

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-291071

(P2005-291071A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

**F01N 3/08**  
**B01D 53/56**  
**B01D 53/74**  
**B01D 53/94**  
**F01N 3/02**

F 1

F 01 N 3/08 Z A B C 3 G 0 9 0  
 F 01 N 3/08 A 3 G 0 9 1  
 F 01 N 3/08 B 4 D 0 0 2  
 F 01 N 3/02 3 O 1 F 4 D 0 4 8  
 F 01 N 3/24 A

テーマコード(参考)

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号  
(22) 出願日特願2004-106440 (P2004-106440)  
平成16年3月31日 (2004.3.31)

(71) 出願人 000005326  
本田技研工業株式会社  
東京都港区南青山二丁目1番1号  
 (74) 代理人 100064414  
弁理士 磯野 道造  
 (72) 発明者 中西 義幸  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号  
株式会社本田技術研究所内  
 (72) 発明者 三木 雅信  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号  
株式会社本田技術研究所内

最終頁に続く

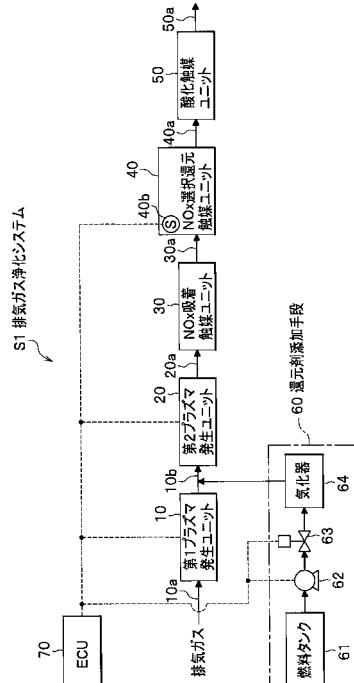
(54) 【発明の名称】排気ガス浄化システムおよび排気ガス浄化方法

## (57) 【要約】

【課題】 排気ガス中の粒子状物質(PM)およびNO<sub>x</sub>を連続的に浄化可能である排気ガス浄化システムおよび排気ガス浄化方法を提供する。

【解決手段】 排気ガスが流通する上流側から下流側に向かって、プラズマにより、第1プラズマ励起種を発生させる第1プラズマ発生ユニット10と、第2プラズマ励起種を発生させる第2プラズマ発生ユニット20と、NO<sub>x</sub>吸着触媒ユニット30と、NO<sub>x</sub>選択還元触媒ユニット40と、最下流の酸化触媒ユニット50と、還元剤添加手段60と、ECU70を備え、第1プラズマ発生ユニット10のプラズマ空間電力密度は、0.8W/cm<sup>3</sup>以上であり、第2プラズマ発生ユニット20のプラズマ空間電力密度は、0.4~9.5W/cm<sup>3</sup>であり、粒子状物質およびNO<sub>x</sub>を連続的に浄化する排気ガス浄化システムS1である。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

排気ガスが流通する上流側から下流側に向かって、  
プラズマにより、前記排気ガス中の粒子状物質およびNO<sub>x</sub>に作用するプラズマ励起種を発生させるプラズマ発生ユニットと、

前記排気ガスに作用する排気ガス浄化触媒を有する排気ガス浄化触媒ユニットと、  
を備え、

前記粒子状物質および前記NO<sub>x</sub>を連続的に浄化することを特徴とする排気ガス浄化システム。

**【請求項 2】**

前記プラズマ発生ユニットは、  
前記粒子状物質に主として作用する第1プラズマ励起種の発生率が上流側で高く、  
前記NO<sub>x</sub>に主として作用する第2プラズマ励起種の発生率が下流側で高くなるように構成されたことを特徴とする請求項1に記載の排気ガス浄化システム。

**【請求項 3】**

前記プラズマ発生ユニットは、  
前記第1プラズマ励起種を発生させる上流側の第1プラズマ発生ユニットと、  
前記第2プラズマ励起種を発生させる下流側の第2プラズマ発生ユニットと、  
を備えたことを特徴とする請求項2に記載の排気ガス浄化システム。

**【請求項 4】**

前記第1プラズマ発生ユニットのプラズマ空間電力密度は、0.8W/cm<sup>3</sup>以上であり、

前記第2プラズマ発生ユニットのプラズマ空間電力密度は、0.4~9.5W/cm<sup>3</sup>であることを特徴とする請求項3に記載の排気ガス浄化システム。

**【請求項 5】**

前記排気ガス浄化触媒は、NO<sub>x</sub>選択還元触媒であることを特徴とする請求項3または請求項4に記載の排気ガス浄化システム。

**【請求項 6】**

前記第2プラズマ発生ユニットと前記NO<sub>x</sub>選択還元触媒を有する前記排気ガス浄化触媒ユニットとの間に、NO<sub>x</sub>吸着触媒を有するNO<sub>x</sub>吸着触媒ユニットを、さらに備えたことを特徴とする請求項5に記載の排気ガス浄化システム。

**【請求項 7】**

前記NO<sub>x</sub>選択還元触媒の温度を検出する温度センサをさらに備え、  
前記NO<sub>x</sub>選択還元触媒の温度が、所定の活性温度以上のとき、前記第2プラズマ発生ユニットを作動させることを特徴とする請求項5または請求項6に記載の排気ガス浄化システム。

**【請求項 8】**

前記NO<sub>x</sub>選択還元触媒を有する前記排気ガス浄化触媒ユニットの上流側で、前記排気ガスに還元剤を添加する還元剤添加手段をさらに備え、

前記NO<sub>x</sub>選択還元触媒が前記活性温度以上のとき、前記還元剤を添加することを特徴とする請求項7に記載の排気ガス浄化システム。

**【請求項 9】**

前記NO<sub>x</sub>選択還元触媒を有する前記排気ガス浄化触媒ユニットの下流側に、酸化触媒を有する酸化触媒ユニットを、さらに備えたことを特徴とする請求項5から請求項8のいずれか1項に記載の排気ガス浄化システム。

**【請求項 10】**

粒子状物質およびNO<sub>x</sub>を含む排気ガスを連続的に浄化する排気ガス浄化方法であって、  
、  
プラズマにより、前記排気ガス中の粒子状物質およびNO<sub>x</sub>に作用するプラズマ励起種を発生させる第1工程と、

10

20

30

40

50

排気ガス浄化触媒により、排気ガスを浄化する第2工程と、  
を有することを特徴とする排気ガス浄化方法。

### 【請求項 11】

前記第1工程は、

前記粒子状物質に主として作用する第1プラズマ励起種を発生させる第1A工程と、  
前記NO<sub>x</sub>に主として作用する第2プラズマ励起種を発生させる第1B工程と、  
を有することを特徴とする請求項10に記載の排気ガス浄化方法。

### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明は、プラズマと排気ガス浄化触媒によって、自動車のディーゼルエンジンなどの内燃機関から排出される排気ガス中の粒子状物質 (Particulate Matter、以下適宜PMとする) および窒素酸化物 (以下、NO<sub>x</sub>とする) を浄化する排気ガス浄化システムおよび排気ガス浄化方法に関する。 10

#### 【背景技術】

#### 【0002】

自動車のディーゼルエンジンやリーンバーンエンジンなどの内燃機関から排出される排気ガスには、PMが含まれている。このPMを低減させるため、内燃機関の下流位置に、ディーゼル微粒子フィルタ (Diesel Particulate Filter、以下DPFとする) を設ける技術が知られている。DPFは、一般に、セラミック製の多孔質フィルタからなり、これに排気ガスを通過させることによって、PMを分離、捕集し、PMを低減させて排気ガスを浄化する。 20

そして、DPFが所定量のPMを捕集したとき、例えばエンジンを所定に制御して排気ガス温度を上昇させ、前記捕集したPMを燃焼することによって、DPFの再生を行っている。

