

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2008年5月29日 (29.05.2008)

PCT

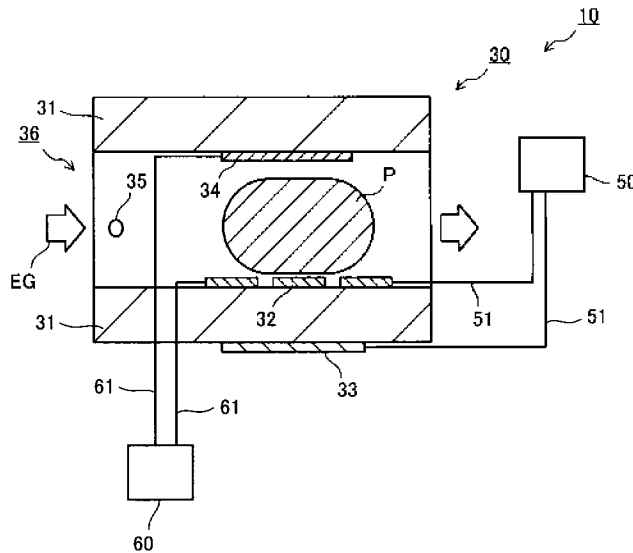
(10) 国際公開番号
WO 2008/062554 A1

- | | | |
|--|--|---|
| (51) 国際特許分類:
F01N 3/02 (2006.01)
B01D 53/94 (2006.01)
B03C 3/02 (2006.01)
B03C 3/08 (2006.01)
B03C 3/38 (2006.01) | B03C 3/40 (2006.01)
B03C 3/41 (2006.01)
F01N 3/08 (2006.01)
F01N 3/24 (2006.01) | (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP). |
| (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/001252 | | (72) 発明者; および |
| (22) 国際出願日: 2007年11月19日 (19.11.2007) | | (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 田中元史 (TANAKA, Motofumi) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 安井祐之 (YASUI, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). |
| (25) 国際出願の言語: 日本語 | | (74) 代理人: 須山佐一 (SUYAMA, Saichi); 〒1010046 東京都千代田区神田多町2丁目1番地 神田東山ビル Tokyo (JP). |
| (26) 国際公開の言語: 日本語 | | (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, |
| (30) 優先権データ:
特願 2006-313483
2006年11月20日 (20.11.2006) JP
特願 2006-313484
2006年11月20日 (20.11.2006) JP | | |

[続葉有]

(54) Title: GAS PURIFYING DEVICE, GAS PURIFYING SYSTEM AND GAS PURIFYING METHOD

(54) 発明の名称: ガス浄化装置、ガス浄化システムおよびガス浄化方法



(57) Abstract: A gas purifying device (10) comprises a first electric field forming means that forms discharging electric field in a gas flow path (36) where gas to be purified EG flows to generate discharge plasma P, and charges and burns PMs contained in the gas to be purified EG by the action of the discharge plasma P, a second electric field forming means that forms a precipitating electric field for capturing the charged PMs by an electric precipitating function and pulling out the discharge plasma P to the gas flow path side, and a charging electrode (35) that charges the flowing gas to be purified EG on the upstream side of the positions where the first electric field forming means and the second electric field forming means are respectively installed.

(57) 要約: ガス浄化装置10は、浄化対象ガスEGが流動するガス流路36に放電用の電界を形成して放電プラズマPを生成し、浄化対象ガスEGに含まれるPMを放電プラズマPの作用により荷電するとともに燃焼処理する第1の電界形成手段と、荷電され

[続葉有]



WO 2008/062554 A1



GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (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, LS, MW, MZ, NA, SD, 添付公開書類:
— 国際調査報告書

たPMを電氣的集塵機能により捕捉するとともに放電プラズマPをガス流路側に引出すための集塵用の電界を形成する第2の電界形成手段と、第1の電界形成手段および第2の電界形成手段が設置された位置よりも上流側に、流動する浄化対象ガスEGを荷電する荷電用電極35とを備える。

明 細 書

ガス浄化装置、ガス浄化システムおよびガス浄化方法

技術分野

[0001] 本発明は、粒子状物質等の有害物質を含む浄化対象ガスから有害物質を除去して浄化するガス浄化装置、ガス浄化システムおよびガス浄化方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、エンジン等の排ガス発生源から排出された排ガスから粒子状物質（PM；Particulate Matter）等の有害物質を浄化するためのガス浄化装置として、PMを含む排ガスのガス流路にPMフィルタを設け、このPMフィルタによりPMを捕捉する装置がある。例えば、特開平11-062558号公報に記載には、PMフィルタに捕捉したPMに含まれる炭素等の物質を加熱ヒータで燃焼して除去し、PMフィルタの機能を再生するガス浄化装置が開示されている。

[0003] このガス浄化装置においては、PMの捕捉に機械的集塵を用いているために排ガスの圧力損失が高く、エンジン等の排ガス発生源に対する負荷が高くなるという問題がある。

[0004] また、PMフィルタに捕捉されたPMに含まれる炭素等の物質を酸素との燃焼反応により除去するため、ガスの温度を600℃程度に加熱する必要がある。そのため、外部加熱ヒータや逆洗機構等の追設や、燃焼のための燃料の追加噴射が必要となり、特に排ガス温度が低温（特に200℃以下）である場合にはPMを効率良く除去することが困難である。

[0005] そこで、例えば、特開2005-320895公報には、排ガスの流れ方向に交差してコロナ放電を行い排ガスを浄化するガス浄化装置が開示されている。このガス浄化装置では、コロナ放電により発生した放電プラズマによって荷電されたPMを誘電体や放電電極に捕捉し、加熱せずに除去して、排ガスを浄化することができる。

[0006] しかしながら、従来の浄化装置を用いて、負荷変動の激しい実エンジンからの排ガスを処理する場合、誘電体や放電電極に捕捉されたPMが燃焼しきれずに堆積することがあった。これによって、コロナ放電が不安定となったり、コロナ放電を生じなくなったりすることがあった。さらに、PMが堆積して排ガスが流れる流路断面積が小さくなり、排ガス流路における圧力損失が上昇するなどの問題も生じることがあった。

特許文献1：特開平11-062558号公報

特許文献2：特開2005-320895公報

発明の開示

[0007] そこで、本発明の目的は、捕捉されたPMを加熱することなく効率よく除去して、浄化対象ガスを浄化することができるガス浄化装置、ガス浄化システムおよびガス浄化方法を提供すること目的とする。

[0008] 本発明の一態様によれば、第1の電界形成手段により、浄化対象ガスが流動するガス流路に放電用の電界を形成して放電プラズマを生成し、前記浄化対象ガスに含まれる粒子状物質を前記放電プラズマの作用により荷電するとともに燃焼処理し、第2の電界形成手段により、前記荷電された粒子状物質を電気的集塵機能により捕捉するとともに前記放電プラズマを前記ガス流路側に引出すための集塵用の電界を形成するガス浄化装置であって、前記第1の電界形成手段および前記第2の電界形成手段が設置された位置よりも上流側に、流動する浄化対象ガスを荷電する荷電用電極を具備したことを特徴とするガス浄化装置が提供される。

[0009] また、本発明の一態様によれば、第1の電界形成手段により、浄化対象ガスが流動するガス流路に放電用の電界を形成して放電プラズマを生成し、前記浄化対象ガスに含まれる粒子状物質を前記放電プラズマの作用により荷電するとともに燃焼処理し、第2の電界形成手段により、前記荷電された粒子状物質を電気的集塵機能により捕捉するとともに前記放電プラズマを前記ガス流路側に引出すための集塵用の電界を形成するガス浄化装置であって、前記第1の電界形成手段が設置された側の前記ガス流路の内壁面、前記第2の

電界形成手段が設置された側の前記ガス流路の内壁面、前記第 1 の電界形成手段を構成する放電電極、前記第 2 の電界形成手段を構成する集塵用電極の少なくともいずれかの表面が、凹凸面で形成されていることを特徴とするガス浄化装置が提供される。

[0010] また、本発明の一態様によれば、第 1 の電界形成手段により、浄化対象ガスが流動するガス流路に放電用の電界を形成して放電プラズマを生成し、前記浄化対象ガスに含まれる粒子状物質を前記放電プラズマの作用により荷電するとともに燃焼処理し、第 2 の電界形成手段により、前記荷電された粒子状物質を電氣的集塵機能により捕捉するとともに前記放電プラズマを前記ガス流路側に引出すための集塵用の電界を形成するガス浄化装置であって、前記第 1 の電界形成手段が設置された側の前記ガス流路の内壁面、前記第 2 の電界形成手段が設置された側の前記ガス流路の内壁面、前記第 1 の電界形成手段を構成する放電電極、前記第 2 の電界形成手段を構成する集塵用電極の少なくともいずれかの表面に触媒層が形成されていることを特徴とするガス浄化装置が提供される。

[0011] さらに、本発明の一態様によれば、第 1 の電界形成手段により、浄化対象ガスが流動するガス流路に放電用の電界を形成して放電プラズマを生成し、前記浄化対象ガスに含まれる粒子状物質を前記放電プラズマの作用により荷電するとともに燃焼処理し、第 2 の電界形成手段により、前記荷電された粒子状物質を電氣的集塵機能により捕捉するとともに前記放電プラズマを前記ガス流路側に引出すための集塵用の電界を形成するガス浄化装置であって、前記第 1 の電界形成手段および前記第 2 の電界形成手段が設置された位置よりも上流側に、酸化ラジカルを生成可能な添加ガスを供給する添加ガス供給手段を具備することを特徴とするガス浄化装置が提供される。

[0012] また、本発明の一態様によれば、浄化対象ガスが流動するガス流路に放電用の電界を形成して放電プラズマを生成し、前記浄化対象ガスに含まれる粒子状物質を前記放電プラズマの作用により荷電するとともに燃焼処理する第 1 の電界形成手段と、前記荷電された粒子状物質を電氣的集塵機能により捕

捉するとともに前記放電プラズマを前記ガス流路側に引出すための集塵用の電界を形成する第2の電界形成手段と、前記第1の電界形成手段および前記第2の電界形成手段を制御する制御手段とを備えるガス浄化装置のガス浄化方法であって、前記制御手段が、前記第1の電界形成手段における粒子状物質の燃焼処理に係る情報を検知して、該検知された情報に基づいて、前記第1の電界形成手段および／または前記第2の電界形成手段の作動状態を制御することを特徴とするガス浄化方法が提供される。

[0013] また、本発明の一態様によれば、浄化対象ガスが流動するガス流路に放電用の電界を形成して放電プラズマを生成し、前記浄化対象ガスに含まれる粒子状物質を前記放電プラズマの作用により荷電するとともに燃焼処理する第1の電界形成手段と、前記荷電された粒子状物質を電氣的集塵機能により捕捉するとともに前記放電プラズマを前記ガス流路側に引出すための集塵用の電界を形成する第2の電界形成手段と、前記第1の電界形成手段および前記第2の電界形成手段を制御する制御手段とを備えるガス浄化装置を複数直列または並列に配置した場合におけるガス浄化方法であって、前記制御手段が、前記各ガス浄化装置における前記第1の電界形成手段における粒子状物質の燃焼処理に係る情報を検知して、該検知された情報に基づいて、前記各ガス浄化装置における前記第1の電界形成手段および／または前記第2の電界形成手段の作動状態を制御することを特徴とするガス浄化方法が提供される。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明に係る第1の実施の形態のガス浄化装置を備えるガス浄化システムを模式的に示したブロック図である。

[図2]本発明に係る第1の実施の形態のガス浄化装置の断面を模式的に示す図である。

[図3]放電電極近傍における放電プラズマの発生の様子を説明するための放電電極近傍の断面を示す図である。

[図4]第1の実施の形態のガス浄化装置を備える他の構成のガス浄化システム

を模式的に示したブロック図である。

[図5]本発明に係る第2の実施の形態のガス浄化装置の断面を模式的に示す図である。

[図6]本発明に係る第3の実施の形態のガス浄化装置の断面を模式的に示す図である。

[図7]本発明に係る2つのガス浄化装置を直列に配置したガス浄化システムを模式的に示したブロック図である。

[図8]本発明に係る2つのガス浄化装置を並列に配置したガス浄化システムを模式的に示したブロック図である。

[図9]本発明に係る第5の実施の形態のガス浄化装置におけるガス浄化方法を説明するためのガス浄化システムを模式的に示したブロック図である。

[図10]本発明に係る第5の実施の形態のガス浄化装置の断面を模式的に示す図である。

[図11]添加ガス供給装置および酸素濃度検知装置を備えたガス浄化システムを模式的に示したブロック図である。

[図12]本発明に係る第6の実施の形態のガス浄化装置におけるガス浄化方法を説明するためのガス浄化システムを模式的に示したブロック図である。

[図13]本発明に係る第7の実施の形態のガス浄化装置におけるガス浄化方法を説明するためのガス浄化システムを模式的に示したブロック図である。

[図14]本発明に係る第8の実施の形態のガス浄化装置の断面を模式的に示す図である。

符号の説明

- [0015] 10…ガス浄化装置、30…放電反応部、31…誘電体、32…放電電極、33…放電用対向電極、34…集塵用対向電極、35…荷電用電極、36…ガス流路、50…放電用電源、51…放電用電気系統、60…集塵用電源、61…集塵用電気系統、EG…浄化対象ガス、P…放電プラズマ。

発明を実施するための最良の形態

- [0016] 以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

[0017] (第1の実施の形態)

図1は、本発明に係る第1の実施の形態のガス浄化装置10を備えるガス浄化システムを模式的に示したブロック図である。図2は、本発明に係る第1の実施の形態のガス浄化装置10の断面を模式的に示す図である。図3は、放電電極32近傍における放電プラズマPの発生の様子を説明するための放電電極32近傍の断面を示す図である。

[0018] 図1に示すように、ガス浄化装置10は、例えば、自動車のエンジン20から排出される排ガス等の浄化対象ガスEGが通る排気流路21に設けられる。図2に示すように、このガス浄化装置10は、浄化対象ガスEGの流路上に設けられる放電反応部30、この放電反応部30と放電用電気系統51を介して接続された放電用電源50、および放電反応部30と集塵用電気系統61を介して接続された集塵用電源60を備える。

[0019] 放電反応部30は、誘電体31、放電電極32、この放電電極32に誘電体31を介して対向して設けられた放電用対向電極33、放電電極32に浄化対象ガスEGの流路を介して対向して設けられた集塵用対向電極34、および放電用対向電極33や集塵用対向電極34よりも上流側に設けられた荷電用電極35を備える。

[0020] 誘電体31は、誘電材料からなる、例えば平板あるいは筒体であり、例えば自動車のエンジンから排出される排ガス等の浄化対象ガスEGの流路上に設けられる。このため、誘電体31内部には、浄化対象ガスEGが導かれて浄化対象ガスEGのガス流路36が形成される。ここで誘電材料として、例えば、テフロン(登録商標)、エポキシ、カプトン等の樹脂や、ガラス、アルミナ、窒化アルミ等のセラミックスを用いることができる。また、実際のエンジンからの排ガスを処理する場合のように高温での処理が必要な場合には、セラミックスの使用が有効であり、誘電材料の温度特性を考慮すると、高温での誘電損失が小さい材料、例えばアルミナ等を用いることが消費電力低減の観点から有効である。特に1kHzで測定した300°Cでの誘電損失が $\tan \delta < 0.1$ である材料では良好な浄化性能を得ることができる。誘

電体 3 1 の比誘電率を 0. 1 ~ 1 0 0 0、誘電体 3 1 の厚さを 0. 0 1 mm ~ 1 0 mm 程度とすれば、後述する沿面放電を容易に点弧することができる。

[0021] このガス流路 3 6 の内壁面には、放電電極 3 2 と集塵用対向電極 3 4 とが互いに対向して設けられている。放電電極 3 2 は、例えば、所定の間隔で複数の薄い板状の電極がほぼ平行に配置され、一端側がそれぞれ放電用電気系統 5 1 に電氣的に接合された櫛状の形状で構成されている。そして、各板状の電極がガス流路 3 6 を流れる浄化対象ガス EG の主流方向に対してほぼ垂直になるように、放電電極 3 2 が配置されている。この放電電極 3 2 は、浄化対象ガス EG に対して耐腐食性や耐熱性を有する導電材料で構成され、例えば、ステンレス鋼などが用いられる。この放電電極 3 2 は、例えば、ガス流路 3 6 の内壁面に、直接プリントして形成されてもよい。また、集塵用対向電極 3 4 は、平板形状を有し、放電電極 3 2 と同様に、例えば、ステンレス鋼などの、浄化対象ガス EG に対して耐腐食性や耐熱性を有する導電材料で構成される。この集塵用対向電極 3 4 も放電電極 3 2 と同様に、例えば、放電電極 3 2 が配置された位置に対向するガス流路 3 6 の内壁面に、直接プリントして形成されてもよい。また、放電電極 3 2 や集塵用対向電極 3 4 に耐食性や耐熱性をもたせるためには、金属電極の表面に、耐食性や耐熱性をもったコーティングで被覆することも有効である。例えば、ステンレスやタングステンの電極に、1 μ m ~ 1 0 0 μ m の厚さのニッケルめっきやアルミナ被覆を行うことで、例えば、自動車のエンジンから排出される排ガス等の実ガス環境における腐食を抑制することができる。また、櫛状の電極の向きは、主流方向に対して必ずしも垂直である必要はなく、主流に対して平行や斜め方向としてもよい。

[0022] さらに、放電反応部 3 0 の放電用対向電極 3 3 は、誘電体 3 1 を介して、換言すると、放電電極 3 2 と誘電体 3 1 を挟んで対向配置される。放電用対向電極 3 3 は、例えば、薄い平板状の導電材料で形成される。放電用対向電極 3 3 も放電電極 3 2 と同様に、放電電極 3 2 と対向する誘電体 3 1 のガス

流路 36 の外壁面に直接プリントされて設けられてもよい。

[0023] なお、放電電極 32、放電用対向電極 33 および集塵用対向電極 34 の形状は、上記した形状に限られず任意であるが、放電電極 32 の形状は、上記した櫛状以外にも、例えば線状、点状、スリット状あるいは網目状にすることが好ましい。放電電極 32 の形状をこれらの形状にすることで、放電電極 32 近傍の電気力線が密になり、放電プラズマが容易に生成できるため効果的である。さらに、多くの粒子状物質 (PM; Particulate Matter) 等の有害物質を捕捉でき、効率よく有害物質、特に PM を燃焼させ除去することができる。また、集塵用対向電極 34 の形状も平板状に限らず、放電電極 32 と同様に、スリット状や網目状などにしてもよい。

[0024] また、放電用電源 50 の一方の極は、放電反応部 30 の放電電極 32 と、他方の極は、放電用対向電極 33 と、それぞれ放電用電気系統 51 を介して接続されている。放電用電源 50 は、例えば一次側と二次側の電源で構成される。一次側の電源としては、AC 100V で $\phi 50$ Hz または $\phi 60$ Hz の交流電源や DC 12V または DC 24V の直流電源が使用される。また、二次側の電源の出力電圧は、例えば、パルス状 (正極性、負極性、正負の両極性)、交流状 (正弦波、断続正弦波) の波形を有する出力電圧とされる。また、一時側の電源と二次側の電源は一体構造とすることもできるが、通常自動車に搭載されているバッテリー等の電源を一時側として利用することで、新たに一時側の電源を設置する必要がなくなり、装置のコンパクト化が図れる。さらに、二次側の電源は、トランスを備え、インバータ等で整形した数 V ~ 数百 V 程度の信号を、トランスにより数 kV から数十 kV の出力電圧に昇圧する構成にすることができる。高電圧配線の距離をできるだけ短くするためには、二次側の電源を放電反応部 30 に近接させて設置することが望ましい。なお、放電反応部 30 が高温になる場合などには、インバータ等の電子回路が熱により損傷することを防ぐため、二次側の電源からトランス部分を独立構成として、トランスのみを放電反応部 30 に近接させて設置することが好ましい。

- [0025] そして、放電用電源 50 によって、放電電極 32 と放電用対向電極 33 との間に例えば数 kV から数十 kV 程度の電圧を印加することにより、ガス流路 36 に電界を形成するとともに放電し、ガス流路 36 内部に放電プラズマ P が生成される。この際、放電電極 32 と放電用対向電極 33 との間には誘電体 31 が介在し、かつ誘電体 31 は、放電電極 32 と接触して設けられるため、ガス流路 36 における放電は、誘電体 31 に沿って形成される沿面放電となる。
- [0026] 上記した、放電用電気系統 51 を介して互いに接続された放電用電源 50、放電電極 32 および放電用対向電極 33 により第 1 の電界形成手段が形成される。
- [0027] 一方、集塵用電源 60 の一方の極は、放電反応部 30 の集塵用対向電極 34 と、他方の極は、放電反応部 30 の放電電極 32 とそれぞれ集塵用電気系統 61 を介して接続されている。集塵用電源 60 は、例えば一次側と二次側の電源で構成される。一次側の電源としては、AC 100V で $\phi 50$ Hz または $\phi 60$ Hz の交流電源や DC 12V または DC 24V の直流電源が使用される。また二次側の電源の出力電圧は、直流状（正極性、負極性、正負の両極性）、パルス状（正極性、負極性、正負の両極性）、整流波形（単波整流波形、両波整流波形）の出力電圧とされる。
- [0028] そして、集塵用電源 60 から放電電極 32 と集塵用対向電極 34 との間に、例えば数 kV 程度の電圧を印加することにより、ガス流路 36 に電界を形成することができるように構成される。上記した、集塵用電気系統 61 を介して互いに接続された集塵用電源 60、放電電極 32 および集塵用対向電極 34 により第 2 の電界形成手段が形成される。ここで、放電電極 32 と集塵用対向電極 34 との間（距離 D）に印加する電圧 V を高くしていくと、両者の間で空間放電が発生し、ついにはスパークに至る。このような状態になると、ガス流路内の電気伝導度が上昇し、ガス流路中に引き出されていた単極性の電荷の移動度が高くなって放電電極 32 または集塵用対向電極 34 に吸収され、PM を効率的に荷電することができなくなる。このような状態を避

