



(10) **DE 11 2016 000 670 B4** 2022.11.17

(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2016 000 670.5**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2016/053408**  
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2016/129504**  
(86) PCT-Anmeldetag: **04.02.2016**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **18.08.2016**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **19.10.2017**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **17.11.2022**

(51) Int Cl.: **H01T 13/50** (2006.01)  
**H01T 13/20** (2006.01)  
**F02P 23/04** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:

**2015-023517**      **09.02.2015**      **JP**  
**2016-001632**      **07.01.2016**      **JP**

(73) Patentinhaber:

**DENSO CORPORATION, Kariya-shi, Aichi-ken, JP;**  
**PLASMA APPLICATIONS CO., LTD., Hamamatsu-**  
**shi, Shizuoka, JP**

(74) Vertreter:

**KUHNEN & WACKER Patent- und**  
**Rechtsanwaltsbüro PartG mbB, 85354 Freising,**  
**DE**

(72) Erfinder:

**Sugiura, Akimitsu, Kariya-shi, Aichi-ken, JP;**  
**Kando, Masashi, Hamamatsu-shi, Shizuoka, JP;**  
**Husarik, Jan, Hamamatsu-shi, Shizuoka, JP; Kral,**  
**Martin, Hamamatsu-shi, Shizuoka, JP; Blajan,**  
**Gabriel Marius, Hamamatsu-shi, Shizuoka, JP**

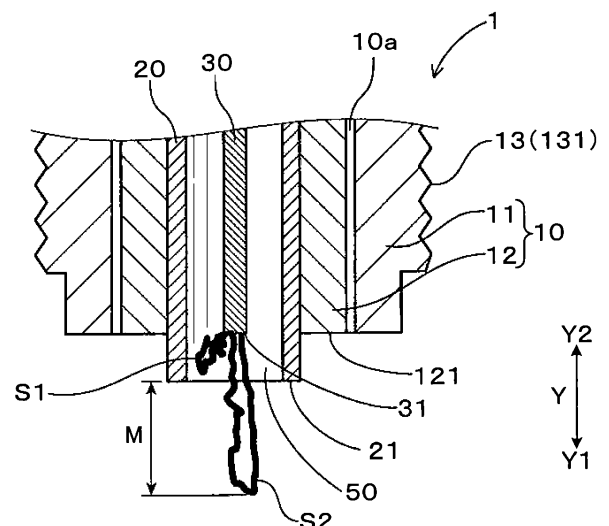
(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>EP</b>	<b>2 246 947</b>	<b>A1</b>
<b>WO</b>	<b>2015 / 016 337</b>	<b>A1</b>
<b>JP</b>	<b>4 404 770</b>	<b>B2</b>
<b>JP</b>	<b>S57 - 15 381</b>	<b>A</b>

(54) Bezeichnung: **Zündkerze für eine interne Verbrennungsmaschine**

(57) Hauptanspruch: Zündkerze (1) für eine interne Verbrennungsmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass die Zündkerze (1) aufweist:  
einen rohrförmigen Außenleiter (10);  
einen rohrförmigen dielektrischen Körper (20, 200), welcher mit einer axialen Richtung (Y) der Kerze ausgestattet ist, welche eine Spitzenendseite (Y1) und eine Basisendseite (Y2) aufweist; und  
ein Spitzenende des dielektrischen Körpers (21, 210), welches auf einer Innenseite des Außenleiters (10) gehalten ist und zu der Spitzenendseite (Y1) in der axialen Richtung (Y) der Kerze des Außenleiters (10) freigelegt ist; und  
eine Hauptelektrode (30, 300), welche auf einer Innenseite des rohrförmigen dielektrischen Körpers (20, 200) gehalten ist und die mit einem Spitzenende der Elektrode (31, 310) ausgestattet ist, das zu der Spitzenendseite (Y1) der axialen Richtung (Y) der Kerze des rohrförmigen dielektrischen Körpers (20, 200) freigelegt ist, wobei  
die Zündkerze (1) für die Verbrennungsmaschine derart konfiguriert ist, dass eine Entladung von der Spitze der Elektrode hin zu der Spitzenendseite (Y1) in der axialen Richtung (Y) der Kerze erzeugt wird, wenn eine Hochfrequenzspannung an die Hauptelektrode (30, 300) angelegt wird,

ein Raum (50, 500, 501) ausgebildet ist, um das Spitzenende der Elektrode (31, 310) und das Spitzenende des dielektrischen Körpers (21, 210) derart voneinander zu trennen, ...



**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Zündkerze für interne Verbrennung und genauer gesagt eine Zündkerze, welche konfiguriert ist, eine Zündung durch hochfrequente elektrische Energie zu verursachen.

## Stand der Technik

**[0002]** Es gibt Zündkerzen, die durch hochfrequente elektrische Energie entzündet werden, welche dazu verwendet werden, in einer Brennkammer einer internen Verbrennungsmaschine ein Luft-Kraftstoff-Gemisch zu entzünden. Ein Beispiel einer derartigen hochfrequenten Zündkerze, die in JP 4 404 770 B2 offenbart ist, ist mit einem koaxialen Wellenleiteraufbau, die einen Innenleiter als eine Hauptelektrode und einen Außenleiter als eine Masseelektrode aufweist, und mit einem dielektrischen Körper ausgestattet, der dielektrische Eigenschaften wie ein Füllmaterial aufweist, welches zwischen sowohl dem Innenleiter als auch dem Außenleiter an einem Spitzenende davon vorgesehen ist. In der beschriebenen Konfiguration steht ein Spitzenende des koaxialen Wellenleiteraufbaus in die Brennkammer der internen Verbrennungsmaschine hervor.

**[0003]** Zusätzlich wird beim Konzentrieren eines elektrischen Feldes an dem Spitzenende des Innenleiters durch Anlegen einer Hochfrequenzspannung an den Koaxialwellenfrequenzaufbau ein freistehendes Plasma aus Mikropiasmawellen an dem Spitzenende des Koaxialwellenfrequenzaufbaus erzeugt. Ferner induziert das freie Plasma eine Entladung an dem Spitzenende des Koaxialwellenfrequenzaufbaus ausgehend von dem freien Plasma und das Luft-Kraftstoff-Gemisch in der Brennkammer wird entzündet.

## Liste der Entgegenhaltungen

## Patentliteratur

**[0004]** Patentliteratur 1: JP 4 404 770 B2

**[0005]** Weiterer Stand der Technik ist in den folgenden Dokumenten offenbart.

**[0006]** WO 2015 / 016 337 A1 offenbart eine Zündkerze, mit der es möglich ist, den Schmelzverlust der zentralen Elektroden spitze zu verhindern und den Leistungsverlust zu verringern, selbst wenn die Zündkerze so aufgebaut ist, dass sie einen Entladungsstrom und elektromagnetische Wellen vom Anschlussmontageteil der Zündkerze liefert. Außerdem wird eine plasmaerzeugende Vorrichtung bereitgestellt, die diese Zündkerze verwendet. Die Zünd-

kerze umfasst: eine Mittelelektrode mit einem Anschlussbefestigungsteil und einem Elektrodenkörper, der elektrisch mit diesem Anschlussbefestigungsteil verbunden ist; isolierendes Porzellan mit einem axialen Loch, in das die Mittelelektrode eingepasst ist; ein Hauptbefestigungsteil, das den Umfang des isolierenden Porzellans umgibt; und eine geerdete Elektrode, die so ausgebildet ist, dass sie sich von der Endfläche dieses Hauptanschlusssteils aus erstreckt, und die eine Entladungsstrecke bildet, in der eine Funkenentladung in dem Raum zwischen der geerdeten Elektrode und dem Elektrodenkörper der Mittelelektrode auftritt. Der Elektrodenkörper umfasst: eine Spitzenelektrode, die mit einer Elektroden spitze ausgestattet ist, um eine Funkenentladung zwischen der Spitze und der geerdeten Elektrode zu erzeugen; ein zylindrisches Spitzeninduktionsrohr, das den Elektroden spitzenende abdeckt; und ein zylindrisches leitendes Verbindungsrohr, das das Spitzeninduktionsrohr und den Anschlussmontageteil verbindet.

**[0007]** JP S57 - 15 381 A offenbart eine Plasma-Injektionszündkerze.

**[0008]** EP 2 246 947 A1 offenbart einen Plasmazünder und eine Zündvorrichtung für einen Verbrennungsmotor. Der Plasmazünder umfasst einen Zünderteil mit einer Verbrennungskammer und einen Entladungsteil, der so angeordnet ist, dass sein Entladungsspitzenende der Verbrennungskammer ausgesetzt ist. Das Entladungsspitzenende hat eine säulenförmige Anode, eine ringförmige Kathode, die in einem vorbestimmten Abstand von einem Anodenspitzenende angeordnet ist, und eine ringförmige schwebende Elektrode, die zwischen dem Anodenspitzenende und der Kathode angeordnet ist.

## Kurzfassung der Erfindung

## Technisches Problem

**[0009]** Allerdings ist es mit der Konfiguration, die in der Patentliteratur 1 offenbart ist, schwierig, eine Entladung in einem Hochdruckbereich zu erzeugen, da die Entladung nur durch das elektrische Feld von Mikrowellen produziert wird. Zum Beispiel beträgt ein Grenzdruck zur Entladungserzeugung bei Raumtemperatur 2 Atmosphären, wenn ein Mikrowellen-Oszillator verwendet wird, welcher eine Leistung von 500 W ausgibt. Zusätzlich beträgt der Grenzdruck für die Entladung dann höchstens 8 Atmosphären, wenn eine Antenne, welche das Spitzenende des Innenleiters (genauer gesagt die Hauptelektrode) ist, auf der Grundlage von Wärme von der Hochfrequenz oder Wärme von einer Verbrennung in dem Maschinenzylinder eine hohe Temperatur (zum Beispiel eine Klopfbegrenzung von 900 °C) aufweist.

**[0010]** Im Gegensatz dazu ist der Innendruck in der Brennkammer der internen Verbrennungsmaschine eines Kraftfahrzeugs in einer Hochlastzone höher als 20 Atmosphären, welcher höher ist als der zuvor beschriebene Grenzdruck zur Entladungserzeugung. Im Ergebnis kann es schwierig sein, unter Verwendung von nur dem konzentrierten elektrischen Feld der Mikrowellen eine Entladung in der Hochlastzone einer internen Verbrennungsmaschine eines Kraftfahrzeugs zu erzeugen.

**[0011]** Um unter Verwendung eines konzentrierten elektrischen Feldes in einfacher Weise eine Entladung in der Hochlastzone zu erzeugen, kommen zwei Verfahren in Betracht. Ein erstes Verfahren ist es, die elektrische Feldstärke unter Verwendung eines Mikrowellen-Oszillators mit hohem Ausgang beziehungsweise mit einer hohen Ausgabeleistung zu erhöhen. Ein zweites Verfahren ist es, dieses auch mit einem anderen Entladungs-Unterstützungsverfahren, zum Beispiel einer Funkenentladung oder mit einem Laser zu kombinieren.

