



(10) **DE 10 2014 118 038 B4** 2016.11.10

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 118 038.0**

(22) Anmeldetag: **05.12.2014**

(43) Offenlegungstag: **09.06.2016**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **10.11.2016**

(51) Int Cl.: **A61N 1/378 (2006.01)**
H04B 5/00 (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:

**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung
der angewandten Forschung e.V., 80686
München, DE; Universität des Saarlandes, 66123
Saarbrücken, DE**

(72) Erfinder:

**Cardona Audi, Josep Marcel, 66117 Saarbrücken,
DE; Müller, Carsten, Dr., 99097 Erfurt, DE**

(74) Vertreter:

**2SPL Patentanwälte PartG mbB Schuler Schacht
Platzer Lehmann, 81373 München, DE**

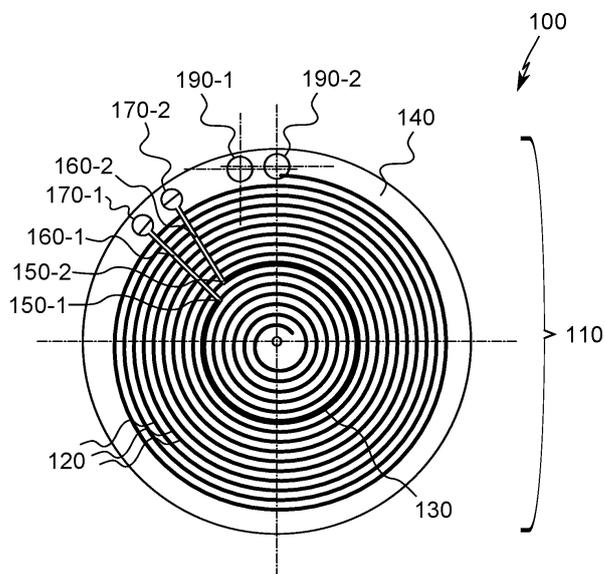
(56) Ermittelter Stand der Technik:

US 2009 / 0 157 145 A1

(54) Bezeichnung: **Induktives Element zum Induzieren einer Spannung in einem elektrisch leitenden Bauteil und Verfahren für ein induktives Element**

(57) Hauptanspruch: Medizinisches Implantat (100), umfassend:

eine Spule (110) mit einer Mehrzahl von Windungen (120) innerhalb eines ersten Schwingkreises, welcher zur Energieübertragung auf eine erste Frequenz abgestimmt ist; und einen zweiten Schwingkreis, welcher zur Datenkommunikation auf eine zweite Frequenz abgestimmt ist, wobei ein zumindest ein Segment einer einzelnen Windung umfassender Windungsabschnitt (130-1) der Mehrzahl von Windungen (120) der Spule (110) eine Induktivität innerhalb des zweiten Schwingkreises bildet.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Nachfolgende Ausführungsbeispiele liegen auf dem Gebiet der induktiven Elemente zum Induzieren einer Spannung in einem elektrisch leitenden Bauteil.

Hintergrund

[0002] Im Bereich der Medizin werden in vielen Fällen Implantate eingesetzt, durch die beispielsweise eine Stimulation von Muskeln ermöglicht werden kann, unter anderem z.B. Herzschrittmacher. Beim Betrieb von Implantaten kann es erforderlich sein, Energie und Daten zwischen einer Basisstation außerhalb eines menschlichen Körpers und dem Implantat im Inneren des Körpers zu übertragen. Dies kann in vielen Fällen dadurch bedingt sein, dass das Implantat keinen Energiespeicher (z.B. aufladbare Batterie) besitzt. Dabei liegen die Frequenzen für die drahtlose Übertragung von Energie und Daten oft um mehr als ein Hundertfaches auseinander, z.B. 125 kHz für die Energie- und 403 MHz (Band für Kommunikationsdienste für medizinische Implantate; engl. Medical Implant Communication Service Band, MICS-Band) für die Datenübertragung.

[0003] Eine Konstruktion von Übertragungsvorrichtungen, wie z.B. einer Antenne oder Spule, kann durch unterschiedliche Anforderungen für eine optimale Übertragung in diesen verschiedenen Frequenzbereichen erschwert werden. Dies kann insbesondere der Fall sein, wenn die beiden Elemente in unmittelbarer räumlicher Nähe zueinander liegen. Beispielsweise kann eine Spule zur Energieübertragung dadurch eine „Metallfläche“ darstellen, welche die Charakteristik der Antenne zur Datenübertragung so stark beeinflussen kann, dass eine ordnungsgemäße Funktion unter Umständen nicht mehr gegeben ist. Erschwerend kommen noch mögliche Relativbewegungen zwischen den Antennen oder Spulenelementen hinzu. Diese können z.B. durch Gewebe hervorgerufen werden, in dem das Implantat befindlich ist, beispielsweise in Form von Muskelkontraktionen. Auch kann sich, z.B. durch einen Blutkreislauf, die Gewebeimpedanz ändern. Werden für ein Implantat oder eine Basisstation jeweils mehrere Spulen verwendet, so kann ferner zwischen diesen Spulen eine Relativbewegung stattfinden, oder je nach Ausrichtung auch gegenseitige Abschattungen auftreten, was eine Daten- oder Energieübertragung weiter verkomplizieren kann.

[0004] Die Druckschrift US 2009/0157145 A1 beschreibt ein System drahtloser Mikrotransponder, die jeweils eine HF-Resonatorschaltung für die drahtlose Leistungsinduktion enthalten. Eine externe Leistungsspule sendet HF-Energie bei einer passen-

den oder Oberschwingungsfrequenz zum Liefern von Leistung durch Nahfeldinduktion an eine subkutane Zwischenspule. Die Leistung wird anfangs an eine subdermale Spule gesendet und an die subkutane Spule weitergeleitet. Die subkutane Spule wird zur Übertragung des HF-Signals und zur Leistungsverorgung des Mikrotransponders unter Verwendung der Resonatorschaltung verwendet. Die HF-Frequenz der externen Leistungsspule wird so abgestimmt, dass sie an die Mikrospule innerhalb des Resonators angepasst oder eine Oberschwingung davon ist.

[0005] Es ist daher erstrebenswert, einen verbesserten Kompromiss aus Datenübertragung und Energieübertragung zwischen einem Sender und einem Empfänger, beispielsweise einem Implantat, zu erwirken.

Zusammenfassung

[0006] Gemäß einem ersten Aspekt beziehen sich Ausführungsbeispiele auf ein medizinisches Implantat. Das medizinische Implantat, umfasst eine Spule mit einer Mehrzahl von Windungen innerhalb eines ersten Schwingkreises, welcher zur Energieübertragung auf eine erste Frequenz abgestimmt ist. Das medizinische Implantat, umfasst ferner einen zweiten Schwingkreis welcher zur Datenkommunikation auf eine zweite Frequenz abgestimmt ist. Dabei bildet zumindest ein Segment einer einzelnen Windung umfassender Windungsabschnitt der Mehrzahl von Windungen der Spule eine Induktivität innerhalb des zweiten Schwingkreises. Eine Anzahl diskreter Bauelemente lässt sich dadurch möglicherweise verringern. Dies kann weiterhin zu einer Bauraumeinsparung und einer Reduktion von Fertigungsaufwand führen.

[0007] Bei einigen Ausführungsbeispielen unterscheidet sich die erste Frequenz um wenigstens das Zehnfache von der zweiten Frequenz. Anders ausgedrückt kann das erste Signal einer Energieübertragung, und das zweite Signal einer Datenübertragung dienen, und sowohl Energie als auch Daten mittels eines gemeinsamen Bauelementes übertragen werden.

[0008] Bei manchen Ausführungsbeispielen liegt die erste Frequenz in einem Bereich zwischen 10 kHz und 1 MHz, und die zweite Frequenz in einem Bereich zwischen 400 MHz und 407 Hz. Es können anders ausgedrückt Frequenzbänder nutzbar gemacht werden, welche für individuelle Zwecke der Energieübertragung und der Datenübertragung in einem gegebenen Anwendungsbereich, z.B. MICS, gebräuchlich sind.

