



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 006 493.1**

(22) Anmeldetag: **31.03.2011**

(43) Offenlegungstag: **04.10.2012**

(51) Int Cl.: **G01R 33/3415 (2006.01)**

**G01R 33/36 (2006.01)**

**G01R 33/422 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Siemens Aktiengesellschaft, 80333, München, DE**

(72) Erfinder:  
**Evers, Daniel, 83624, Otterfing, DE; Huber, Klaus, 91090, Effeltrich, DE; Poprawa, Florian, 81825, München, DE; Schindler, Christina, 83022, Rosenheim, DE; Vester, Markus, 90471, Nürnberg, DE; Zapf, Jörg, 81927, München, DE**

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

**US 2007 / 0 188 175 A1**

**US 5 296 813 A**

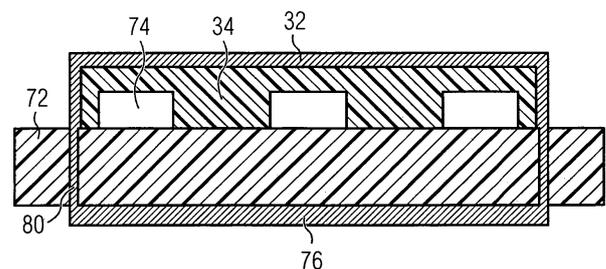
**EP 2 175 289 A1**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Magnetresonanz-Lokalspule, Magnetresonanztomographie-System sowie Verfahren zur Herstellung einer Magnetresonanz-Lokalspule**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Magnetresonanz-Lokalspule (6) mit einer Empfangsantenne (22) zum Empfangen von Magnetresonanzsignalen und eine Übertragungseinheit (24) zum Übertragen von auf Basis der Magnetresonanzsignale erzeugten Magnetresonanz-Signaldaten über eine Datensendeantenne (28) der Magnetresonanz-Lokalspule (6) an eine Signaldaten-Empfangseinheit (13) eines Magnetresonanztomographie-Systems (1), wobei die Übertragungseinheit (24) zumindest bereichsweise mit einer Abschirmung (30) mit einer ersten Metallschicht (32) und einer ersten dielektrischen Schicht (34) aufweist. Ferner betrifft die Erfindung ein Magnetresonanztomographie-System (1) mit einer derartigen Magnetresonanz-Lokalspule (6) sowie ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Magnetresonanz-Lokalspule (6).



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Magnetresonanz-Lokalspule mit einer Empfangsantenne zum Empfangen von Magnetresonanzsignalen, ein Magnetresonanztomographie-System mit einer derartigen Magnetresonanz-Lokalspule sowie ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Magnetresonanz-Lokalspule.

**[0002]** In einem Magnetresonanztomographie-System wird üblicherweise der zu untersuchende Körper mit Hilfe eines Grundfeldmagnet-Systems einem relativ hohen Grundfeldmagnetfeld, beispielsweise von 3 oder 7 Tesla, ausgesetzt. Zusätzlich wird mit Hilfe eines Gradientensystems ein Magnetfeldgradient angelegt. Über ein Hochfrequenz-Sendesystem werden dann mittels geeigneter Antenneneinrichtungen hochfrequente Anregungssignale (HF-Signale) ausgesendet, was dazu führen soll, dass die Kernspins durch dieses Hochfrequenzfeld resonanzangeregter Atome um einen definierten Flipwinkel gegenüber den Magnetfeldlinien des Grundmagnetfelds verkippt werden. Diese Hochfrequenzanregung bzw. die resultierende Flipwinkelverteilung wird im Folgenden auch als Kernmagnetisierung oder „Magnetisierung“ bezeichnet. Bei der Relaxation der Kernspins werden Hochfrequenzsignale, sog. Magnetresonanzantwortssignale (auch kurz „Magnetresonanzsignale“ genannt), abgestrahlt, die mittels geeigneter Anfangsantennen empfangen und dann weiterverarbeitet werden. Aus den so akquirierten Rohdaten können schließlich die gewünschten Bilddaten rekonstruiert werden.

**[0003]** Die Aussendung der Hochfrequenzsignale zur Kernspinmagnetisierung erfolgt meist mittels einer sog. „Ganzkörperspule“ oder „Body-Coil“. Ein typischer Aufbau hierfür ist eine Käfigantenne (Birdcage-Antenne), welche aus mehreren Sendestäben besteht, die parallel zur Längsachse verlaufen, um einen Patientenraum des Magnetresonanztomographie-Systems herum angeordnet sind, in dem sich ein Patient bei der Untersuchung befindet. Stirnseitig sind die Antennenstäbe jeweils ringförmig kapazitiv miteinander verbunden.

**[0004]** Zum Empfang der Magnetresonanzantwortssignale vom Untersuchungsobjekt werden meist sogenannte Lokalspulen („local coils“) eingesetzt. Bei diesen Lokalspulen handelt es sich um Empfangsantennen-Baugruppen, welche zumindest ein Empfangsantennenelement, meist in Form von Leiterschleifen, enthalten. Diese Lokalspulen werden bei der Untersuchung relativ nah an der Körperoberfläche möglichst direkt an dem zu untersuchenden Organ bzw. Körperteil des Patienten angeordnet. Die Empfangsantennenelemente sind häufig als Spule ausgeführt. Im Gegensatz zu größeren, entfernter vom Patienten angeordneten Antennen, haben die Lokalspulen den Vorteil, dass sie näher an den interessierenden Bereichen angeordnet sind. Dadurch wird der durch die elektrischen Verluste innerhalb des Körpers des Patienten verursachte Rauschanteil reduziert, was dazu führt, dass das sogenannte Signal-Rausch-Verhältnis einer Lokalspule i. d. R. besser als das einer entfernteren Antenne ist.

**[0005]** Die von den Empfangsantennenelementen empfangenen Magnetresonanzsignale werden heutzutage in der Regel noch in der Lokalspule vorverstärkt und aus dem zentralen Bereich der Magnetresonanztomographieanlage über Kabel ausgeleitet und einem geschirmten Empfänger einer MR-Signalverarbeitungseinrichtung zugeführt. In dieser werden dann die empfangenen Daten digitalisiert und für die Bildgebungen weiterverarbeitet.

**[0006]** Die Verkabelung der Lokalspulen ist im Prinzip unerwünscht, da die Kabel nicht einfach vom Patiententisch zur Auswerteeinrichtung geführt werden können, vom Personal als störend empfunden werden und der Patiententisch mit dem Patienten und der Lokalspulenmatte bewegt wird und folglich die Kabel lose geführt werden müssen. Die Handhabung von Lokalspulen könnte also vereinfacht werden, wenn die Datenübertragung von den Lokalspulen an das Magnetresonanztomographie-System drahtlos erfolgt. Hierfür ist es vorteilhaft, wenn die Magnetresonanzsignale bereits an der Lokalspule nicht nur analog aufbereitet sondern auch vor der drahtlosen Übertragung schon digitalisiert würden. Da sich eine solche Schaltung im sog. „Field of View“ des Magnetresonanztomographie-Systems befindet, d. h. im Messfeld, sollte die Schaltung geschirmt sein. Insbesondere digitale Schaltungen können anfällig für Störstrahlung sein und selbst Störemissionen verursachen. Einerseits können die Schaltungen durch das starke Feld des Hochfrequenzsenders zur Aussendung der Anregungssignale in ihrer Funktion beeinträchtigt werden. Auf der anderen Seite können von der Schaltung ausgehende hochfrequente Emissionen von den benachbarten hochempfindlichen Empfangsantennenelementen der Lokalspulen empfangen werden und den Empfang der Magnetresonanzsignale stören. Die Schirmung soll neben der Verbesserung der elektrischen Eigenschaften auch dem mechanischen Schutz der Schaltung dienen.

**[0007]** Standardmäßig werden digitale Schaltungen mit einem elektrisch leitfähigen Deckel, der mit einer Massefläche verbunden ist, geschirmt. In einem Magnetresonanzgerät tritt jedoch ein besonderes Problem durch die notwendige Kompatibilität der Schirmung zu den verwendeten Wechselfeldern auf. So können zum einen

die, i. d. R. mit Frequenzen von bis zu 100 kHz, auftretenden niederfrequenten Gradientenfelder in der Schirmung unerwünschte Wirbelströme induzieren. Diese Wirbelströme verursachen sekundäre Magnetfelder, starke Erwärmung durch ohmsche Verluste und Vibrationen durch Lorenzkkräfte. Zum anderen ist eine Abschattung bzw. Verdrängung der beim Senden und Empfangen verwendeten Hochfrequenzfelder, das heißt der Anregungssignale und der Magnetresonanzsignale, klein zu halten. D. h. die Schirmung sollte so aufgebaut sein, dass diese Hochfrequenzfelder nicht derart verzerrt werden, dass die Feldstärke bereichsweise absinkt.

**[0008]** Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine Magnetresonanz-Lokalspule bereitzustellen, die in ihrer Handhabbarkeit verbessert ist und ohne Weiteres im Messfeld eines Magnetresonanztomographie-Systems verwendet werden kann.

**[0009]** Diese Aufgabe wird zum einen durch eine Magnetresonanz-Lokalspule gemäß Patentanspruch 1, durch ein Magnetresonanztomographie-System gemäß Patentanspruch 14 sowie durch ein Verfahren zur Herstellung einer Magnetresonanz-Lokalspule gemäß Patentanspruch 15 gelöst.

**[0010]** Eine erfindungsgemäße Magnetresonanz-Lokalspule kann, wie bisher üblich, eine oder mehrere Empfangsantennen zum Empfang der Magnetresonanzsignale aufweisen.

**[0011]** Außerdem weist die Magnetresonanz-Lokalspule eine Übertragungseinheit auf, um auf Basis von empfangenen Magnetresonanzsignalen erzeugte Magnetresonanz-Signaldaten über einen Datensendekanal an eine Signaldaten-Empfangseinheit eines Magnetresonanztomographie-Systems auszusenden. Unter einer „Übertragungseinheit“ ist hierbei allgemein eine mit einer Empfangsantenne einerseits und einer Datensendeantenne andererseits verbundene Schaltungsanordnung zu verstehen, die die Magnetresonanzsignale in übersendbare Magnetresonanz-Signaldaten umwandelt bzw. die zu übertragenden Daten zum Versenden an die Signaldaten-Empfangseinheit in geeigneter Weise aufbereitet. Es ist klar, dass auch die Magnetresonanz-Signaldaten letztlich physikalische Hochfrequenzsignale sind, dennoch wird hier der Begriff „Magnetresonanz-Signaldaten“ benutzt, um die zum Versand aufbereiteten Signale von den ursprünglichen Magnetresonanzsignalen zu unterscheiden, wobei es sich bei den aufbereiteten Signale vorzugsweise um digitale Daten handelt.

**[0012]** Hierzu kann die Übertragungseinheit beispielsweise einen Digital/Analog-Wandler aufweisen, um die Magnetresonanzsignale zu digitalisieren. Ferner kann die Übertragungseinheit einen Modulator aufweisen, um die Magnetresonanz-Signaldaten so aufzubereiten, dass die Übertragungsfrequenzen für die Übersendung an die Signaldaten-Empfangseinheit des Magnetresonanztomographie-Systems außerhalb der für die Rohdatenakquisition zur Bildgebung genutzten Frequenzbereiche oder anderer Frequenzarbeitsbereiche wie beispielsweise der niederfrequenten Gradientenfelder des Magnetresonanztomographie-Systems liegen. So wird erreicht, dass das Magnetresonanztomographie-System durch das Übertragen von Magnetresonanz-Signaldaten über den Datensendekanal nicht gestört wird.

**[0013]** Die Übertragung der Magnetresonanz-Signaldaten von der Magnetresonanz-Lokalspule an die Signaldaten-Empfangseinheit erfolgt dabei vorzugsweise, wie oben beschrieben, drahtlos. In diesem Fall weist die Magnetresonanz-Lokalspule als Teil des Datensendekanals zumindest eine Datensendeantenne auf, über die die Magnetresonanz-Signaldaten ausgesandt werden. Die Übertragung kann aber – auch im Rahmen der Erfindung – ebenso über optische Wellenleiter erfolgen, da optische Wellenleiter im Gegensatz zu elektrischen Verbindungskabeln relativ dünn und flexibel ausgestaltet sein können, und somit auch bereits ein Vorteil gegenüber der herkömmlichen Technik bieten. Zudem ist eine optische Übersendung mit erheblich höheren Trägerfrequenzen möglich, so dass die Bandbreite größer ist und die Anzahl der Kabel bei gleicher Übertragungsrate geringer sein kann. Ein Datensendekanal umfasst in diesem Fall also eine geeignete Schnittstelle zum Anschluss eines optischen Wellenleiters. Im Folgenden wird aber, sofern nicht anders erwähnt ohne die Erfindung hierauf zu beschränken, von einer drahtlosen Übertragung der Magnetresonanz-Signaldaten ausgegangen.

