



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2009 026 316 A1** 2010.02.11

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 026 316.0**

(22) Anmeldetag: **03.08.2009**

(43) Offenlegungstag: **11.02.2010**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01R 33/34** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**12/188,266 08.08.2008 US**

(74) Vertreter:

**Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen**

(71) Anmelder:

**General Electric Co., Schenectady, N.Y., US**

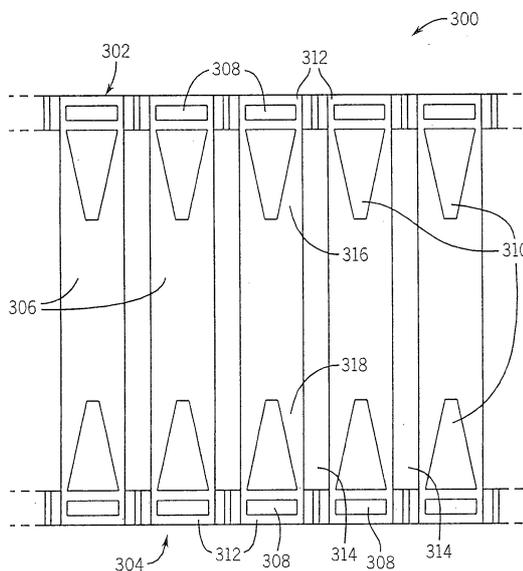
(72) Erfinder:

**Saha, Saikat, Florence, S.C., US; Boskamp, Eddy B., Menomonee Falls, Wis., US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Hochfrequenzspule und Vorrichtung zur Verringerung von akustischen Störgeräuschen in einem Magnetresonanztomographiesystem**

(57) Zusammenfassung: Eine Hochfrequenz(HF)-Spule (300) für ein Magnetresonanztomographie(MRT)-System umfasst einen ersten Abschlussringabschnitt (302) mit einer Vielzahl von Öffnungen (308) und einen zweiten Abschlussringabschnitt (304) mit einer Vielzahl von Öffnungen (308). Eine Vielzahl an Sprossen (306) ist zwischen dem ersten Abschlussringabschnitt (302) und dem zweiten Abschlussringabschnitt (304) angeordnet. Jede Sprosse (306) weist ein mit dem ersten Abschlussringabschnitt (302) verbundenes erstes Ende (316) und ein mit dem zweiten Abschlussringabschnitt (304) verbundenes zweites Ende (318) auf. Jede Sprosse (306) kann auch eine Vielzahl von Öffnungen (310) umfassen. Die Öffnungen (308) in den Abschlussringen (302, 304) und die Öffnungen (310) in den Sprossen (306) verringern Wirbelströme und verbessern die HF-Leistungsfähigkeit der HF-Spule (200).



**Beschreibung**

## GEBIET DER ERFINDUNG

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein ein Magnetresonanztomographie(MRT)-System und speziell eine Hochfrequenz(HF)-Spule und eine Vorrichtung zur Verminderung von akustischen Störgeräuschen in einem Magnetresonanztomographiesystem.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0002]** Magnetresonanztomographie (MRT) ist eine medizinische Bildgebungsmodalität, die Bilder vom Inneren eines menschlichen Körpers ohne Verwendung von Röntgenstrahlen oder anderer ionisierender Strahlung erzeugen kann. Magnetresonanztomographie nutzt einen leistungsstarken Magneten zur Erzeugung eines starken, gleichförmigen, statischen magnetischen Feldes (d. h. des „Hauptmagnetfeldes“). Wenn ein menschlicher Körper oder ein Teil eines menschlichen Körpers in das Hauptmagnetfeld gebracht wird, werden die Kerne des Wasserstoffkerns des im Gewebe vorhandenen Wassers polarisiert. Dies bedeutet, dass die magnetischen Momente, die diesen Spins zugeordnet sind, bevorzugterweise entlang der Richtung des Hauptmagnetfeldes ausgerichtet werden, was zu einer schwachen Nettogewebemagnetisierung entlang dieser Achse (konventionsgemäß die „X-Achse“) führt. Ein Magnetresonanztomographiesystem umfasst zudem Gradientenspulen genannte Bauteile, welche räumlich variierende Magnetfelder mit geringerer Amplitude erzeugen, wenn ein Strom an sie angelegt wird. Gradientenspulen sind typischerweise dazu ausgebildet, eine magnetische Feldkomponente zu erzeugen, welche entlang der X-Achse ausgerichtet ist und linear in der Amplitude mit der Position entlang einer der X-, Y- oder Z-Achse variiert. Die Wirkung einer Gradientenspule besteht darin, eine schmale Rampe auf der Magnetfeldstärke und gleichzeitig auf die Resonanzfrequenz der Kernspins entlang einer einzelnen Achse zu erzeugen. Drei Gradientenspulen mit orthogonalen Achsen werden zum „räumlichen Codieren“ des Magnetresonanzsignals durch Erzeugung einer charakteristischen Resonanzfrequenz an jeder Stelle im Körper verwendet. Hochfrequenz(HF)-Spulen werden verwendet, um Hochfrequenzpulse bei oder nahe der Resonanzfrequenz des Wasserstoffkerns zu erzeugen. Die Hochfrequenzspulen werden dazu verwendet, in kontrollierter Weise Energie zum Kernspinsystem hinzuzufügen. Wenn die Kernspins anschließend zurück zu ihrem Ruheenergiezustand relaxieren, geben sie Energie in Form eines Hochfrequenzsignals ab. Dieses Signal wird durch das Magnetresonanztomographiesystem messtechnisch erfasst und unter Verwendung eines Computers und bekannter Rekonstruktionsalgorithmen in ein Bild umgewandelt.

**[0003]** Während einer Magnetresonanztomographieaufnahme können in der Patientenröhre akustische Störgeräusche und Schwingungen erzeugt werden. Die akustischen Störgeräusche und Schwingungen können sowohl für den Patienten als auch für den Bediener des Aufnahmegeräts unbequem und möglicherweise gesundheitsgefährdend sein. Es gibt mehrere Quellen von akustischen Störgeräuschen in einem Magnetresonanztomographiesystem, das beispielsweise die Gradientenspulen und die Hochfrequenzhauptspule umfasst. Das durch die Hochfrequenzspule erzeugte akustische Störgeräusch wird typischerweise durch Wirbelströme erzeugt, die in den Hochfrequenzspulen Kondensatoren beim Betrieb der Gradientenspulen induziert werden. Insbesondere werden Strompulse (beispielsweise als Teil einer Pulssequenz) auf die Gradientenspulen zur Erzeugung zeitlich variierender Magnetfelder angewendet. Diese zeitlich variierenden Magnetfelder können in der Hochfrequenzspule Wirbelströme erzeugen, die zur einer Bewegung oder Schwingung der Hochfrequenzspule und zu einem akustischen Störgeräusch führen. Es wäre wünschenswert, eine Hochfrequenzspule und eine Vorrichtung bereitzustellen, die durch die Hochfrequenzspule erzeugte akustische Störgeräusche verringert oder eliminiert.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0004]** Gemäß einer Ausführungsform umfasst eine Hochfrequenz(HF)-Spule für ein Magnetresonanztomographie(MRT)-System einen ersten Abschlussringabschnitt, einen zweiten Abschlussringabschnitt, mehrere zwischen dem ersten Abschlussringabschnitt und dem zweiten Abschlussringabschnitt angeordnete Sprossen, wobei jede Sprosse ein mit dem ersten Abschlussringabschnitt verbundenes erstes Ende und ein mit dem zweiten Abschlussringabschnitt verbundenes zweites Ende aufweist, eine erste Anzahl von im ersten Abschlussringabschnitt angeordneten Öffnungen und eine zweite Anzahl von im zweiten Abschlussringabschnitt angeordneten Öffnungen.

