

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5582084号
(P5582084)

(45) 発行日 平成26年9月3日 (2014.9.3)

(24) 登録日 平成26年7月25日 (2014.7.25)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 N 27/04 (2006.01)

GO 1 N 15/06 (2006.01)

GO 1 N 27/04 Z

GO 1 N 15/06 D

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2011-83895 (P2011-83895)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成23年4月5日 (2011.4.5)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2012-220257 (P2012-220257A)		愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
(43) 公開日	平成24年11月12日 (2012.11.12)	(74) 代理人	100067596
審査請求日	平成25年4月23日 (2013.4.23)		弁理士 伊藤 求馬
		(72) 発明者	牛窪 匠
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
			社デンソー内
		(72) 発明者	杉浦 啓
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
			社デンソー内
		(72) 発明者	木全 岳人
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
			社デンソー内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 粒子状物質検出センサ及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内燃機関の燃焼排気を被測定ガスとし、被測定ガス中に設けられ、平板状の絶縁性基体（100）と、導電性材料から成る略平膜状の検出電極（EL₁、EL₂）とを具備し、上記絶縁性基体を介して、互いに異なる極性を有する少なくとも一対の上記検出電極が一定間隔で平行に並んだ状態となるように対向せしめて、上記絶縁性基体内部に埋設保持しつつ、上記検出電極の端部を上記絶縁性基体の少なくとも一の側端面に引き出した断面を検出面として用いる粒子状物質検出センサ素子と、

上記検出電極間に所定の電圧を印加する電源部（20）と、

該電源部からの電圧の印加により上記検出面に露出する上記検出電極端部表面（11、12）に堆積する粒子状物質の量に応じて変化する電気的特性を検出する検出器（21）とを具備し、

被測定ガス中の粒子状物質の量を検出する粒子状物質検出センサであって、

上記絶縁性基体内部に埋設された上記検出電極の平面部に対して直交する基準面に対して所定の傾斜面形成角度（ $0 < \theta \leq 45^\circ$ ）で傾斜する傾斜面を形成し、当該傾斜面を上記検出面とすることで、当該検出面に沿った上記検出電極間の距離（T₁₀）を所定の目標値（T_{10TRG}）に調整したことを特徴とする粒子状物質検出センサ。

【請求項 2】

上記検出面に沿った上記検出電極間の距離（T₁₀）が2 μm以上20 μm以下である請求項 1 に記載の粒子状物質検出センサ。

【請求項 3】

略平板状の絶縁性基体を介して対向する一对の略平膜状の検出電極を具備して、該検出電極の端部を上記絶縁性基体の少なくとも一の側端面に引き出した断面を検出面とし、該検出面に露出する上記一对の検出電極端部表面に堆積する粒子状物質の量に応じて変化する電気的特性によって被測定ガス中の粒子状物質の量を検出する粒子状物質検出センサの製造方法であって、

少なくとも、

絶縁性耐熱材料を用いて略平板状の絶縁性基体を形成する絶縁性基体成形工程と、

該絶縁性基体の表面に、導電性材料を用いて略平膜状の検出電極を形成する検出電極形成工程と、

該検出電極を形成した絶縁性基体を積層し、少なくとも、一对の上記検出電極が上記絶縁性基体を介して対向する一体の粒子状物質検出センサ前駆体（1 P R E）を形成する前駆体形成工程と、

上記検出電極の断面が露出するように上記粒子状物質センサ前駆体の端部に所定の傾斜面形成角度（ θ ）で傾斜面を形成し、当該傾斜面を上記検出面とし、当該検出面に沿った上記一对の検出電極間の距離（ T_{10} ）を前記絶縁性基体（100）の板厚に等しい調整前電極間距離（ T_{10PRE} ）の $1/\cos\theta$ 倍とすることで、所定の目標値（ T_{10TRG} ）に調整する電極間距離調整工程と、を具備することを特徴とする粒子状物質検出センサの製造方法。

【請求項 4】

上記電極間距離調整工程において、一对の上記検出電極間に配設された上記絶縁性基体の板厚を目標値の 70%～100%、即ち、マイナス目の公差に設定すると共に、上記粒子状物質検出センサ前駆体を作製後に、実際の上記調整前検出電極間距離（ T_{10PRE} ）の計測結果に応じて上記傾斜面形成角度を決定する請求項 3 に記載の粒子状物質検出センサの製造方法。

【請求項 5】

絶縁性基体の板厚分布から、幾つかのグループにランク分けして、各ランクに対して上記傾斜面形成角度（ θ ）を設定する請求項 3 または 4 に記載の粒子状物質検出センサの製造方法。

【請求項 6】

上記調整前検出電極間距離となる上記絶縁性基体の板厚が所定の目標値以上である場合には、上記傾斜面形成角度（ θ ）を 0° とし、上記絶縁性基体の板厚が所定の目標値より薄い場合には、上記傾斜面形成角度（ θ ）を 0° より大きく 45° 以下とする請求項 3 ないし 5 のいずれかに記載の粒子状物質検出センサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば、車両用内燃機関の排気浄化システムに好適に利用されて、被測定ガス中に存在する粒子状物質を検出する電気抵抗式の粒子状物質検出センサに関する。

【背景技術】

【0002】

自動車用ディーゼルエンジン等において、燃焼排気に含まれる環境汚染物質、特に煤粒子（Soot）及び可溶性有機成分（SOF）を主体とする粒子状物質（Particulate Matter；以下、適宜 PM と称する）を捕集するために、排気通路にディーゼルパティキュレートフィルタ（以下、適宜 DP F と称する）を設置することが行われている。DP F は、耐熱性に優れる多孔質セラミックスからなり、多数の細孔を有する隔壁に燃焼排気を通過させて PM を捕捉する。

【0003】

DP F は、PM 捕集量が許容量を超えると、目詰まりが生じて負圧が増大したり、PM のすり抜けが増加したりするおそれがあり、定期的に再生処理を行って捕集能力を回復さ

10

20

30

40

50

せている。再生時期は、一般的には、PM捕集量の増加により前後差圧が増大することを利用しており、このため、DPFの上流及び下流の圧力差を検出する差圧センサが設置される。再生処理は、ヒータ加熱あるいはポスト噴射等により高温の燃焼排気をDPF内に導入し、PMを燃焼除去する。

【0004】

一方、燃焼排気中のPMを直接検出可能なセンサが、例えば特許文献1、2等に提案されている。このセンサを、DPFの下流に設置した場合には、DPFをすり抜けるPM量を測定し、車載式故障診断装置(OBD; On Board Diagnosis)において、DPFの作動状態の監視、例えば亀裂や破損といった異常の検出に利用することができる。あるいはDPFの上流に設置して、DPFに流入するPM量を測定し、差圧センサに代わる再生時期の判断に利用することも検討されている。

10

【0005】

特許文献1には、絶縁性を有する基板の表面に、一对の楕形電極を形成し、基板の裏面又は内部に発熱体を形成した電気抵抗式のスモークセンサが開示されている。このセンサは、スモーク(微粒炭素)が導電性を有することを利用したもので、検出部となる電極間に、スモークが堆積することで生じる電気抵抗値の変化を検出する。基板材料には、電気絶縁性耐熱材料が用いられ、電極材料となるPt、Ag等の貴金属粉をペースト状にして、平板状基板の表面にスクリーン印刷することにより一对の電極が形成される。基板の裏面側には、電極と相対する部分に発熱体が形成され、検出部を所望の温度(例えば、400℃～600℃)に加熱して、電極間抵抗を測定した後に、付着したスモークを焼き切っ

