



(10) **DE 11 2023 002 196 T5** 2025.04.30

(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/238517**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2023 002 196.1**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2023/015528**
(86) PCT-Anmeldetag: **18.04.2023**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **14.12.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **30.04.2025**

(51) Int Cl.: **G06F 3/046** (2006.01)
G06F 3/041 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2022-091360 06.06.2022 JP

(71) Anmelder:
Wacom Co., Ltd., Kazo-shi, Saitama, JP

(74) Vertreter:
**BOEHMERT & BOEHMERT Anwaltspartnerschaft
mbB - Patentanwälte Rechtsanwälte, 28359
Bremen, DE**

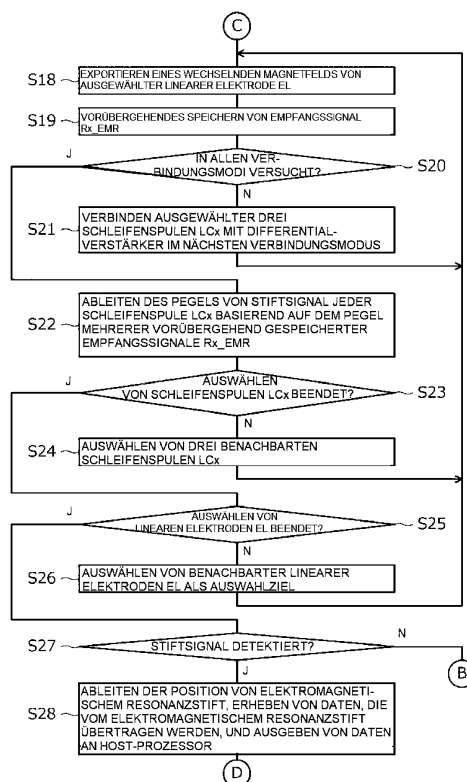
(72) Erfinder:
**Mizuhashi, Hiroshi, Kazo-shi, Saitama, JP; Goto,
Fumitaka, Kazo-shi, Saitama, JP; Lee, Joo Hoon,
Kazo-shi, Saitama, JP**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **SENSORVORRICHTUNG, INTEGRIERTE SCHALTUNG UND VERFAHREN ZUM DETEKTIEREN
EINES INDIKATORS**

(57) Zusammenfassung: [Aufgabe] Verhindern einer Zunahme im Leistungsverbrauch, selbst wenn lineare Elektroden Tx-Spulen ersetzen.

[Lösung] Eine Sensorvorrichtung enthält: eine lineare Elektrodengruppe EL, die sich parallel erstreckt; eine Schleifenspulengruppe LCx, die die lineare Elektrodengruppe EL kreuzt; und eine Sensorsteuereinheit 31. Die Sensorsteuereinheit 31 ist konfiguriert, der Reihe nach wechselnde Magnetfelder von der linearen Elektrodengruppe EL zu exportieren, die Schleifenspulengruppe LCx zu verwenden, um ein wechselndes Magnetfeld zu detektieren, das von einem Indikator gemäß den wechselnden Magnetfeldern erzeugt wird, einen linearen Elektrodensatz, der einen Teil der linearen Elektrodengruppe EL enthält, basierend auf einem Detektionsergebnis zu bestimmen, einen Prozess zum Erzeugen wechselnder Magnetfelder in mindestens einem Teil des linearen Elektrodensatzes mehrere Male auszuführen, mehrere Ergebnswerte, die von mindestens dem Teil der Schleifenspulengruppe LCx detektiert werden, als ein Ergebnis der Ausführung zu verwenden, um eine zweidimensionale Position des Indikators abzuleiten, und den linearen Elektrodensatz gemäß der abgeleiteten zweidimensionalen Position zu aktualisieren.



Beschreibung

Dokument am Stand der Technik

Technisches Gebiet

Patentdokument

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Sensorvorrichtung, eine integrierte Schaltung und ein Verfahren zum Detektieren eines Indikators.

[0004] Patentliteratur 1: Japanisches Patent Nr. 6698386

Stand der Technik

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Technisches Problem

[0002] Ein elektromagnetisches Resonanzsystem (EMR-System) ist als ein System zum Detektieren einer Position eines elektromagnetischen Resonanzstifts in einer Bildschirmoberfläche eines Tablet-Endgeräts oder dergleichen bekannt. Das Tablet-Endgerät des EMR-System enthält einen Sensor (in der Folge als ein „EMR Sensor“ bezeichnet) zum Detektieren des Stifts, der in der Bildschirmoberfläche angeordnet ist, und eine Sensorsteuereinheit, die mit dem EMR-Sensor verbunden ist. Der EMR-Sensor enthält mehrere Tx-Spulen, die in einer y-Richtung aufgereiht und angeordnet sind, und mehrere Rx-Spulen, die in einer x-Richtung aufgereiht und angeordnet sind. Die Sensorsteuereinheit exportiert der Reihe nach wechselnde Magnetfelder von den mehreren Tx-Spulen und jedes Mal empfängt jede Rx-Spule ein Reflexionssignal (in der Folge als ein „Stiftsignal“ bezeichnet), das von dem elektromagnetischen Resonanzstift übertragen wird. Auf diese Weise detektiert die Sensorsteuereinheit die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts und empfängt Daten, die von dem elektromagnetischen Resonanzstift übertragen werden.

[0005] Übrigens muss ein Strom mit einer größeren Amplitude als ein Treibersignal zur Anzeige oder dergleichen an die Tx-Spule des EMR-Sensors angelegt werden, um ein Magnetfeld in einer erforderlichen Größe zu erzeugen. Wenn ein solcher großer Strom zu der linearen Elektrode geleitet wird, die die Tx-Spule ersetzt, steigt der Leistungsverbrauch, da Gleichstrom- (DC-) Widerstand der linearen Elektrode größer ist als jener der allgemeinen Tx-Spule. Daher ist eine Technik notwendig, die die Zunahme im Leistungsverbrauch verhindern kann, selbst wenn die linearen Elektroden die Tx-Spulen ersetzen.

[0006] Daher ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Sensorvorrichtung bereitzustellen, die eine Zunahme im Leistungsverbrauch verhindern kann, selbst wenn lineare Elektroden Tx-Spulen ersetzen.

[0007] Zusätzlich, wenn die wechselnden Magnetfelder unter Verwendung des Auswahlsignals erzeugt werden, um zwei lineare Elektroden auszuwählen, wobei der Strom von einem Ende zu dem anderen Ende einer der linearen Elektroden angelegt wird und derselbe Strom von dem anderen Ende zu einem Ende der anderen linearen Elektrode angelegt wird, wie in der Erfindung, die in Patentliteratur 1 beschrieben ist, erfolgt eine Phasenverschiebung zwischen den zwei linearen Elektroden. Infolgedessen wird Rauschen dem Magnetfeld überlagert, das von der Rx-Spule detektiert wird, und eine Verbesserung ist notwendig

[0003] Ein Beispiel des EMR-Sensors ist in Patentliteratur 1 offenbart. In dem EMR-Sensor, der in Patentliteratur 1 beschrieben ist, werden Treiberelektroden in einer Anzeigevorrichtung (lineare Elektroden, welchen Treibersignale zur Anzeige zugeleitet werden) als Tx-Spulen verwendet und Signalleitungen in der Anzeigevorrichtung (Drähte, welchen Bildsignale zugeleitet werden) werden als Rx-Spulen verwendet, um einen Preisanstieg zu unterdrücken. Erzeugung der wechselnden Magnetfelder durch die Treiberelektroden wird unter Verwendung eines Auswahlsignals durchgeführt, um zwei Treiberelektroden auszuwählen, wobei ein Strom von einem Ende zu einem anderen Ende einer der Treiberelektroden angelegt wird und derselbe Strom von einem anderen Ende zu einem Ende der anderen Treiberelektrode angelegt wird. In Patentliteratur 1 werden die Treiberelektroden und die Signalleitungen in der Anzeigevorrichtung auch als Berührungselektroden zum Detektieren eines Fingers durch ein Kapazitätssystem verwendet.

[0008] Demnach ist eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Sensorvorrichtung, eine integrierte Schaltung und ein Verfahren zum Detektieren eines Indikators bereitzustellen, die Rauschen verringern können, das einem Magnetfeld überlagert wird, das von einer Rx-Spule detektiert wird, wenn lineare Elektroden Tx-Spulen ersetzen.

Technische Lösung

[0009] Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung stellt eine Sensorvorrichtung bereit, die einen Indikator detektiert, wobei die Sensorvorrichtung eine lineare Elektrodengruppe, die sich parallel erstreckt, eine Detektionsspulengruppe, die die lineare Elektrodengruppe kreuzt, und eine integrierte Schaltung, die mit

der linearen Elektroden­gruppe und der Detek­tionsspu­len­gruppe ver­bun­den ist, ent­hält, in der die inte­grierte Schaltung kon­figu­riert ist, der Rei­he nach wech­selnde Mag­netfelder von der linearen Elektroden­gruppe zu ex­por­tie­ren, die Detek­tionsspu­len­gruppe zu ver­wen­den, um ein wech­selndes Mag­netfeld zu de­tek­tie­ren, das von dem In­di­ka­tor ge­mäß den wech­selnden Mag­netfeldern er­zeugt wird, und einen linearen Elektroden­satz, der Teil der linearen Elektroden­gruppe ent­hält, ba­sie­rend auf dem Detek­tionser­geb­nis zu be­stim­men, einen Pro­zess zum Ex­por­tie­ren wech­selnder Mag­netfelder von min­destens einem Teil des linearen Elektroden­satzes meh­rere Male aus­zu­füh­ren und meh­rere Er­geb­nis­werte, die von min­destens einem Teil der Detek­tionsspu­len­gruppe de­tek­tiert wer­den, als ein Er­geb­nis der Aus­füh­rung zu ver­wen­den, um eine zwei­dimen­sio­nale Po­si­tion des In­di­ka­tors abzuleiten, und den linearen Elektroden­satz ge­mäß der abgelei­te­ten zwei­dimen­sio­na­len Po­si­tion zu ak­tu­ali­sie­ren.

[0010] Der Aspekt der vor­lie­gen­den Er­fin­dung stellt eine inte­grierte Schaltung be­reit, die mit einer linearen Elektroden­gruppe, die sich pa­ra­llel erstreckt, und einer Detek­tionsspu­len­gruppe ver­bun­den ist, die die lineare Elektroden­gruppe kreuzt, wobei die inte­grierte Schaltung kon­figu­riert ist, einen In­di­ka­tor zu de­tek­tie­ren, wobei die inte­grierte Schaltung wei­ter kon­figu­riert ist, der Rei­he nach wech­selnde Mag­netfelder von der linearen Elektroden­gruppe zu ex­por­tie­ren, die Detek­tionsspu­len­gruppe zu ver­wen­den, um ein wech­selndes Mag­netfeld zu de­tek­tie­ren, das von dem In­di­ka­tor ge­mäß den wech­selnden Mag­netfeldern er­zeugt wird, und einen linearen Elektroden­satz, der einen Teil der linearen Elektroden­gruppe ent­hält, ba­sie­rend auf einem Detek­tionser­geb­nis zu be­stim­men, einen Pro­zess zum Ex­por­tie­ren wech­selnder Mag­netfelder von min­destens einem Teil des linearen Elektroden­satzes meh­rere Male aus­zu­füh­ren und meh­rere Er­geb­nis­werte, die von min­destens einem Teil der Detek­tionsspu­len­gruppe de­tek­tiert wer­den, als ein Er­geb­nis der Aus­füh­rung zu ver­wen­den, um eine zwei­dimen­sio­nale Po­si­tion des In­di­ka­tors abzuleiten, und den linearen Elektroden­satz ge­mäß der abgelei­te­ten zwei­dimen­sio­na­len Po­si­tion zu ak­tu­ali­sie­ren.

[0011] Der Aspekt der vor­lie­gen­den Er­fin­dung stellt ein Ver­fah­ren zum De­tek­tie­ren eines In­di­ka­tors unter Ver­wen­dung einer linearen Elektroden­gruppe, die sich pa­ra­llel erstreckt, und einer Detek­tionsspu­len­gruppe, die die lineare Elektroden­gruppe kreuzt, be­reit, wobei das Ver­fah­ren einen Schritt zum Ex­por­tie­ren, der Rei­he nach, wech­selnder Mag­netfelder von der linearen Elektroden­gruppe, Ver­wen­den der Detek­tionsspu­len­gruppe, um ein wech­selndes Mag­netfeld zu de­tek­tie­ren, das von dem In­di­ka­tor ge­mäß den wech­selnden Mag­netfeldern er­zeugt wird, und Be­stim­men eines linearen Elektroden­satzes, der einen Teil der linearen Elektroden­gruppe ent­hält,

ba­sie­rend auf einem Detek­tionser­geb­nis, einen Schritt zum Aus­füh­ren eines Pro­zesses zum meh­r­ma­li­gen Ex­por­tie­ren wech­selnder Mag­netfelder von min­destens einem Teil des linearen Elektroden­satzes und Ver­wen­den meh­rerer Er­geb­nis­werte, die von min­destens einem Teil der Detek­tionsspu­len­gruppe de­tek­tiert wer­den, als ein Er­geb­nis der Aus­füh­rung, um eine zwei­dimen­sio­nale Po­si­tion des In­di­ka­tors abzuleiten, und einen Schritt zum Ak­tu­ali­sie­ren des linearen Elektroden­satzes ge­mäß der abgelei­te­ten zwei­dimen­sio­na­len Po­si­tion ent­hält.

[0012] Ein an­de­rer Aspekt der vor­lie­gen­den Er­fin­dung stellt eine Sen­sorvor­rich­tung be­reit, die einen In­di­ka­tor de­tek­tiert, wobei die Sen­sorvor­rich­tung eine lineare Elektroden­gruppe, die sich pa­ra­llel erstreckt, eine Detek­tionsspu­len­gruppe, die die lineare Elektroden­gruppe kreuzt, und eine inte­grierte Schaltung, die mit der linearen Elektroden­gruppe und der Detek­tionsspu­len­gruppe ver­bun­den ist, ent­hält, in der die inte­grierte Schaltung kon­figu­riert ist, einen er­sten Wech­selstrom einem En­de in einer Längs­rich­tung von einer oder meh­reren er­sten linearen Elektroden in der linearen Elektroden­gruppe zu­zu­lei­ten und einen zwei­ten Wech­selstrom dem einen En­de in der Längs­rich­tung von einer oder meh­reren zwei­ten linearen Elektroden, die sich von den er­sten linearen Elektroden in der linearen Elektroden­gruppe un­ter­schei­den, zu­zu­lei­ten, und der erste Wech­selstrom und der zweite Wech­selstrom er­zeugt wer­den, um ein Ver­hält­nis zu er­füllen, dass Pha­sen von Zeitablei­ten­gen des er­sten Wech­selstroms und des zwei­ten Wech­selstroms ent­ge­gen­ge­setzt sind.

[0013] Der an­de­re Aspekt der vor­lie­gen­den Er­fin­dung stellt eine inte­grierte Schaltung be­reit, die mit einer linearen Elektroden­gruppe, die sich pa­ra­llel erstreckt, und einer Detek­tionsspu­len­gruppe, die die lineare Elektroden­gruppe kreuzt, ver­bun­den ist, wobei die inte­grierte Schaltung kon­figu­riert ist, einen In­di­ka­tor zu de­tek­tie­ren, wobei die inte­grierte Schaltung wei­ter kon­figu­riert ist, einen er­sten Wech­selstrom einem En­de in einer Längs­rich­tung von einer oder meh­reren er­sten linearen Elektroden in der linearen Elektroden­gruppe zu­zu­lei­ten und einen zwei­ten Wech­selstrom dem einen En­de in der Längs­rich­tung von einer oder meh­reren zwei­ten linearen Elektroden, die sich von der einen oder den meh­reren er­sten linearen Elektroden in der linearen Elektroden­gruppe un­ter­schei­den, zu­zu­lei­ten, in der der erste Wech­selstrom und der zweite Wech­selstrom er­zeugt wer­den, um ein Ver­hält­nis zu er­füllen, dass Pha­sen von Zeitablei­ten­gen des er­sten Wech­selstroms und des zwei­ten Wech­selstroms ent­ge­gen­ge­setzt sind.

[0014] Der an­de­re Aspekt der vor­lie­gen­den Er­fin­dung stellt ein Ver­fah­ren zum De­tek­tie­ren eines In­di­ka­tors unter Ver­wen­dung einer linearen Elektroden­gruppe, die sich pa­ra­llel erstreckt, und einer

Detektionsspulengruppe, die die lineare Elektroden-
gruppe kreuzt, bereit, wobei das Verfahren einen
Schritt zum Erzeugen eines ersten Wechselstroms
und eines zweiten Wechselstroms, sodass ein Ver-
hältnis erfüllt ist, dass Phasen von Zeitableitungen
des ersten Wechselstroms und des zweiten Wech-
selstroms entgegengesetzt sind, und einen Schritt
zum Zuleiten des ersten Wechselstroms zu einem
Ende in einer Längsrichtung von einer oder mehre-
ren ersten linearen Elektroden in der linearen Elekt-
roden-
gruppe und Zuleiten des zweiten Wechsel-
stroms zu einem Ende in der Längsrichtung von
einer oder mehreren zweiten linearen Elektroden,
die sich von der einen oder den mehreren ersten
linearen Elektroden in der linearen Elektroden-
gruppe unterscheiden, enthält.

Vorteilhafte Effekte

[0015] Gemäß der Sensorvorrichtung, der integrierten Schaltung und dem Verfahren zum Detektieren des Indikators des Aspekts der vorliegenden Erfindung, kann, sobald der lineare Elektrodenatz einmal spezifiziert ist, die zweidimensionale Position des Indikators durch Zuleiten des Stroms zu nur der vorbestimmten Anzahl von linearen Elektroden, die in dem linearen Elektrodenatz enthalten sind, abgeleitet werden. Daher kann die Zunahme im Leistungsverbrauch verhindert werden, selbst wenn die linearen Elektroden die Tx-Spulen ersetzen.

[0016] Gemäß der Sensorvorrichtung, der integrierten Schaltung und dem Verfahren zum Detektieren des Indikators des anderen Aspekts der vorliegenden Erfindung kann ein Auftreten der Phasenverschiebung zwischen zwei linearen Elektroden verhindert werden. Daher kann das Rauschen, das den Magnetfeldern überlagert wird, die von den Rx-Spulen detektiert werden, verringert werden, wenn die linearen Elektroden die Tx-Spulen ersetzen.

KURZE BESCHREIBUNG VON ZEICHNUNGEN

[Fig. 1] Fig. 1 ist ein Diagramm, das eine Konfiguration eines Positionsdetektionssystems 1 gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

[Fig. 2] Fig. 2 ist ein Diagramm, das eine interne Konfiguration einer Schalteinheit 30 veranschaulicht, die in Fig. 1 veranschaulicht ist.

[Fig. 3] Fig. 3 ist ein Diagramm, das einen Zustand der Schalteinheit 30 veranschaulicht, wenn eine Sensorsteuereinheit 31 die Position eines Fingers F detektiert.

[Fig. 4] Fig. 4 ist ein Diagramm, das einen Zustand der Schalteinheit 30 veranschaulicht, wenn die Sensorsteuereinheit 31 die Position eines elektromagnetischen Resonanzstifts P detektiert.

[Fig. 5] Fig. 5 ist ein Diagramm, das einen Zustand der Schalteinheit 30 veranschaulicht, wenn die Sensorsteuereinheit 31 die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P detektiert.

[Fig. 6] Fig. 6 ist ein Diagramm, das einen Zustand der Schalteinheit 30 veranschaulicht, wenn die Sensorsteuereinheit 31 die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P detektiert.

[Fig. 7] Fig. 7A ist ein Diagramm, das ein Verfahren zum Zuleiten von Wechselströmen zu linearen Elektroden EL gemäß der vorliegenden Ausführungsform veranschaulicht, und Fig. 7B ist ein Diagramm, das ein Verfahren zum Zuleiten des Wechselstroms gemäß einem Vergleichsbeispiel veranschaulicht.

[Fig. 8] Fig. 8A ist ein Diagramm, das ein Ergebnis einer Messung der Ströme veranschaulicht, die durch die linearen Elektroden EL in einem Untersuchungsbereich PA1 fließen, wie in Fig. 7A veranschaulicht, und Fig. 8B ist ein Diagramm, das ein Ergebnis einer Messung der Ströme veranschaulicht, die durch die linearen Elektroden EL in einem Untersuchungsbereich PA2 fließen, wie in Fig. 7B veranschaulicht.

[Fig. 9] Fig. 9A und 9B sind Diagramme, in welchen Ergebnisse einer Messung einer Phasendifferenz θ , einer Amplitude A und einer Amplitude B in dem Vergleichsbeispiel für einen Fall mehrerer verschiedener gesamt parasitärer Kapazitäten eingetragen sind.

[Fig. 10] Fig. 10A ist ein Diagramm, das Wellenformen verschiedener Signale veranschaulicht, die sich auf die vorliegende Ausführungsform beziehen, und Fig. 10B ist ein Diagramm, das ein Verfahren zum Zuleiten verschiedener Signale veranschaulicht, die sich auf das Vergleichsbeispiel beziehen.

[Fig. 11] Fig. 11 ist ein Diagramm, das ein Empfangssignal Rx beschreibt, das von einem Differentialverstärker 30i zu der Sensorsteuereinheit 31 geleitet wird.

[Fig. 12] Fig. 12 ist ein Diagramm, das das Empfangssignal Rx gemäß einem ersten Vergleichsbeispiel beschreibt.

[Fig. 13] Fig. 13 ist ein Diagramm, das das Empfangssignal Rx gemäß einem zweiten Vergleichsbeispiel beschreibt.

[Fig. 14] Fig. 14 ist ein Diagramm, das Ergebnisse einer Simulation von Pegeln des Stiftsignals veranschaulicht, das von Schleifenspulen LCx nahe einer Schleifenspule LCx_n empfangen wird, wenn der elektromagnetische Resonanzstift P auf der Schleifenspule LCx_n positioniert ist.

[Fig. 15] Fig. 15 ist ein Ablaufdiagramm, das einen gesamten Ablauf der Positionsdetektion des elektromagnetischen Resonanzstifts P veranschaulicht, die von der Sensorsteuereinheit 31 ausgeführt wird.

[Fig. 16] Fig. 16 ist ein Ablaufdiagramm, das den gesamten Ablauf der Positionsdetektion des elektromagnetischen Resonanzstifts P veranschaulicht, die von der Sensorsteuereinheit 31 ausgeführt wird.

[Fig. 17] Fig. 17 ist ein Ablaufdiagramm, das den gesamten Ablauf der Positionsdetektion des elektromagnetischen Resonanzstifts P veranschaulicht, die von der Sensorsteuereinheit 31 ausgeführt wird.

[Fig. 18] Fig. 18 ist ein Diagramm, das eine interne Konfiguration der Schalteinheit 30 veranschaulicht, die in einer Positionsdetektionsvorrichtung 3 angeordnet ist, die in dem Positionsdetektionssystem 1 gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthalten ist.

[Fig. 19] Fig. 19 ist ein Diagramm, das einen Zustand der Schalteinheit 30 veranschaulicht, wenn die Sensorsteuereinheit 31 die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P detektiert.

[Fig. 20] Fig. 20 ist ein Diagramm, das einen Zustand der Schalteinheit 30 veranschaulicht, wenn die Sensorsteuereinheit 31 die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P detektiert.

[Fig. 21] Fig. 21 ist ein Diagramm, das einen Zustand der Schalteinheit 30 veranschaulicht, wenn die Sensorsteuereinheit 31 die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P detektiert.

[Fig. 22] Fig. 22 ist ein Diagramm, das eine interne Konfiguration der Schalteinheit 30 veranschaulicht, die in der Positionsdetektionsvorrichtung 3 angeordnet ist, die in dem Positionsdetektionssystem 1 gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthalten ist.

[Fig. 23] Fig. 23 ist ein Diagramm, das einen Zustand der Schalteinheit 30 veranschaulicht, wenn die Sensorsteuereinheit 31 die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P detektiert.

[Fig. 24] Fig. 24 ist ein Diagramm, das einen Zustand der Schalteinheit 30 veranschaulicht, wenn die Sensorsteuereinheit 31 die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P detektiert.

[Fig. 25] Fig. 25 ist ein Diagramm, das einen Zustand der Schalteinheit 30 veranschaulicht, wenn die Sensorsteuereinheit 31 die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P detektiert.

[Fig. 26] Fig. 26(a) bis 26(c) sind Diagramme, die schematisch Verfahren zum Zuleiten der Wechselströme in Fig. 23 bis 25 veranschaulichen, und Fig. 26(d) bis 26(f) sind Diagramme, die äquivalente Schaltungen veranschaulichen, wenn die Verfahren, die in Fig. 26(a) bis 26(c) veranschaulicht sind, zum Zuleiten von Wechselströmen i_A und i_B zu sechs linearen Elektroden EL_m bis EL_{m+5} verwendet werden.

[Fig. 27] Fig. 27 ist ein Ablaufdiagramm, das einen gesamten Ablauf der Positionsdetektion des elektromagnetischen Resonanzstifts P veranschaulicht, die von der Sensorsteuereinheit 31 ausgeführt wird.

[Fig. 28] Fig. 28 ist ein Ablaufdiagramm, das den gesamten Ablauf der Positionsdetektion des elektromagnetischen Resonanzstifts P veranschaulicht, die von der Sensorsteuereinheit 31 ausgeführt wird.

[Fig. 29] Fig. 29 ist ein Ablaufdiagramm, das den gesamten Ablauf der Positionsdetektion des elektromagnetischen Resonanzstifts P veranschaulicht, die von der Sensorsteuereinheit 31 ausgeführt wird.

ARTEN ZUM AUSFÜHREN DER ERFINDUNG

[0017] In der Folge werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ausführlich unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben.

[0018] Fig. 1 ist ein Diagramm, das eine Konfiguration eines Positionsdetektionssystems 1 gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. Wie in Fig. 1 veranschaulicht ist, enthält das Positionsdetektionssystem 1 einen elektromagnetischen Resonanzstift P und eine Positionsdetektionsvorrichtung 3. Von diesen ist der elektromagnetische Resonanzstift P ein Stift (Indikator), der einer Positionsdetektion basierend auf dem EMR-System entspricht, und der elektromagnetische Resonanzstift P enthält eine Resonanzschaltung, die eine Spule und einen Kondensator im Inneren enthält

[0019] Die Positionsdetektionsvorrichtung 3 ist eine Vorrichtung (Sensorvorrichtung), die der Positionsdetektion des elektromagnetischen Resonanzstifts P basierend auf dem EMR-System entspricht, und die Positionsdetektionsvorrichtung 3 enthält mehrere Schleifenspulen LCx (Detektionsspulengruppe), mehrere lineare Elektroden EL (lineare Elektroden-

gruppe), eine Schalteinheit 30, eine Sensorsteuereinheit 31 und einen Host-Prozessor 32. Obwohl typische Beispiele der Positionsdetektionsvorrichtung 3 ein Tablet-Endgerät und einen Laptop enthalten, bei welchen eine Anzeigefläche als die Berührungsfläche dient, kann die Positionsdetektionsvorrichtung 3 ein Digitalisierer oder dergleichen sein, der die Anzeigefläche nicht enthält.

[0020] Veranschaulichte x- und y-Richtungen sind Richtungen in der Berührungsfläche und die x- und y-Richtungen sind orthogonal zueinander. Die mehreren Schleifenspulen LCx sind so gebildet, dass sie sich in der y-Richtung (ersten Richtung) erstrecken und in der x-Richtung (zweiten Richtung) aufgereiht und angeordnet sind. Andererseits sind die mehreren linearen Elektroden EL so gebildet, dass sie sich in der x-Richtung erstrecken und in der y-Richtung aufgereiht und angeordnet sind. Jede der Schleifenspulen LCx und jede der linearen Elektroden EL ist mit der Schalteinheit 30 an beiden Enden verbunden.

[0021] Die Schalteinheit 30 ist ein Satz von Schaltern, der mehrere Schalter zum Umschalten der wechselseitigen Verbindungen der mehreren Schleifenspulen LCx und Umschalten der Verbindungen zwischen den mehreren Schleifenspulen LCx und den mehreren linearen Elektroden EL und der Sensorsteuereinheit 31 enthält. Die Schalteinheit 30 kann in einer dedizierten Leiterplatte oder integrierter Schaltung bereitgestellt sein oder kann in derselben integrierten Schaltung wie die Sensorsteuereinheit 31 bereitgestellt sein. Der Schaltzustand der Schalteinheit 30 wird von der Sensorsteuereinheit 31 gesteuert.

[0022] Fig. 2 ist ein Diagramm, das eine interne Konfiguration der Schalteinheit 30 veranschaulicht. Der Einfachheit wegen veranschaulicht Fig. 2 nur fünf Schleifenspulen LCx und fünf lineare Elektroden EL (Schleifenspulen LCx_{n-2} bis LCx_{n+2} und lineare Elektroden EL_{m-2} bis EL_{m+2}). Dies ist auch in Fig. 3 bis 6 und Fig. 18 bis 21 ähnlich, die später beschrieben werden. Wie in Fig. 2 veranschaulicht, enthält die Schalteinheit 30 fünf Arten von Schaltern 30a bis 30f, eine Treiberschaltung 30g, eine Verdrahtungseinheit 30h, einen Differentialverstärker 30i, und einen Operationsverstärker 30j.

[0023] Der Schalter 30a ist konfiguriert, mehreren linearen Elektroden EL einen Wechselstrom Tx_EMR zum Erzeugen eines wechselnden Magnetfelds auf der Berührungsfläche zuzuleiten, und der Schalter 30a enthält vier Eingangsstifte, die mit der Treiberschaltung 30g verbunden sind, und Ausgangsstifte, die den linearen Elektroden EL entsprechen. Jeder Ausgangsstift ist mit einem Ende der entsprechenden linearen Elektrode EL in der x-Rich-

tung (Längsrichtung) verbunden. Der Schalter 30a spielt eine Rolle beim Verbinden jedes Eingangsstifts mit einem der Ausgangsstifte gemäß der Steuerung der Sensorsteuereinheit 31.

[0024] Die Treiberschaltung 30g ist eine Schaltung, die Wechselströme i_A und i_B (siehe Fig. 4 bis 6) gemäß dem Wechselstrom Tx_EMR erzeugt, der von der Sensorsteuereinheit 31 zugeleitet wird und der die Wechselströme i_A und i_B durch den Schalter 30a zu den linearen Elektroden EL leitet. Die Treiberschaltung 30g ist konfiguriert, den Wechselstrom i_A (ersten Wechselstrom) zu zwei der vier Eingangsstifte des Schalters 30a zu leiten und den Wechselstrom i_B (zweiten Wechselstrom) zu den anderen zwei zu leiten.

[0025] Der Wechselstrom i_A ist zum Beispiel ein Strom, der unter Verwendung einer Pufferschaltung zum Verstärken des Wechselstroms Tx_EMR erzeugt wird. Andererseits ist der Wechselstrom i_B ein Strom, der erzeugt wird, um ein Verhältnis zu erfüllen, dass die Phasen der Zeitableitungen der Wechselströme i_A und i_B entgegengesetzt sind. Das Verhältnis kann durch eine Formel wie in der folgenden Gleichung (1) ausgedrückt werden. Es kann behauptet werden, dass das Verhältnis von Gleichung (1) ein Verhältnis ist, dass der Wechselstrom i_B mit einer Zunahme im Wechselstrom i_A abnimmt und dass der Wechselstrom i_B mit einer Abnahme im Wechselstrom i_A zunimmt. Es kann auch behauptet werden, dass das Verhältnis von Gleichung (1) ein Verhältnis ist, dass das Potential an einem Ende in Bezug zu dem anderen Ende in der Längsrichtung jeder der einen oder mehreren linearen Elektroden EL, welchen Wechselstrom i_B zugeleitet wird, mit einer Zunahme in dem Potential an dem anderen Ende in Bezug zu dem einem Ende in der Längsrichtung jeder der einen oder mehreren linearen Elektroden EL, welchen Wechselstrom i_A zugeleitet wird, zunimmt.

