



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 34 170 B3 2005.06.02**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 34 170.6**
 (22) Anmeldetag: **26.07.2003**
 (43) Offenlegungstag: –
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **02.06.2005**

(51) Int Cl.7: **G01R 33/341**
G01R 33/36

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:

**Physikalisch-Technische Bundesanstalt
 Braunschweig und Berlin, 38116 Braunschweig,
 DE; Bruker BioSpin MRI GmbH, 76275 Ettlingen,
 DE**

(74) Vertreter:

**Kohler Schmid Möbus Patentanwälte, 70565
 Stuttgart**

(72) Erfinder:

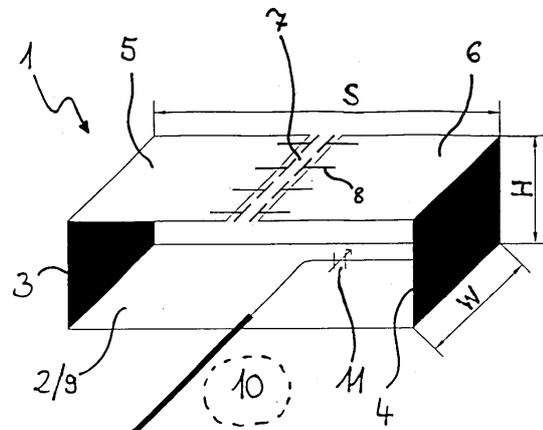
**Junge, Sven, Dipl.-Phys. Dr., 76275 Ettlingen, DE;
 Rinneberg, Herbert, Prof. Dr., 12207 Berlin, DE;
 Seifert, Frank, Dr., 16540 Hohen Neuendorf, DE**

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

**DE 101 24 737 A1
 DE 101 24 465 A1
 GB 21 35 891 A
 US 46 00 018 A
 US 45 89 422 A
 US 64 11 090 B1
 EP 12 73 926 A2
 EP 02 68 083 A1
 WO 00/72 033 A2**

(54) Bezeichnung: **Anordnung zum Erzeugen von Hochfrequenz-B1-Feldern in der NMR mit Flächenstromantennen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Erzeugung und/oder Detektion von Hochfrequenz(=HF)-B1-Feldern in einem Untersuchungsvolumen (10) eines Magnet-Resonanz(=MR)-Geräts, wobei die Anordnung eine Oberflächenspule (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) umfasst, welche röhrenförmig aus einem leitfähigen Band aufgebaut ist, das an mindestens zwei aneinander angrenzenden Enden kapazitiv geschlossen ist, wobei das Verhältnis von Länge L zu Breite W des Bandes ≤ 30 beträgt und wobei das Untersuchungsvolumen (10) außerhalb des vom Band umschlossenen Raumgebiets anschließend an eine Außenfläche (9) der Oberflächenspule (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) angeordnet ist, so dass die von der Oberflächenspule (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) erzeugten B1-Feldlinien im Untersuchungsvolumen (10) im Wesentlichen parallel zu dieser Außenfläche (9) verlaufen. Dadurch wird eine NMR-Sende- und Empfangsanordnung mit verbesserten Eigenschaften geschaffen, insbesondere wobei die Verteilung des HF-B1-Felds beeinflussbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Anordnung zur Erzeugung und/oder Detektion von Hochfrequenz (=HF)-B1-Feldern in einem Untersuchungsvolumen eines Magnet-Resonanz (=MR)-Geräts, wobei die Anordnung eine Oberflächenspule umfasst.

Stand der Technik

[0002] Flächenstromantennen sind aus der Hyperthermie durch Veröffentlichungen von Johnson in US 4,589,422, GB 2 135 891 und US 4,600,018 bekannt geworden.

[0003] Kernspinresonanz (NMR) spielt sowohl in der analytischen Chemie als auch für bildgebende Verfahren in der Medizin eine herausragende Rolle.

[0004] NMR-Verfahren beruhen darauf, eine zu untersuchende Probe, welche sich in einem statischen B_0 -Magnetfeld befindet, einem oder mehreren Hochfrequenz (=HF)-Impulsen auszusetzen und anschließend von der Probe ausgehende HF-Signale zu detektieren und auszuwerten.

[0005] Zum Erzeugen (Tx) und zur Detektion (Rx) der HF-Felder und Signale werden im Stand der Technik Volumenspulen verwendet, wie etwa ein sogenannter TEM-Resonator, siehe WO 00/72033 A2. Der TEM-Resonator besitzt einen radial geschlossenen HF-Schirm sowie in dessen Innerem eine Mehrzahl von einzelnen Resonanzelementen, die kapazitiv gegen den HF-Schirm geschaltet sind. Eine transversale Eigenmode bildet sich durch magnetische Kopplung der einzelnen Resonanzelemente aus.

[0006] Durch die DE 101 24 465 A1 ist eine Volumenspule mit entkoppelten Resonatorelementen offenbar geworden, wobei alle Resonatorelemente einzeln mit jeweils einer definierten Phase und Amplitude gespeist werden. Solche Volumenspulen sind als Birdcage-Spulen bekannt geworden, deren Leiterflächen entlang des B_0 -Feldes angeordnet sind. Ebenso bekannt ist es, die einzelnen Resonanzelemente über Powersplitter und Phasenschieber zu speisen, siehe EP 1 273 926 A2 oder US 6,411,090 B1. Damit soll eine Kontrolle über die B_1 -Feldverteilung innerhalb eines bestimmten Volumens erreicht werden.

[0007] Bei offenen MRI (=magnetic resonance imaging)-Systemen kommen sogenannte planare HF-Antennen (planare Oberflächenspulen, Planarspulen) zum Einsatz, siehe DE 101 24 737 A1. Diese bestehen aus einem rechteckigen oder scheibenförmigen oder ringförmigen Leiterstück, dessen Flächennormale (bzw. Ringachse) orthogonal zum B_0 -Feld ausgerichtet ist. Die planaren HF-Antennen sind kapazitiv mit einem Masseschild verbunden. Die Planare HF-Antenne erzeugt ein bezüglich ihrer An-

tenneebene orthogonales und damit bezüglich B_0 transversales B1-Feld. Durch geeignete Schaltung der Kapazitäten kann ein linear oder zirkular polarisiertes HF-B1-Feld erzeugt werden.