**[0014]** Zwischen der Empfangsantenne und der Übertragungseinheit oder als Eingangstufe der Übertragungseinheit kann die Lokalspule eine Vorverarbeitungseinheit aufweisen. Mittels dieser Vorverarbeitungseinheit können die mit der Empfangsantenne empfangenen oft sehr schwachen analogen Magnetresonanzsignale für die weitere Verarbeitung und ggf. Digitalisierung aufbereitet werden. Dies kann eine Verstärkung der gemessenen Magnetresonanzsignale sein, eine Filterung oder ein anderer Datenverarbeitungsvorgang, wie ein Mischvorgang mit einer anderen Frequenz bzw. ein Modulationsvorgang.

**[0015]** Erfindungsgemäß ist die Übertragungseinheit zumindest bereichsweise mit einer Abschirmung mit einer ersten Metallschicht und einer ersten dielektrischen Schicht versehen. Diese dielektrische Schicht befindet sich vorteilhafterweise zwischen der ersten Metallschicht und der Übertragungseinheit bzw. Komponenten

oder Baugruppen der Übertragungseinheit, so dass sie für eine elektrische Isolierung der Bauteile der Übertragungseinheit und der elektrisch leitfähigen Metallschicht sorgt. Durch diesen zumindest zweischichtigen Aufbau mit einer zur Metallschicht zusätzlichen dielektrischen Schicht, ist es möglich, die Metallschicht, welche ja die eigentliche elektrisch schirmende Funktion ausübt, so auszuführen, dass die eingangs beschriebenen Probleme mit der Schirmung, wie die Induktion von Wirbelströmen durch die Gradientenfelder oder die Abschattung der zur Bildgebung benötigten Hochfrequenzsignale minimiert werden können und andererseits die Schirmung in ihrer Funktion effektiv ist, d. h. dass die Übertragungseinheit nicht durch die Felder des Magnetresonanztomographie-Systems in ihrer Funktionsweise beeinträchtigt wird und elektromagnetische Emissionen der Übertragungseinheit nicht das Magnetresonanztomographie-System in seiner Funktionsweise beeinträchtigen. Insbesondere ist es möglich, die Metallschicht sehr dünn auszuführen, was Wirbelströme behindert. Weitere besonders vorteilhafte Aufbaumöglichkeiten werden später noch erläutert. Zudem wird durch die dielektrische Schicht die gewünschte erhöhte mechanische Stabilität erreicht und zugleich werden die Bauteile besser gegen Umwelteinflüsse, wie zum Beispiel eine Betauung, geschützt. Folglich wird der Schutz der Schaltung so insgesamt erhöht und das Ausfallrisiko verringert.

**[0016]** Da sich die Lokalspulen in einem starken Grundmagnetfeld des Magnetresonanztomographie-Systems befinden, das möglichst homogen sein sollte, besteht die Metallschicht sinnvollerweise aus einem nicht-magnetischen Material. Hierbei kann es sich um ein Material mit einer niedrigen Permeabilitätszahl  $\mu_r$ , vorzugsweise im Bereich von 1, handeln. Beispiele für geeignete nicht-magnetische Materialien sind Kupfer, Zinn, Aluminium und Silber. Es können auch geeignete Legierungen verwendet werden, die vorzugsweise eisenfrei sein sollten.

**[0017]** Die Erfindung umfasst außerdem ein Magnetresonanztomographie-System mit zumindest einer derartigen Magnetresonanz-Lokalspule.

**[0018]** Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung einer derartigen Magnetresonanz-Lokalspule, kann diese im Prinzip in herkömmlicher Weise aufgebaut werden, indem die Magnetresonanz-Lokalspule mit einer oder mehreren Empfangsantennen, eine Übertragungseinheit und zumindest einer Datensendeantenne ausgestattet wird. Erfindungsgemäß wird nun jedoch die Übertragungseinheit durch zumindest bereichsweises Aufbringen einer dielektrischen Schicht und darauf zumindest bereichsweises Aufbringen einer Metallschicht mit einer Abschirmung versehen.

**[0019]** Die abhängigen Ansprüche sowie die nachfolgende Beschreibung enthalten besonders vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung, wobei insbesondere auch die Ansprüche einer Anspruchskategorie analog zu den abhängigen Ansprüchen einer anderen Anspruchskategorie weitergebildet sein können.

**[0020]** Die Abschirmung ist so aufgebaut, dass sie die Übertragungseinheit als Ganzes oder zumindest Teile der Übertragungseinheit abschirmt, vorzugsweise zumindest solche Teile der Übertragungseinheit, in denen eine Digitalisierung der Signale und weitere digitale Verarbeitung erfolgt.

**[0021]** Die Abschirmung kann dabei vorzugsweise als ein Gehäuse ausgebildet sein, das dementsprechend die Übertragungseinheit als Ganzes oder zumindest Teile der Übertragungseinheit einschließt. Das Gehäuse kann dabei ganz oder teilweise aus der ersten Metallschicht mit der zugehörigen dielektrischen Schicht bestehen. Beispielsweise können die abzuschirmenden Komponenten weitgehend vollständig von der dielektrischen Schicht und einer darüber befindlichen Metallschicht umgeben sein.

**[0022]** Besonders bevorzugt ist die Abschirmung so aufgebaut, dass sie ein langgestrecktes Abschirmgehäuse aufweist bzw. bildet, vorzugsweise mit einem Längen/Breiten-Verhältnis von größer oder gleich 5. Besonders bevorzugt weist das Abschirmgehäuse dabei eine geschlossene erste Stirnseite und eine der ersten Stirnseite gegenüberliegenden zweite Stirnseite auf, welche mindestens eine Öffnung zur Verbindung mit der Empfangsantenne aufweist. Eine weitere Öffnung an dieser Seite kann zur Verbindung mit der Datensendeantenne dienen. Bei dieser Variante werden alle Signale also an einer offenen Stirnseite eingeführt und abgeführt und die störungsintensivsten Schaltungsteile, wie beispielsweise ein Analog-/Digitalwandler, können vorzugsweise nahe zu der verschlossenen Stirnseite im Schirmungsgehäuse angeordnet sein. Die Abmessungen des Abschirmgehäuses sind dabei so gewählt, dass der Durchmesser der Stirnseiten kleiner als die Länge des Abschirmgehäuses ist. Das Abschirmgehäuse kann hinsichtlich seiner Außenabmessungen mit einem quer zur Längsachse verlaufenden rechteckigen Querschnitt, runden Querschnitt oder elliptischen Querschnitt ausgebildet sein. Bei einem runden Querschnitt ist das Abschirmgehäuse zylinderförmig ausgebildet und weist

somit die äußere Gestalt eines „Tablettenröhrchens“ auf, wobei der Radius wesentlich kleiner als die Längserstreckung des Gehäuses sein sollte.

**[0023]** Durch eine derartige, lang gestreckte, schlanke Form des Schirmgehäuses wird die Rückwirkung auf die Magnetfelder des Magnetresonanztomographie-Systems minimiert, denn die in einer Fläche induzierte Wirbelstromdichte skaliert im Wesentlichen mit der Länge der kürzeren Achse einer sich im Magnetfeld befindlichen Fläche. Das heißt, dass ein schmaler Stab, wie z. B. ein zylinderförmiges Tablettenröhrchen, von den durchtretenden Magnetfeldern weniger erwärmt wird, und von Hochfrequenzfeldern leichter umflossen wird, als ein breites, quaderförmiges Abschirmgehäuse.

**[0024]** Die Abschirmung kann so ausgeführt sein, dass Bauteile, gegebenenfalls auch ganze Baugruppen oder Funktionsgruppen, der Übertragungseinheit durch die Abschirmung gegeneinander abgeschirmt werden. Dies ist möglich, indem beispielsweise die Metallschicht der Abschirmung an ausgewählten Stellen mit einer Masse der Schaltung kontaktiert wird.

**[0025]** Besonders bevorzugt ist das Abschirmgehäuse so ausgebildet, dass ein von einer Schirmung umgebener Innenraum des Abschirmgehäuses einen Dämpfungs-Hohlleiter bildet, wobei der Dämpfungs-Hohlleiter eine Grenzfrequenz aufweist, die in einem vorgegebenen Frequenzabstand unter einer Sendefrequenz zur Übertragung der Magnetresonanz-Signaldaten liegt. Die Sendefrequenzen liegen üblicherweise in einem Frequenzbereich oberhalb von 1 GHz. Entsprechend der Gehäusebauform kann der Dämpfungs-Hohlleiter dabei insbesondere als Rechteck-Hohlleiter, Rund-Hohlleiter oder als Hohlleiter mit elliptischem Querschnitt ausgebildet sein. Durch die Ausbildung als Dämpfungs-Hohlleiter können sonst eventuell notwendige Zwischenwände bzw. Abschirmungen zwischen verschiedenen Schaltungsteilen entfallen oder einfacher ausgeführt werden.

**[0026]** Vorzugsweise wird die Grenzfrequenz so gewählt, dass ihr Wert 10% unterhalb des Werts der Sendefrequenz liegt. Wenn z. B. der Wert der Sendefrequenz 20 GHz beträgt, wird eine Grenzfrequenz von 18 GHz gewählt. Dies bewirkt, dass sich elektromagnetische Wellen mit einer Frequenz unterhalb von 18 GHz im Inneren des Abschirmgehäuses nur schlecht ausbreiten können, und stark gedämpft werden.

**[0027]** Im Inneren des Abschirmgehäuses sind jedoch notwendigerweise Verbindungsleitungen vorhanden, die einzelne Bauteile der Übertragungseinheit elektrisch leitend verbinden. Derartige Verbindungsleitungen können als Signalbrücken wirken und somit die dämpfende Wirkung des Dämpfungs-Hohlleiters reduzieren. Daher werden vorzugsweise solche Verbindungsleitungen im Inneren des Abschirmgehäuses mit geeigneten Tiefpassfiltern, und/oder Bandsperren und/oder Hochpassfiltern beschaltet sind. Durch das Einfügen von solchen Filtern bzw. die Abblockmaßnahmen sollte insbesondere die Ausbreitung von Störungen auf der Magnetresonanz-Empfangsfrequenz (zum Beispiel von ca. 64 MHz bei einem 1,5 T Magnetresonanzgerät oder ca. 123 MHz bei einem 3 T Magnetresonanzgerät) unterdrückt werden. Dementsprechend sind die Filter vorzugsweise so ausgestaltet, dass sie gerade bei diesen Frequenzen blockieren.

**[0028]** Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform wird das von der Empfangsantenne empfangene Magnetresonanzsignal zunächst außerhalb des geschirmten Bereichs von der Magnetresonanzfrequenz auf eine Zwischenfrequenz umgesetzt. Dann kann auch die Signaleingangsleitung beim Eintritt in den geschirmten Bereich mit Sperrfiltern für die Magnetresonanzfrequenz versehen werden. Wenn zudem auch die digitalen Ausgangssignale auf eine weit abliegende Frequenz aufmoduliert werden, beispielsweise auf eine Sendefrequenz oberhalb von 1 GHz, oder über optische Wellenleiter herausgeführt werden, können alle ein- und aus tretenden Leitungen für die Magnetresonanzfrequenz gesperrt werden.

**[0029]** Vorzugsweise ist die Abschirmung als mehrlagige Schirmung aufgebaut, d. h. die Abschirmung weist zumindest eine weitere Metallschicht und zumindest eine weitere dielektrische Schicht auf, wobei zwischen zwei Metallschichten jeweils eine weitere dielektrische Schicht angeordnet ist, die die beiden Metallschichten gegeneinander isoliert. Eine solche mehr leitende Schirmung führt zu besonders geringen Störemissionen. Zudem wird durch den Aufbau mit mehreren verschiedenen Lagen eine noch weiter erhöhte mechanische Stabilität erreicht, so dass die Lokalspule Schocktests gut besteht. Vorzugsweise können noch weitere Schichtpakete, jeweils bestehend aus einer dielektrischen Schicht und einer Metallschicht, zusätzlich hinzugefügt werden, um die Abschirmung noch weiter zu verbessern.

