

(19)



(11)

EP 3 465 849 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
12.02.2020 Patentblatt 2020/07

(51) Int Cl.:
H01T 13/22 ^(2006.01) **H01T 13/46** ^(2006.01)
H01T 13/50 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17721523.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2017/000480

(22) Anmeldetag: **11.04.2017**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/202482 (30.11.2017 Gazette 2017/48)

(54) ZÜNDKERZE FÜR EINE HOCHFREQUENZ-ZÜNDANLAGE

SPARK PLUG FOR A HIGH-FREQUENCY IGNITION SYSTEM

BOUGIE D'ALLUMAGE POUR SYSTÈME D'ALLUMAGE À HAUTE FRÉQUENCE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **23.05.2016 DE 102016006350**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.04.2019 Patentblatt 2019/15

(73) Patentinhaber: **Rosenberger
Hochfrequenztechnik GmbH & Co. KG
83413 Fridolfing (DE)**

(72) Erfinder:
• **FUCHS, Martin**
83395 Freilassing (DE)
• **WOLLITZER, Michael**
83413 Fridolfing (DE)

- **ARMBRECHT, Gunnar**
84453 Mühldorf am Inn (DE)
- **AWAKOWICZ, Peter**
44797 Bochum (DE)
- **MUSCH, Thomas**
44879 Bochum (DE)
- **GRÖGER, Sven**
44879 Bochum (DE)
- **BERGNER, Andre**
46236 Bottrop (DE)
- **NOTZON, Gordon**
44801 Bochum (DE)
- **VAN DELDEN, Marcel**
44789 Bochum (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 464 353 DE-A1- 2 554 517
GB-A- 670 979 US-A- 1 318 391
US-A- 3 956 664

EP 3 465 849 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Zündkerze für eine Innenbrennkraftmaschine, insbesondere mit einer Hochfrequenz-Zündanlage, mit einer Mittelelektrode, einer Masseelektrode und einem zwischen der Mittel- und Masseelektrode angeordneten elektrischen Isolator. Weiter weist die Zündkerze eine Zusatzelektrode auf.

[0002] Zündkerzen haben in Innenbrennkraftmaschinen die Aufgabe, durch zwischen die Kerzenelektroden überspringende Funken ein in einem Brennraum befindliches Kraftstoff- bzw. Luft/Kraftstoff-Gemisch zu zünden. Hierzu muss die Zündspannung gut isoliert in den Verbrennungsraum eingeführt werden.

[0003] Bekannte Zündkerzen 10, wie beispielhaft in Fig. 1 dargestellt und beispielsweise aus der DE 198 43 712 A1 bekannt, weisen herkömmlicherweise ein metallisches, rohrförmiges Gehäuse 12 auf, das an seinem zündseitigen Ende 14 eine Masseelektrode 16 und mit seiner Innenbohrung einen Isolierkörper 18 abgedichtet umfasst. Das rohrförmige Gehäuse 12 trägt Betätigungsmittel, beispielsweise in Form eines Außensechskantes 20 und eines Außengewindes 22, mit denen die Zündkerze 10 in einer Kerzenbohrung eines Motorblocks dichtend festgelegt wird. Der Isolierkörper 18 ist gegenüber dem metallischen Gehäuse 12 an zumeist mehreren Stellen abgedichtet und weist eine Längsbohrung auf, in die anschlussseitig 26 ein Anschlussbolzen 24 für ein daran festzulegendes Zündkabel bzw. für eine direkt zu befestigende Zündspule (nicht dargestellt) ragt. Zündseitig 14 ist in der Isolierkörperbohrung eine Mittelelektrode 28 angeordnet, welche in Längsrichtung durch den Isolierkörper 18 verläuft und von der Masseelektrode 16 durch eine Funkenstrecke getrennt ist. Die Mittelelektrode 28 ist häufig aufgrund der verbesserten Abbrandfestigkeit aus einem elektrisch leitenden Sintermaterial hergestellt. Der Isolierkörper 18 ist in der Regel aus Keramik gefertigt. Innere Dichtungen 30 mit Talkumring dichten den Isolierkörper 18 gegen das Gehäuse 12 ab. Ein äußerer Dichtring 32 dichtet einen Sitz der Zündkerze in montiertem Zustand ab. Weiterhin ist im Verlauf der Mittelelektrode 28 ein Entstörwiderstand 34 angeordnet. Der Isolierkörper 18 ist an seinem Außenumfang mit einer Kriechstrombarriere 36 ausgestattet.

[0004] Zur Gewährleistung einer bestimmungsgemäß hohen Sicherheit und Fehlerfreiheit der Zündung eines Luft/Kraftstoff-Gemisches muss dafür gesorgt werden, dass die zwischen der Mittelelektrode und Masseelektrode gebildete Funkenstrecke nicht durch störende Teilentladungen an anderen Stellen der Zündkerze beeinträchtigt wird. Insbesondere beim Zünden von Luft/Kraftstoff-Gemischen mittels Hochfrequenz kann es jedoch bei der herkömmlichen Verwendung von Keramikisolatoren auf der Oberfläche des Isolierkörpers zu so genannten Gleitentladungen kommen, welche nicht nur die Sicherheit und Fehlerfreiheit der Zündung beeinträchtigen, sondern sogar zur lokalen Zerstörung der Zündkerze führen können.

[0005] Aus der DE 11 2008 000 989 T5 ist eine Zündkerze bekannt, die eine Mittelelektrode und zwei Masseelektroden aufweist, wobei eine Masseelektrode mit der Mittelelektrode eine radiale Zündfunkenstrecke und die andere Masseelektrode mit der Mittelelektrode eine axiale Zündfunkenstrecke definiert.

[0006] In der DE 198 43 712 A1 wird vorgeschlagen zusätzlich zu einer Erdungselektrode und einer Mittelelektrode eine Bypass-Elektrode vorzusehen, welche die Erdungselektrode und die Mittelelektrode elektrisch miteinander verbindet und aus einem Halbleitermaterial gefertigt ist. Durch Anlegen einer Zündspannung zwischen der Mittelelektrode und der Erdungselektrode wird über die Bypass-Elektrode eine kapazitive Entladung ausgeführt und danach wird eine induktive Entladung durch einen induktiven Zündspalt ausgeführt.

[0007] So genannte Otto-Brennverfahren mit Direkteinspritzung des Brennstoffes besitzen durch die Möglichkeit eine Schichtladung im Verbrennungsraum darzustellen ein großes Potential hinsichtlich der Verbrauchsreduktion. Das nicht homogene Gemisch im Brennraum stellt jedoch erhöhte Anforderungen an das eingesetzte Zündverfahren hinsichtlich einer zuverlässigen Zündung zum geeigneten Zeitpunkt.

[0008] Schwankungen jeglicher Art mindern beispielsweise die Qualität der Zündung und somit den Wirkungsgrad des gesamten Motors. Zum einen kann die Lage des zündfähigen Gemisches leicht variieren und zum anderen kann sich der Haken einer Masseelektrode der Zündkerze störend auf die Gemischbildung auswirken. Hilfreich für ein direkt einspritzendes Brennverfahren ist ein Zündsystem mit einer größeren räumlichen Ausdehnung in den Verbrennungsraum hinein. Hierzu wird in der DE 10 2004 058 925 A1 vorgeschlagen, ein Kraftstoff-Luft-Gemisch in einem Verbrennungsraum einer Brennkraftmaschine mittels eines Plasmas zu zünden. Eine entsprechende Hochfrequenz-Plasmazündvorrichtung umfasst einen Serienschwingkreis mit einer Induktivität und einer Kapazität sowie eine Hochfrequenzquelle zur resonanten Anregung dieses Serienschwingkreises. Die Kapazität ist durch Innen- und Außenleiterselektroden mit dazwischen liegendem Dielektrikum dargestellt. Diese Elektroden reichen mit ihren äußersten Enden mit einem vorgegebenen gegenseitigen Abstand bis in den Verbrennungsraum hinein.

