(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
2017 年 3 月 23 日(23.03.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/047606 A1

(51) 国際特許分類:
G01N 27/04 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/077034

(22) 国際出願日: 2016 年 9 月 14 日(14.09.2016)

(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 2015-182218 2015 年 9 月 15 日(15.09.2015) JP
特願 2016-142329 2016 年 7 月 20 日(20.07.2016) JP

(71) 出願人: 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: 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). 田村 昌之(TAMURA, Masayuki); 〒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). 宮川 豪(MIYAGAWA, Go); 〒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). 片渕 亨(KATAFUCHI, Toru); 〒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). 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). 為井 悠男(TAMEI, Yuto); 〒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: 東田 潔(TOHDA, Kiyoshi); 〒1020083 東京都千代田区麹町４－３－３０ 麹町ＭＫビル３階 ＰＤＩ特許商標事務所 Tokyo (JP).

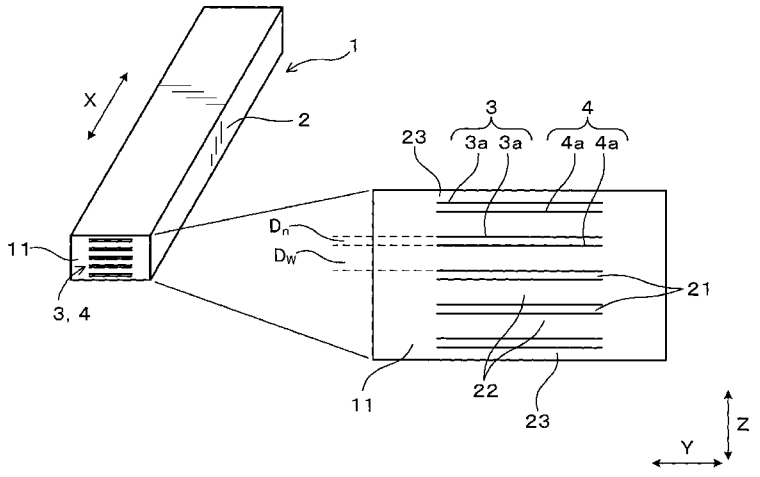
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, 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

[続葉有]

(54) **Title**: PARTICULATE MATTER DETECTION SENSOR

(54) 発明の名称 : 粒子状物質検出センサ



(57) **Abstract**: The present invention is provided with: a sensor element (1) in which a pair of positive and negative detection electrodes 3, 4 are arranged on a surface of an insulating base body (2) that serves as a detection unit (11); and a cover body (5) which covers an opening (H1) of a tubular housing (H) and which leads gas to be measured from gas lead-in/out holes (5a, 5b) into the detection unit (11). The pair of detection electrodes have multiple linear electrodes (3a, 4a), respectively. The linear electrodes (3a) belonging to the positive electrode and the linear electrodes (4a) belonging to the negative electrode are alternately arranged in parallel with each other. Between the linear electrodes belonging to the positive electrode and the linear electrodes belonging to the negative electrode that are adjacent to each other, either a first insulating layer 21 which makes a narrow electrode interval Dn between the linear electrodes, or a second insulating layer (22) which makes an electrode interval Dw wider than the electrode interval Dn between the linear electrodes, is arranged. The first insulating layer is arranged at the central portion of the detection unit.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/047606 A1

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:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

検出部（１１）となる絶縁性基体（２）の表面に、正負一対の検出電極３、４を配置したセンサ素子（１）と、筒状ハウジング（Ｈ）の開口（Ｈ１）を覆い、被測定ガスをガス導出入孔（５ａ、５ｂ）から検出部（１１）に導入するカバー体（５）を備える。上記一対の検出電極は、それぞれ複数の線状電極（３ａ、４ａ）を有し、上記正極に属する線状電極（３ａ）と、上記負極に属する線状電極（４ａ）とが、交互に平行配設されると共に、隣り合う上記正極に属する線状電極と上記負極に属する線状電極の間に、両電極の間隔を狭い電極間隔Ｄｎとする第１絶縁層２１及び電極間隔Ｄｎより広い電極間隔Ｄｗとする第２絶縁層（２２）のうちの一方が配置され、かつ、上記検出部の中央部には、上記第１絶縁層が配置される。

明　細　書

発明の名称 ： 粒子状物質検出センサ

技術分野

[0001] 本発明は、被測定ガスに含まれる粒子状物質を検出するための粒子状物質検出センサに係り、とくに、内燃機関から排出される排気ガス中粒子状物質を検出するセンサに関する。

背景技術

[0002] 従来の粒子状物質検出センサでは、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、Ｐａｒｔｉｃｕｌａｔｅ　Ｍａｔｔｅｒ：ＰＭ）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が使用されている。一例として、特許文献１に開示される粒子状物質検出センサは、積層構造の絶縁性基体と、該絶縁性基体に少なくとも一部が埋設された検出電極を有し、検出電極が露出する表面を検出部とするセンサ素子を備えている。

[0003] センサ素子は、排ガスの導入孔を設けたカバー体内に保持され、排ガス流れが誘導されるセンサ素子の検出部には、異なる極性の検出電極が、絶縁層を挟んで交互に配設される。これら電極間に電圧を印加することで、静電場が形成されると、帯電した粒子状物質が引き寄せられ、電極間に堆積する。したがって、電極間の抵抗値の変化から、排ガスに含まれる粒子状物質の量を検出することができる。あるいは、絶縁性基体の表面に、櫛歯状電極を印刷形成して検出部とすることもできる。このような粒子状物質検出センサは、例えば、ディーゼルエンジンの排気管に配置されて、ディーゼルパティキュレートフィルタ（以下、ＤＰＦという）を備える排気浄化装置の故障診断に用いられる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１２－７８１３０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 粒子状物質検出センサには、いわゆる不感期間が存在し、検出部の電極間に堆積した粒子状物質によりセンサ出力が所定値に達するまでの、立ち上がり時間が短いほど、粒子状物質を速やかに検出できる。つまり、粒子状物質検出センサを用いた故障診断において、センサ感度を高めるには、検出電極の間隔を狭くするのがよい。ところが、検出部において、検出電極のサイズや数を変えずに電極間隔のみを狭めると、実質的な検出面積が小さくなり、カバー体内に導入される排ガスのガス当たり位置がずれると、センサ感度が逆に低下する。そのため、カバー体の寸法精度やセンサ素子との組付精度の影響が大きくなり、センサ感度の個体間バラツキが大きくなる。これを回避するために、検出電極の設置数を多くして検出面積を大きくすると、積層数の増加や電極材使用量の増加により、生産コストが増大する。

[0006] 一方、例えば排気管内壁に付着した粒子状物質が剥離し、通常より大きな粒径の粗大粒子となって放出されることがある。この場合、検出電極の電極間隔が狭いと、粗大粒子の付着によって、センサ出力が急増する頻度が多くなる。そのため、ＤＰＦ（Diesel particulate filter）の故障診断の精度が低下し、ＤＰＦ故障と誤診断する恐れがある。

[0007] 本発明は、かかる課題に鑑みてなされたものであり、センサ感度が良好で、センサ個体間の感度ばらつきが小さく、しかも、粗大粒子の付着によるセンサ出力変動の発生確率が小さく、生産性及び信頼性に優れた粒子状物質検出センサ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

[0008] 本発明の一態様は、検出部（１１）となる絶縁性基体（２）の表面に、正極と負極からなる一対の検出電極（３、４）を配置し、被測定ガス中の粒子状物質を検出するセンサ素子（１）と、該センサ素子を収容する筒状ハウジング（Ｈ）の開口（Ｈ１）を覆うように設けられ、被測定ガスを導出入するためのガス導出入孔（５ａ、５ｂ）を有するカバー体（５）と、を備えており、上記一対の検出電極は、それぞれ上記検出部の表面に露出する複数の線

状電極（３ａ、４ａ）を有し、上記正極に属する線状電極（３ａ）と、上記負極に属する線状電極（４ａ）とが、交互に平行配設されると共に、隣り合う２つの線状電極の間に、両電極の間隔を狭い電極間隔Ｄｎとする第１絶縁層（２１）及び上記電極間隔Ｄｎより広い電極間隔Ｄｗとする第２絶縁層（２２）が配置され、かつ、上記検出部の中央部には、上記第１絶縁層が配置される、粒子状物質検出センサ（Ｓ）にある。

なお、特許請求の範囲及び課題を解決する手段に記載した括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものであり、本発明の技術的範囲を限定するものではない。

発明の効果

[0009] 上記粒子状物質検出センサは、被測定ガスが導入されるセンサ素子の検出部の一対の電極を、第１絶縁層又は第２絶縁層を挟んで隣り合う複数の線状電極で構成したので、隣り合う２つの線状電極の間隔は、狭い電極間隔Ｄｎ又はこれより広い電極間隔Ｄｗとなっている。このとき、検出部の中央部は、狭い電極間隔Ｄｎとなるので、カバー体のガス導出入孔から流入する被測定ガスが誘導されると、粒子状物質が速やかに検出される。また、広い電極間隔Ｄｗの部位を有することで、検出面積が拡大し、被測定ガスが誘導される位置（すなわち、ガス当たり位置）がずれても、センサ感度の低下が抑制される。さらに、粗大粒子が流入した場合に、狭い電極間隔Ｄｎのみであると、一対の電極間が容易に導通してセンサ出力の急増を生じやすいが、電極間隔Ｄｎより広い電極間隔Ｄｗの部位を有することで、これを抑制することができる。

[0010] 以上のごとく、上記態様によれば、良好なセンサ感度を維持し、センサ感度の個体間ばらつきを抑制しつつ、粗大粒子による出力変動を抑制して、検出精度を高めることができる。しかも、粗大粒子の付着によるセンサ出力変動の発生確率が小さく、また、製作工数や電極材使用量の増加を伴わないので、生産性及び信頼性に優れた粒子状物質検出センサを実現することができる。

図面の簡単な説明

[0011] 添付図面において：

[図1]図１は、第１実施形態における、粒子状物質検出センサのセンサ素子全体斜視図およびその要部拡大図。

[図2]図２は、第１実施形態における、粒子状物質検出センサの概略構成を示す軸方向断面図。

[図3]図３は、第１実施形態における、粒子状物質検出センサのセンサ素子構成の一例を示す分解斜視図。

[図4]図４は、第１実施形態における、粒子状物質検出センサのセンサ素子構成の一例を示す分解斜視図。

[図5]図５は、第１実施形態における、センサ素子の検出部の検出電極配置の一例を示す概略構成図。

[図6]図６は、第１実施形態における、センサ素子の検出部の検出電極配置の一例を示す概略構成図。

[図7]図７は、第１実施形態における、センサ素子の検出部の検出電極配置の一例を示す概略構成図。

[図8]図８は、第１実施形態における、センサ素子の検出部の検出電極配置の一例を示す概略構成図。

[図9]図９は、従来のセンサ素子における、検出部の検出電極配置の一例を示す概略構成図。

[図10]図１０は、センサ素子の検出部の検出電極配置と粗大ＰＭ粒子による出力増大発生確率との関係を示す図。

[図11]図１１は、センサ素子の検出部の検出電極配置とセンサ出力立ち上がり時間との関係を示す図。

[図12]図１２は、第２実施形態における、粒子状物質検出センサのセンサ素子の概略構成を示す要部拡大図。

[図13]図１３は、第２実施形態における、センサ素子の検出部の検出電極配置の他の例とヒータ配置との関係を示す要部拡大図。

[図14]図１４は、従来のセンサ素子における、検出部の検出電極配置の一例とヒータ配置との関係を示す要部拡大図。

[図15]図１５は、第３実施形態における、粒子状物質検出センサのセンサ素子の概略構成を示す要部拡大図。

[図16]図１６は、第３実施形態における、センサ素子の検出部の一部拡大図。

[図17]図１７は、第３実施形態における、粒子状物質検出センサの概略構成を示す軸方向断面図。

[図18]図１８は、第３実施形態における、粒子状物質検出センサの概略構成を示す径方向断面図で、図１７のＸＶIII－ＸＶIII線断面図。

[図19]図１９は、第３実施形態における、センサ素子の作用効果を説明するための検出部の一部拡大図。

[図20]図２０は、第３実施形態における、センサ素子の製造方法の一例を示す概略構成図。

[図21]図２１は、第３実施形態における、センサ素子構成を示す分解斜視図。

[図22]図２２は、第４実施形態における、センサ素子の構成と製造方法の例を示す概略構成図。

[図23]図２３は、センサ素子の検出部の検出電極配置とセンサ出力立ち上がり時間との関係を示す図。

発明を実施するための形態

[0012] （第１実施形態）

次に、粒子状物質検出センサの実施形態について、図面を参照して説明する。図１、２において、第１実施形態の粒子状物質検出センサＳは、積層型のセンサ素子１の先端に検出部１１を備え、被測定ガスに含まれる粒子状物質を検出する。被測定ガスは、例えば、ディーゼルエンジン等の内燃機関から排出される燃焼排ガスであり、導電性を有する煤等の微小な粒子状物質（以下、適宜ＰＭという）を含んでいる。粒子状物質検出センサＳは、内燃機

関の排気管壁Ｗに取り付けられて、例えば、ＤＰＦを備える排気浄化装置の故障診断システムを構成する。

[0013] 図１に示すように、センサ素子１は、直方体形状の絶縁性基体２を有し、その先端面を検出部１１として、正極と負極からなる一対の検出電極３、４を配置している。ここでは、例えば検出電極３を正極、検出電極４を負極とし、それぞれ、検出部１１の表面に露出する複数の線状電極３ａ、４ａを有する。なお、センサ素子１は、絶縁性基体２の長手方向を素子長手方向Ｘ、検出部１１における線状電極３ａ、４ａの線長方向を素子幅方向Ｙ、これと直交する積層方向を素子厚方向Ｚとしている。

[0014] 複数の線状電極３ａ、４ａは、正極となる検出電極３に属する線状電極３ａと、負極となる検出電極４に属する線状電極４ａとが、交互に平行配設されており、隣り合う線状電極３ａ、４ａの組が複数形成される。隣り合う２つの線状電極３ａ、４ａの間には、第１絶縁層２１及び第２絶縁層２２のいずれか一方が配置され、第１絶縁層２１の層厚は、第２絶縁層２２の層厚より薄く形成される。これにより、第１絶縁層２１を挟んで隣り合う２つの線状電極３ａ、４ａは、狭い電極間隔Ｄｎを有する。また、第２絶縁層２２を挟んで隣り合う２つの線状電極３ａ、４ａは、電極間隔Ｄｎより広い電極間隔Ｄｗを有する。素子厚方向Ｚにおいて、検出部１１の一対の検出電極３、４の外側には、第３絶縁層２３が配置される。この検出部１１の構成については、詳細を後述する。

