(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
2019年12月19日(19.12.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/239588 A1

(51) 国際特許分類:
G01N 15/06 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2018/022967

(22) 国際出願日： 2018年6月15日(15.06.2018)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: 日本碍子株式会社(**NGK INSULATORS, LTD.**) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号 Aichi (JP).

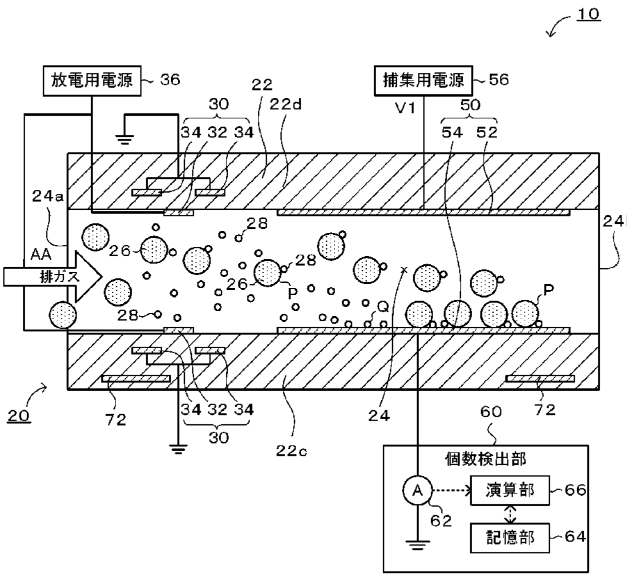
(72) 発明者: 奥村 英正 (**OKUMURA, Hidemasa**); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 水野 和幸(**MIZUNO, Kazuyuki**); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人アイテック国際特許事務所 (**ITEC INTERNATIONAL PATENT FIRM**); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦二丁目１６番２６号ＳＣ伏見ビル Aichi (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, 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, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: FINE PARTICLE NUMBER DETECTOR

(54) 発明の名称： 微粒子数検出器



36 Power supply for discharging electricity
56 Power supply for collecting
60 Number detecting part
66 Calculating part
64 Storage part
AA Exhaust gas

(57) **Abstract:** A fine particle number detector comprises a case, a charge generating part, a collecting electrode part, a storage part, and a number detecting part. The case has a ventilation passage. The charge generating part imparts a charge, which is generated by discharging electricity, to fine particles which are in a gas introduced into the ventilation passage, and makes the fine particles into charged fine particles. The collecting electrode part is provided farther downstream a flow of the gas than the charge generating part, and collects the charged fine particles and excess charge which was not

WO 2019/239588 A1

[続葉有]

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：

— 国際調査報告（条約第21条(3)）

imparted to the fine particles. The storage part stores a correspondence relationship between a number concentration of the fine particles in the gas, which was found in advance, and a current which flows in the collecting electrode. The number detecting part finds the number of fine particles which are included in the gas on the basis of the correspondence relationship which is stored in the storage unit and the current which actually flows in the collecting electrode.

(57) 要約：微粒子数検出器は、筐体と、電荷発生部と、捕集電極部と、記憶部と、個数検出部とを備える。筐体は、通気路を有している。電荷発生部は、通気路に導入されたガス中の微粒子に放電によって発生させた電荷を付加して帯電微粒子にする。捕集電極は、電荷発生部よりもガスの流れの下流側に設けられ、帯電微粒子と微粒子に付加しなかった余剰電荷とを捕集する。記憶部は、予め求めたガス中の微粒子数濃度と捕集電極を流れる電流との対応関係を記憶する。個数検出部は、記憶部に記憶された対応関係と実際に捕集電極を流れる電流とに基づいてガスに含まれる微粒子の数を求める。

明 細 書

発明の名称 ： 微粒子数検出器

技術分野

[0001] 本発明は、微粒子数検出器に関する。

背景技術

[0002] 微粒子数検出器としては、電荷発生素子でコロナ放電によりイオンを発生させ、そのイオンによりガス中の微粒子を帯電させて帯電微粒子とし、その帯電微粒子を測定電極で捕集し、捕集された帯電微粒子の電荷の量に基づいて微粒子の個数を測定するものが知られている。例えば、特許文献１では、ｑ＝∫Ｉｄｔに基づき、測定電極に流れる電流を時間で積分して蓄積電荷量を求め、その蓄積電荷量を素電荷で除算することで、その時間にわたって測定電極に付着した微粒子数を求めている。すなわち、測定電極に帯電微粒子のみを捕集することを前提としている。そのため、特許文献１では、電荷発生素子と測定電極との間に除去電極を設け、微粒子に帯電しなかった電荷（余剰電荷）を除去電極で捕集することにより、微粒子数の検出精度を向上することも提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第２０１５／１４６４５６号パンフレット

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、除去電極で余剰電荷のみを捕集し測定電極で帯電微粒子のみを捕集することは、理論的には可能ではあるが、実現するのは容易ではなかった。そのため、ガス中の微粒子数を測定する新たな技術が待望されていた。

[0005] 本発明はこのような課題を解決するためになされたものであり、従来に比べて容易にガス中の微粒子数を測定することを主目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明は、上述した主目的を達成するために以下の手段を採った。

[0007] 本発明の微粒子数検出器は、

通気路を有する筐体と、

前記通気路に導入されたガス中の微粒子に放電によって発生させた電荷を付加して帯電微粒子にする電荷発生部と、

前記電荷発生部よりも前記ガスの流れの下流側に設けられ、前記帯電微粒子と前記微粒子に付加しなかった余剰電荷とを捕集する捕集電極と、

予め求めた前記ガス中の微粒子数濃度と前記捕集電極を流れる電流との対応関係を記憶する記憶部と、

前記対応関係と実際に前記捕集電極を流れる電流とに基づいて前記ガスに含まれる微粒子の数を求める個数検出部と、

を備えたものである。

[0008] この微粒子数検出器では、帯電微粒子と微粒子に付加しなかった余剰電荷とを捕集電極で捕集し、予め求めたガス中の微粒子数濃度と捕集電極を流れる電流との対応関係と実際に捕集電極を流れる電流とに基づいてガスに含まれる微粒子の数を求める。捕集電極は、帯電微粒子のみを捕集する必要はなく、帯電微粒子と余剰電荷の両方を捕集する。したがって、従来に比べて容易にガス中の微粒子数を測定することができる。このような方法でガス中の微粒子の数を求めることができるようになったのは、本発明者らが、ガス中の微粒子数濃度と、帯電微粒子及び余剰電荷の両方を捕集電極に捕集したときの捕集電極に流れる電流との間に、対応関係があることを見いだしたからである。

[0009] なお、本明細書において、「電荷」とは、正電荷や負電荷のほかイオンを含むものとする。

[0010] 本発明の微粒子数検出器において、前記対応関係は、前記ガスの微粒子数濃度をｘ（個／ｃｃ）、前記捕集電極を流れる電流をｙ（ｐＡ）としたときにｙ＝ａｘ＋ｂ（ａ，ｂは定数、ａ＞０，ｂ＞０）で表されるものとしても

よい。このような式は、例えば、微粒子数濃度が既知のガスと捕集電極を流れる電流との関係から最小２乗法により求めることができる。

[0011] 本発明の微粒子数検出器において、前記捕集電極は、電界によって前記帯電微粒子と前記余剰電荷とを捕集してもよい。こうすれば、帯電微粒子と余剰電荷の両方を効率よく捕集電極に捕集することができる。

