



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 31 104 T2** 2006.10.12

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 970 386 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 31 104.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP99/00098**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 900 308.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1999/038020**

(86) PCT-Anmeldetag: **14.01.1999**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **29.07.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **12.01.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **03.05.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.10.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G01R 27/26** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

1158198 **23.01.1998** **JP**

2624098 **06.02.1998** **JP**

35002198 **09.12.1998** **JP**

(73) Patentinhaber:

**Tokyo Electron Ltd., Tokio/Tokyo, JP; Hokuto
Electronics, Inc., Nishinomiya, Hyogo, JP**

(74) Vertreter:

TBK-Patent, 80336 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

BE, CH, DE, DK, FR, GB, IT, LI, NL, SE

(72) Erfinder:

**Hiroshima, Tatsuo, Nishinomiya-shi, Hyogo
663-8187, JP; NAKANO, Koichi, Nishinomiya-shi,
Hyogo 669-1141, JP; HARADA, Muneo,
Nishinomiya-shi, Hyogo 663-8232, JP;
MATSUMOTO, Toshiyuki, Sanda-shi, Hyogo
669-1347, JP; HIROTA, Yoshihiro, Kyoto-shi,
Kyoto 606-8283, JP**

(54) Bezeichnung: **IMPEDANZ-SPANNUNGSWANDLER**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Impedanzzu-Spannungs-Umwandlungsvorrichtung (nachstehend "ein Z/V-Umwandler" genannt) zum Ausgeben einer einem Impedanzwert eines zu erfassenden Ziels entsprechenden Spannung unter Verwendung eines Operationsverstärkers. Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf einen Z/V-Umwandler, der einen Operationsverstärker verwendet. Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf einen Z/V-Umwandler, der einen Operationsverstärker verwendet, der den Einfluss von Streukapazitäten auf einer Signalleitung entfernen kann und dadurch eine einer Impedanz eines zu erfassenden Ziels entsprechende Spannung umso genauer erzeugen kann.

Technischer Hintergrund

[0002] [Fig. 1](#) zeigt schematisch einen elektrostatischen Kapazität-zu-Spannungs-Umwandler gemäß dem Stand der Technik, der in der japanischen Patentoffenlegung Nr. 61-14578 beschrieben ist. Dieser elektrostatische Kapazität-zu-Spannungs-Umwandler wurde vorgeschlagen, um die nachfolgenden Probleme zu lösen, die durch Streukapazitäten auf einem Kabel verursacht werden, das eine unbekanntelektrostatische Kapazität mit einem Eingangsanschluss eines Operationsverstärkers verbindet. Das heißt, die Streukapazitäten auf dem Kabel werden der zu erfassenden, elektrostatischen Kapazität überlagert, und die Werte der Streukapazitäten variieren aufgrund von Bewegungen, Biegen usw. des Kabels, so dass der Impedanzwert der elektrostatischen Kapazität nicht in eine korrekte assoziierte Spannung umgewandelt werden kann.

[0003] Die japanische Patentzusammenfassung (JP 09-280806) offenbart eine Versatzmessungsvorrichtung, die einen konstanten Strom verwendet. Die EP 0 500 203 offenbart einen geschirmten Draht und ein Kabel, das einen von einem Netzgeflecht umgebenen Kern umfasst.

Kurzfassung der Erfindung

[0004] Wie gemäß dem Stand der Technik gezeigt, wird der Einfluss von Streukapazitäten auf den Leitungen bedeutend, wenn der Wert der unbekanntelektrostatischen Kapazität C_x kleiner ist, wodurch ein Problem dahingehend verursacht wird, dass der Umwandler an einer korrekten Umwandlung der Kapazität C_x in eine Spannung gehindert wird. Außerdem kann in einem Fall, in dem eine Elektrode der Kapazität C_x auf eine bestimmte Spannung vorgespannt wird, kein Wechselspannungssignal an die Kapazität C_x angelegt werden, wodurch ein anderes Problem dahingehend verursacht wird, dass die Ka-

pazität C_x überhaupt nicht in eine Spannung umgewandelt werden kann.

[0005] Die Erfindung ist vorgeschlagen, um derartige Probleme zu lösen, die einem gemäß [Fig. 1](#) gezeigten Stand der Technik innewohnen. Deshalb liegt eine Aufgabe der Erfindung im Bereitstellen einer Impedanz-zu-Spannungs-Umwandlungsvorrichtung (Z/V-Umwandler), der (die) in der Lage ist, einen Impedanzwert Z eines Ziels oder einer zu erfassenden Komponente ohne jedweden Einfluss von Streukapazitäten, die zwischen einer Signalleitung und einer Abschirmeinrichtung auftreten, mit hoher Genauigkeit in eine Spannung V umzuwandeln, selbst wenn der Impedanzwert Z vergleichsweise klein ist.

[0006] Außerdem liegt eine Aufgabe der Erfindung im Bereitstellen eines Z/V-Umwandlers, der in der Lage ist, den Impedanzwert Z eines Ziels oder einer zu erfassenden Komponente ohne Einfluss durch Streukapazitäten zwischen einer Signalleitung und einer Abschirmeinrichtung mit hoher Genauigkeit in eine Spannung V umzuwandeln, selbst wenn eine Elektrode des Ziels auf einer bestimmten Spannung gehalten wird.

[0007] Um die vorstehend beschriebenen Aufgaben zu erreichen, ist eine Impedanz-zu-Spannung-(Z/V)-Umwandlungsvorrichtung zur Umwandlung einer Impedanz eines Ziels in eine Spannung, mit einem Operationsverstärker, der eine zwischen einem Ausgangsanschluss und seinem invertierenden Eingangsanschluss verbundene Rückkopplungsimpedanzschaltung aufweist, einer Signalleitung, deren eines Ende mit dem invertierenden Eingangsanschluss des Operationsverstärkers und deren anderes Ende mit einer Elektrode des Ziels verbunden ist, und einer Abschirmung, die zumindest einen Abschnitt der Signalleitung umgibt und mit dem nicht-invertierenden Eingangsanschluss des Operationsverstärkers verbunden ist, und einer Wechsel-(AC)-Spannungssignalerzeugungseinrichtung, die mit einem nicht-invertierenden Eingangsanschluss des Operationsverstärkers und nicht mit der Elektrode des Ziels verbunden ist und die dem nicht-invertierenden Eingangsanschluss und der Abschirmung eine AC-Konstantamplitude und ein Frequenzspannungssignal unabhängig bereitstellt, bereitgestellt.

[0008] Die abschirmende Schicht umfasst vorzugsweise eine Netzstruktur oder eine Hülsenstruktur. Außerdem ist bevorzugt, dass die Abschirmung ferner eine zweite abschirmende Schicht enthält, die die äußere Oberfläche der ersten abschirmenden Schicht umgibt, die eine Netzstruktur oder eine Hülsenstruktur umfasst und die mit dem nicht-invertierenden Eingangsanschluss des Operationsverstärkers und der Wechselspannungssignalerzeugungseinrichtung oder einer Referenzspannung verbunden ist.

