



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
 (87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2012/143833**
 in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
 (21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2012 001 772.2**
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB2012/051815**
 (86) PCT-Anmeldetag: **13.04.2012**
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **26.10.2012**
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
 in deutscher Übersetzung: **06.03.2014**

(51) Int Cl.: **G01R 33/3415** (2006.01)
G01R 33/561 (2006.01)
G01R 33/36 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
11163484.6 **21.04.2011** **EP**
61/531,157 **06.09.2011** **US**

(74) Vertreter:
Meissner, Bolte & Partner GbR, 80538, München, DE

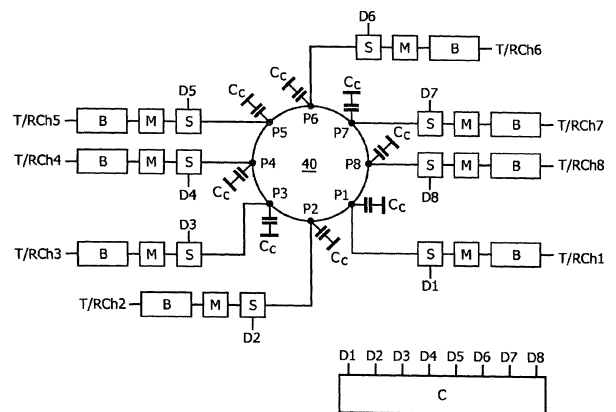
(71) Anmelder:
Philips Deutschland GmbH, 20099, Hamburg, DE

(72) Erfinder:
Mens, Wilhelmus Reinerius Maria, Eindhoven, NL;
Leussler, Christoph, Eindhoven, NL; Findeklee, Christian, Eindhoven, NL

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Mehrkanal-HF-Volumenresonator für MRI**

(57) Zusammenfassung: Es ist ein HF-Volumenresonatorsystem mit einem Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonator (40, 50; 60) offenbart wie z. B. eine TEM-Volumenspule oder ein TEM-Resonator oder eine Birdcage-Spule, von denen alle besonders die Form einer lokalen Spule wie einer Kopfspule oder einer Ganzkörperspule aufweisen, und einer Vielzahl von Sende- und/oder Empfangskanälen (T/Rch1, ... T/Rch8) zum Betreiben des Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonators zum Senden von HF-Anregungssignalen und/oder zum Empfangen von MR-Relaxationssignalen in/aus einem Untersuchungsobjekt oder einem Teil desselben. Durch die einzelne Auswahl jedes Anschlusses (P1, ... P8) und der zutreffenden Amplitude und/oder Frequenz und/oder Phase und/oder Impulsformen der HF-Sendesignale entsprechend den physikalischen Eigenschaften eines Untersuchungsobjekts kann ein HF-Resonanzmodus innerhalb des Untersuchungsobjekts mit verbesserter Gleichartigkeit durch den HF-Resonator angeregt werden.



Beschreibung

ERFINDUNGSGEBIET

[0001] Die Erfindung betrifft ein HF-Volumenresonatorsystem mit einem Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonator wie z. B. einem TEM-Volumenresonator oder einer Birdcage-Spule oder einer Schlitzlinien- oder sonstigen gekoppelten Laufzeitstruktur, alle derselben besonders in der Form einer lokalen Spule wie einer Kopfspule oder einer Ganzkörperspule, und einer Vielzahl von Sendekanälen und/oder Empfangskanälen zum Betreiben des Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonators zum Senden der HF-Anregungssignale und/oder zum Empfangen von MR-Relaxationssignalen in/aus einem Untersuchungsgegenstand bzw. Teil desselben.

[0002] Weiterhin betrifft die Erfindung ein MR-Bildgebungssystem oder -Scanner mit einem solchen HF-Volumenresonatorsystem und ein Verfahren zur MR-Bildgebung eines Untersuchungsobjekts mittels eines solchen HF-Volumenresonatorsystems.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0003] In einem MR-Bildgebungs-(MRI = Magnetic Resonance Imaging)System oder MR-Scanner ist ein Untersuchungsobjekt, gewöhnlich ein Patient, innerhalb des Untersuchungsraums des MRI-Systems einem gleichförmigen Hauptmagnetfeld (B_0 -Feld) ausgesetzt, so dass die Magnetmomente der Kerne innerhalb des Untersuchungsobjekts dazu neigen, sich um die Achse des angelegten B_0 -Feldes zu drehen (Larmor-Präzession), woraus sich eine gewisse Nettomagnetisierung aller dem B_0 -Feld parallel liegenden Kerne ergibt. Die Präzessionsrate wird mit Larmor-Frequenz bezeichnet, die von den bestimmten physikalischen Eigenschaften der beteiligten Kerne und der Stärke des angelegten B_0 -Feldes abhängig ist.

[0004] Durch Senden eines HF-Anregungsimpulses (B_1 -Feld), der orthogonal zum B_0 -Feld liegt, erzeugt mittels einer HF-Sendeantenne oder -spule und entsprechend der Larmor-Frequenz der interessierenden Kerne werden die Drehungen der Kerne angeregt und in der Phase angepasst und es wird eine Ablenkung ihrer Nettomagnetisierung von der Richtung des B_0 -Feldes erhalten, so dass im Verhältnis zur Längskomponente der Nettomagnetisierung eine Querkomponente erzeugt wird.

[0005] Nach Abschluss des HF-Anregungsimpulses beginnen die Relaxationsvorgänge der Längs- und Querkomponenten der Nettomagnetisierung, bis die Nettomagnetisierung in ihren Gleichgewichtszustand zurückgekehrt ist. MR(Relaxations-)Signale, die während der Relaxationsvorgänge abgegeben werden,

werden mittels einer HF/MR-Empfangsantenne oder -Spule erfasst.

[0006] Die empfangenen MR-Relaxationssignale, die zeitbasierende Amplitudensignale sind, werden in frequenzbasierende MR-Spektrumsignale Fouriertransformiert und zum Erzeugen eines MR-Bildes der interessierenden Kerne innerhalb eines Untersuchungsobjekts verarbeitet. Zum Erhalten einer räumlichen Auswahl eines interessierenden Stücks oder Volumens innerhalb des Untersuchungsobjekts und einer räumlichen Codierung der aus einem interessierenden Stück oder Volumen austretenden empfangenen MR-Relaxationssignale werden Gradienten-Magnetfelder dem B_0 -Feld überlagert, die die gleiche Richtung wie das B_0 -Feld aufweisen, aber Gradienten in den orthogonalen x-, y- und z-Richtungen besitzen.

[0007] Die obigen HF-(Sende- und/oder Empfangs-)Antennen können sowohl in der Form sogenannter (auch Ganzkörperspulen genannter) Körperspulen vorgesehen sein, die in einem Untersuchungsraum eines MRI-Systems zum Abbilden eines gesamten Untersuchungsobjekts befestigt sind, und als sogenannte Oberflächen- oder lokale Spulen, die direkt auf oder um eine zu untersuchende lokale Zone oder einen lokalen Bereich angeordnet sind und die z. B. in der Form flexibler Kissen oder Ärmel oder Käfige wie Kopfspulen aufgebaut sind.

[0008] Weiterhin können solche HF-Sende- und/oder Empfangsantennen einerseits in der Form einer HF-Antennengruppe oder Gruppenspule realisiert sein, die eine Anzahl von Spulenelementen umfasst, die einzeln ausgewählt sind, durch eine HF-Stromquelle angesteuert zu werden, um ihr eigenes lokales Magnetfeld zu erzeugen (und/oder empfangen), so dass eine gewünschte Gesamt-Magnetfeldverteilung innerhalb des Untersuchungsraums durch alle Spulenelemente erzeugt wird. Das erfordert jedoch, dass die Spulenelemente voneinander entkoppelt sind, oder die gegenseitigen Kopplungen (hauptsächlich aufgrund von Magnetfluss) zwischen den Elementen kompensiert werden. Andererseits kann eine HF-Sende- und/oder Empfangsantenne in der Form eines HF-Resonators, besonders eines HF-Volumenresonators realisiert sein, der eine Anzahl von Leiterelementen umfasst, die elektromagnetisch so aneinander angekoppelt sind, dass durch Ansteuern des HF-Resonators an einem oder zwei Anschlüssen durch eine HF-Stromquelle eine Anzahl linear unabhängiger resonanter Stromverteilungen ("Resonanzmodi") im HF-Resonator zum Erzeugen von Magnetfeldern mit gewissen Resonanzfrequenzen in einem interessierenden Volumen (gewöhnlich einem Untersuchungsraum) angeregt werden können.

[0009] US 7,285,957 offenbart ein Mehrfachanschluss-HF-Birdcage-Spulenpaket, das eine Spulen-

struktur mit einer Anzahl von sich zwischen einem inneren und einem oberen Endring erstreckenden Spulenelementen umfasst, wobei Kondensatoren mit den Endringen verbunden sind und ein Ansteuerungsnetz mit mehreren Ansteuerungsanschlüssen an der Spulenstruktur versehen ist, die zum Ansteuern der Spulenstruktur an mehr als zwei Stellen auf einem der Endringe mit phasenverschobenen Spannungen zur gleichen Zeit eingerichtet sind, so dass eine unsymmetrische Belastung der Spule durch einen Patienten als Ergebnis von Patientenunsymmetrie verringert wird und eine im Wesentlichen kreisförmige Polarisierung des Feldes innerhalb der Spulenstruktur aufrechterhalten bleibt. Zum Beseitigen von Mantelwellen in herauf zu einer Stromquelle führenden Spannungskabeln ist ein Symmetriernetzwerk vorgesehen, wobei jeder Ansteuerungsanschluss mit einem fest zugeordneten Symmetrierglied verbunden ist. Weiterhin wird jedes Symmetrierglied durch ein Weichennetzwerk zum Empfangen, Aufspalten und Phasenverschieben an einer von der Stromquelle eingegebenen Spannung gespeist.

KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0010] Es ist erkannt worden, dass ein solches Ansteuern einer Spulenstruktur an zwei oder mehr Anschlüssen zur gleichen Zeit trotzdem gewisse Nachteile aufweist, besonders hinsichtlich einer mangelhaften Gleichförmigkeit des erzeugten HF-Feldes, der erforderlichen HF-Leistung, der einem Untersuchungsobjekt ausgesetzten spezifischen Absorptionsrate (SAR) und sonstiger, wobei dies alles besonders von den physikalischen Eigenschaften wie Gewicht, Fett und Wassergehalt, Erweiterungen und sonstigen Parametern eines gewissen Untersuchungsobjekts abhängig ist.

[0011] Weiterhin wird bei einer solchen Spulenstruktur gewöhnlich eine Anzahl kostspieliger diskreter passiver Elemente wie Kondensatoren zum Abstimmen der Spulenstruktur eingesetzt, um in einem Resonanzmodus resonant zu sein, der ein gleichförmiges Magnetfeld in einem gewünschten Volumen und mit einer gewünschten HF/MR-Resonanzfrequenz erzeugt, wobei eine solche Abstimmung ein aufwendiges Verfahren darstellt. Abschließend ist erkannt worden, dass auch die Abstimmung durch die physikalischen Eigenschaften wie Gewicht, Fett- und Wassergehalt, Erweiterungen und sonstige Parameter des Untersuchungsobjekts gestört werden und in einem beträchtlichen Maß von ihnen abhängig sein kann.

[0012] Eine der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe besteht in der Bereitstellung eines HF-Volumenresonatorsystems, so dass eine Störung eines angelegten Resonanzmodus mit einer gewünschten HF/MR-Frequenz (besonders ihrer Gleichförmigkeit), die durch Einführung eines Untersuchungsobjekts in den

HF-Resonator verursacht wird, verhindert oder wesentlich verringert werden kann und insbesondere weniger oder nicht mehr von unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften wie Gewicht, Fett- und Wassergehalt, Erweiterungen oder sonstigen Parametern eines Untersuchungsobjekts abhängig ist.

[0013] Die Aufgabe wird durch ein HF-Volumenresonatorsystem nach Anspruch 1 gelöst.

[0014] Der Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonator des erfindungsgemäßen HF-Volumenresonatorsystems kann in der Form eines Ganzkörperresonators entweder zur Verwendung in einem offenen MRI-System (Vertikalsystem), das eine Untersuchungszone umfasst, die sich zwischen den Enden einer senkrechten C-Arm-Anordnung befindet, oder in einem axialen (Horizontal-)MRI-System, das einen sich horizontal erstreckenden rohrförmigen oder zylindrischen Untersuchungsraum umfasst, realisiert werden. Weiterhin kann der erfindungsgemäße HF-Volumenresonator wie oben erläutert in der Form eines sogenannten Oberflächen- oder lokalen Resonators wie einer Kopfspule usw. realisiert werden.

[0015] Weiterhin können diese beiden erfindungsgemäßen Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonatoren in der Form eines TEM-artigen oder Birdcage-spulenartigen Resonators ausgeführt sein.

[0016] Abschließend kann der Grundsatz der Erfindung auch in HF-Volumenresonatoren zum Senden und/oder Empfangen von HF-Signalen für andere Anwendungen als MR-Bildgebung benutzt werden.

[0017] In den abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung offenbart.

[0018] Es versteht sich, dass Merkmale der Erfindung in beliebiger Kombination kombiniert werden können, ohne aus dem durch die beiliegenden Ansprüche definierten Rahmen der Erfindung zu weichen.