#### 【0003】

また、内燃機関から排出される排気ガスには、NO<sub>x</sub>が含まれている。このNO<sub>x</sub>を低減する第1の方法としては、排気ガスに含まれる未燃焼の炭化水素 (以下、HCという)、または、排気ガス中に添加された軽油、ガソリンなどのHCと、NO<sub>x</sub>とを、NO<sub>x</sub>選択還元触媒にて反応させることによって、NO<sub>x</sub>を浄化するHC-SCR (Selective Catalytic Reduction) が知られている。第2の方法としては、NO<sub>x</sub>を一時的に吸着するNO<sub>x</sub>吸着触媒を使用し、リーン (酸素過剰雰囲気) 状態でNO<sub>x</sub>を吸着させ、リッチ (酸素不足雰囲気) 状態で吸着したNO<sub>x</sub>を放出させると共に、HCを添加する方法が知られている。第3の方法としては、尿素 (Urea) を排気ガスに添加し、触媒にて尿素からアンモニア (NH<sub>3</sub>) に変換させると共に、このアンモニアとNO<sub>x</sub>と反応させる尿素還元型選択還元触媒 (Urea-SCRとも言われる) が提案されている。第4の方法としては、プラズマを利用したNO<sub>x</sub>浄化用プラズマアシスト触媒が提案されている (特許文献1参照)。 30

#### 【特許文献1】特開2002-210366号公報 (段落番号0012~0023、図1)

40

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0004】

しかしながら、多孔質フィルタからなるDPFを使用すると、排気ガスの抵抗 (圧力損) が高いため、排気ガスの流通性が低下し、その結果、エンジンパワーが十分に活かせないという問題があった。また、DPFを再生するには、前記したようにエンジンを制御しなければならない上、DPFの再生時に、DPFが1000を超えることもあり、DPFが溶損や破損してしまうという場合があった。

#### 【0005】

一方、NO<sub>x</sub>を低減する第1の方法では、排気ガス中には未燃焼のHCが少ないという

50

問題があった。また、第2の方法では、排気ガス中の酸素濃度を制御する必要がある上、吸入される空気量に対して過剰のHCを添加するため、燃費が大きく悪化するという問題があった。第3の方法では、尿素を貯溜するタンクや排気系への供給システム、および、尿素を供給するインフラ設備が必要な上、アンモニアが車外に放出されてしまう場合（アンモニアスリップ）もあった。さらに、第1から第4の方法では、PMを除去できなかつた。

#### 【0006】

そこで、本発明は、排気ガス中のPMおよびNO<sub>x</sub>を連続的に浄化可能である排気ガス浄化システムおよび排気ガス浄化方法を提供することを課題とする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0007】

前記課題を解決するための手段として、請求項1に係る発明は、排気ガスが流通する上流側から下流側に向かって、プラズマにより、前記排気ガス中の粒子状物質およびNO<sub>x</sub>に作用するプラズマ励起種を発生させるプラズマ発生ユニットと、前記排気ガスに作用する排気ガス浄化触媒を有する排気ガス浄化触媒ユニットと、を備え、前記粒子状物質および前記NO<sub>x</sub>を連続的に浄化することを特徴とする排気ガス浄化システムである。

#### 【0008】

このような排気ガス浄化システムによれば、プラズマ発生ユニットによって、粒子状物質およびNO<sub>x</sub>に作用するプラズマ励起種が発生する。そして、プラズマ励起種が粒子状物質を酸化し、その結果、排気ガスが浄化される。また、プラズマ励起種がNO<sub>x</sub>と作用し、NO<sub>2</sub>などに変換する。次いで、このNO<sub>2</sub>は、排気ガス浄化触媒にて還元され浄化される。このようにして、粒子状物質（PM）およびNO<sub>x</sub>を連続的に浄化することができる。

#### 【0009】

請求項2に係る発明は、前記プラズマ発生ユニットは、前記粒子状物質に主として作用する第1プラズマ励起種の発生率が上流側で高く、前記NO<sub>x</sub>に主として作用する第2プラズマ励起種の発生率が下流側で高くなるように構成されたことを特徴とする請求項1に記載の排気ガス浄化システムである。

#### 【0010】

このような排気ガス浄化システムによれば、第1プラズマ励起種がプラズマ発生ユニットの上流側において発生しやすくなる。そして、第1プラズマ励起種が粒子状物質と作用し、排気ガスが浄化される。すなわち、プラズマ発生ユニットの上流側において、粒子状物質が浄化されやすくなる。したがって、プラズマを発生させる電極などに、粒子状物質が付着しにくくなり、プラズマ発生ユニットの耐久性が高くなる。

一方、第2プラズマ励起種はプラズマ発生ユニットの下流側で発生しやすくなる。そして、第2プラズマ励起種がNO<sub>x</sub>と作用してNO<sub>2</sub>などに変換し、NO<sub>2</sub>は排気ガス浄化触媒により浄化される。

なお、このように第1プラズマ励起種の発生率が上流側で、第2プラズマ励起種の発生率が下流側で高くなるように構成するためには、例えば、プラズマを発生させる電極の数、大きさ、間隔、印加する電圧などを、上流側から下流側に流通する排気ガスの流れに対して、連続的、段階的に変化させて、プラズマ空間密度が、下流に向かうにつれ低くなるように構成するなどが挙げられる。

#### 【0011】

請求項3に係る発明は、前記プラズマ発生ユニットは、前記第1プラズマ励起種を発生させる上流側の第1プラズマ発生ユニットと、前記第2プラズマ励起種を発生させる下流側の第2プラズマ発生ユニットと、を備えたことを特徴とする請求項2に記載の排気ガス浄化システムである。

#### 【0012】

このような排気ガス浄化システムによれば、上流側の第1プラズマ発生ユニットにより第1プラズマ励起種を、下流側の第2プラズマ励起種により第2プラズマ励起種を、別々

10

20

30

40

50

により確実に発生させることができる。

【0013】

請求項4に係る発明は、前記第1プラズマ発生ユニットのプラズマ空間電力密度は、0.8W/cm<sup>3</sup>以上であり、前記第2プラズマ発生ユニットのプラズマ空間電力密度は、0.4~9.5W/cm<sup>3</sup>であることを特徴とする請求項3に記載の排気ガス浄化システムである。

【0014】

このような排気ガス浄化システムによれば、第1プラズマ発生ユニットで発生する第1プラズマ励起種によりPMを高い浄化率で浄化し、第2プラズマ発生ユニットで発生する第2プラズマ励起種によりNO<sub>x</sub>をNO<sub>2</sub>などに高い変換率で変換することができる。

10

また、一般に、NO<sub>x</sub>をNO<sub>2</sub>などに変換するには、PMの浄化に対して、高いプラズマ空間電力密度を必要としないため、第2プラズマ発生ユニットにおけるプラズマ空間電力密度が、第1プラズマ発生ユニットのプラズマ空間電力密度以下に設定された場合には、PMが浄化された排気ガスが流通する第2プラズマ発生ユニットにおいて、プラズマを発生させるために、無駄なく電力を消費することができる。

【0015】

請求項5に係る発明は、前記排気ガス浄化触媒は、NO<sub>x</sub>選択還元触媒であることを特徴とする請求項3または請求項4に記載の排気ガス浄化システムである。

【0016】

このような排気ガス浄化システムによれば、NO<sub>x</sub>選択還元触媒によって、NO<sub>2</sub>などのNO<sub>x</sub>を良好に分解することで排気ガスを浄化することができる。

20

【0017】

請求項6に係る発明は、前記第2プラズマ発生ユニットと前記NO<sub>x</sub>選択還元触媒を有する前記排気ガス浄化触媒ユニットとの間に、NO<sub>x</sub>吸着触媒を有するNO<sub>x</sub>吸着触媒ユニットを、さらに備えたことを特徴とする請求項5に記載の排気ガス浄化システムである。

【0018】

このような排気ガス浄化システムによれば、NO<sub>x</sub>選択還元触媒の活性が低く、NO<sub>x</sub>を好適に分解できない場合、NO<sub>x</sub>吸着触媒によってNO<sub>x</sub>を一時的に吸着することができる。

30

【0019】

請求項7に係る発明は、前記NO<sub>x</sub>選択還元触媒の温度を検出する温度センサをさらに備え、前記NO<sub>x</sub>選択還元触媒の温度が、所定の活性温度以上のとき、前記第2プラズマ発生ユニットを作動させることを特徴とする請求項5または請求項6に記載の排気ガス浄化システムである。

