



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 010 477 A1** 2009.09.03

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 010 477.9**

(22) Anmeldetag: **21.02.2008**

(43) Offenlegungstag: **03.09.2009**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **A61B 18/02** (2006.01)

(71) Anmelder:  
**Erbe Elektromedizin GmbH, 72072 Tübingen, DE**

(74) Vertreter:  
**Meissner, Bolte & Partner GbR, 80538 München**

(72) Erfinder:  
**Geiselhart, Franz, 72770 Reutlingen, DE**

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

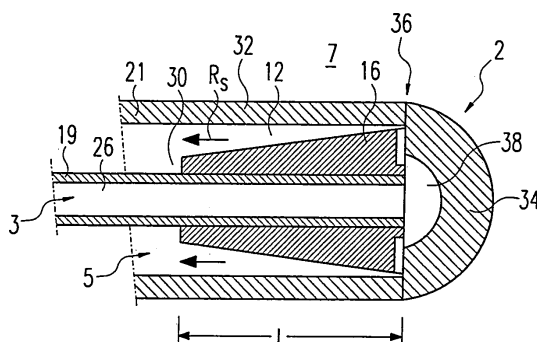
US	62 70 493	B1
US	52 54 116	A
US	36 13 689	A
EP	00 07 103	B1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Kryochirurgisches Instrument**

(57) Zusammenfassung: Vorliegende Erfindung betrifft ein kryochirurgisches Instrument, umfassend eine Kryosonde, mit einem von einem komprimierten Kühlfluid, insbesondere Kühlgas, durchströmten Leitungssystem, zum Abkühlen wenigstens eines Teils der Kryosonde, wobei das Leitungssystem einen Expansionskanal aufweist, der einen sich in Strömungsrichtung über eine vorbestimmte Länge sukzessive vergrößernden Leitungsquerschnitt derart aufweist, dass sich das komprimierte Kühlgas auf seinem Strömungsweg durch den Expansionskanal sukzessive über die vorbestimmte Länge hinweg bei gleichzeitiger Abkühlung wenigstens teilweise entspannt.



## Beschreibung

**[0001]** Vorliegende Erfindung betrifft ein kryochirurgisches Instrument, umfassend eine Kryosonde mit einem von einem komprimierten Kühlfluid, insbesondere Kühlgas durchströmten Leitungssystem, zum Abkühlen wenigstens eines Teils der Kryosonde.

**[0002]** In der Kryochirurgie wird die gezielte, kontrollierte Kälteanwendung zur Devitalisierung von biologischem Gewebe eingesetzt. Insbesondere mit flexiblen Sonden werden zudem Fremdkörper aus Körperhöhlen durch Festfrieren an der Kryosonde bzw. an einem Sondenkopf extrahiert, so z. B. verschluckte und dabei versehentlich eingeatmete Fremdkörper, die aus den Atemwegen entfernt werden müssen. Die Kryochirurgie eignet sich aber auch zur Gewinnung von Gewebeproben (Biopsie). Dabei friert ein bestimmter Gewebebereich, die Gewebeprobe, an den Sondenkopf an, und kann nach dem Abtrennen von umliegendem Gewebe einer Untersuchung zugänglich gemacht werden.

**[0003]** Um in der Chirurgie tiefzufrieren, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Eine stützt sich auf den Joule-Thomson-Effekt: die Atome bzw. Moleküle eines sich expandierenden Fluides und insbesondere Gases unterhalb der Inversionstemperatur arbeiten gegen die gegenseitige Anziehung an, so dass das Gas an innerer Energie verliert. Es kühlt ab. Als expandierendes Fluid bzw. Gas – im Folgenden Kühlfluid bzw. Kühlgas genannt – werden üblicherweise  $\text{CO}_2$  oder  $\text{N}_2\text{O}$  eingesetzt.

**[0004]** Kryochirurgische Instrumente der eben beschriebenen Art verfügen üblicherweise über eine Sonde, die an das zu behandelnde Gewebe verbracht werden kann, ferner über Gasleitungseinrichtungen, welche die Sonden durchsetzen und innerhalb der Sonden das Arbeitsgas in das Innenvolumen der Sonden entlassen, wo es expandiert und in Folge dessen die Sonde abkühlt. Da diese vorzugsweise aus thermisch leitfähigem Material gefertigt ist, ist ein Ableiten der Gewebewärme über die Sonde und damit eine Kühlwirkung gewährleistet.

**[0005]** Bei Kryosonden, bei denen die Kühlwirkung wie oben beschrieben durch Entspannung komprimierter Gase erzeugt wird, besteht häufig die Anforderung, eine größere Oberfläche gleichmäßig oder nach einem bestimmten Temperaturprofil zu kühlen. Beispielsweise soll eine Kryosonde von 2 mm Durchmesser über eine Länge von 50 mm gleichmäßig gekühlt werden.

**[0006]** Nach dem Stand der Technik werden in solchen Fällen mehrere Düsen im Inneren der Kryosonde verteilt angeordnet, um eine einigermaßen gleichmäßige Kühlung zu erreichen. Je größer die Anzahl der verwendeten Kühldüsen ist, desto gleichmäßiger

stellt sich die resultierende Temperatur über die gewählte Länge ein. Bei dieser Vorgehensweise wird die benötigte Gasmenge auf mehrere Düsen verteilt. Die einzelnen Düsen sind folglich in ihrem Querschnitt sehr klein. Gleichzeitig wird die Herstellung aber überproportional aufwändig. Bei kleinen Düsen werden an die Geometrie enge Toleranzen gestellt, um ein gleich bleibendes Strömungsverhalten erzielen zu können. Kleinere Düsenquerschnitte sind auch prinzipiell anfälliger für Verstopfungen.

**[0007]** Problematisch hat sich bei kryochirurgischen Instrumenten nach dem Stand der Technik herausgestellt, dass die Realisierung eines im Wesentlichen gleich bleibenden Temperaturverlaufs oder eines vorbestimmten Temperaturverlaufs nur sehr schwer möglich ist. Darüber hinaus ist der Aufbau der herkömmlichen, aus dem Stand der Technik bekannten Kryosonden sehr aufwändig und kostenintensiv.

**[0008]** Der vorliegenden Erfindung liegt folglich die Aufgabe zu Grunde, ein kryochirurgisches Instrument der eingangs genannten Art dahin gehend weiter zu bilden, dass eine technisch einfacher zu realisierende und verbesserte, insbesondere gleichmäßigere Kühlung der Kryosonde erreichbar ist.

**[0009]** Diese Aufgabe wird durch ein kryochirurgisches Instrument gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

**[0010]** Insbesondere wird diese Aufgabe durch ein kryochirurgisches Instrument, umfassend eine Kryosonde, mit einem von einem komprimierten Kühlfluid, insbesondere Kühlgas durchströmten Leitungssystem, zum Abkühlen wenigstens eines Teils der Kryosonde, dadurch gelöst, dass das Leitungssystem einen Expansionskanal aufweist, der einen sich in Strömungsrichtung über eine vorbestimmte Länge sukzessiv vergrößernden Leitungsquerschnitt derart aufweist, dass sich das komprimierte Kühlgas auf seinem Strömungsweg durch den Expansionskanal sukzessive über die vorbestimmte Länge hinweg bei gleichzeitiger Abkühlung wenigstens teilweise entspannt.

