャップの外側も防水透湿性素材により覆った可燃性ガスセンサについて説明する。本実施の形態 2 による可燃性ガスセンサの基本的な構造を図 1 4 および図 1 5 を用いて説明する。図 1 4 は本実施の形態 2 による可燃性ガスセンサの第 1 例の要部断面図、図 1 5 は本実施の形態 2 による可燃性ガスセンサの第 2 例の要部断面図である。

【 0 0 6 6 】

図 1 4 に示す可燃性ガスセンサ G S 3 は、前述した可燃性ガスセンサ G S 1 と同様に、金属キャップ 6 の内側に、金属キャップ 6 の上部に接して防水透湿性素材 9 を配置しており、さらにステム 2 と金属キャップ 6 のつばの部分 6 a との溶接部分を含めて、金属キャップ 6 の側部を全て防水透湿性素材 3 9 で包み込む実装構造を有している。リード端子 4 とステム 2 との繋ぎのガラス材 2 a で発生する錆は、ステム 2 の裏面をモールド材、例えばエポキシ樹脂 4 2 などによって覆うことにより防止することができる。

10

【 0 0 6 7 】

図 1 5 に示す可燃性ガスセンサ G S 4 は、金属キャップ 6 の内側には防水透湿性素材 9 を配置せず、ステム 2 と金属キャップ 6 のつばの部分 6 a との溶接部分を含めて金属キャップ 6 の側部を全て防水透湿性素材 3 9 で包み込み、さらに金属キャップ 6 の上部も全て防水透湿性素材 3 9 で包み込む実装構造を有している。この場合、金属キャップ 6 の側部をカバーする防水透湿性素材 3 9 と、金属キャップ 6 の上部に接して配置される防水透湿性素材 9 と、接続部分とを断熱材 1 0 でかき合っている。断熱材 1 0 は、P E E K 材を 3 ~ 5 m m の高さの円柱状にくりぬき、金属キャップ 6 の上面と側面に接着させている。リード端子 4 とステム 2 との繋ぎのガラス材 2 a で発生する錆は、ステム 2 の裏面をモールド材、例えばエポキシ樹脂 4 2 などによって覆うことにより防止することができる。

20

【 0 0 6 8 】

なお、本実施の形態 2 では、前述した実施の形態 1 と同様に、金属キャップ 6 に形成する穴 8 を金属キャップ 6 の上部に設けたが、これに限定されるものではなく、例えば金属キャップ 6 の側部に形成してもよい。この場合も、金属キャップ 6 の外側に防水透湿性素材 3 9 を装着することができる。

30

【 0 0 6 9 】

このように、本実施の形態 2 によれば、金属キャップ 6 の上部に設けられる穴 8 を金属キャップ 6 の内側から防水透湿性素材 9 で覆い、さらに金属キャップ 6 の側部を外側から防水透湿性素材 3 9 で覆う、または金属キャップ 6 の上部および側部を外側から防水透湿性素材 3 9 で覆うことによっても、防爆効果、耐塩害効果、防塵効果などを有することができる。これにより、可燃性ガスセンサ G S 1 , G S 2 よりも、耐塩害効果が向上した可燃性ガスセンサ G S 3 , G S 4 を実現することができる。

【 0 0 7 0 】

(実施の形態 3)

本実施の形態 3 による可燃性ガスセンサに備わるセンサチップを図 1 6 および図 1 7 を用いて説明する。図 1 6 (a) および (b) はそれぞれセンサ用 n チャネル M I S が配置されたヒータ配線領域の要部断面図および要部平面図、図 1 7 は参照用 n チャネル M I S が配置されたヒータ配線領域の要部断面図である。S i - M O S F E T 型水素ガスセンサの触媒金属ゲートに P t を用いている。P t ゲート S i - M O S F E T 型水素ガスセンサに関しては、宇佐川らの日本国特許出願第 2 0 0 8 - 1 5 6 4 2 7 号 (2 0 0 8 . 6 . 1 6 出願) に開示されているので、ここでの詳細な説明については、原則として繰り返さないこととする。以下、ゲート長 (L g) を、例えば 2 0 μ m、ゲート幅 (W g) を、例えば 3 0 0 μ m とする n チャネル M I S に適用した場合について説明する。

40

【 0 0 7 1 】

まず、センサ用 n チャネル M I S が配置されたヒータ配線領域について説明する。図 1

50

6 (a) および (b) に示すように、センサチップの基板には、シリコン基板 2 2 上に埋め込み絶縁層 2 3 が形成され、さらに埋め込み絶縁層 2 3 上にチャネルシリコン層 2 4 が形成された、所謂 S O I ウエハを用いる。シリコン基板 2 2 の厚さは、例えば 2 0 0 ~ 7 5 0 μm 、埋め込み絶縁層 2 3 の厚さは、例えば 0 . 1 ~ 5 μm 、チャネルシリコン層 2 4 の厚さは、例えば 0 . 1 ~ 2 0 μm である。埋め込み絶縁層 2 3 は、例えば酸化シリコン膜を用いることができる。

【 0 0 7 2 】

チャネルシリコン層 2 4 の主面には、センサ用 n チャネル M I S 1 6 のゲート領域 2 5 を定義するために、局所酸化法を用いて酸化シリコン膜からなる局所酸化膜 S i O ₂ 2 6 が形成されている。ゲート領域 2 5 のチャネルシリコン層 2 4 の主面にはゲート絶縁膜 2 7 を介して、例えば P t からなる触媒金属ゲート 2 8 が形成されている。触媒金属ゲート 2 8 には引き出し電極が電氣的に接続されているが、図示は省略する。局所酸化膜 S i O ₂ 2 6 下のチャネルシリコン層 2 4 には、n ⁺ 型半導体領域からなるソース領域 2 8 S およびドレイン領域 2 8 D が形成されている。センサ用 n チャネル M I S 1 6 のしきい値電圧 V _{t h} は、例えば 1 . 0 V である。図 1 6 (a) では、触媒金属ゲート 2 8 の取り出し電極の図示は省略している。

