

(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2月28日(28.02.2019)



(10) 国際公開番号

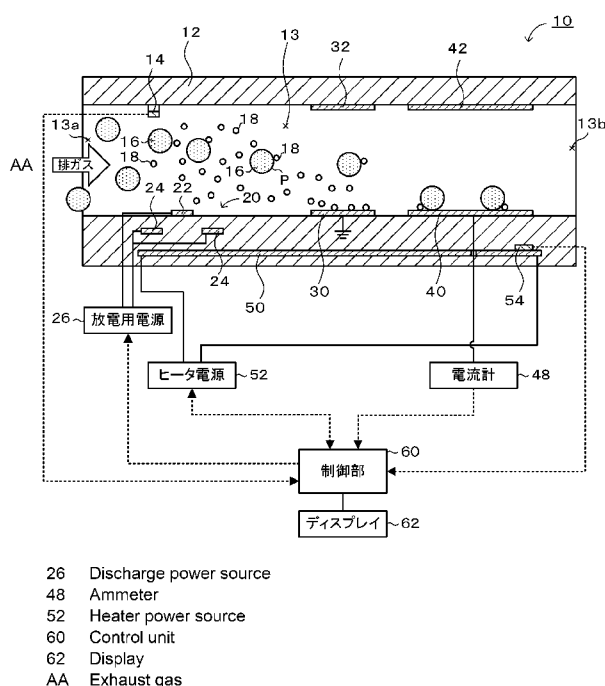
WO 2019/039072 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 15/06 (2006.01) *G01N 27/60* (2006.01)
G01F 1/68 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/024167
- (22) 国際出願日: 2018年6月26日(26.06.2018)
- (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 2017-159492 2017年8月22日(22.08.2017) JP
- (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). 菅野 京一(KANNO, Keiichi); 〒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,

(54) Title: MICROPARTICLE COUNT DETECTOR

(54) 発明の名称: 微粒子数検出器

[図1]



(57) Abstract: This microparticle count detector is provided with a control unit that executes microparticle count detection processing for determining the number of microparticles in a gas. When executing the microparticle count detection processing, the control unit determines the flow rate of the gas on the basis of the difference between the temperature of the gas and the temperature of the surface of a heater, and the amount of heat supplied to the heater, in a state where a ventilation passage is heated by the heater. On the basis of the gas flow rate and a physical quantity that changes according

[続葉有]

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, 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))

to the charge amount of charged microparticles captured by a charged microparticle capturing electrode, the control unit determines the number of microparticles in the gas per unit volume.

(57) 要約: 微粒子数検出器は、ガス中の微粒子の数を求める微粒子数検出処理を実行する制御部を備える。制御部は、微粒子数検出処理を実行する際には、ヒータによって通気路を加熱した状態で、ガスの温度とヒータの表面温度との差とヒータに供給される熱量とに基づいてガスの流量を求め、帯電微粒子捕集電極に捕集された帯電微粒子の電荷量に応じて変化する物理量とガスの流量とに基づいてガス中の単位体積当たりの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、そのイオンにより被測定ガス中の微粒子を帯電し、帯電した微粒子を捕集し、捕集された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。また、こうした微粒子数検出器において、捕集された微粒子をヒータで加熱して焼却したり、ガスの流入孔や排出孔に溜まった微粒子をヒータで加熱して焼却したりすることが提案されている（例えば特許文献1参照）。

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] ところで、被測定ガス中の単位体積当たりの微粒子の数を求めるには、被測定ガスの流量を用いる必要がある。しかしながら、特許文献1の微粒子数検出器は、被測定ガスの流量を測定する機能を備えていないため、被測定ガス中の単位体積当たりの微粒子の数を求めることができなかった。

[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、ガス中の単位体積当たりの微粒子の数を求めることを主目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の第1の微粒子数検出器は、
通気路を有する筐体と、
前記通気路内を通過するガスの温度を測定するガス測温部と、

前記通気路内で気中放電により電荷を発生し、前記通気路内を通過するガス中の微粒子に前記電荷を付加して帯電微粒子にする電荷発生部と、
前記帯電微粒子を捕集する帯電微粒子捕集電極と、
前記通気路を加熱可能なヒータと、
前記ヒータの表面温度を測定するヒータ測温部と、
前記ガス中の前記微粒子の数を求める微粒子数検出処理を実行する制御部と、
を備え、
前記制御部は、前記微粒子数検出処理を実行する際には、前記ヒータによって前記通気路を加熱した状態で、前記ガスの温度と前記ヒータの表面温度との差と前記ヒータに供給される熱量とに基づいて前記ガスの流量を求め、前記帯電微粒子捕集電極に捕集された前記帯電微粒子の電荷量に応じて変化する物理量と前記ガスの流量とに基づいて前記ガス中の単位体積当たりの前記微粒子の数を求める、
ものである。

[0007] この微粒子数検出器は、微粒子数検出処理を実行する際には、ヒータによって通気路を加熱した状態にする。その状態で、ガスの温度とヒータの表面温度との差とヒータに供給される熱量とに基づいてガスの流量を求める。また、帯電微粒子捕集電極に捕集された帯電微粒子の電荷量に応じて変化する物理量とガスの流量とに基づいてガス中の単位体積当たりの微粒子の数を求める。本発明の第1の微粒子数検出器は、ガスの流量を測定する機能を備えているため、別途流量計を用意しなくても、ガス中の単位体積当たりの微粒子の数を求めることができる。

[0008] 本発明の第1の微粒子数検出器において、前記制御部は、前記微粒子数検出処理を実行していないときに、前記ヒータによって前記帯電微粒子捕集電極を所定の微粒子焼却温度に昇温することにより、前記帯電微粒子捕集電極に堆積した前記微粒子を焼却するリフレッシュ処理を実行してもよい。こうすれば、ヒータを、ガスの流量の検出と帯電微粒子捕集電極のリフレッシュ

