



12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **88118199.4**

51 Int. Cl.⁵: **F17C 3/08 , F25J 1/02**

22 Anmeldetag: **02.11.88**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.05.90 Patentblatt 90/19

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI NL

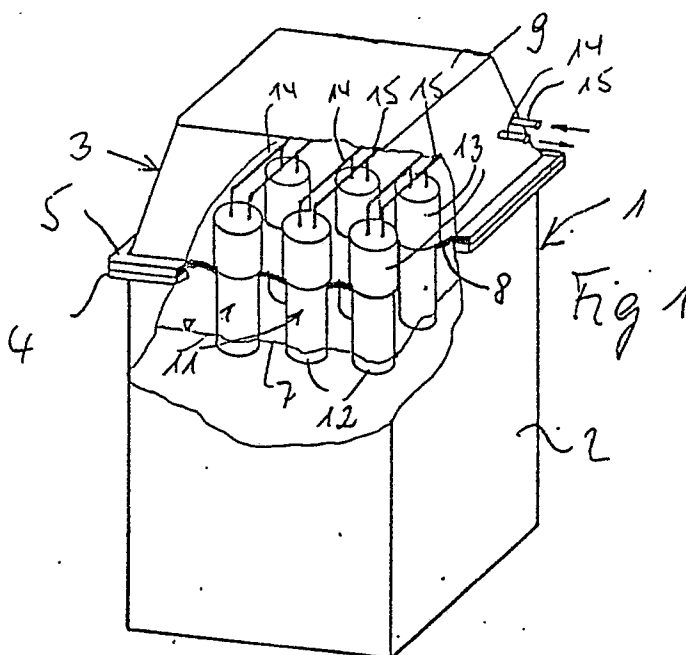
71 Anmelder: **LEYBOLD AKTIENGESELLSCHAFT**
Bonner Strasse 498
D-5000 Köln 51(DE)

72 Erfinder: **Strasser, Wilhelm**
Reiser 9
D-5060 Bergisch-Gladbach 1(DE)

74 Vertreter: **Leineweber, Jürgen, Dipl.-Phys.**
Nagelschmiedshütte 8
D-5000 Köln 40(DE)

54 **Kryostat mit einem Flüssig-Stickstoff (LN₂)-Bad.**

57 Die Erfindung bezieht sich auf einen Kryostaten (1) mit einem LN₂-Bad; um Gasverluste zu vermeiden, ist der Kryostat mit einem Kalkopf (11) eines Refrigerators ausgerüstet, der am Deckel (3) des Kryostat-Gehäuses gehalten ist.



EP 0 366 818 A1

Kryostat mit einem Flüssig-Stickstoff(LN₂)-Bad

Kryostaten sind Einrichtungen, welche die Einstellung und Aufrechterhaltung niedriger Temperaturen erlauben. Bei einem Badkryostaten wird die Temperatur auf dem Siedepunkt des Kältemittels konstant gehalten. Die Siedetemperatur von Flüssig-Stickstoff (LN₂) beträgt bei Normaldruck 77 K. Durch Überdruck oder Unterdruck im Bad kann die Siedetemperatur verändert werden. Üblicherweise wird jedoch ein Stickstoff-Badkryostat bei etwa Atmosphärendruck betrieben.

Der Einsatz von Kryostaten zur Aufrechterhaltung von Temperaturen bis zu 77 K gewinnt zunehmend Bedeutung. Es ist bekannt, Elektromagneten, Schaltungen von Rechnern oder dergleichen zur Erzielung höherer Leistungsdichten auf Temperaturen dieser Größenordnung zu kühlen. Ebenso können Supraleiter mit Sprungtemperaturen > 80 K bei der Siedetemperatur von LN₂ betrieben werden.

