



(10) **DE 10 2019 103 670 B4** 2024.07.25

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2019 103 670.4**
(22) Anmeldetag: **13.02.2019**
(43) Offenlegungstag: **13.08.2020**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **25.07.2024**

(51) Int Cl.: **G01V 3/10** (2006.01)
G01B 7/00 (2006.01)
G01D 5/20 (2006.01)
H03K 17/95 (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:
Balluff GmbH, 73765 Neuhausen, DE

(74) Vertreter:
**JAKELSKI & ALTHOFF Patentanwälte
Partnerschaftsgesellschaft mbB, 71229 Leonberg,
DE**

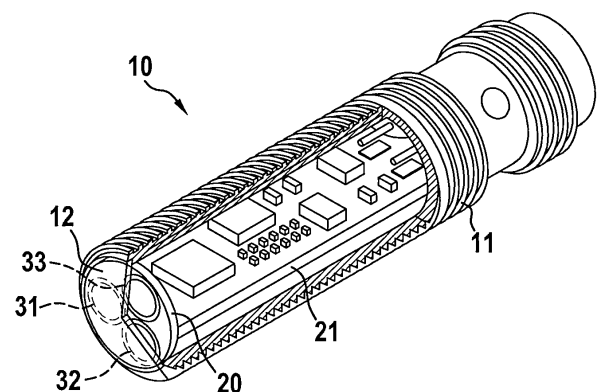
(72) Erfinder:
**Gaggero, Pascal, Sutz, CH; Eberle, Patric,
Hersberg, CH**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	26 18 163	C2
DE	35 42 901	A1
DE	42 13 866	A1
DE	10 2009 014 801	A1
DE	10 2009 033 237	A1
DE	10 2013 103 055	A1
DE	10 2018 102 898	A1
DE	11 2014 004 314	T5
US	2009 / 0 085 560	A1
US	2014 / 0 015 329	A1
US	2014 / 0 111 019	A1
US	2014 / 0 247 040	A1
US	2016 / 0 013 658	A1
US	2016 / 0 069 662	A1
EP	3 002 614	A1
WO	2013/ 127 445	A1

(54) Bezeichnung: **Induktiver Sensor und Verfahren zu seinem Betrieb**

(57) Hauptanspruch: Induktiver Sensor (10), aufweisend ein kreisförmiges Substrat (20), auf dem nebeneinander 2 bis 3 Sende-/Empfangsspulen (31, 32, 33) angeordnet sind, wobei jede Sende-/Empfangsspule (31, 32, 33) als offene Spule ausgeführt ist und jeweils eine Windung aufweist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen induktiven Sensor. Weiterhin betrifft sie ein Verfahren zum Betreiben des induktiven Sensors.

Stand der Technik

[0002] Induktive Sensoren weisen mindestens eine Induktivität in Form einer offenen Spule auf. Diese erzeugt ein Magnetfeld, welches durch ein metallisches Objekt in der Nähe des Sensors verändert werden kann. Durch eine Messung dieser Veränderung kann das Objekt detektiert werden. Hierzu kann der induktive Sensor entweder eine oder mehrere Sendespulen sowie eine oder mehrere Empfangsspulen aufweisen oder er kann eine einzige kombinierte Sende/Empfangsspule aufweisen. Diese weist einen Oszillator, eine Auswerteeinheit und eine Ausgangsstufe auf. Sobald an dem induktiven Sensor eine Speisespannung angelegt wird, beginnt der Oszillator zu schwingen. Das dabei entstehende elektromagnetische Feld wird zu einer aktiven Fläche des Sensors gerichtet. Ein sich annäherndes Objekt entzieht dem Schwingkreis Energie, worauf seine oszillatorische Spannung abnimmt. Dies kann durch einen nachgeschalteten Komparator detektiert werden.

[0003] Induktive Sensoren werden beispielsweise in der DE 10 2018 102 898 A1, in der DE 11 2014 004 314 T5, in der US 2016/0069662 A1 und in der US 2014/0247040 A1 beschrieben.

[0004] Soll die Reichweite eines induktiven Sensors, der eine kombinierte Sende-/Empfangsspule verwendet, erhöht werden, so kann dies bisher nur durch ein Vergrößern des Spulendurchmessers und damit auch ein Vergrößern des Sensordurchmessers erreicht werden. Soll die Genauigkeit, mit der eine Seitwärtsbewegung eines detektierten Objekts verfolgt werden kann, erhöht werden, so geht dies auf Kosten der Sensorreichweite.

