



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 23 499 T2** 2006.07.20

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 192 388 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 23 499.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/14876**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 939 416.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2000/075558**

(86) PCT-Anmeldetag: **30.05.2000**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **14.12.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **03.04.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **26.10.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **20.07.2006**

(51) Int Cl.⁸: **F17C 7/04** (2006.01)
A41D 13/005 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

327808 08.06.1999 US

(73) Patentinhaber:

**Gore Enterprise Holdings, Inc., Newark, Del., US;
W.L. Gore & Associates (UK) Ltd., West Lothian,
GB**

(74) Vertreter:

Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80797 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

CH, DE, FR, GB, IT, LI, SE

(72) Erfinder:

**ROBBIE, Mark, West Lothian, Scotland EH54 9BA,
GB; MYERS, David, Camp Verde, US**

(54) Bezeichnung: **MATERIAL ZUR KONTROLLIERTEN VERDAMPFUNG EINER KROYGENISCHEN FLÜSSIGKEIT**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Fluorpolymermaterial, das zur Vereinfachung der Zuführung und kontrollierten Verdampfung eines flüssigen Kryogens verwendet wird. Geformte Gegenstände der vorliegenden Erfindung sind in der Lage, ein kryogenes Fluid zu enthalten und zuzuführen. Diese Gegenstände haben eine poröse Struktur, die den Durchlaß von kryogenem Fluid in der flüssigen Phase einschränkt, während sie den Durchlaß von kryogenem Fluid in der gasförmigen Phase erlaubt. Zu derartigen Fluiden können Stickstoff, Helium, Wasserstoff, Argon, Neon und Luft sowie verflüssigtes Petroleumgas oder Tieftemperatur-Flüssigkeiten gehören.

[0002] Mit "Einschränken" oder "Einschränkung" ist in diesem Zusammenhang gemeint, dass, während Gas aus einem Material der vorliegenden Erfindung durch seine Außenoberfläche austreten kann, Flüssigkeit in die Dicke des Materials eindringt, aber unter speziellen Betriebsbedingungen (z. B. Temperatur, Feuchtigkeit, Druck, etc.) nicht als eine Flüssigkeit durch seine Außenoberfläche hindurchgeht.

[0003] Mit "tiefe Temperatur" ist in diesem Zusammenhang eine Temperatur beträchtlich unterhalb von 0°C gemeint. Typischerweise ist beispielsweise flüssiger Stickstoff bei einer Temperatur von näherungsweise 77 Kelvin (-196°C) bei einem Atmosphärendruck von einer Atmosphäre flüssig.

Hintergrund der Erfindung

[0004] Zwei Haupttechnologien werden für den Transport oder die Lagerung von kalten Flüssigkeiten oder von Flüssigkeiten mit einer niedrigen Verdampfungswärme verwendet, nämlich jene, die Vakuum-Isolierung verwenden, und jene, die mit Trockengas-Rückhaltung arbeiten. Anders als Gegenstände der vorliegenden Erfindung, kontrolliert keine dieser Technologien die Freisetzung von gasförmigem kryogenem Fluid durch die Außenoberfläche des Behälters oder der Leitung.

[0005] Das US-Patent Nr. 5 511 542 (Westinghouse Electric Corporation) offenbart ein Kleidungsstück mit einer Leitung, die beispielsweise aus einem Dacron®-Schlauch, der von einer Hülle aus ungewebter Baumwolle umgeben ist, besteht. Von der Leitung wird behauptet, dass sie für Flüssigkeiten undurchlässig, aber für Gase durchlässig ist. Eine Leitung dieser Art ist anders als Leitungen gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Kryogene Flüssigkeiten treten in das Gefüge von Leitungen der vorliegenden Erfindung ein, und bei Drücken, die hoch genug sind, sickern flüssige Kryogene durch die Leitungswandungen hindurch. Bei einem niedrigeren Druck als jenen, die ein Durchsickern von Flüssigkeit durch die Wandungen verursachen, tritt kryogenes Fluid in der gasförmigen Phase aus der Außenoberfläche der Leitung aus, wovon eine Wolke von Wasserkondensat zeugt.

[0006] Kühlungskleidungsstücke wie der Kühlungsanzug, der von Aerospace Design and Development, Inc. Niwot, CO, als Teil des SCAMP® (supercritical air mobility pack), Modell-Nr. 547-000-06, geliefert wird, erfordern die Verwendung eines Kühlmittels, das hauptsächlich in einer flüssigen Phase bleibt. Diese Kleidungsstücke erfordern ein Fluidkontroll- und Wärmeaustausch-System, das schwer ist. Zusätzlich zu dem zu tragenden Zusatzgewicht hat ein solches System die beträchtlichen Nachteile hoher Anschaffungs- und Wartungskosten. Kühlungskleidungsstücke der vorliegenden Erfindung besitzen Vorteile gegenüber Kühlungskleidungsstücken des Stands der Technik. Zu diesen Vorteilen gehören niedrigeres Gewicht, niedrigere Volumina an verwendetem flüssigem Kühlmittel, einfachere Systemkontroll-Anforderungen und keine Notwendigkeit von Pumpen oder Gebläsen und ihren zugehörigen Antriebs- und Kontroll-Erfordernissen.

[0007] Von verschiedenen Polymeren ist bekannt, dass sie unter Bedingungen tiefer Temperatur wie 77 Kelvin brauchbar sind. Beispielsweise ist von porösem Polytetrafluorethylen (PTFE) bekannt, dass es Festigkeit und Flexibilität bei tiefen Temperaturen behält, insbesondere in der Form von porösem expandierten PTFE (ePTFE), das von Knoten, die durch Fibrillen verbunden werden, gebildet wird, wie in dem US-Patent Nr. 3 953 566 von Gore beschrieben ist. Derartiges ePTFE ist jedoch wegen seiner Porosität, die kryogenen Flüssigkeiten einen einfachen Durchlass in und durch das ePTFE-Material erlaubt, normalerweise nicht für den Transport oder die Lagerung kryogener Flüssigkeiten geeignet.

[0008] US-A-4 571 954 betrifft einen phasenkonjugierenden Wellenleiter-Spiegel für hochenergetische Strahlung bei 10,6 µm. Ein optischer Wellenleiter aus flüssigem Stickstoff mit einer Umhüllung aus gasförmigem Stickstoff ist offenbart.

[0009] US-A-4 738 119 betrifft ein einstückiges Kühlungskleidungsstück zum Schutz gegen Hitzebelastung, das gekennzeichnet ist durch ein paar getrennte Ausfütterungen, die zusammengeheftet sind, um schlauchaufnehmende Räume zu bilden, die mikroporöse Schläuche aufweisen, die lösbar mit einer Quelle von flüssigem Kohlendioxid, das in eine feste Phase umgewandelt wird und dann allmählich zu Kohlendioxidgas sublimiert, verbindbar sind. Das Gas wird in die Räume freigesetzt, um einen Träger des Kleidungsgegenstands zu kühlen.

[0010] US-A-5 520 682 betrifft ein geschlossenendiges chirurgisches Kryosonden-Instrument, das einen Sondenschaft-Durchmesser von 3 mm oder weniger hat und das Gefrierzonen-Temperaturen nahe derjenigen des flüssigen kryogenen Kühlmittels erzielen und aufrecht erhalten kann.

[0011] GB 1 458 357 betrifft einen Feuerbekämpfungs-Anzug, der ein kaltes Gas innerhalb des Anzugs hat.

[0012] Temperaturgradienten, die in Systemen wie jenen, die Kryogene beinhalten, verwendete Materialien beeinträchtigen, sind dergestalt, dass die Wirkungen von Wärme-Expansion und -Kontraktion ein frühes mechanisches Versagen bei den Bauteilen bewirken. Bevorzugte Ausführungsformen dieser Erfindung betreffen Materialien, die Flexibilität und Festigkeit bei tiefen Temperaturen, typischerweise 77 Kelvin, behalten, wobei sie zusätzlich bestimmte Durchdringungs-Charakteristika besitzen.

Zusammenfassung der Erfindung

[0013] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein geformter Gegenstand bereitgestellt, der in der Lage ist, ein kryogenes Fluid zu enthalten und/oder zuzuführen, wobei der aus einem Fluorpolymer geformte Gegenstand eine poröse Struktur und einen Leckdruck für flüssigen Stickstoff von größer als oder gleich etwa 0,002 MPa (0,3 psi) besitzt, was den Durchlass von kryogenem Fluid in der flüssigen Phase einschränkt, während es den Durchlaß von kryogenem Fluid in der gasförmigen Phase zuläßt.

[0014] Die poröse Struktur erlaubt, dass ein flüssiges kryogenes Fluid durch eine erste Oberfläche des Materials in die Dicke des Materials eindringt, schränkt aber das Durchsickern von flüssigem kryogenem Fluid durch die äußere, oder zweite, Oberfläche ein. Die erste und die zweite Oberfläche sind durch die Dicke getrennt. Die Einschränkung kann innerhalb der Dicke des Materials und/oder an der Außenoberfläche an der ersten und/oder Innenoberfläche erfolgen. Außerdem kontrolliert das Material bevorzugt auch den Durchlaß des kryogenen Fluids in der Gasphase durch die Außenoberfläche des Materials.

[0015] In ihrer bevorzugten Form stellt die Erfindung ein Flüssigkeitsdurchdringungs-Einschränkungsmaterial bereit, das bevorzugt leichtgewichtig und bei tiefen Temperaturen flexibel ist. Es erlaubt Verdampfungskühlung unter Verwendung flüssiger kryogener Fluide, was eine effizientere Kühlung erlaubt als durch einfaches Transportieren und Zuführen eines gasförmigen kryogenen Fluids. Aus einem Material von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung hergestellte Gegenstände bieten die Möglichkeit, ein flüssiges Kryogen zu einer speziellen Stelle zu transportieren, dann die Stelle mittels Leitung von dem kalten Material und Konvektion eines kalten Gases zu kühlen. Der Wärmeverlust wird durch die Phasenumwandlung der verdampfenden Flüssigkeit stark erhöht.

[0016] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Kleidungsstück bereitgestellt, das eine Leitung aus einem Material mit Durchdringungseigenschaften, wie sie in den vorangehenden Abschnitten dargelegt sind, enthält.

[0017] Bevorzugt ist das Material der vorliegenden Erfindung in der Form eines Schlauchs.

[0018] Ebenfalls bevorzugt ist eine Mehrzahl von Materialschichten übereinander gelegt, um ein vielschichtiges Verbundmaterial bereitzustellen, das einen spiralförmigen Querschnitt, aus einer oder mehreren Filmlagen gebildet, besitzt. Außerdem kann ein Schlauch, der einen spiralförmigen Querschnitt besitzt, aus mehr als einer Art von Film bestehen.

[0019] Das poröse Material der Erfindung führt zu einem Produkt, das bevorzugt eine hohe Einschränkung gegen den Durchfluß von Flüssigkeit durch die Wandung des Materials hat, während es einen geringen Gehalt an Feststoffmaterial hat. Dieses bevorzugte Material schafft verbesserte mechanische Eigenschaften und Durchdringungseigenschaften, insbesondere wenn es in einem vielschichtigen Aufbau verwendet wird. Ein vielschichtiger Aufbau kann zu einem Gegenstand führen, der geringe Biegebelastungen zeigt, wodurch seine Lebensdauer bis zur Ermüdung erhöht wird. Die Summierung mehrerer Materialschichten kann auch den

Druck erhöhen, der erforderlich ist, um flüssiges Kryogen durch die Außenoberfläche zu drängen.

[0020] Das Material der vorliegenden Erfindung kann verwendet werden, um das Durchdringen von flüssigem Kryogen durch das Material auf eine Rate einzuschränken, die einen Wärmeverlust durch die Phasenumwandlung von Flüssigkeit zu Dampf in dem Material und an der Außenoberfläche des Materials erleichtert.

[0021] Gegenstände mit kryogener Fluid-Durchdringung, die aus einem Material der vorliegenden Erfindung hergestellt sind, ermöglichen den Durchlaß der gasförmigen Phase kryogener Fluide durch die Dickenrichtung des Gegenstands, während sie den Durchlaß der flüssigen Phase der Fluide durch die Dickenrichtung hemmen. In diesen Gegenständen ist die Durchflußmenge der flüssigen Phase eines kryogenen Fluids, die durch die Wandung in der Dickenrichtung fließt, geringer oder gleich der Verdampfungsmenge der Flüssigkeit an der Oberfläche der Außenwandung. Das Material kann modifiziert werden, um die Einschränkung des Durchlasses von kryogenem Fluid in der flüssigen Phase und die kontrollierte Freisetzung von kryogenem Fluid in der gasförmigen Phase durch die Außenseite des Materials zu verändern. Der Gegenstand befindet sich in der Form eines Schlauchs mit kryogener Fluid-Durchdringung, der einen Leckdruck für flüssigen Stickstoff (LNLP, liquid nitrogen leak pressure) (auf der Basis des unten beschriebenen Tests) von mindestens 0,3 psi (0,002 MPa) hat. Ein derartiger Schlauch verhält sich in einem kryogenen Kühlungskleidungsstück, das in einer unten beschriebenen Weise getestet wird, zufriedenstellend. Der Schlauch läßt während der Testdauer von 15 Minuten keinen flüssigen Stickstoff durchsickern. Schläuche zur Verwendung in einem kryogenen Kühlungskleidungsstück besitzen einen LNLP von mindestens 0,3 psi (0,002 MPa) und brechen nicht bei Biegung bei kryogenen Temperaturen. Schläuche mit höheren LNLP-Werten, und die bei diesen Temperaturen nicht brechen, sind zur Verwendung bei dieser Anwendung bevorzugt; ein bevorzugter Schlauch zur Verwendung in einem Kühlungskleidungsstück besitzt einen Leckdruck für flüssigen Stickstoff (LNLP) wie 0,45 psi (0,003 MPa).

[0022] Jedes Fluorpolymer wird als geeignet betrachtet, und poröses expandiertes PTFE (ePTFE) ist wegen seiner Flexibilität bei kryogenen Temperaturen und der Möglichkeit, aus ePTFE einen Schlauch und andere Formen mit einer gewünschten Durchlässigkeit herzustellen, ein besonders bevorzugtes Material. Obwohl ePTFE bei sehr tiefen Temperaturen nicht brüchig ist, muß beim Aufbau von Schläuchen und anderen Formen aufgepaßt werden, um sicher zu stellen, dass die Struktur oder Dichte des fertigen Schlauchs nicht zum Bruch bei diesen Temperaturen führt. Nicht poröse Schläuche besitzen nicht nur typischerweise extrem schlechte Durchdringungseigenschaften, sie neigen auch dazu, unannehmbar steif und bruchanfällig zu sein, insbesondere bei kryogenen Temperaturen. Schläuche geringer Porosität scheinen ebenfalls bruchanfällig bei kryogenen Temperaturen zu sein.

[0023] Auf PTFE basierende Gegenstände von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind auch bevorzugt wegen der geringen Wärmeleitfähigkeit von PTFE, die etwa 0,232 Watt/mK beträgt. Poröse Gegenstände aus PTFE besitzen eine noch geringere Wärmeleitfähigkeit. Die Verwendung von Materialien geringer Wärmeleitfähigkeit kann zu sichereren Gegenständen hinsichtlich Themen wie dem Kälteverbrennungs-Potential führen. Kryogene Fluidsysteme profitieren von dem geringeren Eindringen von Wärmeenergie und der sich ergebenden Verringerung der Gaserzeugung innerhalb der Fluid-Transportleitungen. PTFE hat zusätzlich eine geringe Wärmekapazität, 1047 kJ/kg K.

