

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. März 2017 (16.03.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/041855 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H03K 17/95 (2006.01) *G01V 3/10* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/070842
- (22) Internationales Anmeldedatum:
11. September 2015 (11.09.2015)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (71) Anmelder: **BALLUFF GMBH** [DE/DE];
Schurwaldstrasse 9, 73765 Neuhausen (DE).
- (72) Erfinder: **NAGEL, Joachim**; Viktor-Renner-Strasse 17,
72074 Tübingen (DE). **FRIEDRICH, Michael**;
Reinhardtstrasse 27, 72649 Wolfschlügen (DE).
GRANDL, Michael; Paradiesweg 5, 73733 Esslingen
(DE). **KOYUNCU, Ümit**; Edith-Stein-Strasse 23, 73760
Ostfildern (DE).
- (74) Anwalt: **HOEGER, STELLRECHT & PARTNER
PATENTANWÄLTE MBB**; Uhlandstrasse 14 c, 70182
Stuttgart (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SENSOR APPARATUS FOR DETECTING A TARGET OBJECT AND METHOD FOR OPERATING A SENSOR APPARATUS FOR DETECTING A TARGET OBJECT

(54) Bezeichnung : SENSORVORRICHTUNG ZUR DETEKTION EINES ZIELOBJEKTS UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER SENSORVORRICHTUNG ZUR DETEKTION EINES ZIELOBJEKTS

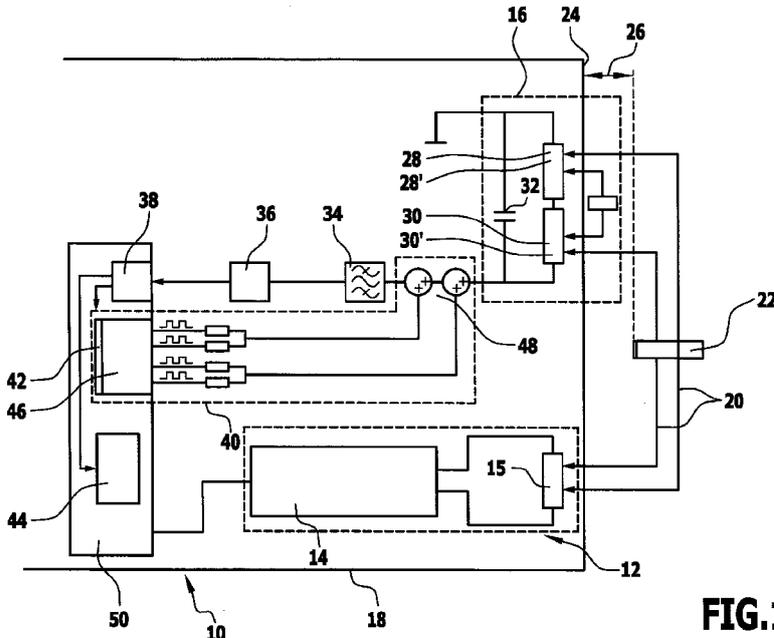


FIG.1

(57) Abstract: A sensor apparatus for detecting a target object (22) is provided, comprising: a transmitter device (12) which is operated with periodic excitation signals at a fundamental frequency (f_0), a receiver device (16) which couples to the transmitter device (12), wherein the coupling is dependent on a relative position of the target object (22) with respect to the receiver device (16), wherein the receiver device (16) provides signals at the fundamental frequency (f_0) which are dependent on the relative position of the target object (22) with respect to the receiver device (16), an amplifier (36) which is connected downstream of the receiver device (16), a signal evaluation device (38) which is connected downstream of the amplifier (36), a threshold value checking device (42) which checks whether signals provided by the signal evaluation device (38) or signal combinations of such signals are inside or outside a threshold value range (86) or whether the signals made available to the amplifier (36) are inside or outside a threshold value range, and a linking device

(40) which acts on signals from the receiver device (16) or signals derived therefrom in such a manner that signals provided by the signal evaluation device (38) or signal combinations of such signals are shifted into the threshold value range (86) if said signals were previously outside the threshold value range or the signals made available to the amplifier (36) are shifted into the threshold value range if said signals were previously outside the threshold value range.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/041855 A1



CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Es wird eine Sensorvorrichtung zur Detektion eines Zielobjekts (22) bereitgestellt, umfassend: eine Sendereinrichtung (12), welche mit periodischen Anregungssignalen mit einer Grundfrequenz (f_0) betrieben ist, eine Empfängereinrichtung (16), welche an die Sendereinrichtung (12) koppelt, wobei die Kopplung abhängig ist von einer relativen Position des Zielobjekts (22) zu der Empfängereinrichtung (16), wobei die Empfängereinrichtung (16) Signale mit der Grundfrequenz (f_0) bereitstellt, welche abhängig sind von der relativen Position des Zielobjekts (22) zu der Empfängereinrichtung (16), einen Verstärker (36), welcher der Empfängereinrichtung (16) nachgeschaltet ist, eine Signalauswertungseinrichtung (38), welche dem Verstärker (36) nachgeschaltet ist, eine Schwellenwert-Prüfungseinrichtung (42), welche prüft, ob von der Signalauswertungseinrichtung (38) bereitgestellte Signale oder Signalkombinationen solcher Signale innerhalb oder außerhalb eines Schwellenwertbereichs (86) liegen, oder ob die dem Verstärker (36) bereitgestellten Signale innerhalb oder außerhalb eines Schwellenwertbereichs liegen, und eine Verknüpfungseinrichtung (40), welche so auf Signale der Empfängereinrichtung (16) oder davon abgeleitete Signale wirkt, dass von der Signalauswertungseinrichtung (38) bereitgestellte Signale oder Signalkombinationen solcher Signale in den Schwellenwertbereich (86) verschoben sind, sofern sie vorher außerhalb lagen, oder dass die dem Verstärker (36) bereitgestellten Signale in den Schwellenwertbereich verschoben sind, sofern sie vorher außerhalb lagen.

Sensorvorrichtung zur Detektion eines Zielobjekts und Verfahren zum Betreiben einer Sensorvorrichtung zur Detektion eines Zielobjekts

5

Die Erfindung betrifft eine Sensorvorrichtung zur Detektion eines Zielobjekts.

Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer Sensorvorrichtung zur Detektion eines Zielobjekts.

10

Aus der WO 2014/053240 A2 ist ein Verfahren zur Ortung und/oder Erkennung metallischer oder metallenthaltender Objekte und Materialien bekannt, wobei eine Spulenordnung vorgesehen ist, in der eine Sendespule und eine Empfangsspule übereinander angeordnet werden. Es ist eine geschlossene Kombinationsregelung eines Empfangsspulenausgangssignals in der Empfangsspule zur Kompensation von im Detektionsbereich der Empfangsspule auftretenden, die Empfangsspule beeinflussenden Änderungen vorgesehen.

15

20

Aus der WO 2015/090609 A1 ist eine Sensoranordnung zur Ermittlung wenigstens eines physikalischen Parameters mittels einer Sensoreinheit bekannt.

25

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Sensorvorrichtung der eingangs genannten Art bereitzustellen, welche bei hoher Auflösung einen großen dynamischen Messbereich erlaubt.

Diese Aufgabe wird bei der eingangs genannten Sensorvorrichtung erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass vorgesehen ist, dass

30

- eine Sendereinrichtung, welche mit periodischen Anregungssignalen mit einer Grundfrequenz betrieben ist,

- eine Empfängereinrichtung, welche an die Sendereinrichtung koppelt, wobei die Kopplung abhängig ist von einer relativen Position des Zielobjekts zu der Empfängereinrichtung, wobei die Empfängereinrichtung Signale mit der Grundfrequenz bereitstellt, welche abhängig sind von der relativen Position des Zielobjekts zu der Empfängereinrichtung, 5
- einen Verstärker, welcher der Empfängereinrichtung nachgeschaltet ist,
- eine Signalauswertungseinrichtung, welche dem Verstärker nachgeschaltet ist, 10
- eine Schwellenwert-Prüfungseinrichtung, welche prüft, ob von der Signalauswertungseinrichtung bereitgestellte Signale oder Signalkombinationen solcher Signale innerhalb oder außerhalb eines Schwellenwertbereichs liegen, oder ob die dem Verstärker bereitgestellten Signale innerhalb oder außerhalb eines Schwellenwertbereichs liegen, und 15
- eine Verknüpfungseinrichtung, welche so auf Signale der Empfängereinrichtung oder davon abgeleitete Signale wirkt, dass von der Signalauswertungseinrichtung bereitgestellte Signale oder Signalkombinationen solcher Signale in den Schwellenwertbereich verschoben sind, sofern sie vorher außerhalb lagen, oder dass die dem Verstärker bereitgestellten Signale in den Schwellenwertbereich verschoben sind, sofern sie vorher außerhalb lagen. 20 25

Bei der erfindungsgemäßen Lösung lässt sich eine Signalauswertung ohne Nullregelung von entsprechenden Signalen durchführen. Probleme, die bei einem Regelungsverfahren entstehen, wie eine durch eine endliche Regelschwindigkeit begrenzte maximale Schaltfrequenz der Sensorvorrichtung, welche zu einer Verlangsamung des Systems führen kann, sind vermieden. 30

Bei der Verwendung eines Mikrocontrollers werden bei einem Regelungsverfahren zur Realisierung einer hohen Auflösung und einer hohen Regelungsgeschwindigkeit hohe Anforderungen an dessen Leistungsdaten gestellt. Dies führt zum einen zu einer hohen Stromaufnahme und in der Regel zu großen
5 Bauformen des Mikrocontrollers. Daneben sind solche Mikrocontroller auch mit relativ hohen Kosten verbunden.

Es tritt grundsätzlich das Problem auf, dass Eingangssignale in Abhängigkeit von der relativen Position des Zielobjekts große Amplituden aufweisen können,
10 und der Verstärker in einem Sättigungsbetrieb betrieben wird und damit eine "Signalverfälschung" auftritt, sodass keine Signalvermessung mehr möglich ist, welche den relativen Abstand des Zielobjekts zu der Empfängereinrichtung charakterisiert.

15 Bei der erfindungsgemäßen Lösung sorgt die Verknüpfungseinrichtung dafür, dass Signale gewissermaßen in den Schwellenwertbereich so verschoben werden, dass eine entsprechende Auswertung möglich ist.

Der Schwellenwertbereich ist so gewählt, dass der Verstärker und/oder die
20 Signalauswertungseinrichtung nicht in seinem bzw. ihrem Sättigungsbereich betrieben wird. Es wird dabei durch die Schwellenwert-Prüfungseinrichtung geprüft, ob eine solche Verschiebung notwendig ist und diese wird gegebenenfalls durchgeführt.

25 Es lässt sich dann so eine dynamische Messbereichserweiterung erreichen, ohne dass die oben genannten Nachteile der Nullpunktsregelung entstehen bzw. zum Tragen kommen. Die Auflösung der Zielobjektauswertung bleibt dabei über den gesamten Messbereich erhalten.

30 Beispielsweise lässt sich dann die Signalauswertungseinrichtung über einen Analog-Digital-Wandler oder über einen Komparator realisieren.

Grundsätzlich kann auch ein periodisches Anregungssignal mit verschiedenen Frequenzen erzeugt werden. Die entsprechende Auswertung bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung funktioniert dann für jede Frequenz grundsätzlich gleich wie mit der Grundfrequenz.

5

Die Empfängereinrichtung stellt ein Signal bereit, welches dann dem Verstärker zugeführt wird. Vor der Zuführung zu dem Verstärker kann dieses Signal bearbeitet werden, indem beispielsweise eine Vorverstärkung stattfindet oder das Signal einem Impedanzwandler zugeführt wird.

10

Die Empfängereinrichtung ist bei einer Ausführungsform so ausgebildet, dass ohne den Einfluss des Zielobjekts sie mindestens näherungsweise Nullsignale abgibt. Das Ziel ist, dass die Empfängereinrichtung Nullsignale abgibt. Beispielsweise aufgrund der Einbausituation der Empfängereinrichtung in einem Gehäuse (wie einem metallischen Gehäuse) kommt es in der Praxis vor, dass kein exaktes Nullsignal realisierbar ist. In diesem Fall kann beispielsweise ein Kompensationssignal überlagert werden, um das Signal in den Schwellenwertbereich zu bringen. Das Kompensationssignal kann beispielsweise auch über die Verknüpfungseinrichtung hergestellt werden bzw. eingekoppelt werden.

20

Günstig ist es, wenn die Verknüpfungseinrichtung Kompensationssignale und/oder Überlagerungssignale zu den Signalen der Empfängereinrichtung und daraus abgeleiteten Signalen addiert (mit negativem Vorzeichen), um eine Verschiebung in den Schwellenwertbereich zu bewirken. Insbesondere wird ein zuvor festgelegter Spannungswert subtrahiert (addiert mit negativem Vorzeichen). Dadurch lässt sich auf einfache Weise ein Verschieben in den Schwellenwertbereich erreichen, wobei dieses Verschieben in den Schwellenwertbereich kein mit den entsprechenden Nachteilen behaftetes Regelungsverfahren ist.

30

Insbesondere ist der Schwellenwertbereich ein Spannungsbereich.

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn die Verknüpfungseinrichtung einen bestimmten Spannungswert von Signalen der Empfängereinrichtung oder von davon abgeleiteten Signalen abzieht. Dadurch lässt sich auf einfache Weise, ohne dass insbesondere ein Regelungsverfahren durchlaufen werden muss, ein
5 Verschieben in den Schwellenwertbereich erreichen. Es ergibt sich dadurch eine dynamische Messbereichserweiterung.

Der Schwellenwertbereich wird insbesondere so gewählt, dass der Verstärker in einem definierten Verstärkungsbetrieb für Eingangssignale des Verstärkers
10 arbeitet. Der Schwellenwertbereich ist so gewählt, dass sichergestellt ist, dass für entsprechende Eingangssignale der Verstärker nicht in einem Sättigungsbetrieb ist.

Bei einem Ausführungsbeispiel umfasst die Signalauswertungseinrichtung
15 einen Analog-Digital-Wandler oder ist ein solcher und/oder ist ein Komparator oder umfasst einen solchen. Es lässt sich dadurch eine hohe Auflösung erhalten.

Es ist dann ebenfalls günstig, wenn der Schwellenwertbereich so gewählt ist,
20 dass der Analog-Digital-Wandler oder der Komparator in einem definierten Wandlerbetrieb oder Komparatorbetrieb für Eingangssignale des Analog-Digital-Wandlers oder des Komparators arbeitet. Dadurch wird sichergestellt, dass der Analog-Digital-Wandler bzw. der Komparator in einem geeigneten Betriebsbereich betrieben wird.

25 Günstig ist es, wenn ein Filter für die Grundfrequenz vorgesehen ist, welcher zwischen der Signalauswertungseinrichtung und der Empfängereinrichtung angeordnet ist, wobei insbesondere eine Verknüpfungsstelle der Verknüpfungseinrichtung dem Filter vorgeschaltet ist. Der Filter ist beispielsweise ein
30 Bandpassfilter mit der Grundfrequenz als Mittenfrequenz. Dadurch wird dafür gesorgt, dass für die Auswertung nur solche Anteile herangezogen werden, welche mit der Grundfrequenz schwingen. Wenn die Verknüpfungsstelle vor dem Filter ist, dann werden Signale mit anderen Frequenzen ausgefiltert.

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn die Signalauswertungseinrichtung synchronisiert zu den Anregungssignalen bestimmte Signalwerte ermittelt. Aus diesen lässt sich dann die Auswertung durchführen, um die Position des Zielobjekts zu der Empfängereinrichtung zu bestimmen.

Beispielsweise unterscheiden sich von der Signalauswertungseinrichtung innerhalb einer oder mehrerer Perioden ermittelte bestimmte Signalwerte in der Phasenlage, wobei insbesondere mindestens zwei folgende Signalwerte ermittelt sind: ein Signalwert V_1 bei der Phasenlage $\delta+0^\circ$, ein Signalwert V_2 bei der Phasenlage $\delta+90^\circ$, V_3 bei der Phasenlage $\delta+180^\circ$, ein Signalwert V_4 bei der Phasenlage $\delta+270^\circ$, wobei δ ein Verschiebungswert ist. Der Verschiebungswert δ ist insbesondere so gewählt, dass eine Einstreuung von Flanken des Anregungssignals in entsprechende Messwerte vermieden ist. Es lassen sich so "In-Phase-Signale" und "Außer-Phase-Signale" ermitteln. Dadurch lässt sich die Auswertung durchführen und optimieren.

