



(10) **DE 10 2009 004 642 A1** 2010.08.19

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 004 642.9**

(22) Anmeldetag: **09.01.2009**

(43) Offenlegungstag: **19.08.2010**

(51) Int Cl.⁸: **B64G 1/22 (2006.01)**
B64G 1/44 (2006.01)

(71) Anmelder:
OHB-System AG, 28359 Bremen, DE

(74) Vertreter:
Fuchs Mayrhofer, R., Rechtsanwalt., 80801 München

(72) Erfinder:
**Preiß, Gunnar, 20539 Hamburg, DE; Stenmark,
Lars, Trosa, SE**

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

DE	601 04 621	T2
US	73 05 824	B1
US	36 90 065	A
WO	01/06 145	A2

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

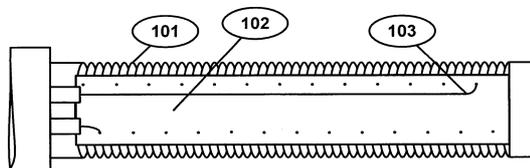
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab.

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Thermisch aktivierter Entfaltungsmechanismus für flexible Strukturen im All und auf der Erde**

(57) Zusammenfassung: Ein Entfaltungsmechanismus für flexible Strukturen besteht aus einem Federkörper, welcher mit Mehrphasenmaterial gefüllt ist, das wiederum mit Heizelementen thermisch in Kontakt steht. In festem Aggregatzustand verhindert das Mehrphasenmaterial eine unkontrollierte Entfaltung des Federkörpers aus einer gespannten Ausgangs- in eine entspannte Betriebsposition. Für eine kontrollierte Entfaltung wird das Mehrphasenmaterial durch die Heizelemente zum Schmelzen gebracht, so dass der Federkörper sich entspannen kann. Bei der vorliegenden Erfindung werden gleitreibende Oberflächen, eine permanente Energieversorgung und zusätzliche Arretierungsvorrichtungen vermieden.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen thermisch aktivierten mono- oder bistabilen Entfaltungsmechanismus entsprechend dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Anwendungsgebiet:

[0002] Bei terrestrischen und extraterrestrischen Aktivitäten während derer keine Menschen zugegen sind, z. B. unbemannte Raumfahrt- oder militärische Aufklärungsmissionen, kommen Konfigurationen aus pyrotechnischen Trennungsmechanismen, nicht-explosiven Aktuatoren und teilweise motorisierten Federkörpern zur autonomen Entfaltung wesentlicher Strukturkomponenten, z. B. Solarzellen, Schutzkappen und Auslegern mit Antennen oder Sensoren, zum Einsatz.

Stand der Technik:

[0003] Im Abschnitt 4.1.5 von Hallmann & Ley werden Entfaltungsmechanismen bestehend aus nicht-explosiven Aktuatoren und Federkörpern beschrieben: In einem Gehäuse befindet sich ein Mehrphasenmaterial in festem Zustand, in welches ein elektrisches Heizelement eingebettet ist. Man bringt das Mehrphasenmaterial zum Schmelzen, dieses dehnt sich dabei aus und bewegt mit großer Kraft einen Kolben oder Rotor, der seinerseits einen Aktuatorstift betätigt. Dieser Stift entriegelt eine vorgespannte Druck- oder Drehfeder und gibt damit die Entfaltung der angeschlossenen Strukturkomponente frei.

[0004] In U.S. 3,690,065 wird ein thermisch aktivierter Aktuator samt Herstellungsmethode beschrieben: Ein geschlossener Metallbalg ist gefüllt mit einem Mehrphasenmaterial in festem Zustand, in welches ein elektrisches Heizelement eingebettet ist. Bringt man das Mehrphasenmaterial zum Schmelzen, so dass es sich dabei ausdehnt, muss der Balg durch mechanische Entfaltung dieser Volumenänderung folgen und entfaltet so eine angeschlossene Strukturkomponente.

[0005] Mehrere Unternehmen entwickeln kontrollierte Aktuatoren basierend auf Materialien mit Formgedächtniseffekt: Metalle mit Formgedächtniseffekt besitzen abhängig von ihrer Temperatur verschiedene stabile Zustände im festen Aggregatzustand, den kalten und den heißen Zustand. Wird ein solches Metall aufgeheizt, verrichtet es beim Übergang vom kalten in den heißen Zustand mechanische Arbeit zum Entfalten einer angeschlossenen Strukturkomponente.