[0015] 図２に示すように、粒子状物質検出センサＳは、筒状ハウジングＨ内にセンサ素子１を同軸的に収容し、筒状ハウジングＨの先端開口Ｈ１を覆うように取り付けたカバー体５によって、先端開口Ｈ１内に配置される検出部１１を保護している。粒子状物質検出センサＳは、筒状ハウジングＨの外周に設けたネジ部材Ｈ２により、例えば、内燃機関の排気管壁Ｗに設けたネジ穴Ｗ１に固定される。カバー体５は二重容器状で、同軸配置される外側カバー５１と内側カバー５２からなり、各カバー５１、５２の底部及び側面には、それぞれ複数のガス導出入孔５ａ、５ｂが、軸周りに均等に配置される。ここ

では、外側カバー５１には、下部側面と底部外周のそれぞれ複数箇所に、ガス導出入孔５ａが設けられ、内側カバー５２には、上部側面の複数箇所と底部中央の１箇所に、ガス導出入孔５ｂが設けられる。

[0016] 排気管内の燃焼排ガスの流れ方向ｇ（図の左右方向）は、粒子状物質検出センサＳの軸方向である素子長手方向Ｘ（図の上下方向）と直交する方向となっている。このとき、図中に点線で示すように、燃焼排ガスは、外側カバー５１の下部側面のガス導出入孔５ａからカバー体５内に流入した後、外側カバー５１と内側カバー５２の間に形成される通路を経て、内側カバー５２の上部側面のガス導出入孔５ｂを通過し、対向する筒状ハウジングＨの先端開口から、検出部１１に導入される。粒子状物質検出センサＳは、例えば、排気管の途中に設置される図示しないＤＰＦの下流に配置されて、ＤＰＦをすり抜ける粒子状物質を検出し、ＤＰＦの異常診断システムの一部を構成することができる。

[0017] ここで、図２のカバー体５の形状や、ガス導出入孔５ａ、５ｂの配置は一例であり、適宜変更することができる。カバー体５は、内側カバー５２のガス導出入孔５ｂから内部に流入する燃焼排ガスが、検出部１１の中央部へ向けて誘導されるように構成されていればよい。通常は、図示のように、内側カバー５２のガス導出入孔５ｂを、検出部１１の下方位置に近接配置して、ガス導出入孔５ｂから流入する燃焼排ガスが、検出部１１の中央部の下方を通過するように構成するとよい。また、外側カバー５１のガス導出入孔５ａから内側カバー５２のガス導出入孔５ｂへ直接流入しないように、ガス導出入孔５ａ、５ｂは、軸方向又は径方向において、互いに離れた位置に設けられる。

[0018] 図３に示すように、センサ素子１は、電気絶縁性を備えるセラミックグリーンシート２ａ～２ｃを積層して絶縁性基体２を構成すると共に、セラミックグリーンシート２ａ～２ｃ間に、線状電極３ａ、４ａを交互に配置して、検出電極３、４としている。隣り合う線状電極３ａ、４ａの間には、第１絶縁層２１となるセラミックグリーンシート２ａ又は第２絶縁層２２となるセ

ラミックグリーンシート２ｂが配置される。ここでは、例えば、セラミックグリーンシート２ａとセラミックグリーンシート２ｂが、図１に示した構成となるように、素子厚方向Ｚに交互に積層配置される。セラミックグリーンシート２ａは、狭い電極間隔Ｄｎに対応し、そのシート厚は、広い電極間隔Ｄｗに対応するセラミックグリーンシート２ｂのシート厚より薄く形成される。

[0019] これら積層体の最上層又は最下層には、第３絶縁層２３となる複数のセラミックグリーンシート２ｃが配置され、下層側の複数のセラミックグリーンシート２ｃ間にヒータ電極６ａ及び引出電極６ｂが配置されて、ヒータ６が構成される。また、線状電極３ａ、４ａと反対側の端部において、最上層のセラミックグリーンシート２ｃ上面には、端子電極３１、４１が形成される。最下層のセラミックグリーンシート２ｃ下面には、ヒータ６用の端子電極６１、６２が形成される。ヒータ電極６ａは、線状電極３ａ、４ａの形成位置に対応して設けられ、検出部１１全体を加熱可能となっている。粒子状物質検出センサＳは、センサ素子１の作動時にヒータ６に通電して、検出部１１の表面に付着する水分や粒子状物質を除去し、検出誤差を防止する。

[0020] 線状電極３ａ、４ａは、セラミックグリーンシート２ａ～２ｃ上に、スクリーン印刷等により形成され、セラミックグリーンシート２ａ、２ｂの側端縁部に沿って形成される引出電極３ｂ、４ｂによって、他端側へ引出される。なお、線状電極３ａ、４ａは、絶縁性基体２の表面に露出する部分が線状電極形状となっていればよく、例えば、１辺が線状電極３ａ、４ａとなる矩形又は台形の電極膜をセラミックグリーンシート２ａ～２ｃ間に埋設する構成としてもよい。引出電極３ｂ、４ｂは、セラミックグリーンシート２ａ～２ｃの側端縁部の異なる面に設けられ、他端側において素子厚方向Ｚに形成される図示しない導体部を介して、最上層の端子電極３１、４１に接続される。この接続位置を、図中に点線で示す。

セラミックグリーンシート２ａ～２ｃの材料としては、例えば、アルミナ、マグネシア、チタニア、ムライト等の絶縁材料や、チタン酸バリウム等の

高誘電率材料とアルミナやジルコニアを混合した誘電体材料等の公知のセラミック材料が用いられる。線状電極３ａ、４ａには、例えば、アルミニウム、金、白金、タングステン等の金属材料や、酸化ルテニウム等の金属酸化物材料、又は、ペロブスカイト型の導電性酸化物材料等の公知の導電性材料が用いられる。

[0021] セラミックグリーンシート２ａ、２ｂは、同一の長方形状で、シート厚を変更することにより同一材料を用いて形成することができる。図４に示すように、第１絶縁層２１、第２絶縁層２２を、１種類のセラミックグリーンシート２ａを用いて構成することもできる。この場合は、広い電極間隔Ｄｗに対応する第２絶縁層２２を、シート厚の薄いセラミックグリーンシート２ａを複数枚（例えば３枚）組合せて形成し、図３のセラミックグリーンシート２ｂと同等のシート厚とすればよい。それ以外の構成は、図３と同様であり、説明を省略する。また、ここでは狭い電極間隔Ｄｎもセラミックグリーンシートで形成しているが、スクリーン印刷等で形成することも可能である。

[0022] センサ素子１は、セラミックグリーンシート２ａ～２ｃに、線状電極３ａ、４ａ及び引出電極３ｂ、４ｂ、端子電極３１、４１、ヒータ電極６ａ及び引出電極６ｂ、端子電極６１、６２等を形成し、図３又は図４のように積層して、焼成することにより一体化される。すなわち、絶縁性基体２は、第１絶縁層２１～第３絶縁層２３を含む絶縁層の積層体からなる。第３絶縁層２３は、検出部１１の素子厚方向Ｚにおいて、一対の検出電極３、４の外側を覆うように配置される。また、検出部１１の素子幅方向Ｙにおいて、第１絶縁層２１～第３絶縁層２３の幅は一定であり、線状電極３ａ、４ａの線長よりも、十分に大きい。一対の検出電極３、４の両側において、第１絶縁層２１～第３絶縁層２３は、線状電極３ａ、４ａを介さずに、互いに圧着される。このように、検出部１１となる絶縁性基体２の先端面では、表面に露出する一対の検出電極３、４の外側を、絶縁層（すなわち、第１絶縁層２１～第３絶縁層２３）が取り囲んでおり、検出電極３、４の剥離を防止している。

[0023] 第３絶縁層２３の層厚は、通常、第１絶縁層２１の層厚より厚く形成され

、例えば、第２絶縁層２２の層厚と同等ないしそれ以上とすることができる。検出部１１において、検出電極３、４の剥離を防止して、絶縁性を確保するには、また電極間隔を一定保持するには、第３絶縁層２３が厚い方がよいが、一対の検出電極３、４を形成可能な領域が狭くなるため、好適には、第２絶縁層２２の層厚の３倍以下程度の範囲で、適宜選択するとよい。最外層とする第３絶縁層２３が薄過ぎる場合は、剛性低下し剥離しやすくなるので、第１絶縁層２１の層厚より厚くするのがよく、厚過ぎる場合は、絶縁性基体２の体積が拡大しコスト高となるため、第２絶縁層２２の層厚の３倍以下とすることが望ましい。

[0024] これにより、図５に示すように、絶縁性基体２の先端面に、第１絶縁層２１を挟んで対向する線状電極３ａ、４ａの組と、第２絶縁層２２を挟んで対向する線状電極３ａ、４ａの組とが、素子厚方向Ｚに交互に配置されて、検出部１１を形成する。このとき、検出部１１の中央部のガス当たり位置Ｇ１に、第１絶縁層２１が位置し、その両側（すなわち図の上側及び下側）に、第１絶縁層２１と第２絶縁層２２とが対称配置されるのがよい。このような第１絶縁層２１、第２絶縁層２２の配置は、図５に示す例の他に、図６～図８に示す例があり、以下に順に説明する。

[0025] 図５に示す検出部１１は、中央部の第１絶縁層２１を挟んで両側に、第２絶縁層２２と第１絶縁層２１が、この順で交互に配置される。ここでは、例えば、５つの第１絶縁層２１の層間に４つの第２絶縁層２２が配置され、最外層の第１絶縁層２１は、検出部１１の素子厚方向Ｚの端縁部に近い位置にある。このように、検出部１１の中央部に、狭い電極間隔Ｄｎの線状電極３ａ、４ａの組を配置し、燃焼排ガスのガス当たり位置Ｇ１に対応させることで、カバー体５のガス導出入孔５ａ、５ｂを経て流入する微小な粒子状物質を速やかに検知でき、センサ感度が向上する。また、広い電極間隔Ｄｗの線状電極３ａ、４ａの組を複数配置し、検出面積を広げることで、例えば、燃焼排ガスが中央部から外れたガス当たり位置Ｇ２へ誘導されても、検出可能とする。これにより、カバー体５の寸法ばらつきやセンサ素子１との組付ば

らつきが生じて、ガス当たり位置がずれた場合でも、粒子状物質をより外側の線状電極３ａ、４ａ間に捕捉でき、センサ感度を低下させることがない。したがって、センサ感度の個体間ばらつきが抑制され、検出精度が向上する。

[0026] また、検出部１１の中央部から外側へ、広い電極間隔Ｄｗの線状電極３ａ、４ａの組と、狭い電極間隔Ｄｎの線状電極３ａ、４ａの組とを交互に配置したので、電極間隔の広い部分が増加する。例えば、排気管壁で凝集した粒子状物質が剥離し、粗大ＰＭ粒子（すなわち、図中の粗大ＰＭ）として流入することがあるが、このような場合でも、電極間隔の広い部分を有することで、粗大ＰＭ粒子の付着により直ちに線状電極３ａ、４ａ間が導通する確率は小さくなる。したがって、粗大ＰＭ粒子によるセンサ出力の急増が抑制され、検出精度が向上する。

[0027] これに対して、図９に示す従来例では、検出電極３、４の電極間隔は一定で、検出部１１の中央部寄りに、複数の第１絶縁層２１を挟んで線状電極３ａ、４ａが平行配される。このように狭い電極間隔Ｄｎのみとすることで、センサ感度は高まるが、検出部１１の検出面積が小さくなり、周辺部に検出電極３、４が配置されない部分が多くなる。そのため、ガス当たり位置Ｇ１が中央部から外れると、周辺部のガス当たり位置Ｇ２の大半が検出電極３、４の設置範囲外となり、センサ感度の個体間ばらつきが大きくなって、検出精度が低下する。また、電極間隔Ｄｎより大きい粗大ＰＭ粒子（すなわち、図中の粗大ＰＭ）が付着すると、センサ出力が急峻に立ち上がり、ＤＰＦの故障診断装置に適用された場合には、正常なＤＰＦを異常と判断してしまう恐れがある。

[0028] 検出部１１において、狭い電極間隔Ｄｎ、すなわち第１絶縁層２１の層厚は、通常、１μｍ～６０μｍ、好適には、５μｍ～６０μｍの範囲で設定される。一般的な粒子状物質のサイズは、例えば１０ｎｍ～１００ｎｍ程度の分布を有し、中心粒径は４０ｎｍ程度であることを確認しており、このような粒子状物質を速やかに検出するには、電極間隔Ｄｎは狭いほどよい。ただ

し、第１絶縁層２１の層厚が薄くなると、検出部１１を所望の寸法精度で製作するために手間がかかり、粗大ＰＭ粒子の付着による出力急増の恐れが増す。一方、広い電極間隔Ｄｗ、すなわち第２絶縁層２２の層厚は、通常、２０μｍ～３００μｍ、好適には、２０μｍ～１００μｍの範囲で設定される。粗大ＰＭ粒子のサイズは、通常、数μｍ～１００μｍ程度であり、中心粒径は２０μｍ程度であると推察されることから、２０μｍ以上の電極間隔Ｄｗとすることで、粗大ＰＭ粒子の付着による出力急増を抑制する効果が高まる。第３絶縁層２３の層厚は、上述したように、第１絶縁層２１の層厚より厚く、第２絶縁層２２の層厚の３倍以下（すなわち、１μｍより厚く、９００μｍ以下）であればよく、好適には、１００μｍ～４００μｍの範囲で設定される。

[0029] 検出部１１は、より広い領域に、検出電極３、４が配置されることで、センサ感度を高め、応答性を向上させることができる。具体的には、センサ素子１の素子幅（すなわち、検出部１１となる先端面の素子幅方向Ｙの長さ）が、例えば、３ｍｍ～５ｍｍ程度のとき、検出電極３、４の電極幅（すなわち、素子幅方向Ｙの線状電極３ａ、４ａの線長）は、例えば、２ｍｍ～４ｍｍ程度に設定される。このとき、素子幅方向Ｙにおいて、線状電極３ａ、４ａより外側に位置する第１～第３絶縁層２１～２３の長さが、両側で０．４ｍｍ～１ｍｍ（すなわち、片側で０．２ｍｍ～０．５ｍｍ）程度であれば、絶縁層同士の圧着性を確保して、剥離等を防止することができる。また、素子厚（すなわち、検出部１１となる先端面の素子厚方向Ｚの長さ）は、例えば、１ｍｍ～３ｍｍ程度であり、素子厚方向Ｚに、所望の数の検出電極３、４の組が、所望の間隔で配置されるように、第１絶縁層２１又は第２絶縁層２２の配置や層厚を、上記した範囲で設定するとよい。

[0030] 検出部１１は、図６、図７に示すように、第１絶縁層２１より広い電極間隔Ｄｗを形成する第２絶縁層２２を、層厚の異なる複数の絶縁層２２１、２２２を組み合わせて構成することもできる。複数の絶縁層２２１、２２２により、線状電極３ａ、４ａ間に形成される電極間隔Ｄｗ１、Ｄｗ２は、いず