[Math. 1]

$$\frac{di_A(t)}{dt} = -\frac{di_B(t)}{dt} \quad (1)$$

[0026] Ein typischer Wechselstrom i_B, der das Verhältnis von Gleichung (1) erfüllt, ist durch die folgende Gleichung (2) dargestellt. Hier ist A eine beliebige Konstante. Wenn A = 0, ist der Wechselstrom i_B ein umgekehrtes Signal des Wechselstroms i_A. In diesem Fall sind die Vorzeichen des Wechselstroms i_A und des Wechselstroms i_B unterschiedlich. Andererseits, wenn A größer als der Maximalwert des Wechselstroms i_A ist, sind der Wechselstrom i_A und der Wechselstrom i_B Ströme mit demselben Vorzeichen und unterschiedlichen Pegeln. Es ist zu beachten, dass das umgekehrte Signal des Wechselstroms i_A zum Beispiel unter Verwendung einer umkehrenden Pufferschaltung erzeugt werden kann. Fig. 2

veranschaulicht ein Beispiel einer Verwendung der umkehrenden Pufferschaltung.

[Math. 2]

$$i_B(t) = -i_A(t) + A \quad (2)$$

[0027] Es ist bevorzugt, dass das Potential an dem anderen Ende jeder der linearen Elektroden EL, welchen die Wechselströme i_A und i_B zugeleitet werden, ein Potential an dem Mittelpunkt des Potentials, das an einem Ende der linearen Elektrode EL erzeugt wird, der der Wechselstrom i_A zugeleitet wird, und des Potentials, das an einem Ende der linearen Elektrode EL erzeugt wird, der der Wechselstrom i_B zugeleitet wird, ist. Wenn $A = 0$, ist das Potential 0 (das heißt, Massepotential).

[0028] Der Schalter 30b ist konfiguriert, den mehreren linearen Elektroden EL ein Berührungsdetektionssignal Tx_TP zum Detektieren der Position eines Fingers F zuzuleiten, und ein Satz aus einem Eingangsstift und einem Ausgangsstift ist für jede lineare Elektrode EL bereitgestellt. Das Berührungsdetektionssignal Tx_TP wird von der Sensorsteuereinheit 31 zu jedem Eingangsstift geleitet. Jeder Ausgangsstift ist mit der entsprechenden linearen Elektrode EL verbunden. Der Schalter 30b spielt eine Rolle beim Verbinden jedes Eingangsstifts mit dem entsprechenden Ausgangsstift gemäß der Steuerung der Sensorsteuereinheit 31.

[0029] Der Schalter 30f ist konfiguriert, eine Umschaltung zwischen einem Zustand, in dem das andere Ende der linearen Elektrode EL in der x-Richtung (Längsrichtung) mit dem Potential am Mittelpunkt verbunden ist, und einem potentialfreien Zustand vorzunehmen, in dem das andere Ende mit nichts verbunden ist. **Fig. 2** veranschaulicht einen Fall, in dem das Potential am Mittelpunkt das Massepotential ist und ein Satz aus einem Eingangsstift und einem Massestift für jede lineare Elektrode EL in diesem Fall in dem Schalter 30f bereitgestellt ist, wie in **Fig. 2** veranschaulicht. In der Folge wird die Beschreibung basierend auf der Annahme fortgesetzt, dass das Potential am Mittelpunkt das Massepotential ist.

[0030] Jeder Eingangsstift des Schalters 30f ist mit dem anderen Ende der entsprechenden linearen Elektrode EL in der x-Richtung (Längsrichtung) verbunden. Andererseits ist jeder Massestift des Schalters 30f mit einem Massenende verbunden, dem das Massepotential zugeleitet wird. Der Schalter 30f ist bereitgestellt, da, während bevorzugt ist, dass dem anderen Ende jeder linearen Elektrode EL in der x-Richtung das Massepotential wie oben beschrieben zugeleitet wird, wenn die Sensorsteuereinheit 31 die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P detektiert, das andere Ende jeder linearen Elektrode EL in der x-Richtung im potentialfreien Zustand sein

muss, wenn die Sensorsteuereinheit 31 die Position des Fingers F detektiert. Der Schalter 30f spielt eine Rolle beim Umschalten des Verbindungszustands zwischen jedem Eingangsstift und dem entsprechenden Massestift gemäß der Steuerung der Sensorsteuereinheit 31.

[0031] Die Schalter 30c bis 30e und die Verdrahtungseinheit 30h sind konfiguriert, ein Stiftsignal, das von jeder Schleifenspule LCx empfangen wird (Signal, das durch das wechselnde Magnetfeld angegeben ist, das von dem elektromagnetischen Resonanzstift P gemäß dem wechselnden Magnetfeld erzeugt wird, das durch den Wechselstrom Tx_EMR erzeugt wird), dem Differentialverstärker 30i zuzuleiten und das Berührungsdetektionssignal Tx_TP, das von jeder Schleifenspule LCx empfangen wird, dem Operationsverstärker 30j zuzuleiten.

[0032] Insbesondere enthält zuerst der Schalter 30c Eingangsstifte, die den Endabschnitten der Schleifenspulen LCx entsprechen, und vier Ausgangsstifte sind jeweils für jeden Eingangsstift bereitgestellt. Der Schalter 30c spielt eine Rolle beim Verbinden jedes Eingangsstifts mit einem der vier entsprechenden Ausgangsstifte gemäß der Steuerung der Sensorsteuereinheit 31.

[0033] Die Verdrahtungseinheit 30h enthält vier Drähte L1 bis L4. Die vier Ausgangsstifte für jeden Eingangsstift des Schalters 30c entsprechen den vier Drähten L1 bis L4 und die vier Ausgangsstifte sind jeweils mit den entsprechenden Drähten verbunden.

[0034] Der Schalter 30d ist ein Schalter, der den Draht L1 mit einem nicht-umkehrenden Eingangsanschluss des Differentialverstärkers 30i verbindet und den Draht L2 mit einem umkehrenden Eingangsanschluss des Differentialverstärkers 30i gemäß der Steuerung der Sensorsteuereinheit 31 verbindet. Der Schalter 30e ist ein Schalter, der den Draht L4 mit einem Eingangsanschluss des Operationsverstärkers 30j gemäß der Steuerung der Sensorsteuereinheit 31 verbindet. Der Anfangszustand der Schalter 30d und 30e ist Aus (nicht verbundener Zustand).

[0035] Der Differentialverstärker 30i ist eine Schaltung, die eine Spannungsdifferenz zwischen dem nicht-umkehrenden Eingangsanschluss, der mit dem Draht L1 verbunden ist, und dem umkehrenden Eingangsanschluss, der mit dem Draht L2 verbunden ist, verstärkt, um ein Empfangssignal Rx_EMR zu erzeugen, und der Differentialverstärker 30i bildet gemeinsam mit der Sensorsteuereinheit 31 eine Empfangsschaltung des Stiftsignals. Zusätzlich ist der Operationsverstärker 30j eine Schaltung, die eine Spannungsdifferenz zwischen dem Eingangsanschluss und dem Masseanschluss verstärkt, um ein Empfangssignal Rx_TP des Kapazitätssystems

zu erzeugen, und der Operationsverstärker 30j bildet gemeinsam mit der Sensorsteuereinheit 31 eine Empfangsschaltung des Berührungsdetektionssignals Tx_TP. Der Eingangsanschluss des Operationsverstärkers 30j ist mit dem Draht L4 der Verdrahtungseinheit 30h durch den Schalter 30e verbunden und infolgedessen ist das Empfangssignal Rx_TP ein Signal, das durch Verstärken des Signals erhalten wird, das in dem Draht L4 erscheint. Der Operationsverstärker 30j ist mit einem Parallelkondensator zum Entfernen von Hochfrequenzrauschen bereitgestellt. Sowohl das Empfangssignal Rx_EMR, das von dem Differentialverstärker 30i erzeugt wird, als auch das Empfangssignal Rx_TP, das von dem Operationsverstärker 30j erzeugt wird, werden zu der Sensorsteuereinheit 31 geleitet.

[0036] Fig. 1 wird näher beschrieben. Die Sensorsteuereinheit 31 ist eine integrierte Schaltung mit einer Funktion zum Verwenden des EMR-Systems zum Detektieren der Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P in der Berührungsfläche und einer Funktion zum Verwenden des Kapazitätssystems zum Detektieren der Position des Fingers F auf der Berührungsfläche. Im Verhältnis zu dem elektromagnetischen Resonanzstift P hat die Sensorsteuereinheit 31 auch eine Funktion zum Demodulieren des Stiftsignals, das von dem elektromagnetischen Resonanzstift P übertragen wird, um die Daten zu erheben, die von dem elektromagnetischen Resonanzstift P übertragen werden. Die Detektion der Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P und die Erhebung der Daten von dem elektromagnetischen Resonanzstift P und die Detektion der Position des Fingers F werden in Zeitreihen ausgeführt. Die Sensorsteuereinheit 31 ist konfiguriert, die detektierte Position und die erhobenen Daten der Reihe nach zu dem Host-Prozessor 32 zu übertragen.

[0037] Der Host-Prozessor 32 verwendet die Position und die Daten, die von der Sensorsteuereinheit 31 zugeleitet werden, um Prozesse wie Bewegen des Cursors, der auf der Anzeigefläche angezeigt wird, und Erzeugen von Strichdaten, die die Bewegungsbahn des elektromagnetischen Resonanzstifts P oder des Fingers in der Berührungsfläche angeben, auszuführen. Von diesem führt, in Hinblick auf die Strichdaten, der Host-Prozessor 32 auch einen Prozess zum Wiedergeben und Anzeigen der erzeugten Strichdaten, einen Prozess zum Erzeugen und Aufzeichnen digitaler Tinte, enthaltend die erzeugten Strichdaten, einen Prozess zum Übertragen der erzeugten digitalen Tinte zu einer externen Einrichtung gemäß der Anweisung vom Benutzer und dergleichen aus.

[0038] In der Folge werden die Prozesse zum Detektieren der Positionen des elektromagnetischen Resonanzstifts P und des Fingers F, die von der Sen-

sorsteuereinheit 31 ausgeführt werden, genauer unter Bezugnahme auf Fig. 3 bis 6 beschrieben.

[0039] Zunächst ist Fig. 3 ein Diagramm, das einen Zustand der Schalteinheit 30 veranschaulicht, wenn die Sensorsteuereinheit 31 gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Position des Fingers F detektiert. Wie in Fig. 3 veranschaulicht, steuert die Sensorsteuereinheit 31 in diesem Fall den Schalter 30b, um die Eingangsstifte und die entsprechenden Ausgangsstifte zu verbinden. Infolgedessen wird das Berührungsdetektionssignal Tx_TP von der Sensorsteuereinheit 31 einem Ende jeder linearen Elektrode EL in der x-Richtung zugeleitet. Zusätzlich steuert die Sensorsteuereinheit 31 den Schalter 30f, um die Eingangsstifte von den entsprechenden Massestiften zu trennen, um das andere Ende jeder linearen Elektrode EL in der x-Richtung in den potentialfreien Zustand zu bringen.

[0040] Der genaue Inhalt des Berührungsdetektionssignals Tx_TP, das von der Sensorsteuereinheit 31 erzeugt wird, kann durch eine Matrix A dargestellt werden, die in der folgenden Gleichung (3) veranschaulicht ist. Die Matrix A ist eine quadratische Matrix, die mehrere Reihen enthält, die Eins zu Eins den mehreren linearen Elektroden EL entsprechen. Die linke Seite eines tiefgestellten Zeichens, das jedem Element (wie A_{11}) der Matrix A hinzugefügt ist, gibt die Reihenfolge einer Ausgabe von der Sensorsteuereinheit 31 an und die rechte Seite gibt eine Seriennummer der linearen Elektrode EL an. M ist eine Gesamtzahl der linearen Elektroden EL. Ein spezifischer Wert jedes Elements ist entweder „1“ oder „-1“. Obwohl bevorzugt ist, dass die Matrix A eine orthogonale Matrix ist, kann die Matrix A keine orthogonale Matrix sein.

[Math. 3]

$$A = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{21} & A_{31} & \cdots & A_{M1} \\ A_{12} & A_{22} & A_{32} & \cdots & A_{M2} \\ A_{13} & A_{23} & A_{33} & \cdots & A_{M3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ A_{1M} & A_{2M} & A_{3M} & \cdots & A_{MM} \end{pmatrix} \quad (3)$$

[0041] Die Sensorsteuereinheit 31 erzeugt das Berührungsdetektionssignal Tx_TP für jede Spalte der Matrix A und leitet das Berührungsdetektionssignal Tx_TP zu jeder linearen Elektrode EL. Das Berührungsdetektionssignal Tx_TP ist in einem typischen Beispiel ein binäres Pulssignal, das hoch ist, wenn das entsprechende Element der Matrix A 1 ist, und das nieder ist, wenn das Element 1 ist. In der Folge wird das Berührungsdetektionssignal Tx_TP, das einer Spalte der Matrix A entspricht, als ein „Teil-Berührungsdetektionssignal Tx_TP“ bezeichnet.

[0042] Während die Sensorsteuereinheit 31 ein Teil-Berührungsdetektionssignal Tx_TP jeder linearen Elektrode EL zuleitet, hält die Sensorsteuereinheit 31 den Schalter 30e in dem Verbindungszustand und führt einen Prozess zum Verbinden der Schleifenspulen LCx der Reihe nach mit dem Operationsverstärker 30j aus. Insbesondere steuert die Sensorsteuereinheit 31 den Schalter 30c, um die Schleifenspulen LCx der Reihe nach mit dem Draht L4 an beiden Enden zu verbinden. Es ist zu beachten, dass **Fig. 3** ein Beispiel eines Falls veranschaulicht, in dem die Schleifenspule LCx_n mit dem Draht L4 verbunden ist.

[0043] Hier ist die Kapazität, die zwischen einer m-ten linearen Elektrode EL_m und einer n-ten Schleifenspule LCx_n gebildet wird, durch C_{mn} dargestellt. Wenn das Teil-Berührungsdetektionssignal Tx_TP, das der x-ten Spalte der Matrix A entspricht, jeder linearen Elektrode EL zugeleitet wird und die n-te Schleifenspule LCx_n mit dem Operationsverstärker 30j verbunden ist, hat das Empfangssignal Rx_TP, das von dem Operationsverstärker 30j zu der Sensorsteuereinheit 31 geleitet wird, einen Wert, der in der folgenden Gleichung (4) veranschaulicht ist.

$$(A_{x1} \ A_{x2} \ A_{x3} \ \cdots \ A_{xM}) \begin{pmatrix} C_{1n} \\ C_{2n} \\ C_{3n} \\ \vdots \\ C_{Mn} \end{pmatrix} \quad (4)$$

[0044] Daher ist das Empfangssignal Rx_TP, das als Ganzes, für die n-te Schleifenspule LCx_n erhalten wird, während das Teil-Berührungsdetektionssignal Tx_TP, das jeder Spalte der Matrix A entspricht, zugeleitet wird, durch einen Vektor b dargestellt, der in der folgenden Gleichung (5) veranschaulicht ist.

$$b = A \begin{pmatrix} C_{1n} \\ C_{2n} \\ C_{3n} \\ \vdots \\ C_{Mn} \end{pmatrix} \quad (5)$$

[0045] Die Sensorsteuereinheit 31 führt eine Berechnung an dem Vektor b durch, wie an der linken Seite der folgenden Gleichung (6) veranschaulicht, um die Kapazität C_{mn} jeder linearen Elektrode EL zu trennen und zu erheben. Hier ist eine Matrix A⁻¹, die in Gleichung (6) veranschaulicht ist, eine inverse Matrix der Matrix A. Wie auch in Gleichung (6) veranschaulicht ist, wird eine Identitätsmatrix I durch Multiplizieren der Matrix A mit der Matrix A⁻¹ erhalten. Daher kann die Sensorsteuereinheit 31 die Berechnung durchführen, um die Kapazität C_{mn} an dem

Schnittpunkt der n-ten Schleifenspule LCx_n und jeder linearen Elektrode EL_m zu trennen und zu erheben, wie an der rechten Seite von Gleichung (6) veranschaulicht.

[Math. 6]

$$A^{-1}b = A^{-1}A \begin{pmatrix} C_{1n} \\ C_{2n} \\ C_{3n} \\ \vdots \\ C_{Mn} \end{pmatrix} = I \begin{pmatrix} C_{1n} \\ C_{2n} \\ C_{3n} \\ \vdots \\ C_{Mn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{1n} \\ C_{2n} \\ C_{3n} \\ \vdots \\ C_{Mn} \end{pmatrix} \quad (6)$$

[0046] Die Sensorsteuereinheit 31 führt eine Berechnung ähnlich Gleichung (6) an jeder Schleifenspule LCx aus, um die Kapazität C_{mn} an jedem Schnittpunkt der linearen Elektrode EL und der Schleifenspule LCx abzuleiten. Die Sensorsteuereinheit 31 leitet dann die Position (zweidimensionale Position) des Fingers F basierend auf der Verteilung der abgeleiteten Kapazität C_{mn} in der Berührungsfläche ab. Insbesondere kann die Sensorsteuereinheit 31 die Position, die dem Scheitelpunkt der Verteilung entspricht, als die Position des Fingers F ableiten.

[0047] Anschließend sind **Fig. 4** bis **6** Diagramme, die einen Zustand der Schalteinheit 30 veranschaulichen, wenn die Sensorsteuereinheit 31 die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P detektiert. Wie in **Fig. 4** bis **6** veranschaulicht, steuert die Sensorsteuereinheit 31 den Schalter 30a, um den Wechselstrom i_A zu zwei linearen Elektroden EL_{m-1} und EL_{m-2} (erste linearen Elektroden) zu leiten, die an einer Seite nebeneinander liegen, und den Wechselstrom i_B zu zwei linearen Elektroden EL_{m+1} und EL_{m+2} (zweite linearen Elektroden), die an der anderen Seite nebeneinander liegen, über eine lineare Elektrode EL_m zu leiten. Zusätzlich steuert die Sensorsteuereinheit 31 den Schalter 30f, um jeden Eingangsstift mit dem entsprechenden Massestift zu verbinden, um das andere Ende jeder linearen Elektrode EL in der x-Richtung in den geerdeten Zustand zu bringen.

[0048] Infolge der Steuerung wird eine Pseudospule um die lineare Elektrode EL_m gebildet und ein wechselndes Magnetfeld wird auf der Berührungsfläche erzeugt (insbesondere über der linearen Elektrode EL_m). In der Folge wird die Erzeugung des wechselnden Magnetfelds als „Export des wechselnden Magnetfelds von der linearen Elektrode EL_m“ bezeichnet. Die Sensorsteuereinheit 31 ist konfiguriert, als die lineare Elektrode EL_m die linearen Elektroden EL ausschließlich vier linearen Elektroden EL, die an beiden Enden der gesamten linearen Elektroden EL positioniert sind, der Reihe nach einzustellen und einen ähnlichen Prozess auszuführen, um dadurch ähnliche wechselnde Magnetfelder der Reihe nach von den linearen Elektroden EL zu exportieren.

[0049] Es ist zu beachten, dass bevorzugt ist, die vier linearen Elektroden EL, die von der Ausführung des Prozesses ausgeschlossen sind, an Positionen außerhalb der Berührungsfläche anzuordnen, sodass die Positionsdetektion des elektromagnetischen Resonanzstifts P auf der gesamten Berührungsfläche durchgeführt werden kann. Zusätzlich, obwohl die Wechselströme an zwei lineare Elektroden EL an beiden Seiten der linearen Elektroden EL_m angelegt werden, von welchen die wechselnden Magnetfelder in der vorliegenden Ausführungsform exportiert werden, ist nur notwendig, die Wechselströme an eine oder mehrere einer vorbestimmten Anzahl von linearen Elektroden EL an jeder Seite anzulegen. Zum Beispiel können die Wechselströme an eine lineare Elektrode EL an beiden Seiten angelegt werden oder können an drei oder mehr lineare Elektroden EL an beiden Seiten angelegt werden.

[0050] Wie aus der Beschreibung von **Fig. 4** bis **6** hervorgeht, ist die Treiberschaltung an einer Stirnseite der linearen Elektroden EL in der Längsrichtung angeordnet und beide Wechselströme i_A und i_B werden einem Ende (Endabschnitte derselben Seite) der linearen Elektroden EL in der x-Richtung (Längsrichtung) zugeleitet. In der Folge wird ein vorteilhafter Effekt, der durch Übernehmen der Konfiguration erhalten wird, ausführlich, auch unter Bezugnahme auf ein Vergleichsbeispiel, beschrieben.

[0051] **Fig. 7A** ist ein Diagramm, das das Verfahren zum Zuleiten der Wechselströme zu den linearen Elektroden EL in der vorliegenden Ausführungsform veranschaulicht, und **Fig. 7B** ist ein Diagramm, das ein Verfahren zum Zuleiten der Wechselströme in einem Vergleichsbeispiel veranschaulicht. Zunächst, wie in **Fig. 7A** veranschaulicht, wird in der vorliegenden Ausführungsform der Wechselstrom i_A den einen Enden der linearen Elektroden EL_{m-1} und EL_{m-2} in der Längsrichtung zugeleitet und der Wechselstrom i_B wird den einen Enden der linearen Elektroden EL_{m+1} und EL_{m+2} in der Längsrichtung zugeleitet. Andererseits wird in dem Vergleichsbeispiel der Wechselstrom i_A den einen Enden der linearen Elektroden EL_{m-1} und EL_{m-2} in der Längsrichtung zugeleitet und der Wechselstrom i_A wird den anderen Enden der linearen Elektroden EL_{m+1} und EL_{m+2} in der Längsrichtung zugeleitet, wie in **Fig. 7B** veranschaulicht. Das Verfahren zum Zuleiten der Wechselströme, das in dem Vergleichsbeispiel veranschaulicht ist, ist zum Beispiel in Patentliteratur 1 beschrieben.

[0052] **Fig. 8A** ist ein Diagramm, das ein Ergebnis einer Messung der Ströme veranschaulicht, die durch die linearen Elektroden EL in einem Untersuchungsbereich PA1 fließen, wie in **Fig. 7A** veranschaulicht, und **Fig. 8B** ist ein Diagramm, das ein Ergebnis einer Messung der Ströme veranschaulicht, die durch die linearen Elektroden EL in einem

Untersuchungsbereich PA2 fließen, wie in **Fig. 7B** veranschaulicht. In **Fig. 8A** und **8B** gibt die horizontale Achse Zeit an und die vertikale Achse gibt Stromwert an. Es ist zu beachten, dass **Fig. 8A** und **8B**, nach Umkehr des Stroms gezeichnet sind, der bei den linearen Elektroden EL_{m+1} und EL_{m+2} gemessen wird. Zusätzlich veranschaulichen **Fig. 8A** und **8B** einen Fall, in dem die parasitäre Kapazität (in der Folge als „gesamte parasitäre Kapazität bezeichnet“) der Strompfade der linearen Elektroden EL 1800 pF ist.

[0053] Das wechselnde Magnetfeld kann am effizientesten von der linearen Elektrode EL_m exportiert werden, wenn die Amplitude (Amplitude A, veranschaulicht in **Fig. 8B**) des Stroms, der durch die linearen Elektroden EL_{m-1} und EL_{m-2} fließt, gleich der Amplitude (Amplitude B, veranschaulicht in **Fig. 8B**) des Stroms ist, der durch die linearen Elektroden EL_{m+1} und EL_{m+2} fließt, und die Phasendifferenz (Phasendifferenz θ , veranschaulicht in **Fig. 8B**) zwischen dem Strom, der durch die linearen Elektroden EL_{m-1} und EL_{m-2} fließt, und den umgekehrten Signal des Stroms, der durch die linearen Elektroden EL_{m+1} und EL_{m+2} fließt, 0° ist. In dieser Hinsicht, wie aus **Fig. 8A** hervorgeht, kann behauptet werden, dass der ideale Zustand im Sinne einer Exporteffizienz der wechselnden Magnetfelder erreicht wird, da $A = B$ und $\theta = 0^\circ$ in der vorliegenden Ausführungsform gelten. Andererseits, wie in **Fig. 8B** veranschaulicht, gelten $A \neq B$ und $\theta \neq 0^\circ$ (insbesondere ungefähr 32°) in dem Vergleichsbeispiel. Daher kann behauptet werden, dass die wechselnden Magnetfelder von den linearen Elektroden EL_m in der vorliegenden Ausführungsform effizienter exportiert werden können als in dem Vergleichsbeispiel.

[0054] **Fig. 9A** und **9B** sind Diagramme, in welchen Ergebnisse einer Messung der Phasendifferenz θ , der Amplitude A und der Amplitude B in dem Vergleichsbeispiel für einen Fall mehrerer unterschiedlicher gesamter parasitärer Kapazitäten eingetragen sind. Die horizontale Achse von **Fig. 9A** und **9B** gibt die gesamte parasitäre Kapazität an. Die vertikale Achse von **Fig. 9A** gibt die Phasendifferenz θ an und die vertikale Achse von **Fig. 9B** gibt numerische Werte an, die Amplitude B/Amplitude A in Prozent ausdrücken. Wie aus **Fig. 9A** und **9B** hervorgeht, wird, je größer die gesamte parasitäre Kapazität ist, das Vergleichsbeispiel umso mehr von dem idealen Zustand verschoben. Daher kann behauptet werden, dass die Strompfade so gestaltet werden müssen, dass die gesamte parasitäre Kapazität verringert wird, wenn das Vergleichsbeispiel übernommen wird. Andererseits kann der ideale Zustand wie in **Fig. 8A** in der vorliegenden Ausführungsform unabhängig von der gesamten parasitären Kapazität erhalten werden und es gibt keine bestimmte Notwendigkeit, die Strompfade so zu gestalten, dass die gesamte parasitäre Kapazität verringert wird.

Daher kann gemäß der vorliegenden Ausführungsform auch ein vorteilhafter Effekt zum Erleichtern des Schaltungsdesigns im Vergleich zu dem Vergleichsbeispiel erhalten werden.

[0055] Fig. 10A ist ein Diagramm, das Wellenformen verschiedener Signale veranschaulicht, die sich auf die vorliegende Ausführungsform beziehen, und Fig. 10B ist ein Diagramm, das ein Verfahren zum Zuleiten verschiedener Signale veranschaulicht, die sich auf das Vergleichsbeispiel beziehen. Fig. 10A und 10B veranschaulichen eine Wellenform des Stroms, der durch die linearen Elektroden EL_{m-1} und EL_{m-2} fließt, eine Wellenform des Stroms, der durch die linearen Elektroden EL_{m+1} und EL_{m+2} fließt, eine Wellenform (resonante Stiftwellenform) der Spannung (Stiftsignal), die im Inneren des elektromagnetischen Resonanzstifts P erzeugt wird, und eine Wellenform des Empfangssignals Rx_EMR, das von der Schleifenspule LCx detektiert wird, die dem elektromagnetischen Resonanzstift P am nächsten ist.

[0056] Zunächst geht aus Fig. 10B hervor, dass, während die Sensorsteuereinheit 31 den Wechselstrom i_A zu der linearen Elektrode EL leitet (veranschaulicht als „Exportperiode des wechselnden Magnetfelds“), das Stiftsignal im Inneren des elektromagnetischen Resonanzstifts P erzeugt wird und eine Wellenform ähnlich dem Wechselstrom i_A , der in der linearen Elektrode EL erzeugt wird, in dem Empfangssignal Rx_EMR erscheint. Die Wellenform des Empfangssignals Rx_EMR wird durch Überlagerung eines Spannungssignals, das in der Schleifenspule LCx durch das wechselnde Magnetfeld induziert wird, das von der linearen Elektrode EL exportiert wird, auf ein Spannungssignal erzeugt, das in der Schleifenspule LCx durch das Stiftsignal induziert wird, das von dem elektromagnetischen Resonanzstift P exportiert wird. Wenn die Sensorsteuereinheit 31 Zuleiten des Wechselstroms i_A zu der linearen Elektrode EL beendet, verschwindet der Teil, der dem Spannungssignal entspricht, das durch das wechselnde Magnetfeld induziert wird, das von der linearen Elektrode EL exportiert wird, und nur der Teil, der dem Spannungssignal entspricht, das durch das Stiftsignal induziert wird, verbleibt in dem Empfangssignal Rx_EMR. Obwohl es aufgrund von Skalierung schwer erkennbar ist, ist die Wellenform des Empfangssignals Rx_EMR nach dem Ende der Zuleitung des Wechselstroms i_A zu der linearen Elektrode EL eine Wellenform ähnlich der Wellenform des Stiftsignals. Daher wird die Periode nach der „Exportperiode des wechselnden Magnetfelds“ als eine „Positionsableitungs- und Datenempfangsperiode“ zum Ableiten der Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P und Empfangen der Daten, die von dem elektromagnetischen Resonanzstift P übertragen werden, eingestellt und die Sensorsteuereinheit 31 gemäß dem

Vergleichsbeispiel leitet die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P ab und empfängt die Daten, die von dem elektromagnetischen Resonanzstift P übertragen werden, basierend auf dem Empfangssignal Rx_EMR, das in der Periode erhoben wurde.

[0057] Andererseits ist die Wellenform des Empfangssignals Rx_EMR in Fig. 10A eine Wellenform ähnlich dem Stiftsignal während der gesamten Periode, die die Exportperiode des wechselnden Magnetfelds enthält. Der Grund ist, dass, wie in Fig. 8A veranschaulicht, es keine Phasenverschiebung zwischen dem Strom, der durch die linearen Elektroden EL_{m-1} und EL_{m-2} fließt, und dem Strom, der durch die linearen Elektroden EL_{m+1} und EL_{m+2} fließt, gibt. Die Ströme heben einander auf und das Spannungssignal, das in der Schleifenspule LCx durch das wechselnde Magnetfeld induziert wird, das von der linearen Elektrode EL_m exportiert wird, wird nicht dem Empfangssignal Rx_EMR überlagert. Das heißt, es kann behauptet werden, dass die vorliegende Ausführungsform die Verringerung im Rauschen erreicht, das dem wechselnden Magnetfeld überlagert ist, das von der Schleifenspule LCx detektiert wird. Die Sensorsteuereinheit 31 gemäß der vorliegenden Ausführungsform nutzt diesen vorteilhaften Effekt, um die „Exportperiode des wechselnden Magnetfelds“ auch als eine „Positionsableitungsperiode“ zum Ableiten der Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P zu verwenden, und leitet die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P basierend auf dem Spannungssignal ab, das bei der Schleifenspule LCx in der Periode erscheint. Daher kann gemäß der vorliegenden Ausführungsform eine längere Periode zum Empfangen des Stiftsignals zum Ableiten der Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P im Vergleich zu dem Vergleichsbeispiel reserviert werden und die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P kann mit einer höheren Exaktheit als in dem Vergleichsbeispiel abgeleitet werden.

[0058] Es ist zu beachten, dass der Grund, warum die Sensorsteuereinheit 31 gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Daten, die von dem elektromagnetischen Resonanzstift P übertragen werden, nicht in der „Exportperiode des wechselnden Magnetfelds“ empfängt, ist, dass der elektromagnetische Resonanzstift P Daten in der „Exportperiode des wechselnden Magnetfelds“ nicht übertragen kann. Genauer gesagt, der elektromagnetische Resonanzstift P ist konfiguriert, die Resonanzfrequenz der Resonanzschaltung in dem elektromagnetischen Resonanzstift P gemäß dem Inhalt der zu übertragenden Daten zu ändern und die Frequenz des Stiftsignals basierend auf der Resonanzfrequenz zu modulieren, um dadurch die Daten zu übertragen. Wenn ein wechselndes Magnetfeld von der Positionsdetektionsvorrichtung 3 vorliegt, ist die Fre-

quenz des Stiftsignals auf die Frequenz des wechselnden Magnetfelds fixiert. Selbst wenn die Resonanzfrequenz der Resonanzschaltung in dem elektromagnetischen Resonanzstift P geändert wird, spiegelt sich die Änderung nicht in der Frequenz des Stiftsignals wider. Daher kann der elektromagnetische Resonanzstift P die Daten nicht in der „Exportperiode des wechselnden Magnetfelds“ übertragen.

[0059] Fig. 4 bis 6 werden näher beschrieben. Während die Sensorsteuereinheit 31 das wechselnde Magnetfeld von der linearen Elektrode EL_m exportiert, führt die Sensorsteuereinheit 31 einen Prozess zum Halten des Schalters 30d im Verbindungszustand, der Reihe nach Auswählen von Sätzen von Schleifenspulen LCx , wobei jeder Satz drei benachbarte Schleifenspulen LCx enthält, und Steuern, immer wenn der Satz ausgewählt wird, des Schalters 30c, um die drei Schleifenspulen LCx , die in dem ausgewählten Satz enthalten sind, in Reihe mit dem Differentialverstärker 30i in drei Verbindungsmodi mit unterschiedlichen Verbindungspolaritäten zu verbinden, durch. Infolge des Prozesses detektiert der Differentialverstärker 30i einen Ergebniswert, der den Pegel des Stiftsignals basierend auf dem Potential zwischen beiden Enden einer Kompositspule angibt, die die drei Schleifenspulen LCx enthält, die in Reihe verbunden sind, und gibt den Ergebniswert als ein Empfangssignal Rx_EMR an die Sensorsteuereinheit 31 aus.