の両方に利用することができる。

- [0009] 本発明の第2の微粒子数検出器は、
通気路を有する筐体と、
前記通気路内を通過するガスの温度を測定するガス測温部と、
前記通気路内で気中放電により電荷を発生し、前記通気路内を通過するガス中の微粒子に前記電荷を付加して帯電微粒子にする電荷発生部と、
前記微粒子に帯電しなかった余剰電荷を捕集する余剰電荷捕集電極と、
前記通気路を加熱可能なヒータと、
前記ヒータの表面温度を測定するヒータ測温部と、
前記ガス中の前記微粒子の数を求める微粒子数検出処理を実行する制御部と、
を備え、
前記制御部は、前記微粒子数検出処理を実行する際には、前記ヒータによって前記通気路を加熱した状態で、前記ガスの温度と前記ヒータの表面温度との差と前記ヒータに供給される熱量とに基づいて前記ガスの流量を求め、前記余剰電荷捕集電極に捕集された前記余剰電荷の電荷量に応じて変化する物理量と前記ガスの流量とに基づいて前記ガス中の単位体積当たりの前記微粒子の数を求める、
ものである。

- [0010] この微粒子数検出器は、微粒子数検出処理を実行する際には、ヒータによって通気路を加熱した状態にする。その状態で、ガスの温度とヒータの表面温度との差とヒータに供給される熱量とに基づいてガスの流量を求める。また、余剰電荷捕集電極に捕集された余剰電荷の電荷量に応じて変化する物理量とガスの流量とに基づいてガス中の単位体積当たりの微粒子の数を求める。本発明の第2の微粒子数検出器は、ガスの流量を測定する機能を備えているため、別途流量計を用意しなくても、ガス中の単位体積当たりの微粒子の数を求めることができる。

- [0011] 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。「物理量」とは、電荷量に応じて変化するパラメータであればよく、例えば電流などが挙げられる。「ヒータに供給される熱量」は、ヒータに流れる電流、ヒータの両端に印加する電圧及びヒータの抵抗のうちのいずれか2つの物理量によって表すことができる。そのため、「ヒータに供給される熱量」は、熱量そのものであってもよいし、ヒータに流れる電流、ヒータの両端に印加する電圧及びヒータの抵抗のうちのいずれか2つの物理量であってもよい。

[0012] 本発明の第1又は第2の微粒子数検出器において、前記制御部は、前記微粒子数検出処理を実行する際には、前記ヒータの表面温度を前記ガスの温度よりも高く前記微粒子の焼却温度よりも低い温度に設定してもよい。ヒータの表面温度をガスの温度よりも高くするのは、通気路を通過するガスがヒータによって供給された熱を奪うからである。ヒータの表面温度を微粒子の焼却温度よりも低くするのは、微粒子が焼却されてしまうのを防止するためである。このようにすれば、微粒子の数をより正確に求めることができる。

[0013] 本発明の第1又は第2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を含み、前記放電電極は、前記通気路の内面に沿って設けられ、前記誘導電極は、前記筐体に埋設されているか前記通気路の内面に沿って設けられていてもよい。こうすれば、通気路を通過するガスの流れが電荷発生部によって妨げられにくいため、ガスの流量をより正確に求めることができる。なお、放電電極や誘導電極は、通気路の内面に無機材料で接合されていてもよいし、通気路の内面に焼結により接合されていてもよい。

[0014] 本発明の第1又は第2の微粒子数検出器において、前記筐体は、20℃における熱伝導率 $[W/m \cdot K]$ が3以上200以下であってもよい。こうすれば、ヒータの熱が比較的速やかに通気路に伝導されるため、ヒータによる通気路の温度調整の応答性が良好になる。

[0015] 本発明の第1又は第2の微粒子数検出器において、前記筐体は、セラミック製であってもよい。こうすれば、セラミックは耐熱性に優れるため、微粒子数検出器の耐熱性が向上する。セラミックとしては、例えばアルミナや窒

化アルミニウムなどが挙げられる。なお、 20°C における熱伝導率は、アルミナが $30\text{ [W/m}\cdot\text{K]}$ 、窒化アルミニウムが $150\text{ [W/m}\cdot\text{K]}$ である。

[0016] 本発明の第1又は第2の微粒子数検出器において、前記ヒータは、前記筐体に埋設されていてもよい。こうすれば、ヒータが筐体の外側に配置されている場合に比べて、ヒータの熱が速やかに通気路に伝導されるため、ヒータによる通気路の温度調整の応答性が良好になる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]微粒子数検出器10の概略構成を表す断面図。

[図2]電荷発生部20の斜視図。

[図3]各捕集電極30、40上に電界を発生させる別の構成を示す部分断面図。

[図4]微粒子数検出器110の概略構成を表す断面図。

発明を実施するための形態

[0018] 本発明の好適な実施形態を図面を参照しながら以下に説明する。図1は微粒子数検出器10の概略構成を表す断面図、図2は電荷発生部20の斜視図である。

[0019] 微粒子数検出器10は、ガス（例えば自動車の排ガス）に含まれる微粒子の数を計測するものである。この微粒子数検出器10は、筐体12と、ガス測温部14と、電荷発生部20と、余剰電荷捕集電極30と、帯電微粒子捕集電極40と、ヒータ50と、ヒータ測温部54と、制御部60とを備えている。

[0020] 筐体12は、絶縁材料からなり、通気路13を有している。通気路13は、一方の開口13aから他方の開口13bまで筐体12を貫通している。絶縁材料としては、例えばセラミック材料が挙げられる。セラミック材料の種類は、特に限定するものではないが、例えばアルミナや窒化アルミニウム、炭化珪素、ムライト、ジルコニア、チタニア、窒化珪素、マグネシア、ガラス、またはこれらの混合物などが挙げられる。筐体12は、 20°C における

熱伝導率 $[W/m \cdot K]$ が3以上200以下であることが好ましい。通気路13内には、ガスの流れの上流側から下流側に向かって（ここでは開口13aから開口13bに向かって）、電荷発生部20、余剰電荷捕集電極30及び帯電微粒子捕集電極40がこの順に並ぶように設けられている。

[0021] ガス測温部14は、通気路13内を通過するガスの温度 T_a を測定する素子である。ガス測温部14は、通気路13の内面に断熱部材を介して設置されている。

