



(10) **DE 10 2007 012 360 B4** 2015.06.18

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 012 360.6**  
(22) Anmeldetag: **14.03.2007**  
(43) Offenlegungstag: **18.09.2008**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **18.06.2015**

(51) Int Cl.: **A61B 19/00 (2006.01)**  
**A61B 6/04 (2006.01)**  
**A61B 5/06 (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).

(73) Patentinhaber:  
**Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München, DE**

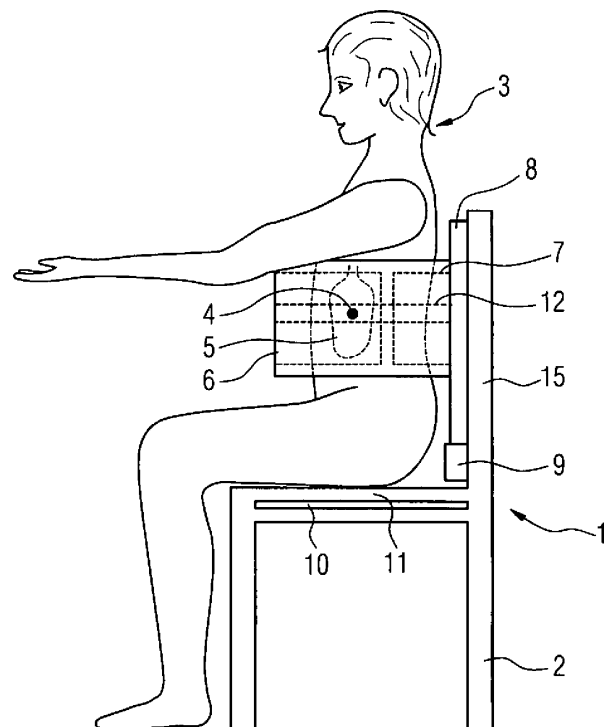
(72) Erfinder:  
**Graumann, Rainer, Dr., 91315 Höchstadt, DE;**  
**Kuth, Rainer, 91315 Höchstadt, DE; Steinmeyer,**  
**Florian, Dr., 91074 Herzogenaurach, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>103 41 092</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2006 / 0 152 309</b>	<b>A1</b>
<b>WO</b>	<b>2003/ 086 190</b>	<b>A1</b>
<b>WO</b>	<b>2006/ 014 011</b>	<b>A1</b>

(54) Bezeichnung: **Navigationseinrichtung**

(57) Hauptanspruch: Navigationseinrichtung zur Erzeugung eines Magnetfelds zur Navigation eines in den Körper eines Patienten (3) eingebrachten medizinischen Instruments mit einem Magneten, insbesondere einer Endoskopiekapsel (4), dadurch gekennzeichnet, dass ein rohrartiger, insbesondere zylindrischer Träger (6, 6a, 6b, 6c, 29) mit wenigstens drei sich in Umfangsrichtung des Trägers (6, 6a, 6b, 6c, 29) erstreckenden, aus einem in einer Fläche verlaufenden Leiter (20) gebildeten Flachspulen (7) zur Erzeugung eines einstellbaren magnetischen Feldes im Wesentlichen senkrecht zur Längsachse des Trägers (6, 6a, 6b, 6c, 29) im Inneren des Trägers (6, 6a, 6b, 6c, 29) vorgesehen ist, wobei sie einen Stuhl (2, 28) zur Aufnahme des sitzend behandelten Patienten (3) umfasst und der Stuhl (2, 28) eine in einer Sitzfläche (11) senkrecht zur Längsachse des Trägers (6, 6a, 6b, 6c, 29) angeordnete untere Flachspule (10) zur Erzeugung eines einstellbaren magnetischen Feldes in Längsrichtung des Trägers (6, 6a, 6b, 6c, 29) aufweist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Navigationseinrichtung zur Erzeugung eines Magnetfelds zur Navigation eines in den Körper eines Patienten eingebrachten medizinischen Instruments mit einem Magneten, insbesondere einer Endoskopiekapsel.

**[0002]** Bei nicht operativen Eingriffen zur Therapie oder Diagnose eines Patienten sind medizinische Geräte bekannt, die auf verschiedene Art und Weise innerhalb des Körpers, insbesondere innerhalb von Hohlorganen, navigiert werden können. Für die routinemäßige Untersuchung der Magenschleimhaut ist es beispielsweise bekannt, ein für die Anwendung optimiertes Endoskop über die Speiseröhre in den Magen einzuführen. Diese Untersuchung ist für den Patienten unangenehm und teilweise sogar schmerzhaft, zudem ist der entsprechende Arzt für die gesamte Dauer der Untersuchung erforderlich.

**[0003]** Daher wurden alternative Möglichkeiten zur Navigation eines in den Körper eingebrachten medizinischen Instruments vorgeschlagen. Insbesondere ist es bekannt, das medizinische Instrument mit einem Permanentmagneten zu versehen, so dass es über ein entsprechendes, extern angelegtes Magnetfeld entsprechend navigierbar ist. Zur beispielhaften Untersuchung der Magenschleimhaut wurde beispielsweise eine Endoskopiekapsel vorgeschlagen, die, nachdem der Magen mit Wasser aufgefüllt wurde, vom Patienten geschluckt wird. Die Endoskopiekapsel schwimmt dann auf der Wasseroberfläche und soll über einen externen Magneten in ihrer Blickrichtung gesteuert und zweidimensional auf der Wasseroberfläche bewegt werden. Während der Wasserspiegel innerhalb des Magens langsam absinkt, kann die gesamte Magenschleimhaut aufgenommen werden.

**[0004]** Als Navigationseinrichtungen, die ein geeignetes Magnetfeld erzeugen können, sind heutzutage hauptsächlich voluminöse und unhandliche Anordnungen bekannt, bei denen mehrere Solenoidspulen, insbesondere Helmholzspulen, an einem Träger angebracht sind. Ebenso ist es bekannt, den Patienten in eine Röhre einzufahren, um die – ähnlich wie bei der Magnetresonanz – entsprechende Magnetspulen angeordnet sind. Diese Ausführungen von Navigationseinrichtungen haben den Nachteil, nicht nur klobig und unhandlich sowie für den Patienten unangenehm zu sein, sondern auch vergleichsweise teuer.

