



(10) **DE 10 2012 105 680 A1** 2013.01.03

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 105 680.3**

(22) Anmeldetag: **28.06.2012**

(43) Offenlegungstag: **03.01.2013**

(51) Int Cl.: **G01R 33/385 (2012.01)**
A61B 5/055 (2012.01)

(30) Unionspriorität:

61/503,401 **30.06.2011** **US**
13/183,647 **15.07.2011** **US**

(74) Vertreter:

Rüger, Barthelt & Abel, 73728, Esslingen, DE

(71) Anmelder:

General Electric Company, Schenectady, N.Y., US

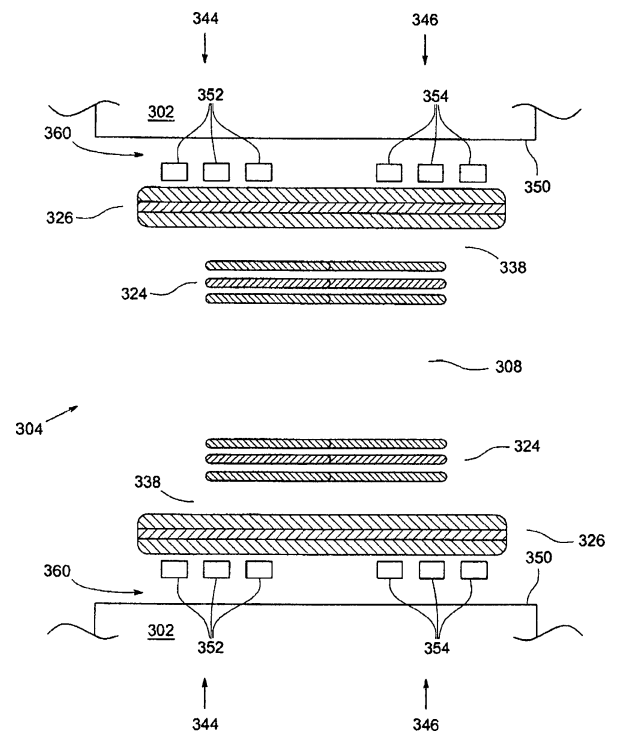
(72) Erfinder:

Kidane, Tesfaye Kebede, Florence, S.C., US;
Jiang, Longzhi, Florence, S.C., US; Havens,
Timothy J., Florence, South Carolina 29501, US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **System und Vorrichtung zum Ausgleich von Radialkräften in einer Gradientenspule**

(57) Zusammenfassung: Eine Gradientenspulen Vorrichtung (304, 404) für ein Magnetresonanz(MR)-Bildgebungssystem weist eine innere Gradientenspulenordnung (324, 424) und eine rings um die innere Gradientenspulenordnung angeordnete äußere Gradientenspulenordnung (326, 426) auf. Die äußere Gradientenspulenordnung weist eine Außenfläche, ein erstes Ende (344, 444) und ein zweites Ende (346, 446) auf. Die Gradientenspulenordnung weist ferner eine Kraftausgleichsvorrichtung auf, die rings um die Außenfläche der äußeren Gradientenspulenordnung angeordnet ist. In einer Ausführungsform weist die Kraftausgleichsvorrichtung eine aktive Kraftausgleichsspule (352, 354) auf, die rings um die Außenfläche der äußeren Gradientenspulenordnung angeordnet ist. In einer anderen Ausführungsform enthält die Kraftausgleichsvorrichtung ein erstes passives leitendes Band (470), das rings um das erste Ende (444) der äußeren Gradientenspulenordnung angeordnet ist, und ein zweites passives leitendes Band (472), das rings um das zweite Ende (444) der äußeren Gradientenspulenordnung angeordnet ist.



Beschreibung**QUERVERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNG**

[0001] Die vorliegende Anmeldung nimmt die Rechte aus der provisorischen US-Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 61/503,401, welche am 30. Juni 2011 eingereicht wurde, in Anspruch, die hiermit durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit mit aufgenommen ist.

TECHNISCHES GEBIET DER ERFINDUNG

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein ein Magnetresonanz(MR)-Bildgebungssystem und speziell ein System und eine Vorrichtung zum Ausgleich von Radialkräften in einer Gradientenspule in einem MR-Bildgebungssystem.

HINTERGRUND ZU DER ERFINDUNG

[0003] Magnetresonanz(MR)-Bildgebung ist eine medizinische Bildgebungsmodalität, die Bilder vom Inneren eines menschlichen Körpers ohne die Verwendung von Röntgenstrahlen oder einer anderen ionisierenden Strahlung erzeugen kann. Die MR-Bildgebung verwendet einen leistungsstarken Magneten, um ein starkes, gleichförmiges, statisches Magnetfeld (d. h. das „Hauptmagnetfeld“) zu erzeugen. Wenn ein menschlicher Körper oder ein Teil eines menschlichen Körpers in dem Hauptmagnetfeld platziert wird, werden die Kernspins, die den Wasserstoffkernen im Gewebewasser zugeordnet sind, polarisiert. Dies bedeutet, dass die magnetischen Momente, die mit diesen Spins zusammenhängen, bevorzugt entlang der Richtung des Hauptmagnetfeldes ausgerichtet werden, was zu einer kleinen Netto-Gewebemagnetisierung entlang dieser Achse (durch Konvention der „z-Achse“) führt. Ein MR-Bildgebungssystem weist ferner Komponenten auf, die Gradientenspulen genannt werden, die räumlich variierende Magnetfelder mit einer kleineren Amplitude erzeugen, wenn ein Strom an diese angelegt wird. Typischerweise sind die Gradientenspulen ausgelegt, um eine Magnetfeldkomponente zu erzeugen, die entlang der z-Achse ausgerichtet ist und deren Amplitude mit der Position entlang einer der x-, y- oder z-Achsen linear variiert. Der Effekt einer Gradientenspule beruht darauf, dass eine kleine Rampe auf der Magnetfeldstärke und damit begleitend auf der Resonanzfrequenz der Kernspins entlang einer einzelnen Achse erzeugt wird. Drei Gradientenspulen mit orthogonalen Achsen werden verwendet, um das MR-Signal „räumlich zu kodieren“, indem eine charakteristische Resonanzfrequenz an jedem Ort in dem Körper erzeugt wird. Hochfrequenz(HF)-Spulen werden verwendet, um HF-Energieimpulse an oder nahe der Resonanzfrequenz der Wasserstoffkerne zu erzeugen. Die HF-Spulen werden verwendet, um Energie auf eine kontrollierbare Weise in das Kernspinsys-

tem einzubringen. Da die Kernspins anschließend zurück in ihren Ruheenergiezustand relaxieren, geben sie Energie in Form eines HF-Signals ab. Dieses Signal wird durch das MR-Bildgebungssystem detektiert und unter Verwendung eines Computers und bekannter Rekonstruktionsalgorithmen in ein Bild umgesetzt.

[0004] Die in einem MR-Bildgebungssystem verwendete Gradientenspulenordnung kann eine abgeschirmte Gradientenspulenordnung sein, die eine innere und eine äußere Gradientenspulenordnung aufweist, die miteinander durch ein Material, wie z. B. Epoxidharz, verbunden sind. Typischerweise enthält die innere Gradientenspulenordnung innere (oder Haupt-)Spulen der X-, Y- und Z-Gradientenspulenpaare oder -sätze, und die äußere Gradientenspulenordnung enthält entsprechend äußere (oder Abschirm-)Spulen der X-, Y- und Z-Gradientenspulenpaare oder -sätze. Die Z-Gradientenspulen sind typischerweise zylindrisch mit einem Leiter, der um die zylindrische Oberfläche spiralförmig gewickelt ist. Die transversalen X- und Y- Gradientenspulen sind üblicherweise aus einem Kupferblech mit einer isolierenden Trägerschicht ausgebildet. Ein Leiterwindungsmuster (z. B. ein Fingerabdruckmuster) kann in der Kupferschicht der Gradientenspule eingeschnitten sein.

