



(10) **DE 10 2010 037 609 B4** 2019.03.28

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 037 609.4**
 (22) Anmeldetag: **17.09.2010**
 (43) Offenlegungstag: **07.04.2011**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **28.03.2019**

(51) Int Cl.: **G01R 33/3415 (2006.01)**
G01R 33/36 (2006.01)
A61B 5/055 (2006.01)

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

(30) Unionspriorität:
12/565,236 **23.09.2009** **US**

(73) Patentinhaber:
General Electric Company, Schenectady, N.Y., US

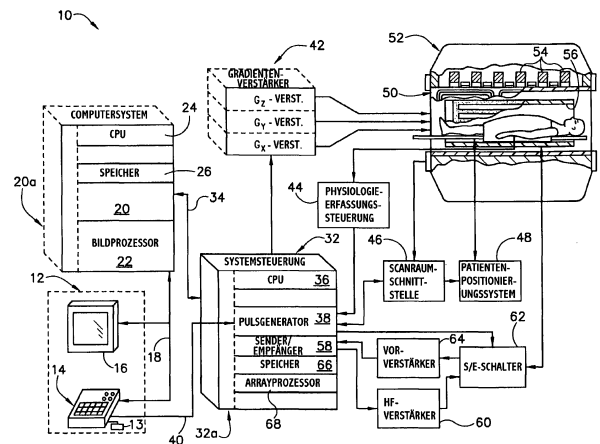
(74) Vertreter:
**Rüger Abel Patent- und Rechtsanwälte, 73728
 Esslingen, DE**

(72) Erfinder:
Iannotti, Joseph Alfred, Niskayuna, N.Y., US;
Gibeau, Maxine Marie, Niskayuna, N.Y., US;
Burdick jun., William Edward, Niskayuna, N.Y., US

(56) Ermittelter Stand der Technik:
DE **103 53 343** **B3**
US **6 496 714** **B1**

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren zum Betreiben einer Magnetresonanzspule**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung (72), aufweisend:
 mehrere Magnetresonanz-(MR)-Spulenelemente (74, 76, 78, 80, 82);
 mehrere spannungsbetätigten Schalter (88, 90, 92, 94, 96), die mit den mehreren MR-Spulenelementen (74, 76, 78, 80, 82) verbunden sind, wobei jeder spannungsbetätigte Schalter (88, 90, 92, 94, 96) dafür konfiguriert ist, selektiv ein entsprechendes MR-Spulenelement (74, 76, 78, 80, 82) zu aktivieren;
 eine Spannungsquelle (86), die dafür konfiguriert ist, eine Spannung an die mehreren spannungsbetätigten Schalter (88, 90, 92, 94, 96) zu liefern;
 eine Steuereinheit (84), die mit der Spannungsquelle (86) verbunden ist; und
 mehrere Übertragungsleitungen (98, 100, 102, 104, 106), die mit den mehreren spannungsbetätigten Schaltern (88, 90, 92, 94, 96) und mit der Steuereinheit (84) verbunden sind, ein Betätigungssignal aus der Spannungsquelle (86) an die mehreren spannungsbetätigten Schalter (88, 90, 92, 94, 96) zu liefern, wobei die mehreren Übertragungsleitungen (98, 100, 102, 104, 106) frei von diskreten widerstandsbehafteten Elementen sind und einen im Wesentlichen gleichmäßigen spezifischen Widerstand dergestalt haben, dass eine Wechselwirkung zwischen den mehreren Übertragungsleitungen (98, 100, 102, 104, 106) und den mehreren MR-Spulenelementen (74, 76, 78, 80, 82) minimiert wird und die Wärmeabfuhr über eine Länge von jeder der mehreren Übertragungsleitungen (98, 100, 102, 104, 106) verteilt wird.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Ausführungsformen der Erfindung betreffen im Wesentlichen ein System und Verfahren zum Betreiben von Magnetresonanz-(MR)-Spulenelementen, und insbesondere ein System und ein Verfahren zum selektiven Aktivieren und Deaktivieren von MR-Spulenelementen.

[0002] Wenn eine Substanz, wie z.B. menschliches Gewebe, einem gleichmäßigen magnetischen Feld (Polarisierungsfeld B_0) ausgesetzt wird, versuchen sich die einzelnen magnetischen Momente der Spins in dem Gewebe zu diesem polarisierenden Feld auszurichten, präzessieren aber in einer zufälligen Ordnung mit ihrer charakteristischen Larmor-Frequenz darum. Wenn die Substanz, oder das Gewebe, einem magnetischen Feld (Anregungsfeld B_1) ausgesetzt wird, welches in der x-y Ebene liegt und sich in der Nähe der Larmor-Frequenz befindet, kann das Nettoausrichtungsmoment oder die „Longitudinalmagnetisierung“ M_z in die x-y Ebene gedreht oder „gekippt“ werden, um ein magnetisches Nettotransversalmoment M_t zu erzeugen. Ein Signal wird von den angeregten Spins emittiert, nachdem das Anregungssignal B_1 beendet ist, und dieses Signal kann empfangen und verarbeitet werden, um ein Bild zu erzeugen.