**[0011]** Der Kern der Erfindung liegt darin, einen über eine vorbestimmte Länge verlaufenden Kanal so zu gestalten, dass sein Querschnitt über diese Länge derart zunimmt, dass sich die Expansion des Gases über diese Länge des Kanals verteilt. Somit kommt es am Anfang des Kanals nur zu einer Teil-Expansion und somit nicht zur vollen Temperaturdifferenz, durch die sukzessive Expansion über die gesamte Länge jedoch zu einer Abkühlung über einen großen Bereich, wobei die erreichte Temperatur an der Außenseite der Sonde bzw. deren Verteilung u. a. von der jeweiligen Querschnittserweiterung und dem Wärmeübergangswiderstand zwischen dem Expansionskanal und der Außenseite der Kryosonde abhängt.

**[0012]** Vorzugsweise steht der Expansionskanal dabei über einen Wärmeleiter mit der Außenseite der Kryosonde in wärmeleitfähiger Verbindung. Als Wärmeleiter können entweder eigenständige Bauteile mit einem reduzierten Wärmeübergangswiderstand, oder aber entsprechende Hilfsmittel, wie Wärmeleitpasten etc. verwendet werden. Darüber hinaus ist es natürlich auch möglich, ein Gehäusebauteil der Kryosonde entsprechend als Wärmeleiter auszubilden und aus einem Material auszubilden, das eine optimale Wärmeüberleitung garantiert. Vorzugsweise ist der Expansionskanal möglichst nahe der Außenseite der Kryosonde bzw. nahe den Bereichen angeordnet, die gekühlt werden sollen.

**[0013]** Vorzugsweise weist der Expansionskanal einen in Abhängigkeit eines Wärmeübergangswiderstandes des Wärmeleiters derart ausgebildeten Leitungsquerschnitt auf, dass sich auf der Außenseite der Kryosonde wenigstens über einen durch die oben genannte vorbestimmte Länge definierten Teilbereich eine vorbestimmte Temperaturverteilung und insbesondere eine gleich bleibende Temperatur einstellt. Das bedeutet, dass beispielsweise in sehr dicken Wandbereichen zwischen Expansionskanal und Außenseite bzw. einem zu kühlendem Bereich der Expansionskanal entsprechend stark erweitert ausgebildet wird, um hier eine besonders effektive Expansion und somit Abkühlung zu erzielen. Auch ist es natürlich möglich, in Bereichen auf der Außenseite der Kryosonde, bei denen eine sehr starke Abkühlung gewünscht ist, entsprechende Anpassungen am Expansionskanal vorzunehmen. Durch eine gezielte Anpassung des Querschnitts des Expansionskanals kann so, unter Beachtung beispielsweise der vorhandenen Wanddicken zur Außenseite, der Strömungsgeschwindigkeit etc., eine gleichmäßige oder jede andere gewünschte Temperaturverteilung auf der Außenseite der Kryosonde erreicht werden.

**[0014]** Vorzugsweise ist der Expansionskanal derart ausgebildet, dass das Kühlgas in einer turbulenten Strömung strömt. Hier von Bedeutung ist u. a. natürlich der Strömungswiderstand im Expansionskanal, der Expansionskanalquerschnitt und darüber hinaus aber auch der Kühlfluiddruck, der insbesondere durch eine externe Kühlfluidversorgung bereitgestellt wird. Der Vorteil der turbulenten Strömung im Expansionskanal ist, dass es zu einer sehr effektiven Wärmeableitung und somit zu einer verbesserten Kühlung der Außenseite der Kryosonde kommt.

**[0015]** Vorzugsweise ist in wenigstens einem Teilbereich des Leitungssystems zur Bildung des Expansionskanals mindestens ein insbesondere sich in Strömungsrichtung verjüngendes/erweiterndes Modellierungsbauteil derart angeordnet, dass sich der resultierende Leitungsquerschnitt in Strömungsrichtung sukzessive vergrößert. Ist das Leitungssystem ein von Seitenwänden begrenzter Kanal, so kann das

Modellierungsbauteil als ein sich in Strömungsrichtung verjüngendes insbesondere keilförmiges Bauteil an wenigstens einer dieser Seitenwände angeordnet werden, wodurch sich eben ein solcher erweiternder Expansionskanal ergibt, durch den das Kühlfluid bei gleichzeitiger sukzessiver Entspannung und Abkühlung strömen kann. An Stelle des zuvor erwähnten sich verjüngenden, keilförmigen Bauteils ist es auch möglich, ein Modellierungsbauteil in Form eines Hohlkörpers zu verwenden, beispielsweise ein Bauteil mit einer im Wesentlichen zentrischen Bohrung, dessen Bohrungswandung sich in Strömungsrichtung sukzessive erweitert, was ebenfalls zu einem sich erweiternden Expansionskanal führt.

**[0016]** Vorzugsweise wird der Expansionskanal durch ein Rohr und ein Modellierungsbauteil gebildet, das als ein sich kegelstumpf oder dergleichen rotationssymmetrisches, sich verjüngendes Bauteil in das Rohr eingesetzt ist. Je nach gewünschter Temperaturverteilung an der Außenseite der Kryosonde kann also auch hier das Modellierungsbauteil in seiner Form verändert und somit direkt auf die Kühlwirkung Einfluss genommen werden. In diesem Zusammenhang ist es natürlich auch möglich, in das Rohr ein Modellierungsbauteil in Form eines Hohlkörpers einzusetzen, dessen Hohlkörperwandungen in Strömungsrichtung sukzessive erweiternd ausgebildet sind, so dass sich ebenfalls ein erweiternder Expansionskanal ergibt. Dies entspricht im Wesentlichen der zuvor genannten Ausführungsform des im Kanal angeordneten, sich erweiternden Hohlkörperbauteils und insbesondere eines rotationssymmetrischen Hohlkörpers als Modellierungsbauteil.

**[0017]** Vorzugsweise bildet das Rohr wenigstens teilweise ein Kryosondengehäuse der Kryosonde, wobei das Rohr vorzugsweise aus einem Material besteht, dass eine gute Wärmeleitfähigkeit aufweist. Eine solche Ausführung der Kryosonde erlaubt die sehr einfache und kostengünstige Herstellung der Kryosonde gemäß den zuvor genannten Bauformen.

**[0018]** Selbstverständlich ist es möglich, an Stelle der zuvor genannten sich verjüngenden oder erweiternden Modellierungsbauteile, entsprechend andere Modellierungsbauteile oder Modellierungsbauteilgruppen zu verwenden, um einen sich in Strömungsrichtung sukzessive vergrößernden Querschnitt des Leitungssystems und somit einen Expansionskanal zur Abkühlung der Außenseite der Kryosonde herzustellen.

**[0019]** Das Rohr umfasst vorzugsweise ein Innengewinde, und das Modellierungsbauteil auf einer sich verjüngenden Wandung ein komplementäres Außengewinde, mit dem es in das Rohr unter Bildung eines sich in Strömungsrichtung sukzessive vergrößernden Expansionskanals im resultierenden Gewindegang einschraubbar ist. Dadurch, dass der Expansionska-

nal im Wesentlichen wendelförmig um das Modellierungsbauteil herumläuft, vergrößert sich der Expansionsweg und somit die zu erzielende maximale Kühlleistung. Darüber hinaus ermöglicht eine solche Ausführungsform die sehr viel flächendeckendere Kühlung der Kryosonde. Natürlich kann durch eine geeignete Wahl unterschiedlicher Gewindearten auch auf die resultierende Außentemperatur bzw. deren Verteilung Einfluss genommen werden.