Insbesondere ist eine Zielobjekt-Auswertungseinrichtung vorgesehen, welche Signalwerte der Signalauswertungseinrichtung zur Ermittlung der relativen Position des Zielobjekts auswertet, wobei die Zielobjekt-Auswertungseinrichtung insbesondere Differenzen von Signalwerten auswertet, wobei insbesondere $\delta_X=V_1-V_3$ und $\delta_Y=V_2-V_4$ gebildet werden. Aus diesen Werten kann direkt die Position ermittelt werden.

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn von der Zielobjekt-Auswertungseinrichtung gebildete Differenzen ohne Nullregelung ausgewertet werden. Dadurch können die bei einem Regelungsverfahren auftretenden Probleme wie eine endliche Regelungsgeschwindigkeit und eine hohe Rechenzeit vermieden werden. Ferner lässt sich durch einfache Mittel wie beispielsweise ein Analog-Digital-Wandler eine hohe Auflösung erreichen. Es lassen sich "konventionelle" Mikrocontroller verwenden.

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn die Zielobjekt-Auswertungseinrichtung bei der Zielobjekt-Auswertung Signale der Verknüpfungseinrichtung berücksichtigt. Es kann dadurch berücksichtigt werden, ob Verschiebungen einfach oder mehrfach durchgeführt worden sind. Es lässt sich dadurch erkennen, ob über Überlagerungssignale der Verknüpfungseinrichtung eine dynamische Messbereichserweiterung stattgefunden hat und dies kann dann bei der Auswertung berücksichtigt werden.

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn die Verknüpfungseinrichtung eine Signalerzeugungseinrichtung umfasst, welche Überlagerungssignale bereitstellt, die mit Signalen der Empfängereinrichtung oder davon abgeleiteten Signalen verknüpft werden. Es lassen sich dadurch Signale dem Verstärker zuführen, bei denen sichergestellt ist, dass in der Auswertung Signale resultieren, welche innerhalb des Schwellenwertbereichs liegen. Es lässt sich dadurch eine dynamische Messbereichserweiterung erhalten. Es muss kein Regelungsverfahren mit seinen Nachteilen durchgeführt werden.

Beispielsweise ist die Signalerzeugungseinrichtung eine Pulsweitenmodulationseinrichtung oder umfasst eine solche. Diese stellt entsprechende Signale bereit, welche mit Signalen der Empfängereinrichtung (oder davon abgeleiteten Signalen) verknüpft werden, bevor das verknüpfte Signal dem Verstärker zugeführt wird.

Günstig ist es, wenn die Überlagerungssignale synchronisiert zu den Anregungssignalen erzeugt werden. Dadurch lässt sich eine phasengerechte Überlagerung ermöglichen.

Bei einem Ausführungsbeispiel umfasst die Pulsweitenmodulationseinrichtung jeweils Pulsweitenmodulatoren, welche für unterschiedliche Phasenlagen vorgesehen sind. Beispielsweise sind zwei Pulsweitenmodulatoren oder vier Pulsweitenmodulatoren vorgesehen.

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn die Sendereinrichtung symmetrisch zu der Empfängereinrichtung angeordnet ist, wobei insbesondere die Sendereinrichtung und die Empfängereinrichtung in einem gleichen Gehäuse angeordnet sind. Es lässt sich dadurch erreichen, dass ohne Einfluss des Zielobjekts die Signale der Empfängereinrichtung, welche diese direkt bereitstellt, mindestens näherungsweise Nullsignale sind. Höchstens Gehäuseeinflüsse oder dergleichen bewirken eine Abweichung vom Nullsignal. Es lässt sich eine einfache Kompensation durchführen, um ein Nullsignal zu erreichen. Bei einem Ausführungsbeispiel umfasst die Empfängereinrichtung einen ersten Teil und einen zweiten Teil, wobei der erste Teil antisymmetrisch zu dem zweiten Teil angeordnet und/oder ausgebildet ist, und Signale der Empfängereinrichtung sind aus einer Überlagerung von Signalen des ersten Teils und des zweiten Teils gebildet. Die Überlagerung muss dabei keine signalhafte Überlagerung sein, sondern sie kann auch als Resultat der Anordnung des ersten Teils und des zweiten Teils angesehen werden.

Bei einem Ausführungsbeispiel weist die Sendereinrichtung mindestens eine Spule auf. Die Empfängereinrichtung weist mindestens eine Spule auf.

Insbesondere koppelt die Empfängereinrichtung induktiv an die Sendereinrichtung und das Zielobjekt ist aus einem metallischen Material. Das metallische Material sowie die Position des Zielobjekts beeinflusst die induktive Kopplung.

Günstig ist es, wenn die Verknüpfungseinrichtung Kompensationssignale bereitstellt, welche Signale der Empfängereinrichtung oder davon abgeleitete Signale ohne Einfluss des Zielobjekts in den Schwellenwertbereich bringt. Im allgemeinen Fall, wenn die Verknüpfungseinrichtung Überlagerungssignale bereitstellt, dann werden Signalen der Empfängereinrichtung sowohl Kompensationssignale als auch Überlagerungssignale bereitgestellt. Die Überlagerungssignale dienen zu einer dynamischen Messbereichserweiterung.

Die Sensorvorrichtung ist insbesondere als Näherungssensorvorrichtung ausgebildet, über welche der Abstand des Zielobjekts zu der Empfängereinrichtung und/oder eine Annäherung des Zielobjekts zu der Empfängereinrichtung und/oder eine Wegführung des Zielobjekts von der Empfängereinrichtung detektierbar ist. Es lassen sich dabei grundsätzlich absolute Größen ermitteln, oder die Näherungssensorvorrichtung ist als Schalter ausgebildet, welcher bei Erreichen eines bestimmten Schaltabstands ein Schaltsignal generiert.

Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zum Betreiben einer Sensorvorrichtung zur Detektion eines Zielobjekts bereitgestellt, bei dem

- eine Sendereinrichtung mit periodischen Anregungssignalen einer bestimmten Grundfrequenz betrieben wird,
- 15 - Signale einer Empfängereinrichtung, welche die Grundfrequenz aufweisen, ausgewertet werden, wobei die Empfängereinrichtung an die Sendereinrichtung koppelt und die Kopplung und dadurch auch die Signale der Empfängereinrichtung abhängig sind von einer relativen Position des Zielobjekts zu der Empfängereinrichtung,
- 20 - Signale der Empfängereinrichtung oder von davon abgeleiteten Signalen verstärkt werden und diese Signale synchronisiert mit dem Anregungssignal ausgewertet werden,
- 25 - geprüft wird, ob die ausgewerteten Signale oder Signalkombination davon oder ob einem Verstärker zur Verstärkung zugeführte Signale innerhalb eines Schwellenwertbereichs liegen oder nicht, und, wenn detektiert wird, dass die ausgewerteten Signale außerhalb des Schwellenwertbereichs liegen, oder wenn detektiert wird, dass die dem Verstärker zugeführten Signale außerhalb des Schwellenwertbereichs liegen, Überlagerungssignale erzeugt werden, welche Signalen der Empfängereinrichtung oder davon abgeleiteten Signalen überlagert werden, wobei
- 30 die Überlagerungssignale so gewählt werden, dass die resultierenden

ausgewerteten Signale oder Signalkombinationen davon innerhalb des Schwellenwertbereichs liegen oder dem Verstärker zugeführte Signale innerhalb des Schwellenwertbereichs liegen.

5 Das erfindungsgemäße Verfahren weist die bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung erläuterten Vorteile auf.

Die sich aus dem erfindungsgemäßen Verfahren ergebende dynamische Messbereichserweiterung erlaubt eine hohe Auflösung über den gesamten Messbereich.

10

Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich auf der erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung durchführen bzw. die erfindungsgemäße Sensorvorrichtung lässt sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren betreiben.

15 Insbesondere werden dann zur Ermittlung der Position des Zielobjekts relativ zu der Empfängereinrichtung ausgewertete Signale oder Signalkombinationen solcher Signale verwendet, welche innerhalb des Schwellenwertbereichs liegen, wobei bestimmt wird, ob und wie oft durch Überlagerung ein Zurückschieben in den Schwellenwertbereich erfolgt ist. Dadurch lässt sich die dynamische Messwertbereichserweiterung mit hoher Auflösung erhalten.

20

Erfindungsgemäß wird die Zielobjekt-Ermittlung ohne Nullregelung der ausgewerteten Signale durchgeführt. Dadurch lassen sich die Nachteile eines Regelungsverfahrens vermeiden.

25

Insbesondere werden Signalen der Empfängereinrichtung und davon abgeleiteten Signalen Kompensationssignale überlagert, welche so gewählt sind, dass Eingangssignalen einer Signalauswertungseinrichtung oder dem Verstärker zur Verstärkung zugeführter Signale ohne Einfluss des Zielobjekts innerhalb des Schwellenwertbereichs liegen. Dadurch ergibt sich eine hohe Messgenauigkeit.

30

Die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen dient im Zusammenhang mit den Zeichnungen der näheren Erläuterung der Erfindung. Es zeigen:

- 5 Figur 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung;
- 10 Figur 2 eine ähnliche Darstellung wie Figur 1 mit spezifischen Komponenten;
- 15 Figur 3 eine Blockschaltdarstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung;
- 20 Figur 4 eine schematische Darstellung für bei einer Signalauswertung ermittelte Signalwerte;
- 25 Figur 5 eine schematische Darstellung für Daten (Signalkombination), welche aus den Signalwerten gemäß Figur 4 ermittelt werden und welche eine relative Position des Zielobjekts charakterisieren;
- 30 Figur 6(a) schematisch ein Auswertungssignal in analoger Form und ein Kompensationssignal, wenn kein Zielobjekt vorhanden ist;
- Figur 6(b) eine gleiche Darstellung, wenn ein Zielobjekt vorhanden ist;
- Figur 6(c) die gleiche Darstellung wie Figur 6(b) mit Kompensation und Überlagerung eines Überlagerungssignals;

- Figuren 7(a), (b), (c) Signale, wenn kein Zielobjekt vorhanden ist, und eine entsprechende Lage von Signalkombinationen ausgewerteter Signale innerhalb eines Schwellenwertbereichs;
- 5 Figuren 8(a), (b), (c) die Situation wie in den Figuren 7(a) bis (c), wenn eine Nullpunktskompensation durchgeführt wurde;
- 10 Figuren 9(a), (b), (c) die Situation wie in den Figuren 8(a) bis (c), wenn ein Zielobjekt vorhanden ist;
- Figuren 10(a), (b), (c) die gleiche Situation wie in den Figuren 9(a) bis (c), wenn das Zielobjekt näher an der Empfänger-einrichtung ist;
- 15 Figuren 11(a), (b), (c) die gleiche Situation wie in den Figuren 10(a) bis (c), wenn das Zielobjekt noch näher an der Empfänger-einrichtung ist und der Schwellenwertbereich überschritten wird;
- 20 Figuren 12(a), (b), (c) wenn ausgehend von der Situation gemäß den Figuren 11(a) bis (c) durch ein Überlagerungssignal eine Verschiebung in den Schwellenwertbereich durchgeführt wurde;
- 25 Figuren 13(a), (b), (c) eine weitere Situation bei der Anwesenheit eines Zielobjekts, wobei ein Schwellenwertbereich überschritten ist;
- 30 Figuren 14(a), (b), (c) die gleiche Situation wie in Figur 13, wobei in den Schwellenwertbereich verschoben wurde;

Figur 15 eine grundsätzliche Darstellung eines Messdiagramms zur Auswertung der Position des Zielobjekts zu einer Empfängereinrichtung; und

5 Figur 16 ein modifiziertes Messdiagramm, welches aus den Daten gemäß Figur 16 erhalten wurde, wobei Verschiebungsvorgänge in den Schwellenwertbereich berücksichtigt wurden.

10 Ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung, welches in Figur 1 schematisch gezeigt und dort mit 10 bezeichnet ist, umfasst eine Sendereinrichtung 12. Die Sendereinrichtung 12 ist mit periodischen Anregungssignalen einer Grundfrequenz f_0 betrieben.

15 Bei einem Ausführungsbeispiel weist die Sendereinrichtung 12 eine Wechselstromquelle 14 auf, welche einen Wechselstrom der Grundfrequenz f_0 bereitstellt. Diese Wechselstromquelle 14 speist eine (Sende-)Spule 15.

Die Sensorvorrichtung 10 weist ferner eine Empfängereinrichtung 16 auf. Die
20 Empfängereinrichtung 16 koppelt berührungslos an die Sendereinrichtung 12.

Insbesondere sind die Sendereinrichtung 12 und die Empfängereinrichtung 16 in einem gleichen Gehäuse 18 der Sensorvorrichtung 10 angeordnet.

25 Vorzugsweise ist die Sendereinrichtung 12 symmetrisch zu der Empfängereinrichtung 16 positioniert. (In Figur 1 ist diese symmetrische Positionierung aus Darstellungsgründen nicht gezeigt.)

Die Kopplung der Empfängereinrichtung 16 an die Sendereinrichtung 12 ist in
30 Figur 1 schematisch durch die Pfeile mit dem Bezugszeichen 20 angedeutet.

Die Sensorvorrichtung 10 dient zur Detektion eines Zielobjekts 22. Das Zielobjekt 22 ist insbesondere beweglich. Das Zielobjekt 22 ist dabei außerhalb

des Gehäuses 18 positioniert. Grundsätzlich ist seine Position relativ zu dem Gehäuse 18 und beispielsweise zu einer Stirnseite 24 des Gehäuses 18 veränderlich. Diese Positionsveränderlichkeit ist in Figur 1 durch den Doppelpfeil mit dem Bezugszeichen 26 angedeutet.

5

Beispielsweise ist über die Sensorvorrichtung 10 die absolute Position des Zielobjekts 22 zu der Empfängereinrichtung 16 (insbesondere zu der Stirnseite 24 des Gehäuses 18) detektierbar bzw. es ist ein Schaltabstand generierbar; wenn beispielsweise ein bestimmter Mindestabstand und/oder ein bestimmter

10 Höchstabstand des Zielobjekts 22 zu der Stirnseite 24 detektiert wird, wird ein entsprechendes Schaltsignal bereitgestellt.

Die Empfängereinrichtung 16 stellt grundsätzlich ein (Spannungs-)Signal

15

$$V = V_0 \sin(2\pi f_0 t + \varphi) \quad (1)$$

bereit, welches periodisch mit der Grundfrequenz f_0 ist, jedoch um die Phase φ phasenverschoben sein kann.

20

Die Empfängereinrichtung 16 ist bei einem Ausführungsbeispiel so angeordnet und ausgebildet, dass ohne Einfluss des Zielobjekts 22 (das heißt, wenn das Zielobjekt 22 nicht vorhanden ist) das entsprechende Signal mindestens näherungsweise ein Nullsignal ist. Es wird dabei angestrebt, dass das Signal ein Nullsignal ist. Es ist jedoch auch bei symmetrischer Anordnung der

25 Sendereinrichtung 12 zu der Empfängereinrichtung 16 aufgrund der Einbausituation möglich, dass das entsprechende Signal nur näherungsweise ein Nullsignal ist. Es wird dann, wie weiter untenstehend noch erläutert wird, ein Kompensationssignal erzeugt und überlagert, um ohne Einfluss des Zielobjekts 22 ein Nullsignal mit guter Näherung zu erreichen.

30

Bei einem Ausführungsbeispiel umfasst die Empfängereinrichtung 16 einen ersten Teil 28 und einen zweiten Teil 30. Der erste Teil 28 und der zweite Teil

30 sind so angeordnet und ausgebildet, dass ein resultierendes Signal, welches das Signal der Empfängereinrichtung 16 ist, sich aus Signalen des ersten Teils 28 und des zweiten Teils 30 überlagert und dabei mindestens näherungsweise ein Nullsignal ist, wenn das Zielobjekt 22 nicht vorhanden ist. (Das
5 Signal des ersten Teils 28 und das Signal des zweiten Teils 30 müssen keine an der Empfängereinrichtung 16 tatsächlich messbare Signale sein.)

