



(10) **DE 10 2009 052 537 B4** 2011.12.22

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 052 537.8**
(22) Anmeldetag: **11.11.2009**
(43) Offenlegungstag: **12.05.2011**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **22.12.2011**

(51) Int Cl.: **G01D 5/24 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
IDENT Technology AG, 82205, Gilching, DE

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

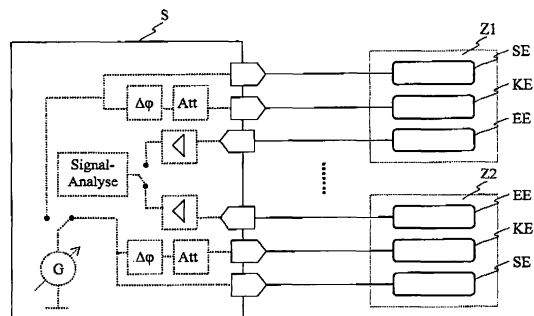
(72) Erfinder:
**Kaltner, Claus, 85232, Bergkirchen, DE; Steffens,
Holger, 81377, München, DE**

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

DE	10 2007 058 707	A1
DE	20 2006 015 740	U1
DE	699 18 850	T2
EP	1 033 578	B1

(54) Bezeichnung: **Sensorelektronik für eine Mehrzahl von Sensorelementen sowie Verfahren zum Bestimmen einer Position eines Objektes an den Sensorelementen**

(57) Zusammenfassung: Bereitgestellt wird eine Elektronik mit einer Mehrzahl von Anschlüssen für eine Mehrzahl von Sensorelementen, wobei die Elektronik ausgestaltet ist, mit zumindest einem Multiplexverfahren die Anwesenheit eines Objektes in zumindest einem Observationsbereich der Sensorelemente zu detektieren und Sensorelemente voneinander zu unterscheiden. Bereitgestellt wird auch ein Verfahren zum Bestimmen der Position zumindest eines sich in mindestens einem Observationsbereich von Sensorelementen befindlichen Objektes relativ zu den Sensorelementen, wobei mit einem Multiplexverfahren für jedes Sensorelement eine elektrische Größe detektiert wird, welche indikativ für die Anwesenheit des Objektes in dem jeweiligen Observationsbereich ist.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Sensorelektronik mit Anschlüssen für eine Mehrzahl von Sensorelementen, insbesondere kapazitiven Sensorelementen, sowie ein Verfahren zum Bestimmen der Position eines Objektes, etwa ein Finger, relativ zu einer Mehrzahl von Sensorelementen, welche mit der erfindungsgemäßen Sensorelektronik gekoppelt sind.

Stand der Technik

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Sensorsysteme bekannt, welche eine Anzahl von Sensoren aufweisen, welche mit jeweils einer Sensorelektronik, etwa einer Auswerteeinrichtung gekoppelt sind. Hierbei ist nachteilig, dass für jeden Sensor eine eigene Sensorelektronik bzw. Auswerteeinrichtung bereitgestellt werden muss, um die einzelnen Sensoren zu betreiben bzw. Sensorsignale abzufragen. Wird die Sensorelektronik bzw. die Auswerteeinrichtungen in Form einer integrierten elektronischen Schaltung bereitgestellt, ist das Anschließen jedes weiteren Sensors mit einem erheblichen Material- und Kostenaufwand verbunden.

[0003] Ein zusätzlicher Material- und Kostenaufwand ergibt sich zudem aus dem Bereitstellen zusätzlicher Anschlüsse an dem integrierten Bauteil.

[0004] Bei kapazitiven Sensorsystemen, welche eine Mehrzahl von kapazitiven Sensoren vorsehen, hat es sich zudem als Nachteil erwiesen, dass ein bestimmter Abstand zwischen den kapazitiven Sensoren eingehalten werden muss, um ein Einkoppeln elektrischer Wechselfelder in benachbarte kapazitive Sensoren zu vermeiden. Um den Abstand von zwei benachbarten kapazitiven Sensoren dennoch zu verringern, sind zusätzliche Maßnahmen notwendig, um zwei benachbarte kapazitive Sensoren voneinander abzuschirmen. An einer integrierten Schaltung müssen so zusätzliche Anschlüsse bereitgestellt werden, an welchen die entsprechenden Abschirmmittel angeschlossen werden können.

[0005] Aus der DE 10 2007 058 707 A1 ist ein Kapazitätssensor mit wenigstens einer Elektrode bekannt. Der Kapazitätssensor weist eine Frequenz-Spreiz-Signalerzeugungsschaltung auf, die mit der wenigstens einen Elektrode gekoppelt ist, um an der wenigstens einen Elektrode ein Frequenz-Spreiz-Signal anzulegen. Der Kapazitätssensor weist ferner eine Einrichtung zum Empfangen des Frequenz-Spreiz-Signals auf, wobei das zu empfangende Frequenz-Spreiz-Signal durch einen zu ermittelnden Kapazitätswert beeinträchtigt ist. Der Kapazitätssensor kann eine Empfangselektrode und eine Sendeelektrode aufweisen, wobei sich die zu messende Kapazität zwischen der

Sendeelektrode und der Empfangselektrode befindet.

[0006] Aus der DE 699 18 850 T2 ist ein kapazitiver Messwertgeber bekannt, der eine Messsonde und eine Bezugssonde aufweist. Die Messsonde und die Bezugssonde sind in einem Abstand angeordnet, um zwischen sich wenigstens ein dielektrisches Medium zu definieren. Zwischen der Messsonde und der Bezugssonde wird ein elektrisches Feld hergestellt und die Kapazität zwischen der Messsonde und der Bezugssonde ermittelt.

[0007] Aus der DE 20 2006 015 740 U1 ist ein Einklemmsensor bekannt, mit einem Sensorkörper, mit einer im Sensorkörper angeordneten, auf ein Messpotenzial legbaren Messelektrode, mit einer der Messelektrode im Sensorkörper benachbart angeordneten elektrischen getrennten, auf ein Kalibrierpotenzial legbaren Kalibrierelektrode, und mit einer Steuereinheit, die dafür eingerichtet ist, die Messelektrode und die Kalibrierelektrode derart anzusteuern, dass sich das Messpotenzial und das Kalibrierpotenzial in einer Messphase gleichen und in einer Kalibrierphase voneinander unterscheiden. Die Messelektrode kann zwei Messelektroden umfassen.

[0008] Ferner ist aus der EP 1 033 578 B1 eine Anordnung zum Detektieren einer Rotation eines Drehelementes bekannt, welche eine Sendeelektrode, eine Empfangselektrode und eine Kompensationselektrode vorsieht, wobei die Empfangselektrode zwischen der Sendeelektrode und der Kompensationselektrode angeordnet ist. Die Sendeelektrode und die Kompensationselektrode sind symmetrisch um die Empfangselektrode angeordnet, um ein gegenseitiges Auslöschen der an der Sendeelektrode bzw. Kompensationselektrode emittierten elektrischen Wechselfelder zu gewährleisten.

Aufgabe der Erfindung

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es daher, Lösungen bereitzustellen, welche es einerseits ermöglichen, die Anzahl der Sensorelemente an einer Sensorelektronik zu erhöhen, ohne gleichzeitig auch die Hardware-Komponenten der Sensorelektronik wesentlich erhöhen zu müssen und andererseits gleichzeitig eine Mehrzahl von kapazitiven Sensorelementen auch mit geringem Abstand zueinander anordnen und betreiben zu können bei gleichzeitig verbesserter Detektion der Position eines Objektes in den Observationsbereichen der kapazitiven Sensorelemente.

Erfindungsgemäße Lösung

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Sensorelektronik mit Anschlüssen für eine Mehrzahl von Sensorelementen sowie durch ein Verfahren

zum Bestimmen der Position einer sich in mindestens einem Observationsbereich der Sensorelemente befindlichen Objektes nach den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den jeweiligen unabhängigen Ansprüchen.

[0011] Bereitgestellt wird demnach eine Elektronik mit einer Mehrzahl von Anschlüssen für eine Mehrzahl von Sensorelementen, wobei die Anschlüsse der Elektronik mit mindestens einer Sendelektrode, mindestens einer Empfangselektrode und mindestens einer Kompensationselektrode, welche ein Sensorelement bilden, koppelbar sind, wobei die mindestens eine Kompensationselektrode mit der mindestens einen Empfangselektrode kapazitiv koppelbar ist und wobei zumindest ein elektrisches Wechselfeld an dem Sensorelement einen Observationsbereich des Sensorelements bildet, und wobei die Elektronik ausgestaltet ist, mit zumindest einem Multiplexverfahren die Anwesenheit zumindest eines Objektes in zumindest einem Observationsbereich der Sensorelemente zu detektieren und die Sensorelemente voneinander zu unterscheiden.

[0012] Durch das Multiplexverfahren wird eine besonders vorteilhafte Mehrfachnutzung von Hardware-Komponenten der Elektronik möglich, weil Teile der Signalpfade in der Elektronik für mehrere Sensorelemente nur einmal vorgesehen werden müssen.

[0013] Die Elektronik kann ausgestaltet sein, in dem Multiplexverfahren die Sendelektroden der Sensorelemente jeweils mit einer ersten Wechselspannung zu beaufschlagen, die Kompensationselektroden der Sensorelemente jeweils mit einer zweiten Wechselspannung zu beaufschlagen, und einen durch die jeweilige Empfangselektrode der Sensorelemente fließenden Strom zu detektieren, wobei für jedes Sensorelement die erste Wechselspannung und die zweite Wechselspannung die gleiche Frequenz aufweisen und zueinander phasenverschoben sind.

