



(10) **DE 10 2015 001 230 A1** 2016.08.04

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 001 230.4**

(22) Anmeldetag: **03.02.2015**

(43) Offenlegungstag: **04.08.2016**

(51) Int Cl.: **G01N 22/00** (2006.01)

F01N 11/00 (2006.01)

F01N 9/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

Dietrich, Markus, Dr.-Ing., 95447 Bayreuth, DE;
Feulner, Markus, Dr.-Ing., 95444 Bayreuth, DE;
Hagen, Gunter, Dr.-Ing., 95131 Schwarzenbach
a Wald, DE; Moos, Ralf, Prof. Dr. Ing., 95447
Bayreuth, DE; Rauch, Dieter, Dr.-Ing., 95448
Bayreuth, DE

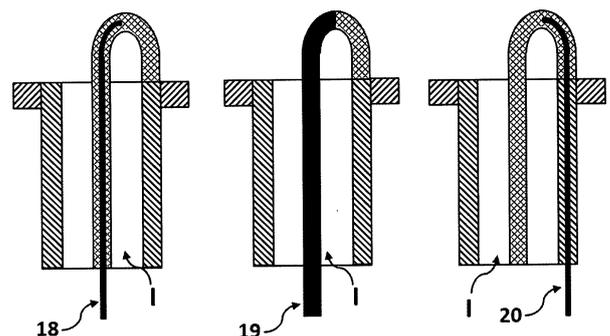
(72) Erfinder:

Moos, Ralf, Prof. Dr.-Ing., 95447 Bayreuth, DE;
Hagen, Gunter, Dr.-Ing., 95131 Schwarzenbach
a Wald, DE; Dietrich, Markus, Dipl.-Ing., 95447
Bayreuth, DE; Feulner, Markus, Dipl.-Ing., 95444
Bayreuth, DE; Rauch, Dieter, Dipl.-Ing., 95448
Bayreuth, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Induktive Antennen mit Thermoelement für ein Verfahren zur Zustandserkennung eines Katalysators mit Mikrowellen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Ein- und Auskopplung von Mikrowellen in einen Abgaskatalysator oder -filter mittels induktiver Schleifenantennen, bei der eine oder mehrere der Antennen mit integrierten Temperaturfühlern versehen sind. Durch die integrierte Temperaturmessung bei gleichzeitiger Ein- und Auskopplung der Mikrowellen mittels induktiver Schleifenantennen und Vermeidung von zusätzlichen Temperaturfühlern im Abgasstrang ist eine störungsfreiere Ausbreitung der Mikrowellen bei gleichzeitiger genauerer Kompensation von Temperatureinflüssen auf das Messprinzip möglich. Durch den Einsatz der Erfindung wird die mikrowellenbasierte Katalysatorzustandserkennung verbessert.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erkennung des Zustands eines Abgaskatalysators oder eines Abgasfilters mittels Mikrowellen.

Technischer Hintergrund

[0002] Stöchiometrisch oder mit Luftüberschuss betriebene Verbrennungsmotoren bedienen sich gegenwärtig im Serieneinsatz ausschließlich indirekter Methoden zur Zustandserfassung von mit Gasen, mit Flüssigkeiten oder mit Feststoffen beladenen Abgasnachbehandlungskomponenten.

[0003] Sauerstoffspeichernde Dreiwegekatalysatoren (z. B. mit stabilisiertem Ceroxid als Sauerstoffspeicherkomponente) werden üblicherweise mittels Gassensoren überwacht und geregelt, die stromauf- und stromabwärts des Katalysators angeordnet sind und das Verbrennungsluftverhältnis λ messen [1]. In grober Näherung benötigt der Dreiwegekatalysator ein stöchiometrisches Verbrennungsluftverhältnis ($\lambda = 1$) für einen optimalen Umsatz sowohl der zu oxidierenden als auch der zu reduzierenden Abgaskomponenten. Der Beladungsgrad des Sauerstoffspeichers, der Betriebsschwankungen im instationären Betrieb ausgleicht, kann über Gassensoren nicht direkt ermittelt werden. Vielmehr erfolgt eine sensorgestützte Bilanzierung des Sauerstoffs mittels eines Modells. Eines der vielen Beispiele hierzu findet man in der Schrift DE 10 2009 039929.

[0004] Stickoxidspeichernde Katalysatoren für mit Luftüberschuss betriebene Motoren speichern die bei Luftüberschuss (mager, überstöchiometrisch) verstärkt entstehenden Stickoxide (NO_x) in einem Speichermaterial, das vor Einspeicherung als Karbonat und nach Einspeicherung als Nitrat vorliegt. Sobald der Speicher gefüllt ist, ist eine Speicherregeneration notwendig, die durch einen kurzzeitigen Betriebszustand mit Luftmangel (fett, unterstöchiometrisch) erfolgt und mit erhöhtem Kraftstoffverbrauch verbunden ist. Der Speichergrad des Katalysators kann nur indirekt bei bekanntem Massenstrom und bekannter NO_x -Konzentration vor Katalysator modellbasiert aus einer NO_x -Bilanz bestimmt werden, wobei NO_x -Sensoren stromabwärts nur dann ein NO_x -Signal anzeigen werden, wenn der Katalysator bereits gefüllt ist und ein NO_x -Durchbruch vorliegt [2].

