



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 014 757 B4 2007.09.06**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 014 757.4**
 (22) Anmeldetag: **25.03.2004**
 (43) Offenlegungstag: **25.11.2004**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **06.09.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H01B 7/42 (2006.01)**
H01B 11/18 (2006.01)
H01B 9/06 (2006.01)
H02G 5/06 (2006.01)
H02G 5/10 (2006.01)

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

(66) Innere Priorität:

103 15 021.8 02.04.2003
103 22 482.3 19.05.2003

(73) Patentinhaber:

Spinner GmbH, 80335 München, DE

(74) Vertreter:

Prietsch, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 82178 Puchheim

(72) Erfinder:

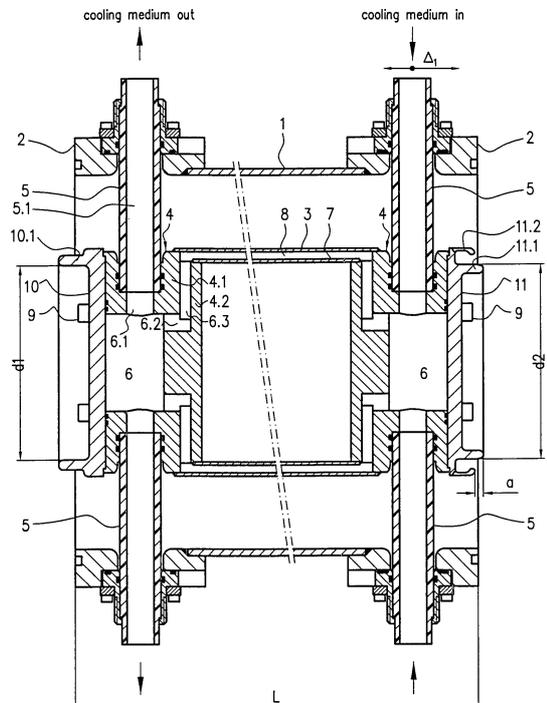
Pitschi, Franz, Dr.-Ing., 83700 Rottach-Egern, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

DE 23 53 354 C3
DE 101 08 843 A1
DE 24 29 158 A1
DE 21 30 692 A
EP 01 15 089 A1

(54) Bezeichnung: **Koaxialleitung mit Zwangskühlung**

(57) Hauptanspruch: Koaxialleitung mit einem rohrförmigen Innenleiter (3, 30), einem Außenleiter (1), Isolierstoffstützen (5) zwischen dem Innenleiter und dem Außenleiter und Anschlüssen zum Hindurchleiten eines Kühlmediums durch den Innenleiter (3, 30), dadurch gekennzeichnet, dass die Leitung aus getrennt voneinander kühlbaren, elektrisch und mechanisch miteinander verbundenen Abschnitten (A, B) besteht und dass die rohrförmigen Innenleiter (3, 30) aneinandergrenzender Abschnitte (A, B) der Leitung über komplementäre Steckverbindungen miteinander verbindbar sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Koaxialleitung mit einem rohrförmigen Innenleiter, einem Außenleiter, Isolierstoffstützen zwischen dem Innenleiter und dem Außenleiter und Anschlüssen zum Hindurchleiten eines Kühlmediums durch den Innenleiter.

[0002] Eine Koaxialleitung dieser Gattung ist aus der DE-A-101 08 843 bekannt.

[0003] Aus der DE-B-23 53 354 ist ein auf Tieftemperatur gekühltes, koaxiales Kabel mit supraleitenden Leitern und Kabelendverschlüssen bekannt, die so ausgestaltet sind, dass die zum Betrieb der Kabelstrecke erforderlichen Temperaturen der Kühlmittelkreisläufe auf einfache Weise eingestellt werden können.

[0004] Bestimmte Anwendungen, z.B. auf dem Gebiet der Plasmaphysik, erfordern die Einspeisung von HF-Leistungen von mehr als 1MW mittels Koaxialleitungen, deren Durchmesser aus mechanischen und/oder HF-technischen Gründen nicht beliebig groß gemacht werden kann. Insbesondere im Dauerstrichbetrieb entsteht deshalb am Innenleiter vor allem infolge Ohm'scher Verluste und im Bereich der Isolierstützen vor allem infolge dielektrischer Verluste eine so große Wärmemenge je Zeiteinheit, dass eine Zwangskühlung notwendig ist. Nach dem Stand der Technik wird zur Zwangskühlung ein gasförmiges Medium durch den Ringraum zwischen dem Innenleiter und dem Außenleiter hindurchgeleitet. Die auf diese Weise abführbare Verlustwärmemenge ist jedoch begrenzt, zumal sich der Druck und damit die Strömungsgeschwindigkeit des gasförmigen Kühlmediums aus mehreren Gründen nicht beliebig erhöhen lässt. Zur Kühlung von supraleitenden Koaxialkabeln wurde auch schon flüssiges Helium benutzt, wofür jedoch umfangreiche und kostspielige Nebeneinrichtungen notwendig sind.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für die vorgenannte Anwendung eine Koaxialleitung der eingangs genannten Gattung zu schaffen, die auch bei größerer Länge einfach montierbar und hinsichtlich der Aufrechterhaltung der Kühlung gut überwachbar ist.

[0006] Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Leitung aus getrennt voneinander kühlbaren, elektrisch und mechanisch miteinander verbundenen Abschnitten besteht und dass die rohrförmigen Innenleiter aneinandergrenzender Abschnitte der Leitung über komplementäre Steckverbindungen miteinander verbindbar sind.

[0007] Infolgedessen können über die Leitung bei gegebenem Leitungsdurchmesser sowohl im Puls- als auch im Dauerstrichbetrieb erheblich höhere

HF-Leistungen als bisher übertragen werden, dies insbesondere bei Benutzung eines flüssigen Kühlmediums.

[0008] Die Kühlung des thermisch wesentlich geringer belasteten Außenleiters ist nicht Gegenstand der Erfindung. Sie kann mittels auf dem Außenleiter angebrachter Kühlrippen, Kühlschlangen oder ähnlichen an sich bekannten Maßnahmen erfolgen.

[0009] Bevorzugt ist das Kühlmedium über in mindestens einigen der Isolierstoffstützen ausgebildete Kanäle zu- und abführbar (Anspruch 2).

[0010] Diese Isolierstoffstützen können als durch den Außenleiter hindurch nach außen geführte Rohre ausgebildet sein (Anspruch 3). Je Radialebene genügen in der Regel drei oder vier Isolierstoffstützen, die um 120° bzw. um 90° versetzt angeordnet sind. Abhängig von dem benötigten Kühlmitteldurchfluss kann es genügen, nur einen Teil dieser Isolierstoffstützen zum Zu- und Abführen des Kühlmediums zu benutzen. Durch geeignete konstruktive Ausbildung der Isolierstoffstützen ist dann sicherzustellen, dass keine zusätzlichen Verzerrungen des HF-Feldes in Umfangsrichtung entstehen.

[0011] Alternativ können die Isolierstoffstützen auch als Hohlscheiben mit radialen Kanälen ausgebildet sein (Anspruch 4), z.B. um die Leitung in längsdichte Abschnitte zu gliedern.

[0012] Bevorzugt münden die Kanäle der Isolierstoffstützen in eine Kammer in einem Innenleiterverbindungsstück am Ende des rohrförmigen Innenleiters (Anspruch 5). Das Innenleiterverbindungsstück bildet gleichzeitig das Lager für das jeweilige Ende des rohrförmigen Innenleiters.

[0013] Eine bevorzugte Ausführungsform der Koaxialleitung zeichnet sich dadurch aus, dass in dem rohrförmigen Innenleiter ein an seinen beiden Enden stirnseitig verschlossenes Rohr kleineren Durchmessers koaxial angeordnet ist und dass der Ringraum zwischen diesem Rohr und dem rohrförmigen Innenleiter mit den Kanälen in den Isolierstoffstützen kommuniziert (Anspruch 6). Dann strömt das Kühlmedium lediglich durch den Ringspalt oder Ringraum zwischen dem rohrförmigen Innenleiter und dem von diesem umschlossenen und zweckmäßig ebenfalls an seinen Enden an den betreffenden Innenleiterverbindungsstücken gelagerten Rohr kleineren Durchmessers. Bei ausreichender Bemessung des Ringquerschnitts bleibt die Kühlwirkung praktisch unverändert, bei gleichzeitig erheblich geringerem Gewicht der Leitung und geringerem Aufwand für die zur Kühlmittelzirkulation erforderlichen Nebenaggregate.

