

(19)



(11)

EP 1 356 555 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
14.10.2015 Patentblatt 2015/42

(51) Int Cl.:
H01T 21/02 ^(2006.01)

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
23.11.2011 Patentblatt 2011/47

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2001/004927

(21) Anmeldenummer: **01984728.4**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2002/060025 (01.08.2002 Gazette 2002/31)

(22) Anmeldetag: **22.12.2001**

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER ZÜNDKERZENELEKTRODE**

METHOD FOR PRODUCING A SPARK PLUG ELECTRODE

PROCEDE POUR LA PRODUCTION D'UNE ELECTRODE DE BOUGIE D'ALLUMAGE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **24.01.2001 DE 10103045**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.10.2003 Patentblatt 2003/44

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **JUESTEL, Thomas**
96114 Hirschaid (DE)

- **ULM, Heinz**
91358 Kunreuth (DE)
- **FUNK, Konrad**
66386 St. Ingbert (DE)
- **KLASSEN, Martin**
71254 Ditzingen (DE)
- **FISCHER, Jochen**
96052 Bamberg (DE)
- **BENZ, Andreas**
96052 Bamberg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 691 174

EP 1 356 555 B2

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Verbinden einer Elektrode einer Zündkerze mit einem Edelmetall gemäß der im Oberbegriff des Patentanspruches 1 näher definierten Art.

[0002] Zündkerzen mit einer Elektrode, wie z.B. einer Mittelelektrode, bei der das vordere Ende der Mittelelektrode mit einer Edelmetallspitze versehen ist oder bei denen umfänglich in einem Bereich ein Edelmetall angebracht ist, sind aus dem Stand der Technik schon seit längerer Zeit bekannt.

[0003] So wird beispielsweise in der EP 0 637 113 B1 beziehungsweise in der JP H7-37674 A eine Zündkerze mit einer Mittelelektrode beschrieben, die eine hitze- und erosionsbeständige Nickellegierung aufweist, wobei das vordere Ende der Mittelelektrode mit einer Edelmetallspitze aus Iridium oder Ruthenium gebildet ist. Die Nickellegierung weist dabei eine Wärmeleitfähigkeit von etwa $30 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ oder größer auf. In dieser Druckschrift wird ausgeführt, daß die Edelmetallspitze eine scheibenförmige Form aufweist und konzentrisch an dem vorderen Ende des Elektrodenmetalls angeordnet ist.

[0004] Durch die Verwendung beispielsweise eines YAG-Lasers werden Laserstrahlen auf eine Grenzfläche Edelmetallspitze/vorderes Ende des Elektrodenmetalls aufgebracht, wobei die Edelmetallspitze mit einer entsprechenden Kraft gegen das vordere Ende des Elektrodenmetalls, worauf das Edelmetall aufgebracht werden soll, gedrückt wird.

[0005] Aus der EP 0 400 950 B1 ist ein Verfahren zur Herstellung einer Zündkerze bekannt, wobei ein Iridium-Pulver-Preßling hergestellt wird, der die Zündspitze der Mittelelektrode der Zündkerze bildet. Dieser Iridium-Pulver-Preßling wird in einem Vakuum oder in einer nicht oxidierenden bzw. reduzierenden Atmosphäre gesintert, und die Zündspitze wird mit dem vorderen Ende der Mittelelektrode metallurgisch verbunden. Das metallurgische Verbinden kann dabei beispielsweise unter Verwendung des Elektronenstrahlschweißens oder Laserschweißens durchgeführt werden.

[0006] Ebenso beschreiben die US 5,811,915 und die DE 196 41 856 A1 das Vorsehen von Edelmetallplättchen auf einer Zündkerzenelektrode, wie beispielsweise einer Masse- oder einer Mittelelektrode. Das Aufbringen der Edelmetallplättchen erfolgt gemäß dieser Dokumente durch Laserschweißen, und zwar mit Hilfe eines Nd:YAG-Lasers.