[0009] Vorzugsweise weisen die Impedanz des Ziels und der Rückkopplungsimpedanzschaltung die gleiche Eigenschaft auf, die eine resistive, kapazitive oder induktive oder jedwede Kombination derer umfasst. In einem derartigen Fall kann das Signal-/Rausch-Verhältnis der Vorrichtung verbessert werden. Andere Kombinationen können akzeptabel sein, und falls die Impedanz des Ziels eine elektrostatische Kapazität ist, und die Rückkopplungsimpedanzschaltung ein Widerstand ist, dann ist es leicht, den Operationsverstärker und die Rückkopplungsimpedanzschaltung in einem Chip zu integrieren.

[0010] Wird eine Erzeugungseinrichtung einer dem Impedanzwert des Ziels entsprechenden Gleichspannung bereitgestellt, dann wird eine weitere Verarbeitung erleichtert.

[0011] Es ist ebenso möglich, den Z/V-Umwandler derart zu modifizieren, dass die Rückkopplungsimpedanzschaltung eine unbekannt, zweite Zielimpedanz darstellt, in welchem Fall eine Ausgangsspannung des Operationsverstärkers dem Verhältnis der ersten und zweiten Zielimpedanzen entspricht.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0012] Es zeigen:

[0013] [Fig. 1](#) ein Schaltungsdiagramm eines elektrostatischen Kapazität-zu-Spannungs-Umwandlers gemäß einem Stand der Technik,

[0014] [Fig. 2](#) ein Schaltungsdiagramm eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Impedanz-zu-Spannungs-(Z/V-)Umwandlers,

[0015] [Fig. 3](#) ein Graph eines getesteten Beispiels der Beziehung zwischen einer Kapazität C_x und einer Ausgangsspannung V_o , wobei eine Impedanz eines zu erfassenden Ziels die Kapazität darstellt,

[0016] [Fig. 4](#) ein Schaltungsdiagramm eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Z/V-Umwandlers,

[0017] [Fig. 5\(A\)](#) und [Fig. 5\(B\)](#) Graphen der Ergebnisse eines unter Rauscheinfluss getesteten Beispiels unter Verwendung des ersten und zweiten Ausführungsbeispiels,

[0018] [Fig. 6](#) ein Schaltungsdiagramm eines dritten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Z/V-Umwandlers, und

[0019] [Fig. 7](#) ein Schaltungsdiagramm des ersten Ausführungsbeispiels, wenn das Ziel eine elektrostatische Kapazität als eine Impedanz aufweist und die Rückkopplungsimpedanzschaltung aus einem Widerstand besteht.

Beste Betriebsart zum Ausführen der Erfindung

[0020] Nachstehend ist ein erfindungsgemäßer Z/V-Umwandler ausführlich unter Bezugnahme auf die beiliegenden [Fig. 2](#) bis [Fig. 7](#) beschrieben.

[0021] [Fig. 2](#) zeigt ein schematisches Schaltungsdiagramm eines ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Z/V-Umwandlers. Gemäß [Fig. 2](#) bezeichnet Bezugszeichen **1** einen Operationsverstärker, der eine Spannungsverstärkung aufweist, die extrem viel größer als eine Kreisverstärkung ist. Eine Rückkopplungsimpedanzschaltung **3** ist zwischen einem Ausgangsanschluss **2** und einem invertierenden Eingangsanschluss (-) des Operationsverstärkers **1** verbunden, um eine negative Rückkopplungsschleife über den Operationsverstärker **1** zu bilden. Die Rückkopplungsimpedanzschaltung **3** kann eine beliebige Impedanzkomponente sein, wie ein Widerstand, eine Kapazität, eine Induktivität oder jedwede Kombination derer. Der Operationsverstärker **1** weist einen nicht-invertierenden Eingangsanschluss (+) auf, der mit einer Wechsellspannungssignalerzeugungseinrichtung **4** zum Erzeugen einer Wechsellspannung (AC-Spannung) verbunden ist. Der invertierende Eingangsanschluss (-) des Operationsverstärkers ist ebenso mit einem Ende einer Signalleitung **5** verbunden. Mit dem anderen Ende der Signalleitung **5** ist eine fühlende Elektrode **6₁**, eines Ziels oder einer Zielkomponente **6** verbunden, deren Impedanzwert gemessen wird. Das Ziel kann eine beliebige Impedanzkomponente darstellen, wie ein Widerstand, eine Kapazität, eine Induktivität oder jedwede Kombination derer. Die andere Elektrode **6₂** des Ziels **6** ist geerdet oder an eine konstante Gleichspannung angeschlossen (die nicht dem Massepotential gleicht), oder in einem offenen Zustand oder Nicht-Verbindungsstatus gehalten. Obwohl an die zweite Elektrode **6₂** eine Wechsellspannung angelegt sein kann, wäre eine komplizierte mathematische Analyse für eine Ausgangsspannung des Operationsverstärkers **1** erforderlich.

[0022] Eine aus einer Abschirmschicht bestehende Abschirmung **7** umhüllt die Signalleitung **5**, um zu verhindern, dass externe, unerwünschte Signale, wie Rauschen, in die Signalleitung **5** eingebracht werden. Die Abschirmung **7** ist nicht geerdet, sondern ist mit dem nicht-invertierenden Eingangsanschluss (+) des Operationsverstärkers **1** und somit der Wechsellspannungssignalerzeugungseinrichtung **4** verbunden.

[0023] Da der Operationsverstärker **1** mit der negativen Rückkopplung mittels der die Rückkopplungsimpedanzschaltung **3** enthaltenden Schaltung versehen ist und er eine Spannungsverstärkung aufweist, die weit größer als seine Kreisverstärkung ist, befinden sich der invertierende Eingangsanschluss (-) und der nicht-invertierende Eingangsanschluss (+)

des Operationsverstärkers **1** in einem imaginären Kurzschlusszustand, so dass eine Spannungsdifferenz dazwischen im Wesentlichen Null beträgt. Demgemäß weisen die Signalleitung **5** und die Abschirmung **7**, die jeweils mit dem invertierenden und nicht-invertierenden Eingangsanschluss verbunden sind, dieselbe Spannung auf, so dass es möglich ist, jedwede Streukapazitäten, die zwischen der Signalleitung **5** und der Abschirmung **7** stattfinden können, zu beseitigen. Dies ist ungeachtet der Länge der Signalleitung **5** wahr und dies ist ebenso wahr, auch wenn die Signalleitung **5** bewegt, gebogen oder geknickt wird.

