



(10) **DE 10 2016 201 441 A1** 2017.08.03

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 201 441.2**

(22) Anmeldetag: **01.02.2016**

(43) Offenlegungstag: **03.08.2017**

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

G01R 33/3415 (2006.01)

H01Q 1/52 (2006.01)

(71) Anmelder:
Siemens Healthcare GmbH, 91052 Erlangen, DE

(72) Erfinder:
Fackelmeier, Andreas, Dr., 91177 Thalmässing, DE; Huber, Klaus, Dr., 91090 Effeltrich, DE; Martius, Sebastian, Dr., 91301 Forchheim, DE; Oppelt, Ralph, Dr., 91080 Uttenreuth, DE; Vester, Markus, Dr., 90471 Nürnberg, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

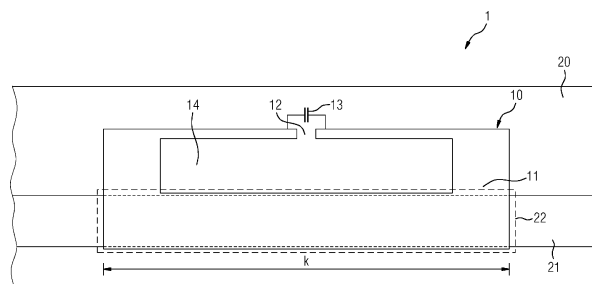
DE	10 2010 031 933	A1
US	6 593 744	B2

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Planare Mantelwellensperre für einen Magnetresonanztomographen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Leitung mit einer Mantelwellensperre für einen Magnetresonanztomographen sowie eine Patientenliege und einen Magnetresonanztomographen mit einer erfindungsgemäßen Leitung. Die Leitung weist ein Trägermaterial auf, eine erste Leiterbahn, die sich an oder in dem Trägermaterial entlang erstreckt und eine erste Leiterschleife, die an oder in dem Trägermaterial angeordnet ist. Die erste Leiterschleife weist eine Signalkopplung zu der ersten Leiterbahn aufweist, wobei die erste Leiterschleife eine erste Unterbrechung aufweist, die mit einer ersten Kapazität überbrückt ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Mantelwellensperre für einen Magnetresonanztomographen sowie eine Leitung mit einer Mantelwellensperre und einen Magnetresonanztomographen mit einer Mantelwellensperre.

[0002] Magnetresonanztomographen sind bildgebende Vorrichtungen, die zur Abbildung eines Untersuchungsobjektes Kernspins des Untersuchungsobjektes mit einem starken äußeren Magnetfeld ausrichten und durch ein magnetisches Wechselfeld zur Präzession um diese Ausrichtung anregen. Die Präzession bzw. Rückkehr der Spins aus diesem angeregten in einen Zustand mit geringerer Energie wiederum erzeugt als Antwort ein magnetisches Wechselfeld, auch als Magnetresonanzsignal bezeichnet, das über Antennen empfangen wird.

[0003] Mit Hilfe von magnetischen Gradientenfeldern wird den Signalen eine Ortskodierung aufgeprägt, die nachfolgend eine Zuordnung von dem empfangenen Signal zu einem Volumenelement ermöglicht. Das empfangene Signal wird dann ausgewertet und eine dreidimensionale bildgebende Darstellung des Untersuchungsobjektes bereitgestellt.

[0004] Zur Anregung der Präzession der Spins sind magnetische Wechselfelder mit einer Frequenz, die der Larmorfrequenz bei der jeweiligen statischen Magnetfeldstärke entspricht, und sehr hohen Feldstärken bzw. Leistungen erforderlich. Zur Verbesserung des Signal-Rauschverhältnisses des von den Antennen empfangenen Magnetresonanzsignals werden häufig als Lokalspulen bezeichnete Antennen verwendet, die über elektrisch leitende Kabel mit dem Magnetresonanztomographen verbunden sind. Das magnetische Wechselfeld zur Anregung induziert durch seine hohen Feldstärken erhebliche Ströme in den Kabeln, die mit den verbundenen Spannungen auch zur Gefährdung des Patienten und der Elektronik werden können. Handelt es sich bei den Kabeln um abgeschirmte Kabel mit einem Mantel aus Drahtgeflecht, wie z.B. Koaxialkabel, so werden diese induzierten Ströme auch als Mantelwellen bezeichnet, die sich als geführte elektromagnetische Wellen entlang des Kabels ausbreiten, bzw. bei Reflexionen auch stehende Wellen ausbilden können.

[0005] Um die Ausbreitung dieser Wellen zu verhindern, ist es möglich, Unterbrechungen im Kabel vorzusehen. Vorzugsweise sind diese Unterbrechungen nur auf der Frequenz des magnetischen Wechselfeldes wirksam, sodass sich andere Ströme, insbesondere niederfrequente Ströme, ungehindert ausbreiten können. Daher werden zur Unterbrechung frequenzselektive Sperrfilter eingesetzt, die Vorzugsweise auf der Frequenz des magnetischen Wechselfeldes eine möglichst hohe Impedanz aufweisen. Diese Sperr-

filter werden auch als Mantelwellensperren bezeichnet. Auf diese Weise kann durch in regelmäßigen Abständen angeordnete Mantelwellensperren das Kabel segmentiert werden, sodass sich in den einzelnen Segmenten keine gefährlichen Spannungen aufbauen können. Dabei müssen die Abstände klein gegenüber der Wellenlänge einer elektromagnetischen Welle mit der Frequenz des Anregungsfeldes sein.

[0006] Durch die große Anzahl an Mantelwellensperren, die anzubringen sind, entstehen nicht unerhebliche Kosten bei einem Magnetresonanztomographen.

[0007] Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, eine kostengünstige Mantelwellensperre bereitzustellen.

[0008] Die Aufgabe wird durch eine erfindungsgemäße Leitung mit Mantelwellensperre nach Anspruch 1, die erfindungsgemäße Patientenliege nach Anspruch 12 und den erfindungsgemäßen Magnetresonanztomographen nach Anspruch 13 gelöst.

[0009] Die erfindungsgemäße Leitung mit einer Mantelwellensperre für einen Magnetresonanztomographen weist ein Trägermaterial auf, eine erste Leiterbahn, die sich an oder in dem Trägermaterial entlang erstreckt, und eine erste Leiterschleife, die an oder in dem Trägermaterial angeordnet ist. Als Trägermaterial sind dabei beliebige Isolatoren denkbar. Vorzugsweise weist dabei das Trägermaterial eine geringe Dämpfung für Signale auf der ersten Leiterbahn auf, beispielsweise durch eine kleine Dielektrizitätskonstante.

[0010] Die erste Leiterschleife weist eine Signalkopplung zu der ersten Leiterbahn auf, wobei die erste Leiterschleife eine erste Unterbrechung aufweist, die mit einer ersten Kapazität überbrückt ist.

[0011] Als Leiterschleife ist dabei eine Form eines Leiters anzusehen, die zu einem Torus homöomorph ist, wobei die die Leiterschleife an zumindest einer oder auch mehreren Stellen unterbrochen ist, um eine erste Kapazität in der Leiterschleife oder beispielsweise auch ein weiteres Bauelement wie eine Induktivität oder Kapazität in der Leiterschleife anzuordnen. Die Signalkopplung der Leiterschleife mit der ersten Leiterbahn kann ohmsch bzw. galvanisch oder auch induktiv und/oder kapazitiv sein. Dabei ist es denkbar, dass die erste Leiterbahn eine Signalleitung ist oder aber auch eine Masseleitung mit einem Bezugspotential.

[0012] Auf vorteilhafte Weise es so möglich, dass die Leiterschleife einen Resonanzkreis bildet, der durch eine passende Dimensionierung des Bauelements abgestimmt werden kann und mit der ersten Leiterbahn in Signalkopplung steht, sodass beispielsweise eine sich auf der ersten Leiterbahn ausbreitende

elektromagnetische Welle gedämpft und/oder in ihrer Ausbreitung behindert wird.

[0013] Die erfindungsgemäße Patientenliege für einen Magnetresonanztomographen weist eine erfindungsgemäße Leitung auf.

[0014] Bei einer Patientenliege ist es auf vorteilhafte Weise denkbar, dass die erfindungsgemäße Leitung im Inneren der Patientenliege angeordnet ist. Dann kann die Leitung über die gesamte Länge als starre oder flexible Leiterplatte ausgebildet sein, auch mehrere Leiterschleifen aufweisen und mit maschinellen Verfahren zur Leiterplattenherstellung und Bestückung kostengünstig gefertigt sein.

[0015] Auch der erfindungsgemäße Magnetresonanztomograph weist eine erfindungsgemäße Leitung mit Mantelwellensperre auf, beispielsweise in einer erfindungsgemäßen Patientenliege oder anderen Bereichen wie dem Aufnahmebereich für den Patienten, die den Hochfrequenz-Anregungspulsen ausgesetzt sind. Der erfindungsgemäße Magnetresonanztomograph teilt die Vorteile der erfindungsgemäßen Leitung und Patientenliege.

[0016] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0017] In einer möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Leitung ist das Trägermaterial eine Leiterplatte.

[0018] Als Trägermaterial ist dabei beispielsweise eine Leiterplatte oder eine flexible Leiterplatte aus einem nicht-leitenden Material denkbar. Die Leiterbahn und/oder die Leiterschleife können dann an einer Oberfläche oder auch im Inneren, zum Beispiel zwischen zwei Lagen des Trägermaterials angeordnet sein. Eine mehrlagige Leiterplatte ermöglicht dabei auch ein Überlappen der ersten Leiterbahn und einer oder mehrerer Leiterschleifen.