**[0005]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist eine Hochfrequenz(HF)-Spule für ein Magnetresonanztomographie(MRT)-System einen ersten Abschlussringabschnitt, einen zweiten Abschlussringabschnitt und eine Anzahl von zwischen dem ersten Abschlussringabschnitt und dem zweiten Abschlussringabschnitt angeordneten Sprossen auf, wobei jede Sprosse einen mit dem ersten Abschlussringabschnitt verbundenen ersten Ende, ein mit dem zweiten Abschlussringabschnitt verbundenen zweiten Ende, eine am ersten Ende der Sprosse angeordnete erste Öffnung, eine am zweiten Ende der Sprosse angeordnete zweite Öffnung und einen Schlitz aufweist, wobei der Schlitz eine Weite, ein mit der ersten Öffnung verbundenes erstes Ende und ein mit der zweiten Öffnung verbundenes zweites Ende und ei-

nen über die Weite des Schlitzes gekoppelten Kondensator aufweist.

**[0006]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst eine Resonanzanordnung für eine Magnetresonanztomographie(MRT)-Anordnung einen supraleitenden Magneten, eine im inneren Durchmesser des supraleitenden Magneten angeordnete Gradientenspulenordnung und eine Hochfrequenzspule, welche im inneren Durchmesser der Gradientenspulenordnung angeordnet ist und einen ersten Abschlussringabschnitt mit einer Vielzahl von Öffnungen, einen zweiten Abschlussringabschnitt mit einer Vielzahl von Öffnungen und eine zwischen dem ersten Abschlussringabschnitt und dem zweiten Abschlussringabschnitt angeordnete Vielzahl von Sprossen aufweist.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

**[0007]** Die Erfindung wird vollständiger verstanden durch die folgende ausführliche Beschreibung, welche im Zusammenhang mit den beiliegenden Figuren verfasst ist, wobei gleiche Bezugszeichen zu gleichen Teilen gehören und in welchen:

**[0008]** [Fig. 1](#) ein schematisches Blockdiagramm eines beispielhaften Magnetresonanztomographie(MRT)-Systems gemäß einer Ausführungsform ist;

**[0009]** [Fig. 2](#) eine Darstellung einer perspektivischen Ansicht einer Hochfrequenz(HF)-Spule gemäß einer Ausführungsform ist;

**[0010]** [Fig. 3](#) eine Darstellung eines Bereiches einer HF-Spule gemäß einer Ausführungsform ist;

**[0011]** [Fig. 4](#) eine Darstellung einer perspektivischen Ansicht eines Bereiches einer HF-Spulen-sprosse und einem Abschlussringabschnitt gemäß einer alternativen Ausführungsform ist;

**[0012]** [Fig. 5](#) eine Darstellung einer perspektivischen Ansicht eines Teils einer HF-Spulen-sprosse und einem Abschlussringabschnitt gemäß einer Ausführungsform ist;

**[0013]** [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) Darstellungen von perspektivischen Ansichten einer HF-Spulen-sprosse und einem Abschlussringabschnitt gemäß einer alternativen Ausführungsform sind; und

**[0014]** [Fig. 8](#) eine Darstellung eines Bereiches einer HF-Spule gemäß einer Ausführungsform ist.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

**[0015]** [Fig. 1](#) ist ein schematisches Blockdiagramm eines beispielhaften Magnetresonanztomogra-

phie(MRT)-Systems gemäß einer Ausführungsform. Der Betrieb des MRT-Systems **10** wird über eine Bedienerkonsole **12** kontrolliert, die eine Tastatur oder eine andere Eingabeeinrichtung **13**, eine Steuertafel **14** und einen Bildschirm **16** umfasst. Die Konsole **12** kommuniziert über eine Verbindung **18** mit einem Computersystem **20** und stellt eine Schnittstelle für einen Bediener bereit, um MRT-Aufnahmen festzulegen, die sich ergebenden Bilder anzuzeigen, eine Bildbearbeitung an den Bildern vorzunehmen sowie Daten und Bilder zu archivieren. Das Computersystem **20** umfasst eine Vielzahl von Einheiten, die untereinander durch elektrische und/oder Datenverbindungen miteinander kommunizieren, beispielsweise solche durch Verwendung einer Bus-Leiterplatte **20a** Bereitgestellten. Die Datenverbindungen können Kabelverbindungen oder Glasfaserverbindungen oder kabellose Kommunikationsverbindungen oder dergleichen sein. Die Einheiten des Computersystems **20** umfassen eine Bildverarbeitungseinheit **22**, eine CPU-Einheit **24** und eine Speichereinheit **26**, welche einen Bildspeicher zum Speichern von Bild-datenreihen umfassen kann. In einer alternativen Ausführungsform kann die Bildverarbeitungseinheit **22** durch eine Bildverarbeitungsfunktion der CPU-Einheit **24** ersetzt werden. Das Computersystem **20** ist mit Archivierungsdatenträgereinrichtungen, dauerhaften oder Sicherungskopiedatenspeichern oder einem Netzwerk verbunden. Das Computersystem **20** kann auch mit einem gesonderten Systemsteuerungscomputer **32** über einen Link **34** kommunizieren. Die Eingabeeinrichtung **30** kann eine Maus, einen Joystick, eine Tastatur, eine Steuerkugel, einen berührungsaktivierten Bildschirm, einen Strichcodeleser, eine Sprachsteuerung oder irgendeine ähnliche oder gleichwertige Eingabeeinrichtung aufweisen und kann zur interaktiven geometrischen Festlegung verwendet werden.

**[0016]** Der Systemsteuerungscomputer **32** umfasst eine Gruppe von untereinander über elektrische und/oder Datenverbindungen **32a** miteinander kommunizierenden Einheiten. Die Datenverbindungen **32a** können direkte Kabelverbindungen, Glasfaserverbindungen oder kabellose Kommunikationsverbindungen oder dergleichen sein. In alternativen Ausführungsformen können die Einheiten des Computersystems **20** und des Systemsteuerungscomputers **32** in demselben Computersystem oder einer Vielzahl von Computersystemen implementiert sein. Die Einheiten des Systemsteuerungscomputers **32** umfassen eine CPU-Einheit **36** und eine Pulserzeugungseinheit **38**, welche über eine Kommunikationsverbindung **40** mit der Bedienerkonsole **12** verbunden ist. Die Pulserzeugungseinheit **38** kann alternativ in der Aufnahmegerätausrüstung (beispielsweise in der Resonanzanordnung **52**) enthalten sein. Durch die Verbindung **40** erhält der Systemsteuerungscomputer **32** Anweisungen von dem Bediener, um die auszuführende Aufnahmesequenz anzugeben. Die

Pulserzeugungseinheit **38** betätigt die Systembauteile, die die gewünschte Pulssequenz ausführen (d. h. erzeugen), durch Versenden von Anweisungen, Befehlen und/oder Aufforderungen (beispielsweise Hochfrequenz(HF)-Wellenformen) welche die Zeitabfolge, Stärke und Form der zu produzierenden HF-Pulse und Pulssequenzen und die Zeitabfolge und Länge des Datenaufnahmefensters beschreiben. Die Pulserzeugungseinheit **38** stellt eine Verbindung zu einem Gradientenverstärkersystem **42** her und erzeugt Gradientenwellenformen genannte Daten, welche den Zeitablauf und die Form der Gradientenpulse, welche während der Aufnahme verwendet werden, steuern. Die Pulserzeugungseinheit **38** stellt eine Verbindung zu einer Aufnahmeraumschnittstellenschaltung **46** her, welche Signale von verschiedenen mit dem Zustand des Patienten und dem Magnetsystem verbundenen Sensoren erhält. Durch die Aufnahmeraumschnittstellenschaltung **46** erhält ein Patientenpositionierungssystem **48** Anweisungen, um den Patiententisch zu der gewünschten Position für die Aufnahme zu bewegen.