Bei der Verwendung von LN₂-Badkryostaten tritt infolge des siedenden Stickstoffs ein ständiger, von der Belastung des Bades abhängiger Gasverlust ein. Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, einen Kryostaten mit einem LN₂-Bad zu schaffen, bei dem Gasverluste vermieden sind.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß zur Aufnahme des LN₂-Bades ein Behälter mit einem Deckel vorgesehen ist, daß der Kryostat zur Rekondensation des verdampfenden LN₂ mit mindestens einem nach unten gerichteten Kaltkopf eines Refrigerator ausgerüstet ist und daß der Deckel Träger des oder der Kaltköpfe ist.

Ein Refrigerator ist ein Kryogenerator oder eine Tieftemperatur-Kältemaschine mit einem Kaltkopf, in dem ein thermodynamischer Kreisprozeß abläuft (vgl. z. B. die US-PS 29 06 101). Ein einstufiger Refrigerator-Kaltkopf weist eine zylindrische Kammer mit einem sich darin hin und her bewegendem Verdränger auf. Die Kammer wird in bestimmter Weise alternierend mit einem Hochdruck und einem Niederdruckgasreservoir verbunden, so daß während der Hin- und Herbewegung des Verdrängers der thermodynamische Kreisprozeß (Stirling-Prozeß, Gifford/McMahon-Prozeß usw.) abläuft. Die Folge ist, daß eine der beiden Stirnseiten der Kammer Wärme entzogen wird. Mit einem einstufigen Refrigerator-Kaltkopf dieser Art und Helium als Arbeitsgas lassen sich Temperaturen bis zu etwa 40 K erzeugen.

Mit Hilfe des oder der innerhalb des Behälters des Badkryostaten angeordneten Refrigerator-Kaltköpfe kann eine Rekondensation des verdampfenden Stickstoffs erzielt werden; das jeweils kalte Ende des Kaltkopfes kann sich entweder unmittelbar oberhalb des LN₂-Bades befinden oder darin eingetaucht sein. Ein wesentlicher Vorteil dieser

Anordnung besteht darin, daß sich die kalten Enden unmittelbar in der Flüssig- oder Gasphase des LN₂-Bades befinden. Ihre Wirkung ist durch Übertragungselemente nicht beeinträchtigt.

Für den Fall, daß sich die jeweiligen Kaltköpfe unmittelbar oberhalb der Oberfläche des LN₂-Bades befinden, bilden sie Kondensationsflächen, von denen kondensierter Stickstoff in das Bad zurücktropft. Zweckmäßig ist dazu die Oberfläche der jeweiligen Kaltköpfe mit Hilfe radialer Blechabschnitte vergrößert.

Tauchen die kalten Enden der Kaltköpfe in das Bad ein, dann besteht ein unmittelbarer Kontakt mit dem zu kühlenden Stickstoff. Insgesamt tritt eine Temperaturniedrigung ein. Aus dem Bad verdampfender Stickstoff kondensiert entweder an den sich noch oberhalb der Oberfläche des Bades befindenden kalten Flächen oder an der Oberfläche des Bades selbst.

Zweckmäßig sind die Kaltköpfe - einzeln oder in ihrer Gesamtheit - in der Höhe einstellbar. Dadurch ist es möglich, die Kälteleistung einzustellen und zwar entweder dadurch, daß einzelne Kaltköpfe angehoben und außer Betrieb gesetzt werden oder dadurch, daß die Eintauchtiefe einzelner oder mehrerer Kaltköpfe verändert wird. Wird z. B. die Wärmebelastung des Bades größer, dann ist eine Erhöhung der Kälteleistung erforderlich, die durch Vergrößerung der Eintauchtiefe erzielt werden kann. Dieser Vorgang ist automatisch regelbar, und zwar beispielsweise in Abhängigkeit vom Druck im Kryostaten. Die mit der Erhöhung der Badbelastung eintretende Vergrößerung der verdampfenden Stickstoffmenge bewirkt eine Druckerhöhung im Bad. Mit einer derartigen Druckveränderung kann die Eintauchtiefe derart geregelt werden, daß der Druck im wesentlichen konstant bleibt. Infolge der Höheneinstellbarkeit der Kaltköpfe ist auch eine Anpassung der Kälte erzeugenden Flächen an den Spiegel des LN₂-Bades möglich.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sollen anhand von in den Figuren 1 bis 7 dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert werden. Es zeigen:

