



(10) **DE 10 2004 017 044 B4** 2013.12.12

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2004 017 044.4**
(22) Anmeldetag: **02.04.2004**
(43) Offenlegungstag: **21.10.2004**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **12.12.2013**

(51) Int Cl.: **G01R 33/58 (2006.01)**
G01R 33/36 (2013.01)
G01R 33/28 (2013.01)

Innerhalb von drei 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:
10/249390 04.04.2003 US

(73) Patentinhaber:
**GE Medical Systems Global Technology
Company, LLC, Waukesha, Wis., US**

(74) Vertreter:
Rüger und Kollegen, 73728, Esslingen, DE

(72) Erfinder:
**Skloss, Timothy W., Waukesha, Wis., US; Purgill,
Dewain A., Waukesha, Wis., US; Dachniwskyj,
Roman I., Pewaukee, Wis., US; Schaefer, Daniel
J., Waukesha, Wis., US; Davis, Steven C.,
Oconomowoc, Wis., US; Weyers, Daniel J.,
Waukesha, Wis., US**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

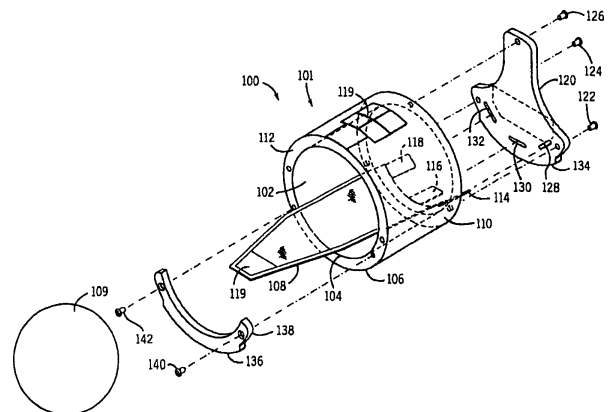
US 5 227 727 A
JP H10- 170 454 A

**B.L. Beck et al.: Tissue-equivalent phantoms
for high frequencies. In: Concepts Magn. Reson.
B, 20B, 2004, S. 30-33.**

**Q.X. Yang et al.: Phantom design in the
presence of wave behavior of the radiofrequency
field. In: Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med., 10,
2002, Nr. 913.**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur elektrischen Belastung von Hochfrequenzspulen unter Verwendung von leitenden Polymeren**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung, die aufweist:
– einen Loader (100, 210) (Belastungseinrichtung), der aus einem in einem Polymer dispergierten, elektrisch leitenden Zusatzstoff besteht, wobei der Loader flüssigkeitsfrei ist,
– wobei der Loader zur elektrischen Belastung von HF-Spulen ausgelegt ist, und
– wobei der Loader ein hohles Zentrum (102) aufweist und so ausgebildet ist, dass er ein darin anzuordnendes Phantom (109, 216) aufnehmen kann.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf eine Vorrichtung zum Testen und Kalibrieren von bildgebenden Magnetresonanzsystemen (MRI). Mehr im Einzelnen betrifft die Erfindung eine als „Loader“ (Last, Bürde) bezeichnete Vorrichtung zur elektrischen Belastung von HF-Spulen des MRI-Systems beim Testen/Kalibrieren oder beim Bedienertraining.

[0002] Wenn eine Substanz wie etwa menschliches Gewebe einem gleichmäßigen Magnetfeld (polarisierendes Feld B_0) ausgesetzt wird, versuchen sich die einzelnen magnetischen Momente der Spins in dem Gewebe auf dieses polarisierende Feld hin auszurichten, wobei sie aber in einer willkürlichen Ordnung bei ihrer charakteristischen Larmor-Frequenz präzedieren. Wird die Substanz einem Magnetfeld (Anregungsfeld B_1), das in der Y-Ebene liegt und sich nahe der Larmor-Frequenz befindet, ausgesetzt, kann das resultierende ausgerichtete Moment oder die „Längsmagnetisierung“ M_z in die X-Y-Ebene gedreht oder „gekippt“ werden, um ein resultierendes magnetisches Quermoment M_T zu erzeugen. Von den angeregten Spins wird nach der Beendigung des Anregungssignals B_1 ein Signal emittiert, das empfangen und zum Aufbau eines Bildes verarbeitet werden kann.

[0003] Bei der Verwendung dieser Signale zur Erzeugung von Bildern werden magnetische Feldgradienten (G_x , G_y und G_z) benutzt. Typischerweise wird der abzubildende Bereich in einer Folge von Messzyklen gescannt, in denen diese Gradienten entsprechend der speziellen verwendeten Ortsbestimmungs-(Lokalisierungs-)Methode verschieden sind. Der sich ergebende Satz Kernresonanz(NMR)-Signale wird digitalisiert und unter Verwendung einer der vielen bekannten Rekonstruktionstechniken zur Rekonstruktion des Bildes verarbeitet.

[0004] Beim MRI-Bedienertraining oder beim Testen/Kalibrieren des MRI-Systems muss eine geeignete Substanz verwendet werden, um die Strukturen und Bedingungen zu simulieren, die bei dem tatsächlichen Einsatz des MRI-Systems bei einem Patienten angetroffen werden. Insbesondere müssen Eigenschaften oder „Merkmale“ menschlichen Gewebes so simuliert werden, dass sie menschlichem Gewebe in einem Maß entsprechen, dass ein Training für den Betrieb des MRI-Systems oder eine Kalibrierung des Funktionsablaufs des Systems möglich sind.

[0005] Eines der „Merkmale“ von menschlichem Gewebe ist dessen „Abbildbarkeit“. Wie erwähnt, emittiert menschliches Gewebe bei ordnungsgemäßer Anregung NMR-Signale. Damit ist es möglich, die

emittierten Signale zu empfangen und daraus ein Bild zu rekonstruieren. Ein anderes „Merkmal“ von menschlichem Gewebe ist dessen elektrische Leitfähigkeit. Die elektrische Leitfähigkeit dient dazu, die HF-Spulen des MRI-Systems elektrisch zu belasten. Die Belastung auf den HF-Spulen steht in unmittelbarer Beziehung zu einem Qualitätsfaktor (Q) und zu der Impedanz der HF-Spulen. Außerdem steht eine solche Last auch in Beziehung zu der zur Durchführung des Scans erforderlichen Leistung und zu dem Maß des in den Scan eingebrachten Rauschens. Deshalb ist es zum ordnungsgemäßen Testen und Kalibrieren des MRI-Systems notwendig, die Abbildbarkeit und die elektrische Belastung von menschlichem Gewebe zu simulieren.