[0022] 電荷発生部20は、通気路13内に電荷を発生するように設けられている。電荷発生部20は、放電電極22と2つの誘導電極24, 24とを有している。放電電極22は、通気路13の内面に沿って設けられ、図2に示すように、矩形の周囲に複数の微細突起22aを有している。2つの誘導電極24, 24は、矩形電極であり、通気路13の壁（筐体12）に間隔をあけて放電電極22と平行となるように埋設されている。電荷発生部20では、放電電極22と2つの誘導電極24, 24との間に放電用電源26の高周波高電圧（例えばパルス電圧等）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12のうち放電電極22と誘導電極24, 24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22の周囲に存在するガスがイオン化されて正又は負の電荷18が発生する。放電電極22に用いられる材料としては、放電時の耐熱性の点から融点が1500℃以上の金属が好ましい。こうした金属としては、チタン、クロム、鉄、コバルト、ニッケル、ニオブ、モリブデン、タンタル、タングステン、イリジウム、パラジウム、白金、金またはそれらの合金を挙げることができる。中でも、耐腐食性の点から、イオン化傾向が小さい白金と金が好ましい。放電電極22は、ガラスペーストを介して通気路13の内面に接合してもよいし、通気路13の内面にスクリーン印刷した金属ペーストを焼成して焼結金属として形成してもよい。誘導電極24, 24も、放電電極22と同様の材料を用いることができる。

[0023] ガスに含まれる微粒子16は、開口13aから通気路13内に入り、電荷

発生部 20 を通過する際に電荷発生部 20 の気中放電によって発生した電荷 18 が付加されて帯電微粒子 P となって下流に移動する。また、発生した電荷 18 のうち微粒子 16 に付加されなかったものは、電荷 18 のまま下流に移動する。

[0024] 余剰電荷捕集電極 30 は、微粒子 16 に付加されなかった電荷 18 を除去する電極であり、通気路 13 の内面に沿って設けられている。通気路 13 のうち、余剰電荷捕集電極 30 と対向する位置には余剰電荷捕集用の電界発生電極 32 が設けられている。この電界発生電極 32 も、通気路 13 の内面に沿って設けられている。電界発生電極 32 と余剰電荷捕集電極 30 との間に図示しない電界発生用電源の電圧が印加されると、電界発生電極 32 と余剰電荷捕集電極 30 との間（余剰電荷捕集電極 30 上）に電界が発生する。電荷発生部 20 の気中放電によって発生した電荷 18 のうち微粒子 16 に付加されなかったものは、この電界によって余剰電荷捕集電極 30 に引き寄せられて捕集され、GND（グラウンド）に捨てられる。

[0025] 帯電微粒子捕集電極 40 は、通気路 13 の内面に沿って設けられている。帯電微粒子捕集電極 40 は、帯電微粒子 P を捕集する。通気路 13 のうち帯電微粒子捕集電極 40 と対向する位置には、帯電微粒子捕集用の電界発生電極 42 が設けられている。この電界発生電極 42 も、通気路 13 の内面に沿って設けられている。電界発生電極 42 と帯電微粒子捕集電極 40 との間に図示しない電界発生用電源の電圧が印加されると、電界発生電極 42 と帯電微粒子捕集電極 40 との間（帯電微粒子捕集電極 40 上）に電界が発生する。帯電微粒子 P は、この電界によって帯電微粒子捕集電極 40 に引き寄せられて捕集される。帯電微粒子捕集電極 40 には、電流計 48 が接続されている。この電流計 48 は、帯電微粒子捕集電極 40 を流れる電流を検出して制御部 60 に出力する。

[0026] 各捕集電極 30、40 のサイズや各捕集電極 30、40 上の電界の強さは、帯電微粒子 P が余剰電荷捕集電極 30 に捕集されることなく帯電微粒子捕集電極 40 に捕集されるように、また、微粒子 16 に付着しなかった電荷 1

8が余剰電荷捕集電極30に捕集されるように、設定されている。

[0027] ヒータ50は、通気路13の壁（筐体12）に埋設されている。ヒータ50は、ヒータ電源52に接続されている。ヒータ電源52は、ヒータ50の両端に設けられた端子同士の間で電圧を印加してヒータ50に電流を流すことにより、ヒータ50を発熱させる。ヒータ50の材料は、抵抗温度係数の比較的大きな材料が好ましく、例えば白金、金、銀、銅、鉄、ニッケル、モリブデン、タングステンなどが挙げられるが、筐体12の材料と熱膨張係数の近いものを選ぶのが好ましい。また、ヒータ50と筐体12との熱膨張係数の差を低減させるために、ヒータ50に筐体12の材料粉末（例えばアルミナやジルコニア等のセラミックの粉末）を添加してもよい。

[0028] ヒータ測温部54は、ヒータ50の表面温度Tを測定する素子である。ヒータ測温部54は、ヒータ50の表面に設けられている。

[0029] 制御部60は、CPU、ROM、RAMなどからなる周知のマイクロコンピュータによって構成されている。制御部60は、放電用電源26の電圧やヒータ電源52の電圧を調整すると共に、ガス測温部14やヒータ測温部54から温度を入力したり、電流計48から帯電微粒子捕集電極40を流れる電流を入力したりする。制御部60は、通気路13を通過するガス中の単位体積当たりの微粒子数を求め、ディスプレイ62に表示する。

[0030] 次に、微粒子数検出器10の製造例について説明する。微粒子数検出器10のうち、各種電極22、24、30、32、40、42、ガス測温部14、ヒータ50及びヒータ測温部54を備えた筐体12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測温素子を配置したりした後、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、各種電極22、24、30、32、40、42、ガス測温部14、ヒータ50及びヒータ測温部54を備えた筐体12を得る。続いて、放電

用電源 26 を放電電極 22 と誘導電極 24, 24 に接続し、電流計 48 を帯電微粒子捕集電極 40 に接続し、ヒータ電源 52 をヒータ 50 に接続する。また、制御部 40 を放電用電源 26、電流計 48、ヒータ電源 52 及びディスプレイ 42 に接続する。こうすることにより、微粒子数検出器 10 を作製することができる。

[0031] 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 16 の数を検出する場合、エンジンの排気管内に微粒子数検出器 10 を取り付け。このとき、排ガスが微粒子数検出器 10 の開口 13a から通気路 13 に流入し、開口 13b から流出するように微粒子数検出器 10 を取り付け。