[0012] 本発明の微粒子数検出器において、前記電荷発生部は、放電電極と、誘導電極と、前記放電電極と前記誘導電極とによって挟まれた誘電体層とを備えていてもよい。このような電荷発生部を採用すれば、ガス中の微粒子数濃度と捕集電極を流れる電流との間に良好な対応関係が生じる。この場合、前記放電電極には、放電電圧として正弦波電圧を印加することが好ましい。正弦波電圧はパルス電圧に比べてノイズが発生しにくいからである。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]微粒子数検出器１０の説明図。

[図2]微粒子検出素子２０の斜視図。

[図3]図２のＡ－Ａ断面図。

[図4]図２のＢ－Ｂ断面図。

[図5]微粒子検出素子２０の分解斜視図。

[図6]正弦波電圧の一例を示す説明図。

[図7]ガス中の微粒子数濃度と捕集電極５４を流れる電流との対応関係の一例を示すグラフ。

[図8]実験装置８０の概略構成図。

発明を実施するための形態

[0014] 次に、本発明の実施形態について、図面を用いて説明する。図１は本発明の一実施形態である微粒子数検出器１０の説明図、図２は微粒子検出素子２０の斜視図、図３は図２のＡ－Ａ断面図、図４は図２のＢ－Ｂ断面図、図５は微粒子検出素子２０の分解斜視図である。なお、本実施形態において、上下方向，左右方向及び前後方向は、図１～図２に示した通りとする。

[0015] 微粒子数検出器１０は、図１に示すように、エンジンの排気管１２を流れ

る排ガスに含まれる微粒子２６（図５参照）の数を検出するものである。この微粒子数検出器１０は、微粒子検出素子２０と、各種電源３６，５６や個数検出部６０を含む付属ユニット７０とを備えている。

[0016] 微粒子検出素子２０は、図１に示すように、円柱状の支持体１４に差し込まれた状態で、排気管１２に固定されたリング状の台座１６に取り付けられている。微粒子検出素子２０は、保護カバー１８によって保護されている。保護カバー１８には図示しない穴が設けられており、この穴を介して排気管１２を流通する排ガスが微粒子検出素子２０の下端に設けられた通気路２４を通過する。微粒子検出素子２０は、図４に示すように、筐体２２に、電荷発生部３０と、捕集部５０と、ヒータ電極７２とを備えたものである。

[0017] 筐体２２は、図１に示すように、排気管１２の軸方向と交差する方向（ここでは略直交する方向）に長い直方体である。筐体２２は絶縁体であり、例えばアルミナなどのセラミックス製である。筐体２２の下端２２ａは排気管１２の内部に配置され、上端２２ｂは排気管１２の外部に配置される。筐体２２の下端２２ａには、通気路２４が設けられている。筐体２２の上端２２ｂには、各種端子が設けられている。

[0018] 通気路２４の軸方向は、排気管１２の軸方向と一致している。通気路２４は、図２に示すように、筐体２２の前方の面に設けられた矩形のガス導入口２４ａから、筐体２２の後方の面に設けられた矩形のガス排出口２４ｂまで連なる直方体形状の空間である。筐体２２は、通気路２４を構成する左右一対の壁２２ｃ，２２ｄを備えている（図２参照）。

[0019] 電荷発生部３０は、通気路２４内のガス導入口２４ａの近くに電荷が発生するように、左右一対の壁２２ｃ，２２ｄのそれぞれに設けられている。以下には説明の便宜上、壁２２ｃに設けられた電荷発生部３０について説明するが、壁２２ｄに設けられた電荷発生部３０もこれと同様である。電荷発生部３０は、放電電極３２と２つの誘導電極３４，３４とを有している。放電電極３２は、壁２２ｃの内面に沿って設けられ、図３に示すように、矩形の周囲に複数の微細突起を有している。２つの誘導電極３４，３４は、矩形電

極であり、壁２２ｃに間隔をあけて放電電極３２と平行となるように埋設されている。電荷発生部３０では、放電電極３２と２つの誘導電極３４，３４との間に放電用電源３６（付属ユニット７０の１つ）の高周波高電圧として正弦波電圧が印加されることで、両電極間の電位差による気中放電が発生する。このとき、筐体２２のうち放電電極３２と誘導電極３４，３４との間の部分が誘電体層の役割を果たす。この気中放電によって、放電電極３２の周囲に存在するガスがイオン化されて正の電荷２８が発生する。誘導電極３４，３４は、ここではグランドに接続されている。正弦波電圧の一例を図６に示す。図６では、ゼロボルトを点線ではなく実線（正弦波の真ん中のライン（１点鎖線）よりも下側の線）としている。そのため、正のピーク電圧の絶対値の方が負のピーク電圧の絶対値よりも大きい。正電圧によって発生した電荷の一部は電極上に堆積するが、その堆積電荷が残っていると次回の放電時に電荷が発生しにくくなる。図６の正弦波電圧を用いると、堆積電荷は負電圧の期間で消失する。そのため、電荷を継続的に効率よく発生させることができる。

[0020] 図４に示すように、ガスに含まれる微粒子２６は、ガス導入口２４ａから通気路２４内に入り、電荷発生部３０を通過する際に電荷発生部３０の気中放電によって発生した電荷２８が付加されて帯電微粒子Ｐとなったあと後方に移動する。また、発生した電荷２８のうち微粒子２６に付加されなかったものは、余剰電荷Ｑとしてそのまま後方に移動する。

[0021] 捕集部５０は、通気路２４のうち電荷発生部３０よりも下流に設けられている。捕集部５０は、帯電微粒子Ｐや余剰電荷Ｑを捕集するものであり、電界発生電極５２と捕集電極５４とを有している。電界発生電極５２は、右側の壁２２ｄの内面に沿って設けられ、通気路２４内に露出している。捕集電極５４は、左側の壁２２ｃの内面に沿って設けられ、通気路２４内に露出している。電界発生電極５２と捕集電極５４とは互いに向かい合う位置に配設されている。電界発生電極５２は、電圧Ｖ１（正電位）が捕集用電源５６（付属ユニット７０の１つ）によって印加される電極である。捕集電極５４は

、電流計６２を介してグランドに接続された電極である。これにより、捕集部５０の電界発生電極５２と捕集電極５４との間には比較的強い電界が発生する。したがって、通気路２４を流れる帯電微粒子Ｐや余剰電荷Ｑは、この電界によって捕集電極５４に引き寄せられて捕集される。

[0022]　なお、捕集部５０の各電極５２，５４のサイズ、両電極５２，５４の間に発生させる電界の強さは、帯電微粒子Ｐや余剰電荷Ｑの両方が捕集電極５４に捕集されるように設定される。

[0023]　個数検出部６０は、付属ユニット７０の１つであり、電流計６２と記憶部６４と演算部６６とを備えている。電流計６２は、一方の端子が捕集電極５４に接続され、もう一方の端子がグランドに接続されている。この電流計６２は、捕集電極５４に捕集された帯電微粒子Ｐの電荷２８及び余剰電荷Ｑの両方に基づく電流を測定する。記憶部６４は、予め求めたガス中の微粒子数濃度と捕集電極５４を流れる電流との対応関係を記憶している。演算部６６は、記憶部６４に記憶された対応関係と実際に電流計６２で測定された電流とに基づいて、粒子数濃度を求める。

[0024]　ヒータ電極７２は、筐体２２に埋設されている。ヒータ電極７２は、ジグザグに引き回された帯状の発熱体（図５参照）である。ヒータ電極７２は、図示しない給電装置に接続され、その給電装置によって通電されると発熱する。ヒータ電極７２は、筐体２２や捕集電極５４などの各電極を加熱する。