10

【 0 0 7 3 】

ゲート領域 2 5 を除いて、チャネルシリコン層 2 4 および局所酸化膜 S i O ₂ 2 6 は層間絶縁膜 2 9 により覆われており、層間絶縁膜 2 9 に形成された接続孔 3 0 を通してソース領域 2 8 S と電氣的に接続するソース電極 3 1 S、およびドレイン領域 2 8 D と電氣的に接続するドレイン電極 3 1 D が形成されている。層間絶縁膜 2 9 は、例えばリンドープガラス P S G (Phospho Silicate Glass) 膜で形成することができる。局所酸化膜 S i O ₂ 2 6 上で、かつ層間絶縁膜 2 9 上には、ヒータ配線 3 2 が形成されている。ヒータ配線 3 2 は A l 合金膜により形成されており、線幅は、例えば 5 μm 、高さは、例えば 0 . 5 μm である。また、ヒータ配線 3 2 は、触媒金属ゲート 2 8 とソース電極 3 1 S との間および触媒金属ゲート 2 8 とドレイン電極 3 1 D との間につづれ折り状態で配置されている。例えば触媒金属ゲート 2 8 とソース電極 3 1 S との間に長さ 3 2 0 μm を単位として 5 μm 間隔で 1 5 本のつづれ折り状態でヒータ配線 3 2 を形成し、同様に、例えば触媒金属ゲート 2 8 とドレイン電極 3 1 D との間に長さ 3 2 0 μm を単位として 5 μm 間隔で 1 5 本のつづれ折り状態でヒータ配線 3 2 を形成した場合には、ヒータ配線 3 2 の全長は、約 1 m m となる。

20

30

【 0 0 7 4 】

さらに、ゲート領域 2 5 を除いて、ソース電極 3 1 S、ドレイン電極 3 1 D およびヒータ配線 3 2 は、表面保護膜 3 3 により覆われている。表面保護膜 3 3 は、例えば窒化シリコン膜を用いることができる。

【 0 0 7 5 】

さらに、ゲート領域 2 5 およびヒータ配線 3 2 の主要部を含む領域 (以下、真正センサ領域と言う) 3 4 の下に位置するシリコン基板 2 2 が、くり貫かれている。このように、加熱される領域である真正センサ領域 3 4 の厚さを、例えば 0 . 1 ~ 2 0 μm 程度と薄くすることにより、ヒータ配線 3 2 に通電加熱したときに、加熱された真正センサ領域 3 4 に流入した熱量が周囲に逃げ難くなり、結果として低電力で真正センサ領域 3 4 の温度を 1 0 0 ~ 2 0 0 程度に設定することができる。なお、シリコン基板 2 2 に対して異方性ドライエッチングと K O H 溶液によるウェットエッチングとを行うことにより、シリコン基板 2 2 をくり貫くことが出来る。

40

【 0 0 7 6 】

次に、参照用 n チャネル M I S 1 7 が配置されたヒータ配線領域について説明する。図 1 7 に示すように、参照用 n チャネル M I S 1 7 が配置されたヒータ配線領域の構造は、前述したセンサ用 n チャネル M I S 1 6 が配置されたヒータ配線領域の構造とほぼ同じである。相違する点は、センサ用 n チャネル M I S 1 6 の触媒金属ゲート 2 8 は層間絶縁膜 2 9 および表面保護膜 3 3 により覆われていないが、参照用 n チャネル M I S 1 7 の触媒

50

金属ゲート 28 は層間絶縁膜 29 および表面保護膜 33 により覆われていることである。

【0077】

なお、触媒金属ゲート 28 とソース電極 31S および触媒金属ゲート 28 とドレイン電極 31D との間が数 10 μm と長くなるため、ソース・ゲート抵抗は高くなるが、可燃性ガスセンサの動作領域はソース・ドレイン電流が小さい領域で用いるので、大きな障害にはならないと考えられる。

【0078】

また、センサチップには、センサ用 n チャネル MIS 16 および参照用 n チャネル MIS 17 を形成したが、n チャネル MIS に代えて p チャネル MIS を用いてもよく、同様にセンサチップを実現することができる。

10

【0079】

次に、本実施の形態 3 による可燃性ガスセンサの消費電力について説明する。

【0080】

本実施の形態 3 による可燃性ガスセンサでは、前述した図 16 に示すように、センサチップの構造を、触媒金属ゲート 28 とソース電極 31S との間隙の距離および触媒金属ゲート 28 とドレイン電極 31D との間隙の距離を長くして、この間隙に金属配線によるヒータ配線 32 を何重に折り曲げて挿入し、ゲート領域 25 およびヒータ配線 32 の主要部を含む真正センサ領域 34 の下に位置するシリコン基板 22 をくり貫き、ゲート領域 25 を加熱した熱により周辺のシリコン基板 22 が加熱され難い構造とし、さらに、前述した図 1 に示すように、センサチップ 1 とステム 2 との間に断熱材 3 を挿入する。このような構造とすることにより、実際に加熱する面積をセンサチップの全面積の 1/50 以下、全体積の 1/1000 以下とすることができる。