[0009] Aus der DE 10 2008 051 185 A1 ist ein Verfahren zum Zünden bekannt, bei dem mittels eines Gleichspannungsimpulses ein Entladungsplasma erzeugt wird, welches anschließend mittels eines HF-Feldes ionisiert wird. Der Gleichspannungsimpuls und ein Ausgangssignal eines HF-Generators werden dabei gemeinsam einer Funkenelektrode einer Zündkerze zugeführt. Eine Gegenelektrode der Zündkerze ist geerdet.

[0010] Moderne Zündanlagen für Ottomotoren weisen heute eine Zündkerze und eine Einzelzündspule mit elektronischer Ansteuereinheit auf. Die Zündkerze ist ein koaxialer Aufbau und besteht im Wesentlichen aus einer mittleren Elektrode umgeben von einem Isolator und ei-

ner äußeren Elektrode, die mit dem Zündkerzengehäuse verbunden ist. Die Zündspule liefert der Zündkerze einen Hochspannungsimpuls. Zwischen den Elektroden entsteht ein Funke der die Verbrennung einleitet. Ein alternatives Verfahren in dem zusätzlich zur angelegten Hochspannung der Zündspule eine hochfrequente Spannung an die Zündkerze angelegt wird, um die Funkenbrenndauer zu verlängern ist in der DE 10 2013 215 663 A1 beschrieben.

[0011] Die GB 670 979 A offenbart eine Zündkerze mit einer Mittelelektrode, einer Masseelektrode und einem elektrischen Isolator, welcher zwischen der Mittelelektrode und der Masseelektrode angeordnet ist. Weiter weist die Zündkerze eine Zusatzelektrode auf, welche von der Mittelelektrode und der Masseelektrode elektrisch isoliert an der Zündkerze angeordnet ist. Die Mittelelektrode, die Masseelektrode und die Zusatzelektrode überragen den elektrischen Isolator an einem axialen Ende der Zündkerze. Dabei ist das Zusatzelektroden-Ende zwischen dem Mittelelektroden-Ende und dem Masseelektroden-Ende angeordnet.

[0012] Die DE 25 54 517 A1 beschreibt eine Zündkerze mit einer Mittelelektrode, einer Masseelektrode und zumindest einer Hilfelektrode. Dabei ist die zumindest eine Hilfelektrode über ein Element mit hoher Impedanz mit einem Pol der elektrischen Spannungsquelle für die Mittel- und Masseelektrode verbunden.

[0013] Die EP 0 464 353 A1 offenbart eine Zündkerze mit einer Mittelelektrode, einer Masseelektrode und einer Zwischenelektrode. Die Zwischenelektrode ist elektrisch isoliert angeordnet und bildet sowohl mit der Mittelelektrode als auch mit der Masseelektrode jeweils mindestens einen Elektrodenpalt.

[0014] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Zündkerze hinsichtlich der Zündsicherheit und Funktion zu verbessern.

[0015] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Zündkerze mit den in Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den weiteren Ansprüchen beschrieben.

[0016] Bei der Zündkerze ist vorgesehen, dass mindestens eine Zusatzelektrode vorhanden ist, welche von der Masseelektrode und der Mittelelektrode elektrisch isoliert an der Zündkerze angeordnet ist und den Isolator an dem axialen Ende des Isolators überragt und mit einem den Isolator axial überragenden Teil ein Zusatzelektroden-Ende ausbildet, wobei das Zusatzelektroden-Ende in den axialen Bereich des Spaltes zwischen dem Mittelelektroden-Ende und dem Masseelektroden-Ende oder in einen zum axialen Bereich des Spaltes radial benachbarten Bereich des Spaltes hinein ragt.

[0017] Dies hat den Vorteil, dass eine Zündkerze mit drei voneinander unabhängig mit einer Zündanlage beschaltbaren Elektroden zur Verfügung steht, welche in herkömmlichen Innenbrennkraftmaschinen ohne oder mit allenfalls geringen Modifikationen, beispielsweise am Zündkerzenstecker, eingesetzt werden kann und den Einsatz bzw. die Nachrüstung einer Hochfrequenzzünd-

anlage bei herkömmlichen Innenbrennkraftmaschinen erlaubt. Durch die Zusatzelektrode wird der axiale Bereich des Spaltes zwischen dem Mittelelektroden-Ende und dem Masseelektroden-Ende oder der zum axialen Bereich des Spaltes radial benachbarte Bereich des Spaltes jeweils in zwei Zündfunkenstrecken aufgeteilt.

[0018] Die Zusatzelektrode ist radial innerhalb des Isolators angeordnet und erstreckt sich dort im Wesentlichen parallel zur Masseelektrode und radial von dieser beabstandet, wobei an dem Isolator eine Zusatzelektroden-Anschlussstelle zum elektrischen Verbinden der Zusatzelektrode mit einer Zündanlage vorgesehen ist. Dadurch erreicht man einen besonders kompakten Aufbau der Zündkerze mit kontrollierter Impedanz für das hochfrequente Signal, welches zwischen der Mittelelektrode und der Zusatzelektrode anliegt. Die Impedanz der HF-Zuleitungen in der Kerze zu den Elektroden-Enden ist im Wesentlichen vom Abstand der Zusatzelektrode zu der Masseelektrode sowie der Permittivität des Füllmaterials abhängig.

[0019] Eine Kompatibilität der Zündkerze mit herkömmlichen Zündkerzenaufnahmen in einem herkömmlichen Zylinderkopf erzielt man dadurch, dass die Masseelektrode als ein Metallgehäuse ausgebildet ist, welches den Isolator in einem vorbestimmten axialen Abschnitt umgibt, und wobei an einem, dem Masseelektroden-Ende zugewandten axialen Ende des Metallgehäuses ein Gewinde angeordnet ist.

[0020] Eine Abdichtung zwischen einem Raum, in den die Elektroden-Enden hinein ragen, und einer Umgebung erzielt man dadurch, dass zwischen dem Metallgehäuse und dem Isolator mindestens eine innere Dichtung und an dem Metallgehäuse mindestens eine äußere Dichtung, insbesondere ein Dichtring, angeordnet sind.

[0021] Einen besonders kompakten Aufbau der Zündkerze erzielt man dadurch, dass sich die erste Zündfunkenstrecke entlang einer Längsachse der Mittelelektrode in axialer Richtung erstreckt.

[0022] Eine Doppel-Luftfunken-Zündkerze mit verbesserten Zündeigenschaften erzielt man dadurch, dass das Mittelelektroden-Ende und das Zusatzelektroden-Ende derart angeordnet und ausgebildet sind, dass zwischen diesen eine zweite Zündfunkenstrecke in axialer Richtung beabstandet von dem Isolator ausgebildet ist, wobei sich die zweite Zündfunkenstrecke entlang einer Längsachse der Mittelelektrode in axialer Richtung erstreckt und wobei die erste und zweite Zündfunkenstrecke miteinander in axialer Richtung fluchtend angeordnet sind.

[0023] Eine zuverlässige Erzeugung eines Luftfunken zwischen der Mittelelektrode und der Zusatzelektrode sowie zwischen der Zusatzelektrode und der Masseelektrode bei Anlegen einer Hochspannung nur an die Mittelelektrode erzielt man dadurch, dass die Zündfunkenstrecken (156, 166) mindestens 0,2 mm lang sind.

[0024] Eine verbesserte Impedanzstabilisierung erzielt man dadurch, dass das Zusatzelektroden-Ende als geschlossene Schleife ausgebildet ist, welche an der Zusatzelektrode beginnt und wieder in den Isolator eintritt

und sich dort als weitere Zusatzelektrode parallel sowie gleichbleibend beabstandet zur Masseelektrode und radial innerhalb der Isolators erstreckt, wobei die weitere Zusatzelektrode elektrisch mit der Zusatzelektroden-Anschlussstelle verbunden ist.

[0025] Eine besonders einfache und kostengünstige Herstellung der Zündkerze erzielt man dadurch, dass das Zusatzelektroden-Ende L-förmig ausgebildet ist und ein freies Ende aufweist.