**[0030]** Der Aufbau der mehrlagigen (aus mindestens einer dielektrischen Schicht und einer Metallschicht bestehenden) Abschirmung kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. Dabei kann ein Teil der Abschirmung auch durch eine Platine gebildet sein, mit einer dielektrischen Trägerschicht, auf der auf einer Seite die Leiterbahn-

struktur der Schaltungsanordnung und die Bauteile aufgebracht sind, und die auf der anderen Seite mit einer als Abschirmung wirkenden Metallschicht beschichtet ist.

**[0031]** Um eine wirksame Abschirmung zu erreichen, ist es erforderlich, die Metallschicht(en) der Abschirmung elektrisch leitend mit einem bestimmten Schirmpotential, beispielsweise dem Nullpotential, d. h. der Masse der Schaltung selber, zu verbinden. Wenn die Schaltungsanordnung der Übertragungseinheit wie üblich auf einer Platine angeordnet ist, kann z. B. eine Kontaktierung der Metallschicht(en) mit einer Massefläche der Platine hergestellt werden.

**[0032]** Das Aufbringen der dielektrischen Schicht auf die Übertragungseinheit bzw. deren Bauteile kann z. B. durch Vergießen mit einer geeigneten dielektrischen Vergussmasse, beispielsweise einer epoxidhaltigen Vergussmasse, erfolgen. Dies ist in einem Spritzgussverfahren möglich. Alternativ ist es möglich, eine dielektrische Schicht durch Auflaminieren einer Isolationsfolie aufzubringen. Hierzu kann vorzugsweise eine Polyimidfolie verwendet werden. Das Laminieren kann z. B. mittels Folientiefziehen erfolgen. Die dielektrische Schicht sollte in beiden Fällen vorzugsweise eine Isolationsdicke von 50 bis 500 µm aufweisen.

**[0033]** Sowohl ein Verguss als auch eine Folienlaminierung erlauben einen sehr flachen Aufbau, der eine hohe Integrationsdichte ermöglicht. Beide Varianten ermöglichen zudem das direkte Abbilden der Oberflächentopographie, welche zum Beispiel durch die Bauteile auf einer Platine vorgegeben sein kann. Insbesondere bei einem Verguss ist aber auch einfach eine planare Oberfläche zu erzielen, auf der weiter aufgebaut werden kann.

**[0034]** Insbesondere kann bei einem Vergießen auf einfache Weise eine beliebige Abschirmgehäuseform, beispielsweise die oben beschriebene bevorzugte längliche Gehäuseform, insbesondere eine langgestreckte zylinderförmige Form, realisiert werden. So kann zum Beispiel eine die Bauteile der Übertragungseinheit tragende (bevorzugt bereits eine langgestreckte schlanke Form aufweisende) Platine rundum in der gewünschten Form eingegossen werden.

**[0035]** In einem weiteren Schritt wird dann die Metallschicht aufgebracht. Das Aufbringen der Metallschicht kann wiederum mittels verschiedener geeigneter Technologien erfolgen.

**[0036]** Zum Beispiel kann eine Metallschicht aufgebracht werden, indem eine metallkaschierte Folie auflamiert wird. So kann auf einfache Art und Weise eine Metallschicht mit einer Dicke von 100 nm bis 5 µm erzeugt werden. In einem alternativen Prozess erfolgt das Aufbringen einer derart dünnen Metallschicht z. B. mittels Gasphasenabscheidung.

**[0037]** Sofern dies gewünscht ist, kann die Metallschicht in einem zweiten Schritt verstärkt werden, z. B. mittels galvanischer Abscheidung. Dadurch kann die Metallschicht auf eine Schichtdicke von 5 bis 50 µm gebracht werden. Eine solche verstärkte Metallschicht wird im Rahmen der Erfindung, auch wenn sie aus mehreren dünnen Lagen besteht, als eine einzelne Metallschicht gesehen, da die Metalllagen nicht durch ein Dielektrikum als einzelnen Schichten getrennt sind.

**[0038]** Vorzugsweise wird die Dicke der Metallschichten derart gewählt, dass sie wenigstens der Skin-Tiefe der abzuschirmenden elektromagnetischen Wellen entspricht. Die Skin-Tiefe  $\delta$  ergibt sich gemäß

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu_0 \mu_r \sigma}} \quad (1)$$

**[0039]** Dabei steht  $f$  für die Frequenz der abzuschirmenden elektromagnetischen Wellen,  $\mu_0$  für die Permeabilitätskonstante des Vakuums,  $\mu_r$  für die relative Permeabilitätszahl des Materials der Metallschicht und  $\sigma$  für die elektrische Leitfähigkeit des Metalls der Metallschicht. Mit Kupfer als Material ergibt sich für eine Frequenz von 1 MHz eine Skintiefe von 66 µm und für eine Frequenz von 100 GHz 200 nm.

**[0040]** Bei einem Aufbau der Abschirmung mit zwei oder mehreren Metallschichten, weisen diese vorzugsweise zur Abschirmung von elektromagnetischen Wellen unterschiedlicher Frequenzen unterschiedliche Dicken auf, die Dicke der einzelnen Metallschichten variieren vorzugsweise je nach dem abzuschirmenden Frequenzband.

**[0041]** Eine dielektrische Schicht kann frei von Strukturen ausgebildet sein, oder wie oben erwähnt die durch die Bauteile der Übertragungseinheit gebildete Topografie nachbilden. Vorzugsweise ist die dielektrische

Schicht mit Strukturen, insbesondere Texturen, versehen. Hierbei handelt es sich vorzugsweise um  $\mu$ -Strukturen, d. h. Strukturen im  $\mu\text{m}$ -Bereich. Eine derartige Struktur bzw. Textur verbessert die Streuung elektromagnetischer Wellen durch die betreffende dielektrische Schicht und damit die Schirmwirkung. Besonders bevorzugt weisen die Strukturen eine Strukturgröße von 1 bis 500  $\mu\text{m}$ , ganz besonders bevorzugt bis 200  $\mu\text{m}$ , auf.

**[0042]** Die Strukturen können ohne jede Vorzugsrichtung ausgebildet sein und bewirken in diesem Fall eine vorzugsrichtungsfreie Streuung elektromagnetischer Wellen. Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Strukturen bezüglich einer Erstreckungsrichtung periodische Strukturen aufweisen und so in einer ausgewählten Vorzugsrichtung die Streuung verbessern. Die Struktur kann z. B. in Erstreckungsrichtung eine Sägezahnform aufweisen. Diese Erstreckungsrichtung ist vorzugsweise bei einer als längliches Schirmgehäuse ausgebildeten Schirmung die Längserstreckungsrichtung des Schirmgehäuses.

**[0043]** Bei einem Aufbau mit mehreren dielektrischen Schichten können diese auch unterschiedlich strukturiert oder nicht strukturiert sein.

**[0044]** Ebenso kann eine Metallschicht grundsätzlich großflächig ohne jede Strukturierung erzeugt werden. Vorzugsweise ist jedoch zumindest einer Metallschicht mit Strukturen versehen. Durch das Strukturieren einer Metallschicht kann zusätzlich erreicht werden, dass Wirbelströme in der Metallschicht unterdrückt werden. Bei den Strukturen der Metallschichten handelt es sich bevorzugt um  $\mu$ -Strukturen, wobei die Strukturen vorzugsweise hier eine Strukturgröße von 1  $\mu\text{m}$  bis 5000  $\mu\text{m}$  aufweisen.

**[0045]** Auch die Strukturen der Metallschichten können eine beliebige Gestalt aufweisen, d. h. regelmäßig oder unregelmäßig ausgebildet sein. Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Strukturen wieder in einer Erstreckungsrichtung periodische Gitterstrukturen bilden. Somit kann die wirbelstromdämpfende Wirkung der Strukturen besonders in einer Vorzugsrichtung optimiert werden.

**[0046]** Bei einem Aufbau mit mehreren Metallschichten können diese auch unterschiedlich strukturiert oder nicht strukturiert sein.

**[0047]** In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass wenigstens eine Metallschicht als die Datensendeantenne ausgebildet ist. Dies führt zu einem besonders einfachen Aufbau. Dabei kann die Magnetresonanz-Lokalspule z. B. zwei Metallschichten aufweisen, von denen eine Metallschicht zur Erdung mit der Masse der Platine verbunden ist, die die Übertragungseinheit bildet, während die zweite Metallschicht zumindest zeitweise von der Masseschicht trennbar ausgebildet ist und so während des Betriebs als Datensendeantenne genutzt werden kann.

**[0048]** Vorzugsweise ist auf eine Metallschicht eine Passivierung aufgebracht. Die Passivierung bewirkt einen Korrosionsschutz der Abschirmung. Sie kann beispielsweise durch galvanische Abscheidung von Zinn erfolgen. Die Passivierung kann eine Schichtdicke von 1 bis 5  $\mu\text{m}$  aufweisen.

**[0049]** Die Erfindung wird im Folgenden unter Hinweis auf die beigelegten Figuren anhand von Ausführungsbeispielen noch einmal näher erläutert. Es zeigen:

**[0050]** [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Magnetresonanztomographie-Systems,

**[0051]** [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Lokalspule,

**[0052]** [Fig. 3](#) bis [Fig. 8](#) schematische Schnittdarstellungen zur Erläuterung verschiedener Schritte eines möglichen Verfahrens zur Herstellung eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Abschirmung,

**[0053]** [Fig. 9](#) einen schematischen Schnitt durch eine Übertragungseinheit mit einer Abschirmung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,

**[0054]** [Fig. 10](#) einen schematischen Schnitt durch eine Übertragungseinheit mit einer Abschirmung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel,

**[0055]** [Fig. 11](#) einen schematischen Schnitt durch eine Übertragungseinheit mit einer Abschirmung mit je zwei dielektrischen Schichten und Metallschichten,

[0056] [Fig. 12](#) einen schematischen Schnitt durch eine Übertragungseinheit mit einer Abschirmung, deren Metallschicht strukturiert ist,

[0057] [Fig. 13](#) eine Draufsicht auf eine strukturierte Metallschicht, und

[0058] [Fig. 14](#) einen schematischen Schnitt durch eine Übertragungseinheit, bei der einzelne Bauteile der Übertragungseinheit abgeschirmt sind.

[0059] In [Fig. 1](#) ist grob schematisch ein Magnetresonanztomographie-System **1** dargestellt. Es umfasst zum einen den eigentlichen Magnetresonanztomographiescanner **2** mit einem darin befindlichen Untersuchungsraum **8** bzw. Patiententunnel. Eine Patientenliege **7** ist in diesen Patiententunnel **8** hineinfahrbar, so dass ein darauf liegender Patient O oder Proband während einer Untersuchung an einer bestimmten Position innerhalb des Magnetresonanztomographiescanners **2** relativ zu dem darin angeordneten Magnetsystem und Hochfrequenzsystem gelagert werden kann bzw. auch während einer Messung zwischen verschiedenen Positionen verfahrbar ist.

[0060] Wesentliche Komponenten des Magnetresonanztomographiescanners **2** sind ein Grundfeldmagnet **3**, ein Gradientensystem **4** mit Magnetfeldgradientenspulen, um beliebige Magnetfeldgradienten in x-, y- und z-Richtung anzulegen, sowie eine Ganzkörper-Hochfrequenzspule **5** (bzw. Body-Coil).

[0061] Als weitere Komponenten weist das Magnetresonanztomographie-System **1** eine Steuereinrichtung **10** und eine Terminal **20** auf. Die Steuereinrichtung **10** ist über eine Terminalschnittstelle **17** mit dem Terminal **20** verbunden, sodass ein Bediener das gesamte Magnetresonanztomographie-System **1** über das Terminal **20** ansteuern kann. Im vorliegenden Fall ist dieses Terminal **20** als Rechner mit Tastatur, einem oder mehreren Bildschirmen sowie weiteren Eingabegeräten wie beispielsweise Maus oder dergleichen ausgestattet, so dass dem Bediener eine grafische Benutzeroberfläche zur Verfügung steht.