れも電極間隔Ｄｎより広く、上述の第２絶縁層２２の電極間隔Ｄｗと同等範囲内で、適宜設定される。ここでは、例えば、絶縁層２２２の電極間隔Ｄｗ２を、絶縁層２２１の電極間隔Ｄｗ１より広くし、絶縁層２２１の電極間隔Ｄｗ１を電極間隔Ｄｎより狭くして、検出面積が図５に示す検出部１１と同等となるようにしている（すなわち、Ｄｎ＜Ｄｗ１＜Ｄｗ＜Ｄｗ２）。

[0031] 図６において、中央部の第１絶縁層２１の両側には、線状電極３ａ、４ａ間を、電極間隔Ｄｗより広い電極間隔Ｄｗ２とする絶縁層２２２が配置され、その外側に、第１絶縁層２１を介して、絶縁層２２１が配置される。例えば、検出部１１に、粗大ＰＭ粒子が流入しやすい条件では、このように、中央部の第１絶縁層２１の近傍に、より広い電極間隔Ｄｗ２の絶縁層２２２が配置されることで、粗大ＰＭ粒子の付着による出力増大を抑制できる。したがって、異常診断システムに適用された場合の誤検出を防止する効果が高まる。

[0032] あるいは、図７に示すように、検出部１１において、中央部の第１絶縁層２１を挟んで、その両側に、層厚のより薄い絶縁層２２１を配置することもできる。絶縁層２２１の外側には、第１絶縁層２１を介して、層厚のより厚い絶縁層２２２が配置される。例えば、カバー体５の寸法ばらつき等の影響で、ガス当たり位置Ｇ１が中央部から外れやすい構造となっている場合には、このように、中央部の第１絶縁層２１の近傍に、比較的狭い電極間隔Ｄｗ１の絶縁層２２１が配置して、線状電極３ａ、４ａの組を集め、センサ感度を高めることができる。

[0033] さらに、図８に示すように、検出部１１において、中央部と周辺部に、それぞれ複数の第１絶縁層２１を配置し、線状電極３ａ、４ａの設置数を増すこともできる。中央部と周辺部には、第２絶縁層２２が配置される。ここでは、中央部と周辺部に、３層の第１絶縁層２１を挟んで線状電極３ａ、４ａを交互に配置し、それらの中間部に、各１層の第２絶縁層２２を配置している。これにより、中央部と周辺部に、電極間隔Ｄｎの線状電極３ａ、４ａの組が複数形成されるので、ガス当たり位置が中央部から外れやすい場合でも

、センサ感度のばらつきを抑制できる。また、中間部に、電極間隔Ｄｗの線状電極３ａ、４ａの組が形成されるので、粗大ＰＭ粒子が流入しても、センサ感度の低下を抑制できる。

[0034] （試験例１）

上記図５～図９に示した構成のセンサ素子１を以下のようにして製造し、ディーゼルエンジンのベンチ試験機による評価を行って、検出部１１の電極配置とセンサ出力の関係を調べた。センサ素子１は、素子幅４ｍｍ、素子厚１．６ｍｍ、電極幅３．２ｍｍとした。まず、セラミックグリーンシート２ａ～２ｃとして、シート厚さを調整したアルミナグリーンシートを作製した。アルミナグリーンシートは、アルミナ粉末にエタノール等の溶媒とバインダ溶液を添加してスラリー状としたものを、公知のドクターブレード法等によりシート状に成形し、乾燥して得た。得られたアルミナグリーンシートを、所定のサイズに切断し、スクリーン印刷等により、検出電極３、４となる線状電極３ａ、４ａと、引出電極３ｂ、４ｂを、所定位置に形成した。同様に、ヒータ６となるアルミナグリーンシートに、スクリーン印刷等により、ヒータ電極６ａ、引出電極６ｂを、所定位置に形成した。さらに、最上層又は最下層となるアルミナグリーンシートに、端子電極３１、４１、６１、６２を形成した。

[0035] これらのアルミナグリーンシートを、所定の順に積層し、一軸加圧又は冷間等方圧加圧等の方法により加圧、圧着した後、脱脂、焼成した（例えば、１４５０℃、２時間）。その後、絶縁性基体２の表面を研磨することで検出部１１に検出電極３、４を露出させた。さらに、絶縁性基体２の側面に露出させた引出電極３ｂ、４ｂを、導電性ペースト等を用いた導電部を介して、端子電極３１、４１に接続した。同様にして、ヒータ６の引出電極６ｂを端子電極６１、６２に接続し、センサ素子１を得た。このとき、第１絶縁層２１、第２絶縁層２２となるアルミナグリーンシートのシート厚さを調整し、線状電極３ａ、４ａの配置や積層順序を変更することにより、上記図５～図８に示した検出部１１を有するセンサ素子１を作製し、それぞれサンプルＳ

１～Ｓ４とした。また、比較のため、上記図９に示した従来構成の検出部１１を有するセンサ素子１を作製し、サンプルＳ０とした。

[0036] 得られたセンサ素子１を筒状ハウジングＨに収容し、カバー体５を取り付けて、粒子状物質検出センサＳとした。ディーゼルエンジンの排気管に、燃焼排ガス中の粒子状物質がすり抜けるように栓空けしたＤＰＦを搭載し、その下流端から１０００ｍｍの位置において、粒子状物質検出センサＳを排気管壁に取り付けた。粒子状物質検出センサＳは、カバー体５で保護されるセンサ素子１の先端側が、排気管内に挿通位置し、被測定ガスである燃焼排ガスに晒されるように取り付けられる。排気管径はφ５５ｍｍとし、流速４０ｍ／ｓ、ＰＭ濃度５ｍｇ／m^3、排ガス２００℃の条件で、燃焼排ガスを排気管内に導入した。センサ素子１の検出電極３、４間に所定の捕集電圧を印加して、ＤＰＦの下流にすり抜ける粒子状物質を検出し、粗大ＰＭ粒子による出力増大発生確率とセンサ出力立ち上がり時間を調べた。結果を図１０、図１１に示す。ここで、粗大ＰＭ粒子による出力増大発生確率は、粒子状物質検出センサＳを用いて、後述するセンサ出力立ち上がり時間の測定を、所定回数(例えば、３０回)行ったときに、粗大ＰＭ粒子の付着によって出力急増が発生した回数から、その発生比率を算出した。また、センサ出力立ち上がり時間は、まずヒータ６に通電してセンサ素子１に付着した粒子状物質を除去する再生処理を行った後に、ヒータ通電を止めて、捕集電圧の印加を開始してからセンサ出力が所定値（例えば、１５μＡ）に立ち上がるまでの時間とし、その平均値とばらつき（例えば、３０回）を求めた。

[0037] 図１０、図１１に明らかなように、検出部１１の検出電極３、４間が一定の電極間隔ＤｎであるサンプルＳ０では、粗大ＰＭ粒子による出力増大発生確率が２５％を超えており、センサ出力立ち上がり時間のばらつきが大きい。これに対して、サンプルＳ１～Ｓ４では、いずれも出力増大発生確率が１５％を下回り、センサ出力立ち上がり時間のばらつきも小さい。特に、検出部１１の中央部において、電極間隔Ｄｎの線状電極３ａ、４ａの両側が、広い電極間隔Ｄｗ、Ｄｗ２、Ｄｗ１であるサンプルＳ１～Ｓ３では、出力増大

発生確率が１０％以下に大きく低減し、電極間隔Ｄｗ、Ｄｗ１、Ｄｗ２が広いほど（すなわち、Ｄｗ１＜Ｄｗ＜Ｄｗ２）、粗大ＰＭ粒子による影響が小さくなる。一方、電極間隔Ｄｗ、Ｄｗ１、Ｄｗ２が狭いほど、センサ出力立ち上がり時間のばらつきは小さく、センサ感度の個体差が小さくなる。検出部１１の中央部に、電極間隔Ｄｎの線状電極３ａ、４ａの組が複数位置するサンプルＳ４では、センサ出力立ち上がり時間が最短であり、センサ感度が高い。

[0038] したがって、検出部１１の検出電極３、４の配置を、センサ要求仕様に応じて最適化することができる。例えば、粗大ＰＭ粒子の影響が比較的大きい環境では、出力変動を抑制できセンサ感度のばらつきも小さい図５の電極配置（すなわち、サンプルＳ１）や、出力変動の抑制効果がより高い図６の電極配置（すなわち、サンプルＳ２）を選択し、粗大ＰＭ粒子の影響が比較的小さい環境では、センサ感度のばらつき低減と出力変動の抑制を両立しやすい図７の電極配置（すなわち、サンプルＳ３）や、センサ感度をより高めた図８の電極配置（すなわち、サンプルＳ４）を選択することができる。

[0039] （第２実施形態）

上記第１実施形態では、積層型のセンサ素子１の先端面を検出部１１とし、複数の線状電極３ａ、４ａが絶縁性基体２に埋設された構造としたが、図１２、図１３に第２実施形態として示すように、一対の検出電極３、４を絶縁性基体２の先端面以外の表面に形成することもできる。本形態の粒子状物質検出センサＳの基本構造は、第１実施形態と同様であり、以下、相違点を中心に説明する。センサ素子１は、平板形状の絶縁性基体２を有し、その板面の先端部表面を検出部１１として、一対の検出電極３、４を配置している。これら検出電極３、４は、それぞれ、複数の線状電極３ａ、４ａが一端側で接続された櫛歯状電極であり、絶縁性基体２の表面に素子長手方向Ｘに形成した引出電極３ｂ、４ｂにより、図示しない端子電極と接続されている。これら検出電極３、４の線状電極３ａ、４ａ、引出電極３ｂ、４ｂは、公知のスクリーン印刷等により形成される。

[0040] 図１２において、検出部１１には、正極となる検出電極３に属する線状電極３ａと、負極となる検出電極４に属する線状電極４ａとが、素子幅方向Ｙに、交互に平行配設されており、隣り合う線状電極３ａ、４ａの組が複数形成される。隣り合う線状電極３ａ、４ａの間隔は、素子幅方向Ｙの中央部に、狭い電極間隔Ｄｎの線状電極３ａ、４ａの組が複数配置され（例えば、ここでは３組）、これら電極の両側に、広い電極間隔Ｄｗの線状電極３ａ、４ａの組と、狭い電極間隔Ｄｎの線状電極３ａ、４ａの組が、この順に配置されている。狭い電極間隔Ｄｎの線状電極３ａ、４ａの間には、第１絶縁層２１が、広い電極間隔Ｄｗの線状電極３ａ、４ａの間には、第２絶縁層２２が形成される。線状電極３ａ、４ａの電極長さや電極幅は適宜設定することができる。なお、本形態において、素子幅方向Ｙは、絶縁性基体２の検出部１１が形成される板面の幅方向である。

[0041] このように、検出電極３、４を印刷形成する構成とすることで、電極間隔Ｄｎ、電極間隔Ｄｗの調整が容易になる。また、図１３のように、検出部１１に、正極となる検出電極３に属する線状電極３ａと、負極となる検出電極４に属する線状電極４ａとを、素子長手方向Ｘに、交互に平行配設する構成としてももちろんよい。ここでは、素子長手方向Ｘの中央部に、狭い電極間隔Ｄｎの線状電極３ａ、４ａの組が複数配置され（例えば、３組）、これら電極の両側に、広い電極間隔Ｄｗの線状電極３ａ、４ａの組と、狭い電極間隔Ｄｎの線状電極３ａ、４ａの組が、この順に配置される。絶縁性基体２の検出部１１と反対側の先端部表面には、検出電極３、４の線状電極３ａ、４ａが形成される領域を覆うように、ヒータ電極６ａが配置されたヒータ６が配置される。ヒータ電極６ａと引出電極６ｂは、公知のスクリーン印刷等により形成される。このヒータ６は、図１２の電極配置と組み合わせることもでき、同様に線状電極３ａ、４ａの形成領域の全体を覆って設けることが好ましい。

[0042] これにより、図１４に示すように、検出電極３、４を一定の電極間隔Ｄｎとした従来構成の検出部１１と比べて、図１３に示す検出部１１は、線状電

極３ａ、４ａの組数に対応する検出面積が拡大し、電極数を増加することなくセンサ感度を高めることができる。図１２に示す検出部１１のように、線状電極３ａ、４ａが素子長手方向Ｘに延びる配置とすると、電極間隔Ｄｎ、Ｄｗや電極数を変更することなく、検出面積を広げやすい。

[0043] なお、第２実施形態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。

[0044] （第３実施形態）

上記第１第２実施形態では、センサ素子１の検出電極３、４を構成する線状電極３ａ、４ａは、各組ごとに、一定の広い電極間隔Ｄｗ、Ｄｗ２、Ｄｗ１又は狭い電極間隔Ｄｎを有するように設定されているが、これを素子幅方向Ｙ（すなわち、線状電極３ａ、４ａの線長方向）に変化させることもできる。一例として、図１５には、第３実施形態として積層型のセンサ素子１への適用例を示しており、検出部１１の基本構造は、上記第１実施形態の図５に示した構成と同様である。以下、相違点を中心に説明する。

[0045] 図１５において、センサ素子１の先端面に設けられた検出部１１には、広い電極間隔Ｄｗの線状電極３ａ、４ａの組と、狭い電極間隔Ｄｎの線状電極３ａ、４ａの組とが、交互に配置されている。素子厚方向Ｚにおいて、検出部１１の中央部には、狭い電極間隔Ｄｎの線状電極３ａ、４ａが位置し、その両側に、広い電極間隔Ｄｗの組と狭い電極間隔Ｄｎの組とが順に、対称配置されている。さらに、素子幅方向Ｙにおいて、狭い電極間隔Ｄｎの線状電極３ａ、４ａの組は、その両端に、他の部位よりもさらに狭い電極間隔Ｄｎ１の、狭幅部１２を有する。

[0046] 具体的には、検出部１１に配置される線状電極３ａ、４ａのうち、狭い電極間隔Ｄｎの各組は、素子幅方向Ｙの中央部から両端部へ至る主部分が、一定の狭い電極間隔Ｄｎに設定される。この主部分に続く両端部は、両端へ向けて、対向する線状電極３ａ、４ａの間隔が徐々に狭くなるテーパ形状の電極配置となり、両端において、最も間隔が狭くなる狭幅部１２を形成する。

図１５中には、その一方の端部側を拡大して示している。また、図１６に示すように、線状電極３ａ、４ａの対向する端縁を延長した仮想線（すなわち、図１６中の点線）を設定したとき、狭幅部１２を形成する両端部の対向する端縁は、それぞれ、仮想線をよぎって、その内側に位置する。

[0047] このとき、検出部１１の線状電極３ａ、４ａのうち、狭い電極間隔Ｄｎに隣り合う、広い電極間隔Ｄｗの各組には、その両端に、他の部位よりもさらに広い電極間隔Ｄｗ３の、拡幅部１３が形成される。すなわち、広い電極間隔Ｄｗの各組は、素子幅方向Ｙの中央部から両端部へ至る主部分が、一定の広い電極間隔Ｄｗに設定される。この主部分に続く両端部は、両端へ向けて、対向する線状電極３ａ、４ａの間隔が徐々に広くなるテーパ形状の電極配置となり、両端において、拡幅部１３となる。

