



(10) DE 10 2018 119 043 A1 2020.02.06

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2018 119 043.3

(22) Anmeldetag: 06.08.2018

(43) Offenlegungstag: 06.02.2020

(51) Int Cl.: **F25D 3/10** (2006.01)

**F25B 9/00** (2006.01)

**F25D 29/00** (2006.01)

**B01L 7/00** (2006.01)

**H02G 15/00** (2006.01)

**H02G 15/34** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das  
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie,  
dieses vertreten durch den Präsidenten der  
Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, 38116  
Braunschweig, DE**

(72) Erfinder:

**Kirste, Alexander, Dr., 13189 Berlin, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	602 12 768	T2
DE	691 06 313	T2

(74) Vertreter:

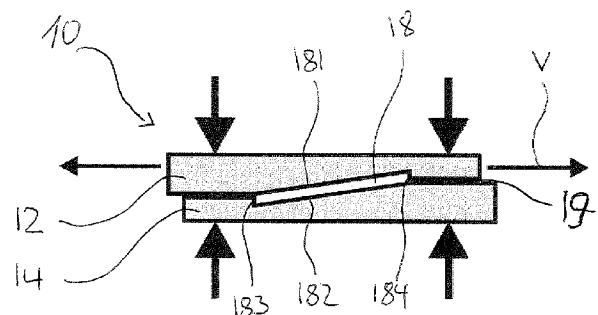
**Gramm, Lins & Partner Patent- und  
Rechtsanwälte PartGmbH, 38122 Braunschweig,  
DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Kryostat und Verfahren zum Betreiben eines Kryostats**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Kryostaten (2), mit (a) einem ersten Raum (4), (b) einem Tieftemperaturraum (6), (c) einem Flachleiter (8), der von dem ersten Raum (4) zu dem Tieftemperaturraum (6) verläuft, und (d) zumindest einer Kontaktierungsvorrichtung (10), die den Flachleiter (8) thermisch kontaktiert, wobei die Kontaktierungsvorrichtung (10) ein erstes Klemmelement (12), ein zweites Klemmelement (14), und zumindest eine Arretiereinrichtung (16) aufweist, mittels der das erste Klemmelement (12) und das zweite Klemmelement (14) relativ zueinander festlegbar sind, wobei das erste Klemmelement (12) und das zweite Klemmelement (14) einen Kanal (18), der eine Kanalhöhe  $h$  aufweist, zum Aufnehmen des Flachleiters (8) ausbilden, das erste Klemmelement (12) und das zweite Klemmelement (14) entlang einer gedachten Verschiebeachse (V) aneinander verschieblich gelagert sind und ein Verschieben des ersten Klemmelements (12) relativ zu dem zweiten Klemmelement (14) entlang der Verschiebeachse (V) eine Veränderung der Kanalhöhe ( $h$ ) bewirkt.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Kryostaten sowie ein Verfahren zum Betreiben eines Kryostats.

**[0002]** Kryostate sind Vorrichtungen, in denen tiefe Temperaturen von beispielsweise unter 5 Kelvin erreicht und gehalten werden können.

**[0003]** Hierzu weist ein Kryostat zumeist zumindest zwei Räume auf, wobei im Betrieb des Kryostats ein Temperaturgradient von einem Bereich außerhalb des Kryostats (Raumtemperatur) in Richtung eines Raums innerhalb des Kryostats mit der gewünschten tiefsten Temperatur, die auch als Tieftemperatur bezeichnet werden könnte, verläuft. Von außen nach innen zwischen dem Bereich außerhalb des Kryostats und diesem Raum mit der tiefsten Temperatur, der auch als Tieftemperaturraum bezeichnet werden kann, liegt vorzugsweise zumindest ein weiterer Raum, wobei die Räume von außen nach innen jeweils eine abnehmende Temperatur relativ zueinander aufweisen.

**[0004]** Es ist beispielsweise möglich, dass die Temperatur innerhalb des Kryostats mittels eines Kühlmediums wie beispielsweise flüssigem Helium oder flüssigem Stickstoff erreicht wird. Sofern ein solches Kühlmedium sich innerhalb des Tieftemperaturraums befindet und/oder mit einem zu kühlenden Gut in Kontakt kommt, so kann auch von Badkryostat gesprochen werden.

**[0005]** Demgegenüber existiert der „trockene“ Kryostat, auf welchen sich diese Erfindung insbesondere auch bezieht, in dem insbesondere der Tieftemperaturraum, vorzugsweise alle Räume, ein Vakuum aufweisen, wobei unter einem Vakuum insbesondere ein Druck von weniger als  $10^{-3}$  mbar, vorzugsweise weniger als  $10^{-4}$ , weiter vorzugsweise  $< 10^{-5}$  mbar, besonders bevorzugt  $\leq 10^{-6}$  zu verstehen ist. Die Abkühlung im Inneren des Kryostats erfolgt dann insbesondere nicht unmittelbar durch eine Flüssigkeit, sondern über thermische Kontakte und Wärmeleitungen zwischen unterschiedlichen Temperaturebenen, die insbesondere durch die unterschiedlichen Räume ausgebildet werden.

**[0006]** Bei Verwendung zweistufiger Pulsrohrkühler sind beispielsweise Temperaturen von unter 4, 2 K erreichbar. Bei Verwendung von  $^3\text{He}$ - $^4\text{He}$ -Entmischungskühlern sind beispielsweise Temperaturen von unter 10 mK erreichbar.

**[0007]** Infolge des Temperaturgradienten findet ein Wärmefluss zu den Temperaturebenen mit jeweils geringerer Temperatur statt. Die durch den Wärmefluss verursachten Wärmeeinträge müssen zum Erhalten der Tieftemperatur mittels der Kühlung kompensiert werden.

**[0008]** Um beispielsweise Versuche unter den Tieftemperaturbedingungen innerhalb des Kryostats durchzuführen oder aber zur Überwachung von Parametern wie Druck und Temperatur innerhalb des Tieftemperaturraums ist es notwendig, elektrische Leitungen von außen bis in den Tieftemperaturraum zu führen. Durch die elektrischen Leitungen besteht eine Wärmebrücke von wärmeren Temperaturebenen hin bis zu dem Tieftemperaturraum, wobei der Wärmefluss durch eine Erwärmung der elektrischen Leiter, der beispielsweise durch einen Stromfluss verursacht wird, verstärkt wird.

**[0009]** Um den Wärmefluss in den Tieftemperaturraum zu minimieren, ist es sinnvoll, die elektrischen Leitungen thermisch zu kontaktieren. Der Wärmefluss kann zu einer Erwärmung des Tieftemperaturraums oder zu einer Beeinträchtigung der an die elektrischen Leitungen angeschlossenen Sensoren, insbesondere Thermometer, führen. Bevorzugt erfolgt das thermische Kontaktieren auf jeder Temperaturebene, also insbesondere in allen Räumen, die im Betrieb unterschiedliche Temperaturen aufweisen. Hierzu sind die elektrischen Leitungen mittels einer Kontaktierungsvorrichtung thermisch kontaktiert.

**[0010]** Unter thermischem Kontaktieren ist insbesondere zu verstehen, dass die elektrischen Leitungen im physischen Kontakt mit der Kontaktierungsvorrichtung sind und über diese ein Wärmefluss durch die elektrischen Leitungen zumindest teilweise abgeleitet wird. Ein solches thermisches Kontaktieren ist insbesondere bei den in der Kryotechnik häufig verwendeten Flachleitern, welche auch als Flachbandleiter bezeichnet werden, schwierig, da diese zumeist eine unregelmäßige Oberfläche aufweisen. Dies gilt insbesondere dann, wenn sie keinen flexiblen und/oder elastischen Kabelmantel aufweisen, wie dies beispielsweise bei gewebten Flachbandleitern, die insbesondere ungeschirmt sind, der Fall ist. Flachleiter weisen beispielsweise eine Dicke zwischen 0,3 und 0,5 mm, insbesondere etwa 0,4 mm, und eine Breite von 5 bis 7 mm, insbesondere etwa 6 mm, auf. Es ist jedoch auch möglich und in bestimmten Ausführungsformen vorteilhaft, dass der Flachleiter eine größere Breite als 7 mm aufweist, insbesondere mehr als 10 mm oder mehr als 20 mm.