[0005] Ammoniak-SCR-Katalysatoren (SCR: selektive katalytische Reduktion), i. A. für mit Luftüberschuss betriebene Motoren, verwenden Ammoniak als Reduktionsmittel für die NO_x -Reduktion. Der benötigte Ammoniak wird z. B. aus einer mitgeführten Harnstoffwasserlösung bereitgestellt und muss vor der NO_x -Reduktion am SCR-Katalysator gespei-

chert werden. Die Funktion des Katalysators wird indirekt über NO_x -Sensoren stromabwärts überwacht, die zum einen bei zu wenig Umsatz den Anstieg an Stickoxiden detektieren und zum anderen, bei einer Überdosierung an Ammoniak, diesen durch ihre Querempfindlichkeit auf letzteren ebenfalls erkennen [3].

[0006] Der Beladungsgrad von Partikelfiltern beispielsweise mit Ruß oder Asche wird modellgestützt unter Zuhilfenahme von Differenzdrucksensoren indirekt ermittelt [2]. Steigt dieser über einen Schwellwert durch die angestiegene Beladung mit Feststoffen an, so muss eine Regeneration, die mit erhöhtem Kraftstoffverbrauch verbunden ist, eingeleitet werden. Daher ist es vorteilhaft, die Zahl an Regenerationsvorgängen möglichst gering zu halten. Um dies zu erreichen, muss die Ruß- bzw. Aschebelastung im Partikelfilter möglichst gut bekannt sein.

[0007] Durch eine rein indirekte Zustandsbestimmung der Abgaskatalysatoren bzw. -filter entsteht der offensichtliche Nachteil, dass keine direkte Regelung möglich ist und so, um in transienten Vorgängen einen ausreichenden Umsatz zu gewährleisten, die Katalysatoren in der Regel überdimensioniert werden müssen. So ist es möglich, durch eine direkte hochfrequenzgestützte Zustandssensorik die Abgasnachbehandlungskomponenten besser zu dimensionieren und teures und seltenes Material sowie Bauraum und Kosten einzusparen. Ebenso sind Differenzdrucksensoren für Partikelfilter nicht in der Lage zwischen Ruß und beispielsweise Asche zu unterscheiden.

Stand der Technik bzgl. der mikrowellenbasierten Messtechnik im Automobilabgas

[0008] Eine alternative Möglichkeit, die Beladung (bzw. den Zustand) solcher Abgasnachbehandlungseinrichtungen zu bestimmen, bietet die mikrowellenbasierte Messtechnik im Automobilabgas. Offenbarungen, die den Stand der Technik hierzu darstellen, finden sich z. B. in der DE 10358495, der DE 10 2008 012050, der DE 10 2010 034983, der DE 10 2011 018226 oder der DE 10 2011 107784. Für Diesel-Partikelfilter kann man die umfangreiche Patentfamilie der US 2013 0127478 A1 zu Rate ziehen.

[0009] Bei dem mikrowellenbasierten Verfahren dient die elektrisch leitfähige metallische Ummanntelung („das Canning“) der Katalysatoren oder Filter als Berandung eines Hohlleiters bzw. oder Hohlraumresonators. Durch eine Einkopplung elektromagnetischer Wellen mittels eines oder mehrerer Koppelemente (oft auch vereinfacht als Antennen bezeichnet) werden z. B. Resonanzmoden angeregt, bei denen die Resonanzfrequenz und/oder die Güte ausgewertet werden. Als Messeffekt dient hierzu eine Änderung der elektrischen und/oder der dielektri-

schen Eigenschaften der Katalysatormaterialien bei Speicherung oder Freigabe von gasförmigen Abgasbestandteilen, beispielsweise Sauerstoff, Stickoxiden oder Ammoniak, oder bei Filtern die Anlagerung von verlustbehafteten Medien, wie beispielsweise Ruß, wodurch die Ausbildung der Resonanzen beeinflusst wird.

[0010] Nach dem Stand der Technik kann das System mit nur einer Antenne in einem reinen Reflexionsmodus oder mit zwei Antennen in einem Reflexions- und/oder Transmissionsmodus betrieben werden mit maximal vier gleichzeitig auswertbaren Parametern, wobei die Antennen als kapazitive Stiftpkoppler oder als induktive Schleifenantennen ausgeführt sein können. Eine beispielhafte Prinzipdarstellung aus der Literatur [4] mit zwei kapazitiven Antennen findet sich in **Fig. 1**. Der Abgaskatalysator oder -filter der Länge L_W ist hier in einen zusätzlich mit Drahtgittern definierten Hohlraum eingebracht (Länge L_R), wobei die Drahtgitter nicht unbedingt notwendig sind. Als Mikrowellenzuführung sind hier zwei Koaxialantennen (kapazitive Stiftpkoppler) vorhanden. Werden zwei Antennen eingesetzt, so können diese Antennen auf unterschiedlichen Seiten des Katalysators angeordnet sein (wie in **Fig. 1**) oder sich auch auf der gleichen Seite befinden.