[0005] Während eines MR-Bildgebungsscans können akustischer Lärm und Vibration durch das MR-Bildgebungssystem hervorgerufen werden. Der akustische Lärm und Vibrationen können unangenehm und potentiell schädlich für sowohl den Patienten und den Scannerbediener sein. In einem MRT-System gibt es einige Quellen für akustischen Lärm, einschließlich beispielsweise der Gradientenspulen und der HF-Körperspule. Der akustische Lärm kann durch die Vibration der Gradientenspulen hervorgerufen werden, wenn die Spulen während der Bildgebung gepulst betrieben werden. Eine Gradientenspulen vibration wird durch Kräfte hervorgerufen, die auf die Gradientenspule infolge der Wechselwirkung des statischen Magnetfelds und der zur Erzeugung des gewünschten Feldes in der Gradientenspule fließenden elektrischen Ströme wirken. Während die resultierende Netto-Radialkraft auf die Gradientenspulenordnung Null sein kann, kann jede Hälfte des Gradientenspulenzyllinders eine große Radialkraft erfahren. Diese Radialkräfte resultieren in Vibrationen jeder Hälfte des Gradientenspulenzyllinders, was zur Anregung einiger akustischer Modi (z. B. Fischmodus, Bananenmodus, etc.) führen kann. Zusätzlich kann die Vibration der Gradientenspulenordnung zu einem Heliumabdampf in dem Magnetkryostat führen.

[0006] Es wäre wünschenswert ein System und eine Vorrichtung zum Ausgleich der Radialkräfte in einer

Gradientenspule zu schaffen, um Vibration und akustischen Lärm zu reduzieren.

KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0007] Gemäß einer Ausführungsform enthält eine Gradientenspulenvorrichtung für ein Magnetresonanz(MR)-Bildgebungssystem eine innere Gradientenspulenanordnung, eine äußere Gradientenspulenanordnung, die um die innere Gradientenspulenanordnung herum angeordnet ist und eine Außenfläche aufweist, und eine Aktivkraftausgleichsspule, die um die Außenfläche der äußeren Gradientenspulenanordnung herum angeordnet ist.

[0008] Gemäß einer weiteren Ausführungsform enthält eine Gradientenspulenvorrichtung für ein Magnetresonanz(MR)-Bildgebungssystem eine innere Gradientenspulenanordnung, eine äußere Gradientenspulenanordnung, die um die innere Gradientenspulenanordnung herum angeordnet ist und eine Außenfläche, ein erstes und ein zweites Ende aufweist, ein erstes passives leitendes Band, das um das erste Ende der äußeren Gradientenspulenanordnung herum angeordnet ist, und ein zweites passives leitendes Band, das um das zweite Ende der äußeren Gradientenspulenanordnung herum angeordnet ist.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0009] Die Erfindung wird anhand der folgenden Beschreibung besser verstanden, die in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen gelesen wird, in denen gleiche Bezugszeichen gleiche Teile bezeichnen und in denen zeigen:

[0010] [Fig. 1](#) ein schematisches Blockdiagramm eines beispielhaften Magnetresonanz(MR)-Bildgebungssystems gemäß einer Ausführungsform;

[0011] [Fig. 2](#) eine schematische Seitenansicht einer Resonanzanordnung gemäß einer Ausführungsform;

[0012] [Fig. 3](#) eine schematische seitliche Querschnittsansicht einer abgeschirmten Gradientenspulenanordnung gemäß einer Ausführungsform; und

[0013] [Fig. 4](#) eine schematische seitliche Querschnittsansicht einer abgeschirmten Gradientenspulenanordnung gemäß einer Ausführungsform.

DETAILIERTE BESCHREIBUNG

[0014] [Fig. 1](#) zeigt ein schematisches Blockdiagramm eines beispielhaften Magnetresonanz(MR)-Bildgebungssystems gemäß einer Ausführungsform. Der Betrieb des MR-Bildgebungssystems **10** wird von einer Bedienerkonsole **12** aus gesteuert, die eine Tastatur oder eine andere Eingabereinrichtung **13**, ein Steuerfeld **14** und eine Anzeige **16** umfasst. Die Kon-

sole **12** kommuniziert über eine Verbindung **18** mit einem Computersystem **20** und stellt eine Schnittstelle für einen Bediener bereit, um MR-Bildgebungsscans vorzuschreiben, die resultierenden Bilder anzuzeigen, eine Bildbearbeitung an den Bildern vorzunehmen, sowie Daten und Bilder zu archivieren. Das Computersystem **20** umfasst eine Anzahl von Modulen, die über elektrische und/oder Datenverbindungen miteinander kommunizieren, wie sie beispielsweise durch Verwendung einer Bus-Leiterplatte **20a** bereitgestellt werden. Die Datenverbindungen können direktverdrahtete Verbindungen oder Glasfaserverbindungen oder drahtlose Kommunikationsverbindungen oder dergleichen sein. Die Module des Computersystems **20** umfassen ein Bildprozessormodul **22**, ein CPU-Modul **24** und ein Speichermodul **26**, welche einen Bildspeicher zum Speichern von Bilddatenarrays umfassen kann. In einer alternativen Ausführungsform kann das Bildprozessormodul **22** durch eine Bildverarbeitungsfunktionalität des CPU-Moduls **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 Eingabereinrichtung **13** kann eine Maus, einen Joystick, eine Tastatur, einen Trackball, einen berührungsaktivierten Bildschirm, einen Stiftscanner, eine Sprachsteuerung oder irgendeine ähnliche oder gleichwertige Eingabereinrichtung aufweisen und kann zur interaktiven Geometrievorschrift verwendet werden.

[0015] Der Systemsteuerungscomputer **32** umfasst eine Gruppe von über elektrische und/oder Datenverbindungen **32a** miteinander kommunizierenden Modulen. Die Datenverbindungen **32a** können direktverdrahtete Verbindungen oder Glasfaserverbindungen oder drahtlose Kommunikationsverbindungen oder dergleichen sein. In alternativen Ausführungsformen können die Module des Computersystems **20** und des Systemsteuerungscomputers **32** in demselben Computersystem oder einer Mehrzahl von Computersystemen implementiert sein. Die Module des Systemsteuerungscomputers **32** umfassen ein CPU-Modul **36** und ein Pulsgeneratormodul **38**, welches über eine Kommunikationsverbindung **40** mit der Bedienerkonsole **12** verbunden ist. Das Pulsgeneratormodul **38** kann alternativ in der Scannerausrüstung (beispielsweise der Resonanzanordnung **52**) integriert sein. Durch die Verbindung **40** erhält der Systemsteuerungscomputer **32** Anweisungen von dem Bediener, um die gerade Scannsequenz, die ausgeführt werden soll, anzugeben. Das Pulsgeneratormodul **38** betätigt die Systemkomponenten, die die gewünschte Pulssequenz ausspielen (d. h. ausführen), durch Senden von Anweisungen, Befehlen und/oder Anforderungen, welche die Zeitabfolge, Stärke und Form der zu produzierenden HF-Pulse und Pulsse-

quenzen und die Zeitabfolge und Länge des Datenakquisitionsfensters beschreiben. Das Pulsgeneratormodul **38** ist mit einem Gradientenverstärkersystem **42** verbunden und erzeugt als Gradientenwellenformen genannte Daten, welche den Zeitablauf und die Form der Gradientenimpulse, welche während des Scanns verwendet werden sollen, steuern. Das Pulsgeneratormodul **38** kann auch Patientendaten von einer physiologischen Akquisitionssteuerung **44** empfangen, die Signale von einer Anzahl unterschiedlicher Sensoren, die an den Patienten angeschlossen sind, wie bspw. EKG-Signale von an den Patienten angeschlossenen Elektroden, erhält. Das Pulsgeneratormodul **38** ist mit einer Scannraum-Schnittstellenschaltung **46** verbunden, welche Signale von verschiedenen mit dem Zustand des Patienten und des Magnetsystems verbundenen Sensoren erhält. Durch die Scannraum-Schnittstellenschaltung **46** erhält gerade ein Patientenpositionierungssystem **48** Befehle, um den Patiententisch zu der gewünschten Position für den Scann zu bewegen.