[0014] Das Multiplexverfahren kann ein Frequenzmultiplexverfahren sein und die den Sendelektroden der Sensorelemente beaufschlagte erste Wechselspannung kann jeweils eine unterschiedliche Frequenz aufweisen.

[0015] Ein Anschluss der Elektronik kann über eine gemeinsame elektrische Leitung mit den Empfangselektroden der Sensorelemente koppelbar sein, wobei die Elektronik ausgestaltet ist, den Gesamtstrom, welcher aus den in den jeweiligen Empfangselektroden fließenden Strom resultiert, einer Frequenzanalyse zu unterziehen, um für jede Empfangselektrode einen Wert zu ermitteln, welcher repräsentativ für die Anwesenheit des Objektes an dem jeweiligen Sensorelement ist.

[0016] Das Multiplexverfahren kann ein Zeitmultiplexverfahren sein und die Elektronik kann ausgestaltet sein, die Sendelektroden der Sensorelemente zeitlich nacheinander mit der ersten Wechselspannung zu beaufschlagen.

[0017] Die Elektronik kann ausgestaltet sein, den durch die jeweiligen Empfangselektroden der Sensorelemente fließenden Strom zu addieren.

[0018] Die Elektronik kann weiter ausgestaltet sein, die Ströme der Empfangselektroden, an welchen der Strom nicht detektiert wird, auszublenden.

[0019] Das Multiplexverfahren kann ein Zeitmultiplexverfahren sein und die Elektronik kann ausgestaltet sein, zeitlich nacheinander den durch die jeweiligen Empfangselektroden der Sensorelemente fließenden Strom zu detektieren und aus dem detektierten Strom einen Wert zu ermitteln, welcher repräsentativ für die Anwesenheit des Objektes an dem jeweiligen Sensorelement ist.

[0020] Die Elektronik kann ausgestaltet sein, die nicht mit der ersten Wechselspannung beaufschlagten Sendelektroden und/oder die Empfangselektroden, an welchen der Strom nicht detektiert wird, mit dem Massepotential der Elektronik zu koppeln.

[0021] Das Multiplexverfahren kann ein Codemultiplexverfahren sein, wobei die Elektronik ausgestaltet ist, die ersten Wechselspannungen, mit denen die Sendelektroden der Sensorelemente beaufschlagbar sind, jeweils mit einem unterschiedlichen Code zu codieren.

[0022] Die Elektronik kann ausgestaltet sein, den Gesamtstrom, welcher aus den durch die jeweiligen Empfangselektroden fließenden Strom resultiert, einer Decodierung zu unterziehen, um für jede Empfangselektrode einen Wert zu ermitteln, welcher repräsentativ für die Anwesenheit des Objektes an dem jeweiligen Sensorelement ist.

[0023] Die Elektronik kann ausgestaltet sein, die Kompensationselektrode der Sensorelemente jeweils mit zumindest einem Teil der ersten Wechselspannung zu beaufschlagen.

[0024] Bereitgestellt wird auch ein Verfahren zum Bestimmen der Position zumindest eines sich in mindestens einem Observationsbereich von Sensorelementen befindlichen Objektes relativ zu den Sensorelementen, wobei mit einem Multiplexverfahren für jedes Sensorelement eine elektrische Größe detektiert wird, welche indikativ für die Anwesenheit des Objektes in dem jeweiligen Observationsbereich ist.

[0025] Zwischen den detektierten elektrischen Größen kann eine Interpolation durchgeführt werden, um

eine interpolierte Position des zumindest einen Objektes relativ zu den Sensorelementen zu bestimmen.

[0026] Vorteilhaft ist es, jedem Sensorelement eine Ordnungszahl zuzuordnen, welche eine Nachbarschaftsbeziehung zwischen den Sensorelementen beschreiben und wobei die Interpolation umfasst

- Ermitteln eines ersten Sensorelements, welches den betragsmäßig größten Wert der detektierten elektrischen Größe aufweist,
- Ermitteln eines zweiten Sensorelements aus den direkt benachbarten Sensorelementen, welches den betragsmäßig größten Wert der detektierten elektrischen Größe aufweist, und
- Berechnen einer interpolierten Position des zumindest einen Objektes relativ zu den Sensorelementen aus den Ordnungszahlen des ersten und des zweiten Sensorelements und aus den Werten der detektierten elektrischen Größen des ersten und des zweiten Sensorelements.

[0027] Die interpolierte Position kann nach der Vorschrift

$$(n1 \cdot v1 + n2 \cdot v2) / (v1 + v2)$$

berechnet werden, wobei n1 die Ordnungszahl des erstes Sensorelements, n2 die Ordnungszahl des zweiten Sensorelements, v1 der Wert der detektierten elektrischen Größe des erstes Sensorelements und v2 der Wert der detektierten elektrischen Größe des zweiten Sensorelements sind.

Kurzbeschreibung der Figuren

[0028] Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung in Verbindung mit der Zeichnung. Es zeigt:

[0029] **Fig. 1** eine Sensorelektronik mit Anschlüssen für eine Mehrzahl von Sensorelementen, wobei für jedes Sensorelement entsprechende Anschlüsse vorgesehen sind;

[0030] **Fig. 2** bis **Fig. 4** eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Sensorelektronik, welche mit einer Mehrzahl von Sensorelementen koppelbar ist und wobei eine Anzahl von Anschlüssen der Sensorelektronik für das Anschließen mehrerer Elektroden unterschiedlicher kapazitiver Sensorelemente vorgesehen sind;

[0031] **Fig. 5** ein Anwendungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Sensorelektronik mit einer Mehrzahl von Sensorelementen als kapazitiver Schieberegler;

[0032] **Fig. 6** ein weiteres Anwendungsbeispiel in Form eines kapazitiven Drehreglers;

[0033] **Fig. 7** ein Beispiel zur Interpolation einer Position eines Objektes relativ zu einer Mehrzahl von Sensorelementen;

[0034] **Fig. 8** ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Bestimmen einer interpolierten Position eines Objektes relativ zu einer Anzahl von Sensorelementen;

[0035] **Fig. 9** eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Sensorelektronik, wobei die Sensorelemente im Frequenzmultiplexverfahren betrieben werden;

[0036] **Fig. 10** eine noch weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Sensorelektronik, wobei Sende- und Kompensationselektroden der Sensorelemente im Zeitmultiplexverfahren betrieben werden und Ströme der Empfangselektroden addiert und ggf. ausgeblendet werden; und

[0037] **Fig. 11** eine noch weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Sensorelektronik, wobei die Sensorelemente jeweils mehrere Sendeelektroden aufweisen, welche im Zeitmultiplexverfahren betrieben werden können.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0038] **Fig. 1** zeigt ein kapazitives Sensorsystem mit einer erfindungsgemäßen Elektronik S, an welche zwei Sensorelemente Z1 und Z2 angeschlossen sind. Die Elektronik S wird nachfolgend als Sensorelektronik S bezeichnet. Jedes der zwei Sensorelemente weist jeweils eine Sendeelektrode SE, eine Kompensationselektrode KE und eine Empfangselektrode EE auf. Jede der Elektroden ist über einen Anschluss A der Sensorelektronik S mit dieser gekoppelt. Die Sendeelektroden SE werden jeweils mit einer ersten Wechselspannung beaufschlagt, so dass von den Sendeelektroden SE jeweils ein erstes elektrisches Wechselfeld emittiert wird. Die beiden Kompensationselektroden KE werden jeweils mit einer zweiten Wechselspannung beaufschlagt, so dass an den Kompensationselektroden KE jeweils ein zweites elektrisches Wechselfeld emittiert wird. Die zweite Wechselspannung ist vorzugsweise phasenverschoben zu der ersten Wechselspannung. Die erste Wechselspannung kann beispielsweise ein Sinussignal sein, während die zweite Wechselspannung beispielsweise ein Rechtecksignal sein kann. Beide Signale können auch eine rechteckige Signalform aufweisen. Die erste und/oder die zweite Wechselspannung können für jedes Sensorelement unterschiedlich gewählt werden.

[0039] Ein Teil der ersten elektrischen Wechselspannung kann auch zu der zweiten Wechselspannung addiert werden, sodass die Kompensationselektroden KE mit einer elektrischen Wechselspannung

nung beaufschlagt wird, welche der Summe aus einem Teil der ersten Wechselspannung und der zweiten Wechselspannung entspricht. Hierzu können die entsprechenden Signalpfade in der Sensorelektronik S miteinander gekoppelt sein. Das Addieren lediglich eines Teils der ersten Wechselspannung zur zweiten Wechselspannung kann erreicht werden, indem die erste Wechselspannung zunächst einem Dämpferglied zugeführt wird. Alternativ können auch die Sendeelektrode SE und die Kompensationselektrode KE über ein Dämpferglied miteinander gekoppelt werden.

[0040] Das an der Sendeelektrode SE bzw. an der Kompensationselektrode KE emittierte elektrische Wechselfeld wird in die Empfangselektrode EE eingekoppelt, so dass durch die Empfangselektrode EE ein elektrischer Strom fließt. Der durch die Empfangselektrode EE fließende elektrische Strom kann von einer Auswerteeinrichtung, welche Bestandteil der Sensorelektronik S ist, detektiert werden.

[0041] Die in [Fig. 1](#) gezeigten Sensorelemente Z1, Z2 können beispielsweise im Zeitmultiplex-Verfahren betrieben werden, d. h. dass jeweils nur eine der beiden Sensorelemente Z1, Z2 aktiv ist. Damit muss die Sensorelektronik S lediglich einen Signalgenerator bereitstellen, dessen Signal an der Sendeelektrode SE bzw. an der Kompensationselektrode KE beaufschlagt wird. Ebenfalls muss nur eine Auswerteeinrichtung für die Auswertung bzw. Detektion des in der Empfangselektrode EE fließenden Stromes bereitgestellt werden. Alternativ können die Sensorelemente Z1, Z2 auch mit einem Frequenzmultiplex-Verfahren betrieben werden, d. h. dass die Sendeelektrode und die Kompensationselektrode des ersten Sensorelementes Z1 mit einem Signal beaufschlagt werden, dessen Frequenz verschieden von dem Signal ist, mit welchem die Sendeelektrode SE und die Kompensationselektrode KE des zweiten Sensorelementes Z2 beaufschlagt werden.

