(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 26 748 T2** 2006.03.02

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 863 399 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 26 748.6**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 301 506.6**
(96) Europäischer Anmeldetag: **02.03.1998**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **09.09.1998**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **06.10.2004**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **02.03.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***G01N 27/407*** (2006.01)
G01N 27/417 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
4944097 **04.03.1997** **JP**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT, SE

(73) Patentinhaber:
NGK Insulators, Ltd., Nagoya, Aichi, JP

(74) Vertreter:
LEINWEBER & ZIMMERMANN, 80331 München

(72) Erfinder:
Kato, Nobuhide, Kanie-cho, Aichi-pref. 497, JP;
Hamada, Yasuhiko, Midori-ku, Aichi-pref. 458, JP

(54) Bezeichnung: **Gassensor und Verfahren zur Überwachung des Gassensors**

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

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

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Gassensor zum Messen von Gaskomponenten, wie beispielsweise NO, NO_2, SO_2, CO_2 und N_2O, die beispielsweise in Umgebungsluft und in von Fahrzeugen und Kraftwagen freigesetzten Abgasen enthalten sind. Die vorliegende Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Steuerung des Gassensors.

Stand der Technik

[0002] Vor kurzem wurde ein wie in Fig. 8 gezeigter Gassensor **10A** bekannt gemacht, der auf der Verwendung eines Sauerstoffionenleiters basiert (vgl. beispielsweise die offengelegte japanische Patentschrift Nr. 8-271476, die der europäischen Patentanmeldung EP-A-678740 entspricht).

[0003] Der Betrieb des Gassensors **10A** funktioniert wie folgt: Ein in einem Außenraum bestehendes Messgas wird über ein erstes Diffusionsraten bestimmendes Mittel **12** in einen ersten Hohlraum **14** eingeführt. Ein erstes Sauerstoffpumpenmittel **22**, welches eine innere Pumpenelektrode **16**, einen Sauerstoffionenleiter **18** und eine äußere Pumpenelektrode **20** umfasst, wird zum Ein- oder Abpumpen von im Messgas im ersten Hohlraum **14** enthaltenem Sauerstoff bis zu einem Grad, bei dem Stickstoffoxid als ein Messziel nicht abgebaut wird, eingesetzt.

[0004] In Folge wird das im ersten Hohlraum **14** enthaltene Messgas über ein zweites Diffusionsraten bestimmendes Mittel **24** in einen zweiten Hohlraum **26** eingeführt. Ein zweites Sauerstoffpumpenmittel **36**, welches für den zweiten Hohlraum **26** angeordnet ist und eine Messgas abbauende Elektrode **28**, ein Sauerstoffionenleiterelement **30** und eine in einem Referenzluftbereich **32** angeordnete Referenzelektrode **34** umfasst, wird zum Abpumpen von Sauerstoff, der aufgrund des Abbaus durch die katalytische Wirkung der Messgas abbauenden Elektrode **28** oder die durch Spannungsanlegung veranlasste Elektrolyse erzeugt wurde, verwendet. Ein Stromwert, der zum Abpumpen von Sauerstoff unter Verwendung des zweiten Sauerstoffpumpenmittels **36** benötigt wird, wird gemessen, um indirekt das Stickstoffoxid zu messen.

[0005] Beispiele für die praktische Anwendung des Gassensors **10A** sind unter anderem beispielsweise NO_x-Sensoren, H_2O-Sensoren und CO_2-Sensoren zum Messen von Messgasen, die diese mit gebundenem Sauerstoff enthalten.

[0006] Wird der herkömmliche Gassensor **10A** beispielsweise als NO_x-Sensor eingesetzt, so wird Rh oder Pt als die Messgas abbauende Elektrode **28** verwendet, um NO_x katalytisch abzubauen. Der Sauerstoff, der während des Abbaus erzeugt wird, wird als Pumpstrom detektiert, oder der Sauerstoff wird als Spannungsänderung detektiert.

[0007] Wird der herkömmliche Gassensor **10A** beispielsweise als H_2O-Sensor oder als CO_2-Sensor eingesetzt, so gestaltet sich die Durchführung eines katalytischen Abbaus schwierig. Deshalb wird eine Spannung, bei der ein jedes der Gase abbaubar ist, an das zweite Pumpenmittel **36** angelegt. Der durch die Elektrolyse, die durch die Spannungsanlegung ausgelöst wird, erzeugte Sauerstoff wird als Pumpstrom detektiert.

[0008] Nebenbei erwähnt kann im Falle des oben beschriebenen herkömmlichen Gassensors **10A** aus folgenden Gründen eine Erd-Leitung (GND) einer Gleichspannungsquelle **38** zur Steuerung des ersten Sauerstoffpumpenmittels **22** nicht gemeinsam mit der einer Gleichspannungsquelle **40** zur Steuerung des zweiten Sauerstoffpumpenmittels **36** verwendet werden. Der Leckstrom fließt von der äußeren Pumpenelektrode **20** zur Messgas abbauenden Elektrode **28**, oder der Leckstrom fließt von der Messgas abbauenden Elektrode **20** zur inneren Pumpenelektrode **16**.

[0009] Fließt der Strom durch den Sauerstoffionenleiter, so kommt es zu einer Bewegung des Sauerstoffs, aufgrund dessen der Steuerungs-Betrieb instabil werden kann und der Pumpstrom zur Messung gegebenenfalls beeinträchtigt wird. Infolgedessen besteht die Gefahr, dass keine Messung durchgeführt werden kann.

[0010] Deshalb benötigt der herkömmliche Gassensor **10A** zwei Gleichspannungsquellen, die voneinander isoliert sind, um das erste und das zweite Sauerstoffpumpenmittel **22**, **36** zu betreiben.

[0011] Weiters wurde ein in Fig. 9 gezeigter Gassensor **10B** vorgeschlagen. Der Gassensor **10B** umfasst ein Hilfspumpenelektrode **42**, die im zweiten Hohlraum **26** angeordnet ist, um durch die Hilfspumpenelektrode **42**, die Sauerstoffionenleiter (**18**, **44**, **30**) und die Referenzelektrode **34** ein drittes Sauerstoffpumpenmittel (d. h. Hilfspumpenmittel) **46** bereitzustellen. Dementsprechend wird der Sauerstoff, der diffundiert, um einen Eintritt in geringen Mengen aus dem ersten Hohlraum **14** zu verursachen, erneut abgepumpt, um die Messgenauigkeit (insbesondere die Abhängigkeit von der Sauerstoffkonzentration) deutlich zu verbessern (offengelegte japanische Patentschrift Nr. 9-113484).

[0012] Der zur Illustration vorgeschlagene Gassensor **10B** benötigt aufgrund des zusätzlichen Hilfspumpenmittels **46** sogar drei Gleichspannungsquel-

len, die isoliert und unabhängig voneinander sind. Fig. 10 zeigt ein Steuerkreissystem des in Fig. 9 gezeigten, zur Illustration vorgeschlagenen Gassensors **10B**. In diesem Fall werden drei Gleichspannungsquellen (erste Gleichspannungs-Quelle **50A**, zweite Gleichspannungs-Quelle **50B** und dritte Gleichspannungs-Quelle **50C**), die isoliert und unabhängig voneinander sind, zur Steuerung des ersten, zweiten und dritten Sauerstoffpumpenmittels **22**, **36**, **46** eingesetzt.

[0013] Die erste Gleichspannungsquelle **50A** wird als Spannungsquelle für einen Pumpsteuerkreis **52** zur Steuerung des ersten Sauerstoffpumpenmittels **22** eingesetzt. Im Pumpsteuerkreis **52** wird eine elektromotorische Kraft (Urspannung) zwischen einer Messelektrode **54** und der Referenzelektrode **34** von einer ersten Komparatorvorrichtung **56** detektiert. In Folge wird eine Differenz mit Bezug auf eine Zielspannung (beispielsweise 300 mV) durch eine zweite Vergleichsvorrichtung **58** ermittelt, und die Differentialspannung wird von einem Verstärker **60** verstärkt. Die verstärkte Spannung wird als Steuerspannung E_0 zwischen der äußeren Pumpenelektrode **20** und der inneren Pumpenelektrode **16** des ersten Sauerstoffpumpenmittels **22** angelegt. So wird das erste Sauerstoffpumpenmittel **22** gesteuert.

[0014] Die zweite Gleichspannungsquelle **50B** wird als Spannungsquelle zur Zufuhr einer Spannung E_1 zum Hilfspumpenmittel (das dritte Sauerstoffpumpenmittel) **46** eingesetzt. Spezifisch wird eine konstante Spannung unter Verwendung einer Zenerdiode **62** erzeugt. Danach wird eine an das Hilfspumpenmittel **46** anzulegende Spannung E_1 durch Verwendung eines Spannungsteilerkreises **64** erzeugt, die an das Hilfspumpenmittel **46** angelegt wird.

[0015] Die dritte Gleichspannungsquelle **50C** wird als Spannungsquelle zur Zufuhr einer Spannung E_2 zum zweiten Sauerstoffpumpenmittel **36** eingesetzt. Die dem zweiten Sauerstoffpumpenmittel **36** zuzuführende Spannung E_2 wird ähnlich dem bei der zweiten Gleichspannungsquelle **50B** verwendeten Verfahren gemäß erzeugt, die dann dem zweiten Sauerstoffpumpenmittel **36** zugeführt wird.

[0016] Wie in Fig. 11 gezeigt wird ist jede der gegenseitig isolierten und voneinander unabhängigen drei Gleichspannungsquellen (hierin in Folge als "isolierte Spannungsquelle" bezeichnet, während eine Spannungsquelle, die keiner isolierten und unabhängigen Anordnung bedarf, hierin in Folge als "nichtisolierte Spannungsquelle" bezeichnet wird) **50A**, **50B**, **50C** grundsätzlich aus einem Schwingkreis **72**, einem isolierten Transformator **74** und einer Gleichrichterschaltung **76**, die mit stromabwärts gelegenen Stellen einer Batterie **70** (beispielsweise 12 V im Falle einer Autobatterie) verbunden ist, aufgebaut. In einer derartigen Anordnung kann die nichtisolierte Spannungsquelle so konstruiert sein, dass nur Halbleiterbauteile, wie beispielsweise Transistoren und Operationsverstärker, verwendet werden, während die zuvor beschriebene isolierte Spannungsquelle den Transformator **74** benötigt. Deshalb ist es bei der isolierten Spannungsquelle schwierig, das Steuerkreissystem des Gassensors **10A**, **10B** klein zu halten und das Gewicht dessen zu reduzieren, und es besteht die Gefahr, unangenehm hohe Herstellungskosten zu verursachen.

[0017] Ein Gassensor mit den im ersten Teil von Anspruch 1 beschriebenen Merkmalen ist in der EP-A-678740 dargelegt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0018] Die vorliegende Erfindung wurde unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Probleme entwickelt und zielt darauf ab, einen Gassensor und ein Verfahren zur Steuerung dessen bereitzustellen. Durch die Erfindung ist es möglich, eine gemeinsame Referenzleitung für elektrisches Potential (beispielsweise eine geerdete Leitung) für mehrere Gleichspannungsquellen zu verwenden, die Anzahl an isolierten und voneinander unabhängigen Gleichspannungsquellen (isolierten Spannungsquellen) zu minimieren und das Steuerkreissystem des Gassensors kleinst möglich zu gestalten sowie das Gewicht dessen zu verringern.

[0019] Der vorliegenden Erfindung gemäß wird ein Gassensor bereitgestellt, wie er in Anspruch 1 dargelegt ist.

[0020] In der Erfindung wird bei diesem Aspekt zuerst Sauerstoff, der in dem aus dem Außenraum zugeführten Messgas enthalten ist, durch das Hauptpumpenmittel pump-bearbeitet, und der Sauerstoff wird auf eine vorbestimmte Konzentration eingestellt. Das Messgas, dessen Sauerstoffkonzentration mithilfe des Hauptpumpenmittels auf eine vorbestimmte Konzentration eingestellt wurde, wird im nächsten Schritt in das Detektionspumpenmittel eingeführt. Das Detektionspumpenmittel baut die im Messgas nach der Pump-Bearbeitung durch das Hauptpumpenmittel enthaltene vorbestimmte Gaskomponente mithilfe der katalytischen Wirkung und/oder Elektrolyse zum Pump-Bearbeiten des durch den Abbau erzeugten Sauerstoffs ab. Die vorbestimmte Gaskomponente, die der Menge an Sauerstoff entspricht, wird auf Grundlage des im Detektionspumpenmittel erzeugten Pumpstroms in Abhängigkeit von der Menge an Sauerstoff, die vom Detektionspumpenmittel pump-bearbeitet wurde, gemessen.

[0021] Im Besonderen wird der während der Messung der vorbestimmten Gaskomponente vom Detektionspumpenmittel abzupumpende Sauerstoff in die Richtung der Elektrode des Hauptpumpenmittels

gepumpt, die eingestellt ist, um das elektrische Basispotential aufzuweisen.

[0022] Infolgedessen es nicht nötig, eine isolierte und von anderen Gleichspannungsquellen unabhängige Gleichspannungsquelle bereitzustellen, um das Detektionspumpenmittel zu betreiben. Die Steuerspannung kann mithilfe einer nichtisolierten Spannungsquelle erzeugt werden, die keinen isolierten Transformator benützt. Dies erleichtert die Verkleinerung des Steuerkreissystems des Gassensor und reduziert dessen Gewicht.

