



(12)

# Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 102 43 748.3

(51) Int Cl.: **G01F 1/60 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: 20.09.2002

(43) Offenlegungstag: 17.04.2003

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 08.11.2018

Innerhalb von neun 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).

(30) Unionspriorität:  
**2001/286778**

20.09.2001 JP

(72) Erfinder:

**Ishikawa, Ikuhiko, Musashino, Tokio/Tokyo, JP;**  
**Oota, Hironobu, Musashino, Tokio/Tokyo, JP**

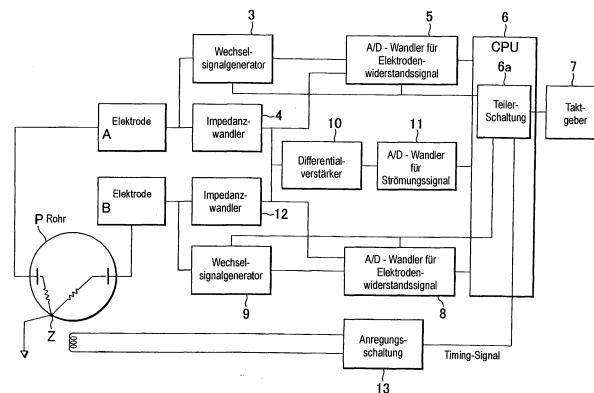
(73) Patentinhaber:

**Yokogawa Electric Corporation, Musashino,  
Tokio/Tokyo, JP**(56) Ermittelter Stand der Technik:  
**siehe Folgeseiten**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Henkel, Breuer & Partner mbB,  
80333 München, DE**(54) Bezeichnung: **Elektromagnetischer Durchflussmesser**

(57) Hauptanspruch: Elektromagnetischer Durchflussmesser mit:  
einem Messrohr (P), durch das ein zu messendes Fluid geleitet wird,  
einer Spule zum Anlegen eines Magnetfeldes an das Fluid,  
einer Anregungsschaltung (13), um die Spule mit einem Anregungssignal mit einer Anregungsfrequenz zu treiben,  
einem Paar von Erfassungselektroden (A, B), um ein der Durchflussrate des durch das Messrohr (P) laufenden Fluids entsprechendes Detektionssignal zu erfassen,  
einer Erdungselektrode (Z), die in dem Messrohr (P) vorgesehen ist und deren Potential das Bezugspotential zur Zeit der Durchflussratenmessung ist,  
Wechselsignalgeneratoren (3, 9), die mit den Erfassungselektroden (A, B) verbunden sind und Diagnosesignale erzeugen, die mit der Anregungsfrequenz synchronisiert sind, und  
einer Diagnoseschaltung, um Widerstandswerte der Erfassungselektroden (A, B) zu bestimmen,  
einem Differenzverstärker, um das Detektionssignal synchron mit der Anregungsfrequenz zu erfassen,  
wobei die Diagnoseschaltung ausgestaltet ist, um die Widerstandswerte zwischen den Erfassungselektroden (A, B) aus Spannungswerten zu berechnen, die erhalten werden, wobei das Detektionssignal synchron sowohl mit der Frequenz des Diagnosesignals als auch mit den Stromwerten der Wechselsignalgeneratoren (3, 9) detektiert wird,  
wobei eine Leerfassung, um zu erfassen, ob das Messrohr (P) mit Fluid gefüllt ist oder nicht, eine Adhäsionserfassung, um zu erfassen, ob isolierendes Material an den Erfassungselektroden (A, B) anhängt oder nicht, ...



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	43 17 366	C2
DE	694 25 263	T2
US	4 709 583	A
EP	0 336 615	A1
EP	0 915 324	A2
WO	99/ 34 174	A1
JP	2 880 830	B2
JP	3 018 310	B2
JP	H08- 29 223	A
JP	H10- 170 317	A
JP	S59- 174 718	A

JP H09- 502 267 A, AIPN [online] JPO  
[abgerufen am 03.03.2017]

**Beschreibung****HINTERGRUND DER ERFINDUNG****Gebiet der Erfindung**

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf einen elektromagnetischen Durchflussmesser, der die Durchflussrate oder dergleichen von elektroleitenden Fluids misst, und insbesondere auf einen elektromagnetischen Durchflussmesser, der eine Erfassung eines Leerrohrs durchführt, das heißt, ob das Innere des Rohrs mit Fluid gefüllt ist oder nicht, sowie auch die Anwesenheit von an den Erfassungselektroden anhaftendem Isoliermaterial erfasst und die elektrische Leitfähigkeit (hier einfach „Leitfähigkeit“ genannt) des zu messenden Fluids misst.

**Beschreibung des Standes der Technik**

**[0002]** Als herkömmliche elektromagnetische Durchflussmesser, die eine Erfassung eines Leerrohrs durchführen, wird in der JP 2 880 830 B2 eine Konfiguration offenbart, in der eine Erfassung eines Leerrohrs durch eine Schaltung durchgeführt wird, die eine Wechselspannung mit einer Frequenz entsprechend 1/(eine gerade Zahl) der Anregungsfrequenz aufweist, an die Erfassungselektroden in dem Rohr anlegt. Außerdem wird eine Konfiguration, in der die obige Erfassung eines Leerrohrs von einer Schaltung durchgeführt wird, die eine Wechselspannung mit einer Frequenz asynchron mit der Anregungsfrequenz anlegt, in der JP H09-502 267 A offenbart. Ferner offenbart die JP H08-29 223 A eine Konfiguration, bei der Wechselsignalgeneratoren, die Wechselströme liefern, bereitgestellt werden, und die obige Erfassung eines Leerrohrs wird durch Zuführen von gleichphasigen Wechselströmen, deren Frequenzen ausreichend niedrig sind, an jede Erfassungselektrode durchgeführt.

**[0003]** Zusätzlich zu dem obigen wird eine herkömmliche Konfiguration, um das Ausmaß der Adhäsion von Isoliermaterial zu erfassen, das an Erfassungselektroden anhaftet, in der JP 3 018 310 B2 offenbart. Dieses Patent offenbart eine Konfiguration, bei der in einem elektromagnetischen Durchflussmesser, der eine Erfassung eines Leerrohrs durch Vergleichen des Erfassungselektroden- Potentials des Detektors mit einer Bezugsspannung durchführt, und die eine Konstantstromschaltung umfasst, die mit einem Stromsteuermittel versehen ist, um die Polarität des Stroms zu wechseln und umzukehren, wobei der Strom an die Erfassungselektroden durch Umschaltung und Umkehrung der Polarität beim Erfassen der Adhäsion innerhalb des Rohrs zugeführt wird.

**[0004]** Die in der JP 2 880 830 B2 erwähnte Konfiguration wird jedoch ohne weiteres durch Durchflussrauschen beeinflusst, das durch die Tatsache, dass Fluid fließt, infolge der Verarbeitung von Signalen, deren Frequenz kleiner als die Anregungsfrequenz ist, verursacht wird. Außerdem wird, da eine große Wechselspannung für die Erfassung eines Leerrohrs in dem Durchflusssignal sogar in dem nichtleeren Zustand infolge der Anlegung einer niedrigen Spannung erzeugt wird, die Durchflussmessung ohne weiteres von der Schaltung für die Erfassung eines Leerrohrs beeinflusst.

**[0005]** Ferner wird bei der in der JP H09-502 267 A erwähnten Konfiguration, da das Ergebnis des Abtastens des Durchflusses nicht das Signal für die Erfassung eines Leerrohrs vermeiden kann, eine Anzahl von Mittelungsverfahren notwendig. Zum Verbessern derartiger Einflüsse wird in Betracht gezogen, dass die Frequenz des Signals für die Erfassung eines Leerrohrs höher gemacht wird, so dass das Durchflusssignal und das Signal für die Erfassung eines Leerrohrs mit einem Filter getrennt werden können. In einigen Fällen zeigen jedoch gemessene Elektrodenimpedanzen infolge der strukturellen Streuung in den Elektrodenabschnitten keine genauen Werte. Da eine große Wechselspannung für die Erfassung eines Leerrohrs in dem Signal sogar in einem nichtleeren Zustand erzeugt wird, wird die Durchflussmessung ebenfalls ohne weiteres von der Schaltung für die Erfassung eines Leerrohrs beeinflusst.

**[0006]** Ferner wird bei der in der JP H08-29 223 A erwähnten Konfiguration, da das Signal für die Erfassung eines Leerrohrs immer in dem Ergebnis des Durchflussabtastens enthalten ist, da das gelieferte Wechselstromsignal nicht mit dem Anregungsstrom synchronisiert ist, eine Anzahl von Mittelungsberechnungen notwendig. Ferner wird das Signal für die Erfassung eines Leerrohrs oder das Leerrohrerfassungssignal ohne weiteres durch Strömungsrauschen beeinflusst, das durch die Tatsache erzeugt wird, dass Fluid fließt, da ein Signal, dessen Frequenz kleiner als die Anregungsfrequenz ist, verarbeitet wird.

**[0007]** Bei der in der JP 3 018 310 B2 erwähnten Konfiguration gibt es ein Problem, dass das Mittel zur Erfassung eines Leerrohrs ohne weiteres durch die Polarisierungsspannung der Elektroden beeinflusst wird, da Gleichstrom anstatt Wechselstrom für die Erfassung benutzt wird.

**[0008]** Außerdem wurde neuerdings die Verwendung von elektromagnetischen Durchflussmessern auf dem Gebiet von landwirtschaftlichem Abwasser als eine Anwendung von elektromagnetischen Durchflussmessern betrachtet. In einigen Fällen ist jedoch ein Abgang von Erde und Sand mit dem Abwasser gemischt, aber ein elektromagnetischer Durchflussmesser kann nicht zum Überwachen von einem Abgang von Erde und Sand verwendet werden. Insbesondere kann eine unregelmäßige Sedimentation von Erde und Sand in den unteren Bereichen von Flüssen auftreten und die Umwelt in einigen Fällen beeinflussen, und wenn ein elektromagnetischer Durchflussmesser, der ohne weiteres in Abwasser enthaltene Erde und Sand überwachen kann, somit erreicht werden kann, dann könnten die Umweltwirkungen durch einen derartigen elektromagnetischen Durchflussmessers bewertet werden.

**[0009]** Die DE 69425263 T2 offenbart einen elektromagnetischen Durchflussmesser, bei dem die Diagnosesignale von den Wechselstromgeneratoren nicht synchron mit dem Anregungssignal sind. Darüber hinaus ist auch die Frequenz des Diagnosesignals kein ganzzahliges Vielfaches der Anregungsfrequenz.

**[0010]** Die EP 0336615 A1 zeigt einen weiteren elektromagnetischen Durchflussmesser, bei dem eine synchrone Arbeitsweise für die Signalquelle im Hinblick auf die Erregung der Magnetspule gezeigt ist.

**[0011]** Die DE 4 317 366 C2 zeigt außerdem, dass die Frequenz des Diagnosesignals ein ganzzahliges Vielfaches der Anregungsfrequenz der Anregungsschaltung ist. Hierbei sind Werte von 15 kHz einerseits und 15 Hz andererseits vorgeschlagen.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0012]** Die Erfindung ist mit Blick auf die obigen Umstände ausgestaltet.

**[0013]** Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen elektromagnetischen Durchflussmesser bereitzustellen, der in dem Rohr hängengebliebene Isoliermaterialien erfassen und zwischen der Art der zu messenden Fluide unterscheiden kann.

**[0014]** Erfindungsgemäß wird die oben genannte Aufgabe durch einen elektromagnetischen Durchflussmesser nach Anspruch 1 gelöst. Die abhängigen Ansprüche betreffen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

#### Figurenliste

**Fig. 1** ist ein Blockdiagramm für die Ausführungsform 1 der Erfindung.

**Fig. 2** zeigt ein Schaltdiagramm im Fall, bei dem die Konstantstromversorgungen als Wechselstromgeneratoren bei der Ausführungsform 1 der Erfindung angenommen wurden.

**Fig. 3** zeigt das Schaltbild der Konstantstromversorgung.

**Fig. 4** ist ein Timing-Diagramm, für das die Frequenz der Diagnoseschaltung das Zweifache der Grundanregungsfrequenz gemacht wird.

**Fig. 5** ist ein Timing-Diagramm, für das die Frequenz der Diagnoseschaltung ein geradzahliges Vielfaches der Grundanregungsfrequenz gemacht wird.

**Fig. 6** ist ein weiteres Timing-Diagramm, für das die Frequenz der Diagnoseschaltung das Zweifache der Grundanregungsfrequenz gemacht wird.

**Fig. 7** ist ein weiteres Timing-Diagramm, für das die Frequenz der Diagnoseschaltung ein geradzahliges Vielfaches der Grundanregungsfrequenz gemacht wird.

**Fig. 8** ist ein Timing-Diagramm, für das die Frequenz der Diagnoseschaltung ein ungerades Vielfaches der Grundanregungsfrequenz gemacht wird.

**Fig. 9** zeigt eine grafische Darstellung, die die Beziehung zwischen dem spezifischen Fluidwiderstand und dem Fluidwiderstand angibt, wenn rostfreie Stahlelektroden (SUS-Elektroden) verwendet werden, wenn durch Ionenaustausch entmineralisiertes Wasser als Fluid benutzt wird.

**Fig. 10** zeigt eine grafische Darstellung, die ein Cole-Cole-Diagramm angibt, das durch Messen einer Elektrodenimpedanz erhalten wird, um die obere Grenze der Frequenz zu bestimmen, und wobei dessen reeller Teil und dessen imaginärer Teil aufgetragen sind.

**Fig. 11** zeigt ein Schaltbild, das den Signalquellenwiderstand und den Eingangswiderstand zum Untersuchen des Einflusses des Signalquellenwiderstands infolge von an den Elektroden anhaftenden Substanzen zeigt.

**Fig. 12** ist ein Blockdiagramm für die zweite Ausführungsform der Erfindung.

**Fig. 13** ist ein Blockdiagramm für eine Abwandlung der zweiten Ausführungsform.

**Fig. 14** ist ein Timing-Diagramm, das die Frequenz einer Diagnoseschaltung für die Grundanregungsfrequenz angibt.

**Fig. 15** ist ein Timing-Diagramm für den Fall der Einzelfrequenzanregung.

**Fig. 16** ist ein Timing-Diagramm für den Fall der Dualfrequenzanregung.

**Fig. 17** zeigt eine Darstellung für einen elektromagnetischen Durchflussmesser, zu dem eine Funktion zum Überwachen der Menge von Erde und Sand hinzugefügt ist. **Fig. 17(a)** zeigt ein Schaltbild, das eine Konstantstromschaltung zum Messen der Leitfähigkeit angibt. **Fig. 17(b)** zeigt ein vereinfachtes schematisches Diagramm zum Übertragen von Daten an ein Computersystem höherer Ebene.

