



(10) **DE 10 2011 054 690 A1** 2013.04.25

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 054 690.1**

(22) Anmeldetag: **21.10.2011**

(43) Offenlegungstag: **25.04.2013**

(51) Int Cl.: **G01B 7/02 (2011.01)**
G01V 3/08 (2011.01)

(71) Anmelder:
IDENT Technology AG, 82205, Gilching, DE

(74) Vertreter:
**Bettinger Schneider Schramm Patent- und
Rechtsanwälte, 81679, München, DE**

(72) Erfinder:
Burger, Stefan, 81379, München, DE

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

DE	28 53 142	A1
DE	34 18 566	A1
DE	20 2006 015 740	U1
DE	23 18 581	A
US	2005 / 0 030 724	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

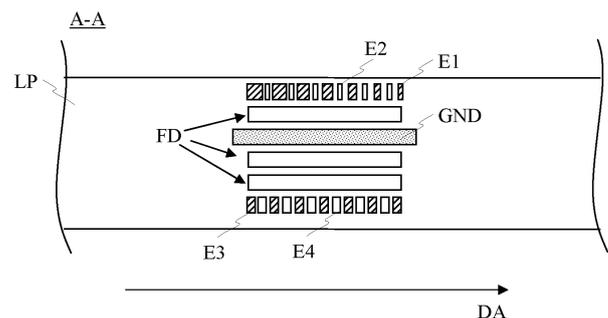
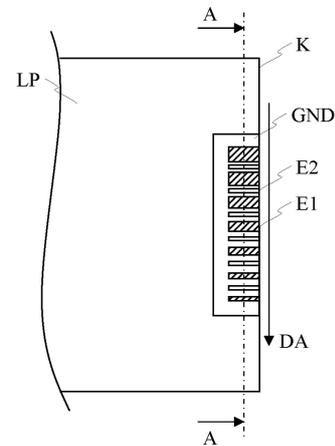
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Elektrodeneinrichtung für eine kapazitive Sensoreinrichtung zur Positionserfassung**

(57) Zusammenfassung: Durch die Erfindung wird eine Elektrodeneinrichtung für eine kapazitive Sensoreinrichtung zur Erfassung einer Position eines Objektes relativ zu der Elektrodeneinrichtung bereitgestellt, wobei die Elektrodeneinrichtung eine Sendelektrodenkonfiguration, eine Empfangselektrodenkonfiguration und zumindest eine Groundelektrode umfasst, wobei

- die Sendelektrodenkonfiguration, die Empfangselektrodenkonfiguration und die zumindest eine Groundelektrode übereinander und beabstandet zueinander angeordnet sind,
- zumindest eine Groundelektrode zwischen der Sendelektrodenkonfiguration und der Empfangselektrodenkonfiguration angeordnet ist, und
- die Sendelektrodenkonfiguration eine erste Sendelektrode umfasst, welche mit einem elektrischen Wechselsignal beaufschlagbar ist.

Ferner werden eine Leiterplatte mit einer erfindungsgemäße Elektrodeneinrichtung sowie ein Handgerät mit einer erfindungsgemäßen Leiterplatte und ein Handgerät mit einer kapazitiven Sensoreinrichtung, umfassend eine erfindungsgemäße Elektrodeneinrichtung bereitgestellt.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Elektrodeneinrichtung für ein kapazitives Sensorsystem, insbesondere zur Erfassung einer Position eines Objektes relativ zu der Elektrodeneinrichtung.

Stand der Technik und Hintergrund der Erfindung

[0002] Bei kapazitiven Sensorsystemen, insbesondere kapazitiven Annäherungssensoren wird durch Erzeugung und Messung elektrischer Wechselfelder die Annäherung eines Objektes, etwa ein Finger an eine Sensorzone im Wesentlichen berührungsfrei gemessen. Aus dem Messsignal können Funktionen, etwa Schaltfunktionen, eines elektrischen Gerätes, insbesondere elektrischen Handgerätes, abgeleitet werden.

[0003] Es besteht der Bedarf, etwa an einem elektrischen Handgerät Sensorzonen eines kapazitiven Sensorsystems vorzusehen, wobei bei einer Annäherung eines Objektes an eine Sensorzone nicht nur die Annäherung des Objektes an die Sensorzone sondern auch die Position des Objektes relativ zur Sensorzone detektierbar ist. Abhängig von der Position des Objektes relativ zur Sensorzone können in dem elektrischen Handgerät unterschiedliche Funktionen zur Ausführung gebracht werden. Dabei soll eine möglichst hohe Positionsauflösung möglich sein. Damit das kapazitive Sensorsystem in unterschiedlichsten elektronischen Geräten einsetzbar ist, ist es ferner wünschenswert, wenn das kapazitive Sensorsystem möglichst unabhängig von dem Erdungszustand des jeweiligen elektronischen Geräts ist.

[0004] Aus dem Stand der Technik sind Elektrodenkonfigurationen, insbesondere für kapazitive Sensorsysteme, welche nach dem sogenannten Loading-Verfahren arbeiten, bekannt, wobei etwa für die Realisierung eines Schieberegler (bei einem Schieberegler ist es wichtig, dass die Position eines Objektes, etwa ein Finger, entlang des Schieberegler detektierbar ist) eine Vielzahl nebeneinander bzw. benachbart angeordneter Sensorelektroden vorgesehen ist. Beim Betrieb des kapazitiven Sensors im Loadingverfahren ist nur eine Sensorelektrode notwendig, welche sowohl eine Sendeelektrode als auch eine Empfangselektrode repräsentiert. An der Sensorelektrode wird ein elektrisches Wechselsignal beaufschlagt, sodass an ihr ein elektrisches Wechselfeld emittiert wird, wobei die kapazitive Belastung der Sensorelektrode (etwa durch Annäherung eines Fingers an die Sensorelektrode) durch eine Auswerteeinrichtung detektiert bzw. ausgewertet wird. Anhand der detektierten kapazitiven Belastung kann ermittelt werden an welcher Sensorelektrode eine Annäherung des Fingers erfolgt ist.

[0005] Derartige kapazitive Sensorsysteme weisen allerdings den Nachteil auf, dass für eine hohe Auflösung (Positionsauflösung) sehr viele Elektroden benötigt werden, was den konstruktiven Aufwand für die Herstellung, etwa eines kapazitiven Schieberegler erheblich erhöht. Außerdem ist das Sensorsignal vom Erdungszustand der Sensorelektronik abhängig.

[0006] Ferner sind kapazitive Sensorsysteme bekannt, welche ebenfalls eine große Anzahl von Sensorelektroden aufweisen, wobei es für eine genaue Erfassung der Position notwendig ist, daß etwa ein Finger beim Berühren der Sensorelektroden gleichzeitig mehrere Sensorelektroden abdeckt. Auch hier erhöht sich aufgrund der großen Anzahl benötigter Sensorelektroden für eine hohe Positionsauflösung der konstruktive Aufwand für die Herstellung erheblich.

[0007] Beide aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen weisen zudem den Nachteil auf, dass die Elektroden im wesentlichen in einer Ebene angeordnet werden müssen, etwa an einer Gehäuseoberfläche eines elektrischen Gerätes. Es ist aber wünschenswert, die Elektroden nicht an dem Gehäuse anzuordnen, um etwa den Aufwand für die Herstellung eines des Gerätes zu reduzieren.

Aufgabe der Erfindung

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es also, eine Elektrodeneinrichtung für eine kapazitive Sensoreinrichtung zur Erfassung einer Position eines Objektes relativ zu der Elektrodenanordnung, bereitzustellen, welche die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile zumindest teilweise vermeiden und welche eine hohe Positionsauflösung bei einer möglichst geringen Anzahl von Sensorelektroden ermöglichen, wobei die Detektion der Position unabhängig von einem Erdungszustand eines elektrischen Gerätes, für welches die kapazitive Sensoreinrichtung vorgesehen ist, ist, und wobei die Elektrodenanordnung nicht an dem Gehäuse des elektrischen Gerätes angeordnet werden muss.

Erfindungsgemäße Lösung

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Elektrodeneinrichtung für eine kapazitive Sensoreinrichtung bzw. ein kapazitives Sensorsystem zur Erfassung einer Position eines Objektes relativ zur Elektrodeneinrichtung nach dem unabhängigen Patentanspruch gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben. Bestandteil der Lösung ist auch ein elektrisches Gerät, insbesondere elektrisches Handgerät, welches zumindest ein kapazitives Sensorsystem mit zumindest einer erfindungsgemäßen Elektrodenkonfiguration aufweist. Ferner ist eine Leiterplatte Gegenstand der Er-

findung, an welcher Teile der elektrisch leitfähigen Schichten die erfindungsgemäße Elektrodenanordnung ausbilden.

[0010] Bereitgestellt wird demnach eine Elektrodenanordnung für eine kapazitive Sensoreinrichtung zur Erfassung einer Position eines Objektes relativ zu der Elektrodenanordnung, wobei die Elektrodenanordnung eine Sendeelektrodenanordnung, eine Empfangselektrodenanordnung und zumindest eine Groundelektrode umfasst, wobei

- die Sendeelektrodenanordnung, die Empfangselektrodenanordnung und die zumindest eine Groundelektrode übereinander und beabstandet zueinander angeordnet sind,
- zumindest eine Groundelektrode zwischen der Sendeelektrodenanordnung und der Empfangselektrodenanordnung angeordnet ist, und
- die Sendeelektrodenanordnung eine erste Sendeelektrode umfasst, welche mit einem elektrischen Wechselsignal beaufschlagbar ist.

[0011] Damit ist es in vorteilhafter Weise möglich eine Elektrodenanordnung zur Erfassung einer Position eines Objektes relativ zu der Elektrodenanordnung auch in einer Multi-Layer-PCB zu integrieren, wobei Teile der elektrisch leitfähigen Schichten der Multi-Layer-PCB die Elektroden bilden.

[0012] Die Sendeelektrodenanordnung kann eine zweite Sendeelektrode umfassen, welche mit einem elektrischen Wechselsignal beaufschlagbar ist.

[0013] Das der ersten Sendeelektrode beaufschlagte elektrische Wechselsignal kann invers zu dem der zweiten Sendeelektrode beaufschlagten elektrischen Wechselsignals sein.

[0014] Die Empfangselektrodenanordnung kann zumindest eine erste Empfangselektrode und eine zweite Empfangselektrode umfassen.

[0015] Vorteilhaft ist es, wenn die erste Sendeelektrode und die zweite Sendeelektrode jeweils eine Anzahl von zueinander beabstandete Elektrodensegmente umfassen, welche jeweils elektrisch miteinander verbunden sind, wobei die Elektrodensegmente beider Sendeelektroden derart nebeneinander angeordnet sind, dass zwischen jeweils zwei benachbarten Elektrodensegmenten der ersten Sendeelektrode ein Elektrodensegment der zweiten Sendeelektrode angeordnet ist.

[0016] Die Elektrodensegmente der beiden Sendeelektroden können die gleiche Form und die gleiche Fläche aufweisen.

[0017] Die erste Sendeelektrode kann neben der zweiten Sendeelektrode und beabstandet zur zweiten Sendeelektrode angeordnet sein, wobei die erste

Sendeelektrode vorzugsweise eine geringere Elektrodenfläche aufweist als die zweite Sendeelektrode und/oder wobei der Abstand der ersten Sendeelektrode zu einer Kante einer Leiterplatte kleiner ist als der Abstand der zweiten Sendeelektrode zu der Kante einer Leiterplatte.

[0018] Die erste Empfangselektrode und die zweite Empfangselektrode können jeweils eine Anzahl von zueinander beabstandeten Elektrodensegmenten umfassen, wobei die Elektrodensegmente beider Empfangselektroden derart nebeneinander angeordnet sind, dass zwischen jeweils zwei benachbarten Elektrodensegmenten der ersten Empfangselektrode ein Elektrodensegment der zweiten Empfangselektrode angeordnet ist.

[0019] Die erste Empfangselektrode kann oberhalb der zweiten Empfangselektrode und beabstandet zur zweiten Empfangselektrode angeordnet sein.

[0020] Vorteilhaft ist es, wenn die Breite der Elektrodensegmente der ersten Empfangselektrode entlang einer Detektionsachse abnimmt und die Elektrodensegmente der zweiten Empfangselektrode jeweils die gleiche Breite aufweisen.

[0021] Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn die Breite der Elektrodensegmente der ersten Empfangselektrode entlang einer Detektionsachse abnimmt, wobei die Breite der Elektrodensegmente der zweiten Empfangselektrode entlang der Detektionsachse zunimmt.