[0023] In diesem Aspekt wird zum Abpumpen von Sauerstoff mithilfe des Detektionspumpenmittels eine Detektionsspannung zwischen der inneren Detektionspumpenelektrode und der äußeren Detektionspumpenelektrode angelegt, worin eine mit Bezug auf die innere Hauptpumpenelektrode und die äußere Hauptpumpenelektrode des Hauptpumpenmittels negative Spannung angelegt wird.

[0024] Deshalb kann die Referenzleitung (Leitung, die auf Basispotential eingestellt ist) gemeinsam für die Spannungsquelle für die Steuerspannung, die zwischen der inneren Hauptpumpenelektrode und der äußeren Hauptpumpenelektrode des Hauptpumpenmittels angelegt werden soll, und für die Spannungsquelle für die Detektionsspannung, die zwischen der inneren Detektionspumpenelektrode und der äußeren Detektionspumpenelektrode des Detektionspumpenmittels angelegt werden soll, verwendet werden.

[0025] Dementsprechend wird eine jede der Pumpenelektroden des Hauptpumpenmittels gemeinsam mit der äußeren Pumpenelektrode des Detektionspumpenmittels verwendet. Wird die gemeinsame Elektrode beispielsweise an die geerdete Leitung angeschlossen, so ist es möglich, eine auf der Verwendung von Halbleiterkomponenten basierende nichtisolierte Spannungsquelle zum Antrieb des Detektionspumpenmittels zu verwenden.

[0026] Einem weiteren Aspekt der Erfindung gemäß wird ein Gassensor bereitgestellt, wie er in Anspruch 5 dargelegt ist. In diesem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird zuerst Sauerstoff, der in dem aus dem Außenraum zugeführten Messgas enthalten ist, durch das Hauptpumpenmittel pump-bearbeitet, und der Sauerstoff wird auf eine vorbestimmte Konzentration eingestellt. Das Messgas, dessen Sauerstoffkonzentration mithilfe des Hauptpumpenmittels auf eine vorbestimmte Konzentration eingestellt wurde, wird im nächsten Schritt in das Konzentrationsdetektionsmittel eingebracht. Im Konzentrationsdetektionsmittel wird die Urspannung der Sauerstoffkonzentrationszelle zwischen der inneren Detektionselektrode und der äußeren Detektionselektrode erzeugt, die der Differenz zwischen der Sauerstoffmenge, die durch den Abbau der im Messgas enthaltenen vorbestimmten Gaskomponente erzeugt wird, und der Sauerstoffmenge, die im an der Seite der äußeren Detektionselektrode bestehenden Gas enthalten ist, entspricht. Die Urspannung wird vom Spannungsdetektionsmittel gemessen. So wird die der Sauerstoffmenge entsprechende vorbestimmte Gaskomponente gemessen.

[0027] Im Speziellen wird in der vorliegenden Erfindung das Messgas, das einer Grobeinstellung mithilfe des Hauptpumpenmittels zur Einstellung der Sauerstoffkonzentration auf eine vorbestimmte Konzentration unterzogen wurde, weiters einer Feineinstellung der Sauerstoffkonzentration mithilfe des Hilfspumpenmittels unterzogen.

[0028] Im Allgemeinen gilt, dass bei einer starken Veränderung der Sauerstoffkonzentration im Messgas im Außenraum (beispielsweise von 0 auf 20%) die Sauerstoffkonzentrationsverteilung im in das Hauptpumpenmittel einzuführenden Messgas stark verändert wird, genauso wie die Menge an in den Bearbeitungsraum für das Konzentrationsdetektionsmittel einzuführenden Sauerstoff verändert wird.

[0029] Während dieses Verfahrens wird die Sauerstoffkonzentration im Messgas nach der Pump-Bearbeitung durch das Hauptpumpenmittel in Übereinstimmung mit dem Hilfspumpenmittel durchgeführten Pumpvorgang einer Feineinstellung unterzogen. Aufgrund des vom Hauptpumpenmittel durchgeführten Pumpvorgangs ist jedoch die Änderung der Sauerstoffkonzentration im dem dem Hilfspumpenmittel zugeführten Messgas sehr viel geringer als vergleichsweise die Änderung der Sauerstoffkonzentration des aus dem Außenraum zugeführten Messgases (Messgas, das in Hauptpumpenmittel eingebracht wird). Demgemäß ist es möglich, die vom Konzentrationsdetektionsmittel vorgenommene Messung der vorbestimmten Gaskomponente präzise und konstant zu steuern.

[0030] Deshalb ist die in das Konzentrationsdetektionsmittel eingebrachte Gaskomponente kaum von der Änderung der Sauerstoffkonzentration im Messgas (Messgas, das in Hauptpumpenmittel eingeführt wird) beeinflusst. Als Folge wird die Urspannung, die im Konzentrationsdetektionsmittel erzeugt wird, von der Änderung der Sauerstoffkonzentration im Messgas nicht beeinflusst, die einen Wert aufweist, der genau der im Messgas bestehenden vorbestimmten Gaskomponente entspricht.

[0031] Weiters wird in der vorliegenden Erfindung das Hilfspumpenmittel dazu betrieben, um den im Messgas nach der Pump-Bearbeitung durch das Hauptpumpenmittel enthaltenen Sauerstoff in die Richtung der Elektrode des Hauptpumpenmittels abzupumpen, die eingestellt ist, um das elektrische Ba-

sispotential aufzuweisen. Dementsprechend ist es nicht notwendig, eine isolierte und von anderen Gleichspannungsquellen unabhängige Gleichspannungsquelle bereitzustellen, um das Hilfspumpenmittel zu betreiben. Die Detektionsspannung kann mithilfe einer nichtisolierten Spannungsquelle erzeugt werden, die keinen isolierten Transformator benützt. Dies erleichtert die Verkleinerung des Steuerkreissystems des Gassensor und reduziert dessen Gewicht.

[0032] In dieser Ausführungsform wird zum Abpumpen des Sauerstoffs mithilfe des Hilfspumpenmittels eine Hilfsspannung zwischen der inneren Hilfspumpenelektrode und der äußeren Hilfspumpenelektrode angelegt, worin eine mit Bezug auf die innere Hauptpumpenelektrode und die äußere Hauptpumpenelektrode des Hauptpumpenmittels negative Spannung angelegt wird.

[0033] Deshalb kann die Referenzleitung (Leitung, die auf Basispotential eingestellt ist) gemeinsam für die Spannungsquelle für die Steuerspannung, die zwischen der inneren Hauptpumpenelektrode und der äußeren Hauptpumpenelektrode des Hauptpumpenmittels angelegt werden soll, und für die Spannungsquelle für die Hilfsspannung, die zwischen der inneren Hilfspumpenelektrode und der äußeren Hilfspumpenelektrode des Hilfspumpenmittels angelegt werden soll, verwendet werden.

[0034] Dementsprechend wird eine jede der Pumpenelektroden des Hauptpumpenmittels gemeinsam mit der äußeren Hilfspumpenelektrode des Hilfspumpenmittels verwendet. Wird die gemeinsame Elektrode beispielsweise an die geerdete Leitung angeschlossen, so ist es möglich, eine auf der Verwendung von Halbleiterkomponenten basierende nichtisolierte Spannungsquelle zur Ansteuerung des Hilfspumpenmittels zu verwenden.

[0035] Vorzugsweise umfasst der wie zuvor beschrieben konstruierte Gassensor weiters ein Hauptpumpen-Konzentrationsmessmittel zur Erzeugung einer Urspannung, die einer Differenz zwischen einer in einem Referenzgas enthaltenen Sauerstoffmenge und einer im Messgas während des vom Hauptpumpenmittel durchgeführten Pumpvorgangs enthaltenen Sauerstoffmenge entspricht; und ein Hauptpumpen-Steuermittel zum Steuern des vom Hauptpumpenmittel durchgeführten Pumpvorgangs durch Anpassen des Pegels einer zwischen der inneren Hauptpumpenelektrode und der äußeren Hauptpumpenelektrode angelegten Steuerspannung auf der Grundlage der Urspannung.

[0036] Dieser Ausführungsform gemäß wird das Hauptpumpen-Konzentrationsmessmittel in Betrieb genommen, um die der Differenz zwischen der im Referenzgas enthaltenen Sauerstoffmenge und der im Messgas während des vom Hauptpumpenmittel durchgeführten Pumpvorgangs enthaltenen Sauerstoffmenge entsprechende Urspannung zu erzeugen. Weiters wird das Hauptpumpensteuermittel in Betrieb genommen, um den Pegel der Steuerspannung, die zwischen der inneren Hauptpumpenelektrode und der äußeren Hauptpumpenelektrode des Hauptpumpenmittels angelegt wird, auf der Grundlage der Urspannung zu steuern.

[0037] Das Hauptpumpenmittel dient dem Pump-Bearbeiten von Sauerstoff, der im aus dem Außenraum zugeführten Messgas enthalten ist, in einer Menge, die dem Pegel der Steuerspannung entspricht. Die Sauerstoffkonzentration im Messgas wird einer Regelung unterzogen, um in Übereinstimmung mit der Zufuhr der Pegel-angepassten Steuerspannung zum Hauptpumpenmittel ein vorbestimmtes Niveau zu erreichen. Während dieses Vorgangs wird beispielsweise der Partialdruck von Sauerstoff in der Bearbeitungsumgebung für das Hauptpumpenmittel gesteuert, sodass dieser einen vorbestimmten Wert aufweist, bei dem die vorbestimmte Gaskomponente nicht abbaubar ist.

[0038] Vorzugsweise umfasst der wie oben beschrieben aufgebaute Gassensor zudem ein Detektions-Konzentrationsmessmittel zur Erzeugung einer Urspannung, die der Differenz zwischen der im Referenzgas enthaltenen Sauerstoffmenge und der während das Abbaus der im Messgas nach dem Pump-Bearbeiten durch das Hauptpumpenmittel enthaltenen vorbestimmten Gaskomponente erzeugten Sauerstoffmenge entspricht; und ein Detektionspumpen-Steuermittel zur Steuerung des vom Detektionspumpenmittels durchgeführten Pumpvorgangs durch Anpassen des Pegels einer Detektionsspannung, die zwischen der inneren Detektionspumpenelektrode und der äußeren Detektionspumpenelektrode des Detektionspumpenmittels angelegt wird, auf der Grundlage der Urspannung zu steuern.

[0039] Dieser Ausführungsform gemäß wird das Detektions-Konzentrationsmessmittel betrieben, um die der Differenz zwischen der im Referenzgas enthaltenen Sauerstoffmenge und der im Messgas nach dem Pump-Bearbeiten durch das Hauptpumpenmittels enthaltenen Sauerstoffmenge, die während des Abbaus der vorbestimmten Gaskomponente erzeugt wurde, entsprechende Urspannung zu erzeugen.

[0040] Weiters wird das Detektionspumpensteuermittel betrieben, um den Pegel der Detektionsspannung, die zwischen der inneren Detektionspumpenelektrode und der äußeren Detektionspumpenelektrode des Detektionspumpenmittels angelegt wird, auf der Grundlage der Urspannung zu steuern.

[0041] Das Detektionspumpenmittel baut die im Messgas nach der Pump-Bearbeitung durch das

Hauptpumpenmittel enthaltene vorbestimmte Gaskomponente mithilfe einer katalytischen Wirkung und/oder Elektrolyse ab, und der durch den Abbau erzeugte Sauerstoff wird pump-bearbeitet, worin eine Rückkopplungssteuerung durchgeführt wird, um in Übereinstimmung mit der Zufuhr der Pegel-angepassten Detektionsspannung zum Detektionspumpenmittel einen vorbestimmten Wert zu ergeben, bei dem die vorbestimmte Gaskomponente im Messgas abbaubar ist.

[0042] Vorzugsweise umfasst der so wie oben beschrieben aufgebaute Gassensor weiters ein Hilfspumpenmittel, welches den Festelektrolyten sowie eine innere Hilfspumpenelektrode und eine äußere Hilfspumpenelektrode umfasst, die in Kontakt zum Festelektrolyten stehen ausgebildet ist, zum Abpumpen von im Messgas nach dem Pump-Bearbeiten durch das Hauptpumpenmittel enthaltenem Sauerstoff in die Richtung des Hauptpumpenmittels.

[0043] Dieser Ausführungsform gemäß umfasst der Gassensor das Detektionspumpenmittel und das Hilfspumpenmittel. Das Messgas, welches das einer Grobeinstellung mithilfe des Hauptpumpenmittels zur Einstellung der Sauerstoffkonzentration auf eine vorbestimmte Konzentration unterzogen wurde, wird weiters einer Feineinstellung der Sauerstoffkonzentration mithilfe des Hilfspumpenmittels unterzogen.

[0044] Deshalb wird die in das Konzentrationsdetektionsmittel eingebrachte Gaskomponente kaum von der Änderung der Sauerstoffkonzentration im Messgas (Messgas, das in Hauptpumpenmittel eingeführt wird) beeinflusst. Als Folge wird der Pumpstrom, der durch das Detektionspumpenmittel fließt, von der Änderung der Sauerstoffkonzentration im Messgas nicht beeinflusst, der einen Wert aufweist, der genau der im Messgas bestehenden vorbestimmten Gaskomponente entspricht.

[0045] Vorzugsweise umfasst der wie oben beschrieben aufgebaute Gassensor zudem ein Hilfskonzentrationsmessmittel zur Erzeugung einer Urspannung, die der Differenz zwischen der im Referenzgas enthaltenen Sauerstoffmenge und der im Messgas nach der Pump-Bearbeitung durch das Hauptpumpenmittel enthaltenen Sauerstoffmenge entspricht; und ein Hilfspumpensteuermittel zur Steuerung des vom Hilfspumpenmittel durchgeführten Pumpvorgangs durch Anpassen des Pegels einer Hilfspumpspannung, die zwischen der inneren Hilfspumpenelektrode und der äußeren Hilfspumpenelektrode angelegt wird, auf der Grundlage der Urspannung.

