

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 381 126 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

14.01.2004 Patentblatt 2004/03

(51) Int Cl.7: **H01T 4/12**

(21) Anmeldenummer: **03012711.2**

(22) Anmeldetag: **04.06.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK

(30) Priorität: **11.07.2002 DE 10231431**

(71) Anmelder: **DEHN + SÖHNE GMBH + CO KG
D-92318 Neumarkt/Opf (DE)**

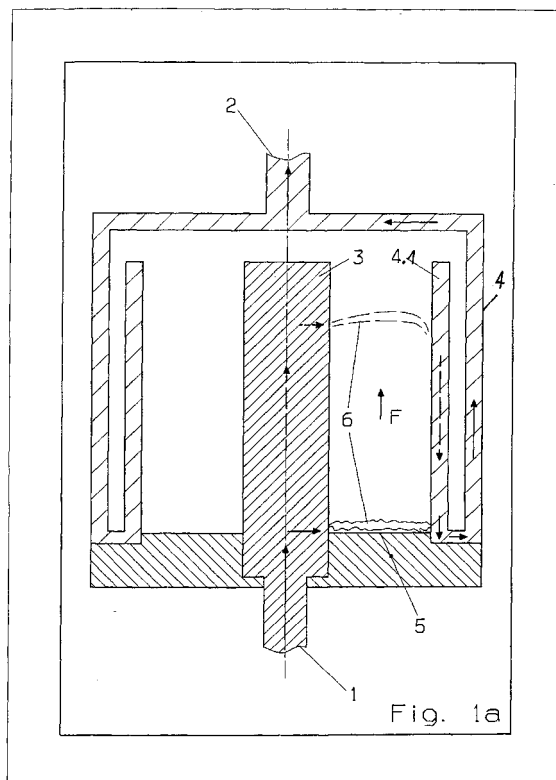
(72) Erfinder:

- Ehrhard, Arnd, Dr.-Ing.
92318 MNeumarkt/Opf. (DE)
- Strangfeld, Uwe, Dipl.-Ing.
90417 Nürnberg (DE)

(74) Vertreter: **Kruspig, Volkmar, Dipl.-Ing. et al
Patentanwälte
Meissner, Bolte & Partner
Postfach 86 06 24
81633 München (DE)**

(54) **Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter mit einer Funkenstrecke**

(57) Die Erfindung betrifft einen gekapselten, druckfesten Überspannungsableiter mit einer Funkenstrecke innerhalb der Kapsel, wobei diese eine rotationssymmetrische, insbesondere Zylinderform aufweist, weiterhin die Funkenstrecke zwei Elektroden und mindestens einen Isolationsabschnitt umfaßt, die Elektroden jeweils mit einer bevorzugt stirnseitig oder gegenüberliegend angeordneten, externen Stromzuführung in Verbindung stehen und die Stromzuführungen mindestens einen Teil der Kapsel bilden. Erfindungsgemäß weist mindestens eine der Elektroden eine Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr oder zur Stromrichtungsänderung innerhalb der Kapsel auf oder es ist mindestens eine der Elektroden stromrichtungsumkehrend oder -ändernd ausgebildet.



EP 1 381 126 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen gekapselten, druckfesten Überspannungsableiter mit einer Funkenstrecke innerhalb der Kapsel, wobei diese eine rotationssymmetrische, insbesondere Zylinderform aufweist, weiterhin die Funkenstrecke zwei Elektroden und mindestens einen Isolationsabschnitt umfaßt, die Elektroden jeweils mit einer bevorzugt stirnseitig oder gegenüberliegend angeordneten, externen Stromzuführung in Verbindung stehen und die Stromzuführung mindestens einen Teil der Kapsel bildet, gemäß Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Bekanntermaßen entstehen bei gekapselten Überspannungsableitern im Niederspannungsbereich, insbesondere bei hohen Blitzstoßströmen, innerhalb der Ableiter sehr hohe dynamische Drücke. Weiterhin wirken bei derartigen Belastungen große dynamische Kräfte infolge der hohen Stromstärken von bis zu 100 kA.

Diese beiden Belastungsarten stellen extrem hohe Anforderungen an die mechanische Festigkeit der Ableiter.

[0003] Hinsichtlich der geforderten Stabilität und üblicher Ableitergeometrien empfiehlt sich ein zylindrischer, im allgemeinen rotationssymmetrischer Aufbau, bei welchem der Anschluß der beiden Hauptelektroden im Regelfall an den Stirnseiten des Zylinders erfolgt.

[0004] Derartige Ausführungsformen, wie sie beispielsweise in der DE 196 04 947 C1, DE 198 17 063 A1, DE 198 18 674 A1 und der DE 196 15 521 A1 gezeigt sind, haben sich in der Praxis bewährt.

[0005] Nachteilig bei den vorbekannten Anordnungen ist jedoch, daß der beim Ansprechen des Ableiters entstehende Lichtbogen zum Verharren neigt. Demnach können auch lang andauernde Lichtbögen, wie z.B. Folgestrom-Lichtbögen, nicht durch äußere Einflüsse, wie beispielsweise Stromkräfte, thermodynamische Kräfte bzw. Strömungen zu einer zielgerichteten Bewegung und somit zum Weglaufen vom Zündort gezwungen werden. Die Folge hiervon ist eine zu starke Aufheizung der Elektroden und der unmittelbaren Elektroden-Umgebung, so daß die Gleit- und Isolationsstrecken geschädigt werden und zudem ein erhöhter Elektrodenabbrand auftritt. Weiterhin steigt die Wahrscheinlichkeit einer unerwünschten Wiederezündung.

[0006] Zum Vermeiden von Wiederezündungen bzw. von Beschädigungen der Isolationsstrecke eignet sich eine räumliche und zeitliche Funktionstrennung zwischen Zünd- und Löschbereich des Lichtbogens bei Folgestrom-Belastungen. Bei Belastungen der Funkenstrecke mit Stoßströmen ist eine solche Funktionstrennung nicht möglich, da der Lichtbogen infolge seiner zu geringen Geschwindigkeit kaum vom Zündbereich oder von der Zündstelle fortbewegt werden kann.

[0007] Bei Stoßströmen kann der Energieumsatz daher nur durch eine Begrenzung der Lichtbogenspannung, z.B. durch geringe Abstände, geringe Drücke und ähnliches beeinflusst werden. Der mögliche netzfrem-

de Folgestrom ist jedoch von dem thermisch stark belasteten Zündbereich schnell fortzubewegen, um dessen Wiederverfestigung zu gewährleisten.

[0008] Die DE 100 08 766 A1 offenbart einen gekapselten Ableiter mit Funkenhörnern, bei dem eine Funktionstrennung, wie oben erwähnt, zur Vermeidung der genannten Nachteile beschrieben wird. Zur Bewegung des Folgestrom-Lichtbogens erfolgt ein Ausnutzen der Wirkung der Lorentzkraft, wodurch sich der Lichtbogen nach seiner Zündung vom Entstehungsort infolge der auf ihn wirkenden Stromkräfte wegbewegt. Bei einer solchen Lösung ist es jedoch notwendig, die beiden Hauptelektroden an einer Stirnseite isoliert in das Ableitergehäuse einzubringen. Neben der Einschränkung der konstruktiven Anschluß- und Gestaltungsmöglichkeiten eines solchen Ableiters reduziert dies auch die insbesondere für gekapselte Ableiter notwendige Druckfestigkeit. Darüber hinaus besteht aufgrund der isolierten Durchführung der Anschlüsse der Hauptelektroden auf nur einer Seite des Ableiters eine erhöhte Gefährdung durch einen äußeren Überschlag.

[0009] Aus dem Vorgenannten ist es daher Aufgabe der Erfindung, einen weiterentwickelten gekapselten, druckfesten Überspannungsableiter mit einer Funkenstrecke innerhalb der Kapsel anzugeben, der Hauptelektroden-Anschlüsse aufweist, die jeweils bevorzugt von einer Stirnseite zuführbar sind und bei dem in besonders vorteilhafter Weise die an sich bekannte Wirkung der Lorentzkraft auf den gezündeten Lichtbogen ausgenutzt wird, um den Lichtbogen von der Entstehungsstelle fortzubewegen und in eine Löschstellung zu überführen.

[0010] Die Lösung der Aufgabe der Erfindung erfolgt mit einem Überspannungsableiter gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1, wobei die Unteransprüche mindestens zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen umfassen.

[0011] Der Grundgedanke der Erfindung besteht demgemäß darin, daß innerhalb eines Überspannungsableiters dafür Sorge getragen wird, daß die Stromflußrichtung vor der Isolationsstrecke oder dem Zündbereich mindestens um 90°, bevorzugt um 180° geändert wird.

[0012] Bei einem zylindrischen Körper des Überspannungsableiters ist die Funkenstrecke so ausgebildet, daß die Bewegungsrichtung des Lichtbogens parallel zur Zylinderachse erfolgt, wobei der Lichtbogen senkrecht zur Zylinderachse zündet. Die Stromzuführung erfolgt innerhalb der Funkenstrecke bis auf den Umlenkungsbereich parallel zur Zylinderachse.

[0013] Durch die beschriebene interne Stromrichtungsumkehr innerhalb einer bevorzugt zylindrischen Funkenstrecken-Anordnung mit stirnseitigen axialen Stromzuführungen kann einerseits die hohe Druckfestigkeit und die hohe Festigkeit gegenüber dynamischen Stromkräften einer solchen Anordnung bei gleichzeitiger Verringerung der Isolationsstrecken-Belastung infolge der schnellen, von der Isolationsstrecke

weg gerichteten Bewegung des Lichtbogens genutzt werden. Andererseits kann durch die Bewegung des Lichtbogens und die thermische Entlastung der Zündstelle der Elektrodenverschleiß reduziert werden. Letzteres wirkt sich wiederum positiv auf die Reproduzierbarkeit der Ansprechspannung der Funkenstrecke und auf das Wiederzündverhalten der Funkenstrecke bei Folgestrom-Belastungen aus. Durch die Stromzuführung der Hauptelektroden an nur jeweils einer der Stirnseiten kann die Gefahr eines äußeren Überschlags, selbst bei starker Verschmutzung oder feuchter Umgebung, gering gehalten werden.

[0014] Die gewünschte Umkehr der Stromflußrichtung erfolgt durch eine Einrichtung zur Stromrichtungs-umkehr oder Stromrichtungsänderung innerhalb der Kapsel des Überspannungsableiters oder eine stromrichtungs-umkehrende oder stromrichtungs-ändernde Ausbildung mindestens einer der Hauptelektroden.

[0015] Bei einer ersten Ausführungsform wird von einer stabförmigen Innenelektrode mit einer im wesentlichen rotationssymmetrischen Außenelektroden-Anordnung ausgegangen, wobei die Außenelektrode zur Innenelektrode diese beabstandet und umgebend ausgebildet ist.

Die Innenelektrode weist einen axialen Verlauf auf und die Außenelektrode besitzt an ihrer Innenseite die Einrichtung zur Stromrichtungs-umkehr, welche als leitfähiger ringförmiger Körper, Gitter oder Hohlzylinder ausgebildet ist. Dieser leitfähige ringförmige Körper, das Gitter oder der Hohlzylinder ist mit der Außenelektrode nur am stromzuführungsseitig entfernten Ende elektrisch kontaktiert, wobei der Lichtbogen nach Zündung im Ableitfall im wesentlichen senkrecht zur Achse der Innenelektrode brennt und sich parallel zu dieser Achse von der Zündstelle weg bewegt. Der leitfähige ringförmige Körper, welcher nunmehr die Funktion der Gegenelektrode übernimmt, ist dabei von der Außenelektrode beabstandet. Dieser Abstand kann gleichverlaufend, aber auch von der Zündstelle ausgehend variabel gewählt sein.

[0016] Bei einer zweiten Ausführungsform der Erfindung ist eine stabförmige Innenelektrode von einer im wesentlichen rotationssymmetrischen Außenelektrode beabstandet umgeben, wobei die Innenelektrode einen axialen Verlauf aufweist und die Innenelektrode die Einrichtung zur Stromrichtungs-umkehr umfaßt.

Diese Einrichtung ist wiederum als leitfähiger, ringförmiger Körper, Gitter oder Hohlzylinder ausgebildet, der mit der Innenelektrode nur am stromzuführungsseitig abgewandten Ende kontaktiert ist. Auch hier befindet sich der Ring in einem radialen Abstand zur Innenelektrode.

[0017] Die Außenelektrode kann bei einer wesentlichen Ausführungsform der Erfindung eine Topfform aufweisen, wobei der offene Teil des Topfes den Isolationsabschnitt aufnimmt, welcher die Innenelektrode trägt. Zur Triggerung bzw. zum Steuern des Zündverhaltens kann über den Isolationsabschnitt eine Hilfselektrode eingebracht werden.

[0018] Eine ergänzende Ausgestaltung bezüglich der

Anordnung der Hilfselektrode ist derartig realisiert, daß am offenen Teil des Topfes der Außenelektrode ein umlaufender Isolationsrand mit nachgeordneter Hilfselektrode befindlich ist. Diese Hilfselektrode springt bezogen auf den Isolationsrand radial zurück. Die Hilfselektrode kann ringförmig, d.h. rotationssymmetrisch gestaltet werden. Alternativ sind ein oder mehrere stiftförmige Hilfselektroden, radial nach innen gerichtet, im Sinne der Erfindung liegend.

