



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **103 97 002.9**
 (22) Anmeldetag: **16.06.2003**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **30.04.2015**

(51) Int Cl.: **G01N 27/327 (2006.01)**
G01N 27/416 (2006.01)

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:
2002-193547 **02.07.2002** **JP**
2002-304858 **18.10.2002** **JP**

(72) Erfinder:
Ueno, Hiroya, Osaka, JP; Nakatsuka, Junji, Osaka, JP

(62) Teilung aus:
103 92 159.1

(56) Ermittelte Stand der Technik:

(62) Teilung in:
103 97 015.0; 103 97 017.7; 103 97 018.5; 103 97 016.9

US	5 282 950	A
US	4 999 582	A
US	4 950 378	A
WO	02/ 044 705	A1
CA	2 296 608	A1
JP	H11- 154 833	A
JP	H11- 509 644	A

(73) Patentinhaber:
Panasonic Healthcare Holdings Co., Ltd., Tokio, JP

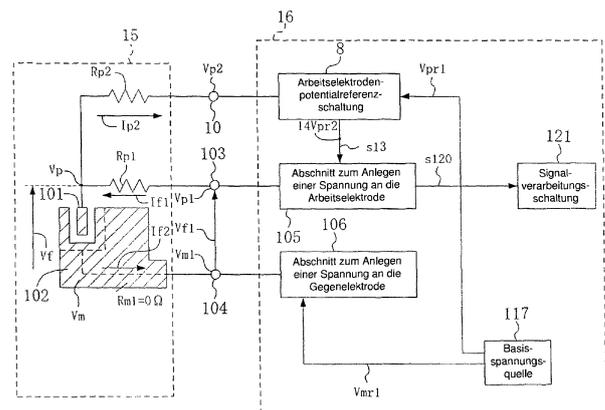
Wang J.: Portable electrochemical systems. In: TRENDS IN ANALYTICAL CHEMISTRY. 2002, Vol. 21, No. 4, S. 226-232

(74) Vertreter:
Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB, 80802 München, DE

(54) Bezeichnung: **Biosensor, Biosensorchip und Biosensoreinrichtung**

(57) Hauptanspruch: Biosensor (210; 230; 230A–D) mit: einer Arbeitselektrode (211), die mit einem zu untersuchenden Fluid während einer Untersuchung in Kontakt ist; einer Gegenelektrode (212), die mit dem zu untersuchenden Fluid während einer Untersuchung in Kontakt ist, wobei die Gegenelektrode und die Arbeitselektrode mit einem Abstand dazwischen angeordnet sind; einem Arbeitselektrodenanschluss (213a), der mit der Arbeitselektrode (211) verbunden ist; einem Gegenelektrodenanschluss (214a), der mit der Gegenelektrode (212) verbunden ist; einem Arbeitselektrodenreferenzanschluss (213b), der mit der Arbeitselektrode (211) verbunden ist; und einem Gegenelektrodenreferenzanschluss (214b), der mit der Gegenelektrode (212) verbunden ist; wobei der Biosensor ferner umfasst: eine erste Leitung (233a), die die Arbeitselektrode (211) mit dem Arbeitselektrodenanschluss (213a) verbindet; eine zweite Leitung (233b), die die Arbeitselektrode (211) mit dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss (213b) verbindet; eine dritte Leitung (234a), die die Gegenelektrode (212) mit dem Gegenelektrodenanschluss (214a) verbindet; und

eine vierte Leitung (234b), die die Gegenelektrode (212) mit dem Gegenelektrodenreferenzanschluss (214b) verbindet.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Biosensor und eine Biosensoreinrichtung für das elektronische Erfassen der Bindungsreaktion einer biologischen Substanz, etwa eines Oligonukleotids, eines Antigens, eines Enzyms, eines Peptids, eines Antikörpers, eines DNA-Fragments, eines RNA-Fragments, von Glukose, von Laktadsäure oder Cholesterin.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] In der jüngeren Vergangenheit wird die Verwendung von biosensorischen Instrumenten, bei denen Wegwerfprobestückchen verwendet werden, jedes Jahr größer, und es wird erwartet, dass dies eine einfache und rasche Untersuchung und Analyse einer speziellen Komponenten in einer biologischen Körperflüssigkeit, etwa Blut, Plasma, Urin, oder Speichel, oder dem gesamten Satz an Proteinen, der in einer Zelle zu einem gewissen Zeitpunkt erzeugt wird, d. h. ein Proteom, ermöglicht. Ferner wird erwartet, dass speziell zugeschnittene medizinische Behandlungen, in denen Personen behandelt werden und diesen entsprechend ihrer SNP-(Abkürzung für Einzelnukleodpolymorphismus)Information Medizinpräparate verabreicht werden, diese in der Zukunft durch eine genetische Diagnose unter Einsatz von Wegwert-DNA-Chips praktiziert werden.

[0003] Es wird nun eine konventionelle Biosensoreinrichtung zum Erfassen des Traubenzuckerspiegels, d. h. des Blutglukosespiegels, einer Blutprobe beschrieben, die in der japanischen Patentanmeldung JP H11-509644 beschrieben ist. Zu beachten ist, dass der Begriff „Biosensor“, wie er hierin verwendet ist, sich auf einen Wegwerfanteil einschließlich eines Detektionsabschnitts zum Erfassen einer biologischen Substanz bezieht, dass sich der Begriff „Biosensorchip“ auf einen Wegwerfanteil einschließlich eines Biosensors, einer Messschaltung, etc. bezieht, die auf einem Substrat montiert sind. Ferner bezeichnet der Begriff „Biosensoreinrichtung“ eine gesamte Einrichtung mit einem Biosensor oder einem Biosensorchip zusammen mit einer Analyseschaltung und anderen Teilen.

[0004] Fig. 45 ist eine Draufsicht, die den Aufbau eines konventionellen Biosensors zeigt. Ein Biosensor **1122**, der in der Figur dargestellt ist, enthält eine Arbeitselektrode (Anode) **1101**, und eine Gegenelektrode (Kathode) **1102**, die der Arbeitselektrode **1101** gegenüberliegt, und ein Untersuchungsmittel (nicht gezeigt), das aus einem Enzym, einem Übermittlungsstoff, etc. hergestellt ist und der untersuchten Komponente angepasst ist, ist auf der Arbeitselektrode **1101** und der Gegenelektrode **1102** aufge-

bracht. Die Arbeitselektrode **1101** ist mit einem Arbeitselektrodenanschluss **1103** mittels einer Leitung mit einem Leitungswiderstand RP1 verbunden. In ähnlicher Weise ist die Gegenelektrode **1102** mit einem Gegenelektrodenanschluss **1104** über eine Leitung mit einem Leitungswiderstand RM1 verbunden.

[0005] Fig. 43 ist ein Schaltbild, das einen Teil einer konventionellen Biosensoreinrichtung zeigt. Wie in der Fig. dargestellt ist, besitzt die konventionelle Biosensoreinrichtung einen Aufbau, in dem der Arbeitselektrodenanschluss **1103** und der Gegenelektrodenanschluss **1104** des Biosensors **1122**, der in Fig. 45 dargestellt ist, mit einer Messschaltung **1123** verbunden sind. Beispielsweise enthält die Messschaltung **1123** eine Basisspannungsquelle **1117**, einen Abschnitt **1106** zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode, einen Abschnitt **1105** zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode mit einem Strommesser, und eine Signalverarbeitungsschaltung **1121**. In der konventionellen Biosensoreinrichtung wird eine Basisspannung für die Arbeitselektrode Vpr1, die von der Basisspannungsquelle **1117** erzeugt wird, in ihrer Impedanz von dem Abschnitt **1105** zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode geändert und dann wird eine Arbeitselektrodenanschlussspannung Vp1 von dem Abschnitt **1105** zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode an den Arbeitselektrodenanschluss **1103** angelegt. Dabei gilt der folgende Ausdruck.

$$Vp1 = Vpr1 \quad (1)$$

[0006] Vp1 und Vpr1 in Gleichung (1) repräsentieren die Potential- oder Spannungswerte. Dies gilt auch für Vm1 und Vmr1 im Folgenden.

[0007] Ferner wird eine Gegenelektrodenbasisspannung Vmr1, die von der Basisspannungsquelle **1117** erzeugt wird, in der Impedanz durch den Abschnitt **1106** zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode geändert und anschließend wird eine Gegenelektrodenanschlussspannung Vm1 von dem Abschnitt **1106** zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode an den Gegenelektrodenanschluss **1104** angelegt. Dabei gilt der folgende Ausdruck.

$$Vm1 = Vmr1 \quad (2)$$

[0008] Der Wert des Stromes, der aus dem Arbeitselektrodenanschluss **1103** abfließt, wird durch den Abschnitt **1105** zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode gemessen, und es wird ein Arbeitselektrodenstrompegelsignal s1120, das das Messergebnis kennzeichnet, an die Signalverarbeitungsschaltung **1121** geliefert. Die konventionelle Biosensoreinrichtung berechnet die Konzentration der zu untersuchenden Komponente auf der Grundlage des gemessenen Strompegels und führt einen Vorgang zum Anzeigen eines Ergebnisses oder ähnliches

durch. Es gilt ferner Gleichung (3), wobei V_{f1} die angelegte Elektrodenspannung zwischen dem Arbeitselektrodenanschluss **1103** und dem Gegenelektrodenanschluss **1104** ist.

$$V_{f1} = V_{pr1} - V_{mr1} \quad (3)$$

[0009] Des weiteren ist V_f die angelegte Sensorspannung zwischen der Arbeitselektrode **1101** und der Gegenelektrode **1102**. Wenn ferner die Blutprobe auf den Biosensor **1122** aufgebracht wird, wird eine Ladung entsprechend dem Traubenzuckerspiegel an der Arbeitselektrode **1101** und der Gegenelektrode **1102** erzeugt, wodurch ein Strom zwischen den Elektroden auftritt. Sodann gilt der folgende Ausdruck, wobei I_{f1} der Strom ist, der auf der Seite der Arbeitselektrode **1101** fließt, und I_{f2} der Strom ist, der auf der Seite der Gegenelektrode **1102** fließt.

$$I_{f1} = I_{f2} \quad (4)$$

[0010] Der Traubenzuckerspiegel, d. h. der Blutzuckerspiegel wird erhalten, indem der Strom I_{f1} durch die Messschaltung **1123** ermittelt wird.

[0011] Fig. 44 ist ein Schaltbild, das die konventionelle Biosensoreinrichtung zeigt, die spezielle Schaltungskonfigurationsbeispiele des Abschnitts **1105** zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode und des Abschnitts **1106** zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode enthält. Wie in der Figur dargestellt ist, weist der Abschnitt **1105** zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode eine Schaltungskonfiguration auf, in der ein Rückkopplungswiderstand R_f auf einen inversen Eingang eines Operationsverstärkers zurückgekoppelt ist, und der Abschnitt **1106** zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode besitzt einen Operationsverstärker in einer Konfiguration ohne Verstärkung, d. h. als eine Pufferschaltung, wodurch die zuvor beschriebene Funktion realisiert wird.

[0012] Fig. 46 ist eine Draufsicht, die den Aufbau eines Biosensorchips **1124** in der konventionellen Biosensoreinrichtung, die in Fig. 44 dargestellt ist, zeigt. In diesem Beispiel ist lediglich ein Paar bestehend aus dem Biosensor **1122** und der Messschaltung **1123** auf dem gleichen Substrat ausgebildet.

[0013] Ferner gilt in der konventionellen Biosensoreinrichtung, die in Fig. 43 dargestellt ist, wenn der Biosensor **1122** den Blutzuckerspiegel misst, der folgende Ausdruck für die angelegte Elektrodenspannung V_{f1} und die angelegte Sensorspannung V_f , die die Spannungsdifferenz zwischen einer Arbeitselektrodenspannung V_p und einer Gegenelektrodenspannung V_m ist, auf Grund der Anwesenheit der Leitung auf Seite der Arbeitselektrode mit dem Leitungswiderstand R_{p1} und der Anwesenheit der Leitung auf

der Seite der Gegenelektrode mit dem Leitungswiderstand R_{m1} .

$$V_f = V_{f1} - (R_{p1} \cdot I_{f1} + R_{m1} \cdot I_{f2}) \quad (5)$$

[0014] Des weiteren gilt für den Strom I_{f1} , der auf der Seite der Arbeitselektrode **1101** fließt, und für den Strom I_{f2} , der auf der Seite der Gegenelektrode **1102** fließt, der folgende Ausdruck, der auf dem Kirchhoffschen Gesetz beruht.

$$I_{f1} = I_{f2} \quad (6)$$

[0015] Durch Einsetzen der Gleichung (3) und der Gleichung (6) in Gleichung (5) und durch Umordnen des Ausdrucks erhält man den folgenden Ausdruck.

$$V_f = (V_{pr1} - V_{mr1}) - (R_{p1} + R_{m1}) \cdot I_{f1} \quad (7)$$

[0016] Daher kann man erkennen, dass die angelegte Elektrodenspannung $(V_{pr1} - V_{mr1})$, die von der Messschaltung **1123** dem Biosensor **1122** zugeführt wird, um $(R_{p1} + R_{m1}) \cdot I_{f1}$ abfällt, die dann gleich der angelegten Sensorspannung V_f ist.

[0017] Wie zuvor dargestellt ist, ist es mit der konventionellen Biosensoreinrichtung möglich, in einfacher Weise den Zuckerspiegel in Blut zu untersuchen.

AUFGABEN, DIE VON DER ERFINDUNG ZU LÖSEN SIND

[0018] Der Strom I_{f1} , der durch die von dem Untersuchungsmittel erzeugten Ladung hervorgerufen wird, verhält sich in Bezug auf den Traubenzuckerspiegel Q und die angelegte Sensorspannung V_f gemäß dem folgenden Ausdruck.

$$I_{f1} = f\{Q, V_f\} \quad (8)$$

[0019] Daher ergibt das Einsetzen der Gleichung (4) in die Gleichung (3) den folgenden Ausdruck.

$$I_{f1} = f\{Q, (V_{pr1} - V_{mr1}) - (R_{p1} + R_{m1}) \cdot I_{f1}\} \quad (9)$$

[0020] Somit ergibt sich das Problem, dass der von dem Leitungswiderstand R_{p1} der Leitung der Arbeitselektrode **1101** und von dem Leitungswiderstand R_{m1} der Leitung der Gegenelektrode **1102** hervorgerufene Potentialabfall einen Fehler in dem Strom I_{f1} hervorruft, wodurch ein Fehler in dem endgültigen Blutzuckerspiegel hervorgerufen wird, der mittels der Biosensoreinrichtung gemessen wird.

[0021] Im Stand der Technik wird ein Edelmetallmaterial mit geringem Widerstand, etwa Platin (Pt), Gold (Au) oder Silber (Ag) für die Leitung verwendet, um dieses Problem zu lösen. Dies führt jedoch zu einem weiteren Problem, d. h. der Biosensor **1122** ist kos-

tenaufwendig. Da der Biosensorbereich im Wesentlichen zu entsorgen ist, sollte er wünschenswerterweise so kostengünstig wie möglich sein. Daher besteht ein großer Bedarf für neue Mittel zum Reduzieren des Leitungswiderstandes.

[0022] Wenn ferner die Biosensoreinrichtung als der Biosensorchip **1124** hergestellt wird, wird ein Mikrostrukturherstellungsverfahren zur Ausbildung der Leitungen verwendet. Ferner wird erwartet, dass Biosensorchips in der Zukunft noch weiter miniaturisiert werden. Dadurch wird der Leitungswiderstand noch stärker anwachsen und wesentliche Fehler hervorrufen, wodurch die Untersuchungsgenauigkeit der Biosensoreinrichtung deutlich vermindert wird.

[0023] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, das zuvor beschriebene Problem in Stand der Technik zu lösen und einen Biosensor und eine Biosensoreinrichtung bereitzustellen, mit denen eine Untersuchung durchgeführt werden kann, ohne dass das Ergebnis vom Leitungswiderstand einer Leitung beeinflusst wird.

[0024] Die Druckschriften CA 2,296,608 A1, US 4,950,378 A, WO 2002/44705 A1, US 4,999,582 A und US 5,282,950 A offenbaren weitere Biosensoren nach dem Stand der Technik.

ÜBERBLICK ÜBER DIE ERFINDUNG

[0025] Die Erfindung betrifft einen Biosensor gemäß Patentanspruch 1 und einen Biosensorchip gemäß Patentanspruch 11. Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Biosensors bzw. Biosensorchips sind in den abhängigen Patentansprüchen definiert.

[0026] Ein beispielhafter Biosensor umfasst: eine Arbeitselektrode, die mit einem zu untersuchenden Fluid während einer Untersuchung in Kontakt zu bringen ist; eine Gegenelektrode, die mit dem zu untersuchenden Fluid während einer Untersuchung in Kontakt zu bringen ist, wobei die Gegenelektrode gegenüberliegend zu der Arbeitselektrode mit einem Abstand dazwischen angeordnet ist, der ein Strömen des zu untersuchenden Fluids ermöglicht; einen Arbeitselektrodenanschluss, der mit der Arbeitselektrode verbunden ist; einen Gegenelektrodenanschluss, der mit der Gegenelektrode verbunden ist; und einen Referenzanschluss, der mit der Arbeitselektrode und/oder der Gegenelektrode verbunden ist und durch den während einer Untersuchung im Wesentlichen kein Strom fließt.

[0027] In dieser Anordnung ist der Referenzanschluss vorgesehen, wobei es möglich ist, ein zu untersuchendes Fluid zu untersuchen, ohne dass dies durch den Widerstand zwischen der Arbeitselektrode und dem Arbeitselektrodenanschluss oder dem Widerstand zwischen der Gegenelektrode und dem Ge-

genelektrodenanschluss beeinflusst wird, wodurch ein Biosensor verwirklicht wird, der Untersuchungen mit hoher Genauigkeit zulässt.

[0028] Eine biologische Substanz oder Mikroorganismus, die bzw. der den Zustand einer in dem zu untersuchenden Fluid enthaltenen Substanz ändert, kann auf der Arbeitselektrode und/oder der Gegenelektrode immobil aufgebracht werden. Damit ist es möglich, eine Änderung in dem zu untersuchenden Fluid durch beispielsweise eine katalytische Reaktion eines Enzyms, durch eine Antigen-Antikörper-Reaktion, eine Bindungsreaktion zwischen Genen oder dergleichen zu detektieren. Somit ist es möglich, eine detailliertere Untersuchung im Vergleich zu einer Untersuchung unter Anwendung von Fluoreszenz durchzuführen.

[0029] Der Referenzanschluss braucht nur mit der Arbeitselektrode oder der Gegenelektrode verbunden zu sein. Damit ist es möglich, eine hochgenaue Untersuchung mit weniger Komponenten auszuführen im Vergleich zu dem Fall, wenn der Referenzanschluss für die Arbeitselektrode und für die Gegenelektrode vorgesehen ist. Daher ist der Biosensor insbesondere effektiv, wenn eine Verringerung der Herstellungskosten oder eine Verringerung der Fläche erforderlich ist.

[0030] Der Biosensor kann ferner umfassen: eine erste Leitung, die die Arbeitselektrode mit dem Arbeitselektrodenanschluss verbindet; eine zweite Leitung, die die Arbeitselektrode oder die Gegenelektrode mit dem Referenzanschluss verbindet; und eine dritte Leitung, die die Gegenelektrode mit dem Gegenelektrodenanschluss verbindet. Damit ist es möglich, eine hochgenaue Untersuchung durch geeignetes Gestalten des Musters dieser Leitungen zu verwirklichen.

[0031] Der Referenzanschluss kann umfassen: einen Arbeitselektrodenreferenzanschluss, der mit der Arbeitselektrode verbunden ist; und einen Gegenelektrodenreferenzanschluss, der mit der Gegenelektrode verbunden ist. Damit ist es möglich, eine Untersuchung mit höherer Genauigkeit durchzuführen im Vergleich zu dem Fall, wenn der Referenzanschluss nur für die Arbeitselektrode oder die Gegenelektrode vorgesehen ist.

[0032] Der Biosensor kann ferner umfassen: eine vierte Leitung, die die Arbeitselektrode mit dem Arbeitselektrodenanschluss verbindet; eine fünfte Leitung, die die Arbeitselektrode mit dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss verbindet; eine sechste Leitung, die die Gegenelektrode mit dem Gegenelektrodenreferenzanschluss verbindet und eine siebte Leitung, die die Gegenelektrode mit dem Gegenelektrodenanschluss verbindet, wobei von der vierten Leitung, der fünften Leitung, der sechsten Leitung

und der siebten Leitung mindestens zwei auf unterschiedlichen Verdrahtungsebenen vorgesehen sind, so dass diese zumindest teilweise miteinander überlappen, wenn sie von oben betrachtet werden. Damit ist es möglich, die Schaltungsfläche zu verringern im Vergleich zu dem Fall, wenn alle Leitungen auf der gleichen Verdrahtungsebene vorgesehen sind.

[0033] Die erste Leitung und die zweite Leitung können in unterschiedlichen Verdrahtungsebenen vorgesehen sein. Damit ist es möglich, die Schaltungsfläche zu verringern, indem beispielsweise die Leitungen so angeordnet werden, dass diese miteinander überlappen. Wenn ferner die zweite Leitung und die dritte Leitung in unterschiedlichen Verdrahtungsebenen vorgesehen sind, ist es ebenso möglich, die Schaltungsfläche zu verringern.

[0034] Die Arbeitselektrode, die Gegenelektrode, der Referenzanschluss, der Arbeitselektrodenanschluss, der Gegenelektrodenanschluss, die erste Leitung, die zweite Leitung und die dritte Leitung können auf einem Substrat vorgesehen sein; und der Arbeitselektrodenanschluss und/oder der Gegenelektrodenanschluss können auf einer abgewandten Oberfläche des Substrats vorgesehen sein. Damit ist es möglich, eine noch größere Verdrahtungsfläche bereitzustellen, wobei es möglich ist, den Widerstand besser an den Idealwert von 0Ω anzunähern.

[0035] Ferner können der Arbeitselektrodenanschluss und der Gegenelektrodenanschluss in unterschiedlichen Verdrahtungsebenen vorgesehen sein.

[0036] Die dritte Leitung kann so vorgesehen sein, dass diese sich über mehrere Verdrahtungsebenen hinweg erstreckt.

[0037] Wenn ferner der Referenzanschluss mit nur der Arbeitselektrode oder der Gegenelektrode verbunden ist, kann die Gegenelektrode eine im Wesentlichen kreisförmige Gestalt aufweisen; und ein Teil eines inneren Randes der Arbeitselektrode kann kreisförmig mit einem im Wesentlichen konstanten Abstand zu der Gegenelektrode ausgebildet sein. Damit ist es möglich, die Reaktion des zu untersuchenden Fluids gleichförmig zu gestalten, wobei das auf die Arbeitselektrode und die Gegenelektrode wirkende elektrische Feld gleichförmig gemacht wird, wodurch die Untersuchungsgenauigkeit verbessert wird.

[0038] Alternativ kann die Arbeitselektrode eine im Wesentlichen kreisförmige Gestalt aufweisen; und ein Teil eines inneren Randes der Gegenelektrode kann kreisförmig sein mit einem im Wesentlichen konstanten Abstand zu der Arbeitselektrode. Auch in diesem Falle ist es möglich, die Reaktion des zu untersuchenden Fluids gleichförmig zu gestalten, während das auf die Arbeitselektrode und die Gegenelektrode wirkende elektrische Feld gleichförmig gestaltet

wird, wodurch die Untersuchungsgenauigkeit verbessert wird.

[0039] Es können mehrere Arbeitselektroden vorgesehen sein; und die Gegenelektroden, wovon jede jeweils einer der Arbeitselektroden gegenüberliegt, können ineinander integriert sein. Damit ist es möglich, die Anzahl der Elektroden zu verringern, wodurch die Herstellungsschritte weniger und die Herstellungskosten geringer werden. Da ferner die Querschnittsfläche der mit dem Gegenelektrodenanschluss verbundenen Leitung vergrößert werden kann, ist es möglich, den Leitungswiderstand auf der Seite des Gegenelektrodenanschlusses zu reduzieren.

[0040] Es können mehrere Gegenelektroden vorgesehen sein; und die Arbeitselektroden, wovon jede einer zugeordneten Gegenelektrode gegenüberliegt, können ineinander integriert sein. Auch in diesem Falle ist es möglich, die Anzahl der Elektroden zu reduzieren und damit die Herstellungskosten zu verringern.

[0041] Eine Querschnittsfläche der dritten Leitung kann größer als jene der ersten Leitung sein. Somit kann der Widerstand der dritten Leitung besser an den Idealwert von 0Ω angenähert werden.

[0042] Ein beispielhafter Biosensorchip umfasst: einen Biosensor: mit einer Arbeitselektrode, die mit einem zu untersuchenden Fluid während einer Untersuchung in Kontakt ist; einer Gegenelektrode, die mit dem zu untersuchenden Fluid während einer Untersuchung in Kontakt ist, wobei die Gegenelektrode der Arbeitselektrode gegenüberliegt und einen Abstand davon aufweist, der ein Strömen des zu untersuchenden Fluids ermöglicht; einem Sensorabschnitt zur Aufnahme des zu untersuchenden Fluids; einem Arbeitselektrodenanschluss, der mit der Arbeitselektrode verbunden ist; einem Gegenelektrodenanschluss, der mit der Gegenelektrode verbunden ist; und einem Referenzanschluss, der mit der Arbeitselektrode und/oder der Gegenelektrode verbunden ist, und durch den im Wesentlichen während einer Untersuchung kein Strom fließt, wobei der Biosensor auf einem Substrat vorgesehen ist; und eine Messschaltung, die mit dem Biosensor verbunden ist und auf einem Substrat vorgesehen ist.

[0043] In diesem Aufbau ist der Referenzanschluss mit der Arbeitselektrode und/oder der Gegenelektrode verbunden, wodurch es möglich ist, eine zu untersuchende Substanz in dem zu untersuchenden Fluid zu untersuchen, unabhängig von dem Widerstandswert zwischen der Arbeitselektrode und dem Arbeitselektrodenanschluss oder dem Widerstandswert zwischen der Gegenelektrode und dem Gegenelektrodenanschluss. Daher ist es möglich, eine Untersuchung mit hoher Genauigkeit durchzuführen.

[0044] Eine biologische Substanz oder ein Mikroorganismus, die bzw. der einen Zustand einer in dem zu untersuchenden Fluid enthaltenden Substanz ändert, kann auf der Arbeitselektrode und/oder der Gegenelektrode immobil gemacht werden. Damit ist es möglich, eine rasche und detaillierte Untersuchung zu realisieren.

[0045] Der Referenzanschluss ist mit der Arbeitselektrode oder der Gegenelektrode verbunden. Damit ist es möglich, eine Untersuchung mit hoher Genauigkeit mit einer kleineren Komponentenanzahl zu verwirklichen.

[0046] Beispielsweise kann der Referenzanschluss mit der Arbeitselektrode verbunden sein; und die Messschaltung kann umfassen: einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode, der mit dem Arbeitselektrodenanschluss verbunden ist und einen Strommesser aufweist. Eine Arbeitselektrodenpotentialreferenzschaltung, die mit dem Referenzanschluss verbunden ist; einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode, der mit dem Gegenelektrodenanschluss verbunden ist; eine Basisspannungsquelle zum Zuführen einer Basisspannung zu der Arbeitselektrodenpotentialreferenzschaltung und dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode; und eine Signalverarbeitungsschaltung zum Verarbeiten eines Strompegelsignals, das von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode entsprechend einem Pegel eines Stroms, der während einer Untersuchung durch den Arbeitselektrodenanschluss fließt, ausgesendet wird.

[0047] In einem derartigen Falle ist es vorteilhaft für das Ausführen einer Untersuchung mit hoher Genauigkeit, dass die Arbeitselektrodenpotentialreferenzschaltung ein Signal so erzeugt, dass eine an dem Referenzanschluss angelegte Spannung im Wesentlichen gleich der Basisspannung ist, die der Arbeitselektrodenpotentialreferenzschaltung während einer Untersuchung zugeführt wird.

[0048] Der Referenzanschluss kann mit der Gegenelektrode verbunden sein, und die Messschaltung kann umfassen: einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode, der mit dem Arbeitselektrodenanschluss verbunden ist; einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode, der mit dem Gegenelektrodenanschluss verbunden ist und einen Strommesser aufweist; eine Gegenelektrodenpotentialreferenzschaltung, die mit dem Referenzanschluss verbunden ist; eine Basisspannungsquelle zum Zuführen einer Basisspannung zu der Gegenelektrodenpotentialreferenzschaltung und dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode; und eine Signalverarbeitungsschaltung zum Verarbeiten eines Strompegelsignals, das von dem Abschnitt zum Anlegen ei-

ner Spannung an die Gegenelektrode entsprechend einem Pegel eines Stromes ausgegeben wird, der während einer Untersuchung durch den Gegenelektrodenanschluss fließt.

[0049] In einem derartigen Falle ist es vorteilhaft, dass die Gegenelektrodenpotentialreferenzschaltung ein Signal so erzeugt, dass eine an den Referenzanschluss angelegte Spannung im Wesentlichen gleich der Basisspannung ist, die der Gegenelektrodenpotentialreferenzschaltung während einer Untersuchung zugeführt wird.

[0050] Der Referenzanschluss kann mit der Arbeitselektrode verbunden sein; und die Messschaltung kann umfassen: einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode, der mit dem Arbeitselektrodenanschluss und dem Referenzanschluss verbunden ist und einen Strommesser aufweist; einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode, der mit dem Gegenelektrodenanschluss verbunden ist; eine Basisspannungsquelle zum Zuführen einer Basisspannung zu dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode und zu dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode; und eine Signalverarbeitungsschaltung zum Verarbeiten eines Strompegelsignals, das von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode entsprechend einem Pegel eines Stromes ausgesendet wird, der während einer Untersuchung durch den Arbeitselektrodenanschluss fließt. Damit ist es möglich, eine zu untersuchende Substanz zu testen, ohne die Arbeitselektrodenpotentialreferenzschaltung zu benötigen.

[0051] Der Referenzanschluss kann mit der Gegenelektrode verbunden sein; und die Messschaltung kann umfassen: einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode, der mit dem Arbeitselektrodenanschluss verbunden ist; einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode, der mit dem Gegenelektrodenanschluss und dem Referenzanschluss verbunden ist und einen Strommesser aufweist; eine Basisspannungsquelle zum Zuführen einer Basisspannung zu dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode und zu dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode; und eine Signalverarbeitungsschaltung zum Verarbeiten eines Strompegelsignals, das von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode entsprechend einem Pegel eines Stromes ausgegeben wird, der während einer Untersuchung durch den Gegenelektrodenanschluss fließt. Damit ist es möglich, eine zu untersuchende Substanz zu testen, ohne dass die Gegenelektrodenpotentialreferenzschaltung erforderlich ist.

[0052] Es können ein Arbeitselektrodenreferenzanschluss, der mit der Arbeitselektrode verbunden ist, und ein Gegenelektrodenreferenzanschluss, der mit der Gegenelektrode verbunden ist, vorgesehen werden. Damit ist es möglich, die Untersuchungsge nauigkeit zu verbessern im Vergleich zu dem Falle, wenn lediglich der Arbeitselektrodenreferenzanschluss oder nur der Gegenelektrodenreferenzanschluss vorgesehen ist.

[0053] Die Messschaltung kann umfassen: einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode, der mit dem Arbeitselektrodenanschluss und dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss verbunden ist; einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode, der mit dem Gegenelektrodenanschluss und dem Gegenelektrodenreferenzanschluss verbunden ist; eine Basisspannungsquelle zum Zuführen einer Basisspannung zu dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode und zu dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode; und eine Signalverarbeitungsschaltung zum Verarbeiten eines ersten Strompegelsignals, das von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode entsprechend einem Pegel eines Stromes, der durch den Arbeitselektrodenanschluss fließt, ausgegeben wird, und/oder eines zweiten Strompegelsignals, das von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode entsprechend einem Pegel eines Stromes ausgegeben wird, der während einer Untersuchung durch den Gegenelektrodenanschluss fließt.

[0054] Wenn insbesondere dann die Signalverarbeitungsschaltung das erste Strompegelsignal und das zweite Strompegelsignal verarbeitet, ist es möglich, eine Untersuchung durchzuführen, indem zwei Strompegelsignale verwendet werden, wodurch die Untersuchungsge nauigkeit verbessert wird.

[0055] Das Substrat, auf dem der Biosensor vorgesehen ist, und das Substrat, auf dem die Messschaltung vorgesehen ist, können das gleiche Substrat sein. Damit ist es möglich, den Herstellungsprozess zu vereinfachen.

[0056] Der Biosensorchip kann ferner ein gemeinsames Substrat aufweisen; und das Substrat, auf dem der Biosensor vorgesehen ist, und das Substrat, auf dem die Messschaltung vorgesehen ist, können auf dem gemeinsamen Substrat montiert sein. Damit ist es möglich, einen Biosensorchip herzustellen, selbst wenn das Substrat der Messschaltung mit der biologischen Substanz oder dem Mittel, das auf der Arbeitselektrode und der Gegenelektrode immobil ist, reagiert, oder wenn beispielsweise die Leitungen der Messschaltung und die Leitung des Biosensors nicht in gemeinsame Leitungen zusammenfasst werden können.

[0057] Das Substrat, auf dem der Biosensor vorgesehen ist, und das Substrat, auf dem die Messschaltung vorgesehen ist, können aufeinander gestapelt sein. Damit ist es möglich, die Fläche des Biosensorchips weiter zu verringern, wodurch die Herstellungskosten reduziert werden.

[0058] Es können mehrere Biosensoren auf dem gleichen Substrat vorgesehen sein und mindestens zwei der Biosensoren können mit der gleichen Messschaltung verbunden sein; und es kann ferner ein Schalter zum Einschalten/Ausschalten einer Verbindung zwischen jedem Biosensor und der Messschaltung zwischen dem Arbeitselektrodenanschluss des Biosensors und der Messschaltung, zwischen dem Referenzanschluss des Biosensors und der Messschaltung und zwischen dem Gegenelektrodenanschluss des Biosensors und der Messschaltung vorgesehen sein. Damit ist es möglich, die Anzahl der erforderlichen Messschaltungen zu verringern, wodurch die benötigte Chipfläche weiter verringert werden kann.

[0059] Es können mehrere Biosensoren auf dem gleichen Substrat vorgesehen sein und die Sensorabschnitte zweier Biosensoren können benachbart zueinander angeordnet sein. Dann ist es möglich, mehrere Untersuchungen gleichzeitig durchzuführen, wobei eine sehr geringe Menge der Probe erforderlich ist.

[0060] Eine Biosensoreinrichtung der vorliegenden Erfindung kann umfassen: einen Biosensor mit: einer Arbeitselektrode, die mit einem zu untersuchenden Fluid während einer Untersuchung in Kontakt ist; einer Gegenelektrode, die mit dem zu untersuchenden Fluid während einer Untersuchung in Kontakt ist, wobei die Gegenelektrode gegenüberliegend zu der Arbeitselektrode mit einem Abstand dazwischen angeordnet ist, der ein Strömen des zu untersuchenden Fluids ermöglicht; einem Sensorabschnitt zur Aufnahme des zu untersuchenden Fluids; einem Arbeitselektrodenanschluss, der mit der Arbeitselektrode verbunden ist; einem Gegenelektrodenanschluss, der mit der Gegenelektrode verbunden ist; und einem Referenzanschluss, der mit der Arbeitselektrode und/oder der Gegenelektrode verbunden ist und durch den im Wesentlichen während einer Untersuchung kein Strom fließt, wobei der Biosensor auf einem Substrat vorgesehen ist; und eine Messschaltung, die mit dem Biosensor verbunden und auf einem Substrat vorgesehen ist, wobei die Biosensoreinrichtung ausgebildet ist, eine Konzentration einer zu untersuchenden Substanz, die in dem zu untersuchenden Fluid enthalten ist, aus einem Wert eines durch den Arbeitselektrodenanschluss fließenden Stromes und/oder einem Wert eines während einer Untersuchung durch den Gegenelektrodenanschluss fließenden Stromes zu untersuchen. Damit ist es möglich, die Zielsubstanz rascher und mit hö-

herer Genauigkeit gegenüber dem Stand der Technik zu untersuchen.