[0042] [Fig. 2](#) zeigt ein kapazitives Sensorsystem mit einer erfindungsgemäßen Sensorelektronik, an welcher zwei kapazitive Sensorelemente Z1 und Z2 angeschlossen sind. Jedes der zwei Sensorelemente Z1, Z2 weist jeweils eine Senderelektrode SE, eine Kompensationselektrode KE und eine Empfangselektrode EE auf. Die Sensorelemente Z1, Z2 können in dem Ausführungsbeispiel nach [Fig. 2](#) sowie den in den nachfolgenden Figuren beschriebenen Ausführungsbeispielen jeweils auch mehrere Sendeelektroden SE und/oder mehrere Kompensationselektroden KE und/oder mehrere Empfangselektroden EE aufweisen.

[0043] Die Sensorelektronik S weist einen Anschluss auf, an dem Sendeelektroden SE der beiden Sensorelemente Z1, Z2 über eine gemeinsame elektrische Leitung angeschlossen sind. Die Sensorelek-

tronik S weist einen weiteren Anschluss auf, an welchem die Kompensationselektroden KE der beiden Sensorelemente Z1, Z2 über eine gemeinsame elektrische Leitung angeschlossen sind. Des Weiteren weist die Sensorelektronik S zwei weitere Anschlüsse auf, an welchen jeweils eine Empfangselektrode EE der beiden Sensorelemente Z1, Z2 angeschlossen sind.

[0044] Die Sendeelektroden SE der beiden Sensorelemente Z1, Z2 werden jeweils mit einer ersten Wechselspannung beaufschlagt, so dass von den Sendeelektroden SE jeweils ein elektrisches Wechselfeld emittiert wird. Die beiden Kompensationselektroden KE werden jeweils mit einer zweiten Wechselspannung U_2 beaufschlagt, so dass an den Kompensationselektroden KE jeweils ein zweites elektrisches Wechselfeld emittiert wird. Die an den Kompensationselektroden KE beaufschlagte zweite Wechselspannung ist vorzugsweise phasenverschoben zu der ersten Wechselspannung, mit welcher die Sendeelektroden SE beaufschlagt werden. Die Sensorelektronik S kann hierzu einen Signalgenerator vorsehen, welcher mit dem ersten Anschluss, an welchem die Sendeelektroden SE angeschlossen sind, gekoppelt ist und welcher über einen Phasenschieber über den zweiten Anschluss, an welchem die Kompensationselektroden KE angeschlossen sind, gekoppelt ist. Alternativ kann der Phasenschieber auch zwischen dem Signalgenerator und dem ersten Anschluss vorgesehen sein.

[0045] Die Sensorelektronik S weist zudem eine Auswerteschaltung auf, welche über einen Multiplexer mit den Anschlüssen, an welchen die Empfangselektroden EE angeschlossen sind, gekoppelt ist. Damit könnten die einzelnen Empfangselektroden EE zeitlich hintereinander abgefragt werden, d. h. es kann zeitlich hintereinander eine elektrische Größe der Empfangselektroden EE detektiert werden. Die elektrische Größe der Empfangselektroden kann ein Strom sein, welcher fließt, wenn die an der Sendeelektrode SE und an der Kompensationselektrode KE emittierten elektrischen Wechselfelder in die Empfangselektrode EE einkoppeln. Die erste Wechselspannung U_1 und die zweite Wechselspannung U_2 werden vorzugsweise so gewählt, dass das an der Sendeelektrode SE emittierte Wechselfeld nur dann in die Empfangselektrode EE einkoppelt, wenn ein Objekt in den Observationsbereich des Sensorelementes gelangt. Alternativ kann im Grundzustand zur Systemüberwachung eine geringe Kopplung vorhanden sein. Dem an der jeweiligen Empfangselektrode EE detektierten Strom kann ein Wert zugeordnet werden, welcher repräsentativ für die Anwesenheit eines Objektes an dem jeweiligen Sensorelement Z1, Z2 ist.

[0046] Durch das erfindungsgemäße Anschließen der Sendeelektroden SE und der Kompensations-

elektrode KE an jeweils einen Anschluss der Sensorelektronik S und des Detektieren der elektrischen Größe an der jeweiligen Empfangselektrode EE im zweiten Multiplex-Verfahren kann die Anzahl der Anschlüsse an der Sensorelektronik gering gehalten werden. Die maximale Anzahl der Anschlüsse ergibt sich aus der Anzahl der Sensorelemente plus zwei Anschlüsse für die Sendeelektroden bzw. die Kompensationselektroden (d. h. Anzahl der Anschlüsse = Anzahl der Sensorelemente + 2). Weil die Empfangselektroden EE zeitlich nacheinander mit einer Auswerteeinrichtung der Sensorelektronik gekoppelt werden, kann auch jedes Sensorelement eindeutig identifiziert werden, auch wenn alle Sendeelektroden SE bzw. alle Kompensationselektroden KE der Sensorelemente Z1, Z2 jeweils mit der identischen ersten Wechselspannung U_1 bzw. mit der identischen zweiten Wechselspannung U_2 beaufschlagt werden.

[0047] Fig. 3 zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Sensorelektronik S, an welche zwei Sensorelemente Z1, Z2 angeschlossen sind. Gemäß der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform sieht die Sensorelektronik S für jede Sendeelektrode SE jeweils einen Anschluss vor. Ebenfalls sieht die Sensorelektronik S für jede Kompensationselektrode KE einen Anschluss vor. Die Empfangselektroden EE der Sensorelemente Z1, Z2 sind hingegen über eine gemeinsame elektrische Leitung an genau einem Anschluss der Sensorelektronik S angeschlossen.

[0048] In einer Variante der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform können die Sendeelektrode SE des ersten Sensorelementes Z1 und die Sendeelektrode SE des zweiten Sensorelementes Z2 im Zeitmultiplex-Verfahren mit einer ersten elektrischen Wechselspannung U_1 beaufschlagt werden. Ebenso können die Kompensationselektrode KE des ersten Sensorelementes Z1 und die Kompensationselektrode KE des zweiten Sensorelementes Z2 im Zeitmultiplex-Verfahren mit einer zweiten Wechselspannung, welche vorzugsweise phasenverschoben zur ersten Wechselspannung ist, beaufschlagt werden. Den Phasenversatz der zweiten Wechselspannung U_2 zur ersten Wechselspannung U_1 kann hierbei mit Hilfe eines Phasenschiebers bewerkstelligt werden.

[0049] Weil die Sendeelektrode SE und die Kompensationselektrode KE jeweils zeitlich hintereinander mit den entsprechenden Wechselspannungen beaufschlagt werden, kann eine Auswerteeinrichtung der Sensorelektronik S, an welche sämtliche Empfangselektroden EE der Sensorelemente Z1, Z2 angeschlossen sind, kann sie eine eindeutige Zuordnung eines detektierten Sensorsignals zu dem jeweiligen Sensorelement Z1, Z2 vornehmen.

[0050] In einer zweiten Variante der Sensorelektronik S nach Fig. 3 können die Sendeelektroden

SE jeweils mit einer ersten Wechselspannung unterschiedlicher Frequenz beaufschlagt werden. Die zugehörige Kompensationselektrode wird dabei mit einer frequenzgleichen zweiten Wechselspannung beaufschlagt, welche phasenverschoben zur ersten Wechselspannung ist. Ein Phasenversatz kann wiederum mit einem Phasenschieber bewerkstelligt werden. Weil die Sendeelektroden SE- und die Kompensationselektroden KE der Sensorelemente jeweils mit einer Wechselspannung unterschiedlicher Frequenz beaufschlagt werden, bildet sich an den Sendeelektroden und den Kompensationselektroden auch jeweils ein elektrisches Wechselfeld unterschiedlicher Frequenz aus. Der durch das in die entsprechenden Empfangselektroden EE eingekoppelte elektrische Wechselfeld erzeugte Strom weist damit ebenfalls eine unterschiedliche Frequenz auf. Das an dem Anschluss, an welchem die Empfangselektroden EE angeschlossen sind, anliegende Frequenzgemisch kann in einer Auswerteeinheit der Sensorelektronik S mit Hilfe einer Frequenzanalyse, etwa einer Fast-Fourier-Transformation oder einem Görtzel-Algorithmus in die einzelnen Frequenzbestandteile zerlegt werden. Die aus der Frequenzanalyse resultierenden Ströme können wiederum eindeutig einem Sensorelement Z1, Z2 zugeordnet werden.

[0051] In einer dritten Variante der in Fig. 3 gezeigten Sensorelektronik kann das von einem Signalgenerator bereitgestellte Wechselsignal mit einem Code codiert werden, wobei der Code für jede Sendeelektrode SE verschieden ist. Das codierte Wechselsignal wird an der Sendeelektrode beaufschlagt. Ein zu dem codierten Wechselsignal phasenverschobenes Wechselsignal wird an der entsprechenden Kompensationselektrode beaufschlagt. Das an dem Eingang der Sensorelektronik S anliegende Signal kann wiederum mit Hilfe der Codes decodiert werden. Die aus der Decodierung resultierenden Ströme können wieder eindeutig dem jeweiligen Sensorelement Z1, Z2 zugeordnet werden.