[0006] Um menschliches Gewebe zu simulieren, wurden Phantome entwickelt. Ein Einkomponenten-Phantom ist so aufgebaut, dass es die Abbildbarkeit und die elektrische Last von menschlichem Gewebe mit einem einzigen Gerät simuliert. Typischerweise sind bei Einkomponenten-Phantomen mehrere Fluide in getrennten Abteilen in dem Phantom eingeschlossen. Eine erste Flüssigkeit, typischerweise Wasser, das zur Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit dotiert ist, ist in einem äußeren Abteil enthalten. Um die Leitfähigkeit des Wassers zu verändern, wird üblicherweise Salz verwendet. Eine zweite Flüssigkeit, die im Verhältnis dazu nicht-leitend ist, die aber bei Anregung NMR-Signale emittiert, ist in einem inneren Abteil enthalten. Demgemäß wird eine einzige Vorrichtung, die ein erstes Fluid, welches die Belastung ergibt und ein zweites Fluid, welches die Abbildbarkeit liefert, enthält, dazu verwendet, das NMR-System zu testen oder zu kalibrieren.

[0007] Um eine ordnungsgemäße Simulation menschlichen Gewebes zu erreichen, ist es jedoch von Vorteil, wenn das Phantom größenmäßig mit dem Bereich menschlichen Gewebes vergleichbar ist, den das Phantom simuliert. Deshalb ist es notwendig, verhältnismäßig große Phantome herzustellen. Bei der Vergrößerung des Phantoms kann aber das Gewicht des Phantoms übermäßig hinderlich werden, weil das Phantom ja mit zwei Flüssigkeiten gefüllt ist.

[0008] Um diesem Problem abzuhelpen, wird das Einkomponenten-Phantom in zwei getrennte Vorrichtungen aufgeteilt. Ein erstes Phantom, das typischerweise als „Loader“ bezeichnet wird, wird dazu benutzt, die erste, elektrisch leitende Flüssigkeit einzuschließen, während ein zweites Phantom dazu verwendet wird, die zweite, abbildbare Flüssigkeit aufzunehmen. Das Phantom ist so ausgebildet, dass es in dem Loader angeordnet werden kann. Der Loader und das Phantom dienen somit in Kombination dazu, die bei einstückigen Phantomen vorhandene elektrische Leitfähigkeit und Abbildbarkeit zu erzeugen. Der Loader bildet eine elektrische Last für die HF-Spulen, und das Phantom liefert ein abbildbares Volu-

men. Im getrennten Zustand sind der Loader und das Phantom nach Größe und Gewicht wesentlich besser handhabbar als ein einstückiger Loader. Trotzdem sind Loader und Phantom wegen der in jedem enthaltenen Flüssigkeit immer noch ziemlich schwierig zu handhaben und zu bewegen. Außerdem neigen flüssigkeitsgefüllte Loader-/Phantomkombinationen zur Leckage.

[0009] Ein zweiter Nachteil bei der Verwendung von entweder einstückigen Phantomen oder der Loader-/Phantomkombination tritt bei starken Magnetfeldern auf. Oberhalb von 1,0 T kann die große Dielektrizitätszahl von Wasser (ca. 80) in dem Wasser stehende Welle hervorrufen. Diese stehenden Wellen erzeugen in dem Phantom ein ungleichmäßiges HF-Feld, obwohl das von den HF-Spulen zur Einwirkung gebrachte HF-Feld gleichmäßig ist. Die stehenden Wellen führen, obwohl sie mit der HF-Spulenbelastung nicht in Beziehung stehen, zu einer Verzerrung des Bildes des Phantoms. Diese Verschlechterung der Bildqualität behindert aber ein ordnungsgemäßes Testen oder Kalibrieren des bildgebenden Systems.

[0010] Frühere Versuche zur Lösung dieses Problems beinhalten die Verwendung von Silikonöl, das eine Dielektrizitätszahl von ca. 5 aufweist, um das Wasser in dem Phantom und/oder im Loader zu ersetzen. Silikonöl wirkungsvoll zu dotieren ist aber teuer. Um die notwendige elektrische Leitfähigkeit zu erzielen, sind hohe Konzentrationen teuren Silberpulvers erforderlich. Außerdem erfordert diese Lösung die Verwendung einer Flüssigkeit, die zu Bedenken hinsichtlich einer Leckage Anlass geben kann.

[0011] Aus der US 5 227 727 A ist es bekannt, bei einer bildgebenden Magnetresonanzvorrichtung zwischen einer Sende- und/oder Empfangsspule und einem zu untersuchenden Objekt einen eine hochmolekulare Verbindung enthaltenden flachen Formkörper anzuordnen, der beispielsweise in Gestalt eines flachen Sackes aus einer hochmolekularen Verbindung, etwa Kautschuk, hergestellt ist und mit einem nicht magnetischen leitfähigen Gelmateriale, etwa Polyvinylalkohol oder Polyakrylharz, d. h. einer hochmolekularen Verbindung, gefüllt ist, die mit einer anorganischen elektrolytischen Wasserlösung imprägniert ist, die Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- Ionen enthält. Der Formkörper dient dazu, das HF-Magnetfeld zu steuern, ohne auf die Hardware oder Software eines Magnetresonanzdiagnosegeräts eingreifen zu müssen. Daneben ist aus der JP 10-170454 A ein trockenes Phantom bekannt, das unter Verwendung eines Polymer hergestellt ist, welches Gummielastizität aufweist und einen elektrisch leitenden Füllstoff enthält.

[0012] Es besteht der Wunsch, über einen Loader mit einer niedrigen Dielektrizitätskonstante und einer verhältnismäßig hohen elektrischen Leitfähigkeit zu verfügen, der bei starken Magnetfeldern brauchbar

ist. Auch wäre es erwünscht, die Größe und das Gewicht des Loaders zu beschränken, um das Einlegen und Entnehmen des Loaders in die HF-Spulen bzw. aus denselben zu erleichtern. Schließlich wäre es von Vorteil, wenn der Loader flüssigkeitsfrei wäre, um so die Herstellungs- und Wartungskosten zu verringern und eine Leckage auszuschließen.