[0032] 制御部 60 は、ガス中の微粒子 16 の数を求める微粒子数検出処理を実行する。その際、制御部 60 は、ヒータ 50 によって通気路 13 を加熱する。具体的には、制御部 60 は、ガス測温部 14 からガスの温度 T_a を入力すると共にヒータ測温部 54 からヒータ 50 の表面温度 T を入力し、ガスの温度 T_a が予め定められた設定温度になるように、ヒータ 50 に印加されるヒータ電源 52 の電圧 V_H を制御する。制御部 60 は、ガスの温度 T_a が設定温度に達するまで、ヒータ 50 の両端の電圧 V_H を徐々に高くしてヒータ 50 の表面温度 T を上昇させる。ガスの流速が速い場合、ガスが筐体 12 から奪う熱が多くなり、ガスの流速が遅い場合には、ガスが筐体 12 から奪う熱が少なくなる。そのため、ガスの流速が速いほどヒータ 50 の表面温度 T は高くなる。また、制御部 60 は、ヒータ 50 の温度 T を、ガスの温度 T_a よりも高く、微粒子 16 の焼却温度（例えば 600°C ）よりも低い温度になるようにする。

[0033] 筐体 12 からガスに移動する熱量（放散熱量） Q_H は下記式（1）で表される。ヒータ 50 に供給される熱量（供給熱量） Q は下記式（2）で表される。式（1）は King の式と呼ばれる。供給熱量 Q は、ガスの冷却作用による放散熱量 Q_H と同じになる。そのため、式（1）の右辺と式（2）の右辺は等しい。ここで、 a , b は定数であり、 T , T_a は測定値であり、 V_H は制御

部 6 0 によって調整される値である。ヒータ 5 0 の抵抗 R_H は、温度の関数であるため、ヒータ 5 0 の表面温度 T から算出することができる。したがって、制御部 6 0 は、これらの式からガスの流速 U を求めることができる。ガスの流量 q （体積流量）は、流速 U に通気路 1 3 の断面積 S を乗じた値であるため、制御部 6 0 は、これらの式からガスの流量 q も求めることができる。

$$[0034] \quad Q_H = (a + b \times U^{1/2}) \times (T - T_a) \quad \cdots (1)$$

a, b : ガス及びヒータ 5 0 の形状により決まる定数

U : ガスの流速

T_a : ガスの温度

T : ヒータ 5 0 の表面温度

$$Q = V_H^2 / R_H \quad \cdots (2)$$

V_H : ヒータ 5 0 の両端の電圧

R_H : ヒータ 5 0 の抵抗

[0035] 制御部 6 0 は、電荷発生部 2 0 の気中放電によって発生される電荷 1 8 の数がガス中に含まれると予想される微粒子 1 6 の数を上回るように、放電電極 2 2 と誘導電極 2 4 との間に印加される放電用電源 2 6 の電圧を調整する。通気路 1 3 内に流入したガス中の微粒子 1 6 は、電荷発生部 2 0 を通過する際に電荷 1 8 を帯びて帯電微粒子 P になる。帯電微粒子 P は、余剰電荷捕集電極 3 0 に捕集されることなくガスの流れに沿って移動し、その後、帯電微粒子捕集電極 4 0 に捕集される。一方、電荷発生部 2 0 で発生した電荷 1 8 のうち微粒子 1 6 に付加しなかったものは、余剰電荷捕集電極 3 0 に捕集されて GND に捨てられる。

[0036] 制御部 6 0 は、帯電微粒子捕集電極 4 0 に接続された電流計 4 8 から入力した検出電流とガスの流量 q とに基づいて単位体積当たりの微粒子数を求め、その数をディスプレイ 6 2 に表示する。ガス中の単位体積当たりの微粒子数（単位：個／cc）は、下記式（3）により算出される。式（3）中、検出電流（単位：A（＝C／s））は、電流計 4 8 から入力した電流である。平均帯電数（単位：個）は、1 つの微粒子 1 6 に付着する電荷 1 8 の平均値

であり、予め微小電流計と粒子数カウンタの測定値から算出可能な値である。素電荷量（単位：C）は、電荷素量とも呼ばれる定数である。流量（単位：cc/s）は、上述したように算出されるガスの流量 q である。

$$\text{微粒子数} = (\text{検出電流}) / \{ (\text{平均帯電数}) \times (\text{素電荷量}) \times (\text{流量}) \} \\ \dots (3)$$

[0037] また、制御部60は、微粒子数検出処理を実行していない期間において、リフレッシュ処理のタイミングになったならば、ヒータ50によって帯電微粒子捕集電極40を所定の微粒子焼却温度（例えば600℃とか700℃）に昇温することにより、帯電微粒子捕集電極40に堆積した微粒子16を焼却するリフレッシュ処理を実行する。リフレッシュ処理のタイミングは、例えば、所定期間が経過するごとに発生するようにしてもよいし、帯電微粒子捕集電極40に堆積した微粒子数が所定数に達するごとに発生するようにしてもよいし、更に通気路13に詰まりが生じてガスの流量がゼロになった状態が所定時間継続したごとに発生するようにしてもよい。制御部60は、リフレッシュ処理の実行中は微粒子数検出処理を実行しない。

[0038] 以上説明した微粒子数検出器10では、微粒子数検出処理を実行する際には、ヒータ50によって通気路13を加熱した状態にする。その状態で、ガスの温度 T_a とヒータ50の表面温度 T との差（ $=T-T_a$ ）とヒータ50に供給される熱量 Q （例えばヒータ50の両端の電圧 V_H とヒータ50の抵抗 R_H ）とに基づいてガスの流量 q を求める。また、帯電微粒子捕集電極40に捕集された帯電微粒子 P の電荷量に応じて変化する物理量（帯電微粒子捕集電極40に流れる電流）とガスの流量 q とに基づいてガス中の単位体積当たりの微粒子の数を求める。このように、微粒子数検出器10は、ガスの流量 q を測定する機能を備えているため、別途流量計を用意しなくても、ガス中の単位体積当たりの微粒子16の数を求めることができる。

[0039] また、制御部60は、微粒子数検出処理を実行する際には、ヒータ50の表面温度 T をガスの温度 T_a よりも高く微粒子16の焼却温度よりも低い温度に設定する。ヒータ50の表面温度 T をガスの温度 T_a よりも高くするの