**[0020]** Vorzugsweise umfasst das Rohr ein Innengewinde und das Modellierungsbauteil ein komplementäres Außengewinde, mit dem es in das Rohr unter Bildung des Expansionskanals im resultierenden Gewindegang einschraubbar ist, wobei nun das Außengewinde als ein in Strömungsrichtung verlaufendes kegeliges oder dergleichen Gewinde und/oder das Innengewinde als ein in entgegengesetzter Richtung verlaufendes kegeliges oder dergleichen Gewinde ausgebildet ist. Unter kegeliges Gewinde sind hier Gewinde zu verstehen, deren Gewindegangtiefe sukzessive zunimmt, ähnlich der Außengeometrie eines Kegels. Beim Einschrauben in ein komplementäres Außen- bzw. Innengewinde entsteht so ein in Strömungsrichtung im Querschnitt expandierender Expansionskanal.

**[0021]** Anstelle der zuvor beschriebene Gewinde jeglicher Bauart, können natürlich auch vergleichbare Kanäle, Nuten etc. im Rohr- oder Modellierungsbauteil ausgebildet werden, um einen entsprechenden Expansionskanal zu bilden. Hier sind sämtliche aus dem Stand der Technik bekannte Verfahren Bildung von Strömungskanälen etc. anwendbar.

**[0022]** Vorzugsweise wird der Expansionskanal zwischen einem äußeren Rohr und einem darin verlaufenden inneren Rohr gebildet. Das hat zur Folge, dass durch das innere Rohr das wärmere Kühlfluid zugeführt werden kann, um im weiter außen gelegenen Expansionskanal zu expandieren und die Außenseite des äußeren Rohres effektiv zu kühlen. In diesem Zusammenhang kann dann das äußere Rohr als Kryosondengehäuse verwendet werden oder über einen entsprechenden Wärmeleiter mit einem solchen Gehäuse verbunden sein.

**[0023]** Zur Bildung des sich sukzessive erweiternden Expansionskanals im doppelwandigen Rohr können sämtliche zuvor bereits abgehandelten Möglichkeiten herangezogen werden, wobei das Modellierungsbauteil dann vorzugsweise in den Außenkanal einsetzbar oder darin integriert ausgebildet ist. In diesem Zusammenhang ist es auch möglich ein Hohlkörperbauteil als Modellierungsbauteil zu verwenden, wobei dessen Hohlkörperbereich als insbesondere mittig angeordneter Zulauf fungiert.

**[0024]** Vorzugsweise umfasst die Kryosonde eine Kryosondenspitze, die an einem Rohrende des zuvor

beschriebenen doppelwandigen Rohres angeordnet ist und das Innenrohr mit dem Expansionskanal unter Bildung eines Umlenkkkanals in Fluidverbindung bringt. Auf diese Weise können das innere Rohr und das äußere Rohr bzw. der im äußeren Rohr gebildete Außenkanal zur Zu- und Ableitung des Kühlfluides insbesondere -gases verwendet werden. Die resultierende geometrische Außenform eines solchen Rohres entspricht einer Kanüle und somit einer für die Kryochirurgie sehr anwendungsfreundlichen Form.

**[0025]** Vorzugsweise ist die Kryosondenspitze derart am Rohrende angeordnet und insbesondere über eine Gewindeeinrichtung ein- und ausschraubbar, dass der Querschnitt des Umlenkkkanals veränderbar und insbesondere an einen Einlaufbereich des Expansionskanals adaptierbar ist. Der Vorteil liegt darin, dass nun durch eine Adaption des Umlenkkkanals auch im Spitzenbereich der Kryosonde auf eine mögliche Expansion des Kühlfluidgases Einfluss genommen werden kann.

**[0026]** Vorzugsweise ist um das innere Rohr eines wie oben beschriebenen doppelwandig ausgeführten Rohres ein in Strömungsrichtung wendelförmig, mit ansteigender Steigung verlaufendes Modellierungsbauteil, insbesondere ein Draht angeordnet, der mit den Wandungen beider Rohre jeweils in fluiddichter Verbindung steht, so dass zwischen benachbarten Windungen und den Wandungen der Rohre ein wendelförmiger, im Querschnitt sukzessive zunehmender Expansionskanal gebildet wird. Natürlich kann auch durch die Wahl des verwendeten, umlaufenden Modellierungsbauteils auf die Geometrie und den Querschnitt des Expansionskanals Einfluss genommen werden. So ist es beispielsweise möglich, mit einem sich sukzessive verjüngenden Modellierungsbauteil, das mit einer gleichmäßigen Wendelsteigung auf das innere Rohr aufgebracht wird, einen sich sukzessive erweiternden Expansionskanal herzustellen.

**[0027]** Vorzugsweise weist grundsätzlich das Modellierungsbauteil, insbesondere im nach Außen weisenden Bereich eine gute Wärmeleitfähigkeit auf, um eine effektive Kühlung der Außenseite bzw. der zu kühlenden Bereiche der Kryosonde sicherzustellen. Um eine effektive Abkühlung der Außenseite zu erzielen ist es zudem möglich, im nach innen weisen Bereich, also beispielsweise dem Bereich, der an den Zulauf mit dem „warmen“ Kühlfluid vor seiner Entspannung grenzt, entsprechende Dämmschichten anzuordnen. Dies kann wieder durch die Verwendung entsprechender dämmender Zwischenschichten oder durch eine entsprechende Materialwahl des Modellierungsbauteils oder des inneren Rohres etc. erreicht werden.

**[0028]** Grundsätzlich ist es möglich, das wendelförmige Modellierungsbauteil auf das innere Rohr auf-

zuwickeln, oder aber auch in Form einer eigenständigen Wendel in den Zwischenraum zwischen Innenrohr und äußerem Rohr einzubringen und insbesondere einzudrehen.

**[0029]** Vorzugsweise ist das Modellierungsbauteil integral am inneren Rohr und/oder am äußeren Rohr und insbesondere durch eine wendelförmige Einkerbung der jeweiligen Wandungen des Rohres gebildet, wobei in Strömungsrichtung die Steigung der wendelförmigen Einkerbung und/oder deren Breite zunimmt. Auch auf diese Weise kann also ein Expansionskanal geschaffen werden, der wendelförmig das innere Rohr umläuft und derart im Querschnitt erweitert ausgebildet ist, dass es zu einer sukzessiven Entspannung des Gases und somit zu einer Abkühlung über die gesamte Länge des Expansionskanals kommt. Natürlich ist es hier möglich, über entsprechende Querschnittsänderung über die Länge des Expansionskanals im Vergleich kältere und weniger kältere Bereiche zu schaffen, wenn dies nötig ist. Auch ist es natürlich möglich, die integral am inneren Rohr und/oder am äußeren Rohr ausgebildeten Modellierungsbauteile durch Ausfräsungen der benachbarten Gebiete auszubilden, die dann passgenau an der komplementären Rohrwand anstehen etc. Auch ist es möglich, an einem oder an beiden Rohren entsprechende Führungsnuten oder -einrichtungen anzuordnen, die das Einsetzen eines wendelförmigen Modellierungsbauteils erlauben. Auch können hier natürlich eine Mehrzahl an unterschiedlichen Nuten vorgesehen sein, um beispielsweise unterschiedliche Modellierungsbauteile einzufügen oder aber auch unterschiedliche Steigungen, Querschnittsänderungen etc. zu erzielen.