[0013] Zur Lösung dieser Aufgabe weist die Vorrichtung gemäß der Erfindung die Merkmale des Patentanspruchs 1 auf.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0014] Die vorliegende Erfindung schafft ein System zur elektrischen Belastung von HF-Spulen eines MRI-Systems unter Verwendung von leitenden Polymeren. Es wird ein Loader beschrieben, der aus Polymeren mit einer niedrigen Dielektrizitätszahl hergestellt ist, der aber in einem solchen Maße elektrisch leitend ist, dass er HF-Spulen eines MRI-Systems wirkungsvoll belasten kann. Im Einzelnen ist der Loader aus einem elektrisch leitenden Polymer aufgebaut, das dadurch erzeugt ist, dass eine Polymer-Basismatrix mit elektrisch leitenden Zusätzen versetzt ist. Der Loader, der flüssigkeitsfrei ist, ist bei starken Magnetfeldern wirkungsvoll.

[0015] Gemäß einem Aspekt der Erfindung ist ein Gerät zur elektrischen Belastung von HF-Spulen offenbart. Das Gerät beinhaltet einen Loader, der einen elektrisch leitenden Zusatzstoff enthält, welcher in einem Polymer dispergiert ist. Außerdem ist der Loader frei von Flüssigkeit.

[0016] Auch ist ein Verfahren zum Erzeugen eines zum Einsatz bei einem MR-Gerät geeigneten Loaders geoffenbart. Dieses Verfahren beinhaltet die Herstellung des Loaders durch Verflüssigung einer Polymerbasismatrix und Versetzen der verflüssigten Polymerbasismatrix mit einem elektrisch leitenden Zusatzstoff. Sodann beinhaltet das Verfahren das Dispergieren des elektrisch leitenden Zusatzstoffs in der verflüssigten Polymerbasismatrix und das Ausbilden des zur Verwendung für die Belastung von RF-Spulen des MR-Gerätes geeigneten Loaders.

[0017] Daneben ist ein Verfahren zum Kalibrieren eines MR-Systems offenbart. Das Verfahren beinhaltet das Positionieren eines aus einem elektrisch leitenden Polymer hergestellten Loaders in einer HF-Spulenordnung. Sodann wird ein Phantom in die HF-Spulenordnung eingebracht und ein Kalibrierungsscan kann durchgeführt werden.

[0018] Schließlich ist ein MRI-Gerät offenbart. Das MRI-System des Geräts weist eine Anzahl Gradientenspulen auf, die rings um eine Bohrung eines Magneten zum Erzeugen eines polarisierenden Magnetfelds angeordnet sind. Ein HF-Transceiver-System

tem (Sende-/Empfangssystem) und ein HF-Schalter werden von einem Pulsmodul so gesteuert, dass sie zur Akquisition von MR-Bildern HF-Signale einer HF-Spulenordnung zuleiten und von dieser empfangen. Zur elektronischen Belastung der HF-Spulenordnung ist ein Belastungsgerät vorgesehen, das einen in einem Polymer dispergierten elektrisch leitenden Zusatzstoff enthält.

[0019] Verschiedene andere Merkmale, Ziele und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung und den Zeichnungen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0020] Die Zeichnungen veranschaulichen eine bevorzugte Ausführungsform, die gegenwärtig für die Ausführung der Erfindung infrage kommt:

[0021] **Fig. 1** ist ein schematisches Blockdiagramm eines an sich bekannten MR bildgebenden Systems zur Benutzung mit der vorliegenden Erfindung;

[0022] **Fig. 2** ist eine perspektivische Explosionsdarstellung einer erfindungsgemäßen Loader-Anordnung;

[0023] **Fig. 3** ist eine perspektivische Darstellung des Loaders nach **Fig. 2** in einer HF-Spulenordnung nach **Fig. 1** und mit einem mittig darin angeordneten Phantom und

[0024] **Fig. 4** ist eine Seitenansicht eines Loaders gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

[0025] Bezugnehmend auf **Fig. 1** sind dort die Hauptkomponenten eines bevorzugten bildgebenden Magnetresonanz-(MRI-)Systems **10** dargestellt, welches die vorliegende Erfindung beinhaltet. Der Funktionsablauf des Systems wird von einer Bedienerkonsole **12** aus gesteuert, die eine Eingabetastatur oder eine andere Eingabevorrichtung **13**, ein Steuerpanel **14** und einen Bildschirm **16** aufweist. Die Konsole **12** kommuniziert über ein Link **18** mit einem getrennten Computersystem **20**, das es dem Bediener erlaubt, die Erzeugung und Darstellung von Bildern auf dem Bildschirm **16** zu steuern. Das Computersystem **20** weist eine Anzahl Module auf, die über eine Backplane (Rückverdrahtungsplatte) **20a** miteinander kommunizieren. Dazu gehören ein Bildprozessormodul **22**, ein CPU-Modul **24** und ein Speichermodul **26**, das auf dem Fachgebiet als Bildspeicher zum Speichern von Bilddatenfeldern bekannt ist. Das Computersystem **20** ist mit einem Diskspeicher **28** und einem Bandlaufwerk **30** zum Speichern von Bilddaten und Programmen vernetzt und kommuniziert

über ein Highspeed Serial Link **34** mit einer separaten Systemsteuerung **32**. Die Eingabevorrichtung **13** kann eine Maus, einen Joystick, eine Eingabetastatur, einen Trackball, einen durch Berührung aktivierten Bildschirm, einen Lichtstift (Light Wand), eine Voice Control (Sprachsteuerung) oder irgendeine ähnliche oder äquivalente Eingabevorrichtung aufweisen und zur Vorgabe einer interaktiven Geometrie verwendet werden.

