



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **103 15 863.4**
(22) Anmeldetag: **08.04.2003**
(43) Offenlegungstag: **28.10.2004**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **14.03.2013**

(51) Int Cl.: **A61B 5/053 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Dräger Medical GmbH, 23558, Lübeck, DE

rer.nat., 23564, Lübeck, DE; Matthießen, Hans, 23611, Bad Schwartau, DE; Degenhart, Rainer, 23617, Stockelsdorf, DE; Sahnkow, Dieter, 23568, Lübeck, DE

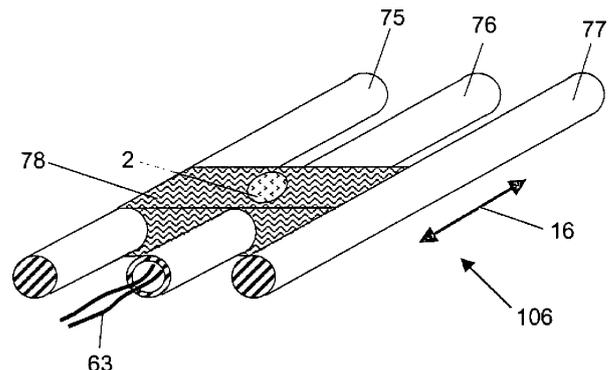
(72) Erfinder:
Leonhardt, Steffen, Dr.Dr., 23566, Lübeck, DE; Teschner, Eckhard, 21029, Hamburg, DE; Hampe, Markus, 23564, Lübeck, DE; Steen, Hans-Wilhelm, 23619, Zarpen, DE; Li, Jianhua, Dr., 23558, Lübeck, DE; Hoffmann, Karsten, Dr.-Ing., 23717, Kasseedorf, DE; Gärber, Yvo, Dr.

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

US	6 501 984	B1
US	5 807 251	A
US	4 649 932	A
US	4 709 704	A
US	6 122 544	A
EP	0 509 689	A2

(54) Bezeichnung: **Elektrodengürtel**

(57) Hauptanspruch: Elektrodengürtel für die Elektroimpedanz-Tomographie mit mindestens 16 Elektroden (2) auf einem zumindest stückweise elastischen Gürtelmaterial, welches einen zu messenden Probanden (71) am Körperumfang vollständig umschließt, und mit längs des Gürtelmaterials verlaufenden, in das Gürtelmaterial integrierten Elektrodenzuleitungen (63), die an zumindest einer Einspeisestelle (4, 41, 42, 89, 90) mit einer externen Zuleitung (6, 61, 62, 64, 65) verbunden sind, wobei das Gürtelmaterial aus mindestens drei parallel verlaufenden, abschnittsweise über Querstreben (78, 708) verbundenen Strängen (75, 76, 77, 86, 87, 88) besteht, die Elektroden (2) im Bereich der Querstreben (78, 708) angebracht sind und ein Strang (76, 88) hohl und zur Aufnahme der Elektrodenzuleitungen (63) ausgebildet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Elektrodengürtel für die Elektroimpedanz-Tomographie.

[0002] Die Elektroimpedanztomographie (EIT) ist ein Verfahren, bei dem ein geringer elektrischer Wechselstrom in den menschlichen Körper eingespeist wird, um die Oberflächenpotentiale an verschiedenen Stellen des Körpers zu messen. Durch Rotation der Strom-Einspeiseorte um den Körper herum bei gleichzeitiger Messung der Oberflächenpotentiale lässt sich über geeignete mathematische Rekonstruktions-Algorithmen ein zweidimensionales Schnittbild der elektrischen Impedanzverteilung im betrachteten Körper ermitteln. In der Medizin ist ein Schnittbild der Impedanzverteilung des menschlichen Körpers deswegen von Interesse, da sich die elektrische Impedanz sowohl mit dem Gehalt an Luft als auch mit dem Gehalt an extrazellulärer Flüssigkeit im Gewebe verändert. Es lassen sich so die Ventilation der Lunge als auch die Blut- und Serumverschiebung regional aufgelöst darstellen und überwachen.

[0003] Um die Messung durchführen zu können, müssen die Elektroden einfach am Körper des Probanden anbringbar sein. Dabei ist es bekannt, die Elektroden an einem um den Körper des Probanden legbaren Gürtel anzuordnen.

[0004] Ein derartiger Gürtel, im Folgenden mit Elektrodengürtel bezeichnet, ist aus der EP 1 000 580 A1 bekannt geworden. Ein Elektrodenträger mit typischerweise 16 Elektroden ist so an einem Probanden angebracht, dass er den Körperumfang vollständig umschließt. Der Elektrodengürtel ist über eine Zuleitung mit einer Auswerteeinheit verbunden, in der das Schnittbild für den untersuchten Körperquerschnitt berechnet wird.

[0005] Aus der US 5,807,251 ist eine Vorrichtung zur Elektroimpedanz-Tomographie bekannt, bei der 16 Elektroden auf einem Gürtel angebracht sind, wobei der Gürtel an dem zu messenden Körperteil befestigt wird.

[0006] US 6,122,544 und EP 509 689 A2 veranschaulichen eine Elektrodenanordnung, bei der die Elektrodenzuleitungen längs des Elektrodenträgermaterials verlaufen.

[0007] Aus der US 4,649,932 geht eine Elektrodenanordnung hervor, die an die Körperoberfläche angepasst ist. Aus der US 6,501,984 ist bekannt, einen Elektrodengürtel in verschiedene Segmente aufzuteilen. US 4,709,704 beschreibt eine Vorrichtung mit drahtloser Datenübertragung von einem Elektrodengürtel zu einer Empfangseinrichtung.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Elektrodengürtel anzugeben, der einfach aufgebaut ist und eine gute Kontaktierung der Elektroden an dem Körper des zu untersuchenden Probanden ermöglicht.

[0009] Die Lösung der Aufgabe erfolgt mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

[0010] Der Vorteil der Erfindung besteht im Wesentlichen darin, dass der Elektrodengürtel zumindest stückweise oder auch vollständig aus elastischem Material besteht und sich dadurch besonders gut an unterschiedliche Körperumfänge anpasst. Als elastische Materialien eignen sich Elastomere oder auch elastische Gewebe, wie sie von Verbänden bekannt sind. Durch die Elastizität des Gürtelmaterials liegt der Elektrodengürtel unter einer gewissen Vorspannung am Oberkörper des Probanden an, wodurch eine radiale Kraftkomponente als Anpresskraft auf die Elektroden wirkt. Das elastische Gürtelmaterial ermöglicht auch eine gute Anpassung an die Atembewegungen des Probanden. Vorteilhaft ist weiter, dass die Elektrodenzuleitungen in das Gürtelmaterial integriert sind, so dass diese an einem zentralen Punkt zusammengeführt werden können, um die Verbindung mit einer externen Zuleitung herzustellen. Der erfindungsgemäße Elektrodengürtel besteht aus mindestens drei parallel verlaufenden, abschnittsweise über Querstreben verbundenen Strängen, wobei die Elektroden direkt an den Querstreben angebracht sind. Einer der Stränge ist dabei von innen hohl und zur Aufnahme der Elektrodenzuleitungen ausgebildet.

[0011] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0012] In zweckmäßiger Weise sind die Elektroden in gleichen Abständen zueinander angeordnet. In einer bevorzugten Ausführungsform sind 16 oder 32 Elektroden vorhanden, wobei separat vom Elektrodengürtel noch eine Referenzelektrode vorgesehen sein kann, die in einem vorbestimmten Abstand von den übrigen Elektroden entfernt an dem Körper des Probanden befestigt wird.

[0013] Durch die zumindest stückweise äquidistante Elektrodenverteilung wird bei bestimmten Bildrekonstruktions-Algorithmen die Bildqualität der Schnittbilder deutlich verbessert.

[0014] In vorteilhafter Weise besteht das Gürtelmaterial aus Silikon, so dass durch das Material eine gute Eigenelastizität beziehungsweise Dehnbarkeit gegeben ist. Silikon ist zudem unempfindlich gegen die üblicherweise verwendeten Reinigungs- und Desinfektionsmittel, so dass der Elektrodengürtel eine besonders lange Lebensdauer hat.

[0015] In vorteilhafter Weise sind die Elektrodenzuleitungen innerhalb des hohlen Stranges zickzackförmig oder mäanderförmig gefaltet, um Dehnungen des Elektrodenmaterials zu kompensieren. Die Elektrodenzuleitungen können innerhalb des hohlen Stranges auch mit einem Elastomer vergossen sein.