[0024] Es ist angenommen, dass die Wechselspannungsausgabe der Wechselspannungssignalerzeugungseinrichtung **4** V_i ist, der unbekannte Impedanzwert des Ziels **6** Z_x ist, ein durch das Ziel **6** fließender Strom i_1 ist, ein bekannter Impedanzwert der Rückkopplungsimpedanzschaltung **3** Z_f ist, ein durch die Rückkopplungsimpedanzschaltung **3** fließender Strom i_2 ist, eine Spannung an dem invertierenden Eingangsanschluss (-) des Operationsverstärkers **1** V_m ist, und dass eine Ausgangsspannung des Operationsverstärkers V_o ist. Es ist ferner angenommen, dass die zweite Elektrode 6_2 des Ziels **6** geerdet ist. Die Spannung V_m bei dem invertierenden Eingangsanschluss (-) ist die gleiche wie die Wechselspannung V_i , die von der Wechselspannungssignalerzeugungseinrichtung **4** erzeugt wird, da sich die zwei Eingangsanschlüsse des Operationsverstärkers **1** in einem imaginären Kurzschlusszustand wie vorstehend beschrieben befinden. Das heißt; $V_i = V_m$.

[0025] Die Ströme i_1 , i_2 werden durch die folgenden Gleichungen ausgedrückt:

$$i_1 = -V_m/Z_x = -V_i/Z_x$$

$$i_2 = (V_m - V_o)/Z_f = (V_i - V_o)/Z_f$$

[0026] Da aufgrund der hinreichend hohen Eingangsimpedanz des Operationsverstärkers **1** $i_1 = i_2$ ist, ist die Ausgangsspannung V_o des Operationsverstärkers **1** durch die nachstehende Gleichung (1) ausgedrückt:

$$V_o = V_i (1 + Z_f/Z_x) \quad (1)$$

[0027] Die Gleichung (1) stellt dar, dass der Operationsverstärker **1** eine Wechselspannung V_o ausgibt, die abhängig von dem Impedanzwert Z_x variiert.

[0028] Aus dem Vorstehenden ist zu verstehen, dass ein Block **8**, der durch Strichpunktlinien gezeigt ist, die die Signalleitung **5**, die Abschirmung **7**, die Wechselspannungssignalerzeugungseinrichtung **4**, der Operationsverstärker **1**, der mit der Signalleitung und der Rückkopplungsimpedanzschaltung **3** verbunden ist, einen Z/V-Umwandler zum Umwandeln

des Impedanzwerts Z_x der Zielkomponente **6**, die mit dem anderen Anschluss der Signalleitung **5** verbunden ist, in eine dementsprechende Spannung V_o bildet.

[0029] Es sei darauf hingewiesen, dass keine zwischen der Signalleitung **5** und der Abschirmung **7** auftretenden Streukapazitäten bei den invertierenden Eingangsanschlüssen oder zwischen den zwei Eingangsanschlüssen des Operationsverstärkers **1** vorkommen, da sich der invertierende und der nicht-invertierende Eingangsanschluss des Operationsverstärkers **1** in einem imaginären Kurzschlusszustand befinden. Somit enthält die Ausgangsspannung V_o des Operationsverstärkers **1** keinen Ausdruck, der sich auf die zwischen der Signalleitung **5** und der Abschirmung **7** auftretenden Streukapazitäten bezieht. Deshalb entspricht die Spannung V_o aus dem Operationsverstärker **1** lediglich der kleinen Impedanz Z_x , selbst wenn der Impedanzwert Z_x des Ziels **6** klein ist.

[0030] Die Ausgangsspannung V_o des Operationsverstärkers **1** ist wie vorstehend beschrieben durch den Ausdruck (1) dargestellt, wobei der Wert Z_f der Rückkopplungsimpedanzschaltung **3** und die Frequenz und Amplitude des Wechselspannungssignals V_i bekannt sind. Ferner weist der Ausgang V_o des Operationsverstärkers **1** dieselbe Frequenz wie die Wechselspannungsspannung V_i auf und seine Amplitude kann durch Erfassen der Spitzen des Ausgangssignalverlaufs des Verstärkers **1** erhalten werden. Somit kann durch Lösen der Gleichung (1) der Impedanzwert Z_x daraus berechnet werden. In einem Fall, in dem die Impedanz Z_x des Ziels **6** eine Kapazität C_x ($Z_x = 1/(j\omega C_x)$) darstellt, wobei ω eine Kreisfrequenz der Wechselspannungssignalerzeugungseinrichtung **4** ist, variiert V_o linear gemäß C_x , wie aus der Gleichung (1) offensichtlich. In einer Prüfung wurde die Beziehung zwischen C_x und einer Amplitude von V_o als ein gemäß [Fig. 3](#) gezeigter Graph erhalten.

[0031] Der Impedanzwert Z_x kann alternativ durch Zuführen der Ausgangsspannung V_o zu einer Schaltung, um eine mit der Wechselspannung V_o assoziierte Gleichspannung V_{dd} zu erhalten, unter Verwendung von V_{dd} berechnet werden. Die Schaltung, die die der Ausgangsspannung V_o entsprechende Gleichspannung V_{dd} erzeugt, kann durch jedweden AC-/DC-Umwandler bereitgestellt sein, wie einer Verstärker-/Dämpferschaltung. Eine derartige RC-/DC-Umwandlung kann, falls erforderlich, nach einer Verstärkung der Spannung V_o ausgeführt werden.

[0032] Es ist deshalb möglich, eine Erfassungseinrichtung zum Erfassen des Impedanzwerts Z_x des Ziels **6** durch Kombinieren des Blocks **8** und einer Verarbeitungsschaltung, die die Impedanz Z_x aus der Ausgangsspannung V_o des Operationsverstärkers **1**

oder des Blocks 8, des AC-/DC-Umwandlers und der Verarbeitungsschaltung berechnet, zu implementieren.

[0033] In dem gemäß [Fig. 2](#) gezeigten, ersten Ausführungsbeispiel kann die Abschirmung 7 eine Abschirmeinrichtung vom Hülsentyp sein. Außerdem kann die Abschirmung 7 in einer Einzelschichtnetzstruktur gebildet sein, die gestrickte, schmale Metallstreifen umfasst, um ein die Signalleitung 5 und die Abschirmung 7 umfassendes, flexibles Koaxialkabel bereitzustellen.

