



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
18.01.2006 Patentblatt 2006/03

(51) Int Cl.:  
F25B 9/14 (2006.01) F25D 19/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 05014932.7

(22) Anmeldetag: 09.07.2005

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI  
SK TR  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL BA HR MK YU

(72) Erfinder:  
• Kraus, Andreas  
8616 Riedikon (CH)  
• Mraz, Beat  
8608 Bubikon (CH)  
• Bösel, Johannes  
6345 Neuheim (CH)

(30) Priorität: 17.07.2004 DE 102004034729

(71) Anmelder: Bruker BioSpin AG  
8117 Fällanden (CH)

(74) Vertreter: Kohler Schmid Möbus  
Patentanwälte  
Ruppmanstrasse 27  
70565 Stuttgart (DE)

(54) **Kryostatanordnung mit Kryokühler und Gasspaltwärmeübertrager**

(57) Eine Kryostatanordnung zur Aufbewahrung von flüssigem Helium, mit einem Außenmantel (1) und einem darin eingebauten Heliumbehälter (2), wobei der Heliumbehälter (2) an mindestens zwei Aufhängerrohren (3) mit dem Außenmantel (1) verbunden ist und ein Halsrohr (4) enthält, dessen oberes warmes Ende (5) mit dem Außenmantel (1) und dessen unteres kaltes Ende (6) mit dem Heliumbehälter (2) verbunden ist und in das ein mehrstufiger Kaltkopf eines Kryokühlers (7) eingebaut ist, wobei der Außenmantel (1), der Heliumbehälter (2), die Aufhängerrohre (3) und das Halsrohr (4) einen evakuierten Raum begrenzen, und wobei der Heliumbehälter (2) ferner von mindestens einem Strahlungsschild (8) umgeben ist, welcher sowohl mit den Aufhängerrohren (3) als auch mit einer Kontaktfläche (9) am Halsrohr (4) des Heliumbehälters (2) thermisch leitend verbunden ist, ist dadurch gekennzeichnet, dass zwischen einer oder mehreren Kältestufen des Kaltkopfes (7) und einer oder mehrerer Kontaktflächen (9) im Halsrohr (4), die jeweils mit einem Strahlungsschild (8) über eine feste, starre oder flexible, Wärmebrücke (12) leitend verbunden sind, jeweils ein Gasspalt (13) besteht, über den Wärme vom jeweiligen Strahlungsschild (8) in die entsprechende Kältestufe des Kaltkopfes (7) geleitet wird. Durch eine derartige Kryostatanordnung wird gewährleistet, dass die Vibrationen der Kältestufen des Kaltkopfes (7) nicht mehr messbar in die Kryostatanordnung gelangen, wobei die thermische Ankopplung des Kaltkopfes (7) an den oder die Strahlungsschilde (8) immer noch ausreichend gut ist.

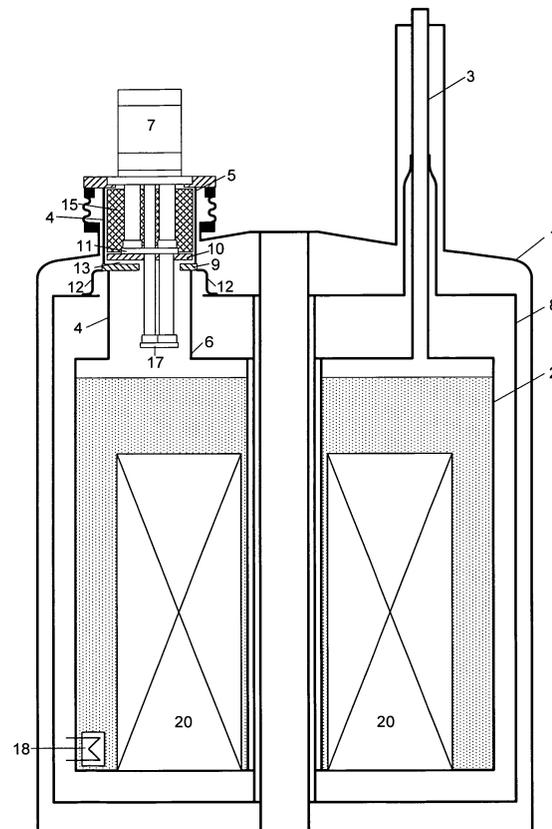


Fig. 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Kryostatanordnung zur Aufbewahrung von flüssigem Helium, mit einem Außenmantel und einem darin eingebauten Heliumbehälter, wobei der Heliumbehälter an mindestens zwei Aufhängerohren mit dem Außenmantel verbunden ist und ein Halsrohr enthält, dessen oberes warmes Ende mit dem Außenmantel und dessen unteres kaltes Ende mit dem Heliumbehälter verbunden ist und in das ein mehrstufiger Kaltkopf eines Kryokühlers eingebaut ist, wobei der Außenmantel, der Heliumbehälter, die Aufhängerohre und das Halsrohr einen evakuierten Raum begrenzen, und wobei der Heliumbehälter ferner von mindestens einem Strahlungsschild umgeben ist, welcher sowohl mit den Aufhängerohren als auch mit einer Kontaktfläche am Halsrohr des Heliumbehälters thermisch leitend verbunden ist.