[0024] Die Wahl von Vorläufer-ePTFE-Filmmaterial ist eine Funktion der gewünschten Anzahl an Schichten in dem fertigen Schlauch, der Schlauchwandungsdicke, der Luftdurchlässigkeit und der Porengröße des fertigen Schlauchs. Die Porengröße kann durch Isopropanol-Blasenbildungspunkt (IBP)-Messungen untersucht werden. Filme, die hohe IPB-Werte besitzen, scheinen fertige Schläuche mit höheren Werten für den LNLP zu erzeugen. Die Verwendung von Filmen kleinerer Porengröße scheint den LNLP des fertigen Schlauchs zu erhöhen. Eine erhöhte Anzahl an Schichten und eine erhöhte Filmdicke kann ebenfalls den LNLP des fertigen Schlauchs erhöhen. Die Anzahl an Schichten liegt bevorzugt zwischen 8 und 48, bevorzugter zwischen 12 und 24. Der LNLP liegt bevorzugt zwischen 0,003 und 0,075 MPa, bevorzugter zwischen 0,04 und 0,06 MPa. Ein ePTFE-Basis Schlauch kann ebenfalls Teil des Aufbaus sein, aber die Einbeziehung eines Basis Schlauchs scheint nicht von kritischer Wichtigkeit zu sein. Ein geeigneter Schlauch wurde aufgebaut unter Verwendung eines porösen ePTFE-Films mit einer Dicke von 0,0035 Inch (0,09 mm), einer Gurley-Zahl von 39,5 und einem IBP von 38,5 psi (0,434 MPa).

[0025] Eine außen aufgebrachte Verstärkung in der Form von Ringen oder einer helikal aufgebrachten Wulst oder eines Filaments oder anderer Materialgestaltungen kann in dem Schlauchaufbau enthalten sein, um dem Gegenstand Knick- und/oder Kompressionswiderstand zu verleihen.

[0026] Ein Gegenstand gemäß einem Aspekt der Erfindung in der Form einer Membran, die dazu geeignet

ist, den Durchlaß der gasförmigen Phase eines kryogenen Fluids zu erlauben, während sie den Durchlaß der flüssigen Phase desselben Kryogens einschränkt, kann durch ein ähnliches Verfahren hergestellt werden. Mehrere Schichten eines Films können auf eine Stange mit großem Durchmesser gewickelt werden, die Enden befestigt und die Anordnung in einen Ofen gebracht werden, um die Schichten miteinander zu verbinden, wobei die Filme und die Verfahrenstemperaturen verwendet werden, die in den Beispielen unten beschrieben werden. Der so hergestellte Schlauch mit großem Durchmesser kann der Länge nach aufgeschnitten werden, um eine flache Membran zu schaffen. Andere Techniken können eingesetzt werden, um Filmschichten zu verbinden, um eine Membran herzustellen. Die sich ergebende Membran kann verwendet werden, um komplexe Gestalten wie Beutel, flache Konstruktionen mit vordefinierten Leitungen darin zu schaffen, oder als eine Auskleidung für Lagerbehälter.

[0027] Andere aus einem Material der vorliegenden Erfindung hergestellte Gegenstände können brauchbar sein zur Kühlung warmer Objekte wie elektronischer Vorrichtungen, Maschinen, Motoren, erhitzter Bauteile, usw..

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0028] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nun beispielhaft unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben, in denen:

[0029] [Fig. 1](#) eine schematische perspektivische Ansicht ist, die ein erstes Verfahren zur Herstellung eines Gegenstands gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht, wobei der Gegenstand die Form eines Schlauchs hat;

[0030] [Fig. 2](#) eine schematische perspektivische Ansicht ist, die ein zweites Verfahren zur Herstellung eines Gegenstands gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht, wobei der Gegenstand die Form eines Schlauchs hat;

[0031] [Fig. 3](#) eine Schnittansicht eines schlauchförmigen Gegenstands gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;

[0032] [Fig. 4](#) eine Schnittansicht eines schlauchförmigen Gegenstands gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;

[0033] [Fig. 5a](#) eine schematische Darstellung eines Gegenstands gemäß noch einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, wobei der Gegenstand die Form eines Beutels hat;

[0034] [Fig. 5b](#) eine Halb-Schnittdarstellung des Beutels von [Fig. 5a](#) ist;

[0035] [Fig. 5c](#) eine vergrößerte Ansicht des Bereichs [Fig. 5c](#) von [Fig. 5b](#) ist;

[0036] [Fig. 6](#) eine schematische Darstellung eines Gegenstands gemäß noch einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, wobei der Gegenstand die Form einer Membran mit darin enthaltenen Kanälen zum Transportieren eines kryogenen Fluids hat;

[0037] [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) schematische Darstellungen eines Kleidungsstücks sind, das dazu gedacht ist, in einer Umgebung getragen zu werden, in der eine Kühlung des Trägers wünschenswert ist, wobei das Kleidungsstück eine schlauchförmige Leitung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält;

[0038] [Fig. 9](#) eine schematische Veranschaulichung einer Form einer Testvorrichtung zum Testen der Effizienz schlauchförmiger Gegenstände gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ist;

[0039] [Fig. 10a](#) und [Fig. 10b](#) schematische Darstellungen eines Kleidungsstücks sind, das in dem hierin im folgenden beschriebenen kryogenen Kleidungsstück-Kühltest verwendet wird;

[0040] [Fig. 11](#) eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme (SEM, scanning electron micrograph) ist, auf die in dem hierin im folgenden beschriebenen Beispiel 1 Bezug genommen wird;

[0041] [Fig. 12](#) eine schematische Veranschaulichung einer Testvorrichtung ist, die eine abgewandelte Version der in [Fig. 9](#) veranschaulichten Vorrichtung zum Testen der Effizienz von Gegenständen gemäß Ausfüh-

rungsformen der vorliegenden Erfindung ist;

[0042] [Fig. 13a](#) eine Schnittansicht eines Gegenstands gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, wobei der Gegenstand die Form eines Schlauchs mit einer helikal aufgetragenen Verstärkung hat;

[0043] [Fig. 13b](#) eine Schnittansicht entlang der Linie 13b-13b von [Fig. 13a](#) ist;

[0044] [Fig. 14a](#) eine Schnittansicht eines schlauchförmigen Gegenstands gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, wobei der Gegenstand mehr als eine Art von Filmmaterial enthält;

[0045] [Fig. 14b](#) eine vergrößerte Schnittansicht entlang der Linie 14b-14b von [Fig. 14a](#) ist;

[0046] [Fig. 15a](#) eine Schnittansicht eines schlauchförmigen Gegenstands gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, wobei der Gegenstand aus einem Film aufgebaut ist, der mehr als ein Material aufweist;

[0047] [Fig. 15b](#) eine vergrößerte Schnittansicht entlang der Linie 15b-15b von [Fig. 15a](#) ist;

[0048] [Fig. 16a](#), [Fig. 16b](#) und [Fig. 16c](#) schematische Veranschaulichungen der Verwendung von Gegenständen der vorliegenden Erfindung zum Kühlen elektronischer Vorrichtungen sind; und

[0049] [Fig. 17](#) eine schematische Veranschaulichung einer anderen Form von Testvorrichtung zum Testen der Effizienz von (Membran-)Gegenständen gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ist.

Genaue Beschreibung der Erfindung

[0050] Es wird auf die Zeichnungen Bezug genommen. [Fig. 1](#) veranschaulicht ein erstes Verfahren zur Herstellung eines schlauchförmigen Gegenstands aus dem Material einer Ausführungsform der Erfindung. In diesem Verfahren wird eine oder werden mehrere Schichten von Film **10**, wie ein Film aus porösem expandierten Polytetrafluorethylen (ePTFE), helikal um eine Stange **11** gewickelt. Die Enden des so gebildeten Schlauchs **12** werden gesichert, und die Anordnung wird Temperaturen oberhalb der Kristallschmelztemperatur von PTFE ausgesetzt. Der Schlauch **12** sollte in der Längsrichtung ausreichend stark sein, um seine Entfernung von der Stange **11** zu ermöglichen, ohne Schaden zu nehmen. Helikales Wickeln in zwei Richtungen kann dem Schlauch unterschiedliche Eigenschaften verleihen.

[0051] [Fig. 2](#) veranschaulicht ein zweites Verfahren zur Herstellung eines schlauchförmigen Gegenstands aus Material einer Ausführungsform der Erfindung. Das Verfahren ist dasselbe wie das für den Schlauch **12** von [Fig. 1](#) mit der Ausnahme, dass das Wickeln nicht in einer helikalen Weise durchgeführt wird, sondern durch Rundwickeln einer langen Bahn aus porösem Film **13** (wie ePTFE) um die Längsachse einer Stange **14** ausgeführt wird, um einen Schlauch **15** zu bilden. Es kann entweder die Längsrichtung oder die Querrichtung des Films **13** auf die Stange **14** gewickelt werden. Rundwickeln einer langen Filmbahn **13** dergestalt, dass der Film direkt von der Abnahme einer Filmrolle auf die Stange **14** gewickelt wird, begrenzt die Länge des fertigen Schlauchs auf die Breite des Vorläuferfilms **13**.

[0052] Die unter Bezugnahme auf die [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) beschriebenen Wickeltechniken erzeugen alle einen Schlauch, der einen spiraligen Querschnitt **16** besitzt, wie in [Fig. 3](#) gezeigt.

[0053] Gewünschtenfalls können die Schläuche **12** und **15** der [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) mit einem porösen Basis-schlauch **17** ausgestattet werden, wie in [Fig. 4](#) gezeigt. In dem fertigen Schlauch von [Fig. 4](#) bildet der Basis-schlauch **17** eine Hohlraum-Oberfläche. In der Ausführungsform der [Fig. 4](#) wird der Basis-schlauch **17** auf die Stange aufgebracht bevor eine oder mehrere Filmschichten, wie poröses ePTFE, um die Außenoberfläche des Basis-schlauchs **17** gewickelt wird oder werden.

[0054] In jeder der Ausführungsformen der [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) kann der fertige Schlauch von Schichten gebildet werden, die eine Kombination von sowohl helikalem Wickeln als auch Rundwickeln aufweisen.

[0055] Obwohl der erfindungsgemäße Gegenstand, wie ein Schlauch, wie er unter Bezugnahme auf die [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) beschrieben ist, aus einer einzigen Lage aus porösem Film aufgebaut sein kann, kann es bevorzugt sein, dass die Gegenstände der Erfindung, einschließlich der Schläuche der [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#), aus meh-

renen Lagen aus porösem Film aufgebaut sind.

[0056] Bei der Herstellung eines mehrschichtigen Gegenstands, wie eines Schlauches wie in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#), wird die mehrschichtige Film-Anordnung bei einer ausreichenden Temperatur und für eine Zeit, die lang genug ist, um eine Verbindung der Schichten sicher zu stellen, erhitzt. Unzureichendes Erhitzen kann zu einem Schlauch führen, der für eine Trennung der Schichten anfällig ist. Die Anzahl der Filmschichten kann variiert werden, um die Schlauch-Wandungsdicke und die Schlauch-Flexibilität zu optimieren. Der Durchmesser der Stange kann variiert werden, um einen Schlauch eines gewünschten Innendurchmessers herzustellen.

[0057] Obwohl die Ausführungsformen der [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) die Form von Schläuchen haben, wird es für Fachleute unmittelbar offensichtlich sein, dass Gegenstände gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung andere Formen als schlauchförmig annehmen können. Beispielsweise kann ein Beutel **18** aus porösem ePTFE gebildet werden, wie in [Fig. 5](#) gezeigt. Alternativ kann das poröse Material andere Behälter in einer Vielfalt von Formen, Leitungen, Behälterauskleidungen, Membranen oder dergleichen bilden, die dazu gedacht sind, die Einschließung während des Transports oder der Lagerung eines Tieftemperatur-Fluids mit geringer Oberflächenenergie, wie einer kryogenen Flüssigkeit, zu erleichtern.

[0058] Um eine Membran herzustellen, die zur Bildung des Beutels **18**, wie er in [Fig. 5](#) gezeigt ist, geeignet ist, werden mehrere Filmschichten auf eine Stange mit großem Durchmesser gewickelt, die Enden befestigt, und die Anordnung in einen Ofen gebracht, um die Schichten miteinander zu verbinden, wobei die Filme und die Verfahrenstemperaturen verwendet werden, die in den Beispielen unten beschrieben sind. Der so hergestellte Schlauch mit großem Durchmesser wird der Länge nach aufgeschnitten, um eine flache Membran zu schaffen, und die sich ergebende Membran wird zu einem Beutel **18** geformt, wobei die mehrschichtige Natur der Membran **19** aus den [Fig. 5b](#) und [Fig. 5c](#) offenkundig ist. Natürlich kann eine solche Membran zu anderen Gestalten und Formen, wie zu einem flachen Konstrukt **20** mit vorbestimmten Leitungen **21**, wie in [Fig. 6](#) veranschaulicht, geformt werden.

[0059] Die [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) veranschaulichen eine besondere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, bei der eine Leitung in Form eines Schlauchs aus porösem ePTFE, die in der Lage ist, ein kryogenes Fluid wie flüssigen Stickstoff, Argon, oder flüssige Luft zu enthalten, und die erlaubt, dass die gasförmige Phase des Fluids zur Außenseite des Schlauchs durchdringt, in einem Schutzkleidungsstück, wie es von einem Feuerwehrmann oder dergleichen getragen werden kann, enthalten ist.

[0060] Die [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) sind jeweils Vorderansicht und Rückansicht eines Feuerwehr-Kleidungsstücks **22**. Das Kleidungsstück **22** enthält einen Behälter **23** zum Enthalten von flüssigem Stickstoff oder flüssiger Luft (in diesem Beispiel wird auf flüssigen Stickstoff Bezug genommen), der mit Verteilungsschläuchen **24** verbunden ist, die ein Netzwerk von Schläuchen zum Verteilen des flüssigen Stickstoffs überall in dem Kleidungsstück bilden. Das System von Schläuchen **24** ist zwischen einer Isolierungsschicht des Kleidungsstücks und einer Innenausfütterung angebracht.

[0061] Der Behälter **23** zum Halten von flüssigem Stickstoff weist ein isoliertes Druckgefäß zum Halten des flüssigen Stickstoffs und einen Ventilmechanismus **25**, der von einem Ventilauslöser **26** kontrolliert wird, auf, um das Einfließen von flüssigem Stickstoff in die Schläuche **24** zu erlauben. Die Schläuche **24** sind mit dem Ventil-Auslösemechanismus **26** über eine Drosselöffnung verbunden, deren Verengung die Kühlrate bestimmt. Der Ventil-Auslöser **26** erlaubt, dass der Fluß ein- und ausgeschaltet wird oder reguliert wird. Der Behälter **23** für flüssigen Stickstoff enthält eine Füllung von 0,5 kg, die bei voller Gas-Zuführung für näherungsweise 35 Minuten ausreicht. Über diese Zeitspanne sorgen 0,5 kg flüssiger Stickstoff für näherungsweise 100 Watt Kühlung. Der Behälter **23** ist von einer geeigneten Gestalt, um in einer Tasche innerhalb oder bevorzugter außerhalb des Kleidungsstücks, wo er von dem Träger manuell kontrolliert werden kann, angebracht zu werden.

[0062] Wenn der flüssige Stickstoff in das Netzwerk von Schläuchen **24** eingespeist wird, durchdringt der Stickstoff die Wandungen der Schläuche, um aus den Außenoberflächen der Schläuche in gasförmiger Phase auszutreten. Der Verdampfungsübergang des Stickstoffs von der flüssigen in die gasförmige Phase schafft einen Kühleffekt an der Schlauch-Außenoberfläche, der auf den Träger des Kleidungsstücks übertragen wird.

[0063] In einer alternativen Ausführungsform ist es möglich, dass der Fluß von einer elektronischen Kontrolleinrichtung reguliert wird, die auf Temperaturen innerhalb des Kleidungsstücks reagiert, so dass die Kleidungsstück-Temperatur thermostatisch auf einem konstanten Wert gehalten wird.

[0064] Ein Flüssigstickstoff-Leckdrucktest wurde entwickelt, um den Druck zu messen, bei dem flüssiger Stickstoff durch eine Kryogen-Schlauchwandung hindurchdringt. Flüssiger Stickstoff wird in den Hohlraum getesteter Schläuche gegeben und mit Druck beaufschlagt. Der Schlauch wird untersucht, um das Durchdringen von gasförmigem Stickstoff durch die Schlauchwandung sicherzustellen. Der Druck, bei dem flüssiger Stickstoff durch die Wandungen des Schlauchs durchsickert, wird festgestellt und aufgezeichnet. Dieser Druck entspricht dem Druck, bei dem die Durchflußmenge von flüssigem Stickstoff, der in der radialen Richtung durch die Wandung fließt, die Verdampfungsmenge der Flüssigkeit an der Außenwand-Oberfläche überschreitet. Eine schematische Darstellung der Testvorrichtung erscheint in [Fig. 9](#). Ein 0,5 Liter Dewar-Kolben (Cryo Jem. Cryomedical Instruments Ltd. Nottinghamshire UK) **30** wird erhalten (gewünschtenfalls kann ein größerer Kolben verwendet werden). Der Deckel **31** des Dewar-Kolbens wird getrocknet, um zu vermeiden, dass das Auslaßventil **35** aufgrund des Eindringens von Feuchtigkeit, was zur Ansammlung von Eiskristallen führt, blockiert wird. Der Dewar-Kolben **30** wird mit flüssigem Stickstoff gefüllt und der Deckel **31** langsam auf den Kanister geschraubt, was erlaubt, dass überschüssiger flüssiger Stickstoff abdampft.