[0062] Die Steuereinrichtung **10** weist u. a. eine Gradienten-Steuereinheit **11** auf, die wiederum aus mehreren Teilkomponenten bestehen kann. Über diese Gradienten-Steuereinheit **11** werden die einzelnen Gradientenspulen mit Gradientensteuersignalen  $SG_x$ ,  $SG_y$ ,  $SG_z$  beschaltet. Hierbei handelt es sich um Gradientenpulse, die während einer Messung an genau vorgesehenen zeitlichen Positionen und mit einem genau vorgegebenen zeitlichen Verlauf gesetzt werden. Die Steuereinrichtung **10** weist außerdem eine Hochfrequenz-Sende-/Empfangseinheit **12** auf, um in die Bodycoil Hochfrequenzpulse HF als MR-Anregungssignale einzuspeisen. Der Empfang von im Patienten O induzierten Magnetresonanzsignalen kann prinzipiell ebenfalls über die Ganzkörperspule-Hochfrequenzspule **5** und die Hochfrequenz-Sende-/Empfangseinheit **12** erfolgen.

[0063] Hier jedoch werden diese Magnetresonanzsignale – wie meist üblich – mittels zumindest einer nahe am Patienten O befindlichen Lokalspule **6** empfangen. Diese Lokalspule **6** ist hier speziell dazu ausgebildet, um die empfangenen Magnetresonanzsignale (die eigentlichen Rohdaten) in Magnetresonanz-Signaldaten RD (d. h. in Rohdaten in digitalisierter und für die drahtlose Übertragung aufbereiteter Form) umzuwandeln und an weitere Komponenten des Magnetresonanztomographie-Systems **1** über eine Datensendeantenne (in [Fig. 1](#) nicht dargestellt) drahtlos zu übertragen. Ein möglicher Aufbau einer solchen Lokalspule wird nachfolgend noch anhand der [Fig. 2](#) näher erläutert.

[0064] Die Steuereinrichtung **10** weist hierzu eine Signaldaten-Empfangseinheit **13** mit einer Signaldaten-Antenne **18** auf. Die Signaldaten-Empfangseinheit **13** empfängt mit dieser Signaldaten-Antenne **18** die mit der Datensendeantenne der Lokalspule **6** gesendeten Magnetresonanz-Signaldaten RD. Die empfangenen und gegebenenfalls in der Signaldaten-Empfangseinheit **13** entsprechend aufbereiteten, beispielsweise demodulierten und/oder decodierten, Magnetresonanz-Signaldaten RD werden dann an eine Rekonstruktionseinheit **14** übergeben, die daraus in üblicher Weise Bilddaten BD rekonstruiert und diese in einem Speicher (nicht dargestellt) hinterlegt und/oder über die Schnittstelle **17** an das Terminal **20** übergibt, so dass der Bediener sie betrachten kann. Die Bilddaten BD können auch über ein Netzwerk NW an anderen Stellen gespeichert und/oder angezeigt und ausgewertet werden.

[0065] Die Gradienten-Steuereinheit **11**, die HF-Sende-/Empfangseinheit **12** und die Empfangseinheit **13** für die Lokalspulen **6** werden jeweils koordiniert durch eine Messsteuereinheit **15** angesteuert. Diese sorgt durch entsprechende Befehle dafür, dass ein gewünschter Gradienten-Puls durch geeignete Gradientensteuersignale  $SG_x$ ,  $SG_y$ ,  $SG_z$  ausgesendet wird, und steuert parallel die HF-Sende-/Empfangseinheit **12** so an, dass ein HF-Puls bzw. ein ganzer HF-Pulszug ausgesendet wird. Außerdem muss dafür gesorgt werden, dass zum passenden Zeitpunkt die Magnetresonanzsignale an den Lokalspulen **6** durch die HF-Empfangseinheit **13** bzw.

eventuelle Signale an der Ganzkörperspule **5** durch die HF-Sende-/Empfangseinheit **12** ausgelesen und weiterverarbeitet werden. Die Messsteuereinheit **15** gibt die entsprechenden Signale an die anderen Komponenten der Steuereinrichtung **10** in der Regel gemäß einem vorgegebenen Steuerprotokoll P vor. In diesem Steuerprotokoll P sind alle Steuerdaten hinterlegt, die während einer Messung eingestellt werden müssen.

**[0066]** Üblicherweise sind in einem Speicher (nicht dargestellt) eine Vielzahl von Steuerprotokollen P für verschiedene Messungen hinterlegt. Diese könnten über das Terminal **20** vom Bediener ausgewählt und gegebenenfalls variiert werden, um dann ein passendes Steuerprotokoll P für die aktuell gewünschte Messung zur Verfügung zu haben, mit dem die Messsteuereinheit **15** arbeiten kann. Im Übrigen kann der Bediener auch über ein Netzwerk NW Steuerprotokolle P, beispielsweise von einem Hersteller des Magnetresonanztomographie-Systems **1**, abrufen und diese dann gegebenenfalls modifizieren und nutzen.

**[0067]** Der grundlegende Ablauf einer solchen Magnetresonanztomographiemessung und die genannten Komponenten eines Magnetresonanztomographie-Systems sind dem Fachmann aber bekannt, so dass sie hier nicht im Detail weiter besprochen werden. Im Übrigen können ein solcher Magnetresonanztomographiescanner **2** sowie die zugehörige Steuereinrichtung **10** noch eine Vielzahl weiterer Komponenten aufweisen, die hier ebenfalls nicht im Detail erläutert werden. Es wird an dieser Stelle auch darauf hingewiesen, dass der Magnetresonanztomographiescanner **2** auch anders aufgebaut sein kann, beispielsweise mit einem seitlich offenen Patientenraum.

**[0068]** Im Folgenden wird nun anhand der [Fig. 2](#) der Aufbau der Magnetresonanz-Lokalspule **6** erläutert.

**[0069]** Die Magnetresonanz-Lokalspule **6** weist eine Empfangsantenne **22** zum Empfang von Magnetresonanzsignalen auf, eine Vorverarbeitungseinheit **26** zur Vorverarbeitung der Magnetresonanzsignale, eine Übertragungseinheit **24** zum Wandeln der Magnetresonanzsignale in Magnetresonanz-Signaldaten RD, eine Energiequelle **50** zur Versorgung der Übertragungseinheit **24** und der weiteren Komponenten der Lokalspule **6** mit Energie, und eine Datensendeantenne **28** zum drahtlosen Versenden der Magnetresonanz-Signaldaten RD zu der Signaldaten-Antenne **18** der Steuereinrichtung **10** (siehe [Fig. 1](#)) auf.

**[0070]** Die Vorverarbeitungseinheit **26** weist einen Vorverstärker **52** auf, der zunächst die mit der Empfangsantenne **22** empfangenen, meist sehr schwachen Magnetresonanzsignale verstärkt. Die vom Vorverstärker **52** verstärkten Magnetresonanz-Signale werden einem Mischer **54** zugeführt, der eine Frequenzumsetzung der Magnetresonanzsignale bewirkt, so dass die den Mischer **54** verlassenden Signale in einem Frequenzbereich liegen, in dem sie die Magnetresonanztomographiemessung und andere Komponenten des Magnetresonanztomographie-Systems **1** nicht stören.

**[0071]** Die Übertragungseinheit **24** ist hier in einem erfindungsgemäß aufgebauten Abschirmgehäuse **42** aufgenommen. Das Abschirmgehäuse **42** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form mit einer ersten Stirnseite **46** und einer zweiten Stirnseite **44** auf. Dabei weist das zylinderförmige Abschirmgehäuse in diesem Ausführungsbeispiel eine Länge von 10 cm und einen Durchmesser von 5 cm auf. Die erste Stirnseite **46** des zylinderförmigen Abschirmgehäuses **42** ist geschlossen ausgebildet, während die zweite Stirnseite **44** des zylinderförmigen Abschirmgehäuses **42** Öffnungen aufweist, durch die sich Anschlussleitungen **92a** bis **92d** von der Übertragungseinheit **24** zu der Vorverarbeitungseinheit **26**, der Energiequelle **50** und der Datensendeantenne **28** erstrecken.

**[0072]** Die Übertragungseinheit **24** weist eingangsseitig zunächst eine Filtereinheit **56** auf, mit der Störsignale auf den Anschlussleitungen **92a** bis **92d** blockiert werden, so dass sie nicht zu den weiteren Komponenten der Übertragungseinheit **24** gelangen können und diese in Funktion stören, bzw. so dass umgekehrt keine störenden Signale aus der Übertragungseinheit **24** nach außen gelangen.

**[0073]** Diese Filtereinheit **56** umfasst einen ersten Tiefpassfilter **58a**, der sicherstellt, dass aus der Energiequelle **50** bzw. über ihre Anschlussleitung **92a** keine hochfrequenten Störsignale in die Übertragungseinheit **24** eindringen bzw. Störsignale herausgelangen können. Ferner umfasst die Filtereinheit **56** zwei Bandsperrn **60a**, **60b**, für die Anschlussleitungen **92b**, **92c** zur Vorverarbeitungseinheit **26**. Ein Hochpass **62a** wiederum stellt sicher, dass zur Datensendeantenne **28** nur die gewünschten auf die Sendefrequenz aufmodulierten Magnetresonanz-Signaldaten aus der Übertragungseinheit **24** gelangen können.

**[0074]** Neben der Filtereinheit **56** weist die Übertragungseinheit **24** als weitere wesentliche Komponenten eine Stromversorgung **64**, einen Taktgenerator **66**, einen Analog-/Digitalwandler **68** und einen Modulator **70** auf.

**[0075]** Die Stromversorgung **64** ist mit der Energiequelle **50** verbunden und versorgt über eine Verbindungsleitung **94a** den Taktgenerator **66**, den Analog-/Digitalwandler **68** und den Modulator **70** mit elektrischer Energie.

**[0076]** In die Verbindungsleitung **94a** sind dabei zwei Tiefpässe **58b**, **58c** eingeschleift, um sicherzustellen, dass keine Hochfrequenzsignale, die sich in die Verbindungsleitungen **94a** einkoppeln könnten, den Taktgenerator **66**, den Analog-/Digitalwandler **68** oder den Modulator **70** in ihrer Funktion negativ beeinflussen.

**[0077]** Ein Ausgang des Taktgenerators **66** ist mittels einer Verbindungsleitung **94b** über eine Bandsperre **60c** mit der Bandsperre **60a** der Filtereinheit **56**, und von dort über die Anschlussleitung **92b** mit dem Mischer **54** verbunden und stellt so einen Takt zum Umsetzen der Frequenz der vom Vorverstärker **52** verstärkten Magnetresonanzsignale auf die gewünschte Mischfrequenz zur Verfügung. Hierbei sperrt die Bandsperre **60c** unerwünschte Frequenzen, die auf die Verbindungsleitung **94b** einkoppeln könnten. Ferner ist ein Ausgang des Taktgenerators **66** über eine Verbindungsleitung **94c** mit dem Analog-/Digitalwandler **68** und dem Modulator **70** verbunden, um auch diesen den passenden Takt zur Verfügung zu stellen.

**[0078]** Der Analog-/Digitalwandler **68** ist eingangsseitig mittels der Verbindungsleitung **94d** über eine Bandsperre **60d** und über die Bandsperre **60b** der Filtereinheit **56** um von dort aus über die Anschlussleitung **92c** mit dem Ausgang des Mixers **54** verbunden. Dabei bewirkt die Bandsperre **60d**, dass unerwünschte Frequenzen nicht auf die Verbindungsleitung **94d** zwischen dem Analog-/Digitalwandler **68** und der Filtereinheit **56** einkoppeln können.

**[0079]** Die von dem Analog-/Digitalwandler **68** digitalisierten Magnetresonanz-Signaldaten werden dem Modulator **70** zugeführt. Unter Verwendung des Taktsignals des Taktgenerators **66** erzeugt der Modulator **70** digitalisierte Magnetresonanz-Signaldaten, die über die Verbindungsleitung **94e** und über die Filtereinheit **56** sowie weiter über die Anschlussleitung **92d** in die Datensendeantenne **28** eingespeist werden. Um unerwünschte Frequenzen ausschließen zu können, sind in der Verbindungsleitung **94e** zwei Hochpassfilter **62b**, **62c** eingeschleift.

**[0080]** Die von der Datensendeantenne **28** gesendeten digitalisierten Magnetresonanz-Signaldaten werden dann wie oben beschrieben von der Antenne **18** der Steuereinrichtung **10** (siehe [Fig. 1](#)) empfangen und weiterverarbeitet.

**[0081]** Es wird nun anhand der [Fig. 3](#) bis [Fig. 8](#) ein exemplarischer Aufbau einer erfindungsgemäßen Abschirmung **30** der Übertragungseinheit **24** sowie ein mögliches Verfahren zu deren Herstellung erläutert.