**[0012]** Allerdings gibt es, wenn das erste Verfahren verwendet wird, da die elektrische Feldstärke proportional zu einer Quadratwurzel der Eingangsleistung ist, Nachteile, dass aufgrund der Zunahme der elektrischen Feldstärke der Energieverbrauch erheblich steigt. Auch die Verwendung eines Mikrowellen-Oszillators mit hohem Ausgang führt zu einem Kostenanstieg und zu einer Größenzunahme. Das zweite Verfahren weist folgende Nachteile auf: ein Zündkerzensystem wird gefolgt von einer Größenzunahme der Vorrichtung aufgrund einer Zunahme der Anzahl von Teilen komplexer. In der Folge sind beide Verfahren nicht für eine interne Verbrennungsmaschine für ein Kraftfahrzeug geeignet.

#### Kurzfassung

**[0013]** Im Hinblick auf das Vorstehende zielt die vorliegende Erfindung darauf ab, eine Zündkerze für eine interne Verbrennungsmaschine vorzusehen, welche in der internen Verbrennungsmaschine eines Kraftfahrzeugs eine ausreichende Entladung produziert.

**[0014]** Eine Betriebsart der vorliegenden Erfindung ist eine Zündkerze für eine Verbrennungsmaschine, welche mit einem rohrförmigen Außenleiter (10) und einem rohrförmigen dielektrischen Körper (20, 200) ausgestattet ist, der eine axiale Richtung (Y) der Kerze aufweist, welche mit einer Spitzenendseite (Y1) und einer Basisendseite (Y2) ausgestattet ist. Der rohrförmige elektrische dielektrische Körper ist mit einem Spitzenende eines dielektrischen Körpers (21, 210), der zu einer Spitzenendseite (Y1) in der axialen Richtung der Kerze des Außenleiters (10) freigelegt ist; und mit einer Mittelelektrode (30, 300) ausgestattet, welche auf einer Innenseite des rohr-

förmigen dielektrischen Körpers gehalten ist und die mit einem Spitzenende der Elektrode (31, 310) ausgestattet ist, das zu der Spitzenendseite in der axialen Richtung der Kerze des rohrförmigen dielektrischen Körpers freigelegt ist. Die Zündkerze für eine interne Verbrennungsmaschine ist so konfiguriert, dass eine Hochfrequenzspannung an die Hauptelektrode angelegt wird und anschließend ausgehend von der Spitze der Elektrode eine Entladung hin zu der Spitzenendseite in der axialen Richtung der Kerze ausgebildet wird. Zusätzlich ist ein Raumelement (50, 500, 501) ausgebildet, um das Spitzenende der Elektrode und das Spitzenende des dielektrischen Körpers zu trennen, sodass vor der Entladung eine Teilentladung ausgebildet wird, wenn die Hochfrequenzspannung zwischen dem Spitzenende der Elektrode und dem Spitzenende des dielektrischen Körpers an die Hauptelektrode angelegt wird.

**[0015]** Das Raumelement ist auf einer Innenseite des Außenleiters positioniert, zu der Spitzenendseite in der axialen Richtung der Kerze offen und eine Gasdichte von Kraftstoff innerhalb des Raumelements nimmt ab, wenn das Spitzenende der Hauptelektrode durch eine Anlegung von Hochfrequenzspannung an die Hauptelektrode erwärmt wird.

**[0016]** Ferner ist das Spitzenende der Elektrode derart positioniert ist, dass dieses in der axialen Richtung der Kerze näher an der Basisendseite angeordnet ist, als eine Position des Spitzenendes des dielektrischen Körpers.

**[0017]** Die Zündkerze für eine interne Verbrennungsmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung ist so konfiguriert, dass, wenn eine Hochfrequenzspannung an die Hauptelektrode angelegt wird, zunächst die Hauptelektrode erwärmt wird und eine Dichte von Gas in einem Raum verringert wird, welcher zwischen der Hauptelektrode und dem rohrförmigen dielektrischen Körper ausgebildet ist. Im Ergebnis wird die Teilentladung in dem Raum durch eine Abnahme der anfänglichen Entladungsspannung in dem Raum in einfacher Weise erzeugt. Zusätzlich wird eine Teilentladung in dem Raum durch Anlegung der Hochfrequenzspannung ausgehend von dem Spitzenende der Elektrode produziert. Die sich ausbildende Teilentladung erstreckt sich ausgehend von dem Spitzenende der Elektrode hin zu der Spitzenendseite der axialen Richtung der Kerze durch Absorption der Hochfrequenzenergie, welche durch Anlegung der Hochfrequenzspannung ausgehend von dem Spitzenende der Hauptelektrode entladen wird.

**[0018]** Genauer gesagt ist die Teilentladung, welche ausgehend von dem Spitzenende der Elektrode der Hauptelektrode hin zu der Spitzenendseite der axialen Richtung der Kerze ausgebildet ist, eine Trigge-

rentladung. Im Ergebnis ist die Entladung ausgehend von dem Spitzenende der Elektrode hin zu der Spitzenendseite unter Verwendung einer kleinen Menge von Energie (d. h. niedriger Feldstärke) erzeugbar. Als weiteres Ergebnis wird die Erzeugung der Entladung durch das elektrische Feld in einfacher Weise auf der Grundlage der angelegten Hochfrequenzspannung selbst unter Hochdruckbedingungen, welche höher sind als beispielsweise 20 Atmosphären, erreicht. Im Ergebnis sind eine Zündgrenze (bekannt als eine EGR-Grenze) und eine Zündgrenze von Magerverbrennungszuständen (genauer gesagt magerer Kraftstoff) verbessert und eine verstärkte Brennkrafteffizienz der internen Verbrennungsmaschine kann erreicht werden, was zu einem effizienten Kraftstoffverbrauch beiträgt.

**[0019]** Zusätzlich ist es unnötig, einen Oszillator mit hohem Ausgang zu verwenden, womit eine Zunahme des Energieverbrauchs und ein Kostenanstieg für Teile vermeidbar sind. Da eine Größenzunahme der Teile vermeidbar ist, kann eine Vereinfachung des Designs und der Herstellung des Zündsystems durch den vereinfachten Aufbau erreicht werden. In der Folge kann eine Zündkerze vorgesehen sein, welche in einfacher Weise zum Beispiel in einer internen Verbrennungsmaschine eines Kraftfahrzeugs angebracht ist und welche mit hoher Sicherheit eine Entladung produziert.

**[0020]** Gemäß der vorstehend beschriebenen Betriebsart ist ausreichend Entladung jedes Mal, wenn zum Beispiel die interne Verbrennungsmaschine eines Kraftfahrzeugs verwendet wird, erzeugbar. Im Ergebnis kann eine Zündkerze vorgesehen werden, welche in einfacher Weise in einer internen Verbrennungsmaschine anbringbar ist und für die Verwendung in einer internen Verbrennungsmaschine geeigneter ist.

**[0021]** Symbole, welche in den Ansprüchen und in der Kurzfassung verwendet werden, zeigen eine entsprechende Beziehung zwischen den Mitteln, die bei den Ausführungsformen beschrieben sind, welche nachfolgend im Detail beschrieben wird, und stellen keine Beschränkung eines technischen Bereichs der vorliegenden Erfindung dar.

#### Figurenliste

**[0022]** Es zeigt/es zeigen:

**Fig. 1** eine Perspektivansicht, welche eine Zündkerze für eine interne Verbrennungsmaschine gemäß einer ersten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 2** eine Querschnittsansicht, welche ein vorderes Ende der Zündkerze für eine interne Verbrennungsmaschine gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 3** eine schematische Ansicht, welche eine Entladungserzeugung für eine interne Verbrennungsmaschine gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 4** ein Diagramm, welches eine Entladungserzeugung einer Zündkerze für eine interne Verbrennungsmaschine gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 5** ein Diagramm, welches Ergebnisse eines Entladungsexperiments gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 6** eine Perspektivansicht einer Zündkerze für eine interne Verbrennungsmaschine gemäß einer zweiten Ausführungsform.

**Fig. 7** eine Querschnittsansicht, welche ein vorderes Ende der Zündkerze gemäß der zweiten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 8** eine schematische Ansicht, welche eine Entladungserzeugung ausgehend von der Zündkerze für eine Verbrennungsmaschine gemäß der zweiten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 9** eine Querschnittsansicht eines vorderen Endes einer Zündkerze für eine Verbrennungsmaschine gemäß einer dritten Ausführungsform.

**Fig. 10** eine Querschnittsansicht eines vorderen Endes einer Zündkerze für eine Verbrennungsmaschine gemäß einer vierten Ausführungsform.

**Fig. 11** eine Querschnittsansicht eines vorderen Endes einer Zündkerze für eine Verbrennungsmaschine gemäß einem ersten Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist.

**Fig. 12** eine Querschnittsansicht eines vorderen Endes einer Zündkerze für eine Verbrennungsmaschine gemäß einem zweiten Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist.

**Fig. 13** eine Querschnittsansicht eines vorderen Endes einer Zündkerze für eine Verbrennungsmaschine gemäß einem dritten Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, und

**Fig. 14** eine Querschnittsansicht eines vorderen Endes einer Zündkerze für eine Verbrennungsmaschine gemäß eines Referenzbeispiels, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist.

#### Ausführungsformen

**[0023]** Eine Zündkerze für eine interne Verbrennungsmaschine wird bei der vorliegenden Erfindung

als ein Zündmittel für beispielsweise eine interne Verbrennungsmaschine eines Kraftfahrzeugs verwendet. Gemäß der Zündkerze für eine interne Verbrennungsmaschine ist ein Ende, welches in eine Brennkammer hinein platziert ist, eine Spitzenendseite, und ein Spitzenende der Spitzenendseite wird als ein Spitzenende bezeichnet. Andererseits wird eine Seite, welche der Spitzenendseite gegenüberliegend angeordnet ist, als eine Basisendseite bezeichnet, und ein Basisenteil der Basisendseite wird als ein Basisende bezeichnet. In der Beschreibung bezeichnet eine axiale Richtung der Kerze eine axiale Richtung der Zündkerze. Zusätzlich ist der Raum eine Luftschicht, welche zwischen einem Spitzenende der Elektrode und einem Spitzenende eines dielektrischen Körpers platziert ist, welcher als ein Raum vorgeschrieben ist, der eine virtuelle Linie L enthält. Die virtuelle Linie L verbindet einen außenseitigen Rand des Spitzenendes der Elektrode und einen innenseitigen Rand des Spitzenendes des dielektrischen Körpers.