Bei einem Ausführungsbeispiel ist der erste Teil 28 durch eine erste Spule 28' gebildet und der zweite Teil 30 ist durch eine zweite Spule 30' gebildet. Die
10 erste Spule 28' und die zweite Spule 30' sind gleich ausgebildet mit gleicher Windungszahl, jedoch entgegengesetztem Wicklungssinn.

Die Kopplung der Sendespule 15 an die erste Spule 28' ist k_1 . Die Kopplung der Sendespule 15 an die zweite Spule 30' ist k_2 . Die Kopplungsfaktoren k_1
15 und k_2 können durch ein metallisches Zielobjekt 22 unterschiedlich beeinflusst sein, wodurch auch bei abgeglichener Empfängereinrichtung 16, wenn diese bei Abwesenheit des Zielobjekts 22 ein Nullsignal bereitstellt, bei Anwesenheit des Zielobjekts 22 ein endliches Signal entsprechend dem obigen Signal gemäß Gleichung (1) resultiert. Durch die Anwesenheit des Zielobjekts 22 werden die Kopplungsfaktoren k_1 und k_2 unterschiedlich beeinflusst. Es fällt die
20 Wechsellspannung gemäß Gleichung (1) an der Empfängereinrichtung 16 ab.

Es kann vorgesehen sein, dass ein oder mehrere Kondensatoren 32 zu der
25 Reihenschaltung der ersten Spule 28' und der zweiten Spule 30' parallel geschaltet sind.

Grundsätzlich hängt die Phase φ und die Amplitude V_0 des Signals, welches von der Empfängereinrichtung 16 bereitgestellt wird, von dem Material des
30 Zielobjekts 22 und dem Abstand 26 zu dem Zielobjekt 22 sowie von geometrischen Gegebenheiten ab.

Bei dem Ausführungsbeispiel, bei welchem die Sendereinrichtung 12 und die Empfängereinrichtung 16 Spulen umfasst, ist die Kopplung zwischen der

Sendereinrichtung 12 und der Empfängereinrichtung 16 eine induktive Kopplung.

5 Diese induktive Kopplung wird durch das Zielobjekt 22 beeinflusst, indem es die Kopplungsfaktoren k_1 und k_2 , welche dann induktive Kopplungsfaktoren sind, verändert und insbesondere ungleich verändert.

10 Das Zielobjekt 22 bewirkt eine detektierbare Veränderung der Induktivität in den Spulen der Sendereinrichtung 12 und der Empfängereinrichtung 16 bzw. des Verlustwiderstands der Spulen bzw. die Spulenimpedanz oder Spulengüte wird verändert. Durch die spezielle Ausbildung der Empfängereinrichtung 16 äußern sich entsprechende (unsymmetrische) Änderungen in der Spannung gemäß Gleichung (1).

15 Der Empfängereinrichtung 16 ist ein Filter 34 nachgeschaltet. Dieser Filter 34 ist insbesondere als Bandpassfilter ausgebildet mit einer Mittenfrequenz f_0 , welche vorzugsweise eine hohe Güte aufweist. Dadurch werden im Wesentlichen nur Signale mit der Grundfrequenz f_0 zur Auswertung herangezogen.

20 Dem Filter 34 ist ein Verstärker 36 nachgeschaltet, welcher entsprechende Eingangssignale verstärkt. Der Verstärker 36 ist beispielsweise als Operationsverstärker ausgebildet.

25 Der Verstärker 36 stellt seine Ausgangssignale einer Signalauswertungseinrichtung 38 bereit. Die Signalauswertungseinrichtung 38 wertet die bereitgestellten Signale synchronisiert mit Anregungssignalen der Sendereinrichtung 12 aus. Dies wird untenstehend noch näher erläutert.

30 Der Signalauswertungseinrichtung 38 ist eine Verknüpfungseinrichtung 40 zugeordnet. Die Verknüpfungseinrichtung 40 weist eine Schwellenwert-Prüfungseinrichtung 42 auf. Signale der Signalauswertungseinrichtung 38, das heißt ausgewertete Signale, oder Kombinationen solcher ausgewerteter Signale, werden von dieser einer Schwellenwert-Prüfungseinrichtung 42 bereitgestellt.

Diese prüft, ob die Signale oder Signalkombinationen innerhalb eines vorgegebenen Schwellenwertbereichs liegen oder nicht.

5 Wenn detektiert wird, dass die ausgewerteten Signale oder Signalkombinationen innerhalb des Schwellenwertbereichs liegen, werden diese einer Zielobjekt-Auswertungseinrichtung 44 bereitgestellt. Die Zielobjekt-Auswertungseinrichtung 44 kann die Position des Zielobjekts 22 relativ zu der Empfänger-
einrichtung 16 (und dabei insbesondere zu der Stirnseite 24) ermitteln.

10

Wenn die Prüfung an der Schwellenwert-Prüfungseinrichtung 42 ergibt, dass die ausgewerteten Signale oder Signalkombinationen, welche von der Signalauswertungseinrichtung 38 bereitgestellt sind, außerhalb des Schwellenwertbereichs liegen, dann erzeugt eine Signalerzeugungseinrichtung 46 Überlagerungssignale, welche Signalen der Empfänger-
einrichtung 16 überlagert werden.

Insbesondere weist die Verknüpfungseinrichtung 40 eine Verknüpfungsstelle 48 auf, welche zwischen dem Filter 34 und der Empfänger-
einrichtung 16 liegt.
20 An dieser Verknüpfungsstelle 48 werden von der Signalerzeugungseinrichtung 46 erzeugte Überlagerungssignale mit Signalen der Empfänger-
einrichtung 16 verknüpft und damit überlagert.

Die Signalerzeugungseinrichtung 46 erzeugt die Überlagerungssignale derart,
25 dass nach Überlagerung mit dem Signal der Empfänger-
einrichtung 16 Signale oder Signalkombinationen generiert sind, welche nach Auswertung durch die Signalauswertungseinrichtung 38 innerhalb des Schwellenwertbereichs liegen.

Der Schwellenwertbereich wiederum ist so gewählt, dass auf jeden Fall Signale, welche Eingangssignale für den Verstärker 36 bilden, in dem Verstärker
30 36 definiert verstärkt werden, das heißt dass diese innerhalb des Verstärkungsbereichs des Verstärkers 36 liegen und insbesondere nicht in dem Sättigungsbereich des Verstärkers 36 liegen.

Die Signalerzeugungseinrichtung 46 sorgt dafür, dass der Verstärker 36 bezüglich seiner Verstärkungseigenschaften ordnungsgemäß betrieben werden kann, sodass der Verstärker 36 keine verfälschten Signale erzeugt, weil beispielsweise seine Sättigung erreicht ist.

Der Schwellenwertbereich ist so gewählt, dass für (Spannungs-)Signale, welche innerhalb des Schwellenwertbereichs liegen, eine definierte Verstärkung an dem Verstärker 36 ohne Erreichung einer Sättigung durchgeführt wird.

Bei der Auswertung bezüglich der Position des Zielobjekts 22 durch die Zielobjekt-Auswertungseinrichtung 44 wird dabei berücksichtigt, ob Überlagerungssignale bereitgestellt wurden oder nicht.

Insbesondere besteht ein Überlagerungssignal darin, dass von dem Signal, welches die Empfängereinrichtung 16 bereitstellt, ein bestimmtes Signal abgezogen wird, welcher so gewählt ist, dass eine Verschiebung in den Schwellenwertbereich bezogen auf ausgewertete Signale der Signalauswertungseinrichtung 38 möglich ist.

Dies wird untenstehend noch anhand von konkreten Ausführungsbeispielen näher beschrieben.

Bei einer Ausführungsform umfasst die Sensorvorrichtung 10 einen Mikrocontroller 50. In diesen Mikrocontroller 50 sind insbesondere die Signalauswertungseinrichtung 38, die Schwellenwert-Prüfungseinrichtung 42 und die Zielobjekt-Auswertungseinrichtung 44 integriert.

Ferner können die Signalerzeugungseinrichtung 46 der Verknüpfungseinrichtung 40 und gegebenenfalls auch Teile der Sendereinrichtung 12 in diesen Mikrocontroller 50 integriert sein. Der Mikrocontroller 50 umfasst auch die Schwellenwert-Prüfungseinrichtung 42.

In Figur 2 ist schematisch eine konkrete Realisierung der Sensorvorrichtung 10 gezeigt, welche dort mit 52 bezeichnet ist. Für gleiche Elemente wie bei der Sensorvorrichtung 10 werden gleiche Bezugszeichen verwendet.

5 Bei der Sensorvorrichtung 52 ist die Signalauswertungseinrichtung 38 durch einen Analog-Digital-Wandler 54 gebildet, welcher in den Mikrocontroller 50 integriert ist.

Die Signalerzeugungseinrichtung 46 der Verknüpfungseinrichtung 40 ist durch
10 eine Pulsweitenmodulationseinrichtung 56 gebildet, welche insbesondere eine Mehrzahl von Pulsweitenmodulatoren mit unterschiedlichen Phasenlagen umfasst.

Die Verknüpfungseinrichtung 40 erzeugt aus den Digitalsignalen der Puls-
15 weitenmodulationseinrichtung 56 ein entsprechendes Analogsignal, welches "phasengerecht" dem Signal der Empfängereinrichtung 16 überlagert wird.

Die Sendereinrichtung 12 selber ist über Pulsweitenmodulatoren 58 des Mikro-
20 controllers 50 angesteuert.

Es sind beispielsweise zwei Pulsweitenmodulatoren 58 in zwei Strängen vor-
gesehen, welche zu der Sendespule 15 führen.

Es ist eine analoge Schaltereinrichtung 60 vorgesehen, welche zwischen den
25 Pulsweitenmodulatoren 58 und der Sendespule 15 positioniert ist. Es kann dann ein entsprechendes Signal mit der Grundfrequenz f_0 durch komplementäre Ansteuerung der Schaltereinrichtung 60 und damit der Sendespule 15 erzeugt werden.

30 Durch die Pulsweitenmodulatoren 58, welche mit der Frequenz f_0 , das heißt mit der Grundfrequenz, betrieben werden, lässt sich auf einfache Weise eine Auswertung an der Signalauswertungseinrichtung 38 synchronisiert zu An-

regungssignalen der Sendereinrichtung 12 durchführen. Weiterhin lassen sich synchronisierte Überlagerungssignale erzeugen.

5 In Figur 3 ist ein schematisches Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung gezeigt. Es werden für gleiche Elemente wie bei der Sensorvorrichtung 10 gleiche Bezugszeichen verwendet.

Die Sendereinrichtung 12 koppelt (berührungslos) an die Empfängereinrichtung 16, wobei diese Kopplung durch das Zielobjekt 22 beeinflusst ist.

10

Die Empfängereinrichtung 16 stellt Signale bereit, welche dem Verstärker 36 zugeführt werden.

15 Es kann dabei vorgesehen sein, dass Signale der Empfängereinrichtung 16 vor Zuführung zu dem Verstärker 36 durch eine Bearbeitungseinrichtung 62 bearbeitet werden. Beispielsweise erfolgt eine Filterung, um nur noch eine Auswertung von Signalen mit der Grundfrequenz f_0 zu erhalten. Beispielsweise kann auch ein weiterer Verstärker (Vorverstärker) vorgesehen sein oder es kann ein Impedanzwandler vorgesehen sein.

20

Der Verstärker 36, welchem der Filter 34 vorgeschaltet ist, stellt seine Ausgangssignale der Signalauswertungseinrichtung 38 bereit. Signale der Signalauswertungseinrichtung 38 oder Signalkombinationen solcher Signale werden durch die Schwellenwert-Prüfungseinrichtung 42 geprüft, und zwar dahingehend, ob sie innerhalb oder außerhalb des Schwellenwertbereichs liegen.

25

Ausgewertete Signale oder Signalkombinationen solcher Signale, welche von der Signalauswertungseinrichtung 38 stammen, und welche innerhalb des Schwellenwertbereichs liegen, werden der Zielobjekt-Auswertungseinrichtung 30 44 bereitgestellt.

30

Falls die Prüfung an der Schwellenwert-Prüfungseinrichtung 42 ergibt, dass die entsprechenden ausgewerteten Signale, welche von der Signalauswertungs-

einrichtung 38 bereitgestellt sind, oder Signalkombinationen außerhalb des Schwellenwertbereichs liegen, dann wird entsprechend die Verknüpfungseinrichtung 40 angesteuert. Deren Signalerzeugungseinrichtung 46 erzeugt Überlagerungssignale, welche an der Verknüpfungsstelle 48 eingekoppelt werden.
5

Dadurch lässt sich sicherstellen, dass Signale der Signalauswertungseinrichtung 38 oder Signalkombinationen davon innerhalb des Schwellenwertbereichs liegen.
10

Bei der Zielobjekt-Auswertung wird berücksichtigt, ob Überlagerungssignale erzeugt wurden. Es können grundsätzlich auch mehrmals Überlagerungssignale erzeugt werden. Es wird dann entsprechend auch gezählt, in wie vielen Schritten Überlagerungssignale erzeugt wurden. Die Signalerzeugungseinrichtung 46 steht dementsprechend mit der Zielobjekt-Auswertungseinrichtung 44 in Signalverbindung, sodass die Zielobjekt-Auswertungseinrichtung 44 für konkrete, zur Zielobjekt-Auswertung herangezogene Signale weiß, ob durch Überlagerungssignale eine Verschiebung in den Schwellenwertbereich stattgefunden hat und gegebenenfalls wie viele Verschiebungen stattgefunden haben.
15
20

Es ist eine Synchronisierung 64 vorgesehen, welche eben dafür sorgt, dass die Auswertung an der Signalauswertungseinrichtung 38 synchronisiert zu den Anregungssignalen der Sendereinrichtung 12 erfolgt. Weiterhin wird dafür gesorgt, dass die Überlagerungssignale, welche durch die Signalerzeugungseinrichtung 46 erzeugt werden, entsprechend synchronisiert an der Verknüpfungsstelle 48 eingekoppelt werden.
25

Es ist grundsätzlich auch möglich, dass vor dem Verstärker 36 geprüft wird, ob ein dem Verstärker 36 bereitgestelltes Signal, welches direkt von der Empfangereinrichtung 16 stammt, oder die Bearbeitungseinrichtung 62 durchlaufen hat, innerhalb eines Schwellenwertbereichs liegt. Sollte es außerhalb dieses Schwellenwertbereichs liegen, dann wird ein Überlagerungssignal durch
30

die Verknüpfungseinrichtung 40 erzeugt und dann dem Signal überlagert, so dass der Verstärker 36 nur Eingangssignale enthält, welche in einem normalen Verstärkungsbereich, das heißt insbesondere ohne Sättigung, verstärkt werden können. In diesem Falle wäre dann eine Schwellenwert-Prüfungseinrichtung vor dem Verstärker 36 angeordnet.

Die Ausbildung der Sensorvorrichtung 10 bzw. 52 hat den Vorteil, dass die Schwellenwert-Prüfungseinrichtung 42 in den Mikrocontroller 50 auf einfache Weise integriert werden kann.

10

Bei der erfindungsgemäßen Lösung stellt die Signalauswertungseinrichtung 38 auswertbare Signale bereit. Es erfolgt kein Nullabgleich von Auswertungssignalen und insbesondere keine Nullregelung. Dadurch spielt eine endliche Regelgeschwindigkeit keine Rolle, welche eine maximale Schaltfrequenz der Sensorvorrichtung 10 begrenzen könnte. Da keine Nullregelung stattfindet, tritt auch keine endliche, die Schaltfrequenz begrenzende Regelgeschwindigkeit auf.

15

Da keine Nullregelung stattfindet, müssen auch keine entsprechenden Regelgrößen generiert werden. Es kommt dadurch zu keiner Verlangsamung des Systems aufgrund einer Regelung. Würde die Nullpunktsregelung durch ein digitales System realisiert werden, würde dies hohe Anforderungen an dessen Leistungsdaten stellen. Ein entsprechend notwendiger Mikrocontroller 50 weist eine hohe Stromaufnahme auf, ist relativ groß und teuer.