[0019] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter und beispielhafter Ausführungsformen der Erfindung offenbar werden, die unter Bezugnahme auf die Zeichnungen geboten werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0020] Fig. 1 zeigt einen diagrammatischen Aufriss eines MRI-Systems;

[0021] Fig. 2 zeigt einen herkömmlichen Doppelausschluss-Quadraturvolumenresonator in einer Axialansicht;

[0022] Fig. 3 zeigt eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen HF-Volumenresonatorsystems;

[0023] Fig. 4 zeigt eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen HF-Volumenresonatorsystems;

[0024] Fig. 5 zeigt eine schematische dreidimensionale Ansicht einer dritten Ausführungsform eines HF-Volumenresonatorsystems mit einer erfindungsgemäßen Mehrfachanschluss-Birdcage-Spule;

[0025] Fig. 6 zeigt eine schematische dreidimensionale Ansicht einer vierten Ausführungsform eines HF-Volumenresonatorsystems mit einer erfindungsgemäßen Mehrfachanschluss-Birdcage-Spule;

[0026] Fig. 7 zeigt eine fünfte Ausführungsform eines HF-Volumenresonatorsystems mit einer Mehrfachanschluss-Flachspule oder einer in eine zweidimensionale Ebene ausgerollten erfindungsgemäßen Birdcage-Spule;

[0027] Fig. 8 zeigt eine sechste Ausführungsform eines HF-Volumenresonatorsystems mit einer Mehrfachanschluss-TEM-Flachspule oder einer erfindungsgemäßen in einer Zweidimensionalebene ausgerollten zylindrischen TEM-Spule;

[0028] Fig. 9 zeigt eine erste Ausführungsform einer Schalteranordnung zum Anschließen und Abtrennen eines Sende- und Empfangskanals an/von einem Anschluss einer Mehrfachanschlussspule;

[0029] Fig. 10 zeigt eine zweite Ausführungsform einer Schalteranordnung zum Anschalten und Abtrennen eines Sende- und Empfangskanals an/von einem Anschluss einer Mehrfachanschlussspule;

[0030] Fig. 11 zeigt eine dritte Ausführungsform einer Schalteranordnung zum Anschalten und Abtrennen eines Sende- und Empfangskanals an/von einem Anschluss einer Mehrfachanschlussspule;

[0031] Fig. 12 zeigt eine Schaltermatrix zum Auswählen und Betreiben der Schalter; und

[0032] Fig. 13 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Durchführen einer MRI-Abtastung mittels eines erfindungsgemäßen HF-Resonators.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0033] Fig. 1 zeigt wesentliche Bestandteile eines Magnetresonanz-Bildgebungssystems (MRI – Magnetic Resonance Imaging) bzw. eines Magnetresonanz-(MR-)Scanners. In dieser Figur ist ein senkrechtes (offenes) System mit einer Untersuchungs-

zone **10** zwischen einem oberen und einem unteren Ende einer C-Armstruktur dargestellt.

[0034] Oberhalb und unterhalb der Untersuchungszone **10** ist auf bekannte Weise ein erstes und ein zweites Hauptmagnetsystem **20** bzw. **30** zum Erzeugen eines im Wesentlichen gleichförmigen Hauptmagnetfeldes (B_0 -Feldes) zum Ausrichten der Kerndrehimpulse in dem zu untersuchenden Objekt vorgesehen. Das Hauptmagnetfeld erstreckt sich im Wesentlichen durch einen Patienten P in senkrechter Richtung zur Längsachse des Patienten P (das heißt in der x-Richtung).

[0035] Ein Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonator dient zum Senden von HF-Anregungsimpulsen (B_1 -Feld) mit den MR-Frequenzen und/oder zum Empfangen von MR-Relaxationssignalen in ein/aus einem interessierenden Volumen und umfasst nach Fig. 1 eine erste und eine zweite HF-Flachantenne **40**, **50** ("Ganzkörperspule"). Beide HF-Antennen **40**, **50** sind in der Form einer jeweiligen ebenen und vorzugsweise kreisförmigen elektrisch leitfähigen Platte mit mindestens im Wesentlichen gleichen Abmessungen bereitgestellt, wobei die Platten auf bekannte Weise über Kondensatoren elektrisch mit einem Erdpotential verbunden sind. Nach Fig. 1 befindet sich die erste HF-Flachantenne **40** vorzugsweise an oder auf dem ersten Magnetsystem **20** und die zweite HF-Flachantenne **50** befindet sich vorzugsweise an oder auf dem zweiten Magnetsystem **30**, wobei beide Platten parallel zueinander angeordnet und voneinander in Richtung der senkrechten Projektion zueinander versetzt sind, wodurch die Untersuchungszone **10** des MRI-Systems zwischen einander in senkrechter Richtung begrenzt wird.

[0036] Im Fall eines horizontalen (axialen) MR-Bildgebungssystems, in dem ein Patient oder ein sonstiges Untersuchungsobjekt in axialer Richtung durch einen horizontalen zylindrischen oder rohrförmigen Untersuchungsraum geführt wird, wird anstatt des HF-Volumenresonators nach Fig. 1 gewöhnlich ein zylindrischer HF-Volumenresonator (besonders der Birdcage- oder TEM-Art) benutzt. Alle derartigen Ganzkörperspulen können in der Form von erfindungsgemäßen Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonatoren bereitgestellt werden.

[0037] Weiterhin kann ein lokaler Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonator **60** ("lokale Spule") bereitgestellt werden, der in Fig. 1 beispielhaft in der Form einer Kopfspule, vorzugsweise einer Birdcage-Spule (oder einer TEM-Spule) dargestellt ist, die gewöhnlich zusätzlich zu dem permanent eingebauten Ganzkörper-HF-Volumenresonator **40**, **50** benutzt wird und die direkt auf oder um eine Zone oder ein bestimmtes interessierendes Gebiet des zu untersuchenden Objekts angeordnet ist. Solche Lokalresonatoren können auch in der Form eines erfin-

dungsgemäßen Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonators bereitgestellt werden.

[0038] Zur räumlichen Auswahl und räumlichen Codierung der aus den Kernen abgegebenen empfangenen MR-Relaxationssignale ist das MR-Bildgebungssystem auch mit einer Mehrzahl von Gradienten-Magnetfeldspulen **70**, **80** versehen, durch die wie oben erläutert drei Gradientenmagnetfelder in den orthogonalen x-, y- und z-Richtungen erzeugt werden.

[0039] Im Allgemeinen sind die obigen und nachfolgenden Grundsätze und Ausführungsformen im Fall eines axialen (horizontalen) und eines senkrechten (offenen) MRI-Systems anwendbar, sowohl im Fall einer Ganzkörperspule und einer lokalen Spule und sowohl in der Form eines Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonators mit zwei HF-Flachantennen oder eines Birdcage-spulenartigen oder eines TEM-Spulen- oder sonstigen HF-Volumenresonators.

[0040] Fig. 2 zeigt einen herkömmlichen Doppelausschluss-Quadratur-HF-Volumenresonator **60** in der Form einer Birdcage-Spule in axialer Draufsicht auf einer Endkappe **2** der Spule **60**. Er umfasst eine Vielzahl von Leitersprossen **1** (deren Anzahl N normalerweise gerade ist), die auf bekannte Weise zumindest im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind und mit mindestens im Wesentlichen gleichen Abständen voneinander auf und entlang dem Umfang einer mindestens im Wesentlichen zylindrischen Oberfläche verteilt sind, die ein Untersuchungsgebiet **10** einschließt. Die Leitersprossen **1** erstrecken sich mit ihren Längen mindestens im Wesentlichen parallel zur Achse der Spule **60**. Jeweils zwei Nachbarleitersprossen **1** sind gewöhnlich an beiden ihrer axialen Enden durch Endleiter miteinander verbunden, die gewöhnlich jeweils in der Form eines Leiterringes (Endrings) wie einen Kreisschleifenleiter ausgeführt sind. Alternativ können die Leitersprossen **1** an einem ihrer Enden mittels der angezeigten leitenden Endkappe **2** und an ihren anderen Ende mittels eines (nicht angezeigten) Leiterringes verbunden sein.

[0041] Weiterhin zeigt die Fig. 2 einen 90°-Koppler **3**, der einen Eingang T zum Anlegen eines mittels der Birdcage-Spule **60** zu übertragenden HF-Signals und einen Ausgang R zum Ausgeben eines MR-Signals, das mittels der Birdcage-Spule **60** empfangen wird, umfasst. Der Koppler **3** umfasst einen ersten und einen zweiten Anschluss **11**, **12**, die mit einem ersten und einem zweiten Anschluss P1 bzw. P2 der Birdcage-Spule **60** an jeder der Sprossen **1** der Birdcage-Spule **60** verbunden sind, wobei diese Anschlüsse P1, P2 geometrisch um 90° in Umfangsrichtung der Birdcage-Spule **60** versetzt sind und sich in einer gemeinsamen Ebene senkrecht zur Längsachse der Birdcage-Spule befinden. Der erste und der zweite Anschluss **11**, **12** des Kopplers **3** ist zum Anlegen bzw. Empfangen von HF/MR-Signalen vorgesehen,

die wie allgemein bekannt ist (elektrisch) um 90° zueinander phasenverschoben sind.

[0042] In der Annahme, dass die Birdcage-Spule **60** im Verhältnis zur Wellenlänge der zu übertragenden und/oder empfangenden HF/MR-Signale klein ist, sind gewöhnlich $N/2 + 2$ linear unabhängige Stromverteilungen in der Birdcage-Spule verfügbar (wobei N die Anzahl von Sprossen **1** ist). Diese Resonanzstromverteilungen können als die Modi oder Eigenmodi der Birdcage-Spule bezeichnet werden, oder anders gesagt zeigt die Birdcage-Spule $N/2 + 2$ Resonanzen auf verschiedenen Frequenzen. Außer zwei Endringmodi, in denen im Wesentlichen keine Ströme in den Sprossen **1** fließen, gibt es $N/2$ relevante Resonanzfrequenzen, die von der Resonanztorproportionierung und der Art Birdcage-Spule (d. h. Tiefpass, Hochpass, Bandpass) abhängig sind. Gewöhnlich ist die Resonanzfrequenz des ersten Modus (oder Modus erster Ordnung, $k = 1$) diejenige, die die beste Gleichförmigkeit des Magnetfeldes in dem von der Birdcage-Spule umschlossenen Bereich erzeugt (Untersuchungsgebiet **10**), so dass dieser Modus zur MR-Bildgebung benutzt wird. Wie allgemein bekannt ist, kann ein kreisförmig polarisiertes Magnetfeld durch Ansteuern der Birdcage-Spule an zwei Raumstellen erzeugt werden, die um 90° zueinander versetzt sind.

[0043] Es hat sich herausgestellt, dass zum Speisen eines solchen HF-Volumenresonators mit HF-Strömen zum Anregen dieses Resonanzmodus, d. h. zum Senden dieser HF-Anregungssignale (und/oder zum Auskoppeln von HF-Strömen, die im HF-Volumenresonator durch die obigen MR-Relaxationsereignisse induziert werden) im Prinzip beliebige zwei Sprossenstellungen oder Endringstellungen, die sich in einem geometrischen 90°-Abstand voneinander in der Umfangsrichtung befinden, als Anregungsstellen (auch "Antennenanschlüsse" oder "Anschlüsse" P1, P2, ...) des HF-Volumenresonators **60** benutzt werden können. Anders gesagt fließt ein HF-Strom in im Wesentlichen jedem Leiter des HF-Volumenresonators ungeachtet der gewissen (besonders zwei) ausgewählten Anschlüsse oder Anregungsstellen. Dadurch und im Gegensatz zu den obigen Antennengruppen kann gewöhnlich eine homogene HF-Feldverteilung erzeugt werden ohne die Notwendigkeit, den HF-Volumenresonator an mehr als zwei Anschlüssen gleichzeitig zu speisen.

[0044] Gemäß der Erfindung wird ein Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonator **60** (oder HF-Volumenresonator) mit mehr als zwei Anschlüssen benutzt. Diese Anschlüsse können regelmäßig oder unregelmäßig verteilt sein (d. h. die Abstände benachbarter Anschlüsse voneinander sind die gleichen oder unterschiedlich) in der Umfangsrichtung des HF-Volumenresonators. Vorzugweise ist jeder dieser Anschlüsse mit einem eigenen HF/MR-Sen-

de- und/oder -Empfangskanal verbunden, so dass die Anzahl von HF/MR-Sende- und/oder -Empfangskanälen gleich der Anzahl von Anschlüssen ist.

[0045] Ein Sendekanal und ein Empfangskanal umfassen jeweils ein Anpassungsnetzwerk, vorzugsweise in der Form eines passiven Anpassungsnetzwerks, das zum Anpassen des zugehörigen Anschlusses des HF-Volumenresonators an die optimale Impedanz des angeschlossenen Leistungsverstärkers (im Fall eines Sendekanals) oder des angeschlossenen rauscharmen Verstärkers (im Fall eines Empfangskanals) vorgesehen ist, und einen EIN/AUS-Schalter zum Aktivieren und Deaktivieren des zugehörigen Anschlusses des HF-Volumenresonators.

[0046] Sollte der Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonator und besonders mindestens einer der Anschlüsse des Resonators sowohl zum Senden als auch Empfangen von HF/MR-Signalen benutzt werden, umfasst der zugehörige HF/MR-Sende- und -Empfangskanal zusätzlich einen Sende-/Empfangsschalter, wobei der EIN/AUS-Schalter und der Sende-/Empfangsschalter vorzugsweise als eine gemeinsame Schaltereinheit ausgeführt sind. Alternativ ist der Sende-/Empfangsschalter zwischen den EIN/AUS-Schalter und die zugehörigen Anpassungsnetzwerke zum Übertragen und Empfangen geschaltet oder es wird ein gemeinsames Anpassungsnetzwerk zum Senden sowie Empfangen benutzt, wobei in diesem Fall das Anpassungsnetzwerk zwischen den EIN-/AUS-Schalter und den Sende-/Empfangsschalter wie in **Fig. 5** bis **Fig. 10** (siehe unten) angedeutet geschaltet ist. Weiterhin kann das Anpassungsnetzwerk und der EIN-/AUS-Schalter auch in eine gemeinsame Einheit kombiniert werden, wie beispielhaft unter Bezugnahme auf **Fig. 11** erläutert wird. Dies gilt entsprechend für all in **Fig. 3** bis **Fig. 8** gezeigten Ausführungsformen und kann in diesen ausgeführt werden.

[0047] Vorzugweise ist der EIN-/AUS-Schalter zwischen den zugehörigen Anschluss des HF-Resonators und das Anpassungsnetzwerk geschaltet. Dies weist den Vorteil auf, dass, wenn ein gewisser Anschluss des Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonators nicht zum Senden von HF-Signalen oder zum Empfangen von MR-Signalen benutzt wird, die Resonanzmodi des HF-Volumenresonators nicht durch das angeschlossene Anpassungsnetzwerk oder sonstige Komponenten des zugehörigen Sende- und/oder Empfangskanals an dem nicht benutzten Anschluss beeinflusst werden. Wenn jedoch das Anpassungsnetzwerk zwischen den zugehörigen Anschluss des HF-Resonators und den EIN/AUS-Schalter geschaltet ist, muss die Abstimmung des HF-Resonators entsprechend der Reaktanz des Anpassungsnetzwerks geändert und angepasst werden.