[0003] Eine MR-Bildgebungsvorrichtung enthält typischerweise eine Anzahl von Sendespulen und eine Anzahl von Empfangsspulen zum Erzeugen und Empfangen der emittierten Signale. Im Wesentlichen sendet die Hochfrequenzsendespule bei der Larmor-Frequenz, was zu einem Echosignal führt, das durch eine Empfangsspule empfangen und digitalisiert und verarbeitet wird, um das Bild unter Anwendung von einer von vielen bekannten Rekonstruktionstechniken zu rekonstruieren. Die Empfangsspule ist auf die Larmor-Frequenz abgestimmt, was es der Empfangsspule ermöglicht, das Echosignal zu empfangen. Da die Empfangsspule auf die Larmor-Frequenz abgestimmt ist, muss die Empfangsspule während der Sendephase verstimmt werden, um die Induktion eines unerwünschten Stroms aus dem gesendeten Magnetfeld in der Empfangsspule zu verhindern.

[0004] Eine Verstimmungsschaltung, die typischerweise eine PIN-Diode enthält, deaktiviert (d.h. verstimmt) die Empfangsspule während des Betriebs der Sendespule. Die PIN-Diode wird durch ein Stromsignal ausgelöst, das über eine Leiterbahn mit hoher Leitfähigkeit (typischerweise Silber oder Kupfer) von einer Treibereinheit an die PIN-Diode gesendet wird. Widerstandsbehaftete Elemente, wie z.B. diskrete Induktoren und/oder Widerstands- und Kondensatornetzwerke, sind typischerweise entlang dem Verlauf der Leiterbahn angeordnet, um die in der Leiterbahn aufgrund der in der MR-Umgebung vorhandenen gro-

ßen magnetischen Felder erzeugten Wärme abzuführen. Jedoch erhöhen widerstandsbehaftete Elemente die Kosten und die Designkomplexität der Verstimmungsschaltungen. Ferner können heiße Stellen an den Stellen entstehen, an denen die diskreten widerstandsbehafteten Elemente auf den Leiterbahnen angeordnet sind, die zu einem vorzeitigen Geräteausfall oder Unbehagen von Patienten führen können.

[0005] Es ist daher wünschenswert, ein System und ein Verfahren zum Aktivieren und Deaktivieren eines MR-Empfängerspulenelementes bereitzustellen, das die durch die diskreten Energievernichtungsverfahren bewirkten „heißen Stellen“ minimiert und die Kosten und die Designkomplexität einer MR-Empfängerspulen Vorrichtung vermindert.

[0006] DE 103 53 343 B3 beschreibt ein Magnetresonanzgerät mit einem auf einem Bezugspotential liegenden Hochfrequenzschirm, einer Verstimmungsschaltung und einer Leitung, die mit der Verstimmungsschaltung verbunden ist. Die Leitung ist als Bandleiter ausgebildet und auf dem Hochfrequenzschirm angeordnet. Der Hochfrequenzschirm ist geerdet und ebenfalls mit der Verstimmungsschaltung verbunden. Über den Bandleiter wird der Verstimmungsschaltung ein Gleichstrom bzw. eine Gleichspannung bereitgestellt.

[0007] Ein Magnetresonanzbildgebungssystem ist außerdem aus US 6,496,714 B1 bekannt. Eine Steuereinheit steuert einen Hochfrequenzmodulator und eine Leistungsquelle, um eine Pulssequenz mit Hochfrequenzpulsen zu erzeugen. Eine Empfangsspule kann ein Magnetresonanzsignal des derart angeregten zu untersuchenden Körpers empfangen und die Information des Magnetresonanzsignals wird mittels einer Demodulationseinheit und einer Verarbeitungseinheit erhalten.

Kurzbeschreibung der Erfindung

[0008] Gemäß einem Aspekt der Erfindung enthält eine Vorrichtung mehrere Magnetresonanz-(MR)-Spulenelemente und mehrere mit den mehreren MR-Spulenelementen verbundene spannungsbetätigte Schalter, wobei jeder spannungsbetätigte Schalter dafür konfiguriert ist, selektiv ein entsprechendes MR-Spulenelement zu aktivieren. Die Vorrichtung enthält auch eine Spannungsquelle, die dafür konfiguriert ist, eine Spannung an die mehreren spannungsbetätigten Schalter zu liefern, eine mit der Spannungsquelle verbundene Steuereinheit und mehrere mit den mehreren spannungsbetätigten Schaltern und mit der Steuereinheit verbundene und dafür konfigurierte Übertragungsleitungen, ein Betätigungssignal aus der Spannungsquelle an die mehreren spannungsbetätigten Schalter zu liefern. Die mehreren Übertragungsleitungen sind frei von diskreten widerstandsbehafteten Elementen und haben im

Wesentlichen einen gleichmäßigen spezifischen Widerstand dergestalt, dass eine Wechselwirkung zwischen den mehreren Übertragungsleitungen und den mehreren MR-Spulenelementen minimiert und die Wärmeableitung über eine Länge von jeder der mehreren Übertragungsleitungen verteilt wird.

[0009] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung enthält ein Magnetresonanz-(MR)-System eine Magnetresonanz-Bildgebungs-(MRI)-Vorrichtung mit mehreren um einen Kern eines Magneten angeordneten Gradientenspulen, um ein polarisierendes Magnetfeld einzuprägen und ein HF-Sender/Empfängersystem und einen von einem Pulsmodul gesteuerten HF-Schalter, um HF-Signale an eine MR-Spulenordnung zum Erfassen von MR-Bildern zu senden. Die MR-Spulenordnung enthält mehrere MR-Empfängerspulen, mehrere mit den mehreren MR-Empfängerspulen verbundene spannungsbetätigte Schalter und eine Spannungsquelle, die dafür konfiguriert ist, eine Spannung an die mehreren spannungsbetätigten Schalter zu liefern. Die MR-Spulenordnung enthält auch einen Treiber, der dafür konfiguriert ist, selektiv die mehreren spannungsbetätigten Schalter über ein Spannungssignal auszuwählen, und mehrere Leiterbahnen mit geringer Leitfähigkeit ohne diskrete Widerstände. Die mehreren Leiterbahnen mit geringer Leitfähigkeit sind mit den mehreren spannungsbetätigten Schaltern und mit dem Treiber verbunden. Die mehreren Leiterbahnen mit geringer Leitfähigkeit sind dafür konfiguriert, das Spannungssignal aus dem Treiber an die mehreren spannungsbetätigten Schalter zu übertragen.