[0007] Auch die EP 0 575 163 B1 beschreibt das Aufschweißen eines Edelmetallplättchens auf eine Mittelelektrode einer Zündkerze, wobei sich die Schweißnaht am Umfang der Grenzfläche zwischen dem Edelmetallplättchen und der Endfläche der Mittelelektrode befindet. Zum Aufschweißen wird hierbei ein YAG-Laser verwendet.

[0008] In der US 4,963,112 wird ebenso die Befesti-

gung eines Edelmetallplättchens auf einer Elektrode einer Zündkerze offenbart, wobei die Befestigung wieder mittels Laserschweißen erfolgt. Dabei wird beschrieben, daß gepulste Laser bevorzugt verwendet werden.

[0009] Ebenso beschreiben die US 5,461,210, die EP 0 588 495 B1 und die EP 0 587 446 B1 das Aufbringen von Edelmetallplättchen auf Zündkerzenelektroden. Auch hierbei wird zum Aufschweißen der Edelmetallplättchen immer ein gepulster Laserstrahl verwendet.

[0010] Weiterhin ist der EP 0 691 174 A1 ein Verfahren zu entnehmen, bei dem ein Edelmetalldraht auf einen Elektrodengrundkörper mittels eines gepulsten oder eines kontinuierlich arbeitenden Laserstrahls aufgebracht wird, wobei der Edelmetalldraht vollständig aufgeschmolzen wird.

[0011] Allen diesen aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren zum Aufbringen eines Edelmetallplättchens oder einer sonstigen Form eines Edelmetalls auf eine Elektrode einer Zündkerze ist jedoch gemeinsam, daß das Aufbringen mit Hilfe eines gepulsten Lasers erfolgt.

[0012] Bei derartigen Verbindungsverfahren mit Hilfe von gepulsten Laserstrahlquellen wird das aneinander zu befestigende Material, d.h. die Elektrode und das Edelmetall, diskontinuierlich aufgeschmolzen und wieder erstarrt. Dies bedeutet, es wird kein kontinuierliches Schmelzbad erzeugt.

[0013] Durch das permanente Aufschmelzen und wieder Erstarren des zu verbindenden Materials kann jedoch eine Durchmischung der Schmelzzone, d.h. eine gleichmäßige Legierungsverteilung, nur bedingt ermöglicht werden. Es entsteht daher eine relativ hohe Neigung zur Rißbildung in der Verbindungszone, weshalb die Standzeit derartiger Zündkerzen, die als sogenannte "Longlife-Kerzen" Verwendung finden, letztlich durch die relativ geringe Dauerhaltbarkeit der Verbindung Edelmetall/Elektrodenlegierung begrenzt ist.

[0014] Häufig wird als Werkstoff für die Elektrode eine Nickellegierung verwendet. Durch das Verbinden mittels eines gepulsten Laserstrahls entstehen unerwünschte, nickelreiche und damit weniger gegen Erosion und Korrosion widerstandsfähige Legierungsbereiche.

[0015] Betrachtet man die Oberfläche einer mittels eines gepulsten Laserstrahls geschweißten, mit einem Edelmetall versehenen Elektrode, so ist diese sehr unregelmäßig, da kein kontinuierlicher Schmelzonenbereich erzeugt werden kann, sondern das Material immer wieder aufgeschmolzen wird und erstarrt. Es kann daher notwendig sein, daß die Oberfläche nach dem Verschweißen nachbehandelt wird.

Vorteile der Erfindung

[0016] Das vorgeschlagene Verfahren zum Verbinden einer Elektrode einer Zündkerze mit einem Edelmetall, wobei das Edelmetall mit einem mittels eines kontinuierlich arbeitenden Laserstrahls erzeugten Wärmeeintrag lokal mit der Elektrode in einem Verbindungsbereich ver-

bunden wird, wobei der Laserstrahl (3) auf den Verbindungsbereich gerichtet wird, und wobei das Edelmetall nicht vollständig, sondern nur im Verbindungsbereich aufgeschmolzen wird, hat demgegenüber den Vorteil, daß die Ungleichmäßigkeiten der Oberfläche verringert werden. Gleichzeitig werden innerhalb der teilweise aufgeschmolzenen Zone Risse, Poren, Lunker und Schwankungen der jeweiligen Legierungsanteile, die alle die Verbindung Edelmetall/ Elektrodenmaterial schwächen, vermieden. Somit kann mit einem erfindungsgemäßen Verfahren die Standzeit des Bauteils beim Betrieb erhöht werden, da solche Schwachstellen vermieden oder zumindest minimiert werden können.