**[0005]** Aus DE 103 41 092 A1 ist eine Anlage zur berührungsfreien Bewegung und/oder Fixierung eines magnetischen Körpers in einem Arbeitsraum sowie die Verwendung eines Magnetspulensystems bekannt. Dieses Magnetspulensystem umfasst 14 einzeln ansteuerbare Einzelspulen zur Erzeugung von drei Magnetfeldkomponenten sowie fünf Magnetfeld-

gradientenspulen, die zumindest teilweise flach ausgebildet sein können. Die Spulenanordnung kann derart sein, dass eine Kombination aus Flachspulen und sattelförmigen Gradientenspulen den Patienten käfigartig umschließt.

**[0006]** US 2006/0152309 A1 beschreibt die magnetische Levitation einer intraluminalen mikroelektrischen Kapsel. Zur Levitation wird ein externes Magnetfeld variiert, um die Kapsel richtungsmäßig steuern zu können.

**[0007]** Aus WO 2006/014011 A1 ist ein weiteres magnetisches Führungssystem bekannt. Dort wird eine Magnetanordnung verwendet, die nur in einer extrem beschränkten Region anwendbar ist und deswegen, da kastenförmig ausgeführt, durch Bewegungsmechanismen unterhalb des Patienten verschoben werden muss.

**[0008]** Schließlich ist aus WO 03/086190 A1 ein System zur automatischen Navigation eines medizinischen Gerätes durch Volumen oder Hohlräume in einem Operationsbereich eines Patienten beschrieben. Das medizinische Gerät, das länglich ausgeführt ist, wird über ein magnetisches Navigationssystem bewegt und während der Bewegung über eine Bildaufnahmeeinrichtung überwacht und über ein Lokalisierungssystem positionsmäßig erfasst.

**[0009]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Navigationseinrichtung für magnetisch navigierbare medizinische Instrumente anzugeben, die einfach handzuhaben, weniger voluminös und kostengünstig ist.

**[0010]** Zur Lösung dieser Aufgabe ist bei einer Navigationseinrichtung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß vorgesehen, dass ein rohrartiger, insbesondere zylindrischer Träger mit wenigstens drei sich in Umfangsrichtung erstreckenden, aus einem in einer Fläche verlaufenden Leiter gebildeten Flachspulen zur Erzeugung eines einstellbaren magnetischen Feldes im Wesentlichen senkrecht zur Längsachse des Trägers im Inneren des Trägers vorgesehen ist.

**[0011]** Erfindungsgemäß werden demnach nicht teure und meist voluminöse Solenoidspulen verwendet, sondern es wird vorgeschlagen, im Wesentlichen ebene Flachspulen zu verwenden. Ein bekannter Vertreter dieser Gattung, der im Rahmen der Erfindung vorteilhaft eingesetzt werden kann, ist beispielsweise die so genannte Fingerprintsule. Dabei ist ein spiralförmig verlaufender Leiter vorgesehen. Vorstellbar ist natürlich auch, eine Ringspule mit mehr als einer Windung zu verwenden, bei der der Leiter nicht bis in das Zentrum der Spule geführt ist. Diese wird dann entsprechend entlang der Oberfläche des Trägers angeordnet, so dass sie beispiels-

weise bei einem zylindrischen oder ellipsoidförmigen Träger leicht gebogen wird. Die Windungen liegen dann zumindest teilweise auf dem Träger nebeneinander. Eine solche Spule wird auch Mantelspule genannt. Von diesen Flachspulen sind insgesamt wenigstens drei vorgesehen, die sich in Umfangsrichtung auf oder in dem zylindrischen Träger erstrecken, sich bei einem zylindrischen Träger also auf einer gebogenen Zylinderfläche befinden. Mit diesen Flachspulen ist es nun möglich, ein einstellbares magnetisches Feld im Inneren des Trägers zu erzeugen. Das magnetische Feld ist dabei so einstellbar, beispielsweise über eine entsprechende Steuerungseinrichtung zur Bestromung der Spulen, dass es im Wesentlichen senkrecht zur Längsachse des Trägers steht. Ist demnach ein sitzender Patient im Oberkörperbereich von dem rohrartigen Träger umgeben, so können magnetische Feldkomponenten beziehungsweise magnetische Feldgradienten in einer horizontalen Ebene erzeugt werden. Dies ist besonders nützlich bei den bereits in der Einleitung erwähnten schwimmenden Kapseln, die über eine homogene Feldkomponente in einer Blickrichtung ausgerichtet werden können und über einen erzeugten Magnetfeldgradienten je nach dessen Stärke bewegt werden können.

**[0012]** Die Verwendung von kostengünstigen Flachspulen bringt nicht nur den entsprechenden Preisvorteil mit sich, sondern erlaubt auch eine wenig voluminöse Ausgestaltung der Navigationseinrichtung insbesondere in radialer Richtung. Hierdurch wird die Navigationseinrichtung leichter, weniger klobig und somit leichter handhabbar.

**[0013]** Die Zahl der in Umfangsrichtung angeordneten Flachspulen ist dabei nicht auf drei begrenzt. Als eine gut handhabbare Zahl haben sich insbesondere vier Flachspulen erwiesen. Zur weiteren Verstärkung des magnetischen Feldes beziehungsweise zur Verbesserung der Einstellmöglichkeiten kann zudem vorgesehen sein, dass wenigstens eine weitere in Radialrichtung des Trägers versetzte Lage von Flachspulen vorgesehen ist. Die Flachspulen sind dann auf die wenigstens zwei Lagen verteilt. Beispielsweise können bei vier Flachspulen zwei Lagen mit je zwei Flachspulen vorgesehen sein. Flachspulen können aufgrund ihrer Bauart in mehreren Lagen übereinander angeordnet werden, ohne dass die Navigationseinrichtung ein großes Volumen dazu gewinnt. Die im Wesentlichen kompakte Bauform bleibt erhalten.

**[0014]** Häufig ist es auch sinnvoll, ein einstellbares Magnetfeld in der Richtung der Längsachse des Trägers, im schon erwähnten Beispiel eines sitzenden Patienten also in vertikaler Richtung, zu ermöglichen. Hierzu sind bei der erfindungsgemäßen Navigationseinrichtung zwei Ausgestaltungen denkbar, die auch gleichzeitig verwendet werden können.

