



(10) **DE 10 2015 203 015 B4** 2018.12.27

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 203 015.6**
(22) Anmeldetag: **19.02.2015**
(43) Offenlegungstag: **25.08.2016**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **27.12.2018**

(51) Int Cl.: **G01R 33/341** (2006.01)
G01R 33/36 (2006.01)
A61B 5/055 (2006.01)

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

(73) Patentinhaber:
Siemens Healthcare GmbH, München, DE

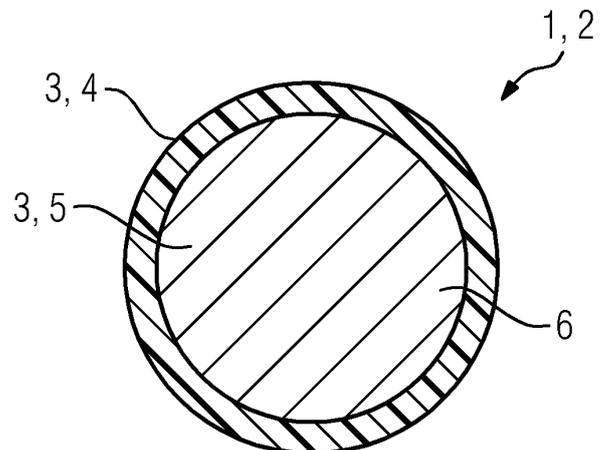
(72) Erfinder:
Greim, Helmut, 91325 Adelsdorf, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	100 51 155	A1
DE	10 2010 033 322	A1
DE	10 2012 200 599	A1
US	4 617 936	A

(54) Bezeichnung: **MR-Spule**

(57) Hauptanspruch: MR-Spule (1) mit mindestens einem Antennenelement (2), wobei mindestens ein Antennenelement (2) mindestens einen dehnbaren Leiterabschnitt (3, 3a, 3b) mit einem Kunststoffmantel (4) und einem Kern (5) aus leitfähiger Flüssigkeit (6) aufweist wobei ein Reflexionsfaktor mindestens eines Antennenelements (2) auf einen Bereich zwischen 40% und 60% eingestellt ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Spule, insbesondere Lokalspule, zur Verwendung in der Magnetresonanztomographie („MR-Spule“) mit mindestens einem Antennenelement. Die Erfindung ist beispielsweise anwendbar zur posterioren und/oder anterioren Positionierung einer MR-Spule an einem Patienten. Die MR-Spule kann insbesondere eine lagenartige Spulenmatte sein, die beispielsweise an eine Patientenliege eines MR-Geräts anschließbar ist.

[0002] In der Magnetresonanztomographie (MRT, kurz auch „MR“ genannt) werden Hochfrequenzspulen (im Folgenden auch als „Lokalspulen“ bezeichnet) für den Empfang magnetischer Wechselfelder eingesetzt. Die Lokalspulen sind auf magnetische Wechselfelder sensitiv und weisen ein oder mehrere Antennenelemente mit einem Kupferleiter auf. Die einzelnen Antennenelemente sind meist als ringförmige Schleifen ausgeführt, z.B. als sog. Loop-Antennen („Loops“), Butterfly-Spulen oder Sattelspulen.

[0003] Eine Lokalspule weist zusätzlich zu dem mindestens einen Antennenelement häufig einen Vorverstärker, weitere Elektronik (Mantelwellensperren usw.) und Verkabelung, ein Gehäuse und meistens ein Kabel mit einem Stecker, durch den sie an ein MRT-Gerät oder eine MRT-Anlage angeschlossen wird, auf. Ein anlagenseitig angebrachter Empfänger filtert und digitalisiert das von der Lokalspule empfangene Signal und übergibt die Daten einer digitalen Signalverarbeitung, die aus der Messung meist ein Bild oder ein Spektrum ableitet und einem Nutzer zur Diagnose zur Verfügung stellt.