[0017] Die durch die Pulserzeugungseinheit **38** erzeugten Gradientenwellenformen werden auf ein Gradientenverstärkungssystem **42** angewendet, das aus  $G_x$ -,  $G_y$ -, und  $G_z$ -Verstärkern zusammengesetzt ist. Jeder Gradientenverstärker regt eine zugehörige physikalische Gradientenspule in einer Gradientenspulenordnung, generell mit **50** bezeichnet, an, um Magnetfeldgradientenpulse zur Verwendung als beim räumlichen Codieren erhaltene Signale zu erzeugen. Die Gradientenspulenordnung **50** ist Teil einer Resonanzanordnung **52**, die einen polarisierenden supraleitenden Magneten mit supraleitenden Hauptspulen **54** umfasst. Die Resonanzanordnung **52** kann eine Ganzkörper(HF)-Spule **56**, Oberflächen- oder parallelbildgebende Spulen **76** oder beides umfassen. Die Spulen **56**, **76** der HF-Spulenordnung können sowohl zum Aussenden als auch zum Empfangen oder nur zum Aussenden oder nur zum Empfangen ausgebildet sein. Ein Patient oder ein Bildgebungssubjekt **70** kann in einem zylindrischen Patientenbildgebungsvolumen **72** der Resonanzanordnung **52** positioniert werden. Eine Sende-/Empfangseinheit **58** in dem Systemsteuerungscomputer **32** erzeugt Pulse, welche durch einen HF-Verstärker **60** verstärkt werden und über einen Sende-/Empfängerschalter **62** in die HF-Spulen **56**, **76** eingekoppelt werden. Die erhaltenen durch die im Patienten angeregten Kerne emittierten Signale können durch die gleiche HF-Spule **56** erfasst werden und durch den Sende-/Empfängerschalter **62** mit einem Vorverstärker **64** verbunden werden. Die durch die angeregten Kerne emittierten Signale können alternativ durch gesonderte Empfangsspulen wie parallele Spulen oder Oberflächenspulen **76** messtechnisch erfasst werden. Die verstärkten MR-Signale werden demoduliert, gefiltert und in der Empfangereinheit der Sende-/Empfangseinheit **58** digitalisiert.

Der Sende-/Empfängerschalter **62** wird durch ein Signal aus der Pulserzeugungseinheit **38** gesteuert, um den HF-Verstärker **60** mit der HF-Spule **56** während des Sendemodus elektrisch zu verbinden und den Vorverstärker **64** mit der HF-Spule **56** während des Empfangsmodus zu verbinden. Der Sende-/Empfängerschalter **62** kann ebenfalls eine gesonderte HF-Spule (z. B. eine parallele oder Oberflächenspule **76**) zur Verwendung entweder im Sende- oder im Empfangsmodus aktivieren.

[0018] Die durch die HF-Spule **56** oder Parallel- oder Oberflächenspule **76** ausgesandten MR-Signale werden durch die Sende-/Empfangseinheit **58** digitalisiert und zu einer Datenspeichereinheit **66** in dem Systemsteuerungscomputer **32** übertragen. Üblicherweise werden den MR-Signalen entsprechende Datensätze zeitweise in der Datenspeichereinheit **66** gespeichert, während sie nachfolgend zur Erzeugung von Bildern umgewandelt werden. Eine Datenverarbeitungseinheit **68** verwendet eine bekannte Umwandlungsmethode, bekannt ist eine Fouriertransformation, um Bilder aus den MR-Signalen zu erzeugen. Diese Bilder werden durch die Verbindung **34** zu dem Computersystem **20**, wo sie in einem Datenspeicher gespeichert werden, übertragen. In Reaktion auf von der Bedienerkonsole **12** erhaltene Anweisungen können diese Bilddaten in Langzeitspeichern archiviert werden oder durch die Bildverarbeitungseinheit **22** weiter verarbeitet werden und zu der Bedienerkonsole **12** übermittelt und auf dem Bildschirm **16** angezeigt werden.

[0019] Eine Ganzkörper-HF-Spule **46** wird, wie erwähnt, verwendet, um HF-Pulse auszusenden und/oder um MR-Signale zu empfangen. Die HF-Spule **56** kann zur Verringerung von akustischen Schwingungen und Störgeräuschen, welche durch die HF-Spule erzeugt werden, ausgebildet sein und dadurch den Patientenkomfort erhöhen. [Fig. 2](#) ist eine Darstellung einer perspektivischen Ansicht einer Hochfrequenz(HF)-Spule gemäß einer Ausführungsform. Die HF-Spule **200** ist zylinder- und ringförmig und ist mit dem oben beschriebenen MRT-System von [Fig. 1](#) oder einem anderen ähnlichen oder äquivalenten System zum Erhalt von MR-Bildern kompatibel. Die Dimensionen der HF-Spule **200** sind derart ausgebildet, dass die HF-Spule innerhalb einer Gradientenspulenordnung **50** (gezeigt in [Fig. 1](#)) in einer räumlich getrennten koaxialen Anordnung montiert werden kann. Die in [Fig. 2](#) gezeigte HF-Spule **200** ist eine Vogelkäfigkonstruktion und umfasst einen ersten Abschlussringabschnitt **202**, einen zweiten Abschlussringabschnitt **204** und eine Vielzahl von Sprossen (oder Beinen, Leitungselementen) **206**. Der erste Abschlussringabschnitt **202** und der zweite Abschlussringabschnitt **204** stehen einander gegenüber in einer räumlich getrennten Anordnung und sind über die Vielzahl von Sprossen **206** miteinander verbunden. Eine beispielhafte Zahl von Sprossen

**206** sind in [Fig. 2](#) gezeigt. Weniger oder mehr Sprossen können entsprechend dem Bedarf einer besonderen Bildgebungsanwendung, z. B. abhängig von Sichtfeld, Bildauflösung, Leistungsanforderungen und Bildgebungsgeschwindigkeiten, eingesetzt werden. Die Sprossen **206** sind zylinderförmig angeordnet und können beispielsweise gleichförmig voneinander beabstandet sein. Die HF-Spule **200** umfasst auch eine Vielzahl von Kondensatoren (beispielsweise Abschlussringkondensatoren mit geringer Induktivität). An jedem Ende der Sprossen **206** entlang des entsprechenden Abschlussringabschnittes **202**, **204**, welcher elektrisch mit den Sprossen verbunden ist. Die Sprossen **206** und die Abschlussringabschnitte **202**, **204** sind aus konventionellen Materialien mit hoher elektrischer Leitfähigkeit wie Kupfer hergestellt.