[0025]　次に、微粒子検出素子２０の構成について、図５の分解斜視図を用いて更に説明する。微粒子検出素子２０は、７枚のシートＳ１～Ｓ７で構成されている。各シートＳ１～Ｓ７は、筐体２２と同じ材料で形成されている。説明の便宜上、左から右に向かって第１シートＳ１、第２シートＳ２、…と称し、各シートＳ１～Ｓ７における右側の面を表面、左側の面を裏面と称する。各シートＳ１～Ｓ７の厚みは適宜設定すればよく、例えばすべて同じであってもよいし、それぞれ異なっていてもよい。

[0026]　第１シートＳ１の表面には、ヒータ電極７２が設けられている。ヒータ電極７２の一端及び他端は、第１シートＳ１の表面の上方に配置されており、

第１シートＳ１のスルーホールを介して第１シートＳ１の裏面の上方に設けられたヒータ電極端子７５，７５にそれぞれ接続されている。

[0027] 第２シートＳ２の表面には、誘導電極３４，３４が設けられている。誘導電極３４，３４は１本の配線３４ａにまとめられている。その配線３４ａの端部は、第２シートＳ２の表面の上方に配置されており、第２シートＳ２及び第１シートＳ１のスルーホールを介して第１シートＳ１の裏面の上方に設けられた誘導電極端子３５に接続されている。第２シートＳ２の表面には、捕集電極５４の配線５４ａが上下方向に沿って設けられている。配線５４ａの上端は、第２シートＳ２及び第１シートＳ１のスルーホールを介して第１シートＳ１の裏面の上方に設けられた捕集電極端子５５にそれぞれ接続されている。

[0028] 第３シートＳ３の表面には、放電電極３２及び捕集電極５４が設けられている。捕集電極５４は、第３シートＳ３のスルーホールを介して第２シートＳ２の配線５４ａに接続され、更にこの配線５４ａを介して捕集電極端子５５に接続されている。

[0029] 第４シートＳ４の下端側には、通気路２４すなわち直方体形状の空間が設けられている。

[0030] 第５シートＳ５の裏面には、放電電極３２及び電界発生電極５２が設けられている。

[0031] 第６シートＳ６の裏面には、誘導電極３４，３４が設けられている。誘導電極３４，３４は１本の配線３４ａにまとめられている。その配線３４ａの端部は、第６シートＳ６の裏面の上方に配置されており、第３～第６シートＳ３～Ｓ６のスルーホールを介して第２シートＳ２の誘導電極３４の配線３４ａに接続されている。そのため、第６シートＳ６に設けられた誘導電極３４，３４も、第１シートＳ１の裏面の上方に設けられた誘導電極端子３５に接続されている。

[0032] 第７シートＳ７の裏面には、放電電極３２の配線３２ａと電界発生電極５２の配線５２ａとが上下方向に沿ってそれぞれ設けられている。配線３２ａ

の下端は、第４～第６シートＳ４～Ｓ６のスルーホールを介して第３及び第５シートＳ３，Ｓ５にそれぞれ設けられた放電電極３２に接続されている。配線５２ａの下端は、第５及び第６シートＳ５，Ｓ６のスルーホールを介して第５シートＳ５の裏面に設けられた電界発生電極５２に接続されている。各配線３２ａ，５２ａの上端は、第７シートＳ７のスルーホールを介して第７シートＳ７の表面の上方に設けられた放電電極端子３３及び電界発生電極端子５３にそれぞれ接続されている。

[0033] ここで、ガス中の微粒子数濃度と捕集電極５４を流れる電流との対応関係の一例を図７に示す。図７に示したデータを取得するのに利用した実験装置８０の構成及び全検出電流の測定手順について、図８を用いて説明する。

[0034] 実験装置８０は、粒子発生装置８１（ＰＡＬＡＳ製、ＤＮＰ　ｄｉｇｉｔａｌ３０００）と、希釈装置８２（ＴＥＳＴＯ製、ＭＤ１９－３Ｅ）と、コンプレッサ８３と、マスフローコントローラ８４と、粒子カウンタ８６（ＴＳＩ製３７７６）と、微粒子数検出器１０とを備えたものとした。具体的には、粒子発生装置８１の出口を希釈装置８２の入口に接続し、コンプレッサ８３の出口をマスフローコントローラ８４を介して希釈装置８２の入口に接続した。希釈装置８２の出口を、バルブ８５を介して粒子カウンタ８６と微粒子数検出器１０とに接続した。微粒子数検出器１０の出口には、マスフローコントローラ８７と真空ポンプ８８をこの順に接続した。粒子カウンタ８６は、マスフローコントローラと真空ポンプとを内蔵しているものを用いた。

[0035] 全検出電流の測定手順は以下のとおりである。まず、希釈装置８２の出口と粒子カウンタ８６とが連通し希釈装置８２の出口と微粒子数検出器１０とが遮断するようにバルブ８５を設定した。そして、粒子発生装置８１に窒素ガスを供給し、粒子発生装置８１内に組み込まれている一対のカーボン電極に所定の高電圧パルス波を印加した。これにより、放電により電荷が発生し、その電荷がカーボン電極をスパッタリングすることで単位時間当たり一定量のカーボン粒子を発生させた。粒子発生装置８１内で発生したカーボン粒

子を希釈装置８２に流入させ、コンプレッサ８３からマスフローコントローラ８４を介して希釈装置８２に供給されたエアとカーボン粒子とを混合し、カーボン粒子を含んだガスを生成した。こうしたガスを希釈装置８２から粒子カウンタ８６に流入させ、粒子カウンタ８６で粒子数を計測しながら、所望の粒子数濃度になるように希釈装置８２に内蔵されている回転ディスクの回転数でエアの流量を調整した。ガスの粒子数濃度が所望の濃度になった後、希釈装置８２の出口と微粒子数検出器１０とが連通し希釈装置８２の出口と粒子カウンタ８６とが遮断するようにバルブ８５を設定し、微粒子数検出器１０の電流計６２で電流を測定した。粒子カウンタ８６及び微粒子数検出器１０をそれぞれ通過するガスの流量は、測定中、一定の流量になるように調整した。この調整は、粒子カウンタ８６に内蔵されたマスフローコントローラ及び真空ポンプ、微粒子数検出器１０に接続されたマスフローコントローラ８７及び真空ポンプ８８により行った。

[0036] 図７に示したグラフは、粒子数濃度ｘ（個／ｃｃ）が既知のガスを通気路２４に流したときに捕集電極５４に流れる全検出電流ｙ（ｐＡ））を測定し、それらの測定データをプロットしたものである。図７に示した回帰直線の式ｙ＝ａｘ＋ｂ（ａ，ｂは定数、ａ＞０，ｂ＞０）は、それらの測定データを用いて最小２乗法により求めた。ａ，ｂは定数であるが、これらの数値は測定条件（例えばガスの流量など）によって変わる。記憶部６４は、この式を対応関係として記憶している。なお、式の代わりにマップやテーブルを記憶していてもよい。捕集電極５４は帯電微粒子Ｐだけでなく余剰電荷Ｑも捕集するが、その捕集電極５４を流れる電流ｙと粒子数濃度ｘとの間には良好な相関関係があることが本発明者らの実験により初めて明らかになった。捕集電極５４が帯電微粒子Ｐだけでなく余剰電荷Ｑも捕集しているにもかかわらず、なぜ電流ｙと粒子数濃度ｘとの間に良好な相関関係が得られるかは定かではないが、何らかの理由でガス中の余剰電荷Ｑの濃度が帯電微粒子Ｐの濃度によらず一定になっているためと推測される。