**[0011]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, Nachteile im Stand der Technik zu vermindern.

**[0012]** Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe durch einen Kryostaten gemäß Anspruch 1. Die Erfindung löst die Aufgabe zudem mittels eines Verfahrens gemäß Anspruch 9.

**[0013]** Erfindungsgemäß weist der Kryostat einen ersten Raum und einen Tieftemperaturraum auf. Unter einem Tieftemperaturraum ist insbesondere ein Raum zu verstehen, der im Betrieb des Kryostats ei-

ne Temperatur von weniger als 10 K, bevorzugt weniger als 5 K, besonders bevorzugt weniger als 2 K, aufweist. Bei dem Tieftemperaturraum handelt es sich vorzugsweise um den Raum innerhalb des Kryostats, der im Betrieb die tiefste Temperatur aufweist. Es ist selbstverständlich möglich und in manchen Ausführungsformen vorteilhaft, dass mehr als ein erster Raum und/oder mehr als ein Tieftemperaturraum vorhanden sind. Es ist möglich, nicht aber notwendig, dass der Kryostat ausschließlich zumindest einen ersten Raum und zumindest einen Tieftemperaturraum aufweist. In manchen Ausführungsformen ist es jedoch vorteilhaft, wenn weitere Räume vorhanden sind, die sich, insbesondere radial nach außen, an den zumindest einen ersten Raum anschließen.

**[0014]** Darüber hinaus weist der Kryostat erfindungsgemäß eine Kontaktierungsvorrichtung zum thermischen Kontaktieren eines Flachleiters, der von dem ersten Raum zu dem Tieftemperaturraum verläuft, auf. Die Kontaktierungsvorrichtung stellt insbesondere einen Kontakt zwischen dem Flachleiter und dem Tieftemperaturraum und/oder anderen Räumen her. Die Kontaktierungsvorrichtung weist erfindungsgemäß ein erstes Klemmelement und ein zweites Klemmelement auf. Vorzugsweise sind das erste und das zweite Klemmelement identisch dimensioniert ausgebildet.

**[0015]** Zudem weist die Kontaktierungsvorrichtung zumindest eine Arretiereinrichtung auf, mittels der das erste Klemmelement und das zweite Klemmelement relativ zueinander festlegbar sind. Die Arretiereinrichtung ist beispielsweise durch Schrauben und/oder Schraubzwingen und/oder Klemmzwingen gebildet.

**[0016]** Das erste Klemmelement und das zweite Klemmelement bilden einen Kanal zum Aufnehmen des Flachleiters aus, wobei der Kanal eine Kanalhöhe aufweist. Der Kanal kann derart verlaufen, dass er eine fluid-durchströmbare Verbindung zwischen dem ersten Raum und dem Tieftemperaturraum herstellt, wenn insbesondere kein Flachleiter in dem Kanal aufgenommen ist. In einem Bereich außerhalb des Kanals liegen die Klemmelemente vorzugsweise flächig, besonders bevorzugt vollflächig, aneinander an.

**[0017]** Bevorzugt weisen die Klemmelemente jeweils zwei Anlageflächen auf, an denen sie aneinander anliegen. Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist jedes Klemmelement eine Anlagefläche auf, an der eine Kante des jeweils anderen Klemmelements anliegt.

**[0018]** Der Kanal weist vorzugsweise eine Kanalbreite auf, die der Länge einer Kanalbreitenstrecke entspricht, wobei die Kanalhöhe der Länge einer Kanalhöhenstrecke entspricht, die Kanalbreitenstrecke senkrecht zu der Kanalhöhenstrecke verläuft und

die Kanalbreitenstrecke mit der Verschiebeachse einen Winkel einschließt, der von  $0^\circ$  verschieden ist.

**[0019]** Der Kanal weist vorzugsweise eine Deckenfläche, eine Bodenfläche und zwei Seitenflächen auf. Der Abstand zwischen der Bodenfläche und der Deckenfläche definiert die Kanalhöhe. Der Abstand der beiden Seitenflächen zueinander bestimmt die Kanalbreite.

**[0020]** Vorzugsweise verlaufen die Deckenfläche und die Bodenfläche parallel zueinander und/oder die Seitenflächen parallel zueinander. Vorzugsweise verläuft die Kanalbreitenstrecke parallel zu der Deckenfläche und/oder der Bodenfläche und besonders bevorzugt ist die Kanalbreite der Abstand zwischen den Seitenflächen, insbesondere parallel zu der Deckenfläche und/oder der Bodenfläche.

**[0021]** Bevorzugt verläuft die Kanalhöhenstrecke parallel zu den Seitenflächen und besonders bevorzugt wird nur eine Höhenstrecke des Kanals, die zwischen den beiden Seitenflächen angelegt ist, als Kanalhöhenstrecke angesehen.

**[0022]** Da die Kanalbreitenstrecke mit der Verschieberichtung einen Winkel einschließt, der von null verschieden ist, verläuft der Kanal im Querschnitt schräg zu der gedachten Verschiebeachse. Die Deckenfläche und die Bodenfläche bilden insbesondere relativ zu der Verschiebeachse schiefe Ebenen. Die Anlageflächen, entlang derer die Klemmelemente zueinander entlang der gedachten Verschiebeachse verschieblich gelagert sind, verlaufen vorzugsweise parallel zu der Verschiebeachse. Dies führt dazu, dass ein Verschieben der Klemmelemente relativ zueinander entlang der gedachten Verschiebeachse zu einer Veränderung der Kanalhöhe führt. Vorzugsweise führt eine Ausübung einer Presskraft, die die Klemmelemente aufeinander zu belastet, nicht zu einer Verschiebung entlang der Verschiebeachse. Hierzu sind vorzugsweise Deckflächen der Klemmelemente parallel zu der Verschiebeachse und weiter vorzugsweise zudem parallel zu den Anlageflächen.

**[0023]** Es ist theoretisch möglich, dass durch Verschieben der Klemmelemente relativ zueinander eine Kanalhöhe von null erreicht wird. Es ist jedoch ebenfalls möglich und in manchen Ausführungsformen vorteilhaft, dass die Klemmelemente beispielsweise nur bis zu einem Anschlag gegeneinander verschieblich sind und daher eine Kanalhöhe von null nicht erreichbar ist.

**[0024]** Vorzugsweise beträgt der eingeschlossene Winkel zwischen der Kanalbreitenstrecke und der gedachten Verschiebeachse weniger als  $15^\circ$ . Bevorzugt liegt der Winkel in einem Bereich von  $5,7^\circ$  und  $14^\circ$ . Besonders bevorzugt beträgt der eingeschlossene Winkel  $8,5^\circ$ . Bevorzugt weist die Kanalbreiten-

strecke in Bezug auf die Verschiebeachse einen Anstieg von 1,5 mm/10 mm auf, was einem Verhältnis von 1:6,7 entspricht. Besonders bevorzugt liegt das Verhältnis zwischen 1:10 und 1:4. Je geringer der Winkel zwischen der Kanalbreitenstrecke und der Verschiebeachse ist, desto geringer ist die Veränderung der Kanalhöhe im Verhältnis zum Verschiebeweg der Klemmelemente relativ zueinander. Mit anderen Worten führt eine Verschiebung der Klemmelemente relativ zueinander um einen bestimmten Weg zu einer umso kleineren Kanalhöhenveränderung, je geringer der Winkel ist. Durch die Wahl eines kleinen Winkels ist es insbesondere möglich, eine sehr feine KanalhöhenEinstellung zu ermöglichen. Zudem kann insbesondere die Höhe der Kontaktierungsvorrichtung geringer gewählt werden, je kleiner der Winkel ist.