[0006] Entfaltungsmechanismen bestehend aus nicht-explosiven Aktuatoren und Federkörpern besit-

zen den Nachteil, dass der Kolben oder Rotor gegen den Austritt des flüssigen Mehrphasenmaterials abgedichtet sein muss, was sehr enge Toleranzen bei gleitreibenden Oberflächen erfordert. Für tribologische Systeme besteht unter extremen Umweltbedingungen, z. B. hohe Temperaturgradienten oder Strahlungsintensitäten, allerdings die Gefahr, dass die Gleitreibung in Haftreibung übergeht, was ein erhöhtes Ausfallrisiko zur Folge hat.

[0007] Entfaltungsmechanismen bestehend aus nicht-explosiven Aktuatoren und Federkörpern und thermisch aktivierte Aktuatoren wie in U.S. 3,690,065 besitzen den Nachteil, dass die Entfaltung eine ungedämpfte Bewegung und das System im entfaltenen Zustand keine steife Struktur darstellt. Um dies zu verhindern kommen zusätzliche Mechanismen wie Drehmomentbremsen und Arretierungsvorrichtungen zum Einsatz.

[0008] Thermisch aktivierte Aktuatoren wie in U.S. 3,690,065 oder basierend auf Materialien mit Formgedächtniseffekt besitzen den Nachteil, dass sie einer ständig erhöhten Temperatur bedürfen um im entfaltenen Zustand zu verbleiben, was eine permanente Energieversorgung und eine aktive Thermalkontrolle voraussetzt.

Aufgabenstellung:

[0009] Aufgabe einer Weiterentwicklung ist es, einige Vorteile der existierenden Technologien ohne deren Nachteile zu kombinieren. Diese Aufgabe wird durch einen thermisch aktivierten mono- oder bistabilen Entfaltungsmechanismus entsprechend dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 gelöst.

Detaillierte Beschreibung:

[0010] Der zentrale Teil der vorliegenden Erfindung ist ein Federkörper, verbunden jeweils mit der Hauptstruktur und der zu entfaltenen Strukturkomponente, welcher durch seine Federkraft die entsprechende Entfaltungsbewegung realisiert. Dieser Federkörper kann aus einer oder mehrerer Federn bestehen. Diese Federn wiederum können als geschlossene Faltenbälge oder Federbälge ausgelegt sein, welche bei Bedarf von weiteren Spiral-, Blatt oder Tellerfedern unterstützt werden. Abhängig von der Konfiguration der Federn führt der Mechanismus bei Entfaltung eine Linear- oder eine Rotationsbewegung durch. Für die Federn können reine Metalle, Metalllegierungen oder Polymere zum Einsatz kommen, z. B. Nickel-Kobalt-Legierungen. In der gefalteten Ausgangsposition des Entfaltungsmechanismus ist der Federkörper vorgespannt, in der entfaltenen Betriebsposition ist der Federkörper entspannt.

[0011] Die Volumina im Inneren oder in Zwischenräumen des Federkörpers sind mit Mehrphasenma-

terial gefüllt, welches im Vergleich zum Material des Federkörpers einen niedrigen Schmelzpunkt besitzt. Für das Mehrphasenmaterial können Metalllegierungen zum Einsatz kommen, z. B. Wismut-Legierungen. Bei der Integration des Entfaltungsmechanismus in die Ausgangsposition wird das Mehrphasenmaterial zum Schmelzen gebracht oder nach der Spannung des Federkörpers in diesen gefüllt. Zur Aktivierung des Entfaltungsmechanismus von der Ausgangs- in die Betriebsposition wird das Mehrphasenmaterial zum Schmelzen gebracht, um so den mechanischen Widerstand gegen die Entspannung des Federkörpers aufzuheben.