[0026] Die Systemsteuerung **32** beinhaltet einen Satz Module, die durch ein Backplane **32a** miteinander verbunden sind. Zu diesen gehören ein CPU-Modul **36** und ein Pulsgeneratormodul **38**, das über ein serielles Link **40** an die Bedienerkonsole **12** angeschlossen ist. Über das Link **40** empfängt die Systemsteuerung **32** von dem Bediener Befehle, die auszuführende Scansequenz anzugeben. Das Pulsgeneratormodul **38** steuert die Systemkomponenten so an, dass sie die jeweils gewünschte Scansequenz ausführen und erzeugt Daten, die das Timing, die Größe und die Gestalt der erzeugten HF-Pulse und das Timing und die Länge des Datenakquisitionsfensters angeben. Das Pulsgeneratormodul **38** ist mit einem Satz Gradientenverstärker **42** verbunden, um das Timing und die Gestalt der während des Scans erzeugten Gradientenpulse anzugeben. Schließlich ist das Pulsgeneratormodul **38** mit einer Schnittstellenschaltung **46** des Scanraums verbunden, die Signale von verschiedenen, dem Zustand des Patienten und dem Magnetsystem zugeordneten Sensoren empfängt. Über die Schnittstellenschaltung **46** des Scanraums erhält ein Patientenpositioniersystem **48** Befehle, den Patienten in die für den Scan jeweils zweckmäßige Lage zu bringen.

[0027] Die von dem Pulsgeneratormodul **38** erzeugten Gradientenimpulsformen werden dem Gradientenverstärkersystem **42** mit den Verstärkern G_x , G_y und G_z zugeführt. Jeder Gradientenverstärker regt eine entsprechende physikalische Gradientenspule in einer allgemein mit **50** bezeichneten Gradientenspulenordnung an, um die für die räumliche Kodierung akquirierter Signale erforderlichen Magnetfeldgradienten zu erzeugen. Die Gradientenspulenordnung **50** bildet einen Teil einer Magnetanordnung **52**, die einen Polarisierungsmagneten **54** und eine Ganzkörper HF-Spule **56** beinhaltet. Wie im Einzelnen noch beschrieben werden wird, belastet ein Loader (Last, Bürde) **47** die HF-Spule **56** elektrisch. In dem Loader **57** kann ein (nicht dargestelltes) Phantom angeordnet sein, das eine abbildbare Substanz bildet. Ein Transceiver-Modul **58** der Systemsteuerung **32** erzeugt Impulse, die von einem HF-Verstärker **60** verstärkt und durch einen Send-/Empfangschalter **62** in die HF-Spule **56** eingekoppelt werden. Wenn ein Phantom verwendet wird, können die von den angeregten Kernen in dem Phantom emittierten resultierenden Signale von der gleichen HF-Spule **56** erfasst und über den Send-/Empfangschalter **62** in ei-

nen Vorverstärker **64** eingekoppelt werden. Die verstärkten MR-Signale werden in der Empfangsstufe des Transceivers **58** demoduliert, gefiltert und digitalisiert. Der Sende-/Empfangsschalter **62** wird durch ein Signal von dem Pulsgeneratormodul **38** so gesteuert, dass er während des Sendemodus den HF-Verstärker **60** mit der Spule **56** elektrisch verbindet und während des Empfangsmodus den Vorverstärker **64** mit der Spule **56** in Verbindung setzt. Der Sende-/Empfangsschalter **62** kann auch eine getrennte HF-Spule (z. B. eine Oberflächenspule) ansteuern, die entweder im Sende- oder im Empfangsmodus verwendet wird.

[0028] Die von der HF-Spule **56** aufgenommene MR-Signale werden von dem Transceiver-Modul **58** digitalisiert und zu einem Speichermodul **56** in der Systemsteuerung **32** übermittelt. Ein Scan ist dann vollständig, wenn in dem Speichermodul **66** ein Array von k-Raum-Rohdaten akquiriert worden ist. Diese k-Raum-Rohdaten werden für jedes zu rekonstruierende Bild in getrennte K-Raumdatenarrays umgeordnet, von denen jedes in einen Array-Prozessor **68** eingegeben wird, der eine Fouriertransformation durchführt, um die Daten in ein Array von Bilddaten umzuwandeln. Diese Bilddaten werden sodann über das serielle Link **34** zu dem Computersystem **20** übertragen, wo sie in einem Speicher, etwa dem Diskspeicher **28**, gespeichert werden. Abhängig von von der Bedienerkonsole **12** erhaltenen Befehlen können diese Bilddaten in einer Langzeitspeicherung, wie etwa auf dem Bandlaufwerk **30**, archiviert oder von dem Bildprozessor **22** weiter verarbeitet und der Bedienerkonsole **12** zugeleitet und schließlich auf dem Bildschirm **16** dargestellt werden.

[0029] Bezugnehmend nun auf [Fig. 2](#) ist dort eine Loaderanordnung **100** in einer Explosionsdarstellung veranschaulicht. Die Loaderanordnung **100** weist einen zylindrischen Loader **101** auf. Der zylindrische Loader **101** wurde dadurch hergestellt, dass eine Polymerbasismatrix verflüssigt und in die verflüssigte Polymerbasismatrix ein elektrisch leitender Zusatzstoff physikalisch eingefügt wurde. Der elektrisch leitende Zusatzstoff ist deshalb in der Polymerbasismatrix so dispergiert, dass bei der Verfestigung der verflüssigten Polymerenbasismatrix ein elektrisch leitendes Polymer erzeugt wird. Die Polymerbasismatrix hat eine niedrige Dielektrizitätszahl, während der elektrisch leitende Zusatzstoff eine verhältnismäßig hohe Leitfähigkeit aufweist. Das Basispolymer hat vorzugsweise eine Dielektrizitätszahl von weniger als 5. Eine solche Dielektrizitätszahl ist im Vergleich mit der von Wasser und Silikonöl niedrig, die eine Dielektrizitätszahl von ca. 80 bzw. 5 aufweisen. Außerdem hat der elektrisch leitende Zusatzstoff eine Leitfähigkeit von etwa 2 Siemens/Meter. Der elektrisch leitende Zusatzstoff kann nach gegenwärtiger Vorstellung Metallfasern, Kohlenstoffpulver, Kohlenstofffasern, Kohlenstoff-Nanoröhrchen (Nano Tubes) oder

andere geeignete elektrisch leitende Substanzen beinhalten. Demgemäß ist es möglich, einen Loader mit einer niedrigen Dielektrizitätszahl und einer verhältnismäßig großen elektrischen Leitfähigkeit zu schaffen, der massiv ist. Das heißt, es ist möglich, einen Loader zu bauen, der frei von Flüssigkeit ist. Darüberhinaus kann der massive Loader so aufgebaut werden, dass er wesentlich kleiner als solche Loader ist, die zur Ausbildung eines brauchbaren Belastungsgerätes die Verwendung von dotierten Flüssigkeiten erforderlich machen. Gemäß einer Ausführungsform ist das Polymer zur Ausbildung eines Schaum-Loaders verfestigt. Damit ist es möglich, das Gewicht des Loaders weiter zu verringern.