[0060] Fig. 4 bis 6 veranschaulichen Verbindungen in den drei Verbindungsmodi. Insbesondere wird in dem Beispiel von Fig. 4 die Schleifenspule LCx_{n-1} gegen den Uhrzeigersinn (geschrieben als „-1“ in Fig. 4) verbunden, wenn von dem nicht-umkehrenden Eingangsanschluss des Differentialverstärkers 30i betrachtet. Anschließend wird die Schleifenspule LCx_n im Uhrzeigersinn (geschrieben als „1“ in Fig. 4) verbunden. Schließlich wird die Schleifenspule LCx_{n+1} gegen den Uhrzeigersinn verbunden. Überdies wird in dem Beispiel von Fig. 5 die Schleifenspule LCx_{n-1} im Uhrzeigersinn verbunden, wenn von dem nicht-umkehrenden Eingangsanschluss des Differentialverstärkers 30i betrachtet. Anschließend wird die Schleifenspule LCx_n gegen den Uhrzeigersinn verbunden. Schließlich wird die Schleifenspule LCx_{n+1} gegen den Uhrzeigersinn verbunden. In dem Beispiel von Fig. 6 wird die Schleifenspule LCx_{n-1} gegen den Uhrzeigersinn verbunden, wenn von dem nicht-umkehrenden Eingangsanschluss des Differentialverstärkers 30i betrachtet. Anschließend wird die Schleifenspule LCx_n gegen den Uhrzeigersinn verbunden. Schließlich wird die Schleifenspule LCx_{n+1} im Uhrzeigersinn verbunden.

[0061] Fig. 11 ist ein Diagramm, das das Empfangssignal Rx_EMR beschreibt, das von dem Differentialverstärker 30i zu der Sensorsteuereinheit 31 infolge der Verbindungen geleitet wird. Veranschaulichte

Stiftsignaldetektionsperioden T1 bis T3 entsprechen jeweils den Verbindungszuständen von Fig. 4 bis 6. Obwohl die Exportperiode des wechselnden Magnetfelds (siehe Fig. 10) tatsächlich in der ersten Hälfte jeder Stiftsignaldetektionsperiode angeordnet ist, ist dies in Fig. 11 nicht veranschaulicht. Zusätzlich, obwohl das tatsächliche Empfangssignal Rx_EMR im Lauf der Zeit abgeschwächt wird, wie in Fig. 10 veranschaulicht ist, ist die Abschwächung in Fig. 11 nicht veranschaulicht, um das Verständnis zu erleichtern. Dies ist in Fig. 12 und 13 ähnlich, die später beschrieben werden.

[0062] Aus Fig. 11 geht hervor, dass die Phase des Stiftsignals, das von der Schleifenspule LCx_n empfangen wird, und die Phase des Stiftsignals, das von den Schleifenspulen LCx_{n-1} und LCx_{n+1} in der Stiftsignaldetektionsperiode T1 empfangen wird, entgegengesetzt sind. Der Grund ist, dass die Schleifenspule LCx_n im Uhrzeigersinn ist und die Schleifenspulen LCx_{n-1} und LCx_{n+1} gegen den Uhrzeigersinn sind, wie oben beschrieben. Infolge der Annahme, dass die Pegel des Stiftsignals, das von den Schleifenspulen LCx_{n-1} bis LCx_{n+1} empfangen wird, wenn die Sensorsteuereinheit 31 das wechselnde Magnetfeld in der linearen Elektrode EL_m erzeugt, als Pegel $E_{m,n-1}$ bis $E_{m,n+1}$, geschrieben werden, wird das Empfangssignal Rx_EMR (Ergebniswert), das in der Stiftsignaldetektionsperiode T1 von dem Differentialverstärker 30i zu der Sensorsteuereinheit 31 geleitet wird, durch $-E_{m,n-1}+E_{m,n}-E_{m,n+1}$ dargestellt, wie in Fig. 11 veranschaulicht ist. Dies ist auch in den Stiftsignaldetektionsperioden T2 und T3 ähnlich und das Empfangssignal Rx_EMR ist durch $+E_{m,n-1}-E_{m,n}-E_{m,n+1}$ bzw. $-E_{m,n-1}-E_{m,n}+E_{m,n+1}$ dargestellt.

[0063] Ein Vektor d_{series} , der in der folgenden Gleichung (7) veranschaulicht ist, ist eine Beschreibung der Empfangssignale Rx_EMR in einem Vektorformat, das in den Stiftsignaldetektionsperioden T1 bis T3 empfangen wird. Wie in der letzten Zeile von Gleichung (7) veranschaulicht, kann der Vektor d_{series} in eine Form des Produkts einer 3×3 Matrix F , die die Verbindungspolarität in jeder Stiftsignaldetektionsperiode angibt, und eines Vektors, der die Pegel $E_{m,n-1}$ bis $E_{m,n+1}$ darstellt, umgeformt werden. Es ist zu beachten, dass die Matrix F , die in Gleichung (7) veranschaulicht ist, einen 3×3 Walsh-Code enthält. [Math. 7]

$$d_{series} = \begin{pmatrix} -E_{m,n-1} + E_{m,n} - E_{m,n+1} \\ +E_{m,n-1} - E_{m,n} - E_{m,n+1} \\ -E_{m,n-1} - E_{m,n} + E_{m,n+1} \end{pmatrix} \quad (7)$$

$$= \begin{pmatrix} -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_{m,n-1} \\ E_{m,n} \\ E_{m,n+1} \end{pmatrix} = F \begin{pmatrix} E_{m,n-1} \\ E_{m,n} \\ E_{m,n+1} \end{pmatrix}$$

[0064] Die Sensorsteuereinheit 31 führt eine Berechnung an dem Vektor d_{series} durch, wie an der linken Seite der folgenden Gleichung (8) veranschaulicht, um die Pegel $E_{m,n-1}$ bis $E_{m,n+1}$ zu trennen und zu erheben. Hier ist eine Matrix F^{-1} , die in Gleichung (8) veranschaulicht ist, eine inverse Matrix der Matrix F und daher ist die Berechnung, die an der linken Seite von Gleichung (8) veranschaulicht ist, eine Wiederfindungsberechnung entsprechend der Verbindungspolarität der Schleifenspule LCx in jedem Verbindungsmodus. Wie ebenso in Gleichung (8) veranschaulicht ist, wird eine Identitätsmatrix I durch Multiplizieren der Matrix F mit der Matrix F^{-1} erhalten. Daher kann die Sensorsteuereinheit 31 die Wiederfindungsberechnung durchführen, um die Pegel $E_{m,n-1}$ bis $E_{m,n+1}$ des Stiftsignals zu trennen und zu erheben, die von den Schleifenspulen LCx_{n-1} bis LCx_{n+1}, erhalten werden, wenn das wechselnde Magnetfeld von der m-ten linearen Elektrode EL_m exportiert wird, wie an der rechten Seite von Gleichung (8) veranschaulicht.

[Math. 8]

$$F^{-1}D_{series} = F^{-1}F \begin{pmatrix} E_{m,n-1} \\ E_{m,n} \\ E_{m,n+1} \end{pmatrix} = I \begin{pmatrix} E_{m,n-1} \\ E_{m,n} \\ E_{m,n+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E_{m,n-1} \\ E_{m,n} \\ E_{m,n+1} \end{pmatrix} \quad (8)$$

[0065] Die Sensorsteuereinheit 31 führt eine Berechnung ähnlich Gleichung (8) an jedem Satz der Schleifenspulen LCx aus, um die Pegel des Stiftsignals zu trennen und zu erheben, das von den mehreren Schleifenspulen LCx empfangen wird, wenn das wechselnde Magnetfeld von der m-ten linearen Elektrode EL_m exportiert wird. Die Sensorsteuereinheit 31 führt auch ähnliche Prozesse aus, während die lineare Elektrode EL_m geändert wird, die das wechselnde Magnetfeld exportiert, um dadurch die Pegel des Stiftsignals zu erheben, das von den mehreren Schleifenspulen LCx empfangen wird, wenn das wechselnde Magnetfeld von jeder der mehreren linearen Elektroden EL_m exportiert wird. Die Sensorsteuereinheit 31 leitet dann die Position (zweidimensionale Position) des elektromagnetischen Resonanzstifts P basierend auf der Verteilung der erhobenen Pegel des Stiftsignals in der Berührungsfläche ab. Insbesondere kann die Sensorsteuereinheit 31 die Position entsprechend dem Scheitelpunkt der Verteilung als die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P ableiten. Die Einzelheiten der Positionsdetektion des elektromagnetischen Resonanzstifts P, die von der Sensorsteuereinheit 31 ausgeführt wird, werden später genauer unter Bezugnahme auf Fig. 15 bis 17 beschrieben.

[0066] Hier werden Vergleichsbeispiele, in welchen Verfahren, die sich von der vorliegenden Ausführungsform unterscheiden, verwendet werden, um

das Stiftsignal zu empfangen, veranschaulicht, um einen vorteilhaften Effekt einer Verwendung der vorliegenden Ausführungsform zu beschreiben.

[0067] Fig. 12 ist ein Diagramm, das das Empfangssignal Rx_EMR gemäß einem ersten Vergleichsbeispiel beschreibt. Die Sensorsteuereinheit 31 gemäß dem vorliegenden Vergleichsbeispiel verbindet in jeder Stiftsignaldetektionsperiode eine Schleifenspule LCx mit dem Differentialverstärker 30i. In diesem Fall kann der Pegel des Stiftsignals, das von einer Schleifenspule LCx empfangen wird, in der Stiftsignaldetektionsperiode erhalten werden und die Sensorsteuereinheit 31 kann den Pegel des Stiftsignals erheben, das von jeder Schleifenspule LCx empfangen wird, ohne die Berechnung durchzuführen.

[0068] Fig. 13 ist ein Diagramm, das das Empfangssignal Rx_EMR gemäß einem zweiten Vergleichsbeispiel beschreibt. Die Sensorsteuereinheit 31 gemäß dem vorliegenden Vergleichsbeispiel verbindet drei benachbarte Schleifenspulen LCx mit dem Differentialverstärker 30i in Reihe in jeder Stiftsignaldetektionsperiode wie in der vorliegenden Ausführungsform. Die Sensorsteuereinheit 31 gemäß dem vorliegenden Vergleichsbeispiel verbindet jedoch alle der Schleifenspulen LCx in derselben Richtung (im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn). In diesem Fall, obwohl die Pegel des Stiftsignals, das von den Schleifenspulen LCx empfangen wird, nicht durch die Berechnung getrennt werden können, kann die Sensorsteuereinheit 31 annehmen, dass das Empfangssignal Rx, das durch die drei Schleifenspulen LCx erhalten wird, durch die Schleifenspule LCx erhalten wird, die in der Mitte von den drei Schleifenspulen LCx positioniert ist, um die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P abzuleiten.

[0069] Fig. 14 ist ein Diagramm, das Ergebnisse einer Simulation der Pegel des Stiftsignals veranschaulicht (Pegel nach Trennung, wenn die Pegel getrennt und erhoben werden), die von den Schleifenspulen LCx nahe der Schleifenspule LCx_n empfangen werden, wenn der elektromagnetische Resonanzstift P auf der Schleifenspule LCx_n positioniert ist. Fig. 14 veranschaulicht Ergebnisse der vorliegenden Ausführungsform (Fig. 11), des ersten Vergleichsbeispiels (Fig. 12) und des zweiten Vergleichsbeispiels (Fig. 13). Wie in Fig. 14 veranschaulicht ist, kann das Empfangsverfahren des Stiftsignals gemäß der vorliegenden Ausführungsform einen vorteilhaften Effekt erzielen, dass der Empfangspegel des Stiftsignals signifikant höher ist als in dem ersten und zweiten Vergleichsbeispiel. Der Grund ist, dass gemäß dem Empfangsverfahren des Stiftsignals der vorliegenden Ausführungsform die Stiftsignaldetektionsperiode, die verwendet werden kann, um das Stiftsignal zu erhal-

ten, das von den einzelnen Schleifenspulen LCx empfangen wird, dreimal die Stiftsignal detectionsperiode in dem ersten und zweiten Vergleichsbeispiel ist. Wenn hier, wie später beschrieben, die Stiftsignal detectionsperiode des Stiftsignals in der Sensorsteuereinheit 31 um ein N-Faches erhöht wird, wird der Pegel des empfangenen Stiftsignals um ein N-Faches erhöht, aber der Pegel des empfangenen Rauschens wird nur um das $N^{1/2}$ -Fache erhöht. Daher kann behauptet werden, dass das Empfangsverfahren des Stiftsignals gemäß der vorliegenden Ausführungsform das S/N-Verhältnis des Stiftsignals verbessern kann, das von der Sensorsteuereinheit 31 empfangen wird.

[0070] Zusätzlich kann gemäß dem Empfangsverfahren des Stiftsignals in der vorliegenden Ausführungsform eine Empfangsschaltung die Stiftsignale, die von mehreren Schleifenspulen LCx in jeder der mehreren Stiftsignal detectionsperioden empfangen werden, gleichzeitig empfangen und das Empfangssignal Rx_EMR kann in Komponenten einzelner Schleifenspulen LCx getrennt werden. Daher muss die Übertragungsperiode des Stiftsignals nicht erhöht werden, um das S/N-Verhältnis zu verbessern, und es muss keine Empfangsschaltung für mehrere Schleifenspulen LCx hinzugefügt werden, um das Stiftsignal parallel zu empfangen. Daher kann behauptet werden, dass das Empfangsverfahren des Stiftsignals gemäß der vorliegenden Ausführungsform das S/N-Verhältnis des Stiftsignals verbessern kann, das von der Sensorsteuereinheit 31 empfangen wird, ohne die Frequenz der Positionsdetektion zu verringern und ohne die Schaltungsskala der Sensorsteuereinheit 31 zu erhöhen.

[0071] In der Folge wird die Tatsache, dass der Rauschpegel nur um das $N^{1/2}$ -Fache erhöht wird, wenn die Stiftsignal detectionsperiode des Stiftsignals in der Sensorsteuereinheit 31 um ein N-Faches erhöht wird, ausführlich beschrieben.

[0072] Das Empfangssignal Rx, das in einer k-ten Stiftsignal detectionsperiode erhoben wird, ist durch X_k dargestellt und die Varianz von X_k ist durch $V(X_k)$ dargestellt. Aufgrund der Additivität von Varianz ist eine Varianz V_{TOTAL} eines Signals (in der Folge einfach als „Additionssignal“ bezeichnet), das durch Addieren von N Empfangssignalen X_1 bis X_N , die in ersten bis N-ten Stiftsignal detectionsperioden erhoben werden, durch die gesamte Varianz der Empfangssignale Rx in den einzelnen Stiftsignal detectionsperioden dargestellt, wie in der folgenden Gleichung (9) veranschaulicht ist.

[Math. 9]

$$V_{TOTAL} = V(X_1) + V(X_2) + V(X_3) + \dots + V(X_N) \quad (9)$$

[0073] Wenn nur die Rauschkomponenten, die in dem Empfangssignal Rx enthalten sind, betrachtet werden, kann angenommen werden, dass die Werte des Rauschens in allen Stiftsignal detectionsperioden dieselben sind, und die Varianz V_{TOTAL} des Additionssignals ist weiter durch die folgende Gleichung (10) dargestellt. Hier stellen V und σ die Varianz bzw. die Standardabweichung in den einzelnen Stiftsignal detectionsperioden dar.

[Math. 10]

$$V_{TOTAL} = V + V + V + \dots + V = N \cdot V = N \cdot \sigma^2 \quad (10)$$

[0074] Die Menge an Rauschen, die in dem Additionssignal erscheint, ist durch eine Standardabweichung σ_{TOTAL} des Additionssignals dargestellt. Basierend auf Gleichung (10) ist die Standardabweichung σ_{TOTAL} durch die folgende Gleichung (11) dargestellt. Daher ist klar, dass der Rauschpegel nur um das $N^{1/2}$ -Fache erhöht wird, wenn die Stiftsignal detectionsperiode des Stiftsignals in der Sensorsteuereinheit 31 um ein N-Faches erhöht wird.

[Math. 11]

$$\sigma_{TOTAL} = \sqrt{V_{TOTAL}} = \sqrt{N} \sigma \quad (11)$$

[0075] Anschließend wird die Positionsdetektion des elektromagnetischen Resonanzstifts P, die von der Sensorsteuereinheit 31 ausgeführt wird, ausführlicher unter Bezugnahme auf Ablaufdiagramme beschrieben.

[0076] Fig. 15 bis 17 sind Ablaufdiagramme, die den gesamten Ablauf der Positionsdetektion des elektromagnetischen Resonanzstifts P veranschaulichen, die von der Sensorsteuereinheit 31 ausgeführt wird. Zunächst bestimmt in Fig. 15 die Sensorsteuereinheit 31, vor Detektieren des elektromagnetischen Resonanzstifts P, die linearen Elektroden EL, ausschließlich der zwei linearen Elektroden EL an jedem Ende als Auswahlziele (Schritt S1) und wählt die lineare Elektrode EL am äußersten Ende unter den linearen Elektroden EL als die Auswahlziele (Schritt S2). Zusätzlich wählt die Sensorsteuereinheit 31 drei Schleifenspulen LCx von dem Ende und steuert die Schalter 30c bis 30e, um die ausgewählten drei Schleifenspulen LCx mit dem Differentialverstärker 30i in einem ersten Verbindungsmodus zu verbinden (zum Beispiel Verbindungsmodus, der in Fig. 4 veranschaulicht ist) (Schritt S3).

[0077] Anschließend beginnt die Sensorsteuereinheit 31, das wechselnde Magnetfeld von der ausgewählten linearen Elektrode EL zu exportieren (Schritt S4). Insbesondere, wie in Fig. 4 veranschaulicht, steuert die Sensorsteuereinheit 31 den Schalter 30a, um die zwei benachbarten linearen Elektroden EL an einer Seite über die ausgewählte lineare Elektrode EL mit den Ausgangsanschlüssen des Wechselstroms i_A in der Treiberschaltung 30g zu verbinden.

den (Ausgangsanschlüsse von Pufferschaltung) und die zwei benachbarten linearen Elektroden EL an der anderen Seite über die ausgewählte lineare Elektrode EL mit den Ausgangsanschlüssen des Wechselstroms i_B in der Treiberschaltung 30g zu verbinden (Ausgangsanschlüsse von umkehrender Pufferschaltung), um Zuleiten des Wechselstroms Tx_EMR zu der Treiberschaltung 30g zu beginnen. Die Sensorsteuereinheit 31 speichert dann vorübergehend den Pegel des Empfangssignals Rx_EMR, das von dem Differentialverstärker 30i gemäß dem wechselnden Magnetfeld ausgegeben wird, das in Schritt S4 exportiert wird (Schritt S5). Der Pegel des Empfangssignals Rx_EMR, der hier gespeichert wird, kann zum Beispiel der Maximalwert in der gesamten Positionsableitungsperiode sein, wie in **Fig. 10A** veranschaulicht ist (enthaltend die Positionsableitungsperiode, die die Exportperiode des wechselnden Magnetfelds ist, und die Positionsableitungsperiode nach der Exportperiode des wechselnden Magnetfelds), oder kann der Maximalwert in der Positionsableitungsperiode nach der Exportperiode des wechselnden Magnetfelds sein.

[0078] Anschließend bestimmt die Sensorsteuereinheit 31, ob der Prozess für Schritte S4 und S5 in allen der Verbindungsmodi versucht wurde oder nicht (Schritt S6). Insbesondere bestimmt die Sensorsteuereinheit 31, ob der Prozess für Schritte S4 und S5 in allen der drei Verbindungsmodi versucht wurde oder nicht, die in **Fig. 4** bis **6** veranschaulicht sind. Die Sensorsteuereinheit 31, die in der Bestimmung bestimmt hat, dass der Prozess nicht in allen der Verbindungsmodi versucht wurde, steuert die Schalter 30c bis 30e, um die ausgewählten drei Schleifenspulen LCx mit dem Differentialverstärker 30i im nächsten Verbindungsmodus zu verbinden (zum Beispiel der Verbindungsmodus, der in **Fig. 5** veranschaulicht ist, nach dem Verbindungsmodus, der in **Fig. 4** veranschaulicht ist, oder der Verbindungsmodus, der in **Fig. 6** veranschaulicht ist, nach dem Verbindungsmodus, der in **Fig. 5** veranschaulicht ist) (Schritt S7), und kehrt zu Schritt S4 zurück.

[0079] Andererseits leitet die Sensorsteuereinheit 31, die in Schritt S6 bestimmt hat, dass der Prozess in allen der Verbindungsmodi versucht wurde, den Pegel des Stiftsignals jeder Schleifenspule LCx basierend auf den Pegeln der mehreren der Empfangssignale Rx_EMR ab, die vorübergehend in den mehreren Versuchen von Schritt S5 gespeichert wurden (Schritt S8). Insbesondere führt die Sensorsteuereinheit 31 die Wiederfindungsberechnung durch, die in Gleichung (8) veranschaulicht ist.

[0080] Anschließend bestimmt die Sensorsteuereinheit 31, ob die Auswahl aller Schleifenspulen LCx beendet ist oder nicht (Schritt S9). Wenn die Sensorsteuereinheit 31 bestimmt, dass die Auswahl nicht beendet ist, wählt die Sensorsteuereinheit 31

drei Schleifenspulen LCx, die den drei Schleifenspulen LCx benachbart sind, die zuletzt ausgewählt wurden (drei Schleifenspulen, die in Schritt S3 oder Schritt S10 ausgewählt wurden) und steuert die Schalter 30c bis 30e, um die drei Schleifenspulen LCx mit dem Differentialverstärker 30i im ersten Verbindungsmodus (zum Beispiel Verbindungsmodus, der in **Fig. 4** veranschaulicht ist) zu verbinden (Schritt S10). Die Sensorsteuereinheit 31 kehrt dann zu Schritt S4 zurück. Wenn andererseits die Sensorsteuereinheit 31 in Schritt S9 bestimmt, dass die Auswahl beendet ist, bestimmt die Sensorsteuereinheit 31, ob die Auswahl aller linearen Elektroden EL, die als die Auswahlziele in Schritt S1 bestimmt wurden, beendet ist oder nicht (Schritt S11). Wenn die Sensorsteuereinheit 31 bestimmt, dass die Auswahl nicht beendet ist, wählt die Sensorsteuereinheit 31 die lineare Elektrode EL, die der linearen Elektrode EL benachbart ist, die zuletzt ausgewählt wurde (lineare Elektrode EL, ausgewählt in Schritt S2 oder Schritt S12) (Schritt S12) und kehrt zu Schritt S4 zurück.

[0081] Die Sensorsteuereinheit 31, die in Schritt S11 bestimmt hat, dass die Auswahl beendet ist, bestimmt, ob das Stiftsignal basierend auf dem Pegel des Stiftsignals in jeder Kombination der linearen Elektrode EL und der Schleifenspule LCx detektiert wurde oder nicht, wie durch Wiederholen von Schritt S8 erhalten (Schritt S13 von **Fig. 16**). In einem Beispiel ist das Ergebnis der Bestimmung positiv, wenn es einen Pegel gibt, der einen vorbestimmten Wert übersteigt, und in anderen Fällen ist das Ergebnis der Bestimmung negativ.

[0082] Die Sensorsteuereinheit 31, die bestimmt hat, dass das Stiftsignal in Schritt S13 nicht detektiert wird, kehrt zu Schritt S1 von **Fig. 15** zurück und fährt mit dem Prozess fort. Andererseits leitet die Sensorsteuereinheit 31, die bestimmt hat, dass das Stiftsignal detektiert wird, die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P basierend auf dem Pegel des Stiftsignals in jeder Kombination der linearen Elektrode EL und der Schleifenspule LCx ab, die in Schritt S8 von **Fig. 15** abgeleitet wurde, und gibt die Position an den Host-Prozessor 32 aus (Schritt S14).

[0083] Anschließend bestimmt (aktualisiert) die Sensorsteuereinheit 31 eine vorbestimmte Anzahl von (eine Anzahl, die kleiner als die Anzahl linearer Elektroden EL ist, die als die Auswahlziele in Schritt S1 von **Fig. 15** bestimmt wurden, die typischerweise drei oder vier ist) linearen Elektroden EL (linearer Elektrodensatz) und $3n$ (n ist eine natürliche Zahl, die typischerweise $n = 1$ ist, wo $3n$ eine Zahl kleiner als die Gesamtanzahl von Schleifenspulen LCx ist) Schleifenspulen LCx basierend auf der Position, die in Schritt S14 abgeleitet wurde (Position, die in Schritt S28 zuletzt im Fall eines Übergangs von

Schritt S28 abgeleitet wurde, der später beschrieben wird) (Schritt S15).

[0084] Anschließend wählt die Sensorsteuereinheit 31 die lineare Elektrode EL am äußersten Ende aus den linearen Elektroden EL als die Auswahlziele (Schritt S16). Die Sensorsteuereinheit 31 wählt dann drei Schleifenspulen LCx von dem Ende aus den Schleifenspulen LCx als die Auswahlziele und steuert die Schalter 30c bis 30e, die die ausgewählten drei Schleifenspulen LCx mit dem Differentialverstärker 30i im ersten Verbindungsmodus (zum Beispiel Verbindungsmodus, der in **Fig. 4** veranschaulicht ist) verbinden (Schritt S17).

[0085] In **Fig. 17** führt die Sensorsteuereinheit 31 einen Prozess ähnlich Schritten S4 bis S13 von **Fig. 15** und 16 (Schritte S18 bis S27) aus. Der Prozess unterscheidet sich hier jedoch von dem Prozess für Schritte S4 bis S14 darin, dass, während nur der Pegel des Empfangssignals Rx_EMR in Schritt S5 vorübergehend gespeichert wird, eine Reihe von digitalen Werten (die durch Abtasten erhalten wird), die in dem Empfangssignal Rx_EMR enthalten ist, auch in Schritt S19 gespeichert wird. Die Prozesse sind dahingehend unterschiedlich, dass, während in Schritt S9 bestimmt wird, ob die Auswahl aller Schleifenspulen LCx beendet ist oder nicht, in Schritt S23 bestimmt wird, ob die Auswahl aller Schleifenspulen LCx die in S15 als die Auswahlziele bestimmt wurden, beendet ist oder nicht. Die Prozesse sind dahingehend unterschiedlich, dass, während in Schritt S11 bestimmt wird, ob die Auswahl aller linearen Elektroden EL, die in Schritt S1 als die Auswahlziele bestimmt wurden, beendet ist oder nicht, in Schritt S25 bestimmt wird, ob die Auswahl aller linearen Elektroden EL, die als die Auswahlziele in Schritt S15 bestimmt wurden, beendet ist oder nicht. Es ist zu beachten, dass die Reihe von digitalen Werten, die in Schritt S19 gespeichert wird, nur die Werte in der Positionsableitungs- und Datenempfangsperiode sein können, die in **Fig. 10A** veranschaulicht sind.

[0086] Die Sensorsteuereinheit 31, die in Schritt S27 bestimmt hat, dass das Stiftsignal detektiert wird, leitet die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P ab, erhebt die Daten, die von dem elektromagnetischen Resonanzstift P übertragen werden, und gibt die Daten an den Host-Prozessor 32 aus (Schritt S28). Insbesondere leitet die Sensorsteuereinheit 31 die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P basierend auf dem Pegel des Stiftsignals in jeder Kombination der linearen Elektrode EL und der Schleifenspule LCx ab, der in Schritt S22 abgeleitet wurde. Zusätzlich demoduliert die Sensorsteuereinheit 31 die Reihe von digitalen Werten, die in Schritt S19 gespeichert wurde, im Verhältnis zu der Kombination der linearen Elektrode EL und der Schleifenspule LCx, die der abgeleiteten Position am nächsten ist, um dadurch die Daten zu

erheben, die von dem elektromagnetischen Resonanzstift P übertragen werden. Nach dem Ende des Schritts S28 kehrt die Sensorsteuereinheit 31 zu Schritt S15 zurück und fährt mit dem Prozess fort.

[0087] Wenn der Prozess übernommen wird, kann die Sensorsteuereinheit 31 gemäß der vorliegenden Ausführungsform den linearen Elektrodensatz einmal in Schritt S15 von **Fig. 16** identifizieren und dann die wechselnden Magnetfelder von nur einer vorbestimmten Anzahl von linearen Elektroden EL exportieren, die in dem linearen Elektrodensatz enthalten sind, um dadurch die zweidimensionale Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P zu aktualisieren. Dies kann die Zunahme im Leistungsverbrauch selbst dann verhindern, wenn die linearen Elektroden EL die Tx-Spulen ersetzen.

[0088] Wie oben beschrieben, kann das Positionsdetektionssystem 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform den linearen Elektrodensatz einmal spezifizieren und dann die wechselnden Magnetfelder nur von einer vorbestimmten Anzahl von linearen Elektroden EL exportieren, die in dem linearen Elektrodensatz enthalten sind, um dadurch die zweidimensionale Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P zu aktualisieren. Dies kann die Zunahme im Leistungsverbrauch selbst dann verhindern, wenn die linearen Elektroden EL die Tx-Spulen ersetzen.

[0089] Zusätzlich kann das Positionsdetektionssystem 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform ein Auftreten einer Phasenverschiebung zwischen dem Strom, der durch die linearen Elektroden EL_{m-1} und EL_{m-2} fließt, und dem Strom, der durch die linearen Elektroden EL_{m+1} und EL_{m+2} fließt, verhindern. Dies kann das Rauschen verringern, das auf die wechselnden Magnetfelder überlagert wird, die von den Rx-Spulen (Schleifenspulen LCx) detektiert werden, wenn die linearen Elektroden EL die Tx-Spulen ersetzen.

[0090] Zusätzlich kann das Positionsdetektionssystem 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform das S/N-Verhältnis des Stiftsignals verbessern, das von der Sensorsteuereinheit 31 empfangen wird, ohne die Frequenz der Positionsdetektion zu verringern und ohne die Schaltungsskala der Sensorsteuereinheit 31 zu erhöhen.

[0091] Zusätzlich können gemäß dem Positionsdetektionssystem 1 der vorliegenden Ausführungsform ein Satz von linearen Elektroden EL, der in der y-Richtung aufgereiht und angeordnet ist, und ein Satz von Schleifenspulen LCx, der in der x-Richtung aufgereiht und angeordnet ist, sowohl den EMR-Sensor als auch den Berührungssensor (Sensor, der das Kapazitätssystem verwendet, um eine Berührung mit dem Finger F zu detektieren) verwirk-

lichen. Dadurch können die Gewichtsverringern und die Kostenverringern der Positionsdetektionsvorrichtung im Vergleich zu dem Fall erzielt werden, in dem der EMR-Sensor und der Berührungssensor separat in einer Positionsdetektionsvorrichtung bereitgestellt sind.

[0092] Zusätzlich wird gemäß dem Positionsdetektionssystem 1 der vorliegenden Ausführungsform der Differentialverstärker 30i verwendet, um das Empfangssignal Rx_EMR zu empfangen. Daher, selbst wenn Widerstandswerte unter den Schleifen- spulen LCx variieren, können die Variationen in den Pegeln des Stiftsignals unterdrückt werden. Dies ist besonders effektiv, wenn die Schleifen- spulen LCx ein Material hoher Impedanz beinhalten, wie ein Metallgitter.

[0093] Übrigens, obwohl in dem Beispiel, das in der vorliegenden Ausführungsform beschrieben ist, die Matrix F, die in Gleichung (7) veranschaulicht ist, eine Matrix ist, die durch einen 3 × 3 Walsh-Code dargestellt ist, kann eine Matrix, die durch einen anderen Code als den Walsh-Code dargestellt ist, wie ein OVFS-Code, ein M-Sequenzcode und ein Baker-Code, zweckdienlich als die Matrix F verwendet werden (das heißt, der Verbindungsmodus der Schleifen- spulen LCx in jeder Stiftsignaldetektionsperiode kann so eingestellt werden, dass die Matrix F einer dieser Codes ist).