20

【0006】

また特許文献2には、センサ上の煤堆積を制御するためのセンサエレメントが開示されている。

特許文献2にあるような従来のPM検出センサ1zの基本構造を図13(a)に示すと、アルミナセラミックス等の絶縁基板100z上に一定の間隙を設けて対向する一对の楕形電極EL₁₁z、EL₁₂zが形成されており、楕形電極EL₁₁z、EL₁₂zは、リード部113z、123z、端子部114z、124z等を介して、例えば車両電源等を利用した電源部20に接続されている。

電源部20から印加される電圧に応じて、相互に噛み合う楕形電極EL₁₁z、EL₁₂z間の空間に不均一な電界が形成され、PM検出センサ1zを通過する燃焼排気中に含まれる煤粒子が、楕形電極EL₁₁z、EL₁₂zに引き寄せられて堆積する。この時の電極間抵抗を、検出部21にて検出することで煤堆積量を測定することができる。

30

【0007】

また、特許文献3には、楕状の測定電極表面に保護層を形成した構成において、製法として、スクリーン印刷の他、CVD、PVDによる方法により、測定電極間の間隔を小さくできることが記載されている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

40

従来の電気抵抗式のPM検出センサ1zは、簡易な構成で比較的安定した出力が得られる利点があるものの、絶縁基板100z上にPMが堆積し、一对の楕形電極EL₁₁z、EL₁₂z間が導通するまでは、電気抵抗値の変化が検出されない。このため、PMの検出を早期に可能とすることが課題であり、特許文献2では、印加電圧を高めて煤粒子を引き付け易くする制御を行っている。

ところが、電荷を帯びたPMは、図13(c)に示すように、電界の強い検出電極EL₁₁z、EL₁₂zの表面に引きつけられるため、その近傍に堆積し易く、検出電極間に露出する絶縁基板100zの表面には堆積し難くなり、プラスに帯電したPMはマイナス極側に、マイナスに帯電したPMはプラス極側に引きつけられる。このため、PMの堆積分布に偏りを生じ、検出部全面を覆うようにPMを均一に堆積させることは容易でない。

50

【0009】

加えて、OBDによる故障診断は、通常、 $20\mu\text{m}$ 以下の微粒状PMのすり抜けを監視しており、検出電極 EL_{11Z} 、 EL_{12Z} の間隔がより小さければ、早期検出が可能になるが、特許文献1、2等にあるような従来のスクリーン印刷による方法では、楕形電極 EL_{11Z} 、 EL_{12Z} の電極幅や電極間隔に制約があり、図13(b)に示すように、膜厚が数 μm から $10\mu\text{m}$ 程度、電極間距離が $30\sim 50\mu\text{m}$ 程度に形成され、一般的なスクリーン印刷では、電極間距離を $30\mu\text{m}$ 以下に設定することは困難とされており、更なる不感質量の低減を図ることが困難であった。

【0010】

また、特許文献3に記載されるように、PVD法、CVD法といった薄膜形成技術を利用することも可能であるが、それでも、電極間隔は $20\sim 40\mu\text{m}$ 程度とされており、DPFをすり抜けるような微粒状PMを検出するには、十分とはいえない。また、薄膜形成のための専用の装置が必要であり、生産コストが高くなる虞もある。

さらに、従来の絶縁基板の表面に一对の楕形電極をスクリーン印刷等により形成する方法では、焼成時の収縮率の変動や、電極形成時の印刷条件等により、電極幅や電極間隔に $\pm 5\%$ 程度の個体差を生じるので、被測定ガス中のPM量が同一の条件であっても、PM検出センサの個体差によって、電極間にPMが堆積し、抵抗値の変化が検出されるようになるまでの不感質量や、PM量の変化に対する出力の変化量にバラツキを生じていた。

【0011】

しかし、特許文献1～3等にあるような従来の絶縁性基体の表面に一对の楕形電極を形成したPM検出センサの構造では、一旦完成したPM検出センサの電極幅や電極間隔を修正することが不可能であるため、このような個体差を少なくし、さらなる検出精度の向上を図ることが困難であった。

【0012】

そこで本発明は、内燃機関の燃焼排気中のPM検出に用いられる電気抵抗式の粒子状物質検出センサにおいて、検出電極の幅や電極間隔の寸法精度の個体差を少なくし、検出精度を向上させると共に、一对の検出電極の間隔をより小さくして、DPFからの微粒状PMのすり抜けといった異常を速やかに検出可能な構成とすること、さらには、そのような構成の粒子状物質検出センサを、複雑な生産工程を必要とすることなく、比較的低コストで製造するための方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

請求項1の発明では、内燃機関の燃焼排気を被測定ガスとし、被測定ガス中に設けられ、平板状の絶縁性基体(100)と、導電性材料から成る略平膜状の検出電極(EL_1 、 EL_2)とを具備し、上記絶縁性基体を介して、互いに異なる極性を有する少なくとも一对の上記検出電極が一定間隔で平行に並んだ状態となるように対向せしめて、上記絶縁性基体内部に埋設保持しつつ、上記検出電極の端部を上記絶縁性基体の少なくとも一の側端面に引き出した断面を検出面として用いる粒子状物質検出センサ素子と、上記検出電極間に所定の電圧を印加する電源部(20)と、該電源部からの電圧の印加により上記検出面に露出する上記検出電極端部表面(11、12)に堆積する粒子状物質の量に応じて変化する電気的特性を検出する検出器(21)とを具備し、被測定ガス中の粒子状物質の量を検出する粒子状物質検出センサであって、上記絶縁性基体内部に埋設された上記検出電極の平面部に対して直交する基準面に対して所定の傾斜面形成角度($0<\theta\leq 45^\circ$)で傾斜する傾斜面を形成し、当該傾斜面を上記検出面とすることで、当該検出面に沿った上記検出電極間の距離(T_{10})を所定の目標値(T_{10TRG})に調整したことを特徴とする粒子状物質検出センサ。

【0014】

請求項2の発明では、上記検出面に沿った検出電極間の距離が $2\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下である。

【0015】

請求項3の発明では、略平板状の絶縁性基体を介して対向する一対の略平膜状の検出電極を具備して、該検出電極の端部を上記絶縁性基体の少なくとも一の側端面に引き出した断面を検出面とし、該検出面に露出する上記一対の検出電極端部表面に堆積する粒子状物質の量に応じて変化する電気的特性によって被測定ガス中の粒子状物質の量を検出する粒子状物質検出センサの製造方法であって、少なくとも、絶縁性耐熱材料を用いて略平板状の絶縁性基体を形成する絶縁性基体成形工程と、該絶縁性基体の表面に、導電性材料を用いて略平膜状の検出電極を形成する検出電極形成工程と、該検出電極を形成した絶縁性基体を積層し、少なくとも、一対の上記検出電極が上記絶縁性基体を介して対向する一体の粒子状物質検出センサ前駆体（ 1_{PRE} ）を形成する前駆体形成工程と、上記検出電極の断面が露出するように上記粒子状物質センサ前駆体の端部に所定の傾斜面形成角度（ θ ）で傾斜面を形成し、当該傾斜面を上記検出面とし、当該検出面に沿った上記一対の検出電極間の距離（ T_{10} ）を前記絶縁性基体（ 100 ）の板厚に等しい調整前電極間距離（ T_{10PRE} ）の $1/\cos\theta$ 倍とすることで、所定の目標値（ T_{10TRG} ）に調整する電極間距離調整工程と、を具備することを特徴とする。

10

【0016】

請求項4の発明では、上記電極間距離調整工程において、一対の上記検出電極間に配設された上記絶縁性基体の板厚を目標値の70%～100%、即ち、マイナス目の公差に設定すると共に、上記粒子状物質検出センサ前駆体を作製後に、実際の調整前電極間距離（ T_{10PRE} ）の計測結果に応じて上記傾斜面形成角度を決定する。