[0046] Dieser Ausführungsform gemäß wird das Hilfskonzentrationsmessmittel betrieben, um die der Differenz zwischen der im Referenzgas enthaltenen Sauerstoffmenge und der im Messgas nach der Pump-Bearbeitung durch das Hauptpumpenmittel enthaltenen Sauerstoffmenge entsprechende Urspannung zu erzeugen. Weiters wird das Hilfskonzentrationsmessmittel betrieben, um den Pegel der zwischen der inneren Hilfspumpenelektrode und der äußeren Hilfspumpenelektrode angelegten Hilfspumpspannung auf der Grundlage der Urspannung einzustellen.

[0047] Das Hilfspumpenmittel pump-bearbeitet im Messgas nach der Pump-Bearbeitung durch das Hauptpumpenmittel enthaltenen Sauerstoff, in einer dem Pegel der Hilfspumpspannung entsprechenden Menge. Die Sauerstoffkonzentration im Messgas wird einer Rückkopplungsregelung unterzogen, um in Übereinstimmung mit der Zufuhr der Pegel-angepassten Hilfspumpspannung zum Hilfspumpenmittel ein vorbestimmtes Niveau zu erreichen.

[0048] Im wie oben beschrieben aufgebauten Gassensor ist es wünschenswert, dass die äußere Hilfspumpenelektrode des Hilfspumpenmittels gemeinsam mit der Elektrode des Hauptpumpenmittels verwendet wird, die eingestellt ist, um das elektrische Basispotential aufzuweisen.

[0049] In dieser Ausführungsform wird zum Abpumpen des Sauerstoffs mithilfe des Hilfspumpenmittels eine Hilfsspannung zwischen der inneren Hilfspumpenelektrode und der äußeren Hilfspumpenelektrode angelegt, worin eine mit Bezug auf die innere Hauptpumpenelektrode und die äußere Hauptpumpenelektrode des Hauptpumpenmittels negative Spannung angelegt wird.

[0050] Deshalb kann die Referenzleitung (Leitung, die auf Basispotential eingestellt ist) gemeinsam für die Spannungsquelle für die Steuerspannung, die zwischen der inneren Hauptpumpenelektrode und der äußeren Hauptpumpenelektrode des Hauptpumpenmittels angelegt werden soll, und für die Spannungsquelle für die Hilfsspannung, die zwischen der inneren Hilfspumpenelektrode und der äußeren Hilfspumpenelektrode des Hilfspumpenmittels angelegt werden soll, verwendet werden.

[0051] Einem anderen Aspekt der Erfindung gemäß wird ein Verfahren zur Steuerung eines Gassensor bereitgestellt, so wie in Anspruch 8 dargelegt.

[0052] In der vorliegenden Erfindung wird in diesem Verfahrensaspekt das Detektionspumpenmittel zum Abbau der vorbestimmten Gaskomponente, die im Messgas nach dem Pump-Bearbeiten durch das Hauptpumpenmittel enthalten ist, in Übereinstimmung mit der katalytischen Wirkung und/oder Elektrolyse verwendet. Der während des Abbaus entstehende Sauerstoff wird pump-bearbeitet, und der so erzeugte Pumpstrom wird detektiert. So wird die der Sauerstoffmenge entsprechende vorbestimmte Gas-

komponente gemessen.

[0053] Im Besonderen wird beim Verfahren zur Steuerung des Gassensors gemäß der vorliegenden Erfindung der während der Messung der vorbestimmten Gaskomponente vom Detektionspumpenmittel abzupumpende Sauerstoff in die Richtung der Elektrode des Hauptpumpenmittels gepumpt, die eingestellt ist, um das elektrische Basispotential aufzuweisen. Infolgedessen es nicht nötig, eine isolierte und von anderen Gleichspannungsquellen unabhängige Gleichspannungsquelle bereitzustellen, um das Detektionspumpenmittel zu betreiben. Die Steuerspannung kann deshalb mithilfe einer nichtisolierten Spannungsquelle erzeugt werden, die keinen isolierten Transformator benützt. Dies erleichtert folglich die Verkleinerung des Steuerkreissystems des Gassensor und Verringerung des Gewichts desselben.

[0054] Vorzugsweise umfasst das oben beschriebene Verfahren weiters den Schritt des Messens der Urspannung, die der Differenz zwischen der im Referenzgas enthaltenen Sauerstoffmenge und der während des Abbaus der vorbestimmten Gaskomponente, die nach der Pump-Bearbeitung durch das Hauptpumpenmittel im Messgas enthalten ist, erzeugten Sauerstoffmenge entspricht, unter Verwendung eines Detektions-Konzentrationsmessmittels; und des Anpassens des vom Detektionspumpenmittel durchgeführten Pumpvorgangs auf der Grundlage der vom Detektions-Konzentrationsmessmittel gemessenen Urspannung.

[0055] Vorzugsweise umfasst das oben beschriebene Verfahren weiters den Schritt des Abpumpens von Sauerstoff, der im Messgas nach der Pump-Bearbeitung durch das Hauptpumpenmittel enthalten ist, in die Richtung des Bearbeitungsraums für das Hauptpumpenmittel durch die Verwendung eines Hilfspumpenmittels.

[0056] Einem weiteren Aspekt der Erfindung gemäß wird ein Verfahren zur Steuerung eines Gassensors bereitgestellt, so wie in Anspruch 13 dargelegt.

[0057] In der vorliegenden Erfindung wird in diesem zweiten Verfahrensaspekt die Urspannung der Sauerstoffkonzentrationszelle zwischen einer inneren Detektionselektrode und einer äußeren Detektionselektrode des Konzentrations-Detektionsmittel erzeugt, die der Differenz zwischen der im an der Seite der äußeren Detektionselektrode gegenwärtigen Gas enthaltenen Sauerstoffmenge und der durch den Abbau der vorbestimmten Gaskomponente entstandenen Sauerstoffmenge, die im Messgas enthalten ist, entspricht. Die Urspannung wird dann von einem Spannungsdetektionsmittel detektiert. So wird die der Sauerstoffmenge entsprechende vorbestimmte Gaskomponente gemessen.

[0058] Während der Messung der vorbestimmten Gaskomponente wird das Messgas, welches einer Grobeinstellung mithilfe des Hauptpumpenmittels zur Einstellung der Sauerstoffkonzentration auf eine vorbestimmte Konzentration unterzogen wurde, weiters einer Feineinstellung der Sauerstoffkonzentration mithilfe des Hilfspumpenmittels unterzogen. Deshalb wird die in das Konzentrationsdetektionsmittel eingeführte Gaskomponente kaum von der Änderung der Sauerstoffkonzentration im Messgas (Messgas, das in Hauptpumpenmittel eingeführt wird) beeinflusst. Als Folge wird die im Konzentrations-Detektionsmittel erzeugte Urspannung von der Änderung der Sauerstoffkonzentration im Messgas nicht beeinflusst, die einen Wert aufweist, der genau der im Messgas gegenwärtigen vorbestimmten Gaskomponente entspricht.

[0059] Weiters wird in der vorliegenden Erfindung der im Messgas nach der Pump-Bearbeitung durch das Hauptpumpenmittel enthaltene Sauerstoff mithilfe des Hilfspumpenmittels in die Richtung der Elektrode des Hauptpumpenmittels abgepumpt, die eingestellt ist, um das elektrische Basispotential aufzuweisen. Dementsprechend ist es nicht notwendig, eine isolierte und von anderen Gleichspannungsquellen unabhängige Gleichspannungsquelle bereitzustellen, um das Hilfspumpenmittel zu betreiben. Die Steuerspannung kann mithilfe einer nichtisolierten Spannungsquelle erzeugt werden, die keinen isolierten Transformator benützt. Dies erleichtert die Verkleinerung des Steuerkreissystems des Gassensor und die Verringerung des Gewichts desselben.

[0060] Vorzugsweise umfasst das oben beschriebene Verfahren weiters den Schritt des Messens der Urspannung, die der Differenz zwischen der im Referenzgas enthaltenen Sauerstoffmenge und der nach der Pump-Bearbeitung durch das Hauptpumpenmittel im Messgas enthaltenen Sauerstoffmenge entspricht, unter Verwendung eines Hilfskonzentrationsmessmittels; und des Anpassens des vom Hilfspumpenmittel durchgeführten Pumpvorgangs auf der Grundlage der vom Hilfskonzentrationsmessmittel gemessenen Urspannung.

[0061] Vorzugsweise umfasst das oben beschriebene Verfahren weiters den Schritt des Messens der Urspannung, die der Differenz zwischen der im Referenzgas enthaltenen Sauerstoffmenge und der während des vom Hauptpumpenmittel durchgeführten Pumpvorgangs im Messgas enthaltenen Sauerstoffmenge entspricht, unter Verwendung eines Hauptpumpen-Konzentrationsmessmittels; und des Anpassens des vom Hauptpumpenmittel durchgeführten Pumpvorgangs auf der Grundlage der vom Hauptpumpen-Konzentrationsmessmittel gemessenen Urspannung.

[0062] Die obgenannten und zusätzlichen Ziele,

Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung treten durch die folgende Beschreibung deutlicher zutage, wenn diese gemeinsam mit den beiliegenden Zeichnungen gelesen wird, die als veranschaulichendes Beispiel eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen.

BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0063] Fig. 1 ist eine Draufsicht, die einen Gassensor gemäß einer ersten Ausführungsform zeigt.

[0064] Fig. 2 ist eine Querschnittsansicht (Querschnittsansicht entlang der Linie A-A aus Fig. 1), die den Gassensor gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

[0065] Fig. 3 ist ein Schaltbild, welches ein Steuerkreissystem für die erste Ausführungsform zeigt.

[0066] Fig. 4 ist eine Querschnittsansicht, die eine modifizierte Ausführungsform des Gassensors gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

[0067] Fig. 5 ist eine Querschnittsansicht, die einen Gassensor gemäß einer zweiten Ausführungsform zeigt.

[0068] Fig. 6 ist ein Schaltbild, welches ein Steuerkreissystem für die zweite Ausführungsform zeigt.

[0069] Fig. 7 ist eine Querschnittsansicht, die einen Gassensor gemäß einer dritten Ausführungsform zeigt.

[0070] Fig. 8 ist eine Querschnittsansicht, die einen Gassensor eines der Veranschaulichung dienenden herkömmlichen Beispiels zeigt.

[0071] Fig. 9 ist eine Querschnittsansicht, die einen Gassensor eines der Veranschaulichung dienenden vorgeschlagenen Beispiels zeigt.

[0072] Fig. 10 ist ein Schaltbild, welches ein Steuerkreissystem für das der Veranschaulichung dienende vorgeschlagene Beispiel zeigt.

[0073] Fig. 11 ist ein Schaltbild, das ein Beispiel für gegenseitig isolierte und unabhängige Gleichspannungsquellen veranschaulicht.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

[0074] Die nachstehende Beschreibung für mehrere der Veranschaulichung dienende Beispiele wird unter Bezugnahme auf die Fig. 1 bis Fig. 7 ausgeführt, in denen der Gassensor und das Verfahren zur Steuerung des Gassensors gemäß der vorliegenden Erfindung auf Gassensoren zum Messen von Gaskomponenten, wie beispielsweise NO, NO_2, SO_2, CO_2 und H_2O, die beispielsweise in Umgebungsluft und in von Fahrzeugen und Kraftwagen freigesetzten Abgasen enthalten sind.

[0075] Wie in den Fig. 1 und Fig. 2 zu sehen ist, ist ein Gassensor **100A** gemäß einer ersten Ausführungsform im Allgemeinen so konstruiert, dass er die Form einer länglichen Platte aufweist, die beispielsweise sechs übereinander geschichtete Festelektrolytenschichten **102a** bis **102f** umfasst, die aus auf der Verwendung von sauerstoffionenleitenden Festelektrolyten, wie beispielsweise ZrO_2, basierendem Keramikmaterial bestehen. Zunächst werden die erste und die zweite Schicht von unten als erste und zweite Substratschicht **102a** bzw. **102b** bezeichnet. Der dritten und der fünften Schicht von unten wird die Bezeichnung erste und zweite Abstandsschicht **102c** bzw. **102e** gegeben. Die vierte und sechste Schicht von unten werden als erste und zweite Festelektrolytenschicht **102d** bzw. **102f** bezeichnet.

[0076] Spezifisch liegt die erste Abstandsschicht **102c** auf der zweiten Substratschicht **102b**. Die erste Festelektrolytenschicht **102d**, die zweite Abstandsschicht **102e** und die zweite Festelektrolytenschicht **102f** sind nacheinander auf der ersten Abstandsschicht **102c** geschichtet.

[0077] Ein Raum (Raum für das einzuführende Referenzgas) **104**, in den ein Referenzgas, wie beispielsweise Umgebungsluft, eingeführt wird, um als Referenz für die Messung der Oxide zu dienen, ist zwischen der zweiten Substratschicht **102b** und der ersten Festelektrolytenschicht **102d** ausgebildet, wobei der Raum **104** durch eine untere Oberfläche der ersten Festelektrolytenschicht **102d** und einer oberen Oberfläche der zweiten Substratschicht **102b** und den Seitenoberflächen der ersten Abstandsschicht **102c** abgegrenzt ist.

[0078] Die zweite Abstandsschicht **102e** ist zwischen der ersten und der zweiten Festelektrolytenschicht **102d**, **102f** eingeschoben. Ein erster und ein zweiter Diffusionsratenbestimmungsbereich **106**, **108** liegen ebenfalls zwischen der ersten und der zweiten Festelektrolytenschicht **102d**, **102f**.