[0048] In allen obigen Fällen kann einer oder alle der HF/MR-Sende- und/oder -Empfangskanäle weitere Komponenten umfassen, wie beispielsweise ein Symmetrierglied und/oder einen eigenen Leistungsverstärker und/oder einen eigenen rauscharmen Verstärker wie auch elektronische Komponenten zum Regeln der Amplitude, der Phase, der Impulsform und/oder der Frequenz der übertragenen HF-Signale und/oder Elektronikkomponenten zum Verarbeiten der empfangenen MR-Signale.

[0049] Die obigen EIN/AUS-Schalter umfassen jeweils einen Steuereingang zum Umschalten des Schalters zwischen einem leitenden und einem nichtleitenden Zustand, so dass die anderen Komponenten des zugehörigen HF/MR-Sende- und/oder -Empfangskanals mit dem zugehörigen Anschluss verbunden bzw. von ihm abgetrennt werden und dadurch der zugehörige Anschluss aktiviert bzw. deaktiviert wird.

[0050] Vorzugweise werden alle EIN/AUS-Schalter durch eine gemeinsame Steuereinheit gesteuert, die vorzugsweise ein programmierbares Computerprogramm enthält, mittels dessen die Schalter besonders in Abhängigkeit von gewissen physikalischen Eigenschaften eines Untersuchungsobjekts wie ausführlicher unten erläutert ausgewählt und zwischen dem Ein- und Aus-Zustand umgeschaltet werden. Vorzugweise ist die Steuereinheit wo nötig auch zum Betreiben jeglicher bestehender Sende-/Empfangsschalter vorgesehen. Ein zugehöriges Computerprogramm kann eingerichtet sein, zu einer Steuereinheit C eines HF-Volumenresonatorsystems oder eines MR-Bildgebungssystems oder -Scanners heruntergeladen zu werden, wenn es auf einem Computer abläuft, der mit dem Internet verbunden ist.

[0051] **Fig. 3** zeigt schematisch eine erste Ausführungsform wesentlicher Komponenten eines solchen erfindungsgemäßen HF-Volumenresonatorsystems. Sie umfasst einen Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonator vorzugsweise mit einer ersten und einer zweiten Mehrfachanschluss-HF-Flachantenne **40**, **50**, jeweils in der Form einer ebenen elektrisch leitfähigen Platte (es ist nur die erste HF-Flachantenne **40** dargestellt) mit einer Vielzahl von Anschlüssen P1, ..., Pn, mit denen jeweils ein Sende- oder Empfangskanal T/RCh verbunden ist.

[0052] Die erste (und die zweite) Mehrfachanschluss-HF-Flachantenne **40** ist/sind vorzugsweise in der Form einer jeweiligen kreisförmigen Platte vorgesehen, die über Kondensatoren Cc auf bekannte Weise mit einem Erdpotential verbunden ist. Die Platte kann auch eine ovale oder eine mehrwinklige oder sonstige Form aufweisen. Entlang dem Umfang der Platte befinden sich die Anschlüsse P1, ... P8, wobei im Fall der in **Fig. 3** gezeigten Ausführungsform benachbarte Anschlüsse die gleichen Abstände

in der Umfangsrichtung zueinander aufweisen. Wie oben erwähnt können jedoch diese Abstände auch unterschiedlich sein.

[0053] Jeder Anschluss P1, P2, ... P8 ist mittels eines EIN-AUS-Schalters S wie oben erläutert mit anderen Komponenten eines HF/MR-Sende- oder -Empfangskanals T/RCh1, T/RCh2, ... T/RCh8 zum Betreiben des HF-Resonators zum Senden oder Empfangen von HF/MR-Signalen verbunden. **Fig. 3** zeigt beispielhaft solche Komponenten, nämlich ein Anpassungsnetzwerk M und ein Symmetrierglied B, wobei das Anpassungsnetzwerk M auf bekannte Weise zwischen den EIN/AUS-Schalter S und das Symmetrierglied B geschaltet ist.

[0054] Diese Kanäle sind entweder alle Sendekanäle oder Empfangskanäle oder einige Anschlüsse sind jeweils mit einem Sendekanal verbunden und andere Anschlüsse sind jeweils mit einem Empfangskanal verbunden, z. B. abwechselnd entlang dem Umfang der Platte, wobei die Anzahl von Sendekanälen und die Anzahl von Empfangskanälen gleich oder unterschiedlich sein kann. Dies gilt insgesamt entsprechend für alle anderen Ausführungsformen.

[0055] Die EIN/AUS-Schalter S sind jeweils zwischen den zugehörigen Anschluss P und die anderen Komponenten des zugehörigen Sende- oder Empfangskanals T/RCh geschaltet und können unabhängig voneinander jeweils mittels eines einzelnen Schaltsignals D1, D2, ... D8 zwischen einem EIN- und einem AUS-Zustand umgeschaltet werden, wobei diese Schaltsignale mittels einer Steuereinheit C erzeugt werden. Im EIN-Zustand wird der zugehörige Anschluss aktiviert und die zugehörigen anderen Komponenten des Sende- oder Empfangskanals werden mit dem zugehörigen Anschluss verbunden, und im AUS-Zustand wird der Anschluss deaktiviert und wird von den zugehörigen anderen Komponenten des Sende- oder Empfangskanals abgetrennt.

[0056] Ein erfindungsgemäßer HF-Volumenresonator umfasst vorzugsweise zwei Mehrfachanschluss-HF-Flachantennen **40 (50)** wie in **Fig. 3** angezeigt, wobei in diesem Fall die zwei Platten parallel zueinander angeordnet sind und in der Richtung einer senkrechten Projektion zueinander wie in **Fig. 1** angezeigt für die erste und die zweite HF-Flachantenne **40, 50** versetzt sind. Die zwei Platten weisen vorzugsweise die gleiche(n) Form und Abmessungen auf, vorzugsweise mit der gleichen Anzahl und Anordnung von Anschlüssen, wobei die Platten vorzugsweise so angeordnet sind, dass die Anschlüsse einer Platte in einer senkrechten Richtung zu der Platte von den Anschlüssen der anderen Platte versetzt sind. Weiterhin sind die Anschlüsse beider Platten mit Sende- oder Empfangskanälen verbunden, die auf die gleiche oder unterschiedliche Weisen unter den Anschlüssen beider Platten verteilt sind. Es könn-

te jedoch auch möglich sein, die zwei Platten mit unterschiedlichen Formen und/oder Dimensionen zu versehen und nur eine der Platten mit Anschlüssen P1, ... Pn oder beide Platten mit unterschiedlichen Anzahlen von Anschlüssen und zugehörigen Sende- oder Empfangskanälen zu versehen.

[0057] Die Sende- oder Empfangskanäle T/RCh1, T/RCh2, ... T/RCh8 sind vorzugsweise unabhängig voneinander hinsichtlich der Einstellung mindestens einer der Amplitude, der Impulsform, der Frequenz und der Phase der erzeugten HF-Sendesignale bzw. hinsichtlich der zugehörigen Verarbeitung der empfangenen HF-Signale ansteuerbar.

[0058] Die Erzeugung der Schaltsignale D1, D2, ... D8 mittels der Steuereinheit C und dadurch die Auswahl der mit dem zugehörigen Sende- oder Empfangskanal T/RCh1, T/RCh2, ... T/RCh8 zu verbindenden und von diesem abzutrennenden Anschlüssen P1, P2, ... Pn wie auch die Einstellung mindestens eines der obigen Parameter der erzeugten oder empfangenen HF/MR-Signale wird besonders in Abhängigkeit von gewissen physikalischen Eigenschaften eines gewissen Untersuchungsobjekts, das abzubilden ist, und den geometrischen Abständen der ausgewählten aktivierten Anschlüsse voneinander durchgeführt.

[0059] Vorzugsweise werden durch die Steuereinheit C stets zwei Anschlüsse zur gleichen Zeit ausgewählt und aktiviert durch Schalten der zugehörigen zwei Schalter S in den EIN-Zustand und der anderen Schalter S in den AUS-Zustand. Um große Flexibilität zum Auswählen der zutreffenden zwei (oder mehr) Anschlüsse zu bieten, umfasst der Volumenresonator eine Gesamtzahl von Anschlüssen, die größer als die Höchstzahl von Anschlüssen ist, die durch die Steuereinheit C zur gleichen Zeit zum Verbinden derselben mit dem zugehörigen Sende- und/oder Empfangskanal ausgewählt und aktiviert werden. Dies gilt auch für alle anderen in **Fig. 4** bis **Fig. 8** gezeigten Ausführungsformen.

[0060] Dadurch können mehrere MR-Bilder nacheinander auf Grundlage jeweils einer Auswahl des unterschiedlichen einen oder der mehreren (vorzugsweise jeder zwei) Sende- oder Empfangskanäle T/RCh1, T/RCh2, ... T/RCh8 und/oder unterschiedlicher Einstellungen der obigen HF-Signalparameter zum Auswählen des Bildes mit der besten Bildgüte erzeugt werden. Dies gilt für alle Ausführungsformen des HF-Volumenresonatorsystems.

[0061] **Fig. 4** zeigt schematisch eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen HF-Volumenresonatorsystems. Im Wesentlichen werden nur die Unterschiede zu der ersten Ausführungsform im Folgenden erläutert.

[0062] Das HF-Volumenresonatorsystem umfasst einen Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonator **60** nach einer zweiten beispielhaften Ausführungsform in der Form einer Birdcage-Spule in einer axialen Draufsicht auf eine Endkappe der Birdcage-Spule **60**. Die Sprossen **1** sind vorzugsweise regelmäßig entlang dem Umfang der Spule verteilt und sind gemäß der beispielhaften Ausführungsform in der **Fig. 4** geometrisch in der Umfangsrichtung um jeweils 45° versetzt, so dass insgesamt acht Sprossen **1** um den Umfang der Spule herum vorgesehen sind. Natürlich kann auch eine andere Anzahl N von Sprossen **1** vorgesehen sein, z. B. 12 Sprossen **1**, die bei regelmäßiger Verteilung jeweils um 30° in der Umfangsrichtung versetzt sind usw. Es ist jedoch nicht notwendig, dass die Sprossen **1** regelmäßig verteilt sind und gleiche Winkelabweichungen voneinander in dieser Umfangsrichtung der Spule aufweisen. Stattdessen können jeweils benachbarte Sprossen **1** auch unterschiedliche geometrische Abweichungen voneinander aufweisen.

[0063] Die Sprossen **1** sind jeweils mit mindestens einem Anschluss P_1, P_2, \dots, P_n an einer Stelle entlang der Länge jeder Sprosse **1** versehen, wobei sich vorzugsweise alle Anschlüsse an der gleichen Stelle entlang der Länge der Sprossen **1** befinden. Jedoch können die Anschlüsse sich auch an unterschiedlichen Stellen entlang der Länge der Sprossen **1** befinden. Natürlich können weitere Sprossen **1** ohne einen Anschluss vorgesehen sein, z. B. zwischen den Sprossen **1**, die mit einem Anschluss versehen sind. Zusätzlich oder alternativ kann/können einer oder mehrere Anschlüsse des HF-Resonators **60** auch entlang der Länge mindestens eines der zwei axialen Endleiter vorgesehen und verteilt sein, die die Sprossen **1** an ihren axialen Enden miteinander verbinden.

[0064] Jeder Anschluss des HF-Resonators **60** ist wiederum mit einem EIN-AUS-Schalter S eines eigenen Sende- oder Empfangskanals $T/RCh_1, \dots, T/RCh_8$ verbunden, wie oben unter Bezugnahme auf **Fig. 3** erläutert. Jeder Kanal umfasst beispielhaft weiterhin nach **Fig. 3** und **Fig. 4** eine Reihenverbindung einer Anpassungsschaltung M , eines wahlweisen Symmetriergliedes B und vorzugsweise anderer (nicht gezeigter) Sende- oder Empfangseinheiten zum Erzeugen eines dem Anschluss zuzuführenden HF-Signals oder zum Verarbeiten eines empfangenen MR-Signals, um wie oben erläutert einen Resonanzmodus anzuregen bzw. zu empfangen. Weiterhin kann besonders im Übertragungsfall ein HF-Sendesignal eine willkürliche Form aufweisen, wie z. B. im Fall eines dreidimensionalen HF-Impulses, zum örtlichen Anregen eines gewissen Gebiets oder Volumens (SENSE-Technik) anstatt des oben erwähnten homogenen Resonanzmodus.

[0065] Alle EIN/AUS-Schalter S können wiederum zum Übertragen von HF-Anregungssignalen und

zum Empfangen von MR-Relaxationssignalen unabhängig voneinander zwischen einem EIN- und einem AUS-Zustand umgeschaltet werden jeweils mittels eines durch die Steuereinheit C erzeugten eigenen Schaltsignals D_1, D_2, \dots, D_8 zum Verbinden und Abtrennen des zugehörigen Anschlusses P mittels des zugehörigen Schalters S mit/von den anderen Komponenten des zugehörigen Sende- oder Empfangskanals T/RCh wie oben erläutert.

[0066] Die Anpassungsschaltungen M sind wiederum zum Anpassen oder Transformieren der Impedanz an dem zugehörigen Anschluss P des Resonators mit dem wahlweisen Symmetrierglied B oder bei nichtvorhandenem Symmetrierglied mit den zugehörigen anderen Komponenten des Sende- oder Empfangskanals T/RCh vorgesehen.

[0067] Die wahlweisen Symmetrierglieder B werden wie gewöhnlich benutzt, z. B. zum Beseitigen von Mantelwellen auf den mit der zugehörigen Anpassungsschaltung M verbundenen Kabeln.

[0068] **Fig. 5** zeigt eine schematische dreidimensionale Ansicht einer dritten Ausführungsform eines HF-Volumenresonatorsystems mit einer Mehrfachanschluss-Birdcage-Spule **60**. Im Wesentlichen werden wiederum nur die Unterschiede zur zweiten Ausführungsform im Folgenden erläutert.

[0069] Die Birdcage-Spule **60** umfasst eine Vielzahl von Sprossen **1**, die sich wie oben erläutert in der Axialrichtung der Birdcage-Spule erstrecken und die an ihren beiden Axialenden mittels eines ersten und eines zweiten Endleiters **2** bzw. **3** miteinander verbunden sind. Die drei Anschlüsse P_1, P_2, P_n des Resonators, die beispielhafterweise in der **Fig. 5** angezeigt sind, sind an und entlang dem ersten Endleiter **2** angeordnet, wobei solche Anschlüsse weiterhin am ersten und/oder am zweiten Endleiter **2, 3** und/oder an einer oder mehreren der Sprossen **1** vorgesehen sein können, ungeachtet der angedeuteten Form des Querschnitts des Resonators. Eine Steuereinheit C ist wiederum schematisch zum Erzeugen der Schaltsignale D_1, D_2, D_3 zum Öffnen und Schließen der Schalter S angedeutet.