[0052] In der Ausführungsform nach Fig. 3 ergibt sich die maximale Anzahl der Anschlüsse, welche notwendig sind, eine Mehrzahl von Sensorelementen anzuschließen, aus der Anzahl der Sensorelemente plus ein Anschluss (d. h. $2 \times$ Anzahl der Sensorelemente + 1).

[0053] Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Sensorelektronik S, an welche zwei Sensorelemente Z1, Z2 angeschlossen sind. Für jede Sendeelektrode SE der beiden Sensorelemente Z1, Z2 ist jeweils ein Anschluss an der Sensorelektronik S vorgesehen. Die Kompensationselektrode KE ist über eine gemeinsame elektrische Leitung an genau einen Anschluss der Sensorelektronik S angeschlossen. Ebenfalls sind die Empfangselektroden EE der beiden Sensorelemente über eine gemeinsame elek-

trische Leitung an genau einen Anschluss der Sensorelektronik S angeschlossen.

[0054] Der in [Fig. 4](#) gezeigten Ausführungsform können die beiden Sensorelemente Z1, Z2 beispielsweise in einem Zeitmultiplex-Verfahren betrieben werden, d. h. dass die Sendeelektroden SE der Sensorelemente jeweils zeitlich hintereinander mit einer elektrischen Wechselspannung beaufschlagt werden. Damit wird auch zeitlich hintereinander an beiden Sendeelektroden SE jeweils ein elektrisches Wechselfeld emittiert, welches in die jeweilige Empfangselektrode EE eingekoppelt wird, so dass in der jeweiligen Empfangselektrode ein Strom fließt. Dadurch, dass die Sendeelektroden SE zeitlich hintereinander mit einer elektrischen Wechselspannung beaufschlagt werden, lässt sich der durch die Auswerteeinrichtung A detektierte Strom eindeutig einer Empfangselektrode EE und damit auch eindeutig einem Sensorelement zuordnen.

[0055] [Fig. 5](#) zeigt eine Anwendung einer kapazitiven Sensoreinrichtung mit einer Sensorelektronik S und einer Mehrzahl von Sensorelementen. Die in [Fig. 5](#) gezeigte Anwendung ist ein kapazitiver Schieberegler SR, welcher acht Sensorelemente aufweist, wobei die acht Sensorelemente eine gemeinsame Empfangselektrode EE nutzen. Die Koppelung der Sensorelemente an die Sensorelektronik S entspricht dabei im Wesentlichen der in [Fig. 3](#) gezeigten Koppelung. Die Sensorelektronik S kann hierbei die mit Bezug auf [Fig. 3](#) beschriebenen Multiplex-Verfahren implementieren, um die Position eines Fingers an dem Schieberegler SR zu detektieren bzw. zu ermitteln.

[0056] Wie mit Bezug auf [Fig. 2](#) bereits erläutert, wird an jeder Sendeelektrode SE ein erstes elektrisches Wechselfeld emittiert und an der Empfangselektrode EE eingekoppelt. Ebenfalls wird an jeder Kompensationselektrode KE ein zweites elektrisches Wechselfeld emittiert und an der Empfangselektrode EE eingekoppelt. Die eingekoppelten elektrischen Wechselfelder an der Empfangselektrode EE erzeugen in dieser einen elektrischen Strom, welcher durch Sensorelektronik S detektiert und ausgewertet werden kann.

[0057] Für den Anschluss des kapazitiven Schiebereglers SR bzw. der Sensorelemente des Schiebereglers an die Sensorelektronik müssen für die acht hier gezeigten Sensorelemente an der Sensorelektronik S sieben Anschlüsse vorgesehen werden, wobei für den Anschluss der Empfangselektrode EE nur ein Anschluss benötigt wird. Die Sensorelektronik verfügt hier über ein analoges Frontend AFE, welches das an der Empfangselektrode EE anliegende Signal bzw. den in der Empfangselektrode EE fließenden elektrischen Strom auswertet und in eine oder mehrere digitale Signale umwandelt und einen Mikrokontroller μC zuführt. Der Mikrokontroller kann die di-

gitalen Signale weiterverarbeiten und aufgrund eines Ergebnisses eine Aktion in einem elektrischen Gerät veranlassen, welches mit dem kapazitiven Schieberegler gekoppelt ist.

[0058] Bewegt sich ein Finger entlang des Schiebereglers SR führt dies dazu, dass der Finger die jeweiligen elektrischen Wechselfelder beeinflusst, was wiederum eine Änderung des in der Empfangselektrode EE fließenden elektrischen Stromes bewirkt. Diese Änderung des elektrischen Stromes wird von der Sensorelektronik S ausgewertet, wobei durch die Auswertung, wie bereits mit Bezug auf [Fig. 3](#) beschrieben, eine Position des Fingers relativ zum Schieberegler SR bestimmt werden kann. Hierbei ist es nicht notwendig, dass der Finger die Sensorelemente berührt. Es ist ausreichend, wenn der Finger sich beim Bewegen entlang des kapazitiven Schiebereglers in den Observationsbereichen der Sensorelemente befindet. Weil durch geeignete Wahl des Multiplexverfahrens die Sensorelemente sehr nahe zueinander angeordnet werden können, kann ein sehr kompakter kapazitiver Schieberegler SR bereitgestellt werden, welcher dennoch eine hohe Auflösung aufweist, d. h. dass die Position des Fingers relativ zum Schieberegler SR besonders genau bestimmt werden kann. Dies ist deshalb möglich, weil durch entsprechende Auswahl des Multiplexverfahrens eine gegenseitige Beeinflussung der Sensorelemente vermieden wird, bzw. von der Sensorelektronik S entsprechend erkannt wird.

[0059] Es ist auch möglich, die Position mehrerer Finger auf dem Schieberegler zu detektieren. Hierzu ist vorgesehen, dass an dem Eingang, an welchem die Empfangselektrode angeschlossen ist, anliegende Sensorsignale einer Signalanalyse zuzuführen. Die Signalanalyse kann etwa bei Anwendung des Frequenzmultiplexverfahrens das Sensorsignal in die Frequenzanteile mit einer Amplitude zerlegen. Aus den Amplituden der Frequenzanteile kann abgeleitet werden, ob nur ein Finger (Amplituden weisen nur einen Spitzenwert auf) oder mehrere Finger (Amplituden weisen mehrere Spitzenwerte auf) auf dem kapazitiven Schieberegler platziert sind.

[0060] In [Fig. 6](#) ist eine weitere Anwendung eines kapazitiven Sensors mit einer Sensorelektronik S und einer Anzahl daran angeschlossener Sensorelemente gezeigt. In diesem Fall handelt es sich um einen kapazitiven Drehregler. Der Anschluss der Sensorelemente entspricht hier wiederum dem in [Fig. 3](#) gezeigte Ausführungsbeispiel, d. h. dass die Sensorelemente über eine gemeinsame Empfangselektrode EE verfügen. Die Sensorelektronik S weist hier wiederum sieben Anschlüsse für den Anschluss der Sensorelemente an die Sensorelektronik S auf, weil der kapazitive Drehregler acht Sensorelemente vorsieht.

[0061] Um eine noch bessere Auflösung der Position eines Fingers relativ zu einer Anzahl von Sensorelementen zu erreichen, ist es vorteilhaft, ein Interpolationsverfahren, welches durch diese Erfindung bereitgestellt wird, anzuwenden.

[0062] In [Fig. 7](#) ist das Ergebnis eines Linearen Interpolationsverfahrens gezeigt, welches für acht Sensorelemente eine Interpolation der Position eines Fingers relativ zu den acht Sensorelementen zeigt. Entlang der X-Achse sind die acht Sensorelemente anhand einer Ordnungszahl aufgetragen. Vorzugsweise wird eine Nachbarschaftsbeziehung der Sensorelemente durch die Ordnungszahlen definiert, d. h. dass beispielsweise das Sensorelement mit der Ordnungszahl 4 als direkte Nachbarn die Sensorelemente mit der Ordnungszahl 3 bzw. mit der Ordnungszahl 5 hat.

[0063] An der Y-Achse sind die für die jeweiligen Sensorelemente detektierten diskreten Signalwerte aufgetragen. Die Signalwerte können beispielsweise einem Strom in der Empfangselektrode EE der jeweiligen Sensorelemente entsprechen.

[0064] Die in [Fig. 7](#) gezeigte Markierung M entspricht hier der interpolierten Position eines Objektes relativ zu den acht Sensorelementen. Diese acht Sensorelemente können beispielsweise die acht Sensorelemente, wie sie mit Bezug auf [Fig. 5](#) oder mit Bezug auf [Fig. 6](#) gezeigt sind, sein. Wie aus [Fig. 7](#) erkennbar ist, kann die Auflösung einer Positionsbestimmung deutlich erhöht werden, so dass zusätzlich zu der bereits mit [Fig. 5](#) beschriebenen Möglichkeit, die Sensorelemente besonders nahe zueinander anordnen zu können, die Auflösung noch weiter gesteigert werden kann und ein noch genauerer kapazitiver Schieberegler bereitgestellt werden kann.

[0065] Anstelle des hier gezeigten linearen Interpolationsverfahrens kann auch ein höhergradiges, z. B. quadratisches Interpolationsverfahren oder eine Spline-Interpolation vorgesehen werden.

[0066] In [Fig. 8](#) ist ein Beispiel eines erfindungsgemäßen linearen Interpolationsverfahrens in Form eines Ablaufdiagramms gezeigt. In einem ersten Schritt S1 werden die Nachbarschaftsbeziehungen zwischen den einzelnen Sensorelementen bestimmt, d. h. jedem Sensorelement wird eine Ordnungszahl zugeordnet. Dieser erste Schritt S1 kann beispielsweise einmalig während eines Initialisierungsvorgangs eines kapazitiven Sensors bzw. der Sensorelektronik S ausgeführt werden. Die Ordnungszahlen können auch in einem nichtflüchtigen Speicher in der Sensorelektronik hinterlegt sein.