[0026] Eine besonders einfache und kostengünstige Herstellung der Zündkerze erzielt man dadurch, dass das Masseelektroden-Ende L-förmig ausgebildet ist und ein freies Ende aufweist.

[0027] Eine verbesserte Impedanzstabilisierung erzielt man dadurch, dass das Masseelektroden-Ende als geschlossene Schleife ausgebildet ist, welche an der Masseelektrode beginnt und endet.

[0028] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Diese zeigt in

Fig. 1 eine im Stand der Technik bekannte Zündkerze für Innenbrennkraftmaschinen in einer Schnittansicht;

Fig. 2 eine erste bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Zündkerze in Schnittansicht;

Fig. 3A einen vergrößerten Ausschnitt eines zündseitigen Endes der Zündkerze gemäß Fig. 2 in Schnittansicht mit einer in den axialen Bereich des Spaltes hinein ragenden Zusatzelektrode;

Fig. 3B einen vergrößerten Ausschnitt eines zündseitigen Endes der Zündkerze gemäß Fig. 2 mit einer in einen zum axialen Bereich des Spaltes radial benachbarten Bereich des Spaltes hinein ragenden Zusatzelektrode;

Fig. 4 eine zweite bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Zündkerze in Schnittansicht und

Fig. 5 eine dritte bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Zündkerze in Schnittansicht.

[0029] Die in Fig. 2 und 3 dargestellte, erste bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Zündkerze 100 umfasst eine Mittelelektrode 128 und eine Masseelektrode 112 in Form eines Metallgehäuses, welches einen Isolierkörper 118 über einen vorbestimmten axialen Abschnitt umschließt und an einem zündseitigen Ende 114 ein Außengewinde 122 und an einem anschlussseitigen Ende 126 eine Mittelelektroden-Anschlussstelle 124 zum elektrischen Verbinden der Mittelelektrode 128 mit einer Zündanlage (nicht dargestellt) aufweist. Wei-

terhin ist an der Masseelektrode 112 in Form des Metallgehäuses ein Sechskant 120 ausgebildet, welcher zum Eingriff eines Werkzeugs (Zündkerzenschlüssel) zur Montage bzw. Demontage der Zündkerze an einem Motorblock einer Innenbrennkraftmaschine dient.

[0030] Die Mittelelektrode 128 ist in dem Isolierkörper 118 angeordnet, elektrisch mit der Mittelelektroden-Anschlussstelle 124 am anschlussseitigen Ende 126 der Zündkerze 100 verbunden und überragt am zündseitigen Ende 114 in axialer Richtung den Isolierkörper 118 mit einem Teil, welches ein Mittelektroden-Ende 140 ausbildet. Das Mittelektroden-Ende 140 ist geradlinig ausgebildet, elektrisch mit der Mittelelektrode 128 verbunden und erstreckt sich entlang einer Mittellängsachse 144 der Mittelelektrode 128. Das Mittelektroden-Ende 140 ist koaxial zur Mittellängsachse 144 angeordnet. Alternativ kann die Mittelelektrode 128 auch exzentrisch bezüglich der Mittellängsachse 144 angeordnet sein.

[0031] Die Masseelektrode 112 weist an dem zündseitigen Ende 114 ein Teil auf, das ein Masseelektroden-Ende 142 ausbildet, welches den Isolierkörper 118 in axialer Richtung überragt und elektrisch mit der Masseelektrode 112, d.h. mit dem Metallgehäuse, verbunden ist. Das Masseelektroden-Ende 142 ist L-förmig ausgebildet und erstreckt sich derart, dass es die Mittellängsachse 144 schneidet. Auf diese Weise ist entlang der Mittellängsachse 144 und axial beabstandet von dem Isolierteil 118 ein axialer Bereich 170 eines Spaltes 146 zwischen der Mittelelektrode 128 und der Masseelektrode 112 bzw. zwischen dem Mittelektroden-Ende 140 und dem Masseelektroden-Ende 142 ausgebildet bzw. definiert.

[0032] Erfindungsgemäß ist zusätzlich eine Zusatzelektrode 150 vorgesehen, welche an der Zündkerze 100 elektrisch isoliert von der Mittelelektrode 128 und der Masseelektrode 112 angeordnet ist. Die Zusatzelektrode 150 ist in dem Isolierkörper 118 angeordnet und verläuft in dem Isolierkörper 118 radial beabstandet parallel zur Mittelelektrode 128. An bzw. nahe dem anschlussseitigen Ende 126 ist an dem Isolierkörper 118 eine Zusatzelektroden-Anschlussstelle 152 angeordnet, welche elektrisch mit der Zusatzelektrode 150 verbunden ist und zum elektrischen Verbinden der Zusatzelektrode 150 mit einer Zündanlage dient. An dem zündseitigen Ende 114 der Zündkerze 100 ist ein Zusatzelektroden-Ende 154 angeordnet, welches elektrisch mit der Zusatzelektrode 150 verbunden ist und in axialer Richtung den Isolierkörper 118 überragt. Das Zusatzelektroden-Ende 154 ist L-förmig ausgebildet und erstreckt sich derart, dass es in einer in Fig. 3A dargestellten Alternative in den axialen Bereich 170 des Spaltes 146 zwischen dem Mittelektroden-Ende 140 und dem Masseelektroden-Ende 142 hinein ragt. Auf diese Weise ist entlang der Mittellängsachse 144 und mit axialem Abstand von dem Isolierteil 118 eine zweite Zündfunkenstrecke 156 zwischen der Mittelelektrode 128 und der Zusatzelektrode 150 bzw. zwischen dem Mittelektroden-Ende 140 und dem Zusatzelektroden-Ende 154 ausgebildet bzw. definiert sowie eine erste Zündfunkenstrecke 166 zwischen der Zu-

satzelektrode 150 und der Masseelektrode 112 bzw. zwischen dem Zusatzelektroden-Ende 154 und dem Masseelektroden-Ende 142 ausgebildet bzw. definiert. Die Länge der zweiten Zündfunkenstrecke 156 ist dabei kleiner bzw. kürzer als die Länge der ersten Zündfunkenstrecke 166, wie unmittelbar aus Fig. 3A bzw. 3B ersichtlich.

[0033] Fig. 3B zeigt eine zweite Alternative, wobei gleiche Bezugszeichen funktionsgleiche Teile wie in Fig. 3A bezeichnen, so dass zu deren Erläuterung auf die obige Beschreibung der Fig. 3A verwiesen wird. In der in Fig. 3B dargestellten zweiten Alternative ist das Zusatzelektroden-Ende 154 ebenfalls L-förmig ausgebildet und erstreckt sich bis zu einem zum axialen Bereich 170 des Spaltes 146 radial benachbarten Bereich 172 des Spaltes 146. Das Zusatzelektroden-Ende 154 schneidet hierbei die Mittellängsachse 144 zwischen dem Mittelelektroden-Ende 140 und dem Masseelektroden-Ende 142 - wie in Fig. 3B dargestellt ist - oder auch nicht.

[0034] Hinsichtlich der Zündfunkenstrecke(n) gilt bei der zweiten Alternative das zur ersten Alternative obig gesagte analog.

[0035] Die Fig. 4 zeigt eine zweite bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Zündkerze 100. In Fig. 4 sind funktionsgleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet wie in Fig. 2 und 3, so dass zu deren Erläuterung auf die obige Beschreibung der Fig. 2 und 3 verwiesen wird. Im Unterschied zur ersten Ausführungsform gemäß Fig. 2 und 3 sind bei der zweiten Ausführungsform gemäß Fig. 4 das Zusatzelektroden-Ende 154 sowie das Masseelektroden-Ende 142 am zündseitigen Ende 114 der Zündkerze 100 als geschlossene Schleife ohne freies Ende ausgebildet. Hierbei beginnt und endet die Schleife des Masseelektroden-Endes 142 an der Masseelektrode 112 bzw. dem Metallgehäuse, welches die Masseelektrode 112 ausbildet. Die Schleife des Zusatzelektroden-Endes 154 beginnt ausgehend von der Zusatzelektrode 150 am Isolierkörper 118 und endet am Isolierkörper 118 radial beabstandet vom Ausgangspunkt der Schleife des Zusatzelektroden-Endes 154 am Isolierkörper 118. Dies erzielt eine Impedanzstabilisierung bei Verwendung der erfindungsgemäßen Zündkerze 100 mit einer Hochfrequenz-Zündanlage (nicht dargestellt).

