



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 13 796 T2** 2007.09.06

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 563 268 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 13 796.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FI03/00604**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 792 435.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2004/018986**

(86) PCT-Anmeldetag: **15.08.2003**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **04.03.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.08.2005**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **09.05.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.09.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G01L 1/16** (2006.01)
A61B 5/11 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

20021508 21.08.2002 FI

(73) Patentinhaber:

Finsor Oy, Espoo, FI

(74) Vertreter:

**RA u. PA Volkmar Tetzner; PA Michael Tetzner; RA
Thomas Tetzner, 81479 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,
TR**

(72) Erfinder:

Ruotoistenmäki, Heikki, 02210 Espoo, FI

(54) Bezeichnung: **Kraft- oder Drucksensor**

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

[0001] Die Erfindung betrifft einen Kraft- oder Drucksensor, umfassend einen im Wesentlichen starren, gegen mechanische Belastung resistenten Rahmen, eine flexible Membran, die über seine Randkante am Rahmen befestigt ist, und eine piezoelektrische Sensormembran, die auf der Oberfläche der flexiblen Membran appliziert ist.

[0002] Die Erfindung betrifft zudem ein Verfahren zum Anwenden dieses Verfahrens, wie etwa, dass eine schlafende oder liegende Person auf ihren oder seine Herzfrequenz und Atemamplitude sowie -frequenz gemessen werden kann.

[0003] Die Patentschriften US-4,570,097, US-4,567,395, US-4,590,400 und US-5,353,633 offenbaren eine piezoelektrischen Drucksensor zum Messen von Änderungen eines Zylinderdrucks in einem Verbrennungsmotor während der Zündung. Der Zylinderdruck wird mittels eines separaten Übertragungskörpers auf ein Piezoelement appliziert, das einer Kompression gemäß einer Druckänderung ausgesetzt wird, die im Motorzylinder auftritt. Da der Piezokristall komprimiert wird und seine Oberfläche relativ klein ist, bleibt die Ansprechempfindlichkeit des Sensors vergleichsweise niedrig. Der Sensor ist strukturell nicht so entworfen, dass er gleichzeitig eine hohe Tragfähigkeit und eine hohe Empfindlichkeit bietet.

[0004] Die veröffentlichte Anmeldung WO 99/47044 offenbart einen piezoelektrischen Drucksensor zum Messen von Blutdruckänderungen in einem Blutgefäß. Der Puls eines Blutgefäßes wird mittels einer Übertragungsmembran und einer Stange auf ein Piezoelement geliefert, das entsprechend einer im Blutgefäß auftretenden Druckänderung einer Verbiegung ausgesetzt ist. Da die Belastung durch eine empfindliche Übertragungsmembran aufgenommen wird, weist der Sensor einen bemerkenswert geringen statischen Widerstand gegen Druck auf. Zudem ist das Piezoelement des Sensors strukturell asymmetrisch.

[0005] Die Patentschrift US-5,365,937 beschreibt einen piezoelektrischen Sensor zum Messen der Herzmuskelfrequenz auf der Oberfläche der Haut. Etwas des Gehäuses des Sensors besteht aus einem Piezoelement. Da etwas des Gehäuses des Sensors aus einem Piezoelement besteht, ist der statische Widerstand des Sensors gegen Druck relativ moderat. Die auf das Piezoelement im Sensor applizierte Bewegung wird über die gesamte Oberfläche des Piezoelements übertragen.

[0006] Die Patentschrift US-4,803,671 offenbart einen Sensor für akustische Druckwellenimpulse, wobei eine piezoelektrische Messmembran in einem Raum zwischen zwei Kopplungsmembranen ange-

ordnet ist, die mit einem Kopplungsmedium gefüllt sind. Dieser Sensor ist auch nicht in der Lage, mit größeren äußeren Belastungen zurechtzukommen.

[0007] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, einen Kraft- oder Drucksensor bereitzustellen, der gut in der Lage ist, mit größeren äußeren Belastungen zurechtzukommen, dennoch gleichzeitig äußerst empfindlich sogar für sehr geringe Änderungen der Kraft oder des Drucks ist.