[0008] Neben Volumenspulen ist auch die Verwendung von Lokalspulen bekannt, siehe ISMRM Abstr. 2002, Nr. 321/322. Lokalspulen dienen der Erzeugung und Detektion von NMR-Signalen innerhalb eines begrenzten Volumenteils des Untersuchungsvolumens einer MRI-Geräts. Die Lokalspulen sind aus sogenannten Planar Strip Arrays aufgebaut. Diese bestehen aus einer Mehrzahl von rechteckigen, flachen Einzelleitern, welche in regelmäßigen Abständen kapazitiv mit Masse verbunden sind. Der Massebezug wird durch eine ebene metallisch leitende Fläche realisiert. Die Einzelleiter weisen eine getrennte Speisung auf und können durch Impedanznetzwerke (Induktivitäten und Kapazitäten) voneinander entkoppelt sein.

[0009] Um einzelne Körperteile eines Menschen zu erwärmen (Hyperthermie) ist es bekannt, Flächenstromantennen (current sheet antennas, CSA) mit einer Außenseite der Flächenstromantenne auf die Körperteil-Oberfläche aufzulegen und mit einem Wechselstrom zu beschicken. Bekannt sind insbesondere rechteckig-röhrenförmige Applikatoren, die in einem Frequenzbereich von 27 bis 450 MHz arbeiten. Die elektrischen HF-Felder, die durch diese Antennen erzeugt werden, werden zur Erwärmung des Gewebes auf etwa 40°C oder mehr ausgenutzt, vgl. Johnson, aaO. Die Applikatoren besitzen eine definierte Resonanzfrequenz und sind auf die effiziente Abstrahlung des elektrischen HF-Feldes optimiert. Die magnetischen HF-Felder werden hingegen nicht genutzt. Zur Beeinflussung der Feldverteilung und der Tiefenwirkung können die Applikatoren zu Arrays zusammengeschaltet werden und durch Vorgabe von Amplitude und Phase von getrennten Sendekanälen betrieben werden.

[0010] Aus EP 0 268 083 A1 ist eine Anordnung zur Erzeugung und/oder Detektion von HF-B1-Feldern in einem Untersuchungsvolumen eines Magnetresonanzgeräts bekannt, wobei die Anordnung eine Oberflächenspule umfasst, welche röhrenförmig aus einem leitfähigen Band aufgebaut ist, das an seinen gegenüberliegenden Enden kapazitiv geschlossen ist und dessen Verhältnis von Länge zu Breite ≤ 30 beträgt.

Aufgabenstellung

[0011] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine NMR-Sende- und Empfangsanordnung mit verbesserten HF-Eigenschaften, insbesondere mit gezielt beeinflussbaren Verteilungen des transversalen HF-B1-Feldes vorzustellen.

[0012] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Anordnung zur Erzeugung und/oder Detektion von Hochfrequenz (=HF)-B1-Feldern in einem Untersuchungsvolumen eines Magnet-Resonanz (=MR)-Geräts, wobei die Anordnung eine Oberflächenspule umfasst, welche röhrenförmig aus einem leitfähigen Band aufgebaut ist, das an seinen aneinander angrenzenden Enden kapazitiv geschlossen ist, wobei das Verhältnis von Länge L zu Breite W des Bandes ≤ 30 beträgt, und wobei das Untersuchungsvolumen außerhalb des vom Band umschlossenen Raumgebiets anschließend an eine Außenfläche der Oberflächenspule angeordnet ist, so dass die von der Oberflächenspule erzeugten B1-Feldlinien im Untersuchungsvolumen im Wesentlichen parallel zu dieser Außenfläche verlaufen.

[0013] Die Oberflächenspulen dieser Geometrie werden als Flächenstromantennen bezeichnet. Die Flächenstromantennen (CSAs) werden erfindungsgemäß bei signalgebenden oder signaldetektierenden Verfahren der MRI verwendet. Es werden insbesondere die Eigenschaften der CSAs zur Erzeugung von transversalen magnetischen HF-Feldern (B1-Feldern) orthogonal zur Flächennormalen der Antenne, d.h. orthogonal zur Flächennormalen der Außenfläche der Oberflächenspule, genutzt. Vorteilhaft ist weiterhin das Fehlen einer Normalkomponente des hochfrequenten elektrischen Feldes parallel zur Flächennormalen der Antenne. Die Flächen der CSAs besitzen eine Schirmwirkung bezüglich des elektrischen Feldes. Dies alles führt zu einem hohen Wirkungsgrad bei der Erzeugung und dem Nachweis des magnetischen HF-Feldes, verglichen mit ähnlich großen planaren Oberflächenspulen des Standes der Technik.

[0014] Im beladenen (aufgesetzten) Zustand besitzt die erfindungsgemäße CSA eine hohe Eigengüte, typisch in einem Bereich um 100–200, insbesondere auch bei der Anwendung der CSA in der Nähe von dielektrisch verlustbehafteten Medien wie menschlichem Gewebe. Die beladene Eigengüte ist damit ähnlich gut wie die unbeladene Eigengüte (Eigengüte im Vakuum). Im Gegensatz dazu erreichen konventionelle Volumenspulen im beladenen Zustand nur Güten im Bereich 20–50.