[0016] In vorteilhafter Weise besitzt der Elektrogürtel eine Codierungseinrichtung, welche dazu ausgebildet ist, ein Freigabesignal für die über die Zuleitung übertragenen Signale zu erzeugen. Die Codierungseinrichtung kann als eine Steckverbindung an der Zuleitung, ein Magnetstreifen, ein Barcodestreifen oder ein Transponder ausgeführt sein. Für den Fall, dass die Codierungseinrichtung als eine Steckverbindung ausgeführt ist, wird das Freigabesignal beim Zusammenstecken erzeugt. Hierzu können einzelne Kontakte an der Einspeisestelle des Elektrogürtels durch Drahtbrücken derart miteinander verbunden sein, dass beim Zusammenstecken mit der Zuleitung eine bestimmte Codierung von der Auswerteeinheit erkannt wird. Bei einem Magnetstreifen, einem Barcode oder einem Transponder enthält die Auswerteeinheit ein Lesegerät, mit dem der Code erfasst und ausgewertet werden kann. Es besteht auch die Möglichkeit, in den Elektrogürtel ein EEPROM oder eine digitale oder analoge Elektronik zu integrieren. Durch Auswertung der Codierung lässt sich erkennen, ob der richtige Elektrogürtel an den Probanden angelegt worden ist und ob eine Kompatibilität zu der Auswerteeinheit vorliegt. Die Codierung kann in zweckmäßiger Weise Herstelldaten, Anzahl der Elektroden, Gürteltyp und Gürtelgröße enthalten.

[0017] In vorteilhafter Weise ist die Zuleitung zur drahtlosen Kommunikation zwischen dem Elektrogürtel und der Auswerteeinheit ausgebildet. Hierzu befindet sich ein Sender oder ein Sende-Empfänger in der Nähe des Elektrogürtels oder ist integraler Bestandteil des Elektrogürtels und ein korrespondierend dazu ausgebildeter Empfänger oder Sende-Empfänger ist an der Auswerteeinheit vorgeesehen.

[0018] Eine Ausgestaltung besteht darin, dass zwei benachbarte Elektroden im Bereich von Körpereinbuchtungen, zum Beispiel im Brustbereich oder im Bereich der Wirbelsäule, als Hinterlegung Formelemente aufweisen, durch die ein ausreichender Anpressdruck für die dort befindlichen Elektroden erreicht wird. Die Formelemente können dabei in den Gürtel integrierte Strukturen aus elastischem Material sein, die der Form der konkaven Einbuchtungen des Körpers nachempfunden sind und sich damit besonders gut der Körperkontur anpassen. Es ist auch möglich, die Formelemente außen am Gürtelmaterial im Bereich der benachbarten Elektroden zu befestigen, so dass die Elektroden beim liegenden Probanden durch die Formelemente angeedrückt werden. Die Kontaktflächen der Elektroden sind dabei so ausge-

bildet, beispielsweise in Form einer konvexen Struktur, dass der Anpressdruck nicht zu lokalen Hautschädigungen in Folge hoher punktueller Krafteinwirkung führt.

[0019] Der Elektrogürtel kann aus einzelnen Gürtelsegmenten bestehen, die über Gürtelverschlüsse miteinander verbunden sind. Die Gürtelsegmente sind dabei derart ausgeführt, dass sie eine gleiche Anzahl von Elektroden aufweisen. Bei insgesamt 16 Elektroden und zwei Gürtelsegmenten ergeben sich 8 Elektroden pro Segment.

[0020] In einer weiteren Ausführungsform besteht der Elektrogürtel aus vier Gürtelsegmenten mit jeweils vier Elektroden pro Segment. Die Aufteilung des Elektrogürtels in einzelne Gürtelsegmente hat den Vorteil, dass pro Gürtelsegment die Anzahl der parallel zu führenden Elektrodenzuleitungen reduziert wird.

[0021] Die Gürtelverschlüsse dienen zur mechanischen Verbindung der einzelnen Gürtelsegmente. Sie können aber neben der mechanischen Verbindung auch einen elektrischen Kontakt zum benachbarten Gürtelsegment herstellen. Die Zuleitung, die die Elektrodenzuleitungen des Elektrogürtels mit einer Auswerteeinheit verbindet, kann auf unterschiedliche Weise mit dem Elektrogürtel verbunden sein. Für den Fall, dass der Elektrogürtel aus einzelnen Gürtelsegmenten mit den dazugehörigen Gürtelverschlüssen besteht, können einzelne Zuleitungen direkt zu den Gürtelverschlüssen führen. Es ist aber auch möglich, mechanische und elektrische Verbindung zu trennen, indem Elektrodenzuleitungen eines Gürtelsegmentes in Richtung zur Mitte des Gürtelsegmentes verlegt und dort mit der Zuleitung verbunden werden. Enthält das Gürtelsegment acht Elektroden, und wird die Einspeisung in der Mitte des Gürtelsegmentes durchgeführt, so müssen, von der Einspeisestelle ausgehend, jeweils vier Elektroden kontaktiert werden. Der Vorteil eines in Gürtelsegmente mit zugehörigen Gürtelverschlüssen aufgeteilten Elektrogürtels besteht darin, dass sich diese Bauform bei einem liegenden, bewusstlosen Patienten leicht und schnell montieren lässt. Es genügt hierbei, den Probanden auf eine Seite zu drehen, dann auf der anderen Probandenseite unterhalb des Arms zwei mit einem Gürtelverschluss verbundene Gürtelsegmente um die Brust und den Rücken herunterhängend anzulegen. Danach wird der Proband zurück auf den Rücken gedreht und die Gürtelsegmente werden mit einem zweiten Gürtelverschluss verbunden. Durch Aufteilung des Elektrogürtels in einzelne Gürtelsegmente kann der Elektrogürtel im Notfall, zum Beispiel bei bevorstehender Defibrillation, auch schnell geöffnet werden. So lässt sich beispielsweise durch Öffnen eines Gürtelverschlusses das obere Gürtelsegment leicht entfernen, während

das darunterliegende Gürtelsegment unter dem Probanden verbleibt.

[0022] In einer weiteren Ausführungsform enthalten die Formelemente Hohlräume, die luftdicht gegen die Umgebung verschlossen sind und mit einem Medium, zum Beispiel Luft, einer Flüssigkeit oder einem Gel gefüllt sind. Diese Ausführungsform besitzt den Vorteil, dass durch die gefüllten Hohlräume die Gewichtskraft des aufliegenden Körpers gleichmäßiger verteilt und ein gleichmäßiger Anpressdruck der verschiedenen Elektroden erreicht wird. Bei Gasbefüllung entsteht durch die Kompressibilität des Gases eine zusätzliche Federwirkung, die die Elektroden besser an den Körper andrückt.

[0023] In einer weiteren Ausführungsform enthalten die Formelemente stabilisierende Einlagen größerer Härte, zum Beispiel Metalleinlagen, wie vorgeformte Messing- oder Aluminiumbleche. Diese Einlagen sind in den Elektrodenträger integriert und eingegossen. Es werden hierdurch die Formelemente mechanisch stabilisiert, andererseits können die Einlagen bei entsprechender Konstruktion als Federelemente wirken, zum Beispiel als eine Blattfeder, und damit Kräfte aufnehmen beziehungsweise die Elektroden zusätzlich anpressen. Es ist auch möglich, die Metalleinlagen so vorzuformen, dass sie sich besonders gut an die Körpereinbuchtungen im Brust- und Rückenbereich anpassen.

[0024] Eine Ausgestaltung des aus drei parallel verlaufenden Strängen bestehenden Elektrodengürtels besteht darin, das Formelement als ein Gelkissen auszuführen, welches zwischen die beiden äußeren Stränge und den in der Mitte liegenden Strang eingeklemmt wird. Bei angelegtem Elektrodengürtel wird das Gelkissen durch die beiden äußeren Stränge gegen den mittleren Strang gedrückt, wodurch die Elektrodenkontaktierung verbessert wird. Die Elektroden befinden sich hier am mittleren Strang. Ein Gelkissen ist besonders beim liegenden Patienten am Rücken geeignet, da es sich gut an die Körperoberfläche anpasst und Druckstellen vermeidet.

[0025] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Figuren gezeigt und im Folgenden näher erläutert.