[0065] Die Oberseite des Reservoirs von flüssigem Stickstoff wird mit Luftdruck beaufschlagt. Der Druck wird mittels eines Präzisionsreglers (Moore, Modell 41-100) **32** geregelt. Aus Sicherheitsgründen ist in der in den Kolben eintretenden Leitung ein Drucküberwachungshahn enthalten. Der Einlaßdruck des Dewar-Kolbens **30** wird mit einem Mehrfachanschluß-Druckwandler (Heise, Modell PM. Newtown.CT oder mit einem Druckmeßinstrument **33** gemessen. Flüssiger Stickstoff wird durch ein Steigrohr **34** aus rostfreiem Stahl mit einem Innendurchmesser von 0,062 Inch (1,58 mm), das sich von Bodennähe des Kolbens zu einer Öffnung des Kolbendeckels **31** erstreckt, aus dem Kolben gedrängt. Ein Hebelventil **35** am Kopf kontrolliert den austretenden Fluß. Das Steigrohr **34** erstreckt sich über dieses Ventil **35** hinaus, eingeschlossen in einer größeren Kunststoff-Leitung **36**.

[0066] Gewinde-Anschlußstücke (Fittings) **37** sind an der größeren Leitung **36** befestigt. Ein weiterer Drucküberwachungshahn ist in der Leitung enthalten, um den Einlaßdruck des getesteten Schlauchs (unter Verwendung desselben Drucküberwachers, wie oben beschrieben, oder eines Meßinstruments **38**) zu messen. Ein Standard-Steckfitting **40** ist in das Fitting **37** geschraubt.

[0067] Der zu testende Schlauch **39** wird auf eine Länge von 180 mm geschnitten. Die Testlänge beträgt etwa 135 mm, da Teile der Enden auf den Fittings **40**, **42** befestigt sind. Ein Ende des Schlauchs **39** ist auf dem Steckfitting **40** befestigt und durch dichtes Wickeln von silberplattiertem Kupferdraht **41** um die Außenseite des Schlauchs **39** gesichert. Das andere Ende des Schlauchs **39** ist mit einem Steckfitting **42** ausgestattet und in derselben Weise gesichert. Der Auslaß dieses Steckfittings **42** ist mit einem zylindrischen, 0,50 Inch (12,7 mm) langen PTFE-Stopfen **43** ausgestattet. Der Stopfen **43** besitzt ein durch seine Mitte gebohrtes 0,075 Inch (1,90 mm) langes Loch **44** mit einem Durchmesser von 0,062 Inch (1,58 mm), das für eine Länge von 0,425 Inch (10,8 mm) auf 0,125 Inch (3,18 mm) Durchmesser gegenläufig gebohrt ist. Der Durchmesser der Auslaßöffnung und der Innendurchmesser des Steigrohrs passen zusammen. Diese sind die kleinsten Fluß-Einschränkungen in der aus dem Kolben austretenden Leitung. Diese Wahl des Durchmessers der Auslaßöffnung **44** und des Innendurchmessers des Steigrohrs ermöglicht eine ausreichende Testdauer vor dem Ausströmen des flüssigen Stickstoffs aus dem Kolben. Entlüften des Auslasses zur Atmosphäre erhöht den Fluß von flüssigem Stickstoff in den zu testenden Schlauch.

[0068] Der Schlauch **39** ist horizontal angeordnet. Der Test wird unter einem Abzug bei Umgebungsbedingungen durchgeführt: Die Raumtemperatur beträgt 19,6°C, die relative Feuchtigkeit beträgt etwa 46%, und in im wesentlichen unbewegter Luft. Der aus dem Ende des Schlauchs austretende Stickstoff wird aus dem Abzug herausgeführt, um die Luftströmung unter dem Abzug nicht zu stören.

[0069] Der Schlauch **39** wird in der folgenden Weise getestet. Das Dewar-Kolben-Hebelventil **35** wird geöffnet. Der Druckregler **32** wird eingestellt bis flüssiger Stickstoff aus der Öffnung **44** am Ende des Testprobenschlauchs austritt. Das Entlassen von flüssigem Stickstoff wird leicht bestätigt durch Anbringen einer Membran aus expandiertem PTFE im Weg des austretenden Stickstoffs, und durch Feststellen des Naßwerdens der Membran. Alle Fittings und Verbindungen werden untersucht, um sicher zu stellen, dass keine Lecks vorhanden sind. Der Schlauch **39** wird dann auf Durchdringen von Stickstoff in Gasform durch seine Wandung, entlang der Länge des Schlauchs, untersucht, wie durch eine Wolke von kondensiertem Wasserdampf in der Nähe des Schlauchs bewiesen wird. Der ausgeübte Druck wird eingestellt bis eine derartige stationäre Wolke beobachtet wird. Eine stationäre Wolke zeigt sowohl ein Durchdringen von Gas an, als auch dass die Luft in der Testumgebung unbewegt ist. Die beschriebene Wolke beweist, dass gasförmiger Stickstoff entlang der

Länge des Schlauchs **39** austritt, was ein Anzeichen für verteilte Verdampfungskühlung ist. Man beachte, dass der Druckanstieg in dem Dewar-Kolben **30**, der sich aus der Verdampfung des Stickstoffs ergibt, alleine zur Druckbeaufschlagung des Schlauchs **39** ausreichend sein kann.

[0070] Vor der weiteren Druckeinstellung läßt man den getesteten Schlauch sich für eine Dauer von 30 Sekunden beruhigen. Der Druck wird erhöht bis der erste Tropfen von flüssigem Stickstoff an der Außenoberfläche des getesteten Schlauchs **39** erscheint. Der Druckregler **32** wird langsam und leicht geöffnet und geschlossen, um sicherzustellen, dass dies der Druck ist, der der Bildung des ersten stabilen Tröpfchens entspricht. Ein stabiles Tröpfchen ist eines, das unter konstantem Druck während des Testens mindestens 5 Sekunden lang etwa die gleiche Größe behält, ohne abzutropfen. Durch Senken des Drucks verdampft das Tröpfchen. Mit steigendem Druck steigt die Tröpfchengröße über die Stabilität hinaus, bis Flüssigkeit zuerst rasch tropft und dann aus der Schlauchwandung herausrinnt. Der gemessene Druck am Eingang des getesteten Schlauchs **39** wird aufgezeichnet. Dieses Mittel der drei Druckablesewerte, gemessen in Intervallen von mindestens 20 Sekunden, wie mit dem Druckmessinstrument **38** gemessen, wird als der Flüssigstickstoff-Leckdruck in Tabelle 2 aufgezeichnet. Entlüften des Schlauchs **39** zur Atmosphäre mittels Verwendung des Stopfens **43** mit der Öffnung **44** von 0,062 Inch (1,58 mm) ist wichtig, um die Verteilung von flüssigem Stickstoff über die Länge des Schlauchs **39** zu erreichen. Schläuche gemäß den bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung lassen das meiste Gas durchdringen, wenn flüssiges Kryogen an der Innenoberfläche vorhanden ist. Sieden der Flüssigkeit im Inneren des Schlauchs scheint das Durchdringen von Gas zu erhöhen.

[0071] Während dieser Test speziell zum Testen von Schläuchen entwickelt wurde, können dieselben Prinzipien angewendet werden, um einen Test zur Prüfung der Eigenschaften anderer Gestalten von Materialien zu schaffen. Die wichtigen Elemente des Tests umfassen: Kontrollierte Anwendung von Druck und die Möglichkeit, den Druck zu messen, der erforderlich ist, um eine Masse von flüssigem Stickstoff ausreichend durch die Dicke des Gegenstands zu drängen, um einen stabilen Flüssigkeitstropfen an der Außenwandung des Testgegenstands zu bilden, während die Innenoberfläche des Gegenstands in Kontakt mit Flüssigkeit ist.

[0072] Ein Flüssigstickstoff-Leckdrucktest kann auch an einem flachen Foliengegenstand der vorliegenden Erfindung durchgeführt werden. Eine schematische Darstellung der Testvorrichtung erscheint in [Fig. 17](#). Ein Zylinder **100** ist mit einem Einfülldeckel **101** und einem Druckentlastungsventil **102**, einem Druckbeaufschlagungsmittel **103** und einem Druckmessinstrument **107** ausgerüstet. Der flache Foliengegenstand **104** wird mit einem Ring **105** und Haltevorrichtungen **106** am Boden des Zylinders befestigt. Der Zylinder wird mit flüssigem Stickstoff gefüllt, um die Folienprobe zu bedecken, und der Deckel **101** wird langsam aufgeschraubt, um zu erlauben, dass überschüssiger Stickstoff abdampft. Luftdruck wird oben auf den Zylinder aufgebracht, und er wird reguliert und überwacht wie vorher für das Testen des Flüssigstickstoff-Leckdrucks von Schläuchen beschrieben. Der Test wird auch wie vorher beschrieben durchgeführt. Während dieser Tests muß der getestete Gegenstand denselben Umgebungsbedingungen von Temperatur und Feuchtigkeit ausgesetzt werden, wie vorher angegeben, was stabile Konvektions- und Verdampfungsbedingungen an der Außenoberfläche des Testgegenstands erlaubt.

Kryogener Kleidungsstück-Kühltest

[0073] Ein Schlauch **45** wird im Inneren einer Weste angebracht und an einem Ende mit einem flüssigen Stickstoff enthaltenden Dewar-Kolben **47** verbunden, wie in den [Fig. 10a](#) und [Fig. 10b](#) angegeben. Das andere Ende des Schlauchs **45** wird zur Atmosphäre hin entlüftet. Eine Person trägt die Weste über einem Hemd und trägt eine Feuerschutzjacke über der Weste. Die Person geht auf einem Tretwerk, das auf eine Geschwindigkeit von 3 Meilen (4,8 km)/Stunde mit einer 5%igen Steigung eingestellt ist. Der Test wird in einem Raum durchgeführt mit den Umgebungsbedingungen: Raumtemperatur beträgt 21°C, relative Feuchtigkeit beträgt etwa 41%, und im wesentlichen unbewegte Luft. Während des Tests wird das Kühlsystem über Unterwäsche und unter einer schweren, isolierten Jacke, Minimalgewicht 1,5 kg, getragen.

Isopropanol-Blasenbildungspunkt, Gurley-Luftdurchlässigkeits- und Schlauchabmessungs-Messtests für die Schläuche

[0074] Die Schläuche werden an Luer-Steckfittings befestigt und mit Haltevorrichtungen gesichert und im intakten Zustand getestet. Für die Isopropanol (IPA)-Blasenbildungspunkt- und die Dicken-Messungen werden die Werte von drei Proben pro Schlauch erhalten und Bemittelt. Pro Schlauch wird eine Gurley-Luftdurchlässigkeits-Messung gemacht.

[0075] Die Isopropanol-Blasenbildungspunkte (IBP) werden getestet, indem zuerst die Schlauchfixierungen

für näherungsweise 6 Stunden unter Vakuum in IPA eingeweicht werden, dann die Schläuche aus dem IPA entfernt werden und die Schläuche an eine Luftdruckquelle angeschlossen werden. Der Luftdruck wird dann mit langsamer Geschwindigkeit manuell erhöht bis der erste stetige Strom von Blasen nachgewiesen wird. Der entsprechende Druck wird als der IBP aufgezeichnet.

[0076] Die Luftdurchlässigkeits-Messung wird unter Verwendung eines Gurley-Dichtemessers (Modell 4110, W. & L. E. Gurley, Troy, NY, der mit einer Adapterplatte ausgestattet ist, die das Testen einer Schlauchlänge erlaubt, bestimmt. Wenn nichts anderes angegeben ist, wird eine Schlauchlänge von 1 Fuß getestet. Die mittlere innere Oberflächenfläche wird unter Verwendung eines Ram Optical Instrument (OMIS II 6 × 12, Ram Optical Instrumentation Inc., 15192 Triton Lane, Huntington Beach, CA) aus den Messungen berechnet. Der Gurley-Dichtemesser mißt die Zeit, die 100 cc Luft brauchen, um unter einer Wasserdrukshöhe von 4,88 Inch (12,40 cm) durch die Wandung des Schlauchs hindurch zu treten. Der Luftdurchlässigkeitswert wird als der Kehrwert des Produkts der Gurley-Zahl und der inneren Oberflächenfläche des Schlauchs berechnet, ausgedrückt in Einheiten von cc/min cm².

[0077] Die Wandungsdicke und der Innendurchmesser des Schlauchs werden unter Verwendung desselben optischen Systems OMIS II gemessen.

Blasenbildungspunkt- und Dickentests für Filme

[0078] Der Blasenbildungspunkt von Filmen wird nach den Verfahren von ASTM F31 6-86 gemessen. Der Film wird mit Isopropanol oder Methanol benetzt, wie in den Beispielen angegeben.

[0079] Die Filmdicke wird mit einer Rachenlehre (Mitutoyo, Modell 2804-10, Japan) gemessen.

Flexibilitätstest

[0080] Der Schlauch wird für eine Dauer von 30 Sekunden in einen mit flüssigem Stickstoff gefüllten, 1,5 l Dewar-Kolben gebracht. Der Schlauch wird entfernt und schnell um einen Stahl-Hohlzylinder mit einem Außendurchmesser von 1,5 Inch (38,1 mm) und einer Wandungsdicke von 0,05 Inch (1,27 mm) gewickelt. Der Schlauch wird visuell auf Hinweise auf einen Bruch untersucht, um festzustellen, ob das Wickeln die Fähigkeit des Schlauchs, eine Flüssigkeit zu halten (beim Testen der Schläuche von Beispiel 8 wird flüssiges Argon verwendet), gefährdet hat. Ein Schlauch, der während dieses Tests nicht bricht, wird als flexibel betrachtet.

Beispiel 1

[0081] Expandierter PTFE-Film mit einer Dicke von 0,0035 Inch (0,09 mm), einer Gurley-Zahl von 39,5 Sekunden und einem Isopropanol-Blasenbildungspunkt von 48,5 psi (0,334 MPa) wird in einer Breite von 42 Inch (106,7 mm) erhalten. Alle Messungen werden entsprechend den vorher beschriebenen Verfahren durchgeführt, außer es ist etwas anderes angegeben. Der Film wird um eine Stange aus rostfreiem Stahl von 0,25 Inch (6,4 mm) so rundgewickelt, dass die Breite des Films die Länge des sich ergebenden Schlauchs wird, wie in [Fig. 2](#) dargestellt.

[0082] Zwölf Filmschichten werden um die Stange gewickelt. Die Querschnittsgeometrie des Schichtaufbaus ist spiralförmig wie in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) angegeben. Die Aufbauparameter für dieses und andere Beispiele erscheinen in Tabelle 1.

[0083] Die Enden des Film-Schichtaufbaus werden durch geeignete Mittel festgehalten, um ein Schrumpfen in Längsrichtung des Aufbaus (der Längsachse der Stange) während der nachfolgenden Hitzebehandlung zu verhindern.

Tabelle 1

Beispiel	Schlauchlänge	Wickeltyp	Anzahl an Schichten	Basisschlauch	Stange ID	Salzbad
1	106,7 cm	rund	12	nein	6,4 mm	365° C/1,5 min
2	106,7 cm	rund	12	ja	6,4 mm	365° C/2 min
3	106,7 cm	rund	12	ja	6,4 mm	365° C/2 min
4	109,2 cm	helikal	18	ja	6,4 mm	366° C/2 min
5	86,4 cm	längs	12	nein	6,4 mm	366° C/1,5 min
6	mindestens 109,8 cm	rund/helikal	8 rund/48 helikal	ja	4,0 mm	nicht anwendbar
8a	96,5	rund	18	nein	6,4 mm	362° C/2,5 min
8b	95,2 cm	rund	24	nein	6,4 mm	362° C/2,5 min

ID = Innendurchmesser

[0084] Der fixierte Aufbau wird 1,5 Minuten lang in einen Ofen mit geschmolzenem Salzbad von 365°C eingetaucht, um die ePTFE-Schichten zu verbinden und dem Schlauch Abmessungsstabilität zu verleihen. Der Schlauch wird abkühlen lassen und dann in Wasser von Umgebungstemperatur gewaschen, um restliches Salz zu entfernen. Die Haltevorrichtungen werden entfernt, und der Schlauch wird über die Enden der Stange entfernt.