[0005] Ladesysteme, die insbesondere zum galvanisch getrennten Aufladen eines elektrischen Energiespeichers eines Fahrzeugs verwendet werden können, weisen für den Ladevorgang eine Vielzahl von Spulen auf. Es ist bekannt, diese Spulen zusätzlich als Teil eines induktiven Sensors zu nutzen, um zu prüfen, ob sich auf der Aufladefläche ein elektrisch leitfähiger Fremdkörper befindet. Derartige Systeme werden beispielsweise in der WO 2013/127445 A1, in der US 2014/0015329 A1, in der US 2016/0013658 A1, in der DE 10 2009 033 237 A1 und in der US 2014/0111019 A1 beschrieben.

[0006] Aus der DE 42 13 866 A1 ist es bekannt, ein System mit einer Vielzahl von Spulen, die jeweils eine Vielzahl von Windungen aufweisen, ausschließlich als Positionssensor zu verwenden. Hierzu weist ein kreisförmiges Substrat kreissektorförmige Bereiche auf, deren Fläche jeweils von einer Spule weitgehend ausgefüllt wird.

[0007] Die DE 35 42 901 A1 beschreibt einen berührungslosen Näherungsschalter, der zwei parallel ausgerichtete felderzeugende Spulen aufweist, die jeweils um einen ferromagnetischen Spulenkern gewickelt sind.

[0008] In der DE 10 2009 014 801 A1 wird ein induktiver Näherungsschalter beschrieben. Zur Erkennung eines benachbarten Metallobjekts erfolgt ein Induktivitätsvergleich zwischen zwei Spulen, die auf einem Substrat integriert sind.

[0009] Die DE 10 2013 103 055 A1 zeigt eine induktive Sensorvorrichtung, die eine dreiphasige Planarspule aufweist. Die Planarspule besteht aus drei Schneckenelementen, wobei jedes Schneckenelement in einem Winkel von 120° vom nächsten Schneckenelement versetzt angeordnet ist.

[0010] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen induktiven Sensor bereitzustellen, der bei Verwendung eines Messprinzips mit einer kombinierten Sende-/Empfangsspule bei gleichen Abmessungen und gleicher Reichweite wie ein herkömmlicher Sensor eine höhere Genauigkeit bei der Erfassung von Seitwärtsbewegungen eines Objekts aufweist und der eine geringe Temperaturempfindlichkeit der Sensorgenauigkeit aufweist. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Betreiben eines solchen induktiven Sensors bereitzustellen, in dem dieser eine höhere Reichweite aufweist als ein gleichdimensionierter herkömmlicher induktiver Sensor.

Offenbarung der Erfindung

[0011] Diese Aufgabe wird in einem Aspekt der Erfindung durch einen induktiven Sensor gelöst, der ein Substrat aufweist, auf dem nebeneinander zwei bis drei Sende-/Empfangsspulen angeordnet sind. Bevorzugt sind drei Sende-/Empfangsspulen auf dem Substrat angeordnet. Dieser Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass bei gleichbleibender Sensorfläche mehrere Sende-/Empfangsspulen, die auf dieser Fläche verteilt sind, mit einer erhöhten lateralen Sensorgenauigkeit betrieben werden, was eine frühere Erkennung von Objekten ermöglicht, die sich dem Sensor seitlich nähern. Die erfindungsgemäße Anordnung der Sende-/Empfangsspulen führt außerdem im Vergleich zu herkömmlichen induktiven Sensoren zu einer geringeren Temperaturempfindlichkeit der Sensorgenauigkeit.

[0012] Vorzugsweise sind mindestens zwei der Sende-/Empfangsspulen mit einem gemeinsamen integrierten Schaltkreis (IC) verbunden. Dieser weist pro Sende-/Empfangsspule einen Oszillator und pro Sende-/Empfangsspule mindestens ein Messelement auf. Dies ermöglicht die gemeinsame Ansteuerung der Sende-/Empfangsspulen zur Aussendung eines Magnetfelds sowie die gemeinsame Auswertung einer Änderung des Magnetfelds durch ein sich annäherndes Objekt. Mindestens ein Messelement ist vorzugsweise ein Frequenzzähler.

[0013] Insbesondere sind die Sende-/Empfangsspulen direkt auf dem integrierten Schaltkreis angeordnet.

[0014] Der integrierte Schaltkreis kann mit einem weiteren Rechenggerät zur Signalverarbeitung verbunden sein, das vorzugsweise als Mikrocontroller ausgeführt ist. Dieses Rechenggerät kann seinerseits mit einem Sensor-Backend verbunden sein, beispielsweise einem IO-Link-Transceiver, einem PNP-Bipolartransistor, einem NPN-Bipolartransistor oder einem Push-Pull-Transceiver.