**[0002]** Eine Möglichkeit zur Integration des Kaltkopfes eines Kryokühlers in eine Kryostatanordnung besteht darin, den beispielsweise zweistufigen Kaltkopf in einem separaten Vakuumraum (wie z.B. in US5613367 beschrieben) oder direkt in den Vakuumraum des Kryostaten (wie z.B. in US5563566 beschreiben) so einzubauen, dass die erste Kältestufe des Kaltkopfes fest mit einem Strahlungsschild und die zweite Kältestufe über eine feste, starre oder flexible, Wärmebrücke oder direkt mit dem Heliumbehälter thermisch leitend verbunden werden. Durch Rückkondensation des durch Wärmeeinfall von außen verdampfenden Heliums an der kalten Kontaktfläche im Heliumbehälter kann der gesamte Wärmeeinfall auf den Heliumbehälter kompensiert und ein verlustfreier Betrieb des Systems ermöglicht werden. Nachteilig daran ist, dass auch die Verbindung von der zweiten Kältestufe zum Heliumbehälter in der Regel einen nicht zu vernachlässigenden thermischen Widerstand aufweist und dass Vibrationen dieser Kältestufe auf den Heliumbehälter übertragen werden können.

**[0003]** Eine Möglichkeit zur Vermeidung dieser Nachteile ist das Einfügen des Kaltkopfes in ein Halsrohr, welches die äußere Vakuumhülle des Kryostaten mit dem Heliumbehälter verbindet und entsprechend mit Heliumgas gefüllt ist, wie es beispielsweise in der Druckschrift US2002/0002830A1 beschrieben wird. Die erste Kältestufe des zweistufigen Kaltkopfes ist wiederum fest leitend mit einem Strahlungsschild kontaktiert, die zweite Kältestufe hängt frei in der Helium-Atmosphäre und verflüssigt direkt verdampfes Helium.

**[0004]** Da der Kaltkopf von Heliumgas umgeben ist und zwischen Kaltkopf und Halsrohrwand oder weiteren Halsrohreinbauten eine Temperaturdifferenz besteht, kann es in den Kaltkopf zu einem erheblichen Wärmeeintrag durch Wärmeleitung im Gas und durch Konvektionsströme kommen. In W003036207 und W003036190 wird daher vorgeschlagen, die Rohre des Kaltkopfes auf die eine oder andere Weise zu isolieren.

**[0005]** Wie oben beschrieben, werden Vibrationen der zweiten Kältestufe des Kaltkopfes des Kryokühlers auf

den Heliumbehälter nicht übertragen, wenn der Kaltkopf direkt in das mit dem Heliumbehälter verbundene Halsrohr eingebaut wird. Zwischen der ersten Kältestufe des Kaltkopfes und dem Strahlungsschild wird allerdings in der Regel eine Festkörper-Wärmebrücke verwendet. Diese thermische Verbindung soll möglichst ‚weich‘ ausgeführt werden, um möglichst wenig Vibrationen zu übertragen. Üblicherweise werden dazu dünne Folienpakete oder zu Litzen verflochtene Drähte, jeweils aus Kupfer oder Aluminium, eingesetzt. Derartige Maßnahmen zur Vibrationsdämpfung werden in zahlreichen Druckschriften beschrieben (z. B. in US5129232, US5331735, US5317879). Dabei steht der Forderung nach einer schlechten Vibrationsübertragung (dünne, lange Drähte) die Forderung nach guter Wärmeübertragung (dicke, kurze Drähte) gegenüber. Letztlich muss daher ein Kompromiss gefunden werden, wobei nicht restlos verhindert werden kann, dass Schwingungen des Kaltkopfes des Kryokühlers auch in den Kryostaten gelangen, was speziell dann nachteilig ist, wenn dieser Teil einer hochempfindlichen Apparatur ist, wie es ein Kernspinresonanzspektrometer, insbesondere eine Magnetic Resonance Imaging (MRI) Apparatur oder ein Magnetresonanzspektrometer (NMR), darstellt.

**[0006]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Kryostatanordnung vorzuschlagen, bei der die thermische Ankopplung zwischen allen Kältestufen des Kaltkopfes eines Kryokühlers und der Kryostatanordnung so gestaltet ist, dass Vibrationen der Kältestufen nicht mehr messbar in die Kryostatanordnung gelangen, wobei aber immer noch eine ausreichend gute Wärmeübertragung zwischen Kaltkopf und Kryostatanordnung gewährleistet sein muss.