[0012] Zur Erhöhung der Temperatur des Mehrphasenmaterials über den Schmelzpunkt werden Heizelemente in das Mehrphasenmaterial eingebettet oder über den Federkörper thermisch mit dem Mehrphasenmaterial in Kontakt gebracht. Für die Heizelemente können elektrische oder thermische Heizelemente zum Einsatz kommen, z. B. Thermowiderstände. Zum Abkühlen des Mehrphasenmaterials unter den Schmelzpunkt wird thermische Energie über den Federkörper abgestrahlt oder über die Verbindung zur Hauptstruktur abgeführt. Um eine ungewollte Aktivierung zu verhindern, ist der Entfaltungsmechanismus gegen Wärmeeinstrahlung thermisch isoliert. Für die Isolierung kann Wärmedämmmaterial zum Einsatz kommen, z. B. mehrlagige Isolierung.

Vorteile der Erfindung:

[0013] Durch die geschlossene Auslegung des Federkörpers ist der Entfaltungsmechanismus gegen den Austritt flüssigen Mehrphasenmaterials abgedichtet.

[0014] Durch die Verflüssigung des Mehrphasenmaterials in den Zwischenräumen des Federkörpers während der Entfaltung werden gleitreibende Oberflächen vermieden.

[0015] Durch den festen Aggregatzustand des Mehrphasenmaterials stellt der Entfaltungsmechanismus in der Ausgangs- und Betriebsposition ohne zusätzliche Arretierung eine steife Struktur dar.

[0016] Durch einen kontrollierten Phasenübergang des Mehrphasenmaterials wird ohne eine zusätzliche Drehmomentbremse eine gedämpfte Entfaltung realisiert.

[0017] Durch den Bedarf an Energieversorgung nur während der Entfaltung erfordert der Entfaltungsmechanismus wenig Energie.

Ausführungsbeispiele:

[0018] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sind in Zeichnungen dargestellt und werden

im Folgenden näher beschrieben.

Erläuterung der Zeichnungen:

[0019] **Abb. 1a** zeigt den Querschnitt eines Entfaltungsmechanismus mit einem Faltenbalg (**101**) als Federkörper. Das Mehrphasenmaterial (**102**) im Kern füllt diesen optimal aus, so dass der Entfaltungsmechanismus in Ausgangs- und Betriebsposition eine steife Struktur darstellt. In das Mehrphasenmaterial ist ein Spiraldraht (**103**) als elektrisches Heizelement eingebettet. **Abb. 1b** zeigt den Querschnitt eines Entfaltungsmechanismus mit einem äußeren (**104**) und einem koaxialen inneren Faltenbalg (**107**) als Federkörper. Das Mehrphasenmaterial (**105**) füllt das Volumen zwischen den Faltenbälgen optimal aus, so dass der Entfaltungsmechanismus in Ausgangs- und Betriebsposition eine steife Struktur darstellt. In das Mehrphasenmaterial ist eine flexible Folie (**106**) als elektrisches Heizelement eingebettet. Durch den Kanal im inneren Faltenbalg kann eine Versorgungsleitung zur zu entfaltenden Strukturkomponente geführt werden, z. B. ein elektrischer Anschluss (**108**).

[0020] **Abb. 2a** zeigt den Entfaltungsmechanismus mit einem Faltenbalg (**203**) als Federkörper in der entspannten Betriebsposition, zwischen dem Adapter (**202**) zur Hauptstruktur (**201**) und dem Adapter zum hier zu entfaltenden Ausleger (**204**). **Abb. 2b** zeigt eben diesen Entfaltungsmechanismus in der gespannten Ausgangsposition. Von der Ausgangsposition **2b** zur Betriebsposition **2a** führt der Entfaltungsmechanismus eine Rotationsbewegung durch.

[0021] **Abb. 3a** zeigt den Entfaltungsmechanismus mit einem Federbalg (**303**) als Federkörper in der entspannten Betriebsposition, zwischen dem Adapter (**302**) zur Hauptstruktur (**301**) und dem Adapter zur zu entfaltenden Strukturkomponente (**304**). **Abb. 3b** zeigt eben diesen Entfaltungsmechanismus in der gespannten Ausgangsposition. Von der Ausgangsposition **3b** zur Betriebsposition **3a** führt der Entfaltungsmechanismus eine Linearbewegung durch.