[0026] Es zeigen:

[0027] [Fig. 1](#) einen Elektrodengürtel mit einer Auswerteeinheit,

[0028] [Fig. 2](#) den Elektrodengürtel nach der [Fig. 1](#) mit zwei symmetrisch angebrachten Zuleitungen,

[0029] [Fig. 3](#) einen Elektrodengürtel mit zwei Gürtelverschlüssen und symmetrischem Anschluss der Zuleitungen im Bereich der Gürtelverschlüsse,

[0030] [Fig. 4](#) den Elektrodengürtel nach der [Fig. 2](#) mit einem zweiten Gürtelverschluss,

[0031] [Fig. 5](#) einen Elektrodengürtel mit vorgewölbten Elektroden im Bereich einer Körpereinsenkung,

[0032] [Fig. 6](#) einen Elektrodengürtel mit Formelementen an zwei benachbart angeordneten Elektroden,

[0033] [Fig. 7](#) eine Aufsicht auf einen Elektrodengürtel mit zwei Gürtelsegmenten,

[0034] [Fig. 8](#) den Ausschnitt „E“ aus der [Fig. 7](#) mit einem Gürtelverschluss,

[0035] [Fig. 9](#) eine Schnittdarstellung längs der Schnittlinie A-A, entsprechend der [Fig. 8](#),

[0036] [Fig. 10](#) ausschnittsweise einen Elektrodengürtel mit drei Strängen in perspektivischer Ansicht,

[0037] [Fig. 11](#) eine Aufsicht auf den Elektrodengürtel nach der [Fig. 10](#),

[0038] [Fig. 12](#) eine Schnittdarstellung längs der Schnittlinie B-B des Elektrodengürtels nach der [Fig. 11](#),

[0039] [Fig. 13](#) Beispiele für gefaltete Elektrodenzuleitungen,

[0040] [Fig. 14](#) eine Aufsicht auf ein Gürtelsegment eines Elektrodengürtels,

[0041] [Fig. 15](#) eine Seitenansicht des Gürtelsegmentes nach der [Fig. 14](#) in Blickrichtung C,

[0042] [Fig. 16](#) eine alternative Ausführungsform des Elektrodengürtels nach der [Fig. 11](#) mit einem Gelkissen,

[0043] [Fig. 17](#) eine Seitenansicht des Elektrodengürtels nach der [Fig. 16](#),

[0044] [Fig. 18](#) einen Elektrodengürtel und eine Auswerteeinheit mit drahtloser Kommunikation.

[0045] [Fig. 1](#) zeigt schematisch einen Elektrodengürtel **1** für die Elektroimpedanz-Tomographie mit sechzehn Elektroden **2** an einem elastischen Elektrodenträger **3** aus Silikon. Der besseren Übersicht wegen sind die sechzehn Elektroden **2** mit den Ziffern **1–16** gekennzeichnet. Innerhalb des Elektrodenträgers **3** verlaufen in der [Fig. 1](#) nicht näher dargestellte Elektrodenzuleitungen, die an einer Einspeisestelle **4**, an der sich ein Gürtelverschluss **5** befindet, mit einer Zuleitung **6** verbunden sind. Über einen Verbindungsstecker **7** mit einem Verbindungskabel **8** und einem Gerätestecker **9** wird die Zuleitung

6 an eine Auswerteeinheit **10** angeschlossen, in welcher alle für die Impedanztomographie erforderlichen Berechnungen durchgeführt werden. Der Elektrodengürtel **1** wird um den Oberkörper eines in der [Fig. 1](#) nicht näher dargestellten Probanden gelegt, wobei der Elektrodengürtel **1** an dem Gürtelverschluss **5** geöffnet werden kann. Der Gürtelverschluss **5** stellt dabei sowohl eine mechanische als auch eine elektrische Verbindung her, da in der Zuleitung **6**, vom Gürtelverschluss **5** ausgehend, jeweils **8** durch Pfeile **11**, **12** veranschaulichte Elektrodenzuleitungen zu den Elektroden **2** verlaufen. Die Elektroden **2** sind im gleichen Abstand d zueinander angeordnet. Oberhalb des Elektrodengürtels **1** befindet sich eine Referenzelektrode **13**, die im Abstand D , bezogen auf den Elektrodengürtel **1**, ebenfalls am Körper des Probanden befestigt ist.

[0046] [Fig. 2](#) zeigt eine alternative Ausführungsform eines Elektrodengürtels **101**, der gegenüber dem Elektrodengürtel **1** nach der [Fig. 1](#) zwei Zuleitungen **61**, **62** besitzt, die separat von einem Gürtelverschluss **51** mit einem Elektrodenträger **31** verbunden sind. Von den Einspeisestellen **41**, **42** der Zuleitungen **61**, **62** ausgehend, verlaufen maximal vier Elektrodenzuleitungen längs der Pfeile **14**, **15** zu den Elektroden **2**. Gleiche Komponenten sind mit gleichen Bezugsziffern der [Fig. 1](#) versehen.

[0047] Bei dem Elektrodengürtel **102** nach der [Fig. 3](#) sind, gegenüber der Ausführungsform nach der [Fig. 2](#), die Zuleitungen **61**, **62** mit jeweils einem Gürtelverschluss **52**, **53** verbunden. Der Elektrodengürtel **102** besteht aufgrund der zwei Gürtelverschlüsse **52**, **53** aus einem ersten Gürtelsegment **33** und einem zweiten Gürtelsegment **34** mit einer jeweils gleich großen Anzahl von Elektroden **2**.

[0048] Der Elektrodengürtel **103** nach der [Fig. 4](#) unterscheidet sich von dem Elektrodengürtel **101** nach der [Fig. 2](#) durch einen zusätzlichen Gürtelverschluss **54**, durch den zwei Gürtelsegmente **35**, **36** mit gleicher Anzahl von Elektroden **2** gebildet sind.

[0049] [Fig. 5](#) zeigt schematisch einen an der Sternummulde **70** eines Probanden **71** anliegenden Elektrodengürtel **104**. Zur Überdeckung der Sternummulde **70** sind als Formelemente zwei benachbart angeordnete, vorgewölbte Elektroden **21**, **22** vorgesehen, die beim Anlegen des Elektrodengürtels **104** zu einer radialen Kraftkomponente führen.

[0050] [Fig. 6](#) veranschaulicht die Überdeckung der Spinalmulde **72** des Probanden **71** mit einem Elektrodengürtel **105**, bei dem in den Gürtel **105** eingearbeitete Formelemente in Form von wulstförmigen Vorsprüngen **73**, **74** als Hinterlegung für die Elektroden **2** dienen.

[0051] [Fig. 7](#) zeigt eine Aufsicht auf den Elektrodengürtel **103** nach der [Fig. 4](#) mit den Gürtelsegmenten **35**, **36** und den Gürtelverschlüssen **51**, **54**. Die Zuleitungen **61**, **62** führen direkt zu den Elektrodenzuleitungen **63**, die, von den Einspeisestellen **41**, **42** ausgehend, direkt zu den Elektroden **2** verlaufen.

[0052] In der [Fig. 8](#) ist der Ausschnitt E des Elektrodengürtels **103** nach der [Fig. 7](#) mit dem Gürtelverschluss **51** vergrößert dargestellt. Der Gürtelverschluss **51** besteht aus zwei gegeneinander verschiebbaren Laschen **55**, **56**, wobei eine erste Lasche **55** zwei sich verjüngende Langlöcher **57** besitzt und eine zweite Lasche **56** Nieten **58** aufweist. Die Nieten **58** sind vom Durchmesser derart bemessen sind, dass sie an derjenigen Stelle in die Langlöcher einführbar sind, wo diese den größten Innendurchmesser besitzen.

[0053] [Fig. 9](#) zeigt eine Schnittdarstellung des Elektrodengürtels **103** im Bereich des Gürtelverschlusses **51** längs der Schnittlinie A-A.

[0054] [Fig. 10](#) veranschaulicht in perspektivischer Ansicht einen Elektrodengürtel **106**, der aus drei parallel verlaufenden Strängen **75**, **76**, **77** besteht, die abschnittsweise über Querstreben **78** miteinander verbunden sind. Die Elektroden **2** befinden sich dabei mittig auf den Querstreben **78**. Die beiden äußeren Stränge **75**, **77** sind aus elastischem Vollmaterial gefertigt, während der mittlere Strang **76** zwar auch elastisch, aber innen hohl ist, so dass er Elektrodenzuleitungen **63** aufnehmen kann. Die Dehnrichtung des Elektrodengürtels **106** ist durch den Doppelpfeil **16** veranschaulicht.

[0055] [Fig. 11](#) zeigt eine Aufsicht auf den Elektrodengürtel **106** mit nebeneinander legenden Querstreben **78**, die im gleichen Abstand zueinander angeordnet sind.

[0056] [Fig. 12](#) veranschaulicht eine Schnittdarstellung des Elektrodengürtels **106** nach der [Fig. 11](#) längs einer Schnittlinie B-B. Die Elektrode **2** ist hier auf einer elastischen Membran **79** befestigt, die einen Hohlraum **80** abschließt. Die einzelnen Hohlräume **80** können zentral über den mittleren Strang **76** unter Druck gesetzt werden, wobei sich die Membranen **79** nach außen verwölben. Durch Veränderung des Druckes lässt sich der Anpressdruck der Elektroden **2** auf den Körper des Probanden beeinflussen.

[0057] Zur Zugentlastung der Elektrodenzuleitungen **63** sind diese innerhalb des mittleren Stranges **76** dreiecksförmig, schlaufenförmig oder mäanderförmig gefaltet, wie der [Fig. 13](#) zu entnehmen ist.