**[0007]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass zwischen einer oder mehreren Kältestufen des Kaltkopfes und einer oder mehreren Kontaktflächen im Halsrohr, die jeweils mit einem Strahlungsschild über eine feste, starre oder flexible, Wärmebrücke leitend verbunden sind, jeweils ein Gasspalt besteht, über den Wärme vom jeweiligen Strahlungsschild in die entsprechende Kältestufe des Kaltkopfes geleitet wird.

**[0008]** Die Wärmeübertragung von einem Strahlungsschild auf eine Kältestufe des Kaltkopfes erfolgt demnach über einen Gasspalt, indem die auf den Strahlungsschild eingefallene Wärme durch den Gasspalt zum Kaltkopf geleitet wird. Bei der erfindungsgemäßen Kryostatanordnung besteht keine feste Verbindung zwischen der oder den Kältestufen des Kaltkopfes des Kryokühlers und dem oder den Strahlungsschilden, so dass die Übertragung von Vibrationen vom Kaltkopf auf den oder die Strahlungsschilde weitgehend unterbunden wird, wobei die thermische Ankopplung des Kaltkopfes an den oder die Strahlungsschilde immer noch ausreichend gut ist.

**[0009]** Insbesondere für hochauflösende NMR-Verfahren, bei denen sich auch geringe Vibrationen, die z. B. über den Kaltkopf eines Kryokühlers in das System eingebracht werden, negativ auf die Qualität der Spektren auswirken, ist es vorteilhaft, wenn der Kryokühler ein

Pulsrohrkühler ist, da Pulsrohrkühler besonders vibrationsarm betrieben werden können. Es ist jedoch prinzipiell auch möglich andere Kryokühler, wie z.B. Gifford-McMahon Kühler zu verwenden.

**[0010]** Besonders vorteilhaft ist es, wenn an der kältesten Kältestufe Helium bei einer Temperatur von 4,2 K oder bei tieferer Temperatur verflüssigt werden kann, da sich hierdurch eine Vielzahl an Einsatzmöglichkeiten im Tieftemperaturenbereich bietet. Das innerhalb des Kryostaten verdampfende Helium wird an der frei im Halsrohr hängenden Kältestufe verflüssigt und tropft in den Heliumbehälter zurück. Somit können der Helium-Verlust und die Nachfüllvorgänge reduziert werden bzw. kann bei genügend großer Kälteleistung des Kühlers ein verlustfreier Betrieb erreicht werden. Ferner wird, da auch die kälteste Kältestufe des Kaltkopfes ist nicht über eine Festkörperbrücke mit der Kryostatanordnung verbunden ist, die Übertragung von Vibrationen der Kältestufe auf den Heliumbehälter vollständig unterbunden.

**[0011]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Rohre des Kaltkopfes oberhalb der ersten Kältestufe und unter Umständen auch im Bereich weiterer Kältestufen mit einer Wärmeisolation umgeben. Somit kann ein unerwünschter Wärmeeintrag von dem Halsrohr in die Rohre des Kaltkopfes vermieden oder zumindest reduziert werden. Die Rohre oberhalb der ersten Kältestufe des Kaltkopfes weisen Temperaturen zwischen Raumtemperatur und Temperatur der ersten Kältestufe auf.

**[0012]** Eine spezielle Ausführungsform sieht vor, dass sich die Breite des Gasspalts beliebig einstellen lässt. Hierdurch lässt sich auf Wunsch die Temperatur des Strahlungsschildes individuell anpassen.

**[0013]** Des Weiteren ist es vorteilhaft, wenn die Oberfläche der den Gasspalt begrenzenden, sich gegenüberliegenden, Wärme übertragenden Flächen, insbesondere durch Berippung u. ä., vergrößert werden kann.

**[0014]** Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kryostatanordnung ist die kältere Wärme übertragende, mit der Kältestufe des Kaltkopfes des Kryokühlers fest verbundene Fläche oberhalb der wärmeren Wärme übertragenden Fläche angeordnet, so dass die Voraussetzung für die Ausbildung einer natürlichen Gaskonvektionsströmung gegeben ist. Die wärmeren Wärme übertragenden Fläche ist dabei mit dem Halsrohr des Heliumbehälters kontaktiert.

**[0015]** Eine Weiterbildung dieser Ausführungsform sieht vor, dass die Breite des Gasspalts soweit vergrößerbar ist, dass sich eine natürliche Konvektionsströmung im Gasspalt ausbildet.

**[0016]** Darüber hinaus ist es alternativ oder zusätzlich auch möglich, dass von außen eine Strömung durch den Gasspalt angeregt wird, die den Wärmeübergang verbessert.

**[0017]** Eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kryostatanordnung sieht vor, dass der Strahlungsschild oder einer der Strahlungsschilde einen Behälter mit flüssigem Stickstoff enthält, wobei der Stick-

stoff nach dem Verdampfen wegen der thermischen Anbindung des Strahlungsschildes an den Kaltkopf des Kryokühlers mindestens teilweise wieder verflüssigt wird. Der Strahlungsschild wird in diesem Fall nicht direkt durch den Kühler, sondern indirekt, über den verdampfenden Stickstoff, gekühlt.