[0004] Um ein besonders gutes Signal-zu-Rausch-Verhältnis zu erhalten, sind die HF-Spulen in Bezug auf ihre Geometrie und ihr Empfangsprofil an unterschiedliche Körperbereiche angepasst und möglichst nahe am Körper des Patienten positioniert, beispielsweise auf dem Patienten (anterior) oder unter dem Patienten (posterior). Die Lokalspulen sollten idealerweise den zu untersuchenden Bereich geometrisch möglichst genau abdecken. Beispielsweise können die Lokalspulen für einen Patienten mit einem größeren Umfang in ihrer geometrischen Ausdehnung größer und für einen schlanken Patienten kleiner sein. Herkömmliche Lokalspulen befinden sich in einem starren Gehäuse oder in einer zwar biegsamen, aber nicht dehnbaren Hülle aus Kunststoff.

[0005] DE 10 2010 033 322 A1 offenbart eine mechanisch flexible MR-Spule mit öffnungsfähigen Leiterstrukturen für insbesondere interventionelle Magnetresonanztomographie. Dabei weist eine Lokalspule für ein Magnetresonanztomographiesystem mindestens ein Antennenelement auf, wobei mindestens ein Antennenelement eine zur Bildung einer Öffnung lösbare Verbindung aufweist.

[0006] DE 10 2012 200 599 A1 offenbart ein Antennensystem für ein Magnetresonanztomographie-System mit mehreren Antennenelementen. Dabei sind die Antennenelemente in/an oder auf Trägerelementen angeordnet. Die Trägerelemente sind nicht dehnbare ausgebildet und weisen ein konstantes Oberflächenmaß auf. Benachbarte Trägerelemente sind über ein dehnbare Verbindungselement verbunden, wobei die Abmessungen des Verbindungselements durch die Dehnung veränderbar sind.

[0007] DE 100 51 155 A offenbart eine Empfangsspulenordnung für Kernspintomographieanlagen mit mehreren, wahlweise steckbaren Lokalspulen, bei der die mit einer aktiven Verstimmung versehenen Lokalspulen eine passive Verstimmungsschaltung für den Sendefall und eine passive Verstimmungsschaltung für den Empfangsfall im ungesteckten Zustand aufweisen, wobei in das Auskoppel-HF-Kabel der Lokalspule ein Verstimmungsschwingkreis aus einer Verstimmungsspule und einem in Reihe mit einer gesperrten, beim Stecken der Spule durchgeschalteten Diode liegenden Kondensator eingeschaltet ist, wobei die Verstimmungsspule so dimensioniert ist, dass sie mit den Abgleichkapazitäten und des HF-Antennenabgriffs zwischen dessen Abgriffspunkten einen hochohmigen Parallelkreis bildet.

[0008] US 4 617 936 A offenbart eine flexible Oberflächenspule mit einem elektrisch isolierenden, flexiblen Röhrchen, das mit flüssigem Quecksilber als Leiter gefüllt ist.

[0009] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Nachteile des Standes der Technik zumindest teilweise zu überwinden und insbesondere eine verbesserte Möglichkeit bereitzustellen, die Lokalspule auf einfache Weise besonders gut an einen Patienten anzupassen.

[0010] Diese Aufgabe wird gemäß den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind insbesondere den abhängigen Ansprüchen entnehmbar.

[0011] Die Aufgabe wird gelöst durch eine MR-Spule, insbesondere Lokalspule, mit mindestens einem Antennenelement, wobei mindestens ein Antennenelement mindestens einen dehnbaren Leiterabschnitt mit einem Kunststoffmantel und einem Kern aus leitfähiger Flüssigkeit aufweist. Dadurch, dass sich der dehnbare Leiterabschnitt linear dehnen und ggf. auch biegen lässt, können auch das Antennenelement und die MR-Spule gedehnt und gebogen werden, um sie besonders gut an einen Patienten anzuschmiegen. Beispielsweise können so bisher leicht unterschiedlich geformte MR-Spulen (z.B. Lokalspulen für einen Patienten mit einem größeren Umfang bzw. für einen schlanken Patienten) durch eine einzige MR-Spule wie oben beschrieben, die entsprechend dehnbare ist,

ersetzt werden. Der Kern aus leitfähiger Flüssigkeit bewirkt, dass der Strom besonders zuverlässig geführt wird. Dabei kann insbesondere ein Widerstand des dehnbaren Leiterabschnitts weitgehend unabhängig von einem Maß bzw. einem Grad der Dehnung sein, und zwar auch bei starker Dehnung. Dies steht im vorteilhaften Gegensatz zu dehnbaren Leitungen aus Kunststoff mit beigemischten elektrisch leitfähigen Pulvern. Durch den dehnungsunabhängigen Widerstand erhöhen sich die anteiligen Antennenverluste des dehnbaren Leiterabschnitts bei Dehnung nicht und beeinflussen dadurch das Signal-zu-Rausch-Verhältnis (SNR) nicht. Dies wiederum vereinfacht ein eventuell notwendiges Nachstimmen einer Anpassung. Insbesondere braucht dann ggf. nur die Frequenz nachgestimmt werden. Der dehnbare Leiterabschnitt kann insbesondere auf ein Vielfaches seiner Länge gedehnt werden, ohne zu versagen.