[0067] Im Betrieb des Sensors werden die Sensorwerte aller Sensorelemente abgefragt, S2. Ein Sensorwert kann hierbei die Anwesenheit eines Objek-

tes im Observationsbereich des jeweiligen Sensorelementes angeben. Die Anwesenheit eines Objektes in einem Observationsbereichs kann etwa der Abstand eines Objektes zu einem Sensorelement sein.

[0068] Die abgetragenen Sensorwerte können in der Auswerteeinrichtung zur weiteren Verarbeitung in eine Speichereinrichtung oder in mehreren Registern abgelegt werden.

[0069] In einem weiteren Schritt S3 wird jenes Sensorelement ermittelt, welches den größten Sensorwert, beispielsweise den größten Strom aufweist. Zu diesem ermittelten Sensorelement werden die Ordnungszahl und der Sensorwert zwischengespeichert.

[0070] In dem nächsten Schritt S4 wird jener Nachbarsensor ermittelt, welcher den größten Sensorwert aufweist. In dem Beispiel in [Fig. 7](#) ist das Sensorelement mit der Ordnungszahl 6 jenes Sensorelement, welches den größten Sensorwert, nämlich 45, aufweist. Die Nachbarsensorelemente zu dem Sensorelement mit der Ordnungszahl 6 sind demnach die Sensorelemente mit den Ordnungszahlen 5 und 7. Von den Sensorelementen mit der Ordnungszahl 5 und 7 wird jenes Sensorelement ausgewählt, welches den größten Sensorwert aufweist, d. h. es wird das Sensorelement mit der Ordnungszahl 5 ausgewählt. Die Ordnungszahl und der Sensorwert zu dem ermittelten Nachbarsensorelement werden ebenfalls in einer Speichereinrichtung zwischengespeichert.

[0071] In dem nächsten Schritt S5 wird nun eine interpolierte Position bestimmt bzw. berechnet. In einer Ausführungsform der Erfindung kann die interpolierte Position anhand folgender Vorschrift berechnet werden:

$$\frac{n_1 \cdot v_1 + n_2 \cdot v_2}{v_1 + v_2},$$

wobei n_1 die Ordnungszahl des ersten Sensorelements, n_2 die Ordnungszahl des zweiten Sensorelements, v_1 der Wert der detektierten elektrischen Größe des ersten Sensorelements und v_2 der Wert der detektierten elektrischen Größe des zweiten Sensorelements sind. Daraus ergibt sich nun eine interpolierte Position M eines Objektes relativ zu den Sensorelementen, wobei in diesem Fall die Position zwischen M zwei diskreten Positionen der Sensorelemente mit der Ordnungszahl 5 bzw. 6 liegt.

[0072] Erfindungsgemäß können noch weitere Nachbarsensorelemente in die Interpolation miteinbezogen werden, so dass sich hieraus eine verallgemeinerte Interpolationsvorschrift

$$\frac{\sum n_i \cdot v_i}{\sum v_i}$$

ergibt, wobei n_i die Ordnungszahl des i -ten Sensorelements und v_i der Wert der detektierten elektrischen Größen des i -ten Sensorelements sind. Damit lässt sich die Genauigkeit der Position eines Objektes relativ zu den Sensorelementen noch weiter erhöhen.

[0073] [Fig. 9](#) zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Sensorelektronik, an welcher zwei Sensorelemente Z1 und Z2 angeschlossen sind. Der Anschluss der Sensorelemente Z1, Z2 an die Sensorelektronik S entspricht dabei dem Anschluss der Sensorelemente an die Sensorelektronik S, wie er mit Bezug auf [Fig. 3](#) gezeigt ist. In der in [Fig. 9](#) gezeigten Ausführungsform werden die Sensorelemente Z1, Z2 ausschließlich im Frequenzmultiplex-Verfahren betrieben. Hierbei wird jede Sende-elektrode SE mit einem elektrischen Wechselsignal beaufschlagt, welches jeweils eine unterschiedliche Frequenz f_1 bzw. f_2 aufweist. Die Amplituden U_1, U_2 der elektrischen Wechselsignale können identisch sein, sie können aber auch verschieden sein. Die Kompensationselektroden KE der beiden Sensorelemente werden ebenfalls mit einem elektrischen Wechselsignal beaufschlagt, wobei die Frequenz des jeweiligen Signals der Frequenz des Wechselsignals entspricht, welches an der jeweiligen Sende-elektrode SE des Sensorelementes beaufschlagt wird. Das elektrische Wechselsignal an der Kompensationselektrode KE ist phasenverschoben zum elektrischen Wechselsignal an der jeweiligen Sende-elektrode SE.

[0074] Die Empfangselektroden EE der beiden Sensorelemente Z1, Z2 sind über eine gemeinsame elektrische Leitung mit einem Eingang der Sensorelektronik S gekoppelt. Das an den Empfangselektroden EE anliegende Sensorsignal, d. h. der durch die Empfangselektroden EE fließende Strom wird einer Signalanalyse zugeführt, um die unterschiedlichen Frequenzanteile in dem Gesamtstrom voneinander zu trennen. Die getrennten Frequenzanteile können dann wiederum eindeutig einer Empfangselektrode EE bzw. einem Sensorelement Z1, Z2 zugeordnet werden. Alternativ kann das an den Empfangselektroden EE anliegende Sensorsignal, bevor es der Signalanalyse zugeführt wird, verstärkt werden.

[0075] [Fig. 10](#) zeigt eine noch weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Sensorelektronik S. Der Anschluss der Sensorelemente Z1, Z2 an die Sensorelektronik S entspricht dabei dem Anschluss der Sensorelemente aus [Fig. 1](#).

[0076] Die Sende-elektroden SE und die Kompensationselektroden EE werden hierbei im Zeitmultiplexverfahren mit einem elektrischen Wechselsignal beaufschlagt, d. h. dass die Sensorelemente Z1, Z2 zeitlich hintereinander mit einem elektrischen Wechselsignal beaufschlagt werden. Auch hierbei ist das an der Kompensationselektrode KE beaufschlagte elektrische Wechselsignal phasenverschoben zu

dem elektrischen Wechselsignal, mit welchem die jeweilige Sende-elektrode SE beaufschlagt wird.

[0077] Die Empfangselektroden EE der beiden Sensorelemente sind jeweils über einen Eingang der Sensorelektronik S mit einer Auswerteeinrichtung gekoppelt. Die Auswerteeinrichtung kann hierbei eine Signalanalyse umfassen. Die an beiden Eingängen anliegenden Sensorsignale, d. h. die durch beide Empfangselektroden EE fließenden Ströme werden addiert und einer Signalanalyse zugeführt. Das Addieren der Eingangssignale hat den Vorteil, dass eine Detektion eines Objektes in einem Observationsbereich der Sensorelemente wesentlich schneller erfolgen kann, da sich der Arbeitsbereich des Auswertepfad es nicht jedes Mal neu einstellen muss.

[0078] Die an den Eingängen der Sensorelektronik S anliegenden Sensorsignale, d. h. Elektrodenströme, können, bevor sie dem Addierer zugeführt werden, einem Verstärker zugeführt werden. Die Verstärker sind dafür vorgesehen, den Elektrodenstrom jener Empfangselektroden EE auszublenden, welche aufgrund der im Zeitmultiplexverfahren aktivierten Sensorelemente gerade nicht aktiv sind. Wie in [Fig. 10](#) erkennbar, ist das Sensorelement Z2 aktiv, d. h. die Sende-elektrode und die Kompensationselektrode des Sensorelementes Z2 werden jeweils mit einem elektrischen Wechselsignal beaufschlagt. Das an der Sende-elektrode bzw. der Kompensationselektrode emittierte elektrische Wechselsignal koppelt in der Empfangselektrode EE des zweiten Sensorelementes Z2 ein, so dass durch die Empfangselektrode EE, ein elektrischer Strom fließt, welcher von der Auswerteeinheit der Sensorelektronik S detektiert wird.

[0079] Weil das erste Sensorelement Z1 nicht aktiv ist, kann auch der durch die Empfangselektrode EE des ersten Sensorelements fließende Strom ausgeblendet werden, was durch den einstellbaren Verstärker bewerkstelligt werden kann. Der Verstärker ist so ausgelegt, dass im nicht aktivierten Zustand des entsprechenden Sensorelements der Strom im Wesentlichen auf Null reduziert wird. Anstelle des einstellbaren Verstärkers kann auch ein einstufiger Verstärker vorgesehen sein.

[0080] Durch das Ausblenden der Elektrodenströme der jeweiligen nicht aktiven Sensorelemente werden die Einflüsse dieser Elektrodenströme auf den Gesamtstrom reduziert bzw. vermieden.

[0081] [Fig. 11](#) zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Sensorelektronik. In dieser Ausführungsform weisen die Sensorelemente Z1 und Z2 jeweils zwei Sende-elektroden SE1 und SE2 sowie jeweils eine Kompensationselektrode KE und eine Empfangselektrode EE auf. Die Sensorelemente Z1 und Z2 können hierbei nach einem Multiplex-Verfahren betrieben werden, wie es beispielsweise mit

Bezug auf [Fig. 1](#) oder [Fig. 10](#) bereits beschrieben worden ist.