#### Erste Ausführungsform

**[0024]** Eine Zündkerze für eine interne Verbrennungsmaschine gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird nun unter Bezugnahme auf die **Fig. 1** bis **Fig. 3** beschrieben werden. Die Zündkerze 1 für eine interne Verbrennungsmaschine gemäß der ersten Ausführungsform ist mit einem Außenleiter 10, einem rohrförmigen dielektrischen Körper 20 und einer Hauptelektrode 30 ausgestattet. Der Außenleiter 10 bildet eine rohrförmige Form aus. Der rohrförmige dielektrische Körper 20 ist auf einer Innenseite des Außenleiters 10 gehalten und mit einem Spitzenende 21 ausgestattet, welches auch als „ein Spitzenende des dielektrischen Körpers“ bezeichnet wird, welches in Bezug auf eine vordere Spitzenendseite Y1 einer axialen Richtung Y der Kerze freigelegt ist. Die Hauptelektrode 30 ist auf einer Innenseite des rohrförmigen dielektrischen Körpers 20 gehalten und mit einem Spitzenende (das auch als das Spitzenende der Elektrode 31 bezeichnet wird) ausgestattet, welches zu der Spitzenendseite Y1 der axialen Richtung Y der Kerze freigelegt ist. Zusätzlich ist, wie in **Fig. 3** gezeigt wird, die Zündkerze 1 für eine interne Verbrennungsmaschine derart konfiguriert, dass diese eine Entladung S2 erzeugt, welche sich ausgehend von dem Spitzenende der Elektrode 31 hin zu der Spitzenendseite Y1 in der axialen Richtung Y der Kerze entlädt, wenn eine Hochfrequenzspannung an die Hauptelektrode 30 angelegt wird. Ein Raumelement 50 ist derart ausgebildet, dass dieses das Spitzenende der Elektrode 31 und das Spitzenende des dielektrischen Körpers 21 trennt, sodass zwischen diesen beiden eine Teilentladung S1 ausgehend von dem Spitzenende der Elektrode 31 erzeugt wird, bevor eine Entladung S2 ausgehend von dem Spitzenende der Elektrode 31 hin zu der Spitzenendseite Y1 der

axialen Richtung Y der Kerze ausgebildet wird, wenn eine Hochfrequenzspannung an die Hauptelektrode 30 angelegt wird.

**[0025]** Es ist zu beachten, dass bei der ersten Ausführungsform die Spitzenendseite in einer Richtung der axialen Richtung Y der Kerze als eine Spitzenendseite Y1 und eine Seite, welche dem vorderen Ende Y1 gegenüberliegend angeordnet ist, als eine Basisendseite Y2 bezeichnet wird.

**[0026]** Die Zündkerze 1 für eine interne Verbrennungsmaschine gemäß der ersten Ausführungsform (auch einfach als Zündkerze 1 bezeichnet) wird nun beschrieben werden. Wie in **Fig. 1** gezeigt wird, ist der Außenleiter 10 bei der vorliegenden Ausführungsform aus einem ersten Außenleiter 11 und einem rohrförmigen zweiten Außenleiter 12 ausgebildet. Der zweite Außenleiter 12 ist auf einer Innenseite des ersten Außenleiters 11 platziert, wobei dieser zusammen mit dem ersten Außenleiter 11 eine Mittelachse einnimmt. Zwischen dem ersten Außenleiter 11 und dem zweiten Außenleiter 12 ist ein Spalt 10a ausgebildet. Der erste Außenleiter 11 ist auch ein Gehäuse 13 der Zündkerze 1 und ein Öffnungsgewindeabschnitt 131 ist auf einer außenseitigen Oberfläche des Gehäuses 13 ausgebildet, um das Gehäuse an der internen Verbrennungsmaschine zu befestigen (zu verschrauben).

**[0027]** Wie in **Fig. 2** gezeigt wird, nimmt der rohrförmige dielektrische Körper 20 zusammen mit dem ersten Außenleiter 11 und dem zweiten Außenleiter 12 die Mittelachse ein und ist auf einer Innenseite des zweiten Außenleiters 12 platziert. Das Spitzenende des dielektrischen Körpers 21 ist ein Spitzenende, welches auf der Spitzenendseite Y1 des rohrförmigen dielektrischen Körpers 20 platziert ist. Das Spitzenende des dielektrischen Körpers 21 ist näher an der Spitzenendseite Y1 positioniert als das Spitzenende des Außenleiters 121, welches an der Spitzenendseite Y1 des zweiten Außenleiters 12 platziert ist. Genauer gesagt steht das dielektrische Spitzenende 21 des rohrförmigen dielektrischen Körpers 20 zu der Spitzenendseite Y1 hervor. Ein Material für den rohrförmigen dielektrischen Körper ist vorzugsweise ein Material, welches eine elektrische Feldstärke des Spitzenendes der Elektrode 31 verstärkt.

**[0028]** Es ist zu beachten, dass das elektrische Feld nachfolgend auch einfach als „Feld“ bezeichnet werden kann.

**[0029]** Durch Verstärken der Feldstärke des Spitzenendes der Elektrode 31 kann die Teilentladung in einfacher Weise zwischen dem Spitzenende der Elektrode 31 und dem Spitzenende des dielektrischen Körpers 21 ausgebildet werden. Materialien, welche eine hohe Dielektrizitätskonstante aufweisen (zum Beispiel Aluminium), sind als Material für den

rohrförmigen dielektrischen Körper 20 verwendbar, um eine Feldstärke des Spitzenendes der Elektrode 31 zu verstärken.

**[0030]** Die Hauptelektrode 30 ist in einer Säulenform ausgebildet und dazu vorgesehen, zusammen mit dem rohrförmigen dielektrischen Körper 20 auf der Außenseite davon die Mittelachse einzunehmen. Der Außendurchmesser der Hauptelektrode 30 ist kleiner als der Innendurchmesser des rohrförmigen dielektrischen Körpers 20 und eine Außenoberfläche 31b der Hauptelektrode 30 ist von einer Innenoberfläche 21b des rohrförmigen dielektrischen Körpers 20 getrennt. Das Spitzenende der Elektrode 31, welches an der Spitzenendseite Y1 der Hauptelektrode 30 platziert ist, ist an der Basisendseite Y2 des Spitzenendes des dielektrischen Körpers 21 positioniert. Zusätzlich ist das Spitzenende der Elektrode 31 in der gleichen Position platziert wie das Spitzenende des Außenleiters 121 des zweiten Außenleiters 12 in der axialen Richtung Y der Kerze.

**[0031]** Ein Material mit vergleichsweise niedriger Leitfähigkeit oder ein Material, welches zum Teil ein derartiges Material beinhaltet, kann als ein Material für die Hauptelektrode 30 verwendet werden, sodass das Spitzenende der Elektrode 31 der Hauptelektrode 30 in einfacher Weise erwärmt werden kann. Zum Beispiel kann ein Material mit einer niedrigeren Leitfähigkeit als Kupfer verwendet werden. Es ist zu beachten, dass das Spitzenende der Elektrode 31 nur aus einem derartigen Material ausgebildet werden kann. In diesem Fall kann das Spitzenende der Elektrode 31 in einfacher Weise erwärmt werden.

**[0032]** Zusätzlich kann ein Material, welches in einfacher Weise Hochfrequenzenergie absorbiert, oder ein Material, welches ein derartiges Material beinhaltet, als ein Material für die Hauptelektrode verwendet werden, sodass das Spitzenende der Elektrode 31 der Hauptelektrode 30 in einfacher Weise erwärmt werden kann. Andererseits können die Außenoberfläche 31b der Hauptelektrode 30 oder die Innenoberfläche 21b des rohrförmigen dielektrischen Körpers 20 mit einem Material überzogen sein, welches in einfacher Weise Hochfrequenzenergie absorbiert, sodass das Spitzenende der Elektrode 31 der Hauptelektrode 30 in einfacher Weise erwärmt werden kann. Kohlenstoff kann zum Beispiel als ein Material verwendet werden, welches Hochfrequenzenergie in einfacher Weise absorbiert. Beispielsweise kann Edelstahl als ein Material, welches in einfacher Weise Hochfrequenzenergie absorbiert, teilweise verwendet werden.

**[0033]** Das Raumelement 50 ist ein Raum, welcher durch die Innenoberfläche 21b des rohrförmigen dielektrischen Körpers 20, das Spitzenende der Elektrode 31 der Hauptelektrode 30 und die Außen-

oberfläche 31b umgeben ist, wie in **Fig. 2** gezeigt wird.

**[0034]** Das Raumelement 50 ist ein Raum mit einer Länge, welche durch die virtuelle Linie L gezeigt wird. Die virtuelle Linie L verbindet einen außenseitigen Rand 31 a des Spitzenendes der Elektrode 31 und einen innenseitigen Rand 21a des Spitzenendes des dielektrischen Körpers 21. Genauer gesagt sind das Spitzenende der Elektrode 31 und das Spitzenende des dielektrischen Körpers 21 durch das Raumelement 50 getrennt. Es ist zu beachten, dass eine Länge des coaxialen Rohres, welches von dem Außenleiter 10, dem rohrförmigen dielektrischen Körper 20 und der Hauptelektrode 30 ausgebildet ist, so konfiguriert sein kann, dass die Feldstärke an dem Spitzenende der Elektrode 31 ein Maximum, zum Beispiel 1/4 Wellenlänge der angelegten Hochfrequenz, beträgt.

**[0035]** Die Zündkerze 1 ist mit einem hochfrequenten Oszillator (zum Beispiel einem Mikrowellen-Oszillator) verbunden und so konfiguriert, dass hochfrequente elektrische Leistung, welche von dem hochfrequenten Oszillator ausgegeben wird, der Hauptelektrode 30 zugeführt wird.

**[0036]** Nun werden die Effekte der ersten Ausführungsform beschrieben werden. Die Zündkerze 1 für die interne Verbrennungsmaschine gemäß der ersten Ausführungsform ist mit der Hauptelektrode 30 ausgestattet, welche erwärmt wird, wenn eine Hochfrequenzspannung an die Hauptelektrode 30 angelegt wird und eine Dichte von Gas in einem Raum, welcher zwischen der Hauptelektrode 21 und dem rohrförmigen dielektrischen Körper 21 ausgebildet ist, verringert wird. Im Ergebnis wird die Teilentladung in dem Raumelement 50 durch eine Abnahme der anfänglichen Entladungsspannung in einfacher Weise erzeugt. Wie in **Fig. 3** gezeigt wird, wird die Teilentladung S1 in dem Raumelement 50 ausgehend von dem Spitzenende der Elektrode 31 erzeugt, wenn die Hochfrequenzspannung angelegt wird. Die Teilentladung S1 erstreckt sich von dem Spitzenende der Elektrode 31 zu der Spitzenendseite Y1 der axialen Richtung Y der Kerze, um durch die Zufuhr von Hochfrequenzenergie (zum Beispiel Mikrowellen), welche ausgehend von dem Spitzenende der Elektrode 31 der Hauptelektrode 30 abgestrahlt wird, wenn eine Hochfrequenzspannung angelegt wird, eine offene Elektrode, d. h. eine Antenne, auszubilden. Die Entladung S2 wird ausgehend von dem Spitzenende der Elektrode 31 hin zu der Spitzenendseite Y1 der axialen Richtung Y der Kerze ausgebildet. Im Ergebnis wird Hochfrequenzenergie in dem Raumelement 50 ausgehend von der Hauptelektrode 30 emittiert.