**[0025]** Vorzugsweise bestehen das erste Klemmelement und das zweite Klemmelement aus einem Material, das eine Wärmeleitfähigkeit von zumindest 200 W/(m\*K) bei 300 K, zumindest 150 W/(m\*K) bei 100 K, zumindest 20 W/(m\*K) bei 10 K, zumindest 10 W/(m\*K) bei 1 K und zumindest 0,5 W/(m\*K) bei 0,1 K aufweist. Bevorzugt bestehen das erste Klemmelement und das zweite Klemmelement aus demselben Material. In bestimmten Ausführungsformen ist es jedoch vorteilhaft, wenn das erste Klemmelement und das zweite Klemmelement aus unterschiedlichen Materialien ausgebildet sind.

**[0026]** Bevorzugt bestehen die Klemmelemente aus einem oder mehreren Metallen, insbesondere aus Kupfer, Silber, Gold, Aluminium, oder Legierungen davon. Unabhängig davon ist es jedoch dennoch möglich, dass die Klemmelemente, insbesondere die Deckenfläche, Bodenfläche und die Seitenflächen, eine Beschichtung aufweisen, die beispielsweise elektrisch isolierend wirkt.

**[0027]** Es ist ebenfalls möglich und in bestimmten Ausführungsformen vorteilhaft, dass nur die Oberflächen, insbesondere auch die Deckenfläche, die Bodenfläche und die Seitenflächen, des ersten Klemmelements und des zweiten Klemmelements mit einem Material beschichtet sind, das eine Wärmeleitfähigkeit von zumindest 200 W/(m\*K) bei 300 K, zumindest 150 W/(m\*K) bei 100 K, zumindest 20 W/(m\*K) bei 10 K, zumindest 10 W/(m\*K) bei 1 K und zumindest 0,5 W/(m\*K) bei 0,1 K aufweist.

**[0028]** Bevorzugt sind die Oberflächen, insbesondere auch die Deckenfläche, die Bodenfläche und die Seitenflächen, des ersten Klemmelements und des zweiten Klemmelements mit Kupfer, Silber, Gold, Aluminium oder Legierungen davon beschichtet. So können das erste und das zweite Klemmelement beispielsweise aus einem Material bestehen, das eine geringere als die genannte Wärmeleitfähigkeit aufweist, insbesondere aus Kunststoff, Messing oder

Aluminium, und eine Beschichtung aus einem der genannten Materialien, insbesondere Kupfer aufweisen. Die Beschichtung erfolgt insbesondere galvanisch.

**[0029]** Die Kontaktierungsvorrichtung dient dem thermischen Kontaktieren eines in dem Kanal aufgenommenen Flachleiters. Um die von dem Flachleiter transportierte Wärmemenge möglichst effizient ableiten zu können, bedarf es einer hinreichend hohen Wärmeleitfähigkeit der die Wärme ableitenden Klemmelemente. Dennoch kann es sinnvoll sein, den Flachleiter beispielsweise mit einem Schmiermittel, insbesondere einem Fett zu versehen, um die effektive Kontaktfläche zwischen den Klemmelementen und dem Flachleiter zu vergrößern. Diese vergrößerte Kontaktfläche kann insbesondere die schlechtere Wärmeleitfähigkeit des Schmiermittels überkompensieren. Mittels eines solchen Schmiermittels ist es insbesondere möglich, die üblicherweise unregelmäßig geformte Oberfläche eines Flachleiters besser mittels der insbesondere glatten Oberfläche der Kanalflächen thermisch zu kontaktieren. Die zuvor genannte insbesondere elektrisch isolierende Beschichtung kann insbesondere durch ein solches Schmiermittel, insbesondere ein Fett, gebildet sein.

**[0030]** Vorzugsweise sind durch Verschieben der Klemmelemente entlang der Verschiebeachse eine Minimal-Kanalhöhe und eine Maximal-Kanalhöhe einstellbar, wobei die Differenz zwischen Minimal-Kanalhöhe und Maximal-Kanalhöhe mindestens 0,1 mm beträgt. Unter der Minimal-Kanalhöhe ist insbesondere die kleinste Kanalhöhe zu verstehen, die durch Verschieben der Klemmelemente relativ zueinander entlang der Verschiebeachse erreichbar ist.

**[0031]** Unter der Maximal-Kanalhöhe ist insbesondere die maximale Kanalhöhe zu verstehen, die durch Verschieben der Klemmelemente relativ zueinander entlang der Verschiebeachse erreichbar ist. Die Minimal-Kanalhöhe kann beispielsweise null betragen. Es ist jedoch ebenfalls möglich und in bestimmten Ausführungsformen vorteilhaft, dass die Minimal-Kanalhöhe ungleich null ist, vorzugsweise 0,2 mm, weiter vorzugsweise zumindest 0,3 mm, insbesondere genau 0,3 mm beträgt. Darunter, dass die Minimal-Kanalhöhe genau 0,3 mm beträgt, ist insbesondere zu verstehen, dass die Minimal-Kanalhöhe 0,3 mm mit (relativen) Abweichungen bis zu  $\pm 10\%$  beträgt.

**[0032]** Die Maximal-Kanalhöhe kann beispielsweise durch einen Anschlag, gegenüber dem die Klemmelemente nicht weiter entlang der Verschiebeachse relativ zueinander verschiebbar sind, bedingt sein. Es ist jedoch ebenfalls möglich, dass die Maximal-Kanalhöhe dadurch bedingt ist, dass die Klemmelemente sich bei einem über die Maximal-Kanalhöhe hinausgehenden weiteren Verschieben voneinander lö-

sen würden und insofern keinen geschlossenen Kanal mehr ausbilden. Die Maximal-Kanalhöhe beträgt bevorzugt zumindest 0,4 mm, weiter bevorzugt zumindest 0,5 mm und besonders bevorzugt höchstens 0,6 mm.

**[0033]** Ein Flachleiter weist üblicherweise eine Dicke von circa 0,4 mm auf. Bevorzugt beträgt die Minimal-Kanalhöhe daher 0,3 mm und die Maximal-Kanalhöhe 0,5 mm. Darunter ist insbesondere zu verstehen, dass die Minimal-Kanalhöhe 0,3 mm mit (relativen) Abweichungen bis zu  $\pm 10\%$  und die Maximalkanalhöhe 0,5 mm mit (relativen) Abweichungen bis zu  $\pm 10\%$  beträgt. Dadurch, dass der Abstand zwischen Minimal-Kanalhöhe und Maximal-Kanalhöhe zumindest 0,1 mm beträgt, ist insbesondere gewährleistet, dass eine Anpassung der Kanalhöhe an die tatsächliche Dicke eines Flachleiters in ausreichendem Maße gewährleistet ist.

**[0034]** Zum thermischen Kontaktieren wird ein Flachleiter in den Kanal aufgenommen, beispielsweise durch Einlegen des Flachleiters in eines der Klemmelemente und Auflegen des jeweils anderen Klemmelements. Anschließend werden die Klemmelemente derart gegeneinander verschoben, bis der Flachleiter in dem Kanal eingeklemmt ist. Über die eingestellte Kanalhöhe ist insbesondere die auf den Flachleiter wirkende Klemmkraft einstellbar. Mittels der zumindest einen Arretierungseinrichtung können die Klemmelemente dann relativ zueinander festgelegt werden, sodass der Flachleiter in dem Kanal eingeklemmt bleibt.