20

【0081】

図 18 に、本実施の形態 3 による可燃性ガスセンサのヒータ配線の抵抗と消費電力との関係を説明するグラフ図を示す。

【0082】

例えば前述した図 16 に示すセンサ用 n チャネル MIS 16 において、ヒータ配線 32 の取り出し電極（電極パッド 20）間に 12.5 mA の電流を流すと、ヒータ配線 32 の抵抗が 76.8 Ω では、ゲート領域 25 における温度は 100 となるが、ヒータ配線 32 の取り出し電極（電極パッド 20）間に係る電圧が 1 V 弱であることから、消費電力は 12 mW となる。さらに電流を増加して消費電力を 20 mW としてもゲート領域 25 における温度は約 200 である。従って、センサチップの触媒金属ゲート 28 近傍（ゲート領域 25）が 100 ~ 200 に加熱されても、消費電力が 25 mW 以下で、定格電圧 1.2 V 以下、定格電流 0.1 A 以下を達成することができる。

30

【0083】

ヒータ配線 32 の材料には、Al 合金を用いたが、例えば前述した特許出願第 2008-156427 号に開示されているように、Mo/Au/Mo 積層構造を用いることもができる。Al 合金からなる配線と、Mo/Au/Mo 積層構造からなる配線の信頼試験を行った結果、両者において 5 年以上の予測寿命が得られている。

【0084】

このように、本実施の形態 3 によれば、センサチップの構造を、周囲のシリコン基板 22 が加熱され難い構造とし、センサチップとステムとの間に断熱材を挿入することにより（例えば前述した図 1 参照）、センサチップの触媒金属ゲート 28 近傍が 100 ~ 200 に加熱されても、消費電力が 25 mW 以下で、定格電圧 1.2 V 以下、定格電流 0.1 A 以下を達成することができる。これにより、防爆性を有するセンサチップを実現することができる。本実施の形態 3 において示したセンサチップのみでも防爆性を有することができるが、前述した実施の形態 1 において示した可燃性ガスセンサ GS1, GS2 の実装構造または前述した実施の形態 2 において示した可燃性ガスセンサ GS3, GS4 の実装構造のように、防水透湿性素材 9, 39 を備えた金属キャップ 6 を用いてもよい。これにより、さらに防爆効果が向上し、さらに耐塩害性、防塵性等を有することができる。

40

50

【 0 0 8 5 】

(実施の形態 4)

前述した実施の形態 3 において説明したセンサチップは、例えば 2 5 m W 以下の低い消費電力を示すことから、電池駆動によりコードレス化したセンサキットの中に組み込むことができる。そこで、本実施の形態 4 では、センサチップ、周辺回路および電源（例えば電池）等の一つにまとめた防爆性を有するセンサノードのセンサキットについて説明する。

【 0 0 8 6 】

本実施の形態 4 による簡易防爆構造のセンサキットの基本的な構成を、図 1 9 ~ 図 2 1 を用いて説明する。図 1 9 は本実施の形態 4 によるセンサノードのシステム展開図、図 2 0 は本実施の形態 4 による簡易防爆構造のセンサキットの断面模式図、図 2 1 (a)、(b) および (c) はセンサチップを含むセンサ部分の要部断面図、センサノード基板モジュールに備わるソケットの斜視図およびセンサノード基板モジュールに備わるソケットの平面図である。

【 0 0 8 7 】

図 1 9 に示すように、センサノード S N は、主にセンサモジュール 1 0 0、通信制御モジュール 2 0 0 および電源系 3 0 0 から構成されている。センサネットのセンサノードの技術は、例えば特開 2 0 0 6 - 1 5 5 0 0 9 号公報（ガス検査システム）に開示されているので、その詳細は言及しないが、センサ 1 0 1 とその駆動回路 1 0 2、ヒータ 1 0 3、温度計 1 0 4 および温度計 1 0 4 とその駆動回路 1 0 5 からのアナログ信号を A / D 変換機 2 0 2、2 0 3 を介してコントローラ（マイクロコンピュータ）2 0 1 に取り込み、通信系 2 0 6 を通じてアンテナ 2 0 7 から無線を使ってサーバ 2 0 8 に情報を送り、リアルタイムでガス漏れを検知する技術である。図 1 9 中、符号 2 0 4 は閾値、2 0 5 は比較器を示す。

【 0 0 8 8 】

センサモジュール 1 0 0 は、1 つの I C (Integrated Circuit) チップによって製造することができる。しかし、センサ 1 0 1 は消耗品であり、定期的に取り替える必要があることから、センサ 1 0 1 は、センサノード基板モジュールから容易に交換できることが望ましい。本実施の形態 4 では、センサ 1 0 1 がセンサノード基板モジュールから簡単に取りはずしができる簡易防爆構造のセンサキットを例示する。

【 0 0 8 9 】

図 2 0 に示すように、本実施の形態 4 によるセンサキット G S K では、センサノード基板モジュール 4 3 に、センサモジュール 1 0 0、通信制御モジュール 2 0 0 および電源系 3 0 0 が実装されている。センサモジュール 1 0 0 中のセンサ 1 0 1、ヒータ 1 0 3 および温度計 1 0 4 を前述した実施の形態 3 で説明したように、1 つのシリコンチップに集積化している。センサ 1 0 1 の温度は、ヒータ配線の抵抗の温度特性から計測しており、センサモジュール 1 0 0 中の駆動回路 1 0 2、1 0 5 は別の I C チップによって、センサノード基板モジュール 4 3 に実装されている。センサ 1 0 1、ヒータ 1 0 3 および温度計 1 0 4 を I C チップに集積化した部分をセンサチップ 4 7 と呼び、以下に示すように簡易実装したセンサ 1 0 6 として、センサノード基板モジュール 4 3 から簡単に取り外せる消耗品とする。