**[0037]** Das heißt, dass die Teilentladung S1 eine Triggerentladung für die Entladung S2 wird, welche

hin zu der Spitzenendseite Y1 der axialen Richtung Y der Kerze entladen wird, und die Entladung S2 kann mit niedrigerer Energie (niedrigerer Feldstärke) erzeugt werden. Im Ergebnis kann eine Entladung basierend auf einer Hochfrequenzentladung, welche selbst unter Hochdruckbedingungen von beispielsweise 20 Atmosphären angewendet wird, in einfacher Weise ausgebildet werden. Überdies werden eine Zündgrenze (d. h. eine Abgasrückführungsgrenze beziehungsweise EGR-Grenze) unter hohen EGR-Bedingungen in der internen Verbrennungsmaschine und eine Zündgrenze (d. h. eine Magergrenze) unter mageren Kraftstoffbedingungen verbessert und eine Wärmeeffizienz der internen Verbrennungsmaschine wird ebenfalls verbessert, womit zu einer verbesserten Kraftstoffkostenperformance beigetragen wird.

**[0038]** Überdies kann gemäß der Zündkerze 1 für eine interne Verbrennungsmaschine der ersten Ausführungsform, da ein Hochleistungs-Mikrowellen-Oszillator nicht benötigt wird, zum Beispiel eine Verringerung des Energieverbrauchs und eine Senkung der Kosten für die Teile erreicht und somit eine Größenzunahme des Systems vermieden werden. Im Ergebnis kann eine Zündkerze 1 vorgesehen sein, welche in einfacher Weise anbringbar und für die Verwendung in einer internen Verbrennungsmaschine überaus geeignet ist.

**[0039]** Bei der ersten Ausführungsform ist das Spitzenende der Elektrode 31 näher an der Basisendseite Y2 platziert als eine Position des Spitzenendes des dielektrischen Körpers 21. Im Ergebnis ist das Raumelement 50 somit an der Innenseite des rohrförmigen dielektrischen Körpers 20 ausgebildet. Ferner kann das Raumelement 50 auch ausreichend gesichert sein und eine Förderung der Teilentladungserzeugung kann ebenfalls erreicht werden. Auch wird es für die Teilentladung, welche in dem Raumelement 50 ausgebildet ist, schwierig, durch eine Strömung beziehungsweise einen Fluss von gemischten Gasen beeinflusst zu werden, und eine Verlängerung der Entladung kann auch durch den Eingang von Hochfrequenzenergie stimuliert werden. Im Ergebnis ist es möglich, die Entladung S2 unter Verwendung einer kleinen Menge von Energie, d. h. einer niedrigen Feldstärke, hin zu der Spitzenendseite Y1 der axialen Richtung Y der Kerze zu erzeugen. Im Ergebnis kann eine Zündkerze vorgesehen sein, welche in einfacher Weise anbringbar und für die Verwendung in einer internen Verbrennungsmaschine geeigneter ist.

**[0040]** Bei der ersten Ausführungsform ist das Spitzenende der Elektrode 31 in der gleichen Position platziert wie das Spitzenende 121 des Außenleiters 10 auf der Spitzenendseite Y1. Das Spitzenende der Elektrode 31 ist an einem offenen Ende des coaxialen Rohrs positioniert, welches von dem Außenleiter

10, einem rohrförmigen dielektrischen Körper 20 und der Hauptelektrode 30 ausgebildet ist, womit eine Feldstärke um das Spitzenende der Elektrode 31 in einem Raum zwischen dem Spitzenende der Elektrode 31 und dem rohrförmigen dielektrischen Körper 20 maximiert werden kann, und die Teilentladung zwischen den beiden Elementen kann im Ergebnis in einfacher Weise erzeugt werden.

**[0041]** Bei der Ausführungsform steht das Spitzenende des dielektrischen Körpers 21 des rohrförmigen dielektrischen Körpers 20 ausgehend von dem Spitzenende 121 des zweiten Außenleiters 12 hervor. Im Ergebnis kann das Raumelement 50 ausreichend gesichert und eine Erzeugung der Teilentladung zusätzlich verstärkt werden. Als weiteres Ergebnis kann die Entladung S2, welche ausgehend von der Hauptelektrode 30 in einer Richtung hin zu der Spitzenendseite Y1 der axialen Richtung Y der Kerze entladen wird, ebenfalls verstärkt und die Zündkerze 1, welche in einfacher Weise zum Beispiel in einer internen Verbrennungsmaschine eines Kraftfahrzeugs anbringbar und geeigneter für die Verwendung in einer internen Verbrennungsmaschine ist, vorgesehen werden.

**[0042]** Wie bisher beschrieben kann gemäß der ersten Ausführungsform eine Zündkerze 1, welche in einfacher Weise zum Beispiel in einer internen Verbrennungsmaschine eines Kraftfahrzeugs anbringbar und geeigneter für die Verwendung in einer internen Verbrennungsmaschine ist, vorgesehen sein.

#### Entladungsexperiment

**[0043]** Als nächstes wird ein Entladungsexperiment an der Zündkerze 1 für eine interne Verbrennungsmaschine gemäß der ersten Ausführungsform, welcher durchgeführt wurde, beschrieben. Der Druck des Luft-Kraftstoff-Gemischs (A/F) in einer internen Verbrennungsmaschine, in welcher die Zündkerze 1 angebracht ist, wurde zwischen 0,6 MPa bis zu 5 MPa verändert und eine Entladungslänge der Entladung S2, welche hin zu der Spitzenendseite Y1 in der axialen Richtung Y der Kerze ausgebildet ist, gemessen. Es ist zu beachten, dass bei dem vorliegenden Experiment, wie in **Fig. 3** gezeigt wird, die Entladungslänge der Entladung S2, welche ausgehend von dem dielektrischen Körpers 21 hin zu der Spitzenendseite Y1 der axialen Richtung Y der Kerze ausgebildet ist, als M dargestellt wird.

**[0044]** Wie in **Fig. 4 (1)** gezeigt wird, beginnt die Entladung S2 bei einem Atmosphärendruck von 0,6 MPa nach einem Zeitablauf von 0,55 ms der Anlegung der Hochfrequenzspannung auf die Hauptelektrode 30 damit, sich ausgehend von dem Spitzenende der Elektrode 31 hin zu der Spitzenendseite Y1 der axialen Richtung Y der Kerze auszubilden. Danach wurde nach einem Zeitablauf von insgesamt

0,75 ms, welcher in **Fig. 4 (2)** gezeigt wird, und einem Zustand bei einem Zeitablauf von 1,06 ms, welcher in **Fig. 4 (3)** gezeigt wird, bei einem Zeitablauf von 2,95 ms die Entladung S2 als mit einer ausreichenden Länge ausgebildet bestätigt. Wie in **Fig. 5** gezeigt wird, betrug die Länge M der Entladung S bei einem Atmosphärendruck von 0,6 MPa 6,0 mm. Zusätzlich betrug die Länge M der Entladung S 6,0 mm, 3,8 mm, 2,6 mm, 1,8 mm und 1,4 mm bei dem jeweiligen Atmosphärendruck 1,0 MPa, 2,0 MPa, 3,0 MPa, 4,0 MPa und 5,0 MPa.

**[0045]** Somit wurde bestätigt, dass die Zündkerze 1 für eine Verbrennungsmaschine gemäß der ersten Ausführungsform eine Entladung S2 ausgehend von dem Spitzenende der Elektrode 31 hin zu der Spitzenendseite Y1 der axialen Richtung Y der Kerze ausformte, welche eine ausreichende Länge aufweist, nachdem die Hochfrequenzspannung an die Hauptelektrode 30 angelegt wurde.

#### Zweite Ausführungsform

**[0046]** Die Zündkerze 1 für eine interne Verbrennungsmaschine gemäß der zweiten Ausführungsform ist mit einer Masseelektrode 40 ausgestattet, wie in den **Fig. 6** bis **Fig. 8** gezeigt wird. Die Masseelektrode 40 erstreckt sich ausgehend von dem Außenleiter 10 und bildet einen Spalt zwischen sich und dem Spitzenende der Elektrode 31 aus. Bei der zweiten Ausführungsform ist die Zündkerze 1 für eine interne Verbrennungsmaschine konfiguriert, bei Anlegung einer Hochfrequenzspannung auf die Hauptelektrode 30 die Entladung S2 zwischen dem Spitzenende der Elektrode 31 und der Masseelektrode 30 zu erzeugen, wie in **Fig. 8** gezeigt wird.

**[0047]** Das Raumelement 50 ist konfiguriert, das Spitzenende der Elektrode 31 und das Spitzenende des dielektrischen Körpers 21 zu trennen, sodass zwischen dem Spitzenende der Elektrode 31 und dem Spitzenende des dielektrischen Körpers 21 die Teilentladung S1 ausgehend von dem Spitzenende der Elektrode 31 erzeugt wird, bevor die Entladung, welche zwischen dem Spitzenende der Elektrode 31 und der Masseelektrode 40 entladen wird, wenn eine Hochfrequenzspannung an die Hauptelektrode 30 angelegt wird. Die übrige Konfiguration ist die gleiche wie bei der ersten Ausführungsform.

**[0048]** Die zweite Ausführungsform ruft den gleichen Effekt hervor wie die erste Ausführungsform. Bei der zweiten Ausführungsform ist die Masseelektrode 40 derart vorgesehen, dass diese sich ausgehend von dem ersten Außenleiter 11 erstreckt und dort auch einen Spalt zwischen sich und dem Spitzenende der Elektrode 31 der Hauptelektrode 30 ausbildet. Im Ergebnis kann die Verstärkung der Teilentladung S2 hin zu der Masseelektrode 40 nach der

Erzeugung der Teilentladung S1 vorweggenommen werden.

**[0049]** Zusätzlich zu der ersten Ausführungsform ist die Zündkerze 1 für eine interne Verbrennungsmaschine gemäß der zweiten Ausführungsform auch in einfacher Weise zum Beispiel in einer internen Verbrennungsmaschine eines Kraftfahrzeugs anbringbar und geeigneter für die Verwendung in einer internen Verbrennungsmaschine.

#### Dritte Ausführungsform

**[0050]** Die Zündkerze 1 für eine interne Verbrennungsmaschine gemäß der dritten Ausführungsform ist mit einer Hauptelektrode 300, welche in **Fig. 9** gezeigt wird, ausgestattet, um die Hauptelektrode 30 gemäß der zweiten Ausführungsform zu ersetzen (**Fig. 7**). Die übrigen Konfigurationselemente sind die gleichen wie die der zweiten Ausführungsform, somit wird eine Beschreibung von anderen Konfigurationselementen, die durch die gleichen Symbole wie die der zweiten Ausführungsform dargestellt werden, entsprechend weggelassen.