[0022] **Abb. 4a** zeigt den Querschnitt eines Entfaltungsmechanismus mit einem Federbalg (**401**) als Federkörper. Das Mehrphasenmaterial (**402**) im Kern füllt diesen optimal aus, so dass der Entfaltungsmechanismus in Ausgangs- und Betriebsposition eine steife Struktur darstellt. In das Mehrphasenmaterial ist eine flexible Folie (**403**) als elektrisches Heizelement eingebettet. **Abb. 4b** zeigt den Querschnitt eines Entfaltungsmechanismus mit einem äußeren (**404**) und einem koaxialen inneren Federbalg (**407**) als Federkörper. Das Mehrphasenmaterial (**405**) füllt das Volumen zwischen den Federbälgen optimal aus, so dass der Entfaltungsmechanismus in Ausgangs- und Betriebsposition eine steife Struktur darstellt. In das Mehrphasenmaterial ist eine flexible Folie (**406**) als elektrisches Heizelement eingebettet.

Durch den Kanal im inneren Faltenbalg kann eine Versorgungsleitung zur zu entfaltenden Strukturkomponente geführt werden, z. B. ein elektrischer Anschluss (**408**).

[0023] [Abb. 5a](#) zeigt den Entfaltungsmechanismus mit einem Faltenbalg (**501**) als Federkörper in der entspannten Betriebsposition. Der Faltenbalg ist in dieser Ausführung spiralförmig gefertigt und seine Federwirkung wird durch eine externe Spiralfeder (**502**) unterstützt, welche von außen in die Falten des Faltenbalges integriert ist. [Abb. 5b](#) zeigt den Entfaltungsmechanismus mit einem Federbalg (**503**) als Federkörper in der entspannten Betriebsposition. Die Federwirkung des Federbalges wird durch externe Blattfedern (**504**) unterstützt, welche an den Adapter zur Hauptstruktur und zur zu entfaltenden Strukturkomponente befestigt sind.

Literatur:

- Hallmann & Ley (Hrsg.), Handbuch der Raumfahrttechnik, Hanser, 2007
- Thermal Actuator and Method of Making, U.S. Patent 3,690,065

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 3690065 [[0004](#), [0007](#), [0008](#)]

Patentansprüche

1. Thermisch aktivierten mono- oder bistabilen Entfaltungsmechanismus, gekennzeichnet durch:

- a. Eine oder mehrere Federn, durch externe mechanische Kräfte in eine Ausgangsposition vorgespannt, welche durch ihre Federkräfte in eine entspannte Betriebsposition übergehen.
- b. Ein Mehrphasenmaterial im Innen- und/oder Zwischenraum der Federn aus a, welches bei definierten Temperaturänderungen zwischen festem und flüssigem Aggregatzustand wechselt; in festem Aggregatzustand verhindern das Mehrphasenmaterial effektiv eine unkontrollierte Entspannung der Federn aus a und in flüssigem Aggregatzustand lässt das Mehrphasenmaterial eine kontrollierte Entspannung der Federn aus a zu.
- c. Ein oder mehrere Heizelemente zur kontrollierten Erhöhung der Temperatur des Mehrphasenmaterials aus b über seinen Schmelzpunkt.

2. Entfaltungsmechanismus nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, gekennzeichnet durch die Realisierung der Federn aus 1.a als mono- oder bistabile Faltenbälge.

3. Entfaltungsmechanismus nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, gekennzeichnet durch die Realisierung der Federn aus 1.a als mono- oder bistabile Federbälge in zylindrischer Form.

4. Entfaltungsmechanismus nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, gekennzeichnet durch die Versorgung der Heizelemente mit elektrischer Energie oder Abwärme anderer Subkomponenten.

5. Entfaltungsmechanismus gemäß des Patentanspruchs 2, gekennzeichnet dadurch, dass ein mit Mehrphasenmaterial gefüllter Federkörper in festem Aggregatzustand des Mehrphasenmaterials eine steife Vollstruktur und in flüssigem Aggregatzustand des Mehrphasenmaterials eine flexible Vollstruktur darstellt.