[0014] Zweckmäßig ist das Rohr stirnseitig durch einen an dem Innenleiterverbindungsstück ausgebilde-

ten Flansch verschlossen (Anspruch 7).

[0015] Stattdessen kann das Rohr stirnseitig auch über Flansche verschlossen sein, die an dem jeweiligen Innenleiterverbindungsstück axial und radial schwimmend gelagert sind (Anspruch 8). Insbesondere das Spiel in axialer Richtung vermeidet die Entstehung axialer Zwangskräfte, sei es infolge von Fertigungstoleranzen, sei es wegen unterschiedlicher wärmeabhängiger Längenänderungen des Rohrs und des diesen umschließenden, rohrförmigen Innenleiters.

[0016] Zusätzlich kann das Rohr an seinem Außenumfang sich gegen die Innenwand des rohrförmigen Innenleiters abstützende Zentrierelemente haben (Anspruch 9). Dadurch wird sichergestellt, dass der Querschnitt des Ringspalts oder Ringraums zwischen dem rohrförmigen Innenleiter und dem von ihm umschlossenen Rohr in Umfangsrichtung konstant bleibt, usw. auch dann, wenn die Koaxialleitung insgesamt in Längsrichtung einen leichten Bogen beschreibt.

[0017] Die Zentrierelemente können längs einer Wendel, d.h. schraubenförmig um das Rohr angeordnet sein (Anspruch 10), usw. auch als einzelne, voneinander beabstandete Elemente.

[0018] Stattdessen können die Zentrierelemente aus axial verlaufenden Stegen bestehen (Anspruch 11). Dies ist strömungstechnisch günstiger als die Anordnung längs einer Wendel.

[0019] In allen Ausführungsformen können die Zentrierelemente mit dem Rohr einstückig sein. (Anspruch 12). Dies ist herstellungstechnisch besonders dann vorteilhaft, wenn das Rohr nicht aus Metall sondern aus Kunststoff besteht.

[0020] Alternativ kann der rohrförmige Innenleiter in seinem Mantel axiale Kanäle haben, die mit den Kanälen in den Isolierstoffstützen kommunizieren (Anspruch 13). Ein derartiger Innenleiter kann beispielsweise als Strangpressprofil aus Aluminium preiswert hergestellt werden.

[0021] Eine solche komplementäre Steckverbindung kann aus einer die Kammer des jeweiligen Innenleiterverbindungsstücks abschließenden Flanschplatte mit einem sich axial erstreckenden ersten Ringbund bestehen, der einen zweiten Ringbund an der Flanschplatte des anschließenden Leitungsabschnitts übergreift und seinerseits von einem Kranz sich axial erstreckender Kontaktfedern kontaktierend übergrieffen wird, der den zweiten Ringbund konzentrisch umgibt (Anspruch 14). Der erste Ringbund bildet gewissermaßen einen Stecker, der zweite Ringbund zusammen mit dem Kontaktfederkranz den komplementären Kuppler.

[0022] Zweckmäßig liegen die freien Enden der Kontaktfedern des Kontaktfederkranzes in einer radialen Ebene, die gegenüber der die Stirnfläche des zweiten Ringbundes enthaltenden, radialen Ebene axial zurückgesetzt ist (Anspruch 15). Dadurch wird beim Aneinandersetzen von zwei Leitungsstücken eine Vorzentrierung erreicht, bei der der erste Ringbund den zweiten Ringbund übergreift, bevor die Stirnfläche des ersten Ringbundes unter die Kontaktfedern zu liegen kommt.

[0023] Dadurch wird vermieden, dass es infolge von Fluchtungsfedern zu einer Beschädigung der Kontaktfedern und daher zu einer über den Umfang ungleichmäßigen Kontaktierung kommt, die sowohl zur Entstehung von Reflexionen und Intermodulationsprodukten führen würde als auch bei den zu übertragenden Strömen von mehreren 1000 Ampere eine Überhitzung und gegebenenfalls Verbrennung der Kontaktflächen zur Folge hätte.

[0024] Zweckmäßig sind die die kontaktierenden Ringbunde tragenden Flanschplatten mit den zugehörigen Innenleiterverbindungsstücken verschraubt (Anspruch 16). Dies erleichtert die Umrüstung der Verbindungsstellen von Stecken auf Kuppeln und umgekehrt. Des Weiteren kann der Kontaktfederkranz als Einzelteil aus dem dafür am besten geeigneten Werkstoff hergestellt werden. Er wird dann an seiner Wurzel mit der Flanschplatte verschweißt.

[0025] Da der rohrförmige Innenleiter trotz Kühlung thermisch wesentlich höher belastet ist als der Außenleiter, müssen die auftretenden Wärmedehnungen berücksichtigt werden. Hierzu können die Isolierstoffstützen in axialer Richtung schwimmend durch den Außenleiter hindurchgeführt sein (Anspruch 17).

[0026] Eine Möglichkeit hierfür besteht darin, dass das durch den Außenleiter hindurchgeführte Ende der Isolierstoffstütze von einem Führungsflansch umschlossen ist, der in axialer Richtung schwimmend in einer Ausnehmung des Außenleiters gehalten, gegenüber diesem radialelastisch abgedichtet und mit ihm radialelastisch kontaktiert ist (Anspruch 18). Die radialelastische Abdichtung kann mittels O-Ringen erfolgen und die radialelastische Kontaktierung kann mittels eines schraubenförmig gewickelten und ringförmig geschlossenen Kontaktelementes, einem sogenannten Wurmkontakt, realisiert werden.

[0027] Statt dessen kann auch jede der rohrförmigen Isolierstoffstützen mit ihrem innenliegenden Ende in dem Innenleiterverbindungsstück und mit ihrem außenliegenden Ende in der Außenleiterwandung in einer axialen Ebene verkippt gelagert sein (Anspruch 19). Die verkippbare Lagerung lässt sich z.B. durch Ringwulste an den betreffenden Enden der Isolierstoffstützen in Verbindung mit kalottenförmigen Gegenlagern in den betreffenden Aufnahmen am In-

nenleiterverbindungsstück und an einer Durchführung durch die Wandung des Außenleiters verwirklichen.

[0028] In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel einer Koaxialleitung nach der Erfindung dargestellt. Es zeigt:

[0029] [Fig. 1](#) einen verkürzt dargestellten Leitungsabschnitt im Längsschnitt;

[0030] [Fig. 2](#) eine teilweise im Schnitt gehaltene Stirnansicht;

[0031] [Fig. 3](#) die zur Verbindung miteinander bestimmten Endbereiche von zwei aufeinander folgenden Leitungsabschnitten;

[0032] [Fig. 4](#) eine Ansicht des in den [Fig. 3](#) und [Fig. 5](#) dargestellten Dichtungs- und Kontaktierungsring zwischen den Verbindungsflanschen der Außenleiter;

[0033] [Fig. 5](#) die gleichen Endbereiche wie in [Fig. 3](#) nach Herstellung der Verbindung;

[0034] [Fig. 6](#) eine teilweise im Schnitt gehaltene Seitenansicht eines als 90°-Bogen ausgeführten Leitungsabschnittes;

[0035] [Fig. 7](#) den Endbereich eines Leitungsabschnitts im Längsschnitt mit einer alternativen Ausführung der Isolierstoffstützen;

[0036] [Fig. 8](#) die Durchführung einer Isolierstoffstütze durch den Außenleiter, überwiegend im Schnitt und in vergrößertem Maßstab als Stirnansicht;

[0037] [Fig. 9](#) eine andere Ausführungsform der Durchführung der Isolierstoffstütze im Längsschnitt und in vergrößertem Maßstab;

[0038] [Fig. 10](#) eine zu [Fig. 9](#) alternative Ausführungsform;

[0039] [Fig. 11](#) eine Stirnansicht einer anderen Ausführungsform des Innenleiterrohrs;

[0040] [Fig. 12](#) einen Leitungsabschnitt ähnlich [Fig. 1](#), jedoch in einer anderen Ausführungsform;

[0041] [Fig. 13](#) einen Schnitt längs der Linie XIII-XIII in [Fig. 12](#).