[0009] Bei einigen Ausführungsbeispielen umfasst das medizinische Implantat ferner ein starres Träger-

element, auf dem die Spule planar angeordnet ist. Es kann somit möglich sein, das induktive Element als integrierte Schaltung auszuführen, und so eine bisherige Bauraumersparnis weiter zu erhöhen.

[0010] Bei manchen Ausführungsbeispielen umfasst die Spule zumindest einen spiralförmigen Leiter, der auf der Oberfläche des Trägerelements angeordnet ist.

[0011] Bei manchen Ausführungsbeispielen ist der Windungsabschnitt an einem den Windungsabschnitt in einer Richtung begrenzenden ersten Koppelpunkt und an einem den Windungsabschnitt in einer Gegenrichtung begrenzenden zweiten Koppelpunkt jeweils über einen elektrisch leitenden Steg an den zweiten Schwingkreis gekoppelt. Hierdurch kann ein Aufbau eines LC-Gliedes oder Schwingkreises ermöglicht werden.

[0012] Bei manchen Ausführungsbeispielen verlaufen die Stege senkrecht zu der Mehrzahl der Windungen.

[0013] Bei einigen Ausführungsbeispielen ist zwischen den Stegen und der Mehrzahl der Windungen ein elektrisch isolierendes Material angeordnet.

[0014] Bei manchen Ausführungsbeispielen umfasst das medizinische Implantat eine weitere Spule, die an die Spule gekoppelt ist.

[0015] Bei einigen Ausführungsbeispielen ist die Spule zu der weiteren Spule parallel geschaltet. Dies kann eine Anpassung einer Übertragungscharakteristik bei dem ersten Signal, z.B. eines Wirkungsgrades einer Energieübertragung, an individuelle Gegebenheiten ermöglichen.

[0016] Bei manchen Ausführungsbeispielen sind die Spule und die weitere Spule planar ausgebildet und parallel zueinander angeordnet. Dadurch kann eine Mehrzahl an Möglichkeiten zu einer leitenden Anordnung der induktiven Bauteile bei lediglich geringem Bauraumaufwand geschaffen werden.

[0017] Bei einigen Ausführungsbeispielen umfasst das induktive Element ferner ein mehrlagiges Trägerelement. Eine erste Lage des mehrlagigen Trägerelements umfasst die Spule, und eine zu der ersten Lage parallel angeordnete zweite Lage die weitere Spule. Dies kann ggf. eine Ausführung mit mehreren induktiven Bauteilen als integrierte Schaltung ermöglichen.

[0018] Bei einigen Ausführungsbeispielen umfasst das medizinische Implantat ferner ein elektrisches Bauteil, das mit dem ersten Schwingkreis und dem zweiten Schwingkreis gekoppelt ist, wobei das elektrische Bauteil über den ersten Schwingkreis mit En-

ergie versorgt wird und dazu ausgebildet ist, mittels des zweiten Schwingkreises ein Datenkommunikationssignal zu senden und zu empfangen.

[0019] Bei manchen Ausführungsbeispielen umfasst das elektrische Bauteil einen Sensor zum Erfassen einer physikalischen Messgröße, und das Datenkommunikationssignal Informationen über die physikalische Messgröße aufweist.

[0020] Gemäß einem weiteren Aspekt beziehen sich Ausführungsbeispiele auf ein Verfahren zum Betreiben eines medizinischen Implantats. Das Verfahren umfasst ein Übertragen von Energie mittels einer Mehrzahl von Windungen innerhalb eines ersten Schwingkreises auf einer ersten Frequenz. Das Verfahren umfasst zudem ein Kommunizieren von Daten mittels eines zweiten Schwingkreises auf einer zweiten Frequenz. Dabei bildet ein zumindest ein Segment einer einzelnen Windung umfassender Windungsabschnitt der Mehrzahl von Windungen der Spule eine Induktivität innerhalb des zweiten Schwingkreises. Fehlabstimmungen können so ggf. reduziert, und positions- oder lagebedingte Änderungen elektromagnetischer Eigenschaften reduziert oder sogar vermieden werden.

Figurenkurzbeschreibung

[0021] Ausführungsbeispiele werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Figuren näher erläutert. Es zeigen:

[0022] Fig. 1 ein induktives Element gemäß einem Ausführungsbeispiel;

[0023] Fig. 2 ein Schaltbild eines Schwingkreises mit einem induktiven Element gemäß einem Ausführungsbeispiel;

[0024] Fig. 3a–d ein Schaltbild eines Schwingkreises mit einem induktiven Element aus verschiedenen Perspektiven gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel;

[0025] Fig. 4 ein Blockdiagramm zum Ablauf eines Verfahrens für ein induktives Element gemäß einem Ausführungsbeispiel; und

[0026] Fig. 5 eine schematische Darstellung eines medizinischen Implantats mit einem induktiven Element gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Beschreibung

[0027] Verschiedene Ausführungsbeispiele werden nun ausführlicher unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben, in denen einige Ausführungsbeispiele dargestellt sind. In den Figuren können die Dickenabmessungen von Linien, Schich-

ten und/oder Regionen um der Deutlichkeit Willen übertrieben dargestellt sein.

[0028] Bei der nachfolgenden Beschreibung der beigefügten Figuren, die lediglich einige exemplarische Ausführungsbeispiele zeigen, können gleiche Bezugszeichen gleiche oder vergleichbare Komponenten bezeichnen. Ferner können zusammenfassende Bezugszeichen für Komponenten und Objekte verwendet werden, die mehrfach in einem Ausführungsbeispiel oder in einer Zeichnung auftreten, jedoch hinsichtlich eines oder mehrerer Merkmale gemeinsam beschrieben werden. Komponenten oder Objekte, die mit gleichen oder zusammenfassenden Bezugszeichen beschrieben werden, können hinsichtlich einzelner, mehrerer oder aller Merkmale, beispielsweise ihrer Dimensionierungen, gleich, jedoch gegebenenfalls auch unterschiedlich ausgeführt sein, sofern sich aus der Beschreibung nicht etwas anderes explizit oder implizit ergibt.

[0029] Obwohl Ausführungsbeispiele auf verschiedene Weise modifiziert und abgeändert werden können, sind Ausführungsbeispiele in den Figuren als Beispiele dargestellt und werden hierin ausführlich beschrieben. Es sei jedoch klargestellt, dass nicht beabsichtigt ist, Ausführungsbeispiele auf die jeweils offenbarten Formen zu beschränken, sondern dass Ausführungsbeispiele vielmehr sämtliche funktionale und/oder strukturelle Modifikationen, Äquivalente und Alternativen, die im Bereich der Erfindung liegen, abdecken sollen. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen in der gesamten Figurenbeschreibung gleiche oder ähnliche Elemente.

[0030] Man beachte, dass ein Element, das als mit einem anderen Element „verbunden“ oder „verkoppelt“ bezeichnet wird, mit dem anderen Element direkt verbunden oder verkoppelt sein kann oder dass dazwischenliegende Elemente vorhanden sein können. Wenn ein Element dagegen als „direkt verbunden“ oder „direkt verkoppelt“ mit einem anderen Element bezeichnet wird, sind keine dazwischenliegenden Elemente vorhanden. Andere Begriffe, die verwendet werden, um die Beziehung zwischen Elementen zu beschreiben, sollten auf ähnliche Weise interpretiert werden (z.B., „zwischen“ gegenüber „direkt dazwischen“, „angrenzend“ gegenüber „direkt angrenzend“ usw.).

