



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.09.2013 Patentblatt 2013/39

(51) Int Cl.:
H05H 1/34 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12002020.1**

(22) Anmeldetag: **22.03.2012**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(72) Erfinder: **Holberg, Manfred**
9403 Goldach (CH)

(74) Vertreter: **Riebling, Peter**
Patentanwalt
Postfach 31 60
88113 Lindau (DE)

(71) Anmelder: **Hollberg, Manfred**
9403 Goldach (CH)

(54) **Plasma-Elektrode für einen Plasma-Lichtbogenbrenner und Verfahren zur Herstellung**

(57) Plasma-Elektrode für einen Plasma-Lichtbogenbrenner bestehend aus einem Elektrodenkörper, an dessen vorderen Ende ein Elektrodenkern in eine Bohrung eingepasst ist, wobei der Elektrodenkern aus einem

gesinterten Hafniumcarbid oder einem Hafniumborid oder -nitrid oder einer Legierung aus den genannten Materialien besteht, der im kälte-geschrumpften Zustand in die Bohrung eingesetzt ist.

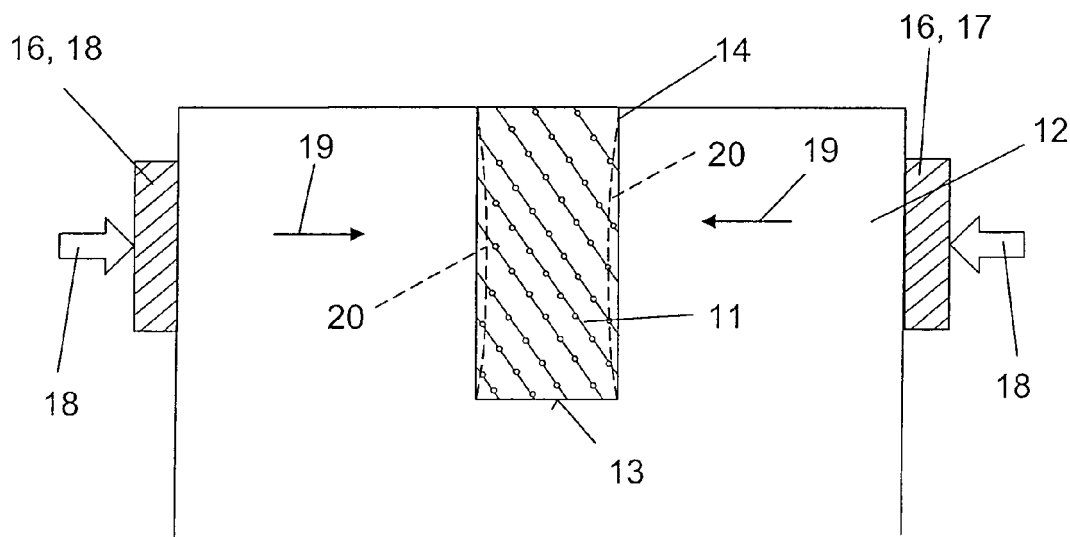


Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Plasma-Elektrode für einen Plasma-Lichtbogenbrenner und ein Verfahren zu deren Herstellung.

[0002] Bei der Verwendung von Plasma-Elektroden für Plasma-Lichtbogenbrenner besteht das Problem, dass der hierfür verwendete Elektrodenkern eine nur geringe Standzeit aufweist. In der Regel wird ein derartiger Elektrodenkern aus Hafnium gefertigt oder aus einer Zusammensetzung von Hafnium (Hf) und Zirkonium (Zr).

[0003] Der Schmelz- und Siedepunkt des Hafniums liegt bei 2227 Grad Celsius und von Zirkonium bei 1857 Grad Celsius.

[0004] Die Verwendung der Materialien Hafnium und Zirkonium als Material für den Elektrodenkern ist weit verbreitet. Es handelt sich um ein elektrisch leitfähiges Material mit hohem Emissionsvermögen. Das Hf- und Zr-Material ist relativ weich und gut verformbar und lässt sich deshalb bei der Montage der Elektrode in die stirnseitige Aufnahme ohne Gefahr des Bruchs oder Beschädigung einpressen.

[0005] Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Standzeit des aus Hafnium bestehenden Elektrodenkerns wesentlich verbessert werden kann, wenn statt des reinen Hafniums eine Hafnium-Zusammensetzung verwendet wird, nämlich Hafniumcarbid (HfC).

[0006] Hafniumcarbid (HfC) ist ein dunkelgrauer kristalliner Stoff mit einem Schmelzpunkt bei ca. 3890 Grad Celsius. Hafniumcarbid zählt zu den Substanzen mit dem höchsten Schmelzpunkt überhaupt. Zusammen mit Hafniumnitrid und Hafniumborid gehört es zu den Hartstoffen.

[0007] Wegen der Zugehörigkeit zu den Hartstoffen ist es glashart und kann praktisch nicht zu dünnen, z.B. 1,5 bis 2 mm im Durchmesser betragenden Stangen verarbeitet werden. Es ist weder eine spanabhebende Bearbeitung noch ein Verpressen möglich.

[0008] Die japanische Druckschrift JP 2011-014295 A schlägt deshalb vor, eine Elektrode aus Hafniumcarbid in einer gesinterten Form zu verwenden, um somit die Standzeit und Lebensdauer der hieraus hergestellten Plasma-Elektrode zu verbessern. Wegen der schwierigen Montage soll dort der HfC-Kern in der Ausnehmung einer Cu-Elektrode mittels eines Silberlotes eingelötet werden. Das Löten von derartigen Elektrodenkernen ist jedoch schwierig und aufwendig.

[0009] Wird statt einer Cu-Elektrode eine Elektrode aus Ag verwendet, ist eine Silberlötung nicht möglich, weil sich bei der Lötung das Ag-Material der Elektrode mit verformen würde. Daher ist der Einsatzbereich einer Lötbefestigung eingeschränkt.

[0010] Die JP 06036890 A verwendet ein ungesinteres Hafniumcarbid, mit dem Nachteil dass die Befestigung eines solchen Kerns in dem Kernhalter der Plasmaelektrode nicht oder nur unter hohem Aufwand möglich ist.

[0011] Die EP 1 765 046 B1 schlägt verschiedene Hal-

terungsmethoden für den Elektrodenkern einer Plasma-Elektrode in einem Elektrodenhalter vor, wobei der etwa rundzylindrisch ausgebildete Elektrodenkern in einer mehrfach profilierte Bohrung im Elektrodenhalter stirnseitig eingepresst werden soll. Auf den Offenbarungsinhalt dieser Druckschrift wird hiermit Bezug genommen. Dieser Offenbarungsinhalt soll vollinhaltlich von dem Offenbarungsinhalt der vorliegenden Erfindung umfasst sein. Bei dieser Druckschrift wird als Material des Elektrodenkerns das gut verarbeitbare Hafnium angegeben. Die Montage eines glasharten, sofort unter mechanischem Druck zerspringenden Hafniumcarbid ist aus dieser Druckschrift jedoch nicht zu entnehmen.

