

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Numéro de publication:

0 221 805 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN(45) Date de publication de fascicule du brevet:
11.12.91(51) Int. Cl.⁵: **F01N 3/02, H05B 6/78**(21) Numéro de dépôt: **86402213.2**(22) Date de dépôt: **07.10.86**

(54) **Procédé de traitement des particules carbonées contenues dans des gaz en circulation, notamment dans les gaz d'échappement de moteurs à allumage par compression.**

(30) Priorité: **11.10.85 FR 8515126**(43) Date de publication de la demande:
13.05.87 Bulletin 87/20(45) Mention de la délivrance du brevet:
11.12.91 Bulletin 91/50(84) Etats contractants désignés:
BE CH LI LU NL

(56) Documents cités:
EP-A- 0 191 437 EP-A- 0 212 396
DE-A- 3 504 737 GB-A- 1 092 861
GB-A- 2 080 140 US-A- 4 207 452
US-A- 4 417 116

PATENTS ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 8, no. 249 (M-338)[1686], 15 novembre 1984; & JP-A-59 126 021 (MITSUBISHI DENKI K.K.) 20-07-1984

(73) Titulaire: **REGIE NATIONALE DES USINES RE-NAULT**

Boîte postale 103 8-10 avenue Emile Zola
F-92109 Boulogne-Billancourt(FR)

(72) Inventeur: **Renénot, Gérard**
5, rue Rebeval
F-75019 Paris(FR)
 Inventeur: **Senamaud, Jean**
3, Grande Rue Avrainville
F-91630 Marolles en Hurepoix(FR)
 Inventeur: **Berteau, André-Jean**
10, Allée des Maronniers
F-91210 Draveil(FR)
 Inventeur: **Ollivon, Michel**
20, rue Mot
F-94120 Fontenay sous Bois(FR)

EP 0 221 805 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention se rapporte à un procédé d'élimination des particules carbonées contenues dans des gaz en circulation, par exemple des gaz d'échappement de moteurs thermiques, des atmosphères industrielles, mines, etc. Une application particulièrement intéressante du procédé réside dans le traitement des gaz d'échappement de moteurs à allumage par compression (moteurs diesel).

Les contraintes de la normalisation de certains pays appliquées au rejet de particules par un moteur diesel imposent que ce rejet soit ramené aux environs de 0,1 à 0,3 g par km parcouru.

Les dispositifs actuels, bien connus des gens de l'art, comportent généralement : d'une part, un système de piégeage des particules (par exemple filtre poreux), d'autre part, un système d'élimination de ces particules piégées (par exemple par combustion, opération appelée régénération du filtre et évitant son colmatage). C'est ce deuxième système qui est le plus complexe à résoudre, à cause d'un problème énergétique fondamental basé sur les deux faits suivants :

- le carbone ne peut brûler qu'à partir d'une température élevée (environ 600 °C)
- le système de piégeage possède une capacité calorifique non négligeable, et il est de plus traversé par des gaz à température généralement inférieure à 600 °C.

Dans l'état actuel de l'art, trois principes sont utilisés (séparément ou ensemble) pour résoudre ce problème énergétique :

- modifications du moteur pour augmenter la température des gaz d'échappement,
- diminution de l'énergie nécessaire, par catalyse (catalyseur sur le système de piégeage ou dans le carburant),
- apport supplémentaire d'énergie (par exemple brûleur à gasole, résistances électriques).

Ces systèmes sont généralement complexes, et peuvent entraîner des inconvénients tels que : manque de fiabilité, détérioration de la consommation et de l'agrément de conduite du véhicule, augmentation importante du prix du véhicule.

Le brevet GB-A-2 080 140 décrit un appareil capable de brûler des particules carbonées déposées sur un filtre, au moyen d'un générateur de micro-ondes.

La présente invention est basée sur la constatation surprenante qu'une combustion directe des particules carbonées était possible par l'action d'un champ électromagnétique micro-ondes, dans des conditions de mise en oeuvre bien déterminées.

L'intérêt de la présente invention est que la quantité d'énergie nécessaire à la combustion des particules est très réduite du fait que seules celles-ci absorbent l'énergie micro-ondes alors que les

gaz ne l'absorbent pas et qu'un élément de piégeage tel qu'un filtre, s'il est présent, peut être avantageusement construit en matériau n'absorbant pas les micro-ondes, d'où compatibilité avec l'énergie disponible dans un véhicule, sans influence sur la consommation et l'agrément de conduite.