[0012] Der dehnbare Leiterabschnitt kann ein Drahtstück oder Drahtabschnitt sein.

[0013] In dem Kunststoff kann beispielsweise mindestens ein mikrofluidischer Kanal vorhanden sein, der mit der leitfähigen Flüssigkeit gefüllt ist.

[0014] Es ist eine Ausgestaltung, dass die leitfähige Flüssigkeit eine metallische Flüssigkeit oder flüssiges Metall ist, da diese einen besonders geringen Widerstand ermöglicht. Zudem leitet ein solcher Leiterabschnitt Strom besonders zuverlässig.

[0015] Es ist noch eine Ausgestaltung, dass die leitfähige Flüssigkeit eine unmagnetische Flüssigkeit ist. Dies ist insbesondere für eine MR-Bildgebung von großem Vorteil, da so Bildartefakte vermieden werden.

[0016] Es ist eine Weiterbildung, dass die metallische Flüssigkeit Gallium (Ga) aufweist oder aus Gallium besteht. Gallium schmilzt bei erhöhter Zimmertemperatur, nämlich bei ca. 30 °C und mag so auch bereits in typischen MR-Anwendungen ohne oder mit nur geringen Zusätzen flüssig werden oder sein.

[0017] Es ist eine weitere Ausgestaltung, dass die metallische Flüssigkeit eine Gallium-Indium (In)-Mischung, insbesondere eine Ga-In-Legierung, aufweist oder ist. Wie alle Metalle ist diese Mischung ein guter Stromleiter. Beide Metalle sind unmagnetisch, was für die MR-Bildgebung sehr vorteilhaft ist. Die Ga-In-Legierung liegt insbesondere als ein Eutektikum vor, das den Schmelzpunkt von Gallium signifikant erniedrigt. Je nach Gehalt an Gallium bzw. Indium lässt sich der Schmelzpunkt bis auf 3 bis 5 °C (bei einem Ga-Anteil von ca. 75%) senken. Ein solcher Leiter kann z.B. bis auf das Achtfache seiner Nenn- oder Normal-Länge gedehnt werden.

[0018] Die Verwendung einer Ga-In-Mischung ergibt den weiteren Vorteil, dass sich dann, wenn der Kunststoffmantel beschädigt wird, an der Schadstelle eine Oxidschicht des Metalls ausbildet, die ein weiteres Auslaufen der Mischung verhindert.

[0019] Erfindungsgemäß ist ein Reflexionsfaktor mindestens eines Antennenelements bzw. für mindestens ein Antennenelement in einem Bereich zwischen 40% und 60% eingestellt, insbesondere auf ca. 50%. Der Reflexionsfaktor wird also nicht auf z.B. mögliche 10% (entsprechend -20 dB) sondern nur auf 40% und 60%, insbesondere auf 50% (entsprechend -6 dB), eingestellt. Dazu kann das mindestens ein Antennenelement mit einer Anpassungseinrichtung (z.B. einem Anpassungsnetzwerk oder einer Anpassungsschaltung) verbunden sein und die Anpassung entsprechend breitbandig eingestellt sein. So kann auf eine Nachführung einer Anpassung verzichtet werden, da beim Abgleich von vornherein diese etwas ungenauere und damit breitbandigere Anpassung eingestellt wird. Dabei wird ausgenutzt, dass bei einer Dehnung die Antennengröße zwar eine Resonanzfrequenz der Spule verändert wird, der Betrag des Reflexionsfaktors aber nahezu gleich bleibt. Folglich werden sich bei einer Verwendung eines rauscharmen Vorverstärkers die Verstärkung und das Signal-zu-Rausch-Verhältnis trotz einer Dehnung nicht signifikant ändern.