[0085] Der Schlauch wird hinsichtlich Innendurchmesser, Wandungsdicke, Gurley-Zahl und IBP gemäß den vorher beschriebenen Techniken vermessen. Der Schlauch wird auch getestet, um festzustellen, ob er als eine wirksame Leitung für den Transport von flüssigem Stickstoff dient, während er den Durchlass von gasförmigem Stickstoff durch die Wandung erlaubt. Weitere Tests werden durchgeführt, um den Druck zu bestimmen, bei dem der Schlauch flüssigen Stickstoff durch die Wandung hindurch läßt. Die Testergebnisse für dieses und andere Beispiele erscheinen in Tabelle 2. Der Schlauch kontrolliert den Durchlaß von gasförmigem Stickstoff und hemmt den Durchlass von flüssigem Stickstoff bei einem mittleren LNLP von 6,0 psi (0,041 MPa). Die einzelnen Druckanzeigen sind 5,8 psi (0,040 MPa), 5,8 psi (0,040 MPa) und 6,4 psi (0,044 MPa).

[0086] Ein Teil des Schlauchs wird 30 Sekunden lang in flüssigen Stickstoff eingetaucht, dann schnell um die Außenseite eines Stahl-Hohlzylinders von 1,5 Inch (38,1 mm) Außendurchmesser, 0,05 Inch (1,27 mm) Wandungsdicke gewickelt, um die Flexibilität des kalten Schlauchs zu zeigen. Der Schlauch bricht nicht unter diesen Bedingungen.

[0087] Eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme des Schlauch-Querschnitts (eine quer von der Längsachse des Schlauchs aufgenommene Ansicht) erscheint in [Fig. 11](#). Ein 10 Mikrometer-Bezugsbalken erscheint an der rechten Unterseite der Figur.

[0088] Dieser Schlauch wird als ein Schlauch für ein Kühlungs-Kleidungsstück, wie oben beschrieben, getestet. Eine Länge von 36 Inch dieses Schlauchs wird verwendet, um ein kryogenes Kühlungs-Kleidungsstück zu schaffen, wie in [Fig. 10](#) veranschaulicht. Die Person geht auf einem Tretwerk, während sie das Kleidungsstück trägt. Der Schlauch und das Kleidungsstück verhalten sich zufriedenstellend. Der Schlauch läßt keinen flüssigen Stickstoff durchsickern und läßt genug gasförmigen Stickstoff hindurch dringen, um die Person während des gesamten Tests kühl zu halten.

[0089] Dieser Schlauch wird auch getestet, um die Strömungsrate von durch die Wandung hindurchdringendem gasförmigem Stickstoff zu messen. Die beschriebene Testanordnung zur Messung des Leckdrucks für flüssigen Stickstoff wird gegenüber derjenigen von [Fig. 9](#) leicht modifiziert, und ist in [Fig. 12](#) veranschaulicht. Die Veränderung besteht darin, den Schlauch **50** innerhalb einer zylindrischen Einschließung **52** von etwa 1,5 Inch (38,1 mm) Innendurchmesser so einzuschließen, dass der Schlauch **50** noch zur Atmosphäre entlüftet. Das gesamte Gas jedoch, das durch die Wandung des Schlauchs **50** hindurchdringt, ist innerhalb der Einschließung **52** enthalten. Ein Luft-Strömungsmesser (Bereich 2–20 Standard-Kubikfuß pro Stunde (scmh)[0,06–0,6 Standard-Kubikmeter pro Stunde (scmh)], King Instrument Co.) **54** ist mit einer Öffnung in der Wandung der Einschließung **52** verbunden. Die Strömungsrate des durchdringenden Gases wird gemessen. Bei einem Druck von 2,5 psi (0,017 MPa), wie durch den Druckwandler oder das Druckmeßinstrument angezeigt, wird die Strömungsrate von Gas durch die Wandung dieses Schlauchs **50** innerhalb von 2,5 Minuten gemessen. Flüssiger Stickstoff sickert bei diesem Druck nicht durch die Schlauchwandung hindurch. Es ergeben sich Strömungsraten von 3,5 scfh (0,10 scmh), 3,7 scfh (0,11 scmh) und 4,0 scfh (0,12 scmh). Man beachte, dass die Messungen nicht hinsichtlich Temperatur oder hinsichtlich der Verwendung von Stickstoffgas korrigiert sind.

Tabelle 2

Beispiel	Schlauch ID	Schlauchdicke	Schlauch-Gurley**	Schlauch IBP	LNLP	Luftdurchlässigkeit
1	5,78 mm	0,56 mm	77,4	0,385 MPa	0,41 MPa	1,39 cc/min cm ²
2	6,04 mm	0,56 mm	82,1	0,387 MPa	0,003 MPa/0,005 MPa	1,26 cc/min cm ²
3	6,24 mm	1,14 mm	75,1	0,259 MPa	0,046 MPa	1,34 cc/min cm ²
4	6,36 mm	0,67 mm	185,4	0,420 MPa	0,075 MPa	0,54 cc/min cm ²
5	5,79 mm	0,61 mm	82,0	0,365 MPa	0,057 MPa	1,32 cc/min cm ²
6	3,91 mm	0,33 mm	49,3	0,185 MPa	0,003 MPa	6,50 cc/min cm ²
8a	6,33 mm	64,7 mm	714,8	0,446 MPa	*0,035 MPa	0,35 cc/min cm ²
8b	6,25 mm	66,8 mm	477,2	0,460 MPa	*0,049 MPa	0,44 cc/min cm ²

* Diese Werte stehen für den Leckdruck von flüssigem Argon

** In Einheiten von: Sekunden pro 100 cc Luft bei 4,88 Inch (12,40 cm) Wasser

ID = Innendurchmesser

Beispiel 2

[0090] Ein zusätzlicher Schlauch wird in Übereinstimmung mit denselben Schritten und Materialien, wie in Beispiel 1 und Tabelle 1 beschrieben, hergestellt mit Ausnahme der Unterschiede, die wie folgt angegeben sind.

[0091] Ein dünner, in Längsrichtung expandierter PTFE-Schlauch mit einer Wandungsdicke von 0,119 mm, einem Innendurchmesser von 3,0 mm und einem IBP von 1,0 psi (0,007 MPa) wird erhalten. Dieser Schlauch wird eng anliegend über die Stange mit 0,25 Inch (6,4 mm) Durchmesser gestreift. Der ePTFE-Film von Beispiel 1 wird dann in derselben Weise auf den dünnen ePTFE-Basissschlauch aufgebracht wie der Film in Beispiel 1 auf die Stange aufgebracht wird. Der Aufbau wird fixiert und dann 2 Minuten lang in einem geschmolzenen Salzbad von 365°C erhitzt, abgekühlt, in Umgebungswasser gewaschen und dann von der Stange entfernt. In allen Beispielen führt die Anwesenheit eines Basissschlauchs zu einer leichteren Entfernung des Schlauchs von der Stange.

[0092] Der Schlauch wird getestet, wie in Beispiel 1 beschrieben, und die Ergebnisse erscheinen in Tabelle 2. Der Schlauch kontrolliert den Durchlaß von gasförmigem Stickstoff und hemmt den Durchlaß von flüssigem Stickstoff bei einem mittleren LNLP von 0,4 psi (0,003 MPa). Die drei einzelnen Druckanzeigen sind alle 0,4 psi. Ein anderer Teil desselben Schlauchs wird getestet. Alle drei Leckdrücke für flüssigen Stickstoff sind 0,7 psi (0,005 MPa). Ein Teil des Schlauchs wird 30 Sekunden lang in flüssigen Stickstoff eingetaucht und dann schnell um die Außenseite eines Stahl-Hohlzylinders von 1,5 Inch (38,1 mm) Außendurchmesser, 0,05 Inch (1,27 mm) Wandungsdicke gewickelt, um die Flexibilität des kalten Schlauchs zu zeigen. Der Schlauch bricht unter diesen Bedingungen nicht.

Beispiel 3

[0093] Ein anderer Schlauch wird in dieser selben Weise wie in Beispiel 2 hergestellt mit der Ausnahme, dass vor der Aufbringung des Films ein Trockenpasten-extrudierter PTFE-Wulst von 118 Inch (3,18 mm) in helikaler Weise auf den Basissschlauch aufgebracht wird. Der Wulst wird mit einer Ganghöhe von 314 Inch (19,05 mm) aufgebracht. Der Zweck des Wulstes ist, dem fertigen Schlauch einen größeren Kompressionswiderstand und Knickwiderstand bei Biegung zu verleihen.

[0094] Ein Beispiel eines Schlauchs mit einem solchen Wulst ist in den [Fig. 13a](#) und [Fig. 13b](#) veranschaulicht, wenn auch in dem veranschaulichten Schlauch der Wulst **57** zwischen zwei gewickelten Filmen **58** und **59** vorgesehen ist anstatt zwischen einem Basissschlauch und einem gewickelten Film.

[0095] Der Schlauch wird getestet wie in Beispiel 1 beschrieben und die Ergebnisse erscheinen in Tabelle 2. Der Schlauch kontrolliert den Durchlaß von gasförmigem Stickstoff und hemmt den Durchlaß von flüssigem Stickstoff bei einem mittleren LNLP von 6,6 psi (0,046 MPa). Die einzelnen Druckanzeigen sind alle 6,6 psi (0,046 MPa). Ein Teil des Schlauchs wird 30 Sekunden lang in flüssigen Stickstoff eingetaucht und dann schnell um die Außenseite eines Stahl-Hohlzylinders von 1,5 Inch (38,1 mm) Außendurchmesser, 0,05 Inch (1,27 mm) Wandungsdicke gewickelt, um die Flexibilität des kalten Schlauchs zu zeigen. Der Schlauch bricht unter diesen Bedingungen nicht.

Beispiel 4

[0096] Ein Schlauch wird unter Verwendung des Films von Beispiel 1 hergestellt. Der Film wird aufgeschnitten, um eine Breite von 0,875 Inch (22,2 mm) zu schaffen, und wird helikal auf dem Basissschlauch von Beispiel 2 aufgebracht. Der Film wird mit näherungsweise 50% Überlappung aufgebracht, um etwa 18 Filmschichten auf dem Basissschlauch zu schaffen. Der fixierte Aufbau wird 2 Minuten lang in ein geschmolzenes Salzbad von 366°C gebracht. Der Schlauch ermöglicht den Durchlaß von gasförmigem Stickstoff und hemmt den Durchlaß von flüssigem Stickstoff bei einem mittleren LNLP von 10,9 psi (0,075 MPa). Die einzelnen Druckanzeigen sind 9,0 psi (0,062 MPa), 9,0 psi (0,062 MPa) und 14,8 psi (0,102 MPa). Ein Teil des Schlauchs wird 30 Sekunden lang in flüssigen Stickstoff eingetaucht und dann schnell um die Außenseite eines Stahl-Hohlzylinders von 1,5 Inch (38,1 mm) Außendurchmesser, 0,05 Inch (1,27 mm) Wandungsdicke gewickelt, um die Flexibilität des kalten Schlauchs zu zeigen. Der Schlauch bricht unter diesen Bedingungen nicht.

Beispiel 5

[0097] Ein Schlauch wird in Übereinstimmung mit denselben Schritten und Materialien, wie in Beispiel 1 und

Tabelle 1 beschrieben, hergestellt mit Ausnahme der Unterschiede, die wie folgt angegeben sind.

[0098] Der Film von Beispiel 1 wird so um eine Stange aus rostfreiem Stahl von 0,25 Inch (6,4 mm) rundgewickelt, dass die Länge des Films die Länge des sich ergebenden Schlauchs wird. Wie in Beispiel 1 werden 12 Filmschichten um die Stange gewickelt. Dieses Aufbauverfahren ermöglicht die Erzeugung einer Schlauchlänge, die nicht auf die Breite des Films begrenzt ist. Der fixierte Aufbau wird 1,5 Minuten lang in einen Ofen mit einem geschmolzenen Salzbad von 366°C eingetaucht, um die ePTFE-Schichten zu verbinden und dem Schlauch Abmessungsstabilität zu verleihen.

[0099] Der Schlauch kontrolliert den Durchlaß von gasförmigem Stickstoff und hemmt den Durchlaß von flüssigem Stickstoff bei einem mittleren LNLP von 8,2 psi (0,057 MPa). Die einzelnen Druckanzeigen sind 8,2 psi (0,057 MPa), 8,2 psi (0,057 MPa) und 8,3 psi (0,057 MPa).

[0100] Ein Teil des Schlauchs wird 30 Sekunden lang in flüssigen Stickstoff eingetaucht, dann schnell um die Außenseite eines Stahl-Hohlzylinders von 1,5 Inch (38,1 mm) Außendurchmesser, 0,05 Inch (1,27 mm) Wandungsdicke gewickelt, um die Flexibilität des kalten Schlauchs zu zeigen. Der Schlauch bricht unter diesen Bedingungen nicht.

Beispiel 6

[0101] Ein Schlauch wird aus drei Komponenten hergestellt, wobei die Aufbauverfahren der Beispiele 1 und 4 kombiniert werden. D. h., ein Basisschlauch wird auf einer Länge von 4,0 mm Außendurchmesser angebracht, gefolgt von Rundwickeln eines Films über den Basisschlauch, und schließlich von helikalem Wickeln noch eines anderen Films zu oberst um die rundgewickelten Schichten. Der Basisschlauch ist ein in Längsrichtung expandierter PTFE-Schlauch mit einer Wandungsdicke von etwa 0,410 mm, einem Innendurchmesser von 3,9 mm und einem IBP von 1,1 psi (0,008 MPa). Der rundgewickelte Film ist ein näherungsweise 0,0017 Inch (0,04 mm) dicker expandierter PTFE-Film mit einem IBP von etwa 29,1 psi (0,201 MPa) und einer Gurley-Zahl von etwa 17,7 s.. Acht Schichten dieses Films werden so aufgebracht, dass die Querrichtung (Breite) des Films in Längsrichtung der Stange ausgerichtet ist.

[0102] Als nächstes wird eine andere Art von Film auf den Aufbau aufgebracht. Dieser Film ist ein mit fluoriertem Ethylen-Propylen beschichteter, poröser ePTFE-Film. Dieser Film wird durch ein Verfahren hergestellt, das folgende Schritte aufweist:

- a) in Berührung bringen eines ePTFE-Films mit einer Lage fluoriertem Ethylen-Propylen (FEP);
- b) Erhitzen der in Schritt a) erhaltenen Zusammenstellung auf eine Temperatur oberhalb des Schmelzpunkts des FEP;
- c) Strecken der erhitzten Zusammenstellung von Schritt b) während die Temperatur oberhalb des Schmelzpunkts von FEP gehalten wird; und
- d) Kühlen des Produkts von Schritt c).

[0103] In diesem Fall ist die FEP-Klebstoffbeschichtung auf dem porösen expandierten PTFE-Film diskontinuierlich (porös) wegen des Ausmaßes des Streckens und der Streckrate, der Temperatur während des Streckens und der Dicke des FEP-Klebstoffs vor dem Strecken.

[0104] Dieser Film hat einen MBP von 1,7 psi (0,012 MPa) und eine Dicke von 0,0004 Inch (0,01 mm). Der MBP wird in derselben Weise wie der IBP für einen Film gemessen mit der Ausnahme, dass Isopropanol durch Methanol ersetzt wird. Dieser Film wird auf eine Breite von 0,5 Inch (12,7 mm) geschnitten und dann helikal in mehreren quer geführten Durchgängen die Länge der Stange auf und ab mit von der Senkrechten um 15° abweichenden Winkeln aufgebracht, um 48 Schichten aufzubringen.