6. Entfaltungsmechanismus gemäß des Patentanspruchs 2, gekennzeichnet dadurch, dass mehrere koaxiale Faltenbälge und mit Mehrphasenmaterial gefüllten Zwischenräumen im festem Aggregatzustand des Mehrphasenmaterials eine steife Hohlstruktur und in flüssigem Aggregatzustand des Mehrphasenmaterials eine flexible Hohlstruktur darstellen.

7. Entfaltungsmechanismus gemäß des Patentanspruchs 3, gekennzeichnet dadurch, dass ein mit Mehrphasenmaterial gefüllter zylindrischer Federbalg im festem Aggregatzustand des Mehrphasenmaterials eine steife Vollstruktur und in flüssigem Aggregatzustand des Mehrphasenmaterials eine flexible Vollstruktur darstellt.

8. Entfaltungsmechanismus gemäß des Patentanspruchs 3, gekennzeichnet dadurch, dass mehrere koaxiale Federbälge und mit Mehrphasenmaterial gerillte Zwischenräume im festen Aggregatzustand des Mehrphasenmaterials eine steife Hohlstruktur und im flüssigen Aggregatzustand des Mehrphasenmaterials eine flexible Hohlstruktur darstellen.

9. Entfaltungsmechanismus gemäß der Patentansprüche 5 bis 8, gekennzeichnet durch eine flexible geschlossene Kapselung der Federn als zusätzliche Abdichtung gegen einen möglichen Austritt des Mehrphasenmaterials.

10. Entfaltungsmechanismus gemäß der Patentansprüche 5 bis 8, gekennzeichnet dadurch, dass die Rotations- oder Linearbewegung von der gespannten Ausgangsposition in die entspannte Betriebsposition des Systems durch zusätzliche mechanische Federn unterstützt wird, welche als Blatt-, Spiral- oder Tellerfeder realisiert sind.

11. Entfaltungsmechanismus gemäß der Patentansprüche 5 bis 8, gekennzeichnet dadurch, dass die Heizelemente als flexible Heizdrähte realisiert sind, welche elektrisch isoliert vollständig in dem Mehrphasenmaterial eingebettet sind.

12. Entfaltungsmechanismus gemäß der Patentansprüche 5 bis 5, gekennzeichnet dadurch, dass die Heizelemente als flexible Heizfolien realisiert sind, welche elektrisch isoliert vollständig in dem Mehrphasenmaterial eingebettet sind.

13. Entfaltungsmechanismus gemäß der Patentansprüche 5 und 6, gekennzeichnet dadurch, dass die Heizelemente als flexible Heizspiralen realisiert sind, welche direkt in die Falten der Faltenbälge gemäß Patentanspruch 2 eingelassen sind, entweder umgeben von dem Mehrphasenmaterial oder separiert von ihm.

14. Entfaltungsmechanismus gemäß der Patentansprüche 7 und 8, gekennzeichnet dadurch, dass die Heizelemente als flexible Heizgewebe realisiert sind, welche direkt mit den Federbälgen gemäß Patentanspruch 3 in Kontakt stehen.

15. Entfaltungsmechanismus gemäß Patentanspruch 10, gekennzeichnet dadurch, dass eine unterstützende Spiralfeder gleichzeitig die Funktion eines elektrischen Heizelementes übernimmt.

16. Entfaltungsmechanismus gemäß der Patentansprüche 5 bis 15, gekennzeichnet dadurch, dass die Federn gegen die Umgebung mit flexiblen Schutzhüllen oder Erweiterungen thermisch isoliert sind.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