[0017] Dadurch, daß durch die gleichmäßige Aufschmelzung der Verbindungspartner in der Kontaktzone die bei der Verwendung von gepulsten Laserstrahlen bekannten Erstarrungsrisse vermieden werden, wird auch der Korrosionsangriff entlang dieser Risse vermieden und damit ein vorzeitiger Ausfall der Verbindung unterbunden. Dies ist insbesondere bei dem Einsatz der Zündkerzen im Motorenbereich wichtig.

[0018] Weiterhin kann dadurch, daß ein kontinuierlich arbeitender Laser verwendet wird, die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit des Schmelzzonenbereichs auf die jeweiligen Werkstoffe und die Art der erwünschten Verbindung eingestellt werden, wodurch auch eine bestimmte Phasenzusammensetzung im Verbindungsbereich erreicht wird.

[0019] Ferner ist durch einen kontinuierlich arbeitenden Laser auch eine breitere Variation an verwendbaren Legierungszusammensetzungen für die Werkstoffe möglich. Die Standzeitoptimierung kann daher auch über optimierte Legierungszusammensetzungen für die Werkstoffe erfolgen und ist nicht, wie bisher, durch eine gute oder eingeschränkte Schweißeignung für einen gepulsten Laser bestimmt.

[0020] Als weiterer Vorteil der Erfindung ist anzuführen, daß das Spektrum an mit einem kontinuierlichen Laserstrahl erzielbaren Schmelzzongeometrien viel breiter ist als dies bei einem gepulsten Laser der Fall ist.

[0021] Weiterhin sind höhere Prozeßgeschwindigkeiten erreichbar, was auch zu einer Kosteneinsparung bei der Herstellung und zu einer verringerten Wärmebelastung des herzustellenden Bauteiles führt.

[0022] Es ergibt sich also zusammenfassend insgesamt eine verbesserte Schmelzzone zwischen Edelmetall und Elektrode, die zu einer höheren Standzeit der Elektrode und damit zu einer besseren Funktion des Produktes der Zündkerze, führt.

[0023] Dies wird erreicht mit einem Verfahren nach Anspruch 1 und einer Zündkerze nach Anspruch 4.

[0024] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Edelmetalleinlage auf eine Stirnseite der Mittelelektrode aufgebracht. Beim Aufbringen der Edelmetalleinlage auf die Stirnseite der Mittelelektrode wird das Edelmetallteil nicht vollständig aufgeschmolzen, sondern nur in ihrem Verbindungsbereich. So wird eine Zündkerzenelektrode mit einer Spitze

aus verschleißfestem Edelmetall geschaffen.

[0025] Erfindungsgemäß erfolgt das Aufbringen des Edelmetalls mittels eines kontinuierlich arbeitenden Laserstrahls, wobei ein Diodenlaser eingesetzt wird.

[0026] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des Gegenstandes nach der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung, der anhängenden Zeichnung und den Patentansprüchen.

10 Zeichnung

[0027] Zwei Ausführungsbeispiele eines Verfahrens zum Verbinden einer Zündkerzenelektrode mit einer Edelmetalleinlage sind in der Zeichnung schematisch vereinfacht dargestellt und werden nachfolgend in der Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 eine schematische Darstellung eines Verbindungsverfahrens, bei dem ein Edelmetall auf eine Elektrode als Drahtwerkstoff zugeführt wird, und Figur 2A und Figur 2B jeweils eine schematische Darstellung eines Verfahrensschrittes eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Verbinden einer Elektrode mit einer Edelmetalleinlage nach Art einer Dachelektrode.