**[0051]** Die Hauptelektrode 300 ist eine Säulenform, welche derart platziert ist, dass diese die Mittelachse zusammen mit dem rohrförmigen dielektrischen Körper 20 auf der Innenseite davon einnimmt. Ein Spitzenende der Hauptelektrode 310, welches ein Spitzenende auf der Spitzenendseite Y1 der Hauptelektrode 300 ist, ist näher an der Basisendseite Y2 platziert als die Position des Spitzenendes des dielektrischen Körpers 21, und ist auch näher an dem Basisende Y2 positioniert als das Spitzenende des Außenleiters 121 des zweiten Außenleiters.

**[0052]** Ein Raumelement 500 ist durch die Innenoberfläche 21b des rohrförmigen dielektrischen Körpers 20, das Spitzenende der Elektrode 310 der Hauptelektrode 300 und eine Außenoberfläche 310b umgeben. In dem Raumelement 500 ist eine Länge vorgesehen, welche durch die virtuelle Linie L gezeigt wird. Die virtuelle Linie L verbindet einen außenseitigen Rand 310a des Spitzenendes der Elektrode 310 und den innenseitigen Rand 21a des Spitzenendes des dielektrischen Körpers 21. Das heißt, dass das Spitzenende der Elektrode 310 und das Spitzenende des dielektrischen Körpers 21 durch das Raumelement 500 getrennt sind.

**[0053]** Die Zündkerze 1 gemäß der dritten Ausführungsform ruft die gleichen Effekte hervor wie die der zweiten Ausführungsform, mit der Ausnahme eines Effekts des Spitzenendes des dielektrischen Körpers 21, welcher in der gleichen Position platziert ist wie das Spitzenende des Außenleiters 121 in der axialen Richtung Y der Kerze. Es ist zu beachten, dass die Konfiguration gemäß der dritten Ausführungsform mit einer Masseelektrode 40 ausgestattet ist, aller-

dings kann die Zündkerze 1 gemäß der dritten Ausführungsform ohne die Masseelektrode 40 konfiguriert sein, so wie bei der ersten Ausführungsform. In diesem Fall werden die gleichen Effekte hervorgerufen.

#### Vierte Ausführungsform

**[0054]** Die Zündkerze 1 für die interne Verbrennungsmaschine gemäß einer vierten Ausführungsform ist mit einem rohrförmigen dielektrischen Körper 200, der in **Fig. 10** gezeigt wird, ausgestattet, welcher den rohrförmigen dielektrischen Körper 20 (**Fig. 9**) der dritten Ausführungsform ersetzt. Wie in **Fig. 10** gezeigt wird, ist ein Spitzenende des dielektrischen Körpers 210, welches ein Spitzenende des dielektrischen Körpers 200 ist, in der gleichen Position platziert wie das Spitzenende des Außenleiters 121, welches ein Spitzenende ist, das auf der Spitzenendseite Y1 des zweiten Außenleiters 12 in der axialen Richtung Y der Kerze platziert ist. Das heißt, dass das Spitzenende des dielektrischen Körpers 210 des rohrförmigen dielektrischen Körpers 200 mit dem Spitzenende des Außenleiters 121 in der axialen Richtung Y der Kerze eine einzelne Oberfläche ausbildet.

**[0055]** Wie in **Fig. 10** gezeigt wird, ist ein Raumelement 501 durch die Innenoberfläche 210b des rohrförmigen dielektrischen Körpers 200, das Spitzenende der Elektrode 310 der Hauptelektrode 300 und die Außenoberfläche 310b umgeben. Das Raumelement 501 ist mit einer Länge ausgestattet, welche durch die virtuelle Linie L gezeigt wird. Die virtuelle Linie L verbindet einen innenseitigen Rand 210a des Spitzenendes des dielektrischen Körpers 210 und den außenseitigen Rand 310a des Spitzenendes der Elektrode 310. Genauer gesagt sind das Spitzenende der Elektrode 301 und das Spitzenende des dielektrischen Körpers 210 durch das Raumelement 501 getrennt. Die übrigen Konfigurationselemente sind die gleichen wie die der zweiten Ausführungsform, somit wird eine Beschreibung der übrigen Konfigurationselemente, die durch die gleichen Symbole wie die der zweiten Ausführungsform dargestellt werden, entsprechend weggelassen.

**[0056]** Die Zündkerze 1 der vierten Ausführungsform ruft den gleichen Effekt hervor wie die Zündkerze 1 der dritten Ausführungsform. Es ist zu beachten, dass die Konfiguration der vierten Ausführungsform mit einer Masseelektrode 40 ausgestattet ist, allerdings kann die Zündkerze 1 gemäß der dritten Ausführungsform ohne die Masseelektrode 40 konfiguriert sein, so wie bei der ersten Ausführungsform. In diesem Fall werden die gleichen Effekte hervorgerufen.

Erstes Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist

**[0057]** Wie in **Fig. 11** gezeigt wird, ist die Zündkerze 1 gemäß dem ersten Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, mit einem rohrförmigen dielektrischen Körper 200 (**Fig. 10**) ausgestattet, welcher den rohrförmigen dielektrischen Körper 20 (**Fig. 7**) der zweiten Ausführungsform ersetzt. Das heißt, dass bei dem ersten Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, das Spitzenende des dielektrischen Körpers 210 des rohrförmigen dielektrischen Körpers 200, das Spitzenende der Elektrode 31 der Hauptelektrode 30 und das Spitzenende 121 des Außenleiters (d. h. des zweiten Leiters 12 gemäß dem ersten Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist) eine einzelne Oberfläche sind.

**[0058]** Wie in **Fig. 11** gezeigt wird, ist ein Raumelement 502 durch die Innenoberfläche 210b des rohrförmigen dielektrischen Körpers 200 und die Außenoberfläche 31b der Hauptelektrode 30 umgeben. Das Raumelement 502 ist mit einer Länge ausgestattet, welche durch die virtuelle Linie L gezeigt wird. Die virtuelle Linie L verbindet den außenseitigen Rand 31a eines Spitzenendes einer Elektrode 31 und den innenseitigen Rand 210a eines Spitzenendes. Genauer gesagt sind das Spitzenende der Elektrode 31 und das Spitzenende des dielektrischen Körpers 210 durch das Raumelement 502 getrennt. Bei dem ersten Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, werden die gleichen Symbole für Elemente verwendet, welche die gleichen sind wie die der dritten Ausführungsform, und deren Beschreibung wird weggelassen.

**[0059]** Die Zündkerze 1 für die interne Verbrennungsmaschine bei dem Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, ruft die gleichen Effekte hervor wie die der zweiten Ausführungsform, mit der Ausnahme des Effekts des Spitzenendes der Elektrode 31, das näher an der Basisendseite Y2 platziert ist als die Position des Spitzenendes des dielektrischen Körpers 21 und das Spitzenende des dielektrischen Körpers 21 des rohrförmigen dielektrischen Körpers 20, welches ausgehend von dem Spitzenende 121 des zweiten Außenleiters 12 zu der Spitzenendseite Y1 hervorsteht. Es ist zu beachten, dass die Zündkerze 1 ohne die Masseelektrode 40 konfiguriert sein kann, so wie bei der ersten Ausführungsform. In diesem Fall ruft die Zündkerze 1 bei dem Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, die gleichen Effekte hervor wie bei der ersten Ausführungsform.

Zweites Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist

**[0060]** Die Zündkerze 1 für die interne Verbrennungsmaschine bei dem zweiten Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, ist mit einer Hauptelektrode 301 ausgestattet, welche die Hauptelektrode 30 des ersten Beispiels, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, ersetzt und welche ein Spitzenende der Elektrode 311 aufweist, das näher an der Spitzenendseite Y1 hervorsteht als eine Position des Spitzenendes des dielektrischen Körpers 210, wie in **Fig. 12** gezeigt wird.

**[0061]** Wie in **Fig. 12** gezeigt wird, ist ein Raumelement 503 zwischen einer Außenoberfläche 311b der Hauptelektrode 301 und einer innenseitigen Kante 210a des rohrförmigen dielektrischen Körpers 200 ausgebildet. Das Raumelement 503 ist mit der Länge ausgestattet, welche durch die virtuelle Linie L gezeigt wird. Die virtuelle Linie L verbindet einen außenseitigen Rand 311a des Spitzenendes der Elektrode 311 und den innenseitigen Rand 210a des Spitzenendes des dielektrischen Körpers 210. Genauer gesagt sind das Spitzenende der Elektrode 311 und das Spitzenende des dielektrischen Körpers durch das Raumelement 503 getrennt. Die übrigen Konfigurationselemente sind die gleichen wie die des ersten Beispiels, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, somit wird eine Beschreibung der übrigen Konfigurationselemente, die durch Symbole dargestellt werden, welche die gleichen sind wie die des ersten Beispiels, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, entsprechend weggelassen.

**[0062]** Die Zündkerze 1 für eine interne Verbrennungsmaschine gemäß dem zweiten Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist ruft die gleichen Effekte hervor wie die der zweiten Ausführungsform, mit der Ausnahme der Spitze der Elektrode 31, die näher an der Basisseite Y2 positioniert ist als die Position des Spitzenendes des dielektrischen Körpers 21, des Effekts des Spitzenendes der Elektrode 31, welches in der gleichen Position platziert ist wie das Spitzenende des zweiten Außenleiters 12 in der axialen Richtung der Kerze, und des Effekts des Spitzenendes des dielektrischen Körpers 21 des rohrförmigen dielektrischen Körpers 20, welcher ausgehend von dem Spitzenende 121 des zweiten Außenleiters 12 platziert ist.

**[0063]** Es ist zu beachten, dass die Zündkerze 1 bei dem zweiten Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, ohne die Masseelektrode 40 konfiguriert

sein kann, so wie bei der ersten Ausführungsform. In diesem Fall wird ein gleicher Effekt hervorgerufen.

Drittes Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist

**[0064]** Die Zündkerze 1 gemäß dem dritten Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, ist mit einem rohrförmigen dielektrischen Körper 201 ausgestattet, wie in **Fig. 13** gezeigt wird, welcher den rohrförmigen dielektrischen Körper 200 (**Fig. 11**) des ersten Beispiels, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, ersetzt.

**[0065]** Ein Innenradius des rohrförmigen dielektrischen Körpers ist im Wesentlichen der gleiche wie ein Außenradius der Hauptelektrode 30. Eine innere radiale Oberfläche 211b des dielektrischen Körpers 201 steht in Kontakt mit einer Außenoberfläche 31b der Hauptelektrode 30.

**[0066]** Wie in **Fig. 13** gezeigt wird, ist eine Kerbe 221, welche in einer kreisförmigen Kegelform ausgebildet ist, auf der Hauptelektrode 30 vorgesehen. Zusätzlich ist ein Raumelement 504 durch eine Wandoberfläche 221a der Kerbe 221 und die Außenoberfläche 31b der Hauptelektrode umgeben. Das Raumelement 504 ist mit einer Länge ausgestattet, welche durch die virtuelle Linie L gezeigt wird. Die virtuelle Linie L verbindet den außenseitigen Rand 31a des vorderen Endes der Elektrode 31 und den innenseitigen Rand 211a des Spitzenendes des dielektrischen Körpers 211. Genauer gesagt sind das Spitzenende der Elektrode 31 und das Spitzenende des dielektrischen Körpers 211 durch das Raumelement 504 getrennt.