**[0082]** Ausgangspunkt ist eine Übertragungseinheit **24**, die in [Fig. 3](#) grob schematisch im Schnitt dargestellt ist. Die Übertragungseinheit **24** umfasst eine Platine **72**, auf der Bauteile **74** angeordnet sind, die zusammengeschaltet z. B. die Funktion der Stromversorgung **64**, des Taktgenerators **66**, des Analog-/Digitalwandlers **68**, des Modulators **70** oder anderer Komponenten oder Funktionsgruppen der Übertragungseinheit **24** übernehmen. Diese Bauteile **74** sind auf der Oberseite der Platine **72** angeordnet. Die Rückseite der Platine **72** ist mit einer durchgehenden Beschichtung aus einem elektrisch leitenden Material versehen, die die Masse **76** (das Massepotential der Schaltung) bildet. Die Platine **72** weist zwei Kontaktöffnungen **80** auf, die mit elektrisch leitfähiger Masse gefüllt sind und somit eine Kontaktierung der Masse **76** von der Vorderseite der Platine **72** erlauben.

**[0083]** In einem ersten Schritt gemäß [Fig. 3](#) wird die mit den Bauteilen **74** versehene Platine **72** mit einer ersten dielektrischen Schicht **34** überzogen. Die dielektrische Schicht **34** kann z. B. eine Dicke von 50 bis 500 Mikrometern aufweisen. Das Beschichten kann beispielsweise mittels Spritzguss erfolgen, wobei z. B. ein Epoxidharz verwendet wird. Alternativ kann eine Isolationsfolie, z. B. eine Polyimidfolie, auflaminiert werden. Als Ergebnis ist die Platine **72** mit den Bauteilen **74** mit einer ersten dielektrischen Schicht **34** mit im Wesentlichen konstanter Dicke versehen, so dass sich die Oberflächentopographie, die durch die Bauteile **74** gegeben ist, an der Oberseite abbildet.

**[0084]** In einem zweiten Schritt (siehe [Fig. 4](#)) werden in einem Laserstrahl-Ablationsverfahren zwei Durchgänge **78** in die dielektrische Schicht **34** eingebracht, um die Kontaktöffnungen **80** in der Platine **72** freizulegen. Alternativ können diese Durchgänge **78** auch dadurch gebildet werden, dass vor Aufbringen der dielektrischen Schicht **34** im ersten Schritt eine Opferschicht im Bereich der Kontaktöffnungen **80** auf der Oberseite der Platine **72** aufgebracht wird, die nach Aufbringen und Aushärten der dielektrischen Schicht **34** entfernt wird, um so die Kontaktöffnungen **80** freizulegen.

**[0085]** In einem dritten Schritt (siehe [Fig. 5](#)) wird zum Bilden einer ersten Metallschicht **32** eine erste sehr dünne Metalllage **82** aufgebracht. Diese erste Metalllage **82** ist beispielsweise aus Kupfer und wird mittels einer Gasphasenabscheidung aufgebracht. Sie weist z. B. eine Dicke von bis zu 500 nm auf. Die erste Metalllage **82** hat eine elektrische Verbindung mit der Masse **76** durch die Kontaktöffnungen **78** und die Durchgänge **80**.

**[0086]** In einem vierten Schritt (siehe [Fig. 6](#)) wird auf die erste Metalllage **82** durch galvanische Abscheidung eine zweite Metalllage **84** zur Komplettierung der ersten Metallschicht **32** aufgebracht. Die zweite Metalllage **84** besteht z. B. ebenfalls aus Kupfer, so dass die beiden Metalllagen **82**, **84** eine Schicht **32** bilden. Zur galvanischen Abscheidung der zweiten Metalllage **84** kann die Masse **76** auf der Rückseite der Platine **72** als elektrischer Anschluss verwendet werden. Durch die zweite Metalllage **84** wird die Dicke der Metallschicht **32** auf bis zu 50 µm verstärkt.

**[0087]** Alternativ kann die erste Metallschicht oder die erste Lage dieser Metallschicht durch Auflaminieren einer metallkaschierten Folie aufgebracht werden. Die metallkaschierte Folie kann mit Kupfer beschichtet sein.

**[0088]** In einem fünften Schritt ([Fig. 7](#)) wird auf die erste Metallschicht **32** eine zweite dielektrische Schicht **34'** aufgebracht. Die zweite dielektrische Schicht **34'** kann aus dem gleichen Material wie die erste dielektrische Schicht **34** bestehen und auf die gleiche Weise aufgebracht werden.

**[0089]** Vor dem Aufbringen einer zweiten Metallschicht **32'** wird die zweite dielektrische Schicht **34'** wieder mit Kontaktöffnungen bzw. Durchbrüchen **100** versehen, die sich bis zur ersten Metallschicht **32** erstrecken. Hier können die gleichen Technologien wie schon im Schritt **2** (siehe [Fig. 4](#)) zur Einbringung der Kontaktöffnungen **78** Verwendung finden.

**[0090]** Auf die zweite dielektrische Schicht **34'** wird dann die zweite Metallschicht **32'** aufgebracht, die wieder aus einer ersten Metalllage **86** und einer zweiten Metalllage **88** besteht. Die erste Metalllage **86** wird dabei wieder durch Gasphasenabscheidung auf die zweite dielektrische Schicht **34'** aufgebracht. Durch die Durchbrüche **100** ist die erste Metalllage der zweiten Metallschicht **32'** mit der ersten Metallschicht **32** elektrisch leitend verbunden und somit auch mit der Masse **76** auf der Rückseite der Platine **72**. Anschließend wird zur Komplettierung der zweiten Metallschicht **32'** auf die erste Metalllage **86** wieder mittels galvanischer Abscheidung eine zweite Metalllage **88** aufgebracht, bis die zweite Metallschicht **32'** die gewünschte Dicke zwischen 5 und 50 µm aufweist. Auch die zweite Metallschicht **32'**, d. h. deren Metalllagen **86**, **88**, kann aus Kupfer sein.

**[0091]** Schließlich wird in einem sechsten Schritt ([Fig. 8](#)) auf die zweite Metalllage **88** der zweiten Metallschicht **32'** eine Passivierung **40** aufgebracht. Die Passivierung **40** besteht aus Zinn, das galvanisch auf der zweiten Metalllage **88** der zweiten Metallschicht **32'** abgeschieden wird, bis eine Schichtdicke von 1 bis 5 µm erreicht ist. Alternativ kann auch eine nicht-metallische Passivierung gewählt werden, die beispielsweise mittels Sprühen oder Tauchen aufgebracht wird. Die Passivierung **40** bietet einen Schutz vor Feuchtigkeit und mechanischer Beschädigung.

**[0092]** [Fig. 9](#) zeigt einen schematischen Schnitt durch ein weiteres Ausführungsbeispiel eine Übertragungseinheit **24**, deren Bauteile **74** mit einer Vergussmasse zum Bilden der dielektrischen Schicht **34** vergossen sind. Hier wurde beim Vergießen eine planare Oberfläche erzeugt, auf der wie vorhin beschrieben eine Metallschicht **32** aufgebracht ist, die mit einer außenseitigen Massefläche **76** einer Platine **72**, auf der wieder die Bauteile **74** angeordnet sind, elektrisch leitend durch Kontaktöffnungen **80** verbunden ist.

**[0093]** Durch das Vergießen mit Vergussmasse kann eine beliebige Form des Abschirmgehäuses **42** erzeugt werden. Es ist z. B. möglich, ein im Wesentlichen quaderförmiges Abschirmgehäuse **42** zu formen, das eine Länge von z. B. 10 cm, eine Breite von 5 cm und eine Höhe von 5 mm aufweist.

**[0094]** Alternativ kann die Vergussmasse zur Bildung der dielektrischen Schicht **34** derart aufgebracht werden, dass die Vergussmasse ein im Wesentlichen zylinderförmiges Abschirmgehäuse **42** (wie in Zusammenhang mit [Fig. 2](#) erläutert) bildet, in dem die Platine **72** mit den Bauteilen **74** aufgenommen ist.

**[0095]** Eine derartige langgestreckte Form – ob quader- oder zylinderförmig – minimiert die Rückwirkung auf die in alle Raumrichtungen orientierten Magnetfelder, da die induzierte Wirbelstromdichte in einer in die Magnetfelder gestellten Fläche im Wesentlichen von der Länge der kürzesten Achse der Form bestimmt wird. Somit wird ein als schmaler Stab ausgebildeter Körper weniger erwärmt als ein Quader mit eher quadratischem Querschnitt.

[0096] Ferner kann durch eine derartige lang gestreckte Form das Abschirmgehäuse **42** kann als Dämpfungshohlleiter ausgebildet werden, dessen Grenzfrequenz z. B. 10% unter den Werten der abzuschirmenden Frequenz liegt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel liegt z. B. der Wert der abzuschirmenden Frequenz bei 20 GHz, d. h. als Grenzfrequenz wird ein Wert von 18 GHz gewählt.

[0097] Vorzugsweise ist auch bei dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 9** die Schirmung, ähnlich wie bei dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 8**, mehrschichtig ausgeführt, das heißt es werden zumindest noch eine weitere dielektrische Schicht auf der Metallschicht und darüber wieder eine zweite Metallschicht aufgebracht.

[0098] **Fig. 10** zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer grob schematisch im Schnitt dargestellten Übertragungseinheit **24**, mit einer sehr einfachen Schirmung. Hierbei wurden die Bauteile **74** derart mit einer Vergussmasse zur Bildung der dielektrischen Schicht **34** beschichtet, dass die durch die Oberseite der Platine **72** gebildete Topographie erhalten bleibt. Entsprechend weist auch die Metallschicht **32** die Topographie auf. Somit steht eine Abschirmung **30** zur Verfügung, die eine Struktur **36** aufweist. Diese Struktur **36** unterdrückt unerwünschte Wirbelströme in der Metallschicht **32**. Dieser Aufbau entspricht im Wesentlichen dem Aufbau gemäß **Fig. 8** nach dem dritten Schritt gemäß **Fig. 5**.

[0099] **Fig. 11** zeigt eine weitere Übertragungseinheit **24** in einer schematischen Schnittdarstellung, die mit zwei Metallschichten **32, 32'** und zwei dielektrischen Schichten **34, 34'** versehen wurde. Dabei sind beide Metallschichten **32, 32'** durch die Durchgänge **80** mit der Masse **76** auf der Rückseite der Platine **72** elektrisch leitend verbunden. Auch hier zeichnet sich wie bei dem in **Fig. 10** dargestellten Ausführungsbeispiel die Topographie der Bauteile **74** auf Platine **72** in der zweiten Metallschicht **32'** ab und bildet somit eine Struktur **36**, die unerwünschte Wirbelströme unterdrückt.

[0100] **Fig. 12** zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Übertragungseinheit **24** in einer schematischen Schnittdarstellung. Hierbei wurde die dielektrische Schicht **34** mit einer  $\mu$ -Struktur **38** (genauer gesagt einer Textur) versehen, die im Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 12** periodisch ist, wobei sich die Periodizität entlang einer Erstreckungsrichtung **I** erstreckt. Dabei ist die Struktur **38** in der Erstreckungsrichtung **I** hier sägezahnförmig, bildet also nicht die durch Bauteile **74** auf der Platine **72** bedingte Topographien ab.

[0101] Auf die strukturierte dielektrische Schicht **34** ist eine Metallschicht **32** aufgebracht, in der sich entsprechend eine  $\mu$ -Struktur ausbildet. Die Metallschicht **32** kann, wie schon beschrieben, aus einer ersten Metalllage und einer zweiten Metalllage bestehen, wobei die erste Metalllage mittels einer Gasphasenabscheidung aufgebracht wird und die zweite Metalllage galvanisch abgeschieden wird. Alternativ kann die Metallisierung auch durch Aufbringen einer mit Kupfer kaschierten Folie erfolgen.

[0102] Hier bewirkt die Struktur **38** der dielektrischen Schicht **34**, dass die Streuung elektromagnetischer Wellen verbessert wird. Die Strukturabmessungen sind besonders wirksam, wenn ihre Abmessungen  $\lambda/2$  bis  $\lambda/4$  der Wellenlänge der abzuschirmenden elektromagnetischen Wellen betragen. Zugleich werden durch die Struktur **36** der Metallschicht **32** unerwünschte Wirbelströme unterdrückt. Die Strukturen **38** der dielektrischen Schicht **34** weisen Strukturgrößen von z. B. 1 bis 500  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt bis 200  $\mu\text{m}$ , auf.