Si un échantillon de carbone est soumis à un champ micro-ondes, l'action qui en résulte dépend essentiellement de la dimension de l'échantillon comparée à la longueur d'onde λ du rayonnement micro-ondes. Si la dimension moyenne de l'échantillon n'est pas très petite devant λ , le champ ne pénètre pas dans l'échantillon (effet de peau); le courant électrique résultant est faible et superficiel. Si la dimension est suffisamment petite devant λ (environ inférieure à $1/100^{\text{e}}$ de λ), l'échantillon s'échauffe fortement jusqu'à la combustion. Si la dimension devient infiniment petite devant λ (environ inférieure à 10^{-4} fois λ), l'interaction redevient très faible car le rapport surface sur volume est très grand et l'échantillon évacue facilement la chaleur produite en volume.

A titre d'exemple, pour une fréquence d'application industrielle en micro-ondes telle que 2,45 GHz, correspondant environ à $\lambda = 12$ cm, il paraît difficile de détruire par combustion, par un champ électromagnétique micro-ondes, des particules de carbone inférieures à 1 μm .

Suivant le procédé conforme à l'invention d'élimination de particules carbonées contenues dans des gaz en circulation, notamment les gaz d'échappement d'un moteur à allumage par compression, on soumet les particules, en vue de leur combustion, à l'action d'un champ électromagnétique micro-ondes dans une structure résonnante excitée de manière à produire un champ électrique concentré suivant un ou plusieurs axes d'interaction et on fait passer ou séjourner les particules dans des zones de la structure résonnante où le champ électrique est maximum.

Ces caractéristiques favorisent la transmission de l'énergie micro-ondes aux particules, donc l'échauffement de ces dernières.

Il est possible d'utiliser une structure résonnante excitée de manière que le champ électrique soit concentré suivant un axe d'interaction et de faire passer les gaz contenant les particules dans la structure résonnante parallèlement à la direction de vibration du champ électrique.

Suivant un mode de réalisation du procédé conforme à l'invention, on utilise une structure résonnante cylindrique excitée de manière à produire un champ électrique axial et on fait passer les gaz coaxialement dans la structure résonnante.

Suivant un autre mode de réalisation, on utilise une structure résonnante parallélépipédique excitée suivant l'un des modes fondamentaux TE_{01p} , où p représente le nombre de demi-longueurs d'ondes

guidées suivant la longueur de la structure.

On peut également faire passer les gaz, dans la structure résonnante, dans un moyen de concentration des particules. Ce concentrateur de particules permet d'atteindre des efficacités de combustion très élevées, grâce à la vitesse très réduite, voire nulle, des particules, et grâce à leur concentration.

On peut utiliser, comme concentrateur de particules, un filtre poreux, par exemple en céramique, éventuellement un filtre poreux catalytique.

De préférence, on utilise un filtre ayant une longueur inférieure à la dimension de la structure résonnante parallèlement à la longueur du filtre.

La combustion des particules concentrées sur le filtre, donc la régénération du filtre, peut être améliorée dans le cas où le débit de gaz pendant la combustion est réduit, par exemple de manière à correspondre à un fonctionnement au ralenti du moteur, ou pour une limitation mécanique du débit, par exemple par un by-pass.

Toutefois, il est également possible d'obtenir une régénération élevée du filtre en plaçant le filtre en position décalée (dans le sens aval) dans la structure résonnante.

Une autre possibilité pour améliorer la régénération du filtre consiste à utiliser un filtre ayant à son extrémité amont une géométrie réduisant ou ralentissant le colmatage, de préférence une forme en cône externe ou interne. Dans le premier cas, la forme du champ électrique micro-ondes épouse mieux la forme en cône externe de la face amont, et dans le second cas, l'effet d'entonnoir produit par le cône interne entraîne une plus forte concentration de carbone au centre du filtre, là où le champ micro-ondes est le plus intense.

Suivant un mode de réalisation préféré du procédé faisant appel à un concentrateur de particules, on fait fonctionner chaque filtre en cycles successifs "chargement-régénération", en appliquant l'énergie micro-ondes en discontinu uniquement pendant les cycles de régénération.

Dans ce cas, on utilise avantageusement plusieurs filtres en parallèle et on fait fonctionner les filtres en temps partagé, en régénérant un filtre par application d'énergie micro-ondes pendant que le ou les autres filtres fonctionnent en chargement.