[0022] Die erste Empfangselektrode kann oberhalb der zweiten Empfangselektrode und beabstandet zur zweiten Empfangselektrode angeordnet sein, wobei der Abstand der ersten Empfangselektrode und / oder der zweiten Empfangselektrode zu einer Detektionskante entlang einer Detektionsachse abnimmt bzw. zunimmt.

[0023] Die Sendeelektrodenanordnung, die Empfangselektrodenanordnung und die zumindest eine Groundelektrode können jeweils durch Teile von übereinander angeordneten elektrisch leitfähigen Schichten einer (mehrschichtigen) Leiterplatte gebildet werden.

[0024] Die Sendeelektrodenanordnung, die Empfangselektrodenanordnung und die zumindest eine Groundelektrode können randseitig auf der Leiterplatte angeordnet sind, sodass eine kapazitive Kopplung zwischen der Sendeelektrodenanordnung und der Empfangselektrodenanordnung, vorzugsweise durch ein sich der Elektrodenanordnung annäherndes Objekt beeinflussbar ist, wobei die randseitige Anordnung derart gewählt ist, dass zumindest eine der Elektroden bis an die Abschlusskante der Leiterplatte reicht.

[0025] Bereitgestellt wird auch eine Leiterplatte, insbesondere mehrschichtige Leitplatte (Multi-Layer-PCB), aufweisend eine erfindungsgemäße Elektrodenanordnung, wobei die Elektroden der Elektrodenanordnung jeweils durch Teile der übereinander angeordneten elektrisch leitfähigen Schichten der Leiterplatte (LP) gebildet werden.

[0026] Zumindest eine der Elektroden kann bis an die Abschlusskante der Leiterplatte reichen, d.h. zumindest eine Elektrode der erfindungsgemäßen Elektrodenanordnung ist randseitig auf der Leiterplatte angeordnet.

[0027] Ferner wird durch die Erfindung ein Handgerät, insbesondere elektrisches Handgerät bereitgestellt, aufweisend eine erfindungsgemäße Leiterplatte.

[0028] Zudem wird ein Handgerät, insbesondere elektrisches Handgerät bereitgestellt, welches eine kapazitive Sensoreinrichtung aufweist, wobei die kapazitive Sensoreinrichtung eine erfindungsgemäße Elektrodenanordnung umfasst.

[0029] Das elektrische Gerät bzw. elektrische Handgerät kann ein Smartphone, ein Mobilfunkgerät, eine Computermouse, eine Gerätefernbedienung, eine Digitalkamera, ein Game-Controller, ein mobiler Kleincomputer, ein Tablett-PC, ein Diktiergerät, ein Mediaplayer, oder dergleichen sein.

Kurzbeschreibung der Figuren

[0030] Einzelheiten und Merkmale der Erfindung sowie konkrete Ausführungsbeispiele der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung in Verbindung mit der Zeichnung. Es zeigt:

[0031] **Fig. 1** ein Ersatzschaltbild eines kapazitiven Sensorsystems, zur Verdeutlichung des Absorptionseffektes;

[0032] **Fig. 2** ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Elektrodenanordnung;

[0033] **Fig. 3** ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Elektrodenanordnung;

[0034] **Fig. 4** ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Elektrodenanordnung;

[0035] **Fig. 5** ein viertes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Elektrodenanordnung;

[0036] **Fig. 6** ein fünftes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Elektrodenanordnung;

[0037] **Fig. 7** ein sechstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Elektrodenanordnung;

[0038] **Fig. 8** ein siebtes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Elektrodenanordnung

[0039] **Fig. 9** eine perspektivische Darstellung eines Teiles einer Leiterplatte mit randseitigen Elektroden, welche durch Teile der elektrischen leitfähigen Schichten der Leiterplatten gebildet werden; und

[0040] **Fig. 10** ein Prinzipschaltbild für die Ansteuerung erfindungsgemäßer Elektrodenanordnungen.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0041] Das erfindungsgemäße Sensorsystem zur Erfassung einer Position eines Objektes relativ zu einer Elektrodenanordnung des Sensorsystems ist als kapazitiver Sensor ausgeführt, welcher in der Betriebsart "Absorption" betrieben wird. Die Betriebsart "Absorption" wird mit Bezug auf **Fig. 1** näher beschrieben.

[0042] Ferner ist das erfindungsgemäße Sensorsystem so ausgestaltet, daß die Sensorsignale des Sensorsystems zwei Informationen liefern, nämlich:

1. wie groß ist die Sensorfläche bzw. wie groß ist die Sensorlänge der Elektrodenkonfiguration, die ein Benutzer mit seinem Finger abdeckt, und
2. an welcher Position hat der Benutzer mit seinem Finger die Elektrodenkonfiguration berührt.

[0043] **Fig. 1** zeigt ein Ersatzschaltbild eines kapazitiven Sensorsystems, zur Verdeutlichung des Absorptionseffektes und zur Verdeutlichung der Maßnahmen, mit welchen das Sensorsystem unabhängig von dem Erdungszustand des Sensorsystems gemacht wird.

[0044] Die Elektroden Tx (Sendelektrode) und Rx (Empfangselektrode) sind nebeneinander angeordnet, sodass zwischen ihnen eine kapazitive Grundkoppelung C_{12} ausgebildet ist. Bei einer Annäherung einer Hand oder eines Fingers F an die Elektroden Tx, Rx wird die kapazitive Grundkoppelung C_{12} kleiner (Absorption), sodass auch der über C_{12} fließende Strom kleiner wird.

[0045] Die kapazitive Koppelung zwischen der Elektrode Tx und dem Finger F wird mit C_{1H} bezeichnet, die kapazitive Koppelung zwischen Rx und dem Finger mit C_{2H} . Bei einer Annäherung des Fingers F an die Elektroden Tx, Rx werden die Koppelkapazitäten C_{1H} und C_{2H} größer. Dadurch entsteht ein zu C_{12} paralleler Strompfad zwischen der Elektrode Tx und der Elektrode Rx, welcher als Transmission interpretiert werden kann.

[0046] Dieser zu C_{12} parallele Strompfad muss durch geeignete Maßnahmen verringert, vorzugsweise verhindert werden, wie nachfolgend beschrieben:

a) Es kann versucht werden C_{HGND} (die kapazitive Koppelung zwischen dem Finger F und Ground GND) wesentlich größer zu machen als C_{1H} (oder den Finger F fest mit Ground GND zu verbinden). Dadurch wird im Wesentlichen erreicht, dass der von der Elektrode Tx über C_{1H} zum Finger F fließende Strom nicht über C_{2H} zur Elektrode Rx fließt. Dadurch wird zwar die Transmission Tx \rightarrow Rx weitestgehend vermieden, das Sensorsystem ist aber weiterhin abhängig von den Erdungsverhältnissen des Sensorsystems.

b) Ferner wird eine zweite Sendelektrode Tx2 vorgesehen, die hauptsächlich in eine kapazitive Koppelung C_{3H} mit dem sich annähernden Finger F bringbar ist. Die zweite Sendelektrode Tx2 wird vorzugsweise so relativ zur Empfangselektrode Rx angeordnet, dass die kapazitive Koppelung zwischen der zweiten Sendelektrode Tx2 und der Empfangselektrode Rx vernachlässigbar ist. Die zweite Sendelektrode Tx2 wird mit einem Generatorsignal beaufschlagt, welches vorzugsweise invers zu dem der ersten Sendelektrode Tx beaufschlagten Generatorsignal ist. Damit wird im Wesentlichen erreicht, dass der von der Elektrode Tx über C_{1H} zum Finger F fließende Strom direkt über C_{3H} wieder abfließt. Ein Weiterfließen des von der Elektrode Tx über C_{1H} zum Finger F fließenden Stromes zur Elektrode Rx über C_{2H} wird so vermieden. Bei der Ausgestaltung der Elektroden muss beachtet werden, dass die Koppelkapazitäten C_{1H} und C_{3H} im Wesentlichen gleich groß sind. Dies kann durch eine annähernd gleiche Elektrodenbreite der ersten Elektrode Tx und der zweiten Elektrode Tx2 erreicht werden. Das Sensorsystem ist somit auch unabhängig von den Erdungsverhältnissen des Sensorsystems.

[0047] Um zu erreichen, daß das Sensorsystem weitestgehend unabhängig vom Erdungszustand ist werden in der bevorzugten Ausführung zwei Sendelektroden +Tx (in Fig. 1 mit Tx bezeichnet) und -Tx (in Fig. 1 mit Tx2 bezeichnet) gleichzeitig betrieben, wobei die Sendesignale bzw. die Generatorsignale, welche den Elektroden +Tx und -Tx beaufschlagt werden, zueinander invers sind, d.h., die Summe der Wechselanteile der Elektrodensignale +Tx und -Tx ist Null.

[0048] Durch das Layout des Sensorsystems bzw. der Elektroden wird dafür gesorgt, dass beim Berühren die kapazitive Kopplung von +Tx auf den Finger F des Benutzers im Idealfall genauso groß ist, wie die kapazitive Kopplung von -Tx auf den Finger F. Dadurch wird im Wesentlichen die Kopplung +Tx \rightarrow F durch die Kopplung -Tx \rightarrow F neutralisiert.

[0049] Bei einer ungeerdeten Messelektronik wird durch diesen Aufbau verhindert, dass ein Strom vom Finger des Benutzers auf die Elektrode Rx fließt

(Transmission) und damit das Messsignal der Absorption verfälscht.

[0050] Bei geerdeter Messelektronik ist der Strom, der vom Finger F des Benutzers auf die Elektrode Rx fließt (Transmission) prinzipbedingt vernachlässigbar klein, sodass sichergestellt ist, dass unabhängig vom Erdungszustand kein Transmissions-Strom fließt. Damit ist das Sensorsignal vom Erdungszustand unabhängig. Im Ergebnis wird damit ein kapazitives Sensorsystem (Positionssensor) in der Betriebsart Absorption bereitgestellt, welches bei geerdeter und ungeerdeter Sensorelektronik nahezu gleiche Ergebnisse liefert.

[0051] Die Empfangselektrode Rx ist so aufgebaut bzw. so relativ zu den Sendelektroden +Tx, -Tx angeordnet, dass eine kapazitive Kopplung im Wesentlichen nur mit einer der Sendelektroden +Tx oder -Tx besteht.

[0052] In einer alternativen Ausgestaltung des Sensorsystems ist es auch möglich, dass der Transmissions-Strom durch ein entsprechendes Sensorlayout und einer entsprechenden Isolier-Schichtdicke so reduziert wird, dass auch ein Sensorsystem mit nur einer Sendelektrode +Tx aufgebaut werden kann, welches vom Erdungszustand weitgehend unabhängig ist.

[0053] Ist der Erdungszustand (geerdet oder nicht geerdet) des Sensorsystems bekannt und weitgehend konstant, dann kann das Sensorsystem ebenfalls mit nur einer aktiven Sendelektrode +Tx aufgebaut werden.

[0054] Für die Realisierung eines kapazitiven Schieberegler ist die erfindungsgemäße Elektrodeneinrichtung der kapazitiven Sensoreinrichtung so konfiguriert, dass an der Empfangselektrodenkonfiguration zwei Empfangssignale abgegriffen bzw. gemessen werden können. Die Empfangselektrodenkonfiguration umfasst in einer Ausgestaltung der Erfindung zwei einzelne Empfangselektroden. In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Empfangselektrodenkonfiguration zwei Empfangselektroden, welche jeweils durch eine Anzahl von Elektrodensegmenten gebildet werden. Erfindungsgemäß können die Empfangselektroden der erfindungsgemäßen Empfangselektrodenkonfiguration in zwei Typen unterteilt werden. Die Funktionsweise der beiden Empfangselektrodentypen wird weiter unten näher beschrieben.

[0055] Erfindungsgemäß kann eine Empfangselektrodenkonfiguration für einen kapazitiven Schieberegler aus einer Kombination einer Empfangselektrode vom ersten Typ mit einer Empfangselektrode vom zweiten Typ gebildet werden. Alternativ kann eine Empfangselektrodenkonfiguration auch mit zwei

Empfangselektroden vom zweiten Typ gebildet werden.