**[0015]** Zum einen kann vorgesehen sein, dass der Träger eine aus umlaufenden Leitern gebildete Solenoidspule zur Erzeugung eines einstellbaren magnetischen Feldes in Richtung der Längsachse des Trägers umfasst. Am Träger oder im Träger ist demnach zusätzlich zu den Flachspulen wenigstens ein Leiter in Umfangsrichtung in mehreren Windungen um den Innenraum des Trägers gelegt, so dass ein Feld in Längsrichtung des Trägers erzeugt werden kann.

**[0016]** Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung bietet sich an, wenn die Navigationseinrichtung einen Stuhl zur Aufnahme des sitzend behandelten Patienten umfasst. Dies ist aufgrund der reduzierten Ausdehnung und der besseren Handhabbarkeit der verwendeten Spulenordnung problemlos möglich. Der Patient muss demnach nicht länger liegend in eine beengende, großvolumige Vorrichtung eingefahren werden. Ist nun ein solcher Stuhl vorgesehen, so kann der Stuhl eine in einer Sitzfläche senkrecht zur Längsrichtung des Trägers angeordnete untere Flachspule zur Erzeugung eines einstellbaren magnetischen Feldes in Längsrichtung des Trägers aufweisen. Die ihrer Natur nach eine senkrecht zur Längsachse des Trägers angeordnete Ebene bildende Sitzfläche wird vorteilhaft zur Anordnung einer weiteren, unteren Flachspule benutzt, mit der ebenso einstellbar ein Magnetfeld beziehungsweise natürlich auch ein Magnetfeldgradient in Längsrichtung des Trägers erzeugbar ist. Somit ist auch eine Navigierbarkeit in dieser Richtung auf unkomplizierte, Platz sparende Art und Weise realisiert.

**[0017]** Umfasst die Navigationseinrichtung einen Stuhl, so werden erfindungsgemäß zwei Lösungen vorgeschlagen, wie der Träger mit seinen Flachspulen um den Patienten herum angeordnet werden kann. In einer ersten Alternative kann der an einer Stelle in Längsrichtung durchtrennte und am Stuhl befestigte Träger wenigstens ein Scharnier zur Öffnung des Trägers aufweisen. Der rohrartige Träger kann somit aufgeklappt werden, so dass ein Patient auf dem Stuhl Platz nehmen kann. Wird er danach wieder geschlossen, so befindet sich der Patient innerhalb des Trägers. Selbstverständlich können auch zwei Scharniere vorgesehen sein, so dass der Träger quasi zweiflügelig aufgeklappt werden kann. Grundsätzlich ist es auch denkbar, einen an zwei Stellen in Längsrichtung durchtrennten Träger vorzusehen, dessen eine Hälfte zur Platzierung des Patienten im Inneren des Trägers kurzzeitig abgenommen werden kann.

**[0018]** Bei einer solchen Durchtrennung des Trägers kann es, insbesondere bei mehreren Lagen von Flachspulen, die auch in Umfangsrichtung versetzt angeordnet sind, zu einer Unterbrechung des entsprechenden Leiters kommen. In diesem Fall können Steck- oder Schleifkontakte vorgesehen sein, die bei

geschlossenem Träger eine elektrisch leitende Verbindung herstellen.

**[0019]** In weiterer Ausgestaltung kann, um eine Anpassung an Patienten verschiedener Größe zu erreichen, auch vorgesehen sein, dass der am Stuhl befestigte Träger in seiner Höhe verstellbar ist. Dies kann über einen elektromagnetischen oder auch hydraulischen oder pneumatischen Antrieb realisiert werden.

**[0020]** In einer Alternative zu dem am Stuhl befestigten Träger kann auch vorgesehen sein, dass eine Einrichtung zur Höhenverstellung des Trägers zwischen einer ersten, stuhlfernen Position und einer zweiten, einen auf dem Stuhl sitzenden Patienten umgebenden Position vorgesehen ist. Eine solche Einrichtung kann beispielsweise als ein Kran ausgestaltet sein, jedoch ist jede andere Ausgestaltung ebenso denkbar, beispielsweise ein Führungsgerüst, in dem der Träger mittels eines pneumatischen oder elektrischen Antriebs bewegt werden kann. Dabei wird der Träger in die erste Position angehoben, so dass der Patient auf dem Stuhl Platz nehmen kann, woraufhin der Träger in die zweite, den Patienten umgebende Position abgesenkt wird.

**[0021]** Wie bereits erwähnt, kann eine Steuerungseinrichtung zur einstellbaren Bestromung der Spulen vorgesehen sein. Zweckmäßigerweise ist der Steuerungseinrichtung weiterhin wenigstens ein Bedienelement zur Einstellung des Magnetfeldes zugeordnet. Über dieses Bedienelement kann die Richtung und/oder die Stärke des magnetischen Feldes und/oder sein Gradient einstellbar sein, wobei die Steuereinrichtung in diesem Fall zur Ermittlung einer zugeordneten Bestromung der Spulen ausgebildet ist. Über entsprechend ausgebildete Bedienelemente kann die Bedienperson demnach bequem einstellen, welche Richtung und Stärke das Magnetfeld haben soll beziehungsweise in welcher Richtung mit welcher Stärke ein Magnetfeldgradient erzeugt werden soll. Die Steuerungseinrichtung rechnet diese Angaben automatisch in eine entsprechende Bestromung der Spulen um. Als Bedienelement kann beispielsweise ein Drehregler, insbesondere ein Scrollrad, vorgesehen sein. Mit einem solchen Scrollrad lässt sich beispielsweise die Richtung des Magnetfeldes senkrecht zur Längsachse des Trägers bequem und intuitiv steuern. Ebenso kann als Bedienelement auch ein Kraftsensor, insbesondere ein Joystick, vorgesehen sein, über den die Stärke des Feldes beziehungsweise eines Magnetfeldgradienten regelbar ist. Selbstverständlich sind jegliche andere Arten von Bedienelementen, beispielsweise eine Tastatur oder eine Maus, mit der die entsprechenden Einstellungen an einem Anzeigemittel vorgenommen werden können, denkbar.