[0015] In einer besonders platzsparenden Ausführungsform des induktiven Sensors ist der integrierte Schaltkreis auf demselben Substrat angeordnet, auf dem auch die Sende-/Empfangsspulen angeordnet sind.

[0016] In besonders sicherheitsrelevanten Anwendungen des induktiven Sensors kann es erforderlich sein, dass dieser mehrere redundante Messkanäle aufweist, wenn die Redundanz nicht durch Verwendung mehrerer Sensoren erzielt werden soll. In diesem Fall kann es auch vorgesehen sein, dass der induktive Sensor mehrere integrierte Schaltkreise aufweist, wobei jeder integrierte Schaltkreis mit nur einer der Sende-/Empfangsspulen verbunden ist.

[0017] Grundsätzlich kann jede Sende-/Empfangsspule unterschiedliche Abmessungen und eine unterschiedliche Geometrie aufweisen. Insbesondere weisen die Sende-/Empfangsspulen allerdings dieselben Abmessungen auf.

[0018] Jede Sende-/Empfangsspule ist als offene Spule ausgeführt und weist eine Windung auf. Dies führt zu einer geringeren Temperaturempfindlichkeit der Sensorgenauigkeit.

[0019] Das Substrat ist kreisförmig. Jede Sende-/Empfangsspule, die ihrerseits kreisförmig ist, hat vorzugsweise einen Durchmesser von maximal 50 % des Durchmessers des Substrats. Ellipsoide Sende-/Empfangsspulen weisen vorzugsweise eine Nebenachse auf, deren Länge maximal 50 % des Durchmessers des Substrats beträgt. Die Nebenachse ist dabei jene Achse, der Ellipse, die orthogo-

nal auf ihrer Hauptachse steht. Die Hauptachse geht durch die beiden Brennpunkte der Ellipse. Diese Dimensionierung ermöglicht vorteilhafterweise die Anordnung bei beispielsweise zwei oder drei Sende-/Empfangsspulen auf dem Substrat.

[0020] Es ist weiterhin bevorzugt, dass der induktive Sensor eine Referenz-Sende-/Empfangsspule aufweist. Unter einer Referenz-Sende-/Empfangsspule wird dabei eine Sende-/Empfangsspule verstanden, welcher ein fest im oder am induktiven Sensor angeordnetes Referenzziel zugeordnet ist. Der Einfluss des bekannten Referenzziels auf das Magnetfeld der Referenz-Sende-/Empfangsspule bei deren Ansteuerung kann zur Referenzierung verwendet werden, um zu ermitteln, welchen Einfluss ein zu erkennendes Objekt voraussichtlich auf das Magnetfeld der übrigen Sende-/Empfangsspulen haben wird. In einer Ausführungsform des induktiven Sensors fungiert eine der nebeneinander auf dem Substrat angeordneten Sende-/Empfangsspulen als Referenz-Sende-/Empfangsspule. Hierzu müssen lediglich auf eine Seite des Substrats Sende-/Empfangsspulen angeordnet werden. Dabei steht die Referenz-Sende-/Empfangsspule dann allerdings nicht für die eigentliche Sensorfunktionalität des induktiven Sensors zur Verfügung. In einer anderen Ausführungsform des induktiven Sensors ist die Referenz-Sende-/Empfangsspule auf einer von den anderen Sende-/Empfangsspulen abgewandten Seite des Substrats angeordnet. In noch einer anderen Ausführungsform des induktiven Sensors ist die Referenz-Sende-/Empfangsspule gemeinsam mit dem Referenzziel im Inneren des Substrats angeordnet. Dies ermöglicht es die Referenz-Sende-/Empfangsspule und das Referenzziel zusammen mit dem Substrat zu fertigen.

[0021] In einem weiteren Aspekt der Erfindung betrifft diese ein Verfahren zum Betreiben des induktiven Sensors. Hierin werden seine Sende-/Empfangsspulen unabhängig voneinander jeweils mit einer Frequenz von mehr als 100 MHz angeregt. Dies ermöglicht das Betreiben des induktiven Sensors mit einer hohen Reichweite, wobei die hohe Frequenz insbesondere unter Verwendung eines integrierten Schaltkreises erreicht werden kann. Außerdem führt die hohe Frequenz zu einer geringeren Temperaturempfindlichkeit der Sensorgenauigkeit. Um eine laterale und axiale Position eines Ziels zu ermitteln, werden in dem Verfahren vorzugsweise Empfangssignale mehrerer der Sende-/Empfangsspulen kombiniert, um so eine Sensorreichweite und Genauigkeit zu erhalten, die herkömmlichen Sensoren mit lediglich einer Sende-/Empfangsspule überlegen ist.