**[0030]** Im Zusammenhang mit Modellierungsbauteilen, die in das Leitungssystem und insbesondere in den Außenkanal eines doppelwandigen Rohres einführbar sind, ist es auch denkbar, das Modellierungsbauteil derart flexibel auszubilden, dass der Expansionskanal nach Bedarf veränderbar ist. So kann beispielsweise durch das Einführen einer auf das Innenrohr passgenau aufsteckbaren elastischen Wendel mit in Strömungsrichtung ansteigendem Gewinde, die ebenfalls passgenau an der Wandung des Außenrohrs ansteht, durch ein Verschieben bzw. verdrehen der Wendel in Axialrichtung des Rohres die Querschnittsveränderung des Expansionskanals beeinflusst werden.

**[0031]** Eine Anpassung kann natürlich auch über mehrteilige Modellierungsbauteile erfolgen, die eine Veränderung des Querschnitts des Expansionskanals über seine Länge zulassen.

**[0032]** Vorzugsweise ist diese Anpassung über einen Griff am Kryosondengerät oder eine externe Steuereinrichtung möglich, um auch während der Operation die Temperatur der Kryosonde regeln zu

können. Hier sind sämtliche aus dem Stand der Technik bekannte Verfahren zur Steuerung eines chirurgischen Gerätes anwendbar.

**[0033]** Weitere Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0034]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand von acht Ausführungsbeispielen beschrieben, die durch die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert sind. Hierbei zeigen:

**[0035]** [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Kryochirurgiegerätes;

**[0036]** [Fig. 2](#) eine erste Ausführungsform einer Kryosonde des Kryochirurgiegerätes aus [Fig. 1](#);

**[0037]** [Fig. 3](#) eine zweite Ausführungsform einer Kryosonde des Kryochirurgiegerätes aus [Fig. 1](#);

**[0038]** [Fig. 4](#) eine dritte Ausführungsform einer Kryosonde des Kryochirurgiegerätes aus [Fig. 1](#);

**[0039]** [Fig. 5](#) eine vierte Ausführungsform einer Kryosonde des Kryochirurgiegerätes aus [Fig. 1](#);

**[0040]** [Fig. 6](#) eine fünfte Ausführungsform einer Kryosonde des Kryochirurgiegerätes aus [Fig. 1](#);

**[0041]** [Fig. 7](#) eine sechste Ausführungsform einer Kryosonde des Kryochirurgiegerätes aus [Fig. 1](#);

**[0042]** [Fig. 8](#) eine siebte Ausführungsform einer Kryosonde des Kryochirurgiegerätes aus [Fig. 1](#);

**[0043]** [Fig. 9](#) eine achte Ausführungsform einer Kryosonde des Kryochirurgiegerätes aus [Fig. 1](#); und

**[0044]** [Fig. 10](#) eine weitere Ausführungsform.

**[0045]** Im Folgenden werden für gleiche und gleich wirkende Bauteile dieselben Bezugszeichen verwendet.

**[0046]** [Fig. 1](#) zeigt eine isometrische Darstellung eines kryochirurgischen Instruments gemäß der vorliegenden Anmeldung. Das Instrument **1** besteht aus einem Kryosondenhalter **46** und einer darin einsetzbaren Kryosonde **2**, die erfindungsgemäß durch eine im Folgenden noch detailliert beschriebene Ausbildung eines Leitungssystems derart kühlbar ist, dass kryochirurgische Operationen damit durchgeführt werden können.

**[0047]** Das kryochirurgische Gerät ist mit Gaszuleitungseinrichtungen **44** ausgerüstet, die den Anschluss an ein Gasreservoir (nicht dargestellt) oder eine ähnliche Gasversorgung ermöglichen.

**[0048]** In [Fig. 2](#) ist eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform der Kryosonde **2** zu sehen. Diese ist hier im Wesentlichen als eine Kryosondenfläche ausgebildet, die ein im Wesentlichen flächig, mäanderndes Leitungssystem **8** aufweist, das mit einem Kühlgas in einer Strömungsrichtung RS durchströmt wird.

**[0049]** Das Leitungssystem **8** ist dabei derart ausgebildet, dass es einen sich über den Strömungsweg entlang der Strömungsrichtung  $R_s$  erweiternden Leitungsquerschnitt aufweist und so einen Expansionskanal **12** bildet. Das hat zur Folge, dass sich das über den Zulauf **3** einströmende Kühlgas auf seinem Weg durch den Expansionskanal **12** zu einem Ablauf **5** sukzessive entspannt und so gemäß dem Joule-Thomson-Effekt abkühlt. Durch eine entsprechend wärmeleitfähige Ausbildung der Kanalwänden **9** des Leitungssystems **8** kann so eine Außenseite **7** der Kryosonde **2** effektiv gekühlt werden.

**[0050]** Die [Fig. 3-Fig. 9](#) zeigen weitere Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Kryosonde **2**, wobei diese hier grundsätzlich aus einem doppelwandigen Rohr, umfassend ein inneres Rohr **19** und ein äußeres Rohr **21**, gebildet werden. Das innere Rohr **19** fungiert dabei als Zulauf **3**, über den ein Kühlfluid durch die Kryosonde **2** geleitet werden kann. Am freien Ende **36** ist eine Kryosondenspitze **34** angeordnet, die unter Bildung eines Umlenkkanales **38** eine Verbindung zwischen dem inneren Kanal **26** des Innenrohres **19** und dem äußeren Kanal **30** herstellt, der durch das innere Rohr **19** und das äußere Rohr **21** gebildet wird.

**[0051]** In diesem äußeren Kanal **30** ist ein Modellierungsbauteil **16** angeordnet, das sich in Strömungsrichtung  $R_s$  derart verjüngt, dass sich ein über eine Länge **1** sukzessive erweiternder Expansionskanal **12** bildet. Kühlfluid, das über den Zulauf **3** durch den inneren Kanal **26**, von dort über den Umlenkkanal **38** in den Expansionskanal **12** strömt, expandiert dort sukzessive über die Länge **1**, so dass es zu dessen Abkühlung und somit über die wärmeleitende äußere Wandung **32** des äußeren Kanals **30** zu einer Abkühlung auf der Außenseite **7** der Kryosonde **2** kommt.

**[0052]** Da die hier abgebildete Kryosonde **2** rotationssymmetrisch aus einem doppelwandigen Rohr mit einer gleichbleibend dicken äußeren Wandung **32** und einem als Modellierungsbauteil **12** entsprechend rotationssymmetrischem, sich verjüngendem Hohlkörper ausgebildet ist, kommt es auch zu einer gleichmäßigen Abkühlung über den Umfang der Kryosonde **2**. Natürlich ist es auch möglich, durch eine entsprechend veränderte Ausführung des Modellierungsbauteils **16** oder der Lage des inneren Rohres **19** relativ zum äußeren Rohr **21**, eine ungleichmäßige Kühlung über den Umfang der Kryosonde **2** zu erzielen.