[0016] Die durch das Pulsgeneratormodul **38** erzeugten Gradientenwellenformen werden dem Gradientenverstärkersystem **42** zugeführt, das aus G_x -, G_y - und G_z -Verstärkern zusammengesetzt ist. Jeder Gradientenverstärker regt eine zugehörige physikalische Gradientenspule in einer Gradientenspulenordnung, die allgemein mit **50** bezeichnet ist, an, um die Magnetfeldgradientenpulse, die zum räumlichen Codieren akquirierter Signale verwendet werden, zu erzeugen. Die Gradientenspulenordnung **50** bildet einen 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 parallele Bildgebungsspulen **76** oder beides umfassen. Die Spulen **56**, **76** der HF-Spulenordnung können sowohl zum Senden als auch zum Empfangen oder nur zum Senden oder nur zum Empfangen konfiguriert sein. Ein Patient oder ein Bildgebungsobjekt **70** kann in einem zylindrischen Patientenbildgebungsvolumen **72** der Resonanzanordnung **52** positioniert werden. Ein Sende-/Empfangsmodul **58** in dem Systemsteuerungscomputer **32** erzeugt Impulse, welche durch einen HF-Verstärker **60** verstärkt werden und über einen Sende-/Empfangsschalter **62** in die HF-Spulen **56**, **76** eingekoppelt werden. Die resultierenden Signale, die durch die im Patienten angeregten Kerne emittiert werden, können durch die gleiche HF-Spule **56** erfasst werden und durch den Sende-/Empfangsschalter **62** an einen Vorverstärker **64** angekoppelt werden. Die durch die angeregten Kerne emittierten Signale können alternativ durch gesonderte Empfangsspulen, wie bspw. parallele Spulen oder Oberflächenspulen **76**, erfasst werden. Die verstärkten MR-Signale werden demoduliert, gefiltert und in dem Empfängerabschnitt des Sende-/Empfangsmodul **58** digitalisiert. Der Sende-/Empfangsschalter **62**

wird durch ein Signal von dem Pulsgeneratormodul **38** gesteuert, um den HF-Verstärker **60** mit der HF-Spule **56** während des Sendemodus elektrisch zu verbinden und um den Vorverstärker **64** mit der HF-Spule **56** während des Empfangsmodus zu verbinden. Der Sende-/Empfangsschalter **62** kann auch ermöglichen, dass eine gesonderte HF-Spule (z. B. eine parallele oder Oberflächenspule **76**) entweder im Sende- oder im Empfangsmodus verwendet werden kann.

[0017] Die durch die HF-Spule **56** oder die Parallel- oder Oberflächenspule **76** erfassten MR-Signale werden durch das Sende-/Empfangsmodul **58** digitalisiert und zu einem Speichermodul **66** in dem Systemsteuerungscomputer **32** übertragen. Typischerweise werden den MR-Signalen entsprechende Datenframes zeitweise in dem Speichermodul **66** gespeichert, bis sie nachfolgend zur Erzeugung von Bildern umgesetzt werden. Ein Arrayprozessor **68** verwendet eine bekannte Transformationsmethode, meistens eine Fouriertransformation, um Bilder aus den MR-Signalen zu erzeugen. Diese Bilder werden über die Verbindung **34** zu dem Computersystem **20** übertragen, wo sie in einem Speicher gespeichert werden. In Reaktion auf von der Bedienerkonsole **12** erhaltene Befehle können diese Bilddaten in Langzeitspeichern archiviert werden oder durch den Bildprozessor **22** weiter verarbeitet und zu der Bedienerkonsole **12** übermittelt sowie auf dem Bildschirm **16** angezeigt werden.

[0018] [Fig. 2](#) zeigt eine schematische Seitenansicht einer Resonanzanordnung gemäß einer Ausführungsform. Die Resonanzanordnung **200** kann in einem MR-Bildgebungssystem, wie z. B. dem in [Fig. 1](#) gezeigten MR-Bildgebungssystem **10** verwendet werden. Die Resonanzanordnung **200** weist eine zylindrische Gestalt auf und enthält, unter anderen Elementen, einen supraleitenden Magneten **202**, eine Gradientenspulenordnung **204** und eine HF-Spule **206**. Verschiedene weitere Elemente, wie z. B. Abdeckungen, Halterungen, Aufhängungselemente, Endkappen, Klammern, etc. sind aus Gründen der Übersichtlichkeit aus [Fig. 2](#) weggelassen worden. Ein zylindrisches Patientenvolumen oder eine zylindrische Patientenöffnung **208** ist von einem Patientenöffnungsrohr **210** umgeben. Die HF-Spule **206** ist zylindrisch und rings um eine Außenfläche des Patientenöffnungsrohrs angeordnet und im Inneren der zylindrischen Gradientenspulenordnung **204** montiert. Die Gradientenspulenordnung **204** ist rings um die HF-Spule **206** in einer beabstandeten coaxialen Beziehung angeordnet, und die Gradientenspulenordnung **204** umgibt die HF-Spule **206** längs des Umfangs. Die Gradientenspulenordnung **204** ist innerhalb einer Warmbohrung **250** des Magneten **202** montiert und ist längs des Umfangs von dem Magneten **202** umgeben.

[0019] Ein Patient oder Bildgebungsobjekt **212** kann in die Resonanzanordnung **200** entlang einer Mittelachse **214** (beispielsweise einer z-Achse) auf einem Patiententisch oder einer Patientenliege eingebracht werden. Der Patiententisch oder die Patientenliege **216** wird in die Resonanzanordnung an einem „Patientenende“ **242** der Resonanzanordnung eingebracht und das gegenüberliegende Ende ist ein „Wartungsende“ **240**. Die Mittelachse **214** ist entlang der Rohrachse der Resonanzanordnung **200** parallel zu der Richtung des Hauptmagnetfeldes B_0 ausgerichtet, das von dem Magneten **202** erzeugt wird. Die HF-Spule **206** kann verwendet werden, um einen Hochfrequenzimpuls (oder mehrere Hochfrequenzimpulse) auf einen Patienten oder ein Objekt **212** anzuwenden und kann verwendet werden, um MR-Informationen von dem Objekt **212** zurück zu erhalten, wie dies auf dem Gebiet der MR-Bildgebung wohl bekannt. Die Gradientenspulenordnung **204** erzeugt zeitabhängige magnetische Gradientenimpulse, die verwendet werden, um in bekannter Weise Punkte in dem Bildgebungsvolumen räumlich zu kodieren.