[0019] Eine Leiterplatte kann auf vorteilhafte Weise einfach und kostengünstig maschinell gefertigt werden.

[0020] In einer möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Leitung ist die erste Leiterschleife in einem Kopplungsbereich in ohmschen Kontakt mit der ersten Leiterbahn. Denkbar ist es, dass die erste Leiterschleife über eine Brücke oder einen Koppelwiderstand mit der ersten Leiterbahn elektrisch verbunden ist. Vorzugsweise ist die erste Leiterschleife jedoch einstückig mit der ersten Leiterbahn gefertigt, beispielsweise in einem Fertigungsschritt der Leiterplatte aus einer gemeinsamen flächigen Leerschicht.

[0021] Die ohmsche Kopplung ist eine einfache und kostengünstige Möglichkeit, die erste Leiterschleife an die erste Leiterbahn anzukoppeln.

[0022] In einer denkbaren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Leitung wird die erste Leiterschleife in einem Kopplungsbereich über eine vorbestimmte Distanz in geringem Abstand zu der ersten Leiterbahn geführt ist, sodass die Signalkopplung erzielt wird, beispielsweise auf induktivem und/oder kapazitivem Weg.

[0023] Als geringer Abstand ist dabei ein Abstand anzusehen, bei dem ein elektrisches und/oder magnetisches Feld des ersten Leiters noch mit der Leiterschleife wechselwirkt. Der Abstand kann dabei beispielsweise 5, 1, 0,1 oder weniger Prozent der Wellenlänge eines Signals mit Larmfrequenz auf der ersten Leiterbahn betragen. Denkbar sind Abstände von 50 mm, 10 mm, 2 mm, 1 mm, 0,2 mm oder weniger. Die vorbestimmte Distanz kann beispielsweise 10 mm, 50 mm, 100 mm, 200 mm oder mehr betragen.

[0024] Auf vorteilhafte Weise ermöglichen es der Abstand und die vorbestimmte Distanz, die Kopplung und Wirksamkeit der Mantelwellensperre geeignet einzustellen.

[0025] In einer möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Leitung weist das Trägermaterial weiterhin eine oder mehrere zweite Leiterbahnen auf, wobei die eine oder mehrere zweite Leiterbahnen eine Signalkopplung zu der ersten Leiterschleife aufweisen.

[0026] Auf vorteilhafte Weise ist die erfindungsgemäße Leitung in der Lage, eine Mantelwellensperre für mehrere erste und zweite Leiterbahnen gleichzeitig bereitzustellen.

[0027] In einer denkbaren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Leitung weist die erste Leiterschleife in dem Kopplungsbereich einen Schlitz auf, der die erste Leiterschleife nicht unterbricht. Darunter ist zu verstehen, dass der Schlitz nicht über die ganze Breite bzw. Länge der Leitung verläuft, sondern noch eine ohmsche Verbindung zwischen dem Leiter zu beiden Seiten des Schlitzes bestehen bleibt. Es sind auch mehrere Schlitz in dem Kopplungsbereich möglich, beispielsweise um eine größere durchgehenden Leiterfläche zu unterteilen.

[0028] Der Schlitz verringert auf vorteilhafte Weise die Größe zusammenhängender Leiterflächen, sodass auf vorteilhafte Weise Verluste durch in die Flächen induzierte Wirbelströme reduziert werden können.

[0029] In einer möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Leitung weist die erste Leiterschleife eine Überbrückungskapazität auf, die den Schlitz für hohe Frequenzen kurzschließt. Die Überbrückungskapazität kann beispielsweise, falls der Schlitz an einem Ende offen ist, an diesem Ende des Schlitzes angeordnet sein. Es können auch mehrere Überbrückungskapazitäten vorgesehen sein, die entlang eines Schlitzes angeordnet sind und diesen an mehreren Stellen kurzschließen.

[0030] Die Überbrückungskapazität hat eine frequenzabhängige Impedanz, sodass sie auf vorteilhafte Weise für höhere Frequenzen, beispielsweise die Larmorfrequenz, die Unterbrechung der Leitung durch den Schlitz kurzschließt, während für eine niedrigere Frequenzen Wirbelströme durch die Unterbrechung der Leitung durch den Schlitz unterdrückt werden.

[0031] In einer denkbaren Ausführungsform weist die Mantelwellensperre der erfindungsgemäßen Leitung eine zweite Leiterschleife auf. Die zweite Leiterschleife steht in Signalkopplung mit der ersten Leiterbahn. Das Trägermaterial der Leitung weist eine flächige Form auf, die durch die Leiterbahn in eine erste Teilfläche und eine zweite Teilfläche unterteilt ist, die sich nicht überlappen, d.h. mit anderen Worten, nebeneinander auf oder in dem flächigen Trägermaterial angeordnet sind. Die erste Leiterschleife erstreckt sich im Wesentlichen in den ersten Teilbereich und die zweite Leiterschleife im Wesentlichen in den zweiten Teilbereich. Im Wesentlichen in einen Teilbereich erstrecken ist dabei so zu verstehen, dass nur ein kleiner Teil der Fläche einer Leiterschleife, beispielsweise 1, 5, 10 oder 20 Prozent der Fläche einer Leiterschleife sich in den anderen Teilbereich erstreckt. Vorzugsweise sind die erste Leiterschleife und die zweite Leiterschleife benachbart bzw. gegenüberliegend zu beiden Seiten der ersten Leiterbahn. Dabei können die Flächen symmetrisch zu der ersten Leiterbahn angeordnet sein. Vorzugsweise sind die Flächen der ersten Leiterschleife und der zweiten Leiterschleife im Wesentlichen gleich groß, mit anderen Worten der Flächeninhalt der ersten Leiterschleife und der zweiten Leiterschleife weicht um weniger als 1, 5, 10 oder 20 Prozent der Gesamtfläche einer Leiterschleife voneinander ab.

[0032] Dabei ist es denkbar, dass die zweite Leiterschleife, die erste Leiterbahn und/oder die zweite Leiterschleife in ohmschen Kontakt miteinander stehen. Die erste Leiterschleife, die zweite Leiterschleife und die erste Leiterbahn können beispielsweise einstückig aus einer Leiterfläche der Leiterplatte gefertigt sein. Vorzugsweise ist dabei die erste Leiterbahn eine Massefläche bzw. Masseleiter.

[0033] Auf vorteilhafte Weise kompensieren sich durch die Symmetrie der Leiterschleifen die Einflüsse

homogener magnetischer Wechselfelder auf die Leitung

[0034] In einer möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Leitung weist die erste Leiterschleife eine dritte Unterbrechung auf. Die dritte Unterbrechung ist durch ein Bauelement überbrückt, das bei zunehmender anliegender Spannung einer und/oder beider Polaritäten einen zunehmenden Leitwert hat. Beispielsweise kann die dritte Unterbrechung durch eine Diode oder ein anderes Bauelement mit nichtlinearer Kennlinie überbrückt sein. Es ist auch denkbar, dass die dritte Unterbrechung durch zwei Bauelemente überbrückt wird, die mit entgegengesetzter Ausrichtung bzw. Polarität zueinander angeordnet sind. Wenn eine zweite Leiterschleife vorgesehen ist kann bei dieser ebenso eine dritte Unterbrechung durch ein vergleichbares Bauelement überbrückt sein.

[0035] Auf vorteilhafte Weise wird die dritte Unterbrechung in der ersten Leiterschleife durch das überbrückende Bauelement erst geschlossen, wenn die anliegende Spannung einen Schwellwert überschreitet. So bleiben Hochfrequenzsignale mit geringer magnetischer Feldstärke durch die Leiterschleife unbeeinflusst, da die induzierte Spannung den Schwellwert nicht überschreitet, während starke Anregungspulse, die auch eine störende Mantelwelle hervorrufen, den Schwellwert überschreiten und durch die Mantelwellensperre der Leitung unterdrückt werden.

[0036] In einer denkbaren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Leitung, weist die Leitung eine dritte Leiterschleife auf, die an einer Position entlang der Erstreckung der ersten Leiterbahn auf dem Trägermaterial angeordnet ist. Die Position der dritten Leiterschleife ist in einem vorbestimmten Abstand zur Position der ersten Leiterschleife entlang der Erstreckung der ersten Leiterbahn. Vorzugsweise ist dabei der Abstand ungleich Null, sodass die erste und die dritte Leiterschleife nicht deckungsgleich übereinanderliegen.

[0037] Auf vorteilhafte Weise ermöglicht eine dritte Leiterschleife entlang der Leiterbahn der Leitung auch bei längeren Leitungen das Ausbilden einer Mantelwelle zu unterdrücken.

[0038] In einer möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Leitung hat eine von der ersten Leiterschleife umschlossenen Fläche mit einer von der dritten Leiterschleife umschlossene Fläche eine nichtleere Schnittmenge. Mit anderen Worten, die erste Leiterschleife und die dritte Leiterschleife überlappen.