**[0020]** Jede Sprosse **206** und jeder Abschlussringabschnitt **202**, **204** umfasst Öffnungen oder Ausnehmungen, beispielsweise Abschlussringöffnungen **208** und Sprossenöffnungen **210**. Die Öffnungen **208**, **210** verringern oder eliminieren Wirbelströme (und dadurch akustische Schwingungen und Störgeräusche) und maximieren die HF-Leistungsfähigkeit der Spule **200**. [Fig. 3](#) ist eine Darstellung eines Bereichs einer HF-Spule gemäß einer Ausführungsform. Zum Zwecke der Darstellung ist in [Fig. 3](#) eine Darstellung einer ebenen Ansicht einer ausgebreiteten Spule gezeigt. Die Sprossen **306** in der HF-Spule **300** sind untereinander durch Lücken **314** räumlich voneinander getrennt. Die Abschlussringöffnungen **308** in dem ersten Abschlussringabschnitt **302** und die Abschlussringöffnungen **308** in dem zweiten Abschlussringabschnitt **304** sind in Regionen (oder Bereichen) **312** räumlich angeordnet, wo die Sprossen **206** auf die Abschlussringabschnitte **302**, **304** treffen. In der in [Fig. 3](#) gezeigten Ausführungsform hat jede Sprosse **306** eine Sprossenöffnung **310** an einem ersten Ende **316** und eine Sprossenöffnung **310** an einem zweiten Ende **318**. Die Abschlussringöffnungen **308** und die Sprossenöffnungen **310** werden durch Entfernung von Material (beispielsweise Kupfer) vom Abschlussringabschnitt bzw. von der Sprosse gebildet. Die Sprossenöffnungen **310** haben bevorzugterweise eine konisch zulaufende rechteckförmige Form, wie in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) gezeigt, wobei die Öffnung an einem näher am Abschlussring liegenden Ende weiter und an einem näher am Zentrum der Sprosse liegenden Ende schmaler ist. Solch eine Form maximiert die HF-Leistungsfähigkeit und minimiert den Effekt von gradienteninduzierten Wirbelströmen. Alternativ können andere Formen für die Sprossenöffnungen **310** verwendet werden. In den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) sind die Abschlussringöffnungen **308** mit einer rechteckförmigen Form gezeigt. In anderen Ausführungsformen können die Abschlussringöffnungen unterschiedliche Formen aufweisen, beispielsweise eine U-Form, wie unten mit Bezug auf die [Fig. 4–Fig. 7](#) erörtert.

**[0021]** [Fig. 4](#) ist eine Darstellung einer perspektivischen Ansicht eines Bereichs einer HF-Spulensprosse und eines Abschlussringabschnittes gemäß einer Ausführungsform. Ein Bereich eines Endes einer Sprosse **406** und ein Abschlussringabschnitt **402** sind in [Fig. 4](#) gezeigt. Ein Abschlussringabschnitt **406** weist eine U-Form auf und ist räumlich in einem Bereich **412**, wo die Sprosse **406** auf den Abschlussringabschnitt **402** trifft, angeordnet. Die Abschlussringöffnung **408** erzeugt eine hohe Impedanz für Wirbelströme im Bereich **410**. In einer Ausführungsform können die Abschlussringöffnungen **408** mit einem schraffierten oder maschigen Kupfer (nicht gezeigt) ausgefüllt sein, um die durch die Abschlussringöffnung **408** erzeugte Stromdichte zu verstreuen. In einer alternativen Ausführungsform, gezeigt in [Fig. 5](#), kann ein Kondensator **520** (beispielsweise ein Kondensator mit Kapazität größer als 1 nF) über die Abschlussringöffnungen **508** in dem Bereich **512** angeordnet werden. Zurückkehrend zu [Fig. 4](#) kann die Stromdichte auch durch Verringerung des Blindwiderstands/Widerstands auf einer inneren Umrandung **430** der Abschlussringöffnung **408**, wie in den [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) gezeigt, verstreut werden. In den [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) ist Kupfer **622**, **722** zur inneren Umrandung der Abschlussringöffnungen **608**, **708** hinzugefügt.

**[0022]** Zurückkehrend zu [Fig. 3](#) verringern oder minimieren die Abschlussringöffnungen **308** und die Sprossenöffnungen **310**, wie erwähnt, Wirbelströme und maximieren die HF-Leistungsfähigkeit der Spule **300**. Um die Wirbelströme weiter zu reduzieren, kann jede Sprosse einen Schlitz oder eine Nut, wie in [Fig. 8](#) gezeigt, aufweisen. [Fig. 8](#) ist eine Darstellung eines Bereichs einer HF-Spule gemäß einer Ausführungsform. Zum Zwecke der Darstellung ist ein in [Fig. 8](#) gezeigter Bereich einer HF-Spule **800** in [Fig. 8](#) eine Darstellung einer ebenen Ansicht einer ausgebreiteten Spule. Die in [Fig. 8](#) gezeigte HF-Spule **800** ist eine Vogelkäfigkonstruktion und mit dem oben beschriebenen MRT-System von [Fig. 1](#) oder jeglichem anderen ähnlichen oder äquivalenten System zum Erhalt von MR-Bildern kompatibel. Die HF-Spule **800** umfasst einen ersten Abschlussringabschnitt **802**, einen zweiten Abschlussringabschnitt **804** und eine Vielzahl von Sprossen (oder Beinen, Leitungselementen) **806**. Jede Sprosse **806** und jeder Abschlussringabschnitt **802**, **804** enthält Öffnungen oder Ausnehmungen, beispielsweise Abschlussringöffnungen **808** und Sprossenöffnungen **810**. Zusätzlich umfasst jede Sprosse **806** auch einen Schlitz oder eine Nut **804**, um Wirbelströme weiter zu verringern. Der Schlitz **804** schließt sich zwischen einer Sprossenöffnung **810** an einem ersten Ende **816** einer Sprosse **806** und einer Sprossenöffnung **810** an einem zweiten Ende **818** einer Sprosse **806** an. Um ein Vermischen von Modi und eine verringerte HF-Leistungsfähigkeit zu vermeiden, welche durch die Verwendung des Schlitzes **840** bewirkt oder ein-

gebracht werden kann, wird über jeden Schlitz **840** ein Kondensator **842** angeordnet. Der Kondensator **842** wirkt für Wirbelströme wie ein hoher Widerstand, funktioniert bei HF-Frequenz jedoch als ein niedriger (Widerstand).

**[0023]** Die schriftliche Beschreibung verwendet Beispiele, um die Erfindung zu umfassen, einschließlich der besten Ausführungsform, und um einen Fachmann in die Lage zu versetzen, die Erfindung auszuführen und zu verwenden. Der patentfähige Umfang der Erfindung wird durch die Patentansprüche definiert und kann weitere Beispiele, welche den Fachleuten in den Sinn kommen, umfassen. Solche andere Beispiele sollen im Rahmen der Patentansprüche liegen, wenn sie konstruktive Bauteile aufweisen, welche sich nicht vom Wortsinn der Patentansprüche unterscheiden oder wenn sie äquivalente konstruktive Bauteile mit unerheblichen Unterschieden vom Wortsinn der Patentansprüche aufweisen. Die Folge und die Abfolge irgend eines Verfahrens oder eines Verfahrensschritts kann gemäß alternativen Ausführungsformen variiert oder wiederholt werden.

**[0024]** Viele andere Änderungen und Modifikationen können an der vorliegenden Erfindung vorgenommen werden, ohne ihren Sinn zu verlassen. Der Umfang dieser und anderer Änderungen wird aus den beigefügten Patentansprüche sichtbar.