[0008] Diese Aufgabe wird durch einen Kraft- oder Drucksensor gelöst, der mit den kennzeichnenden Merkmalen ausgestattet ist, die im beigefügten Anspruch 1 dargelegt werden. Die abhängigen Ansprüche offenbaren bevorzugte strukturelle Lösungen der Erfindung, die beim Erreichen des obigen Ziels helfen.

[0009] Auf Grund der Merkmale eines Sensors der Erfindung, d. h. einer hohen Lastauslegung und Ansprechempfindlichkeit, kann er mit besonderen Vorteilen bei einem Verfahren eingesetzt werden, durch das eine schlafende oder liegende Person auf ihre oder seine Herzfrequenz und Atemamplitude sowie -frequenz gemessen wird. Die für das Verfahren charakteristischen Merkmale werden im beigefügten Anspruch 12 dargelegt. Optionen zur Implementierung des Verfahrens werden in den Ansprüchen 13 und 14 dargelegt.

[0010] Der erfinderische Kraft- oder Drucksensor und seine Anwendung werden nun detaillierter unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung beschrieben werden, wobei

[0011] [Fig. 1](#) einen Kraft- oder Drucksensor der Erfindung in einer Schnittansicht zeigt,

[0012] [Fig. 2](#) eine Variante für den Sensor von [Fig. 1](#) zeigt, die zum Messen von Änderungen eines Flüssigkeits- oder Gasdrucks verwendet werden kann,

[0013] [Fig. 3](#) ein Verfahren zur Anwendung des Sensors zum Vermessen einer schlafenden oder liegenden Person auf seine oder ihre Herzfrequenz und Atemamplitude sowie -frequenz darstellt, und

[0014] [Fig. 4](#) ein Verfahren für eine alternative Anordnung des Sensors zeigt, der sonst gleich zu [Fig. 3](#) ist.

[0015] Der im Folgenden zu beschreibende Sensor weist Eigenschaften wie einen hohen Widerstand gegen Kraft oder Druck, eine hohe Empfindlichkeit, einen beschwerdefreien Betrieb, eine Einfachheit der erforderlichen Elektronik und eine breite Frequenzwiderholung auf. Überraschenderweise werden all diese Eigenschaften mit einer Sensoranordnung er-

reicht, die hierin im Folgenden beschrieben wird.

[0016] Ein Sensorrahmen **1** ist im Wesentlichen starr und resistent gegen mechanische Belastungen. Deshalb ist der Rahmen **1** beispielsweise aus rostfreiem Stahl gefertigt. Eine Sensorabdeckung **4** ist ebenfalls im Wesentlichen starr und resistent gegen mechanische Belastungen und ist vorzugsweise aus rostfreiem Stahl oder einem anderen geeigneten Metall gefertigt. Der Rahmen **1** und die Abdeckung **4** sind Metallblöcke in der Form von Rotationskörpern. Sie können auch aus einem Kunststoff- oder Verbundmaterial oder einem anderen starren, haltbaren Material gefertigt sein. Das tatsächliche Sensorelement umfasst eine piezoelektrische Keramikmembran **3**, die auf einer dünnen, flexiblen Metallmembran **2** appliziert ist. Die flexible Metallmembran ist wiederum durch seine Umfangskante zwischen dem Rahmen **1** und der Abdeckung **4** angebracht. Der Rahmen **1** und die Abdichtung **4** grenzen dazwischen eine geschlossene, hermetisch verschlossene Gehäusekammer ab, wobei die flexible Membran **2** und die Sensormembran **3** darin angeordnet sind.

[0017] Bezüglich ihres Durchmessers ist die piezokeramische Sensormembran **3** kleiner als die Metallmembran **2**, was daran liegt, dass die Umfangskante der Sensormembran **3** in einem Abstand vom inneren Umfang der Gehäusekammer zurückbleibt. Solch eine Kombination aus einer Metallmembran und einer piezokeramischen Sensormembran ist bereits bekannt und wird im Allgemeinen in piezoelektrischen Lautsprechern zum Erzeugen von Schall durch Leitung eines elektrischen Signals an die Membran verwendet. Solch ein piezoelektrischer Lautsprecher ist bereits beispielsweise aus der Patentschrift US-2002/0067840A1 bekannt.