Les différents filtres travaillant en alternance en cycles de chargement et en cycles de régénération peuvent être placés dans des systèmes résonnants indépendants, excités en alternance par commutation de l'énergie micro-ondes.

Il est cependant possible également, en cas d'utilisation de plusieurs filtres en parallèle alimentés par un même moteur, de placer les filtres dans des zones de champ électrique maximum d'un même dispositif résonnant. Dans ce cas, lorsque les micro-ondes sont appliqués au dispositif réson-

nant, la combustion des particules se fera automatiquement sur le filtre présentant le maximum de pertes électriques, c'est-à-dire le filtre le plus chargé en particules, sans qu'il n'y ait à prévoir ni commutation des micro-ondes, ni commutation des gaz sur les filtres. On obtient ainsi un système entièrement automatique sur lequel les micro-ondes régénèrent toujours, parmi plusieurs filtres en parallèle, celui qui est le plus chargé, c'est-à-dire celui ayant la plus forte perte de charge, donc le plus faible débit de gaz. Ce filtre, lorsqu'il est régénéré, présente une perte de charge très faible et reçoit alors un débit de gaz accru aux dépens du ou des autres filtres.

On dispose alors d'un système sur lequel les cycles charge-combustion sont autorégulés entre les différents filtres.

En se référant aux dessins schématiques annexés, on va décrire ci-après plus en détail, plusieurs modes de réalisation illustratifs et non limitatifs de l'objet de l'invention; sur les dessins :

la figure 1 représente une structure résonnante cylindrique traversée par un conduit parcouru par les gaz d'échappement d'un moteur diesel; la figure 2 représente une structure résonnante parallélépipédique traversée par un conduit parcouru par les gaz d'échappement d'un moteur diesel;

la figure 3 représente un exemple de disposition d'un filtre de concentration de particules contenues dans les gaz d'échappement d'un moteur diesel, dans une structure résonnante;

la figure 4 représente un agencement suivant la figure 1, avec un filtre de forme différente;

la figure 5 représente également un agencement suivant la revendication 1, avec un filtre encore différent;

la figure 6 représente un dispositif de combustion par micro-ondes à deux filtres fonctionnant en alternance;

la figure 7 représente un autre mode de réalisation d'un dispositif de combustion à deux filtres fonctionnant en alternance;

les figures 8a et 8b représentent schématiquement, en deux vues différentes, un moteur équipé d'un dispositif de combustion à quatre filtres dans une structure résonnante commune;

les figures 9a et 9b représentent un autre mode de réalisation d'un dispositif à plusieurs filtres.

Pour obtenir une combustion directe de particules carbonées contenues dans les gaz d'échappement d'un moteur diesel, par l'action d'un champ électromagnétique micro-ondes, il est nécessaire de mettre en oeuvre les micro-ondes dans certaines conditions bien déterminées, à savoir dans des structures résonnantes dont le champ électrique est concentré suivant un ou plusieurs axes d'interaction, en faisant passer ou séjourner les parti-

cules dans la ou les zones de champ électrique maximum de la structure résonnante.

Selon la figure 1, une cavité 1 cylindrique est traversée coaxialement par un tube central 2 diélectrique parcouru dans le sens de la flèche G par les gaz contenant les particules à brûler. La cavité 1 est excitée, par l'iris 3, en mode TM_{010} , ce qui crée un champ électrique axial E qui est maximal au centre de la cavité, c'est-à-dire dans la zone du tube 2.

Suivant la figure 2, une cavité 4 parallélépipédique, traversée par un tube diélectrique 5 lui-même parcouru par les gaz suivant la flèche G, est excitée à travers l'iris 6 suivant l'un des modes fondamentaux TE_{01p} , où p représente le nombre de demi-longueurs d'ondes guidées suivant la longueur de la cavité. Un court-circuit mobile 7 est prévu l'opposé de l'iris 6, pour accorder la cavité. Le tube diélectrique 5 est disposé parallèlement à l'axe de vibration du champ électrique, en un lieu où ce champ est maximum.

Les tubes diélectriques 2, 5, des figures 1 et 2, sont simplement traversés par le gaz contenant les particules à brûler. Cette combustion directe des particules par simple traversée du dispositif micro-onde résonnant se fait avec une efficacité accrue si la vitesse des particules est réduite, si leur dimension n'est pas trop petite, et si le champ électrique (donc la surtension du dispositif) est très élevé.

