(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 31 008 T2** 2004.09.16

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 768 539 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 31 008.2**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 306 924.0**
(96) Europäischer Anmeldetag: **24.09.1996**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **16.04.1997**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **10.12.2003**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **16.09.2004**

(51) Int Cl.[7]: **G01R 33/28**

(30) Unionspriorität:
9521009 13.10.1995 GB

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, NL

(73) Patentinhaber:
Philips Medical Systems (Cleveland), Inc., Cleveland, Ohio, US

(74) Vertreter:
Volmer, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 52066 Aachen

(72) Erfinder:
Burl, Michael, Twickenham TW1 4QR, GB; Young, Ian Robert, Nr. Marlborough, Wiltshire SN8 4ER, GB

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Gerät für die magnetische Resonanz**

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 bezieht sich auf ein Verfahren zur Lokalisierung der Position eines in der Region eines mittels magnetischer Resonanztechnik zu untersuchenden Körpers platzierten Objekts, das Folgendes umfasst: Anbringen einer Schleifenspulenanordnung am Objekt; Unterziehen der genannten Region einer Untersuchungssequenz zur Magnetresonanzanregung und -detektion durch ein stationäres Magnetresonanzgerät, wobei die Sequenz mindestens einen Magnetfeldgradienten beinhaltet, durch den die detektierten Signale räumlich codiert werden, und Verwenden der detektierten Signale, um einen Hinweis auf die Position der genannten Spulenanordnung, und damit des genannten Objekts, in der genannten Region zu erhalten.

[0002] Die Erfindung bezieht sich weiterhin auf ein Magnetresonanzgerät zur Untersuchung einer inneren Region eines Körpers, einschließlich Mitteln zur Lokalisierung eines in der genannten Region platzierten Objekts, das Folgendes umfasst: eine am Objekt angebrachte Schleifenspulenanordnung; Mittel, um die genannte Region einer magnetischen Resonanzanregung auszusetzen, und Mittel zur Detektion der Untersuchungssequenz, Mittel zur Anwendung mindestens eines räumlich codierten Magnetfeldgradienten auf die genannte Region, um anhand der detektierten Signale die Bestimmung der Spulenposition, und damit des Objekts, im Körper zu ermöglichen.

[0003] Bei der Verwendung magnetischer Resonanzverfahren und -geräte zur Untersuchung des Körpers eines menschlichen Patienten zu medizinischen Zwecken, beispielsweise um Bild- und/oder Spektroskopiedaten zu erhalten, wird der untersuchte Körper in einem homogenen statischen Magnetfeld platziert, um eine Gleichgewichtsachse magnetischer Ausrichtung in der Region des zu untersuchenden Körpers zu definieren. Anschließend wird auf die zu untersuchende Region ein Hochfrequenz-Magnetfeld (HF) in einer Richtung angewandt, die orthogonal zu der Richtung des statischen Magnetfelds ist, um magnetische Resonanz im Material, normalerweise Wasserstoffprotonen, in der Region anzuregen, und die resultierenden HF-Signale werden detektiert und analysiert. Während dieser Verfahrenssequenz werden auf das statische Magnetfeld normalerweise ein oder mehrere Gradienten angewandt, um die Anregung magnetische Resonanz vorzugsweise in der zu untersuchenden Region des Körpers zu verursachen und die detektierten HF-Signale räumlich zu codieren, sowie auch zu anderen Zwecken wie beispielsweise zur Flusscodierung.

[0004] Manchmal ist es erforderlich, in einem erhaltenen Bild die Lage eines zuvor im Körper platzierten Objekts anzuzeigen. Im Fall eines menschlichen Patienten kann das Objekt beispielsweise ein Katheder oder ein chirurgischen Instrument sein, mit dem eine Operation beim Patienten durchgeführt wird.

[0005] Um die Lage des Objekts innerhalb des Körpers lokalisieren zu können, wurde vorgeschlagen, eine Spule am Objekt anzubringen, die über eine außerhalb des Körpers befindliche Quelle mit elektrischem Strom versorgt werden kann, um so durch lokale Störung des für die Bildgebung angelegten Magnetfelds einen Hinweis auf die Position des Objekts in dem vom Gerät produzierten Bild zu erzeugen.

[0006] Alternativ wird eine am Objekt angebrachte Spule verwendet, um ein HF-Feld lokal auf den Körper anzuwenden und dadurch, angrenzend an das Objekt, lokal Magnetresonanz im Körper anzuregen, und die resultierenden Drehimpulse (Spins) werden durch die Anwendung von Magnetfeldgradienten räumlich codiert und detektiert.

[0007] Beide Verfahren haben den Nachteil, dass elektrische Verbindungen vom Körperinneren nach außen erforderlich sind, die selbst im Fall von Kathedern, wo ein Kabel zum Katheder vorhanden ist, ein ernsthaftes Problem darstellen können, weil das Kabel für andere Zwecke benötigt wird.

[0008] In einem alternativen Verfahren wird eine planare Regelkreis-Spulenanordnung am Objekt angebracht, die auf die HF-Anregungsfrequenz abgestimmt ist. Dadurch werden die in der Region der Spulenanordnung, und damit des Objekts, erzeugten HF-Signale im Vergleich zu solchen, die in anderen Regionen des zu untersuchenden Körpers erzeugt werden, verstärkt. Dieses Verfahren wird jedoch als nicht zufrieden stellend betrachtet, wenn das Objekt eine röhrenförmige, flexible Form hat, weil es dafür eingerichtet sein muss, entlang einer natürlich austretenden Passage in einem Patienten, wie beispielsweise einer Blutader, bewegt zu werden. Die Ausrichtung der Spulenanordnung ändert sich dann mit der Bewegung des Objekts, so dass sich die Kopplung der Spule mit dem HF-Feld, und damit der Grad der Verstärkung des erzeugten HF-Signals, verändert, wenn sich das Objekt bewegt.

[0009] In der US-amerikanischen Patentschrift US-A-5.318.025 wird ein Verfolgungssystem beschrieben, bei dem Magnetresonanzsignale zur Überwachung der Position und Ausrichtung von mindestens einer Vorrichtung wie einem Katheder innerhalb einer Person eingesetzt werden. Die Vorrichtung hat eine Vielzahl von planaren Empfängerspulen, die auf in der Person erzeugte Magnetresonanzsignale reagieren. Ein HF-Breitbandimpuls wird angeregt, und die Magnetresonanzsignale werden in Gegenwart von Magnetfeldgradienten detektiert und haben daher Frequenzen, die im Wesentlichen proportional zur Lage der Spule entlang der Richtung des angewandten Gradienten sind. In Reaktion auf sequentiell angewandten, wechselseitig orthogonalen magnetischen Gradienten werden Signale detektiert, um die Position und Ausrichtung der Vorrichtung in verschiedenen Dimensionen zu bestimmen. In diesem Fall werden die planaren Empfängerspulen daher nicht auf eine bestimmte HF-Anregungsfrequenz abgestimmt.