**[0053]** [Fig. 4](#) zeigt eine dritte Ausführungsform der Kryosonde **2**, wieder umfassend ein inneres Rohr **19** und ein äußeres Rohr **21**, deren Kanäle **26** bzw. **30** durch eine Kryosondenspitze **34** und einen daraus resultierenden Umlenkkanal **38** miteinander in Fluidverbindung stehen. Auch hier ist im äußeren Kanal **30** ein Modellierungsbauteil **16** zur Bildung eines Expansionskanals **12** eingesetzt. Das Modellierungsbauteil **16** ist hier als ein rotationssymmetrischer Hohlzylinder mit sich sukzessive erweiternden Innenwänden ausgebildet. Um den Hohlzylinder **16** in seiner Lage innerhalb des äußeren Rohres **21** zu fixieren, weist dieses Einsetznuten **29** auf, die das passgenaue Einsetzen erlauben.

**[0054]** [Fig. 5](#) zeigt eine vierte Ausführungsform der Kryosondenspitze **2**, wieder bestehend aus einem doppelwandigen Rohr **19**, **21**, in dessen Außenkanal **30** zur Bildung des Expansionskanals **12** ein Modellierungsbauteil **16** eingesetzt ist.

**[0055]** Im Unterschied zu den zuvor beschriebenen Ausführungsformen umfasst dieses Modellierungsbauteil **16** auf einer sich verjüngenden Wandung **23** ein Außengewinde **22**, das in ein an der inneren Wandung **28** des äußeren Rohres **21** ausgebildetes Innengewinde **20** einschraubbar ist.

**[0056]** Aufgrund der Ausbildung des Außengewindes **22** auf der geneigten bzw. sich verjüngenden Wandung **23** des Modellierungsbauteils **16** ergibt sich beim Einschrauben dieses Bauteils in das Innengewinde **20** am äußeren Rohr **21** ein sich sukzessive erweiternder Gewindegang **24**, der als Expansionskanal **12** fungiert. Dieser steht an einem Einlaufbereich **40** mit einem ebenfalls wieder durch eine Kryosondenspitze **34** gebildeten Umlenkkanal **38** in Fluidverbindung, so dass Kühlfluid über das innere Rohr **19** in Strömungsrichtung  $R_s$  expandierend durch den sich wendelförmig umlaufend erstreckenden Expansionskanal **12** strömen kann, um die Außenseite **7** der Kryosonde **2** abzukühlen.

**[0057]** Durch eine geeignete Wahl der Gewindesteigung und der Tiefe des jeweiligen Gewindegangs **24** kann hier zusätzlich auf die Kühlwirkung auf der Außenseite **7** Einfluss genommen werden.

**[0058]** [Fig. 6](#) zeigt eine fünfte Ausführungsform der Kryosonde **2**. Im Gegensatz zur vorherigen Ausführungsform ist das Modellierungsbauteil **16** als ein sich erweiternder Hohlzylinder ausgebildet, der ein Innengewinde **20** aufweist, das derart komplementär zu einem Außengewinde **22** des inneren Rohres **18** ist, dass das Modellierungsbauteil **16** auf das Rohr **19** unter Bildung eines wendelförmig umlaufenden Expansionskanals **12** im Gewindegang **24** der beiden komplementären Gewinde **20**, **22** aufschraubbar ist.

**[0059]** Darüber hinaus umfasst diese Ausführungs-



form der Kryosonde **2** eine Kryosondenspitze **34**, die über einen Gewindebereich **35** auf ein freies Ende **36** des doppelwandigen Rohres **19**, **21** derart aufschraubbar ist, dass die Größe des durch die Kryosondenspitze **34** gebildeten Umlenkanals **38** durch ein heraus- bzw. herteinschrauben der Kryosondenspitze **34** anpassbar ist.

**[0060]** [Fig. 7](#) zeigt eine sechste Ausführungsform der Kryosonde **2**, umfassend wieder ein doppelwandiges Rohr **19**, **21**, wobei das innere Rohr **19** als Zulauf **3** und das äußere Rohr **21** bzw. der zwischen innerem Rohr **19** und äußerem Rohr **21** gebildete äußere Kanal **30** als Rücklauf **5** fungiert.

**[0061]** Im äußeren Kanal **30** ist zur Bildung eines Expansionskanals **12** ein Modellierungsbauteil **16** eingesetzt, das ein Außengewinde **22** aufweist. Das Rohr **21** weist ein dazu komplementäres Innengewinde **20** auf, das hier als ein so genanntes entgegen der Strömungsrichtung  $R_s$  verlaufendes kegeliges Gewinde ausgebildet ist. Das bedeutet, dass sich der Querschnitt des Gewindegangs **24** und somit der Expansionskanal **12** in Strömungsrichtung aufgrund dieses entgegen der Strömungsrichtung kegeliges Gewinde sukzessive vergrößert und so, wie schon in den zuvor beschriebenen Ausführungsformen, sukzessive erweitert. Natürlich wäre es hier auch möglich, an Stelle der gleichmäßigen Gewindesteigung eine zunehmende Gewindesteigung auszubilden oder aber auch das Modellierungsbauteil **16** entsprechend zu verjüngen, um beispielsweise eine in Richtung des freien Endes **36** der Kryosonde **2** stärker werdende Abkühlung der Außenseite **7** zu erzielen.

**[0062]** Natürlich ist es zudem möglich, statt dessen oder aber auch ergänzend an Stelle des entgegen der Strömungsrichtung  $R_s$  kegelig verlaufenden Gewindes **20** im Außenrohr **21** ein in Strömungsrichtung verlaufendes kegeliges Gewinde **22** im Modellierungsbauteil **16** anzuordnen.

**[0063]** [Fig. 8](#) zeigt eine siebte Ausführungsform der Kryosonde **2**, bei der zwischen einem als Zulauf **3** fungierenden inneren Rohr **19** und einem äußeren Rohr **21** an beiden Wandungen **28**, **32** der Rohre **19**, **21** ein wendelförmig um das innere Rohr **19** verlaufendes Modellierungsbauteil **16**, in diesem Fall ein Draht, gewickelt ist, so dass sich zwischen den einzelnen Windungen **42**, **42'** und den jeweiligen Wandungen **28**, **32** ein Expansionskanal **12** bildet, der ebenfalls wieder sich sukzessive erweiternd, wendelförmig um das Innenrohr **19** herumläuft. Ein über das innere Rohr **19** bzw. den Zulauf **3** in Strömungsrichtung  $R_s$  zufließende Kühlfluid tritt dann wieder über einen Umlaufkanal **38** in diesen wendelförmigen Expansionskanal **12** ein, wo es sich aufgrund des sich sukzessive vergrößernden Querschnitts schrittweise entspannt und abkühlt. Das Modellierungsbauteil **16** bzw. der Draht kann dabei sowohl ein eigenständig

auf das innere Rohr **19** aufgewickeltes Bauteil als auch integral mit diesem und/oder dem äußeren Rohr **21** ausgebildetes Bauteil sein. Zudem ist es möglich, das Modellierungsbauteil **16** in entsprechenden Nuten oder dergleichen Führungseinrichtungen (nicht dargestellt) zu führen, um dessen Positionierung zu erleichtern.