[0058] [Fig. 14](#) zeigt einen Elektrodengürtel **107**, der aus zwei identisch aufgebauten Gürtelsegmenten **37** mit jeweils acht Elektroden **2** besteht. In der [Fig. 14](#) ist

der besseren Übersicht wegen nur ein Gürtelsegment **37** dargestellt.

[0059] Das Gürtelsegment **37** hat zwei äußere Stränge **86, 87**, die aus elastischem Vollmaterial bestehen, und einen mittleren, hohlen Strang **88**, der zur Aufnahme der Elektrodenzuleitungen **63** dient. An den Enden des Gürtelsegmentes **37** befinden sich Stecklaschen **89, 90** als Einspeisestellen, die jeweils vier Steckanschlüsse **91, 92** zur Kontaktierung von vier Elektroden **2** aufweisen. Innerhalb des hohlen Stranges **88** müssen somit nur maximal vier Elektrodenzuleitungen **63** parallel geführt werden.

[0060] Zwei Stecker **93, 94** mit Zuleitungen **64, 65** für die Elektroden **2** des Gürtelsegmentes **37** besitzen zwei parallel liegende Reihen mit Kontaktstiften **95, 96**, die mit den Steckanschlüssen **91, 92** verbunden werden können. Mit den Kontaktstiften **95, 96** und den Steckanschlüssen **91, 92** wird das Gürtelsegment **37** sowohl mechanisch als auch elektrisch mit den Steckern **93, 94** verbunden. Ein zweites, in der [Fig. 14](#) nicht dargestelltes Gürtelsegment **37** wird an die beiden freien Kontaktstifte **95, 96** der Stecker **93, 94** angeschlossen. Mit zwei Gürtelsegmenten **37** und den Steckern **93, 94** ergibt sich der vollständige Elektrodengürtel **107**. Die Stecker **93, 94** in Kombination mit Stecklaschen **89, 90** bilden die Gürtelverschlüsse **59, 60** des Elektrodengürtels **107**.

[0061] [Fig. 15](#) veranschaulicht eine Seitenansicht des Elektrodengürtels **107** in Blickrichtung C nach der [Fig. 14](#). Gleiche Komponenten sind mit gleichen Bezugsziffern der [Fig. 14](#) versehen. Die Elektroden **2** sind in gleichen Abständen zueinander auf dem Gürtelsegment **37** angeordnet. Die Elektroden **2** im Bereich der Gürtelmitte besitzen als Hinterlegung Formelemente **97, 98**, um im Thorax- oder Rückenbereich eine gute Kontaktierung zu erreichen.

[0062] In der [Fig. 16](#) ist eine alternative Ausführungsform des Elektrodengürtels **106** nach der [Fig. 11](#) dargestellt. Die benachbart liegenden Elektroden **2** besitzen als Formelement ein Gekissen **99**, welches zwischen den äußeren Strängen **75, 77** und dem mittleren Strang **76** eingeklemmt ist. [Fig. 16](#) zeigt eine Aufsicht auf den Elektrodengürtel **106**, bei der die Elektroden **2** verdeckt sind.

[0063] [Fig. 17](#) veranschaulicht eine Seitenansicht des Elektrodengürtels **106** nach der [Fig. 16](#), welcher an der Sternalmulde **70** eines Probanden **71** anliegt. Durch die äußeren Stränge **75, 77** wird bei angelegtem Elektrodengürtel **106** über das Gekissen **99** eine radiale Kraft auf den mittleren Strang **76** ausgeübt, wodurch die Elektroden **2** an die Sternalmulde **70** angedrückt werden.

[0064] [Fig. 18](#) zeigt das Konzept einer drahtlosen Anbindung eines Elektrodengürtels **1** an eine Aus-

werteinheit **1a**. Bei dieser Ausführungsform wird eine Analog- und Digitalelektronik **82** zusammen mit einem Sende-Empfänger **83** in einem probandennahen Gehäuse **84** untergebracht. Die innerhalb des Gehäuses **84** untergebrachten Elektronikkomponenten werden durch eine eigene Stromversorgung mit elektrischer Energie versorgt. Bevorzugt wird die Analog- und Digitalelektronik **82** mit niedrigem Energieverbrauch konzipiert, wodurch sich als Energieversorgung Akkumulatoren oder Batterien einsetzen lassen. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform werden zwei Akkumulatorensätze eingesetzt, die durch einen geeigneten mechanischen oder mechanisch-elektrischen Wechsellverschluss einzeln entfernt und in einer externen Ladestation wieder aufgeladen werden können. Auf diese Weise muss der Messbetrieb beim Wechsel des Akkumulators nicht unterbrochen werden. Vor der Auswerteeinheit **10** befindet sich ebenfalls ein Sende-Empfänger **85**, der die Messsignale des Elektrodengürtels **1** aufnimmt. Die drahtlose Kommunikation erfolgt dabei über eine Infrarot-Übertragungsstrecke oder über eine Funkstrecke mit niedriger Leistung. Durch die drahtlose Anbindung des Elektrodengürtels **1** an die Auswerteeinheit **10** lässt sich die Auswerteeinheit **10** ortsunabhängig vom Probanden-Interface platzieren, und es werden lange Kabelverbindungen, die zudem auch stör anfällig sind, vermieden. Der Elektrodengürtel **1** besitzt außerdem eine Codiereinrichtung **81** in Form eines EEPROMS, die beim Anschluss der Zuleitung **6** aktiviert wird. Es lässt sich so erkennen, ob der richtige Elektrodengürtel **1** an die Auswerteeinheit **10** angeschlossen ist.

Patentansprüche

1. Elektrodengürtel für die Elektroimpedanz-Tomographie mit mindestens 16 Elektroden (**2**) auf einem zumindest stückweise elastischen Gürtelmaterial, welches einen zu messenden Probanden (**71**) am Körperumfang vollständig umschließt, und mit längs des Gürtelmaterials verlaufenden, in das Gürtelmaterial integrierten Elektrodenzuleitungen (**63**), die an zumindest einer Einspeisestelle (**4, 41, 42, 89, 90**) mit einer externen Zuleitung (**6, 61, 62, 64, 65**) verbunden sind, wobei das Gürtelmaterial aus mindestens drei parallel verlaufenden, abschnittsweise über Querstreben (**78, 708**) verbundenen Strängen (**75, 76, 77, 86, 87, 88**) besteht, die Elektroden (**2**) im Bereich der Querstreben (**78, 708**) angebracht sind und ein Strang (**76, 88**) hohl und zur Aufnahme der Elektrodenzuleitungen (**63**) ausgebildet ist.
2. Elektrodengürtel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektroden (**2**) in gleichen Abständen auf dem Gürtelmaterial angeordnet sind.
3. Elektrodengürtel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Gürtelmaterial aus Silikon besteht.

4. Elektrodengürtel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodenzuleitungen (**63**) dreiecksförmig, mäanderförmig oder schlaufenförmig gefaltet sind.

5. Elektrodengürtel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrodengürtel eine Codierungseinrichtung (**81**) aufweist.

6. Elektrodengürtel nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Codierungseinrichtung (**81**) als eine Steckverbindung an der Zuleitung (**6**), ein Magnetstreifen, ein Barcode-Streifen, ein EEPROM, ein Transponder oder eine digitale-/analoge Elektronik ausgeführt ist.

7. Elektrodengürtel nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (**82**, **83**, **85**) zur drahtlosen Kommunikation des Elektrodengürtels (**1**) mit einer Auswerteeinheit (**10**) vorhanden sind.