[0105] Der fixierte Aufbau wird 4,9 Minuten lang in einen auf 380°C eingestellten Konvektionsofen gebracht, um die ePTFE-Schichten zu verbinden und dem Schlauch Abmessungsstabilität zu verleihen. Der Schlauch kontrolliert den Durchlaß von gasförmigem Stickstoff und hemmt den Durchlass von flüssigem Stickstoff bei einem mittleren LNLP von 0,4 psi (0,003 MPa). Die einzelnen Druckanzeigen sind 0,3 psi (0,002 MPa), 0,3 psi (0,002 MPa) und 0,4 psi (0,003 MPa). Die Länge der Probe, die für die Isopropanol-Blasenbildungspunkt- und Gurley-Luftdurchlässigkeits-Tests verwendet wird, ist 6,0 Inch (15,2 cm).

[0106] Ein Teil des Schlauchs wird 30 Sekunden lang in flüssigen Stickstoff eingetaucht, dann schnell um die Außenseite eines Stahl-Hohlzylinders mit 1,5 Inch (38,1 mm) Außendurchmesser, 0,05 Inch (1,27 mm) Wandungsdicke gewickelt, um die Flexibilität des kalten Schlauchs zu zeigen. Der Schlauch bricht unter diesen Be-

dingungen nicht.

[0107] Dieser Schlauch wird als ein Schlauch für ein Kühlungs-Kleidungsstück, wie oben beschrieben, getestet. Eine Länge dieses Schlauchs von 43,25 Inch (109,8 cm) wird verwendet, um ein kryogenes Kühlungs-Kleidungsstück zu schaffen. Die Person geht auf dem Tretwerk, während sie das Kleidungsstück trägt. Der Schlauch und das Kleidungsstück verhalten sich zufriedenstellend. Der Schlauch läßt keinen flüssigen Stickstoff durchsickern und läßt genug gasförmigen Stickstoff hindurchdringen, um die Person während des gesamten Tests kühl zu halten.

Beispiel 7

[0108] Ein im Handel erhältliches starres Keramikrohr wurde erhalten (FERRO Ceramic WFAO-NAJADE (800), Rochester, NY) und getestet. Die Rohrabmessungen werden unter Verwendung eines digitalen Tasters gemessen. Der Innendurchmesser und der Außendurchmesser betragen 14,8 mm bzw. 22,1 mm. Das Rohr wird hinsichtlich LNLP getestet, wie oben beschrieben. Der Test kann nicht wie erforderlich durchgeführt werden, weil das Rohr leckt, bevor der Druck ausreichend erhöht wird, um es flüssigem Stickstoff zu erlauben, aus der stromabseitigen Öffnung auszutreten. Daher kann kein Wert für den LNLP erhalten werden. Eine Wolke von gasförmigem Stickstoff entlang der Länge des Rohrs, in Abwesenheit von Durchsickern von flüssigem Stickstoff durch die Außenoberfläche, ergibt sich bei niedrigen Drücken, nämlich bei 0,2 psi (0,001 MPa).

Beispiel 8

[0109] Zwei Schläuche werden gemäß dem in Beispiel 1 beschriebenen Verfahren hergestellt mit den in Tabelle 1 angegebenen Ausnahmen. Die Schläuche werden, verglichen mit dem Schlauch von Beispiel 1, mit einer unterschiedlichen Anzahl an Schichten hergestellt und für eine unterschiedliche Zeitspanne in ein geschmolzenes Salzbad eingebracht, das auf eine unterschiedliche Temperatur eingestellt ist. Die Schläuche werden in der oben beschriebenen Weise hinsichtlich Leckdruck getestet mit der Ausnahme, dass anstelle von Stickstoff Argon als die kryogene Flüssigkeit verwendet wird. Die Ergebnisse erscheinen in Tabelle 2.

a) Der Schlauch mit 18 Schichten kontrolliert den Durchlaß von gasförmigem Argon und hemmt den Durchlaß von flüssigem Argon bei einem mittleren Leckdruck von 5,1 psi (0,035 MPa). Die einzelnen Druckanzeigen sind 5,4 psi (0,037 MPa), 5,1 psi (0,035 MPa) und 4,9 psi (0,034 MPa). Ein Teil des Schlauchs wird 30 Sekunden lang in flüssigen Stickstoff eingetaucht, dann schnell um die Außenseite eines Stahl-Hohlzylinders von 1,5 Inch (38,1 mm) Außendurchmesser, 0,05 Inch (1,27 mm) Wandungsdicke gewickelt, um die Flexibilität des kalten Schlauchs zu zeigen. Der Schlauch bricht unter diesen Bedingungen nicht.

b) Der Schlauch mit 24 Schichten kontrolliert den Durchlaß von gasförmigem Argon und hemmt den Durchlaß von flüssigem Argon bei einem mittleren Leckdruck von 7,1 psi (0,049 MPa). Die einzelnen Druckanzeigen sind alle 7,1 psi (0,049 MPa). Ein Teil des Schlauchs wird 30 Sekunden lang in flüssigen Stickstoff eingetaucht, dann schnell um die Außenseite eines Stahl-Hohlzylinders mit 1,5 Inch (38,1 mm) Außendurchmesser, 0,05 Inch (1,27 mm) Wandungsdicke gewickelt, um die Flexibilität des kalten Schlauchs zu zeigen. Der Schlauch bricht unter diesen Bedingungen nicht.

[0110] Die Längen der Proben, die für die Isopropanol-Blasenbildungspunkt- und Gurley-Luftdurchlässigkeits-Tests verwendet werden, betragen 4,8 Inch (12,2 cm) und 5,7 Inch (14,5 cm) für die Beispiele 8a bzw. 8b.

[0111] Fachleute werden erkennen, dass andere Konstruktionen und Formen von Schläuchen hergestellt werden können, wie sie in den **Fig. 14** und **15** veranschaulicht sind. Die **Fig. 14a** und **Fig. 14b** veranschaulichen einen Schlauch **60**, der durch Wickeln von zwei Folien **62**, **64** aus unterschiedlichem Material um eine Stange hergestellt wurde. Die **Fig. 15a** und **Fig. 15b** veranschaulichen einen Schlauch **70**, der durch Wickeln einer Folie aus Material **72** um eine Stange hergestellt wurde. Die Folie aus Material **72** besteht aus zwei Materialien **74**, **76**, die miteinander verbunden sind. Eines oder beide der Materialien **74**, **76** können Klebstoff-Materialien sein. Die Schläuche können auch aus zwei oder mehr Folienmaterialien, die zusammen um eine Stange gewickelt werden, aufgebaut werden. Diese Folienmaterialien können miteinander verbunden werden oder nicht.

[0112] Außerdem können gemäß Ausführungsformen der Erfindung hergestellte Schläuche bei einer breiten Vielfalt von Transport-, Lagerungs- und Kühl-Anwendungen verwendet werden, und eine Anzahl möglicher Kühlanordnungen ist in den **Fig. 16a**, **Fig. 16b** und **Fig. 16c** veranschaulicht. In **Fig. 16a** ist ein um ein einzelnes Bauteil **82**, das auf einem PCB **84** montiert ist, geführter Schlauch **80** gezeigt. Alternativ kann ein Schlauch **84**, wie in **Fig. 16b** veranschaulicht, so angeordnet werden, dass er um ein PCB **86**, das eine Anzahl von Bauteilen **88** trägt, geführt wird. **Fig. 16c** veranschaulicht ein Flachmaterial **90** ähnlich dem in **Fig. 6** gezeigten, das

um ein PCB **92** gewickelt ist, wobei zwischen geeigneten Membranfolien Leitungen **94** ausgebildet sind. Bei jeder dieser Anordnungen wird flüssiger Stickstoff, flüssige Luft oder ein anderes kryogenes Fluid in flüssiger Form durch die Schläuche geleitet, wobei die Schläuche durch Leitung von den "kalten" Schläuchen und durch Konvektion durch das kalte Gas, das an oder von den Wandungen der Schläuche verdampft, für Kühlung sorgen.

[0113] Natürlich können ähnliche Anordnungen beim Kühlen anderer Objekte, einschließlich Teilen des menschlichen Körpers, Maschinen, Motoren, elektrischen Leitern und dergleichen, verwendet werden. Kühlanordnungen können zur Verwendung durch Arbeiter, die im Verlauf ihrer Arbeit erhöhte Temperaturen erfahren, wie Feuerwehrleute, tief unter Tage arbeitende Bergleute, Bedienungspersonal in Stahlwerken, Rennwagenfahrer und dergleichen, vorgesehen werden. Derartige Kühlanordnungen können auch hilfreich sein für Arbeiter, die schwere oder warme Schutzkleidung tragen müssen. Die folgende Strömung von gasförmigem Fluid um den Körper des Trägers kann auch dabei helfen, den Aufbau von Schweiß unter der Kleidung des Trägers, die wasserdicht oder von einem Aufbau oder einer Anordnung sein kann, die die Luftzirkulation begrenzt, zu verhindern oder zu minimieren. Unter diesen oder anderen Umständen kann die Anordnung flüssige Luft und eine Anordnung verwenden, um sicher zu stellen, dass ein Luftvorrat den Träger erreicht und so einen Vorrat an kühler Luft zum Atmen bereitstellt. Derartige Kühlanordnungen können auch bei medizinischen oder tiermedizinischen Anwendungen hilfreich sein, beispielsweise wenn es für den Körper eines Patienten, oder einen Teil des Körpers eines Patienten, nutzbringend ist, gekühlt zu werden. Bei anderen Anwendungen können Kühlfolien oder Kühlbehälter verwendet werden, um die Lagerung von Nahrungsmitteln und anderen temperaturempfindlichen Beständen zu erleichtern.

[0114] Gemäß der vorliegenden Erfindung können Gegenstände mit einer breiten Vielfalt möglicher Konstruktionen und Eigenschaften hergestellt werden, um für bestimmte Anwendungen zu passen. Beispielsweise gehören zu speziellen Konstruktionsabwandlungen, die innerhalb des Umfangs der vorliegenden Erfindung betrachtet werden können: Bereitstellen einer Leitung, die entlang ihrer Länge verschiedene Durchlässigkeiten hat (beispielsweise von Bereichen, die keinen Flüssigkeits-Eintritt in das Material erlauben, bis zu Bereichen, die ein Durchsickern von Flüssigkeit durch die Außenoberfläche des Materials erlauben); die Leitungen haben, die verschiedene Durchlässigkeiten um ihren Umfang haben, so dass ein Austreten von Gas nur an vorbestimmten Plätzen um den Umfang stattfindet; die modifizierte Abschnitte entlang der Leitung haben (z. B., die weiter oder enger sind, oder modifizierte Formen, etc. haben), um spezielle Zuführungseigenschaften zu schaffen; etc..

[0115] Während hierin bestimmte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung veranschaulicht und beschrieben wurden, sollte die vorliegende Erfindung nicht auf derartige Veranschaulichungen und Beschreibungen eingeschränkt sein. Es sollte offenkundig sein, dass Veränderungen und Abwandlungen als Teil der vorliegenden Erfindung innerhalb des Umfangs der folgenden Ansprüche enthalten und verkörpert sein können.

Patentansprüche

1. Ein geformter Gegenstand, der ein kryogenes Fluid enthalten und/oder zuführen kann, wobei der aus einem Fluorpolymer geformte Gegenstand eine poröse Struktur und einen Leckdruck für flüssigen Stickstoff von größer als oder gleich ungefähr 0,002 MPa (0,3 psi) besitzt, was den Durchlass von kryogenem Fluid in der flüssigen Phase einschränkt, während es den Durchlass von kryogenem Fluid in der gasförmigen Phase zulässt.

2. Ein geformter Gegenstand nach Anspruch 1, der bei ungefähr 77 Kelvin flexibel ist.

3. Ein geformter Gegenstand nach Anspruch 1, der unterhalb von 0° Celsius flexibel ist.

4. Ein geformter Gegenstand nach Anspruch 3, in der Form eines Behälters.

5. Ein geformter Gegenstand nach Anspruch 4, wobei der Behälter in der Form eines Schlauchs ist.

6. Ein geformter Gegenstand nach Anspruch 1, wobei das Fluorpolymer Polytetrafluorethylen (PTFE) ist.

7. Ein geformter Gegenstand nach Anspruch 6, wobei das Fluorpolymer gerecktes Polytetrafluorethylen (ePTFE) ist.

8. Ein geformter Gegenstand nach Anspruch 4, wobei der Behälter aus PTFE und mindestens einem an-

deren Polymer besteht.

9. Ein geformter Gegenstand nach Anspruch 8, wobei das andere Polymer ein Copolymer aus Hexafluorpropylen und Tetrafluorethylen ist.

10. Ein geformter Gegenstand nach Anspruch 8, wobei das andere Polymer ein Copolymer aus Tetrafluorethylen und Perfluorpropylvinyl-ether ist.

11. Ein geformter Gegenstand nach Anspruch 4, wobei der Behälter mehrere Schichten aus PTFE-Film umfasst.

12. Ein geformter Gegenstand nach Anspruch 5, wobei der Schlauch einen Teil eines medizinischen Geräts umfasst.

13. Ein geformter Gegenstand nach Anspruch 1, wobei der Gegenstand ein Material umfasst, das eine thermische Leitfähigkeit von ungefähr 0,23 Watt/mK oder niedriger besitzt.

14. Ein geformter Gegenstand nach Anspruch 5, des weiteren umfassend eine äußerliche Verstärkung.

15. Ein geformter Gegenstand nach Anspruch 1, wobei der Gegenstand einen Leckdruck für flüssigen Stickstoff von größer als oder gleich ungefähr 0,003 MPa (0,45 psi) besitzt.

16. Ein geformter Artikel nach Anspruch 15, wobei der Gegenstand einen Leckdruck für flüssigen Stickstoff zwischen 0,003 und 0,075 MPa besitzt.

17. Ein geformter Artikel nach Anspruch 16, wobei der Gegenstand einen Leckdruck für flüssigen Stickstoff zwischen 0,04 und 0,06 MPa besitzt.

18. Ein Kleidungsstück, umfassend einen geformten Gegenstand nach einem der Ansprüche 1 bis 11 und 14 bis 17 zum Enthalten und/oder Transportieren eines kryogenen Fluids.

19. Ein Kleidungsstück nach Anspruch 18, wobei das Kleidungsstück in der Form einer Weste ist.

20. Ein Kleidungsstück nach Anspruch 18, wobei das Kleidungsstück ein wasserdichtes Kleidungsstück ist.

21. Ein Kleidungsstück nach Anspruch 18, wobei das Kleidungsstück ein Ganzkörperabdeckungskleidungsstück ist.

22. Ein Kleidungsstück nach Anspruch 18, wobei das Kleidungsstück ein wasserfestes, wasserdampfdurchlässiges Kleidungsstück ist.

23. Ein Kühlgerät, umfassend: ein Zuführsystem für kryogenes Fluid; und eine Leitung, welche mit dem Zuführsystem verbunden ist, wobei die Leitung einen geformten Gegenstand gemäß Anspruch 1 umfasst, der aus einem Fluorpolymer mit einer porösen Struktur geformt ist, was den Durchlass von kryogenem Fluid in der flüssigen Phase einschränkt, während es den Durchlass von kryogenem Fluid in der gasförmigen Phase zulässt.

24. Ein Kühlgerät nach Anspruch 23, wobei die Leitung eine Spirale aus einer oder mehreren Schichten aus Folienmaterial umfasst.