【 0 0 9 0 】

センサノード基板モジュール 4 3 は筐体基板 4 4 上にバッファ 4 5 を介して設置され、センサ 1 0 6 は、後述するようにソケットを用いて簡単に取り外しができるようにセンサノード基板モジュール 4 3 上に設置してある。センサノード基板モジュール 4 3 およびセンサ 1 0 6 は、例えば前述した実施の形態 1 による防水透湿性素材 9 を装着した金属キャップ 6 により覆われており、止め具 4 6 を用いて金属キャップ 6 は筐体基板 4 4 に固定されている。金属キャップ 6 の形状は円柱状ではなく、直方体またはその類似形状とすることができる。金属キャップ 6 の取り付け金具を含まない外形寸法は、例えば 2 5 (W) × 2 0 (H) × 2 0 (D) m m、その重さは 2 0 g である。アンテナ 2 0 7 は金属キャップ

6 から外に出ている。

【0091】

図21(a)に示すように、センサ106では、センサチップ47を用いており、センサチップ47がステム48上に、断熱材49を介して配置されている。ステム48には、ステム48を貫通して、ステム48の表面と裏面との両面に突出する複数のリード端子(ここでは12本を例示している)50が備わっており、リード端子50は、リード端子50の外周に設けられたガラス材によってステム48に固定されている。センサチップ47の主面上に形成された複数の電極パッドとステム48に繋がる複数のリード端子50とがそれぞれワイヤ51によって接続されている。センサチップ47、断熱材49および複数のワイヤ51は、高さ6~12mm程度のステンレス金網52により覆われており、ステンレス金網52の側部の最下部(つばの部分52a)がステム48の周囲と接合されている。

10

【0092】

センサチップ47は、ステンレス金網52により覆われているだけであり、ステンレス金網52には十分な防爆性は期待できない。しかし、上記図20に示したように、センサチップ47を搭載するセンサノード基板モジュール43全体が、防爆性を有する防水透湿性素材9を装着した金属キャップ6により覆われているので、センサキットGSKは防爆性を有することができる。

【0093】

また、前述したように、センサ106は、センサノード基板モジュール43に固定されたソケットに取り付ける構造となっている。具体的には、図21(b)および(c)に示すように、複数のソケットリード端子(ここでは12本を例示している)53がソケット54に備わっており、ソケット受け口55からセンサ106に備わるリード端子50を差し込むことにより、センサ106をセンサノード基板モジュール43に搭載する。

20

【0094】

このように、本実施の形態4によれば、センサ106を搭載するセンサノード基板モジュール43全体を、防爆性を有する防水透湿性素材9を装着した金属キャップ6により覆うことにより、防爆性を有するセンサキットGSKを実現することができる。さらに、センサ106は、センサノード基板モジュール43に固定されたソケット54に着脱することにより容易に交換することができるので、センサ106の交換の作業性が向上し、またセンサ106が消耗した場合は、センサ106のみの交換によりセンサキットGSKの機能を修復できるので、コストも低減することができる。

30

【0095】

(実施の形態5)

本実施の形態5による簡易防爆構造の接触燃焼式メタンガスセンサの基本的な構成を、図22に示す断面模式図を用いて説明する。

【0096】

接触燃焼式メタンガスセンサ56は、検知素子57と補償用素子58とがステム59上に配置されており、検知素子57と補償用素子58の間には熱遮へい板60が設けられている。検知素子57は、例えばコイル状の白金線61に燃焼触媒を担持させた構造であり、白金線61の両端は金属リード線62、63に繋がっている。補償用素子58は、コイル状の白金線64に燃焼触媒を担持させない構造であり、白金線64の両端は金属リード線65、66に繋がっている。検知素子57の白金線61および補償用素子58の白金線64の径は、例えば10 μ m、それらの長さは、例えば300 μ mであり、消費電力は100mWにまで低減することができる。

40

【0097】

ステム59には、ステム59を貫通して、ステム59の表面と裏面との両面に突出する4本のリード端子67が備わっており、リード端子67は、リード端子67の外周に設けられたガラス材によってステム59に固定されている。金属リード線62、63、65、66は異なるリード端子67に接続されている。さらに、検知素子57、補償用素子58

50

および熱遮へい板 60 は、例えば前述した実施の形態 1 と同じ防爆性を有する防水透湿性素材 9 を装着した金属キャップ 6 により覆われており、金属キャップ 6 の側部の最下部（つばの部分 6a）がステム 59 の周囲と接合されている。

【0098】

本実施の形態 5 による簡易防爆構造の接触燃焼式メタンガスセンサにおいては、前述した実施の形態 1 に示した寸法と同じ寸法で作製した金属キャップ 6 を採用した場合、400 前後の動作温度でも、安定した動作を得ることができる。

【0099】

以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

【0100】

例えば前記実施の形態では、Si-MOSFET を用いた水素ガスセンサを例示したが、他の方式のガスセンサにも適用することができる。例えば M I S 型キャパシタによる水素ガスセンサにも適用することができる。また、有機顔料を用いた水素ガスセンサまたは E M F 型水素ガスセンサなどの動作原理の異なるセンサにも適用することができる。

【産業上の利用可能性】

【0101】

本発明は、防爆性および高信頼性（耐塩害性、防塵性、耐水性、耐薬品性など）を必要とする可燃性ガスを検知するガスセンサに適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0102】

【図 1】本実施の形態 1 による可燃性ガスセンサを説明する図であり、（a）、（b）および（c）はそれぞれ可燃性ガスセンサの要部断面図、底面図および防水透湿性素材をかしめるための部品の斜視図である。

【図 2】（a）、（b）および（c）はそれぞれ防水透湿性素材および金属焼結体板の火炎強さと膜厚との関係を示すグラフ図、防水透湿性素材の内部状態を説明する模式図および金属焼結体板の内部状態を説明する模式図である。

