

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年3月5日(05.03.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/045049 A1

(51) 国際特許分類:

G01N 27/04 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2019/031580

(22) 国際出願日:

2019年8月9日(09.08.2019)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(30) 優先権データ:

特願 2018-159629 2018年8月28日(28.08.2018) JP

(71) 出願人: イビデン株式会社 (IBIDEN CO., LTD.)

[JP/JP]; 〒5038604 岐阜県大垣市神田町2丁目1番地 Gifu (JP). 株式会社デンソー (DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).

(72) 発明者: 伊藤 康隆 (ITO Yasutaka); 〒5010695 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビデン株

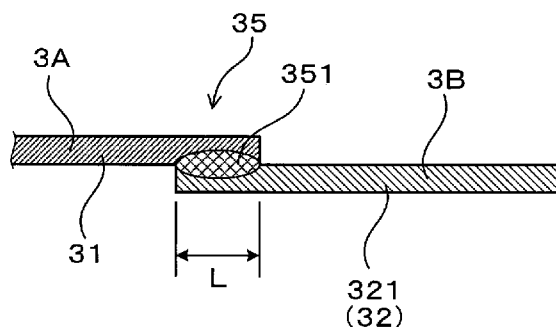
式会社大垣北事業場内 Gifu (JP). 中村 友好 (NAKAMURA Tomoyoshi); 〒5010695 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビデン株式会社大垣北事業場内 Gifu (JP). 牛田 健 (USHIDA Takeshi); 〒5010695 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビデン株式会社大垣北事業場内 Gifu (JP). 木全 岳人 (KIMATA Takehito); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 山本 真宏 (YAMAMOTO Masahiro); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 あいち国際特許事務所 (AICHI, TAKAHASHI, IWAKURA & ASSOCIATES); 〒4500002 愛知県名古屋市名村区名駅3丁目26番19号 名駅永田ビル Aichi (JP).

(54) Title: PARTICULATE-MATTER DETECTING SENSOR ELEMENT

(54) 発明の名称: 粒子状物質検出センサ素子

[図5]



(57) Abstract: Provided is a particulate-matter detecting sensor element that makes it possible to attain both an improvement in temperature cycle resistance and an improvement in oxidation resistance. A particulate-matter detecting sensor element according to the present invention includes: an insulating substrate having a detecting face; a plurality of detecting conductors formed in the insulating substrate; and a heater part formed in the insulating substrate. The detecting conductors each include a detecting electrode section (31), a terminal section, and an interconnecting section (32). In the detecting conductor, a portion including the detecting electrode section (31) is constituted of a precious-metal conductor (3A) mainly composed of at least one kind of precious metal selected from Pt, Au, Pd, Rh, and Ir. At least a portion of the interconnecting section (32) is constituted of a low-expansion conductor (3B) mainly composed of a low-expansion-rate metal having a lower linear expansion coefficient than precious metals. The precious-metal conductor (3A) and the low-expansion conductor (3B) are joined together via an overlapping section (35) on an insulating layer constituting the insulating substrate so as to partially overlap each other therein in the normal direction of the insulating layer.

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約: 耐温度サイクル性の向上と耐酸化性の向上との両立を図ることができる粒子状物質検出センサ素子を提供する。粒子状物質検出センサ素子は、検出面を有する絶縁基体と、絶縁基体に形成された複数の検出用導体と、絶縁基体に形成されたヒータ部と、を有する。検出用導体は、検出電極部(31)と端子部と連結部(32)とを有する。検出用導体のうち、検出電極部(31)を含む部位は、Pt、Au、Pd、Rh、Irから選ばれる少なくとも一種以上の貴金属を主成分とする貴金属導体(3A)にて構成されている。連結部(32)の少なくとも一部は、貴金属よりも線膨張係数が小さい低膨張率金属を主成分とする低膨張導体(3B)にて構成されている。貴金属導体(3A)と低膨張導体(3B)とは、絶縁基体を構成する絶縁層上において、絶縁層の法線方向に、部分的に互いに重なり合った重複部(35)によって接合されている。

明 細 書

発明の名称： 粒子状物質検出センサ素子

技術分野

[0001] 本発明は、被測定ガス中の粒子状物質を検出する粒子状物質検出センサ素子に関する。

背景技術

[0002] 例えば、内燃機関から排出される排ガス中の粒子状物質（すなわち、P a r t i c u l a t e M a t t e r : P M）の量を検出するために、電気抵抗式の粒子状物質検出センサ（以下において、適宜、P Mセンサともいう）が使用されている。

[0003] 特許文献1には、積層構造の絶縁性基体の表面に、粒子状物質を検出するための検出部を有する粒子状物質検出センサ素子（以下において、適宜、P Mセンサ素子ともいう）が開示されている。検出部には、検出電極が露出している。また、引出電極が絶縁性基体に埋設されている。また、検出部を加熱するためのヒータが、絶縁性基体に埋設されている。

[0004] 特許文献2には、白金を主原料とする検出電極と、モリブデン又はタングステンを主原料とする引き出し電極とを有するセンサ素子が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2017-58365号公報

特許文献2：特開2013-242283号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、P Mセンサ素子には、耐久性の向上が求められている。具体的には、耐温度サイクル性、耐酸化性等の耐久性を向上させることが求められている。すなわち、P Mセンサ素子は、ヒータ部によって、例えば60

0～800℃という高温に加熱された状態にて粒子状物質検出の測定を行なう。そのため、PMセンサ素子は、常温と、上記の高温との間の温度サイクルを繰り返すこととなる。

[0007] それゆえ、PMセンサ素子の検出用導体は、温度サイクルの影響を受けても、長期使用に対する耐久性を有することが必要である。その一方で、検出用導体は、高温下に晒されても、酸化の影響を受けないで、粒子状物質を検出する機能を維持することが必要である。

[0008] 特許文献1に開示されたPMセンサ素子においては、基本的に同一材料にて、検出用導体の全体が形成されることとなる。そうすると、特許文献1に開示されたPMセンサ素子における検出用導体は、温度サイクルの影響による応力の低減（以下において、適宜「耐温度サイクル性の向上」という）と、耐酸化性の向上との両立は困難といえる。つまり、特許文献1に開示されたPMセンサ素子に温度サイクルを行なったとき、検出用導体の全体に、ある材料（例えばAu）を用いた場合は、温度サイクルによって発生する応力の影響を低減させ難く、他のある材料（例えばW）を用いた場合には、高温下に晒されたときの耐酸化性を確保し難くなる。

[0009] 特許文献2に開示されたPMセンサ素子においては、検出電極と、引き出し電極とを、互いに異なる材料にて形成している。そして、引き出し電極をタングステン又はモリブデンにて構成している。ところが、異なる材料からなる部位同士の接合部分において、接続信頼性が懸念される。したがって、特許文献2に開示されたPMセンサ素子においても、耐温度サイクル性の向上と耐酸化性の向上との両立を図ることはできていない。

[0010] 本発明は、かかる背景に鑑みてなされたものであり、耐温度サイクル性の向上と耐酸化性の向上との両立を図ることができる粒子状物質検出センサ素子を提供しようとするものである。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明の一態様は、被測定ガス中の粒子状物質を検出する粒子状物質検出センサ素子であって、

粒子状物質を付着させる検出面を有する絶縁基体と、
上記絶縁基体に形成された互いに極性の異なる複数の検出用導体と、
上記絶縁基体に形成されたヒータ部と、を有し、
上記検出用導体は、少なくとも一部が上記検出面に露出した検出電極部と、
上記検出電極部に電氣的に接続されると共に、上記絶縁基体の外表面に形成された端子部と、
上記検出電極部と上記端子部とを電氣的に接続する連結部と、を有し、
上記検出用導体のうち、少なくとも、上記検出電極部を含む部位は、Pt、Au、Pd、Rh、Irから選ばれる少なくとも一種以上の貴金属を主成分とする貴金属導体にて構成されており、
上記連結部の少なくとも一部は、上記貴金属よりも線膨張係数が小さい低膨張率金属を主成分とする低膨張導体にて構成されており、
上記貴金属導体と上記低膨張導体とは、上記絶縁基体を構成する絶縁層上において、該絶縁層の法線方向に、部分的に互いに重なり合った重複部によって接合されている、粒子状物質検出センサ素子にある。

発明の効果

- [0012] 上記粒子状物質検出センサ素子においては、上記検出用導体のうち、上記検出電極部を含む部位が、上記貴金属導体にて構成されている。すなわち、検出用導体のうち、被測定ガスに曝される箇所は、貴金属導体にて構成されている。それゆえ、検出用導体の耐酸化性を向上させることができる。
- [0013] 上記連結部の少なくとも一部は、上記貴金属よりも線膨張係数が小さい低膨張率金属を主成分とする低膨張導体にて構成されている。これにより、連結部が、温度サイクルに曝されたとき、その膨脹、収縮により発生した応力の影響を抑制することができる。つまり、比較的広範囲にわたって形成される連結部は、ヒータ部による加熱時における膨脹によって、応力が作用しやすい。そこで、検出用導体のうち、連結部の少なくとも一部を、線膨張係数の小さい低膨張導体とすることで、効果的に耐温度サイクル性を向上させる

ことができる。

[0014] そして、貴金属導体と低膨張導体とは、上記絶縁基体を構成する絶縁層上において、該絶縁層の法線方向に、部分的に互いに重なり合った重複部によって接合されている。これにより、貴金属導体と低膨張導体との接合部の接続信頼性を向上させることができる。すなわち、重複部を設けることにより、貴金属導体と低膨張導体との接続面積を確保しやすく、また、接合部における応力集中を抑制しやすい。その結果、貴金属導体と低膨張導体との接合部の接続信頼性を向上させることができる。

このように、検出用導体の構成を上記のようにすることにより、検出用導体の耐温度サイクル性と耐酸化性との両立を図ることができる。

[0015] 以上のごとく、上記態様によれば、耐温度サイクル性の向上と耐酸化性の向上との両立を図ることができる粒子状物質検出センサ素子を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]実施形態1における、粒子状物質検出センサ素子（PMセンサ素子）の斜視図。

[図2]図1のII－II線矢視断面説明図。

[図3]実施形態1における、PMセンサ素子の分解平面図。

[図4]実施形態1における、検出電極部と長尺配線部との接続部の平面説明図。

[図5]図4のV－V線矢視断面図。

[図6]実施形態1における、重複部の断面写真（約5000倍）。

[図7]実施形態1における、PMセンサ素子の製造方法の説明図であって、複数のグリーンシートの平面図。

[図8]実施形態2における、長尺配線部の基端部とビア内導体と端子部との断面説明図。

[図9]実施形態3における、PMセンサ素子の分解平面図。

[図10]変形形態における、検出電極部と長尺配線部との接続部の平面説明図

。

発明を実施するための形態

[0017] 上記貴金属導体は、上述のように、Pt（白金）、Au（金）、Pd（パラジウム）、Rh（ロジウム）、Ir（イリジウム）から選ばれる少なくとも一種以上の貴金属を主成分とする。ここで、「Pt、Au、Pd、Rh、Irから選ばれる少なくとも一種以上の貴金属を主成分とする」とは、Pt、Au、Pd、Rh、Irの質量の合計が、貴金属導体の全体の質量に対して、50%以上であることを意味する。貴金属導体は、Pt、Au、Pd、Rh、Irのうちの一種のみを含んでいてもよいし、複数種類を含んでいてもよい。また、貴金属導体は、アルミナ等のセラミックが含まれているものとすることができる。ただし、貴金属導体は、アルミナ等のセラミックが含まれていないものとすることもできる。貴金属導体にセラミックが含まれる場合には、その含有量は、例えば、20重量%以下であることが好ましい