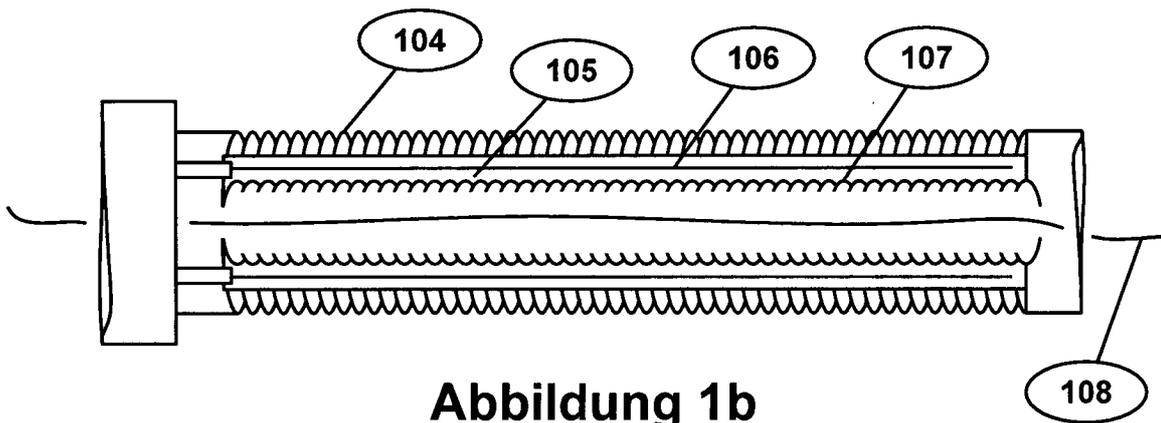


Abbildung 1b

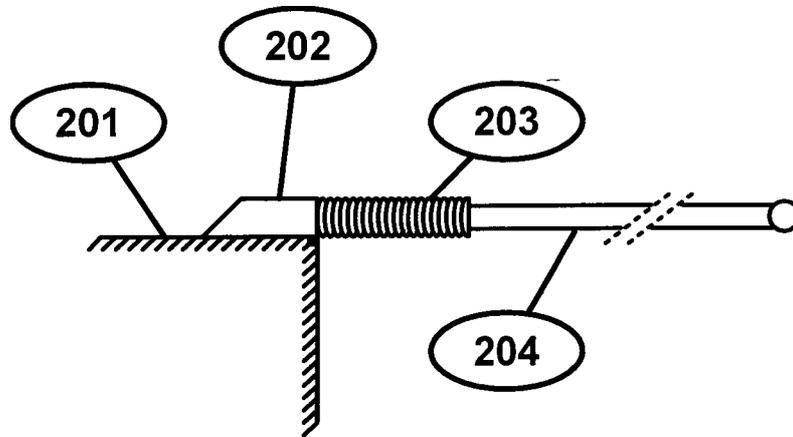


Abbildung 2a

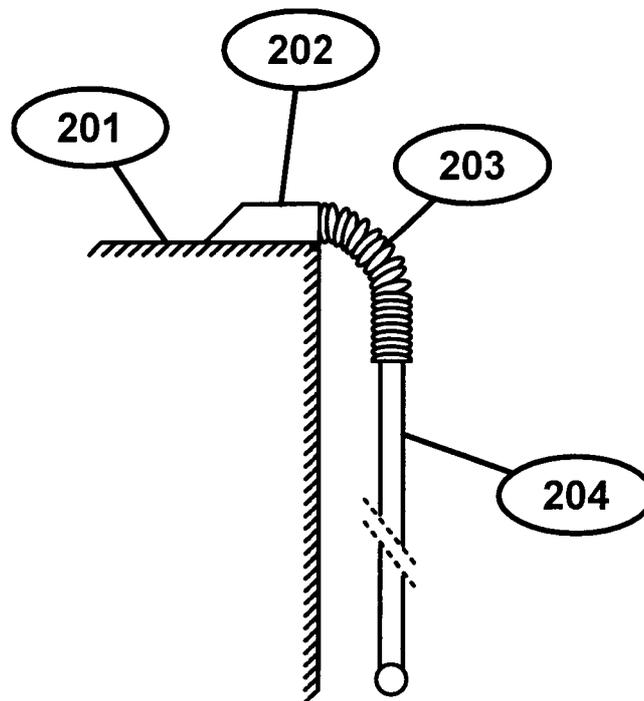


Abbildung 2b