[0042] [Fig. 1](#) zeigt – in Längsrichtung verkürzt – einen Abschnitt einer kühlbaren Koaxialleitung zur Übertragung sehr hoher HF-Leistungen. Die Leitung umfaßt ein Außenleiterrohr **1**, das an seinen beiden Enden mit Verbindungsflanschen **2** ausgestattet ist. Der Durchmesser des Außenleiterrohrs **1** kann im

Bereich von 120 mm und mehr liegen. Der Außenleiter **1** umschließt coaxial einen rohrförmigen Innenleiter **3**, der an seinen beiden Enden mit Innenleiterverbindungsstücken **4** ausgestattet ist. Jedes der Innenleiterverbindungsstücke **4** ist über Isolierstoffstützen **5** aus einem geeigneten Dielektrikum, vorzugsweise einem keramischen Werkstoff, in den korrespondierenden Verbindungsflanschen **2** gelagert, bzw. in diesem Ausführungsbeispiel über je vier Isolierstoffstützen **5**, wie aus [Fig. 2](#) hervorgeht. Die Isolierstoffstützen **5** sind rohrförmig ausgebildet und durch die Verbindungsflansche **2** abgedichtet nach außen geführt. Ihre innenliegenden Enden sitzen abgedichtet (vgl. die dargestellten Nuten zur Aufnahme von O-Ringen) in Vertiefungen der Innenleiterverbindungsstücke **4**.

[0043] In den Innenleiterverbindungsstücken **4** sind Kammern **6** ausgebildet, die über Bohrungen wie **6.1** mit den Kanälen **5.1** in den Isolierstoffstützen **5** in Verbindung stehen. Die Innenleiterverbindungsstücke **4** haben einen ersten Flansch **4.1**, der von dem jeweiligen Ende des Innenleiterrohrs **3** übergriffen wird. Mit diesem Flansch **4.1** ist das betreffende Ende des Innenleiterrohrs **3** vorzugsweise durchgehend über eine Umfangsnaht verschweißt. Alternativ kann zwischen dem Umfang des Flansches **4.1** und dem Ende des Innenleiterrohrs **3** ein O-Ring vorgesehen sein (nicht dargestellt).

[0044] Dann ist zusätzlich eine HF-technisch einwandfreie Kontaktierung zwischen dem Flansch **4.1** und dem Innenleiterrohr **3** notwendig. Axial beabstandet von dem ersten Flansch **4.1** haben die Innenleiterverbindungsstücke **4** einen zweiten Flansch **4.2** kleineren Durchmessers. Dieser wird von dem jeweiligen Ende eines coaxial in dem Innenleiterrohr **3** angeordneten Rohres **7** kleineren Durchmessers übergriffen. Dieses Rohr **7** liegt nicht im felderfüllten Raum und muss daher nicht aus Metall bestehen. Der coaxiale Ringraum **8** zwischen dem rohrförmigen Innenleiter **3** und dem Rohr **7** kommuniziert über Bohrungen **6.3** Durchbrüche **6.2** mit der Kammer **6** in dem jeweiligen Innenleiterverbindungsstück **4**, siehe auch [Fig. 2](#).

[0045] Über die herausgeführten Anschlüsse der Isolierstoffstützen **5** wird am einen Ende des Leitungsabschnitts ein vorzugsweise flüssiges Kühlmedium, z.B. Wasser, eingespeist, das dann den Ringraum **8** durchströmt und über die Isolierstoffstützen **5** am anderen Ende des Leitungsabschnitts abgezogen wird. Auf diese Weise werden der rohrförmige Innenleiter **3** und die Innenleiterverbindungsstücke **4** von innen gekühlt.

[0046] Auf ihrer von dem rohrförmigen Innenleiter **2** abgewandten Seite ist jede Kammer **6** durch eine Flanschplatte **10** bzw. **11**, die mit dem Innenleiterverbindungsstück **4** über Schrauben **9** verbunden ist, abgeschlossen. Die Flanschplatte **10** an dem einen (in

Fig. 1 linken) Ende des Leitungsabschnitts hat einen axial orientierten Ringbund **10.1** mit einem Innendurchmesser d_1 . Die Flanschplatte **11** an dem anderen (in **Fig. 1** rechten) Ende des Leitungsabschnitts hat einen Ringbund **11.1** mit dem kleineren Außendurchmesser $d_2 < d_1$. Mit der Flanschplatte **11** ist ein Kontaktfederkranz **11.2** verbunden, der den Ringbund **11.1** koaxial umgibt. Die freien Enden der Kontaktfedern liegen in einer Radialebene, die von der Radialebene, die die Stirnfläche des Ringbundes **11.1** enthält, um einen Axialabstand a zurückgesetzt ist.

[0047] **Fig. 3** veranschaulicht, dass beim Aneinandersetzen von zwei derartigen Leitungsabschnitten A und B der Ringbund **10.1** ein Steckerelement und der Ringbund **11.1** zusammen mit dem Kontaktfederkranz **11.2** ein Kupplerelement zur Realisierung der kontaktierenden Verbindung zwischen den rohrförmigen Innenleitern **3** der aneinander gesetzten Leitungsstücke A und B bildet. Zur querdichten, kontaktierenden Verbindung der Außenleiter **1** ist zwischen die Verbindungsflansche **2** der in **Fig. 4** dargestellte Ring **20** aus einem gefiederten Blech eingefügt.

[0048] In **Fig. 5** sind die Leitungsabschnitte A und B im miteinander verbundenen Zustand dargestellt. Die Außenleiterverbindungsflansche **2** sind wie üblich über Zuganker **21** miteinander verschraubt. Die Ringbunde **10.1** und **11.1** bilden zusammen dem Kontaktfederkranz **11.2** eine komplementäre Steckverbindung für die rohrförmigen Innenleiter. Damit auch im Bereich dieser Innenleitersteckverbindungen **10.1**, **11.1**, **11.2** eine ausreichende Kühlung sichergestellt ist, sind diese in axialer Richtung kurzbauend, aus gut wärmeleitenden Werkstoffen und in ausreichender Materialstärke hergestellt.

[0049] Richtungsänderungen im Verlauf der Leitung werden mittels Krümmern oder Leitungsbögen realisiert, die prinzipiell den gleichen Aufbau wie die geraden Leitungsabschnitte in **Fig. 1** haben. In **Fig. 6** ist ein 90° -Bogen dargestellt. Zur Erzielung eines weiteren Freiheitsgrades sind in diesem Fall die Außenleiterverbindungsflansche **2** zusätzlich, in an sich bekannter Weise mit Kugellagern **21** ausgestattet. An der Innenleitersteckverbindung sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich, weil das Steckerteil (**10.1**) und das Kupplerteil (**11.1**, **11.2**) relativ zueinander beliebig verdrehbar sind.

[0050] Wenn der felderfüllte Raum zwischen dem Außenleiter und dem Innenleiter im Betrieb der Leitung mit Gas, z.B. N_2 , bedrückt werden soll oder muss, sind an bestimmten Stellen der Leitung längsdichte Verbindungen notwendig. Dann werden statt der rohrförmigen Isolierstoffstützen Vollscheiben **57** aus Keramik verwendet, wie in **Fig. 7** dargestellt. Diese haben eine ausreichende Anzahl von radialen Kanälen **57.1** zur Ein- oder Ausleitung des Kühlmedi-

ums. Die Kanäle **57.1** kommunizieren am Außenumfang mit einem Ringkanal **57.2** und am Innenumfang mit einem Ringkanal **6.4** der über die Bohrungen **6.3** mit der Kammer **6** in dem Innenleiterverbindungsstück **4** kommuniziert.