[0010] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung beinhaltet ein Verfahren zum Herstellen einer Vorrichtung die Bereitstellung mehrerer Magnetresonanz-(MR)-Spulenelemente, die Verbindung mehrerer elektrostatischer Schalter mit den mehreren MR-Spulenelementen, eine Konfiguration der mehreren elektrischen Schalter zum selektiven Betätigen der mehreren MR-Spulenelemente, wenn ein Spannungspotential daran angelegt wird, und die Bereitstellung einer Steuereinheit, um die mehreren elektrostatischen Schalter zu betreiben. Das Herstellungsverfahren beinhaltet auch das Verbinden einer Spannungsversorgung mit der Steuereinheit, das Einfügen mehrerer Übertragungsleitungen zwischen der Steuereinheit und den mehreren elektrostatischen Schaltern, und die Konfiguration der mehreren Übertragungsleitungen so, dass sie im Wesentlichen gleichmäßig Energie zwischen der Spannungsquelle und den mehreren elektrostatischen Schaltern ohne diskrete Widerstände abführen, und dass sie die Wärmeabfuhr über eine Länge der jeweiligen mehreren Übertragungsleitungen verteilen.

[0011] Verschiedene weitere Merkmale und Vorteile werden aus der nachstehenden detaillierten Beschreibung und den Zeichnungen ersichtlich.

Figurenliste

[0012] Die Zeichnungen veranschaulichen bevorzugte Ausführungsformen, die derzeit für die Ausführung der Erfindung in Betracht gezogen werden.

[0013] In den Zeichnungen ist:

Fig. 1 eine schematische Blockdarstellung eines MR-Bildgebungssystems, das die Erfindung enthält.

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer MR-Spulenelementvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0014] In **Fig. 1** sind die eine Ausführungsformen der Erfindung verkörpernden Hauptkomponenten eines bevorzugten Magnetresonanz-Bildgebungs-(MRI)-Systems **10** dargestellt. Der Betrieb des Systems wird von einer Bedienerkonsole **12** aus gesteuert, welche eine Tastatur oder andere Eingabevorrichtung **13**, ein Steuerfeld **14** und einen Anzeigebildschirm **16** enthält. Die Konsole **12** kommuniziert über eine Verbindung **18** mit einem getrennten Computersystem **20**, das es einem Bediener ermöglicht, die Erzeugung und Darstellung von Bildern auf dem Anzeigebildschirm **16** zu steuern. Das Computersystem **20** enthält eine Anzahl von Modulen, welche miteinander über eine Rückseitenplatine **20a** kommunizieren. Diese enthalten ein Bildprozessormodul **22**, ein CPU-Modul **24** und ein im Fachgebiet als Frame-Puffer zum Speichern von Bilddatenarrays bekanntes Speichermodul **26**. Das Computersystem **20** kommuniziert über eine serielle Hochgeschwindigkeitsverbindung **34** mit einer getrennten Systemsteuerung **32**. Die Eingabevorrichtung **13** kann eine Maus, einen Joystick, eine Tastatur, einen Track Ball, einen berührungsempfindlichen Bildschirm, eine Lichtwand, eine Sprachsteuerung oder irgendeine ähnliche oder äquivalente Eingabevorrichtung umfassen und kann für eine interaktive Geometrievorschrift genutzt werden.

[0015] Die Systemsteuerung **32** enthält einen Satz von über eine Rückseitenplatine **32a** miteinander verbundenen Modulen. Diese Module enthalten ein CPU-Modul **36** und ein oder mehrere Pulsgeneratormodule **38**, welche mit der Bedienerkonsole **12** über eine serielle Verbindung **40** verbunden ist. Über diese Verbindung **40** empfängt die Systemsteuerung **32** Befehle von dem Bediener, welche die auszuführende Scansequenz anzeigen. Das Pulsgeneratormodul **38** betreibt die Systemkomponenten so, dass sie die gewünschte Scansequenz ausführen und erzeugt Daten, die den Zeitpunkt, die Stärke und die Form der erzeugten Hochfrequenz-(HF)-Pulse und den Zeitpunkt und die Länge des Datenerfassungsfensters angeben. Das Pulsgeneratormodul **38** ist mit einem Satz von Gradientenverstärkern **42** verbunden, um

den Zeitpunkt und die Form der Gradientenimpulse anzuzeigen, die während des Scans zu erzeugt werden. Das Pulsgeneratormodul **38** empfängt auch Patientendaten aus einer Physiologie-Erfassungssteuerung **44**, die Signale von einer Anzahl unterschiedlicher an dem Patienten angebrachten Sensoren, wie z.B. Elektrokardiogramm-(EKG)-Signale aus Elektroden empfängt. Schließlich ist das Pulsgeneratormodul **38** mit einer Scanraum-Schnittstellenschaltung **46** verbunden, welche Signale von verschiedenen Sensoren in Verbindung mit dem Zustand des Patienten und dem MR-Magnetsystem empfängt. Über die Scanraum-Schnittstellenschaltung **46** empfängt ein Patientenpositionierungssystem **48** auch Befehle, um den Patienten in die gewünschte Position für den Scan zu bringen.