。

[0018] 上記低膨張導体は、貴金属よりも線膨張係数が小さい低膨張率金属を主成分とする。ここで、「低膨張率金属を主成分とする」とは、低膨張率金属の質量の合計が、低膨張導体の全体の質量に対して、50%以上であることを意味する。

[0019] 上記低膨張率金属は、W、Moから選ばれる少なくとも一種以上の金属であることが好ましい。W、Moは、貴金属よりも十分に線膨張係数が小さい金属であるからである。また、W、Moは、貴金属導体よりも高融点であるため、耐温度サイクル性だけでなく、耐熱性の向上、強度向上を、検出用導体にもたらすことができる。

低膨張導体は、W、Moのいずれか一方のみを含んでいてもよいし、双方を含んでいてもよい。また、低膨張導体は、アルミナ等のセラミックを含んでいるものとすることができる。ただし、低膨張導体は、アルミナ等のセラミックを含まないものとすることもできる。低膨張導体にセラミックが含まれる場合には、その含有量は、例えば、20重量%以下であることが好まし

い

。

[0020] なお、本明細書において、「貴金属」というときは、Pt、Au、Pd、Rh、Irのことをいう。そして、低膨張率金属は、上記の貴金属（すなわち、Pt、Au、Pd、Rh、Ir）よりも線膨張係数が小さい。

また、線膨張係数は、JIS

Z 2285（2003 金属材料の線膨張係数の測定方法）に準拠して、温度20℃にて測定を行なった値とする。その一例として、各金属の線膨張係数は、W： $4.5 \times 10^{-6}/K$ 、Mo： $4.0 \times 10^{-6}/K$ 、Pt： $8.8 \times 10^{-6}/K$ 、Au： $14.2 \times 10^{-6}/K$ 、Pd： $11.8 \times 10^{-6}/K$ 、Rh： $8.2 \times 10^{-6}/K$ 、Ir： $6.2 \times 10^{-6}/K$ である。

[0021] また、上記検出用導体のうち、上記端子部は、上記貴金属導体にて構成されていることが好ましい。この場合には、端子部の耐酸化性を向上させることができる。端子部も、素子表面に露出する部分であるため、この部位を貴金属導体にて構成することで、検出用導体の耐酸化性を一層向上させることができる。また、PMセンサ素子は、例えばガスセンサ等、他のセンサ素子に比べて、排気管のより中央に近い位置においてセンシングを行うことが望まれる。それに伴い、PMセンサ素子は、検出電極部のみならず、端子部も、高温にさらされやすくなる。それゆえ、PMセンサ素子においては、特に、検出電極部のみならず、端子部にも、十分な耐熱性、耐酸化性が求められやすい。そこで、上記のように端子部も貴金属導体にて構成することによって、その耐熱性、耐酸化性を向上させ、市場の要求に応えることができる。

[0022] また、上記低膨張導体は、上記絶縁基体の内部に形成されているものとすることができる。この場合には、耐温度サイクル性と耐酸化性との両立を、より効果的に得ることができる。つまり、低膨張導体が絶縁基体の内部に配置されていることで、低膨張導体が酸素を含むガスに曝され難くなり、検出用導体の耐酸化性を向上させやすい。その一方で、絶縁基体の内部は、ヒータ部による加熱時において、温度上昇しやすい。そこで、低膨張導体が、検

出用導体のうち絶縁基体の内部に形成された部位とすることで、効果的に耐温度サイクル性を向上させることができる。

[0023] また、検出電極部は、複数の上記絶縁層の間に形成されており、上記検出面は、複数の上記絶縁層の積層方向に直交する方向の端面に形成されているものとすることができる。この場合には、検出用導体の耐酸化性を一層向上させることができる。すなわち、検出電極部が複数の絶縁層の間に形成されている場合、検出電極部が積層方向から挟持された状態にある。それゆえ、絶縁層の焼成時において、検出電極部が積層方向に圧縮される。その結果、検出電極部の粒子間の微細な気孔がより小さくなりやすく、ガスの侵入をより阻止しやすくなる。それゆえ、絶縁基体内の低膨張導体を保護することとなる。したがって、検出用導体の耐酸化性を向上させることができる。

[0024] また、上記検出用導体は、複数の上記絶縁層の間に形成された内層導体と、積層方向における上記絶縁基体の外表面に形成された外層導体とを有し、上記内層導体と上記外層導体とを層間接続する内外層間ビアが設けてあり、該内外層間ビア内のビア内導体は、上記貴金属導体であるものとすることができる。この場合には、外層導体とビア内導体とを共に貴金属導体にて構成することができるため、両者の間の接続信頼性を向上させることができる。

[0025] また、上記内層導体のうち、上記外層導体に接続された上記内外層間ビアに直接接続される部位は、上記貴金属導体であるものとすることができる。この場合には、ビア内導体と内層導体との接合を、貴金属導体同士の接合とすることになるため、両者間の接続信頼性を向上させることができる。

[0026] また、上記重複部は、上記貴金属と上記低膨張率金属との固溶体層を有することが好ましい。この場合には、貴金属導体と低膨張導体との間の接合界面における応力を一層緩和して、接続信頼性を向上させることができる。

[0027] また、上記端子部は、多孔質の上記貴金属導体にて構成されていることが好ましい。この場合には、端子部における、外部電極との接触抵抗を低減することができる、電氣的接続信頼性を向上させることができる。また、絶縁基体との間の応力を緩和することができる。その結果、絶縁基体からの端子部

の密着性を、より向上させることができる。

[0028] また、上記検出用導体のうち、上記低膨張導体にて構成された上記連結部と上記端子部との間の部分の少なくとも一部は、閉気孔を有する上記貴金属導体にて構成されていることが好ましい。この場合には、低膨張導体までガスが侵入することを阻止しつつ、絶縁基体との間の応力を緩和することができる。なお、閉気孔を有するとは、貴金属導体中に気孔を含み、その気孔が絶縁基体と連通されていない状態のことをいう。

[0029] (実施形態1)

粒子状物質検出センサ素子（すなわちPMセンサ素子）の実施形態につき、図面を参照して、説明する。

本形態のPMセンサ素子1は、被測定ガス中の粒子状物質を検出する素子である。

PMセンサ素子1は、図1～図3に示すごとく、絶縁基体2と、絶縁基体2に形成された検出用導体3と、絶縁基体2に形成されたヒータ部4と、を有する。PMセンサ素子1は、互いに極性の異なる複数の検出用導体3を有する。絶縁基体2は、粒子状物質を付着させる検出面21を有する。

[0030] 検出用導体3は、検出電極部31と、端子部33と、連結部32と、を有する。検出電極部31は、少なくとも一部が検出面21に露出している。端子部33は、検出電極部31に電氣的に接続されると共に、絶縁基体2の外表面に形成されている。連結部32は、検出電極部31と端子部33とを電氣的に接続する。

[0031] 検出用導体3のうち、検出電極部31を含む部位は、Pt、Au、Pd、Rh、Irから選ばれる少なくとも一種以上の貴金属を主成分とする貴金属導体3Aにて構成されている。

検出用導体3のうち、連結部32の少なくとも一部は、貴金属よりも線膨張係数が小さい低膨張率金属を主成分とする低膨張導体3Bにて構成されている。本形態においては、低膨張率金属は、W、Moから選ばれる少なくとも一種以上からなる。

- [0032] 図4、図5に示すごとく、貴金属導体3Aと低膨張導体3Bとは、絶縁基体2を構成する絶縁層22上において、絶縁層22の法線方向に、部分的に互いに重なり合った重複部35によって接合されている。
- [0033] 図1、図2に示すごとく、検出用導体3は、素子表面に露出した露出導体部301と、素子表面に露出しない非露出導体部302とを有する。低膨張導体3Bは、絶縁基体2の内部に形成されている。すなわち、低膨張導体3Bは、非露出導体部302の少なくとも一部を構成する。
- [0034] 図2、図3に示すごとく、検出用導体3のうち、端子部33も、貴金属導体3Aにて構成されている。本形態において、検出電極部31及び端子部33は、貴金属導体3Aからなる。連結部32は、低膨張導体3Bを有する。ここで、端子部33は、その全体が露出導体部301でもあり、全体が貴金属導体3Aからなる。また、検出電極部31においては、検出面21に露出した部分が露出導体部301となり、その他の部分が非露出導体部302となる。しかし、この非露出導体部302も含めて、検出電極部31の全体が、貴金属導体3Aからなる。また、連結部32は、その全体が低膨張導体3Bからなるわけではなく、連結部32の一部は貴金属導体3Aによって構成されている。この点の詳細については、後述する。
- [0035] 絶縁基体2は、長尺形状を有し、連結部32は、絶縁基体2の長手方向に沿って形成された長尺配線部321を有する。そして、長尺配線部321は、低膨張導体3Bからなる。
- [0036] 本形態のPMセンサ素子1は、図1に示すごとく、長尺の略直方体形状を有する。絶縁基体2は、例えば、アルミナ(Al_2O_3)を主成分とするセラミックにより構成することができる。この絶縁基体2の外形が、略直方体形状を有する。
- [0037] 図2、図3に示すごとく、絶縁基体2は、複数の絶縁層22を積層してなる。検出電極部31は、複数の絶縁層22の間に形成されている。検出面21は、複数の絶縁層22の積層方向に直交する方向の端面に形成されている。本形態においては、絶縁基体2の長手方向の一端側の面に、検出面21が

設けられている。

[0038] 以下において、絶縁基体 2 の長手方向において、検出面 2 1 が設けられた側を先端側といい、その反対側を基端側という。なお、図 3 は、絶縁層 2 2 の層間において、PM センサ素子 1 を分解したものを積層方向から見た、平面説明図である。また、絶縁基体 2 の外表面のうち、積層方向を向いた平面が、最も広い平面であり、この平面を、適宜、主面という。

[0039] また、絶縁基体 2 の基端部に、端子部 3 3 が形成されている。端子部 3 3 は、絶縁基体 2 の主面における基端部に形成されている。そして、絶縁基体 2 の長手方向の両端部にそれぞれ配された、検出電極部 3 1 と端子部 3 3 とを連結するように、連結部 3 2 が形成されている。連結部 3 2 の一部は、複数の絶縁層 2 2 の間に形成された内層導体である。

[0040] PM センサ素子 1 は、内層導体を、非露出導体部 3 0 2 として有する。また、検出用導体 3 は、積層方向における絶縁基体 2 の外表面に形成された外層導体を、露出導体部 3 0 1 として有する。内層導体と外層導体とを層間接続する内外層間ビア 1 1 が設けてある。内外層間ビア 1 1 内のビア内導体 3 2 2 は、貴金属導体 3 A である。

[0041] 本形態においては、連結部 3 2 は、長尺配線部 3 2 1 とビア内導体 3 2 2 とからなる。また、長尺配線部 3 2 1 は、内層導体の一部である。内層導体は、長尺配線部 3 2 1 とその先端部に接続された検出電極部 3 1 とを有する。上述のように、連結部 3 2 の一部であるビア内導体 3 2 2 は、貴金属導体 3 A からなる。そして、連結部 3 2 におけるビア内導体 3 2 2 以外の部位である長尺配線部 3 2 1 は、低膨張導体 3 B からなる。