[0037] 次に、微粒子数検出器１０の製造例について説明する。微粒子検出素子２

０は、複数枚のセラミックグリーンシートを用いて作製することができる。具体的には、複数枚のセラミックグリーンシートの各々について、必要に応じて切欠や貫通孔や溝を設けたり電極や配線パターンをスクリーン印刷したりした後、それらを積層して焼成する。なお、切欠や貫通孔や溝については、焼成時に焼失するような材料（例えば有機材料）で充填しておいてもよい。こうして、微粒子検出素子２０を得る。続いて、微粒子検出素子２０の放電電極端子３３及び電界発生電極端子５３をそれぞれ付属ユニット７０の放電用電源３６及び捕集用電源５６に接続する。また、微粒子検出素子２０の誘導電極端子３５をグランドに接続し、捕集電極端子５５を電流計６２を介して個数検出部６０に接続する。更に、ヒータ電極端子７５，７５を図示しない給電装置に接続する。こうすることにより、微粒子数検出器１０を製造することができる。

[0038] 次に、微粒子数検出器１０の使用例について説明する。自動車の排ガスに含まれる微粒子２６を計測する場合、上述したようにエンジンの排気管１２に微粒子検出素子２０を取り付ける（図１参照）。図４に示すように、ガス導入口２４ａから筐体２２内に導入された排ガスに含まれる微粒子２６は、電荷発生部３０の放電によって発生した電荷２８（ここでは正電荷）を帯びて帯電微粒子Ｐになる。帯電微粒子Ｐは、ガスの流れに沿って移動して捕集部５０に至る。一方、微粒子２６に付加されなかった余剰電荷Ｑも、ガスの流れに沿って移動して捕集部５０に至る。捕集部５０に到達した帯電微粒子Ｐ及び余剰電荷Ｑは、電界発生電極５２によって発生した捕集用電界によって捕集電極５４に捕集される。そして、捕集電極５４に捕集された帯電微粒子Ｐの電荷２８及び余剰電荷Ｑに基づく電流が電流計６２で測定され、その電流に基づいて演算部６６が微粒子２６の個数を演算する。演算部６６は、記憶部６４に記憶された対応関係と実際に電流計６２で測定された電流とに基づいて、その電流に対応する粒子数濃度を求める。

[0039] 微粒子検出素子２０の使用に伴い、帯電微粒子Ｐが捕集電極５４に数多く堆積すると、新たに帯電微粒子Ｐが捕集電極５４に捕集されないことがある

。そのため、定期的にあるいは堆積量が所定量に達したタイミングで、捕集電極５４をヒータ電極７２によって加熱することにより、捕集電極５４上の堆積物を加熱して焼却し捕集電極５４の電極面をリフレッシュする。また、ヒータ電極７２により、筐体２２の内周面に付着した微粒子２６を焼却することもできる。

[0040] 以上説明した微粒子数検出器１０では、帯電微粒子Ｐと余剰電荷Ｑとを捕集電極５４で捕集し、予め求めたガス中の微粒子数濃度と捕集電極５４を流れる電流との対応関係と実際に捕集電極５４を流れる電流とに基づいてガスに含まれる微粒子の数（粒子数濃度）を求める。捕集電極５４は、帯電微粒子Ｐのみを捕集する必要はなく、帯電微粒子Ｐと余剰電荷Ｑの両方を捕集する。したがって、従来に比べて容易にガス中の微粒子数を測定することができる。

[0041] また、捕集電極５４は、電界によって帯電微粒子Ｐと余剰電荷Ｑとを捕集するため、これらを効率よく捕集することができる。

[0042] 更に、電荷発生部３０として、放電電極３２と、誘導電極３４，３４と、放電電極３２と誘導電極３４，３４とによって挟まれた誘電体層（筐体２２の一部）とを備えたものを採用したため、ガス中の微粒子数濃度と捕集電極５４を流れる電流との間に良好な対応関係が生じやすい。また、放電電極３２には、放電電圧として正弦波電圧を印加するようにしたため、パルス電圧に比べて高周波成分を含まず、ノイズが発生しにくい。

[0043] なお、本発明は上述した実施形態に何ら限定されることはなく、本発明の技術的範囲に属する限り種々の態様で実施し得ることはいうまでもない。

[0044] 例えば、上述した実施形態では、捕集部５０として電界発生電極５２と捕集電極５４とを備えたものを用いたが、電界発生電極５２を省略し、ブラウン運動している帯電微粒子Ｐや余剰電荷Ｑを捕集電極５４で捕集するようにしてもよい。この場合、筐体２２の壁２２ｃ，２２ｄを接近させるのが好ましい。あるいは、電界発生電極５２を省略し、捕集電極５４としてガスの通過を許容するが帯電微粒子Ｐや余剰電荷Ｑを捕集するフィルタを採用し、そ

のフィルタを通気路２４の軸方向すなわちガスの流れる方向と交差するように（例えば直交するように）を設けてもよい。この場合、捕集電極５４をメッシュ状にしてもよいしハニカム状にしてもよい。あるいは、電界発生電極５２を省略し、通気路２４をＬ字形状、すなわち排ガスの流れに沿った第１部分とその第１部分から約９０°折れ曲がって向きが変わった第２部分とを有する形状とし、通気路２４のうち折れ曲がった部分（排ガスが衝突する部分）に捕集電極５４を設けてもよい。こうすれば、排ガス中の帯電微粒子Ｐや余剰電荷Ｑはガスの流れの慣性力によって捕集電極５４に衝突して捕集される。

[0045] 上述した実施形態では、通気路２４の断面形状を四角形としたが、四角形以外の多角形にしてもよいし、円形や楕円形にしてもよい。

[0046] 上述した実施形態では、筐体２２をセラミック製としたが、筐体２２のうち電荷発生部３０が設けられた部分をセラミック製、捕集部５０が設けられた部分を金属製とし、金属製の部分の全体が捕集電極５４を兼ねるようにしてもよい。この場合、捕集部５０の電界発生電極５２は省略する。

[0047] 上述した実施形態では、電荷発生部３０として、通気路２４の内面に沿って設けられた放電電極３２と筐体２２に埋設された２つの誘導電極３４，３４とにより構成したが、気中放電により電荷を発生するものであれば特にどのような構成でも構わない。例えば、特許文献１に記載されているように、電荷発生部を針状電極と対向電極とで構成してもよい。

[0048] 上述した実施形態では、電界発生電極５２は通気路２４に露出していたが、これに限らず筐体２２に埋設されていてもよい。また、電界発生電極５２に代えて、捕集電極５４を上下から挟むように配設された一対の電界発生電極を筐体２２に設け、この一対の電界発生電極間に印加した電圧により生じる電界で、帯電微粒子Ｐ及び余剰電荷Ｑを捕集電極５４に向けて移動させてもよい。

[0049] 上述した実施形態では、捕集部５０として、電界発生電極５２と捕集電極５４を備えたものを例示したが、捕集電極５４を複数の小捕集電極に分割し

てもよい。その場合、演算部６６は、各小捕集電極を流れる電流を合算した総電流に基づいて、記憶部６４に記憶された対応関係から微粒子数を演算すればよい。

[0050] 上述した実施形態では、捕集部５０として、一対の電極（電界発生電極５２と捕集電極５４）を１組備えたものを例示したが、捕集部５０は、このような一対の電極を複数組備え、電荷発生部３０の下流側領域において各組を上流側から下流側に順に並べたものとしてもよい。その場合、演算部６６は、各組の捕集電極を流れる電流を合算した総電流に基づいて、記憶部６４に記憶された対応関係から微粒子数を演算すればよい。