[0020] Der supraleitende Magnet **202** kann beispielsweise mehrere radial ausgerichtete und voneinander longitudinal beabstandete supraleitende Spulen **218** enthalten, wobei jede in der Lage ist, einen hohen Strom zu führen. Die supraleitenden Spulen **218** sind ausgelegt, um ein magnetisches Feld B_0 innerhalb des Patientenvolumens **208** zu erzeugen. Die supraleitenden Spulen **218** sind in einer kryogenen Umgebung innerhalb einer Kryogen-Ummantelung **222** eingeschlossen. Die kryogene Umgebung ist ausgelegt, um die Temperatur der supraleitenden Spulen **218** unter einer geeigneten kritischen Temperatur so zu halten, so dass die supraleitenden Spulen **218** sich in einem supraleitenden Zustand mit einem Nullwiderstand befinden. Die Kryogen-Ummantelung **222** kann beispielsweise ein (nicht gezeigtes) Heliumgefäß und (nicht gezeigte) Wärme- oder Kälteabschirmungen zum Aufnehmen und Kühlen von Magnetwindungen auf bekannte Weise aufweisen. Der supraleitende Magnet **202** ist von einem Magnetgefäß **220**, z. B. einem Kryostatgefäß umschlossen. Das Magnetgefäß **220** ist eingerichtet, um ein Vakuum aufrechtzuerhalten und um Wärme daran zu hindern, zu der Kryogen-Ummantelung **222** übertragen zu werden. Eine Warmbohrung **250** ist durch eine innere zylindrische Fläche des Magnetgefäßes **220** definiert.

[0021] Die Gradientenspulenordnung **204** ist eine selbstabschirmte Gradientenspulenordnung. Die Gradientenspulenordnung **204** weist eine zylindrische innere Gradientenspulenordnung oder -wicklung **224** und eine zylindrische äußere Gradientenspulenordnung oder -wicklung **226** auf, die in einer konzentrischen Anordnung bezüglich einer gemeinsamen Achse **214** angeordnet sind. Die innere Gradientenspulenordnung **224** enthält innere (oder

Haupt-) X-, Y- und Z-Gradientenspulen, und die äußere Gradientenspulenordnung **226** enthält die jeweiligen äußeren (oder Abschirm-) X-, Y- und Z-Gradientenspulen. Die Spulen der Gradientenspulenordnung **204** können aktiviert werden, indem ein elektrischer Strom durch die Spulen geleitet wird, um, wie bei der MR-Bildgebung erforderlich, ein Gradientenfeld in dem Patientenvolumen **208** zu erzeugen. Ein Volumen **238** oder Raum zwischen der inneren Gradientenspulenordnung **224** und der äußeren Gradientenspulenordnung **226** kann mit einem Bindematerial, z. B. Epoxidharz, viskoelastischen Harz, Polyurethan, etc. gefüllt sein. Alternativ kann ein Epoxidharz mit einem Füllmaterial, wie z. B. Glasperlen, Siliziumoxid und Aluminiumoxid, als Bindematerial verwendet werden. Es sollte verstanden werden, dass andere Magnet- oder Gradiententopologien als die mit Bezugnahme auf [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) vorstehend beschriebenen zylindrischen Anordnungen verwendet werden können. Beispielsweise kann eine flache Gradientengeometrie in einem geteilt offenen MR-Bildgebungssystem auch Ausführungsformen der Erfindung verwenden, wie nachstehend beschrieben.

[0022] Eine Anordnung oder Vorrichtung, die eingerichtet ist, um Radialkräfte an einem ersten Ende (oder einer ersten Hälfte) **244** und an einem zweiten Ende (oder einer zweiten Hälfte) **246** der Gradientenspulenordnung **204** auszugleichen, kann in einem Spalt oder Raum **260** zwischen der äußeren Gradientenspulenordnung **226** und der Magnetwarmbohrung **250** und um einen Außenumfang der äußeren Gradientenspulenordnung **226** herum positioniert sein, wie unter Bezugnahme auf die [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) nachstehend detaillierter beschrieben ist. [Fig. 3](#) zeigt eine schematische seitliche Querschnittsansicht einer abgeschirmten Gradientenspulenordnung gemäß einer Ausführungsform. Verschiedene Elemente, wie Halterungen, Aufhängungsglieder, Endkappen, Klammern, etc., sind aus Gründen der Übersichtlichkeit in [Fig. 3](#) weggelassen. Die Gradientenspulenordnung **304** kann in einer Resonanzanordnung eines MR-Bildgebungssystems, wie der in [Fig. 2](#) gezeigten Resonanzanordnung **100**, eingebracht sein.

[0023] Wie vorstehend beschrieben, ist die Gradientenspulenordnung **304** zylindrisch und umgibt ein Patientenvolumen oder eine Patientenöffnung **308**. Die Gradientenspulenordnung **304** weist eine innere Gradientenspulenordnung **324** und eine äußere Gradientenspulenordnung **326** auf. Die innere Gradientenspulenordnung **324** und die äußere Gradientenspulenordnung **326** sind unter Verwendung eines Bindematerials (z. B. Epoxidharz, viskoelastischen Harz, Polyurethan, etc.) in einem Volumen **338** miteinander verbunden. Die Gradientenspulenordnung **304** weist ferner eine Kraftausgleichsschicht auf, die außerhalb eines Außenumfangs der äußeren Gradientenspulenordnung **326** und in ei-

nem Spalt oder Raum **360** zwischen der äußeren Gradientenspulenordnung **326** und der Warmbohrung **350** einer Magnetanordnung **302** positioniert ist. Die Kraftausgleichsschicht ist eingerichtet, um die Radialkräfte an jedem Ende (oder jeder Hälfte) **344**, **346** der Gradientenspulenordnung **304** zu unterdrücken (oder zu annullieren). Der Kraftunterdrückung reduziert die Vibration jedes Endes (oder jeder Hälfte) **344**, **346** der zylindrischen Gradientenspulenordnung **304**. Die Reduktion der Vibration reduziert wiederum den akustischen Lärm, der durch die Gradientenspulenordnung **304** erzeugt wird. Zusätzlich reduziert die Reduktion der Vibration ferner den durch die Vibration verursachten Heliumabdampf in dem (in [Fig. 2](#) gezeigten) Magnetrkryostaten **220**.

[0024] In der in [Fig. 3](#) gezeigten Ausführungsform ist die Kraftausgleichsschicht eine aktive Kraftausgleichsschicht, und sie enthält einen Satz von aktiven Spulenschleifen **352** an einem ersten Ende (oder einer ersten Hälfte) **344** der Gradientenspulenordnung **304** und einen Satz von aktiven Spulenschleifen **354** an einem zweiten Ende (oder einer zweiten Hälfte) **346** der Gradientenspulenordnung **304**. Die aktiven Spulenschleifen **352**, **354** sind um einen Außenumfang (oder eine Außenfläche) des Zylinders der äußeren Gradientenspulenordnung **326** herum angeordnet. In einer Ausführungsform sind Schichten eines Isolationsmaterials (z. B. Glas) zwischen einer äußeren Oberfläche der äußeren Gradientenspulenordnung **326** und den aktiven Spulenschleifen **352** und **354** angeordnet. Zusätzlich kann eine Epoxidschicht auf den aktiven Spulenschleifen **352**, **354** auf bekannte Weise aufgebracht sein.

[0025] Der am ersten Ende **344** der Gradientenspulenordnung **304** positionierte Satz von aktiver Spulenschleifen **352** ist eingerichtet, um die im Betrieb der Gradientenspulenordnung **304** und des MR-Systems auf das erste Ende **344** einwirkenden Radialkräfte aufzuheben. Der am zweiten Ende **346** der Gradientenspulenordnung **304** positionierte Satz aktiver Spulenschleifen **354** ist eingerichtet, um die im Betrieb der Gradientenspulenordnung **304** und des MR-Systems auf das zweite Ende **346** einwirkenden Radialkräfte aufzuheben. Der Strom in den aktiven Spulenschleifen **352**, **354** liefert gegensätzlich gerichtete Kräfte, um die Radialkräfte an den entsprechenden Enden **344**, **346** der Gradientenspulenordnung **304** aufzuheben. Die Lage der aktiven Spulenschleifen **352**, **354** und die Anzahl der aktiven Spulenschleifen **352**, **354** (oder Anzahl der Windungen) kann auf einer Reihe von Faktoren basieren, zu denen einschließllich, aber nicht darauf beschränkt, die Kraftverteilung auf der Gradientenspulenordnung **304** (und an den Enden **344**, **346**) und die Gestaltung des Magneten **302** und der Gradientenspulenordnung **304** gehören. Die aktiven Spulenschleifen **352**, **354** können aus einem Material wie Kupfer beschaffen sein.