**[0018]** Bei einer Weiterbildung dieser Ausführungsform ist im oder in Kontakt mit dem Stickstoffbehälter eine, vorzugsweise elektrische, Heizung vorgesehen, um bei einer Überschussleistung des Kryokühlers den Druck im Stickstoffbehälter über dem Umgebungsdruck und konstant zu halten.

**[0019]** In einer weiten Ausführungsform ist im oder in Kontakt mit dem Heliumbehälter eine, vorzugsweise elektrische, Heizung vorgesehen. Bei einer Überschussleistung des Kryokühlers kann somit der Druck im Heliumbehälter über dem Umgebungsdruck und konstant gehalten werden. Es ist jedoch auch vorstellbar, dass die Leistung des Kühlers über seine Betriebsfrequenz und/ oder die Füllmenge an Arbeitsgas im Kühler geregelt wird.

**[0020]** Die Vorteile der erfindungsgemäßen Kryostatanordnung kommen besonders gut zur Geltung, wenn die Kryostatanordnung eine supraleitende Magnetanordnung enthält, insbesondere wenn die supraleitende Magnetanordnung Teil einer Apparatur zur Kernspinresonanz, insbesondere Magnetic Resonance Imaging (MRI) oder Magnetresonanztomographie (NMR) ist.

**[0021]** Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und den Zeichnungen. Ebenso können die vorstehend genannten und die weiter aufgeführten Merkmale je für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

**[0022]** Es zeigen:

40 Fig.1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Kryostatanordnung;

Fig.2a eine schematische Darstellung eines in einem Halsrohr angeordneten Kaltkopfes eines Kryokühlers einer erfindungsgemäßen Kryostatanordnung;

Fig.2b eine schematische Darstellung eines in einem Halsrohr angeordneten Kaltkopfes eines Kryokühlers einer erfindungsgemäßen Kryostatanordnung mit berippten Kontaktflächen;

Fig.3 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Kryostatanordnung mit einem Stickstofftank;

**[0023]** Fig. 1 zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäße Kryostatanordnung mit einem Außen-

mantel **1** und einem darin eingebauten Heliumbehälter **2**. Der Heliumbehälter ist durch Aufhängerohre **3** mit dem Außenmantel **1** verbunden. In einem Halsrohr **4**, dessen oberes warmes Ende **5** mit dem Außenmantel **1** und dessen unteres kaltes Ende **6** mit dem Heliumbehälter **2** verbunden ist, ist ein zweistufige Kaltkopf **7** eines Kryokühler eingebaut. Der Heliumbehälter **2** ist ferner von einem Strahlungsschild **8** umgeben, welcher sowohl mit den Aufhängerohren **3** als auch mit einer Kontaktfläche **9** am Halsrohr **4** des Heliumbehälters **2** thermisch leitend verbunden ist. Der Kaltkopf **7** ist ein wenig angehoben, so dass zwischen einer kalten Fläche **10** an der ersten Kältestufe **11** des Kaltkopfes **7** und der Kontaktfläche **9** im Halsrohr **4**, die mit dem Strahlungsschild **8** über eine feste Wärmebrücke **12** leitend verbunden ist, ein Gasspalt **13** besteht, über den Wärme vom Strahlungsschild **8** in die Kältestufe **11** des Kaltkopfes **7** geleitet wird. Der Wärmeübertrag erfolgt also über den dünnen Gasspalt **13**, wodurch eine feste Verbindung zwischen der Kältestufe **11** des Kaltkopfes **7** und dem Strahlungsschild **8** vermieden wird.

[0024] Die auf den Strahlungsschild **8** eingefallene Wärme  $\dot{Q}$  muss durch den Gasspalt **13** der Breite  $H$  zum Kaltkopf **7** des Kryokühlers geleitet werden. Für die Wärmeleitung durch ein ruhendes Medium gilt:

$$\dot{Q} = \frac{\bar{\lambda}}{H} A \Delta T$$

mit der mittleren Wärmeleitfähigkeit des Mediums  $\bar{\lambda}$ , der Übertragungsfläche  $A$  und der Temperaturdifferenz  $\Delta T$  zwischen der warmen Fläche (Kontaktfläche **9**) und der kalten Fläche **10**. Da die Wärmeleitfähigkeit von Heliumgas viel geringer ist als die von den meisten Festkörpern, wie z. B. Kupfer, wird die Temperaturdifferenz zwischen Strahlungsschild **8** und erster Kältestufe **11** des Kaltkopfes **7** durch das Anheben des Kaltkopfes größer und somit steigt die Temperatur des Strahlungsschildes **8**. Damit bei gegebenem Wärmestrom die Temperatur des Strahlungsschildes **8** aber nicht zu hoch wird (und somit auch der Wärmeeinfall auf den Heliumbehälter **2** nicht steigt), ist es vorteilhaft, den Abstand zwischen den beiden Flächen **9**, **10** so gering wie möglich zu halten. Andererseits lässt sich über die Breite des Gasspaltes **13**, wenn erwünscht, die Schildtemperatur sehr einfach anpassen.