[0019] Weiterhin ausgestaltend wird wiederum von einer Außenelektrode in Topfform ausgegangen, wobei bevorzugt im stromzuführungsseitig entfernten Ende eine gegen die Hauptelektrode isolierte Hilfselektrode mit separater Stromzuführung innerhalb des Topfes vorgesehen ist. Diese Hilfselektrode kann als Stiftelektrode ausgeführt werden.

[0020] Bei einer Variante mit Aufteilung des Lichtbogens zur Vervielfachung der Sofortverfestigung ist zwischen Innen- oder Außenelektrode und der jeweiligen Einrichtung zur Stromrichtungs-umkehr eine axial verlaufende Hülse aus einem abbrandfesten Material angeordnet, welche über einen hochohmigen Bereich als Einsatzstück im Isolationsabschnitt mit der Innen- oder Außenelektrode elektrisch verbunden ist.

[0021] Die erwähnte Hülse kann aus einem ferromagnetischen Material bestehen. Alternativ ist die Hülse als Trennwand ausgebildet und besteht aus einem Widerstandsmaterial, metallisierten leitfähigen Polymeren oder aus Materialien mit nichtlinearem Strom-/Spannungsverhalten.

[0022] Die Einrichtung zur Aufteilung des Lichtbogens kann auch in Lichtbogen-Bewegungsrichtung von der Zündstelle beabstandet, d.h. nicht bis zur Zündstelle herunterreichend ausgeführt werden.

[0023] Die Hülse für die Aufteilung des Lichtbogens besitzt bevorzugt an ihrem zur Zündstelle gerichteten Ende Einlaufschlitze oder Einlauföffnungen. Zur Unterstützung der Lorentzkraftwirkung auf den Lichtbogen kann die Hülse aus einem ferromagnetischen Material bestehen.

[0024] Der Abstand zwischen Innen- und Außenelektrode in Lichtbogen-Bewegungsrichtung kann konstant, aber auch kontinuierlich oder diskontinuierlich vergrößert sein.

[0025] Die Elektroden und/oder die Einrichtungen zur Stromrichtungs-umkehr weisen bei einer Ausführungsform an ihren zur Lichtbogen-Brennseite gerichteten Oberflächen mindestens abschnittsweise Ansatzstrukturen zur Beschleunigung der Laufbewegung des Lichtbogens auf. Diese Ansatzstrukturen können Rillen, Vor- und Rücksprünge in Laufrichtung über den gesamten Umfang der Elektrode oder ähnliche Strukturen sein. Auch besteht die Möglichkeit, Materialien mit einer inneren Strukturierung, z.B. einer Faserstruktur oder ein orientiertes Verbundmaterial einzusetzen.

[0026] Zwischen der Innen- oder Außenelektrode und der jeweiligen Einrichtung zur Stromrichtungs-umkehr können insbesondere Wände eingebracht werden, wel-

che in Lichtbogen-Laufrichtung orientierte Kammern bilden. Diese Kammerwände bestehen bevorzugt aus einem gasabgebenden Isolationsmaterial. Die Kammerwände wiederum umfassen Durchbrechungen oder Schlitze.

[0027] Mit Hilfe der Kammern ist eine beschleunigte Bewegung des Lichtbogens bei gleichzeitiger verbesserter Kühlung erreichbar. Eine derartige Anordnung führt zu quasi mehreren parallelen Funkenstrecken innerhalb ein und desselben Ableiters. Zum Druckausgleich und zur Erzeugung gewünschter paralleler Lichtbögen, insbesondere bei großen Stoßströmen, sind die Wände wie vorerwähnt quer zur Laufrichtung durchbrochen oder weisen Schlitze auf.

[0028] Die Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr kann eine sogenannte aufgeteilte Elektrode sein, die sich vom stromzuführungsfernen Ende als Stab, Scheibe oder Wand zur gegenüberliegenden Elektrode erstreckt bzw. richtet und dann im wesentlichen parallel zur Längsachse dieser gegenüberliegenden Elektrode verläuft.

[0029] Eine ergänzende Ausführungsform der Erfindung geht von zwei Hauptelektroden aus, die im wesentlichen gegenüberliegend und rotationssymmetrisch ausgebildet sind. Die jeweilige stirnseitige Stromzuführung ist im wesentlichen axial und im Zentrum der jeweiligen Hauptelektrode befindlich. Die Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr ist radial außen an der jeweiligen Hauptelektrode angeschlossen und verläuft dann zunächst axial in Richtung zur gegenüberliegenden Elektrode und dann abgewinkelt in Richtung zur Längsachse der Anordnung.

Eine derartige Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr kann als leitfähiger Finger, aber auch als Kreisring oder Kreisringsegment ausgeführt werden.

[0030] Die Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr in Kreisringform oder in Kreisringsegmentform weist zwischen dem Kreisring oder dem Kreissegment und der jeweiligen Hauptelektrode mindestens einen leitfähigen Verbindungssteg im radialen Außenbereich auf. Auch besteht die Möglichkeit, mehrere, benachbarte Kreissegmente vorzusehen, welche jeweils einen elektrischen Verbindungssteg zur radialen Außenseite der jeweiligen Hauptelektrode besitzen.

[0031] Die zueinander weisenden Oberflächen der Einrichtungen zur Stromrichtungsumkehr besitzen von radial außen nach radial innen einen sich vergrößernden Abstand zum Zwecke des sicheren Verlöschens des Lichtbogens.

[0032] Die vorstehend erläuterte Ausführungsform ist ebenso zur Aufnahme einer Zünd- oder Triggerhilfselektrode geeignet. Eine solche Hilfselektrode ist bevorzugt radial außenseitig zwischen den Einrichtungen zur Stromrichtungsumkehr angeordnet.

[0033] Im freien, zentrischen Mittelpunktbereich besitzt diese Ausführungsform eines Überspannungsableiters in axialer Richtung verlaufend Prallbleche zur Aufteilung des Lichtbogens oder mindestens eine Licht-

bogen-Kühleinrichtung.

[0034] Die Erfindung soll nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen sowie unter Zuhilfenahme von Figuren näher erläutert werden.

[0035] Hierbei zeigen:

Fig. 1a, 1b eine erste Ausführungsform der Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr innerhalb eines Überspannungsableiters;

Fig. 2a bis 2c verschiedene Ausführungsformen der Anordnung von Hilfs- oder Triggerelektroden bei einem Überspannungsableiter mit Einrichtungen zur Stromrichtungsumkehr;

Fig. 3 eine Ausführungsform eines Überspannungsableiters mit Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr und Mitteln zur Aufteilung des Lichtbogens;

Fig. 4 eine Darstellung ähnlich Fig. 3, jedoch mit einer Einrichtung zur Aufteilung des Lichtbogens, die entfernt von der Lichtbogen-Zündstelle angeordnet ist;

Fig. 5 eine Schnittdarstellung eines Überspannungsableiters mit zwischen Innenelektrode und Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr angeordneter Trennwand;

Fig. 5 Querschnitt 1: eine Darstellung eines Schnitts entlang der Schlitze oder Durchbrechungen;

Fig. 5 Querschnitt 2: eine Darstellung entlang der in Fig. 5 (Gesamtansicht) gezeigten Schnittlinie;

Fig. 6 eine prinzipielle Darstellung einer Ausführungsform eines Überspannungsableiters mit einer Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr als aufgeteilter Elektrode im Längsschnitt bzw. im Querschnitt;

Fig. 7a bis 7c verschiedene Ausführungsformen von Querschnitten prinzipiell möglicher Elektrodenanordnungen;

Fig. 8 eine Ausführungsform des Überspannungsableiters mit Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr ausgehend von der topfförmigen Außenelektrode, wobei der Außenanschluß seitlich erfolgt, und

Fig. 9

eine Schnittdarstellung durch einen Überspannungsableiter mit im wesentlichen rotationssymmetrischen, gegenüberliegenden Hauptelektroden und einer im Inneren vorgesehenen jeweiligen Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr, die radial außen an der jeweiligen Hauptelektrode angeschlossen ist und dann axial in Richtung zur gegenüberliegenden Elektrode und abgewinkelt zur Längsachse der Anordnung verläuft.

[0036] Bei den Überspannungsableitern der nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele wird von einer Grundanordnung ausgegangen, die jeweils zwei Elektroden, gegebenenfalls mit Hilfselektrode aufweist.

[0037] Die Außenelektrode 4 nach Fig. 1a besitzt eine Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr 4.1. Die Form der Außenelektrode 4 ist topfförmig gewählt und es ist ein im stirnseitigen Bereich ausgebildeter äußerer Ableiteranschluß 2 vorhanden.

[0038] Die Innenelektrode 3 ist direkt mit dem weiteren äußeren Ableiteranschluß 1 verbunden.

[0039] Die Zündung der Funkenstrecke erfolgt zwischen den Elektroden 3 und 4 bzw. der Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr 4.1 und entlang der Isolationsstrecke 5. Der sich ausbildende Lichtbogen 6 wird infolge der auf ihn wirkenden Lorentzkraft F von der Zündstelle im unteren Bereich weggedrückt und in der gezeigten Darstellung nach Fig. 1a, b nach oben fortbewegt.

[0040] Gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1b ist hier die Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr 3.1 ausgehend von der Innenelektrode 3 realisiert. Der Verlauf der Stromrichtungsumkehr ist mit den Pfeildarstellungen symbolisiert.

[0041] In den Fig. 1a und 1b wird deutlich, daß die Einrichtungen zur Stromrichtungsumkehr 3.1 und 4.1 jeweils einen Abstand in radialer Richtung, entweder betrachtet von der Innenelektrode 3 oder von der Außenelektrode 4, die einen Teil der Kapselung darstellen kann, besitzen.

[0042] Eine Ausgestaltung der Lösung gemäß Ausführungsbeispiel nach Fig. 1a mit Hilfselektrode 7 zeigt die Schnittdarstellung nach Fig. 2a. Die dortige Hilfselektrode 7 ist über den Isolationsabschnitt 5 in den Zündbereich der Anordnung hineingeführt.

[0043] Alternativ kann die Hilfselektrode 7, wie in der Fig. 2b dargestellt, auch isoliert zur Hauptelektrode 4 mit Hilfe eines Isolationsrands oder Isolationsstreifens 13 als umlaufender Ring eingebracht werden.

[0044] Fig. 2c wiederum offenbart eine Darstellung mit Ausführung einer Hilfselektrode 7 im Randbereich hin zur offenen Seite der topfförmigen Elektrode 4, und zwar als Stiftelektrode, die gegenüber der Elektrode 4 isoliert ist.

[0045] Bei der Lösung nach Fig. 2b ist, wie ausge-

führt, die Hilfselektrode 7 isoliert und axial der Hauptelektrode 4 nachgeordnet, wobei der Zündfunke der Triggerung beim Überschlag der Isolation 13 die gegenüberliegende Haupt- bzw. Innenelektrode 3 nahezu berührt, wodurch geringe Triggervverzugszeiten realisierbar sind. Die Hilfselektrode kann bei den Ausführungsformen nach Fig. 2a und 2b rotationssymmetrisch, z.B. als Ring ausgeführt werden. In Fig. 2c ist eine Variante gezeigt, bei welcher z.B. aus Platzgründen oder aber auch zur Realisierung eines minimalen Hauptelektroden-Abstands, die Hilfselektrode 7 isoliert durch die Hauptelektrode 4 geführt ist, wobei hier eine stiftförmige Ausführung der Hilfselektrode bevorzugt ist.

[0046] An Funkenstrecken für Netzanwendungen werden wegen der hohen Tragfähigkeit von Stoßströmen auch hohe Anforderungen hinsichtlich des Verhaltens bei Netzfolgeströmen gestellt. So sollen Netzfolgeströme von bis zu mehreren Kiloampere sicher gelöscht und begrenzt werden.

Eine wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Folgestromlöschung ist eine schnelle Wiederverfestigung der Schaltstrecke nach dem natürlichen Stromnulldurchgang bei Wechselspannung. Im Niederspannungsbereich ist im allgemeinen eine sogenannte Sofortverfestigung ausreichend. Bei dem Einsatz von Materialien mit geringem Abbrand, wie sie bei Funkenstrecken üblich sind, sinkt die Sofortverfestigung jedoch mit der Zunahme des Folgestroms stark ab. Es sind daher insbesondere bei sehr leistungsfähigen Funkenstrecken zusätzliche Maßnahmen zur Erhöhung der Wiederverfestigung notwendig. Auch ist dann, wenn der Folgestrom begrenzt werden soll, eine Erhöhung der Lichtbogenspannung bis in den Bereich der Netzspannung notwendig.

[0047] Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei welchem zur Verbesserung der Wiederverfestigungsspannung die Aufteilung des Lichtbogens zum Zweck der Verdoppelung der Sofortverfestigung unmittelbar bei seiner Zündung zwischen den beiden Hauptelektroden erfolgt. Zur Vereinfachung der Darstellung erfolgt die Aufteilung hier nur in zwei Teillichtbögen, wobei eine darüber hinausgehende Aufteilung möglich ist.

[0048] Die Isolationsstrecke 5 wird bei diesem Ausführungsbeispiel zur Realisierung der Ansprechspannung genutzt. Die Strecke oder der Abschnitt 8 besteht aus einem elektrisch leitendem Material, z.B. POM, welches jedoch so hochohmig ist, daß es vom Lichtbogen überschlagen werden muß. Die Kammerwand 9 besteht bevorzugt aus einem abbrandfesten Material.