[0031] Die Terminologie, die hierin verwendet wird, dient nur der Beschreibung bestimmter Ausführungsbeispiele und soll die Ausführungsbeispiele nicht beschränken. Wie hierin verwendet, sollen die Singularformen „einer“, „eine“, „eines“ und „der, die, das“ auch die Pluralformen beinhalten, solange der Kontext nicht eindeutig etwas anderes angibt. Ferner sei klargestellt, dass die Ausdrücke wie z.B. „beinhaltet“, „beinhaltend“, „aufweist“ und/oder „aufweisend“, wie hierin verwendet, das Vorhandensein von genann-

ten Merkmalen, ganzen Zahlen, Schritten, Arbeitsabläufen, Elementen und/oder Komponenten angeben, aber das Vorhandensein oder die Hinzufügung von einem bzw. einer oder mehreren Merkmalen, ganzen Zahlen, Schritten, Arbeitsabläufen, Elementen, Komponenten und/oder Gruppen davon nicht ausschließen.

[0032] Solange nichts anderes definiert ist, haben sämtliche hierin verwendeten Begriffe (einschließlich von technischen und wissenschaftlichen Begriffen) die gleiche Bedeutung, die ihnen ein Durchschnittsfachmann auf dem Gebiet, zu dem die Ausführungsbeispiele gehören, beimisst. Ferner sei klargestellt, dass Ausdrücke, z.B. diejenigen, die in allgemein verwendeten Wörterbüchern definiert sind, so zu interpretieren sind, als hätten sie die Bedeutung, die mit ihrer Bedeutung im Kontext der einschlägigen Technik konsistent ist, solange dies hierin nicht ausdrücklich anders definiert ist.

[0033] Gemäß einer konventionellen Lösung der eingangs erläuterten Probleme können die Elemente für die Übertragung in den beiden oder mehreren Frequenzbereichen, z.B. durch konstruktive Maßnahmen, möglichst entkoppelt werden. Anders ausgedrückt kann es möglich sein, durch einfachen lateralen Abstand, Winkelversatz der einzelnen Antennen oder Spulenelemente, Abschirmungen oder Ähnliches eine hinreichende Entkopplung zu erreichen. Dies kann jedoch einen höheren Aufwand an Baupraum oder auch an Bauteilen bedeuten. Für enger beieinander liegende Frequenzbereiche sind ferner auch Breitband- oder Multiband-Antennen bekannt, welche jedoch lediglich in einigen geeigneten Fällen eine Lösung bieten können.

[0034] Durch Ausführungsbeispiele wird eine Integration von einer oder auch mehreren Antennen für verschiedene Frequenzbereiche in ein unter Umständen bereits vorhandenes induktives Element (z.B. Spiralspule) für eine Energieübertragung angestrebt. Der Aufbau dieser Systeme kann in einem gemeinsamen starren Element erfolgen, das dann mehrere Funktionalitäten in sich vereinen kann. Weiterhin können sich für eine Datenübertragung möglicherweise erforderliche Anpassnetzwerke auf oder in diesem Element befinden.

[0035] Fig. 1 verdeutlicht ein mögliches Ausführungsbeispiel. Das Ausführungsbeispiel bezieht sich auf ein medizinisches Implantat **100** zum Induzieren einer Spannung in einem elektrisch leitenden Bauteil. Das medizinische Implantat **100** umfasst ein induktives Bauteil **110** mit einer Mehrzahl von Windungen **120** innerhalb eines ersten Schwingkreises. Die Mehrzahl von Windungen **120** ist dazu ausgebildet, an ein erstes Signal mit einer ersten Frequenz zu koppeln. Anders ausgedrückt ist der erste Schwingkreis zur Energieübertragung auf eine erste Frequenz ab-

gestimmt. Das medizinische Implantat **100** umfasst zudem einen zweiten Schwingkreis welcher zur Datenkommunikation auf eine zweite Frequenz abgestimmt ist. Dabei bildet ein zumindest ein Segment einer einzelnen Windung umfassender Windungsabschnitt (**130-1**) der Mehrzahl von Windungen (**120**) der Spule (**110**) eine Induktivität innerhalb des zweiten Schwingkreises. Anders ausgedrückt ist wenigstens ein Windungsabschnitt **130-1** aus der Mehrzahl von Windungen **120** dazu ausgebildet, zusätzlich an ein zweites Signal mit einer zweiten Frequenz zu koppeln. Hierdurch lässt sich möglicherweise eine Anzahl diskreter Bauelemente, und damit ggf. ein Bau- oder Fertigungsaufwand verringern.

[0036] Das induktive Bauteil **110** kann von einem induktiven Element identisch sein. Optional kann das induktive Element neben dem induktiven Bauteil **110** auch weitere Elemente, z.B. kapazitive oder resistive, aktive oder passive, oder auch weitere induktive Elemente umfassen. Das induktive Bauteil **110** kann beispielsweise eine Spule sein. Die erste oder zweite Frequenz kann jeweils eine Resonanzfrequenz sein, und sich beispielsweise aus einem Schwingkreis ergeben, welcher das induktive Bauteil **110** umfasst, worauf im Folgenden näher eingegangen wird. Durch die Resonanzfrequenz kann weiterhin die Lage der Windung **130-1** innerhalb der Mehrzahl von Windungen **120**, z.B. mit einer semianalytischen Methode, ermittelt werden. Der Windungsabschnitt **130-1** kann dabei einem Winkelverlauf von wenigstens 360° , in anderen Ausführungsbeispielen aber auch weniger, z.B. wenigstens 180° , folgen, und kann bei einem folgenden Ausführungsbeispiel mit der Windung identisch sein.

[0037] Das induktive Bauteil **110** ist bei einem Ausführungsbeispiel planar ausgebildet und auf einem Trägerelement **140** aufgebracht. Das Trägerelement **140** kann z.B. eine Leiterplatte, (engl. printed circuit board, PCB) sein. Ferner kann das Trägerelement **140** dazu ausgebildet sein, eine Versorgungsenergie auf das von einem medizinischen Implantat umfasste elektrisch leitende Bauteil zu übertragen.

[0038] Die Windungen **120** können für eine Energieübertragung auf das elektrisch leitende Bauteil des medizinischen Implantats genutzt werden, und sind in **Fig. 1** in Form spiralförmiger Leiterbahnen auf dem Trägerelement **140** (Leiterplatte) von beispielsweise 50–60 mm Durchmesser aufgebracht. Eine Dicke oder auch ein Abstand der Leiterbahnen kann dabei etwa 200 μm betragen. Darüber kann sich eine Lackisolationsschicht aus Lötstopplack befinden.

[0039] Bei manchen Ausführungsbeispielen ist die Windung **130-1** an einem die Windung **130-1** in einer Richtung begrenzenden ersten Koppelpunkt **150-1** und einem die Windung **130-1** in einer Gegenrichtung begrenzenden zweiten Koppelpunkt **150-2** je-

weils über einen elektrisch leitenden Steg **160-1**; **160-2** an ein kapazitives Element **170-1**; **170-2** gekoppelt. Hierdurch kann ein Aufbau eines Schwingkreises ermöglicht werden, dessen Schwingungseigenschaften durch eine Induktivität L des induktiven Bauteils **110** und eine Kapazität C des kapazitiven Elements **170-1** oder **170-2** vorgegeben werden. Die Stege **160-1** und **160-2** sind dabei lediglich über die Koppelpunkte **150-1** und **150-2** an das induktive Bauteil **110** angekoppelt, und von den radial außerhalb der Windung **130-1** gelegenen Windungen des induktiven Bauteils **110** elektrisch isoliert. Die kapazitiven Elemente **170-1** und **170-2** befinden sich dabei außerhalb eines Umfangs des induktiven Bauteils **110**.