[0039] Indem die erste und die dritte Leiterschleife überlappen, hat z.B. das von der ersten Leiterschleife in der dritten Leiterschleife erzeugte Magnetfeld im

Überlappungsbereich ein anderes Vorzeichen als in der restlichen von der dritten Leiterschleife umschlossenen Fläche. Beide von der ersten Leiterschleife erzeugten Felder heben sich daher in ihrer Wirkung auf die dritte Leiterschleife zumindest teilweise auf, bei geeigneter Flächenwahl sogar vollständig. Auf diese Weise können die erste und die dritte Leiterschleife vorteilhafter Weise voneinander entkoppelt werden. Es ist aber auch denkbar, die erste Leiterschleife und die dritte Leiterschleife beabstandet voneinander anzuordnen, sodass auf diese Weise eine Entkopplung erfolgt.

[0040] 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 Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden.

[0041] Es zeigen:

[0042] Fig. 1 eine beispielhafte schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Leitung mit einer Mantelwellensperre;

[0043] Fig. 2 eine beispielhafte schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Leitung mit einer Mantelwellensperre für eine Mehrzahl an Leiterbahnen;

[0044] Fig. 3 einen Querschnitt entlang der Achse A-A durch eine erfindungsgemäße Leitung;

[0045] Fig. 4 einen Querschnitt entlang der Achse A-A durch eine erfindungsgemäße Leitung;

[0046] Fig. 5 einen Querschnitt entlang der Achse A-A durch eine erfindungsgemäße Leitung;

[0047] Fig. 6 eine beispielhafte schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Leitung mit einer Mehrzahl an Mantelwellensperren;

[0048] Fig. 7 eine beispielhafte schematische Darstellung einer weiteren erfindungsgemäßen Leitung mit einer Mehrzahl an Mantelwellensperren;

[0049] Fig. 8 eine beispielhafte schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Leitung;

[0050] Fig. 9 eine beispielhafte schematische Darstellung einer Ausführungsform einer Leiterschleife einer erfindungsgemäßen Leitung;

[0051] Fig. 10 eine beispielhafte schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Leitung.

[0052] In Fig. 1 ist eine erfindungsgemäße Leitung **1** mit einer ersten Mantelwellensperre **10** in Aufsicht dargestellt. Die Leitung weist ein Trägermaterial **20** mit einer ersten Leiterbahn **21** auf. Dabei ist das Trägermaterial **20** vorzugsweise ein Isolator, die Leiterbahn **21** aus einem gut leitenden Material, beispielsweise einem Metall wie Kupfer, Silber, Aluminium oder Legierungen oder Materialien mit guter Leitfähigkeit. Eine besonders einfache Herstellung der erfindungsgemäßen Leitung **1** ist möglich, wenn das Trägermaterial **20** eine Leiterplatte ist, wahlweise flexibel oder starr. Es ist aber auch denkbar, dass das Trägermaterial **20** die erste Leiterbahn **21** ähnlich einer Koaxialleitung umgibt.

[0053] Auf oder in dem Trägermaterial **20** ist weiterhin eine erste Leiterschleife **11** angeordnet. Die erste Leiterschleife **11** steht mit der ersten Leiterbahn **21** in ohmscher bzw. galvanischer Verbindung. Es ist dabei auch möglich, dass die erste Leiterbahn **21** eine Masseleitung bzw. Massefläche der Leitung **1** bildet.

[0054] Es ist aber auch denkbar, dass die erste Leiterschleife **11** von der ersten Leiterbahn **21** beabstandet ist, sodass kein ohmscher Kontakt zwischen der ersten Leiterbahn **21** und der ersten Leiterschleife **11** besteht. Der Abstand zwischen der ersten Leiterbahn **21** und der ersten Leiterschleife **11** kann beispielsweise dadurch bereitgestellt sein, dass das Trägermaterial flächig ausgebildet ist und sich die erste Leiterbahn **21** und die erste Leiterschleife **11** auf gegenüberliegenden Oberflächen des flächigen Trägermaterials **20** befinden. Ebenso ist es aber auch denkbar, dass das Trägermaterial **20** in mehreren flächigen Lagen ausgeführt ist, sodass zwischen erster Leiterbahn **21** und der ersten Leiterschleife **11** eine isolierende Lage des Trägermaterials **20** angeordnet ist.

[0055] In der ersten Leiterschleife **11** ist eine Unterbrechung **12** ausgeführt, sodass die erste Leiterschleife **11** eine Spule ausbildet, die an der ersten Unterbrechung **12** Anschlüsse aufweist, die über die erste Leiterschleife **11** miteinander in ohmscher Verbindung stehen. Die erste Leiterschleife **11** umschließt dabei eine erste Fläche **14**. Vorzugsweise ist die erste Unterbrechung **12** durch eine erste Kapazität **13**, beispielsweise einen Kondensator, überbrückt. Es ist grundsätzlich aber auch denkbar, dass z.B. die Unterbrechung **12** bei geeigneten Abmessungen und Materialien selbst durch an der Unterbrechung gegenüberliegende Abschnitte der Leiterschleife **11** die erste Kapazität **13** bereitstellt.

[0056] Die erste Kapazität **13** bildet dabei mit der ersten Leiterschleife **11**, die eine Induktivität aufweist, einen Parallelschwingkreis. Durch eine geeignete erste Kapazität **13** lässt sich dabei in Abhängigkeit von der Induktivität der ersten Leiterschleife **11** eine Resonanzfrequenz des Parallelschwing-

kreises einstellen, die z.B. der Larmorfrequenz eines Magnetresonanztomographen entspricht. Denkbar ist ein verstellbarer Kondensator oder eine Kombination aus fester Kapazität und einer einstellbaren Trimmkapazität.

[0057] Die erste Leiterschleife **11** ist in einer möglichen Ausführungsform in einem Kopplungsbereich **22** über eine vorbestimmte Distanz k in einem geringen Abstand zu der ersten Leiterbahn **21** geführt. Der geringe Abstand ist dabei durch das Trägermaterial **20**, z.B. die Dicke des Trägermaterials **20** oder einer einzelnen Lage des Trägermaterials **20** gegeben und ist beispielsweise kleiner als 5 mm, 1 mm oder 0,1 mm. Der Abstand ist aber so groß, dass die erste Leiterschleife **11** und die erste Leiterbahn **21** auch für Spannungen, die durch Anregungspulse des Magnetresonanztomographen induziert werden, zuverlässig voneinander isoliert sind. Zwischen der ersten Leiterschleife **11** und der ersten Leiterbahn **21** besteht so eine Kopplung für elektrische Wechselströme, insbesondere auf kapazitivem Weg. Die Leiterschleife **11** wirkt somit als Sperrkreis für eine elektromagnetische Welle einer Frequenz im Bereich der Resonanzfrequenz des Parallelschwingkreises, die sich entlang der ersten Leiterbahn **11** ausbreitet. Die Resonanzfrequenz selbst sowie die Breite des Frequenzbereichs und die Wirksamkeit der Mantelwellensperre **10**, **30** sind dabei abhängig von der Güte des Parallelschwingkreises und der Kopplung mit der ersten Leiterbahn, d.h. auch der Fläche des Kopplungsbereichs **22** bzw. dessen Fläche bestimmt durch die Breite der ersten Leiterbahn und der Distanz k .

[0058] Ebenso ist es aber denkbar, dass die erste Leiterschleife **11** und die erste Leiterbahn **21** in ohmschen Kontakt stehen, z.B. durch eine Verbindungsbrücke, einen Widerstand oder einfach indem die erste Leiterschleife **11** und die erste Leiterbahn **21** einstückig aus einer Leiterfläche des Trägermaterials **20** gebildet sind. Vorzugsweise ist dabei die erste Leiterbahn ein Masseleiter bzw. eine Massefläche mit einem Bezugspotential.

[0059] In die in **Fig. 1** dargestellte erste Leiterschleife **11** wird durch ein externes magnetisches Wechselfeld, z.B. verursacht durch einen Hochfrequenz-Anregungspuls des Magnetresonanztomographen, auch ein Strom induziert, der wiederum über den Kopplungsbereich **22** in die erste Leiterbahn **21** einkoppelt. Die Leiterschleife kann je nach Anordnung nicht nur eine Mantelwelle sperren, sondern unter ungünstigen Umständen auch eine Wechselfeldspannung in der ersten Leiterbahn hervorrufen. Eine Möglichkeit, diesen Effekt zu verringern, gibt die Ausführungsform der in **Fig. 2** dargestellten erfindungsgemäßen Leitung **1** an.

[0060] Die erfindungsgemäße Leitung **1** der **Fig. 2** unterscheidet sich zum einen dadurch von der Ausführungsform der **Fig. 1**, dass eine zweite Leiterschleife **15** mit einer zweiten Unterbrechung **16** und einer zweiten Kapazität **17** vorgesehen ist. Die zweite Leiterschleife **15** umschließt eine zweite Fläche **18**, die sich in einem Bereich des Trägermaterials **20** erstreckt, der bezüglich der ersten Leiterbahn **21** in eine entgegengesetzte Richtung erstreckt. Mit anderen Worten, bei einem flächigen Trägermaterial **20** wird dieses durch die erste Leiterbahn in einen ersten Teilbereich und in einen zweiten Teilbereich geteilt, die disjunkt zueinander sind. Dabei erstreckt sich die erste Fläche **14** im Wesentlichen in dem ersten Teilbereich und die zweite Fläche **18** in dem zweiten Teilbereich. Die erste Leiterschleife und die zweite Leiterschleife liegen bezüglich der ersten Leiterbahn gegenüber bzw. sind zueinander benachbart.