[0049] Auch bei dieser Ausführungsform kann eine Hilfselektrode zur Triggerung vorgesehen sein, die beispielsweise analog der Darstellung nach Fig. 2a durch die Isolationsstrecke 5 geführt wird.

[0050] Zur Verbesserung der Lichtbogen-Bewegung können die eingesetzten abbrandfesten Metallwände auch aus einem ferromagnetischen Material bestehen. Soll neben der gewünschten Wiederverfestigung des Lichtbogens vor allem auch der Spannungsabfall erhöht

werden, können die Wände aus einem Widerstandsmaterial, aus metallisierten leitfähigen Polymeren, aber auch aus Materialien mit nichtlinearem Strom/Spannungsverhalten, z.B. Kaltoder Heißeiter, gefertigt werden.

[0051] Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform, bei welcher die im Niederspannungsbereich übliche Aufteilung des Lichtbogens in Teillichtbögen erst nach einer bestimmten Laufstrecke des Lichtbogens innerhalb der Funkenstrecke des Überspannungsableiters vorgenommen wird. Ein Ring 10 wird hierbei bevorzugt aus ferromagnetischem Material gefertigt und ist mit Einlaufschlitzen 10.1 versehen, wodurch die Aufteilung des Lichtbogens unterstützt wird.

[0052] Zum Erzielen einer Erhöhung der Lichtbogen-spannung, z.B. zur Folgestrombegrenzung, können mehrere Ringe 10 gemäß Fig. 4a aus Löschblechen oder aus Isolationsstoffen vorgesehen sein, wodurch eine Kühlung und damit Verlängerung des Lichtbogens bewirkt wird.

Eine weitere Verlängerung des Lichtbogens außerhalb der Zündstelle kann dadurch erreicht werden, daß der Abstand zwischen den beiden Hauptelektroden 3 und 4 in Laufrichtung des Lichtbogens steigt bzw. vergrößert wird.

[0053] Zur Reduzierung der Belastung an der Überschlagsstelle ist eine schnelle Bewegung des Lichtbogens von der Zündstelle von Vorteil. Neben der Stromrichtungsumkehr kann die Bewegung des Lichtbogens durch weitere Maßnahmen unterstützt werden. Zur Beschleunigung der Laufbewegung des Lichtbogens ist es von Vorteil, dem Lichtbogen innerhalb des rotations-symmetrischen Gehäuses an den Elektroden bevorzugte Ansatzbereiche anzubieten. Dies kann durch einfache Rillen in Laufrichtung über den gesamten Umfang der Elektroden erfolgen. Auch können Materialien mit einer inneren Strukturierung, wie z.B. Faserstruktur, Knetlegierung oder ein orientiertes Verbundmaterial, zum Einsatz kommen.

[0054] Eine beschleunigte Bewegung des Lichtbogens bei gleichzeitiger Kühlung wird erreicht, wenn z.B. zwischen rotationsymmetrischen Elektroden mit Hilfe von bevorzugt gasenden Isolationsmaterialien mehrere spaltenförmige Kammern in Laufrichtung gebildet werden. Bei einer solchen Anordnung entstehen praktisch mehrere parallele, quasi Funkenstrecken innerhalb des Ableiters.

[0055] Zum Druckausgleich und zur Erzeugung von parallelen Lichtbögen, insbesondere bei großen Stoßströmen, können die in den Fig. 5 gezeigten Wände 11 quer zur Laufrichtung Durchbrechungen 11.1 besitzen.

[0056] Während bei kleinen Stoß- und Folgeströmen jeweils nur eine der gebildeten Kammern vom Lichtbogen genutzt wird, können insbesondere bei hohen Stoßströmen die parallelen Funkenstrecken gezündet werden, wodurch gerade bei diesen hohen Druck- und Strombelastungen eine gleichmäßige Belastung inner-

halb des gesamten Ableiters erreicht wird. Zu den Ausführungsformen mit Isolationsstegen sei auf die Figuren 5 verwiesen.

[0057] Eine weitere Möglichkeit zur Beschleunigung der Laufbewegung ist die vollständige oder teilweise Hinterlegung der Hauptelektroden mit ferromagnetischem Material 12 (siehe auch Fig. 5, Querschnitt 2), welches eine Verstärkung der Lorentzkraft bewirkt. Zur Unterstützung der Bewegung des Lichtbogens kann auch die Stirnseite der Funkenstrecke, zu welcher sich der Lichtbogen bewegt, mit ferromagnetischem Material hinterlegt sein. Durch das ferromagnetische Material wird eine Bündelung und Konzentration der Feldlinien erreicht, wodurch eine anziehende Wirkung auf den Lichtbogen gegeben ist.

[0058] Fig. 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei welchem die Hauptelektroden bzw. die Einrichtungen zur Stromrichtungsumkehr nicht rotationssymmetrisch ausgeführt sind. Dies reduziert zum einen den Bedarf an hochwertigem Elektrodenmaterial und die Einzelelektroden haben eine Reduzierung des Abbrands bei Folgestrombelastung zur Folge.

[0059] Fig. 6 - Querschnittsdarstellung - zeigt vier Einrichtungen zur Stromrichtungsumkehr, quasi als Einzelelektroden 14.

[0060] Hier können nahezu beliebig viele Einzelelektroden 14 aus einer bzw. auch aus beiden Hauptelektroden gebildet werden, wodurch, wie vorerwähnt, der Abbrand bei Folgestrombelastung auf die einzelnen Elektroden verteilt ist.

[0061] Bei Belastungen mit Stoßströmen hingegen können mit oder ohne Unterteilung durch Trennwände alle Teilelektroden 14 aktiviert und damit genutzt werden. Aufgrund der Strombündelung in den Teilelektroden 14 wird das Magnetfeld im Vergleich zu rotations-symmetrischen Elektroden deutlich verstärkt, wodurch die Bewegung des Lichtbogens von der Überschlagsstelle weg beschleunigt werden kann. Um diese Wirkung weiter zu unterstützen, kann auch die innere Elektrode 3 über eine Kontur verfügen, aus einzelnen Teilelektroden bestehen oder aber als Hohlelektrode ausgeführt werden.

[0062] Die Einteilung in einzelne Lichtbogenkammern kann bei einer derartigen Gestaltung zudem leichter erfolgen und des weiteren sind größere Freiheitsgrade und Gestaltungsmöglichkeiten zur Einbringung von Hilfelektroden, von ferromagnetischem Material oder aber von gasabgebenden Isolationsmaterialien möglich. Die Fig. 7a bis 7c zeigen einige beispielhafte Querschnitte von prinzipiell möglichen Elektrodenanordnungen. Zur Begrenzung der Lichtbogenwanderung kann grundsätzlich oberhalb der beiden Hauptelektroden, d.h. am Ende des Lichtbogen-Laufwegs, eine Prallplatte vorgesehen sein.

[0063] Fig. 8 zeigt eine Ausführungsform des Überspannungsableiters mit Einrichtungen zur Stromrichtungsumkehr ausgehend von der Außenelektrode 4, bei welcher eine Hauptelektrode direkt über den äußeren

Mantel der Funkenstrecke angeschlossen wird. In dieser Ausführungsform braucht nur ein Anschluß isoliert durch die Stirnseite geführt zu werden, wodurch sich insbesondere bei Funkenstrecken ohne Hilfselektrode eine Kostenreduktion bei der Fertigung einstellt.

[0064] Bei der Ausführungsform gemäß Beispiel nach Fig. 9 erfolgt die Stromzuführung zu den Hauptelektroden jeweils axial von den Stirnseiten 100, 20. Innerhalb der beiden gezeigten Elektroden wird, mit der Pfeildarstellung symbolisiert, der Strom zunächst radial nach außen geführt. Im äußeren Bereich ist eine Hilfselektrode 70 zur Triggerung vorhanden. Der in diesem Bereich gezündete Lichtbogen 60 bewegt sich aufgrund der Stromkräfte in Richtung der zentralen Achse.

Die stromrichtungsumkehrend ausgebildeten Elektroden 30 und 40 werden beispielsweise gemäß den Fig. 5 bis 7 als Finger oder Spiralelektrode ausgestaltet oder besitzen eine Kreisring- oder Kreissegmentform.

Eine solche Ausführungsform hat mehrere Vorteile. Bei netzfrequenten Folgeströmen wird die magnetische Belastung des Lichtbogens durch die erhöhte Feldstärke im Fußpunktbereich verstärkt, wodurch eine beschleunigte Bewegung des Lichtbogens erreichbar ist. Bei großen Impulsbelastungen besitzen die benachbarten Finger das gleiche Potential und es kann sich der Lichtbogen auf mehrere der Finger aufteilen, wodurch der Abbrand deutlich reduziert werden kann.

[0065] Im zentralen Bereich der Funkenstrecke nach Fig. 9 können Prallbleche 80 zur Aufteilung des Lichtbogens, aber auch Anordnungen zur Kühlung des Lichtbogens z.B. nach Fig. 4 Verwendung finden. Ebenfalls können massive Abbrandelektroden, wie in Fig. 2 dargestellt, eingebracht werden, auf welche der Lichtbogen übergeben werden kann. Des weiteren sind entsprechend der Ausführungsbeispiele nach den Fig. 3 und 7 Lichtbogen-Abbrandringe oder ähnliche Anordnungen einsetzbar, auf denen sich der Lichtbogen beträchtlich bewegt, wodurch der Abbrand reduziert werden kann.

[0066] Wie dargelegt, ist die Elektrodenausführung nach Fig. 9 so gewählt, daß diese eine Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr bilden, welche radial außen an der jeweiligen Hauptelektrode angeschlossen ist, dann axial in Richtung zur gegenüberliegenden Elektrode sowie abgewinkelt zur Längsachse der Anordnung verläuft.

[0067] Allen vorstehend geschilderten Ausführungsbeispielen, die den Grundgedanken der Erfindung nicht einschränken, ist gemein, daß innerhalb eines Überspannungsableiters die Stromflußrichtung vor der Isolationsstrecke bzw. im Zündbereich um mindestens 90°, jedoch vorteilhafter um 180° geändert wird. Auf diese Weise ergibt sich eine optimierte Wirkung der Lorentzkraft auf den gezündeten Lichtbogen. Die Bewegungsrichtung des Lichtbogens erfolgt parallel zur Längs- bzw. Zylinderachse, wobei der Lichtbogen senkrecht zu vorerwähnten Achse zündet. Durch diese Stromrichtungsumkehr ergibt sich eine reduzierte Isolationsstrecken-Belastung infolge der schnellen, von der Isolations-

strecke weg gerichteten Bewegung des Lichtbogens.

Bezugszeichenliste

5	[0068]	
1, 2	äußere Ableiteranschlüsse	
3	Innenelektrode	
3.1	Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr an der Innenelektrode	10
4	Außenelektrode	
4.1	Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr an der Außenelektrode	
5	Isolationsstrecke	
15	Lichtbogen	
F	Lorentzkraft	
7	Hilfselektrode	
8	Abschnitt	
9	Kammer	
20	Ring	
10.1	Einlaßschlitze	
11	Wände	
11.1	Durchbrechungen in den Wänden	
12	ferromagnetisches Material	
25	13 Isolationsrand	
14	Einzelelektroden	
20, 100	axiale, stirnseitige Stromzuführung	
30, 40	stromrichtungsumkehrend ausgebildete Elektroden	
30	60 Lichtbogen	
70	Hilfselektrode	
80	Prallblech	

35 Patentansprüche

1. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter mit einer Funkenstrecke innerhalb der Kapsel, wobei diese eine rotationssymmetrische, insbesondere Zylinderform aufweist, weiterhin die Funkenstrecke zwei Elektroden und mindestens einen Isolationsabschnitt umfaßt, die Elektroden jeweils mit einer bevorzugt stirnseitig oder gegenüberliegend angeordneten, externen Stromzuführung in Verbindung stehen und die Stromzuführungen mindestens einen Teil der Kapsel bilden,
dadurch gekennzeichnet, daß
mindestens eine der Elektroden eine Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr oder zur Stromrichtungsänderung innerhalb der Kapsel aufweist oder stromrichtungsumkehrend oder -ändernd ausgebildet ist.
2. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
eine stabförmige Innenelektrode von einer im wesentlichen rotationssymmetrischen Außenelektro-

de beabstandet umgeben ist, wobei die Innenelektrode einen axialen Verlauf aufweist, die Außenelektrode an ihrer Innenseite die Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr umfaßt, welche als leitfähiger ringförmiger Körper, Gitter oder Hohlzylinder ausgebildet ist, der mit der Außenelektrode nur am stromzuführungsseitig entfernten Ende dieser elektrisch kontaktiert ist, wobei der Lichtbogen nach Zündung im Ableitfall im wesentlichen senkrecht zur Achse der Innenelektrode brennt und sich parallel zu dieser Achse bewegt.

3. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
eine stabförmige Innenelektrode von einer im wesentlichen rotationssymmetrischen Außenelektrode beabstandet umgeben ist, wobei die Innenelektrode einen axialen Verlauf aufweist und die Innenelektrode die Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr umfaßt, welche als leitfähiger, ringförmiger Körper, Gitter oder Hohlzylinder ausgebildet ist, der mit der Innenelektrode nur am stromzuführungsseitig abgewandten Ende dieser kontaktiert ist, wobei der Lichtbogen nach Zündung im Ableitfall im wesentlichen senkrecht zur Innenelektrodenachse brennt und sich parallel zu dieser Achse bewegt.
4. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Außenelektrode eine Topfform aufweist, wobei der offene Teil des Topfes den Isolationsabschnitt aufnimmt, welcher die Innenelektrode trägt, und weiterhin über den Isolationsabschnitt eine Hilfselektrode eingebracht ist.
5. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Außenelektrode eine Topfform aufweist, wobei am offenen Teil des Topfes ein umlaufender Isolationsrand mit nachgeordneter Hilfselektrode befindlich ist.
6. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, daß
der Isolationsrand radial bezogen auf die Hilfselektrode nach innen übersteht.
7. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach einem der Ansprüche 4 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Hilfselektrode rotationssymmetrisch ausgebildet ist.
8. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter

nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Hilfselektrode eine Ringform aufweist.

9. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Außenelektrode eine Topfform aufweist, wobei bevorzugt im stromzuführungsseitig entfernten Ende dieser eine gegen die Hauptelektrode isolierte Hilfselektrode mit separater Stromzuführung vorgesehen ist.
10. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Hilfselektrode als Stiftelektrode ausgebildet ist.
11. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, daß
zur Aufteilung des Lichtbogens zwischen Innen- oder Außenelektrode und der jeweiligen Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr eine axial verlaufende Hülse aus einem abbrandfesten Material angeordnet ist, welche über einen hochohmigen Bereich als Einsatzstück im Isolationsabschnitt mit der Innen- oder Außenelektrode verbunden ist.
12. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Hülse aus einem ferromagnetischen Material besteht.
13. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Hülse als Trennwand ausgebildet ist und aus einem Widerstandsmaterial, metallisiertem leitfähigem Polymer oder aus einem Material mit nichtlinearem Strom-/Spannungsverhalten besteht.
14. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, daß
zur Aufteilung des Lichtbogens zwischen Innen- oder Außenelektrode und der jeweiligen Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr eine axial verlaufende Hülse aus einem abbrandfesten Material angeordnet ist, welche in Lichtbogen-Bewegungsrichtung von der Zündstelle beabstandet ist.
15. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach einem der Ansprüche 11 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Hülse an ihrer zur Zündstelle gerichteten Seite Einlaufschlitze aufweist.

16. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach Anspruch 14 oder 15,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Hülse aus einem ferromagnetischen Material besteht. 5
17. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach einem der Ansprüche 14 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, daß
der Abstand zwischen Innen- und Außenelektrode in Lichtbogen-Bewegungsrichtung kontinuierlich oder diskontinuierlich vergrößert ausgestaltet ist. 10
18. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Elektroden und/oder die Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr an ihren zur Lichtbogen-Brennseite gerichteten Oberflächen mindestens abschnittsweise Ansatzstrukturen zur Beschleunigung der Laufbewegung des Lichtbogens aufweisen. 20
19. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß
zwischen der Innen- oder Außenelektrode und der jeweiligen Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr isolierende Wände eingebracht sind, welche in Lichtbogen-Laufrichtung orientierte Kammern bilden. 30
20. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach Anspruch 19,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Wände der Kammern aus einem gasabgebenden Isolationsmaterial bestehen. 35
21. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach Anspruch 19 oder 20,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Wände Durchbrechungen oder Schlitze aufweisen. 40
22. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Außen- oder Innenelektrode mit ferromagnetischem Material hinterlegt ist/sind. 45
23. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr eine aufgeteilte Elektrode ist, die sich vom stromzuführungsseitig fernen Ende als Stab, Scheibe oder Wand zur gegenüberliegenden Elektrode erstreckt oder richtet und dann im wesentlichen parallel zur 50
- Längsachse dieser gegenüberliegenden Elektrode verläuft.
24. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
die zwei Hauptelektroden im wesentlichen gegenüberliegend und rotationssymmetrisch ausgebildet sind, wobei die jeweilige stirnseitige Stromzuführung im wesentlichen axial angeordnet ist, weiterhin die Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr radial außen an der jeweiligen Hauptelektrode angeschlossen ist, dann axial in Richtung zur gegenüberliegenden Elektrode sowie abgewinkelt zur Längsachse der Anordnung verläuft.
25. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach Anspruch 24,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr mindestens ein leitfähiger Finger ist.
26. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach Anspruch 24,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Einrichtung zur Stromrichtungsumkehr eine Kreisringform oder eine Kreisringsegmentform aufweist, wobei zwischen dem Kreisring oder dem Kreissegment und der jeweiligen Hauptelektrode mindestens ein leitfähiger Verbindungssteg im radialen Außenbereich vorgesehen ist.
27. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach Anspruch 26,
dadurch gekennzeichnet, daß
mehrere benachbarte Kreissegmente vorgesehen sind, welche jeweils einen Verbindungssteg aufweisen.
28. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach einem der Ansprüche 25 bis 27,
dadurch gekennzeichnet, daß
die zueinander weisenden Oberflächen der Einrichtungen zur Stromrichtungsumkehr von radial außen nach radial innen einen sich vergrößernden Abstand besitzen.
29. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach einem der Ansprüche 25 bis 28,
dadurch gekennzeichnet, daß
radial außenseitig zwischen den Einrichtungen zur Stromrichtungsumkehr mindestens eine Zünd- oder Triggerhilfselektrode angeordnet ist.
30. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter nach einem der Ansprüche 26 bis 29,
dadurch gekennzeichnet, daß
im freien zentrischen Mittelpunktbereich, in axialer 55

Richtung verlaufend, Prallbleche zur Aufteilung des Lichtbogens oder mindestens eine Lichtbogen-Kühleinrichtung vorgesehen.

31. Gekapselter, druckfester Überspannungsableiter 5
nach Anspruch 25,
dadurch gekennzeichnet, daß
eine Vielzahl von leitfähigen Fingern umfangsseitig
verteilt, von radial außen nach radial innen rei-
chend, angeordnet sind. 10