**Fig. 18** zeigt eine Zeichnung, die den Zustand der Elektrodeninstallation in dem Rohr darstellt.

## AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

(Ausführungsform 1)

**[0015]** **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm für die erste Ausführungsform der Erfindung.

**[0016]** Wie es in **Fig. 1** gezeigt ist, sind Wechselsignalgeneratoren **3** und **9** zum Erzeugen zum Wechselsignalen (Diagnosesignalen) mit Elektroden (Erfassungselektroden, hier nachstehend einfach als „Elektroden“ bezeichnet) A und B als Diagnosesignalgeneratoren verbunden, um Diagnosesignale zu erzeugen, und Impedanzwandler **4** und **12** sind ebenfalls mit den Elektroden A und B verbunden. Mit den Wechselsignalgeneratoren **3** und **9** sind A/D-Wandler für Elektrodenwiderstandssignale **5** und **8** zur synchronen Erfassung und zur A/D-Umwandlung von an Elektroden A und B erzeugten Diagnosesignalen verbunden. Eine Teilerschaltung **6a** zum Teilen des Taktsignals ist in der CPU **6** vorgesehen. Das Timing-Signal von dieser Teilerschaltung **6a** wird an Wechselsignalgeneratoren **3** und **9** und eine Anregungsschaltung **13** ausgegeben.

**[0017]** Außerdem werden Timing-Signale von der Teilerschaltung **6a** ebenfalls die Diagnose-Timing-Signale und werden an A/D-Wandler für Elektrodenwiderstandssignale **5** und **8** ausgegeben. Die Impedanzwandler **4** und **12** sind ferner mit einem Differentialverstärker **10** verbunden, der mit dem A/D-Wandler für das Durchfluss- oder Strömungssignal **11** verbunden ist, dessen Ausgang mit der CPU **6** verbunden ist.

**[0018]** Bei der Erfindung werden Wechselsignale als Diagnosesignale jeweils von Wechselsignalgeneratoren **3** und **9** zwischen den Elektroden A oder B und der Erdungselektrode Z angelegt (bei elektromagnetischen Durchflussmessern ist eine Erdungselektrode, wie beispielsweise ein Erdungsring oder dergleichen, der das Bezugspotential der Strömungsmessung liefert, in dem Rohr P installiert). Die Erfassung eines Leerrohrs oder Leerrohrerfassung, die Erfassung der Adhäsion von Isoliermaterialien an den Elektroden A und B sowie die Messung der Fluidleitfähigkeit werden durchgeführt, indem an den Elektroden A und B erzeugte, von Widerständen zwischen der Elektrode A und B und der Erdungselektrode Z abhängige Diagnosesignalen erhalten werden, indem eine synchrone Erfassung ausgeführt wird, eine A/D-Umwandlung mit A/D-Wandlern für Elektrodenwiderstandssignalen **5** und **8** durchgeführt wird und indem diese Widerstandswerte verwendet werden.

**[0019]** Bei diesen Vorgängen kann, wie es beispielsweise in **Fig. 2** gezeigt ist, wenn Konstantstromversorgungen (Konstantstromschaltungen **15** und **17**) als Wechselsignalgeneratoren **3** und **9** verwendet werden, der Wechselwiderstand R für die Elektroden A oder B als  $R = V_o/I_o$  unter jeweiliger Annahme berechnet werden, dass der konstante Wechselstromwert  $I_o$  und die an der Elektrode A oder B erscheinende Diagnosesignalspannung  $V_o$  ist. Als Ergebnis spiegelt der Elektrodenwiderstand R den Zustand des anhaftenden Isoliermaterials, den Leerrohrzustand sowie die Fluidleitfähigkeit der Elektroden A oder B.

**[0020]** Die **Fig. 3(a)** und (b) geben ebenfalls Beispiele von Schaltungen an, die die Konstantstromversorgung verwenden.

**[0021]** In **Fig. 3(a)** ist eine Signalleitung **20** von der Elektrode A oder B auf der Detektorseite mit einem Impedanzwandler **21** und einer Konstantstromschaltung **19** verbunden, wobei eine Konstantstromversorgung

zwischen ihnen bereitgestellt wird. Die Konstantstromschaltung **19** ist mit der CPU über einen Schalter SW1 verbunden, der mit einer Frequenz eines ganzzahligen Vielfachen der Anregungsfrequenz umgeschaltet wird. Folglich ist der erzeugte Wechselstrom ein ganzzahliges Vielfaches der Anregungsfrequenz.

**[0022]** In **Fig. 3(b)** ist eine Konstantstromversorgung **22** ähnlich wie in **Fig. 3(a)** zwischen der Signalleitung **20** und dem Impedanzwandler **21** vorgesehen, und die CPU **6** ist mit der Konstantstromversorgung **22** über einen Schalter SW1 verbunden. Dieser Schalter wird mit einer Frequenz eines ganzzahligen Vielfachen der Anregungsfrequenz wie in **Fig. 3(a)** umgeschaltet, und der somit erzeugte Wechselstrom weist eine Frequenz eines ganzzahligen Vielfachen der Anregungsfrequenz auf.

**[0023]** **Fig. 2** und **Fig. 3** sind Beispiele des Verwendens von Konstantstromversorgungen (Konstantstromschaltung **15, 17, 19** oder **22**). Wie es in Tabelle 1 auf der nächsten Seite gezeigt ist, kann, da diese Versorgungen die erzeugten Stromwerte ändern können, den Adhäsionszustand des Isoliermaterials und den Leerrohrzustand für die Elektroden A und B und die Fluidleitfähigkeit durch Ändern der Konstantstromwerte, abhängig von den erfassten Widerständen zwischen der Elektrode A oder B und der Erdungselektrode Z diagnostiziert werden.

(Tabelle 1)

Zweck	Widerstand zwischen der Elektrode und der Erdungselektrode	Konstantstromwert	Maßnahme
Leitfähigkeitsmessung	klein	groß	Umwandlung wird durch Erstellen einer Tabelle durchgeführt, die die Beziehung zwischen dem gemessenen Widerstand und der Leitfähigkeit zeigt
Erfassung von Adhäsion und eines Leerrohrs	groß	klein	Anormaler oder verschlechterter Zustand wird an dem Punkt mitgeteilt, wo der Bereichsfehler den vorgeschriebenen Wert von der Eingangsimpedanz des Eingangsverstärkers überschreitet

**[0024]** Als nächstes wird das Verfahren zum getrennten Ausführen der Fluidleitfähigkeitsmessung und der Adhäsionserfassung beschrieben.

**[0025]** Zuerst wird die Fluidleitfähigkeitsmessung ausgeführt, wie es nachstehend beschrieben ist.

**[0026]** Der Fluidwiderstand ( $R$ ) ist der Elektrodenfläche ( $S$ ) und der Fluidleitfähigkeit ( $\sigma$ ) umgekehrt proportional, d.h. als Gleichung ausgedrückt,  $R = k/S/\sigma$  (wobei  $k$  ein Proportionalitäts-Koeffizient ist). Demgemäß wird der Fluidwiderstand bei der in den Spezifikationen gezeigten niedrigsten Leitfähigkeit im voraus bestimmt, wobei die Oberflächen der Elektroden A und B gereinigt sind. Wenn der gemessene Fluidwiderstand  $R$  kleiner als dieser Wert ist, wird diese Situation als der Leitfähigkeitsmessbereich verarbeitet.

**[0027]** Für die Fluidleitfähigkeit  $\sigma$  wird mit der vorläufig bekannten Elektrodenfläche  $S$  der Proportionalitäts-Koeffizient  $k$  und der Wert des gemessenen Fluidwiderstands  $R$  berechnet.

**[0028]** Als nächstes wird die Erfassung des an den Elektroden anhaftenden Isoliermaterials durchgeführt, wie es nachstehend beschrieben ist.

**[0029]** Es wird angenommen, dass das Isoliermaterial an den Elektroden anhaftet, wenn der oben erwähnte Fluidwiderstand den Fluidwiderstand in dem Leitfähigkeitsmessbereich überschreitet. In diesem Fall basiert der Index, der den abnormalen Zustand oder verschlechterten Zustand für die Elektroden zeigt, auf der Eingangsimpedanz des in **Fig. 1** gezeigten Impedanzwandlers.

**[0030]** Die Ergebnisse des Berechnens des Ausmaßes des Fehlers in den Widerstandswerten zwischen der Elektrode A oder B und der Erdungselektrode Z, der infolge des an den Elektroden anhaftenden Isoliermaterials erzeugt wird, basieren auf der in **Fig. 11** dargestellten Konfiguration und werden in Tabelle 2 nachstehend

gezeigt. In diesem Fall wird die Eingangsimpedanz des Impedanzwandlers als  $2000\text{ M}\Omega$  angenommen. Dieser Fehler ist ein Bereichsfehler (span error) und kann somit ohne weiteres mit dem Spannungsteilungsverhältnis berechnet werden. Wenn beispielsweise angenommen wird, dass der Widerstand zwischen der Elektrode A oder der Elektrode B und der Erdungselektrode Z  $20\text{ M}\Omega$  ist, kann ein Bereichsfehler von 1 % auftreten. Da das Timing zum Ausgeben von Alarmen von den Genauigkeitsanforderungen des Benutzers abhängt, können sowohl der gemessene Fluidwiderstand als auch der Anzeigefehler als Analogwerte ausgegeben werden.

(Tabelle 2) Einfluss des Signalquellenwiderstands

Eingangswiderstand ( $\text{M}\Omega$ )	Signalquellenwiderstand ( $\text{M}\Omega$ )	Fehler (%)
2000	3,3	0,16
2000	5	0,25
2000	10	0,50
2000	20	0,99
2000	40	1,96

**[0031]** Wenn außerdem ein einziger Bereich einer Konstantstromversorgung zur Anormalitätserfassung konfiguriert ist, wie beispielsweise der Adhäsionserfassung oder der Leerrohrerfassung, ist es vorteilhaft, dass das Wechseldiagnosesignal, das zum Messen des Elektrodenwiderstands verwendet wird, wenn das Rohr mit Wasser gefüllt ist und es keine anhaftenden Stoffe an den Elektroden gibt, verglichen mit dem Verfahren des Anlegens einer Konstantspannung an die Elektroden sehr klein sein kann. Dies liegt daran, dass der Widerstand zwischen der Elektrode A oder B und der Erdungselektrode Z, wenn das Rohr mit Wasser gefüllt ist und es keinen anhaftenden Stoff gibt, ausreichend kleiner als derjenige des oben erwähnten anormalen Zustands ist. Wenn die Fluidleitfähigkeit ferner im voraus bekannt ist, kann der Adhäsionszustand ebenfalls mit der Differenz zwischen dem gemessenen Fluidwiderstand und dem aus der Fluidleitfähigkeit nach Temperaturkompensation berechneten Widerstand erfasst werden.

**[0032]** Obgleich außerdem ein Beispiel des Verwendens einer Konstantstromversorgung, die eine Rechteckwelle ausgibt, bei dieser Ausführungsform der Erfindung gezeigt wird, können Konstantstromversorgungen, die sinusförmige oder dreieckige Wellen ausgeben, ebenfalls verwendet werden. Da jedoch die Synchronisation darauf basiert, dass die Frequenz des Diagnosesignals ein geradzahliges Vielfaches der Anregungsfrequenz ist, kann die Signalverarbeitung von Rechteckwellen leichter sein.

**[0033]** Obgleich ein Beispiel mit einer Konstantstromversorgung als Diagnosesignalgenerator bei dieser Ausführungsform der Erfindung gezeigt wird, kann außerdem, wenn eine Konfiguration mit einer Konstantspannungsversorgung anstatt der Konstantstromversorgung verwendet wird, die Erfindung angewendet werden, wie sie ist.

**[0034]** In den **Fig. 3(a)** und (b) gezeigte Konstantstromversorgungen **19** und **22** können sowohl als eine konstante Wechselstromschaltung (AC constant current circuit) als auch eine konstante Gleichstromschaltung (DC constant current circuit) verwendet werden. Für getrennte Wechselstrom- und Gleichstromversorgungen wird eine Bootstrap-Schaltung verwendet, um die Eingangsimpedanz des Impedanzwandlers **21** zu erhöhen, oder eine Ansteuerungsabschirmung (drive shielding) wird für die Kabelabschirmung verwendet (Signalleitung **20**). In diesem Fall kann, wenn der Widerstand zwischen der Elektrode A oder B und der Erdungselektrode Z, an der eine positive Rückkopplung angelegt wird, extrem hoch wird (mehrere Hundert  $\text{M}\Omega$  oder mehr), der Impedanzwandler **21** eine Schwingung erzeugen. Aus diesem Grund wird, wenn der Widerstand zwischen der Elektrode A oder B und der Erdungselektrode Z auf einen extrem hohen Wert ansteigt, wie in dem Fall eines Leerrohrs, die an der Elektrode erfasste Spannung zur Versorgungsspannung durch Leiten des konstanten Gleichstroms bevor die Konstantstromversorgungen **19** und **22** beginnen zu oszillieren. Dann wird die Gleichspannung des Impedanzwandlers **21** überwacht, der Leerrohrzustand bestimmt und der Betrieb des Konstantstromwerts an gehalten (der Konstantstromwert wird gleich Null gemacht). Dies vermeidet das Schwingungsproblem.

**[0035]** In der in **Fig. 2** gezeigten Konfiguration wird diese Messung ebenfalls möglich, in dem eine Gleichspannung zu dem Teil hinzugefügt wird, an dem die Bezugsspannung (V) in der Konstantstromschaltung **15** oder **17** angelegt wird.

**[0036]** Als nächstes wird die zur Messung verwendete Frequenz beschrieben.

**[0037]** Die Frequenz für das Diagnose-Timing in der Diagnoseschaltung wird als ein ganzzahliges Vielfaches der Anregungsfrequenz eingestellt, wie es aus den **Fig. 3(a)** und (b) interpretiert werden kann. In dem Anregungsstrom enthaltene Frequenzkomponenten und das Strömungssignal sind aus der Grundanregungsfrequenz und harmonischen Komponenten ihrer ungeraden Vielfachen zusammengesetzt. Aus diesem Grund kann eine Diagnoseschaltung erreicht werden, die den Anregungsstrom und das Strömungssignal im Prinzip nicht beeinflusst, in dem die Frequenz für das Diagnose-Timing in der Diagnoseschaltung als ein geradzahliges Vielfaches der Anregungsfrequenz ausgeführt wird.

**[0038]** Sogar wenn außerdem die Frequenz für das Diagnose-Timing für die Diagnoseschaltung als ein ungeradzahliges Vielfaches der Anregungsfrequenz ausgewählt wird, kann eine Durchflusssignal-Messschaltung erhalten werden, die nicht von der Diagnoseschaltung beeinflusst wird, indem das Abtastintervall für das Durchflusssignal als die Zeit genommen wird, zu der der integrierte Wert des Diagnosesignals Null wird.

**[0039]** In diesem Fall wird bei der Ausführungsform 1 entschieden, ein System anzunehmen, um das Anregungs-Timing und das Diagnose-Timing zu synchronisieren. Wenn diese beiden Arten von Timing asynchron gemacht werden, sind zwei Oszillatoren notwendig, und ein geradzahliges Vielfaches der Anregungsfrequenz kann infolge der Differenz in den Temperaturkennlinien der beiden Oszillatoren nicht erhalten werden, und somit kann, infolge dieser Frequenzverschiebung, die in der Diagnoseschaltung verwendete Erfassungsspannung das Strömungssignal beeinflussen. Aus diesem Grund wird bei der ersten Ausführungsform das Synchronisierungssystem angenommen. Gemäß diesem System geht, da von dem gleichen Takt geteilte Timing-Signale verwendet werden, wenn angenommen wird, dass sich die ursprüngliche Schwingungsfrequenz eines Takts mit der Umgebungstemperatur verändert, die Synchronisation der Anregungsfrequenz mit der Diagnosefrequenz nicht verloren, und dies ermöglicht, dass eine Diagnoseschaltung und eine Strömungssignalmessschaltung, die kaum von Temperaturänderungen beeinflusst werden, erhalten werden können.