20

【0017】

請求項5の発明では、上記絶縁性基体の板厚分布から、幾つかのグループにランク分けして、各ランクに対して上記傾斜面形成角度（ θ ）を設定する。

【0018】

請求項6の発明では、上記調整前検出電極間距離となる前記絶縁性基体の板厚（ T_{10PRE} ）が所定の目標値以上である場合には、上記傾斜面形成角度（ θ ）を 0° とし、上記絶縁性基体の板厚が所定の目標値より薄い場合には、上記傾斜面形成角度（ θ ）を 0° より大きく 45° 以下とする。

【発明の効果】**【0021】**

請求項1の発明によれば、上記電源部から上記検出電極間に電圧を印加したときに、上記絶縁性基体内部に埋設された上記検出電極間に発生した電界により、上記検出面において上記検出電極表面のみならず上記絶縁性基体の表面が誘電分極により分極され、上記検出面において、被測定ガス中に含まれる粒子状物質が速やかに、かつ、均一に堆積するため、早期に不感期間を解消することができる。加えて、上記傾斜面形成角度を調整することで上記検出面に沿った上記検出電極間の距離が極めて精度良く目標値に調整されているので被測定ガス中の粒子状物質が堆積して上記検出部によって電気的特性が検出可能になるまでの不感期間を安定化することが可能となり、また、被測定ガス中の粒子状物質の堆積に伴う上記検出部の出力変化を一定にすることが可能となるので、個体差が少なく、信頼性の高い粒子状物質検出センサが実現できる。

30

【0022】

請求項2の発明によれば、極めて早期に不感期間が解消されると共に、被測定ガス中に含まれる $20\mu\text{m}$ 以下の粒径の粒子状物質の検出が可能となる。

40

【0023】

請求項3の発明によれば、上記絶縁性基体の板厚にバラツキがあっても、上記傾斜面を形成することで、上記検出面における電極間距離を極めて精度良く調整することが可能となり、個体差を少なくした信頼性の高い粒子状物質検出センサを製造することができる。

【0024】

請求項4の発明によれば、上記検出面における電極間距離を極めて目標値に近い値に調整可能となる。

【0025】

50

個々の製品毎に上記傾斜面形成角度 θ の設定値を変えることもできるが、作業効率を低下させる虞もあるが、請求項5の発明によれば、各ランクに対して傾斜面形成角度 θ を設定することにより、比較的高率良く、しかも極めて高い精度で電極間距離 T_{10} を目標値に近い一定の値に調整することができる。

【0026】

請求項6の発明によれば、元々の検出電極間距離の1.0倍から $\sqrt{2}$ 倍の範囲で、任意に調整することが可能となり、上記PM検出センサの製造過程で不可避免的に発生する上記検出電極間の距離のバラツキを、極めて小さくし個体差を少なくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明の第1の実施形態におけるPM検出センサの概要を示し、(a)は、傾斜面形成前のPM検出センサの平面図、(b)は、その要部断面図、(c)は、傾斜面形成後のPM検出センサ及び全体構成を示す平面図、(d)は、その要部断面図。

【図2】図1のPM検出センサの要部詳細を示し、(a)は、傾斜面形成前のPM検出センサの要部拡大断面図、(b)は、傾斜面形成後のPM検出センサの要部拡大断面図。

【図3】本発明の効果を示す模式図。

【図4】比較例と共に本発明の効果を示し、(a)は、比較例1、比較例2、実施例1における既知量のPMを含む被測定ガスに対する出力の変化の違いを示す特性図、(b-1)、(b-2)は、比較例2における個体差を示す特性図、(c-1)、(c-2)は、本発明の実施例1における個体差を示す特性図。

【図5】本発明の第1の実施形態におけるPM検出センサの製造方法を説明するための展開斜視図。

【図6】図5に続く製造方法の概要を示し、(a-1)は、傾斜面形成前のPM検出センサ前駆体の斜視図、(a-2)は、そのA-Aに沿った断面図、(b-1)は、傾斜面形成後のPM検出センサの斜視図、(b-2)は、そのA-Aに沿った断面図、(c)は、完成したPM検出センサ全体の概要を示す構成図。

【図7】本発明の第1の実施形態におけるPM検出センサの変形例を示し、(a)は、PM検出センサ前駆体の展開斜視図、(b)は、発熱体の断面図、(c)は、PM検出センサ前駆体の斜視図、(c)は、PM検出センサの斜視図。

【図8】本発明の第2の実施形態におけるPM検出センサ前駆体展開平面図

【図9】本発明の第2の実施形態における傾斜面形成後のPM検出センサの要部を示し、(a)は、正面図、(b)は、側端面図、(c)は、下面図。

【図10】本発明の第3の実施形態におけるPM検出センサを示し、(a)は、PM検出センサ前駆体の展開斜視図、(b)は、その側端面図、(c)は、傾斜面形成後のPM検出センサの側端面図、(d)は、その下面図。

【図11】本発明の第3実施形態におけるPM検出センサの変形例を示し、(a)は、PM検出センサ前駆体の展開斜視図、(b)は、その側端面図、(c)は、傾斜面形成後のPM検出センサの側端面図、(d)は、その上面図。

【図12】本発明の第4の実施形態におけるPM検出センサの概要を示す平面図。

【図13】(a)は、比較例として示す従来のPM検出センサの構成図、(b)は、検出部の詳細を示す断面図、(c)は、比較例におけるPMの捕集状態を示す断面図。

【発明を実施するための形態】

【0030】

本発明の粒子状物質検出センサ（以下、PM検出センサと略す。）1は、内燃機関の燃焼排気等を被測定ガスとし、検出電極間に堆積するPM量によって変化する電気的特性として抵抗値を検出することによって、被測定ガス中に含まれる粒子状物質（PM）の量を検出するものである。

図1、図2を参照して、本発明の第1の実施形態におけるPM検出センサ1の概要について説明する。

図1(a)、(b)に示すように、 $1\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下の一定膜厚でPt等の導電

10

20

30

40

50

性材料を略平膜状に形成した少なくとも一对の検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} を、 $2\mu m$ 以上 $20\mu m$ 以下の一定間隔で平行に並べて略平板状の絶縁性基体 100 の内部に埋設保持し、これらの検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} の端部表面 11 、 12 を絶縁性基体 100 の側端面 10 に引き出した粒子状物質検出センサ前駆体（以下、PM検出センサ前駆体と略す。） $1PRE$ の端面に検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} の平面部に直交する基準面に対する角度が 0° 以上 45° 以下の範囲で傾斜する所定の傾斜角度 θ を有する傾斜面を形成し、検出電極間距離 T_{10} を傾斜面の角度により微調整したことを特徴とし、PM検出センサ 1 の製造工程中に発生する個体差を少なくして、検出精度の向上を図ると共に、微細な粒径のPMを効率よく捕集可能として不感期間の短縮を図ろうとするものである。

検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} には、傾斜面の形成角度 θ が変化しても、検出面に露出する電極端部表面 11 、 12 の幅 W が一定となるように、傾斜面が形成され得る範囲内において、電極の幅 W を一定とした検出電極調整領域 110 、 120 が形成してある。

【0031】

さらに、平行に並んだ複数対の電極 EL_{11} 、 EL_{12} の内、同極性となる電極が並列となるように絶縁性基体 100 の内部でスルーホール電極 112 、 122 を介して接続され、互いに異なる極性の電極は絶縁性を維持するように、互いの電極を回避して検出電極調整領域 110 、 120 とスルーホール電極 112 、 122 とを接続する電極取り回し部 111 、 121 が形成されている。