【図 3】本実施の形態 1 による可燃性ガスセンサに備わるセンサチップの一例の光学顕微鏡写真である。

【図 4】本実施の形態 1 による可燃性ガスセンサに備わるセンサチップが貼り付けられた断熱材の上面図である。

【図 5】本実施の形態 1 による可燃性ガスセンサに備わるセンサチップが貼り付けられた断熱材の光学顕微鏡写真である。

【図 6】本実施の形態 1 による可燃性ガスセンサの要部断面図である。

【図 7】本実施の形態 1 による水素防爆実験に用いた容器の要部断面図である。

【図 8】本実施の形態 1 による可燃性ガスセンサと同じ実装構造の爆発実験用試料の要部断面図である。

【図 9】本発明者らが比較のために形成した爆発実験用試料の要部断面図である。

【図 10】本発明者らが比較のために形成した爆発実験用試料の要部断面図である。

【図 11】（a）および（b）はそれぞれ塩害試験に用いた本実施の形態 1 による可燃性ガスセンサの要部断面図および底面図を示す。

【図 12】本実施の形態 1 による可燃性ガスセンサの耐塩害性を説明する図であり、（a）、（b）および（c）はそれぞれ塩害試験を行っていない試料の S E M 写真、厳しさ（1）の塩害試験を行った後の試料の S E M 写真および厳しさ（2）の塩害試験を行った後の試料の S E M 写真である。

【図 13】本実施の形態 1 による可燃性ガスセンサの耐防塵性を説明する図であり、粉塵試験 12 日経過後のセンサチップの S E M 写真を示す。

【図 14】本実施の形態 2 による可燃性ガスセンサの第 1 例の要部断面図である。

【図 15】本実施の形態 2 による可燃性ガスセンサの第 2 例の要部断面図である。

10

20

30

40

50

【図 16】本実施の形態 3 による可燃性ガスセンサに備わるセンサチップを説明する図であり、(a) および (b) はそれぞれセンサチップのセンサ用 n チャネル MIS が配置されたヒータ配線領域の要部断面図および要部平面図である。

【図 17】本実施の形態 3 による可燃性ガスセンサに備わるセンサチップを説明する図であり、センサチップの参照用 n チャネル MIS が配置されたヒータ配線領域の要部断面図である。

【図 18】本実施の形態 3 による可燃性ガスセンサのヒータ配線の抵抗と消費電力との関係を示すグラフ図を示す。

【図 19】本実施の形態 4 によるセンサノードのシステム展開図である。

【図 20】本実施の形態 4 による簡易防爆構造のセンサキットの断面模式図である。

10

【図 21】本実施の形態 4 による簡易防爆構造のセンサキットを説明する図であり、(a)、(b) および (c) はそれぞれセンサチップを含むセンサ部分の要部断面図、センサノード基板モジュールに備わるソケットの斜視図およびセンサノード基板モジュールに備わるソケットの平面図である。

【図 22】本実施の形態 5 による簡易防爆構造の接触燃焼式メタンガスセンサの基本的な構成を説明する接触燃焼式メタンガスセンサの断面模式図である。

【符号の説明】

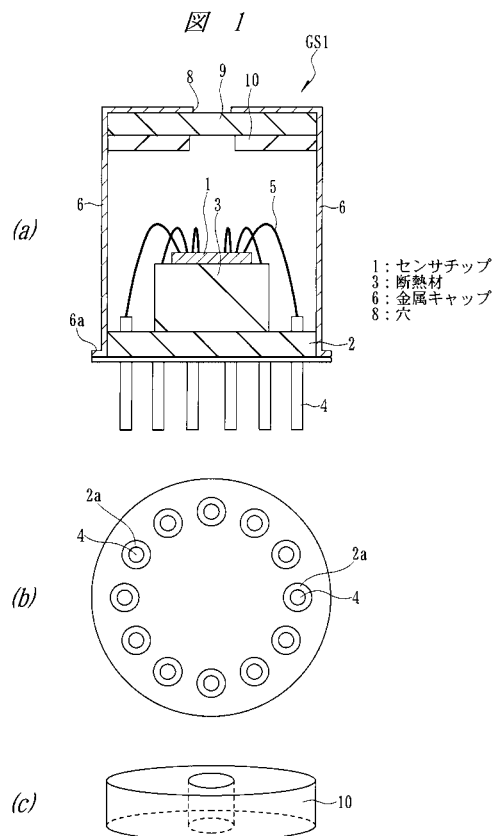
【0103】

- | | | |
|-----|----------------------|----|
| 1 | センサチップ | |
| 2 | ステム | 20 |
| 2a | ガラス材 | |
| 3 | 断熱材 | |
| 4 | リード端子 | |
| 5 | ワイヤ | |
| 6 | 金属キャップ | |
| 6a | つばの部分 | |
| 8 | 穴 | |
| 9 | 防水透湿性素材 | |
| 10 | 断熱材 | |
| 11 | ポリテトラフルオロエチレン | 30 |
| 12 | 空隙 | |
| 13 | 金属焼結体 | |
| 14 | 空隙 | |
| 15 | シリコン基板 | |
| 16 | センサ用 n チャネル MIS | |
| 17 | 参照用 n チャネル MIS | |
| 18 | ヒータ | |
| 19 | p n 接合ダイオード | |
| 20 | 電極パッド | |
| 21 | 配線 | 40 |
| 22 | シリコン基板 | |
| 23 | 埋め込み絶縁層 | |
| 24 | チャンネルシリコン層 | |
| 25 | ゲート領域 | |
| 26 | 局所酸化膜 SiO_2 | |
| 27 | ゲート絶縁膜 | |
| 28 | 触媒金属ゲート | |
| 28S | ソース領域 | |
| 28D | ドレイン領域 | |
| 29 | 層間絶縁膜 | 50 |