**[0064]** [Fig. 9](#) zeigt eine achte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kryosonde **2**, die nach demselben Prinzip funktioniert, wie die Ausführungsform aus [Fig. 8](#). An Stelle des als Draht ausgeführten Modellierungsbauteils **16** ist hier eine entsprechende Einkerbungen **43** auf der äußeren Wandung **32** des äußeren Rohres **21** so angeordnet, dass sich die resultierenden Ausbuchtungen **45** fluiddicht an das innere Rohr **19** presst. Da die Einkerbung **43** wendelförmig und mit zunehmender Steigung auf das äußere Rohr **21** aufgebracht ist, ergibt sich zwischen den einzelnen Windungen der Kerbe **43** bzw. der Ausbuchtungen **45** ein umlaufender, sich sukzessive erweiternder Expansionskanal **12** durch den das Gas entlang strömt und sich unter schrittweiser Abkühlung entspannt.

**[0065]** Eine ähnliche Ausführungsform zeigt [Fig. 10](#), bei der die Einkerbungen **43** bzw. Ausbuchtungen **45** am inneren Rohr **19** angeordnet sind, so dass sich die Ausbuchtungen **45** unter Bildung eines entsprechenden Expansionskanals **12** fluiddicht an das äußere Rohr **21** bzw. dessen Wandung **32** anlegen.

**[0066]** Grundsätzlich sei angemerkt, dass natürlich neben den hier gezeigten Ausführungsformen des Modellierungsbauteils sämtliche Modellierungsbauteile verwendet werden können, die die Ausbildung eines sich sukzessive im Querschnitt vergrößernden Expansionskanals ermöglichen. Hier ist natürlich auch die Ausführung des Rohres bzw. des äußeren Rohres **21** als sich kegelig erweiterndes Rohr etc. denkbar.

**[0067]** Im Zusammenhang mit umlaufenden Gewindegängen zur Bildung des Expansionskanals können natürlich auch Doppel- und Mehrfachwendeln oder dergleichen mehrere sich insbesondere konzentrisch windende Gänge oder Kanäle etc. angewendet werden.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Kryochirurgisches Instrument
<b>2</b>	Kryosonde
<b>3</b>	Zulauf
<b>4</b>	Kühlgas
<b>5</b>	Ablauf
<b>7</b>	Außenseite
<b>8</b>	Leitungssystem
<b>9</b>	Kanalwandung
<b>12</b>	Expansionskanal

- 14 Wärmeleiter
- 16 Modellierungsbauteil
- 18 Rohr
- 19 inneres Rohr
- 20 Innengewinde
- 21 äußeres Rohr
- 22 Außengewinde
- 23 verjüngende Wandung
- 24 Gewindegang
- 26 innerer Kanal
- 28 innere Wandung
- 30 äußerer Kanal
- 32 äußere Wandung
- 34 Kryosondenspitze
- 36 freies Ende bzw. Rohrende
- 38 Umlenkkanal
- 40 Einlaufbereich
- 42 Windung
- 43 Einkerbung
- 44 Gasleitungseinrichtung
- 45 Ausbuchtung
- 46 Kryosondenhalter

### Patentansprüche

1. Kryochirurgisches Instrument, umfassend eine Kryosonde, mit einem von einem komprimierten Kühlfluid, insbesondere Kühlgas durchströmten Leitungssystem (8, 10), zum Abkühlen wenigstens eines Teils der Kryosonde (2), **dadurch gekennzeichnet**, dass das Leitungssystem (8, 10) einen Expansionskanal (12) aufweist, der einen sich in Strömungsrichtung ( $R_s$ ) über eine vorbestimmte Länge sukzessive vergrößernden Leitungsquerschnitt derart aufweist, dass sich das komprimierte Kühlgas auf seinem Strömungsweg durch den Expansionskanal (12) sukzessive über die vorbestimmte Länge hinweg bei gleichzeitiger Abkühlung wenigstens teilweise entspannt.

2. Kryosonde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Expansionskanal (12) über einen Wärmeleiter (14) mit der Außenseite (7) der Kryosonde (2) in wärmeleitfähiger Verbindung steht.

3. Kryosonde nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Expansionskanal (12) einen in Abhängigkeit eines Wärmeübergangswiderstandes des Wärmeleiters (14) derart ausgebildeten Leitungsquerschnitt aufweist, dass sich auf der Außenseite (7) der Kryosonde (2) wenigstens über einen durch die vorbestimmte Länge definierten Teilbereich eine vorbestimmte Temperaturverteilung, insbesondere eine gleichbleibende Temperatur einstellt.

4. Kryosonde nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Expansionskanal (12) derart ausgebildet ist, dass das Kühlgas in einer turbulenten Strömung strömt.

5. Kryosonde nach einem der vorhergehenden

Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in wenigstens einem Teilbereich des Leitungssystem (8, 10) zur Bildung des Expansionskanals (12) mindestens ein insbesondere sich in Strömungsrichtung verjüngendes/erweiterndes Modellierungsbauteil (16) derart angeordnet ist, dass sich der resultierende Leitungsquerschnitt in Strömungsrichtung ( $R_s$ ) sukzessive vergrößert.

6. Kryosonde nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Expansionskanal (12) durch ein Rohr (18) und ein Modellierungsbauteil (16) gebildet wird, das als ein kegelförmiges oder dergleichen rotationssymmetrisches, sich in Strömungsrichtung ( $R_s$ ) verjüngendes Bauteil in das Rohr (18) eingesetzt ist.

7. Kryosonde nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Expansionskanal (12) durch ein Rohr (18) und ein Modellierungsbauteil (16) gebildet wird, das als ein sich in Strömungsrichtung ( $R_s$ ) erweiterndes rotationssymmetrisches Hohlkörperbauteil in das Rohr (18) eingesetzt ist.

8. Kryosonde nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (18) wenigstens teilweise ein Kryosondengehäuse der Kryosonde (2) bildet.

9. Kryosonde nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (18) ein Innengewinde (20) und das Modellierungsbauteil (16) auf einer sich verjüngenden Wandung (23) ein komplementäres Außengewinde (22) aufweist, mit dem es in das Rohr (18) unter Bildung eines sich in Strömungsrichtung ( $R$ ) sukzessive vergrößernden Expansionskanals (12) im resultierenden Gewindegang (24) einschraubbar ist.

10. Kryosonde nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (18) ein Innengewinde (20) und das Modellierungsbauteil (16) ein komplementäres Außengewinde (22) aufweist, mit dem es in das Rohr (18) unter Bildung des Expansionskanals (12) im resultierenden Gewindegang (24) einschraubbar ist, wobei das Außengewinde (22) als ein in Strömungsrichtung ( $R_s$ ) verlaufendes kegelförmiges oder dergleichen Gewinde und/oder das Innengewinde (20) als ein in entgegengesetzter Richtung verlaufendes kegelförmiges oder dergleichen Gewinde ausgebildet ist.

11. Kryosonde nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Expansions-



kanal (12) zwischen einem äußeren Rohr (21) und einem darin verlaufenden inneren Rohr (19) gebildet wird.