**[0022]** Ist das medizinische Instrument für Bildaufnahmen ausgebildet, so ist es vorteilhafter Weise möglich, die aktuelle Ausrichtung und gegebenenfalls Stärke des magnetischen Feldes am Instrumentenort, die ja aufgrund der Benutzereinstellung exakt bekannt ist, mit dem entsprechenden Bild abzuspeichern. So ist beispielsweise die aktuelle Blickrichtung des medizinischen Instruments genau bekannt. Sie kann dann beispielsweise im Rahmen eines Rekonstruktionsprozesses oder zur Überlagerung bei einem Modell oder der Verwendung präoperativer Bilder verwendet werden. Auch können Informationen mit einem Positionsbestimmungssystem ausgetauscht werden. Ein solches Positionsbestimmungssystem kann elektromagnetisch ausgebildet sein, mit besonderem Vorteil kann jedoch – aufgrund der leichteren Handhabbarkeit und geringeren Ausdehnung der Navigationseinrichtung – problemlos auch beispielsweise ein Ultraschallsystem verwendet werden, das einfach innerhalb des Trägers angebracht wird. In besonderen Fällen kann auf eine Positionsbestimmung sogar gänzlich verzichtet werden, wenn sich dies aus von einer Bildaufnahmeeinrichtung des medizinischen Instruments aufgenommenen Bildern ergibt oder die Bewegung des medizinischen Instruments im Hohlorgan aufgrund des Verlaufs des magnetischen Feldes nachvollzogen werden kann.

**[0023]** Werden besonders hohe magnetische Felder benötigt, beispielsweise weil ein Schweben des medizinischen Instruments realisiert werden soll, können die Spulen wenigstens teilweise auch supraleitend ausgebildet sein.

**[0024]** In jedem Fall ist es jedoch zweckmäßig, wenn der Träger eine Kühleinrichtung, insbesondere einen Strahlungskühler und/oder eine insbesondere mäanderartig verlaufende Wasserkühlung, zur Kühlung der Spulen umfasst. Ein Strahlungskühler, der üblicherweise aus einem Material mit hoher Wärmeleitung hergestellt wird, kann beispielsweise als ein Plattenkühler ausgebildet sein, bei dem die Wärme über eine außen liegende Fläche abgestrahlt wird. Zur Vergrößerung der Abstrahlfläche kann vorgesehen sein, dass nach außen Kühlelemente von dem Strahlungskühler abstehen. Eine solche Anordnung wird häufig auch als Igelkühler bezeichnet.

**[0025]** Weitere Vorteile und Einzelheiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnungen. Dabei zeigen:

**[0026]** Fig. 1 eine erste Ausführungsform einer Navigationseinrichtung,

**[0027]** Fig. 2 eine Querschnittsansicht eines Trägers mit drei Flachspulen,

[0028] Fig. 3 eine Querschnittsansicht eines Trägers mit vier Flachspulen,

[0029] Fig. 4 eine perspektivische Ansicht eines Trägers mit einem Scharnier,

[0030] Fig. 5 eine Darstellung zweier Lagen von Flachspulen, wie sie in dem Träger nach Fig. 4 verwendet werden können,

[0031] Fig. 6 ein Blockschaltbild der Navigationseinrichtung, und

[0032] Fig. 7 eine zweite Ausführungsform einer Navigationseinrichtung.

[0033] Fig. 1 zeigt wesentliche Komponenten einer erfindungsgemäßen Navigationseinrichtung 1. Sie umfasst einen Stuhl 2, auf dem ein Patient 3 Platz nehmen kann. Der Patient 3 hat im vorliegenden Beispiel eine Endoskopiekapsel 4 geschluckt, die nun in Flüssigkeit in seinem Magen 5 schwimmt. Die Endoskopiekapsel 4 ist ein medizinisches Instrument mit einem Permanentmagneten und wird über die Navigationseinrichtung 1 in ihrer Ausrichtung und Bewegung gesteuert.

[0034] Hierzu umfasst die Navigationseinrichtung 1 einen rohrartigen Träger 6, in den mehrere sich entlang seiner Oberfläche erstreckende, aus einem in einer Fläche verlaufenden Leiter gebildete Flachspulen 7 angeordnet sind, in diesem Fall insgesamt drei Flachspulen 7. Über die Flachspulen 7 kann ein mittels ihrer Bestromung einstellbares, magnetisches Feld in horizontaler Richtung, also senkrecht zur Längsachse des Trägers 6, erzeugt werden. Wird ein homogenes Feld im Bereich der Kapsel 4 erzeugt, so richtet sich diese aufgrund des in ihr angeordneten Magneten lediglich entlang der Feldrichtung aus. Wird ein Gradient im Bereich der Kapsel 4 erzeugt, so bewegt sich diese auf der Flüssigkeitsoberfläche in der entsprechenden Richtung.

[0035] Um verschieden große Patienten untersuchen beziehungsweise behandeln zu können, ist der Träger 6 in einer Schiene 8 gelagert, in der er über eine Antriebsvorrichtung 9 höhenverstellbar ist. Insgesamt ist der Träger 6 demnach am Stuhl 2 befestigt.

[0036] Um auch magnetische Felder entlang der Längsachse des Trägers 6 erzeugen zu können, ist ferner eine weitere, untere Flachspule 10 in der Sitzfläche 11 des Stuhles 2 angeordnet. Zusätzlich oder alternativ kann auch eine in den Träger 6 integrierte, hier nur gestrichelt dargestellte Solenoidspule 12 vorgesehen sein, die aus umlaufenden Leitern gebildet ist.

[0037] Die entsprechende Bestromung der Spulen 7, 10 und 12 wird von einer bezüglich Fig. 6 ausführ-

lich diskutierten, hier nicht näher dargestellten Steuerungseinrichtung gesteuert.

[0038] Fig. 2 zeigt eine Querschnittsansicht eines Trägers 6a, an dem drei Flachspulen 7 angeordnet sind. Der Träger 6a ist zylindrisch ausgebildet, denkbar sind auch ellipsoide oder andere Formen. Die Flachspulen 7 sind in regelmäßigen Abständen auf seiner Oberfläche angeordnet. Um die durch den Stromfluss in den Flachspulen 7 erzeugte Wärme abzuführen, ist ferner an jeder Flachspule 7 eine Kühleinrichtung 13 angeordnet, hier in Form eines Strahlungskühlers 14, der aus einer wärmeleitenden Platte, beispielsweise aus Kupfer, besteht, von der Wärmeableitetelemente zur Erhöhung der Wärmeabstrahlfläche abstehen. Ein solcher Strahlungskühler wird häufig auch Igelkühler genannt.