[0061] Die erste Leiterschleife **11** und die zweite Leiterschleife **15** sind vorzugsweise galvanisch miteinander verbunden, beispielsweise durch eine gemeinsame Leiterfläche im Koppelbereich. Diese gemeinsame Leiterfläche im Koppelbereich kann dabei auch die erste Leiterbahn **21** selbst sein. Die erste Leiterschleife **11** und die zweite Leiterschleife **15** können aber auch als getrennte Leiterschleifen ausgeführt sein, wobei die Koppelflächen dann z.B. oberhalb und unterhalb der ersten Leiterbahn **21** angeordnet sind und kapazitiv und/oder induktiv ankoppeln.

[0062] Ist ein magnetisches Wechselfeld in den Dimensionen der Mantelwellensperre **10**, **30** näherungsweise homogen, beispielsweise wenn die Wellenlänge der elektromagnetischen Welle um ein mehrfaches größer ist als die Abmessungen der Mantelwellensperre **10**, **30**, so heben sich in dem Kopplungsbereich **22** gerade die durch die erste Leiterschleife **11** und die zweite Leiterschleife **15** fließenden induzierten Ströme auf. Vorzugsweise sind dazu auch die umschlossenen Flächen der Leiterschleifen im Wesentlichen gleich groß, d.h. sie weichen nur um 5, 10, 20 oder 50% voneinander ab. Genau so ist es von Vorteil, wenn der Kopplungsbereich **22** für ohmsch getrennte erste und zweite Leiterschleifen **11**, **15**, in dem die erste Leiterbahn **21** parallel in geringem Abstand zu der ersten Leiterschleife **11** und der zweiten Leiterschleife **15** verläuft, im Wesentlichen gleich groß ist. Mit anderen Worten, der Wert für die Distanz k für die beiden Leiterschleifen **11**, **15** weicht nur um 5, 10, 20 oder 50% voneinander ab.

[0063] Die in **Fig. 2** dargestellte erfindungsgemäße Leitung **1** unterscheidet sich auch dadurch von der Leitung **1** der **Fig. 1**, dass die Leitung der **Fig. 2** neben der ersten Leiterbahn **21** auch mehrerer zweite Leiterbahnen **23** aufweist, sodass mit der erfindungsgemäßen Leitung **1** der **Fig. 2** auch mehrere Signale gleichzeitig und unabhängig voneinander übertragen werden können. Aufgrund der vorher erläuterten lo-

kalen Homogenität des magnetischen Wechselfeldes in Bezug auf die Breite der ersten und zweiten Leiterbahnen **21**, **23** können die erste Leiterschleife **11** und die zweite Leiterschleife **15** durch eine gemeinsame Ankopplung an einen Mantelwellenstrom diesen in den einzelnen ersten und zweiten Leiterbahnen **21**, **23** anteilig sperren. Auf diese Weise lässt sich einfach eine erste Mantelwellensperre **10** für eine Vielzahl an Leiterbahnen **21**, **23** bereitstellen.

[0064] Vorzugsweise ist in einer Ausführungsform mit zweiten Leiterbahnen **23** die erste Leiterbahn **21** allerdings als eine Massefläche ausgeführt, die in einer anderen Schicht der Leiterplatte im Wesentlichen parallel zu den zweiten Leiterbahnen **23** und von ihnen durch eine Isolationsschicht getrennt angeordnet ist. Dabei kann es vorgesehen sein, dass die erste Leiterbahn **21** einstückig mit der ersten Leiterschleife **11** und der zweiten Leiterschleife **15** ausgeführt ist.

[0065] In den **Fig. 3**, **Fig. 4** und **Fig. 5** sind verschiedene Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Leitung **1** im Querschnitt entlang der Achse A-A von **Fig. 2** dargestellt. Den **Fig. 3** bis **Fig. 5** ist dabei gemeinsam, dass sie Möglichkeiten angeben, wie die einzelnen ersten bzw. zweiten Leiterbahnen **21**, **23** voneinander und nach außen besser abgeschirmt werden können. Gleiche Referenzzeichen bezeichnen gleiche Gegenstände, jedoch sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht alle bereits genannten Referenzzeichen wiederholt.

[0066] Beispielsweise ist in **Fig. 3** ein 3-lagiges Trägermaterial **20** angegeben, in dessen Mitte die zweiten Leiterbahnen **23** angeordnet sind. Zur seitlichen Abschirmung sind zusätzliche Durchkontaktierungen **24** vorgesehen.

[0067] Auf beiden Oberflächen (in der **Fig. 3** oben bzw. unten) des Trägermaterials **20** sind Leiterflächen angeordnet, auf denen jeweils eine erste Leiterbahn **21** und eine erste Leiterschleife **11** sowie eine zweite Leiterschleife **15** angeordnet sind. Die ersten Leiterbahnen **21** sind als Masseleiter ausgeführt und mittels der Durchkontaktierungen **24** miteinander verbunden, sodass die zweiten Leiterbahnen **23**, die als Signalleitungen dienen, von allen Seiten abgeschirmt sind.

[0068] In **Fig. 4** ist ein Trägermaterial mit sieben Ebenen für leitendes Material dargestellt, sodass jeweils zwischen Ebenen mit ersten bzw. zweiten Leiterbahnen Masseflächen **25** zur Abschirmung von gegenseitigen Beeinflussungen von zweiten Leiterbahnen **23** untereinander vorgesehen sind.

[0069] In **Fig. 5** sind die zweiten Leiterbahnen **23** von Masseflächen **25** und Durchkontaktierungen **24** umgeben und unabhängig von den ersten Leiterbahnen **21** nach außen abgeschirmt.

[0070] Mantelwellensperren **10**, **30** müssen, wie in **Fig. 6** dargestellt, wiederholt entlang der erfindungsgemäßen Leitung **1** angeordnet sein, um bei Leitungen mit einer Länge in der Größenordnung der Wellenlänge der zu unterdrückenden Mantelwellen ausreichenden Schutz zu bieten. Je kleiner jedoch der Abstand d zwischen zwei Mantelwellensperren **10**, **30** bzw. deren Leiterschleifen **11**, **15** und **31**, **35** entlang der Erstreckung der Leitung **1** ist, desto stärker wechselwirken auch zwei benachbarte Leiterschleifen **11**, **31** bzw. **15**, **35** aufgrund der von ihnen erzeugten elektromagnetischen Wechselfelder miteinander.

[0071] Eine Entkopplung ist dabei zum einen, wie in **Fig. 6** dargestellt, dadurch zu erreichen, dass der Abstand d ausreichen groß gewählt wird, was aber wie zuvor dargelegt wiederum die Wirkung als Mantelwellensperre reduziert.

[0072] **Fig. 7** zeigt eine andere Möglichkeit zur gegenseitigen Entkopplung von Mantelwellensperren **10**, **30**. Bei der in **Fig. 7** dargestellten Ausführungsform sind eine erste Mantelwellensperre **10** und eine zweite Mantelwellensperre **30** entlang der Leitung **1** derart angeordnet, dass ihre Leiterschleifen **11**, **31** bzw. **15**, **35** wechselseitig überlappen. Dabei weist die von der ersten Leiterschleife **11** umschlossene Fläche eine nicht leere Schnittmenge mit einer von der dritten Leiterschleife **31** umschlossenen Fläche auf, ebenso die von der zweiten Leiterschleife **15** umschlossene Fläche mit einer von der vierten Leiterschleife **35** umschlossenen Fläche. Da das von einer Leiterschleife erzeugte Magnetfeld zwischen umschlossener Fläche und einer außerhalb liegenden Fläche die Polarität ändert, hebt sich bei geeigneter Wahl der Schnittmenge der Flächen der Effekt der benachbarten Leiterschleife gerade wieder auf.

[0073] Es ist aber genauso denkbar, dass die dargestellten Prinzipien der Entkopplung auch auf eine Leitung der **Fig. 1** angewendet werden. Beispielsweise kann bei einer Leitung **1** der **Fig. 1**, die eine erste Leiterschleife **11** nur auf einer Seite der ersten Leiterbahn aufweist, eine zweite Mantelwellensperre **30** mit einer dritten Leiterschleife **31** auf der gleichen Seite der Leiterbahn **1** entkoppelt werden, indem ein ausreichender Abstand d zwischen den Leiterschleifen **11**, **31** vorgesehen ist oder ein geeigneter Überlapp der von der ersten Leiterschleife **11** und der dritten Leiterschleife **31** umschlossenen Flächen bereitgestellt wird.

[0074] Der Überlapp kann beispielsweise dadurch realisiert sein, dass die Leiterschleifen **11**, **15**, **31**, **35** in unterschiedlichen Lagen des Trägermaterials angeordnet sind und auf diese Weise voneinander galvanisch getrennt sind.

[0075] Bei einer Magnetresonanztomographie erfolgt sowohl die Anregung der Kernspins als auch

das Aussenden des Messsignals auf der Larmor-Frequenz. Die Mantelwellensperre **10**, **30** soll zwar die Ausbildung einer Mantelwelle durch das Anregungssignal mit hoher Feldstärke unterdrücken, aber den Empfang des schwachen Messsignals möglichst nicht beeinflussen.

[0076] Fig. 8 zeigt eine mögliche Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Leitung, bei der dies realisiert ist. Gleiche Elemente sind mit gleichen Referenzzeichen versehen.