【0020】

このような排気ガス浄化システムによれば、温度センサによってNO<sub>x</sub>選択触媒の活性状況を監視し、NO<sub>x</sub>選択還元触媒が活性を有するときにのみ、第2プラズマ発生ユニットを作動させて、第2プラズマ励起種を発生させてNO<sub>2</sub>などを生成可能となり、第2プラズマ発生ユニットにおいて無駄なく電力を消費することができる。

40

【0021】

請求項8に係る発明は、前記NO<sub>x</sub>選択還元触媒を有する前記排気ガス浄化触媒ユニットの上流側で、前記排気ガスに還元剤を添加する還元剤添加手段をさらに備え、前記NO<sub>x</sub>選択還元触媒が前記活性温度以上のとき、前記還元剤を添加することを特徴とする請求項7に記載の排気ガス浄化システムである。

【0022】

このような排気ガス浄化システムによれば、NO<sub>x</sub>選択還元触媒が所定活性温度以上のときのみに還元剤を添加し、添加した還元剤とNO<sub>x</sub>とをNO<sub>x</sub>選択還元触媒にて作用させ、排気ガスを浄化することができ、無駄なく還元剤を添加することができる。

また、還元剤添加手段により、第2プラズマ発生ユニットの上流側で、還元剤を添加可

50

能に構成し、例えば、還元剤としてHCを使用した場合には、第2プラズマ発生ユニットによる第2プラズマ励起種とHCとが作用して、アルデヒド種、含窒素酸化物炭化水素など反応性の高い物質が生成し、この物質は、NOx選択還元触媒にてNOxを高効率で分解するため、さらに好適に排気ガスを浄化することができる。

#### 【0023】

請求項9に係る発明は、前記NOx選択還元触媒を有する前記排気ガス浄化触媒ユニットの下流側に、酸化触媒を有する酸化触媒ユニットを、さらに備えたことを特徴とする請求項5から請求項8のいずれか1項に記載の排気ガス浄化システムである。

#### 【0024】

このような排気ガス浄化システムによれば、酸化触媒によって、排気ガスをさらに酸化浄化することができる。

#### 【0025】

請求項10に係る発明は、粒子状物質およびNOxを含む排気ガスを連続的に浄化する排気ガス浄化方法であって、プラズマにより、前記排気ガス中の粒子状物質およびNOxに作用するプラズマ励起種を発生させる第1工程と、排気ガス浄化触媒により、排気ガスを浄化する第2工程と、を有することを特徴とする排気ガス浄化方法である。

#### 【0026】

このような排気ガス浄化方法によれば、プラズマにより、粒子状物質およびNOxに作用するプラズマ励起種が発生する(第1工程)。この粒子状物質は、プラズマ励起種と作用し、その結果排気ガスは浄化される。一方、NOxは、プラズマ励起種と作用しNO<sub>2</sub>などに変換される。次いで、このNO<sub>2</sub>は、排気ガス浄化触媒にて還元され浄化される(第2工程)。このように粒子状物質(PM)およびNOxを連続的に浄化することができる。

#### 【0027】

請求項11に係る発明は、前記第1工程は、前記粒子状物質に主として作用する第1プラズマ励起種を発生させる第1A工程と、前記NOxに主として作用する第2プラズマ励起種を発生させる第1B工程と、を有することを特徴とする請求項10に記載の排気ガス浄化方法である。

#### 【0028】

このような排気ガス浄化方法によれば、第1A工程において、第1プラズマ励起種を発生させて、粒状物質を浄化することができる。そして、第1B工程において、第2プラズマ励起種を発生させてNOxに作用させて、NO<sub>2</sub>などの反応性の高い物質を生成することができる。

#### 【発明の効果】

#### 【0029】

本発明によれば、排気ガス中のPMおよびNOxを連続的に浄化可能である排気ガス浄化システムおよび排気ガス浄化方法を提供することができる。

すなわち、請求項1および請求項10に係る発明によれば、プラズマ励起種により、PMおよびNOxを連続的に浄化することができる。

請求項2に係る発明によれば、粒子状物質がプラズマを発生させる電極に付着しにくくなり、耐久性が高くなる。

請求項3および請求項11に係る発明によれば、第1プラズマ励起種と第2プラズマ励起種を、別々により確実に発生させることができる。

請求項4に係る発明によれば、PMを高い浄化率で浄化し、NOxをNO<sub>2</sub>などに高い変換率で変換することができる。

請求項5に係る発明によれば、NOx選択還元触媒により、排気ガスを浄化することができる。

請求項6に係る発明によれば、NOxを一時的に吸着することができる。

請求項7に係る発明によれば、電力を節約し、第2プラズマ発生ユニットを無駄なく作動させることができる。

10

20

30

40

50

請求項 8 に係る発明によれば、無駄なく還元剤を添加することができる。

請求項 9 に係る発明によれば、酸化触媒によって、排気ガスをさらに酸化浄化することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

次に、本発明の一実施形態について、図1および図2を参照して詳細に説明する。

参照する図面において、図1は、本実施形態に係る排気ガス浄化システムの全体構成図である。図2は、図1に示すNO<sub>x</sub>吸着触媒ユニットに内蔵されたNO<sub>x</sub>吸着触媒ユニット本体の断面図である。

【0031】

<排気ガス浄化システムの構成>

図1に示すように、本実施形態に係る排気ガス浄化システムS1は、エンジン(内燃機関)を有する車両に搭載されており、エンジンから排出される排気ガス中のPMおよびNO<sub>x</sub>を連続的に浄化するシステムである。

排気ガス浄化システムS1は、主として、排気ガス発生側(上流側)から排気側(下流側)に向かって、第1プラズマ発生ユニット10と、第2プラズマ発生ユニット20と、NO<sub>x</sub>吸着触媒ユニット30と、NO<sub>x</sub>選択還元触媒ユニット40(排気ガス浄化触媒ユニット)と、酸化触媒ユニット50とを備え、さらに、第1プラズマ発生ユニット10と第2プラズマ発生ユニット20の間(第2プラズマ発生ユニット上流側)で排気ガスに還元剤であるHCを添加する還元剤添加手段60と、制御ユニット70(以下、ECUという)を備えて構成されている。

【0032】

[第1プラズマ発生ユニット]

第1プラズマ発生ユニット10は、前記エンジンから排出された排気ガスが流通する配管10aの下流側に接続している。また、第1プラズマ発生ユニット10は、ECU70と電気的に接続しており、ECU70は第1プラズマ発生ユニット10を作動を制御可能となっている。

第1プラズマ発生ユニット10は、プラズマを発生可能な電極板を内蔵し、プラズマにより、主としてPMに作用するO(酸素原子)励起種、OH(ハイドロオキサイド)励起種、OOH(パーアイドロオキサイド)励起種、などの第1プラズマ励起種を生成するものである。詳細には、例えば、所定間隔に配置された電極板間に所定電圧を印加することでプラズマが発生し、これにより、電極板から飛び出した電子が、排気ガス中の分子に衝突することで、主として前記第1プラズマ励起種を生成可能となっている。そして、この第1プラズマ励起種は、高い酸化力を有するため、逐次、排気ガス中のPMと接触することによって、PMを酸化し浄化可能となっている。ここで、プラズマを発生させる形式は、本発明では特に限定はないが、例えば、コロナ放電形式、パルス放電方式、バリア放電方式などを採用することができる。

【0033】

第1プラズマ発生ユニット10におけるプラズマ空間電力密度は、0.8W/cm<sup>3</sup>以上に設定されている。これは、後記する実施例で説明するように、プラズマ空間電力密度が0.8W/cm<sup>3</sup>以上において、PMが80%以上浄化されたからである(図5参照)。

なお、プラズマ空間電力密度とは、プラズマを発生するにときに消費された電力を、プラズマが発生する空間の体積(以下、プラズマ空間体積)で除算した値である。プラズマ空間Sとは、例えば、後記実施例のように、プラズマを発生させる電極板112、112...を所定間隔で平行に配置された場合には(図4参照)、電極板112、112...間の空間の体積が相当する。そして、プラズマ空間電力密度が高いほど、プラズマ中に高いエネルギーを有する電子が存在していることを意味し、第1プラズマ励起種を効率的に生成可能であることを意味する。