12. Kryosonde nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch eine Kryosondenspitze (34), die an einem Rohrende (36) angeordnet ist und das Innenrohr (19) mit dem Expansionskanal (12) unter Bildung eines Umlenkkanaals (38) in Fluidverbindung bringt.

13. Kryosonde nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Kryosondenspitze (34) derart am Rohrende (36) angeordnet und insbesondere über eine Gewindeeinrichtung ein- und abschraubbar ist, dass der Querschnitt des Umlenkkanaals (38) veränderbar und insbesondere an einen Einlaufbereich (40) des Expansionskanals (12) adaptierbar ist.

14. Kryosonde nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das innere Rohr (19) ein Außengewinde (22) aufweist und das Modellierungsbauteil (16) als ein insbesondere sich in Strömungsrichtung ( $R_s$ ) sukzessive erweiternder rotationssymmetrischer Hohlkörper ausgebildet ist, der an seiner innen liegenden Hohlkörperwandung ein Innengewinde (20) aufweist und mit diesem auf das Außengewinde (22) des inneren Rohres (19) unter Bildung des Expansionskanals (12) im Gewindegang (24) aufgeschraubt ist.

15. Kryosonde nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass um das innere Rohr (19) ein in Strömungsrichtung ( $R_s$ ) wendelförmig, mit ansteigender Steigung verlaufendes Modellierungsbauteil, insbesondere ein Draht (16), angeordnet ist, der mit den Wandungen (28, 32) beider Rohre (19, 21) jeweils in fluiddichter Verbindung steht, so dass zwischen benachbarten Windungen (42, 42') und den Wandungen (26, 32) ein wendelförmiger im Querschnitt sukzessive zunehmender Expansionskanal (12) gebildet wird.

16. Kryosonde nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Modellierungsbauteil (16) integral am inneren Rohr (19) und/oder am äußeren Rohr (32) und insbesondere durch eine wendelförmige Einkerbung (43) der jeweiligen Wandung (28, 32) des Rohres (19, 21) gebildet ist, wobei in Strömungsrichtung ( $R_s$ ) die Steigung der wendelförmigen Einkerbung (43) und/oder deren Breite (b) zunimmt.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