Une autre solution, permettant d'obtenir des efficacités de combustion élevées, consiste à utiliser des moyens de concentration des particules.

Selon la figure 3, une cavité résonnante 4 parallélépipédique, analogue à celle de la figure 2, comprend un tube 5 parcouru dans le sens de la flèche G par les gaz contenant les particules à brûler. Le tube 5 renferme un filtre 8, de préférence un filtre céramique poreux, comme moyen de concentration des particules.

Il s'est avéré que pour optimiser la combustion des particules retenues par le filtre 8, le débit de gaz pendant la combustion doit être avantageusement réduit.

Toutefois, on obtient également une combustion efficace des particules concentrées par le filtre lorsque ce dernier, comme illustré sur la figure 3, est décalé par rapport à la cavité dans le sens d'écoulement des gaz.

Il est également possible d'améliorer le rendement de la combustion en utilisant des filtres catalytiques.

La géométrie de la face d'admission des gaz sur le filtre conditionne également le rendement de la combustion.

La figure 4 représente un filtré 9 ayant une face d'admission taillée en cône externe à 90° .

La figure 5 illustre un filtre 10 ayant une face d'admission taillée en cône interne à 90° .

Il s'est avéré que l'application des micro-ondes au filtre, en vue de la combustion des particules retenues, donc de la régénération du filtre, s'effectue avantageusement en discontinu, c'est-à-dire qu'on fait fonctionner le filtre en cycles successifs chargement-régénération, ce qui, pour un fonctionnement continu, implique l'utilisation de plusieurs filtres à cycles chargement-régénération décalés. Ainsi, pendant qu'un filtre est régénéré par les micro-ondes, le ou les autres filtres se chargent en particules. Il est nécessaire dans ce cas de prévoir une commutation successive des micro-ondes sur les différents filtres, ainsi que de préférence une commutation successive des gaz sur les différents filtres.

La figure 6 représente un mode de réalisation d'un dispositif de combustion par micro-ondes à deux filtres, associé à un moteur 11. Ce dispositif comprend deux filtres 12 montés dans deux branches parallèles d'un circuit d'échappement commun, chaque filtre étant placé dans une structure résonnante différente. Un clapet inverseur 13 est prévu pour commuter les gaz du moteur 11 sur l'une ou l'autre branche en vue du chargement du filtre correspondant, et un dispositif de commutation non représenté est prévu pour commuter l'énergie micro-ondes sur la cavité renfermant celui des filtres 12 qui ne se trouve pas en phase de chargement. Il est avantageux de maintenir dans le filtre en cours de régénération un léger débit de gaz d'échappement ou d'air additionnel pour entretenir la combustion.

La figure 7 représente un dispositif de combustion qui diffère de celui de la figure 6 par un circuit quelque peu différent des gaz après sortie des filtres et par le fait que le clapet de commutation 13 se trouve en amont des deux filtres 12 au lieu d'être en aval.

Les figures 8a, 8b et 9a, 9b illustrent deux exemples de dispositifs de combustion dans lesquels quatre filtres 14 sont associés à un moteur 15. Dans ce cas, plutôt que de commuter successivement l'énergie micro-ondes sur les différents filtres placés chacun dans une structure résonnante indépendante, il est avantageux de placer les différents filtres 14 dans une même structure résonnante, chaque filtre se trouvant dans une zone où le champ électrique est maximum, et d'appliquer l'énergie micro-ondes en continu à la structure résonnante.

Il est possible, par exemple, de placer un filtre toutes les demi-longueurs d'ondes dans une cavité excitée en mode TE_{01p} , où p représente le nombre de demi-longueurs d'ondes guidées suivant la longueur de la cavité.

Lorsque les micro-ondes sont appliqués en continu à un tel dispositif résonnant à plusieurs filtres, la combustion se fait automatiquement sur le

filtre présentant le maximum de pertes électriques, c'est-à-dire le filtre le plus chargé en particules, sans qu'il y ait à prévoir une quelconque commutation des micro-ondes.

Par conséquent, si les filtres sont tous reliés à une sortie unique d'un moteur et sont tous placés dans un même dispositif micro-ondes résonnant, le système est entièrement automatique dans la mesure où les micro-ondes régénèrent toujours automatiquement, parmi tous les filtres, celui qui est le plus chargé, donc traversé par un faible débit de gaz, ce filtre présentant, après régénération, une perte de charge très faible, donc un débit de gaz élevé, et ainsi de suite, ce même cycle se répétant en alternance pour les différents filtres. On dispose ainsi d'un système de combustion à filtres multiples avec des cycles "charge-combustion" autorégulés entre les différents filtres.