**[0035]** Vorzugsweise wird beim Einklemmen des Flachleiters eine Anpresskraft im Bereich von 0 bis 50 N, insbesondere im Bereich von 30 bis 50 N erreicht. Die Anpresskraft lässt sich anhand der Zugkraft ermitteln, die nötig ist um einen Flachleiter durch den Kanal zu ziehen. Hierzu ist vorzugsweise der Reibungskoeffizient des Flachleiters bekannt oder wird hierfür ermittelt. Die Anpresskraft darf jedoch nicht so groß werden, dass eine elektrische Isolierung des Flachleiters oder einzelner verdrehter Leiter beschädigt wird.

**[0036]** Bevorzugt ändert sich die Kanalhöhe beim Verschieben der Klemmelemente relativ in eine Richtung entlang der Verschiebeachse monoton, besonders bevorzugt streng monoton. Auf diese Weise ist es möglich, die auf den Flachleiter wirkende Klemmkraft zumindest bereichsweise, insbesondere durchgehend kontinuierlich zu ändern, also zu erhöhen oder zu verringern. Wird ein Klemmelement relativ zu dem anderen in eine Richtung entlang der Verschiebeachse verschoben, verringert sich beispielsweise die Kanalhöhe. Wird das Klemmelement in die entgegengesetzte Richtung entlang der Verschiebeachse verschoben, so vergrößert sich die Kanalhöhe entsprechend. Es ist jedoch auch möglich und in man-

chen Ausführungsformen vorteilhaft, wenn sich die Kanalhöhe bereichsweise beim Verschieben nicht verändert. Auf diese Weise sind beispielsweise vorgegebene inkrementelle Kanalhöhen, beispielsweise in Abständen von 0,1 mm, einstellbar.

**[0037]** Vorzugsweise weisen das erste Klemmelement und/oder das zweite Klemmelement zumindest eine erste Ausnehmung auf, wobei das jeweils andere Klemmelement eine zu der ersten Ausnehmung korrespondierende zweite Ausnehmung aufweist und die Arretierungseinrichtung eine in der jeweiligen ersten Ausnehmung und der korrespondierenden zweiten Ausnehmung gelagerte Schraube ist. Dabei handelt es sich beispielsweise um eine Senkkopfschraube.

**[0038]** Die zumindest eine erste Ausnehmung ist insbesondere derart ausgebildet, dass eine Schraube in ihr, insbesondere in Verschieberichtung, verschieblich lagerbar ist. Bevorzugt handelt es sich bei der ersten Ausnehmung um ein Langloch. Es ist jedoch ebenfalls möglich und in bestimmten Ausführungsformen vorteilhaft, dass die Ausnehmung kanalförmig ausgebildet ist, also nicht vollständig von Material umschlossen und insbesondere zu einem Rand des jeweiligen Klemmelements hin offen ausgebildet ist. Auf diese Weise kann beispielsweise eine Schraube nicht nur von oben oder unten, sondern auch seitlich in die Ausnehmung eingeführt werden. Eine solche kanalförmige Ausnehmung kann auch als offenes Langloch bezeichnet werden.

**[0039]** Bevorzugt korrespondiert der Durchmesser der zweiten Ausnehmung zu dem Durchmesser der Schraube. Besonders bevorzugt weist die Ausnehmung ein zu der Schraube korrespondierendes Gewinde auf. Auf diese Weise ist die relative Position der Schraube zu dem einen Klemmelement festgelegt. Relativ zu diesem Klemmelement lässt sich jedoch das andere Klemmelement auch bei bereits eingesetzter Arretiereinrichtung aufgrund der ersten Ausnehmung, insbesondere des Langlochs oder des offenen Langlochs, verschieben. Durch Einschrauben der Schraube, entweder in das korrespondierende Gewinde der Ausnehmung oder in eine zu der Schraube korrespondierende Schraubennutter können die Klemmelemente relativ zueinander festgelegt werden.

**[0040]** Es ist jedoch ebenfalls möglich und in bestimmten Ausführungsformen vorteilhaft, wenn die korrespondierende zweite Ausnehmung ebenfalls derart ausgebildet, dass eine Schraube in ihr, insbesondere in Verschieberichtung, verschieblich lagerbar ist, insbesondere ein Langloch oder ein offenes Langloch ist. In diesem Fall weist die Schraube auf der dem Schraubenkopf gegenüberliegenden Seite eine Schraubennutter mit einem korrespondierenden Gewinde auf. Die Klemmelemente werden

dann durch Reibschluss zwischen dem Schraubenkopf und dem einen Klemmelement einerseits und der Schraubenmutter und dem anderen Klemmelement andererseits, sowie dem Reibschluss zwischen den Klemmelementen, auch in Richtung einer Bewegung entlang der Verschiebeachse festgelegt.

**[0041]** Vorzugsweise weisen die Klemmelemente auf beiden Seiten des gebildeten Kanals solche erste Ausnehmungen und/oder korrespondierende zweite Ausnehmungen auf. Hierdurch ist es insbesondere möglich, eine Klemmwirkung auf beiden Seiten des Kanals herbeizuführen und die dabei auftretenden Klemmkräfte insbesondere gleichmäßig zu verteilen. Vorzugsweise weist das erste Klemmelement auf der einen Seite lediglich erste Ausnehmungen auf und auf der anderen Seite lediglich korrespondierende zweite Ausnehmungen, wobei das zweite Klemmelement entsprechend ausgebildet ist, sodass die Klemmelemente von beiden Seiten gegeneinander verschraubt werden können.

**[0042]** Vorzugsweise weisen das erste und/oder das zweite Klemmelement zu jeder Schraube eine, zu einem Schraubenkopf und/oder der Mutter einer Schraube korrespondierende, Aufnahmeausnehmung zum Aufnehmen des Schraubenkopfs und/oder der Mutter auf.

**[0043]** Diese Aufnahmeausnehmungen dienen dazu, über die Klemmelemente herausragende Schraubenköpfe und/oder Muttern aufzunehmen und die Kontaktierungsvorrichtungen insbesondere stapelbar auszugestalten. Dazu weisen die Aufnahmeausnehmungen insbesondere eine Tiefe auf, die zumindest zu einer Höhe der Schraubenköpfe und/oder Muttern korrespondiert. Insbesondere ist die Höhe identisch zu der Tiefe.

**[0044]** Vorzugsweise sind die Ausnehmungen zu einem Rand des Klemmelements hin offen oder kanalartig ausgebildet. Vorzugsweise führt eine Verschiebung der Klemmelemente entlang der Verschieberichtung nicht dazu, dass die Schraubenköpfe und/oder Muttern die Aufnahmeausnehmung beim Verschieben verlassen oder eine solche Verschiebewegung blockieren. In manchen Ausführungsformen ist es jedoch vorteilhaft, wenn die Aufnahmeausnehmungen Anschläge aufweisen, an denen die Schraubenköpfe und/oder Muttern bei einer Verschiebung entlang der Verschiebeachse anschlagen und so den Verschiebeweg begrenzen.

**[0045]** Besonders bevorzugt sind die auf der einen Seite des Kanals und der anderen Seite des Kanals angeordneten ersten Ausnehmungen und/oder korrespondierenden zweiten Ausnehmungen und/oder Aufnahmeausnehmungen in unterschiedlichen Bereichen angeordnet, sodass die Kontaktierungsvorrichtungen im festgelegten Zustand nur in genau

einer Orientierung derart stapelbar sind, dass die Schrauben und/oder Muttern in den Aufnahmeausnehmungen aufgenommen sind.