[0034] Mit der Abschirmung 7 von der Einzelschichtnetzstruktur würde jedoch ein Hochfrequenzsignal, falls es von der Wechsellspannungssignalerzeugungseinrichtung 4 erzeugt würde, aus der Signalleitung 5 durch Mikrolöcher der Netzstruktur 7 entweichen, was zu einer möglichen Beeinflussung der Wechsellspannung V_o führt. Außerdem kann hochfrequentes, externes Rauschen ebenso durch die Mikrolöcher in die Signalleitung 5 eingebracht werden, in welchem Fall die Wechsellspannung V_o durch das externe Rauschen beeinflusst würde. Außerdem kann die Ausgangsspannung V_o aus dem Operationsverstärker 1 variieren, falls ein Bediener ein derartiges Koaxialkabel, das eine Abschirmeinrichtung einer Einzelschichtnetzstruktur aufweist, mit der Hand berührt.

[0035] [Fig. 4](#) zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Z/V-Umwandlers, der eine Z/V-Umwandlung mit hoher Genauigkeit durchführen kann, selbst wenn eine Abschirmeinrichtung in einer Netzstruktur zum Bereitstellen von Flexibilität angelegt ist. Gemäß [Fig. 4](#) werden die gleichen Komponenten wie jene in dem ersten Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 2](#) durch die gleichen Bezugszeichen bezeichnet. Das zweite Ausführungsbeispiel weicht von dem ersten dahingehend ab, dass eine Schildeinrichtung in einer Doppelschichtnetzstruktur angelegt ist, die eine innere Abschirmung (eine erste Abschirmschicht) 7₁ und eine äußere Abschirmung (eine zweite Abschirmschicht) 7₂ umfasst, wovon beide mit einem nicht-invertierenden Eingangsanschluss eines Operationsverstärkers 1 verbunden sind.

[0036] Da in dem zweiten Ausführungsbeispiel die Abschirmeinrichtung die Doppelschichtnetzstruktur (die innere und äußere Abschirmung 7₁ und 7₂) aufweist, weisen Löcher darin kleinere Durchmesser verglichen mit jenen der Einzelschichtnetzstruktur auf, so dass, selbst wenn ein Hochfrequenzsignal von einer Wechsellspannungssignalerzeugungseinrichtung 4 erzeugt wird, das entweichende elektrische Feld des Hochfrequenzsignals aus einer Signalleitung 5 in die Abschirmungen 7₁ und 7₂ verringert wird. Ferner wird der Einfluss von externem Rauschen ebenso verringert. Es ist deshalb möglich, eine Ausgangsspannung V_o zu erzeugen, die einem zu

erfassenden Impedanzwert Z_x korrekt entspricht. Beispielsweise in einem Fall, in dem die Impedanz eines Ziels 6 eine elektrostatische Kapazität darstellt und die Frequenz des Signals V_i etwa 1 MHz beträgt, kann das Berühren des Koaxialkabels mit der Hand Fluktuationen in dem Ausgang V_o von etwa einigen 100 ppm verursachen, wenn eine Einzelnetzstruktur als die Abschirmeinrichtung verwendet wird, wohingegen eine Doppelnetzstruktur derartige Fluktuationen im Wesentlichen beseitigt, selbst wenn eine Hand das Koaxialkabel berührt.

[0037] Es wurde eine das erste und zweite Ausführungsbeispiel als Feuchtigkeitssensoren verwendende Prüfung angewendet, um den Rauscheinfluss, der durch Berühren der Einzelschicht- und Doppelnetzstruktur in den Ausführungsbeispielen verursacht wird, zu untersuchen, wobei die Wechsellspannungssignalerzeugungseinrichtung 4 eines jeden Ausführungsbeispiels eingestellt wurde, um ein eine Frequenz von 1 MHz aufweisendes Wechsellspannungssignal zu erzeugen, und das Koaxialkabel wurde zeitweilig per Hand berührt. Die [Fig. 5\(A\)](#) und [Fig. 5\(B\)](#) zeigen jeweils Graphen der Prüfungsergebnisse hinsichtlich des ersten und zweiten Ausführungsbeispiels, in denen jede Ordinatenachse einen Wechsellspannungsspannung- V_o -Ausgang aus dem Operationsverstärker 1 darstellt und jede Abszissenachse eine Zeit t darstellt. T1, T2 und T3 stellen Zeitspannen dar, während denen das Kabel mit der Hand berührt wurde.

[0038] Wie aus den [Fig. 5\(A\)](#) und [Fig. 5\(B\)](#) ersichtlich, wurde deutlich größeres Rauschen in die Ausgangsspannung V_o während den Zeitspannen T1, T2 und T3 in dem ersten Ausführungsbeispiel eingebracht, das die Einzelschichtnetzstruktur verwendet, wohingegen in dem die Doppelschichtnetzstruktur verwendenden zweiten Ausführungsbeispiel die Spannung V_o kein derartiges Rauschen wie in dem ersten Ausführungsbeispiel enthielt. Es ist deshalb aus der Prüfung offensichtlich, dass die Doppelschichtnetzstruktur sehr effektiv ist, um einen externen Rauscheinfluss auf die Ausgangsspannung zu verringern.

[0039] [Fig. 6](#) zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Z/V-Umwandlers. Während das dritte Ausführungsbeispiel dem zweiten dahingehend ähnlich ist, dass eine Doppelschichtnetzstruktur als eine Abschirmeinrichtung verwendet wird und eine innere Abschirmeinrichtung 7₁ mit einem nicht-invertierenden Eingangsanschluss eines Operationsverstärkers 1 verbunden ist, das dritte Ausführungsbeispiel von dem zweiten Ausführungsbeispiel dahingehend abweicht, dass eine äußere Abschirmung 7₂ geerdet ist.

[0040] Die geerdete, äußere Abschirmung 7₂ in dem dritten Ausführungsbeispiel kann jedoch eine Zwischenschichtkapazität, d.h. parasitäre Kapazität zwi-

schen der inneren Abschirmung 7_1 und der äußeren Abschirmung 7_2 verursachen, die 1000 pF/m oder mehr aufweisen kann. Die parasitäre Kapazität wird in dem Maße größer, in dem ein Koaxialkabel (eine Signalleitung 5 und die innere und äußere Abschirmung $7_1, 7_2$) länger wird. Ebenso verursacht ein höherfrequentes Signal aus einer Wechselspannungssignalerzeugungseinrichtung 4 eine Verringerung in einer Impedanz der parasitären Kapazität, und führt somit zu einem Anwachsen bei einem Signalentweichen. Deshalb wird das dritte Ausführungsbeispiel vorzugsweise angewendet, wenn eine fühlende Elektrode 6_1 dem Operationsverstärker 1 vergleichsweise nahe positioniert ist und mit diesem mit einem vergleichsweise kurzen Koaxialkabel verbunden ist, oder wenn die Frequenz eines Signals aus der Wechselspannungssignalerzeugungseinrichtung 4 vergleichsweise niedrig ist.