[0103] Damit die Schirmung zum Schutz der  $\mu$ -Struktur eine glatte Oberfläche erhält, ist die Metallschicht **32** mit einer zweiten dielektrischen Schicht **34'** abgedeckt, die außenseitig glatt ist.

[0104] **Fig. 13** zeigt hingegen eine schematische Draufsicht auf eine Metallschicht **32**, die mit einer  $\mu$ -Struktur **37** versehen wurde, deren Periodizität sich ebenfalls in die Erstreckungsrichtung **I** erstreckt. Zur Bildung der Struktur **37** wurden in die Metalllage **32** schlitzförmige Öffnungen eingebracht, so dass die dielektrische Schicht **34** (in der vergrößerten Darstellung) sichtbar ist und die Strukturen **37** in der Erstreckungsrichtung **I** als periodische Gitterstrukturen **37** ausgebildet sind. Die Strukturen **37** können bevorzugt Strukturgrößen aufweisen, die zwischen 1  $\mu\text{m}$  und 5000  $\mu\text{m}$  liegen. Auch eine solche Strukturierung kann wirksam die Ausbreitung von Wirbelströmen verhindern oder zumindest dämpfen.

[0105] **Fig. 14** zeigt einen weiteren schematischen Schnitt durch ein Ausführungsbeispiel einer Übertragungseinheit **24**, bei der einzelne Bauteile **74** voneinander abgeschirmt sind und sich so nicht gegenseitig stören können. Hierzu wurde auf die Oberseite der Platine **72** eine dielektrische Schicht **34** aufgebracht, die alle Bauteile der Übertragungseinheit **24** bedeckt. Anschließend wird nur in dezidierten Bereichen über bestimmten Bauteilen der Übertragungseinheit **24** eine Metallschicht **32** auf die dielektrische Schicht **34** aufgebracht, wobei zunächst beispielsweise mit einem Laser-Ablationsverfahren oder einer anderen Methode wie dies im Zusammenhang mit **Fig. 4** erläutert wurde, an den Grenzen der bestimmten dezidierten Bereiche vorzugsweise

schlitzartige Kontaktöffnungen eingebracht werden, die wiederum über Kontaktöffnungen mit einer Massefläche **76** verbunden sind. Somit wird erreicht, dass verschiedene Bauteile **74** oder Bauteilgruppen der Übertragungseinheit **24**, wie z. B. die Stromversorgung **64**, der Taktgenerator **66**, der Analog-/Digitalwandler **68** oder der Modulator **70** (siehe [Fig. 2](#)), voneinander abgeschirmt sind und sich im Betrieb nicht gegenseitig durch unerwünschte Emissionen von elektromagnetischer Strahlung gegenseitig beeinflussen.

**[0106]** Es wird abschließend noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei den zuvor beschriebenen Aufbauten und Verfahren um Ausführungsbeispiele handelt und dass das Grundprinzip auch in einem weiten Bereich vom Fachmann variiert werden kann, ohne den Bereich der Erfindung zu verlassen, soweit er durch die Ansprüche vorgegeben ist. Insbesondere ist es möglich – anders als dies vereinfacht in den [Fig. 3](#) bis [Fig. 11](#) dargestellt ist – bei Verwendung einer Platine als Basis der Schaltung, auch die komplette Platine beziehungsweise insbesondere deren metallische Schicht auf der Rückseite mit zumindest einer weiteren dielektrischen Schicht und zumindest einer weiteren Metallschicht zu versehen, um auch auf dieser Seite eine mehrschichtige Abschirmung zur Verfügung zu stellen. Es wird der Vollständigkeit halber auch darauf hingewiesen, dass die Verwendung der unbestimmten Artikel „ein“ bzw. „eine“ nicht ausschließt, dass die betreffenden Merkmale auch mehrfach vorhanden sein können. Ebenso schließt der Begriff „Einheit“ nicht aus, dass diese aus mehreren Komponenten besteht, die ebenfalls auch räumlich verteilt sein können.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Magnetresonanztomographie-System
<b>2</b>	Magnetresonanztomographiescanner
<b>3</b>	Grundfeldmagnet
<b>4</b>	Gradientensystem
<b>5</b>	Ganzkörper-Hochfrequenzspule
<b>6</b>	Magnetresonanz-Lokalspule
<b>7</b>	Patientenliege
<b>8</b>	Untersuchungsraum
<b>10</b>	Steuereinrichtung
<b>11</b>	Gradienten-Steuereinheit
<b>12</b>	Hochfrequenz-Sende-/Empfangseinheit
<b>13</b>	Signaldaten-Empfangseinheit
<b>14</b>	Rekonstruktionseinheit
<b>15</b>	Messsteuereinheit
<b>17</b>	Terminalschnittstelle
<b>18</b>	Signaldaten-Antenne
<b>20</b>	Terminal
<b>22</b>	Empfangsantenne
<b>24</b>	Übertragungseinheit
<b>26</b>	Vorverarbeitungseinheit
<b>28</b>	Datensendeantenne
<b>30</b>	Abschirmung
<b>32</b>	Metallschicht
<b>32'</b>	Metallschicht
<b>34</b>	dielektrische Schicht
<b>34'</b>	dielektrische Schicht
<b>36</b>	Struktur
<b>37</b>	Gitterstruktur
<b>38</b>	Struktur
<b>40</b>	Passivierung
<b>42</b>	Abschirmgehäuse
<b>44</b>	Stirnseite
<b>46</b>	Stirnseite
<b>50</b>	Energiequelle
<b>52</b>	Vorverstärker
<b>54</b>	Mischer
<b>56</b>	Filereinheit
<b>58a</b>	Tiefpassfilter
<b>58b</b>	Tiefpassfilter
<b>58c</b>	Tiefpassfilter

<b>60a</b>	Bandsperre
<b>60b</b>	Bandsperre
<b>60c</b>	Bandsperre
<b>60d</b>	Bandsperre
<b>62a</b>	Hochpassfilter
<b>62b</b>	Hochpassfilter
<b>62c</b>	Hochpassfilter
<b>64</b>	Stromversorgung
<b>66</b>	Taktgenerator
<b>68</b>	Analog-/Digitalwandler
<b>70</b>	Modulator
<b>72</b>	Platine
<b>74</b>	Bauteil
<b>76</b>	Masse
<b>78</b>	Durchgang
<b>80</b>	Kontaktöffnung
<b>82</b>	Erste Metalllage von <b>32</b>
<b>84</b>	Zweite Metalllage von <b>32</b>
<b>86</b>	Erste Metalllage von <b>32'</b>
<b>88</b>	Zweite Metalllage von <b>32'</b>
<b>92a bis 92d</b>	Anschlussleitungen
<b>94a bis 94e</b>	Verbindungsleitungen
<b>100</b>	Durchbruch
<b>I</b>	Erststreckungsrichtung
<b>NW</b>	Netzwerk
<b>BD</b>	Bilddaten
<b>RD</b>	Magnetresonanz-Signaldaten
<b>O</b>	Patient/Untersuchungsobjekt
<b>P</b>	Steuerprotokoll
<b>HF</b>	Hochfrequenzpulse
<b>SG<sub>x</sub>, SG<sub>y</sub>, SG<sub>z</sub></b>	Gradientensteuersignale

### Patentansprüche

1. Magnetresonanz-Lokalspule (**6**) mit einer Empfangsantenne (**22**) zum Empfang von Magnetresonanzsignalen, und einer Übertragungseinheit (**24**) zum Übertragen von auf Basis der Magnetresonanzsignale erzeugten Magnetresonanz-Signaldaten (RD) über einen Datensendekanal an eine Signaldaten-Empfangseinheit (**13**) eines Magnetresonanztomographie-Systems (**1**), wobei die Übertragungseinheit (**24**) zumindest bereichsweise mit einer Abschirmung (**30**) mit einer ersten Metallschicht (**32**) und einer ersten dielektrischen Schicht (**34**) aufweist.
2. Magnetresonanz-Lokalspule nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein langgestrecktes Abschirmgehäuse (**42**), welches eine geschlossene erste Stirnseite (**46**) und eine der ersten Stirnseite (**46**) gegenüberliegenden zweite Stirnseite (**44**) aufweist, welche mindestens eine Öffnung zur Verbindung mit der Empfangsantenne (**22**) aufweist.
3. Magnetresonanz-Lokalspule nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Abschirmgehäuse (**42**) so ausgebildet ist, dass ein von einer Schirmung umgebener Innenraum einen Dämpfungs-Hohlleiter mit einer Grenzfrequenz bildet, die in einem vorgegebenen Frequenzabstand unter einer Sendefrequenz zur Übertragung der Magnetresonanz-Signaldaten (RD) liegt.
4. Magnetresonanz-Lokalspule nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass im Inneren des Abschirmgehäuses (**42**) Verbindungsleitungen (**94**) Bauteile (**64, 66, 68, 70**) der Übertragungseinheit (**24**) verbinden und die Verbindungsleitungen (**94**) mit zumindest einem Tiefpassfilter (**58b, 58c**) und/oder einer Bandsperre (**60c, 60d**) und/oder einem Hochpassfilter (**62b, 62c**) beschaltet sind.
5. Magnetresonanz-Lokalspule (**6**) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass Bauteile (**74**) der Übertragungseinheit (**24**) durch die Abschirmung (**30**) gegeneinander abgeschirmt werden.

6. Magnetresonanz-Lokalspule (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Abschirmung (30) eine weitere Metallschicht (32') und eine weitere dielektrische Schicht (34') aufweist, wobei zwischen zwei Metallschichten (32, 32') eine dielektrische Schicht (34') angeordnet ist.

7. Magnetresonanz-Lokalspule (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine Dicke der ersten und/oder einer weiteren Metallschicht (32, 32') wenigstens einer Skin-Tiefe von abzuschirmenden elektromagnetischen Wellen entspricht.

8. Magnetresonanz-Lokalspule (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und/oder eine weitere Metallschicht (32, 32') mit Strukturen (36, 37) versehen ist, die vorzugsweise eine Strukturgröße von 1 µm bis 5000 µm aufweisen.

9. Magnetresonanz-Lokalspule (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil der ersten und/oder einer weiteren Metallschicht (32, 32') als eine Datensendeantenne (28) ausgebildet ist.

10. Magnetresonanz-Lokalspule (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und/oder eine weitere dielektrische Schicht (34, 34') durch eine Vergussmasse, vorzugsweise eine epoxidhaltige Vergussmasse, oder durch eine Isolationsfolie, vorzugsweise eine Polyimidfolie mit einer Dicke von 50 bis 500 µm, gebildet ist.

11. Magnetresonanz-Lokalspule (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und/oder eine weitere dielektrische Schicht (34, 34') mit Strukturen (38) versehen ist, die vorzugsweise eine Strukturgröße von 1 bis 500 µm, besonders bevorzugt bis 200 µm, aufweisen.

12. Magnetresonanz-Lokalspule (6) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Strukturen (36, 37) der Metallschicht (32, 32') und/oder dass die Strukturen (38) der dielektrische Schicht (34, 34') in einer Erstreckungsrichtung (l) periodische Strukturen bilden.

13. Magnetresonanz-Lokalspule (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Abschirmung (30) eine Passivierung (40) aufweist.