25

Da keine Nullregelung stattfindet, tritt das grundsätzliche Problem auf, dass das Signal der Empfängereinrichtung 16, bei einer bestimmten Position des Zielobjekts 22 zu der Empfängereinrichtung 16, nicht mehr verstärkt werden kann, da es außerhalb des definierten Verstärkerbereichs liegt.

30

Durch das Vorsehen der Verknüpfungseinrichtung 40 wird bei der erfindungsgemäßen Lösung dieses Problem gelöst. Es wird, sofern notwendig, ein Überlagerungssignal durch die Signalerzeugungseinrichtung 46 erzeugt, welches

dafür sorgt, dass das relevante Signal (bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figuren 1 und 2 das Auswertungssignal der Signalauswertungseinrichtung 38) in den Schwellenwertbereich zurückgeschoben wird. Daraus wiederum ergibt sich, dass dann das an dem Eingang des Verstärkers 36 anstehende Signal definiert verstärkt werden kann und eine Sättigung und dergleichen vermieden ist. Die oben beschriebenen Probleme treten dann nicht auf.

Bei der erfindungsgemäßen Lösung werden letztendlich die absoluten Signale ausgewertet, welche aus der Signalauswertungseinrichtung 38 bereitgestellt sind, oder Signalkombinationen solcher Signale, wobei höchstens, wenn der Schwellenwertbereich überschritten wird, ein Zurückschieben in den Schwellenwertbereich durch die Überlagerungssignale erfolgt.

Der Betrieb der erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung 10 bzw. 52 wird nachfolgend anhand der Diagramme gemäß den Figuren 4 bis 16 beschrieben.

Bei einem Ausführungsbeispiel (Figur 2) ist es vorgesehen, dass die Signalauswertungseinrichtung 38 ein Analog-Digital-Wandler 54 ist.

Innerhalb einer Periode des Signals der Empfängereinrichtung 16 werden (Figur 4 oben) an dem Analog-Digital-Wandler 54 bestimmte Signalwerte (Spannungswerte V_1 , V_2 , V_3 und V_4) ermittelt. Diese unterscheiden sich in der Phasenlage. V_1 wird bei der Phase $\delta+0^\circ$, V_2 bei der Phase $\delta+90^\circ$, V_3 bei der Phase $\delta+180^\circ$ und V_4 bei der Phase $\delta+270^\circ$ ermittelt. Dies ist in Figur 4 schematisch dargestellt.

δ ist dabei ein Verschiebungswert, welcher so gewählt ist, dass ein eventuelles Übersprechen von Flanken im Sendesignal nicht einkoppeln kann.

Aus den bekannten Signalwerten V_1 , V_2 , V_3 , V_4 (welche durch die Signalauswertungseinrichtung 38 bereitgestellte Signale sind) werden die Differenzen $\text{delta}_X=V_1-V_3$ und $\text{delta}_Y=V_2-V_4$ gebildet; diese sind Signalkombinationen

nen ausgewerteter Signale. Δ_X gibt gewissermaßen einen Kosinusanteil im Signal an und Δ_Y gibt gewissermaßen einen Sinusanteil im Signal an.

5 In Figur 5 ist ein Diagramm gezeigt, in dem ein Beispiel eines ermittelten Δ_X und eines ermittelten Δ_Y -Werts in einer entsprechende Ebene eingezeichnet ist. Grundsätzlich kann daraus dann durch die Zielobjekt-Auswertungseinrichtung 44 die Position des Zielobjekts 22 zu dem Gehäuse 18 bestimmt werden.

10 In Figur 6(a) sind für den Beispielsfall einer Sendervorrichtung 52 ohne Zielobjekt ein Signal 66 der Empfängereinrichtung 16. Grundsätzlich sollte dieses Signal ein Nullsignal sein bei idealer Empfängereinrichtung 16 und idealer Anordnung. Aufgrund beispielsweise des Einflusses des Gehäuses 18 ist das Signal 66 nur näherungsweise ein Nullsignal.

15

Die Signalerzeugungseinrichtung 46 stellt ein Kompensationssignal 68 bereit, welches dann dem Signal 66 überlagert wird. Bei einem Ausführungsbeispiel ist das Kompensationssignal 68 so gewählt, dass sich das Signal 70 ergibt, welches ein Nullsignal ist.

20

Das Kompensationssignal 68 ist kein Überlagerungssignal, welches beispielsweise das Auswertungssignal der Signalauswertungseinrichtung 38 in den Schwellenwertbereich zurückführt.

25 Das Kompensationssignal 68 wird stets Signalen der Empfängereinrichtung 16 überlagert, um effektiv mindestens näherungsweise ein Nullsignal 70 zu erzeugen.

30 Es ist grundsätzlich ausreichend, wenn das Kompensationssignal 68 so gewählt ist, dass ohne Einfluss des Zielobjekts 22 die Δ_X -Werte und Δ_Y -Werte im Schwellenwertbereich 86 liegen. Eine Nullkompensation ist vorteilhaft, aber nicht notwendig.

In diesem Sinne sind die Signale der Empfängereinrichtung 16, welche dem Filter 34 und insbesondere dann dem Verstärker 36 bereitgestellt sind, bereits abgeleitet von direkten Signalen der Empfängereinrichtung 16, es ist nämlich das Kompensationssignal 68 überlagert, sodass ohne Einfluss des Zielobjekts 22 der Schwellenwertbereich 86 nicht überschritten ist und beispielsweise das "mindestens näherungsweise" Nullsignal 70 erreicht wird.

In Figur 6(b) sind die entsprechenden Signale bei Einfluss des Zielobjekts 22 gezeigt. Es ergibt sich ein Signal 72 der Empfängereinrichtung 16. Kompensiert mit dem Kompensationssignal 68, ausgeregelt und verstärkt ergibt sich das Signal 74. Aus dem Signal 74 ist erkennbar, dass der Verstärker 36 bereits in die Sättigung gegangen ist. Dementsprechend wurde der Schwellenwertbereich überschritten.

In Figur 6(c) ist für die gleiche Situation 52 eine Situation gezeigt, bei welcher dem Signal 72 sowohl das Kompensationssignal 68 als auch das Überlagerungssignal 76 überlagert wurde. Es ergibt sich das Signal 78, welches ausgeregelt und verstärkt ist und welches zur Auswertung in der Zielobjekt-Auswertungseinrichtung herangezogen wird.

Durch die erfindungsgemäße Lösung wird also dann zusätzlich zu dem Kompensationssignal 68 (welches zur Nullsignalerzeugung dient) das Überlappungssignal 76 überlagert, sofern notwendig, um Auswertungssignale der Signalauswertungseinrichtung 38 in den Schwellenwertbereich zu schieben, wenn sie außerhalb davon liegen, um so wiederum eine definierte Verstärkung an dem Verstärker 36 zu erhalten, ohne dass der Verstärker 36 in Sättigung geht. Dadurch wird eine Vermessung des Signals der Empfängereinrichtung 16 auch bei einem solchen Abstand des Zielobjekts 22 zu dem Gehäuse 18 ermöglicht, indem ohne das Überlagerungssignal 76 keine Vermessung mehr möglich wäre.

Dieses Verfahren wird nochmals anhand der Figuren 7 bis 16 erläutert.

In Figur 7(a) ist ohne Anwesenheit des Zielobjekts 22 ein unbearbeitetes Eingangssignal 80 der Signalauswertungseinrichtung 38 gezeigt. An der Verknüpfungsstelle 48 wird ein erstes Kompensationssignal 68 überlagert und es resultiert das Signal 82 (Figur 7(b)), welches kompensiert und verstärkt ist.

5 (Bei exakter Kompensation wäre das Signal 82 ein Nullsignal.)

In Figur 7(c) ist beispielhaft in der Δ_X - und der Δ_Y -Ebene die Lage der entsprechenden Werte, welche Signalkombinationen der von der Signalauswertungseinrichtung 38 ausgewerteten Signale sind, gezeigt.

10

In den Figuren 8(a) bis (c) ist dieselbe Situation wie in den Figuren 7(a) bis (c) gezeigt, wobei in diesem Falle ein anderes, zweites Kompensationssignal 68' addiert wurde und das Nullsignal 84 erhalten wird. Δ_X und Δ_Y liegt dann bei Null und dies zeigt genau die Abwesenheit des Zielobjekts 22 an.

15

In den Figuren 7 ist also ein Beispielfall gezeigt, in dem das erste Kompensationssignal 68 berücksichtigt wird und in den Figuren 8 ist der Fall gezeigt, in dem ein noch effektiveres zweites Kompensationssignal 68' erzeugt und berücksichtigt wird. Es ergibt sich dann eine verbesserte Messgenauigkeit für die Zielobjekt-Erfassung.

20

In den Figuren 9 ist dann die Situation gezeigt, wenn sich das Zielobjekt 22 annähert. Es ergibt sich das Signal 84 der Empfängereinrichtung 16. Das entsprechende ausgeregelte und verstärkte Signal (mit Kompensation über das Kompensationssignal 68 oder 68') ist das Signal 86 (Figur 9(b)). Entsprechende Δ_X - und Δ_Y -Werte liegen innerhalb des Schwellenwertbereichs 86, welcher in der Figur 9(c) durch das entsprechende Quadrat angedeutet ist (auch andere Formen der entsprechenden Umrandung sind möglich).

25

30

Da die entsprechenden Differenzwerte innerhalb des Schwellenwertbereichs 86 liegen, muss kein Überlagerungssignal erzeugt werden und berücksichtigt werden.

In den Figuren 10 ist ein Fall mit einer anderen Annäherung des Zielobjekts 22 gezeigt. Es ergibt sich das Signal 88, welches dann bei Ausregelung und Verstärkung (und Kompensation) in dem Signal 90 resultiert (Figur 10(b)). Dieses
5 Signal 90 wird an die Signalauswertungseinrichtung 38 gegeben.

Die sich ergebenden Werte für ΔX und ΔY sind in Figur 10(c) angezeigt. Sie liegen innerhalb des Schwellenwertbereichs 86, sodass in diesem Fall kein Überlagerungssignal generiert werden muss.

10

Eine weitere Annäherung des Zielobjekts 22 zu der Stirnseite 24 ist in den Figuren 11 dargestellt. Das entsprechende Signal der Empfängereinrichtung 16 ist dann mit 92 bezeichnet. Nach Verstärkung (und Ausregelung und Kompensation) ergibt sich das Signal 94. In Figur 11(c) ist die Lage zu dem
15 Schwellenwertbereich 86 der Werte ΔX und ΔY gezeigt. Der Schwellenwertbereich 86 ist überschritten.

Dies wird durch die Schwellenwert-Prüfungseinrichtung 42 detektiert. Es wird dann ein Überlagerungssignal 96 (Figur 12(a)) erzeugt, welches entsprechend
20 an der Verknüpfungsstelle 48 eingekoppelt wird. Als Ergebnis ergibt sich ein verstärktes Signal 98 (Figur 12(b)), welches dazu führt, dass die entsprechenden zur Auswertung herangezogenen Werte wieder innerhalb des Schwellenwertbereichs 86 liegen (Figur 12(c)). Bei der Zielobjekt-Auswertung wird dabei berücksichtigt, dass das Überlagerungssignal 96 insbesondere abgezogen
25 wurde. Das Überlagerungssignal 96 ist insbesondere ein festes Signal, welches so gewählt ist, dass eine Zurückschiebung in den Schwellenwertbereich 86 erreicht ist.

Es kann dabei grundsätzlich vorkommen, dass das Überlagerungssignal 96
30 mehrmals angepasst überlagert werden muss, das heißt dass mehrfach die Pulsbreite vom Überlagerungssignal 96 erhöht werden muss, um ein Zurückschieben in den Schwellenwertbereich 86 zu erreichen.

In den Figuren 13 ist bei einem weiteren Beispiel ein Fall gezeigt, bei dem bezogen auf ΔY der Schwellenwertbereich 86 überschritten wird. Das entsprechende Signal der Empfängereinrichtung 16 ist mit 93 bezeichnet. Zusätzlich zu dem Überlagerungssignal 96 wird dann ein weiteres Überlagerungssignal 100 (Figur 14(a)) überlagert, um auswertbare Signale in dem Schwellenwertbereich 86 zu erhalten (Figur 14(c)). Das resultierende Signal ist in Figur 14(b) mit 97 bezeichnet. Das Signal vor der Überlagerung (aber nach der Kompensation) ist in Figur 13(b) mit 95 bezeichnet. Durch geeignete Überlagerungssignale wird erreicht, dass sowohl bezüglich ΔX und ΔY auswertbare Signale in dem Schwellenwertbereich 86 liegen.

In Figur 15 sind nochmal entsprechende Werte einer realen Messung gezeigt, wobei der Schwellenwertbereich 86 gezeigt ist. Messwertbereiche 102, 104 und 106 beruhen darauf, dass eine Verschiebung zurück in den Schwellenwertbereich 86 erfolgt ist. Die entsprechenden ΔX - und ΔY -Werte entstehen dadurch, dass einfach oder mehrfach Überlagerungssignale überlagert wurden.

Die Zielobjekt-Auswertungseinrichtung 44 berücksichtigt dies. In Abhängigkeit, wie oft eine Verschiebung durchgeführt wurde, werden die entsprechenden Messwerte richtig positioniert. Es ergibt sich die rekonstruierte Kurve gemäß Figur 16. Es ergibt sich dadurch eine dynamische Messbereichserweiterung, wobei keine Nullpunktregelung durchgeführt wurde, und trotzdem sichergestellt ist, dass der Analog-Digital-Wandler 54 und der Verstärker 36 nicht in der Sättigung betrieben werden.

Auch wenn der Abstand des Zielobjekts 22 zu der Stirnseite 24 einen gewissen Abstand unterschreitet, in der sonst der Verstärker 36 bzw. der Analog-Digital-Wandler 54 in Sättigung gehen würde, lässt sich weiterhin eine Abstandsmessung durchführen. Die Verknüpfungseinrichtung 40 wirkt so auf das von der Empfängereinrichtung 16 bereitgestellte Signal, dass die resultierende Signalstärke verringert wird und der Verstärker 36 in seinem definierten Bereich arbeitet, das heißt Sättigung verhindert wird.

Bei dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel wird dies sowohl für den "In-Phase-Anteil" des entsprechenden Signals (V_2 und V_4 bzw. Δ_Y) bzw. für den "Außer-Phase-Anteil" des entsprechenden Signals (V_1 und V_3 bzw. Δ_X) durchgeführt. Dadurch ist eine Kombination bezüglich Amplitude und Phase möglich. Der dynamische Messbereich der Sensorvorrichtung 10 bzw. 52 lässt sich erweitern, wobei eine hohe Auflösung erhalten bleibt, insbesondere wenn für die Signalauswertungseinrichtung 38 ein Analog-Digital-Wandler 54 verwendet wird. Es ist eine hohe Verstärkung der Eingangsspannung an dem Verstärker 36 möglich.

Das Prinzip lässt sich nicht nur für induktive Sensorvorrichtungen verwenden.

Bei der Sensorvorrichtung 10 sind die sensitiven Elemente der Empfänger-einrichtung 16 die Spulen 28', 30'. Die sensitiven Elemente können beispielsweise auch Kondensatoren oder Hall-Elemente sein.

Die Verknüpfungseinrichtung 40 kann eine Subtrahier-, eine Addierer- oder auch eine kapazitive Einkopplungseinrichtung umfassen.

Die Signalauswertungseinrichtung 38 kann einen Analog-Digital-Wandler 54 umfassen oder auch Komparatoren.

Die Zielobjekt-Auswertungseinrichtung 44 kann ein Mikrocontroller sein oder auch ein Analog-Rechner.

Die Signalerzeugungseinrichtung 46 weist bei dem oben beschriebenen Beispiel vier Pulsweitenmodulatoren 58 auf, entsprechend für die Phasenlagen 0° , 180° und 90° , 270° . Grundsätzlich ist es beispielsweise auch möglich, dass nur zwei Pulsweitenmodulatoren oder eine direkte digitale Synthese (DDS) vorgesehen sind. Es kann auch ein Digital-Analog-Wandler zur entsprechenden Signalerzeugung vorgesehen sein oder ein programmierbarer Verstärker (PGA) mit einem Phasenschieber.