[0020] Es ist ferner eine Ausgestaltung, dass neben mindestens einem Antennenelement ein weiterer dehnbare Leiterabschnitt angeordnet ist, dessen Widerstand sich bei einer Dehnung ändert. Der weitere dehnbare Leiterabschnitt besitzt somit die für einen dehnbaren Leiterabschnitt des Antennenelements eher nachteilige Eigenschaft, dass er bei Dehnung seinen Widerstand merklich, insbesondere stark, ändert. Dadurch wird es auf einfache und kompakte Weise ermöglicht, einen Grad einer Dehnung im Bereich zumindest neben dem benachbarten Antennenelement zu berücksichtigen und ggf. Einstellungen der MR-Spule oder des mindestens einen benachbarten Antennenelements zu ändern. Der weitere dehnbare Leiterabschnitt kann dazu mit einer Steuer- oder Regelschaltung verbunden sein, z.B. mit einem Regelverstärker, oder einen Teil einer solchen Steuer- oder Regelschaltung darstellen. Die Steuer- oder Regelschaltung mag ausgangsseitig mit einem Anpassungsnetzwerk für mindestens ein Antennenelement verbunden sein oder einen Teil des Anpassungsnetzwerks darstellen.

[0021] Der weitere dehnbare Leiterabschnitt kann eine grundsätzlich beliebige Ausrichtung gegenüber dem mindestens einen dehnbaren Leiterabschnitt des Antennenelements annehmen. So können die Leiterabschnitte zueinander parallel angeordnet sein. Die dehnbaren Leiterabschnitte können auf einem

gemeinsamen, insbesondere dehnbaren, Substrat angeordnet sein.

[0022] Es ist auch eine Ausgestaltung, dass der weitere dehnbare Leiterabschnitt einen wellenförmigen Verlauf aufweist, beispielsweise einen sinusförmigen, einen rechteckförmigen oder einen mäanderförmigen Verlauf aufweist. Dies ergibt den Vorteil, dass eine besonders große Widerstandsänderung über eine kurze gerade Länge erreicht wird.

[0023] Es ist außerdem eine Ausgestaltung, dass der weitere dehnbare Leiterabschnitt Kunststoff als Matrixmaterial mit beigemischten, elektrisch leitfähigen Pulver als Füllmaterial aufweist. Ein solcher Leiterabschnitt ist kompakt, preiswert und robust umsetzbar.

[0024] Es ist auch noch eine Ausgestaltung, dass an den weiteren dehnbaren Leiterabschnitten eine Gleichspannung anlegbar ist und aus dem sich ergebenden Strom oder aus einer Stromänderung über einen Differenzverstärker eine Regelspannung erzeugbar ist. Dadurch lassen sich ein oder mehrere Parameter oder Bauelemente (z.B. eines Anpassungsnetzwerks) auf gewünschte Sollwerte oder Sollbereich einregeln, insbesondere um eine Empfangseigenschaft mindestens eines Antennenelements auch bei geänderter Dehnung gleichmäßig zu halten.

[0025] Es ist auch noch eine Ausgestaltung, dass die MR-Spule ferner aufweist: einen parallel zu einem frequenzbestimmenden Festkondensator eines Anpassungsnetzwerkes geschaltete Kapazitätsdiode, wobei mittels der Regelspannung die Kapazitätsdiode so ansteuerbar ist, dass durch sie eine durch die Dehnung verursachte Frequenzänderung wieder ausgleichbar ist. Insbesondere kann so z.B. mit Hilfe der Regelspannung die Kapazitätsdiode so gesteuert werden, dass mittels der Kapazitätsdiode die durch die Dehnung verursachte Frequenzänderung ausgleichbar ist. Der Reflexionsfaktor der Anpassung kann somit über den ganzen Anwendungsbereich sehr niedrig gehalten werden.

[0026] Die MR-Spule kann insbesondere als eine verformbare Lage oder Matte vorliegen, beispielsweise zur anterioren und/oder posterioren Positionierung an einem Patienten.

[0027] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden schematischen Beschreibung von Ausführungsbeispielen, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Dabei können zur Übersichtlichkeit gleiche oder gleichwirkende Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen sein.