[0056] Die Kombination einer Empfangselektrode vom ersten Typ mit einer Empfangselektrode vom zweiten Typ hat den Vorteil, dass im Ruhezustand bzw. Wartezustand (d.h., wenn der Sensor nicht aktiv ist) des Sensors nur das Sensorsignal bzw. Empfangssignal der Empfangselektrode vom ersten Typ gemessen bzw. ausgewertet werden muss, um zu detektieren, ob ein Benutzer den Sensor berührt. Damit kann insbesondere bei Anwendungen, bei denen die Leistungsaufnahme so gering wie möglich gehalten werden soll, Strom gespart werden. Erst nachdem eine Berührung detektiert worden ist, kann dann auch ein Empfangssignal von der Empfangselektrode vom zweiten Typ abgegriffen und ausgewertet werden, um die aktuelle Position eines Objektes, etwa ein Finger, relativ zur Elektrodeneinrichtung zu detektieren.

[0057] Demgegenüber hat die Kombination von zwei Empfangselektroden vom zweiten Typ den Vorteil, dass das Nutzsignal doppelt so hoch ist, so dass auch der Signal-Rauschabstand entsprechend groß ist. Ein zusätzlicher Vorteil besteht darin, dass das Messergebnis ohne weitere technische Maßnahmen linearer ist, als bei einer Kombination einer Empfangselektrode vom ersten Typ mit einer Empfangselektrode vom zweiten Typ.

[0058] Im Folgenden werden die Empfangselektroden vom ersten Typ und vom zweiten Typ näher beschrieben. Ferner wird näher erläutert, wie die Position eines Objektes relativ zu einer erfindungsgemäßen Elektrodeneinrichtung berechnet werden kann, wenn eine Empfangselektrode vom ersten Typ mit einer Empfangselektrode vom zweiten Typ kombiniert wird und wenn zwei Empfangselektroden vom zweiten Typ kombiniert werden.

Elektrodeneinrichtung mit einer
Empfangselektrode vom ersten Typ:

[0059] Eine Elektrodeneinrichtung mit einer Empfangselektrode vom ersten Typ liefert unabhängig von der Position eines Objektes, etwa ein Finger, relativ zur Elektrodeneinrichtung ein Signal, welches annähernd proportional zur abgedeckten Elektrodenlänge bzw. Elektrodenfläche ist. Bei Berühren der Elektrodeneinrichtung (in der Praxis können die Elektroden der Elektrodeneinrichtung mit einer Schicht Isoliermaterial abgedeckt sein) ändert sich die Koppelkapazität an der entsprechenden Stelle. Als Messsignal wird die Differenz der Kapazitätswerte bei Nichtberühren der Elektrodeneinrichtung und bei Berühren der Elektrodeneinrichtung herangezogen.

[0060] Im Absorptionsmodus wird die Koppelkapazität zwischen der Sendeelektrode Tx und der Emp-

fangselektrode Rx (vgl. [Fig. 1](#)) reduziert gemäß folgender Vorschrift:

$$\Delta C = K1 \cdot L,$$

wobei K1 ein Proportionalitätsfaktor und L die Länge der Abdeckung sind, sodass gilt: ΔC ist proportional zur Länge L.

[0061] Eine Detektion der Abdeckung kann auch vorgesehen sein, die kapazitive Sensoreinrichtung von einem ersten Betriebsmodus in einen zweiten Betriebsmodus zu bringen, etwa von einem Schlafmodus in einen Aktivmodus. Hierzu kann ein vorbestimmter Schwellenwert vorgesehen sein, welcher überschritten werden muss, bevor ein Wechsel des Betriebsmodus vollzogen wird. Der Schwellenwert kann etwa eine Mindestabdeckung und/oder eine Mindestdauer einer Abdeckung umfassen.

Elektrodenanordnung mit einer
Empfangselektrode vom zweiten Typ:

[0062] Eine erfindungsgemäße Elektrodeneinrichtung mit einer Empfangselektrode vom zweiten Typ liefert abhängig von der Position eines Objektes, etwa ein Finger, relativ zur Elektrodeneinrichtung ein Signal, welches annähernd proportional zur abgedeckten Elektrodenlänge bzw. Elektrodenfläche und zusätzlich annähernd proportional zur Position P des Objektes relativ zur Elektrodeneinrichtung ist. Bei Berührung der Elektrodenkonfiguration (in der Praxis können die Elektroden der Elektrodenkonfiguration mit einer Schicht Isoliermaterial abgedeckt sein) ändert sich die Koppelkapazität an der entsprechenden Stelle. Als Messsignal kann die Differenz der Kapazitätswerte zwischen einem Nichtberühren der Elektrodeneinrichtung und einem Berühren der Elektrodeneinrichtung herangezogen werden.

[0063] Im Absorptionsmodus wird die Koppelkapazität zwischen der Sendeelektrode Tx und der Empfangselektrode Rx (vgl. [Fig. 1](#)) gemäß nachfolgender Vorschrift reduziert:

$$\Delta C = K2 \cdot P \cdot L,$$

wobei K ein Proportionalitätsfaktor, P die Position des Fingers relativ zu der Elektrodeneinrichtung und L die Länge der Abdeckung sind, sodass gilt: $\Delta C \sim L \cdot P$ (d.h., ΔC ist sowohl proportional zu L als auch zu P).

Berechnungen der Position eines Objektes relativ
zur Elektrodeneinrichtung bei einer Kombination
einer Empfangselektrode vom ersten Typ mit
einer Empfangselektrode vom zweiten Typ:

[0064] Die Empfangselektrode vom ersten Typ liefert, wie vorstehend beschrieben, näherungsweise

$$\Delta C_1 = K1 \cdot L.$$

[0065] Die Empfangselektrode vom zweiten Typ liefert näherungsweise

$$\Delta C_2 = K2 \cdot P \cdot L.$$

[0066] Die Position des Objektes relativ zur Elektrodenanordnung ergibt sich aus dem Quotienten

$$\Delta C_2 / \Delta C_1 = P \cdot K2 / K1.$$

[0067] Das Berechnungsergebnis selbst ist hierbei unabhängig von der Abdeckung. Das bedeutet, dass die Position im Wesentlichen unabhängig von der Breite des die Elektroden überdeckenden Fingers (Finger eines Kindes oder Finger eines Erwachsenen), unabhängig von der Änderung der Breite der Überdeckung (wenn sich etwa die Breite eines Objektes ändert, während das Objekt relativ zu den Elektroden bewegt wird), unabhängig von dem Abstand oder von einer Abstandsänderung des die Elektroden überdeckenden Fingers, und insbesondere unabhängig davon, ob ein Handschuh getragen wird oder nicht, korrekt detektiert bzw. ermittelt wird.

Berechnung der Position eines Objektes
relativ zu einer Elektrodenanordnung mit
zwei Empfangselektroden vom zweiten Typ:

[0068] Wie vorstehend erläutert, liefert eine Empfangselektrode vom zweiten Typ näherungsweise

$$\Delta C_2 = K2 \cdot P \cdot L.$$

[0069] Erfindungsgemäß werden die beiden Empfangselektroden vom zweiten Typ gegenläufig angeordnet, d.h., entlang einer Detektionsachse nimmt das an der ersten Empfangselektrode abgegriffene Sensorsignal ab, während das an der anderen Empfangselektrode abgegriffene Sensorsignal zunimmt.

[0070] Bezüglich der ersten Empfangselektrode liefert die Elektrodenanordnung näherungsweise

$$\Delta C_{2A} = K2 \cdot P \cdot L.$$

[0071] Bezüglich der zweiten Empfangselektrode liefert die Elektrodenanordnung näherungsweise

$$\Delta C_{2B} = K2 \cdot P \cdot (K3 - L).$$

[0072] Die Abdeckung der Elektrodenanordnung durch ein Objekt, etwa ein Finger, rechnet sich aus der Summe der beiden an den Empfangselektroden abgegriffenen Signale, wobei das Ergebnis von der Länge der Abdeckung unabhängig ist. Die Differenz der beiden Signale ist von $2 \times L$, also von der Position des Objektes relativ zur Elektrodenanordnung abhängig.

[0073] Die Position wird berechnet aus dem Quotienten

$$(\Delta C_{2A} - \Delta C_{2B}) / (\Delta C_{2A} + \Delta C_{2B}).$$

[0074] Das Berechnungsergebnis selbst ist hierbei unabhängig von der Abdeckung.

[0075] Nachfolgend werden mit Bezug auf [Fig. 2](#) bis [Fig. 8](#) verschiedene erfindungsgemäße Elektrodenkonfigurationen mit unterschiedlichen Anordnungen bzw. Ausgestaltungen der Sendeelektroden und der Empfangselektroden gezeigt.

[0076] Für sämtliche der in [Fig. 2](#) bis [Fig. 8](#) gezeigten Elektrodenkonfigurationen gilt folgendes:

- Die Elektroden E1 und E2 sind Empfangselektroden der Empfangselektrodenkonfiguration.
- Die Elektroden E3 und E4 sind Sendeelektroden der Sendeelektrodenkonfiguration.
- Bei den Elektrodenanordnungen nach [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) werden die Sendeelektroden E3 und E4 gegenphasig angesteuert, d.h., den Sendeelektroden E3 und E4 wird jeweils ein elektrisches Wechselsignal beaufschlagt, wobei das der ersten Sendeelektrode E3 beaufschlagte elektrische Wechselsignal invers zu dem der zweiten Sendeelektrode E4 beaufschlagten elektrischen Wechselsignal ist. Bei den Elektrodenanordnungen nach [Fig. 4](#) bis [Fig. 8](#) gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten für den Betrieb der jeweiligen Sendeelektroden: in einer ersten Variante kann die erste Sendeelektrode E3 mit einem ersten elektrischen Wechselsignal beaufschlagt werden und die zweite Sendeelektrode E4 mit einem zweiten elektrischen Wechselsignal, wobei das erste elektrische Wechselsignal invers zu dem zweiten elektrischen Wechselsignal ist. In einer zweiten Variante kann die erste Sendeelektrode E3 mit einem elektrischen Wechselsignal beaufschlagt werden, während die zweite Sendeelektrode E4 als Groundelektrode betrieben wird, d.h. mit Masse der kapazitiven Sensoreinrichtung gekoppelt wird. Durch die invers angesteuerten Sendeelektroden wird eine Detektion der Position unabhängig von dem Erdungszustand des elektrischen Gerätes bzw. der kapazitiven Sensoreinrichtung gewährleistet. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass die Koppelkapazitäten zwischen +Tx zum Objekt F und –Tx zum Objekt gleich groß sind (vgl. [Fig. 1](#), Koppelkapazität C_{1H} zwischen Tx und F sowie Koppelkapazität C_{3H} zwischen Tx2 und F). Diese Voraussetzung wird bei den Elektrodenanordnungen nach [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) durch das Layout der Sendeelektrodenkonfiguration erreicht. Bei den Elektrodenanordnungen nach [Fig. 4](#) bis [Fig. 8](#) wird dies durch die Größenverhältnisse der ersten Sendeelektrode E3 zur zweiten Sendeelektrode E4 erreicht. Die Größenverhältnisse bzw. die Wahl der jeweiligen Elektrodenfläche der Sendeelektroden

elektroden E3 und E4 kann experimentell ermittelt bzw. optimiert werden oder aber auch durch Feldberechnung ausgelegt werden.

– An den Empfangselektroden E1 und E2 der Empfangselektrodenkonfiguration werden die Signale nacheinander abgegriffen und ausgewertet. Es ist aber auch möglich, die Signale gleichzeitig abzugreifen und auszuwerten.

– Bei den Elektrodeneinrichtungen nach [Fig. 2](#) und [Fig. 8](#) stellt eine Empfangselektrode ein positionsunabhängiges Signal bereit, mit welchem die Berührung des kapazitiven Sensors detektiert werden kann (diese Elektrode ist eine Empfangselektrode vom ersten Typ). Die jeweils andere Empfangselektrode der Empfangselektrodenkonfiguration stellt ein positionsabhängiges Signal bereit (diese Elektrode ist eine Empfangselektrode vom zweiten Typ).

– Bei den Elektrodeneinrichtungen nach [Fig. 3](#) bis [Fig. 7](#) stellen beide Empfangselektroden E1 und E2 jeweils ein positionsabhängiges Signal bereit (d.h., beide Elektroden E1 und E2 sind eine Empfangselektrode vom zweiten Typ), wobei die Empfangssignale bezüglich der Position gegenläufig sind, wie vorstehend beschrieben. Das Empfangssignal einer Empfangselektrode nimmt entlang einer Detektionsachse zu, während das Empfangssignal der anderen Empfangselektrode entlang der Detektionsachse abnimmt.