[0036] Die Fig. 5 zeigt eine dritte bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Zündkerze 100. In Fig. 5 sind funktionsgleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet wie in Fig. 2, 3 und 4, so dass zu deren Erläuterung auf die obige Beschreibung der Fig. 2, 3 und 4 verwiesen wird. Im Unterschied zur zweiten Ausführungsform gemäß Fig. 4 ist bei der dritten Ausführungsform gemäß Fig. 5 eine weitere Zusatzelektrode 150a vorgesehen, welche im Isolierkörper 118 angeordnet ist und im Wesentlichen parallel zur Mittelelektrode 128 und radial beabstandet von dieser verläuft. Die Schleife des Zusatzelektroden-Endes 154 beginnt ausgehend von der Zusatzelektrode 150 am Isolierkörper 118 und endet am Isolierkörper 118, wobei diese Schleife

hier elektrisch mit der weiteren Zusatzelektrode 150a verbunden ist. Weiterhin ist die weitere Zusatzelektrode 150a elektrisch mit der Zusatzelektroden-Anschlussstelle 152 verbunden. Die Zusatzelektroden-Anschlussstelle 152 ist beispielsweise ringförmig am Außenumfang des Isolierkörpers 118 ausgebildet und kann auf diese Weise von einem entsprechenden zusätzlichen elektrischen Kontakt in einem Zündkerzenstecker (nicht dargestellt) elektrisch kontaktiert werden. Dies erzielt eine weitere Impedanzstabilisierung bei Verwendung der erfindungsgemäßen Zündkerze 100 mit einer Plasmazündanlage (nicht dargestellt).

[0037] Alternativ sind die Zusatzelektrode 150 und die weitere Zusatzelektrode 150a einstückig in dem Isolierkörper als Rohr bzw. rotationssymmetrisch ausgebildet und coaxial zur Mittelelektrode 128 angeordnet.

[0038] Nachfolgend wird die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Zündkerze 100 gemäß der voranstehend beispielhaft erläuterten Fig. 2 bis 5 beschrieben. Durch Anlegen eines Hochspannungspulses an der Mittelelektrode 128 entsteht ein Doppel-Luftfunke zwischen der Mittelelektrode 128 und der Zusatzelektrode 150 bzw. zwischen dem Mittelektroden-Ende 140 und dem Zusatzelektroden-Ende 154 einerseits und der Zusatzelektrode 150 und der Masseelektrode 112 bzw. dem Zusatzelektroden-Ende 154 und dem Masseelektroden-Ende 142 andererseits. Die Zusatzelektrode 150 ist je nach angeschlossener Zündanlage bzw. Zündschaltung passiv oder aktiv. Hierbei ist die Zusatzelektrode 150 beispielsweise mit Masse elektrisch verbunden (einfacher Funke), mit einer elektrischen Kapazität elektrisch verbunden (passiv) oder mit einem HF-Verstärker elektrisch verbunden (aktiv). In letztem Fall wird über die Zusatzelektrode 150 elektrische Hochfrequenz-(HF)-Energie eingeleitet, so dass aus dem Zündfunken ein Plasma angeregt wird, welches dann entsprechend am zündseitigen Ende 114 der Zündkerze 100 entsteht und solange bestehen bleibt, bis die Zufuhr der HF-Energie beendet wird.

[0039] Bei Verwendung der Zündkerze 100 mit einer Hochfrequenz-Zündanlage, die eine Hochspannungsquelle (Hochgleichspannungsquelle), wie beispielsweise eine Zündspule, und eine Hochfrequenzspannungsquelle aufweist, ist die Mittelelektrode 128 eine Hochspannungselektrode, die zur elektrischen Verbindung mit der Hochspannungsquelle der Hochfrequenz-Zündanlage vorgesehen ist. Auf diese Weise wird eine von der Hochspannungsquelle erzeugte, kurzzeitige elektrische Hochspannung (elektr. Hochspannungsimpuls bzw. Hochgleichspannungsimpuls DC) an die Mittelelektrode 128 geleitet und führt dort zu einem Zündfunken zwischen der Mittelelektrode 128 und der Zusatzelektrode 150 bzw. zwischen dem Mittelektroden-Ende 140 und dem Zusatzelektroden-Ende 154 einerseits und der Zusatzelektrode 150 und der Masseelektrode 112 bzw. dem Zusatzelektroden-Ende 154 und dem Masseelektroden-Ende 142 andererseits (Doppel-Luftfunke). Dieser Zündfunke führt zur Erzeugung eines Plasmas zwischen der

Mittelelektrode 128 und der Masseelektrode 112 über die Zusatzelektrode 150 bzw. zwischen dem Mittelelektroden-Ende 140 und dem Masseelektroden-Ende 142 über das Zusatzelektroden-Ende 154 in der ersten und zweiten Zündfunkenstrecke 166, 156. Der Ausdruck "elektrischer Hochgleichspannungsimpuls" bezeichnet hier einen elektrischen Gleichspannungsimpuls mit hoher elektrischer Spannung von beispielsweise 8 kV bis 12 kV.

[0040] Die Zusatzelektrode 150 ist eine Hochfrequenzelektrode, die zur elektrischen Verbindung mit der Hochfrequenzquelle der Hochfrequenz-Zündanlage vorgesehen ist. Auf diese Weise wird eine von der Hochfrequenzquelle erzeugte elektrische Hochfrequenz-Spannung, an die Zusatzelektrode 150 geleitet und führt dort zu einem weiteren Heizen des zuvor von dem Zündfunken aufgrund des Hochgleichspannungsimpulses erzeugten Plasmas, so dass dieses Plasma zwischen der Zusatzelektrode 150 und der Masseelektrode 112 bzw. zwischen dem Zusatzelektroden-Ende 154 und dem Masseelektroden-Ende 142 bzw. in einem Raum um das Zusatzelektroden-Ende 154 und das Masseelektroden-Ende 142 herum über eine gewisse Zeitspanne aufrecht erhalten werden kann, wobei diese Zeitspanne deutlich länger ist (bis mehrere Millisekunden), als diejenige Zeitspanne, in der der eigentliche Zündfunke vorhanden wäre (einige Nanosekunden). Somit steht am zündseitigen Ende 126 zwischen der Zusatzelektrode 150 und der Masseelektrode 112 bzw. zwischen dem Zusatzelektroden-Ende 154 und dem Masseelektroden-Ende 142 bzw. in einem Raum um das Zusatzelektroden-Ende 154 und das Masseelektroden-Ende 142 herum ein Plasma zum Zünden eines Luft-Kraftstoff-Gemisches über eine Zeitspanne länger als einige Nanosekunden zur Verfügung und die Zündung des Luft-Kraftstoff-Gemisches erfolgt zuverlässiger und auch noch bei sehr mageren Luft-Kraftstoff-Gemischen bzw. hoher Abgasrückführrate, wo allein der herkömmliche Zündfunke eine Zündung des Luft-Kraftstoff-Gemisches nicht mehr sicher oder ggf. sogar gar nicht mehr gewährleisten würde.