[0077] Die Mantelwellensperre **10** der erfindungsgemäßen Leitung **1** in Fig. 8 weist eine dritte Unterbrechung **103** der ersten Leiterschleife **11** auf, die durch ein nichtlineares Bauelement **19** überbrückt wird. Das nichtlineare Bauelement **19** hat vorzugsweise bei höherer anliegender Spannung einen höheren Leitwert. Das nichtlineare Bauelement **19** kann beispielsweise eine Diode aufweisen, zwei anti-parallel geschaltete Dioden, eine Zenerdiode, oder ein anderes Bauteil mit einer entsprechenden nichtlinearen Charakteristik.

[0078] Wird ein Anregungsfeld mit hoher magnetischer Feldstärke erzeugt, so wird in die erste Leiterschleife **11** eine hohe Spannung induziert. Das nichtlineare Bauelement **19** weist dann einen hohen Leitwert auf und die erste Leiterschleife **11** kann als Spule des Parallelschwingkreises wirksam sein. Im Empfangsfall des Resonanzsignals ist jedoch aufgrund der geringen Feldstärke die induzierte Spannung so gering, dass das nichtlineare Bauelement im Wesentlichen nicht leitet und der Parallelschwingkreis unterbrochen ist, sodass er das Resonanzsignal auf der Larmorfrequenz nur geringfügig beeinflusst. Es ist aber auch denkbar, dass durch eine von außen angelegte Steuerspannung das nichtlineare Bauelement **19** gezielt geschaltet wird.

[0079] Das nichtlineare Bauelement kann in allen Leiterschleifen **11**, **15**, **31**, **35** der in den Fig. 1 bis Fig. 7 dargestellten Ausführungsformen vorgesehen werden.

[0080] In einem Magnetresonanztomographen werden auch starke magnetische Wechselfelder mit niedriger Frequenz als Gradientenfelder zur Ortskodierung erzeugt. Die Gradientenfelder erzeugen Wirbelströme in größeren Metallflächen, wie sie beispielsweise die Leiterschleifen **11**, **15**, **31**, **35** in dem Koppelbereich darstellen, insbesondere, wenn eine Vielzahl an zweiten Leiterbahnen **23** nebeneinander vorgesehen ist.

[0081] Eine mögliche Lösung ist in Fig. 9 dargestellt, die eine Ausführungsform für eine Leiterschleife **11**, **15**, **31**, **35** einer erfindungsgemäßen Leitung **1** angibt. Gleiche Gegenstände sind mit gleichen Referenzzeichen bezeichnet.

[0082] In der Fig. 9 weist die Leiterschleife **11** in dem breiten Kopplungsbereich **22** mehrere Schlitzte **101** auf, an denen die Leiterfläche der Leiterschleife **11** ausgenommen ist. Die Schlitzte erstrecken sich vorzugsweise entlang der Erstreckungsrichtung der ersten bzw. zweiten Leiterbahnen **21**, **23**. Da die Gradientenpulse üblicherweise in einem Frequenzbereich unter 100 kHz liegen, während die Anregungspulse die Larmorfrequenz mit Werten größer als 1 MHz aufweisen, ist es möglich, die Schlitzte für hochfrequente Ströme mit der Larmorfrequenz durch Überbrückungskapazitäten **102** für Signale mit der Larmorfrequenz kurzzuschließen, ohne gleichzeitig die unterbrechende Wirkung für durch Gradientenfelder erzeugte Wirbelströme wesentlich zu reduzieren.

[0083] Die in Fig. 2, Fig. 6 und Fig. 7 dargestellten Mantelwellensperren mit erster Leiterschleife **11** und zweiter Leiterschleife **15** zu beiden Seiten der ersten Leiterbahn **21** neigen darüber hinaus dazu, neben der erwünschten Resonanzmode, bei der sich direkt in die beiden Leiterschleifen induzierte Ströme kompensieren, auch höherfrequente Loop-Moden auszubilden. Zur Unterdrückung dieser Loop-Moden kann, wie in Fig. 10 dargestellt, eine Ringschleife **40** eingesetzt werden.

[0084] Die Ringschleife **40** umgibt die erste Leiterschleife **11** und die zweite Leiterschleife **15** außenumfänglich in geringem Abstand. Die Ringschleife **40** kann weiterhin eine Unterbrechung aufweisen, die durch eine Abstimminduktivität **41** überbrückt ist.

[0085] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Leitung mit einer Mantelwellensperre (**10**) für einen Magnetresonanztomographen, wobei die Leitung (**1**) aufweist:
ein Trägermaterial (**20**), eine erste Leiterbahn (**21**), die sich an oder in dem Trägermaterial (**20**) entlang erstreckt und eine erste Leiterschleife (**11**), die an oder in dem Trägermaterial (**20**) angeordnet ist, wobei die erste Leiterschleife (**11**) eine Signalkopplung zu der ersten Leiterbahn (**21**) aufweist, wobei die erste Leiterschleife (**11**) eine erste Unterbrechung (**12**) aufweist, die mit einer ersten Kapazität (**13**) überbrückt ist.
2. Leitung nach Anspruch 1, wobei das Trägermaterial (**20**) eine Leiterplatte ist.

3. Leitung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die erste Leiterschleife (11) in einem Kopplungsbereich (22) in ohmschen Kontakt mit der ersten Leiterbahn (21) ist.

4. Leitung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die erste Leiterschleife (11) in einem Kopplungsbereich (22) über eine vorbestimmte Distanz (k) in geringem Abstand zu der ersten Leiterbahn (21) geführt ist, um die Signalkopplung zu erzielen.

5. Leitung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Trägermaterial (20) eine oder mehrere zweite Leiterbahnen (23) aufweist, wobei die eine oder mehrere zweite Leiterbahnen (23) eine Signalkopplung zu der ersten Leiterschleife (11) aufweisen.

6. Leitung nach Anspruch 5, wobei die erste Leiterschleife (21) in dem Kopplungsbereich (22) einen Schlitz (101) aufweist, der die erste Leiterschleife (11) nicht unterbricht.

7. Leitung nach Anspruch 6, wobei die erste Leiterschleife (11) eine Überbrückungskapazität (102) aufweist, die den Schlitz (101) überbrückt.

8. Leitung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Mantelwellensperre (10) eine zweite Leiterschleife (15) aufweist, die eine Signalkopplung zur ersten Leiterbahn (21) aufweist, wobei das Trägermaterial (20) eine flächige Form hat und durch die erste Leiterbahn (21) in eine erste Teilfläche und eine zweite, disjunkte Teilfläche unterteilt ist und sich die erste Leiterschleife (11) im Wesentlichen in den ersten Teilbereich erstreckt und die zweite Leiterschleife (15) im Wesentlichen in den zweiten Teilbereich.

9. Leitung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Leiterschleife (11) eine dritte Unterbrechung (103) aufweist, wobei die dritte Unterbrechung (103) durch ein nichtlineares Bauelement (19) überbrückt ist, das bei zunehmender anliegender Spannung einer und/oder beider Polaritäten einen zunehmenden Leitwert hat.

10. Leitung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Leitung (1) eine dritte Leiterschleife (31) aufweist, die an einer Position entlang der Erstreckung der ersten Leiterbahn (21) auf dem Trägermaterial (20) angeordnet ist, die in einem vorbestimmten Abstand zur Position der ersten Leiterschleife (11) entlang der Erstreckung der ersten Leiterbahn (21) ist.

11. Leitung nach Anspruch 9, wobei eine von der ersten Leiterschleife (11) umschlossenen Fläche mit einer von der dritten Leiterschleife (31) umschlossene Fläche eine nichtleere Schnittmenge hat.

12. Patientenliege für einen Magnetresonanztomographen, wobei die Patientenliege eine Leitung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 aufweist.