[0042] 検出電極部 3 1 と長尺配線部 3 2 1 との接続は、貴金属導体 3 A と低膨張導体 3 B との接続となる。図 4、図 5 に示すごとく、貴金属導体 3 A と低膨張導体 3 B とは、積層方向に隣り合う絶縁層 2 2 の間において、絶縁層 2 2 の厚み方向に、部分的に互いに重なり合った重複部 3 5 において接合されている。すなわち、本形態においては、検出電極部 3 1 と長尺配線部 3 2 1 とが、重複部 3 5 によって接合されている。

[0043] 長尺配線部 3 2 1 の長手方向における重複部 3 5 の長さ L は、例えば、貴金属導体 3 A の厚みの 1 ～ 1 2 0 倍程度とすることができる。

重複部 3 5 は、貴金属と低膨張率金属との固溶体層 3 5 1 を有する。図 6 において、重複部 3 5 の断面写真を示した。貴金属である Pt と低膨張率金属である W との間に、固溶体層 3 5 1 が形成されていることを確認することができる。なお、写真中に示した破線は、固溶体層 3 5 1 の存在領域の概略を、出願人が付したものである。

[0044] 図 1 ～図 3 に示すごとく、PM センサ素子 1 は、ヒータ部 4 を内蔵している。すなわち、絶縁基体 2 の内部に、ヒータ部 4 が形成されている。複数の絶縁層 2 2 の間の界面に、ヒータ部 4 が形成されている。ヒータ部 4 も、上述の低膨張導体 3 B によって構成することができる。また、ヒータ部 4 は、発熱部 4 1 と、発熱部 4 1 に接続された一对のリード部 4 2 とを有する。

[0045] 各リード部 4 2 は、素子表面に露出した一对のヒータ用端子部 4 3 に、それぞれ接続されている。リード部 4 2 は、内層導体である長尺配線部 4 2 1 と、長尺配線部 4 2 1 とヒータ用端子部 4 3 とを繋ぐビア内導体 4 2 2 とを有する。

[0046] 一对のヒータ用端子部 4 3 は、絶縁基体 2 における、検出用導体 3 の端子部 3 3 が配された側と反対側の主面に、形成されている。また、ヒータ用端子部 4 3 は、絶縁基体 2 の基端部に配され、発熱部 4 1 は、絶縁基体 2 の先端部付近に配されている。

[0047] ヒータ部 4 に通電することにより、発熱部 4 1 が発熱し、PM センサ素子 1 が加熱される。PM センサ素子 1 は、例えば、内燃機関の排気系に設置されて用いることができる。そして、排ガス中の PM の量を検出することができる。PM の検出を行う際には、上述のように、ヒータ部 4 に通電して、例えば、PM センサ素子 1 を 6 0 0 ～ 8 0 0 °C 程度に加熱する。

[0048] そして、この状態で、互いに極性の異なる複数の検出用導体 3 の間に、所定の電圧をかける。つまり、一对の端子部 3 3 の間に所定の電圧をかける。これにより、検出面 2 1 に露出した複数の検出電極部 3 1 の間における抵抗

値の変化に基づき、PM量を検出することができる。

[0049] 次に、本形態のPMセンサ素子1の製造方法の一例につき、説明する。

すなわち、以下の、グリーンシート成形工程、スルーホール形成工程、パターン印刷工程、脱脂・焼成工程、外形加工工程、パッド形成工程を行うことにより、PMセンサ素子1を製造することができる。

[0050] [グリーンシート成形工程]

絶縁基体2は、セラミック材料、バインダー樹脂等からなる原料組成物を成形したセラミックグリーンシート（以下、適宜「グリーンシート」という。）を用いて得ることができる。

[0051] セラミック材料としては、酸化物セラミック、窒化物セラミック、炭化物セラミック等が挙げられる。窒化物セラミックとしては、例えば、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素、窒化チタン等が挙げられ、炭化物セラミックとしては、例えば、炭化珪素、炭化ジルコニウム、炭化チタン、炭化タンタル、炭化タングステン等が挙げられ、酸化物セラミックとしては、例えば、アルミナ、ジルコニア、コージュライト、ムライト等が挙げられる。これらの中では、アルミナを含むセラミックを用いることが好ましい。

[0052] バインダー樹脂としては、アクリル樹脂、エポキシ樹脂等を用いることができる。

また、粘度を調整するために溶剤を用いることができ、溶剤としては、アセトン、エタノール等を用いることができる。

その他、焼結助剤を添加することもできる。焼結助剤としては、 SiO_2 、 MgO 、 CaO 等の無機酸化物を用いることができる。

[0053] まず、グリーンシートの原料組成物であるセラミック材料、バインダー樹脂等を混合し、グリーンシート成形用材料を得る。グリーンシートの原料組成物の一例として、 Al_2O_3 粒子を70～95重量%、さらにバインダー樹脂と溶剤とを含有するペースト状のものを用いることができる。グリーンシート成形用材料を、スクリーン印刷やドクターブレード法等により、所定の形状に成形し、乾燥を経ることで、グリーンシートが得られる。

グリーンシートは、略同形状のものを、複数枚得る。

[0054] [スルーホール形成工程]

図7に示すごとく、上記グリーンシート成形工程により得られるグリーンシート22a～22eのうち、グリーンシート22a、22b、22d、22eに、厚み方向に貫通するスルーホール110、120を形成する。スルーホール110、120は、絶縁基体2における内外層間ビア11、12となる。

スルーホール110、120の形成は、パンチング、ドリル、レーザ等により行なうことができる。スルーホールの内径の正確性の観点においては、スルーホール110、120の形成は、パンチングにて行なうことが望ましい。

[0055] [パターン印刷工程]

スルーホール形成工程にて得られるスルーホール110、120が形成されたグリーンシート22a～22eに、導電性ペーストを用い、印刷により、検出用導体3もしくはヒータ部4となる配線パターンを形成する。

[0056] パターン印刷に用いられる導電性ペーストは、金属粒子、セラミック粉末、バインダー樹脂等からなるものを用いることが望ましい。バインダー樹脂としては、アクリル樹脂、エポキシ樹脂等が挙げられる。溶剤としては、アセトン、エタノール等が挙げられる。導電性ペーストに含まれる金属粒子の平均粒径は、0.1～10 μ mとすることが好ましい。金属粒子の平均粒径は、配線パターンの成形しやすさの観点において、0.1 μ m以上とすることが好ましく、配線パターンの成形しやすさと配線パターンの電気抵抗のばらつきを抑制する観点において、10 μ m以下とすることが好ましい。また、セラミック粉末としては、例えば、アルミナ粉末を用いることが好ましい。アルミナ粉末の平均粒径は、例えば、0.1～10 μ m程度とし、その含有量は1～15wt%程度とすることができる。

[0057] このパターン印刷工程において用いられる導電性ペーストとしては、貴金属導体3A用の導電性ペーストと、低膨張導体3B用の導電性ペーストと、

ヒータ部4用の導電性ペーストと、に分けられる。

貴金属導体3A用の導電性ペーストに含まれる金属粒子は、主にPt、Au、Pd、Rh、Irから選ばれる貴金属を用いることができる。

低膨張導体3B用の導電性ペーストに含まれる金属粒子は、主にW、Moから選ばれる金属を用いることができる。

[0058] ヒータ部4用の導電性ペーストに含まれる金属粒子は、W、Moから選ばれる金属を用いることができる。

検出用導体3の低膨張導体3B用の導電性ペーストと、ヒータ部4用の導電性ペーストとは、同一の組成のものを用いてもよい。

[0059] このパターン印刷工程では、スクリーンメッシュを備えたマスクであって、所定の配線パターン状の孔が形成されたものを用いる。マスクをセットし、スキージを用いてグリーンシート22a~22e上に配線パターンを印刷する(図3参照)。印刷した導電性ペースト層の厚さは、10~100 μ mとすることが好ましい。導電性ペースト層の厚さは、検出しやすさの観点において、10 μ m以上とすることが好ましく、積層しやすさの観点において、100 μ m以下とすることが好ましい。

[0060] グリーンシート22aには、検出用導体3の端子部33のパターンを印刷する。このパターン印刷は、貴金属導体3A用の導電性ペーストにて行う。

グリーンシート22b、22cには、検出用導体3の内層導体のパターン印刷を行う。すなわち、検出電極部31のパターンと、連結部32の長尺配線部321のパターンとを、グリーンシート22b、22cに印刷する。

[0061] 検出用導体3の内層導体のパターン印刷は、例えば、最初に、貴金属導体3A用の導電性ペーストにて検出電極部31を印刷し、その後、低膨張導体3B用の導電性ペーストにて長尺配線部321を印刷する。或いは、最初に、低膨張導体3B用の導電性ペーストにて長尺配線部321を印刷し、その後、貴金属導体3A用の導電性ペーストにて検出電極部31を印刷してもよい。

このとき、検出電極部31と長尺配線部321とが、一部重なる重複部3

5（図4、図5参照）が形成されるように、印刷を行う。

[0062] グリーンシート22dには、ヒータ部4のパターン印刷を行う。このパターン印刷は、上述のように、低膨張導体3B用の導電性ペーストと同様のものを用いることができる。

[0063] グリーンシート22eには、ヒータ用端子部43のパターン印刷を行う。このパターン印刷は、貴金属導体3A用の導電性ペーストと同様のものを用いることができる。

[0064] なお、各グリーンシート22a、22b、22d、22eにおけるスルーホール110、120内にも、導体を充填する。つまり、ビア内導体322となる導体を、グリーンシート22a、22bのスルーホール110に充填し、ビア内導体422となる導体を、グリーンシート22d、22eのスルーホール120に充填する。これらの導体の形成は、貴金属導体3A用の導電性ペーストを用いることができる。

[0065] スルーホール110、120内の導体の形成は、各グリーンシート22a～22eの表面における配線パターンの印刷時に、スルーホール110、120内を導電性ペーストで充填して同時に行ってもよいし、配線パターン印刷とは別に、行ってもよい。

以上により、図3に示すように、各グリーンシート22a～22eに、導体パターンが印刷される。パターン印刷されたグリーンシート22a～22eを、乾燥させることで、グリーンシート22a～22eに形成された導電性ペーストを乾燥させる。乾燥条件は、例えば、40～130℃、1～60分にて、行うことができる。

[0066] 〔ラミネート工程〕

上記パターン印刷工程にてパターン形成された各グリーンシート22a～22e（図3参照）を、適切に積層する。これにより、導電性ペーストが形成されたグリーンシート22a～22eの積層体を得られる。

[0067] 〔脱脂・焼成工程〕

ラミネート工程において得られた積層体を、脱脂、焼成する。

脱脂工程は、例えば、 $80 \sim 800^{\circ}\text{C}$ 、 $1 \sim 30$ 時間、 N_2 含有雰囲気あるいは加湿 $\text{H}_2\text{O} / \text{H}_2$ 雰囲気にて行うことができる。焼成工程は、例えば、 $1000 \sim 1600^{\circ}\text{C}$ 、 $1 \sim 40$ 時間、不活性雰囲気にて行うことが好ましい。

脱脂・焼成工程は、絶縁層22の同士の密着性を向上させるために、積層体を積層方向に加圧した状態にて行なうことが好ましい。

[0068] 〔外形加工工程〕

絶縁層22が積層された絶縁基体2の外周端面を整えたり、外形寸法を調整したりするために、絶縁基体2の外形加工を行なう。

[0069] 〔パッド形成工程〕

絶縁基体2から露出したヒータ用端子部43に、ヒータ用端子部43の劣化を防止するために、ホウケイ酸ガラスを混入したPt等の導電性ペーストを印刷する。その後、 $800 \sim 1000^{\circ}\text{C}$ の間で焼成を行なう。