[0048] このようなセンサ素子１は、狭い電極間隔Ｄｎの線状電極３ａ、４ａの組が、両端にさらに狭い狭幅部１２を有するので、より微小な粒子状物質を検知できる。また、狭幅部１２に隣り合う拡幅部１３を有するので、粗大ＰＭ粒子によるセンサ出力の急増を抑制する効果が高まる。

[0049] 図１７に示すように、このようなセンサ素子１を用いた粒子状物質検出センサＳは、上記第１実施形態の図２に示した構成と同様に、排気管壁Ｗに取り付けた筒状ハウジングＨと、センサ素子１の外周を取り囲む二重容器状のカバー体５を有する。カバー体５は、外側カバー５１の複数のガス導出入孔５ａから内側カバー５２の複数のガス導出入孔５ｂを経て、センサ素子１の検出部１１に燃焼排ガスが導入されるように構成される。内側カバー５２のガス導出入孔５ｂは、センサ素子１の先端よりやや下方に位置し、例えば、図１８に示すように、検出部１１を取り囲んで、８個のガス導出入孔５ｂが均等配置される。

[0050] このとき、外側カバー５１から流入する燃焼排ガスの流れに応じて、８個のガス導出入孔５ｂのいずれか１つ以上から、内側カバー５２の内部に燃焼排ガスが流入し、検出部１１の表面に沿って、反対側のガス導出入孔５ｂへ向かう。このガス流れの方向と、検出部１１の素子幅方向Ｙ（すなわち、線

状電極３ａ、４ａの線長方向）とが一致するように、センサ素子１が配置されることで、燃焼排ガスは、確実に検出部１１の端部を含む表面を通過し、その間に粒子状物質が捕捉される。

[0051] そのメカニズムを図１９に示すと、狭い電極間隔Ｄｎの線状電極３ａ、４ａの組では、両端の狭幅部１２において、図中の拡大図に点線で示す等電位線の間隔が詰まり、電界集中が生じる。そのため、クーロン力が作用して、狭幅部１２に粒子状物質が集まりやすくなり、検出部１１の端部側において、微小な粒子状物質を速やかに捕捉できる。その結果、広い電極間隔Ｄｗを設けることによる感度低下を補って、センサ全体としての検出感度をより向上させることができる。

[0052] 図２０、２１に示すように、このようなセンサ素子１を製造する場合には、上記第１実施形態と同様に、セラミックグリーンシート２ａ～２ｃ間に、線状電極３ａ、４ａを交互に配置して、検出電極３、４とすることができる。具体的には、狭い電極間隔Ｄｎに対応するセラミックグリーンシート２ａを挟んで、その上下両面に、線状電極３ａ及び線状電極４ａとなる電極膜をそれぞれ配置し、さらにその上方又は下方に、広い電極間隔Ｄｗに対応するセラミックグリーンシート２ｂを配置する。このとき、セラミックグリーンシート２ａ、２ｂ間には、線状電極３ａ、４ａとなる電極膜の側方（すなわち、素子幅方向Ｙの外側）に、その膜厚に相当する隙間が形成される。

[0053] その後、図２０中に矢印Aで示すように、全体を素子厚方向Ｚに加圧すると、線状電極３ａ、４ａとなる電極膜を挟んで、セラミックグリーンシート２ａ、２ｂが圧着され、一体化する。この過程で、線状電極３ａ、４ａとなる電極膜の主部分は、隣接するセラミックグリーンシート２ａ、２ｂに吸収される。一方、線状電極３ａ、４ａの側方では、セラミックグリーンシート２ａ、２ｂ間に電極膜が吸収されないために、他の部位に比べて密度が小さいままとなる。その結果、さらに加圧していく際に、この部位のセラミックグリーンシート２ａ、２ｂがより潰れやすくなり、線状電極３ａ、４ａの両端部において、対向する端縁が互いに近づくように変形して狭幅部１２が形成

される。また、その外側には、図示されない拡幅部１３が形成される。

[0054]（第４実施形態）

図２２に第４実施形態として示すように、狭幅部１２が形成されない構成とする場合には、上記第３実施形態に示した製造方法において、線状電極３ａ、４ａとなる電極膜の側方に、その膜厚に相当するセラミックグリーンシート２ｄを配置することもできる。上記第３実施形態と同様に、図示の状態から加圧すると、セラミックグリーンシート２ａ、２ｂ間に隙間が形成されないので、狭幅部１２及び拡幅部１３が形成されない構成となる。すなわち、この場合には、上記第１実施形態に示したように、線状電極３ａ、４ａの間に一定の狭い電極間隔Ｄｎを有する構成とすることができる。

[0055] この製造方法によれば、セラミックグリーンシート２ａ、２ｂの間に、セラミックグリーンシート２ｄが配置されることで、段差を有さずに良好に加圧圧着される。これにより、検出部１１において、検出電極３、４の周囲を取り囲む絶縁層が形成され、密着性が向上する。また、セラミックグリーンシート２ａ、２ｂ、２ｄが互いに密着し、検出電極３、４との間の剥離が防止されることで、絶縁性、耐久性が向上する。

[0056] なお、上記第１実施形態の構成において、狭い電極間隔Ｄｎに対応するセラミックグリーンシート２ａが、比較的厚いシート厚を有する場合には、線状電極３ａ、４ａの膜厚による影響が小さくなる。すなわち、セラミックグリーンシート２ａ、２ｂの積層時に、これらに対して十分に薄い線状電極３ａ、４ａの膜厚による段差はほとんど形成されない。この場合には、セラミックグリーンシート２ｄを配置することなく、上記第１実施形態の構成とすることができる。

[0057]（試験例２）

上記第３第４実施形態に示した構成について、上記試験例１と同様にして、それぞれセンサ出力の立ち上がり時間を調べた。図２３に比較して示すように、例えば、狭幅部１２を有しない場合には、センサ出力の立ち上がり時間が、約１８０秒であったのに対して、狭幅部１２を有する場合には、セン

サ出力の立ち上がり時間が、約１６０秒以下に短縮された。このように、検出部１１に狭幅部１２を設けることによって、センサ素子１全体としてのセンサ感度を向上できることが確認された。

[0058] 上記第３実施形態では、積層型のセンサ素子１への適用例としたが、上記第２実施形態に示した印刷型のセンサ素子１において、複数の線状電極３ａ、４ａが、その両端部に狭幅部１２及び拡幅部１３を有する構成とすることももちろんできる。また、両端部に限らず、一方の端部としても、狭幅部１２のみを有し拡幅部１３を有しない構成としてもよい。あるいは、上記第１実施形態に示したように、広い電極間隔Ｄｗに加えて、あるいはこれに代えて電極間隔Ｄｗ１、Ｄｗ２のうち一方又は両方を有する場合には、それぞれに拡幅部１３を設けても、その一部に拡幅部１３を設けてもよい。その場合、それぞれの拡幅部１３は、同じ電極間隔でも異なっていてもよい。

[0059] 以上のように、粒子状物質検出センサＳは、センサ素子１の検出部１１を、複数の電極間隔Ｄｎ、Ｄｗを有する一対の検出電極３、４で構成し、検出部構造や製造工程を大きく変更することなく、センサ感度の維持と感度ばらつきの低減を両立させることができる。また、粗大ＰＭ粒子による出力急増の頻度を少なくして、検出精度を高めることができる。

[0060] 上記実施形態では、粒子状物質検出センサＳを、内燃機関の燃焼排ガスに含まれる粒子状物質を検出するセンサとして説明したが、粒子状物質が含まれる被測定ガスであれば、いずれにも適用することができる。また、粒子状物質検出センサＳは、ＤＰＦの故障診断に適用されることを前提とするものではなく、種々の用途に適用することができる。内燃機関は、ディーゼルエンジンに限らず、ガソリンエンジン等であってもよい。

[0061] また、上記粒子状物質検出センサＳは、上記実施形態の構成に限定されるものではなく、本発明の趣旨を超えない範囲で、種々の変更が可能である。例えば、センサ素子１を保護するカバー体５は、センサ素子１の検出部１１に被測定ガスを導入するように構成されていればよく、外側カバー５１及び内側カバー５２の形状、ガス導出入孔のサイズや数や、配置等は、任意に設

定することができる。また、センサ素子１は、絶縁性基体２の表面に検出電極３、４を配置した検出部１１を有していればよく、絶縁性基体２や検出電極３、４の形状、材料等は、適宜変更することができる。

符号の説明

[0062] Ｓ　粒子状物質検出センサ

１　センサ素子

１１　検出部

２　絶縁性基体

２１　第１絶縁層

２２　第２絶縁層

３、４　検出電極

３ａ、４ａ　線状電極

５　カバー体

請求の範囲

[請求項1] 検出部（１１）となる絶縁性基体（２）の表面に、正極と負極からなる一対の検出電極（３、４）を配置し、被測定ガス中の粒子状物質を検出するセンサ素子（１）と、該センサ素子を収容する筒状ハウジング（Ｈ）の開口（Ｈ１）を覆うように設けられ、被測定ガスを導出入するためのガス導出入孔（５ａ、５ｂ）を有するカバー体（５）と、を備えており、

上記一対の検出電極は、それぞれ上記検出部の表面に露出する複数の線状電極（３ａ、４ａ）を有し、上記正極に属する線状電極（３ａ）と、上記負極に属する線状電極（４ａ）とが、交互に平行配設されると共に、

隣り合う２つの線状電極の間に、両電極の間隔を狭い電極間隔Ｄｎとする第１絶縁層（２１）及び上記電極間隔Ｄｎより広い電極間隔Ｄｗとする第２絶縁層（２２）のうちの一方が配置され、かつ、上記検出部の中央部には、上記第１絶縁層が配置される、粒子状物質検出センサ（Ｓ）。

[請求項2] 上記検出部は、中央部に配置される上記第１絶縁層を挟んで、その両側に、上記第１絶縁層と上記第２絶縁層とが、対称配置される、請求項１に記載の粒子状物質検出センサ。

[請求項3] 上記検出部は、中央部に配置される上記第１絶縁層の外側に、上記第２絶縁層と上記第１絶縁層とが、この順で交互に配置される、請求項１又は２に記載の粒子状物質検出センサ。

[請求項4] 上記第２絶縁層は、層厚の異なる複数の絶縁層（２２１、２２２）を有する、請求項１～３のいずれか１項に記載の粒子状物質検出センサ。

[請求項5] 上記第２絶縁層は、上記検出部の周辺部側に配置される絶縁層（２２１）と、上記検出部の中央部側に配置される絶縁層（２２２）とを有し、前者が形成する電極間隔Ｄｗ１と、後者が形成する電極間隔Ｄ

ｗ２と、上記電極間隔Ｄｎとは、Ｄｎ＜Ｄｗ１＜Ｄｗ２の関係にある、請求項４に記載の粒子状物質検出センサ。

[請求項6] 上記第２絶縁層は、上記検出部の中央部側に配置される絶縁層（２２１）と、上記検出部の周辺部側に配置される絶縁層（２２２）とを有し、前者が形成する電極間隔Ｄｗ１と、後者が形成する電極間隔Ｄｗ２と、上記電極間隔Ｄｎとは、Ｄｎ＜Ｄｗ１＜Ｄｗ２の関係にある、請求項４に記載の粒子状物質検出センサ。

[請求項7] 上記検出部は、中央部に配置される複数の上記第１絶縁層を有し、これら複数の上記第１絶縁層の外側に、上記第２絶縁層が配置される、請求項１～６のいずれか１項に記載の粒子状物質検出センサ。

[請求項8] 上記電極間隔Ｄｎは、１μｍ～６０μｍであり、上記電極間隔Ｄｗは、２０μｍ～３００μｍである、請求項１～７のいずれか１項に記載の粒子状物質検出センサ。

[請求項9] 上記第１絶縁層を挟んで隣り合う２つの線状電極は、素子幅方向（Ｙ）の端部に、上記電極間隔Ｄｎより狭い電極間隔Ｄｎ１で隣り合う狭幅部（１２）を有する、請求項１～８のいずれか１項に記載の粒子状物質検出センサ。

[請求項10] 上記センサ素子は、上記筒状ハウジング内に同軸的に収容される上記絶縁性基体の素子長手方向（Ｘ）の端面を上記検出部とし、上記カバー体は、同軸配置される外側カバー（５１）と内側カバー（５２）とを備え、上記内側カバーは、上記検出部を取り囲んで均等配置される複数の上記ガス導出入孔（５ｂ）を有する、請求項１～９のいずれか１項に記載の粒子状物質検出センサ。

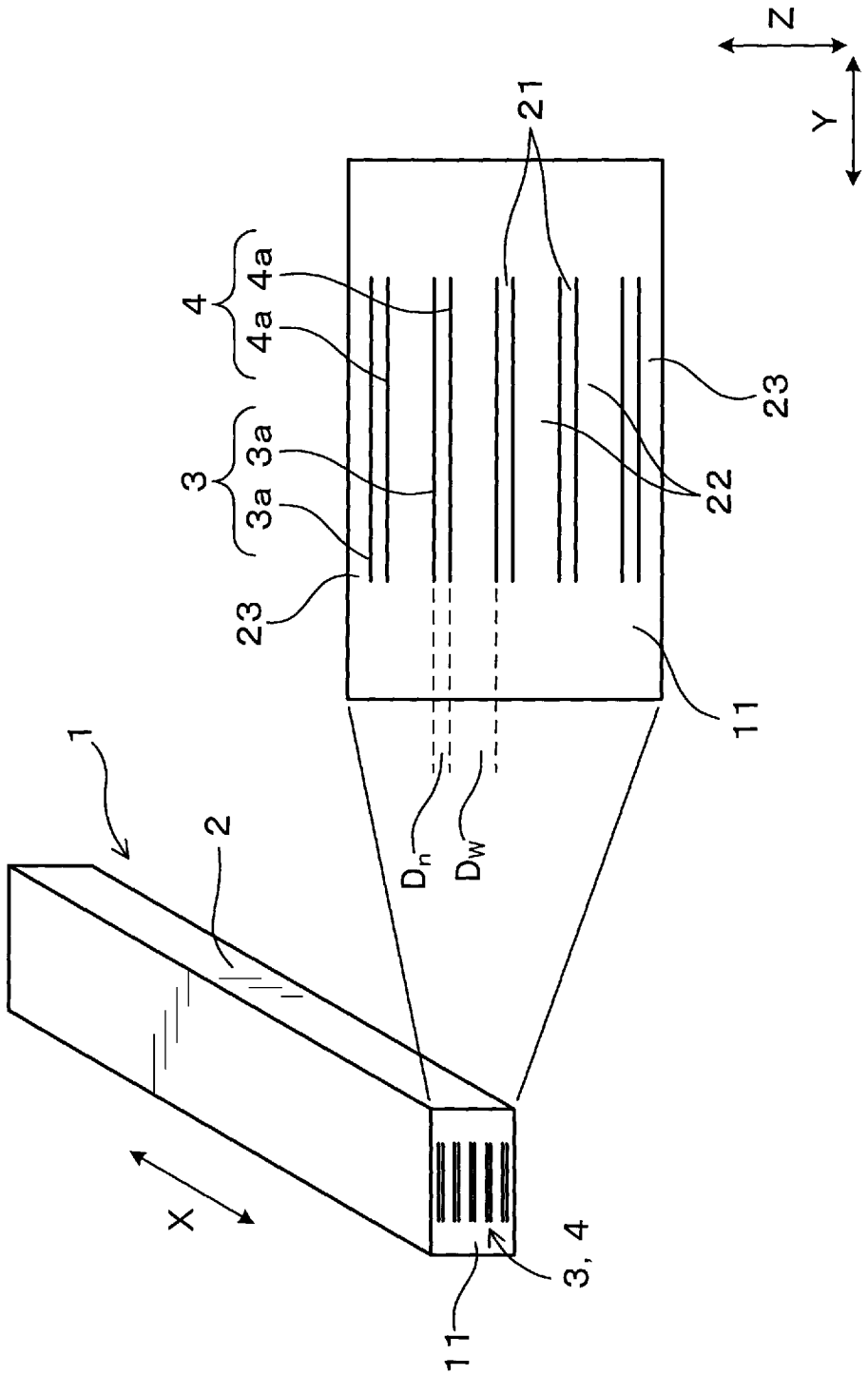
[請求項11] 上記絶縁性基体は、上記第１絶縁層及び上記第２絶縁層を含む絶縁層の積層体からなり、上記一対の検出電極は、上記検出部の表面に露出して上記線状電極となる電極膜が、上記絶縁性基体の層間に埋設されると共に、上記検出部の表面において、上記一対の検出電極の全体が上記絶縁層によって取り囲まれている、請求項１～１０のいずれか