[0061] Der Referenzanschluss kann beispielsweise nur mit der Arbeitselektrode oder nur mit der Gegenelektrode verbunden sein. Damit ist es möglich, eine Untersuchung mit höherer Genauigkeit gegenüber dem Stand der Technik durchzuführen, wobei die Anzahl der Komponenten kleiner ist im Vergleich zu dem Fall, wenn der Referenzanschluss für die Arbeitselektrode und für die Gegenelektrode vorgesehen ist.

[0062] Der Referenzanschluss kann umfassen: einen Arbeitselektrodenreferenzanschluss, der mit der Arbeitselektrode verbunden ist; und einen Gegenelektrodenreferenzanschluss, der mit der Gegenelektrode verbunden ist; und die Messschaltung kann enthalten: einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode, der mit dem Arbeitselektrodenanschluss und dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss verbunden ist; einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode, der mit dem Gegenelektrodenanschluss und dem Gegenelektrodenreferenzanschluss verbunden ist; eine Basisspannungsquelle zum Zuführen einer Basisspannung zu dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode und zu dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode; und eine Signalverarbeitungsschaltung zum Prozessieren eines ersten Strompegelsignals, das von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode entsprechend einem Pegel eines Stromes ausgegeben wird, der während einer Messung durch den Arbeitselektrodenanschluss fließt, und/oder eines zweiten Strompegelsignals, das von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode entsprechend einem Pegel eines Stromes ausgegeben wird, der während einer Untersuchung durch den Gegenelektrodenanschluss fließt. Damit ist es möglich, eine Untersuchung durchzuführen, ohne Einfluss des Widerstandes zwischen der Arbeitselektrode und dem Arbeitselektrodenanschluss oder dem Widerstand zwischen der Gegenelektrode und dem Gegenelektrodenanschluss, so dass es möglich ist, die Untersuchungsgenauigkeit zu verbessern im Vergleich zu dem Falle, wenn der Referenzanschluss nur für die Arbeitselektrode oder die Gegenelektrode vorgesehen ist.

[0063] Für eine genaue Untersuchung ist es vorteilhaft, dass eine an den Arbeitselektrodenreferenzanschluss angelegte Spannung im Wesentlichen gleich der Basisspannung ist, die dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode während einer Untersuchung zugeführt wird; und eine an den Gegenelektrodenreferenzanschluss angelegte Spannung ist im Wesentlichen gleich der Basisspannung, die während einer Untersuchung dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode zugeführt wird.

[0064] Die Biosensoreinrichtung kann ferner eine Schaltung aufweisen, die mit der Messschaltung verbunden ist, um ein von der Messschaltung ausgegebenes Signal zu analysieren. Damit ist es möglich, eine genaue Untersuchung zu verwirklichen.

[0065] Der Biosensor und die Messschaltung können auf dem gleichen Chip vorgesehen sein; und der Chip kann durch einen weiteren ersetzt werden. Damit ist es möglich, eine Kontamination zwischen Proben zu vermeiden, wodurch der Untersuchungsvorgang vereinfacht wird.

[0066] Die Messschaltung kann ferner aufweisen: einen Strompegelsignalerzeugungsabschnitt zum Empfangen des ersten Strompegelsignals und des zweiten Strompegelsignals, um zu der Signalverarbeitungsschaltung ein drittes Strompegelsignal auszugeben, das einen Pegel eines Stromes repräsentiert, der zwischen der Arbeitselektrode und der Gegenelektrode fließt. Damit ist es möglich, die Konfiguration der Signalverarbeitungsschaltung, die in einer nachfolgenden Stufe vorzusehen ist, zu vereinfachen, wodurch die Größe der Einrichtung reduziert wird.

[0067] Der Referenzanschluss kann mit der Arbeitselektrode verbunden sein; und die Messschaltung kann umfassen: einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode, der mit dem Arbeitselektrodenanschluss verbunden ist und einen Strommesser aufweist; eine Arbeitselektrodenpotentialreferenzschaltung, die mit dem Referenzanschluss verbunden ist; einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode, der mit dem Gegenelektrodenanschluss verbunden ist; eine Basisspannungsquelle zum Zuführen einer Basisspannung zu der Arbeitselektrodenpotentialreferenzschaltung und dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode; und eine Signalverarbeitungsschaltung zum Verarbeiten eines Strompegelsignals, das von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode entsprechend einem Pegel eines Stromes, der während einer Untersuchung durch den Arbeitselektrodenanschluss fließt, für eine Untersuchung mit hoher Genauigkeit ist es vorteilhaft, dass die Arbeitselektrodenpotentialreferenzschaltung ein Signal so erzeugt, dass die an den Referenzanschluss angelegte Spannung im Wesentlichen gleich zu der Basisspannung ist, die während einer Untersuchung der Arbeitselektrodenpotentialreferenzschaltung zugeführt wird.

[0068] Der Referenzanschluss kann mit der Gegenelektrode verbunden sein; und die Messschaltung kann umfassen: einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode, der mit dem Arbeitselektrodenanschluss verbunden ist; einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode, der mit dem Gegenelektrodenanschluss

verbunden ist und einen Strommesser aufweist; eine Gegenelektrodenpotentialreferenzschaltung, die mit dem Referenzanschluss verbunden ist; eine Basisspannungsquelle zum Zuführen einer Basisspannung zu der Gegenelektrodenpotentialreferenzschaltung und dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode; und eine Signalverarbeitungsschaltung zum Verarbeiten eines Strompegelsignals, das von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode entsprechend einem Pegel eines Stromes ausgegeben wird, der während einer Untersuchung durch den Gegenelektrodenanschluss fließt.

[0069] In einem derartigen Falle ist es vorteilhaft für eine hochgenaue Untersuchung, dass die Gegenelektrodenpotentialreferenzschaltung ein Signal so erzeugt, dass eine an den Referenzanschluss angelegte Spannung im Wesentlichen gleich der Basisspannung ist, die während einer Untersuchung der Gegenelektrodenpotentialreferenzschaltung zugeführt wird.

[0070] Der Referenzanschluss kann mit der Arbeitselektrode verbunden sein; und die Messschaltung kann aufweisen: einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode, der mit dem Arbeitselektrodenanschluss und dem Referenzanschluss verbunden ist und einen Strommesser aufweist; einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode, der mit dem Gegenelektrodenanschluss verbunden ist; eine Basisspannungsquelle zum Zuführen einer Basisspannung zu dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode und zu dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode; und eine Signalverarbeitungsschaltung zum Verarbeiten eines Strompegelsignals, das von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode gemäß einem Pegel eines Stromes ausgegeben wird, der während einer Untersuchung durch den Arbeitselektrodenanschluss fließt.

[0071] Der Referenzanschluss kann mit der Gegenelektrode verbunden sein; und die Messschaltung kann umfassen: einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode, der mit dem Arbeitselektrodenanschluss verbunden ist; einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode, der mit dem Gegenelektrodenanschluss und dem Referenzanschluss verbunden ist und einen Strommesser aufweist; eine Basisspannungsquelle zum Zuführen einer Basisspannung zu dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode und zu dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode; und eine Signalverarbeitungsschaltung zum Verarbeiten eines Strompegelsignals, das von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode entsprechend einem Pegel eines Stromes ausgegeben wird, der wäh-

rend einer Untersuchung durch den Gegenelektrodenanschluss fließt.

[0072] Ferner kann die Einrichtung als ganzes als eine Wegwerfeinrichtung vorgesehen sein. Damit ist es möglich, eine Untersuchung in einfacherer Weise durchzuführen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0073] Fig. 1 ist ein Schaltbild, das einen Teil einer Biosensoreinrichtung einer ersten nichterfindungsgemäßen Ausführungsform darstellt;

[0074] Fig. 2 ist ein Schaltbild, das einen Teil der Biosensoreinrichtung der ersten Ausführungsform darstellt, wobei spezifische Schaltungskonfigurationen eines Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode und eines Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode vorgesehen sind;

[0075] Fig. 3 ist ein Schaltbild, das einen Teil einer Biosensoreinrichtung der sechsten nichterfindungsgemäßen Ausführungsform zeigt;

[0076] Fig. 4 ist ein Schaltbild, das einen Teil der Biosensoreinrichtung der sechsten Ausführungsform darstellt, wobei spezielle Konfigurationen eines Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode und eines Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode vorgesehen sind;

[0077] Fig. 5 ist ein Schaltbild, das einen Teil einer Biosensoreinrichtung der siebten nichterfindungsgemäßen Ausführungsform zeigt;

[0078] Fig. 6 ist ein Schaltbild, das einen Teil der Biosensoreinrichtung der siebten Ausführungsform darstellt, wobei spezielle Konfigurationen eines Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode und eines Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode vorgesehen sind;

[0079] Fig. 7 ist ein Schaltbild, das einen Teil der Biosensoreinrichtung der achten nichterfindungsgemäßen Ausführungsform zeigt,

[0080] Fig. 8 ist ein Schaltdiagramm, das einen Teil der Biosensoreinrichtung der achten Ausführungsform darstellt, wobei spezifische Konfigurationen einer Potentialreferenzspannungsquelle für die Arbeitselektrode und einer Potentialreferenzspannungsquelle mit einem Strommesser für eine Gegenelektrode vorgesehen sind;

[0081] Fig. 9 ist eine Draufsicht, die einen Biosensor der ersten Ausführungsform darstellt;

[0082] Fig. 10 ist eine Ansicht, die den Biosensor der ersten Ausführungsform zeigt, wobei die Leitungen auf mehreren Schichten vorgesehen sind;

[0083] Fig. 11 zeigt eine Draufsicht und eine perspektivische Ansicht, wobei ein Biosensor der zweiten nichterfindungsgemäßen Ausführungsform gezeigt ist;

[0084] Fig. 12 zeigt eine Draufsicht und eine perspektivische Ansicht, wobei ein Biosensor der dritten nichterfindungsgemäßen Ausführungsform gezeigt ist;

[0085] Fig. 13 zeigt eine Draufsicht und eine perspektivische Ansicht, wobei ein Biosensor der vierten nichterfindungsgemäßen Ausführungsform gezeigt ist;

[0086] Fig. 14 zeigt eine Draufsicht und eine perspektivische Ansicht, wobei ein Biosensor der fünften nichterfindungsgemäßen Ausführungsform dargestellt ist;

[0087] Fig. 15 ist eine Draufsicht, die einen Biosensorchip der neunten nichterfindungsgemäßen Ausführungsform darstellt;

[0088] Fig. 16 ist eine Draufsicht, die die erste Variante des Biosensorchips der neunten Ausführungsform zeigt;

[0089] Fig. 17 ist eine Draufsicht, die die zweite Variante des Biosensorchips der neunten Ausführungsform darstellt;

[0090] Fig. 18 ist eine Draufsicht, die die dritte Variante des Biosensorchips der neunten Ausführungsform zeigt;

[0091] Fig. 19 ist eine Draufsicht, die einen Biosensorchip der zehnten nichterfindungsgemäßen Ausführungsform darstellt;

[0092] Fig. 20 ist eine Querschnittsansicht, die den Biosensorchip der zehnten Ausführungsform zeigt;

[0093] Fig. 21 ist eine Draufsicht, die einen Biosensor der elften nichterfindungsgemäßen Ausführungsform darstellt;

[0094] Fig. 22 zeigt eine Draufsicht und eine perspektivische Ansicht, wobei ein Biosensor der zwölften nichterfindungsgemäßen Ausführungsform dargestellt ist;

[0095] Fig. 23 ist eine Draufsicht, die einen Biosensorchip der dreizehnten nichterfindungsgemäßen Ausführungsform zeigt;

[0096] Fig. 24 ist ein Schaltbild, das die Konfiguration eines Biosensorchips der vierzehnten nichterfindungsgemäßen Ausführungsform darstellt;

[0097] Fig. 25 ist eine Draufsicht, die den Biosensorchip der vierzehnten Ausführungsform zeigt;

[0098] Fig. 26 ist eine Draufsicht, die einen Biosensorchip der fünfzehnten nichterfindungsgemäßen Ausführungsform darstellt;

[0099] Fig. 27 ist eine Schaltungsanordnung, die eine Biosensoreinrichtung der sechszehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0100] Fig. 28 ist ein Schaltungsdiagramm, das die Biosensoreinrichtung der sechszehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0101] Fig. 29 zeigt Schaltbilder, wobei jeweils ein Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode und ein Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode in der Biosensoreinrichtung der sechszehnten Ausführungsform dargestellt sind;

[0102] Fig. 30 ist ein Schaltbild, das eine Biosensoreinrichtung der siebzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0103] Fig. 31 ist ein Schaltbild, das eine Biosensoreinrichtung der achtzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0104] Fig. 32 ist eine Draufsicht, die einen Biosensor der neunzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0105] Fig. 33 ist eine Draufsicht, die einen Biosensor der zwanzigsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0106] Fig. 34 ist eine Draufsicht, die einen Biosensor der einundzwanzigsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0107] Fig. 35 ist eine Draufsicht, die einen Biosensor der zweiundzwanzigsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0108] Fig. 36 ist eine Draufsicht, die einen Biosensorchip der dreiundzwanzigsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0109] Fig. 37 ist eine Draufsicht, die einen Biosensorchip der vierundzwanzigsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0110] Fig. 38 ist eine Draufsicht, die einen Biosensorchip der fünfundzwanzigsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0111] Fig. 39 ist eine Draufsicht, die einen Biosensorchip der sechsundzwanzigsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0112] Fig. 40 ist ein Schaltbild, das ein Messschaltungsmodul der sechsundzwanzigsten Ausführungsform zeigt;

[0113] Fig. 41 ist eine Draufsicht, die einen Biosensorchip der siebenundzwanzigsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0114] Fig. 42 ist ein Strukturdiagramm, das einen Biosensorchip der achtundzwanzigsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0115] Fig. 43 ist ein Schaltbild, das einen Teil einer konventionellen Biosensoreinrichtung darstellt;

[0116] Fig. 44 ist ein Schaltbild, das einen Teil der konventionellen Biosensoreinrichtung darstellt, wobei spezifische Schaltungskonfigurationsbeispiele des Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode und des Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode vorgesehen sind;

[0117] Fig. 45 ist eine Draufsicht, die den Aufbau eines konventionellen Biosensors zeigt;

[0118] Fig. 46 ist eine Draufsicht, die den Aufbau des Biosensorchips in der in Fig. 44 gezeigten konventionellen Biosensoreinrichtung darstellt.

BESTE ART UND WEISE, DIE VORLIEGENDE ERFINDUNG AUSZUFÜHREN

[0119] Mit Bezug zu den Zeichnungen werden nunmehr Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben. Zu beachten ist, dass gleiche Bezugszeichen gleiche Komponenten in den diversen Ausführungsformen bezeichnen, so dass diese Komponenten nicht wiederholt im Detail beschrieben sind.

ERSTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0120] Fig. 1 ist ein Schaltbild, das einen Teil einer Biosensoreinrichtung der ersten Ausführungsform zeigt, und Fig. 9 ist eine Draufsicht, die einen Biosensor der ersten Ausführungsform darstellt.

[0121] Wie in Fig. 9 gezeigt ist, umfasst ein Biosensor **15** der vorliegenden Ausführungsform eine Arbeitselektrode **101**, eine Gegenelektrode **102**, die gegenüber der Arbeitselektrode **101** angeordnet ist, einen Arbeitselektrodenanschluss **103** und einen Ar-

beitselektrodenreferenzanschluss **10**, die beide mit der Arbeitselektrode **101** verbunden sind, und einen Gegenelektrodenanschluss **104**, der mit der Gegenelektrode **102** verbunden ist. Die Verbindung der Arbeitselektrode **101** mit dem Arbeitselektrodenanschluss **103** und dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss **10** und die Verbindung zwischen der Gegenelektrode **102** und dem Gegenelektrodenanschluss **104** sind durch Leitungen hergestellt, die aus einem relativ kostengünstigen Metall, etwa Al (Aluminium) oder Cu (Kupfer) aufgebaut sind. Ferner ist die Gegenelektrode **102** mit dem Gegenelektrodenanschluss **104** über eine Leitung mit einer ausreichenden Querschnittsfläche verbunden, wobei ein Leitungswiderstand R_m auf Seite der Gegenelektrode als im Wesentlichen 0Ω betrachtet werden kann. Damit ist die Querschnittsfläche der Leitung zwischen der Gegenelektrode **102** und dem Gegenelektrodenanschluss **104** größer als jene der Leitung zwischen der Arbeitselektrode **101** und dem Arbeitselektrodenanschluss **103**.

[0122] Eine Probe, die eine zu untersuchende Substanz enthält, etwa Glukose, wird von außen in einen Reaktionsabschnitt eingeführt, der die Arbeitselektrode **101** und die Gegenelektrode **102** enthält, und die Probe wird untersucht. Wenn Glukose untersucht wird, wenn z. B. eine Blutprobe mit Glukoseoxidase in Kontakt kommt, die auf der Arbeitselektrode **101** und der Gegenelektrode **102** immobil vorliegt, wird Wasserstoffperoxid mittels einer chemischen Reaktion erzeugt und es werden dadurch Elektronen erzeugt. Daraus ergibt sich ein Stromfluss zwischen den Elektroden und der Glukosespiegel wird durch Messen des Stromes untersucht. Zu beachten ist, dass Glukoseoxidase nicht auf den beiden Elektroden immobil gemacht werden muss, sondern dass dies alternativ auf der Arbeitselektrode **101** oder der Gegenelektrode **102** immobil gemacht werden kann.

[0123] Die Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform, die in Fig. 1 gezeigt ist, umfasst den Biosensor **15**, wie er zuvor beschrieben ist, und eine Messschaltung **16**, die mit dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss **10**, dem Arbeitselektrodenanschluss **103** und dem Gegenelektrodenanschluss **104** verbunden ist.

[0124] Die Messschaltung **16** umfasst eine Arbeitselektrodenpotentialreferenzschaltung **8**, die mit dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss **10** verbunden ist, einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **105**, der mit dem Arbeitselektrodenanschluss **103** verbunden ist und einen Strommesser aufweist, einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **106**, der mit dem Gegenelektrodenanschluss **104** verbunden ist, eine Basisspannungsquelle **117**, die die Arbeitselektrodenbasisspannung V_{pr1} und die Gegenelektrodenbasisspannung V_{mr1} der Arbeitselektrodenpotential-

referenzschaltung **8** und dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **106** zuführt, und eine Signalverarbeitungsschaltung **121**, die mit dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **105** verbunden ist.

[0125] Fig. 2 ist ein Schaltbild, das die Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform darstellt, wobei diese spezielle Schaltungskonfigurationen des Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **105** und des Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **106** aufweist. Wie in der Fig. dargestellt ist, weist der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **105** eine Schaltungskonfiguration auf, in der ein Rückkopplungswiderstand R_f auf den inversen Eingang eines Operationsverstärkers zurückgekoppelt ist, und wobei der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **106** einen Operationsverstärker aufweist, der in keiner Verstärkerkonfiguration vorgesehen ist, d. h. der in einer Pufferschaltungsanordnung vorgesehen ist, wodurch die zuvor beschriebene Funktion realisiert wird.

[0126] Ein Merkmal des Biosensors und der Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform besteht darin, dass die mit der Arbeitselektrode **101** verbundene Elektrode auf zwei Teile aufgeteilt ist, d. h. den Arbeitselektrodenanschluss **103** und den Arbeitselektrodenreferenzanschluss **10**. Die Auswirkung dieses Merkmals wird nachfolgend beschrieben.

[0127] Zunächst wird in der Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform die Gegenelektrodenbasisspannung V_{mr1} , die von der Basisspannungsquelle **117** erzeugt wird, durch den Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **106** in der Impedanz gewandelt, und die anzulegende Spannung V_{m1} wird von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **106** dem Gegenelektrodenanschluss **104** zugeführt. Dabei gilt der folgende Ausdruck.

$$V_{m1} = V_{mr1} \quad (10)$$

[0128] Wenn ferner die Arbeitselektrodenbasisspannung V_{pr1} , die von der Basisspannungsquelle **117** erzeugt wird, und eine Arbeitselektrodenreferenzanschlussspannung V_{p2} von dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss **10** der Arbeitselektrodenpotentialreferenzschaltung **8** eingespeist werden, erzeugt die Arbeitselektrodenpotentialreferenzschaltung **8** ein Arbeitselektrodensteuersignal S_{13} so, dass die Spannungsdifferenz 0 Volt beträgt. Die Arbeitselektrodensteuersignalspannung, die die Spannung des Arbeitselektrodensteuersignals S_{13} repräsentiert, ist V_{pr2} . Somit gilt der Zusammenhang der folgenden Gleichung.

$$V_{p2} = V_{pr1} \quad (11)$$

$$V_{p1} = V_{pr2} \quad (12)$$

[0129] Ferner wird die Arbeitselektrodensteuersignalspannung V_{pr2} in der Impedanz geändert durch den Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **105** und anschließend wird die Arbeitselektrodensteuersignalspannung V_{pr2} von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **105** dem Arbeitselektrodenanschluss **103** zugeführt.

[0130] Gemäß Fig. 1 ist der Leitungswiderstand der Leitung zwischen der Arbeitselektrode **101** und dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss **10** gleich R_{p2} und der Strom des Arbeitselektrodenreferenzanschlusses, der durch die Leitung fließt, ist I_{p2} .

[0131] Der Eingang auf der Seite der Arbeitselektrodenpotentialreferenzschaltung **8**, der näher an dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss **10** liegt, besitzt eine höhere Eingangsimpedanz, und der Strom, der durch den Arbeitselektrodenreferenzanschluss **10** fließt, ist so, wie dies in der folgenden Gleichung dargestellt ist.

$$I_{p2} = 0 \quad (13)$$

[0132] Daher genügen die Arbeitselektrodenreferenzanschlussspannung V_{p2} und die Arbeitselektrodenpotentialspannung V_p der folgenden Gleichung.

$$V_{p2} = V_p \quad (14)$$

[0133] Daher gilt mittels der Gleichungen (10), (11), (13) und (14) die folgende Gleichung für die Sensoranwendungsspannung bzw. die angelegte Sensorspannung V_f .

$$\begin{aligned} V_f &= V_p - V_m \\ &= V_{p2} - (V_{m1} + I_{f2} \cdot R_{m1}) \end{aligned}$$

$$\text{Nun, da } R_{m1} = 0 \, \Omega \quad (15)$$

$$\begin{aligned} V_f &= V_{p2} - V_{m1} \\ &= V_{pr1} - V_{mr1} \end{aligned}$$

Daher gilt: $V_f = V_{pr1} - V_{mr1}$.

[0134] Daher ist die als die angelegte Sensorspannung bereitgestellte Spannung V_f stets konstant.

[0135] Daher ergibt in der Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform das Einsetzen der Gleichung (15) in die Gleichung (8) den folgenden Ausdruck.

$$I_{f1} = f\{Q, (V_{pr1} - V_{mr1})\} \quad (16)$$

Daher $I_{f1} = f(Q)$.

[0136] Somit gibt es keinen Einfluss des Leitungswiderstandes R_{p1} der Leitung der Arbeitselektrode **101** und es tritt kein Fehler bei dem abschließenden Blutzuckerspiegel auf, der mittels der Biosensoreinrichtung gemessen wird. Die Arbeitselektrodenanschlussspannung V_{p1} wird von der Arbeitselektrodenpotentialreferenzschaltung **8** und dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **105** gesteuert, wie dies durch den folgenden Ausdruck gezeigt wird.

$$V_{p1} = V_{pr2} \quad (17)$$

Daher gilt: $V_{p1} = V_{pr1} + R_{p1} \cdot I_{f1}$

[0137] Wie zuvor beschrieben ist, weist die Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform den Biosensor auf, der drei Elektroden besitzt, d. h. den Arbeitselektrodenanschluss und den Arbeitselektrodenreferenzanschluss, die von der Arbeitselektrode abzweigen, und den Gegenelektrodenanschluss, der mit der Gegenelektrode verbunden ist, und die Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform umfasst die Arbeitselektrodenpotentialreferenzschaltung **8** zum Erzeugen des Arbeitselektrodensteuersignals S_{13} so, dass die Potentialdifferenz zwischen einer Arbeitselektrodenreferenzspannung V_{p2} und dem Arbeitselektrodenbasispotential V_{pr1} gleich 0 ist, wodurch eine Untersuchung ohne den Einfluss des Leitungswiderstands ausgeführt werden kann. Daher ist es möglich, eine Untersuchung mit höherer Genauigkeit im Vergleich zu der konventionellen Biosensoreinrichtung auszuführen.

[0138] Da ferner der untersuchte Werte nicht von dem Leitungswiderstand beeinflusst ist, ist es nicht notwendig, ein teures Edelmetall für die Leitungen zu verwenden, wie dies im Stand der Technik der Fall ist, wodurch die Herstellungskosten reduziert werden.

[0139] Zu beachten ist, dass bei der Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform der Strom, der durch den Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **105** fließt, von der Signalverarbeitungsschaltung **121** so bearbeitet wird, um die Konzentration der zu untersuchenden Substanz zu berechnen, und die berechnete Konzentration wird in einem Anzeigeabschnitt (nicht gezeigt) oder ähnlichem dargestellt.

[0140] Ferner können in der Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform die Leitungen auf mehrere Schichten verteilt sein.

[0141] Fig. 10 ist eine Ansicht, die den Biosensor der vorliegenden Ausführungsform zeigt, wobei die

Leitungen in mehreren Schichten vorgesehen sind. In dem in der Zeichnung dargestellten Beispiel ist die Leitung, die die Arbeitselektrode **101** mit dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss **10** verbindet, in einer anderen Schicht vorgesehen, als die Leitung, die mit dem Arbeitselektrodenanschluss **103** verbunden ist, d. h. die beiden Leitungen überlappen sich, wenn diese von oben betrachtet werden.

[0142] Mit einem derartigen Aufbau kann die Fläche des Biosensors verringert werden im Vergleich zu jener des Biosensors, der in Fig. 9 gezeigt ist. Die Verringerung der Fläche ist vorteilhaft beim Zusammenführen von Biosensoren zur Untersuchung unterschiedlicher Substanzen auf einem Chip, und dies kann auch zu einer Verringerung der Herstellungskosten führen. Beispielsweise können ein Biosensor zum Messen des Traubenzuckerspiegels und ein Biosensor zum Messen der Leberfunktionsindikatoren, etwa GOT und GTP, in mehreren Schichten bzw. Ebenen miteinander verbunden werden, wodurch unterschiedliche Untersuchungen mit einer einzelnen Blutprobe unternommen werden können, wodurch die Belastung für den Patienten verringert wird.

[0143] Ferner können Leitungen auf mehreren Ebenen nicht nur für die Leitungen für die Arbeitselektrode, sondern auch für jene der Gegenelektrode eingesetzt werden. Wenn Biosensoren weiterhin in der Größe reduziert werden, wird die Verdrahtungsfläche für die Gegenelektrode verringert, wodurch es schwieriger ist, den Widerstand an 0Ω anzunähern. Somit kann durch eine Mehrschichtanordnung der Leitungen für die Gegenelektrode, wobei diese in zwei oder mehreren Ebenen bzw. Schichten vorgesehen sind, die Verdrahtungsfläche wesentlich vergrößert werden, so dass der Widerstandswert verringert werden kann.

[0144] Zu beachten ist, dass Biosensoreinrichtungen, die gegenwärtig weithin vertrieben werden, solche sind, um Glukose zu untersuchen, wobei Glukoseoxidase oder dergleichen auf der Gegenelektrode und der Arbeitselektrode immobil gemacht ist. Es kann jedoch eine andere Substanz auf den Elektroden immobil gemacht werden, um eine Substanz zu untersuchen, die an der immobil gemachten Substanz anhaftet, oder eine Substanz, die mit der immobil gemachten Substanz reagiert, oder eine Substanz, die zerfällt oder eine Verbindung eingeht mittels einer katalytischen Reaktion mit der immobil gemachten Substanz. Beispielsweise kann eine Einzelstrang-DNA auf den Elektroden immobil gemacht sein, um eine DNA oder eine RNA, die sich mit der immobil gemachten DNA verbindet, zu detektieren. Wenn eine DNA zu einer Doppelstrangstruktur wird, ändert sich deren elektrische Leitfähigkeit, so dass dies elektrisch detektiert werden kann. Dies kann bei Untersuchungen für Krankheiten benutzt werden. Während z. B. ein Test für AIDS Monate erfordert,

bevor die Antikörper erzeugt sind, ist es möglich, eine Infektion bald nach der Infektion zu erkennen, indem eine RNA-Untersuchung ausgeführt wird.

[0145] Alternativ kann eine biologische Substanz, etwa diverse Enzyme, auf den Elektroden immobil gemacht werden, oder es kann ein Mikroorganismus auf den Elektroden immobil gemacht werden. Zum Beispiel kann ein Mikroorganismus, der Kohlendioxid assimiliert, immobil gemacht werden, um Kohlendioxid im Blut nachzuweisen. Zu beachten ist, dass der Begriff „biologische Substanz“, wie er hierin verwendet ist, sich auf Protein, Aminosäuren, Gene und andere organische Materialien im Allgemeinen bezieht, die im Körper eines lebenden Organismus enthalten sind.

[0146] Ferner ist es möglich, einen detaillierteren Untersuchungswert mit einer elektrischen Untersuchung als mit einer Farbuntersuchung unter Ausnutzung der Fluoreszenz zu erhalten. Daher ist die Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform, die eine präzise Untersuchung ermöglicht, nützlich beim Erstellen eines Behandlungsplanes.

[0147] Zu beachten ist, dass in der Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform lediglich der Biosensor **15** oder der Biosensor mit der Messschaltung **16** entsorgbar sind. Alternativ kann die Einrichtung einschließlich des Anzeigeabschnitts und diverser anderer Einheiten entsorgbar sein.

[0148] Zu beachten ist ferner, dass obwohl es möglich ist, eine 4-Anschluss-Struktur mit einem Gegenelektrodenreferenzanschluss auf der Seite der Gegenelektrode zu verwenden, der Biosensor der vorliegenden Ausführungsform im Vergleich mit einer Ausführungsform mit einer 4-Elektrodenstruktur eine geringere Anzahl an Komponenten erfordert, wodurch es möglich ist, die Kosten zu verringern und die Verdrahtungsfläche zu vergrößern. Wenn im Gegensatz dazu eine höhere Genauigkeit erforderlich ist, ist eine 4-Anschluss-Biosensoreinrichtung vorzuziehen. Dies wird detaillierter in den nachfolgenden Ausführungsformen beschrieben.

[0149] Zu beachten ist, dass in dem Biosensor der vorliegenden Ausführungsform der Arbeitselektrodenanschluss und der Arbeitselektrodenreferenzanschluss Abzweigungen von der Arbeitselektrode sind. Alternativ kann die Leitung, die mit dem Arbeitselektrodenanschluss verbunden ist und die Leitung, die mit dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss verbunden ist, einen Teil einer Leitung gemeinsam aufweisen, die sich ab einem gewissen Punkt in zwei Leitungen aufteilt.

ZWEITE AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0150] Fig. 11 zeigt eine Draufsicht und eine perspektivische Ansicht, wobei ein Biosensor **70** der zweiten Ausführungsform dargestellt ist.

[0151] Wie in der Fig. gezeigt ist, umfasst der Biosensor der vorliegenden Ausführungsform die Arbeitselektrode **101**, die Gegenelektrode **102**, die gegenüber der Arbeitselektrode **101** angeordnet ist, den Arbeitselektrodenreferenzanschluss **10** und den Arbeitselektrodenanschluss **103**, der mit der Arbeitselektrode **101** verbunden ist, und den Gegenelektrodenanschluss **104**, der mit der Gegenelektrode **102** verbunden ist.

[0152] Ein Merkmal des Biosensor der vorliegenden Ausführungsform liegt darin, dass der mit der Gegenelektrode **102** verbundene Gegenelektrodenanschluss **104** sich durch die Struktur von der Oberfläche, auf der die Arbeitselektrode **101** ausgebildet ist, bis zur hinteren Oberfläche erstreckt, wodurch die gesamte hintere Oberfläche als der Gegenelektrodenanschluss dient.

[0153] Mit einem derartigen Aufbau ist es möglich, den Wert des Leitungswiderstands R_{m1} auf Seite des Gegenelektrodenanschlusses noch weiter zu verringern, ohne die Größe des Biosensors zu ändern, wodurch ein hochgenauer Biosensor verwirklicht wird.

[0154] Wie zuvor beschrieben ist, besitzt der Biosensor der vorliegenden Ausführungsform eine 3-Elektroden-Struktur mit der Arbeitselektrode, dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss und der Gegenelektrode, wobei sich der Gegenelektrodenanschluss durch die Struktur von der Oberfläche, auf der die Arbeitselektrode ausgebildet ist, zur hinteren bzw. gegenüberliegenden Oberfläche erstreckt, wodurch die gesamte hintere Oberfläche als die Gegenelektrode dient, so dass eine hochgenaue Untersuchung möglich ist.

DRITTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0155] Fig. 12 zeigt eine Draufsicht und eine perspektivische Ansicht, wobei ein Biosensor der dritten Ausführungsform dargestellt ist.

[0156] Wie in der Figur gezeigt ist, umfasst der Biosensor der vorliegenden Ausführungsform die im Wesentlichen kreisförmige Gegenelektrode **102**, die konzentrisch ringförmige Arbeitselektrode **101**, die die Gegenelektrode **102** mit einem konstanten Abstand umgibt, wobei der Arbeitselektrodenreferenzanschluss **10** und der Arbeitselektrodenanschluss **103** mit der Arbeitselektrode **101** verbunden sind und wobei der Gegenelektrodenanschluss **104** mit der Gegenelektrode **102** verbunden ist. Der Gegenelektrodenanschluss **104** erstreckt sich von der Oberflä-

che, auf der die Arbeitselektrode **101** ausgebildet ist, zu der hinteren Oberfläche durch die Struktur hindurch und erstreckt sich über die gesamte hintere Oberfläche.

[0157] In dem Biosensor der vorliegenden Ausführungsform ist die Arbeitselektrode **101** in konzentrischer Form gestaltet, wobei ein Enzym und eine zu untersuchende Substanz miteinander in gleichförmiger Weise zur Reaktion gebracht werden können. Ferner ist das auf die Arbeitselektrode einwirkende elektrische Feld gleichförmig gestaltet, so dass es möglich ist, die Genauigkeit der Untersuchung weiter zu verbessern.

[0158] Ferner ist der Gegenelektrodenanschluss **104** so vorgesehen, dass sich dieser über die gesamte hintere Oberfläche erstreckt, wie dies in der zweiten Ausführungsform der Fall ist, wodurch der Widerstand auf Seite der Gegenelektrode verringert wird und damit die Untersuchungsgenauigkeit verbessert wird.

[0159] Somit ist es mit dem Biosensor der vorliegenden Ausführungsform möglich, eine Untersuchung mit einer deutlich höheren Genauigkeit im Vergleich zum Stand der Technik durchzuführen.

[0160] Zu beachten ist, dass obwohl die Arbeitselektrode **101** in einer konzentrischen Form in dem Biosensor der vorliegenden Ausführungsform dargestellt ist, diese alternativ eine teilweise kreisförmige Form, beispielsweise eine Halbkreisform, annehmen kann, um das auf die Arbeitselektrode einwirkende elektrische Feld gleichförmig zu machen.

VIERTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0161] Fig. 13 ist eine Draufsicht und eine perspektivische Ansicht, wobei ein Biosensor der vierten Ausführungsform dargestellt ist. Wie in der Fig. gezeigt ist, umfasst ein Biosensor **72** der vorliegenden Ausführungsform die Arbeitselektrode **101**, die Gegenelektrode **102**, die in gegenüberliegender Weise zu der Arbeitselektrode angeordnet ist, den Arbeitselektrodenanschluss **103**, der mit der Arbeitselektrode **101** verbunden ist und so vorgesehen ist, um sich über die gesamte hintere Oberfläche zu erstrecken, und den Gegenelektrodenanschluss **104** und einen Gegenelektrodenreferenzanschluss **3**, der mit der Gegenelektrode **102** verbunden ist.