13. Magnetresonanztomograph mit einer Leitung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

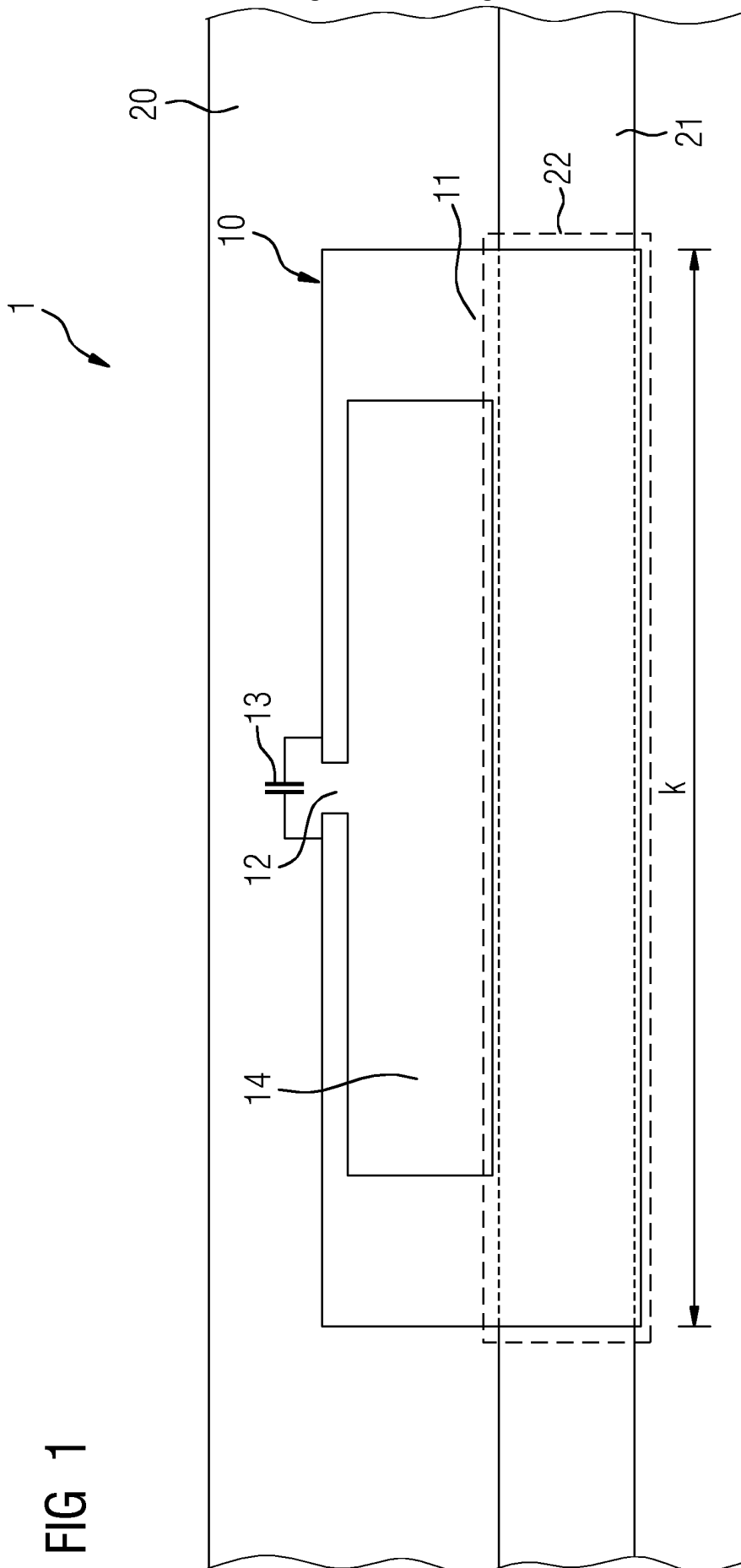
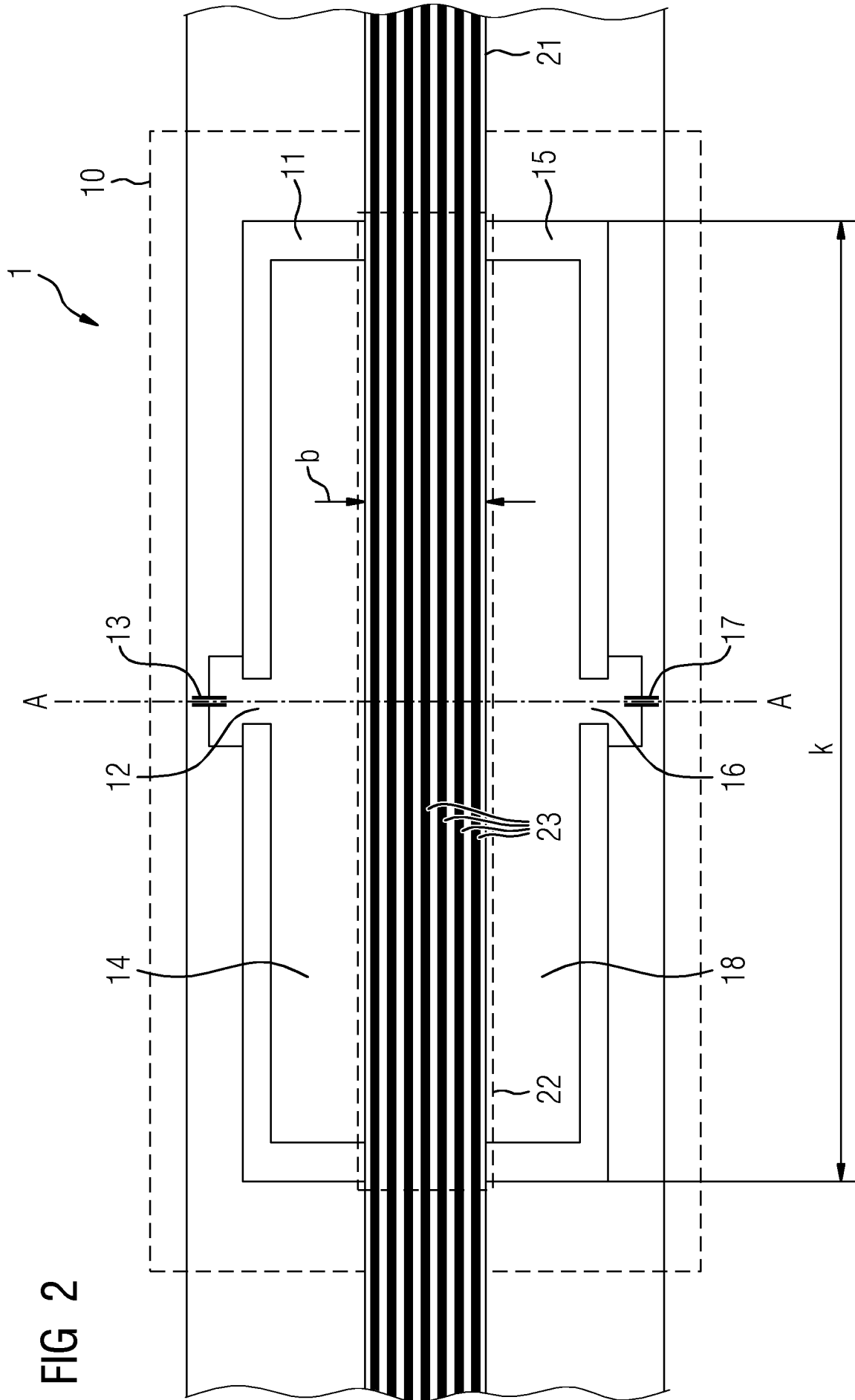