[0015] Die erfindungsgemäße CSA besteht typischerweise aus einer zusammenhängenden, näherungsweise boxförmigen oder zylinderförmigen Leiterfläche mit mindestens einem Spalt entlang der offenen Richtung (Röhrenrichtung) der CSA. Bevorzugt gilt bei Boxform für die Seitenlänge S, die Breite W und die Höhe H der CSA: $S > W > H$. Für Anwendungen bei der Magnetresonanz-Tomographie eines menschlichen Kopfes haben sich Dimensionen von $S = 160$ mm, $W = 80$ mm und $H = 35$ mm als vorteilhaft herausgestellt. Der Spalt ist kapazitiv überbrückt, wo-

bei über die Wahl der Kapazitäten eine gewünschte, schmalbandige Resonanzfrequenz eingestellt wird. Die Anregung der CSA erfolgt typischerweise über eine Einkoppelschleife und mit einem Abstimmkondensator. Andere Anregungen mit zusätzlichen Balun-Transformationen sind möglich. Die kapazitive Spaltüberbrückung kann auch durch Überlapp von Bandabschnitten und gegebenenfalls dazwischen angeordnetem (nicht kurzschließendem) Dielektrikum realisiert sein. Bevorzugt ist die Kontaktfläche zum Dielektrikum möglichst groß, um eine möglichst geringe HF-Flächenstromdichte zu erreichen.

[0016] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung weist die Röhrenform der Oberflächenspule einen rechteckigen Querschnitt auf, so dass ein quaderförmiges Raumgebiet vom Band umschlossen ist. Der rechteckförmige Querschnitt ist besonders einfach herzustellen und weist eine wohldefinierte ebene Anlagefläche auf.

[0017] Besonders bevorzugt ist eine Ausführungsform, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Außenfläche der Oberflächenspule, an die sich das Untersuchungsvolumen anschließt, Ausnehmungen und/oder Durchbruchöffnungen aufweist. Dadurch wird die Flächenstromdichte in der Oberflächenspule eingestellt. Insbesondere kann dadurch die Resonanzfrequenz der CSA und/oder der Magnetfeldverlauf außerhalb der CSA modifiziert werden.

[0018] Aufgrund der gleichen Vorteile bevorzugt ist eine Ausführungsform, bei der das vom Band umschlossene Raumgebiet zumindest teilweise mit einem Dielektrikum gefüllt ist. Darüber hinaus kann das Dielektrikum zur Versteifung und mechanischen Stabilisierung der Oberflächenspule verwendet werden.

[0019] Eine vorteilhafte Ausführungsform sieht weiterhin vor, dass die Anordnung zusätzlich mindestens eine Planarspule umfasst, wobei die Planarspule im Untersuchungsvolumen ein zusätzliches HF-B1-Feld erzeugen kann, das zu den von der Oberflächenspule erzeugten B1-Feldlinien orthogonal ist. Die Planarspule und die CSA-Oberflächenspule sind exakt geometrisch voneinander entkoppelt. Dadurch wird ein Kreuzspulenbetrieb mit eigener Sende- und Empfangsspule möglich.

[0020] Bei einer bevorzugten Weiterbildung dieser Ausführungsform ist es vorgesehen, dass die Anordnung aktive Entkoppelungseinheiten umfasst, mittels derer die Oberflächenspule und/oder die Planarspule jeweils zeitweise resonanzfrei geschaltet werden können. Dies vereinfacht und verbessert den Kreuzspulenbetrieb.

[0021] Eine grundlegende, bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung sieht vor, dass die Anordnung mehrere Oberflächenspulen

umfasst, wobei die Oberflächenspulen zu einem Spulenarray zusammengeschaltet sind. Das Spulenarray kann zur gezielten Beeinflussung des transversalen HF-B1-Magnetfelds im Untersuchungsvolumen (typischer Weise im Zentrum der Anordnung) genutzt werden, etwa zur Erzeugung von zirkular polarisierten Feldern, oder aber zur gezielten, lokalen Intensitätssteigerung des HF-Magnetfelds. Letzteres kann zur Verbesserung des Signal- zu Rausch-Verhältnisses in bestimmten Teilbereichen des Untersuchungsvolumens eingesetzt werden. Bei der Erzeugung dieser lokalen Feldüberhöhungen kann die magnetische Kopplung der Oberflächenspulen ausgenutzt werden.

[0022] Eine vorteilhafte Weiterbildung dieser Ausführungsform sieht vor, dass die einzelnen Oberflächenspulen mit vorgegebenen Phasen und Amplituden gespeist werden können. Dies erleichtert die gezielte Einstellung und/oder Beeinflussung des HF-B1-Feldes.

[0023] Alternativ oder zusätzlich dazu sind bei einer vorteilhaften, anderen Weiterbildung die einzelnen Oberflächenspulen mittels Sende- und Empfangs-Taststufen mit getrennten Sende- und Empfangseinheiten betreibbar. Auch dies erleichtert die gezielte Einstellung und/oder Beeinflussung des HF-B1-Feldes. Insbesondere kann eine 4-Kanal Anordnung durch Ansteuerung von 4 Sendern erreicht werden, wobei die Speisung der 4 Array-Elemente eine gleiche Amplitude, aber eine um jeweils 90° verschobene Phase aufweisen. Durch diese Anordnung wird ein zirkular polarisiertes Magnetfeld erzeugt bzw. empfangen.

[0024] Weiterhin alternativ oder zusätzlich ist bei einer anderen Weiterbildung vorgesehen, dass die einzelnen Oberflächenspulen mittels passiver Entkopplungsnetzwerke voneinander entkoppelt sind. Auch dies erleichtert die gezielte Einstellung und/oder Beeinflussung des HF-B1-Feldes.

[0025] Ebenso alternativ oder zusätzlich sieht eine vorteilhafte Weiterbildung der obigen Ausführungsform vor, dass die einzelnen Oberflächenspulen wechselseitig zum Senden und Empfangen nutzbar sind, um eine Regelung von Phasen und Amplituden eingespeister HF-Signale durchführen zu können.

[0026] Bevorzugt wird weiterhin eine Ausführungsform, bei der die Anordnung mindestens eine erste Oberflächenspule und eine zweite Oberflächenspule umfasst, wobei die Resonanzfrequenz der zweiten Oberflächenspule sich von der Resonanzfrequenz der ersten Oberflächenspule unterscheidet. Mit dieser Ausführungsform können Doppelresonanzexperimente ausgeführt werden.