[0022] Das Kombinieren der Empfangssignale erfolgt vorzugsweise in einem integrierten Schaltkreis, welcher die Sende-/Empfangsspulen zusätz-

lich steuert. Hierzu weist er insbesondere einen Oszillator auf.

[0023] In einer Ausführungsform des Verfahrens werden die Sende-/Empfangsspulen gleichzeitig angeregt. In einer anderen Ausführungsform des Verfahrens werden die Sende-/Empfangsspulen nacheinander angeregt. Dabei kann eine Anregung entweder aller oder auch nur einiger der Sende-/Empfangsspulen erfolgen. Die Anregung erfolgt insbesondere mittels des integrierten Schaltkreises und kann über ein Rechengerät zur Signalverarbeitung programmiert werden.

[0024] Wenn der induktive Sensor eine Referenz-Sende-/Empfangsspule aufweist, so wird mittels dieser vorzugsweise ein Zeitreferenzsignal erzeugt. Ist keine Referenz-Sende-/Empfangsspule vorhanden, so kann ein Zeitreferenzsignal beispielsweise mittels eines externen Kristalloszillators erzeugt werden. Das Zeitreferenzsignal wird an den integrierten Schaltkreis und/oder an das Rechengerät zur Signalverarbeitung übergeben.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0025] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine teilweise geschnittene isometrische Darstellung eines induktiven Sensors gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung wichtiger Komponenten eines induktiven Sensors gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 3a bis 3c zeigen Anordnungen von Referenz-Sende-/Empfangsspulen auf einem kreisförmigen Substrat in unterschiedlichen Ausführungsbeispielen des erfindungsgemäßen induktiven Sensors.

Fig. 4 zeigt wichtige Komponenten eines induktiven Sensors gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 5a bis 5b zeigen die Anordnung von Sende-/Empfangsspulen auf einem kreisförmigen Substrat in anderen Ausführungsbeispielen der Erfindung.

Ausführungsbeispiele der Erfindung

[0026] Ein induktiver Sensor 10 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung weist ein Gehäuse 11 auf, welches aus einem Metall besteht. Das Gehäuse 11 ist im Wesentlichen kreiszylinderförmig und weist an seiner Vorderseite eine Öffnung auf, die durch eine Kunststoffscheibe 12 verschlos-

sen ist. Innerhalb des Gehäuses 11 ist direkt hinter der Kunststoffscheibe 12 ein kreisförmiges Substrat 20 in Form einer Leiterplatte angeordnet. Eine weitere Leiterplatte 21 ist mit dem Substrat 20 verbunden und erstreckt sich entlang der Längsachse des Gehäuses 11. Sie trägt diverse elektronische Komponenten des induktiven Sensors 10. Auf der der Kunststoffscheibe 12 zugewandten Seite des Substrats 20 sind drei kreisförmige Sende-/Empfangsspulen 31, 32, 33 angeordnet, die als offene Spulen ausgeführt sind und jeweils eine Windung aufweisen.

[0027] Jede der Sende-/Empfangsspulen 31, 32, 33 bildet jeweils einen Teil eines Messkanals 41, 42, 43. In jedem der Messkanäle 41, 42, 43 ist die jeweilige Sende-/Empfangsspule 31, 32, 33 parallel zu einem Kondensator 411, 421, 431 geschaltet und mit einem Oszillator 412, 422, 432 verbunden. Jeder Oszillator 412, 422, 432 ist jeweils mit zwei Messelementen verbunden und zwar jeweils mit einem Messelement 413, 423, 433 zur Messung einer Frequenz und einem Messelement 414, 424, 434 zur Messung einer Amplitude. Die Messelemente 413, 423, 433 zur Messung der Frequenz sind dabei als Frequenzzähler ausgeführt. Die Kondensatoren 411, 421, 431, die Oszillatoren 412, 422, 432 und die Messelemente 413, 414, 423, 424, 433, 434 sind in einem integrierten Schaltkreis 50 angeordnet. Dieser ist auf der den Sende-/Empfangsspulen 31, 32, 33 abgewandten Seite des Substrats 20 angeordnet. Er ist mit einem Rechengerät 60 in Form eines Mikrocontrollers verbunden, das auf der weiteren Leiterplatte 21 angeordnet ist. Das Rechengerät 60 weist einen darin integrierten Temperatursensor 61 auf. Ein IO-Link-Transceiver 62 dient als Sensor-Backend zur Weitergabe von Messdaten des induktiven Sensors 10.