Bezugszeichenliste

10	Sensorvorrichtung
12	Sendereinrichtung
14	Wechselstromquelle
15	Sendespule
16	Empfängereinrichtung
18	Gehäuse
20	Kopplung
22	Zielobjekt
24	Stirnseite
26	Positionsveränderlichkeit
28	Erster Teil
28'	Erste Spule
30	Zweiter Teil
30'	Zweite Spule
32	Kondensator
34	Filter
36	Verstärker
38	Signalauswertungseinrichtung
40	Verknüpfungseinrichtung
42	Schwellenwert-Prüfungseinrichtung
44	Zielobjekt-Auswertungseinrichtung
46	Signalerzeugungseinrichtung
48	Verknüpfungsstelle
50	Mikrocontroller
52	Sensorvorrichtung
54	Analog-Digital-Wandler
56	Pulsweitenmodulatoreinrichtung
58	Pulsweitenmodulator
60	Analoge Schaltereinrichtung
62	Bearbeitungseinrichtung

64	Synchronisierung
66	Signal
68	Erstes Kompensationssignal
68'	Zweites Kompensationssignal
70	Nullsignal
72	Signal
74	Signal
76	Überlagerungssignal
78	Signal
80	Signal
82	Signal
84	Signal
86	Schwellenwertbereich
88	Signal
90	Signal
92	Signal
93	Signal
94	Signal
95	Signal
96	Überlagerungssignal
97	Signal
100	Überlagerungssignal
102	Messwert
104	Messwert
106	Messwert

Patentansprüche

1. Sensorvorrichtung zur Detektion eines Zielobjekts (22), umfassend
 - eine Sendereinrichtung (12), welche mit periodischen Anregungssignalen mit einer Grundfrequenz (f_0) betrieben ist,
 - eine Empfängereinrichtung (16), welche an die Sendereinrichtung (12) koppelt, wobei die Kopplung abhängig ist von einer relativen Position des Zielobjekts (22) zu der Empfängereinrichtung (16), wobei die Empfängereinrichtung (16) Signale mit der Grundfrequenz (f_0) bereitstellt, welche abhängig sind von der relativen Position des Zielobjekts (22) zu der Empfängereinrichtung (16),
 - einen Verstärker (36), welcher der Empfängereinrichtung (16) nachgeschaltet ist,
 - eine Signalauswertungseinrichtung (38), welche dem Verstärker (36) nachgeschaltet ist,
 - eine Schwellenwert-Prüfungseinrichtung (42), welche prüft, ob von der Signalauswertungseinrichtung (38) bereitgestellte Signale oder Signalkombinationen solcher Signale innerhalb oder außerhalb eines Schwellenwertbereichs (86) liegen, oder ob die dem Verstärker (36) bereitgestellten Signale innerhalb oder außerhalb eines Schwellenwertbereichs liegen, und
 - eine Verknüpfungseinrichtung (40), welche so auf Signale der Empfängereinrichtung (16) oder davon abgeleitete Signale wirkt, dass von der Signalauswertungseinrichtung (38) bereitgestellte Signale oder Signalkombinationen solcher Signale in den Schwellenwertbereich (86) verschoben sind, sofern sie vorher

außerhalb lagen, oder dass die dem Verstärker (36) bereitgestellten Signale in den Schwellenwertbereich verschoben sind, sofern sie vorher außerhalb lagen.

2. Sensorvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfängereinrichtung (16) so ausgebildet ist, dass sie mindestens näherungsweise ohne Einfluss des Zielobjekts (22) ein Nullsignal bereitstellt.
3. Sensorvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Verknüpfungseinrichtung Kompensationssignale (68) und/oder Überlagerungssignale (96, 100) zu den Signalen der Empfängereinrichtung (16) oder daraus abgeleiteten Signalen addiert, um eine Verschiebung in den Schwellenwertbereich (86) zu bewirken.
4. Sensorvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwellenwertbereich (86) ein Spannungsbereich ist.
5. Sensorvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verknüpfungseinrichtung (40) einen bestimmten Spannungswert von Signalen der Empfängereinrichtung (16) oder von davon abgeleiteten Signalen abzieht.
6. Sensorvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwellenwertbereich (86) so gewählt ist, dass der Verstärker (36) in einem definierten Verstärkungsbetrieb für Eingangssignale des Verstärkers (36) arbeitet.
7. Sensorvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Signalauswertungseinrichtung (38) ein Analog-Digital-Wandler (54) ist oder umfasst und/oder ein Komparator ist oder umfasst.

8. Sensorvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwellenwertbereich (86) so gewählt ist, dass der Analog-Digital-Wandler (54) oder der Komparator in einem definierten Wandlerbetrieb oder Komparatorbetrieb für Eingangssignale des Analog-Digital-Wandlers (54) oder des Komparators arbeitet.
9. Sensorvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Filter (34) für die Grundfrequenz (f_0), welcher zwischen der Signalauswertungseinrichtung (38) und der Empfänger-einrichtung (16) angeordnet ist, wobei insbesondere eine Verknüpfungsstelle (48) der Verknüpfungseinrichtung (40) dem Filter (34) vorgeschaltet ist.
10. Sensorvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Signalauswertungseinrichtung (38) synchronisiert zu den Anregungssignalen bestimmte Signalwerte ermittelt.
11. Sensorvorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass von der Signalauswertungseinrichtung (38) innerhalb einer oder mehrerer Perioden ermittelte bestimmte Signalwerte sich in der Phasenlage unterscheiden, wobei insbesondere mindestens zwei folgender Signalwerte ermittelt sind: ein Signalwert V_1 bei der Phasenlage $\delta+0^\circ$, ein Signalwert V_2 bei der Phasenlage $\delta+90^\circ$, ein Signalwert V_3 bei der Phasenlage $\delta+180^\circ$, ein Signalwert V_4 bei der Phasenlage $\delta+270^\circ$, wobei δ ein Verschiebungswert ist.
12. Sensorvorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, gekennzeichnet durch eine Zielobjekt-Auswertungseinrichtung (44), welche Signalwerte der Signalauswertungseinrichtung (38) zur Ermittlung der relativen Position des Zielobjekts auswertet, wobei die Zielobjekt-Auswertungseinrichtung (44) insbesondere Differenzen von Signalwerten auswertet, wobei insbesondere Differenzen $\text{delta_X}=V_1-V_3$ und $\text{delta_Y}=V_2-V_4$ gebildet werden.

13. Sensorvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass von der Zielobjekt-Auswertungseinrichtung (44) gebildeten Differenzen ohne Nullregelung ausgewertet werden.
14. Sensorvorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Zielobjekt-Auswertungseinrichtung (44) bei der Zielobjekt-Auswertung Signale der Verknüpfungseinrichtung (40) berücksichtigt.
15. Sensorvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verknüpfungseinrichtung (40) eine Signalerzeugungseinrichtung (46) umfasst, welche Überlagerungssignale (96, 100) bereitstellt, die mit Signalen der Empfängereinrichtung (16) oder davon abgeleiteten Signalen verknüpft werden.
16. Sensorvorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass Überlagerungssignale (96, 100) synchronisiert zu den Anregungssignalen erzeugt werden.
17. Sensorvorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Signalerzeugungseinrichtung (46) eine Pulsweitenmodulationseinrichtung (56) ist oder umfasst.
18. Sensorvorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Pulsweitenmodulationseinrichtung jeweils Pulsweitenmodulatoren (58) umfasst, welche für unterschiedliche Phasenlagen vorgesehen sind.
19. Sensorvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sendereinrichtung (12) symmetrisch zu der Empfängereinrichtung (16) angeordnet ist, wobei insbesondere die Sendereinrichtung (12) und Empfängereinrichtung (16) in einem gleichen Gehäuse (18) angeordnet sind.

20. Sensorvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfängereinrichtung (16) einen ersten Teil (28) und einen zweiten Teil (30) umfasst, wobei der erste Teil (28) antisymmetrisch zu dem zweiten Teil (30) angeordnet und/oder ausgebildet ist, und Signale der Empfängereinrichtung (16) aus einer Überlagerung von Signalen des ersten Teils (28) und des zweiten Teils (30) gebildet sind.
21. Sensorvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sendereinrichtung (12) mindestens eine Spule (15) aufweist.
22. Sensorvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfängereinrichtung (16) mindestens eine erste Spule (28') und eine zweite Spule (30') aufweist.
23. Sensorvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfängereinrichtung (16) induktiv an die Sendereinrichtung (12) koppelt und dass das Zielobjekt (22) aus einem metallischen Material ist.
24. Sensorvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verknüpfungseinrichtung (40) Kompensations-signale (68) bereitstellt, welche Signale der Empfängereinrichtung (16) oder davon abgeleitete Signale ohne Einfluss des Zielobjekts (22) in den Schwellenwertbereich (86) bringt.
25. Sensorvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Ausbildung als Näherungssensorvorrichtung, über welche der Abstand des Zielobjekts (22) zu der Empfängereinrichtung (16) und/oder eine Annäherung des Zielobjekts (22) zu der Empfängereinrichtung (16) und/oder eine Wegführung des Zielobjekts (22) von der Empfängereinrichtung (16) detektierbar ist.

26. Verfahren zum Betreiben einer Sensorvorrichtung zur Detektion eines Zielobjekts, insbesondere gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem
- eine Sendereinrichtung (12) mit periodischen Anregungssignalen einer bestimmten Grundfrequenz (f_0) betrieben wird,
 - Signale einer Empfängereinrichtung (16), welche die Grundfrequenz (f_0) aufweisen, ausgewertet werden, wobei die Empfängereinrichtung (16) an die Sendereinrichtung (12) koppelt und die Kopplung und dadurch auch die Signale der Empfängereinrichtung (16) abhängig sind von einer relativen Position des Zielobjekts (22) zu der Empfängereinrichtung (16),
 - Signale der Empfängereinrichtung (16) oder von davon abgeleiteten Signalen verstärkt werden und diese Signale synchronisiert mit dem Anregungssignal ausgewertet werden,
 - geprüft wird, ob die ausgewerteten Signale oder Signalkombination davon oder ob einem Verstärker (36) zur Verstärkung zugeführte Signale innerhalb eines Schwellenwertbereichs (86) liegen oder nicht, und, wenn detektiert wird, dass die ausgewerteten Signale außerhalb des Schwellenwertbereichs (86) liegen, oder wenn detektiert wird, dass die dem Verstärker (36) zugeführten Signale außerhalb des Schwellenwertbereichs liegen, Überlagerungssignale (96, 100) erzeugt werden, welche Signalen der Empfängereinrichtung (16) oder davon abgeleiteten Signalen überlagert werden, wobei die Überlagerungssignale (96, 100) so gewählt werden, dass die resultierenden ausgewerteten Signale oder Signalkombinationen davon innerhalb des Schwellenwertbereichs (86) liegen oder dem Verstärker (36) zugeführte Signale innerhalb des Schwellenwertbereichs liegen.

27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung der Position des Zielobjekts (22) relativ zu der Empfängereinrichtung (16) ausgewertete Signale oder Signalkombinationen solcher Signale verwendet werden, welche innerhalb des Schwellenwertbereichs (86) liegen, wobei bestimmt wird, ob und wie oft durch Überlagerung ein Zurückschieben in den Schwellenwertbereich (86) erfolgt ist.
28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Zielobjekt-Ermittlung ohne Nullregelung der ausgewerteten Signale durchgeführt wird.
29. Verfahren nach einem der Ansprüche 26 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass Signalen der Empfängereinrichtung (16) oder davon abgeleiteten Signalen Kompensationssignale (68) überlagert werden, welche so gewählt sind, dass Eingangssignalen einer Signalauswertungseinrichtung (38) oder dem Verstärker (36) zur Verstärkung zugeführter Signale ohne Einfluss des Zielobjekts (32) innerhalb des Schwellenwertbereichs (86) liegen.