[0051] 上述した実施形態では、電荷発生部３０に正弦波電圧を印加したが、正弦波電圧の代わりにパルス電圧を用いてもよい。パルス電圧の波形としては、矩形を用いてもよいが、台形、三角形、のこぎり歯などの各種形状を採用することができる。

[0052] 上述した実施形態では、微粒子数検出器１０をエンジンの排気管１２に取り付ける場合を例示したが、特にエンジンの排気管１２に限定されるものではなく、微粒子を含むガスが流通する管であればどのような管であってもよい。

[0053] 上述した実施形態では、ガス中の微粒子数濃度ｘ（個／ｃｃ）と捕集電極５４を流れる電流ｙ（ｐＡ）との対応関係として、ｙ＝ａｘ＋ｂ（ａ，ｂは定数、ａ＞０，ｂ＞０）を例示したが、特にこの式に限定されるものではなく、例えば測定条件等によっては対応関係を表す式として二次曲線がふさわしいことがある。

産業上の利用可能性

[0054] 本発明は、例えば自動車などの動力機械の排ガス中の微粒子の数を検出する微粒子数検出器に利用可能である。

符号の説明

[0055] １０　微粒子数検出器、１２　排気管、１４　支持体、１６　台座、１８　保護カバー、２０　微粒子検出素子、２２　筐体、２２ａ　下端、２２ｂ

上端、２２ｃ，２２ｄ　壁、２４　通気路、２４ａ　ガス導入口、２４ｂ　ガス排出口、２６　微粒子、２８　電荷、３０　電荷発生部、３２　放電電極、３２ａ　配線、３３　放電電極端子、３４　誘導電極、３４ａ　配線、３５　誘導電極端子、３６　放電用電源、５０　捕集部、５２　電界発生電極、５２ａ　配線、５３　電界発生電極端子、５４　捕集電極、５４ａ　配線、５５　捕集電極端子、５６　捕集用電源、６０　個数検出部、６２　電流計、６４　記憶部、６６　演算部、７０　付属ユニット、７２　ヒータ電極、７５　ヒータ電極端子、８０　実験装置、８１　粒子発生装置、８２　希釈装置、８３　コンプレッサ、８４　マスフローコントローラ、８５　バルブ、８６　粒子カウンタ、８７　マスフローコントローラ、８８　真空ポンプ。

請求の範囲

[請求項1] 通気路を有する筐体と、

前記通気路に導入されたガス中の微粒子に放電によって発生させた電荷を付加して帯電微粒子にする電荷発生部と、

前記電荷発生部よりも前記ガスの流れの下流側に設けられ、前記帯電微粒子と前記微粒子に付加しなかった余剰電荷とを捕集する捕集電極と、

予め求めた前記ガス中の微粒子数濃度と前記捕集電極を流れる電流との対応関係を記憶する記憶部と、

前記対応関係と実際に前記捕集電極を流れる電流とに基づいて前記ガスに含まれる微粒子の数を求める個数検出部と、

を備えた微粒子数検出器。

[請求項2] 前記対応関係は、前記ガスの微粒子数濃度をｘ（個／ｃｃ）、前記捕集電極を流れる電流をｙ（ｐＡ）としたときにｙ＝ａｘ＋ｂ（ａ，ｂは定数、ａ＞０，ｂ＞０）で表される、

請求項１に記載の微粒子数検出器。

[請求項3] 前記捕集電極は、電界によって前記帯電微粒子と前記余剰電荷とを捕集する、

請求項１又は２に記載の微粒子数検出器。

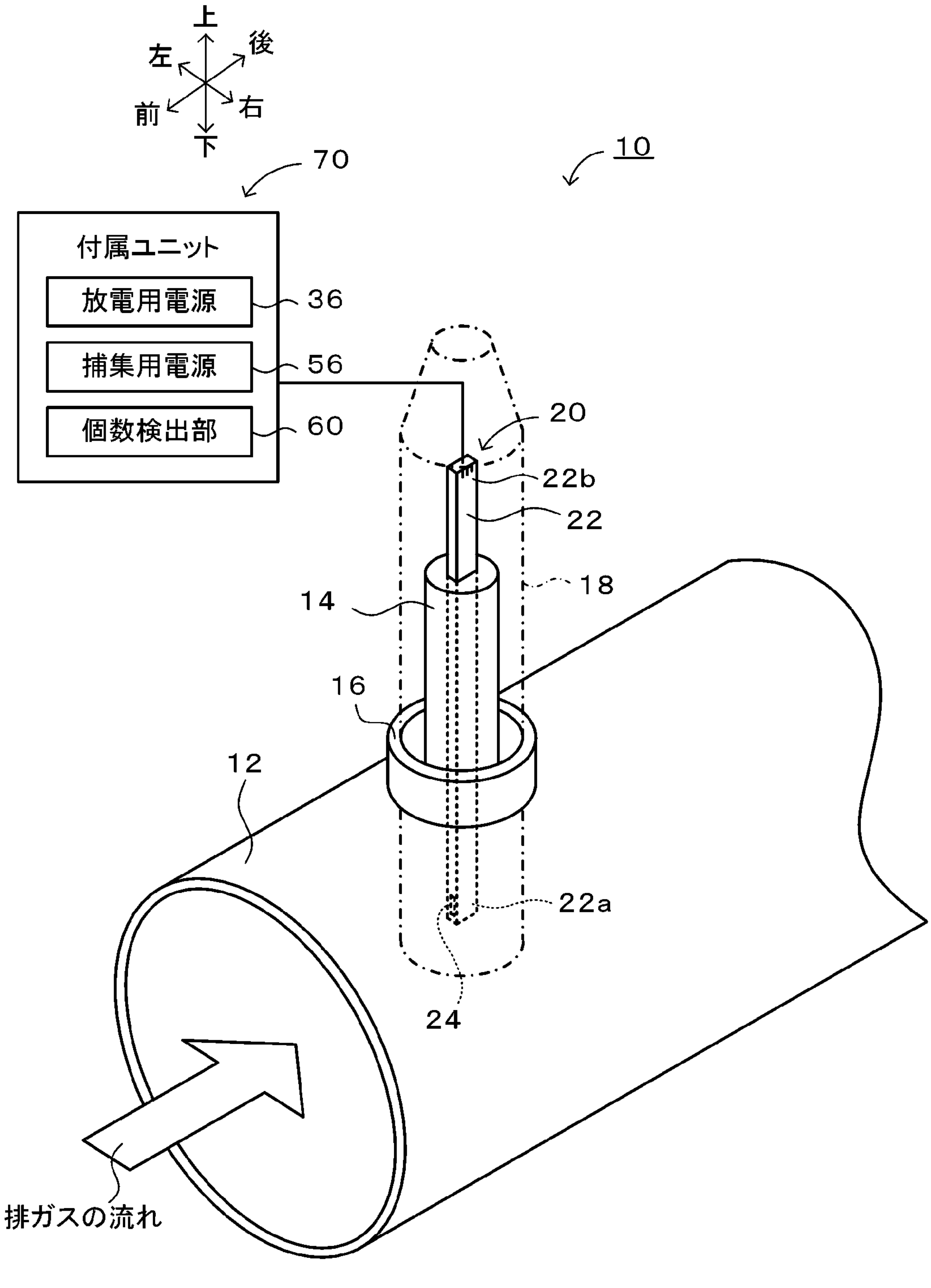
[請求項4] 前記電荷発生部は、放電電極と、誘導電極と、前記放電電極と前記誘導電極とによって挟まれた誘電体層とを備える、