- Figur 1 einen Kryostaten nach der Erfindung, teilweise aufgebrochen,

- Figuren 2 bis 4 verschiedene Ausführungen von in den Kryostaten nach der Erfindung einbaubaren Refrigeratoren und

- Figuren 5 bis 7 Ansichten und Details des Kryostaten nach der Erfindung zur Erläuterung des Refrigerator-Austausches.

In den Figuren ist der Kryostat mit 1 bezeichnet. Er umfaßt den Behälter 2 mit dem Deckel 3. Der doppelwandige Behälter und der Deckel sind

aus schlecht wärmeleitenden Werkstoffen hergestellt und weisen eine Vakuumisolierung auf. Behälter 2 und Deckel 3 weisen je einen Flansch 4, 5 auf, welche während des Betriebs einander anliegen und mittels eines Dichtringes 6 (Figur 6) und nicht dargestellten Klammern abgedichtet sind.

Innerhalb des Behälters 2 befindet sich das LN₂-Bad, dessen Oberfläche mit 7 bezeichnet ist. Die zu kühlenden, nicht dargestellten Bauteile befinden sich innerhalb dieses LN₂-Bades. Die Stromdurchführung (Figuren 5 und 7) ist mit 10 bezeichnet.

Der Deckel 3 ist mit einem durchgehenden Flanschboden 8 ausgerüstet, der von der Haube 9 überdeckt ist. Am Flanschboden sind die Kaltköpfe 11 befestigt, die jeweils mit ihren kalten Enden 12 in den Behälter 2 hineinragen.

Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 1 sind sechs Kaltköpfe 11 am Flanschboden 8 gehalten. Sie weisen jeweils eine Gassteuereinrichtung 13 auf, die sich jeweils an den kalten Enden 12 gegenüberliegenden Enden der im wesentlichen zylindrischen Kaltköpfe 11 befinden. Die Gassteuereinrichtungen 13 sind über Leitungen 14 und 15 jeweils mit einer außerhalb des Kryostaten 1 befindlichen, nicht dargestellten Hochdruck- und Niederdruckgasquelle (Arbeitsgas Helium) verbunden. Es besteht auch die Möglichkeit, die Refrigeratoren 11 zu splitten und die Gassteuereinrichtungen 13 außerhalb des Kryostaten 1 anzuordnen. Das Splitten von Refrigeratoren ist aus der DE-OS 32 01 496 bekannt. Infolge des Splittens ergibt sich ein kleineres Bauvolumen.

Figur 2 zeigt einen Kaltkopf 11, dessen kaltes Ende 12 mit einer elektrischen Heizung 16, gebildet von der Drahtwicklung 17 und den Zuführungsleitungen 18 ausgerüstet ist. Mit Hilfe dieser elektrischen Heizeinrichtung kann die Rekondensationsleistung im Kryostaten geregelt werden. Die Regelung kann in Abhängigkeit vom Druck im Kryostaten gesteuert sein.

Bei dem in Figur 3 dargestellten Kaltkopf 11 handelt es sich um einen Kaltkopf ohne Gassteuereinrichtung 13. Er ist vertikal verstellbar im Flanschboden 8 gehalten. Dazu ist der Kaltkopf 11 an seiner dem kalten Ende 12 gegenüberliegenden Seite mit einem Flansch 21 ausgerüstet. Der Flansch 21 und der Rand, der vom Kaltkopf 11 durchsetzten Öffnung 22 im Flanschboden 8 sind über einen Metallfaltenbalg 23 miteinander verbunden, so daß ein dichter Abschluß des Behälters 2 sichergestellt ist. Auf dem Flanschboden 8 ist eine Haube 24 vakuumdicht aufgesetzt. In der Haube 24 ist der Flansch 21 dicht geführt. Der vom Flansch 21, dem Balg 23, dem zylindrischen Teil der Haube 24 und dem angrenzenden Teil des Flanschbodens 8 gebildete Ringraum 26 ist über den Anschluß 25 mit einer nicht dargestellten Einrichtung