– Grundsätzlich ist es in allen der in [Fig. 2](#) bis [Fig. 8](#) gezeigten Elektrodeneinrichtungen möglich, eine Empfangselektrode vom ersten Typ mit einer Empfangselektrode vom zweiten Typ zu kombinieren, oder zwei Empfangselektroden vom zweiten Typ zu kombinieren.

– In sämtlichen der in [Fig. 2](#) bis [Fig. 8](#) gezeigten Elektrodeneinrichtungen sind jeweils sechs übereinanderliegende Ebenen dargestellt. Jede Elektrode der Elektrodenkonfiguration wird hier jeweils durch Teile von übereinander angeordneten elektrisch leitfähigen Schichten einer Leiterplatte gebildet. Ferner sind die Elektroden der jeweiligen Elektrodeneinrichtung randseitig auf der Leiterplatte angeordnet, d.h., die Elektroden der jeweiligen Elektrodeneinrichtung werden durch randseitig an der Leiterplatte angeordnete elektrisch leitfähigen Schichten der Leiterplatte gebildet, wobei die elektrisch leitfähigen Schichten übereinander und beabstandet zueinander liegen.

Dadurch wird im Wesentlichen erreicht, dass für die Herstellung einer erfindungsgemäßen Elektrodeneinrichtung zur Detektion einer Position eines Objektes relativ zu der Elektrodeneinrichtung keine zusätzlichen leitfähigen Flächen als Elektroden vorgesehen werden müssen. Die Leiterplatte kann so ausgelegt werden, dass der Bereich der Leiterplatte, welcher die Elektrodenschichten enthält bis nahe an das Gehäuse eines elektrischen Handgerätes heranreicht, sodass eine Annäherung an das Handgerät bzw. die Position eines

Fingers an dem Handgerät im Bereich der Elektrodenkonfiguration dennoch sicher detektiert werden kann. Die Anordnung der Elektroden bzw. die Ausgestaltung der die Elektroden bildenden leitfähigen Schichten der Leiterplatte ist so gewählt, dass die Elektroden bis an zumindest einen Platinenrand der Leiterplatte ragen, wie mit Bezug auf [Fig. 9](#) gezeigt.

Die kapazitiven Koppelungen zwischen den Sendeelektroden und den Empfangselektroden wird an dem randseitigen Bereich der Leiterplatte gebildet. Bei den in [Fig. 2](#) bis [Fig. 8](#) gezeigten Elektrodeneinrichtungen sind die linke, die obere und die untere Kante der Elektroden jeweils im Bereich der Leiterplatte, sodass lediglich die rechte Kante der Elektroden bis an den Rand der Leiterplatte hinausragen. Die Groundelektrode GND weist eine größere Fläche als die Sendeelektroden bzw. Empfangselektroden auf, wobei die Groundelektrode GND derart angeordnet ist, dass sie mit ihrer rechten Kante bis an die Kante der Leiterplatte ragt und die obere Kante, die untere Kante und die linke Kante über die Sendeelektroden und die Empfangselektroden hinausragt.

– Die mit FD bezeichneten Bereiche der Leiterplatten LP sind Ebenen einer mehrschichtigen elektronischen Leiterplatte, welche für den Aufbau der erfindungsgemäßen Elektrodeneinrichtung freigelassen werden können. Alternativ kann in diesen Ebenen FD das Layout der darunterliegenden bzw. der darüberliegenden Ebene kopiert bzw. übernommen werden, d.h. in diesen Ebenen kann ebenfalls ein Elektrodenlayout entsprechend der darunterliegenden bzw. der darüberliegenden Ebene aufgebaut werden und mit den Elektroden der darüberliegenden Ebene bzw. der darunterliegenden Ebene parallel geschaltet werden.

[0077] [Fig. 2](#) zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Elektrodeneinrichtung für eine kapazitive Sensoreinrichtung. In der oberen Abbildung der [Fig. 2](#) wird eine Draufsicht auf eine Leiterplatte LP gezeigt, wobei lediglich die Empfangselektroden E1 und E2 und die Groundelektrode GND gezeigt sind. In der unteren Abbildung der [Fig. 2](#) ist eine Schnittansicht entlang der Schnittachse A-A gezeigt, wobei deutlich wird, dass die Elektroden der erfindungsgemäßen Elektrodeneinrichtung in der Leiterplatte LP übereinander und beabstandet zueinander angeordnet sind.

[0078] Die Sendeelektroden E3 und E4 umfassen jeweils eine Anzahl von zueinander beabstandeten Elektrodensegmente, welche jeweils elektrisch miteinander verbunden sind. Die Elektrodensegmente beider Sendeelektroden E3 und E4 sind hier derart nebeneinander angeordnet, dass zwischen jeweils zwei benachbarten Elektrodensegmente der ersten Sendeelektrode E3 ein Elektrodensegment der zweiten Sendeelektrode E4 angeordnet ist, d.h. die Elek-

trodensegmente der ersten Elektrode E3 und die Elektrodensegmente der zweiten Sendelektrode E4 wechseln sich gegenseitig ab. Die Elektrodensegmente der Sendelektroden E3 und E4 sind jeweils gleich breit und weisen jeweils die gleiche Fläche auf. Beispielsweise können die Elektrodensegmente der Elektroden E3 und E4 jeweils eine Breite von etwa 2 mm aufweisen.

[0079] Die Empfangselektroden E1 und E2 umfassen ebenfalls jeweils eine Anzahl von Elektrodensegmenten, welche ebenfalls derart nebeneinander angeordnet sind, dass zwischen jeweils zwei benachbarten Elektrodensegmenten der ersten Empfangselektrode E1 ein Elektrodensegment der zweiten Empfangselektrode E2 angeordnet ist. D.h., auch bei der Empfangselektrodenkonfiguration wechseln sich die Elektrodensegmente der ersten Empfangselektrode E1 und der zweiten Empfangselektrode E2 gegenseitig ab.

[0080] Das Raster der Empfangselektroden E1, E2 entspricht im Wesentlichen dem Raster der Sendelektroden E3 und E4, d.h., jedes der Elektrodensegmente der Empfangselektroden E1 und E2 liegt im Wesentlichen genau oberhalb eines Elektrodensegmentes der Sendelektroden E3 und E4. Wie aus [Fig. 2](#) ersichtlich ist, korrespondieren die Elektrodensegmente der Empfangselektrode E2 mit den Elektrodensegmenten der Sendelektrode E4 und die Elektrodensegmente der Empfangselektrode E1 korrespondieren mit den Elektrodensegmenten der Sendelektrode E3.

[0081] Die Breite der Elektrodensegmente der Empfangselektrode E2 ist entlang der Detektionsachse DA konstant. Damit ist die kapazitive Koppelung zwischen der Sendelektrode E4 und der Empfangselektrode E2 positionsunabhängig, d.h. die Sendelektrode E4 zusammen mit der Empfangselektrode E2 bildet eine Elektrodeneinrichtung mit einer Empfangselektrodenkonfiguration nach dem ersten Typ.

[0082] Die Breite der Elektrodensegmente der Empfangselektrode E1 nimmt entlang der Detektionsachse DA ab. Das bedeutet, dass eine kapazitive Koppelung zwischen der Sendelektrode E3 und der Empfangselektrode E1 im linken Bereich der Elektrodeneinrichtung höher ist als im rechten Bereich, was bedeutet, dass die kapazitive Koppelung positionsabhängig ist. Damit bildet die Sendelektrode E3 zusammen mit der Empfangselektrode E1 eine Elektrodeneinrichtung mit einer Empfangselektrodenkonfiguration vom zweiten Typ.

[0083] Bewegt sich nun etwa ein Finger entlang der Detektionsachse DA von links nach rechts, so nimmt die kapazitive Koppelung zwischen der Sendelektrode E3 und der Empfangselektrode E1 ab, so dass die Position des Fingers relativ zur Elektrodeneinrich-

tung gemäß oben beschriebener Berechnung ermittelt werden kann.

[0084] Zwischen den Sendelektroden E3 und E4 und den Empfangselektroden E1 und E2 ist eine Groundelektrode GND angeordnet, um eine direkte kapazitive Koppelung zwischen den Sendelektroden und den Empfangselektroden im Wesentlichen zu vermeiden. Dies gilt auch für die nachfolgend mit Bezug auf [Fig. 3](#) bis [Fig. 8](#) beschriebenen Elektrodeneinrichtungen.

[0085] [Fig. 3](#) zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Elektrodeneinrichtung. Aufbau bzw. Anordnung der Sendelektroden E3 und E4, sowie deren Funktionsweise entsprechen im Wesentlichen wie mit Bezug auf [Fig. 2](#) erläutert. Im Gegensatz zu der in [Fig. 3](#) gezeigten Elektrodeneinrichtung wird die Empfangselektrodenkonfiguration durch zwei Empfangselektroden E1 und E2 vom zweiten Typ gebildet, d.h. beide Empfangselektroden stellen ein positionsabhängiges Messsignal zur Verfügung.

[0086] Das Raster der Elektrodensegmente der beiden Empfangselektroden E1 und E2 entspricht im Wesentlichen dem Raster der beiden Sendelektroden E3 und E4. Auch hier wechseln sich die Elektrodensegmente der ersten Empfangselektrode E1 mit den Elektrodensegmenten der zweiten Empfangselektrode E2 ab. Die Breite der Elektrodensegmente der ersten Empfangselektrode E1 nimmt entlang der Detektionsachse DA ab, während die Breite der Elektrodensegmente der zweiten Empfangselektrode E2 entlang der Detektionsachse DA zunimmt. Das bedeutet, dass die kapazitive Koppelung zwischen der Sendelektrode E3 und der Empfangselektrode E1 von links nach rechts abnimmt, während die kapazitive Koppelung zwischen der Sendelektrode E4 und der Empfangselektrode E2 von links nach rechts zunimmt.

[0087] Die Berechnung der Position erfolgt wie mit Bezug auf [Fig. 1](#) erläutert.

[0088] [Fig. 4](#) zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Elektrodeneinrichtung. In der Abbildung links oben von [Fig. 4](#) ist eine Draufsicht auf eine Leiterplatte LP gezeigt, wobei die Empfangselektroden E1 und E2, sowie die Groundelektrode GND sichtbar sind. In der Abbildung rechts oben von [Fig. 4](#) ist eine untere Ebene der Leiterplatte LP gezeigt, in welcher die Sendelektroden E3 und E4 angeordnet sind. D.h., die Sendelektrode E3 und die Sendelektrode E4 finden sich in einer Ebene – sie werden also durch Teile derselben elektrisch leitfähigen Schicht der Leiterplatte gebildet.

[0089] Wie in [Fig. 4](#) erkennbar ist, ist die erste Sendelektrode E3 direkt an dem Rand der Leiterplat-

te LP angeordnet, während die Sendeelektrode E4 einen bestimmten Abstand zur Kante K der Leiterplatte LP aufweist. Ferner ist die Elektrodenfläche der ersten Sendeelektrode E3 wesentlich kleiner als die Elektrodenfläche der zweiten Sendeelektrode E4. Durch diese Konfiguration wird im Wesentlichen erreicht, dass die Sendeelektrode E3 über die Kante K der Leiterplatte LP auf die Empfangselektroden E1 und E2 koppelt. Durch den Abstand der Sendeelektrode E4 zur Kante K der Leiterplatte LP wird erreicht, dass die Sendeelektrode E4 weniger auf die Empfangselektroden E1 und E2 koppelt, sondern mehr auf den sich der Kante K annähernden Finger.

[0090] Mit dem größeren Abstand der Sendeelektrode E4 zur Kante K der Leiterplatte LP und der größeren Fläche der Sendeelektrode E4 wird erreicht, dass die kapazitive Koppelung von der Sendeelektrode E4 zu einem Finger im Wesentlichen gleich groß ist wie die kapazitive Koppelung von E3 zu dem Finger. Aufgrund der gegenphasigen Ansteuerung der beiden Sendeelektroden E3 und E4 wird hierdurch erreicht, dass sich die beiden Koppelungen zu dem Finger im Wesentlichen neutralisieren, womit ein kapazitiver Sensor bereitgestellt wird, der bei geerdeten und ungeerdeter Sensorelektronik nahezu die gleichen Ergebnisse liefert.