けるため、印加する電圧Vは、放電電極32と集塵用対向電極34との間で放電が自発的に発生しない範囲で使用されることが好ましく、例えばV/Dで規定される平均電界強度を1~30kV/cmとすることが好適である。

[0029] また、荷電用電極35は、放電用対向電極33や集塵用対向電極34よりも上流側（図2では左側）に設けられ、浄化対象ガスEGの主流方向に対してほぼ垂直な方向にガス流路36に亘って配設されている。この荷電用電極35は、例えば、棒状の形状を有し、円柱で形成する場合には、その直径が0.3~10mm程度に形成される。また、この荷電用電極35は、浄化対象ガスEGに対して耐腐食性や耐熱性を有する導電材料で構成され、例えばステンレス鋼などが用いられる。この荷電用電極35の両端は、それぞれ上記した放電用電気系統51を介して放電用電源50に接続されても、上記した集塵用電気系統61を介して集塵用電源60に接続されてもよい。また、荷電用電極35に電圧を印加する荷電用電極用の電源を別個設けてもよい。荷電用電極35に印加する電圧は交流でも直流でもよい。

[0030] 荷電用電極用の電源として放電用電源50が用いられる場合には、上記したように、二次側の電源の出力電圧は、例えば、パルス状（正極性、負極性、正負の両極性）、交流状（正弦波、断続正弦波）の波形を有する出力電圧となり、荷電用電極35の両端間には、例えば数kVから数十kV程度の電圧が印加される。これによって、荷電用電極35ではコロナ放電が生じ、荷電用電極35の周囲を流動する浄化対象ガスEGが荷電される。また、荷電用電極用の電源として集塵用電源60が用いられる場合には、上記したように、二次側の電源の出力電圧は、直流状（正極性、負極性、正負の両極性）、パルス状（正極性、負極性、正負の両極性）、整流波形（単波整流波形、両波整流波形）の出力電圧となり、荷電用電極35の両端間には、例えば数kV程度の電圧が印加される。これによって、荷電用電極35ではコロナ放電が生じ、荷電用電極35の周囲を流動する浄化対象ガスEGが荷電される。

[0031] なお、図2には、1つの荷電用電極35を備えた放電反応部30の構成の

一例を示しているが、荷電用電極 35 は複数配設されてもよい。この場合における荷電用電極 35 の配置例として、例えば、放電用対向電極 33 や集塵用対向電極 34 よりも上流側に、浄化対象ガス EG の主流方向に対してほぼ垂直な方向に、所定の間隔をあけて複数の荷電用電極 35 を配置する例などが挙げられる。所定の間隔は、少なくとも、隣り合う荷電用電極 35 間に火花放電を生じない程度に設定される。なお、各荷電用電極 35 の放電電極 32 から集塵用対向電極 34 に向かう方向（図 2 では上下方向）に配列した場合、直線的に配列されても、隣り合う荷電用電極 35 が互い違いに異なる位置に配置されるような非直線的な配列であってもよい。このように複数の荷電用電極 35 を配置することで、ガス流路 36 を流動する浄化対象ガス EG に含まれる有害物質である PM は、ガス流路 36 の断面に亘ってほぼ均一に荷電される。

[0032] 次に、ガス浄化装置 10 の作用について説明する。

[0033] まず、自動車などのエンジンから排出される排ガス等の浄化対象ガス EG が放電反応部 30 に形成されたガス流路 36 に導かれ、放電反応部 30 内に流入する。

[0034] ここで、放電反応部 30 の入口に配設された荷電用電極 35 には、パルス状（正極性、負極性、正負の両極性）、交流状（正弦波、断続正弦波）または整流波形（単波整流波形、両波整流波形）の波形を有する出力電圧が印加される。これによって、荷電用電極 35 ではコロナ放電が生じ、その周囲を流動する浄化対象ガス EG に含まれる PM が荷電される。

[0035] 荷電された PM を含む浄化対象ガス EG は、放電電極 32 と集塵用対向電極 34 との間に流入する。ここで、放電用電源 50 から放電電極 32 と放電用対向電極 33 との間にパルス状（正極性、負極性、正負の両極性）あるいは交流状（正弦波、断続正弦波）の電圧が印加される。これによって、放電電極 32 と放電用対向電極 33 との間、特に放電電極 32 の近傍には、集中的に電界が形成されて誘電体 31 に沿う沿面放電が起こり、沿面放電に伴って放電プラズマ P が発生する。

- [0036] ここで、放電用電源 50 の 2 次側の出力電圧は、パルス状（正極性、負極性、正負の両極性）あるいは交流状（正弦波、断続正弦波）の出力電圧であるため、誘電性の誘電体 31 を介在させても、誘電体 31 の表面に表面電荷が蓄積して放電を停止させたり、放電がアーク放電に移行したりすることがないため、一様で安定な放電プラズマ P が発生する。
- [0037] 一方、集塵用電源 60 から放電電極 32 と集塵用対向電極 34 との間に直流状（正極性、負極性、正負の両極性）、パルス状（正極性、負極性、正負の両極性）あるいは整流波形（単波整流波形、両波整流波形）の電圧が印加される。すなわち、時間的に極性が変化しないような電圧が集塵用電源 60 から放電電極 32 と集塵用対向電極 34 との間に印加され、放電電極 32 と集塵用対向電極 34 との間には一様な電界が形成される。
- [0038] この結果、放電電極 32 と集塵用対向電極 34 との間に形成された電界の作用により、放電プラズマ P は、放電電極 32 からガス流路 36 内部に大きく引き出される。そして、ガス流路 36 を流動する浄化対象ガス EG に含まれる PM は、ガス流路 36 内部に大きく引き出された放電プラズマ P により生成された電子やイオンとの衝突により荷電される。すなわち、PM は、前述した荷電用電極 35 によって荷電され、さらに放電プラズマ P によっても荷電される。また、上記したように、放電プラズマ P は、放電電極 32 からガス流路 36 内部に大きく引き出されることによって、ガス流路 36 の断面積に亘って広がるため、ガス流路 36 を流動する浄化対象ガス EG と接触する確率が高まる。これによって、浄化対象ガス EG に含まれる PM の荷電される割合が高まる。
- [0039] また、上記したように、集塵用電源 60 の出力電圧特性により、放電電極 32 と集塵用対向電極 34 との間に形成される電界の向きは時間的に変化しないため、ガス流路 36 内部に引き出される放電プラズマ P は、プラスあるいはマイナスのうち一方の極性を有する放電プラズマ P となる。これによって、PM の大半もプラスあるいはマイナスに荷電される。このため、荷電された PM は、第 2 の電界形成手段の作用で形成された電界から受けるクーロ

ンカにより軌跡が曲げられる。曲げられる方向は、PMの持つ電荷と電界の向きで決まるので、電荷の極性により、放電電極32側に曲げられるPMと、集塵用対向電極34側に曲げられるPMが生じる。

[0040] これによって、ガス流路36内で荷電された一方のPMは、集塵用電源60の作用で放電電極32と集塵用対向電極34との間に形成された電界の電気集塵的機能に加え、放電プラズマPの電氣的な力により放電電極32側に引き寄せられて、放電電極32の表面や放電電極32近傍の誘電体31の表面に捕捉される。また、一方のPMと荷電された極性の異なる他方のPMは、集塵用対向電極34の表面や集塵用対向電極34近傍の誘電体31の表面に捕捉される。すなわち、プラスあるいはマイナスのいずれかに荷電されたPMは、電界および単極性の放電プラズマPの作用により一様な方向に電氣的な力を受けて、放電電極32側または集塵用対向電極34側に捕捉される。

[0041] 上記したように、PMは、荷電用電極35によって荷電され、さらに放電プラズマPによっても荷電され、十分な荷電量を有し、電界および単極性の放電プラズマPの作用により一様な方向に電氣的な力を受けて、効率よく放電電極32側または集塵用対向電極34側に捕捉される。このように、集塵用電源60の作用により形成された電界は、放電プラズマPの引き出し効果によるガス流路36内におけるPMの荷電効率の向上の他、荷電されたPMに電氣的な力を与えて効率的に放電電極32側または集塵用対向電極34側に捕捉させる役割を有する。ここで、放電電極32と集塵用対向電極34との間（距離D）に印加する電圧Vを高くしていくと、両者の間で空間放電が発生し、ついにはスパークに至る。このような状態になると、ガス流路内の電気伝導度が上昇し、ガス流路中に引き出されていた単極性の電荷の移動度が高くなって放電電極32または集塵用対向電極34に吸収され、PMを効率的に荷電することができなくなる。このような状態を避けるため、印加する電圧Vは、放電電極32と集塵用対向電極34との間で放電が自発的に発生しない範囲で使用されることが好ましく、例えば V/D で規定される平均

電界強度を $1 \sim 30 \text{ kV/cm}$ とすることが好適である。

- [0042] ここで、図3を参照して、放電電極32近傍における放電プラズマPの発生の様子について説明する。
- [0043] 放電反応部30には、例えば、所定の間隔で複数の薄い板状の電極がほぼ平行に配置され、一端側がそれぞれ放電用電気系統51に電氣的に接合された櫛状の放電電極32が備えられている。そして、この放電電極32は、各板状（幅W）の電極がガス流路36を流れる浄化対象ガスEGの主流方向に対してほぼ垂直になるように配置されている。なお、ここでは各板状の電極の間隔をSと示す。すなわち、放電電極32が設置された部分は、幅Wの電極と幅Sの誘電体とが交互に露出した状態となり、この部分にPMが捕捉される。
- [0044] 一般に、例えば、放電電極32を一枚の平板で構成にした場合、放電電極32の両端部では放電プラズマPが高密度に存在するためPMが燃焼されるが、放電電極32の中央付近では放電プラズマPの密度が低く、PMが燃焼されずに堆積する。このように、PMが堆積するとコロナ放電が阻害され不安定になったり、PMの堆積によりガス流路36の断面積が減少し、ガス流路36内における圧力損失が増加して、ガス浄化装置を安定に運転することが不可能になる。
- [0045] 一方、上記したように、放電電極32の形状を、例えば櫛状とし、この放電電極32に電圧を印加した場合、電界が最も高くなる3重点80（板状の電極と誘電体と空気の接点）から放電プラズマPが進展して、PMが捕捉される放電電極32が設置された部分、すなわち幅Wの電極と幅Sの誘電体とが交互に露出した部分に広がる（図3参照）。これによって、PMを確実に燃焼させることができ、PMの堆積が防止される。平面上に均一に放電プラズマPを進展させるためには、幅Wと幅Sは0.1～20mm程度であることが好ましい。なお、放電電極32の形状を、メッシュ状や網目状にすることで、上記した櫛状の放電電極32の場合と同様な作用効果を得ることができる。また、櫛状の放電電極32を使用した場合においても、各櫛の幅Wや

櫛間の間隔（Sに相当）は一定である必要はなく、例えば浄化対象ガスEGの入り口付近においてはWやSを短く、浄化対象ガスEGの出口付近においてはWやSを長くしてもよい。これによって、PMの濃度が高い入り口付近に放電電力を集中させ、効率的にPMを燃焼させることが可能となる。また、各櫛の高さも一定である必要はなく、例えば浄化対象ガスEGの入り口付近においては高さを低く、出口付近においては高さを高くしてもよい。これによって、入り口から出口に向かって拡大される流れの境界層に対する放電の位置関係を入口から出口まで一定とすることで、処理を均一化することが可能となる。また、放電電極32側で発生した放電プラズマPは、前述したように、集塵用電源60の作用により、集塵用対向電極34側に引き出され、ガス流路36の所定の断面に亘って広がる。

[0046] また、放電反応部30内のガス流路36には、放電プラズマPによって生じた高エネルギー電子が浄化対象ガスEGと衝突することにより、O、OH、O₃、O²⁻等の酸化ラジカルやNO₂などが生成される。酸化ラジカルは、さらに浄化対象ガスEG中の炭化水素と反応して、別の活性な炭化水素分子を生じさせる。また、NO₂は、PMと燃焼反応を生じ、PMを分解および酸化する。

[0047] この放電プラズマP内に突入したPMは、加熱などの処理を施すことなく、段階的に燃焼反応して分解および酸化され、最終的には一酸化炭素や二酸化炭素などになる。ここで、高密度の放電プラズマP中に突入したPMの一部は空間中で分解し、残りは、放電電極32の表面や放電電極32近傍の誘電体31の表面、または集塵用対向電極34の表面や集塵用対向電極34近傍の誘電体31の表面に衝突し捕捉される。それぞれの表面上に捕捉されたPMは、酸化ラジカルとの反応場に長時間滞留することになり、加熱などの処理を施すことなく、その間に酸化ラジカル作用により段階的に分解および酸化などの燃焼反応を生じ、最終的には一酸化炭素や二酸化炭素などになる。このため、放電反応部30内は、常に清浄に保たれ、これらの汚損による放電プラズマPの減少や、電気集塵的機能の低下を防ぐことができる。特

に、表面に捕捉されたPMの近傍で沿面放電を点弧することにより、酸化ラジカルとPMの距離が近くなり、より短寿命の酸化ラジカルをも有効に、PMに含まれる炭素や炭化水素等の物質の燃焼反応に利用することが可能になり、より効率的な処理が可能となる。

[0048] このように放電反応部30によってPMが除去された浄化対象ガスEGは、放電反応部30の外部に排出される。

[0049] なお、上記説明では、PMが集塵用対向電極34の表面や集塵用対向電極34近傍の誘電体31の表面に捕捉された場合においても、上記したように、放電プラズマPは、集塵用対向電極34側にも広がるため、捕捉されたPMを段階的に分解および酸化させることができる。ここで、集塵用対向電極34の表面や集塵用対向電極34近傍の誘電体31の表面に捕捉されたPMを、さらに効率よく燃焼させるためには、例えば、特開2005-320895号公報の図13に記載されているように、集塵用対向電極34を設ける代わりに、放電電極32に対向する誘電体31の内壁面に放電電極を設け、この放電電極と誘電体31を介して対向する側に放電用対向電極を備えた構成にしてもよい。すなわち、2組の対向する放電電極および放電用対向電極を設けた構成としてもよい。

[0050] 上記したように、第1の実施の形態のガス浄化装置10では、放電用対向電極33や集塵用対向電極34よりも上流側に荷電用電極35を設けて、放電反応部30に流入した浄化対象ガスEGに含まれる有害物質であるPMを荷電し、さらにこのPMを第1の電界形成手段によって発生した放電プラズマPによって荷電することで、PMに十分な荷電量を備えることができる。これによって、このPMは、第2の電界形成手段によって発生した電界および単極性の放電プラズマPの作用により一様な方向に電氣的な力を受けて、効率よく放電電極32の表面や放電電極32近傍の誘電体31の表面、または集塵用対向電極34の表面や集塵用対向電極34近傍の誘電体31の表面に捕捉することができる。そして、捕捉されたPMは、加熱することなく、放電プラズマP中の酸化ラジカルと燃焼反応して除去されるので、浄化対象

ガスを浄化することができる。また、効率よくPMを捕捉して除去することができるので、例えば、負荷変動の激しい実エンジンからの排ガスを処理する場合でも、十分な性能を発揮させることができる。

[0051] なお、ここで、第1の実施の形態のガス浄化装置10を備える他の構成のガス浄化システムについて説明する。

[0052] 図4は、第1の実施の形態のガス浄化装置10を備える他の構成のガス浄化システムを模式的に示したブロック図である。

[0053] この他の構成のガス浄化システムは、図1に示したガス浄化システムにおいて、ガス浄化装置10に浄化対象ガスEGが流入する上流側の排気流路21に添加ガスを供給する添加ガス供給装置100を設けたものである。

[0054] この添加ガス供給装置100は、前述したO、OH、O₃、O²⁻等の酸化ラジカルやNO₂を生成可能な、例えば酸素や水蒸気などの添加ガスを供給するものである。この添加ガス供給装置100と排気流路21との間は配管で連結され、添加ガス供給装置100から排出された添加ガスは、排気流路21を流動する浄化対象ガスEGに添加され混合し、放電反応部30内に流入する。

[0055] このように、添加ガス供給装置100を設けることで、酸化ラジカルの生成量を増加させ、PMの燃焼反応を促進することができる。これによって、放電電極32の表面や放電電極32近傍の誘電体31の表面、または集塵用対向電極34の表面や集塵用対向電極34近傍の誘電体31の表面に捕捉されたPMをさらに効率よく分解および酸化することができ、浄化対象ガスを浄化することができる。

[0056] なお、添加ガス供給装置100を設けることのみで、PMの燃焼反応を促進することができ、浄化対象ガスを浄化することができる場合には、ガス浄化装置10に備えられた荷電用電極35を設けずに、ガス浄化装置10を構成してもよい。

[0057] (第2の実施の形態)

本発明に係る第2の実施の形態のガス浄化装置150は、第1の実施の形

態のガス浄化装置 10 における荷電用電極 35 を備えないこと、および放電電極 32 および集塵用対向電極 34 が配置された側のガス流路 36 の内壁面の形状が異なる以外は、第 1 の実施の形態のガス浄化装置 10 の構成と同じであるので、ここでは、これらの異なる構成について主に説明する。

[0058] 図 5 は、本発明に係る第 2 の実施の形態のガス浄化装置 150 の断面を模式的に示す図である。なお、第 1 の実施の形態のガス浄化装置 10 の構成と同一部分には、同一の符号を付して重複する説明を省略または簡略する。

[0059] 図 5 に示すように、第 2 の実施の形態のガス浄化装置 150 は、浄化対象ガス EG の流路上に設けられる放電反応部 30、この放電反応部 30 と放電用電気系統 51 を介して接続された放電用電源 50、および放電反応部 30 と集塵用電気系統 61 を介して接続された集塵用電源 60 を備える。

[0060] 放電反応部 30 は、誘電体 31、放電電極 32、この放電電極 32 に誘電体 31 を介して対向して設けられた放電用対向電極 33 および放電電極 32 に浄化対象ガス EG の流路を介して対向して設けられた集塵用対向電極 34 を備える。

[0061] 誘電体 31 は、誘電材料からなる、例えば平板あるいは筒体であり、例えば自動車のエンジンから排出される排ガス等の浄化対象ガス EG の流路上に設けられる。このため、誘電体 31 内部には、浄化対象ガス EG が導かれて浄化対象ガス EG のガス流路 36 が形成される。また、このガス流路 36 の内壁面には、放電電極 32 と集塵用対向電極 34 とが互いに対向して設けられている。さらに、図 5 に示すように、放電電極 32 および集塵用対向電極 34 が設置された側のガス流路 36 の内壁面であって、これらの放電電極 32 および集塵用対向電極 34 の近傍の内壁面には、浄化対象ガス EG の主流方向に沿って凹凸部 151、152 が形成されている。なお、凹凸部 151、152 の形成方向は、浄化対象ガス EG の主流方向に沿って形成されることに限らず、例えば、放電電極 32 および集塵用対向電極 34 の近傍の内壁面に、浄化対象ガス EG の主流方向に対してほぼ垂直な方向に形成されてもよい。また、凹凸部 151、152 の高さは一定である必要はなく、例えば

浄化対象ガスEGの入り口付近においては高さを低く、出口付近においては高さを高くしてもよい。これによって、入り口から出口に向かって拡大される流れの境界層に対する凹凸部151、152の位置関係を入口から出口まで一定とすることで、処理を均一化することが可能となる。また、平面状の内壁面に対して放電電極32や集塵用対向電極34自体が凹凸を形成する構造、例えば櫛状の構造としてもよい。

[0062] さらに、放電電極32および集塵用対向電極34の表面を、上記した、放電電極32および集塵用対向電極34の近傍の内壁面と同様に、浄化対象ガスEGの主流方向に沿って凹凸構造にしてもよい。なお、凹凸構造は、浄化対象ガスEGの主流方向に沿って形成されることに限らず、例えば、浄化対象ガスEGの主流方向に対してほぼ垂直な方向に形成されてもよい。