25 Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0028] In Figur 1 ist beispielhaft ein einstufiger Beschichtungsprozeß einer Elektrode, d.h. ein Verfahren zum Verbinden einer Zündkerzenelektrode 1 mit einem Edelmetall 2, dargestellt. Unter Edelmetall 2 gemäß der vorliegenden Erfindung kann ein reines Edelmetall oder auch eine jegliche Edelmetallegierung verstanden werden, die für den jeweiligen Einsatz geeignet ist.

[0029] Die Figur 1 zeigt insbesondere einen Schnitt durch die Zündkerzenelektrode 1, welche hier eine Mittelelektrode darstellt, die im Bereich einer vorgefertigten Nut 6 mit einem aufgeschmolzenen Edelmetall 2 aufgefüllt wird und beispielsweise Anwendung in einer Gleitfunkenkerze oder Luftgleitfunkenkerze findet. Der Schnitt durch die Mittelelektrode 1 gemäß Figur 1 ist dabei entlang der Nut 6 durchgeführt.

[0030] Zum Aufschmelzen wird ein kontinuierlicher Laser 3 verwendet. Besonders eignet sich ein Diodenlaser, da dieser heutzutage bezüglich der Investitions- und Betriebskosten deutlich vorteilhafter als ein Nd:YAG- oder CO₂-Laser ist.

[0031] Das Edelmetall 2, das hier beispielsweise Platin sein kann, wird gemäß der gezeigten bevorzugten Ausführungsform als Drahtwerkstoff permanent zugeführt und mit dem kontinuierlichen Laserstrahl 3 im Bereich der vorgefertigten Nut 6 auf die Mittelelektrode 1 aufgeschmolzen und als Schmelze 5 in die Nut 6 eingefüllt, so daß das Edelmetall 2 auf die Elektrode 1 gleichsam aufgewickelt wird.

[0032] Gleichzeitig wird auch der Grundwerkstoff der Mittelelektrode 1 angeschmolzen, und es bildet sich eine Legierung aus einem geringen Anteil des aufgeschmolzenen Grundwerkstoffs der Mittelelektrode 1 und des

Werkstoffs des Edelmetalldrahtes 2.

[0033] Aus diesem kontinuierlich ablaufenden Herstellungsprozeß des Aufschweißens des Edelmetalles 2 erfolgt eine homogene Durchmischung der Schmelzzone und damit eine gleichmäßige Legierungsverteilung, die zu erhöhten Standzeiten und einer glatten Oberfläche der Mittelelektrode 1 führt.

[0034] Ferner sind höhere Prozeßgeschwindigkeiten erzielbar, woraus wiederum eine kostengünstige Bearbeitung und eine verringerte Wärmebelastung des Bauteils, sprich der Mittelelektrode 1, resultiert.

[0035] Durch den gleichmäßigen Temperatureintrag über dem Schmelzzonenbereich kommt es zu geringeren Wärmespannungen als bei aus dem Stand der Technik bekannten gepulsten Laserverfahren und damit wiederum zu einer erhöhten Standzeit der Mittelelektrode 1.

[0036] Die Optimierung der Oberflächengüte ist dabei am Erzeugnis klar optisch erkennbar. Auch Schliffbilder zeigen deutlich die insbesondere im Bezug auf die Durchmischung verbesserte Schweißzone.

[0037] Die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit kann dabei eingestellt werden, wodurch die Rißbildung in der Schmelzzone und dem Elektrodengrundmaterial weiter unterbunden bzw. minimiert wird. Es ist durch die Variation der Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit auch eine breite Variation an Legierungszusammensetzungen möglich.

[0038] In den Figuren 2A und 2B ist nun ein erfindungsgemäßer Herstellungsprozeß für eine weitere Elektrodenart, nämlich eine sogenannte Dachelektrode dargestellt. Hierbei wird zum Schweißen der Verbindung zwischen dem Edelmetall 2 und der Nickellegierung der Elektrode 1' ein kontinuierlich arbeitender Laserstrahl (Continuous wave bzw. CW-Laser), eingesetzt.

[0039] Wie in der Figur 2A zu sehen ist, wird ein Teil aus Edelmetall 2, vorzugsweise in einer zylindrischen Form, auf eine Stirnseite der Elektrode 1', die hier eine Mittel- oder Masseelektrode einer Zündkerze darstellt, aufgesetzt bzw. in eine Vertiefung 6 derselben eingesteckt.