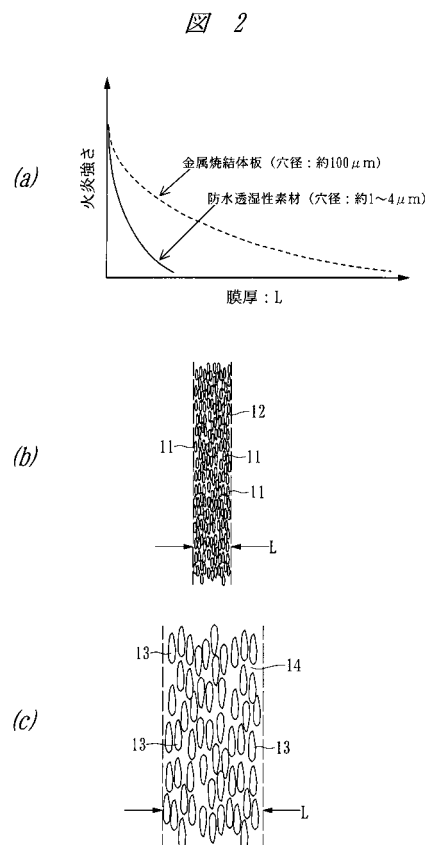
3 0	接続孔	
3 1 S	ソース電極	
3 1 D	ドレイン電極	
3 2	ヒータ配線	
3 3	表面保護膜	
3 4	真正センサ領域	
3 5	容器	
3 6	フィルム	
3 7	粘土	
3 8	タングステンフィラメント線	10
3 9	防水透湿性素材	
4 0	ステンレス線	
4 1	粒子状物質	
4 2	エポキシ樹脂	
4 3	センサノード基板モジュール	
4 4	筐体基板	
4 5	バッファ	
4 6	止め具	
4 7	センサチップ	
4 8	ステム	20
4 9	断熱材	
5 0	リード端子	
5 1	ワイヤ	
5 2	ステンレス金網	
5 2 a	つばの部分	
5 3	ソケットリード端子	
5 4	ソケット	
5 5	ソケット受け口	
5 6	接触燃焼式メタンガスセンサ	
5 7	検知素子	30
5 8	補償用素子	
5 9	ステム	
6 0	熱遮へい板	
6 1	白金線	
6 2 , 6 3	金属リード線	
6 4	白金線	
6 5 , 6 6	金属リード線	
6 7	リード端子	
1 0 0	センサモジュール	
1 0 1	センサ	40
1 0 2	駆動回路	
1 0 3	ヒータ	
1 0 4	温度計	
1 0 5	駆動回路	
1 0 6	センサ	
2 0 0	通信制御モジュール	
2 0 1	コントローラ	
2 0 2 , 2 0 3	A / D 変換機	
2 0 4	閾値	
2 0 5	比較器	50

206 通信系
 207 アンテナ
 208 サーバ
 300 電源系
 GS1, GS2, GS3, GS4 可燃性ガスセンサ
 GSK センサキット
 SN センサノード
 S1 爆発実験用試料
 RS1, RS2 爆発実験用比較試料