[0162] Es kann eine 3-Elektrodenstruktur erhalten werden, indem eine Referenzelektrode auf der Seite der Gegenelektrode vorgesehen wird, wie in der vorliegenden Ausführungsform. Ferner ist es in diesem Falle auch möglich, eine hochgenaue Untersuchung durchzuführen, da der Widerstand der Leitungen den Untersuchungswert nicht beeinflussen, wie dies in der ersten Ausführungsform beschrieben ist.

Somit ist es möglich, ein preisgünstiges Metall für die Leitungen zu verwenden, wodurch die Herstellungskosten gesenkt werden. Zu beachten ist, dass in dem in Fig. 13 gezeigten Beispiel der Arbeitselektrodenanschluss **103** über die gesamte hintere Oberfläche ausgebildet ist, die der Oberfläche gegenüberliegt, auf der die Arbeitselektrode **101** ausgebildet ist, wodurch der Widerstandswert auf Seite der Arbeitselektrode auf einen deutlich kleineren Wert abgesenkt wird. Zu beachten ist jedoch, dass es nicht notwendig ist, den Arbeitselektrodenanschluss **103** auf der hinteren Oberfläche vorzusehen.

[0163] Wie zuvor beschrieben ist, ist es mit dem Biosensor der vorliegenden Ausführungsform möglich, eine hochgenaue Untersuchung zu verwirklichen. Da das Problem des Leitungswiderstands bei Miniaturisierung gelöst werden kann, nimmt die Untersuchungsgenauigkeit nicht ab, selbst wenn die Biosensoren weiter in der Größe reduziert werden.

FÜNFTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0164] Fig. 14 zeigt eine Draufsicht und eine perspektivische Ansicht, wobei ein Biosensor der fünften Ausführungsform dargestellt ist. Wie in der Fig. gezeigt ist, umfasst ein Biosensor **73** der vorliegenden Ausführungsform die im Wesentlichen kreisförmige Arbeitselektrode **101**, die Gegenelektrode **102**, die die Arbeitselektrode mit einem konstanten Abstand umgibt, den Arbeitselektrodenreferenzanschluss und den Arbeitselektrodenanschluss **103**, der mit der Arbeitselektrode **101** verbunden ist und auf der hinteren Oberfläche des Substrats vorgesehen ist, und den Gegenelektrodenanschluss **104**, der so vorgesehen ist, dass dieser sich über die gesamte obere Oberfläche des Substrats erstreckt.

[0165] In dem Biosensor **73** der vorliegenden Ausführungsform sind die Arbeitselektrode **101** und der innere Rand der Gegenelektrode **102**, der die Arbeitselektrode **101** umgibt zueinander konzentrisch ausgebildet, wobei ein Enzym und eine zu untersuchende Substanz miteinander in gleichförmiger Weise zur Reaktion gebracht werden können. Ferner ist das auf die Elektrode einwirkende elektrische Feld gleichförmig gemacht, so dass die Untersuchungsgenauigkeit weiter verbessert wird.

[0166] Da ferner der Gegenelektrodenanschluss **104** so vorgesehen ist, um sich über die gesamte obere Oberfläche des Substrats zu erstrecken, ist es möglich, den Widerstand R_{m1} auf Seite der Gegenelektrode auf einen sehr geringen Wert herabzusetzen. Daher liefert der Biosensor der vorliegenden Ausführungsform eine erhöhte Untersuchungsgenauigkeit.

[0167] Damit ist es möglich, einen Biosensor zu verwirklichen, mit dem eine hochgenaue Untersuchung

ausgeführt werden kann, indem die Arbeitselektrode und der innere Rand der Gegenelektrode zueinander konzentrisch sind und indem der Gegenelektrodenanschluss **104** auf der oberen Oberfläche des Substrats vorgesehen ist.

SECHSTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0168] Fig. 3 ist ein Schaltungsdiagramm, das einen Teil einer Biosensoreinrichtung der sechsten Ausführungsform darstellt, und Fig. 4 ist ein Schaltbild, das einen Teil der Biosensorausrichtung der vorliegenden Ausführungsform mit speziellen Anordnungen eines Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **29** und eines Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **28** zeigt.

[0169] Wie in Fig. 3 dargestellt ist, umfasst die Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform den Biosensor **15** und die Messschaltung **16**, die mit dem Biosensor **15** verbunden ist.

[0170] Der Biosensor **15** umfasst die Arbeitselektrode **101**, die Gegenelektrode **102**, die der Arbeitselektrode **101** gegenüberliegt, den Arbeitselektrodenreferenzanschluss **10** und den Arbeitselektrodenanschluss **103**, die mit der Arbeitselektrode **101** verbunden sind, und den Gegenelektrodenanschluss **104**, der mit der Gegenelektrode **102** verbunden ist. Die Arbeitselektrode **101** ist mit dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss **10** und dem Arbeitselektrodenanschluss **103** mittels Leitungen, die aus Cu, Al oder dergleichen hergestellt sind, verbunden.

[0171] Ferner umfasst die Messschaltung **16** den Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **29**, der mit dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss **10** und dem Arbeitselektrodenanschluss **103** verbunden ist und einen Strommesser aufweist, den Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **28**, der mit dem Gegenelektrodenanschluss **104** verbunden ist, die Basisspannungsquelle **117**, die die Arbeitselektrodenbasisspannung V_{pr1} dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **29** und die Gegenelektrodenbasisspannung V_{mr1} dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **28** zuführt, und die Signalverarbeitungsschaltung **121** zum Verarbeiten des Stromes, der dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **29** eingeprägt wird. Der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **29** ist eine Strom/Spannungs-Wandlerschaltung, die in der japanischen Patentoffenlegungsschrift 11-154833 (US-Patent Nr. 5,986,910) offenbart ist.

[0172] In der Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform wird die Gegenelektrodenbasisspannung V_{mr1} , die von der Basisspannungsquelle **117** erzeugt wird, in der Impedanz mittels dem Ab-

schnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **28** geändert und anschließend wird die Gegenelektrodenanschlussspannung V_{m1} von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **28** bereitgestellt. Zu dieser Zeit gilt der folgende Ausdruck.

$$V_{m1} = V_{mr1} \quad (18)$$

[0173] Des Weiteren werden die Arbeitselektrodenbasisspannung V_{pr1} und die Arbeitselektrodensteuersignalspannung V_{p1} dem Arbeitselektrodenanschluss **103** so zugeführt, dass die Spannungsdifferenz zwischen diesen beiden im Wesentlichen 0 Volt beträgt. Daher gilt der folgende Ausdruck.

$$V_{p2} = V_{pr1} \quad (19)$$

[0174] Der Wert des Stromes, der aus dem Arbeitselektrodenanschluss **103** herausfließt, wird von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **29** gemessen, und es wird ein Arbeitselektrodenstrompegelsignal s_{120} , das das Ergebnis der Messung repräsentiert, der Signalverarbeitungsschaltung **121** eingespeist. Auf der Grundlage des gemessenen Strompegels wird die Konzentration der zu untersuchenden Komponente berechnet und ein Ergebnis wird angezeigt oder dergleichen.

[0175] Da ferner der Eingang des Arbeitselektrodenreferenzanschlusses **10** und des Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **29** eine hohe Impedanz aufweist, gilt für den durch die Referenzelektrode fließenden Strom die folgende Gleichung.

$$I_{p2} = 0 \quad (20)$$

[0176] Daher erfüllen die Arbeitselektrodenreferenzspannung V_{p2} und die Arbeitselektrodenspannung V_p die folgende Gleichung.

$$V_{p2} = V_p \quad (21)$$

[0177] Daher gilt in Verbindung mit den Gleichungen (18), (19), (20) und (21) der folgende Ausdruck für die angelegte Sensorspannung V_f .

$$\begin{aligned} V_f &= V_p - V_m \\ &= V_{p2} - (V_{m1} + I_{f2} \cdot R_{m1}) \end{aligned}$$

Da nun $R_{m1} = 0 \Omega$ ist gilt

$$\begin{aligned} V_f &= V_{p2} - V_{m1} \\ &= V_{pr1} - V_{mr1}. \end{aligned} \quad (22)$$

Daher gilt

$$V_f = V_{pr1} - V_{mr1}$$

[0178] Somit ist die als die angelegte Sensorspannung V_f angelegte Spannung immer konstant. Daher ergibt in der folgenden sechsten Ausführungsform das Einsetzen der Gleichung (22) in die Gleichung (8) den folgenden Ausdruck.

$$I_{f1} = f\{Q, (V_{pr1} - V_{mr1})\} \quad (23)$$

daher gilt $I_{f1} = f(Q)$.

[0179] Daher gibt es keinen Einfluss des Leitungswiderstandes R_{p1} der Leitung, die die Arbeitselektrode **101** mit dem Arbeitselektrodenanschluss **103** verbindet, und es entsteht kein Fehler beispielsweise im Blutzuckerspiegel, der von der Biosensoreinrichtung ermittelt wird.

[0180] Die Arbeitselektrodenanschlussspannung V_{p1} wird von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **29** gemäß dem folgenden Ausdruck gesteuert.

$$V_{p1} = V_{pr1} + R_{p1} \cdot I_{f1} \quad (24)$$

[0181] Die Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform unterscheidet sich von der Biosensoreinrichtung der ersten Ausführungsform dahingehend, dass die Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform den Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **29** aufweist, der sowohl mit dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss **10** als auch mit dem Arbeitselektrodenanschluss **103** verbunden ist. Mit diesem Aufbau ist es möglich, den Kondensator zur Stabilisierung der Schaltung wegzulassen, wobei die gesamte Schaltungsfläche verringert werden kann.

[0182] Somit ist es auch in diesem Aufbau, in dem der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **29** auch als die Arbeitselektrodenpotentialreferenzschaltung dient, auch möglich, eine hochgenaue Biosensoreinrichtung zu realisieren, die nicht von dem Leitungswiderstand auf Seite der Arbeitselektrode beeinflusst wird.

[0183] Zu beachten ist, dass ein Operationsverstärker als ein spezielles Beispiel des Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **29** gezeigt ist, bei dem der invertierende Eingang mit dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss **10**, der nicht invertierende Eingang mit der Basisspannungsquelle **117** und der Ausgang mit dem Arbeitselektrodenanschluss **103** verbunden ist, wie dies in **Fig. 4** gezeigt ist. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf die Konfiguration eingeschränkt.

SIEBENTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0184] **Fig. 5** ist ein Schaltungsdiagramm, das einen Teil einer Biosensoreinrichtung der siebten Ausführungsform zeigt, und **Fig. 6** ist ein Schaltbild, das einen Teil der Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform zeigt, wobei diese spezielle Ausbildungen eines Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **19** und eines Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **17** zeigt.

[0185] Wie in **Fig. 5** dargestellt ist, umfasst die Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform den Biosensor **72** und die Messschaltung **16**, die mit dem Biosensor **72** verbunden ist.

[0186] Der Biosensor **72** umfasst die Arbeitselektrode **101**, die Gegenelektrode **102**, die gegenüberliegend zu der Arbeitselektrode **101** vorgesehen ist, den Arbeitselektrodenanschluss **103**, der mit der Arbeitselektrode **101** verbunden ist, und den Gegenelektrodenanschluss **104** und den Gegenelektrodenreferenzanschluss **3**, die mit der Gegenelektrode **102** verbunden sind. Die Querschnittsfläche der Leitung, die die Arbeitselektrode **101** mit dem Arbeitselektrodenanschluss **103** verbindet, ist ausreichend groß, so dass der Leitungswiderstand im Wesentlichen auf 0Ω eingestellt werden kann. Der Biosensor **72** umfasst den Gegenelektrodenreferenzanschluss **3** in gleicher Weise wie der Biosensor der vierten Ausführungsform.

[0187] Ferner umfasst die Messschaltung **16** den Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **19**, der mit dem Arbeitselektrodenanschluss **103** verbunden ist, den Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **17**, der mit dem Gegenelektrodenanschluss **104** verbunden ist und einen Strommesser aufweist, eine Gegenelektrodepotentialreferenzschaltung **1**, die mit dem Gegenelektrodenreferenzanschluss **3** verbunden ist, die Basisspannungsquelle **117**, die die Arbeitselektrodenbasisspannung V_{pr1} dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **19** und die Gegenelektrodenbasisspannung V_{mr1} der Gegenelektrodenpotentialreferenzschaltung zuführt, und die Signalverarbeitungsschaltung **121** zum Verarbeiten eines Gegenelektrodenstrompegelsignals s_{18} , das von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **17** entsprechend dem eingespeisten Strom ausgegeben wird.

[0188] In der Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform wird die von der Basisspannungsquelle erzeugte Arbeitselektrodenbasisspannung V_{pr1} in der Impedanz mittels dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **19** in der Impedanz geändert und die Arbeitselektrodenanschlussspannung V_{p1} wird von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **19** dem Arbeitselektrodenanschluss **103** zugeführt. Dabei gilt der folgende Ausdruck.

$$V_{p1} = V_{pr1} \quad (25)$$

[0189] Wenn ferner die Gegenelektrodenbasisspannung V_{mr1} , die von der Basisspannungsquelle **117** erzeugt wird, und eine Arbeitselektrodenreferenzanschlussspannung V_{m2} der Gegenelektrodenpotentialreferenzschaltung **1** eingespeist werden, erzeugt die Gegenelektrodenpotentialreferenzschaltung **1** ein Gegenelektrodensteuersignal s_6 so, dass die Spannungsdifferenz zwischen diesen beiden 0 Volt beträgt. Die Spannung des Gegenelektrodensteuersignals s_6 (Arbeitselektrodensteuersignalspannung) ist V_{mr2} . Dabei gilt der folgende Ausdruck.

$$V_{m2} = V_{mr1} \quad (26)$$

$$V_{m1} = V_{mr2} \quad (27)$$

[0190] In **Fig. 5** wird der aus dem Gegenelektrodenanschluss **104** herausfließende Strom von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **17** gemessen und das Ergebnis wird der Signalverarbeitungsschaltung **121** in Form des Gegenelektrodenstrompegelsignals s_{18} zugeführt. Daraufhin wird auf der Grundlage des gemessenen Strompegels die Konzentration der zu untersuchenden Komponente berechnet und das Ergebnis wird angezeigt oder dergleichen.

[0191] Wie in der ersten Ausführungsform, die zuvor beschrieben ist, gilt für die angelegte Sensorspannung V_f der folgende Ausdruck.

$$\begin{aligned} V_f &= V_p - V_m \\ &= V_{p1} - (V_{m2} + I_{f1} \cdot R_{p1}) \end{aligned}$$

Da nun $R_{p1} = 0 \Omega$, gilt

$$V_f = V_{p1} - V_{m2} \quad (28)$$

$$\begin{aligned} V_f &= V_{p1} - V_{m2} \\ &= V_{pr1} - V_{mr1}. \end{aligned}$$

Daher gilt $V_f = V_{pr1} - V_{mr1}$.

[0192] Da V_{pr1} und V_{mr1} konstant sind, ist die angelegte Sensorspannung V_f stets konstant. Daher ergibt in der vorliegenden Ausführungsform das Einsetzen der Gleichung (28) in die Gleichung (8) den folgenden Ausdruck.

$$I_{f2} = f\{Q, (V_{pr1} - V_{mr1})\} \quad (29)$$

Daher gilt $I_{f2} = f(Q)$.

[0193] Daher beeinflusst der Leitungswiderstand R_{m1} der Leitung auf Seite der Gegenelektrode **102** nicht den Strom I_{f2} , der durch den Gegenelektrodenanschluss **104** fließt, so dass kein Fehler in dem endgültigen Blutzuckerspiegel entsteht, wenn dieser von der Biosensoreinrichtung gemessen wird.

[0194] Die Gegenelektrodenanschlussspannung V_{m1} wird von der Gegenelektrodenpotentialreferenzschaltung **1** und dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **17** gemäß der dargestellten folgenden Gleichung gemessen.

$$V_{m1} = V_{mr2} \quad (30)$$

Daher gilt $V_{m1} = V_{mr1} - R_{m1} \cdot I_{f2}$.

[0195] Somit kann man erkennen, dass in der siebten Ausführungsform es möglich ist, eine hochgenaue Untersuchung durchzuführen, unabhängig von dem Widerstand der Leitungen, selbst wenn eine Drei-Elektroden-Struktur verwendet wird, die auf der Seite der Gegenelektrode den Gegenelektrodenanschluss **104** und den Gegenelektrodenreferenzanschluss **3** aufweist. Ferner ist eine geringere Anzahl an Komponenten im Vergleich zu dem Fall erforderlich, in welchem beispielsweise vier oder mehr Elektroden vorgesehen sind, so dass es möglich ist, eine hochpräzise Biosensoreinrichtung bei geringen Kosten zu verwirklichen.

[0196] Ferner besitzt in dem speziellen in **Fig. 6** dargestellten Schaltungsbeispiel der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **17** eine Schaltungskonfiguration, in der ein Rückkopplungswiderstand R_{g20} auf den invertierenden Eingang eines Operationsverstärkers zurückgekoppelt ist, und der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **19** besitzt einen Operationsverstärker ohne Verstärkung bzw. mit Verstärkungsfaktor **1**, d. h. dieser ist in einer Pufferschaltungskonfiguration vorgesehen. Auf diese Weise liefern der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **17** und der Abschnitt zum Anlegen der Spannung an die Arbeitselektrode **19** die zuvor beschriebenen Funktionsweisen. Zu beachten ist, dass der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **17** und der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **19** alternativ unterschiedliche Schaltungskonfigurationen aufweisen können.

ACHTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0197] **Fig. 7** ist ein Schaltbild, das einen Teil einer Biosensoreinrichtung der achten Ausführungsform darstellt, und **Fig. 8** ist ein Schaltbild, das einen Teil der Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform zeigt, die spezielle Konfigurationen eines Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **31** und eines Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **30** aufweist.

[0198] Wie in **Fig. 7** dargestellt ist, umfasst die Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform den Biosensor **72** und die Messschaltung **16**, die mit dem Biosensor **72** verbunden ist.

[0199] Der Aufbau des Biosensors **72** ist der gleiche wie in der siebten Ausführungsform.

[0200] Die Messschaltung **16** umfasst den Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **39**, den Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **30**, der mit dem Gegenelektrodenanschluss **104** und dem Gegenelektrodenreferenzanschluss **3** verbunden ist und einen Strommesser aufweist, die Basisspannungsquelle **117**, die die Arbeitselektrodenbasisspannung V_{pr1} dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **31** und die Gegenelektrodenbasisspannung V_{mr1} dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **30** zuführt, und die Signalverarbeitungsschaltung **21**, zum Verarbeiten des Gegenelektrodenstrompegelsignals s_{18} von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **30**.

[0201] Die Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform unterscheidet sich von der siebten Ausführungsform dahingehend, dass die Gegenelektrodenpotentialreferenzschaltung **1** fehlt und der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **30** sowohl mit dem Gegenelektrodenanschluss **104** als auch dem Gegenelektrodenreferenzanschluss **3** verbunden ist.

[0202] In der Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform, die in **Fig. 7** gezeigt ist, werden die Gegenelektrodenbasisspannung V_{mr1} und die Gegenelektrodenreferenzanschlussspannung V_{m2} des Gegenelektrodenreferenzanschlusses **3** beide dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **30** eingespeist, und die Gegenelektrodensteuersignalspannung V_{mr2} wird dem Gegenelektrodenanschluss **104** so zugeführt, dass die Spannungsdifferenz zwischen diesen beiden 0 Volt beträgt. Dabei gilt der folgende Ausdruck

$$V_{m2} = V_{mr1} \quad (31)$$

[0203] Des weiteren wird die Arbeitselektrodenbasisspannung V_{pr1} durch den Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **31** in der Impedanz umgewandelt und die Spannung V_{p1} wird von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **31** dem Arbeitselektrodenanschluss **103** zugeführt. Dabei gilt der folgende Ausdruck.

$$V_{p1} = V_{pr1} \quad (32)$$

[0204] Andererseits wird der durch den Gegenelektrodenanschluss **104** fließende Strom durch den Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **30** gemessen und das Gegenelektrodenstrompegelsignal s_{18} , das das Messergebnis repräsentiert, wird der Signalverarbeitungsschaltung

121 zugeführt. Danach berechnet die Einrichtung die Konzentration der zu untersuchenden Komponente und ein Ergebnis wird angezeigt oder dergleichen.

[0205] Wie in der zuvor beschriebenen sechsten Ausführungsform gilt für die angelegte Sensorspannung V_f der Ausdruck.

$$\begin{aligned} V_f &= V_p - V_m \\ &= V_{p1} - (V_{m2} + I_{f1} \cdot R_{p1}), \end{aligned}$$

da nun $R_{p1} = 0 \Omega$ ist, gilt (33)

$$\begin{aligned} V_f &= V_{p1} - V_{m2} \\ &= V_{pr1} - V_{mr1} \end{aligned}$$

Daher gilt $V_f = V_{pr1} - V_{mr1}$.

[0206] Somit ist die angelegte Sensorspannung V_f eine konstante Spannung.

[0207] Daher ergibt das Einsetzen des Ausdruckes (33) in Gleichung (8) den folgenden Ausdruck.

$$I_{f2} = f\{Q, (V_{pr1} - V_{mr1})\}, \quad (34)$$

daher gilt $I_{f2} = f(0)$.

[0208] Daher wird der von der Biosensoreinrichtung gemessene Blutzuckerspiegel nicht von dem Leitungswiderstand R_{m1} der Leitung auf Seite der Gegenelektrode **102** beeinflusst, so dass kein Fehler auftritt.

[0209] Wie zuvor beschrieben ist, ist es auch möglich, eine hochgenaue Untersuchung zu verwirklichen, wenn der Gegenelektrodenreferenzanschluss **3** und der Gegenelektrodenanschluss **104** beide mit dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **30** verbunden sind.

[0210] Ferner besitzt in dem in **Fig. 8** dargestellten speziellen Schaltungsbeispiel der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **30** einen Operationsverstärker, bei dem der invertierende Eingang mit dem Gegenelektrodenreferenzanschluss **3**, der nicht invertierende Eingang mit der Arbeitselektrodenbasisspannung V_{mr1} und der Ausgang mit dem Arbeitselektrodenanschluss **103** verbunden ist. Dies repräsentiert eine Spannungs/Strom-Wandlerschaltung, wie sie in der japanischen Patentoffenlegungsschrift 11-154833 (US-Patent Nr. 5,986,910) offenbart ist. Zu beachten ist, dass die vorliegende Erfindung nicht auf diesen Aufbau eingeschränkt ist.

NEUNTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0211] Es wird nun ein Biosensorchip der neunten Ausführungsform beschrieben.

[0212] Fig. 15 ist eine Draufsicht, die den Biosensorchip der vorliegenden Ausführungsform darstellt. Fig. 16 ist eine Draufsicht, die die erste Variante des Biosensorchips der vorliegenden Ausführungsform zeigt, Fig. 17 ist eine Draufsicht, die die zweite Variante des Biosensorchips der vorliegenden Ausführungsform zeigt und Fig. 18 ist eine Draufsicht, die die dritte Variante des Biosensorchips der vorliegenden Ausführungsform darstellt.

[0213] Wie in Fig. 15 gezeigt ist, besitzt ein Biosensorchip 35 der vorliegenden Ausführungsform einen Aufbau, in welchem der Biosensor der ersten Ausführungsform, die in Fig. 9 dargestellt ist, und die Messschaltung 16 auf dem gleichen Substrat vorgesehen sind. Der Biosensor und die Messschaltung 16 werden mittels Mikrofabrikationsverfahren hergestellt und die Leitung, die die Arbeitselektrode 101 mit dem Arbeitselektrodenanschluss 103 und dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss 10 verbindet, und die Leitung, die die Gegenelektrode 102 mit dem Gegenelektrodenanschluss 104 verbindet, sind als Dünnschichten ausgebildet. Ferner sind die Leitungen auf der Seite der Gegenelektrode und jene auf der Seite der Arbeitselektrode aus einem relativ preisgünstigen Metall, etwa Aluminium oder Kupfer hergestellt.

[0214] Ferner kann der Biosensorchip 35 der vorliegenden Ausführungsform von der Einrichtung abnehmbar sein und als Wegwerfprodukt ausgebildet sein.

[0215] Somit ist es durch Integrieren des Biosensors und der Messschaltung 16 in einen einzelnen Chip möglich, die Größe des Untersuchungsabschnitts zu reduzieren, und es ist möglich, den Biosensorchip in kostengünstiger Weise unter Ausnutzung bekannter Massenproduktionstechniken herzustellen.

[0216] Zu beachten ist, dass wenn die Leitungen unter Anwendung von Mikrofabrikationstechniken hergestellt werden, die Leitungen als dünne Filme ausgebildet werden, wodurch die Leitungswiderstände R_{p1} , R_{m1} und R_{p2} vergrößert werden. In der Biosensoreinrichtung der vorliegenden Erfindung wird jedoch eine Hochpräzisionsmessung verwirklicht, unabhängig von dem Leitungswiderstand, wobei es möglich ist, einen Biosensorchip zu verwirklichen, der für eine hochpräzise Messung verwendbar ist und dabei preisgünstig ist. Da ferner die Größe gering ist, kann die Gesamtgröße der Biosensoreinrichtung verringert werden.

[0217] Zu beachten ist, dass nicht nur der Biosensor der ersten Ausführungsform, sondern auch ein beliebiger anderer der oben beschriebenen Biosensoren zusammen mit der Messschaltung in einem Chip integriert werden kann.

[0218] Des Weiteren kann in dem Biosensorchip der vorliegenden Ausführungsform das gemeinsame benutzte Substrat ein beliebiges Substrat sein, zu denen ein Halbleitersubstrat, ein Siliziumsubstrat, ein SOI-(Silizium auf Isolator)Substrat, ein SOS(Silizium auf Saphire)Substrat, ein isolierendes Substrat, etwa ein Glassubstrat, etc. gehören können. Zu beachten ist jedoch weiterhin, dass es notwendig ist, ein Substrat zu wählen, das nicht mit Enzymen und Reaktionsstoffen, die auf die Elektroden des Biosensors aufgebracht werden, reagiert.

[0219] Ferner kann auch ein Biosensor, in welchem die Leitungen in mehreren Schichten ausgebildet sind, wie in Fig. 10 dargestellt ist, auf dem gemeinsamen Substrat mit der Messschaltung 16 vorgesehen werden, wie dies in Fig. 16 gezeigt ist. Durch Ausbilden der Leitungen auf mehreren Schichten kann die Fläche des Biosensors weiter verringert werden, wodurch es möglich ist, einen noch kleineren Biosensorchip 37 herzustellen.

[0220] Alternativ können die Biosensoren, die in Fig. 11 und Fig. 12 gezeigt sind, mit der Messschaltung 16 auf dem gleichen Substrat vorgesehen werden, wie dies in Fig. 17 gezeigt ist. Ein Biosensorchip 80 dieser Variante enthält ein gemeinsames Substrat, das von der Messschaltung 16 ebenfalls benutzt wird, und es sind ein Substrat mit einem darauf vorgesehenen Biosensor und ein Substrat mit der Messschaltung 16 auf dem gemeinsamen Substrat montiert. Ein Gegenelektrodenanschluss ist so vorgesehen, um sich über die gesamte hintere Oberfläche des Substrats mit dem darauf vorgesehenen Biosensor zu erstrecken.

[0221] Wie ferner in Fig. 18 gezeigt ist, kann selbst ein Biosensor, in welchem zwei Elektroden, d. h. die Gegenelektrodenreferenzelektrode und der Gegenelektrodenanschluss, die in Fig. 13 und Fig. 14 gezeigt sind, mit der Gegenelektrode verbunden sind, auf dem gleichen gemeinsamen Substrat mit der Messschaltung 16 vorgesehen werden. Insbesondere ein Substrat mit dem darauf angebrachten Biosensor und ein Substrat mit der darauf vorgesehenen Messschaltung 16 sind auf dem gleichen Substrat montiert.

ZEHNTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0222] Fig. 19 ist eine Draufsicht, die einen Biosensorchip 40 der zehnten Ausführungsform zeigt, und Fig. 20 ist eine Querschnittsansicht, die den Biosensorchip der vorliegenden Ausführungsform darstellt.

[0223] Wie in Fig. 19 und in Fig. 20 gezeigt ist, umfasst der Biosensorchip 40 der vorliegenden Ausführungsform einen Sensorchip 38 mit einem Biosensor mit drei Elektroden, der darauf ausgebildet ist, einen Messschaltungschip 42 mit einer darauf ausgebilde-

ten Messschaltung und ein gemeinsames Substrat **60**, das den Sensorchip **38** und den Messschaltungschip **48** trägt. Der Gegenelektrodenanschluss **104**, der Arbeitselektrodenanschluss **103** und der Arbeitselektrodenreferenzanschluss **10** des Biosensors sind mit dem Messschaltungschip **43** mittels Verbindungsdrähten **39** verbunden.

[0224] Wenn das Substrat mit der darauf vorgesehenen Messschaltung eine geringe Affinität zu einem untersuchenden Mittel in dem Biosensor mit einem Enzym und einem Mediator aufweist oder mit diesem eine Reaktion eingeht, ist es schwierig, ein derartiges Substrat auf dem gemeinsamen Substrat zusammen mit dem Substrat mit der darauf vorgesehenen Messschaltung **16** bereitzustellen, wie dies in dem Biosensorchip der Fall ist, der in **Fig. 15** gezeigt ist. Daher wird eine Struktur mit Chip auf Chip in der vorliegenden Ausführungsform verwendet. Bei dem Biosensorchip **40** der vorliegenden Ausführungsform können ein Substrat mit einem darauf vorgesehenen Biosensor und ein Substrat mit einer darauf vorgesehenen Messschaltung in beliebiger Weise kombiniert werden.

[0225] Ferner gibt es Fälle, in denen die gleiche Substanz, aus dem die Signalleitung der Messschaltung **16** hergestellt ist, nicht für die Leitungen des Biosensors auf Grund der Art des Enzyms oder des Mediators, die der zu untersuchenden Komponente angepasst sind, verwendet werden kann. Auch in einem derartigen Falle ist eine Anordnung entsprechend der vorliegenden Ausführungsform verwendbar und es ist mit einer derartigen Konfiguration möglich, einen ausreichend kleinen Biosensorchip zu realisieren.

[0226] Mit einem Aufbau mit Chip auf Chip, wie in der vorliegenden Ausführungsform, kann ein beliebiger Biosensor als ein kleiner Chip hergestellt werden. Da ferner keine speziellen Herstellungsschritte beteiligt sind, ist es möglich, die Herstellungskosten gering zu halten.

[0227] Zu beachten ist, dass bei dem Biosensorchip der vorliegenden Ausführungsform der Sensorchip **38** und der Messschaltungschip **43** auf dem gemeinsamen Substrat **60** angeordnet sind. Der Messschaltungschip **43** kann jedoch direkt auf dem Sensorchip **38** ohne Verwendung des gemeinsamen Substrats **60** angeordnet sein. Alternativ kann der Biosensorchip einen Aufbau mit Chip auf Chip aufweisen, wobei der Sensorchip **38** auf dem Messschaltungschip **43** angeordnet ist.

[0228] Obwohl der Sensorchip und der Messschaltungschip miteinander mittels Drähten in der vorliegenden Ausführungsform verbunden sind, kann alternativ die obere Fläche des Sensorchips und die obere Fläche des Messschaltungschips so angeordnet werden, dass diese einander zugewandt sind und

diese können dann miteinander durch Löthöcker verbunden werden. Des Weiteren können die Chips alternativ miteinander durch ein Ballgitterarray (abgekürzt BGA) miteinander verbunden werden. Wenn eine Anschlussfläche oder eine Elektrode, die durch das Substrat hindurchgeht, vorgesehen ist, können alternativ Chips aufeinander gestapelt werden und können dennoch miteinander mittels der durchgehenden Elektrode verbunden werden. Mit diesem Verfahren wird der Signalübertragungsweg verkürzt, wobei ein entsprechender Fehler weiter verringert werden kann.

ELFTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0229] **Fig. 21** ist eine Draufsicht, die einen Biosensor der elften Ausführungsform darstellt.

[0230] Wie in **Fig. 21** gezeigt ist, umfasst ein Biosensor **74** der vorliegenden Ausführungsform zwei Biosensoren mit jeweils drei Elektroden, die auf dem gleichen Substrat ausgebildet sind, wobei jeder den Arbeitselektrodenanschluss **103**, den Arbeitselektrodenreferenzanschluss **10** und den Gegenelektrodenanschluss **104** aufweist, wie dies beispielsweise in der ersten Ausführungsform beschrieben ist, und wobei die zwei Gegenelektrodenanschlüsse **104** zusammen als ein gemeinsamer Anschluss ausgebildet sind. Da die beiden Gegenelektrodenanschlüsse **104** als ein gemeinsamer Anschluss vorgesehen sind, ist die Anzahl der Elektroden verringert, wodurch es möglich ist, die Größe, die Herstellungskosten und dergleichen des Biosensors zu verringern.

[0231] Somit können durch Anordnen zweier Biosensoren, die unterschiedliche Untersuchungsmittel anwenden, die aus Enzymen, Mediatoren, etc. entsprechend den unterschiedlichen zu untersuchenden Komponenten hergestellt sind, unterschiedliche Faktoren gleichzeitig untersucht werden, so dass eine Vielzahl von Testabläufen gleichzeitig durchgeführt werden kann und somit die Belastung für den Patienten verringert werden kann. Die Anzahl der Arten von Biosensoren, die auf einer einzelnen Biosensoreinrichtung zu montieren ist, ist nicht auf eine spezielle Anzahl beschränkt, solange es zwei oder mehr sind. Für praktische Zwecke ist es z. B. vorteilhaft, es zu ermöglichen, dass mit einem einzelnen Biosensorchip mehrere Testabläufe durchgeführt werden können, die zum Diagnostizieren einer speziellen Krankheit erforderlich sind, oder es zu ermöglichen, rasch eine regelmäßige medizinische Untersuchung mit einem einzelnen Biosensorchip durchzuführen. Zu diesem Zwecke können drei oder mehr Biosensoren auf dem gleichen Substrat hergestellt werden, obwohl in **Fig. 21** ein Beispiel mit lediglich zwei auf dem gleichen Substrat ausgebildeten Biosensoren gezeigt ist.

[0232] Ferner ist der Biosensorchip mit den darauf montierten Biosensoren abnehmbar, wodurch es

möglich ist, selektiv unterschiedliche Biosensorchips entsprechend dem Zweck der Untersuchung zu verwenden, wobei die gleiche Anordnung der Einrichtung verwendet werden kann.

[0233] Zu beachten ist, dass, obwohl die Gegenelektrodenanschlüsse als ein gemeinsamer Anschluss in dem Biosensor der vorliegenden Ausführungsform zusammengefasst sind, alle Elektroden, die zusammengefasst werden können, als eine gemeinsame Elektrode ausgebildet werden können. Beispielsweise können durch die Anordnung zweier Biosensoren mit drei Elektroden in einem symmetrischen Muster benachbarte Arbeitselektrodenreferenzanschlüsse **10** miteinander zu einem gemeinsamen Anschluss zusammengefasst werden.

ZWÖLFTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0234] Fig. 22 zeigt eine Draufsicht und eine perspektivische Ansicht, wobei ein Biosensor **75** der zwölften Ausführungsform dargestellt ist.

[0235] Wie in der Figur gezeigt ist, umfasst der Biosensor **75** der vorliegenden Ausführungsform zwei Biosensoren der zweiten Ausführungsform, die auf dem gleichen Substrat ausgebildet sind, wobei die zwei Gegenelektrodenanschlüsse **104** zu einem gemeinsamen Anschluss zusammengefasst sind. Somit wird ein gemeinsamer Gegenelektrodenanschluss **104**, der mit den beiden Gegenelektroden **102** verbunden ist, so vorgesehen, dass dieser sich über die gesamte hintere Oberfläche des Biosensors **75** erstreckt.

[0236] Ferner können in einem Biosensor, in welchem der Gegenelektrodenanschluss so vorgesehen ist, dass dieser sich über die gesamte hintere Oberfläche erstreckt, zwei oder mehr Biosensoren zusammen angeordnet werden, wobei die Gegenelektrodenanschlüsse zu einem gemeinsamen Anschluss zusammengefasst werden, so dass es möglich ist, unterschiedliche zu untersuchende Substanzen gleichzeitig zu untersuchen, während die Anzahl der Elektroden verringert und die Größe reduziert wird. Da die Anzahl der Elektroden verringert ist, wird zudem der Herstellungsprozess vereinfacht. Durch Zusammenfassen der Gegenelektrodenanschlüsse der Biosensoren zu einem gemeinsamen Anschluss ist es möglich, einen noch größeren Fläche bereitzustellen und den Widerstandswert besser an den idealen Wert von 0Ω anzunähern.