Revendications

1. Procédé de traitement des particules carbonées contenues dans des gaz en circulation, caractérisé par le fait qu'on soumet les particules, en vue de leur combustion, à l'action d'un champ électromagnétique micro-ondes dans une structure résonnante excitée de manière à produire un champ électrique concentré suivant un ou plusieurs axes d'interaction et on fait passer ou séjourner les particules dans des zones de la structure résonnante où le champ électrique est maximum.
2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'on utilise une structure résonnante excitée de manière que le champ électrique soit concentré suivant un axe et qu'on fait passer le gaz contenant les particules dans la structure résonnante parallèlement à la direction de vibration du champ électrique.
3. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé par le fait qu'on utilise une cavité résonnante cylindrique traversée coaxialement par les gaz et excitée de manière à produire un champ électrique axial.
4. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé par le fait qu'on utilise une cavité parallélépipédique excitée suivant l'un des modes fondamentaux TE_{01p} , où p représente le nombre de demi-longueurs d'ondes guidées suivant la longueur de la structure, cette structure étant traversée par les gaz parallèlement à sa longueur.
5. Procédé suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait

qu'on fait passer les gaz, dans la structure résonnante, dans un concentrateur de particules.

6. Procédé suivant la revendication 5, caractérisé par le fait qu'on utilise un filtre poreux comme concentrateur de particules.
7. Procédé suivant la revendication 5 ou 6, caractérisé par le fait qu'on utilise un filtre en un matériau n'absorbant pas les micro-ondes.
8. Procédé suivant la revendication 6 ou 7, caractérisé par le fait qu'on utilise un filtre céramique poreux catalytique comme concentrateur de particules.
9. Procédé suivant la revendication 5, caractérisé par le fait qu'on utilise un filtre ayant une longueur inférieure à la dimension de la cavité parallèlement à la longueur du filtre.
10. Procédé suivant la revendication 5, caractérisé par le fait qu'on place le filtre de manière que son extrémité amont soit décalée vers l'intérieur de la structure résonnante.
11. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 5 à 10, caractérisé par le fait qu'on utilise un filtre ayant à son extrémité amont une forme en cône interne ou externe.
12. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 5 à 11, caractérisé par le fait qu'on applique l'énergie micro-ondes en discontinu au filtre pour faire fonctionner le filtre en cycles successifs chargement-régénération.
13. Procédé suivant la revendication 12, caractérisé par le fait qu'on utilise plusieurs filtres en parallèle et qu'on fait fonctionner les différents filtres en temps partagé en régénérant un filtre par application de micro-ondes pendant le chargement du ou des autres filtres.
14. Procédé suivant la revendication 13, caractérisé par le fait qu'on place les différents filtres dans des structures résonnantes indépendantes et qu'on commute les micro-ondes successivement sur les différents filtres.
15. Procédé suivant la revendication 12, caractérisé par le fait qu'on place plusieurs filtres en parallèle dans des zones de champ électrique maximum d'une même structure résonnante.
16. Application du procédé suivant l'une quelconque des revendications précédentes aux gaz

d'échappement de moteurs à allumage par compression.

Claims

1. A process for treating carbonaceous particles contained in flowing gases, characterised in that, with a view to combustion thereof, the particles are subjected to the action of a microwave electromagnetic field in a resonant structure which is excited in such a way as to produce an electrical field which is concentrated along one or more interaction axes and the particles are caused to pass through or spend time in the zones of the resonant structure in which the electrical field is at a maximum.
2. A process according to claim 1 characterised by using a resonant structure which is excited in such a way that the electrical field is concentrated along an axis and by passing the gas containing the particles through the resonant structure parallel to the direction of vibration of the electrical field.
3. A process according to claim 2 characterised by using a cylindrical resonant cavity through which the gases pass coaxially and which is excited in such a way as to produce an axial electrical field.
4. A process according to claim 2 characterised by using a parallelepipedic cavity which is excited in one of the fundamental modes TE_{01p} wherein p represents the number of half-lengths of waves guided along the length of the structure, the gases passing through said structure parallel to its length.
5. A process according to any one of the preceding claims characterised in that in the resonant structure the gases are passed through a particle concentrating means.
6. A process according to claim 5 characterised by using a porous filter as the particle concentrating means.
7. A process according to claim 5 or claim 6 characterised by using a filter of a material which does not absorb microwaves.
8. A process according to claim 6 or claim 7 characterised by using a catalytic porous ceramic filter as the particle concentrating means.