[0012] Nachteil des Einspressens eines Elektrodenkerns in eine mehrfache Absätze aufweisende Bohrung ist demnach, dass eine solche Montage bei einem glasharten Material wie Hafniumcarbid nicht möglich ist, weil das Hafniumcarbid zerspringt.

[0013] Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine Plasma-Elektrode mit einem Elektrodenhalter und eine Halterung für einen insbesondere aus Hafniumcarbid bestehenden Elektrodenkern so weiterzubilden, dass diese zuverlässig und unter wirtschaftlichem Aufwand in der Ausnehmung gehalten werden kann.

[0014] Ferner liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung einer Plasmaelektrode der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass mit geringem Aufwand ein glasharter Elektrodenkern, insbesondere ein Elektrodenkern aus Hafniumcarbid in die stirnseitige Bohrung des Elektrodenhalters unter geringem Aufwand betriebssicher eingesetzt werden kann.

[0015] Zur Lösung der gestellten Aufgabe ist die Erfindung durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche 1 bis 4 gekennzeichnet.

[0016] Ein Verfahren zur Herstellung und Montage eines aus glashartem Material bestehenden Elektrodenkerns ist Gegenstand der unabhängigen Ansprüche 5 bis 7.

[0017] Gerade bei der Verwendung von Elektroden aus einem Silbermaterial oder einer Silberlegierung ist es bekannterweise nicht möglich, den Kern mittels einer Silberlötung in der aus Ag bestehenden Elektrode zu befestigen. Hier zeigt die Erfindung ihren Vorteil, indem statt einer Lötung nun ein Kälteschrumpfen oder ein - durch mechanische Verformung der Elektrode erfolgreiches - Einpressen des Elektrodenkerns in die zugeordnete Ausnehmung an der vorderen Seite der Elektrode vorgesehen ist.

[0018] Es wird auch eine Kombination beider Verfahren (Kälteschrumpfen und mechanisches Verpressen der Elektrode) als erfindungswesentlich beansprucht. Das aufwendige und fehleranfällige Löten kann demnach mit dem erfindungsgemäßen Verfahren vermieden werden. geringem Aufwand betriebssicher gehalten werden kann, wenn vor dem Einsetzen das aus HfC bestehende Material kältegeschrumpft wird und in diesem geschrumpften Zustand in die Bohrung des Kernhalters eingesetzt wird, wo sich der vorher kältegeschrumpfte Haf-

niumcarbid-Elektrodenkern unter Raumtemperatur ausdehnt und unter Pressspannung an die Innenseiten der Bohrung in der Plasmaelektrode anlegt.

[0019] Von besonderem Vorteil ist, dass sich mit zunehmender Temperaturerhöhung auch der Hafniumcarbid-Elektrodenkern ausdehnt und mit zunehmender Temperatur seinen Sitz sogar in der Bohrung des Kernhalters verfestigt. Bei den hohen Arbeitstemperaturen von 1000 bis 2000 Grad Celsius wird dadurch stets ein sicherer Halt gewährleistet.

[0020] Statt der Verwendung eines Elektrodenkerns aus einem Hafniumcarbid, bevorzugt einem gesinterten Hafniumcarbid, ist in einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass stattdessen ein gesintertes Hafniumborid oder ein gesintertes Hafniumnitrid als Material für den Elektrodenkern verwendet wird und die genannten Materialien ebenfalls kältegeschrumpft in die - bezüglich des kältegeschrumpften Durchmessers des Elektrodenkerns - ein Übermaß aufweisende Bohrung eingesetzt werden, wonach sich dann der Elektrodenkern unter Raumtemperatur ausdehnt und form- und kraftschlüssig an die Innenwände der Bohrung anlegt.

[0021] Das erfindungsgemäße Verfahren der Kälteschrumpfung wird im Übrigen für alle bekannten Materialien von Elektrodenkernen als erfindungswesentlich beansprucht. Hierzu gehören nicht nur die vorgenannten Materialien, wie HfC, Hafnium-Borid oder Hafnium-Nitrid, sondern auch Materialien des Elektrodenkerns, wie Hf und Zr (Zirkonium).

[0022] Bei der Anwendung des Verfahrens der Kälteschrumpfung ist es in einer ersten Ausgestaltung vorgesehen, dass sich die Bohrung rundzylindrisch mit geraden Bohrungswänden bis zum Bohrungsgrund erstreckt.

[0023] In einer Weiterbildung ist es vorgesehen, dass die Bohrung hinterschnitten ist, was bedeutet, dass sich die Bohrungswände in Richtung zum Bohrungsgrund konisch erweitern.

[0024] In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass sich die Bohrungswände in Richtung zum Bohrungsgrund verjüngen. Ebenso ist in einer anderen Ausgestaltung vorgesehen, dass im Bereich der Bohrungswand Vorsprünge, Nuten oder Rillen vorgesehen sind, die sich kraft- und formschlüssig an den sich unter Raumtemperatur ausdehnenden kältegeschrumpften Elektrodenkern anlegen.

[0025] Sofern der auf die Schrumpf-Temperatur abgekühlte Elektrodenkern in die Bohrung eingesetzt wird, weist diese Bohrung stets ein Übermaß auf, d. h., die Bohrung bildet eine Spielpassung zum Außendurchmesser des kältegeschrumpften Elektrodenkerns, so dass dieser ohne Weiteres - ohne an den Bohrungsseiten ohne den dort angeordneten Vorsprüngen, Rillen oder Nuten anzustoßen, in die Bohrung eingesetzt werden kann. Ein Einpressen ist dann nicht erforderlich, weil dies zu einer Beschädigung des glasartigen Elektrodenkerns führen könnte.

[0026] Ein besonders einfaches Verfahren zur Kälteschrumpfung derartiger Elektrodenkerne (aus allen vor-

her genannten Materialien) besteht darin, dass der Elektrodenkern kurzzeitig in ein Isoliergefäß eingetaucht wird, welches bevorzugt mit flüssigem Stickstoff gefüllt ist. Statt der Verwendung von flüssigem Stickstoff kann auch flüssige Luft oder flüssiger Sauerstoff verwendet werden.

[0027] Bei der Verwendung von flüssigem Sauerstoff ergibt sich noch der weitere Vorteil, dass der (unter anderem aus Hf oder HfC oder Hf-Nitrid oder Hf-Borid bestehende) Elektrodenkern - der jedoch bevorzugt aus einem gesinterten Hafniumcarbid besteht -, an seinem Außenumfang beim Einlegen in flüssigen Sauerstoff einem Oxidationsprozess unterworfen wird, was die Mantelfestigkeit eines solchen, einem Oxidationsprozess unterworfenen Hafniumcarbid-Materials noch weiter steigert.