[0063] 例えば、図5に示すように、放電電極32および集塵用対向電極34の近傍の内壁面に、浄化対象ガスEGの主流方向に沿って凹凸部151、152を形成した場合には、浄化対象ガスEGが凹凸部151、152部の凸部にほぼ垂直に衝突し、凸部の直ぐ下流側には循環流が形成される。この循環流がPMを巻き込むことでより多くのPMを捕捉することができる。なお、放電電極32および集塵用対向電極34の表面を、上記した、放電電極32および集塵用対向電極34の近傍の内壁面と同様に、浄化対象ガスEGの主流方向に沿って凹凸構造にした場合にも同様の作用効果が得られる。また、内壁面が平面で形成された場合に比べて、内壁面の表面積が増加するので、これによってもPMの捕捉率が向上する。

[0064] 一方、放電電極32および集塵用対向電極34の近傍の内壁面に、浄化対象ガスEGの主流方向に対してほぼ垂直な方向に沿って凹凸部151、152を形成した場合には、凹凸部151、152によって溝部が浄化対象ガスEGの主流方向に形成される。浄化対象ガスEGはこの溝部に沿って流れる。この場合、内壁面が平面で形成された場合に比べて、内壁面の表面積を増加することで、より多くのPMを捕捉することができる。

[0065] 上記したように、第2の実施の形態のガス浄化装置150では、放電電極

32および集塵用対向電極34の近傍の内壁面に凹凸部151、152部を形成することで、表面積を増加させ、より多くのPMを捕捉して除去することができる。なお、放電電極32および集塵用対向電極34の表面を凹凸構造にした場合にも、表面積が増加するので、同様の作用効果を得ることができる。

[0066] また、凹凸部151、152部が、浄化対象ガスEGの主流方向に沿って形成される場合には、凸部の直ぐ下流側に循環流が形成され、この循環流にPMを巻き込むことでより多くのPMを捕捉することができる。なお、放電電極32および集塵用対向電極34の表面を浄化対象ガスEGの主流方向に沿って凹凸構造にした場合にも、凸部の直ぐ下流側に循環流が形成されるので、同様の作用効果を得ることができる。

[0067] ここで、凹凸部151、152を設ける代わりに、これらの放電電極32および集塵用対向電極34の近傍の内壁面の表面層を、例えば誘電性材料で形成されたポラス状の多孔質層で構成してもよい。また、放電電極32および集塵用対向電極34の表面を凹凸構造にする代わりに、例えば、浄化対象ガスEGに対して耐腐食性、耐熱性、導電性を有する発泡金属などからなる多孔質層で構成してもよい。

[0068] このように、放電電極32および集塵用対向電極34の近傍の内壁面の表面層や放電電極32および集塵用対向電極34の表面層を多孔質層で構成した場合、表面積が増加し、より多くのPMを捕捉して除去することができる。また、PMは、放電電極32、集塵用対向電極34、これらの電極の近傍の内壁面に衝突して捕捉されるが、これらの面を多孔質層にすることで、PMが衝突したときの反跳を防止して捕捉率を高めることができる。

[0069] また、第2の実施の形態のガス浄化装置150に、第1の実施の形態のガス浄化装置10に備えられた荷電用電極35を設けてもよい。これによって、上記した第2の実施の形態のガス浄化装置150における作用効果に加え、第1の実施の形態のガス浄化装置10の作用効果と同様の作用効果を得ることができる。

[0070] さらに、第2の実施の形態のガス浄化装置150を備えるガス浄化システムに、第1の実施の形態のガス浄化装置10を備えるガス浄化システムと同様に、添加ガス供給装置100を設けてもよい。これによって、酸化ラジカルの生成量を増加させ、PMの燃焼反応を促進することができ、捕捉されたPMをさらに効率よく分解および酸化することができる。

[0071] (第3の実施の形態)

本発明に係る第3の実施の形態のガス浄化装置200は、第1の実施の形態のガス浄化装置10における荷電用電極35を備えないこと、および放電電極32および集塵用対向電極34が配置された側のガス流路36の内壁面に触媒層201、202を備えた以外は、第1の実施の形態のガス浄化装置10の構成と同じであるので、ここでは、これらの異なる構成について主に説明する。

[0072] 図6は、本発明に係る第3の実施の形態のガス浄化装置200の断面を模式的に示す図である。なお、第1の実施の形態のガス浄化装置10の構成と同一部分には、同一の符号を付して重複する説明を省略または簡略する。

[0073] 図6に示すように、第3の実施の形態のガス浄化装置200は、浄化対象ガスEGの流路上に設けられる放電反応部30、この放電反応部30と放電用電気系統51を介して接続された放電用電源50、および放電反応部30と集塵用電気系統61を介して接続された集塵用電源60を備える。

[0074] 放電反応部30は、誘電体31、放電電極32、この放電電極32に誘電体31を介して対向して設けられた放電用対向電極33および放電電極32に浄化対象ガスEGの流路を介して対向して設けられた集塵用対向電極34を備える。

[0075] 誘電体31は、誘電材料からなる、例えば平板あるいは筒体であり、例えば自動車のエンジンから排出される排ガス等の浄化対象ガスEGの流路上に設けられる。このため、誘電体31内部には、浄化対象ガスEGが導かれて浄化対象ガスEGのガス流路36が形成される。また、このガス流路36の内壁面には、放電電極32と集塵用対向電極34とが互いに対向して設けら

れている。さらに、図6に示すように、放電電極32および集塵用対向電極34が設置された側のガス流路36の内壁面であって、これらの放電電極32および集塵用対向電極34の近傍の内壁面の表面には、触媒層201、202が形成されている。

[0076] この触媒層201、202は、触媒を放電電極32および集塵用対向電極34の近傍の内壁面に塗布して形成される。また、触媒層201、202は、触媒を担持させた薄板状の多孔質体を放電電極32および集塵用対向電極34の近傍の内壁面に設置して構成されてもよい。触媒としては、白金系の酸化触媒や三元触媒、8族、1B族、2B族、3B族、4B族の金属、特にPt、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、In、Snの中から選択されたいずれか1種類以上を使用した触媒またはこれらとAl、Ti、Zr、Siの中から選択されたいずれか1種類以上を同時に使用した複合酸化物または酸化物固溶体、2種類以上の金属酸化物の混合体を利用した触媒、非ラングミュア型の反応機構を発現する触媒などが用いられる。

[0077] 次に、放電反応部30におけるPMの分解および酸化について説明する。

[0078] ガス流路36内部に引き出される放電プラズマPは、プラスあるいはマイナスのうち一方の極性を有する放電プラズマPとなため、PMの大半もプラスあるいはマイナスに荷電される。このため、荷電されたPMは、第2の電界形成手段の作用で形成された電界から受けるクーロン力により軌跡が曲げられる。曲げられる方向は、PMの持つ電荷と電界の向きで決まるので、電荷の極性により、放電電極32側に曲げられるPMと、集塵用対向電極34側に曲げられるPMが生じる。

[0079] 高密度の放電プラズマP中に突入したPMの一部は空間中で分解し、残りは、放電電極32の表面や放電電極32近傍の触媒層201、または集塵用対向電極34の表面や集塵用対向電極34近傍の触媒層202に衝突し捕捉される。

[0080] ここで、通常、触媒は、高温でその触媒作用を発揮するため、例えば自動車が低速走行時などの排ガス温度の低い場合には、触媒が活性されず、PM

を効率よく酸化できない。一般に、触媒反応は、触媒表面上で起こる多数の反応で構成される多段反応であり、そのうちのいずれかの反応が律速となって反応速度を規定している。

[0081] 本発明では、その律速となる反応の生成物質を、浄化対象ガスEG中でのプラズマ化学反応によって生成し、外部から触媒表面に供給する構成となっている。これによって、活性化エネルギーの低い触媒反応が促進される。そして、触媒作用が発揮される温度に加熱することなく、放電プラズマPと触媒とを共存させることで、触媒層201、202に捕捉されたPMは、効率よく分解および酸化し、最終的には一酸化炭素や二酸化炭素などになる。また、自動車が低速走行時などの排ガス温度の低い場合においても、十分にPMを分解および酸化することができる。

[0082] なお、自動車が高速走行時などの排ガス温度の高い場合には、その燃焼ガス温度によって触媒反応が十分促進されるので、放電プラズマPを生成するための第1の電界形成手段における印加電圧を低下させることができる。これによって、第1の電界形成手段によって消費される電力を抑えることができる。

[0083] また、PMが集塵用対向電極34の表面や集塵用対向電極34近傍の誘電体31の表面に捕捉された場合においても、上記したように、放電プラズマPと触媒とを共存させることで、触媒層202に捕捉されたPMを効率よく分解および酸化することができるが、さらに効率よく燃焼させるためには、例えば、特開2005-320895号公報の図13に記載されている構成を採用してもよい。すなわち、集塵用対向電極34を設ける代わりに、放電電極32に対向する誘電体31の内壁面に放電電極を設け、この放電電極と誘電体31を介して対向する側に放電用対向電極を備えた構成にしてもよい。

[0084] 上記したように、第3の実施の形態のガス浄化装置200では、放電電極32および集塵用対向電極34の近傍の内壁面に、触媒層201、202を形成し、放電プラズマPと触媒とを共存させることで、触媒作用が発揮され

る温度に加熱することなく、触媒層 201、202 に捕捉された PM を効率よく分解および酸化することができる。これによって、浄化対象ガス EG から PM を除去することができ、浄化対象ガス EG を浄化することができる。

[0085] また、上記した実施の形態では、触媒層 201、202 を放電電極 32 および集塵用対向電極 34 の近傍の内壁面の表面に設けた一例を示したが、触媒層 201、202 を放電電極 32 および集塵用対向電極 34 の表面に設けてもよい。これによっても、上記した作用効果と同様の作用効果が得られる。

[0086] また、触媒層 201、202 を多孔質層で構成した場合、表面積が増加し、より多くの PM を捕捉して除去することができる。さらに、PM は、放電電極 32、集塵用対向電極 34、これらの電極の近傍の内壁面に衝突して捕捉されるが、これらの面を多孔質層にすることで、PM が衝突したときの反跳を防止して捕捉率を高めることができる。

[0087] また、第 3 の実施の形態のガス浄化装置 200 に、第 1 の実施の形態のガス浄化装置 10 に備えられた荷電用電極 35 を設けてもよい。これによって、上記した第 3 の実施の形態のガス浄化装置 200 における作用効果に加え、第 1 の実施の形態のガス浄化装置 10 の作用効果と同様の作用効果を得ることができる。

[0088] さらに、第 3 の実施の形態のガス浄化装置 200 を備えるガス浄化システムに、第 1 の実施の形態のガス浄化装置 10 を備えるガス浄化システムと同様に、添加ガス供給装置 100 を設けてもよい。これによって、酸化ラジカルの生成量を増加させ、PM の燃焼反応を促進することができ、捕捉された PM をさらに効率よく分解および酸化することができる。

[0089] (第 4 の実施の形態)

ここでは、本発明に係るガス浄化装置 10、150、200 を直列に配置したガス浄化システムおよび並列に配置したガス浄化システムについて説明する。

[0090] 図 7 は、本発明に係る 2 つのガス浄化装置 10a、10b を直列に配置し

たガス浄化システムを模式的に示したブロック図である。図8は、本発明に係る2つのガス浄化装置10a、10bを並列に配置したガス浄化システムを模式的に示したブロック図である。なお、ここで用いられるガス浄化装置10a、10bは、前述した第1～第3の実施の形態におけるガス浄化装置10、150、200のいずれで構成されもよい。

[0091] 図7に示すガス浄化システムでは、自動車のエンジン20から排出される排ガス等の浄化対象ガスEGは、排気流路21を介して、直列に配置されたまず上流側のガス浄化装置10aに導入される。続いて、上流側のガス浄化装置10aから排気された浄化対象ガスEGは、下流側のガス浄化装置10bに導入され、その後排気される。

[0092] 図8に示すガス浄化システムでは、自動車のエンジン20から排出される排ガス等の浄化対象ガスEGは、排気流路21を通り、さらに排気流路21が分岐された分岐排気流路21a、21bのいずれかを通り、ガス浄化装置10aまたはガス浄化装置10bに導入され、その後排気される。また、排気流路21の分岐部には、ガス浄化装置10aまたはガス浄化装置10bに、浄化対象ガスEGの流れを切り替えて流すための切替弁250が備えられている。

[0093] 上記したガス浄化システムでは、例えば、各ガス浄化装置における第1の電界形成手段および第2の電界形成手段の運転条件を、それぞれ個々に設定して運転することができる。なお、直列または並列に配置されるガス浄化装置は、2つに限られるものではなく、3つ以上配置されてもよい。また、並列に配置されたそれぞれのガス浄化装置10a、10bに同時に分岐ガスを通流する場合には切替弁250を備えなくてもよい。直列または並列に配置されるガス浄化装置10a、10bは、例えば、積層され複数の単位ガス浄化装置からなるユニットとして構成されてもよい。これらのユニットをさらに直列または並列に構成してもよい。また、それぞれのユニットは同時に制御されてもよいが、個々に独立で制御されることでより効率的な処理が可能となる。また、各ガス浄化装置10a、10bを通過する排ガスの滞留時間

は、 $100\ \mu\text{sec}$ (μ 秒) $\sim 1\ \text{sec}$ (秒) の範囲となるように設定されることが好ましい。

[0094] (第5の実施の形態)

図9は、本発明に係る第5の実施の形態のガス浄化装置10におけるガス浄化方法を説明するためのガス浄化システムを模式的に示したブロック図である。図10は、本発明に係る第5の実施の形態のガス浄化装置10の断面を模式的に示す図である。なお、上記した実施の形態のガス浄化装置10の構成と同一部分には、同一の符号を付している。

[0095] 図9に示すように、ガス浄化装置10は、例えば、自動車のエンジン20から排出される排ガス等の浄化対象ガスEGが通る排気流路21に設けられる。また、排気流路21のガス浄化装置10よりも上流側には、粒子状物質(PM; Particulate Matter)の燃焼処理に係る情報を検知する第1の検知装置22が備えられている。また、排気流路21のガス浄化装置10よりも下流側には、PMの燃焼処理に係る情報を検知する第2の検知装置23が備えられている。なお、PMの燃焼処理に係る情報を検知する装置は、上記した第1の検知装置22、第2の検知装置23の少なくともいずれか一方を備えていればよい。また、ガス浄化装置10、第1の検知装置22、第2の検知装置23は、制御部24と電氣的に接続されている。なお、図9では、各装置と制御部24との接続線の記載は図の明記のため省略している。

[0096] ここで、PMの燃焼処理に係る情報には、例えば、ガス浄化装置10の入口、内部または出口における浄化対象ガスEGのガス成分(CO、NO_x、HC、CO₂、O₂等)やその変化、ガス浄化装置10の入口、内部、出口における浄化対象ガスEGの圧力、前記ガス浄化装置10における圧力損失、ガス浄化装置10の入口、内部または出口における浄化対象ガスEGの温度またはその変化、後述する第1の電界形成手段または第2の電界形成手段における印加電圧、電流、印加電圧と電流との比率(印加電圧/電流)などのガス浄化装置10の状態に係る情報、エンジン回転数、トルク、空燃比、吸入空気の圧力または流量、燃料の噴射量または消費量、噴射のタイミング、

燃料の圧力、エンジン内圧力、吸気バルブ、排気バルブまたはEGRバルブの開度、エンジンの温度、冷却水の温度などのエンジンの状態に係る情報のうちの少なくともいずれか1つが含まれる。

[0097] 第1の検知装置22および第2の検知装置23は、例えば、排気流路21を流動する浄化対象ガスEGの圧力を計測する圧力計測装置で構成される。この圧力計測装置における計測結果に基づいて、ガス浄化装置10内における圧力損失値を得ることができる。また、第1の検知装置22および第2の検知装置23は、例えば、ガス浄化装置10から排出された浄化対象ガスEGのガス成分を分析するガス成分分析装置、ガス浄化装置10から排出された浄化対象ガスEGの温度を計測する温度計測装置、後述する第1の電界形成手段または第2の電界形成手段を駆動する放電用電源の出力端電圧または電流を計測する電圧計または電流計などで構成される。なお、第1の検知装置22および第2の検知装置23は、上記した各装置の少なくともいずれか1つで構成されればよい。

また、ガス成分分析装置では、浄化対象ガスEG中の二酸化炭素、炭化水素、酸素などの濃度が計測される。また、上記した電圧計または電流計は、第1の電界形成手段の放電用電源50、第2の電界形成手段の集塵用電源60に電氣的に接続されている。

[0098] 制御部24は、例えば、ガス浄化装置10の動作などを制御するためのプログラムがインストールされたコンピュータなどによって構成され、所定の入力装置、情報処理装置、記憶装置、表示装置および入出力インターフェースなどを備えている。

[0099] ここで、入力装置は、キーボードやマウスなどのポインティング・デバイス等の入力手段で構成され、文字入力などを受け付けて情報処理装置へ供給する。情報処理装置は、内部での種々の演算処理を実行するCPU等の演算手段、システム情報等が記憶されたROM等の不揮発性メモリや更新可能に情報を記憶するRAM等の半導体メモリで構成された記憶手段、および内部での種々の動作や外部との情報授受を司る制御手段等を有し、入力装置から

の入力やインストールされたプログラムの内容等に応じて様々な処理を実行するものとなっており、ガス浄化装置 10 の動作などを制御するための中核を担う。記憶装置は、インストールされたプログラムのファイルや種々のデータ・ファイル（例えばデータベース構造で種々のデータを管理しているデータベースのファイル）などの情報が格納されるハードディスク等の記憶手段で構成され、それらの情報を必要に応じて保持し続ける。表示装置は、液晶ディスプレイ、CRTディスプレイ、プリンタ等の表示手段で構成され、情報処理装置による制御の下で所定の情報表示をする。入出力インターフェースは、例えば、各計測機器などからのPMの燃焼処理に係る情報や、エンジンの運転状態に係る情報の入力や、ガス浄化装置 10 の放電用電源 50 および集塵用電源 60などを制御するための信号の出力などの情報の入出力を担うものである。

[0100] ガス浄化装置 10 は、図 10 に示すように、浄化対象ガス EG の流路上に設けられる放電反応部 30、この放電反応部 30 と放電用電気系統 51 を介して接続された放電用電源 50、および放電反応部 30 と集塵用電気系統 61 を介して接続された集塵用電源 60 を備える。

[0101] 放電反応部 30 は、誘電体 31、放電電極 32、この放電電極 32 に誘電体 31 を介して対向して設けられた放電用対向電極 33、および放電電極 32 に浄化対象ガス EG の流路を介して対向して設けられた集塵用対向電極 34 を備える。

[0102] 誘電体 31 は、誘電材料からなる、例えば平板あるいは筒体であり、例えば自動車のエンジンから排出される排ガス等の浄化対象ガス EG の流路上に設けられる。このため、誘電体 31 内部には、浄化対象ガス EG が導かれて浄化対象ガス EG のガス流路 36 が形成される。ここで誘電材料として、例えば、テフロン（登録商標）、エポキシ、カプトン等の樹脂や、ガラス、アルミナ、窒化アルミ等のセラミックスを用いることができる。また、実際のエンジンからの排ガスを処理する場合のように高温での処理が必要な場合には、セラミックスの使用が有効であり、誘電材料の温度特性を考慮すると、

高温での誘電損失が小さい材料、例えばアルミナ等を用いることが消費電力低減の観点から有効である。特に1 kHzで測定した300°Cでの誘電損失が $\tan \delta < 0.1$ である材料では良好な浄化性能を得ることができる。誘電体31の比誘電率を0.1~1000、誘電体31の厚さを0.01mm~10mm程度とすれば、後述する沿面放電を容易に点弧することができる。

[0103] このガス流路36の内壁面には、放電電極32と集塵用対向電極34とが互いに対向して設けられている。放電電極32は、例えば、所定の間隔で複数の薄い板状の電極がほぼ平行に配置され、一端側がそれぞれ放電用電気系統51に電氣的に接合された櫛状の形状で構成されている。そして、各板状の電極がガス流路36を流れる浄化対象ガスEGの主流方向に対してほぼ垂直になるように、放電電極32が配置されている。この放電電極32は、浄化対象ガスEGに対して耐腐食性や耐熱性を有する導電材料で構成され、例えば、ステンレス鋼などが用いられる。この放電電極32は、例えば、ガス流路36の内壁面に、直接プリントして形成されてもよい。また、集塵用対向電極34は、平板形状を有し、放電電極32と同様に、例えば、ステンレス鋼などの、浄化対象ガスEGに対して耐腐食性や耐熱性を有する導電材料で構成される。この集塵用対向電極34も放電電極32と同様に、例えば、放電電極32が配置された位置に対向するガス流路36の内壁面に、直接プリントして形成されてもよい。また、放電電極32や集塵用対向電極34に耐食性や耐熱性をもたせるためには、金属電極の表面に、耐食性や耐熱性をもったコーティングで被覆することも有効である。例えば、ステンレスやタングステンの電極に、1 μ m~100 μ mの厚さのニッケルめっきやアルミナ被覆を行うことで、例えば、自動車のエンジンから排出される排ガス等の実ガス環境における腐食を抑制することができる。また、櫛状の電極の向きは、主流方向に対して必ずしも垂直である必要はなく、主流に対して平行や斜め方向としてもよい。