8. Elektrodengürtel nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (**82**, **83**) zur drahtlosen Kommunikation in Baueinheit mit dem Elektrodengürtel (**1**) verbunden sind.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

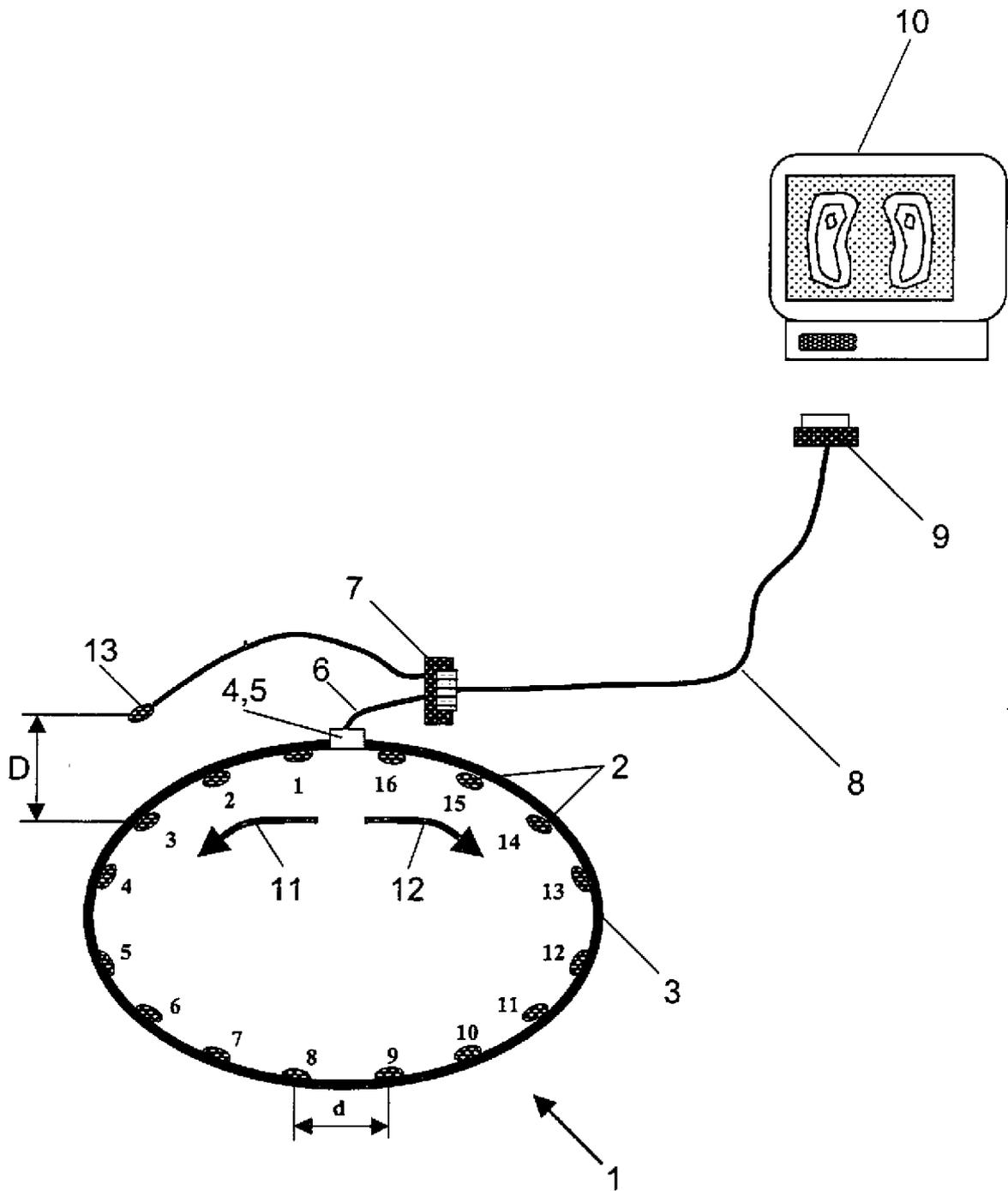


Fig. 1