[0030] Der zylindrische Loader **101** weist ein hohles Zentrum **102** und eine massive äußere Skelettstruktur zwischen einem inneren Zylinderumriss **104** und einem äußeren Zylinderumriss **106** auf. In dem hohlen Zentrum **102** ist ein Halterungsnetz **108** fest angeordnet. Das Halterungsnetz **108** dient als Mittel zur Beschränkung der Bewegung eines Phantoms **109**, das von unterschiedlicher Gestalt und Größe sein kann. Bei einer bevorzugten Ausführungsform kann das Halterungsnetz **108** aus einem Tuch oder einem anderen Netzmaterial hergestellt sein. Es kann aber auch irgendeine andere geeignete Vorrichtung dazu verwendet werden, das hohle Zentrum **102** zu umschließen. Das Halterungsnetz **108** erstreckt sich von der Hinterseite **110** des zylindrischen Loaders **101** zu der Vorderseite **112** des zylindrischen Loaders **101**. Das Halterungsnetz **108** ist an der Rückseite **110** des zylindrischen Loaders **101** dadurch befestigt, dass das Halterungsnetz **108** an Laschen **114**, **116**, **118** festgemacht ist, die sich von der Rückseite **110** des zylindrischen Loaders **101** aus seitlich erstrecken. Bei einer Ausführungsform ist das Halterungsnetz **108** an den Laschen **114**, **116**, **118** in der Weise befestigt, dass die Laschen **114**, **116**, **118** sich durch Öffnungen in dem Halterungsnetz **108** erstrecken. Das Halterungsnetz **108** kann auch an der Vorderseite **112** des zylindrischen Loaders **101** durch eine Befestigungseinrichtung **119** befestigt sein, die ein wiederholtes Befestigen/Lösen gestattet. Es können Schnallen, Schnappverschlüsse, Haken, Schieber, Reißverschlüsse, Klettverschlüsse oder andere geeignete Befestigungsmittel dazu verwendet werden, das Halterungsnetz **108** zu fixieren. Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist die Befestigungseinrichtung **119** an dem äußeren Zylinderumfang **106** und an einem Ende des Halterungsnetzes **108** befestigt, das dem mittels der Laschen **114**, **116**, **118** verankerten Ende gegenüber liegt. Alternativ kann die Befestigungseinrichtung auch auf der Vorderseite **112** des zylindrischen Loaders **101** an dem inneren Zylinderumriss **104** oder irgendeinem anderen Teil der Loaderanordnung **100** so angeordnet sein, dass das Phantom **109** in dem zylindrischen Loader **101** relativ zu diesem festgelegt ist.

[0031] An der Hinterseite **110** des zylindrischen Loaders **1** ist mittels Befestigungselementen **122**, **124**, **126** ein hinteres Halteelement **102** befestigt. Das hintere Halteelement **120** ist so gestaltet, dass es mit seinen Öffnungen **128**, **130**, **132** die Laschen **114**, **116**, **118** aufnimmt. Dadurch kann das Halterungsnetz **108** gegen ein Freikommen von den Laschen **114**, **116**, **118** gesichert werden. Außerdem beschränkt das hintere Halteelement **120** von der Rückseite **110** des zylindrischen Loaders **101** aus die Phantombewegung in dem hohlen Zentrum **102**. Wenn deshalb das Phantom **109** in das hohle Zentrum **102** eingesetzt ist, kann es nicht auf der Rückseite **110** des zylindrischen Loaders **101** entnommen werden. Um das Einbringen oder Herausnehmen des Phantoms **109** in bzw. aus der Loaderanordnung **100** zu ermöglichen, muss das Halterungsnetz **108** zunächst gelöst werden, indem die Befestigungseinrichtung **119** geöffnet wird. Das Phantom **109** muss daher von der Vorderseite **112** des zylindrischen Loaders **101** aus in die Loaderanordnung **100** eingebracht oder aus dieser herausgenommen werden. Das heißt, das Halterungsnetz muss erst an der Befestigungseinrichtung **119** verankert oder gelöst werden, um eine Bewegung des Phantoms **109** zu beschränken bzw. zu ermöglichen.

[0032] Das hintere Halteelement **120** ist aus einem Polymer hergestellt, das dazu geeignet ist, die notwendige Abstützung zu erzielen und die Bewegung des Phantoms **109** zu begrenzen. Bei einer Ausführungsform kann das hintere Halteelement aus einem Polymer aufgebaut sein, in das ein elektrisch leitender Zusatzstoff dispergiert ist. Außerdem wird in Erwägung gezogen, das hintere Halteelement **120** so zu gestalten, dass eine Luftströmung durch das hohle Zentrum ermöglicht oder beschränkt ist. Schließlich ist es auch denkbar, dass das hintere Halteelement **120** aus einem alternativen Material hergestellt ist, wie etwa einem Gewebe oder einem Netzmaterial.

[0033] Das hintere Halteelement **120** weist außerdem einen ersten Trägerhöcker **134** auf. Bei an der Rückseite **110** des zylindrischen Loaders **101** mittels der Befestigungselemente **122**, **124**, **126** befestigtem hinterem Halteelement **120** erstreckt sich der erste Trägerhöcker **134** über den äußeren Zylinderumfang **106** hinaus. In ähnlicher Weise erstreckt sich ein zweiter Trägerhöcker **134** von einem vorderen Träger **138** aus, in der Weise, dass der zweite Trägerhöcker **136** bei an der Vorderseite **112** des zylindrischen Loaders **101** mittels der Befestigungselemente **140**, **142** befestigtem vorderem Trägerelement **138** über den äußeren Zylinderdurchmesser **106** hinaus ragt. Der Loader **101** kann deshalb so aufgestellt werden, dass der erste Trägerhöcker **134** und der zweite Trägerhöcker **136** den zylindrischen Loader **101** abstützen.