【0034】

10

20

30

40

50

## [第2プラズマ発生ユニット]

第2プラズマ発生ユニット20は、第1プラズマ発生ユニット10の後段に配管10bを介して接続している。また、第2プラズマ発生ユニット20は、ECU70と電気的に接続しており、ECU70は第2プラズマ発生ユニット20の作動を制御可能となっている。

第2プラズマ発生ユニット20は、プラズマにより、主として、排気ガス中のNOx、還元剤添加手段60から添加されたHCに作用するO(酸素原子)励起種、OH(ハイドロオキサイド)励起種、OOH(パーサイド)励起種、NOx励起種などの第2プラズマ励起種を生成させるものである。これら第2プラズマ励起種のうち、主として、O励起種がO<sub>2</sub>(酸素)と反応し、O<sub>3</sub>(オゾン)が生成する。O<sub>3</sub>は、排気ガス中のNOxと直ちに反応し、NO<sub>2</sub>が生成可能となっている。また、O<sub>3</sub>は、燃料添加手段から添加されたHCと反応して、アセトアルデヒド(CH<sub>3</sub>CHO)などのアルデヒド種や、プラズマ中に存在するNOx励起種と反応して窒素酸化物を含む炭化水素(以下、含窒素酸化物炭化水素という)を生成可能となっている。

## 【0035】

さらに、第2プラズマ発生ユニット20におけるプラズマ空間電力密度は、0.4~9.5W/cm<sup>3</sup>の範囲内に設定されている。これは、後記する実施例で説明するように、プラズマ空間電力密度が0.4~9.5W/cm<sup>3</sup>の範囲内で、第2プラズマ励起種と反応しNOxが消費されたことに基づくNO<sub>2</sub>の生成率が80%以上となるからである(図5参照)。

## 【0036】

このように本実施形態に係る排気ガス浄化システムS1は、プラズマ発生ユニットとして、第1プラズマ発生ユニット10と、第2プラズマ発生ユニット20とを備えたことによって、これらを独立して制御可能となり、第1プラズマ発生ユニット10によってPMを浄化し、第2プラズマ発生ユニット20によって、反応性の高いNO<sub>2</sub>などを生成可能となっている。

## 【0037】

## [NOx吸着触媒ユニット]

NOx吸着触媒ユニット30は、第2プラズマ発生ユニット20の後段に配管20aを介して接続されており、所定温度(NOx選択還元触媒の活性温度)以下ではNOxを一時的に吸着し、前記所定温度以上では吸着したNOxを放出するNOx吸着触媒を有している。

さらに説明すると、NOx吸着触媒ユニット30は、その内部に、排気ガスが流通する複数の細孔32aを有する支持体32を含むNOx吸着触媒ユニット本体31を備えている(図2参照)。NOx吸着触媒ユニット本体31は、支持体32と、支持体32の複数の細孔32aを取り囲む内壁面32bを覆うように層状で形成されたNOx吸着触媒33を有している。ここで、NOx吸着触媒33は、後記実施例で記載するように、支持体32をスラリ状のNOx吸着触媒スラリに含浸して製造されるため、ウォッシュコート(層)、と称されることもある。

## 【0038】

支持体32の形状は、排気ガスが流通する空間を有していれば、本発明では特に限定されないが、本実施形態では図2に示すように、排気ガスとの接触面積および機械的強度を考慮し、複数の細孔32aが形成されたハニカム状のものを使用している。また、支持体32は、耐熱性を有する材料から形成されることが好ましく、このような材料としては、例えば、コーディエライト、ムライト、シリコンカーバイド(SiC)などの多孔質担体(セラミック)や、ステンレスなどのメタルが挙げられる。

また、NOx吸着触媒33としては、例えば、触媒活性物質として、アルカリ金属やアルカリ土類金属を担持した多孔質担体を使用することができる。多孔質担体としては、アルミナ、シリカ、シリカアルミナ、ゼオライト等が挙げられる。

## 【0039】

10

20

30

40

50

## [NOx選択還元触媒ユニット]

図1に戻って説明を続ける。

NOx選択還元触媒ユニット40は、NOx吸着触媒ユニット30の後段に配管30aを介して接続されており、NOxを選択的に浄化するNOx選択還元触媒（排気ガス浄化触媒）を有している。

さらに説明すると、NOx選択還元触媒ユニット40は、NOx吸着触媒ユニット30と同様の構造であり、その内部にハニカム状のNOx選択還元触媒ユニット本体を内蔵している。このNOx選択還元触媒ユニット本体は、前記NOx吸着触媒に代えてNOx選択還元触媒を有している。NOx選択還元触媒は、例えば、触媒活性物質として、銀（Ag）を担持した多孔質担体を使用することができる。多孔質担体としては、アルミナ、シリカ、シリカアルミナ、ゼオライト等が挙げられる。また、銀に代えて酸点を有するゼオライト（例えば、モデルナイト）がアルミナに担持されたものを使用することができる。

また、NOx選択還元触媒ユニット40には、前記NOx選択還元触媒の温度を検出する温度センサ40bが内蔵されており、この温度センサ40bは電気的にECU70と接続している。したがって、ECU70は、温度センサ40bを介してNOx選択還元触媒の温度を監視することによって、NOx選択還元触媒の活性状態を把握可能となっている。

## 【0040】

## [酸化触媒ユニット]

酸化触媒ユニット50は、NOx選択還元触媒ユニット40の後段に配管40aを介して接続されており、排気ガスを補助的に酸化浄化する酸化触媒を内蔵する。そして、酸化触媒ユニット50の下流側には、排気用の配管50aが設けられている。

さらに説明すると、酸化触媒ユニット50は、NOx吸着触媒ユニット30と同様の構造であり、その内部にハニカム状の酸化触媒ユニット本体を有している。この酸化触媒ユニット本体は、前記NOx吸着触媒に代えて、酸化触媒を有している。酸化触媒は、前記セシウム（Cs）に代えて、触媒活性物質として、例えば、白金（Pt）がベースのアルミナに担持されたものを使用することができる。

## 【0041】

## [還元剤添加手段]

還元剤添加手段60は、第2プラズマ発生ユニット20の直上流側で、排気ガスに還元剤としてHCを添加する手段であり、本実施形態ではHCとして軽油、ガソリンなどの燃料を使用している。還元剤添加手段60は、下流側に向かって、燃料タンク61、燃料ポンプ62、流量調整弁63、気化器64と、これら機器を接続させる配管を備えて構成されている。燃料ポンプ62および流量調整弁63は、ECU70と電気的に接続しており、ECU70により制御可能となっている。また、気化器64自体は流通する排気ガスの熱により、所定に加熱され、燃料を気化可能となっている。したがって、ECU70により、燃料ポンプ62を適宜作動させ、流量調整弁63を所定の開度に制御することで、所定量のHCを排気ガスに添加可能となっている。

## 【0042】

## [ECU70]

ECU70は、排気ガス浄化システムの動作を制御するものであり、CPU、ROM、I/Oなどから構成されている。ECU70は、第1プラズマ発生ユニット10と、第2プラズマ発生ユニット20と、温度センサ40bと、燃料ポンプ62と、流量調整弁63と電気的に接続している。なお、ECU70の機能は、次の動作の記載において詳細に説明する。

## 【0043】

## &lt;排気ガス浄化システムの動作&gt;

続いて、排気ガス浄化システムS1の動作とともに、本実施形態に係る排気ガス浄化方法について、図1を参照して説明する。

## 【0044】

作動するエンジン（図示しない）から排出された排気ガスが、配管 10 a を経由して、排気ガス浄化システム S 1 の上流側から導入される。排気ガスの導入にともなって、ECU 70 は、第 1 プラズマ発生ユニット 10 を、プラズマ空間電力密度  $0.8 \text{ W/cm}^3$  以上にて作動させる。そうすると、第 1 プラズマ発生ユニット 10 では、O（酸素原子）励起種、OH（ハイドロオキサイド）励起種、OOH（パーカーハイドロオキサイド）励起種、などの第 1 プラズマ励起種が生成する。この第 1 プラズマ励起種（特に O 励起種）は、排気ガス中の PM に作用し、PM を酸化浄化する。なお、この工程が特許請求の範囲における第 1 A 工程に相当する。