[0070] 次に、本実施形態の作用効果につき説明する。

上記粒子状物質検出センサ素子1においては、検出用導体3のうち、検出電極部31を含む部位が、貴金属導体3Aにて構成されている。すなわち、検出用導体3のうち、被測定ガスに曝される箇所は、貴金属導体3Aにて構成されている。それゆえ、検出用導体3の耐酸化性を向上させることができる。

[0071] 連結部32の少なくとも一部は、貴金属よりも線膨張係数が小さい低膨張率金属を主成分とする低膨張導体3Bにて構成されている。これにより、連結部32が、温度サイクルに曝されたとき、その膨脹、収縮により発生した応力の影響を抑制することができる。つまり、比較的広範囲にわたって形成される連結部32は、ヒータ部による加熱時における膨脹によって、応力が作用しやすい。そこで、検出用導体3のうち、連結部32の少なくとも一部を、線膨張係数の小さい低膨張導体3Bとすることで、効果的に耐温度サイクル性を向上させることができる。

[0072] そして、貴金属導体3Aと低膨張導体3Bとは、絶縁基体2を構成する絶

縁層 2 2 上において、該絶縁層 2 2 の法線方向に、部分的に互いに重なり合った重複部 3 5 によって接合されている。これにより、貴金属導体 3 A と低膨張導体 3 B との接合部の接続信頼性を向上させることができる。すなわち、重複部 3 5 を設けることにより、貴金属導体 3 A と低膨張導体 3 B との接続面積を確保しやすく、また、接合部における応力集中を抑制しやすい。その結果、貴金属導体 3 A と低膨張導体 3 B との接合部の接続信頼性を向上させることができる。

このように、検出用導体 3 の構成を上記のようにすることにより、検出用導体 3 の耐温度サイクル性と耐酸化性との両立を図ることができる。

[0073] また、検出用導体 3 のうち、端子部 3 3 は、貴金属導体 3 A にて構成されている。これにより、端子部 3 3 の耐酸化性を向上させることができる。端子部 3 3 も、露出導体部 3 0 1 であるため、この部位を貴金属導体 3 A にて構成することで、検出用導体 3 の耐酸化性を一層向上させることができる。

[0074] また、低膨張導体 3 B は、絶縁基体 2 の内部に形成されている。これにより、耐温度サイクル性と耐酸化性との両立を、より効果的に得ることができる。つまり、低膨張導体 3 B が絶縁基体 2 の内部に配置されていることで、低膨張導体 3 B が酸素を含むガスに曝され難くなり、検出用導体 3 の耐酸化性を向上させやすい。その一方で、絶縁基体 2 の内部は、ヒータ部 4 による加熱時において、温度上昇しやすい。そこで、低膨張導体 3 B が、検出用導体 3 のうち絶縁基体 2 の内部に形成された部位とすることで、効果的に耐温度サイクル性を向上させることができる。

[0075] また、検出電極部 3 1 は、複数の絶縁層 2 2 の間に形成されており、検出面 2 1 は、複数の絶縁層 2 2 の積層方向に直交する方向の端面に形成されている。これにより、検出用導体 3 の耐酸化性を一層向上させることができる。すなわち、検出電極部 3 1 が複数の絶縁層 2 2 の間に形成されている場合、検出電極部 3 1 が積層方向から挟持された状態にある。それゆえ、絶縁層 2 2 の焼成時において、検出電極部 3 1 が積層方向に圧縮される。その結果、検出電極部 3 1 における粒子間の微細な気孔がより小さくなりやすく、ガ

スの侵入をより阻止しやすくなる。それゆえ、絶縁基体 2 内の低膨張導体 3 B を保護することとなる。したがって、検出用導体 3 の耐酸化性を向上させることができる。

[0076] また、ビア内導体 3 2 2 は、貴金属導体 3 A である。これにより、外層導体とビア内導体 3 2 2 との間の接続信頼性を向上させることができる。すなわち、ビア内導体 3 2 2 は、外層導体（本形態においては、端子部 3 3）にて覆われて非露出導体部 3 0 2 となっているものの、外層導体における微細気孔からガスが侵入することもあり得る。このガスが外層導体とビア内導体 3 2 2 との間の界面に到達することも考えられる。そこで、ビア内導体 3 2 2 を貴金属導体 3 A にて構成することで、耐酸化性を向上させ、接続信頼性を向上させることができる。また、特に、端子部 3 3 とビア内導体 3 2 2 とを、同種の貴金属導体 3 A にて構成することで、両者の接続信頼性を一層向上させることができる。

[0077] また、重複部 3 5 は、貴金属と低膨張率金属との固溶体層 3 5 1 を有する。これにより、貴金属導体 3 A と低膨張導体 3 B との間の接合界面における応力を一層緩和して、接続信頼性を向上させることができる。

[0078] なお、耐酸化性の観点において、貴金属導体 3 A としては、特に、Pt、Rh、Ir から選ばれる一種以上の貴金属を用いることが好ましい。さらに、耐酸化性及び耐温度サイクル性を一層向上させる観点において、特に、Pt を主成分とする貴金属導体 3 A と、W を主成分とする低膨張導体 3 B とを用いることが好ましい。

[0079] 以上のごとく、本実施形態によれば、耐温度サイクル性の向上と耐酸化性の向上との両立を図ることができる粒子状物質検出センサ素子を提供することができる。

[0080] （実施形態 2）

本実施形態は、図 8 に示すごとく、内層導体のうち、外層導体に接続された内外層間ビア 1 1 に直接接続される部位を、貴金属導体 3 A にて構成した、PM センサ素子 1 の形態である。

- [0081] すなわち、内層導体である長尺配線部 3 2 1 の基端側の一部を、貴金属導体 3 A にて構成してある。この長尺配線部 3 2 1 における貴金属導体 3 A にて構成した部分に、ビア内導体 3 2 2 が接続されている。ビア内導体 3 2 2 は、実施形態 1 と同様に、貴金属導体 3 A にて構成されている。そして、ビア内導体 3 2 2 と長尺配線部 3 2 1 における貴金属導体 3 A とは、同種の貴金属にて構成されていることが好ましい。
- [0082] また、長尺配線部 3 2 1 における、貴金属導体 3 A と低膨張導体 3 B との間の接続は、重複部 3 5 によって形成されている。つまり、長尺配線部 3 2 1 の基端部の貴金属導体 3 A と、その先端側の低膨張導体 3 B とが、積層方向に部分的に重なり合った重複部 3 5 を形成している。
- [0083] この重複部 3 5 は、実施形態 1 における、長尺配線部 3 2 1 の先端部と検出電極部 3 1 との重複部 3 5 と同様とすることができる。長尺配線部 3 2 1 における重複部 3 5 の長さ L は、貴金属導体 3 A の厚みの 2 倍以上である。また、重複部 3 5 の長さ L は、内外層間ビア 1 1 の内径以上であることが好ましい。また、内外層間ビア 1 1 と重複部 3 5 とは、積層方向において重なっていない。
- [0084] その他の構成は、実施形態 1 と同様である。なお、実施形態 2 以降において用いた符号のうち、既出の実施形態において用いた符号と同一のものは、特に示さない限り、既出の実施形態におけるものと同様の構成要素等を表す。
- [0085] 本形態においては、ビア内導体 3 2 2 と内層導体（すなわち長尺配線部 3 2 1）との間の接続信頼性を向上させることができる。貴金属導体 3 A にて構成したビア内導体 3 2 2 と、内層導体（長尺配線部 3 2 1）との接合面積は、内外層間ビア 1 1 の開口面積と同等以下となり、内外層間ビア 1 1 の大きさによっては接合面積に限界が生じる。それゆえ、ビア内導体 3 2 2 と長尺配線部 3 2 1 との接合を、貴金属導体 3 A と低膨張導体 3 B との接合とすると、その接合信頼性において不利となるおそれがある。そこで、この接合を貴金属導体 3 A 同士の接合とすることで、検出用導体 3 の接続信頼性を向

上させることができる。

その他、実施形態 1 と同様の作用効果を有する。

[0086] (実施形態 3)

本実施形態は、図 9 に示すごとく、複数の絶縁層 2 2 の積層方向を向いた、絶縁基体 2 の主面に、検出面 2 1 を設けた形態である。図 9 は、PM センサ素子 1 を、絶縁層 2 2 の界面において分解した分解説明図である。また、同図に示した符号 2 2 a、2 2 b、2 2 d、2 2 e は、実施形態 1 に記載した製造方法におけるグリーンシート 2 2 a、2 2 b、2 2 d、2 2 e に、概略対応するものである。ただし、グリーンシート 2 2 a、2 2 b に形成された検出用導体 3 のパターンは、実施形態 1 と異なる。

[0087] 検出用導体 3 の検出電極部 3 1 は、絶縁基体 2 の主面に設けてある。そして、互いに極性の異なる 2 つの検出電極部 3 1 が、絶縁基体 2 における同じ主面において、所定の間隔を設けつつ、隣り合うように形成されている。

[0088] 各検出用導体 3 は、略櫛歯状に形成されている。すなわち、各検出電極部 3 1 は、絶縁基体 2 の長手方向に沿った基部 3 1 1 と、基部 3 1 1 から分岐して内側へ突出した複数の分岐部 3 1 2 とを有する。そして、一方の検出電極部 3 1 の分岐部 3 1 2 と、他方の検出電極部 3 1 の分岐部 3 1 2 とが、所定の間隔を設けつつ、絶縁基体 2 の長手方向に交互に配列されている。

[0089] 各検出用導体 3 の端子部 3 3 は、実施形態 1 と同様に、絶縁基体 2 の主面における基端部に形成されている。検出電極部 3 1 と端子部 3 3 とは、絶縁基体 2 の同じ側の主面に設けてある。

検出電極部 3 1 と端子部 3 3 とを連結する連結部 3 2 は、主として、絶縁基体 2 の内部に埋設されている。一对の連結部 3 2 の長尺配線部 3 2 1 の双方が、図 9 に示すごとく、検出電極部 3 1 及び端子部 3 3 が形成された絶縁層 2 2 と、その内側面に積層された絶縁層 2 2 との間に形成されている。

[0090] この一对の長尺配線部 3 2 1 は、それぞれの先端部において、ビア内導体 3 2 2 を介して、一对の検出電極部 3 1 にそれぞれ接続されている。また、一对の長尺配線部 3 2 1 は、それぞれの基端部において、ビア内導体 3 2 2

を介して、一对の端子部 33 にそれぞれ接続されている。

[0091] このような構成の PM センサ素子 1 においては、検出電極部 31 の全体及び端子部 33 の全体が、露出導体部 301 となる。また、連結部 32 は、非露出導体部 302 となる。そして、検出電極部 31 及び端子部 33 が、貴金属導体 3A からなる。また、ビア内導体 322 は、貴金属導体 3A からなる。また、連結部 32 の長尺配線部 321 は、その両端部を除いて、低膨張導体 3B からなる。

[0092] すなわち、長尺配線部 321 は、その両端部を、貴金属導体 3A によって構成してある。そして、長尺配線部 321 における低膨張導体 3B と貴金属導体 3A とのつなぎ目において、重複部 35 が形成されている。

[0093] その他の構成は、実施形態 1 と同様である。

本形態の場合にも、実施形態 1 と同様に、耐温度サイクル性の向上と耐酸化性の向上との両立を図ることができる。

[0094] (実施形態 4)

本実施形態は、端子部 33 が、多孔質の貴金属導体 3A にて形成され、ビア内導体 322 が、閉気孔を有する貴金属導体 3A にて形成された、PM センサ素子 1 の形態である。