[0094] Dies wird verallgemeinert und beschrieben. Wenn k Schleifen- spulen LCx gleichzeitig in Reihe mit dem Differentialverstärker 30i verbunden werden (das heißt, wenn die Sensorsteuereinheit 31 den Schalter 30c so steuert, dass Sätze von k benachbarten Schleifen- spulen LCx der Reihe nach ausgewählt werden, während das wechselnde Magnetfeld von einer der linearen Elektroden EL exportiert wird, und jedes Mal, wenn der Satz ausgewählt wird, die k Schleifen- spulen LCx, die in dem ausgewählten Satz enthalten sind, in Reihe mit dem Differentialverstärker 30i in k Verbindungsmodi mit verschiedenen Verbindungspolaritäten verbunden werden), kann der Verbindungsmodus der Schleifen- spulen LCx in jeder Stiftsignaldetektionsperiode basierend auf der Matrix F bestimmt werden, wenn der Rang der Matrix F (Matrix aus k Reihen und k Spalten) als eine Koeffizientenmatrix simultaner Gleichungen, die durch die folgenden Gleichung (12) dargestellt sind, gleich k ist. Mit anderen Worten, wenn Spaltenvektoren der Matrix F linear voneinander unabhängig sind, kann der Verbindungsmodus der Schleifen- spulen LCx in jeder Stiftsignaldetektionsperiode basierend auf der Matrix F bestimmt werden. Der Grund ist, dass Gleichung (12) immer in jedem Fall eine Lösung hat. [Math. 12]

$$F \begin{pmatrix} E_{m,n} \\ E_{m,n+1} \\ E_{m,n+2} \\ \vdots \\ E_{m,n+k} \end{pmatrix} = d_{series} \quad (12)$$

[0095] Zusätzlich, obwohl die inverse Matrix F^{-1} der Matrix F zum Durchführen der Wiederfindungs- berechnung in dem Beispiel verwendet wird, das in der vorliegenden Ausführungsform beschrieben ist, kann auch eine Matrix, die nicht die inverse Matrix ist, zum Durchführen der Wiederfindungs- berechnung verwendet werden. In der Folge wird ein Beispiel für den Fall veranschaulicht, in dem der Vektor d_{series} , der in Gleichung (7) veranschaulicht ist, erhalten wird, um ein Beispiel der Wiederfindungs- berechnung zu beschreiben, in der die Matrix F als die Matrix verwendet wird, die nicht die inverse Matrix der Matrix F ist.

[0096] In dem Beispiel werden die Matrix F zur Wiederfindung und die Pegel $-E_{m,n-1}+E_{m,n}-E_{m,n+1}$, $+E_{m,n-1}-E_{m,n}-E_{m,n+1}$, und $-E_{m,n-1}-E_{m,n}+E_{m,n+1}$ des Empfangssignals Rx in den Stiftsignaldetektions- perioden T1 bis T3 zunächst verwendet, um den Pegel des Empfangssignals Rx entsprechenden dem Fall abzuleiten, in dem alle Spalten der Matrix F 1 sind. Insbesondere können simultane Gleichungen, die in der folgenden Gleichung (13) veranschaulicht sind, gelöst werden, um a, b und c zu erhalten, und $a + b + c$ können abgeleitet werden, um den Pegel des Empfangssignals Rx entsprechend dem Fall abzuleiten, in dem alle Spalten der Matrix F 1 sind. Der auf diese Weise abgeleitete Pegel ist $+E_{m,n-1}+E_{m,n}+E_{m,n+1}$.

[Math. 13]

$$\begin{pmatrix} -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -E_{m,n-1} + E_{m,n} - E_{m,n+1} \\ +E_{m,n-1} - E_{m,n} - E_{m,n+1} \\ -E_{m,n-1} - E_{m,n} + E_{m,n+1} \end{pmatrix} \quad (13)$$

[0097] Anschließend wird, wie in der folgenden Gleichung (14) veranschaulicht ist, eine Spalte, in der die Werte aller Elemente 1 sind, an der Oberseite der Matrix F hinzugefügt und eine Reihe mit einem Wert von $+E_{m,n-1}+E_{m,n}+E_{m,n+1}$ wird an der Oberseite des Vektors d_{series} hinzugefügt. Die Matrix F wird mit dem Vektor d_{series} multipliziert. Auf diese Weise kann ein Ergebnis, das durch lineares Verstärken (insbesondere eine vierfache Erhöhung) des Berechnungs- ergebnisses von Gleichung (8) erhalten wird, erhoben werden.

[Math. 14]

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} +E_{m,n+1} + E_{m,n} + E_{m,n+1} \\ -E_{m,n+1} + E_{m,n} - E_{m,n+1} \\ +E_{m,n-1} - E_{m,n} - E_{m,n+1} \\ -E_{m,n-1} - E_{m,n} + E_{m,n+1} \end{pmatrix} \quad (14)$$

$$= 4 \begin{pmatrix} E_{m,n-1} \\ E_{m,n} \\ E_{m,n+1} \end{pmatrix}$$

[0098] Auf diese Weise, wenn eine Matrix, die nicht die inverse Matrix F^{-1} der Matrix F ist, zum Durchführen der Wiederfindungsberechnung verwendet wird, muss der Pegel des Empfangssignals R_x , entsprechend dem Fall, in dem die Spalte der Matrix F aus lauter 1 besteht, abgeleitet werden. Die Pegel $E_{m,n-1}$ bis $E_{m,n+1}$ können jedoch getrennt und erhoben werden, wie im Fall einer Verwendung der inversen Matrix F^{-1} der Matrix F , um die Wiederfindungsberechnung durchzuführen.

[0099] Obwohl das Ergebnis, das durch Verstärken des Berechnungsergebnisses von Gleichung (8) um das Vierfache erhalten wird, in Gleichung (14) erhoben wird, führt die Erhöhung im Berechnungsergebnis zu einer Verbesserung in der Exaktheit einer Berechnung in der späteren Stufe und dies ist bevorzugt. Dies gilt gleichermaßen für den Fall einer Verwendung der inversen Matrix F^{-1} der Matrix F , um die Wiederfindungsberechnung durchzuführen. Ein spezifisches Beispiel wird veranschaulicht, um dies zu beschreiben.

[0100] Der Vektor d_{series} für einen Fall, in dem die Matrix F ein 4×4 Walsh-Code ist, ist durch die folgende Gleichung (15) dargestellt. Hier ist ein Vektor e ein Vektor, der die Pegel des Stiftsignals angibt, das von vier Schleifenspulen LCx empfangen wird. [Math. 15]

$$d_{series} = Fe = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} e \quad (15)$$

[0101] Die inverse Matrix F^{-1} der Matrix F , die in Gleichung (15) veranschaulicht ist, ist durch Gleichung (16) dargestellt. [Math. 16]

$$F^{-1} = \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \quad (16)$$

[0102] Daher kann in der Wiederfindungsberechnung des Vektors e die inverse Matrix F^{-1} mit 4 multi-

pliziert werden, wie in der folgenden Gleichung (17) veranschaulicht ist, um einen Vektor mit dem vierfachen Pegel des ursprünglichen Vektors e zu erhalten, selbst wenn die inverse Matrix F^{-1} zum Durchführen der Wiederfindungsberechnung verwendet wird.

[Math. 17]

$$4F^{-1}d_{series} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} d_{series}$$

$$= \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} e$$

$$= 4e \quad (17)$$

[0103] Anschließend wird das Positionsdetektionssystem 1 gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0104] Fig. 18 ist ein Diagramm, das eine interne Konfiguration der Schalteinheit 30 veranschaulicht, die in der Positionsdetektionsvorrichtung 3 angeordnet ist, die in dem Positionsdetektionssystem 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform enthalten ist. Die Schalteinheit 30 gemäß der vorliegenden Ausführungsform unterscheidet sich von der Schalteinheit 30 gemäß der ersten Ausführungsform darin, dass die Verdrahtungseinheit 30h die Drähte $L1$ und $L2$ nicht enthält, der Schalter 30c die Ausgangsstifte entsprechend den Drähten $L1$ und $L2$ nicht enthält und einen Operationsverstärker 30n anstelle des Differentialverstärkers 30i enthält. Der Schalter 30d gemäß der vorliegenden Ausführungsform spielt eine Rolle beim Verbinden des Drahts $L4$ mit dem Eingangsanschluss des Operationsverstärkers 30n und Verbinden des Drahts $L3$ mit dem Masseende gemäß der Steuerung der Sensorsteuereinheit 31. Zusätzlich unterscheidet sich die Sensorsteuereinheit 31 gemäß der vorliegenden Ausführungsform von der Sensorsteuereinheit 31 gemäß der ersten Ausführungsform darin, dass drei Schleifenspulen LCx mit dem Operationsverstärker 30n parallel und nicht in Reihe verbunden sind, um die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P zu detektieren. Das Positionsdetektionssystem 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist dem Positionsdetektionssystem 1 gemäß der ersten Ausführungsform in anderer Hinsicht ähnlich und die Beschreibung wird mit einem Schwerpunkt auf den Unterschieden zu dem Positionsdetektionssystem 1 gemäß der ersten Ausführungsform fortgesetzt.

[0105] Fig. 19 bis 21 sind Diagramme, die Zustände der Schalteinheit 30 veranschaulichen, wenn die

Sensorsteuereinheit 31 gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P detektiert. Während die Sensorsteuereinheit 31 gemäß der vorliegenden Ausführungsform das wechselnde Magnetfeld von der linearen Elektrode EL_m exportiert, führt die Sensorsteuereinheit 31 einen Prozess aus, um der Reihe nach Sätze von Schleifenspulen LCx zu detektieren, wobei jeder Satz drei benachbarte Schleifenspulen LCx enthält, und jedes Mal, wenn der Satz ausgewählt wird, den Schalter 30c zu steuern, um die drei Schleifenspulen LCx, die in dem ausgewählte Satz enthalten sind, parallel mit dem Operationsverstärker 30n in drei Verbindungsmodi mit unterschiedlichen Verbindungspolaritäten zu verbinden. Infolge des Prozesses detektiert der Operationsverstärker 30n einen Ergebniswert, der den Pegel des Stiftsignals basierend auf dem Potential (Potential in Bezug auf das Massende) an einem Ende einer Komposit-spule angibt, die die drei Schleifenspulen LCx enthält, die parallel verbunden sind, und gibt den Ergebniswert als das Empfangssignal Rx_EMR an die Sensorsteuereinheit 31 aus.

[0106] Fig. 19 bis 21 veranschaulichen Verbindungen in den drei Verbindungsmodi. Insbesondere sind in dem Beispiel von Fig. 19 die Schleifenspulen LCx_{n-1} und LCx_{n+1} gegen den Uhrzeigersinn verbunden (geschrieben als „-1“ in Fig. 19) und die Schleifenspule LCx_n ist im Uhrzeigersinn verbunden (geschrieben als „1“ in Fig. 19), wenn von dem Eingangsanschluss des Operationsverstärkers 30n betrachtet. Überdies ist in dem Beispiel von Fig. 20 die Schleifenspule LCx_{n-1} im Uhrzeigersinn verbunden und die Schleifenspulen LCx_n und LCx_{n+1} sind gegen den Uhrzeigersinn verbunden, wenn von dem Eingangsanschluss des Operationsverstärkers 30n betrachtet. In dem Beispiel von Fig. 21 sind die Schleifenspulen LCx_{n-1} und LCx_n gegen den Uhrzeigersinn verbunden und die Schleifenspule LCx_{n+1} ist im Uhrzeigersinn verbunden, wenn von dem Eingangsanschluss des Operationsverstärkers 30n betrachtet.

[0107] Infolge der Verbindungen ist das Empfangssignal Rx_EMR, das von dem Operationsverstärker 30n zu der Sensorsteuereinheit 31 geleitet wird, durch einen Vektor $d_{parallel}$ dargestellt, der in der folgenden Gleichung (18) veranschaulicht ist. Die Bedeutung der Pegel $E_{m,n-1}$ bis $E_{m,n+1}$, wie in Gleichung (18) veranschaulicht, ist wie in der ersten Ausführungsform beschrieben. Wie in der letzten Zeile von Gleichung (18) veranschaulicht, kann der Vektor $d_{parallel}$ auch in eine Form des Produkts der 3×3 Matrix F, die die Verbindungspolarität in jeder Stiftsignaldetektionsperiode angibt, und des Vektors, der die Pegel $E_{m,n-1}$ bis $E_{m,n+1}$ angibt, mit dem Vektor d_{series} umgeformt werden, der in der ersten Ausführungsform beschrieben ist.

[Math. 18]

$$d_{parallel} = \begin{pmatrix} -E_{m,n-1} + E_{m,n} - E_{m,n+1} \\ +E_{m,n-1} - E_{m,n} - E_{m,n+1} \\ -E_{m,n-1} - E_{m,n} + E_{m,n+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_{m,n-1} \\ E_{m,n} \\ E_{m,n+1} \end{pmatrix} = F \begin{pmatrix} E_{m,n-1} \\ E_{m,n} \\ E_{m,n+1} \end{pmatrix} \quad (18)$$

[0108] Wie aus der Tatsache hervorgeht, dass die Form des Vektors $d_{parallel}$ dieselbe ist wie die Form des Vektors d_{series} , kann die Sensorsteuereinheit 31 in der vorliegenden Ausführungsform auch den Vektor $d_{parallel}$ mit der inversen Matrix F^{-1} der Matrix F multiplizieren, um dadurch die Pegel $E_{m,n-1}$ bis $E_{m,n+1}$ des Stiftsignals zu trennen und zu erheben, das von den Schleifenspulen LCx_{n-1} bis LCx_{n+1} empfangen wird. Daher kann das Empfangsverfahren des Stiftsignals gemäß der vorliegenden Ausführungsform auch vorteilhafte Effekte ähnlichen den vorteilhaften Effekten der ersten Ausführungsform erzielen. Insbesondere kann die Zunahme im Leistungsverbrauch selbst dann verhindert werden, wenn die linearen Elektroden EL die Tx-Spulen ersetzen. Zusätzlich, wenn die linearen Elektroden EL die Tx-Spulen ersetzen, kann auch die Verringerung im Rauschen, das den wechselnden Magnetfeldern überlagert ist, die von den Rx-Spulen (Schleifenspulen LCx) detektiert werden, verringert werden. Überdies kann das S/N-Verhältnis des Stiftsignals, das von der Sensorsteuereinheit 31 empfangen wird, verbessert werden, ohne die Frequenz der Positionsdetektion zu verringern und ohne die Schaltungsskala der Sensorsteuereinheit 31 zu erhöhen. Im Verhältnis dazu ist jedoch die Induktivität im Fall eines parallelen Verbindens der mehreren Schleifenspulen LCx geringer als im Fall eines Verbindens der mehreren Schleifenspulen LCx in Reihe und der Pegel des Stiftsignals in der vorliegenden Ausführungsform ist kleiner als jener der ersten Ausführungsform. Daher kann behauptet werden, dass der vorteilhafte Effekt einer Verbesserung des S/N-Verhältnisses des Stiftsignals in der ersten Ausführungsform höher ist als in der vorliegenden Ausführungsform.

[0109] Anschließend wird das Positionsdetektionssystem 1 gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0110] Fig. 22 ist ein Diagramm, das eine interne Konfiguration der Schalteinheit 30 veranschaulicht, die in der Positionsdetektionsvorrichtung 3 angeordnet ist, die in dem Positionsdetektionssystem 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform enthalten ist. Der Einfachheit wegen veranschaulicht Fig. 22 nur fünf Schleifenspulen LCx (Schleifenspulen LCx_{n-2} bis LCx_{n+2}) und sechs lineare Elektroden EL

(lineare Elektroden EL_m bis EL_{m+5}). Dies ist auch in **Fig. 23 bis 25** ähnlich, die später beschrieben werden.

[0111] Die Schalteinheit 30 gemäß der vorliegenden Ausführungsform unterscheidet sich von der Schalteinheit 30 gemäß der zweiten Ausführungsform darin, dass die Schalteinheit 30 gemäß der vorliegenden Ausführungsform einen Schalter 30k anstelle des Schalters 30a enthält und eine Treiberschaltung 30m anstelle der Treiberschaltung 30g enthält. Zusätzlich unterscheidet sich die Sensorsteuereinheit 31 gemäß der vorliegenden Ausführungsform von der Sensorsteuereinheit 31 gemäß der zweiten Ausführungsform darin, dass die Sensorsteuereinheit 31 gemäß der vorliegenden Ausführungsform den sechs linearen Elektroden EL_m bis EL_{m+5} Wechselstrom gleichzeitig zuleitet und nur eine Schleifenspule LCx mit dem Operationsverstärker 30n gleichzeitig verbindet, um die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P zu detektieren. Das Positionsdetektionssystem 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist dem Positionsdetektionssystem 1 gemäß der zweiten Ausführungsform in anderer Hinsicht ähnlich und die Beschreibung wird mit einem Schwerpunkt auf den Unterschieden zu dem Positionsdetektionssystem 1 gemäß der zweiten Ausführungsform fortgesetzt.

[0112] Der Schalter 30k ist konfiguriert, den Wechselstrom Tx_EMR zum Erzeugen des wechselnden Magnetfelds auf der Berührungsfläche den mehreren linearen Elektroden EL zuzuleiten. Der Schalter 30k enthält Ausgangsstifte, die den linearen Elektroden EL entsprechen, und zwei Eingangsstifte sind für jeden Ausgangsstift bereitgestellt. Jeder Ausgangsstift ist mit einem Ende der entsprechenden linearen Elektrode EL in der x-Richtung (Längsrichtung) verbunden. Der Schalter 30k spielt eine Rolle beim Verbinden jedes Eingangsstifts mit einem der Ausgangsstifte in jeder linearen Elektrode EL gemäß der Steuerung der Sensorsteuereinheit 31.

[0113] Die Treiberschaltung 30m ist eine Schaltung, die die Wechselströme i_A und i_B gemäß dem Wechselstrom Tx_EMR erzeugt, der von der Sensorsteuereinheit 31 zugeleitet wird, und die Wechselströme i_A und i_B durch den Schalter 30k zu den linearen Elektroden EL leitet. Die Treiberschaltung 30m ist konfiguriert, den Wechselstrom i_A zu einem der zwei Eingangsstifte zu leiten, die jeder linearen Elektrode EL entsprechen, und den Wechselstrom i_B zu dem anderen Eingangsstift zu leiten.

[0114] **Fig. 23 bis 25** sind Diagramme, die Zustände der Schalteinheit 30 veranschaulichen, wenn die Sensorsteuereinheit 31 gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P detektiert. Während die Schleifenspule LCx_n mit dem Operationsverstärker

30n gemäß der Steuerung der Schalter 30c bis 30e verbunden ist, wählt die Sensorsteuereinheit 31 gemäß der vorliegenden Ausführungsform der Reihe nach sechs benachbarte lineare Elektroden EL aus, während das Ziel jedes Mal um drei lineare Elektroden EL verschoben wird. Jedes Mal führt die Sensorsteuereinheit 31 einen Prozess zum Steuern des Schalters 30c durch, um die ausgewählten sechs linearen Elektroden EL mit der Treiberschaltung 30m in drei Verbindungsmodi zu verbinden, sodass der Wechselstrom i_A in der Hälfte der sechs linearen Elektroden EL erzeugt wird und der Wechselstrom i_B in der verbleibenden Hälfte erzeugt wird.

[0115] **Fig. 23 bis 25** veranschaulichen die Zuleitung der Wechselströme in den drei Verbindungsmodi. Insbesondere wird in dem Beispiel von **Fig. 23** der Wechselstrom i_A zu den linearen Elektroden EL_{m+1} , EL_{m+3} und EL_{m+5} geleitet und der Wechselstrom i_B wird zu den linearen Elektroden EL_m , EL_{m+2} und EL_{m+4} geleitet. Zusätzlich wird in dem Beispiel von **Fig. 24** der Wechselstrom i_A zu den linearen Elektroden EL_{m+1} bis EL_{m+3} geleitet und der Wechselstrom i_B wird zu den linearen Elektroden EL_m , EL_{m+4} und EL_{m+5} geleitet. Der Wechselstrom i_A wird in dem Beispiel von **Fig. 25** zu den linearen Elektroden EL_{m+2} bis EL_{m+4} geleitet und der Wechselstrom i_B wird zu den linearen Elektroden EL_m , EL_{m+1} und EL_{m+5} geleitet.

[0116] **Fig. 26(a) bis 26(c)** sind Diagramme, die schematisch Verfahren zum Zuleiten der Wechselströme in **Fig. 23 bis 25** veranschaulichen. **Fig. 26 (d) bis 26(f)** sind Diagramme, die äquivalente Schaltungen veranschaulichen, wenn die Verfahren, die in **Fig. 26(a) bis 26(c)** veranschaulicht sind, zum Zuleiten der Wechselströme i_A und i_B zu den sechs linearen Elektroden EL_m bis EL_{m+5} verwendet werden. Wie in **Fig. 26(a) bis 26(f)** veranschaulicht, wenn die Wechselströme, in welchen die Phasen von Zeitableitungen entgegengesetzt sind, an eine lineare Elektrode EL_{m+k} (k ist eines von 0, 1 und 2) und eine lineare Elektrode EL_{m+k+3} angelegt werden, kann angenommen werden, dass die lineare Elektrode EL_{m+k} und die lineare Elektrode EL_{m+k+3} eine Schleifenspule bilden, unabhängig von dem Strom, der durch die linearen Elektroden EL_{m+k+1} und EL_{m+k+2} fließt, die zwischen der linearen Elektrode EL_{m+k} und der linearen Elektrode EL_{m+k+3} angeordnet sind. In der Folge wird die Schleifenspule als eine „Pseudoschleifenspule PLC“ bezeichnet und insbesondere wird die Pseudoschleifenspule PLC, die durch die linearen Elektroden EL_{m+k} und EL_{m+k+3} gebildet wird, als eine „Pseudoschleifenspule PLC_{m+k}“ bezeichnet. Die Verbindungspolarität der Pseudoschleifenspule PLC_{m+k} im Fall eines Zuleitens des Wechselstroms i_A zu der linearen Elektrode EL_{m+k} und Zuleiten des Wechselstroms i_B zu der linearen Elektrode EL_{m+k+3} (geschrieben als „-“ in **Fig. 26(a) bis 26(f)**) und die Verbindungspolarität der Pseudo-

schleifenspule PLC_{m+k} im Fall eines Zuleitens des Wechselstroms i_B zu der linearen Elektrode EL_{m+k} und Zuleiten des Wechselstroms i_A zu der linearen Elektrode EL_{m+k+3} (geschrieben als „+“ in **Fig. 26(a)** bis **26(f)**) sind entgegengesetzt.

[0117] Der Pegel des Stiftsignals, das von der Schleifenspule LCx_n empfangen wird, wenn der Wechselstrom i_A der linearen Elektrode EL_{m+k} zugeleitet wird und der Wechselstrom i_B der linearen Elektrode EL_{m+k+3} zugeleitet wird, ist durch $E_{m+k,n}$ dargestellt. Das Empfangssignal Rx_EMR (Ergebniswert), das von dem Operationsverstärker 30n der Sensorsteuereinheit 31 zugeleitet wird, wenn die Wechselströme zugeleitet werden, wie in **Fig. 26(a)** veranschaulicht, ist durch $-E_{m,n} + E_{m+1,n} - E_{m+2,n}$ dargestellt. Dies ist ähnlich, wenn die Wechselströme wie in **Fig. 26(b)** und **26(c)** veranschaulicht zugeleitet werden, und die Empfangssignale Rx_EMR sind durch $E_{m,n} - E_{m+1,n} + E_{m+2,n}$ bzw. $-E_{m,n} - E_{m+1,n} + E_{m+2,n}$ dargestellt. Wenn dies in einem Vektorformat ausgedrückt wird, ist dies durch einen Vektor d_{tx} dargestellt, der in der folgenden Gleichung (19) veranschaulicht ist. Überdies kann der Vektor d_{tx} zu einer Form des Produkts der 3×3 Matrix F , die die Verbindungspolarität der Pseudoschleifenspule PLC angibt, und des Vektors, der die Pegel $E_{m,n}$ bis $E_{m+2,n}$ darstellt, umgeformt werden, wie bei dem Vektor d_{series} und dem Vektor $d_{parallel}$.

[Math. 19]

$$d_{tx} = \begin{pmatrix} -E_{m,n} + E_{m+1,n} - E_{m+2,n} \\ +E_{m,n} - E_{m+1,n} - E_{m+2,n} \\ -E_{m,n} - E_{m+1,n} + E_{m+2,n} \end{pmatrix} \quad (19)$$

$$= \begin{pmatrix} -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_{m,n} \\ E_{m+1,n} \\ E_{m+2,n} \end{pmatrix} = F \begin{pmatrix} E_{m,n} \\ E_{m+1,n} \\ E_{m+2,n} \end{pmatrix}$$

[0118] Wie aus der Tatsache hervorgeht, dass der Vektor d_{tx} dieselbe Form aufweist wie der Vektor d_{series} und der Vektor $d_{parallel}$, kann die Sensorsteuereinheit 31 in der vorliegenden Ausführungsform auch den Vektor d_{tx} mit der inversen Matrix F^{-1} der Matrix F multiplizieren, um die Pegel $E_{m,n}$, $E_{m+1,n}$ und $E_{m+2,n}$ des Stiftsignals, das empfangen wird, wenn die wechselnden Magnetfelder von den Pseudoschleifenspulen PLC_m bis PLC_{m+2} exportiert werden, zu trennen und zu erheben. Überdies ist gemäß dem Verfahren zum Zuleiten der Wechselströme der vorliegenden Ausführungsform die Länge der Periode, in der das wechselnde Magnetfeld von jeder Pseudoschleifenspule PLC exportiert wird, dreimal länger als in dem Fall eines unabhängigen Exportieren der wechselnden Magnetfelder von drei Pseudoschleifenspulen PLC . Während der Pegel des empfangenen Stiftsignals um ein Dreifaches erhöht ist, ist der Pegel des empfangenen Rauschens gerade um das $3^{1/2}$ -Fache erhöht. Daher kann behauptet wer-

den, dass das Verfahren zum Zuleiten der Wechselströme gemäß der vorliegenden Ausführungsform das S/N-Verhältnis des Stiftsignals verbessern kann, das von der Sensorsteuereinheit 31 empfangen wird.

[0119] **Fig. 27** bis **29** sind Ablaufdiagramme, die den gesamten Ablauf der Positionsdetektion des elektromagnetischen Resonanzstifts P veranschaulichen, die von der Sensorsteuereinheit 31 gemäß der vorliegenden Ausführungsform ausgeführt wird. Zunächst wählt in **Fig. 27** die Sensorsteuereinheit 31 vor Detektieren des elektromagnetischen Resonanzstifts P eine Schleifenspule LCx am äußersten Ende und steuert den Schalter 30b, um die ausgewählte Schleifenspule LCx mit dem Operationsverstärker 30n zu verbinden (Schritt S30). Der Prozess enthält auch einen Prozess zum Steuern des Schalters 30d, um den Draht L4 mit dem Operationsverstärker 30n zu verbinden und den Draht L3 zu erden, und zum Steuern des Schalters 30e, um den Operationsverstärker 30j von dem Draht L4 zu trennen.

[0120] Anschließend wählt die Sensorsteuereinheit 31 sechs lineare Elektroden EL von dem Ende und steuert den Schalter 30k, um die sechs linearen Elektroden EL mit der Treiberschaltung 30m in einem Verbindungsmodus zu verbinden (zum Beispiel Verbindungsmodus, der in **Fig. 23** veranschaulicht ist) (Schritt S31). Der Prozess enthält auch einen Prozess zum Steuern des Schalters 30f, um das andere Ende jeder linearen Elektrode EL in der x-Richtung zu erden, und einen Prozess zum Steuern des Schalters 30b, um Zuleiten des Berührungsdetektionssignals Tx_TP zu jeder linearen Elektrode EL zu verhindern.

[0121] Anschließend beginnt die Sensorsteuereinheit 31, die wechselnden Magnetfelder von der ausgewählten linearen Elektrodengruppe EL zu exportieren (Schritt S32). Insbesondere beginnt die Sensorsteuereinheit 31, den Wechselstrom Tx_EMR zu der Treiberschaltung 30m zu leiten. Auf diese Weise fließt einer der Wechselströme i_A und i_B durch jede der sechs linearen Elektroden EL . Infolgedessen wird die Pseudoschleifenspule PLC gebildet und die wechselnden Magnetfelder werden exportiert. Anschließend speichert die Sensorsteuereinheit 31 vorübergehend den Pegel des Empfangssignals Rx_EMR , das von dem Operationsverstärker 30n ausgegeben wird, gemäß den wechselnden Magnetfeldern, die in Schritt S32 exportiert wurden (Schritt S33). Die genauen Einzelheiten der Pegel, die hier gespeichert werden, können ähnlich dem in Schritt S5 von **Fig. 15** gespeicherten Pegel sein.

[0122] Anschließend bestimmt die Sensorsteuereinheit 31, ob der Prozess für Schritte S32 und S33 in allen der Verbindungsmodi versucht wurde oder

nicht (Schritt S34). Insbesondere bestimmt die Sensorsteuereinheit 31, ob der Prozess für Schritte S32 und S33 in allen der drei Verbindungsmodi, die in **Fig. 23 bis 25** veranschaulicht sind, versucht wurde oder nicht. Die Sensorsteuereinheit 31, die in der Bestimmung bestimmt hat, dass der Prozess nicht in allen der Verbindungsmodi versucht wurde, steuert den Schalter 30k, um die ausgewählten sechs linearen Elektroden EL mit der Treiberschaltung 30m im nächsten Verbindungsmodus zu verbinden (zum Beispiel der Verbindungsmodus, der in **Fig. 24** veranschaulicht ist, nach dem Verbindungsmodus, der in **Fig. 23** veranschaulicht ist, oder der Verbindungsmodus, der in **Fig. 25** veranschaulicht ist, nach dem Verbindungsmodus, der in **Fig. 24** veranschaulicht ist) (Schritt S35) und kehrt zu Schritt S32 zurück.

[0123] Andererseits leitet die Sensorsteuereinheit 31, die in Schritt S34 bestimmt hat, dass der Prozess in allen der Verbindungsmodi versucht wurde, den Pegel des Stiftsignals jeder Pseudoschleifenspule PLC basierend auf den Pegeln der mehreren Empfangssignale Rx_RMP ab, die vorübergehend in den mehreren Versuchen von Schritt S5 gespeichert wurden (Schritt S36). Insbesondere führt die Sensorsteuereinheit 31 eine Berechnung (Wiederfindungsberechnung) durch Multiplizieren des Vektors d_{tx} mit der inversen Matrix F^{-1} der Matrix F durch.

[0124] Anschließend bestimmt die Sensorsteuereinheit 31, ob die Auswahl aller linearen Elektroden EL beendet ist oder nicht (Schritt S37). Wenn die Sensorsteuereinheit 31 bestimmt, dass die Auswahl nicht beendet ist, verschiebt die Sensorsteuereinheit 31 das Ziel um drei lineare Elektroden und wählt sechs lineare Elektroden EL aus. Die Sensorsteuereinheit 31 steuert den Schalter 30k, um die sechs linearen Elektroden EL mit der Treiberschaltung 30m im ersten Verbindungsmodus zu verbinden (zum Beispiel Verbindungsmodus, der in **Fig. 23** veranschaulicht ist) (Schritt S38) und kehrt dann zu Schritt S32 zurück. Wenn andererseits die Sensorsteuereinheit 31 in Schritt S37 bestimmt, dass die Auswahl beendet ist, bestimmt die Sensorsteuereinheit 31, ob die Auswahl aller Schleifenspulen LCx beendet ist oder nicht (Schritt S39). Wenn die Sensorsteuereinheit 31 bestimmt, dass die Auswahl nicht beendet ist, wählt die Sensorsteuereinheit 31 eine Schleifenspule LCx benachbart zu einer Schleifenspule LCx aus, die zuletzt ausgewählt wurde (Schleifenspule LCx, die in Schritt S30 oder Schritt S40 ausgewählt wurde) und steuert den Schalter 30c, um die Schleifenspule LCx mit dem Operationsverstärker 30n zu verbinden (Schritt S40). Die Sensorsteuereinheit 31 kehrt zu Schritt S32 zurück.