[0010] Die vorliegende Erfindung hat zur Aufgabe,

ein Magnetresonanzverfahren und -gerät zu schaffen, mit dem dieses Problem gemindert wird.

[0011] Um die genannte Aufgabe zu erfüllen, ist ein erfindungsgemäßes Verfahren dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenanordnung von einem eingreifenden Kondensator abgeschlossen wird, um die Spulenanordnung auf eine HF-Anregungsfrequenz abzustimmen, die beim Betrieb des Magnetresonanzgerätes zur Erfassung eines detektierten Signals mit der betreffenden Frequenz verwendet wird, wobei die Spulenanordnung von einem röhrenförmigen, flexiblen Spulenkörper getragen wird und Wicklungen enthält, die im Wesentlichen in nicht parallelen Ebenen liegen, wenn die Achse des Spulenkörpers im Wesentlichen in einer geraden Linie verläuft.

[0012] Um die genannte Aufgabe zu erfüllen, ist ein erfindungsgemäßes Magnetresonanzgerät dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenanordnung durch einen eingreifenden Kondensator abgeschlossen wird, um die Spulenanordnung auf eine beim Betrieb des Magnetresonanzgerätes verwendete HF-Anregungsfrequenz abzustimmen, wobei die Spulenanordnung von einem röhrenförmigen, flexiblen Spulenkörper getragen wird und Wicklungen enthält, die im Wesentlichen in nicht parallelen Ebenen liegen, wenn die Achse des Spulenkörpers im Wesentlichen in einer geraden Linie verläuft.

[0013] Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren und Gerät hat die Spulenanordnung mindestens eine Wicklung, die im Wesentlichen in einer Ebene orthogonal zu der Ebene mindestens einer anderen Wicklung der Spulenanordnung liegt, wenn die Achse des Spulenkörpers im Wesentlichen in einer geraden Linie verläuft. Entsprechend umfasst die Spulenanordnung eine oder mehrere elektrisch leitfähige Leiterbahnen, die auf einem dünnen, flexiblen Substrat gebildet werden, das um das Objekt herumgewickelt ist.

[0014] Ein erfindungsgemäßes Verfahren und Gerät wird nun anhand von Beispielen näher beschrieben, wobei auf die begleitenden Zeichnungen Bezug genommen wird. Es zeigen:

[0015] **Fig.** 1 eine schematische Darstellung eines typischen MR-Bildgebungsgerätes;

[0016] **Fig.** 2 ein Schaubild eines Katheders oder eines ähnlichen Objekts;

[0017] die **Fig.** 3A, 3B und 4 Details einer am Objekt in **Fig.** 2 angebrachten Spulenanordnung; und

[0018] die **Fig.** 5 und 6 eine erste alternative Form der Spulenanordnung;

[0019] **Fig.** 7 veranschaulicht eine zweite alternative Form der Spulenanordnung;

[0020] die **Fig.** 8 und 9 veranschaulichen eine dritte alternative Form der Spulenanordnung; und

[0021] **Fig.** 10 eine vierte alternative Form der Spulenanordnung.

[0022] Bezug nehmend auf **Fig.** 1 hat das Gerät, bei dem es sich um ein Gerät zur medizinischen Bildgebung mittels Magnetresonanz handelt, einen röhrenförmigen Elektromagneten **1**, der ein starkes gleichmäßiges, statisches, axiales Hauptmagnetfeld in einem zylindrischen Volumen **3** erzeugt, in dem ein abzubildender Patient bei Benutzung des Gerätes platziert wird.

[0023] Die Stärke des Feldes im Volumen **3**, und damit im Körper des abzubildenden Patienten, wird durch ein Hauptmagnetfeld-Steuerungsmittel **5** gesteuert, das die Versorgung der Elektromagnet-Erregerspule (nicht gezeigt) mit Erregerstrom steuert.

[0024] Das Gerät hat weiterhin eine Gradientenspulenanordnung **7**, wobei ein Gradient dem statischen Magnetfeld im Volumen **3** in einer oder mehreren von drei orthogonalen Richtungen überlagert sein kann. Die Spulenanordnung **7** wird durch ein Gradientenfeld-Steuerungsmittel **9** unter der Steuerung eines Computers **11** gespeist.

[0025] Das Gerät hat ferner ein HF-Spulensystem **13**, das eine Senderspulenanordnung beinhaltet, die beim Betrieb des Gerätes durch einen HF-Sender **15** unter der Steuerung des Computers **11** erregt wird, um ein HF-Feld auf den abzubildenden Körper anzuwenden.

[0026] Das HF-Spulensystem **13** enthält auch eine HF-Empfängerspulenanordnung, um HF-Signale infolge von Magnetresonanz zu detektieren, die im Körper des abzubildenden Patienten angeregt wird. Die detektierten Signale werden über einen Empfänger **19** an einen Bildwandler **21** weitergeleitet, der die Signale unter der Steuerung des Computers **11** verarbeitet, um Signale zu erzeugen, die ein Bild des Patientenkörpers darstellen. Diese Signale wiederum werden an ein Anzeigegerät **23** geleitet, um eine visuelle Darstellung des Bildes zu schaffen.

[0027] Beim Betrieb des Gerätes definiert das durch den Elektromagneten **1** erzeugte starke Magnetfeld eine Gleichgewichtsachse magnetischer Ausrichtung im abzubildenden Körper.

[0028] Um ein Bild der gewählten Region zu erhalten, zum Beispiel eine Querschnittschicht des Körpers, wird zunächst mit Hilfe des Spulensystems **13** ein HF-Impuls auf den Körper angewandt, um Magnetresonanz in der gewählten Region anzuregen. Zu diesem Zweck erzeugt das Spulensystem **13** ein Feld in einer Richtung orthogonal zu der Richtung des statischen Feldes, um so die Spins der Kerne in der gewählten Region aus der Richtung des statischen Feldes in eine Ebene orthogonal zur Richtung des statischen Feldes zu kippen, d. h. in die x–y-Ebene, wobei x, y und z Richtungen wie in **Fig.** 1 dargestellt sind. Um die Erregung auf die gewählte Region zu begrenzen, wird der HF-Feldimpuls in Verbindung mit durch die Spulenanordnung **7** überlagerten Magnetfeldgradienten angewandt, wobei die Frequenz des HF-Feldimpulses in Verbindung mit den Größen und Richtungen der überlagerten Gradienten so gewählt wird, dass die Larmor-Frequenz gewählter Protonen im Körper, zum Beispiel Wasserstoffprotonen, nur in der gewählten Region gleich der HF-Feldfrequenz ist.

[0029] Die aus der Erregung resultierenden HF-Signale werden dann durch Anwendung eines oder

mehrerer weiterer Gradientenmagnetfelder auf die bekannte Weise räumlich codiert, vom HF-Spulensystem **13** detektiert und verarbeitet, um ein Bild zu erzeugen.

[0030] Normalerweise ist eine Anzahl von Erregungs- und Signaldetektierungssequenzen erforderlich, um genügend Daten für die Erzeugung eines zufrieden stellenden Bildes zu sammeln.