9. A process according to claim 5 characterised by using a filter which is of a length that is less than the dimension of the cavity parallel to the length of the filter.
10. A process according to claim 5 characterised by placing the filter in such a way that its upstream end is displaced towards the interior of the resonant structure.
11. A process according to any one of claims 5 to 10 characterised by using a filter which at its upstream end is in the shape of an internal or external cone.
12. A process according to any one of claims 5 to 11 characterised in that the microwave energy is discontinuously applied to the filter to cause the filter to operate in successive charging-regeneration cycles.
13. A process according to claim 12 characterised by using a plurality of filters in parallel and by operating the different filters in a shared time mode by regenerating one filter by the application of microwaves during charging of the other filter or filters.
14. A process according to claim 13 characterised by placing the different filters in independent resonant structures and by switching the microwaves successively to the different filters.
15. A process according to claim 12 characterised by placing a plurality of filters in parallel in maximum electrical field zones of the same resonant structure.
16. Application of the process according to any one of the preceding claims to the exhaust gases of compression ignition engines.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Behandlung von in strömenden Gasen enthaltenen Kohlenstoffpartikeln, dadurch gekennzeichnet, daß die Partikel im Hinblick auf ihre Verbrennung der Wirkung eines elektromagnetischen Mikrowellenfeldes unterworfen werden in einem Resonatorraum, welcher dergestalt erregt wird, daß er ein elektrisches Feld erzeugt, das entlang einer oder mehrerer sich schneidender Achsen konzentriert ist und daß die Partikel veranlaßt werden, diejenigen Bereiche des Resonanzraumes zu durchsetzen oder sich in ihnen aufzuhalten, in denen das elektrische Feld maximal ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Resonanzraum verwendet wird, der dergestalt erregt wird, daß das elektrische Feld entlang einer Achse konzentriert ist und daß das die Partikel enthaltende Gas veranlaßt wird, den Resonanzraum parallel zur Schwingungsrichtung des elektrischen Feldes zu durchsetzen. 5
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein zylindrischer Resonanzraum verwendet wird, der coaxial von den Gasen durchsetzt wird und dergestalt erregt wird, daß er ein axiales elektrisches Feld erzeugt. 10
4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein parallelepipedförmiger Raum verwendet wird, der gemäß einer der Fundamentalmoden TE_{01p} erregt wird, wobei p die Anzahl der in Längsrichtung des Raumes geführten halben Wellenlängen bedeutet und der Raum von den Gasen parallel zu seiner Länge durchströmt wird. 15 20
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Gase veranlaßt werden, im Resonanzraum einen Partikelkonzentrator zu durchsetzen. 25
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein poröses Filter als Partikelkonzentrator verwendet wird. 30
7. Verfahren nach Ansprüchen 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein Filter verwendet wird, welcher die Mikrowellen nicht absorbiert. 35
8. Verfahren nach Ansprüchen 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein keramischer poröser katalytischer Filter als Teilchen-Konzentrator verwendet wird. 40
9. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Filter verwendet wird, dessen Länge kleiner als die Abmessung des Raumes parallel zur Filterlänge ist. 45
10. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Filter dergestalt eingesetzt wird, daß sein vorderes Ende in Richtung zum Inneren des Resonanzraumes hin verschoben ist. 50
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß ein Filter verwendet wird, das an seinem vorderen Ende einen inneren oder äußeren Konus aufweist. 55
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrowellenenergie diskontinuierlich dem Filter zugeführt wird, um letzteren in aufeinanderfolgenden Lade-Regenerations-Zyklen arbeiten zu lassen.
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere parallele Filter verwendet werden und daß die verschiedenen Filter zu gemeinsamen Zeiten verwendet werden, während deren ein Filter durch Anwendung von Mikrowellen regeneriert wird und der oder die anderen Filter geladen werden.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die verschiedenen Filter in unabhängigen Resonanzräumen angeordnet werden und daß die Mikrowellen nacheinander die verschiedenen Filter beaufschlagen.
15. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Filter parallel in Bereichen mit einem maximalen elektrischen Feld im gleichen Resonanzraum angeordnet werden.
16. Verwendung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche für die Abgase von selbstzündenden Motoren.