さらに、図1(c)に示すように、スルーホール電極 112 、 122 は、それぞれ検出電極リード部 113 、 123 及び電極端子部 114 、 124 を介して、外部に設けた制御部 2 に接続されている。

制御部 2 は、電源部 20 と検出部 21 とによって構成され、電源部 20 は、検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} 間に電圧を印加し、PMを捕集し易くする。

なお、便宜上、検出電極 EL_{11} をプラス極、検出電極 EL_{12} をマイナス極としてあるが、どちらをプラス極とし、マイナス極とするかは任意である。

また、電極取り回し部 111 、 121 は、互いに絶縁性を確保しながら、検出電極調整領域 110 、 120 とスルーホール電極 112 、 122 とを接続するものであれば如何なる配線パターンに形成しても良い。

【0032】

図2(a)に示すように、PM検出センサ前駆体 $1PRE$ の端面に露出する傾斜形成前検出電極端面 $11PRE$ 、 $12PRE$ の膜厚がそれぞれ、調整前電極高さ T_{11PRE} 、 T_{12PRE} 、傾斜形成前絶縁性基体端面 $10PRE$ の板厚が調整前電極間距離 T_{10PRE} であるときに、基準端面に対して、図2(b)に示すように、 0° 以上 45° 以下の傾斜面形成角度 θ で検出面を切削、研磨等により傾斜面を形成した後の電極端面 11 、 12 の検出面に沿った方向の膜厚 T_{11} 、 T_{12} 、絶縁性基体端面 10 に設けた検出面に沿った検出電極間距離 T_{10} は、それぞれ、調整前電極高さ T_{11PRE} 、 T_{12PRE} 、調整前電極間距離 T_{10PRE} の $1/\cos\theta$ 倍、即ち、傾斜面形成角度 θ を 0° 以上、 45° 以下とすることにより、 1.0 倍から $\sqrt{2}$ 倍の範囲で任意に調整することができる。

【0033】

例えば、目標とする電極間距離 T_{10TRG} が $10.0\mu m$ であるにも拘わらず、実際に形成された絶縁性基体 100 の膜厚、即ち、調整前電極間距離 T_{10PRE} が、 $9.0\mu m$ であった場合、約 1.11 倍にすれば良く、傾斜面形成角度 θ を約 40.6° として傾斜面を形成して、その傾斜面を検出面とすることにより、検出面に露出し、当該検出面に沿った電極間距離 T_{10} を極めて精度良く $10.0\mu m$ に調整することができる。また、本図(a)に示すように、PM検出センサ前駆体 $1PRE$ の表面は、収縮率の違いや、熱膨張係数の違い等によって、端面に凹凸ができるが、傾斜面を形成する際に、平滑化されるので、検出面にPMが捕集堆積され、検出電極端部表面 11 、 12 間の導体経路を形成する際に絶縁性基体端部表面 10 が立体的な障害となることがない。また、PM検出時に、被測定ガスの温度が高い場合等、PM検出センサ 1 が加熱環境下にある場合には

、絶縁性基体100よりも熱膨張係数の大きい検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} が膨張し、絶縁性基体端部表面10から、検出電極端部表面11、12が外側に向かって突出するので、絶縁性基体端部表面10が立体的な障害となることがない。これとは逆に、本発明によらず、検出電極端部表面よりも絶縁性基体端部表面が外側に向かって突出している場合には、絶縁性基体端部表面を乗り越えるようにして検出電極間に導電経路が形成されることになるので、不感期間が長くなってしまう。

【0034】

上述の如く、電極間距離 T_{10} が極めて高い精度で調整されているため、電極間にPMが堆積して、抵抗値変化が検出部2によって検出されるようになるまでの不感期間のバラツキが低減される。

また、検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} 及び絶縁性基体100の厚み方向の断面が検出面として露出しているので、それぞれの膜厚(T_{11PRE} 、 T_{12PRE} 、 T_{10PRE})を薄くすることにより、不感期間の低減を図ることができる。

絶縁性基体100をドクターブレード法等によりシート成形し、検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} をスクリーン印刷によって厚膜形成し、これらを積層してPM検出センサ前駆体 1_{PRE} を形成した場合、それぞれの膜厚(T_{11PRE} 、 T_{12PRE} 、 T_{10PRE})は $2\mu m \sim 20\mu m$ の範囲で任意に調整可能である。

【0035】

図3を参照して、本発明のPM検出センサ1のPM捕集性向上の効果について説明する。検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} の間に電源20から電圧を印加すると、絶縁性基体100の外部に露出する検出電極端部表面11、12が分極され、反対の電荷を帯びたPMが検出電極端部表面11、12に捕集される。

このとき、電極端部表面11、12のみならず絶縁性基体100の内部で対向する検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} 間にも電界が形成されるので、誘電分極により絶縁性基体端部表面10にもPMが電氣的に引き寄せられ、検出電極端部表面11、12間に均一にPMが堆積することになり、早期に不感期間が解消される。

【0036】

図4を参照して、比較例と共に本発明の精度向上効果について説明する。本図(a)は、既知量のPM量に対する出力の変化を示し、比較例1として、図13に示した従来の絶縁性基体100z表面に一对の楕円電極 EL_{11z} 、 EL_{12z} を形成したPM検出センサ $1z$ の検出特性を示し、比較例2として、上記実施形態で説明したPM前駆体 1_{PRE} をそのままの状態で使用した場合の検出特性を示し、実施例1として、本発明のPM検出センサ1を用いた場合の検出特性を示す。

なお、本図に用いた、比較例1の電極間距離は、 $30\mu m$ 、比較例2の電極間距離は、 $9.5\mu m$ 、実施例1の電極間距離は、 $10.0\mu m$ である。

実施例1の不感質量 Q_{EMB1} が最も少なく、比較例1の不感質量 Q_{REF1} の $1/5$ 程度となっており、本発明のPM検出センサ1が早期に不感期間を解消できることが分かる。

比較例2の不感質量 Q_{REF2} は、実施例1の不感質量 Q_{EMB1} よりも多い。これは、上述したように、検出面に凹凸が存在し、導電経路を形成する上で立体的な障害となっているためと推察される。

【0037】

本図(b-1)は、PM検出センサ前駆体 1_{PRE} の電極間距離 T_{10PRE} の個体差変動を計測した結果であり、本図(b-2)は、電極間距離を調整していない本発明のPM検出センサ前駆体 1_{PRE} を複数用いて既知のPM量を検出したときの出力変動を調査したものである。

本図(b-1)に示すように、未調整の状態で、PM検出センサ前駆体 1_{PRE} の電極間距離 T_{10PRE} は、測定水準数 $n=125$ で、平均 $10.0\mu m$ 、 $\sigma 0.125$ であり、全体として、 $\pm 5\%$ 程度のバラツキであった。

【0038】

10

20

30

40

50

本図(c-1)は、本発明のPM検出センサ1の電極間距離 T_{10} を調査したものであり、本図(c-2)は、電極間距離を調整した本発明のPM検出センサ1を複数用いて既知のPM量を検出したときの出力変動を調査したものである。

なお、本発明の実施例においては、調整前の電極間距離 T_{10PRE} が、 $10.0\mu m$ より短い場合には、一律の傾斜面形成角度 $\theta = 15^\circ$ で検出面に研磨を施し、 $10.0\mu m$ 以上の場合には、傾斜面形成角度 $\theta = 0^\circ$ で、検出面に研磨を施した。

電極間距離調整後の電極間距離 T_{10} は、測定水準数 $n = 125$ 、平均 $10.04\mu m$ 、 $\sigma 0.091$ に改善され、全体として、 $\pm 3.5\%$ 程度のバラツキに低減することができた。