[0025] Fig. **2a** und Fig. **2b** zeigen je einen in einem Halsrohr **4** angeordneten Kaltkopf **7** eines Kryokühlers einer erfindungsgemäßen Kryostatanordnung. Während in Fig. **2a** eine Kontaktfläche **9** mit glatter Oberfläche dargestellt ist, zeigt Fig. **2b** eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bei der die Kontaktfläche **9** durch zusätzliche Strukturen **14** vergrößert wurde. Eine derartige Vergrößerung kann beispielsweise durch Rippen oder ähnliche Strukturen erreicht werden.

[0026] Im Bereich der ersten Kältestufe, in welchem

Temperaturen zwischen Raumtemperatur und der Temperatur der ersten Kältestufe **11** herrscht, ist der Kaltkopf **7** mit einer Isolierung **15** versehen. Bei Kaltköpfen mit mehreren Kühlstufen kann auch um die Rohre weiterer Kühlstufen eine Isolierung vorgesehen sein.

[0027] Eine weitere Verbesserung kann dadurch erzielt werden, dass im Gasspalt **13** neben der Wärmeleitung zusätzlich Wärme durch Konvektion übertragen wird. Konvektion lässt sich von außen anregen oder tritt bei genügend großem Gasspalt **13** und Temperaturdifferenz  $\Delta T$  von selber auf (freie Konvektion). Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass die kältere Fläche **10**, welche mit dem Kaltkopf **7** kontaktiert ist, oberhalb der wärmeren Fläche (Kontaktfläche **9**), die mit dem Strahlungsschild kontaktiert ist, angeordnet wird.

[0028] Ein weiterer Vorteil der Erfindung zeigt sich in der einfacheren konstruktiven Gestaltung des Halsrohres **4**. So müssen beispielsweise keine Durchführungen zur Verschraubung der Kontaktflächen **9** und **10** vorgesehen werden. Ein- und Ausbau des Kaltkopfes **7** lassen sich einfach und schnell durchführen.

[0029] Es ist auch möglich, dass der Strahlungsschild **8** - ähnlich wie in einem nicht aktiv gekühlten System (d.h. ohne Kryokühler) - nicht direkt, sondern mit flüssigem Stickstoff gekühlt wird, wie in Fig. **3** gezeigt. In diesem Fall muss die erste Kältestufe **11** des Kaltkopfes **7** des Kryokühlers über einen Gasspalt **13** mit einem Stickstoffbehälter **16** thermisch leitend verbunden sein, so dass verdampfter Stickstoff wieder verflüssigt werden kann.

[0030] Im Bereich der zweiten Kältestufe **17** des Kaltkopfes **7** sind keine weiteren Maßnahmen zur Vibrationsdämpfung vorzusehen, da der Kaltkopf **7** in diesem Bereich sowieso frei in der Helium-Atmosphäre hängt und kein fester Kontakt mit dem Heliumbehälter **2** vorhanden ist.

[0031] Des Weiteren zeigt die erfindungsgemäße Kryostatanordnung aus Fig. **3** eine im Heliumbehälter **2** angeordnete Heizung **18**, sowie eine Heizung **19** im Stickstoffbehälter **16**. Die Heizungen **18**, **19** dienen dazu, den Druck im Heliumbehälter **2** beziehungsweise im Stickstoffbehälter **16** über dem Umgebungsdruck und konstant zu halten. Alternativ zu der in Fig. **3** gezeigten Anordnung der Heizungen **18**, **19** im Heliumbehälter **2** beziehungsweise am Stickstoffbehälter **16** können die Heizungen **18**, **19** auch außerhalb der Behälter angeordnet sein, solange ein thermischer Kontakt zu den jeweiligen Flüssigkeiten besteht.

[0032] Die erfindungsgemäße Kryostatanordnung ermöglicht somit eine Ankopplung zwischen den Kältestufen des Kaltkopfes **7** des Kryokühlers und der Kryostatanordnung, bei der Vibrationen der Kältestufen des Kaltkopfes **7** nicht mehr messbar in den Kryostaten gelangen und dennoch eine ausreichend gute Wärmeübertragung gewährleistet ist. Die Kryostatanordnung eignet sich daher besonders gut zur Kühlung einer Magnetanordnung **20**, die ein Teil einer Apparatur zur Kernspinresonanz, insbesondere Magnetic Resonance Imaging (MRI) oder

Magnetresonanzspektroskopie (NMR) ist.