[0040] Dabei ist die Vertiefung 6 in der Stirnseite der Elektrode 1' vorzugsweise derart ausgeformt, daß beim Einstecken des Edelmetallteiles 2 dieses fest mit der Elektrode 1' verbunden ist.

[0041] Wie in der Figur 2B ersichtlich ist, rotieren in einem anschließenden Verfahrensschnitt die derart kontaktierten Verbindungspartner, nämlich Edelmetall 2 und Zündkerzenelektrode 1' mit einer an die Energiemenge eines CW-Lasers angepaßten Drehzahl in Richtung des Pfeils 7. Der Laserstrahl 3 wird auf die rotierende, zu verschweißende Zone fokussiert und entsprechend einer auf die Verbindungspartner bezüglich des Schmelzpunktes, der Wärmekapazität usw. abgestimmten Energierampe ein- und wieder ausgeschaltet.

[0042] Im Ergebnis liegt dann eine Zündkerzenelektrode 1' vor, deren Spitze aus einem Edelmetall 2 beziehungsweise einer Edelmetalllegierung besteht, die über eine gleichmäßige Schmelzzone mit der Nickellegierung

der Elektrode 1' dauerhaft verbunden ist. Dabei sollte bei einer derartigen mit einem Edelmetall 2 versehenen Elektrode 1', einer sogenannten Dachelektrode, das Edelmetall 2 nicht vollständig, sondern nur in seinem Verbindungsbereich aufgeschmolzen werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verbinden einer Elektrode (1, 1') einer Zündkerze mit einem Edelmetall (2), wobei das Edelmetall (2) mit einem mittels eines kontinuierlich arbeitenden Laserstrahls (3) erzeugten Wärmeeintrag lokal mit der Elektrode (1, 1') verbunden wird, wobei das Edelmetall (2) mit der Elektrode (1, 1') in einem Verbindungsbereich verbunden wird, und wobei der Laserstrahl (3) auf den Verbindungsbereich gerichtet wird, und wobei das Edelmetall (2) nicht vollständig, sondern nur im Verbindungsbereich aufgeschmolzen wird
dadurch gekennzeichnet, dass ein Diodenlaser eingesetzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Edelmetall (2) auf einer Stirnseite der Elektrode (1') aufgebracht wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine als Zylinder ausgebildetes Edelmetall (2) auf die Stirnseite einer Elektrode (1') aufgesetzt wird und dann mit dem Laserstrahl (3) in einem Bereich Grenzfläche zwischen Edelmetall (2) und Elektrode (1') aufgeschmolzen wird.
4. Elektrode (1, 1') einer Zündkerze, **dadurch gekennzeichnet, daß** sie nach einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche hergestellt ist.
5. Elektrode (1, 1') einer Zündkerze nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** sie eine Mittelelektrode ist.
6. Elektrode (1, 1') einer Zündkerze nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** sie eine Masseelektrode ist.
7. Elektrode (1, 1') einer Zündkerze nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** sie im wesentlichen Nickel aufweist.
8. Elektrode (1') einer Zündkerze nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** sie eine Dachelektrode für eine Gleitfunkenkerze oder Luftgleitfunkenkerze ist.