[0104] さらに、放電反応部30の放電用対向電極33は、誘電体31を介して、

換言すると、放電電極 3 2 と誘電体 3 1 を挟んで対向配置される。放電用対向電極 3 3 は、例えば、薄い平板状の導電材料で形成される。放電用対向電極 3 3 も放電電極 3 2 と同様に、放電電極 3 2 と対向する誘電体 3 1 のガス流路 3 6 の外壁面に直接プリントされて設けられてもよい。

[0105] なお、放電電極 3 2、放電用対向電極 3 3 および集塵用対向電極 3 4 の形状は、上記した形状に限られず任意であるが、放電電極 3 2 の形状は、上記した櫛状以外にも、例えば線状、点状、スリット状あるいは網目状にすることが好ましい。放電電極 3 2 の形状をこれらの形状にすることで、放電電極 3 2 近傍の電気力線が密になり、放電プラズマが容易に生成できるため効果的である。さらに、多くの粒子状物質（PM; Particulate Matter）等の有害物質を捕捉でき、効率よく有害物質、特に PM を燃焼させ除去することができる。また、集塵用対向電極 3 4 の形状も平板状に限らず、放電電極 3 2 と同様に、スリット状や網目状などにしてもよい。

[0106] また、放電用電源 5 0 の一方の極は、放電反応部 3 0 の放電電極 3 2 と、他方の極は、放電用対向電極 3 3 と、それぞれ放電用電気系統 5 1 を介して接続されている。放電用電源 5 0 は、例えば一次側と二次側の電源で構成される。一次側の電源としては、AC 100V で ϕ 50Hz または ϕ 60Hz の交流電源や DC 12V または DC 24V の直流電源が使用される。また、二次側の電源の出力電圧は、例えば、パルス状（正極性、負極性、正負の両極性）、交流状（正弦波、断続正弦波）の波形を有する出力電圧とされる。また、一時側の電源と二次側の電源は一体構造とすることもできるが、通常自動車に搭載されているバッテリー等の電源を一時側として利用することで、新たに一時側の電源を設置する必要がなくなり、装置のコンパクト化が図れる。さらに、二次側の電源は、トランスを備え、インバータ等で整形した数 V ~ 数百 V 程度の信号を、トランスにより数 kV から数十 kV の出力電圧に昇圧する構成にすることができる。高電圧配線の距離をできるだけ短くするためには、二次側の電源を放電反応部 3 0 に近接させて設置することが望ましい。なお、放電反応部 3 0 が高温になる場合などには、インバータ等の

電子回路が熱により損傷することを防ぐため、二次側の電源からトランス部分を独立構成として、トランスのみを放電反応部 30 に近接させて設置することが好ましい。

[0107] そして、放電用電源 50 によって、放電電極 32 と放電用対向電極 33 との間に例えば数 kV から数十 kV 程度の電圧を印加することにより、ガス流路 36 に電界を形成するとともに放電し、ガス流路 36 内部に放電プラズマ P が生成される。この際、放電電極 32 と放電用対向電極 33 との間には誘電体 31 が介在し、かつ誘電体 31 は、放電電極 32 と接触して設けられるため、ガス流路 36 における放電は、誘電体 31 に沿って形成される沿面放電となる。

[0108] 上記した、放電用電気系統 51 を介して互いに接続された放電用電源 50、放電電極 32 および放電用対向電極 33 により第 1 の電界形成手段が形成される。この第 1 の電界形成手段は、浄化対象ガス EG に含まれる PM を放電プラズマの作用により荷電するとともに、PM を分解および酸化させる燃焼処理を担う。

[0109] 一方、集塵用電源 60 の一方の極は、放電反応部 30 の集塵用対向電極 34 と、他方の極は、放電反応部 30 の放電電極 32 とそれぞれ集塵用電気系統 61 を介して接続されている。集塵用電源 60 は、例えば一次側と二次側の電源で構成される。一次側の電源としては、AC 100V で $\phi 50$ Hz または $\phi 60$ Hz の交流電源や DC 12V または DC 24V の直流電源が使用される。また二次側の電源の出力電圧は、直流状（正極性、負極性、正負の両極性）、パルス状（正極性、負極性、正負の両極性）、整流波形（単波整流波形、両波整流波形）の出力電圧とされる。

[0110] そして、集塵用電源 60 から放電電極 32 と集塵用対向電極 34 との間に、例えば数 kV 程度の電圧を印加することにより、ガス流路 36 に電界を形成することができるように構成される。上記した、集塵用電気系統 61 を介して互いに接続された集塵用電源 60、放電電極 32 および集塵用対向電極 34 により第 2 の電界形成手段が形成される。この第 2 の電界形成手段は、

電気集塵機能により荷電されたPMを捕捉するとともに、放電プラズマPをガス流路36側に引出すための集塵用の電界を形成する作用を担う。ここで、放電電極32と集塵用対向電極34との間（距離D）に印加する電圧Vを高くしていくと、両者の間で空間放電が発生し、ついにはスパークに至る。このような状態になると、ガス流路内の電気伝導度が上昇し、ガス流路中に引き出されていた単極性の電荷の移動度が高くなって放電電極32または集塵用対向電極34に吸収され、PMを効率的に荷電することができなくなる。このような状態を避けるため、印加する電圧Vは、放電電極32と集塵用対向電極34との間で放電が自発的に発生しない範囲で使用されることが好ましく、例えば V/D で規定される平均電界強度を $1\sim 30\text{ kV/cm}$ とするのが好適である。

[0111] なお、ガス浄化装置10の構成は、一例を示したもので、上記した構成に限られるものではない。

[0112] 次に、ガス浄化装置10の作用について説明する。

[0113] まず、自動車などのエンジンから排出される排ガス等の浄化対象ガスEGは、放電電極32と集塵用対向電極34との間に流入する。ここで、放電用電源50から放電電極32と放電用対向電極33との間にパルス状（正極性、負極性、正負の両極性）あるいは交流状（正弦波、断続正弦波）の電圧が印加される。これによって、放電電極32と放電用対向電極33との間、特に放電電極32の近傍には、集中的に電界が形成されて誘電体31に沿う沿面放電が起こり、沿面放電に伴って放電プラズマPが発生する。

[0114] ここで、放電用電源50の2次側の出力電圧は、パルス状（正極性、負極性、正負の両極性）あるいは交流状（正弦波、断続正弦波）の出力電圧であるため、誘電性の誘電体31を介在させても、誘電体31の表面に表面電荷が蓄積して放電を停止させたり、放電がアーク放電に移行したりすることがないため、一様で安定な放電プラズマPが発生する。

[0115] 一方、集塵用電源60から放電電極32と集塵用対向電極34との間に直流状（正極性、負極性、正負の両極性）、パルス状（正極性、負極性、正負

の両極性)あるいは整流波形(単波整流波形、両波整流波形)の電圧が印加される。すなわち、時間的に極性が変化しないような電圧が集塵用電源60から放電電極32と集塵用対向電極34との間に印加され、放電電極32と集塵用対向電極34との間には一様な電界が形成される。

[0116] この結果、放電電極32と集塵用対向電極34との間に形成された電界の作用により、放電プラズマPは、放電電極32からガス流路36内部に大きく引き出される。そして、ガス流路36を流動する浄化対象ガスEGに含まれるPMは、ガス流路36内部に大きく引き出された放電プラズマPにより生成された電子やイオンとの衝突により荷電される。また、上記したように、放電プラズマPは、放電電極32からガス流路36内部に大きく引き出されることによって、ガス流路36の断面積に亘って広がるため、ガス流路36を流動する浄化対象ガスEGと接触する確率が高まる。これによって、浄化対象ガスEGに含まれるPMの荷電される割合が高まる。

[0117] また、上記したように、集塵用電源60の出力電圧特性により、放電電極32と集塵用対向電極34との間に形成される電界の向きは時間的に変化しないため、ガス流路36内部に引き出される放電プラズマPは、プラスあるいはマイナスのうち一方の極性を有する放電プラズマPとなる。これによって、PMの大半もプラスあるいはマイナスに荷電される。このため、荷電されたPMは、第2の電界形成手段の作用で形成された電界から受けるクーロン力により軌跡が曲げられる。曲げられる方向は、PMの持つ電荷と電界の向きで決まるので、電荷の極性により、放電電極32側に曲げられるPMと、集塵用対向電極34側に曲げられるPMが生じる。

[0118] これによって、ガス流路36内で荷電された一方のPMは、集塵用電源60の作用で放電電極32と集塵用対向電極34との間に形成された電界の電気集塵的機能に加え、放電プラズマPの電氣的な力により放電電極32側に引き寄せられて、放電電極32の表面や放電電極32近傍の誘電体31の表面に捕捉される。また、一方のPMと荷電された極性の異なる他方のPMは、集塵用対向電極34の表面や集塵用対向電極34近傍の誘電体31の表面

に捕捉される。すなわち、プラスあるいはマイナスのいずれかに荷電されたPMは、電界および単極性の放電プラズマPの作用により一様な方向に電気的な力を受けて、放電電極32側または集塵用対向電極34側に捕捉される。

[0119] 上記したように、PMは、放電プラズマPによって荷電され、十分な荷電量を有し、電界および単極性の放電プラズマPの作用により一様な方向に電気的な力を受けて、効率よく放電電極32側または集塵用対向電極34側に捕捉される。このように、集塵用電源60の作用により形成された電界は、放電プラズマPの引き出し効果によるガス流路36内におけるPMの荷電効率の向上の他、荷電されたPMに電気的な力を与えて効率的に放電電極32側または集塵用対向電極34側に捕捉させる役割を有する。ここで、放電電極32と集塵用対向電極34との間（距離D）に印加する電圧Vを高くしていくと、両者の間で空間放電が発生し、ついにはスパークに至る。このような状態になると、ガス流路内の電気伝導度が上昇し、ガス流路中に引き出されていた単極性の電荷の移動度が高くなって放電電極32または集塵用対向電極34に吸収され、PMを効率的に荷電することができなくなる。このような状態を避けるため、印加する電圧Vは、放電電極32と集塵用対向電極34との間で放電が自発的に発生しない範囲で使用されることが好ましく、例えば V/D で規定される平均電界強度を $1\sim 30\text{ kV/cm}$ とするのが好適である。

[0120] また、放電反応部30内のガス流路36には、放電プラズマPによって生じた高エネルギー電子が浄化対象ガスEGと衝突することにより、O、OH、 O_3 、 O^{2-} 等の酸化ラジカルや NO_2 などが生成される。酸化ラジカルは、さらに浄化対象ガスEG中の炭化水素と反応して、別の活性な炭化水素分子を生じさせる。また、 NO_2 は、PMと燃焼反応を生じ、PMを分解および酸化する。

[0121] この放電プラズマP内に突入したPMは、加熱などの処理を施すことなく、段階的に燃焼反応して分解および酸化され、最終的には一酸化炭素や二酸

化炭素などになる。ここで、高密度の放電プラズマP中に突入したPMの一部は空間中で分解し、残りは、放電電極32の表面や放電電極32近傍の誘電体31の表面、または集塵用対向電極34の表面や集塵用対向電極34近傍の誘電体31の表面に衝突し捕捉される。それぞれの表面上に捕捉されたPMは、酸化ラジカルとの反応場に長時間滞留することになり、加熱などの処理を施すことなく、その間に酸化ラジカル作用により段階的に分解および酸化などの燃焼反応を生じ、最終的には一酸化炭素や二酸化炭素などになる。このため、放電反応部30内は、常に清浄に保たれ、これらの汚損による放電プラズマPの減少や、電気集塵的機能の低下を防ぐことができる。

[0122] このように放電反応部30によってPMが除去された浄化対象ガスEGは、放電反応部30の外部に排出される。

[0123] 次に、PMの燃焼処理に係る情報に基づくガス浄化装置10のガス浄化方法について説明する。

[0124] 捕捉されたPMの燃焼処理速度は、浄化対象ガスEGのガス成分や温度、PMの構成成分などによって変化する。浄化対象ガスEG中の酸素濃度や浄化対象ガスEGの温度が低いときや、PMに含まれるカーボンの割合が多いときには、燃焼処理速度は低下する。燃焼処理速度が遅いときに、大量のPMを捕捉すると、PMの捕捉速度が燃焼処理速度を上回るために、ガス浄化装置10の放電電極32や集塵用対向電極34の表面、これらの電極近傍の誘電体31の表面などにPMが堆積し、コロナ放電の不安定や、ガス浄化装置10内における圧力損失の上昇を引き起こす。ここで、PMの燃焼処理速度 (g/h) とは、単位時間当りに除去されるPM量をいう。ここで、PMの除去とは、PMを分解および酸化させて、二酸化炭素や一酸化炭素にして、PMとして存在させないことをいう。

[0125] ここで、ガス浄化装置10に流入するPMの量を Q_i (g/h)、ガス浄化装置10内におけるPMの捕捉効率を η 、燃焼処理速度を Q_b (g/h) としたとき、次の式(1)を満たすように制御することで、PMを堆積させることなく、安定した浄化対象ガスEGの浄化が可能となる。

$$Q_b > \eta \cdot Q_i \quad \dots \text{式 (1)}$$

[0126] なお、式(1)における右辺の「 $\eta \cdot Q_i$ 」は、単位時間当りに捕捉されるPM量、すなわちPMの捕捉速度を意味する。また、式(1)を満たすように、PMの燃焼処理速度がPMの捕捉速度よりも速いことがPMの堆積を防止するためには好ましいが、安定した浄化対象ガスEGの浄化は、PMの燃焼処理速度とPMの捕捉速度とが等しい場合でも達成できる。また、(1)の関係式は常時成立している必要はなく、例えば定期的検査までの期間、一日の車等の乗車時間、試験モード運転期間等、長時間の積算または平均の結果、結果的に(1)が成立していれば、安定した浄化が可能である。例えば、一定期間(1)の不等号が逆になるような条件で稼働し、PMを堆積させておき、この期間が終了した時点で(1)が成立するような運転条件を設定してもよい。これによって、堆積したPMの燃焼熱を有効に利用することができる。

[0127] 本発明に係るガス浄化装置10のガス浄化方法では、堆積したPMの燃焼処理の状態、すなわち第1の電界形成手段による燃焼処理の状態に応じて、第1の電界形成手段または第2の電界形成手段の作動状態を制御する。ここで、実際に、PMの燃焼処理速度を直接的に測定することは困難であるので、PMの燃焼処理に係る情報をPMの堆積の状態を評価するための指標とした。すなわち、以下に示すPMの燃焼処理に係る情報に関連付けられたPMの燃焼処理速度をデータベースとして備え、PMの燃焼処理に係る情報を測定することでデータベースからPMの燃焼処理速度を得ることができる。なお、データベースは、ハードディスク等の記憶手段に格納される。前述したように、PMの燃焼処理に係る情報には、例えば、ガス浄化装置10の入口、内部または出口における浄化対象ガスEGのガス成分(CO、NO_x、HC、CO₂、O₂等)やその変化、ガス浄化装置10の入口、内部、出口における浄化対象ガスEGの圧力、前記ガス浄化装置10における圧力損失、ガス浄化装置10の入口、内部または出口における浄化対象ガスEGの温度またはその変化、後述する第1の電界形成手段または第2の電界形成手段にお

ける印加電圧、電流、印加電圧と電流との比率（印加電圧／電流）などのガス浄化装置 10 の状態に係る情報、エンジン回転数、トルク、空燃比、吸入空気の圧力または流量、燃料の噴射量または消費量、噴射のタイミング、燃料の圧力、エンジン内圧力、吸気バルブ、排気バルブまたは EGRバルブの開度、エンジンの温度、冷却水の温度などのエンジンの状態に係る情報のうちの少なくともいずれか 1 つが含まれる。これらの PM の燃焼処理に係る情報に基づいて制御部 24 がデータベースを参照して判定を行うことにより第 1 の電界形成手段または第 2 の電界形成手段の作動状態を制御する。なお、ガス浄化装置 10 の状態に係る情報を用いる場合は、主にエンジンから排出される排ガスによって引き起こされたガス浄化装置 10 の状態の変化をとらえた受動的な制御、エンジンの状態に係る情報を用いる場合は、主にエンジンから排出される排ガスによって引き起こされるガス浄化装置の状態の変化を予測する能動的な制御を行う。また、これらの制御を組み合わせてもよい。

[0128] そして、制御部 24 は、PM の燃焼処理に係る情報を入力し、この情報に基づいて次に示すような判定をして、第 1 の電界形成手段または第 2 の電界形成手段の作動状態を制御する。なお、以下に示すのは判定の一例であり、これらに限定されるものではない。

[0129] ガス浄化装置 10 の入口および出口における浄化対象ガス EG のガス成分変化（例えば、二酸化炭素や炭化水素）の濃度に基づく場合、二酸化炭素や炭化水素の濃度変化が所定値以上のときに、前述した PM の分解や酸化が促進されているものと判定し、PM は堆積していないと判定する。この場合には、制御部 24 は、PM の燃焼処理速度が PM の捕捉速度よりも速いかまたは等しいと判定する。一方、二酸化炭素や炭化水素の濃度変化が所定値よりも低い場合、PM は堆積していると判定する。この場合には、制御部 24 は、PM の燃焼処理速度が PM の捕捉速度よりも遅いと判定する。

[0130] また、ガス浄化装置 10 における圧力損失に基づく場合、所定値以上の圧力損失を有するときには、PM が堆積してガス流路 36 を狭めているものと

判定される。この場合には、制御部 24 は、PM の燃焼処理速度が PM の捕捉速度よりも遅いと判定する。一方、圧力損失が所定値よりも小さいときには、制御部 24 は、PM の燃焼処理速度が PM の捕捉速度よりも速いと判定する。

[0131] また、ガス浄化装置 10 の出口における浄化対象ガス EG の温度変化に基づく場合、浄化対象ガス EG の温度変化が所定値以上のときには、制御部 24 は、PM の燃焼処理速度が PM の捕捉速度よりも速いと判定する。一方、浄化対象ガス EG の温度が所定値よりも小さいときには、制御部 24 は、PM の燃焼処理速度が PM の捕捉速度よりも遅いと判定する。

[0132] また、第 1 の電界形成手段における印加電圧と電流との比率（印加電圧／電流）に基づく場合、この比率が所定値以上のときには、制御部 24 は、PM の燃焼処理速度が PM の捕捉速度よりも速いと判定する。一方、比率値が所定値よりも小さいときには、制御部 24 は、PM の燃焼処理速度が PM の捕捉速度よりも遅いと判定する。

[0133] また、第 2 の電界形成手段における印加電圧と電流との比率（印加電圧／電流）に基づく場合、この比率が所定値以上のときには、制御部 24 は、PM の燃焼処理速度が PM の捕捉速度よりも速いと判定する。一方、比率値が所定値よりも小さいときには、制御部 24 は、PM の燃焼処理速度が PM の捕捉速度よりも遅いと判定する。

[0134] 以下に、式（1）を満たさない場合、すなわち PM の燃焼処理速度が PM の捕捉速度よりも遅い場合、および式（1）を満たす場合、すなわち PM の燃焼処理速度が PM の捕捉速度よりも速い場合におけるガス浄化方法の一例について説明する。

[0135] （PM の燃焼処理速度が PM の捕捉速度よりも遅い場合）

制御部 24 は、PM の燃焼処理に係る情報に基づいて、PM の燃焼処理速度が PM の捕捉速度よりも遅いと判定した場合、第 1 の電界形成手段の放電用電源 50 に、電圧、周波数、波形などを燃焼処理速度を速くする方向に調整するための信号を出力し、同時に、第 2 の電界形成手段の集塵用電源 60

に、電圧、周波数、波形などを集塵効率を低下させる方向に調整するための信号を出力する。ここで、例えば、放電用電源50の周波数を増加することで、燃焼処理速度を速くすることが可能である。また、例えば、集塵用電源60の電圧を低下させることで、集塵効率を低下させることが可能である。

[0136] この制御を行なうことで、上記した式(1)の関係を満たす、すなわちPMの燃焼処理速度をPMの捕捉速度よりも速くすることができる。

[0137] (PMの燃焼処理速度がPMの捕捉速度よりも速い場合)

制御部24は、PMの燃焼処理に係る情報に基づいて、PMの燃焼処理速度がPMの捕捉速度よりも速いと判定した場合、第1の電界形成手段の放電用電源50に、電圧、周波数、波形などを燃焼処理速度を低下させる方向に調整するための信号を出力し、同時に、第2の電界形成手段の集塵用電源60に、電圧、周波数、波形などを集塵効率を高める方向に調整するための信号を出力する。ここで、例えば、放電用電源50の周波数を減少することで、燃焼処理速度を低下させることが可能である。また、例えば、集塵用電源60の電圧を上昇させることで、集塵効率を高めることが可能である。

[0138] このように、PMの燃焼処理速度がPMの捕捉速度よりも速くなるときの具体例として、浄化対象ガスEGの温度が高い場合や、堆積したPMの連続燃焼により堆積層の温度が上昇し、堆積層自体の燃焼が開始した場合などが挙げられる。これらの場合には、第1の電界形成手段の電圧を遮断し電力を「0」にしてもPMの燃焼を継続することができる。