**[0067]** Die übrigen Konfigurationselemente sind die gleichen wie die des ersten Beispiels, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, somit wird eine Beschreibung der übrigen Konfigurationselemente, die durch Symbole dargestellt werden, welche die gleichen sind wie die des ersten Beispiels, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, entsprechend weggelassen. Die Zündkerze 1 gemäß dem dritten Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, ruft den gleichen Effekt hervor wie die des ersten Beispiels, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist.

**[0068]** Es ist zu beachten, dass die Kerbe 221 bei dem dritten Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, in der kreisförmigen Kegelform ausgebildet ist, allerdings ist diese nicht auf eine kreisförmige Kegelform beschränkt. Das heißt genauer gesagt,

dass, solange ein Raum, in welchem die Teilentladung erzeugt werden kann, vorgesehen ist, die Kerbe 221 in einer anderen Form ausgebildet sein kann. Die Konfiguration gemäß dem dritten Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, enthält die Masselektrode 40, allerdings kann diese ohne die Masselektrode 40 ausgebildet sein, so wie bei der ersten Ausführungsform. In diesem Fall wird der gleiche Effekt hervorgerufen.

Referenzbeispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist

**[0069]** Die Zündkerze 1 gemäß dem Referenzbeispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, ist mit dem rohrförmigen dielektrischen Körper 20 ausgestattet, wie in **Fig. 14** gezeigt wird, welcher den rohrförmigen dielektrischen Körper 201 (**Fig. 13**) gemäß dem dritten Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, ersetzt. Ein Innenradius des rohrförmigen dielektrischen Körpers 202 ist zusammen mit einem Außendurchmesser der Hauptelektrode weggelassen und eine Innenoberfläche 212b des rohrförmigen dielektrischen Körpers 201 und die Außenoberfläche 31b der Hauptelektrode 30 stehen in Kontakt.

**[0070]** Ein Spitzenende des dielektrischen Körpers 212 des rohrförmigen dielektrischen Körpers 202 ist näher an der Spitzenendseite Y1 positioniert als eine Position eines Spitzenendes 121 des äußeren dielektrischen Körpers 10 (der zweite Außenleiter 12) und des Spitzenendes der Elektrode 31 der Hauptelektrode 30.

**[0071]** Wie in **Fig. 14** gezeigt wird, ist ein Raumelement 505 durch die Innenoberfläche 212b des rohrförmigen dielektrischen Körpers 202 und das Spitzenende der Elektrode 31 der Hauptelektrode 30 umgeben ausgebildet. Das Raumelement 505 ist mit einer Länge ausgestattet, welche durch die virtuelle Linie L gezeigt wird. Die virtuelle Linie L verbindet den außenseitigen Rand 31 a des Spitzenendes der Elektrode 31 und einen innenseitigen Rand 212a des Spitzenendes des dielektrischen Körpers 212.

**[0072]** Die übrigen Konfigurationselemente des Referenzbeispiels, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, sind die gleichen wie die des dritten Beispiels, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, somit wird eine Beschreibung der übrigen Konfigurationselemente, die durch Symbole dargestellt werden, welche die gleichen sind wie die des dritten Beispiels, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie

sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, entsprechend weggelassen. Es werden mit der Zündkerze 1 gemäß des Referenzbeispiels, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, die gleichen Effekte hervorgerufen wie bei dem dritten Beispiel, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist. Die Zündkerze 1 des Referenzbeispiels, welches nicht zur Erfindung gehört, so wie sie in den Ansprüchen wörtlich definiert ist, enthält die Masselektrode 40, allerdings kann diese ohne die Masselektrode 40 ausgebildet sein, so wie bei der ersten Ausführungsform. In diesem Fall wird der gleiche Effekt hervorgerufen.

**[0073]** Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die bevorzugten Ausführungsformen beschränkt und verschiedene andere Ausführungsformen sind aufgenommen, ohne sich vom Umfang der Erfindung zu entfernen.

#### Bezugszeichenliste

1	Zündkerze für eine interne Verbrennungsmaschine
10	Außenleiter
11	erster Außenleiter
12	zweiter Außenleiter
13	Gehäuse
20, 200, 201, 202	rohrförmiger dielektrischer Körper
21, 210, 211, 212	Spitzenende des dielektrischen Körpers
21a, 210a	innenseitiger Rand des Spitzenendes des dielektrischen Körpers
21b, 210b	Innenoberfläche des rohrförmigen dielektrischen Körpers
30, 300, 301	Hauptelektrode
31, 310, 311	Spitzenende der Elektrode
31a, 310a	außenseitiger Rand des Spitzenendes der Elektrode
31b, 310b	Außenoberfläche der Hauptelektrode
40	Masselektrode
50, 500, 501, 502, 504, 503, 505	Raumelement

121	Spitzenende des Außenleiters	angeordnet ist, als eine Position des Spitzenendes des dielektrischen Körpers (21, 210).
131	Öffnungsgewindeabschnitt	
L	virtuelle Linie	
S1	Teilentladung	2. Zündkerze (1) für eine interne Verbrennungsmaschine gemäß Anspruch 1, wobei:
S2	Entladung	der Außenleiter (10) ein Spitzenende (121) in der axialen Richtung (Y) der Kerze aufweist und das Spitzenende der Elektrode (31) und das Spitzenende (121) des Außenleiters (10) sich an den gleichen Positionen in der axialen Richtung (Y) der Kerze befinden.
Y	axiale Richtung	
Y1	Spitzenendseite	
Y2	Basisendseite	3. Zündkerze (1) für eine interne Verbrennungsmaschine gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei:

### Patentansprüche

1. Zündkerze (1) für eine interne Verbrennungsmaschine, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zündkerze (1) aufweist:

einen rohrförmigen Außenleiter (10);  
einen rohrförmigen dielektrischen Körper (20, 200), welcher mit einer axialen Richtung (Y) der Kerze ausgestattet ist, welche eine Spitzenendseite (Y1) und eine Basisendseite (Y2) aufweist; und  
ein Spitzenende des dielektrischen Körpers (21, 210), welches auf einer Innenseite des Außenleiters (10) gehalten ist und zu der Spitzenendseite (Y1) in der axialen Richtung (Y) der Kerze des Außenleiters (10) freigelegt ist; und  
eine Hauptelektrode (30, 300), welche auf einer Innenseite des rohrförmigen dielektrischen Körpers (20, 200) gehalten ist und die mit einem Spitzenende der Elektrode (31, 310) ausgestattet ist, das zu der Spitzenendseite (Y1) der axialen Richtung (Y) der Kerze des rohrförmigen dielektrischen Körpers (20, 200) freigelegt ist, wobei  
die Zündkerze (1) für die Verbrennungsmaschine derart konfiguriert ist, dass eine Entladung von der Spitze der Elektrode hin zu der Spitzenendseite (Y1) in der axialen Richtung (Y) der Kerze erzeugt wird, wenn eine Hochfrequenzspannung an die Hauptelektrode (30, 300) angelegt wird,  
ein Raum (50, 500, 501) ausgebildet ist, um das Spitzenende der Elektrode (31, 310) und das Spitzenende des dielektrischen Körpers (21, 210) derart voneinander zu trennen, dass zwischen dem Spitzenende der Elektrode (31, 310) und dem Spitzenende des dielektrischen Körpers (21, 210) vor der Erzeugung der Entladung eine Teilentladung erzeugt wird, wenn die Hochfrequenzspannung an die Hauptelektrode (30, 300) angelegt wird, und  
wobei das Raumelement (50, 500, 501) durch eine Innenoberfläche (21b, 210b) des rohrförmigen dielektrischen Körpers (20, 200), das Spitzenende der Elektrode (31, 310) der Hauptelektrode (30, 300) und eine Außenoberfläche (31b, 310b) der Hauptelektrode (30, 300) umgeben ist; und  
wobei das Spitzenende der Elektrode (31, 310) derart positioniert ist, dass dieses in der axialen Richtung (Y) der Kerze näher an der Basisendseite (Y2)

das Spitzenende des dielektrischen Körpers (21) derart positioniert ist, dass dieses in der axialen Richtung (Y) der Kerze näher an der Spitzenendseite (Y1) angeordnet ist, als eine Position eines Spitzenendes (121) des Außenleiters (10).

4. Zündkerze (1) für eine interne Verbrennungsmaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Zündkerze (1) ferner aufweist:  
eine Masseelektrode (40), welche sich von dem Außenleiter (10) erstreckt, wobei die Masseelektrode (40) einen Spalt zwischen der Hauptelektrode (30, 300) und der Masseelektrode (40) ausbildet, wobei die Entladung in dem Spalt verursacht wird.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