FIG 1



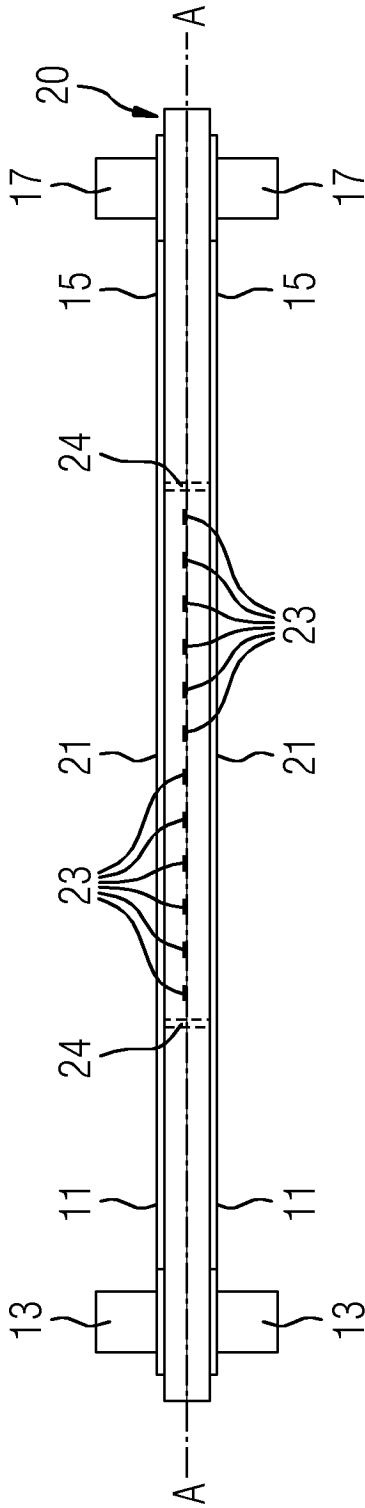


FIG 3

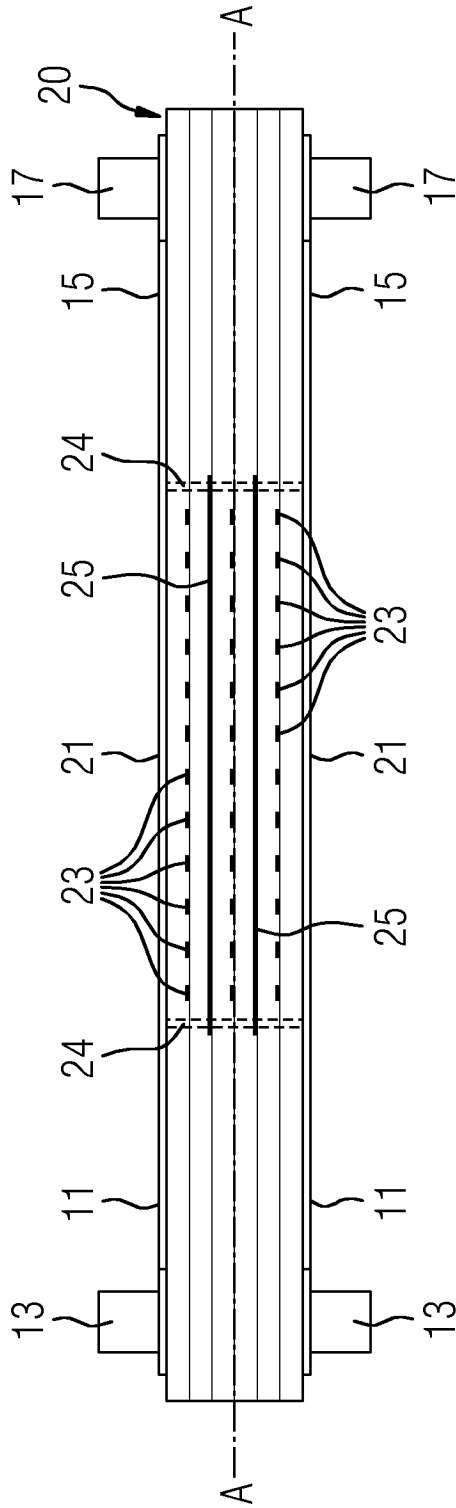


FIG 4

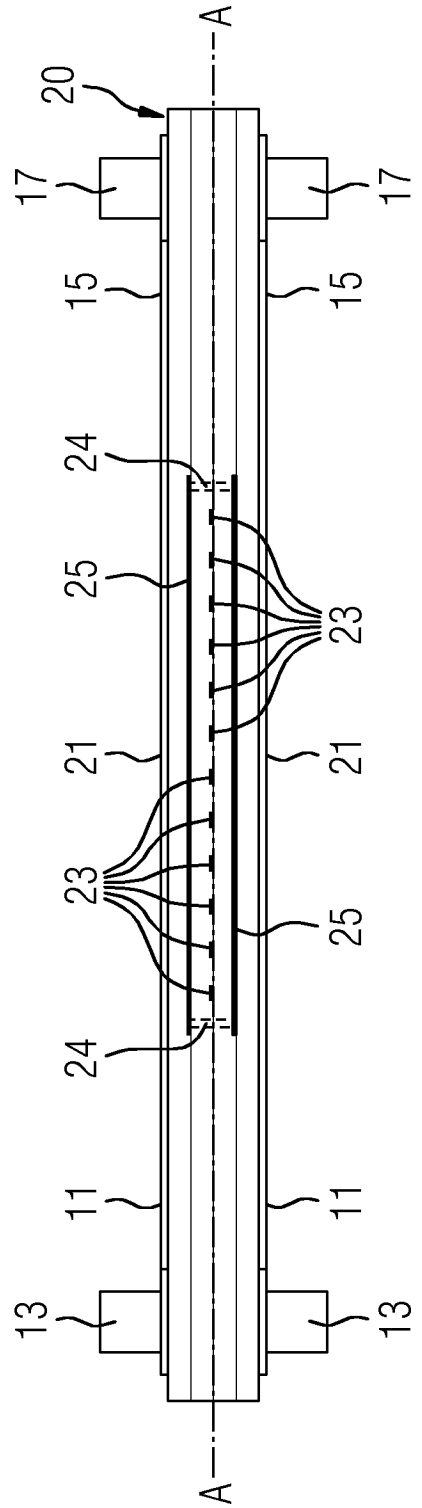
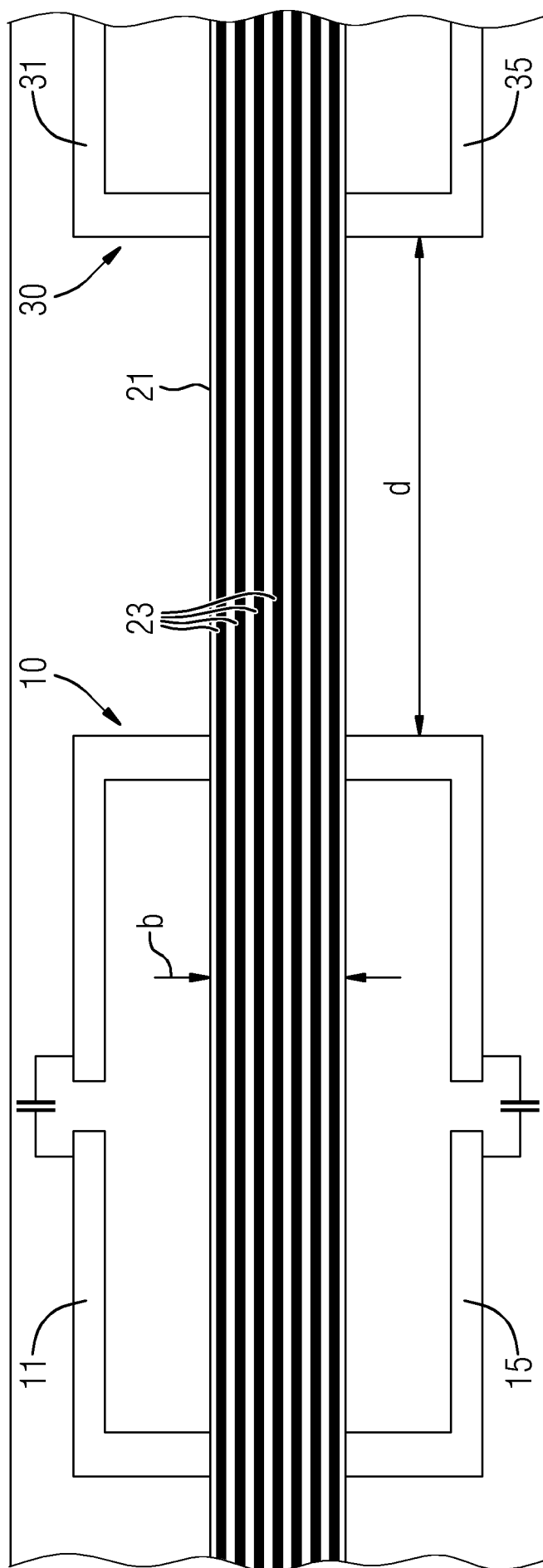