[0018] Die Abdeckung **4**, die als ein Belastungselement fungiert, ist mit einem Vorsprung oder einer Schulter **4a** versehen, der bzw. die gegen die flexible Membran **2** in ihrem Mittelabschnitt aufliegt, und daher die flexible Membran **2** und die daran angebrachte Sensormembran **3** vorspannt. Eine das Sensorsignal übertragende Feder **5** steht gegenüber dem Abdeckungsvorsprung **4a** mit der Sensormembran **3** in Kontakt. Der Rahmen **1** und die Membranen **2** und **3** sind alle drehsymmetrisch in Bezug auf den Abdeckungsvorsprung oder die Schulter **4a**. Trotz der Tatsache, dass die Abdeckung eine Belastungsauslegung oder Belastungskapazität aufweist, die sehr hoch ist, typischerweise mehr als 50 kg und vorzugsweise mehr als 100 kg, weist der Sensor eine hohe Ansprechempfindlichkeit auf Änderungen einer Kraft F oder eines Drucks p auf. Es ist in praktischen Experimenten entdeckt worden, dass der Sensor ein klares und hoch entzifferbares Ausgangssignal liefert, sowie die Änderung einer auf die Abdeckung **4** angelegten Belastung weniger als 10^{-6} , sogar weniger als $10^{-9} \times$ Belastungsauslegung der Abdeckung **4** be-

trägt. In diesem Zusammenhang bezieht sich die Belastungsauslegung der Abdeckung auf ihren elastischen Belastungsabschnitt, über den der Sensor seine Funktionalität und hohe Ansprechempfindlichkeit bewahrt.

[0019] Ein Verstärker **6** und seine Schaltplatine **7** sind innerhalb der Gehäusekammer lokalisiert, die durch den Rahmen **1** und die Abdeckung **4** abgegrenzt wird. Der Verstärker **6** weist eine derart angepasste Impedanz auf, dass er eine gewünschte Einschwingzeit bietet, während der der Ausgang des Verstärkers **6** im Wesentlichen auf null gestellt wird, sowie die auf die Abdeckung **4** applizierte Last unverändert bleibt. Somit wird die Eingangsimpedanz des Verstärkers **6** verwendet, um den Sensor an verschiedene Anwendungen anwendbar zu machen, bei denen die gemessene Schwankung der Kraft oder des Drucks bei einer niedrigen oder einer hohen Frequenz erfolgen kann. Das Ausgangskabel **8** des Sensors, das sich vom Verstärker **6** verstreckt, umfasst ein einadriges oder mehradriges abgeschirmtes Kabel.

[0020] [Fig. 2](#) unterscheidet sich vom Ausführungsbeispiel von [Fig. 1](#) darin, dass die Abdeckung **4** eine mit Gewinde versehene Hülse **9** aufweist, die mit einem Adapterelement **10**, **11** versehen ist, mit Hilfe dessen die Abdeckung **4** mit Änderungen eines Flüssigkeits- oder eines Gasdrucks belastet werden kann. Das Element **10** grenzt eine Druckkammer ab und das Element **11** ist beispielsweise ein mit Gewinde versehenes Anschlussstück.

[0021] Beim Ausführungsbeispiel von [Fig. 1](#) ist die Abdeckung **4** zudem in der Mitte mit einem nach oben weisenden Vorsprung **4b** versehen, der der mechanischen Belastung ausgesetzt wird. Die Abdeckplatte **4** weist eine Dicke zwischen einer Randmanschette **4c** und den mittigen Vorsprüngen **4a**, **4b** in der Größenordnung von 1 mm auf und der Sensordurchmesser kann in der Größenordnung von 2 bis 3 cm liegen.