[0039] Der Träger 6a ist an der Lehne 15 des Stuhles 2 befestigt. Um es dem Patienten 3 bequem zu ermöglichen, auf dem Stuhl Platz zu nehmen und seinen Bauchbereich im Inneren des Trägers 6a anzuordnen, ist der Träger 6a an einer Stelle 16 in Längsrichtung durchtrennt und weist zwei Scharniere 17 auf, die ein Öffnen des Trägers 6a ermöglichen, so dass der Patient 3 bequem Platz nehmen kann.

[0040] Die Querschnittsansicht eines weiteren Trägers 6b mit vier Flachspulen 7 ist in Fig. 3 dargestellt. Die Verwendung von vier Flachspulen 7 hat sich als ideal erwiesen.

[0041] Als Kühleinrichtung 13 kann neben einem Strahlungskühler 14 auch eine andere Kühleinrichtung verwendet werden, beispielsweise eine Wasserkühlung. Dabei kann das Wasser mäanderartig an den Spulen vorbeigeleitet werden. Sind die Spulen 7 supraleitend ausgebildet, so ist auch beispielsweise eine Stickstoffkühlung denkbar.

[0042] Eine weitere Ausgestaltung eines Trägers 6c zeigt Fig. 4. Der Träger 6c, der in perspektivischer Ansicht gezeichnet ist, weist in diesem Fall nur ein Scharnier 17 auf und ist geöffnet dargestellt. Da in diesem Fall die Stelle 16 im Bereich einer Flachspule 7 liegt, sind Steckverbindungen 18 zur entsprechenden Verbindung des Leiters der Flachspule 7 bei geschlossenem Träger 6c vorgesehen. Um eine Anpassung des Trägers 6c auf verschiedene Patientenvolumina zu ermöglichen, kann auch vorgesehen sein, dass ein gewisser Überlappungsbereich an der Stelle 16 ausgebildet ist, wobei die Verbindung beispielsweise durch Schleifkontakte hergestellt werden kann.

[0043] Fig. 5 zeigt die perspektivische Ansicht zweier Lagen 19a, 19b von jeweils zwei Flachspulen 7, die im Träger 6c radial versetzt angeordnet sind. Er-sichtlich handelt es sich um so genannte Fingerprintspulen, das bedeutet, der Leiter 20 der Flachspulen 7 verläuft spiralförmig.

**[0044]** Die Flachspulen **7** der ersten Lage **19a** und der zweiten Lage **19b** sind zudem auch in Umfangsrichtung versetzt angeordnet, so dass an der Stelle **16** der Durchtrennung des Trägers **6c** in Längsrichtung auch eine Durchtrennung des Leiters **20** einer Flachspule **7** erforderlich ist. Damit bei geschlossenem Träger **6c** die Flachspule **7** dennoch einen geschlossenen Leiter **20** aufweist, sind die Steckverbinder **18** vorgesehen.

**[0045]** Fig. 6 zeigt in einer Prinzipskizze die Ansteuerung der einzelnen Spulen sowie die Möglichkeiten der Einstellung des Feldes durch den Benutzer. Die Navigationseinrichtung **1** umfasst hierzu eine Steuerungseinrichtung **21**, über die mittels einer programmierbaren Stromquelle **22** die Spulen **7** einstellbar bestrombar sind. Der Einfachheit halber ist nur eine als Fingerprintschule ausgebildete Flachspule **7** dargestellt, die restlichen Spulen sind lediglich angedeutet. Selbstverständlich sind auch die gegebenenfalls vorhandene untere, weitere Flachspule **10** und die gegebenenfalls vorhandene Solenoidspule **12** über die programmierbare Stromquelle **22** einstellbar bestrombar.

**[0046]** Über verschiedene Bedienelemente **23**, von denen hier beispielhaft ein Joystick **24** und ein Scrollrad **25** dargestellt sind, kann ein Benutzer das gewünschte magnetische Feld angeben. Über eine Anzeigevorrichtung **26** können Informationen ausgegeben werden sowie weitere Einstellungen vorgenommen werden.

**[0047]** Nachdem der Benutzer über die Bedienelemente **23** das von ihm gewünschte magnetische Feld angegeben hat, ist die Steuerungseinrichtung **21** dazu ausgebildet, diese Angaben in eine entsprechende Bestromung der Spulen **7**, **10** und **12** umzuwandeln.

**[0048]** Die Steuerungseinrichtung **21** kann mit weiteren Steuerungseinrichtungen integriert sein oder mit diesen kommunizieren. So ist es beispielsweise denkbar, dass, falls die Kapsel **4** eine Bildaufnahmeeinrichtung umfasst, mit jedem aufgenommenen Bild die aktuellen Feldeinstellungen abgespeichert werden können, insbesondere die aktuelle Richtung des magnetischen Feldes. Auch ein Datenaustausch mit einem Positionsbestimmungssystem kann sich als sinnvoll erweisen.

**[0049]** Die Bedienelemente **23** sind dabei so ausgebildet, dass ein Benutzer die Navigationseinrichtung **1** möglichst intuitiv benutzen kann. So kann über das Scrollrad **25** komfortabel die Richtung des magnetischen Feldes in horizontaler Richtung eingestellt werden. Der Joystick **24**, der als Kraftsensor fungiert, ermöglicht die Vorgabe verschieden starker Magnetfeldgradienten zur Bewegung der Kapsel **4** im Magen **5**.

**[0050]** Zudem können weitere Bedienelemente für weitere Parameter des Feldes vorgesehen sein, beispielsweise ein Schieberegler zur Einstellung der Stärke des magnetischen Feldes, oder Bedienelemente zur Einstellung eines magnetischen Feldes in Längsrichtung des Trägers **6**.

**[0051]** Eine zweite Ausführungsform einer Navigationseinrichtung **27** ist in Fig. 7 schematisch dargestellt. In diesem Fall ist auch ein Stuhl **28** vorgesehen, jedoch ist der Träger **29** mit den Flachspulen nicht am Stuhl **28** befestigt, sondern an einer Einrichtung **30** zur Höhenverstellung des Trägers **29**. Diese ist hier nach Art eines Krans **31** ausgebildet. Auf diese Weise kann der Träger **29** von einer ersten, entfernt vom Stuhl **28** angeordneten Position in eine zweite, stuhlnahe Position abgesenkt werden und umgekehrt. Dies ist durch den Pfeil A symbolisiert.