は、通気路 13 内を通過するガスがヒータ 50 によって筐体 12 に供給された熱を奪うからである。ヒータ 50 の表面温度を微粒子の焼却温度よりも低くするのは、微粒子が焼却されてしまうのを防止するためである。このようにすれば、微粒子 16 の数をより正確に求めることができる。

[0040] 更に、微粒子数検出器 10 では、ガスの流量をいわゆる熱式流量計の原理によって求めるため、ヒータ 50 をガスの流量の検出と帯電微粒子捕集電極 40 のリフレッシュの両方に兼用することができる。

[0041] 更にまた、放電電極 22 は、通気路 13 の内面に沿って設けられ、誘導電極 24 は、通気路 13 の壁（筐体 12）に埋設されている。そのため、通気路 13 を通過するガスの流れが電荷発生部 20 によって妨げられにくい。したがって、ガスの流量をより正確に求めることができる。

[0042] そしてまた、筐体 12 は、 20°C における熱伝導率 $[\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}]$ が 3 以上 200 以下である。そのため、ヒータ 50 の熱が比較的速やかに通気路 13 に伝導され、ヒータ 50 による温度 T_a の調整の応答性が良好になる。また、筐体 12 はセラミック製であるため、微粒子数検出器 10 の耐熱性が向上する。

[0043] そして更に、ヒータ 50 は、通気路 13 の壁（筐体 12）に埋設されている。そのため、ヒータが筐体 12 の外側に配置されている場合等に比べて、ヒータ 50 の熱が速やかに通気路 13 に伝導される。したがって、ヒータ 50 による温度 T_a の調整の応答性が良好になる。

[0044] そして更にまた、帯電微粒子捕集電極 40 は電界を利用して帯電微粒子 P を捕集するため、帯電微粒子捕集電極 40 に帯電微粒子 P を効率よく捕集することができる。

[0045] 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。

[0046] 例えば、上述した実施形態では、電界発生電極 32, 42 を通気路 13 の内面に沿って設けたが、通気路 13 の壁（筐体 12）に埋設してもよい。また、図 3 に示すように、電界発生電極 32 の代わりに、余剰電荷捕集電極 3

0を挟むように一对の電界発生電極34, 36を通路13の壁に埋設し、電界発生電極42の代わりに、帯電微粒子捕集電極40を挟むように一对の電界発生電極44, 46を通路13の壁に埋設してもよい。この場合、一对の電界発生電極34, 36に電圧を印加して余剰電荷捕集電極30上に電界を発生させると、余剰電荷捕集電極30に電荷18が捕集される。また、一对の電界発生電極44, 46に電圧を印加して帯電微粒子捕集電極40上に電界を発生させると、帯電微粒子捕集電極40に帯電微粒子Pが捕集される。

[0047] 上述した実施形態では、電荷発生部20として、通路13の内面に沿って設けられた放電電極22と筐体12に埋設された2つの誘導電極24, 24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、誘導電極24, 24を通路13の壁に埋設する代わりに、通路13の内面に沿って設けてもよい。その場合、誘導電極24は、ガラスペーストを介して通路13の内面に接合してもよいし、通路13の内面にスクリーン印刷した金属ペーストを焼成して焼結金属として形成してもよい。あるいは、国際公開第2015/146456号パンフレット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、ヒータ50を通路13の下側の壁に埋設したが、通路13の上側の壁に埋設してもよいし、通路13の上下両側の壁に埋設してもよいし、管状又は螺旋状のヒータ50を筐体12に埋設してもよい。また、ヒータ50を筐体12に埋設する代わりに筐体12の外面に配置してもよい。

[0049] 上述した実施形態では、ガス測温部14を通路13の内面に近い位置に取り付けたが、ガス測温部14を通路13の中心軸に近い位置に取り付けてもよい。

[0050] 上述した実施形態では、電荷発生部20を通路13の下側に設けたが、通路13の上側に設けてもよいし、通路13の上下両側のそれぞれに設

けてもよい。

[0051] 上述した実施形態では、帯電微粒子捕集電極 40 上に電界を発生させたが、電界を発生させない場合でも、通気路 13 のうち帯電微粒子捕集電極 40 が設けられている部分の間隔（流路厚）を微小な値（例えば 0.01 mm 以上 0.2 mm 未満）に調整すれば、帯電微粒子捕集電極 40 に帯電微粒子 P を捕集することは可能である。すなわち、帯電微粒子 P はブラウン運動が激しいため、流路厚を微小な値にすることで帯電微粒子 P を帯電微粒子捕集電極 40 に衝突させて捕集することができる。この場合、電界発生電極 42 を備えなくてもよい。

[0052] 上述した実施形態では、微粒子数検出器 10 を用いてガス中の単位体積当たりの微粒子数を求めたが、図 4 に示す微粒子数検出器 110 を用いてガス中の単位体積当たりの微粒子数を求めてもよい。微粒子数検出器 110 は、帯電微粒子捕集電極 40 及び電荷発生電極 42 を省略し電流計 48 を余剰電荷捕集電極 30 及び制御部 60 に接続した以外は微粒子数検出器 10 と同様の構成であるため、微粒子数検出器 10 と同じ構成要素については同じ符号を付した。電流計 48 は、余剰電荷捕集電極 30 を流れる電流を検出して制御部 60 に出力する。放電電極 22 と誘導電極 24 との間に印加される電圧は、単位時間当たりに所定量の電荷 18 が発生するように調整される。余剰電荷捕集電極 30 のサイズや余剰電荷捕集電極 30 上の電界の強さは、余剰電荷捕集電極 30 に余剰電荷は捕集されるが帯電微粒子 P は捕集されないように、設定される。そのため、帯電微粒子 P は余剰電荷捕集電極 30 に捕集されることなく通気路 13 の開口 13b から外へ出ていく。微粒子数検出器 10 の制御部 60 は、微粒子数検出処理を実行する際には、上述した実施形態と同様、ヒータ 50 によって通気路 13 を加熱した状態で、ガスの温度 T_a とヒータ 50 の表面温度 T との差（ $=T-T_a$ ）とヒータ 50 に供給される熱量 Q とに基づいてガスの流量 q を求める。また、余剰電荷捕集電極 30 に捕集された余剰電荷の電荷量に応じて変化する物理量（電流）とガスの流量 q とに基づいてガス中の単位体積当たりの微粒子の数（単位：個