[0027] Eine andere, vorteilhafte Ausführungsform

der erfindungsgemäßen Anordnung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung zwei gleiche Oberflächenspulen umfasst, die um 90° gegeneinander verdreht angeordnet sind und einen gemeinsamen zentralen Überlappungsbereich besitzen, wobei die Bänder der Oberflächenspulen Bandabschnitte aufweisen, die im Wesentlichen parallel zu den Außenflächen der Oberflächenspulen verlaufen, an die sich das Untersuchungsvolumen anschließt, und wobei die beiden Oberflächenspulen zusammen einstückig ausgeführt sind. Die kapazitiv überbrückten Spalte der beiden Oberflächenspulen können hierbei an den jeweiligen Stirnflächen angebracht sein. Alternativ sind auch 4 überbrückte Spalte außerhalb des Zentrums der Anordnung möglich. Bei Speisung mittels zweier um 90° phasenverschobener HF-Signale kann ein zirkular polarisiertes HF-B1-Feld erzeugt bzw. detektiert werden.

[0028] In den Rahmen der vorliegenden Erfindung fällt auch eine Anordnung zur Erzeugung und/oder Detektion von Hochfrequenz (=HF)-B1-Feldern in einem Untersuchungsvolumen eines Magnet-Resonanz (=MR)-Geräts, wobei die Anordnung eine Oberflächenspule umfasst, welche aus mindestens zwei parallelen, deckungsgleichen, leitfähigen, ebenen Bandabschnitten aufgebaut ist, die an ihren Rändern kapazitiv geschlossen sind, wobei die Oberflächenspule eine vierzählige Symmetrie aufweist und ihre vierzählige Symmetrieachse senkrecht zu den Ebenen der Bandabschnitte verläuft, und wobei das Untersuchungsvolumen außerhalb des von den Bandabschnitten umschlossenen Raumgebiets anschließend an eine Außenfläche der Oberflächenspule angeordnet ist, so dass die von der Oberflächenspule erzeugten B1-Feldlinien im Untersuchungsvolumen im Wesentlichen parallel zu dieser Außenfläche verlaufen. Auch diese Anordnung eignet sich zur Erzeugung von zirkular polarisierten HF-B1-Feldern bei Einspeisung zweier 90° phasenverschobener HF-Signale.

[0029] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform weisen die Bandabschnitte zusammen jeweils die Form eines Berner Kreuzes auf. Diese Geometrie ist besonders einfach und kostengünstig zu realisieren.

[0030] Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der Zeichnung. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter ausgeführten Merkmale erfindungsgemäß jeweils einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

Ausführungsbeispiel

[0031] Die Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigt:

[0032] [Fig. 1](#): eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung mit rechteckförmigem Querschnitt;

[0033] [Fig. 2](#): eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung mit zwei Durchbruchöffnungen an der dem Untersuchungsvolumen zugewandten Außenfläche der Oberflächenspule;

[0034] [Fig. 3](#): eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung mit einer zusätzlichen Planarspule;

[0035] [Fig. 4](#): eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung umfassend ein 4-Kanal Spulenarray mit Powersplitttern und Phasenschiebern;

[0036] [Fig. 5](#): eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung umfassend ein 4-Kanal Spulenarray mit einzeln gespeisten Oberflächenspulen;

[0037] [Fig. 6](#): eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung umfassend ein 8-Kanal Spulenarray mit Entkoppelungsnetzwerk;

[0038] [Fig. 7](#): eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung mit zwei um 90° verdrehten Oberflächenspulen, die zusammen einstückig ausgebildet sind.

[0039] In der [Fig. 1](#) ist eine erfindungsgemäße Anordnung zur Erzeugung und/oder Detektion von HF-B1-Feldern in einem Untersuchungsvolumen eines Kernspinresonanz-Geräts in schematischer Schrägsicht dargestellt.

[0040] Die Anordnung umfasst im Wesentlichen eine Oberflächenspule **1**, die als schachtelförmig geformtes, zusammenhängendes, metallisches, leitendes Band ausgeführt ist. Die Oberflächenspule **1** besitzt eine Unterseite **2**, zwei Seitenflächen **3**, **4** sowie eine zweigeteilte Oberseite **5**, **6**. Die zweigeteilte Oberseite **5**, **6** wird durch einen Spalt **7** unterbrochen. An den einander zugewandten Enden der zweigeteilten Oberseite **5**, **6** sind mehrere Kondensatoren **8** angebracht, die das leitende Band für Hochfrequenz (=HF)-Strömeleitend schließen. Die Form des Bandes ist durch die Abmessungen des vom Band umschlossenen, quaderförmigen Raumbereichs definiert. Dieser quaderförmige Raumbereich besitzt eine Erstreckung in [Fig. 1](#) von links nach rechts von S, d.h. eine Seitenlänge S, weiterhin eine Erstre-

ckung in [Fig. 1](#) von oben nach unten von H, d.h. eine Höhe H, sowie eine Erstreckung in [Fig. 1](#) schräg in die Zeichenebene hinein von W, d.h. eine Breite W. Der bandartige Charakter der Oberflächenspule **1** ist dadurch gewährleistet, dass die Breite W der Oberflächenspule **1** gegenüber der gesamten Länge L des Bandes von $2 \cdot S + 2 \cdot H$ nicht zu vernachlässigen ist, insbesondere dass gilt L/W ist kleiner oder gleich 30. Besonders bevorzugt ist ein Verhältnis L/W von etwa 3 bis 8. Der Querschnitt der Oberflächenspule **1**, definiert durch eine Schnittebene in der Zeichenebene von [Fig. 1](#), ist rechteckförmig.

[0041] Die Unterseite **2** der Oberflächenspule **1** besitzt eine Außenfläche **9**, die einem Untersuchungsvolumen **10** zugewandt ist. Bevorzugt liegt die Außenfläche **9** direkt an einem zu untersuchenden Körper an, wobei der zu untersuchende Körper das Untersuchungsvolumen **10** im Wesentlichen ausfüllt.