**[0046]** Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Kryostats nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei (a) der erste Raum eine erste Temperatur  $T_1$  aufweist, (b) der Tieftemperaturraum eine zweite Temperatur  $T_2$  aufweist, wobei  $T_2$  beim Betreiben des Kryostats geringer ist als  $T_1$ , (c) zumindest ein Flachleiter von dem ersten Raum zu dem zweiten Raum verläuft, und (d) der zumindest eine Flachleiter in dem Kanal der zumindest einen Kontaktierungsvorrichtung gelagert ist, mit den Schritten: (i) Leiten von Steuersignalen und/oder Regelsignalen und/oder Messsignalen durch den zumindest einen Flachleiter, und (ii) Ableiten zumindest eines Teils einer über den zumindest einen Flachleiter in Richtung des Tieftemperaturraums transportierten Wärmemenge über die Klemmelemente der Kontaktierungsvorrichtung, um einer Erwärmung des Tieftemperaturraums entgegenzuwirken.

**[0047]** Bevorzugt gilt beim Betreiben des Kryostats  $T_1 < 5 \text{ K}$  und  $T_2 < 0,1 \text{ K}$ .

**[0048]** Wie bereits ausgeführt, dienen die Kontaktierungsvorrichtungen dem thermischen Kontaktieren der eingesetzten Flachleiter, um die von den Flachleitern in Bereiche niedrigerer Temperatur eingebrachten Wärmemenge teilweise abzuführen.

**[0049]** Vorzugsweise weist der Kryostat eine Steuerungseinrichtung auf, die eingerichtet ist anhand von Sensordaten, bei denen es sich beispielsweise um Daten zu einer Temperatur und/oder einem Druck innerhalb zumindest eines der Räume des Kryostats, bevorzugt innerhalb des Tieftemperaturraums, handelt, eine Kühlungseinrichtung des Kryostats zu steuern und/oder zu regeln.

**[0050]** Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der beigefügten Figuren näher erläutert. Es zeigen

**Fig. 1** eine schematische Querschnittsdarstellung eines Ausführungsbeispiels einer Kontaktierungsvorrichtung,

**Fig. 2** eine perspektivische Ansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels einer Kontaktierungsvorrichtung,

**Fig. 3** eine schematische Querschnittsdarstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels,

**Fig. 4** einen schematischen Ausschnitt eines Kryostats gemäß einer Ausführungsform der Erfindung,

**Fig. 5** eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform eines Klemmelements, und

**Fig. 6** eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines Klemmelements.

**[0051]** In den **Fig. 1** bis **Fig. 6** sind mehrfach vorkommende Strukturen jeweils lediglich einmal bezeichnet, um eine bessere Übersichtlichkeit zu gewährleisten.

**[0052]** In **Fig. 1** ist eine Kontaktierungsvorrichtung **10** im Querschnitt schematisch dargestellt. Das erste Klemmelement **12** und das zweite Klemmelement **14** liegen an den Anlagenflächen **19** aneinander an und bilden einen Kanal **18** aus. Die Deckenfläche **181** und die Seitenfläche **184** des Kanals **18** werden durch das erste Klemmelement **12** ausgebildet. Die Bodenfläche **182** und die Seitenfläche **183** werden durch das zweite Klemmelement **14** ausgebildet. Die Anlagenflächen **19** bilden gleichzeitig Verschiebeflächen, an denen die Klemmelemente relativ zueinander entlang der gedachten Verschiebeachse **V** verschiebbar sind.

**[0053]** Die Lotstrecke zwischen der Deckenfläche **181** und der Bodenfläche **182** des Kanals **18** bildet die Kanalhöhenstrecke **H**, deren Länge die Kanalhöhe **h** ist. Senkrecht dazu verläuft von der Seitenfläche **183** zur Seitenfläche **184** die Kanalbreitenstrecke **B**, deren Länge die Kanalbreite **b** ist.

**[0054]** Wird nun das erste Klemmelement **12** relativ zu dem zweiten Klemmelement **14** nach rechts verschoben, so verringert sich die Kanalhöhe **h** und die Kanalbreite **b** vergrößert sich. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist es möglich, das erste Klemmelement **12** relativ zu dem zweiten Klemmelement **14** soweit zu verschieben, dass die Kanalhöhe **h** den Wert null annimmt, da die Deckenfläche **181** an der Bodenfläche **182** anliegt. Vorzugsweise ist dies jedoch durch nicht dargestellte Schrauben, die in ersten Ausnehmungen, insbesondere Langlöchern, und korrespondierenden zweiten Ausnehmungen gelagert sind, im Sinne eines Anschlags begrenzt. Die Position dieser Schrauben ist durch die vier dicken Pfeile angedeutet, welche gleichzeitig die Richtung der wirkenden Klemmkraft bei Festlegung der beiden Klemmelemente relativ zueinander darstellen.

**[0055]** In den Kanal **18** wird für den Betrieb eines Kryostats **2** ein Flachleiter **8** eingelegt, der in der **Fig. 1** nicht dargestellt ist. Nachdem der Flachleiter **8** eingelegt ist, werden die Klemmelemente relativ zueinander derart verschoben, dass der Flachleiter **8** in dem Kanal **18** eingeklemmt ist. Eine Position, in der der Flachleiter **8** mit einer hinreichenden Klemmkraft in Kanal **18** eingeklemmt ist, wird durch die als Arretierungseinrichtung **16** dienenden Schrauben, die nicht dargestellt sind, fixiert.

**[0056]** In **Fig. 2** ist eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform der Kontaktierungsvorrichtung dargestellt. In dieser weist jedes der Klemmelemente **12** und **14** eine Anlagefläche auf, wobei das jeweils andere Klemmelement mit einer Kante an dieser anliegt. Die Kante bildet den Übergang von einer Seitenwand des Klemmelements in die Bodenfläche oder die Deckenfläche des Kanals **18**. Der Kanal **18** weist abermals zwei Seitenflächen **183**, **184** auf, welche den Kanal zu den Seiten begrenzen. Mit anderen Worten ist vorzugsweise der darüber hinausgehende Zwischenraum nicht als Teil des Kanals **18** anzusehen. Die Kontaktierungsvorrichtung **10** weist auf der linken Seite fünf erste Ausnehmungen **20** in Form von Langlöchern auf, wobei in zweien dieser Langlöcher Arretierungsvorrichtungen **16** in Form von Schrauben mit Schraubenköpfen **24** angeordnet sind. Auf der rechten Seite sind drei korrespondierende zweite Ausnehmungen **22** zu erkennen. Jeweils dazwischen sind Aufnahmeausnehmungen **26** zur Aufnahme von Schraubenköpfen **24** angeordnet. Diese fluchten erkennbar nicht mit den dargestellten Schraubenköpfen **24** auf der linken Seite.

**[0057]** Hierdurch ist gewährleistet, dass eine zweite Kontaktierungsvorrichtung, deren erste Ausnehmungen, beispielsweise in Form von Langlöchern, und korrespondierende zweite Ausnehmungen derart angeordnet sind, dass die Schraubenköpfe **24** mit den Aufnahmeausnehmungen **26** fluchten, auf die dargestellte Kontaktierungsvorrichtung gestapelt werden kann. Diese zweite Kontaktierungsvorrichtung weist insbesondere ihrerseits Aufnahmeausnehmungen **26** auf, die mit den Positionen der Schraubenköpfe **24** in **Fig. 2** fluchten. Dies führt insbesondere dazu, dass die Kontaktierungsvorrichtungen nur alternierend gestapelt werden können.

**[0058]** Alternativ ist es jedoch auch möglich, die Aufnahmeausnehmungen **26** derart anzuordnen, dass gleichartige Kontaktierungsvorrichtungen, insbesondere stets in der gleichen Ausrichtung, übereinander gestapelt werden können.

**[0059]** Die Kontaktierungsvorrichtung in **Fig. 3** weist eine Länge auf, die parallel zu dem Verlauf des Kanals verläuft, wobei die Länge ca. 50 mm oder ca. 30 mm beträgt. Die Breite der Kontaktierungsvorrichtung beträgt 20 mm und die Höhe 3,8 mm. Diese Maße stellen bevorzugte Maße für alle Ausführungsformen der Erfindung dar.