[0079] Eine erste Kammer **110** zur Anpassung des Partialdrucks von Sauerstoff in einem Messgas ist durch eine untere Oberfläche der zweiten Festelektrolytenschicht **102f**, den Seitenflächen des ersten und des zweiten Diffusionsratenbestimmungsbereichs **106**, **108** und einer oberen Oberfläche der ersten Festelektrolytenschicht **102d** ausgebildet und abgegrenzt. Eine zweite Kammer **112** zur Feineinstellung des Partialdrucks von Sauerstoff im Messgas und zur Messung der Oxide, beispielsweise Stickstoffoxide (NO_x), im Messgas ist durch eine untere Oberfläche der zweiten Festelektrolytenschicht **102f**,

einer Seitenfläche des zweiten Diffusionsratenbestimmungsbereichs **108**, einer Seitenfläche der zweiten Abstandsschicht **102e** und einer oberen Oberfläche der ersten Festelektrolytenschicht **102d** ausgebildet und abgegrenzt.

[0080] Der Außenraum kommuniziert mit der ersten Kammer **110** über den ersten Diffusionsratenbestimmungsbereich **106**, und die erste Kammer **110** kommuniziert mit der zweiten Kammer **112** über den zweiten Diffusionsratenbestimmungsbereich **108**.

[0081] Der erste und der zweite Diffusionsratenbestimmungsbereich **106**, **108** verleihen dem in die erste bzw. in die zweite Kammer **110**, **112** einzuführenden Messgas einen vorbestimmten Diffusionswiderstand. Beide Diffusionsratenbestimmungsbereiche **106** und **108** können jeweils als ein Durchlass, der beispielsweise aus einem porösen Material (beispielsweise ein poröser Pressling aus ZrO_2 oder dergleichen) besteht, oder als kleines Loch mit einer vorbestimmten Querschnittsfläche ausgebildet sein, sodass Messgas eingeführt werden kann. Alternativ dazu können der erste und die zweite Diffusionsratenbestimmungsbereich **106**, **108** aus einer Spaltschicht oder einer durch Drucktechnik erzeugten porösen Schicht aufgebaut sein. In dieser Ausführungsform ist die Vergleichsgröße zwischen dem jeweiligen Diffusionswiderstand des ersten und des zweiten Diffusionsratenbestimmungsbereichs **106**, **108** nicht von Bedeutung. Es wird jedoch bevorzugt, dass der Diffusionswiderstand des zweiten Diffusionsratenbestimmungsbereichs **108** größer ist als der des ersten Diffusionsratenbestimmungsbereichs **106**.

[0082] Die in der ersten Kammer **110** bestehende Gasatmosphäre wird mit dem vorbestimmten Diffusionswiderstand über den zweiten Diffusionsratenbestimmungsbereich **108** in die zweite Kammer **112** eingeführt.

[0083] Eine innere Pumpenelektrode **114** mit einer im Wesentlichen rechteckigen, planaren Konfiguration, die aus einer porösen Cermetelektrode besteht, ist am gesamten unteren Oberflächenabschnitt für die Bildung der ersten Kammer **110** der unteren Oberfläche der zweiten Festelektrolytenschicht **102f** ausgebildet. Eine äußere Pumpenelektrode **116** ist auf einem der inneren Pumpenelektrode **114** entsprechenden Abschnitt der oberen Oberfläche der zweiten Festelektrolytenschicht **102f** ausgebildet. Eine elektrochemische Pumpzelle, d. h. eine Hauptpumpzelle **118**, ist aus der inneren Pumpenelektrode **114**, der äußeren Pumpenelektrode **116** und der zwischen den Elektroden **114** und **116** eingeschobenen zweiten Festelektrolytenschicht **102f** aufgebaut.

[0084] Eine gewünschte Steuerspannung (Pumpspannung) Vp1 wird zwischen der inneren Pumpenelektrode **114** und der äußeren Pumpenelektrode **116** der Hauptpumpzelle **118** mithilfe einer externen variablen Spannungsquelle **120** angelegt, um das Fließen eines Pumpstroms Ip1 in eine positive Richtung oder in eine negative Richtung zwischen der äußeren Pumpenelektrode **116** und inneren Pumpenelektrode **114** zu ermöglichen. So kann der Sauerstoff in der Atmosphäre der ersten Kammer **110** in den Außenraum abgepumpt werden, oder der Sauerstoff im Außenraum kann in die erste Kammer **110** gepumpt werden.

[0085] Eine Messelektrode **122** mit einer im Wesentlichen rechteckigen, planaren Konfiguration, die aus einer porösen Cermetelektrode besteht, ist in der Nähe des zweiten Diffusionsratenbestimmungsbereichs **108** auf einem oberen Oberflächenabschnitt zur Bildung der ersten Kammer **110** der oberen Oberfläche der ersten Festelektrolytenschicht **102d** ausgebildet. Eine Referenzelektrode **124** ist auf einem unteren Oberflächenabschnitt, der dem Raum zur Einführung von Referenzgas **104** ausgesetzt ist, der unteren Oberfläche der ersten Festelektrolytenschicht **102d** ausgebildet. Eine elektrochemische Sensorzelle, d. h. eine Sauerstoffpartialdrucksteuerungs-Messzelle **126**, besteht aus der Messelektrode **122**, der Referenzelektrode **124** und der Oberfläche der ersten Festelektrolytenschicht **102d**.

[0086] Die Sauerstoffpartialdrucksteuerungs-Messzelle **126** arbeitet wie folgt. Eine Urspannung wird, auf der Grundlage der Sauerstoffkonzentrationsdifferenz zwischen der Meßelektrode **122** und der Referenzelektrode **124** auf Basis der Differenz in der Sauerstoffkonzentration zwischen der Atmosphäre in der ersten Kammer **110** und dem Referenzgas (Umgebungsluft) im Raum **104** zur Einbringung von Referenzgas **124** erzeugt. Der Partialdruck des Sauerstoffs in der Atmosphäre in der ersten Kammer **110** kann durch Messen der Urspannung mithilfe eines Voltmeters **128** detektiert werden.

[0087] Die zwischen Referenzelektrode **124** und der Messelektrode **122** erzeugte Spannung V0 ist eine Urspannung der Sauerstoffkonzentrationszelle, die auf der Grundlage des Unterschieds zwischen dem Partialdruck des Sauerstoffs im Referenzgas, welches in den Referenzgasraum **104** eingeführt wird, und dem Partialdruck des Sauerstoffs im Messgas in der ersten Kammer **110** erzeugt wird. Die Spannung V0 weist folgende Beziehungen auf, die als die Nernst-Gleichung bekannt ist:

$$V0 = RT/4F \cdot \ln(P1(O_2)/(P0(O_2))$$

R: Gaskonstante;
T: absolute Temperatur;
F: Faradaysche Konstante;
$P1(O_2)$: Sauerstoffpartialdruck in der ersten Kammer **110**;
$P0(O_2)$: Sauerstoffpartialdruck im Referenzgas.

[0088] Deshalb kann der Sauerstoffpartialdruck in der ersten Kammer **110** durch Messen der erzeugten Spannung V0 mit dem Voltmeter **128** auf der Grundlage der Nernst-Gleichung detektiert werden.

[0089] Der detektierte Wert des Sauerstoffpartialdrucks wird zur Steuerung der Pumpspannung Vp1 der variablen Spannungsquelle **120** mithilfe eines Regelungssystems **130** eingesetzt. Spezifisch wird der von der Hauptpumpzelle **118** durchgeführte Pumpvorgang so gesteuert, dass der Sauerstoffpartialdruck in der Atmosphäre der ersten Kammer **110** einen vorbestimmten Wert erreicht, der ausreichend niedrig ist, um im nächsten Schritt den Sauerstoffpartialdruck in der zweiten Kammer **112** zu regeln.

[0090] Sowohl die innere Pumpenelektrode **114** und die äußere Pumpenelektrode **116** der Hauptpumpzelle **118** als auch die Messelektrode **122** der Messzelle **126** zur Steuerung des Sauerstoffpartialdrucks besteht aus einem inerten Material mit niedriger katalytischer Wirkung auf NO_x, wie beispielsweise im dem Gassensor **100A** zugeführten Messgas enthaltenes NO. Im Speziellen bestehen die innere Pumpenelektrode **114** und die Messelektrode **122** gegebenenfalls aus einer porösen Cermetelektrode. In dieser Ausführungsform ist die Elektrode aus einem Metall, wie beispielsweise Pt, und einem Keramikmaterial, beispielsweise ZrO_2, aufgebaut. Es ist notwendig, ein Material zu verwenden, das in Bezug auf die NO-Komponente gar keine oder nur schwache Reduktionsfähigkeiten besitzt, da die innere Pumpenelektrode **114** und die Messelektrode **122** in der ersten Kammer **110** und somit im Kontakt zum Messgas stehend angeordnet sind. Es wird bevorzugt, dass die Pumpenelektrode **114** und die Messelektrode **122** beispielsweise aus einer Verbindung mit Perovskitstruktur, wie beispielsweise La_3CuO_4, einem Cermetmaterial, welches ein Keramikmaterial und ein Metall, wie beispielsweise Au mit niedriger katalytischer Wirkung umfasst, oder einem Cermetmaterial, welches ein Keramikmaterial, ein Metall der Pt-Gruppe und ein Metall, wie beispielsweise Au mit niedriger katalytischer Wirkung umfasst, bestehen. Wird eine aus Au und einem Metall der Pt-Gruppe bestehende Legierung als Elektrodenmaterial eingesetzt, so wird vorzugsweise Au in einer Menge von 0,03 bis 35 Vol.-%, bezogen auf die gesamte Metallkomponente, zugesetzt.

[0091] Eine Detektionselektrode **132** mit einer im Wesentlichen rechteckigen, planaren Konfiguration, die aus einer porösen Cermetelektrode besteht, ist auf einem oberen Oberflächenabschnitt zur Bildung der zweiten Kammer **112** der oberen Oberfläche der ersten Festelektrolytenschicht **102d** ausgebildet. Eine elektrochemische Pumpzelle, d. h. eine Detektionspumpzelle **134**, ist aus der inneren Pumpenelektrode **114** der Hauptpumpzelle **118**, der ersten Festelektrolytenschicht **102d**, der zweiten Abstandsschicht **102e** und der zweiten Festelektrolytenschicht **102f** aufgebaut.

[0092] Die Detektionselektrode **132** besteht aus einem porösen Cermetmaterial, welches Rh als das zur Reduktion von NO_x als die Messgaskomponente fähige Metall und Zirconiumdioxid als das Keramikmaterial umfasst. Dementsprechend agiert die Detektionselektrode **132** als ein NO_x reduzierender Katalysator zur Reduktion von in der Atmosphäre der zweiten Kammer **112** gegenwärtigem NO_x. Wird nun mithilfe einer variablen Spannungsquelle **136** eine Detektionsspannung Vp2 zwischen der Detektionselektrode **132** und der inneren Pumpenelektrode **114** angelegt, so kann der in der Atmosphäre der zweiten Kammer **112** enthaltene Sauerstoff in die erste Kammer **110** gepumpt werden. Der Pumpstrom Ip2, der in Übereinstimmung mit dem Pumpvorgang der Detektionspumpzelle **134** fließt, wird von einem Amperemeter **138** gemessen.

[0093] Im Gassensor **100A** gemäß der ersten Ausführungsform ist eine elektrochemische Sensorzelle, d. h. eine Sauerstoffpartialdruck-Detektionssteuerungs-Messzelle **140** durch die Detektionselektrode **132**, die Referenzelektrode **124** und die erste Festelektrolytenschicht **102** ausgebildet. Die Sauerstoffpartialdruck-Detektionssteuerungs-Messzelle **14** wird wie folgt auf dieselbe Weise wie die Sauerstoffpartialdrucksteuerungs-Messzelle **126** betrieben. Das heißt, dass eine Urspannung V1 zwischen der Detektionselektrode **132** und der Referenzelektrode **124** auf der Grundlage der Sauerstoffkonzentrationsdifferenz zwischen der Atmosphäre in der zweiten Kammer **112** und dem Referenzgas (Umgebungsluft) im Raum **104** zur Einführung von Referenzgas erzeugt wird. Der Wert für den Partialdruck des Sauerstoffs in der Atmosphäre in der zweiten Kammer **112** kann durch Messen der Urspannung V1 mithilfe eines Voltmeters **142** detektiert werden.

[0094] Der detektierte Wert des Sauerstoffpartialdrucks wird zur Steuerung der Detektionsspannung Vp2 der variablen Spannungsquelle **136** mithilfe eines Rückkopplungs-Regelungssystems **114** herangezogen. Spezifisch wird die Detektionsspannung Vp2 auf einen Spannungswert eingestellt, bei dem der durch den NO_x-Abbau durch die Detektionselektrode **132** erzeugte Sauerstoff ausreichend nach aus der zweiten Kammer **112** heraus gepumpt werden kann.

[0095] In dieser Ausführungsform ist die Änderung der in die zweite Kammer **112** eingeführten Menge an Sauerstoff im Vergleich zur Änderung der Sauerstoffmenge im Messgas deutlich reduziert, und zwar aufgrund der Arbeit der Hauptpumpzelle **118** für die erste Kammer **110**. Dementsprechend wird der Sauerstoffpartialdruck in der zweiten Kammer **112** genau und konstant gesteuert.