* * *

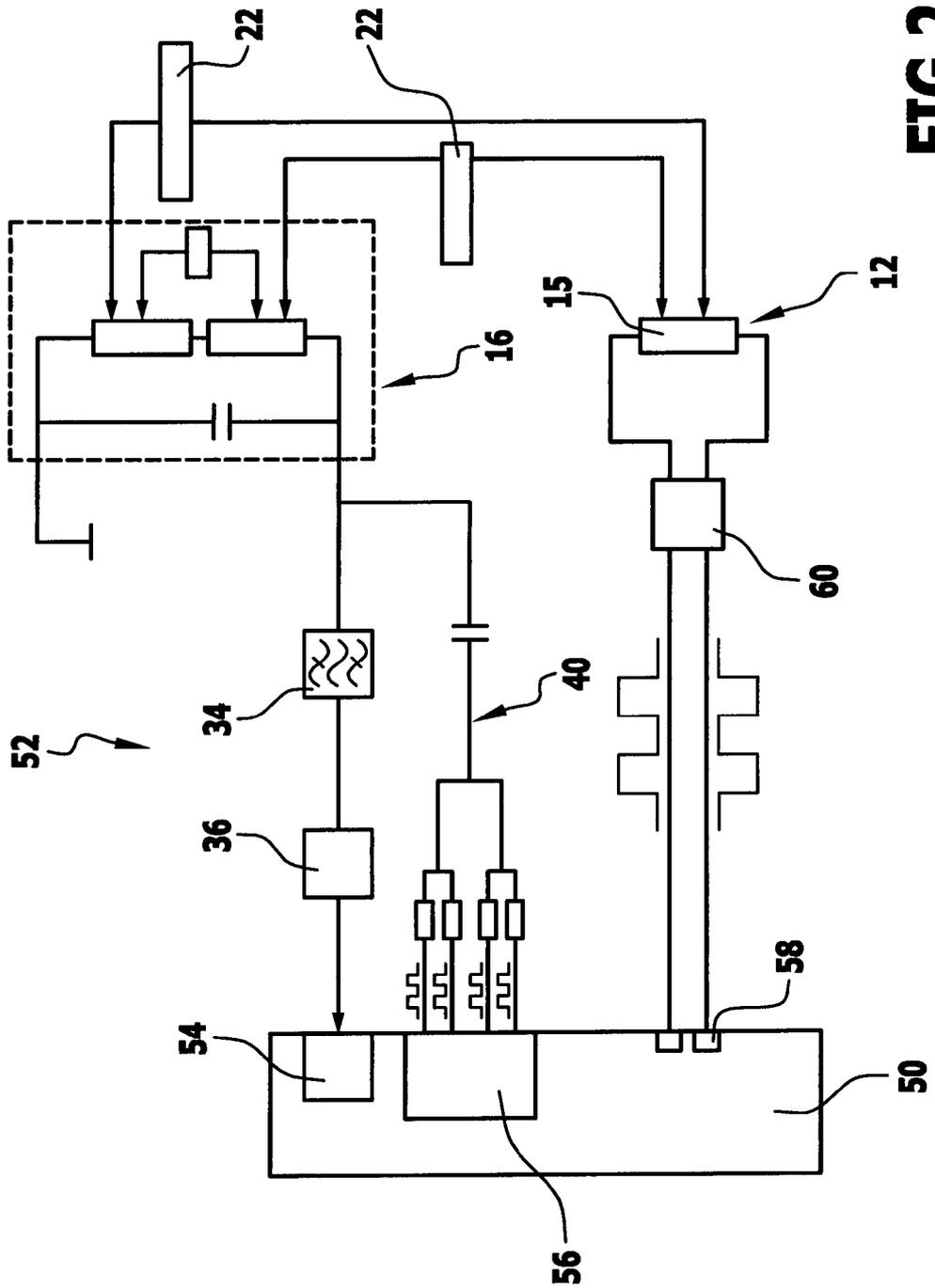


FIG.2

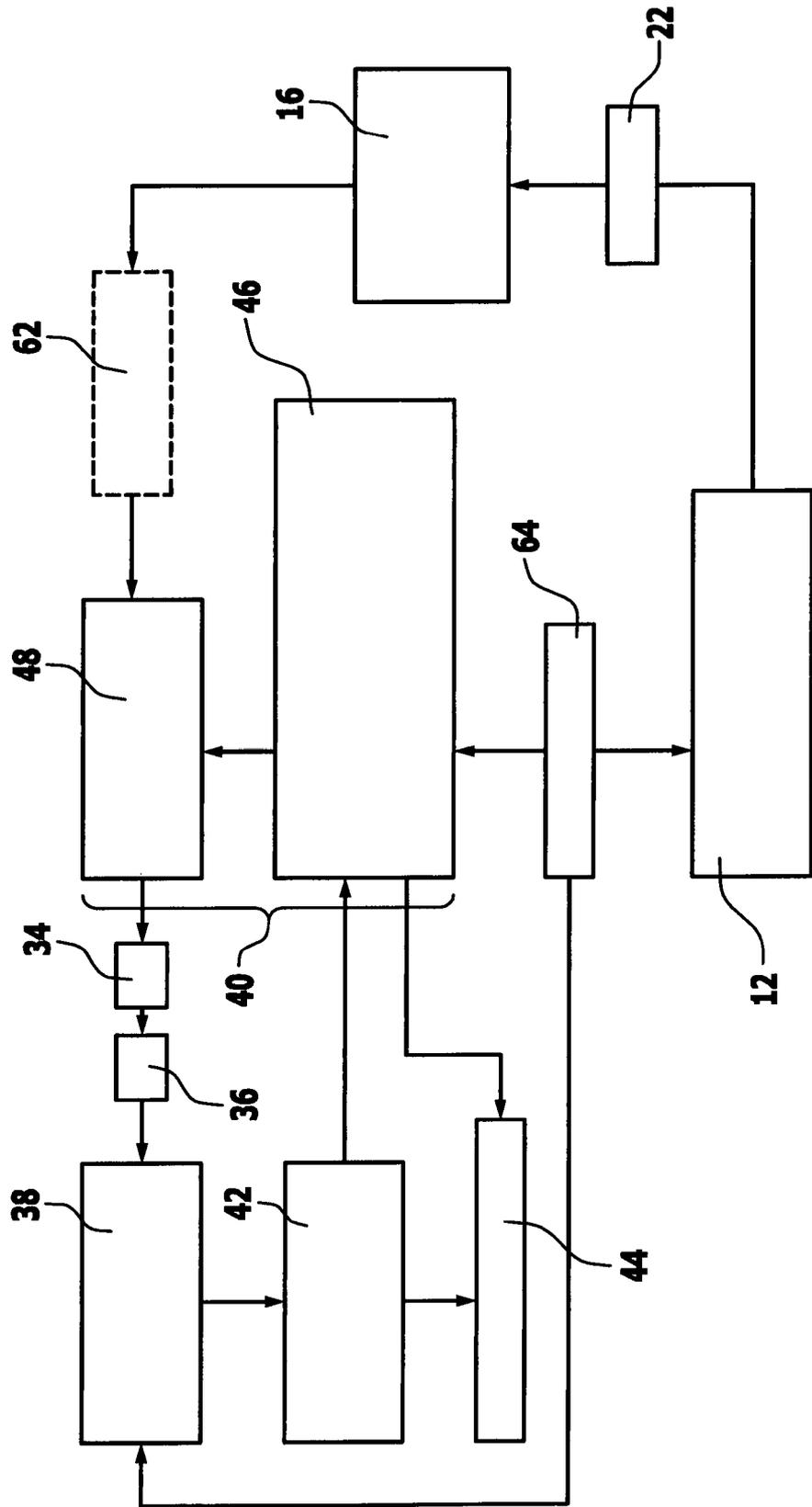


FIG.3

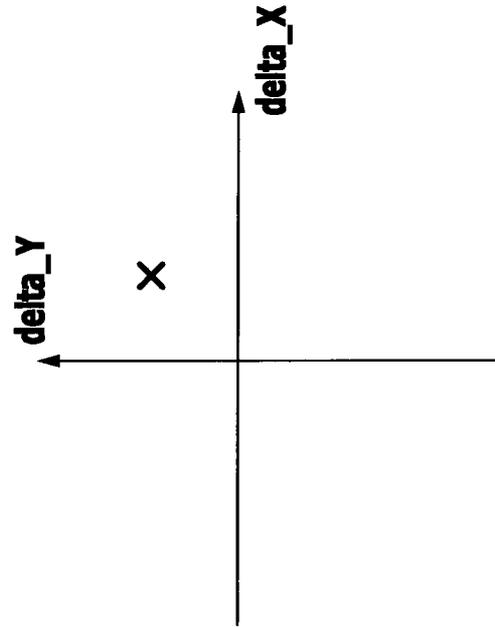


FIG.5

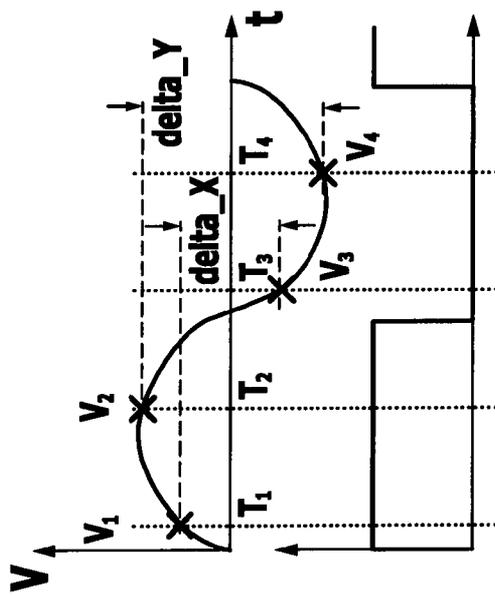


FIG.4

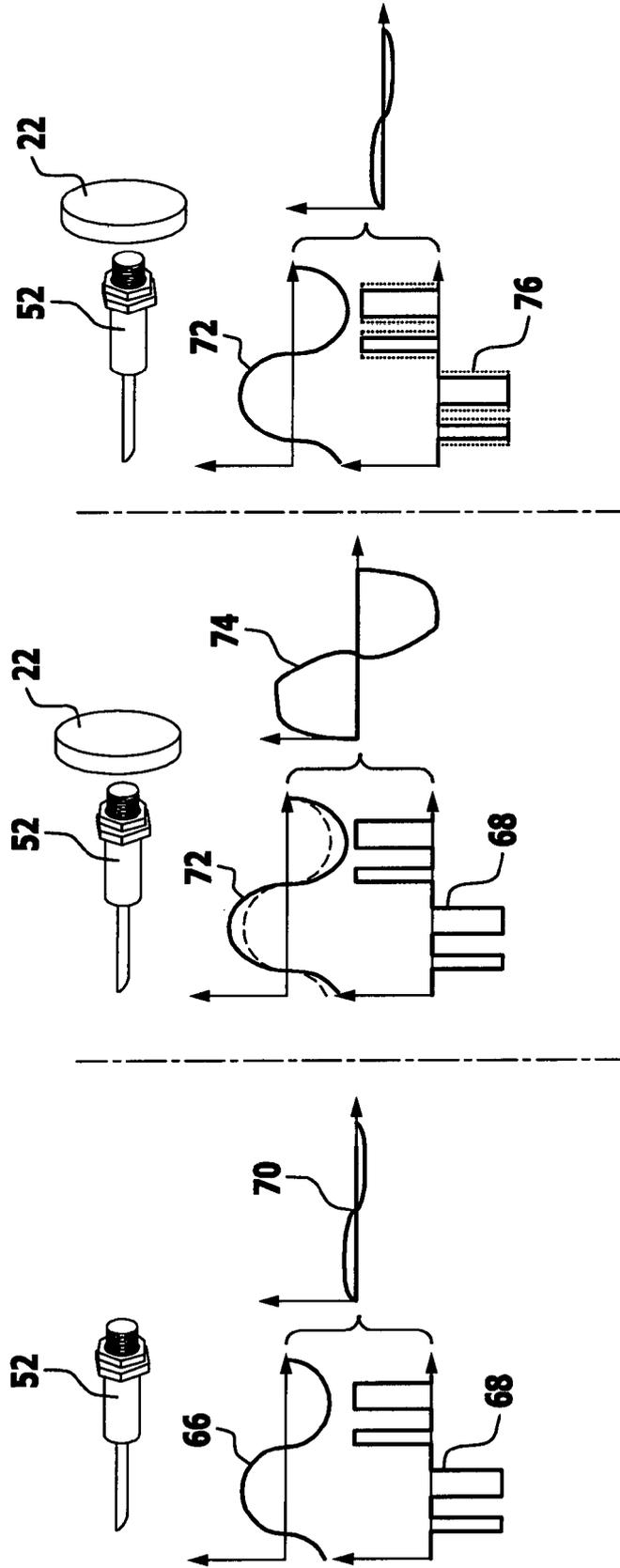


FIG. 6(a)

FIG. 6(b)

FIG. 6(c)

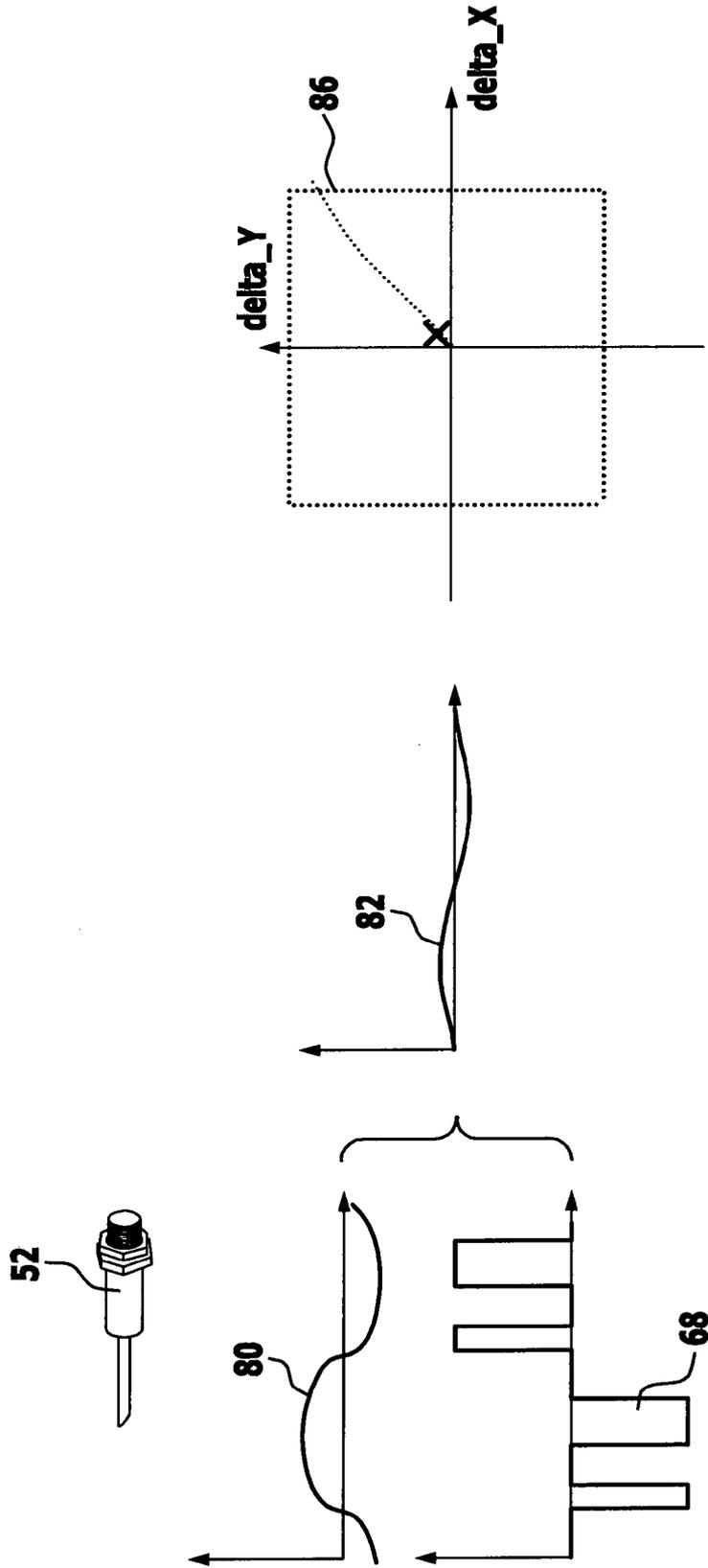


FIG.7(c)

FIG.7(b)

FIG.7(a)

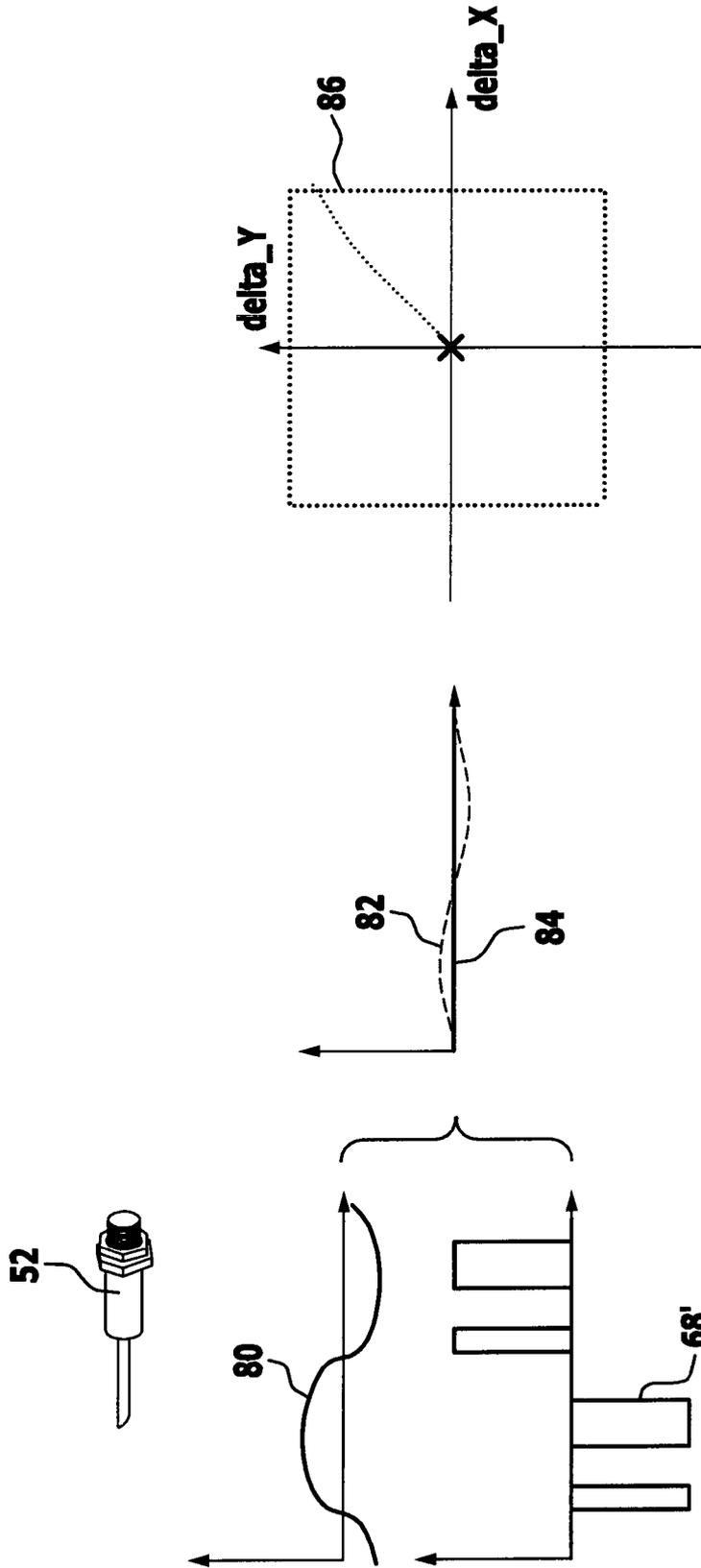


FIG.8(c)

FIG.8(b)

FIG.8(a)