zur Einstellung des Druckes verbunden. Über eine Druckfeder 27 stützt sich der Flansch 21 und damit der Kaltkopf 11 auf dem Flanschboden 8 ab. Oberhalb des Flansches 21 bildet die Haube 24 einen Raum 28, der über den Anschlußstutzen 29 mit dem Innenraum des Kryostaten 1 in Verbindung steht.

Die Druckfeder 27 bewirkt eine Kraft, die nach oben gerichtet ist und die Federbalgkraft und die durch den Druck im Kryostaten ausgeübte Kraft gerade kompensiert. Durch Erniedrigen des Druckes im Raum 28 von außen durch eine Vakuumpumpe oder durch den Kryostatinnendruck kann die Kraft der Feder 27 überwunden und der Refrigerator 11 angehoben werden. Dadurch besteht auch die Möglichkeit, die Eintauchtiefe in Abhängigkeit der Belastung des LN₂-Bades zu steuern. Tritt zum Beispiel eine Erhöhung der Belastung des LN₂-Bades ein, dann erhöht sich der Druck innerhalb des Kryostaten. In Abhängigkeit dieses Druckes kann auch der Druck im Raum 28 derart erhöht werden, so daß der Kaltkopf über die Kraft der Differenzkolbenfläche tiefer in das LN₂-Bad eintaucht. Dadurch wird die Kälteleistung erhöht und die höhere Belastung des LN₂-Bades kompensiert. Bei Nichtbetrieb des Kaltkopfes kann derselbe über Druckeinlassung in den Raum 26 nach oben gehoben werden, so daß die Wärmeleitungsverluste über den Kaltkopf deutlich reduziert werden.

Figur 4 zeigt einen Kaltkopf 11, dessen kaltes Ende 12 mit einer Oberflächenvergrößerung ausgerüstet ist. Diese besteht aus einem dem Kaltkopf 12 anliegenden Ring 20, der radial nach außen sich erstreckende Blechabschnitte 30 trägt. Ein Kaltkopf 11 dieser Art ist vorzugsweise geeignet für eine Anordnung unmittelbar oberhalb des LN₂-Bades (Spiegel 7). An der vergrößerten Oberfläche kondensiert verdampfender Stickstoff und tropft in das LN₂-Bad zurück.

Die Figuren 5 bis 7 lassen erkennen, wie die im Kryostaten 1 befindlichen Kaltköpfe ausgetauscht oder Wartungsarbeiten daran durchgeführt werden können. Dazu ist ein Schlauchabschnitt 31 vorgesehen, dessen Enden an den Flanschen 4, 5 befestigt sind. Die äußeren Flanschränder sind mit Nuten 32, 33 ausgerüstet, in denen sich O-Ringe 34, 35 befinden und die Enden des Schlauches 31 gasdicht einklemmen (Figur 6).

Figur 5 zeigt einen teilweise aufgebrochenen Kryostaten 1, in den beispielsweise zwei Kaltköpfe 11 nach den Figuren 2 und 4 eingezeichnet sind. Über die Haube 9 des Deckels 3 sind die Kaltköpfe 11 über eine flexible Leitung mit einem Kompressor 36 (Hochdruck und Niederdruck-Gasquelle) verbunden. Die Kaltköpfe, die Leitung und der Kompressor bilden die zu Rekondensationszwecken eingesetzten Refrigeratoren. Oberhalb des LN₂-

Spiegels 7 mündet in den Kryostaten ein Anschlußstutzen 37 mit einem Ventil 38. Auch der Schlauchabschnitt 31 ist mit mehreren Anschlußstutzen 41, 42, 43 ausgerüstet, die jeweils mit einem Ventil versehen sind.