FIG.1

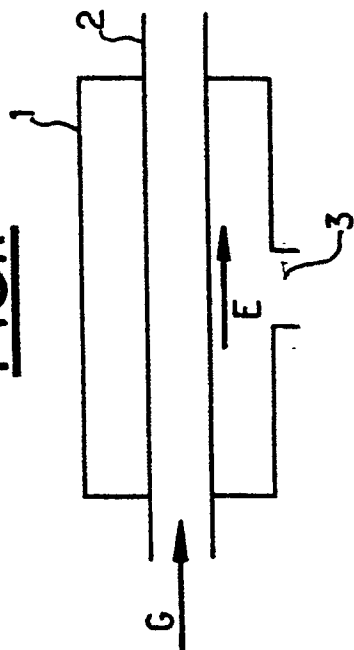


FIG.2

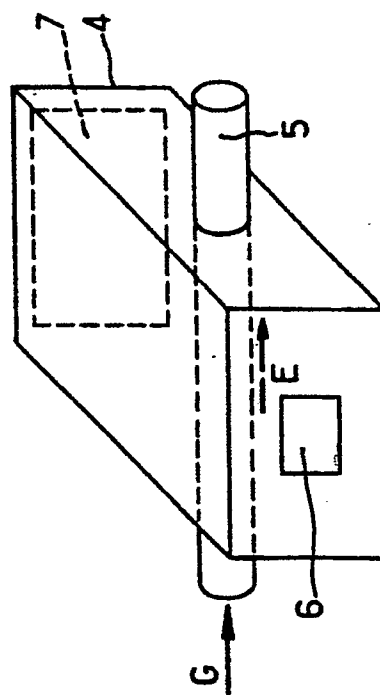


FIG.3

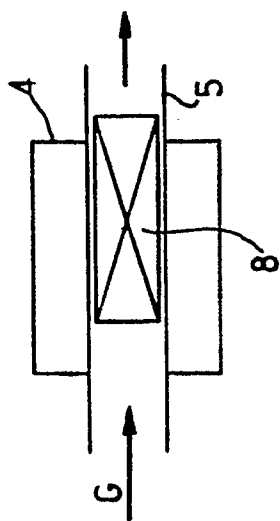


FIG.4

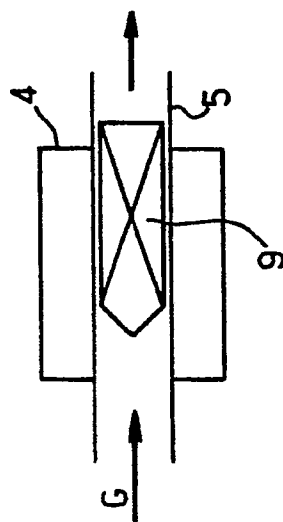


FIG.5

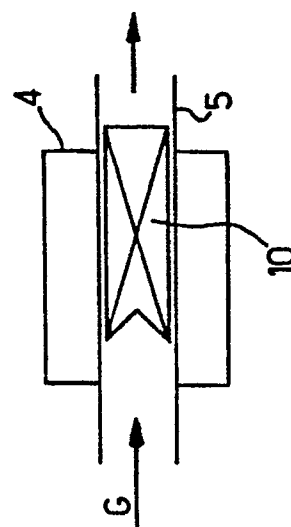


FIG.6