Claims

1. Method for connecting an electrode (1, 1') of a spark plug to a precious metal (2), the precious metal (2) being locally connected to the electrode (1, 1') by using heat input generated by a continuously operating laser beam (3), the precious metal (2) being connected to the electrode (1, 1') in a connecting region, and the laser beam (3) being directed at the connecting region, and the precious metal (2) being not melted completely, but only in the connecting region, **characterized in that** a diode laser is used. 5
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the precious metal (2) is applied to one end face of the electrode (1'). 10
3. Method according to either of the preceding claims, **characterized in that** a precious metal (2) formed as a cylinder is placed onto the end face of an electrode (1') and is then melted by the laser beam (3) in a boundary region between the precious metal (2) and the electrode (1'). 15
4. Electrode (1, 1') of a spark plug, **characterized in that** it is produced by a method according to one of the preceding claims. 20
5. Electrode (1, 1') of a spark plug according to Claim 4, **characterized in that** it is a centre electrode. 25
6. Electrode (1, 1') of a spark plug according to Claim 4, **characterized in that** it is an earth electrode. 30
7. Electrode (1, 1') of a spark plug according to one of Claims 4 to 6, **characterized in that** it substantially comprises nickel. 35
8. Electrode (1') of a spark plug according to one of Claims 4 to 7, **characterized in that** it is a top electrode for a surface-gap spark plug or a surface-air-gap spark plug. 40
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un métal précieux (2) configuré en cylindre est appliqué sur le côté frontal d'une électrode (1') et est ensuite fondu à l'aide du faisceau laser (3) au niveau de la surface frontière entre le métal précieux (2) et l'électrode (1'). 45
4. Electrode (1, 1') de bougie d'allumage, **caractérisée en ce qu'**elle est fabriquée en recourant à un procédé selon l'une des revendications précédentes. 50
5. Electrode (1, 1') de bougie d'allumage selon la revendication 4, **caractérisée en ce qu'**elle est une électrode centrale. 55
6. Electrode (1, 1') de bougie d'allumage selon la revendication 4, **caractérisée en ce qu'**elle est une électrode de masse.
7. Electrode (1, 1') de bougie d'allumage selon l'une des revendications 4 à 6, **caractérisée en ce qu'**elle présente essentiellement du nickel.
8. Electrode (1') de bougie d'allumage selon l'une des revendications 4 à 7, **caractérisée en ce qu'**elle est une électrode de toit pour bougie à étincelle glissante ou bougie à étincelle glissante à air.

Revendications

1. Procédé pour relier une électrode (1, 1') d'une bougie d'allumage à un métal précieux (2), le métal précieux (2) étant relié localement à l'électrode (1, 1') par apport de chaleur au moyen d'un faisceau laser (3) travaillant en continu, le métal précieux (2) étant relié à l'électrode (1, 1') dans une zone de liaison, le faisceau laser (3) étant dirigé sur la zone de liaison, et le métal précieux (2) n'étant pas fondu complètement mais uniquement dans la zone de liaison, **caractérisé en ce qu'**on utilise un laser à diode. 45
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce** 50