[0139] 上記したように、第5の実施の形態に係るガス浄化装置10のガス浄化方法では、PMの燃焼処理に係る情報に基づいて、第1の電界形成手段や第2の電界形成手段における電圧、周波数、波形などを最適に制御することができる。これによって、捕捉したPMを効率よく燃焼させることができるとともに、浄化対象ガスEGからPMを除去して浄化対象ガスEGを浄化することができる。さらに、付加変動の激しい条件においても安定した浄化対象ガスEGの浄化が可能となる。上記した第5の実施の形態に係るガス浄化装置10のガス浄化方法においては、PMの燃焼処理に係る情報に基づいて、第

1の電界形成手段や第2の電界形成手段における電圧、周波数、波形などを最適に制御したが、PMの燃焼処理速度に代えて、電荷の引き出し状態、PMの荷電状態、PMの捕捉状態に係る情報のうちのいずれかを用いても同様の制御をしてもよい。これによって、捕捉したPMを効率よく燃焼させることができるとともに、浄化対象ガスEGからPMを除去して浄化対象ガスEGを浄化することができる。さらに、付加変動の激しい条件においても安定した浄化対象ガスEGの浄化が可能となる。これらの電荷の引き出し状態、PMの荷電状態、PMの捕捉状態に係る情報は、PMの燃焼処理速度と同様に、直接的に測定することは困難であるので、以下に示す情報に関連付けられた、電荷の引き出し状態、PMの荷電状態、PMの捕捉状態に係る情報をデータベースとして備え、以下の情報を測定することでデータベースからPMの燃焼処理速度を得ることができる。なお、データベースは、ハードディスク等の記憶手段に格納される。

[0140] なお、以下に示す情報は、PMの燃焼処理に係る情報と同じである。すなわち、この情報には、例えば、ガス浄化装置10の入口、内部または出口における浄化対象ガスEGのガス成分(CO、NO_x、HC、CO₂、O₂等)やその変化、ガス浄化装置10の入口、内部、出口における浄化対象ガスEGの圧力、前記ガス浄化装置10における圧力損失、ガス浄化装置10の入口、内部または出口における浄化対象ガスEGの温度またはその変化、後述する第1の電界形成手段または第2の電界形成手段における印加電圧、電流、印加電圧と電流との比率(印加電圧/電流)などのガス浄化装置10の状態に係る情報、エンジン回転数、トルク、空燃比、吸入空気の圧力または流量、燃料の噴射量または消費量、噴射のタイミング、燃料の圧力、エンジン内圧力、吸気バルブ、排気バルブまたはEGRバルブの開度、エンジンの温度、冷却水の温度などのエンジンの状態に係る情報のうちの少なくともいずれか1つが含まれる。これらの上記した情報に基づいて制御部24がデータベースを参照して判定を行うことにより第1の電界形成手段または第2の電界形成手段の作動状態を制御する。

- [0141] また、本発明の第5の実施の形態に係るガス浄化装置10のガス浄化方法は、上記したガス浄化方法に限られるものではなく、例えば、第1の電界形成手段および第2の電界形成手段よりも上流側に、酸化ラジカルを生成可能な添加ガスを供給する添加ガス供給手段および浄化対象ガス中のガス成分を検出するガス成分分析装置をさらに備えてもよい。ガス成分分析装置として、例えば、酸素濃度を検知する酸素濃度検知装置が挙げられる。
- [0142] 図11は、添加ガス供給装置25および酸素濃度検知装置26を備えたガス浄化システムを模式的に示したブロック図である。
- [0143] 図11に示すように、排気流路21において、添加ガス供給装置25によって添加ガスが添加される位置は、酸素濃度検知装置26が浄化対象ガスEGを採取する位置よりも上流側に設けられている。これによって、制御部24は、酸素濃度検知装置26から添加ガスを添加した後の浄化対象ガスEG中の酸素濃度に係る情報を入力することができ、この計測値に基づいて、添加ガス供給装置25から供給する添加ガスの流量を制御する。
- [0144] 例えば、制御部24は、酸素濃度が低下したと判定した場合には、添加ガス供給装置25に添加ガスの添加量を増加するための信号を出力し、添加ガス供給装置25は、その信号に基づいて、例えば、バルブを開いたり、ポンプを稼働させるなどの方法で添加ガスの添加量を増加させる。PMの燃焼処理速度は、放電プラズマPによって生成されるO、O₃、O²⁻等の酸化ラジカルの濃度などの影響を受け、浄化対象ガスEG中の酸素濃度が増加し、酸化ラジカルの濃度が高くなることで、燃焼処理速度を速めることができる。
- [0145] なお、添加ガス供給装置25によって添加ガスが添加される位置は、酸素濃度検知装置26が浄化対象ガスEGを採取する位置よりも下流側に設けてもよい。この場合には、制御部24は、酸素濃度検知装置26によって計測された、添加ガスを添加する前の浄化対象ガスEG中の酸素濃度に基づいて、添加ガス供給装置25から供給する添加ガスの流量を制御する。
- [0146] 添加ガス供給装置25から供給される添加ガスは、前述したO、OH、O₃、O²⁻等の酸化ラジカルやNO₂を生成可能な、例えば酸素や水蒸気などのガ

スである。この添加ガス供給装置 25 と排気流路 21 との間は配管で連結され、添加ガス供給装置 25 から排出された添加ガスは、排気流路 21 を流動する浄化対象ガス EG に添加され混合し、放電反応部 30 内に流入する。

[0147] このように、添加ガス供給装置 25 および酸素濃度検知装置 26 を設けることで、浄化対象ガス EG 中の酸素濃度を所定の範囲に設定することができる。これによって、酸化ラジカルの生成量を増加させ、PM の燃焼反応を促進することができる。また、放電電極 32 の表面や放電電極 32 近傍の誘電体 31 の表面、または集塵用対向電極 34 の表面や集塵用対向電極 34 近傍の誘電体 31 の表面に捕捉された PM をさらに効率よく分解および酸化することができ、浄化対象ガスを浄化することができる。また、放電電極 32 の表面や放電電極 32 近傍の誘電体 31 の表面、または集塵用対向電極 34 の表面や集塵用対向電極 34 近傍の誘電体 31 の表面に、例えば白金系の酸化触媒や三元触媒などで構成される触媒層を設けている場合には、触媒が例えば酸素分子を吸着して活性酸素をつくりるので、酸素濃度を制御することによって触媒における反応速度を制御することも可能となる。

[0148] (第 6 の実施の形態)

第 6 の実施の形態のガス浄化装置 10 におけるガス浄化方法では、複数のガス浄化装置 10 を直列に配置した場合におけるガス浄化方法について説明する。なお、ここでは、2 つのガス浄化装置 10 を直列に配置した場合を例示して説明する。

[0149] 図 12 は、本発明に係る第 6 の実施の形態のガス浄化装置 10 におけるガス浄化方法を説明するためのガス浄化システムを模式的に示したブロック図である。なお、第 5 の実施の形態のガス浄化システムの構成と同一部分には、同一の符号を付して重複する説明を省略または簡略する。また、図 12 では、2 つのガス浄化装置 10 をそれぞれガス浄化装置 10 a、ガス浄化装置 10 b と示す。

[0150] 図 12 に示すように、自動車のエンジン 20 から排出される排ガス等の浄化対象ガス EG は、排気流路 21 を介して、直列に配置されたまず上流側の

ガス浄化装置 10 a に導入される。続いて、上流側のガス浄化装置 10 a から排気された浄化対象ガス EG は、下流側のガス浄化装置 10 b に導入され、その後排気される。また、排気流路 21 のガス浄化装置 10 a よりも上流側、およびガス浄化装置 10 a とガス浄化装置 10 b との間およびガス浄化装置 10 b よりも下流側には、それぞれ、PM の燃焼処理に係る情報を検知する第 1 ~ 3 の検知装置 23、24、27 が備えられている。

[0151] ここで、PM の燃焼処理に係る情報には、例えば、ガス浄化装置 10 の入口および出口における浄化対象ガス EG のガス成分変化、前記ガス浄化装置における圧力損失、ガス浄化装置の入口および出口における浄化対象ガスの温度変化、後述する第 1 の電界形成手段または第 2 の電界形成手段における印加電圧と電流との比率（印加電圧／電流）のうちの少なくともいずれか 1 つが含まれる。

[0152] 第 1 の検知装置 22、第 2 の検知装置 23 および第 3 の検知装置 27 は、例えば、排気流路 21 を流動する浄化対象ガス EG の圧力を計測する圧力計測装置で構成される。この圧力計測装置における計測結果に基づいて、ガス浄化装置 10 内における圧力損失値を得ることができる。また、第 1 の検知装置 22、第 2 の検知装置 23 および第 3 の検知装置 27 は、例えば、ガス浄化装置 10 から排出された浄化対象ガス EG のガス成分を分析するガス成分分析装置、ガス浄化装置 10 から排出された浄化対象ガス EG の温度を計測する温度計測装置、後述する第 1 の電界形成手段または第 2 の電界形成手段を駆動する放電用電源の出力端電圧または電流を計測する電圧計または電流計などで構成される。なお、第 1 の検知装置 22、第 2 の検知装置 23 および第 3 の検知装置 27 は、上記した各装置の少なくともいずれか 1 つで構成されればよい。

[0153] また、ガス成分分析装置では、浄化対象ガス EG 中の二酸化炭素、炭化水素、酸素などの濃度が計測される。また、上記した電圧計または電流計は、第 1 の電界形成手段の放電用電源 50、第 2 の電界形成手段の集塵用電源 60 に電氣的に接続されている。また、ガス浄化装置 10、第 1 の検知装置 2

2、第2の検知装置23および第3の検知装置27は、制御部24と電氣的に接続されている。なお、図12では、各装置と制御部24との接続線の記載は図の明記のため省略している。

[0154] 第6の実施の形態のガス浄化装置10におけるガス浄化方法では、まず、制御部24は、上流側のガス浄化装置10aにおいて、PMの高い集塵効率を得られるように、ガス浄化装置10aの第1の電界形成手段の放電用電源50および／または第2の電界形成手段の集塵用電源60における電圧、周波数、波形などを制御する。このPMの高い集塵効率を得られる、電圧、周波数、波形などの設定を、以下では捕捉モードという。また、制御部24は、下流側のガス浄化装置10bにおいては、PMの集塵効率が低く、かつ高い燃焼処理機能を得られるように、ガス浄化装置10bの第1の電界形成手段の放電用電源50および／または第2の電界形成手段の集塵用電源60における電圧、周波数、波形などを制御する。この場合には、主に、捕捉したPMを分解および酸化する燃焼処理が施される。このPMの集塵効率が低く、かつ高い燃焼処理機能を得られる、電圧、周波数、波形などの設定を、以下では燃焼モードという。

[0155] まず、上流側のガス浄化装置10aに浄化対象ガスEGが流入すると、ガス浄化装置10aは捕捉モードで運転されているため、主に浄化対象ガスEGに含まれるPMが捕捉される。制御部24は、ガス浄化装置10aにおけるPMの燃焼処理に係る情報に基づいて、例えば圧力損失が増加し、前述した、PMの燃焼処理速度がPMの捕捉速度よりも遅いと判定される状態に該当すると判定した場合、ガス浄化装置10aの運転状態を捕捉モードから燃焼モードに切り替えるための信号をガス浄化装置10aの第1の電界形成手段の放電用電源50および／または第2の電界形成手段の集塵用電源60に出力する。この切替と同時に、制御部24は、下流側のガス浄化装置10bの運転状態を燃焼モードから捕捉モードに切り替えるための信号をガス浄化装置10bの第1の電界形成手段の放電用電源50および／または第2の電界形成手段の集塵用電源60に出力する。

[0156] これによって、上流側のガス浄化装置 10 a では、主に、捕捉した PM が燃焼され、前述した式 (1) を満たす、PM の燃焼処理速度が PM の捕捉速度よりも速い状態となる。そして、堆積された PM は、徐々に分解および酸化して減少し、放電電極 32 の表面や放電電極 32 近傍の誘電体 31 の表面、または集塵用対向電極 34 の表面や集塵用対向電極 34 近傍の誘電体 31 の表面は PM の堆積のない状態に回復する。また、上流側のガス浄化装置 10 a に流入した浄化対象ガス EG が含む PM の殆どは、そのままガス浄化装置 10 a を通過し、下流側のガス浄化装置 10 b で捕捉される。

[0157] 続いて、制御部 24 は、下流側のガス浄化装置 10 b における PM の燃焼処理に係る情報に基づいて、例えば圧力損失が増加し、前述した、PM の燃焼処理速度が PM の捕捉速度よりも遅いと判定される状態に該当すると判断した場合、ガス浄化装置 10 b の運転状態を捕捉モードから燃焼モードに切り替えるための信号をガス浄化装置 10 b の第 1 の電界形成手段の放電用電源 50 および／または第 2 の電界形成手段の集塵用電源 60 に出力する。この切替と同時に、制御部 24 は、上流側のガス浄化装置 10 a の運転状態を燃焼モードから捕捉モードに切り替えるための信号をガス浄化装置 10 a の第 1 の電界形成手段の放電用電源 50 および／または第 2 の電界形成手段の集塵用電源 60 に出力する。

[0158] これによって、下流側のガス浄化装置 10 b では、主に、捕捉した PM が燃焼され、前述した式 (1) を満たす、PM の燃焼処理速度が PM の捕捉速度よりも速い状態となる。そして、堆積された PM は、徐々に分解および酸化して減少し、放電電極 32 の表面や放電電極 32 近傍の誘電体 31 の表面、または集塵用対向電極 34 の表面や集塵用対向電極 34 近傍の誘電体 31 の表面は PM の堆積のない状態に回復する。また、上流側のガス浄化装置 10 a に浄化対象ガス EG が流入すると、ガス浄化装置 10 a は捕捉モードで運転されているため、主に浄化対象ガス EG に含まれる PM が捕捉される。

[0159] 以降の運転においても、上記したように、PM の燃焼処理に係る情報に基づいて、ガス浄化装置 10 a およびガス浄化装置 10 b では、捕捉モードと

燃焼モードの運転が繰り返し行なわれる。

[0160] 上記したように、第6の実施の形態のガス浄化装置10におけるガス浄化方法では、複数のガス浄化装置を直列に配置することで、例えば、あるガス浄化装置を燃焼モードで、他のガス浄化装置を捕捉モードで運転することができる。これによって、1つのガス浄化装置に、燃焼機能と捕捉機能を兼ね備えて運転するよりも、効率よく燃焼機能および捕捉機能のそれぞれの機能を発揮することができる。また、PMの燃焼処理に係る情報に基づいて、各ガス浄化装置における運転状態を、燃焼モードから捕捉モードへ、または捕捉モードから燃焼モードへ切り替えることができるので、ガス浄化システム全体として安定して連続的に浄化対象ガスEGの浄化を行なうことができる。

[0161] なお、本発明の第6の実施の形態に係るガス浄化装置10のガス浄化方法は、上記したガス浄化方法に限られるものではなく、第5の実施の形態と同様に、例えば、各ガス浄化装置10a、10bにおける第1の電界形成手段および第2の電界形成手段よりも上流側に、酸化ラジカルを生成可能な添加ガスを供給する添加ガス供給手段および浄化対象ガスのガス成分を検出するガス成分分析装置をさらに備えてもよい。ガス成分分析装置として、例えば、酸素濃度を検知する酸素濃度検知装置が挙げられる。

[0162] ここで、PMの燃焼処理速度は、浄化対象ガスEG中の酸素濃度が増加し、酸化ラジカルの濃度が高くなることで、燃焼処理速度を速めることができるため、特に燃焼モードの状態のガス浄化装置に添加ガスを供給することが好ましい。

[0163] このように、添加ガス供給装置および酸素濃度検知装置を設けることで、浄化対象ガスEG中の酸素濃度を所定の範囲に設定することができる。これによって、酸化ラジカルの生成量を増加させ、PMの燃焼反応を促進することができる。また、放電電極32の表面や放電電極32近傍の誘電体31の表面、または集塵用対向電極34の表面や集塵用対向電極34近傍の誘電体31の表面に捕捉されたPMをさらに効率よく分解および酸化することがで

き、浄化対象ガスを浄化することができる。また、放電電極 3 2 の表面や放電電極 3 2 近傍の誘電体 3 1 の表面、または集塵用対向電極 3 4 の表面や集塵用対向電極 3 4 近傍の誘電体 3 1 の表面に、例えば白金系の酸化触媒や三元触媒などで構成される触媒層を設けている場合には、触媒が例えば酸素分子を吸着して活性酸素を生成するので、酸素濃度を制御することによって触媒における反応速度を制御することも可能となる。

[0164] また、上記したガス浄化方法では、例えば、各ガス浄化装置 1 0 a、1 0 b における第 1 の電界形成手段および第 2 の電界形成手段の運転条件を、それぞれ個々に設定して運転することができる。なお、直列に配置されるガス浄化装置は、2 つに限られるものではなく、3 つ以上配置されてもよい。直列に配置されるガス浄化装置 1 0 a、1 0 b は、例えば、積層され複数の単位ガス浄化装置からなるユニットとして構成されてもよい。これらのユニットをさらに直列または並列に構成してもよい。また、それぞれのユニットは同時に制御されてもよいが、個々に独立で制御されることでより効率的な処理が可能となる。

[0165] (第 7 の実施の形態)

第 7 の実施の形態のガス浄化装置 1 0 におけるガス浄化方法では、複数のガス浄化装置 1 0 を並列に配置した場合におけるガス浄化方法について説明する。なお、ここでは、2 つのガス浄化装置 1 0 を並列に配置した場合を例示して説明する。

[0166] 図 1 3 は、本発明に係る第 7 の実施の形態のガス浄化装置 1 0 におけるガス浄化方法を説明するためのガス浄化システムを模式的に示したブロック図である。なお、第 5 の実施の形態のガス浄化システムの構成と同一部分には、同一の符号を付して重複する説明を省略または簡略する。また、図 1 3 では、2 つのガス浄化装置 1 0 をそれぞれガス浄化装置 1 0 a、ガス浄化装置 1 0 b と示す。

[0167] 図 1 3 に示すように、自動車のエンジン 2 0 から排出される排ガス等の浄化対象ガス E G は、排気流路 2 1 を通り、さらに排気流路 2 1 が分岐された

分岐排気流路 21 a、21 b のいずれかを通り、ガス浄化装置 10 a またはガス浄化装置 10 b に導入され、その後排気される。また、排気流路 21 の分岐部には、ガス浄化装置 10 a またはガス浄化装置 10 b に、浄化対象ガス EG の流れを切り替えて流すための切替弁 70 が備えられている。また、分岐排気流路 21 a のガス浄化装置 10 a、10 b よりも上流側および下流側には、それぞれ、PM の燃焼処理に係る情報を検知する第 1 の検知装置 22 および第 2 の検知装置 23 が備えられている。

[0168] ここで、PM の燃焼処理に係る情報には、例えば、ガス浄化装置 10 の入口および出口における浄化対象ガス EG のガス成分変化、前記ガス浄化装置における圧力損失、ガス浄化装置の入口および出口における浄化対象ガスの温度変化、後述する第 1 の電界形成手段または第 2 の電界形成手段における印加電圧と電流との比率（印加電圧／電流）のうちの少なくともいずれか 1 つが含まれる。

[0169] また、ガス浄化装置 10、第 1 の検知装置 22、第 2 の検知装置 23 および切替弁 70 は、制御部 24 と電氣的に接続されている。なお、図 13 では、各装置と制御部 24 との接続線の記載は図の明記のため省略している。

[0170] 第 7 の実施の形態のガス浄化装置 10 におけるガス浄化方法では、まず、制御部 24 は、切替弁 70 を制御して一方のガス浄化装置 10 a にのみ浄化対象ガス EG が流入する状態とする。また、制御部 24 は、浄化対象ガス EG を流入させる一方のガス浄化装置 10 a における運転状態を捕捉モードにするための信号をガス浄化装置 10 a の第 1 の電界形成手段の放電用電源 50 および／または第 2 の電界形成手段の集塵用電源 60 に出力する。一方、制御部 24 は、浄化対象ガス EG を流入させない他方のガス浄化装置 10 b における運転状態を燃焼モードにするための信号をガス浄化装置 10 b の第 1 の電界形成手段の放電用電源 50 および／または第 2 の電界形成手段の集塵用電源 60 に出力する。

[0171] まず、一方のガス浄化装置 10 a に浄化対象ガス EG が流入すると、ガス浄化装置 10 a は捕捉モードで運転されているため、主に浄化対象ガス EG

に含まれるPMが捕捉される。制御部24は、ガス浄化装置10aにおけるPMの燃焼処理に係る情報に基づいて、例えば圧力損失が増加し、前述した、PMの燃焼処理速度がPMの捕捉速度よりも遅いと判定される状態に該当すると判断した場合、ガス浄化装置10aの運転状態を捕捉モードから燃焼モードに切り替えるための信号をガス浄化装置10aの第1の電界形成手段の放電用電源50および／または第2の電界形成手段の集塵用電源60に出力する。この切替と同時に、制御部24は、切替弁70を制御して他方のガス浄化装置10bにのみ浄化対象ガスEGが流入する状態とし、さらに他方のガス浄化装置10bの運転状態を燃焼モードから捕捉モードに切り替えるための信号をガス浄化装置10bの第1の電界形成手段の放電用電源50および／または第2の電界形成手段の集塵用電源60に出力する。