FIG.1

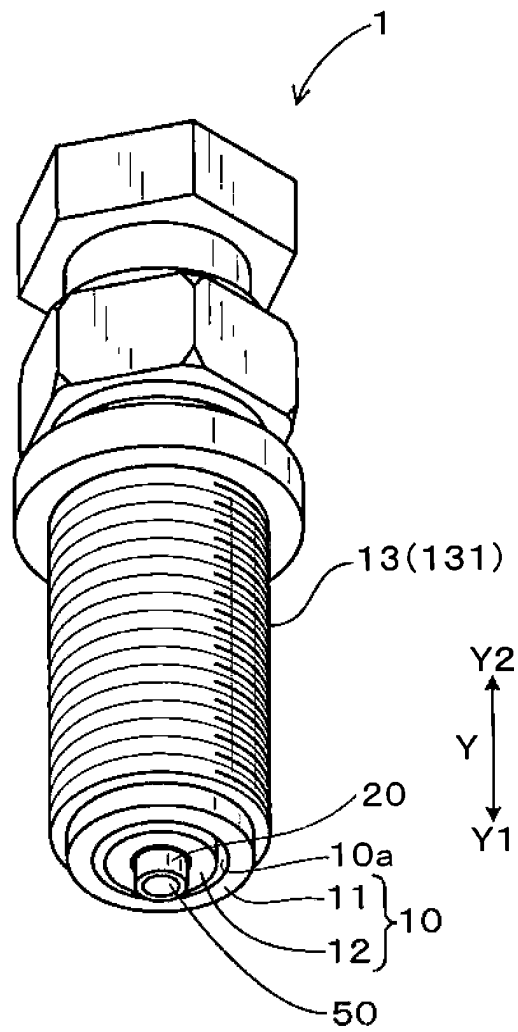


FIG.2

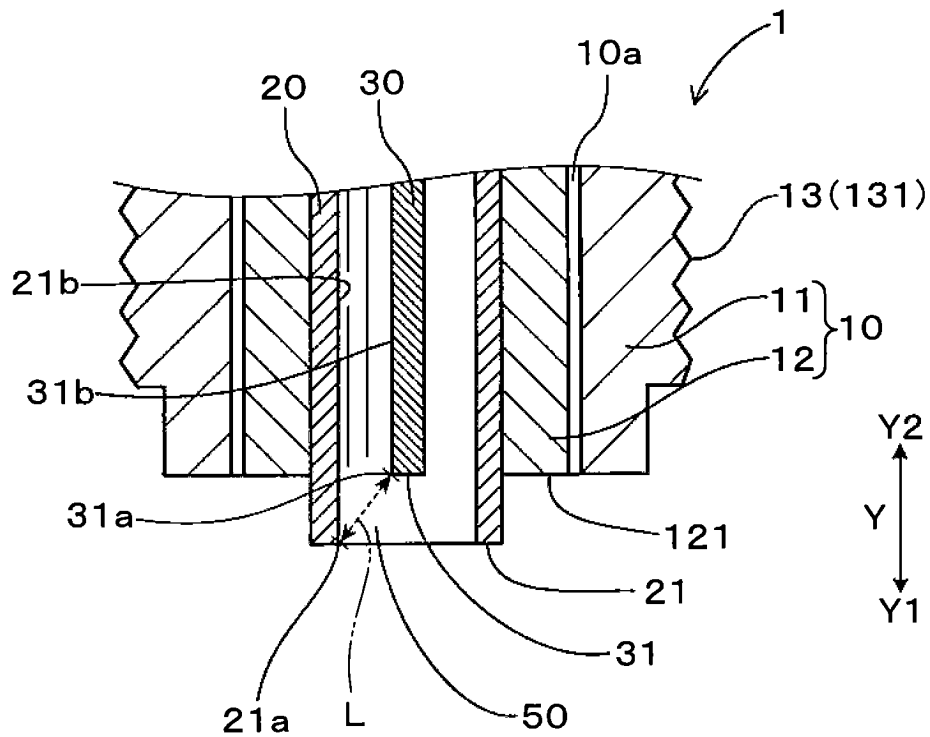


FIG.3

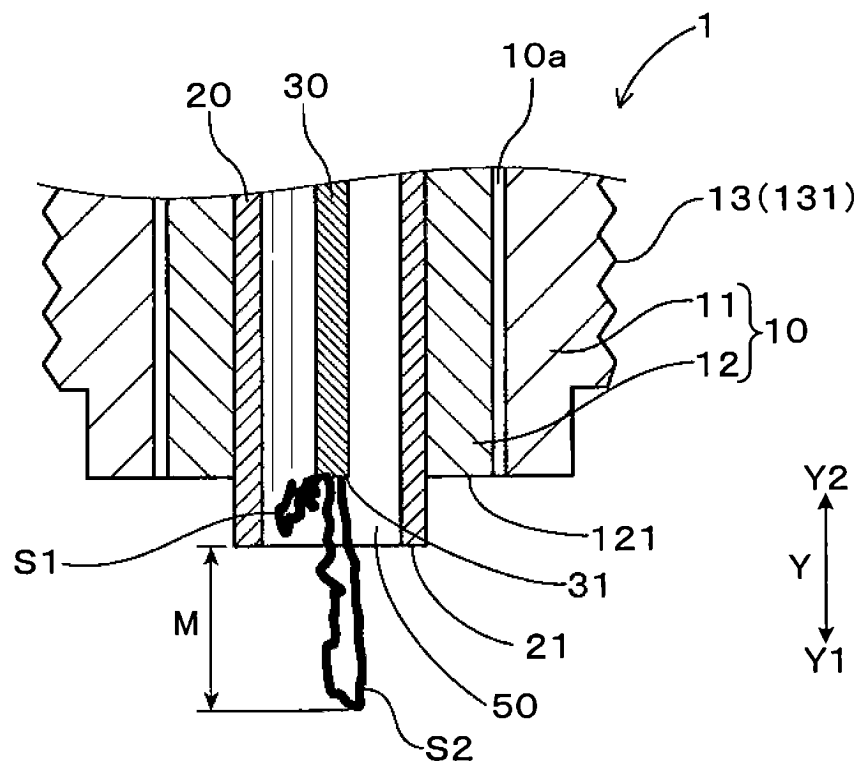


FIG.4

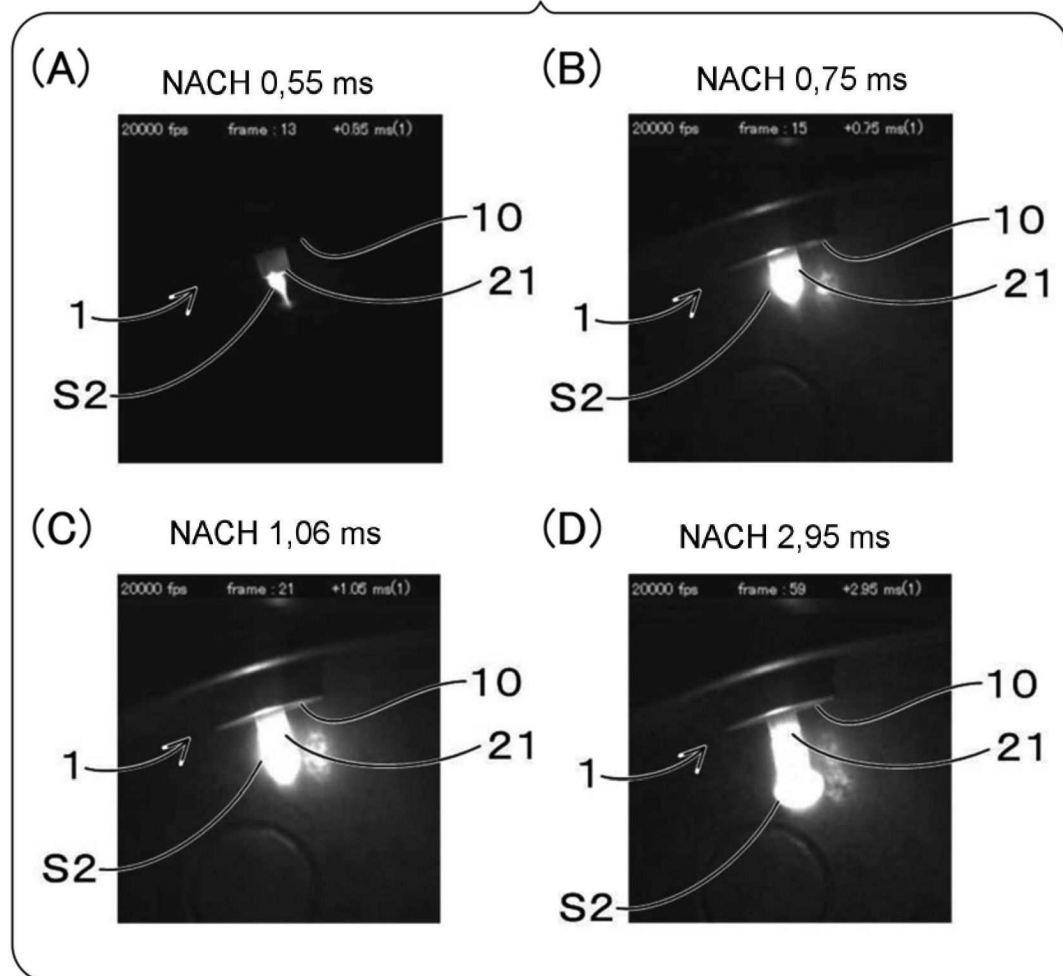


FIG.5

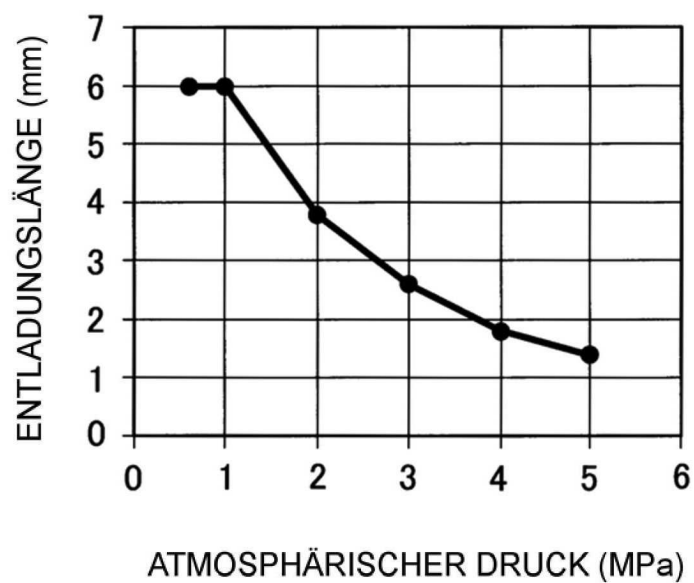
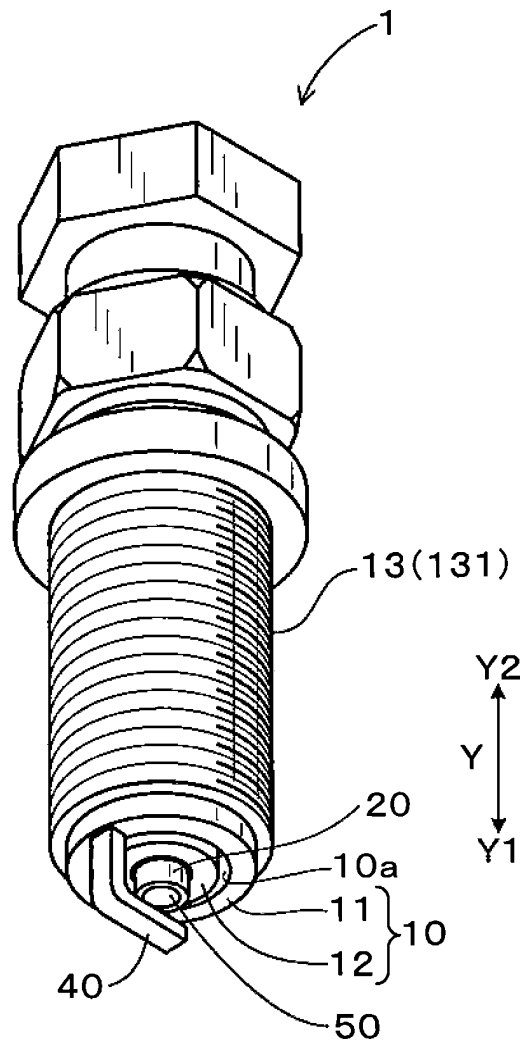
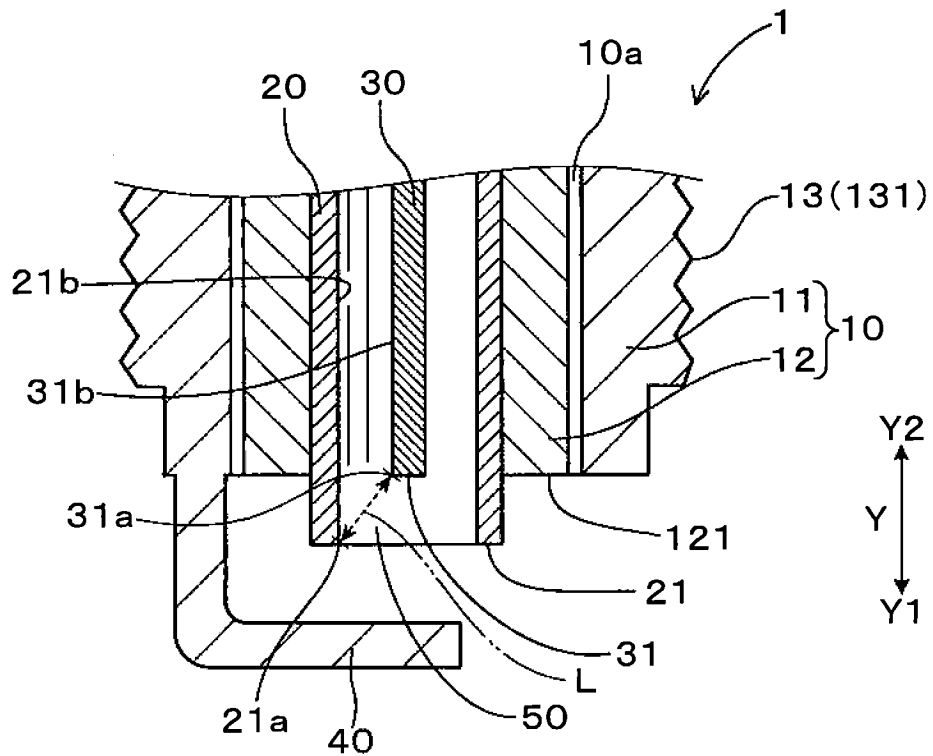