[0028] Die Erfindung ist nicht darauf beschränkt, dass der "nackte" Elektrodenkern, bevorzugt aus einem gesinterten Hafniumcarbid-Material (oder allen anderen vorgenannten Materialien) in die Bohrung des Kernhalters der Plasma-Elektrode kältegeschrumpft eingesetzt wird.

[0029] In einer anderen Ausgestaltung ist es vorgesehen, dass die Bohrung mit einer Büchse ausgekleidet ist, die bevorzugt aus einer Kupferlegierung oder einer Silber-Legierung oder Reinsilber besteht.

[0030] In den meisten Fällen besteht die Elektrode aus einer Kupferlegierung, so dass es ohne Weiteres möglich ist, in die aus einer Kupferlegierung bestehende Elektrode und den aus Kupfer bestehenden, werkstoffeinstückig mit der Elektrode verbundenen und ein Teil der Elektrode bildenden Kernhalter eine aus Silber bestehende Büchse einzupassen, in die dann bei der Montage Elektrodenkerns, der bevorzugt aus dem glasharten Hafniumcarbid besteht, der Elektrodenkern in kältegeschrumpftem Zustand eingesetzt wird.

[0031] Die Einpassung der Büchse in die Bohrung des Elektrodenhalters kann ebenfalls dadurch erfolgen, dass die Büchse in kältegeschrumpften Zustand in die ein Übermaß aufweisende Bohrung eingesetzt wird und sich unter Raumtemperatur ausdehnt und sich in der Art einer Presspassung an die Bohrungswand anlegt.

[0032] Eine dritte Ausführungsart der Erfindung bezieht sich darauf, dass die Montage des Elektrodenkerns, der bevorzugt aus dem glasharten Hartstoff, wie z. B. gesintertem Hafniumcarbid, Hafniumborid oder Hafniumnitrit besteht, über ein Quetschwerkzeug erfolgt.

[0033] In diesem Fall ist vorgesehen, dass der aus dem glasharten Material bestehende Elektrodenkern gegenüber der Bohrung, in der er eingesetzt werden soll, eine Spielpassung ausbildet, d. h. die Bohrung ist geringfügig größer als der Außendurchmesser des in die Bohrung unter Raumtemperatur einzusetzenden Hafniumkerns.

[0034] Damit eine sichere mechanische Befestigung des Elektrodenkerns in der Bohrung stattfinden kann, ist es nach dem Gegenstand der unabhängigen Ansprüche 2 und 6 vorgesehen, dass der Elektrodenkern unter Raumtemperatur in die an Übermaß aufweisende Bohrung im Elektrodenhalter eingesetzt wird und dann nach-

folgend die gesamte Spitze der Elektrode mit dem mittig und zentrisch angeordneten Elektrodenhalter von einem Quetschwerkzeug zusammengequetscht wird, um so eine bleibende Verformung der Bohrung im Elektrodenhalter zu gewährleisten.

[0035] Damit wird die Bohrung geringfügig unter der Wirkung des Quetschwerkzeuges bleibend verformt und die Bohrungswände legen sich kraft- und formschlüssig an den Außenumfang des Elektrodenkerns an und halten diesen sicher in der Bohrung.

[0036] Auch in diesem Fall kann es vorgesehen sein, dass die Bohrung nicht rundzylindrisch ausgebildet ist, sondern als konische Hinterschneidung ausgeformt ist. Dies bedeutet, dass der stirnseitige Bohrungsrand am Elektrodenhalter einen kleineren Durchmesser hat als vergleichsweise der Durchmesser der Bohrung am Bohrungsgrund. Die Bohrung erweitert sich demnach konisch in Richtung zum Bohrungsgrund, so dass der mit Übermaß in die Bohrung unter Raumtemperatur eingesetzte Elektrodenkern beim Zusammenquetschen der vorderen Spitze der Elektrode in der Bohrung gehalten wird.

[0037] Der Elektrodenkern kann jedoch in einer abgewandelten Ausführungsform des Profils der Bohrung auch nur im oberen Bereich der Bohrung durch die besagte Quetschpressung gehalten sein, oder er kann auch über seine gesamte Länge elektrisch leitfähig in der Bohrung eingequetscht sein.

[0038] In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung kann es vorgesehen sein, dass in der Bohrung selbst - die bevorzugt dann rundzylindrisch ausgebildet ist - ringsseitig umlaufende Nuten, Rillen oder Vorsprünge angeformt sind.

[0039] Ebenso kann es in einer anderen Ausgestaltung vorgesehen sein, dass in die Bohrung ein Gewinde eingeschnitten ist und die Gewindegänge sich dann kraft- und formschlüssig beim Zusammenquetschen der gesamten Elektrodenspitze an die Umfangsseiten des Elektrodenkerns anlegen und diesen sicher in der Bohrung verankern.

[0040] Die Erfindung ist nicht auf eine hohlzylindrische Elektrode beschränkt. Derartige, hohlzylindrische Elektroden werden nur dann verwendet, wenn die Elektroden wassergekühlt sind. Im Falle der Wasserkühlung ist dann in die hohlzylindrische Elektrode ein Kühlröhrchen eingesetzt, welches ein Kühlmedium in den Innenraum der Elektrode einleitet und an seinem vorderen Ende umlenkt.

[0041] In anderen Ausgestaltungen, die ebenfalls von der Erfindung umfasst sind, ist es vorgesehen, dass die Elektrode ungekühlt ist und z. B. auch massiv ausgebildet sein kann. Sie ist deshalb dann nicht zwangsläufig als Hohlkörper ausgebildet.

[0042] Die Profilform der Elektrode - unabhängig davon, ob sie als Hohlkörper oder als Massivkörper ausgebildet ist, kann auch verschiedenartig profiliert sein.

[0043] Die Elektrode kann z. B. rundzylindrisch, dreieckig, sechseckig, oval profiliert sein oder in jeder belie-

bigen anderen Profilierung vorliegen.

[0044] Der Erfindungsgegenstand der vorliegenden Erfindung ergibt sich nicht nur aus dem Gegenstand der einzelnen Patentansprüche, sondern auch aus der Kombination der einzelnen Patentansprüche untereinander.

[0045] Alle in den Unterlagen, einschließlich der Zusammenfassung offenbarten Angaben und Merkmale, insbesondere die in den Zeichnungen dargestellte räumliche Ausbildung, werden als erfindungswesentlich beansprucht, soweit sie einzeln oder in Kombination gegenüber dem Stand der Technik neu sind.

[0046] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von mehreren Ausführungswege darstellenden Zeichnungen näher erläutert. Hierbei gehen aus den Zeichnungen und ihrer Beschreibung weitere erfindungswesentliche Merkmale und Vorteile der Erfindung hervor.