[0041] In jedem des erfindungsgemäßen ersten bis dritten Ausführungsbeispiels ist es bevorzugt, die gesamte Signalleitung 5 durch die Abschirmung 7 oder die innere und äußere Abschirmung 7_1 und 7_2 abzuschirmen. Es ist insbesondere bevorzugt, die gesamte Vorrichtung mit Ausnahme der fühlenden Elektrode 6_1 abzuschirmen. Es kann jedoch abhängig von Anwendungsbedingungen des Z/V-Umwandlers möglich sein, lediglich einen Teil der Signalleitung 5 (mehr als 10% davon) zu bedecken. Es kann ferner wie vorstehend beschrieben das Ziel 6 eine beliebige Impedanzkomponente darstellen, wie ein Widerstand, eine Kapazität, eine Induktivität oder jedwede Kombination derer.

[0042] Wird ein Kapazitätselement C_x als das Ziel 6 verwendet, dann stellen das erste bis dritte Ausführungsbeispiel Kapazität-zu-Spannungs-(Z/V)-Umwandler bereit und bilden somit kapazitive Sensoren. In diesem Fall ist eine Elektrode 6_2 des Kapazitätselements C_x geerdet, auf eine geeignete Vorspannung eingestellt, oder im freien Raum belassen. "Kapazitive Sensoren", bei denen die Erfindung angewendet werden kann, enthalten beliebige kapazitive Sensoren, wie einen Beschleunigungssensor, ein Seismometer, einen Drucksensor, einen Versatzsensor, einen Versatzmesser, einen Annäherungssensor, einen Berührungssensor, einen Ionensensor, einen Luftfeuchtigkeitssensor, einen Regentropfensensor, einen Schneesensor, einen Blitzschlagsensor, einen Ausrichtungssensor, einen Sensor für fehlende Berührung, einen Formsensor, einen Entpunkterfassungssensor, einen Vibrationssensor, einen Ultraschallsensor, einen Winkelgeschwindigkeitssensor, einen Flusssensor, einen Gassensor, einen Infrarotsensor, einen Strahlungssensor, einen Niveausensor, einen Frostsensor, einen Feuchtigkeitssensor, einen Vibrationsmesser, einen Ladungssensor usw.

[0043] Die Erfindung kann ebenso bei einer Leiterplattenprüfvorrichtung angewendet werden. Es wird

insbesondere für eine Leiterplatte eine Bestimmung durchgeführt, ob diese hinsichtlich der Größenordnung, Einheitlichkeit usw. von parasitären, elektrostatischen Kapazitäten auf der Platte verwendbar ist, oder nicht. Wird das Ziel als jeder Abschnitt behandelt, in dem die Elektrode 6_1 die Platte berührt, dann kann eine dem elektrostatischen Kapazitätswert C_x entsprechende Spannung bei dem Abschnitt von dem Operationsverstärker 1 erzeugt werden, wodurch es ermöglicht wird, zu bestimmen, ob die Platte verwendbar ist, oder nicht. In diesem Fall kann ein Block 9 , der durch eine Strichpunktlinie gemäß [Fig. 2](#), [Fig. 4](#) und [Fig. 6](#) umgeben ist und der die Elektrode 6_1 , die Signalleitung 5 , die Abschirmung 7 oder innere Abschirmung 7_1 und äußere Abschirmung 7_2 den Operationsverstärker 1 , die Rückkopplungsimpedanzschaltung 3 und eine Wechselspannungssignalerzeugungseinrichtung 4 enthält, ebenso einen elektrostatischen Kapazität-zu-Spannungs-Umwandler zum Ausgeben einer Spannung V_o bilden, die abhängig von der elektrostatischen Kapazität C_x variiert. Es kann außerdem eine elektrostatische Kapazitätserfassungsvorrichtung zum Herleiten des Kapazitätswerts C_x durch Kombinieren des Blocks 9 mit einer Einrichtung zum Verarbeiten der Ausgangsspannung V_o implementiert werden.

[0044] Es ist bevorzugt, dass eine Kapazität als die Rückkopplungsimpedanzschaltung 3 verwendet wird, wenn das Ziel 6 eine kapazitive Komponente darstellt, ein Widerstand oder eine Kapazität als die Rückkopplungsimpedanzschaltung 3 verwendet wird, wenn das Ziel 6 eine resistive Komponente darstellt, und eine Induktivität, ein Widerstand oder eine Kapazität, die/der das beste Signal-/Rauschverhältnis zeigt, als die Rückkopplungsimpedanzschaltung 3 verwendet wird, wenn das Ziel 6 eine induktive Komponente darstellt. Durch Bereitstellung einer Rückkopplungsimpedanzschaltung 3 , die die gleichen Impedanzmerkmale wie die Zielkomponente 6 aufweist, kann mehr Rauschen verringert werden.

[0045] Es versteht sich jedoch von selbst, dass ein ein verschiedenes Impedanzmerkmal aufweisendes Element mit der Zielkomponente 6 kombiniert werden kann. Es kann beispielsweise wie gemäß [Fig. 7](#) gezeigt ein Widerstand als Rückkopplungsimpedanzschaltung 3 verwendet werden, wenn das Ziel 6 eine kapazitive Komponente C_x darstellt. Die Verwendung eines Widerstands als die Rückkopplungsimpedanzschaltung erleichtert das Bilden des Operationsverstärkers 1 und des Rückkopplungswiderstands 3 in einem Chip. In diesem Fall kann die Ausgangsspannung V_o unter der Annahme, dass der Ausgang der Wechselspannungssignalerzeugungseinrichtung 4 eine Kreisfrequenz ω aufweist, und der Widerstandswert des Rückkopplungswiderstands 3 R_f beträgt, aus der Gleichung (2) wie folgt ausgedrückt werden:

$$V_o = V_i(1+j\omega R_f C_x) \quad (2)$$

[0046] Es können alternativ eine Parallelschaltung eines Widerstands und einer Kapazität oder dergleichen als die Rückkopplungsimpedanzschaltung **3** verwendet werden. Ferner sind alternativ jedwede Kombinationen möglich.

[0047] Wie aus der Gleichung (1) ersichtlich, kann die Verbindungsposition der Rückkopplungsimpedanzschaltung **3** durch jene des zu erfassenden Ziels **6** ersetzt werden. Das heißt, das Ziel **6** kann zwischen dem invertierenden Eingangsanschluss und dem Ausgangsanschluss des Operationsverstärkers verbunden sein, während eine bekannte Impedanzschaltung mit dem Ende der Signalleitung **5** verbunden sein kann. In diesem Fall muss eine Abschirmeinrichtung bereitgestellt sein, um zwei Leitungen zum Verbinden von zwei fühlenden Elektroden des Ziels **6** mit dem invertierenden Eingangsanschluss und dem Ausgangsanschluss des Operationsverstärkers **1** zu bedecken.