[0016] Die von dem Pulsgeneratormodul **38** erzeugten Gradientenwellenformen werden an das G_x -, G_y - und G_z -Verstärker enthaltende Gradientenverstärkersystem **42** angelegt. Jeder Gradientenverstärker erregt eine entsprechende Gradientenspule in einer insgesamt mit 50 bezeichneten Gradientenspulenordnung, um die für die räumliche Codierung verwendeten magnetischen Feldgradienten zu erzeugen. Die Gradientenspulenordnung **50** bildet einen Teil einer Magnetanordnung **52**, welche einen Polarisierungsmagneten **54** und eine Ganzkörper-HF-Spule **56** umfasst. Ein Sender/Empfänger-Modul **58** in der Systemsteuerung **32** erzeugt Pulse, die von einem oder mehreren HF-Verstärkern **60** verstärkt und an die HF-Spule **56** über einen Sende/ Empfangs-Schalter **62** angelegt werden. Die von den angeregten Kernen in dem Patienten ausgestrahlten resultierenden Signale können von derselben HF-Spule **56** erfasst und über den Sende/ Empfangs-Schalter **62** an einen Vorverstärker **64** geliefert werden. Die verstärkten NMR-Signale werden in dem Empfängerabschnitt des Senders/Empfängers **58** demoduliert, gefiltert und digitalisiert. Der Sende/Empfangs-Schalter **62** wird durch ein Signal aus dem Pulsgeneratormodul **38** gesteuert, dass er den HF-Verstärker **60** mit der Spule **56** während des Sendemodus und mit dem Vorverstärker **64** während des Empfangsmodus verbindet. Der Sende/Empfangs-Schalter **62** kann auch eine getrennte HF-Spule **56** (z.B. eine Oberflächenspule) zur Verwendung entweder im Sende- oder Empfangsmodus aktivieren.

[0017] Die von der HF-Spule **56** erfassten MR-Signale werden von dem Sender/Empfänger-Modul **58** digitalisiert und an ein Speichermodul **66** in der Systemsteuerung **32** übertragen. Ein Scan ist vollständig, wenn ein Array von k-Raum-Rohdaten in dem Speichermodul **66** erfasst worden ist. Diese k-Raum-Rohdaten werden neu in getrennten k-Raum-Datenarrays für jedes zu rekonstruierende Bild angeordnet und jedes von diesen wird in einen Array-Prozessor **68** eingegeben, welcher so arbeitet, dass er eine Fourier-Transformation der Daten in ein Array von Bilddaten

ausführt. Diese Bilddaten werden durch die serielle Verbindung **34** zu dem Computersystem **20** transportiert, wo sie in dem Plattenspeicher **111** gespeichert werden. Als Antwort auf von der Bedienerkonsole **12** empfangene Befehle können diese Bilddaten in einem Langzeitspeicher archiviert werden oder können durch den Bildprozessor **22** weiterverarbeitet und an die Bedienerkonsole **12** transportiert und auf dem Anzeigebildschirm **16** dargestellt werden.

[0018] In Fig. 2 ist eine schematische Darstellung einer MR-Spulenordnung **72** gemäß Ausführungsformen der Erfindung dargestellt. Die MR-Spulenordnung **72** enthält eine Anzahl von MR-Empfangsspulenelementen **74**, **76**, **78**, **80**, **82**. Jedes Empfängerelement weist typischerweise mehrere aktive Blockierungsnetzwerke, ein passives Blockierungsnetzwerk, und einen an einem rauscharmen Verstärker angeschlossenen HF-Ausgang auf. Gemäß einem Aspekt der Erfindung enthält die MR-Spulenordnung **72** eine Steuereinheit **84** mit einem Totem-Pol-Feldeffekttransistor-(FET)-Array. Eine Hochspannungsversorgung oder Energiequelle **86**, wie z.B. ein 10V-100V piezoelektrischer Leistungstransformator, ist mit der Steuereinheit **84** verbunden und dafür konfiguriert, eine Steuerleistung daran zu liefern.

[0019] Die MR-Spulenordnung **72** enthält auch einen mit jeder MR-Empfangsspule **74** - **82** verbundenen elektrostatischen oder spannungsbetätigten Schalter **88**, **90**, **92**, **94**, **96**. Gemäß einer Ausführungsform können die Schalter **88** - **96** beispielsweise Galliumnitridschalter, FET-Elemente oder mikroelektromechanische System-(MEMS)-Elemente sein, die auf der Basis eines Spannungspotentials mit wenig oder keinem daran angelegten Strom ein- und ausschalten. Eine Steuereinheit **84** ist dafür konfiguriert, selektiv die Schalter **88** - **96** zu betreiben.