[0070] Diese Ausführungsform der Birdcage-Spule umfasst beispielhaft eine flache Ebene, die vorzugsweise zum Drauflegen eines Untersuchungsobjekts vorgesehen ist. Es können jedoch auch andere Formen des Querschnitts vorgesehen sein.

[0071] **Fig. 6** zeigt eine schematische dreidimensionale Ansicht einer vierten Ausführungsform eines HF-Volumenresonatorsystems wiederum mit einer Mehrfachanschluss-Birdcage-Spule **60**, die einen mindestens im Wesentlichen kreisförmigen Querschnitt aufweist. Weiterhin ist zusätzlich zu den an und entlang dem ersten Endleiter **2** angeordneten Anschlüssen

P1, P3, P4 und Pn ein Anschluss P2 beispielhaft an einer der Sprossen **1** der Birdcage-Spule angedeutet.

[0072] Im Gegensatz zu den in **Fig. 3** und **Fig. 4** dargestellten Ausführungsformen ist die dritte und vierte Ausführungsform des HF-Volumenresonatorsystems nach **Fig. 5** bzw. **Fig. 6** mit Sende- und Empfangskanälen an jedem Anschluss P1, ... Pn versehen. Zum Verbinden jedes Anschlusses entweder mit einem Leistungsverstärker zum Übertragen von HF-Signalen oder mit einem rauscharmen Verstärker zum Verarbeiten empfangener MR-Signale ist jeweils ein Sende-/Empfangsschalter T/R vorgesehen, der beispielhafterweise zwischen die Anpassungsschaltung M und die zugehörigen Verstärker geschaltet ist. Jedoch können die in **Fig. 3** und **Fig. 4** dargestellten Ausführungsformen auch mit solchen Sende-/Empfangsschaltern T/R zum Betreiben des Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonators **40, 50; 60** zum Senden und Empfangen wie oben erläutert versehen sein.

[0073] Beide **Fig. 5** und **Fig. 6** zeigen wiederum, dass jeder Anschluss P1, ... Pn mittels eines Schalters S mit dem zugehörigen Sende- und Empfangskanal verbunden ist. Hinsichtlich des Schaltens der Schalter S mittels Schaltsignalen D1, D2, ... Dn, die durch die Steuereinheit C erzeugt werden, und der Parameter der HF/MR-Sende-/Empfangssignale auf den einzelnen Sende- und Empfangskanälen wird auf die obigen Erläuterungen Bezug genommen.

[0074] Abschließend umfassen in dem angezeigten Fall einer Bandpass-Birdcage-Spule die Sprossen **1** und der erste und zweite Endleiter **2, 3** (nicht gezeigte) Kondensatoren, die in Reihe in die Sprossen **1** bzw. die Endleiter **2, 3** geschaltet sind, zum Abstimmen der Resonanzmodi des HF-Volumenresonators wie allgemein bekannt ist. Jedoch sind die Grundsätze der Erfindung auch im Fall einer Tiefpass-Birdcage-Spule (Abstimmkondensatoren nur in den Sprossen) und einer Hochpass-Birdcage-Spule (Abstimmkondensatoren nur in den Endleitern) anwendbar.

[0075] **Fig. 7** zeigt eine fünfte Ausführungsform eines HF-Volumenresonatorsystems. Im Wesentlichen werden nur die Unterschiede zu den obigen Ausführungsformen erläutert.

[0076] Dieses HF-Resonatorsystem umfasst einen erfindungsgemäßen Mehrfachanschluss-HF-Resonator in der Form einer Birdcage-Spule, die anstatt der Sprossen wie in **Fig. 5** und **Fig. 6** angezeigt mit Streifenleitungen **1**, wie oben definiert, versehen ist. **Fig. 7** zeigt einen Teil einer schematisch in die zweidimensionale Ebene ausgerollten verwandten Leiterstruktur **60**.

[0077] Weiterhin zeigt **Fig. 7** schematisch den ersten und den zweiten Endleiter **2, 3** an, zwischen de-

nen sich die Streifenleitungen **1** erstrecken. Die Streifenleitungen **1** sind an ihren beiden Enden mittels Koppelkondensatoren C_R an den ersten bzw. zweiten Endleiter **2, 3** angekoppelt. Weiterhin umfassen die Endleiter **2, 3** Kondensatoren C_T , die zum Abstimmen des Spektrums der Resonanzmodi der HF-Spule wie allgemein bekannt in Reihe in die Endleiter **2, 3** geschaltet sind.

[0078] Vorzugweise ist an einem der Enden jeder Streifenleitung **1** jeweils ein Anschluss P1, P2, ... Pn der HF-Spule vorgesehen. Jeder Anschluss ist wiederum über einen Schalter S mit einem Sende- und Empfangskanal TCh/RCh verbunden, jeweils wiederum in der Form einer Reihenverbindung einer Anpassungsschaltung M und eines Sende-/Empfangsschalters T/R wie oben hinsichtlich der **Fig. 5** und **Fig. 6** erläutert angezeigt. Die Steuereinheit C zum Erzeugen der Schaltsignale D1, ... Dn zum Schalten der Schalter S ist nur der Deutlichkeit halber in **Fig. 7** und **Fig. 8** nicht angezeigt.

[0079] Alternativ stellt die Leiterstruktur nach **Fig. 7** auch einen Teil einer erfindungsgemäßen Mehrfachanschluss-HF-Flachantenne ähnlich der **Fig. 3** dar. In diesem Fall kann ein HF-Resonator durch zwei derartige Flachantennen bereitgestellt werden, die parallel zueinander angeordnet sind und in Richtung einer senkrechten Projektion zueinander wie in **Fig. 1** angedeutet und in Verbindung mit **Fig. 3** erläutert versetzt sind, wobei die Flachantennen vorzugweise so angeordnet sind, dass die Streifenleitungen einer der Antennen sich mit einem Winkel von 90° zu den Streifenleitungen der anderen Antenne erstrecken. Hinsichtlich der Verteilung von Sende- oder Empfangskanälen unter den Anschlüssen wird auf die Erläuterungen in Verbindung mit **Fig. 3** Bezug genommen.

[0080] **Fig. 8** zeigt eine sechste Ausführungsform eines HF-Volumenresonatorsystems. Im Wesentlichen werden nur die Unterschiede zu der obigen fünften Ausführungsform erläutert, wobei sie einen erfindungsgemäßen Mehrfachanschluss-HF-Resonator in der Form eines TEM-Resonators umfasst, der Streifenleitungen **1** umfasst, die wie allgemein bekannt an ihren beiden Enden mittels Koppelkondensatoren C_c an einen (nicht gezeigten) HF-Schirm angekoppelt sind. **Fig. 8** umfasst einen Teil der Leiterstruktur **60** eines mindestens im Wesentlichen zylindrischen TEM-Resonators schematisch in die zweidimensionale Ebene ausgerollt.

[0081] Die Streifenleitungen **1** sind an ihren beiden Enden mittels Abgleichkondensatoren C_D aneinander angekoppelt, mit denen ein gewünschtes Spektrum von Resonanzmodi des TEM-Resonators abgeglichen wird. Abschließend befindet sich vorzugweise an einem jeden der Enden der Streifenleitungen **1** wiederum jeweils ein Anschluss P1, P2, ... Pn des TEM-Resonators. Mit jedem Anschluss ist wieder-

um ein Sende- und Empfangskanal TCh/RCh über einen EIN/AUS-Schalter S verbunden, welche Sende-/Empfangskanäle beispielhafterweise wie oben erläutert jeweils eine Reihenverbindung einer Anpassungsschaltung M und eines Sende-/Empfangsschalters T/R umfassen.

[0082] Alternativ stellt die Leiterstruktur nach **Fig. 8** wiederum auch einen Teil einer erfindungsgemäßen ebenen (d. h. zweidimensionalen) Mehrfachanschluss-TEM-Spule dar. In diesem Fall kann ein HF-Resonator durch zwei derartige TEM-Spulen bereitgestellt werden, die parallel zueinander angeordnet sind und in Richtung einer senkrechten Projektion zueinander wie in **Fig. 1** angedeutet und wie in Verbindung mit **Fig. 3** erläutert versetzt sind. Weiterhin wird auf die obigen Erläuterungen Bezug genommen.

[0083] **Fig. 9** zeigt ausführlicher eine erste Ausführungsform einer Schalteranordnung mit einem EIN/AUS-Schalter S, einer Anpassungsschaltung M und einem Sende-Empfangsschalter T/R wie oben erläutert. Der EIN/AUS-Schalter S ist zum Verbinden bzw. Abtrennen eines Anschlusses eines Mehrfachanschluss-HF-Resonators mit/von einem Sendekanal TCh bzw. einem Empfangskanal RCh vorgesehen.

[0084] Nach **Fig. 9** umfasst der EIN/AUS-Schalter S beispielhaft eine erste und eine zweite Diode Dd1, Dd2, die besonders PIN-Dioden sind und die in Reihe in jeweils eine Verbindungsleitung zwischen der Anpassungsschaltung M, d. h. den Sende-/Empfangskanal TCh/RCh, und dem zugehörigen Anschluss P des HF-Resonators geschaltet sind, wobei beide Dioden Dd1, Dd2 mit ihren Polen in entgegengesetzten Richtungen voneinander verbunden sind. Weiterhin umfasst der EIN/AUS-Schalter S eine erste und eine zweite Vorspannungsquelle OD1, OD2, die jeweils parallel zu der ersten und zweiten Diode Dd1 bzw. Dd2 geschaltet sind, zum Vorspannen der ersten und der zweiten Diode Dd1 bzw. Dd2 vorzugsweise über leitfähige oder nichtleitfähige induktive Glieder. Die Vorspannungsquellen OD1, OD2 werden jeweils mittels eines Schaltsignals D geschaltet, das an einen Eingang der Vorspannungsquellen angelegt wird und das wie oben unter Bezugnahme auf **Fig. 3** bis **Fig. 6** erläutert mit der Steuereinheit C erzeugt wird.

[0085] Die Vorspannungsquellen OD1, OD2 sind allgemein als solche in einer Vielzahl von Ausführungsformen bekannt. Vorzugsweise werden Vorspannungsquellen OD1, OD2 benutzt, die zum Vorspannen der Dioden Dd1, Dd2 mittels optischer Schaltsignale geschaltet werden können, die durch Faseroptik von der Steuereinheit C zu den Vorspannungsquellen OD1, OD2 übermittelt werden.

[0086] Durch leitend Vorspannen der Dioden Dd1, Dd2 wird der zugehörige Sende-/Empfangskanal

TCh/RCh mit dem zugehörigen Anschluss P des HF-Resonators verbunden und durch nichtleitend Vorspannen der Dioden Dd1, Dd2 wird der zugehörige Sende-/Empfangskanal TCh/RCh von dem zugehörigen Anschluss P des HF-Resonators abgetrennt.

[0087] **Fig. 10** zeigt eine zweite Ausführungsform einer Schalteranordnung mit einem EIN/AUS-Schalter S zum Verbinden bzw. Abtrennen eines Anschlusses P eines Mehrfachanschluss-HF-Resonators mit/von einem Sendekanal TCh bzw. einem Empfangskanal RCh. Weiterhin ist ein Sende-/Empfangsschalter T/R wie oben erläutert dargestellt.

[0088] Der Unterschied zwischen dieser zweiten Ausführungsform und der ersten Ausführungsform nach **Fig. 9** besteht darin, dass der Anschluss P galvanisch von dem EIN/AUS-Schalter S getrennt bleibt und dadurch von dem Sende- und/oder Empfangskanal TCh/RCh, aber induktiv mittels eines ersten und eines zweiten induktiven Gliedes L1, L2 daran gekoppelt ist. Insbesondere kann in dieser zweiten Ausführungsform, aber auch in der obigen ersten Ausführungsform, anstatt den zwei Dioden Dd1, Dd2 ein Schalten auch mittels nur einer dieser Dioden durchgeführt werden, wenn die andere Diode durch einen leitenden Draht ersetzt wird und die zugehörige Vorspannungsquelle weggelassen wird.

[0089] **Fig. 11** zeigt eine dritte Ausführungsform einer Schalteranordnung mit einem EIN/AUS-Schalter, der eine $\lambda/4$ -Leitung, eine erste und eine zweite Diode Dd1, Dd2, ein Symmetrierglied B und eine Vorspannungsquelle OD zum leitend oder nichtleitend Vorspannen der ersten und der zweiten Diode über induktive Glieder und mittels eines Schaltsignals D (wiederum besonders eines optischen Schaltsignals wie oben erläutert) umfasst. Ein erstes Ende der $\lambda/4$ -Leitung kann mittels der ersten Diode Dd1 mit Erde verbunden sein, wenn diese Diode leitend vorgespannt ist. Das entgegengesetzte zweite Ende der $\lambda/4$ -Leitung ist über das Symmetrierglied B mit einem Anschluss P des Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonators verbunden. Im Fall einer Birdcage-Spule befindet sich dieser Anschluss P vorzugsweise an einer Sprosse der Birdcage-Spule und vorzugsweise an einer Stelle an der halben Länge der Sprosse, in die die zweite Diode Dd2 in Reihe geschaltet ist. Zum Aktivieren dieses Anschlusses P werden die ersten und die zweiten Dioden Dd1, Dd2 nichtleitend vorgespannt, während beide Dioden Dd1, Dd2 zum Deaktivieren dieses Anschlusses P leitend vorgespannt werden. Weiterhin ist nach **Fig. 11** das erste Ende der $\lambda/4$ -Leitung mit einer Anpassungsschaltung M verbunden, die selbst wie in **Fig. 9** und **Fig. 10** angedeutet mit einem Sende-/Empfangsschalter T/R verbunden ist.

[0090] **Fig. 12** zeigt eine beispielhafte Schaltermatrix Sw zum Auswählen und Betreiben des Anschlus-

ses oder der Anschlüsse P1, ... Pn eines Mehrfachanschluss-HF-Resonators. Die Schaltermatrix Sw enthält beispielsweise die Schalter S, die Steuereinheit C und die Anpassungsschaltungen M nach **Fig. 3** bis **Fig. 8** für alle Anschlüsse des HF-Resonators.