[0028] Zur Messung der axialen und lateralen Position eines Objekts werden zwei der Sende-/Empfangsspulen 31, 32 mittels ihrer Oszillatoren 412, 422 angeregt. Eine Änderung der Frequenz und Amplitude ihrer Magnetfelder wird in ihren Messelementen 413, 414, 423, 424 detektiert und zunächst an den integrierten Schaltkreis 50 und dann an das Rechengerät 60 weitergegeben. Dabei werden die Sende-/Empfangsspulen 31, 32 gleichzeitig oder nacheinander angeregt. Die dritte Sende-/Empfangsspule 33 fungiert als Referenz-Sende-/Empfangsspule. Hierzu weist sie ein nicht dargestelltes Referenzziel auf. Im integrierten Schaltkreis 50 wird mithilfe der Referenz-Sende-/Empfangsspule 33 ein Zeitreferenzsignal erzeugt. Die gemessenen Frequenz- und Amplitudenwerte werden mit dem Zeitreferenzsignal verrechnet und an das Rechengerät 60 weitergegeben. Unter Berücksichtigung der Daten des Temperatursensors 61 wird dort die axiale und laterale Position des Objekts berechnet.

[0029] **Fig. 3a** zeigt, dass der Durchmesser d_{31} der ersten Spule 31, welcher auch den Durchmessern

der beiden anderen gleich großen Sende-/Empfangsspulen 32, 33 entspricht, weniger als 45 % des Durchmessers d_{20} des Substrats 20 beträgt. In einem zweiten Ausführungsbeispiel des induktiven Sensors sind die Sende-/Empfangsspulen 31, 32, 33 jedoch nicht kreisförmig, sondern wie in **Fig. 3b** dargestellt, ellipsoid. Jede der Sende-/Empfangsspulen 31, 32, 33, die wiederum gleich groß sind, weist dabei eine Nebenachse a_{32} auf, deren Länge weniger als 45 % des Durchmessers d_{20} des Substrats 20 beträgt. In einem dritten Ausführungsbeispiel des induktiven Sensors weisen die drei Sende-/Empfangsspulen 31, 32, 33, wie in **Fig. 3c** dargestellt, jeweils eine Bumerangform auf.

[0030] **Fig. 4** zeigt ein viertes Ausführungsbeispiel des induktiven Sensors 10. In diesem Ausführungsbeispiel sind lediglich zwei der Sende-/Empfangsspulen 31, 32 auf der der Kunststoffscheibe 12 zugewandten Seite des Substrats 20 angeordnet. Die dritte Sende-/Empfangsspule 33 ist zusammen mit einem Referenzziel im Inneren des Substrats 20 angeordnet, das hierzu als mehrlagige Leiterplatte ausgeführt ist. Die dritte Sende-/Empfangsspule 33 kann also wieder als Referenz-Sende-/Empfangsspule fungieren. Im Unterschied zu den vorhergehenden Ausführungsbeispielen weist jeder der Messkanäle 41, 42, 43 einen eigenen integrierten Schaltkreis 51, 52, 53 auf. Ansonsten entspricht der Aufbau dieses Ausführungsbeispiels des induktiven Sensors dem ersten Ausführungsbeispiel. Der induktive Sensor 10 gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel ermöglicht eine redundante Messung mittels seines ersten Messkanals 41 und seines zweiten Messkanals 42. Hierdurch ist er für den Einsatz in sicherheitsrelevanten Umgebungen geeignet.

[0031] Wie in **Fig. 5a** dargestellt ist, weisen die beiden Sende-/Empfangsspulen 31, 32 im vierten Ausführungsbeispiel jeweils eine Kreisform auf. In einem fünften Ausführungsbeispiel, das in **Fig. 5b** dargestellt ist, sind sie jeweils ellipsoid. Auch in diesen beiden Ausführungsbeispielen beträgt der Durchmesser bzw. die Länge der Nebenachse jeder der Sende-/Empfangsspulen 31, 32 jeweils weniger als 45 % des Durchmessers des Substrats 20.

Patentansprüche

1. Induktiver Sensor (10), aufweisend ein kreisförmiges Substrat (20), auf dem nebeneinander 2 bis 3 Sende-/Empfangsspulen (31, 32, 33) angeordnet sind, wobei jede Sende-/Empfangsspule (31, 32, 33) als offene Spule ausgeführt ist und jeweils eine Windung aufweist.