[0042] Die Oberflächenspule **1** der angegebenen, erfindungsgemäßen Geometrie wird auch als Flächenspule (CSA) bezeichnet. Die Form der Oberflächenspule kann dadurch stabilisiert werden, dass der quaderförmige Raumbereich, der vom leitfähigen Band umschlossen ist, ganz oder teilweise mit einem mechanisch starren Dielektrikum ausgefüllt wird.

[0043] Die Anregung der Oberflächenspule **1** erfolgt mittels einer Einkoppelschleife über einen Abstimmkondensator **11**. Das erzeugte Magnetfeld besitzt Feldlinien, die die Oberflächenspule **1** von vorne nach hinten (bzw. von hinten nach vorne; also in Röhrenrichtung) durchtragen, sowie im Außenbereich der Oberflächenspule **1** in Bandnähe Feldlinien, die antiparallel zu den im Spuleninneren verlaufenden Feldlinien verlaufen. Am vorderen und hinteren Spulende verlaufen die Feldlinien gekrümmt. Im Bereich des Untersuchungsvolumens **10** verlaufen die von der Oberflächenspule **1** erzeugten Feldlinien somit weitgehend parallel zur Außenfläche **9** und parallel zu den Seitenflächen **2**, **3**.

[0044] Erfindungsgemäß ist es leicht möglich, dass die von der Oberflächenspule **1** erzeugten Feldlinien im Untersuchungsvolumen **10** orthogonal zu den statischen B_0 -Feldlinien des NMR-Geräts verlaufen. Dies kann durch geeignetes Ausrichten der Oberflächenspule **1** erreicht werden. Weiterhin kann dabei auch die Oberflächennormale der Außenfläche **9** parallel zum statischen Magnetfeld B_0 ausgerichtet werden. Das von der Oberflächenspule **1** erzeugte HF-B1-Feld verläuft vorteilhafter Weise parallel zur Antennenebene (definiert durch die Außenfläche **9**). Im Gegensatz dazu können konventionelle Planarspulen nur Feldlinien senkrecht zu ihrer Antennenebene erzeugen.

[0045] In der [Fig. 2](#) ist eine abgewandelte Ausführungsform der Oberflächenspule von [Fig. 1](#) gezeigt.

Eine Oberflächenspule **20** besitzt an ihrer Unterseite **21** zwei Durchbruchöffnungen **22**, **23**. Mit den Durchbruchöffnungen **22**, **23** wird die Flächenstromdichte an der Unterseite **21** der Oberflächenspule **20** beeinflusst.

[0046] Die [Fig. 3](#) zeigt eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung zur Erzeugung und Detektion von HF-B1-Feldern. Die Anordnung umfasst eine Oberflächenspule **30**, ähnlich wie in [Fig. 1](#), und weiterhin eine Planarspule **31**. Die Oberflächenspule **30** und die Planarspule **31** erzeugen im Untersuchungsvolumen **10** zueinander orthogonale B1-Felder. Die magnetischen Feldlinien der Oberflächenspule **30** durchdragen das Untersuchungsvolumen **10** von vorne nach hinten, während die magnetischen Feldlinien der Planarspule das Untersuchungsvolumen **10** von oben nach unten durchdragen. Die Antennenebenen der beiden Spulen **30**, **31** sind identisch, dadurch wird eine geometrische Entkopplung der beiden Spulen **30**, **31** realisiert.

[0047] Zusätzlich verfügen die Oberflächenspule **30** und die Planarspule **31** noch über aktive Entkopplungseinheiten **32**, **33**, um eine Kombination beider Antennen als Sende- und Empfangsspulen im Kreuzbetrieb zu ermöglichen.

[0048] In [Fig. 4](#) ist ein einfaches, erfindungsgemäßes 4-Kanal Spulenarray **40** mit vier Oberflächenspulen **41**, **42**, **43**, **44** (Flächenstromantennen) gezeigt. Diese sind um ein Untersuchungsvolumen **10** herum gleichmäßig angeordnet.

[0049] Durch die Geometrie und die Amplituden und Phasen der Oberflächenspulen **41–44** wird eine Entkopplung erreicht. An einem Powersplitter/Kombiner **45** wird ein HF-Sendesignal eingespeist und auf zwei gegeneinander um 90° phasenverschobene amplitudengleiche Zweige aufgeteilt. Diese Zweige münden in jeweils weitere Powersplitter/Kombiner **46**, **47**, die jeweils zwei gegeneinander um 180° phasenverschobene amplitudengleiche Unterzweige generieren, die den Oberflächenspulen **41** bis **44** zugeleitet sind. Effektiv haben dann alle Oberflächenspulen **41–44** eine gleiche Signalamplitude, aber jeweils eine Phasendifferenz von 90° zur vorherigen benachbarten Oberflächenspule. So kann ein zirkular polarisiertes Magnetfeld erzeugt oder detektiert werden. Eine Detektion kann an einem Isolationsport des Powersplitter/Kombiners **45** erfolgen, oder aber mit getrennten Empfängern schon an Isolationsports der Powersplitter/Kombiner **46**, **47**.

[0050] In [Fig. 5](#) ist ein anderes, erfindungsgemäßes 4-Kanal Spulenarray **50** dargestellt. Das Spulenarray **50** umfasst vier Oberflächenspulen **51–54**. Die Oberflächenspulen **51** bis **54** verfügen jeweils über separate Sende- und Empfangstaststufen **55** mit getrennten Sendeeinheiten **56** und Empfangseinheiten **57**.

Die einzelnen Oberflächenspulen **51–54** können mit variabler Amplitude und Phase angesteuert werden. Durch Wahl einer gleichen Amplitude und Phasendifferenzen von 0° , 90° , 180° und 270° kann ein zirkular polarisiertes HF-B1-Feld im Untersuchungsvolumen **10** erzeugt werden.