[0031] Wenn, Bezug nehmend auf **Fig.** 2, ein Objekt **25**, z.B. ein Katheder oder ein chirurgisches Instrument, über eine natürliche Passage im Körper eines Patienten, z.B. eine Blutader, in diesen eingeführt werden soll, hat das Objekt **25** eine röhrenförmige, flexible Form, so dass es sich um alle Biegungen und Windungen herumführen lässt, die entlang der Passage auftreten können.

[0032] Um die Bewegung des Objekts **25** mit Hilfe des Magnetresonanzgerätes verfolgen zu können, trägt das Objekt **25** eine Regelkreis-Spulenanordnung **27**, die auf die beim Gerätebetrieb verwendete Erregerfrequenz abgestimmt ist.

[0033] Um die Position des Objektes **25** im Körper des Patienten zu lokalisieren, wir eine Erregungs- und Detektierungssequenz der bekannten Art verwendet. Zur Lageerregungs- und -detektierungssequenz gehört auch die räumliche Codierung von Magnetfeldgradienten in geeigneten Richtungen, z. B. in x-, y- und z-Richtung.

[0034] Die von der Lageerregungs- und -detektierungssequenz erzeugten detektierten Signale umfassen eine verstärkte Komponente, d. h. eine Komponente, die aufgrund des Körpermaterials größer ist als vorhandene Komponenten in den detektierten Signalen, deren Frequenz die Lage des Objekts **25** im Körper anzeigen.

[0035] Um zu vermeiden, dass es bei einer Änderung der Ausrichtung des Objekts **25**, und damit der Spulenanordnung **27**, zum Verlust der Signale von der Spulenanordnung **27** kommt, wenn das Objekt **25** durch den Körper des Patienten wandert, hat die Spulenanordnung **27** erfindungsgemäß Wicklungen, die im Wesentlichen in nicht parallelen Ebenen liegen, wenn die Achse des Objekts in einer geraden Linie verläuft. Zu diesem Zweck hat die Spulenanordnung **27** im Wesentlichen die Form einer flexiblen gedruckten Schaltung, die um das Objekt **25** herumgewickelt ist.

[0036] Bezug nehmend auf die **Fig.** 3A, 3B und 4 umfasst die Spulenanordnung **27** in einer besonderen Ausführungsform zwei Spulen, die durch unterschiedliche Abschnitte einer elektrisch leitfähigen Leiterbahn **35** gebildet werden, die auf einer Seite eines dünnen, flexiblen Substrats **37** eines elektrisch isolierenden Materials aufgebracht ist, wobei die Leiterbahn **35** mittels eines Verfahrens für gedruckte Schaltungen entsprechend geformt ist. Die **Fig.** 3A und 3B zeigen seitliche Erhöhungen der Leiterbahn **35** aus orthogonalen Richtungen, wobei das Substrat **37** um das Objekt **25** herumgewickelt ist und die Achse des Objekts **25** in einer geraden Linie verläuft, und **Fig.** 6 zeigt das Substrat **37** flach liegend. Die Leiterbahn **35** erstreckt sich zwischen zwei rechtwinkligen, metallisierten, elektrisch leitfähigen Bereichen **39A** und **39B** auf dem Substrat **37**, das, wenn das Substrat **37** um das Objekt **25** herumgewickelt ist, eine zwischen diese eingefügte Schicht aus dielektrischem Material **41** hat, um einen Abstimmkondensator mit dem für die Spulenanordnung **27** gewünschten Wert zu bilden.

[0037] Der Reihenfolge nach hat die Leiterbahn **35**, ausgehend vom rechtwinkligen Bereich **39A**, einen ersten Abschnitt **43**, der, mit dem um das Objekt **25** herumgewickelten Substrat **37**, parallel zur Achse des Objekts **25** liegt (siehe **Fig.** 3), einen zweiten Abschnitt **45**, der eine einzelne spiralförmige Wicklung um das Objekt **25** herum bildet, und einen dritten Abschnitt **47**, der eine zweite spiralförmige Wicklung um das Objekt **25** herum bildet, die auf der vom Abschnitt **45** gebildeten Wicklung liegt. Die Abschnitte **45** und **47** bilden daher zusammen effektiv zwei einzelne Wicklungen **49** und **51** in orthogonalen Ebenen, wie in **Fig.** 4 gezeigt. Auf ähnliche Weise wird durch fünfte und sechste Abschnitte **57** und **59** der Leiterbahn **37** ein zweites Paar orthogonaler Wicklungen **53** und **55** geschaffen. Der vierte Abschnitt **61** der Leiterbahn **35**, der, wenn das Substrat **37** um das Objekt **25** herumgewickelt ist, parallel zur Achse des Objekts **25** liegt, dient dazu, die Wicklungen **49**, **51** axial von den Wicklungen **53**, **55** zu trennen. Der siebte und letzte Abschnitt **63** der Leiterbahn **37** dient dazu, das Ende des Abschnitts **59** mit den rechtwinkligen Bereich **39B** zu verbinden.

[0038] Hervorzuheben ist, dass, während in den **Fig.** 3 und 4 nur zwei Wicklungspaare **49**, **51** und **53**, **55** gezeigt werden, bei Bedarf problemlos weitere voneinander abgesetzte Wicklungspaare vorgesehen werden können. Auf ähnliche Weise kann erforderlichenfalls in jeder orthogonalen Ebene leicht mehr als eine Wicklung geschaffen werden. Darüber hinaus umfasst eine Spulenanordnung üblicherweise zwanzig bis dreißig Wicklungen, um für Abstimmzwecke genügend Induktivität bereitzustellen, während in den **Fig.** 3 und 4 zur Vereinfachung lediglich vier Wicklungen gezeigt werden.

[0039] Weiterhin ist darauf hinzuweisen, dass die Abschnitte **45**, **47**, **57** und **59** der Leiterbahn **35** der Einfachheit halber gerade dargestellt sind, wenn sie flach liegen, und daher spiralförmige Wicklungen bilden, wenn das Substrat **37** um das Objekt **25** herumgewickelt ist, mit dem Ergebnis, dass die Wicklungen **49**, **51**, **53** und **55** nicht wirklich planar sind. Um dies zu lösen, können die Abschnitte **45**, **47**, **57** und **59** so gestaltet sein, dass sie, wenn flach liegend, eine geeignete Sinusform haben.

[0040] Bezug nehmend auf die **Fig.** 5 und 6 umfasst die Spulenanordnung **27** in einer zweiten besonderen Ausführungsform zwei separate Regelkreis-Abstimmspulen, die jeweils durch eine separate schmale, metallisierte, elektrisch leitfähige Leiterbahn **65** oder **67** gebildet werden, die auf einer Seite eines

dünnen, flexiblen Substrats **68** aus elektrisch isolierendem Material (nicht gezeigt) aufgebracht ist.