[0091] Weiterhin umfasst die Schaltermatrix beispielhafterweise einen Eingangsanschluss In zum Einspeisen tatsächlicher physikalischer Parameter eines gewissen Untersuchungsobjekts und eine Vielzahl erster Eingangs-/Ausgangsanschlüsse, die jeweils mit einem jeweiligen der Anschlüsse P1, P2, ... Pn des HF-Volumenresonators **60** zu verbinden sind, und eine Vielzahl zweiter Eingangs-/Ausgangsanschlüsse, die jeweils mit einem jeweiligen der Send-/Empfangsschalter T/R1, ... T/Rn der Send- und Empfangskanäle TCh1/RCh1, ... TChn/RChn zu verbinden sind.

[0092] Die Schaltermatrix Sw enthält vorzugweise ein Computerprogramm zum Erzeugen der Schaltsignale D für die Schalter S (und dadurch zum Verbinden bzw. Abtrennen der zugehörigen Send-/Empfangskanäle TCh1/RCh1, ... TChn/RChn mit/von den ausgewählten Anschlüssen P1, ... Pn) auf Grundlage der eingespeisten Parameter des Untersuchungsobjekts wie ausführlicher unter Bezugnahme auf **Fig. 13** unten erläutert.

[0093] Das erfindungsgemäße HF-Volumenresonatorsystem besitzt eine Anzahl von Vorteilen. Durch die Möglichkeit einer freien Auswahl des Eingangsanschlusses oder der Eingangsanschlüsse des HF-Resonators kann innerhalb eines Untersuchungsraums für Untersuchungsobjekte mit sehr unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften ein homogener Resonanzmodus erhalten werden. Weiterhin wird eine gleichere HF-Leistungsverteilung an den Eingangsanschlüssen erhalten und ein HF-Trimmen rein über Phasenvariation (Einzelverstärker, Leistungsteiler und ein Phasenschieber anstatt zwei Einzelverstärkern) ermöglicht. Weiterhin wird auch wegen der gleicheren Leistungsverteilung der HF-Leistung an den Anschlüssen ein vergrößerter Parameterraum für SAR (Specific Absorption Rate – spezifische Absorptionsrate) eines Untersuchungsobjekts erhalten. Diese Vorteile können selbst im Fall von elliptisch oder sonst wie ausgelegten HF-Resonatoren wie oben erwähnt erhalten werden. Vorzugweise wird stets ein Paar von zwei Anschlüssen zur Aktivierung zur gleichen Zeit ausgewählt, um diese Vorteile zu realisieren, während die anderen Anschlüsse deaktiviert sind. Die geometrische Verschiebung der zwei Anschlüsse eines solchen Paares in Bezug aufeinander entlang dem Umfang des HF-Resonators und die Phasenverschiebung zwischen den diese zwei Anschlüsse speisenden HF-Strömen wird vorteilhafterweise wie allgemein bekannt so ausgewählt bzw. geregelt, dass ein kreisförmig polarisiertes HF/MR-Magnetfeld erzeugt (und entsprechend empfangen)

wird. Dies gilt vorzugweise für alle Ausführungsformen des Mehrfachanschluss-HF-Resonators wie beispielhafterweise in **Fig. 3** bis **Fig. 8** gezeigt.

[0094] **Fig. 13** zeigt ein Flussdiagramm eines beispielhaften Verfahrens zum Durchführen einer MRI-Abtastung mittels eines erfindungsgemäßen HF-Volumenresonatorsystems. Das Verfahren wird vorzugweise mittels eines Computerprogramms durchgeführt, das in der Steuereinheit C nach **Fig. 3** bis **Fig. 5** oder in der Schaltermatrix Sw nach **Fig. 12** implementiert ist. Im Allgemeinen wird vor Durchführung einer gewöhnlichen (d. h. "Haupt-")MR-Bildgebung eines tatsächlichen Untersuchungsobjekts vorzugweise eine MR-Bildgebungsvorabtastung des Untersuchungsobjekts durchgeführt, um die optimale oder höchste Gleichartigkeit des zugehörigen HF-Resonanzmodus und/oder die niedrigste SAR (Specific Absorption Rate – spezifische Absorptionsrate) für das eigentliche Untersuchungsobjekt zu erzielen.

[0095] Demnach zeigt die **Fig. 13**, dass nach einem Beginn des Verfahrens mit einem ersten Schritt **10** (strt) das MRI-Vorabtastungsverfahren mit einem zweiten Schritt **11** (pr sc) begonnen wird. Der Bediener kann nunmehr in einem dritten Schritt **12** zwischen zwei Alternativen wählen, nämlich einer ersten Alternativen, die durch Schritte **13** und **14** durchgeführt wird, und einer zweiten Alternativen, die durch Schritte **15**, **16** und **17** durchgeführt wird. Danach wird die MRI-Hauptabtastung mit Schritt **18** begonnen.

[0096] Nach der ersten Alternative wird im Schritt **13** (op in) eine Anzahl physikalischer Eigenschaften des eigentlichen Untersuchungsobjekts durch den Bediener als Eingangsparameter eingegeben, wie Volumen, Gewicht, Größe, Wasser/Fettverhältnis und/oder sonstige. Im Schritt **14** (LUT/Sel pts) dienen diese Parameter als Eingabe für eine Nachschlagetabelle, in der verschiedene Modelle für unterschiedliche Klassen von Untersuchungsobjekten gespeichert sind.

[0097] Nach Auswahl des zutreffenden Modells, das den Eingangsparametern am besten entspricht und damit die besten Ergebnisse hinsichtlich einer hohen Gleichartigkeit des HF-Resonanzmodus und/oder eines niedrigen SAR-Wertes ergibt, werden die zutreffenden (besonders zwei) Anschlüsse und die Werte für Amplituden, Frequenzen, Phasen und/oder Impulsformen der HF-Ströme für die mit diesen zutreffenden Anschlüssen zu verbindenden zugehörigen Send-/Empfangskanäle (wobei die zutreffenden Anschlüsse und diese Werte für jedes Modell in einem Speicher, z. B. der Steuereinheit, gespeichert sind) aus dem Speicher ausgelesen und werden während der MRI-Hauptabtastung im Schritt **18** (scn) angewandt.

[0098] Die Nachschlagetabelle und die Zuweisungen von Anschlüssen und der obigen Werte der HF-Ströme zu jedem Modell wird/werden z. B. auf Grundlage von Experimenten und elektromagnetischen Simulationen (besonders unter Verwendung von FEM- oder FDTD-Programmen) mit dielektrischen Modellen von Untersuchungsobjekten festgelegt, die in der Nachschlagetabelle gespeichert sind und unterschiedliche Werte der obigen und sonstigen physikalischen Parameter aufweisen. Die festgelegte(n) Nachschlagetabelle und Zuweisungen sind vorzugsweise vor der ersten Verwendung des HF-Volumenresonatorsystems beispielsweise in der Steuereinheit C gespeichert.

[0099] Nach der zweiten Alternative wird im Schritt **15** (srv scan) eine Abbildungs-MR-Bildgebungsfolge für ein gewisses Untersuchungsobjekt durch sequenzielles Ansteuern aller Anschlüsse des HF-Resonators durchgeführt. Die resultierenden Bilddaten werden dann im Schritt **16** (HF st) zum Berechnen dieser Amplituden, Frequenzen, Phasen und/oder Impulsformen der HF-Ströme verwendet, iterativ oder durch Verwendung einer Nachschlagetabelle, für die an jedem der Anschlüsse die optimale oder höchste Gleichartigkeit des zugehörigen Resonanzmodus und/oder geringsten SAR-Wertes für das eigentliche Untersuchungsobjekt erzielt wird. Dann wird im Schritt **17** (sel pts) eine Datenbank hergestellt, die für jeden Anschluss diese optimalen Amplituden, Frequenzen, Phasen und/oder Impulsformen enthält.

[0100] Dann wird im Schritt **18** (scn) die MRI-Hauptabtastung begonnen und jeder ausgewählte Anschluss wird mit den Werten für die Amplituden, Frequenzen, Phasen und/oder Impulsformen der HF-Ströme angesteuert, die während einer der obigen Vorabtastungen ausgewertet worden sind.

[0101] Auch können die Anschlüsse ausgewählt werden (d. h. die Schalter S werden mittels der entsprechend erzeugten Schaltsignale in den EIN- oder den AUS-Zustand umgeschaltet) nach einer vorbestimmten oder gewünschten Folge, die durch einen Bediener in die Steuereinheit C eingegeben wird. Alternativ können die Anschlüsse selbsttätig wie oben mittels der Steuereinheit C ausgewertet, auch wiederholt, und auf Grundlage der besagten physikalischen Eigenschaften des eigentlichen Untersuchungsobjekts so ausgewählt werden, dass die Gleichartigkeit des HF-Resonanzmodus maximal ist und/oder der Wert des SAR bei Durchführung einer MR-Bildgebung eines Untersuchungsobjekts minimal ist, wobei im Allgemeinen die zur Übertragung von HF-Signalen aktivierten Anschlüsse sich von denjenigen Anschlüssen unterscheiden können, die zum Empfangen von MR-Relaxationssignalen aktiviert sind.

[0102] Vorzugweise ist eine lokale (Abnahme-)Spule oder Sensorspule an mindestens einem der Anschlüsse des HF-Resonators (in den Figuren nicht angezeigt) angeordnet, wobei vorzugsweise alle Anschlüsse des HF-Resonators mit einer solchen lokalen (Abnahme-)Spule oder Sensorspule zum Erfassen der Stärke des lokalen HF-Stroms oder des lokalen HF-Feldes und zum Steuern der gleichen mittels des angeschlossenen Sende-/Empfangskanals nach Schritt **19** (SAR?) besonders auf solche Weise versehen, dass eine MRI-Abtastung nach Schritt **20** (abrt) angehalten wird, wenn einer oder mehrere dieser lokalen Werte einen gewissen zusätzlichen Höchstwert überschreiten, um einen Patienten nicht zu verletzen oder einen gewissen SAR-Wert nicht zu überschreiten. Solange wie diese lokalen Werte unter den zulässigen zugehörigen Höchstwerten bleiben, wird die MRI-Hauptabtastung bis zu ihrem normalen Ende fortgeführt (Schritt **21**).

[0103] Das oben beschriebene Verfahren kann auch in einem Fall angewandt werden, in dem der Mehrfachanschluss-HF-Resonator für den Modus von Hyperthermiebehandlung benutzt wird (besonders in Verbindung mit MR-Bildgebung), in dem der Mehrfachanschluss-HF-Resonator als vollgesteuerte elektromagnetische Heizquelle dient, besonders für das selektive Aufwärmen gewisser Gebiete innerhalb eines Untersuchungsobjekts durch eine entsprechende selektive HF-Anregung mittels gewisser ausgewählter aktivierter Anschlüsse. Während MR-Bildgebung einen homogenen Resonanzmodus und niedrig eingestellten SAR-Parameter erfordert, kann eine unterschiedliche Trimmeinstellung ausgewählt werden, um die SAR und die HF-Anregung örtlich zu steigern und damit die lokale Erwärmung besonders von Gewebe.

[0104] Weiterhin kann sich ein lokaler Sende-/Empfangsresonator auf dem Untersuchungsobjekt befinden und kann gleichzeitig mit dem Ganzkörper-HF-(Volumen-)Resonator ausgewählt werden. Lokales oder zeitweiliges HF-Senden während einer MR-Folge mittels eines solchen lokalen HF-Resonators weist Vorteile auf, besonders im Fall der Verwendung gewisser Kontrastmittel.

[0105] Während die Erfindung ausführlich in den Zeichnungen und der vorangehenden Beschreibung dargestellt und beschrieben worden ist, sind eine solche Darstellung und Beschreibung als erläuternd oder beispielhaft und nicht beschränkend zu betrachten und die Erfindung ist nicht auf die offenbarten Ausführungsformen begrenzt. Es sind Variationen der im obigen beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung möglich, ohne aus dem Rahmen der Erfindung zu weichen, so wie er durch die beiliegenden Ansprüche definiert ist.

[0106] Variationen der offenbarten Ausführungsformen können durch den Fachmann in der Ausführung der beanspruchten Erfindung aus einer Untersuchung der Zeichnungen, der Offenbarung und der beiliegenden Ansprüche verstanden und bewirkt werden. In den Ansprüchen schließt das Wort "umfassend" nicht andere Glieder oder Schritte aus und der unbestimmte Artikel "ein" oder "einer" schließt nicht eine Vielzahl aus. Eine Einzeleinheit kann die Funktionen mehrerer in den Ansprüchen aufgeführter Gegenstände erfüllen. Die bloße Tatsache, dass gewisse Maßnahmen in gegenseitig unterschiedlichen abhängigen Ansprüchen aufgeführt sind, zeigt nicht an, dass eine Kombination dieser Maßnahmen nicht zum Vorteil benutzt werden kann. Ein Computerprogramm kann auf einem geeigneten Medium wie beispielsweise einem optischen Speichermedium oder einem Festkörpermedium gespeichert/verteilt werden, das zusammen mit oder als Teil sonstiger Hardware geliefert wird, kann aber auch in anderen Formen verteilt werden, wie beispielsweise über das Internet oder sonstigen drahtgebundenen oder drahtlosen Telekommunikationssystemen. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als den Rahmen begrenzend aufzufassen.