Da im Kryostat 1 Unter- oder Überdruck herrscht, muß vor dem Anheben des Deckels 3 ein Druckausgleich herbeigeführt werden. Dieses kann durch Ablassen oder Einlassen von Stickstoffgas über den Anschlußstutzen 37 erfolgen. Steht der Kryostat unter Unterdruck, dann kann der Druckausgleich auch dadurch hergestellt werden, daß mit Hilfe einer Heizung 16 am Refrigerator 11 eine derart hohe LN₂-Menge verdampft wird, daß die gewünschte Druckerhöhung eintritt. Nach dem Druckausgleich kann der Deckel 3 angehoben werden. Zusätzliches Stickstoffgas zur Füllung des Schlauchabschnittes 31 kann über einen der Anschlußstutzen 41, 42, 43 zugeführt werden. Nach dem Anheben des Deckels 3 wird der Schlauchabschnitt 21 etwa in seiner Mitte mittels einer Klammer 44 abgeklemmt. Danach ist das im Behälter 2 befindliche Bad vor Lufteintritt geschützt. Der Deckel 3 kann danach vom Schlauchabschnitt 31 gelöst werden.

Nach der Durchführung der erforderlichen Arbeiten wird der Deckel 3 wieder mit dem oberen Teil des Schlauchabschnittes 31 verbunden. Über die Anschlußstutzen 42 und 43 erfolgt eine Spülung des Innenraumes des oberen Schlauchabschnittes mit Stickstoff. Dadurch ist es möglich, die Refrigeratoren 11 in einer Stickstoffatmosphäre kalt zu fahren. Durch die beschriebene Vorgehensweise wird eine Verunreinigung durch Luftfeuchtigkeit und Sauerstoff vermieden.

Ansprüche

1. Kryostat mit einem LN₂-Bad, dadurch gekennzeichnet, daß zur Aufnahme des LN₂-Bades ein Behälter (2) mit einem Deckel (3) vorgesehen ist, daß der Kryostat zur Rekondensation des verdampfenden Stickstoffes mit mindestens einem nach unten gerichteten Kaltkopf (11) eines Refrigerators ausgerüstet ist und daß der Deckel (3) Träger des oder der Kaltköpfe (11) ist.

2. Kryostat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das nach unten gerichtete kalte Ende (12) des Kaltkopfes (11) entweder in das LN₂-Bad eintaucht oder sich unmittelbar darüber befindet.

3. Kryostat nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Deckel (3) einen Flanschboden (8) und eine Haube (9) umfaßt und daß der oder die Kaltköpfe (11) am Flanschboden (8) gehalten sind.

4. Kryostat nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die

Kaltköpfe (11) höhenverstellbar im Kryostaten (1) angeordnet sind.

5. Kryostat nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur höhenverstellbaren Befestigung des Kaltkopfes (11) eine Haube (24), eine Druckfeder (27) und ein Faltenbalg (23) vorgesehen sind, die gemeinsam mit einem am Kaltkopf (11) befestigten, verschiebbar in der Haube angeordneten Flansch (21) zwei abgeschlossene Räume (26 und 28) bilden.

6. Kryostat nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraft der Feder (27) und die Größe der Flächen so gewählt sind, daß sich eine von der Belastung des LN₂-Bades abhängige Rekondensierung einstellt.