**[0040]** Für die obere Grenze dieser Frequenz besteht ein Problem der Strukturverteilung der Elektrodenkapazität in den Elektroden A oder B. Dies bedeutet, dass die Drehung des Dipols, der eine Kapazität bildet, nicht länger die Frequenz verfolgt, wenn die Frequenz für die Kapazität, die mit einem eine Elektrode bildenden Metall aufgebaut wird, und die Grenzfläche des Fluids groß werden. Da sich der Wechselstromwiderstand für diesen Bereich stark von denjenigen bei niedrigen Frequenzen unterscheidet, muss die Frequenz in dem Bereich begrenzt werden, wo die Elektrodenkapazität kein Auftreten einer Strukturverteilung verursacht.

**[0041]** Um diese Tatsache zu erläutern, wird die Beziehung zwischen dem spezifischen Fluidwiderstand und der Wechselstromwiderstand in **Fig. 9** gezeigt. **Fig. 9** ist eine grafische Darstellung, die die Beziehung zwischen dem spezifischen Fluidwiderstand und dem Fluidwiderstand in dem Fall zeigt, in dem durch Ionenaustausch entmineralisiertes Wasser als das Fluid und rostfreies Stahl für die Elektroden verwendet werden. In **Fig. 9** ist, wenn die Diagnosefrequenz 20 kHz überschreitet, der Wechselstromwiderstand mit dem Fluidwiderstand nicht linear. Andererseits stimmt, wenn die Diagnosefrequenz 2 kHz oder weniger ist, der Wechselstromwiderstand bei 2 kHz mit demjenigen bei niedrigeren Frequenzen überein. Durch Annehmen einer Frequenz in diesem Bereich kann der gleiche Wechselstromwiderstand wie derjenige bei der Anregungsfrequenz gemessen werden, der zur Strömungssignalerfassung verwendet wurde. Wie es jedoch im Stand der Technik gezeigt ist, macht dieses System des Strömungssignals von dem Diagnosesignal mit einem Filter schwierig, und somit ist es wesentlich, das oben erwähnte Synchronisierungssystem zu benutzen.

**[0042]** Um die obere Grenze der Frequenz zu bestimmen, reichen die Messung der Elektrodenimpedanzen und des Erstellens einer grafischen Darstellung der reellen und imaginären Teile (Cole-Cole-Diagramm) aus. Dieses Beispiel einer Messung, das heißt das Ergebnis der grafischen Auftragungen, ist in **Fig. 10** gezeigt, in der die grafische Darstellung aus einem linearen Abschnitt A und einem kreisförmigen Bogenabschnitt B besteht. Der kreisförmige Bogenabschnitt B gibt einen Bereich hoher Frequenz und der lineare Abschnitt A gibt einen Bereich niedriger Frequenz an. Der Wechselstromwiderstand an dem linearen Abschnitt gibt eine Kennlinie an, in der der spezifische Fluidwiderstand und der Fluidwiderstand eine lineare Beziehung aufweisen, wie es in **Fig. 9** gezeigt ist. Der kreisförmige Bogenabschnitt B in **Fig. 10** zeigt einen Bereich, in dem die oben beschriebene Strukturverteilung auftritt.

**[0043]** Aus diesem Grund kann eine Frequenz, die höher als diejenige ist, die für die Diagnoseschaltung verwendet wird, die bei später beschriebenen Ausführungsformen gezeigt wird, ebenfalls ausgewählt werden, wobei die obere Grenze der Frequenz aus dem praktisch benutzten Elektrodenmaterial, der Fluidleitfähigkeit und der Art des Fluids im voraus bestimmt wird. Das Frequenzauswahlverfahren ermöglicht, dass der Wechselstromwiderstand bei der Frequenz, die mit der tatsächlichen Annäherungsfrequenz übereinstimmt, gemessen werden kann.

**[0044]** Als nächstes werden Signal-Timings für jedes bei der Erfindung tatsächlich verwendete Signal anhand der Zeichnungen von **Fig. 4** bis **Fig. 8** beschrieben.

**[0045]** Im Folgenden stellt das Anregungs-Timing-Signal das Timing dar, wenn Anregungsstrom an die Anregungsspule in dem Rohr angelegt wird, und der Anregungsstromsignalverlauf den Anregungszustand darstellt und ebenfalls eine Signalverlauf ist, der dem Strömungserfassungssignal entspricht. Diagnose-Timing-Signale **1** bis **5** stellen die Timings des Anlegens von Wechselströmen zwischen der Elektrode A oder B und der Erdungselektrode Z von den konstanten Wechselstromgeneratoren **5** und **8** oder anderen dar, die dem durch die CPU **6** oder der Teilerschaltung **6a** oder dergleichen erzeugten Timing entsprechen. Das Diagnosesignal stellt einen Signalverlauf dar, der zwischen der Elektrode A oder B und der Erdungselektrode Z erhalten wurde. Positive (oder negative) Abtast-Timing-Signale **1** bis **5** für die Diagnose sind Timings für die Signalverarbeitung nach Erfassen von Diagnosesignalen.

**[0046]** An den Elektroden A und B in Abhängigkeit von den Widerständen zwischen der Elektrode A oder B und der Erdungselektrode Z erzeugte Spannungen werden durch Abtastung (synchrone Erfassung) des positiven Teils und negativen Teils jedes von den Elektroden A und B erfassten Diagnosesignals und Bestimmen ihrer Differenz erfasst. Obgleich das Abtastintervall eine 1/4-Wellenabtastung benutzt, kann eine 1/2-Wellenabtastung ebenfalls benutzt werden. In dem Fall einer N<sub>2</sub>-Wellenabtastung kann auch die Umwandlung des Signals in Gleichstrom in der Absolutwertschaltung und dann die Implementierung der A/D-Umwandlung der Gleichspannung benutzt werden.

**[0047]** Inzwischen zeigen die **Fig. 4** bis **Fig. 7** Ausführungsformen, in denen die Diagnosefrequenz für die Diagnoseschaltung ein geradzahliges Vielfaches der Grundaufregungsfrequenz ist.

**[0048]** **Fig. 4** und **Fig. 6** zeigen Ausführungsformen, in denen die Diagnosefrequenz für die Diagnoseschaltung das Zweifache der Anregungsfrequenz ist.

**[0049]** Obgleich die primär zu erfassenden Strömungssignale Diagnosesignale in jeder Abtastung bei positiven und negativen Anregungen beim Abtasten des Strömungssignals aufweisen und von den Diagnosesignalen beeinflusst werden, können diese Effekte durch Bestimmen der Differenz zwischen jedem Strömungssignal bei positiven und negativen Anregungen gelöscht werden.

**[0050]** **Fig. 5** und **Fig. 7** zeigen Ausführungsformen, in denen die Diagnosefrequenz für die Diagnoseschaltung das Vierfache der Anregungsfrequenz ist.

**[0051]** Bei diesen Ausführungsformen wird das Abtasten an den Abschnitten, in denen die Einflüsse des in den Diagnosesignalen enthaltenen differentiellen Rauschen klein sind, freigegeben und somit die Genauigkeit des gemessenen Fluidwiderstands verbessert.

**[0052]** Die elektromagnetischen Durchflussmesser für **Fig. 4** und **Fig. 5** benutzen ein System, in dem ein Konstantstrom durch jede der Elektroden A und B gleichzeitig geleitet wird. Dieses System wird vorzugsweise auf Durchflussmesser angewendet, bei denen der Abstand zwischen den Elektroden A und B groß ist. In diesem Fall zeigen, wenn der Adhäsionszustand des Isoliermaterials nahezu der gleiche an beiden Elektroden A und B ist, die an den Elektroden A und B erzeugten Diagnosesignale nahezu identische Werte, und somit wird das Diagnosesignal in dem Ausgang des Differentialverstärkers (Differentialverstärker **10**) für Strömungssignalmessung, das in **Fig. 1** gezeigt ist, nahezu Null.

**[0053]** Elektromagnetische Durchflussmesser für **Fig. 6** und **Fig. 7** sind diejenigen, deren Durchmessergrößen klein sind, d.h., dass der Abstand zwischen den Elektroden klein ist. In Durchflussmessern kleiner Größe werden, da der Abstand zwischen den Elektroden A und B klein ist und beide Elektroden voneinander beeinflusst werden, die Timings zum Anlegen des Konstantstroms geändert, so dass der Strom nicht an beide Elektroden gleichzeitig geleitet wird.

**[0054]** **Fig. 8** zeigt eine Ausführungsform, bei der die Frequenz, die sich auf das Diagnose-Timing für die Diagnoseschaltung bezieht, ausgewählt wird, um ein ungeradzahliges Vielfaches der Grundaufregungsfrequenz zu sein.

**[0055]** In diesem Fall wird das Abtastintervall für das Strömungssignal auf eine Zeit eingestellt, so dass der integrierte Wert des Diagnosesignals Null wird. Durch diese Abtastintervallauswahl kann eine Durchflussignalmessschaltung, die nicht von der Diagnoseschaltung beeinflusst wird, erhalten werden.

**[0056]** Als ein Verfahren zur Diagnose, ob die Adhäsion durch an Elektroden A und/oder B anhaftendes Isoliermaterial oder durch Anhaften an der Erdungselektrode nach der Adhäsionsdiagnose verursacht wird, kann eine Schaltung zum Anlegen eines Konstantstroms zwischen einem Paar von Messelektroden A und B hinzugefügt werden, und nach der Adhäsionsdiagnose kann der Widerstand zwischen den Elektroden A und B durch Betreiben dieser Schaltung gemessen werden. Wenn der Widerstand zwischen den Elektroden A und B klein ist, kann das Anhaften an der Erdungselektrode diagnostiziert werden. In diesem Fall ist das obige extrem vorteilhaft bei elektromagnetischen Durchflussmessern, die eine Elektrodenreinigungsfunktion aufweisen, und bei denjenigen, deren Batterien ausgetauscht werden können.

**[0057]** Dann wird die Anregung nach Erfassen der Adhäsion angehalten, wenn der Fluidwiderstand in den brauchbaren Bereich eintritt (messbarer Bereich der Fluidleitfähigkeit). Dies ermöglicht den Betrieb mit niedrigem Leistungsverbrauch.

**[0058]** **Fig. 18** stellt den Zustand der im Rohr P installierten Elektrode A (B) dar. An der Innenoberfläche des mit dem Fluid benetzten Rohrs P, wird beispielsweise eine aus Teflon (registriertes Warenzeichen) oder Urethan hergestellte Auskleidung L gebildet, und die mit der Signalleitung **403** versehene Elektrode A (B) wird installiert, so dass sie mit dem zu messenden Fluid benetzt wird. Zur einfachen Wartung ist die Elektrode A (B) konfiguriert, um mit einer Elektrodenkappe **401** und einer Feder **402** an das Rohr pressangepasst zu sein. Das Rohr ist auf dem gleichen Potential wie die Erdungselektrode Z.

**[0059]** In einigen Fällen kann das zu messende Fluid in die Lücke zwischen der Elektrodenkappe **401** und der Elektrode A (B) eintreten, und wenn das zu messende Fluid in der Lücke stagniert, kann ein fehlerhafter Betrieb auftreten. Die Erfindung kann verwendet werden, um einen derartigen fehlerhaften Betrieb zu erfassen. Mit anderen Worten wird das in **Fig. 1** gezeigte Diagnosesystem angewendet, wenn das Rohr P leer ist. Wenn das zu messende Fluid nicht stagniert, ist der Widerstand zwischen der Elektrode A (B) und der Erdungselektrode Z unendlich, und wenn das zu messende Fluid stagniert, ist der Widerstand zwischen der Elektrode A (B) und der Erdungselektrode Z kleiner. Wenn dieser Widerstandswert von der Größenordnung von einigen Zehn bis Hunderten  $\text{M}\Omega$  ist, beeinflusst er nicht die Strömungsmessung, wenn er jedoch kleiner als diese Werte ist, verursacht er einen Bereichsfehler und beeinflusst die Messung nachteilig.

**[0060]** Die oben erwähnte Erfindung kann, da sie Widerstände von mehreren bis einigen Zehn  $\text{M}\Omega$  messen kann, erfassen, ob ein derartiges zu messendes Fluid um die Elektroden stagniert oder nicht.

**[0061]** Außerdem kann die oben gemessene Leitfähigkeit des zu messenden Fluids, der Adhäsionszustand des Isoliermaterials an den Elektroden A und B, die Leerrohrfassungsinformation, Information über Wassereindringen zu den Elektroden hin, etc. an ein großes Steuersystem oder ein kleines Computersystem, wie beispielsweise einen Personal-Computer, übertragen werden, dass ein System höherer Ebene mit einem drahtlosen Kommunikationsmittel verbunden ist, das in einem elektromagnetischen Durchflussmesser der Erfindung installiert ist.

(Ausführungsform 2)

**[0062]** **Fig. 12** und **Fig. 13** zeigen Blockdiagramme für die zweite Ausführungsform der Erfindung. **Fig. 13** ist ein Beispiel einer Abwandlung des in **Fig. 12** gezeigten Systems. **Fig. 14** zeigt die Timing-Tafel für dieses Diagramm. In den in **Fig. 12** und **Fig. 13** gezeigten Konfigurationen werden die gleichen Bezugsziffern den gleichen Blöcken wie denjenigen in **Fig. 1** gegeben. Da außerdem in **Fig. 12** und **Fig. 13** das Rohr P, an dem Elektroden A und B und auch die Erdungselektrode Z verbunden sind, die gleiche Konfiguration wie diejenige in **Fig. 1** aufweist, wird ihre Angabe weggelassen.

**[0063]** In dem Blockdiagramm von **Fig. 12** werden der Takt für die Diagnoseschaltung und der Takt für die Strömungssignalerfassungsschaltung voneinander getrennt (Takt **1** und Takt **2**). Mit anderen Worten wird jedes Taktignal (Takt **1** und Takt **2**) mit zwei Teilerschaltungen **16** und **18** geteilt. Dies kann ebenfalls durch Auswählen der Frequenz als Timing ausgeführt werden, wenn der durch das gleiche Taktignal geteilte Takt (Takt **1**) der CPU **1** an die Diagnoseschaltung mit einem Wert gegeben wird, der kein ganzzahliges Vielfaches der Anregungsfrequenz ist.

**[0064]** Dann wird der Signalwert der Diagnoseschaltung in einem Abtastintervall gleich Null gemacht, in dem die Abtastzeit für das Strömungssignal ein ganzzahliges Vielfaches der Diagnoseschaltungssignalperiode gemacht wird. Dies hindert das oben beschriebene Diagnoseschaltungssignal am Beeinflussen des Durchfluss- oder Strömungssignals.