[0051] Im Betrieb der Leitung dehnt sich deren Innenleiter trotz Kühlung stärker als der Außenleiter. Eine erste Möglichkeit, diese Dehnung, die in **Fig. 1** symbolisch mit Δ_1 bezeichnet ist, aufzufangen, besteht darin, die Isolierstoffstützen **5** schwimmend durch die Wandung des Außenleiters hindurchzuführen. **Fig. 8** zeigt eine solche, abgedichtete und HF-dichte Durchführung. Die rohrförmige Isolierstoffstütze **5** ist mit einem axialen Spiel Δ_2 abgedichtet über einen O-Ring **52** in einer Führungshülse **51** aufgenommen, die mit einem Fußflansch **53** in einer Ausnehmung **2.1** in der Wandung des Außenleiterverbindungsflansches **2** sitzt. Die Dicke des Fußflansches **53** ist etwas kleiner als die Tiefe der Ausnehmung. In einer Nut des Fußflansches **53** ist ein sog. Wurmkontakt **54** aufgenommen, der in radialer Richtung elastisch ist. Der Wurmkontakt wird seinerseits von einem O-Ring **55** umschlossen. Es verbleibt ein Spalt Δ_3 . Der Fußflansch **53** der Führungshülse **51** ist mittels einer Druckplatte **56** in der Ausnehmung **2.1** gesichert. Senkrecht zur Zeichenebene, d.h. in Längsrichtung der Leitung, ist die Ausnehmung **2.1** langlochartig ausgebildet, so dass die Isolierstoffstütze **5** einschließlich der Führungshülse **51** wärmebedingten Längenänderungen Δ_1 des rohrförmigen Innenleiters **3** relativ zum Außenleiter **1** folgen kann und keine Zwangskräfte auftreten. Gleichzeitig läßt diese Art der Durchführung auch wärmebedingte Längenänderungen der Isolierstoffstütze **5** in radialer Richtung zu.

[0052] Eine andere und einfachere Möglichkeit, das Auftreten von Zwangskräften durch wärmebedingte Längenänderungen des Innenleiters relativ zum Außenleiter zu verhindern, veranschaulichen die **Fig. 9** und **Fig. 10**. Die Isolierstoffstütze **5** ist im Innenleiterverbindungsstück **4** und in der Führungshülse **51** schwenkbar aufgenommen, und zwar entweder durch kugelkalottenförmige Ausbildung ihrer beiden Enden in Verbindung mit ausreichend groß dimensionierten Ausnehmungen im Innenleiterverbindungsstück **4** und in der Wandung des Außenleiterverbindungsflansches **2** (**Fig. 9**) oder, komplementär hierzu, durch Ausbildung entsprechender Ringwulste in den Aufnahmen der Enden der Isolierstoffstütze **5** einerseits in dem Innenleiterverbindungsstück **4** und andererseits in der Führungshülse **51** (**Fig. 10**). In beiden Fällen kann die Isolierstoffhülse um kleine Winkel α um den Punkt M kippen.

[0053] Bei den bisher beschriebenen Ausführungsformen wird der relativ dünne, rohrförmige Innenleiter **3** durch ein Kühlmedium gekühlt, das durch den mittels des Rohres **7** kleineren Durchmessers geschaf-

fenen Ringraum **8** strömt (vgl. [Fig. 1](#)). Alternativ hierzu kann der Innenleiter als dickwandiges Rohr **30** mit zahlreichen, eng benachbarten, axialen Kanälen **31** ausgeführt sein. [Fig. 11](#) zeigt den entsprechenden Querschnitt. Insbesondere aus Aluminum können solche Rohre sehr einfach im Strangpressverfahren hergestellt werden.

[0054] In [Fig. 12](#) ist eine gegenüber [Fig. 1](#) abgewandelte Ausführungsform dargestellt. Das von dem rohrförmigen Innenleiter **3** umschlossene Rohr **7** ist an seinen beiden Enden durch Flansche **71** verschlossen, von denen jeder einen zentralen Lagerzapfen **71.1** hat, mit dem er in einer Ausnehmung **41.1** in dem Innenleiterverbindungsstück **41** mit Spiel insbesondere in axialer aber auch in radialer Richtung sitzt. Das radiale Spiel ist der Deutlichkeit halber übertrieben groß gezeichnet. Das Rohr **7** ist somit zwischen den Innenleiterverbindungsstücken **41** schwimmend gelagert. Der Raum **8** zwischen dem rohrförmigen Innenleiter **3** und dem Rohr **7** kommuniziert mit der jeweiligen Kammer **6** in dem Innenleiterverbindungsstück **41** über Ausnehmungen **71.2** (vgl. [Fig. 13](#)) in dem Zapfen **71.1** und den sich in radialer Richtung anschließenden Umfangsspalt zwischen dem jeweiligen Flansch **71** und der diesem zugewandten Stirnfläche des Innenleiterverbindungsstücks **41**. Damit der Querschnitt des Ringraums **8** über den Umfang konstant bleibt, sind zwischen dem Rohr **7** und dem rohrförmigen Innenleiter **3** Abstandsstücke oder Zentrierelemente **72** angeordnet. Diese können in der in [Fig. 12](#) angedeuteten Weise das Rohr **7** wendelförmig umgeben. Dann verläuft die Strömung des Kühlmediums in dem Raum **8** ebenfalls wendel- oder schraubenförmig. Wenn dies vermieden werden soll, sind die Zentrierelemente **72** nicht durchgehend sondern nur in Form kurzer Abschnitte angeordnet. Stattdessen können die Zentrierelemente auch aus axial verlaufenden Stegen **72.1** bestehen, wie in [Fig. 13](#) angedeutet, damit die Strömung des Kühlmediums axial gerichtet bleibt.

Patentansprüche

1. Koaxialleitung mit einem rohrförmigen Innenleiter (**3**, **30**), einem Außenleiter (**1**), Isolierstoffstützen (**5**) zwischen dem Innenleiter und dem Außenleiter und Anschlüssen zum Hindurchleiten eines Kühlmediums durch den Innenleiter (**3**, **30**), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leitung aus getrennt voneinander kühlbaren, elektrisch und mechanisch miteinander verbundenen Abschnitten (A, B) besteht und dass die rohrförmigen Innenleiter (**3**, **30**) aneinandergrenzender Abschnitte (A, B) der Leitung über komplementäre Steckverbindungen miteinander verbindbar sind.

2. Koaxialleitung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlmedium über in mindestens einigen der Isolierstoffstützen (**5**) ausgebildete

Kanäle (**5.1**) zu- und abführbar ist.

3. Koaxialleitung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolierstoffstützen als durch den Außenleiter (**1**) hindurch nach außen geführte Rohre (**5**) ausgebildet sind.

4. Koaxialleitung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolierstoffstützen als Vollscheiben (**57**) mit radialen Kanälen (**57.1**) ausgebildet sind.

5. Koaxialleitung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kanäle (**5.1**; **57.1**) der Isolierstoffstützen (**5**; **57**) in eine Kammer (**6**) in einem Innenleiterverbindungsstück (**4**) am Ende des rohrförmigen Innenleiters (**3**) münden.

6. Koaxialleitung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass in dem rohrförmigen Innenleiter (**3**) ein an seinen beiden Enden stirnseitig verschlossenes Rohr (**7**) kleineren Durchmessers koaxial angeordnet ist und dass der Ringraum (**8**) zwischen diesem Rohr (**7**) und dem rohrförmigen Innenleiter (**3**) mit den Kanälen (**5.1**; **57.1**) in den Isolierstoffstützen (**5**; **57**) kommuniziert.

7. Koaxialleitung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (**7**) stirnseitig durch einen an dem Innenleiterverbindungsstück (**4**) ausgebildeten Flansch (**4.2**) verschlossen ist.

8. Koaxialleitung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (**7**) stirnseitig über Flansche (**71**) verschlossen ist, die an dem jeweiligen Innenleiterverbindungsstück axial und radial schwimmend (**41.1**, **71.1**) gelagert sind.

9. Koaxialleitung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (**7**) an seinem Aussenumfang sich gegen die Innenwand des rohrförmigen Innenleiters (**3**) abstützende Zentrierelemente (**72**) hat.