**[0060]** In **Fig. 3** ist ein schematischer Querschnitt durch ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt.

**[0061]** Die Klemmelemente **12** und **14** liegen an jeweils zwei Anlageflächen **19** aneinander. Die Anlageflächen **19** sind jeweils unterschiedlich dimensioniert,

sodass jeweils eine schmale Anlagefläche **19** des einen Klemmelements an einer breiteren Anlagefläche **19** des anderen Klemmelements anliegt. Anders als in **Fig. 2** liegt jedoch keine Kante an der Anlagefläche **19** an.

**[0062]** In **Fig. 3** ist die Kanalbreitenstrecke **B** eingezeichnet, welche parallel zu der Deckenfläche **181** und der Bodenfläche **182** sowie senkrecht zu der Kanalhöhenstrecke **H** verläuft. Die Länge der Kanalbreitenstrecke **B** entspricht der Kanalbreite  $b$  und die Länge der Kanalhöhenstrecke **H** der Kanalhöhe  $h$ . **Fig. 3** ist ebenfalls zu entnehmen, dass die Kanalbreitenstrecke **B** von den Seitenflächen **183** und **184** begrenzt wird. Mit anderen Worten sind die schmalen Hohlräume links und rechts von den Seitenflächen vorzugsweise nicht Teil des Kanals **18**. Weiterhin sind Arretierungseinrichtungen **16** in Form von Schrauben zu erkennen, wobei diese gegenläufig eingeschraubt sind, sodass die Schraubenköpfe **22** der Schrauben **16** sowohl an dem ersten Klemmelement als auch an dem zweiten Klemmelement angeordnet sind und sich insbesondere eine gleichmäßige Klemmung ergibt.

**[0063]** **Fig. 4** zeigt einen lediglich schematisch dargestellten Ausschnitt eines Kryostats, gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

**[0064]** Der Kryostat **2** weist zwei Räume auf. Der obere Raum ist der erste Raum **4** und der untere Raum ist der Tieftemperaturraum **6**. In dem Tieftemperaturraum **6** herrschen im Betrieb vorzugsweise Temperaturen  $< 5$  K. Radial nach außen um den Tieftemperaturraum **6** und teilweise auch um den ersten Raum **4** ist ein weiterer Raum, der auch als Isolierraum bezeichnet werden könnte, angeordnet. Dieser dient der thermischen Isolierung und weist im Betrieb vorzugsweise einen Innendruck von höchstens  $10^{-3}$  mbar auf. Zusätzlich können in dem Isolierraum Strahlungsschirme, beispielsweise in Form von metallbeschichteten Folien, angeordnet sein. Zudem können sich weitere Räume anschließen, wie beispielsweise ein mit flüssigem Stickstoff gefüllter oder gekühlter Raum.

**[0065]** Von einem nicht dargestellten Betriebsraum, der den Kryostaten **2** umgibt, verläuft ein Flachleiter **8** durch den ersten Raum **4** zu dem Tieftemperaturraum **6**. In dem Tieftemperaturraum ist der Flachleiter an ein Thermometer **28** angeschlossen, dessen Messdaten er in den Betriebsraum an eine ebenfalls nicht dargestellte elektrische Steuereinrichtung leitet. Neben dem dargestellten Flachleiter **8** können weitere Flachleiter **8** vorhanden sein, die beispielsweise an Drucksensoren angeschlossen sind oder an weitere Messeinrichtungen innerhalb des Tieftemperaturraums **6**.

**[0066]** In dem ersten Raum **4** wird der Flachleiter **8** mittels einer Kontaktierungsvorrichtung **10** thermisch kontaktiert. Die Kontaktierungsvorrichtung ist in einer Draufsicht dargestellt, sodass man nur eines der beiden Klemmelemente **12**, **14** der Kontaktierungsvorrichtung **10** sehen kann. Vorzugsweise sind mehrere Kontaktierungsvorrichtungen **10** in einer Richtung senkrecht zur Papierebene gestapelt, sodass auf diese Weise mehrere Flachleiter **8** parallel zu dem Tieftemperaturraum **6** geführt werden.

**[0067]** Selbstverständlich ist es möglich und in einigen Ausführungsformen vorteilhaft, wenn mehrere Kontaktierungsvorrichtungen **10** vorhanden sind, wobei insbesondere an jedem Flachleiter **8** mehr als eine Kontaktierungsvorrichtung **10** angeordnet ist. Der Übersichtlichkeit halber ist in **Fig. 4** jedoch nur ein Flachleiter **8** mit einer Kontaktierungsvorrichtung **10** dargestellt.

**[0068]** Die **Fig. 5** und **Fig. 6** zeigen zwei Ausführungsform eines Klemmelements, bei dem es sich vorliegend um ein erstes Klemmelement **12** handelt. Dies dient jedoch nur der besseren Beschreibung. Die in den **Fig. 5** und **Fig. 6** dargestellten Klemmelemente können ebenso zweite Klemmelemente **14** sein. Die Klemmelemente in den **Fig. 5** und **Fig. 6** weisen insbesondere eine Länge von ca. 30 mm auf.

**[0069]** Das erste Klemmelement **12** in **Fig. 5** weist auf der rechten Seite drei erste Ausnehmungen **20** auf, die als offene Langlöcher ausgebildet sind, sodass nicht dargestellte Arretierungseinrichtungen **16**, insbesondere Schrauben, seitlich in die ersten Ausnehmungen eingeführt werden können. Auf der gegenüberliegenden linken Seite weist das erste Klemmelement **12** drei korrespondierende zweite Ausnehmungen auf, wobei eine korrespondierende zweite Ausnehmung **26** als Schraubloch mit einem Gewinde ausgebildet ist und die beiden anderen korrespondierenden zweiten Ausnehmungen **26** als offene Langlöcher ausgebildet sind. Zwischen den beiden Seiten befindet sich eine schiefe Ebene, die eine Deckenfläche **181** eines Kanals bildet, wenn das erste Klemmelement mit einem zweiten Klemmelement **14** zusammengefügt ist. Wenn es sich bei dem dargestellten Klemmelement um ein zweites Klemmelement **14** handelt, bildet die schiefe Ebene entsprechend eine Bodenfläche **182**. Zwei der in **Fig. 5** dargestellten Klemmelemente, wobei das eine Klemmelement das erste Klemmelement **12** und das andere das zweite Klemmelement **14** bildet, lassen sich, um 180 Grad um eine Längsachse des Klemmelements zueinander gedreht, zu einer Kontaktierungsvorrichtung **10** zusammensetzen.

**[0070]** Das erste Klemmelement **12** in **Fig. 6** unterscheidet sich von dem ersten Klemmelement **14** in **Fig. 5** dadurch, dass Langlöcher anstelle der offenen Langlöcher ausgebildet sind. Zwei der in **Fig. 6** dar-



gestellten Klemmelemente lassen sich, um 180 Grad um eine Längsachse des Klemmelements zueinander gedreht, zu einer Kontaktierungsvorrichtung **10** zusammensetzen. Daneben ist es ebenfalls möglich, aufeinander abgestimmte Abmessungen vorausgesetzt, dass ein Klemmelement gemäß **Fig. 5**, als erstes Klemmelement **12** oder zweites Klemmelement **14**, und ein Klemmelement gemäß **Fig. 6**, als zweites Klemmelement **14** oder erstes Klemmelement **12**, zu einer Kontaktierungsvorrichtung **10** zusammengesetzt werden.