すなわち、端子部 33 は、多孔質の貴金属導体 3A にて構成され、検出用導体 3 のうち、低膨張導体 3B にて構成された連結部 32 と端子部 33 との間の部分の少なくとも一部は、閉気孔を有する貴金属導体 3A にて構成されている。

[0095] 端子部 33 においては、貴金属導体 3A が、多数の気孔を有している。そして、気孔の一部は、表面に開口している。

[0096] 一方、ビア内導体 322 においては、貴金属導体 3A が閉気孔、すなわち、外部と連通しない、孤立した気孔を有する。そして、ビア内導体 322 は、内外層間ビア 11 の両方の開口端同士の間、に、通気路が形成されない状態となっている。

[0097] また、ヒータ用端子部 43 は、端子部 33 と同様に、多孔質の貴金属導体

にて形成され、ビア内導体 4 2 2 は、ビア内導体 3 2 2 と同様に、閉気孔を有する貴金属導体にて形成されている。

[0098] また、検出電極部 3 1 は、ビア内導体 3 2 2 と同様に、閉気孔を有する貴金属導体 3 A にて形成されている。

その他の構成は、実施形態 1 と同様である。

[0099] 本形態の P M センサ素子 1 を製造する際には、実施形態 1 とは異なり、端子部 3 3 及びヒータ用端子部 4 3 に用いる導電性ペーストを、検出電極部 3 1 等に用いる導電性ペーストとは異なる組成のものとする。すなわち、端子部 3 3 及びヒータ用端子部 4 3 に用いる導電性ペーストとしては、金属粒子及びセラミック粉末の他に、ガラスフリット等が混入したものを用いることができる。

[0100] また、端子部 3 3 及びヒータ用端子部 4 3 の形成を、〔脱脂・焼成工程〕の後に行う。すなわち、実施形態 1 における〔パターン印刷工程〕においては、端子部 3 3 及びヒータ用端子部 4 3 についても、他の検出用導体 3（検出電極部 3 1 等）と同じく、焼成前のグリーンシートに、導電性ペーストを印刷する旨を示したが、本形態においては、端子部 3 3 及びヒータ用端子部 4 3 の印刷は、積層体の焼成後に行う。

[0101] そして、他の部分の導体が形成された焼成後の積層体に対して、端子部 3 3 及びヒータ用端子部 4 3 のパターンを印刷する。この端子部 3 3 及びヒータ用端子部 4 3 のパターンが印刷された積層体を焼成することで、多孔質の端子部 3 3 及びヒータ用端子部 4 3 が形成される。

[0102] なお、焼成後の端子部 3 3 及びヒータ用端子部 4 3 の相対密度は 5 0 ～ 9 5 % であることが好ましい。相対密度が 5 0 % 未満の場合、端子部 3 3 及びヒータ用端子部 4 3（以下において、適宜、端子部 3 3 等ともいう）の強度が不足し、電気抵抗が大きくなりすぎるおそれがある。一方相対密度が 9 5 % より大きい場合は、後述する応力緩和の効果を十分に得ることが困難となるおそれがある。

[0103] 本形態においては、端子部 3 3 等が多孔質の貴金属導体 3 A にて形成され

ているため、絶縁基体 2 との間の応力を緩和することができる。その結果、絶縁基体 2 に対する端子部 3 3 等の密着性を向上させることができる。

- [0104] また、端子部 3 3 等を多孔質とすると、外部からガス（空気等）が端子部 3 3 を透過して、連結部 3 2 へ侵入することが懸念される。そして、連結部 3 2 のうち、低膨張導体 3 B までガスが達すると、酸化のおそれが懸念される。しかし、本形態においては、ビア内導体 3 2 2、4 2 2 が、閉気孔を有する貴金属導体 3 A によって形成されているため、低膨張導体 3 B までガスが侵入することを阻止することができる。また、ビア内導体 3 2 2、4 2 2 が、閉気孔を有する貴金属導体 3 A によって形成されていることで、内外層間ビア 1 1、1 2 におけるビア内導体 3 2 2、4 2 2 の応力を緩和することができる。それゆえ、耐冷熱サイクル性を一層向上させることができる。

その他、実施形態 1 と同様の作用効果を有する。

- [0105] （実施形態 5）

本形態は、上記実施形態 2（図 8）に示したように、連結部 3 2 である長尺配線部 3 2 1 の基端側の一部を貴金属導体 3 A にて形成したものにおいて、端子部 3 3 を多孔質とした形態である。

- [0106] 本形態においては、ビア内導体 3 2 2 を構成する貴金属導体 3 A と、長尺配線部 3 2 1 の基端部を構成する貴金属導体 3 A との少なくとも一方が、閉気孔を有する。ビア内導体 3 2 2 を構成する貴金属導体 3 A と、長尺配線部 3 2 1 の基端部を構成する貴金属導体 3 A との双方が、閉気孔を有する貴金属導体 3 A であってもよい。

その他の構成は、実施形態 2 と同様である。また、多孔質の貴金属導体 3 A 及び閉気孔を有する貴金属導体 3 A は、実施形態 4 と同様の構成であり、実施形態 4 と同様の方法によって形成することができる。

- [0107] 本形態においては、ビア内導体 3 2 2 を構成する貴金属導体 3 A と、長尺配線部 3 2 1 の基端部を構成する貴金属導体 3 A との少なくとも一方が、閉気孔を有する貴金属導体 3 A である。それゆえ、ガスが端子部 3 3 を透過したとしても、少なくとも連結部 3 2 の低膨張導体 3 B までガスが達すること

を防ぐことができる。

その他、実施形態 2 及び実施形態 4 と同様の作用効果を有する。

[0108] (実験例)

上記実施形態 1 に示した PM センサ素子 1 につき、温度サイクル試験を行うことで、耐温度サイクル性の評価を行った。

すなわち、後述する試料 1、試料 2、試料 3 につき、温度サイクル試験を行った。試験方法、評価方法は、下記に説明する。

[0109] 試料 1 は、実施形態 1 の PM センサ素子 1 であり、その具体的な製法を、具体的材料、具体的寸法等と共に、下記《試料 1》の項目にて説明する。

試料 2 は、検出用導体の全体を、Pt を主成分とする同一材料にて構成した PM センサ素子である。その他は、試料 1 と同様である。

試料 3 は、検出用導体の全体を、W を主成分とする同一材料にて構成した PM センサ素子である。その他は、試料 1 と同様である。

[0110] 《試料 1》

〔グリーンシートの成形工程〕

絶縁基体 2 となるグリーンシート 22a~22e は、 Al_2O_3 粒子：88 wt %、バインダー（アクリル樹脂）：10 wt %、溶剤（トルエン）：2 % となるように秤量し、混合して成形用材料を得た。

[0111] 成形用材料をドクターブレード法により、縦：4 mm×横：50 mm×厚み：0.02 mm の大きさにし、80℃、60 分にて乾燥させて、グリーンシートを成形した。なお、グリーンシート 22a~22e は、計 5 枚を用意した。グリーンシート 22a、22b、22d、22e のそれぞれには、パンチングにより、Φ6 mm のスルーホール 110、120（内外層間ビア 11、12）を設けた。

[0112] 〔導電性ペーストの作製工程〕

導電性ペーストとしては、Pt 粒子を用いた導電性ペースト A、B、D、及び、W 粒子を用いた導電性ペースト C を作製した。なお、それぞれの導電性ペーストの詳細は以下に示した。

<導電性ペーストA>

P t 粒子（平均粒子径：0.3 μ m） 85 wt %

アルミナ粉末（平均粒子径：0.3 μ m） 15 wt %

P t 粒子とアルミナ粉末との混合粉100重量部に対して、バインダーとしてアクリル樹脂を30重量部、溶剤としてテルピネオールを10重量部、混合した。

<導電性ペーストB>

P t 粒子（平均粒子径：0.3 μ m） 95 wt %

アルミナ粉末（平均粒子径：0.3 μ m） 5 wt %

P t 粒子とアルミナ粉末との混合粉100重量部に対して、バインダーとしてアクリル樹脂を30重量部、溶剤としてテルピネオールを10重量部、混合した。

<導電性ペーストC>

M o 粒子（平均粒子径：1 μ m） 95 wt %

アルミナ粉末（平均粒子径：0.3 μ m） 5 wt %

M o 粒子とアルミナ粉末との混合粉100重量部に対して、バインダーとしてアクリル樹脂を25重量部、溶剤としてテルピネオールを10重量部、混合した。

<導電性ペーストD>

P t 粒子（平均粒子径：0.5 μ m） 90 wt %

ガラスフリット（ホウ珪酸ガラス、平均粒子径：1 μ m） 10 wt %

P t 粒子とガラスフリットとの混合粉100重量部に対して、バインダーとしてアクリル樹脂を30重量部、溶剤としてテルピネオールを10重量部、混合した。

[0113] [パターン印刷工程]

<グリーンシート22aへの印刷>

グリーンシート22aのスルーホール110に導電性ペーストAを、印刷により充填した。これにより、ビア内導体322の一部を形成した。

[0114] <グリーンシート22bへの印刷>

グリーンシート22bのスルーホール110に導電性ペーストAを、印刷により充填した。これにより、ビア内導体322の一部を形成した。また、正極用の検出用導体3の長尺配線部321のパターンが描画されたスクリーンメッシュを備えたマスクを用いて、導電性ペーストCにて、グリーンシート22bの主面に、長尺配線部321を印刷した。その後、正極用の検出電極部31のパターンが描画されたスクリーンメッシュを備えたマスクを用いて、導電性ペーストBにて、グリーンシート22bの主面に、正極用の検出電極部31を印刷した。

なお、正極用の検出電極部31は、縦：3mm×横：0.6mm×厚み：0.03mmであり、長尺配線部321は、線幅：0.4mm、厚み：0.03mmであった。

[0115] <グリーンシート22cへの印刷>

グリーンシート22cの主面に、負極用の検出用導体3の長尺配線部321のパターンが描画されたスクリーンメッシュを備えたマスクを用いて、導電性ペーストCにて、長尺配線部321を印刷した。その後、負極用の検出電極部31のパターンが描画されたスクリーンメッシュを備えたマスクを用いて、導電性ペーストBにて、グリーンシート22cの主面に、負極用の検出電極部31を印刷した。

なお、負極用の検出電極部31は、縦：3mm×横：0.6mm×厚み：0.03mmであり、長尺配線部321は、線幅：0.4mm、厚み：0.03mmであった。

[0116] <グリーンシート22dへの印刷>

グリーンシート22dのスルーホール120に導電性ペーストAを、印刷により充填した。これにより、ビア内導体422の一部を形成した。その後、ヒータ部4のパターンが描画されたスクリーンメッシュを備えたマスクを用いて、導電性ペーストCにて、グリーンシート22dの主面にヒータ部4を印刷した。

なお、ヒータ部4は、幅：0.4 mm、厚み：0.03 mmであった。

[0117] <グリーンシート22eへの印刷>

グリーンシート22eのスルーホール120に導電性ペーストAを、印刷により充填した。これにより、ビア内導体422の一部を形成した。

[0118] 各グリーンシート22a～22eにそれぞれ印刷された導電性ペースト層を、70℃、60分にて、乾燥させた。

[0119] [ラミネート工程]

グリーンシート22a、22b、22c、22d、22eを、この順で積層し、積層体を得た。なお、グリーンシート22eのみ、導電性ペーストの印刷された面を、他のグリーンシート22a～22dとは逆であって、それらと反対側に向けて、積層した。

[0120] [脱脂、焼成工程]

積層体を、600℃、4時間、加湿H₂O／H₂雰囲気の中で脱脂を行い、1400℃、5時間、不活性雰囲気の中で焼成を行なった。

以上により、積層体の焼結体を得た。

[0121] [端子部形成工程]