10. Koaxialleitung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Zentrierelemente (**72**) längs einer Wendel (schraubenförmig) um das Rohr (**7**) angeordnet sind.

11. Koaxialleitung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Zentrierelemente aus axial verlaufenden Stegen (**72.1**) bestehen.

12. Koaxialleitung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Zentrierelemente mit dem Rohr (**7**) einstückig sind.

13. Koaxialleitung nach einem der Ansprüche 1

bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der rohrförmige Innenleiter (30) in seinem Mantel axiale Kanäle (31) hat, die mit den Kanälen in den Isolierstoffstützen kommunizieren.

14. Koaxialleitung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die komplementäre Steckverbindung aus einer die Kammer (6) des Innenleiterverbindungsstücks (4) abschließenden Flanschplatte (10) mit einem sich axial erstreckenden ersten Ringbund (10.1) besteht, der einen zweiten Ringbund (11.1) an der Flanschplatte (11) des anschließenden Leitungsabschnitts übergreift und seinerseits von einem Kranz (11.2) sich axial erstreckender Kontaktfedern kontaktierend übergriffen wird, der den zweiten Ringbund (11.1) konzentrisch umgibt.

15. Koaxialleitung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die freien Enden der Kontaktfedern des Kontaktfedernkranzes (11.2) in einer radialen Ebene liegen, die gegenüber der die Stirnfläche des zweiten Ringbundes (11.1) enthaltenden, radialen Ebene axial zurückgesetzt ist.

16. Koaxialleitung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Flanschplatten (10, 11) mit dem Innenleiterverbindungsstück (4) verschraubt sind.

17. Koaxialleitung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolierstoffstützen (5) in axialer Richtung schwimmend durch den Außenleiter (1) hindurchgeführt sind.

18. Koaxialleitung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das durch den Außenleiter (1) hindurchgeführte Ende jeder Isolierstoffstütze (5) von einem Führungsflansch (51) umschlossen ist, der in axialer Richtung schwimmend in einer Ausnehmung des Außenleiters gehalten, gegenüber diesem radialelastisch abgedichtet und mit ihm radialelastisch kontaktiert ist.

19. Koaxialleitung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass jede der rohrförmigen Isolierstoffstützen (5) mit ihrem innenliegenden Ende in dem Innenleiterverbindungsstück (4) und mit ihrem außenliegenden Ende in der Außenleiterwandung (1) in einer axialen Ebene verkipptbar gelagert ist.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