[0172] これによって、一方のガス浄化装置10aでは、捕捉したPMが燃焼され、前述した式(1)を満たす、PMの燃焼処理速度がPMの捕捉速度よりも速い状態となる。なお、一方のガス浄化装置10aには浄化対象ガスEGが供給されていないので、実際には、式(1)において、ガス浄化装置10aに流入するPMの量 Q_i は「0」となる。そして、堆積されたPMは、徐々に分解および酸化して減少し、放電電極32の表面や放電電極32近傍の誘電体31の表面、または集塵用対向電極34の表面や集塵用対向電極34近傍の誘電体31の表面はPMの堆積のない状態に回復する。また、他方のガス浄化装置10bに流入した浄化対象ガスEGが含むPMは、捕捉モードで運転されているこの他方のガス浄化装置10bで捕捉される。

[0173] 続いて、制御部24は、他方のガス浄化装置10bにおけるPMの燃焼処理に係る情報に基づいて、例えば圧力損失が増加し、前述した、PMの燃焼処理速度がPMの捕捉速度よりも遅いと判定される状態に該当すると判断した場合、ガス浄化装置10bの運転状態を捕捉モードから燃焼モードに切り替えるための信号をガス浄化装置10bの第1の電界形成手段の放電用電源50および／または第2の電界形成手段の集塵用電源60に出力する。この切替と同時に、制御部24は、切替弁70を制御して一方のガス浄化装置1

0 aにのみ浄化対象ガスEGが流入する状態とし、一方のガス浄化装置10 aの運転状態を燃焼モードから捕捉モードに切り替えるための信号をガス浄化装置10 aの第1の電界形成手段の放電用電源50および／または第2の電界形成手段の集塵用電源60に出力する。

[0174] これによって、他方のガス浄化装置10 bでは、主に、捕捉したPMが燃焼され、前述した式(1)を満たす、PMの燃焼処理速度がPMの捕捉速度よりも速い状態となる。なお、他方のガス浄化装置10 bには浄化対象ガスEGが供給されていないので、実際には、式(1)において、ガス浄化装置10 bに流入するPMの量 Q_i は「0」となる。そして、堆積されたPMは、徐々に分解および酸化して減少し、放電電極32の表面や放電電極32近傍の誘電体31の表面、または集塵用対向電極34の表面や集塵用対向電極34近傍の誘電体31の表面はPMの堆積のない状態に回復する。また、一方のガス浄化装置10 aに流入した浄化対象ガスEGが含むPMは、捕捉モードで運転されているこの一方のガス浄化装置10 aで捕捉される。

[0175] 以降の運転においても、上記したように、PMの燃焼処理に係る情報に基づいて、ガス浄化装置10 aおよびガス浄化装置10 bでは、捕捉モードと燃焼モードの運転が繰り返し行なわれる。

[0176] 上記したように、第7の実施の形態のガス浄化装置10におけるガス浄化方法では、複数のガス浄化装置を並列に配置することで、例えば、あるガス浄化装置を燃焼モードで、他のガス浄化装置を捕捉モードで運転することができる。これによって、1つのガス浄化装置に、燃焼機能と捕捉機能を兼ね備えて運転するよりも、効率よく燃焼機能および捕捉機能のそれぞれの機能を発揮することができる。また、PMの燃焼処理に係る情報に基づいて、各ガス浄化装置における運転状態を、燃焼モードから捕捉モードへ、または捕捉モードから燃焼モードへ切り替えることができるので、ガス浄化システム全体として安定して連続的に浄化対象ガスEGの浄化を行なうことができる。

[0177] なお、本発明の第7の実施の形態に係るガス浄化装置10のガス浄化方法

は、上記したガス浄化方法に限られるものではなく、第5の実施の形態と同様に、例えば、各ガス浄化装置10a、10bにおける第1の電界形成手段および第2の電界形成手段よりも上流側に、酸化ラジカルを生成可能な添加ガスを供給する添加ガス供給手段および浄化対象ガスのガス成分を検出するガス成分分析装置をさらに備えてもよい。ガス成分分析装置として、例えば、酸素濃度を検知する酸素濃度検知装置が挙げられる。

[0178] ここで、PMの燃焼処理速度は、浄化対象ガスEG中の酸素濃度が増加し、酸化ラジカルの濃度が高くなることで、燃焼処理速度を速めることができるため、特に燃焼モードの状態のガス浄化装置に添加ガスを供給することが好ましい。

[0179] このように、添加ガス供給装置および酸素濃度検知装置を設けることで、浄化対象ガスEG中の酸素濃度を所定の範囲に設定することができる。これによって、酸化ラジカルの生成量を増加させ、PMの燃焼反応を促進することができる。また、放電電極32の表面や放電電極32近傍の誘電体31の表面、または集塵用対向電極34の表面や集塵用対向電極34近傍の誘電体31の表面に捕捉されたPMをさらに効率よく分解および酸化することができる。また、放電電極32の表面や放電電極32近傍の誘電体31の表面、または集塵用対向電極34の表面や集塵用対向電極34近傍の誘電体31の表面に、例えば白金系の酸化触媒や三元触媒などで構成される触媒層を設けている場合には、触媒が例えば酸素分子を吸着して活性酸素を生成するので、酸素濃度を制御することによって触媒における反応速度を制御することも可能となる。

[0180] また、上記したガス浄化方法では、例えば、各ガス浄化装置10a、10bにおける第1の電界形成手段および第2の電界形成手段の運転条件を、それぞれ個々に設定して運転することができる。なお、並列に配置されるガス浄化装置は、2つに限られるものではなく、3つ以上配置されてもよい。また、並列に配置されたそれぞれのガス浄化装置10a、10bに同時に分岐ガスを通流する場合には切替弁70を備えなくてもよい。並列に配置される

ガス浄化装置 10 a、10 b は、例えば、積層され複数の単位ガス浄化装置からなるユニットとして構成されてもよい。これらのユニットをさらに直列または並列に構成してもよい。また、それぞれのユニットは同時に制御されてもよいが、個々に独立で制御されることでより効率的な処理が可能となる。

[0181] (第 8 の実施の形態)

[0182] 図 1 4 は、本発明に係る第 8 の実施の形態のガス浄化装置 10 の断面を模式的に示す図である。なお、上記した実施の形態のガス浄化装置 10 の構成と同一部分には、同一の符号を付している。

[0183] 図 1 4 に示されたガス浄化装置 10 は、前述した実施の形態におけるガス浄化装置 10 において、集塵用対向電極 3 4 を設ける代わりに、複数組、例えば 2 組の対向する放電電極 3 2 a、3 2 b および放電用対向電極 3 3 a、3 3 b を設けたものである。図 1 4 に示したガス浄化装置 10 は、図 1 0 に示した第 5 の実施の形態のガス浄化装置 10 において、集塵用対向電極 3 4 を設ける代わりに、2 組の対向する放電電極 3 2 a、3 2 b および放電用対向電極 3 3 a、3 3 b を設けた一例を示したものである。なお、ここでは、この図 1 4 に示されたガス浄化装置 10 を一例として説明するが、他の実施の形態のガス浄化装置 10 において、集塵用対向電極 3 4 を設ける代わりに、複数組、例えば 2 組の対向する放電電極 3 2 a、3 2 b および放電用対向電極 3 3 a、3 3 b を設けてもよく、この一例のガス浄化装置 10 の作用効果と同様の作用効果が得られる。

[0184] ガス浄化装置 10 では、例えば平板あるいは筒状構造の誘電体 3 1 によりガス流路 3 6 が形成される。誘電体 3 1 のガス流路 3 6 側には、複数組、例えば 2 組の放電電極 3 2 a、3 2 b (第 1 の放電電極 3 2 a および第 2 の放電電極 3 2 b) が設けられる一方、誘電体 3 1 のガス流路 3 6 と逆側には、2 組の放電用対向電極 3 3 a、3 3 b (第 1 の放電用対向電極 3 3 a および第 2 の放電用対向電極 3 3 b) が設けられる。第 1 の放電電極 3 2 a および第 2 の放電電極 3 2 b は、互いにガス流路 3 6 を挟んでそれぞれ誘電体 3 1

に接触して設けられる。さらに、第1の放電電極32aと誘電体31を挟んで対向する位置に第1の放電用対向電極33aが配置され、第2の放電電極32bと誘電体31を挟んで対向する位置に第2の放電用対向電極33bが配置される。

[0185] また、第1の放電電極32aおよび第1の放電用対向電極33aは、第1の放電用電源50aと放電用電気系統51aを介して接続され、第1の放電用電源50aにより第1の放電電極32aと第1の放電用対向電極33aとの間にパルス状、交流状あるいは両極性パルス状の電圧を印加することにより放電用の電界を形成させて放電を起こし、放電プラズマP1を生成できるように構成される。

[0186] 同様に、第2の放電電極32bおよび第2の放電用対向電極33bは、第2の放電用電源50bと放電用電気系統51bを介して接続され、第2の放電用電源50bにより第2の放電電極32bと第2の放電用対向電極33bとの間にパルス状、交流状あるいは両極性パルス状の電圧を印加することにより放電用の電界を形成させて放電を起こし、放電プラズマP2を生成できるように構成される。上記した、放電用電気系統51a、51bを介して互いに接続された放電用電源50a、50b、放電電極32a、32bおよび放電用対向電極33a、33bにより第1の電界形成手段が形成される。

[0187] このとき、第1の放電電極32aと第1の放電用対向電極33aの間には誘電体31が存在し、かつ第1の放電電極32aと誘電体31は密着しているため、引き起こされる放電は安定したコロナ放電であり、第1の放電電極32a近傍において誘電体31に沿う沿面放電となる。第2の放電電極32bにおいて引き起こされる放電も同様である。

[0188] さらに、第1の放電電極32aおよび第2の放電電極32bは、それぞれ集塵用電気系統61を介して集塵用電源60と接続され、集塵用電源60により第1の放電電極32aと第2の放電電極32bとの間に直流状、単極性のパルス状、整流波形状の電圧を印加することにより時間的に向きが一定の集塵用の電界を形成させることができるように構成される。上記した、集塵

用電気系統 61 を介して互いに接続された集塵用電源 60、放電電極 32a、32b により第 2 の電界形成手段が形成される。

[0189] このため、集塵用の電界の作用により第 1 の放電電極 32a 近傍および第 2 の放電電極 32b 近傍において生成された各放電プラズマ P1 のうち、マイナスの電荷あるいはプラスの電荷を有する放電プラズマ P1 がガス流路 36 側に引き出される。なお、このとき、集塵用の電界であり、かつ放電プラズマ P1 の引き出し用にも利用される電界の向きは一定であるため、ガス流路 36 側に引き出された各放電プラズマ P1 の極性は互いに逆となる。

[0190] そして、放電プラズマ P1 により荷電された PM は、第 1 の放電電極 32a と第 2 の放電電極 32b との間に形成された集塵用の電界の電氣的集塵効果により極性に応じた向きで電氣的な力を受けて誘電体 31、第 1 の放電電極 32a および第 2 の放電電極 32b に捕捉され、さらに捕捉された PM は、第 1 の放電電極 32a および第 2 の放電電極 32b の近傍に沿面放電により生成された放電プラズマ P1 により燃焼処理される。

[0191] つまり、ガス浄化装置 10 は、2 組の放電電極 32a、32b を対向配置させて集塵用の電界を形成させることにより、図 10 に示すガス浄化装置 10 における第 2 の電界形成手段の構成要素である集塵用対向電極 34 としての機能を放電電極 32a、32b が互いに兼ねた構成である。

[0192] このため、ガス浄化装置 10 によれば、図 10 に示すガス浄化装置 10 における効果の他、誘電体 31 のガス流路 36 側の表面近傍において、より広い範囲で放電プラズマ P1 を生成させることができる。例えば図 14 に示すように放電電極が 2 つの場合には、2 箇所放電プラズマ P1、P2 を生成させることが可能となるため、誘電体 31 の各所に捕捉された PM をより効率的に燃焼処理することができる。

[0193] 特に、例えば図 10 に示すガス浄化装置 10 のように、放電プラズマ P の電荷が単極性であり、かつ 1 箇所から生成されるような場合には、放電プラズマ P の極性と同一極性に荷電された PM は、放電プラズマ P が生成されない側に引き寄せられて捕捉されることとなる。この場合、捕捉された PM を

十分に燃焼できない恐れがある。実際に、発明者らは、流入したPMの大部分が、放電プラズマPと対向する側の面に付着する可能性があることを実験的に確認している。

[0194] 一方、ガス浄化装置10によれば、PMがいずれの向きに電氣的に力を受けて誘電体31で捕捉されても、放電プラズマP1、P2により燃焼処理することができる。

[0195] さらに、ガス浄化装置10において、放電用の電界形成のための電圧印加、すなわち第1の放電電極32aと第1の放電用対向電極33aとの間における電圧印加並びに第2の放電電極32bと第2の放電用対向電極33bとの間における電圧印加を交互に切り換えて断続的に行なうと、より効率的にPMを除去することができる。

[0196] すなわち、仮に第1の放電電極32aと第1の放電用対向電極33aとの間における電圧印加並びに第2の放電電極32bと第2の放電用対向電極33bとの間における電圧印加を同時に行なうと、第1の放電電極32aおよび第2の放電電極32bからそれぞれ同時に放電プラズマP1、P2が生成される。しかし、各放電プラズマP1、P2の極性は互いに異なり、ガス流路36の中心部分では、双方の極性を有する放電プラズマP1、P2が混在することとなる。また、第1の放電電極32aおよび第2の放電電極32b近傍において、集塵用の電界による影響の小さい部位においても双方の極性を有する放電プラズマP1、P2が混在する。

[0197] このため、放電用に大きな電圧が印加され、集塵用の電界による電氣的集塵効果に影響を与える程、放電プラズマP1、P2の量が多いような場合には、双方の極性を有する放電プラズマP1、P2が混在する領域において、荷電されたPMの移動が阻害される恐れがある。特に第1の放電電極32aおよび第2の放電電極32bの近傍には、双方の極性を有する放電プラズマP1、P2がより大量に生成され、誘電体31付近に引き寄せられたPMの移動が阻害される可能性が高い。そこで、放電を放電電極32a、32bごとに切り換えて行なえば、放電用により大きな電圧を印加したとしてもこの

ようなPMの集塵阻害を回避することができる。

[0198] なお、第1の放電用電源50aおよび第2の放電用電源50bを共通化し、単一の放電用電源を用いて第1の放電電極32aと第1の放電用対向電極33aとの間における電圧印加並びに第2の放電電極32bと第2の放電用対向電極33bとの間における電圧印加を行なうようにしてもよい。また、第1の放電用電源50aおよび第2の放電用電源50bのそれぞれの出力電圧は、同一であっても異なるものであってもよい。

[0199] 次に、上記した第8の実施の形態のガス浄化装置10におけるガス浄化方法について説明する。このガス浄化方法を説明するためのガス浄化システムは、図9に示したガス浄化システムと同じ構成であるので、図9を参照して説明する。また、第5の実施の形態のガス浄化装置10におけるガス浄化方法を説明するためのガス浄化システムの構成と同一部分には、同一の符号を付して、重複する説明を省略または簡略する。

[0200] なお、ここでは、第8の実施の形態のガス浄化装置10におけるガス浄化方法について説明するが、他の実施の形態のガス浄化装置10においても、同様のガス浄化システムを構成することで、第8の実施の形態のガス浄化装置10におけるガス浄化方法と同様の作用効果が得られる。

[0201] 図9に示すように、第8の実施の形態のガス浄化装置10は、例えば、自動車のエンジン20から排出される排ガス等の浄化対象ガスEGが通る排気流路21に設けられる。また、排気流路21のガス浄化装置10よりも上流側には、粒子状物質(PM; Particulate Matter)の燃焼処理に係る情報を検知する第1の検知装置22が備えられている。また、排気流路21のガス浄化装置10よりも下流側には、PMの燃焼処理に係る情報を検知する第2の検知装置23が備えられている。なお、PMの燃焼処理に係る情報を検知する装置は、上記した第1の検知装置22、第2の検知装置23の少なくともいずれか一方を備えていればよい。また、ガス浄化装置10、第1の検知装置22、第2の検知装置23は、制御部24と電氣的に接続されている。なお、図9では、各装置と制御部24との接続線の記載は図の明記のため

省略している。

[0202] このガス浄化システムにおいて、放電用電気系統51aを介して互いに接続された放電用電源50a、放電電極32aおよび放電用対向電極33aからなる第1の電界形成手段と、放電用電気系統51bを介して互いに接続された放電用電源50b、放電電極32bおよび放電用対向電極33bからなる第1の電界形成手段とを切り替えて運転することができる。ここで、切り替えとは、放電用電源50aと放電用電源50bとの運転と停止を交互に切替えることで行っても、放電用電源50aおよび放電用電源50bは作動させたままで、その印加電圧、印加周波数を切り替えることで行ってもよい。すなわち、極性の異なる放電プラズマP1と放電プラズマP2の電荷量との間に差が生ずる状態とすればよい。

[0203] ここで、切り替えのタイミングを、ガス浄化装置10に流入するPMの量 Q_i (g/h)、ガス浄化装置10におけるPMの捕捉効率 η 、燃焼処理速度 Q_b (g/h)を用いて決めることができる。なお、上記した2つの第1の電界形成手段の切り替えや制御、および第2の電界形成手段の制御などは、制御部24によって行われる。

[0204] 例えば、放電用電源50aを運転し、放電用電源50bを停止している時間 t_1 の間、放電電極32bの表面に付着したPMは、燃焼することなく堆積する。このPMの堆積量が多くなり過ぎると、切り替え後に放電用電源50bを運転にした際に、放電電極32bがPMで被覆されているため、有効に電界を印加できず、放電を開始することができなくなる可能性がある。PMの堆積量は、「 $\eta \times Q_i \times t_1$ 」の値に比例するため、この値が一定値以下になるように t_1 を決めて、運転と停止の切り替えを行うことで、放電開始時における放電が不能となることを回避できる。これによって、安定した制御が可能となる。

[0205] 続いて、放電用電源の運転状態を切り替え、放電用電源50bを運転し、放電用電源50aを停止している時間 t_2 の間に、堆積したPMを燃焼させる必要があることから、「 $Q_b \times t_2$ 」の値が「 $\eta \times Q_i \times t_1$ 」の値より

も大きくなるように t_2 が設定される。

[0206] ここで、実際に Q_i や Q_b を直接的に測定することは不可能であるので、以下に示す情報に関連付けられた、 Q_i や Q_b の情報をデータベースとして備え、以下の情報を測定することでデータベースから Q_i や Q_b を得ることができる。なお、データベースは、ハードディスク等の記憶手段に格納される。また、以下に示す情報は、前述したPMの燃焼処理に係る情報と同じである。すなわち、この情報には、例えば、ガス浄化装置10の入口、内部または出口における浄化対象ガスEGのガス成分(CO、NO_x、HC、CO₂、O₂等)やその変化、ガス浄化装置10の入口、内部、出口における浄化対象ガスEGの圧力、前記ガス浄化装置10における圧力損失、ガス浄化装置10の入口、内部または出口における浄化対象ガスEGの温度またはその変化、後述する第1の電界形成手段または第2の電界形成手段における印加電圧、電流、印加電圧と電流との比率(印加電圧/電流)などのガス浄化装置10の状態に係る情報、エンジン回転数、トルク、空燃比、吸入空気の圧力または流量、燃料の噴射量または消費量、噴射のタイミング、燃料の圧力、エンジン内圧力、吸気バルブ、排気バルブまたはEGRバルブの開度、エンジンの温度、冷却水の温度などのエンジンの状態に係る情報のうちの少なくともいずれか1つが含まれる。これらの上記した情報に基づいて制御部24がデータベースを参照して判定を行うことにより第1の電界形成手段または第2の電界形成手段の作動状態を制御する。なお、ガス浄化装置10の状態に係る情報を用いる場合は、主にエンジンから排出される排ガスによって引き起こされたガス浄化装置10の状態の変化をとらえた受動的な制御、エンジンの状態に係る情報を用いる場合は、主にエンジンから排出される排ガスによって引き起こされるガス浄化装置の状態の変化を予測する能動的な制御を行う。また、これらの制御を組み合わせてもよい。

[0207] また、放電電極32a、32bの表面における耐熱性や耐食性を向上させる目的で、電極表面を誘電体で被覆する場合は、別の観点からの切り替え制御が有効である。