[0096] Der Gassensor **100A** gemäß der ersten Ausführungsform umfasst zudem eine Heizvorrichtung **146** zur Erzeugung von Wärme in Übereinstimmung mit der von außen kommenden elektrischen Stromversorgung. Die Heizvorrichtung **146** ist eingebettet, und zwar ist sie vertikal zwischen der ersten und der zweiten Substratschicht **102a**, **102b** eingeschoben. Die Heizvorrichtung **146** ist bereitgestellt, um die Leitfähigkeit der Sauerstoffionen zu erhöhen. Eine Isolierschicht **148**, die aus Aluminiumoxid oder dergleichen besteht, ist zur Abdeckung der oberen und unteren Oberfläche der Heizvorrichtung **146** ausgebildet, sodass die Heizvorrichtung **146** von den Substratschichten **102a**, **102b** elektrisch isoliert ist.

[0097] Wie in Fig. 2 gezeigt ist, ist die Heizvorrichtung **146** über den gesamten Abschnitt hinweg angeordnet, der von der ersten Kammer **110** bis zur zweiten Kammer **112** reicht. Dementsprechend wird sowohl die erste Kammer **110** als auch die zweite Kammer **112** auf eine vorbestimmte Temperatur erwärmt. Gleichzeitig werden auch die Hauptpumpzelle **118**, die Sauerstoffpartialdrucksteuerungs-Messzelle **126** und die Detektionspumpzelle **134** auf eine vorbestimmte Temperatur erwärmt und bei dieser Temperatur gehalten.

[0098] Der Gassensor **100A** gemäß der ersten Ausführungsform ist im Wesentlichen so wie oben beschrieben aufgebaut. Nun wird seine Arbeitsweise und Wirkung beschrieben.

[0099] Vor der Messung von Stickstoffoxid wird der Gassensor **100A** der ersten Ausführungsform in einen Zustand versetzt, in dem Messgas in die erste Kammer **110** eingeführt werden kann. In Folge wird elektrischer Strom an die Heizvorrichtung **146** angelegt, beispielsweise um die erste und die zweite Festelektrolytenschicht **102d**, **102f** der ersten Kammer **110** des Gassensors **100A** auf 700°C bis 900° zu erwärmen. Die erste und die zweite Festelektrolytenschicht **102d**, **102f** werden durch Erwärmen des Gassensor **100A** auf die oben beschriebenen Temperaturen in die gewünschten Aktivierungszustände versetzt.

[0100] Dann wird das Messgas in den Gassensor **100A**, der wie oben beschrieben eingestellt wurde, eingebracht, um die Messung der Oxide, wie beispielsweise im Messgas enthaltenes NO_x, einzuleiten.

[0101] Das Messgas wird in die erste Kammer **110** mit dem vorbestimmten Diffusionswiderstand durch den ersten Diffusionsratenbestimmungsbereich **106** eingeführt. Der Partialdruck des im Messgas enthaltenen Sauerstoffs ist in Übereinstimmung mit der Pumpspannung Vp1, die zwischen der inneren Pumpenelektrode **114** und der äußeren Pumpenelektrode **116** mithilfe der variablen Spannungsquelle **120** angelegt wird, auf einen vorbestimmten Wert eingestellt. Das bedeutet, dass der Sauerstoffpartialdruck in der ersten Kammer **110** auf der Grundlage der Spannung V0 zwischen der Referenzelektrode **124** und der Messelektrode **122**, die vom Voltmeter **128** der Sauerstoffpartialdrucksteuerungs-Messzelle **126** detektiert wird, gemessen werden kann. Die Spannung V0 ist die Urspannung der Sauerstoffkonzentrationszelle, die durch oben beschriebene die Nernst-Gleichung spezifiziert wird. Die Pumpspannung Vp1 der variablen Spannungsquelle **120** wird mithilfe des Regelungssystems **130** gesteuert, sodass die Spannung V0 150 mV bis 350 mV beträgt. Der Sauerstoffpartialdruck ist somit in der ersten Kammer **110** auf einen vorbestimmten Wert eingestellt.

[0102] Das Messgas, welches auf einen vorbestimmten Sauerstoffpartialdruck in der ersten Kammer **110** eingestellt wurde, wird nun in die zweite Kammer **112** durch den zweiten Diffusionsratenbestimmungsbereich **108** eingeführt, der auf einen Diffusionswiderstand eingestellt wurde, der über dem des ersten Diffusionsratenbestimmungsbereich **106** liegt.

[0103] In der zweiten Kammer **112** wird die Detektionsspannung Vp2, die auf einen Spannungswert eingestellt wurde, der ein ausreichendes Abpumpen von Sauerstoff in der zweiten Kammer **112** zulässt, zwischen der Detektionselektrode **132** und der inneren Pumpenelektrode **114** mithilfe der variablen Spannungsquelle **136** (gesteuert durch die Urspannung V1) angelegt. Im Messgas enthaltenes NO_x, wie beispielsweise NO und NO_2, wird von der Detektionselektrode **132**, die aus Rh-Cermet als den Oxid reduzierenden Katalysator aufgebaut ist, mithilfe der Detektionsspannung Vp2 abgebaut, oder NO_x wird von einem Katalysator abgebaut, der getrennt von der Detektionselektrode **132** angeordnet ist. Der dadurch erzeugte Sauerstoff wird in die Richtung der ersten Kammer **110** durch die zweite Festelektrolytenschicht **102f** abgepumpt. Während dieses Vorgangs wird der Stromwert Ip2, der durch die Bewegung der Sauerstoffionen erzeugt wird, von Amperemeter **138** gemessen. Die Konzentration des im Messgas enthaltenen vorbestimmten Oxids, beispielsweise NO_x, wie beispielsweise NO und NO_2, wird aus dem Stromwert Ip2 abgeleitet.

[0104] Nun wird mit Bezug auf Fig. 3 ein Steuerkreissystem **150A** (hierin in Folge einfach als "Steuerkreissystem gemäß der ersten Ausführungsform" bezeichnet) des Gassensors **100A** gemäß der ersten Ausführungsform erklärt.

[0105] Wie in Fig. 3 gezeigt umfasst das Steuerkreissystem **150A** gemäß der ersten Ausführungsform einen Hauptpumpensteuerkreis **152** und einen Detektionspumpensteuerkreis **154**.

[0106] Der Hauptpumpensteuerkreis **152** umfasst eine erste Komparatorvorrichtung **156** zur Bestimmung einer Differenz zwischen der Differenz (gemessene Spannung Va) zwischen dem elektrischen Potential der Messelektrode **122** und dem elektrischen Erdpotential und der Differenz (Referenzspannung Vb) zwischen dem elektrischen Potential der Referenzelektrode **124** und dem elektrischen Erdpotential, eine zweite Komparatorvorrichtung **158** zur Bestimmung der Differenz zwischen dem Ausgangssignal Vc der ersten Komparatorvorrichtung **156** und einer Zielspannung Vd (beispielsweise 300 mV), sowie einen ersten Verstärker **160** zur Verstärkung des Ausgangssignals Ve der zweiten Komparatorvorrichtung **158** um eine vorbestimmte Verstärkung und zur Ausgabe der erhaltenen Spannung als die Pumpspannung Vp1 für die äußere Pumpenelektrode **116**.

[0107] Der Detektionspumpensteuerkreis **154** umfasst eine dritte Komparatorvorrichtung **162** zur Bestimmung einer Differenz zwischen der Differenz (Detektionsspannung Vf) zwischen dem elektrischen Potential der Detektionselektrode **132** und dem elektrischen Erdpotential und der Differenz (Referenzspannung Vb) zwischen dem elektrischen Potential der Referenzelektrode **124** und dem Erdpotential, eine vierte Komparatorvorrichtung **164** zur Bestimmung der Differenz zwischen dem Ausgangssignal Vg der dritten Komparatorvorrichtung **162** und einer Zielspannung Vh (beispielsweise 450 mV), sowie einen zweiten Verstärker **166** zur Verstärkung des Ausganssignals Vi der vierten Komparatorvorrichtung **164** um eine vorbestimmte Verstärkung und zur Ausgabe der erhaltenen Spannung als die Detektionsspannung Vp2 für die Detektionselektrode **132**.

[0108] Die erste Vergleichsvorrichtung **156**, die zweite Vergleichsvorrichtung **158** und der erste Verstärker **160**, die den Hauptpumpensteuerkreis **152** bilden, und die dritte Vergleichsvorrichtung **162**, die vierte Vergleichsvorrichtung **164** und der zweite Verstärker **166**, die den Detektionspumpensteuerkreis **154** bilden, bilden jeweils einen Operationsverstärker. Für jedes dieser gilt, dass ein Spannungsquellenanschluss an eine positive (+) Spannungsquellennebenleitung L1 oder eine negative (–) Spannungsquellennebenleitung L2 einer Gleichspannungsquelle **168** angeschlossen sind, und dass der andere Spannungsquellenanschluss mit einer Erdungs-Leitung Lg aus der Gleichspannungsquelle **168** verbunden ist. Die innere Pumpenelektrode **114** ist an die Erdungs-Leitung Lg angeschlossen.

[0109] Dementsprechend wird, was den Hauptpumpensteuerkreis **152** betrifft, zuerst das Messgas in die erste Kammer **110** über den ersten Diffusionsratenbestimmungsbereich **106** eingebracht, und die während dieses Vorgangs erhaltene gemessene Spannung Va und Referenzspannung Vb werden der ersten Vergleichsvorrichtung **156** zugeführt. Die Differenzspannung Vc zwischen der gemessenen Spannung Va und der Referenzspannung Vb wird von ersten Vergleichsvorrichtung **156** ermittelt und ausgeben. Die Differenzspannung Vc wird beispielsweise an einen invertierenden Eingang der zweiten, stromabwärts angeordneten Komparatorvorrichtung **158** angelegt. Die zweite Komparatorvorrichtung **158** bestimmt die Differenz zwischen der dem invertierenden Eingang zugeführten Differentialspannung Vc und der Zielspannung Vd (beispielsweise 300 mV), die in den nichtinvertierenden Eingang eingespeist wurde. Das Spannungssignal Ve, welches die Differenz darstellt, wird am Ausgangsanschluss ausgegeben. Das Spannungssignal Ve wird vom stromabwärts angeordneten ersten Verstärker **160** um die vorbestimmte Verstärkung verstärkt, und die verstärkte Spannung wird der äußeren Pumpenelektrode **116** der Hauptpumpzelle **118** als die Pumpspannung Vp1 zugeführt. In dieser Ausführungsform ist die innere Pumpenelektrode **114** an die Erdungs-Leitung Lg angeschlossen, um das Erdungspotential (0 V) aufzuweisen. Infolgedessen entspricht die Spannung zwischen den Elektroden **114** und **116** der Hauptpumpzelle **118** der Pumpspannung Vp1, die vom ersten Verstärker **160** zugeführt wird.

[0110] In dieser Ausführungsform weist die Gleichspannungs-Quelle **168** den positiven/negativen (±) Ausgang auf. Ist die Sauerstoffkonzentration in der ersten Kammer **110** geringer als die Zielkonzentration, so wird an die äußere Pumpenelektrode **116** eine negative Spannung angelegt. Der Sauerstoff im Außenraum wird so in die erste Kammer **110** hineingepumpt. Ist im Gegensatz dazu die Sauerstoffkonzentration in der ersten Kammer **110** höher als die Zielkonzentration, so wird an die äußere Pumpenelektrode **116** eine positive Spannung angelegt. So wird Sauerstoff aus der ersten Kammer **110** in den Außenraum abgepumpt.

[0111] Das bedeutet, dass die Hauptpumpzelle **118** den im Messgas, welches in den ersten Raum **110** eingeführt wurde, enthaltenen Sauerstoff in einer Menge abpumpt, die dem Pegel der Pumpspannung Vp1 entspricht, oder die Hauptpumpzelle **118** pumpt Sauerstoff in einer dem Pegel der Pumpspannung Vp1 entsprechenden Menge hinein. Diese Betriebsreihenfolge wird wiederholt, wodurch die Sauerstoffkonzentration in der ersten Kammer **110** einer Regelung unterliegt, um das vorbestimmte Niveau zu erreichen.

[0112] Was nun den Detektionspumpensteuerkreis **154** betrifft, wird das Messgas in der ersten Kammer **110** über den zweiten Diffusionsratenbestimmungsbereich **108** in die zweite Kammer **112** eingebracht. Die während dieses Vorgangs erhaltene Detektionsspannung Vf und Referenzspannung Vb werden der dritten Komparatorvorrichtung **162** zugeführt. Die Differentialspannung Vg zwischen der Detektionsspan-

nung Vf und der Referenzspannung Vb wird von der dritten Komparatorvorrichtung **162** ermittelt und ausgeben. Die Differentialspannung Vg wird beispielsweise an einen invertierenden Eingang der vierten, stromabwärts angeordneten Komparatorvorrichtung **164** angelegt. Die vierte Komparatorvorrichtung **164** bestimmt die Differenz zwischen der dem invertierenden Eingang zugeführten Differentialspannung Vg und der Zielspannung Vh (beispielsweise 450 mV), die in den nichtinvertierenden Eingang eingespeist wurde. Das Spannungssignal Vi, welches die Differenz darstellt, wird am Ausgang ausgegeben. Das Spannungssignal Vi wird vom stromabwärts angeordneten zweiten Verstärker **166** um das vorbestimmte Ausmaß verstärkt, und die verstärkte Spannung wird der Detektionselektrode **132** der Detektionspumpzelle **134** als die Detektionsspannung Vp2 zugeführt. In dieser Ausführungsform ist die innere Pumpenelektrode **114** an die Erdungs-Leitung Lg angeschlossen, um das Erdpotential (0 V) aufzuweisen. Infolgedessen entspricht die Spannung zwischen den Elektroden **114** und **132** der Detektionspumpzelle **134** der Pumpspannung Vp2, die vom zweiten Verstärker **166** zugeführt wird.