Patentansprüche

1. HF-Volumenresonatorsystem zur Verwendung in einem MR-Bildgebungssystem, wobei das HF-Volumenresonatorsystem Folgendes umfasst:
 - einen Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonator (40, 50; 60) mit einer Mehrzahl von Anschlüssen (P1, P2, ... Pn), die am Resonator zum Anreizen und/oder Empfangen von HF/MR-Signalen mittels Sendee- und/oder Empfangskanälen positioniert sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass:
 - eine Vielzahl von Sendee- und/oder Empfangskanälen (TCh1/RCh1, ... TChn/RChn) vorgesehen ist, wobei jeder zumindest einen EIN/AUS-Schalter (S) zum Verbinden und Abtrennen eines jeweiligen Sendee- und/oder Empfangskanals mit/von dem jeweiligen der Anschlüsse (P1, P2, ... Pn) durch Umschalten des zugehörigen EIN/AUS-Schalters (S) zwischen einem EIN- bzw. einem AUS-Zustand umfasst, wobei die EIN/AUS-Schalter (S) unabhängig voneinander mittels jeweils eines einzelnen Schaltsignals (D) zwischen dem EIN- und dem AUS-Zustand umgeschaltet werden können, und
 - eine Steuereinheit (C) zum Erzeugen der Schaltsignale (D) zum Auswählen mindestens zweier der Anschlüsse des HF-Resonators zum Verbinden mit einem jeweiligen der Sendee- und/oder Empfangskanäle zum Anregen und/oder Empfangen von HF/MR-Signalen zum Durchführen einer MR-Bildgebung eines Untersuchungsobjekts.
2. HF-Volumenresonatorsystem nach Anspruch 1, wobei jeder der Vielzahl von Sendee- und/oder Empfangskanälen (TCh1/RCh1, ... TChn/RChn) ein Anpassungsnetzwerk (M) zum Anpassen des zugehörigen Anschlusses des HF-Volumenresonators (40, 50; 60) an eine Impedanz eines angeschlossenen Leistungsverstärkers oder eines angeschlossenen rauscharmen Verstärkers umfasst.
3. HF-Volumenresonatorsystem nach Anspruch 1, wobei die Steuereinheit (C) zum Auswählen mindestens zweier Anschlüsse des HF-Resonators zum Verbinden mit einem jeweiligen der Sendee- und/oder Empfangskanäle in Abhängigkeit von den physikalischen Eigenschaften eines Untersuchungsobjekts vorgesehen ist, so dass die Gleichartigkeit des durch den HF-Volumenresonator (40, 50; 60) angeregten HF-Resonanzmodus maximal ist und/oder der sich ergebende Wert der SAR des Untersuchungsobjekts minimal ist.
4. HF-Volumenresonatorsystem nach Anspruch 1, wobei der Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonator (40, 50; 60) eine Ganzkörperspule oder eine lokale Spule ist.
5. HF-Volumenresonatorsystem nach Anspruch 1, wobei der Mehrfachanschluss-HF-Volumenresonator eine HF-Birdcage-Spule (60) oder ein TEM-Resonator ist.
6. HF-Volumenresonatorsystem nach Anspruch 1, wobei die Schalter (S) wiederholt nach einer vorbestimmten oder gewünschten Folge, die in die Steuereinheit (C) eingegeben wird, in den EIN- oder den AUS-Zustand umgeschaltet werden.
7. HF-Volumenresonatorsystem nach Anspruch 1, wobei die Steuereinheit (C) zum Vorbestimmen oder Auswerten von Werten von Amplituden und/oder Frequenzen und/oder Phasen und/oder Impulsformen von durch diese Sendee-/Empfangskanäle (TCh/RCh) zu erzeugenden HF-Sendesignalen vorgesehen ist, die mittels eines zugehörigen EIN/AUS-Schalters (S) in einem EIN-Zustand mit einem Anschluss des HF-Resonators verbunden sind, wobei die besagten Werte in Abhängigkeit von den physikalischen Eigenschaften eines Untersuchungsobjekts so vorbestimmt oder ausgewertet werden, dass die Gleichartigkeit eines durch den HF-Volumenresonator (40, 50; 60) angeregten HF-Resonanzmodus maximal ist und/oder der sich ergebende Wert der SAR des Untersuchungsobjekts minimal ist.
8. HF-Volumenresonatorsystem nach Anspruch 1, wobei mindestens einer der Anschlüsse (P1, P2, ... Pn) einer lokalen Spule oder Sensorspule zum Erfassen der Stärke des lokalen HF-Stroms oder des lokalen HF-Feldes angeordnet ist.
9. HF-Volumenresonatorsystem nach Anspruch 1, wobei mindestens einer der Schalter (S) eine erste und eine zweite Diode (Dd1, Dd2) umfasst,

die in Reihe in jeweils eine Verbindungsleitung zwischen einem Anschluss des HF-Volumenresonators und des zugehörigen Sende-/Empfangskanals (TCh/RCh) geschaltet sind, wobei beide Dioden (Dd1, Dd2) mit ihren Polen in entgegengesetzten Richtungen zueinander verbunden sind, und eine erste und eine zweite Vorspannungsquelle (OD1, OD2), die jeweils parallel zur ersten bzw. zweiten Diode (Dd1, Dd2) zum leitend bzw. nicht leitend Vorspannen der ersten und der zweiten Diode (Dd1, Dd2) geschaltet sind, wobei die Vorspannungsquellen (OD1, OD2) mittels des besagten Schaltsignals schaltbar sind.

10. Verfahren zur MR-Bildgebung eines Untersuchungsobjekts mittels eines HF-Volumenresonatorsystems nach Anspruch 1, wobei eine MR-Bildgebung eines Untersuchungsobjekts durch Bereitstellen von Schaltsignalen für die Schalter zum Umschalten der Schalter in den EIN- oder AUS-Zustand nach einer Folge durchgeführt wird, die jeweils in Abhängigkeit von den physikalischen Eigenschaften eines Untersuchungsobjekts wie Volumen, Gewicht, Größe und Wasser/Fett-Verhältnis vorbestimmt oder ausgewählt wird, so dass die Gleichartigkeit eines durch den HF-Volumenresonator angeregten HF-Resonanzmodus maximal ist und/oder der sich ergebende Wert der SAR des Untersuchungsobjekts minimal ist.

11. Verfahren nach Anspruch 9, umfassend einen ersten Schritt in der Form einer MRI-Vorabtastung zum Auswerten und Speichern von Werten von Amplituden und/oder Frequenzen und/oder Phasen und/oder zum Auswerten und Speichern von Impulsformen von durch jeden der Sende-/Empfangskanäle zu erzeugenden HF-Sendesignalen, wenn sie mit den zugehörigen Anschlüssen mittels der Schalter in einem EIN-Zustand verbunden sind, wobei die besagten Werte in Abhängigkeit von physikalischen Eigenschaften eines Untersuchungsobjekts ausgewertet werden, so dass die sich ergebende Gleichartigkeit eines durch den HF-Resonator angeregten HF-Resonanzmodus maximal ist und/oder der sich ergebende Wert der SAR des Untersuchungsobjekts minimal ist, und einen zweiten Schritt in der Form einer MRI-Hauptabtastung zur MR-Bildgebung des Untersuchungsobjekts durch Umschalten der Schalter in den EIN- oder den AUS-Zustand entsprechend einer vorbestimmten oder gewünschten oder ausgewerteten Folge.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei Werte von Amplituden und/oder Frequenzen und/oder Phasen und/oder Impulsformen von durch jeden der Sende-/Empfangskanäle zu erzeugenden HF-Sendesignalen in Abhängigkeit von physikalischen Eigenschaften eines Untersuchungsobjekts, die durch einen Bediener eingegeben werden, aus einer Nachschlagetabelle ausgewählt werden.

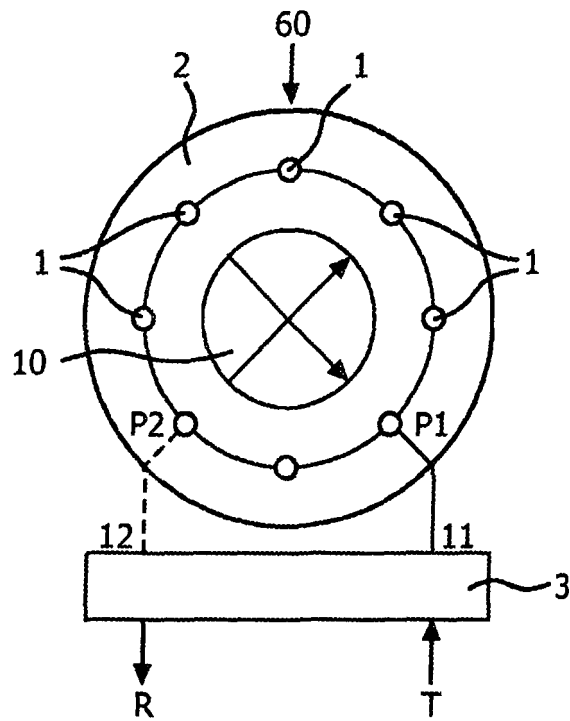
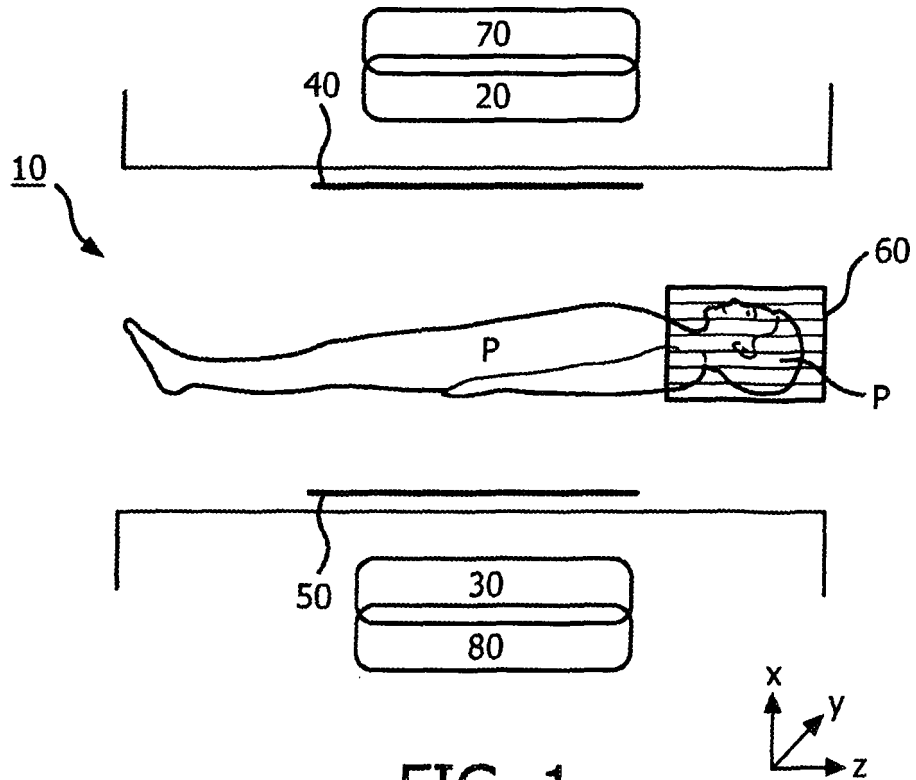
13. MR-Bildgebungssystem umfassend ein HF-Volumenresonatorsystem nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9.

14. Computerprogramm umfassend Computerprogrammcodemittel eingerichtet zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wenn das besagte Programm auf einem programmierbaren Mikroprozessormittel abläuft.

15. Auf einem Computer-verwendbaren Medium gespeichertes Computerprogrammprodukt umfassend ein Computerprogramm nach Anspruch 14.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