[0041] Wichtiger als eine konstante Impedanz der axialen Zuleitung ist die Stabilisierung der Impedanz des HF-Plasmas. Hierfür ist eine räumliche Stabilisierung des HF-Plasmas notwendig. Dies geschieht durch einen möglichst äquidistanten Abstand zwischen dem Zusatzelektroden-Ende 154 und dem Masseelektroden-Ende 142 zwischen denen das HF-Plasma brennt. Hier sind nicht nur Bügel als Konstruktion denkbar, sondern auch beispielsweise löchrige Halbkugeln etc.. Das HF-Plasma kann somit vor dem Verblasen geschützt werden, was eine unerwünschte Änderung der Impedanz des HF-Plasmas zur Folge hat. Die Zusatzelektrode 150 kann sogar baubedingt nicht axial ausgerichtet sein.

Patentansprüche

1. Zündkerze (100) für eine Innenbrennkraftmaschine, insbesondere mit einer Hochfrequenz-Zündanlage,

mit einer Mittelelektrode (28; 128), einer Masseelektrode (12; 112) und einem zwischen der Mittel- (28; 128) und Masseelektrode (12; 112) angeordneten elektrischen Isolator (18; 118), wobei an dem Isolator (18; 118) eine Mittelelektroden-Anschlussstelle (26; 126) zum elektrischen Verbinden der Mittelelektrode (28; 128) mit einer Zündanlage vorgesehen ist, wobei die Mittel- (28; 128) und Masseelektrode (12; 112) den Isolator (18; 118) an einem axialen Ende (114) der Zündkerze (100) überragen und jeweils mit einem den Isolator (18; 118) axial überragenden Teil ein Mittelelektroden-Ende (140) sowie ein Masseelektroden-Ende (142) ausbilden, wobei das Mittelelektroden-Ende (140) und das Masseelektroden-Ende (142) derart angeordnet und ausgebildet sind, dass zwischen diesen in axialer Richtung ein axialer Bereich (170) eines Spaltes (146) ausgebildet ist, wobei der axiale Bereich (170) des Spaltes (146) von dem Isolator (18; 118) beabstandet ist, wobei mindestens eine Zusatzelektrode (150) vorgesehen ist, welche den Isolator (118) an dem axialen Ende (114) der Zündkerze (100) überragt und mit einem den Isolator (118) axial überragenden Teil ein Zusatzelektroden-Ende (154) ausbildet, wobei die Zusatzelektrode (150) von der Masseelektrode (112) und der Mittelelektrode (128) elektrisch isoliert an der Zündkerze (100) angeordnet ist, wobei das Zusatzelektroden-Ende (154) in den axialen Bereich (170) des Spaltes (146) zwischen dem Mittelelektroden-Ende (140) und dem Masseelektroden-Ende (142) hinein ragt oder in einem zum axialen Bereich (170) des Spaltes (146) radial benachbarten Bereich (172) des Spaltes (146) angeordnet ist und dadurch den Spalt (146) in zwei Zündfunkenstrecken (156, 166) aufteilt,

dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatzelektrode (150) radial innerhalb des Isolators (118) angeordnet ist und sich dort im Wesentlichen parallel zur Masseelektrode (112) und radial von dieser beabstandet erstreckt, wobei an dem Isolator (118) eine Zusatzelektroden-Anschlussstelle (152) zum elektrischen Verbinden der Zusatzelektrode (150) mit einer Zündanlage vorgesehen ist.

2. Zündkerze (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Masseelektrode (112) als ein Metallgehäuse ausgebildet ist, welches den Isolator (118) in einem vorbestimmten axialen Abschnitt umgibt, und wobei an einem, dem Masseelektroden-Ende (142) zugewandten axialen Ende des Metallgehäuses ein Gewinde (122) angeordnet ist.
3. Zündkerze (100) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Metallgehäuse (112) und dem Isolator (118) mindestens eine innere Dichtung (30) und an dem Metallgehäuse (112) mindestens eine äußere Dichtung (32), insbesondere ein Dichtring, angeordnet sind.

4. Zündkerze (100) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die erste Zündfunkenstrecke (166) entlang einer Längsachse (144) der Mittelelektrode (128) in axialer Richtung erstreckt. 5
5. Zündkerze (100) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mittelelektroden-Ende (140) und das Zusatzelektroden-Ende (154) derart angeordnet und ausgebildet sind, dass zwischen diesen eine zweite Zündfunkenstrecke (156) in axialer Richtung beabstandet von dem Isolator (118) ausgebildet ist, wobei sich die zweite Zündfunkenstrecke (156) entlang einer Längsachse (144) der Mittelelektrode (128) in axialer Richtung erstreckt und wobei die erste und zweite Zündfunkenstrecke (166, 156) miteinander in axialer Richtung fluchtend angeordnet sind. 10
6. Zündkerze (100) nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zündfunkenstrecken (156, 166) mindestens 0,2 mm lang sind. 15
7. Zündkerze (100) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zusatzelektroden-Ende (154) als geschlossene Schleife ausgebildet ist, welche an der Zusatzelektrode (150) beginnt und wieder in den Isolator (118) eintritt und sich dort als weitere Zusatzelektrode (150a) parallel beabstandet zur Masseelektrode (112) und radial innerhalb der Isolators (118) erstreckt, wobei die weitere Zusatzelektrode (150a) elektrisch mit der Zusatzelektroden-Anschlussstelle (152) verbunden ist. 20 25 30
8. Zündkerze (100) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zusatzelektroden-Ende (154) L-förmig ausgebildet ist und ein freies Ende aufweist. 35 40
9. Zündkerze (100) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Masseelektroden-Ende (142) L-förmig ausgebildet ist und ein freies Ende aufweist. 45
10. Zündkerze (100) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Masseelektroden-Ende (142) als geschlossene Schleife ausgebildet ist, welche an der Masseelektrode (112) beginnt und endet. 50

Claims

1. A spark plug (100) for an internal combustion engine, in particular comprising a high-frequency ignition system, having a central electrode (28; 128), a ground electrode (12; 112) and an electrical insulator 55

(18; 118) arranged between the central electrode (28; 128) and the ground electrode (12; 112), wherein a central electrode connection point (26; 126) for electrically connecting the central electrode (28; 128) to an ignition system is provided on the insulator (18; 118), wherein the central electrode (28; 128) and the ground electrode (12; 112) protrude beyond the insulator (18; 118) at an axial end (114) of the spark plug (100) and each form, with a part which axially protrudes beyond the insulator (18; 118), a central electrode end (140) and a ground electrode end (142), wherein the central electrode end (140) and the ground electrode end (142) are arranged and formed in such a way that an axial region (170) of a gap (146) is formed between said ends in the axial direction, wherein the axial region (170) of the gap (146) is at a distance from the insulator (18; 118), wherein at least one additional electrode (150) is provided, which protrudes beyond the insulator (118) at the axial end (114) of the spark plug (100) and, with a part which axially protrudes beyond the insulator (118), forms an additional electrode end (154), wherein the additional electrode (150) is arranged on the spark plug (100) in a manner electrically insulated from the ground electrode (112) and the central electrode (128), wherein the additional electrode end (154) protrudes into the axial region (170) of the gap (146) between the central electrode end (140) and the ground electrode end (142) or is arranged in a region (172) of the gap (146) which is radially adjacent to the axial region (170) of the gap (146) and as a result splits the gap (146) into two ignition spark sections (156, 166), **characterized in that** the additional electrode (150) is arranged radially within the insulator (118) and extends there substantially parallel to the ground electrode (112) and radially at a distance from the latter, wherein an additional electrode connection point (152) for electrically connecting the central electrode (150) to an ignition system is provided on the insulator (118).

2. The spark plug (100) according to Claim 1, **characterized in that** the ground electrode (112) is designed as a metal housing, which surrounds the insulator (118) in a predetermined axial section, and wherein a thread (122) is arranged on an axial end of the metal housing facing the ground electrode end (142). 45
3. The spark plug (100) according to Claim 2, **characterized in that** at least one inner seal (30) is arranged between the metal housing (112) and the insulator (118) and at least one outer seal (32), in particular a seal ring, is arranged on the metal housing (112). 50
4. The spark plug (100) according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the first ig-

niton spark section (166) extends along a longitudinal axis (144) of the central electrode (128) in the axial direction.