**[0052]** Abschließend soll die Funktionsweise der Navigationseinrichtung kurz am Beispiel einer Aufnahme der Magenschleimhaut mit einer Endoskopiekapsel mit einem Magneten erläutert werden. Zunächst wird der Magen **5** des Patienten **3** mit einer Flüssigkeit, beispielsweise Wasser, aufgefüllt. Sodann schluckt der Patient die Endoskopiekapsel **4**. Diese ist schwimmend ausgestaltet, so dass sie auf der Oberfläche der Flüssigkeit im Magen **5** schwimmt, während diese den Magen **5** langsam verlässt.

**[0053]** Das bedeutet, bei dem sitzenden Patienten **3** ändert sich langsam die Höhe, in der die Endoskopiekapsel **4** schwimmt. Über die Navigationseinrichtung **1** beziehungsweise **27** wird nun ein Magnetfeld erzeugt. Wird ein in horizontaler Richtung verlaufendes, homogenes Magnetfeld erzeugt, so richtet sich die Endoskopiekapsel **4** im Winkel des Magnetfeldes aus, so dass die Kapsel **4** beispielsweise gedreht werden kann, um Aufnahmen der Magenschleimhaut aus verschiedenen Richtungen zu erlauben. Wird die Kapsel **4** durch das Magnetfeld lediglich gedreht, so entsteht letztendlich eine Serie von Bildern, die spiralförmig verlaufend die gesamte Magenschleimhaut zeigen. Sollen bestimmte Bereiche des Magens **5** genauer untersucht werden, so kann die Endoskopiekapsel durch Anlegen eines Gradienten auch auf der Flüssigkeitsoberfläche bewegt werden. So kann man näher an die Magenschleimhaut gelangen. Sind Spulen **10**, **12** zur Erzeugung eines Magnetfeldes in Längsrichtung, also vertikaler Richtung vorgesehen, so kann durch Erzeugung eines entsprechenden Feldes die Kapsel **4** auch nach oben oder nach unten ausgelenkt werden, um die Blickrichtung entsprechend zu verändern. Werden entsprechend starke Felder erzeugt, so ist auch ein Schweben der Endoskopiekapsel **4** im Magen **5** denkbar. Schließlich verlässt die Endoskopiekapsel **4** mit der letzten Flüssigkeit den Magen **5** und wird auf natürlichem Wege ausgeschieden.

### Patentansprüche

1. Navigationseinrichtung zur Erzeugung eines Magnetfelds zur Navigation eines in den Körper eines Patienten (3) eingebrachten medizinischen Instruments mit einem Magneten, insbesondere einer Endoskopiekapsel (4), **dadurch gekennzeichnet**, dass ein rohrartiger, insbesondere zylindrischer Träger (6, 6a, 6b, 6c, 29) mit wenigstens drei sich in Umfangsrichtung des Trägers (6, 6a, 6b, 6c, 29) erstreckenden, aus einem in einer Fläche verlaufenden Leiter (20) gebildeten Flachspulen (7) zur Erzeugung eines einstellbaren magnetischen Feldes im Wesentlichen senkrecht zur Längsachse des Trägers (6, 6a, 6b, 6c, 29) im Inneren des Trägers (6, 6a, 6b, 6c, 29) vorgesehen ist, wobei sie einen Stuhl (2, 28) zur Aufnahme des sitzend behandelten Patienten (3) umfasst und der Stuhl (2, 28) eine in einer Sitzfläche (11) senkrecht zur Längsachse des Trägers (6, 6a, 6b, 6c, 29) angeordnete untere Flachspule (10) zur Erzeugung eines einstellbaren magnetischen Feldes in Längsrichtung des Trägers (6, 6a, 6b, 6c, 29) aufweist.

2. Navigationseinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Flachspule (7) eine Fingerprintschule mit spiralförmig verlaufendem Leiter (20) ist.

3. Navigationseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine weitere in Radialrichtung des Trägers (6, 6a, 6b, 6c, 29) versetzte Lage (19a, 19b) von Flachspulen (7) vorgesehen ist.

4. Navigationseinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Träger (6, 6a, 6b, 6c, 29) eine aus umlaufenden Leitern gebildete Solenoidspule (12) zur Erzeugung eines einstellbaren magnetischen Feldes in Richtung der Längsachse des Trägers (6, 6a, 6b, 6c, 29) umfasst.

5. Navigationseinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der an einer Stelle (16) in Längsrichtung durchtrennte und am Stuhl (2) befestigte Träger (6, 6a, 6b, 6c) wenigstens ein Scharnier (17) zur Öffnung des Trägers (6, 6a, 6b, 6c) aufweist.

6. Navigationseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Einrichtung (30) zur Höhenverstellung des Trägers (29) zwischen einer ersten, stuhlfernen Position und einer zweiten, einen auf dem Stuhl (28) sitzenden Patienten (3) umgebenden Position vorgesehen ist.

7. Navigationseinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Steuerungseinrichtung (21) zur einstellba-

ren Bestromung der Spulen (7, 10, 12) vorgesehen ist.

8. Navigationseinrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Bedienelement (23) zur Einstellung des Magnetfeldes vorgesehen ist.

9. Navigationseinrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass über das Bedienelement (23) die Richtung und/oder die Stärke des magnetischen Feldes und/oder sein Gradient einstellbar ist und die Steuerungseinrichtung (21) zur Ermittlung einer zugeordneten Bestromung der Spulen (2, 10, 12) ausgebildet ist.

10. Navigationseinrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das wenigstens eine Bedienelement (23) einen Drehregler, insbesondere ein Scrollrad (25), und/oder einen Kraftsensor, insbesondere einen Joystick (24), umfasst.

11. Navigationseinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spulen (7, 10, 12) wenigstens teilweise supraleitend ausgebildet sind.

12. Navigationseinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Träger (6, 6a, 6b, 6c, 29) eine Kühleinrichtung (13), insbesondere einen Strahlungskühler (14) und/oder eine insbesondere mäanderartig verlaufende Wasserkühlung, zur Kühlung der Spulen (7, 10, 12) umfasst.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

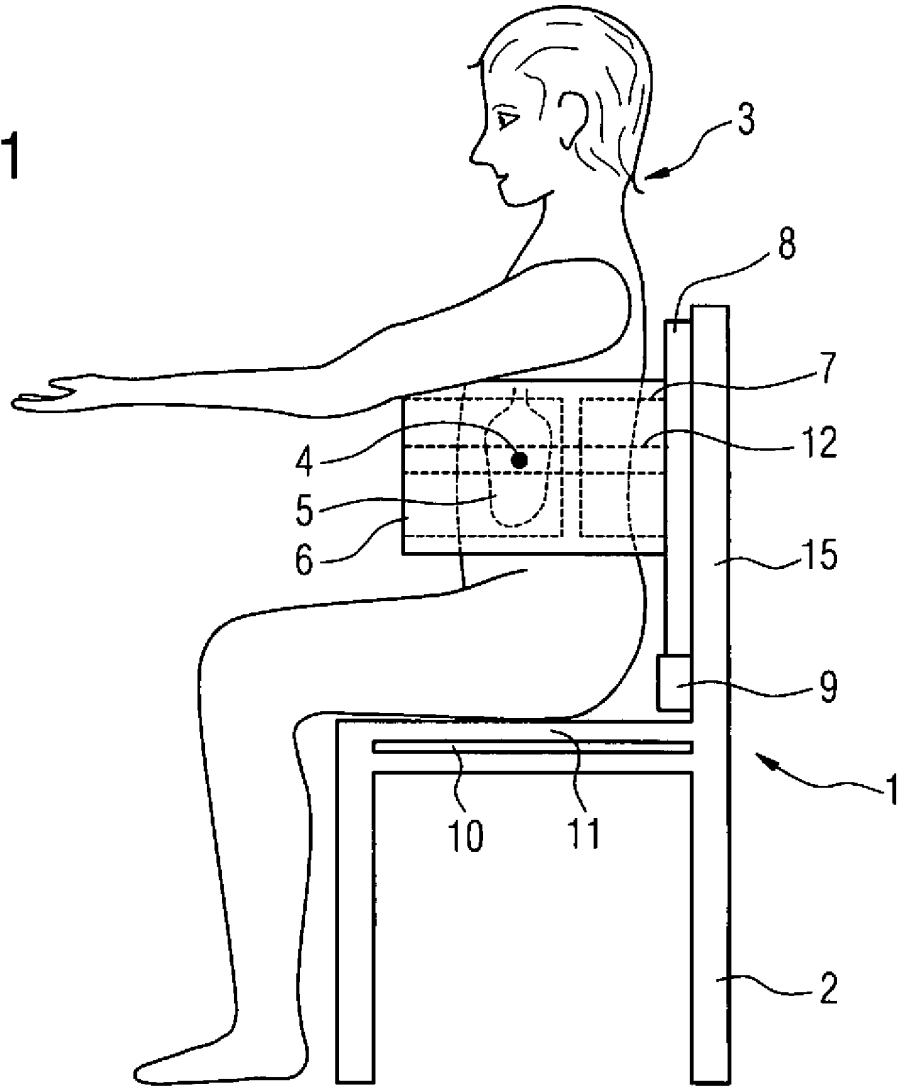


FIG 2

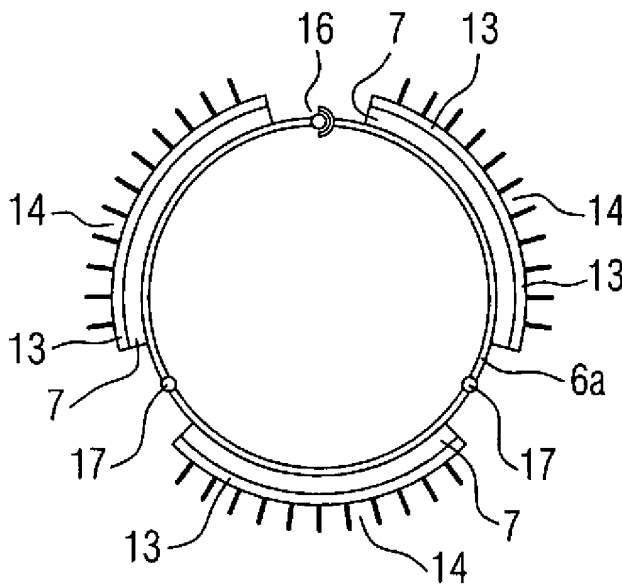


FIG 3

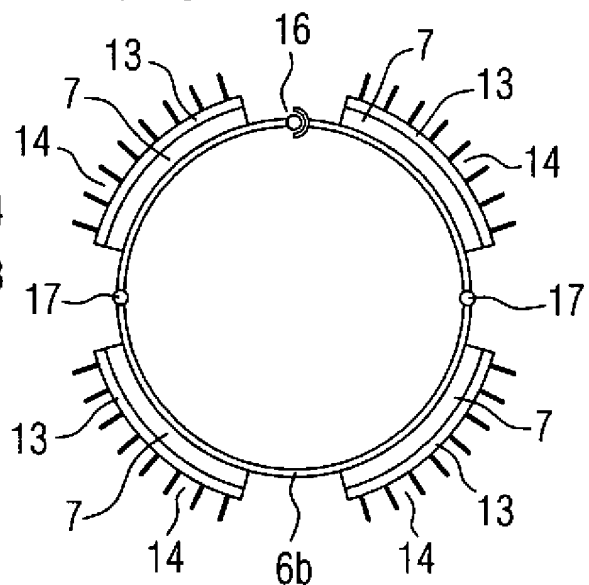




FIG 4

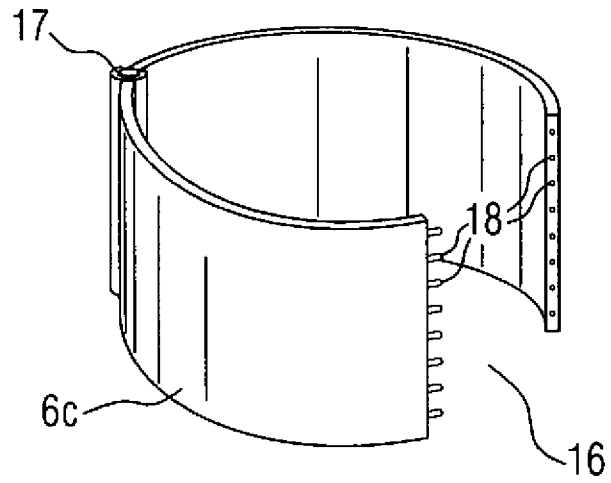


FIG 5

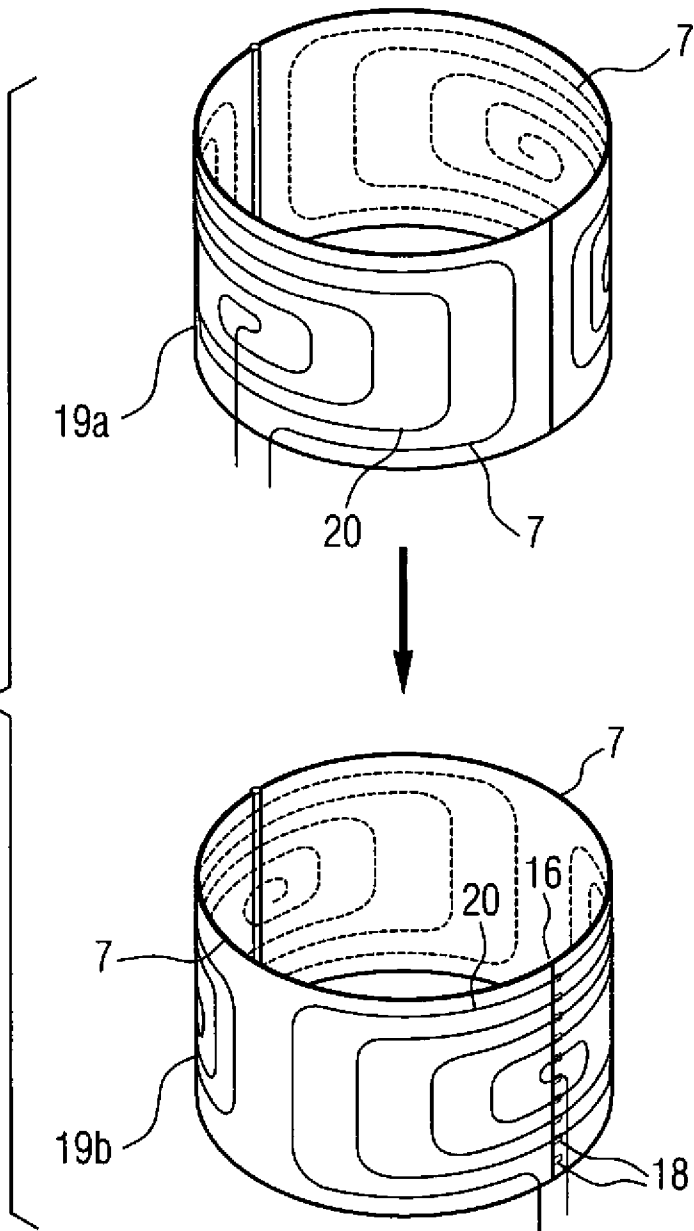


FIG 6

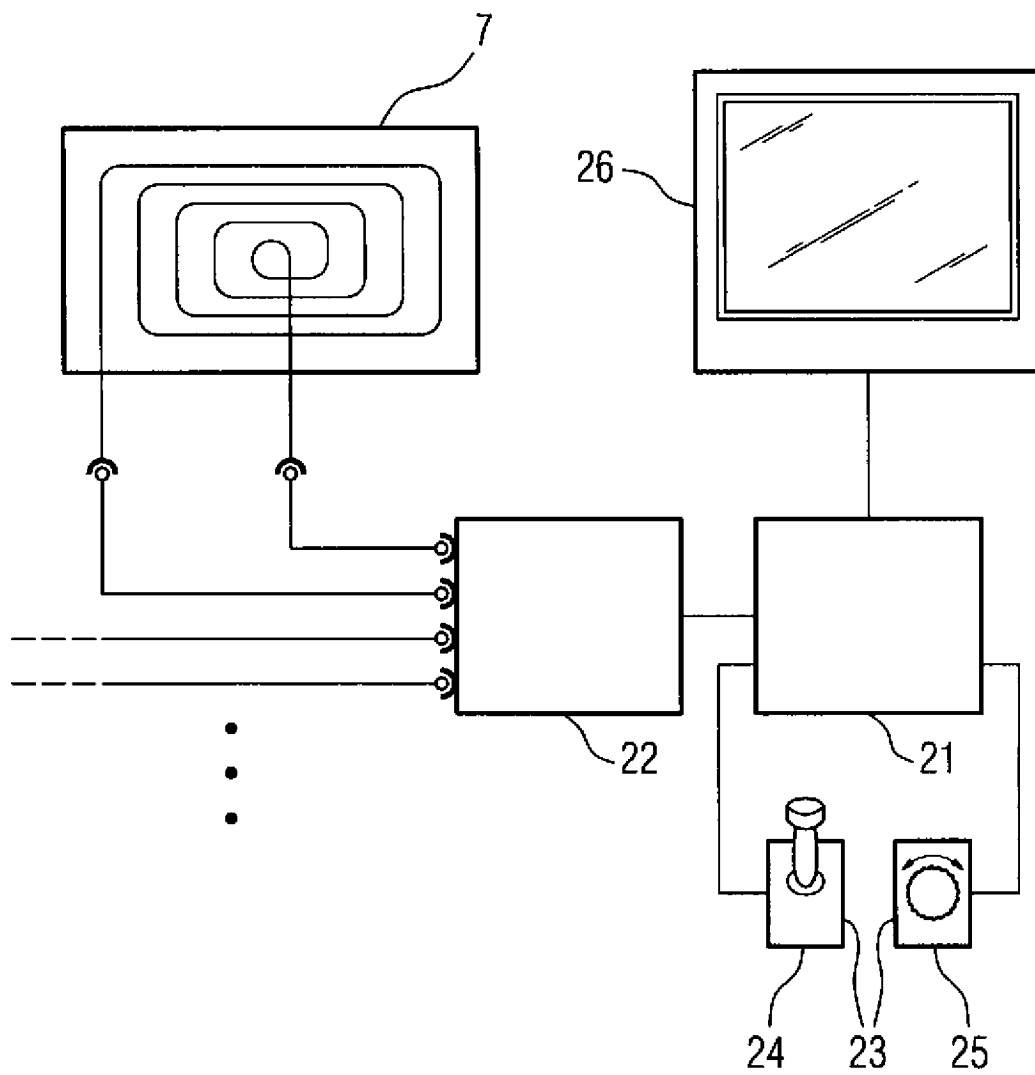


FIG 7