[0048] Die Rückkopplungsimpedanzschaltung **3** kann ebenso eine unbekannte Impedanzkomponente sowie das Ziel **6** darstellen. In diesem Fall stellt die Ausgangsspannung V_o eine von dem Verhältnis von Z_x zu Z_f ($=Z_f/Z_x$) abhängige Wechsellspannung dar, da Z_f und Z_x auf der rechten Seite der Gleichung (1) beide unbekannte Werte sind. Als eine beispielhafte Anwendung eines derartigen Aufbaus, der zwei unbekannte Impedanzobjekte enthält, ist ein zweiachsiger Beschleunigungssensor gedacht. Der zweiachsige Beschleunigungssensor funktioniert derart, dass in dem Maße, in dem die Impedanz eines Sensors als Antwort auf eine anwachsende Beschleunigung größer wird, die Impedanz des anderen Sensors kleiner wird. Deshalb variiert der Wert des Impedanzverhältnisses beträchtlich, selbst wenn die jeweiligen Impedanzen kleine Änderungsbeträge zeigen. Da die Wechsellspannung V_o entsprechend dem Impedanzverhältnis variiert, das selbst bei derartigen leichten Änderungen in dem jeweiligen Impedanzwert beträchtlich variiert, ist es möglich, die Erfassungsempfindlichkeit des zweiachsigen Beschleunigungssensors deutlich zu verbessern.

[0049] In dem gemäß [Fig. 7](#) gezeigten Z/V-Umwandler kann beispielsweise die Rückkopplungsimpedanzschaltung oder -Element **3** ebenso eine unbekannte resistive Komponente darstellen. Variieren die Impedanzen $Z_f = R_f$ und $Z_x = 1$ durch ωC_x der resistiven Komponente **3** und der kapazitiven Komponente **6** als Antwort auf eine Variante Y, wie Druck, Temperatur oder dergleichen, dann variiert der Wert des Verhältnisses Z_f/Z_x abhängig von der Variante Y, wodurch eine Ausgangsspannung V_o erzeugt wird, deren Amplitude als Antwort auf die Variante Y variiert.

[0050] Ebenso kann eine Kombination derartiger

Impedanzkomponenten es der Ausgangsspannung V_o ermöglichen, ihre Amplitude als Antwort auf die Variante Y linear zu variieren, selbst wenn zwei unbekannte Impedanzkomponenten als Antwort auf eine bestimmte Variante Y nicht linear variieren. Im Gegensatz dazu kann die Ausgangsspannung dahingehend ausgelegt werden, nicht-linear zu variieren, selbst wenn jeweilige Impedanzkomponenten als Antwort auf eine Variante Y linear variieren.

[0051] Die vorstehend beschriebene Erfindung kann positive Effekte wie folgt erzeugen:

(1) Da sich eine mit einer Impedanzkomponente oder Zielkomponente unter Erfassung verbundene Signalleitung und eine dieselbe umgebende Abschirmung auf Grund des imaginären Kurzschlusses eines Operationsverstärkers auf derselben Spannung befinden, ist es möglich, eine Spannung, die lediglich von einem Impedanzwert der Zielkomponente ohne jedweden Einfluss einer parasitären Kapazität, die möglicherweise zwischen der Signalleitung und der Abschirmung gebildet ist, zu erzeugen. Deshalb kann eine Z/V-Umwandlung mit hoher Genauigkeit erreicht werden, selbst wenn lediglich ein sehr kleiner Impedanzwert zu erfassen ist.

(2) Selbst wenn eine Elektrode einer Zielkomponente auf eine bestimmte Spannung vorgespannt ist, ist es möglich, eine einem Impedanzwert der Zielkomponente entsprechende Spannung zu erzeugen.

(3) Mit einer in einer Doppelnetzstruktur angelegten Abschirmung kann ein Signalentweichen aus einer Signalleitung und Einbringen von externem Rauschen in die Signalleitung verringert werden, während ein flexibles Koaxialkabel bereitgestellt wird, wodurch es ermöglicht wird, eine Z/V-Umwandlung mit hoher Genauigkeit zu realisieren.

(4) Wird eine Rückkopplungsimpedanz als eine zweite unbekannte Impedanzkomponente behandelt, dann kann eine einem Impedanzverhältnis der zwei Impedanzkomponenten entsprechende Ausgangsspannung ohne jedweden Einfluss einer parasitären Kapazität einer Signalleitung mit hoher Genauigkeit erzeugt werden.

(5) Selbst wenn eine Signalleitung vergleichsweise lang ist, ist es möglich, einen Impedanzwert eines Ziels genau zu erfassen, da Streukapazitäten zwischen der Signalleitung und der Abschirmeinrichtung nicht durch die Länge der Leitung beeinflusst werden, und somit ist es möglich, dies zu tun, falls ein Impedanzwert klein ist.

[0052] Während bevorzugte Ausführungsbeispiele vorstehend unter Verwendung spezifischer Ausdrücke beschrieben sind, dient eine derartige Beschreibung lediglich der Verdeutlichung, und es soll verstanden werden, dass Änderungen und Variationen durchgeführt werden können, ohne den Schutzbereich der Patentansprüche zu verlassen.

Patentansprüche

1. Impedanz-zu-Spannung-(Z/V)-Umwandlungs-
 orrichtung zur Umwandlung einer Impedanz (Z_x) eines Ziels (6) in eine Spannung, mit einem Operationsverstärker (1), der eine zwischen einem Ausgangsanschluss und seinem invertierenden Eingangsanschluss verbundene Rückkopplungsimpedanzschaltung (3) aufweist, einer Signalleitung (5), deren eines Ende mit dem invertierenden Eingangsanschluss des Operationsverstärkers (1) und deren anderes Ende mit einer Elektrode (6₁) des Ziels (6) verbunden ist, und einer Abschirmung (7), die zumindest einen Abschnitt der Signalleitung (5) umgibt und mit dem nicht-invertierenden Eingangsanschluss des Operationsverstärkers (1) verbunden ist, wobei die Z/V-Umwandlungs-
 orrichtung dadurch gekennzeichnet ist, dass die Z/V-Umwandlungs-
 orrichtung ferner eine Wechsel-(AC)-Spannungssignalerzeugungseinrichtung (4) umfasst, die mit einem nicht-invertierenden Eingangsanschluss des Operationsverstärkers (1) und nicht mit der Elektrode (6₁) des Ziels (6) verbunden ist und die dem nicht-invertierenden Eingangsanschluss und der Abschirmung (7) eine AC-Konstantamplitude und ein Frequenzspannungssignal (V_i) unabhängig bereitstellt.

2. Z/V-Umwandlungs-
 orrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die Abschirmung (7) eine abschirmende Schicht umfasst, die eine Netzstruktur oder eine Hülsenstruktur aufweist.