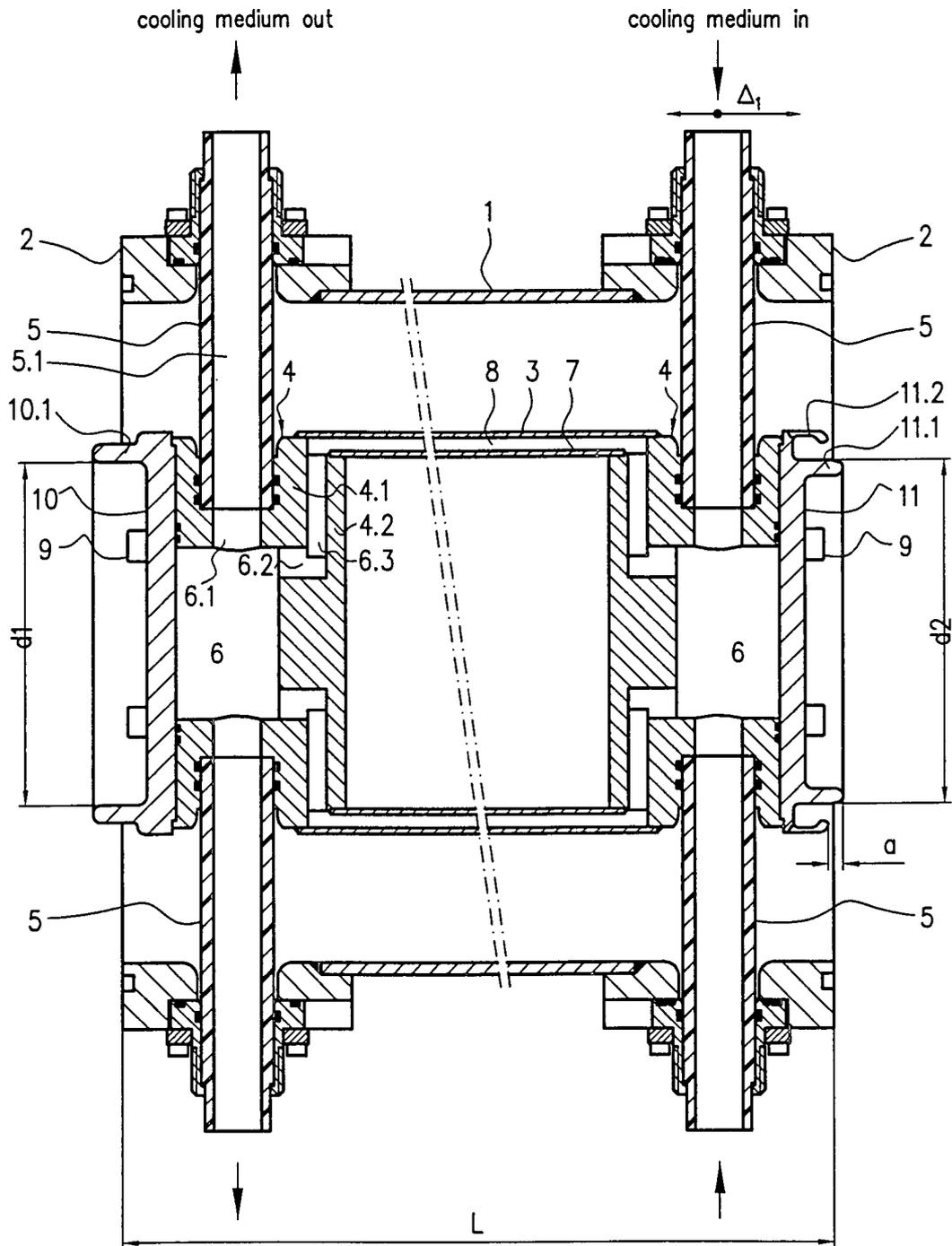


Fig.1

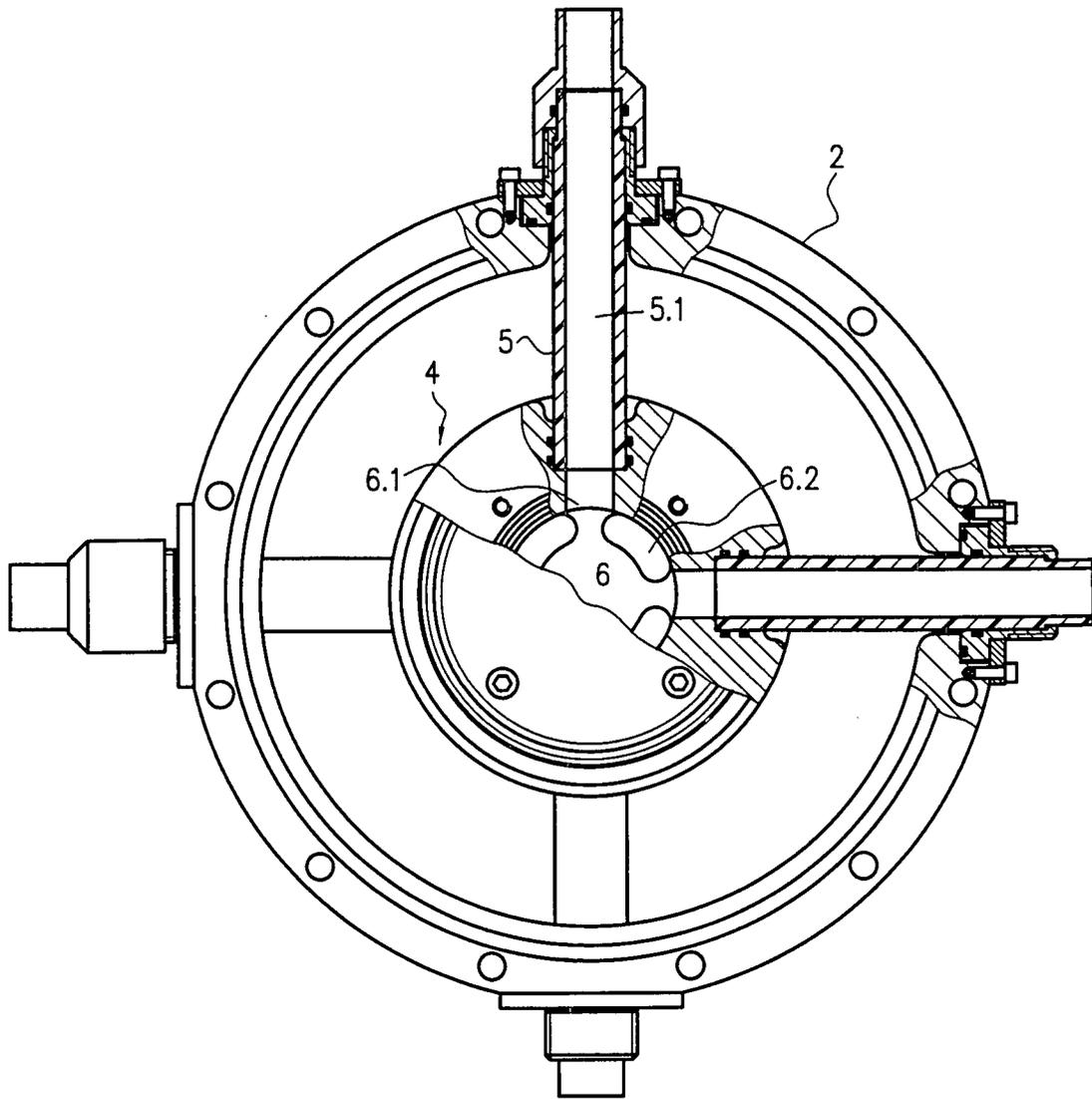


Fig.2

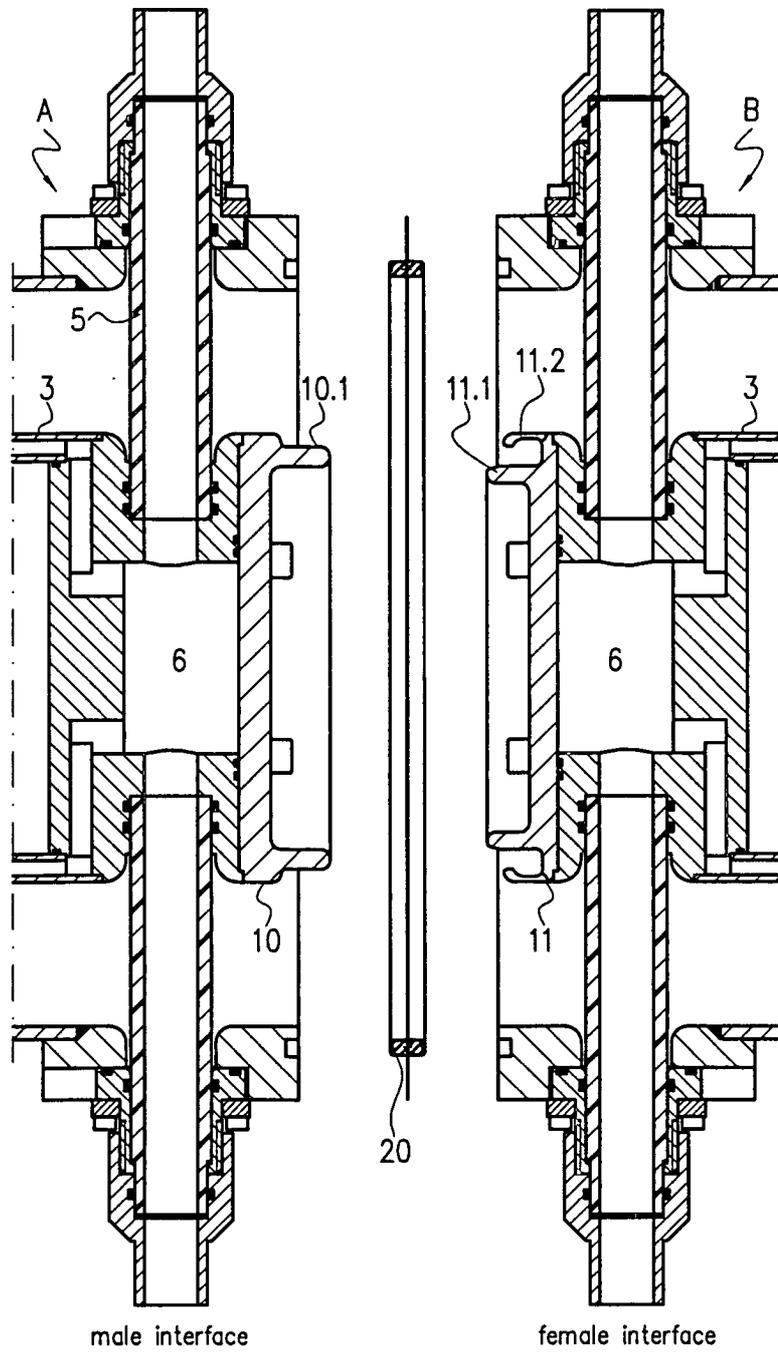


Fig.3