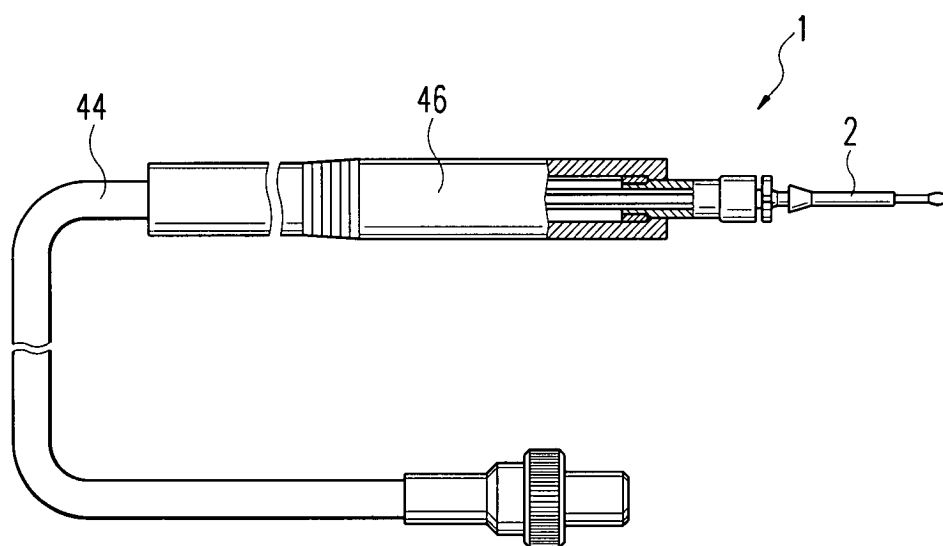


Fig. 1

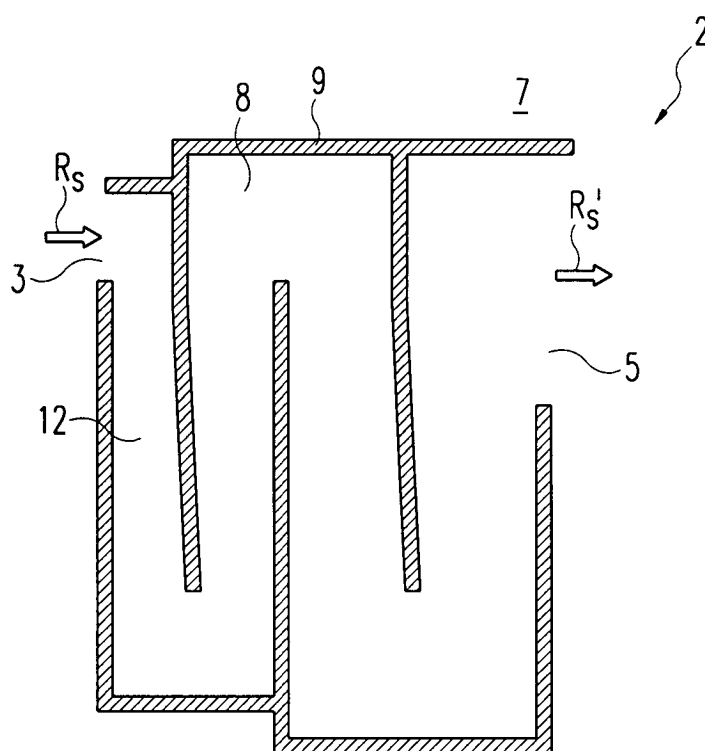


Fig. 2

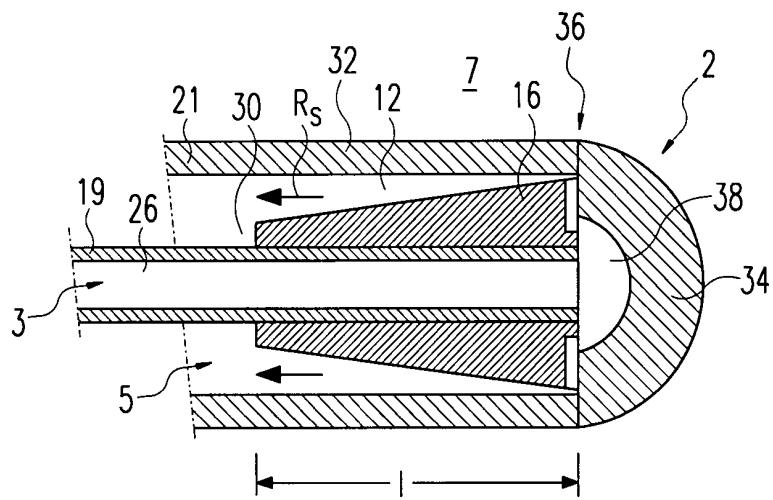


Fig. 3

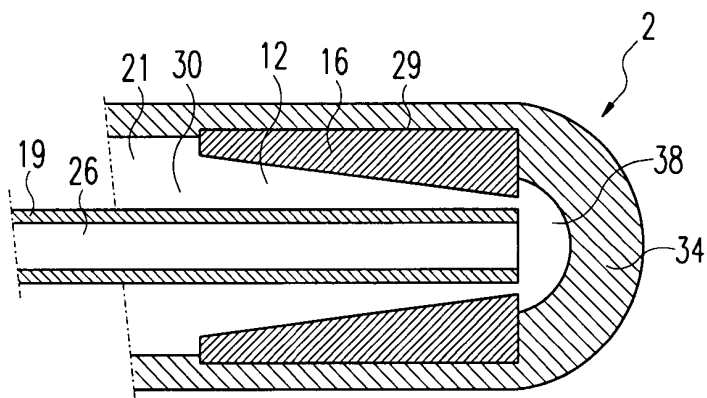


Fig. 4

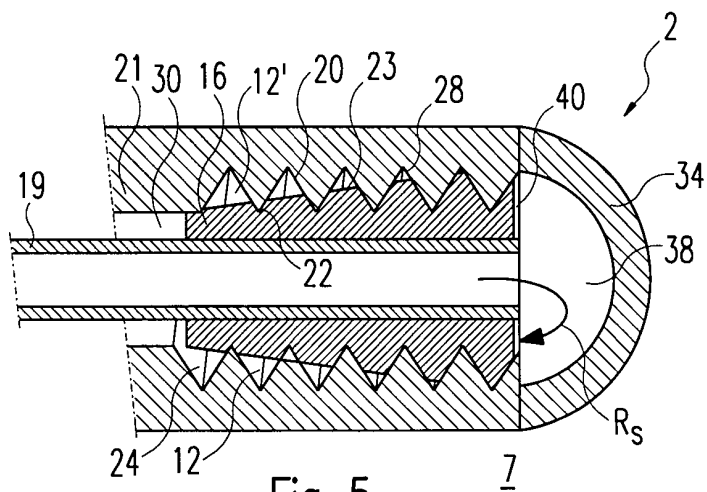


Fig. 5

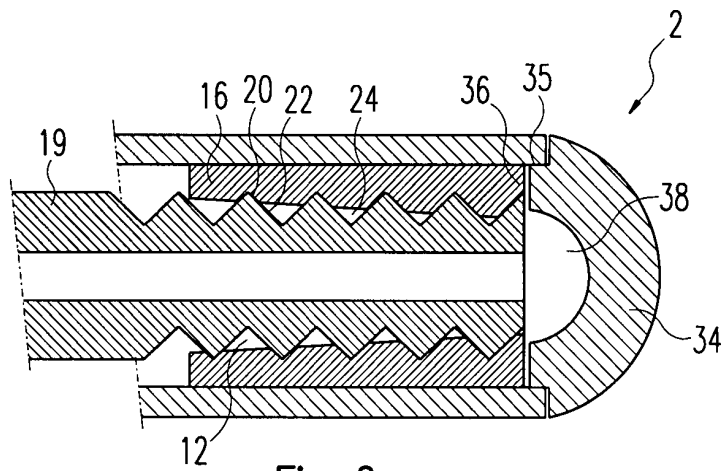


Fig. 6

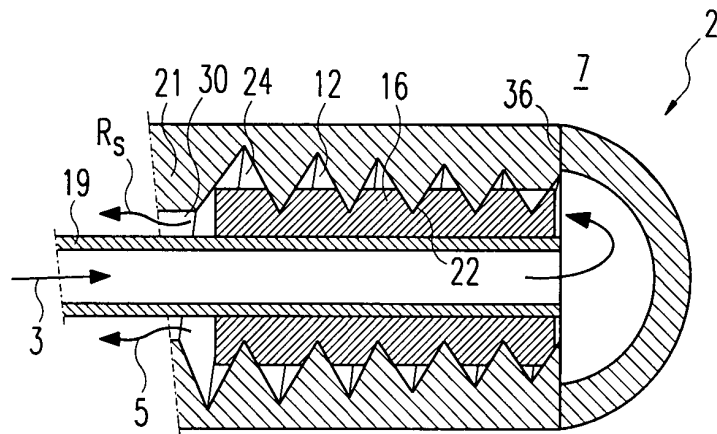


Fig. 7

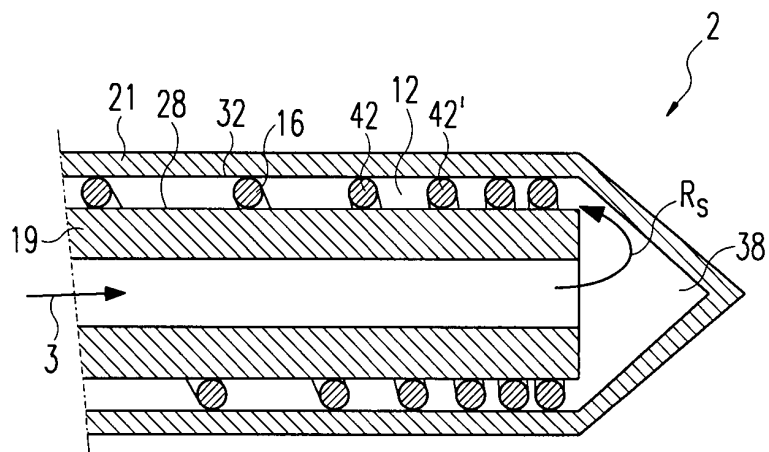


Fig. 8

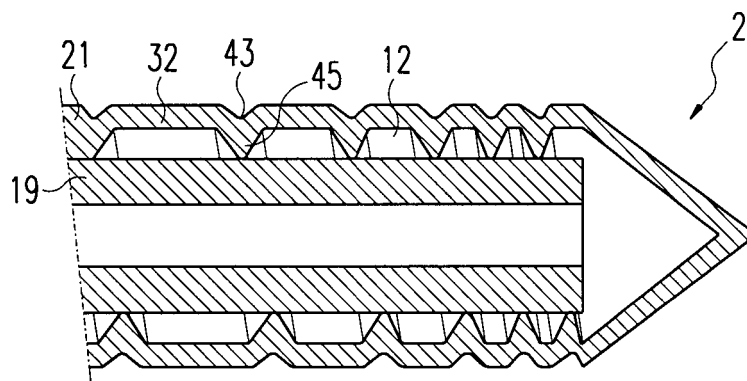


Fig. 9

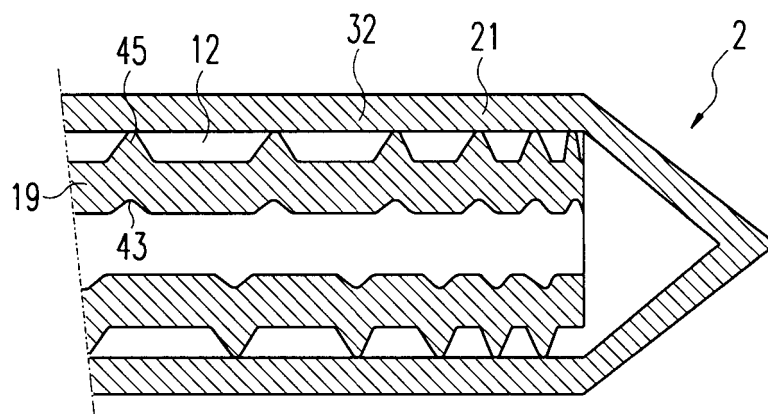


Fig. 10