[0125] Die Sensorsteuereinheit 31, die in Schritt S39 bestimmt hat, dass die Auswahl beendet ist, bestimmt basierend auf dem Pegel des Stiftsignals

in jeder Kombination der Pseudoschleifenspule PLC und der Schleifenspule LCx, die durch Wiederholen von Schritt S36 erhalten wird, ob das Stiftsignal detektiert wird oder nicht (Schritt S41 von **Fig. 28**). In einem Beispiel ist das Ergebnis der Bestimmung positiv, wenn ein Pegel vorliegt, der einen vorbestimmten Wert übersteigt, und in anderen Fällen ist das Ergebnis der Bestimmung negativ.

[0126] Die Sensorsteuereinheit 31, die in Schritt S41 bestimmt hat, dass das Stiftsignal nicht detektiert wurde, kehrt zu Schritt S30 von **Fig. 27** zurück und fährt mit dem Prozess fort. Andererseits leitet die Sensorsteuereinheit 31, die bestimmt hat, dass das Stiftsignal detektiert wurde, die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P basierend auf dem Pegel des Stiftsignals in jeder Kombination der Pseudoschleifenspule PLC und der Schleifenspule LCx ab, die in Schritt S36 von **Fig. 27** abgeleitet wurde, und gibt die Position an den Host-Prozessor 32 aus (Schritt S42).

[0127] Anschließend bestimmt die Sensorsteuereinheit 31 als Auswahlziele, $3 + 3n$ (n ist eine natürliche Zahl, die typischerweise $n = 1$ ist, wo $3 + 3n$ eine Zahl kleiner als die Gesamtanzahl von linearen Elektroden EL ist) lineare Elektroden EL (linearer Elektrodensatz) und eine vorbestimmte Anzahl von (eine Anzahl kleiner als die Gesamtanzahl von Schleifenspulen LCx, die typischerweise drei oder vier ist) Schleifenspulen LCx basierend auf der Position, die in Schritt S42 abgeleitet wurde (Position, die in Schritt S56 das letzte Mal abgeleitet wurde, im Fall eines Übergangs von Schritt S56, wie später beschrieben wird) (Schritt S43).

[0128] Anschließend wählt die Sensorsteuereinheit 31 die Schleifenspule LCx am äußersten Ende aus den Schleifenspulen LCx als die Auswahlziele und steuert den Schalter 30c, um die Schleifenspule LCx mit dem Operationsverstärker 30n zu verbinden (Schritt S44). Zusätzlich wählt die Sensorsteuereinheit 31 sechs lineare Elektroden EL von dem Ende aus den linearen Elektroden EL als die Auswahlziele und steuert den Schalter 30k, um die ausgewählten sechs linearen Elektroden EL mit der Treiberschaltung 30m im ersten Verbindungsmodus zu verbinden (zum Beispiel Verbindungsmodus, der in **Fig. 23** veranschaulicht ist) (Schritt S45).

[0129] In **Fig. 29** führt die Sensorsteuereinheit 31 einen Prozess ähnlich Schritten S32 bis S41 von **Fig. 27** und 28 aus (Schritte S46 bis S55). Der Prozess unterscheidet sich jedoch hier von dem Prozess für Schritte S32 bis S41 darin, dass, während nur der Pegel des Empfangssignals Rx_EMR vorübergehend in Schritt 33 gespeichert wird, eine Reihe von digitalen Werten (die durch Abtasten erhalten wird), die in dem Empfangssignal Rx_EMR enthalten sind, auch in Schritt S47 gespeichert wird. Die Prozesse

sind dahingehend unterschiedlich, dass, während in Schritt S37 bestimmt wird, ob die Auswahl aller linearen Elektroden EL beendet ist oder nicht, in Schritt S51 bestimmt wird, ob die Auswahl aller linearen Elektroden EL, die in S43 als die Auswahlziele bestimmt wurden, beendet ist. Die Prozesse sind dahingehend unterschiedlich, dass, während in Schritt S39 bestimmt wird, ob die Auswahl aller Schleifenspulen LCx beendet ist oder nicht, in Schritt S53 bestimmt wird, ob die Auswahl aller Schleifenspulen LCx, die in Schritt S43 als die Auswahlziele bestimmt wurden, bestimmt ist oder nicht.

[0130] Die Sensorsteuereinheit 31, die in Schritt S55 bestimmt hat, dass das Stiftsignal detektiert wird, leitet die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P ab, erhebt die Daten, die von dem elektromagnetischen Resonanzstift P übertragen werden, und gibt die Daten an den Host-Prozessor 32 aus (Schritt S56). Insbesondere leitet die Sensorsteuereinheit 31 die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P basierend auf dem Pegel des Stiftsignals in jeder Kombination der Pseudoschleifenspule PLC und der Schleifenspule LCx ab, die in Schritt S50 abgeleitet wurde. Zusätzlich demoduliert die Sensorsteuereinheit 31 die Reihe von digitalen Werten, die in Schritt S47 gespeichert wurde, im Verhältnis zu der Kombination der Pseudoschleifenspule PLC und der Schleifenspule LCx, die der abgeleiteten Position am nächsten ist, um dadurch die Daten zu erheben, die von dem elektromagnetischen Resonanzstift P übertragen werden. Nach dem Ende von Schritt S56, kehrt die Sensorsteuereinheit 31 zu Schritt S43 zurück und fährt mit dem Prozess fort.

[0131] Wenn der Prozess übernommen wird, kann die Sensorsteuereinheit 31 gemäß der vorliegenden Ausführungsform den linearen Elektrodenatz einmal in Schritt S43 von **Fig.** 28 spezifizieren und dann die wechselnden Magnetfelder von nur einer vorbestimmten Anzahl von linearen Elektroden EL exportieren, die in dem linearen Elektrodenatz enthalten sind, um dadurch die zweidimensionale Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P zu aktualisieren. Dies kann die Zunahme im Leistungsverbrauch selbst dann verhindern, wenn die linearen Elektroden EL die Tx-Spulen ersetzen.

[0132] Wie oben beschrieben, kann das Positionsdetektionssystem 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform den linearen Elektrodenatz einmal spezifizieren und dann die wechselnden Magnetfelder nur von einer vorbestimmten Anzahl von linearen Elektroden EL exportieren, die in dem linearen Elektrodenatz enthalten sind, um dadurch die zweidimensionale Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P zu aktualisieren. Dies kann die Zunahme im Leistungsverbrauch selbst dann verhin-

dern, wenn die linearen Elektroden EL die Tx-Spulen ersetzen.

[0133] Zusätzlich leitet das Positionsdetektionssystem 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform auch die Wechselströme i_A und i_B zu einen Enden (Endabschnitte an derselben Seite) der linearen Elektroden EL in der x-Richtung und das Positionsdetektionssystem 1 kann das Auftreten einer Phasenverschiebung zwischen den Strömen verhindern, die durch die linearen Elektroden EL fließen. Dies kann auch das Rauschen verringern, das den wechselnden Magnetfeldern überlagert ist, die von den Rx-Spulen (Schleifenspulen LCx) detektiert werden, wenn die linearen Elektroden EL die Tx-Spulen ersetzen.

[0134] Obwohl die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben wurden, ist die vorliegende Erfindung in keiner Weise auf die Ausführungsformen beschränkt und es ist offensichtlich, dass die vorliegende Erfindung in verschiedenen Weisen ausgeführt werden kann, ohne vom Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

[0135] Zum Beispiel ist das Beispiel zum Erzeugen des Empfangssignals Rx_EMR basierend auf dem Potential zwischen beiden Enden der Komposit-spule, die drei Schleifenspulen LCx enthält, die in Reihe verbunden ist, in der ersten Ausführungsform beschrieben und das Beispiel zum Erzeugen des Empfangssignals Rx_EMR basierend auf dem Potential (Potential in Bezug auf das Masseende) an einem Ende der Komposit-spule, die die drei Spulen LCx enthält, die parallel verbunden sind, ist in der zweiten Ausführungsform beschrieben. Wenn jedoch drei Schleifenspulen LCx in Reihe verbunden sind, kann das Empfangssignal Rx_EMR basierend auf dem Potential (Potential in Bezug auf das Masseende) an einem Ende der Komposit-spule erzeugt werden, die die drei Schleifenspulen LCx enthält. Wenn drei Schleifenspulen LCx parallel verbunden sind, kann das Empfangssignal Rx_EMR basierend auf dem Potential zwischen beiden Enden der Komposit-spule, die die drei Schleifenspulen LCx enthält, erzeugt werden.

[0136] Zusätzlich, obwohl die Beispiele einer Verwendung von drei benachbarten Schleifenspulen LCx als einen Satz, um die Position des elektromagnetischen Resonanzstifts P zu detektieren, in der ersten und zweiten Ausführungsform beschrieben wurden, können zwei benachbarte Schleifenspulen LCx als ein Satz verwendet werden oder vier oder mehr benachbarte Schleifenspulen LCx können als ein Satz verwendet werden. Alternativ können alle der Schleifenspulen LCx als ein Satz verwendet werden. Die Matrix F ist in einem Fall einer Verwendung von n ($n \geq 2$) Schleifenspulen LCx als ein Satz eine $n \times n$ Matrix.

[0137] Zusätzlich, obwohl die Beispiele zum Erzeugen des Empfangssignals Rx_EMR, während der Schalter 30c verwendet wird, um die Verbindungsmodi der mehreren Schleifenspulen LCx zu ändern, in der ersten und zweiten Ausführungsform beschrieben sind, kann das Empfangssignal Rx_EMR erzeugt werden, während die Verbindung der Schleifenspulen LCx und Berechnungsschaltungen geändert wird. Zum Beispiel können in der Stiftsignaldetektionsperiode T1, die in **Fig. 11** veranschaulicht ist, die Schleifenspulen LCx_{n-1} und LCx_{n+1} mit einer Subtraktionsschaltung verbunden werden und die Schleifenspule LCx_n kann mit einer Additionsschaltung verbunden werden. In der Stiftsignaldetektionsperiode T2 können die Schleifenspulen LCx_n und LCx_{n+1} mit der Subtraktionsschaltung verbunden werden und die Schleifenspule LCx_{n-1} kann mit der Additionsschaltung verbunden werden. In der Stiftsignaldetektionsperiode T3 kann die Schleifenspule LCx_n mit der Subtraktionsschaltung verbunden werden und die Schleifenspulen LCx_{n-1} und LCx_{n+1} kann mit der Additionsschaltung verbunden werden.

[0138] Zusätzlich kann die Technik der vorliegenden Erfindung angewendet werden, um das Empfangssignal Rx_EMR entsprechend einem Verbindungsmodus der Schleifenspulen LCx zu erzeugen. Zum Beispiel kann eine Differenz $E_{m,1}-E_{m,2}$ zwischen der Schleifenspule LCx_1 und der Schleifenspule LCx_2 oder ein Signal $(E_{m,1}+E_{m,2})-(E_{m,3}+E_{m,4})$, das durch Subtrahieren eines Additionssignals der Schleifenspule LCx_3 und der Schleifenspule LCx_4 von einem Additionssignal der Schleifenspule LCx_1 und der Schleifenspule LCx_2 erhalten wird, erzeugt werden. Auf diese Weise kann der Pegel des Stiftsignals entsprechend einem Verbindungsmodus der Schleifenspulen LCx erhoben werden.

L1 bis L4	Draht
LCx	Schleifenspule
P	Elektromagnetischer Resonanzstift
PA1, PA2	Untersuchungsbereich
PLC	Pseudoschleifenspule
T1 bis T3	Stiftsignaldetektionsperiode
Tx, Tx_EMR	Wechselstrom
Tx_TP	Berührungsdetektionssignal
Rx, Rx_EMR, Rx_TP	Empfangssignal

BESCHREIBUNG VON BEZUGSZEICHEN

1	Positionsdetektionssystem
3	Positionsdetektionsvorrichtung
30	Schaltereinheit
30a bis 30f, 30k	Schalter
30g, 30m	Treiberschaltung
30h	Verdrahtungseinheit
30i	Differentialverstärker
30j, 30n	Operationsverstärker
31	Sensorsteuereinheit
32	Host-Prozessor
EL	Lineare Elektrode
F	Finger

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 6698386 [0004]

Patentansprüche

1. Sensorvorrichtung, die einen Indikator detektiert, wobei die Sensorvorrichtung umfasst:
 eine lineare Elektrodengruppe, die sich parallel erstreckt;
 eine Detektionsspulengruppe, die die lineare Elektrodengruppe kreuzt; und
 eine integrierte Schaltung, die mit der linearen Elektrodengruppe und der Detektionsspulengruppe verbunden ist, wobei
 die integrierte Schaltung konfiguriert ist,
 der Reihe nach wechselnde Magnetfelder von der linearen Elektrodengruppe zu exportieren, die Detektionsspulengruppe zu verwenden, um ein wechselndes Magnetfeld zu detektieren, das von dem Indikator gemäß den wechselnden Magnetfeldern erzeugt wird und einen linearen Elektroden-satz, der einen Teil der linearen Elektrodengruppe enthält, basierend auf dem Detektionsergebnis zu bestimmen,
 einen Prozess zum Exportieren der wechselnden Magnetfelder von mindestens einem Teil des linearen Elektroden-satzes mehrere Male auszuführen und mehrere Ergebniswerte, die von mindestens einem Teil der Detektionsspulengruppe detektiert werden, als ein Ergebnis der Ausführung zu verwenden, um eine zweidimensionale Position des Indikators abzuleiten; und
 den linearen Elektroden-satz gemäß der abgeleiteten zweidimensionalen Position zu aktualisieren.

2. Sensorvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die zweidimensionale Position eine Position ist, die eine Position in einer ersten Richtung, in der lineare Elektroden, die in der linearen Elektrodengruppe enthalten sind, aufgereiht sind und eine Position in einer zweiten Richtung enthält, in der Spulen, die in der Detektionsspulengruppe enthalten sind, aufgereiht sind.

3. Sensorvorrichtung nach Anspruch 1, wobei während der Prozess zum Exportieren der wechselnden Magnetfelder von mindestens einem Teil des linearen Elektroden-satzes mehrere Male ausgeführt wird, der lineare Elektroden-satz nicht zum Detektieren des wechselnden Magnetfelds verwendet wird, das von dem Indikator erzeugt wird.

4. Sensorvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Prozess zum Exportieren der wechselnden Magnetfelder von mindestens einem Teil des linearen Elektroden-satzes ein Prozess zum Auswählen einer vorbestimmten Anzahl von linearen Elektroden aus mehreren linearen Elektroden, die in dem linearen Elektroden-satz enthalten sind, und Zuleiten eines ersten Wechselstroms zu einer Hälfte der vorbestimmten Anzahl von linearen Elektroden und gleichzeitig Zuleiten eines zweiten Wechselstroms, der sich von dem ersten Wechselstrom unterscheidet, zu dem Rest der vorbestimmten Anzahl von linearen Elektroden ist.

det, zu dem Rest der vorbestimmten Anzahl von linearen Elektroden ist.

5. Sensorvorrichtung nach Anspruch 4, wobei die integrierte Schaltung den Prozess zum mehrmaligen Exportieren der wechselnden Magnetfelder von mindestens einem Teil des linearen Elektroden-satzes ausführt, während eine Kombination von linearen Elektroden, welchen der erste Wechselstrom zugeleitet wird, aus der vorbestimmten Anzahl von linearen Elektroden und linearen Elektroden, welchen der zweite Wechselstrom zugeleitet wird, aus der vorbestimmten Anzahl von linearen Elektroden geändert wird.

6. Sensorvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Prozess zum Erzeugen der wechselnden Magnetfelder in mindestens einem Teil des linearen Elektroden-satzes ein Prozess ist zum: Auswählen einer von mehreren linearen Elektroden, die in dem linearen Elektroden-satz enthalten sind, und Zuleiten eines ersten Wechselstroms zu einer oder mehreren linearen Elektroden, die einander an einer Seite benachbart sind, und gleichzeitigen Zuleiten über die ausgewählte lineare Elektrode eines zweiten Wechselstroms, der sich von dem ersten Wechselstrom unterscheidet, zu einer oder mehreren linearen Elektroden, die einander an einer anderen Seite benachbart sind.

7. Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei der erste Wechselstrom und der zweite Wechselstrom erzeugt werden, um ein Verhältnis zu erfüllen, dass Phasen von Zeitableitungen des ersten Wechselstroms und des zweiten Wechselstroms entgegengesetzt sind.

8. Sensorvorrichtung, die einen Indikator detektiert, wobei die Sensorvorrichtung umfasst:
 eine lineare Elektrodengruppe, die sich parallel erstreckt;
 eine Detektionsspulengruppe, die die lineare Elektrodengruppe kreuzt; und
 eine integrierte Schaltung, die mit der linearen Elektrodengruppe und der Detektionsspulengruppe verbunden ist, wobei
 die integrierte Schaltung konfiguriert ist, einen ersten Wechselstrom einem Ende in einer Längsrichtung von einer oder mehreren ersten linearen Elektroden in der linearen Elektrodengruppe zuzuleiten und einen zweiten Wechselstrom dem einen Ende in der Längsrichtung von einer oder mehreren zweiten linearen Elektroden, die sich von der einen oder den mehreren ersten linearen Elektroden in der linearen Elektrodengruppe unterscheiden, zuzuleiten, und
 der erste Wechselstrom und der zweite Wechselstrom erzeugt werden, um ein Verhältnis zu erfüllen, dass Phasen von Zeitableitungen des ersten Wechselstroms und des zweiten Wechselstroms entgegengesetzt sind.

selstroms und des zweiten Wechselstroms entgegengesetzt sind.

9. Sensorvorrichtung nach Anspruch 8, wobei das Verhältnis ist, dass der zweite Wechselstrom mit einer Zunahme im ersten Wechselstrom abnimmt und der zweite Wechselstrom mit einer Abnahme im ersten Wechselstrom zunimmt.

10. Sensorvorrichtung nach Anspruch 8, wobei das Verhältnis ist, dass ein Potential an einem Ende in Bezug auf ein anderes Ende in der Längsrichtung jeder der einen oder mehreren zweiten linearen Elektroden mit einer Zunahme in einem Potential eines anderen Endes in Bezug auf das eine Ende in der Längsrichtung jeder der einen oder mehreren ersten linearen Elektroden zunimmt.

11. Sensorvorrichtung nach Anspruch 8, wobei die eine oder mehreren ersten linearen Elektroden eine vorbestimmte Anzahl von linearen Elektroden sind, die an einer Seite einer linearen Elektrode einander benachbart sind, ausgewählt aus der linearen Elektrodengruppe, und die eine oder mehreren zweiten linearen Elektroden eine selbe Anzahl von linearen Elektroden sind, die an einer anderen Seite der einen linearen Elektrode einander benachbart sind.

12. Sensorvorrichtung nach Anspruch 8, wobei ein Potential eines anderen Endes in der Längsrichtung jeder der einen oder mehreren ersten linearen Elektroden und ein Potential eines anderen Endes in der Längsrichtung jeder der einen oder mehreren zweiten linearen Elektroden ein Potential an einem Mittelpunkt eines Potentials, das von dem ersten Wechselstrom an einem Ende der einen oder mehreren ersten linearen Elektroden erzeugt wird, und eines Potentials, das von dem zweiten Wechselstrom an einem Ende der einen oder mehreren zweiten linearen Elektroden erzeugt wird, sind.

13. Sensorvorrichtung nach Anspruch 12, wobei, wenn das Potential der einen oder mehreren ersten linearen Elektroden größer ist als der Mittelpunkt, das Potential der einen oder mehreren zweiten linearen Elektroden kleiner ist als der Mittelpunkt.

14. Integrierte Schaltung, die mit einer linearen Elektrodengruppe, die sich parallel erstreckt, und einer Detektionsspulengruppe, die die lineare Elektrodengruppe kreuzt, verbunden ist, wobei die integrierte Schaltung konfiguriert ist, einen Indikator zu detektieren, wobei die integrierte Schaltung weiter konfiguriert ist:

der Reihe nach wechselnde Magnetfelder von der linearen Elektrodengruppe zu exportieren, die Detektionsspulengruppe zu verwenden, um ein wechselndes Magnetfeld zu detektieren, das von

dem Indikator gemäß den wechselnden Magnetfeldern erzeugt wird, und einen linearen Elektrodensatz, der Teil der linearen Elektrodengruppe enthält, basierend auf dem Detektionsergebnis zu bestimmen;

einen Prozess zum Exportieren wechselnder Magnetfelder von mindestens einem Teil des linearen Elektrodensatzes mehrere Male auszuführen und mehrere Ergebniswerte, die von mindestens einem Teil der Detektionsspulengruppe detektiert werden, als ein Ergebnis der Ausführung zu verwenden, um eine zweidimensionale Position des Indikators abzuleiten; und

den linearen Elektrodensatz gemäß der abgeleiteten zweidimensionalen Position zu aktualisieren.

15. Integrierte Schaltung, die mit einer linearen Elektrodengruppe, die sich parallel erstreckt, und einer Detektionsspulengruppe, die die lineare Elektrodengruppe kreuzt, verbunden ist, wobei die integrierte Schaltung konfiguriert ist, einen Indikator zu detektieren, wobei die integrierte Schaltung weiter konfiguriert ist:

einen ersten Wechselstrom einem Ende in einer Längsrichtung von einer oder mehreren ersten linearen Elektroden in der linearen Elektrodengruppe zuzuführen und einen zweiten Wechselstrom einem Ende in der Längsrichtung von einer oder mehreren zweiten linearen Elektroden zuzuführen, die sich von der einen oder den mehreren ersten linearen Elektroden in der linearen Elektrodengruppe unterscheiden, wobei der erste Wechselstrom und der zweite Wechselstrom erzeugt werden, um ein Verhältnis zu erfüllen, dass Phasen von Zeitableitungen des ersten Wechselstroms und des zweiten Wechselstroms entgegengesetzt sind.

16. Verfahren zum Detektieren eines Indikators unter Verwendung einer linearen Elektrodengruppe, die sich parallel erstreckt, und einer Detektionsspulengruppe, die die lineare Elektrodengruppe kreuzt, wobei das Verfahren umfasst:

einen Schritt zum Exportieren, der Reihe nach, wechselnder Magnetfelder von der linearen Elektrodengruppe, Verwenden der Detektionsspulengruppe, um ein wechselndes Magnetfeld zu detektieren, das von dem Indikator gemäß den wechselnden Magnetfeldern erzeugt wird, und Bestimmen eines linearen Elektrodensatzes der Teil der linearen Elektrodengruppe enthält, basierend auf einem Detektionsergebnis; einen Schritt zum Ausführen eines Prozesses zum mehrmaligen Exportieren wechselnder Magnetfelder von mindestens einem Teil des linearen Elektrodensatzes und Verwenden mehrerer Ergebniswerte, die von mindestens einem Teil der Detektionsspulengruppe detektiert werden, als ein Ergebnis der Ausführung, um eine zweidimensionale Position des Indikators abzuleiten; und

einen Schritt zum Aktualisieren des linearen Elektrodensatzes gemäß der abgeleiteten zweidimensionalen Position.

17. Verfahren zum Detektieren eines Indikators unter Verwendung einer linearen Elektrodengruppe, die sich parallel erstreckt, und einer Detektionsspulengruppe, die die lineare Elektrodengruppe kreuzt, wobei das Verfahren umfasst:

einen Schritt zum Erzeugen eines ersten Wechselstroms und eines zweiten Wechselstroms, die ein Verhältnis erfüllen, dass Phasen von Zeitableitungen des ersten Wechselstroms und des zweiten Wechselstroms entgegengesetzt sind; und einen Schritt zum Zuleiten des ersten Wechselstroms zu einem Ende in einer Längsrichtung von einer oder mehreren ersten linearen Elektroden in der linearen Elektrodengruppe und Zuleiten des zweiten Wechselstroms dem einen Ende in der Längsrichtung von einer oder mehreren zweiten linearen Elektroden, die sich von der einen oder den mehreren ersten linearen Elektroden in der linearen Elektrodengruppe unterscheiden.