[0022] Die Funktionsweise des Sensors beruht auf der Tatsache, dass sich, sowie eine Druckkraft auf den abstehenden Teil **4b** im Mittelabschnitt der Abdeckplatte **4** ausgeübt wird, das Abdeckelement **4** leicht nach innen drückt und die Piezomembran **3** mit ihrem Vorsprung **4a** verbiegt. Die Verbiegung des Abdeckelements **4** muss allerdings sehr gering sein, da die keramische Piezomembran **3** leicht zerbrochen wird. Bei Verbiegung erzeugt die Piezomembran **3** ein Potential, das mittels der Kontaktfeder **5** zum Hochimpedanz-Verstärker **6** geleitet wird. Der Verstärker **6** regelt die Eingangsimpedanz niedriger, wodurch die Unanfälligkeit des Signals gegen Interferenz verbessert wird.

[0023] Die Anwendung eines Sensors der Erfindung

wird nun in Verbindung mit einem verfahren beschrieben, wodurch eine schlafende oder liegende Person auf seine oder ihre Herzfrequenz und Atmungsamplitude sowie -frequenz vermessen wird. Bei dem Verfahren kann eine schlafende Person auf seine oder ihre Herzfrequenz und Atmungsamplitude vermessen werden, ohne dass irgendwelche Kabel oder Messfühler mit der Person verbunden sind, ungeachtet der Liegehaltung der Person (auf seinem oder ihrem Rücken, der Seite oder dem Bauch). Das Verfahren nutzt ein ballisto-cardiographisches Signal, das durch das Herz und eine Gewichtsänderung in einer Person bei Rast erzeugt wird, das von Lungenbewegungen und -spannungen herrühren. Die Messung ist durch einen Sensor der Erfindung ermöglicht worden, der gleichzeitig mit einer hohen Belastungsauslegung und einer hohen Ansprechempfindlichkeit versehen ist.

[0024] [Fig. 3](#) stellt eine erste Alternative des Verfahrens dar, wobei unter dem Pfosten oder den Pfosten eines Betts ein entsprechender Sensor **13** platziert ist, wie er oben beschrieben wurde, die eine Änderung der Kraft oder des Drucks identifizieren. Sowie eine Person liegt, identifiziert der Sensor über die Zwischenschaltung eines Bettrahmens **16** eine Gewichtsänderung, die durch das Herz sowie die Atmung verursacht wird. Die Signalverarbeitung wird unter Verwendung eines Filters **17** für die Filterseparation einer hochfrequenten Komponente bewirkt, die aus dem Sensor **13** kommt, wodurch die Vermessung eines Herzschlags einer Person auf seine Amplitude und Frequenz ermöglicht wird. Ein Oszilloskop **18** ist mit einer graphischen Darstellung versehen, der die Herzfunktion repräsentiert. Unter Verwendung eines Filters **19** für die Filterseparation einer niederfrequenten Komponente, die aus dem Sensor **3** kommt, ist es möglich, die Amplitude sowie die Frequenz der menschlichen Atmung zu vermessen, wobei eine graphische Darstellung, die dieselbe repräsentiert, auf einem Oszilloskop **20** angezeigt werden kann. Die Oszilloskope **18** und **20** sind wahlweise durch einen Drucker oder einen elektronischen Speicher ersetzbar, aus dem die graphischen Darstellungen auf einen Computerbildschirm übertragen werden können.

[0025] Bei der alternative von [Fig. 4](#) ist der Sensor **13** zwischen einer oberen Matratze **14** und einer tatsächlichen Matratze **15** in einem Bett **12** in Linie mit der Brust einer Person platziert. Der Sensor **13** wird mittels von Paneelen **21** und **22**, die starrer sind als die Matratzen und zwischen denen der Sensor **13** positioniert ist, daran gehindert, in die obere Matratze **14** und/oder die tatsächliche Matratze **15** zu sinken. Beim dargestellten Fall liegen unter der oberen Matratze **14** ein elastisches Paneel **20**, das sich im Wesentlichen quer über die Breite der Matratze erstreckt, und darunter ein starres Unterstützungspaneel **22**, dessen Oberfläche derart innerhalb eines