[0020] In Betrieb verwendet die Steuereinheit **84** Transistor-Transistor-Logik-(TTL)-Steuersignale, um die einzelnen MR-Spulenelemente **74** - **82** über elektrostatische Betätigung der Schalter **88** - **96** ein- und auszuschalten. Übertragungsleitungen oder widerstandsbehaftete Leiterbahnen **98**, **100**, **102**, **104**, **106** verbinden die Steuereinheit **84** mit entsprechenden MR-Empfangsspulenelementen **74** - **82** und übertragen ein Hochspannungssignal dazwischen. Die Leiterbahnen **98** - **106** sind aus einem widerstandsbehafteten Material, wie z.B. einer Leitdruckfarbe mit geringer Leitfähigkeit oder einer Widerstandsdruckfarbe mit einem spezifischen Widerstand von annähernd 1- 10 kOhm/inch ausgebildet. Alternativ können die widerstandsbehafteten Leiterbahnen **98** - **106** aus einem Elastomer- oder Polymermaterial aufgebaut sein, das darin suspendierte leitfähige Partikel enthält. Die Leiterbahnen **98** - **106** können beispielsweise durch Schablonendruck, Siebdruck oder Tintenstrahldruck strukturiert werden. Die Leiterbahnen

98 - 106 können auch auf einer (nicht dargestellten) Leiterplatte strukturiert werden, was die Notwendigkeit einer Festverdrahtung zwischen der Steuereinheit und den Schaltern erübrigt. Alternativ können beispielsweise die Leiterbahnen **98 - 106** auf einem flexiblen Substrat zur Verwendung in anziehbaren Spulen strukturiert werden. Die Leiterbahnen **98 - 106** können auch aus einem textilen Material (z.B. einer mit leitendem Polymer beschichteten Faser, einer Kohlenstofffaser oder einem widerstandsbehafteten Gewebe) mit einem spezifischen Oberflächenwiderstand von 50 - 100 Ohm/sq/mil aufgebaut sein. Gemäß einer weiteren Ausführungsform können die Leiterbahnen **98 - 106** Leiter mit einem ähnlichen Widerstandswert pro Längeneinheit aufweisen, die mit Textilien, Geweben, Polymer, Kunststoff und dergleichen verwebt sind, um flexible konforme Schaltungen oder flexible Empfängerspulen auszubilden.

[0021] Im Gegensatz zu herkömmlichen Leiterbahnen mit hoher Leitfähigkeit (z.B. aus Kupfer oder Silber ausgebildeten Leiterbahnen), welche typischerweise heiße Stellen zeigen, wo diskrete Widerstände auf den Leiterbahnen angeordnet sind, haben die Leiterbahnen **98 - 106** im Wesentlichen gleichmäßige Widerstandseigenschaften über die gesamte Länge. Daher wird die Wärme im Wesentlichen gleichmäßig über der gesamten Länge der Leiterbahnen **98 - 106** zwischen der Steuereinheit **84** und den MR-Empfangsspulenelementen **74 - 82** abgeführt. Ferner können die Leiterbahnen **98 - 108** mit jedem gewünschten Pfadverlauf, Länge und/oder Breite strukturiert werden. Beispielsweise kann die Breite der Leiterbahnen **98 - 106** manipuliert werden, um die Oberfläche der Leiterbahn basierend auf den gewünschten Kühlungs- oder Leistungsbelastungseigenschaften zu vergrößern oder zu verkleinern. Gemäß einer Ausführungsform können die Leiterbahnen **98 - 106** eine Breite von angenähert 2,54 mm (100 mils) und/oder eine Dicke von angenähert 0,13 mm (5 mils) haben.

[0022] Die Eigenschaften der geringen Leitfähigkeiten Leiterbahnen **98 - 106** minimieren die Wechselwirkung zwischen den Leiterbahnen **98 - 106** und den Spulenelementen **74 - 82** an Überschneidungspunkten (z.B. dem Überschneidungspunkt **108**). Daher können die Leiterbahnen **98 - 106** zu den Spulenelementen **74 - 82** in beliebiger Weise geführt werden, ohne eine mögliche unerwünschte Wechselwirkung (z.B. induzierten Strom) zwischen den Leiterbahnen **98 - 106** und den MR-Spulenelementen **74 - 82** zu bewirken. Somit können die Leiterbahnen **98 - 106** so konfiguriert werden, dass sie die Spulenelemente **74 - 82** gemäß Darstellung in **Fig. 2** überlappen. Zusätzlich minimieren die Eigenschaften der geringen Leitfähigkeit der Leiterbahnen **98-106** die Möglichkeit, dass externe magnetische Felder Strom in den Leiterbahnen **98 - 106** induzieren.

[0023] Demzufolge stellen Ausführungsformen der Erfindung eine vergrößerte Fläche zur Wärmeabfuhr bereit, da die Wärmeenergie gleichmäßig über die gesamte Länge jeder Leiterbahn **98 - 106** verteilt wird. Somit minimieren oder eliminieren die Leiterbahnen **98 - 106** im Wesentlichen Bereiche mit stark konzentrierter Wärmeableitung oder „heiße Stellen“ auf den MR-Spulenelementen **74 - 82**, welche sich typischerweise aus entlang dem Verlauf einer Leiterbahn angeordneten diskreten Widerständen ergeben. Ferner ermöglichen, da die Leiterbahnen **98 - 106** auf einer einlagigen gedruckten Leiterplatte (PCB) aufgebaut werden können, Ausführungsformen der Erfindung die Konstruktion von Leiterbahnen **98 - 106**, die dünnere flexiblere Oberflächenspulen ermöglichen, was sehr erwünscht ist.