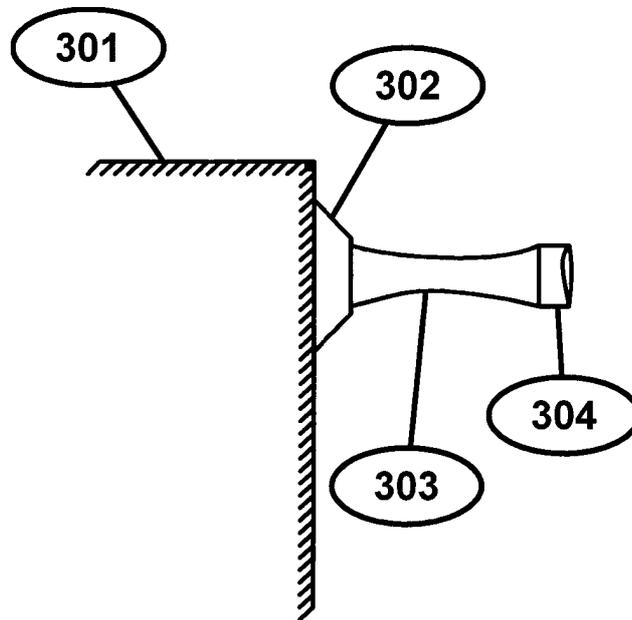


Abbildung 3a

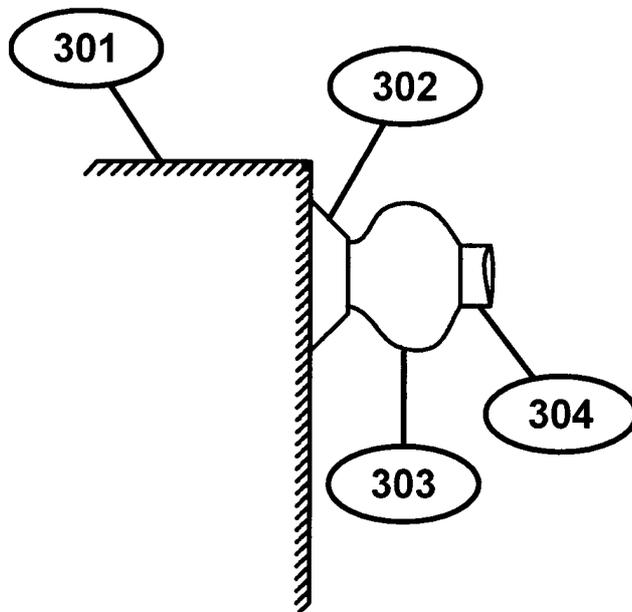


Abbildung 3b

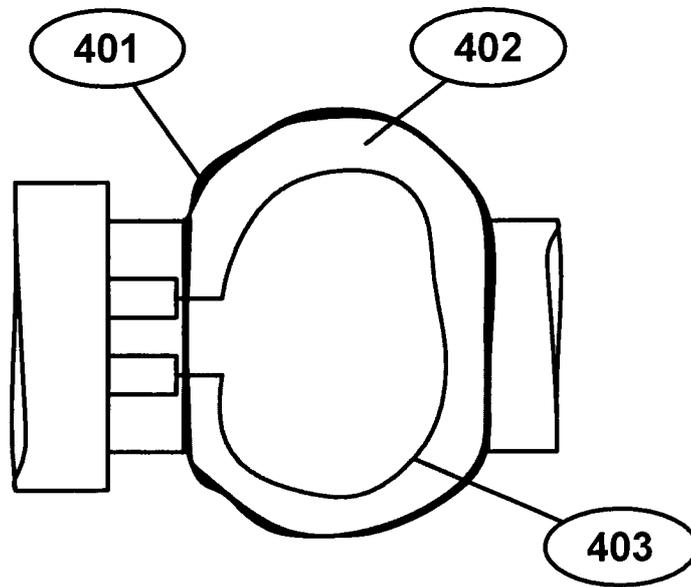


Abbildung 4a