[0034] Bezugnehmend auf [Fig. 3](#) ist dort die Loaderanordnung **100** in einer HF-Spulenordnung **144** angeordnet veranschaulicht. Der Loader ist durch den ersten Trägerhöcker **134** und den zweiten Trägerhöcker **136** abgestützt. Der erste Trägerhöcker **134** und der zweite Trägerhöcker **136** sitzen so auf einem Bett **146** der HF-Spulenordnung **144**, dass der Loader oberhalb des Bettes **146** steht. Außerdem ist das Phantom **109** in der Loaderanordnung **100** positioniert. Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Loaderanordnung **100** und das Phantom **109** voneinander unabhängig. Es ist aber auch möglich, dass die Loaderanordnung **100** und das Phantom einstückig miteinander verbunden sind. Außerdem ist das Phantom **109** bei einer bevorzugten Ausführungsform kugelförmig. Denkbar ist aber auch, dass das Phantom irgendeine Gestalt aufweist, die in den Loader eingebracht oder in diesem integriert werden kann. An der Loaderanordnung **100** ist ein Befestigungsabschnitt **110** so befestigt, dass das Phantom zwischen einem (nicht dargestellten) hinteren Halter und dem Befestigungselement **108** fixiert ist.

[0035] Bei Anregung der HF-Spulenordnung **124** bildet die Loaderanordnung **100** eine elektrische Last für die HF-Spulenordnung **144**, während das Phantom eine abbildbare Substanz darstellt, derart, dass das MR-System getestet und/oder kalibriert werden kann oder Bediener unter Verwendung der Anordnung trainiert werden können. Typischerweise emittiert ein Fluid, das in dem Phantom eingeschlossen und verhältnismäßig nicht leitend ist, bei Anregung NMR-Signale.

[0036] Deshalb ist das Phantom **109** abbildbar, während die Loaderanordnung **100** dies nicht ist. Demgemäß simuliert die Loaderanordnung **100** die HF-Spulenordnungsbelastung menschlichen Gewebes, während das Phantom **109** die Abbildbarkeit menschlichen Gewebes simuliert. Außerdem ist die Loaderanordnung **100** flüssigkeitsfrei und deshalb im Vergleich zu flüssigkeitsgefüllten Loadern nach Größe und Gewicht wesentlich verkleinert.

[0037] Die Größen- und Gewichtsreduktion erlaubt eine leichtere Handhabung des Loadern als bei flüssigkeitsenthaltenden Loadern. Außerdem gestattet der flüssigkeitsfreie Loader ein Testen/Kalibrieren der HF-Spule bei starken Magnetfeldern. Insbesondere können Felder mit mehr als 1,0 T und 1,5 T zum Testen und/oder Kalibrieren oder zum Training von Bedienern eingesetzt werden, ohne dass infolge von stehenden Wellen in dem Loader Verzerrungen in das Bild des Phantoms eingebracht werden.

[0038] Bezugnehmend nun auf [Fig. 4](#) ist dort ein Loader **210** blattförmiger Gestalt und hergestellt aus Schaum veranschaulicht. Wenngleich er nicht für alle Anwendungen ideal ist, kann der Schaumloader im Zusammenhang mit planaren HF-Spulenordnungen

gen eingesetzt werden. Der blattförmige Loader **210** beinhaltet ein erstes Blatt **212** und ein zweites Blatt **214**. Das erste Blatt **212** und das zweite Blatt **214** sind aus einem elektrisch leitenden Schaum hergestellt. Deshalb wird der blattförmige Loader **210** in der Weise erzeugt, dass ein Polymer verflüssigt, ein elektrisch leitender Zusatzstoff in dem verflüssigten Polymer physikalisch mit diesem kombiniert und sodann das Polymer zu einem Schaum verfestigt wird. Der elektrisch leitende Zusatzstoff ist daher in dem Polymer so dispergiert, dass bei der Verfestigung des verflüssigten Polymers ein elektrisch leitender Schaum erzeugt wird. Der Schaum weist eine niedrige Dielektrizitätszahl auf, während der elektrisch leitende Zusatzstoff eine verhältnismäßig hohe Leitfähigkeit hat. Die Verwendung eines leitenden Schaums ermöglicht eine weitere Gewichtsreduzierung selbst im Vergleich zu Loadern, die aus einem massiven elektrisch leitenden Polymer, wie bei den vorbeschriebenen Ausführungsformen, hergestellt sind.

[0039] Zwischen dem ersten Blatt **212** und dem zweiten Blatt **214** des blattförmigen Loaders **210** ist ein Phantom **216** angeordnet. Das Phantom **216** ist elliptisch. Es ist aber auch denkbar, dass das Phantom irgendeine beliebige Gestalt hat, die zwischen das erste Blatt **212** und das zweite Blatt **214** eingefügt werden kann.

[0040] Wie erwähnt, kann der blattförmige Loader **210** im Zusammenhang mit planaren HF-Spulenordnungen verwendet werden. Bei Anregung der planaren HF-Spulenordnung bildet der blattförmige Loader **210** eine elektrische Last für die planare HF-Spulenordnung, während das Phantom **216** eine abbildbare Substanz darstellt, derart, dass das MR-System getestet und/oder kalibriert werden kann oder Bediener unter Verwendung der Einrichtung trainiert werden können. Typischerweise emittiert ein Fluid, das in dem Phantom eingeschlossen und verhältnismäßig nicht-leitend ist, bei Anregung NMR-Signale. Das Phantom **216** ist deshalb abbildbar, während der blattförmige Loader **210** dies nicht ist. Demgemäß simuliert der blattförmige Loader **210** die HF-Spulenordnungsbelastung des menschlichen Gewebes, während das Phantom **216** die Abbildbarkeit von menschlichem Gewebe simuliert.

[0041] Festzuhalten ist, dass die Figuren mit Bezug auf eine spezielle Ausführungsform beschrieben worden sind. Das bedeutet, dass, wenn auch für eine vorgegebene Ausführungsform ein spezielles Konstruktionsmaterial bevorzugt sein kann, dieses Konstruktionsmaterial nicht durch den Loaderaufbau bestimmt ist. Es können deshalb Blatt-Loader auch aus einem massiven leitenden Polymer hergestellt werden, während zylindrische Loader aus einem leitenden Schaum aufgebaut werden können. Es ist denkbar, dass die oben beschriebene Erfindung in einem einen Loader enthaltenden Gerät zur Verwendung für

die elektrische Belastung von HF-Spulen verwirklicht werden kann. Der Loader enthält einen elektrisch leitenden Zusatzstoff, der in einem Polymer so dispergiert ist, dass der Loader flüssigkeitsfrei ist.