[0051] In der [Fig. 6](#) ist ein 8-Kanal-Spulenarray **60** dargestellt, welches 8 Oberflächenspulen **61** mit separaten Sende- und Empfangstaststufen **55** mit getrennten Sendeeinheiten **56** und Empfangseinheiten **57** aufweist. Zusätzlich sind passive Entkopplungsnetzwerke **62** vorgesehen. Das 8-Kanal Spulenarray **60** kann aus zwei 4-Kanal-Spulenarrays gemäß [Fig. 5](#), welche um 45° gegeneinander verdreht sind, aufgebaut werden, welche wiederum auf zwei unterschiedlichen Frequenzen arbeiten können.

[0052] Die [Fig. 7](#) zeigt eine erfindungsgemäße Kombination **70** aus zwei gleichen CSA-Antennen zur Erzeugung eines zirkular polarisierten HF-Feldes. Die beiden CSA-Antennen weisen um 90° gegeneinander verdrehte Bänder **71**, **72** auf, wobei die Seitenflächen der Bänder **71**, **72** als Spalte ausgeführt sind, die mit Kondensatoren **73** überbrückt sind. Die beiden Bänder **71**, **72** sind zusammen einstückig ausgeführt. Die Kombination **70** umfasst also im wesentlichen zwei parallele Bandabschnitte **74**, **75**, die jeweils die Gestalt eines gleicharmigen, rechtwinkligen Kreuzes (=Berner Kreuz) hier mit einer jeweils quadratischen Armfläche aufweisen, und wobei einer dieser Bandabschnitte **74**, **75** eine Außenfläche der Kombination **70** definiert, an die sich ein Untersuchungsvolumen anschließt.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Erzeugung und/oder Detektion von Hochfrequenz (=HF)-B1-Feldern in einem Untersuchungsvolumen (**10**) eines Magnet-Resonanz (=MR)-Geräts, wobei die Anordnung eine Oberflächenspule (**1**; **20**; **30**; **41–44**; **51–54**; **61**) umfasst, welche röhrenförmig aus einem leitfähigen Band aufgebaut ist, das an seinen aneinander angrenzenden Enden kapazitiv geschlossen ist, wobei das Verhältnis von Länge L zu Breite W des Bandes ≤ 30 beträgt, und wobei das Untersuchungsvolumen (**10**) außerhalb des vom Band umschlossenen Raumgebiets anschließend an eine Außenfläche (**9**) der Oberflächenspule (**1**; **20**; **30**; **41–44**; **51–54**; **61**) angeordnet ist, so dass die von der Oberflächenspule (**1**; **20**; **30**; **41–44**; **51–54**; **61**) erzeugten B1-Feldlinien im Untersuchungsvolumen (**10**) im Wesentlichen parallel zu dieser Außenfläche (**9**) verlaufen.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Röhrenform der Oberflächenspule (**1**; **20**; **30**; **41–44**; **51–54**; **61**) einen rechteckigen Querschnitt aufweist, so dass ein quaderförmiges

Raumgebiet vom Band umschlossen ist.

3. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenfläche (9) der Oberflächenspule (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61), an die sich das Untersuchungsvolumen (10) anschließt, Ausnehmungen und/oder Durchbruchöffnungen (22, 23) aufweist.

4. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das vom Band umschlossene Raumgebiet zumindest teilweise mit einem Dielektrikum gefüllt ist.

5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung zusätzlich mindestens eine Planarspule (31) umfasst, wobei die Planarspule (31) im Untersuchungsvolumen (10) ein zusätzliches HF-B1-Feld erzeugen kann, das zu den von der Oberflächenspule (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) erzeugten B1-Feldlinien orthogonal ist.

6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung aktive Entkoppelungseinheiten (32, 33) umfasst, mittels derer die Oberflächenspule (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) und/oder die Planarspule (31) jeweils zeitweise resonanzfrei geschaltet werden können.

7. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung mehrere Oberflächenspulen (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) umfasst, wobei die Oberflächenspulen (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) zu einem Spulenarray (40; 50; 60) zusammengeschaltet sind.

8. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Oberflächenspulen (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) mit vorgegebenen Phasen und Amplituden gespeist werden können.

9. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Oberflächenspulen (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) mittels Sende- und Empfangs-Taststufen (55) mit getrennten Sende- und Empfangseinheiten (56, 57) betreibbar sind.

10. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Oberflächenspulen (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) mittels passiver Entkoppelungsnetzwerke (62) voneinander entkoppelt sind.

11. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Oberflächenspulen (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) wechselseitig zum Senden und Empfangen nutzbar sind, um eine Regelung von Phasen und Amplituden

eingespeister HF-Signale durchführen zu können.

12. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung mindestens eine erste Oberflächenspule (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) und eine zweite Oberflächenspule (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) umfasst, wobei die Resonanzfrequenz der zweiten Oberflächenspule (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) sich von der Resonanzfrequenz der ersten Oberflächenspule (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) unterscheidet.

13. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung zwei gleiche Oberflächenspulen (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) umfasst, die um 90° um gegeneinander verdreht angeordnet sind und einen gemeinsamen zentralen Überlappungsbereich besitzen, wobei die Bänder (71, 72) der Oberflächenspulen (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) Bandabschnitte (74, 75) aufweisen, die im Wesentlichen parallel zu den Außenflächen (9) der Oberflächenspulen (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) verlaufen, an die sich das Untersuchungsvolumen (10) anschließt, und wobei die beiden Oberflächenspulen (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) zusammen einstückig ausgeführt sind.

14. Anordnung zur Erzeugung und/oder Detektion von Hochfrequenz (=HF)-B1-Feldern in einem Untersuchungsvolumen (10) eines Magnet-Resonanz (=MR)-Geräts, wobei die Anordnung eine Oberflächenspule (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) umfasst, welche aus mindestens zwei parallelen, deckungsgleichen, leitfähigen, ebenen Bandabschnitten (74, 75) aufgebaut ist, die an ihren Rändern kapazitiv geschlossen sind, wobei die Oberflächenspule (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) eine vierzählige Symmetrie aufweist und ihre vierzählige Symmetrieachse senkrecht zu den Ebenen der Bandabschnitte (74, 75) verläuft, und wobei das Untersuchungsvolumen (10) außerhalb des von den Bandabschnitten (74, 75) umschlossenen Raumgebiets anschließend an eine Außenfläche (9) der Oberflächenspule (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) angeordnet ist, so dass die von der Oberflächenspule (1; 20; 30; 41-44; 51-54; 61) erzeugten B1-Feldlinien im Untersuchungsvolumen (10) im Wesentlichen parallel zu dieser Außenfläche (9) verlaufen.