15

20

25

30

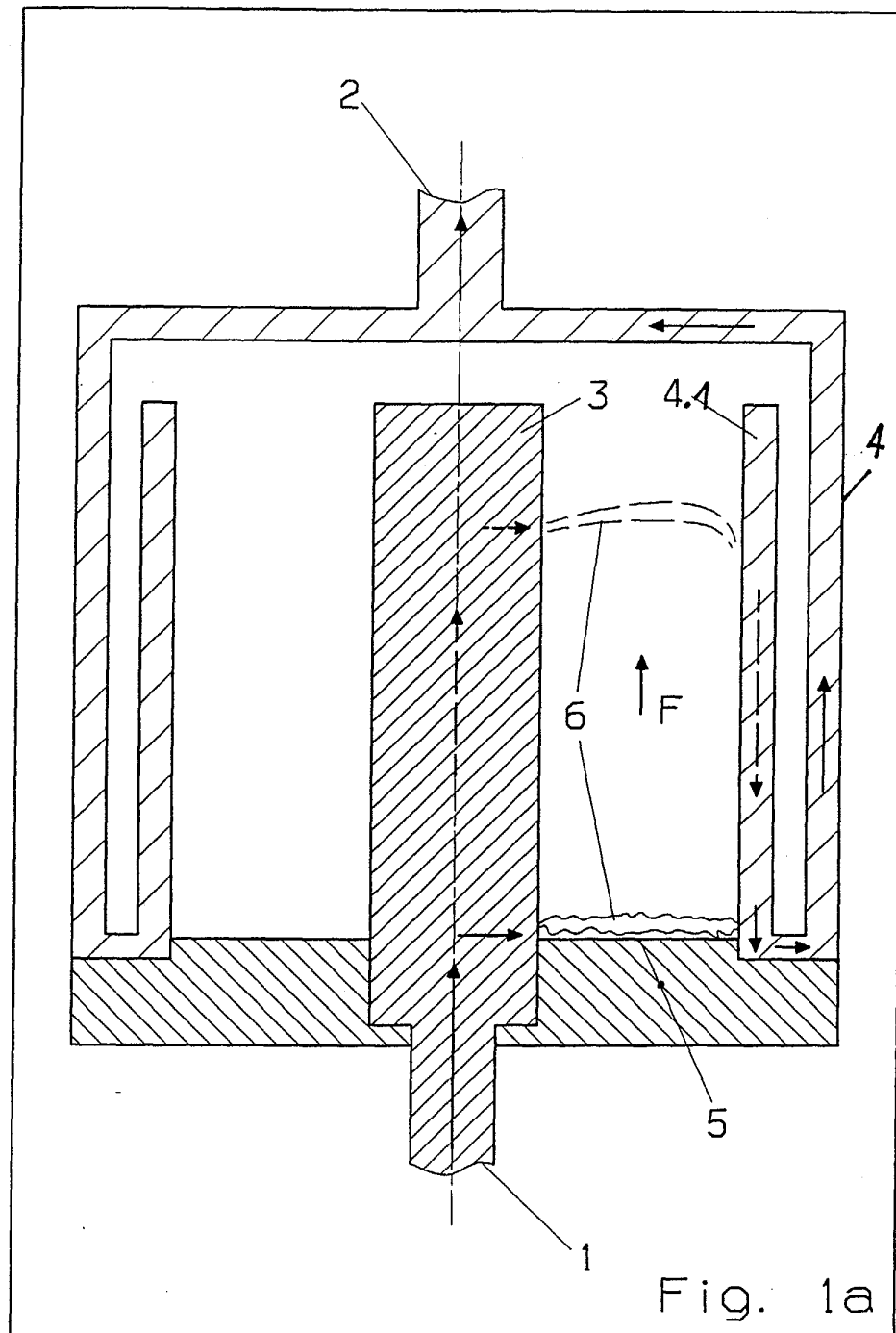
35

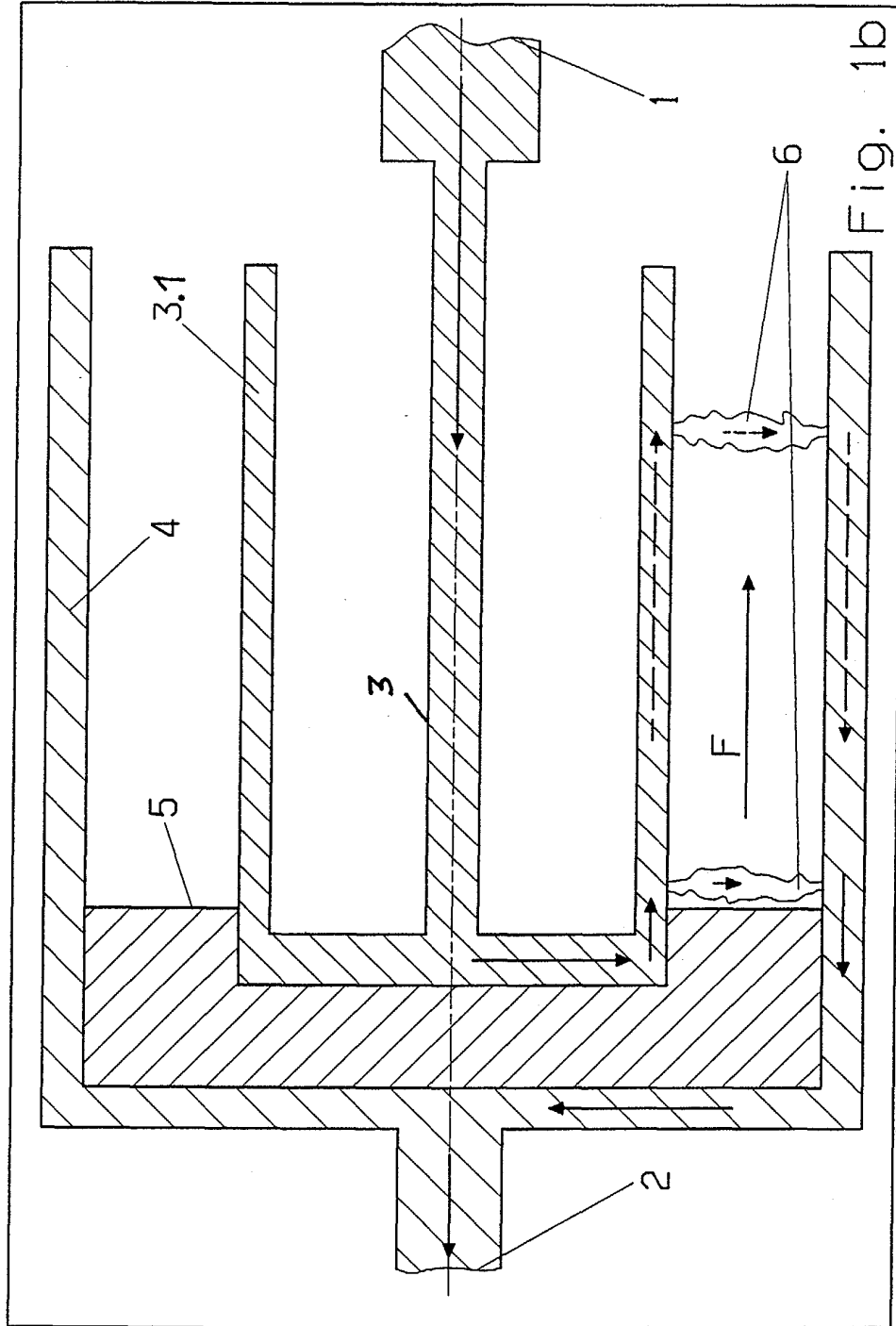
40

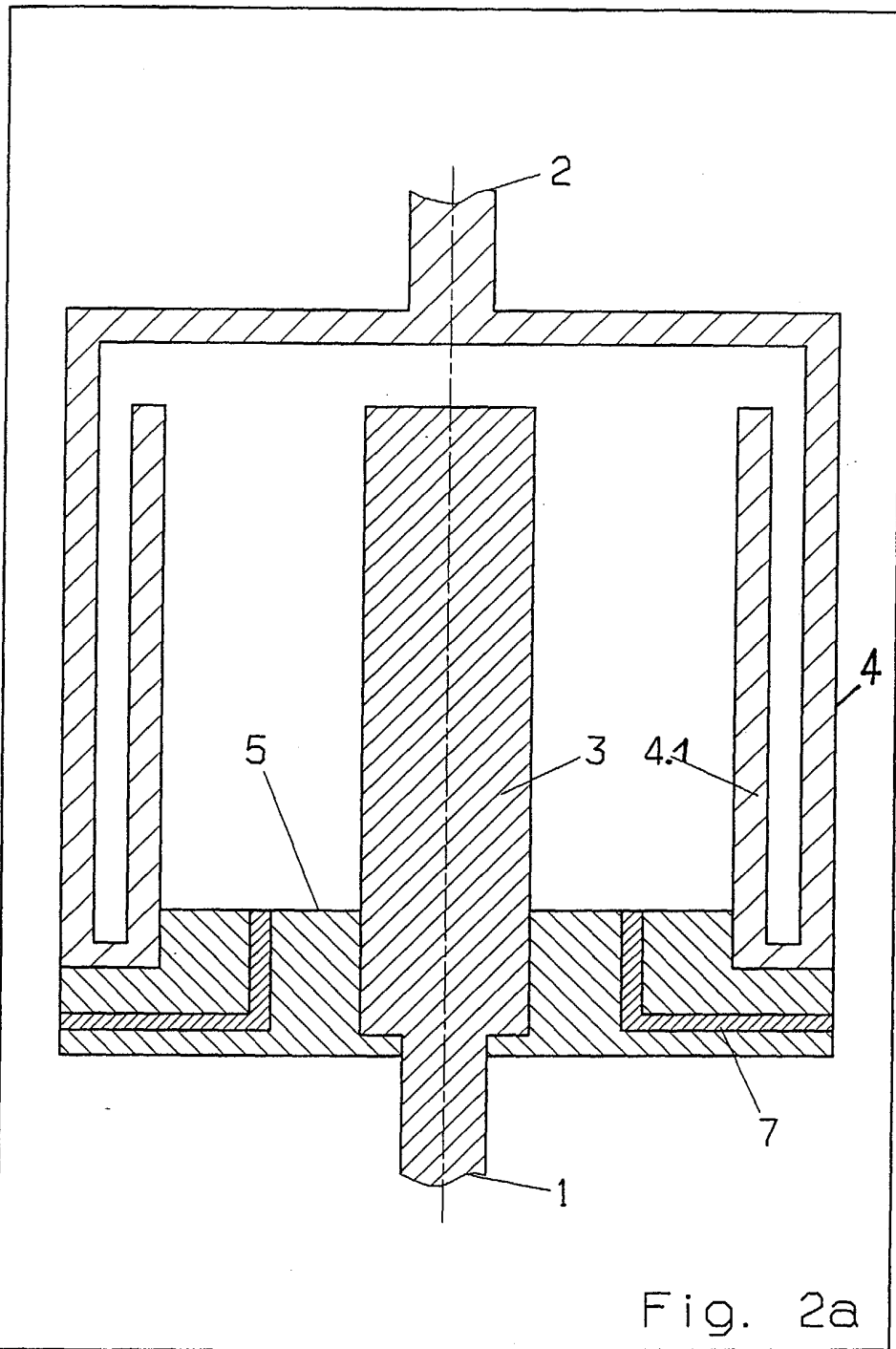
45

50

55







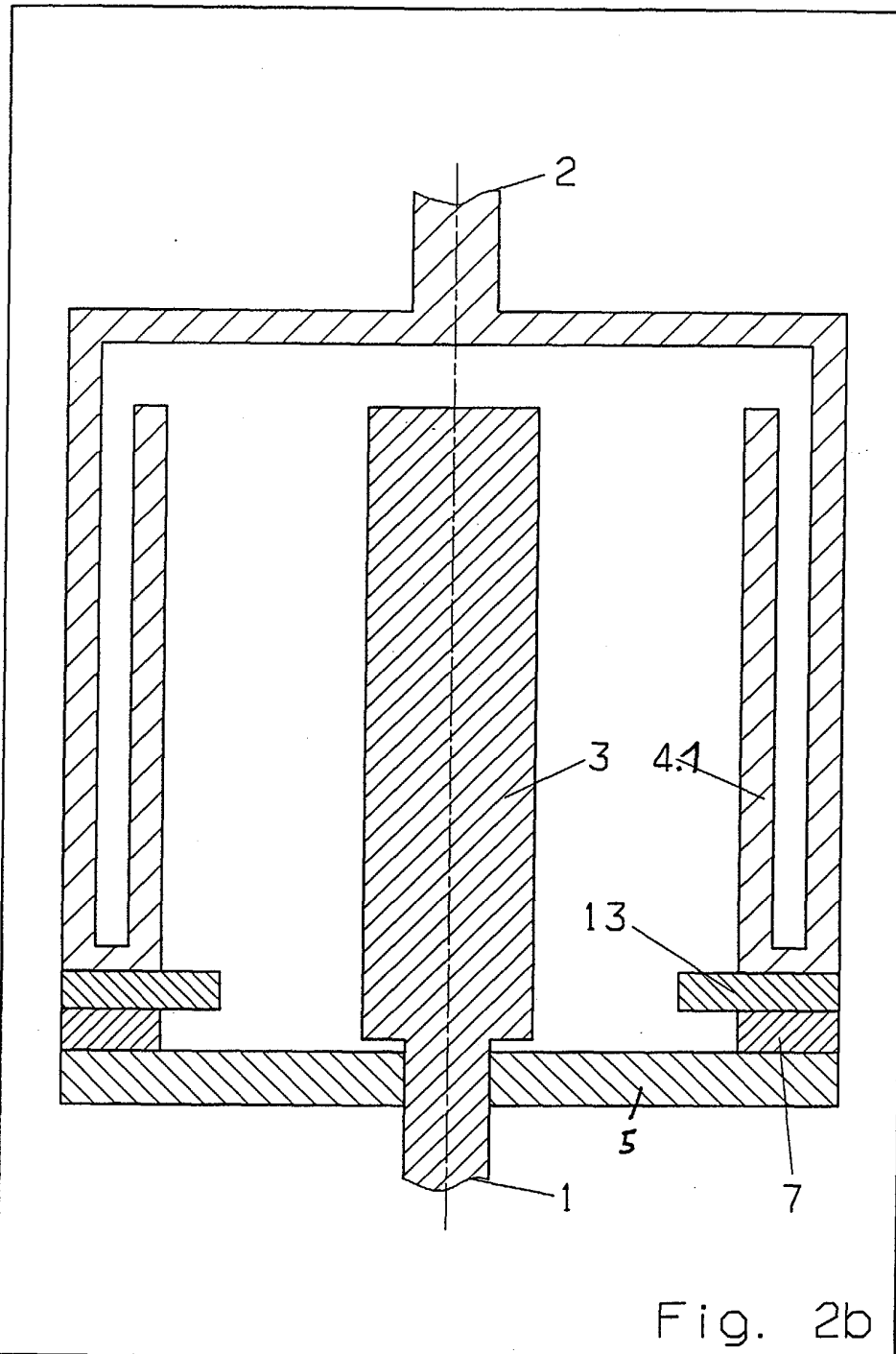
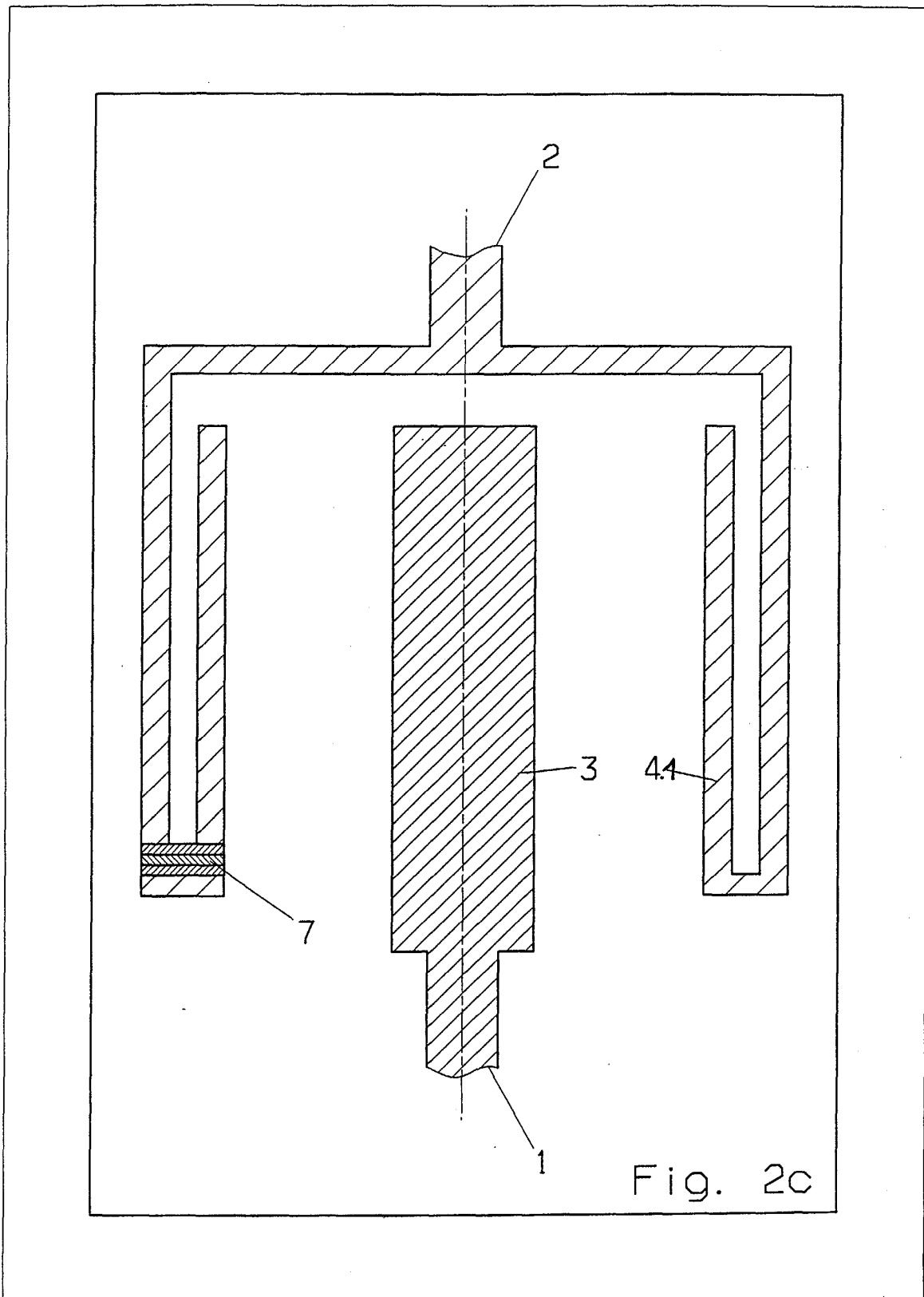
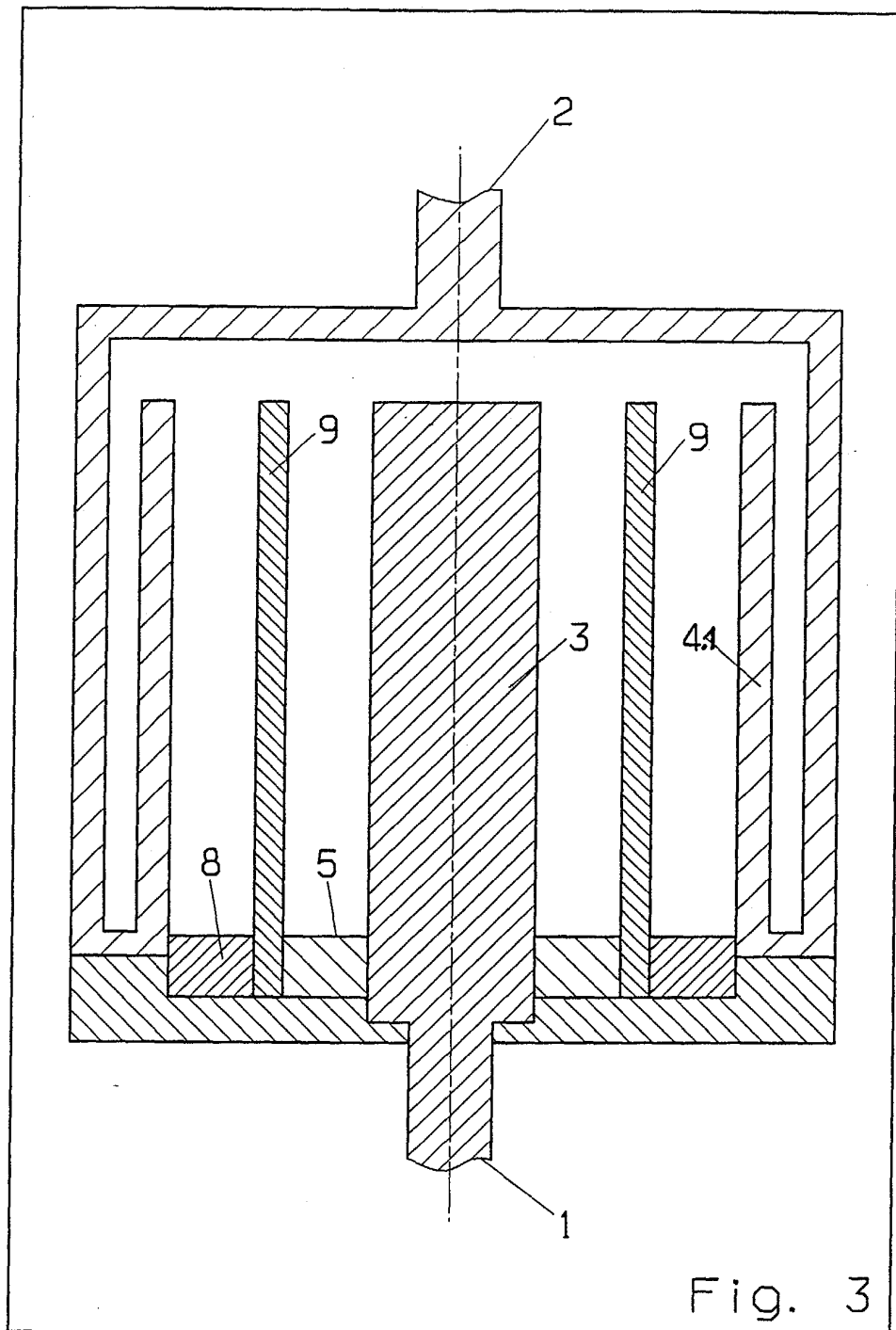
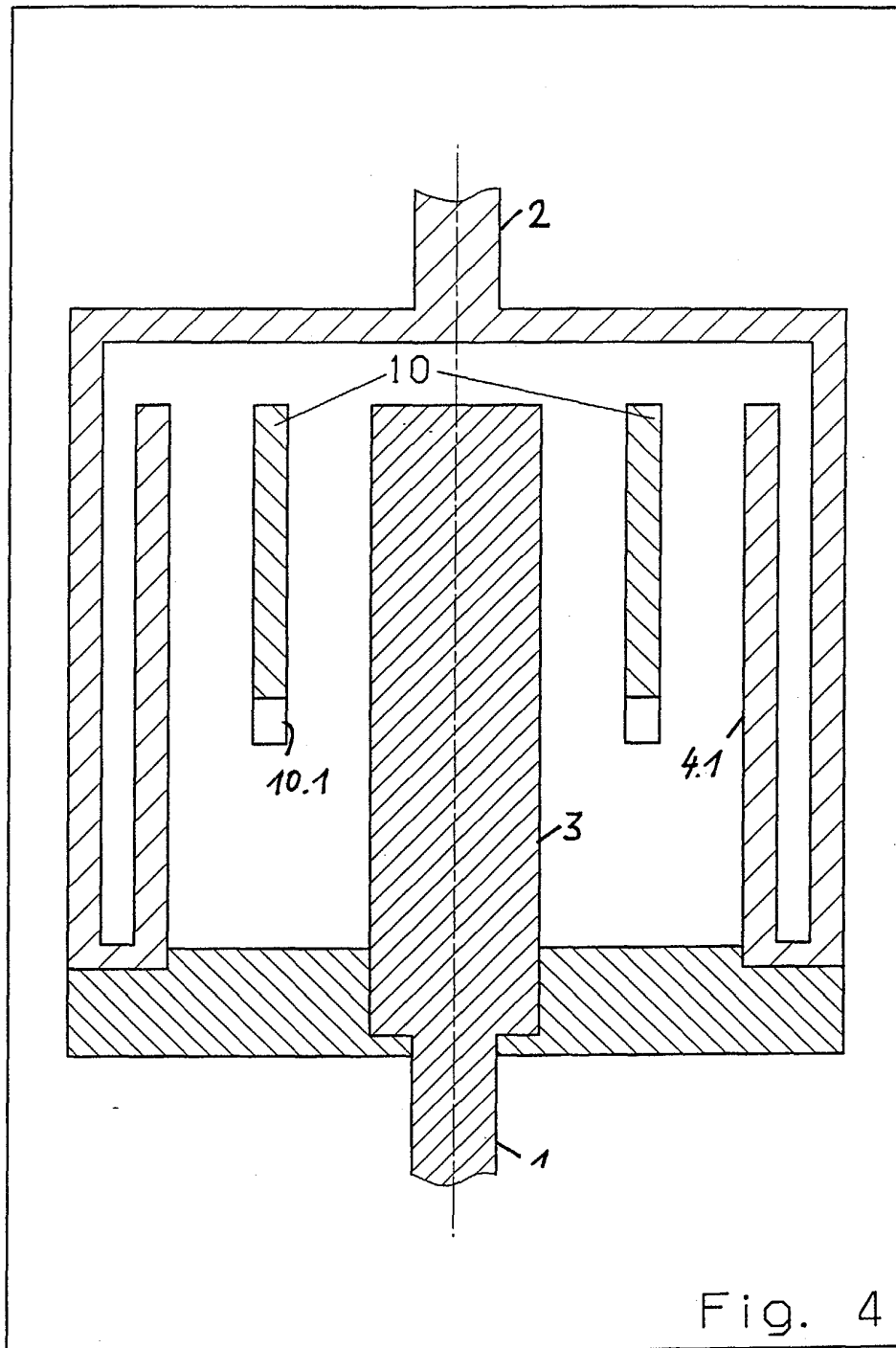
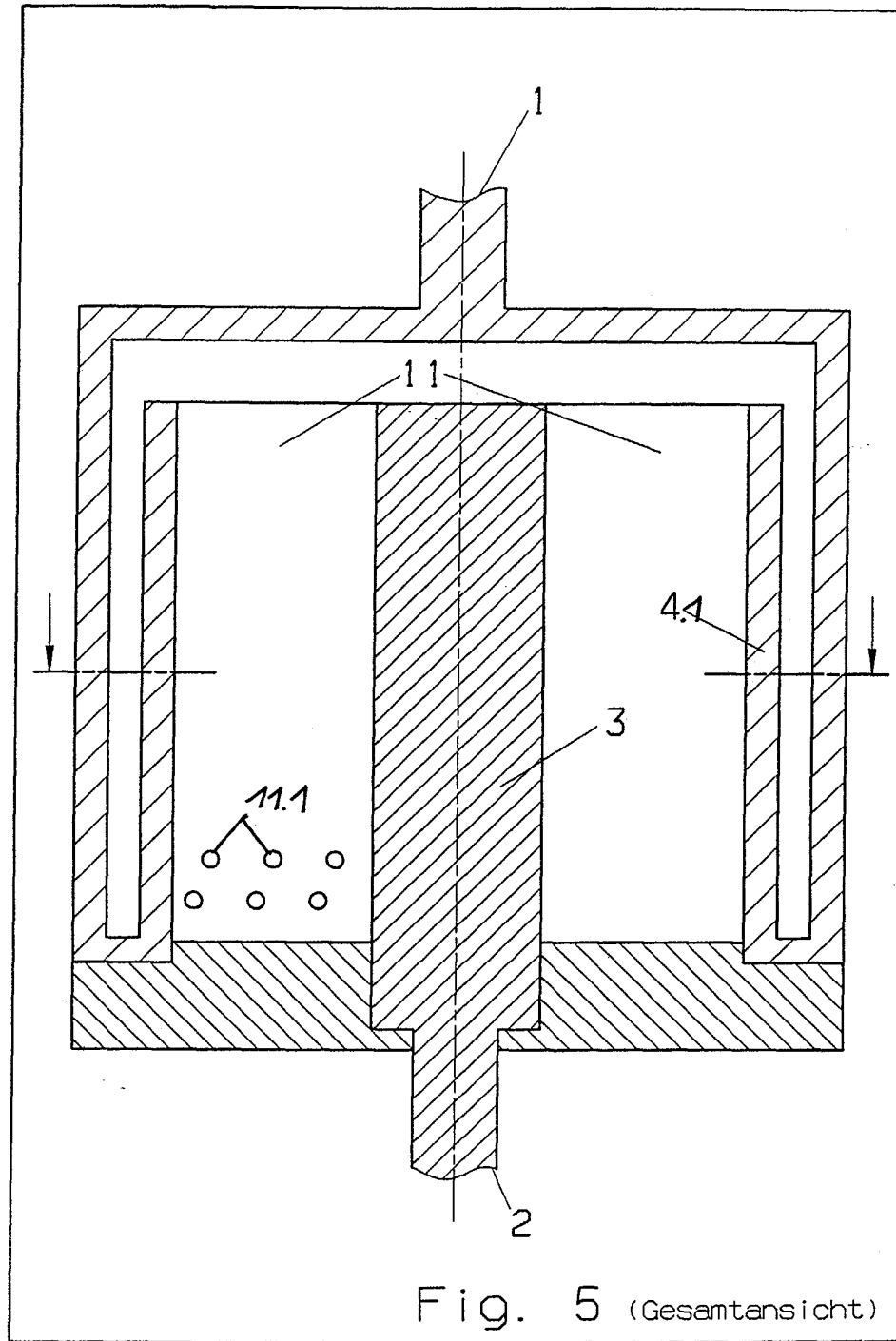