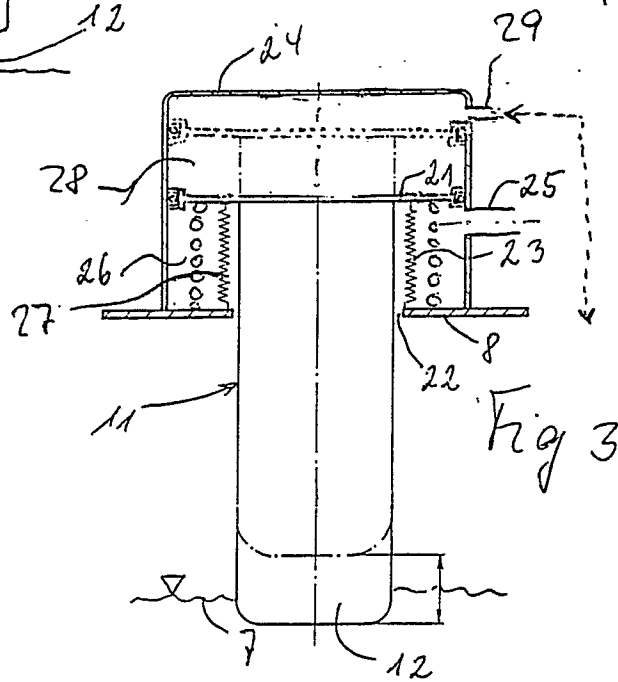
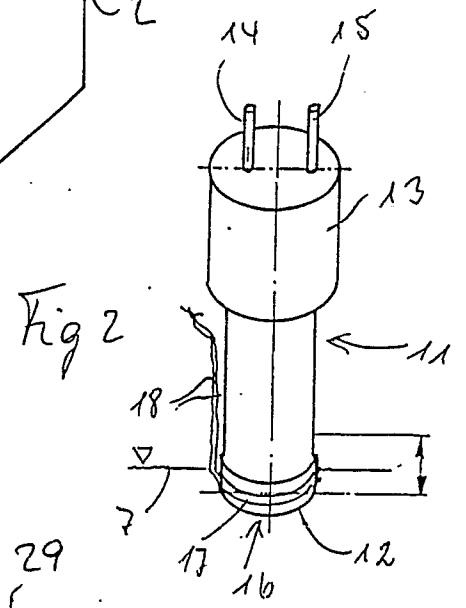
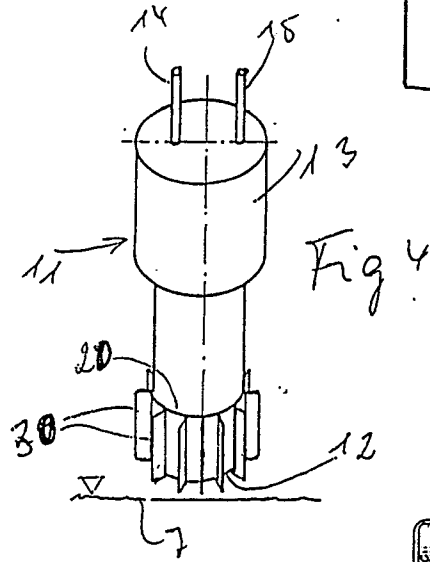
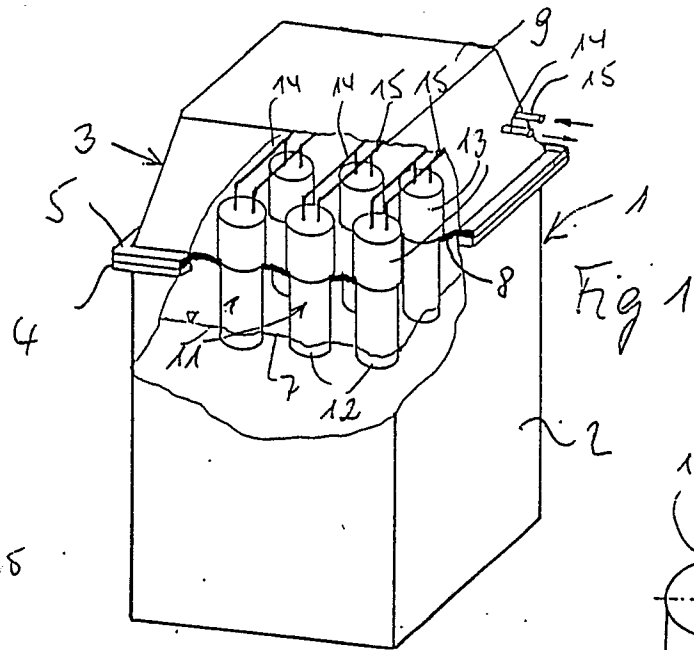
7. Kryostat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Gifford/McMahon-Prinzip arbeitende Kaltköpfe (11) vorgesehen sind und daß sich die Gassteuer-einrichtungen außerhalb des Kryostaten befinden.