Es folgen 28 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

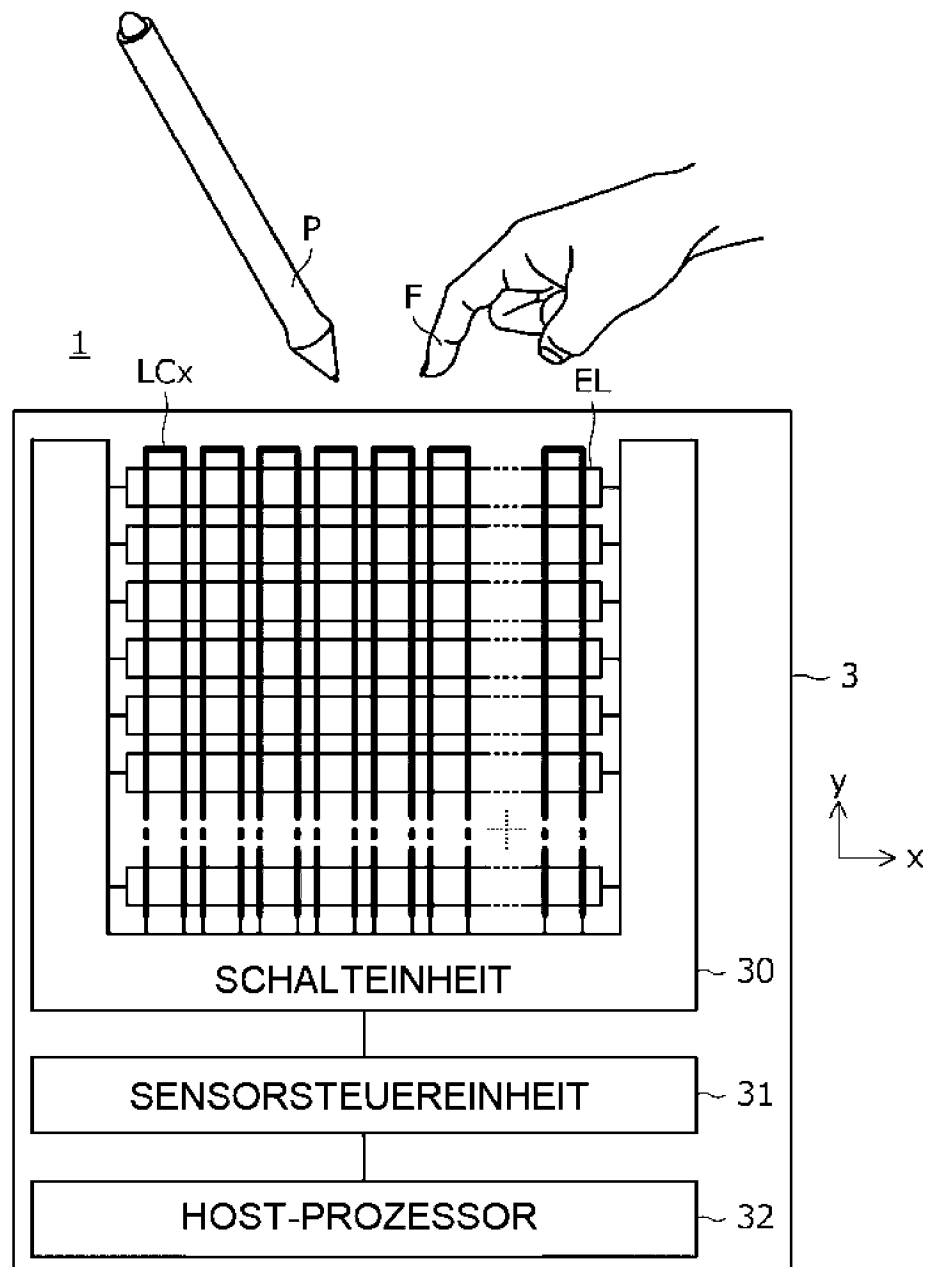


FIG. 2

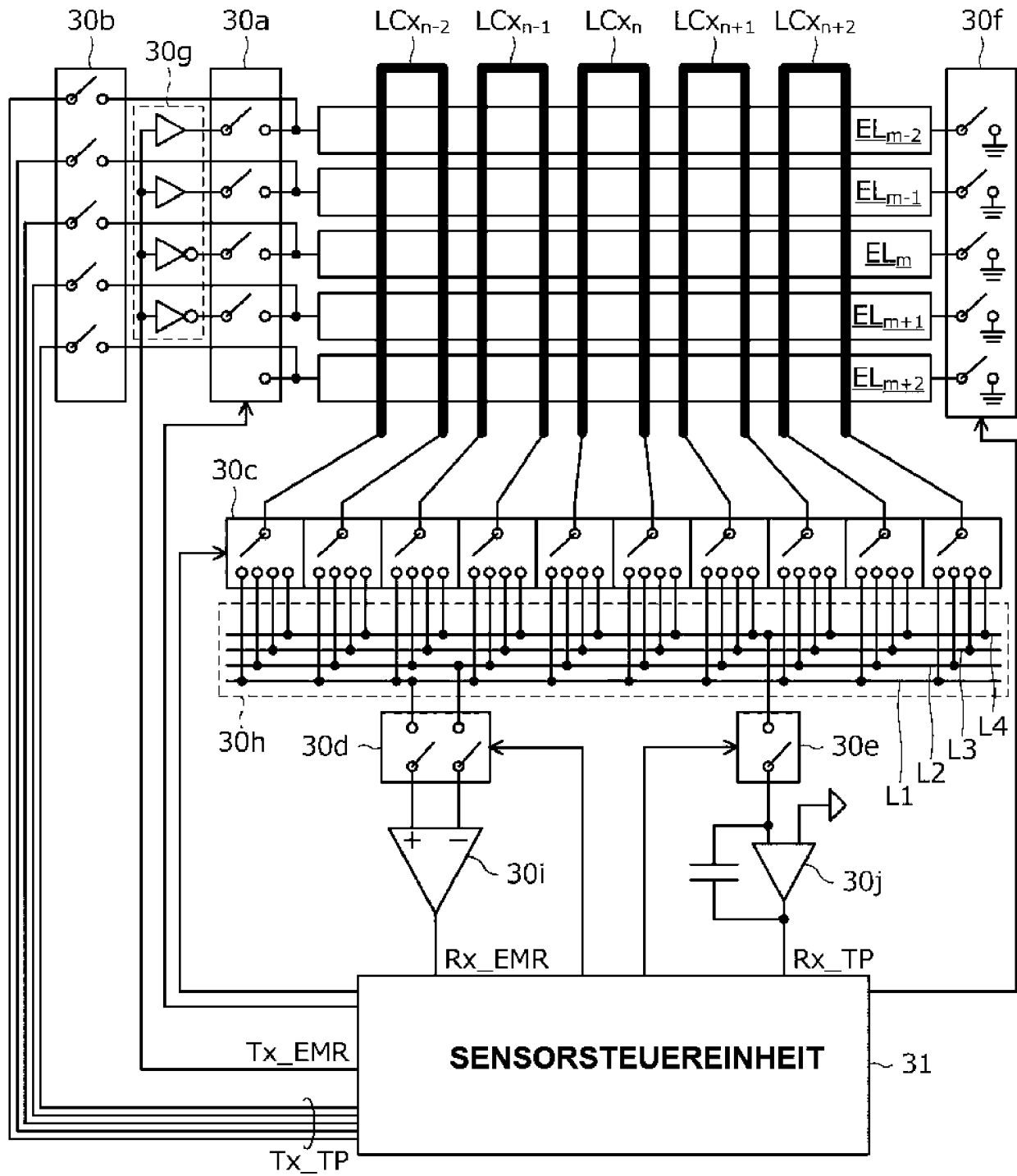


FIG. 3

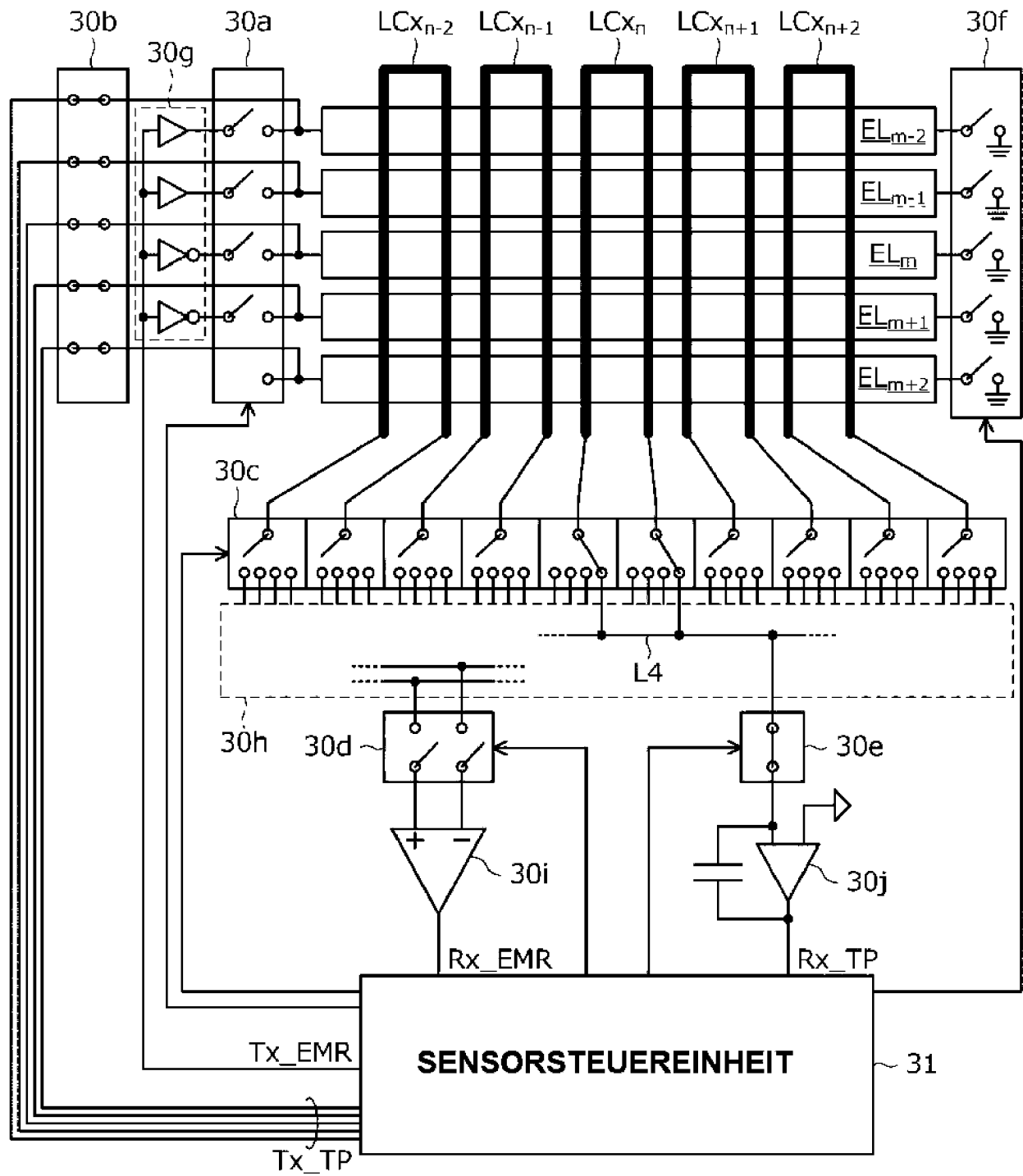


FIG. 4

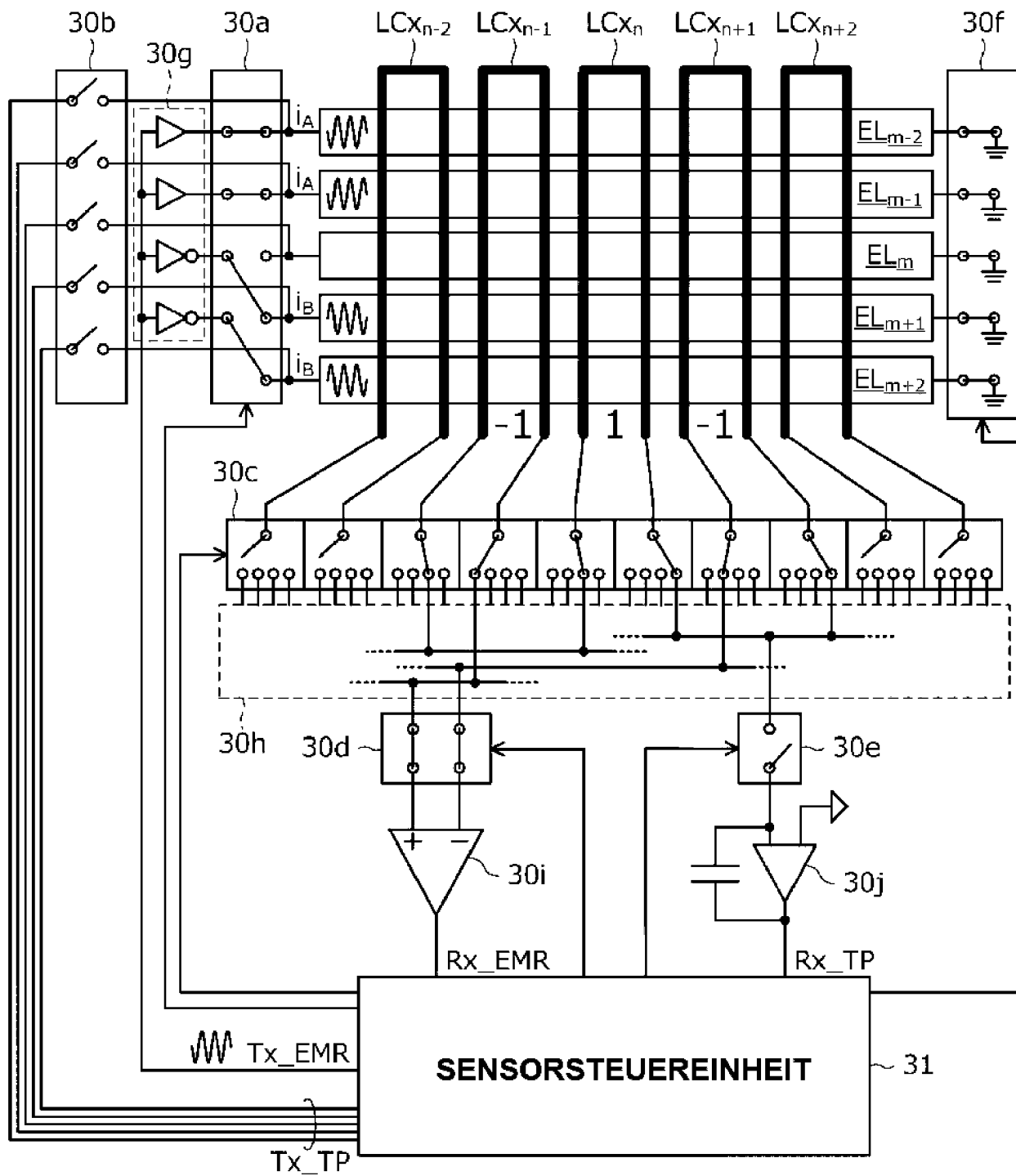


FIG. 5

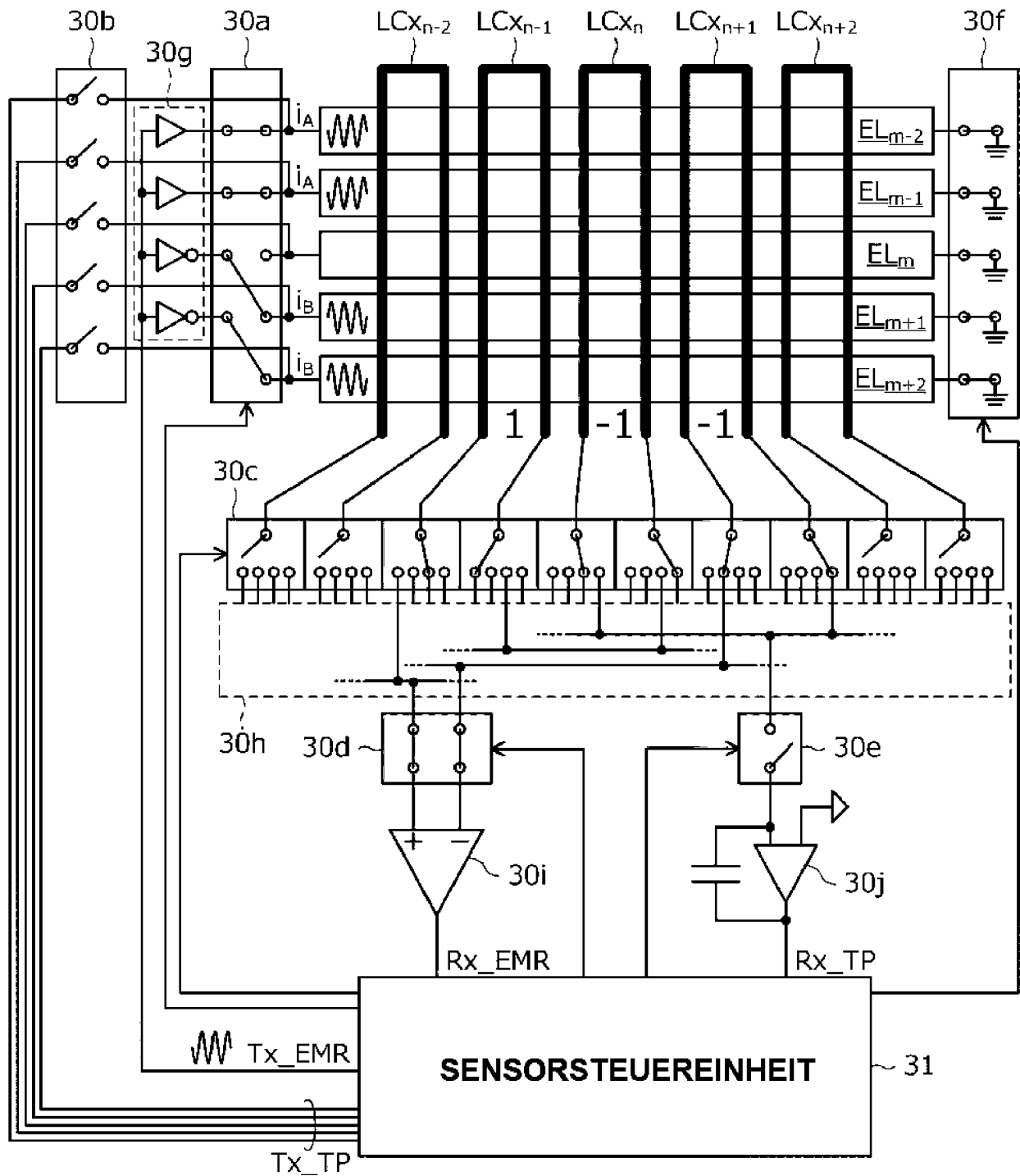


FIG. 6

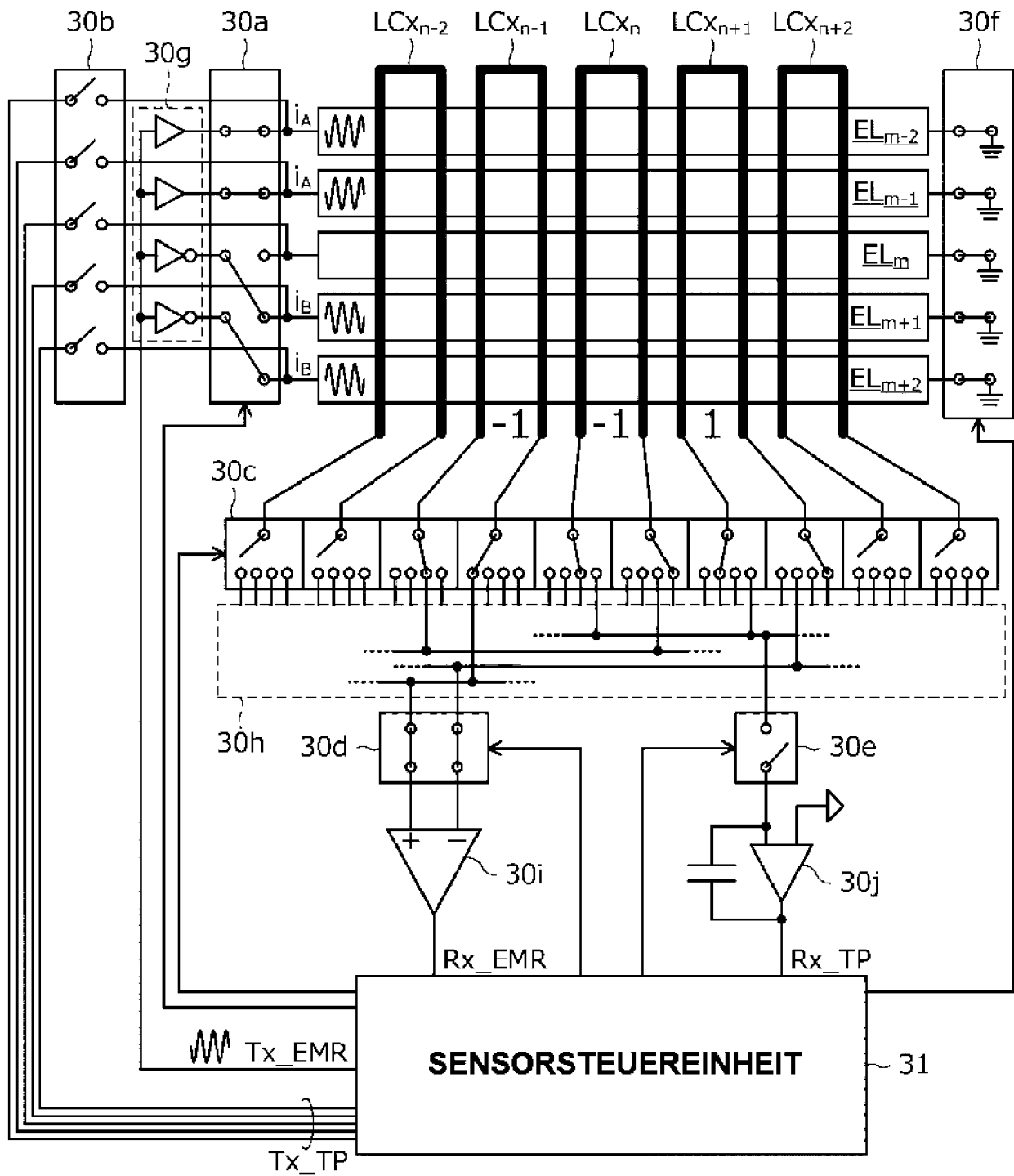


FIG. 7 A

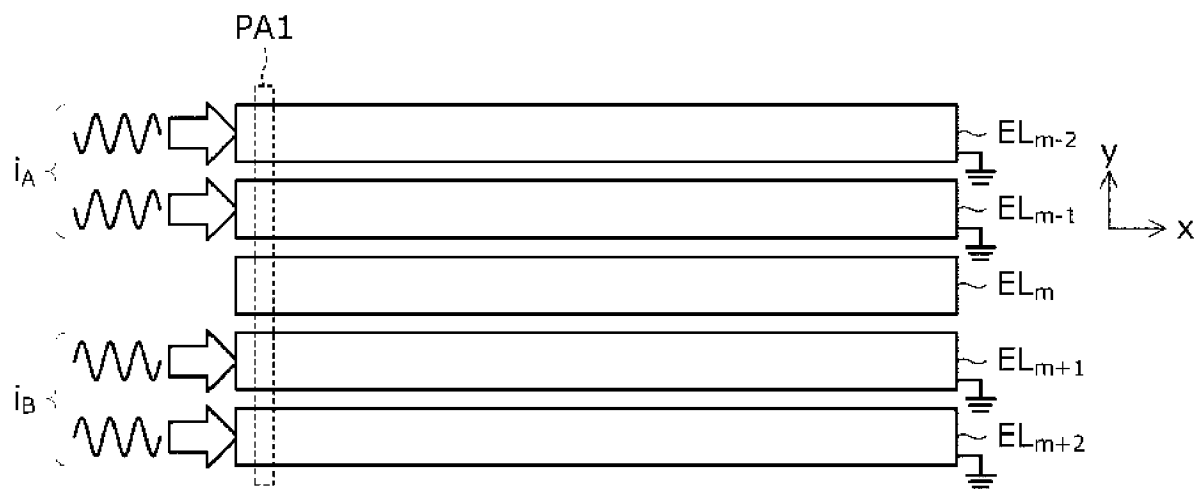


FIG. 7 B

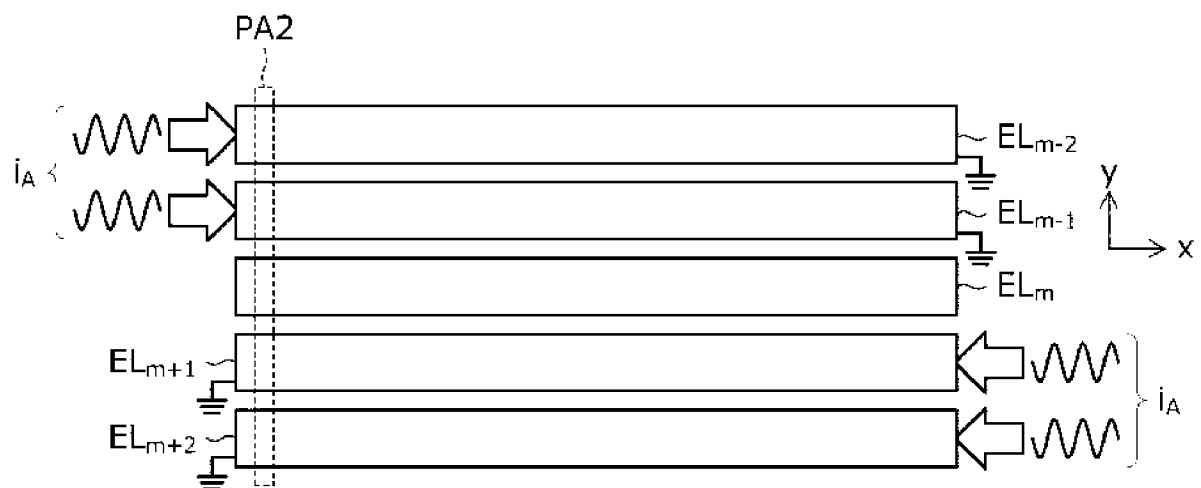


FIG. 8 A

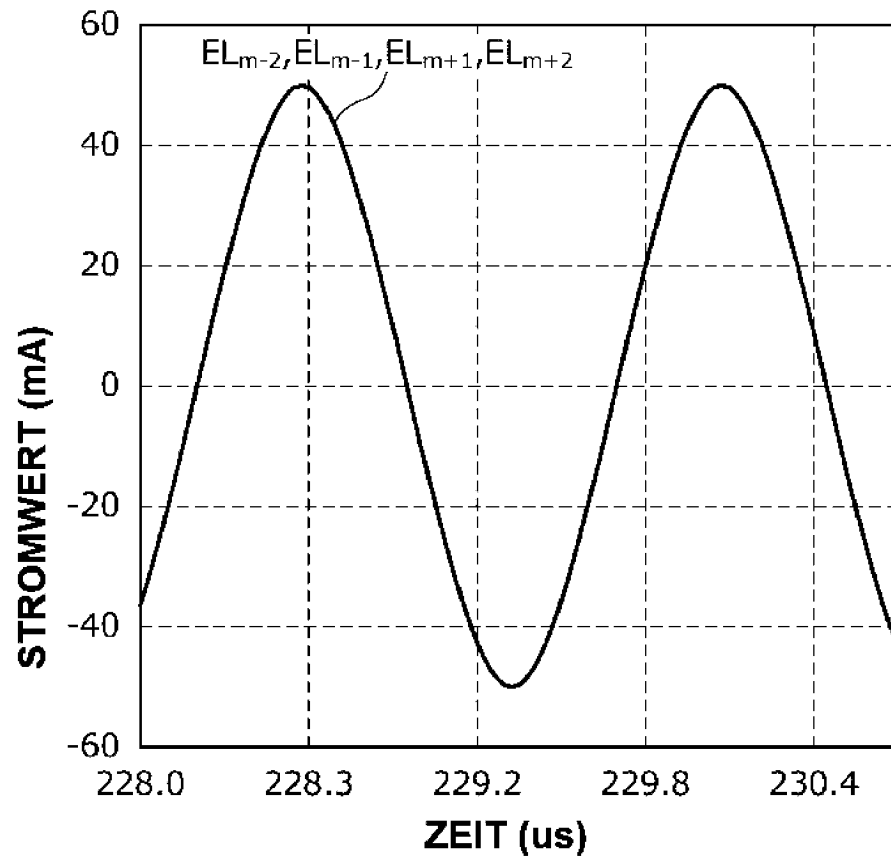


FIG. 8 B

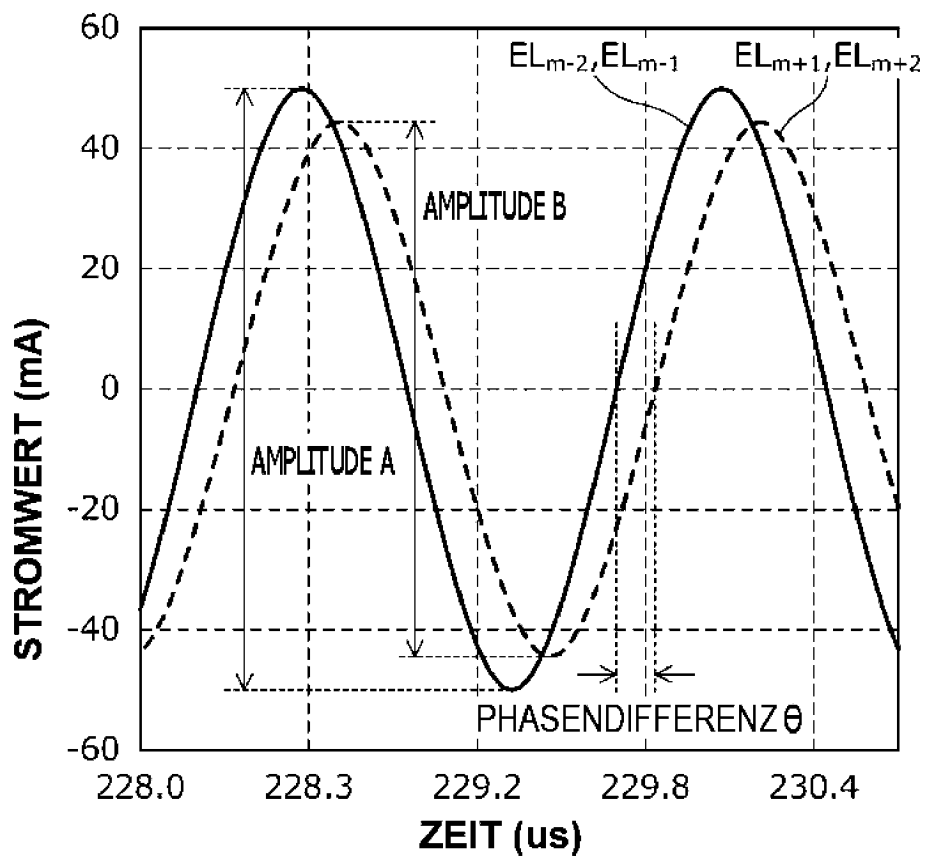


FIG. 9 A

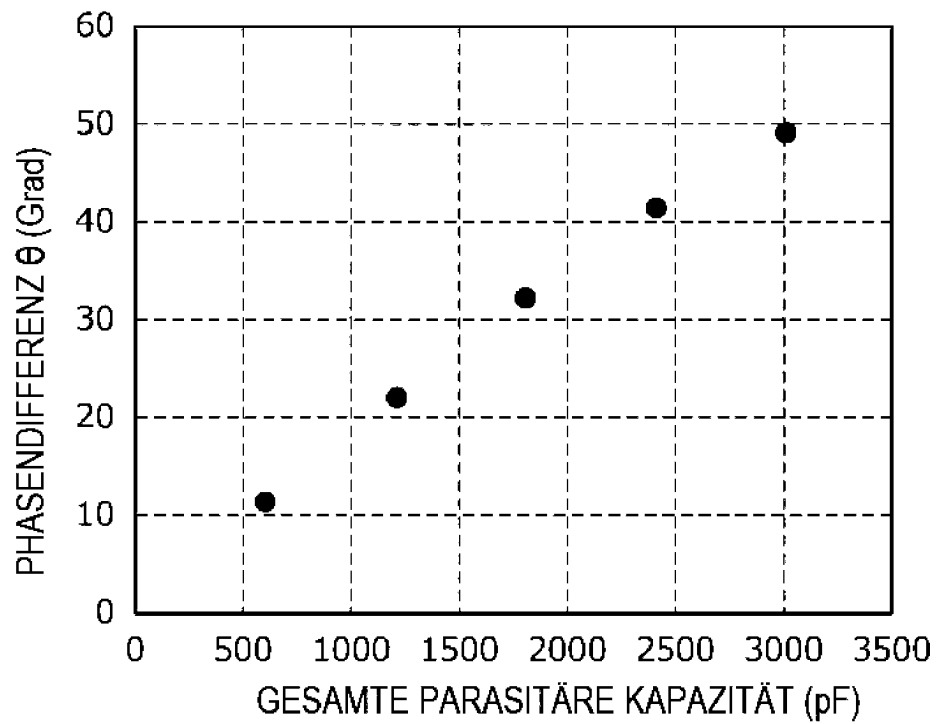


FIG. 9 B