[0091] Die Elektrodensegmente der Empfangselektroden E1 und der Empfangselektrode E2 sind im Wesentlichen wie in [Fig. 3](#) gezeigt ausgestaltet. Während bei der Elektrodenkonfiguration nach [Fig. 3](#) die Elektrodensegmente der Empfangselektroden E1 und E2 in der gleichen Ebene angeordnet sind, sind die Elektrodensegmente der Empfangselektrode E1 in [Fig. 4](#) oberhalb der Elektrodensegmente der zweiten Empfangselektrode E2 angeordnet, d.h. die Empfangselektrode E1 ist in einer Ebene oberhalb der Empfangselektrode E2 angeordnet. Die Elektrodensegmente der zweiten Empfangselektrode E2 können so relativ zu den Elektrodensegmenten der ersten Empfangselektrode E1 angeordnet sein, was sie im Wesentlichen „zwischen“ den Elektrodensegmenten der ersten Empfangselektrode E1 liegen. Alternativ, wie in [Fig. 4](#) unten gezeigt, können die Elektrodensegmente der ersten Empfangselektrode E1 auch in einem gleichen Raster angeordnet sein wie die Elektrodensegmente der Empfangselektrode E2.

[0092] Die Empfangselektrodenkonfiguration wird hier durch zwei Empfangselektroden vom zweiten Typ gebildet. Die Berechnung der Position eines Objektes relativ zur Elektrodeneinrichtung erfolgt wie mit Bezug auf [Fig. 1](#) erläutert.

[0093] [Fig. 5](#) zeigt ein viertes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Elektrodeneinrichtung. Die Anordnung bzw. Ausgestaltung der Sendeelektrode E3 und E4 entspricht hierbei im Wesentlichen der Ausgestaltung und Anordnung wie in [Fig. 4](#) gezeigt.

Die Anordnung bzw. Ausgestaltung der Empfangselektroden E1 und E2 entspricht hier im Wesentlichen der Ausgestaltung und Anordnung wie in [Fig. 3](#) gezeigt. D.h., dass die Empfangselektroden E1 und E2 in einer Ebene und die Sendeelektroden E3 und E4 in einer Ebene angeordnet sind.

[0094] [Fig. 6](#) zeigt ein fünftes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Elektrodeneinrichtung. Die Ausgestaltung und Anordnung der Empfangselektroden und der Sendeelektroden entspricht hier im Wesentlichen der Ausgestaltung und Anordnung wie mit Bezug auf [Fig. 5](#) gezeigt. Allerdings ist hier im Unterschied zur Anordnung nach [Fig. 5](#) zwischen den Empfangselektroden E1, E2 und der Groundelektrode GND eine weitere Ebene vorgesehen, in welcher etwa eine Kopie der Empfangselektroden E1, E2 bereitgestellt werden kann und mit den Elektroden E1 und E2 der obersten Ebene parallel geschaltet werden kann. Die Funktionsweise der Elektrodeneinrichtung nach [Fig. 6](#) entspricht im Wesentlichen der Funktionsweise der Elektrodeneinrichtung nach [Fig. 5](#). Sowohl [Fig. 5](#) als auch [Fig. 6](#) umfassen zwei Empfangselektroden nach dem zweiten Typ. Die Ermittlung der Position eines Objektes relativ zur Elektrodeneinrichtung erfolgt wie mit Bezug auf [Fig. 1](#) beschrieben.

[0095] [Fig. 7](#) zeigt ein sechstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Elektrodeneinrichtung. Die Ausgestaltung und Anordnung der Sendeelektroden E3 und E4 entspricht hier im Wesentlichen der Ausgestaltung und Anordnung wie mit Bezug auf [Fig. 6](#) und [Fig. 5](#) erläutert.

[0096] Im Gegensatz zu den vorstehend genannten Ausführungsbeispielen sind die Empfangselektroden E1 und E2 der Empfangselektrodenkonfiguration jeweils einteilig ausgestaltet. Beide Empfangselektroden sind randseitig an der Leiterplatte LP angeordnet, wobei der Abstand der ersten Empfangselektrode E1 zur Kante K der Leiterplatte LP entlang der Detektionsachse DA größer wird, und wobei der Abstand der zweiten Empfangselektrode E2 zur Kante K der Leiterplatte LP entlang der Detektionsachse DA kleiner wird. Die so angeordneten Empfangselektroden E1 und E2 bilden damit jeweils eine Empfangselektrode vom zweiten Typ.

[0097] In dem hier gezeigten Beispiel sind die Empfangselektroden E1 und E2 keilförmig ausgestaltet, wobei die Breite der Empfangselektrode E1 entlang der Detektionsachse DA kleiner wird und wobei die Breite der Empfangselektrode E2 entlang der Detektionsachse DA größer wird. Anstelle der keilförmigen Ausgestaltung der Empfangselektroden E1, E2 können auch zwei streifenförmige Empfangselektroden vorgesehen sein, welche über die gesamte Länge die gleiche Breite aufweisen. Wichtig ist lediglich, dass der Abstand der Empfangselektroden zur Kante K der

Leiterplatte LP entlang der Detektionsachse größer wird bzw. kleiner wird.

[0098] Die Empfangselektroden E1 und E2 können auch mit den in [Fig. 2](#) bzw. [Fig. 3](#) gezeigten Sendeelektroden E3, E4 kombiniert werden.

[0099] Durch den sich ändernden Abstand der Empfangselektroden E1, E2 zur Kante K der Leiterplatte LP ändert sich entlang der Detektionsachse DA auch die kapazitive Koppelung zwischen der Empfangselektrode E1, E2 und einem sich annähernden Finger, sodass die beiden Elektroden E1, E2 jeweils eine Empfangselektrode vom zweiten Typ bilden. Die Berechnung der Position eines Fingers relativ zur Elektrodenanordnung erfolgt wie mit Bezug auf [Fig. 1](#) erläutert.

[0100] [Fig. 8](#) zeigt ein siebtes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Elektrodenanordnung. Bis auf die Ausgestaltung der ersten Sendeelektrode E1 entspricht die in [Fig. 8](#) gezeigte Elektrodenanordnung im Wesentlichen der in [Fig. 7](#) gezeigten Elektrodenanordnung.

[0101] Die erste Empfangselektrode E1 ist hier im Wesentlichen rechteckig bzw. streifenförmig ausgestaltet und reicht über die gesamte Länge bis an die Kante K der Leiterplatte LP. D.h., der Abstand der ersten Empfangselektrode E1 zur Kante K der Leiterplatte LP bleibt entlang der Detektionsachse DA konstant, während der Abstand der zweiten Empfangselektrode E2 zur Kante K der Leiterplatte LP entlang der Detektionsachse DA kleiner wird. Damit bildet die erste Empfangselektrode E1 eine Empfangselektrode vom ersten Typ und die Empfangselektrode E2 eine Empfangselektrode vom zweiten Typ.

[0102] Die Berechnung der Position eines sich der Elektrodenanordnung annähernden Fingers erfolgt wie mit Bezug auf [Fig. 1](#) erläutert.

[0103] [Fig. 9](#) zeigt einen randseitigen Bereich einer Leiterplatte LP in einer perspektivischen Ansicht, um zu verdeutlichen, dass die Elektroden der Elektrodenanordnung bis an die Kante K der Leiterplatte LP herausragen.

[0104] [Fig. 10](#) zeigt ein Prinzipschaltbild für die Ansteuerung einer erfindungsgemäßen Elektrodenanordnung, insbesondere einer Elektrodenanordnung nach [Fig. 2](#) bis [Fig. 8](#).

[0105] Ein Rechteckgenerator mit zum Beispiel 100 kHz steuert zwei Treiberbausteine an, an deren Ausgang dann zwei um 180°-phasenverschobene Generatorsignale +Tx bzw. -Tx anliegen, welche den Sendeelektroden E3, E4 beaufschlagt werden. Das Messsignal – ein kapazitiver Strom bzw. Wechselstrom – wird an den Empfangselektroden E1, E2

abgegriffen, einem Analog-Front-End AFE zugeführt und im Analog-Front-End AFE verstärkt und aufbereitet, etwa hoch- und/oder tiefpassgefiltert. Das verstärkte und aufbereitete Signal wird anschließend in einem Analog-Digital-Wandler A/D digitalisiert und einer nicht näher gezeigten digitalen Signalverarbeitung zugeführt.

[0106] Sämtliche der mit Bezug auf [Fig. 2](#) bis [Fig. 8](#) gezeigten Elektrodenanordnungen sind so ausgeführt, dass immer zwei Sendeelektroden E3, E4 gleichzeitig angesteuert werden können und zwar mit zueinander um 180°-phasenverschobenen (d.h. invertierten) Signalen.

[0107] Es ist aber auch möglich, die Elektrodenanordnungen mit nur einem Sendesignal +Tx oder -Tx zu betreiben. Insbesondere bei den Elektrodenanordnungen nach [Fig. 4](#) bis [Fig. 8](#) kann die zweite Sendeelektrode E4 weggelassen werden. Dadurch kann sich die Abhängigkeit von einem Erdungszustand eines elektrischen Gerätes, für welches die kapazitive Sensoreinrichtung vorgesehen ist, erhöhen. Dieser Nachteil kann aber in Kauf genommen werden, wenn sich der Erdungszustand der kapazitiven Sensoreinrichtung bzw. eines elektrischen Gerätes nicht ändert, was insbesondere dann der Fall ist, wenn das Gerät bzw. die kapazitive Sensoreinrichtung immer mit einer Batterie oder immer mit einem Netzgerät betrieben wird.

[0108] Die Erfindung bringt einige wesentliche Vorteile mit sich:

Die Elektroden der Elektrodenanordnung lassen sich direkt in eine Leiterplatte integrieren. Vorzugsweise werden sogenannte Multi-Layer-Leiterplatten (Multi-Layer-PCB) ausgewählt, welche mindestens drei elektrisch leitfähige Schichten aufweisen, wobei in einer unteren Schicht die Sendeelektroden, in einer oberen Schicht die Empfangselektroden und in einer mittleren Schicht die Groundelektrode angeordnet werden können bzw. durch Teile der jeweiligen elektrischen leitfähigen Schicht gebildet werden können.

[0109] Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass durch das Beaufschlagen der beiden Sendeelektroden E3, E4 mit einem inversen Signal weitestgehend eine Unabhängigkeit von den Erdungsverhältnissen der kapazitiven Sensoreinrichtung sichergestellt ist.

[0110] Ferner ist es möglich, die Leiterplatte, insbesondere jenen Bereich der Leiterplatte, in welchem die Elektroden der erfindungsgemäßen Elektrodenanordnung angeordnet sind, als flexible Leiterplatte auszugestalten.

[0111] Die vorstehend beschriebenen kapazitiven Sensorsysteme und Elektrodenanordnungen sowie erfindungsgemäße Abwandlungen hiervon kön-

nen in elektrischen Geräten, insbesondere elektrische Handgeräte vorgesehen sein, um das Handgeräte mit zusätzlichen Benutzerschnittstellen bzw. Mensch-Maschine-Schnittstellen auszustatten. Das elektrische Gerät bzw. elektrische Handgerät kann ein Smartphone, ein Mobilfunkgerät, eine Computermouse, eine Gerätefernbedienung, eine Digitalkamera, ein Game-Controller, ein mobiler Kleincomputer, ein Tablett-PC, ein Diktiergerät, ein Mediaplayer, oder dergleichen sein.

Patentansprüche

1. Elektrodeneinrichtung für eine kapazitive Sensoreinrichtung zur Erfassung einer Position eines Objektes (F) relativ zu der Elektrodeneinrichtung, wobei die Elektrodeneinrichtung eine Sendeelektrodenkonfiguration (E3), eine Empfangselektrodenkonfiguration (E1; E2) und zumindest eine Groundelektrode (GND) umfasst, wobei

- die Sendeelektrodenkonfiguration, die Empfangselektrodenkonfiguration und die zumindest eine Groundelektrode übereinander und beabstandet zueinander angeordnet sind,
- zumindest eine Groundelektrode (GND) zwischen der Sendeelektrodenkonfiguration und der Empfangselektrodenkonfiguration angeordnet ist, und
- die Sendeelektrodenkonfiguration eine erste Sendeelektrode (E3) umfasst, welche mit einem elektrischen Wechselsignal beaufschlagbar ist.

2. Elektrodeneinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Sendeelektrodenkonfiguration eine zweite Sendeelektrode (E4) umfasst, welche mit einem elektrischen Wechselsignal beaufschlagbar ist.

3. Elektrodeneinrichtung nach Anspruch 2, wobei das der ersten Sendeelektrode (E3) beaufschlagte elektrische Wechselsignal invers zu dem der zweiten Sendeelektrode (E4) beaufschlagten elektrischen Wechselsignals ist.

4. Elektrodeneinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Empfangselektrodenkonfiguration zumindest eine erste Empfangselektrode (E1) und eine zweite Empfangselektrode (E2) umfasst.

5. Elektrodeneinrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei die erste Sendeelektrode (E3) und die zweite Sendeelektrode (E4) jeweils eine Anzahl von zueinander beabstandete Elektrodensegmente umfasst, welche jeweils elektrisch miteinander verbunden sind, wobei die Elektrodensegmente beider Sendeelektroden (E3; E4) derart nebeneinander angeordnet sind, dass zwischen jeweils zwei benachbarten Elektrodensegmenten der ersten Sendeelektrode (E3) ein Elektrodensegment der zweiten Sendeelektrode (E4) angeordnet ist.

6. Elektrodeneinrichtung nach Anspruch 5, wobei die Elektrodensegmente der beiden Sendeelektroden (E3; E4) die gleiche Form und die gleiche Fläche aufweisen.

7. Elektrodeneinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die erste Sendeelektrode (E3) neben der zweiten Sendeelektrode (E4) und beabstandet zur zweiten Sendeelektrode (E4) angeordnet ist, wobei die erste Sendeelektrode (E3) vorzugsweise eine geringere Elektrodenfläche aufweist als die zweite Sendeelektrode (E4) und / oder wobei der Abstand der ersten Sendeelektrode zu einer Kante (K) einer Leiterplatte (LP) kleiner ist als der Abstand der zweiten Sendeelektrode zu der Kante (K) der Leiterplatte (LP).

8. Elektrodeneinrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, wobei die erste Empfangselektrode (E1) und die zweite Empfangselektrode (E2) jeweils eine Anzahl von zueinander beabstandeten Elektrodensegmenten umfasst, wobei die Elektrodensegmente beider Empfangselektroden (E1; E2) derart nebeneinander angeordnet sind, dass zwischen jeweils zwei benachbarten Elektrodensegmenten der ersten Empfangselektrode (E1) ein Elektrodensegment der zweiten Empfangselektrode (E2) angeordnet ist.

9. Elektrodeneinrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, wobei die erste Empfangselektrode (E1) oberhalb der zweiten Empfangselektrode (E2) und beabstandet zur zweiten Empfangselektrode (E2) angeordnet ist.

10. Elektrodeneinrichtung nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Breite der Elektrodensegmente der ersten Empfangselektrode (E1) entlang einer Detektionsachse (DA) abnimmt und wobei die Elektrodensegmente der zweiten Empfangselektrode (E2) jeweils die gleiche Breite aufweisen.

11. Elektrodeneinrichtung nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Breite der Elektrodensegmente der ersten Empfangselektrode (E1) entlang einer Detektionsachse (DA) abnimmt und wobei die Breite der Elektrodensegmente der zweiten Empfangselektrode (E2) entlang der Detektionsachse (DA) zunimmt.

12. Elektrodeneinrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, wobei die erste Empfangselektrode (E1) oberhalb der zweiten Empfangselektrode (E2) und beabstandet zur zweiten Empfangselektrode (E2) angeordnet ist, wobei der Abstand der ersten Empfangselektrode (E1) und / oder der zweiten Empfangselektrode (E2) zu einer Detektionskante (K) entlang einer Detektionsachse (DA) abnimmt bzw. zunimmt.

13. Elektrodeneinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Sendeelektroden-

konfiguration (E3; E4), die Empfangselektrodenkonfiguration (E1; E2) und die zumindest eine Groundelektrode (GND) jeweils durch Teile von übereinander angeordneten elektrisch leitfähigen Schichten einer Leiterplatte (LP) gebildet werden.

14. Elektrodeneinrichtung nach Anspruch 13, wobei die Sendeelektrodenkonfiguration (E3; E4), die Empfangselektrodenkonfiguration (E1; E2) und die zumindest eine Groundelektrode (GND) randseitig auf der Leiterplatte (LP) angeordnet sind, sodass eine kapazitive Koppelung zwischen der Sendeelektrodenkonfiguration (E3; E4) und der Empfangselektrodenkonfiguration (E1; E2), vorzugsweise durch ein sich der Elektrodeneinrichtung annäherndes Objekt (F) beeinflussbar ist, wobei die randseitige Anordnung derart gewählt ist, dass zumindest eine der Elektroden bis an die Abschlusskante (K) der Leiterplatte (LP) reicht.

15. Leiterplatte (LP), insbesondere mehrschichtige Leiterplatte, aufweisend eine Elektrodeneinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Elektroden der Elektrodeneinrichtung jeweils durch Teile der übereinander angeordneten elektrisch leitfähigen Schichten der Leiterplatte (LP) gebildet werden.

16. Leiterplatte (LP) nach Anspruch 15, wobei zumindest eine der Elektroden bis an die Abschlusskante (K) der Leiterplatte (LP) reicht.

17. Handgerät, insbesondere elektrisches Handgerät, aufweisend eine Leiterplatte (LP) nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche.

18. Handgerät, insbesondere elektrisches Handgerät, aufweisend eine kapazitive Sensoreinrichtung, welche eine Elektrodeneinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 14 umfasst.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