5. The spark plug (100) according to Claim 4, **characterized in that** the central electrode end (140) and the additional electrode end (154) are arranged and formed in such a way that between said ends a second ignition spark section (156) is formed in the axial direction at a distance from the insulator (118), wherein the second ignition spark section (156) extends along a longitudinal axis (144) of the central electrode (128) in the axial direction and wherein the first and second ignition spark sections (166, 156) are arranged in alignment with one another in the axial direction.
6. The spark plug (100) according to Claim 4 or 5, **characterized in that** the ignition spark sections (156, 166) are at least 0.2 mm long.
7. The spark plug (100) according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the additional electrode end (154) is designed as a closed loop, which begins at the additional electrode (150) and reenters the insulator (118) and there extends as further additional electrode (150a) parallel at a distance to the ground electrode (112) and radially within the insulator (118), wherein the further additional electrode (150a) is connected electrically to the additional electrode connection point (152).
8. The spark plug (100) according to at least one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the additional electrode end (154) is designed so as to be L-shaped and has a free end.
9. The spark plug (100) according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the ground electrode end (142) is designed so as to be L-shaped and has a free end.
10. The spark plug (100) according to at least one of the Claims 1 to 8, **characterized in that** the ground electrode end (142) is designed as a closed loop, which begins and ends at the ground electrode (112).

Revendications

1. Bougie d'allumage (100) pour un moteur à combustion interne, plus particulièrement avec une installation d'allumage à haute fréquence, avec une électrode centrale (28; 128), une électrode de masse (12; 112) et un isolateur électrique (18; 118) disposé entre l'électrode centrale (28; 128) et l'électrode de masse (12; 112), moyennant quoi, sur l'isolateur (18; 118), est prévu un point de raccordement

d'électrode centrale (26 ; 126) pour la liaison électrique de l'électrode centrale (28 ; 128) avec une installation d'allumage, l'électrode centrale (28 ; 128) et l'électrode de masse (12 ; 112) dépassant de l'isolateur (18 ; 118) au niveau d'une extrémité axiale (114) de la bougie d'allumage (100) et constituant chacune respectivement, avec une partie dépassant axialement de l'isolateur (18 ; 118), une extrémité d'électrode centrale (140) ainsi qu'une extrémité d'électrode de masse (142), l'extrémité d'électrode centrale (140) et l'extrémité d'électrode de masse (142) étant disposées et conçues de façon à ce que, entre celles-ci, dans la direction axiale, une partie axiale (170) d'un interstice (146) soit formée, la partie axiale (170) de l'interstice (146) étant distante de l'isolateur (18 ; 118), au moins une électrode supplémentaire (150) étant prévue, qui dépasse de l'isolateur (118) au niveau de l'extrémité axiale (114) de la bougie d'allumage (100) et qui constitue, avec une partie dépassant axialement de l'isolateur (118), une extrémité d'électrode supplémentaire (154), l'électrode supplémentaire (150) étant disposée sur la bougie d'allumage (100) de façon à être isolée électriquement de l'électrode de masse (112) et de l'électrode centrale (128), l'extrémité d'électrode supplémentaire (154) dépassant dans la partie axiale (170) de l'interstice (146) entre l'extrémité d'électrode centrale (140) et l'extrémité d'électrode de masse (142) ou étant disposée dans une partie (172) de l'interstice (146), adjacente radialement à la partie axiale (170) de l'interstice (146) et divisant ainsi l'interstice (146) en deux trajets d'étincelles d'allumage (156, 166),

caractérisée en ce que l'électrode supplémentaire (150) est disposée radialement à l'intérieur de l'isolateur (118) et s'y étend globalement parallèlement à l'électrode de masse (112) et de manière distante radialement de celle-ci, moyennant quoi, sur l'isolateur (118), est prévu un point de raccordement d'électrode supplémentaire (152) pour la liaison électrique de l'électrode supplémentaire (150) avec une installation d'allumage.

2. Bougie d'allumage (100) selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** l'électrode de masse (112) est conçue comme un boîtier métallique qui entoure l'isolateur (118) dans une portion axiale prédéterminée et, moyennant quoi, au niveau d'une extrémité axiale du boîtier métallique, orientée vers l'extrémité d'électrode de masse (142), est disposé un filetage (122).
3. Bougie d'allumage (100) selon la revendication 2, **caractérisée en ce que**, entre le boîtier métallique (112) et l'isolateur (118) est disposé au moins un joint d'étanchéité interne (30) et sur le boîtier métallique (112) est disposé au moins un joint d'étanchéité externe (32), plus particulièrement une bague

d'étanchéité.

4. Bougie d'allumage (100) selon au moins l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le premier trajet d'étincelle d'allumage (166) s'étend le long d'un axe longitudinal (144) de l'électrode centrale (128) dans la direction axiale. 5
5. Bougie d'allumage (100) selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** l'extrémité d'électrode centrale (140) et l'extrémité d'électrode supplémentaire (154) sont disposées et conçues de façon à ce que, entre celles-ci, soit formée un deuxième trajet d'étincelle d'allumage (156), distant dans la direction axiale de l'isolateur (118), le deuxième trajet d'étincelle d'allumage (156) s'étendant le long d'un axe longitudinal (144) de l'électrode centrale (128) dans la direction axiale et les premier et deuxième trajets d'étincelles d'allumage (166, 156) étant disposés de manière alignée entre eux dans la direction axiale. 10
15
20
6. Bougie d'allumage (100) selon la revendication 4 ou 5, **caractérisée en ce que** les trajets d'étincelles d'allumage (156, 166) présentent une longueur d'au moins 0,2 mm. 25
7. Bougie d'allumage (100) selon au moins l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'extrémité d'électrode supplémentaire (154) est conçue comme une boucle fermée qui commence au niveau de l'électrode supplémentaire (150) et pénètre à nouveau dans l'isolateur (118) et s'y étend, sous la forme d'une autre électrode supplémentaire (150a), de manière distante parallèlement à l'électrode de masse (112) et radialement à l'intérieur de l'isolateur (118), l'autre électrode supplémentaire (150a) étant reliée électriquement avec le point de raccordement de l'électrode supplémentaire (152). 30
35
8. Bougie d'allumage (100) selon au moins l'une des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** l'extrémité d'électrode supplémentaire (154) présente une forme de L et comprend une extrémité libre. 40
9. Bougie d'allumage (100) selon au moins l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'extrémité d'électrode de masse (142) présente une forme de L et comprend une extrémité libre. 45
10. Bougie d'allumage (100) selon au moins l'une des revendications 1 à 8, **caractérisée en ce que** l'extrémité d'électrode de masse (142) est conçue comme une boucle fermée qui commence et se termine au niveau de l'électrode de masse (112). 50
55

Fig. 1
(Stand der Technik)