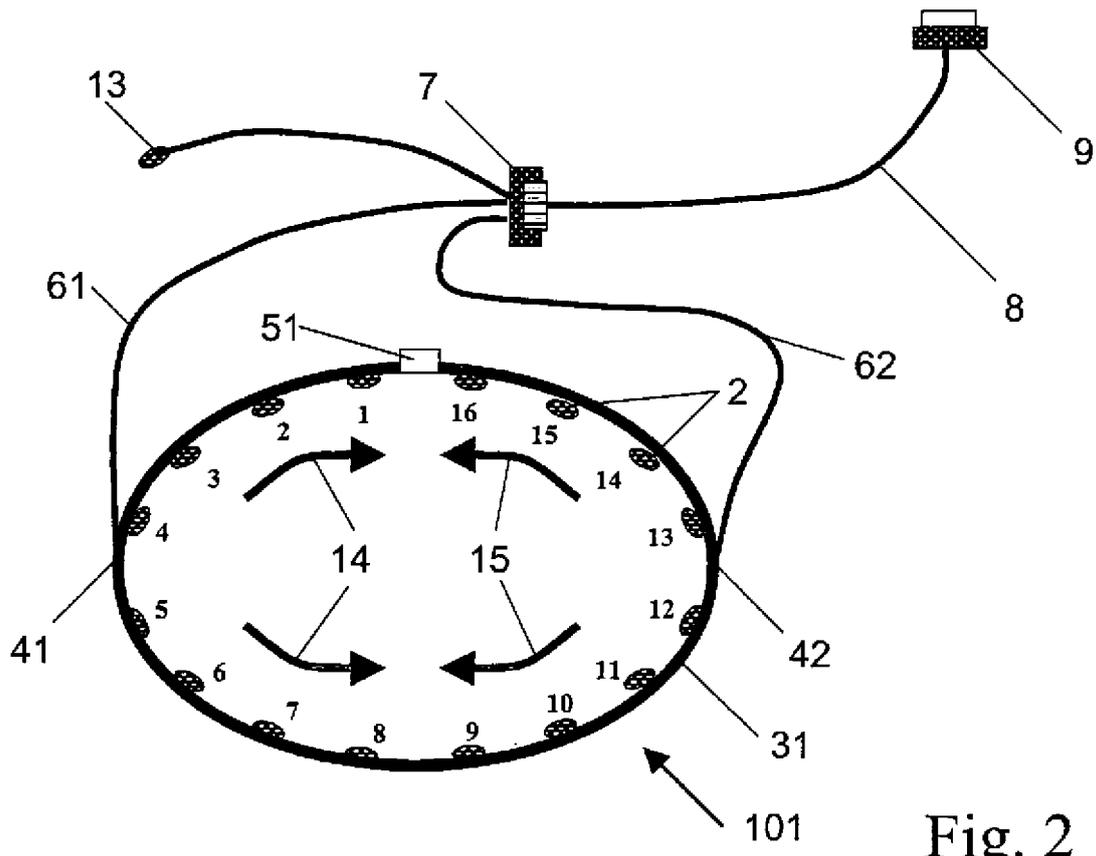


Fig. 2

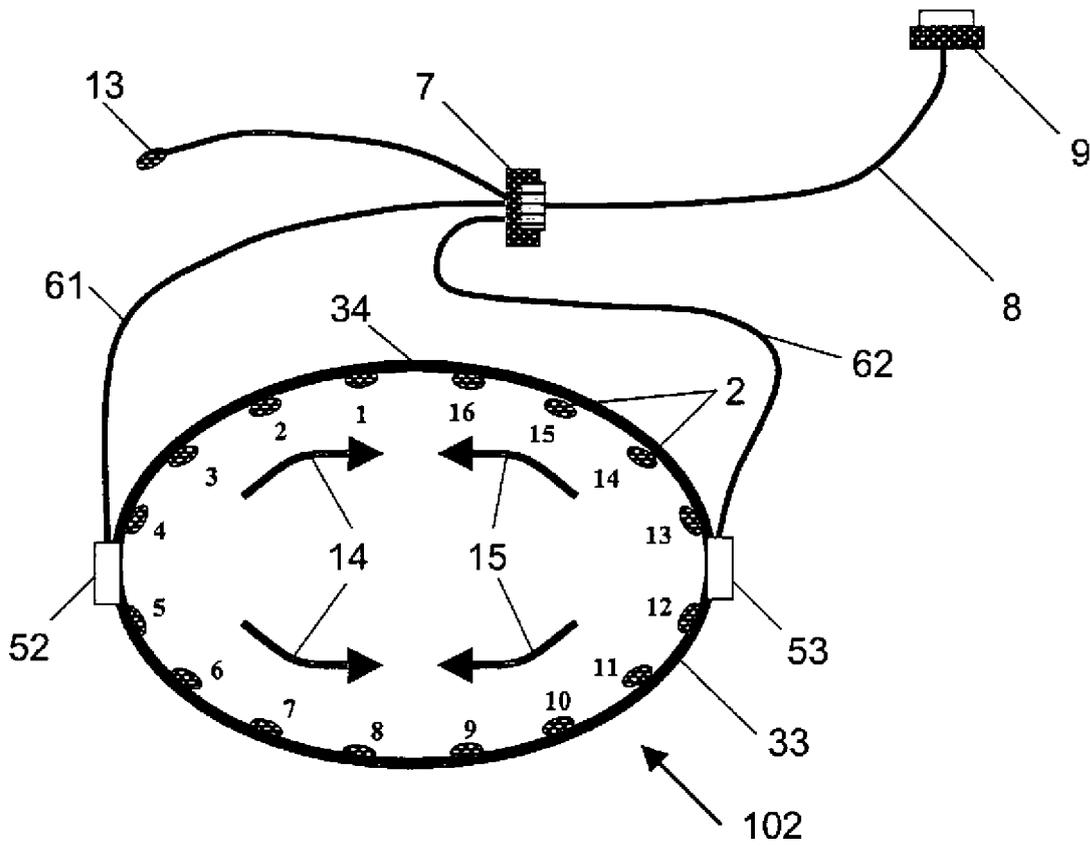


Fig. 3

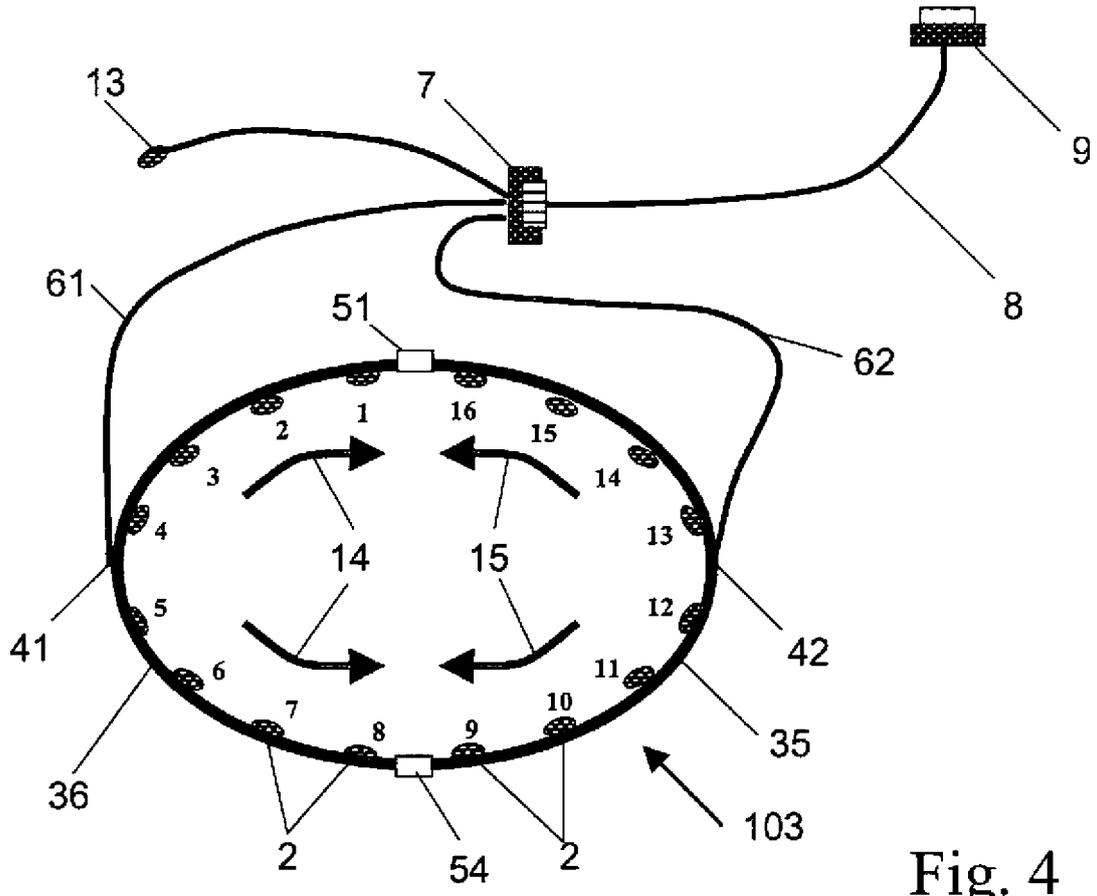


Fig. 4

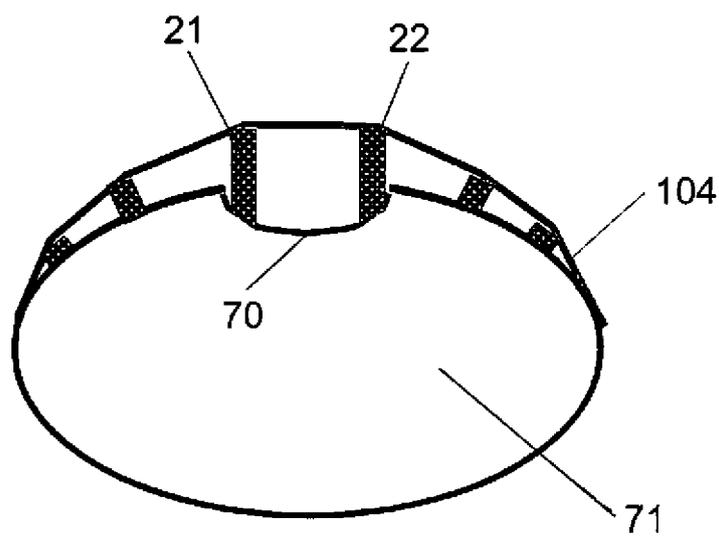


Fig. 5

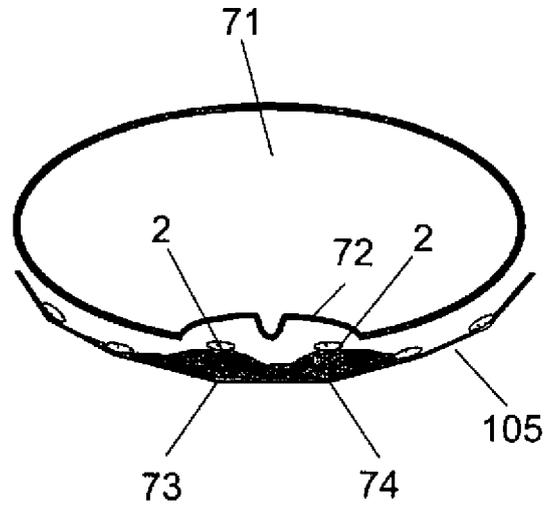


Fig. 6

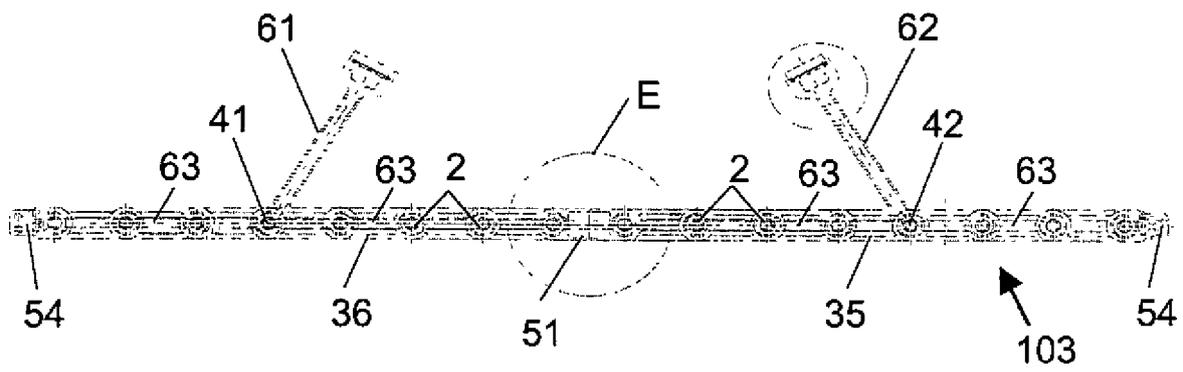