2. Induktiver Sensor (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens zwei der Sende-/Empfangsspulen (31, 32, 33) mit einem gemeinsamen integrierten Schaltkreis (50) verbunden

sind, welcher pro Sende-/Empfangsspule (31, 32, 33) einen Oszillator (412, 422, 432) und pro Sende-/Empfangsspule (31, 32, 33) mindestens ein Messelement (413, 414, 423, 424, 433, 434) aufweist.

3. Induktiver Sensor (10) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der integrierte Schaltkreis (50) auf dem Substrat (20) angeordnet ist.

4. Induktiver Sensor (10) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sende-/Empfangsspulen (31, 32, 33) auf dem integrierten Schaltkreis (50) angeordnet sind.

5. Induktiver Sensor (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sende-/Empfangsspulen (31, 32, 33) dieselben Abmessungen aufweisen.

6. Induktiver Sensor (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Substrat (20) kreisförmig ist und jede Sende-/Empfangsspule (31, 32, 33) einen Durchmesser (d_{31}) oder eine Nebenachse (a_{32}) von maximal 50 % des Durchmessers (d_{20}) des Substrats (20) aufweist.

7. Induktiver Sensor (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass er eine Referenz-Sende-/Empfangsspule (33) aufweist.

8. Induktiver Sensor (10) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Referenz-Sende-/Empfangsspule (33) eine der nebeneinander auf dem Substrat angeordneten Sende-/Empfangsspulen (31, 32, 33) ist.

9. Induktiver Sensor (10) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Referenz-Sende-/Empfangsspule (33) gemeinsam mit einem Referenzziel auf einem Substrat angeordnet ist.

10. Verfahren zum Betreiben eines induktiven Sensors (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, worin die Sende-/Empfangsspulen (31, 32, 33) unabhängig voneinander jeweils mit einer Frequenz von mehr als 100 MHz angeregt werden.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass Empfangssignale mehrerer der Sende-/Empfangsspulen (31, 32, 33) kombiniert werden, um eine laterale und axiale Position eines Ziels zu ermitteln.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kombinieren der Empfangssignale in einem integrierten Schaltkreis (60)

erfolgt, welcher die Sende-/Empfangsspulen (31, 32, 33) steuert.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sende-/Empfangsspulen (31, 32, 33) gleichzeitig angeregt werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sende-/Empfangsspulen (31, 32, 33) nacheinander angeregt werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Zeitreferenzsignal mittels einer Referenz-Sende-/Empfangsspule (33) erzeugt wird.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Fig. 1