Fig. 2b









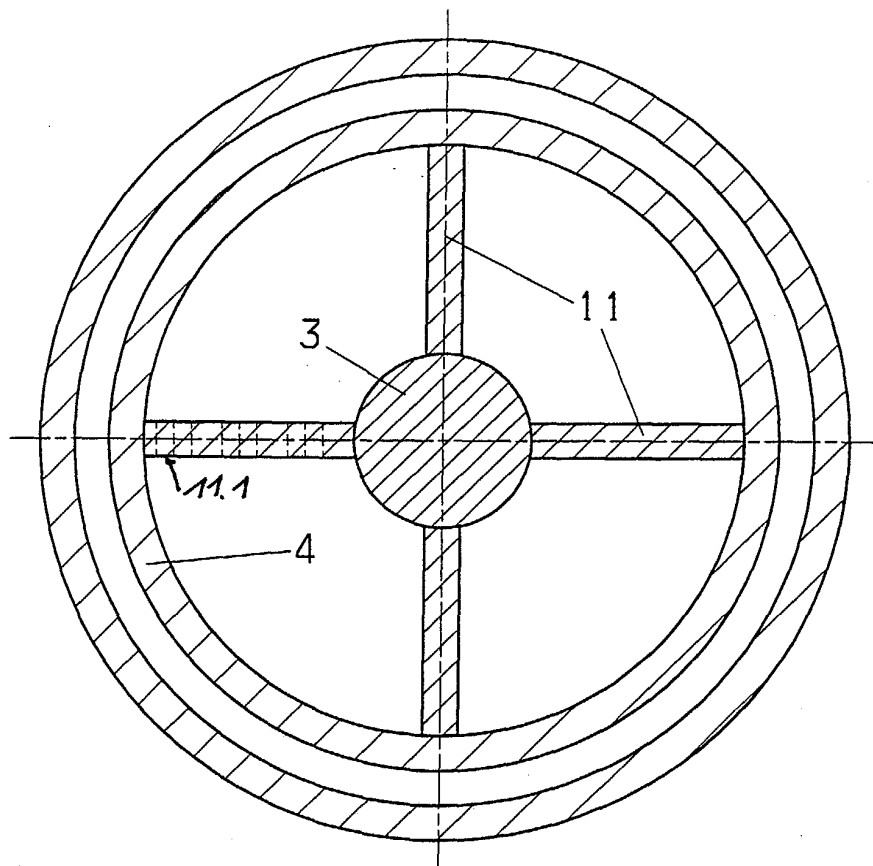


Fig. 5 (Querschnitt 1)