／cc)を求める。ガス中の単位体積当たりの微粒子数は、余剰電荷捕集電極30に流れる電流に基づいて単位時間当たりの余剰電荷の数(＝電流／素電荷量)を求め、単位時間当たりに電荷発生部20で発生した電荷18の総数からその余剰電荷の数を引いた差を帯電微粒子Pの平均帯電数で除して帯電微粒子数とし、それを流量qで除すことにより、得られる。この微粒子数検出器110も、ガスの流量を測定する機能を備えているため、別途流量計を用意しなくても、ガス中の単位体積当たりの微粒子の数を求めることができる。

[0053] 本出願は、2017年8月22日に出願された日本国特許出願第2017-159492号を優先権主張の基礎としており、引用によりその内容の全てが本明細書に含まれる。

産業上の利用可能性

[0054] 本発明は、例えばガス中の微粒子の数を求める微粒子数検出器に利用可能である。

符号の説明

[0055] 10, 110 微粒子数検出器、12 筐体、13 通気路、13a 一方の開口、13b 他方の開口、14 ガス測温部、16 微粒子、18 電荷、20 電荷発生部、22 放電電極、22a 微細突起、24 誘導電極、26 放電用電源、30 余剰電荷捕集電極、32, 34, 36 電界発生電極、40 帯電微粒子捕集電極、42, 44, 46 電界発生電極、48 電流計、50 ヒータ、52 ヒータ電源、54 ヒータ測温部、60 制御部、62 ディスプレイ、P 帯電微粒子。

請求の範囲

[請求項1]

通気路を有する筐体と、
前記通気路内を通過するガスの温度を測定するガス測温部と、
前記通気路内で気中放電により電荷を発生し、前記通気路内を通過するガス中の微粒子に前記電荷を付加して帯電微粒子にする電荷発生部と、
前記帯電微粒子を捕集する帯電微粒子捕集電極と、
前記通気路を加熱可能なヒータと、
前記ヒータの表面温度を測定するヒータ測温部と、
前記ガス中の前記微粒子の数を求める微粒子数検出処理を実行する制御部と、
を備え、
前記制御部は、前記微粒子数検出処理を実行する際には、前記ヒータによって前記通気路を加熱した状態で、前記ガスの温度と前記ヒータの表面温度との差と前記ヒータに供給される熱量とに基づいて前記ガスの流量を求め、前記帯電微粒子捕集電極に捕集された前記帯電微粒子の電荷量に応じて変化する物理量と前記ガスの流量とに基づいて前記ガス中の単位体積当たりの前記微粒子の数を求める、
微粒子数検出器。

[請求項2]

通気路を有する筐体と、
前記通気路内を通過するガスの温度を測定するガス測温部と、
前記通気路内で気中放電により電荷を発生し、前記通気路内を通過するガス中の微粒子に前記電荷を付加して帯電微粒子にする電荷発生部と、
前記微粒子に帯電しなかった余剰電荷を捕集する余剰電荷捕集電極と、
前記通気路を加熱可能なヒータと、
前記ヒータの表面温度を測定するヒータ測温部と、

前記ガス中の前記微粒子の数を求める微粒子数検出処理を実行する制御部と、

を備え、

前記制御部は、前記微粒子数検出処理を実行する際には、前記ヒータによって前記通気路を加熱した状態で、前記ガスの温度と前記ヒータの表面温度との差と前記ヒータに供給される熱量とに基づいて前記ガスの流量を求め、前記余剰電荷捕集電極に捕集された前記余剰電荷の電荷量に応じて変化する物理量と前記ガスの流量とに基づいて前記ガス中の単位体積当たりの前記微粒子の数を求める、

微粒子数検出器。

[請求項3] 前記制御部は、前記微粒子数検出処理を実行していないときに、前記ヒータによって前記帯電微粒子捕集電極を所定の微粒子焼却温度に昇温することにより、前記帯電微粒子捕集電極に堆積した前記微粒子を焼却するリフレッシュ処理を実行する、

請求項1に記載の微粒子数検出器。

[請求項4] 前記制御部は、前記微粒子数検出処理を実行する際には、前記ヒータの表面温度を前記ガスの温度よりも高く前記微粒子の焼却温度よりも低い温度に設定する、

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] 前記電荷発生部は、放電電極と誘導電極とを含み、
前記放電電極は、前記通気路の内面に沿って設けられ、
前記誘導電極は、前記筐体に埋設されているか前記通気路の内面に沿って設けられている、

請求項1～4のいずれか1項に記載の微粒子数検出器。

[請求項6] 前記筐体は、 20°C における熱伝導率 $[\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}]$ が3以上200以下である、