請求項１～３のいずれか１項に記載の微粒子数検出器。

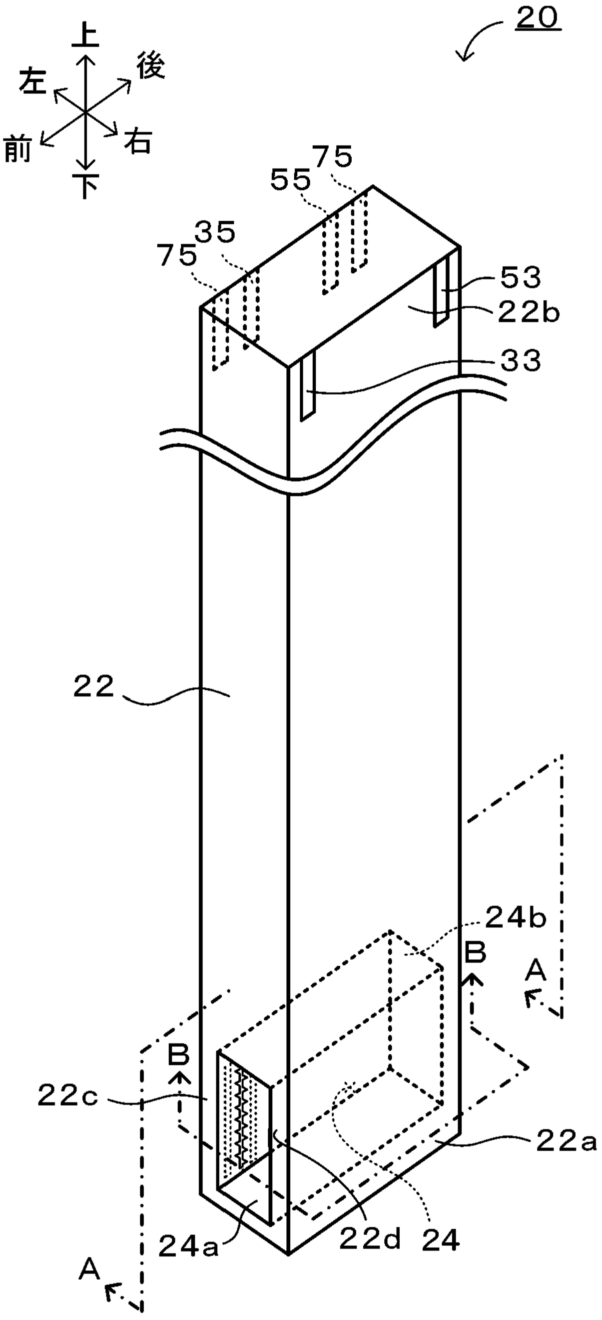
[請求項5] 前記放電電極には、放電電圧として正弦波電圧が印加される、

請求項４に記載の微粒子数検出器。

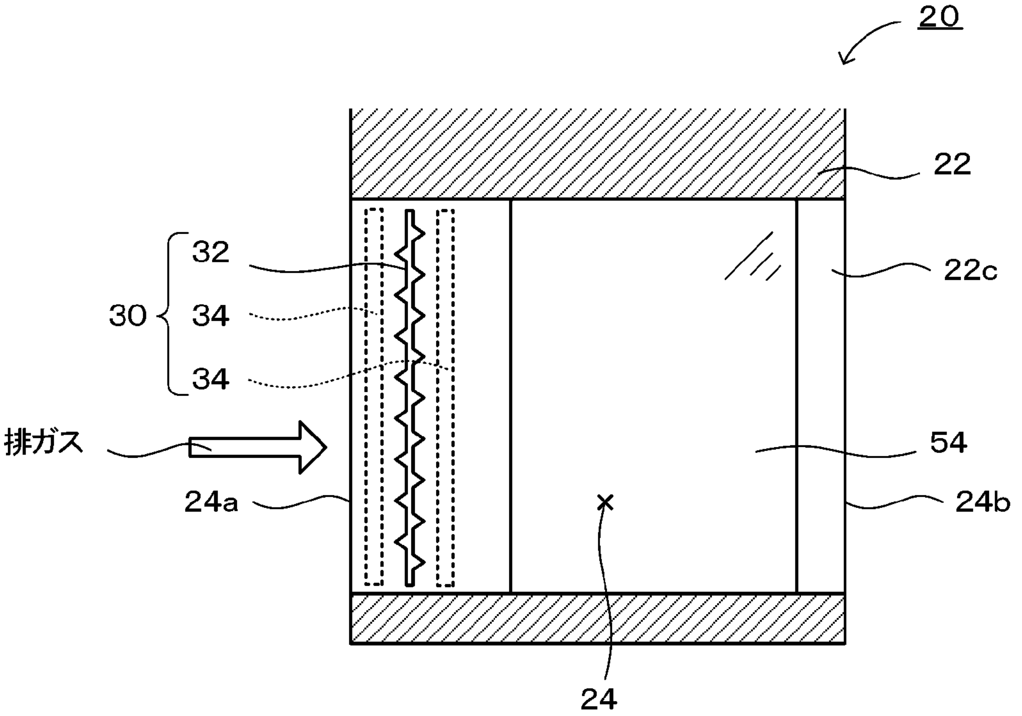
[図1]


上
後
左
前
右
下
70
10
付属ユニット
放電用電源
36
捕集用電源
56
個数検出部
60
20
22b
22
18
14
16
12
22a
24
排ガスの流れ