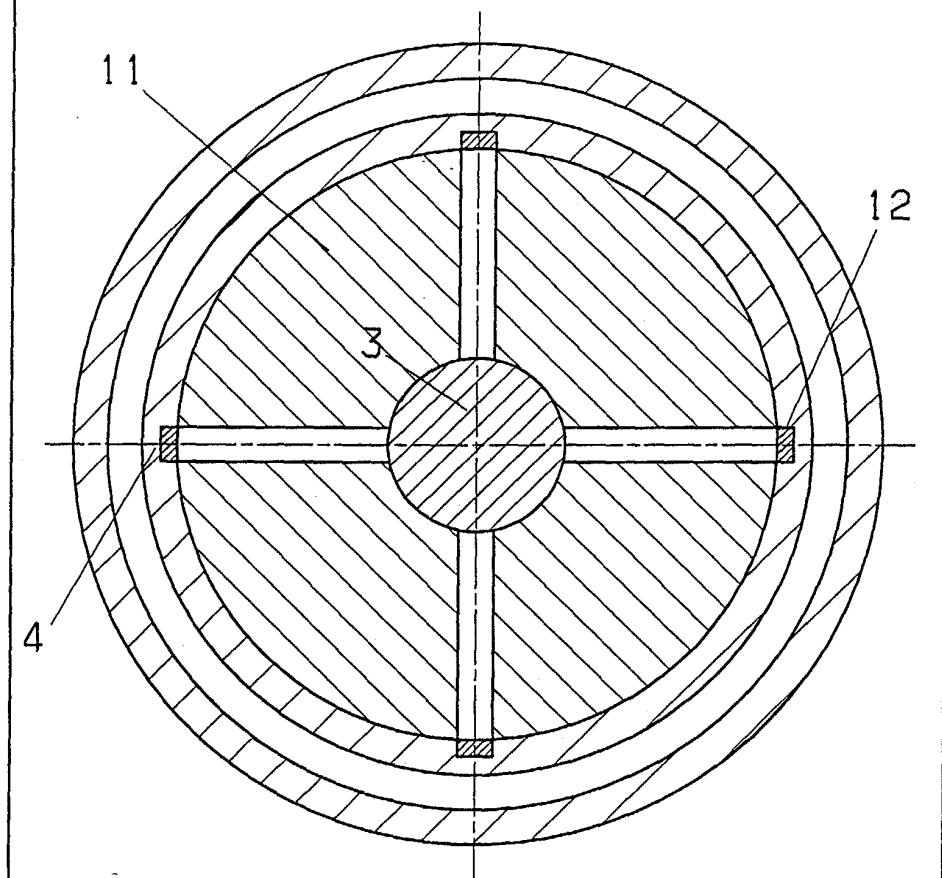
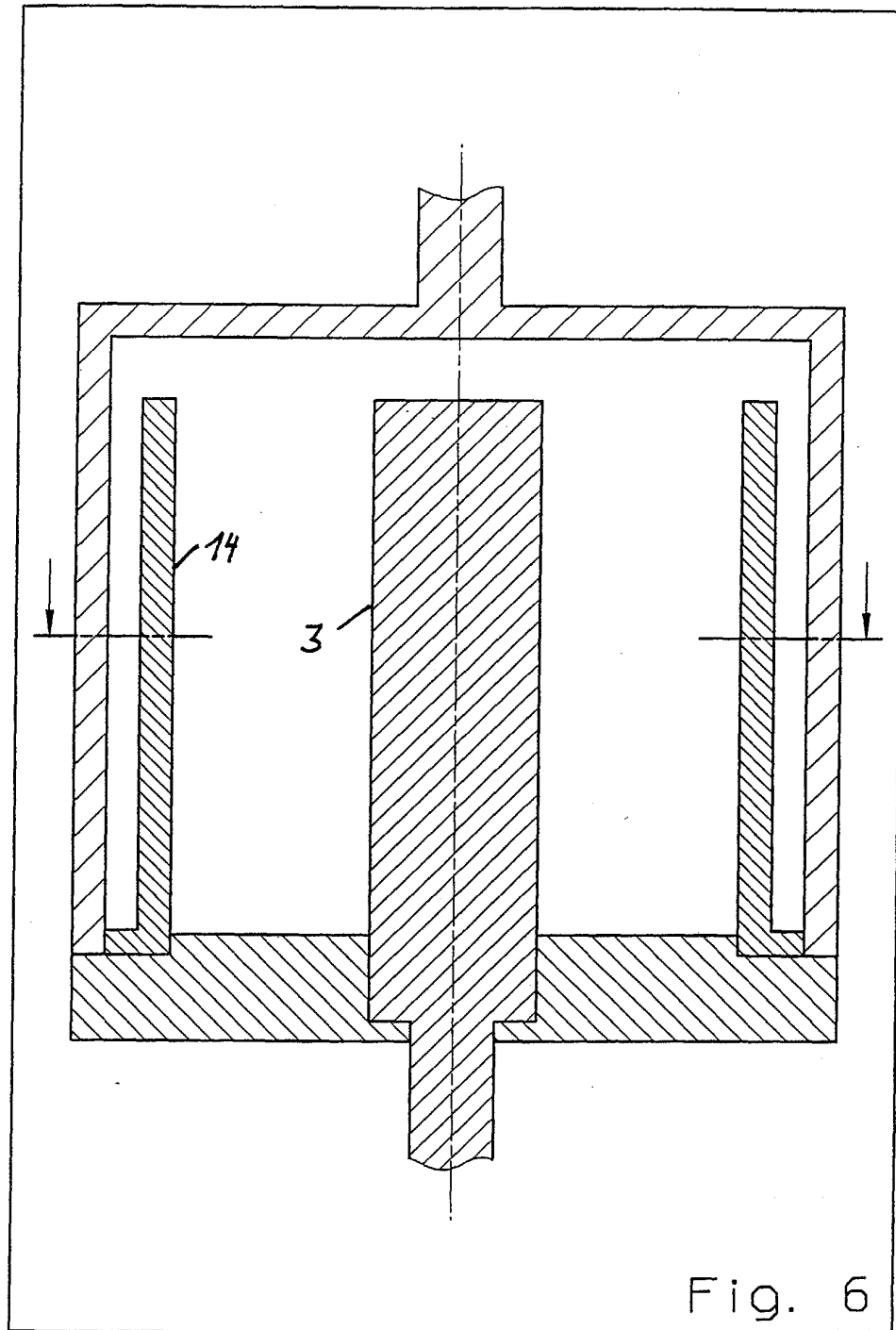


Fig. 5 (Querschnitt 2)