[0040] Die Windung **130-1** wird zu einem Anschluss über die Stege **160-1**; **160-2** kapazitiv angesprochen und kann einen Teil eines Antennenanpassnetzwerkes bilden. Derartige Anpassnetzwerke können z.B. Kondensatoren und Induktivitäten umfassen, welche topologisch in einer sogenannten T- oder π -Form angeordnet sein können. Über die Stege **160-1**; **160-2** kann eine Ein- und Auskopplung eines Signals für eine Datenübertragung erfolgen. Ferner ist das induktive Element **110** über elektrische Kontakte **190-1**; **190-2** an eine Stromquelle oder weitere elektrische oder elektronische Komponenten koppelbar.

[0041] **Fig. 2** zeigt ein Schaltbild eines Schwingkreises mit einem induktiven Element gemäß einem Ausführungsbeispiel, oder anders ausgedrückt, ein Ersatzschaltbild eines Antennenkreises für ein MICS-Band. Die Windung **130-1** liegt dabei zwischen den Koppelpunkten **150-1** und **150-2**. Bezogen auf einen geometrischen Mittelpunkt einer Planarspule innerhalb gelegene Windungen bilden eine erste Induktivität **180-1**, und außerhalb gelegene Windungen eine zweite Induktivität **180-2**, welche mit dem Buchstaben „L“ gekennzeichnet sind. Die Mehrzahl an Windungen **120** (vgl. **Fig. 1**) umfasst die Windung **130-1**, die erste Induktivität **180-1** und die zweite Induktivität **180-2**. Die kapazitiven Elemente oder Kondensatoren **170-1** und **170-2**, die mit dem Buchstaben „C“ gekennzeichnet sind, bilden mit den Induktivitäten **180-1**; **180-2** einen Schwingkreis. Bei einem Ausführungsbeispiel umfasst der Schwingkreis das induktive Bauteil **110**, und ist dabei an die Windung **130-1** gekoppelt. Eine Eigenfrequenz oder Resonanzfrequenz des so gebildeten Schwingkreises kann dabei durch Variieren der ersten Induktivität **180-1** und der zweiten Induktivität **180-2** verändert werden. Anders ausgedrückt kann die Lage der Windung **130-1** innerhalb der Mehrzahl von Windungen des induktiven Bauteils **110** die Eigenfrequenz beeinflussen. Damit kann, beispielsweise durch abwechselnde Simulationen und Testläufe (semianalytisch), eine gewünschte Position der Windung **130-1** ermittelt werden.

[0042] Bei einigen Ausführungsbeispielen unterscheidet sich die erste Frequenz um wenigstens das

Zehnfache von der zweiten Frequenz. Anders ausgedrückt kann das erste Signal in einem Frequenzbereich liegen, welcher für eine Energieübertragung, und das zweite Signal in einem Frequenzbereich liegen, welcher für eine Datenübertragung verwendet wird. Beispielsweise liegt die erste Frequenz in einem Bereich zwischen 10 kHz und 1 MHz, und die zweite Frequenz in einem Bereich zwischen 400 MHz und 407 Hz. Mit anderen Worten kann die zweite Frequenz im Bereich des MICS-Bandes liegen.

[0043] Mit den Induktivitäten **180-1**; **180-2** und den Kondensatoren **170-1**; **170-2** kann das Anpassnetzwerk für eine gewünschte Frequenz gebildet werden. Beispielsweise kann für das MICS-Band eine Leiterschleife mit einem Durchmesser zwischen **24** und **26** mm genutzt werden. Mit den beiden als Koppelkapazitäten nutzbaren Kondensatoren **170-1**; **170-2** (die ferner auch von den Stegen **160-1**; **160-2** (**Fig. 1**) umfasst sein können) kann sich somit ein Wellenwiderstand von beispielsweise 50 Ω ergeben.

[0044] Bei manchen Ausführungsbeispielen umfasst das induktive Element ferner ein weiteres induktives Bauteil. Das induktive Bauteil ist an das weitere induktive Bauteil gekoppelt. Das weitere induktive Bauteil ist dazu ausgebildet, an das erste Signal mit der ersten Frequenz zu koppeln. Mit anderen Worten kann eine Übertragung von Energie auf der ersten Frequenz zusätzlich über das weitere induktive Bauteil erfolgen. Dabei können das induktive Bauteil und das weitere induktive Bauteil parallel, alternativ aber auch in Reihe geschaltet sein. Dies kann eine Anpassung einer Übertragungscharakteristik bei dem ersten Signal, z.B. eines Wirkungsgrades einer Energieübertragung, an individuelle Gegebenheiten ermöglichen. Das weitere induktive Bauteil kann, entsprechend dem induktiven Bauteil, planar ausgebildet sein, und räumlich parallel zu diesem angeordnet sein. Somit kann eine Anordnungsmöglichkeit mehrerer induktiver Bauteile bei lediglich geringem Bau- und raum Aufwand geschaffen werden.

[0045] Das weitere induktive Bauteil kann zudem auf einer weiteren Leiterplatte angeordnet sein. Anders ausgedrückt kann der Leiterplattenbau z.B. in einer Weise modifiziert werden, dass mehrere Ein-Ebenen-Platten übereinandergestapelt werden. Alternativ umfasst bei einigen Ausführungsbeispielen das induktive Element ein mehrlagiges Trägerelement. Eine erste Lage des mehrlagigen Trägerelements umfasst das induktive Bauteil, und eine zu der ersten Lage parallel angeordnete zweite Lage das weitere induktive Bauteil. Dies kann ggf. eine Ausführung mit mehreren induktiven Bauteilen als integrierte Schaltung ermöglichen. Hierbei kann es auch möglich sein, das induktive Bauteil und das weitere induktive Bauteil auf einer flexiblen Leiterplatte aufzubringen, und die flexible Leiterplatte derart zu biegen (z.B. mittig zwischen den induktiven Bauteilen um 180°), dass

die induktiven Bauteile zueinander parallel zu liegen kommen. Bei einer derartigen Stapelung mehrerer induktiver Bauteile kann die als Antenne fungierende Windung **130-1** (**Fig. 1**) auf einer Seite angeordnet sein, welche einem medizinischen Implantat zugewandt ist. Somit kann ein Wirkungsgrad der Energieübertragung durch eine verbesserte Anpassung an eine Treiberendstufe und die vorhandene Betriebsspannung wesentlich erhöht werden. Ein solcher Stapel kann wiederum als Mehrlagenleiterplatte ausgeführt werden, was ebenfalls zu einer kompakten Bauweise beitragen kann.

[0046] Bei einem Entwurf der Spiralspule für die Energieübertragung kann gemäß einem Ausführungsbeispiel eine Charakterisierung mit einem Impedanzmessgerät erfolgen. Es kann, entsprechend den gewünschten Übertragungsfrequenzen und gemessenen Charakteristiken, eine Auswahl der korrespondierenden Leiterschleife oder Windung **130-1** und Koppelkapazitäten **170-1**; **170-2** (siehe **Fig. 1**) erfolgen.

[0047] Bei manchen Ausführungsbeispielen kann, wie **Fig. 3a**, **Fig. 3b**, **Fig. 3c** und **Fig. 3d** verdeutlichen, durch zwei weitere Koppelpunkte **150-3**; **150-4** auch eine weitere Windung **130-2** festgelegt werden. Mit anderen Worten kann die Mehrzahl von Windungen auch wenigstens zwei Windungen **130-1**; **130-2** zum Übertragen eines Datensignals umfassen. Im Einzelnen zeigen **Fig. 3a** eine Draufsicht des induktiven Elements **100**, **Fig. 3b** eine Seitenansicht, **Fig. 3c** eine Draufsicht einer Gegenseite des induktiven Elements **100**, welche der in **Fig. 3a** gezeigten Seite abgewandt ist, und **Fig. 3d** eine perspektivische Ansicht. Zur Vereinfachung sind Komponenten, die eine Entsprechung in **Fig. 1** besitzen, mit denselben Bezugszeichen versehen, und werden hierin nicht nochmals erklärt; es wird vielmehr lediglich auf die Unterschiede eingegangen.