Fig. 1 zeigt eine Querschnittsansicht eines dehnbaren Leiterabschnitts eines Antennenelements einer MR-Spule;

Fig. 2 ein Schaltbild eines Antennenelements mit einem zugehörigen Anpassungsnetzwerk der MR-Spule gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel; und

Fig. 3 zeigt ein Schaltbild des Antennenelements mit einem zugehörigen Anpassungsnetzwerk der MR-Spule gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel.

[0028] **Fig. 1** zeigt als Schnittdarstellung eine Querschnittsansicht eines dehnbaren Leiterabschnitts **3** eines Antennenelements **2** einer MR-Spule **1**. Der dehnbare Leiterabschnitt **3** weist einen schlauch- oder rohrartigen Kunststoffmantel **4** und einen Kern **5** auf. Der z.B. als ein mikrofluidischer Kanal ausgebildete Kern **5** ist mit einer Legierung in Form eines Ga-In-Eutektikums **6** gefüllt. Das Ga-In-Eutektikum **6** ist in üblichen Temperaturbereichen von Magnetresonanztomographie-Untersuchungen flüssig, stellt also eine hochgradig leitfähige metallische Flüssigkeit dar. Es ist zudem unmagnetisch. Der Leiterabschnitt **3** kann z.B. bis auf das Achtfache seiner Normal- oder Nenn-Länge (senkrecht zur Bildebene) gedehnt werden. Zudem ergibt sich der Vorteil, dass sich dann, wenn der Kunststoffmantel **4** beschädigt wird, eine Oxidschicht an dem Ga-In-Eutektikum **6** ausbildet, die ein weiteres Auslaufen aus dem Kunststoffmantel **4** verhindert.

[0029] **Fig. 2** zeigt ein Schaltbild des Antennenelements **2** der MR-Spule **1** mit einem zugehörigen Anpassungsnetzwerk **7** gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel. Das Antennenelement **2** weist einen schleifenförmigen Leiter **3, 8** mit einem ersten dehnbaren Leiterabschnitt **3, 3a** und einem zweiten dehnbaren Leiterabschnitt **3, 3b** auf, die seriell an z.B. als Drähte, Kabel oder Leiterbahnen ausgebildete andere Leiterabschnitte **8** angeschlossen sind. Die anderen Leiterabschnitte **8** können beispielsweise als Kupferdrähte oder andere Kupferleiter vorliegen. Die dehnbaren Leiterabschnitte **3** lassen sich zumindest in der durch die Doppelpfeile angedeuteten Längsrichtung linear dehnen.

[0030] Zwischen den dehnbaren Leiterabschnitten **3a** und **3b** befindet sich an einer Seite ein Kondensator **9** (der ohne Beschränkung der Allgemeinheit auch als „Verkürzungskondensator“ bezeichnet werden kann) und an der anderen Seite zwei in Reihe geschaltete Kondensatoren, nämlich einen Kondensator **10** (der insbesondere einen frequenzbestimmenden Festkondensator darstellen kann) und einen Kondensator **11** (der ohne Beschränkung der Allgemeinheit auch als „Verstimmkondensator“ bezeichnet werden kann).

[0031] Zwischen dem ersten dehnbaren Leiterabschnitt **3**, **3a** und dem Kondensator **10** ist ein weiterer Kondensator **12** angeschlossen, z.B. über einen Knoten **K1**. Der Kondensator **12** kann beispielsweise zum Abstimmen einer resistiven Belastung dienen.

[0032] Ein Knoten **K2** zwischen den beiden Kondensatoren **10** und **11** ist an ein Bezugspotenzial wie Masse **GND** angeschlossen.

[0033] Zwischen dem zweiten dehnbaren Leiterabschnitt **3**, **3a** und dem Verstimmkondensator **11** ist eine Spule **13** (die ohne Beschränkung der Allgemeinheit auch als „Verstimmspule“ bezeichnet werden kann) angeschlossen, z.B. über einen Knoten **K3**. Die Verstimmspule **13** ist andererseits über eine Drossel **14** an einen Anschluss **15** angeschlossen. Der Anschluss **15** kann beispielsweise als ein Gleichspannungseingang dienen.

[0034] Der weitere Kondensator **12** kann an einen weiteren Anschluss **16**, z.B. an einen Signaleingang, angeschlossen sein.