１項に記載の粒子状物質検出センサ。

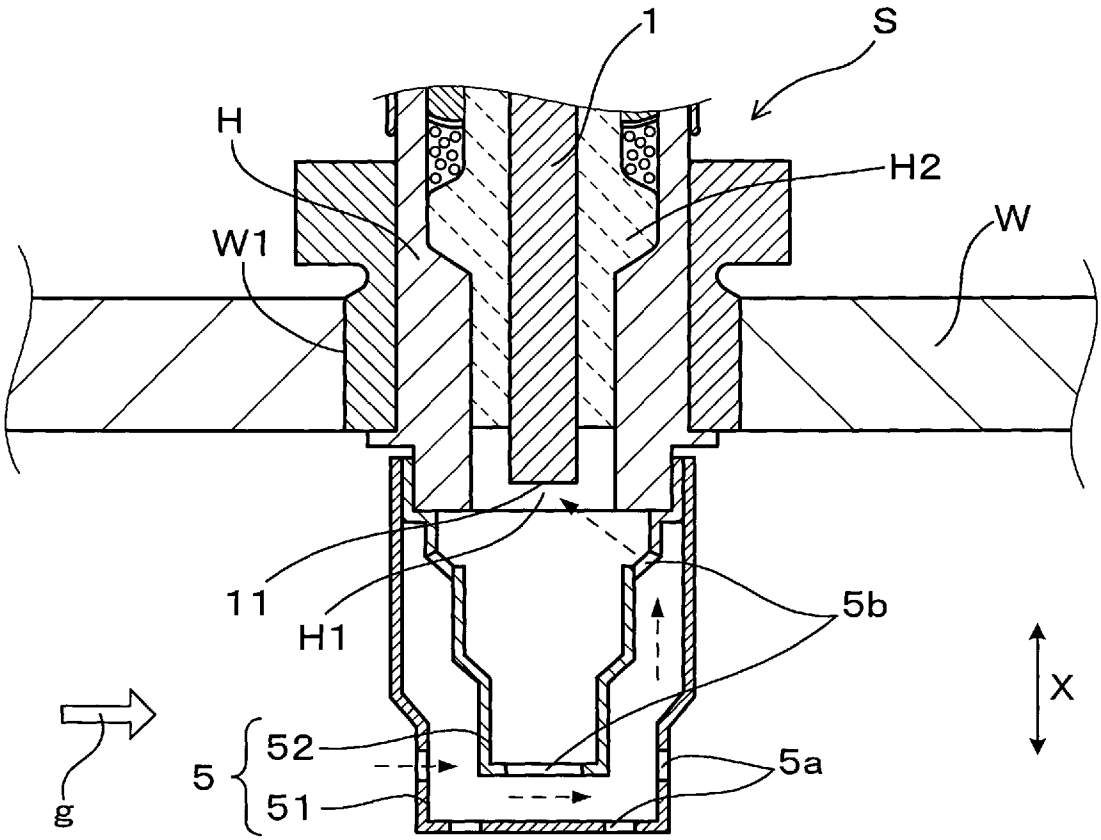
[請求項12] 上記絶縁性基体は、素子厚方向（Ｚ）の最外層に位置する第３絶縁層（２３）を有し、上記検出部の表面において、上記第３絶縁層の内側に、上記第１絶縁層が配置されている、請求項１１に記載の粒子状物質検出センサ。

[請求項13] 上記第３絶縁層の層厚は、上記第１絶縁層より厚く上記第２絶縁層の層厚の３倍以下である、請求項１２に記載の粒子状物質検出センサ。

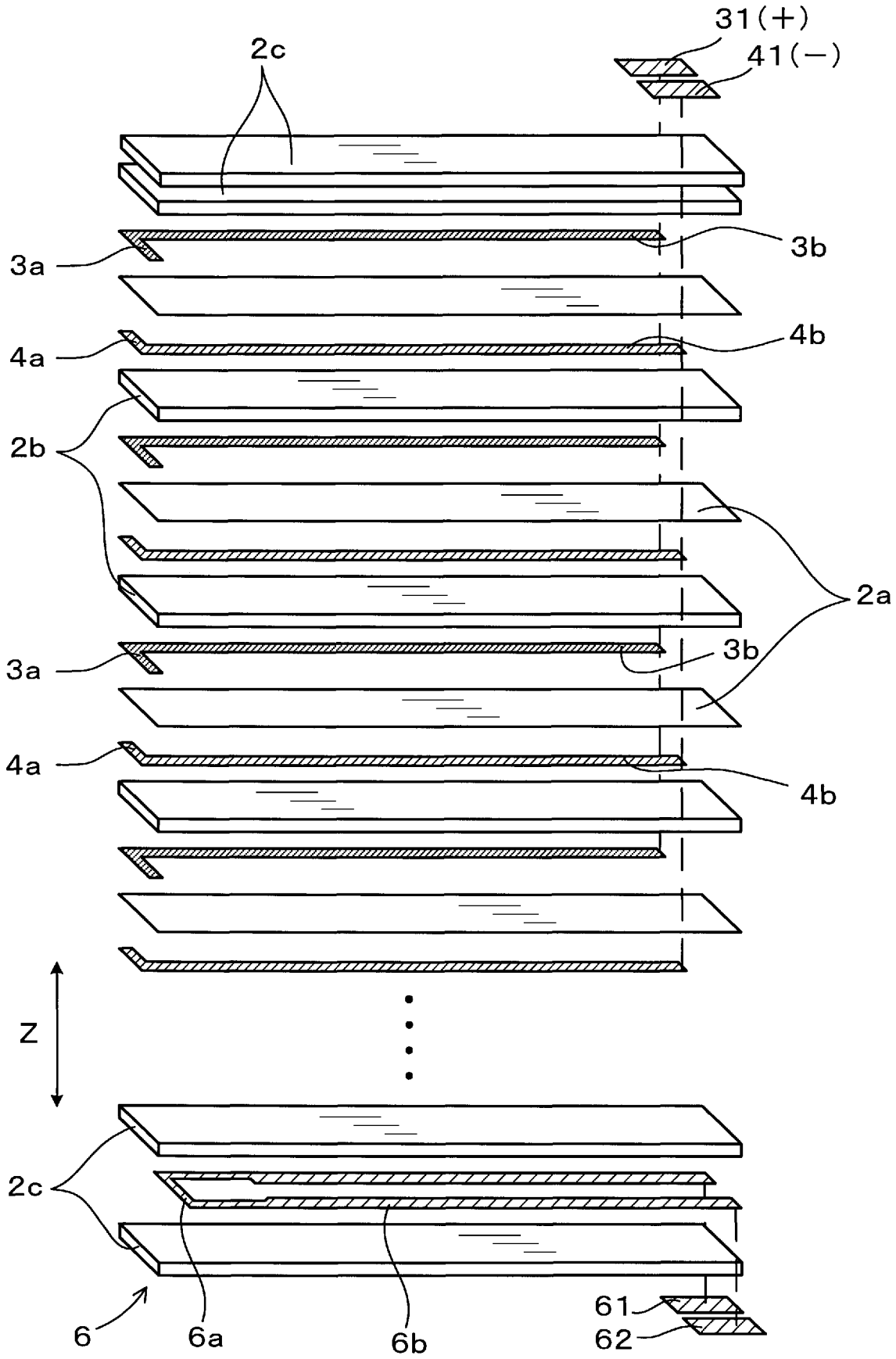
[図1]



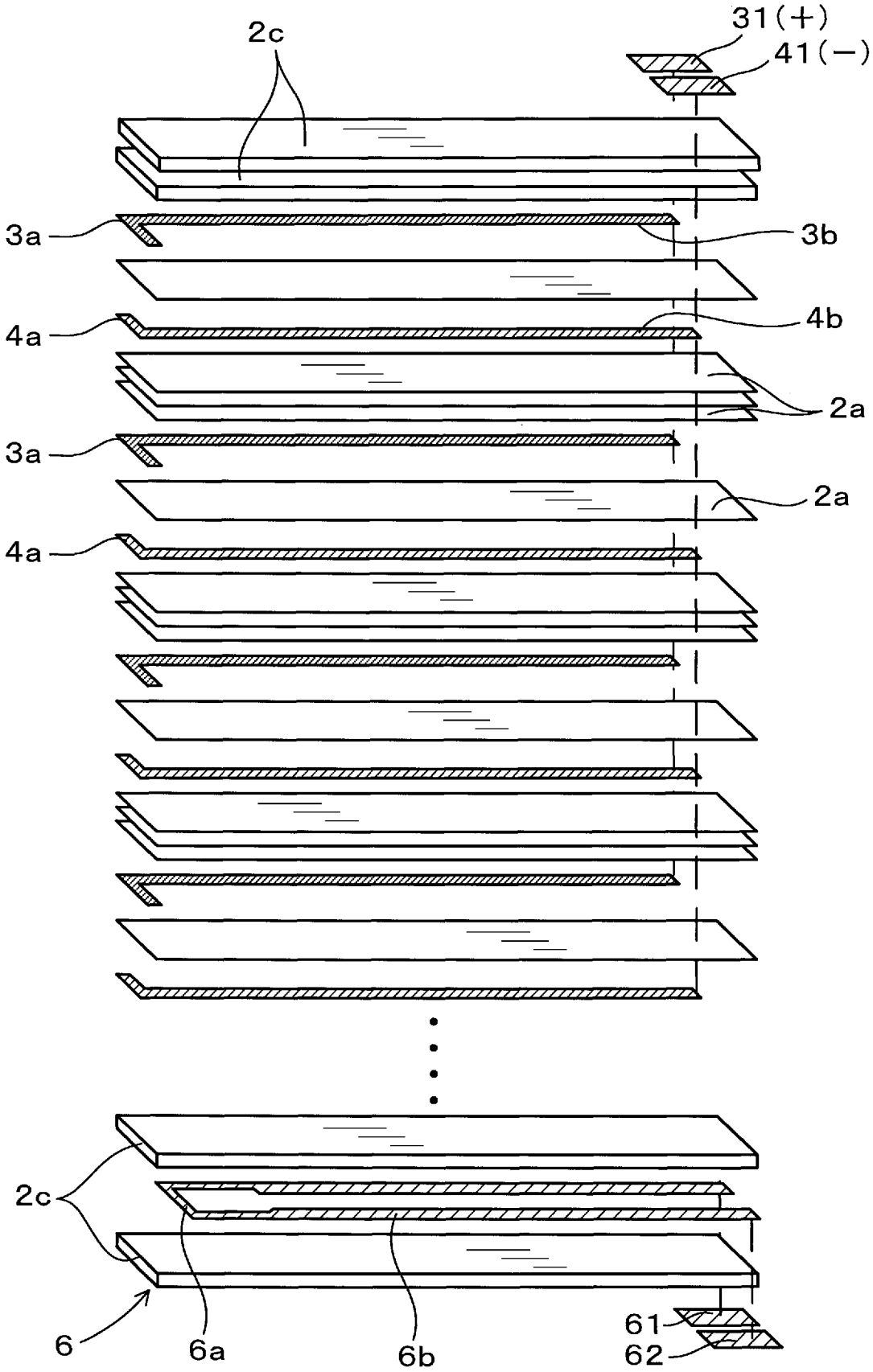
[図2]



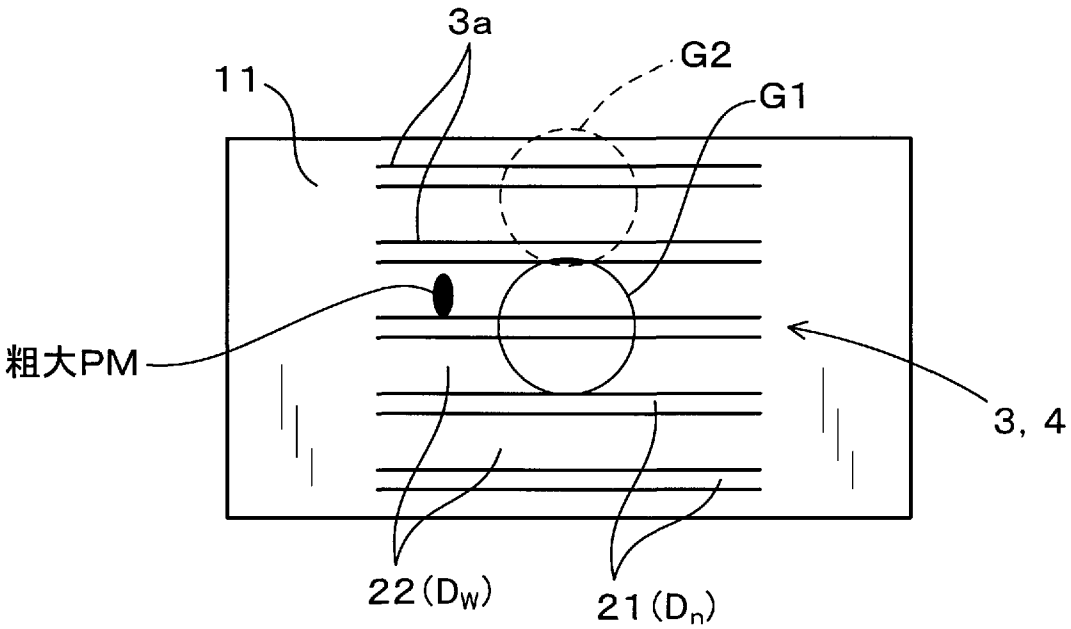
[図3]