[0041] Wie in den **Fig.** 5 und 6 gezeigt, die jeweils eine Ansicht der Leiterbahnen **65** und **67** mit dem flach liegenden Substrat **68** (d. h. entsprechend zu **Fig.** 4) und mit dem um das Objekt **25** herumgewickelten Substrat **68** (d. h. entsprechend zu **Fig.** 3A) darstellen, erstreckt sich die Leiterbahn **65** zwischen metallisierten, leitenden Bereichen **69A** und **69B**, die mit einer Schicht aus dielektrischem Material **71** einen Abstimmkondensator für eine Spule bilden. Auf ähnliche Weise erstreckt sich die Leiterbahn **67** zwischen metallisierten Bereichen **73A** und **73B** mit einer Schicht aus dielektrischem Material **75** und bildet einen Abstimmkondensator für die andere Spule.

[0042] Der Reihenfolge nach hat die Leiterbahn **65**, ausgehend von der Elektrode **69A**, einen ersten Abschnitt **77**, der, mit dem um das Objekt **25** herumgewickelten Substrat **68**, parallel zur Achse des Objekts **25** liegt, und einen zweiten Abschnitt **79**, der eine einzelne Planare Wicklung **81** um das Objekt **25** herum bildet. Eine zweite einzelne planare Wicklung **83** parallel zu der Wicklung **81** wird durch einen vierten Abschnitt **85** der Leiterbahn **65** gebildet. Der dritte Abschnitt **87** der Leiterbahn, der, wenn das Substrat **68** um das Objekt **25** herumgewickelt ist, parallel zur Achse des Objekts **25** liegt, dient dazu, die Wicklung **83** axial von der Wicklung **81** zu trennen, und der fünfte und letzte Abschnitt **89** der Leiterbahn verbindet das Ende des vierten Abschnitts **85** mit dem Elektrodenbereich **69B**.

[0043] In ähnlicher Weise umfasst die Leiterbahn **67** zwischen den Elektrodenbereichen **73A** und **73B** fünf Abschnitte **91**, **93**, **95**, **97** und **99**. Die Elektrode **73A** und der erste Abschnitt **91** sind von der Elektrode **69A** und dem ersten Abschnitt **77** der Leiterbahn **65** durch einen Abstand d getrennt, der gleich der Hälfte des Umfangs des Objekts **25** ist (wobei die Dicke des Substrats **68** nicht berücksichtigt wird), so dass sich die Elektrode **73A** der Elektrode **69A** diametral gegenüberliegt und der Abschnitt **91** dem Abschnitt **77** diametral gegenüberliegt. Demzufolge bildet der Abschnitt **93** eine einzelne planare Wicklung **101** in einer Ebene, die orthogonal zur Ebene der Wicklung **81** ist und die Wicklung **81** überlagert, und der Abschnitt **97** bildet eine einzelne planare Wicklung **103** in einer Ebene, die orthogonal zur Ebene der Wicklung **83** ist und die Wicklung **83** überlagert.

[0044] Hervorzuheben ist, dass, während die Leiterbahn **65** wie in den **Fig.** 5 und 6 dargestellt nur zwei Wicklungen **81** und **83** hat, problemlos weitere mit der Wicklung **81** planparallele Wicklungen und weitere mit der Wicklung **83** planparallele Wicklungen vorgesehen werden können. Ebenso können in einer oder mehreren weiteren, axial entlang des Objekts **25** voneinander getrennten Ebenen leicht eine oder mehrere Wicklungen geschaffen werden. Ebenso gelten Anmerkungen in gleicher Weise natürlich auch für die Leiterbahn **67** und die dadurch geschaffenen Wicklungen. Die oben in Bezug auf die **Fig.** 3 und 4 gemachten Anmerkungen hinsichtlich der Gesamtanzahl von Wicklungen und der erforderlichen Form der Abschnitte der Leiterbahn **35** zur Schaffung von wirklich planaren Wicklungen gelten in gleicher Weise natürlich auch für die **Fig.** 5 und 6.

[0045] Bezug nehmend auf **Fig.** 7 umfasst die Spulenanordnung **27** in einer dritten besonderen Ausführungsform ein oder mehrere Wicklungspaare **105** und **107**, deren Achsen in der ZY- bzw. der ZX-Ebene liegen, wobei XY und Z eine Reihe wechselseitig orthogonaler Achsen sind, deren Z-Achse in Richtung der Achse des Objekts **25** verläuft, wenn es gerade ist.

[0046] Wie im Fall der ersten beiden beschriebenen Ausführungsformen wird die Spulenanordnung **27** in **Fig.** 7 im Wesentlichen durch eine elektrisch leitfähige Leiterbahn **109** gebildet, die auf einem dünnen flexiblen Substrat **111** aus einem elektrisch isolierenden Material aufgebracht ist, wobei **Fig.** 7 eine seitliche Erhöhung der Leiterbahn **109** mit dem um das Objekt **26** herumgewickelten Substrat **111** zeigt.

[0047] In weiteren Ausführungsformen umfasst die Spulenanordnung **27** sattelförmige Wicklungen. In einer solchen Ausführungsform, veranschaulicht in **Fig.** 8, ist ein erstes Paar axial ausgerichteter Sattelspulen **113**, die jeweils eine oder mehrere Wicklungen haben, diametral einander gegenüberliegend auf dem Objekt **25** entlang eines zweiten Paares axial ausgerichteter, diametral gegenüberliegender Sattelspulen **115** positioniert, deren Achse orthogonal zur Achse der Spulen **113** verläuft. Weitere orthogonale Paare von Sattelspulen, wie die Spulen **117** und **119**, können räumlich voneinander abgesetzt entlang des Objekts **25** positioniert sein. Die Spulen solcher Sattelanordnungen bestehen geeigneter Weise aus einer elektrisch leitfähigen Leiterbahn oder Leiterbahnen, die auf einem oder mehreren dünnen, flexiblen Substraten aus einem elektrisch isolierenden, um das Objekt **25** herumgewickelten Material ausgebildet sind, wie im Fall der zuvor beschriebenen Ausführungsformen. In einer derartigen Ausführungsform befinden sich die Leiterbahnen, die jeweils die beiden Spulen jedes diametral gegenüberliegenden Paares von Sattelspulen bilden, auf unterschiedlichen flexiblen Substraten, wobei ein solches Substrat **121** in **Fig.** 9 dargestellt ist. Die beiden Substrate **121** werden dann um gegenüberliegende Hälften des Objekts herumgewickelt, um die Spulen zu diametral gegenüberliegenden Paaren zusammenzustellen. Da jedoch Überkreuzungen in den Leiterbahnen erforderlich sind, werden Leiterbahnen auf beiden Seiten des Substrats benötigt.