Abschnitts des oberen Körpers eingegrenzt ist, dass die Funktion der tatsächlichen Matratze **15** nicht wesentlich behindert wird. Unter Verwendung der Paneele **21**, **22** einer geeigneten Oberfläche ist es möglich, die Herzfrequenz sowie die Atmung verlässlich über eine stärker ausgedehnte Fläche (und, wenn gewünscht, eine Änderung der Schlafhaltung einer schlafenden Person während des Schlafs) zu identifizieren. Daher wird der Komfort einer Schlafplattform nicht durch das Sensorsystem beeinträchtigt.

[0026] Das Verfahren kann bei der Überwachung oder Betreuen von Herzpatienten, Lungenpatienten, Demenzpatienten, Schlafapnoe-Patienten, des Schlafs eines Kindes etc. verwendet werden.

[0027] Andere mögliche Anwendungen für einen Sensor der Erfindung beinhalten:

- Abnutzung von Maschinenlagern (Hörbereich)
- Druckänderungen in der Verbrennungskammer eines Motorzylinders
- Dynamische Belastung von Traglagern (Messung bei niedrigen Frequenzen; auf Achsen etc. ausgeübte Belastungen und Drehmomente)
- Taumelbewegungen von Baustrukturen (Schwingungen von hohen Gebäuden und Schornsteinen, beispielsweise als Ergebnis von Windeinwirkung)
- als ein seismographischer Sensor zum Steuern eines Erdbeben-Alarmsystems (wohnungsspezifischer Alarm wie bei einem Feuersalarm)
- als ein Überwachungsgerät in Gebäuden (das in der Lage ist, eine Absenkung des Bodens zu erfassen)
- der Sensor kann durch Modifizieren des Abdeckungsplattendesigns auch zum Messen eines Flüssigkeits- oder Luftdrucks verwendet werden.

Patentansprüche

1. Kraft- oder Drucksensor, umfassend
 - einen im Wesentlichen starren, gegen mechanische Belastung resistenten Rahmen (**1**),
 - eine flexible Membran (**2**), die über ihrer Umfangskante an den Rahmen (**1**) befestigt ist,
 - eine piezoelektrische keramische, d. h. piezokeramische, Sensormembran (**3**), die an der Oberfläche der flexiblen Membran (**2**) angebracht ist, und
 - eine im Wesentlichen starre Abdeckung (**4**) zum Belasten der Sensormembran (**3**), die in der Lage ist, eine mechanische Belastung von mehr als 50 kg, vorzugsweise mehr als 100 kg zu tragen, wobei die Abdeckung (**4**) einen Vorsprung oder eine Schulter (**4a**) aufweist, die gegen einen Mittelabschnitt der flexiblen Membran (**2**) aufliegt und somit durch Verbiegen die flexible Membran (**2**) und die daran angebrachte piezokeramische Sensormembran (**3**) vorspannt, wobei der Rahmen (**1**) und die Abdeckung (**4**) dazwischen eine geschlossene Gehäusekammer abgrenzt, wobei die flexible Membran (**2**) und die piezo-

keramische Sensormembran (3) darin angeordnet sind, wobei der Rahmen (1), die Abdeckung (4) und die Membranen (2, 3) dreh-symmetrisch in Bezug auf den Abdeckungsvorsprung oder die Schulter (4a) sind und eine ein Sensorsignal übertragende Kontaktfeder (5) in Kontakt mit der Sensormembran (3) gegenüber dem Abdeckungsvorsprung oder der Schulter (4a) vorgesehen ist.

2. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die flexible Membran (2) eine dünne Metallmembran umfasst, bei der ihre Umfangskante zwischen den Kanten des Rahmens (1) und der Abdeckung (4) befestigt ist, wobei die piezokeramische Sensormembran einen kleineren Durchmesser besitzt als die flexible Membran (2), die flexible Membran aus Metall gefertigt ist und die Sensormembran (3) ihre Randkante in einem Abstand vom inneren Umfang der Gehäusekammer aufweist.