15. Anordnung nach einem der Ansprüche 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Bandabschnitte (74, 75) zusammen jeweils die Form eines Berner Kreuzes aufweisen.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

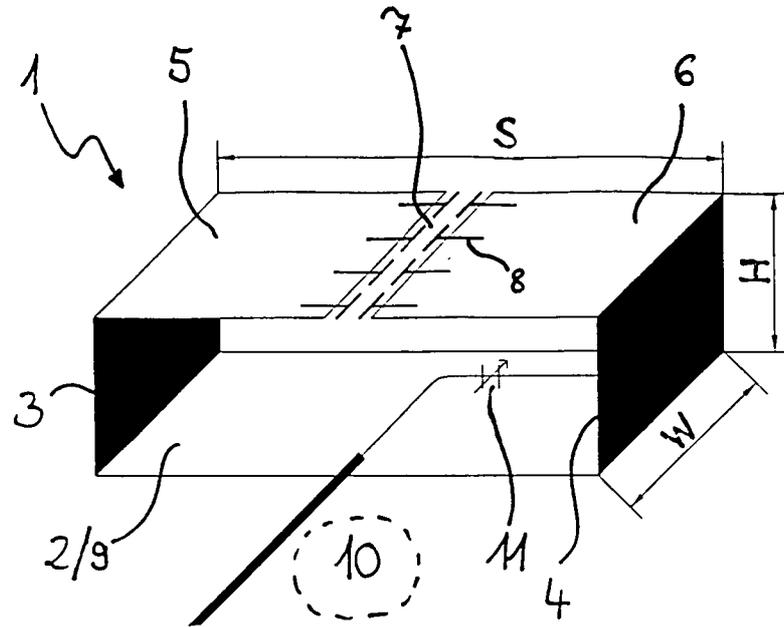


Fig. 1