[0048] Die weitere Windung **130-2** ist ausgehend von den weiteren Koppelpunkten **150-3**; **150-4** über weitere Stege **160-3**; **160-4** an weitere kapazitive Elemente **170-3**; **170-4** gekoppelt. Die wenigstens zwei Windungen **130-1**; **130-2** können dabei zusammenhängen oder, wie in **Fig. 3a**, **Fig. 3b**, **Fig. 3c** und **Fig. 3d** gezeigt, räumlich getrennt sein, und jeweils an verschiedene Signale mit unterschiedlichen Frequenzen koppeln. Wie **Fig. 3a** zeigt, umläuft die weitere Windung **130-2** mehr als 360°, und die Windung **130-1** weniger als 360°. Die Abweichungen von 360° können dabei jeweils bis zu 10°, 20°, oder auch mehr betragen. Ferner sind die Windungen **130-1** und **130-2** um etwas mehr als drei Windungen (oder etwas mehr als $3 \times 360^\circ$) voneinander beabstandet. Aus **Fig. 3b** wird ersichtlich, dass das Trägerelement **140** um wenigstens eine Größenordnung (oder wenigstens einen Faktor 10) verschiedene Abmessungen haben kann. Dabei ist eine Abmessung entlang

einer das induktive Bauteil **110** tragenden Ebene größer als eine Abmessung senkrecht zu dem induktiven Bauteil **110**. **Fig. 3c** zeigt ferner, dass der Kontakt **190-1** über eine Zuleitung **195** an eine das induktive Bauteil **110** nach radial innen begrenzende Windung, und der Kontakt **190-2** an eine das induktive Bauteil **110** nach radial außen begrenzende Windung koppelt.

[0049] **Fig. 4** zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens **300** zum Betreiben eines medizinischen Implantats. Das Verfahren **300** umfasst ein Übertragen **310** von Energie mittels einer Mehrzahl von Windungen innerhalb eines ersten Schwingkreises auf einer ersten Frequenz. Das Verfahren **300** umfasst zudem ein Kommunizieren **320** von Daten mittels eines zweiten Schwingkreises auf einer zweiten Frequenz. Dabei bildet ein zumindest ein Segment einer einzelnen Windung umfassender Windungsabschnitt der Mehrzahl von Windungen der Spule eine Induktivität innerhalb des zweiten Schwingkreises.

[0050] Ausführungsbeispiele können einen vereinfachten Aufbau, eine verbesserte Reproduzierbarkeit, oder auch eine Platzersparnis bewirken. Bei einer Fertigung kann eine Anzahl diskreter Bauelemente unter Umständen verringert werden. Weiterhin kann eine Ausführung des induktiven Elements als starres, integriertes Element eine Reduktion von Fehlabweichungen oder Änderungen elektromagnetischer Eigenschaften durch z.B. Ungenauigkeiten in der Positionierung oder dynamischen Lageänderungen von Antennen/Spulen bewirken. Ausführungsbeispiele können somit ein simultanes Senden und Empfangen von elektromagnetischen Signalen bei sehr unterschiedlichen Frequenzen und Leistungen oder auch eine Integration sehr unterschiedlicher Anforderungen für verschiedene Frequenzen in ein gemeinsames Element ermöglichen.

[0051] Manche Ausführungsbeispiele beziehen sich ferner auf ein medizinisches Implantat **400**, wie **Fig. 5** schematisch darstellt. Das medizinische Implantat **400** umfasst ein genanntes induktives Bauteil **110** und das elektrisch leitende Bauteil **420**. Das elektrisch leitende Bauteil **420** ist dazu ausgebildet, ein Kommunikationssignal **430** zu senden. Das induktive Bauteil **110** ist dazu ausgebildet, das Kommunikationssignal **430** vermittels der Windung **130-1** zu empfangen. Somit kann es möglich sein, über ein Senden von Datensignalen mittels des induktiven Elementes **100** hinaus auch ein Empfangen von Datensignalen zu bewirken. Mit anderen Worten koppelt die Windung **130-1** an das Kommunikationssignal **430**, indem das Kommunikationssignal **430** vermittels der Windung **130-1** gesendet oder empfangen wird. Das medizinische Implantat **400** kann dabei z.B. an Nerven oder Muskeln eines menschlichen oder tierischen Körpers **410** anknüpfen, und deren Stimulation bewirken. Das medizinische Implantat **400** kann

sich dabei im Inneren des Körpers **410** befinden, eine physikalische Größe in dem Körper **410** messen, und das Kommunikationssignal **430** mit Informationen über die physikalische Größe an das induktive Bauteil **110** senden.

[0052] Nochmals mit anderen Worten ausgedrückt, kann das medizinische Implantat **400** einen Sender und einen Empfänger umfassen. Der Sender umfasst ein in dem Körper **410** befindliches elektrisch leitendes Bauteil **420**. Der Empfänger umfasst das induktive Bauteil **110** mit der Windung **130-1**. Je nach Übertragungsrichtung des Signals können dabei die Rollen von Sender und Empfänger auch vertauscht sein.

[0053] Die in der vorstehenden Beschreibung, den nachfolgenden Ansprüchen und den beigefügten Figuren offenbarten Merkmale können sowohl einzeln wie auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung eines Ausführungsbeispiels in ihren verschiedenen Ausgestaltungen von Bedeutung sein und implementiert werden.

[0054] Obwohl manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, versteht es sich, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Verfahrens darstellen, sodass ein Block oder ein Bauelement einer Vorrichtung auch als ein entsprechender Verfahrensschritt oder als ein Merkmal eines Verfahrensschrittes zu verstehen ist. Analog dazu stellen Aspekte, die im Zusammenhang mit einem oder als ein Verfahrensschritt beschrieben wurden, auch eine Beschreibung eines entsprechenden Blocks oder Details oder Merkmals einer entsprechenden Vorrichtung dar.

[0055] Je nach bestimmten Implementierungsanforderungen können Ausführungsbeispiele der Erfindung in Hardware oder in Software implementiert sein. Die Implementierung kann unter Verwendung eines digitalen Speichermediums, beispielsweise einer Floppy-Disk, einer DVD, einer Blu-Ray Disc, einer CD, eines ROM, eines PROM, eines EPROM, eines EEPROM oder eines FLASH-Speichers, einer Festplatte oder eines anderen magnetischen oder optischen Speichers durchgeführt werden, auf dem elektronisch lesbare Steuersignale gespeichert sind, die mit einer programmierbaren Hardwarekomponente derart zusammenwirken können oder zusammenwirken, dass das jeweilige Verfahren durchgeführt wird.

[0056] Eine programmierbare Hardwarekomponente kann durch einen Prozessor, einen Computerprozessor (CPU = Central Processing Unit), einen Grafikprozessor (GPU = Graphics Processing Unit), einen Computer, ein Computersystem, einen anwendungsspezifischen integrierten Schaltkreis (ASIC = Application-Specific Integrated Circuit), einen integrierten Schaltkreis (IC = Integrated Circuit), ein Ein-Chip-System (SOC = System on Chip), ein program-

mierbares Logikelement oder ein feldprogrammierbares Gatterarray mit einem Mikroprozessor (FPGA = Field Programmable Gate Array) gebildet sein.

[0057] Das digitale Speichermedium kann daher maschinen- oder computerlesbar sein. Manche Ausführungsbeispiele umfassen also einen Datenträger, der elektronisch lesbare Steuersignale aufweist, die in der Lage sind, mit einem programmierbaren Computersystem oder einer programmierbare Hardwarekomponente derart zusammenzuwirken, dass eines der hierin beschriebenen Verfahren durchgeführt wird. Ein Ausführungsbeispiel ist somit ein Datenträger (oder ein digitales Speichermedium oder ein computerlesbares Medium), auf dem das Programm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufgezeichnet ist.