[0026] In einer Ausführungsform können die aktiven Spulenschleifen **352** und die aktiven Spulenschleifen **354** in Reihe mit den Gradientenspulen der Gradientenspulenordnung **304** verbunden und von einem (in [Fig. 1](#) gezeigten) Gradientenverstärkersystem **42** angesteuert (d. h. mit Strom versorgt) werden. In einer alternativen Ausführungsform können die aktiven Spulenschleifen **352**, **354** separat von den Gradientenspulen der Gradientenspulenordnung **304** angesteuert werden. Beispielsweise kann ein gesonderter Anschluss von dem (in [Fig. 1](#) gezeigten) Gradientenverstärkersystem **42** mit den aktiven Spulenschleifen **352**, **354** verbunden sein.

[0027] [Fig. 4](#) zeigt eine schematische seitliche Querschnittsansicht einer abgeschirmten Gradientenspulenordnung gemäß einer alternativen Ausführungsform. Verschiedene Elemente, wie beispielsweise Halterungen, Aufhängungsglieder, Endkappen, Klammern, etc., sind aus Gründen der Übersichtlichkeit in [Fig. 4](#) weggelassen. Die Gradientenspulenordnung **404** kann in eine Resonanzanordnung eines MR-Bildgebungssystems, wie z. B. die in [Fig. 2](#) gezeigte Resonanzanordnung **100**, eingebracht werden. Wie voranstehend beschrieben, ist die Gradientenspulenordnung **404** zylindrisch, und sie umgibt ein Patientenvolumen oder eine Patientenöffnung **408**. Die Gradientenspulenordnung **404** enthält eine innere Gradientenspulenordnung **424** und eine äußere Gradientenspulenordnung **426**. Die innere Gradientenspulenordnung **424** und die äußere Gradientenspulenordnung **426** sind unter Verwendung eines Bindematerials in einem Volumen **438** miteinander verbunden. Die Gradientenspulenordnung **404** enthält ferner eine Kraftausgleichsschicht, die außerhalb eines Außenumfangs der äußeren Gradientenspulenordnung **426** und in einem Spalt oder Raum **460** zwischen der äußeren Gradientenspulenordnung **426** und der Warmbohrung **450** einer Magnetanordnung **402** positioniert ist. Die Kraftausgleichsschicht ist eingerichtet, um die Radialkräfte an jedem Ende (oder jeder Hälfte) **444**, **446** der Gradientenspulenordnung **404** zu unterdrücken (oder zu annullieren).

[0028] In der in [Fig. 4](#) gezeigten Ausführungsform ist die Kraftausgleichsschicht eine passive Kraftausgleichsschicht, und sie enthält ein passives leitendes Band **470** an einem ersten Ende (oder einer ersten Hälfte) **444** der Gradientenspulenordnung **404** und ein passives leitendes Band **472** an einem zweiten Ende (oder einer zweiten Hälfte) **446** der Gradientenspulenordnung **404**. Die passiven leitenden Bänder **470**, **472** sind um einen Außenumfang (oder eine äußere Oberfläche) des Zylinders der äußeren Gradientenspulenordnung **426** herum angeordnet. In einer Ausführungsform sind Schichten eines Isolationsmaterials (z. B. Glas) zwischen einer äußeren Oberfläche der äußeren Gradientenspulenordnung **426** und den passiven leitenden Bändern **470**, **472** ange-

ordnet. Zusätzlich kann eine Epoxidschicht auf den passiven leitenden Bändern **470**, **472** auf bekannte Weise aufgebracht werden.

[0029] Das am ersten Ende **444** der Gradientenspulenordnung **404** positionierte passive leitende Band **470** ist eingerichtet, um die im Betrieb der Gradientenspulenordnung **404** und des MR-Systems auf das erste Ende **444** einwirkenden Radialkräfte aufzuheben. Das am zweiten Ende **446** der Gradientenspulenordnung **404** positionierte passive leitende Band **472** ist eingerichtet, um die im Betrieb der Gradientenspulenordnung **404** und des MR-Systems auf das zweite Ende **446** einwirkenden Radialkräfte aufzuheben. In den passiven leitenden Bändern **470**, **472** induzierter Strom liefert die erforderlichen gegensätzlich gerichteten Kräfte, um die Radialkräfte an den entsprechenden Enden **444**, **446** der Gradientenspulenordnung **404** aufzuheben. Die Lage der passiven leitenden Bänder **470**, **472** und die Größe und Abmessungen der passiven leitenden Bänder **470**, **472** kann auf einer Reihe von Faktoren basieren, zu denen einschließlich, aber nicht darauf beschränkt, die Kraftverteilung auf der Gradientenspulenordnung **404** (und an den Enden **444**, **446**) und die Gestaltung des Magneten **402** und der Gradientenspulenordnung **404** gehören. In einer Ausführungsform sind die passiven leitenden Bänder **470**, **472** an einer Stelle eines starken Streufeldes positioniert. Vorzugsweise sind die passiven leitenden Bänder aus Kupfer hergestellt.

[0030] Diese schriftliche Beschreibung nutzt Beispiele, um die Erfindung, einschließlich ihrer besten Ausführungsart, zu offenbaren und auch um es jedem Fachmann zu ermöglichen, die Erfindung herzustellen und zu verwenden. Der patentierbare Umfang der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert und kann weitere Beispiele umfassen, die Fachleuten auf dem Gebiet einfallen. Derartige weitere Beispiele sollen innerhalb des Schutzzumfangs der Ansprüche liegen, wenn sie Strukturelemente aufweisen, die sich von dem Wortsinn der Ansprüche nicht unterscheiden, oder wenn sie äquivalente Strukturelemente mit unwesentlichen Unterschieden gegenüber dem Wortsinn der Ansprüche enthalten. Die Reihenfolge und Sequenz eines jeden Prozesses oder Verfahrens kann gemäß alternativer Ausführungsformen verändert oder neu geordnet werden.

[0031] Viele weitere Änderungen und Modifikationen können an der vorliegenden Erfindung durchgeführt werden, ohne ihren Rahmen zu verlassen. Der Umfang dieser und anderer Änderungen wird aus den beigefügten Ansprüchen offensichtlich.

[0032] Eine Gradientenspulenordnung **304**, **404** für ein Magnetresonanz(MR)-Bildgebungssystem weist eine innere Gradientenspulenordnung **324**, **424** und eine rings um die innere Gradientenspulen-

ordnung angeordnete äußere Gradientenspulenordnung **326**, **426** auf. Die äußere Gradientenspulenordnung weist eine Außenfläche, ein erstes Ende **344**, **444** und ein zweites Ende **346**, **446** auf. Die Gradientenspulenordnung weist ferner eine Kraftausgleichsvorrichtung auf, die rings um die Außenfläche der äußeren Gradientenspulenordnung angeordnet ist. In einer Ausführungsform weist die Kraftausgleichsvorrichtung eine aktive Kraftausgleichsspule **352**, **354** auf, die rings um die Außenfläche der äußeren Gradientenspulenordnung angeordnet ist. In einer anderen Ausführungsform enthält die Kraftausgleichsvorrichtung ein erstes passives leitendes Band **470**, das rings um das erste Ende **444** der äußeren Gradientenspulenordnung angeordnet ist, und ein zweites passives leitendes Band **472**, das rings um das zweite Ende **444** der äußeren Gradientenspulenordnung angeordnet ist.