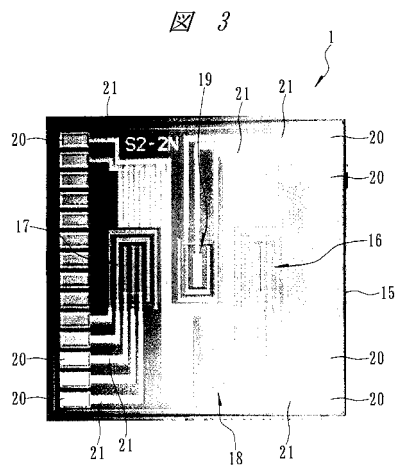
【図1】



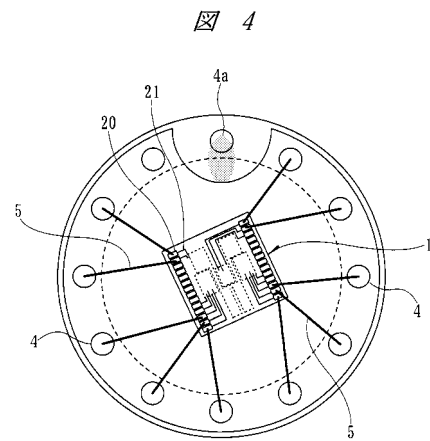
【図2】



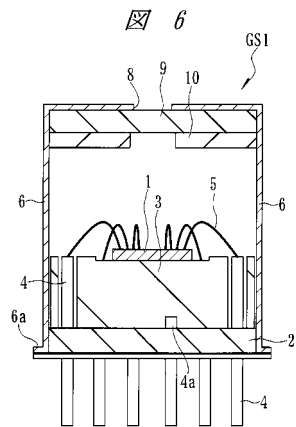
【図 3】



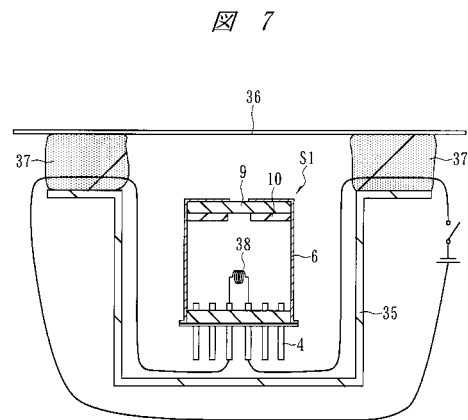
【図 4】



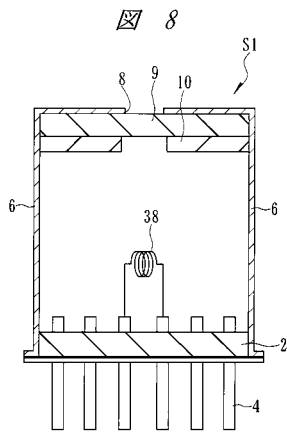
【図 6】



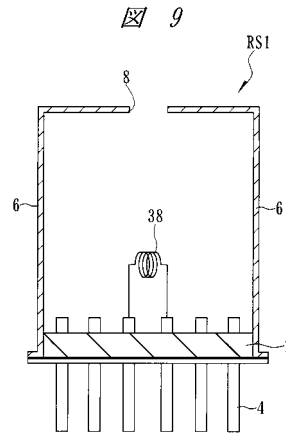
【図 7】



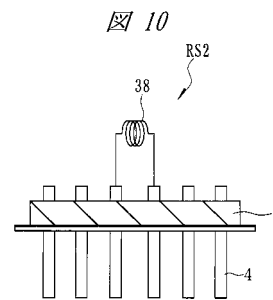
【図 8】



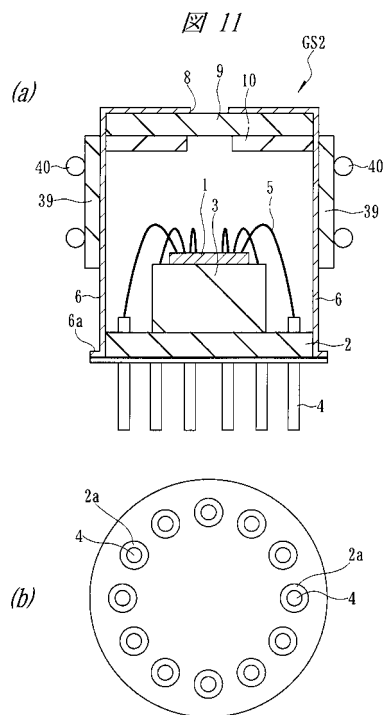
【図 9】



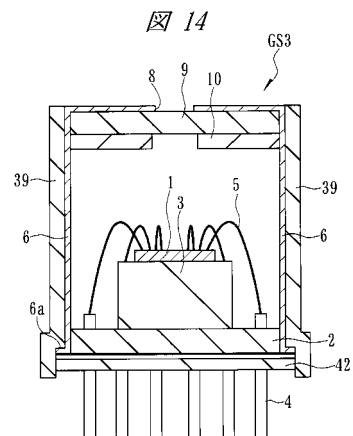
【図 10】



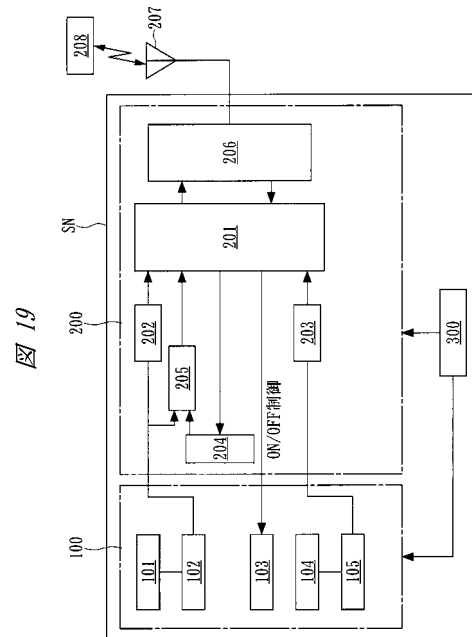
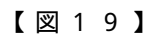
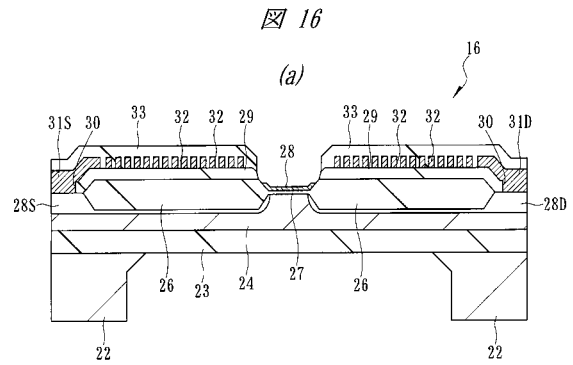
【図 11】