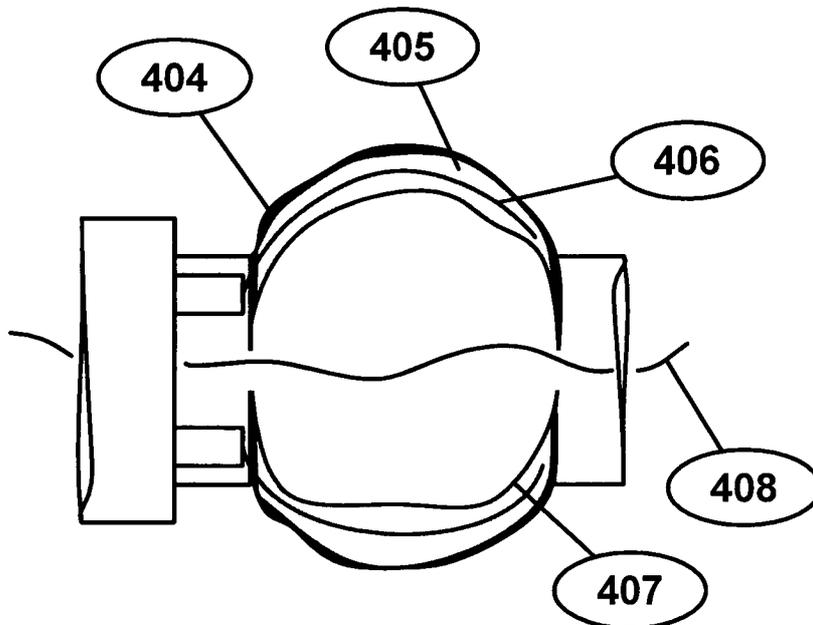


Abbildung 4b

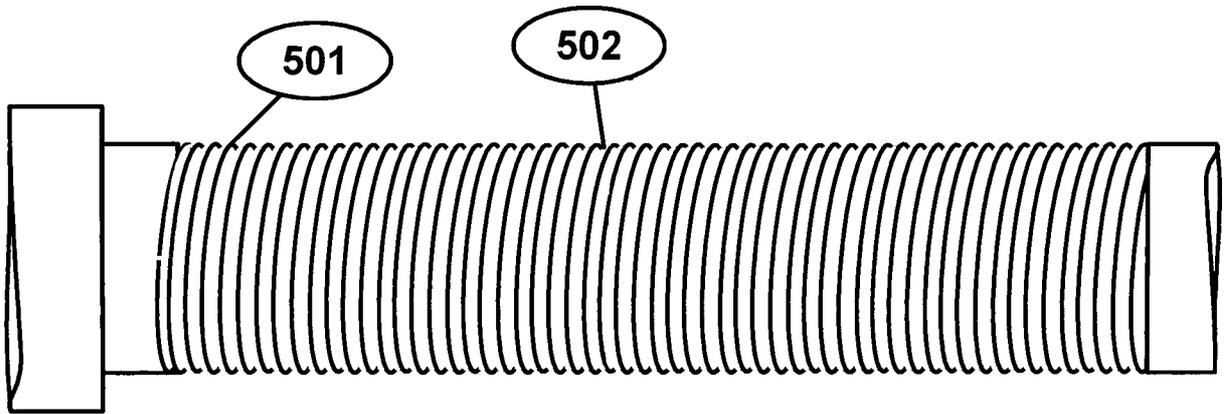


Abbildung 5a

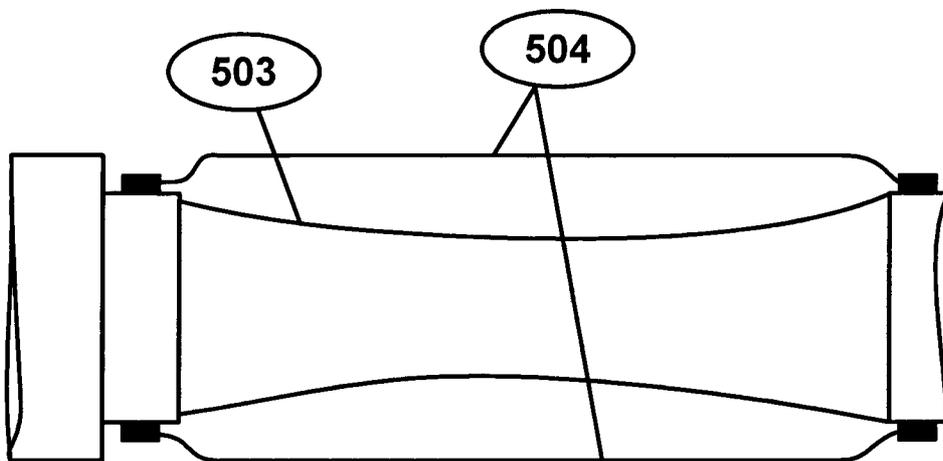


Abbildung 5b