#### 【0045】

そして、ECU 70 は、燃料ポンプ 62 および流量調整弁 63 を所定に制御し、所定量の HC を排気ガスに添加する。なお、ECU 70 は、温度センサ 40 b により検出された  $\text{NO}_x$  選択還元触媒の温度が所定の活性温度より低い場合、HC を添加しない。これにより、無駄なく HC を添加可能であるため、燃費が大幅に悪化することはない。

#### 【0046】

そして、ECU 70 は、第 2 プラズマ発生ユニット 20 を、プラズマ空間電力密度  $0.4 \sim 9.5 \text{ W/cm}^3$  にて作動させる。そうすると、第 2 プラズマ発生ユニット 20 では、O 励起種、OH 励起種、OOH 励起種、 $\text{NO}_x$  励起種などの第 2 プラズマ励起種が生成する。

このうち、O 励起種は酸素 ( $\text{O}_2$ ) と反応し、オゾン ( $\text{O}_3$ ) が生成する。オゾン ( $\text{O}_3$ ) は、排気ガス中の  $\text{NO}_x$  と直ちに反応し、 $\text{NO}_2$  が生成する。また、 $\text{O}_3$  は添加された HC と反応して、アセトアルデヒド ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ) などのアルデヒド種や、 $\text{NO}_x$  励起種と反応して含窒素酸化物炭化水素が生成する。なお、この工程が特許請求の範囲における第 1 B 工程に相当する。

一方、ECU 70 は、エンジンの作動直後など排気ガスの温度が低く、温度センサ 40 b により検出された  $\text{NO}_x$  選択還元触媒の温度が所定の活性温度より低い場合、第 2 プラズマ発生ユニット 20 を作動させない。これにより電力を節約することができる。

#### 【0047】

そして、 $\text{NO}_x$  吸着触媒ユニット 30 は、前記エンジンの作動直後など  $\text{NO}_x$  選択還元触媒の温度が低いときは、排気ガス中の  $\text{NO}_x$  を一時的に吸着する。

一方、排気ガスの温度が上昇し、 $\text{NO}_x$  選択還元触媒の温度も上昇し、所定の触媒活性を有するとき、吸着した  $\text{NO}_x$  を放出する。

#### 【0048】

次いで、 $\text{NO}_x$  選択還元触媒ユニット 40 では、 $\text{NO}_x$  選択還元触媒上にて、アルデヒド種および含窒素酸化物炭化水素による  $\text{NO}_2$  の還元反応が生じる。そして、この反応による反応熱を基にして、排気ガスに含まれる NO や他の HC 種との反応も開始することになり、全体として低温から  $\text{NO}_x$  を高い浄化率で浄化することができる。

なお、この工程が特許請求の範囲における第 2 工程に相当する。

#### 【0049】

その後、酸化触媒ユニット 50 により、排気ガスは補助的に酸化浄化された後、配管 50 a を介して、外部に排出される。

#### 【0050】

このように本実施形態に係る排気ガス浄化システム S 1 によれば、排気ガス中の PM および  $\text{NO}_x$  を連続的に浄化することができる。

#### 【0051】

以上、本発明の好適な実施形態について一例を説明したが、本発明は前記実施形態に限定されず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、例えば以下のような変更をすることができる。

#### 【0052】

前記した実施形態では、自動車のエンジンから排出される排気ガス中の PM および  $\text{NO}_x$  を浄化するとしたが、排気ガス浄化システム S 1 の適用はこれに限定されず、その他に

10

20

30

40

50

例えば、工場などから排出される煤煙中のPMおよびNO<sub>x</sub>を除去するために適用してもよい。

【0053】

前記した実施形態では、排気ガス浄化システムS1は、第1プラズマ発生ユニット10と、第2プラズマ発生ユニット20とを別々に備えて構成されたとしたが、これに限定されず一体的に構成されてもよい。

【0054】

その他、1つのプラズマ発生ユニットの内部に、プラズマを発生させる電極の数、間隔、配置、電極に印加する電圧を、下流側に向かって連続的、段階的に設定し、第1プラズマ励起種の発生率が上流側で、第2プラズマ励起種の発生率が下流側で、高くなるように設定してもよい。

【実施例】

【0055】

以下、実施例に基づいて、本発明をさらに具体的に説明する。

【0056】

(1) 排気ガス浄化システム

(1-1) 排気ガス浄化システムの構成

まず、実施例において使用した排気ガス浄化システムS2の構成について、図3を参照して説明する。

排気ガス浄化システムS2は、最上流側の排気ガス発生部200で発生した排気ガスを浄化するシステムであり、下流側に向かって、主として、第1プラズマ発生ユニット110と、第2プラズマ発生ユニット120と、NO<sub>x</sub>吸着触媒ユニット130と、NO<sub>x</sub>選択還元触媒ユニット140と、酸化触媒ユニット150と、排気ガス量を測定する最下位置の流量計161と、これら機器を接続させる配管110b、120a、130a、140a、150aを備えており、図示しない還元剤添加手段により、第1プラズマ発生ユニット110と第2プラズマ発生ユニット120の間で、排気ガスにHC(還元剤)を添加可能となっている。HCとしては、ノルマルデカン(n-C<sub>10</sub>H<sub>22</sub>)を使用した。また、第1プラズマ発生ユニット110を迂回するように、開閉弁V6を有する配管110dが設けられている。

【0057】

(1-2) プラズマ発生ユニット

次に、プラズマ発生ユニットについて説明する。

第1プラズマ発生ユニット110は、その内部に、図4に示す第1プラズマ発生ユニット本体111を内蔵している。なお、図4は第1プラズマ発生ユニット本体の構成を部分的に示す断面図である。

第1プラズマ発生ユニット本体111は、片面が誘電体113で被覆された金属製の電極板112、112...を同一の向きにて所定間隔(d1)で配置し、1枚おきに電極板112、112...をアース側(GND)に接続し、誘電体113、113...と、前記所定間隔(d1)を隔てて対向した電極板112、112...との間をプラズマが発生するプラズマ空間Sとなるように構成した。電極板112、112...は、SUS316で形成し、厚さは1.0mm、大きさは20mm×50mmとした。一方、誘電体113、113...は、アルミナ(A<sub>1</sub><sub>2</sub>O<sub>3</sub>)で形成し、厚さは0.5mmとした。そして、第1プラズマ発生ユニット110では、前記所定間隔d1(プラズマ空間Sの厚み)を0.5mmに設定し、プラズマ空間Sが10層となるように、電極板112、112...を配置した。したがって、第1プラズマ発生ユニット110において、1層あたりのプラズマ空間Sの体積は0.5cm<sup>3</sup>となり、プラズマ空間Sの総体積は5.0cm<sup>3</sup>となる(後記する表3参照)。

【0058】

一方、第2プラズマ発生ユニット120は、第1プラズマ発生ユニット110と同様の構成であるが、前記所定間隔d1を1.5mmに設定し、プラズマ空間Sが3層となるよ

10

20

30

40

50

うに電極板 112、112...を配置した。したがって、第2プラズマ発生ユニット120において、1層あたりのプラズマ空間Sの体積は1.5cm<sup>3</sup>となり、プラズマ空間Sの総体積は4.5cm<sup>3</sup>となる(後記する表3参照)。

#### 【0059】

##### (1-3) 排気ガス発生部

図3に戻って排気ガス発生部200について説明する。

排気ガス発生部200は、主として、次の表1に示す仕様のディーゼルエンジン201と、高圧の窒素が貯蔵されたN<sub>2</sub>タンク202と、高圧の酸素が貯蔵されたO<sub>2</sub>タンク203と、ヒータ204を備えて構成されている。ディーゼルエンジン201は、流量調整弁201bを有する配管201aを介して、第1プラズマ発生ユニット110に接続している。N<sub>2</sub>タンク202、O<sub>2</sub>タンク203は、流量調整弁201bの下流側で配管201aに接続しており、ディーゼルエンジン201で発生した排気ガスに、所定量の窒素、酸素を添加可能となっている。ヒータ204は、排気ガス浄化システムS2に導入される排気ガスを所定温度に加熱可能となるように、配管201aの近傍に設けられている。