[0082] Die Elektroden der einzelnen Sensorelemente können wiederum in einem Multiplex-Verfahren betrieben werden. In einer Ausführungsvariante, wie in [Fig. 11](#) gezeigt, können die Sendeelektroden SE1 und SE2 im Zeitmultiplex-Verfahren, d. h. zeitlich hintereinander, mit einem elektrischen Wechselsignal beaufschlagt werden. Der Kompensationselektrode KE wird dabei jeweils ein elektrisches Wechselsignal zugeführt, dessen Frequenz dem an der Sendeelektrode SE1 bzw. SE2 beaufschlagten elektrischen Wechselsignals entspricht, welches jedoch phasenverschoben zu diesem ist. Die Empfangselektrode des ersten Sensorelementes Z1 ist an einem Eingang der Sensorelektronik S angeschlossen und über diesen mit einer Signalauswertung gekoppelt. Auch hierbei kann das an dem Eingang anliegende Sensorsignal zunächst einem Verstärker zugeführt werden. Aufgrund der zeitlich hintereinander folgenden Beaufschlagung der Sendeelektroden SE1 bzw. SE2 mit dem elektrischen Wechselsignal kann auch das an dem Eingang anliegende Sensorsignal, d. h. der an dem Eingang fließende Elektrodenstrom der Empfangselektrode EE eindeutig mit einer Sendeelektrode in Bezug gesetzt werden.

[0083] Es können auch jeweils mehrere Kompensationselektroden KE und/oder mehrere Empfangselektroden EE je Sensorelement vorgesehen sein. Der Betrieb mehrerer Kompensationselektroden und/oder mehrere Empfangselektroden zusammen mit einer Sendeelektrode und/oder zusammen mit mehreren Sendeelektroden kann nach einem der mit Bezug auf [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#), sowie [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) beschriebenen Multiplex-Verfahren betrieben werden.

Patentansprüche

1. Elektronik (S) mit einer Mehrzahl von Anschlüssen (A) für eine Mehrzahl von Sensorelementen (Z1, Z2), wobei die Anschlüsse (A) der Elektronik (S) mit mindestens einer Sendeelektrode (SE), mindestens einer Empfangselektrode (EE) und mindestens einer Kompensationselektrode (KE), welche ein Sensorelement (Z1, Z2) bilden, koppelbar sind, wobei die mindestens eine Kompensationselektrode (KE) zwischen der mindestens einen Sendeelektrode (SE) und der mindestens einen Empfangselektrode (EE) des Sensorelements angeordnet sind, wobei die mindestens eine Kompensationselektrode (KE) mit der mindestens einen Empfangselektrode (EE) kapazitiv koppelbar ist und wobei zumindest ein elektrisches Wechselfeld an dem Sensorelement einen Observationsbereich des Sensorelements bildet, wobei das zumindest eine elektrische Wechselfeld durch ein an der Sendeelektrode (SE) emittiertes erstes elektrische Wechselfeld und durch ein an der Kompensationselektrode (KE) emittiertes zweites elektrische Wechselfeld gebildet wird, wobei das zumindest eine elektrische Wechselfeld in die Empfangselektrode (EE) einkoppelbar ist, und wobei das an der Sendeelektrode (SE) emittierte erste elektrische Wechselfeld dann in die Empfangselektrode einkoppelt, wenn ein Objekt in den Observationsbereich des Sensorelements gelangt, und die Elektronik (S) ausgestaltet ist, mit zumindest einem Multiplexverfahren die Anwesenheit eines Objektes in zumindest einem Observationsbereich der Sensorelemente (Z1, Z2) zu detektieren und Sensorelemente voneinander zu unterscheiden.

2. Elektronik nach Anspruch 1, wobei die Elektronik (S) ausgestaltet ist, in dem Multiplexverfahren – die Sendeelektroden (SE) der Sensorelemente (Z1, Z2) jeweils mit einer ersten Wechselspannung (U_1) zu beaufschlagen, – die Kompensationselektroden (KE) der Sensorelemente (Z1, Z2) jeweils mit einer zweiten Wechselspannung (U_2) zu beaufschlagen, und – einen durch die jeweilige Empfangselektrode (EE) der Sensorelemente (Z1, Z2) fließenden Strom zu detektieren, wobei für jedes Sensorelement (Z1, Z2) die erste Wechselspannung (U_1) und die zweite Wechselspannung (U_2) die gleiche Frequenz aufweisen und zueinander phasenverschoben sind.

3. Elektronik nach Anspruch 2, wobei das Multiplexverfahren ein Frequenzmultiplexverfahren ist und die den Sendeelektroden (SE) der Sensorelemente (Z1, Z2) beaufschlagte erste Wechselspannung (U_1) jeweils unterschiedliche Frequenzen (f) aufweist.

4. Elektronik nach Anspruch 3, wobei ein Anschluss (A) der Elektronik (S) über eine gemeinsame elektrische Leitung mit den Empfangselektroden (EE) der Sensorelemente (Z1, Z2) koppelbar ist und wobei die Elektronik ausgestaltet ist, den Gesamtstrom, welcher aus den in den jeweiligen Empfangselektroden (EE) fließenden Strom resultiert, einer Frequenzanalyse zu unterziehen, um für jede Empfangselektrode (EE) einen Wert zu ermitteln, welcher repräsentativ für die Anwesenheit des Objektes an dem jeweiligen Sensorelement ist.

5. Elektronik nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei das Multiplexverfahren ein Zeitmultiplexverfahren ist und die Elektronik (S) ausgestaltet ist, die Sendeelektroden (SE) der Sensorelemente (Z1, Z2) zeitlich nacheinander mit der ersten Wechselspannung (U_1) zu beaufschlagen.

6. Elektronik nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei das Multiplexverfahren ein Zeitmultiplexverfahren ist und die Elektronik (S) ausgestaltet ist, zeitlich nacheinander den durch die jeweiligen Empfangselektroden (EE) der Sensorelemente (Z1, Z2) fließenden

den Strom zu detektieren und aus dem detektierten Strom einen Wert zu ermitteln, welcher repräsentativ für die Anwesenheit des Objektes an dem jeweiligen Sensorelement ist.

7. Elektronik nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei das Multiplexverfahren ein Codemultiplexverfahren ist und wobei die Elektronik (S) ausgestaltet ist, die ersten Wechselspannungen (U_1), mit denen die Sendelektroden (SE) der Sensorelemente (Z1, Z2) beaufschlagbar sind, jeweils mit einem unterschiedlichen Code zu codieren.

8. Elektronik nach Anspruch 7, wobei die Elektronik (S) ausgestaltet ist, den Gesamtstrom, welcher aus den durch die jeweiligen Empfangselektroden (EE) fließenden Strom resultiert, einer Decodierung zu unterziehen, um für jede Empfangselektrode (EE) einen Wert zu ermitteln, welcher repräsentativ für die Anwesenheit des Objektes an dem jeweiligen Sensorelement ist.

9. Verfahren zum Bestimmen der Position zumindest eines sich in mindestens einem Observationsbereich von Sensorelementen (Z1, Z2) befindlichen Objektes relativ zu den Sensorelementen (Z1, Z2), wobei mit einem Multiplexverfahren für jedes Sensorelement (Z1, Z2) eine elektrische Größe detektiert wird, welche indikativ für die Anwesenheit des Objektes in dem jeweiligen Observationsbereich ist, wobei jedes Sensorelement (Z1, Z2) mindestens eine Sendelektrode (SE), mindestens eine Empfangselektrode (EE) und mindestens eine Kompensationselektrode (KE) aufweist, wobei die mindestens eine Kompensationselektrode (KE) zwischen der mindestens einen Sendelektrode (SE) und der mindestens einen Empfangselektrode (EE) des Sensorelements angeordnet ist, wobei ein elektrisches Wechselfeld, welches durch ein an der Sendelektrode (SE) emittiertes erstes elektrisches Wechselfeld und ein an der Kompensationselektrode (KE) emittiertes zweites elektrisches Wechselfeld gebildet wird, den Observationsbereich des Sensorelements bildet, und wobei das an der Sendelektrode (SE) emittierte erste elektrische Wechselfeld dann in die Empfangselektrode einkoppelt, wenn das Objekt in den Observationsbereich des Sensorelements gelangt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei zwischen den detektierten elektrischen Größen eine Interpolation durchgeführt wird, um eine interpolierte Position des zumindest einen Objektes relativ zu den Sensorelementen (Z1, Z2) zu bestimmen.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