請求項1～5のいずれか1項に記載の微粒子数検出器。

[請求項7] 前記筐体は、セラミック製である、

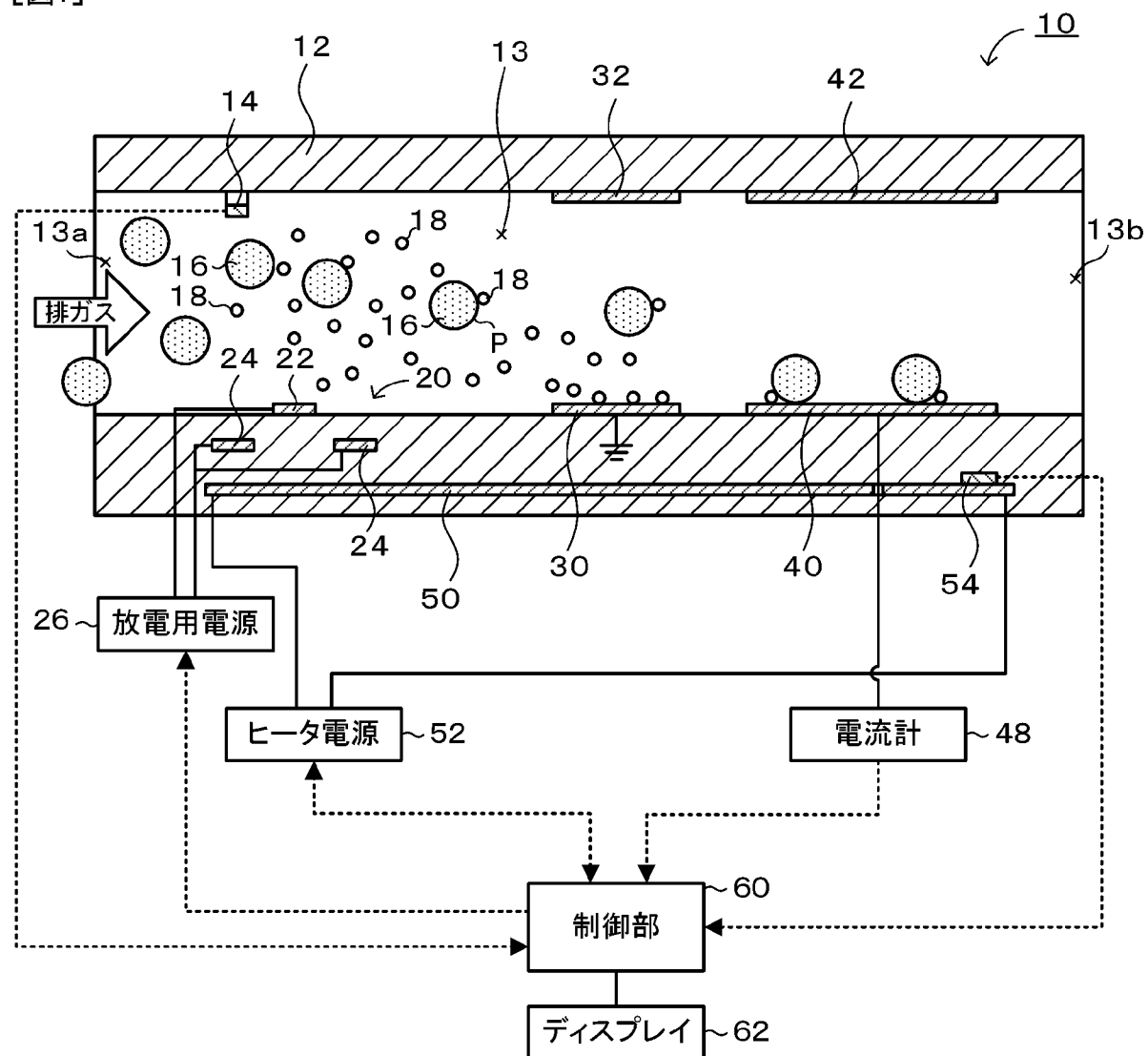
請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の微粒子数検出器。

[請求項8]

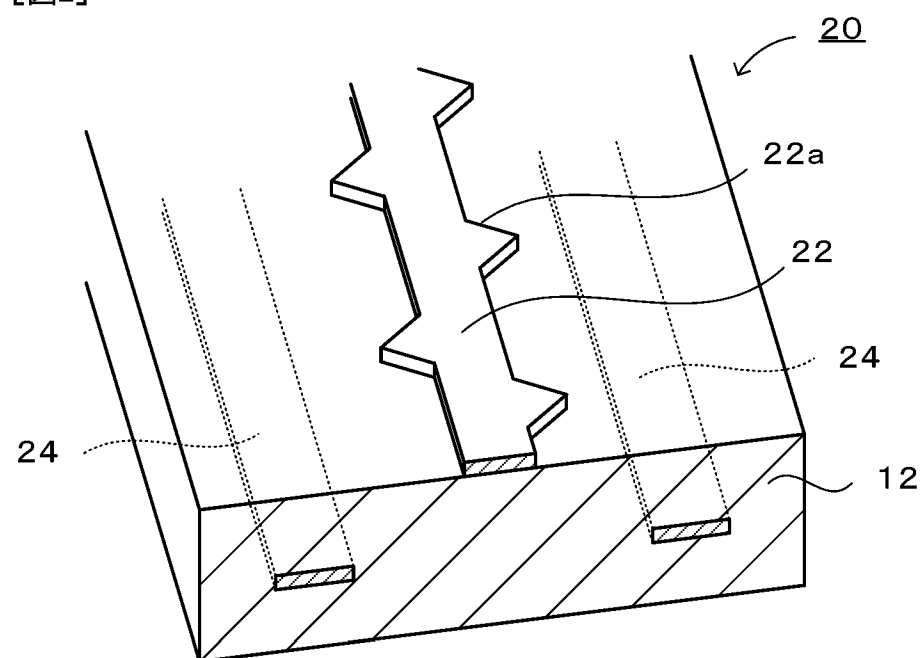
前記ヒータは、前記筐体に埋設されている、

請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の微粒子数検出器。

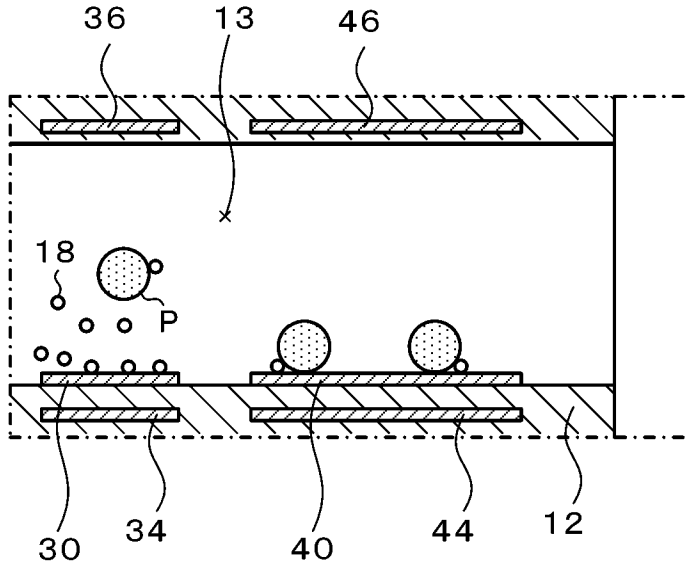
[図1]