10

20

#### 【0060】

##### 【表1】

原動機の形式	水冷4サイクルディーゼル(3気筒)
総排気量	1061cm <sup>3</sup>
使用燃料	ディーゼル燃料
定格出力	12kVA

#### 【0061】

また、実施例では、排気ガスが次の表2の成分割合となるように、窒素、酸素を添加した。なお、表2に示す成分割合は、排気ガスが25、1013hPa(1気圧)のときの値である。

30

#### 【0062】

##### 【表2】

組成種	濃度
NO	300ppm
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	210ppm
CO	1100ppm
O <sub>2</sub>	15%
CO <sub>2</sub>	4%
H <sub>2</sub> O	4%
N <sub>2</sub>	残部

#### 【0063】

##### (1-4) 排気ガス分析部

次に、このように構成された排気ガス浄化システムS2を流通する排気ガスを分析する排気ガス分析部について説明する。

40

まず、ヒータ204の下流側において、配管201aから分岐するように、開閉弁V1を有する配管201cが設けられている。配管201cは、その下流側でガス分析計162(堀場製作所社製、MEXA-4300FT)と接続している。したがって、開閉弁V1を適宜開放することで、第1プラズマ発生ユニット110に導入される排気ガスの組成を分析可能となっている。なお、NOx濃度は、NOとNO<sub>2</sub>の和として算出した。

#### 【0064】

また、第1プラズマ発生ユニット110と第2プラズマ発生ユニット120とを接続する配管110bには開閉弁V2を有する配管110cが、第2プラズマ発生ユニット12

50

0とNO<sub>x</sub>吸着触媒ユニット130を接続する配管120aには開閉弁V3を有する配管120cが、酸化触媒ユニット150と流量計161とを接続する配管150aには開閉弁V4を有する配管150cが、それぞれ分岐するように設けられており、配管110c、配管120c、配管150cは、その下流で配管201cに合流している。したがって、開閉弁V2、V3、V4を適宜開閉させることで、所定位置の排気ガスをサンプリングし、ガス分析計162により排気ガスの組成を分析可能となっている。

#### 【0065】

さらに、配管201cに分岐するように、開閉弁V5を有する配管163aが設けられている。この配管163aの下流側に順に、フィルタ163、配管163b、吸引ポンプ164が接続している。そして、開閉弁V5を開放した状態で吸引ポンプ164を作動させることで配管201cを流通するガスを吸引し、このガス中のPMをフィルタ163で捕集することによって、捕集前後の質量差に基づく質量法により、排気ガス中のPM質量を測定可能となっている。なお、フィルタ163は、0.3μmメッシュのものを使用した。

#### 【0066】

##### (1-5) 各触媒ユニットの製造

次に、NO<sub>x</sub>吸着触媒ユニット130、NO<sub>x</sub>選択還元触媒ユニット140、酸化触媒ユニット150の製造方法について説明する。

#### 【0067】

##### (1-5-1) NO<sub>x</sub>吸着触媒ユニット本体の製造

NO<sub>x</sub>吸着触媒としては、Cs-USY型ゼオライト触媒粉末を使用した。その調製方法は次の通りである。

Na-USY型ゼオライト粉末100g、硝酸セシウム257g、イオン交換水100gをセパラブルフラスコに入れ、90℃に加熱しながら14時間攪拌し、濾過、純水洗浄した後、乾燥炉にて150℃で2時間、さらにマッフル炉にて400℃で12時間乾燥して、粉末状のCsイオン交換USY型ゼオライト触媒粉末(NO<sub>x</sub>吸着触媒粉末)を得た。

#### 【0068】

そして、Csイオン交換USY型ゼオライト触媒粉末90g、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>バインダ(20wt%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)50g、イオン交換水150gを所定容器にて混合した後、アルミナボールにて12時間、湿式粉碎することによって、Csイオン交換USY型ゼオライト触媒スラリ(NO<sub>x</sub>吸着触媒スラリ)を得た。

#### 【0069】

そして、Csイオン交換USY型ゼオライト触媒スラリに、単位体積当たりの細孔の密度が62セル/cm<sup>2</sup>(400セル/inch<sup>2</sup>)であり、細孔の開口径が152.4μm(6ミル)のコーディエライト製ハニカム支持体(直径25.4mm、長さ60mm、)を浸漬させた。

次いで、ハニカム支持体をNO<sub>x</sub>吸着触媒スラリから取り出して、ハニカム支持体に付着した過剰のスラリを、エア噴射により除去した後、150℃、1時間焼成した。そして、この操作を所定の担持量が得られるまで繰り返した。所定の担持量が得られた後、マッフル炉にて500℃で2時間焼成した。

このようなウォッシュコート法で形成したNO<sub>x</sub>吸着触媒の量は、細孔の単位体積当たりのNO<sub>x</sub>吸着触媒の質量に換算して100g/Lであった。

#### 【0070】

##### (1-5-2) NO<sub>x</sub>選択還元触媒ユニット本体の製造

NO<sub>x</sub>選択還元触媒としては、アルミナに銀(Ag)を担持したもの使用した。その調整方法は次の通りである。

硝酸銀(AgNO<sub>3</sub>)4.72g、-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>97g、イオン交換水1000gをナス型フラスコに入れ、所定に混合した後、ロータリエバボレータで余計な水分を除去した。そして、所定の乾燥機により、200℃で2時間、乾燥した後、マッフル炉にて600℃

10

20

30

40

50

で2時間焼成し、Ag担持アルミナ粉末を得た。

【0071】

次に、このAg担持アルミナ粉末90g、-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>バインダ(20wt%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)50g、イオン交換水150gを所定容器にて混合した後、アルミナボールにて12時間、湿式粉碎することによって、Ag担持アルミナ触媒スラリを得た。

【0072】

そして、Ag担持アルミナ触媒スラリに、単位体積当りの細孔の密度が62セル/cm<sup>2</sup>(400セル/inch<sup>2</sup>)であり、細孔の開口径が152.4μm(6ミル)のコージエライト製ハニカム支持体(直径25.4mm、長さ60mm、)を浸漬させた。

次いで、ハニカム支持体をAg担持アルミナ触媒スラリから取り出して、ハニカム支持体に付着した過剰のスラリを、エア噴射により除去した後、150、1時間焼成した。そして、この操作を所定の担持量が得られるまで繰り返した。所定の担持量が得られた後、マッフル炉にて500で2時間焼成した。

このようなウォッシュコート法で形成したNO<sub>x</sub>選択還元触媒の量は、細孔の単位体積当りのNO<sub>x</sub>選択還元触媒の質量に換算して200g/Lであり、Ag担持量は3g/Lであった。

【0073】

(1-5-3)酸化触媒ユニット本体の製造

酸化触媒としては、アルミナに白金(Pt)を担持したものを使用した。その調整方法は、次の通りである。

白金(Pt)を5wt%含有したジニトロジアミン白金硝酸溶液(Pt(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(NO<sub>2</sub>)·HNO<sub>3</sub>)80g、-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>96g、イオン交換水1000gをナス型プラスコに入れ、所定に混合した後、ロータリーエバボレータで余計な水分を除去した。そして、所定の乾燥機により、200で2時間乾燥した後、マッフル炉にて600で2時間焼成し、Pt担持アルミナ粉末を得た。

【0074】

次に、Pt担持アルミナ粉末90g、SiO<sub>2</sub>バインダ(20w%SiO<sub>2</sub>)50g、イオン交換水150gを所定容器にて混合した後、アルミナボールにて12時間、湿式粉碎することによって、Pt担持アルミナ触媒スラリを得た。

【0075】

そして、Pt担持アルミナ触媒スラリに、前記ハニカム支持体と同様のハニカム支持体を漬浸させた。次いで、ハニカム支持体をPt担持アルミナ触媒スラリから取り出して、ハニカム支持体に付着した過剰のスラリを、エア噴射により除去した後、150、1時間焼成した。そして、この操作を所定の担持量が得られるまで繰り返した。所定の担持量が得られた後、マッフル炉にて500で2時間焼成した。