Bezugszeichenliste

Fig. 1

10	MR-Bildgebungssystem
12	Bedienerkonsole
13	Eingabevorrichtung
14	Steuerungsfeld
16	Anzeige
18	Verbindung
20	Computersystem
20a	Bus-Leiterplatte
22	Bildprozessor
24	CPU-Modul
26	Speichermodule
32	Systemsteuerungscomputer
32a	Datenverbindungen
34	Verbindung
36	CPU-Modul
38	Pulsgeneratormodul
40	Kommunikationsverbindung
42	Gradientenverstärkersystem
44	Physiologische Akquisitionssteuerungsvorrichtung
46	Scannraumschnittstellenschaltkreis
48	Patientenpositionierungssystem
50	Gradientenspulenordnung
52	Resonanzanordnung
54	Superleitender Magnet
56	HF-Spule
58	Sende-/Empfangsmodul
60	HF-Verstärker
62	Sende/Empfangs-Schalter
64	Vorverstärker
66	Speichermodule
68	Arrayprozessor
70	Patient oder Bildgebungsobject
72	Zylindrisches Patientenbildgebungsvolumen
76	Oberflächen- oder parallele Bildgebungsspulen

Fig. 2

200	Resonanzanordnung
202	Supraleitender Magnet
204	Gradientenspulenordnung
206	HF-Spule
208	Patientenvolumen oder -öffnung
210	Patientenöffnungsrohr
212	Patient oder Bildgebungsobjekt
214	Mittelachse
216	Patiententisch oder -liege
218	Supraleitende Spulen
220	Magnetbehälter
222	Kryogen-Ummantelung
224	Innere Gradientenspulenordnung
226	Äußere Gradientenspulenordnung
238	Volumen zwischen der inneren und der äußeren Gradientenspulenordnung
240	Wartungsende der Resonanzanordnung
242	Patientenende der Resonanzanordnung
244	Erstes Ende (oder erste Hälfte) der Gradientenspulenordnung
246	Zweites Ende (oder zweite Hälfte) der Gradientenspulenordnung
250	Warmbohrung
260	Spalt oder Zwischenraum zwischen der äußeren Gradientenspulenordnung und der Warmbohrung

Fig. 3

302	Magnetanordnung
304	Gradientenspulenordnung
308	Patientenvolumen oder -öffnung
324	Innere Gradientenspulenordnung
326	Äußere Gradientenspulenordnung
338	Volumen zwischen der inneren und der äußeren Gradientenspulenordnung
344	Erstes Ende (oder erste Hälfte) der Gradientenspulenordnung
346	Zweites Ende (oder zweite Hälfte) der Gradientenspulenordnung
350	Warmbohrung
352	Satz aktiver Spulenschleifen
354	Satz aktiver Spulenschleifen
360	Spalt oder Zwischenraum zwischen der äußeren Gradientenspulenordnung und der Warmbohrung

Fig. 4

402	Magnetanordnung
404	Gradientenspulenordnung
408	Patientenvolumen oder -öffnung
424	Innere Gradientenspulenordnung
426	Äußere Gradientenspulenordnung
438	Volumen zwischen der inneren und der äußeren Gradientenspulenordnung
444	Erstes Ende (oder erste Hälfte) der Gradientenspulenordnung

446	Zweites Ende (oder zweite Hälfte) der Gradientenspulenordnung
450	Warmbohrung
460	Spalt oder Zwischenraum zwischen der äußeren Gradientenspulenordnung und der Warmbohrung
470	Passives leitendes Band
472	Passives leitendes Band

Patentansprüche

1. Gradientenspulenvorrichtung (**304**) für ein Magnetresonanz(MR)-Bildgebungssystem, wobei die Gradientenspulenvorrichtung aufweist: eine innere Gradientenspulenordnung (**324**); eine äußere Gradientenspulenordnung (**326**), die um die innere Gradientenspulenordnung herum angeordnet ist und einer Außenfläche aufweist; und Aktivkraftausgleichsspule (**352**, **354**), die um die Außenfläche der äußeren Gradientenspulenordnung angeordnet ist.

2. Gradientenspulenvorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die Aktivkraftausgleichsspule (**352**, **354**) eingerichtet ist, um eine auf die innere (**324**) und die äußere (**326**) Gradientenspulenordnung wirkende Radialkraft aufzuheben.

3. Gradientenspulenvorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Aktivkraftausgleichsspule (**352**, **354**) aus einem leitenden Material besteht.

4. Gradientenspulenvorrichtung gemäß Anspruch 2 oder 3, wobei eine Position der Aktivkraftausgleichsspule (**352**, **354**) auf der Außenfläche der äußeren Gradientenspulenordnung von der Kraftverteilung auf der inneren und der äußeren Gradientenspulenordnung abhängt.

5. Gradientenspulenvorrichtung gemäß irgendeines der Ansprüche 1–4, wobei die äußere Gradientenspulenordnung (**326**) ferner ein erstes Ende (**344**) und ein zweites Ende (**346**) aufweist und die Aktivkraftausgleichsspule eine erste Aktivkraftausgleichsspule (**352**) aufweist, die um das erste Ende der äußeren Gradientenspulenordnung angeordnet ist und eine zweite Aktivkraftausgleichsspule (**354**) aufweist, die um das zweite Ende der äußeren Gradientenspulenordnung angeordnet ist.

6. Gradientenspulenvorrichtung gemäß Anspruch 5, wobei die erste Aktivkraftausgleichsspule (**352**) eingerichtet ist, um eine Radialkraft aufzuheben, die auf das erste Ende (**344**) der äußeren Gradientenspulenordnung wirkt.

7. Gradientenspulenvorrichtung gemäß Anspruch 5 oder 6, wobei die zweite Aktivkraftausgleichsspule (**354**) eingerichtet ist, um eine Radialkraft aufzuheben.

ben, die auf das zweite Ende (346) der äußeren Gradientenspulenordnung wirkt.

8. Gradientenspulen Vorrichtung (404) für ein Magnetresonanztomographie(MRT)-System, wobei die Gradientenspulen Vorrichtung aufweist:
innere Gradientenspulenordnung (424);
um die innere Gradientenspulenordnung angeordnete äußere Gradientenspulenordnung (426) mit einer Außenfläche, einem ersten Ende (444) und einem zweiten Ende (446);
erstes passives Leiterband (470), das um das erste Ende (444) der äußeren Gradientenspulenordnung angeordnet ist; und
zweites passives Leiterband (472), das um das zweite Ende (446) der äußeren Gradientenspulenordnung angeordnet ist.

9. Gradientenspulen Vorrichtung gemäß Anspruch 8, wobei das erste passive Leiterband (470) eingerichtet ist, um eine Radialkraft aufzuheben, die auf das erste Ende (444) der äußeren Gradientenspulenordnung wirkt.

10. Gradientenspulen Vorrichtung gemäß Anspruch 8 oder 9, wobei das zweite passive Leiterband (472) eingerichtet ist, um eine Radialkraft aufzuheben, die auf das zweite Ende (446) der äußeren Gradientenspulenordnung wirkt.

11. Gradientenspulenordnung gemäß eines beliebigen der Ansprüche 8–10, wobei das erste passive Leiterband (470) an einer Position am ersten Ende (444) der äußeren Gradientenspulenordnung angeordnet ist, die ein hohes Leckfeld aufweist.

12. Gradientenspulenordnung gemäß eines beliebigen der Ansprüche 8–11, wobei das zweite passive Leiterband (472) an einer Position am zweiten Ende (446) der äußeren Gradientenspulenordnung angeordnet ist, die ein hohes Leckfeld aufweist.