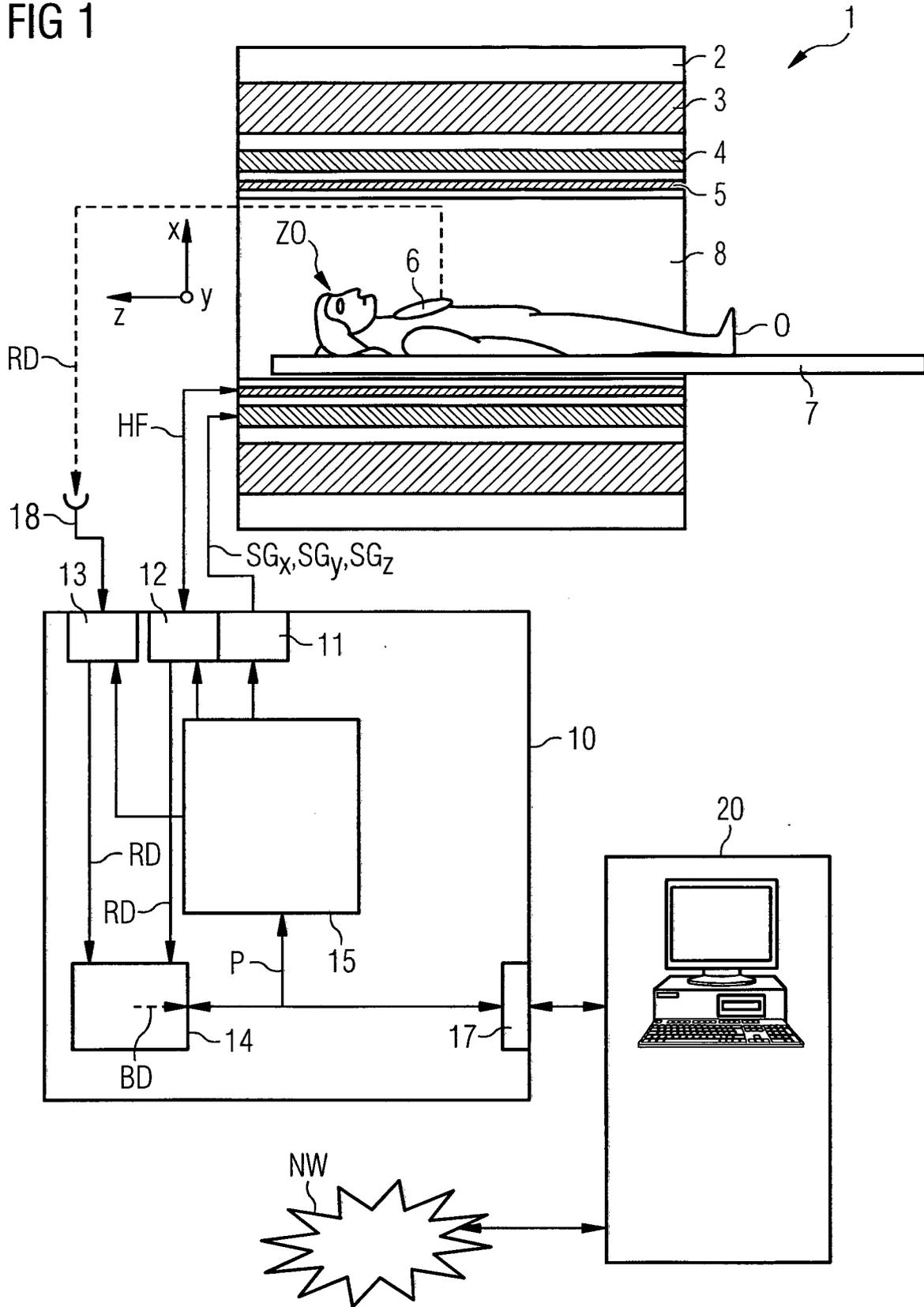
14. Magnetresonanztomographie-System (1) mit einer Magnetresonanz-Lokalspule (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 13.

15. Verfahren zur Herstellung einer Magnetresonanz-Lokalspule (6), welche eine Empfangsantenne (22) zum Empfang von Magnetresonanzsignalen, und eine Übertragungseinheit (24) zum Übertragen von auf Basis der Magnetresonanzsignale erzeugten Magnetresonanz-Signaldaten über einen Datensendekanal an eine Signaldaten-Empfangseinheit (13) eines Magnetresonanztomographie-Systems (1) aufweist, wobei die Übertragungseinheit (24) durch zumindest bereichsweises Aufbringen einer dielektrischen Schicht (34) und darauf zumindest bereichsweises Aufbringen einer Metallschicht (32, 32') mit einer Abschirmung (30) versehen wird.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1