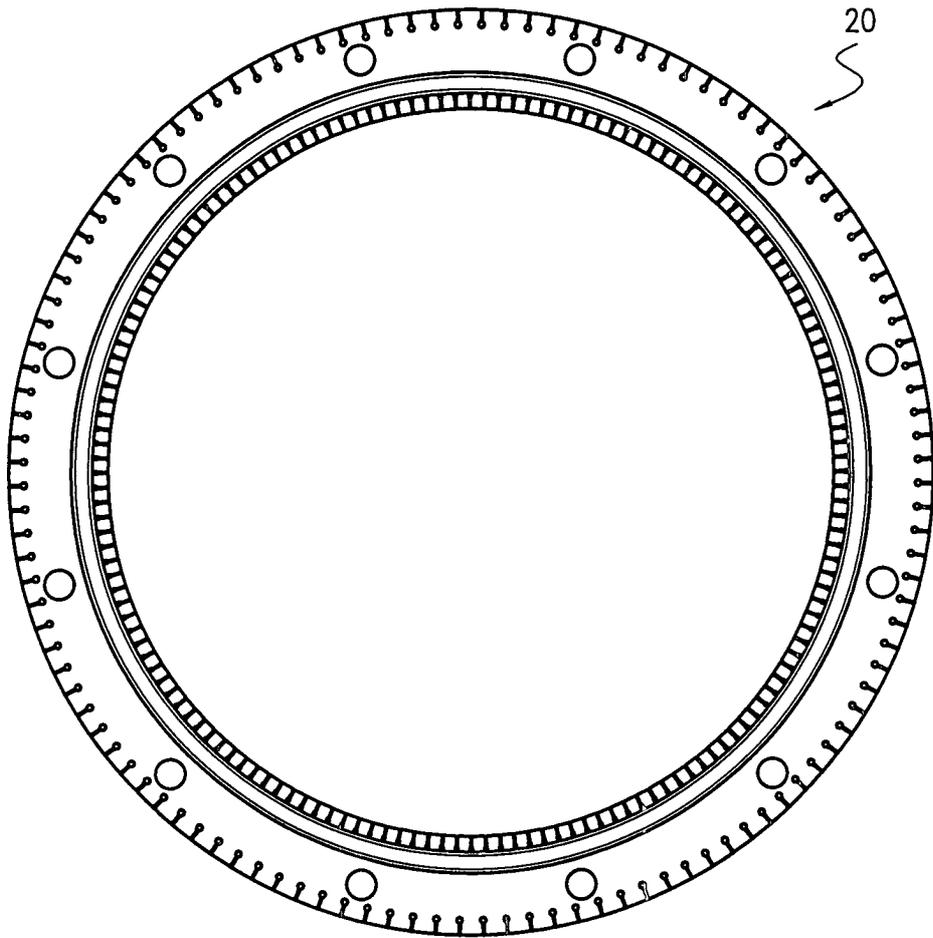


Fig.4

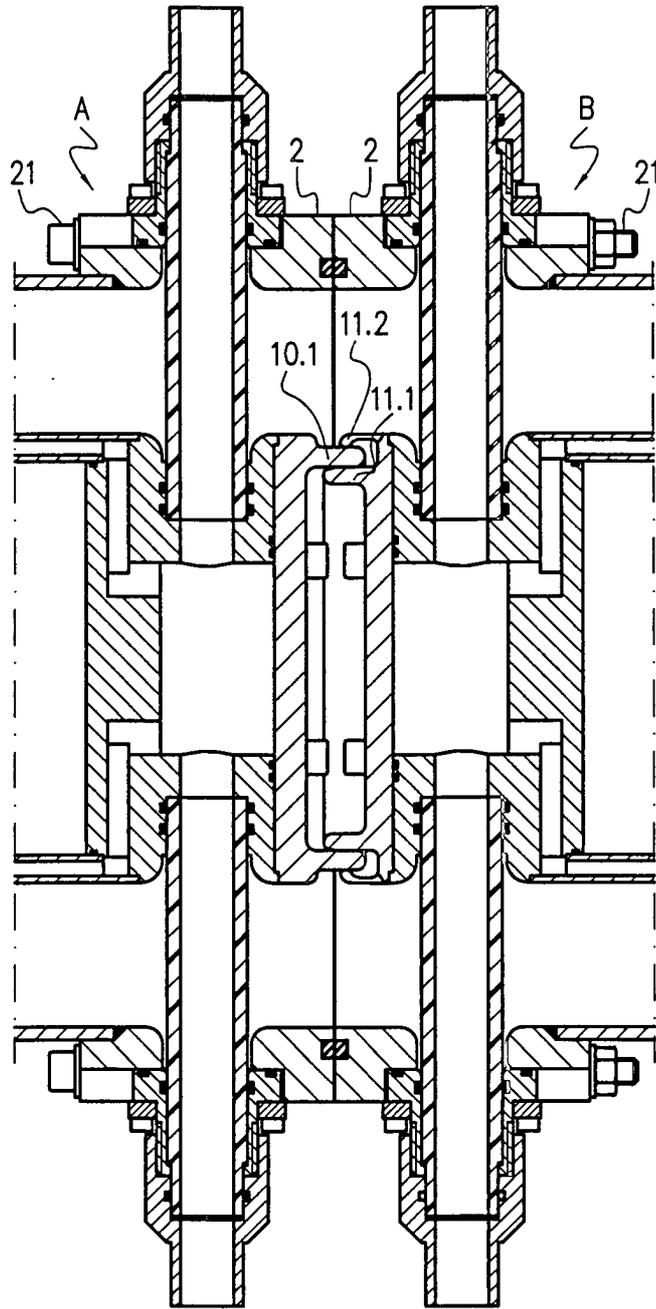


Fig.5

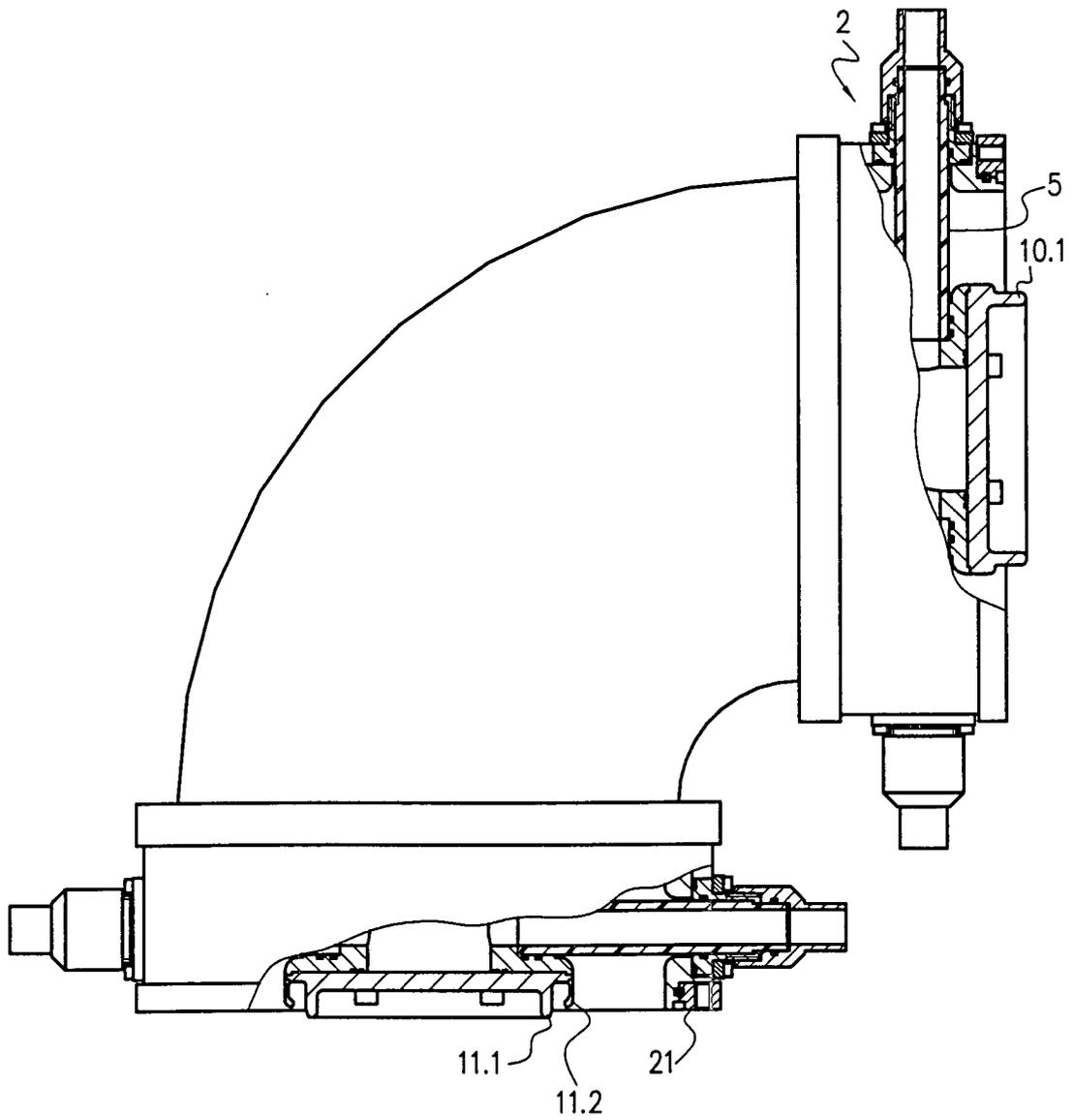


Fig.6

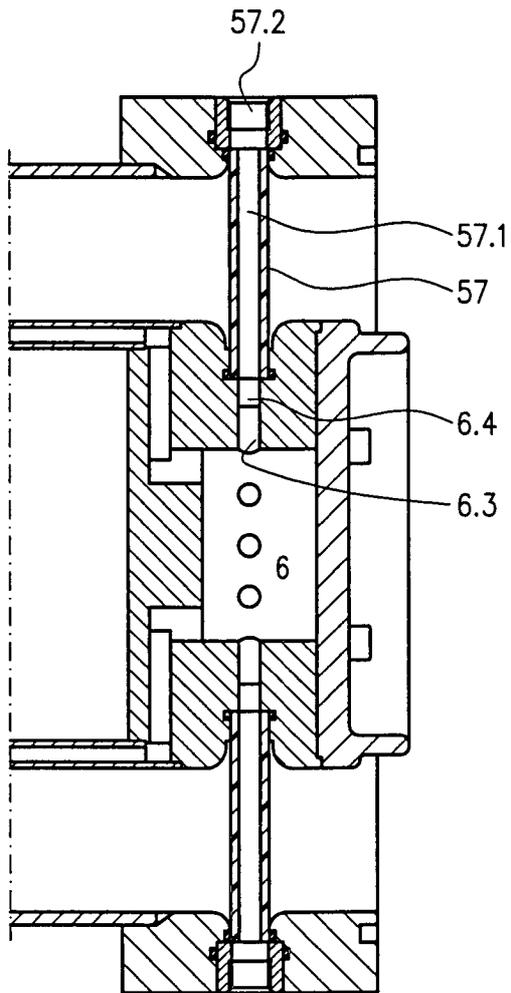