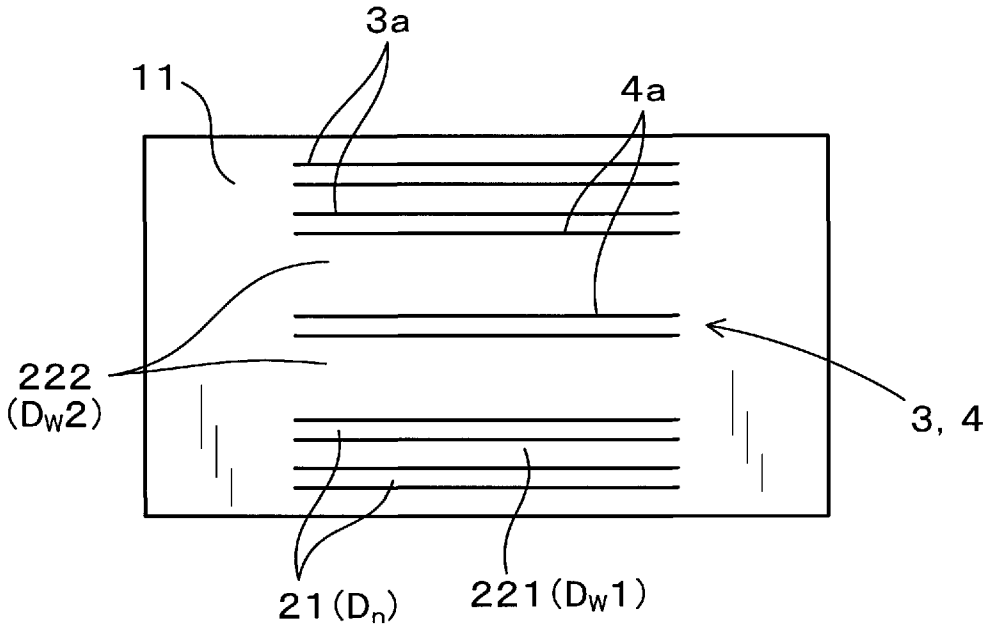
[図4]



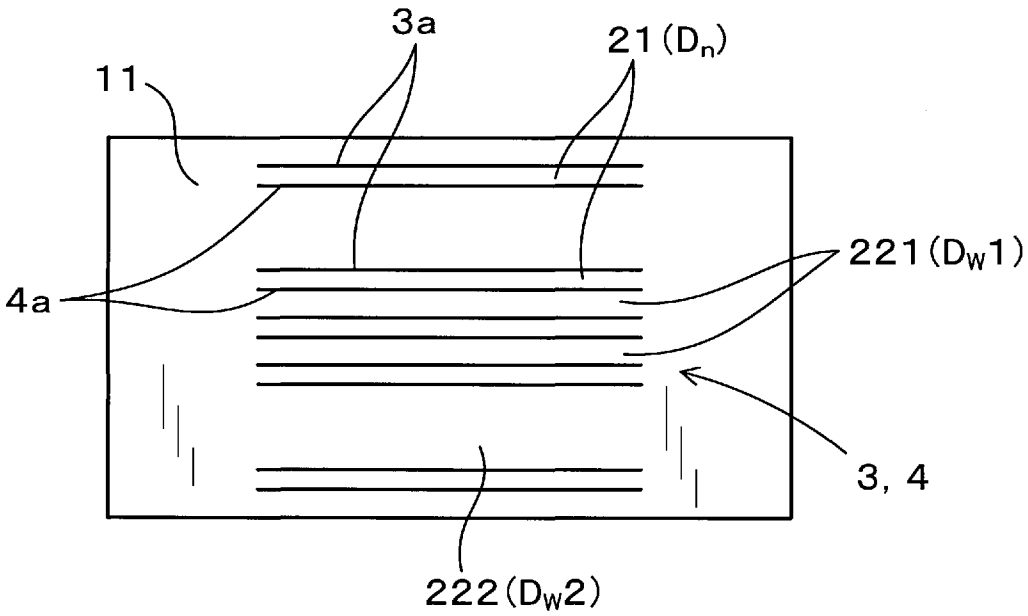
[図5]



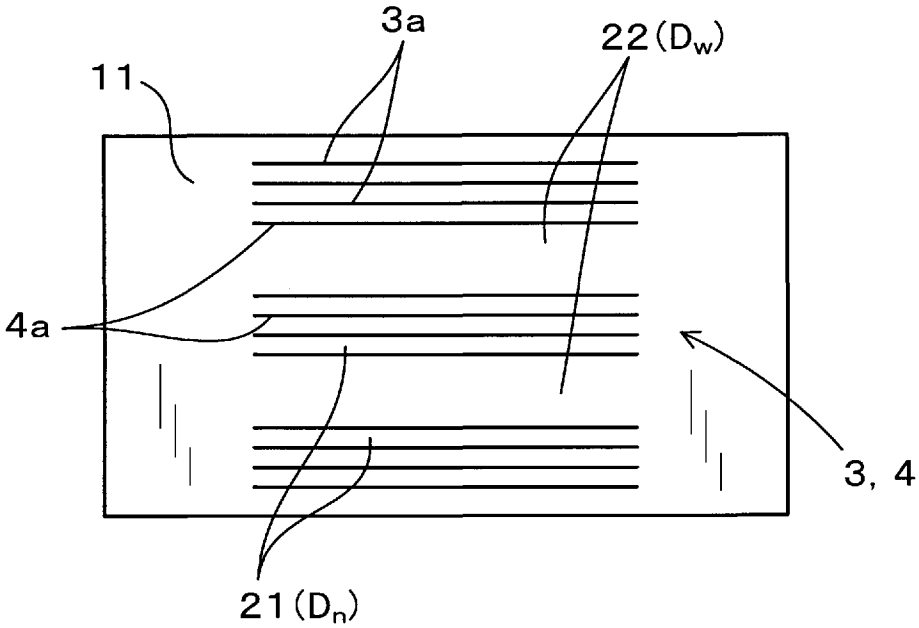
[図6]



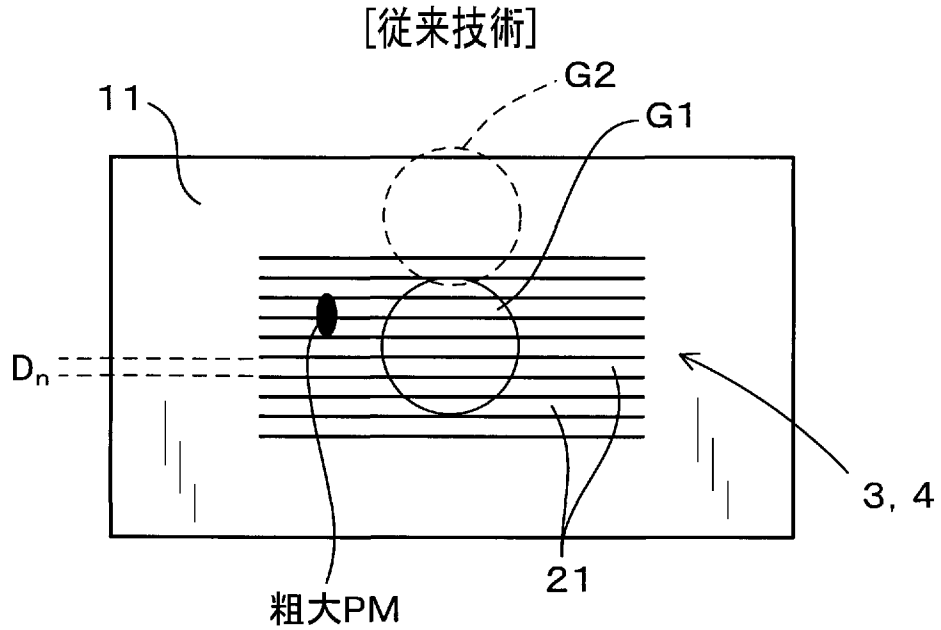
[図7]



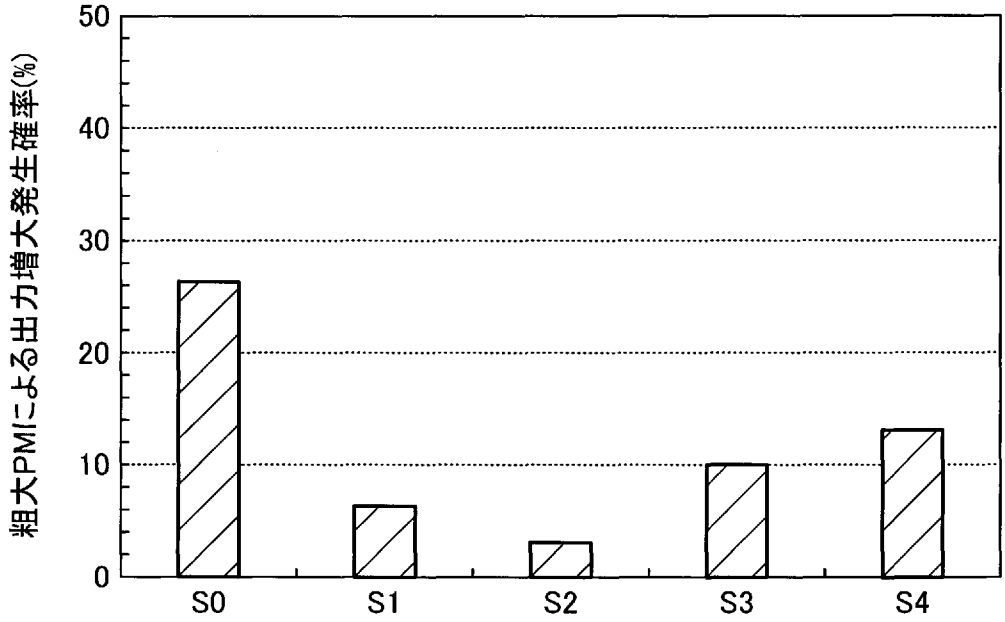
[図8]



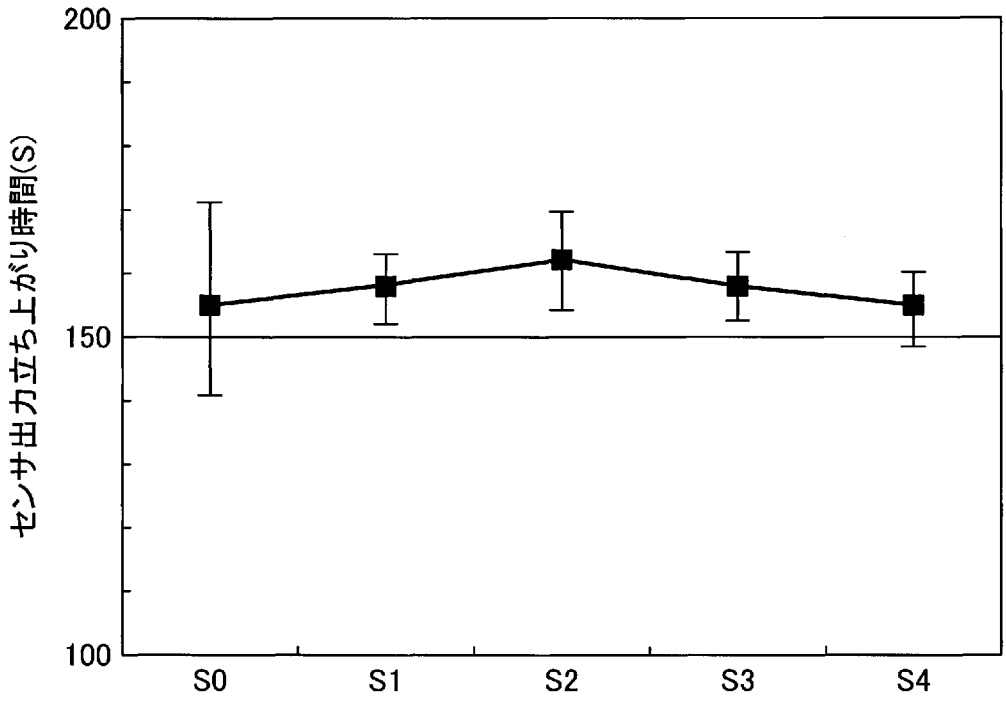
[図9]


[従来技術]
11
G2
G1
D_n
3, 4
21
粗大PM

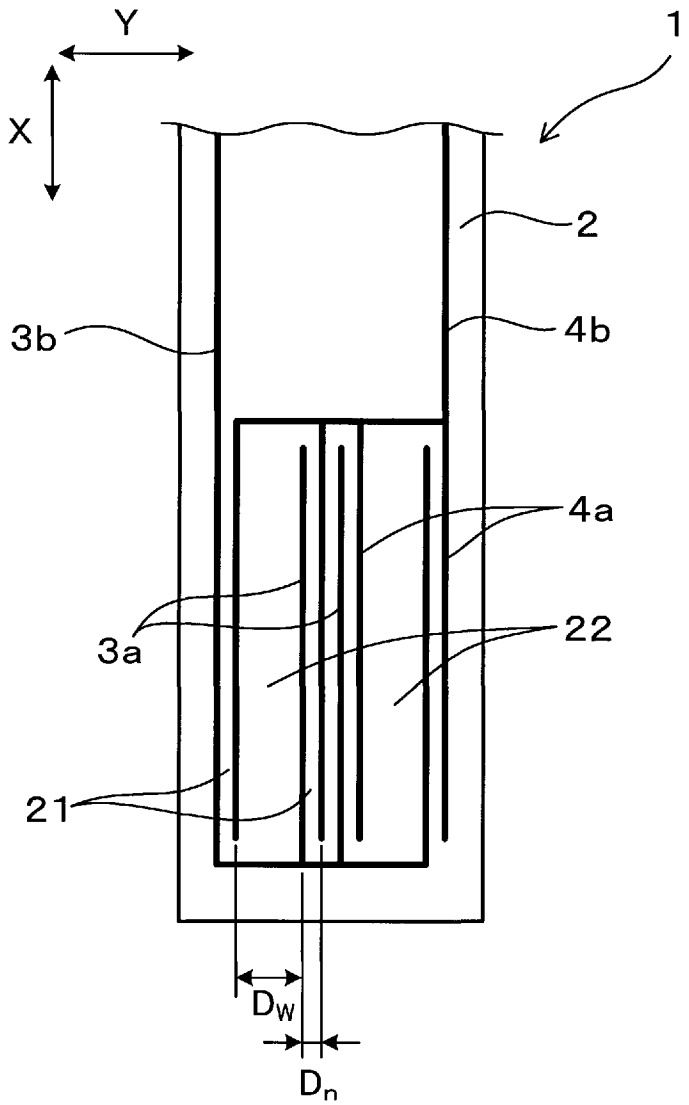
[図10]