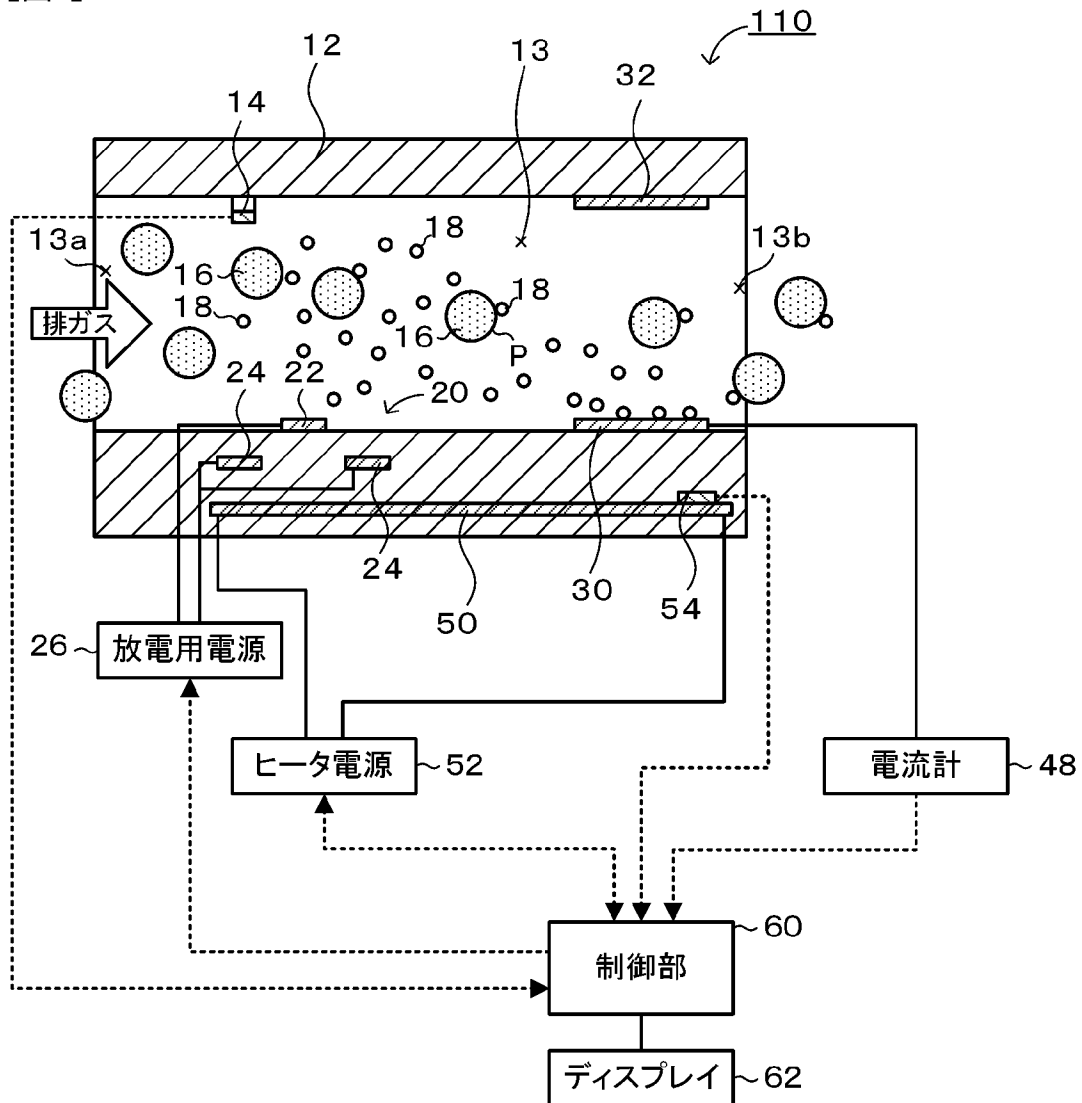
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/024167

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01N15/06 (2006.01)i, G01F1/68 (2006.01)i, G01N27/60 (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, G01F1/68, G01N27/60

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.
A	JP 2008-102037 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS, LTD.) 01 May 2008, paragraphs [0022]-[0064], fig. 1 (Family: none)	1-8
A	JP 2006-226808 A (BOSCH CORPORATION) 31 August 2006, paragraphs [0049]-[0059] (Family: none)	1-8
A	WO 2015/146456 A1 (NGK INSULATORS, LTD.) 01 October 2015, paragraphs [0028]-[0061], fig. 1, 2 & US 2017/0010202 A1, paragraphs [0014]-[0048], fig. 1-2 & EP 3124951 A1 & CN 106133501 A	1-8
A	WO 2008/111677 A1 (NGK INSULATORS, LTD.) 18 September 2008, paragraphs [0029]-[0078], fig. 1 & US 2010/0000404 A1, paragraphs [0046]-[0108], fig. 1 & EP 2120044 A1 & KR 10-2009-0125114 A	1-8
A	JP 2016-114367 A (HINO MOTORS, LTD.) 23 June 2016, paragraphs [0022]-[0034], fig. 1, 2 (Family: none)	1-8
A	JP 2002-350205 A (YAZAKI CORPORATION) 04 December 2002, paragraphs [0028]-[0073] (Family: none)	1-8

☐ 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

"I" 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
12 September 2018 (12.09.2018)

Date of mailing of the international search report
25 September 2018 (25.09.2018)

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

Authorized officer

Telephone No.

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, G01F1/68(2006.01)i, G01N27/60(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, G01F1/68, G01N27/60

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
A	JP 2008-102037 A（松下電工株式会社）2008.05.01, [0022]-[0064], [図1]（ファミリーなし）	1-8
A	JP 2006-226808 A（ボッシュ株式会社）2006.08.31, [0049]-[0059]（ファミリーなし）	1-8
A	W0 2015/146456 A1（日本碍子株式会社）2015.10.01, [0028]-[0061], [図1], [図2] & US 2017/0010202 A1 [0014]-[0048], FIG.1-2 & EP 3124951 A1 & CN 106133501 A	1-8

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

12.09.2018

国際調査報告の発送日

25.09.2018

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）

西岡 貴央

電話番号 03-3581-1101 内線 3252

2 J

4407

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	WO 2008/111677 A1 (日本碍子株式会社) 2008. 09. 18, [0029]-[0078], [図 1] & US 2010/0000404 A1 [0046]-[0108], FIG. 1 & EP 2120044 A1 & KR 10-2009-0125114 A	1-8
A	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)	1-8
A	JP 2002-350205 A (矢崎総業株式会社) 2002. 12. 04, [0028]-[0073] (ファミリーなし)	1-8