Nachteile des Standes der Technik

[0011] Für eine Zustandserfassung von Abgaskatalysatoren oder Filtern mit Mikrowellen hat sich gezeigt, dass die prinzipbedingte Temperaturabhängigkeit nachteilig ist. Falls man die Resonanzen auswertet, stellt man eine Temperaturabhängigkeit fest (s. z. B. DE 10 2011 107784 für Dreiwegekatalysatoren oder [5] für SCR-Katalysatoren). Auch die Transmission ist temperaturabhängig, wie [6] gezeigt hat. Somit ist eine Kompensation der aktuellen Temperatur auf die Messgröße unabdingbar. Als Lösung der Temperaturabhängigkeitsproblematik lassen sich entweder Temperaturmodelle verwenden, die aber relativ ungenau sind, oder es werden im Abgasstrang hochtemperaturbeständige Temperaturfühler eingesetzt, die in das Abgasrohr hineinragen. Ein Einbringen von in den Hohlleiter oder Hohlraumresonator hineinragenden, sich möglichst nah am Katalysator befindenden Temperaturfühlern bringt große Nachteile für die hochfrequenzgestützte Zustandsensorik, da die Temperaturfühler eine starke zusätzliche Störung darstellen. Zudem verursachen separate Temperaturfühler zusätzliche Kosten für den Fühler an sich und für die Montage. Sie sind also sowohl betriebswirtschaftlich als auch technisch von Nachteil.

Grundgedanke der Erfindung

[0012] Die Erfindung betrifft induktive Antennen mit integrierten Temperaturfühlern für ein Verfahren zur

Erkennung des Beladungszustandes mit Gas oder Partikeln eines Katalysators oder Filters, welcher sich im Abgas eines Verbrennungsmotors befindet, mittels Mikrowellen und gleichzeitiger Temperaturmessung. Die Funktion der Temperaturfühler kann beispielsweise auf dem thermoelektrischen Effekt beruhen oder auch durch ein Widerstandsthermometer realisiert werden. Dabei kann die Leiterschleife der Antenne selbst den Temperaturfühler darstellen oder die Antennen können isoliert in der Abgasrohrwand gesetzte Temperaturfühler in einer gebogenen Ausführung darstellen oder die Leiterschleife wird hohl ausgeführt und der oder die Temperaturfühler werden in diese eingesetzt. Besonders vorteilhaft ist, dass durch Größe und Form der Schleifenantennen die Position der Messstelle oder der Messstellen für die Ermittlung der Temperatur variiert werden kann. Ebenso ist es in einer Ausführungsform möglich, die Abgastemperatur an verschiedenen Eindringtiefen im metallischen Hohlraum zu messen und so über nur eine Antenne ein radiales Temperaturprofil aufzuzeichnen.

Vorteile der Erfindung

[0013] Durch die Erfindung ist es möglich, Temperaturfühler nahe am Abgaskatalysator zu platzieren, ohne eine weitere Störung der elektromagnetischen Wellen hervorzurufen, da die Antenne oder Antennen ohnehin als Kopplungselemente notwendig sind. Bei Verwendung von zwei Antennen und einer Anordnung einer der beiden Antennen stromauf- und einer stromabwärts nah am Abgaskatalysator kann die aktuelle Temperatur des Katalysators besonders genau ermittelt werden. Damit ist es möglich, eine höhere Messgenauigkeit der Gasbeladungs- oder Filterbeladungserkennung zu erreichen und Temperaturabhängigkeiten zu kompensieren und damit temperaturbedingte Messfehler zu minimieren. Zusätzlich ist durch eine genaue Detektion der, beispielsweise bei Drei-Wege-Katalysatoren bei Wechseln vom Fetten ins Magere (oder umgekehrt) auftretenden, Exothermie ein Rückschluss auf eine Verringerung der Sauerstoffspeicherfähigkeit und damit auf die Alterung möglich. Somit kann die erfindungsgemäße Vorrichtung auch zur Alterungserkennung benutzt werden.

[0014] Durch die Verwendung von Schleifenantennen können, verglichen mit Stiftpkopplern, eine höhere Anzahl an Resonanzen angeregt werden, die wiederum mehr Möglichkeiten für eine Zustandsensorik mitbringen. Stiftpkopplern können lediglich Resonanzen anregen, deren elektrische Feldvektoren die gleiche Orientierung haben wie die Antennenachse. Schleifenantennen hingegen sind in der Lage, alle Resonanzen anzuregen, deren magnetisches Feld durch die Schleifenfläche hindurch verläuft. Die Kopplungsstärken der einzelnen Resonanzen können sowohl durch die Schleifengröße als auch durch ihre Orientierung beeinflusst werden. So ist eine grö-

ßere Designfreiheit durch die generelle Verwendung von Schleifenantennen bei Anregung von Resonanzen gegeben, die so besser an die vorgegebenen geometrischen Verhältnisse und andere Vorgaben des zu überwachenden Systems angepasst werden können.