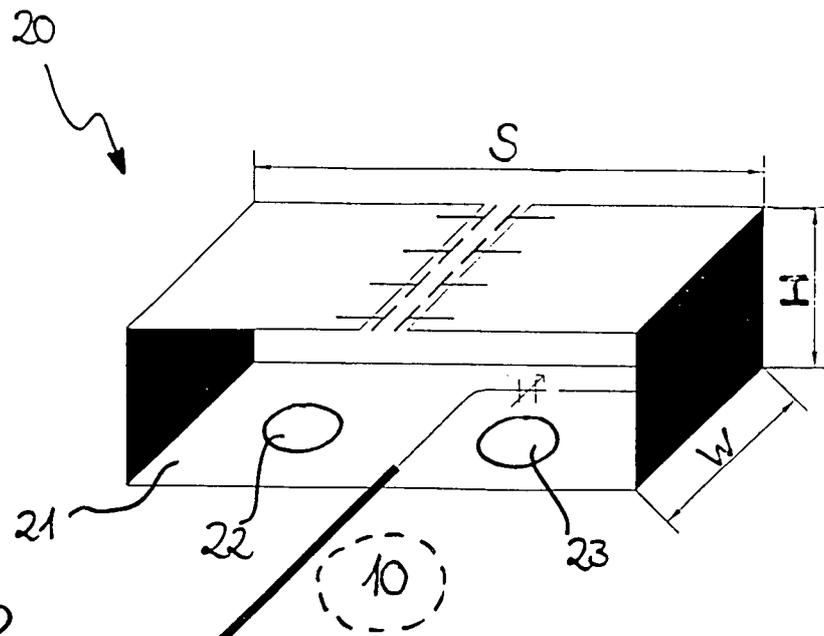


Fig. 2

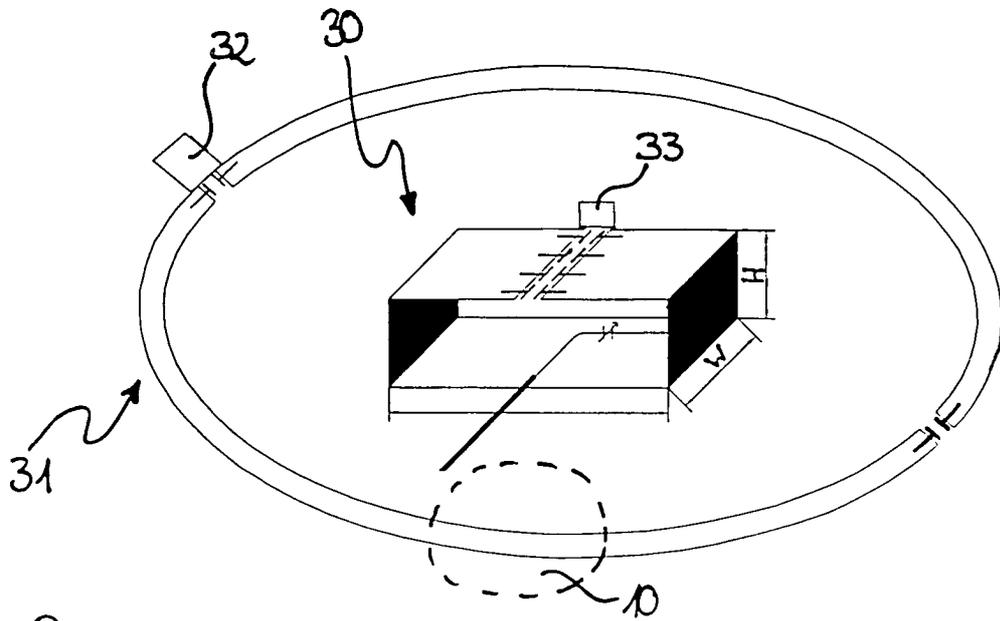


Fig. 3

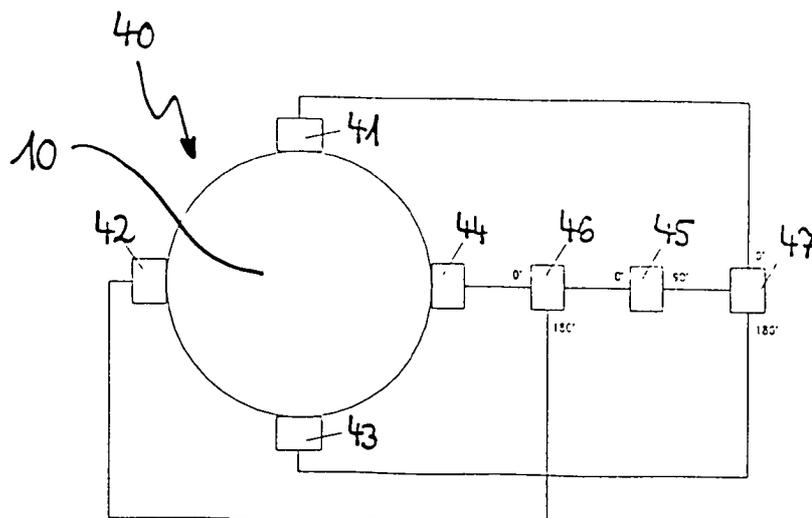


Fig. 4

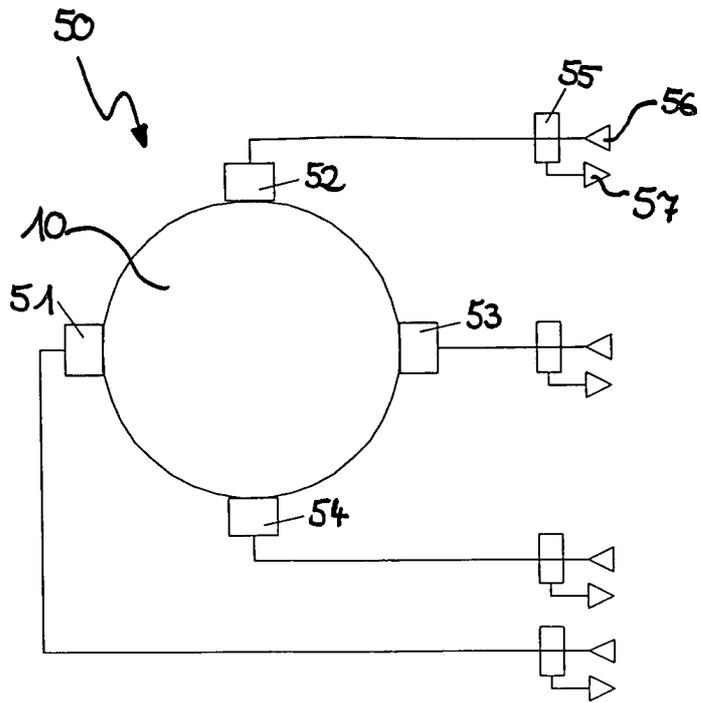


Fig. 5

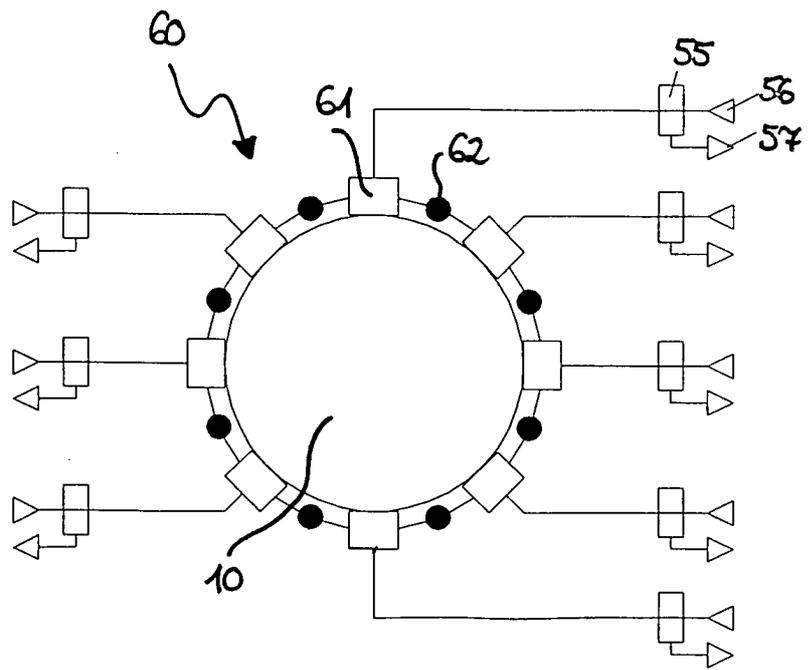


Fig. 6

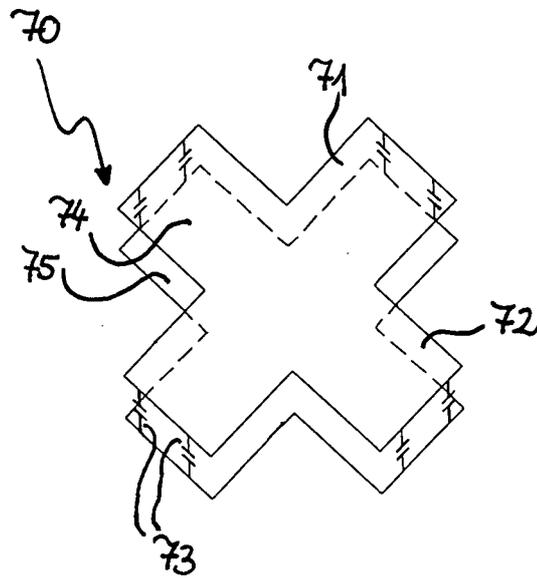


Fig. 7