[0113] In dieser Ausführungsform ist die Sauerstoffkonzentration in der zweiten Kammer **112** so eingestellt, dass sie niedriger ist als die Zielsauerstoffkonzentration in der ersten Kammer **110**. Deshalb wird eine negative Spannung an die Detektionselektrode **132** angelegt. Dementsprechend wird der Sauerstoff in der zweiten Kammer **112** durch die zweite Festelektrolytenschicht **102f** in die erste Kammer **110** abgepumpt.

[0114] Wie oben beschrieben wird im Gassensor **100A** gemäß der ersten Ausführungsform der unter Einsatz der Detektionspumpzelle **134** abzupumpende Sauerstoff in die Richtung der inneren Pumpenelektrode **114**, die mit der Erdungs-Leitung Lg der Gleichspannungsquelle **168**, inneren Pumpenelektrode **114** und der äußeren Pumpenelektrode **116** der Hauptpumpzelle **118** verbunden ist, gepumpt. Das heißt, dass der Sauerstoff abgepumpt und in das Innere der ersten Kammer **110** gepumpt wird. Deshalb wird, wenn Sauerstoff mithilfe der Detektionspumpzelle **134** abgepumpt wird, die negative Spannung an die Detektionselektrode **132** angelegt.

[0115] Demgemäß kann die Referenzleitung (Erdungs-Leitung Lg) der Spannungsquelle für die zwischen der inneren Pumpenelektrode **114** und der äußeren Pumpenelektrode **116** der Hauptpumpzelle **118** anzulegende Pumpspannung Vp1 gemeinsam mit jener der Spannungsquelle für die zwischen der Detektionselektrode **132** und der inneren Pumpenelektrode **114** der Detektionspumpzelle **134** anzulegende Pumpspannung Vp2 verwendet werden.

[0116] Infolgedessen ist es nicht notwendig, eine getrennte Gleichspannungsquelle, die isoliert und unabhängig ist (isolierte Spannungsquelle) bereitzustellen, um die Detektionspumpzelle **134** zu speisen. Die Detektionsspannung Vp2 kann also unter Verwendung der nichtisolierten Spannungsquelle erzeugt werden, die keinen isolierten Transformator einsetzt. Dies erleichtert die Verkleinerung des Steuerkreissystems **150A** des Gassensors **100A** und die Verringerung des Gewichts dessen. Weiters erleichtert dies die Verkleinerung des Gassensors **100A** selbst sowie die Verringerung seines Gewichts.

[0117] Im Besonderen wird im Gassensor **100A** gemäß der ersten Ausführungsform die Elektrode, die als Referenz für das elektrische Potential in der Hauptpumpzelle **118** dient, gemeinsam mit der Elektrode verwendet, die als Referenz für das elektrische Potential in der Detektionspumpzelle **134** verwendet wird, d. h. beide Elektroden werden gemeinsam als die innere Pumpenelektrode **114** eingesetzt. Deshalb ist es möglich, die nichtisolierte Spannungsquelle auf der Basis von Halbleiterbauteilen als Spannungsquelle für die Ansteuerung der Detektionspumpzelle **134** zu verwenden, wenn die innere Pumpenelektrode **114** so wie in dieser Ausführungsform an die Erdungs-Leitung Lg angeschlossen ist.

[0118] Mit anderen Worten war es beim in Fig. 10 gezeigten herkömmlichen Verfahren notwendig, dass Gleichspannungsquellen oder an die Gleichspannungsquellen angeschlossenen DC-DC-Stromrichter als einzelne Einheiten in der Anzahl der Steuerkreise (Pumpensteuerkreise **52**) und der Spannungsquellen-Spannungserzeugungskreise (Schaltkreise zur Erzeugung von Spannung E1, E2) bereitgestellt wurden. Im Falle des Gassensors **100A** gemäß der ersten Ausführungsform ist es hingegen ausreichend, dass die Gleichspannungsquelle **168** oder der DC-DC-Stromrichter in einer Anzahl von Einheiten bereitgestellt ist, die unter der Anzahl der Steuerkreise (der Hauptpumpensteuerkreis **152** und der Detektionspumpensteuerkreis **154**) liegt. Im Besonderen kann der elektrische Strom aus der Spannungsquelle für die jeweiligen Steuerkreise (**152**, **154**) durch Bereitstellung von nur einer DC-Spannungsquelle **168** oder nur einem mit einer Gleichspannungsquelle **168** verbundenen DC-DC-Stromrichter zugeführt werden.

[0119] Nachstehend wird nun eine modifizierte Ausführungsform des Gassensors **100A** gemäß der ersten Ausführungsform unter Bezugnahme auf Fig. 4 erklärt. Komponenten oder Bauteile, die jenen in Fig. 2 entsprechen, sind mit denselben Referenzzahlen versehen, wobei auf eine wiederholte Erklärung dieser verzichtet wird.

[0120] Wie in Fig. 4 dargestellt ist, ist ein Gassensor **100Aa** gemäß dieser modifizierten Ausführungsform in etwa auf die gleiche Weise wie der Gassensor **100A** gemäß der oben beschriebenen ersten Ausfüh-

rungsform (vlg. Fig. 2) aufgebaut. Der Erstere unterscheidet sich jedoch von Letzerem insofern, als die innere Pumpenelektrode **114** der Hauptpumpzelle **118** gemeinsam mit der Messelektrode **122** der Sauerstoffpartialdrucksteuerungs-Messzelle **126** (vgl. Fig. 2) verwendet wird.

[0121] Deshalb umfasst der Gassensor **100Aa** gemäß dieser modifizierten Ausführungsform keine Messelektrode **122**.

[0122] Der Betrieb des Gassensors **100Aa** gemäß dieser modifizierten Ausführungsform wird nun erklärt. Zuerst wird Messgas in die erste Kammer **110** eingeführt. Während dieses Vorgangs wird die Klemmenspannung V0 zwischen der inneren Pumpenelektrode **114** der Hauptpumpzelle **118** und der Referenzelektrode **124**, die auf der Seite des Raums **104** zur Einführung von Referenzgas ausgebildet ist, vom Voltmeter **128** gemessen. Die variable Spannungsquelle **120** wird daraufhin einer Regelung auf der Grundlage der gemessenen Spannung V0 unterzogen. Dementsprechend wird der von der Hauptpumpzelle **118** durchgeführte Pumpvorgang so gesteuert, dass der Sauerstoffpartialdruck in der Atmosphäre in der ersten Kammer **110** einen vorbestimmten Wert erreicht, der ausreichend niedrig ist, um im nächsten Schritt den Sauerstoffpartialdruck in der zweiten Kammer **112** zu steuern.

[0123] In dieser Ausführungsform ist die gemessene Spannung V0, die vom Voltmeter **128** der Sauerstoffpartialdrucksteuerungs-Messzelle **126** detektiert wird, die Klemmen spannung V0 zwischen der inneren Pumpenelektrode **114** und der Referenzelektrode **124**. Wird die durch die Hauptpumpzelle **118** abgepumpte Sauerstoffmenge verändert und wird die Sauerstoffkonzentration in der Atmosphäre der ersten Kammer **110** verändert, so ändert sich deshalb auch die Klemmenspannung V0 zwischen der Referenzelektrode **124** und der inneren Pumpenelektrode **114** der Hauptpumpzelle ohne Zeitverzögerung. Demgemäß kann das Regelungssystem **130** für die variable Spannungsquelle **120** die Sauerstoffkonzentration in der ersten Kammer **110** äußerst präzise und ohne Erzeugung eines Schwingungsphänomens steuern.

[0124] Der Gassensor **100Aa** gemäß dieser modifizierten Ausführungsform weist allerdings einen Fehler bei der von der Sauerstoffpartialdrucksteuerungs-Messzelle **126** durchgeführten Messung der Urspannung von (Kontaktstellenwiderstand zwischen innerer Pumpenelektrode **114** und zweiter Festelektrolytenschicht **102f**) × (durch die Hauptpumpzelle **118** fließender Pumpstrom Ip1) auf. Es ist deshalb wünschenswert, dass die Zielspannung Vd, die mit dem Ausgangssignal Vc der ersten Komparatorvorrichtung **156** in der zweiten Komparatorvorrichtung **158** des Hauptpumpensteuerkreises **152** (Fig. 3) verglichen werden soll, auf einen Wert korrigiert wird, der das Ausmaß des oben beschriebenen Fehlers berücksichtigt.

[0125] Nun wird mit Bezug auf Fig. 5 ein Gassensor **100B** gemäß einer zweiten Ausführungsform erklärt. Komponenten oder Bauteile, die jenen in Fig. 2 entsprechen, sind mit denselben Bezugszeichen versehen, wobei auf eine wiederholte Erklärung dieser verzichtet wird.

[0126] Wie in Fig. 5 dargestellt ist, ist der Gassensor **100B** gemäß der zweiten Ausführungsform in etwa auf die gleiche Weise wie der Gassensor **100A** gemäß der oben beschriebenen ersten Ausführungsform (vgl. Fig. 2) aufgebaut. Der Erstere unterscheidet sich jedoch von Letzerem insofern, als eine Hilfspumpzelle **170** und eine Sauerstoffpartialdruck-Hilfsmesszelle **172** bereitgestellt sind.

[0127] Die Hilfspumpzelle **170** ist aus einer Hilfspumpenelektrode **174** mit einer im wesentlichen rechteckigen und planaren Konfiguration, die aus einer porösen Cermetelektrode besteht und die am gesamten unteren Oberflächenabschnitt zur Bildung der zweiten Kammer **112** der unteren Oberfläche der zweiten Festelektrolytenschicht **102f** ausgebildet ist, der inneren Pumpenelektrode **114** der Hauptpumpzelle **118** und der zweiten Festelektrolytenschicht **102** aufgebaut.

[0128] Die Hilfspumpenelektrode **174** basiert auf der Verwendung von Materialien mit gar keiner oder nur schwacher Reduktionsfähigkeit für die NO_x-Komponenten im Messgas, so wie dies bei der inneren Pumpenelektrode **114** der Hauptpumpzelle **118** der Fall ist. In dieser Ausführungsform wird bevorzugt, dass die Hilfspumpenelektrode **174** beispielsweise aus einer Verbindung mit Perovskitstruktur, wie beispielsweise La_3CuO_4, einem Cermetmaterial, welches ein Keramikmaterial und ein Metall, wie beispielsweise Au mit niedriger katalytischer Wirkung umfasst, oder einem Cermetmaterial, welches ein Keramikmaterial, ein Metall der Pt-Gruppe und ein Metall, wie beispielsweise Au mit niedriger katalytischer Wirkung umfasst, besteht. Wird eine aus Au und einem Metall der Pt-Gruppe bestehende Legierung als Elektrodenmaterial eingesetzt, so wird vorzugsweise Au in einer Menge von 0,03 bis 35 Vol.-%, bezogen auf die gesamte Metallkomponente, zugesetzt.

[0129] Der Sauerstoff in der Atmosphäre der zweiten Kammer **112** kann mithilfe der variablen Spannungsquelle **176** durch Anlegen einer Hilfspumpspannung Vp3 zwischen Hilfspumpenelektrode **174** und der inneren Pumpenelektrode **114** der Hilfspumpzelle **170** in Richtung der ersten Kammer **110** abgepumpt werden.

[0130] Die Sauerstoffpartialdruck-Hilfsmesszelle **172** ist aus der Hilfspumpenelektrode **174**, der Referenzelektrode **124**, der zweiten Festelektrolytenschicht **102f**, der ersten Abstandsschicht **102e** und der ersten Festelektrolytenschicht **102d** aufgebaut.

[0131] Die Sauerstoffpartialdruck-Hilfsmesszelle **172** wird auf dieselbe, oben beschriebene Weise wie die Sauerstoffpartialdrucksteuerungs-Messzelle **126** betrieben. Das heißt, dass der Sauerstoffpartialdruck in der Atmosphäre der zweiten Kammer **112** durch Messen der Urspannung V2, die zwischen der Hilfspumpenelektrode **174** und der Referenzelektrode **124** erzeugt wird, auf der Grundlage der Differenz der Sauerstoffkonzentration zwischen der Atmosphäre in der zweiten Kammer **112** und dem Referenzgas (Umgebungsluft) im Referenzgasraum **104** mithilfe eines Voltmeters **178** detektiert werden kann.

[0132] Der detektierte Wert des Sauerstoffpartialdrucks wird zur Steuerung der Hilfspumpspannung Vp3 der variablen Spannungsquelle **176** mithilfe eines Regelungssystems **180** zu steuern. Die Steuerung wird so ausgeführt, dass der Sauerstoffpartialdruck in der Atmosphäre der zweiten Kammer **112** einen Zustand aufweist, in dem die Messgaskomponente (NO_x) nicht wesentlich reduzierbar oder abbaubar ist, und der Sauerstoffpartialdruck weist einen niedrigen Wert auf, bei dem die Messung der Menge der Zielkomponente nicht wesentlich beeinflusst wird. Spezifisch wird die variable Spannungsquelle **176** auf einen Spannungswert eingestellt, der eine Größe aufweist, um einen Grenzstrom für den Pumpvorgang des Sauerstoffs, der während des von der Hilfspumpzelle **170** durchgeführten Abbaus erzeugt wurde, zu ergeben. Wird in dieser Ausführungsform die durch die Hilfspumpzelle **170** abgepumpte Sauerstoffmenge verändert und wird die Sauerstoffkonzentration in der Atmosphäre der zweiten Kammer **112** verändert, so ändert sich auch die Klemmenspannung V0 zwischen der Hilfspumpenelektrode **174** und der Referenzelektrode **124** ohne Zeitverzögerung. Demgemäß kann das Regelungssystem **180** für die variable Spannungsquelle **176** die Sauerstoffkonzentration in der zweiten Kammer **112** äußerst präzise und ohne Erzeugung eines Schwingungsphänomens steuern.