[0024] Daher enthält gemäß einer Ausführungsform eine Vorrichtung mehrere Magnetresonanz-(MR)-Spulenelemente und mehrere mit den mehreren MR-Spulenelementen verbundene spannungsbetätigte Schalter, wobei jeder spannungsbetätigte Schalter dafür konfiguriert ist, selektiv ein entsprechendes MR-Spulenelement zu aktivieren. Die Vorrichtung enthält auch eine Spannungsquelle, die dafür konfiguriert ist, eine Spannung an die mehreren spannungsbetätigten Schalter zu liefern, eine mit der Spannungsquelle verbundene Steuereinheit und mehrere mit den mehreren spannungsbetätigten Schaltern und mit der Steuereinheit verbundene und dafür konfigurierte Übertragungsleitungen, ein Betätigungssignal aus der Spannungsquelle an die mehreren spannungsbetätigten Schalter zu liefern. Die mehreren Übertragungsleitungen sind frei von diskreten widerstandsbehafteten Elementen und haben im Wesentlichen einen gleichmäßigen spezifischen Widerstand dergestalt, dass eine Wechselwirkung zwischen den mehreren Übertragungsleitungen und den mehreren MR-Spulenelementen minimiert und die Wärmeableitung über eine Länge von jeder der mehreren Übertragungsleitungen verteilt wird.

[0025] Gemäß einer weiteren Ausführungsform enthält ein Magnetresonanz-(MR)-System eine Magnetresonanz-Bildgebungs-(MRI)-Vorrichtung mit mehreren um einen Kern eines Magneten angeordneten Gradientenspulen, um ein polarisierendes Magnetfeld einzuprägen und ein HF-Sender/Empfängersystem und einen von einem Pulsmodul gesteuerten HF-Schalter, um HF-Signale an eine MR-Spulenordnung zum Erfassen von MR-Bildern zu senden. Die MR-Spulenordnung enthält mehrere MR-Empfängerspulen, mehrere mit den mehreren MR-Empfängerspulen verbundene spannungsbetätigte Schalter und eine Spannungsquelle, die dafür konfiguriert ist, eine Spannung an die mehreren spannungsbetätigten Schalter zu liefern. Die MR-Spulenordnung enthält auch einen Treiber, der dafür konfiguriert ist, selektiv die mehreren spannungsbetätigten Schalter über ein Spannungssignal auszuwählen, und meh-

rere Leiterbahnen geringer Leitfähigkeit ohne diskrete Widerstände. Die mehreren Leiterbahnen geringer Leitfähigkeit sind mit den mehreren spannungsbetätigten Schaltern und mit dem Treiber verbunden. Die mehreren Leiterbahnen geringer Leitfähigkeit sind dafür konfiguriert, das Spannungssignal aus dem Treiber an die mehreren spannungsbetätigten Schalter zu übertragen.

[0026] Gemäß noch einer weiteren Ausführungsform der Erfindung beinhaltet ein Verfahren zum Herstellen einer Vorrichtung die Bereitstellung mehrerer Magnetresonanz-(MR)-Spulenelemente, die Verbindung mehrerer elektrostatischer Schalter mit den mehreren MR-Spulenelementen, eine Konfiguration der mehreren elektrischen Schalter zum selektiven Betätigen der mehreren MR-Spulenelemente, wenn ein Spannungspotential daran angelegt wird, und die Bereitstellung einer Steuereinheit, um die mehreren elektrostatischen Schalter zu betreiben. Das Herstellungsverfahren beinhaltet auch das Verbinden einer Spannungsversorgung mit der Steuereinheit, das Einfügen mehrerer Übertragungsleitungen zwischen der Steuereinheit und den mehreren elektrostatischen Schaltern, und die Konfiguration der mehreren Übertragungsleitungen so, dass sie im Wesentlichen gleichmäßig Energie zwischen der Spannungsquelle und den mehreren elektrostatischen Schaltern ohne diskrete Widerstände abführen, und dass sie die Wärmeabfuhr über eine Länge der jeweiligen mehreren Übertragungsleitungen verteilen.

[0027] Diese Beschreibung nutzt Beispiele, um die Erfindung einschließlich der besten Ausführungsart offenzulegen, und um auch jedem Fachmann zu ermöglichen, die Erfindung einschließlich der Herstellung und Nutzung aller Elemente und Systeme und der Durchführung aller einbezogenen Verfahren in die Praxis umzusetzen. Der patentierbare Schutzzumfang der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert und kann weitere Beispiele umfassen, die für den Fachmann ersichtlich sind. Derartige weitere Beispiele sollen in dem Schutzzumfang der Erfindung enthalten sein, sofern sie strukturelle Elemente besitzen, die sich nicht von dem Wortlaut der Ansprüche unterscheiden, oder wenn sie äquivalente strukturelle Elemente mit unwesentlichen Änderungen gegenüber dem Wortlaut der Ansprüche enthalten.

[0028] Eine Vorrichtung **72** enthält mehrere Magnetresonanz-(MR)-Spulenelemente **74, 76, 78, 80, 82** und mehrere spannungsbetätigte Schalter **88, 90, 92, 94, 96**, die mit den mehreren MR-Spulenelementen **74, 76, 78, 80, 82** verbunden sind, wobei jeder spannungsbetätigte Schalter **88, 90, 92, 94, 96** dafür konfiguriert ist, selektiv ein entsprechendes MR-Spulenelement **74, 76, 78, 80, 82** zu aktivieren. Die Vorrichtung **72** enthält auch eine Spannungsquelle **86**, die dafür konfiguriert ist, eine Spannung an die mehreren spannungsbetätigten Schalter **88, 90, 92, 94, 96** zu