焼結体の両主面に対して研削加工を行うことで、ビア内導体322、422をそれぞれ露出させた。その後、導電性ペーストDを、ビア内導体422が露出した焼結体の表面に印刷し、900℃、1時間加熱することでヒータ用端子部43を形成した。同様に、導電性ペーストDを、ビア内導体322が露出した焼結体の表面に印刷し、900℃、1時間加熱することでヒータ用端子部43を形成した。なお、導電性ペーストDの印刷にあたっては、ヒータ用端子部43又は端子部33のパターンが描画されたスクリーンメッシュを備えたマスクを用いて行った。

[0122] ヒータ用端子部43は、縦：2 mm×横：2 mm×厚み：0.03 mmの大きさにて、正極用と負極用との2つを形成した。端子部33は、縦：2 mm×横：2 mm×厚み：0.03 mmの大きさにて、正極用と負極用との2つを形成した。

以上により、試料 1 の P M センサ素子 1 を得た。

以上により、試料 1 の P M センサ素子 1 を得た。

[0123] 《評価方法》

・電圧印加試験

上記のようにして得られた試料 1、試料 2、試料 3 の各 P M センサ素子に、一定時間の電圧を印加させた後、電流を通電させる電圧印加試験を行い、評価を行なった。このとき、P M センサ素子は、温度サイクルを実施する前に電圧印加試験を行なう初期評価と、P M センサ素子を温度サイクル実施後に電圧印加試験を行う温度サイクル評価とを実施した。各 P M センサ素子の初期評価に対する温度サイクル評価の結果を対比し、P M センサの動作状況、P M センサ素子に流れた電流値の変化、外観（目視）の 3 点を確認した。

[0124] ・初期評価

P M センサ素子を 8 0 0℃まで加温したことを確認した後、この温度の状態で 1 0 0 時間の所定の電圧印加を行った。電圧印加を完了した P M センサ素子を稼働させて、P M センサの動作状況、電流値、外観を確認した。

[0125] ・温度サイクル評価

初期評価を行なった P M センサ素子を常温から 8 0 0℃間で加温させて、8 0 0℃に到達してから 3 分経過した時点で加温を停止させて、常温まで戻すことを 1 サイクルとし、この温度サイクル 1 0 0 回を行なった。この温度サイクルを経た P M センサ素子を 8 0 0℃まで加温したことを確認した後、この温度の状態で 1 0 0 時間の所定の電圧印加を行った。電圧印加を完了した P M センサ素子を稼働させて、P M センサの動作状況、電流値、外観を確認した。

[0126] 試料 1 は、温度サイクル評価において、初期評価と対比し、P M センサの動作に問題がなかったし、検出された電流値は、電流値減少率 1 0 % 未満であったので、導通も問題がなかった。また、外観は、露出した端子部に変色は確認されなかった。このことから、試料 1 の P M センサ素子は、耐温度サイクル性、耐酸化性が確保されているといえる。

- [0127] 試料 2、試料 3 には、温度サイクル評価では、初期評価と対比し、PM センサの動作では、PM 測定がうまくできなかったことが確認され、検出された電流値は、電流値減少率 30% 以上あったので導通でも問題が確認された。このことから、試料 2、試料 3 においては、検出用導体に断線等が生じたと推測される。また、外観も露出した端子部に若干の変色を確認した。よって、試料 2 の PM センサ素子、試料 3 の PM センサ素子は、耐温度サイクル性、耐酸化性が確保されなかったといえる。
- [0128] なお、上記実施形態においては、検出電極部を 2 つとしたものを示したが、例えば、3 個以上の検出電極部を設けることもできる。
- [0129] また、上記実施形態においては、図 4 に示すごとく、重複部 35 として、低膨張導体 3B の上から貴金属導体 3A を形成した形態を示したが、低膨張導体 3B と貴金属導体 3A との位置関係は特に限定されるものではない。すなわち、例えば図 10 に示すごとく、貴金属導体 3A の上から低膨張導体 3B を重ねて重複部を形成してもよい。図 10 に示す変形形態においては、貴金属導体 3A からなる検出電極部 31 の一部に、低膨張導体 3B 側へ突出した凸パターン 313 を形成し、該凸パターン 313 の上に一部が重なるように、低膨張導体 3B からなる長尺配線部 321 が形成されている。低膨張導体 3B は、凸パターン 313 の三辺を押さえるように形成されている。
- [0130] 本発明は上記各実施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において種々の実施形態に適用することが可能である。

請求の範囲

- [請求項1] 被測定ガス中の粒子状物質を検出する粒子状物質検出センサ素子であって、
- 粒子状物質を付着させる検出面を有する絶縁基体と、
- 上記絶縁基体に形成された互いに極性の異なる複数の検出用導体と、
- 上記絶縁基体に形成されたヒータ部と、を有し、
- 上記検出用導体は、少なくとも一部が上記検出面に露出した検出電極部と、
- 上記検出電極部に電氣的に接続されると共に、上記絶縁基体の外表面に形成された端子部と、
- 上記検出電極部と上記端子部とを電氣的に接続する連結部と、を有し、
- 上記検出用導体のうち、少なくとも、上記検出電極部を含む部位は、Pt、Au、Pd、Rh、Irから選ばれる少なくとも一種以上の貴金属を主成分とする貴金属導体にて構成されており、
- 上記連結部の少なくとも一部は、上記貴金属よりも線膨張係数が小さい低膨張率金属を主成分とする低膨張導体にて構成されており、
- 上記貴金属導体と上記低膨張導体とは、上記絶縁基体を構成する絶縁層上において、該絶縁層の法線方向に、部分的に互いに重なり合った重複部によって接合されている、粒子状物質検出センサ素子。
- [請求項2] 上記低膨張率金属は、W、Moから選ばれる少なくとも一種以上の金属である、請求項1に記載の粒子状物質検出センサ素子。
- [請求項3] 上記検出用導体のうち、上記端子部は、上記貴金属導体にて構成されている、請求項1又は2に記載の粒子状物質検出センサ素子。
- [請求項4] 上記低膨張導体は、上記絶縁基体の内部に形成されている、請求項1～3のいずれか一項に記載の粒子状物質検出センサ素子。
- [請求項5] 上記検出電極部は、複数の上記絶縁層の間に形成されており、上記

検出面は、複数の上記絶縁層の積層方向に直交する方向の端面に形成されている、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の粒子状物質検出センサ素子。

[請求項6] 上記検出用導体は、複数の上記絶縁層の間に形成された内層導体と、積層方向における上記絶縁基体の外表面に形成された外層導体とを有し、上記内層導体と上記外層導体とを層間接続する内外層間ビアが設けてあり、該内外層間ビア内のビア内導体は、上記貴金属導体である、請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の粒子状物質検出センサ素子。

[請求項7] 上記内層導体のうち、上記外層導体に接続された上記内外層間ビアに直接接続される部位は、上記貴金属導体である、請求項 6 に記載の粒子状物質検出センサ素子。

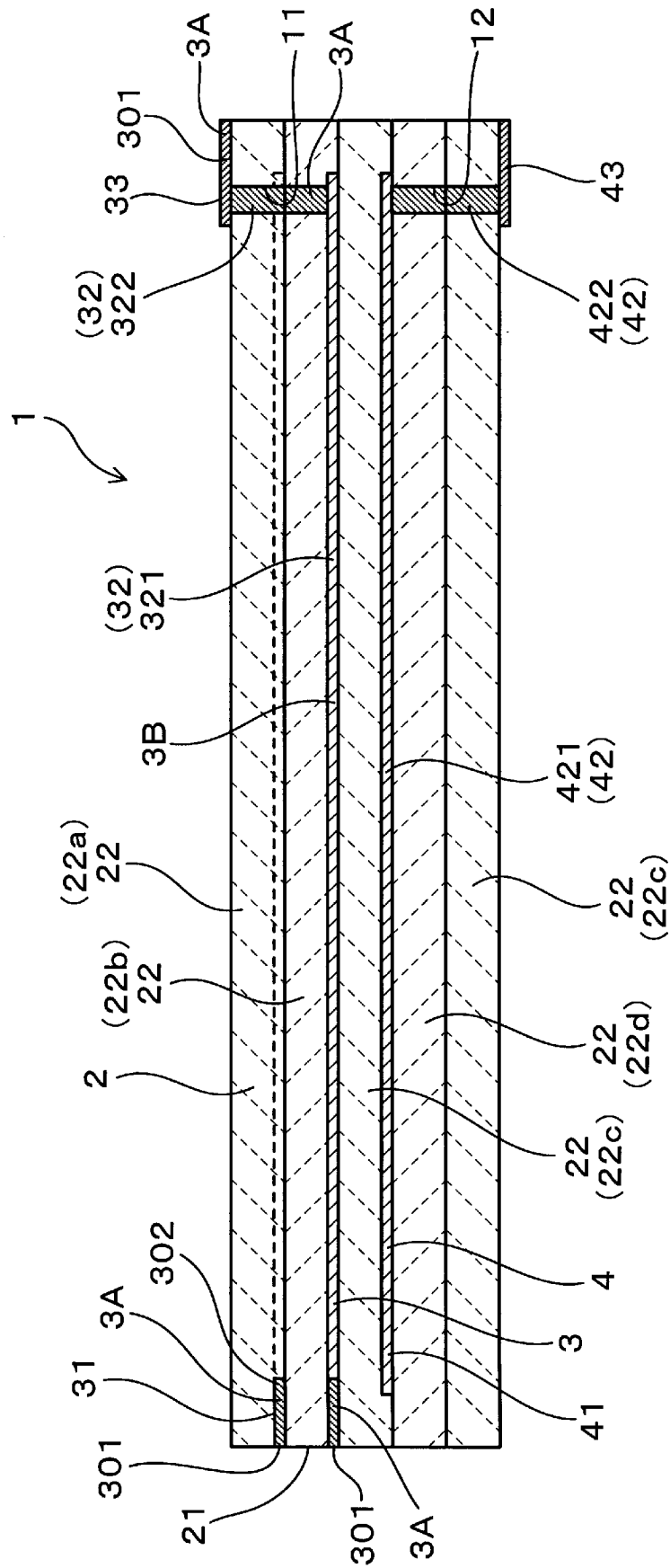
[請求項8] 上記重複部は、上記貴金属と上記低膨張率金属との固溶体層を有する、請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の粒子状物質検出センサ素子。

[請求項9] 上記端子部は、多孔質の上記貴金属導体にて構成されている、請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の粒子状物質検出センサ素子。

[請求項10] 上記検出用導体のうち、上記低膨張導体にて構成された上記連結部と上記端子部との間の部分の少なくとも一部は、閉気孔を有する上記貴金属導体にて構成されている、請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の粒子状物質検出センサ素子。