**[0025]** Eine Hochfrequenz(HF)-Spule **300** für ein Magnetresonanztomographie(MRT)-System umfasst einen ersten Abschlussringabschnitt **302** mit einer Vielzahl von Öffnungen **308** und einen zweiten Abschlussringabschnitt **304** mit einer Vielzahl von Öffnungen **308**. Eine Vielzahl an Sprossen **306** ist zwischen dem ersten Abschlussringabschnitt **302** und dem zweiten Abschlussringabschnitt **304** angeordnet. Jede Sprosse **306** weist ein mit dem ersten Abschlussringabschnitt **302** verbundenes erstes Ende **316** und ein mit dem zweiten Abschlussringabschnitt **304** verbundenes zweites Ende **318** auf. Jede Sprosse **306** kann auch eine Vielzahl von Öffnungen **310** umfassen. Die Öffnungen **308** in den Abschlussringen **302**, **304** und die Öffnungen **310** in den Sprossen **306** verringern Wirbelströme und verbessern die HF-Leistungsfähigkeit der HF-Spule **200**.

Bezugszeichenliste

**Fig. 1**

<b>10</b>	MRT-System
<b>12</b>	Bedienerkonsole
<b>14</b>	Steuertafel
<b>16</b>	Bildschirm
<b>18</b>	Verbindung
<b>20</b>	Computersystem
<b>20a</b>	Bus-Leiterplatte
<b>22</b>	Bildverarbeitungseinheit

<b>24</b>	CPU-Einheit
<b>26</b>	Datenspeichereinheit
<b>32</b>	Systemsteuerungscomputer
<b>32a</b>	Datenverbindungen
<b>34</b>	Verbindung
<b>36</b>	CPU-Einheit
<b>38</b>	Pulserzeugungseinheit
<b>40</b>	Kommunikationsverbindung
<b>42</b>	Gradientenverstärkersystem
<b>44</b>	Physiologische Aufnahmesteuerung
<b>46</b>	Aufnahmeraumschnittstellenschaltung
<b>48</b>	Patientenpositionierungssystem
<b>50</b>	Gradientenspulenordnung
<b>52</b>	Resonanzanordnung
<b>54</b>	Magnetpolarisierende supraleitende Hauptspulen
<b>56</b>	HF-Spule
<b>58</b>	Sende-/Empfängereinheit
<b>60</b>	HF-Verstärker
<b>62</b>	Sende-/Empfangsschalter
<b>64</b>	Vorverstärker
<b>66</b>	Datenspeichereinheit
<b>68</b>	Datenverarbeitungseinheit
<b>70</b>	Patient oder Bildgebungsobjekt
<b>72</b>	Patientenbildgebungsvolumen
<b>76</b>	Oberflächen- oder Parallelbildgebungsspulen

**Fig. 2**

<b>200</b>	HF-Spule (Bereich)
<b>202</b>	erster Abschlussringabschnitt
<b>204</b>	zweiter Abschlussringabschnitt
<b>206</b>	Sprossen (Beine, Leitungselemente)
<b>208</b>	Abschlussringöffnungen
<b>210</b>	Sprossenöffnungen

**Fig. 3**

<b>300</b>	HF-Spule (Bereich)
<b>302</b>	erster Abschlussringabschnitt
<b>304</b>	zweiter Abschlussringabschnitt
<b>306</b>	Sprossen
<b>308</b>	Abschlussringöffnungen
<b>310</b>	Sprossenöffnungen
<b>312</b>	Bereiche, wo Sprossen auf Abschlussringabschnitte treffen
<b>314</b>	Spalten
<b>316</b>	erstes Ende der Sprosse
<b>318</b>	zweites Ende der Sprosse

**Fig. 4**

<b>402</b>	Abschlussringabschnitt
<b>406</b>	Sprosse
<b>408</b>	Abschlussringöffnung
<b>412</b>	Bereich, wo Sprosse auf Abschlussringabschnitt trifft
<b>430</b>	Innenumrandung der Abschlussringöffnung

Fig. 5

<b>508</b>	Abschlussringöffnung
<b>512</b>	Bereich, wo Sprosse auf Abschlussringabschnitt trifft
<b>520</b>	Kondensator

Fig. 6

<b>608</b>	Abschlussringöffnung
<b>622</b>	Kupfer

Fig. 7

<b>708</b>	Abschlussringöffnung
<b>722</b>	Kupfer

Fig. 8

<b>800</b>	HF-Spule (Bereich)
<b>802</b>	erster Abschlussringabschnitt
<b>804</b>	zweiter Abschlussringabschnitt
<b>806</b>	Sprossen (Beine, Leitungselemente)
<b>808</b>	Abschlussringöffnungen
<b>810</b>	Sprossenöffnungen
<b>816</b>	erstes Ende der Sprosse
<b>818</b>	zweites Ende der Sprosse
<b>840</b>	Schlitz oder Nut
<b>842</b>	Kondensator

**Patentansprüche**

1. Hochfrequenz(HF)-Spule (**300**) für ein Magnetresonanztomographie(MRT)-System:  
mit einem ersten Abschlussringabschnitt (**302**);  
mit einem zweiten Abschlussringabschnitt (**304**);  
mit einer Anzahl von zwischen dem ersten Abschlussringabschnitt (**302**) und dem zweiten Abschlussringabschnitt (**304**) angeordneten Sprossen (**306**), wobei jede Sprosse (**306**) ein mit dem ersten Abschlussringabschnitt (**302**) verbundenes erstes Ende (**316**) und ein mit dem zweiten Abschlussringabschnitt (**304**) verbundenes zweites Ende (**318**) aufweist;  
mit einer ersten Vielzahl von im ersten Abschlussringabschnitt (**302**) angeordneten Öffnungen (**308**); und  
mit einer zweiten Vielzahl von im zweiten Abschlussringabschnitt (**304**) angeordneten Öffnungen (**308**).

2. HF-Spule nach Anspruch 1, wobei jede Sprosse (**306**) weiter  
eine in der Nähe des ersten Endes (**316**) der Sprosse (**306**) angeordnete erste Öffnung (**310**); und  
eine in der Nähe des zweiten Endes (**318**) der Sprosse (**306**) angeordnete zweite Öffnung (**310**) aufweist.

3. HF-Spule nach Anspruch 2, wobei jede Sprosse (**306**, **806**) weiter  
einen Schlitz (**840**) mit einer Weite, ein mit der ersten

Öffnung verbundenes erstes Ende und ein mit der zweiten Öffnung verbundenes zweites Ende; und  
einen über die Weite des Schlitzes (**840**) gekoppelten Kondensator (**842**) aufweist.

4. HF-Spule nach Anspruch 1, wobei jede Öffnung (**308**) in der ersten Vielzahl von Öffnungen eine rechteckförmige Form aufweist.

5. HF-Spule nach Anspruch 1, wobei jede Öffnung (**308**) in der zweiten Vielzahl von Öffnungen eine rechteckförmige Form aufweist.