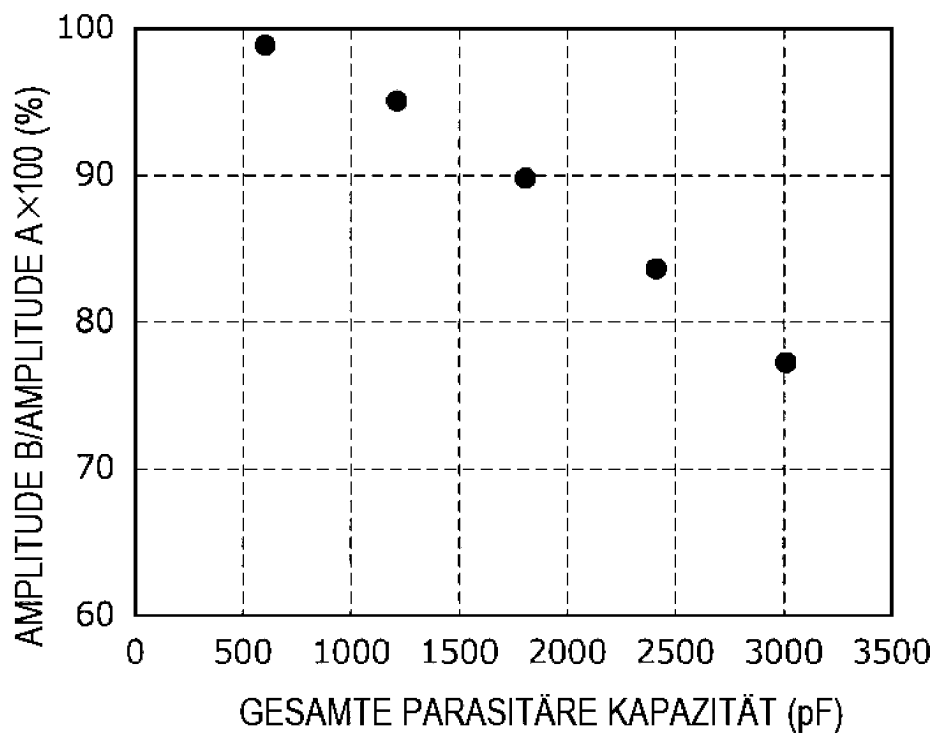


FIG. 10 A

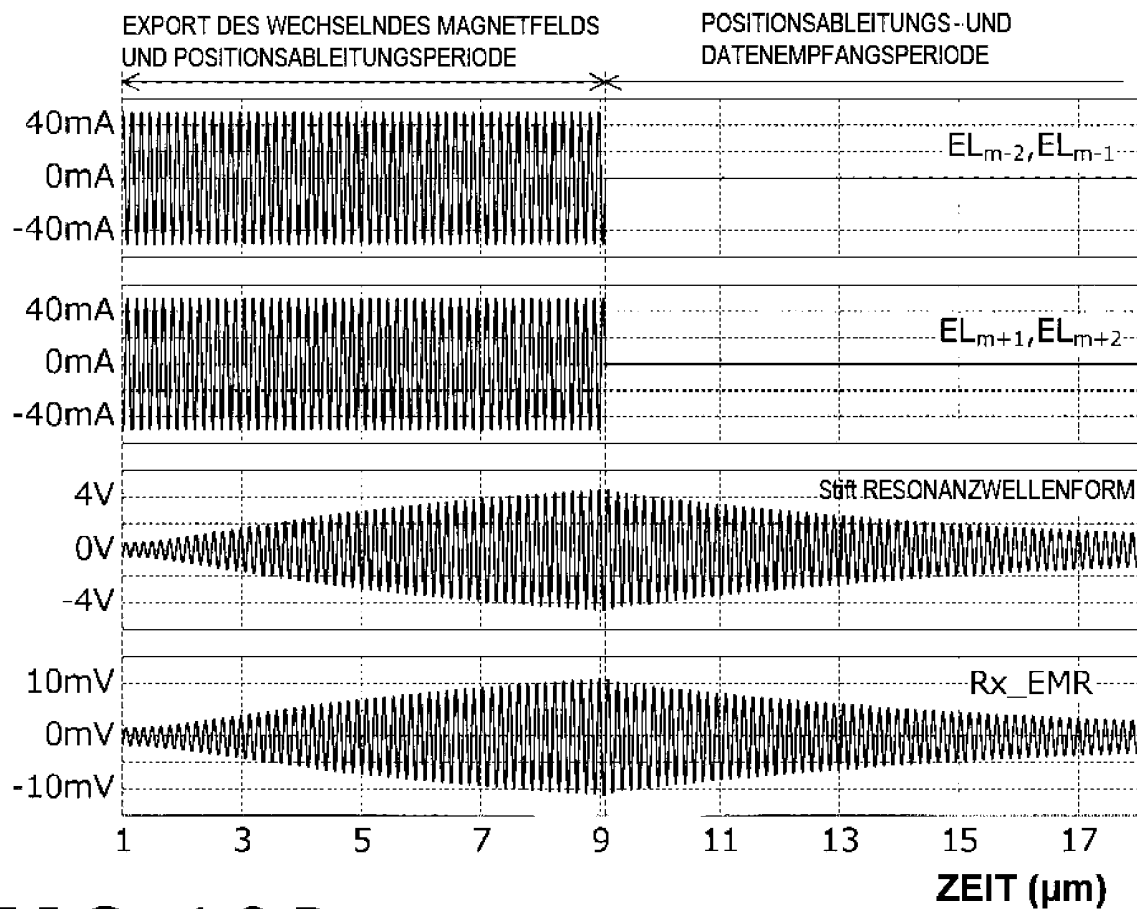


FIG. 10 B

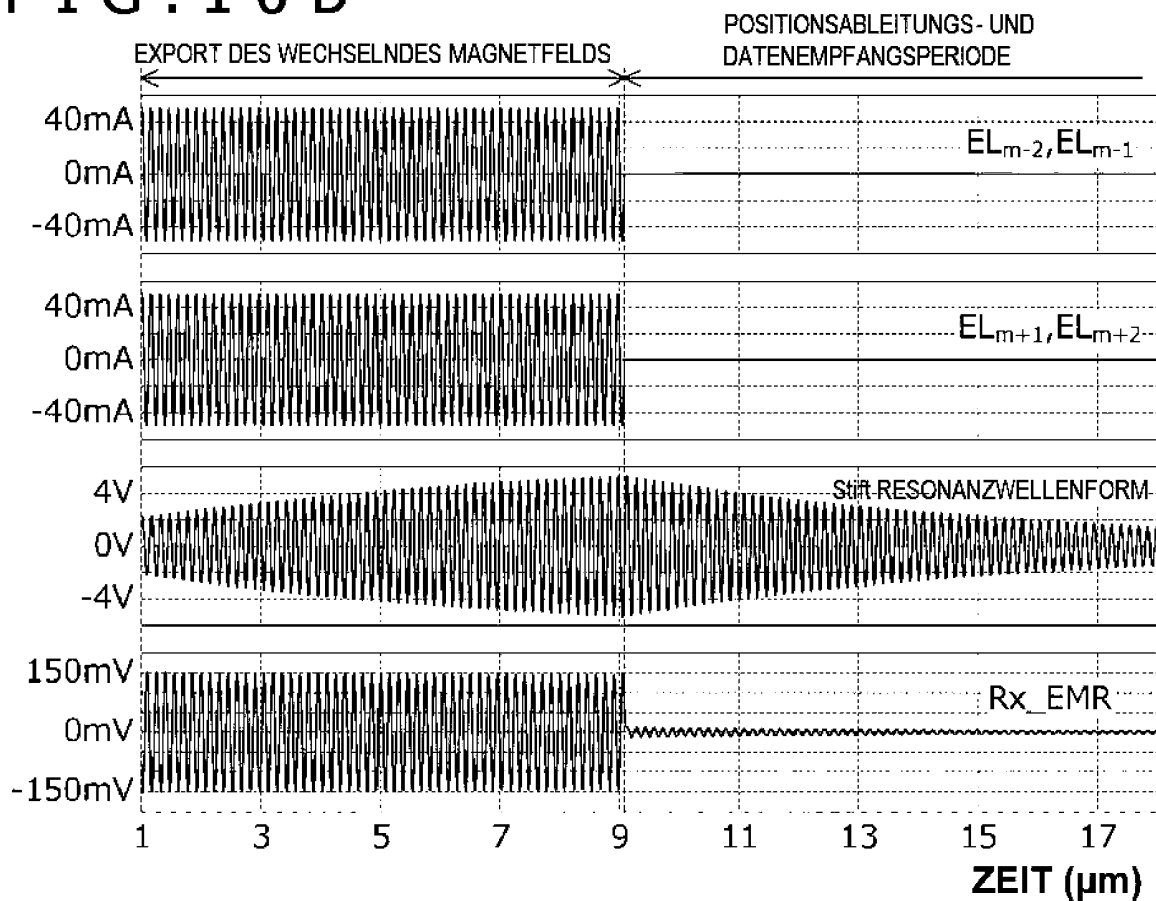


FIG. 11

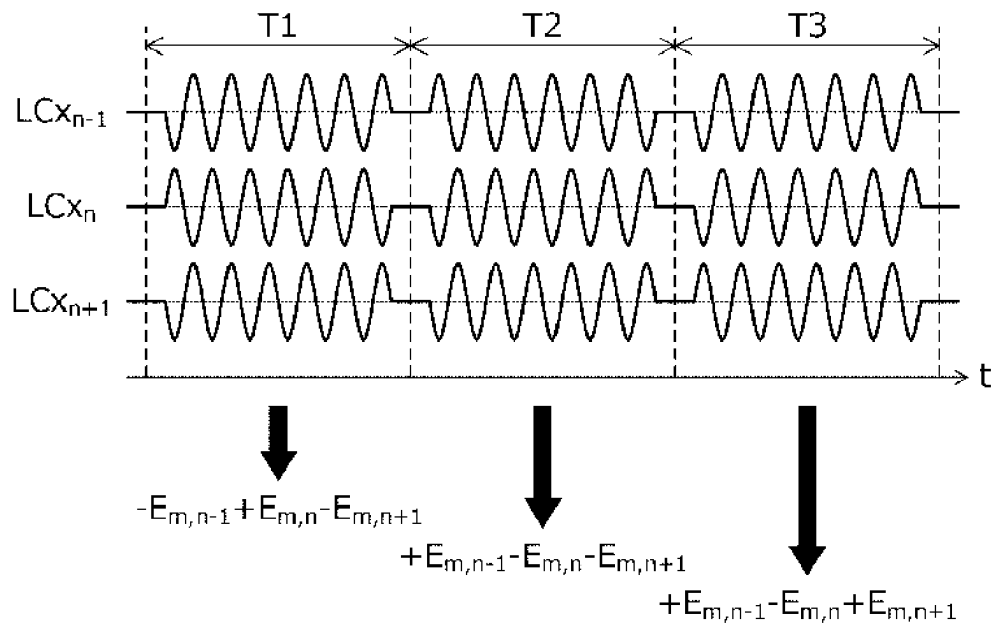


FIG. 12

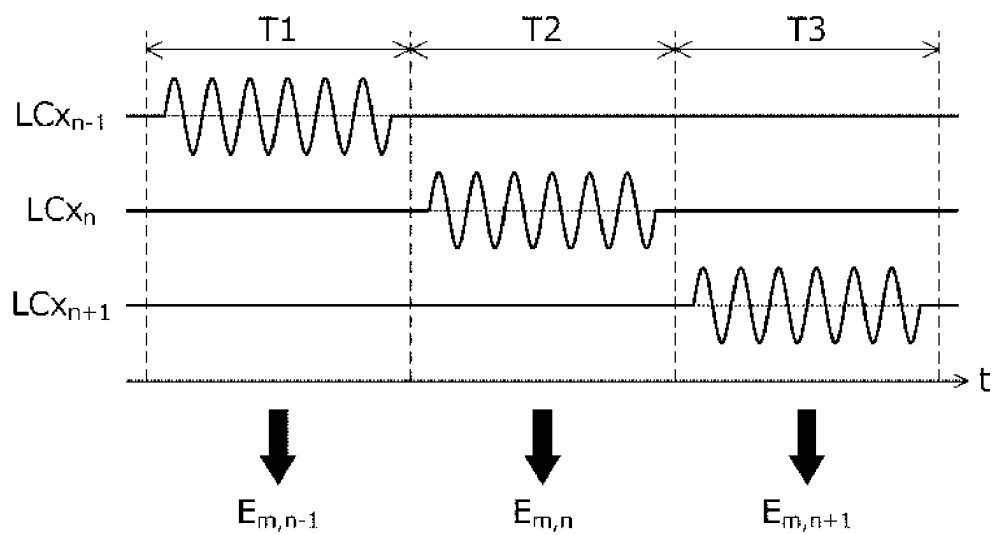


FIG. 13

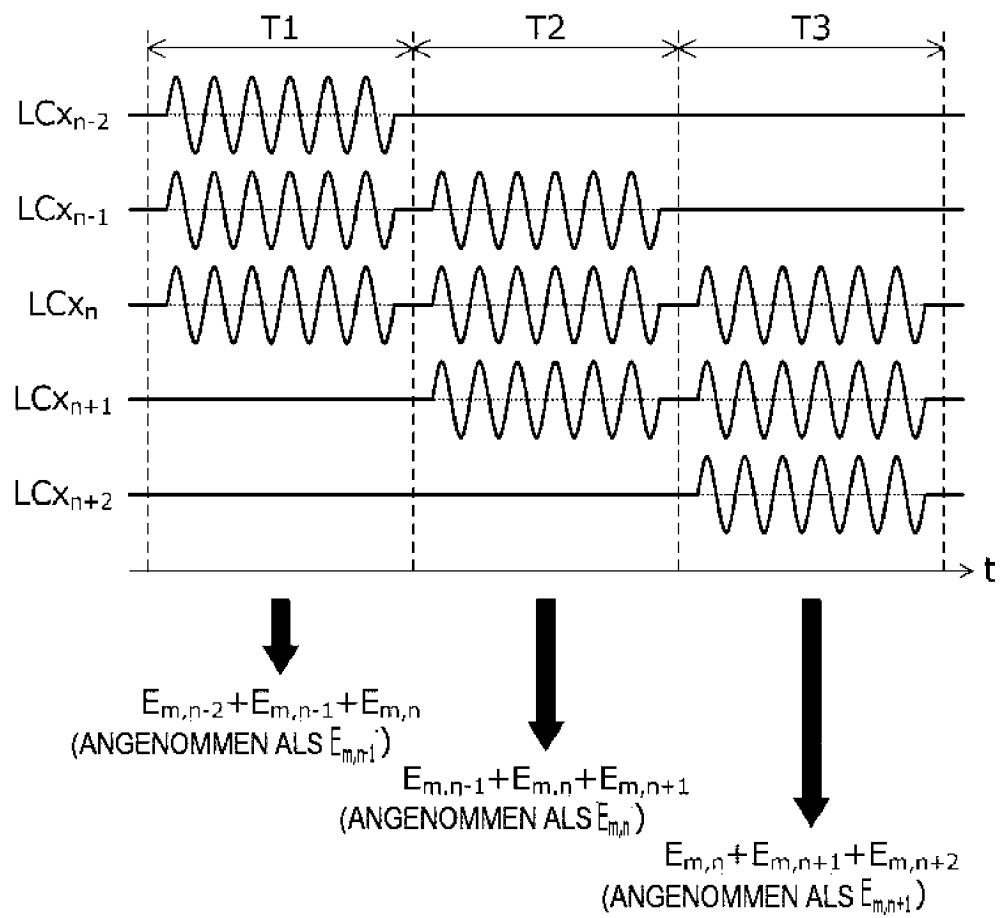


FIG. 14

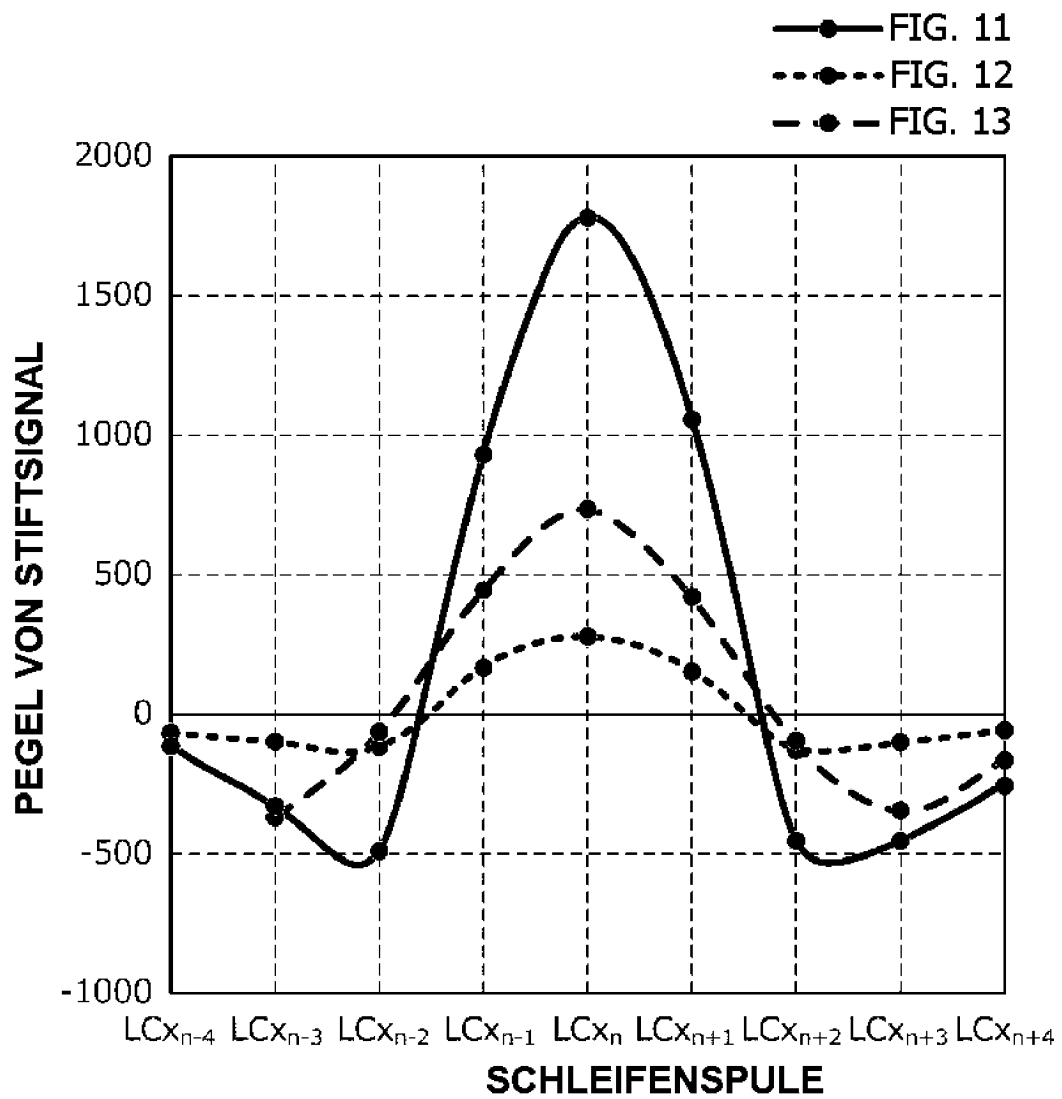


FIG. 15

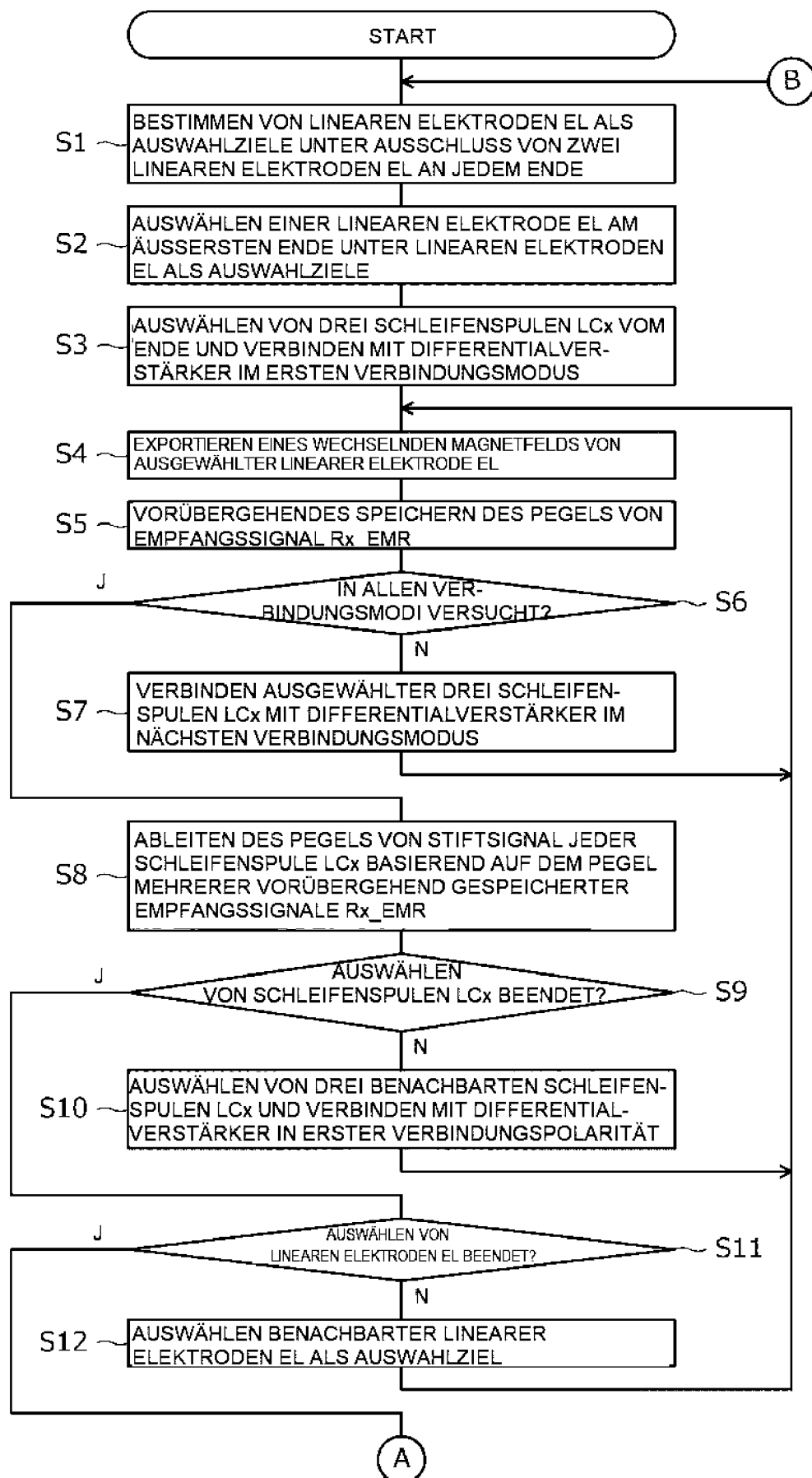


FIG. 16

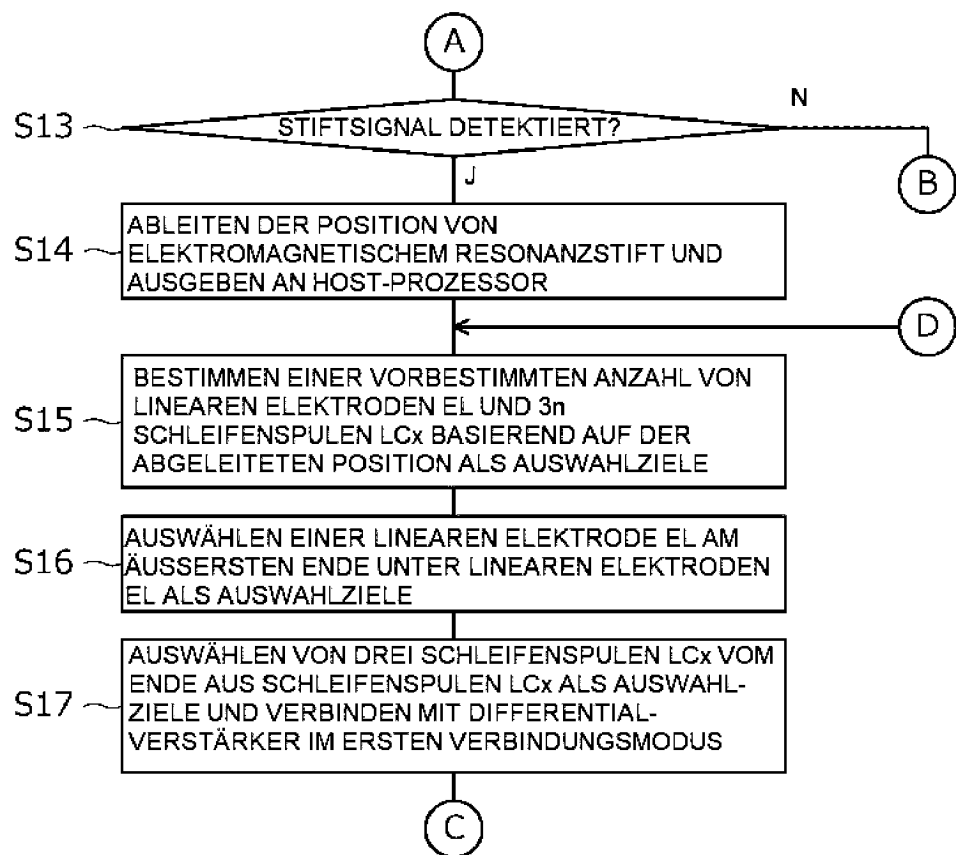


FIG. 17

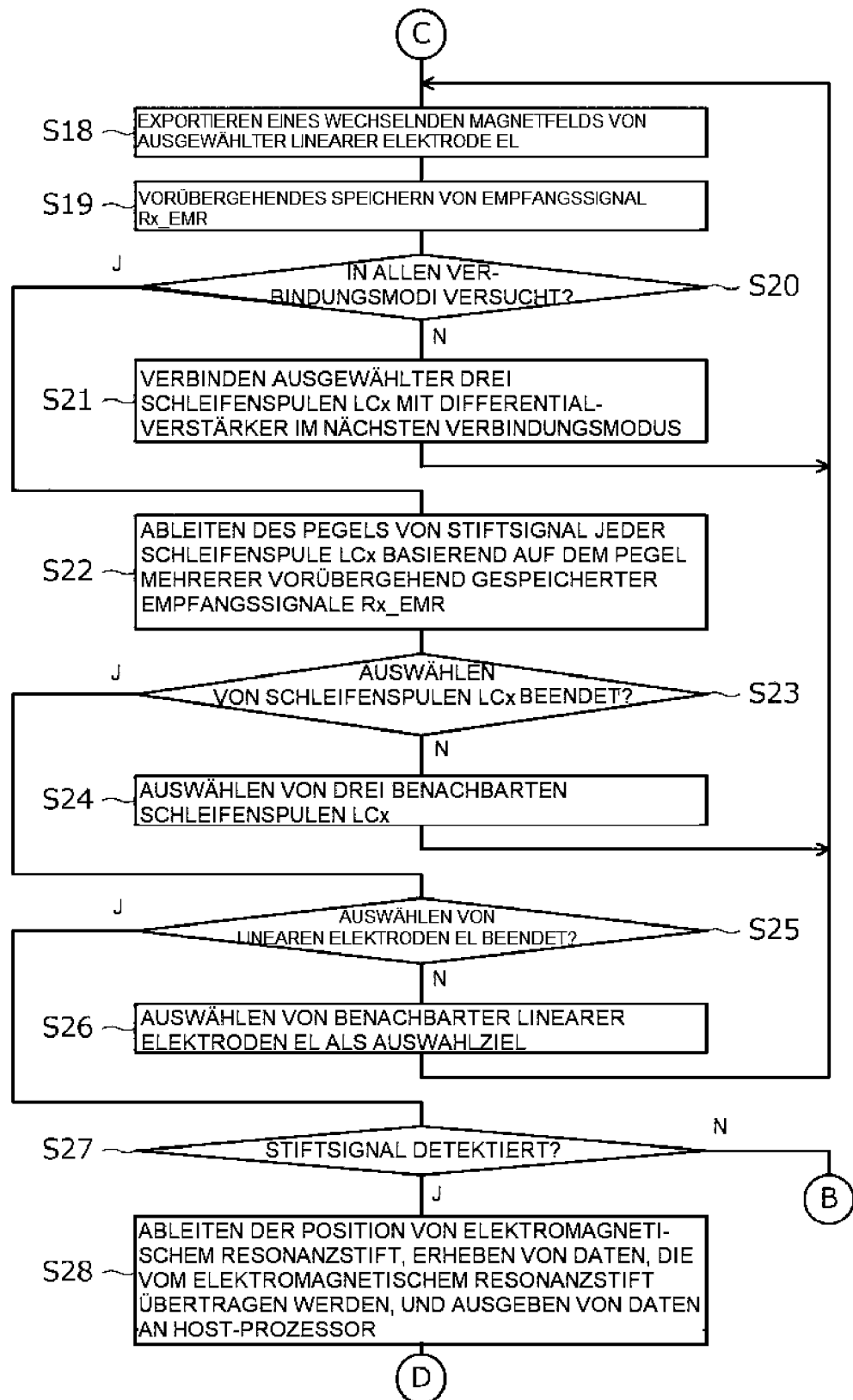


FIG. 18

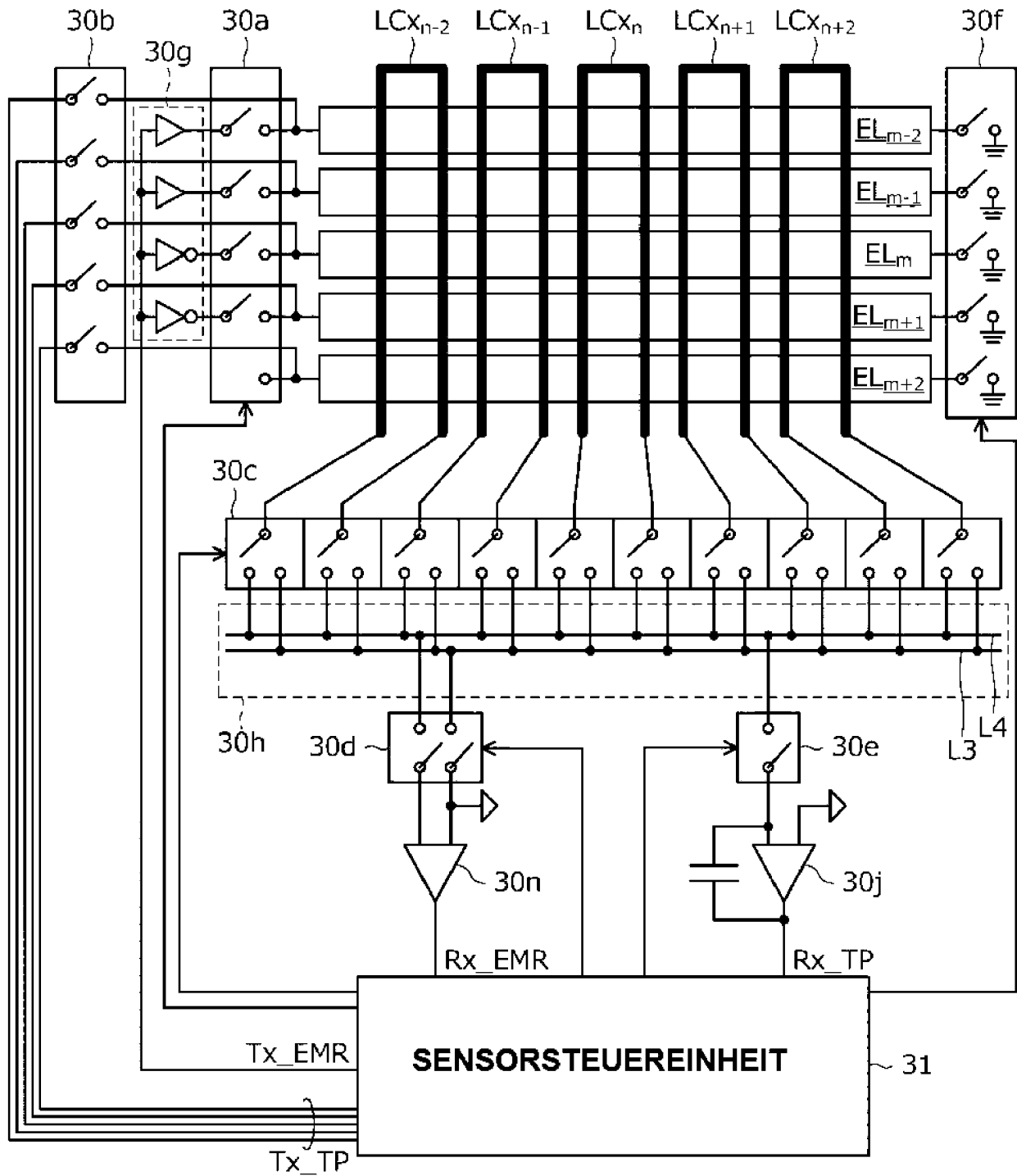


FIG. 19

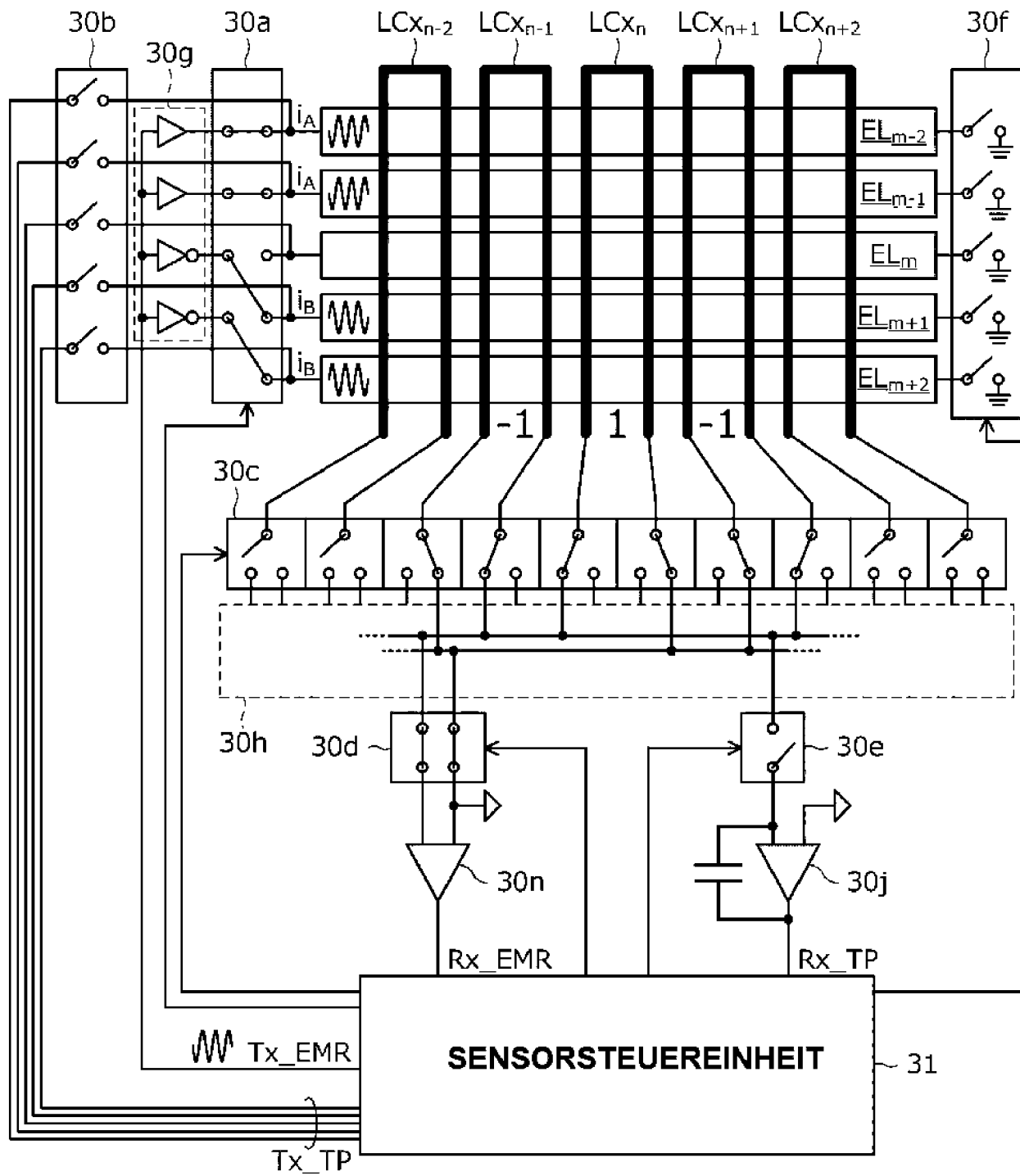


FIG. 20

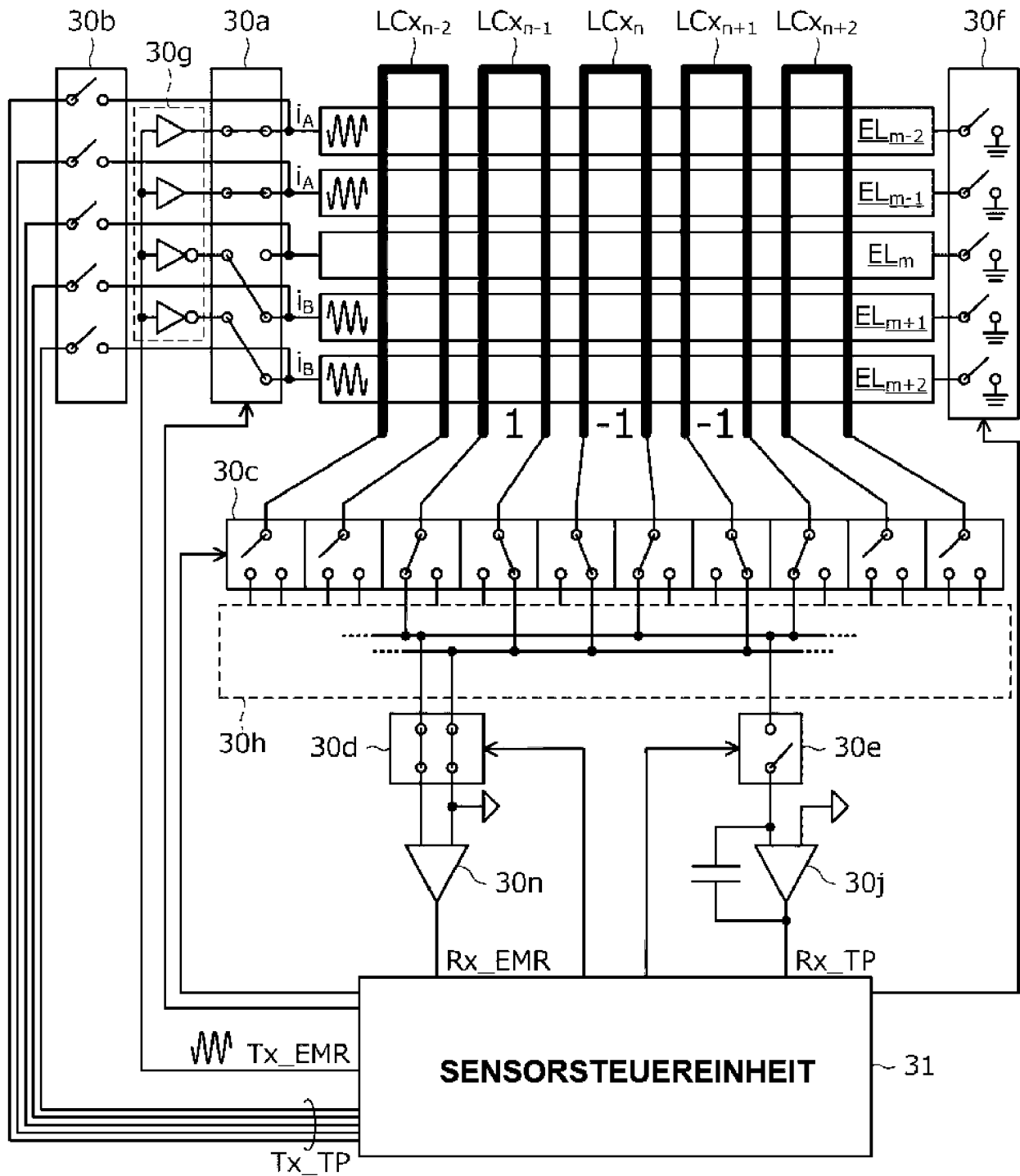