25. Ein Kühlgerät nach Anspruch 23, wobei das Kühlgerät Teil eines Kleidungsstücks ist.

26. Ein Gerät nach Anspruch 23, das bei ungefähr 77 Kelvin flexibel ist.

27. Ein Gerät nach Anspruch 23, wobei die poröse Struktur ausgewählt ist, um unterhalb von 0° Celsius flexibel zu sein.

28. Ein Gerät nach Anspruch 23, wobei das Fluorpolymermaterial PTFE ist.

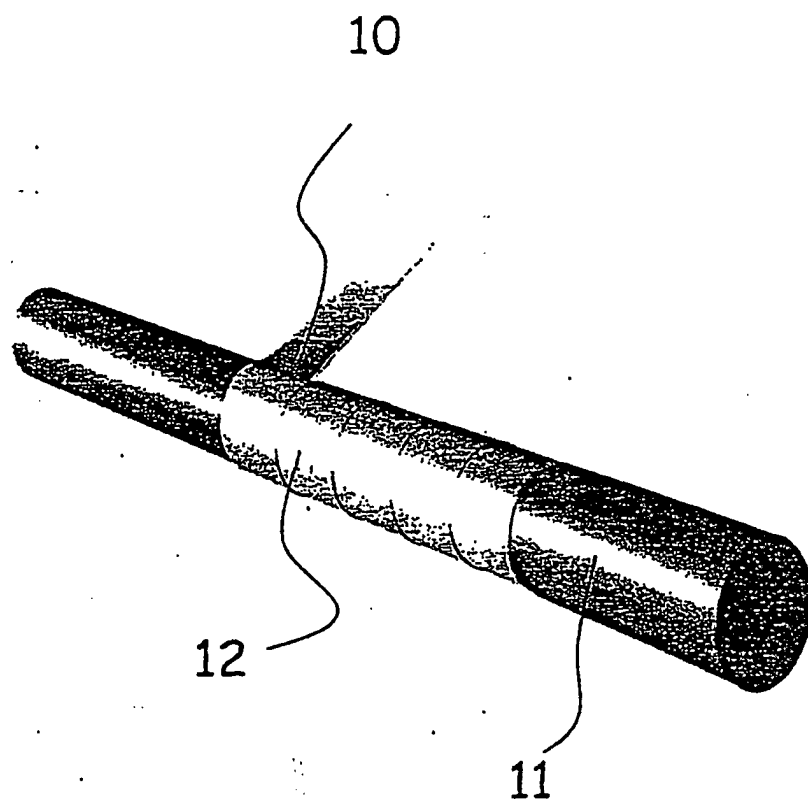
29. Ein Gerät nach Anspruch 23, wobei das Fluorpolymermaterial gerecktes PTFE ist.

30. Ein Gerät nach Anspruch 23, wobei das Fluorpolymermaterial aus PTFE und mindestens einem anderen Polymer besteht.
31. Ein Gerät nach Anspruch 30, wobei das andere Polymer ein Copolymer aus Tetrafluorethylen und Hexafluorpropylen ist.
32. Ein Gerät nach Anspruch 30, wobei das andere Polymer ein Copolymer aus Tetrafluorethylen und Perfluorpropylvinyl-ether ist.
33. Ein Gerät nach Anspruch 24, wobei die Leitung mehrere Schichten aus PTFE-Film umfasst.
34. Ein Gerät nach Anspruch 23, wobei die Leitung in einer Membran oder Folie enthalten ist.
35. Ein Gerät nach Anspruch 23, wobei die Leitung eine äußerliche Verstärkung umfasst.
36. Ein Verfahren zum Steuern der Verdampfung eines kryogenen Fluids, umfassend Transportieren des Fluids durch einen geformten Gegenstand nach Anspruch 1, der den Durchlass von kryogenem Fluid in der flüssigen Phase einschränkt, während er den Durchlass von kryogenem Fluid in der gasförmigen Phase zulässt.
37. Ein Verfahren zum Kühlen eines Objekts, umfassend Platzieren des Objekts in unmittelbarer Nähe eines geformten Gegenstands nach Anspruch 1, der den Durchlass von kryogenem Fluid in der flüssigen Phase einschränkt, während er den Durchlass von kryogenem Fluid in der gasförmigen Phase zulässt.
38. Ein Verfahren zum Kühlen eines Objekts nach Anspruch 37, wobei das Verfahren umfasst: Zuführen eines kryogenen Fluids zu einer ersten Fläche der porösen Struktur; und Positionieren einer zweiten Fläche der porösen Struktur dicht an oder in Kontakt mit dem zu kühlenden Objekt.
39. Ein Verfahren nach Anspruch 38, wobei das zu kühlende Objekt ein elektronisches oder elektrisches Gerät ist.
40. Ein Verfahren nach Anspruch 38, wobei das zu kühlende Objekt eine elektrische oder elektronische Anordnung ist.
41. Ein Verfahren nach Anspruch 38, wobei das zu kühlende Objekt ein mechanisches Gerät ist.
42. Ein Verfahren nach Anspruch 38, wobei das zu kühlende Objekt ein elektromechanisches Gerät ist.
43. Ein Verfahren nach Anspruch 38, wobei das zu kühlende Objekt ein chirurgisches Gerät ist.
44. Ein Verfahren nach Anspruch 38, wobei das zu kühlende Objekt ein Prozessmedium ist.
45. Ein Verfahren nach Anspruch 38, wobei das zu kühlende Objekt ein Bereich des menschlichen Körpers ist.
46. Ein Verfahren nach Anspruch 38, wobei das zu kühlende Objekt ein Bereich eines Tierkörpers ist.
47. Ein Verfahren nach Anspruch 38, wobei das kryogene Fluid Argon ist.
48. Ein Verfahren nach Anspruch 38, wobei das kryogene Fluid Stickstoff ist.
49. Ein Verfahren nach Anspruch 38, wobei das kryogene Fluid Helium ist.
50. Ein Verfahren nach Anspruch 38, wobei das kryogene Fluid eine Mischung von kryogenen Fluiden ist.
51. Ein Verfahren nach Anspruch 38, wobei das kryogene Fluid atembar ist.
52. Ein Verfahren nach Anspruch 38, wobei das kryogene Fluid Luft ist.
53. Ein Verfahren nach Anspruch 38, wobei das gasförmige Kühlfluid aus dem Material austritt, um eine

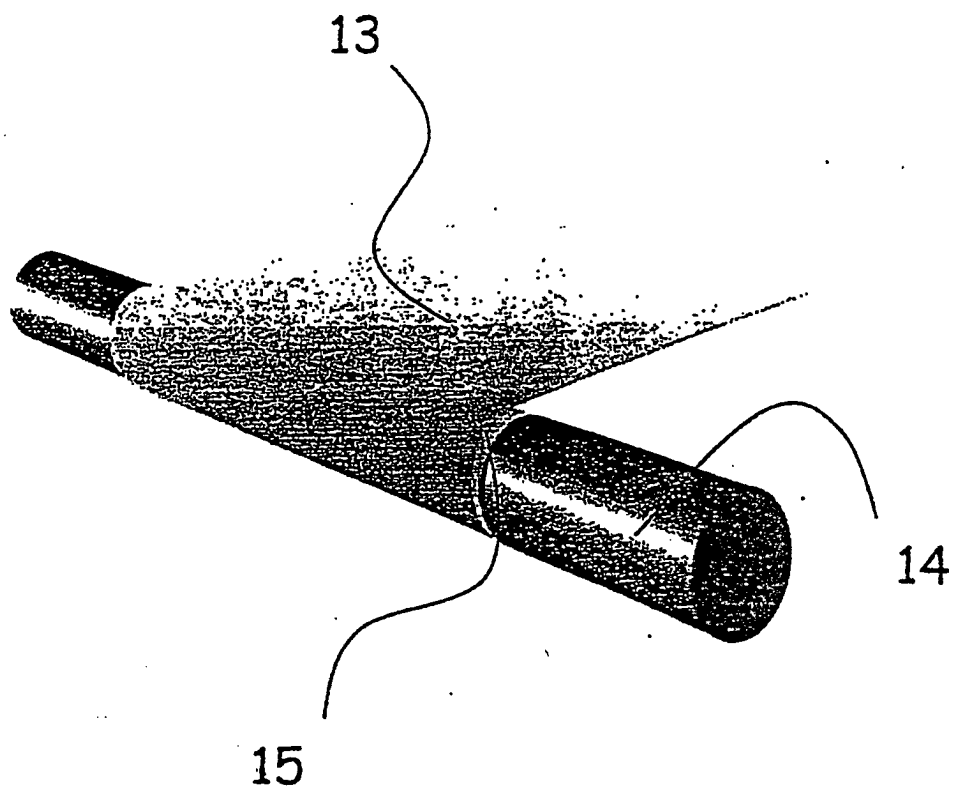
verteilte Wolke kondensierten Wasserdampfes zu formen.