#### Bezugszeichenliste

<b>2</b>	Kryostat
<b>4</b>	erster Raum
<b>6</b>	Tiefemperaturraum
<b>8</b>	Flachleiter
<b>10</b>	Kontaktierungsvorrichtung
<b>12</b>	erstes Klemmelement
<b>14</b>	zweites Klemmelement
<b>16</b>	Arretierungseinrichtung
<b>18</b>	Kanal
<b>181</b>	Deckenfläche des Kanals
<b>182</b>	Bodenfläche des Kanals
<b>183</b>	Seitenfläche des Kanals
<b>184</b>	Seitenfläche des Kanals
<b>19</b>	Anlagefläche
<b>20</b>	erste Ausnehmung
<b>22</b>	korrespondierende zweite Ausnehmung
<b>24</b>	Schraubenkopf
<b>26</b>	Aufnahmeausnehmung
<b>28</b>	Thermometer
<b>B</b>	Kanalbreitenstrecke
<b>H</b>	Kanalhöhenstrecke
<b>V</b>	Verschieberichtung

#### Patentansprüche

1. Kryostat (2), mit
  - (a) einem ersten Raum (4),
  - (b) einem Tiefemperaturraum (6),
  - (c) einem Flachleiter (8), der von dem ersten Raum (4) zu dem Tiefemperaturraum (6) verläuft, und
  - (d) zumindest einer Kontaktierungsvorrichtung (10), die den Flachleiter (8) thermisch kontaktiert, wobei die Kontaktierungsvorrichtung (10)
    - ein erstes Klemmelement (12),
    - ein zweites Klemmelement (14), und

- zumindest eine Arretiereinrichtung (16) aufweist, mittels der das erste Klemmelement (12) und das zweite Klemmelement (14) relativ zueinander festlegbar sind, wobei
  - das erste Klemmelement (12) und das zweite Klemmelement (14) einen Kanal (18), der eine Kanalhöhe  $h$  aufweist, zum Aufnehmen des Flachleiters (8) ausbilden,
  - das erste Klemmelement (12) und das zweite Klemmelement (14) entlang einer gedachten Verschiebeachse (V) aneinander verschieblich gelagert sind und
  - ein Verschieben des ersten Klemmelements (12) relativ zu dem zweiten Klemmelement (14) entlang der Verschiebeachse (V) eine Veränderung der Kanalhöhe ( $h$ ) bewirkt.

2. Kryostat (2) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kanal (18) eine Kanalbreite  $b$  aufweist, die der Länge einer Kanalbreitenstrecke (B) entspricht, und dass die Kanalhöhe  $h$  der Länge einer Kanalhöhenstrecke (H) entspricht, wobei die Kanalbreitenstrecke (B) senkrecht zu der Kanalhöhenstrecke (H) verläuft und mit der Verschiebeachse (V) einen Winkel einschließt, der von  $0^\circ$  verschieden ist.

3. Kryostat (2) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der eingeschlossene Winkel kleiner als  $15^\circ$  ist.

4. Kryostat (2) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Klemmelement (12) und das zweite Klemmelement (14) aus einem Material bestehen, dass eine Wärmeleitfähigkeit von zumindest  $200 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$  bei  $300 \text{ K}$ , zumindest  $150 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$  bei  $100 \text{ K}$ , zumindest  $20 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$  bei  $10 \text{ K}$ , zumindest  $10 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$  bei  $1 \text{ K}$  und zumindest  $0,5 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$  bei  $0,1 \text{ K}$  aufweist.

5. Kryostat (2) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch Verschieben der Klemmteile (12, 14) entlang der Verschiebeachse (V) eine Minimal-Kanalhöhe  $h_{\min}$  und eine Maximal-Kanalhöhe  $h_{\max}$  einstellbar ist, wobei die Differenz zwischen  $h_{\min}$  und  $h_{\max}$  mindestens  $0,1 \text{ mm}$  beträgt.

6. Kryostat (2) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Kanalhöhe  $h$  beim Verschieben der Klemmteile (12, 14) relativ zueinander in eine Richtung entlang der Verschiebeachse (V) monoton ändert, vorzugsweise streng monoton ändert.

7. Kryostat (2) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Klemmteil (12) und/oder das zweite Klemmteil (14) zumindest eine erste Ausnehmung (20) aufweisen, wobei das jeweils andere Klemmteil (12, 14) eine zu der ersten Ausnehmung (20) korrespondierende

zweite Ausnehmung (22) aufweist und die Arretierungseinrichtung (16) eine in der jeweiligen ersten Ausnehmung (20) und der korrespondierenden zweiten Ausnehmung (22) gelagerte Schraube ist.

8. Kryostat (2) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Klemmteil (12) und/oder das zweite Klemmteil (14) zu jeder Schraube (16) eine, zu einem Schraubenkopf (24) und/oder einer Mutter der Schraube (16) korrespondierende, Aufnahmeausnehmung (26) zum Aufnehmen des Schraubenkopfs (24) und/oder der Mutter aufweisen.

9. Verfahren zum Betreiben eines Kryostats (2) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei

- (a) der erste Raum (2) eine erste Temperatur  $T_1$  aufweist,
- (b) der Tieftemperaturraum (4) eine zweite Temperatur  $T_2$  aufweist, wobei  $T_2$  beim Betreiben des Kryostats (2) geringer ist als  $T_1$ ,
- (c) zumindest ein Flachleiter (8) von dem ersten Raum (4) zu dem Tieftemperaturraum (6) verläuft, und
- (d) der zumindest eine Flachleiter (8) in dem Kanal (18) der zumindest einen Kontaktierungsvorrichtung (10) gelagert ist,

mit den Schritten:

- (i) Leiten von Steuersignalen und/oder Regelsignalen und/oder Messsignalen durch den zumindest einen Flachleiter (8), und
- (ii) Ableiten zumindest eines Teils einer über den zumindest einen Flachleiter (8) in Richtung des Tieftemperaturraums (6) transportierten Wärmemenge über die Klemmteile (12, 14) der Kontaktierungsvorrichtung (10), um einer Erwärmung des Tieftemperaturraums (6) entgegenzuwirken.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Betreiben des Kryostats  $T_1 < 5$  K und  $T_2 < 0,1$  K ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen



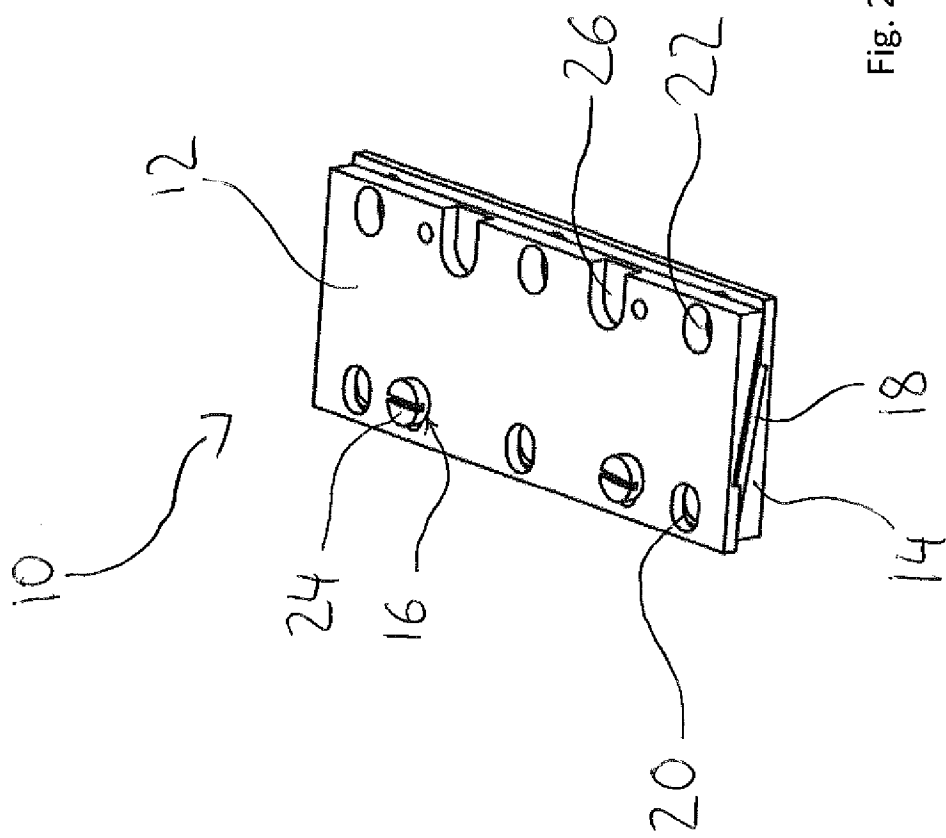


Fig. 2



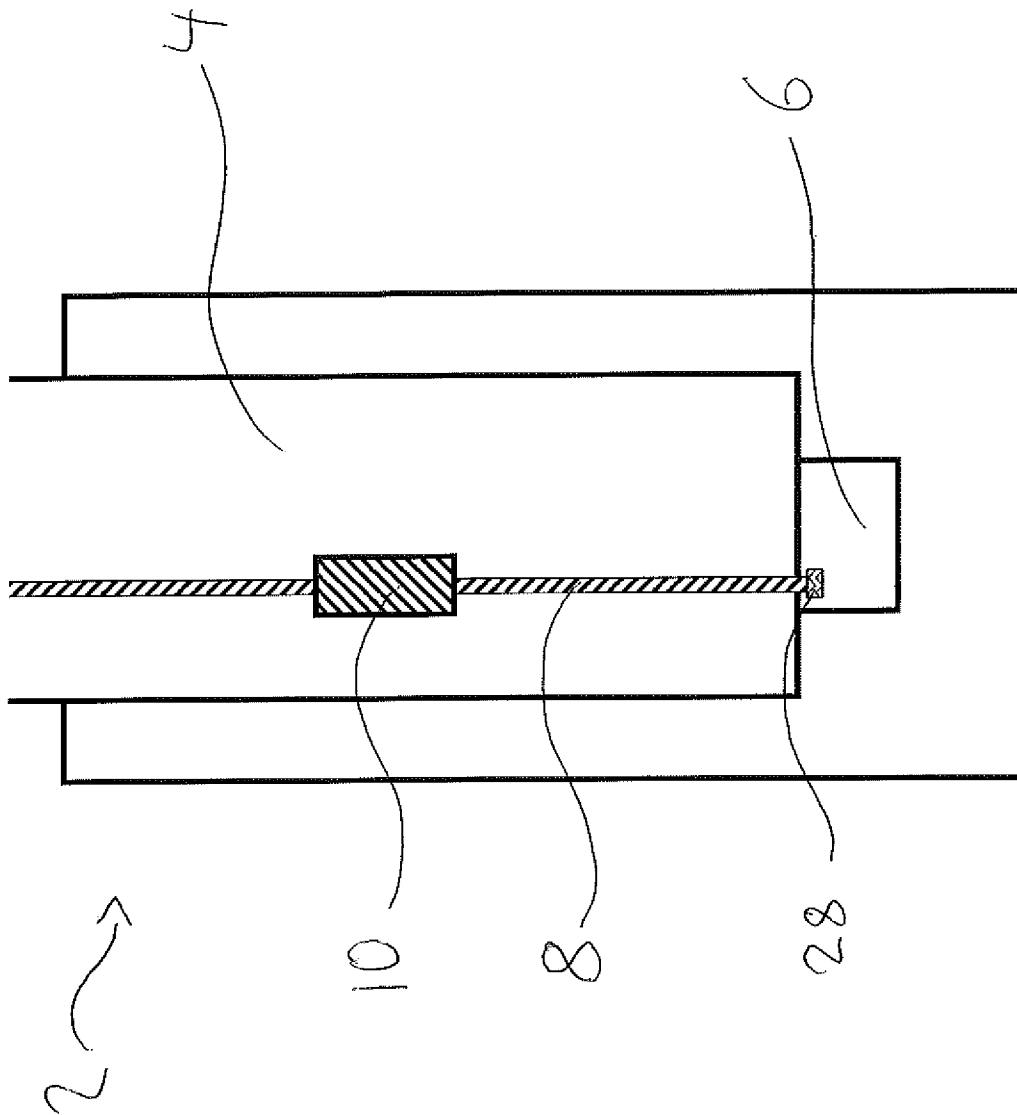


Fig. 4

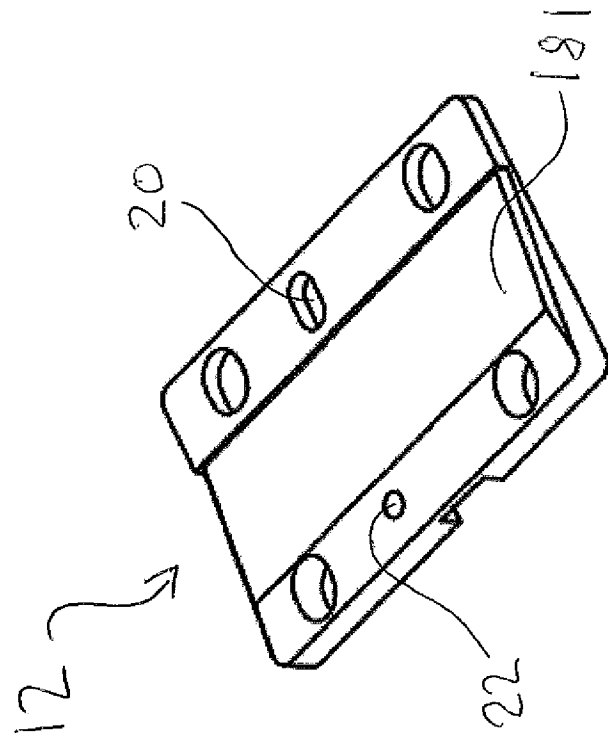


Fig. 5

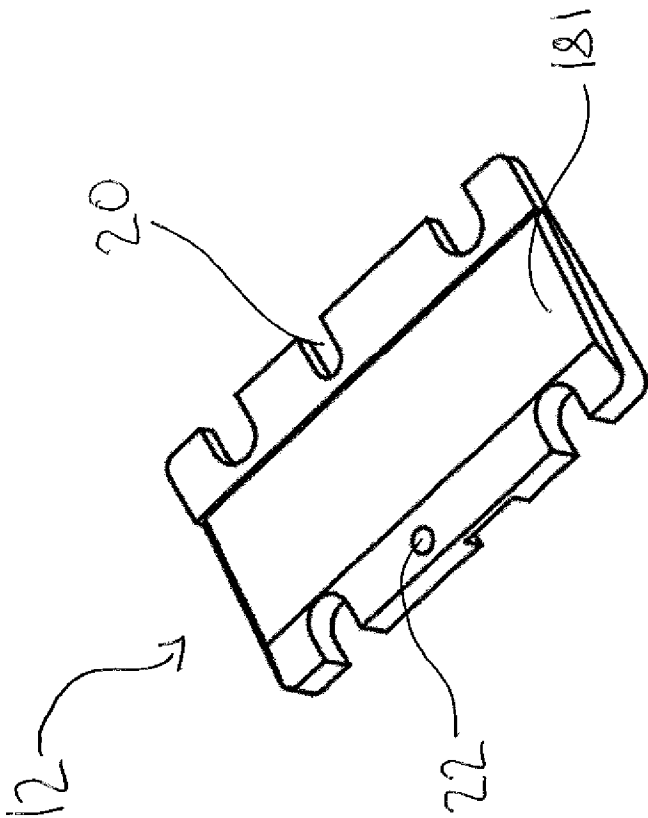


Fig. 6