**[0065]** In **Fig. 12** wird die Abtastzeit für das Strömungssignal basierend auf dem Wert des im voraus bekannten Takts **2** bestimmt. Ein Problem dieses Verfahrens besteht darin, dass, wenn sich das Taktsignal mit der Temperatur verändert, die Abtastzeit für das Strömungssignal kein ganzzahliges Vielfaches der Diagnoseschaltungssignalfrequenz und somit wird Strömungssignal beeinflusst das.

**[0066]** Um dies zu vermeiden, wird mit der in **Fig. 13** gezeigten Konfiguration die Frequenz des Taktsignals (Takt **2**) mit einem Zähler **25** der CPU **6** gemessen, und die Abtastzeit des Strömungssignals wird basierend auf dem gemessenen Frequenzwert bestimmt. Dies ermöglicht, dass die Abtastzeit des Strömungssignals fehlerfrei ein ganzzahliges Vielfaches der Diagnoseschaltungssignalperiode ist. Da außerdem die Auswahl der Frequenz für die Diagnoseschaltung, die aus dem gleichen Takt (Takt **2**) der CPU auf einen Wert geteilt wird, der kein ganzzahliges Vielfaches der Grundanregungsfrequenz ist, es ermöglicht, dass die Abtastzeit aus dem gleichen Taktsignal bestimmt werden kann (Takt **2**), wird die Abtastzeit nicht durch Temperaturänderungen der Taktfrequenz beeinflusst. Aus diesem Grund kann die Abtastzeit des Strömungssignals fehlerfrei ein ganzzahliges Vielfaches der Diagnoseschaltungssignalperiode sein.

(Ausführungsform 3)

**[0067]** Als nächstes wird das Abtasten des Diagnosesignals für eine Einzelfrequenzanregung und eine Dualfrequenzanregung beschrieben.

**[0068]** Die oben beschriebene Ausführungsform **1** und Ausführungsform **2** sind Ausführungsformen für eine Einzelfrequenzanregung, und bei den mit Elektroden A und B beim Diagnosebetrieb erfassten Signalverläufen sind die Diagnosesignalkomponenten und Differentialrauschkomponenten enthalten, wie es in **Fig. 15** gezeigt ist. Demgemäß wird die Diagnosesignalfrequenz ausgestaltet, so dass sie auf das Vierfache oder mehr der Anregungsfrequenz eingestellt ist, und wie es in **Fig. 15** gezeigt ist, wird das Diagnosesignal an der letzten Hälfte des Anregungsstromsignalverlaufs abgetastet, wo das Differentialrauschen kleiner ist, was den Einfluss des Differentialrauschens verringert.

**[0069]** Als nächstes wird der Modus des Messens der Leitfähigkeit beschrieben. Eine Frequenz an der Grenze des linearen Bereichs A und des kreisförmigen Bogenbereichs B des in **Fig. 10** bei der Ausführungsform **1** der Erfindung gezeigten Cole-Cole-Diagramms verändert sich in Abhängigkeit von den Bedingungen bei dem Zustand zwischen den Elektroden A und B und dem Fluid. Bei dieser Arbeitsweise wird der Fluidwiderstand abwechselnd mit mindestens zwei Frequenzarten bei der Ausführungsform **1** der Erfindung gemessen. Wenn diese Widerstandswerte miteinander in einem vorbestimmten Bereich übereinstimmen, wird angenommen, dass die Messung in dem linearen Bereich durchgeführt wurde, und es wird beurteilt, dass die Leitfähigkeitsmessung in der Nachbarschaft der Anregungsfrequenz ohne ein Problem ausgeführt wurde. Wenn diese Widerstandswerte nicht miteinander übereinstimmen, das heißt, wenn sie jenseits des vorgeschriebenen Bereichs sind, wird angenommen, dass die Messung in dem kreisförmigen Bogenbereich des Cole-Cole-Diagramms durchgeführt wurde, und die Leitfähigkeitsmesung in der Nachbarschaft der Anregungsfrequenz wird beurteilt, als ob sie nicht normal ausgeführt wurde.

**[0070]** Aus dieser Beurteilung wird die Frequenz an der Grenze des linearen Bereichs und des kreisförmigen Bogenbereichs des Cole-Cole-Diagramms erfasst, und die Diagnosesignalfrequenz wird ausgewählt, so dass die Fluidwiderstände durch das Diagnosesignal mit dem Fluidwiderstand in dem linearen Bereich übereinstimmen.

**[0071]** Als nächstes wird die Diagnose, wenn die Erfindung auf einen elektromagnetischen Durchflussmesser angewendet wird, der Dualfrequenzanregung benutzt, mittels **Fig. 16** beschrieben.

**[0072]** Zuerst werden Anregungs- und Durchfluss- bzw. Strömungssignale (Anregungsstromsignalverläufe) mit dem Diagnosesignal (Diagnosesignalverläufe) synchronisiert. Dann wird die Frequenz für das Diagnose-Timing, die auf das Diagnosesignal angewendet wird (Diagnosesignalverlauf), als eine Zwischenfrequenz zwischen der Hochfrequenz (H) und der Niederfrequenz (L) in den mit den beiden Frequenzen konfigurierten Anregungsstromsignalverläufen eingestellt. Die Erfassung des Diagnosesignals, das heißt, des Timing für die Diagnosesignalabtastung, wird ausgewählt, um ein geradzahliges Vielfaches der Niederfrequenz (L) sowie auch ein (1/eine gerade Zahl) der Hochfrequenz (H) zu sein, und somit wird das Abtasten des Diagnosesignals an der letzten Hälfte der Niederfrequenzwellenperiode durchgeführt, wo sich das Differentialrauschen ausreichend verringert.

**[0073]** Entweder wird (a) ein Abtastintervall einer Periode der Hochfrequenz (H) zum Entfernen des Einflusses der Differentialrauschkomponenten der Hochfrequenz (H) (Diagnosesignalabtasten (1)) oder (b) ein Abtasten an der letzten Abschnittshälfte der Anregungsfrequenz, wo der Einfluss des Differentialrauschen der Hochfrequenz (H) klein wird (Diagnosesignalabtasten (2)), verwendet, während der Einfluss der Differentialrauschkomponenten der Niederfrequenz (L) entfernt wird. Jeder der beiden obigen Abtast-Timing-Intervalle kann angenommen werden.

(Ausführungsform 4)

**[0074]** **Fig. 17** zeigt ein Beispiel einer Anwendung zum Überwachen der Menge von Erde und Sand mit einem elektromagnetischen Durchflussmesser, auf den die Erfindung angewendet wird.

**[0075]** In **Fig. 17(a)** ist eine Konstantstromschaltung in einem elektromagnetischen Durchflussmesser angegeben. Diese Konstantstromschaltung ist die gleiche wie die in **Fig. 3** gezeigte Konstantstromschaltung, und somit wird in **Fig. 17** die Leitfähigkeit für einen elektromagnetischen Durchflussmesser ebenfalls mit der Konstantstromschaltung **30** gemessen. Außerdem sollte ein Wechselstromsignal auf Grund des Problems der Elektrodenpolarisationsspannung verwendet werden. Andere Elemente, wie beispielsweise ein Impedanzwandler **32**, wirken auf die gleiche Art und Weise wie in der Schaltung von **Fig. 3**.

**[0076]** In **Fig. 17(a)** wird, wie es oben beschrieben ist, die Leitfähigkeit des zu messenden Fluids basierend auf einem Diagnosebetrieb der Elektroden berechnet. Mit anderen Worten wird die Menge von Erde und Sand aus den Leitfähigkeiten zwischen den Elektroden A und B und der Erdungselektrode Z geschätzt. Da sich die Leitfähigkeit abhängig von der Menge von abgelagerten Erde und Sand verringert, während die Leitfähigkeit von Leitungswasser von 100 bis 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  reicht, kann die Erfindung beispielsweise auf Einrichtungen oder Installationen von Zuführwasser oder Abwasser für Landwirtschaftswasser, Dämme, Flüsse, Seen, Sümpfe, etc. durch Messen der Leitfähigkeit des zu messenden Fluids angewendet werden. Bei derartigen Anwendungen wird gewöhnlicherweise die Menge von Erde und Sand durch Installieren von Dichtemessvorrichtungen bzw. „Densitometern“ oder dergleichen zusätzlich zu Durchflussmessern gemessen. Gemäß der Erfindung sind jedoch Densitometer nicht notwendig; der Durchfluss oder die Menge von Erde und Sand kann alleine mit elektromagnetischen Durchflussmessern gemessen werden.

**[0077]** Außerdem kann die Konstantstromschaltung **30** mit einem Schalter **34** versehen sein, um ihren Betrieb anzuhalten, so dass sie extern mit Batterien angetrieben werden kann. Dies macht einen intermittierenden Betrieb möglich.

**[0078]** Außerdem ist, wie es in **Fig. 17(b)** gezeigt ist, die Ausgabe des elektromagnetischen Durchflussmesser ein analoger Wert der Strömungsausgabe, und diese geschätzte Menge von Erde und Sand ist ebenfalls ein analoger Wert. Demgemäß können die Ausgaben von dem Gerät (Elektrodenanordnungen eines elektromagnetischen Durchflussmessers) 100 an ein großes Steuersystem oder ein kleines Computersystem **300**, wie beispielsweise einen Personal-Computer, der mit einem System der oberen Ebene über eine Kommunikationseinheit **200** durch eine drahtlose Kommunikation verbunden ist, ohne Hinzufügung von Kabeln, gesendet werden.

**[0079]** Bei der Ausführungsform 1 der Erfindung werden Wechselstromsignale als ein Mittel verwendet, um den Adhäsionszustand innerhalb des Rohrs und die Fluidleitfähigkeit zu erfassen; eine Frequenz eines ganz-zahligen Vielfachen der Grundanregungsfrequenz wird für die Konstantstromversorgung angenommen; die Anregungsfrequenz wird mit der Signalfrequenz für die Adhäsionserfassungsschaltung synchronisiert; eine Frequenz, die nicht von der Strukturverteilung der Elektroden beeinflusst wird, wird ausgewählt; und ferner wird die Elektrodenimpedanzmessschaltung bereitgestellt.

**[0080]** Dies ermöglicht, dass die Elektrodenimpedanz durch Messen der Elektrodenimpedanz in der Nähe der Anregungsfrequenz genau gemessen werden kann. Als Ergebnis kann die Adhäsionserfassung und die Unterscheidung des Typs des Fluids genau durchgeführt werden. Da außerdem eine höhere Frequenz als die Grundanregungsfrequenz verwendet wird, kann eine Diagnoseschaltung erhalten werden, die nicht so sehr von Fluidrauschen beeinflusst wird, und in der sich die Durchflusssignalmessschaltung und die Elektrodenimpedanzmessschaltung nicht stören.

**[0081]** Ferner kann der Zustand der Stagnierung bzw. Staus des zu messenden Fluids in Elektrodenabschnitten durch Betreiben der Diagnoseschaltung unterschieden werden, wenn das Rohr leer ist.

**[0082]** Gemäß der Ausführungsform 2 der Erfindung werden Wechselstromsignale als ein Mittel benutzt, um den Adhäsionszustand innerhalb des Rohrs und die Fluidleitfähigkeit zu erfassen; eine Frequenz, die kein ganzzahliges Vielfaches der Grundanregungsfrequenz ist, wird als die Frequenz dieses Wechselstromsignals ausgewählt; und eine Frequenz, die nicht von der Strukturverteilung von Elektroden beeinflusst wird, wird als das Wechselstromsignal ausgewählt. Außerdem ist das oben beschriebene Wechselstromsignal aufgebaut, um das Durchflusssignal nicht zu beeinflussen, indem eine Elektrodenimpedanz-Messschaltung bereitgestellt und die Abtastzeit für das Durchflusssignal auf ein ganzzahliges Vielfaches der Periode des oben erwähnten Wechselstromsignals eingestellt wird.

**[0083]** Aus diesem Grund kann ein elektromagnetischer Durchflussmesser verwirklicht werden, der die Elektrodenimpedanz durch Messen der Elektrodenimpedanz in der Nähe der Anregungsfrequenz genau messen und die Erfassung von Adhäsion und Unterscheidung des Typs von Fluid genau durchführen kann. Die Erfindung bietet ebenfalls eine Elektrodenimpedanzmessschaltung an, die nicht so sehr durch Fluidrauschen beeinflusst wird, und ermöglicht, dass eine Durchflusssignal-Messschaltung und eine Elektrodenimpedanz-Messschaltung, die einander nicht stören, gebildet werden können.

**[0084]** Gemäß dem in Ausführungsform 3 der Erfindung gezeigten Diagnosesignalabtastverfahren kann ein elektromagnetischer Durchflussmesser erhalten werden, in dem der durch Differentialrauschen verursachte Einfluss auf das Diagnosesignal durch Benutzen eines Systems mit Dualfrequenzanregung klein wird. Da außerdem die Fluidwiderstandsmessung mit zwei oder mehr Frequenzen abwechselnd bei der Leitfähigkeitsmessung durchgeführt wird, wird somit der lineare Bereich des Cole-Cole-Diagramms dadurch unterschieden, ob die Widerstandswerte in einem vorbestimmten Bereich sind oder nicht, und die Frequenz des Diagnosesignals kann ausgewählt werden, so dass die von dem Diagnosesignal gemessenen Fluidwiderstände mit dem unter Verwendung der Anregungsfrequenz erhaltenen Fluidwiderstand übereinstimmen.

**[0085]** Gemäß der Ausführungsform 4 der Erfindung kann, da bestimmt wurde, dass die Menge von Erde und Sand in dem zu messenden Fluid durch Messen der Leitfähigkeit überwacht wird, die Menge von Erde und Sand kostengünstiger als in dem Fall geschätzt werden, in dem die Menge von Erde und Sand mittels einer Dichtebestimmung durch Installieren eines Densitometers gemessen wird.

### Patentansprüche

1. Elektromagnetischer Durchflussmesser mit:  
 einem Messrohr (P), durch das ein zu messendes Fluid geleitet wird,  
 einer Spule zum Anlegen eines Magnetfeldes an das Fluid,  
 einer Anregungsschaltung (13), um die Spule mit einem Anregungssignal mit einer Anregungsfrequenz zu treiben,  
 einem Paar von Erfassungselektroden (A, B), um ein der Durchflussrate des durch das Messrohr (P) laufenden Fluids entsprechendes Detektionssignal zu erfassen,  
 einer Erdungselektrode (Z), die in dem Messrohr (P) vorgesehen ist und deren Potential das Bezugspotential zur Zeit der Durchflussratenmessung ist,  
 Wechselsignalgeneratoren (3, 9), die mit den Erfassungselektroden (A, B) verbunden sind und Diagnosesignale erzeugen, die mit der Anregungsfrequenz synchronisiert sind, und  
 einer Diagnoseschaltung, um Widerstandswerte der Erfassungselektroden (A, B) zu bestimmen,  
 einem Differenzverstärker, um das Detektionssignal synchron mit der Anregungsfrequenz zu erfassen,  
 wobei die Diagnoseschaltung ausgestaltet ist, um die Widerstandswerte zwischen den Erfassungselektroden (A, B) aus Spannungswerten zu berechnen, die erhalten werden, wobei das Detektionssignal synchron sowohl mit der Frequenz des Diagnosesignals als auch mit den Stromwerten der Wechselsignalgeneratoren (3, 9) detektiert wird,  
 wobei eine Leerfassung, um zu erfassen, ob das Messrohr (P) mit Fluid gefüllt ist oder nicht, eine Adhäsionsfassung, um zu erfassen, ob isolierendes Material an den Erfassungselektroden (A, B) anhängt oder nicht, oder eine Fluidtypfassung auf der Grundlage des Widerstandswertes verwirklicht wird, und  
 wobei die Frequenz des Diagnosesignals ein ganzzahliges Vielfaches und mindestens ein Zweifaches der Anregungsfrequenz durch die Anregungsschaltung (13) ist,  
 wobei die Frequenz des Diagnosesignals 2 kHz oder weniger ist.