[0035] Zwischen die Verstimmspule **13** und die Drossel **14** ist eine Anode einer Diode (insbesondere eine HF-Diode, z.B. eine PIN-Diode) **17** geschaltet, deren Kathode mit Masse **GND** verbunden ist.

[0036] Zwischen die Drossel **14** und den Anschluss **15** ist ein Kondensator **18** (insbesondere ein Blockkondensator) geschaltet, dessen andere Seite mit Masse **GND** verbunden ist.

[0037] Der Anschluss **16** kann beispielsweise als ein Hochfrequenz-Signalausgang verwendet werden, z.B. zum Herausführen eines durch in das Antennenelement induzierten HF-Signals. Das Antennenelement **2** kann somit insbesondere als eine reine Empfangsantenne und/oder als eine kombinierte Sende-/ EmpfangsAntenne verwendet werden.

[0038] Das Anpassungsnetzwerk **7** kann insbesondere die Elemente **10** bis **18** aufweisen oder umfassen.

[0039] Der für dieses Antennenelement **2** eingestellte Reflexionsfaktor beträgt ca. 50%. So kann auf eine Nachführung einer Anpassung bzw. des Anpassungsnetzwerks **7** verzichtet werden, da beim Abgleich von vornherein diese etwas ungenauere und damit breitbandigere Anpassung eingestellt wird.

[0040] Fig. 3 zeigt ein Schaltbild des Antennenelements **2** der Spule **1**, das zusätzlich zu dem Anpassungsnetzwerk **7** eine Regelschaltung **20** aufweist. Die Regelschaltung **20** kann auch als ein Teil des Anpassungsnetzwerks **7** angesehen werden.

[0041] Die Regelschaltung **20** weist eine weitere Drossel **21**, einen weiteren Kondensator **22**, einen Regelverstärker **23** und einen weiteren dehnbaren Leiterabschnitt **24** auf. Das Anpassungsnetzwerk **7** weist zusätzlich eine Kapazitätsdiode **25** auf.

[0042] Der weitere dehnbare Leiterabschnitt **24** ist insbesondere in die gleiche Richtung dehnbare wie die dehnbaren Leiterabschnitte **3a** und **3b** des Antennenelements **2** und insbesondere zusammen mit diesen dehnbare. Dabei ändert sich der Widerstand des weiteren dehnbaren Leiterabschnitts **24** - im Gegensatz zu den Leiterabschnitten **3a** und **3b** - bei einer Dehnung erheblich. Dazu trägt auch bei, dass der weitere dehnbare Leiterabschnitt **24** einen wellenförmigen Verlauf aufweist. Der weitere dehnbare Leiterabschnitt **24** besteht hier beispielsweise aus einem Kunststoff als Matrixmaterial mit beigemischten, elektrisch leitfähigen Pulver.

[0043] Der Leiterabschnitt **24** ist hier an Eingänge des Regelverstärkers **23** angeschlossen. Es kann - z.B. über den Regelverstärker **23** - eine Gleichspannung **DC** an den Leiterabschnitt **24** angelegt werden und mittels des dadurch erzeugten Stroms durch den Leiterabschnitt **24** mittels des Regelverstärkers **23** eine Regelspannung erzeugt werden, die an einem Ausgang des Regelverstärkers **23** bereitgestellt wird. Da sich der Strom bei einer Dehnung des Leiterabschnitts **24** signifikant ändert, ist auch die Höhe der Regelspannung von dem Widerstand des weiteren dehnbaren Leiterabschnitts **24** abhängig. Bei einer Dehnung des Antennenelements **2** und damit auch des benachbarten Leiterabschnitts **24** kann also aufgrund der sich ergebenden Stromänderung über den Differenzverstärker **23** eine Regelspannung oder eine Änderung der Regelspannung erzeugt werden.

[0044] Die Kapazitätsdiode **25** ist parallel zu dem frequenzbestimmenden Kondensator **10** geschaltet und liegt einerseits an dem Knoten **K1** und andererseits an Masse **GND** an. Der Knoten **K1** ist über die Drossel **21** mit dem Ausgang des Regelverstärkers **23** verbunden. Auch der Kondensator **22** ist einerseits mit dem Ausgang des Regelverstärkers **23**, aber andererseits mit Masse **GND** verbunden. Mittels der Regelspannung ist die Kapazitätsdiode **25** so ansteuerbar, dass durch sie eine durch die Dehnung der Leiterabschnitte **3a** und **3b** verursachte Frequenzänderung wieder ausgleichbar ist. Der Reflexionsfaktor der Anpassung kann somit über den ganzen Anwendungsbereich sehr niedrig gehalten werden. Insbesondere kann der Reflexionsfaktor so z.B. auf 10% (entsprechend -20 dB) gehalten werden, ohne dass sich die Verstärkung und das Signal-zu-Rausch-Verhältnis signifikant ändern.