[0047] Es zeigen:

Figur 1: schematisiert einen Schnitt durch eine Plasmaelektrode nach dem Stand der Technik

Figur 2: schematisiert einen Verfahrensschritt zum Kälteschrumpfen des Elektrodenkerns

Figur 3: die Montage eines Elektrodenkerns in der Bohrung eines Kernhalters mit einem Verformungswerkzeug

Figur 4: das Einsetzen eines kältegeschrumpften Elektrodenkerns in eine Bohrung des Kernhalters

Figur 5: die nach Figur 4 sich anschließende Montage des Elektrodenkerns

Figur 6: eine andere Ausgestaltung des Verfahrens, bei dem ein kältegeschrumpfter Elektrodenkern in eine mit einer Büchse ausgekleideten Bohrung des Elektrodenhalters eingepresst wird

Figur 7: die sich an Figur 6 anschließende Montage des Elektrodenkerns, der sich unter Raumtemperatur ausdehnt

[0048] Der in Figur 1 dargestellte Plasma-Lichtbogenbrenner besteht insgesamt aus einem Elektrodenkörper 1, in dem zentrisch eine Elektrode 2 eingesetzt ist, die innenseitig von einem Kühlwasserstrom durchflossen ist, wobei an der Spitze der Elektrode 2 ein Elektrodenkern 3, bestehend aus einem hoch emissiven Material, insbesondere aus Hafnium, eingepasst ist.

[0049] Vor der Elektrode 2 ist an sich bekannter Weise eine Düse 4 angeordnet, die in ebenfalls an sich bekannter Weise stirnseitig von einem Düsenschild 5 abgedeckt ist.

[0050] Die Funktion eines derartigen Plasma-Lichtbogenbrenners ist beispielsweise aus der EP 1 633 172 A2

oder der EP 1 765 045 B1 zu entnehmen, wobei der Offenbarungsinhalt der beiden Druckschriften vollinhaltlich von der Offenbarung der vorliegenden Erfindung eingeschlossen sein soll.

[0051] Nach einem ersten Verfahrensmerkmal ist es vorgesehen, dass der Elektrodenkern, der in den folgenden Ausführungsbeispielen als HfC-Elektrodenkern 10 bezeichnet wird, zunächst einer Kälteschrumpfung ausgesetzt wird. Bevorzugt besteht der HfC-Elektrodenkern aus einem gesinterten HfC-Material und wird mit einem geeigneten Werkzeug 9, z. B. einer Zange, in Pfeilrichtung 8 in ein Isoliergefäß 6 eingetaucht, welches mit flüsigem Stickstoff 7 gefüllt ist. Auf diese Weise kann der aus glashartem Material bestehende Elektrodenkern 10 auf eine Temperatur von z. B. - 196 Grad Celsius abgekühlt werden, und in diesem abgekühlten Zustand wird er gemäß Figur 4 als vorerst noch gekühlter Elektrodenkern 10 in die Bohrung 14 eines Kernhalters 12 eingesetzt, welcher die vordere Spitze der auf Raumtemperatur temperierten Elektrode 2 bildet.

[0052] Die Bohrung 14 ist im gezeigten Ausführungsbeispiel rundzylindrisch mit zueinander parallelen Bohrungswänden ausgebildet und hat einen geraden Bohrungsgrund 13. Hierauf ist die Erfindung jedoch nicht beschränkt. In der allgemeinen Beschreibung wurde darauf hingewiesen, dass die Bohrung 14 auch andere Profilierungen aufweisen kann.

[0053] Wird jedenfalls der auf eine Temperatur von ca. - 196 Grad Celsius abgekühlte HfC-Elektrodenkern 10 in Pfeilrichtung 15 in die Bohrung 14 eingeführt (oder gegebenenfalls unter leichtem Druck eingepresst), dann nimmt er seine endgültige Montagelage gemäß Figur 5 an. Unter Einwirkung der Raumtemperatur dehnt sich der Elektrodenkern 10 in den Pfeilrichtungen 22 aus und nimmt daher die Formgestaltung des in Figur 5 dargestellten Elektrodenkerns 11 ein.

[0054] Er passt sich deshalb auch an eine innenseitig profilierte Bohrung 14 stufenlos an, selbst wenn diese innenseitig profilierte Bohrung 14 mit einem Gewindegang, Vorsprüngen oder Rillen versehen ist. Damit ist ein besonders guter Halt gegeben. Die Figuren 6 und 7 zeigen, dass derselbe Elektrodenkern 10 in kältegeschrumpftem Zustand in eine Bohrung 14 eingesetzt werden kann, die vorher mit einer Einsatzbüchse 21 ausgekleidet ist.

[0055] Die Einsatzbüchse kann hier bevorzugt aus Reinsilber oder einer Silberlegierung bestehen.

[0056] Für das Einbringen der Einsatzbüchse 21 in die Bohrung gibt es verschiedene Montagearten:

In einer ersten Ausgestaltung ist es vorgesehen, dass die Einsatzbüchse bei Raumtemperatur in die Bohrung eingeschlagen wird oder eingepresst wird oder eingedreht wird.

[0057] In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Einsatzbüchse kältegeschrumpft in die Bohrung eingesetzt wird, wodurch dann

ein Einschlagen oder Einpressen entfallen kann.

[0058] Für die Einbringung des Hf-Kernes, des HfC-Kernes oder des Kernes aus Hf-Nitrid oder Hf-Borid gibt es dann verschiedene Möglichkeiten:

1. In die auf Raumtemperatur temperierte Einsatzbüchse, die in die Bohrung bereits schon vorher eingeschlagen, eingepresst oder kältegeschrumpft eingesetzt wurde, wird der Elektrodenkern, bestehend aus einem der oben genannten Materialien, kältegeschrumpft eingesetzt.

[0059] Auch hier passt sich gemäß Figur 7 der sich auf Raumtemperatur erwärmende Elektrodenkern 11 zwanglos und formschlüssig der inneren Profilgebung der Einsatzbüchse 21 an, selbst wenn diese mit einem Innengewinde, mit Rillen, Vorsprüngen oder Noppen versehen ist. Auf diese Weise wird eine günstige Befestigung des aus Hartstoff bestehenden Elektrodenkerns 10, 11 in der Bohrung 14 erreicht, wobei sich diese Befestigung unter Arbeitstemperatur der Plasmaelektrode noch verbessert.

[0060] Nach einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung ist gemäß Figur 3 vorgesehen, dass ein - wahlweise kältegeschrumpfter oder auch unter Raumtemperatur stehender HfC-Elektrodenkern 11 - in eine ein Übermaß aufweisende Bohrung 14 eingesetzt wird, d. h. es bedarf keiner Einpressung eines entweder unter Raumtemperatur stehenden Elektrodenkerns 11 oder wahlweise eines kältegeschrumpften Elektrodenkerns 10.