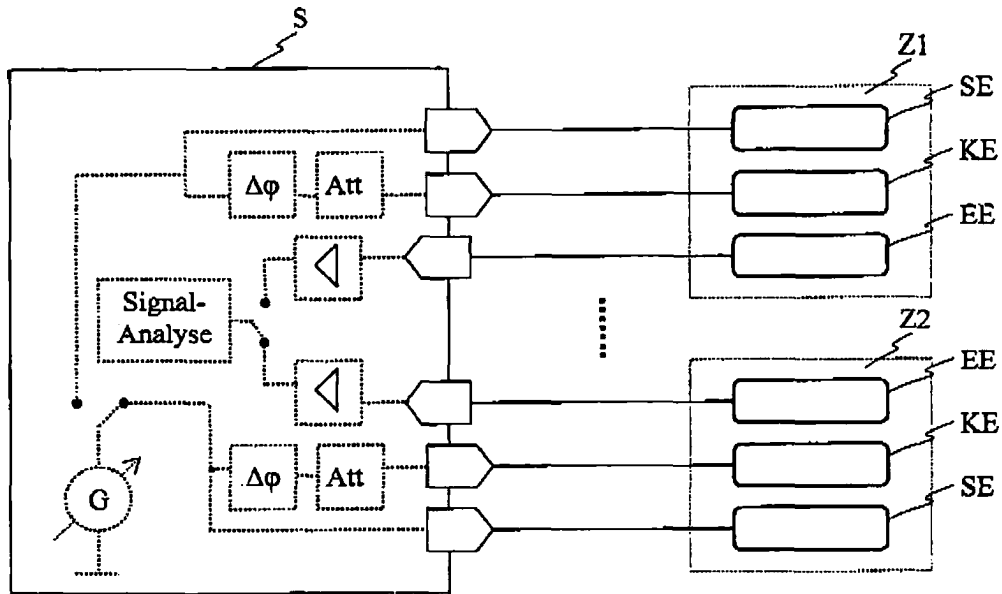


Fig. 1

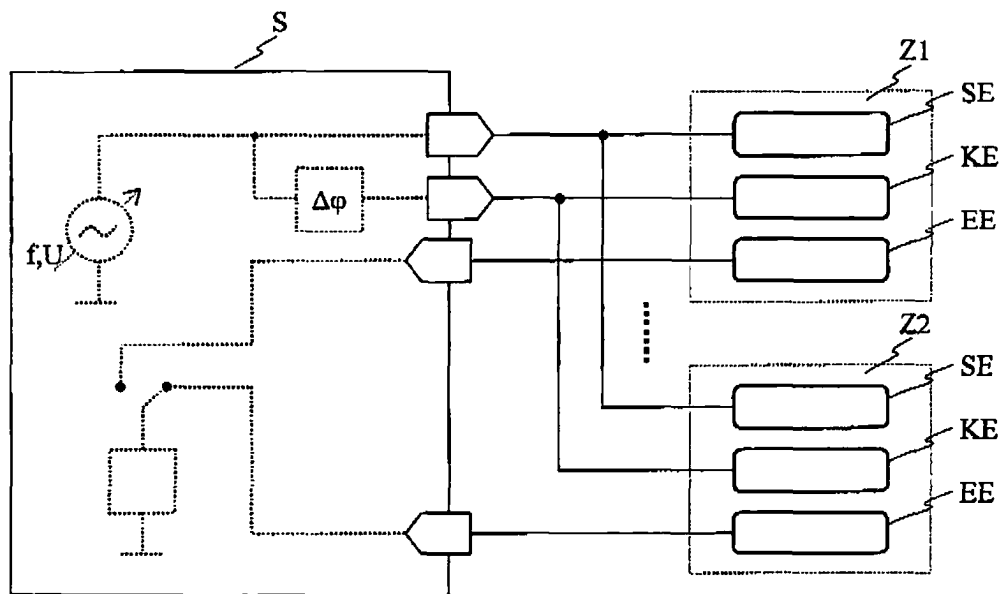


Fig. 2

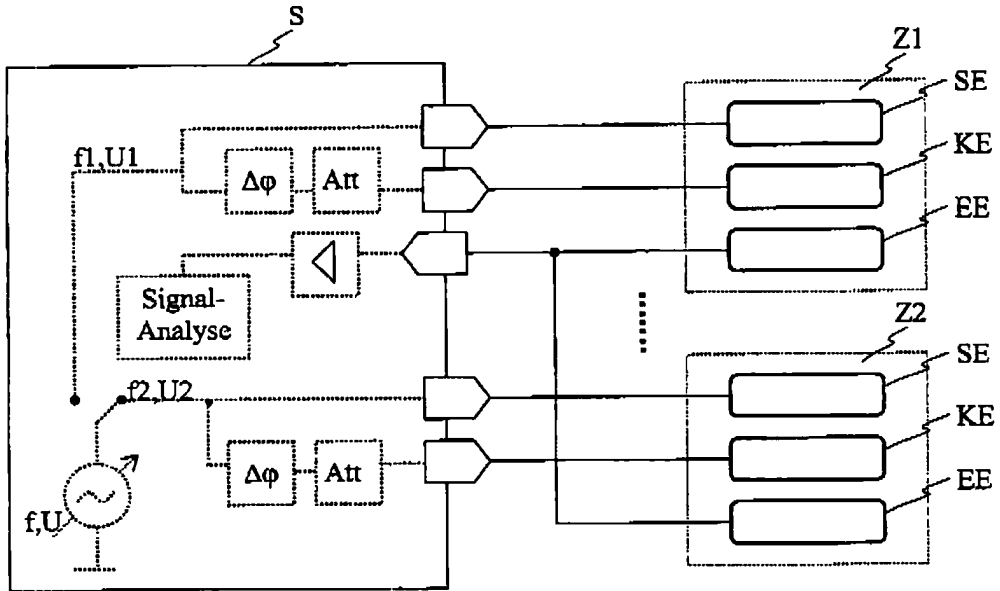


Fig. 3

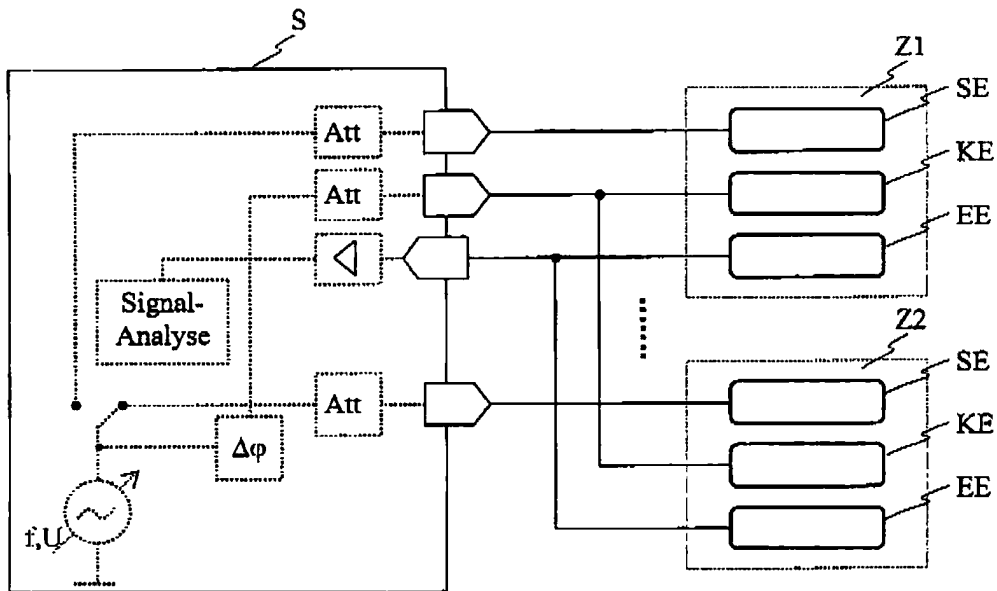


Fig. 4

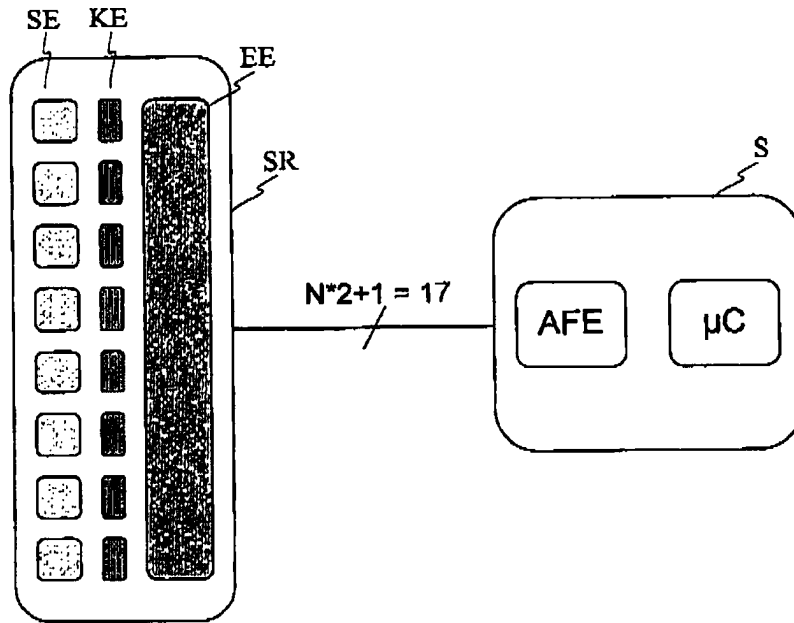


Fig. 5

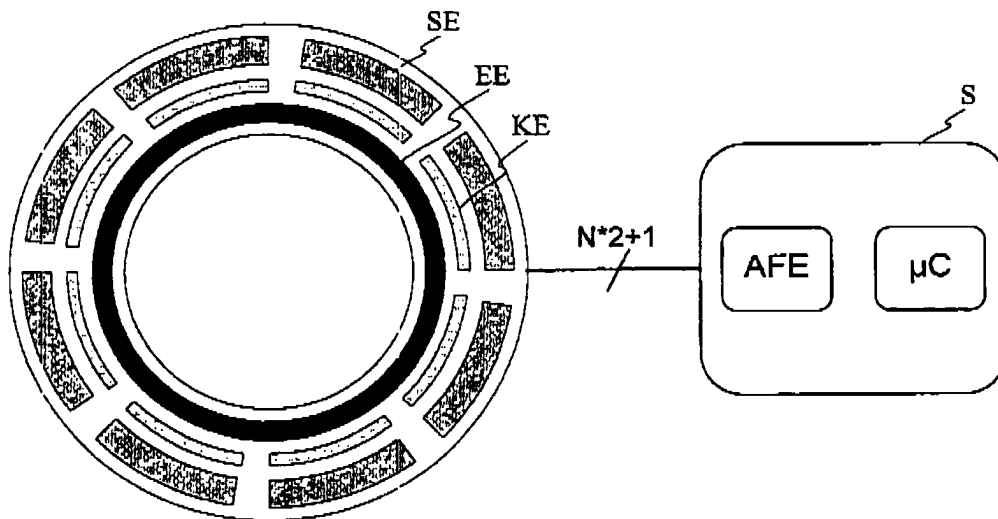