[0237] Zu beachten ist, dass, obwohl zwei Biosensoren in der vorliegenden Ausführungsform miteinander angeordnet sind, drei oder mehr Biosensoren alternativ miteinander angeordnet werden können.

[0238] Wenn ferner mehrere Biosensoren miteinander angeordnet sind, wobei in jedem die Gegenelek-

trode so vorgesehen ist, um sich über die gesamte obere Fläche des Substrats zu erstrecken, wie dies in der fünften Ausführungsform der Fall ist, können die Gegenelektrodenanschlüsse zu einem gemeinsamen Anschluss zusammengefasst werden.

[0239] Wenn die Leitungen oder Elektroden auf Seite der Gegenelektrode oder auf Seite der Arbeitselektrode auf mehreren Schichten ausgebildet sind, können zwei oder mehrere Biosensoren in einen einzelnen Biosensor integriert werden.

DREIZEHENTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0240] Fig. 23 ist eine Draufsicht, die einen Biosensorchip **81** der dreizehnten Ausführungsform zeigt.

[0241] Wie in der Figur dargestellt ist, umfasst der Biosensorchip **81** der vorliegenden Ausführungsform zwei Biosensoren und die Messschaltungen **16**, die mit den entsprechenden Biosensor verbunden sind, wobei die Biosensoren jeweils einen Sensorabschnitt **131** mit drei Elektroden, d. h. dem Arbeitselektrodenanschluss **103**, dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss **10** und dem Gegenelektrodenanschluss **104**, aufweist. Die Biosensoren und die Messschaltungen **16** sind auf dem gleichen Substrat vorgesehen. Ferner sind die Gegenelektrodenanschlüsse **104** der benachbarten Biosensoren in einen gemeinsamen Anschluss integriert.

[0242] Jeder der Biosensoren kann eine unterschiedliche Substanz untersuchen, wobei es möglich ist, mehrere Untersuchungen gleichzeitig auszuführen.

[0243] Zu beachten ist, dass obwohl in Fig. 23 ein Beispiel gezeigt ist, in dem jeder Biosensor und die Messschaltung **16** nebeneinander angeordnet sind, die vorliegende Erfindung auch durch einen alternativen Aufbau verwirklicht werden kann, beispielsweise einem Aufbau, in welchem ein Chip mit einer darauf ausgebildeten Messschaltung auf einen Biosensor gestapelt wird. In einem derartigen Falle können die Messschaltung und der Biosensor miteinander mittels eines Drahtes, einem BGA oder Durchkontaktierungen, die durch das Substrat gehen, verbunden werden.

VIERZEHENTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0244] Fig. 24 ist ein Schaltdiagramm, das einen Biosensorchip **82** der vierzehnten Ausführungsform zeigt, und Fig. 25 ist eine Draufsicht, die den Biosensorchip **82** darstellt.

[0245] Wie in Fig. 24 gezeigt ist, umfasst der Biosensorchip **82** der vorliegenden Ausführungsform einen ersten Biosensor **58**, einen zweiten Biosensor **59** und ein Messschaltungsmodul **57**, das mit dem ers-

ten Biosensor **58** und dem zweiten Biosensor **59** verbunden ist.

[0246] Wie in **Fig. 25** dargestellt ist, umfassen der erste Biosensor **58** und der zweite Biosensor **59** jeweils einen Arbeitselektrodenanschluss, einen Arbeitselektrodenreferenzanschluss und eine Gegenelektrode, wobei die Gegenelektroden der Biosensoren miteinander verbunden sind.

[0247] Das Messschaltungsmodul **57** umfasst die Messschaltung **16**, die mit dem ersten Biosensor **58** und dem zweiten Biosensor **59** verbunden ist, eine erste Gruppe von Schaltern **54**, die zwischen dem Arbeitselektrodenanschluss und dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss des ersten Biosensors **58** und der Messschaltung **16** vorgesehen ist, eine zweite Gruppe von Schaltern **56**, die zwischen dem Arbeitselektrodenanschluss und dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss des zweiten Biosensors **59** und der Messschaltung **16** vorgesehen ist, und eine Auswahlsteuerschaltung **52** zum Ein/Ausschalten der ersten Gruppe von Schaltern **54** und der zweiten Gruppe von Schaltern **56**.

[0248] Die Auswahlsteuerschaltung **52** liefert ein Verbindungssteuersignal s53 zur Steuerung des Schaltens der ersten Gruppe von Schaltern **54** und ein Verbindungssteuersignal s55 zum Steuern des Schaltens der zweiten Gruppe von Schaltern **56**. Insbesondere wenn eine Untersuchung mittels des ersten Biosensors **58** durchgeführt wird, werden die erste Gruppe von Schaltern **54** und die zweite Gruppe von Schaltern **56** ein- bzw. ausgeschaltet, wohingegen, wenn eine Untersuchung mittels des zweiten Biosensors **59** durchgeführt wird, die erste Gruppe von Schaltern **54** bzw. die zweite Gruppe von Schaltern **56** aus- bzw. eingeschaltet wird.

[0249] Mit dem Biosensorchip **82** der vorliegenden Ausführungsform kann eine Untersuchung mit lediglich einer Messschaltung für zwei Biosensoren durchgeführt werden, wodurch es möglich ist, mehrere Substanzen zu untersuchen und die Chipfläche weiter zu verringern. Des Weiteren ist es mit diesem Aufbau möglich, die Herstellungskosten zu senken.

[0250] In dem Biosensorchip der vorliegenden Ausführungsform können die erste Gruppe von Schaltern **54** und die zweite Gruppe von Schaltern **56** einen gewissen Ein-Widerstand aufweisen. Da jedoch der Ein-Widerstand in äquivalenter Weise in dem Leitungswiderstand der Leitung des Biosensors enthalten ist, wird die Untersuchungsgenauigkeit in der vorliegenden Schaltungskonfiguration nicht beeinträchtigt.

[0251] Zu beachten ist, dass zwei Biosensoren auf dem gleichen Substrat in dem Biosensor der vorliegenden Ausführungsform ausgebildet sind, wobei al-

ternativ drei oder mehr Biosensoren auf dem gleichen Substrat gebildet sein können. Da ferner ein Messvorgang der Biosensoren mittels eines Schalters ausgewählt werden kann, können drei oder mehrere Biosensoren mit einer einzelnen Messschaltung verbunden werden.

[0252] Obwohl der erste Biosensor **58**, der zweite Biosensor **59** und das Messschaltungsmodul **57** in der vorliegenden Ausführungsform auf dem gleichen Substrat aufgebildet sind, können alternative Chips mit jeweils einem Biosensor oder einem Messschaltungsmodul auf einem gemeinsamen Substrat montiert werden.

[0253] Alternativ können mehrere Chips aufeinander gestapelt werden und mittels eines BGA, einer Durchkontaktierung oder einem Draht miteinander verbunden werden.

[0254] Zu beachten ist, dass obwohl der Biosensorchip der vorliegenden Ausführungsform einen Biosensor mit drei Elektroden mit einem Arbeitselektrodenanschluss, einem Arbeitselektrodenreferenzanschluss und einem Gegenelektrodenanschluss aufweist, der Biosensorchip alternativ einen Biosensor mit drei Elektroden mit einem Arbeitselektrodenanschluss, einem Gegenelektrodenanschluss und einer Gegenelektrodenreferenzelektrode aufweisen kann.

FÜNFZEHNTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0255] **Fig. 26** ist eine Draufsicht, die einen Biosensorchip **83** der fünfzehnten Ausführungsform zeigt.

[0256] Wie in **Fig. 26** dargestellt ist, umfasst der Biosensorchip **83** der vorliegenden Ausführungsform zwei Biosensoren und eine Messschaltung **50**, die mit den beiden Biosensoren verbunden ist, auf dem gleichen Substrat, wobei jeder Biosensor den Arbeitselektrodenanschluss **103**, den Arbeitselektrodenreferenzanschluss **10**, den Gegenelektrodenanschluss **104** und den Sensorabschnitt **131** für die Reaktion mit einer zu untersuchenden Flüssigkeit aufweist.

[0257] Ein Merkmal des Biosensorchips **83** der vorliegenden Ausführungsform liegt darin, dass die Sensorabschnitte **131** der Biosensoren, die den unterschiedlichen zu untersuchenden Komponenten entsprechen, benachbart zueinander vorgesehen sind. Der Reaktionsabschnitt enthält eine Gegenelektrode und eine Arbeitselektrode, auf der ein Untersuchungsmittel, das aus einem Enzym, einem Mediator, etc. hergestellt ist, aufgebracht ist.

[0258] In dem Biosensorchip der vorliegenden Ausführungsform sind die Reaktionsabschnitte der beiden Biosensoren benachbart zueinander angeordnet, wobei zwei unterschiedliche Untersuchungen ausgeführt werden können, indem lediglich ein ein-

zelner Tropfen einer Blutprobe aufgebracht wird. Somit wird die Struktur des Abtropfabchnitts des Biosensors vereinfacht. Ferner ist lediglich eine sehr geringe Blutprobenmenge erforderlich, wodurch hinsichtlich der Blutabnahme nur geringe Anforderungen auftreten.

[0259] Zu beachten ist, dass in dem Biosensorchip der vorliegenden Ausführungsform Reaktionsabschnitte von drei oder mehr unterschiedlichen Biosensoren alternativ benachbart zueinander vorgesehen werden können. Dann ist es möglich, drei oder mehr Untersuchungen mit einer einzelnen Abtropfspektionsstruktur durchzuführen. Des Weiteren ist es möglich, die erforderliche Blutprobenmenge zu reduzieren.

[0260] Obwohl die zuvor beschriebenen Ausführungsformen sich an einen Biosensor, der drei Anschlüsse aufweist, sowie an einen Biosensorchip und eine Biosensoreinrichtung mit dem Chip richten, betreffen diese und nachfolgende Ausführungsformen Beispiele, in denen der Biosensor vier Anschlüsse besitzt.

SECHZEHNTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0261] Fig. 27 und Fig. 28 zeigen jeweils eine Schaltungskonfiguration einer Biosensoreinrichtung der sechzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die in diesen Figuren dargestellte Biosensoreinrichtung umfasst einen Biosensor **210** der vorliegenden Erfindung, der daran angebracht ist, wobei eine Messschaltung **220** und der Biosensor **210** elektrisch miteinander verbunden sind. Der Aufbau des Biosensors **210** wird später beschrieben. Zu beachten ist, dass zusätzlich zu dem Biosensor **210** und der Messschaltung **220**, wie sie hierin beschrieben ist, die Biosensoreinrichtung ferner eine Datenanalyseeinrichtung, einen Untersuchungsergebnisanzeigeabschnitt, etc. aufweist, wie dies nach Bedarf erforderlich ist.

[0262] Die Messschaltung **220**, die in Fig. 27 gezeigt ist, umfasst einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221a** zum Anlegen der Spannung V_{p1} (entspricht der "ersten Arbeitselektrodenspannung" der vorliegenden Erfindung) an den Arbeitselektrodenanschluss **213a** (entspricht dem "ersten Arbeitselektrodenanschluss" der vorliegenden Erfindung) des Biosensors **210**, einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222** zum Anlegen der Spannung V_{m1} (entspricht der "ersten Gegenelektrodenspannung" der vorliegenden Erfindung) an einen Gegenelektrodenanschluss **214a** (entspricht dem "ersten Gegenelektrodenanschluss" der vorliegenden Erfindung) des Biosensors **210**, eine Basisspannungsquelle **223** zum Zuführen einer Spannung V_{pr} (entspricht der "Arbeitselektrodenbasisspannung" der vorliegen-

den Erfindung) und einer Spannung V_{mr} (entspricht der "Gegenelektrodenbasisspannung" der vorliegenden Erfindung) zu dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221a** bzw. dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222**, und eine Signalverarbeitungsschaltung **224** zum Verarbeiten eines Arbeitselektrodenstrompegelsignals CV1, das von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221a** ausgegeben wird.

[0263] Andererseits umfasst die Messschaltung **220**, die in Fig. 28 gezeigt ist, einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221** und einen Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222a** anstelle des Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **221a** bzw. des Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222**, und die Signalverarbeitungsschaltung **224** verarbeitet ein Gegenelektrodenstrompegelsignal CV2, das von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222a** ausgegeben wird.

[0264] Der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221** dient als Referenz für die Spannung V_{p2} eines Arbeitselektrodenreferenzanschlusses **213b** des Biosensors **210**. Der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221** dient nur als Referenz für die Spannung V_{p2} , und die Eingangsimpedanz ist hoch, wodurch der Strom I_{p2} , der durch den Arbeitselektrodenreferenzanschluss **213** fließt, im Wesentlichen Null ist. Daher ergibt sich kein Spannungsabfall auf Grund des Widerstandswertes R_{p2} des Arbeitselektrodenreferenzanschlusses **213b** und die Spannung V_{p2} und die Spannung V_p (entspricht der "zweiten Arbeitselektrodenspannung" der vorliegenden Erfindung) können als gleich zueinander betrachtet werden. Somit dient im Wesentlichen der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221** als Referenz für die Spannung V_p einer Arbeitselektrode **211** über den Arbeitselektrodenreferenzanschluss **213b** und die Spannung V_{p1} wird so erzeugt, dass die Spannung V_p mit der gegebenen Spannung V_{pr} übereinstimmt.

[0265] Zusätzlich zu der Funktion des Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221**, der zuvor beschrieben ist, besitzt der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221a** die Funktion des Messens des Arbeitselektrodenstromes I_{f1} , der durch den Arbeitselektrodenanschluss **213a** fließt, und der Abschnitt gibt das Arbeitselektrodenstrompegelsignal CV1 entsprechend dem gemessenen Pegel des Arbeitselektrodenstromes I_{f1} aus.

[0266] Der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222** dient als Referenz für die

Spannung V_{m2} eines Gegenelektrodenanschlusses **241b** (entspricht dem "zweiten Gegenelektrodenanschluss" der vorliegenden Erfindung) des Biosensors **210**. Der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222** dient lediglich als Referenz für die Spannung V_{m2} , und die Eingangsimpedanz ist hoch, so dass ein Strom I_{m2} , der durch den Gegenelektrodenanschluss **214b** fließt, im Wesentlichen gleich Null ist. Daher ergibt sich kein Spannungsabfall auf Grund eines Widerstandwertes R_{m2} des Gegenelektrodenanschlusses **214b**, und die Spannung V_{m2} und eine Spannung V_m (entspricht der "zweiten Gegenelektrodenspannung" der vorliegenden Erfindung) können als gleich zueinander betrachtet werden. Somit dient im Wesentlichen der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222** als Referenz für die Spannung V_m einer Gegenelektrode **212** mittels des Gegenelektrodenanschlusses **214b** und es wird die Spannung V_{m1} so erzeugt, dass die Spannung V_m mit der gegebenen Spannung V_{mr} übereinstimmt.

[0267] Zusätzlich zu der oben beschriebenen Funktion besitzt der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222a** die Funktion des Messens des Gegenelektrodenstromes I_{f2} , der durch den Gegenelektrodenanschluss **214a** fließt, und der Abschnitt gibt das Gegenelektrodenstrompegelsignal CV2 entsprechend dem gemessenen Pegel des Gegenelektrodenstromes I_{f2} aus.

[0268] Fig. 29 zeigt einige Schaltungsbeispiele der Abschnitte zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221** und **221a** und der Abschnitte zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222** und **222a**. Die Konfigurationen der in der Figur dargestellten Schaltungen wird nachfolgend beschrieben.

[0269] Fig. 29(a) zeigt ein Schaltungsbeispiel des Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221** oder des Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222**. Der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221** oder der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222**, die in der Figur dargestellt sind, besitzen eine Konfiguration, in der das Ausgangssignal einer Spannungsreferenzschaltung **430** anstelle der Spannung V_{pr} oder der Spannung V_{mr} einer gegenelektrodenseitigen Spannungsquelle **1106** der in Fig. 44 gezeigten konventionellen Messschaltung **1123** zugeführt wird. Der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221** wird nunmehr als ein Beispiel beschrieben.

[0270] Die Spannungsreferenzschaltung **430** ist ein Operationsverstärker, dessen invertierender Eingang und nichtinvertierender Eingang mit den Spannungen V_{p2} bzw. V_{pr} beaufschlagt sind. Die Spannungsreferenzschaltung **430** gibt eine Spannung so aus, dass

die Spannung V_{p2} und die Spannung V_{pr} einander gleich sind. Ein Operationsverstärker als Spannungsquelle **420** empfängt diese Spannung an seinem Eingang und gibt die Spannung V_{p1} entsprechend der eingespeisten Spannung aus.

[0271] Fig. 29(b) zeigt ein Schaltungsbeispiel des Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221a** oder des Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222a**. Der in der Fig. dargestellte Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221a** oder der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222a** besitzt eine Konfiguration, in der das Ausgangssignal der Spannungsreferenzschaltung **430** anstelle der Spannung V_{pr1} oder der Spannung V_{mr1} der Spannungsquelle **210** in der in Fig. 44 gezeigten konventionellen Biosensoreinrichtung zugeführt wird. Es wird nun als ein Beispiel der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221a** beschrieben.

[0272] Ein Operationsverstärker, der die Spannungsreferenzschaltung **430** repräsentiert, gibt eine Spannung so aus, dass die Eingangsspannungen, d. h. die Spannung V_{p2} und die Spannung V_{pr} , einander gleich sind. Die Ausgangsspannung wird dem nicht invertierenden Eingang des Operationsverstärkers, der die Spannungsquelle **420** repräsentiert, zugeführt. Im negativen Rückkopplungszweig des Operationsverstärkers ist ein Widerstandselement vorgesehen, so dass das Arbeitselektrodenstrompegelsignal CV1 entsprechend dem Pegel des Arbeitselektrodenstromes I_{f1} , der durch das Widerstandselement fließt, ausgegeben wird.

[0273] Fig. 29(c) zeigt ein Schaltungsbeispiel des Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221a** oder des Abschnitts zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222**. Der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221a** oder der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222a**, die in der Figur dargestellt sind, enthalten die Spannungsreferenzschaltung **430** und eine Spannungs/Strom-Wandlerschaltung **440**. Diese Schaltung besitzt eine ähnliche Konfiguration wie die Spannungs/Strom-Wandlerschaltung, die beispielsweise in der japanischen Patentoffenlegungsschrift 11-154833 oder in dem US-Patent mit Nr. 59-86910 offenbart ist. Es wird nun der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221a** als ein Beispiel beschrieben.

[0274] Die Spannungsreferenzschaltung **430** gibt die Spannung V_{p1} so aus, dass die Eingangssignale, d. h. die Spannung V_{p2} und die Spannung V_{pr} , einander gleich sind. Die Spannungs/Strom-Wandlerschaltung **440** empfängt als Eingangssignal ein Signal zum Steuern des Ausgangssignals der Spannungsreferenzschaltung **430**.

renzschaltung **430** und gibt das Arbeitselektrodenstrompegelsignal CV1 aus.

[0275] Nachfolgend werden die Spannung, die dem Biosensor **210** mittels der Messschaltung **220** der vorliegenden Ausführungsform zugeführt wird, und der Strom, der von der Messschaltung **220** gemessen wird, erläutert.

[0276] Die Spannung V_{p1} wird von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221** oder **221a** so erzeugt, dass die Spannung V_p und die Spannung V_{pr} einander angepasst sind, und die Spannung V_{p1} wird an den Arbeitselektrodenanschluss **213a** angelegt. Auf diese Weise kann die Spannung V_p stets der Spannung V_{pr} folgen, selbst wenn ein Spannungsabfall auf Grund des Widerstandswerts R_{p1} des Arbeitselektrodenanschlusses **213a** auftritt.

[0277] In ähnlicher Weise wird die Spannung V_{m1} von dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222** oder **222a** so erzeugt, dass die Spannung V_m und die Spannung V_{mr} einander angepasst sind, und die Spannung V_{m1} wird an den Gegenelektrodenanschluss **214a** angelegt. Auf diese Weise kann die Spannung V_m stets der Spannung V_{mr} folgen, selbst wenn ein Spannungsabfall auf Grund des Widerstandswerts R_{m1} des Gegenelektrodenanschlusses **214a** auftritt.

[0278] Daher ist die Spannung V_f , die von der Messschaltung **220** zwischen der Arbeitselektrode **211** und der Gegenelektrode **212** des Biosensors **210** angelegt wird, gemäß dem nachfolgenden Ausdruck (35).

$$V_f = (V_{pr} - V_{mr}) \quad (35)$$

[0279] Daraus ergibt sich aus der Gleichung (8) und der Gleichung (35) ein Strom I_f , der durch den Biosensor **210** in Reaktion auf die angelegte Spannung fließt, gemäß dem folgenden Ausdruck (36).

$$I_f = f\{Q, V_{pr} - V_{mr}\} \quad (36)$$

[0280] Ein Vergleich der Gleichung (35) mit der Gleichung (7), zeigt, dass kein Spannungsabfall auf Grund der Leitungswiderstände R_{p1} und R_{m1} des Arbeitselektrodenanschlusses **213a** und des Gegenelektrodenanschlusses **214a** in der Gleichung (35) auftritt. Somit kann die zwischen der Arbeitselektrode **211** und der Gegenelektrode **212** angelegte Spannung V_f auf einen vorbestimmten Wert festgelegt werden, unabhängig von den Leitungswiderständen des Arbeitselektrodenanschlusses **213a** und des Gegenelektrodenanschlusses **214a** des Biosensors **210**. Daher ergibt sich kein Fehler in dem Strom, der durch den Biosensor **210** fließt. Der Strom wird als der Arbeitselektrodenstrom I_{f1} oder der Gegenelektrodenstrom I_{f2} von dem Abschnitt zum Anlegen ei-

ner Spannung an die Arbeitselektrode **212a** oder dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222a** gemessen und in das Arbeitselektrodenstrompegelsignal CV1 oder das Gegenelektrodenstrompegelsignal CV2 umgewandelt. Das Arbeitselektrodenstrompegelsignal CV1 oder das Gegenelektrodenstrompegelsignal CV2 werden dann von der Signalverarbeitungsschaltung **224** so verarbeitet, um die Konzentration der zu untersuchenden chemischen Substanz zu berechnen.

[0281] Wie zuvor beschrieben ist, ist es gemäß der vorliegenden Ausführungsform möglich, eine vorbestimmte Spannung V_f zwischen der Arbeitselektrode **211** und der Gegenelektrode **212** unabhängig von den Leitungswiderständen des Arbeitselektrodenanschlusses **212a** und des Gegenelektrodenanschlusses **214a** des Biosensors **210** anzulegen. Somit ist es möglich, einen genauen Strompegel ohne Fehler zu messen, wodurch die Untersuchungsgenauigkeit der Biosensoreinrichtung verbessert wird. Insbesondere sind in der Biosensoreinrichtung der vorliegenden Ausführungsform der Arbeitselektrodenreferenzanschluss **212b** und der Gegenelektrodenreferenzanschluss **214b** vorgesehen, wodurch es möglich ist, die Untersuchungsgenauigkeit noch weiter zu verbessern im Vergleich zu dem Fall, wenn lediglich einer der Referenzanschlüsse vorgesehen ist.

[0282] Zu beachten ist, dass bei dem in **Fig. 29(a)** gezeigten Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221** oder dem Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222** die Spannungsquelle **420** weggelassen werden kann und es kann das Ausgangssignal der Spannungsreferenzschaltung **430** direkt als die Spannung V_{p1} oder Spannung V_{m1} verwendet werden. Ferner kann die Spannungsquelle **420** und die Spannungsreferenzschaltung **430** in Form einer anderen Komponente als ein Operationsverstärker vorgesehen sein. Eine derartige Abänderung hat keinerlei Auswirkungen auf die vorliegende Erfindung.

[0283] Wenn ferner die Arbeitselektrode **211** oder die Gegenelektrode **212** eine erste Elektrode und die andere eine zweite Elektrode ist, ist der Abschnitt zum Anlegen einer ersten Spannung, um damit die erste Spannung (beispielsweise die Spannung V_{p1}) an den ersten Anschluss (z. B. den Arbeitselektrodenanschluss **213a**), der mit der ersten Elektrode (beispielsweise der Arbeitselektrode **211**) verbunden ist, anzulegen, ein konventioneller Abschnitt zum Anlegen einer Spannung, während der Abschnitt zum Anlegen einer zweiten Spannung, um damit die zweite Spannung (beispielsweise die Spannung V_{m1}) an den zweiten Anschluss (beispielsweise dem Gegenelektrodenanschluss **214a**), der mit der zweiten Elektrode (beispielsweise der Gegenelektrode **212**) verbunden ist, anzulegen, ein Abschnitt zum Anlegen einer Spannung der vorliegenden Ausführungsform

ist (beispielsweise der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222**). Der Abschnitt zum Anlegen einer zweiten Spannung dient als Referenz für die dritte Spannung (beispielsweise die Spannung V_m) der zweiten Elektrode mittels des dritten Anschlusses (beispielsweise dem Gegenelektrodenanschluss **214b**), der mit der zweiten Elektrode verbunden ist, und der Abschnitt erzeugt die zweite Spannung so, dass die dritte Spannung und eine gegebene Basisspannung (beispielsweise die Spannung V_{mr}) miteinander übereinstimmen. Somit ist es möglich, eine Biosensoreinrichtung mit einer erhöhten Genauigkeit gegenüber dem Stand der Technik zu realisieren, selbst wenn der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221** oder **221a** oder der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222** oder **222a** weggelassen wird.

SIEBZEHNTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0284] Fig. 30 zeigt eine Schaltungskonfiguration einer Biosensoreinrichtung der siebzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Eine Messschaltung **220** der vorliegenden Ausführungsform umfasst den Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221a** und den Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222a**, die in der sechzehnten Ausführungsform beschrieben sind, als Einrichtung zum Anlegen einer Spannung an den Arbeitselektrodenanschluss **213a** bzw. den Gegenelektrodenanschluss **214a** des Biosensors **210**, und die Schaltung verarbeitet das Arbeitselektrodenstrompegelsignal CV1 und das Gegenelektrodenstrompegelsignal CV2, die von den Abschnitten zum Anlegen der Spannungen ausgegeben werden, um die zu untersuchende chemische Substanz zu analysieren. Es wird nun die Messschaltung **220a** beschrieben, wobei bereits in der sechzehnten Ausführungsform beschriebene Komponenten nicht erneut beschrieben werden und wobei die gleichen Bezugszeichen wie in den Fig. 27 und Fig. 28 verwendet werden.

[0285] Der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221a** misst den Strom I_{f1} , der durch den Arbeitselektrodenanschluss **213a** fließt, als den Strom, der durch den Biosensor **210** fließt, und gibt das Arbeitselektrodenstrompegelsignal CV1 aus. Der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221a** kann diverse andere Konfigurationen aufweisen als jene, wie sie in Fig. 29(b) und Fig. 29(c) dargestellt sind.

[0286] Der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222a** misst den Strom I_{f2} , der durch den Gegenelektrodenanschluss **214a** fließt, als den Strom, der durch den Biosensor **210** fließt, und gibt das Gegenelektrodenstrompegelsignal CV2 aus. Der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die

Gegenelektrode **222a** kann diverse andere Konfigurationen aufweisen, als jene, wie sie in den Fig. 29(b) und Fig. 29(c) dargestellt sind.

[0287] Eine Signalverarbeitungsschaltung **224a** verarbeitet das Arbeitselektrodenstrompegelsignal CV1 und das Gegenelektrodenstrompegelsignal CV2. Während das zu verarbeitende Signal in der sechzehnten Ausführungsform entweder das Arbeitselektrodenstrompegelsignal CV1 oder das Gegenelektrodenstrompegelsignal CV2 ist, werden diese beiden Signale in der vorliegenden Ausführungsform verwendet, wodurch der Informationsgehalt über den Strom, der durch den Biosensor **210** fließt, verdoppelt wird. Somit kann das S/N-Verhältnis (Signal/Rauschen-Verhältnis) um ungefähr 6db gegenüber der sechzehnten Ausführungsform verbessert werden.

[0288] Wie zuvor beschrieben ist, kann gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Untersuchungs-genauigkeit der Biosensoreinrichtung weiter verbessert werden (ungefähr um 6db in Bezug auf das S/N-Verhältnis). Des Weiteren liefert das Verarbeiten sowohl des Arbeitselektrodenstrompegelsignals CV1 als auch des Gegenelektrodenstrompegelsignals CV2 eine Wirkung in Hinsicht auf die Verringerung des Gleichtaktauschens.

ACHTZEHNTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0289] Fig. 31 zeigt eine Schaltungskonfiguration einer Biosensoreinrichtung der achtzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Eine Messschaltung **220b** der vorliegenden Ausführungsform ist ähnlich zu der Messschaltung **220a** der siebzehnten Ausführungsform, umfasst aber ferner einen Strompegelsignalerzeugungsabschnitt **225**. Die Messschaltung **220b** wird nunmehr beschrieben, wobei bereits in der siebzehnten Ausführungsform beschriebene Komponenten nicht mehr beschrieben werden und wobei die gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 30 verwendet werden.

[0290] Der Strompegelsignalerzeugungsabschnitt **225** empfängt als Eingangssignale das Arbeitselektrodenstrompegelsignal CV1 und das Gegenelektrodenstrompegelsignal CV2, und gibt ein Strompegelsignal CV, das den Pegel des durch den Biosensor **210** fließenden Stromes repräsentiert, aus. Der Strompegelsignalerzeugungsabschnitt **225** kann als ein Differenzsignalwandler, wie er beispielsweise in Fig. 31 dargestellt ist, vorgesehen sein. Der Differenzsignalwandler addiert zwei Eingangssignale, um ein einziges Signal auszugeben. Somit ist in der vorliegenden Ausführungsform das Strompegelsignal CV das Ergebnis des Addierens des Arbeitselektrodenstrompegelsignals CV1 und des Gegenelektrodenstrompegelsignals CV2.

[0291] Eine Signalverarbeitungsschaltung **224b** weist im Wesentlichen den gleichen Aufbau wie die Signalverarbeitungsschaltung **224** in der Messschaltung **220** der sechzehnten Ausführungsform auf und empfängt das Strompegelsignal CV als Eingangssignal, um damit die Konzentration der zu untersuchenden chemischen Substanz zu berechnen.

[0292] Wie zuvor beschrieben ist, werden gemäß der vorliegenden Ausführungsform das Arbeitselektrodenstrompegelsignal CV1 und das Gegenelektrodenstrompegelsignal CV2 mittels dem Strompegelsignalerzeugungsabschnitt **225** in ein einzelnes Strompegelsignal CV umgewandelt, wobei die Konfiguration der Signalverarbeitungsschaltung **224b** im Vergleich zu jener der siebzehnten Ausführungsform vereinfacht werden kann. Damit ist es möglich, die Größe und die Kosten für die Biosensoreinrichtung zu verringern. Zu beachten ist, dass der Strompegelsignalerzeugungsabschnitt **225** in anderer Weise als durch den **Fig. 31** dargestellten Differenzsignalwandler vorgesehen sein kann.

NEUNZEHNTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0293] **Fig. 32** zeigt den Aufbau eines Biosensors der neunzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Der Biosensor **210** der vorliegenden Ausführungsform wird beispielsweise mit den Messschaltungen **220**, **220a** und **220b** der ersten bis achtzehnten Ausführungsform, die zuvor beschrieben sind, verwendet.

[0294] Der Biosensor **210** umfasst den Arbeitselektrodenanschluss **213a**, **213b**, der sich von der Arbeitselektrode **211** erstreckt, und den Gegenelektrodenanschluss **214a** und den Gegenelektrodenreferenzanschluss **214b**, die sich von der Gegenelektrode **212** erstrecken. Obwohl dies in der **Fig.** nicht gezeigt ist, ist ein Untersuchungsmittel, das aus einem Enzym, einem Mediator, etc. entsprechend der zu untersuchenden chemischen Substanz hergestellt ist, auf dem Sensorabschnitt aufgebracht, der kombiniert die Arbeitselektrode **211** und die Gegenelektrode **212** enthält. Mit dem Biosensor **210** ist es möglich, die Bindungsreaktion zwischen zwei chemischen Substanzen, etwa einem Oligonucleotid, einem Antigen, einem Enzym, einem Peptid, einem Antikörper, einem DNA-Fragment, einem RNA-Fragment, Zucker, Laktosesäure und Cholesterin oder zwischen Molekularstrukturen davon, elektronisch zu detektieren.

[0295] Der Arbeitselektrodenanschluss **213a** ist ein Anschluss zum Anlegen der Spannung von der Messschaltung (Einrichtung), und der Arbeitselektrodenreferenzanschluss **213b** ist eine Elektrode, die als Referenz für die Spannung dient. Zu beachten ist jedoch, dass die Position des Arbeitselektrodenanschlusses **213a** und die des Arbeitselektrodenreferenzanschlusses **213b** vertauscht werden können.

[0296] In ähnlicher Weise ist der Gegenelektrodenanschluss **214a** ein Anschluss zum Anlegen einer Spannung von der Messschaltung und der Gegenelektrodenreferenzanschluss **214b** ist ein Anschluss, der als Referenz für die Spannung dient. Wiederum sind die Positionen der Anschlüsse vertauschbar.

[0297] Wenn eine Spannung zwischen dem Arbeitselektrodenanschluss und dem Gegenelektrodenanschluss angelegt wird, gibt der Biosensor **210** einen Strom gemäß der Konzentration einer speziellen chemischen Substanz, die in der Körperflüssigkeit enthalten ist, etwa Blut, das auf den Sensorabschnitt aufgebracht ist, aus. Dann kann die Spannung an der Arbeitselektrode **211** und die Spannung an der Gegenelektrode **212** durch Bezugnahme auf die Spannung an dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss und die Spannung an dem Gegenelektrodenreferenzanschluss ermittelt werden.

[0298] Wie zuvor beschrieben ist, sind gemäß der vorliegenden Ausführungsform der Arbeitselektrodenanschluss **213a**, der Arbeitselektrodenreferenzanschluss **213b**, der Gegenelektrodenanschluss **214b** und der Gegenelektrodenreferenzanschluss **214b** in dem Biosensor **210** vorgesehen, wodurch es möglich ist, die der Arbeitselektrode **211** und der Gegenelektrode **212** zugeführte Spannung einzustellen, wobei eine Referenz für die Spannungen an der Arbeitselektrode **211** und der Gegenelektrode **212** gegeben ist und daher ist es möglich, die zwischen der Arbeitselektrode **211** und der Gegenelektrode **212** angelegte Spannung auf einen vorbestimmten Wert einzustellen. Somit ist es möglich, den Stromfehler auf Grund des Leitungswiderstandes zu vermeiden, ohne dass ein Edelmetall mit geringem Widerstand für die Leitungen verwendet wird, die mit dem Arbeitselektrodenanschluss **213a**, dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss **213b**, dem Gegenelektrodenanschluss **214a** und dem Gegenelektrodenreferenzanschluss **214b** verbunden sind.

[0299] Zu beachten ist, obwohl der Biosensor der vorliegenden Ausführungsform einen Arbeitselektrodenanschluss, einen Arbeitselektrodenreferenzanschluss, einen Gegenelektrodenanschluss und einen Gegenelektrodenreferenzanschluss aufweist, die vorliegende Erfindung nicht darauf beschränkt ist, und es können alternativ mehrere dieser Anschlüsse vorgesehen sein. Insbesondere zwei oder mehrere Anschlüsse jeweils des Arbeitselektrodenanschlusses, des Arbeitselektrodenreferenzanschlusses, des Gegenelektrodenanschlusses und des Gegenelektrodenreferenzanschlusses können alternativ vorgesehen sein, und die Anzahl der Arbeitselektrodenanschlüsse und die Anzahl der Gegenelektrodenanschlüsse kann sich voneinander unterscheiden. Ferner kann die Anzahl der Arbeitselektrodenanschlüsse und die Anzahl der Arbeitselektrodenreferenzanschlüsse unterschiedlich sein und die Anzahl der Ge-

genelektrodenanschlüsse und die Anzahl der Gegenelektrodenreferenzanschlüsse kann ebenso unterschiedlich sein.