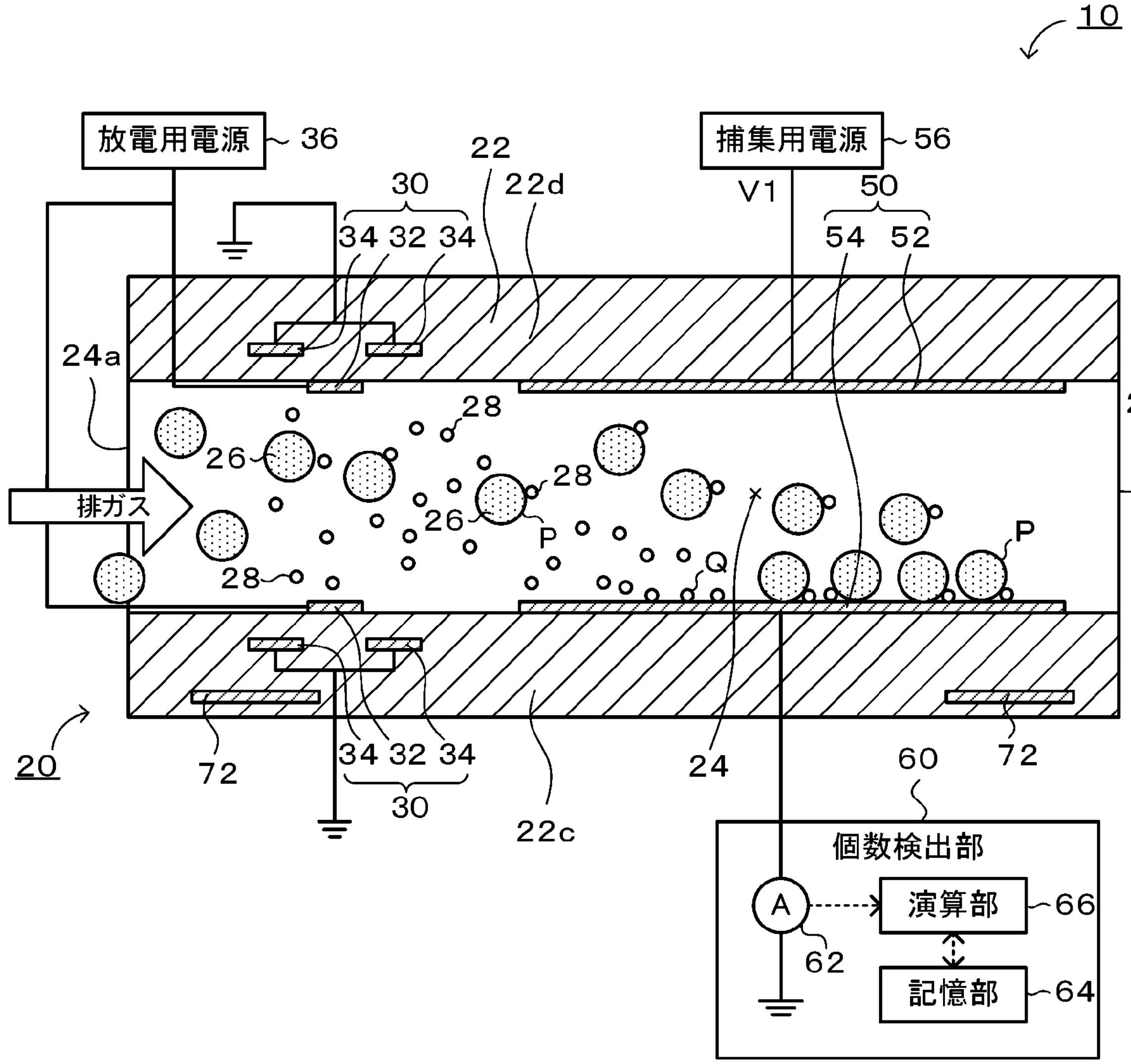
[図2]



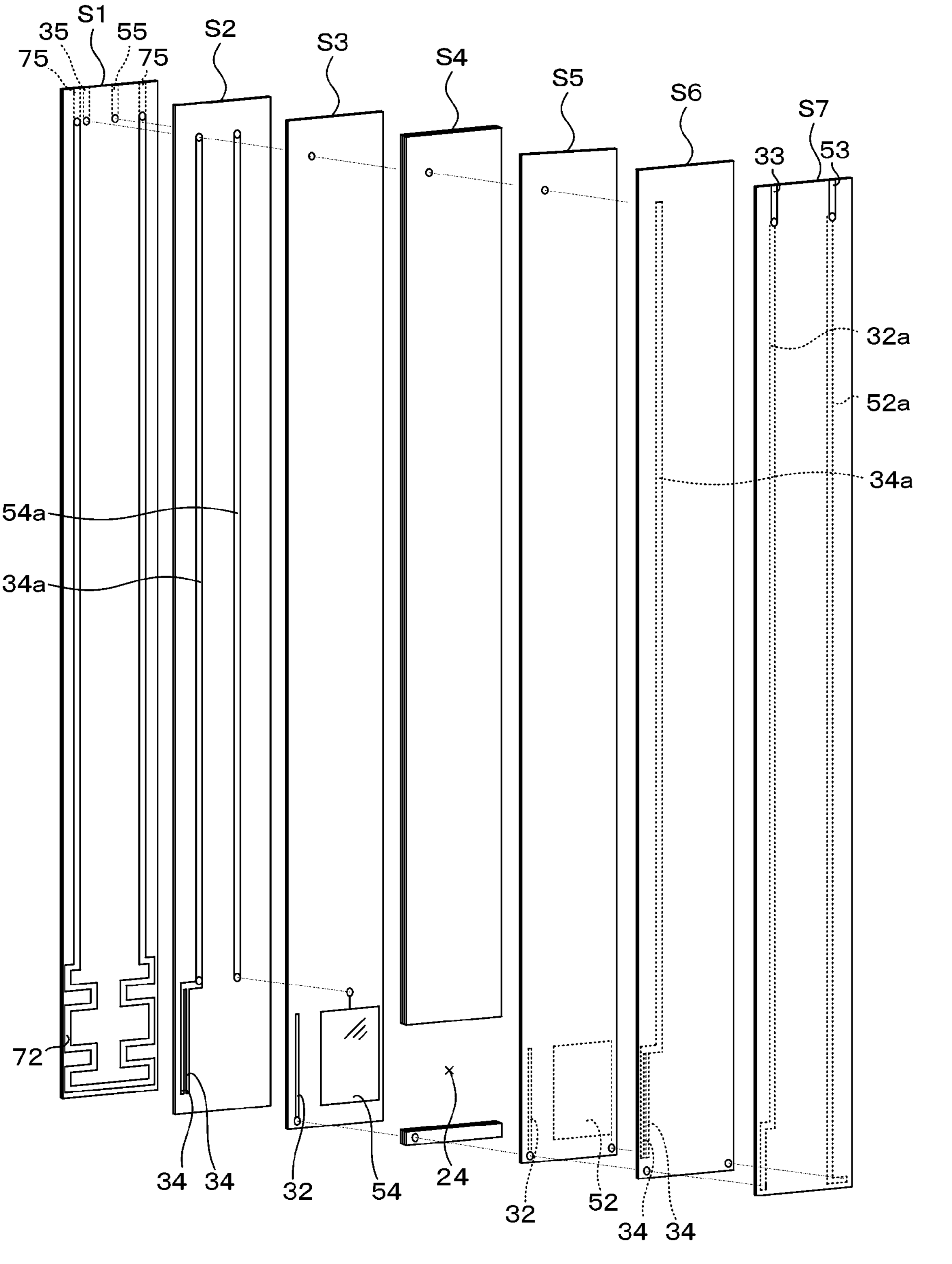
[図3]


20
22
32
30
34
34
22c
排ガス
54
24a
24b
24

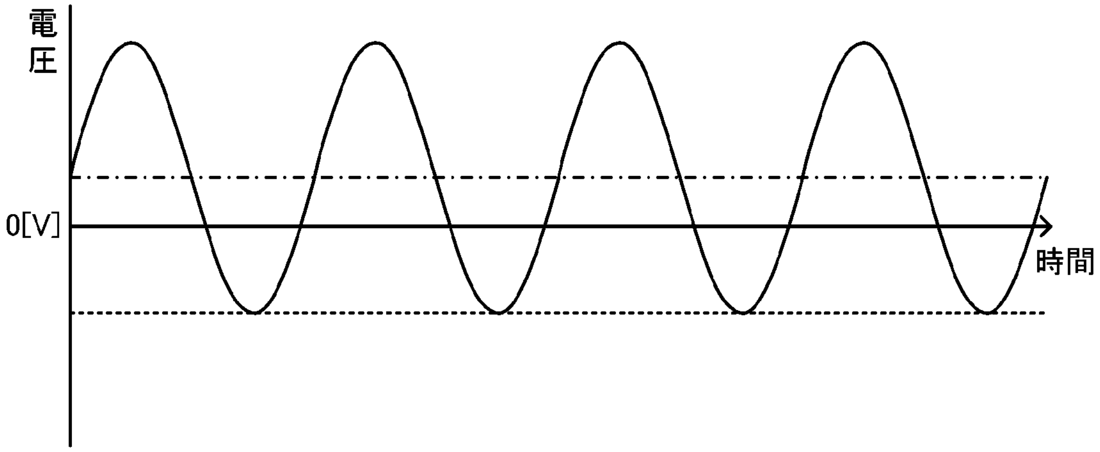
[図4]