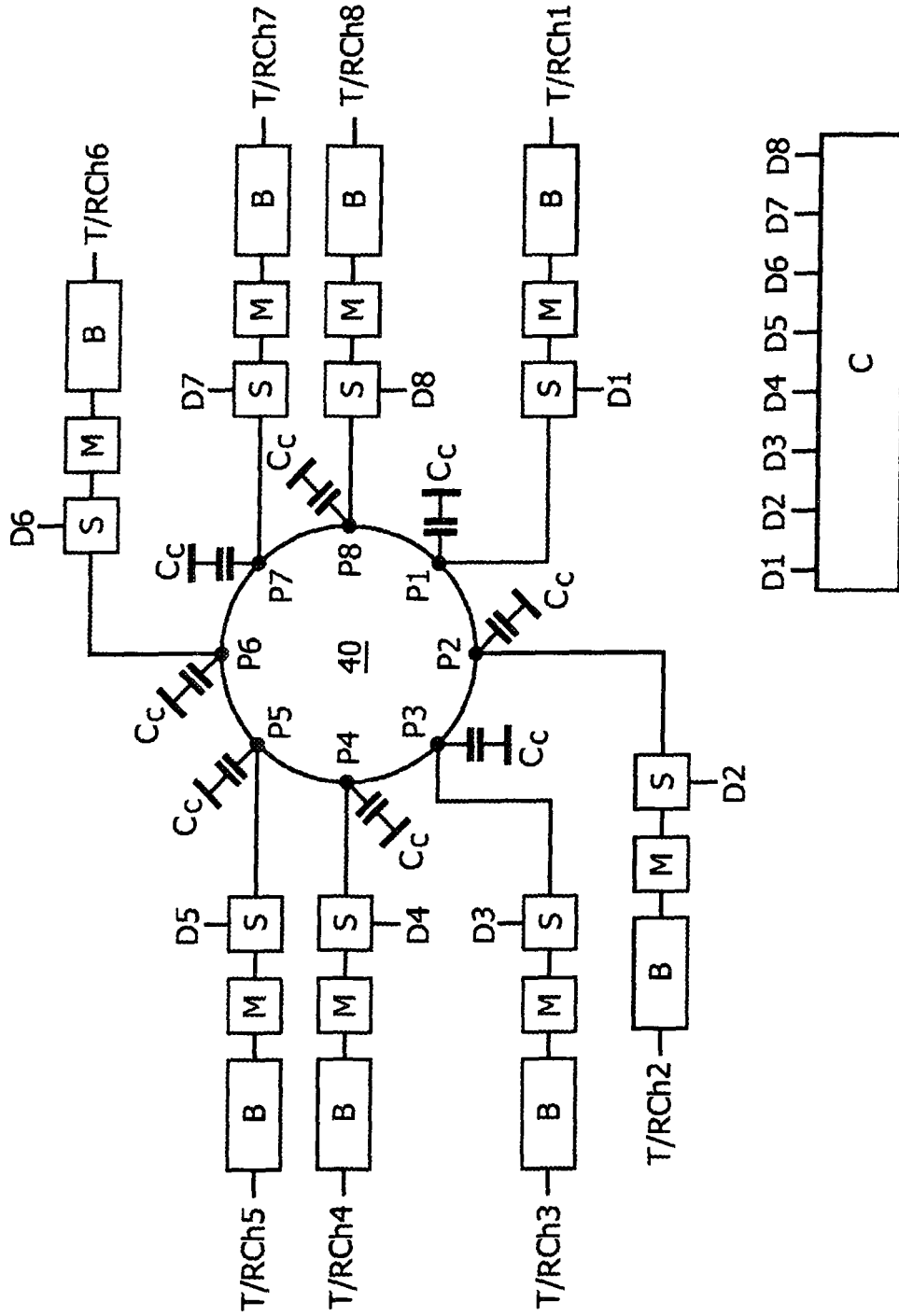


FIG. 3

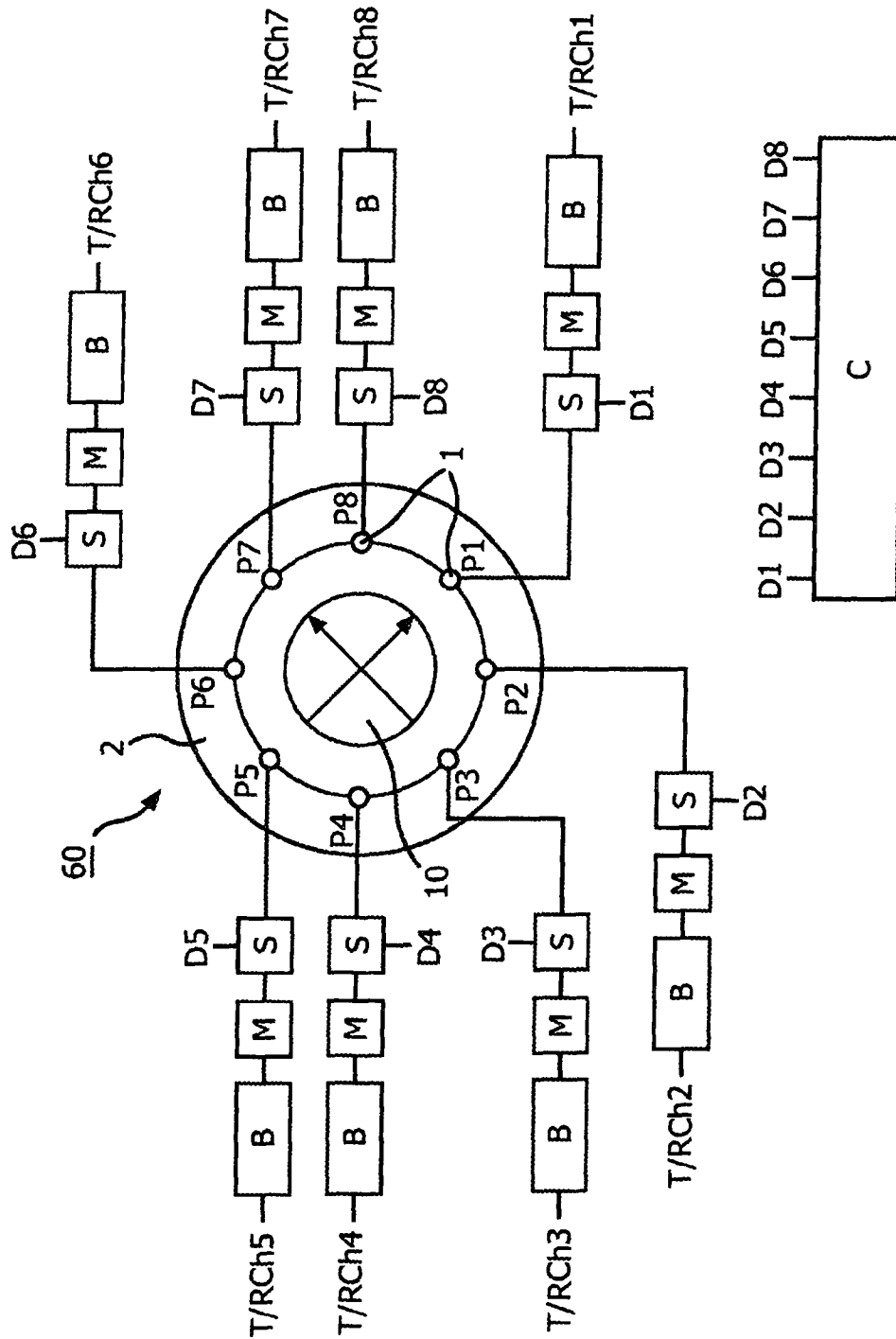


FIG. 4

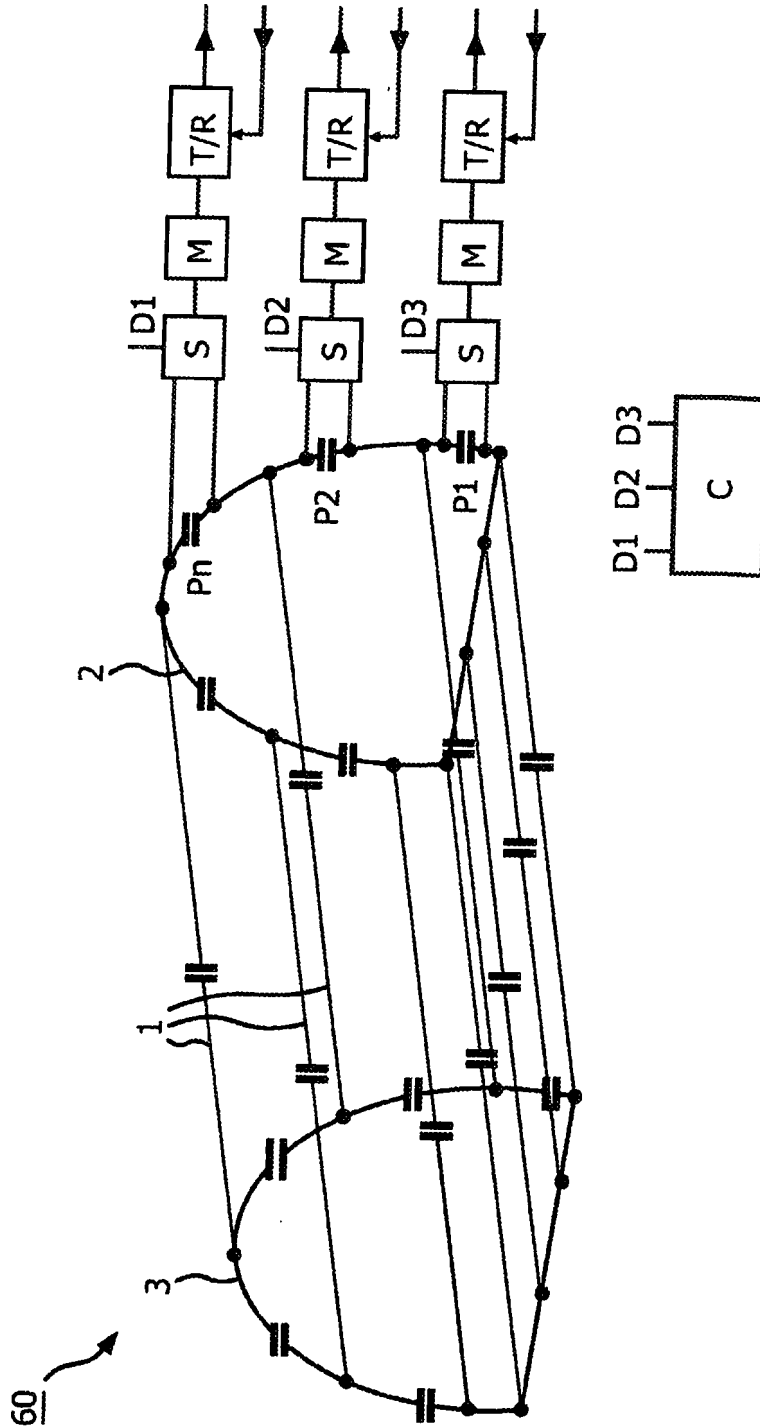


FIG. 5

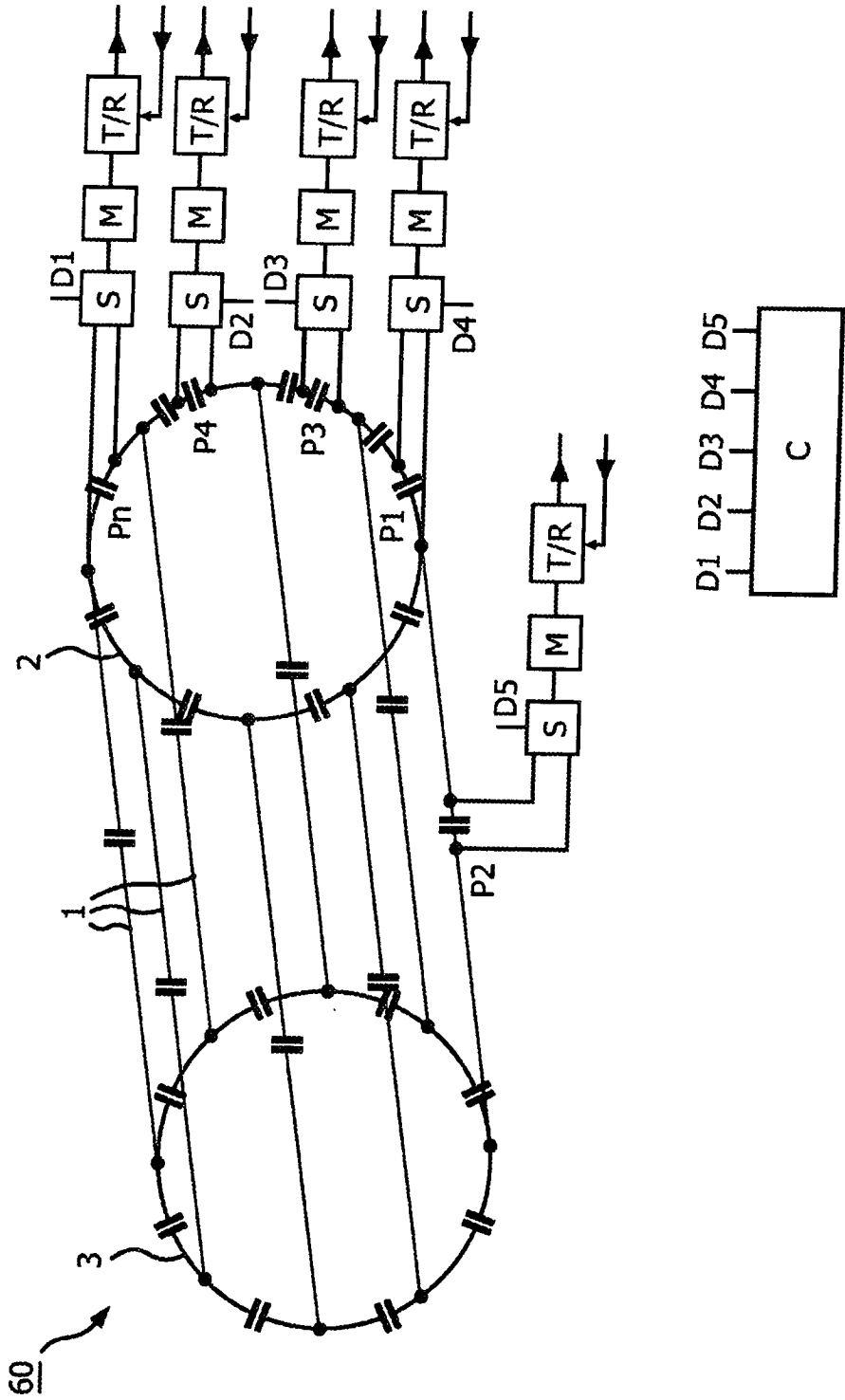


FIG. 6

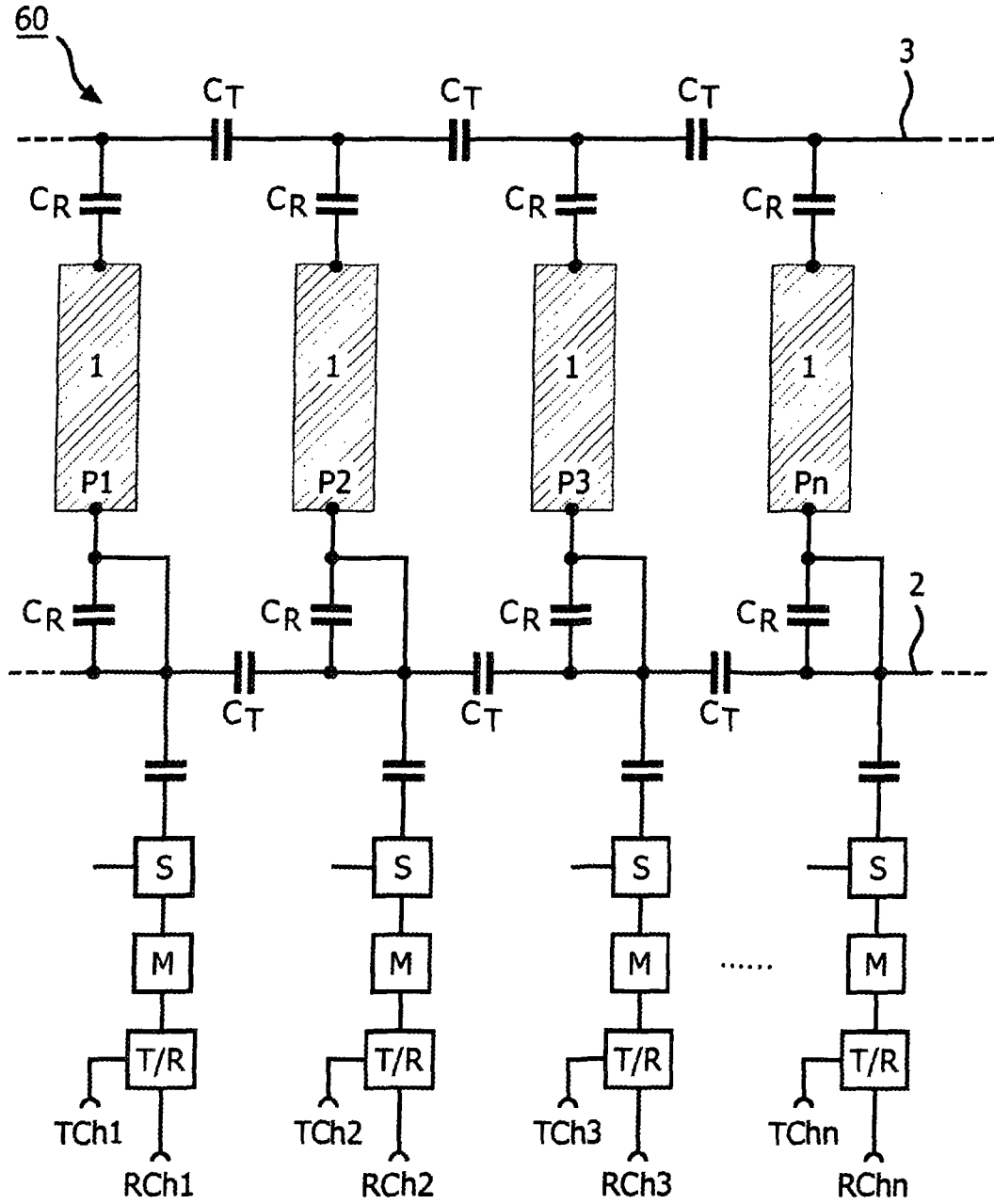


FIG. 7