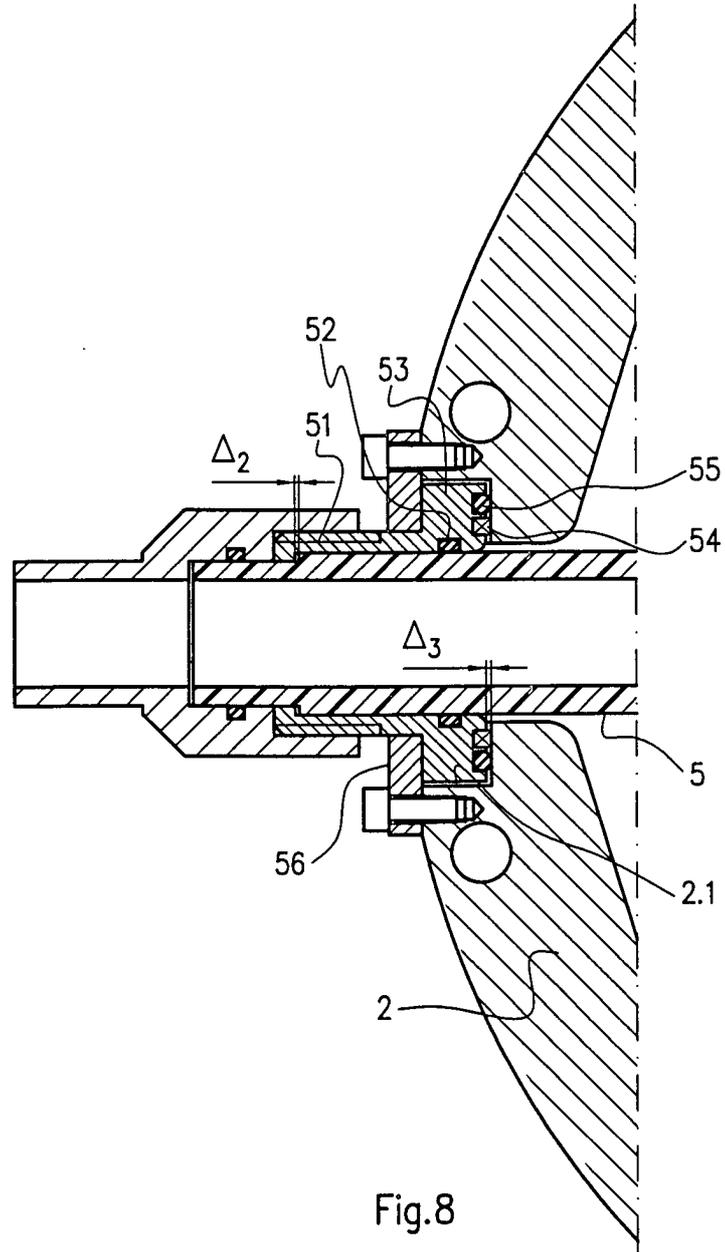


Fig.7



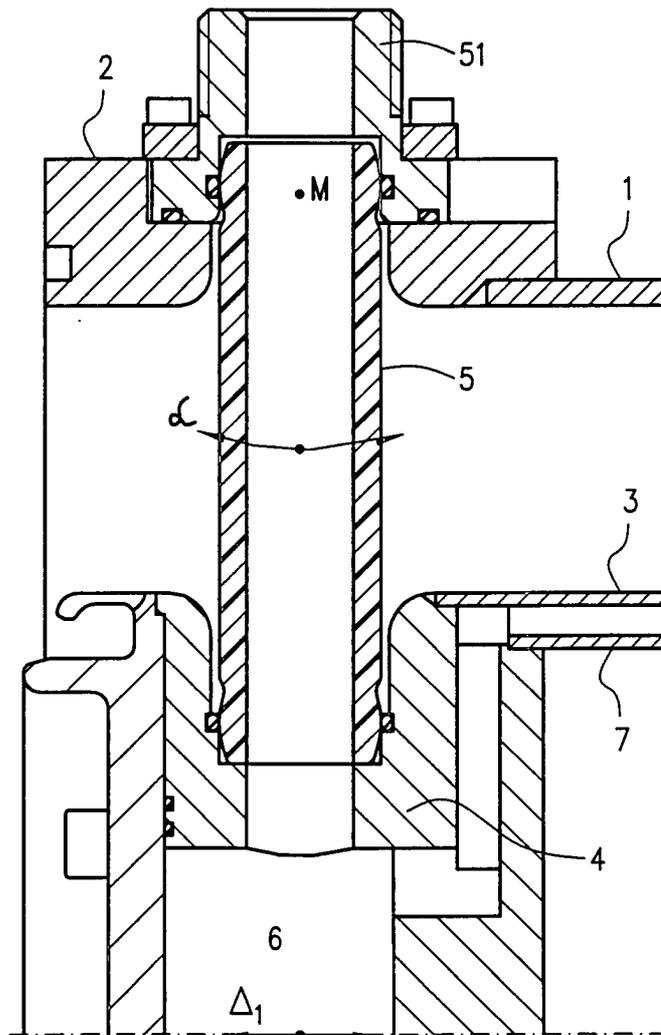


Fig.9

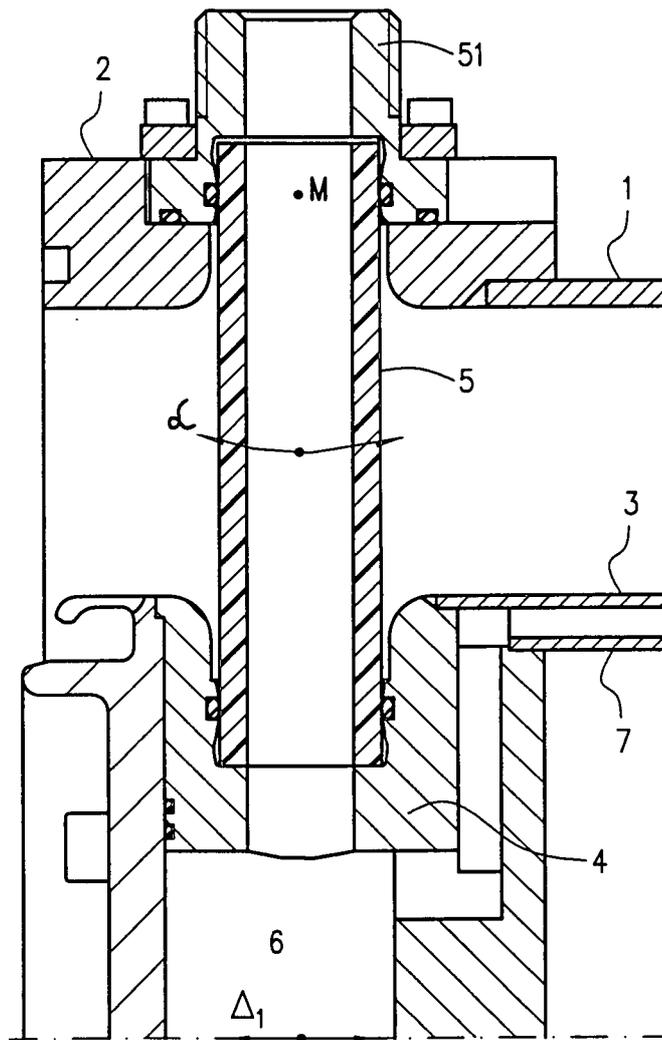


Fig.10