6. HF-Spule nach Anspruch 1, wobei jede Öffnung (**408**) in der ersten Vielzahl von Öffnungen eine U-Form aufweist.

7. HF-Spule nach Anspruch 1, wobei jede Öffnung (**408**) in der zweiten Vielzahl von Öffnungen eine U-Form aufweist.

8. Hochfrequenz(HF)-Spule (**800**) für ein Magnetresonanztomographie(MRT)-System:  
mit einem ersten Abschlussringabschnitt (**802**);  
mit einem zweiten Abschlussringabschnitt (**804**); und  
mit einer Anzahl von zwischen dem ersten Abschlussringabschnitt (**802**) und dem zweiten Abschlussringabschnitt (**804**) angeordneten Sprossen (**806**),  
wobei jede Sprosse (**806**)  
ein mit dem ersten Abschlussringabschnitt (**802**) verbundenes erstes Ende (**816**);  
ein mit dem zweiten Abschlussringabschnitt (**804**) verbundenes zweites Ende (**818**);  
eine am ersten Ende der Sprosse (**806**) angeordnete erste Öffnung (**810**); und  
eine am zweiten Ende der Sprosse (**806**) angeordnete zweite Öffnung (**810**) aufweist;  
mit einem Schlitz (**840**) mit einer Weite, einem mit der ersten Öffnung verbundenen ersten Ende und einem mit der zweiten Öffnung verbundenen zweiten Ende; und  
mit einem über die Weite des Schlitzes (**840**) gekoppelten Kondensator (**842**).

9. HF-Spule nach Anspruch 1, weiter umfassend:  
eine erste Vielzahl von im ersten Abschlussringabschnitt (**802**) angeordneten Öffnungen (**808**); und  
eine zweite Vielzahl von im zweiten Abschlussringabschnitt (**804**) angeordneten Öffnungen (**808**).

10. Resonanzanordnung (**52**) für eine Magnetresonanztomographie(MRT)-Anordnung:  
mit einem supraleitenden Magneten (**54**);  
mit einer im inneren Durchmesser des supraleitenden Magneten angeordnete Gradientenspulenordnung (**50**); und  
mit einer HF-Spule (**56**, **200**), die im inneren Durch-

messer der Gradientenspulenordnung (**50**) angeordnet ist und einen ersten Abschlussringabschnitt (**202**) mit einer Vielzahl von Öffnungen (**208**), einen zweiten Abschlussringabschnitt (**204**) mit einer Vielzahl von Öffnungen (**208**) und eine Vielzahl von zwischen dem ersten Abschlussringabschnitt (**202**) und dem zweiten Abschlussringabschnitt (**204**) angeordneten Sprossen (**206**) aufweist.

11. Resonanzanordnung nach Anspruch 10, wobei jede Sprosse (**206**) eine Vielzahl von Öffnungen (**210**) aufweist.

12. Resonanzanordnung nach Anspruch 11, wobei jede Sprosse (**206**, **806**) weiter einen Schlitz (**840**) mit einer Weite; und einen über die Weite des Schlitzes (**840**) gekoppelten Kondensator (**842**) aufweist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