このようなウォッシュコート法で形成した酸化触媒の量は、細孔の単位体積当りの酸化触媒の質量に換算して100g/Lであり、Pt担持量は4g/Lであった。

【0076】

(2)プラズマ空間電力密度の検証

次に、このような排気ガス浄化システムS2を使用して、第1プラズマ発生ユニット110および第2プラズマ発生ユニット120におけるプラズマ空間電力密度の設定範囲を検証するため、第1プラズマ発生ユニット110、第2プラズマ発生ユニット120単体について以下の試験を行った。

【0077】

(2-1)第1プラズマ発生ユニットのプラズマ空間電力密度

第1プラズマ空間電力密度は、前記した表1に示す排気ガスを第1プラズマ発生ユニット110に導入し、第1プラズマ発生ユニット110、NO<sub>x</sub>吸着触媒ユニット130、NO<sub>x</sub>選択還元触媒ユニット140および酸化触媒ユニット150を作動させ、開閉弁V1、V4、V5を適宜に開閉することによって、次の式(1)に基づいて、PM浄化率を測定した。すなわち、この検証において、第2プラズマ発生ユニット120は作動させ

10

20

30

40

50

なかった。そして、第1プラズマ発生ユニット110のプラズマ空間電力密度を、所定に変化させた。試験結果を図5に示す。

【0078】

【数1】

$$PM\text{浄化率}(\%) = \frac{\text{排気ガス浄化システムに} - \text{導入されるガス中のPM質量} - \text{排気ガス浄化システムから} - \text{排出されるガス中のPM質量}}{\text{排気ガス浄化システムに導入されるガス中のPM質量}} \cdots (1)$$

【0079】

図5より明らかなように、第1プラズマ発生ユニット110において、プラズマ空間電力密度が0.8(W/cm<sup>3</sup>)以上の範囲(好適範囲)では、PM浄化率が80%以上となり、排気ガス中のPMを好適に浄化できたことがわかる。

【0080】

(2-2) 第2プラズマ発生ユニットのプラズマ空間電力密度

次に、開閉弁V6を開き、排気ガスを第1プラズマ発生ユニット110を迂回させて第2プラズマ発生ユニット120に導入し、開閉弁V3を開放した状態において、次の式(2)に基づいて、NO<sub>2</sub>生成率を算出した。なお、NO<sub>2</sub>生成率は、ガス中の全NO<sub>x</sub>量に対して、どれだけのNO<sub>2</sub>が生成したか示す値であり、NO<sub>x</sub>量は前記したようにNOとNO<sub>2</sub>の和とした。試験結果を図5に示す。

【0081】

【数2】

$$NO\text{生成率}(\%) = \frac{\text{第2プラズマ発生ユニットから排出されるガス中のNO}_2\text{量}}{\text{第2プラズマ発生ユニットから排出されるNO}_x\text{量}} \cdots (2)$$

【0082】

図5より明らかなように、第2プラズマ発生ユニット120において、プラズマ空間電力密度が、0.4~9.5(W/cm<sup>3</sup>)の範囲内(好適範囲)では、NO<sub>2</sub>生成率が80%以上となり、排気ガス中のNO<sub>x</sub>に作用し、反応性の高いNO<sub>2</sub>を好適に生成できたことがわかる。

【0083】

(3-1) 実施例1

前記したプラズマ空間電力密度の検証を考慮して、排気ガス浄化システムS2の第1プラズマ発生ユニット110におけるプラズマ空間電力密度を6.0(W/cm<sup>3</sup>)、第2プラズマ発生ユニット120におけるプラズマ空間電力密度を2.2(W/cm<sup>3</sup>)に設定したものを実施例1とした。この設定において、第1プラズマ発生ユニット110には、600Hzの正弦波の交流を6.6kV<sub>pp</sub>の交流電圧で印加し、15mA<sub>rms</sub>の電流を通電させた。第2プラズマ発生ユニット120には、800Hzの正弦波の交流を9.2kV<sub>pp</sub>の交流電圧で印加し、5.3mA<sub>rms</sub>の電流を通電させた。

そして、表1に示す排気ガスを導入し、開閉弁V1、V4、V5を適宜開閉させて、前記した式(1)および次の式(3)に基づいて、PM浄化率およびNO<sub>x</sub>浄化率を測定した。

なお、排気ガスは、流量15L/min、300にて導入し、HC(n-C<sub>10</sub>H<sub>22</sub>)の添加量は3000ppmCとした。また、NO<sub>x</sub>選択還元触媒ユニット140に内蔵されるNO<sub>x</sub>選択還元触媒が200以上になったとき、HCを添加し、第2プラズマ発生ユニット120を作動させた。測定結果を図6に示す。

【0084】

10

20

30

40

## 【数3】

$$NOx\text{浄化率}(\%) = \frac{\text{排気ガス浄化システムに導入されるガス中のNOx量} - \text{排気ガス浄化システムから排出されるガス中のNOx量}}{\text{排気ガス浄化システムに導入されるガス中のNOx量}} \cdots (3)$$

## 【0085】

## (3-2) 実施例2

第1プラズマ発生ユニット110におけるプラズマ空間電力密度を8.0 (W/cm<sup>3</sup>)、第2プラズマ発生ユニット120におけるプラズマ空間電力密度を2.2 (W/cm<sup>3</sup>)に設定した排気ガス浄化システムS2を実施例2とした。この設定において、第1プラズマ発生ユニット110には、30000Hzの正弦波の交流を7.0 kV<sub>pp</sub>の交流電圧で印加し、30mA <sub>rms</sub>の電流を通電させた。第2プラズマ発生ユニット120については、実施例1と同一である。

そして、実施例1と同様に、PM浄化率およびNOx浄化率を測定した。測定結果を図6に示す。

## 【0086】

## (3-3) 比較例1

第1プラズマ発生ユニット110および第2プラズマ発生ユニット120を作動させず、HCを添加しない排気ガス浄化システムS2を比較例1とした。そして、実施例1と同様に、PM浄化率およびNOx浄化率を測定した。測定結果を図6に示す。

## 【0087】

ここで、実施例1、実施例2および比較例1の設定をまとめて、表3に示す。

## 【0088】

## 【表3】

		実施例1	実施例2	比較例1
第1プラズマ発生ユニット (プラズマ空間 10層)	平均電力 (W)	30	40	-
	プラズマ空間総体積 (cm <sup>3</sup> )	5.0	5.0	5.0
	プラズマ空間電力密度 (W/cm <sup>3</sup> )	6.0	8.0	-
第2プラズマ発生ユニット (プラズマ空間 3層)	平均電力 (W)	10	10	-
	プラズマ空間総体積 (cm <sup>3</sup> )	4.5	4.5	4.5
	プラズマ空間電力密度 (W/cm <sup>3</sup> )	2.2	2.2	-

## 【0089】

## (4) 排気ガス浄化システムの測定結果

図6より明らかのように、実施例1および実施例2では、PMおよびNOxの浄化率が80%以上となり、好適に排気ガスを浄化できたことがわかった。一方、比較例1では、特にPM浄化率が30%と低く、NOx浄化率も60%であった。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0090】