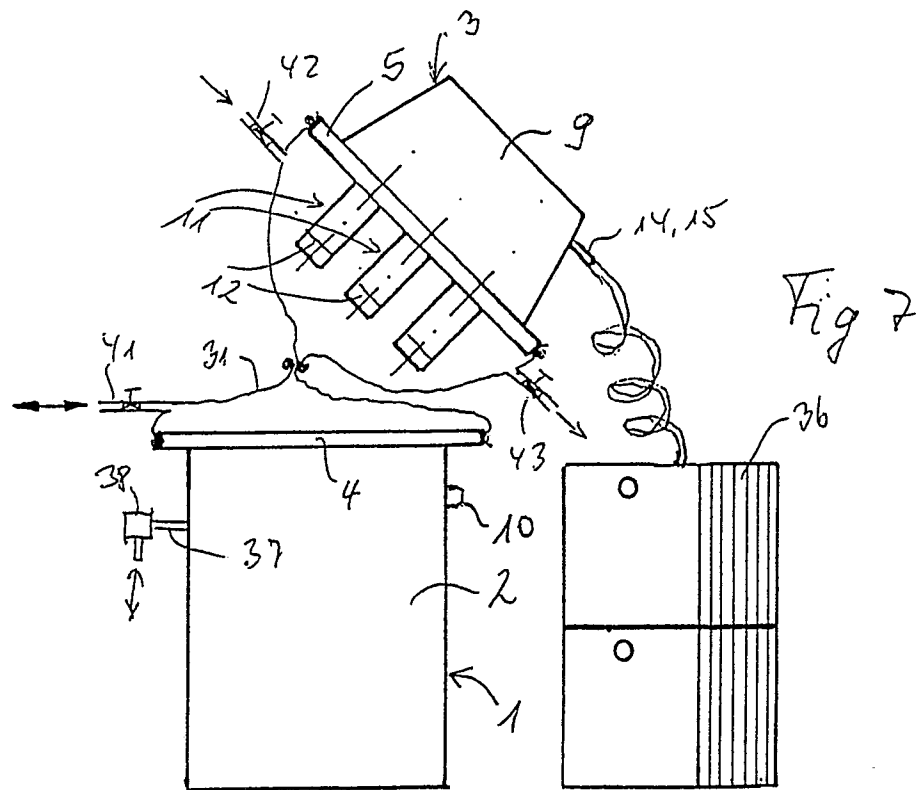
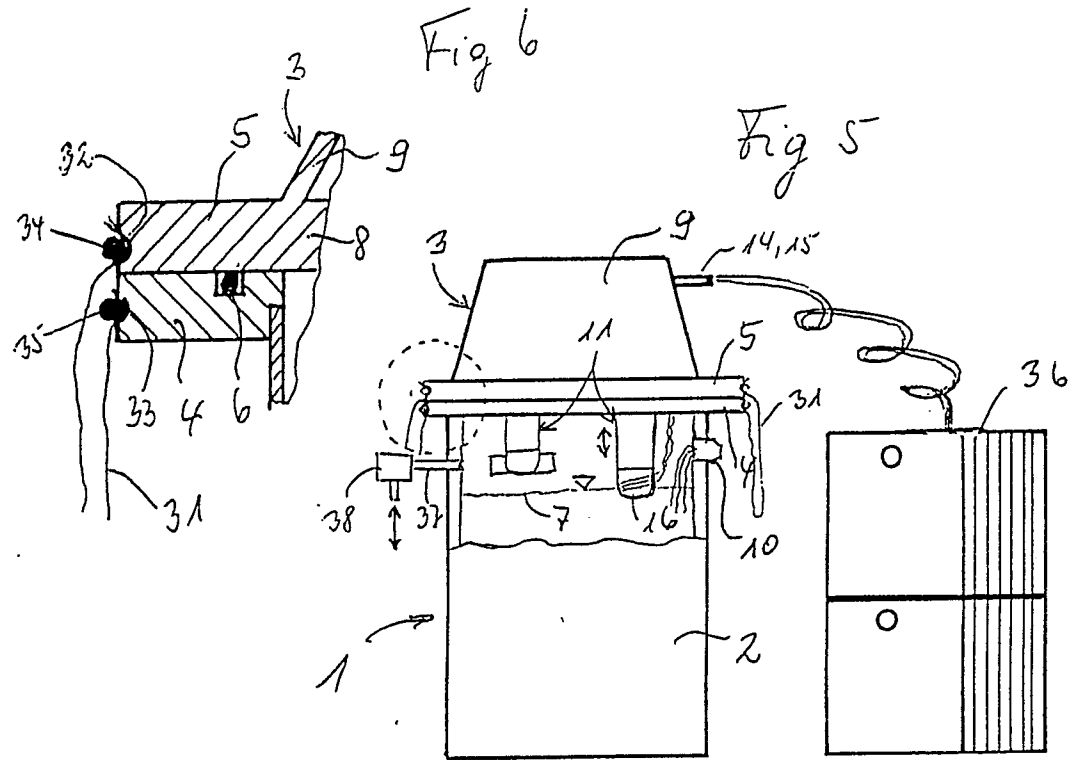
8. Kryostat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich seines Kaltkopfes (12) eine Heizung (16) vorgesehen ist.