[0048] Um ein 3-Achsen-System zu schaffen, haben Sattelspulenanordnungen, wie in **Fig.** 8 veranschaulicht, geeigneterweise auch eine Spiralspule **123**, die axial um das Objekt **25** herumgewickelt ist. Die Spiralspule **123** kann in Lücken zwischen den axial abgesetzten Sattelspulenpaaren **113**, **115** und **117**, **119** gewickelt sein, wie in **Fig.** 8 dargestellt, oder alternativ über nicht voneinander abgesetzte Sattel-

spulenpaare **125**, **127**, **129**, **131** und **133**, wie in **Fig.** 10 dargestellt. Die Spiralspule **123** ist geeigneterweise auf einem flexiblen Substrat (nicht gezeigt) aufgebracht, getrennt von dem Substrat, das die Sattelspulen **113**, **115**, **117**, **119** oder **125**, **127**, **129**, **131**, **133** trägt.

[0049] In einer weiteren Ausführungsform (nicht gezeigt) der Spulenanordnung **27**, die für eine konstante Empfindlichkeit sorgen soll, sind drei Wicklungsschichten vorhanden, die jeweils eine im Allgemeinen planare Spule schaffen. Eine Spule liegt im Wesentlichen in einer ersten Ebene, 54° zur Achse des Objekts **25**, wenn es gerade ist, eine zweite Spule liegt im Wesentlichen in einer Ebene orthogonal zu der ersten Ebene, und eine dritte Spule liegt im Wesentlichen in einer Ebene senkrecht zur Achse des Objekts **25**, wenn es gerade ist. Der Winkel von 54° zur Achse des Objekts **25** wird gewählt, weil dies der Winkel ist, den die Diagonale eines Würfels mit den Kanten des Würfels bildet.

[0050] Es ist zu beachten, dass der Wirkungsgrad der Spulenanordnung **27** im Allgemeinen steigt, wenn sich die Anzahl der Wicklungen, und damit die Anzahl der Wicklungsschichten, in der Spulenanordnung **27** erhöht. Allerdings kann die Tatsache, dass die Dicke der Spulenanordnung **27** zunimmt, wenn sich die Anzahl der Wicklungsschichten erhöht, auch ein Problem darstellen.

TEXT IN DER ZEICHNUNG
Figur 1

Main magnetic field control	Hauptmagnetfeldsteuerung
gradient field control	Gradientenfeldsteuerung
rf transmitter	HF-Sender
imager	Bildwandler
receiver	Empfänger
control computer	Steuerungscomputer

Patentansprüche

1. Verfahren zur Lokalisierung der Position eines in der Region eines zu untersuchenden Körpers platzierten Objekts (**25**) mittels magnetischer Resonanztechnik, das Folgendes umfasst: Anbringen einer Schleifenspulenanordnung (**27**) am Objekt; Unterziehen der genannten Region einer Untersuchungssequenz zur Magnetresonanzanregung und – detektion durch ein stationäres Magnetresonanzgerät (**1**), wobei die Sequenz mindestens einen Magnetfeldgradienten beinhaltet, durch den die detektierten Signale räumlich codiert werden, und Verwenden der detektierten Signale, um einen Hinweis auf die Position der genannten Spulenanordnung, und damit des genannten Objekts (**25**), in der genannten Region zu erhalten, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spulenanordnung von einem eingreifenden Kondensator abgeschlossen wird, um die Spulenanordnung auf eine HF-Anregungsfrequenz abzustimmen, die beim Betrieb des Magnetresonanzgerätes (**1**) zur Erfassung eines detektierten Signals mit der betreffenden Frequenz verwendet wird, wobei die Spulenanordnung von einem röhrenförmigen, flexiblen Spulenkörper (**37**; **68**; **121**) getragen wird und Wicklungen (**49**, **51**, **53**, **55**; **81**, **83**, **101**, **103**; **105**, **107**; **113**, **115**, **117**, **119**; **125**, **127**, **129**, **131**, **133**) enthält, die im Wesentlichen in nicht parallelen Ebenen liegen, wenn die Achse des Spulenkörpers im Wesentlichen in einer geraden Linie verläuft.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenanordnung so um das Objekt angeordnet ist, dass mindestens eine Wicklung (**105**; **113**, **117**) im Wesentlichen in einer Ebene orthogonal zu der Ebene mindestens einer anderen Wicklung (**107**; **115**, **119**) der Spulenanordnung liegt, wenn die Achse des Spulenkörpers im Wesentlichen in einer geraden Linie verläuft.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenanordnung so um das Objekt angeordnet ist, dass sie zwei separate abgestimmte Spulen (**105**, **107**) umfasst, deren Wicklungen im Wesentlichen jeweils in im Wesentlichen orthogonalen Ebenen liegen.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenanordnung so eingerichtet ist, dass sie mindestens eine Wicklung (**105**) enthält, deren Achse im Wesentlichen in einer ersten, die Achse des Objekts einschließenden Ebene liegt, und mindestens eine andere Wicklung (**107**) hat, deren Achse im Wesentlichen in einer anderen, die Achse des Objekts beinhaltenden Ebene liegt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenanordnung so eingerichtet ist, dass die genannten Wicklungen (**113**, **115**, **117**, **119**) sattelförmig sind.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenanordnung so eingerichtet ist, dass sie an diametral gegenüberliegenden, axial ausgerichteten Positionen auf dem Objekt sattelförmige Wicklungspaare (**113**, **115**) umfasst, wobei unterschiedliche Paare (**117**, **119**) auf orthogonalen Achsen ausgerichtet sind.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenanordnung so eingerichtet ist, dass sie weiterhin eine Spiralspule (**123**) hat, die koaxial um das Objekt herumgewickelt ist.

8. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3, 4, 5, 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenanordnung so eingerichtet ist, dass sie eine oder mehrere elektrisch leitfähige Leiterbahnen (**35**; **65**; **67**; **109**) hat, die auf einem oder mehreren um das Objekt herumgewickelten dünnen, flexiblen Substraten (**37**; **68**;

111) aufgebracht sind.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenanordnung (**27**) mindestens eine Wicklung umfasst, die im Wesentlichen in einer ersten Ebene in einem Winkel von im Wesentlichen 54° zur Achse des Objekts **25** liegt, wenn es gerade ist, mindestens eine Wicklung, die im Wesentlichen in einer zweiten Ebene liegt, die orthogonal zur ersten Ebene ist, und mindestens eine Wicklung, die im Wesentlichen in einer dritten Ebene senkrecht zur Achse des Objekts liegt.

10. Magnetresonanzgerät zur Untersuchung einer inneren Region eines Körpers, einschließlich Mitteln zur Lokalisierung eines in der genannten Region platzierten Objekts (**25**), das Folgendes umfasst: eine am Objekt angebrachte Schleifenspulenanordnung (**27**); Mittel (**13**), um die genannte Region einer magnetischen Resonanzanregung auszusetzen, und Mittel (**13**) zur Detektion der Untersuchungssequenz, Mittel (**7**) zur Anwendung mindestens eines räumlich codierten Magnetfeldgradienten auf die genannte Region, um anhand der detektierten Signale die Bestimmung der Spulenposition, und damit des Objekts, im Körper zu ermöglichen, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenanordnung durch einen eingreifenden Kondensator abgeschlossen wird, um die Spulenanordnung auf eine beim Betrieb des Magnetresonanzgerätes (**1**) verwendete HF-Anregungsfrequenz abzustimmen, wobei die Spulenanordnung von einem röhrenförmigen, flexiblen Spulenkörper (**37**; **68**; **121**) getragen wird und Wicklungen (**49**, **51**, **53**, **55**; **81**, **83**, **101**, **103**; **105**, **107**; **113**, **115**, **117**, **119**; **125**, **127**, **129**, **131**, **133**) enthält, die im Wesentlichen in nicht parallelen Ebenen liegen, wenn die Achse des Spulenkörpers im Wesentlichen in einer geraden Linie verläuft.