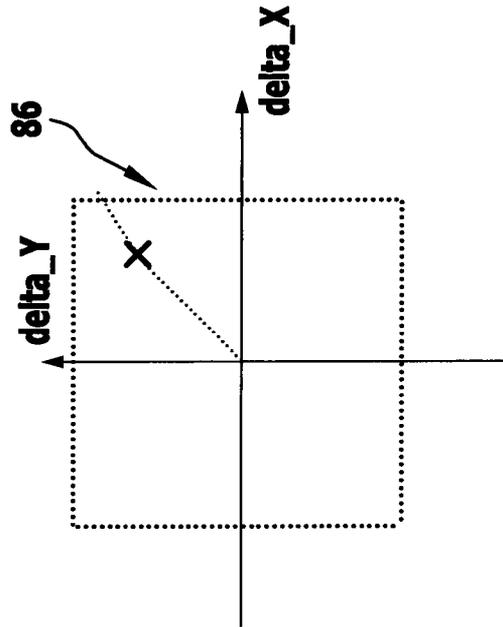
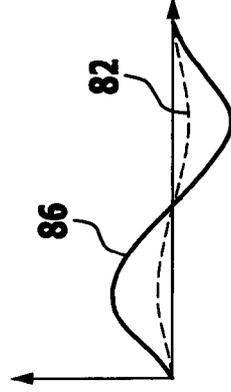
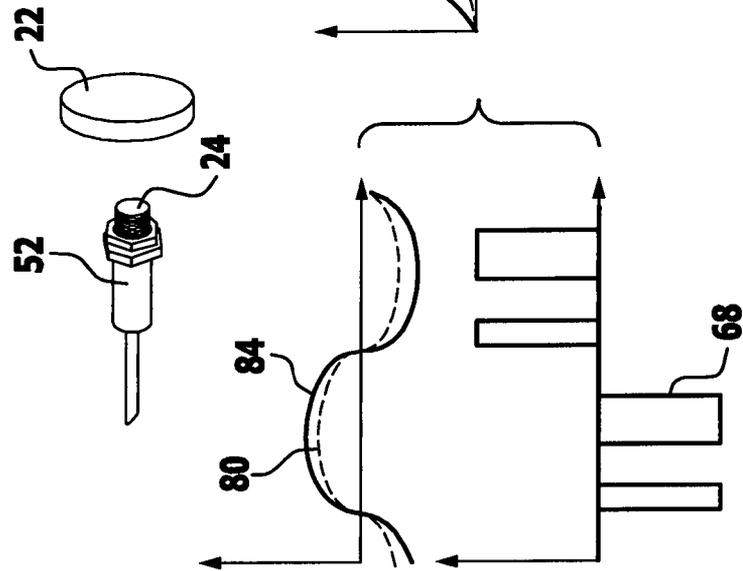


FIG.9(a)

FIG.9(b)

FIG.9(c)

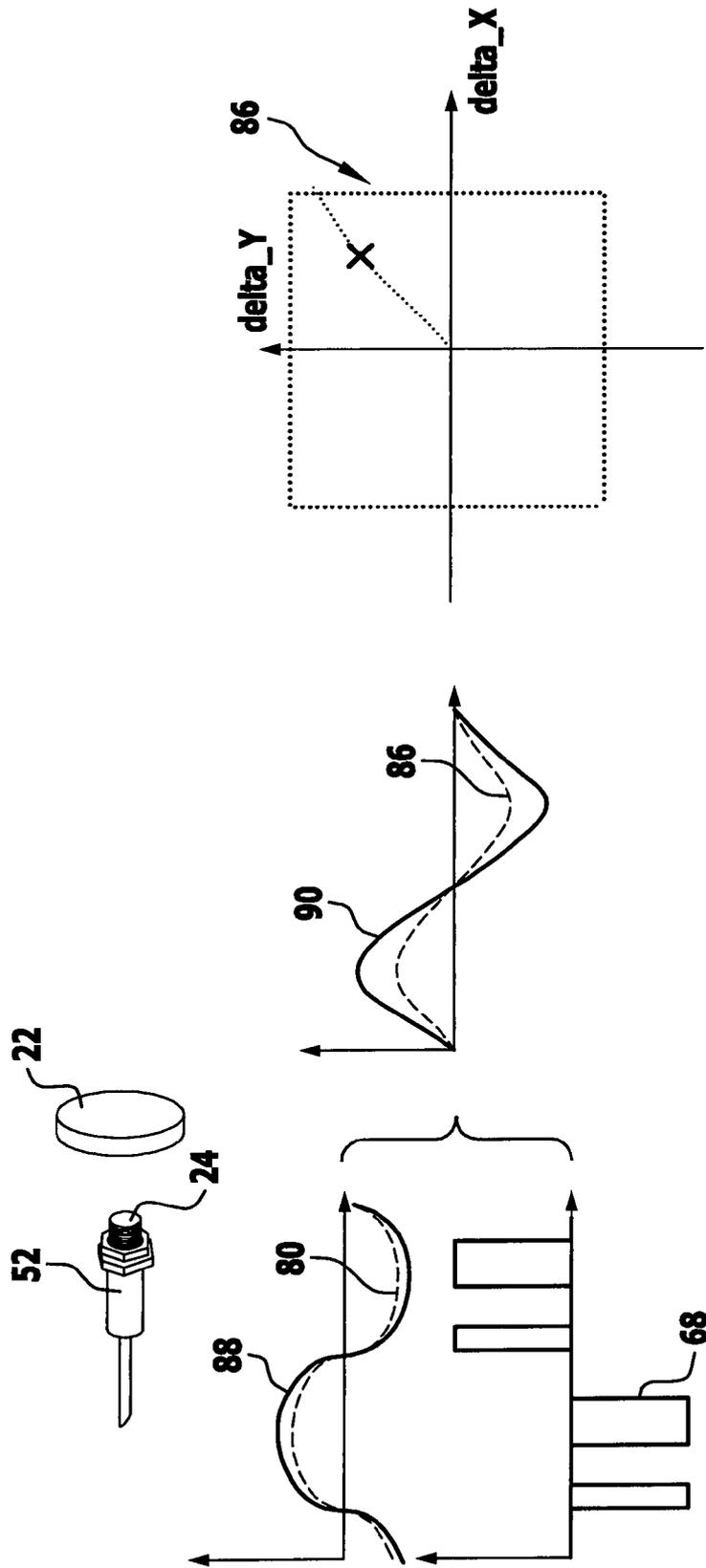


FIG.10(c)

FIG.10(b)

FIG.10(a)

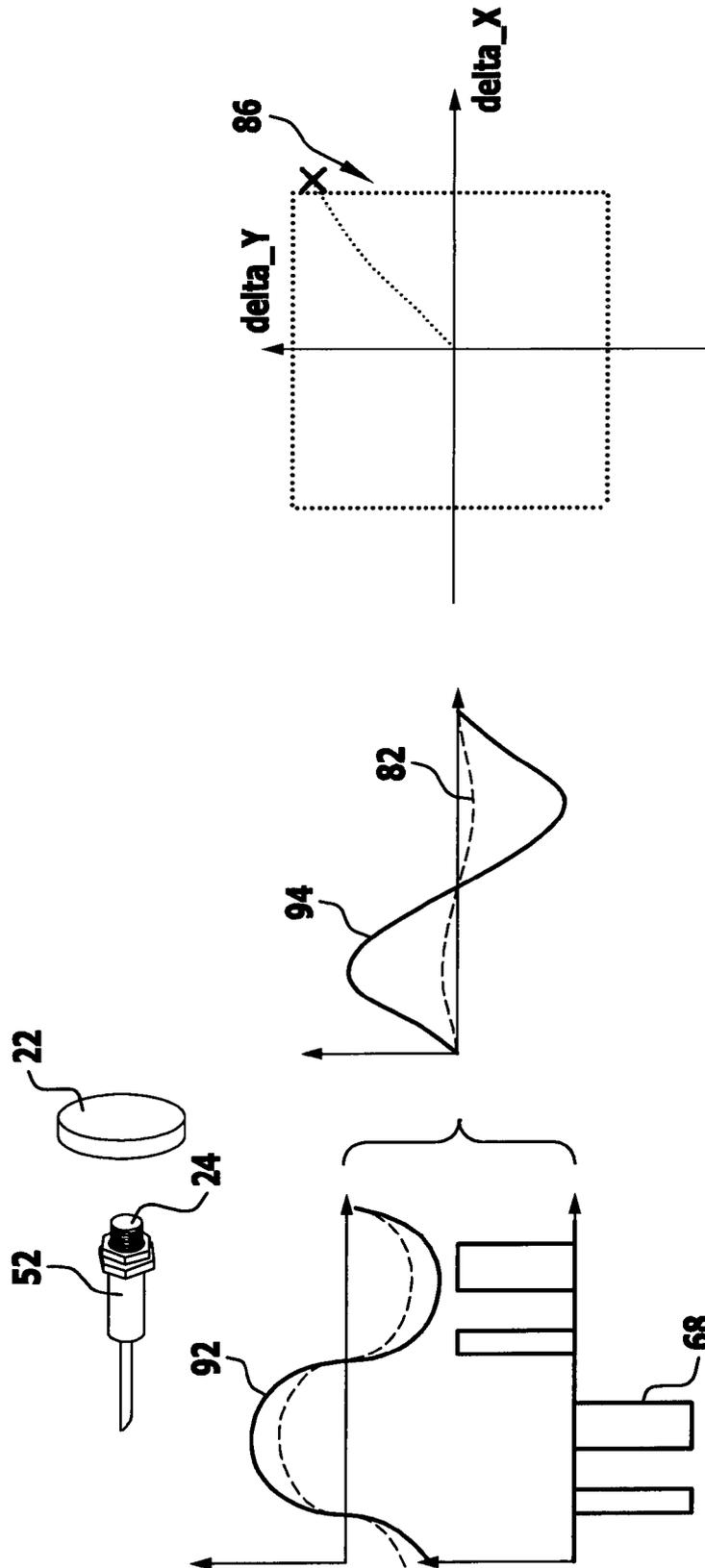


FIG.11(a)

FIG.11(b)

FIG.11(c)

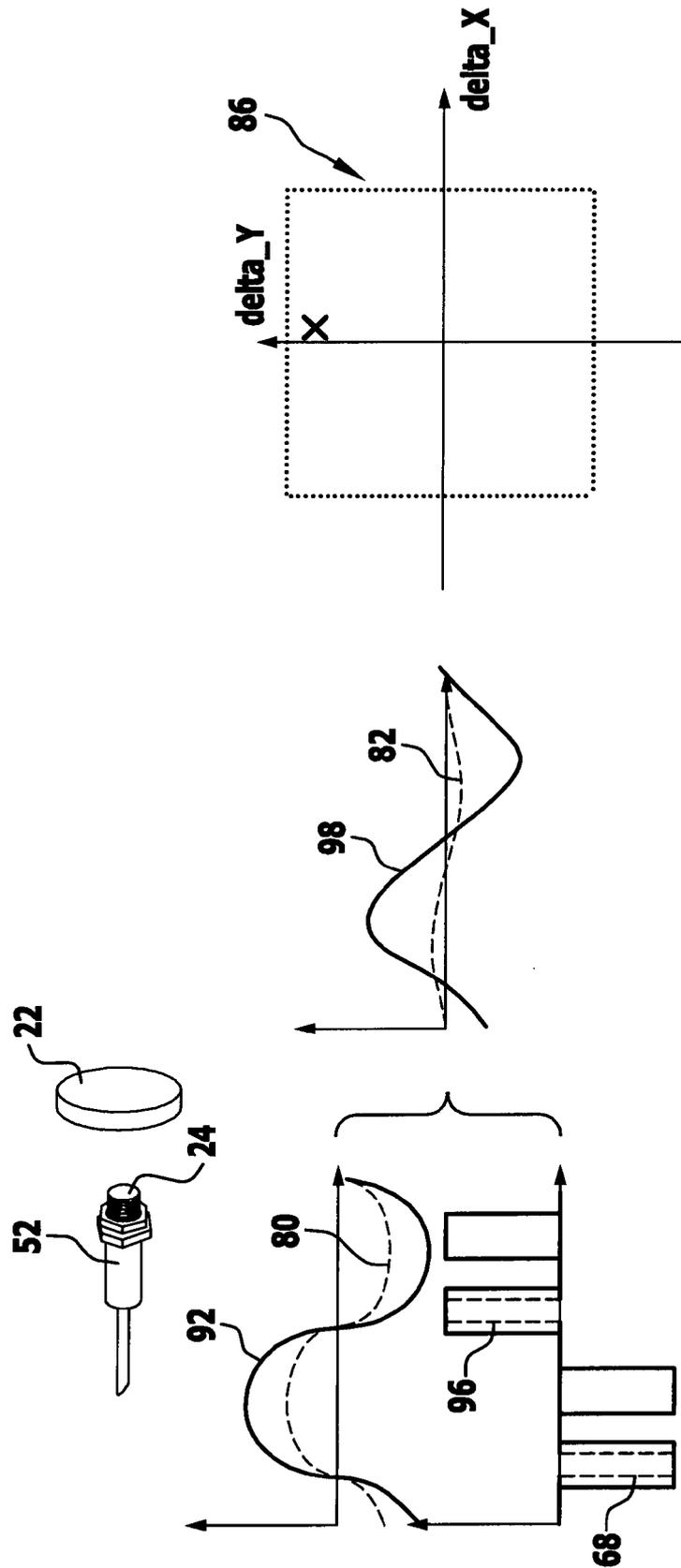


FIG.12(a)

FIG.12(b)

FIG.12(c)

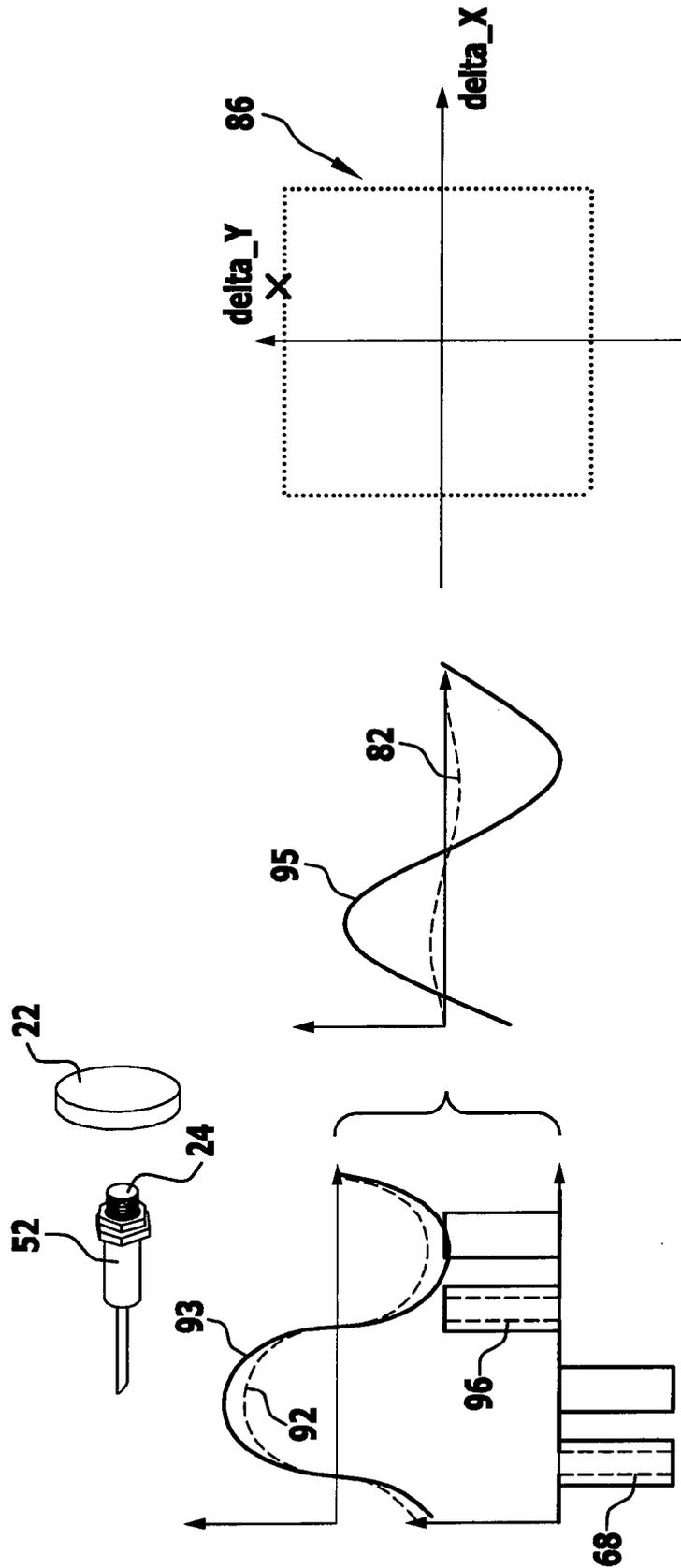


FIG.13(a)