liefern, eine Steuereinheit **84**, die mit der Spannungsquelle **86** verbunden ist, und mehrere Übertragungsleitungen **98, 100, 102, 104, 106**, die mit den mehreren spannungsbetätigten Schaltern **88, 90, 92, 94, 96** und mit der Steuereinheit **84** verbunden und dafür konfiguriert sind, ein Betätigungssignal aus der Spannungsquelle **86** an die mehreren spannungsbetätigten Schalter **88, 90, 92, 94, 96** zu liefern. Die mehreren Übertragungsleitungen **98, 100, 102, 104, 106** sind frei von diskreten widerstandsbehafteten Elementen und haben einen im Wesentlichen gleichmäßigen spezifischen Widerstand dergestalt, dass eine Wechselwirkung zwischen den mehreren Übertragungsleitungen **98, 100, 102, 104, 106** und den mehreren MR-Spulenelementen **74, 76, 78, 80, 82** minimiert wird und die Wärmeabfuhr über eine Länge von jeder der mehreren Übertragungsleitungen **98, 100, 102, 104, 106** verteilt wird.

Bezugszeichenliste

10	Bevorzugtes Magnetresonanzbildgebungs-(MRI)-System
12	Bedienerkonsole
14	Steuerfeld
16	Anzeigebildschirm
18	Verbindung
20	getrenntes Computersystem
22	Bildprozessormodul
24	CPU-Modul
26	Speichermodul
32	getrennte Systemsteuerung
34	schnelle serielle Verbindung
36	CPU-Modul
38	Pulsgeneratormodul
40	serielle Verbindung
42	Satz von Gradientenverstärkern
44	physiologische Erfassungssteuerung
46	Scanraum-Schnittstellenschaltung
48	Patientenpositionierungssystem
50	Gradientenspulenordnung
52	Magnetanordnung
54	Polarisierungsmagnet
56	Ganzkörper-HF-Spule
58	Sender/Empfänger-Modul
60	HF-Verstärker
62	Sende/Empfangs-Schalter
64	Vorverstärker

66	Speichermodul	mehrere spannungsbetätigten Schalter (88, 90, 92, 94, 96), die mit den mehreren MR-Spulenelementen (74, 76, 78, 80, 82) verbunden sind, wobei jeder spannungsbetätigte Schalter (88, 90, 92, 94, 96) dafür konfiguriert ist, selektiv ein entsprechendes MR-Spulenelement (74, 76, 78, 80, 82) zu aktivieren; eine Spannungsquelle (86), die dafür konfiguriert ist, eine Spannung an die mehreren spannungsbetätigten Schalter (88, 90, 92, 94, 96) zu liefern; eine Steuereinheit (84), die mit der Spannungsquelle (86) verbunden ist; und mehrere Übertragungsleitungen (98, 100, 102, 104, 106), die mit den mehreren spannungsbetätigten Schaltern (88, 90, 92, 94, 96) und mit der Steuereinheit (84) verbunden und dafür konfiguriert sind, ein Betätigungssignal aus der Spannungsquelle (86) an die mehreren spannungsbetätigten Schalter (88, 90, 92, 94, 96) zu liefern, wobei die mehreren Übertragungsleitungen (98, 100, 102, 104, 106) frei von diskreten widerstandsbehafteten Elementen sind und einen im Wesentlichen gleichmäßigen spezifischen Widerstand dergestalt haben, dass eine Wechselwirkung zwischen den mehreren Übertragungsleitungen (98, 100, 102, 104, 106) und den mehreren MR-Spulenelementen (74, 76, 78, 80, 82) minimiert wird und die Wärmeabfuhr über eine Länge von jeder der mehreren Übertragungsleitungen (98, 100, 102, 104, 106) verteilt wird.
68	Array-Prozessor	
70	Oberflächenspule	
72	MR-Spulenordnung	
74	Nummer von MR-Empfangsspulenelementen	
76	Nummer von MR-Empfangsspulenelementen	
78	Nummer von MR-Empfangsspulenelementen	
80	Nummer von MR-Empfangsspulenelementen	
82	Nummer von MR-Empfangsspulenelementen	
84	Steuereinheit	
86	Hochspannungsenergieversorgung oder Energiequelle	
88	elektrostatischer oder spannungsbetätigter Schalter	
90	elektrostatischer oder spannungsbetätigter Schalter	
92	elektrostatischer oder spannungsbetätigter Schalter	
94	elektrostatischer oder spannungsbetätigter Schalter	
96	elektrostatischer oder spannungsbetätigter Schalter	
98	Übertragungsleitungen oder widerstandsbehaftete Leiterbahnen	
98	Übertragungsleitungen oder widerstandsbehaftete Leiterbahnen	
100	Übertragungsleitungen oder widerstandsbehaftete Leiterbahnen	
102	Übertragungsleitungen oder widerstandsbehaftete Leiterbahnen	
104	Übertragungsleitungen oder widerstandsbehaftete Leiterbahnen	
106	Übertragungsleitungen oder widerstandsbehaftete Leiterbahnen	
108	Übertragungsleitungen oder widerstandsbehaftete Leiterbahnen	
108	Überschneidungspunkt	

Patentansprüche

1. Vorrichtung (72), aufweisend:
mehrere Magnetresonanz-(MR)-Spulenelemente (74, 76, 78, 80, 82);

2. Vorrichtung (72) nach Anspruch 1, wobei die mehreren Übertragungsleitungen (98, 100, 102, 104, 106) dafür konfiguriert sind, die mehreren MR-Spulenelemente (74, 76, 78, 80, 82) zu überlappen.