- [0208] 放電電極 3 2 a、3 2 b を誘電体で被覆した場合において、放電用電源 5 0 a を運転し、放電用電源 5 0 b を停止にしているとき、放電プラズマ P 1 から引き出された電荷や PM に付着した電荷が、第 2 の電界形成手段の作る電界によって放電電極 3 2 b 上に到達すると、誘電体表面に電荷が蓄積される。この蓄積電荷によって作られる電界によって、第 2 の電界形成手段が作る電界が打ち消され、時間とともに第 2 の電界形成手段の作る電界の効果を発揮できなくなる。この状態で放電用電源 5 0 b を運転し、放電用電源 5 0 a を停止すると、放電電極 3 2 b 付近で生じる放電プラズマ P 2 によって、蓄積していた電荷が減衰して、再度第 2 の電界形成手段の作る電界の効果を発揮することができるようになる。
- [0209] その一方で、今度は放電電極 3 2 a 側に電荷の蓄積が開始され、時間とともに第 2 の電界形成手段の作る電界の効果を発揮できなくなる。そこで、第 2 の電界形成手段の作る電界の効果を損なわない時間間隔で、放電用電源 5 0 a および放電用電源 5 0 b の運転と停止を切り替えることにより、第 2 の電界形成手段の作る電界の効果を十分に発揮させ、連続的に良好な処理状態を維持することができる。電荷の蓄積速度は、第 2 の電界形成手段に流れ込む電流を測定することにより可能であり、この情報を制御部 2 4 に入力することにより制御部 2 4 は、電源の切り替えのタイミングを制御することができる。実際には第 2 の電界形成手段に流れ込む電流を直接測定しなくても、前述した PM の燃焼処理に係る情報のうちのいずれかを用いて、第 2 の電界形成手段に流れ込む電流を特定し、電源の切り替えのタイミングを制御することができる。
- [0210] 上記したように、本発明に係る第 8 の実施の形態のガス浄化装置 1 0 によれば、複数組、例えば 2 組の対向する放電電極 3 2 a、3 2 b および放電用対向電極 3 3 a、3 3 b を設けることで、放電用電源 5 0 a および放電用電源 5 0 b の運転と停止を切り替えることができる。これによって、より効率的に PM を捕捉して除去することができる。
- [0211] 以上、本発明を一実施の形態により具体的に説明したが、本発明はこれら

の実施の形態にのみ限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。また、本発明に係るガス浄化装置、ガス浄化システムおよびガス浄化方法は、自動車の排気路に適用する以外にも、PMを含む排気ガスを排出する原動機全般に適用することができる。

産業上の利用可能性

[0212] 本発明の態様に係るガス浄化装置、ガス浄化システムおよびガス浄化方法によれば、排ガス中に含まれるPMを効率よく捕捉し、捕捉したPMを加熱することなく効率よく除去して、浄化対象ガスを浄化することができる。本発明の態様に係るガス浄化装置、ガス浄化システムおよびガス浄化方法は、自動車の排気路に適用する以外にも、PMを含む排気ガスを排出する原動機全般に有効に利用される。

請求の範囲

- [1] 第1の電界形成手段により、浄化対象ガスが流動するガス流路に放電用の電界を形成して放電プラズマを生成し、前記浄化対象ガスに含まれる粒子状物質を前記放電プラズマの作用により荷電するとともに燃焼処理し、第2の電界形成手段により、前記荷電された粒子状物質を電氣的集塵機能により捕捉するとともに前記放電プラズマを前記ガス流路側に引出すための集塵用の電界を形成するガス浄化装置であって、
- 前記第1の電界形成手段および前記第2の電界形成手段が設置された位置よりも上流側に、流動する浄化対象ガスを荷電する荷電用電極を具備したことを特徴とするガス浄化装置。
- [2] 請求項1記載のガス浄化装置において、
- 前記荷電用電極が、前記浄化対象ガスの主流の方向に対してほぼ垂直な方向に配設されることを特徴とするガス浄化装置。
- [3] 請求項1記載のガス浄化装置において、
- 前記荷電用電極が、所定の間隔をあけて複数配設されていることを特徴とするガス浄化装置。
- [4] 第1の電界形成手段により、浄化対象ガスが流動するガス流路に放電用の電界を形成して放電プラズマを生成し、前記浄化対象ガスに含まれる粒子状物質を前記放電プラズマの作用により荷電するとともに燃焼処理し、第2の電界形成手段により、前記荷電された粒子状物質を電氣的集塵機能により捕捉するとともに前記放電プラズマを前記ガス流路側に引出すための集塵用の電界を形成するガス浄化装置であって、
- 前記第1の電界形成手段が設置された側の前記ガス流路の内壁面、前記第2の電界形成手段が設置された側の前記ガス流路の内壁面、前記第1の電界形成手段を構成する放電電極、前記第2の電界形成手段を構成する集塵用電極の少なくともいずれかの表面が、凹凸面で形成されていることを特徴とするガス浄化装置。
- [5] 請求項4記載のガス浄化装置において、

前記凹凸面の凹凸が、前記浄化対象ガスの主流の方向に沿って形成されていることを特徴とするガス浄化装置。

- [6] 請求項 4 記載のガス浄化装置において、
前記凹凸面の凹凸が、前記浄化対象ガスの主流の方向に対してほぼ垂直な方向に沿って形成されていることを特徴とするガス浄化装置。
- [7] 第 1 の電界形成手段により、浄化対象ガスが流動するガス流路に放電用の電界を形成して放電プラズマを生成し、前記浄化対象ガスに含まれる粒子状物質を前記放電プラズマの作用により荷電するとともに燃焼処理し、第 2 の電界形成手段により、前記荷電された粒子状物質を電氣的集塵機能により捕捉するとともに前記放電プラズマを前記ガス流路側に引出すための集塵用の電界を形成するガス浄化装置であって、
前記第 1 の電界形成手段が設置された側の前記ガス流路の内壁面、前記第 2 の電界形成手段が設置された側の前記ガス流路の内壁面、前記第 1 の電界形成手段を構成する放電電極、前記第 2 の電界形成手段を構成する集塵用電極の少なくともいずれかの表面に触媒層が形成されていることを特徴とするガス浄化装置。
- [8] 請求項 7 記載のガス浄化装置において、
前記触媒層が、前記表面に塗布された触媒物質の塗布層からなることを特徴とするガス浄化装置。
- [9] 請求項 7 記載のガス浄化装置において、
前記触媒層が、前記表面に配置された、触媒物質を担持する多孔質層からなることを特徴とするガス浄化装置。
- [10] 第 1 の電界形成手段により、浄化対象ガスが流動するガス流路に放電用の電界を形成して放電プラズマを生成し、前記浄化対象ガスに含まれる粒子状物質を前記放電プラズマの作用により荷電するとともに燃焼処理し、第 2 の電界形成手段により、前記荷電された粒子状物質を電氣的集塵機能により捕捉するとともに前記放電プラズマを前記ガス流路側に引出すための集塵用の電界を形成するガス浄化装置であって、

前記第 1 の電界形成手段および前記第 2 の電界形成手段が設置された位置よりも上流側に、酸化ラジカルを生成可能な添加ガスを供給する添加ガス供給手段を具備することを特徴とするガス浄化装置。

- [11] 請求項 1 記載のガス浄化装置を少なくとも 2 つ直列または並列に配置して構成されたことを特徴とするガス浄化システム。
- [12] 請求項 4 記載のガス浄化装置を少なくとも 2 つ直列または並列に配置して構成されたことを特徴とするガス浄化システム。
- [13] 請求項 7 記載のガス浄化装置を少なくとも 2 つ直列または並列に配置して構成されたことを特徴とするガス浄化システム。
- [14] 請求項 10 記載のガス浄化装置を少なくとも 2 つ直列または並列に配置して構成されたことを特徴とするガス浄化システム。
- [15] 請求項 11 記載のガス浄化装置において、
前記ガス浄化装置を並列に配置した場合、各ガス浄化装置に、浄化対象ガスの流れを切り替えて導入可能な切替弁を具備することを特徴とするガス浄化システム。
- [16] 請求項 12 記載のガス浄化装置において、
前記ガス浄化装置を並列に配置した場合、各ガス浄化装置に、浄化対象ガスの流れを切り替えて導入可能な切替弁を具備することを特徴とするガス浄化システム。
- [17] 請求項 13 記載のガス浄化装置において、
前記ガス浄化装置を並列に配置した場合、各ガス浄化装置に、浄化対象ガスの流れを切り替えて導入可能な切替弁を具備することを特徴とするガス浄化システム。
- [18] 請求項 14 記載のガス浄化装置において、
前記ガス浄化装置を並列に配置した場合、各ガス浄化装置に、浄化対象ガスの流れを切り替えて導入可能な切替弁を具備することを特徴とするガス浄化システム。
- [19] 浄化対象ガスが流動するガス流路に放電用の電界を形成して放電プラズマ

を生成し、前記浄化対象ガスに含まれる粒子状物質を前記放電プラズマの作用により荷電するとともに燃焼処理する第 1 の電界形成手段と、前記荷電された粒子状物質を電氣的集塵機能により捕捉するとともに前記放電プラズマを前記ガス流路側に引出すための集塵用の電界を形成する第 2 の電界形成手段と、前記第 1 の電界形成手段および前記第 2 の電界形成手段を制御する制御手段とを備えるガス浄化装置のガス浄化方法であって、

前記制御手段が、前記第 1 の電界形成手段における粒子状物質の燃焼処理に係る情報を検知して、該検知された情報に基づいて、前記第 1 の電界形成手段および／または前記第 2 の電界形成手段の作動状態を制御することを特徴とするガス浄化方法。

[20] 浄化対象ガスが流動するガス流路に放電用の電界を形成して放電プラズマを生成し、前記浄化対象ガスに含まれる粒子状物質を前記放電プラズマの作用により荷電するとともに燃焼処理する第 1 の電界形成手段と、前記荷電された粒子状物質を電氣的集塵機能により捕捉するとともに前記放電プラズマを前記ガス流路側に引出すための集塵用の電界を形成する第 2 の電界形成手段と、前記第 1 の電界形成手段および前記第 2 の電界形成手段を制御する制御手段とを備えるガス浄化装置を複数直列または並列に配置した場合におけるガス浄化方法であって、

前記制御手段が、前記各ガス浄化装置における前記第 1 の電界形成手段における粒子状物質の燃焼処理に係る情報を検知して、該検知された情報に基づいて、前記各ガス浄化装置における前記第 1 の電界形成手段および／または前記第 2 の電界形成手段の作動状態を制御することを特徴とするガス浄化方法。

[21] 請求項 19 記載のガス浄化方法において、

前記ガス浄化装置が、前記第 1 の電界形成手段および前記第 2 の電界形成手段よりも上流側に、酸化ラジカルを生成可能な添加ガスを供給する添加ガス供給手段および浄化対象ガス中のガス成分を検知するガス成分検知手段をさらに備え、

前記制御手段が、前記ガス成分検知手段において検知されたガス成分に基づいて、前記添加ガス供給手段を制御して、浄化対象ガス中に流量を調整して添加ガスを供給することを特徴とするガス浄化方法。

[22] 請求項 20 記載のガス浄化方法において、

前記ガス浄化装置が、前記第 1 の電界形成手段および前記第 2 の電界形成手段よりも上流側に、酸化ラジカルを生成可能な添加ガスを供給する添加ガス供給手段および浄化対象ガス中のガス成分を検知するガス成分検知手段をさらに備え、

前記制御手段が、前記ガス成分検知手段において検知されたガス成分に基づいて、前記添加ガス供給手段を制御して、浄化対象ガス中に流量を調整して添加ガスを供給することを特徴とするガス浄化方法。

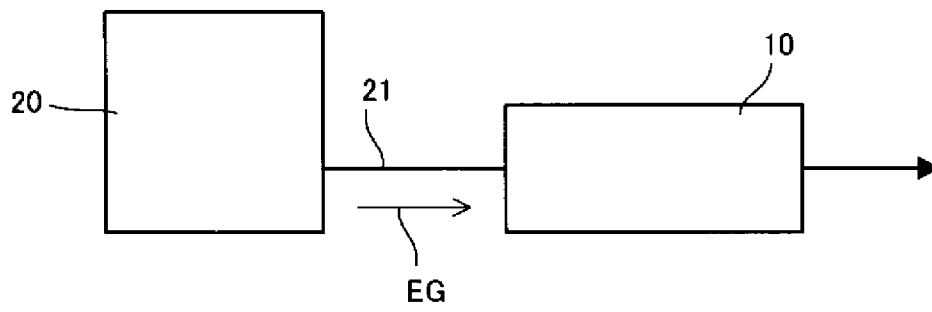
[23] 請求項 19 記載のガス浄化方法において、

前記粒子状物質の燃焼処理に係る情報が、ガス浄化装置の入口および出口における浄化対象ガスのガス成分変化、前記ガス浄化装置における圧力損失、ガス浄化装置の入口および出口における浄化対象ガスの温度変化、第 1 の電界形成手段または第 2 の電界形成手段における印加電圧と電流との比率のうちの少なくともいずれか 1 つを含むことを特徴とするガス浄化方法。

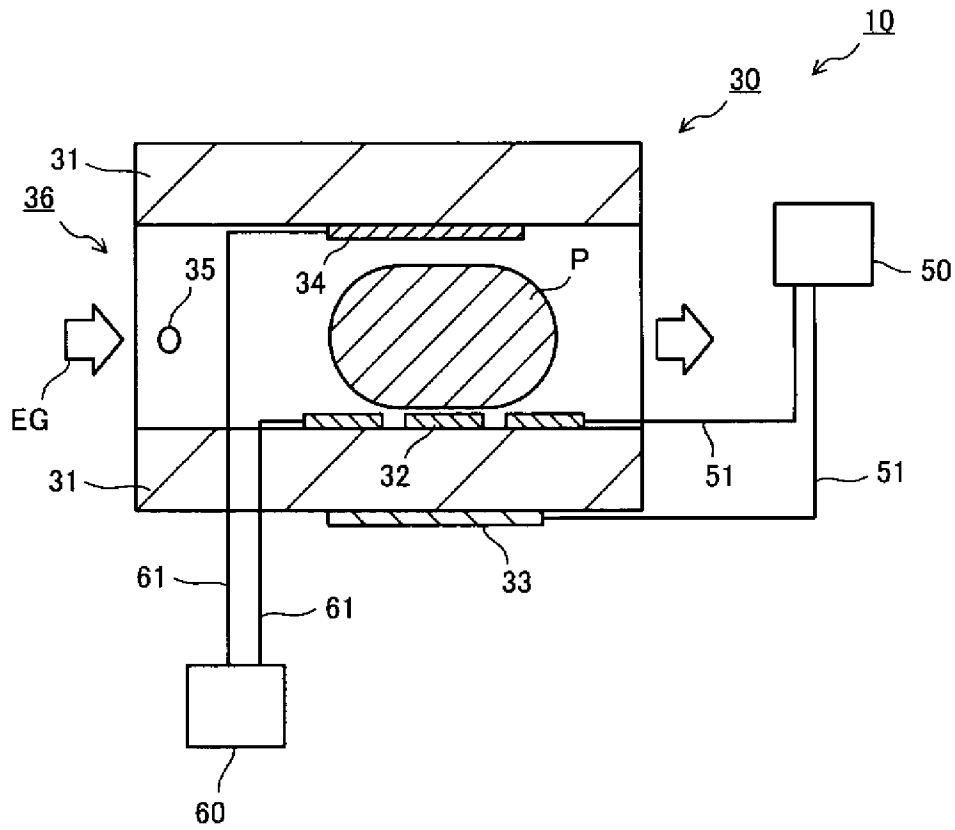
[24] 請求項 20 記載のガス浄化方法において、

前記粒子状物質の燃焼処理に係る情報が、ガス浄化装置の入口および出口における浄化対象ガスのガス成分変化、前記ガス浄化装置における圧力損失、ガス浄化装置の入口および出口における浄化対象ガスの温度変化、第 1 の電界形成手段または第 2 の電界形成手段における印加電圧と電流との比率のうちの少なくともいずれか 1 つを含むことを特徴とするガス浄化方法。

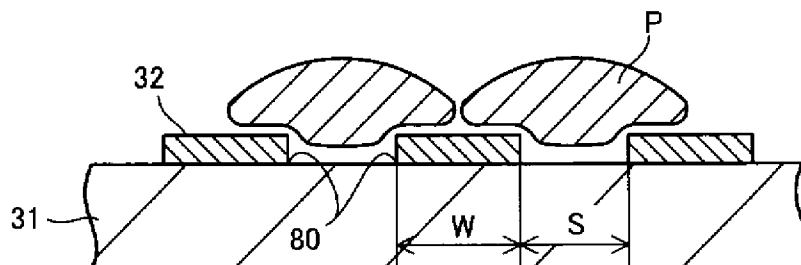
[図1]



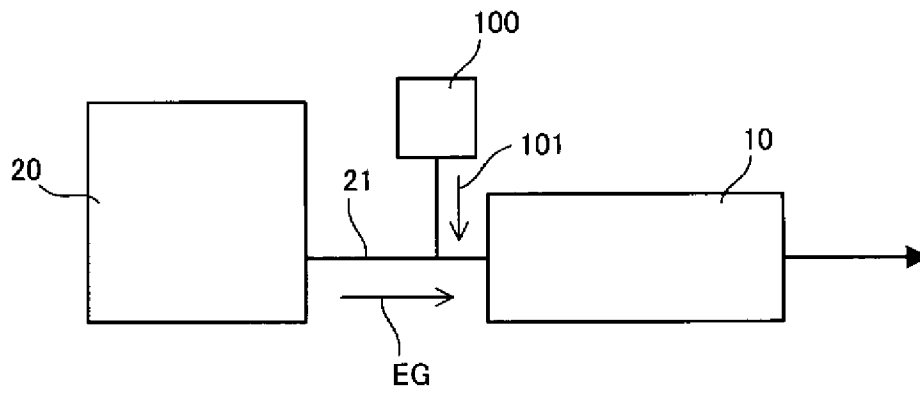
[図2]



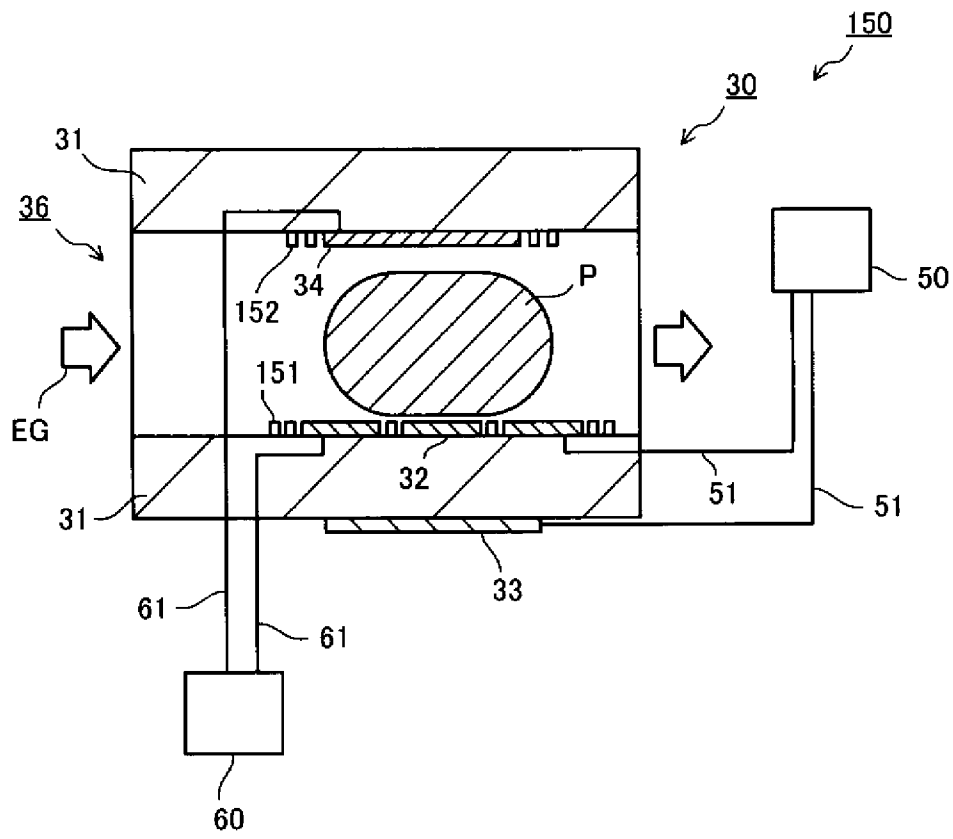
[図3]