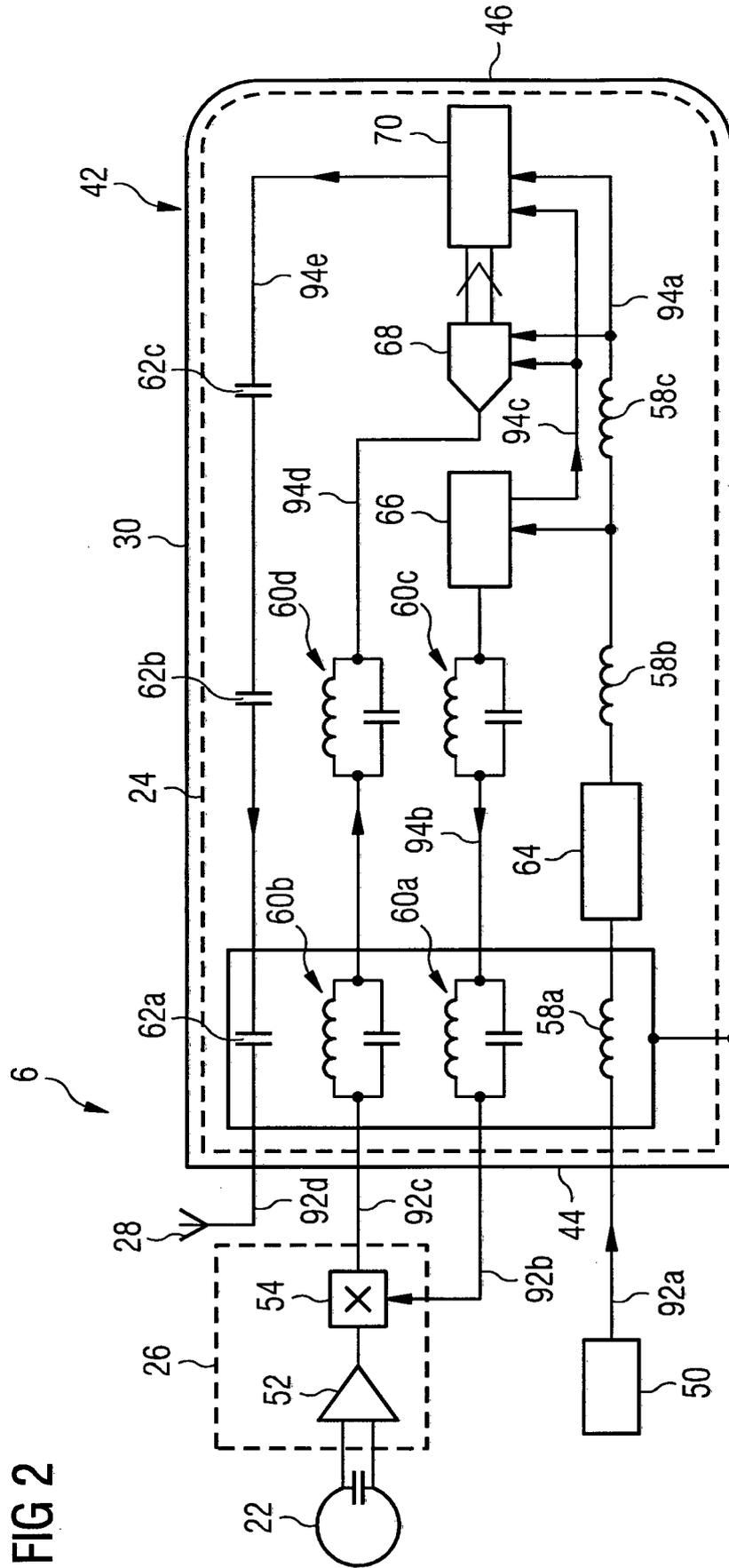


FIG 2

FIG 3

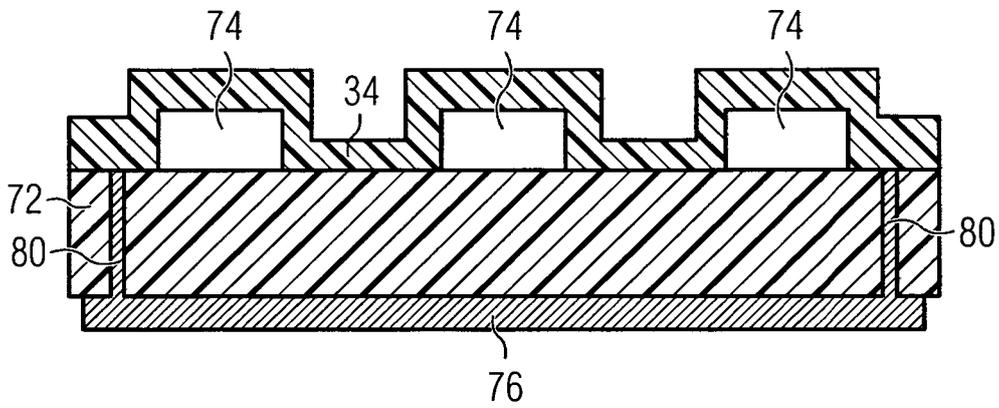


FIG 4

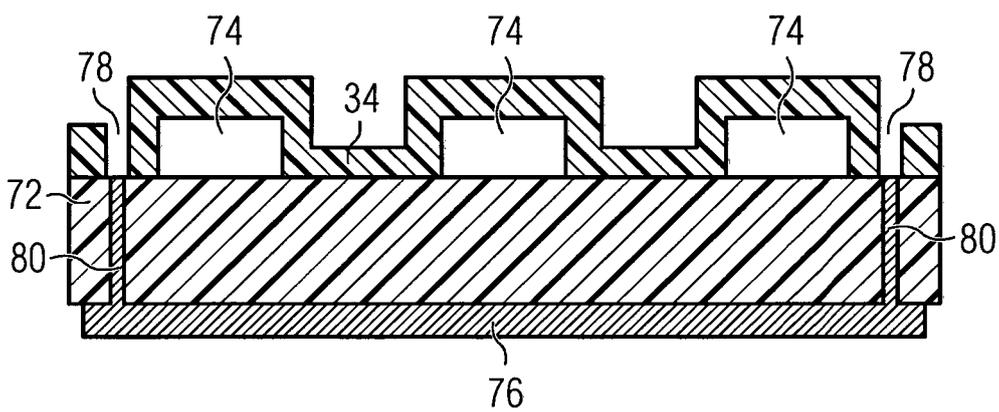


FIG 5

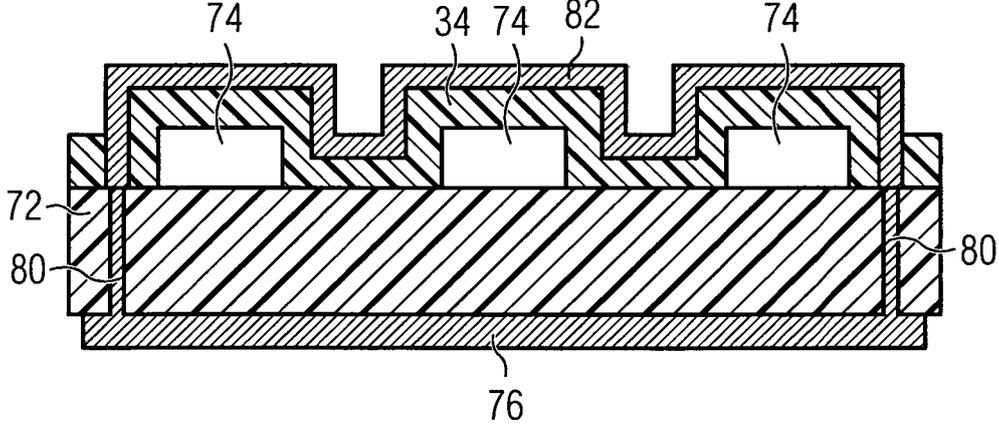


FIG 6

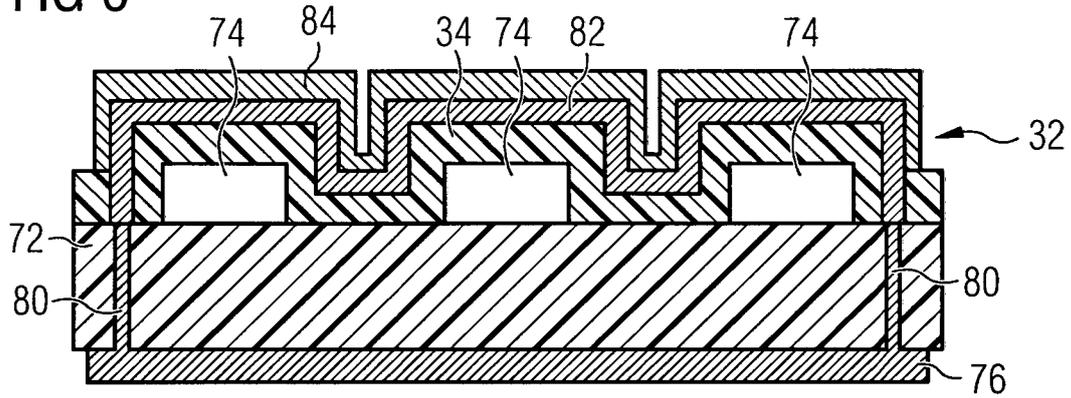


FIG 7

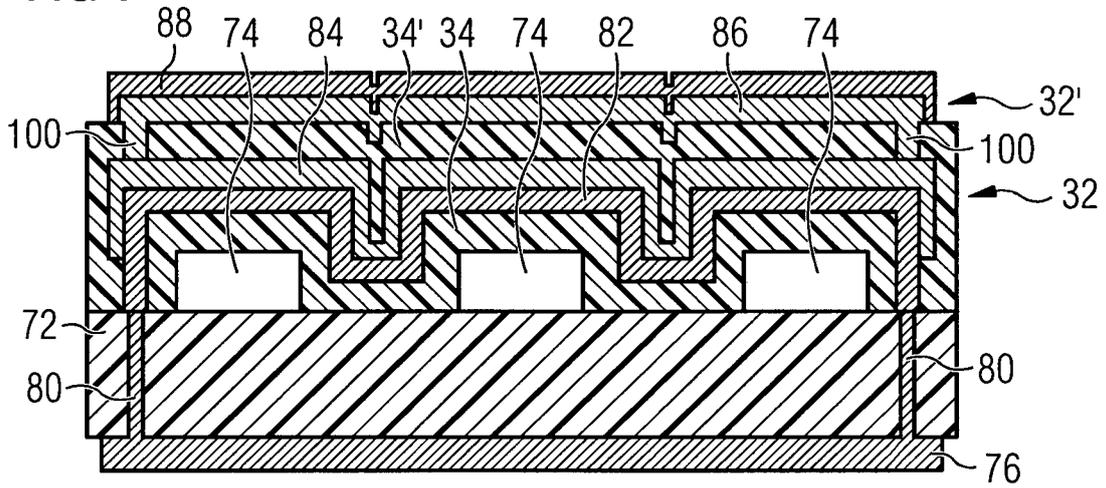


FIG 8

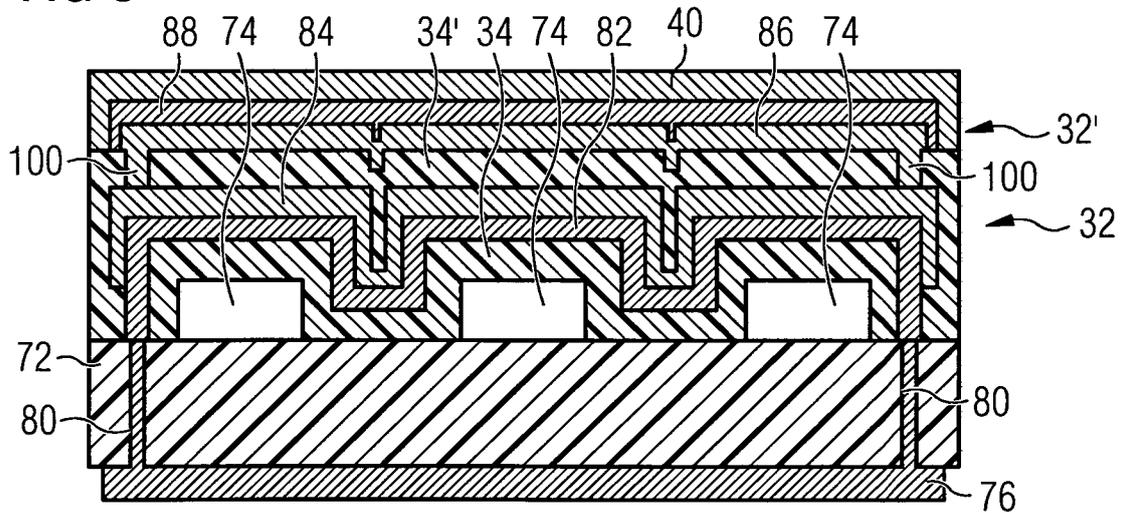


FIG 9

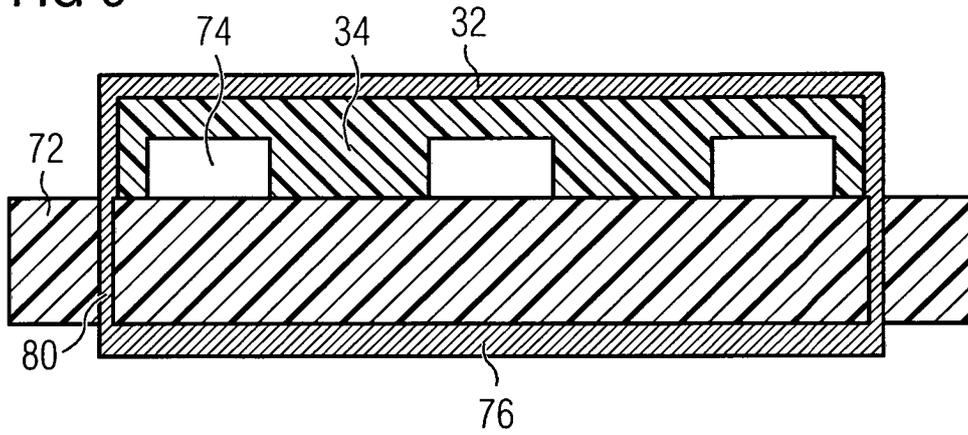


FIG 10

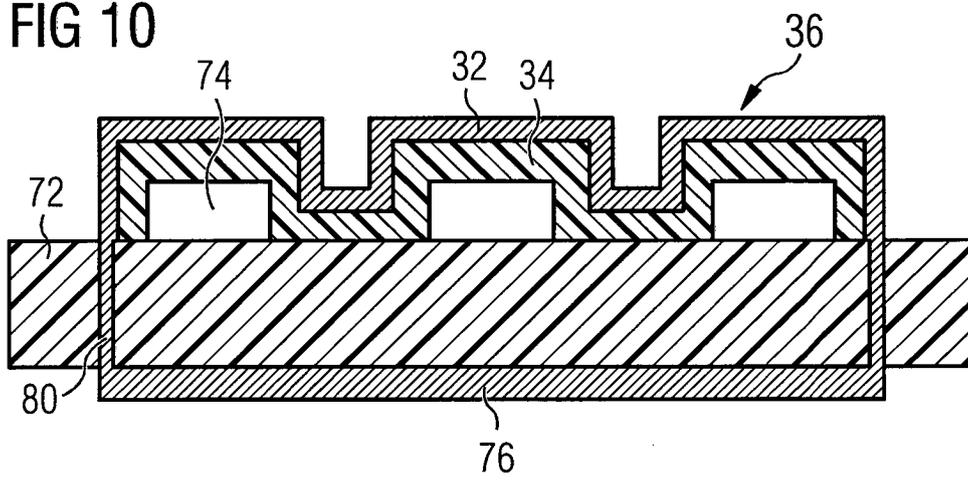


FIG 11

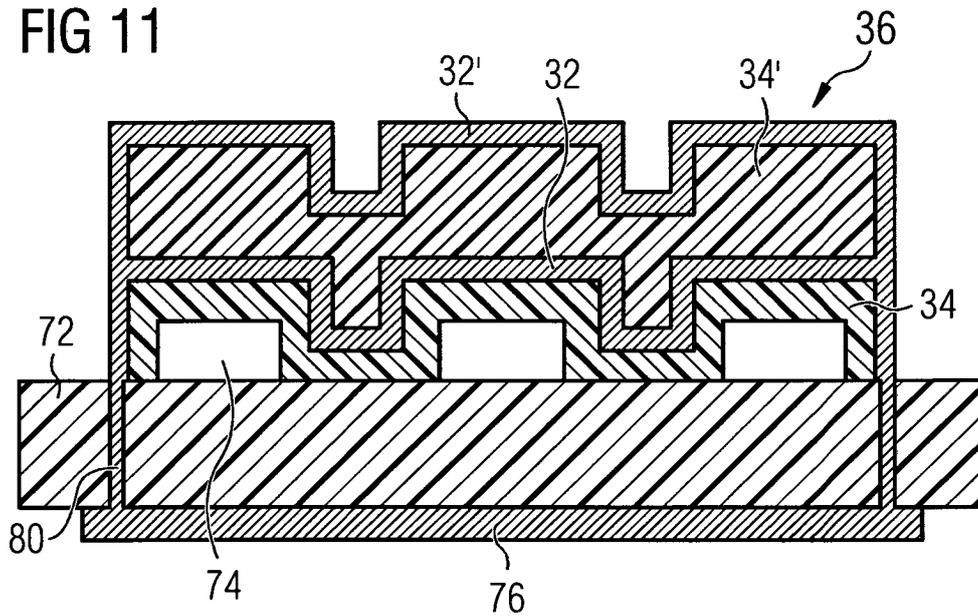


FIG 12

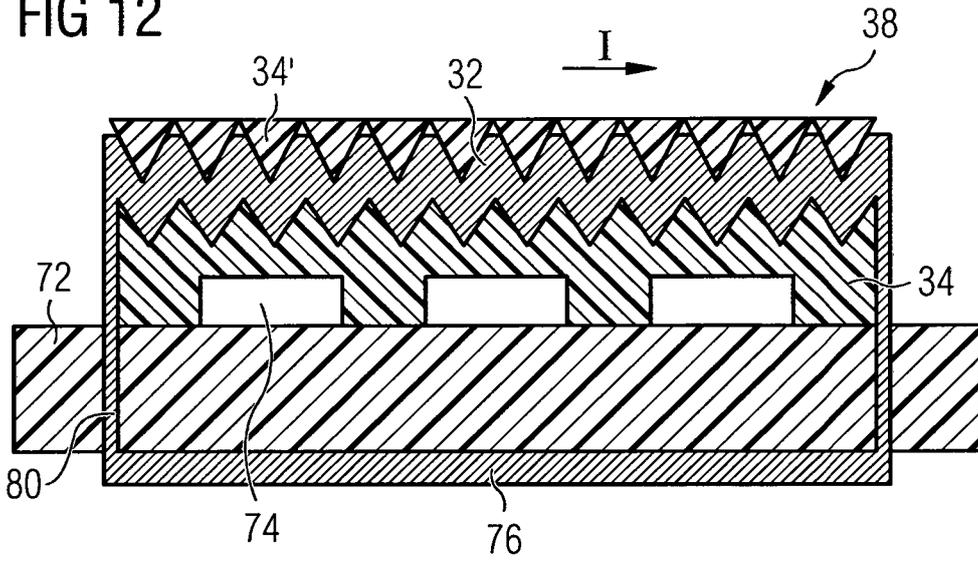


FIG 13

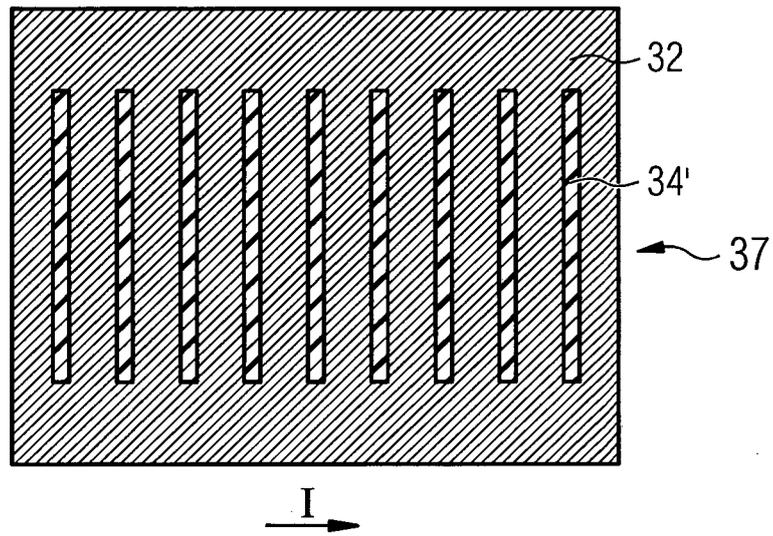


FIG 14