[0300] Wenn ferner die Arbeitselektrode **211** oder die Gegenelektrode **212** eine erste Elektrode und die andere eine zweite Elektrode ist, kann die Anzahl der Anschlüsse für die erste Elektrode (beispielsweise die Arbeitselektrode **211**) eins betragen, während die Anzahl der Anschlüsse für die zweite Elektrode (beispielsweise die Gegenelektrode **212**) größer als eins ist. Des Weiteren ist es mit einem Biosensor mit einem derartigen Aufbau möglich, den Stromfehler auf Grund des Leitungswiderstands gegenüber dem Stand der Technik zu verringern, indem einer der Anschlüsse, die mit der zweiten Elektrode verbunden sind, zum Anlegen einer Spannung an die zweite Elektrode verwendet wird, während ein weiterer Anschluss als Referenz für die Spannung an der zweiten Elektrode benutzt wird.

ZWANZIGSTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0301] Fig. 33 zeigt den Aufbau eines Biosensors der zwanzigsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Ein Biosensor **210** der vorliegenden Ausführungsform ist ähnlich zu dem Biosensor **210** der neunzehnten Ausführungsform mit Ausnahme, dass die Elektroden in einer Mehrschichtstruktur bzw. Mehrebenenstruktur vorgesehen sind. Wie in der Figur dargestellt ist, sind der Arbeitselektrodenanschluss **213a** und der Arbeitselektrodenreferenzanschluss **213b** übereinander geschichtet (so dass diese sich überlappen, wenn sie von oben betrachtet werden), während der Gegenelektrodenanschluss **214a** und der Gegenelektrodenreferenzanschluss **214b** ebenso übereinandergeschichtet sind. Auf diese Weise ist es möglich, die Größe des Biosensors zu verringern und ferner die Herstellungskosten zu reduzieren.

[0302] Zu beachten ist, dass obwohl der Arbeitselektrodenanschluss und der Arbeitselektrodenreferenzanschluss übereinandergeschichtet sind, der Gegenelektrodenanschluss und der Gegenelektrodenreferenzanschluss in der vorliegenden Ausführungsform auch übereinander geschichtet sind, die vorliegende Erfindung nicht darauf eingeschränkt ist. Zum Beispiel ist es möglich, die oben beschriebene Wirkung zu erreichen, indem der Arbeitselektrodenanschluss und der Gegenelektrodenanschluss übereinandergeschichtet werden, indem der Arbeitselektrodenanschluss und der Gegenelektrodenreferenzanschluss übereinander geschichtet werden oder indem der Arbeitselektrodenreferenzanschluss und der Gegenelektrodenanschluss übereinander geschichtet werden.

EINUNDZWANZIGSTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0303] Fig. 34 zeigt die Struktur eines Biosensors der einundzwanzigsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In einem Biosensor **210b** der vorliegenden Ausführungsform sind zwei Biosensoren **210** der neunzehnten Ausführungsform auf dem gleichen Substrat ausgebildet. Obwohl dies nicht in der Figur dargestellt ist, sind unterschiedliche Untersuchungsmittel, die aus Enzymen, Mediatoren, etc. entsprechend zu unterschiedlichen zu untersuchenden chemischen Substanzen auf dem Sensorabschnitt hergestellt sind, der kombiniert eine Arbeitselektrode **211a** und eine Gegenelektrode **212a** aufweist, und auf dem Sensorabschnitt, der kombiniert eine Arbeitselektrode **211b** und eine Gegenelektrode **212b** aufweist, aufgebracht. Somit ist es durch Bereitstellen mehrerer Sensorabschnitte auf dem gleichen Substrat möglich, mehrere chemische Substanzen gleichzeitig zu untersuchen und es ist möglich, einen Biosensor mit besserem Leistungsvermögen und geringerem Preis zu realisieren.

[0304] Zu beachten ist, dass obwohl der Biosensor **210b** der vorliegenden Ausführungsform zwei Sensorabschnitt aufweist, dieser alternativ drei oder mehr Sensorabschnitte aufweisen kann.

ZWEIUNDZWANZIGSTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0305] Fig. 35 zeigt den Aufbau eines Biosensors der zweiundzwanzigsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Ein Biosensor **210c** der vorliegenden Ausführungsform ist ähnlich zu dem Biosensor **210b** der einundzwanzigsten Ausführungsform mit Ausnahme, dass die Gegenelektroden **212a** und **212b** zu einer einzigen zusammengefasst sind. Die Gegenelektrode **212** des Biosensors **210c** ist für die Arbeitselektrode **211a** und für die Arbeitselektrode **211b** vorgesehen. Anders ausgedrückt, die Arbeitselektroden **211a** und **211b** teilen sich eine einzelne Gegenelektrode **212**. Daher ist es möglich, einen Gegenelektrodenanschluss **214c** und einen Gegenelektrodenreferenzanschluss **214d** in dem Biosensor **214b** wegzulassen und es genügt, dass der Biosensor **210c** einen einzigen Gegenelektrodenanschluss **214a** und einen einzigen Gegenelektrodenreferenzanschluss **214b** aufweist. Damit ist es möglich, die Größe des Biosensors noch mehr zu reduzieren.

[0306] Zu beachten ist, dass obwohl die Arbeitselektrode **211a** und **211b** eine einzelne Gegenelektrode **212** in der vorliegenden Ausführungsform gemeinsam nutzen, drei oder mehr Arbeitselektroden in dem Biosensor vorgesehen werden können, wobei die Arbeitselektroden dann eine einzelne Gegenelektrode gemeinsam nutzen. Umgekehrt können mehrere Gegenelektroden in dem Biosensor so vorgesehen sein, dass diese sich eine einzelne Arbeitselektrode teilen.

DREIUNDZWANZIGSTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0307] Fig. 36 zeigt den Aufbau eines Biosensorchips der dreiundzwanzigsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Ein Biosensorchip **230** der vorliegenden Ausführungsform umfasst einen Sensorabschnitt **231** und eine Messschaltung **232**. Ein Untersuchungsmittel, das aus einem Enzym, einem Mediator, etc. entsprechend der zu untersuchenden chemischen Substanz hergestellt ist, ist auf den Sensorabschnitt **231** aufgebracht und wenn eine Spannung daran angelegt wird, gibt der Sensorabschnitt **231** einen Strom entsprechend der Konzentration einer speziellen chemischen Substanz aus, die in der Körperflüssigkeit enthalten ist, etwa von Blut. Die Messschaltung **232** legt eine Spannung an den Sensorabschnitt **231** an und misst den Ausgangsstrom. Ferner sind der Sensorabschnitt **231** und die Messschaltung **232** elektrisch miteinander mittels Arbeitselektrodenleitungen **233a** und **233b** und den Gegenelektrodenleitungen **234a** und **234b** verbunden.

[0308] Der Bereich, der den Sensorabschnitt **231**, die Arbeitselektrodenleitungen **233a** und **233b** und die Gegenelektrodenleitungen **234a** und **234b** enthält, besitzt einen ähnlichen Aufbau wie jener des Biosensors der neunzehnten Ausführungsform. Insbesondere werden die Arbeitselektrodenleitung **233a** und die Gegenelektrodenleitung **234a** zum Anlegen von Spannungen an die Arbeitselektrode **211** bzw. die Gegenelektrode **212** benutzt, wohingegen die Arbeitselektrodenleitung **233b** und die Gegenelektrodenleitung **234b** als Referenz für die Spannung an der Arbeitselektrode **211** und der Gegenelektrode **212** verwendet werden. Die Messschaltung **232** besitzt eine ähnliche Schaltungskonfiguration wie die Messschaltung **220**, **220a**, **220b** und **220c**, die in der ersten bis achtzehnten Ausführungsform beschrieben sind. Somit umfasst der Biosensorchip **230** einen Biosensor und eine Biosensoreinrichtung der vorliegenden Erfindung, die auf einem einzelnen Chip ausgebildet sind.

[0309] Die Arbeitselektrodenleitungen **233a** und **233b** und die Gegenelektrodenleitungen **234a** und **234b** in dem Biosensorchip **230** sind aus dünnen Schichten mittels eines Mikroherstellungsverfahrens gebildet, wobei deren Widerstandswerte erhöht sind. Jedoch ist es entsprechend der vorliegenden Ausführungsform möglich, einen Strom ohne Einfluss dieser Widerstandswerte zu messen, wie dies zuvor beschrieben ist. Daher ist es möglich, einen Biosensorchip zu verwirklichen, der eine hohe Genauigkeit aufweist, eine sehr geringe Größe besitzt und preisgünstig ist.

[0310] Zu beachten ist, dass das Substrat, auf dem der Biosensorchip **230** ausgebildet ist, ein beliebiges Material oder einen beliebigen Aufbau aufweisen kann, solange es ein Substrat ist, auf dem der Sen-

sorabschnitt **231** und die Messschaltung **232** gebildet werden können, etwa ein Siliziumsubstrat, ein Silizium-auf-Isolator-Substrat, ein Silizium-auf-Saphier-Substrat oder ein Glassubstrat.

[0311] Wenn ferner die Arbeitselektrode **211** oder die Gegenelektrode **212** eine erste Elektrode und die andere eine zweite Elektrode ist, ist der Abschnitt zum Anlegen einer ersten Spannung, um damit die erste Spannung (beispielsweise die Spannung V_{p1}) an die erste Leitung (z. B. die Arbeitselektrodenleitung **233a**, die die erste Elektrode (z. B. die Arbeitselektrode **211**) mit der Messschaltung **232** verbindet, anzulegen, ein konventioneller Abschnitt zum Anlegen einer Spannung, während der Abschnitt zum Anlegen der zweiten Spannung, um damit die zweite Spannung (beispielsweise die Spannung V_{m1}) an die zweite Leitung anzulegen (beispielsweise die Gegenelektrodenleitung **234a**), die die zweite Elektrode (z. B. die Gegenelektrode **312**) mit der Messschaltung **232** verbindet, ein Abschnitt zum Anlegen einer Spannung der vorliegenden Ausführungsform (z. B. der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222** oder **222a**). Der Abschnitt zum Anlegen der zweiten Spannung liefert eine Referenz für die dritte Spannung (beispielsweise die Spannung V_m) der zweiten Elektrode über die dritte Leitung (beispielsweise die Gegenelektrodenleitung **234b**), die die zweite Elektrode mit der Messschaltung **232** verbindet, und der Abschnitt erzeugt die zweite Spannung so, dass die dritte Spannung und eine gegebene Basisspannung (beispielsweise die Spannung V_{mr}) einander angepasst sind. Daher ist es möglich, einen Biosensorchip zu verwirklichen, der eine hohe Genauigkeit und eine sehr geringe Größe aufweist und kostengünstig ist, selbst wenn der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode **221** oder **221a** oder der Abschnitt zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode **222** oder **222a** weggelassen wird.

VIERUNDZWANZIGSTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0312] Fig. 34 zeigt den Aufbau eines Biosensorchips der vierundzwanzigsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Ein Biosensorchip **230a** der vorliegenden Ausführungsform ist ähnlich zu dem Biosensorchip **230** der dreiundzwanzigsten Ausführungsform mit der Ausnahme, dass die Leitung in einer geschichteten Struktur vorgesehen sind. Wie in der Figur dargestellt ist, sind die Arbeitselektrodenleitungen **233a** und **233b** übereinandergeschichtet, während die Gegenelektrodenleitungen **234a** und **234b** ebenso übereinandergeschichtet sind. Daher ist es möglich, die Größe des Biosensorchips zu verringern und damit auch dessen Herstellungspreis zu reduzieren.

[0313] Zu beachten ist, dass obwohl die Arbeitselektrodenleitungen übereinandergeschichtet sind,

oder die Gegenelektrodenleitungen übereinandergeschichtet sind in der vorliegenden Ausführungsform eine ähnliche Wirkung erreicht werden kann, wie sie zuvor beschrieben ist, indem eine Arbeitselektrodenleitung und eine Gegenelektrodenleitung übereinander geschichtet werden.

FÜNFUNDZWANZIGSTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0314] Fig. 38 zeigt den Aufbau eines Biosensorchips der fünfundzwanzigsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Ein Biosensorchip **230b** der vorliegenden Ausführungsform ist ähnlich zu dem Biosensorchip **230** der dreiundzwanzigsten Ausführungsform mit der Ausnahme, dass zwei Sensorabschnitte und zwei Messschaltungen auf dem gleichen Substrat ausgebildet sind. Obwohl dies in der Fig. nicht gezeigt ist, ist ein Untersuchungsmittel, das aus einem Enzym, einem Mediator, etc. entsprechend der zu untersuchenden chemischen Substanz hergestellt ist, auf einen Sensorabschnitt **231a** und einem Sensorabschnitt **231b** aufgebracht. Somit ist es durch Bereitstellen mehrerer Sensorabschnitte auf dem gleichen Substrat möglich, mehrere chemische Substanzen auf einmal zu messen, wobei es möglich ist, einen Biosensorchip mit hoher Leistungsfähigkeit und geringem Preis zu realisieren.

[0315] Zu beachten ist, dass obwohl zwei Sensorabschnitte auf dem Biosensorchip **230b** in der vorliegenden Ausführungsform vorgesehen sind, alternativ drei oder mehrere Sensorabschnitte vorgesehen werden können.

SECHSUNDZWANZIGSTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0316] Fig. 39 zeigt den Aufbau eines Biosensorchips der sechsundzwanzigsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Ein Biosensorchip **230c** der vorliegenden Ausführungsform ist ähnlich dem Biosensorchip **230b** der fünfundzwanzigsten Ausführungsform mit der Ausnahme, dass die Messschaltungen **232a** und **232b** zu einem einzelnen Messschaltungsmodul **235** zusammengefasst sind.

[0317] Fig. 40 zeigt die Schaltungskonfiguration des Messschaltungsmoduls **235**. Das Messschaltungsmodul **235** umfasst die Messschaltung **232**, Schalter **236a**, **236b**, **236c** und **236d** zum Ein- und Ausschalten der Verbindung zwischen einem ersten Biosensor **431a** und der Messschaltung **232**, Schalter **236e**, **236f**, **236g** und **236h** für das Ein- und Ausschalten der Verbindung zwischen einem zweiten Biosensor **431b** und der Messschaltung **232**, und eine Auswahlsteuerschaltung **237** zum Steuern des Betriebs der Schalter **236a** bis **236h**. Zu beachten ist, dass die Schaltung **236a** bis **236h** und die Auswahlsteuerschaltung **237** der "Schaltereinrichtung" der vorliegenden Erfindung entsprechen.

[0318] Die Auswahlsteuerschaltung **237** schließt/öffnet alle Schalter **236a** bis **236d** unter Verwendung eines Steuersignals SEL1. Ferner schließt/öffnet sie alle Schalter **236e** bis **236h** unter Ausnutzung eines Steuersignals SEL2. Zu beachten ist jedoch, dass die Schalter **236a** bis **236h** nicht alle gleichzeitig geschlossen werden. Insbesondere wählt die Auswahlsteuerschaltung **237** den ersten Biosensor **431a** oder den zweiten Biosensor **431b** aus und steuert die Schalter **236a** bis **236h** so, dass der ausgewählte Biosensor und die Messschaltung **232** elektrisch miteinander verbunden sind.

[0319] Durch Vorsehen der Schalter **236a** bis **236h** zwischen den Biosensoren **431** bis **431b** und der Messschaltung **232** steigt der Widerstandwert an. Jedoch ist es entsprechend der vorliegenden Erfindung möglich, einen genauen Strompegel zu messen unabhängig von dem Widerstandwert, wie dies zuvor bereits beschrieben ist.

[0320] Wie zuvor beschrieben ist, kann gemäß der vorliegenden Ausführungsform entsprechend umgeschaltet werden, wobei es möglich ist, die Anzahl der benötigten Messschaltungen im Vergleich zu dem Biosensorchip **230b** der fünfundzwanzigsten Ausführungsform zu reduzieren. Daher ist es möglich, die Größe des Biosensorchips weiter zu verkleinern.

[0321] Zu beachten ist, dass obwohl zwei Steuersignale SEL1 und SEL2 zum Steuern der Schaltung **236a** bis **236h** in der vorliegenden Ausführungsform verwendet werden, die vorliegende Ausführungsform nicht darauf beschränkt ist. Beispielsweise können die Schalter **236a** bis **236h** unter Ausnutzung lediglich des Steuersignals SEL1 gesteuert werden, oder die Biosensoren können durch andere Verfahren umgeschaltet werden.

SIEBENUNDZWANZIGSTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0322] Fig. 41 zeigt den Aufbau eines Biosensorchips der siebenundzwanzigsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Schaltungskonfiguration eines Biosensorchips **230d** der vorliegenden Ausführungsform ist ähnlich zu jener des Biosensorchips **230c** der sechsundzwanzigsten Ausführungsform. Der Unterschied zum Biosensor **230c** besteht darin, dass die Sensorabschnitte **231a** und **231b** benachbart zueinander angeordnet sind. Wenn mehrere Sensorabschnitte **231a** und **231b** benachbart zueinander angeordnet sind, ist es möglich, mehrere chemische Substanzen zu analysieren, indem eine einzelne Körperflüssigkeitsprobe, etwa aus Blut gewonnen, verwendet wird, wodurch die Belastung für den Patienten für die Blutentnahme, etc. verringert wird. Ferner ist es durch die benachbart angeordneten Sensorabschnitte möglich, den Ausbau des Ab-

schnitts, auf dem die Probe anzuordnen ist, zu vereinfachen.

[0323] Zu beachten ist, dass durch das Anordnen der Sensorabschnitte in einem Biosensor benachbart zueinander es möglich ist, eine ähnliche Wirkung zu erreichen, wie dies zuvor beschrieben ist.

ACHTUNDZWANZIGSTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0324] Fig. 42 zeigt den Aufbau eines Biosensorchips der achtundzwanzigsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Ein Biosensorchip **240** der vorliegenden Ausführungsform ist ähnlich zu dem Biosensorchip **230** der dreiundzwanzigsten Ausführungsform mit der Ausnahme, dass der Biosensorchip **240** einen Aufbau mit Chip auf Chip aufweist, wobei ein Sensorchip **241** und ein Messschaltungschip **242** anstelle des Sensorabschnitts **231** und der Messschaltung **232** in verschiedenen integrierten Halbleiterschaltungen vorgesehen sind, wobei die Chips auf dem gleichen Substrat ausgebildet sind. Der Arbeitselektrodenanschluss **213a**, der Arbeitselektrodenreferenzanschluss **213b**, der Gegenelektrodenanschluss **214a** und der Gegenelektrodenreferenzanschluss **214b** des Sensorchips **241** sind mit dem Messschaltungschip **242** mittels Drähten **43** verbunden. Zu beachten ist, dass Fig. 42(b) eine Querschnittsansicht entlang der Linie A-A aus Fig. 42(a) ist.

[0325] In der dreiundzwanzigsten Ausführungsform ist es sehr schwierig, den Sensorabschnitt **231** und den Messschaltungschip **242** auf dem gleichen Substrat zu bilden, wenn das Untersuchungsmittel, das auf den Sensorabschnitt **231** in dem Biosensorchip **230** aufgebracht ist, nicht für das Substratmaterial geeignet ist, auf dem der Messschaltungschip **242** gebildet ist, d. h. das Substratmaterial des Biosensorchips **230**, in Hinblick auf die Affinität oder das Reaktionsverhalten. Dies gilt auch, wenn das Untersuchungsmittel nicht für die Arbeitselektrodenleitungen **233a** und **233b** und die Gegenelektrodenleitungen **234a** und **234b** geeignet ist. Mit dem Biosensorchip **240** der vorliegenden Ausführungsform sind jedoch der Sensorchip **241** und der Messschaltungschip **242** in verschiedenen integrierten Halbleiterschaltungen gebildet, so dass ein derartiges Problem nicht auftritt.

[0326] Wie zuvor beschrieben ist, ist gemäß der vorliegenden Ausführungsform ein Biosensorchip als eine Chip-auf-Chip-Struktur ausgebildet, wodurch es möglich ist, Biosensorchips mit diversen Untersuchungsmitteln zu verwirklichen. Dies erweitert die Bandbreite der Objekte, die mit dem Biosensorchip untersucht werden können. Zu beachten ist, dass obwohl der Sensorchip **241** und der Messschaltungschip **242** auf einem Trägersubstrat in der vorliegenden Ausführungsform angeordnet sind, die vorliegende Erfindung nicht darauf eingeschränkt ist. Alternativ

kann das Trägersubstrat weggelassen werden, wobei der Messschaltungschip **242** direkt auf dem Sensorchip **241** angeordnet werden kann, oder wobei der Sensorchip **241** direkt auf dem Messschaltungschip **242** angeordnet werden kann.

[0327] Obwohl ferner der Sensorchip **241** und der Messschaltungschip **242** miteinander durch die Drähte **43** verbunden sind, können diese alternativ miteinander durch ein Ballgitterarray (BGA) oder dergleichen anstelle der Drähte **43** verbunden sein.

[0328] Der Biosensorchip **340** der vorliegenden Ausführungsform wird gebildet, indem der Biosensorchip **230** der dreiundzwanzigsten Ausführungsform in einer Chip-auf-Chip-Struktur bereitgestellt wird, jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht darauf eingeschränkt. Beispielsweise können die Biosensorchips **230a** bis **230d** der neunten bis siebenundzwanzigsten Ausführungsform oder Biosensorchips anderer Strukturen in einer Chip-auf-Chip-Struktur gebildet werden.

INDUSTRIELLE ANWENDBARAKEIT

[0329] Die Biosensoreinrichtung und der Biosensor der vorliegenden Erfindung können zum Untersuchen einer biologischen Substanz, z. B. in einer Einrichtung zum Untersuchen des Blutzuckerspiegels, geeignet verwendet werden.

Patentansprüche

1. Biosensor (**210**; **230**; **230A–D**) mit:
 - einer Arbeitselektrode (**211**), die mit einem zu untersuchenden Fluid während einer Untersuchung in Kontakt ist;
 - einer Gegenelektrode (**212**), die mit dem zu untersuchenden Fluid während einer Untersuchung in Kontakt ist, wobei die Gegenelektrode und die Arbeitselektrode mit einem Abstand dazwischen angeordnet sind;
 - einem Arbeitselektrodenanschluss (**213a**), der mit der Arbeitselektrode (**211**) verbunden ist;
 - einem Gegenelektrodenanschluss (**214a**), der mit der Gegenelektrode (**212**) verbunden ist;
 - einem Arbeitselektrodenreferenzanschluss (**213b**), der mit der Arbeitselektrode (**211**) verbunden ist; und
 - einem Gegenelektrodenreferenzanschluss (**214b**), der mit der Gegenelektrode (**212**) verbunden ist;
 wobei der Biosensor ferner umfasst:
 - eine erste Leitung (**233a**), die die Arbeitselektrode (**211**) mit dem Arbeitselektrodenanschluss (**213a**) verbindet;
 - eine zweite Leitung (**233b**), die die Arbeitselektrode (**211**) mit dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss (**213b**) verbindet;
 - eine dritte Leitung (**234a**), die die Gegenelektrode (**212**) mit dem Gegenelektrodenanschluss (**214a**) verbindet; und

eine vierte Leitung (**234b**), die die Gegenelektrode (**212**) mit dem Gegenelektrodenreferenzanschluss (**214b**) verbindet.

2. Der Biosensor nach Anspruch 1, wobei die erste Leitung (**233a**) und die zweite Leitung (**233b**) in unterschiedlichen Verdrahtungsschichten vorgesehen sind.

3. Der Biosensor nach Anspruch 1, wobei die dritte Leitung (**234a**) und die vierte Leitung (**234b**) in unterschiedlichen Verdrahtungsschichten vorgesehen sind.

4. Der Biosensor nach Anspruch 1, wobei: die Arbeitselektrode (**211**), die Gegenelektrode (**212**), der Arbeitselektrodenreferenzanschluss (**213b**), der Gegenelektrodenreferenzanschluss (**214b**), der Arbeitselektrodenanschluss (**213a**), der Gegenelektrodenanschluss (**214a**), die erste Leitung (**233a**), die zweite Leitung (**233b**), die dritte Leitung (**234a**) und die vierte Leitung (**234b**) auf einem Substrat vorgesehen sind; und der Arbeitselektrodenanschluss (**213a**) oder der Gegenelektrodenanschluss (**214a**) auf einer Rückseitenfläche des Substrats vorgesehen ist.

5. Der Biosensor nach Anspruch 1, wobei der Arbeitselektrodenanschluss (**213a**) und der Gegenelektrodenanschluss (**214a**) in unterschiedlichen Verdrahtungsschichten angeordnet sind.

6. Der Biosensor nach Anspruch 5, wobei die dritte Leitung (**234a**) so vorgesehen ist, um sich über mehrere Verdrahtungsschichten zu erstrecken.

7. Der Biosensor nach Anspruch 5, wobei: die Gegenelektrode (**212**) eine kreisförmige Gestalt aufweist; und ein Teil eines inneren Randbereichs der Arbeitselektrode (**211**) kreisförmig mit einem konstanten Abstand zu der Gegenelektrode (**212**) ausgebildet ist.

8. Der Biosensor nach Anspruch 5, wobei: die Arbeitselektrode (**211**) eine kreisförmige Gestalt aufweist; und ein Teil eines inneren Randbereiches der Gegenelektrode (**212**) kreisförmig mit einem konstanten Abstand zu der Arbeitselektrode (**211**) ausgebildet ist.

9. Der Biosensor nach Anspruch 1, wobei: mehrere Arbeitselektroden vorgesehen sind; und die Gegenelektroden, von denen jede mit einem Abstand von wenigstens einer der mehreren Arbeitselektroden angeordnet ist, ineinander integriert sind.

10. Der Biosensor nach Anspruch 1, wobei eine Querschnittsfläche der dritten Leitung (**234a**) größer als die der ersten Leitung (**233a**) ist.

11. Biosensorchip (**230; 230A; 230B; 230C**) mit: einem Biosensor (**210; 230; 230A-D**), der umfasst: eine Arbeitselektrode (**211**), die mit einem zu untersuchenden Fluid während einer Untersuchung in Kontakt ist; eine Gegenelektrode (**212**), die mit dem zu untersuchenden Fluid während einer Untersuchung in Kontakt ist, wobei die Gegenelektrode (**212**) und die Arbeitselektrode (**211**) mit einem Abstand dazwischen angeordnet sind; einen Sensorabschnitt (**231**) zum Aufnehmen des zu untersuchenden Fluids; einen Arbeitselektrodenanschluss (**213a**), der mit der Arbeitselektrode (**211**) verbunden ist; einen Gegenelektrodenanschluss (**214a**), der mit der Gegenelektrode (**212**) verbunden ist; wobei der Biosensor auf einem Substrat vorgesehen ist; und einer Messschaltung (**220; 220A; 220B; 232**), die mit dem Biosensor verbunden ist, und die auf einem Substrat bereitgestellt ist; und wobei der Biosensor umfasst: einen Arbeitselektrodenreferenzanschluss (**213b**), der mit der Arbeitselektrode (**211**) verbunden ist; und einen Gegenelektrodenreferenzanschluss (**214b**), der mit der Gegenelektrode (**212**) verbunden ist.

12. Der Biosensorchip nach Anspruch 11, wobei die Messschaltung umfasst: einen Abschnitt (**221; 221A**) zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode (**211**), der mit dem Arbeitselektrodenanschluss (**213a**) und dem Arbeitselektrodenreferenzanschluss (**213b**) verbunden ist; einen Abschnitt (**222; 222A**) zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode (**212**), der mit dem Gegenelektrodenanschluss (**214a**) und dem Gegenelektrodenreferenzanschluss (**214b**) verbunden ist; eine Basisspannungsquelle (**223**) zum Zuführen einer Basisspannung zu dem Abschnitt (**222; 222A**) zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode und einer Basisspannung zu dem Abschnitt (**221; 221A**) zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode; und eine Signalverarbeitungsschaltung (**224; 224A; 224B**) zum Verarbeiten eines ersten Strompegelsignals, das von dem Abschnitt (**221; 221A**) zum Anlegen einer Spannung an die Arbeitselektrode entsprechend einem Pegel eines Stromes ausgegeben wird, der während einer Untersuchung durch den Arbeitselektrodenanschluss fließt, und/oder zum Verarbeiten eines zweiten Strompegelsignals, das von dem Abschnitt (**222; 222A**) zum Anlegen einer Spannung an die Gegenelektrode entsprechend einem Pegel eines Stromes ausgegeben wird, der während einer Untersuchung durch den Gegenelektrodenanschluss fließt.

13. Der Biosensorchip nach Anspruch 12, wobei die Signalverarbeitungsschaltung (**224; 224A; 224B**) das erste Strompegelsignal und das zweite Strompegelsignal verarbeitet.

14. Der Biosensorchip nach Anspruch 11, wobei das Substrat, auf dem der Biosensor angeordnet ist, und das Substrat, auf dem die Messschaltung angeordnet ist, das gleiche Substrat ist.

15. Der Biosensorchip nach Anspruch 11, wobei: der Biosensorchip (**230**; **230A**; **230B**; **230C**) ferner ein gemeinsames Substrat aufweist; und das Substrat, auf dem der Biosensor (**210**; **230**; **230A–D**) angeordnet ist, und das Substrat, auf dem die Messschaltung (**220**; **220A**; **220B**; **232**) angeordnet ist, auf dem gemeinsamen Substrat montiert sind.

16. Der Biosensorchip nach Anspruch 11, wobei das Substrat, auf dem der Biosensor (**224**; **224A**; **224B**) angeordnet ist, und das Substrat, auf dem die Messschaltung (**220**; **220A**; **220B**; **232**) angeordnet ist, aufeinandergestapelt sind.

17. Der Biosensorchip nach Anspruch 11, wobei: mehrere Biosensoren (**231a**, **231b**) auf dem gleichen Substrat vorgesehen sind, und wobei mindestens zwei der Biosensoren mit der gleichen Messschaltung verbunden sind; und ein Schalter (**236a–h**) zum Ein/Ausschalten einer Verbindung zwischen jedem der Biosensoren und der Messschaltung ferner zwischen dem Arbeitselektrodenanschluss des Biosensors und der Messschaltung, zwischen dem Arbeitselektroden-Referenzanschluss des Biosensors und der Messschaltung, zwischen dem Gegenelektroden-Referenzanschluss des Biosensors und der Messschaltung und zwischen dem Gegenelektrodenanschluss des Biosensors und der Messschaltung vorgesehen ist.

18. Der Biosensorchip nach Anspruch 11, wobei mehrere der Biosensoren auf dem gleichen Substrat angeordnet sind, und wobei die Sensorabschnitte zweier der Biosensoren benachbart zueinander angeordnet sind.

19. Der Biosensor nach Anspruch 1, wobei wenigstens ein Teil der ersten Leitung (**233a**) zwischen wenigstens einem Teil der zweiten Leitung (**233b**) und wenigstens einem Teil der dritten Leitung (**234a**) auf dem Biosensor angeordnet ist.

20. Der Biosensor nach Anspruch 1, wobei wenigstens ein Teil der dritten Leitung (**234a**) zwischen wenigstens einem Teil der ersten Leitung (**233a**) und wenigstens einem Teil der vierten Leitung (**234b**) auf dem Biosensor angeordnet ist.

21. Der Biosensor nach Anspruch 1, wobei die zweite Leitung (**233b**), die erste Leitung (**233a**), die dritte Leitung (**234a**) und die vierte Leitung (**234b**) in dieser Reihenfolge angeordnet sind.