FIG 5

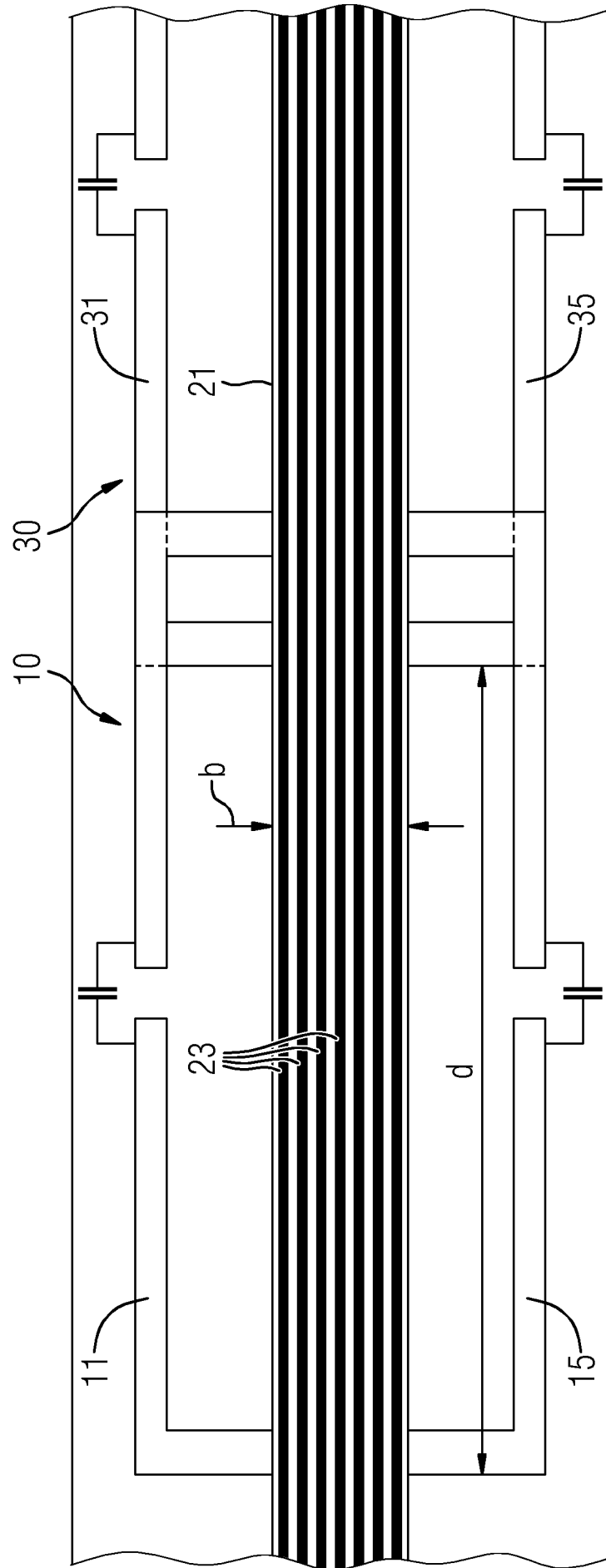
1

FIG 6



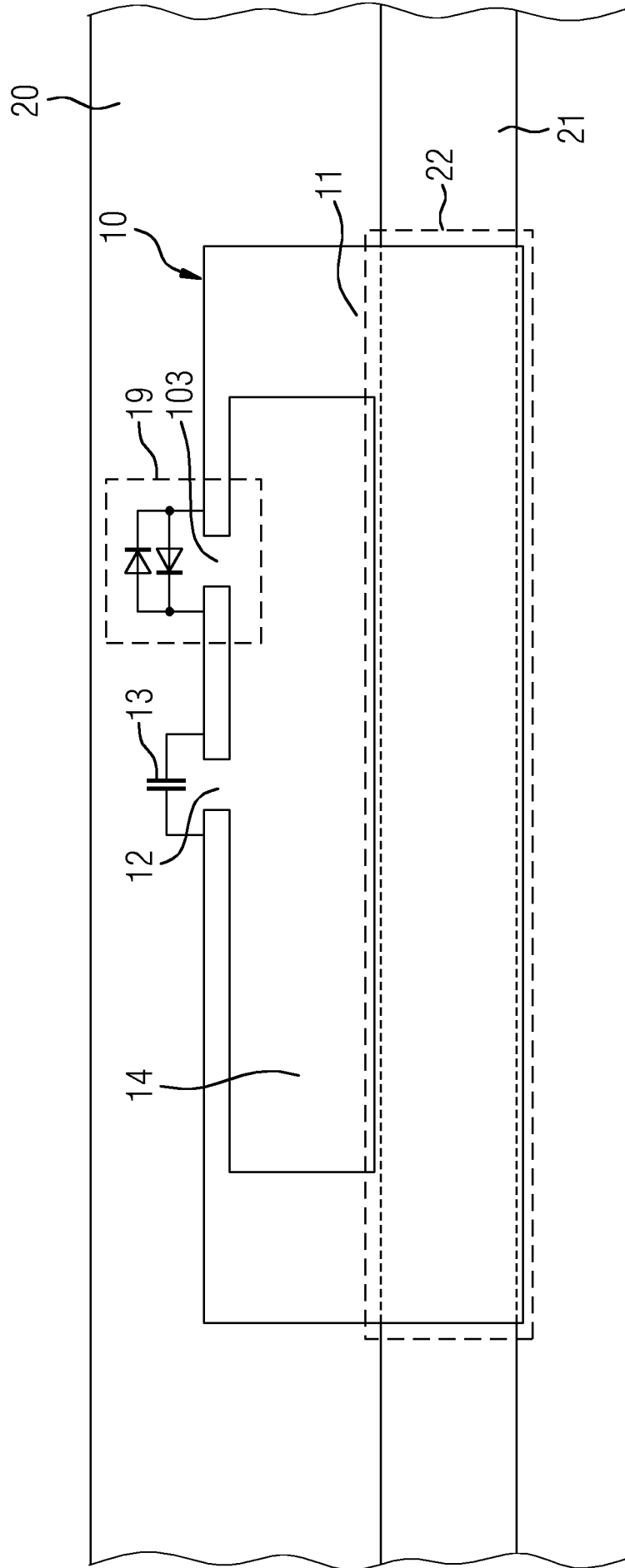
1

FIG 7



1

FIG 8



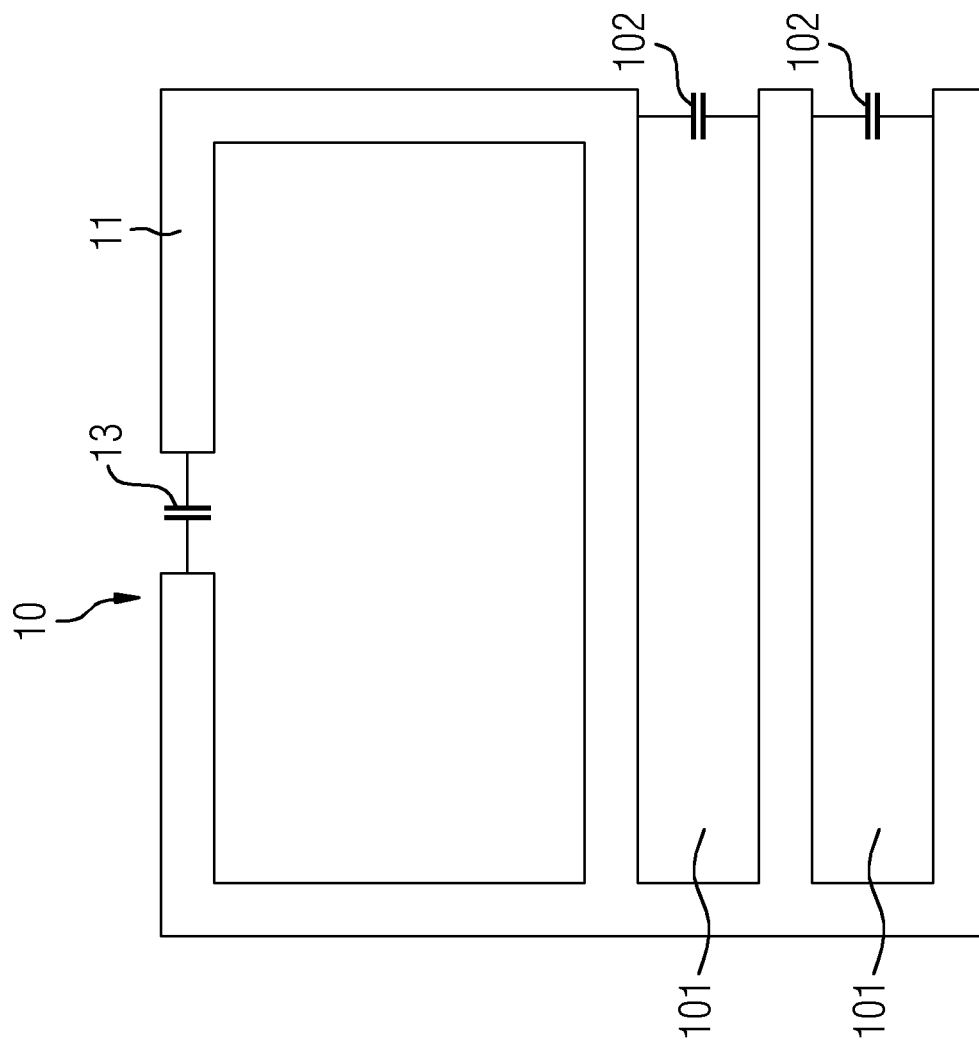


FIG 9

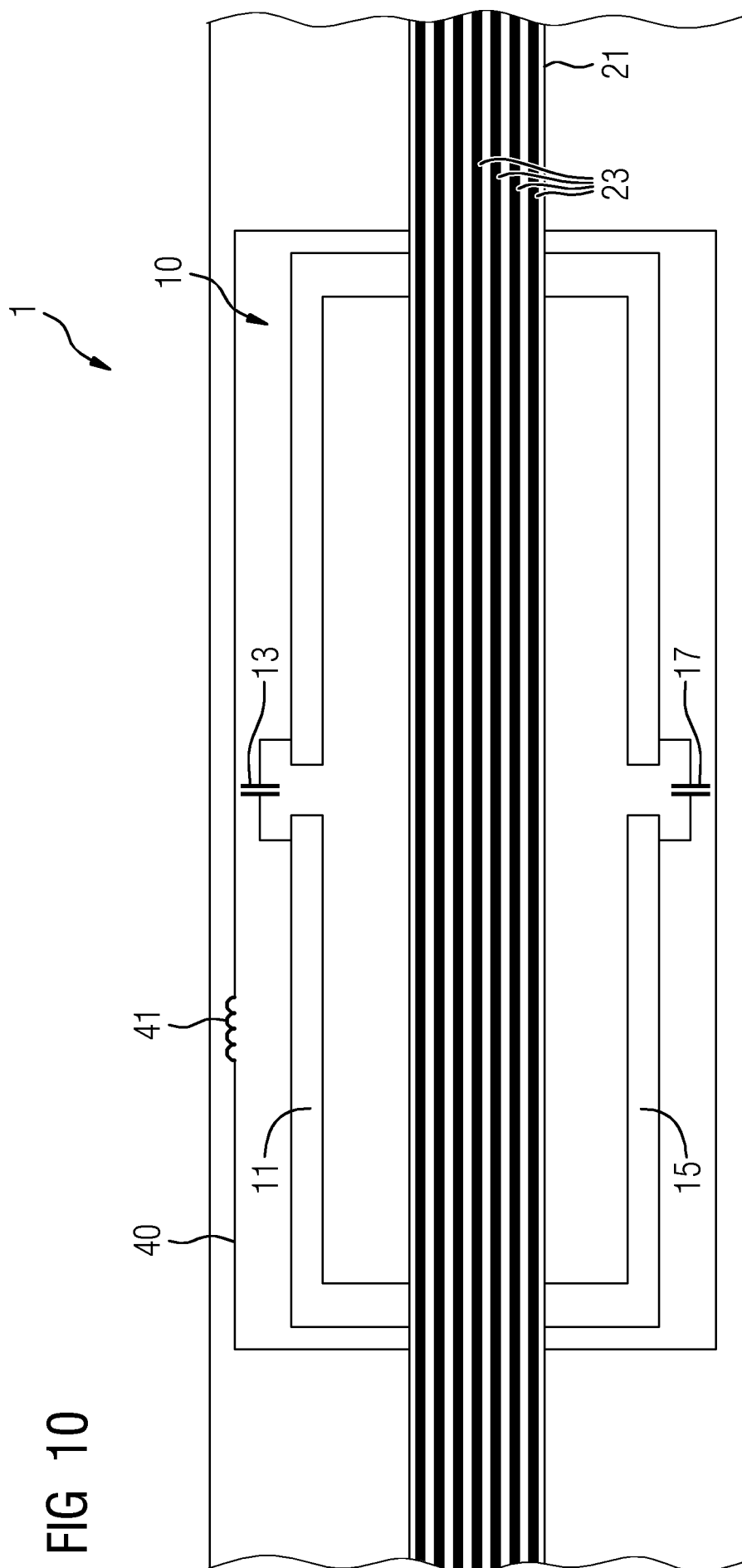


FIG 10