10
放電用電源
36
22
22d
30
34 32 34
捕集用電源
56
V1
50
54 52
24a
24b
26
28
排ガス
P
Q
20
72
34 32 34
24
60
22c
個数検出部
A
演算部
66
62
記憶部
64

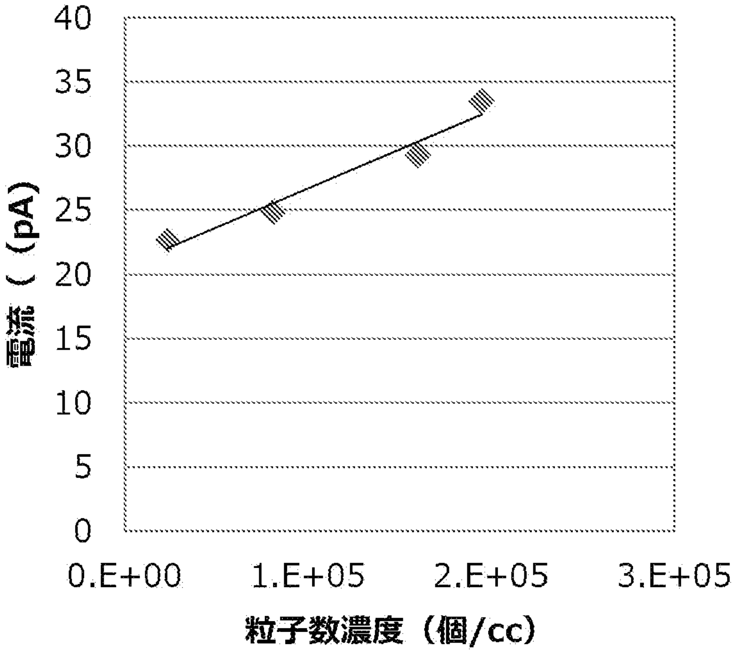
［図5］


S1
35
55
75
75
S2
S3
S4
S5
S6
S7
33
53
32a
52a
34a
54a
34a
72
34
34
32
54
24
32
52
34
34

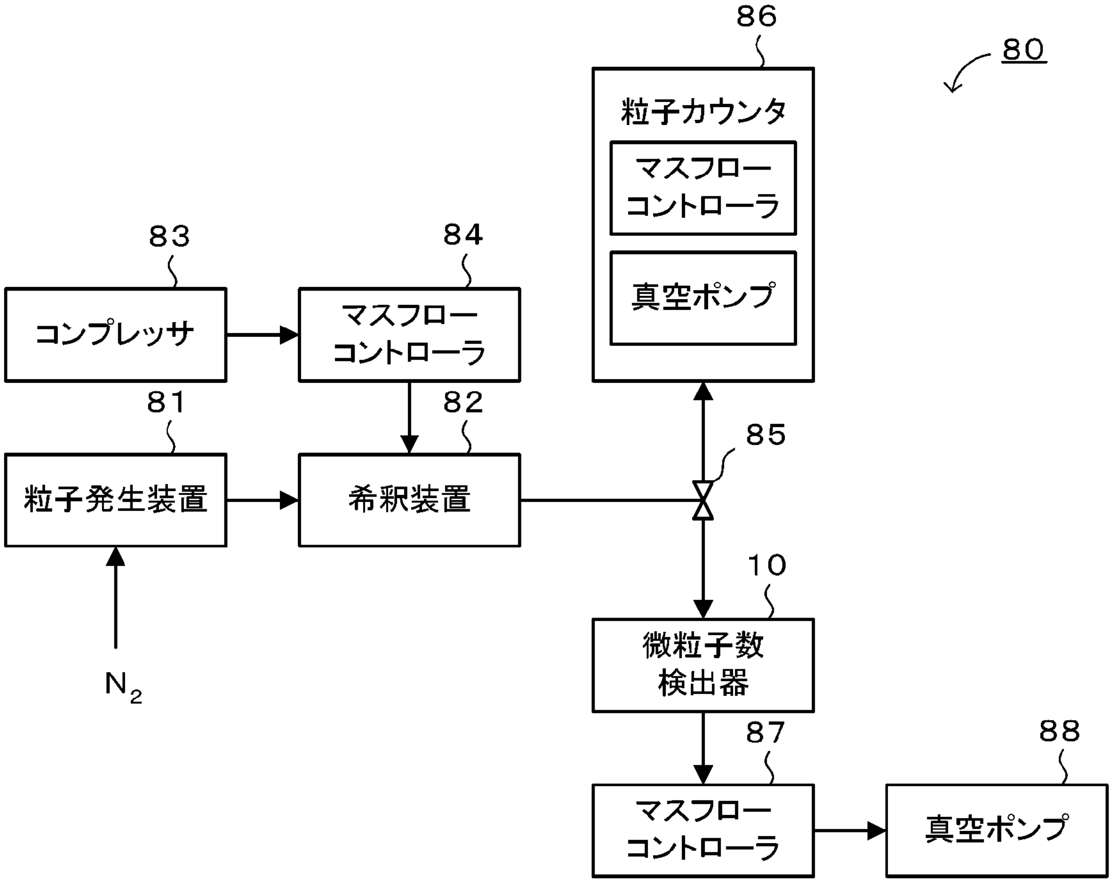
[図6]


電圧
0[V]
時間

[図7]


40
35
30
25
20
15
10
5
0
電流（pA）
0.E+00
1.E+05
2.E+05
3.E+05
粒子数濃度（個/cc）

[図8]


80
86
粒子カウンタ
マスフローコントローラ
真空ポンプ
83
コンプレッサ
84
マスフローコントローラ
81
粒子発生装置
82
希釈装置
85
N_2
10
微粒子数検出器
87
マスフローコントローラ
88
真空ポンプ

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/022967

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. G01N15/06(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. G01N15/06

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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	JP 2016-114367 A (HINO MOTORS, LTD.) 23 June 2016, paragraphs [0022]-[0034], fig. 1, 2 (Family: none)	1-5
Y	WO 2015/146456 A1 (NGK INSULATORS, LTD.) 01 October 2015, paragraph [0029], fig. 1 & US 2017/0010202 A1, paragraph [0015], fig. 1 & EP 3124951 A1 & CN 106133501 A	1-5
Y	JP 52-115261 A (HITACHI, LTD.) 27 September 1977, page 1, lower right column, line 7 to page 2, upper right column, line 18, fig. 2 (Family: none)	2

☐ 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
17.08.2018	28.08.2018

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

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０２２９６７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01N15/06(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.　G01N15/06

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	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８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	JP 2016-114367 A（日野自動車株式会社）2016.06.23, [0022]-[0034],［図1],［図2]（ファミリーなし）	1-5
Y	WO 2015/146456 A1（日本碍子株式会社）2015.10.01, [0029],［図1] & US 2017/0010202 A1 [0015], FIG.1 & EP 3124951 A1 & CN 106133501 A	1-5
Y	JP 52-115261 A（株式会社日立製作所）1977.09.27, 1頁右下欄7行－第2頁右上欄18行、第2図（ファミリーなし）	2

□　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　１７．０８．２０１８

国際調査報告の発送日　２８．０８．２０１８

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）　２Ｊ　４４０７
西岡　貴央
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５２