[0061] Wichtig hierbei ist, dass das Einsetzen des aus Hartstoff bestehenden Elektrodenkerns 10, 11 in die an Übermaß aufweisende Bohrung 14 leicht und ohne Beschädigung des Elektrodenkerns 10, 11 erfolgen kann.

[0062] Nach dem Einsetzen des Elektrodenkerns 10 oder 11 in die Bohrung 14 wird an die Außenseite der Elektrode, d. h. also in Höhe des Kernhalters 12 ein Verformungswerkzeug 16 angesetzt, welches bevorzugt aus mehreren einander gegenüberliegenden Klemmbacken 17 besteht, die einen Verformungsdruck in den Pfeilrichtungen 18 radial einwärts gerichtet auf die Bohrung 14 ausüben. Dieser Verformungsdruck wird in Pfeilrichtung 19 auf die Bohrung 14 ausgeübt, und zwar möglichst gleichmäßig am Umfang der Bohrung 14 verteilt, so dass sich die Bohrung in Form der in gestrichelten Linien angedeuteten Klemmkurve 20 verformt und der so eingesetzte Elektrodenkern 10, 11 mechanisch festgespannt wird.

[0063] Auch hier wurde bereits schon in der allgemeinen Beschreibungseinleitung darauf hingewiesen, dass die Bohrung 14 nicht notwendigerweise gerade profiliert sein muss. Sie kann als hinterschnittene Bohrung ausgebildet sein, sie kann ein Innengewinde aufweisen und sie kann sich über die Bohrungsinnenwand erstreckende Rillen, Nuten oder Vorsprünge aufweisen, die sich nach einer mechanischen Verformung der Bohrungsinnenwände im Sinne der eingezeichneten Klemmkurve 20 lastübertragend an den Außenumfang des Elektroden-

kerns 10, 11 anlegen, ohne diesen zu zerquetschen oder zu zerbrechen.

[0064] In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist es bei allen oben beschriebenen Ausführungsformen und Materialpaarungen vorgesehen, dass der aus einem glasartigen Hartstoff bestehende Elektrodenkern 3, 10, 11 kältegeschrumpft wird, aber zusätzlich die Elektrode 2 (mit der eingearbeiteten Bohrung 14) einer Wärmebehandlung unterworfen wird, wodurch sich die Bohrung 14 aufweitert. In diesem Fall wird der kältegeschrumpfte Elektrodenkern 3, 10, 11 in die wärmeerweiterte Bohrung 14 der Elektrode 2 mit leichtem Spiel eingesetzt. Unter Raumtemperatur zieht sich dann die Bohrung 14 zusammen, während sich gleichzeitig der kältegeschrumpfte Elektrodenkern ausdehnt.

[0065] Für alle Ausführungsbeispiele gilt, dass die Bohrung 14 nicht zwangsläufig nur als Sackbohrung ausgeführt werden muss. In einer anderen Ausgestaltung kann sie als Durchgangsbohrung ausgebildet sein, was bedeutet, dass das hintere Ende des Elektrodenkerns in den Innenraum der Elektrode 2 hinein reicht und dort von der Kühlflüssigkeit berührt und umspült ist.

Zeichnungslegende

[0066]

- | | | |
|----|----------------------------------|--|
| 1 | Elektrodenkörper | |
| 2 | Elektrode | |
| 3 | Elektrodenkern | |
| 4 | Düse | |
| 5 | Düsenschild (Düsenkappe) | |
| 6 | Isoliergefäß | |
| 7 | flüssiger Stickstoff | |
| 8 | Pfeilrichtung | |
| 9 | Werkzeug | |
| 10 | HfC- Elektrodenkern (gekühlt) | |
| 11 | HfC- Elektrodenkern (aufgewärmt) | |
| 12 | Kernhalter | |
| 13 | Bohrungsgrund | |
| 14 | Bohrung (in 12) | |
| 15 | Pfeilrichtung | |
| 16 | Verformungswerkzeug | |
| 17 | Klemmbacke | |
| 18 | Pfeilrichtung | |
| 19 | Pfeilrichtung | |
| 20 | Klemmkurve | |
| 21 | Einsatzbüchse | |
| 22 | Pfeilrichtung | |

Patentansprüche

1. Plasma-Elektrode (2) für einen Plasma-Lichtbogenbrenner bestehend aus einem Elektrodenkörper (1), an dessen vorderen Ende ein Elektrodenkern (3, 10, 11) in eine Bohrung (14) eingepasst ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Elektrodenkern (10, 11)

aus einem gesinterten Hafniumcarbid oder einem Hafniumborid oder -nitrid oder einer Legierung aus den genannten Materialien besteht, der im kältegeschrumpften Zustand in die Bohrung (14) eingesetzt ist.

2. Plasma-Elektrode (2) für einen Plasma-Lichtbogenbrenner bestehend aus einem Elektrodenkörper (1), an dessen vorderen Ende ein Elektrodenkern (3, 10, 11) in einer Bohrung (14) eingepasst ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Elektrodenkern (10, 11) aus einem gesinterten Hafniumcarbid oder einem Hafniumborid oder -nitrid oder aus einer Legierung aus den genannten Materialien besteht, und in einer als Presspassung ausgebildeten, mechanisch bleibend verformten Bohrung (14) im Kernhalter (12) befestigt ist.

3. Plasma-Elektrode (2) für einen Plasma-Lichtbogenbrenner bestehend aus einem Elektrodenkörper (1), an dessen vorderen Ende ein Elektrodenkern (3, 10, 11) in einer Bohrung (14) eingepasst ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Elektrodenkern (10, 11) aus einem gesinterten Hafniumcarbid oder einem Hafniumborid oder -nitrid oder einer Legierung aus den genannten Materialien besteht, und in einer aus Ag oder Ag-Legierung bestehenden Einsatzbüchse (21) aufgenommen ist, die ihrerseits in der Bohrung (14) des Elektrodenkörpers (1) eingepasst ist.

4. Verfahren zur Montage eines aus Hafniumcarbid (HfC) oder einem aus Hafniumborid oder -nitrid oder aus einer Legierung aus den vorgeannten Materialien bestehenden Elektrodenkerns (3, 10, 11) in einer Bohrung (14) eines Elektrodenkörpers (1), wobei in einem ersten Verfahrensschritt der Elektrodenkern (3, 10, 11) auf die Kälte­temperatur von flüssiger Luft oder flüssigem Sauerstoff oder flüssigen Stickstoff abgekühlt wird und in einem zweiten Verfahrensschritt in gekühltem Zustand in die Bohrung (14) des Elektrodenkörpers eingesetzt wird, wo er sich unter Ausdehnung auf Raumtemperatur erwärmt.