Fig. 7

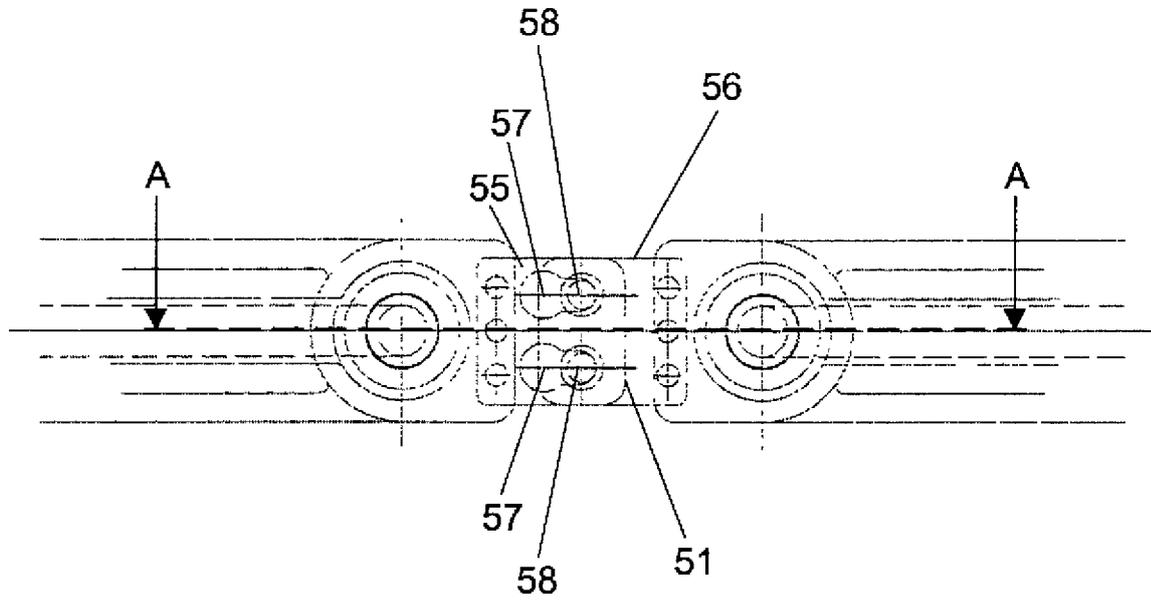


Fig. 8

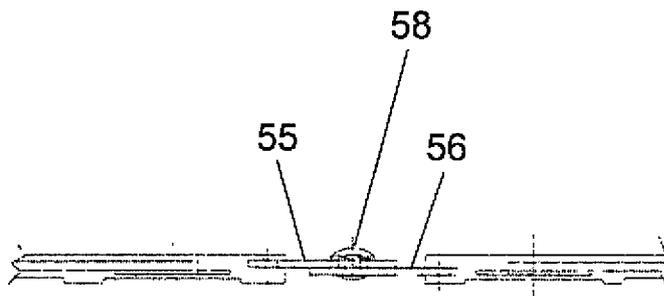


Fig. 9

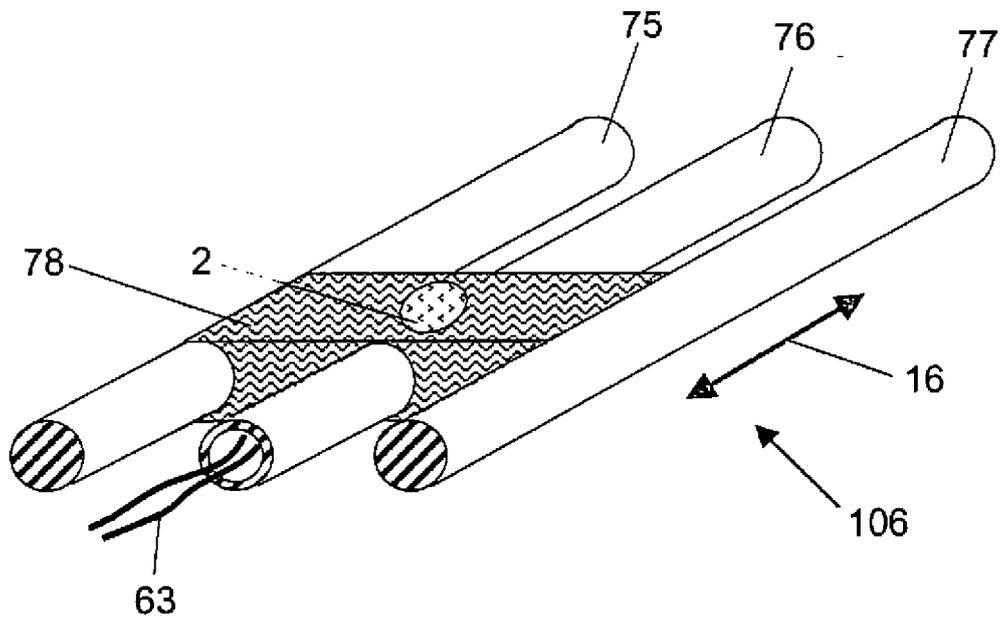


Fig. 10

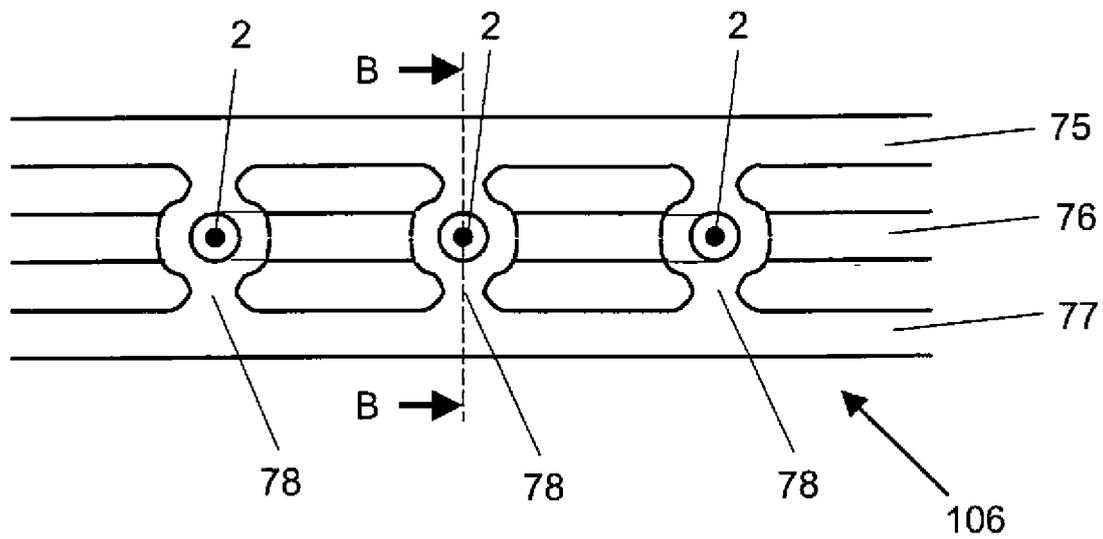


Fig. 11

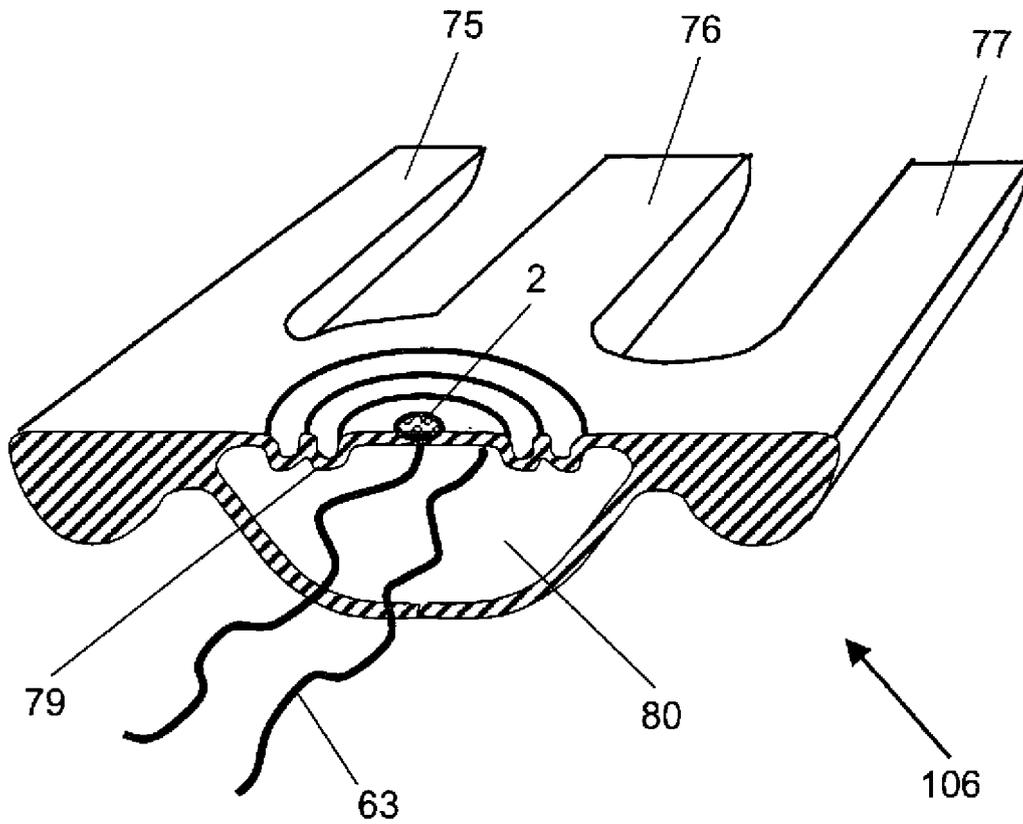


Fig. 12