Ausführungsformen der Erfindung

[0015] Mögliche Antennenpositionen für eine Ausführung mit einer oder zwei Antennen sind in **Fig. 2** dargestellt. Bei einer Ausführung mit einer Antenne kann die Schleifenantenne S stromauf- **1** oder stromabwärts **2** des Abgaskatalysators oder Abgasfilters A angeordnet sein. Bei zwei Antennen S können diese auf verschiedenen **3, 6** oder auf der gleichen Seite **4, 5, 7, 8** liegen. Bei letzterem können sich diese beispielsweise gegenüber zueinander **4**, nebeneinander **7** oder in einer beliebigen, asymmetrischen Anordnung **8** befinden. Sind beide Antennen S auf unterschiedlichen Seiten des Abgaskatalysators oder Abgasfilters A angeordnet, so können diese auf beiden Seiten gleich, wie bei **3**, oder mit unterschiedlichen Orientierungen **6** angeordnet sein. Auch die im Winkel zueinander versetzten Antennen S können stromauf- und stromabwärts angebracht sein, wie in **9** gezeigt. Bei Verwendung von zwei Antennen S können diese in den genannten Variationen im Winkel W zueinander angeordnet werden **10**. Erfindungsgemäß ist es auch, wenn die stromauf- und stromabwärts angebrachten Antennen S im Winkel zueinander angebracht sind. Dies ist in **Fig. 2** aber nicht gezeigt.

[0016] **Fig. 3** zeigt mögliche Ausführungsformen der einzelnen Schleifenantennen an sich, wobei diese bei einer Verwendung von zwei Antennen nicht identisch ausgeführt sein müssen. Grundsätzlich bestehen alle Antennen aus einem zylindrischen Außenleiter **11** und einem dazu koaxial angeordnetem Innenleiter **12**, wobei letzterer in das Abgasrohr hineinragt und eine Schleife bildet. Getrennt durch eine Isolierung **1** bilden Außen- und Innenleiter immer einen Port, der mit dem Messgerät verbunden wird, bevorzugt über Koaxialkabel. Durch Variation der Schleifengröße und/oder Schleifenorientierung können die Koppungseigenschaft gesteuert werden, dabei kann die Schleife beispielsweise bis in die Mitte **13** des Abgasrohres hineinragen, oder sehr klein **14** oder sehr groß **15** ausgeführt sein. Der, die Schleife bildende Innenleiter kann an der Hohlraumwand enden (**16**) und eine geschlossene Schleife bilden oder noch im Hohlraum enden (**17**).

[0017] **Fig. 4** zeigt mögliche Formen der Integration des Temperaturfühlers in Schleifenantennen, die beispielsweise so erfolgen kann, dass dieser über den Innenleiter des Antennenanschlusses realisiert wird **18**, beziehungsweise dass der Temperaturfühler selbst der Innenleiter **19** der Antenne ist. Wenn die Schleifenantenne an der Hohlraumwand endet

(geschlossene Schleife), so kann der Temperaturfühler über die Hohlraumwand in die, beispielsweise hohl ausgeführte Schleife eingeführt werden **20**, wodurch eine einfache Kontaktierung des Temperaturfühlers möglich ist. Unter Temperaturfühler kann hier ein handelsübliches, isoliertes Mantelthermoelement verstanden werden. Es kann aber auch ein Widerstandsthermometer als Temperaturfühler dienen. Es ist ebenfalls Teil der Erfindung, wenn der Temperaturfühler aus zwei voneinander isolierten Drähten unterschiedlicher Seebeck-Koeffizienten besteht, die dann ein Thermoelement bilden. Diese können nur von einer Seite oder auch von beiden Seiten in die hohle Schleifenantenne eingefügt werden.

[0018] Es ist auch als erfindungsgemäß anzusehen, wenn das Thermoelement als Mantelthermoelement ausgeführt ist und die äußere leitfähige Ummantelung des Mantelthermoelements den Leiter einer Schleifenantenne darstellt. Dies ist in **Fig. 5** beispielhaft mit einer nicht geschlossenen Schleife dargestellt. Das Mantelthermoelement, bestehend aus äußerer leitfähiger Ummantelung **21**, Isolierung der Thermodrähte **22** und den beiden das Thermopaar bildenden Materialien **24, 25**, bildet den die Schleife formenden Innenleiter. An der Kontaktstelle **23** der beiden Materialien **24** und **25** wird die Temperatur gemessen. Indem das Mantelthermoelement isoliert (I) in das Abgasrohr gesetzt wird, erfüllt es die Funktion der Antenne.