5. Verfahren zur Montage eines aus Hafniumcarbid (HfC) oder Hafniumborid oder -nitrid oder einer Legierung aus den genannten Materialien bestehenden Elektrodenkerns (3, 10, 11) in der Bohrung (14) einer Elektrode (2), wobei in einem ersten Verfahrensschritt der Elektrodenkern (3, 10, 11) in die als Spielpassung für den Durchmesser des Elektrodenkerns (3, 10, 11) dimensionierte Bohrung (14) im Kernhalter (12) der Elektrode (2) eingesetzt wird und in einem zweiten Verfahrensschritt der Kernhalter (12) mit einem Verformungswerkzeug (16) bleibend verformt wird, wobei die Passung zwischen dem Elektrodenkern (3, 10, 11) und der elektrodenseitigen

Bohrung (14) in eine Presspassung übergeht.

6. Verfahren zur Montage eines aus Hafniumcarbid (HfC) oder einem Hafniumborid oder -nitrid oder einer Legierung aus den genannten Materialien bestehenden Elektrodenkerns (3, 10, 11) in der Bohrung (14) einer Elektrode (2), wobei in einem ersten Verfahrensschritt eine Einsatzbüchse (21) kältageschrumpft wird und in diesem Zustand in die Bohrung (14) des Kernhalters (12) eingesetzt wird und sich dann bis auf Raumtemperatur erwärmt und ausdehnt, und dass in einem zweiten Verfahrensschritt der Elektrodenkern (3, 10, 11) auf die Kältetemperatur von flüssiger Luft oder flüssigem Sauerstoff oder flüssigen Stickstoff abgekühlt wird und dass in einem dritten Verfahrensschritt in gekühltem Zustand in die Einsatzbüchse (21) des Kernhalters (12) eingesetzt wird, wo er sich unter Ausdehnung auf Raumtemperatur erwärmt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren zur Montage eines Elektrodenkerns (3, 10, 11) in einer Plasma-Elektrode (2) nach mindestens einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3 verwendet wird.

30

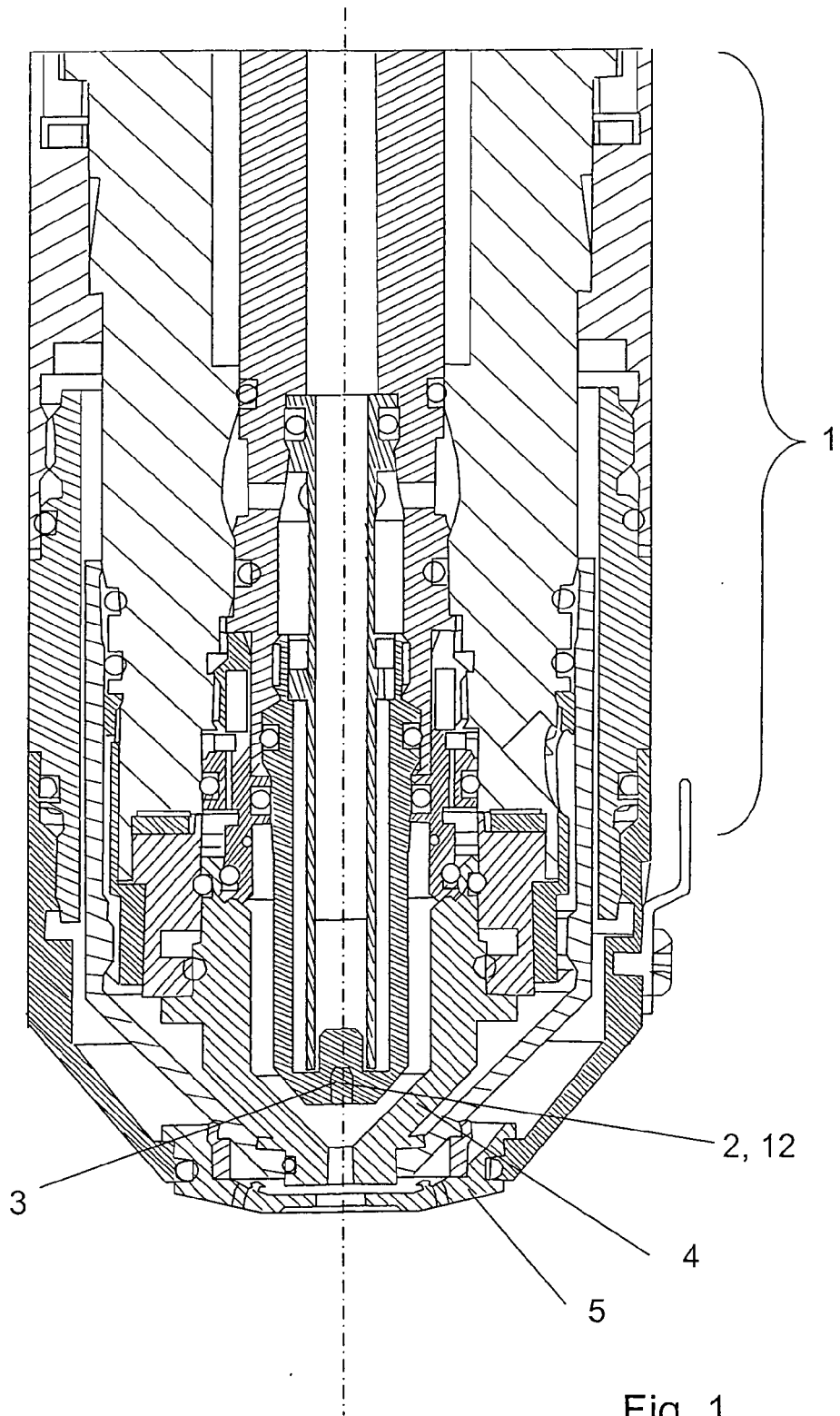
35

40

45

50

55



(Stand der Technik)