11. Gerät nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenanordnung mindestens eine Wicklung (**105**; **113**, **117**) hat, die im Wesentlichen in einer Ebene orthogonal zur Ebene mindestens einer anderen Wicklung (**107**; **115**, **119**) der Spulenanordnung liegt, wenn die Achse des Spulenkörpers im Wesentlichen in einer geraden Linie verläuft.

12. Gerät nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenanordnung zwei separate abgestimmte Spulen (**105**, **107**) umfasst, deren Wicklungen im Wesentlichen jeweils in im Wesentlichen orthogonalen Ebenen liegen.

13. Gerät nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenanordnung mindestens eine Wicklung (**105**) hat, deren Achse im Wesentlichen in einer ersten, die Achse des Objekts einschließenden Ebene liegt, und mindestens eine andere Wicklung (**107**) hat, deren Achse im Wesentlichen in einer anderen, die Achse des Objekts beinhaltenden Ebene liegt.

14. Gerät nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die genannten Wicklungen (**113**, **115**, **117**, **119**) sattelförmig sind.

15. Gerät nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenanordnung an diametral gegenüberliegenden, axial ausgerichteten Positionen auf dem Objekt sattelförmige Wicklungspaare (**113**, **115**) umfasst, wobei unterschiedliche Paare (**117**, **119**) auf orthogonalen Achsen ausgerichtet sind.

16. Gerät nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenanordnung weiterhin eine Spiralspule (**123**) hat, die koaxial um das Objekt herumgewickelt ist.

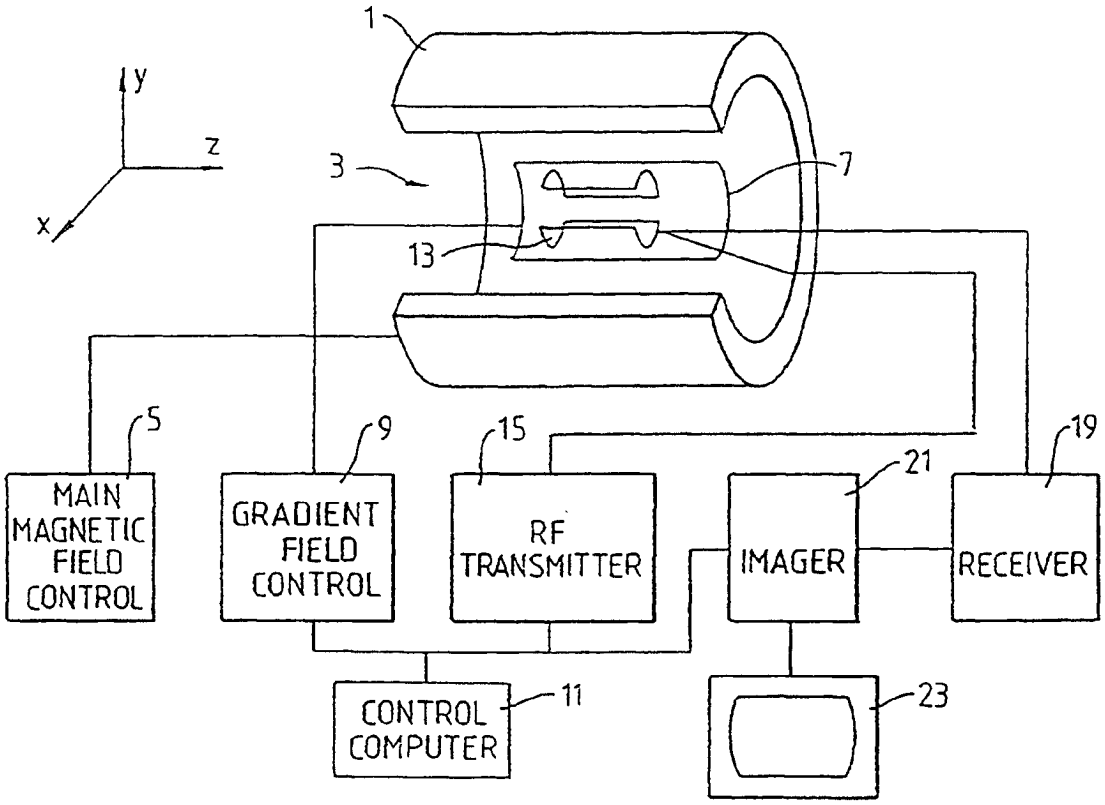
17. Gerät nach Anspruch 10, 11, 12, 13, 14, 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenanordnung eine oder mehrere elektrisch leitfähige Leiterbahnen (**35**; **65**; **67**; **109**) umfasst, die auf einem oder mehreren um das Objekt herumgewickelten dünnen, flexiblen Substraten (**37**; **68**; **111**) aufgebracht sind.

18. Gerät nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenanordnung (**27**) mindestens eine Wicklung umfasst, die im Wesentlichen in einer ersten Ebene in einem Winkel von im Wesentlichen 54° zur Achse des Objekts **25** liegt, wenn es gerade ist, mindestens eine Wicklung, die im Wesentlichen in einer zweiten Ebene liegt, die orthogonal zur ersten Ebene ist, und mindestens eine Wicklung, die im Wesentlichen in einer dritten Ebene senkrecht zur Achse des Objekts **25** liegt.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1.