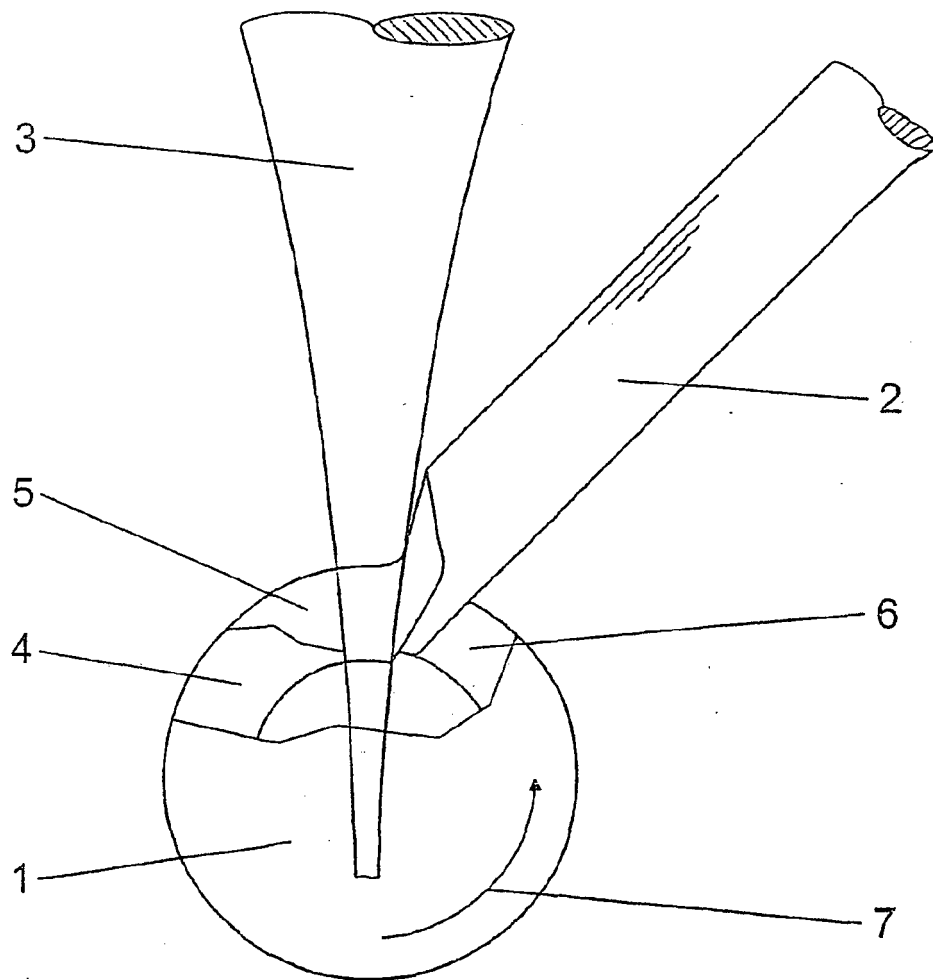


Fig. 1

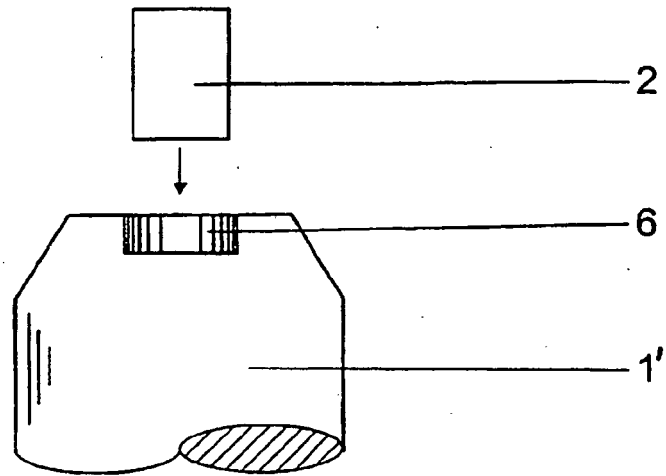


Fig. 2A

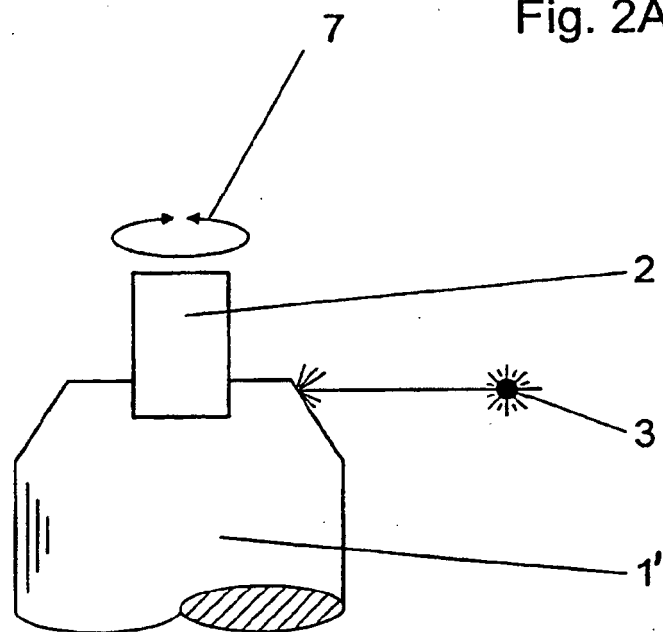


Fig. 2B

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

- EP 0637113 B1 **[0003]**
- JP H737674 A **[0003]**
- EP 0400950 B1 **[0005]**
- US 5811915 A **[0006]**
- DE 19641856 A1 **[0006]**
- EP 0575163 B1 **[0007]**
- US 4963112 A **[0008]**
- US 5461210 A **[0009]**
- EP 0588495 B1 **[0009]**
- EP 0587446 B1 **[0009]**
- EP 0691174 A1 **[0010]**