13. Eine Anordnung gemäß irgendeines der Ansprüche 8–12, wobei das erste passive Leiterband (470) und das zweite passive Leiterband (472) aus Kupfer bestehen.

14. A Anordnung gemäß irgendeines der Ansprüche 8–13, wobei eine Position des ersten passiven Leiterbands (470) von der Kraftverteilung auf dem ersten Ende (444) der äußeren Gradientenspulenordnung abhängt.

15. A Gradientenspulenordnung gemäß irgendeines der Ansprüche 8–14, wobei eine Position des zweiten passiven Leiterbands (472) von der Kraftverteilung auf dem zweiten Ende (446) der äußeren Gradientenspulenordnung abhängt.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

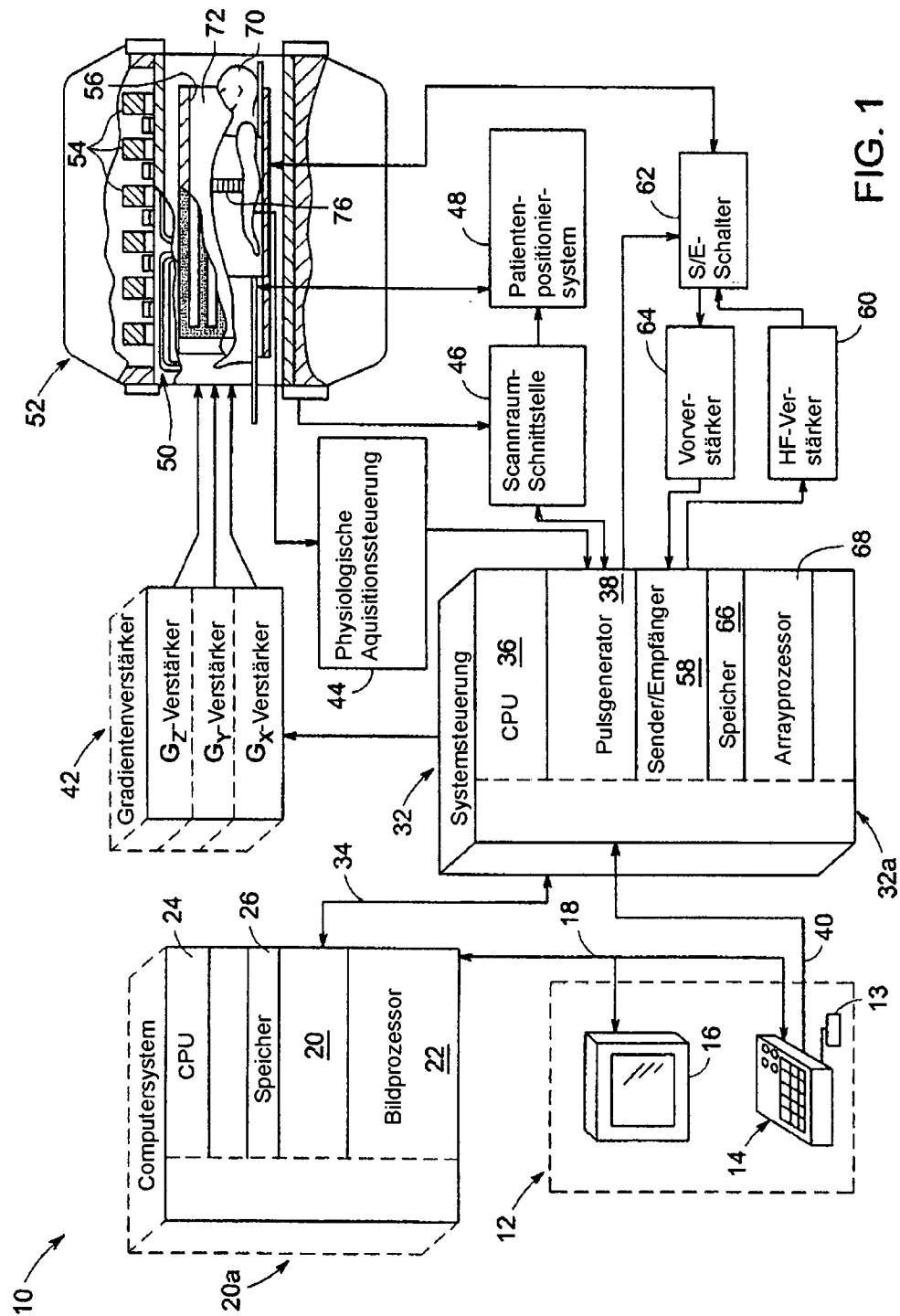


FIG. 1

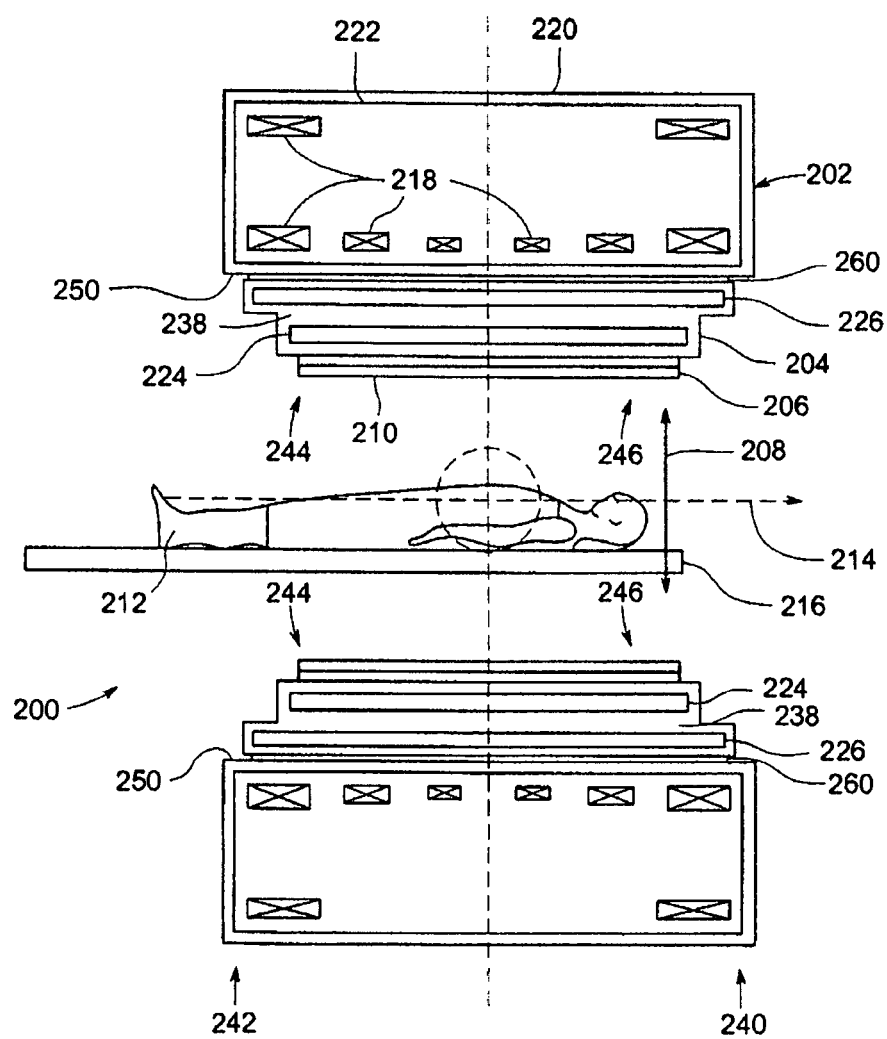


FIG. 2

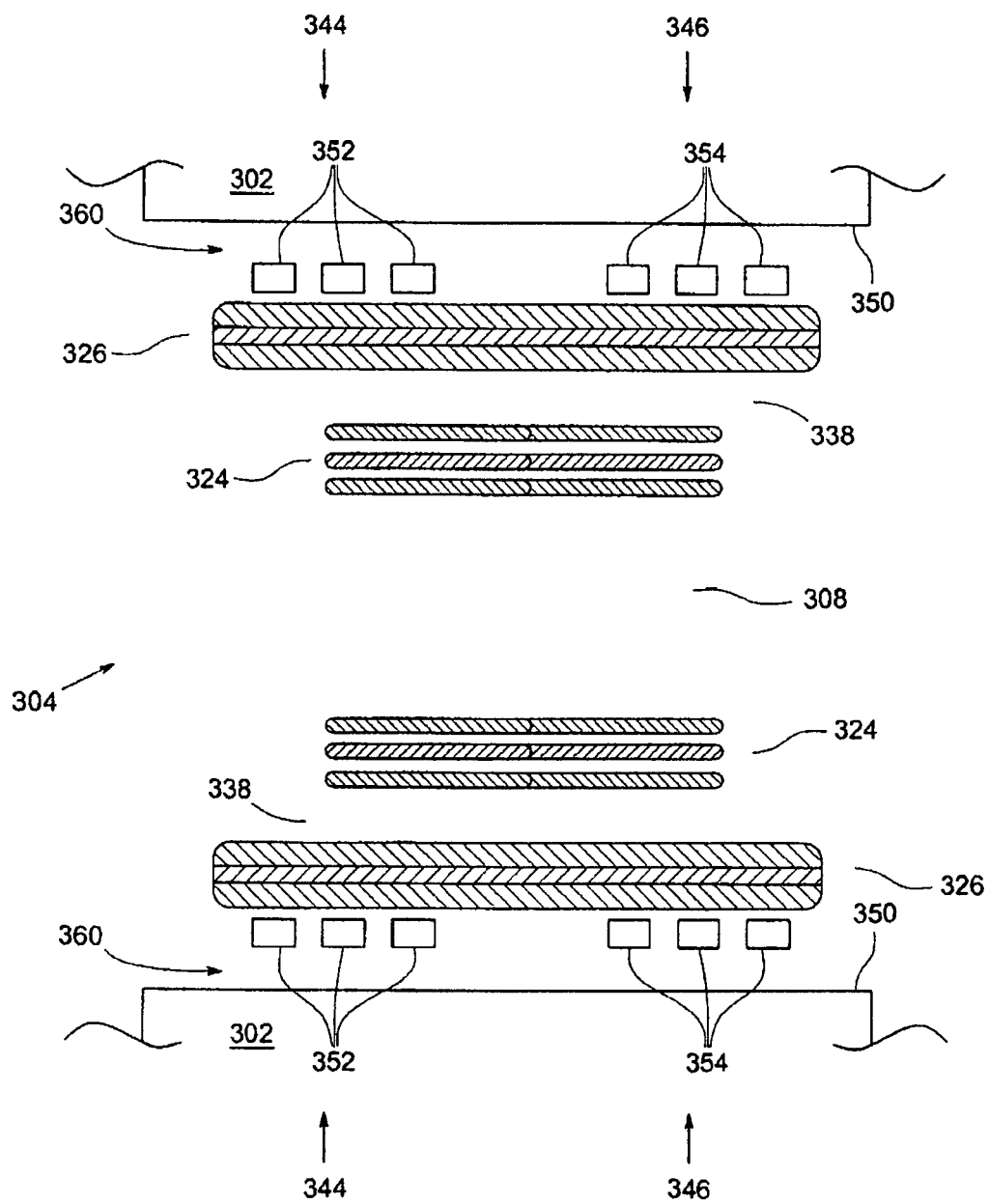


FIG. 3

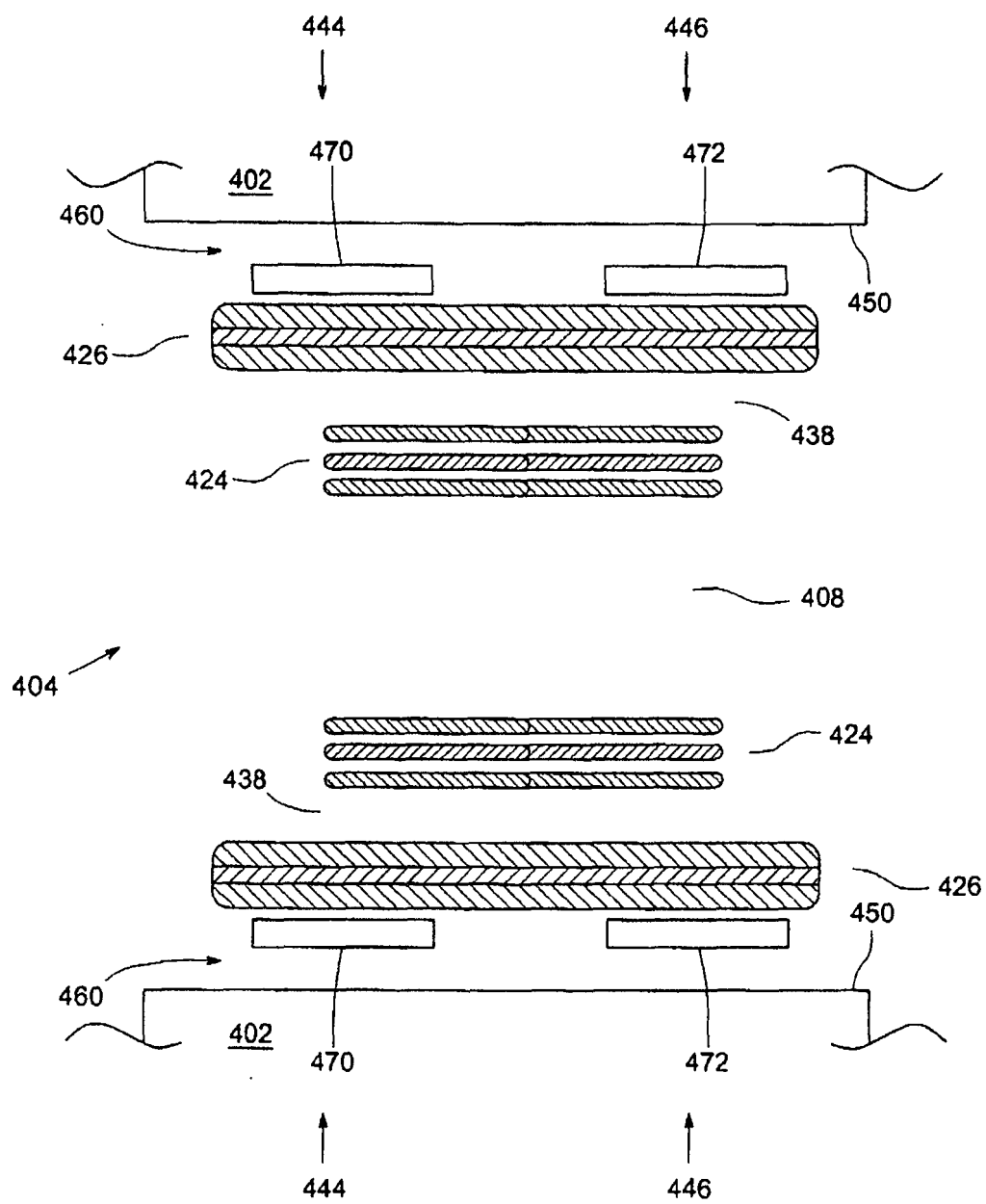


FIG. 4