[0019] Zusätzlich können, wie in **Fig. 6** dargestellt, mehrere Temperaturfühler in der Schleifenantenne mit unterschiedlichen Eindringtiefen **26, 27, 28** platziert werden, wodurch die Detektion eines radialen Temperaturprofils möglich ist. Ein solches ist aufgrund von strömungsmechanischen und thermodynamischen Grundsätzen im zylindrischem Abgasrohr und Katalysatorummantelung zu erwarten und dessen Kenntnis ist vorteilhaft, beispielsweise in Bezug auf Katalysatoralterung. Eine beispielhafte Darstellung eines radialen Temperaturprofils findet sich in **Fig. 7**. Es ist die Abgastemperatur über dem Radius des Abgasrohres oder der Katalysatorummantelung aufgetragen. Die maximale Temperatur T_{Mitte} ist in der Mitte (Radius = 0) und die minimale Temperatur T_{Wand} an der Abgasrohrwand oder der Katalysatorummantelung zu erwarten. Zusätzlich sind drei Messpunkte **29, 30, 31** eingetragen, wobei **29** weiter als **30** und **30** weiter als **31** in den Abgasstrom hineinragt.

[0020] In **Fig. 8** ist eine weitere Integrationsmöglichkeit eines Temperaturfühlers in eine Schleifenantenne ausgeführt, wobei die Schleife selbst abschnittsweise aus unterschiedlichen, Materialien besteht, die zusammen ein Thermoelement bilden. Dies könnte beispielsweise so erfolgen, dass der vom Innenleiter der Koaxialleitung kommende Teil der Schleife **32** aus Nickeldraht und der vom Außenleiter kommende Teil

33 aus Nickel-Chrom-Draht besteht. Beide bilden an ihrer Verschweißungsstelle **34** ein Thermopaar, an dem die Temperatur gemessen werden kann.

Zitierte Nichtpatentliteratur

- [1] J. Riegel, H. Neumann, H.-M. Wiedenmann, Exhaust gas sensors for automotive emission control, *Solid State Ionics*, 152–153 (2002) 783–800
- [2] U. G. Alkemade, B. Schumann, Engines and exhaust after treatment systems for future automotive applications, *Solid State Ionics* 177 (2006) 2291–2296
- [3] M. Shost, J. Noetzel, M. Wu, T. Sugiarto, T. Bordewyk, G. Fulks, G. B. Fisher, Monitoring, Feedback and Control of Urea SCR Dosing Systems for NO_x Reduction: Utilizing an Embedded Model and Ammonia Sensing, SAE Technical Paper 2008-01-1325 (2008)
- [4] R. Moos, M. Spörl, G. Hagen, A. Gollwitzer, M. Wedemann, G. Fischerauer, TWC: lambda control and OBD without lambda probe – an initial approach, SAE paper 2008-01-0916 (2008)
- [5] D. Rauch, G. Albrecht, D. Kubinski, R. Moos, A microwave-based method to monitor the ammonia loading of a vanadia-based SCR catalyst, *Applied Catalysis B: Environmental*, 165 (2015) 36–42, doi: 10.1016/j.apcatb.2014.09.059
- [6] M. Feulner, A. Müller, G. Hagen, D. Brügge-mann, R. Moos, Microwave-Based Diesel Particulate Filter Monitoring – Soot Load Determination and Influencing Parameters, *Sensor 2013, Proceedings of the 16th International Conference on Sensors and Measurement Science*, 14.–16. May 2013, Nürnberg, p. 753–756, doi: 10.5162/sensor 2013/P4.1

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

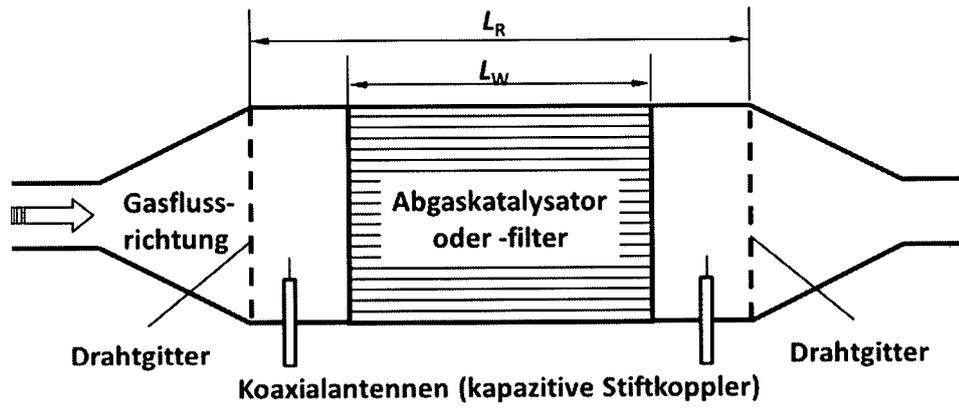
- DE 102009039929 [0003]
- DE 10358495 [0008]
- DE 102008012050 [0008]
- DE 102010034983 [0008]
- DE 102011018226 [0008]
- DE 102011107784 [0008, 0011]
- US 20130127478 A1 [0008]