【図1】本実施形態に係る排気ガス浄化システムの構成を模式的に示すブロック図である。

【図2】図1に示すNOx吸着触媒ユニットに内蔵されたNOx吸着触媒ユニット本体を

部分的に示す部分断面図である。

【図3】実施例に係る排気ガス浄化システムの構成を模式的に示すブロック図である。

【図4】図3に示す第1プラズマ発生ユニットに内蔵された第1プラズマ発生ユニット本体の構成を部分的に示す断面図である。

【図5】第1プラズマ発生ユニットおよび第2プラズマ発生ユニットにおけるプラズマ空間電力密度の検証結果を示すグラフである。

【図6】実施例および比較例に係る排気ガス浄化システムのPMおよびNO<sub>x</sub>浄化率を示すグラフである。

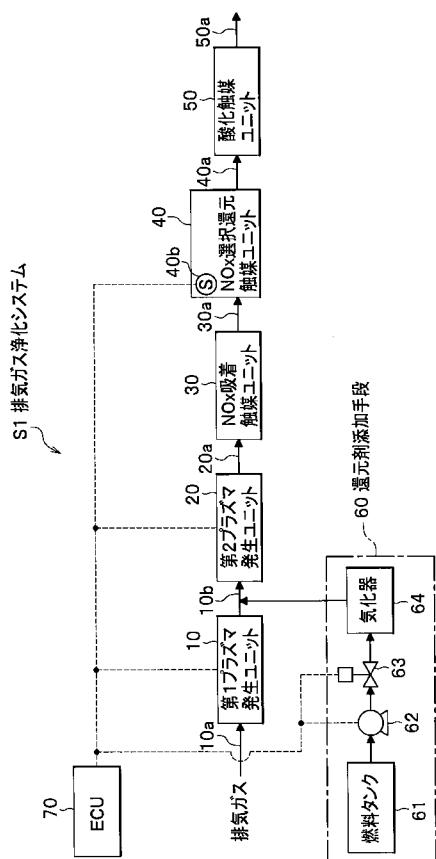
## 【符号の説明】

〔 0 0 9 1 〕

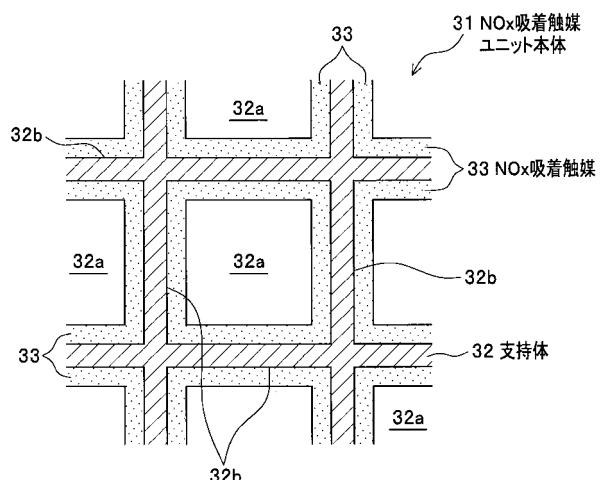
- S 1、S 2 排気ガス浄化システム  
 1 0 第1プラズマ発生ユニット  
 2 0 第2プラズマ発生ユニット  
 3 0 NO<sub>x</sub>吸着触媒ユニット  
 4 0 NO<sub>x</sub>選択還元触媒ユニット  
 5 0 酸化触媒ユニット  
 6 0 還元剤添加手段  
 7 0 ECU

10

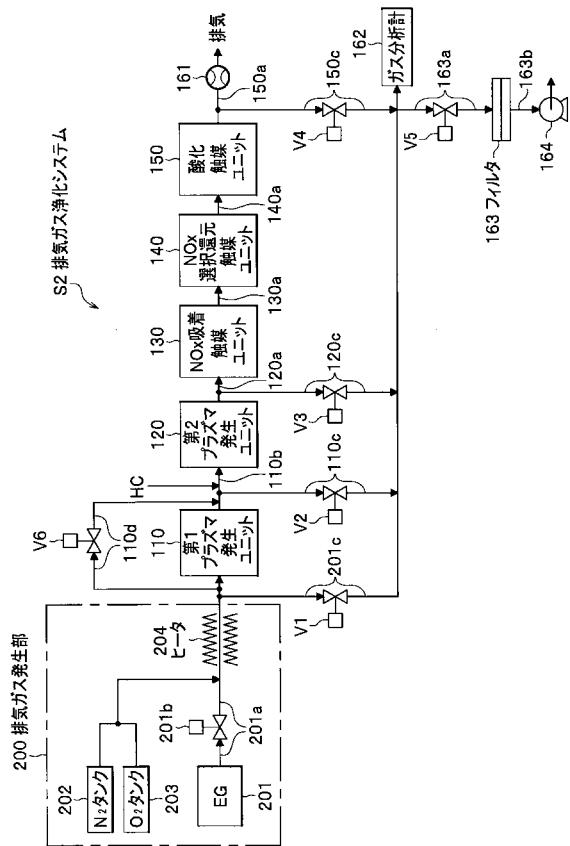
【 図 1 】



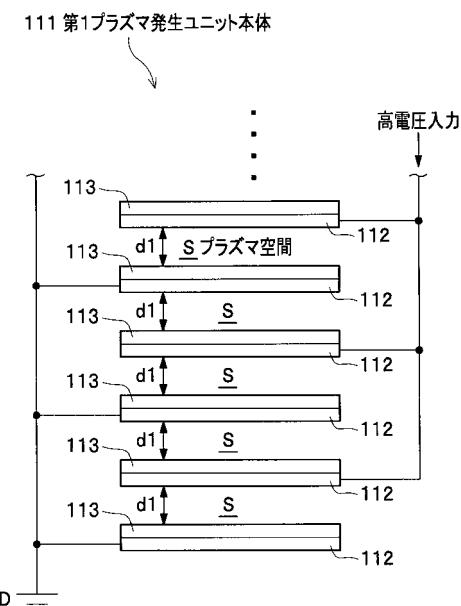
【 図 2 】



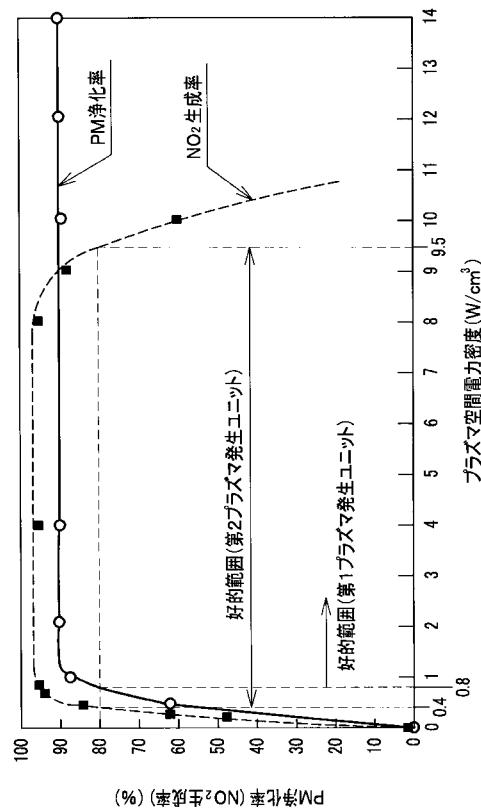
【図3】



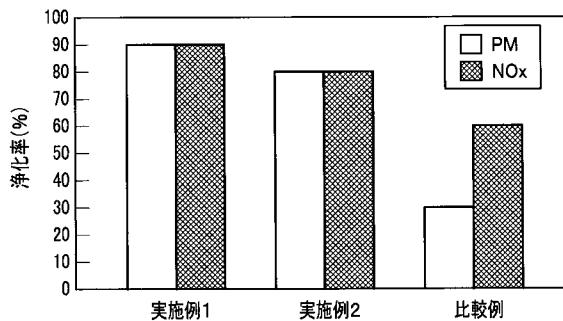
【図4】



【図5】



【図6】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード(参考)
F 01N 3/24	F 01N 3/24	C
F 01N 3/28	F 01N 3/24	E
	F 01N 3/28	3 0 1 C
	F 01N 3/28	3 0 1 D
	F 01N 3/28	3 0 1 F
	B 01D 53/36	1 0 3 B
	B 01D 53/36	1 0 3 C
	B 01D 53/34	1 2 9 C

(72)発明者 寺田 一秀

埼玉県和光市中央1丁目4番1号

株式会社本田技術研究所内

(72)発明者 堂坂 健児

埼玉県和光市中央1丁目4番1号

株式会社本田技術研究所内

(72)発明者 岩間 恵三

埼玉県和光市中央1丁目4番1号

株式会社本田技術研究所内

F ターム(参考) 3G090 AA06

3G091 AA02 AB02 AB04 AB06 AB09 AB14 BA14 CA05 CA18 CA26  
 GA06 GB01W GB06W GB09Y GB10W HA09 HA12 HA20  
 4D002 AA12 BA05 BA06 BA07 CA13 EA02 GA02 GB03 HA02  
 4D048 AA06 AA13 AA14 AA18 AB01 AB02 BA03X BA10X BA11X BA14X  
 BA30X BA34X BA41X BB02 CC32 CC38 CC47 CD10 DA01 DA02  
 DA06