2. Elektromagnetischer Durchflussmesser gemäß Anspruch 1, bei dem die Wechselsignalgeneratoren (3, 9) zwischen den Erfassungselektroden (A, B) und der Erdungselektrode (Z) geschaltet sind, und wobei der Widerstandswert der Erfassungselektroden (A, B) zwischen der jeweiligen Erfassungselektrode (A, B) und der Erdungselektrode (Z) bestimmt wird.

3. Elektromagnetischer Durchflussmesser gemäß Anspruch 1, bei dem die Frequenz des Diagnosesignals das Zwei- oder Vierfache der Anregungsfrequenz ist.
4. Elektromagnetischer Durchflussmesser gemäß Anspruch 3, bei dem einer der Wechselsignalgeneratoren (3) mit einer Erfassungselektrode (A) verbunden ist, um ein erstes Diagnosesignal zu erzeugen, wobei der andere Wechselsignalgenerator (9) mit der anderen Erfassungselektrode (B) verbunden ist, um ein zweites Diagnosesignal zu erzeugen, und wobei das erste und das zweite Diagnosesignal gleich sind.
5. Elektromagnetischer Durchflussmesser gemäß Anspruch 3, bei dem einer der Wechselsignalgeneratoren (3) mit einer Erfassungselektrode (A) verbunden ist, um ein erstes Diagnosesignal zu erzeugen, wobei der andere Wechselsignalgenerator (9) mit der anderen Erfassungselektrode (B) verbunden ist, um ein zweites Diagnosesignal zu erzeugen, und wobei das erste und das zweite Diagnosesignal abwechselnd erzeugt werden.

Es folgen 18 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

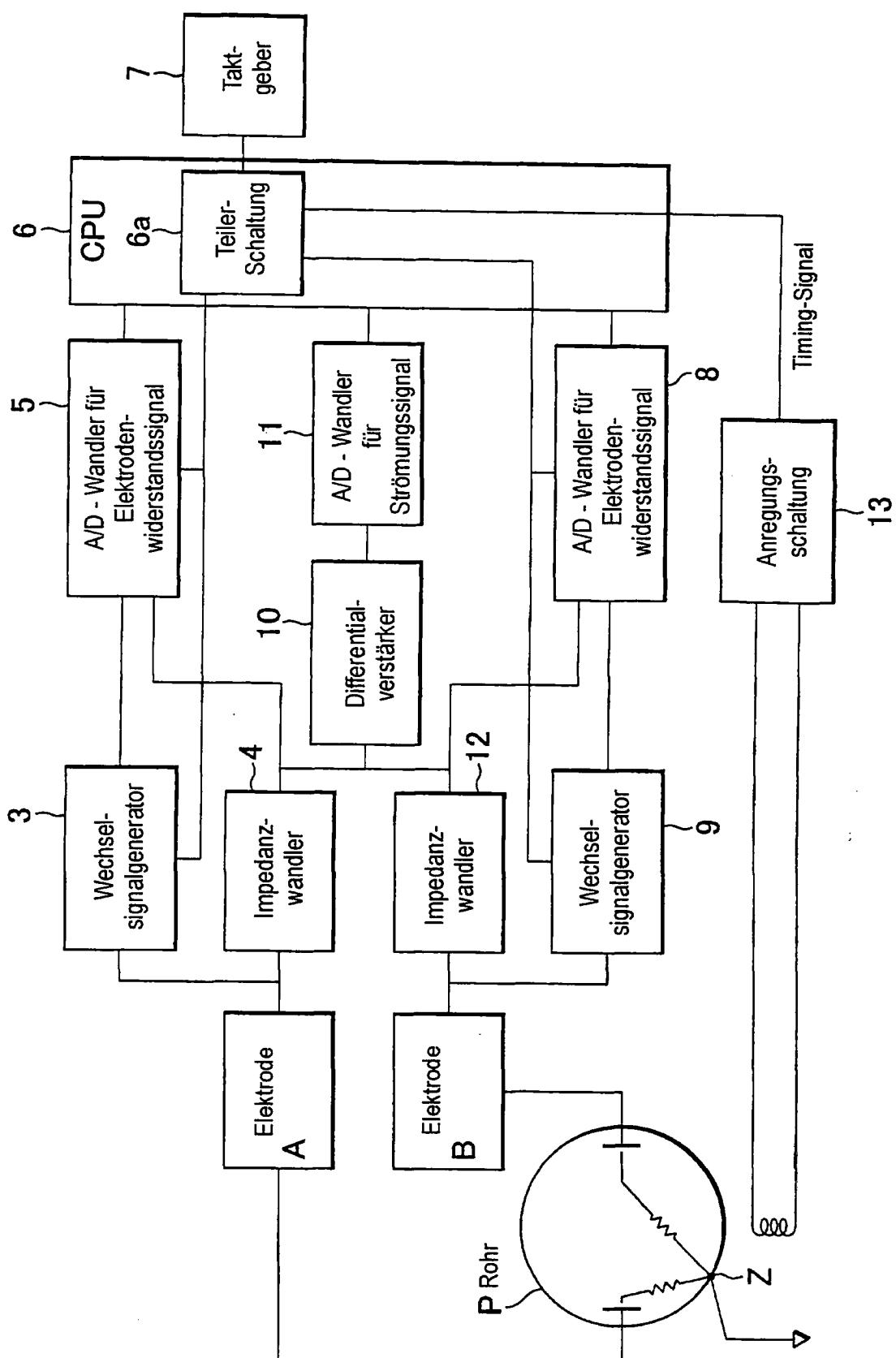


FIG.2

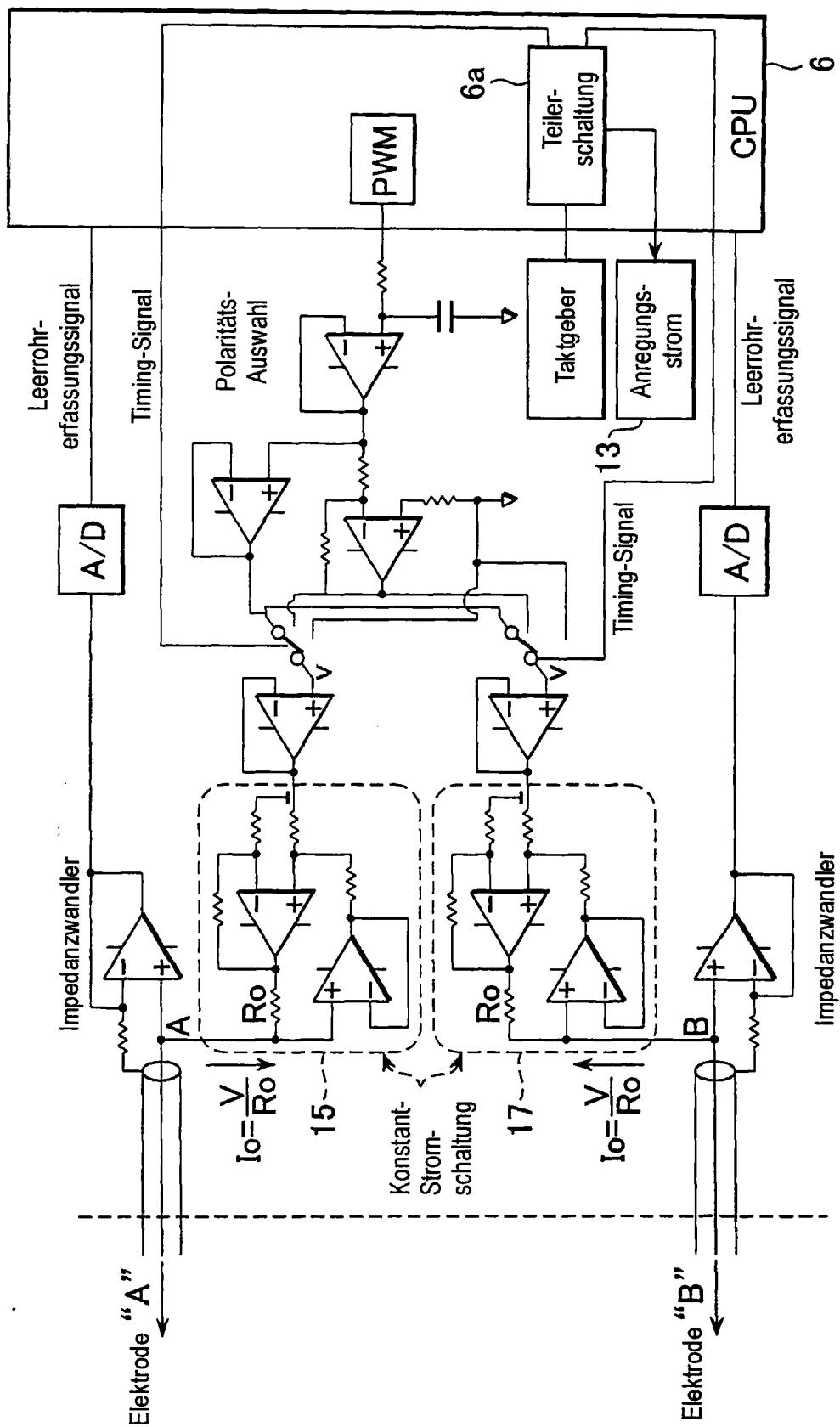


FIG.3

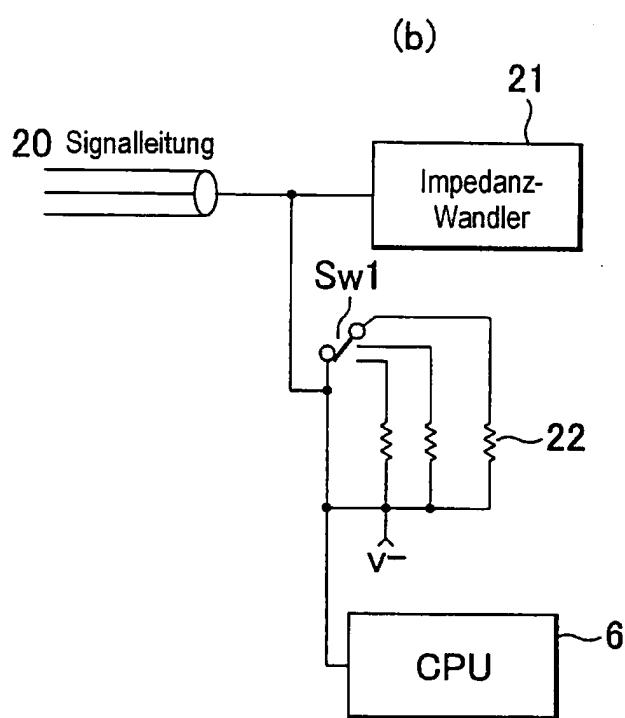
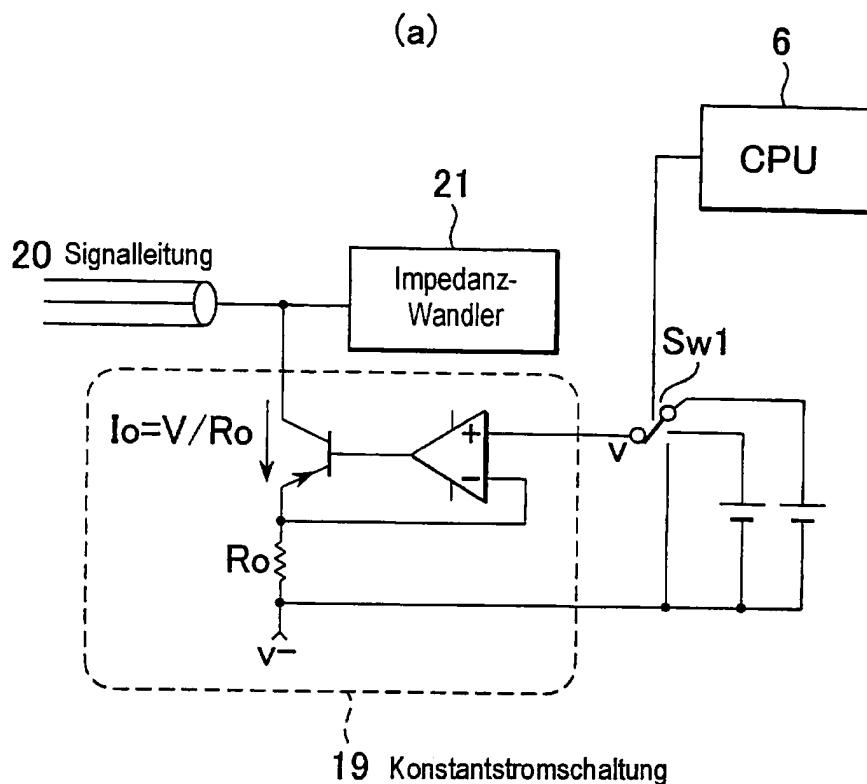