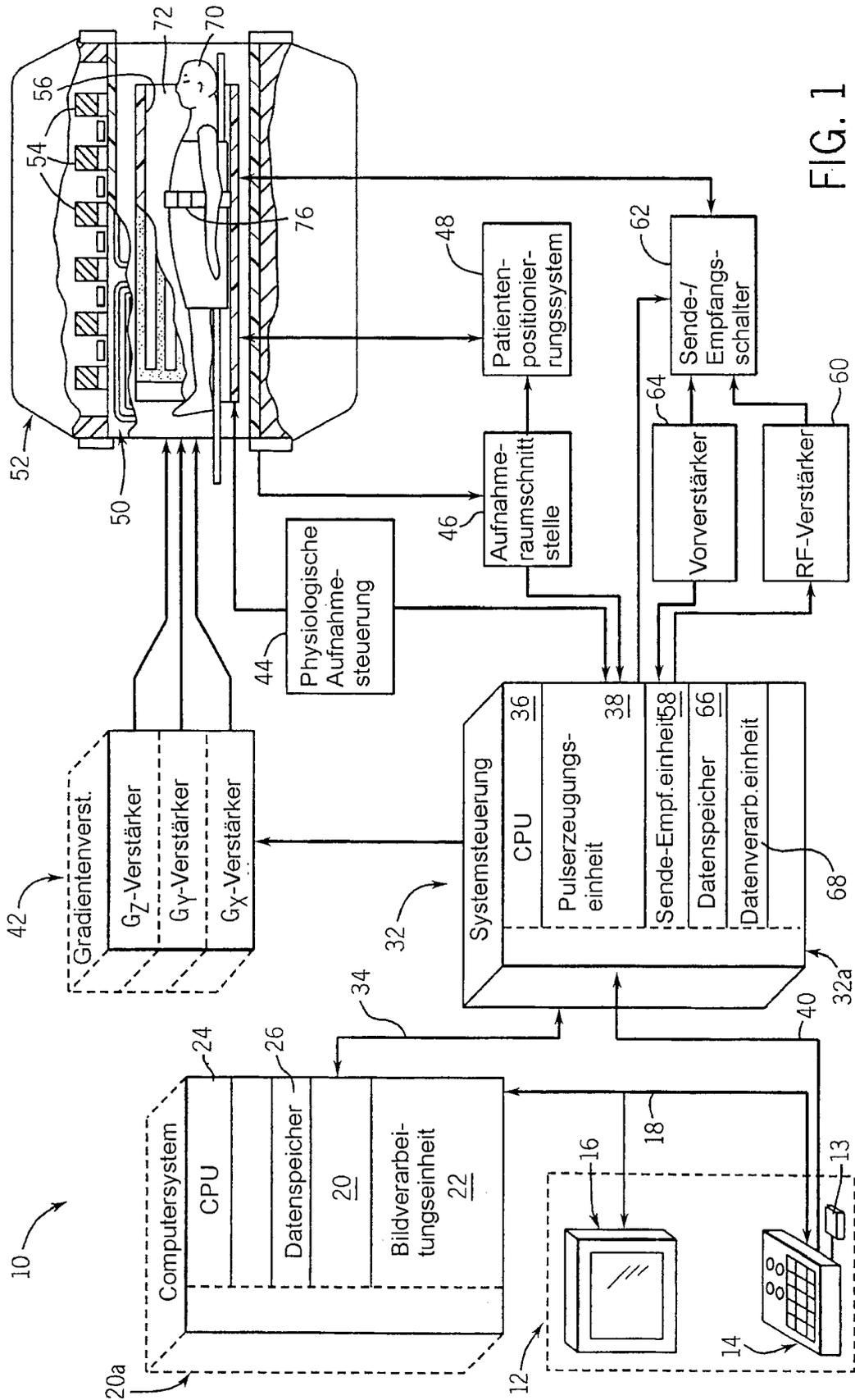


FIG. 1

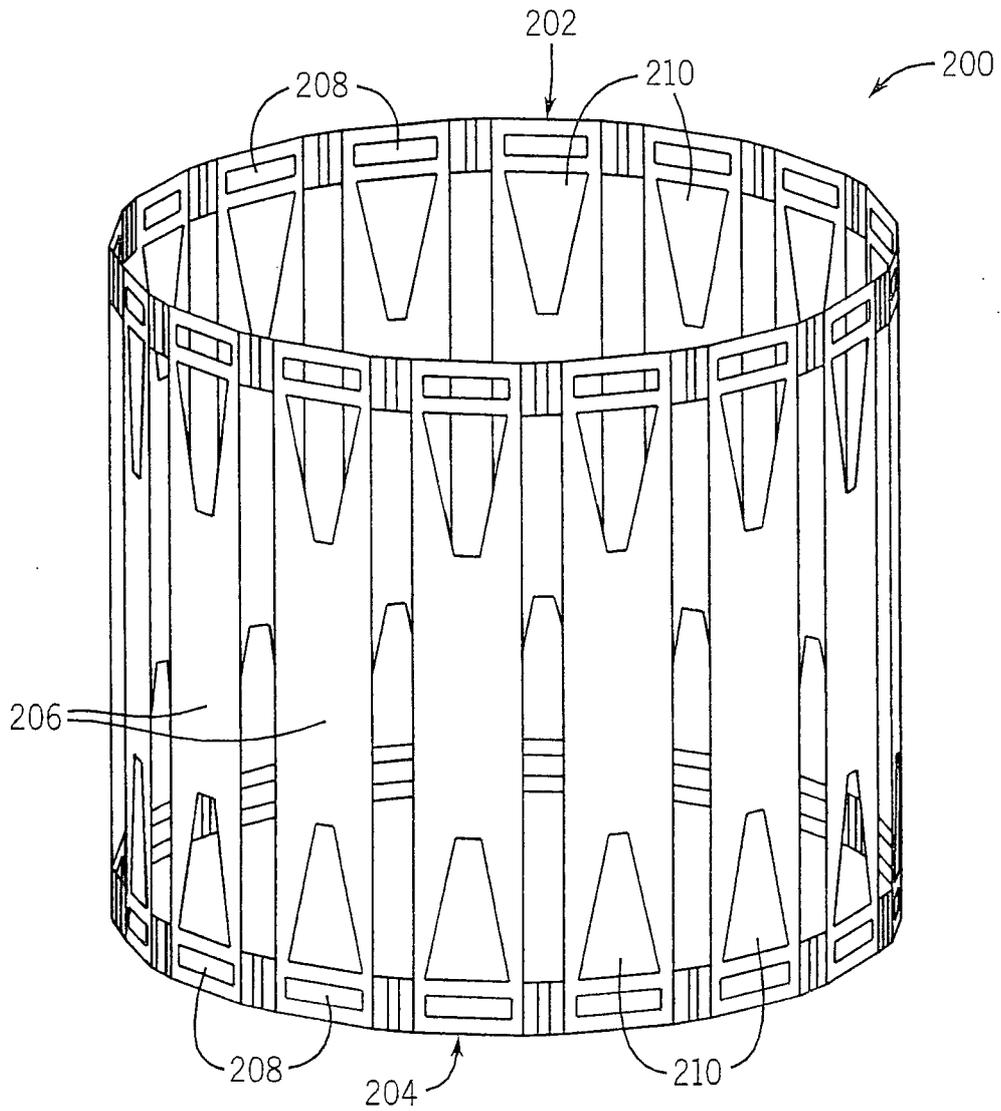


FIG. 2

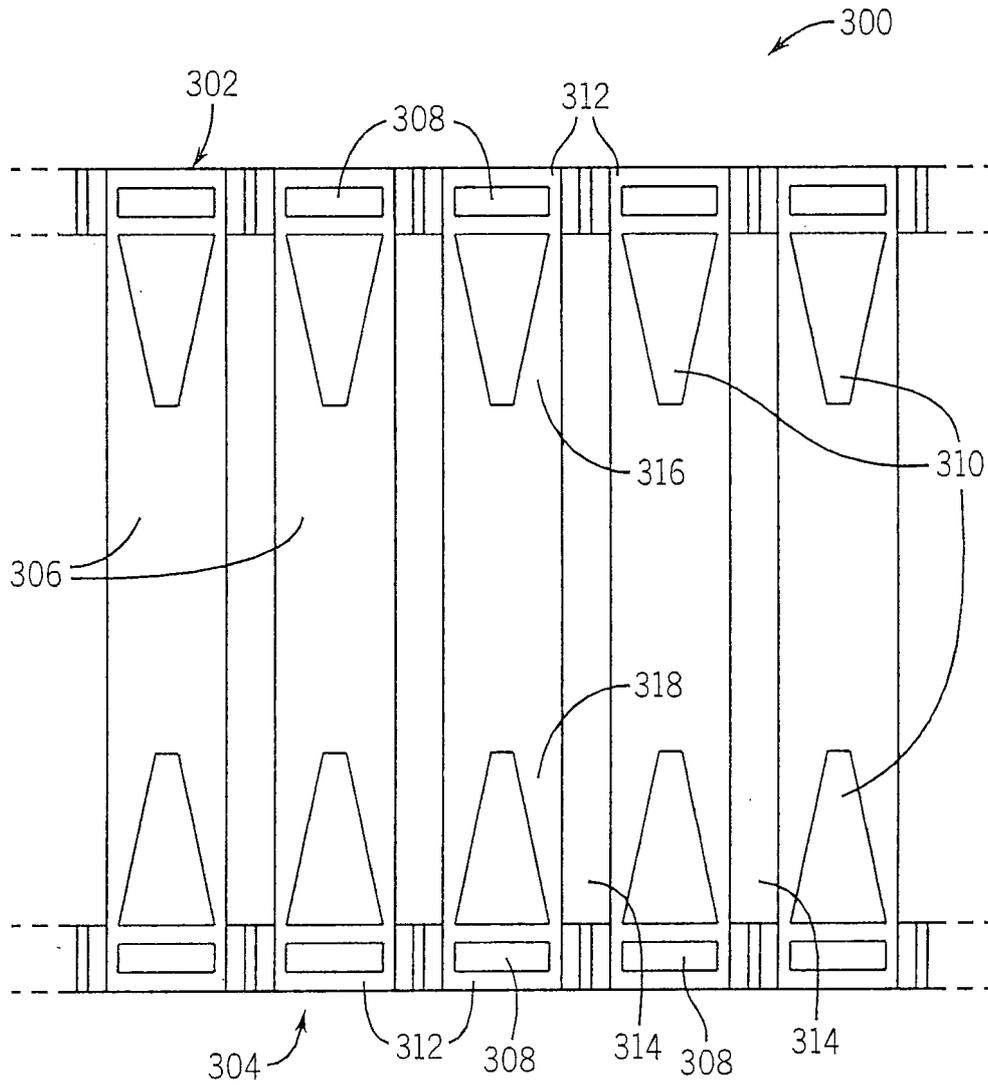


FIG. 3

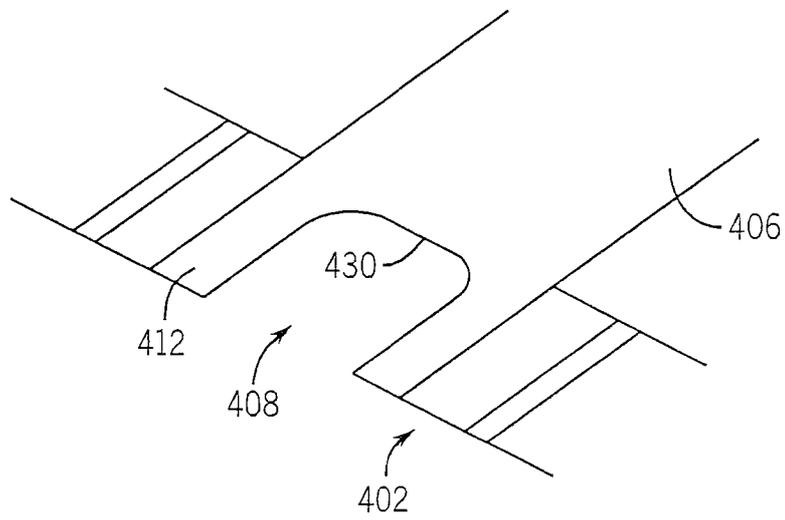


FIG. 4