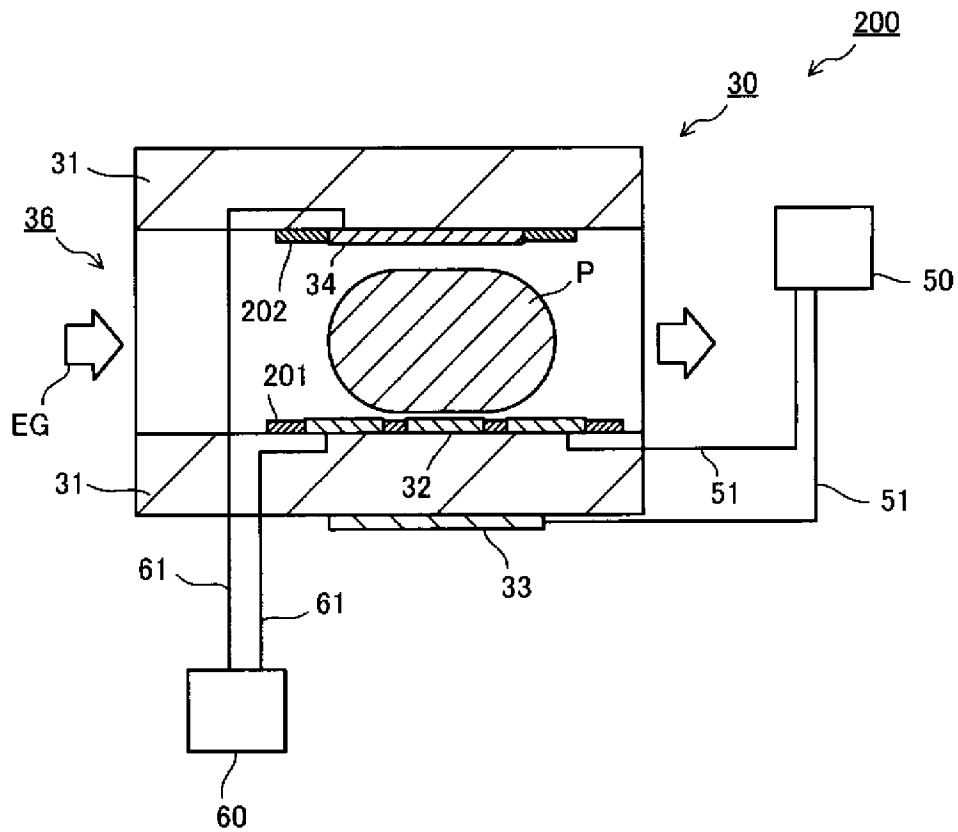
[図4]



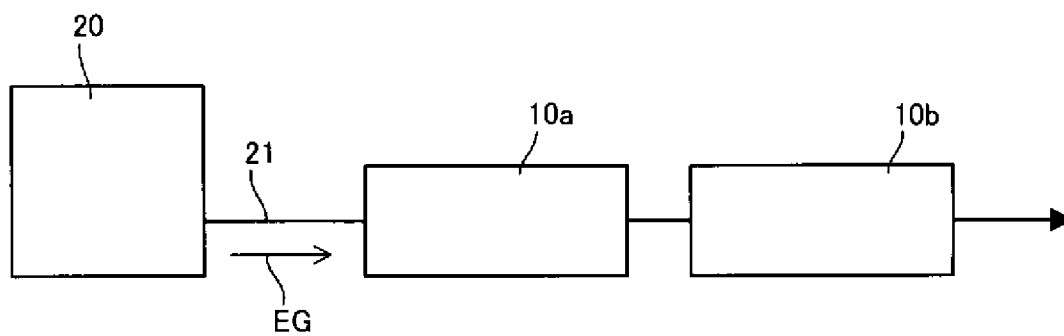
[図5]



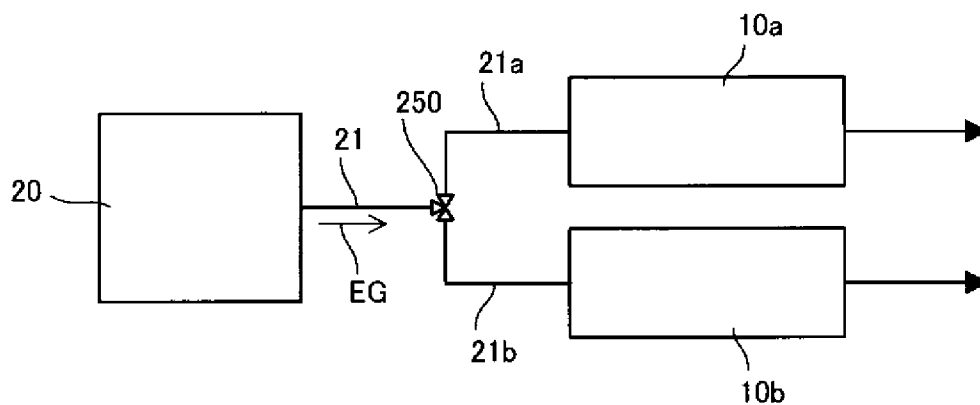
[図6]



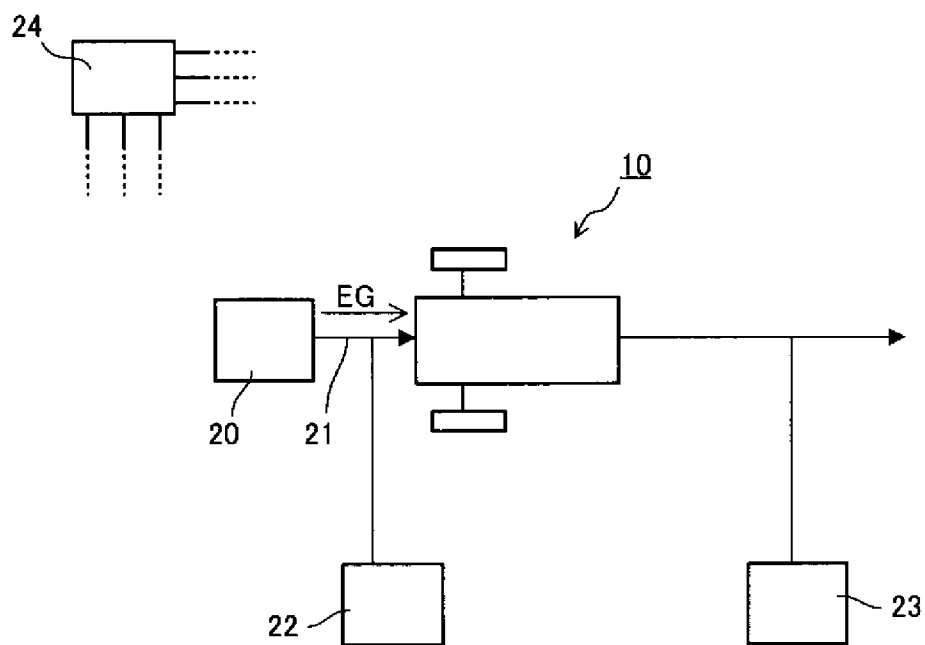
[図7]



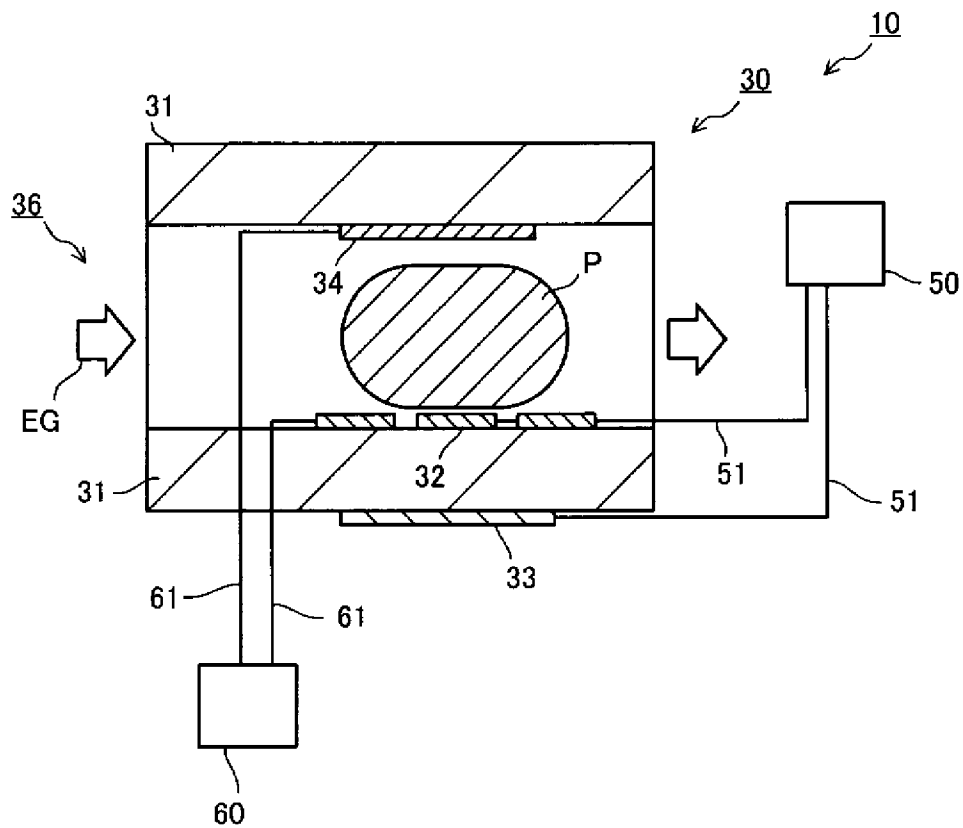
[図8]



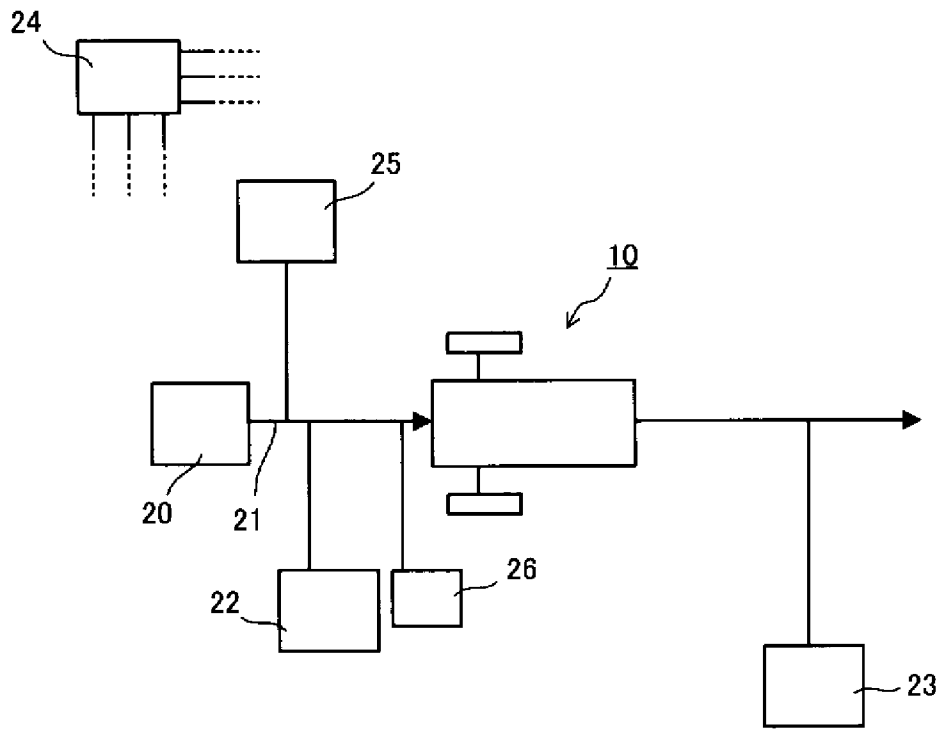
[図9]



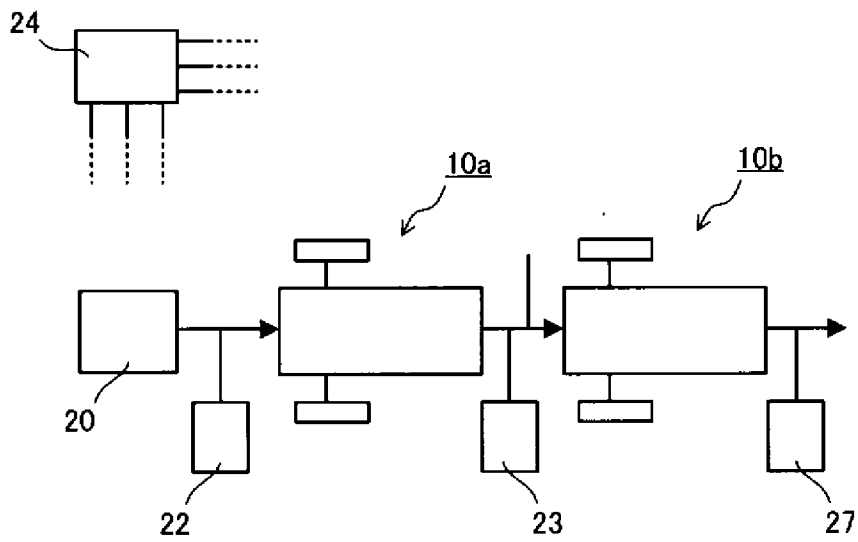
[図10]



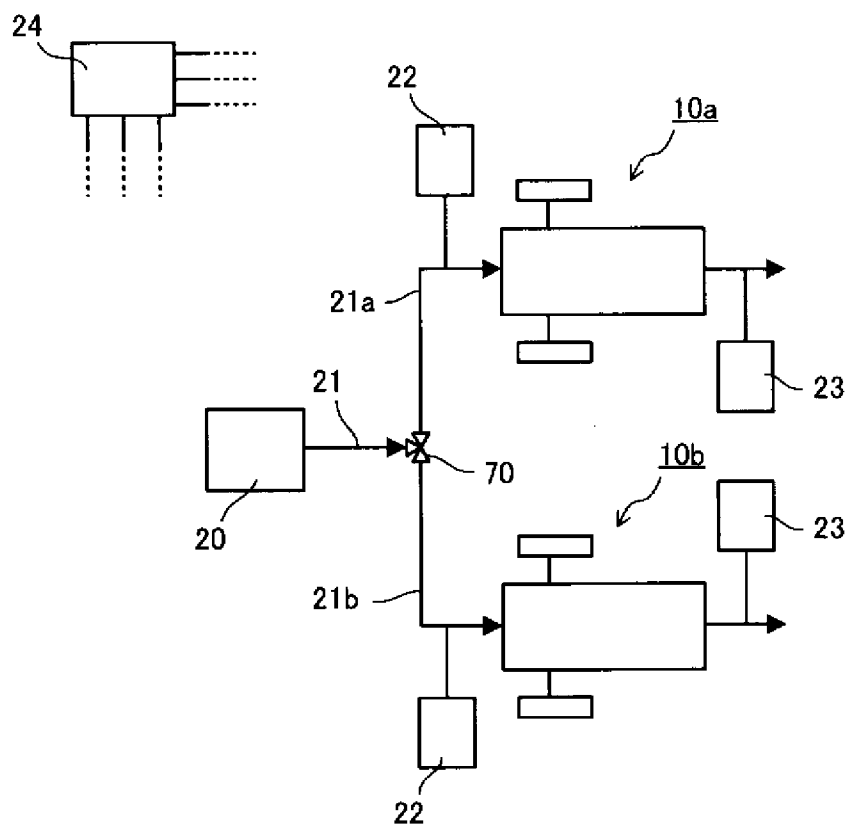
[図11]



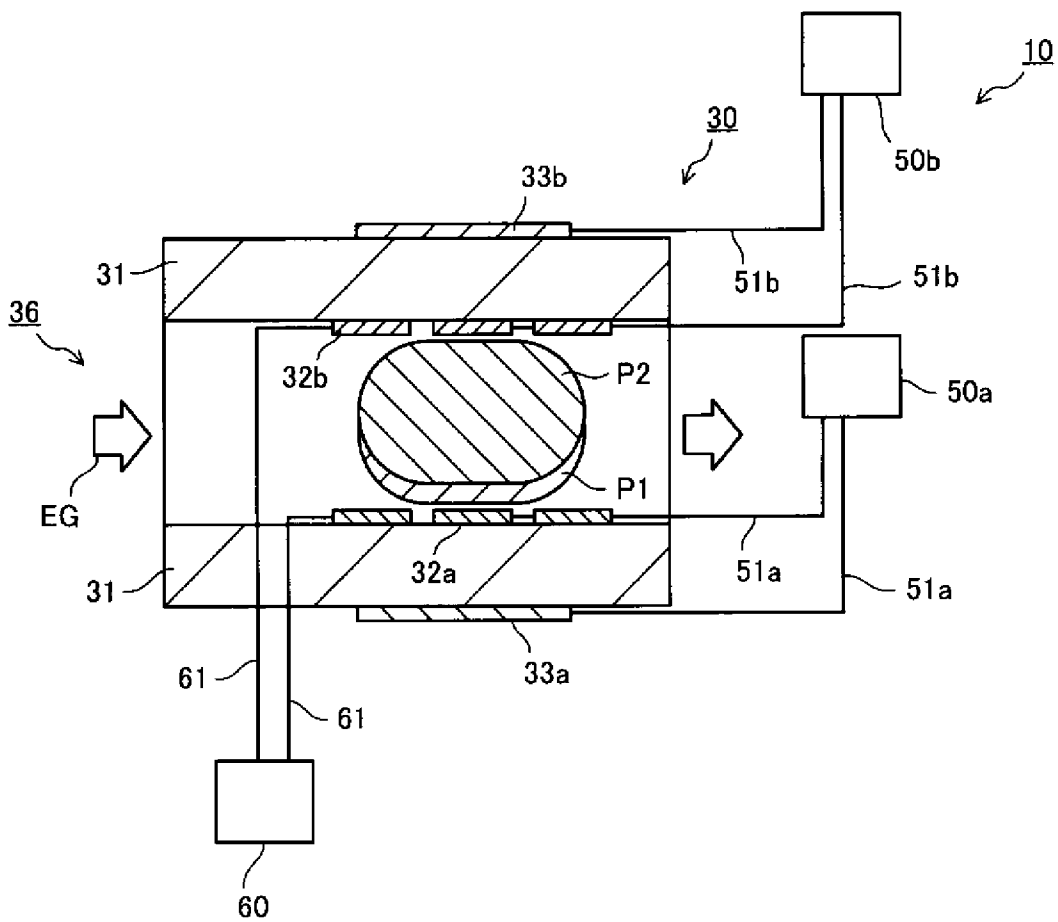
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2007/001252

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F01N3/02 (2006.01) i, *B01D53/94* (2006.01) i, *B03C3/02* (2006.01) i, *B03C3/08* (2006.01) i, *B03C3/38* (2006.01) i, *B03C3/40* (2006.01) i, *B03C3/41* (2006.01) i, *F01N3/08* (2006.01) i, *F01N3/24* (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)
F01N3/02, *B01D53/94*, *B03C3/02*, *B03C3/08*, *B03C3/38*, *B03C3/40*, *B03C3/41*, *F01N3/08*, *F01N3/24*

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 1996-2008
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008

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 2005-320895 A (Toshiba Corp.), 17 November, 2005 (17.11.05), Full text; all drawings (Family: none)	1-24
Y	JP 2003-3824 A (Toyota Central Research and Development Laboratories, Inc.), 08 January, 2003 (08.01.03), Par. Nos. [0046] to [0050]; Fig. 2 (Family: none)	1-3, 7-9, 11-18
Y	JP 57-321 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 05 January, 1982 (05.01.82), Full text; all drawings (Family: none)	4-18, 21, 22

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 08 February, 2008 (08.02.08)	Date of mailing of the international search report 19 February, 2008 (19.02.08)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/001252

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-176703 A (Toshiba Corp.), 24 June, 2004 (24.06.04), Par. Nos. [0081] to [0086]; Fig. 11 & US 2004/112733 A1 & EP 1405663 A1	11-18, 20, 22, 24
Y	JP 2006-97477 A (Hino Motors, Ltd.), 13 April, 2006 (13.04.06), Full text; all drawings (Family: none)	19-24
A	JP 2003-301711 A (Toyota Central Research and Development Laboratories, Inc.), 24 October, 2003 (24.10.03), Full text; all drawings (Family: none)	11-14

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. F01N3/02(2006.01)i, B01D53/94(2006.01)i, B03C3/02(2006.01)i, B03C3/08(2006.01)i, B03C3/38(2006.01)i, B03C3/40(2006.01)i, B03C3/41(2006.01)i, F01N3/08(2006.01)i, F01N3/24(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. F01N3/02, B01D53/94, B03C3/02, B03C3/08, B03C3/38, B03C3/40, B03C3/41, F01N3/08, F01N3/24

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 1971-2008年
 日本国実用新案登録公報 1996-2008年
 日本国登録実用新案公報 1994-2008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 請求の範囲の番号
Y	JP 2005-320895 A (株式会社東芝) 2005.11.17, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-24
Y	JP 2003-3824 A (株式会社豊田中央研究所) 2003.01.08, 【0046】 - 【0050】、第2図 (ファミリーなし)	1-3, 7-9, 11-18
Y	JP 57-321 A (松下電器産業株式会社) 1982.01.05, 全文、全図 (ファミリーなし)	4-18, 21, 22

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 08.02.2008	国際調査報告の発送日 19.02.2008
--------------------------	--------------------------

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) 橋本 しのぶ	3 T	3 5 1 7
	電話番号 03-3581-1101 内線 3395		

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 請求の範囲の番号
Y	JP 2004-176703 A (株式会社東芝) 2004. 06. 24, 【0081】 - 【0086】、第11図 & US 2004/112733 A1 & EP 1405663 A1	11-18, 20, 22, 24
Y	JP 2006-97477 A (日野自動車株式会社) 2006. 04. 13, 全文、全図 (ファミリーなし)	19-24
A	JP 2003-301711 A (株式会社豊田中央研究所) 2003. 10. 24, 全文、全図 (ファミリーなし)	11-14