FIG.4

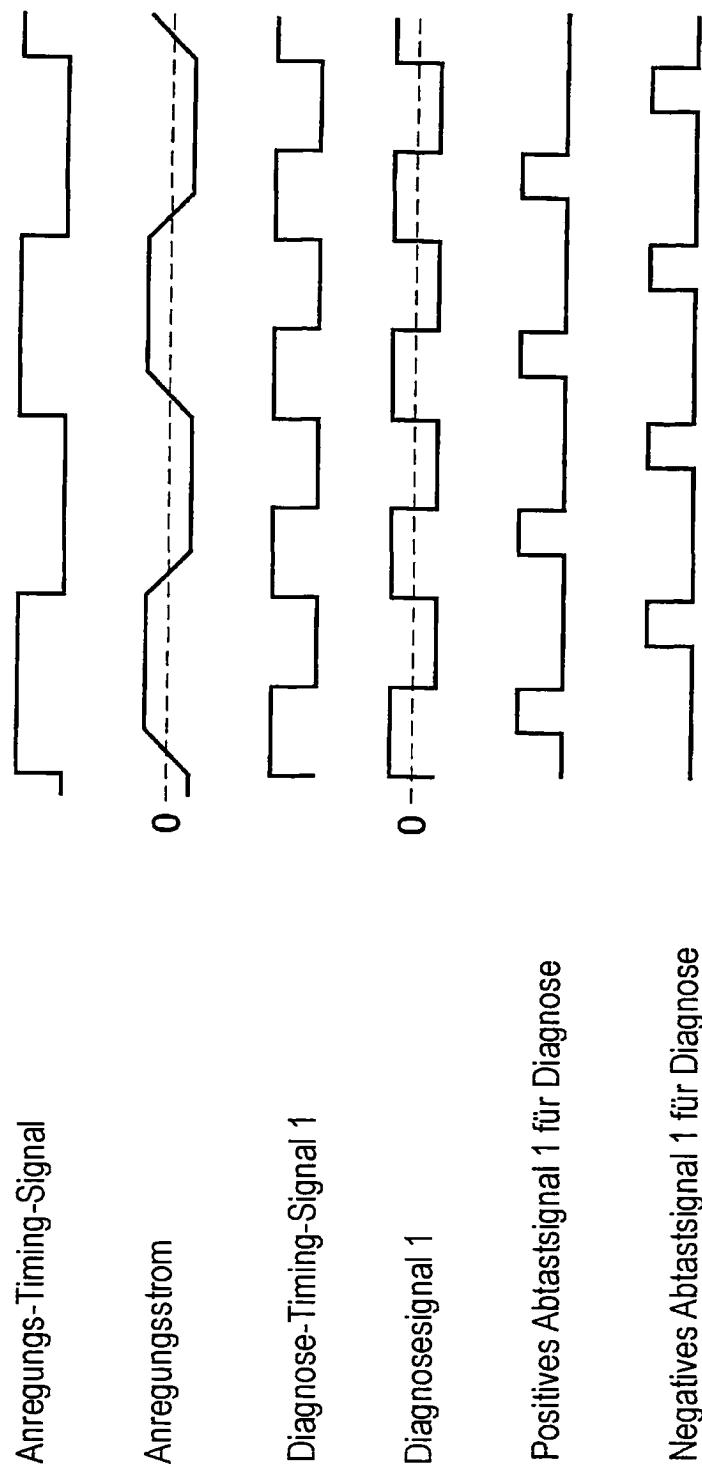


FIG.5

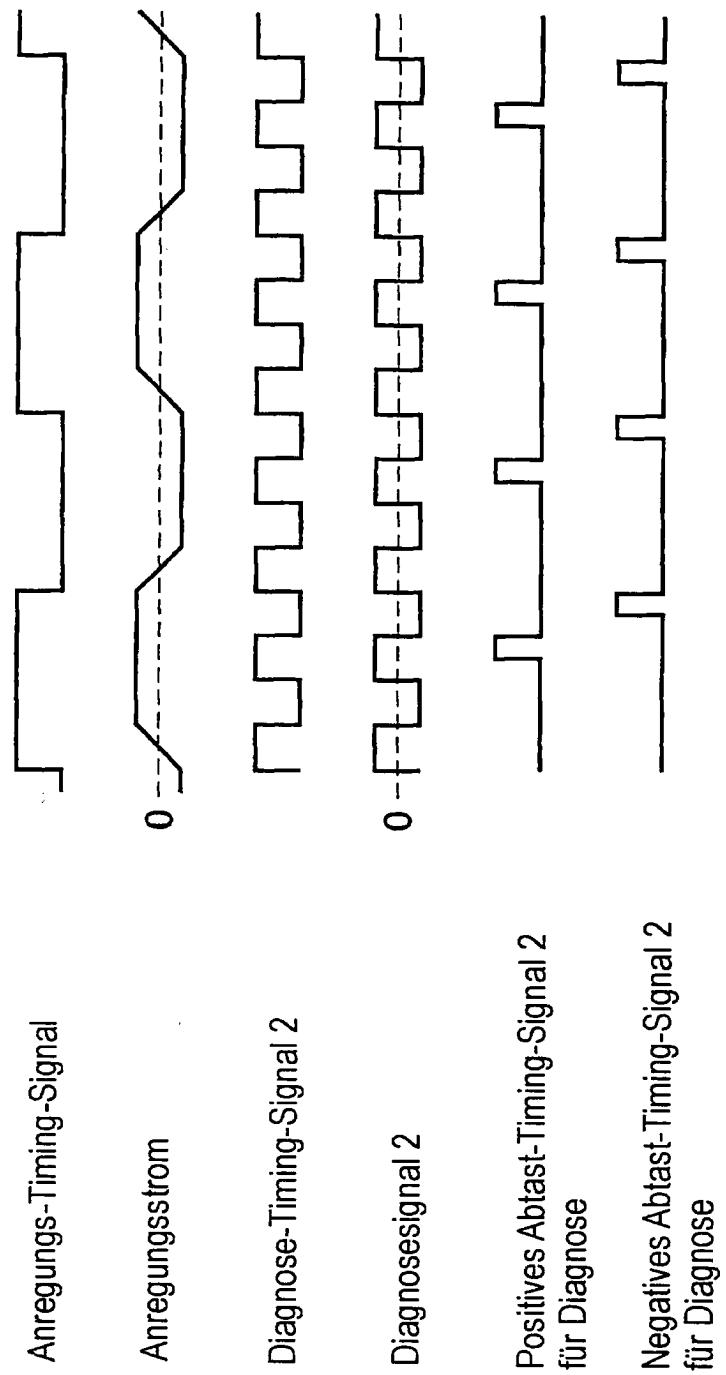


FIG.6

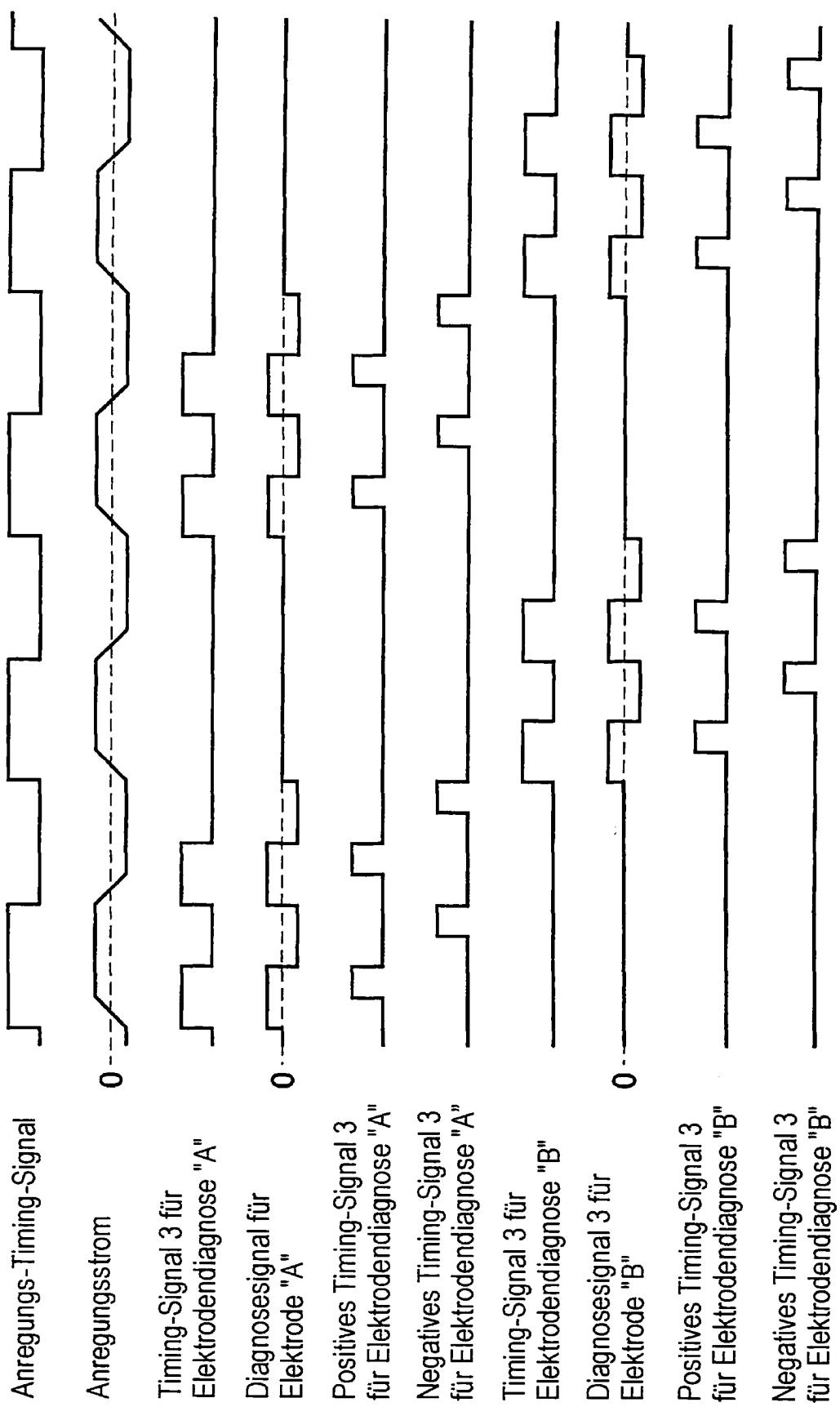


FIG.7

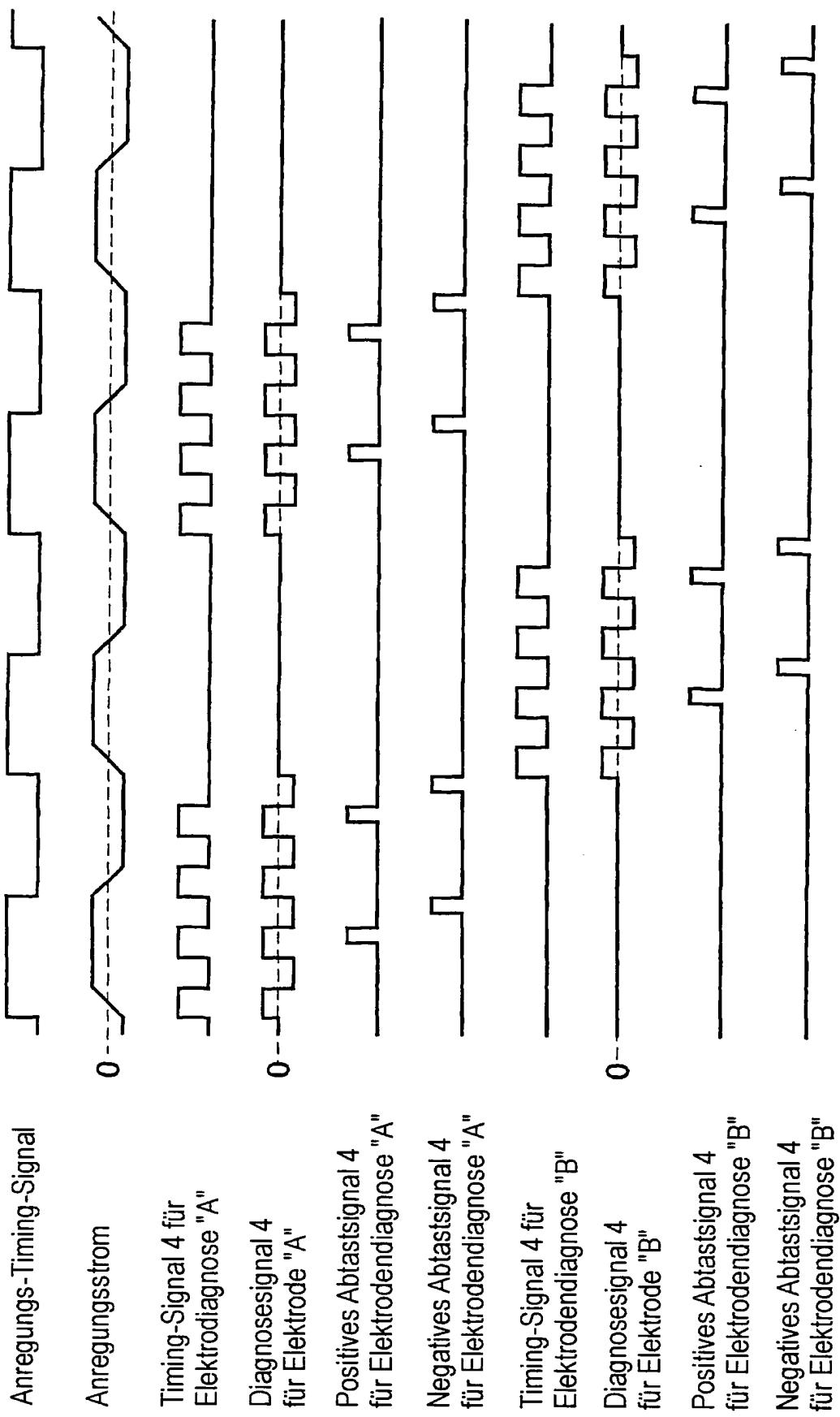


FIG.8

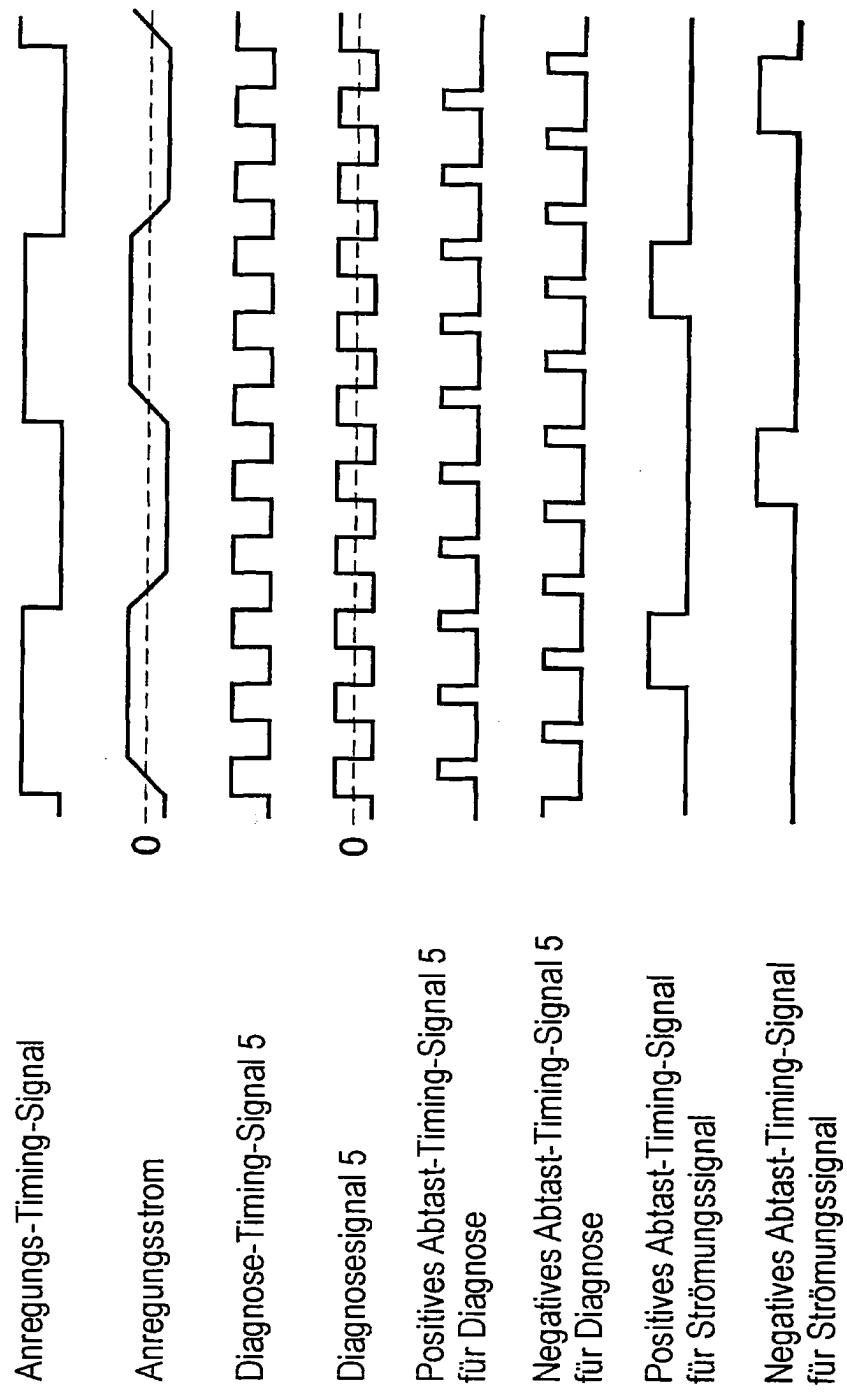


FIG.9