Es folgen 16 Blatt Zeichnungen

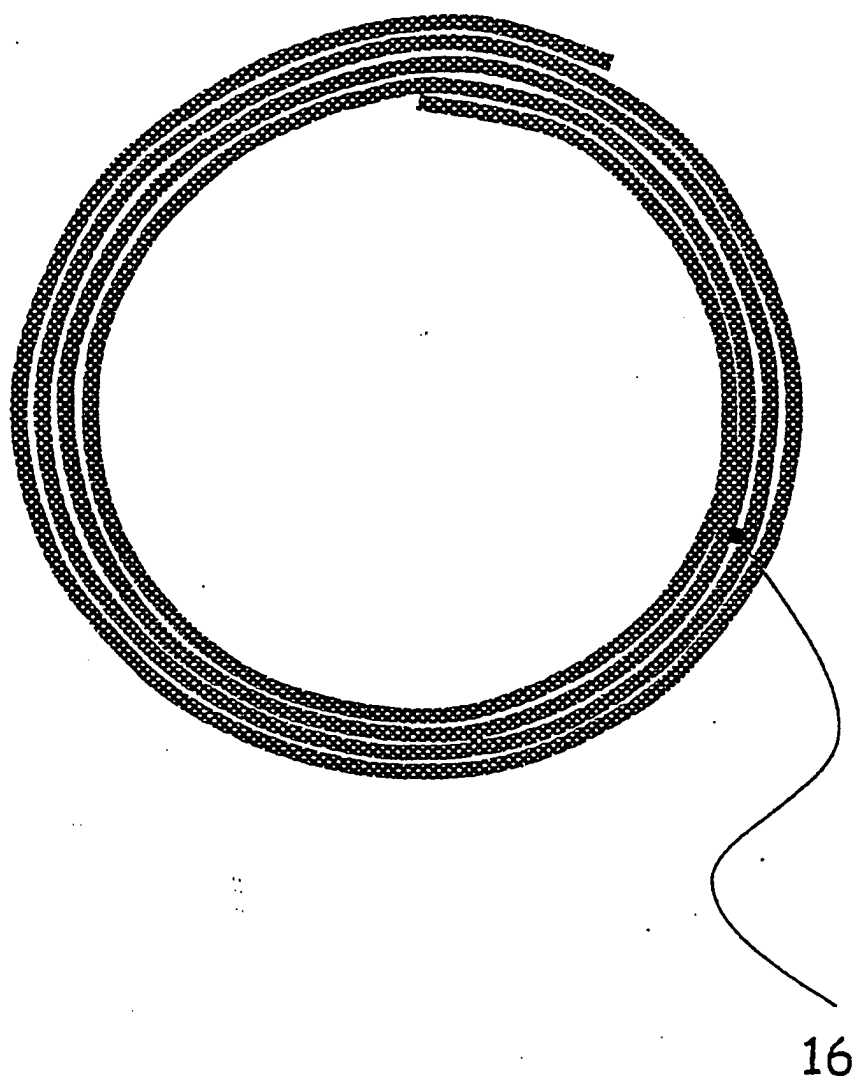
FIGUR 1



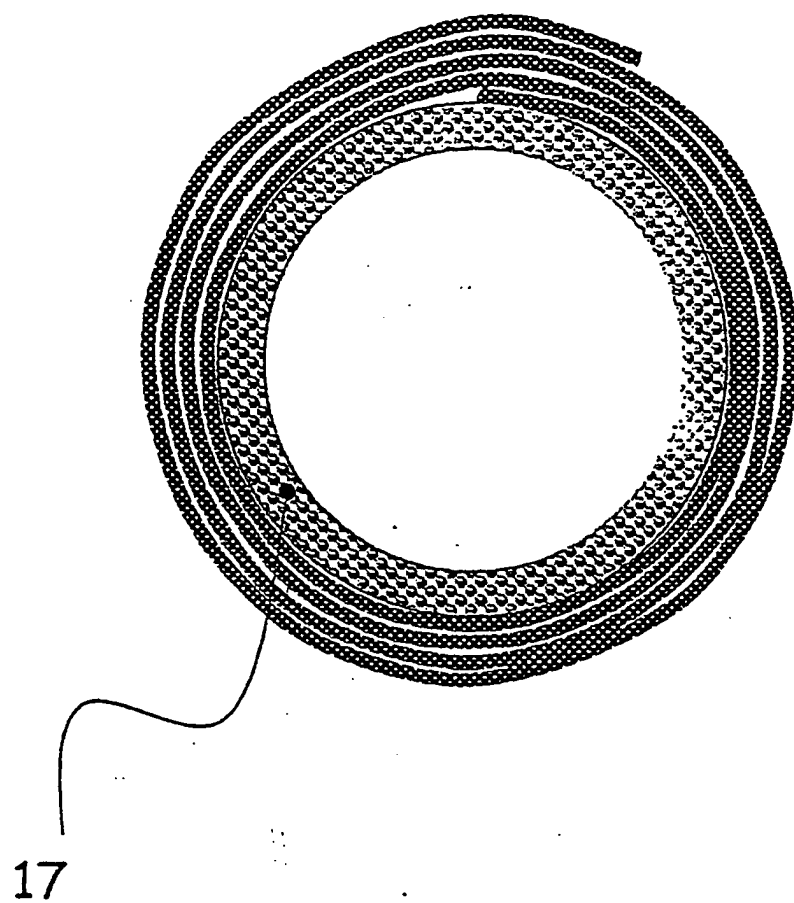
FIGUR 2



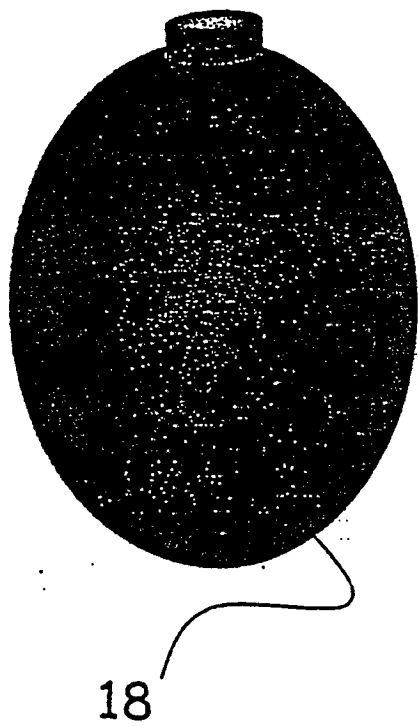
FIGUR 3



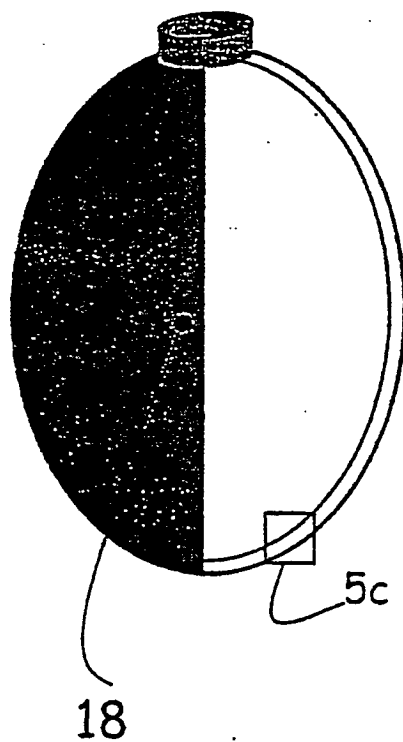
FIGUR 4



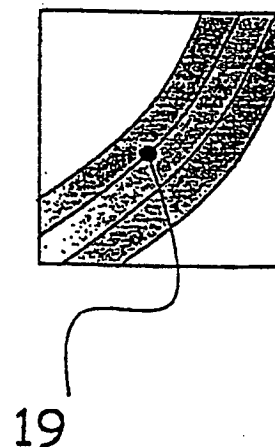
FIGUR 5a



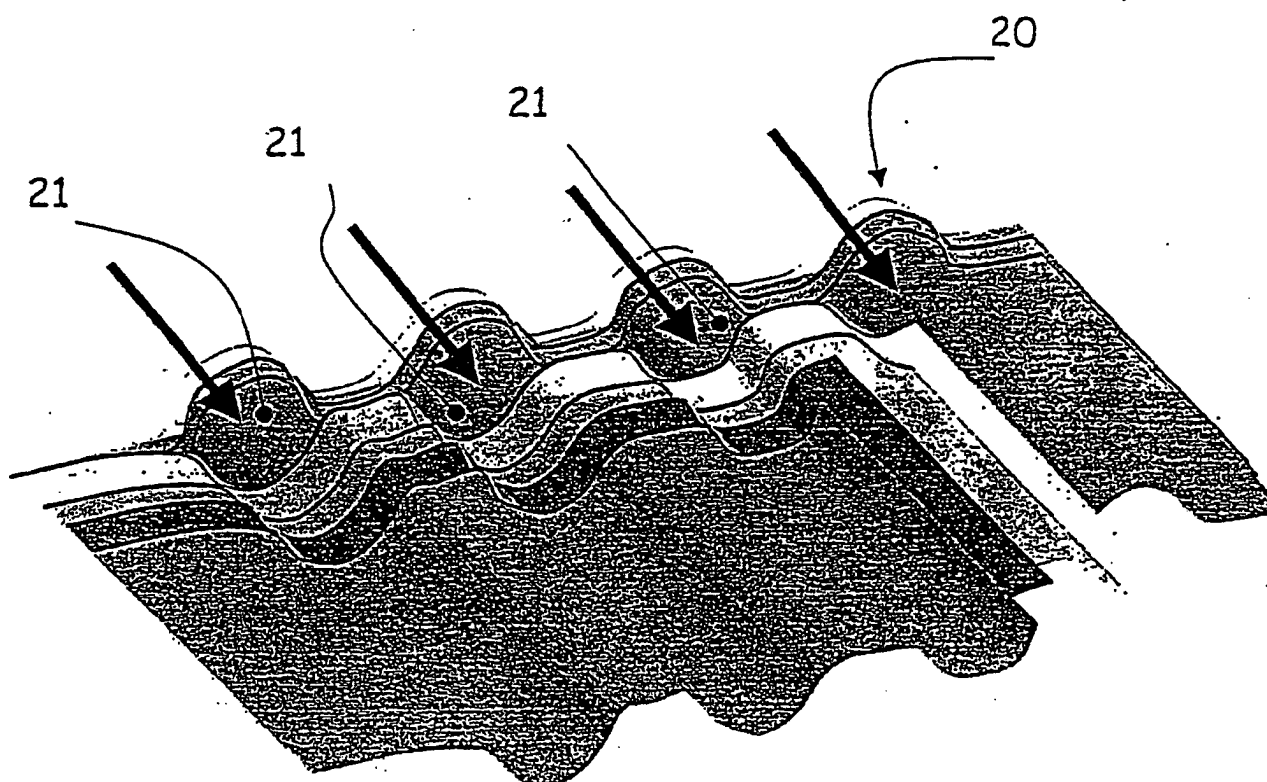
FIGUR 5b



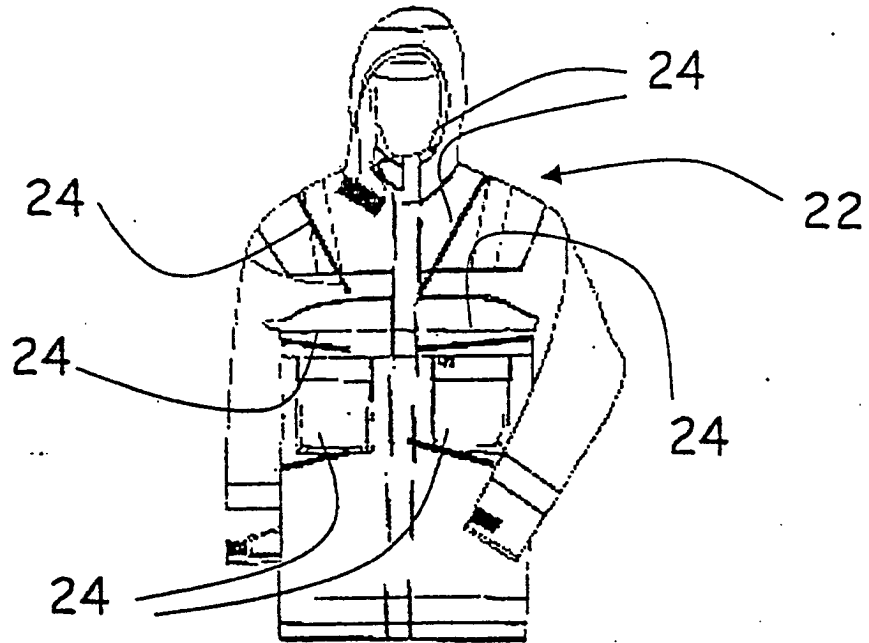
FIGUR. 5c



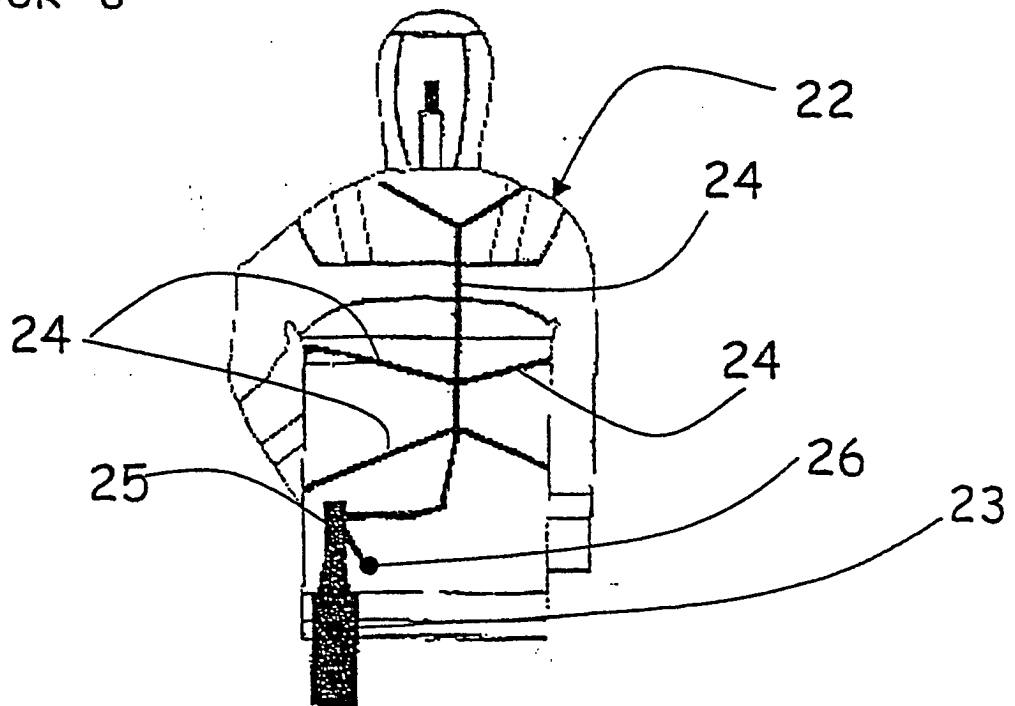
FIGUR 6



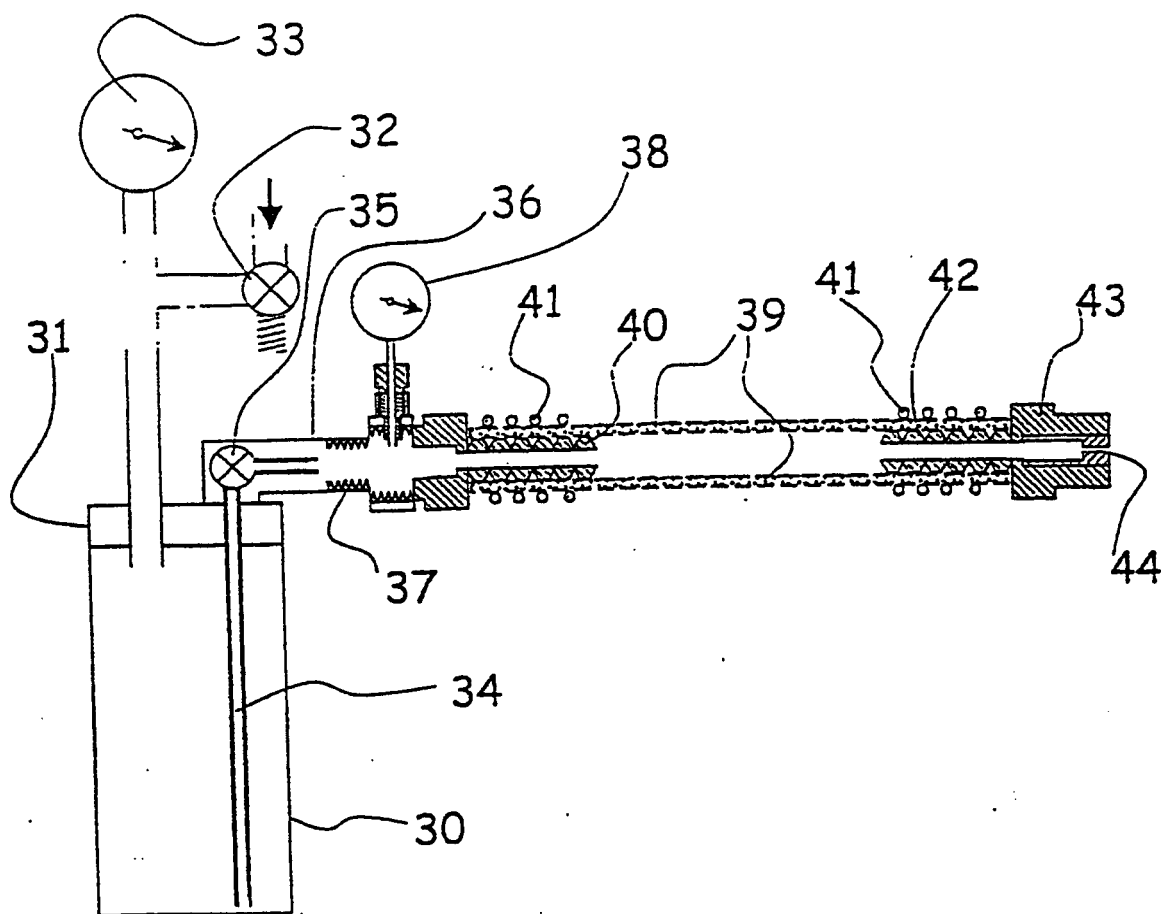
FIGUR 7



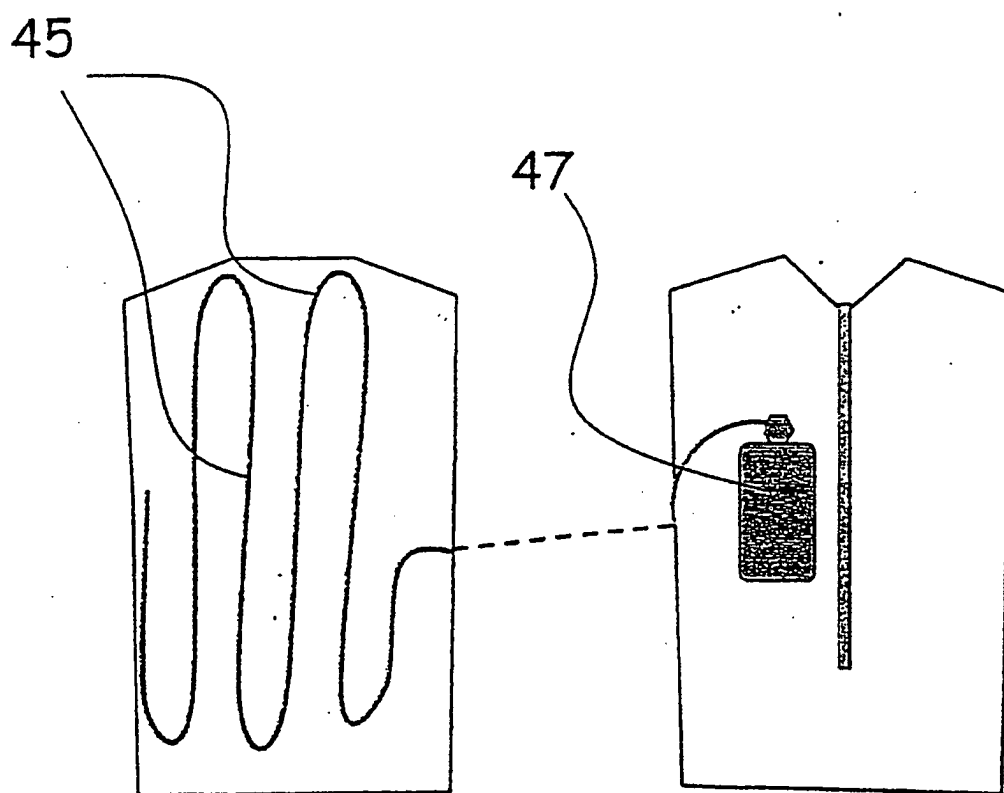
FIGUR 8