[0042] Denkbar ist außerdem, dass die oben beschriebene Erfindung als ein Verfahren zum Herstellen eines bei einem MR-Gerät verwendbaren Verfahrens verwirklicht wird. Das Verfahren beinhaltet das Verflüssigen einer Polymerbasismatrix und das Compoundieren der verflüssigten Polymerbasismatrix mit einem elektrisch leitenden Zusatzstoff. Außerdem beinhaltet das Verfahren das Dispergieren des elektrisch leitenden Zusatzstoffes in der verflüssigten Polymerbasismatrix und das Ausbilden eines Loaders zur Verwendung bei der Belastung von HF-Spulen des MR-Geräts.

[0043] Denkbar ist weiterhin, dass die oben beschriebene Erfindung in einem Verfahren zum Kalibrieren eines MR-Systems verwirklicht ist. Das Verfahren beinhaltet das Positionieren eines aus einem elektrisch leitenden Polymer hergestellten Loaders in einer HF-Spulenordnung und das Anordnen eines Phantoms in der HF-Spulenordnung. Das Verfahren beinhaltet weiterhin die Ausführung eines Kalibrierungsscans.

[0044] Schließlich ist es noch denkbar, dass die oben beschriebene Erfindung als MRI-Gerät verwirklicht wird. Das MRI-Gerät beinhaltet ein MRI-System mit einer Anzahl Gradientenspulen, die rings um eine Bohrung eines Magneten angeordnet sind, um ein polarisierendes Magnetfeld zu erzeugen, und ein HF-Transceiver-System sowie einen HF-Schalter der von einem Pulsmodul so gesteuert ist, dass er zum Akquirieren von MR-Bildern HF-Signale an die HF-Spulenordnung übermittelt. Das MRI-Gerät weist außerdem eine Belastungsvorrichtung auf, um die HF-Spulenordnung elektrisch zu belasten. Die Belastungsvorrichtung ist aus einem elektrisch leitenden Zusatzstoff, der in einem Polymer dispergiert ist aufgebaut.

[0045] Die vorliegende Erfindung wurde anhand der bevorzugten Ausführungsform beschrieben, wobei aber darauf hinzuweisen ist, dass äquivalente Alternativen und Abwandlungen auch neben solchen, die ausdrücklich erwähnt wurden, möglich sind.

Patentansprüche

1. Vorrichtung, die aufweist:
 - einen Loader (**100, 210**) (Belastungseinrichtung), der aus einem in einem Polymer dispergierten, elektrisch leitenden Zusatzstoff besteht, wobei der Loader flüssigkeitsfrei ist,
 - wobei der Loader zur elektrischen Belastung von HF-Spulen ausgelegt ist, und

– wobei der Loader ein hohles Zentrum (**102**) aufweist und so ausgebildet ist, dass er ein darin anzuordnendes Phantom (**109, 216**) aufnehmen kann.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der der elektrisch leitende Zusatzstoff wenigstens einer der folgenden Stoffe ist: Metallfasern, Kohlenstoffpulver, Kohlenstofffasern und Kohlenstoff-Nano-Tubes (Nano-Röhrchen).

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der das Polymer eine niedrige Dielektrizitätszahl und der elektrisch leitende Zusatzstoff eine verhältnismäßig hohe elektrische Leitfähigkeit aufweisen.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der der Loader (**100**) zylindrisch gestaltet ist (**101**).

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der der Loader (**210**) ein Blatt (**212, 214**) ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der das Polymer einen Schaum bildet.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der das Phantom (**109, 216**) eine Flüssigkeit enthält und aus dem Loader entnehmbar ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, die außerdem eine Loaderanordnung mit dem darin vorgesehenen Loader (**101**) aufweist und bei der die Loaderanordnung (**100**) eine erste und eine zweite Stirnseite (**110, 112**) und ein an der ersten Stirnseite (**112**) angeordnetes Halteelement (**120**) aufweist, um die Durchbewegung eines Phantoms (**109**) zu begrenzen.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Vorrichtung außerdem einen vorderen und einen hinteren Träger (**134, 136**) aufweist, die an einem Ausenddruckmesser (**106**) des Loaders (**101**) befestigt sind, wobei jeder Träger einen nach außen sich erstreckenden Höcker (**134, 136**) zur Abstützung des Loaders (**101**) aufweist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