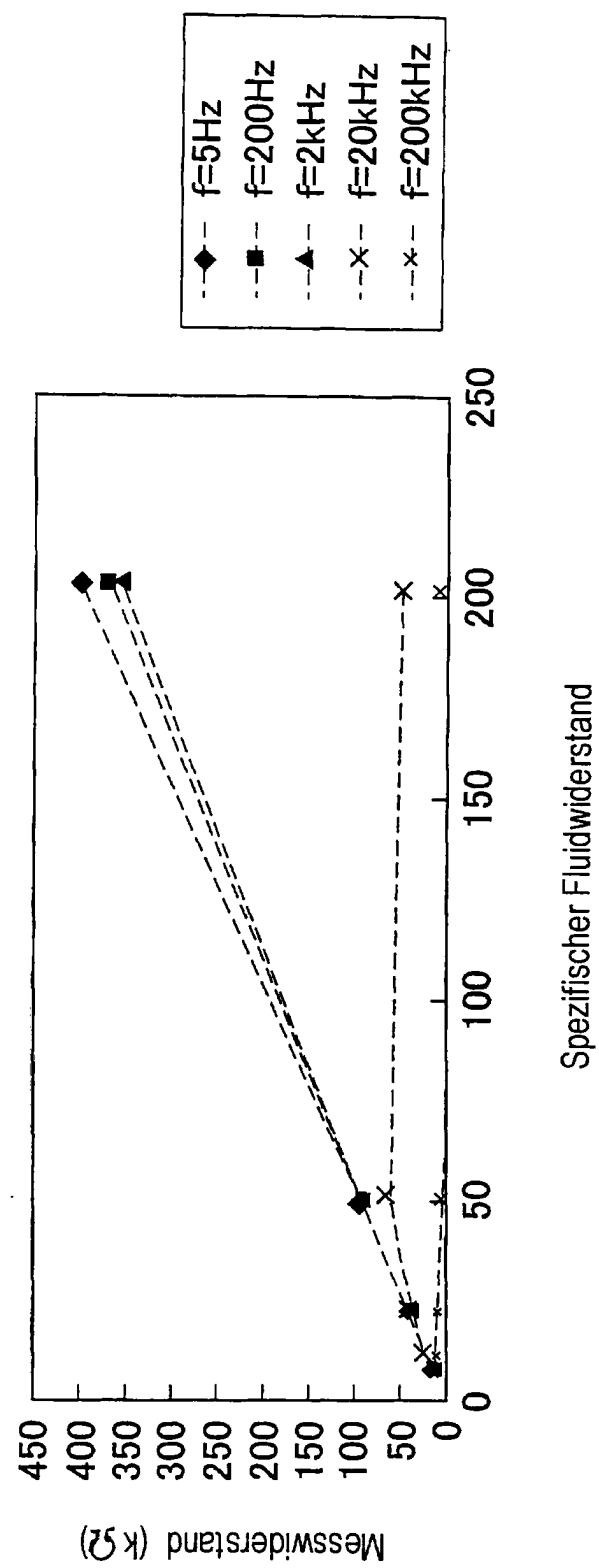


FIG.10

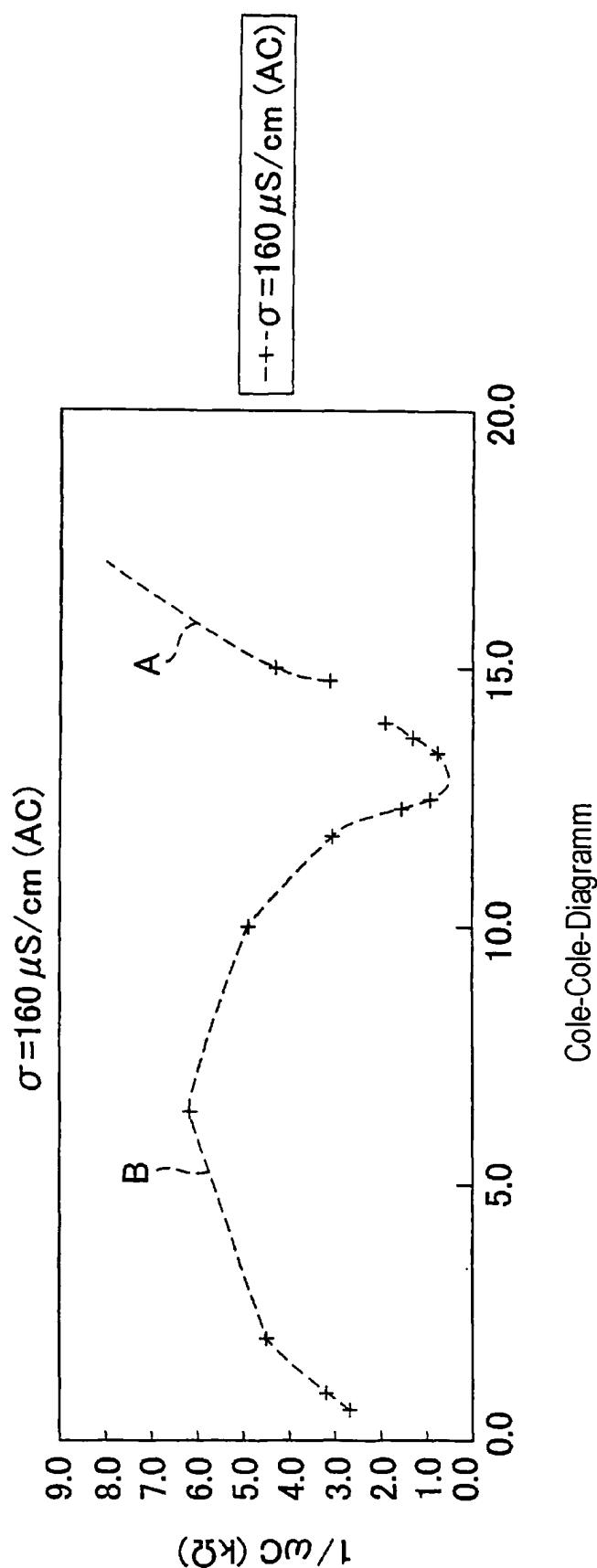
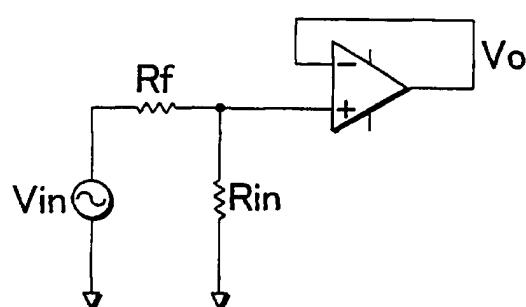


FIG.11



Rf : Quellenwiderstand  
Rin: Eingangswiderstand  
Vin: Strömungswiderstand  
Vo : Impedanz-umge-  
wandelter Ausgang  
 $Vo/Vin = Rin/(Rf+Rin)$