[0058] Allgemein können Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung als Programm, Firmware, Computerprogramm oder Computerprogrammprodukt mit einem Programmcode oder als Daten implementiert sein, wobei der Programmcode oder die Daten dahin gehend wirksam ist bzw. sind, eines der Verfahren durchzuführen, wenn das Programm auf einem Prozessor oder einer programmierbaren Hardwarekomponente abläuft. Der Programmcode oder die Daten kann bzw. können beispielsweise auch auf einem maschinenlesbaren Träger oder Datenträger gespeichert sein. Der Programmcode oder die Daten können unter anderem als Quellcode, Maschinencode oder Bytecode sowie als anderer Zwischencode vorliegen.

[0059] Ein weiteres Ausführungsbeispiel ist ferner ein Datenstrom, eine Signalfolge oder eine Sequenz von Signalen, der bzw. die das Programm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren darstellt bzw. darstellen. Der Datenstrom, die Signalfolge oder die Sequenz von Signalen kann bzw. können beispielsweise dahin gehend konfiguriert sein, um über eine Datenkommunikationsverbindung, beispielsweise über das Internet oder ein anderes Netzwerk, transferiert zu werden. Ausführungsbeispiele sind so auch Daten repräsentierende Signalfolgen, die für eine Übersendung über ein Netzwerk oder eine Datenkommunikationsverbindung geeignet sind, wobei die Daten das Programm darstellen.

[0060] Ein Programm gemäß einem Ausführungsbeispiel kann eines der Verfahren während seiner Durchführung beispielsweise dadurch umsetzen, dass dieses Speicherstellen ausliest oder in diese ein Datum oder mehrere Daten hinein schreibt, wodurch gegebenenfalls Schaltvorgänge oder andere Vorgänge in Transistorstrukturen, in Verstärkerstrukturen oder in anderen elektrischen, optischen, magnetischen oder nach einem anderen Funktionsprinzip arbeitenden Bauteile hervorgerufen werden. Ent-

sprechend können durch ein Auslesen einer Speicherstelle Daten, Werte, Sensorwerte oder andere Informationen von einem Programm erfasst, bestimmt oder gemessen werden. Ein Programm kann daher durch ein Auslesen von einer oder mehreren Speicherstellen Größen, Werte, Messgrößen und andere Informationen erfassen, bestimmen oder messen, sowie durch ein Schreiben in eine oder mehrere Speicherstellen eine Aktion bewirken, veranlassen oder durchführen sowie andere Geräte, Maschinen und Komponenten ansteuern.

[0061] Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Schutzzumfang der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele hierin präsentiert wurden, beschränkt sei.

Patentansprüche

1. Medizinisches Implantat (**100**), umfassend: eine Spule (**110**) mit einer Mehrzahl von Windungen (**120**) innerhalb eines ersten Schwingkreises, welcher zur Energieübertragung auf eine erste Frequenz abgestimmt ist; und einen zweiten Schwingkreis welcher zur Datenkommunikation auf eine zweite Frequenz abgestimmt ist, wobei ein zumindest ein Segment einer einzelnen Windung umfassender Windungsabschnitt (**130-1**) der Mehrzahl von Windungen (**120**) der Spule (**110**) eine Induktivität innerhalb des zweiten Schwingkreises bildet.
2. Medizinisches Implantat (**100**) gemäß Anspruch 1, wobei sich die erste Frequenz um wenigstens das Zehnfache von der zweiten Frequenz unterscheidet.
3. Medizinisches Implantat (**100**) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die erste Frequenz in einem Bereich zwischen 10 kHz und 1 MHz, und die zweite Frequenz in einem Bereich zwischen 400 MHz und 407 Hz liegt.
4. Medizinisches Implantat (**100**) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, ferner umfassend: ein starres Trägerelement (**140**), auf dem die Spule (**110**) planar angeordnet ist.
5. Medizinisches Implantat (**100**) gemäß Anspruch 4, wobei die Spule (**110**) zumindest einen spiralförmigen Leiter umfasst, der auf der Oberfläche des Trägerelements (**140**) angeordnet ist.

6. Medizinisches Implantat (**100**) gemäß einem der Ansprüche 4 oder 5, wobei der Windungsabschnitt (**130-1**) an einem den Windungsabschnitt (**130-1**) in einer Richtung begrenzenden ersten Koppelpunkt (**150-1**) und an einem den Windungsabschnitt (**130-1**) in einer Gegenrichtung begrenzenden zweiten Koppelpunkt (**150-2**) jeweils über einen elektrisch leitenden Steg (**160-1**; **160-2**) an den zweiten Schwingkreis gekoppelt ist.

7. Medizinisches Implantat (**100**) gemäß Anspruch 6, wobei die Stege (**160-1**; **160-2**) senkrecht zu der Mehrzahl der Windungen (**120**) verlaufen.

8. Medizinisches Implantat (**100**) gemäß Anspruch 6 oder 7, wobei zwischen den Stegen (**160-1**; **160-2**) und der Mehrzahl der Windungen (**120**) ein elektrisch isolierendes Material angeordnet ist.

9. Medizinisches Implantat (**100**) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, ferner umfassend eine weitere Spule, die an die Spule (**110**) gekoppelt ist.

10. Medizinisches Implantat (**100**) gemäß Anspruch 9, wobei die weitere Spule und die Spule (**110**) parallel geschaltet sind.

11. Medizinisches Implantat (**100**) gemäß einem der Ansprüche 9 oder 10, wobei die Spule (**110**) und die weitere Spule planar ausgebildet und parallel zueinander angeordnet sind.

12. Medizinisches Implantat (**100**) gemäß Anspruch 11, ferner umfassend ein mehrlagiges Trägerelement, wobei die Spule (**110**) auf einer ersten Lage des mehrlagigen Trägerelements und die weitere Spule auf einer zu der ersten Lage parallel angeordneten zweiten Lage des Trägerelements angeordnet ist.

13. Medizinisches Implantat (**400**), ferner umfassend:
ein elektrisches Bauteil (**420**), das mit dem ersten Schwingkreis und dem zweiten Schwingkreis gekoppelt ist, wobei das elektrische Bauteil (**420**) über den ersten Schwingkreis mit Energie versorgt wird und dazu ausgebildet ist, mittels des zweiten Schwingkreises ein Datenkommunikationssignal (**430**) zu senden und zu empfangen.

14. Medizinisches Implantat (**400**) gemäß Anspruch 13, wobei das elektrische Bauteil (**420**) einen Sensor zum Erfassen einer physikalischen Messgröße umfasst, und das Datenkommunikationssignal (**430**) Informationen über die physikalische Messgröße aufweist.

15. Verfahren (**300**) zum Betreiben eines medizinischen Implantats, umfassend:

Übertragen (**310**) von Energie mittels einer Mehrzahl von Windungen innerhalb eines ersten Schwingkreises auf einer ersten Frequenz; und
Kommunizieren (**320**) von Daten mittels eines zweiten Schwingkreises auf einer zweiten Frequenz, wobei ein zumindest ein Segment einer einzelnen Windung umfassender Windungsabschnitt der Mehrzahl von Windungen der Spule eine Induktivität innerhalb des zweiten Schwingkreises bildet.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