FIGUR 9

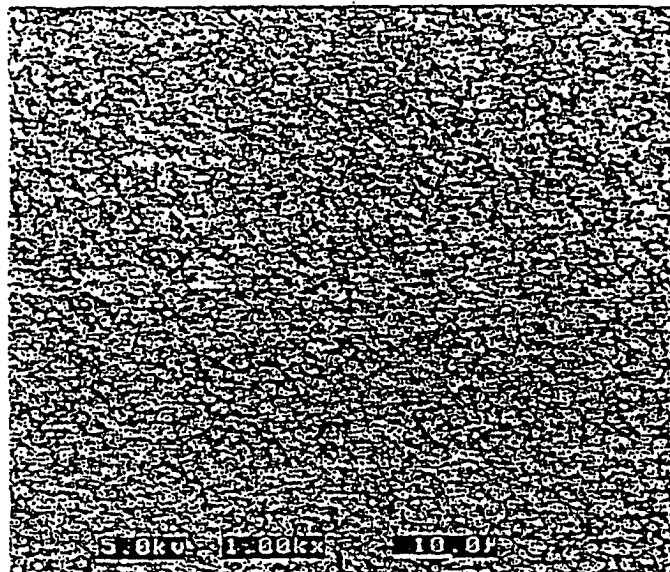


FIGUR 10a

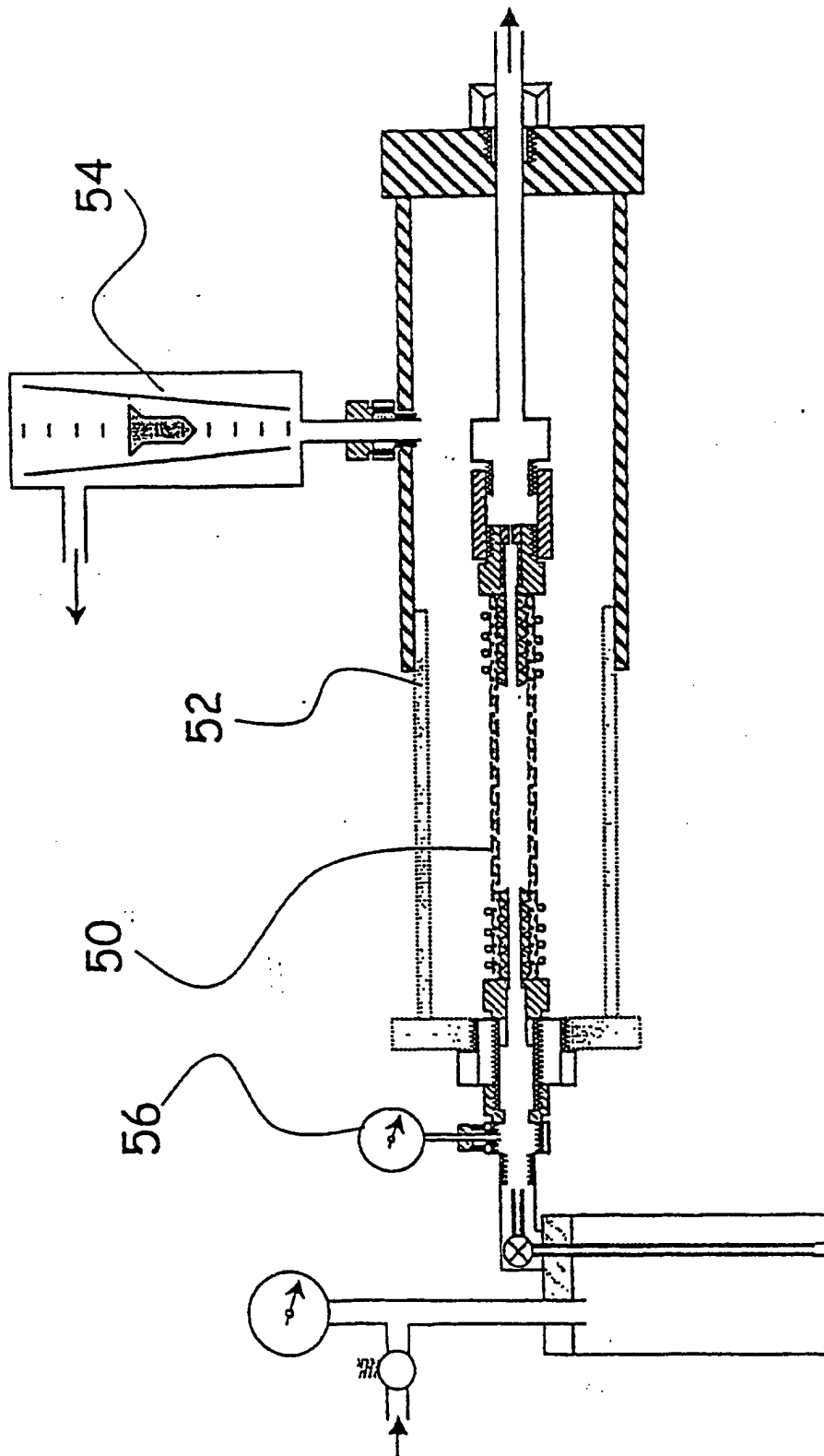


FIGUR 10b

FIGUR 11



→ | | ←
SEM 1061-85-1 X Schnitt



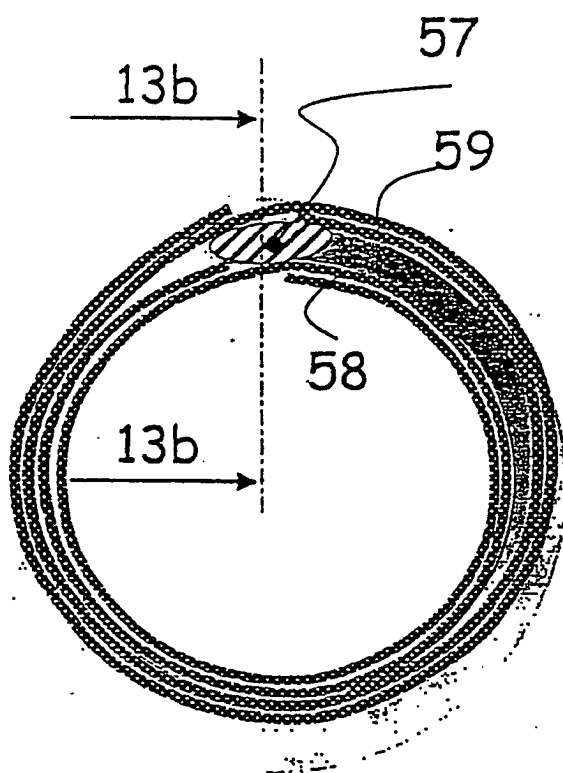


FIGURE 13a

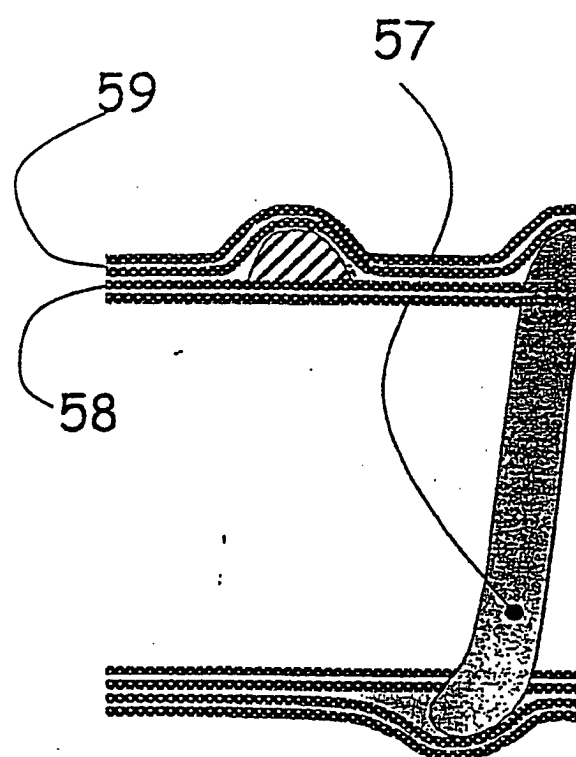


FIGURE 13b

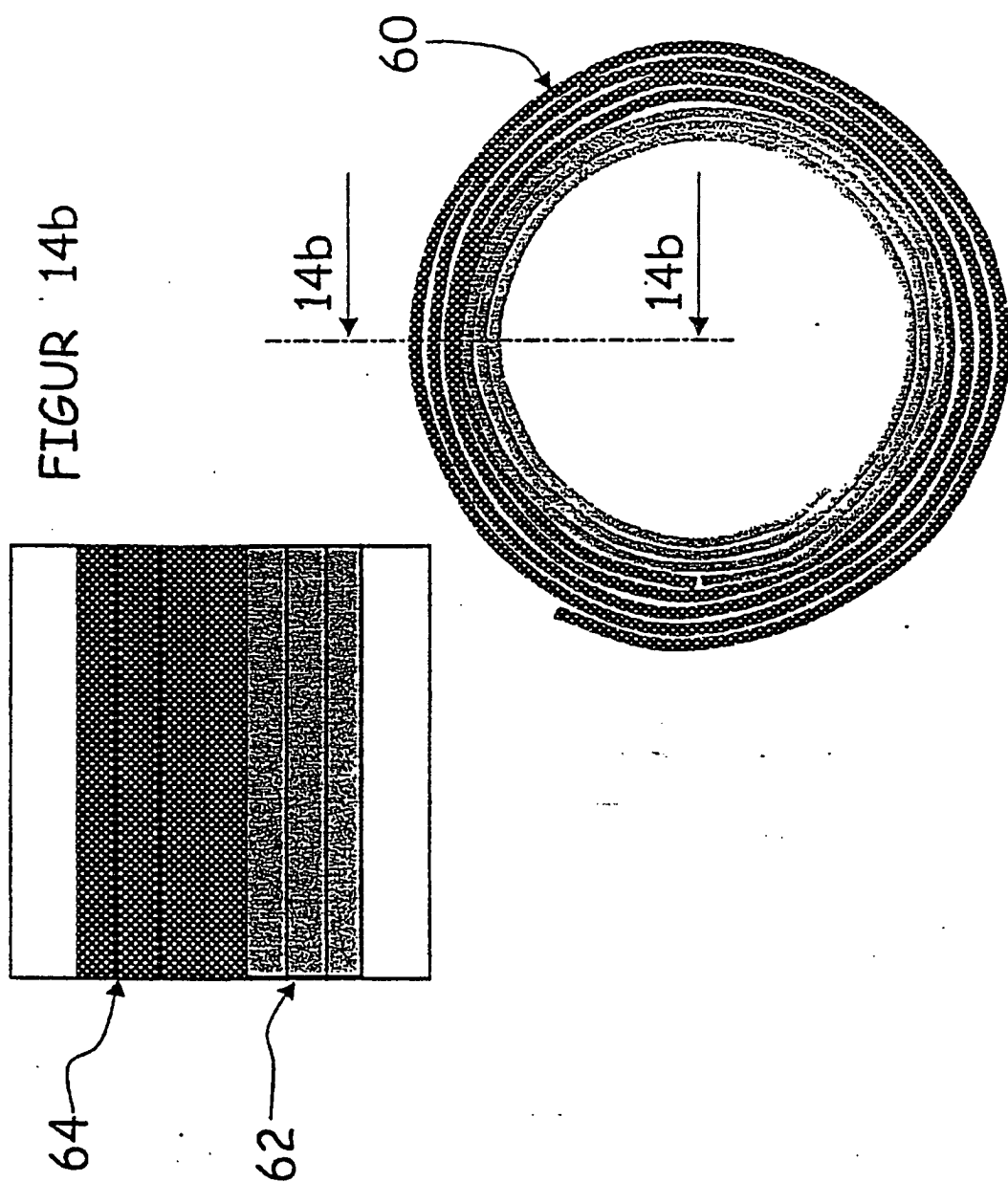
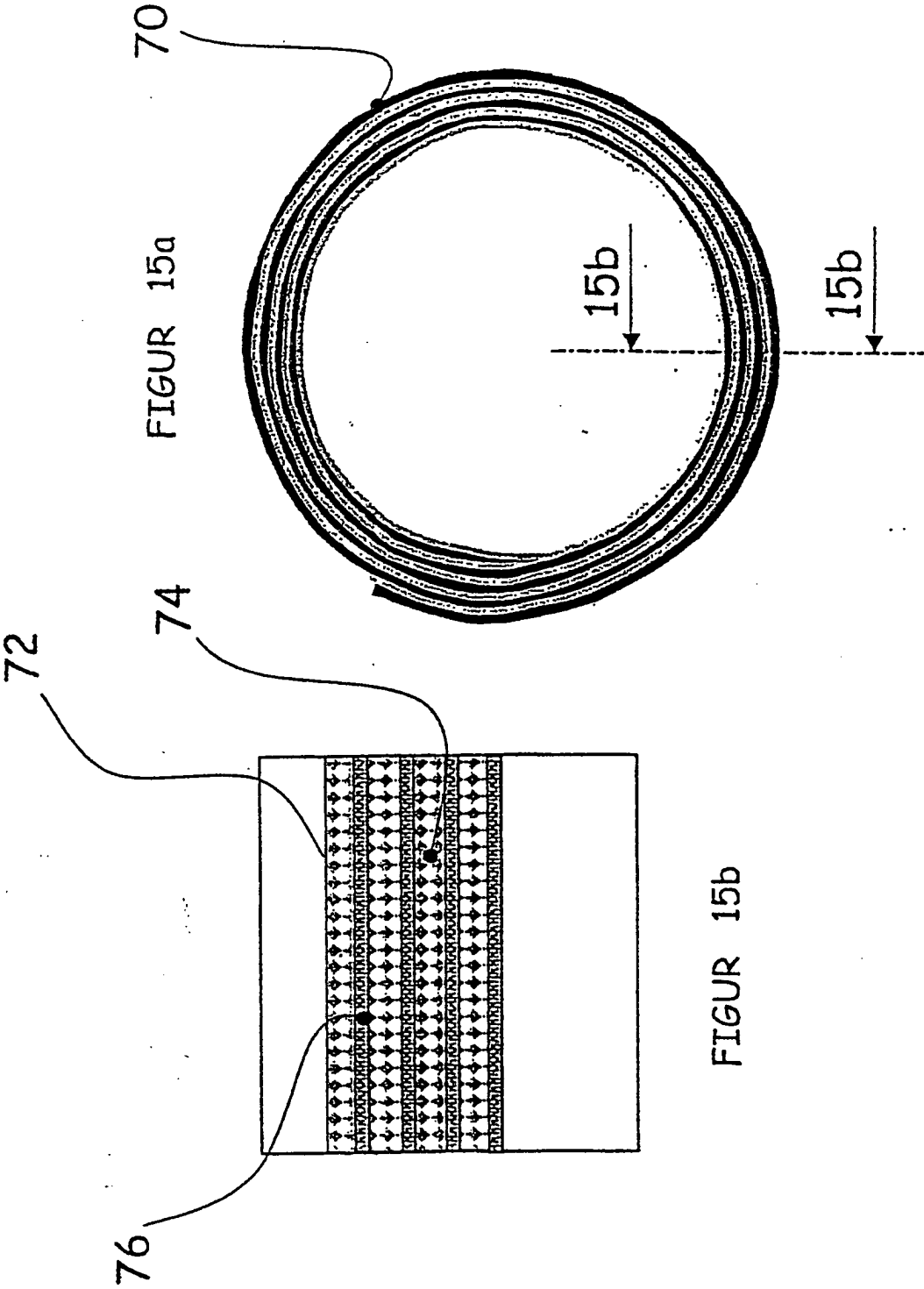
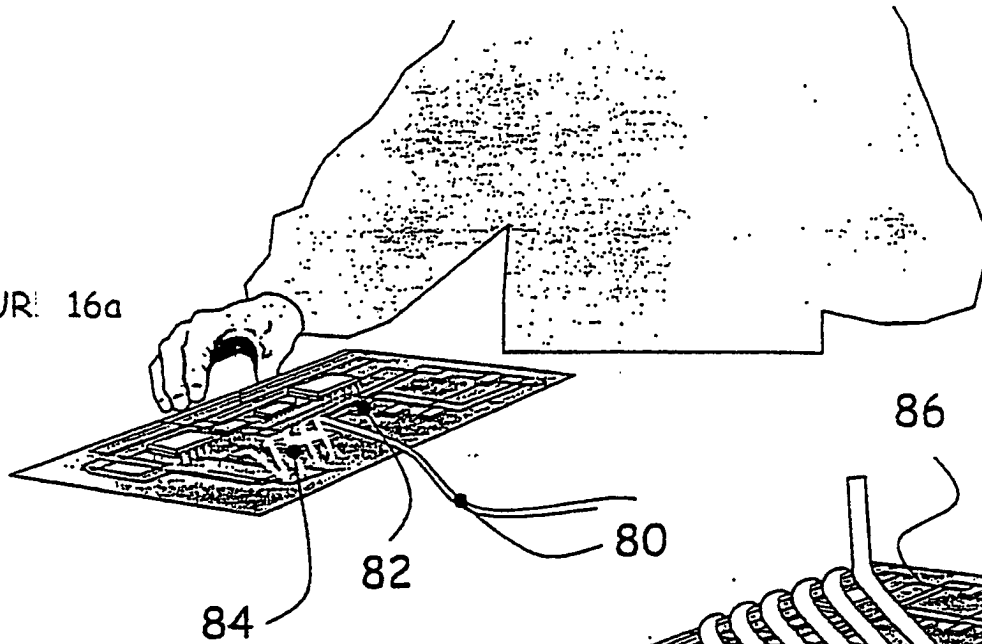


FIGURE 14a

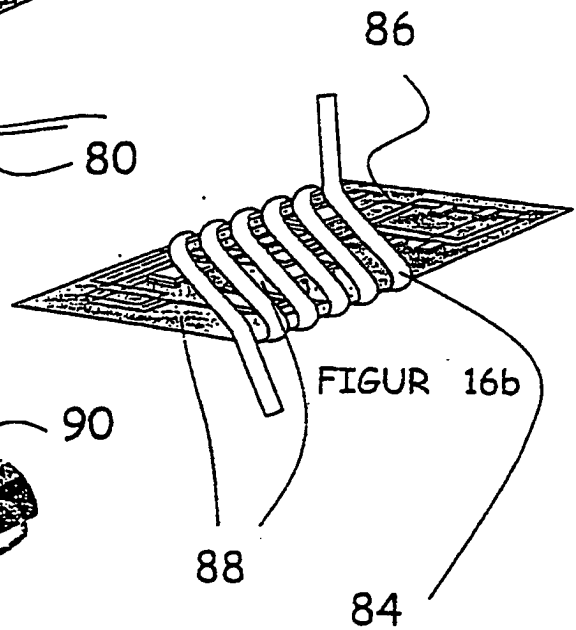
FIGURE 14b



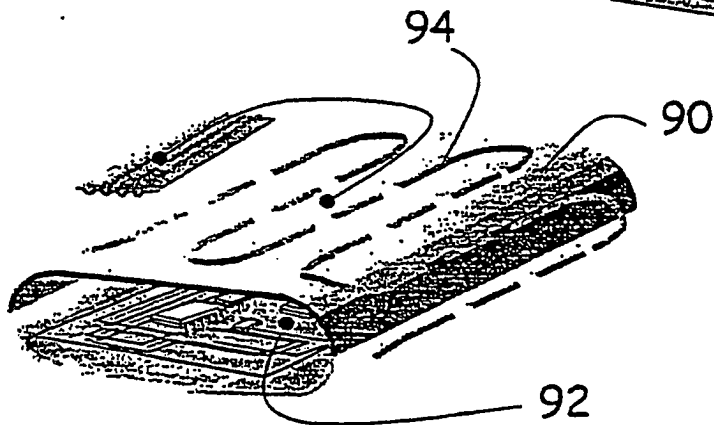
FIGUR 16a



FIGUR 16b



FIGUR 16c



FIGUR 17