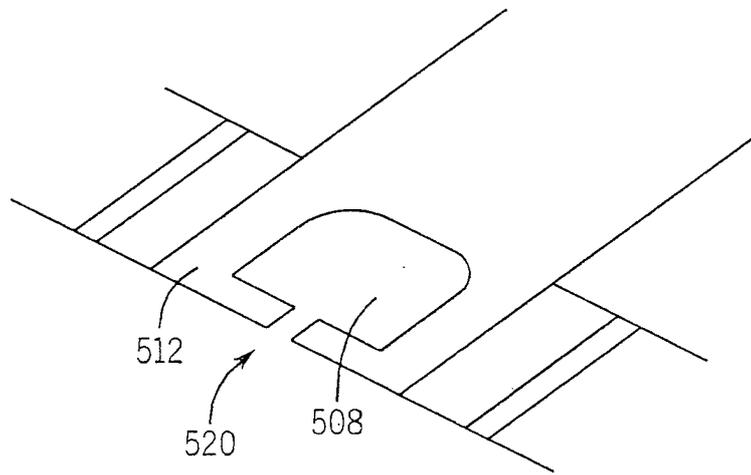


FIG. 5

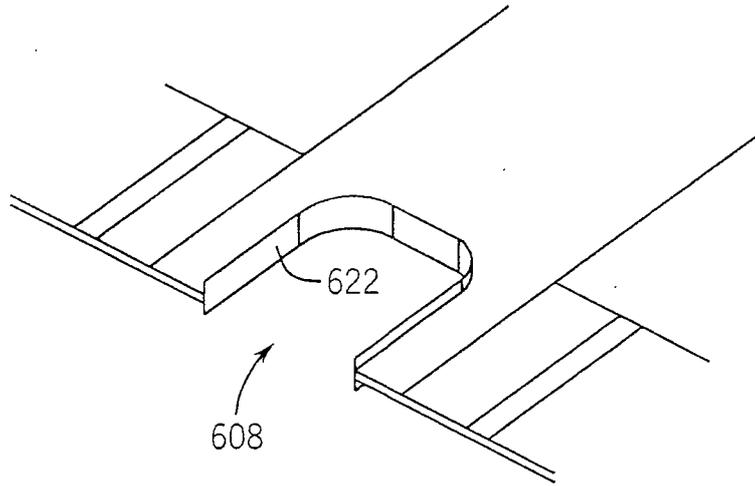


FIG. 6

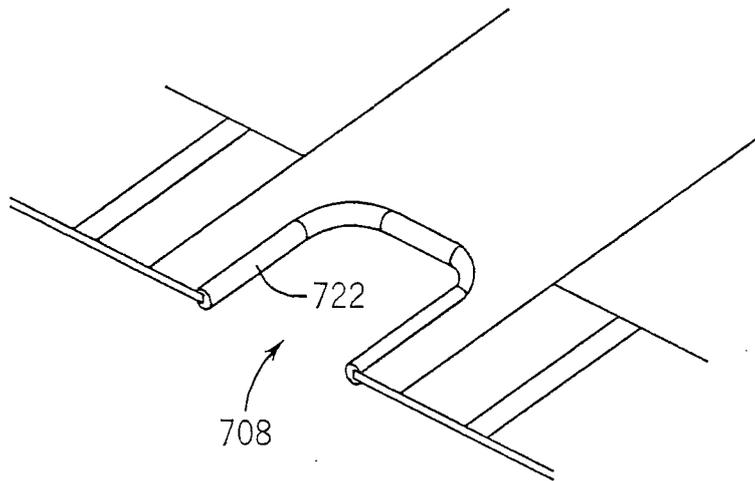


FIG. 7

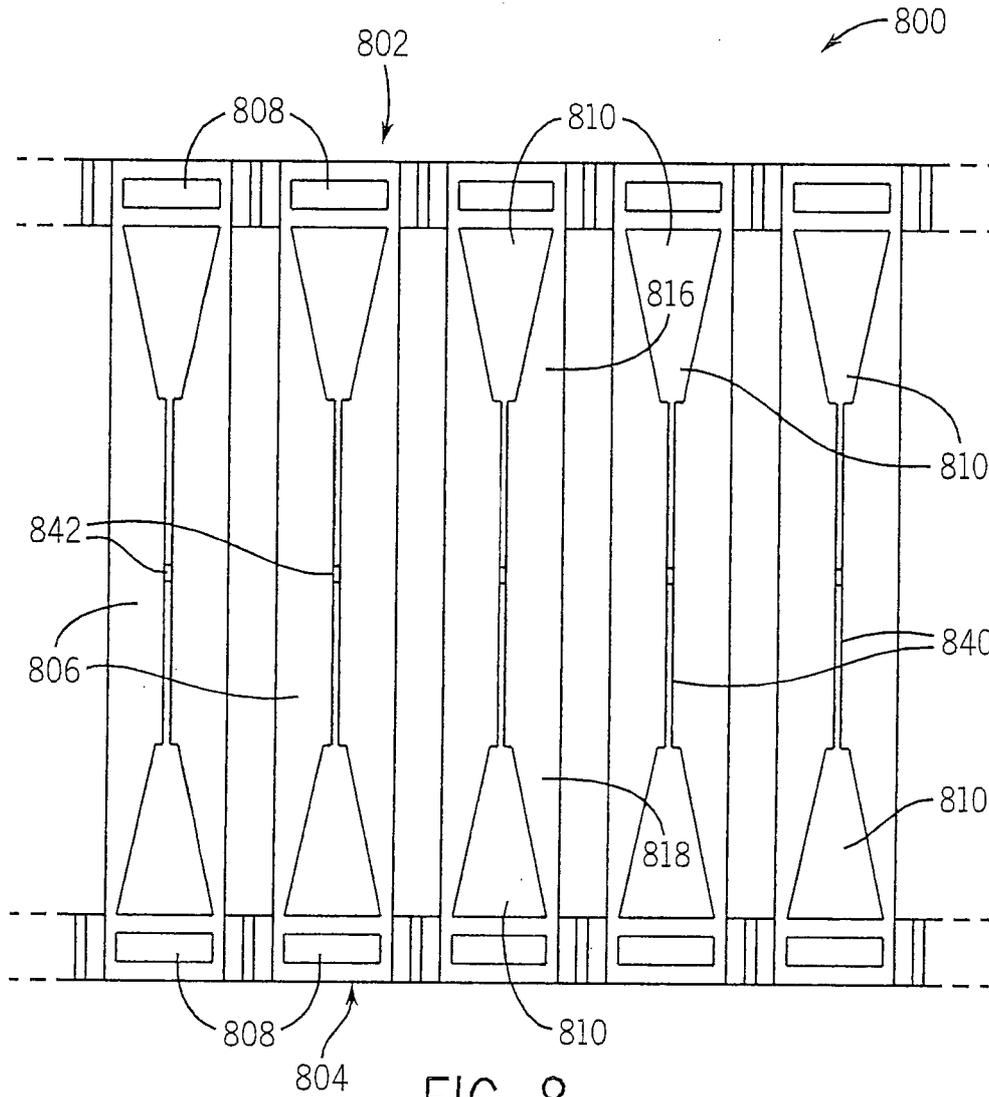


FIG. 8