9. Kryostat nach einer der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Kaltkopf (12) mit einer Oberflächenvergrößerung (28, 29) ausgerüstet ist, die vorzugsweise aus einem Aluminium- oder Kupfer-Strangpreßprofil besteht.

10. Kryostat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Behälter (2) und Deckel (3) mit Flanschen (4, 5) ausgerüstet sind und daß diese Flansche zur Ausführung von Service-Arbeiten über einen Schlauchabschnitt (31) gasdicht miteinander verbunden sind.

11. Kryostat nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß entweder der Schlauchabschnitt (31) oder der Schlauchabschnitt (31) und der Kryostat oberhalb des LN₂-Bades mit Anschlußstutzen ausgerüstet ist/sind.







Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 88 11 8199

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	WO-A-8 805 519 (MELIX TECHNOLOGY CORP.) * Zusammenfassung; Seite 1, Zeilen 3-21; Seite 2, Zeile 16 - Seite 3, Zeile 5; Seite 3, Zeile 25 - Seite 4, Zeile 30; Seite 6, Zeile 22 - Seite 7, Zeile 7; Seite 8, Zeilen 11-21; Ansprüche 1,2; Figur 1 * ---	1,7,9	F 17 C 3/08 F 25 J 1/02
A	EP-A-0 015 728 (AIR PRODUCTS & CHEMICALS) * Zusammenfassung; Seite 1, Absatz 2; Seite 5, Absatz 2; Seite 7, letzter Absatz - Seite 8; Ansprüche 1,5; Figuren 1,2 * ---	1-3,7,9 -11	
A	EP-A-0 260 036 (OXFORD MAGNET TECHNOLOGY LTD) * Zusammenfassung; Spalte 4, Zeilen 6-15; Anspruch 1; Figuren 2,3 * -----	1-3,7	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			F 17 C F 25 J F 25 D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 18-07-1989	Prüfer MARZENKE J.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	