FIG.12

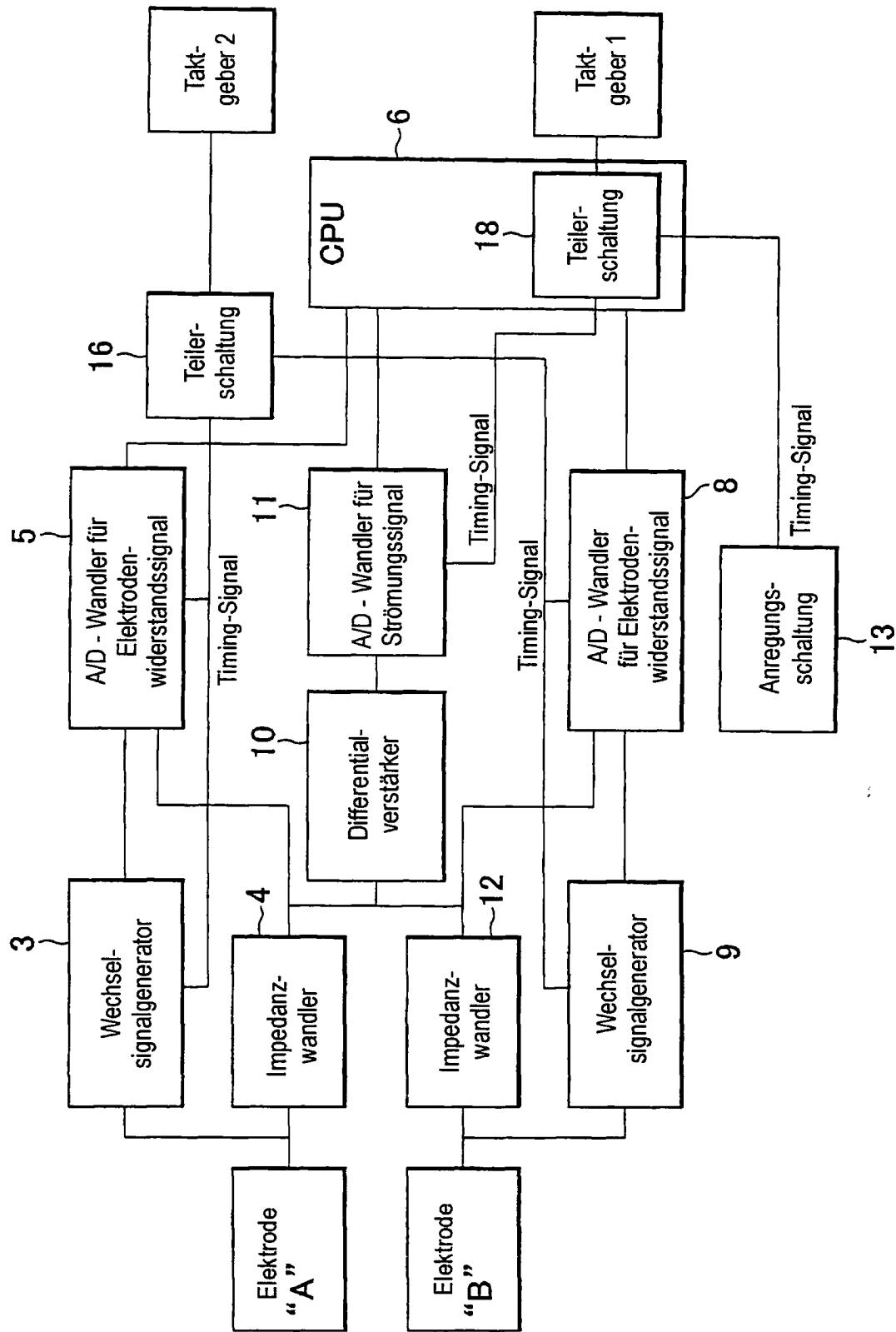


FIG.13

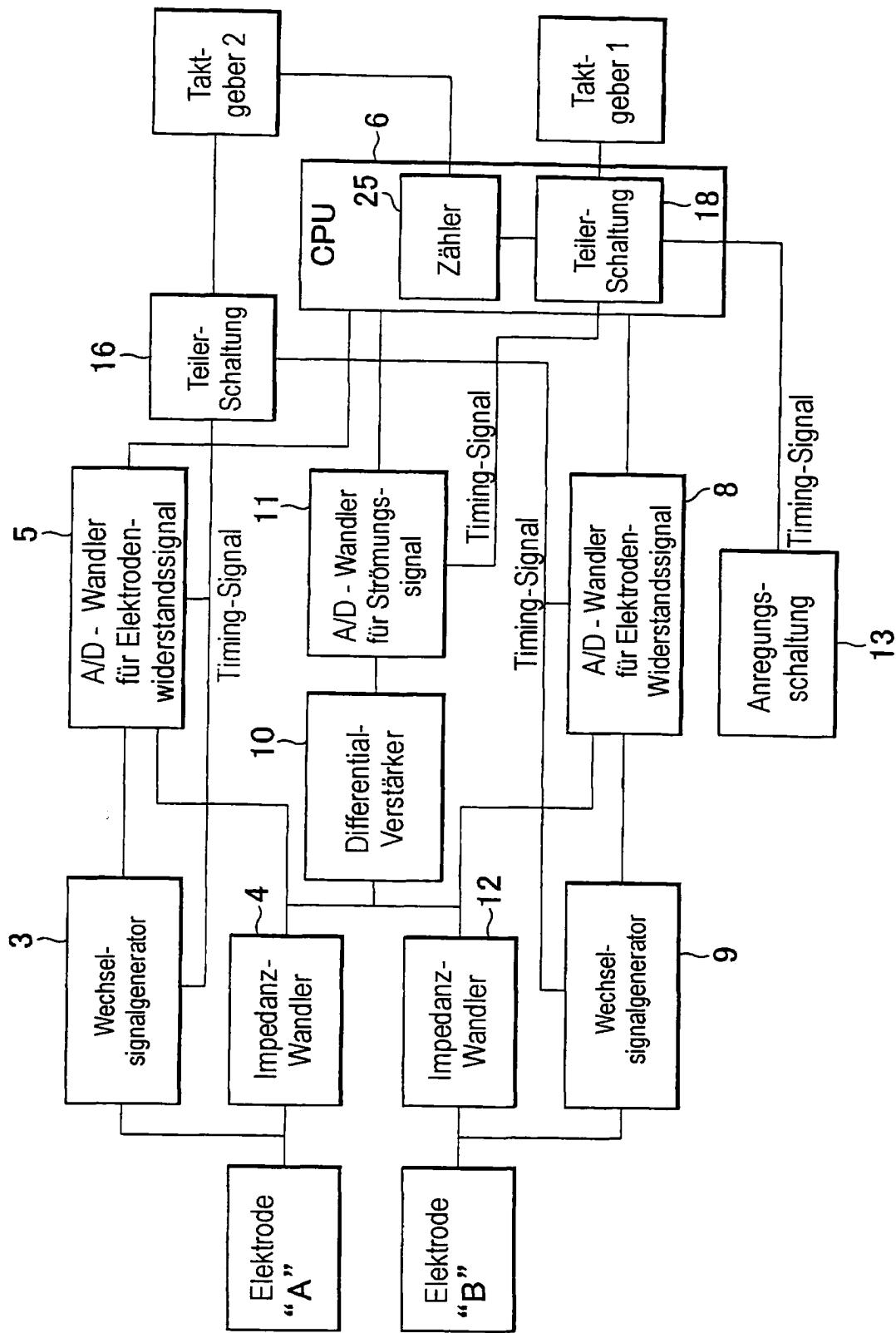
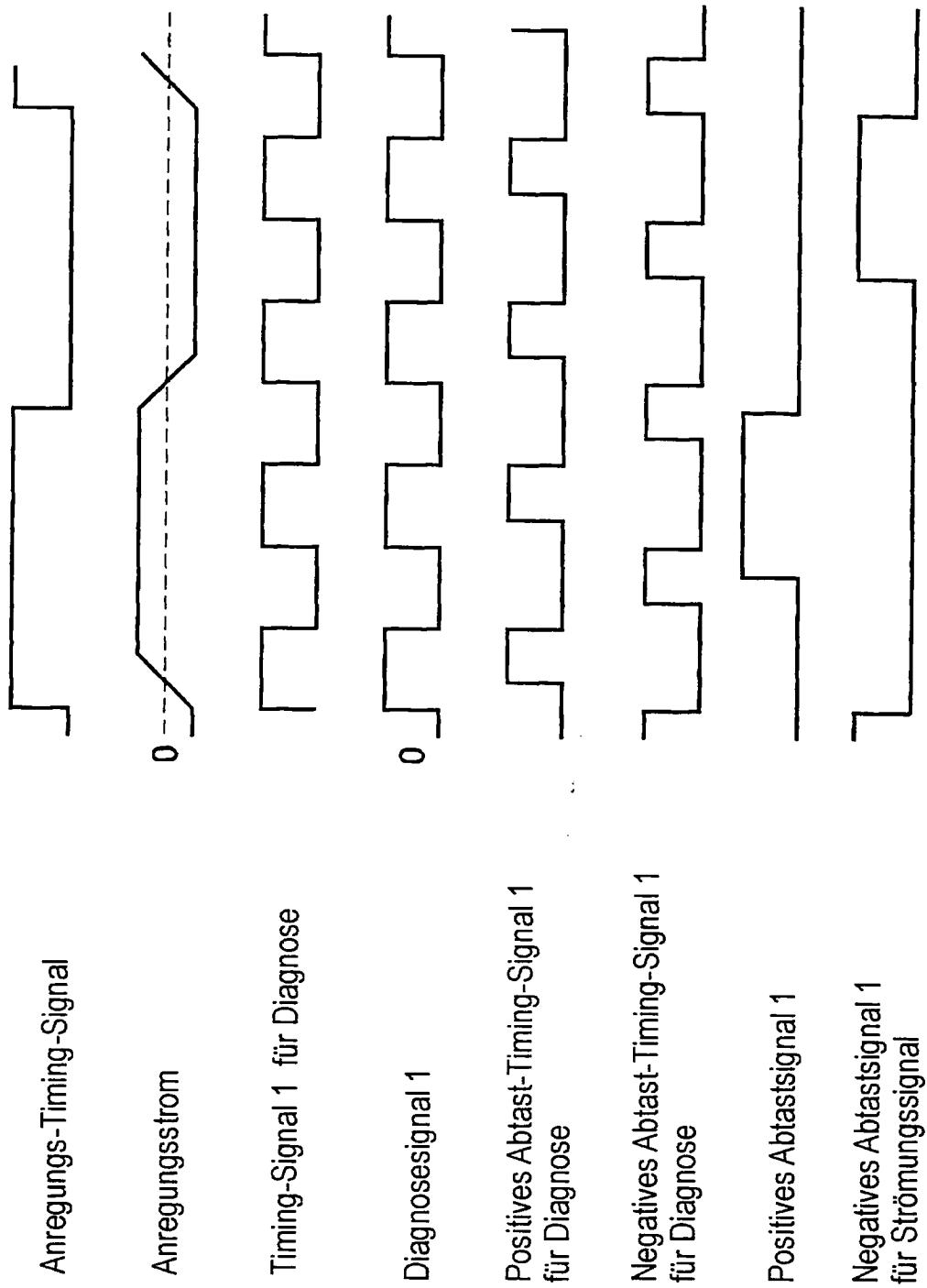


FIG. 14



# FIG.15

Verfahren für Diagnoseabtastsignal im Fall von Diagnosesignalfrequenz = 4x Anregungsfrequenz

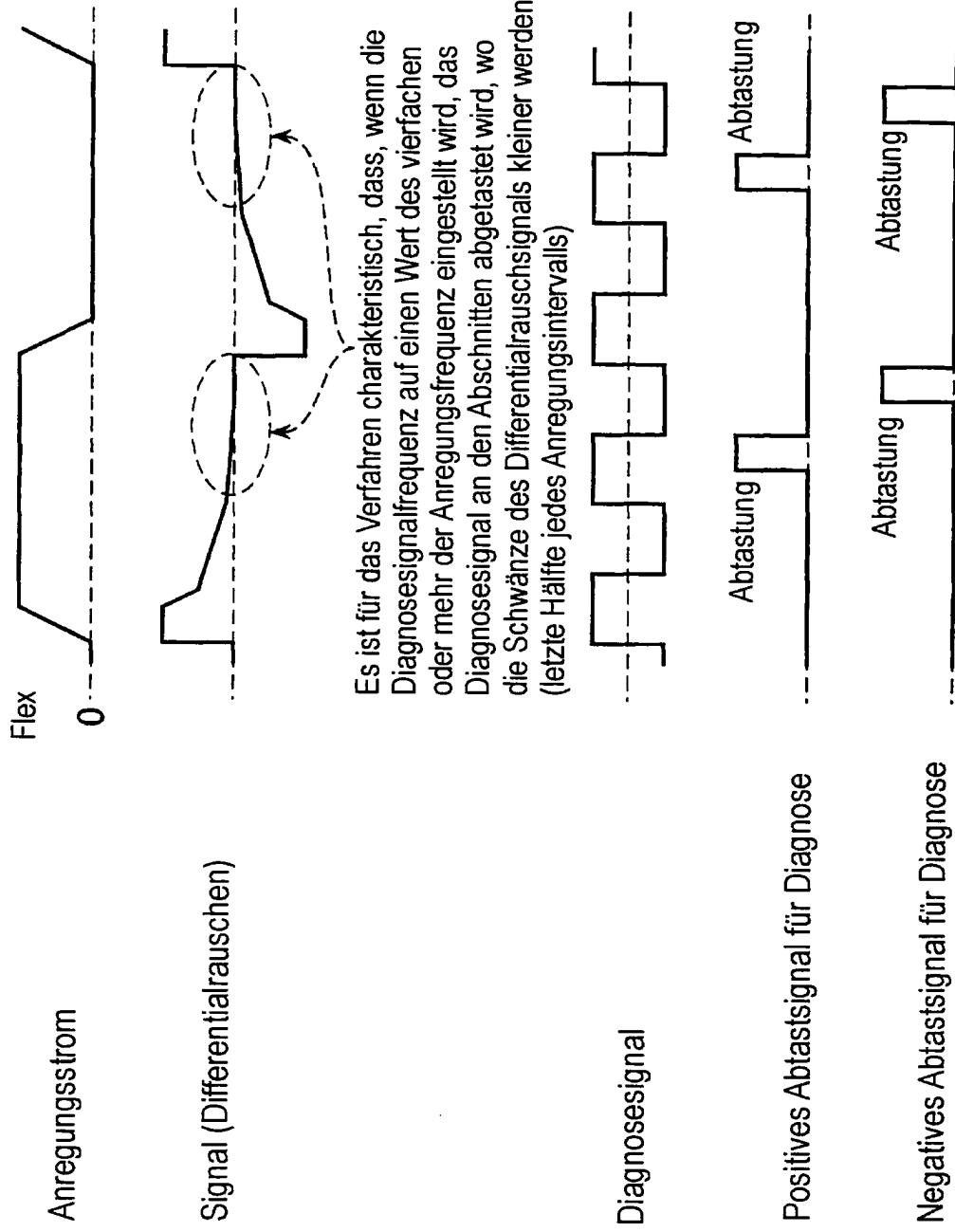


FIG. 16

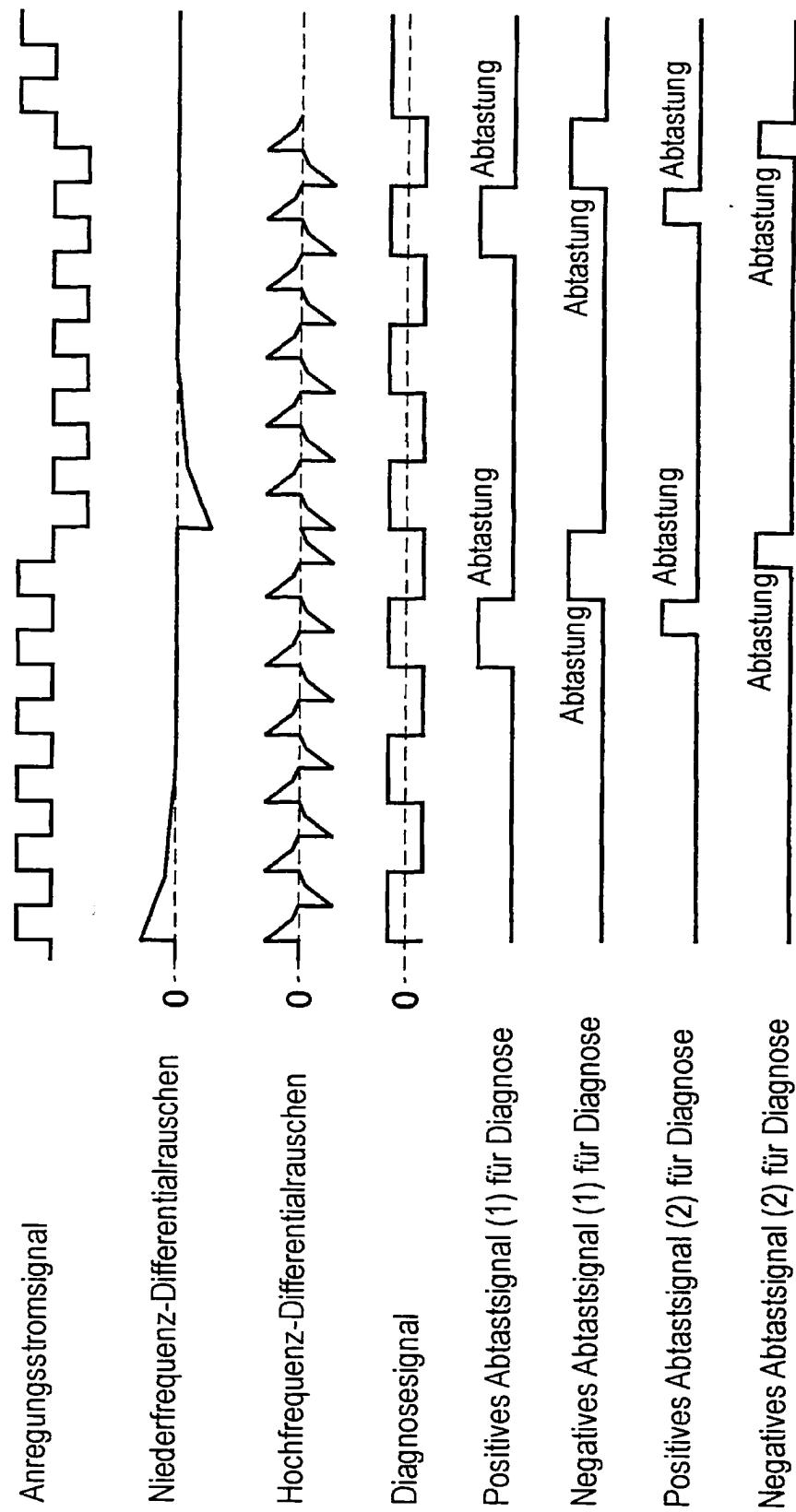
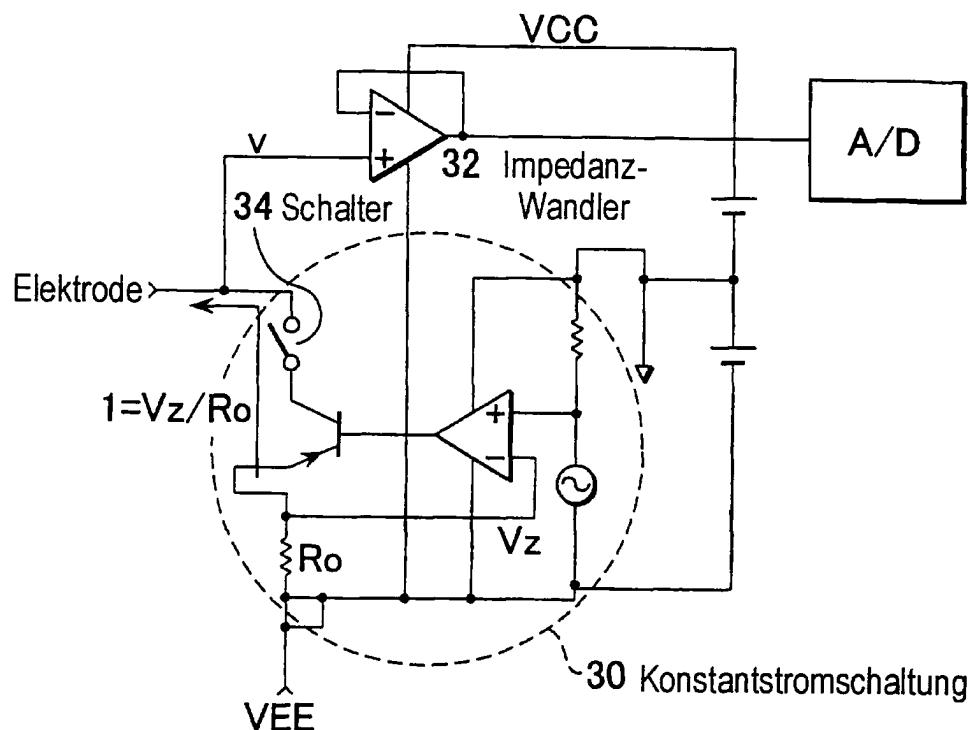


FIG.17

(a)



(b)

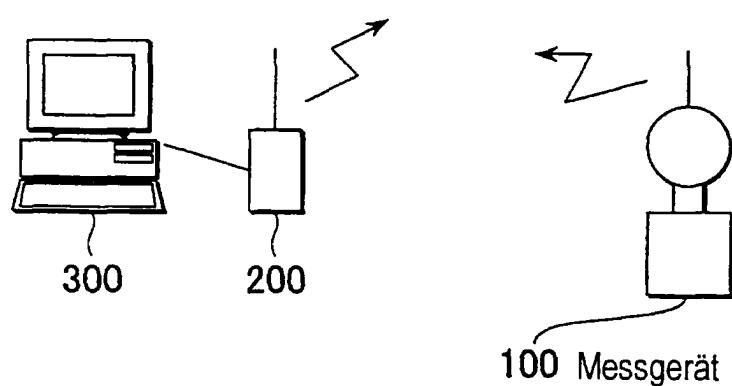


FIG.18