3. Kraft- oder Drucksensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verstärker (6) und seine Schaltplatine (7) in der Gehäusekammer untergebracht sind.

4. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Rahmen (1) und die Abdeckung (4) Elemente in der Form von Rotationskörpern umfassen, beinhaltend einen nach oben weisenden Vorsprung (4b) in der Mitte der Abdeckung (4), und dass die geschlossenen Gehäusekammer hermetisch verschlossen ist.

5. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor eine solche Ansprechempfindlichkeit aufweist, dass der Sensor ein Ausgangssignal liefert, wenn die Änderung einer auf die Abdeckung (4) ausgeübten Belastung weniger als 10^{-6} , vorzugsweise weniger als 10^{-9} × die Lastauslegung der Abdeckung (4) beträgt.

6. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Verstärker (6) seine Impedanz derart angepasst aufweist, dass eine gewünschte Einschwingzeit bereitgestellt wird, während der der Verstärker (6) seinen Ausgang im Wesentlichen auf null setzt, während die auf die Abdeckung (4) ausgeübte Belastung jeweils im Wesentlichen unverändert bleibt.

7. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Abdeckung (4) mit einem Adapterelement (10, 11) versehen ist, das die Belastung der Abdeckung mit Änderungen eines Flüssigkeits- oder Gasdrucks ermöglicht.

8. Verwendung eines oder mehrerer Kraft- oder Drucksensoren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Sensoren (13) derart in Kontakt mit einem Bett (12)

angeordnet sind, dass es der eine oder die mehreren Sensoren ermöglichen, dass eine schlafende oder liegende Person auf seine oder ihre Herzfrequenz und Atemamplitude sowie -frequenz vermessen wird.

9. Verwendung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Messung mit einem oder mehreren Sensoren (13) implementiert wird, die unter einem oder mehreren Bettpfosten platziert sind.

10. Verwendung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Messung mit einem oder mehreren Sensoren (13) implementiert wird, die in Kontakt mit einer Bettmatratze (14, 15), speziell zwischen einer oberen Matratze (14) und einer tatsächlichen Matratze (15) platziert ist, und der Sensor mit Paneelen (21, 22), die starrer sind als die Matratzen und zwischen denen der Sensor (13) angeordnet ist, daran gehindert wird, in die Matratzen und/oder die Matratze einzusinken.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