Patentansprüche

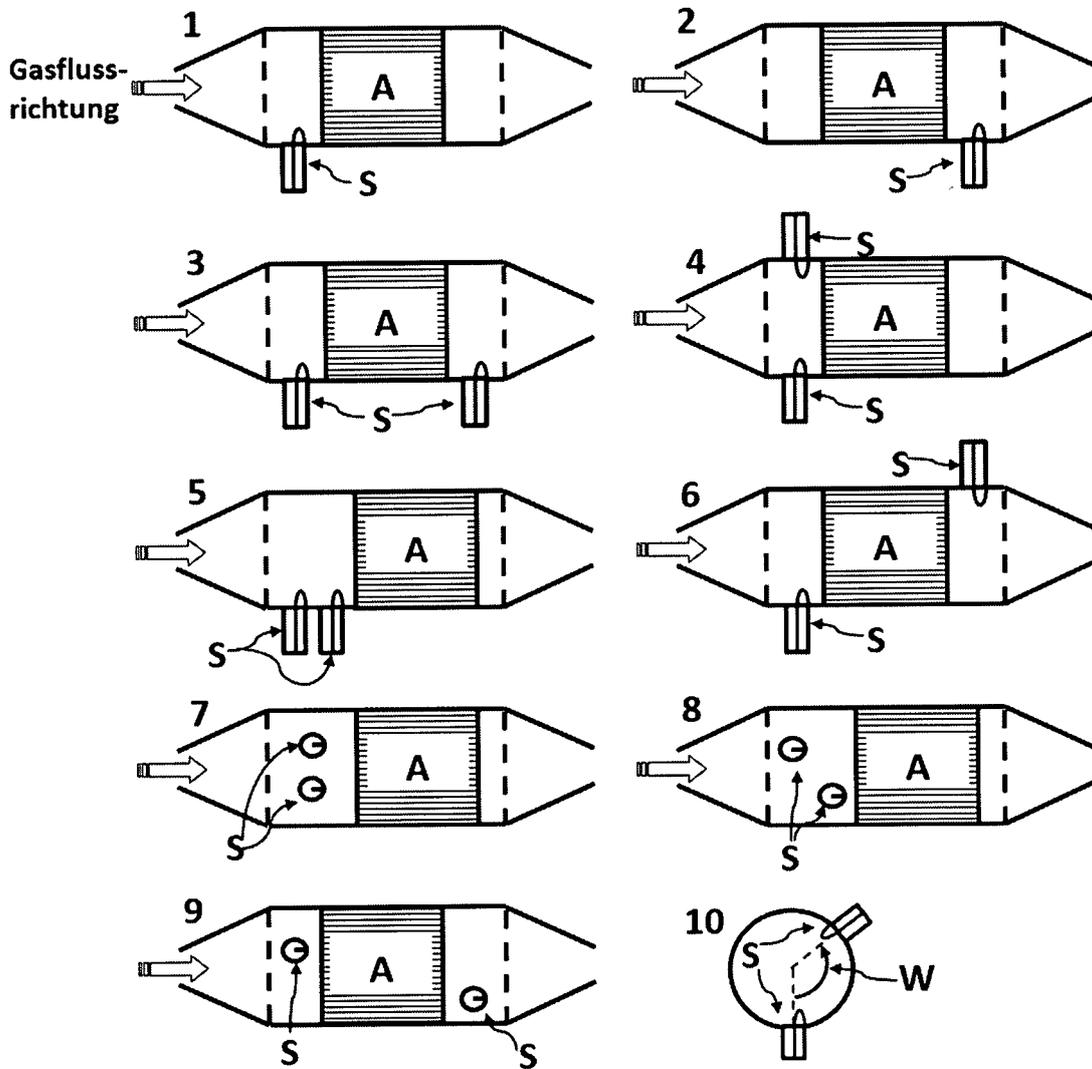
1. Vorrichtung zur Ein- und Auskopplung von Mikrowellen in einen Abgaskatalysator oder -filter, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung als induktive Antenne ausgeführt ist und einen integrierten Temperaturfühler enthält.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese mit einer oder zwei Antennen betrieben wird.
3. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schleifenlänge an die geometrischen Verhältnisse des Cannings angepasst werden können und bei einer Verwendung von zwei Antennen unterschiedlich groß ausgeführt sind.
4. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine oder mehrere der Schleifenantennen bereits vor dem Außenleiter beziehungsweise dem Canning enden.
5. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Temperaturfühler über den Innenleiter der Koaxialleitung eingeführt werden kann oder diesen selbst darstellt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Temperaturfühler über den Außenleiter der Koaxialleitung, bzw. das Canning in die Schleife eingeführt werden kann oder diesen selbst darstellt.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Temperaturfühler mit unterschiedlicher Eindringtiefe in die Schleife integriert sind, wodurch die Detektion eines radialen Temperaturprofils möglich ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schleife abschnittsweise aus unterschiedlichen Materialien besteht, die an ihrer Verbindungsstelle ein Thermopaar bilden.
9. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Mantelthermoelement elektrisch isoliert in das Abgasrohr eingesetzt wird und so die Funktion einer Antenne übernimmt.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