Fig. 6

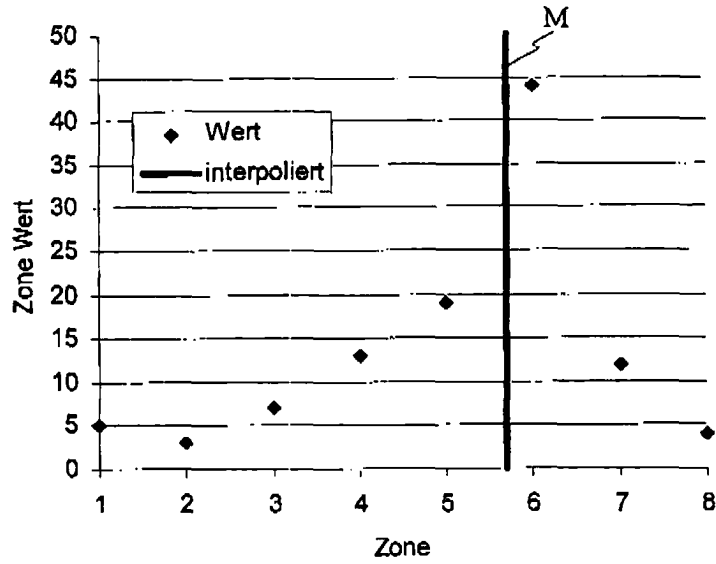


Fig. 7

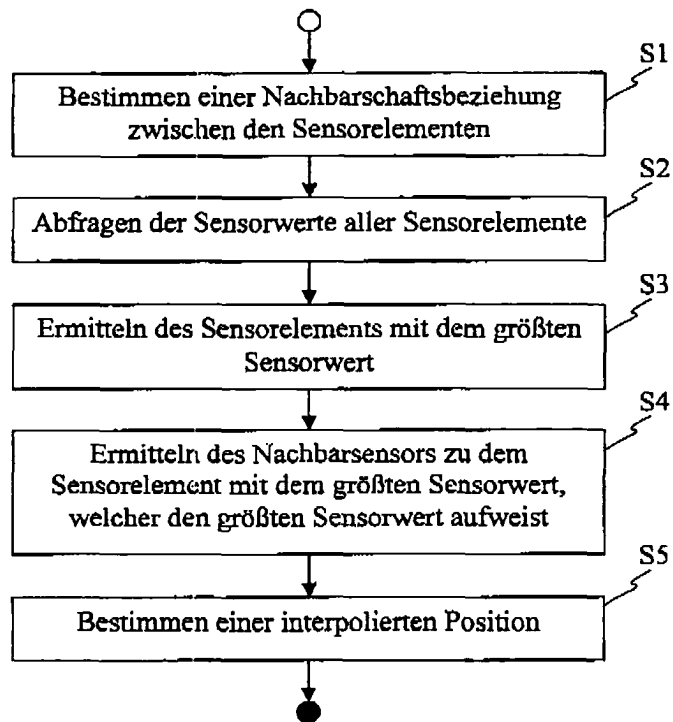


Fig. 8

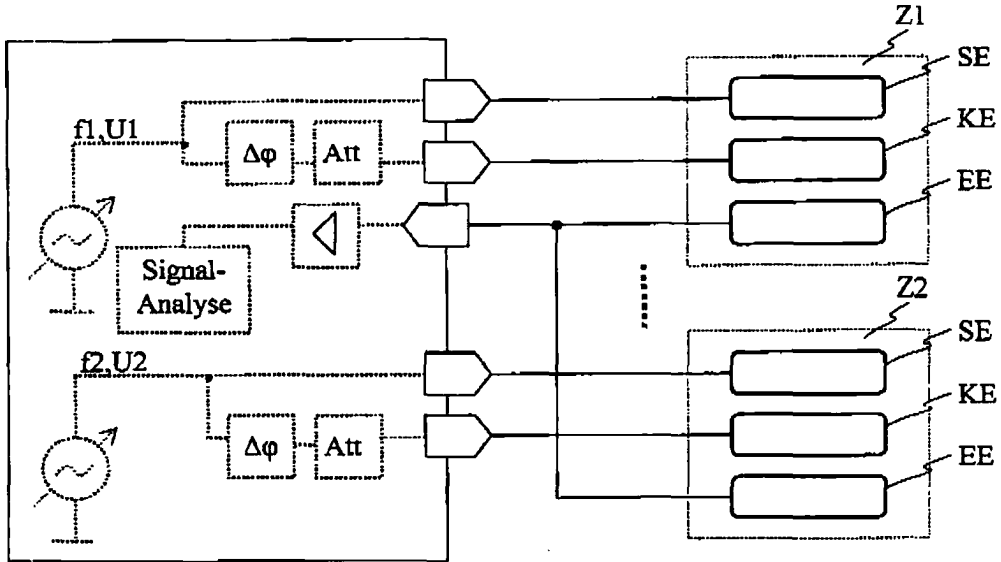


Fig. 9

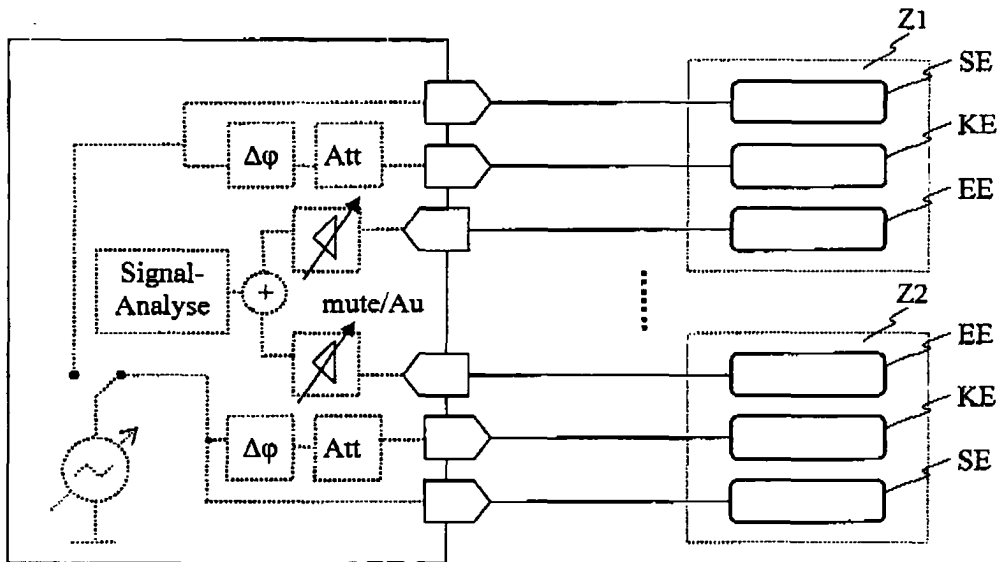


Fig. 10

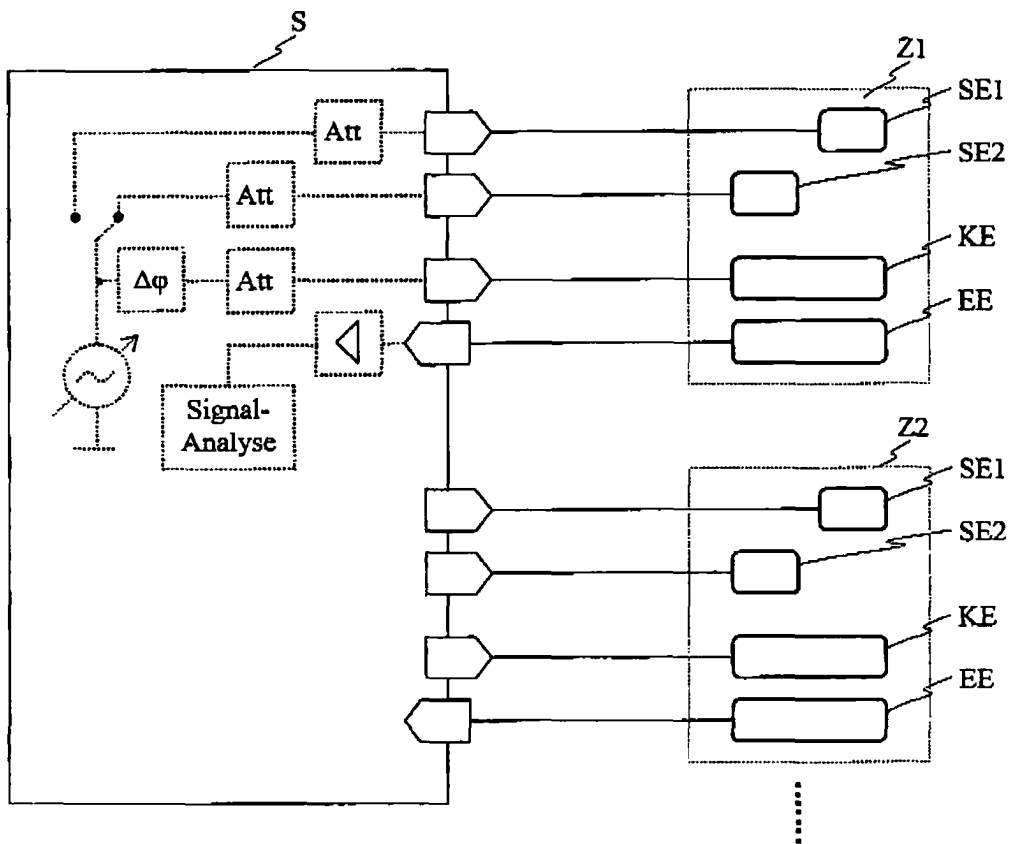


Fig. 11