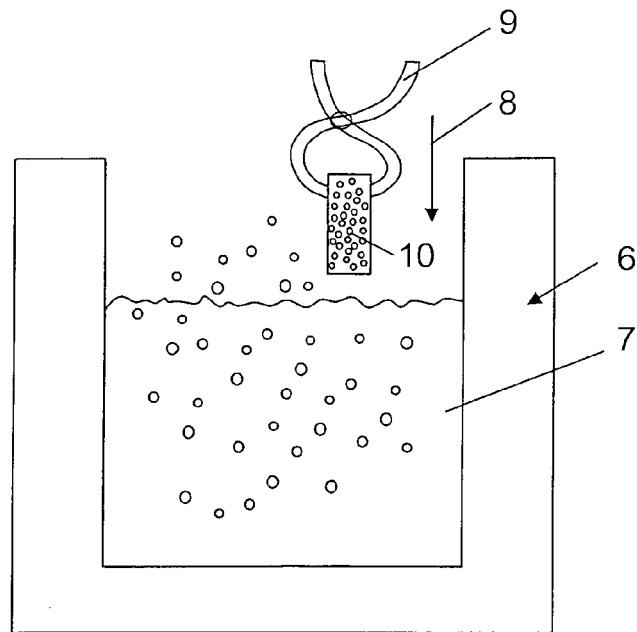


Fig. 2

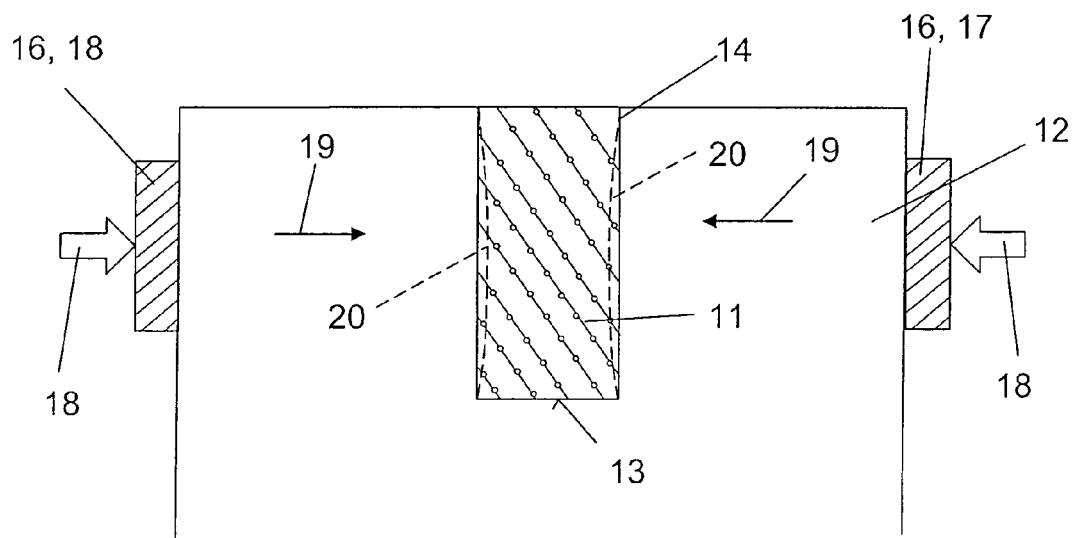


Fig. 3

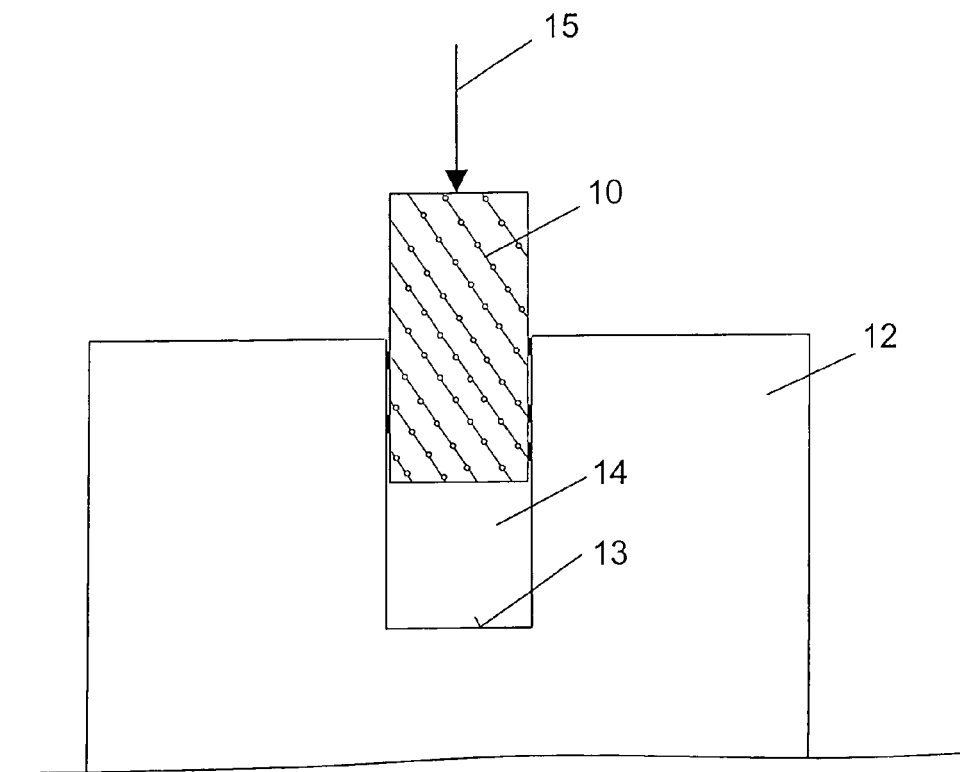


Fig. 4

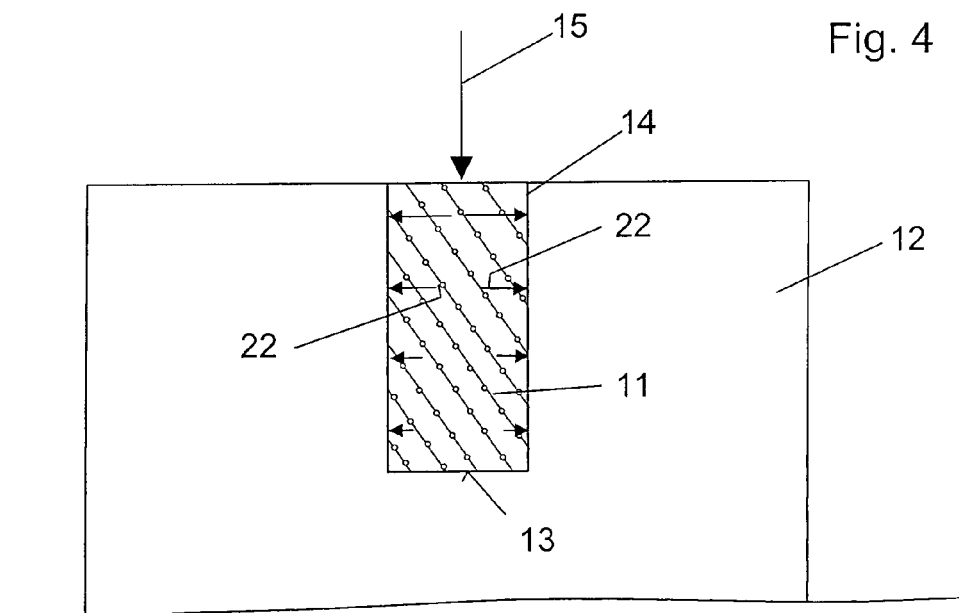


Fig. 5

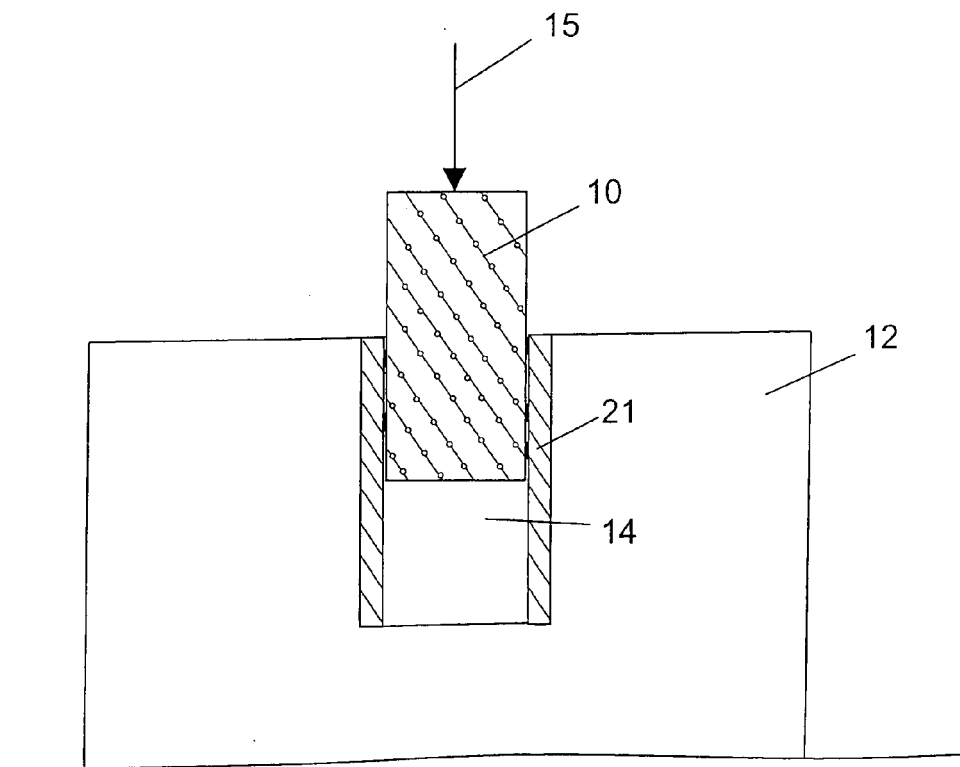


Fig. 6

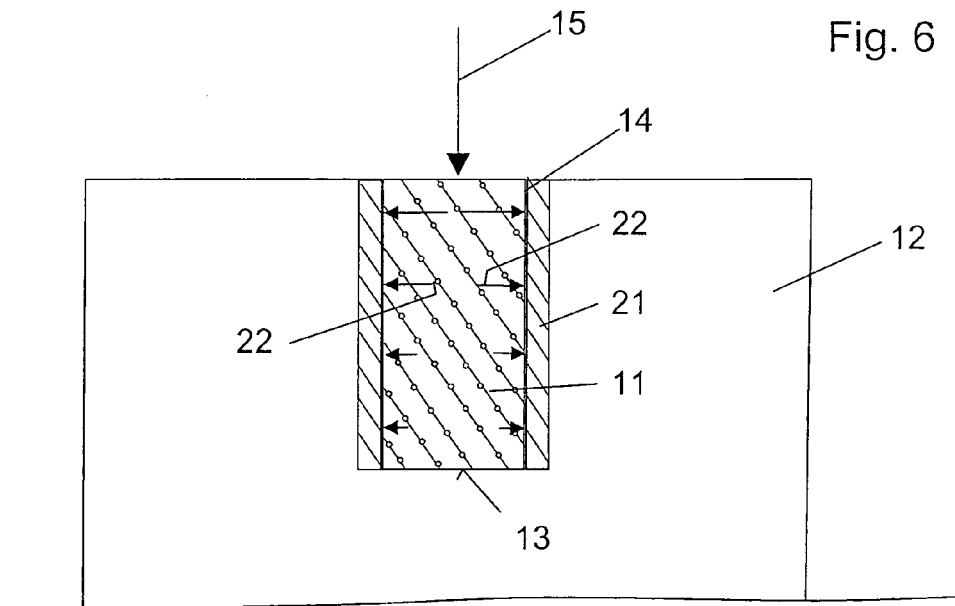


Fig. 7



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 12 00 2020

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 0 648 530 A1 (ATOMIC ENERGY SOUTH AFRICA [ZA]) 19. April 1995 (1995-04-19) * Seite 11, Zeile 35 - Zeile 45 * * Abbildungen 3,24,25 * -----	1-3,7	INV. H05H1/34
A	US 3 352 951 A (SARA RAYMOND V) 14. November 1967 (1967-11-14) * Spalte 1, Zeile 21 - Zeile 42 * -----	1-3	
A	US 6 114 650 A (MARNER ALFRED WILLIAM [US] ET AL) 5. September 2000 (2000-09-05) * Spalte 3, Zeile 40 - Zeile 60 * * Spalte 5, Zeile 48 - Zeile 61 * * Abbildungen * -----	1-6	
A	US 4 766 349 A (JOHANSSON JAN O [SE] ET AL) 23. August 1988 (1988-08-23) * das ganze Dokument * -----	1-3	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H05H
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 27. August 2012	Prüfer Capostagno, Eros
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 5
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 12 00 2020

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