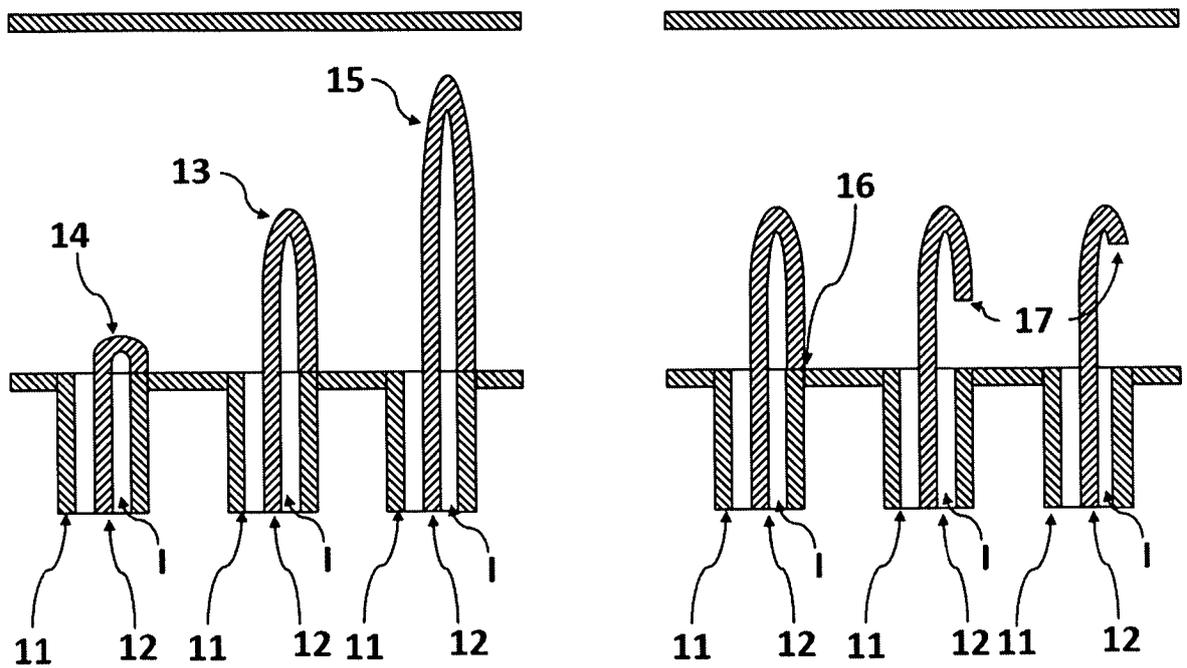
Anhängende Zeichnungen



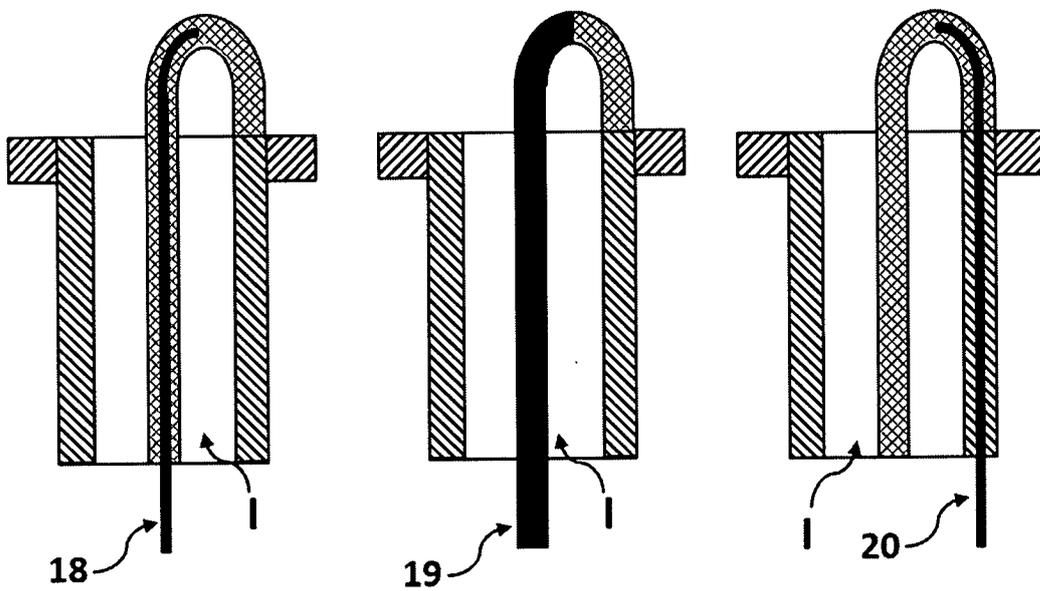
Figur 1



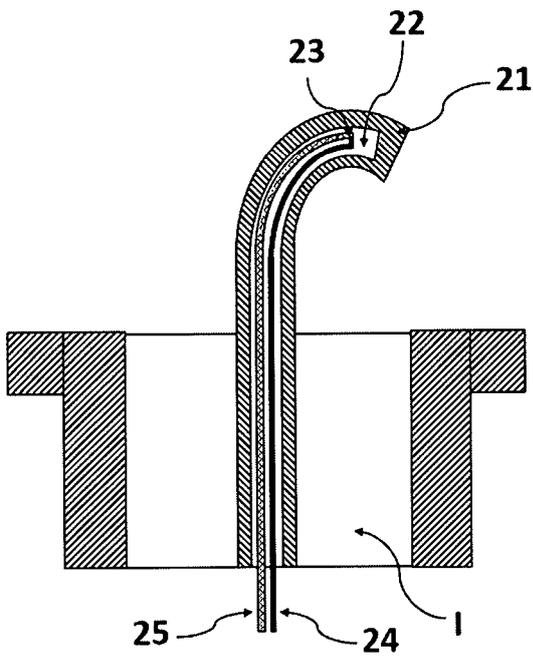
Figur 2