粗大PMによる出力増大発生確率(%)
50
40
30
20
10
0
S0
S1
S2
S3
S4

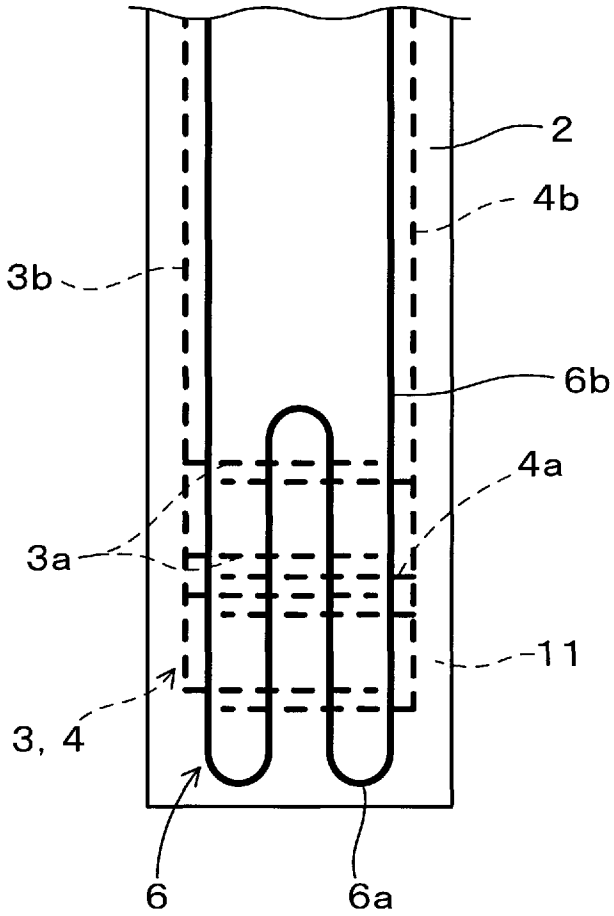
[図11]



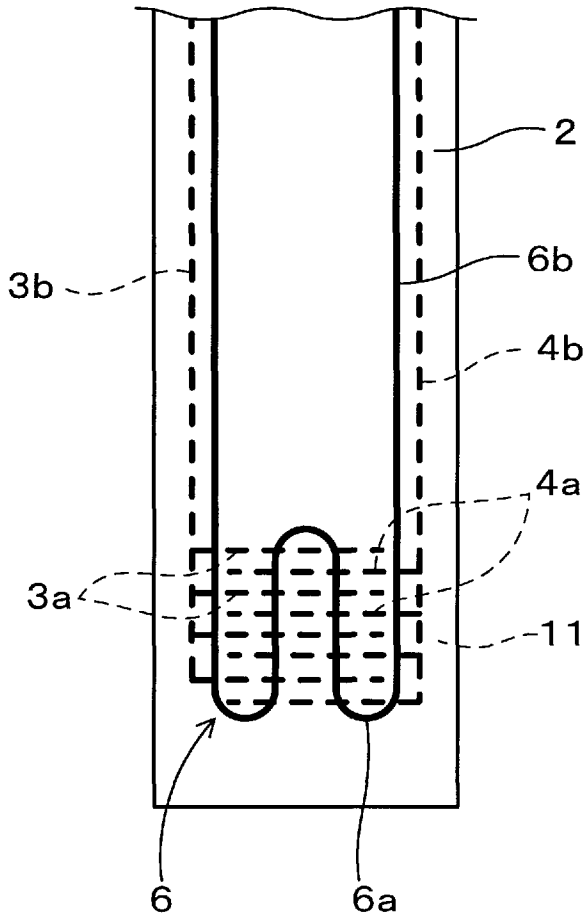
[図12]



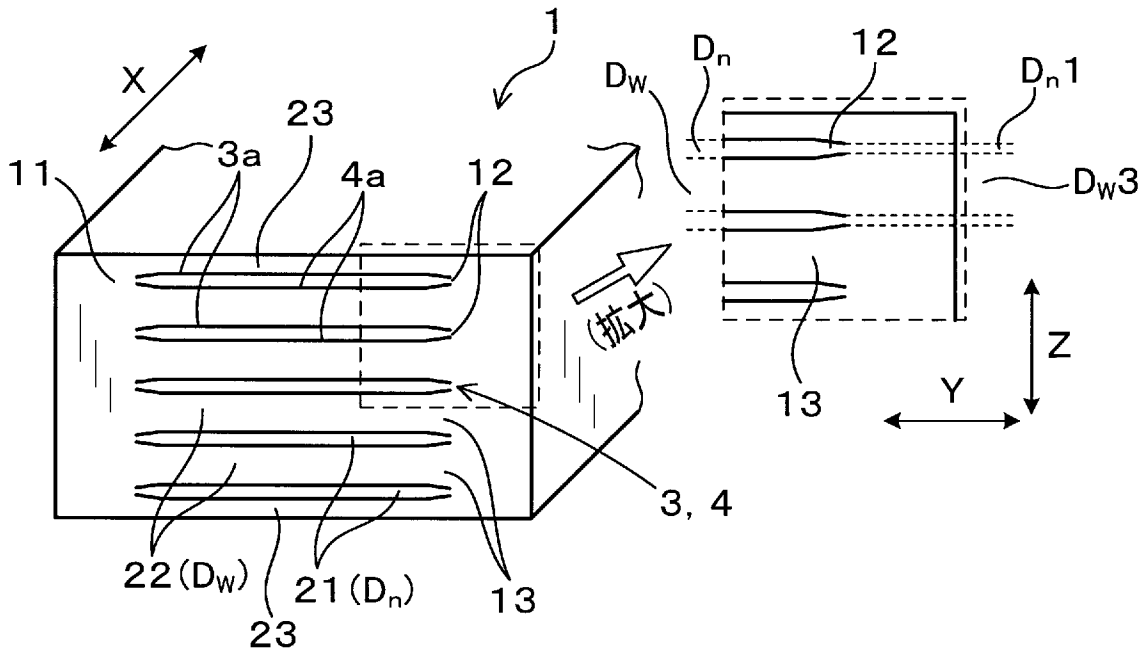
[図13]



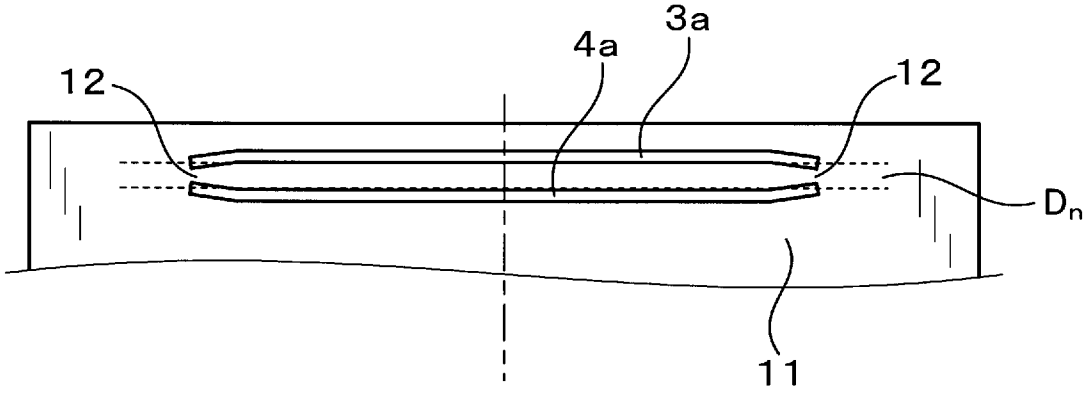
[図14]



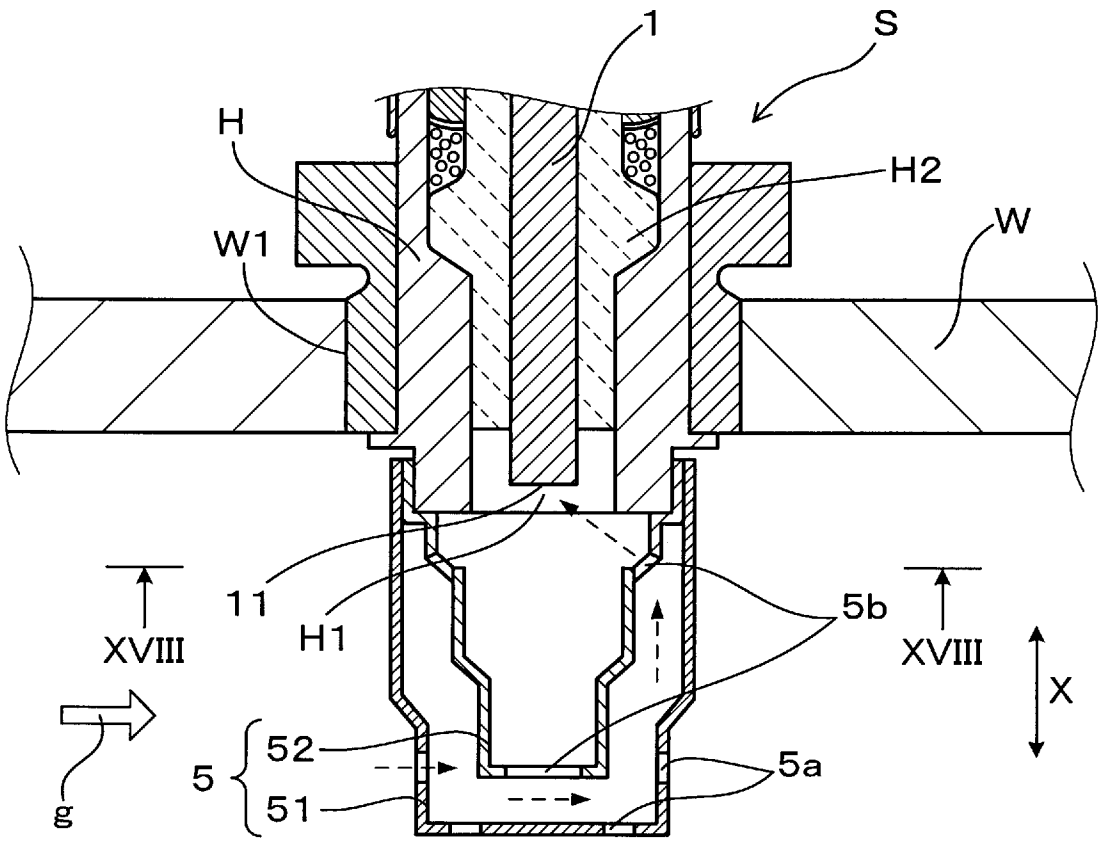
[図15]


1
X
23
3a
11
4a
12
Dn
DW
12
Dn1
DW3
(拡大)
Z
Y
13
3, 4
22(DW)
21(Dn)
13
23

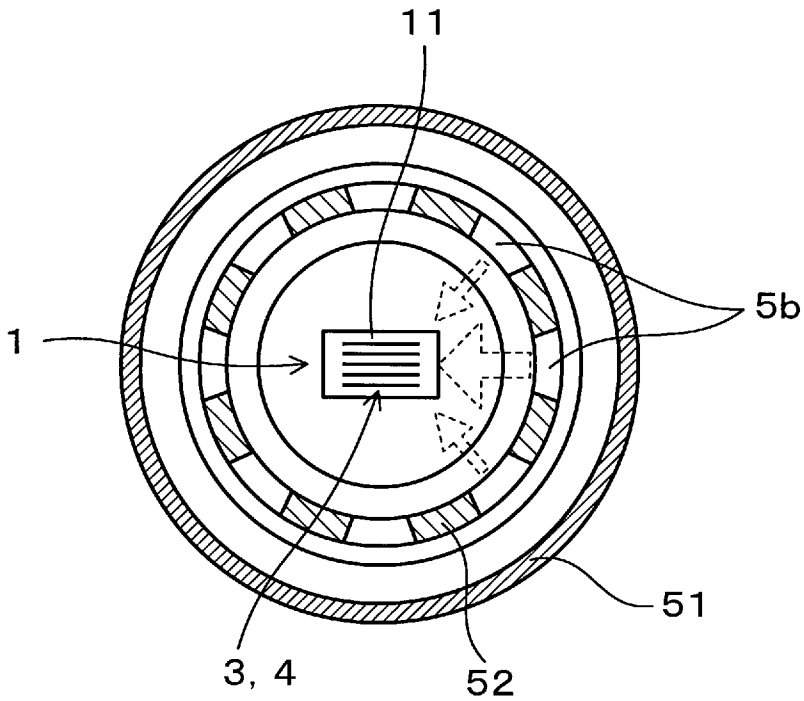
[図16]


3a
4a
12
12
Dn
11

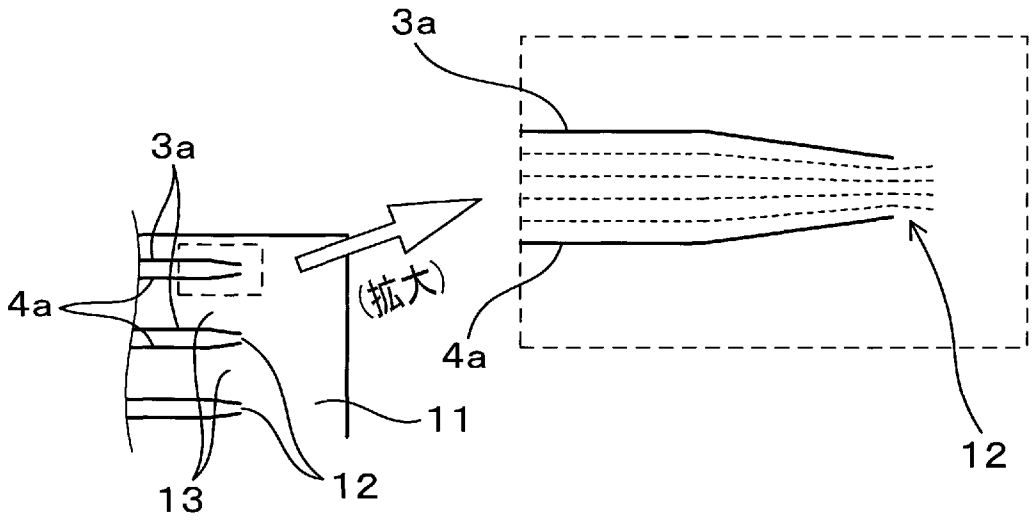
[図17]