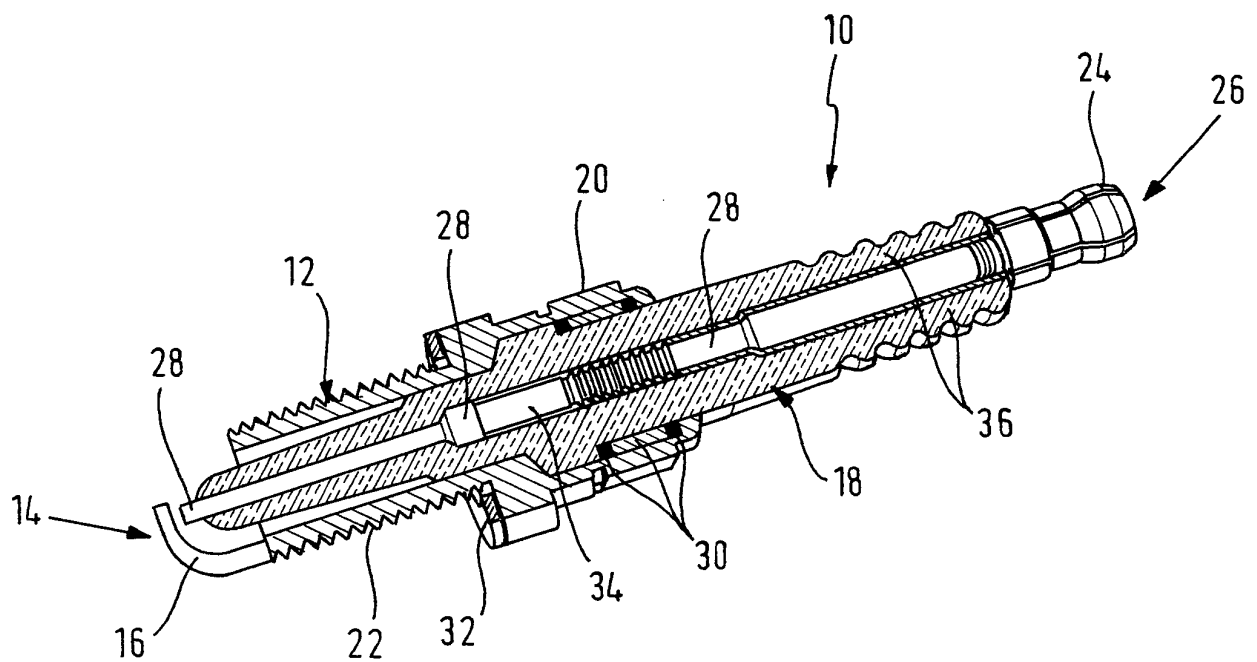


Fig. 2

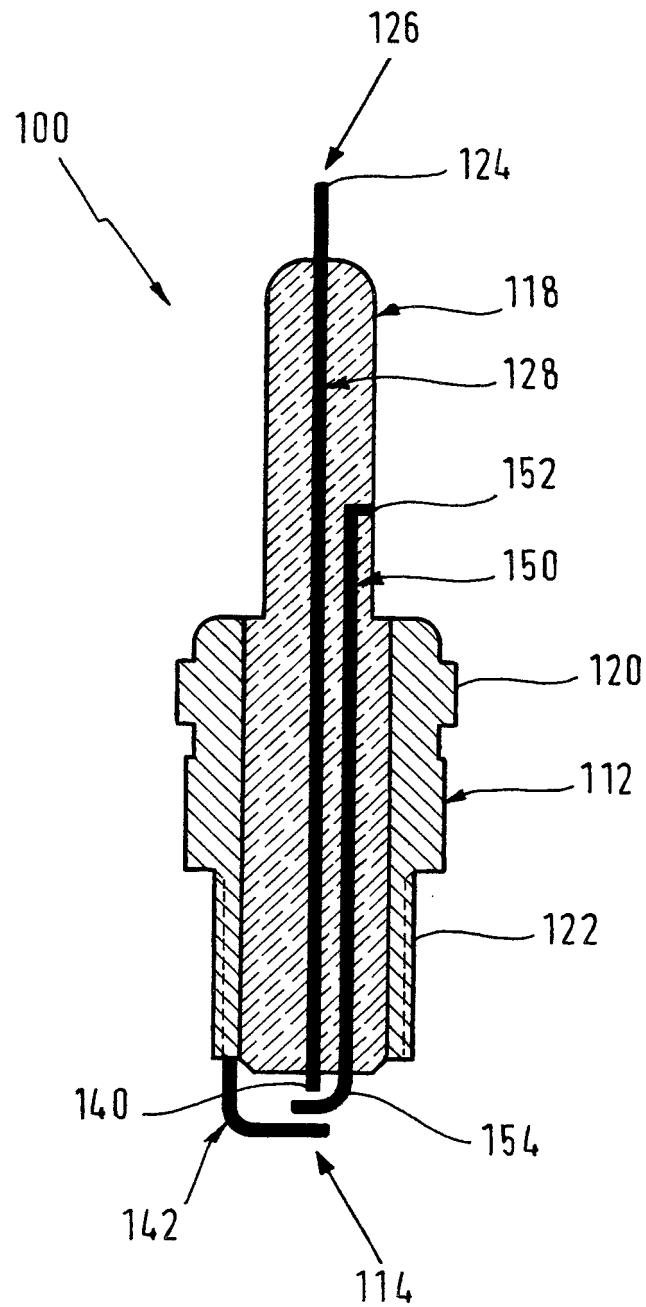


Fig. 3A

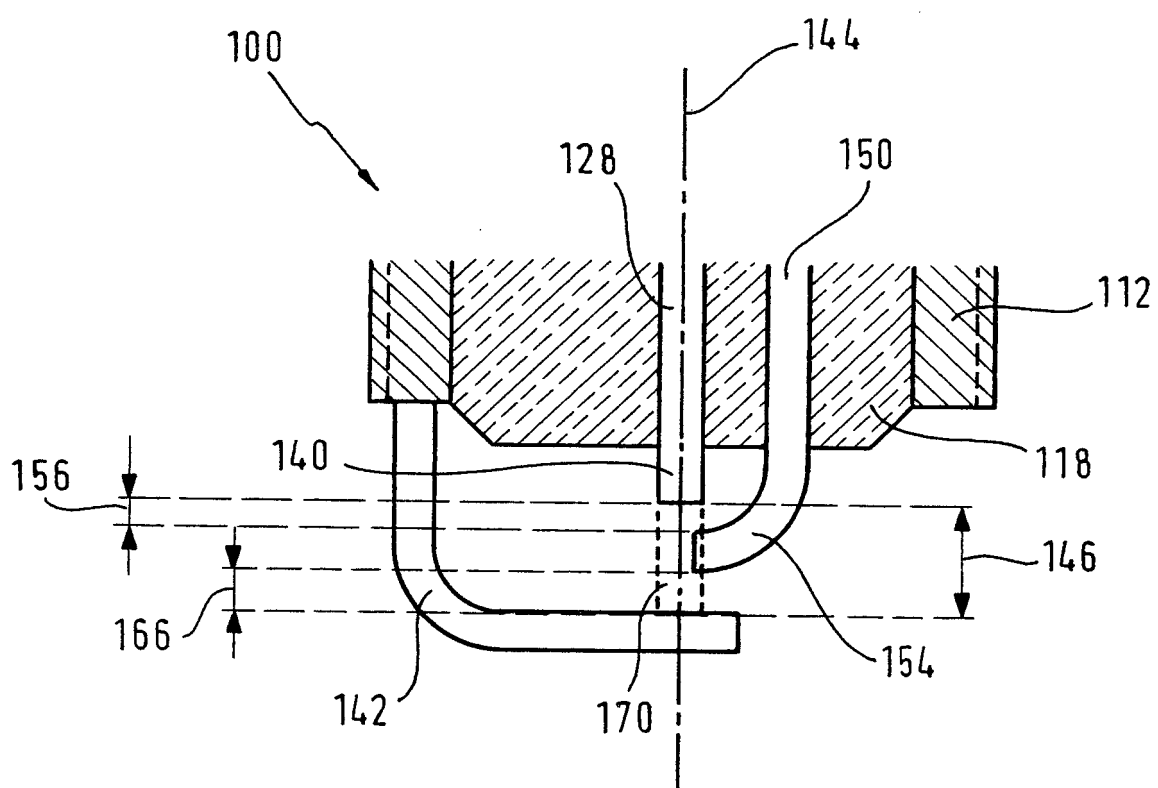


Fig. 3B

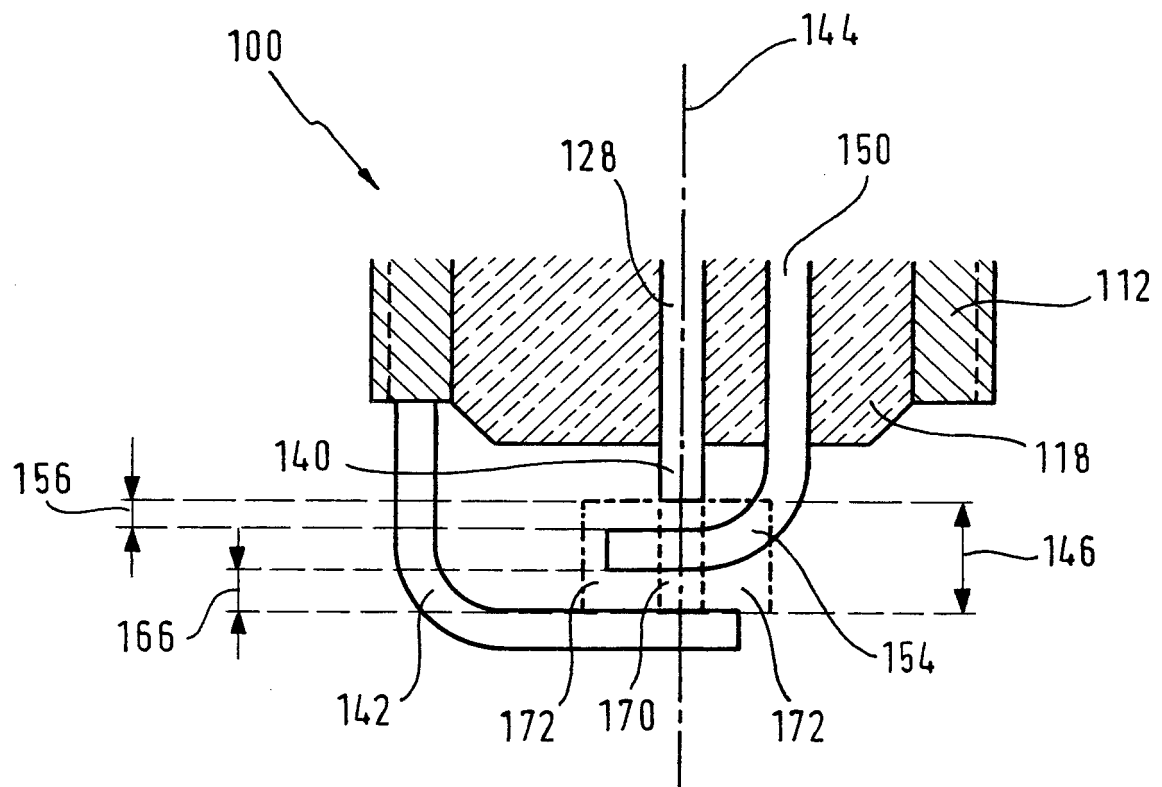


Fig. 4

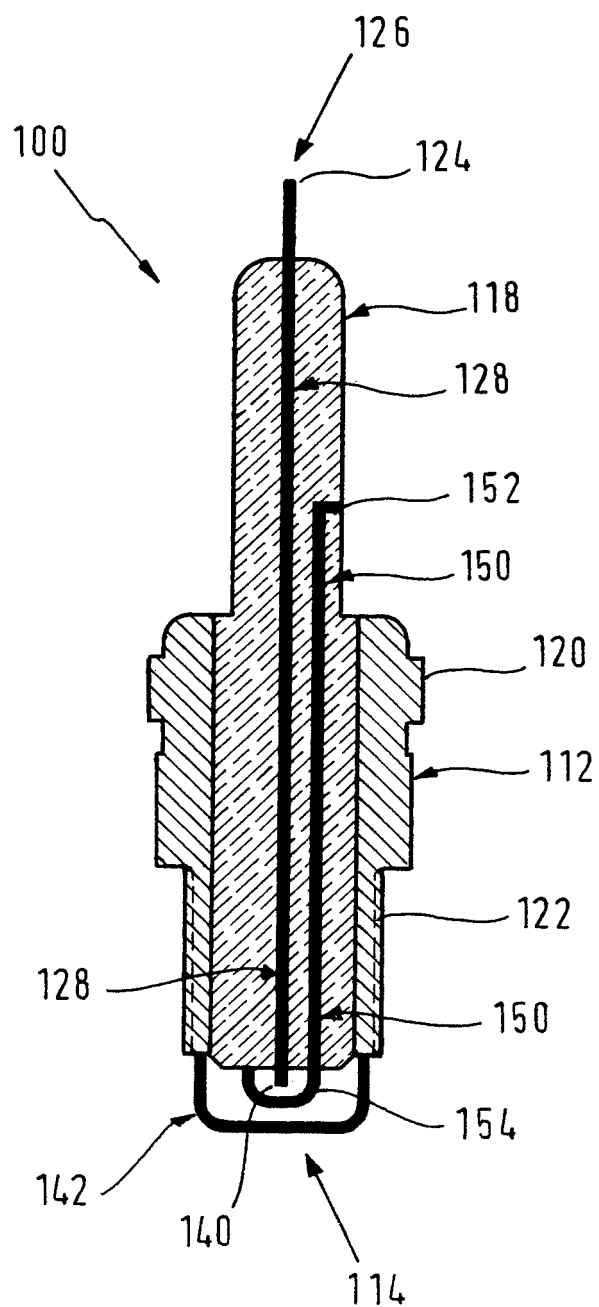
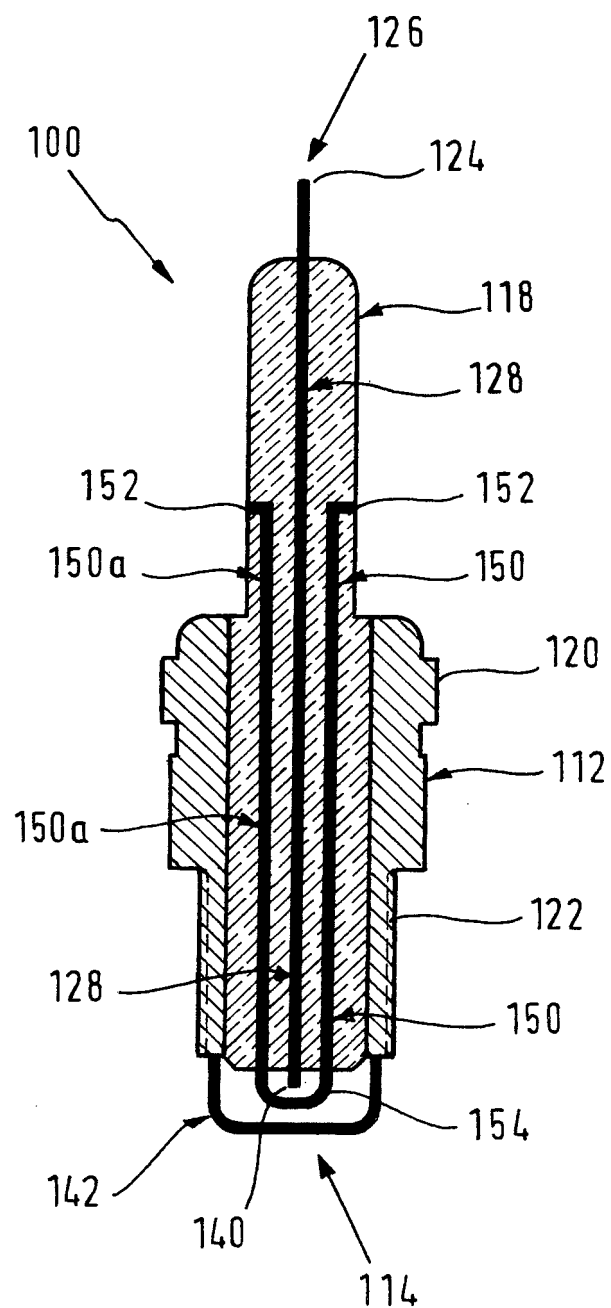


Fig. 5



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19843712 A1 **[0003]** **[0006]**
- DE 112008000989 T5 **[0005]**
- DE 102004058925 A1 **[0008]**
- DE 102008051185 A1 **[0009]**
- DE 102013215663 A1 **[0010]**
- GB 670979 A **[0011]**
- DE 2554517 A1 **[0012]**
- EP 0464353 A1 **[0013]**