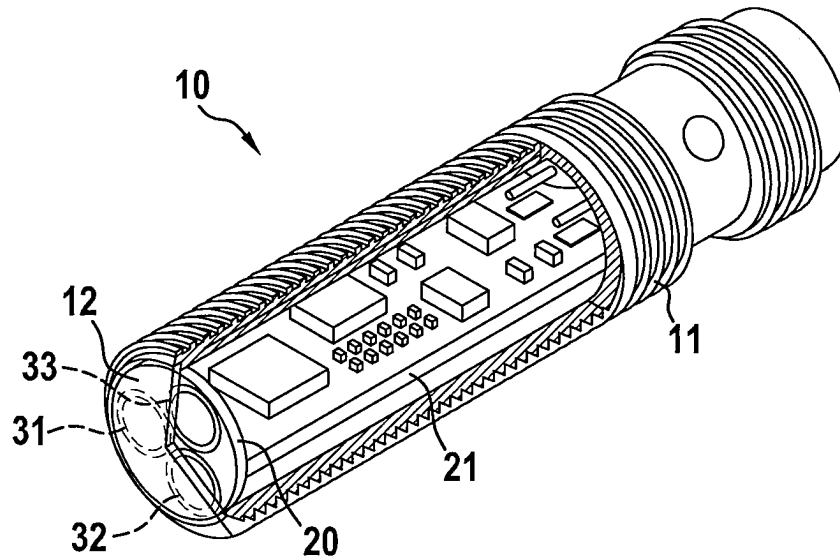


Fig. 2

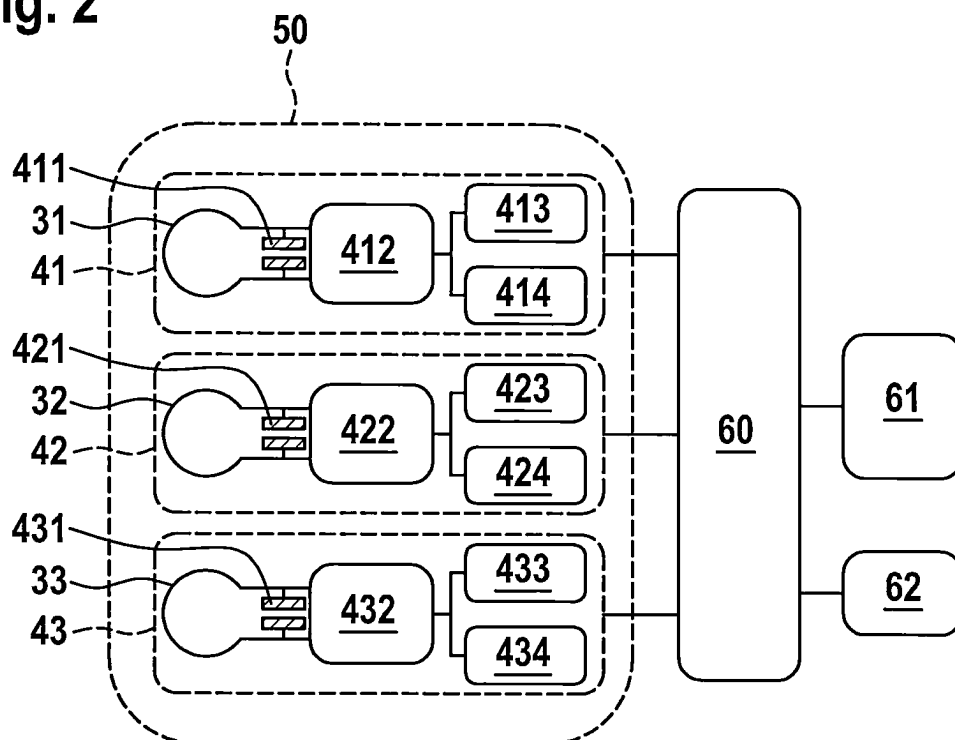


Fig. 3a

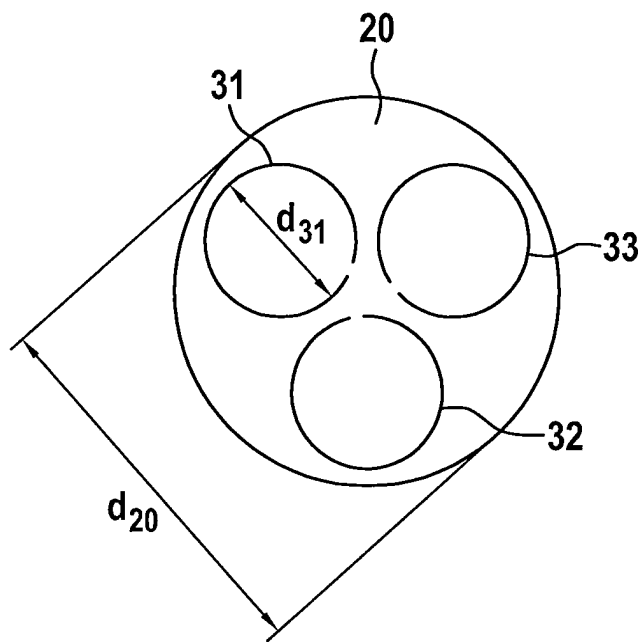


Fig. 3b

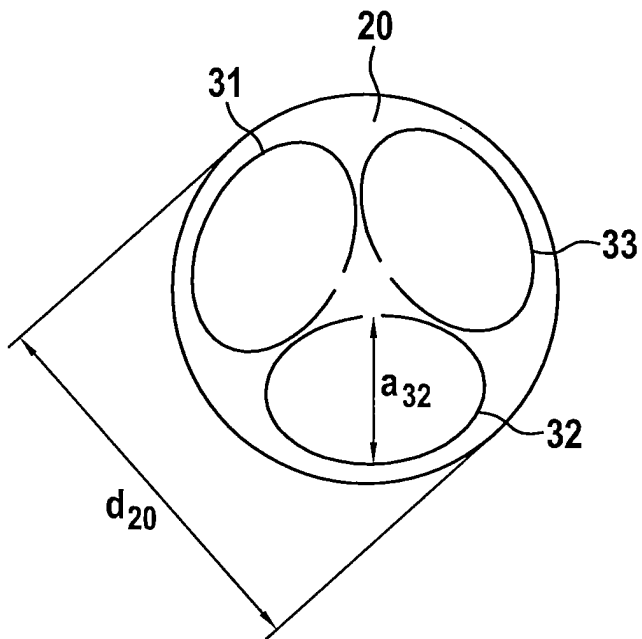