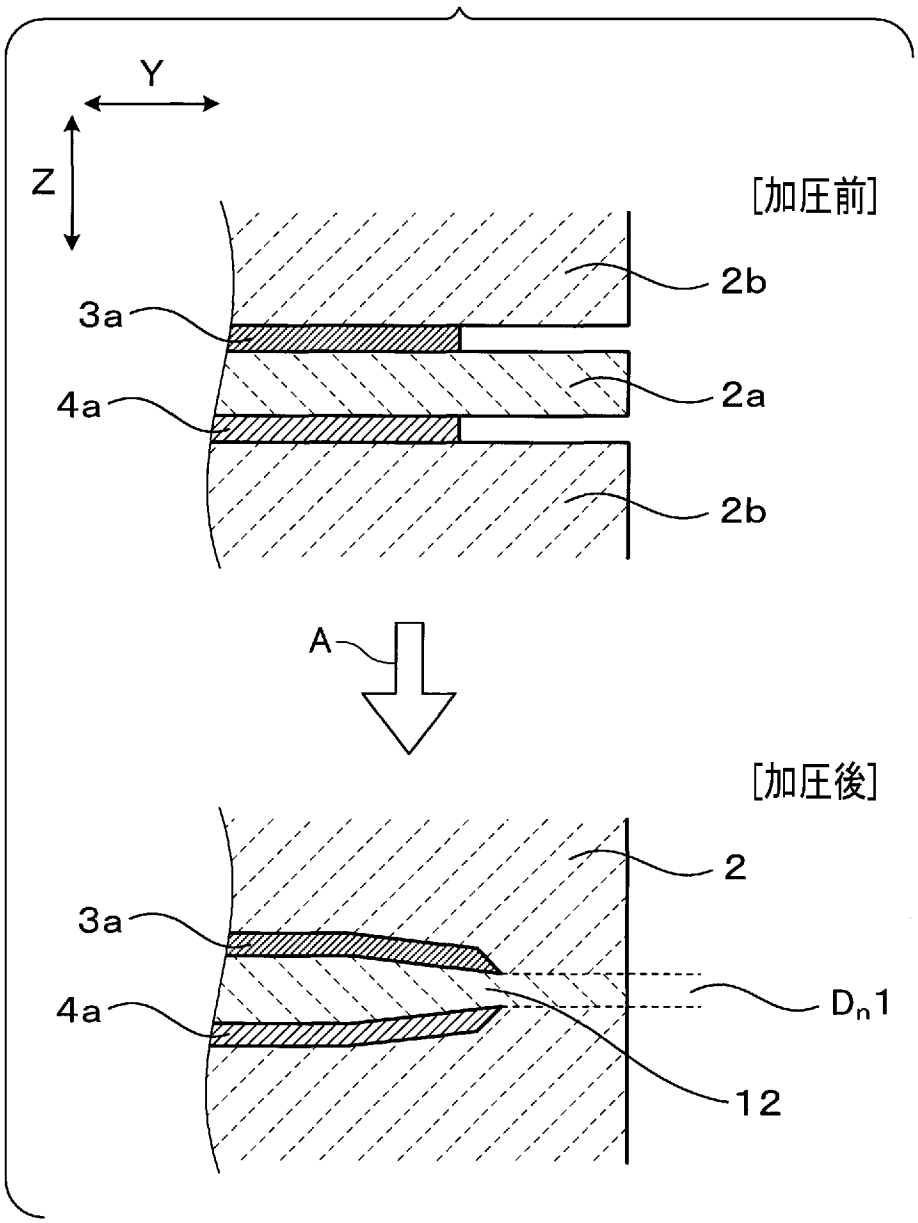
[図18]



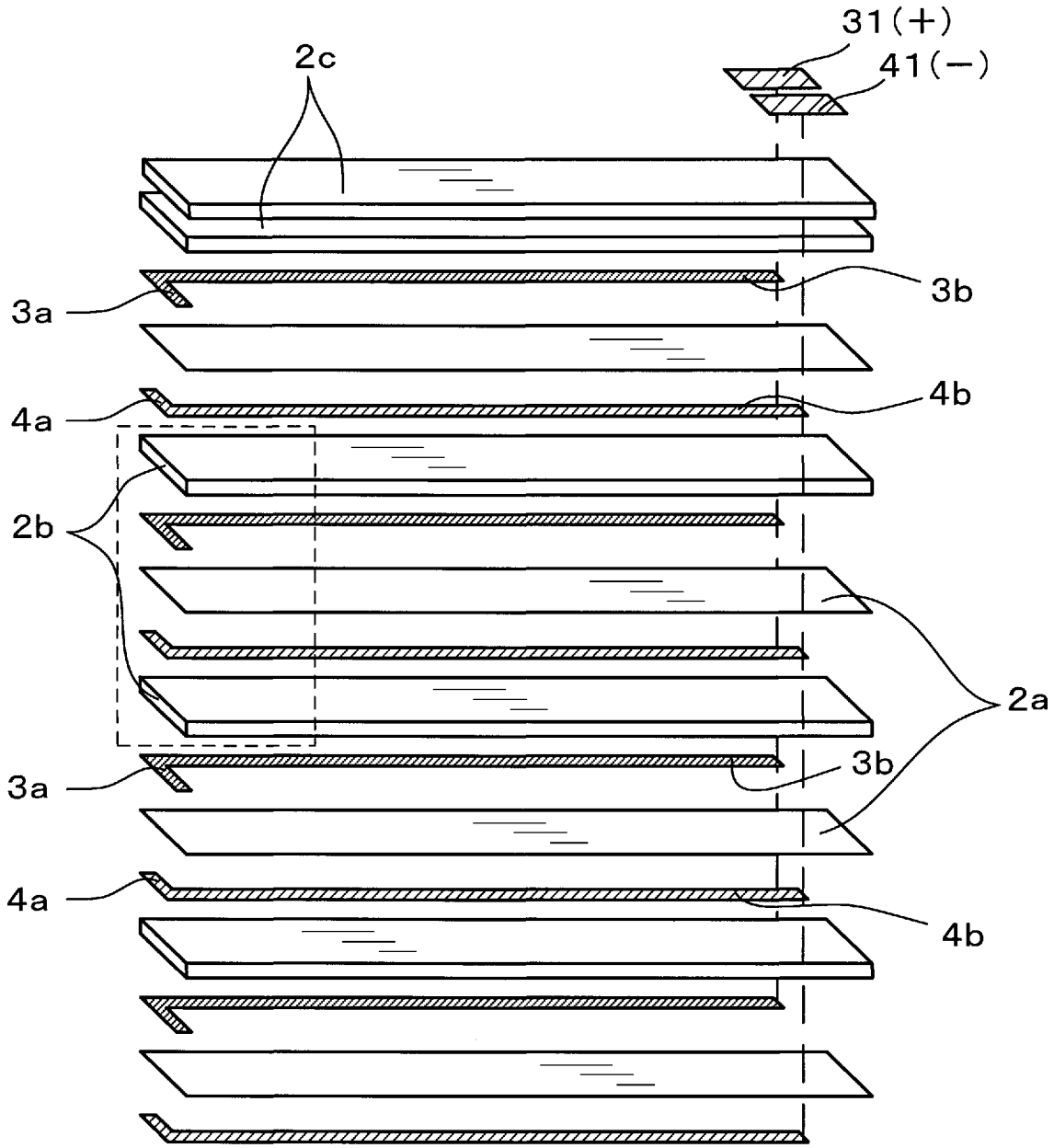
[図19]



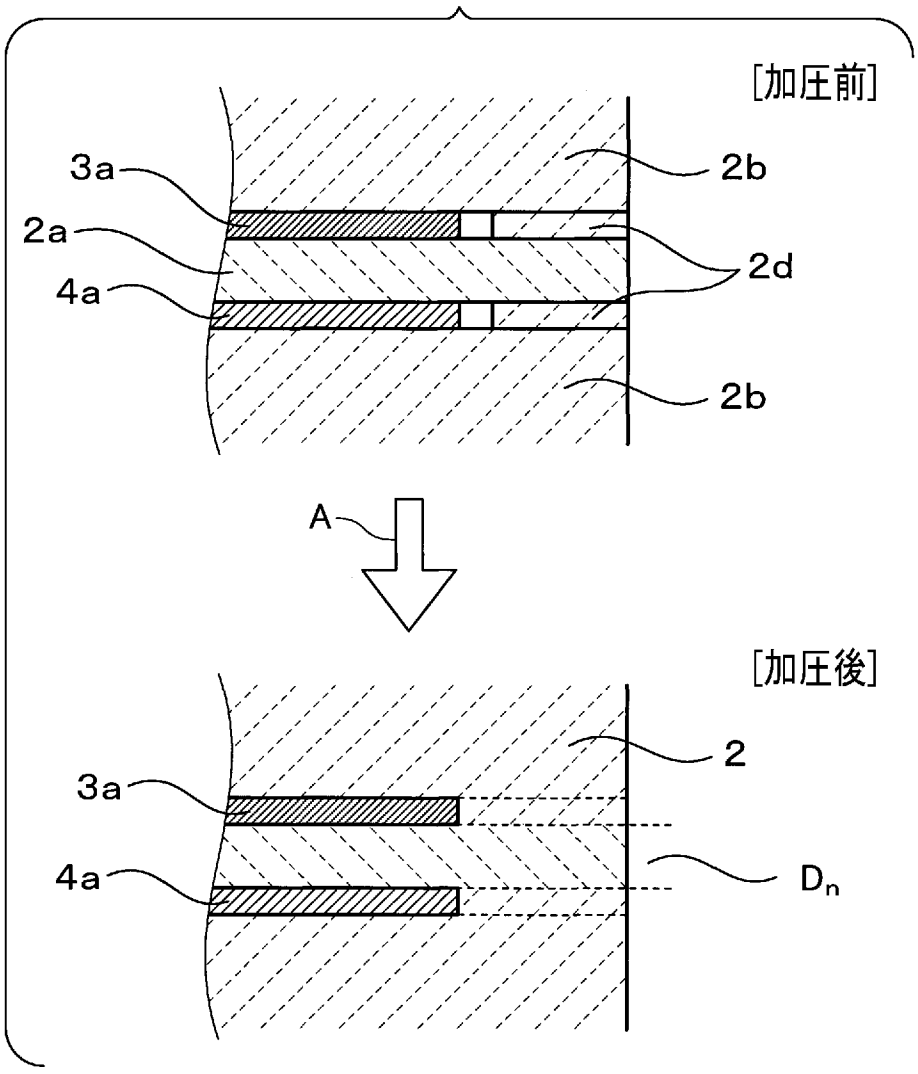
[図20]



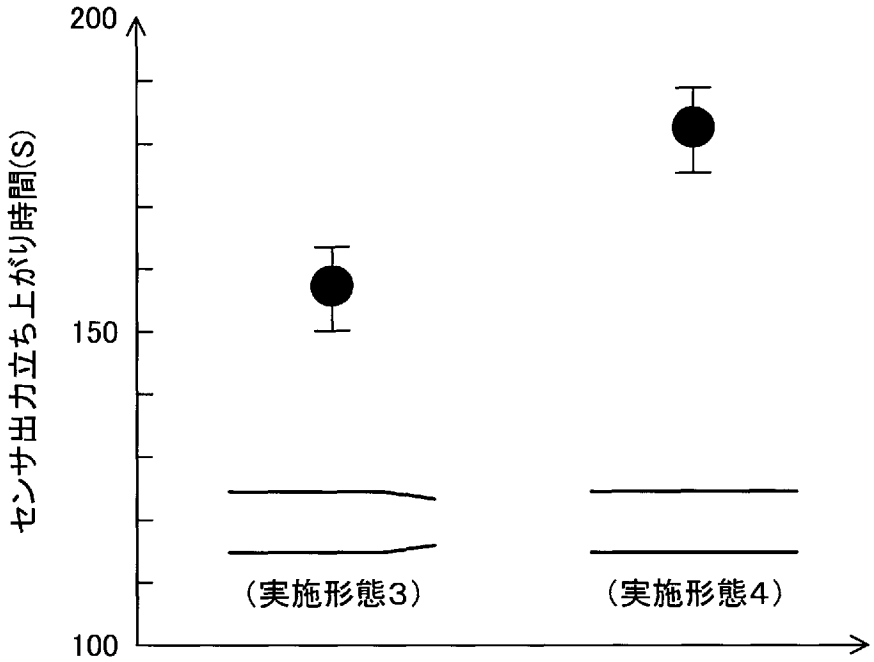
[図21]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/077034

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
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)
G01N27/00-27/10, G01N27/14-27/24, G01N15/00-15/14, F01N3/00-3/38, F01N9/00-11/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

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 2012-078130 A (Denso Corp.), 19 April 2012 (19.04.2012), paragraphs [0023], [0037] to [0040], [0047]; fig. 1, 2, 5(c) (Family: none)	1-3,8,10-13 4-7,9
Y A	JP 2012-220257 A (Denso Corp.), 12 November 2012 (12.11.2012), fig. 5, 6 (Family: none)	1-3,8,10-13 4-7,9
Y	JP 2012-168143 A (Nippon Soken, Inc.), 06 September 2012 (06.09.2012), paragraphs [0018], [0019]; fig. 1 (Family: none)	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	Date of mailing of the international search report
15 November 2016 (15.11.16)	29 November 2016 (29.11.16)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/077034

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-047597 A (NGK Insulators, Ltd.), 08 March 2012 (08.03.2012), entire text; all drawings & US 2012/0047993 A1 entire text; all drawings	1-13
A	JP 2012-052811 A (Denso Corp.), 15 March 2012 (15.03.2012), entire text; all drawings & DE 102011081808 A	1-13
A	JP 2012-013639 A (Denso Corp.), 19 January 2012 (19.01.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-13

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０７７０３４

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.　G01N27/00-27/10, G01N27/14-27/24, G01N15/00-15/14, F01N3/00-3/38, F01N9/00-11/00

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	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６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）

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 2012-078130 A（株式会社デンソー）2012.04.19, 段落［００２３］、［００３７］－［００４０］、［００４７］、図１、２、５（ｃ）(ファミリーなし)	1-3,8,10-13 4-7,9
Y A	JP 2012-220257 A（株式会社デンソー）2012.11.12, 図５、６（ファミリーなし)	1-3,8,10-13 4-7,9
Y	JP 2012-168143 A（株式会社日本自動車部品総合研究所）2012.09.06, 段落［００１８］、［００１９］、図１（ファミリーなし）	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	国際調査報告の発送日
１５．１１．２０１６	２９．１１．２０１６

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｗ　５３６１
佐々木　龍
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
A	JP 2012-047597 A (日本碍子株式会社) 2012.03.08, 全文、全図 & US 2012/0047993 A1, 全文、全図	1-13
A	JP 2012-052811 A (株式会社デンソー) 2012.03.15, 全文、全図 & DE 102011081808 A	1-13
A	JP 2012-013639 A (株式会社デンソー) 2012.01.19, 全文、全図（ファミリーなし）	1-13