Es folgen 38 Seiten Zeichnungen

FIG. 4

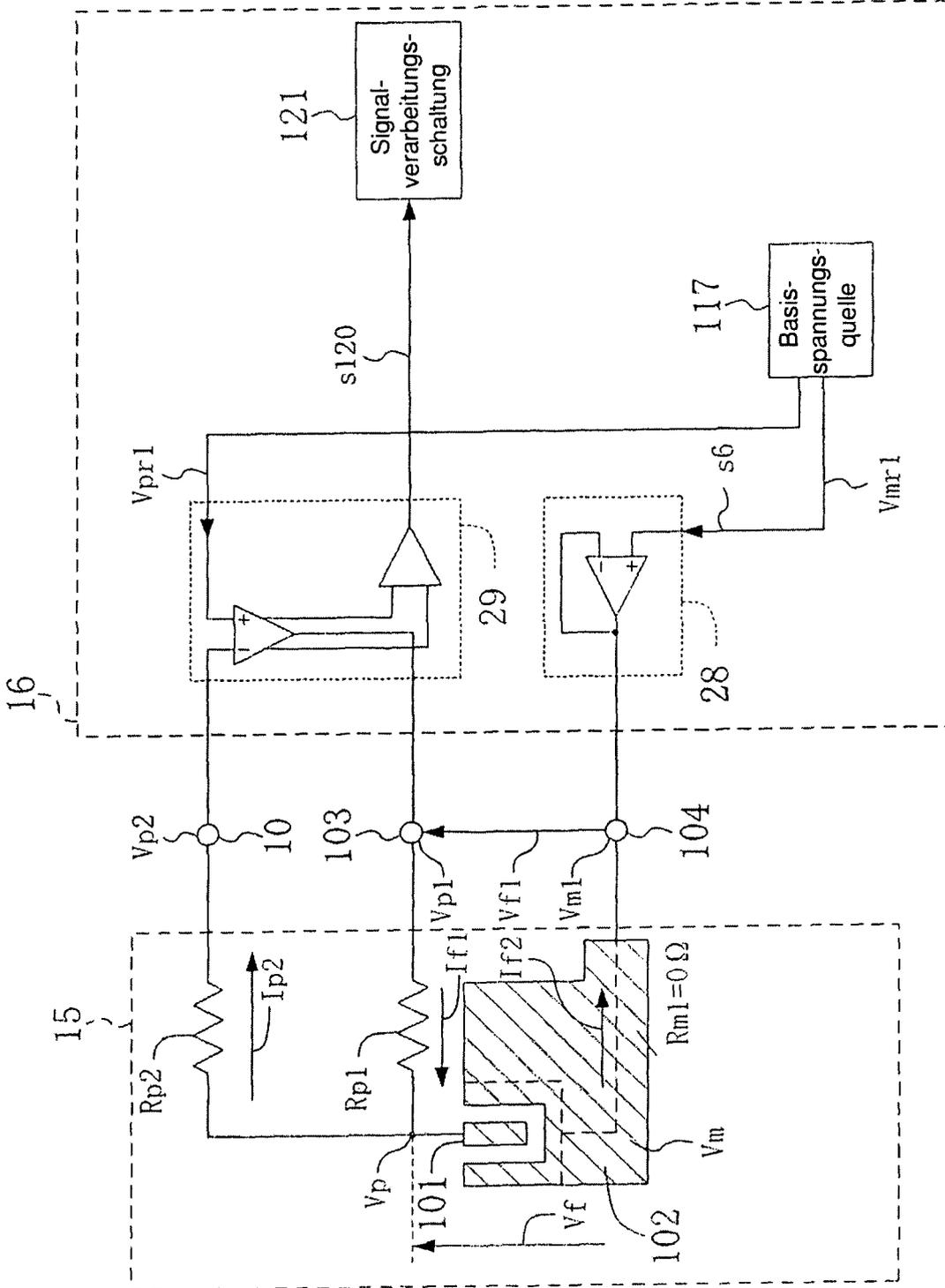


FIG. 5

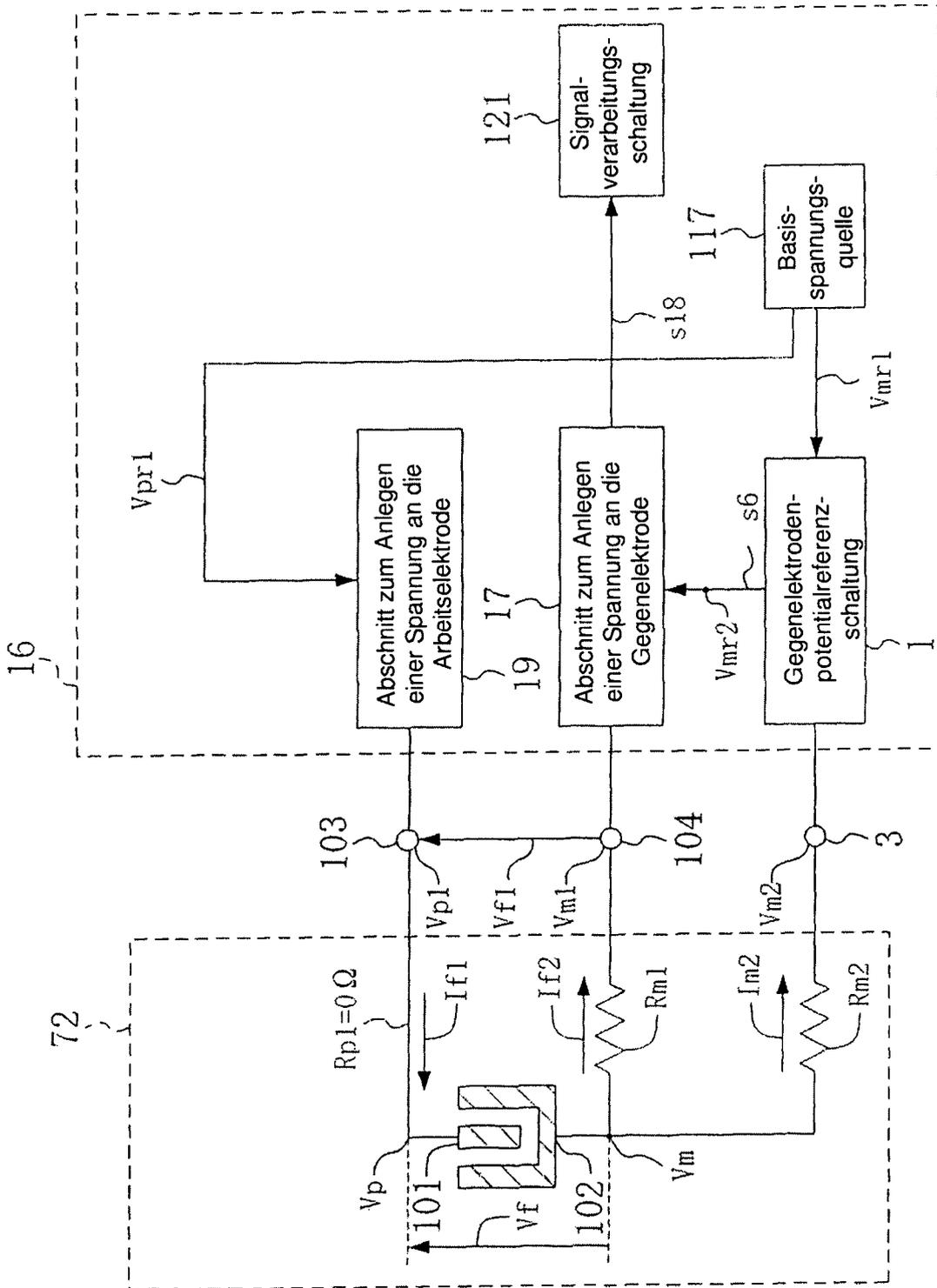


FIG. 6

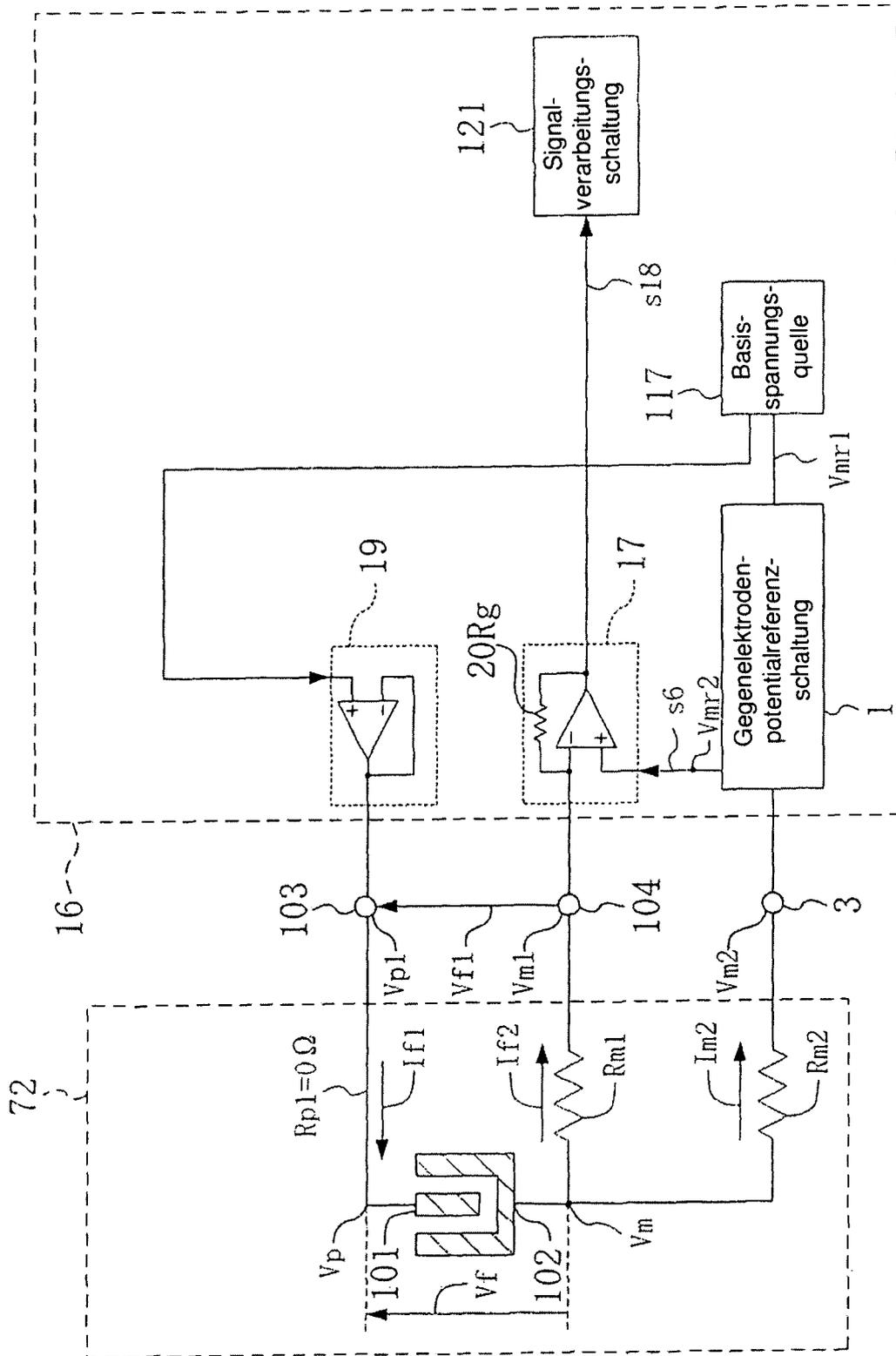


FIG. 7

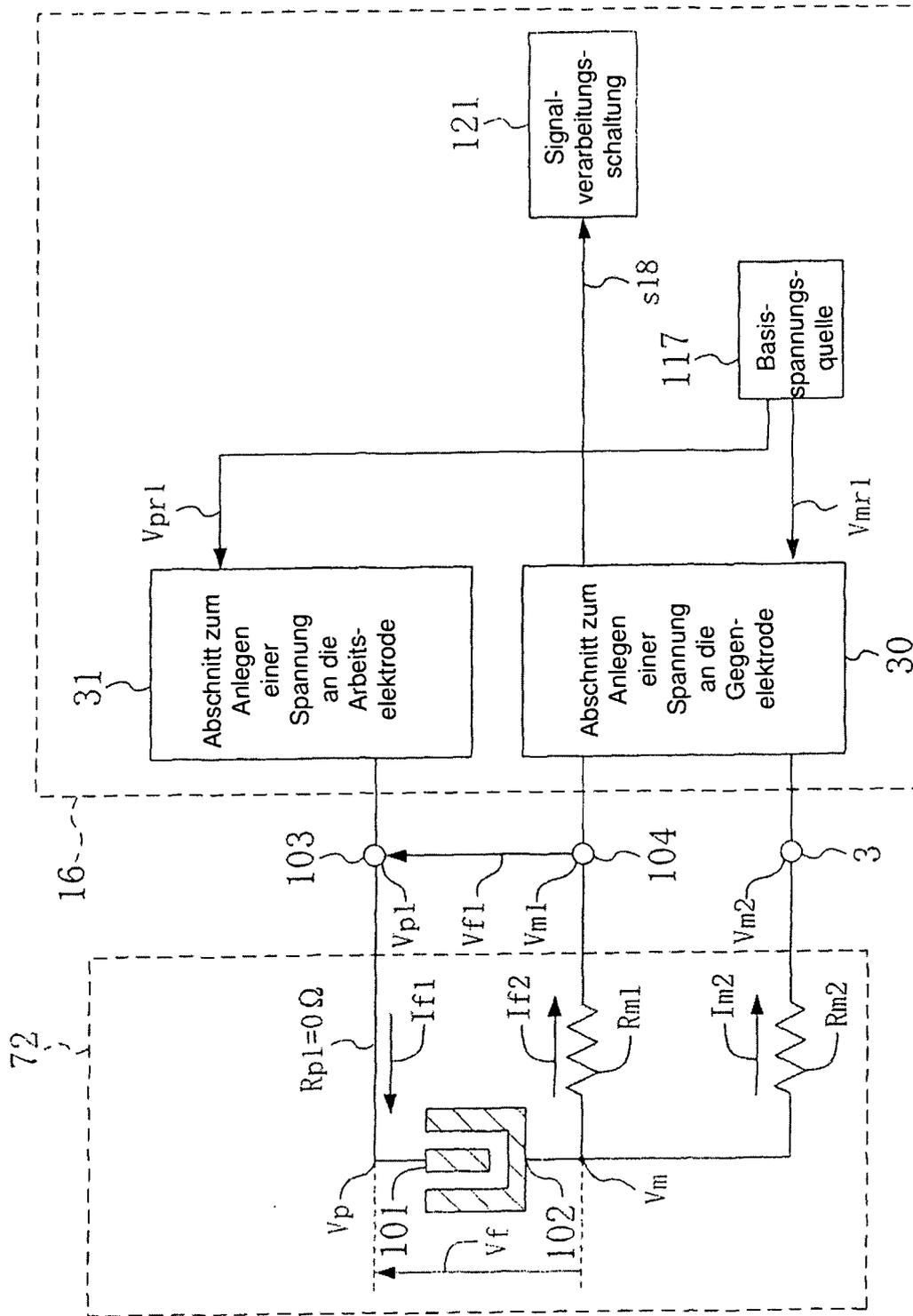


FIG. 8

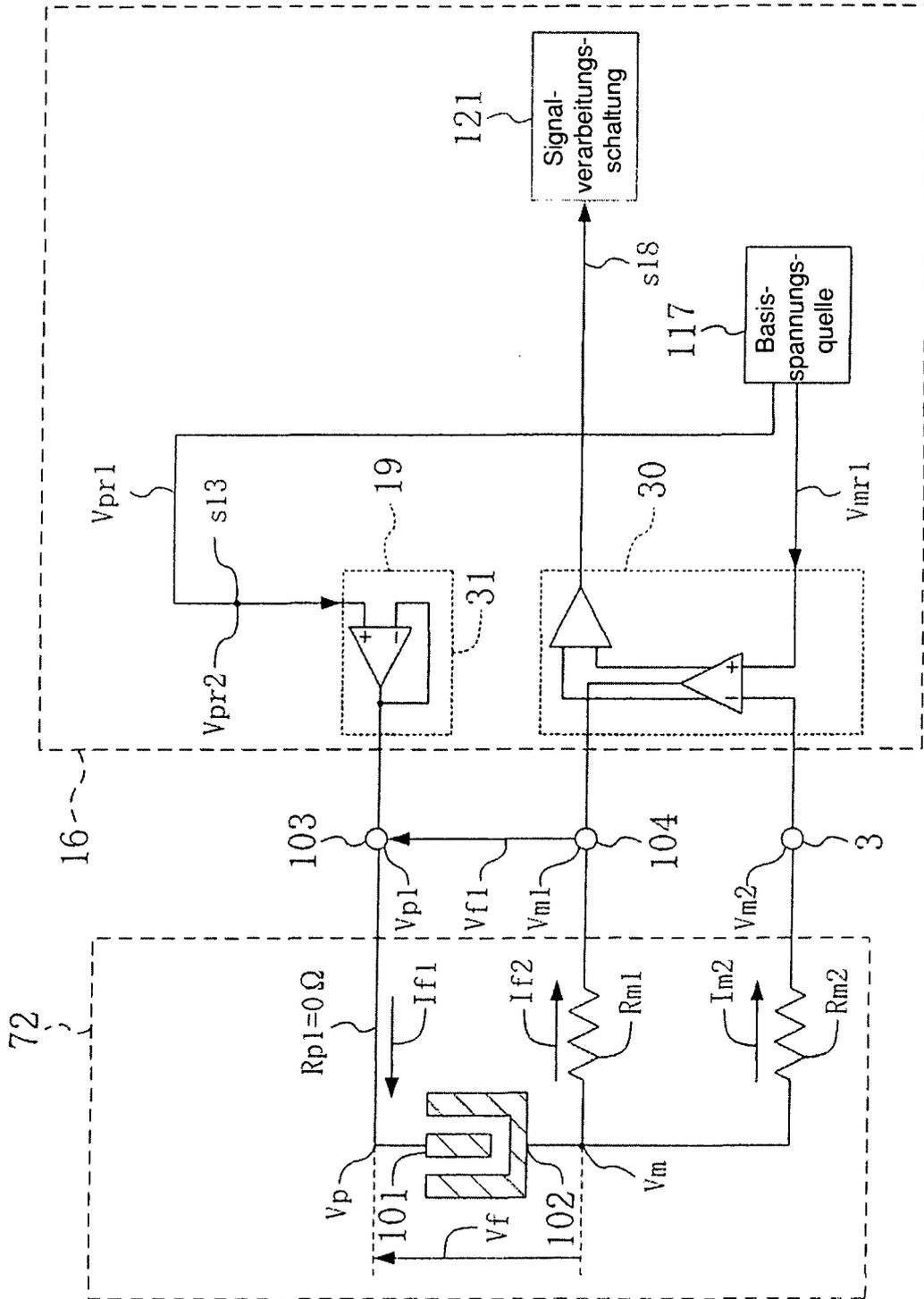


FIG. 9

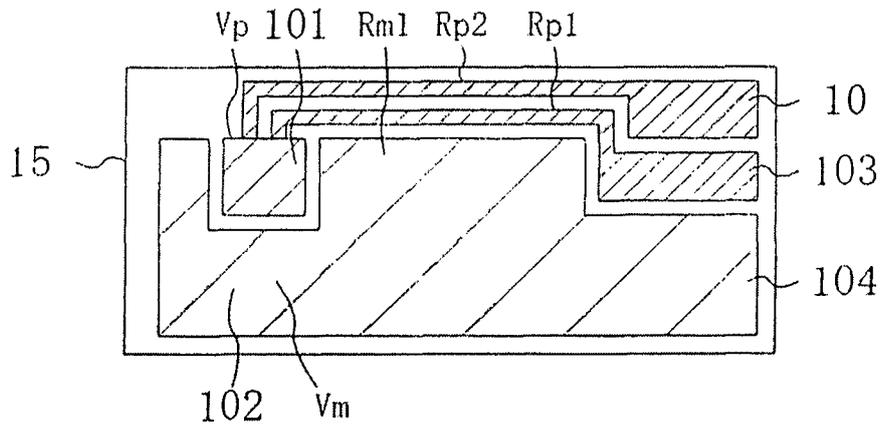


FIG. 10

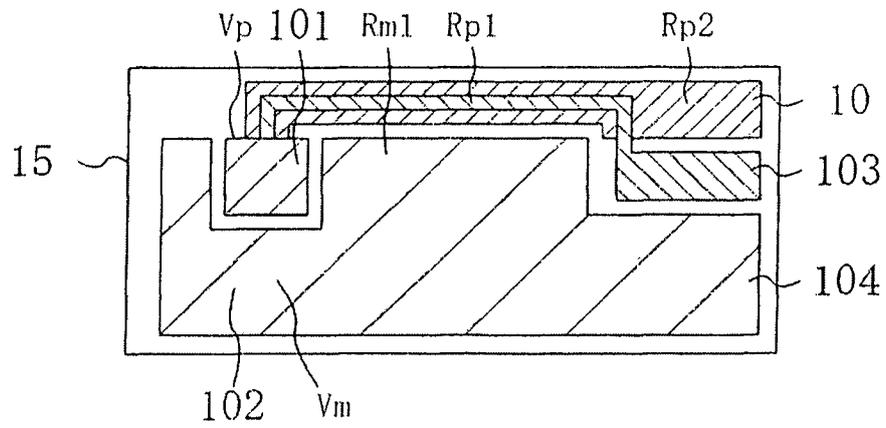


FIG. 11

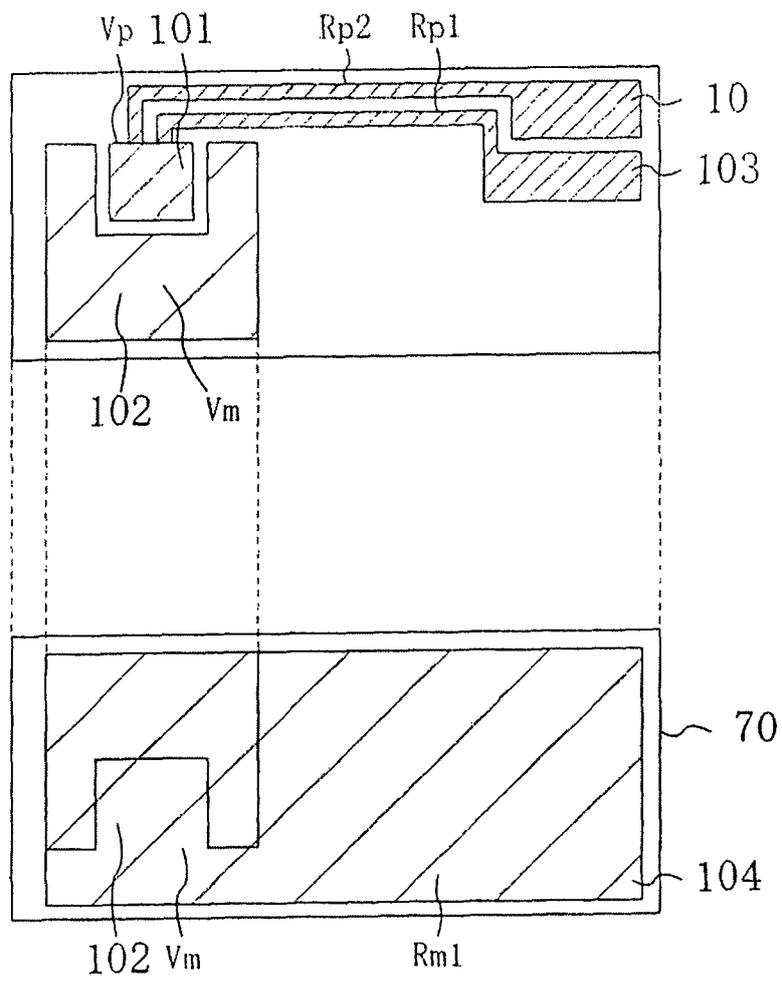


FIG. 12

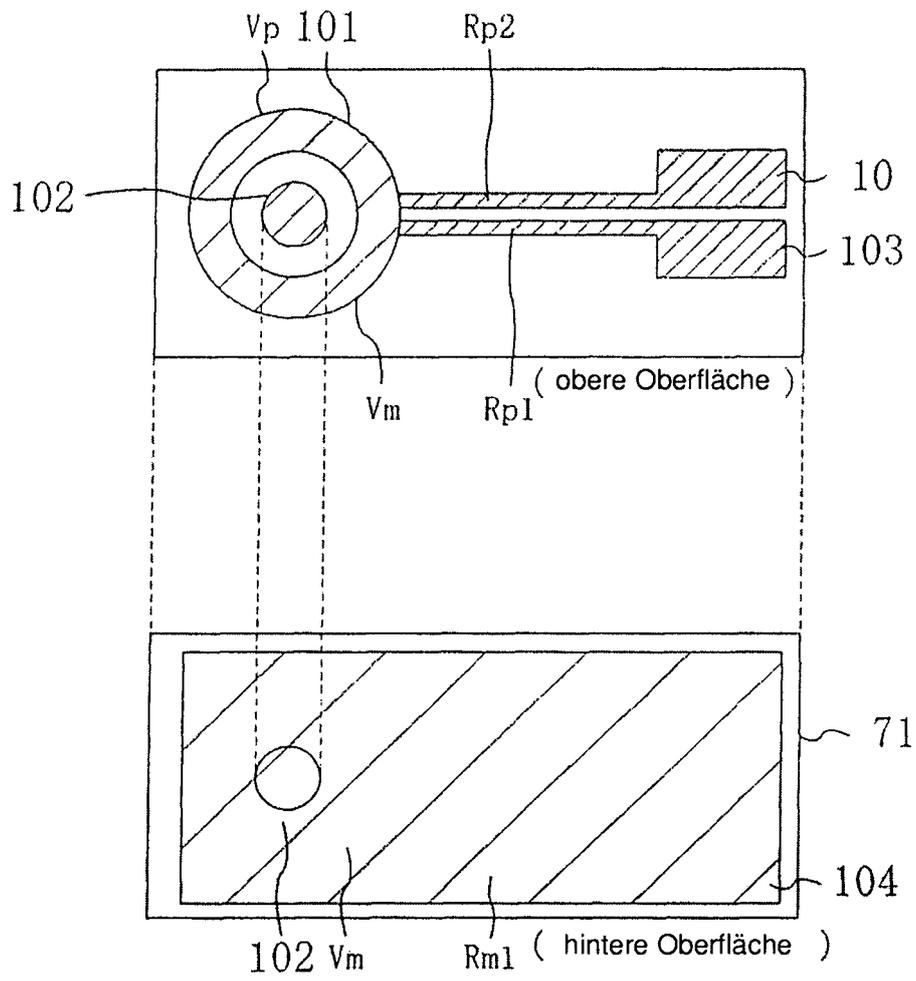


FIG. 13

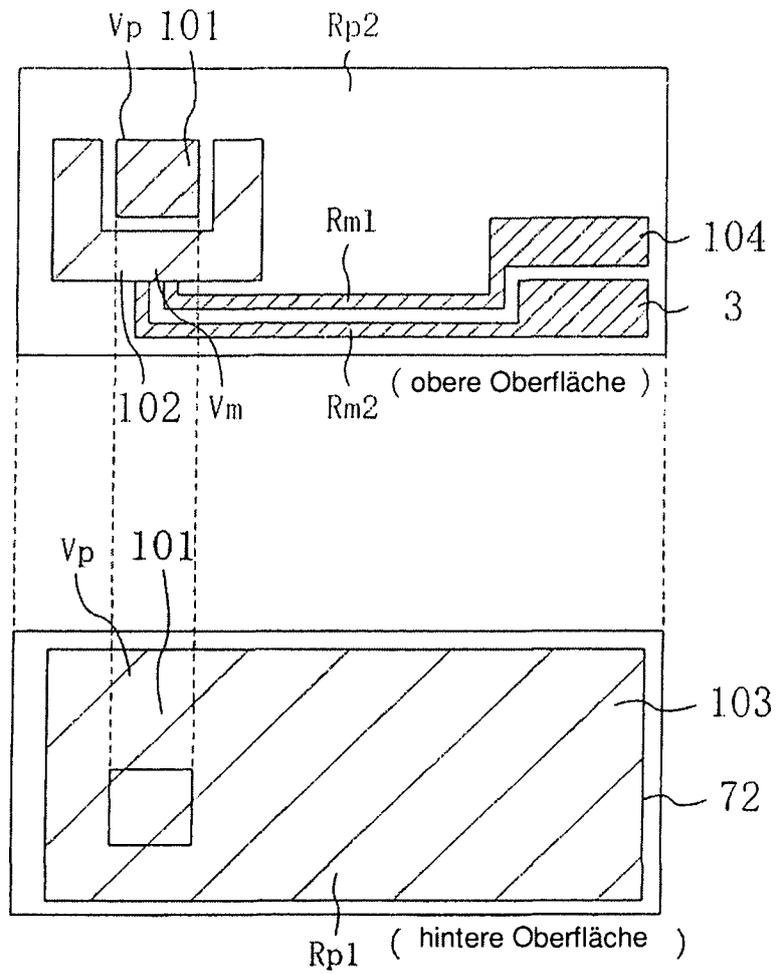


FIG. 14

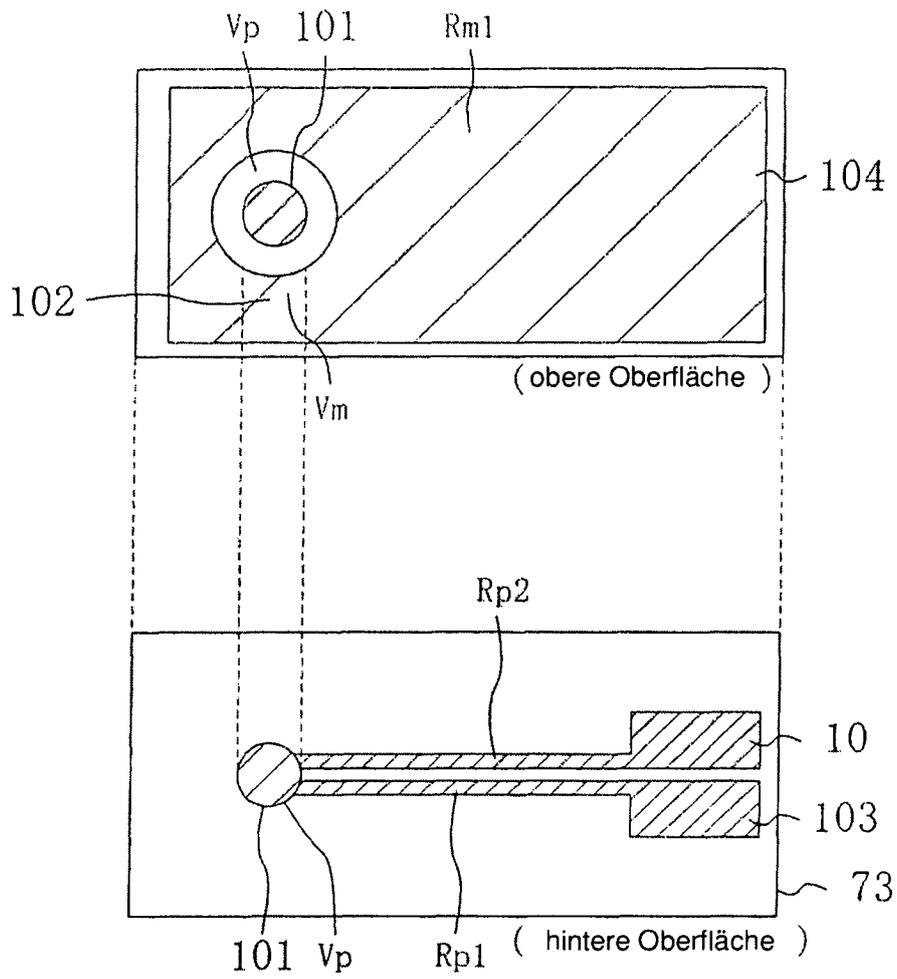


FIG. 15

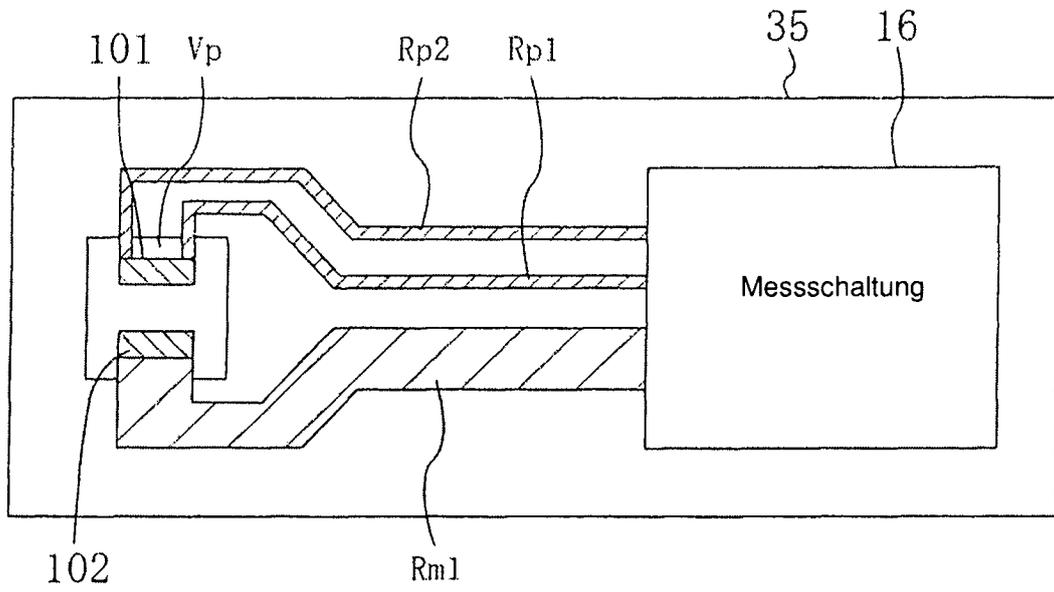


FIG. 16

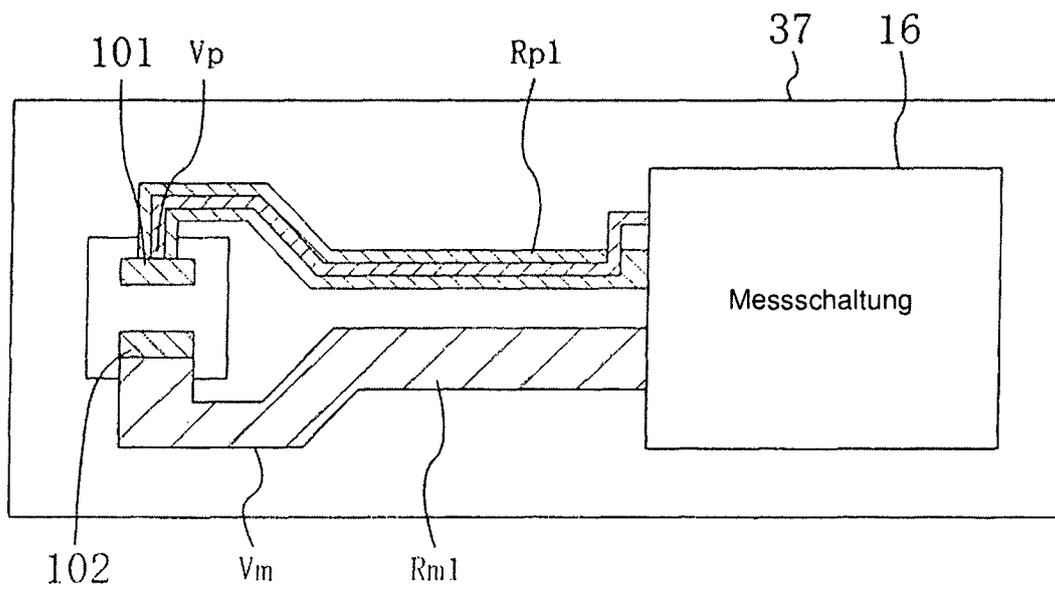


FIG. 17

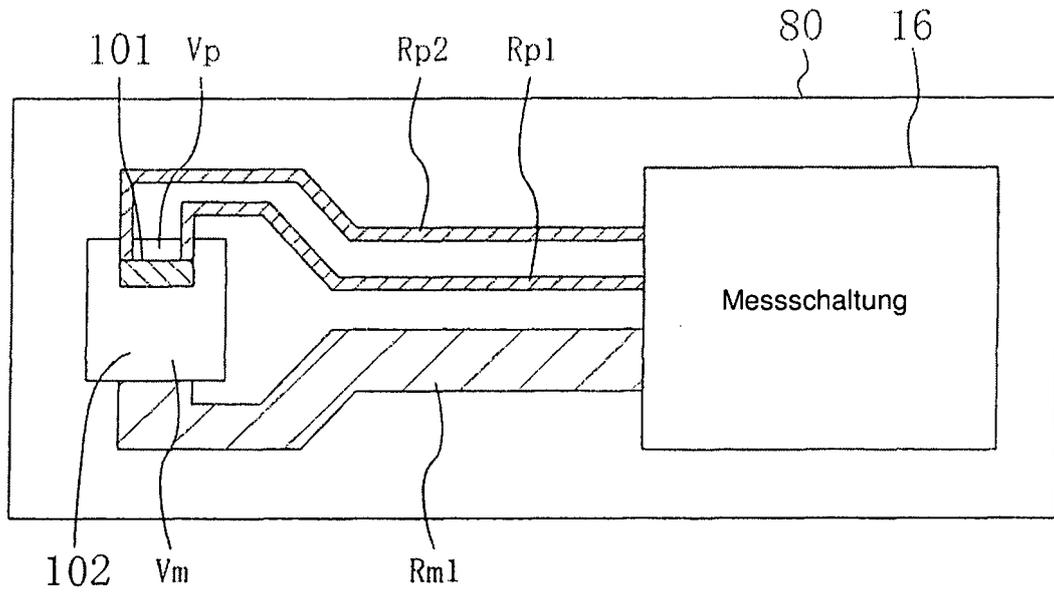


FIG. 18

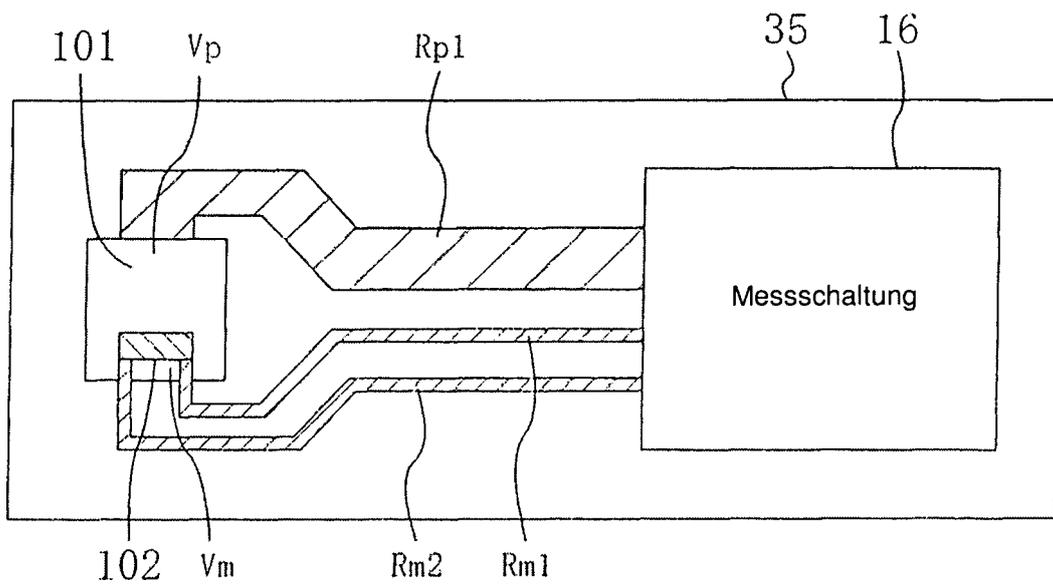