3. Vorrichtung (72) nach Anspruch 1, wobei die mehreren Übertragungsleitungen (98, 100, 102, 104, 106) frei von diskreten Widerständen oder Induktoren sind.

4. Vorrichtung (72) nach Anspruch 1, wobei die mehreren Übertragungsleitungen (98, 100, 102, 104, 106) ferner eine Widerstandsdruckfarbe aufweisen.

5. Vorrichtung (72) nach Anspruch 1, wobei die mehreren Übertragungsleitungen (98, 100, 102, 104, 106) ferner ein Polymermaterial mit darin suspendierten leitenden Partikeln aufweisen.

6. Vorrichtung (72) nach Anspruch 1, wobei die mehreren Übertragungsleitungen (98, 100, 102, 104, 106) ferner ein Material mit einem spezifischen Widerstand zwischen angenähert 1 kOhm/in und angenähert 10 kOhm/in aufweisen.

7. Vorrichtung (72) nach Anspruch 1, wobei der spannungsbetätigte Schalter (88, 90, 92, 94, 96) ein mikroelektromechanisches Systemelement (MEMS) oder einen Feldeffekt-(FET)-Schalter aufweist.

8. Vorrichtung (72) nach Anspruch 7, welche ferner ein Totem-Pol-FET-Array aufweist, das zwischen der Spannungsquelle (86) und den mehreren spannungsbetätigten Schaltern (88, 90, 92, 94, 96) angeordnet und dafür konfiguriert ist, selektiv das MEMS-Element auszuwählen.

9. Vorrichtung (72) nach Anspruch 1, wobei die mehreren Übertragungsleitungen (98, 100, 102, 104, 106) ferner einen widerstandsbehafteten Draht, eine Kohlefaser oder einen widerstandsbehafteten Faden aufweisen.

10. Vorrichtung (72) nach Anspruch 1, wobei die mehreren Übertragungsleitungen (98, 100, 102, 104, 106) jeweils eine Breite von angenähert 2,54 mm (100 mils) haben.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

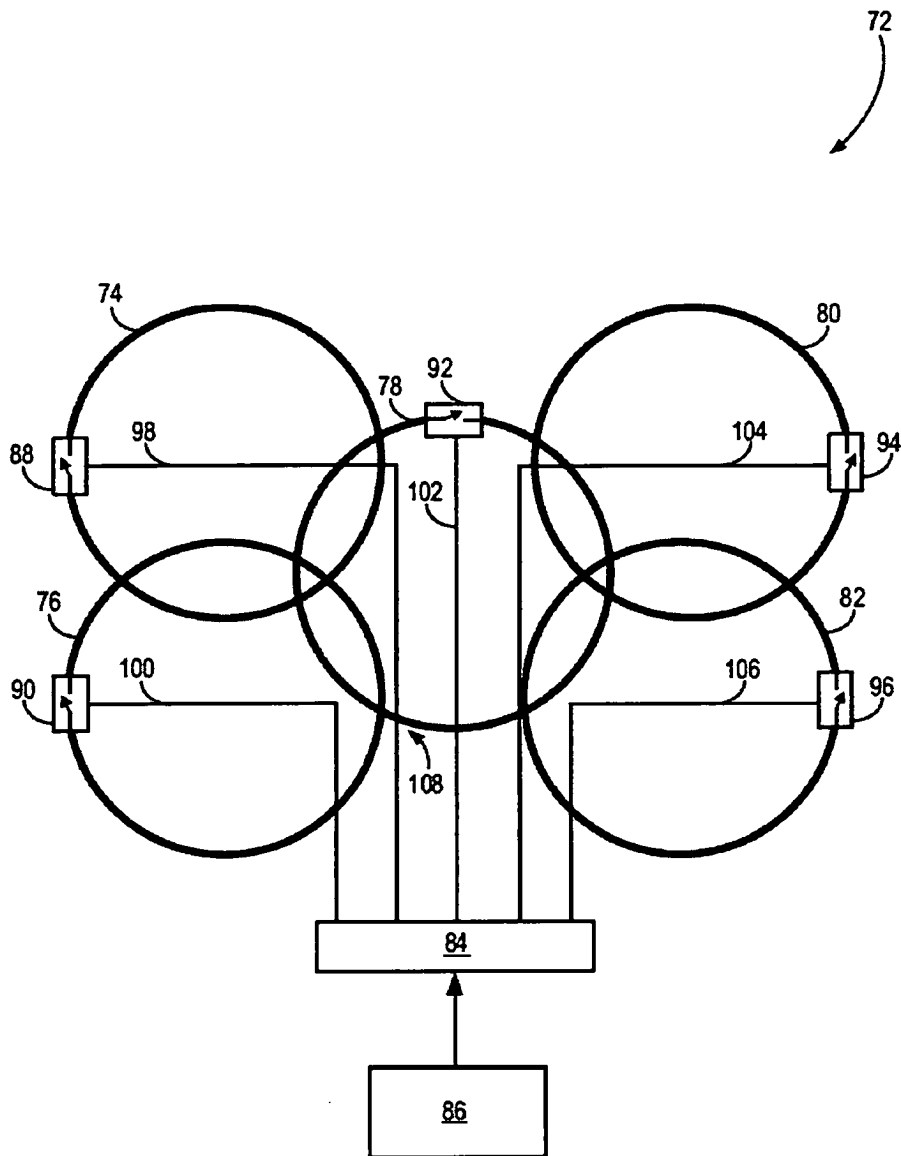


FIG. 2