[0133] Wird darauf abgezielt, den Sauerstoffpartialdruck in der Atmosphäre der ersten Kammer **110** durch Betrieb der Hauptpumpzelle **118** auf einen niedrigen Wert des Sauerstoffpartialdrucks einzustellen, der die Messung von NO_x nicht wesentlich beeinflusst, oder mit anderen Worten, wird die Pumpspannung Vp1 der variablen Spannungsquelle **120** mithilfe des Regelungssystems **130** angepasst, sodass die von der Sauerstoffpartialdrucksteuerungs-Messzelle **126** detektierte Spannung V0 konstant ist, wenn sich die Sauerstoffkonzentration im Messgas stark verändert, beispielsweise in einem Bereich von 0 bis 20%, dann ändert sich der jeweilige Sauerstoffpartialdruck in der Atmosphäre in der zweiten Kammer **112** und in der Atmosphäre in der Nähe der Detektionselektrode **132** in gewöhnlichen Fällen ein wenig. Dieses Phänomen wird wahrscheinlich durch Folgendes ausgelöst: Nimmt die Sauerstoffkonzentration im Messgas zu, so kommt es zu einer Verteilung der Sauerstoffkonzentration in Richtung der Breite und der Dicke über der Messelektrode **122** in der ersten Kammer **110**. Die Verteilung der Sauerstoffkonzentration ändert sich in Abhängigkeit von der Sauerstoffkonzentration im Messgas.

[0134] Im Falle des Gassensors **100B** gemäß der zweiten Ausführungsform jedoch ist eine Hilfspumpzelle **170** für die zweite Kammer **112** bereitgestellt, sodass der Sauerstoffpartialdruck in deren internen Atmosphäre immer einen konstanten niedrigen Wert des Sauerstoffpartialdrucks aufweist. Demgemäß kann, auch wenn der Sauerstoffpartialdruck in der von der ersten Kammer **110** in die zweite Kammer **112** eingeführten Gasatmosphäre sich in Abhängigkeit von der Sauerstoffkonzentration im Messgas ändert, der Sauerstoffpartialdruck in der Atmosphäre in der zweiten Kammer **112** aufgrund des von der Hilfspumpzelle **170** durchgeführten Pumpvorgangs immer auf einem konstanten niedrigen Wert gehalten werden. Infolgedessen kann der Sauerstoffpartialdruck auf einen konstanten niedrigen Wert eingestellt werden, bei dem die Messung von NO_x nicht wesentlich beeinflusst wird.

[0135] Das NO_x im Messgas, welches in die Detektionselektrode **132** eingeführt wird, wird rund um die Detektionselektrode **132** reduziert oder abgebaut. So ist beispielsweise das Auftreten einer Reaktion von $NO \rightarrow 1/2N_2 + 1/2O_2$ möglich. Bei diesem Vorgang wird eine vorbestimmte Spannung Vp2, beispielsweise 430 mV (700°C) zwischen der Detektionselektrode **132** und der inneren Pumpenelektrode **114**, die die Detektionspumpzelle **134** bilden, in eine Richtung angelegt, um den Sauerstoff aus der zweiten Kammer **112** in die erste Kammer **110** abzupumpen.

[0136] Deshalb weist der Pumpstrom Ip2, der durch die Detektionspumpzelle **134** fließt, einen Wert auf, der proportional zur Summe der Sauerstoffkonzentration in der in die zweite Kammer **112** eingeführten Atmosphäre, d. h. der Sauerstoffkonzentration in der zweiten Kammer **112**, und der Sauerstoffkonzentration, die durch die Reduktion oder den Abbau von NO_x mithilfe der Detektionselektrode **132** erzeugt wurde, ist.

[0137] In dieser Ausführungsform wird die Sauerstoffkonzentration in der Atmosphäre in der zweiten Kammer **112** mithilfe der Hilfspumpzelle **172** konstant eingestellt. Dementsprechend ist der durch die Detektionspumpzelle **134** fließende Pumpstrom Ip2 proportional zur NO_x-Konzentration. Außerdem ent-

spricht, wenn ein Aluminiumoxidfilm zur Bildung eines dritten Diffusionsbestimmungsbereichs (nicht dargestellt) ausgebildet ist, um die Detektionselektrode **132** damit abzudecken, die NOx Konzentration der Diffusionsmenge von NO_x, die vom dritten Diffusionsbestimmungsbereich eingeschränkt wird. Auch wenn sich die Sauerstoffkonzentration im Messgas stark verändert, ist es deshalb möglich, die NO_x Konzentration auf der Grundlage der Verwendung der Detektionspumpzelle **134** mithilfe des Amperemeters **138** präzise zu messen.

[0138] Beispielsweise wird angenommen, dass sich der von der Hilfspumpzelle **170** gesteuerte Sauerstoffpartialdruck in der Atmosphäre in der zweiten Kammer **112** auf 0,02 ppm beläuft und dass die Konzentration von NO als die NO_x-Komponente im Messgas 100 ppm beträgt. Der Pumpstrom Ip2 fließt in einer der Summe (= 50,02 ppm) aus der durch Reduktion oder Abbau von NO erzeugten Sauerstoffkonzentration von 50 ppm und der Sauerstoffkonzentration in der Atmosphäre der zweiten Kammer **112** von 0,02 entsprechenden Menge. Deshalb stellt fast der gesamte Wert des Pumpstroms Ip2, der durch die Arbeit der Detektionspumpzelle **134** erhalten wurde, die durch die Reduktion oder den Abbau von NO erhaltene Menge dar. Dementsprechend hängt das Ergebnis nicht von der Sauerstoffkonzentration im Messgas ab.

[0139] Nun wird mit Bezug auf Fig. 6 ein Steuerkreissystem **150B** (hierin in Folge einfach als "Steuerkreissystem gemäß der zweiten Ausführungsform" bezeichnet) für den Gassensor **100B** gemäß der zweiten Ausführungsform beschrieben. Komponenten oder Bauteile, die jenen in Fig. 3 entsprechen, sind mit denselben Referenzzahlen versehen, wobei auf eine wiederholte Erklärung dieser verzichtet wird.

[0140] Wie in Fig. 6 zu sehen ist, ist das Steuerkreissystem gemäß der zweiten Ausführungsform auf in etwa dieselbe Weise wie das Steuerkreissystem **150A** gemäß der oben beschriebenen ersten Ausführungsform (vgl. Fig. 3) aufgebaut. Jedoch unterscheidet sich das Erstere von Letzterem insofern, als die Hilfspumpzelle **170** hinzugefügt ist, weshalb ein Hilfspumpensteuerkreis **182** zur Steuerung der Hilfspumpzelle **170** zwischen dem Hauptpumpensteuerkreis **152** und dem Detektionspumpensteuerkreis **154** eingeschoben und mit diesen verbunden ist.

[0141] Wie Fig. 6 zu entnehmen ist umfasst der Hilfspumpensteuerkreis **182** eine fünfte Komparatorvorrichtung **186** zur Bestimmung einer Differenz zwischen der Differenz (Detektionsspannung Vj) zwischen dem elektrischen Potential der Hilfspumpenelektrode **174** und dem elektrischen Erdpotential und der Differenz (Referenzspannung Vb) zwischen dem elektrischen Potential der Referenzelektrode **124** und dem Erdpotential, eine sechste Komparatorvorrichtung **186** zur Bestimmung der Differenz zwischen dem Ausgangssignal Vk der fünften Komparatorvorrichtung **184** und einer Zielspannung Vm (beispielsweise 450 mV), sowie einen dritten Verstärker **188** zur Verstärkung des Ausgangssignals Vn der sechsten Komparatorvorrichtung **186** um ein vorbestimmtes Ausmaß und zur Ausgabe der erhaltenen Spannung als die Hilfspumpspannung Vp3 für die Hilfspumpenelektrode **174**.

[0142] Die fünfte Komparatorvorrichtung **184**, die sechste Komparatorvorrichtung **186** und der dritte Verstärker **188**, die den Detektionspumpensteuerkreis **154** bilden, bilden einen Operationsverstärker auf dieselbe Weise, wie dies die erste Komparatorvorrichtung **156**, die zweite Komparatorvorrichtung **158** und der erste Verstärker **160**, die den Hauptpumpensteuerkreis **152** bilden, und die dritte Komparatorvorrichtung **162**, die vierte Komparatorvorrichtung **164** und der zweite Verstärker **166**, die den Detektionspumpensteuerkreis **154** bilden, auch tun. Für jeden dieser gilt, dass ein Spannungseingang an eine positive (+) Stromnebenleitung L1 oder eine negative (–) Stromnebenleitung L2 einer Gleichspannungsquelle **168** angeschlossen sind, und dass der andere Spannungseingang mit einer Erdungs-Leitung Lg aus der Gleichspannungsquelle **168** verbunden sind. Auch in dieser Ausführungsform ist die innere Pumpenelektrode **114** an die Erdungs-Leitung Lg angeschlossen.

[0143] Dementsprechend wird, was den Hilfspumpensteuerkreis **182** betrifft, das Messgas in der ersten Kammer **110** über den zweiten Diffusionsratenbestimmungsbereich **108** in die zweite Kammer **112** eingeführt, und die während dieses Vorgangs erhaltene Detektionsspannung Vj und Referenzspannung Vb werden der fünften Komparatorvorrichtung **184** zugeführt. Die Differenzspannung Vk zwischen der Detektionsspannung Vj und der Referenzspannung Vb wird von der fünften Komparatorvorrichtung **184** ermittelt und ausgeben. Die Differenzspannung Vk wird beispielsweise an einen invertierenden Eingang der sechsten, stromabwärts angeordneten Komparatorvorrichtung **186** angelegt. Die sechste Komparatorvorrichtung **186** bestimmt die Differenz zwischen der dem invertierenden Eingang zugeführten Differenzspannung Vk und der Zielspannung Vm (beispielsweise 450 mV), die in den nichtinvertierenden Eingang eingespeist wurde. Das Spannungssignal Vn, welches die Differenz darstellt, wird am Ausgang ausgegeben. Das Spannungssignal Vn wird vom stromabwärts angeordneten dritten Verstärker **188** um das vorbestimmte Ausmaß verstärkt, und die verstärkte Spannung wird der Hilfspumpenelektrode **174** der Hilfspumpzelle **170** als die Detektionsspannung Vp3 zugeführt. In dieser Ausführungsform ist die innere Pumpenelektrode **114** an die Erdungs-Leitung Lg angeschlossen, um Erdpotential (0 V) aufzuwei-

sen. Infolgedessen entspricht die Spannung zwischen den Elektroden **114** und **174** der Hilfspumpzelle **170** der Pumpspannung Vp3, die vom dritten Verstärker **188** zugeführt wird.

[0144] In dieser Ausführungsform ist die Zielsauerstoffkonzentration für die zweite Kammer **112** niedriger als die Zielsauerstoffkonzentration für die erste Kammer **110** festgesetzt, weshalb an die Hilfspumpenelektrode **174** eine negative Spannung angelegt wird. Dementsprechend wird der Sauerstoff in der zweiten Kammer **112** durch die zweite Festelektrolytenschicht **102f** in die erste Kammer **110** abgepumpt.

[0145] Das bedeutet, dass die Hilfspumpzelle **170** den im Messgas, welches in die zweite Kammer **112** eingeführt wurde, enthaltenen Sauerstoff in einer Menge, die dem Pegel der Hilfspumpspannung Vp3 entspricht, zur ersten Kammer **110** hin abpumpt. Diese Betriebsreihenfolge wird wiederholt, wodurch die Sauerstoffkonzentration in der zweiten Kammer **112** einer Regelung unterzogen wird, um das vorbestimmte Niveau zu erreichen.

[0146] Wie oben beschrieben wird im Gassensor **100B** gemäß der zweiten Ausführungsform der unter Einsatz der Detektionspumpzelle **134** und der Hilfspumpzelle **170** abzupumpende Sauerstoff in die Richtung der inneren Pumpenelektrode **114**, die mit der Erdungs-Leitung Lg der Gleichspannungsquelle **168** verbunden ist, gepumpt. Deshalb wird, wenn Sauerstoff mithilfe der Detektionspumpzelle **134** und der Hilfspumpzelle **170** abgepumpt wird, die negative Spannung jeweils an die Detektionselektrode **132** und die Hilfspumpenelektrode **174** angelegt.

[0147] Demgemäß kann die Referenzleitung (Erdungs-Leitung Lg) der Spannungsquelle für die Pumpspannung Vp1, die zwischen der äußeren Pumpenelektrode **116** und der inneren Pumpenelektrode **114** der Hauptpumpzelle **118** anzulegen ist, gemeinsam mit jener der Spannungsquelle für die Detektionsspannung Vp2, die zwischen der Detektionselektrode **132** und der inneren Pumpenelektrode **114** der Detektionspumpzelle **134** anzulegen ist, und mit jener der Spannungsquelle für die Hilfspumpspannung Vp3, die zwischen der Hilfspumpenelektrode **174** und der inneren Pumpenelektrode **114** der Hilfspumpzelle **170** anzulegen ist, verwendet werden.