27-08-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0648530	A1	19-04-1995	AU 687091 B2	19-02-1998
			AU 7581194 A	04-05-1995
			BR 9404115 A	27-06-1995
			CA 2118081 A1	15-04-1995
			CN 1108638 A	20-09-1995
			DE 69416073 D1	04-03-1999
			DE 69416073 T2	24-06-1999
			EP 0648530 A1	19-04-1995
			ES 2127355 T3	16-04-1999
			JP 3892490 B2	14-03-2007
			JP 7238041 A	12-09-1995
			PL 305458 A1	18-04-1995
			RU 2154624 C2	20-08-2000
			US 5611896 A	18-03-1997
			ZA 9408100 A	15-04-1996

US 3352951	A	14-11-1967	KEINE	

US 6114650	A	05-09-2000	AT 376346 T	15-11-2007
			CA 2279800 A1	12-02-2000
			DE 69937323 T2	17-07-2008
			DK 0980197 T3	18-02-2008
			EP 0980197 A2	16-02-2000
			JP 3056218 B2	26-06-2000
			JP 2000052042 A	22-02-2000
			KR 20000017283 A	25-03-2000
			TW 426566 B	21-03-2001
			US 6020572 A	01-02-2000
			US 6114650 A	05-09-2000

US 4766349	A	23-08-1988	DE 3618600 A1	11-12-1986
			DK 265286 A	06-12-1986
			FR 2582973 A1	12-12-1986
			GB 2178279 A	04-02-1987
			IT 1190121 B	10-02-1988
			JP 62018000 A	26-01-1987
			SE 452862 B	21-12-1987
			SE 8502765 A	06-12-1986
			US 4766349 A	23-08-1988

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- JP 2011014295 A **[0008]**
- JP 06036890 A **[0010]**
- EP 1765046 B1 **[0011]**
- EP 1633172 A2 **[0050]**
- EP 1765045 B1 **[0050]**