3. Z/V-Umwandlungs-
 orrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die Abschirmung (7) eine erste abschirmende Schicht (7₁) und eine zweite abschirmende Schicht (7₂), die die äußere Oberfläche der ersten abschirmenden Schicht (7₁) umgibt, umfasst.

4. Z/V-Umwandlungs-
 orrichtung gemäß Anspruch 3, wobei die erste und die zweite abschirmende Schicht (7₁ und 7₂) eine Netzstruktur oder eine Hülsenstruktur umfassen.

5. Z/V-Umwandlungs-
 orrichtung gemäß Anspruch 3 oder 4, wobei die erste abschirmende Schicht (7₁) mit dem nicht-invertierenden Eingangsanschluss des Operationsverstärkers (1) verbunden ist und die zweite abschirmende Schicht (7₂) mit einer Referenzspannung (Massepotenzial) verbunden ist.

6. Z/V-Umwandlungs-
 orrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Impedanzen des Ziels (6) und der Rückkopplungsschaltung (3) die aus resistiv, kapazitiv und induktiv ausgewählte, gleiche Eigenschaft aufweisen.

7. Z/V-Umwandlungs-
 orrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Rückkopplungs-
 impedanzschaltung (3) des Operationsverstärkers (1) eine Impedanz (Z_f) eines anderen Ziels umfasst, und

wodurch die von der Z/V-Umwandlungs-
 orrichtung ausgegebene Spannung von dem Verhältnis der Impedanz (Z_x) des ersten Ziels (6) und der Impedanz (Z_f) des zweiten Ziels (3) abhängt.

8. Z/V-Umwandlungs-
 orrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Rückkopplungs-
 impedanzschaltung (3) des Operationsverstärkers (1) ein Widerstand ist.

9. Z/V-Umwandlungs-
 orrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Impedanz (Z_x) des Ziels (6) eine elektrostatische Kapazität ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