FIG.6



**FIG.7**



**FIG.8**

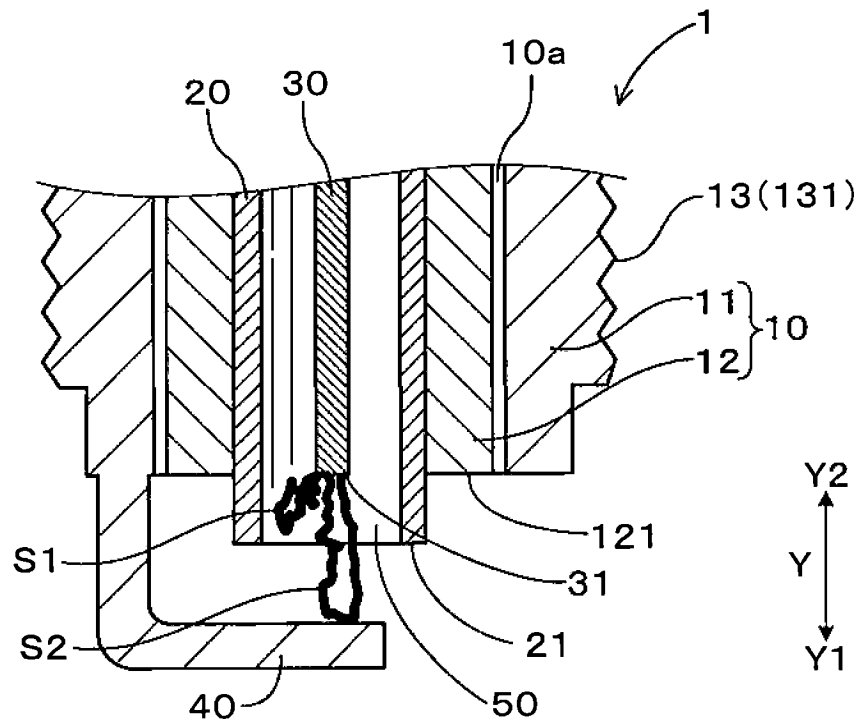




FIG.11

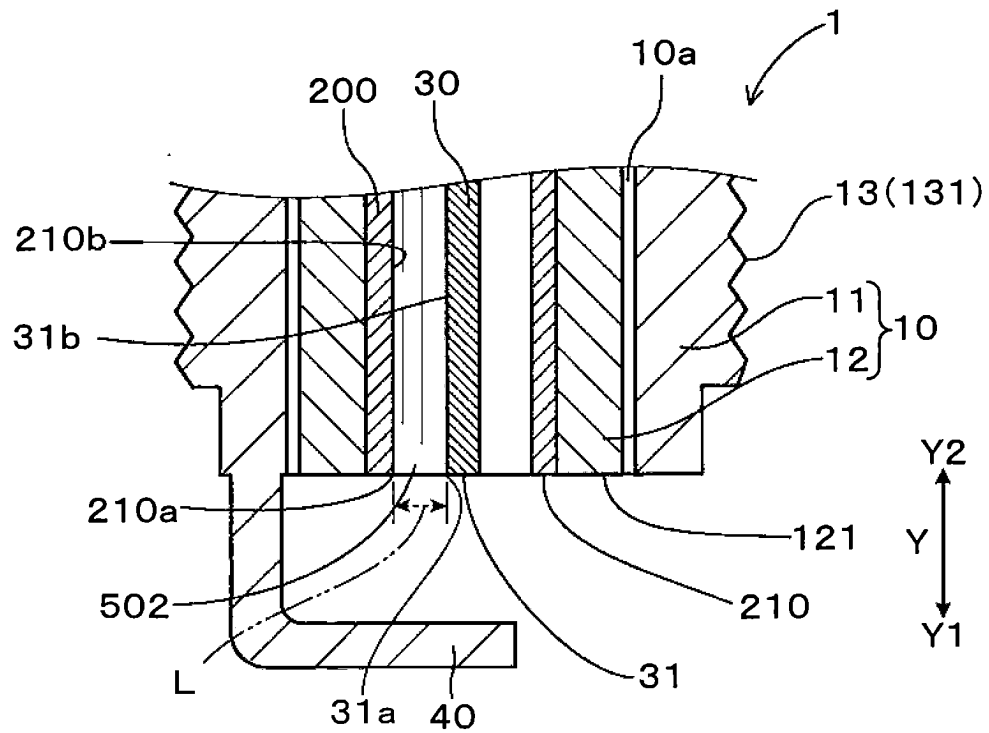


FIG.12

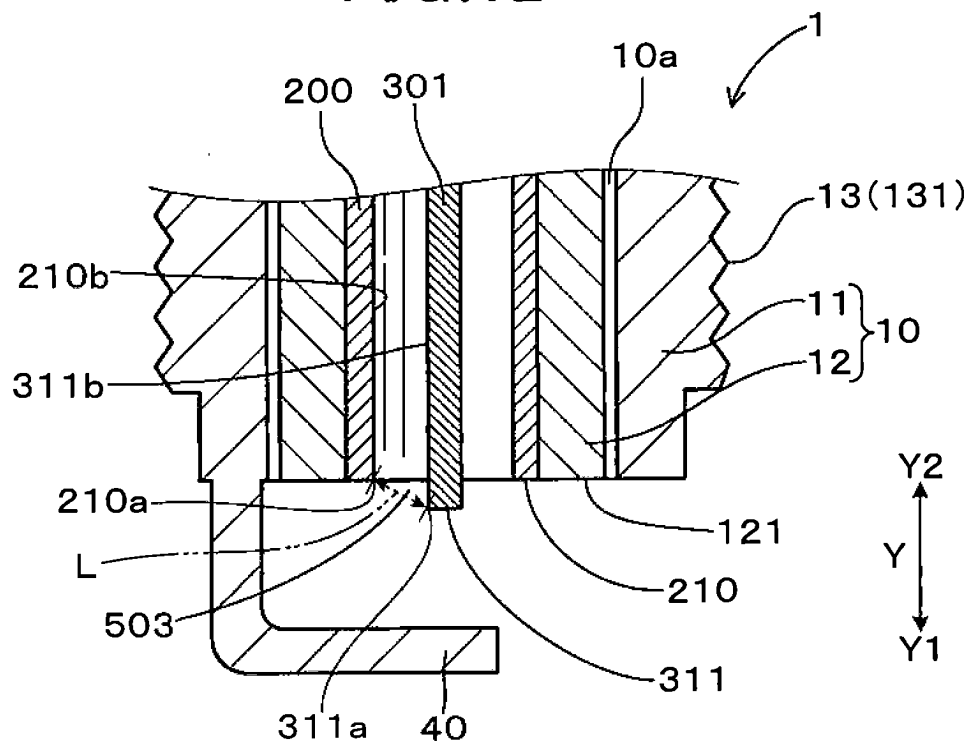


FIG. 13

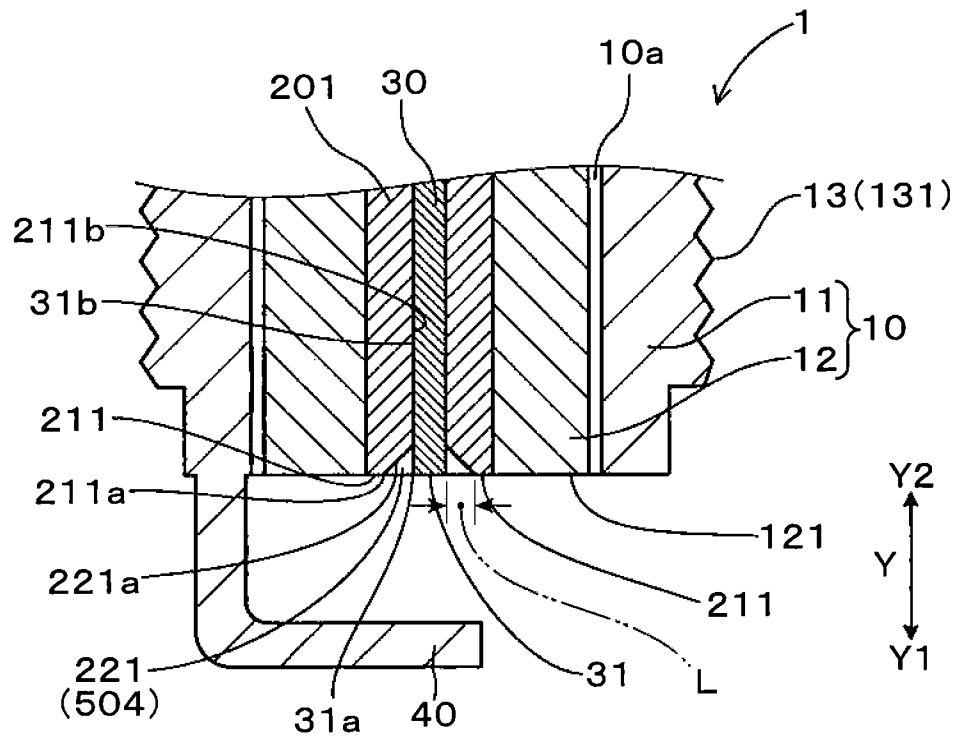


FIG.14