FIG.13(b)

FIG.13(c)

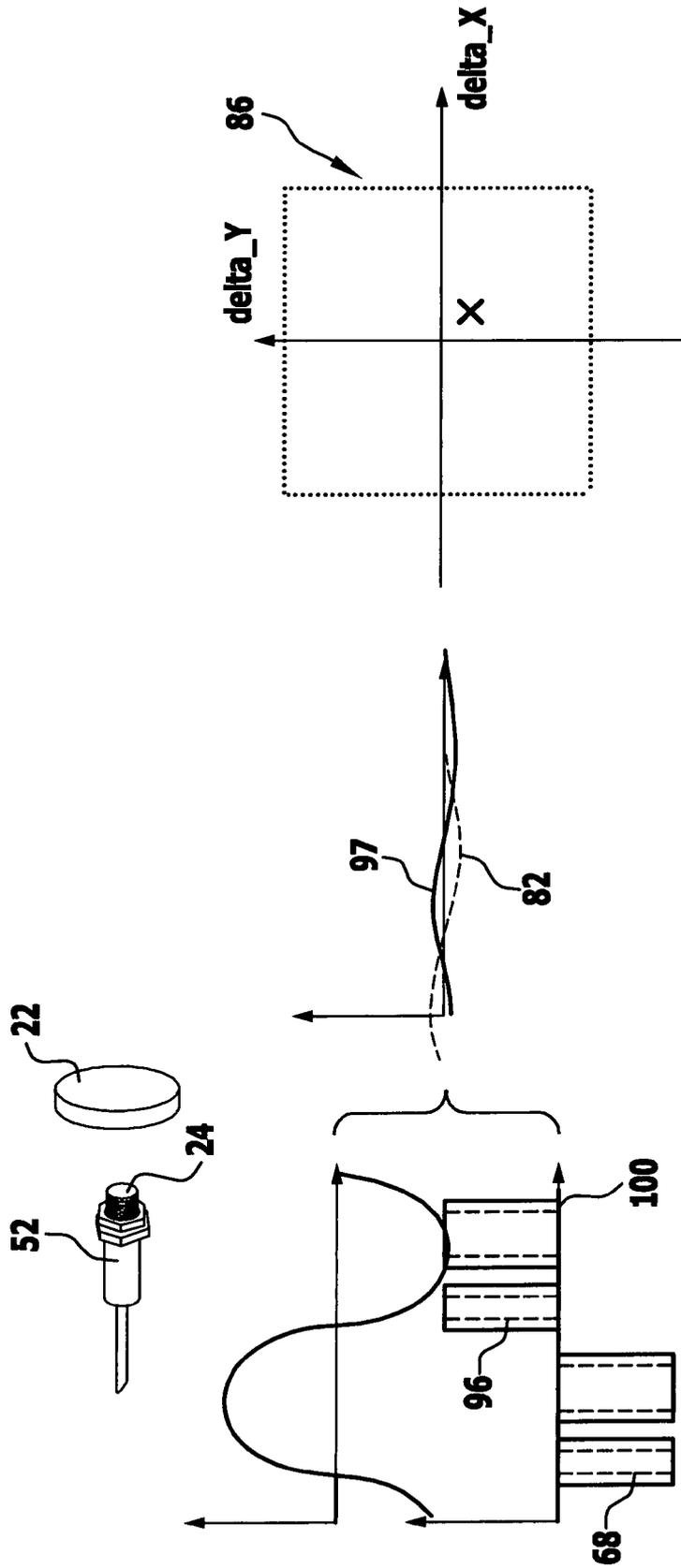


FIG.14(a)

FIG.14(b)

FIG.14(c)

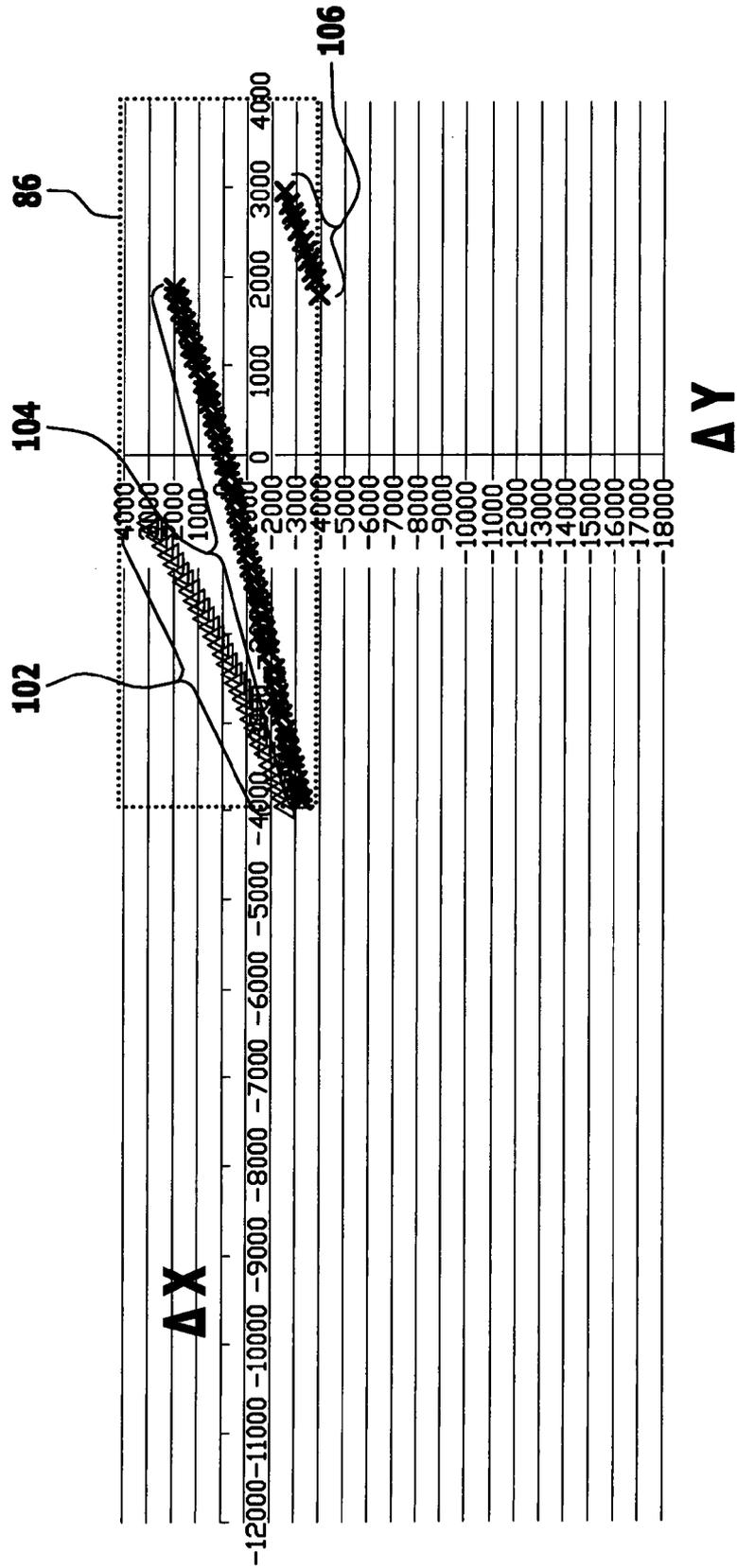


FIG.15

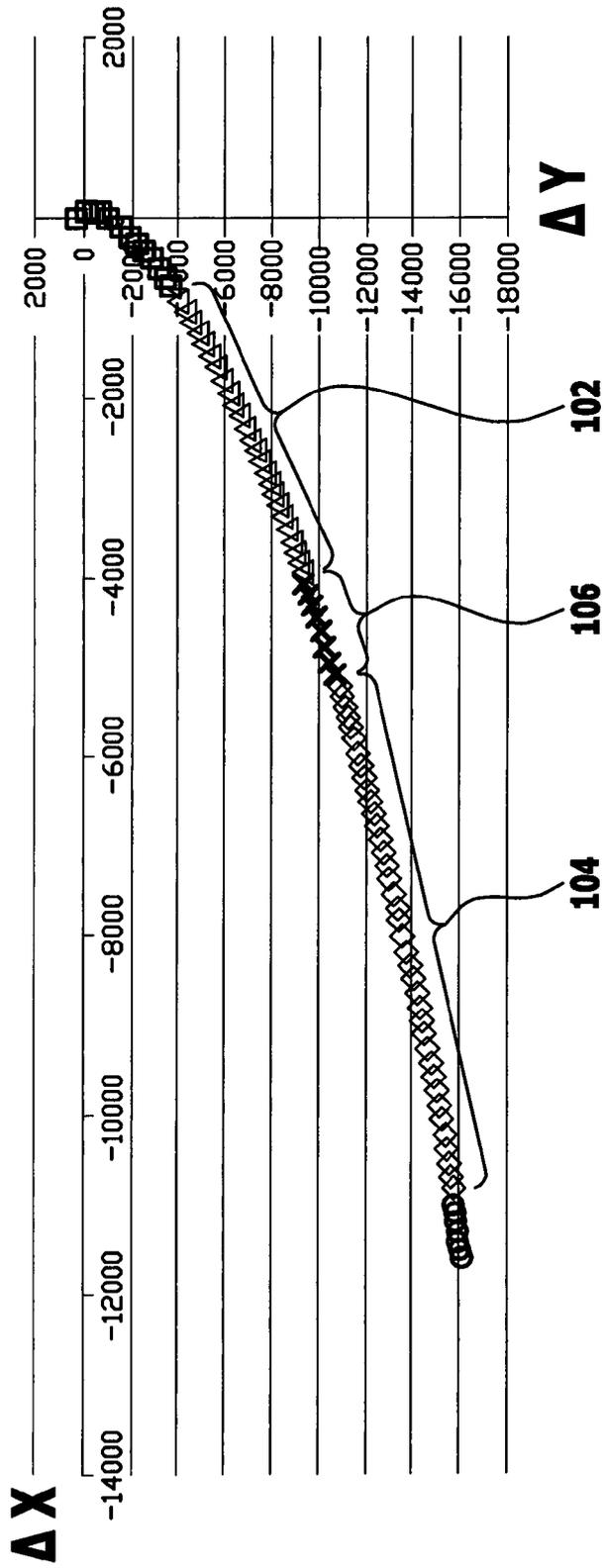


FIG.16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/070842

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H03K17/95 G01V3/10
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H03K G01V G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 2013/119741 A1 (ILLINOIS TOOL WORKS [US]) 15 August 2013 (2013-08-15) page 29, line 30 - page 56, line 16 figures 7-14	1-11, 15-29 12-14
A	----- EP 2 312 338 A1 (ICONTROLS K S [SK]) 20 April 2011 (2011-04-20) paragraph [0031] - paragraph [0049]; figures 1-4	1-29
A	----- US 5 729 143 A (TAVERNETTI RUSSELL E [US] ET AL) 17 March 1998 (1998-03-17) the whole document	1-29
A	----- DE 10 2013 209808 A1 (ICONTROLS K S [SK]) 27 November 2014 (2014-11-27) the whole document figures 4,5	1-29
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 10 June 2016	Date of mailing of the international search report 17/06/2016
---	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Jepsen, John
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/070842

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 7 432 715 B2 (STAMATESCU LAURENTIU [AU]) 7 October 2008 (2008-10-07) the whole document -----	1-29
A	US 4 709 213 A (PODHRASKY ROBERT J [US]) 24 November 1987 (1987-11-24) the whole document -----	1-29
A	WO 2014/053240 A2 (REIME GERD [DE]) 10 April 2014 (2014-04-10) cited in the application the whole document -----	1-29
A	WO 2015/090609 A1 (REIME GERD [DE]) 25 June 2015 (2015-06-25) cited in the application the whole document -----	1-29

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2015/070842

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2013119741 A1	15-08-2013	CA 2859084 A1 CN 104246539 A EP 2812734 A1 WO 2013119741 A1	15-08-2013 24-12-2014 17-12-2014 15-08-2013
EP 2312338 A1	20-04-2011	BR PI1010322 A2 DE 102009049821 A1 EP 2312338 A1 JP 5174879 B2 JP 2011085588 A US 2011089938 A1	18-12-2012 21-04-2011 20-04-2011 03-04-2013 28-04-2011 21-04-2011
US 5729143 A	17-03-1998	NONE	
DE 102013209808 A1	27-11-2014	DE 102013209808 A1 WO 2014191351 A2	27-11-2014 04-12-2014
US 7432715 B2	07-10-2008	EP 1782100 A1 US 2007296415 A1 WO 2006021045 A1	09-05-2007 27-12-2007 02-03-2006
US 4709213 A	24-11-1987	NONE	
WO 2014053240 A2	10-04-2014	CN 104685379 A DE 102012019329 A1 EP 2904429 A2 US 2015247945 A1 WO 2014053240 A2	03-06-2015 03-04-2014 12-08-2015 03-09-2015 10-04-2014
WO 2015090609 A1	25-06-2015	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H03K17/95 G01V3/10
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H03K G01V G01S

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	WO 2013/119741 A1 (ILLINOIS TOOL WORKS [US]) 15. August 2013 (2013-08-15) Seite 29, Zeile 30 - Seite 56, Zeile 16 Abbildungen 7-14	1-11, 15-29 12-14
A	----- EP 2 312 338 A1 (ICONTROLS K S [SK]) 20. April 2011 (2011-04-20) Absatz [0031] - Absatz [0049]; Abbildungen 1-4	1-29
A	----- US 5 729 143 A (TAVERNETTI RUSSELL E [US] ET AL) 17. März 1998 (1998-03-17) das ganze Dokument	1-29
A	----- DE 10 2013 209808 A1 (ICONTROLS K S [SK]) 27. November 2014 (2014-11-27) das ganze Dokument Abbildungen 4,5	1-29
	----- -/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. Juni 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/06/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Jepsen, John

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 7 432 715 B2 (STAMATESCU LAURENTIU [AU]) 7. Oktober 2008 (2008-10-07) das ganze Dokument	1-29
A	----- US 4 709 213 A (PODHRASKY ROBERT J [US]) 24. November 1987 (1987-11-24) das ganze Dokument	1-29
A	----- WO 2014/053240 A2 (REIME GERD [DE]) 10. April 2014 (2014-04-10) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-29
A	----- WO 2015/090609 A1 (REIME GERD [DE]) 25. Juni 2015 (2015-06-25) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-29

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/070842

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2013119741 A1	15-08-2013	CA 2859084 A1	15-08-2013
		CN 104246539 A	24-12-2014
		EP 2812734 A1	17-12-2014
		WO 2013119741 A1	15-08-2013

EP 2312338 A1	20-04-2011	BR PI1010322 A2	18-12-2012
		DE 102009049821 A1	21-04-2011
		EP 2312338 A1	20-04-2011
		JP 5174879 B2	03-04-2013
		JP 2011085588 A	28-04-2011
		US 2011089938 A1	21-04-2011

US 5729143 A	17-03-1998	KEINE	

DE 102013209808 A1	27-11-2014	DE 102013209808 A1	27-11-2014
		WO 2014191351 A2	04-12-2014

US 7432715 B2	07-10-2008	EP 1782100 A1	09-05-2007
		US 2007296415 A1	27-12-2007
		WO 2006021045 A1	02-03-2006

US 4709213 A	24-11-1987	KEINE	

WO 2014053240 A2	10-04-2014	CN 104685379 A	03-06-2015
		DE 102012019329 A1	03-04-2014
		EP 2904429 A2	12-08-2015
		US 2015247945 A1	03-09-2015
		WO 2014053240 A2	10-04-2014

WO 2015090609 A1	25-06-2015	KEINE	