FIG. 21

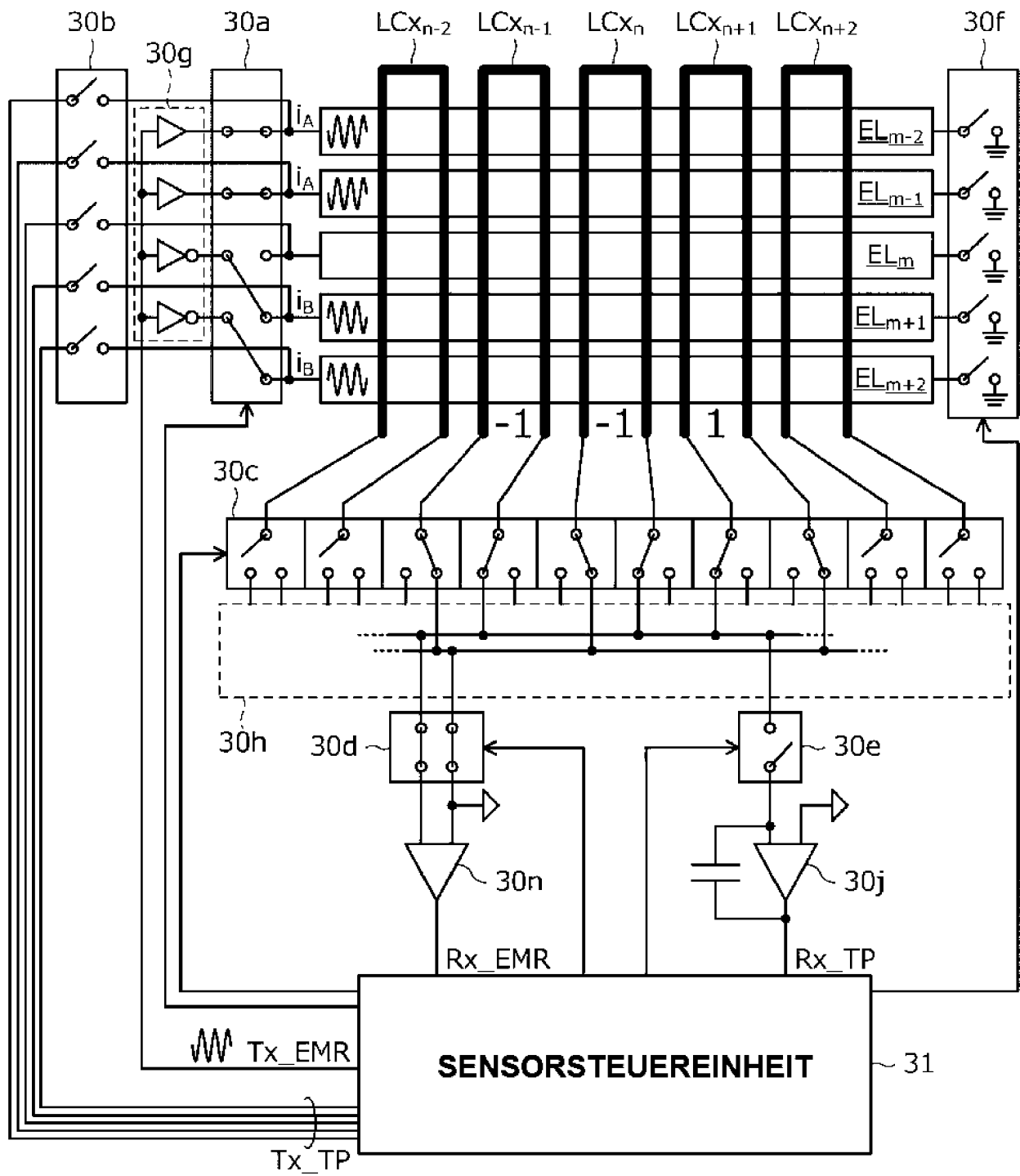


FIG. 22

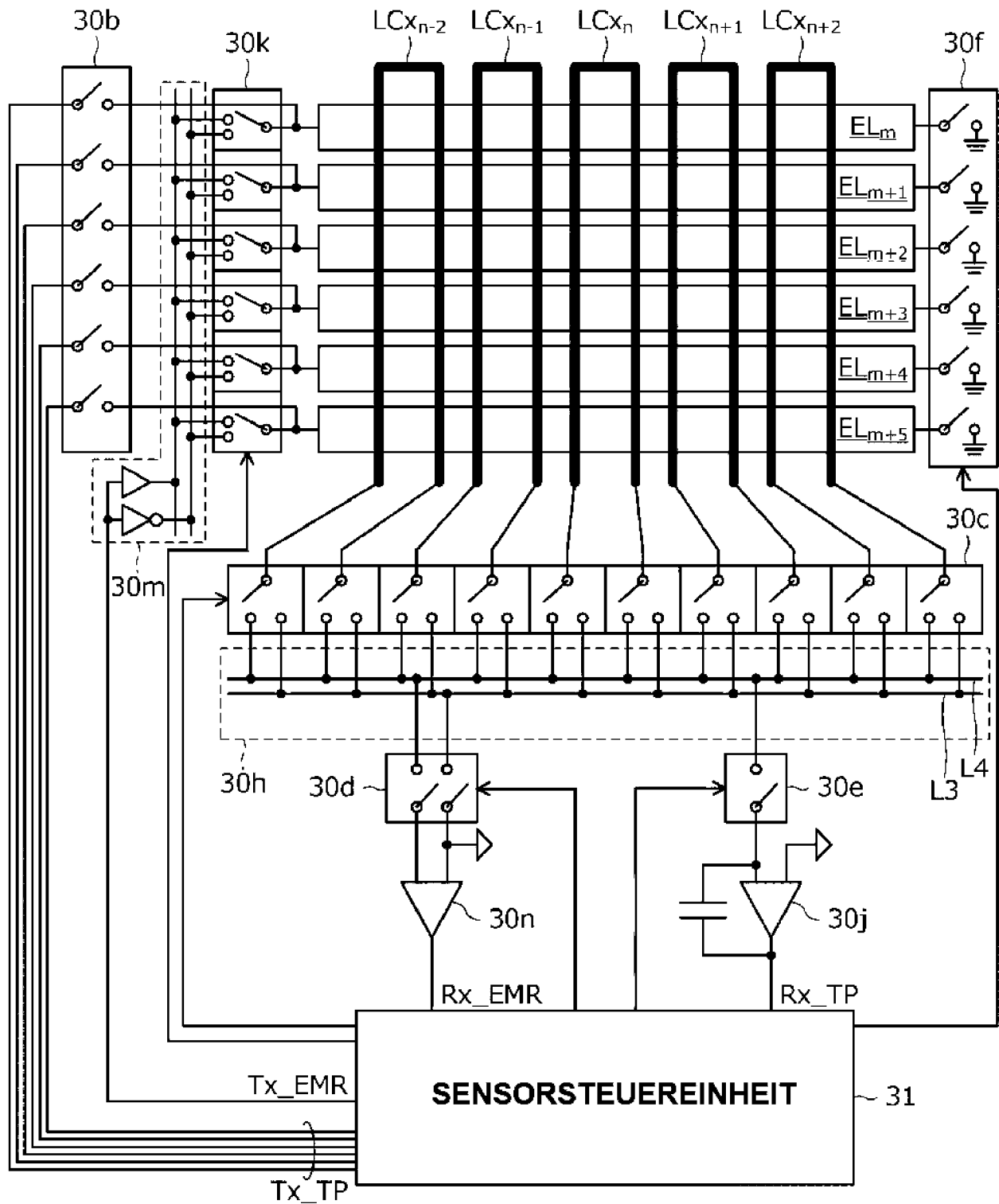


FIG. 23

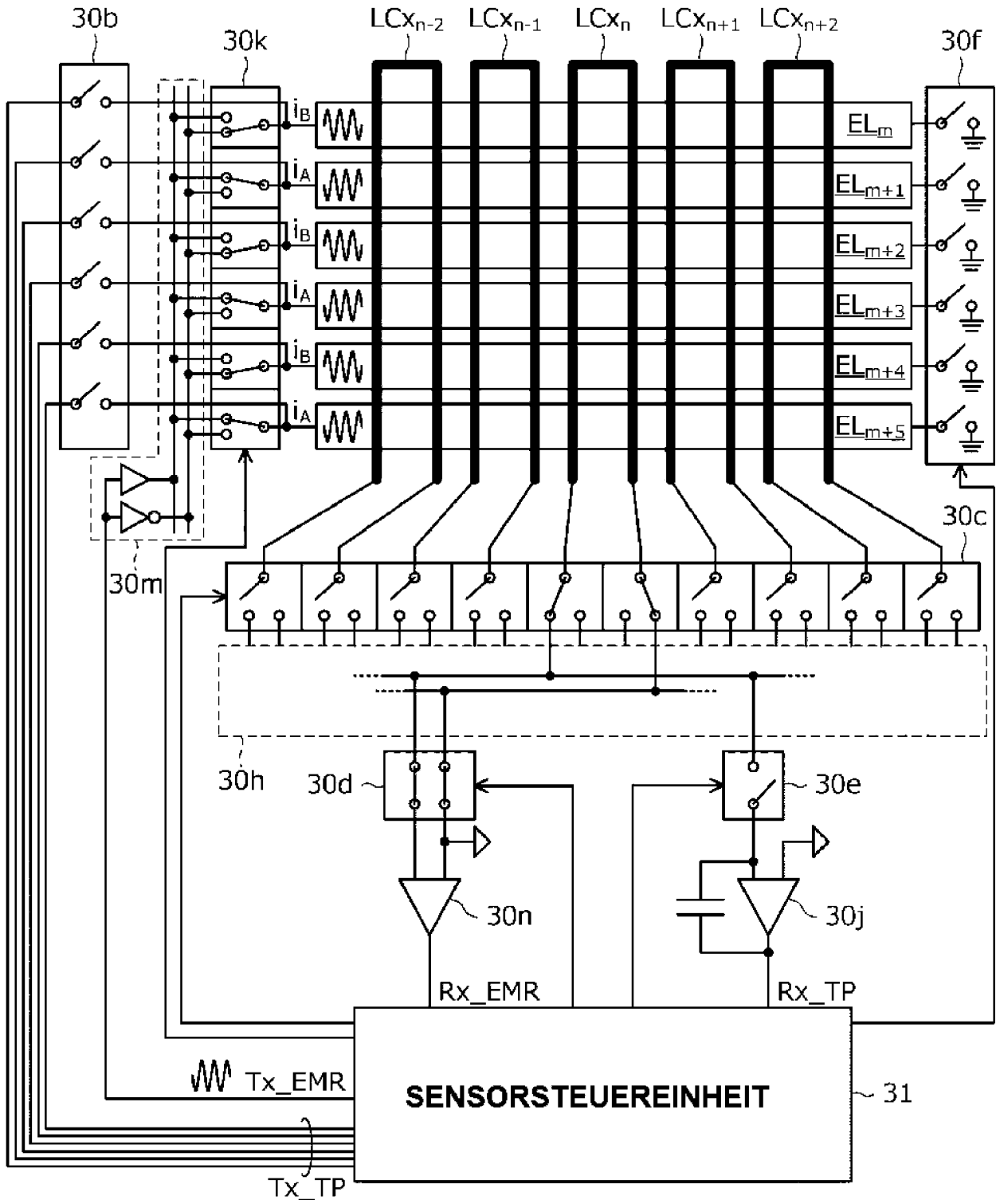


FIG. 24

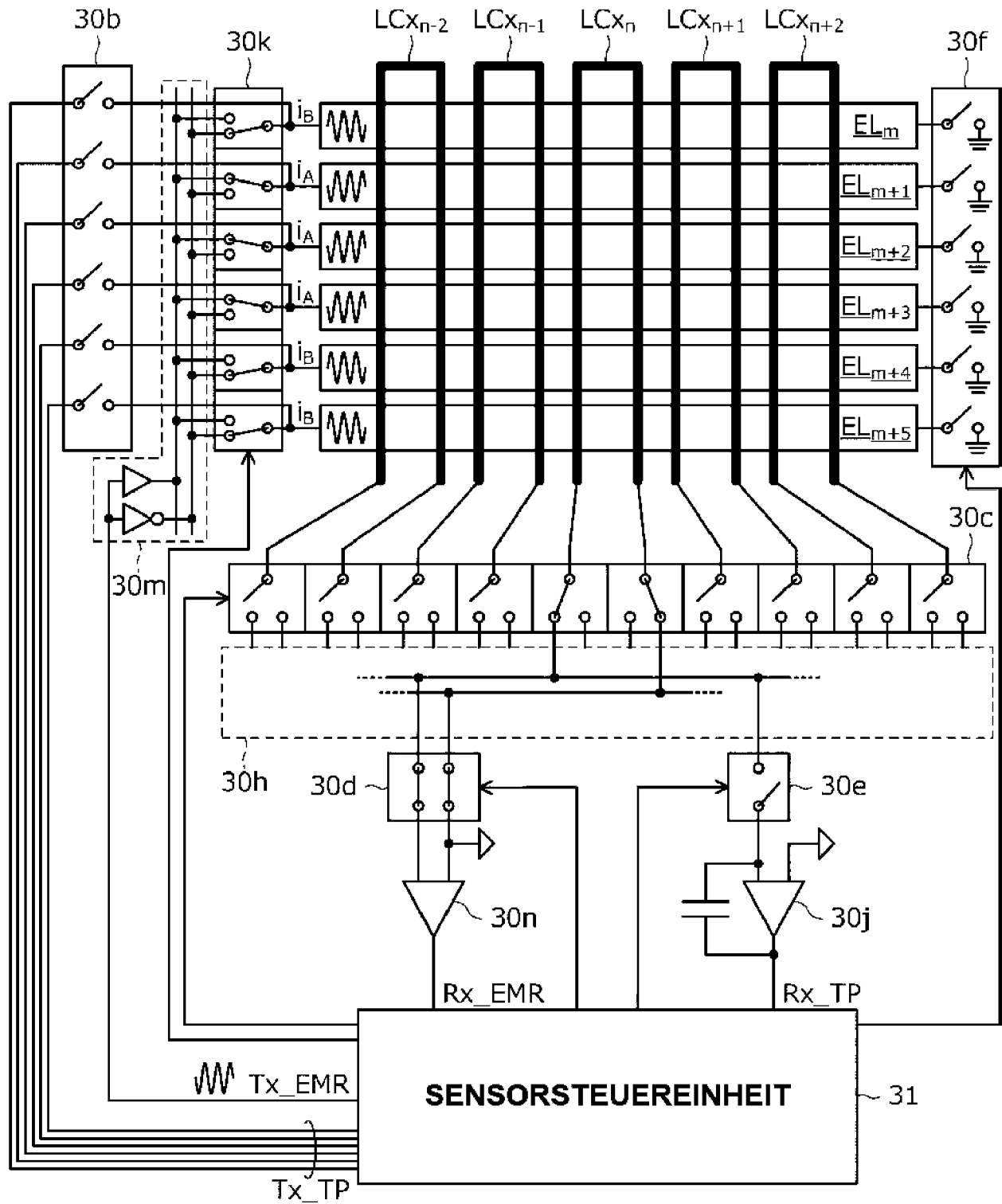


FIG. 25

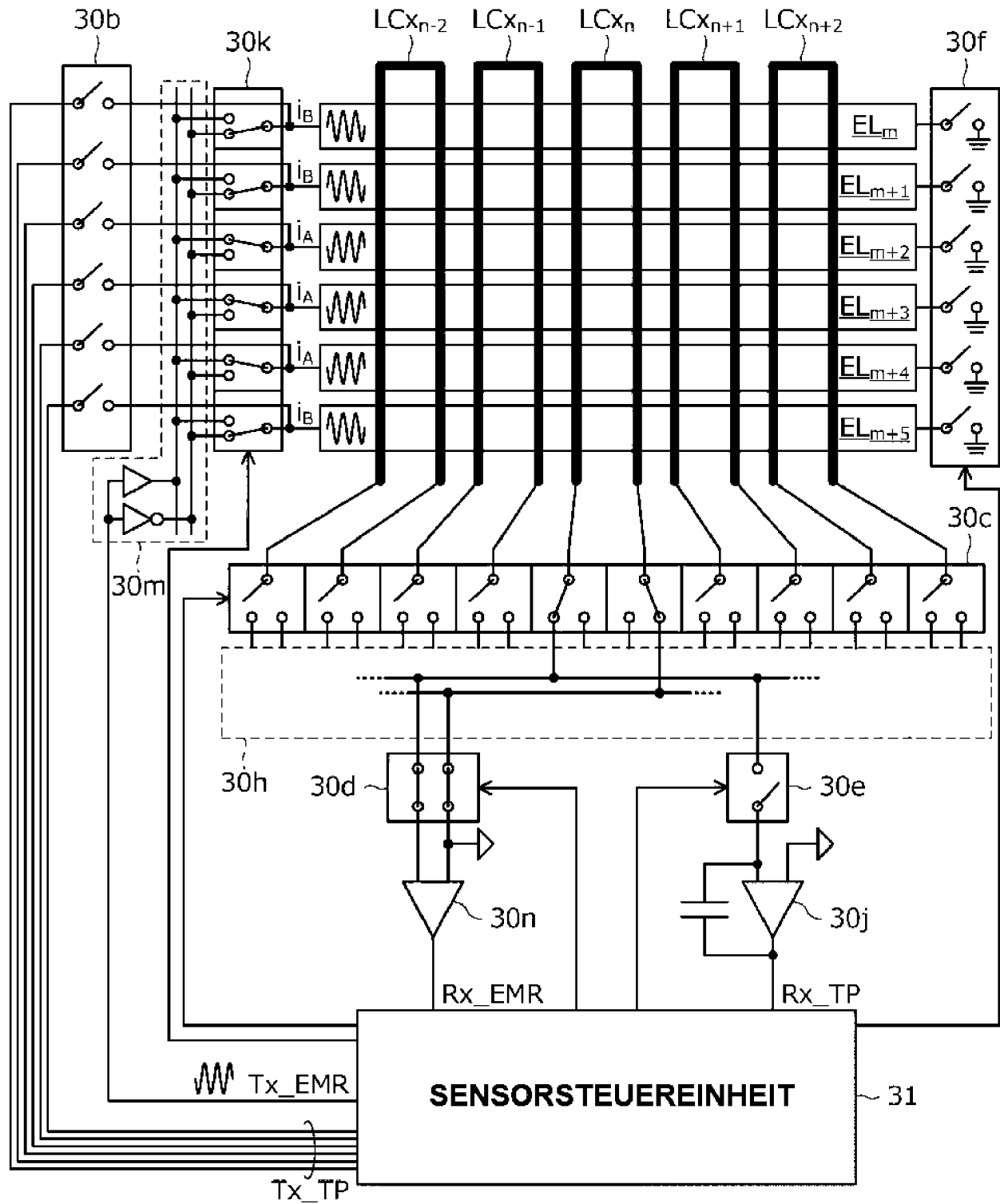


FIG. 26

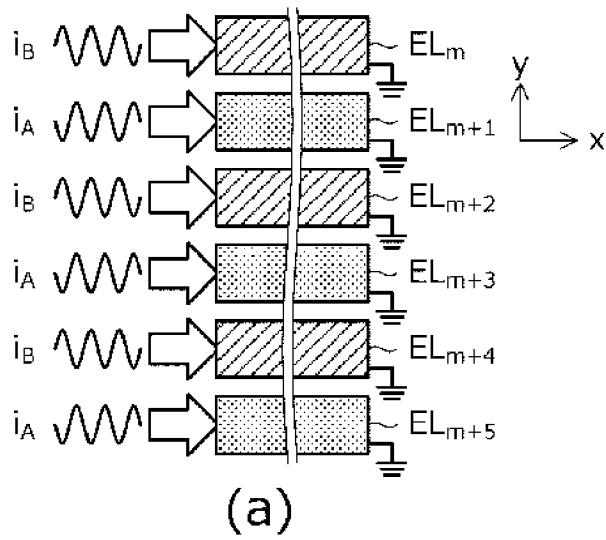
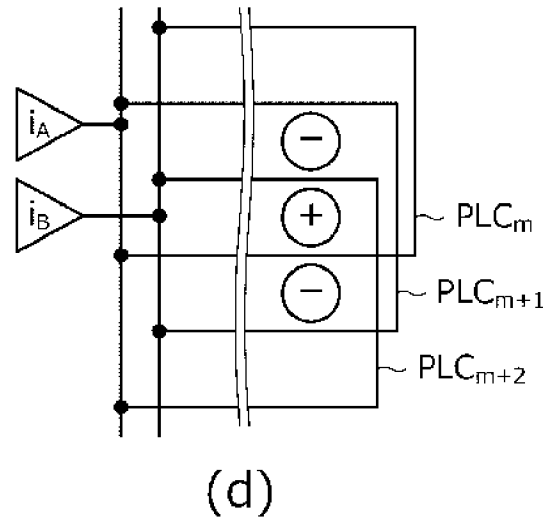
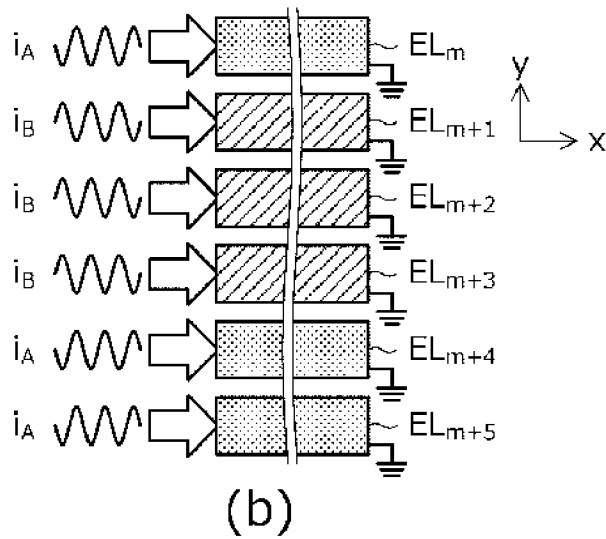
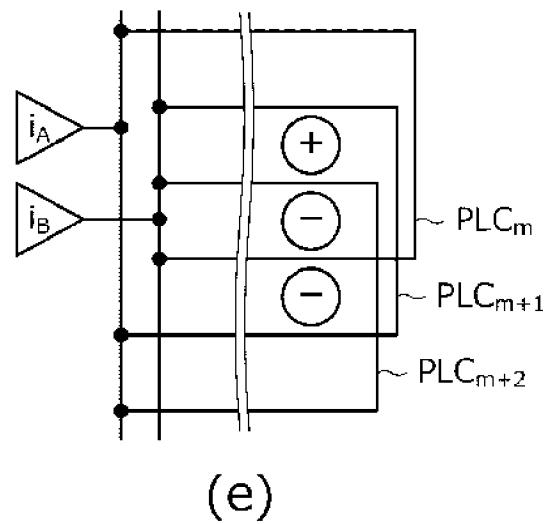
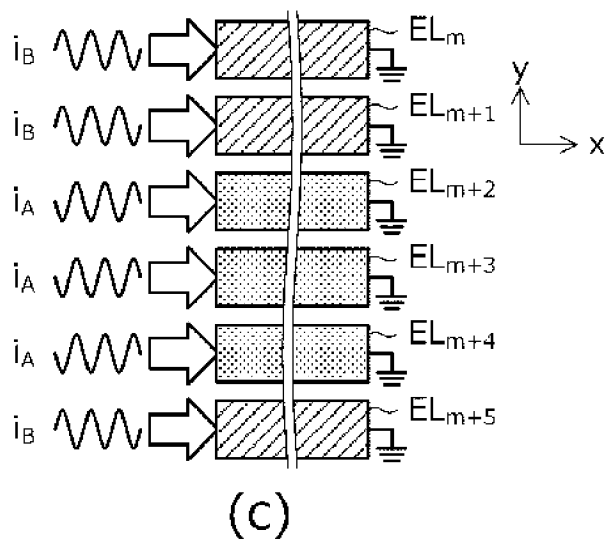
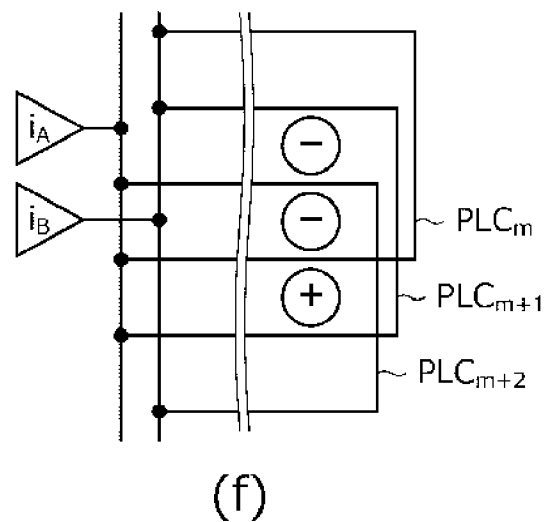


FIG. 27

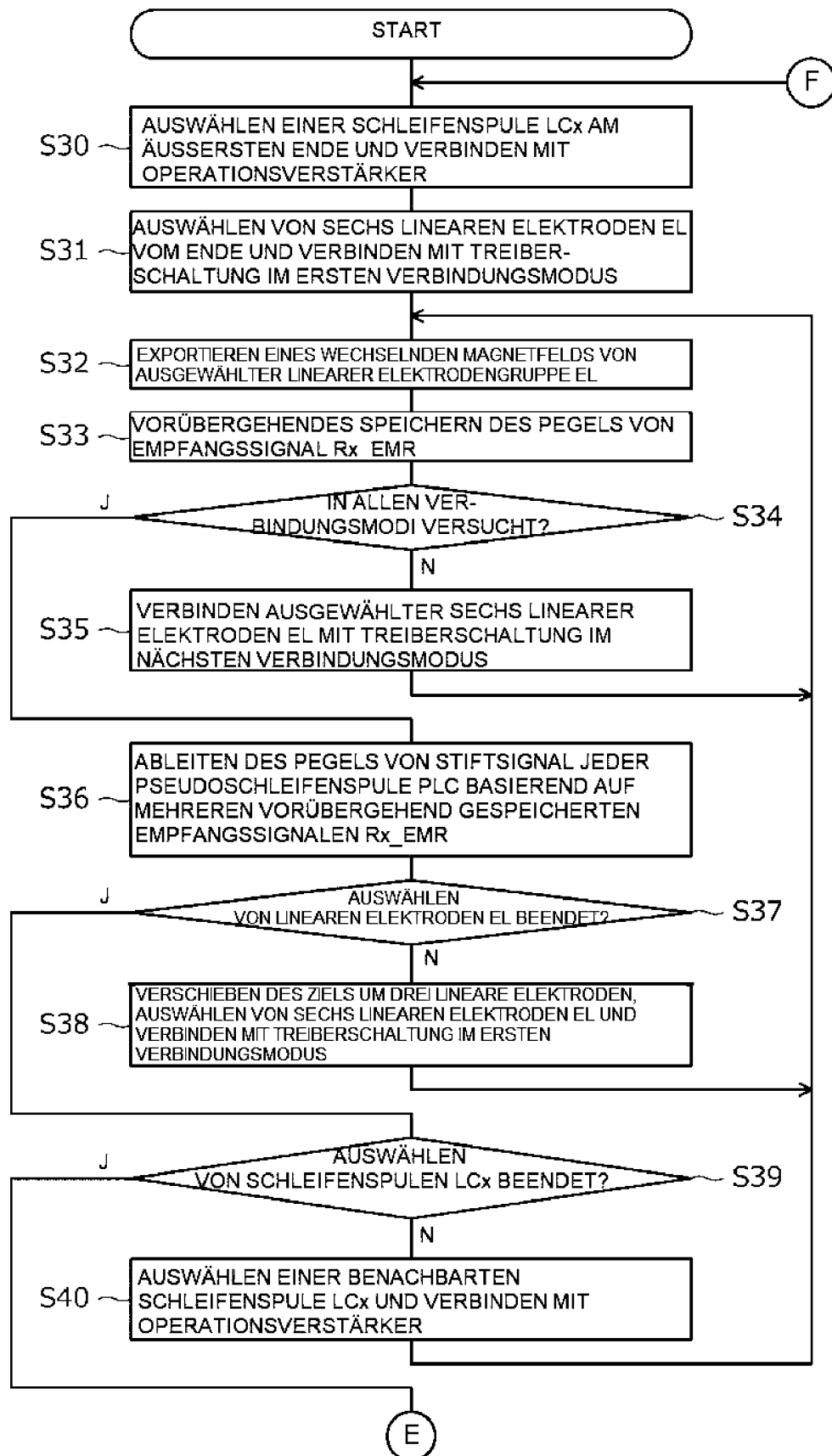


FIG. 28

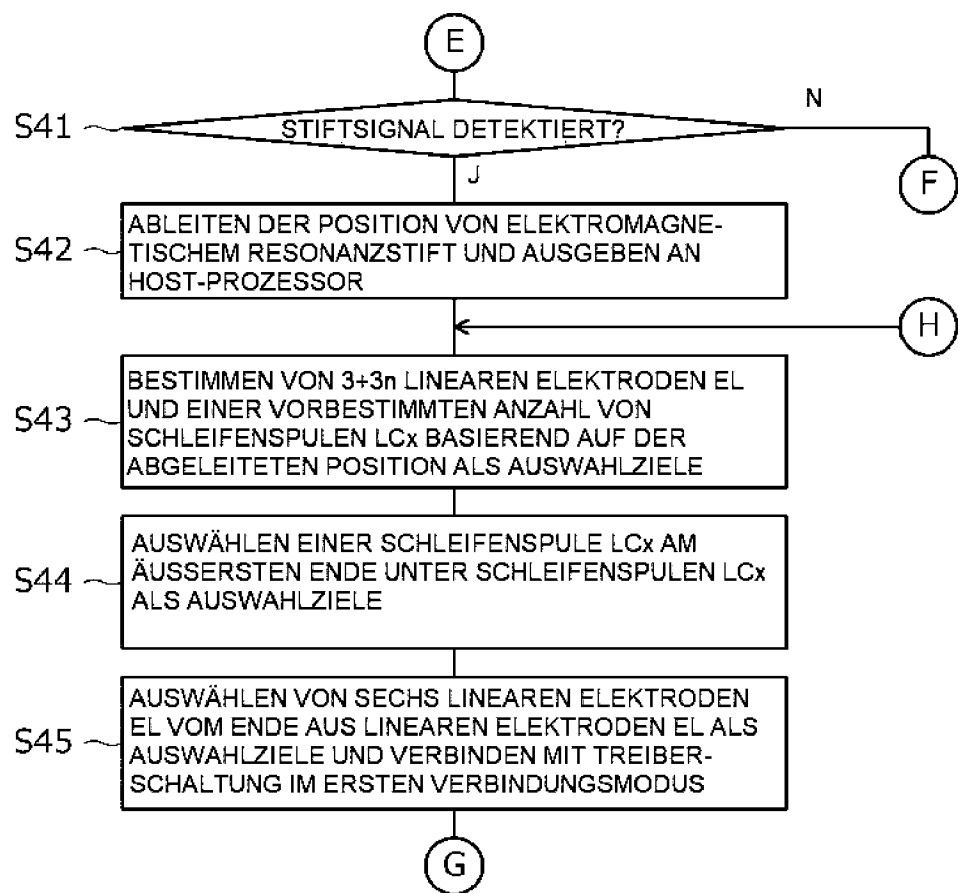


FIG. 29