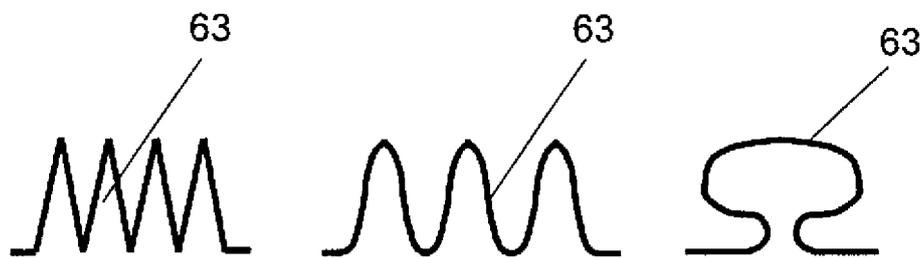


Fig. 13

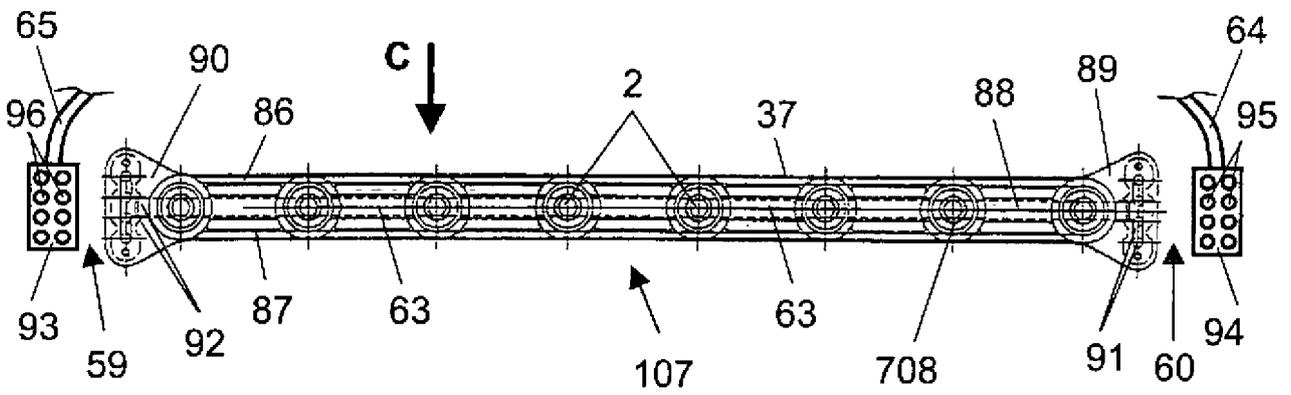


Fig. 14

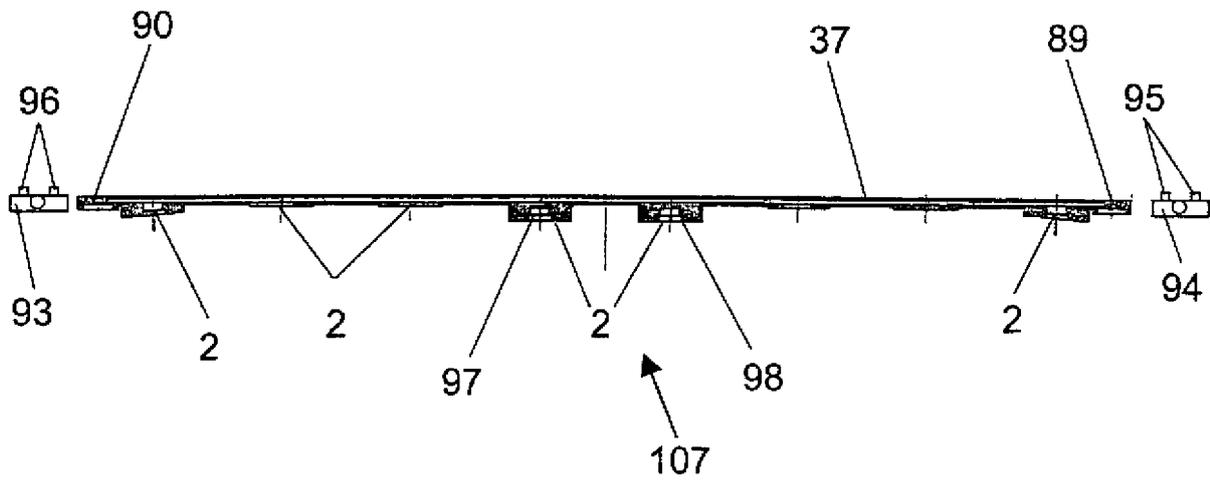


Fig. 15

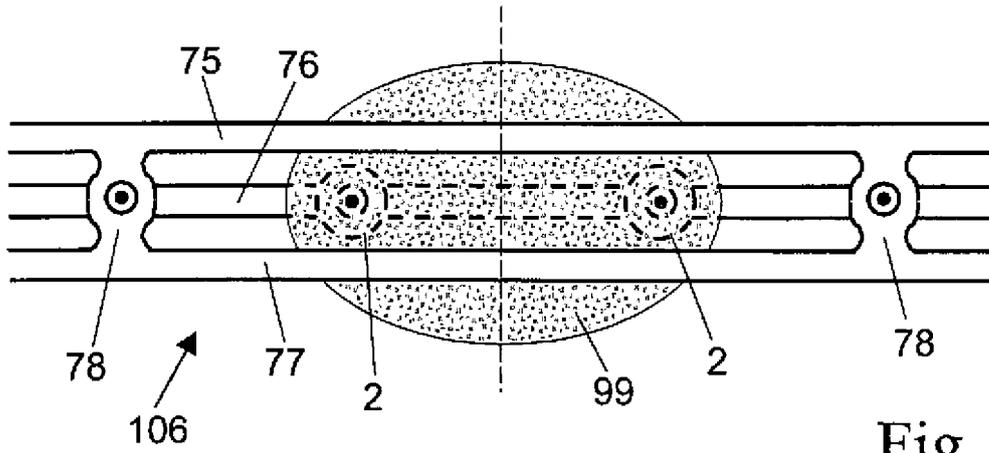


Fig. 16

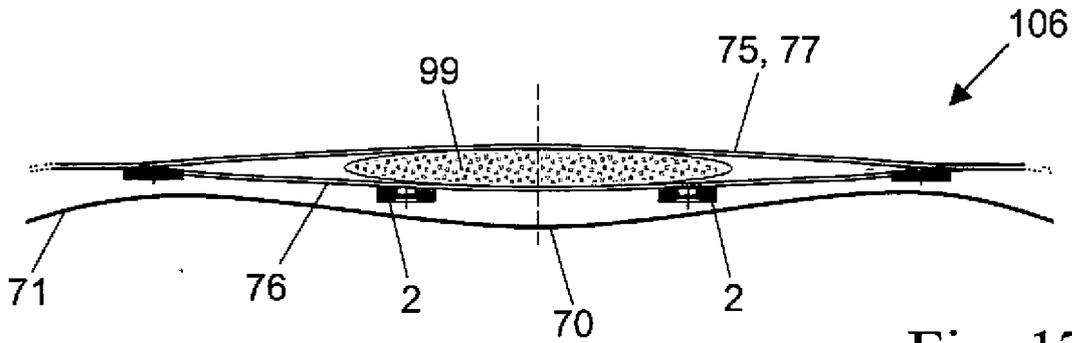


Fig. 17

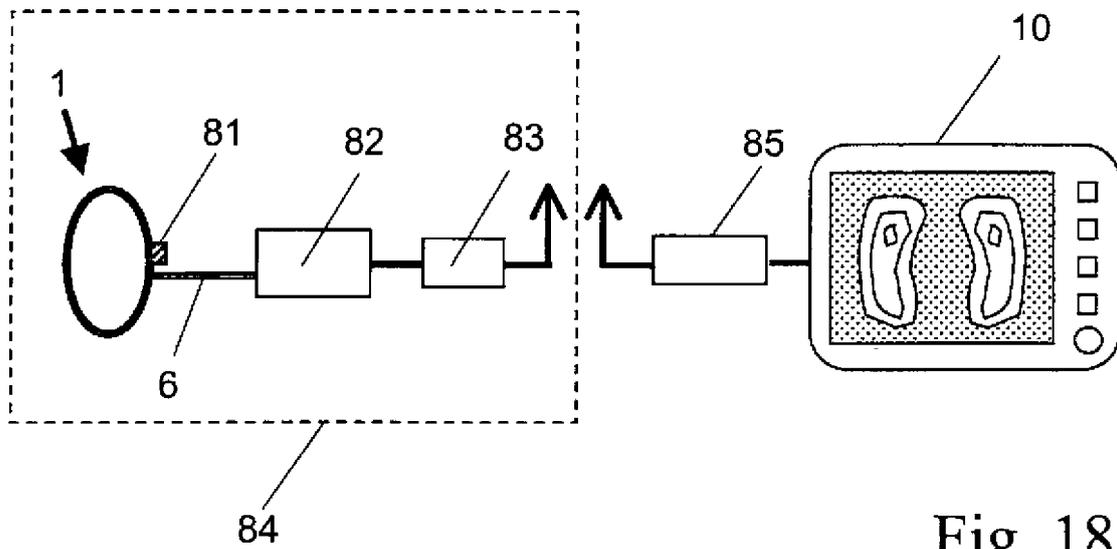


Fig. 18