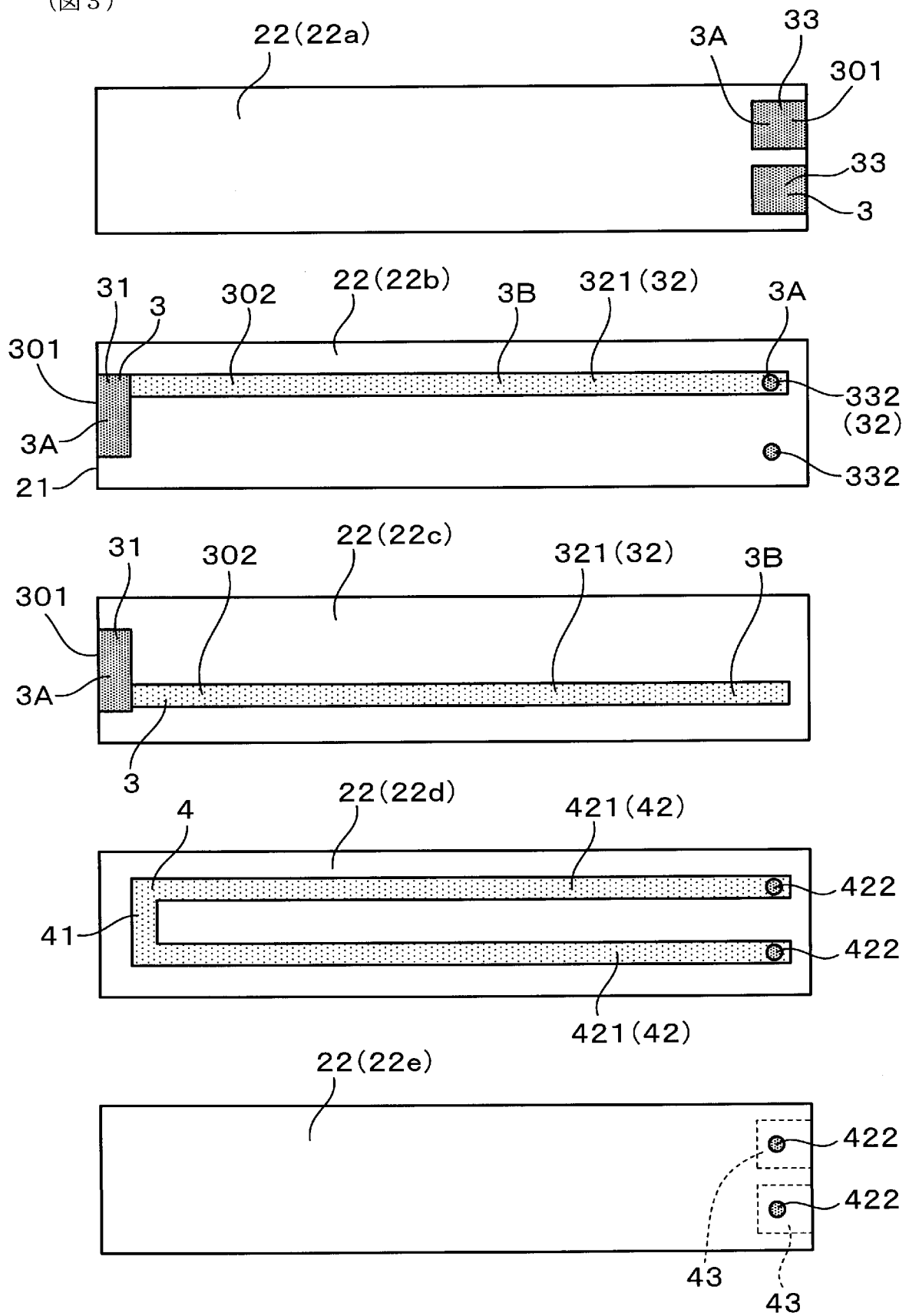
[図2]

(図 2)



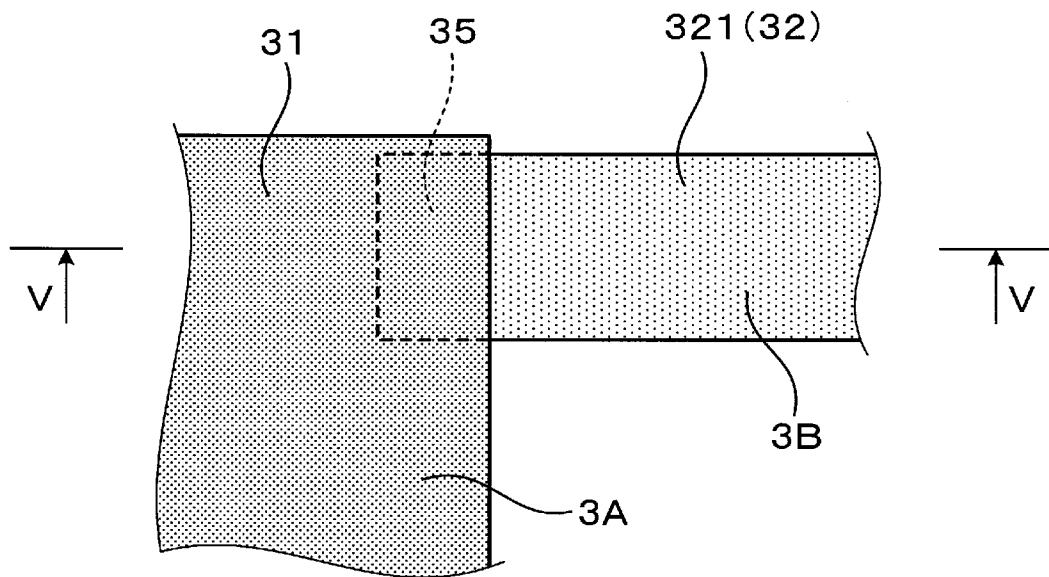
[図3]

(図3)



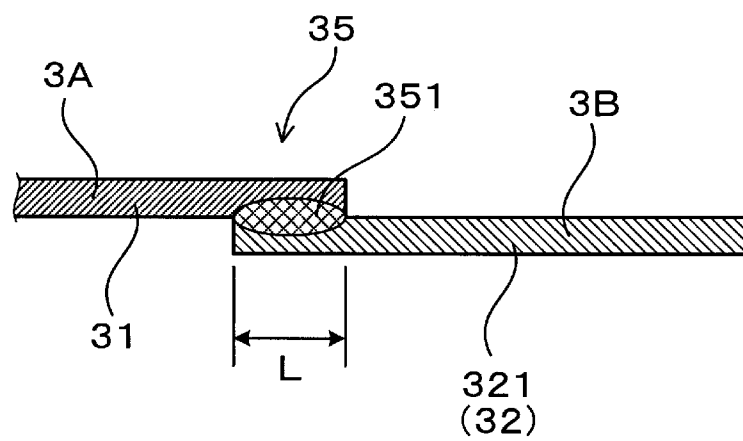
[図4]

(図4)



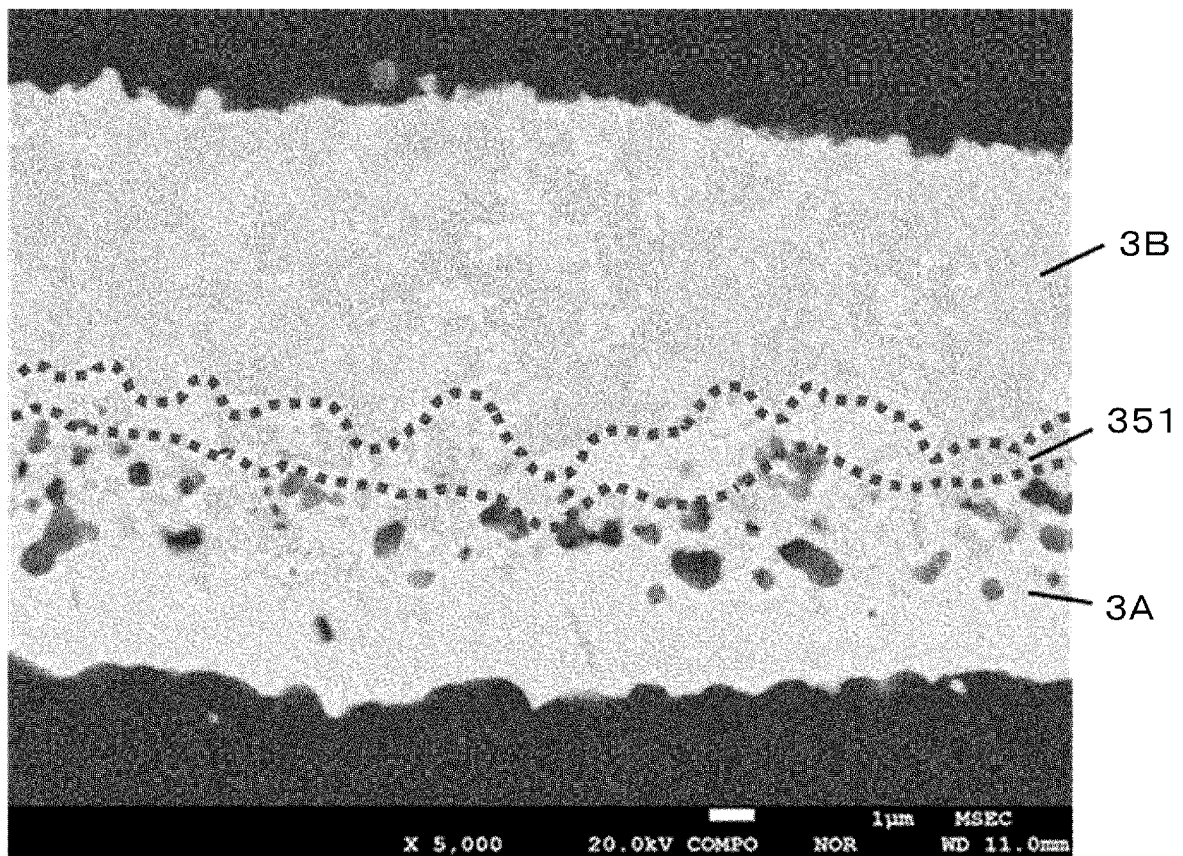
[図5]

(図5)



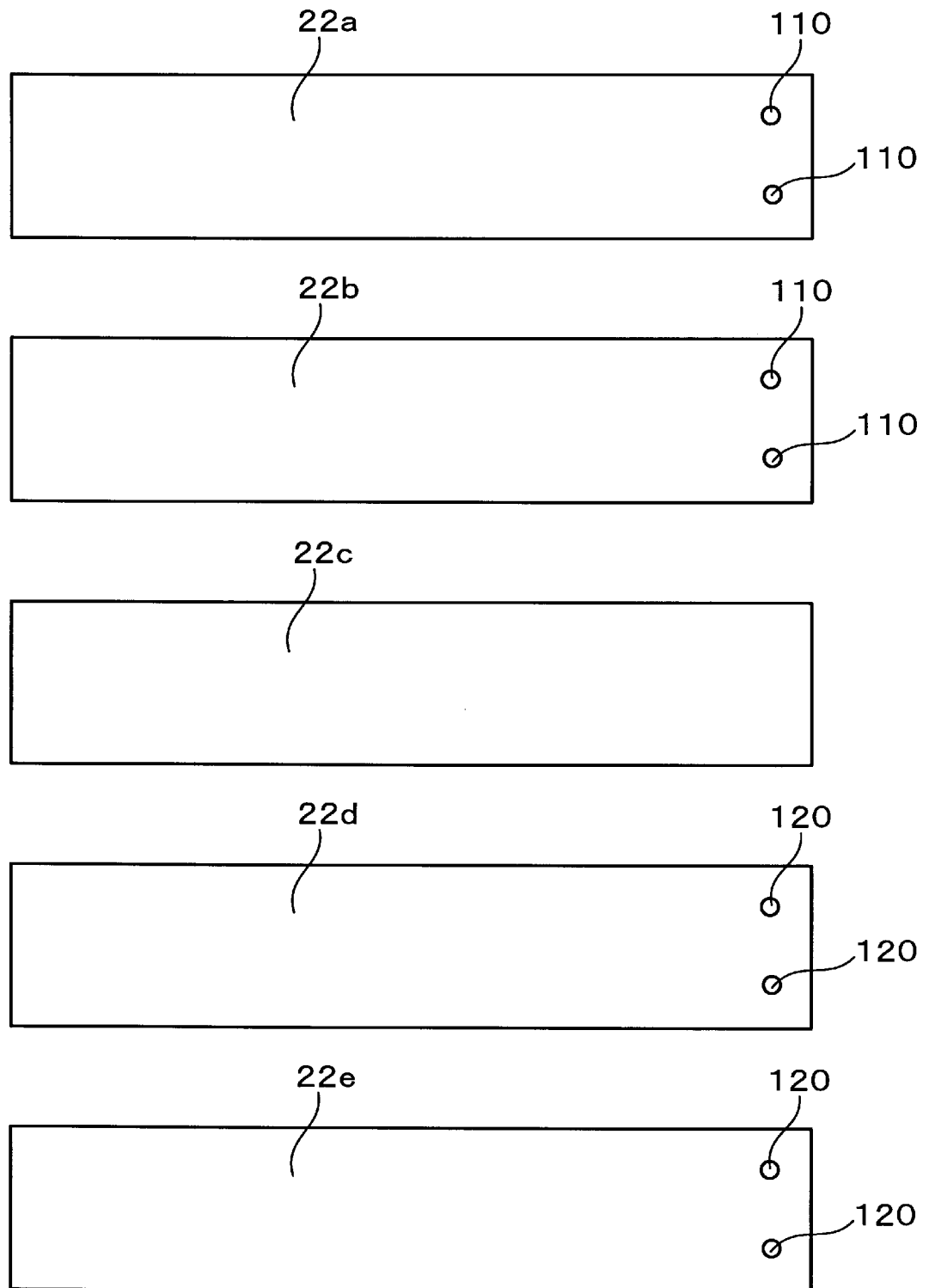
[図6]