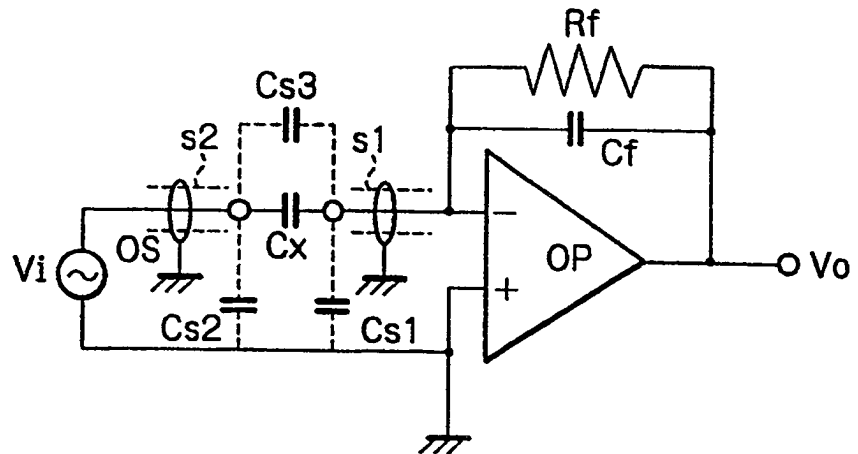


Fig. 2

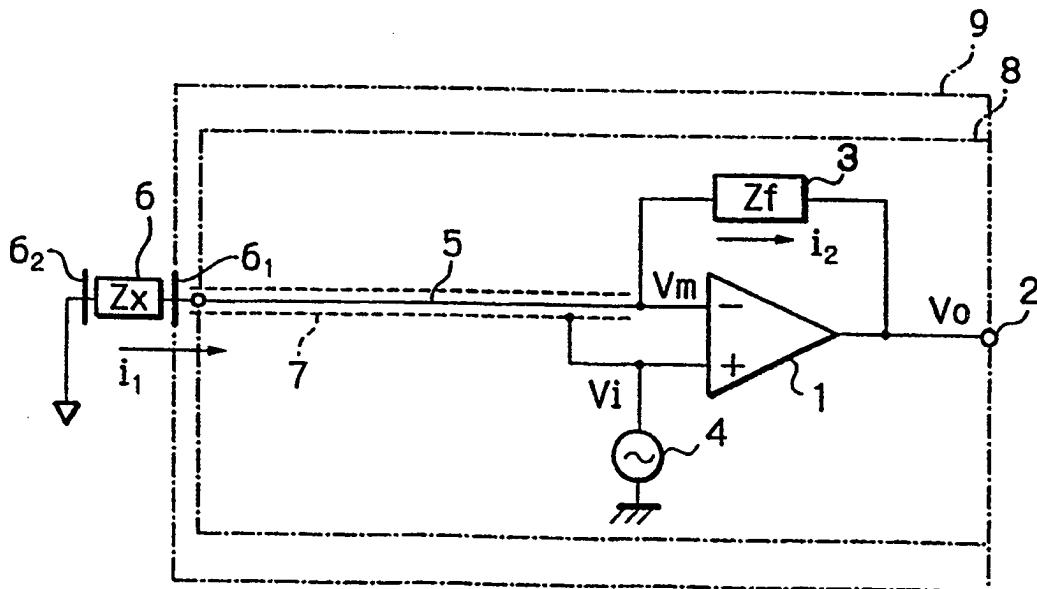


Fig. 3

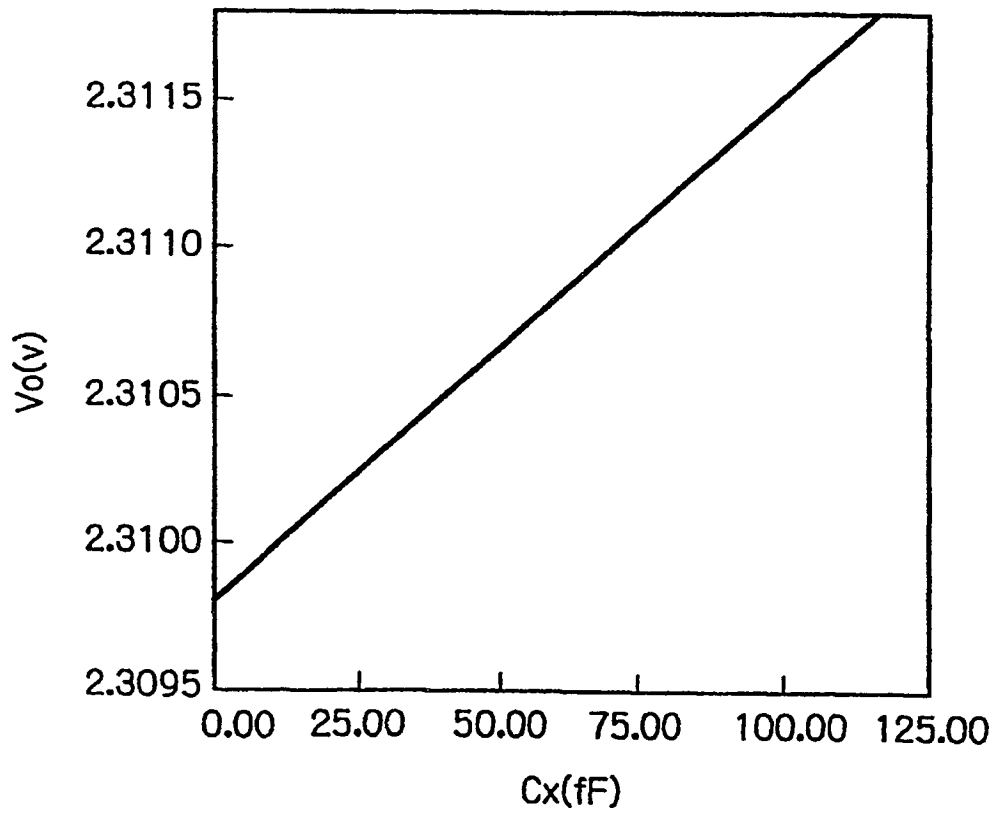


Fig. 4

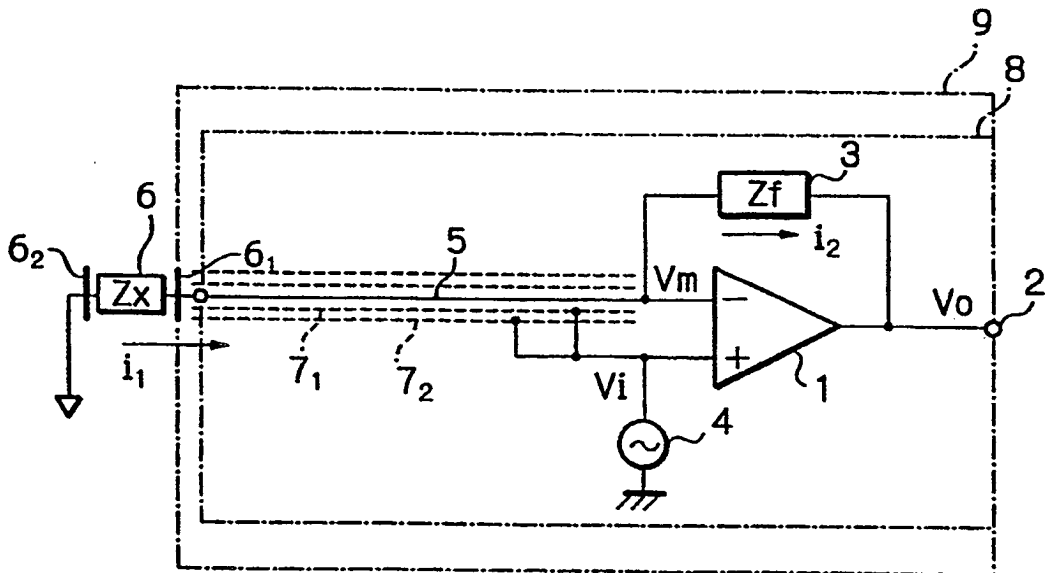


Fig. 5(A)

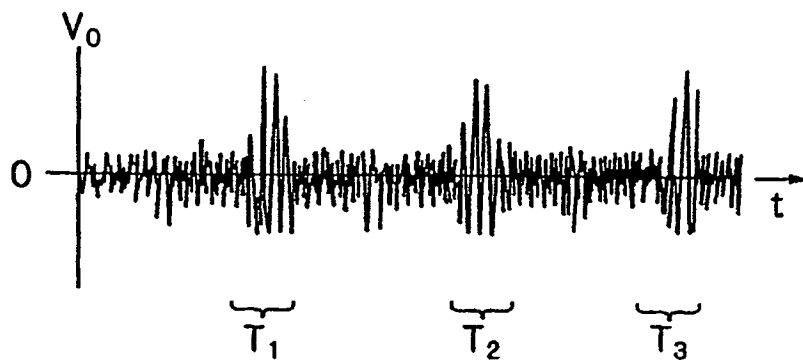


Fig. 5(B)

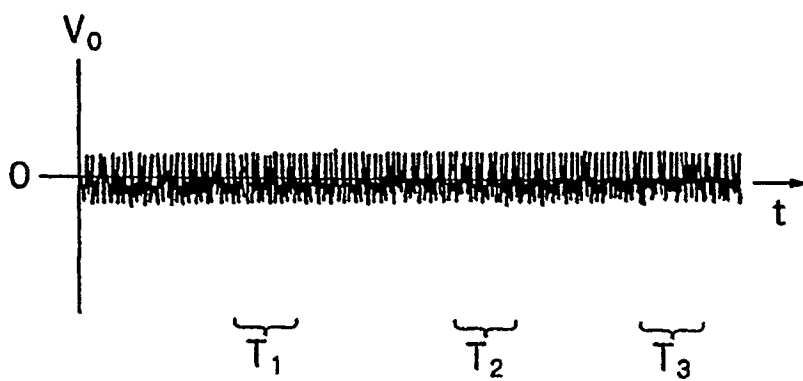


Fig. 6

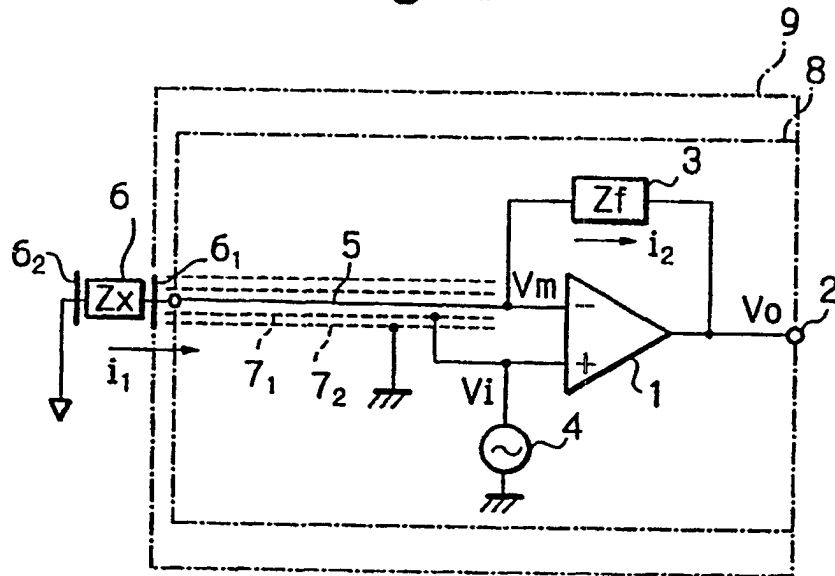


Fig. 7