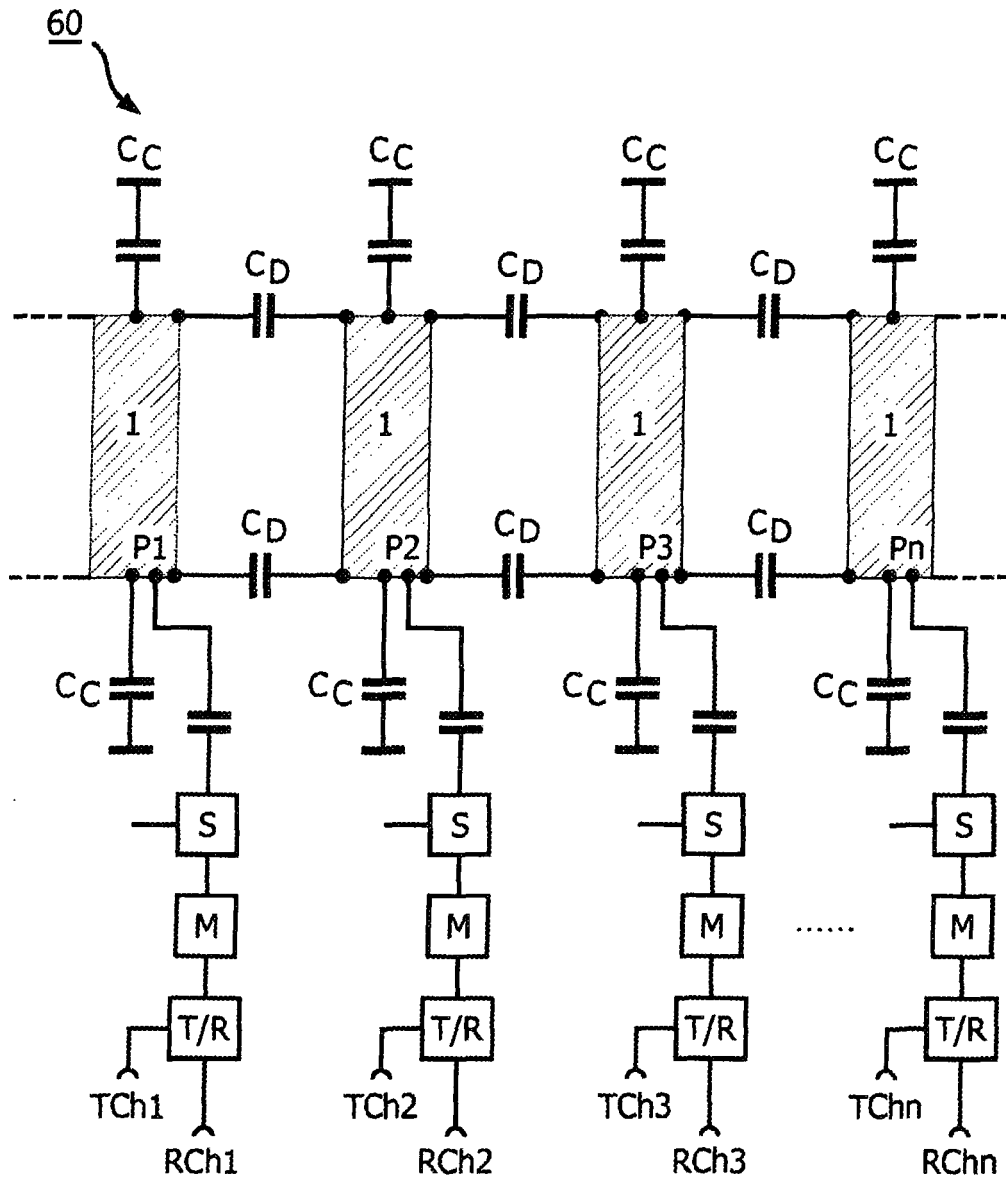


FIG. 8

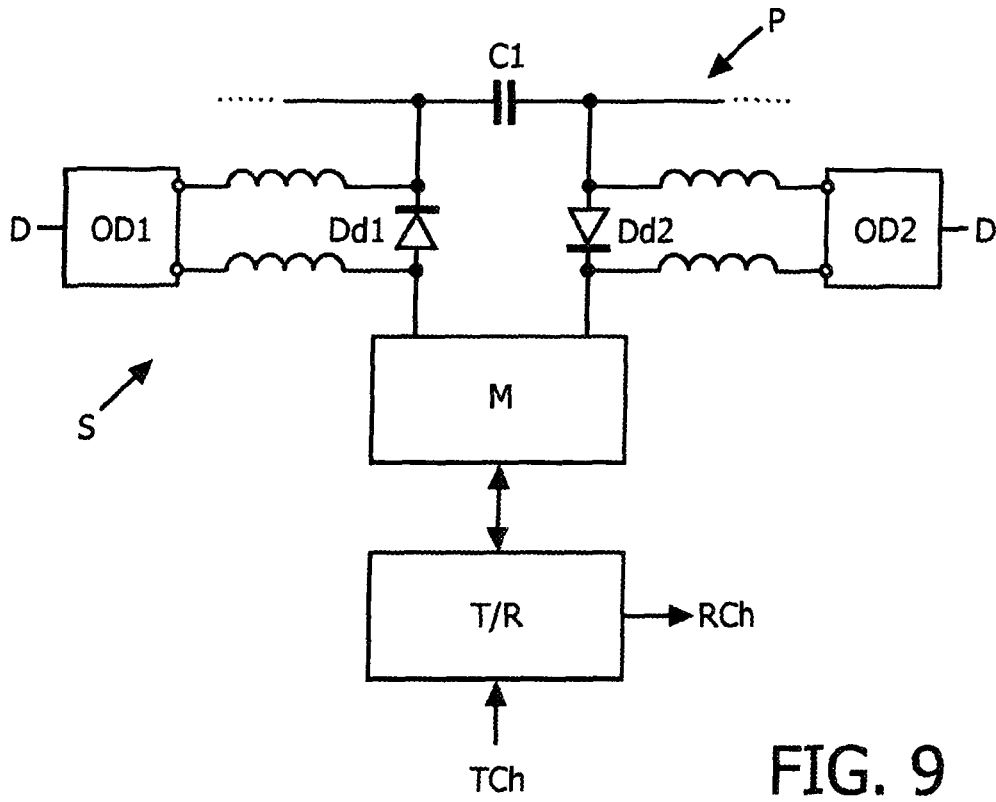


FIG. 9

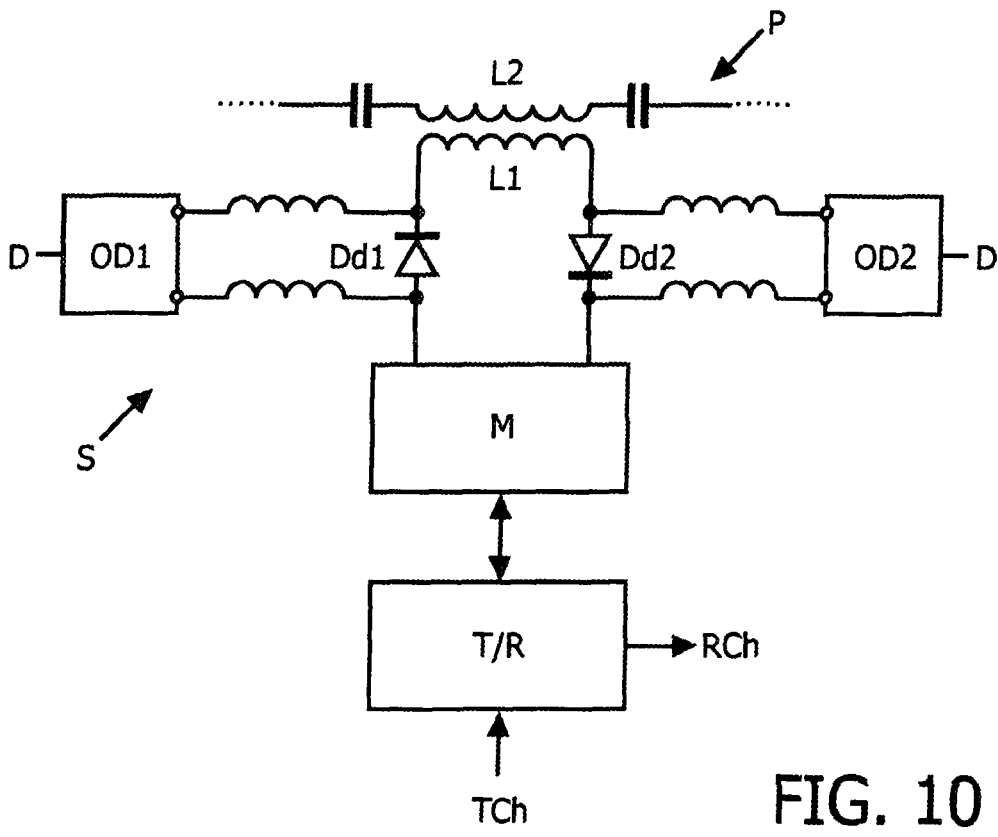


FIG. 10

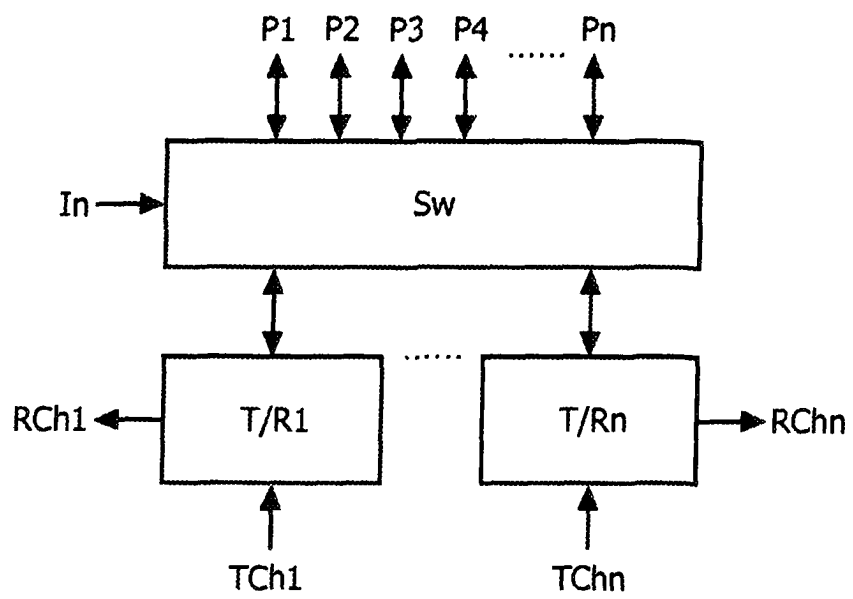


FIG. 11

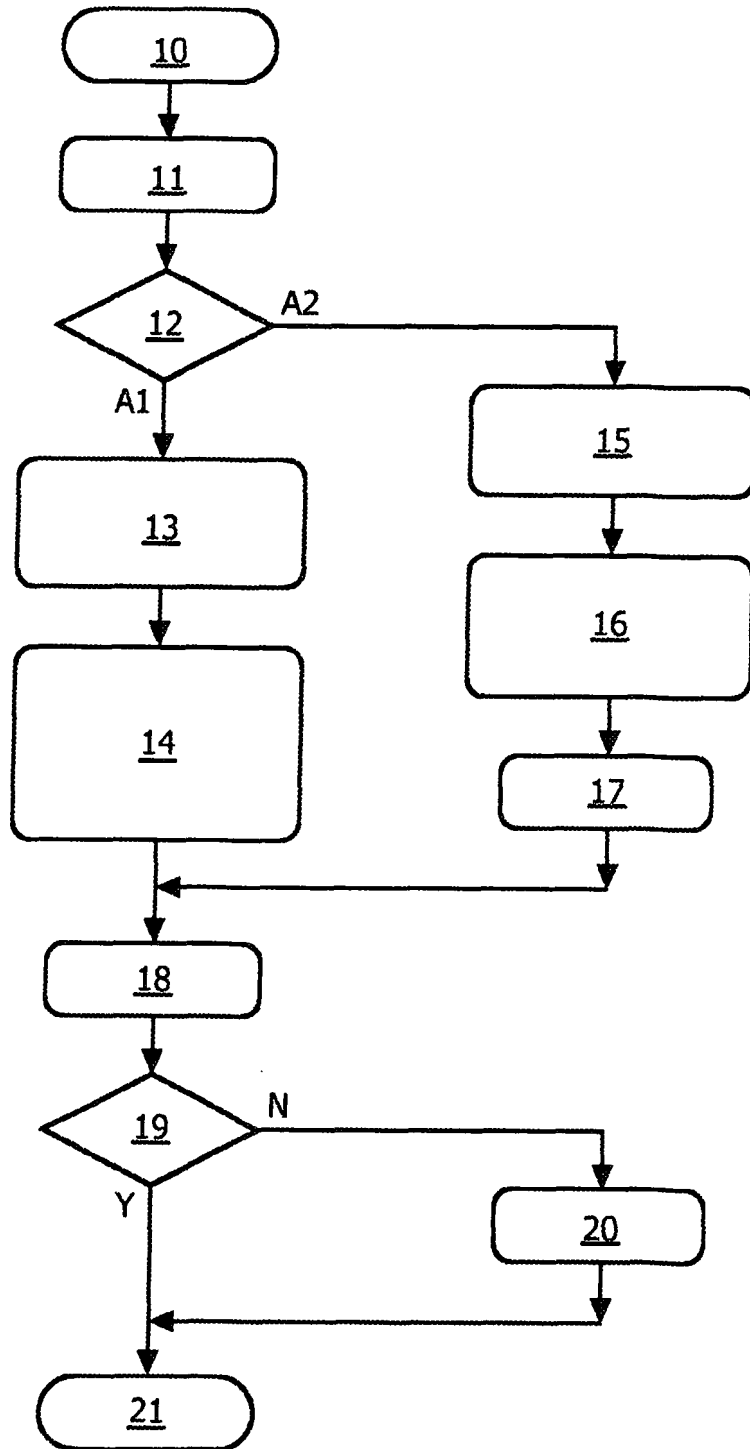


FIG. 12