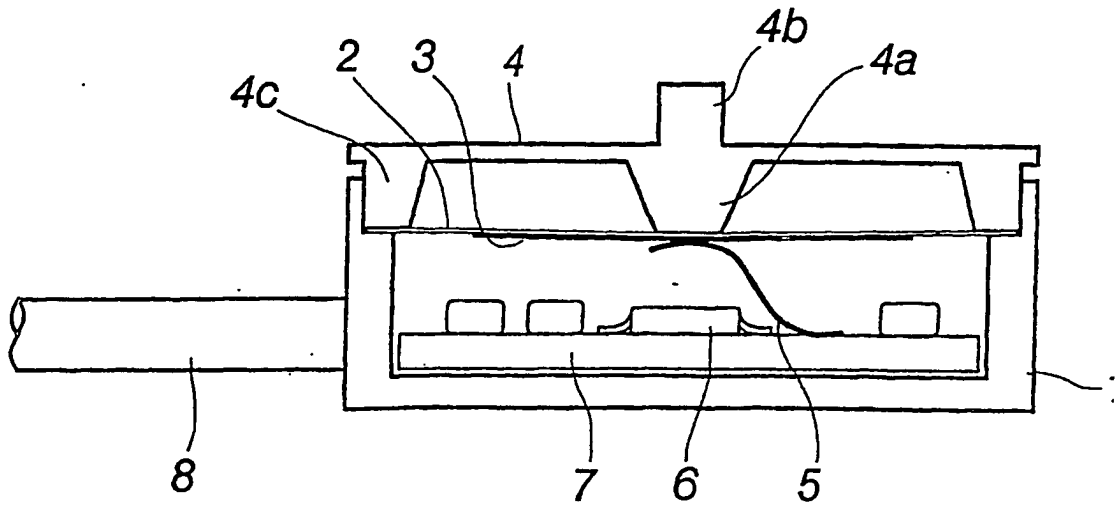


Fig.1

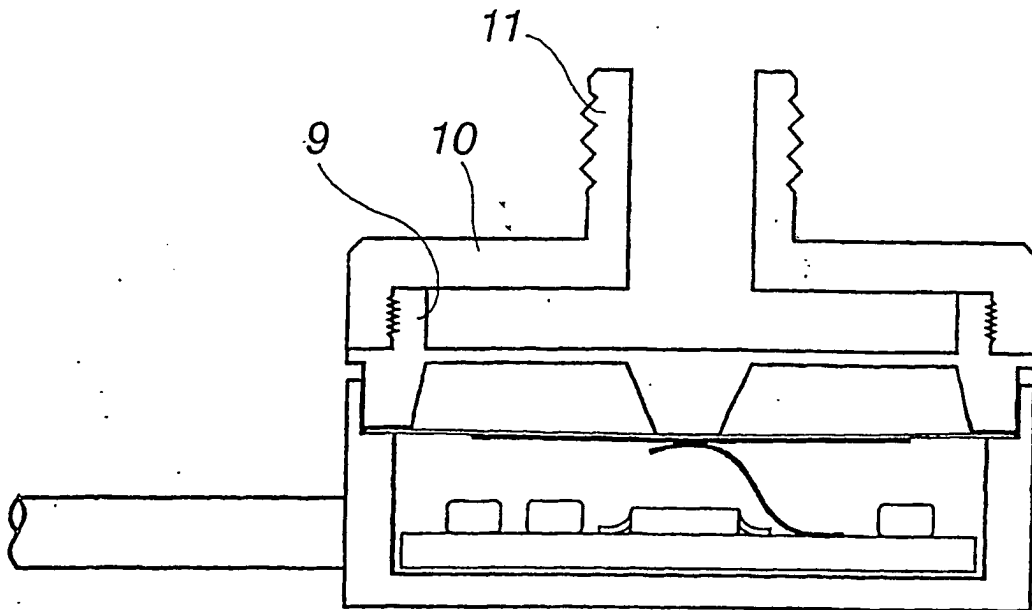


Fig.2