[0045] Obwohl die Erfindung im Detail durch die gezeigten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht dar-

auf eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

[0046] So können mittels einer Regelungsschaltung auch mehrere Anpassungsnetzwerke unterschiedlicher Antennenelemente angesteuert oder geregelt werden. Es können auch andere als benachbarte Antennenelemente geregelt werden.

[0047] Allgemein kann unter „ein“, „eine“ usw. eine Einzahl oder eine Mehrzahl verstanden werden, insbesondere im Sinne von „mindestens ein“ oder „ein oder mehrere“ usw., solange dies nicht explizit ausgeschlossen ist, z.B. durch den Ausdruck „genau ein“ usw.

[0048] Auch kann eine Zahlenangabe genau die angegebene Zahl als auch einen üblichen Toleranzbereich umfassen, solange dies nicht explizit ausgeschlossen ist.

Bezugszeichenliste

1	MR-Spule
2	Antennenelement
3	Dehnbarer Leiterabschnitt
3a	Erster dehnbarer Leiterabschnitt
3b	Zweiter dehnbarer Leiterabschnitt
4	Kunststoffmantel
5	Kern
6	Ga-In-Eutektikum
7	Anpassungsnetzwerk
8	Leiterabschnitt
9	Verkürzungskondensator
10	Kondensator
11	Verstimmkondensator
12	Weiterer Kondensator
13	Verstimmspule
14	Drossel
15	Anschluss
16	Anschluss
17	Diode
18	Kondensator
20	Regelschaltung
21	Weitere Drossel
22	Weiterer Kondensator
23	Regelverstärker

24	Weiterer dehnbarer Leiterabschnitt
25	Kapazitätsdiode
DC	Gleichspannung
GND	Masse
K1	Knoten
K2	Knoten
K3	Knoten

Patentansprüche

1. MR-Spule (1) mit mindestens einem Antennenelement (2), wobei mindestens ein Antennenelement (2) mindestens einen dehnbaren Leiterabschnitt (3, 3a, 3b) mit einem Kunststoffmantel (4) und einem Kern (5) aus leitfähiger Flüssigkeit (6) aufweist wobei ein Reflexionsfaktor mindestens eines Antennenelements (2) auf einen Bereich zwischen 40% und 60% eingestellt ist.

2. MR-Spule (1) nach Anspruch 1, wobei die leitfähige Flüssigkeit (6) eine metallische Flüssigkeit ist.

3. MR-Spule (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die leitfähige Flüssigkeit (6) eine unmagnetische Flüssigkeit ist.

4. MR-Spule (1) nach den Ansprüchen 2 und 3, wobei die metallische Flüssigkeit (6) eine Ga-In-Legierung aufweist oder ist.

5. MR-Spule (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem neben mindestens einem Antennenelement (2) mindestens ein weiterer dehnbarer Leiterabschnitt (24) angeordnet ist, dessen Widerstand sich bei einer Dehnung ändert.

6. MR-Spule (1) nach Anspruch 5, bei dem der weitere dehnbare Leiterabschnitt (24) einen wellenförmigen Verlauf aufweist.

7. MR-Spule (1) nach einem der Ansprüche 5 bis 6, bei welcher der weitere dehnbare Leiterabschnitt (24) einen Kunststoff mit beigemischten, elektrisch leitfähigen Pulver aufweist.

8. MR-Spule (1) nach einem der Ansprüche 5 bis 7, bei der an den weiteren dehnbaren Leiterabschnitt (24) eine Gleichspannung (DC) anlegbar ist und aus einer Stromänderung über einen Differenzverstärker (23) eine Regelspannung generierbar ist.