【0039】

また、予め、未調整の電極間距離 T_{10PRE} 、即ち、絶縁性基体100の板厚を目標値の70%~100%、即ち、マイナス目の公差を設定し、PM検出センサ前駆体 $1PRE$ を作製後に、実際の電極間距離 T_{10PRE} の計測結果に応じて傾斜面形成角度 θ を決定することにより、電極間距離 T_{10} を極めて目標値に近い値に調整可能となる。

この場合、個々の製品毎に傾斜面形成角度 θ の設定値を変えることもできるが、作業効率を低下させる虞もあり、絶縁性基体100の板厚分布から幾つかのグループにランク分けして、各ランクに対して傾斜面形成角度 θ を設定することにより、比較的高率良く、しかも極めて高い精度で電極間距離 T_{10} の値を一定に調整することができる。

【0040】

例えば、絶縁性基体100の側端部における板厚の平均値が $9.50\mu m$ で、最小値 $9.00\mu m$ 、最大値 $10.00\mu m$ 、 $\sigma 0.125$ であった場合に、各PM検出センサ前駆体 $1PRE$ を、絶縁性基体100の端部表面における板厚 T_{10PRE} が $9.7\sim 10.0\mu m$ のものをAランク、 $9.3\sim 9.7\mu m$ のものをBランク、 $9.0\sim 9.4\mu m$ のものをCランクとし、Aランクは傾斜面形成角度 θ を 17° 、Bランクは傾斜面形成角度 θ を 28° 、Cランクは傾斜面形成角度 θ を 37° とすることによって、調整後の絶縁性基体100の端部表面における板厚 T_{10} を平均値 $10.03\mu m$ 、最小値 $9.82\mu m$ 、最大値 $10.15\mu m$ 、 $\sigma 0.072$ まで調整することも可能となる。

本図(b-2)、(c-2)に示すように、本発明によれば、電極間距離 T_{10} の変動を小さくすることによって、不感質量の変動 ΔQ_{EMB1} を ΔQ_{REF2} より小さくでき、しかも、既知のPM量に対する出力変動 ΔV_{EMB1} も ΔV_{REF2} より小さくできることが判明した。

【0041】

図5、図6を参照して、本発明の第1の実施形態におけるPM検出センサ1のより具体的な構成及び、製造方法について説明する。

絶縁性基体100は、絶縁性基体成形工程として、アルミナ、チタニア、スピネル等の絶縁性耐熱材料をドクターブレード法等の公知の方法により、所定の板厚(例えば、焼成後の厚みとして、 $10\mu m$)で、平板状に形成し、金型等を用いて、長方形に打ち抜いてある。また、必要に応じて、スルーホール電極112、122を形成するための貫通孔が適宜打ち抜いてある。

検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} は、検出電極形成工程として、白金等の導体ペーストを用いて、それぞれの電極パターンに応じた形状で、スクリーン印刷等の公知の方法により、絶縁性基体100の表面に印刷形成されている。

このとき、上述の如く、検出電極調整領域110、120は、端面から一定の範囲が、一定幅となるように形成されており、これに接続して、検出電極取り回し部111、121が形成されている。

検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} を印刷すると同時に、絶縁性基体100のスルーホール内に導体ペーストが充填され、スルーホール電極112、122が形成される。

検出電極取り回し部111、121、スルーホール電極112、122のそれぞれに接続して、検出電極リード部113、123、及び、検出電極端子部114、124が形成されている。

10

20

30

40

50

検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} が絶縁性基体 10 を介して交互に対向するよう積層されている。

さらに、通電により発熱する発熱体を形成すべく、抵抗ペースト及び導体ペースト等を用いて、スクリーン印刷等の公知の方法により、発熱体 130 及び、発熱体リード部 131、132、発熱体端子部 133、134 が印刷形成されたヒータ部が形成されている。

発熱体 130 は、検出面が発熱体 130 よりも熱的に低い位置となるように配設してある。

【0042】

前駆体形成工程として、これらが一体的に積層され、所定の温度で一体的に焼成され、図 6 (a-1) に示すような PM センサ前駆体 1_{PRE} が形成される。

なお、本実施形態においては、最上層と最下層となる絶縁性基体 100 の長さを短くし、検出電極端子部 114、124 及び発熱体端子部 133、134 が露出するように形成してあるが、これに限定するものではない。

また、本実施形態においては、検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} をそれぞれ 3 層ずつ形成した例を示したが、積層数はこれに限定するものではなく、適宜変更可能である、

図 6 (a-2) に示すように、複数の検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} が絶縁性基体 10 を介して交互に平行に並んで、絶縁性基体内部に埋設され、絶縁性基体の側端面に検出電極端部表面 11_{PRE} 、 12_{PRE} が露出した状態となっている。

【0043】

さらに、焼成後の PM 検出センサ前駆体 1_{PRE} の絶縁性基体 100 の厚みに応じて、目標とする検出電極間距離 T_{10} に一致させるように、傾斜面形成角度 θ が算出され、検出電極間距離調整工程として、検出面が所定の傾斜面形成角度 θ で切削、研磨等の方法により形成され、本図 (b-1)、(b-2) に示すように、検出面に検出電極端部表面 11、12 が所定の電極間距離 T_{10} を隔てて交互に対向することになる。

【0044】

このようにして、できあがった PM 検出センサ 1 には、制御部 2 に設けられた電源部 20 及び、検出部 21 が接続される。

センサ電源部 201 は、検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} 間に電圧を印加し、検出面に電界を発生され、その周囲に存在する被測定ガス中の PM を静電気力によって引き寄せることができる。

検出部 21 は、検出電極端部表面 11、12 間に堆積する PM 量によって変化する抵抗値を計測し、被測定ガス中に含まれる PM 量を検出することができる。

発熱体端子部 133、134 は、ヒータ通電線 135、136 を介してヒータ制御部 202 に接続され、検出電極端部表面 11、12 間に堆積した PM を燃焼除去したり、検出抵抗を安定化するために一定温度に加熱したりするために、必要に応じて通電が行われる。なお、PM 検出センサ 1 は、図略の保護カバーに覆われた状態でハウジングに保持され、検出電極端部表面 11、12 が被測定ガス流路内に載置される。

【0045】

図 7 を参照して、本発明の第 1 の実施形態における変形例として PM 検出センサ 1a について説明する。

上記実施形態においては、発熱体 130 を絶縁性基体 100 の表面に平面的に印刷形成し、積層した例について説明したが、本実施形態においては、検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} を形成した層と同層に発熱体 130a を印刷形成し、絶縁性基体 100 を貫通するスルーホール内に発熱体 130b、130c を形成して、これを積層することにより本図 (b) に示すように、立体的に配設した点が相違し、各検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} の構成は上記実施形態と同様である。

本実施形態においても、本図 (c)、(d) に示すように、傾斜面形成角度 θ を形成することにより、検出面に露出する検出電極端部表面 11、12 及び絶縁性基体端部表面 11 の厚みを調整し、電極間距離 T_{10} を精度良く一定にすることができ、上記実施形態と同様の効果が発揮できる。

10

20

30

40

50

【0046】

また、本実施形態において、発熱体130aを毎層に形成した例を示したが、発熱量に応じて発熱体130aの形成を適宜間引いて、スルーホール内の発熱体130b、130cを介して接続するようにしても良い。

さらに、上記実施形態においては、検出電極リード部113、123、検出電極端子部114、124を同一層に形成した例を示したが、本図(a)に示すように、検出電極の極性に応じて、検出電極リード部113、検出電極端子部114と、検出電極リード部123、検出電極端子部124とを別の層に分けて形成しても良い。電源部20及び検出部21への配線の都合等により、リード部及び、端子部をどのように配設するかは適宜選択可能である。