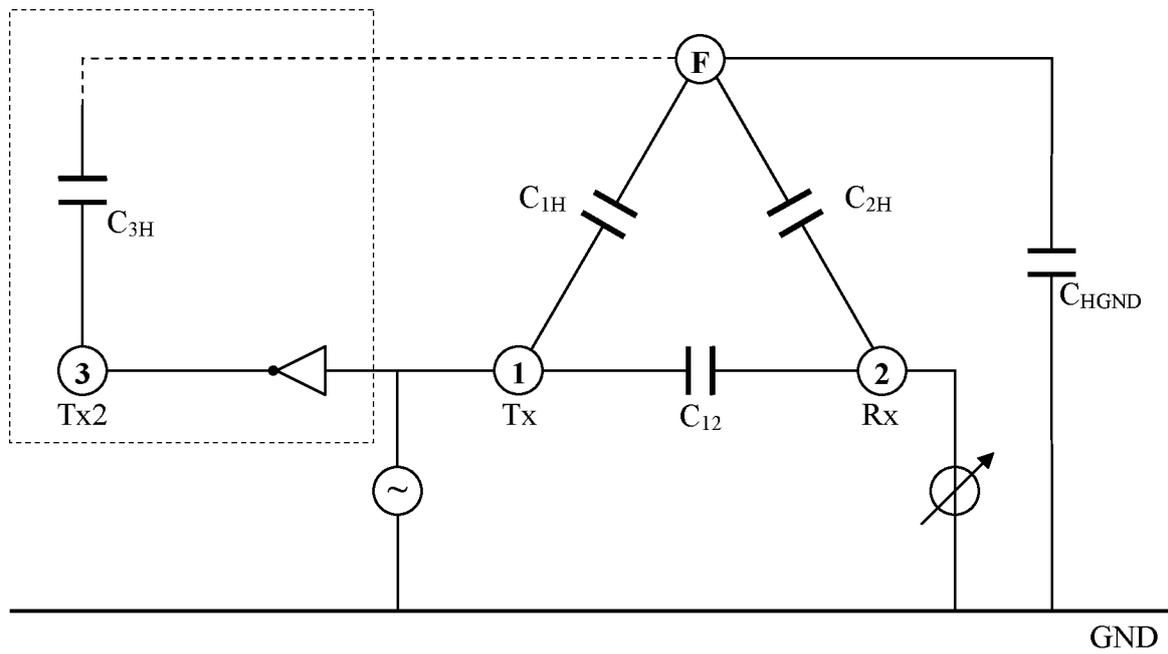


Fig. 1

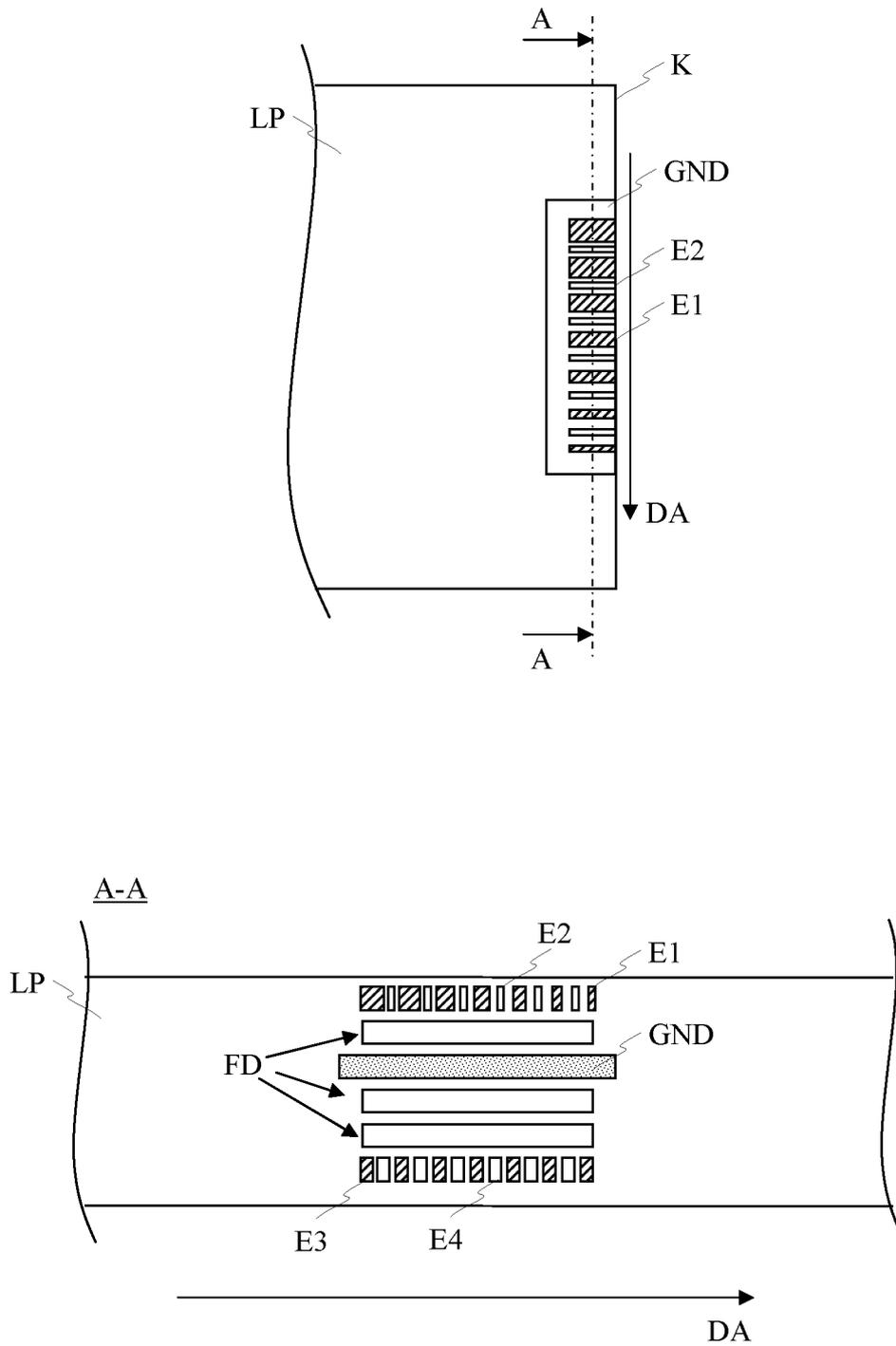


Fig. 2

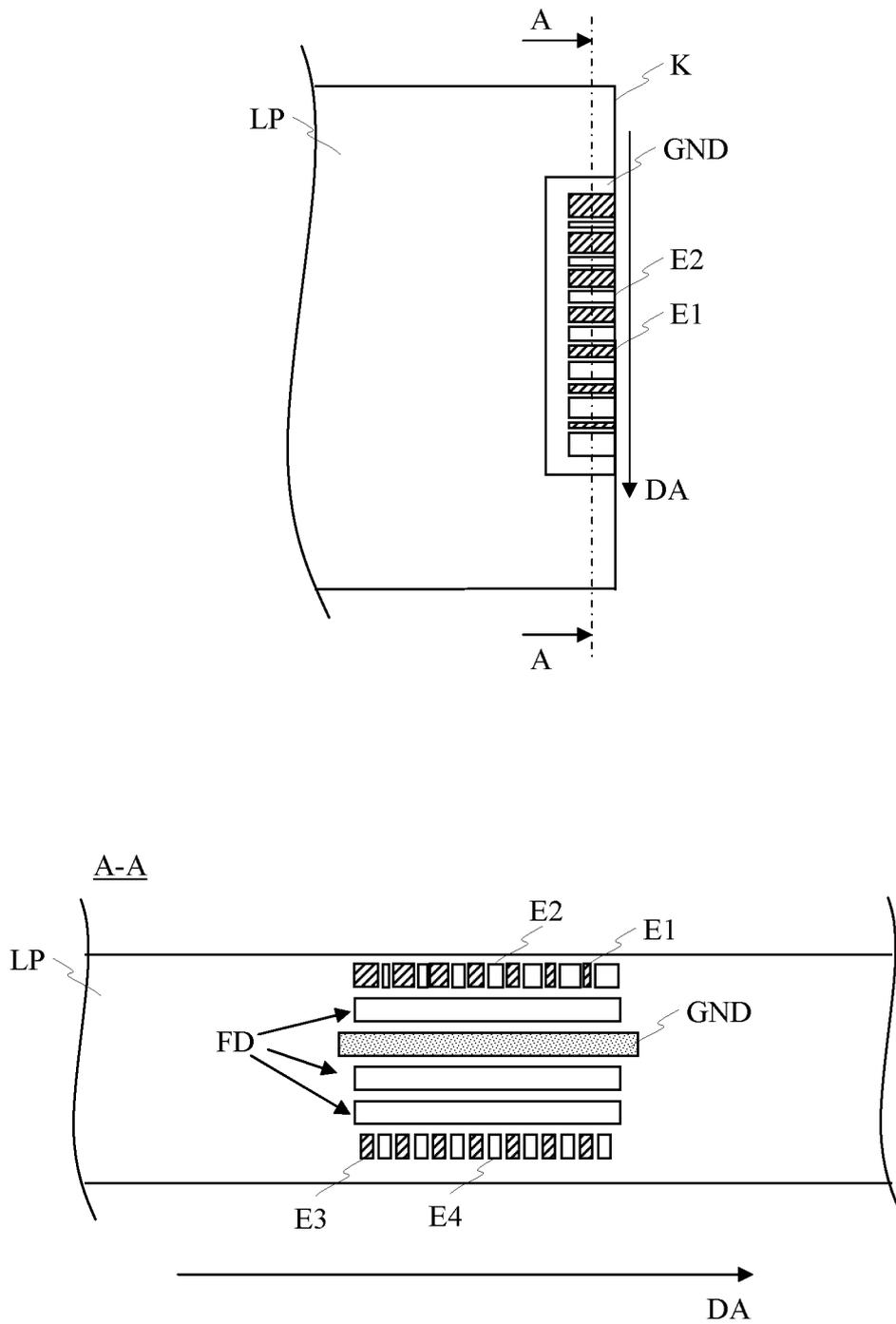


Fig. 3

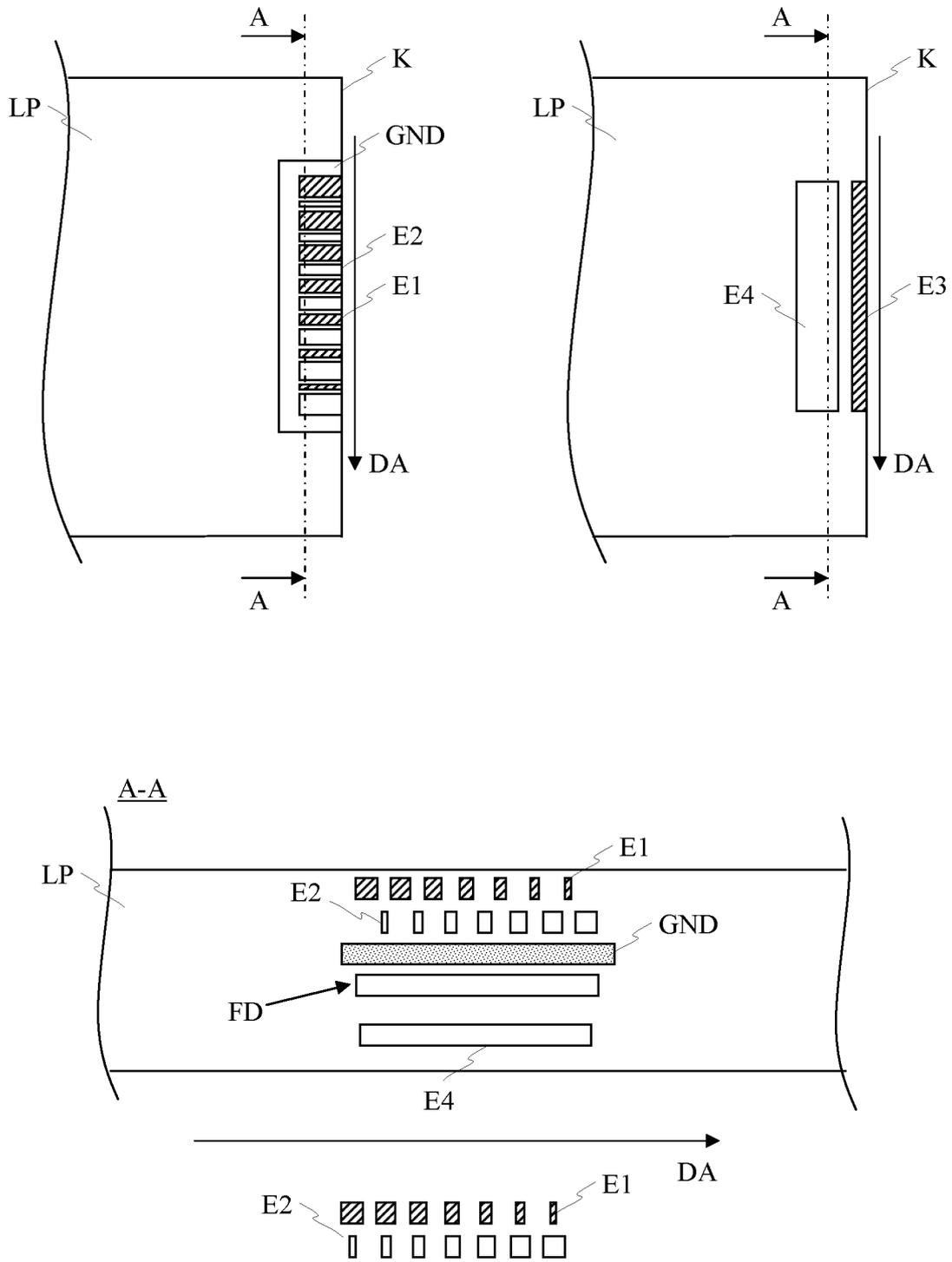


Fig. 4

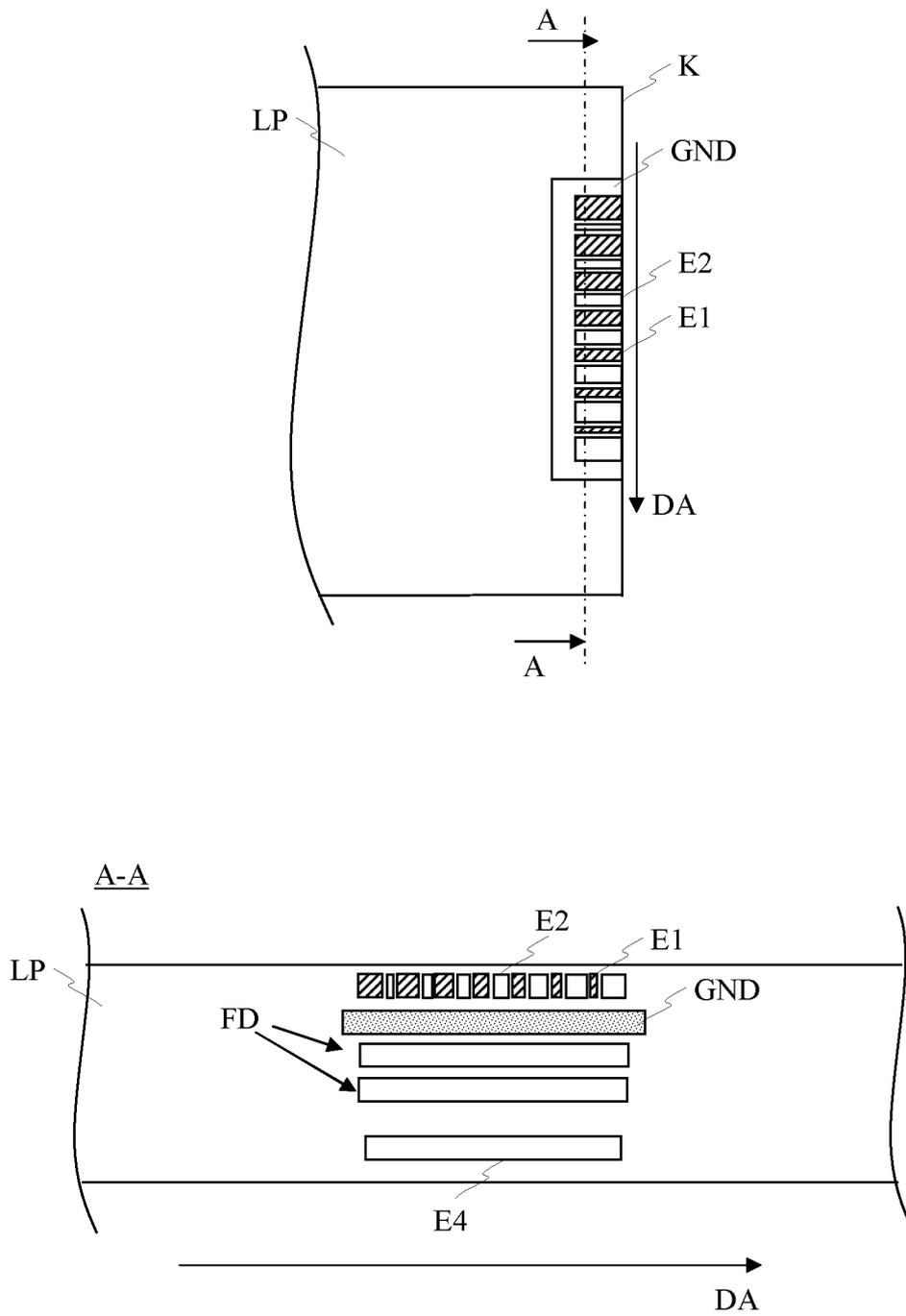


Fig. 5