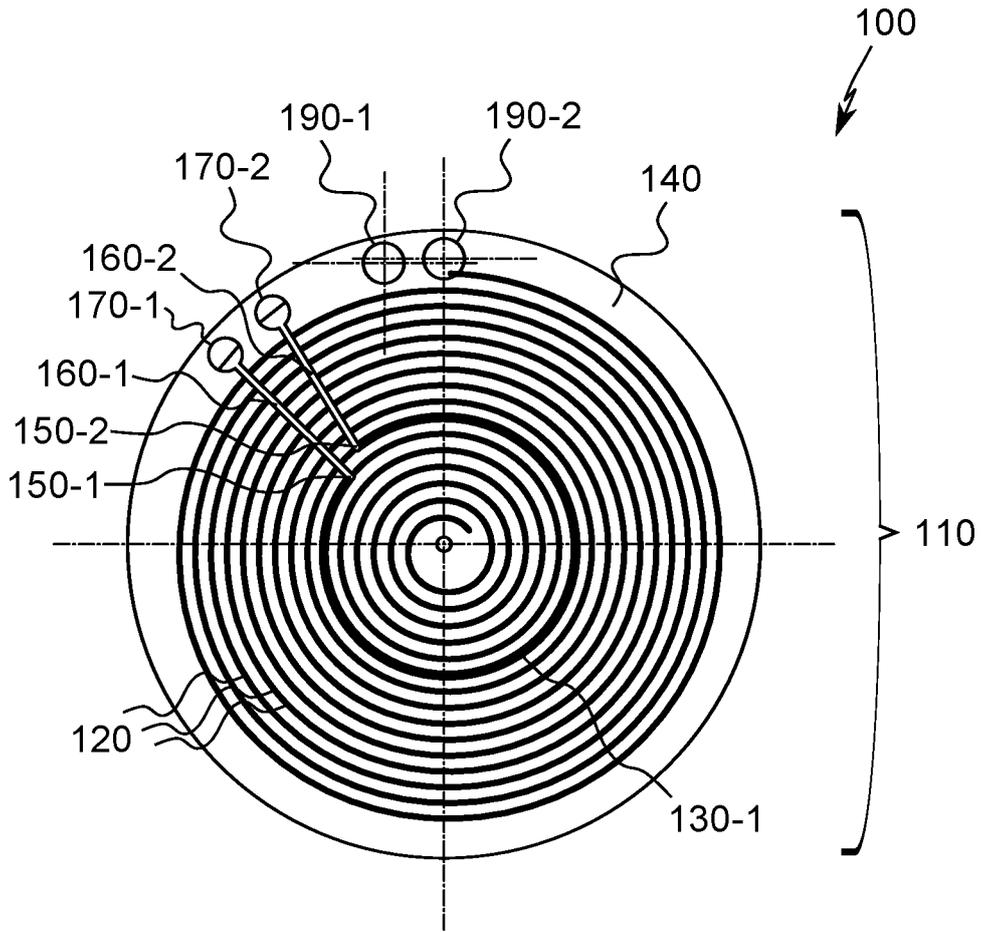


Fig. 1

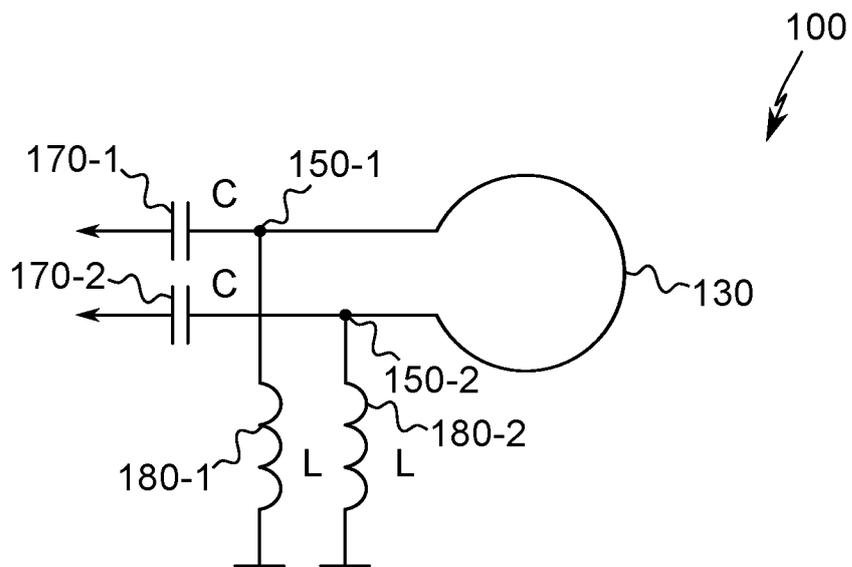
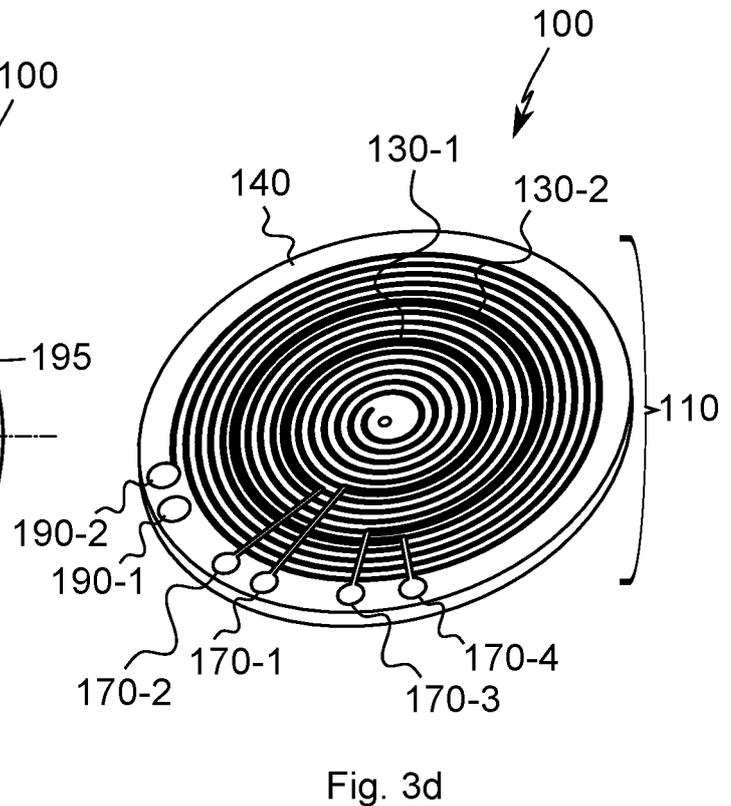
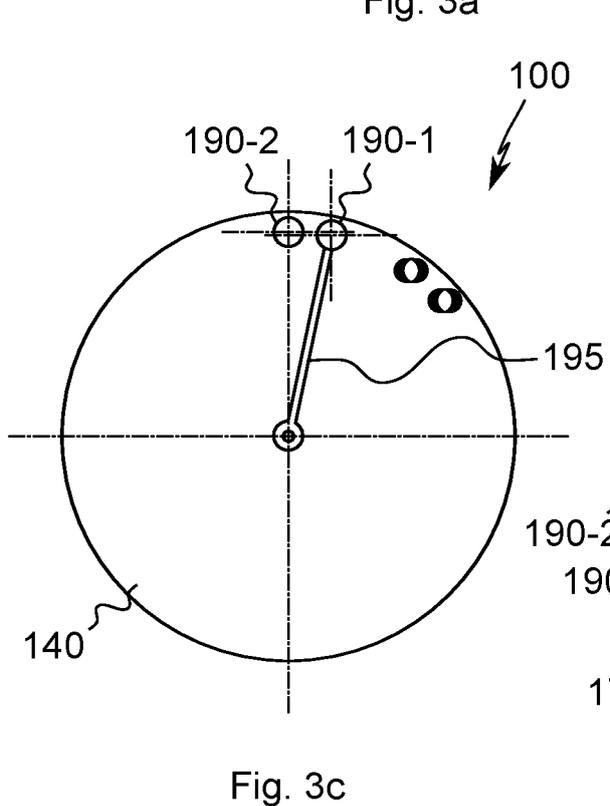
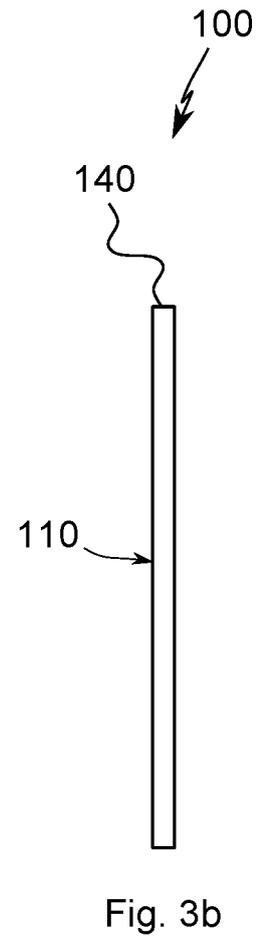
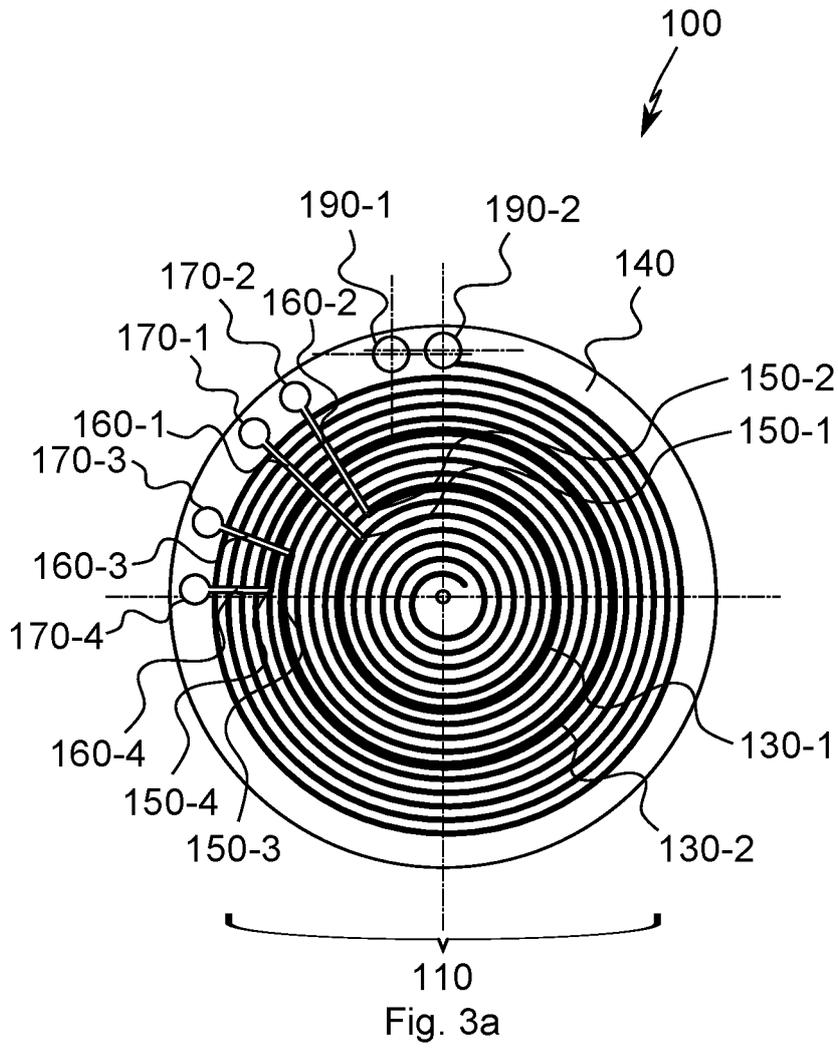