10

【0047】

図8、図9を参照して、本発明の第2の実施形態におけるPM検出センサ1bについて説明する。

上記実施形態においては、絶縁性基体100内に埋設した一对の検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} の端部表面11、12を、絶縁性基体100の一の端部表面10に引き出した構成について説明したが、本実施形態においては、略直方体に形成した絶縁性基体100の両側端部表面 10_{b1} 、 10_{b3} 及び底面 10_{b2} の三方向に検出電極端部表面を引き出した点が相違する。

本実施形態において、図8に示すように、検出電極調整領域110b1、110b2、110b3、120b1、120b2、120b3においては、絶縁性基体100内に埋設される部分の幅が一定となるように形成されているので、図9に示すように、検出面1、検出面2、検出面3の3方向に傾斜面を形成したときに、露出する検出電極端部表面 11_{b1} 、 11_{b2} 、 11_{b3} 、 12_{b1} 、 12_{b2} 、 12_{b3} がそれぞれ絶縁性基体100によって分離された状態となっており、各検出電極端部表面の幅Wを一定に保ちながら、電極間距離 T_{10} を精度良く調整することができる。

20

本実施形態においては、上記実施形態と同様の効果に加え、検出面が3方向に存在するので、被測定流路に載置する際の方向性に自由度が生まれ、さらにPM検出センサとしての信頼性が高くなる。

【0048】

図10を参照して、本発明の第3の実施形態におけるPM検出センサ1cについて説明する。

30

上記実施形態においては、一の絶縁性基体100の表面に検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} と検出電極リード部113、123を形成した例を示したが、本実施形態においては、絶縁性基体100の外周を多角形に形成し、各辺に向かって端部が露出するように検出電極調整領域110c1、110c2、110c3、110c4、120c1、120c2、120c3、120c4を引き出すように検出電極 EL_{11c} 、 EL_{12c} を形成し、これらを交互に積層し、さらに、検出電極リード部113c、123cを、絶縁性基体100を貫通するスルーホール電極によって構成して、検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} の平面方向に直交するような方向に引き伸ばして、絶縁性基体100の最上層の表面に検出電極端子部114c、124cを形成した点が相違する。

40

さらに、それぞれの検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} の同極を接続するスルーホール電極112、122と、反対極となる検出電極取り回し部121c、111cを貫通する位置では各スルーホール電極112、122と反対極の検出電極取り回し部121c、111cとの絶縁性を確保すべく空隙が設けてある。

【0049】

また、本実施形態においては、発熱体130cを検出電極 EL_{11} 、 EL_{12} に対して基端側となるように配設して、発熱体リード部131c、133cを、絶縁性基体100を貫通するスルーホール電極によって構成し、発熱体130cを形成した面に直交する方向に引き伸ばしてある。

加えて、本実施形態においては、傾斜面形成角度 θ は、PM検出センサ1cの検出面が

50

先端側に向かって先細りとなるような角度で形成されている。

このような構成とすることによって、上記実施形態と同様、電極間隔 T_{10} を精度良く調整し、不感質量のバラツキを低減する効果に加え、多角形状に形成した絶縁性基体100の各辺に検出面を形成することができるので、PM検出センサ1cを被測定ガスの流れに対する方向を特定することなく載置することが可能となる。

また、本実施形態においては、多角形として、絶縁性基体100を正方形に形成した例を示したが、多角形の形状は、三角形でも、五角形でも、六角形でも、十二角形でも任意の形状に適宜変更可能であり、各辺に向かって検出電極端部 $11c_1 \sim n$ 、 $12c_1 \sim n$ が露出するように検出電極 EL_{11c} 、 EL_{12c} を形成できる。

【0050】

なお、本実施形態において、検出電極リード部 $113c$ 、 $123c$ 及び発熱体リード部 $131c$ 、 $132c$ を絶縁性基体100cに設けたスルーホール内に電極ペーストを充填し、スルーホール電極を形成したものを複数枚積層した例を示したが、検出電極リード部 $113c$ 、 $123c$ 及び発熱体リード部 $131c$ 、 $132c$ をリード線によって構成し、貫通孔を設けた絶縁性基体100cを押出成形により軸方向に延びる多角柱状に形成して、貫通孔にリード線を挿入し、絶縁性基体100cの先端部に検出電極 EL_{11c} 、 EL_{12c} を形成し積層した検出層を接続するようにしても良い。

【0051】

図11を参照して、本発明の第3の実施形態におけるPM検出センサの変形例1dについて説明する。

上記第3の実施形態におけるPM検出センサ1cは、発熱体 $130c$ が、検出電極 EL_{11c} 、 EL_{12c} を積層した層の基端側に配設された例を示したが、本実施形態においては、発熱体 $130d$ が、検出電極 EL_{11c} 、 EL_{12c} を積層した層の先端側に配設された点が相違する。

本実施形態においては、傾斜面形成角度 θ は、PM検出センサ1dの検出面が基端側に向かって先細りとなるような角度で形成されている。

このような構成とすることによっても、上記第3の実施形態と同様の効果が発揮される。また、本実施形態においては、発熱体 $130d$ が、検出電極 EL_{11d} 、 EL_{12d} を交互に積層した層の先端側に形成されているので、発熱体 $130d$ で発生した熱を無駄なく検出電極端部表面 $11d$ 、 $12d$ 間に堆積したPMを燃焼除去できる。

【0052】

図12を参照して、本発明の第4の実施形態におけるPM検出センサ1eについて説明する。

上記第2、第3の実施形態においては、複数の検出面に露出する検出電極端部表面 $11b_1 \sim 3$ 、 $11c_1 \sim 4$ 、 $11d_1 \sim 4$ 、 $12b_1 \sim 3$ 、 $12c_1 \sim 4$ 、 $12d_1 \sim 4$ が、絶縁性基体100内部で、一の検出電極取り回し部 $111b$ 、 $111c$ 、 $111d$ 、 $121b$ 、 $121c$ 、 $121d$ に接続され、一の検出電極 EL_{11d} 、 EL_{12d} を構成するようにした例を示したが、本実施形態のように、第1の検出電極 EL_{11e_1} 、 EL_{12e_1} 、第2の検出電極 EL_{11e_2} 、 EL_{12e_2} とをそれぞれ分離独立した状態で形成しても良い。

このように、第1の検出電極 EL_{11e_1} 、 EL_{12e_1} の端部表面 $11e_1$ 、 $12e_1$ 間に堆積するPM量と、第2の検出電極 EL_{11e_2} 、 EL_{12e_2} の端部表面 $11e_2$ 、 $12e_2$ 間に堆積するPM量との違いを、それぞれの出力 V_1 、 V_2 の違いによって検出することも可能となる。

【産業上の利用可能性】

【0053】

このようにして形成される本発明のPM検出センサは、内燃機関の排気浄化装置に適用されて、排出される粒子状物質の検出に好適に利用される。具体的には、DPFの下流に設置されて、DPFの異常検出に利用することができる。あるいは、DPFの上流に設置されて、DPFに流入する粒子状物質PMを直接検出するシステムに利用することもでき

10

20

30

40

50

る。

【符号の説明】

【0054】

1	PM検出センサ	
1 _{P R E}	PM検出センサ前駆体	
10	絶縁性基体傾斜端面	
10 _{P R E}	傾斜形成前絶縁性基体端面	
11、12	検出電極傾斜端面	
11 _{P R E} 、12 _{P R E}	傾斜形成前電極端面	
110、120	検出電極調整領域	10
111、120	検出電極取り回し領域	
112、122	検出電極スルーホール部	
113、123	検出電極リード部	
114、124	検出電極端子部	
2	制御部	
20	電源部	
21	検出部	
θ	検出面形成角度	
<u>T₁₀T_{R G}</u>	目標値	
T ₁₀	調整後電極間距離	20
T _{10 P R E}	調整前電極間距離（絶縁性基体板厚）	
T ₁₁ 、T ₁₂	調整後検出電極高さ	
T _{11 P R E} 、T _{12 P R E}	調整前検出電極高さ	