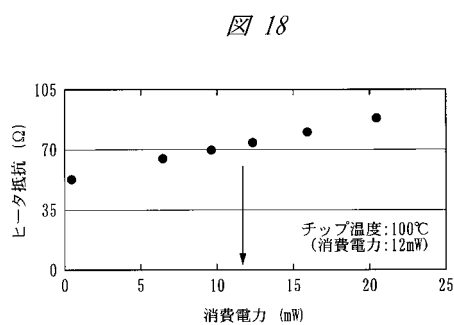
【図 14】



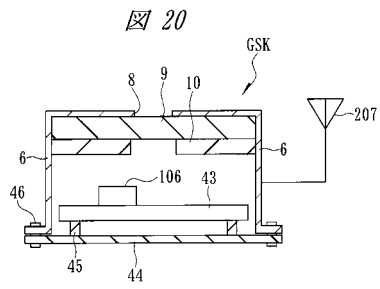
【 図 1 6 】



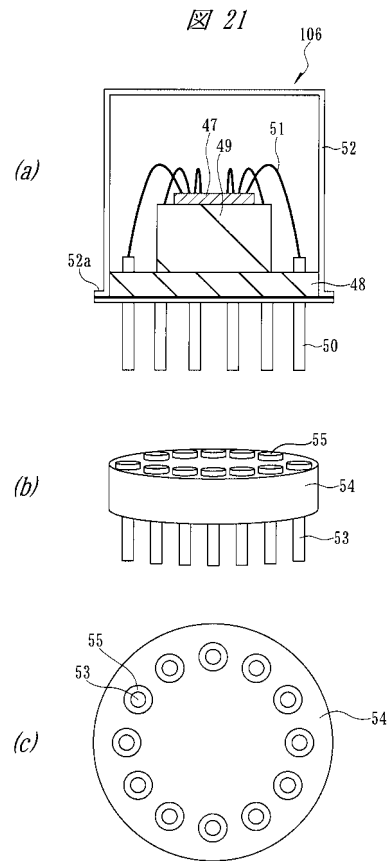
【 図 1 8 】



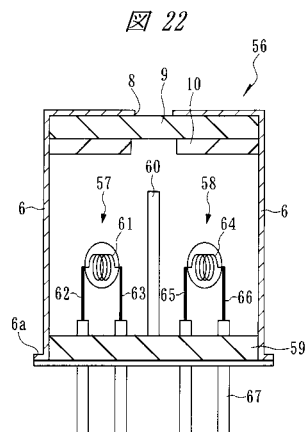
【図 20】



【図 21】

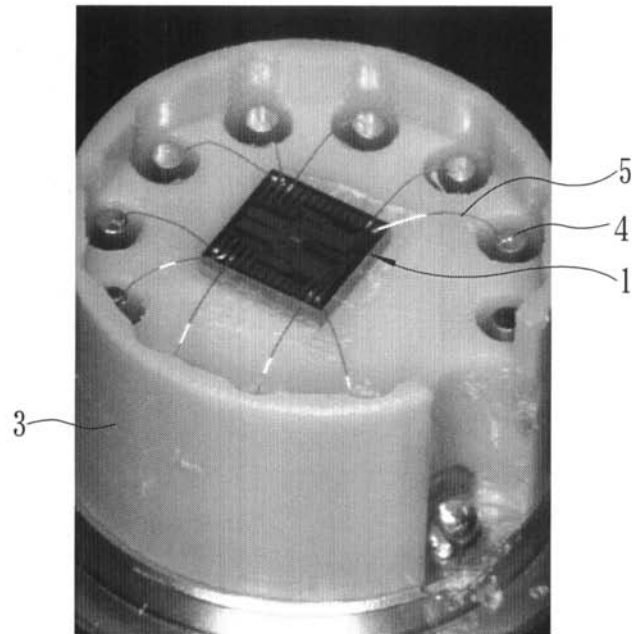


【図 22】



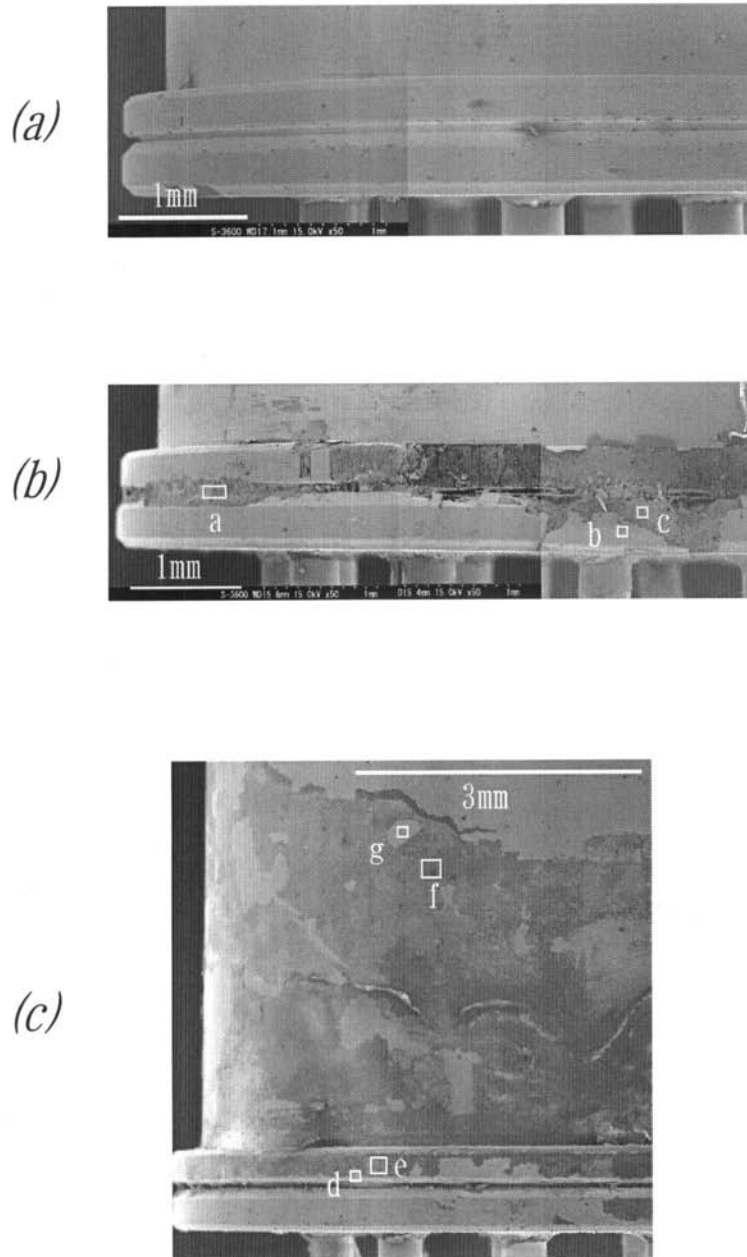
【図 5】

図 5



【図 12】

図 12



【図 13】

図 13