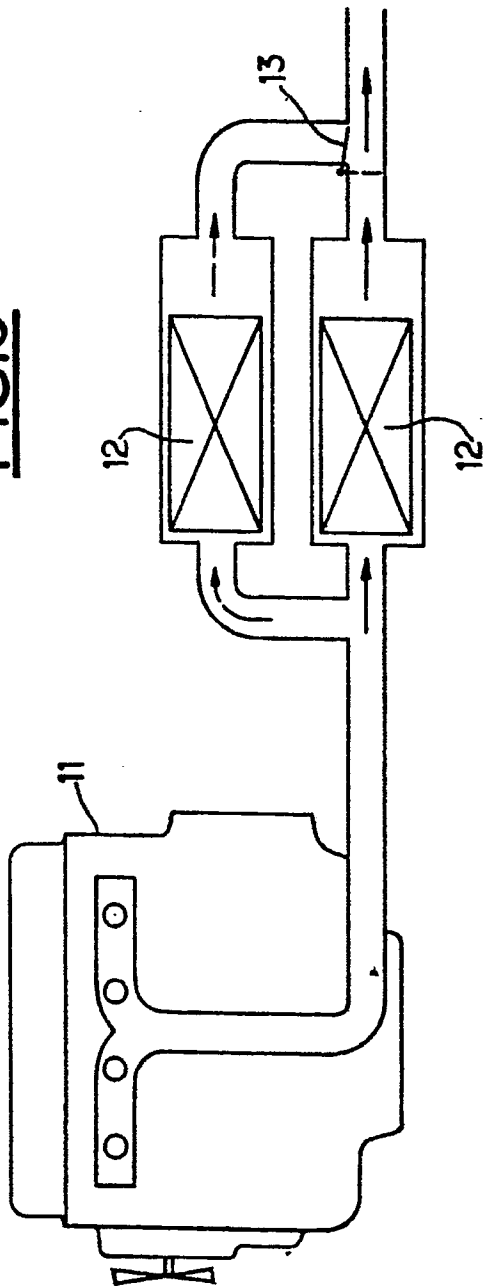


FIG.7

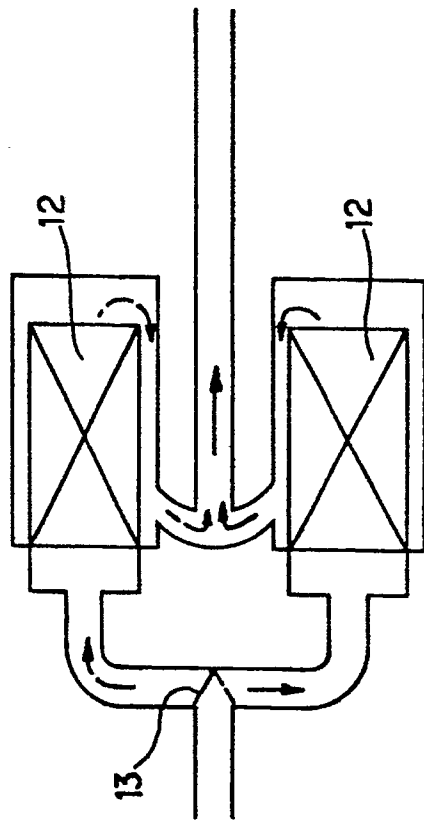


FIG. 8b

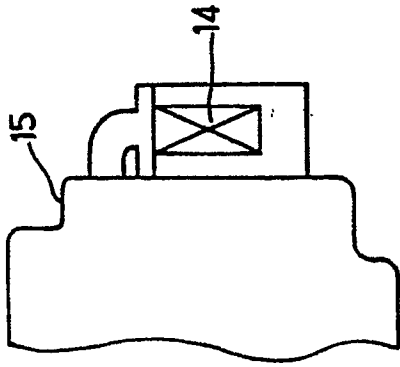


FIG. 9b

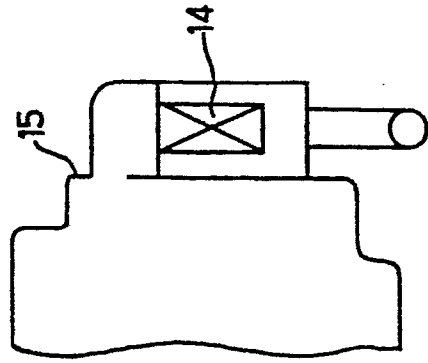


FIG. 8a

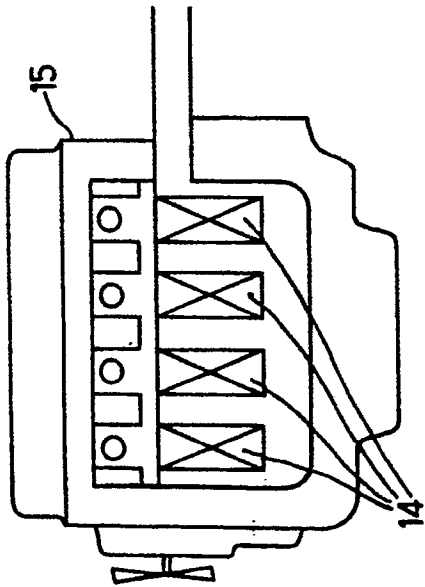


FIG. 9a