9. MR-Spule (1) nach Anspruch 8, bei der die MR-Spule (1) ferner aufweist:
- einen parallel zu einem frequenzbestimmenden Festkondensator (10) eines Anpassungsnetzwerkes (7) geschaltete Kapazitätsdiode (25),

- wobei mittels der Regelspannung die Kapazitätsdiode (25) so ansteuerbar ist, dass durch sie eine durch die Dehnung verursachte Frequenzänderung ausgleichbar ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

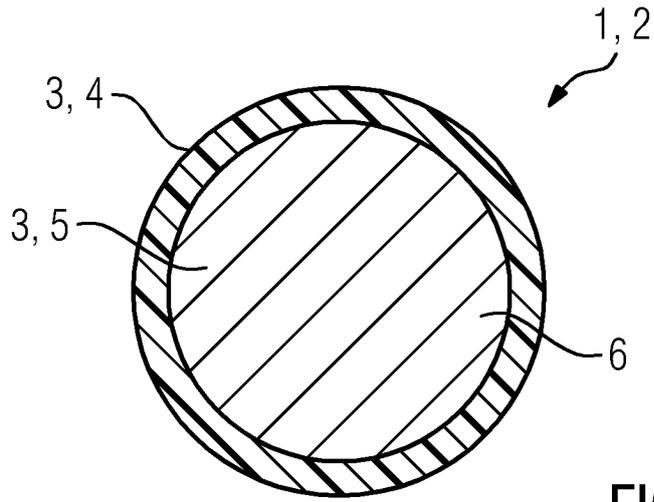


FIG 1

FIG 2

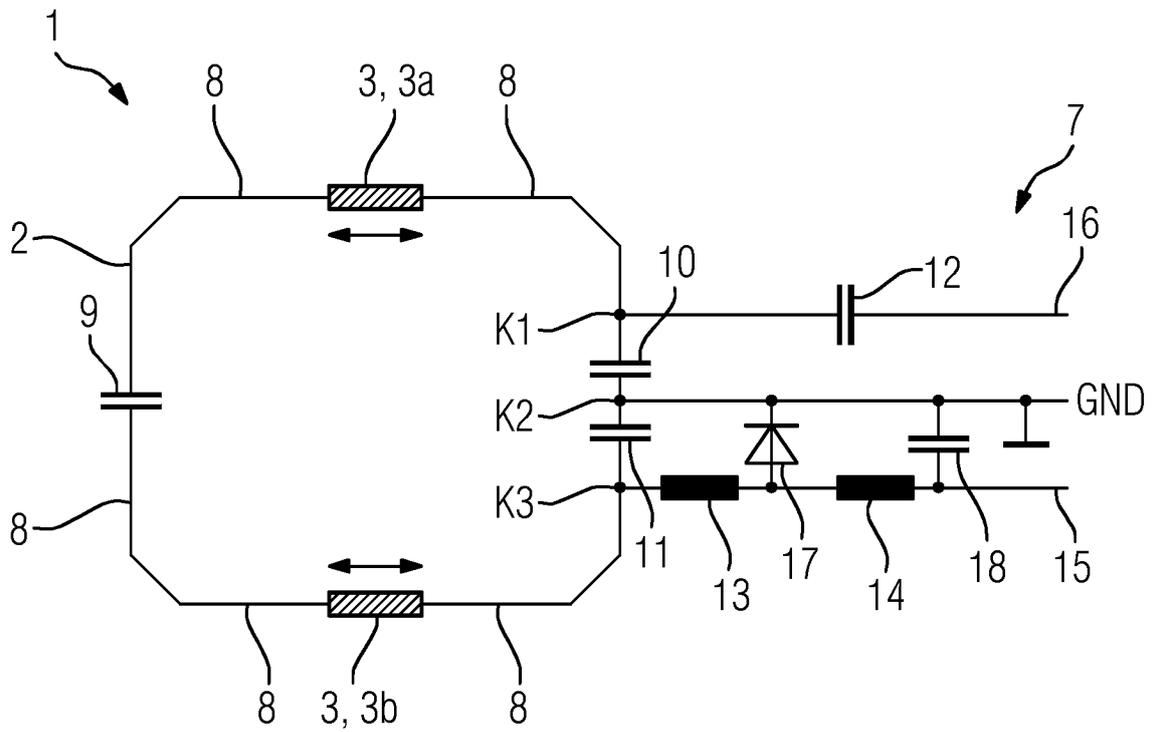


FIG 3