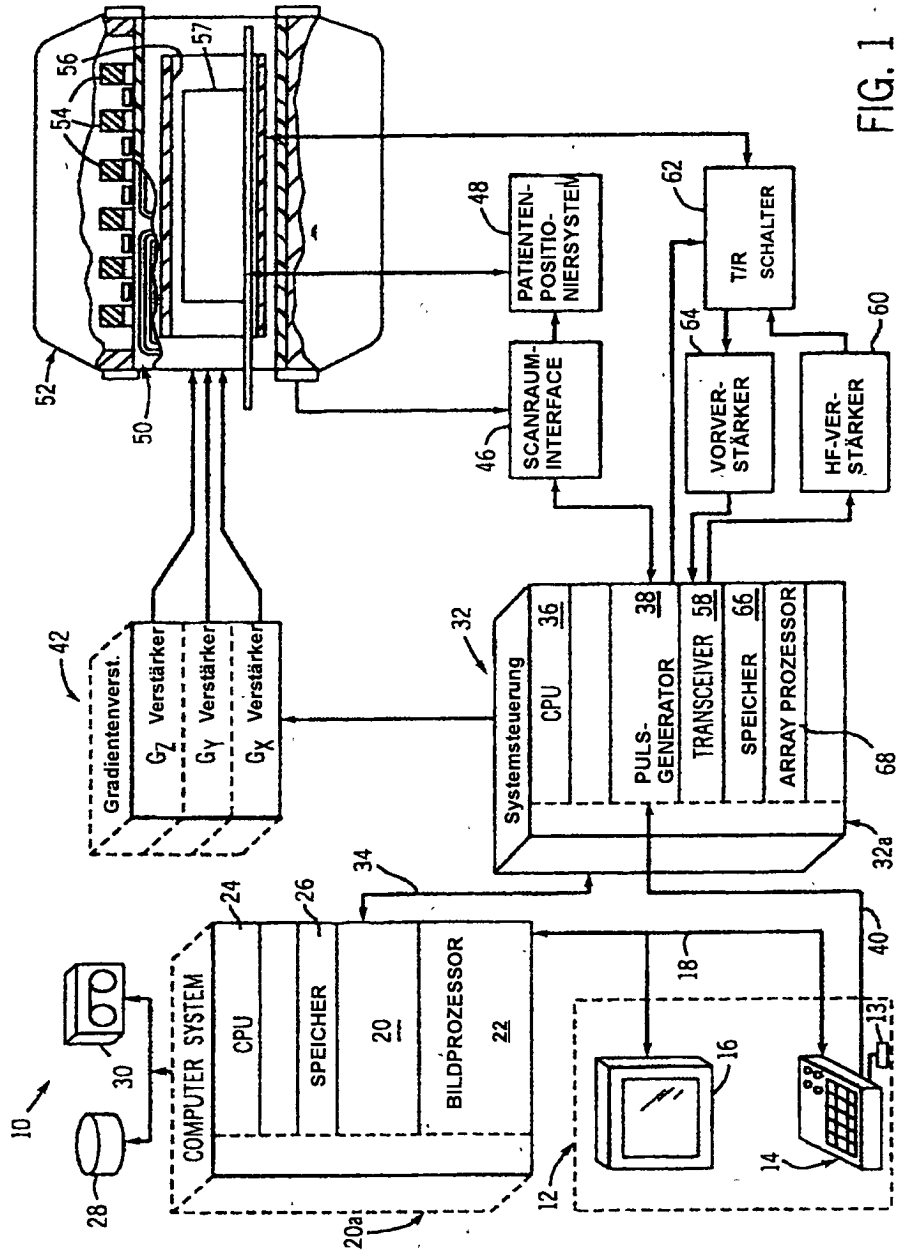
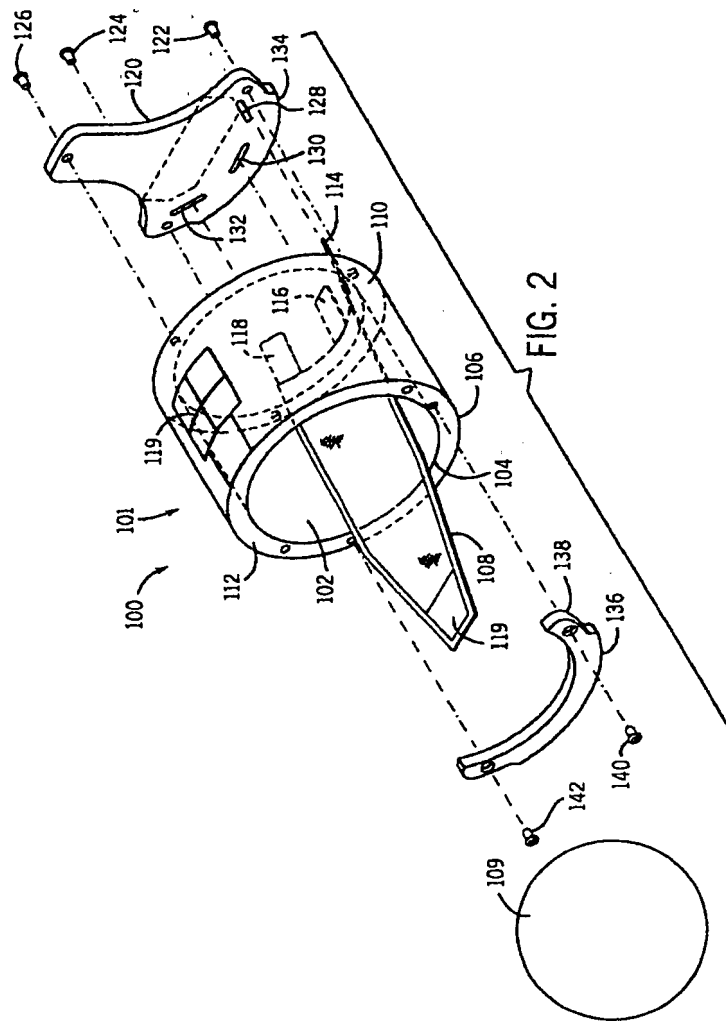


FIG. 1

Stand der Technik



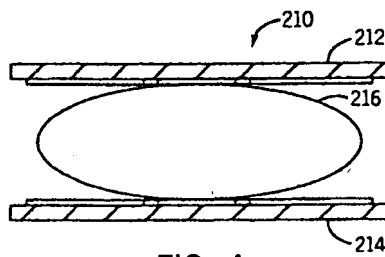
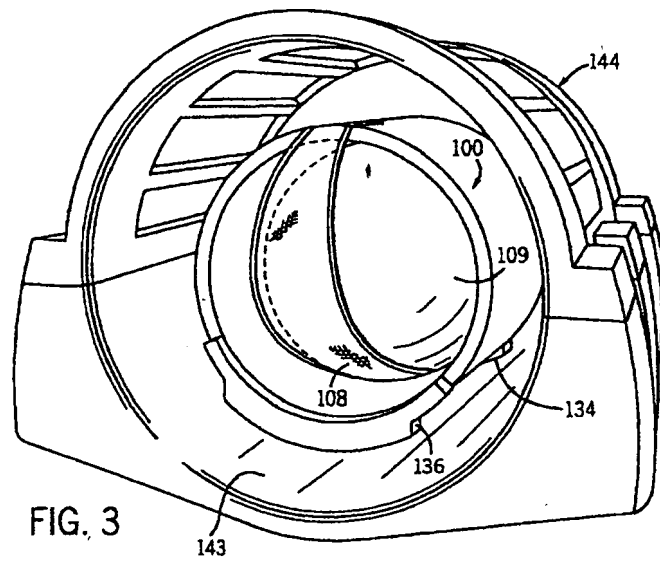


FIG. 4