FIG. 19

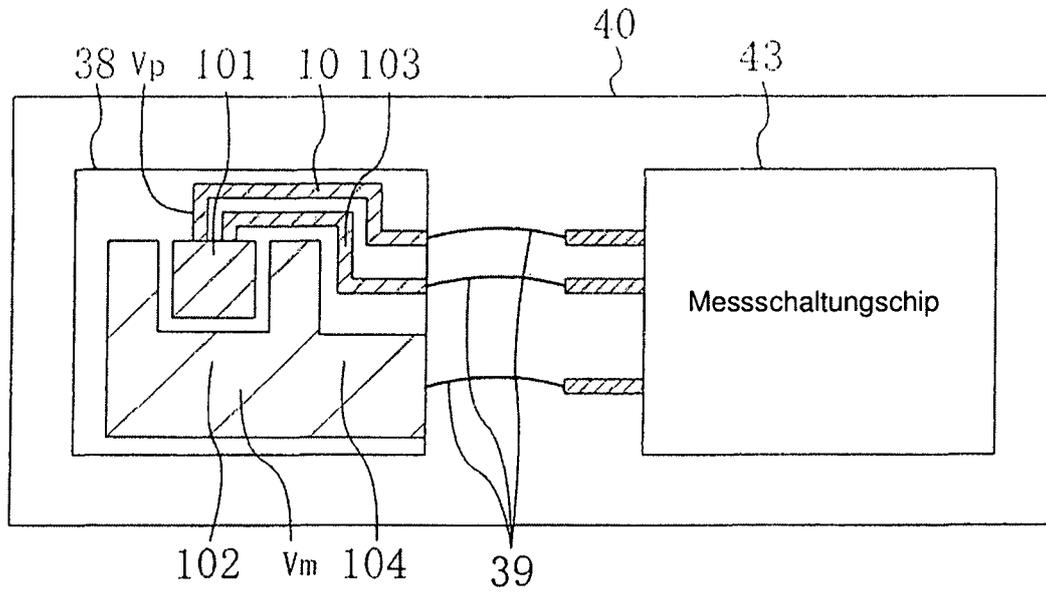


FIG. 20

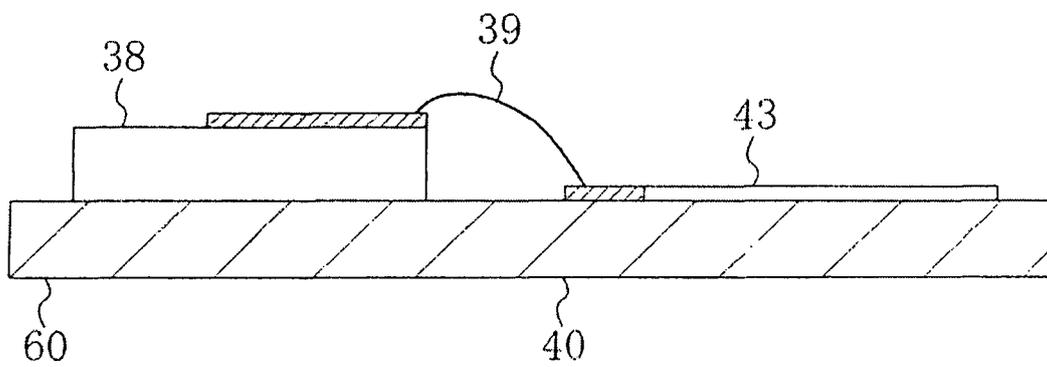


FIG. 21

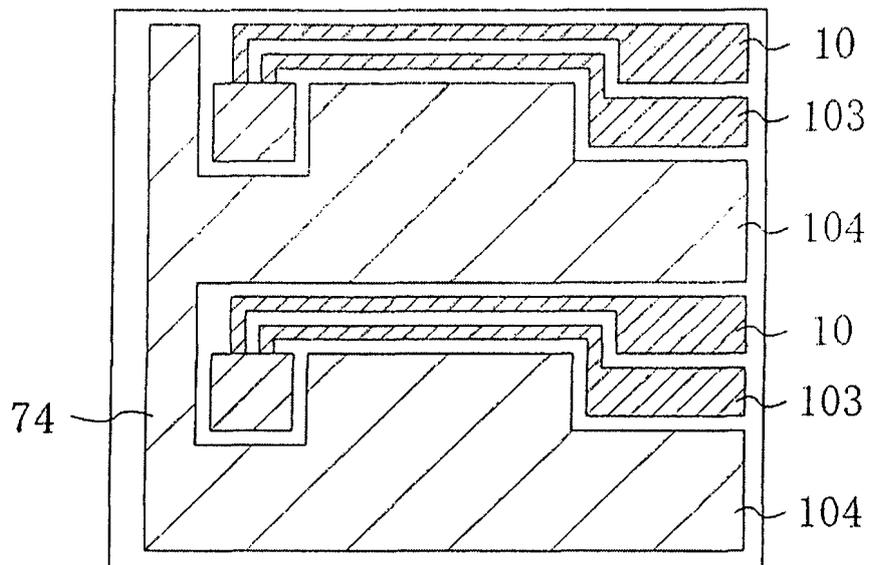


FIG. 22

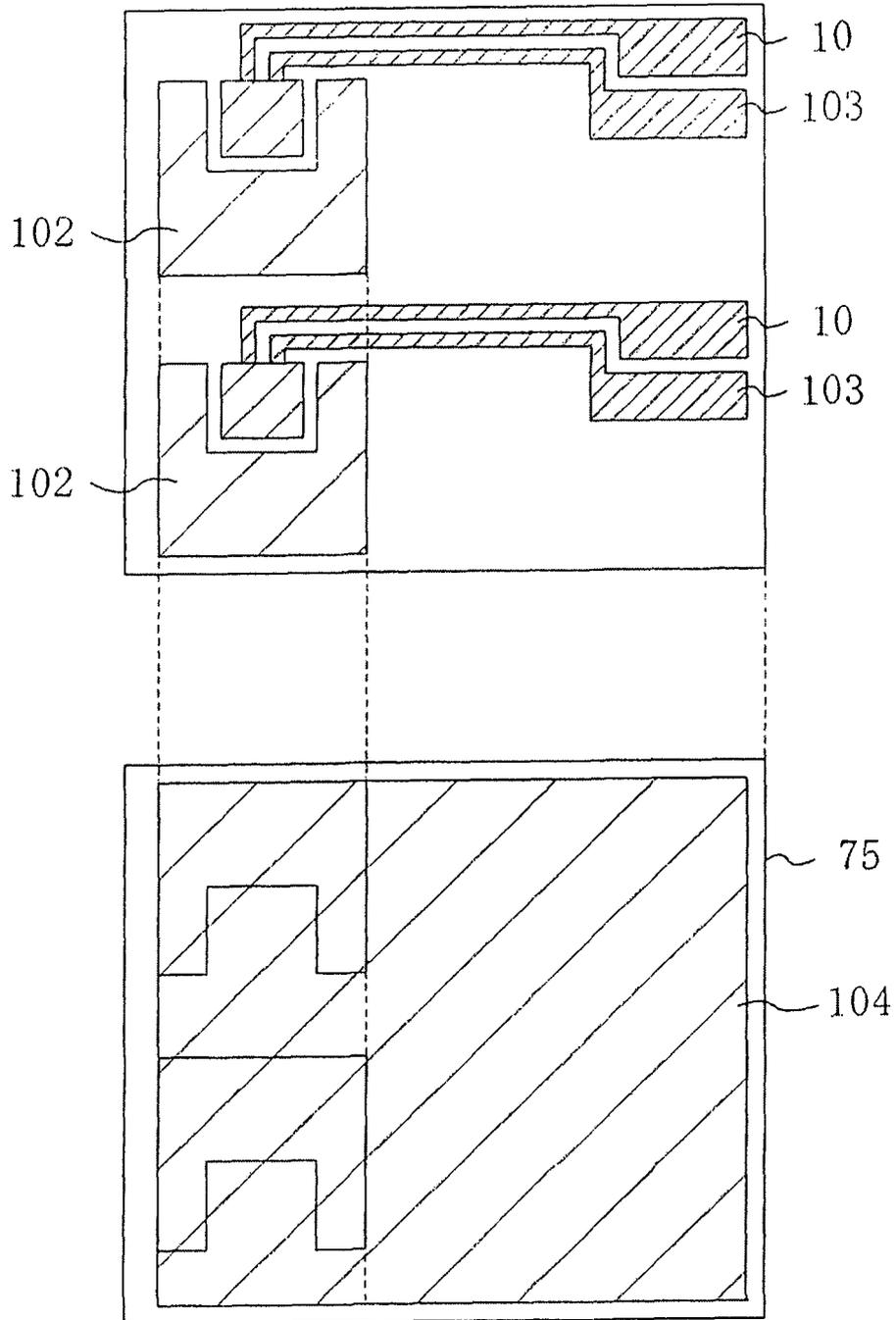


FIG. 23

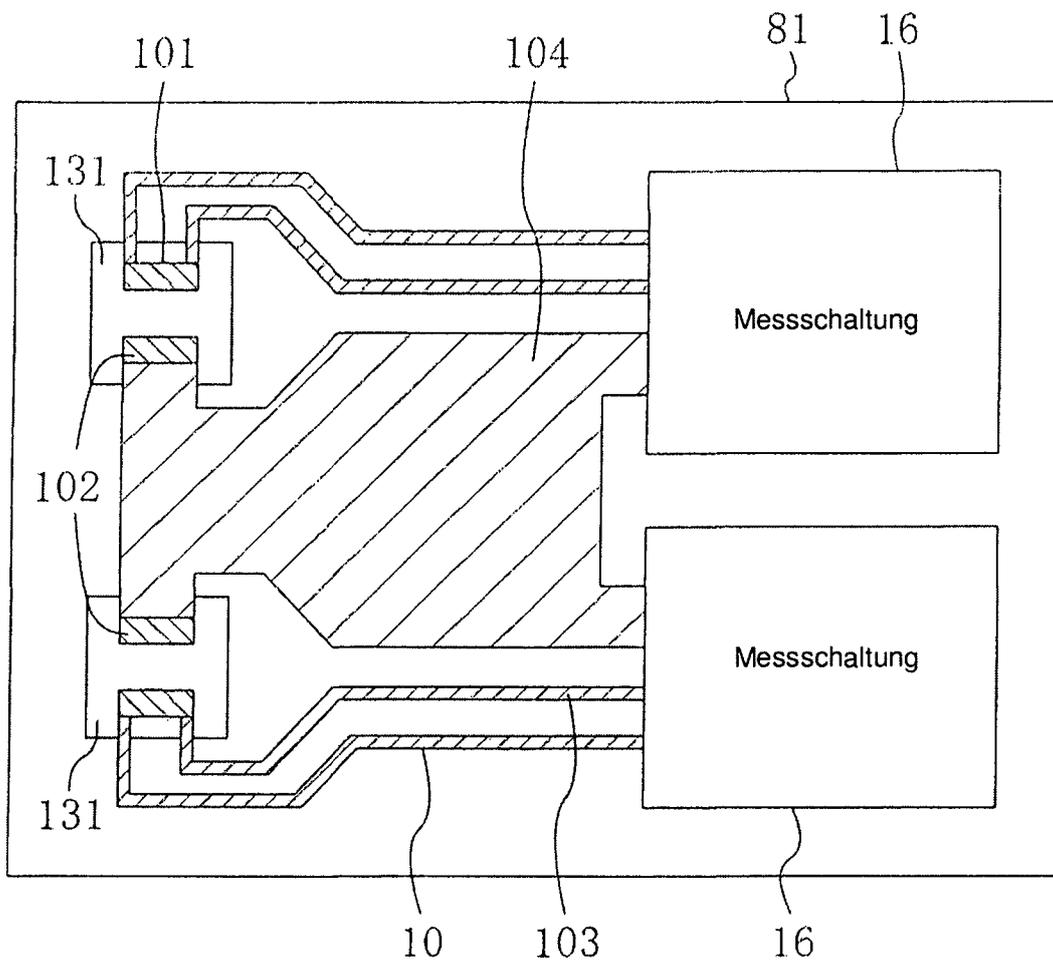


FIG. 24

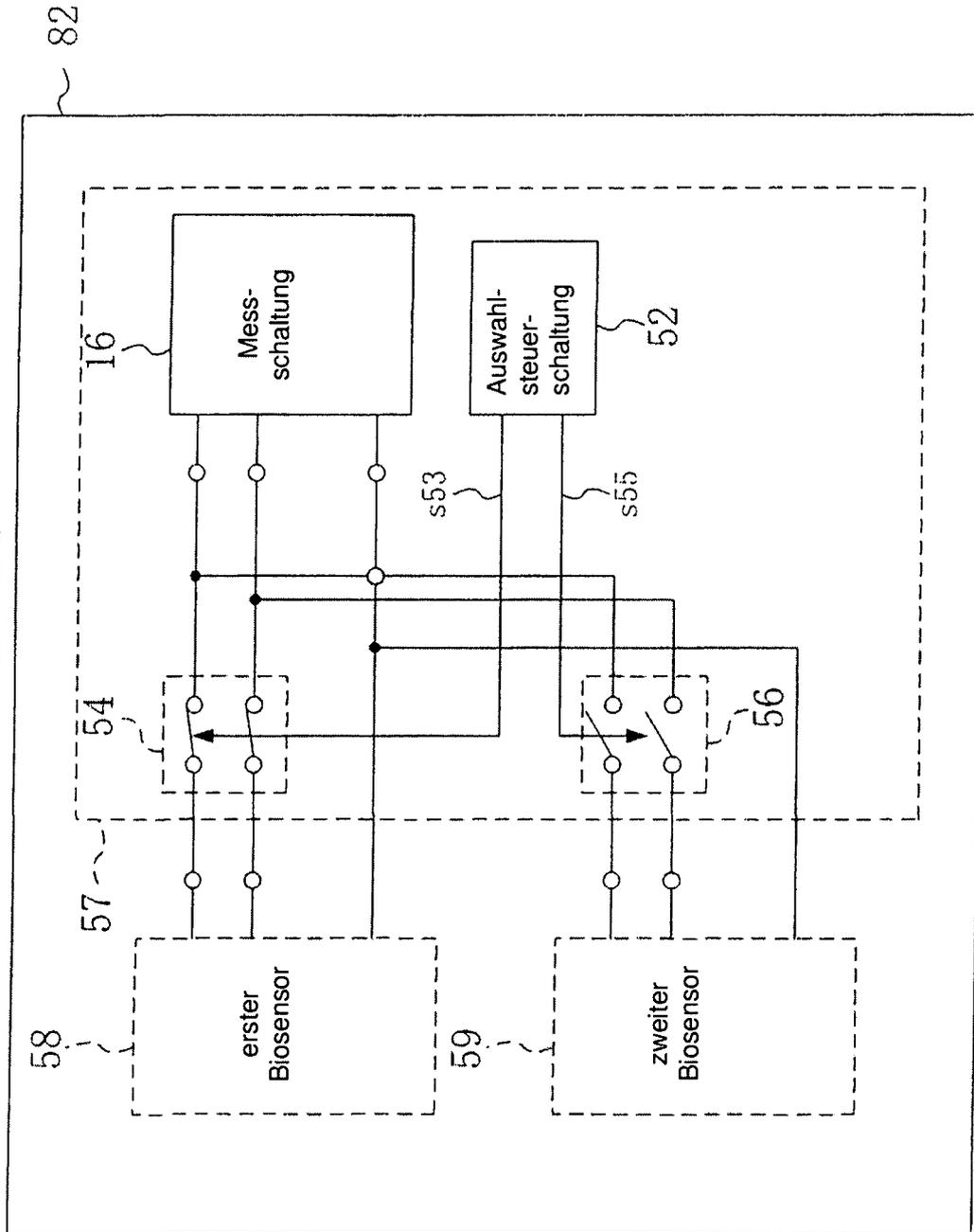


FIG. 25

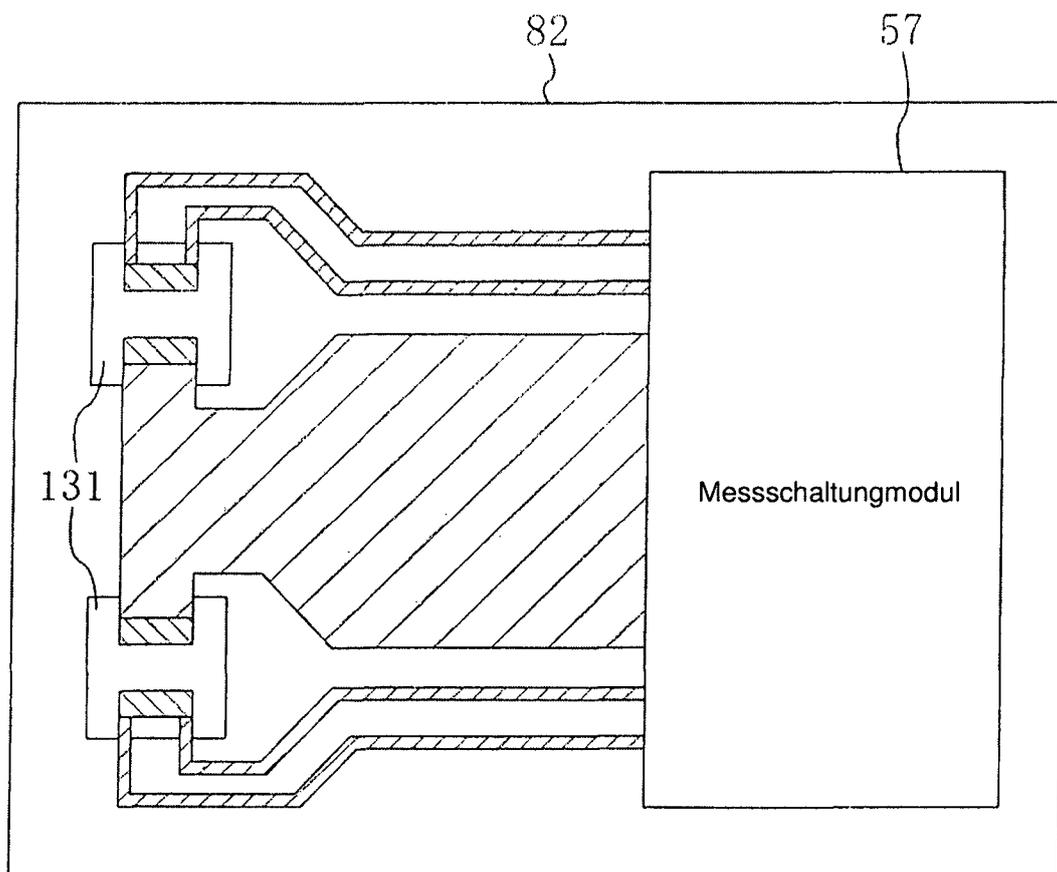


FIG. 26

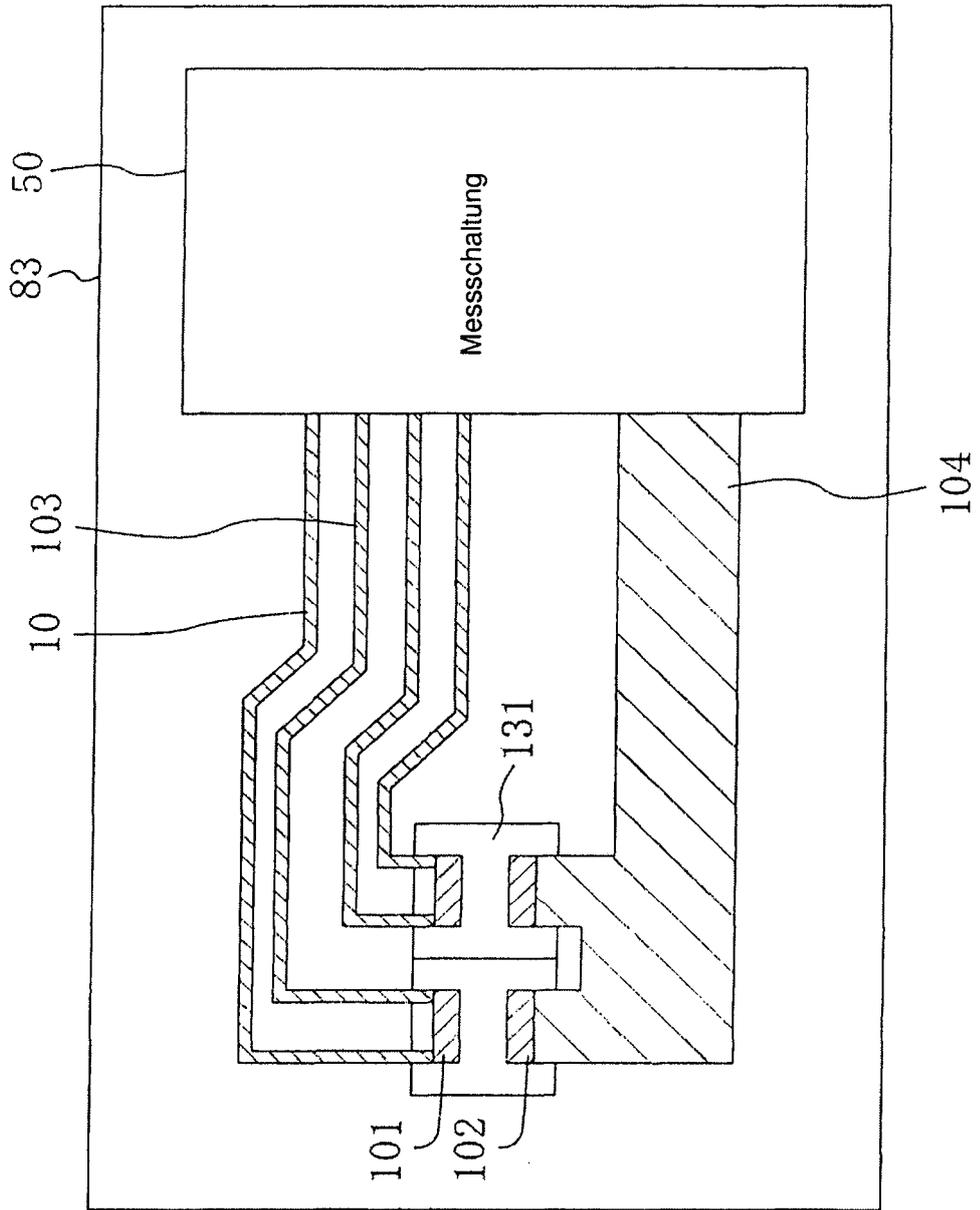


FIG. 27

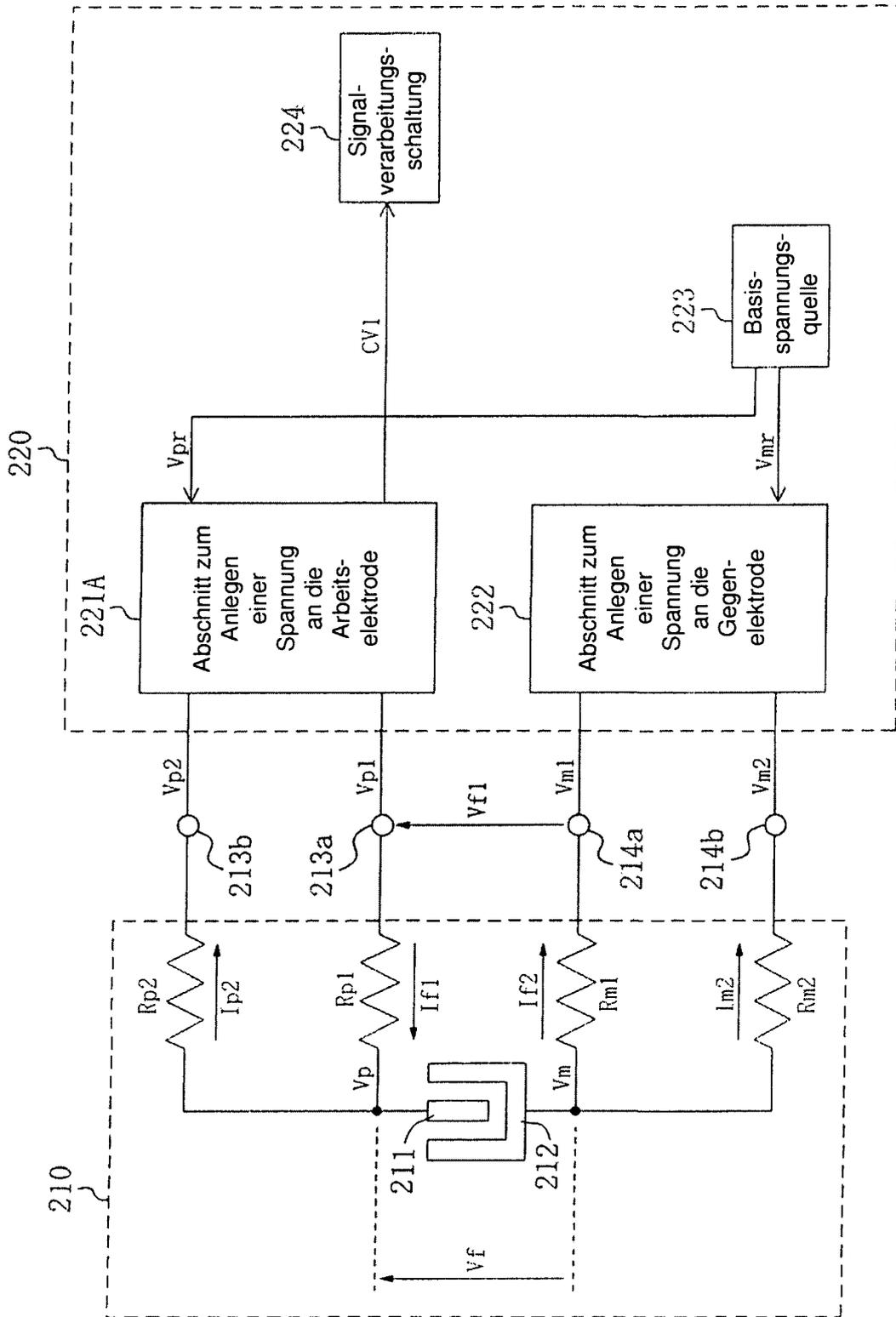


FIG. 28

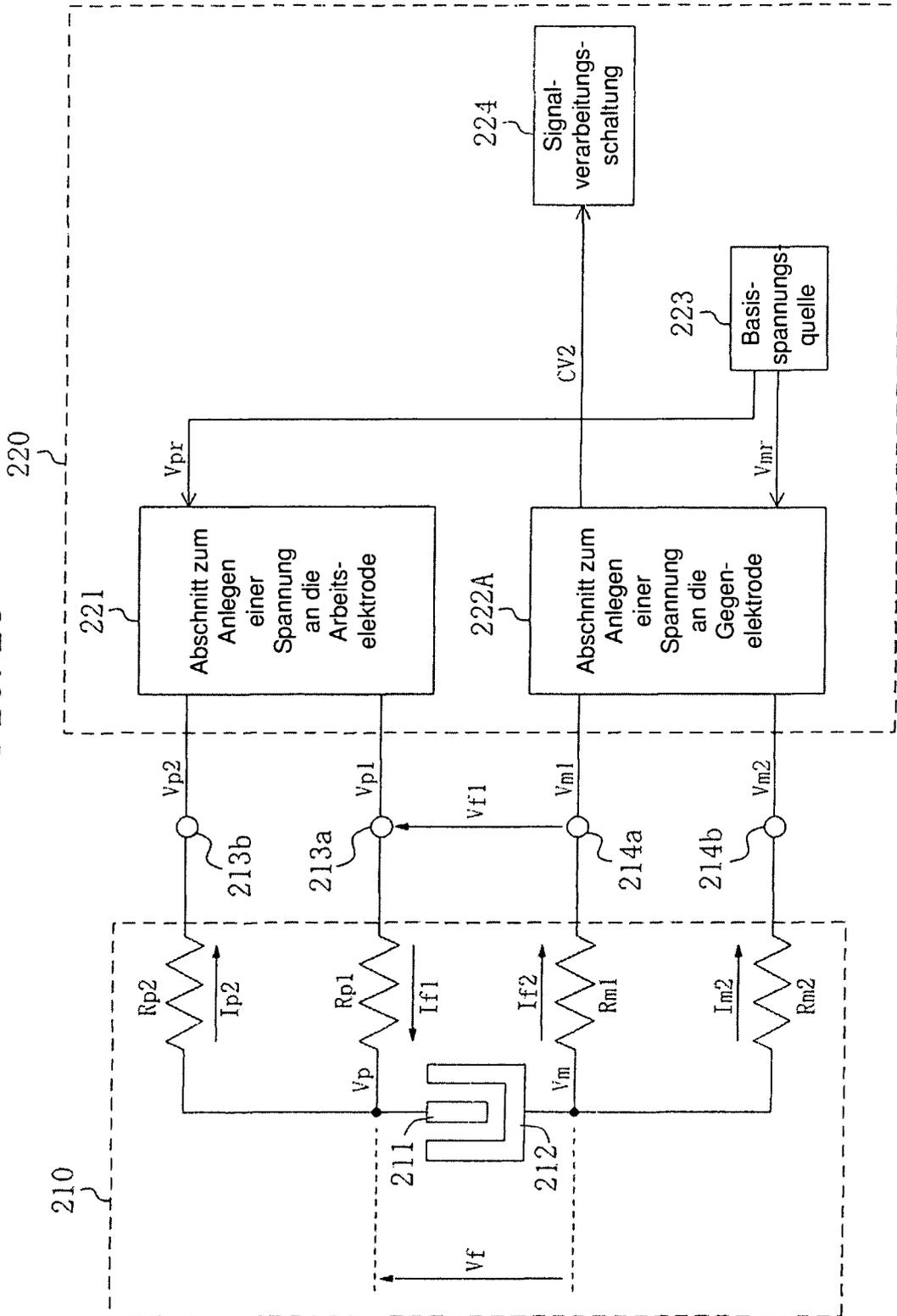


FIG. 29A

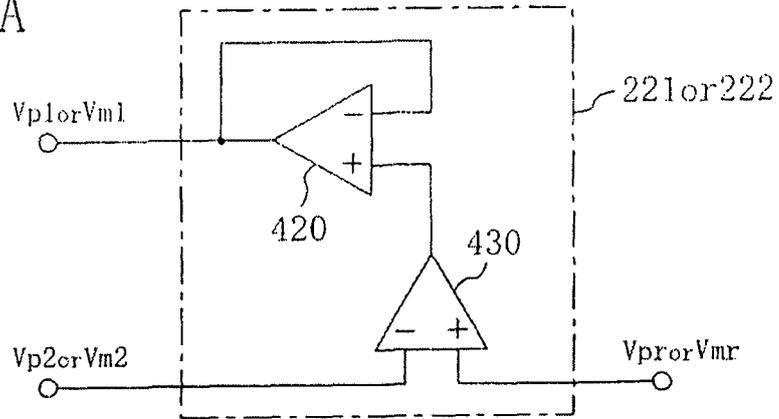


FIG. 29B

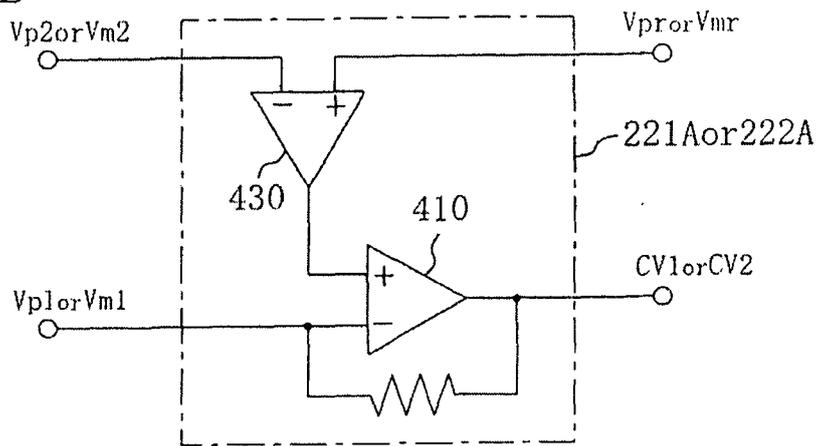


FIG. 29C

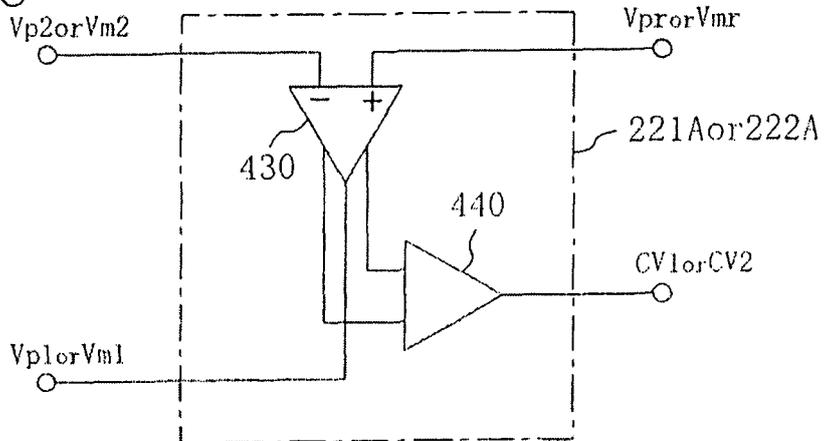


FIG. 30

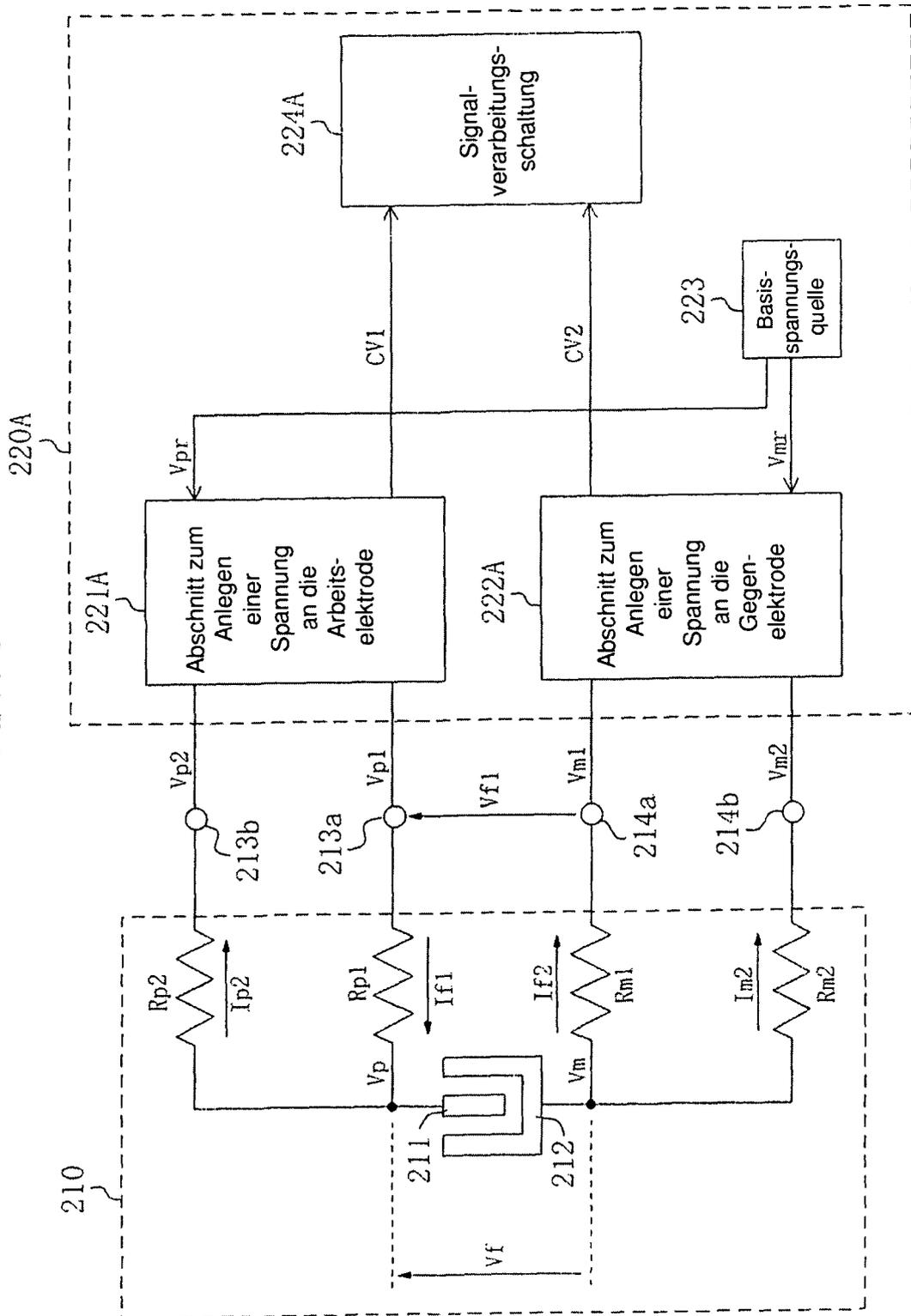


FIG. 31

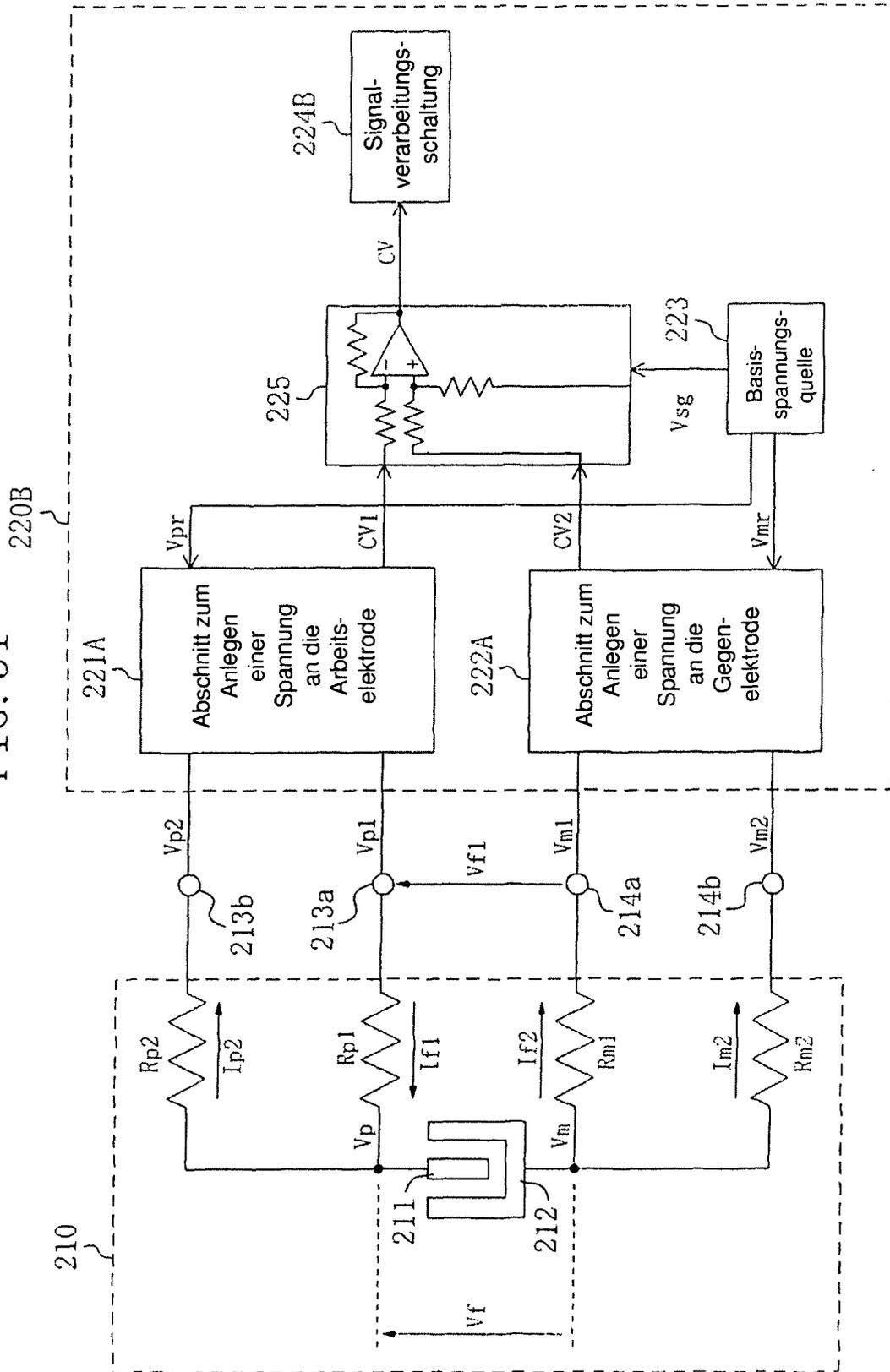