Bezugszeichenliste

**[0033]**

1	Außenmantel
2	Heliumbehälter
3	Aufhängerohre
4	Halsrohr
5	oberes warmes Ende des Halsrohrs
6	unteres kaltes Ende des Halsrohrs
7	Kaltkopf eines Kryokühlers
8	Strahlungsschild
9	Kontaktfläche
10	kalte Fläche
11	erste Kältestufe des Kaltkopfes
12	Wärmebrücke
13	Gasspalt
14	Strukturen
15	Wärmeisolation
16	Stickstoffbehälter
17	zweite Kältestufe des Kaltkopfes
18	Heizung im oder am Heliumbehälter
19	Heizung im oder am Stickstoffbehälter
20	Magnetanordnung

**Patentansprüche**

1. Kryostatanordnung zur Aufbewahrung von flüssigem Helium, mit einem Außenmantel (1) und einem darin eingebauten Heliumbehälter (2), wobei der Heliumbehälter (2) an mindestens zwei Aufhängerohren (3) mit dem Außenmantel (1) verbunden ist und ein Halsrohr (4) enthält, dessen oberes warmes Ende (5) mit dem Außenmantel (1) und dessen unteres kaltes Ende (6) mit dem Heliumbehälter (2) verbunden ist und in das ein mehrstufiger Kaltkopf eines Kryokühlers (7) eingebaut ist, wobei der Außenmantel (1), der Heliumbehälter (2), die Aufhängerohre (3) und das Halsrohr (4) einen evakuierten Raum begrenzen, und wobei der Heliumbehälter (2) ferner von mindestens einem Strahlungsschild (8) umgeben ist, welcher sowohl mit den Aufhängerohren (3) als auch mit einer Kontaktfläche (9) am Halsrohr (4) des Heliumbehälters (2) thermisch leitend verbunden ist  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** zwischen einer oder mehreren Kältestufen (11) des Kaltkopfes (7) des Kryokühlers und einer oder mehreren Kontaktflächen (9) im Halsrohr (4), die jeweils mit einem der Strahlungsschilde (8) über eine feste, starre oder flexible, Wärmebrücke (12) leitend verbunden sind, jeweils ein Gasspalt (13) besteht, über den Wärme vom jeweiligen Strahlungsschild (8) in die entsprechende Kältestufe des Kaltkopfes (7) des Kryokühlers geleitet wird.

2. Kryostatanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kryokühler ein Pulsrohrkühler ist.

5 3. Kryostatanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der kältesten Kältestufe des Kaltkopfes (7) des Kryokühlers Helium bei einer Temperatur von 4,2 K oder bei tieferer Temperatur verflüssigt werden kann.

10 4. Kryostatanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre des Kaltkopfes des Kryokühlers (7) oberhalb der ersten Kältestufe und unter Umständen auch im Bereich weiterer Kältestufen mit einer Wärmeisolation (15) umgeben sind.

15 5. Kryostatanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Breite des Gasspalts (13) beliebig einstellen lässt.

20 6. Kryostatanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberfläche der den Gasspalt (13) begrenzenden, sich gegenüberliegenden, Wärme übertragenden Flächen (9), (10) insbesondere durch Berippung u. ä., vergrößert werden kann.

30 7. Kryostatanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die kältere Wärme übertragende, mit der Kältestufe (11) des Kaltkopfes (7) des Kryokühlers fest verbundene Fläche (10) oberhalb der wärmeren Wärme übertragenden Kontaktfläche (9) angeordnet ist.

35 8. Kryostatanordnung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Breite des Gasspalts (13) soweit vergrößerbar ist, dass sich eine natürliche Konvektionsströmung im Gasspalt (13) ausbildet.

40 9. Kryostatanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** von außen eine Strömung durch den Gasspalt (13) angeregt wird, die den Wärmeübergang verbessert.

45 10. Kryostatanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strahlungsschild oder einer der Strahlungsschilde (8) einen Behälter (16) mit flüssigem Stickstoff enthält, wobei der Stickstoff nach dem Verdampfen wegen der thermischen Anbindung des Strahlungsschildes (8) an den Kaltkopf des Kryokühlers (7) mindestens teilweise wieder verflüssigt wird.

50 11. Kryostatanordnung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** im oder in Kontakt mit dem

Stickstoffbehälter (16) eine, vorzugsweise elektrische, Heizung (19) vorgesehen ist.

12. Kryostatanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** 5  
im oder in Kontakt mit dem Heliumbehälter (2) eine, vorzugsweise elektrische, Heizung (18) vorgesehen ist.
13. Kryostatanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** 10  
die Kryostatanordnung eine supraleitende Magnetanordnung (20) enthält.
14. Kryostatanordnung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** 15  
die supraleitende Magnetanordnung (20) Teil einer Apparatur zur Kernspinresonanz, insbesondere Magnetic Resonance Imaging (MRI) oder Magnetresonanzspektroskopie (NMR) ist. 20