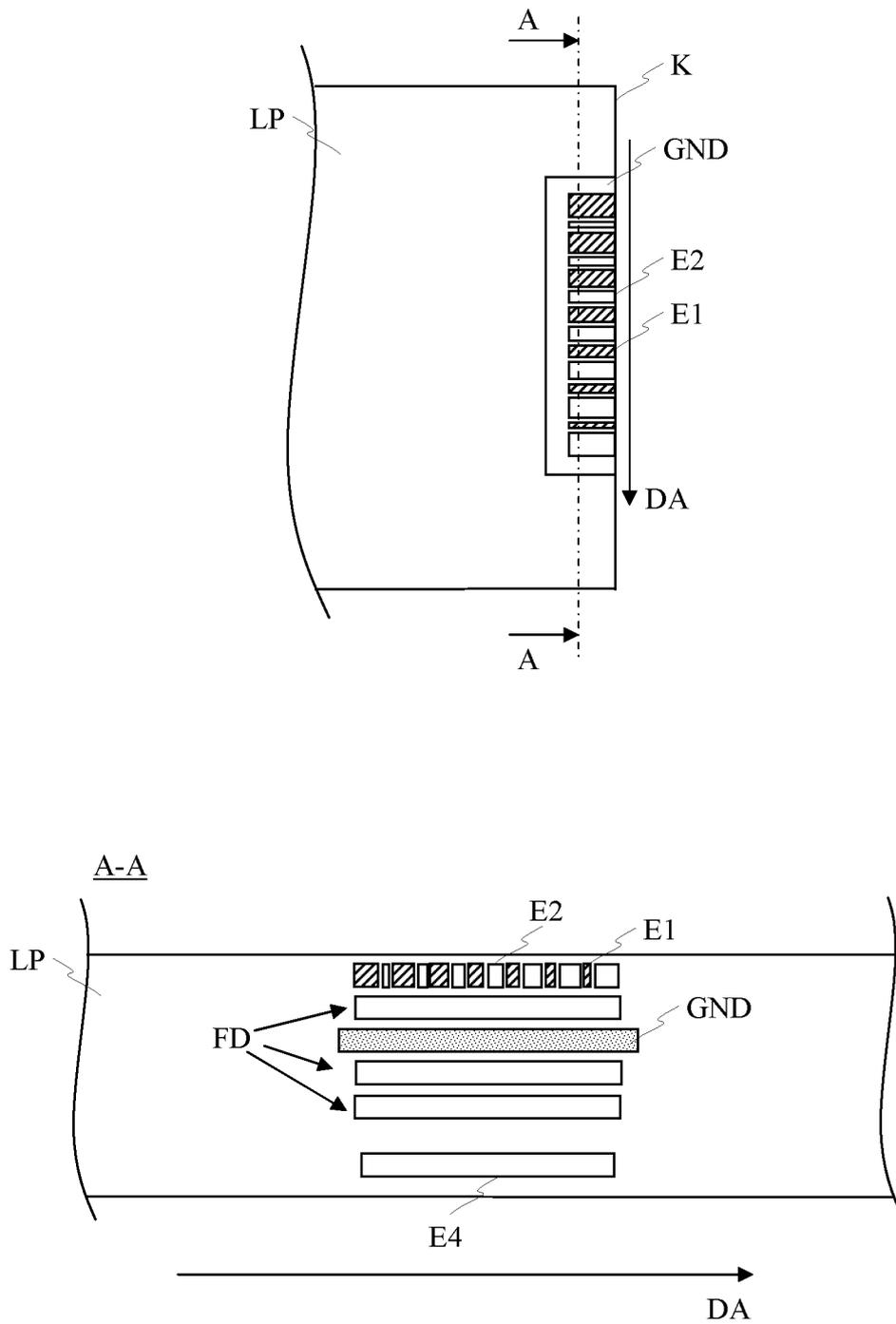


Fig. 6

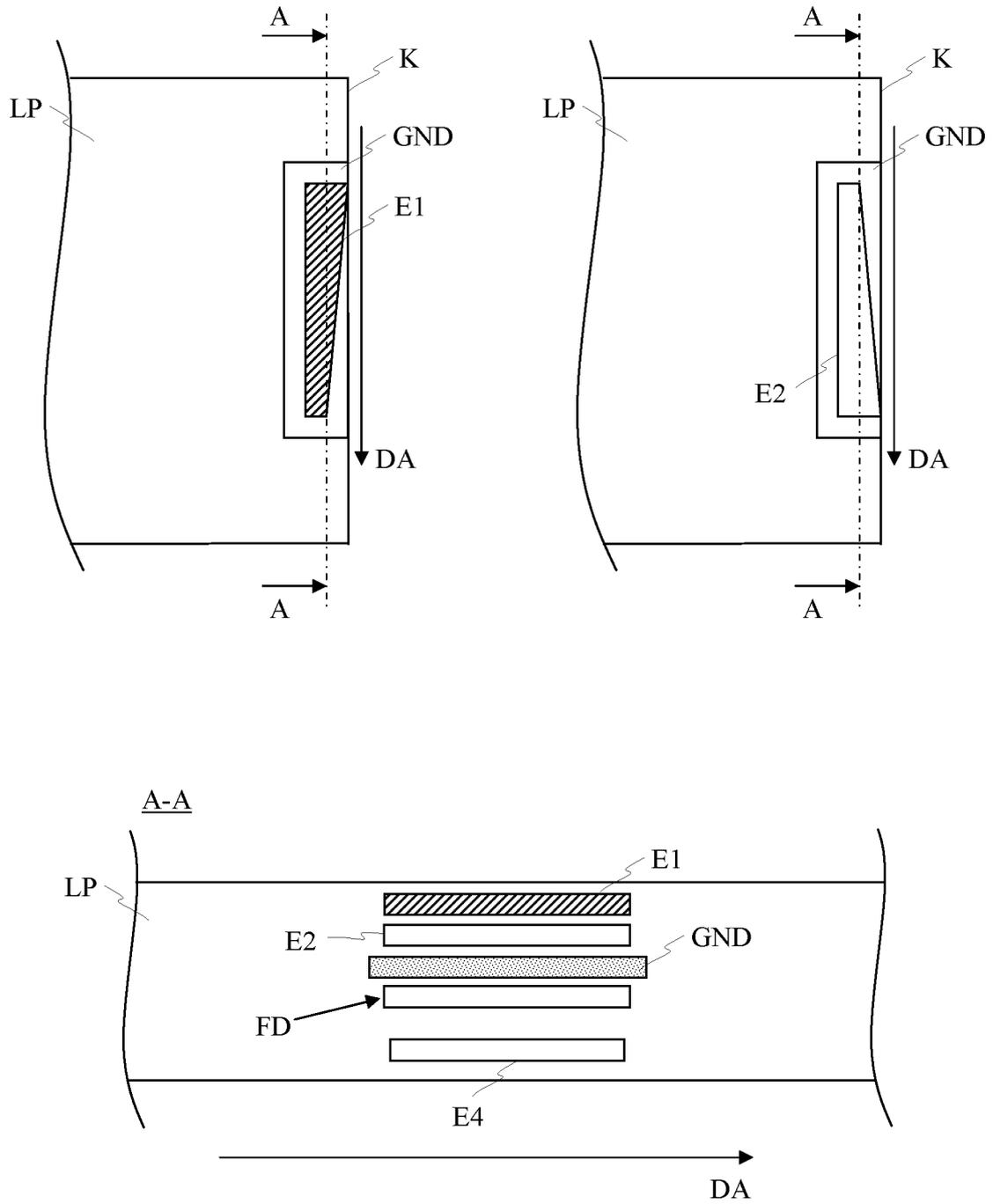


Fig. 7

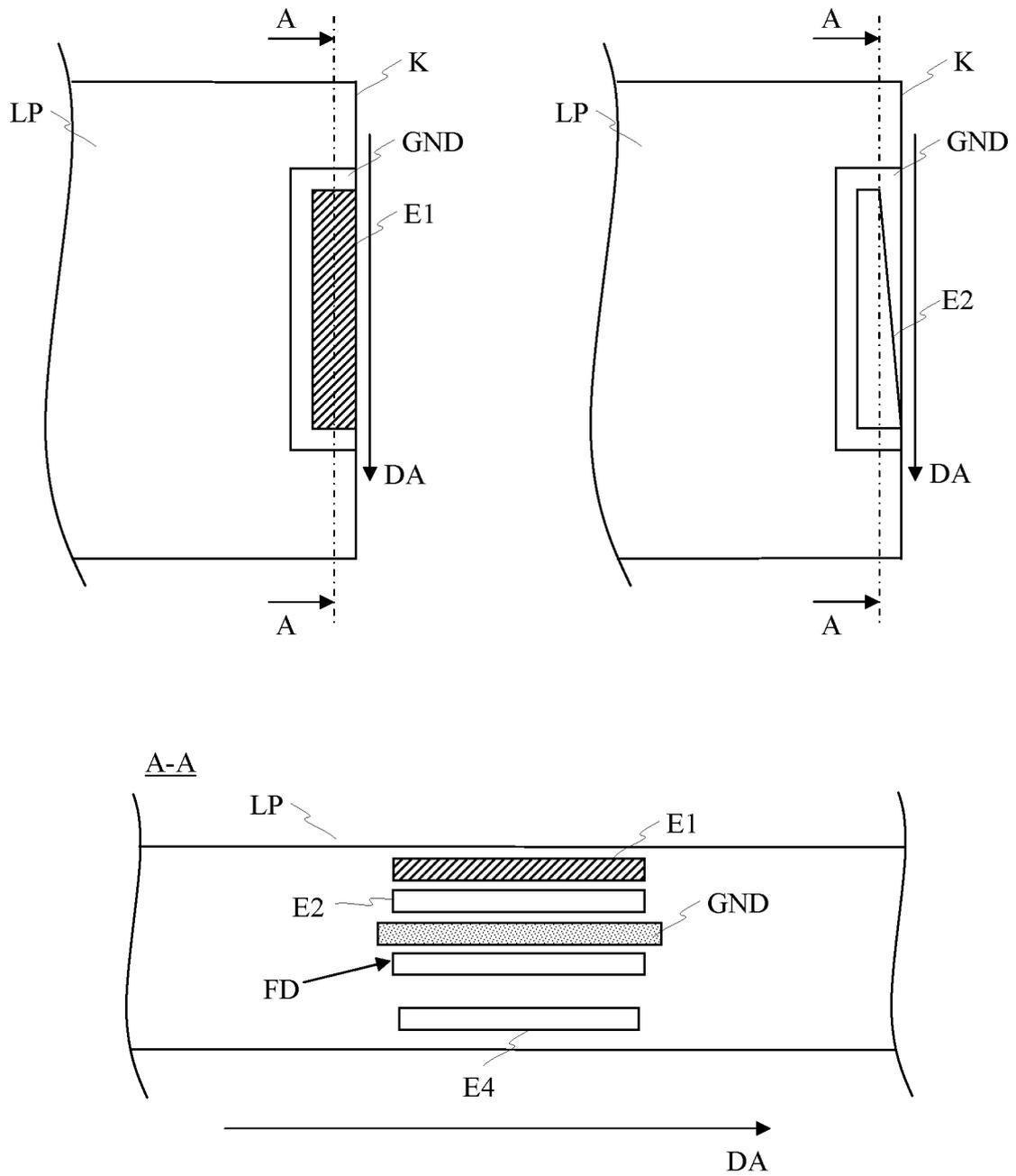


Fig. 8

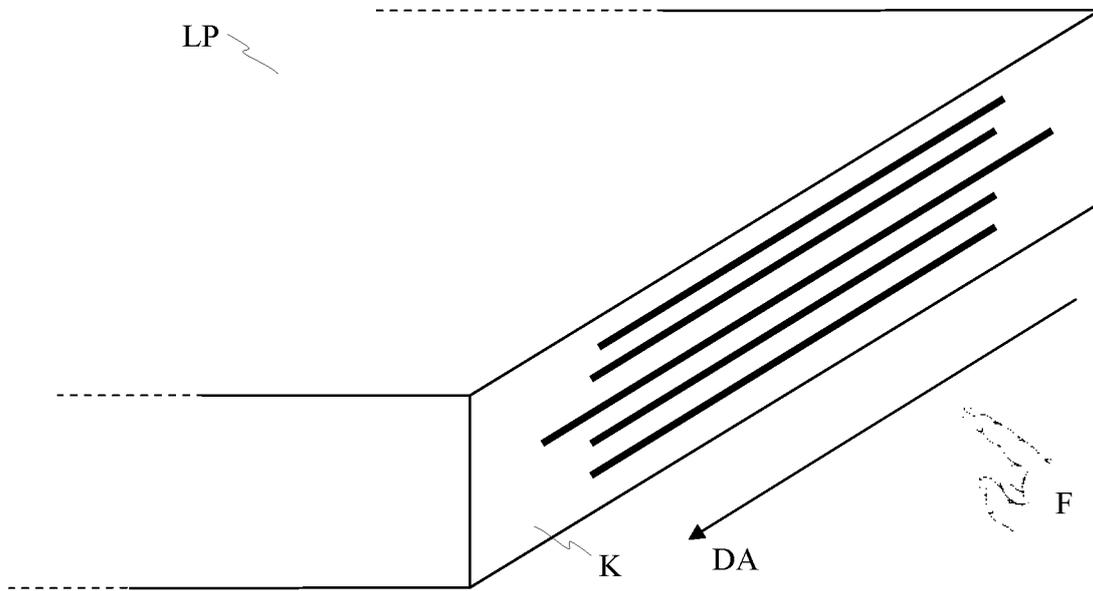


Fig. 9

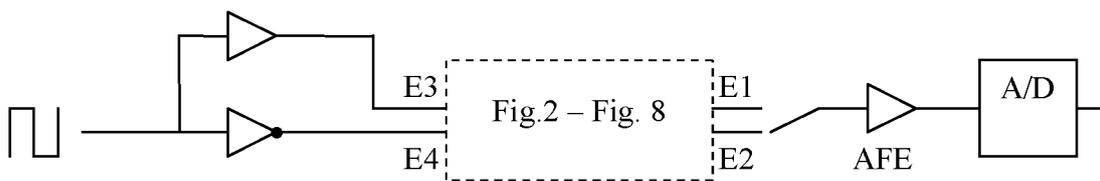


Fig. 10