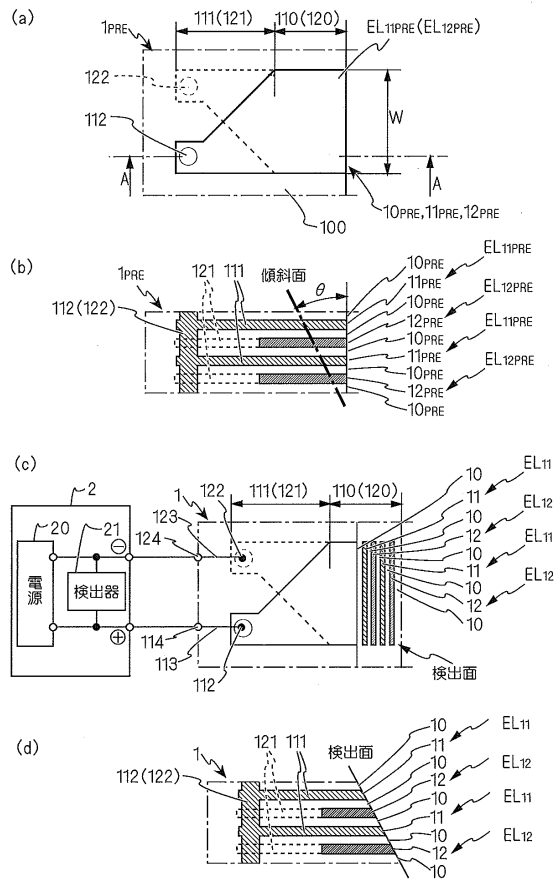
【先行技術文献】

【特許文献】

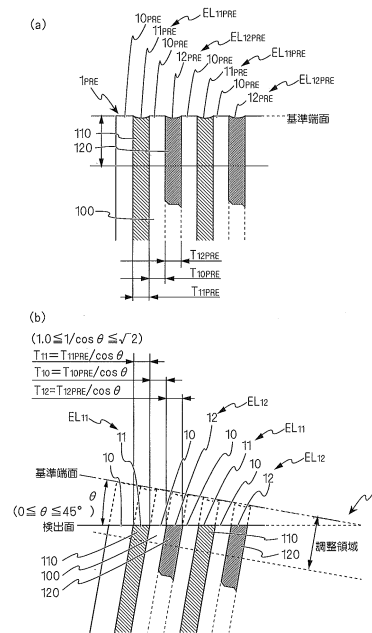
【0055】

【特許文献1】	特開昭59-197847号公報	
【特許文献2】	特表2008-502892号公報	30
【特許文献3】	特開2009-85959号公報	

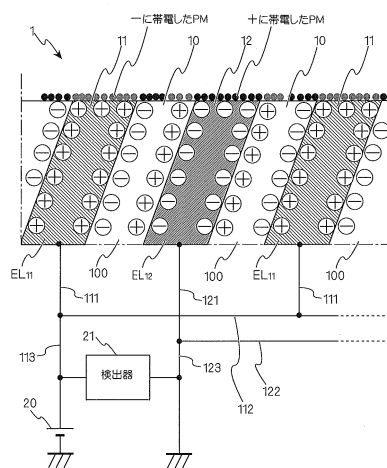
【図 1】



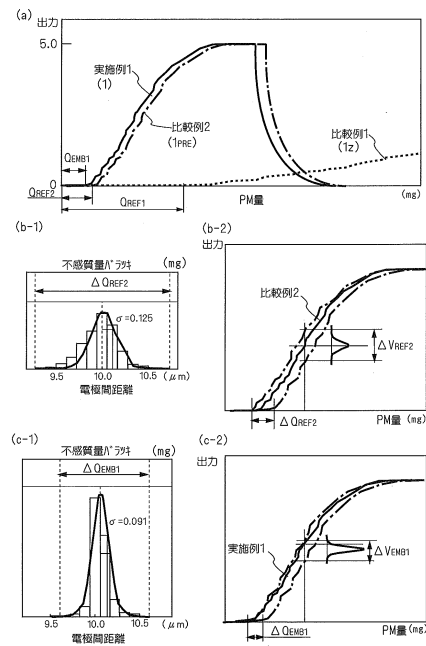
【図 2】



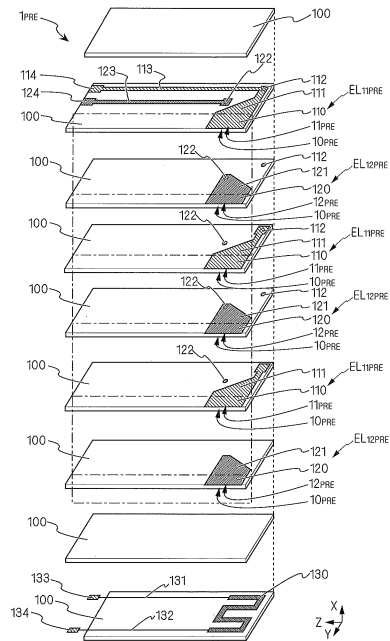
【図 3】



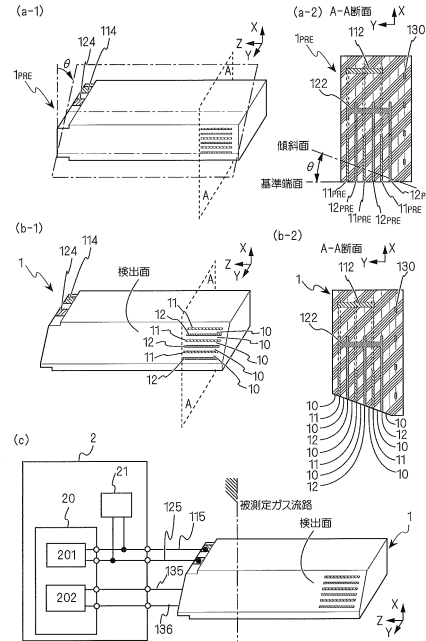
【図 4】



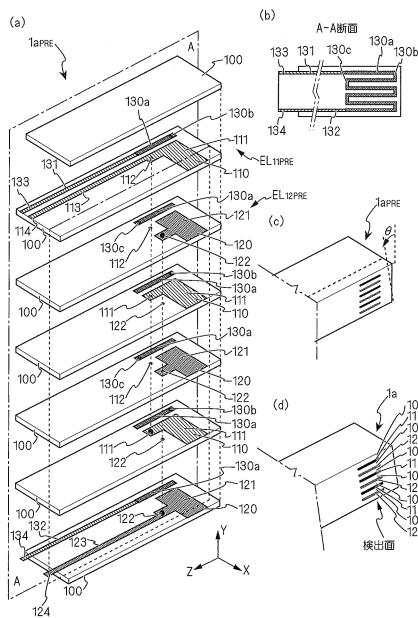
【図 5】



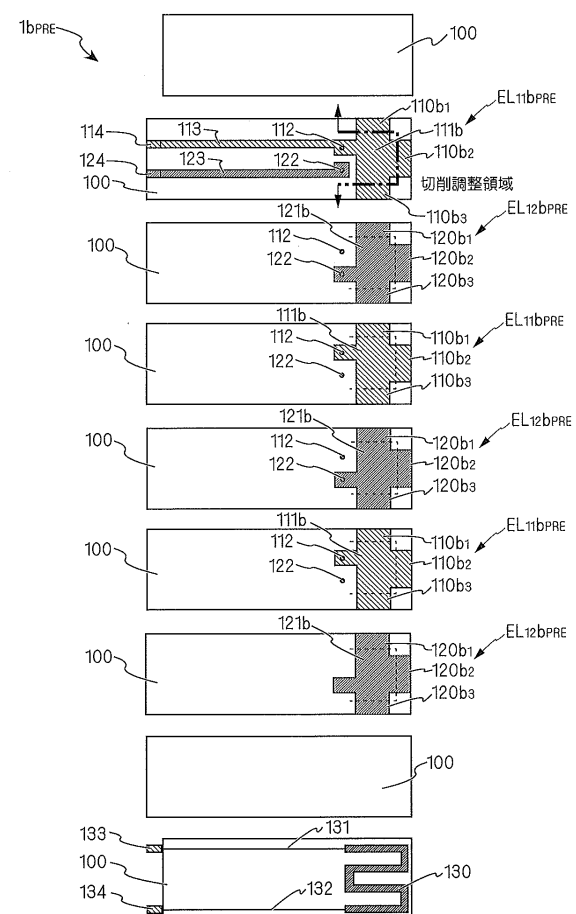
【図 6】



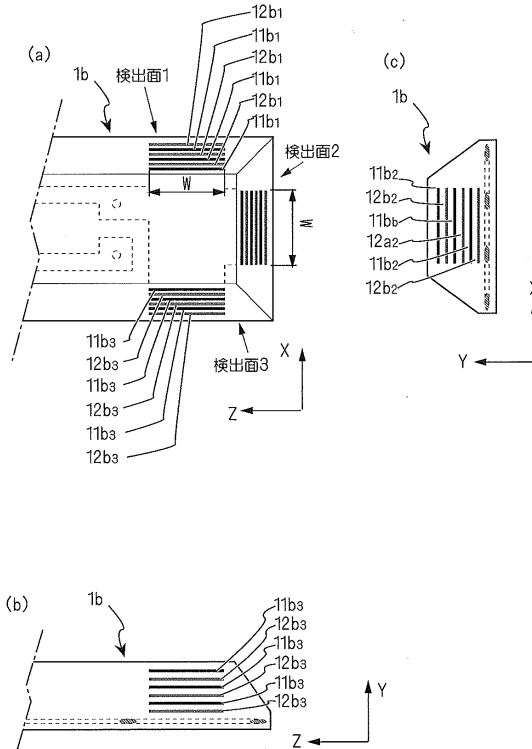
【図 7】