25

30

35

40

45

50

55

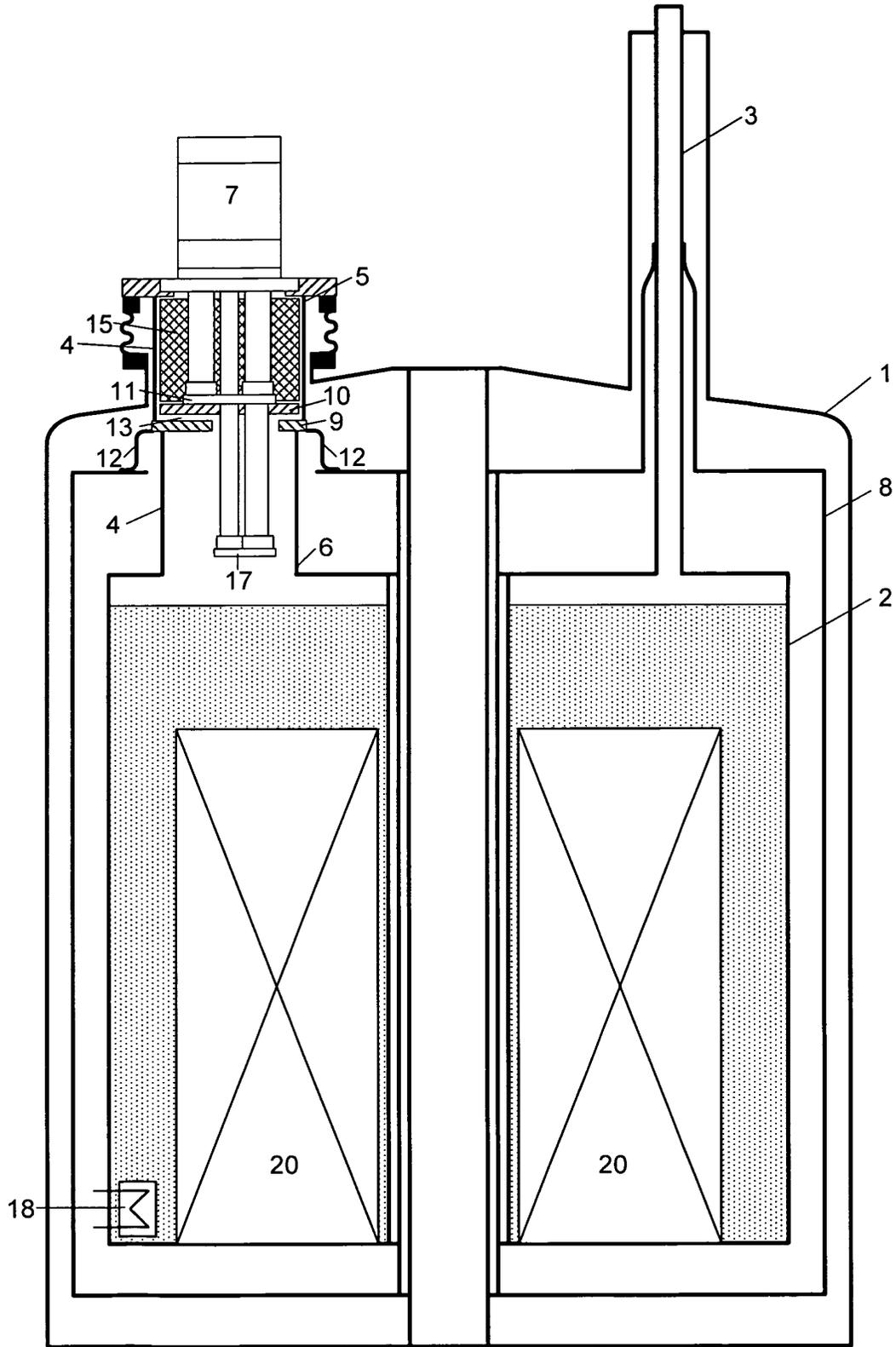


Fig. 1

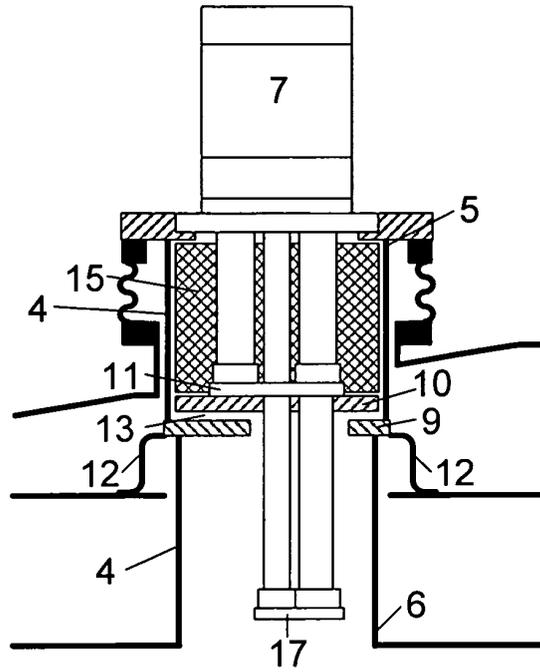