Fig. 2



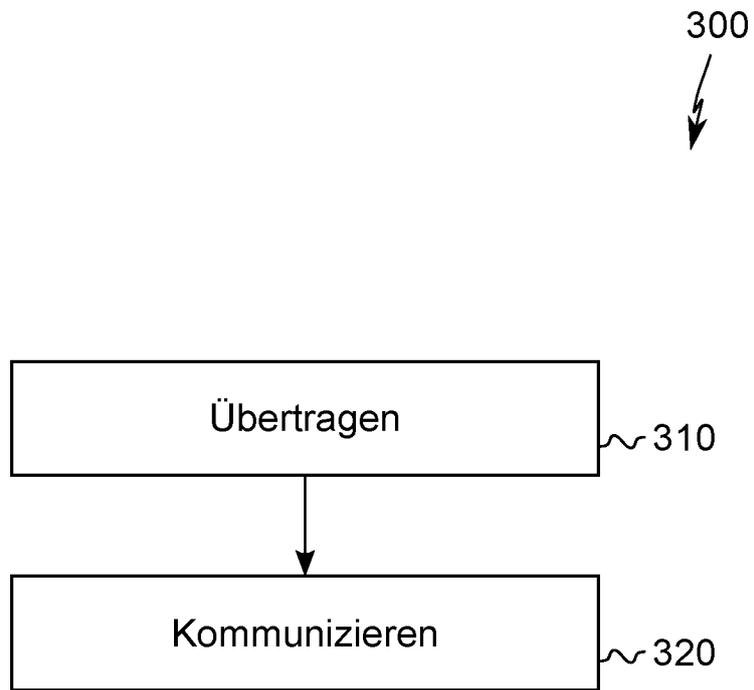


Fig. 4

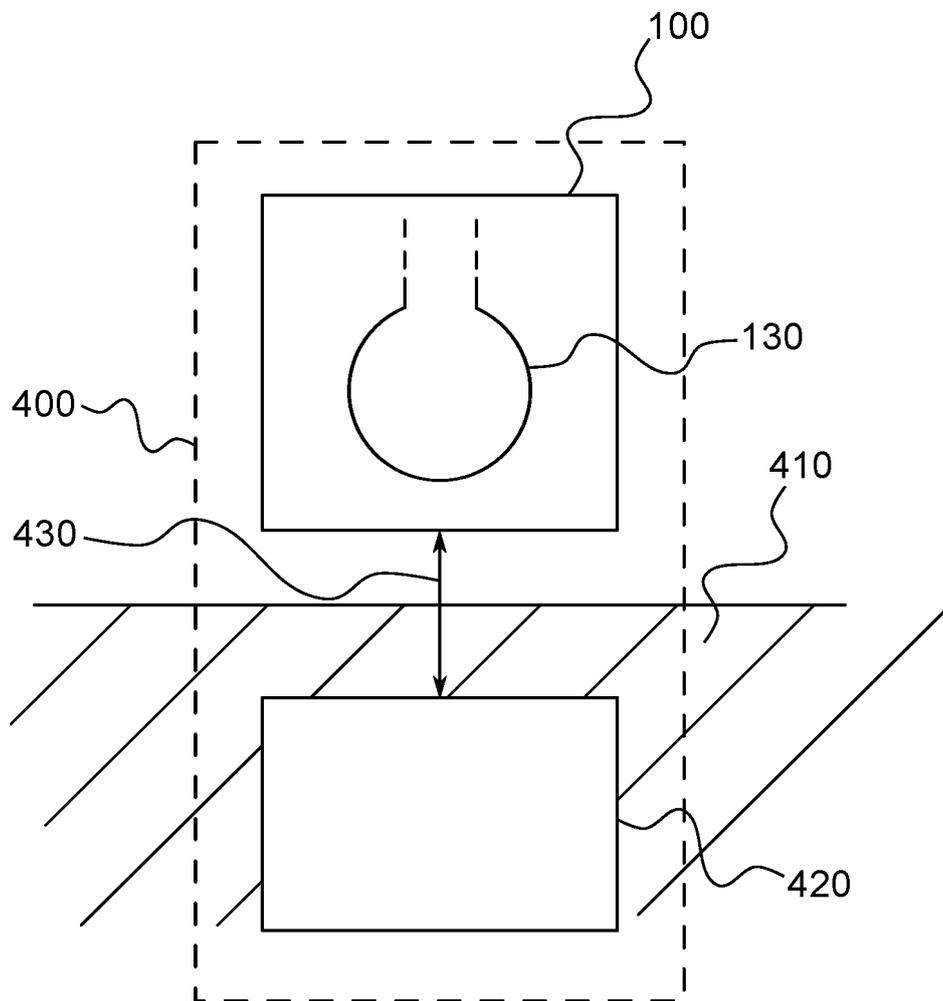


Fig. 5