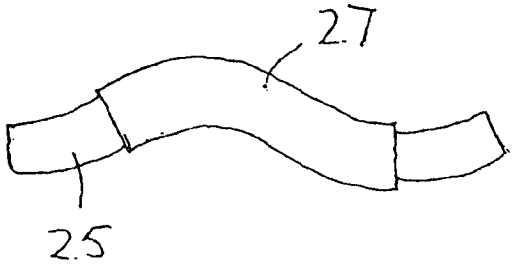


Fig 2

Fig 3A

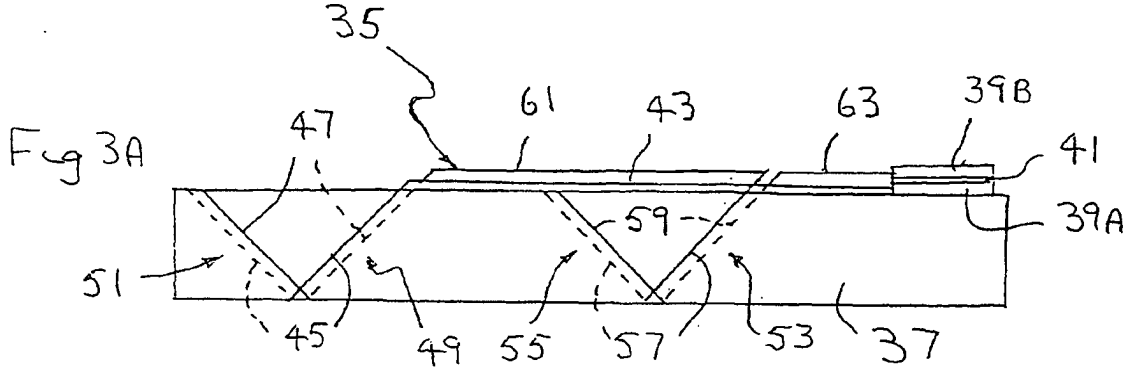
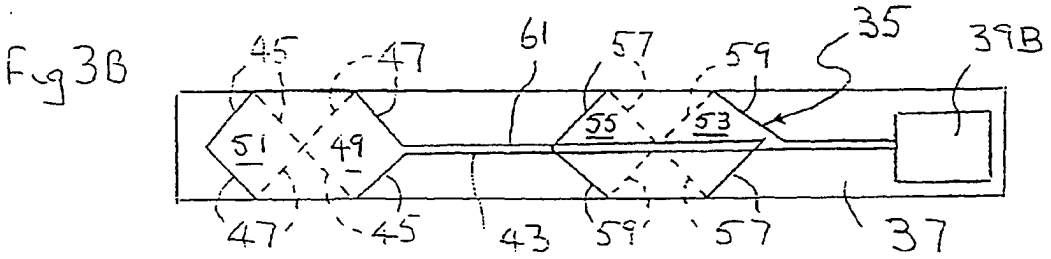