Fig. 2a

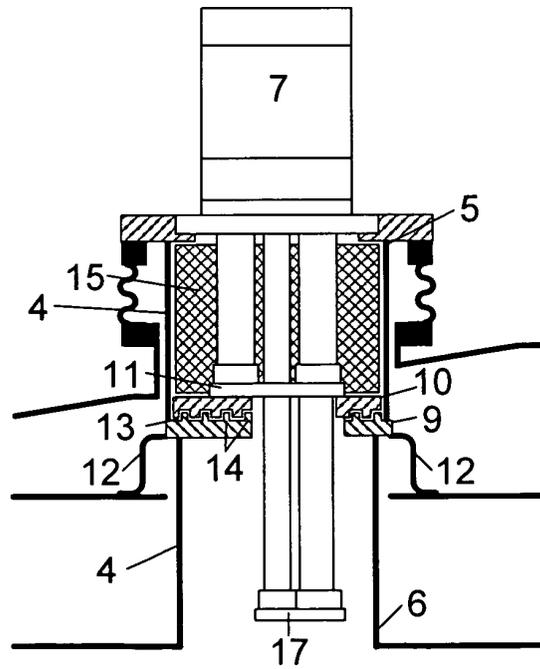


Fig. 2b

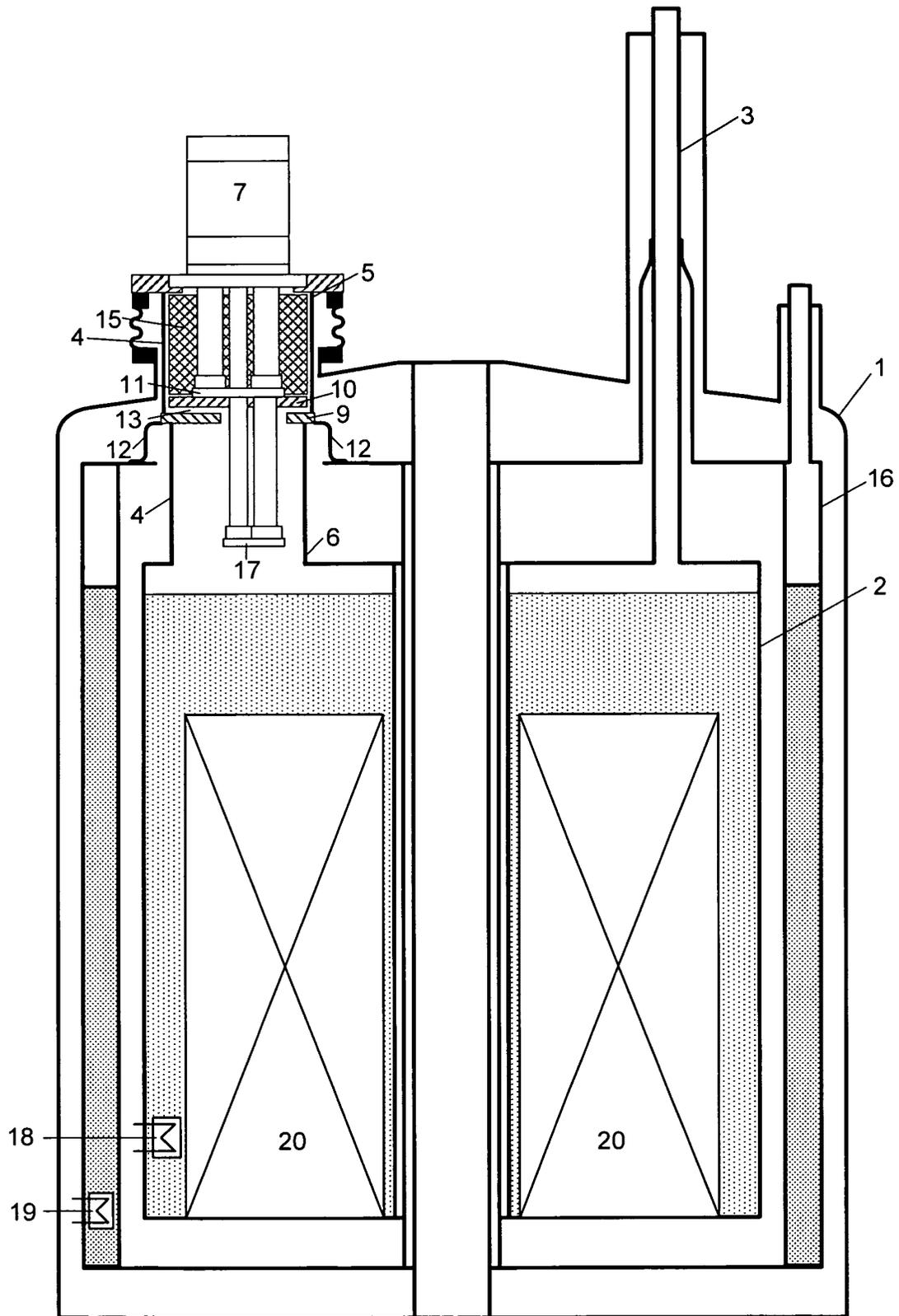


Fig. 3