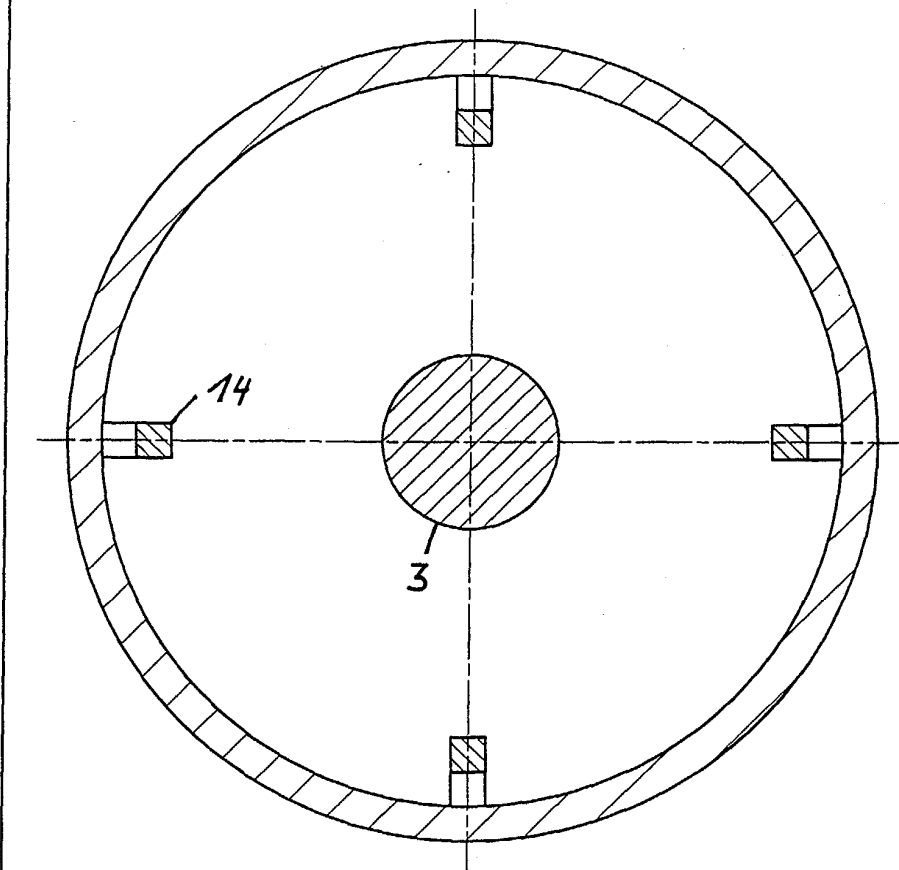
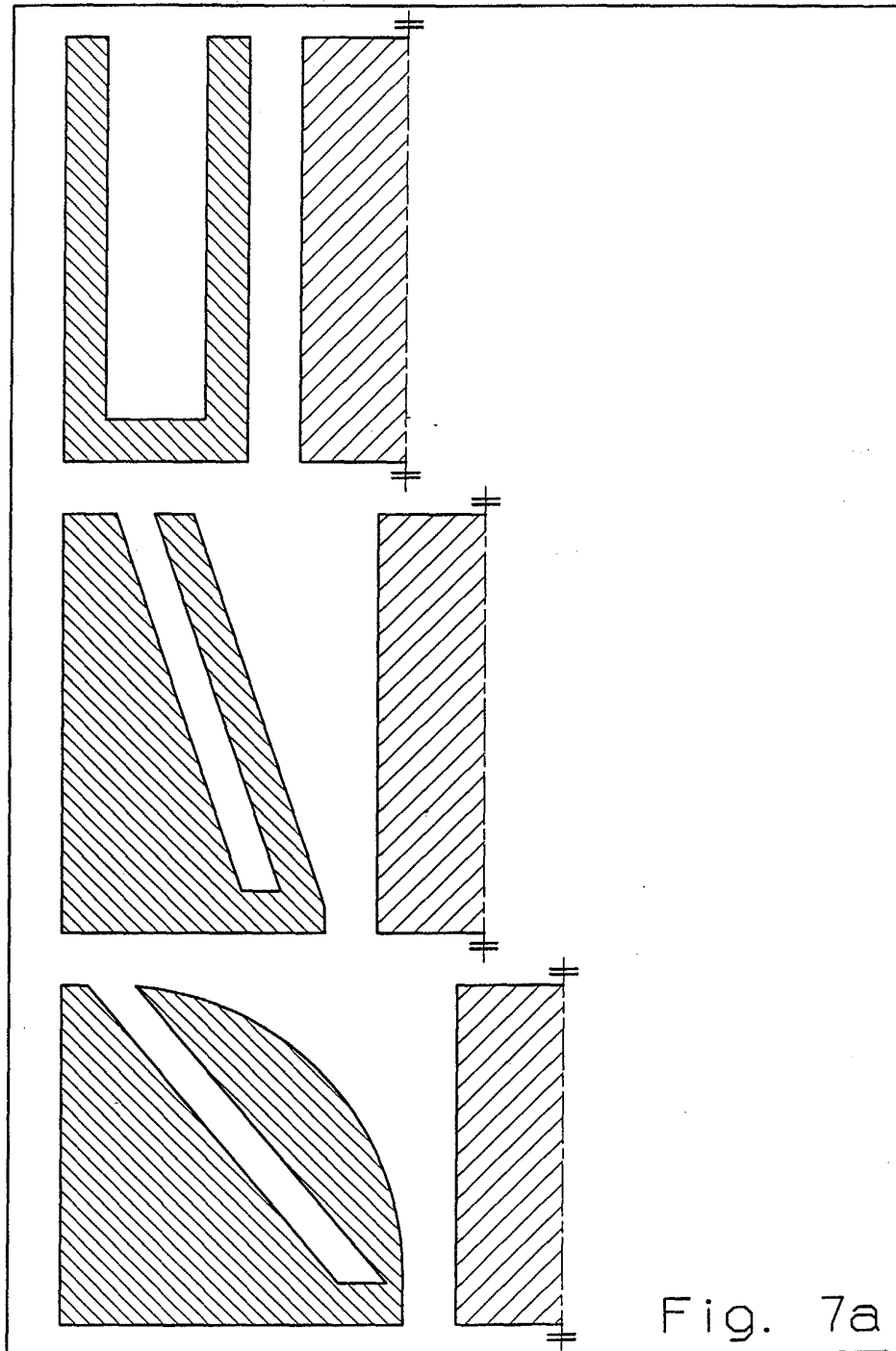
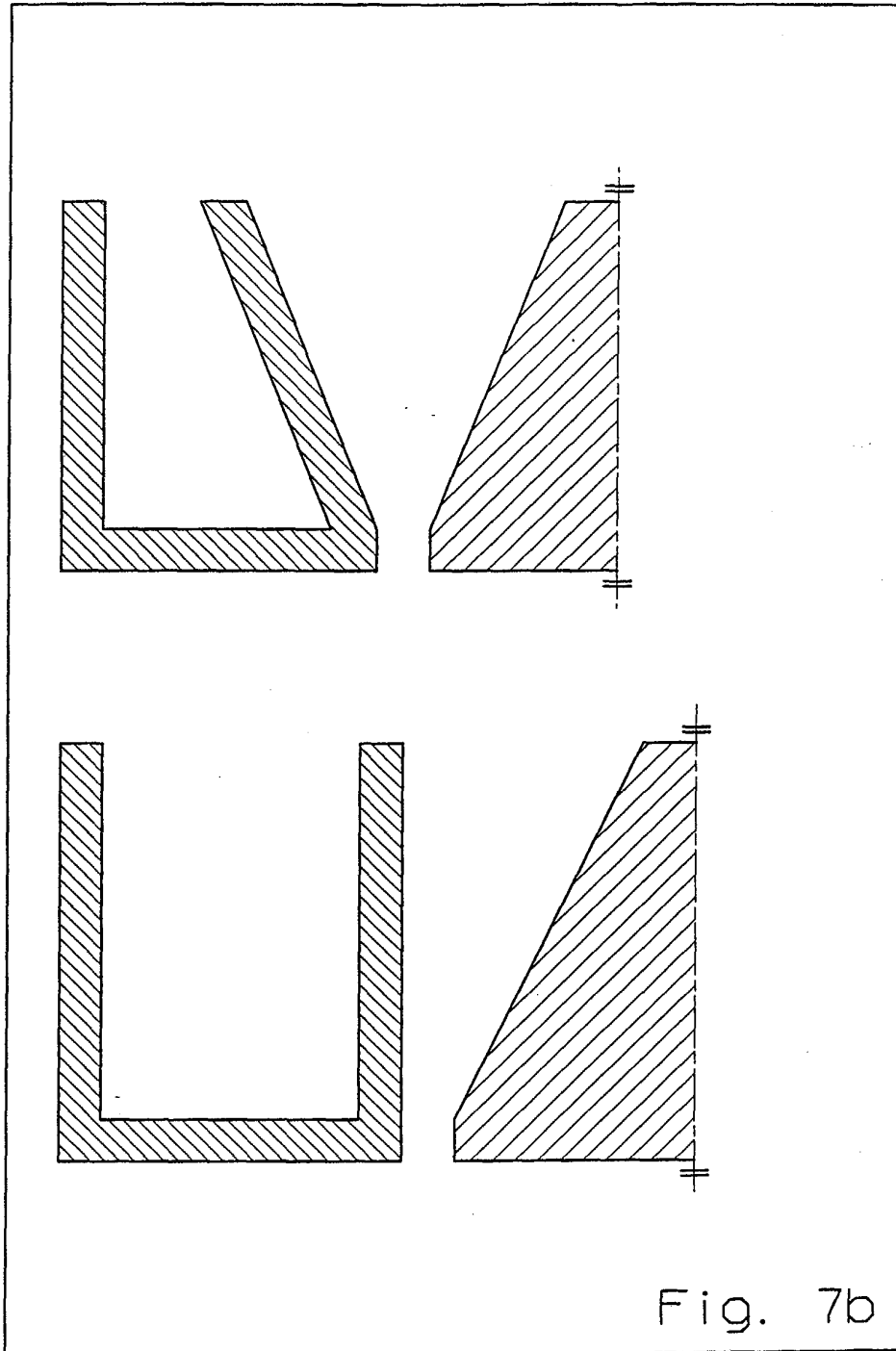
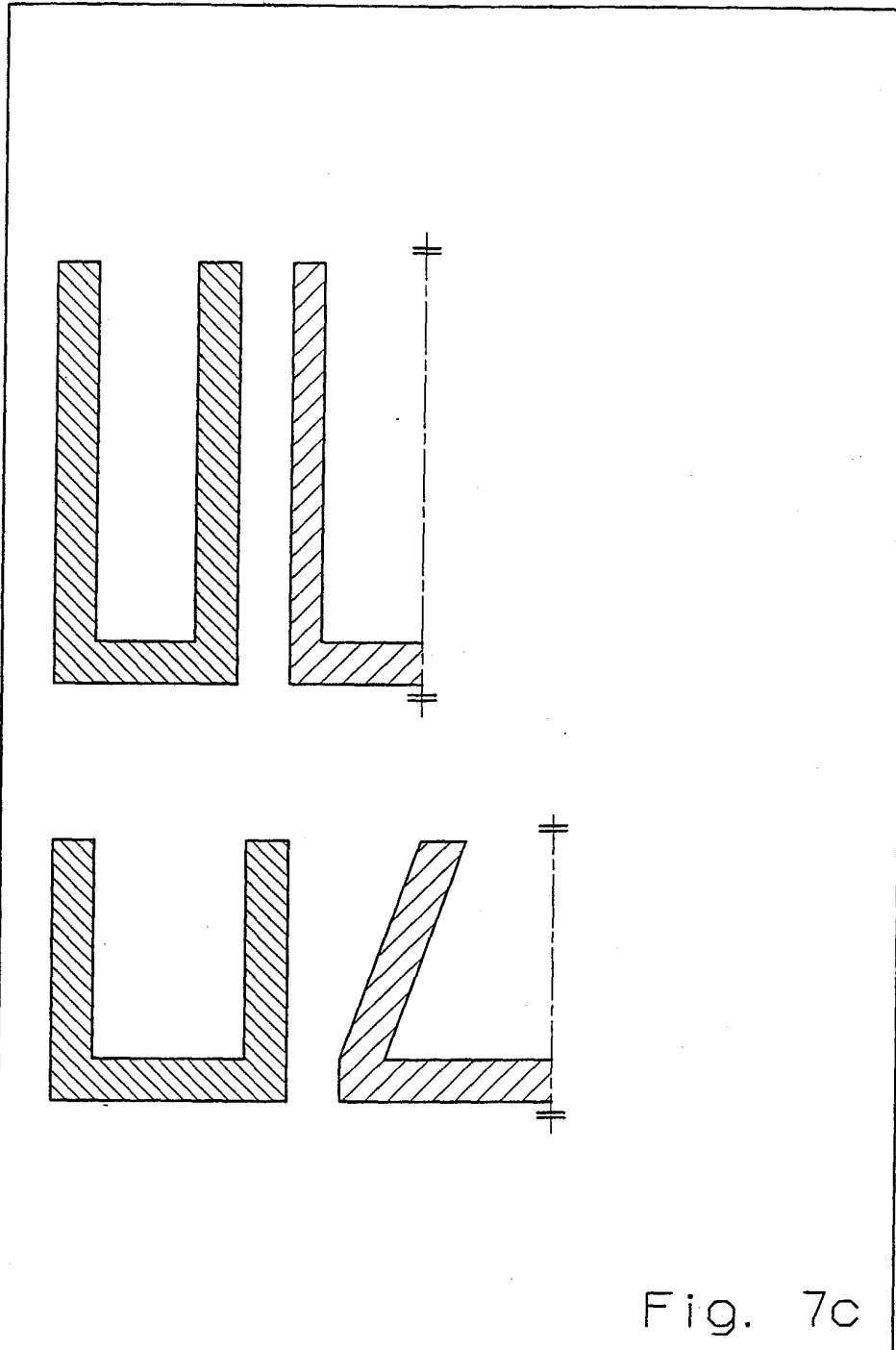
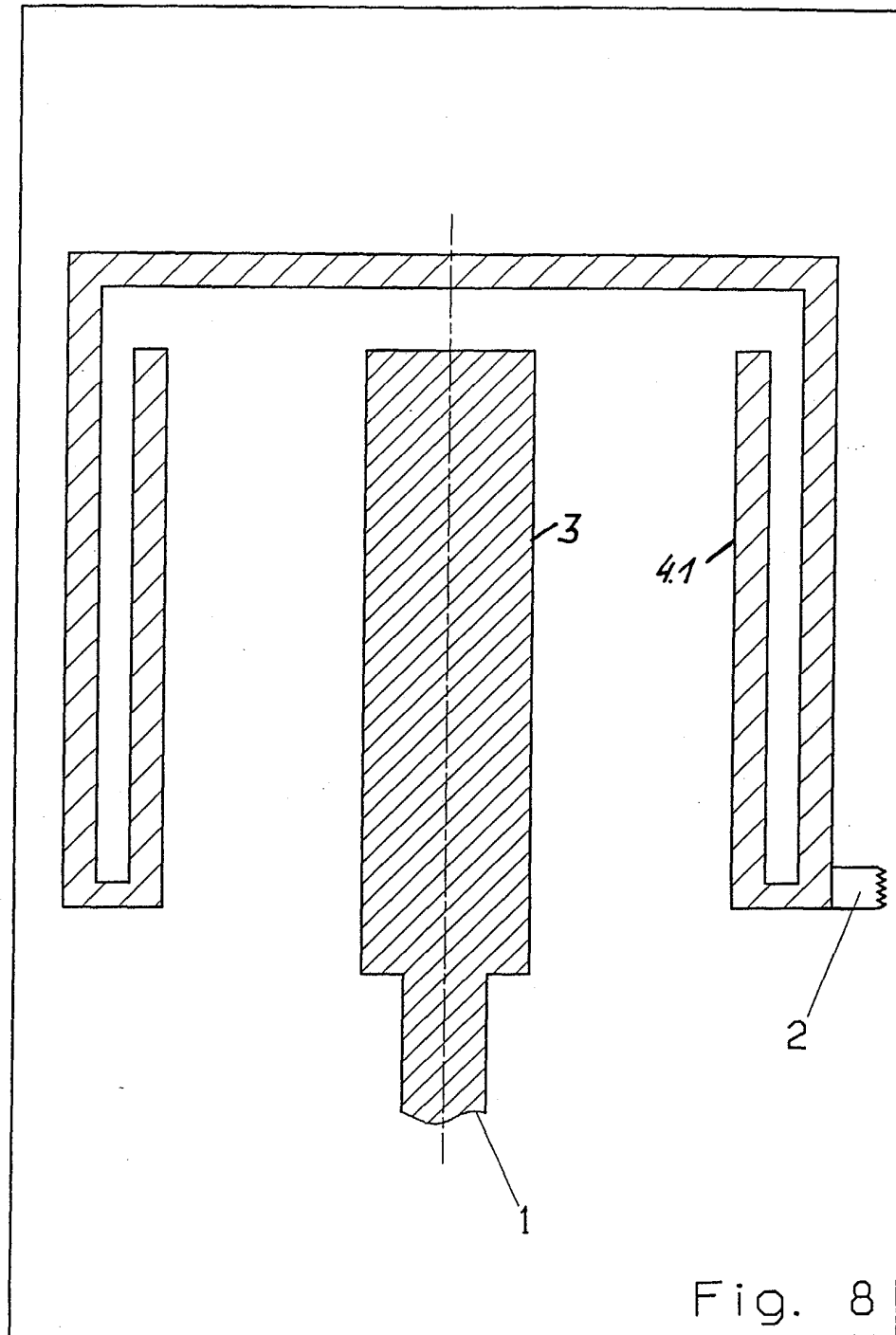


Fig. 6 (Querschnitt)









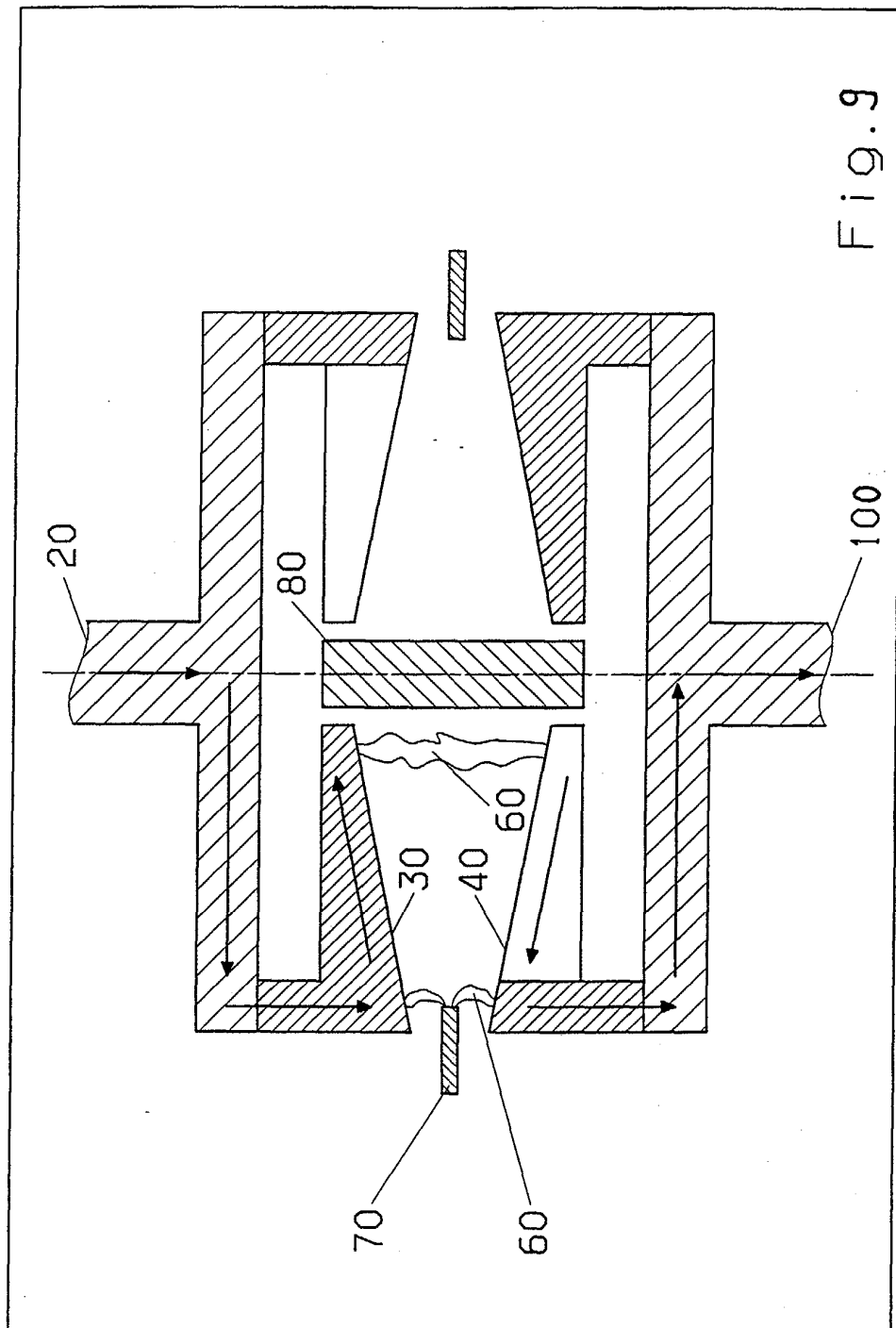


Fig. 9