FIG. 32

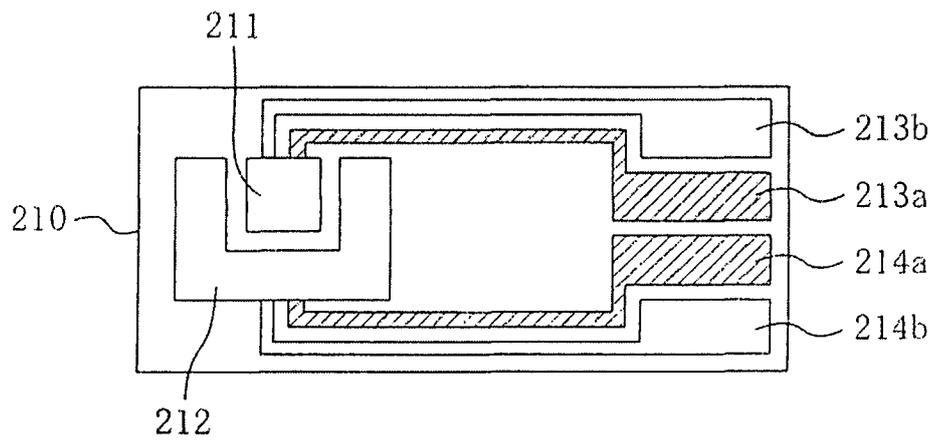


FIG. 33

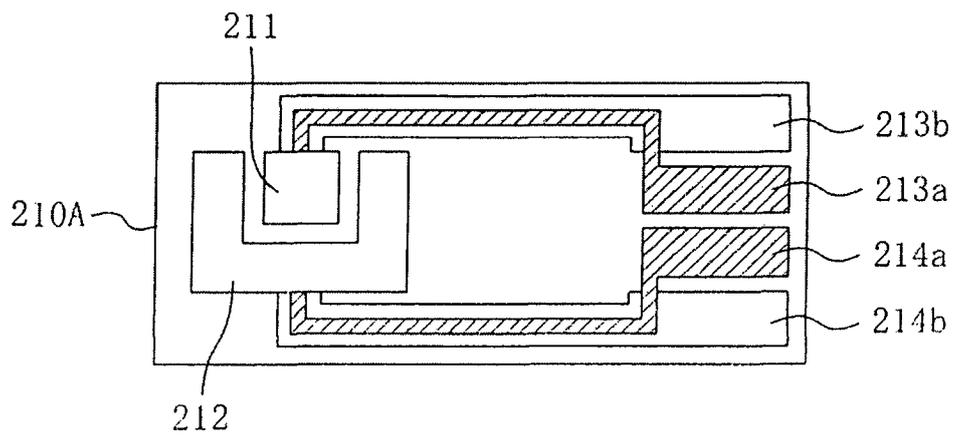


FIG. 34

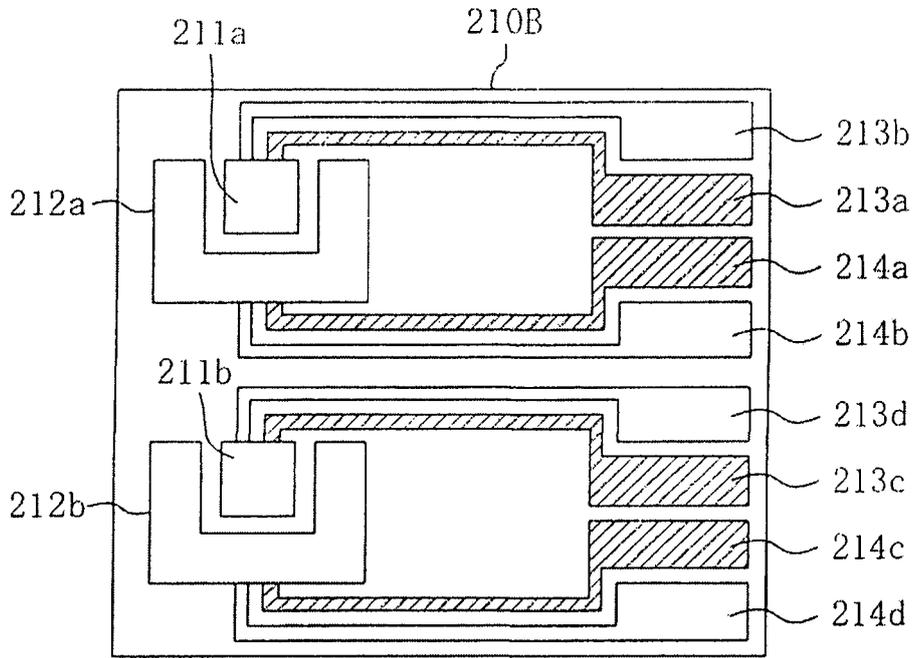


FIG. 35

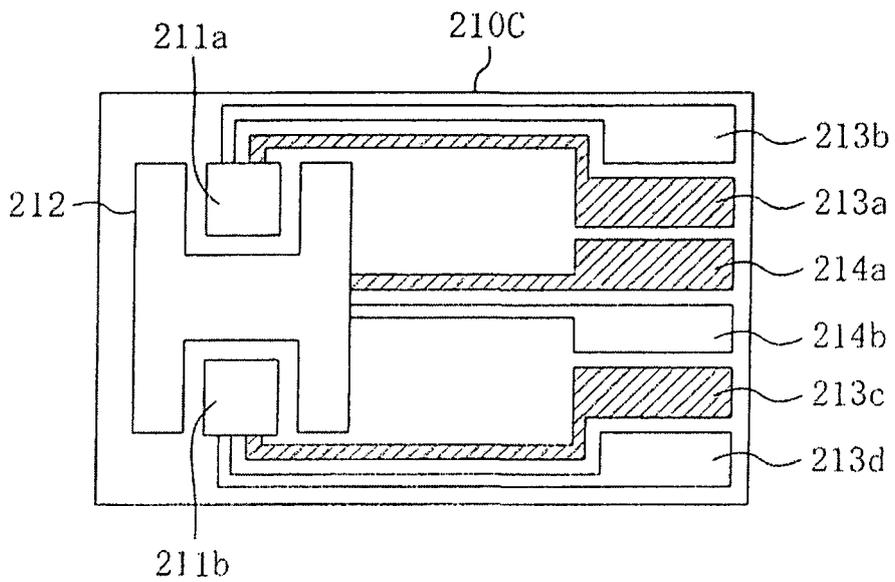


FIG. 36

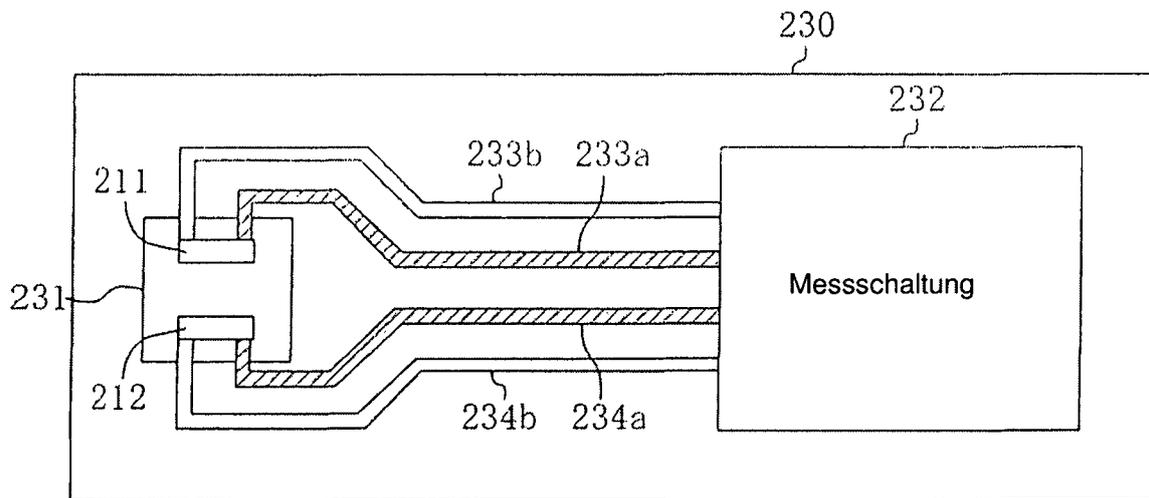


FIG. 37

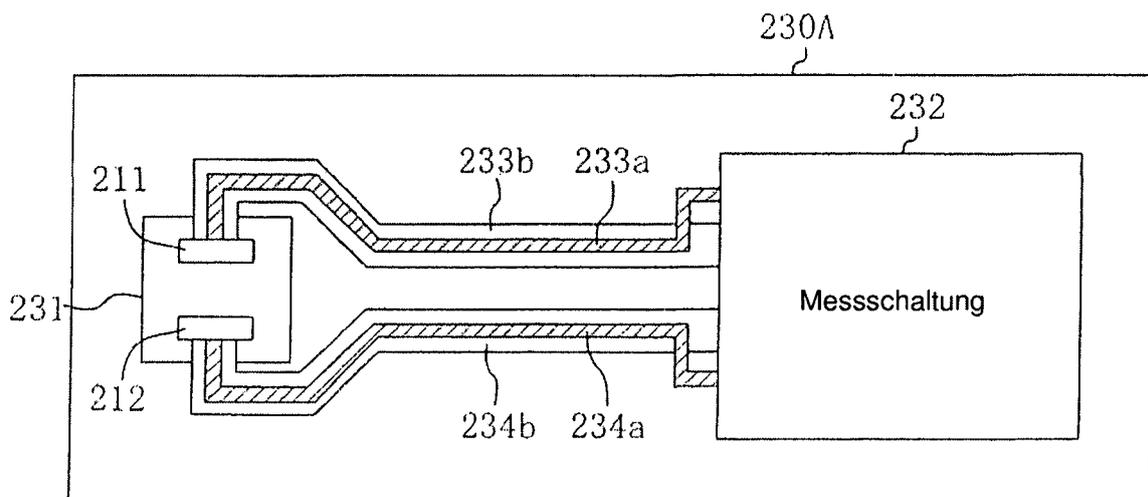


FIG. 38

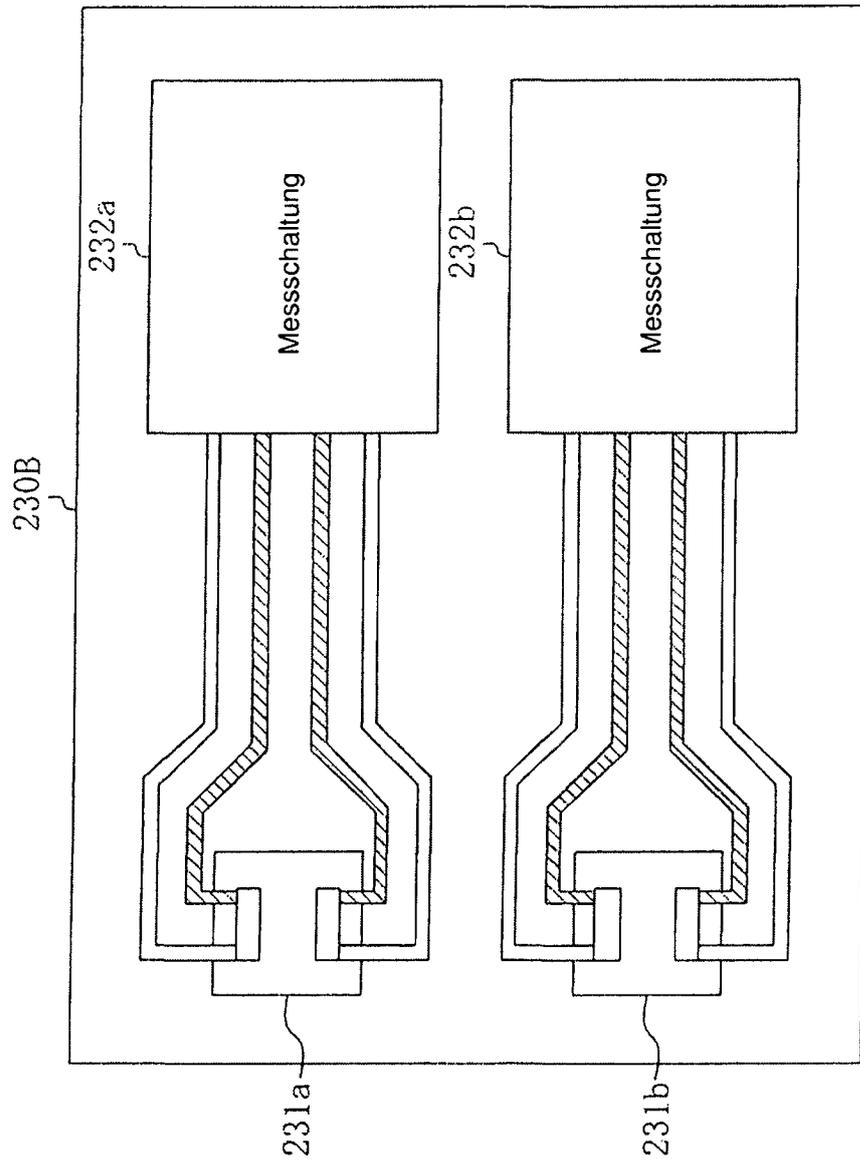


FIG. 39

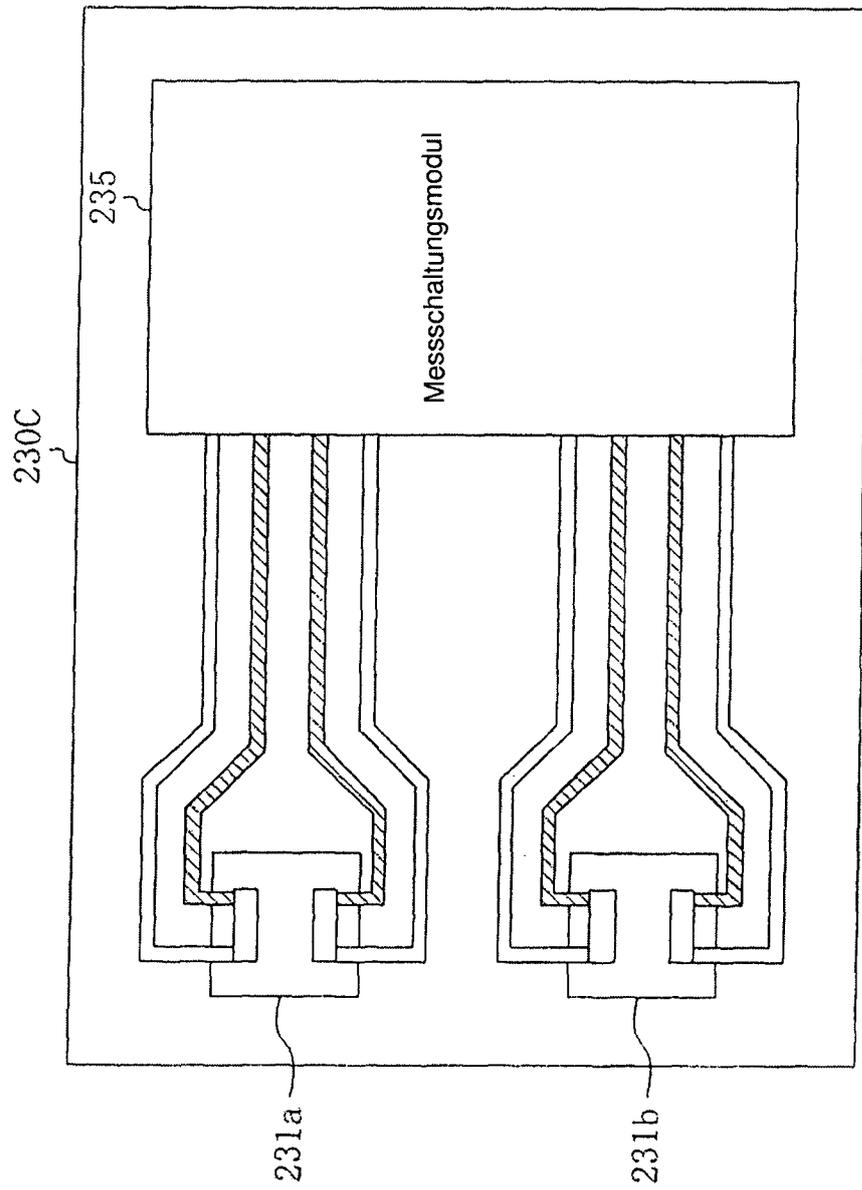


FIG. 40

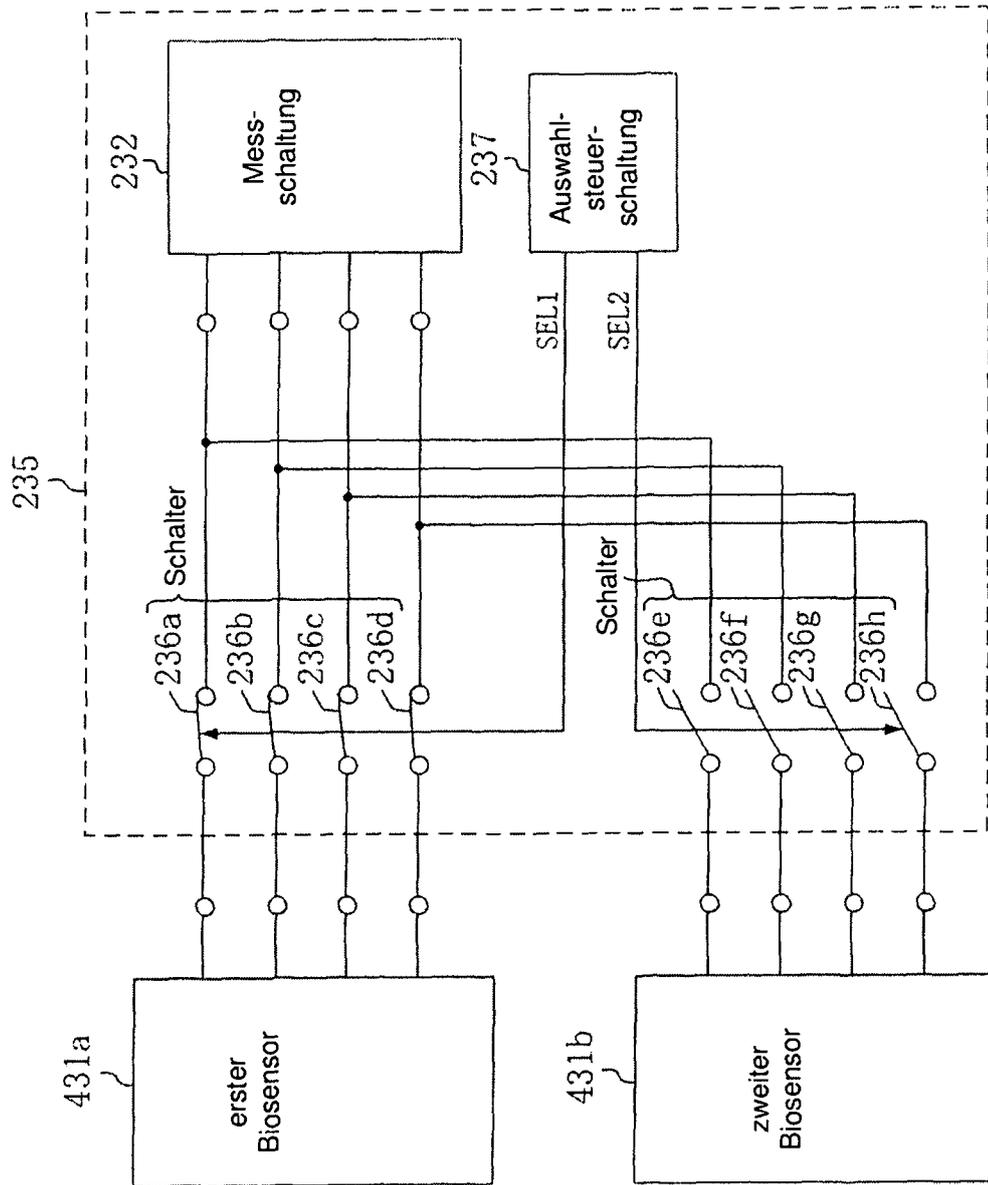
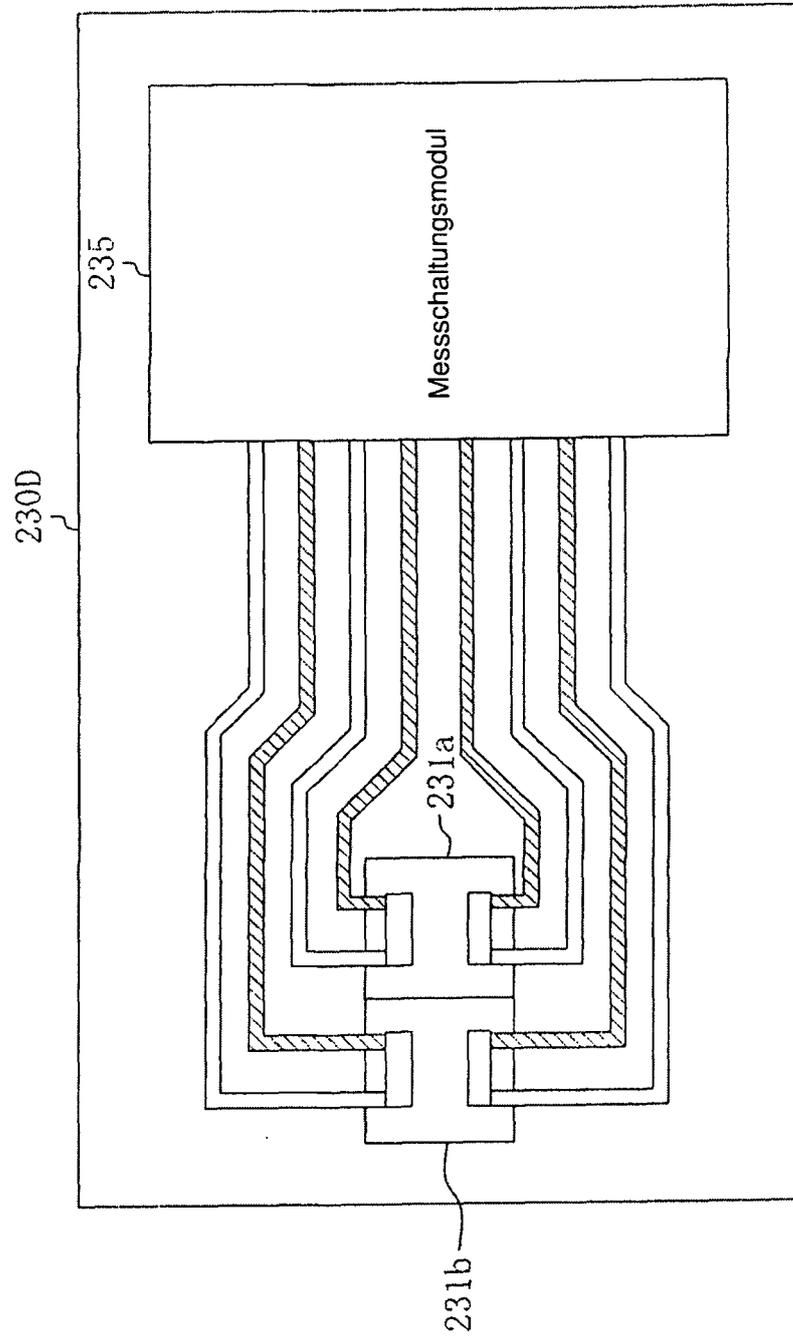


FIG. 41



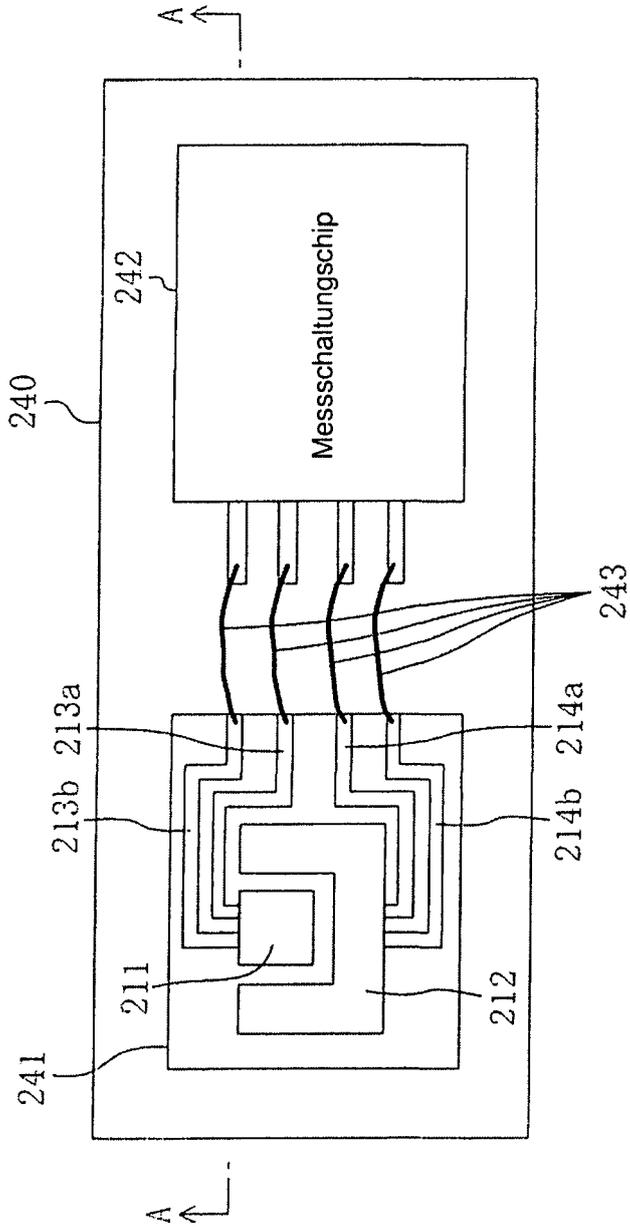


FIG. 42A

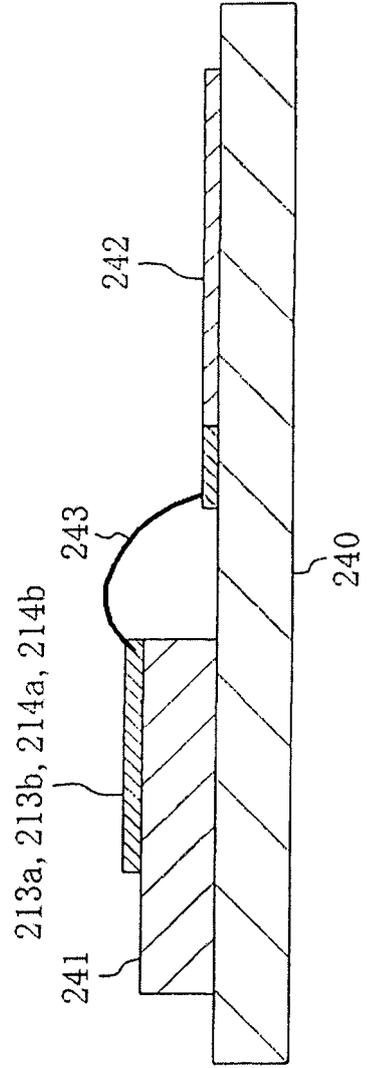


FIG. 42B

FIG. 43 (Stand der Technik)

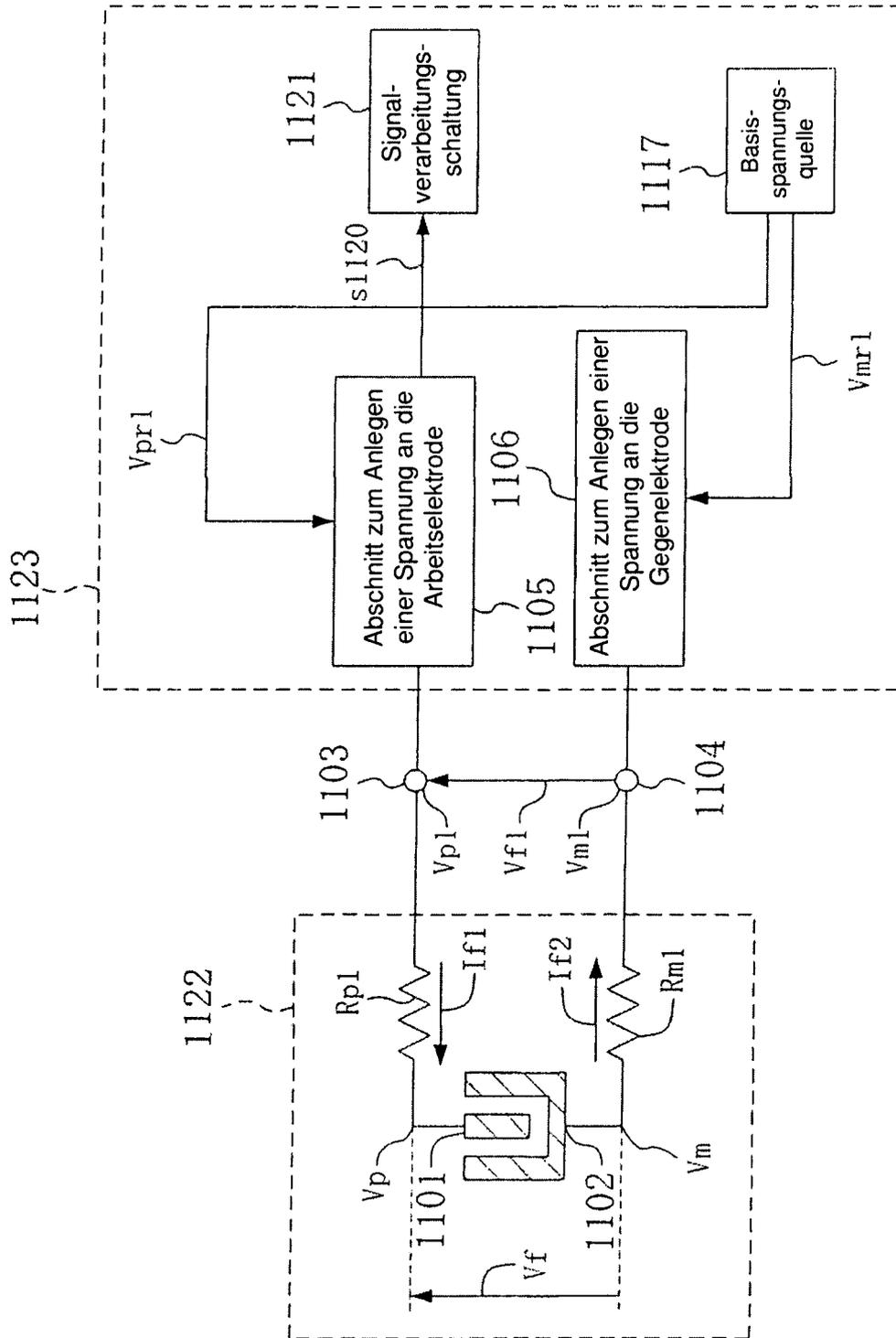


FIG. 45 (Stand der Technik)

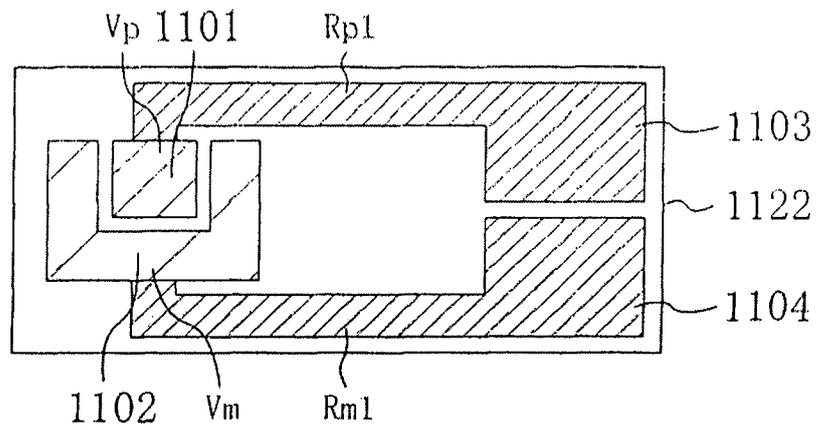


FIG. 46 (Stand der Technik)