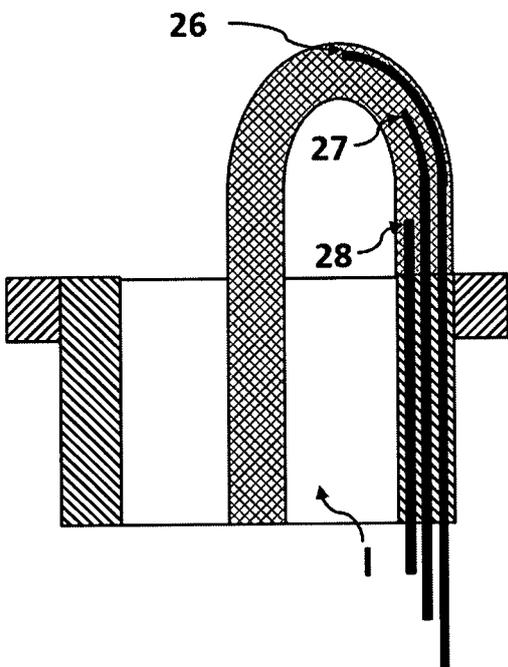
Figur 3



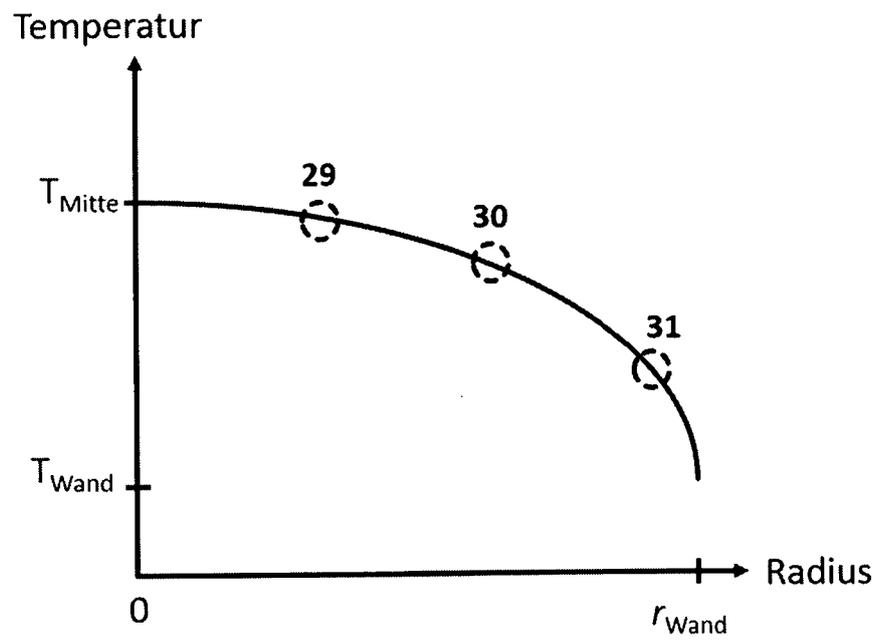
Figur 4



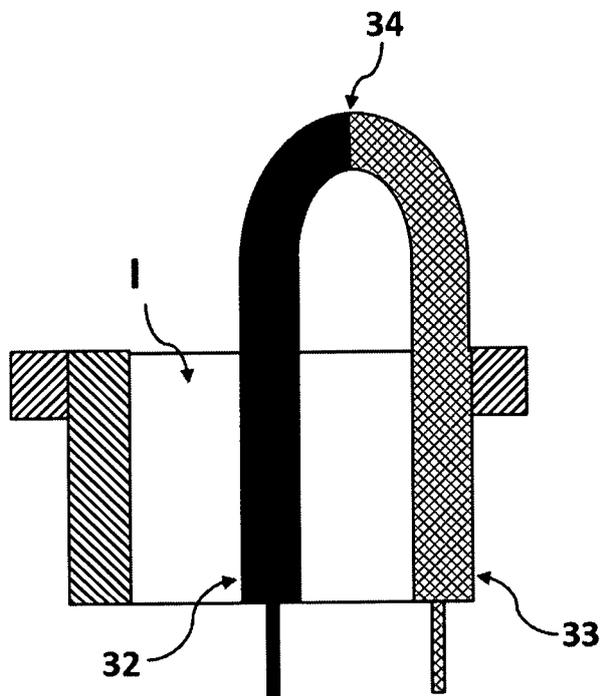
Figur 5



Figur 6



Figur 7



Figur 8