(図 6)



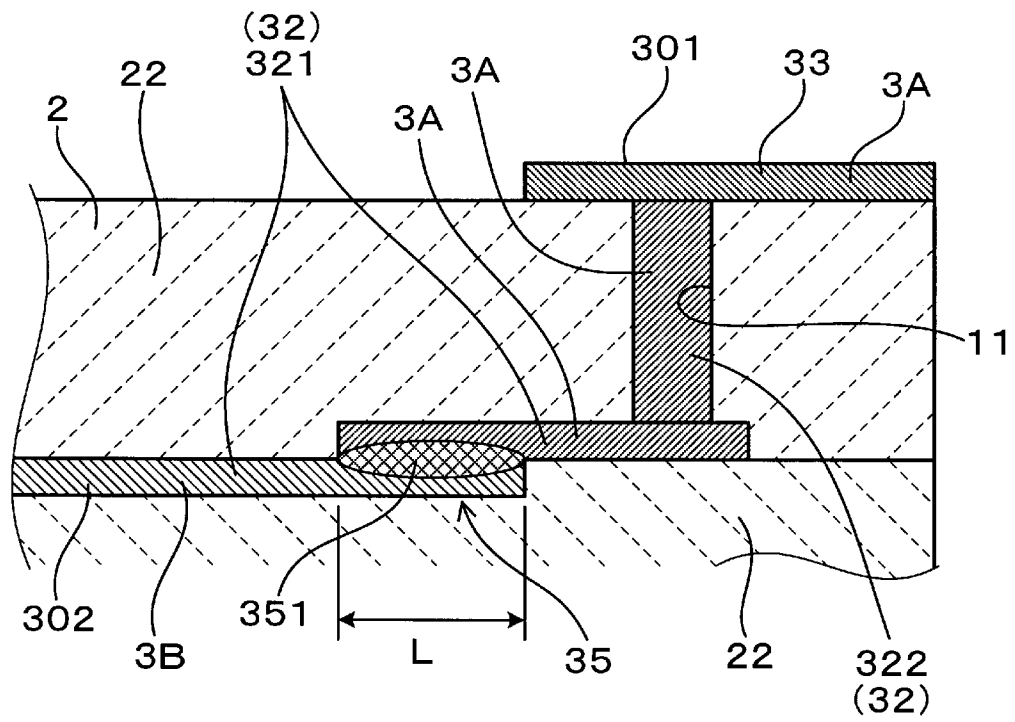
[図7]

(図 7)

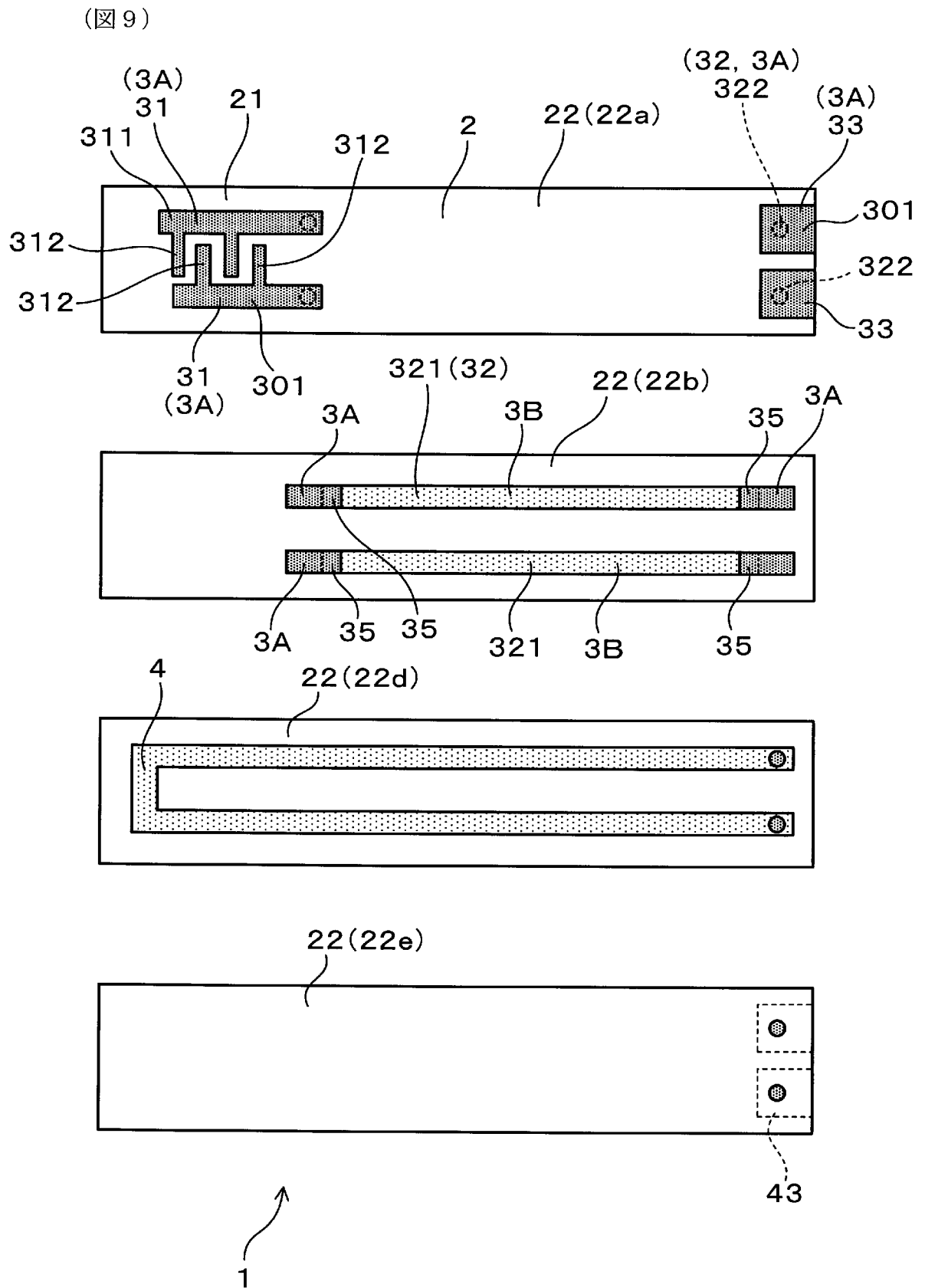


[図8]

(図 8)

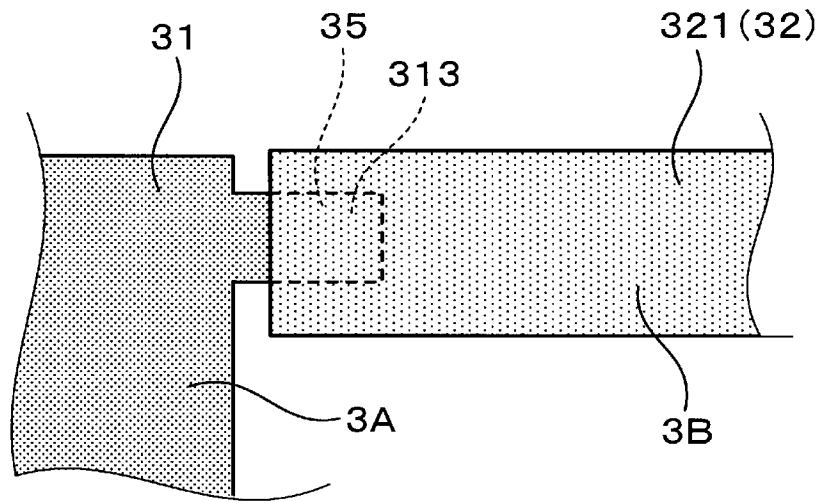


[図9]



[図10]

(図10)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/031580

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01N27/04 (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)

Int.Cl. G01N27/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2013-242283 A (KYOCERA CORP.) 05 December 2013, claim 1, paragraphs [0013], [0014], fig. 2-6 (Family: none)	1-5, 8-10 6-7
Y	WO 2016/031739 A1 (KYOCERA CORP.) 03 March 2016, paragraphs [0021], [0085] & US 2017/0138877 A1, paragraphs [0025], [0090] & EP 3187863 A1	1-5, 8-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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
24 October 2019 (24.10.2019)

Date of mailing of the international search report
05 November 2019 (05.11.2019)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/031580

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2017/104818 A1 (DENSO CORP.) 22 June 2017, fig. 5, 10 & US 2019/0003997 A1, fig. 5, 10	1-5, 8-10
Y	JP 2010-171431 A (THE BOEING CO.) 05 August 2010, paragraph [0017] & US 2010/0190023 A1, paragraph [0021] & EP 2211383 A2	8
Y	JP 2002-98666 A (NGK SPARK PLUG CO., LTD.) 05 April 2002, paragraph [0008] (Family: none)	9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N27/04(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N27/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2013-242283 A (京セラ株式会社) 2013.12.05, [請求項1][0013][0014][図2] - [図6] (ファミリーなし)	1-5, 8-10 6-7
Y	WO 2016/031739 A1 (京セラ株式会社) 2016.03.03, [0021][0085] & US 2017/0138877 A1, [0025][0090] & EP 3187863 A1	1-5, 8-10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24.10.2019

国際調査報告の発送日

05.11.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

吉田 将志

2W

4636

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2017/104818 A1 (株式会社デンソー) 2017.06.22, [図 5][図 10] & US 2019/0003997 A1, FIGs. 5, 10	1-5, 8-10
Y	JP 2010-171431 A (ザ・ボーイング・カンパニー) 2010.08.05, [O O 1 7] & US 2010/0190023 A1, [0021] & EP 2211383 A2	8
Y	JP 2002-98666 A (日本特殊陶業株式会社) 2002.04.05, [O O O 8] (ファミリーなし)	9