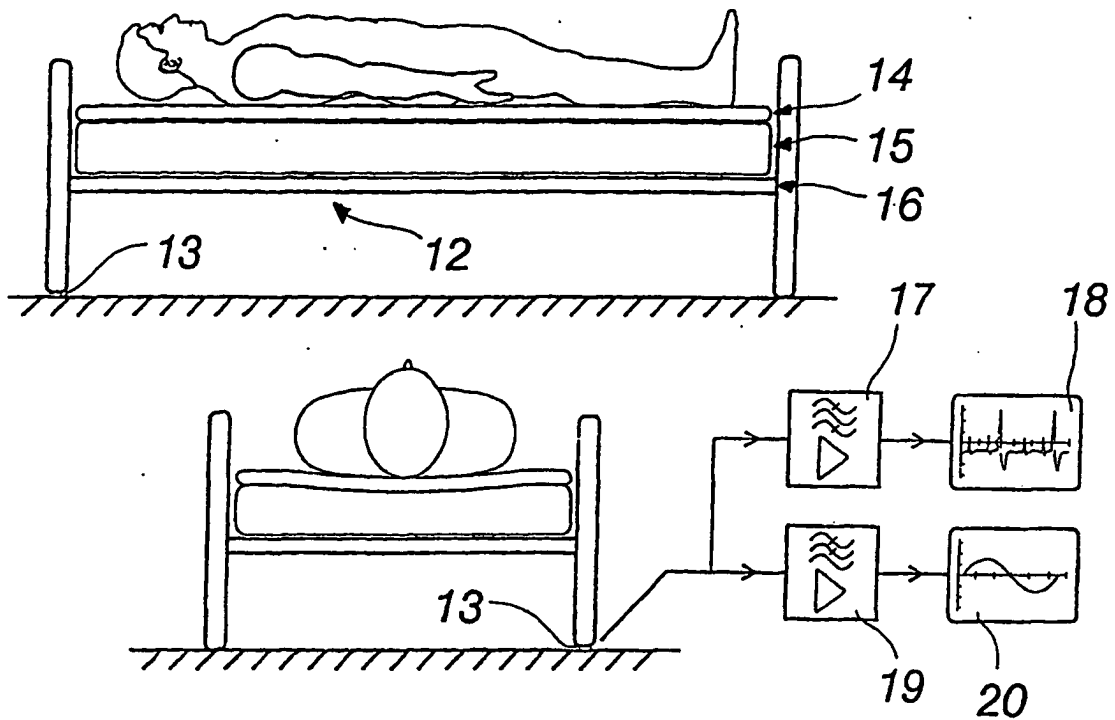


Fig. 3

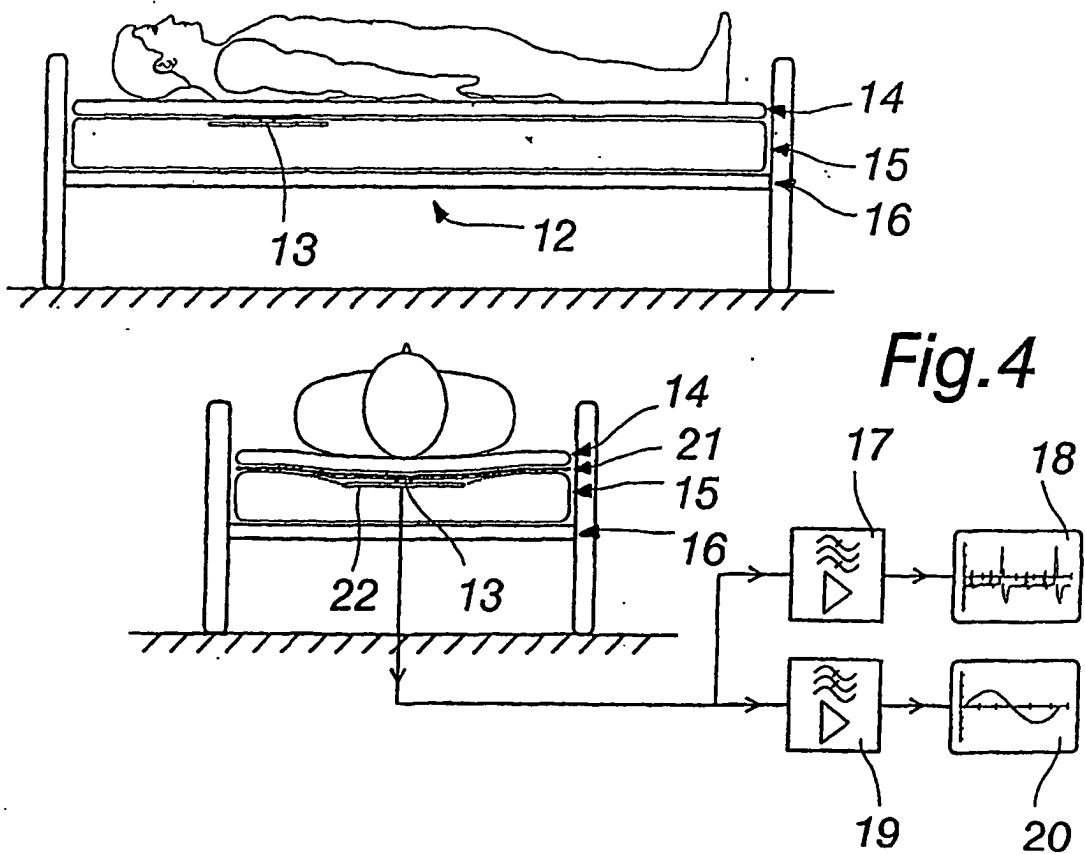


Fig. 4