Fig. 3c

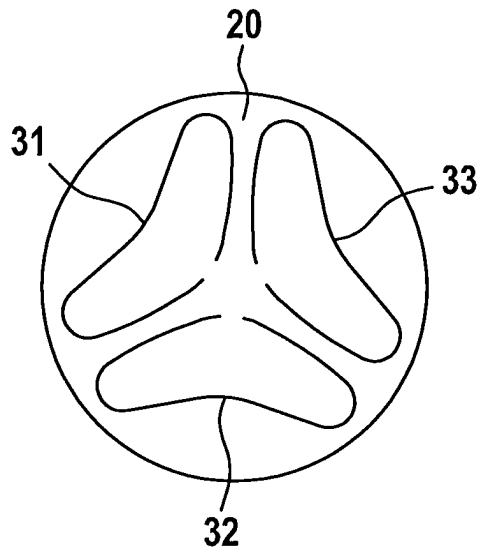


Fig. 4

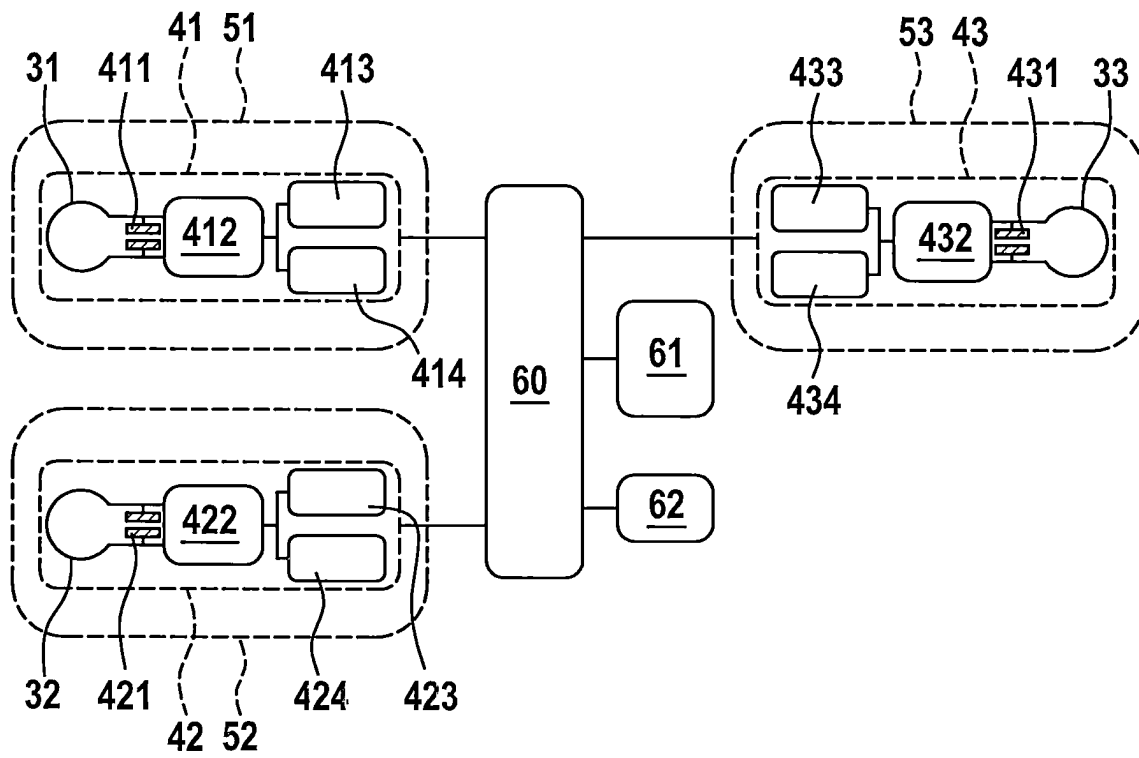


Fig. 5a

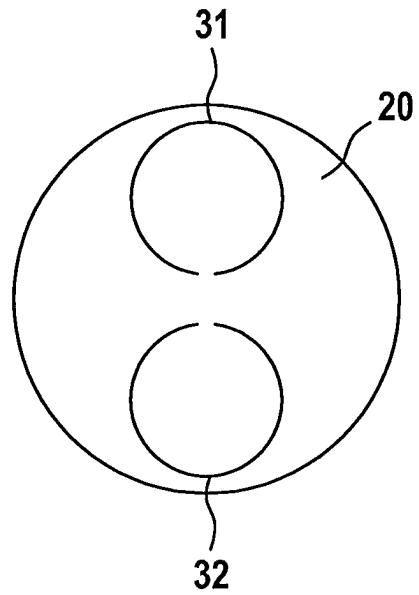


Fig. 5b