Fig 3B



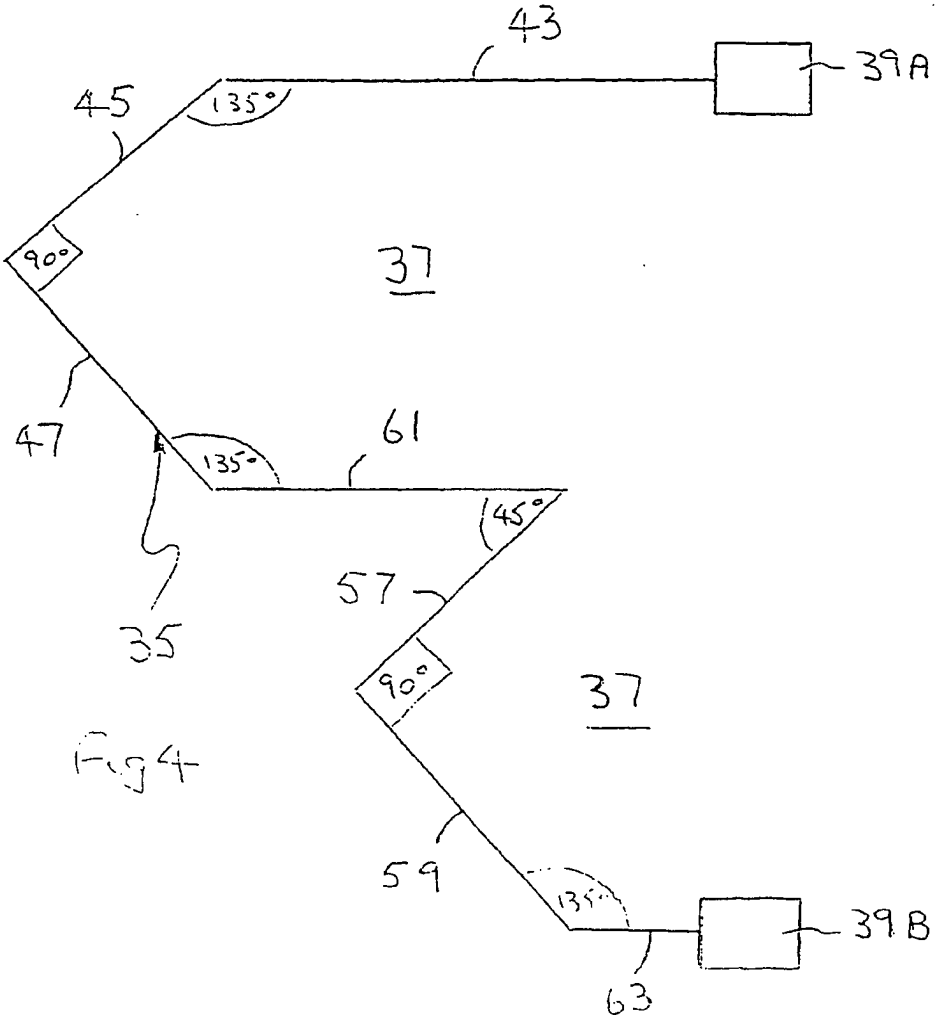


Fig 4

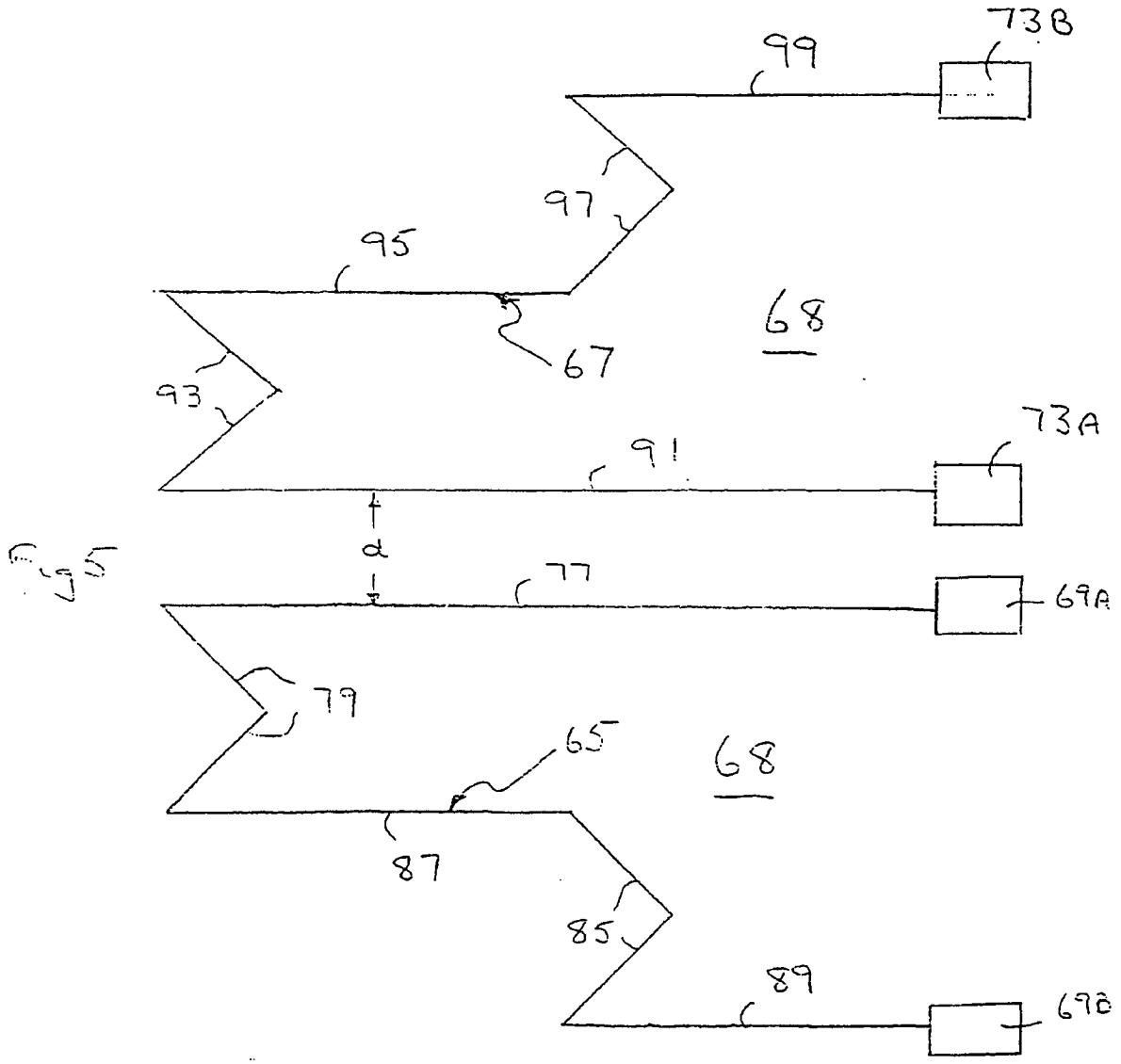

73B
99
97
95
68
67
93
73A
91
d
77
69A
79
65
68
87
85
89
69B

Fig. 5

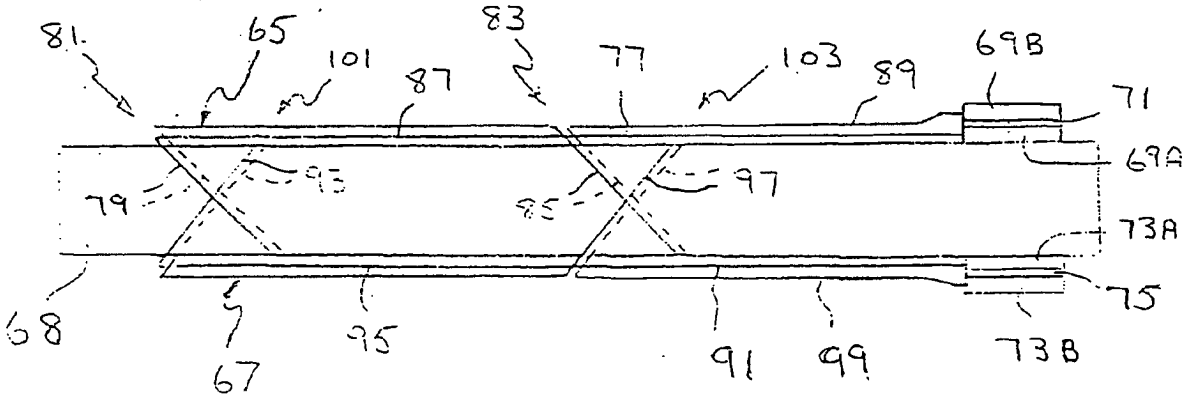
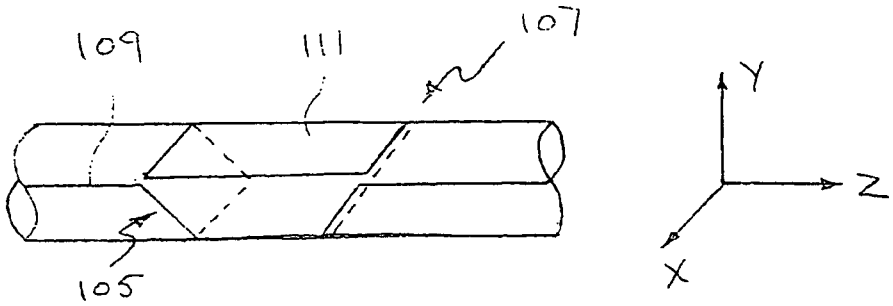

81
65
101
87
83
77
103
89
69B
71
69A
79
93
85
97
73A
75
68
67
95
91
99
73B

Fig. 6

Fig 7



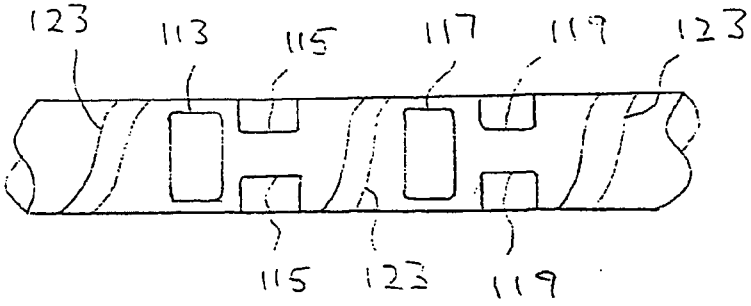
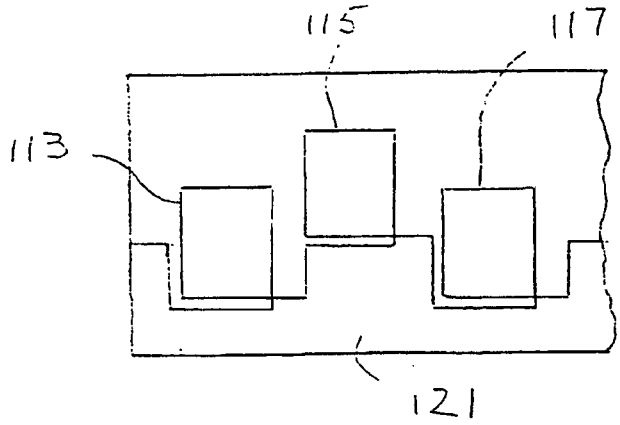


Fig 8

Fig 9



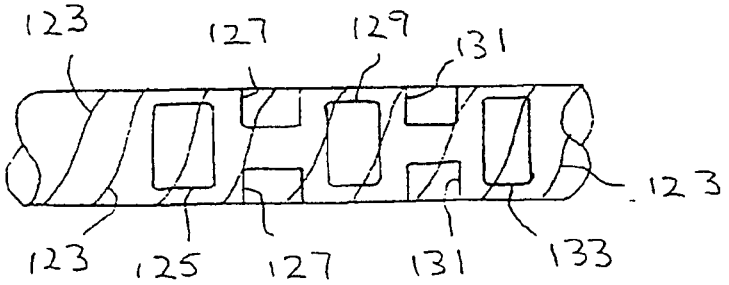


Fig 10