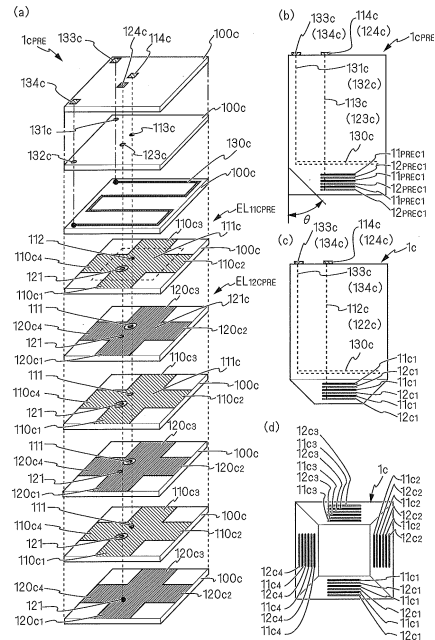
【図 8】



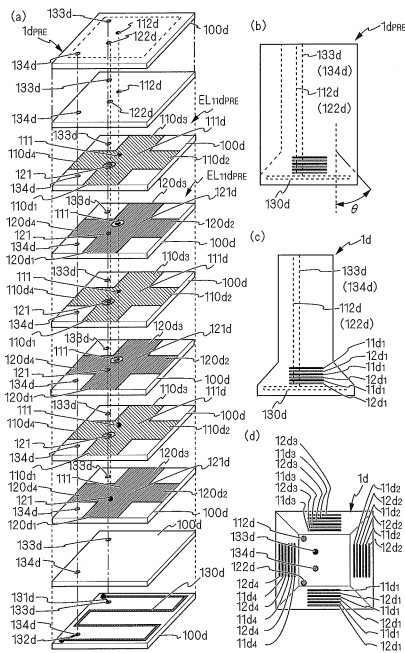
【図 9】



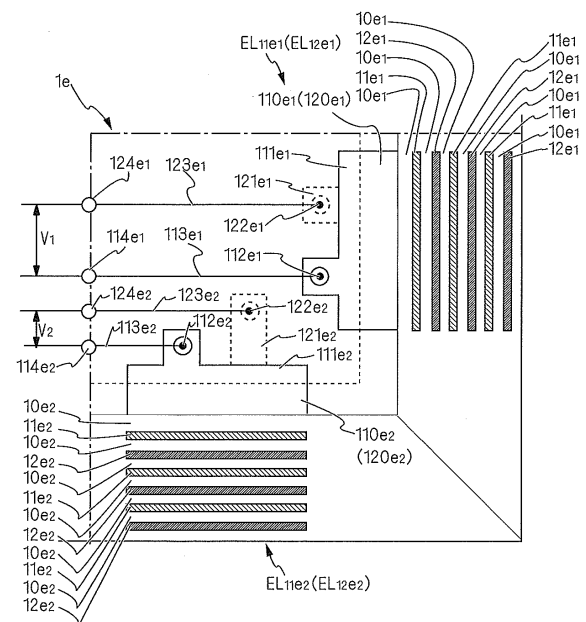
【図 10】



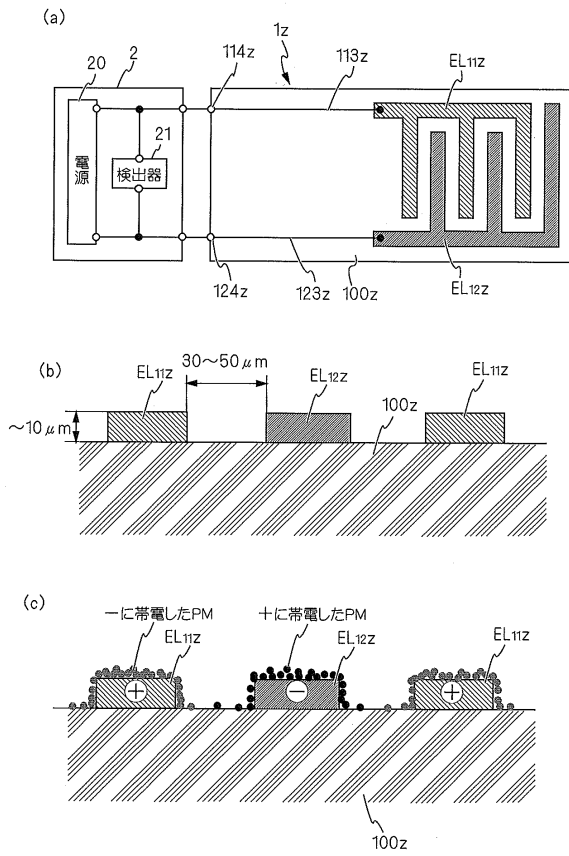
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

審査官 蔵田 真彦

- (56)参考文献 特開昭59-197847 (JP, A)
特開昭60-196659 (JP, A)
特開2009-085959 (JP, A)
特開2010-181252 (JP, A)
特開平09-127260 (JP, A)
国際公開第2008/117853 (WO, A1)
国際公開第2008/111677 (WO, A1)
特開2010-091471 (JP, A)
特開2009-276151 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 27/04
G01N 15/06