[0148] Infolgedessen ist es nicht notwendig, eine seperate Gleichspannungsquelle, die isoliert und unabhängig ist (isolierte Spannungsquelle), bereitzustellen, um die Detektionspumpzelle **134** und die Hilfspumpzelle **170** anzusteuern. Die Detektionsspannung Vp2 und die Hilfspumpspannung Vp3 können also unter Verwendung der nichtisolierten Spannungsquelle erzeugt werden, die keinen isolierten Transformator einsetzt. Dies erleichtert die Verkleinerung des Steuerkreissystems **150B** des Gassensors **100B** und die Verringerung des Gewichts dessen. Weiters erleichtert dies die Verkleinerung des Gassensors **100B** selbst sowie die Verringerung seines Gewichts.

[0149] Im Besonderen wird im Gassensor **100B** gemäß der zweiten Ausführungsform die Elektrode, die als Referenz für das elektrische Potential in der Hauptpumpzelle **118** dient, gemeinsam mit der Elektrode, die als Referenz für das elektrische Potential in der Detektionspumpzelle **134** verwendet wird, und gemeinsam mit der Elektrode die als Referenz für das elektrisch Potential in der Hilfspumpzelle **170** verwendet wird, eingesetzt, d. h. all diese Elektroden werden gemeinsam als die innere Pumpenelektrode **114** eingesetzt. Deshalb ist es möglich, die nichtisolierte Spannungsquelle auf der Basis von Halbleiterbauteilen als Spannungsquelle jeweils für den Antrieb der Detektionspumpzelle **134** und der Hilfspumpzelle **170** zu verwenden, wenn die innere Pumpenelektrode **114** so wie in dieser Ausführungsform an die Erdungs-Leitung Lg angeschlossen ist.

[0150] Demgemäß ist es im Falle des Gassensors **100B** gemäß der zweiten Ausführungsform ausreichend, dass die Gleichspannungsquelle **168** oder der DC-DC-Stromrichter in einer Anzahl von Einheiten bereitgestellt ist, die unter der Anzahl der Steuerkreise (der Hauptpumpensteuerkreis **152**, der Detektionspumpensteuerkreis **154** und der Hilfspumpensteuerkreis **182**) liegt. Im Besonderen kann der elektrische Strom aus der Spannungsquelle für die jeweiligen Steuerkreise (**152**, **154**, **182**) durch Bereitstellung von nur einer Gleichspannungs-Quelle **168** oder nur einem mit einer Gleichspannungsquelle **168** verbundenen DC-DC-Stromrichter zugeführt werden.

[0151] Weiters kann der Gassensor **100B** gemäß der zweiten Ausführungsform so konstruiert sein, dass die innere Pumpenelektrode **114** der Hauptpumpzelle **118** gemeinsam mit der Messelektrode **122** der Sauerstoffpartialdrucksteuerungs-Messzelle **126** (vgl. Fig. 5) auf dieselbe Weise wie in der modifizierten Ausführungsform **100Aa** des Gassensors **100A** gemäß der ersten Ausführungsform verwendet wird.

[0152] Nun wird mit Bezug auf Fig. 7 ein Gassensor **1000** gemäß einer dritten Ausführungsform erklärt. Komponenten oder Bauteile, die jenen in Fig. 5 entsprechen, sind mit denselben Referenzzahlen versehen, wobei auf eine wiederholte Erklärung dieser verzichtet wird.

[0153] Wie in Fig. 7 dargestellt ist, ist ein Gassensor **1000** gemäß der dritten Ausführungsform in etwa auf die gleiche Weise wie der Gassensor **100B** gemäß der oben beschriebenen zweiten Ausführungsform aufgebaut. Der Erstere unterscheidet sich jedoch von Letzerem insofern, als anstelle der Detektionspump-

zelle **134** ein Sauerstoffpartialdruckdetektions-Messzelle **190** als die elektrochemische Sensorzelle für die Detektion von NO_x verwendet wird.

[0154] Die Sauerstoffpartialdruckdetektions-Messzelle **190** ist aus einer Detektionselektrode **192**, die auf einem oberen Oberflächenabschnitt zur Bildung der zweiten Kammer **112** der oberen Oberfläche der ersten Festelektrolytenschicht **102d** ausgebildet ist, der Referenzelektrode **124**, die an der unteren Oberfläche der ersten Festelektrolytenschicht **102d** ausgebildet ist, und der ersten Festelektrolytenschicht **102d** aufgebaut.

[0155] In dieser Ausführungsform wird eine Urspannung (elektromotorische Kraft der Sauerstoffkonzentrationszelle) V1, die Sauerstoffkonzentrationsdifferenz zwischen der Atmosphäre rund um die Detektionselektrode **192** und der Atmosphäre rund um die Referenzelektrode **124** entspricht, zwischen der Detektionselektrode **192** und der Referenzelektrode **124** der Sauerstoffpartialdruckdetektions-Messzelle **190** angelegt.

[0156] Deshalb wird der Sauerstoffpartialdruck in der Atmosphäre rund um die Detektionselektrode **192**, mit anderen Worten jener Sauerstoffpartialdruck, der von dem durch die Reduktion oder den Abbau der Messgaskomponente (NO_x) erzeugten Sauerstoff definiert wird, durch Messung der elektromotorischen Kraft (Spannung) V1, die zwischen der Detektionselektrode **192** und der Referenzelektrode **124** erzeugt wird, mit einem Voltmeter **194** als der Spannungswert V1 gemessen.

[0157] Das Ausmaß der Änderung der Urspannung V1 repräsentiert die NO_x-Konzentration. Das heißt, daß die von der Sauerstoffpartialdruckdetektions-Messzelle **190**, welche aus der Detektionselektrode **192**, der Referenzelektrode **124** und der ersten Festelektrolytenschicht **102d** aufgebaut ist, ausgegebene Spannung V1 die NO_x-Konzentration im Messgas repräsentiert.

[0158] Auch im Gassensor **1000** gemäß der dritten Ausführungsform wird der von der Hilfspumpzelle **170** abzupumpende Sauerstoff in die Richtung der inneren Pumpenelektrode **114**, die mit der Erdungs-Leitung Lg der Gleichspannungsquelle **168** verbunden ist, gepumpt. Deshalb kann die Referenzleitung (Erdungs-Leitung Lg) der Spannungsquelle für die Pumpspannung Vp1, die der Hauptpumpzelle **118** zuzuführen ist, gemeinsam mit jener der Spannungsquelle für die Hilfspumpspannung Vp3, die der Hilfspumpzelle **170** zuzuführen ist, verwendet werden.

[0159] Infolgedessen ist es nicht notwendig, eine getrennte Gleichspannungsquelle, die isoliert und unabhängig ist (isolierte Spannungsquelle), bereitzustellen, um die Hilfspumpzelle **170** zu speisen. Die Hilfspumpspannung Vp3 kann also unter Verwendung der nichtisolierten Spannungsquelle erzeugt werden, die keinen isolierten Transformator einsetzt. Dies erleichtert die Verkleinerung des Steuerkreissystems des Gassensors **1000** und die Verringerung des Gewichts dessen. Weiters erleichtert dies die Verkleinerung des Gassensors **1000** selbst sowie die Verringerung seines Gewichts.

[0160] Nebenbei erwähnt ist im Falle der oben beschriebenen Gassensoren **100A** bis **1000** gemäß der ersten, zweiten und dritten Ausführungsform die Erdungs-Leitung Lg mit der inneren Pumpenelektrode **114** der Hauptpumpzelle **118** verbunden. Die Erdungs-Leitung Lg kann gegebenenfalls auch mit der äußeren Pumpenelektrode **116** der Hauptpumpzelle **118** verbunden sein. Wird der negative Leitungskabel der Heizvorrichtung **146** an die äußere Pumpenelektrode **116** angeschlossen, so kann die Leitung gemeinsam mit der Erdungs-Leitung der Heizvorrichtung **146** verwendet werden. So ist es möglich, die Verkabelung einfacher zu gestalten.

[0161] Ist die Leitung wie oben beschrieben verkabelt, so wird der Sauerstoff in der ersten Kammer **110** durch Anlegen einer negativen Spannung an die innere Elektrode **114** in den Außenraum hinausgepumpt, während durch Anlegen einer positiven Spannung an die innere Pumpenelektrode **114** der Sauerstoff aus dem Außenraum in die erste Kammer **110** hineingepumpt wird.

[0162] Der Sauerstoff wird mithilfe der Detektionspumpzelle **134** (und der Hilfspumpzelle **170**) aus der zweiten Kammer **122** in die Richtung der äußeren Pumpenelektrode **116** gepumpt. Die negative Spannung wird an die Detektionselektrode **134** angelegt.

[0163] Üblicherweise weist die Isolierschicht **148**, die zur elektrischen Isolierung der Heizvorrichtung **146** von den Substratschichten **102a**, **102b** gebildet wurde, in einem Zustand von hoher Temperatur einen Isolationswiderstand von mehreren MΩ auf. Ist die Erdungs-Leitung Lg mit der inneren Pumpenelektrode **114** verbunden, beispielsweise wenn eine Spannungsquelle von 12 V für die Heizvorrichtung **146** verwendet wird, dann fließt in dieser Anordnung ein Leckstrom von etwa mehreren μA von der Heizvorrichtung **146** zur inneren Pumpenelektrode **114**. Wenn der Leckstrom durch die erste und die zweite Festelektrolytenschicht **102d**, **102f** fließt, welche Sauerstoffionenleiter sind, so kommt es zu einer Bewegung des Sauerstoffs. Die Sauerstoffkonzentration in der ersten Kammer **110** wird vom Ausmaß des Leckstroms beeinflusst.

[0164] Ist hingegen die Erdungs-Leitung Lg mit der äußeren Pumpenelektrode **116** verbunden, so fließt der Leckstrom zur äußeren Pumpenelektrode **116**. In

dieser Anordnung wird die Sauerstoffkonzentration in der ersten Kammer **110**, selbst wenn es zu einer Sauerstoffbewegung kommt, von dieser nicht beeinflusst.

[0165] Die innere Pumpenelektrode **114** ist in der ersten Kammer **110** angeordnet. Wenn nun Sauerstoff aus der zweiten Kammer **112** mithilfe der Detektionspumpzelle **134** und der Hilfspumpzelle **170** in die Richtung der inneren Pumpenelektrode **144** abgepumpt wird, so ist es notwendig, dass der Sauerstoff, der der wie oben beschrieben abgepumpten Menge entspricht, unter Verwendung der Hauptpumpzelle **118** erneut in den Außenraum abgepumpt wird.

[0166] Wird im Gegensatz dazu der Sauerstoff in der zweiten Kammer **112** in die Richtung der äußeren Elektrode **116** abgepumpt, so wird dadurch der Vorteil erzielt, dass kein weiterer Pumpvorgang unter erneutem Einsatz der Hauptpumpzelle **118** notwendig ist, wenn das Messgas im Außenraum eine O_2-reiche Atmosphäre aufweist.

[0167] Die Gleichspannungsquelle **168** kann wie folgt angeordnet sein. Es werden in der Erdungs-Leitung Lg, in der positiven (+) Stromnebenleitung L1 und in der negativen (–) Stromnebenleitung L2, die von der Gleichspannungs-Quelle **168** herausführen, Spannungen von 0 V, +5 V und –5 V zugelassen. Alternativ dazu kann eine Batteriespannung (0 bis 12 V) am Mittelpunkt geteilt werden und 6 V (für Signale angenommene Grundspannung), 12 V (positive (+) Spannungsquellenspannung) und 0 V (negative (–) Spannungsquellenspannung) eingesetzt werden.

[0168] In den Gassensoren **100A** bis **1000** gemäß der oben beschriebenen ersten, zweiten und dritten Ausführungsform (einschließlich der modifizierten Ausführungsformen) ist NO_x als Messgaskomponente das Ziel. Die vorliegende Erfindung ist jedoch auch auf die Messung von anderen Komponenten als NO_x, die gebundenen Sauerstoff umfassen, wirksam anwendbar, beispielsweise H_2O und CO_2, die sonst von im Messgas enthaltenem Sauerstoff beeinträchtigt würden.

Patentansprüche

1. Gassensor (**100A**), umfassend:
ein Hauptpumpenmittel (**118**) zum Pump-Bearbeiten von in einem Messgas enthaltenem Sauerstoff, das von einem Außenraum in einen Bearbeitungsraum (**110**) eingebracht wird, der von einem Festelektrolyten (**102f**) gebildet und unterteilt ist, welcher den Außenraum kontaktiert, sodass ein Sauerstoffpartialdruck im Bearbeitungsraum (**110**) auf einen vorbestimmten Wert geregelt wird, bei dem eine vorbestimmte Gaskomponente als Messobjekt nicht abspaltbar ist; und
ein Detektionspumpenmittel (**134**) zur Abspaltung der vorbestimmten Gaskomponente, die im Messgas nach dem Pump-Bearbeiten durch das Hauptpumpenmittel (**118**) enthalten ist, mithilfe einer katalytischen Einwirkung und/oder Elektrolyse, und zum Pump-Bearbeiten von Sauerstoff, der durch die Abspaltung entstanden ist,
worin:
die vorbestimmte Gaskomponente, die im Messgas enthalten ist, auf der Grundlage eines Pumpstroms (Ip2) gemessen wird, welcher in Übereinstimmung mit dem Pumpvorgang, der vom Detektionspumpenmittel (**140**) durchgeführt wird, durch das Detektionspumpenmittel (**134**) fließen gelassen wird; und
das Hauptpumpenmittel (**118**) den Festelektrolyten (**102f**), der den Außenraum kontaktiert, sowie eine innere Hauptpumpenelektrode (**114**) und eine äußere Hauptpumpenelektrode (**116**), die auf der inneren und der äußeren Oberfläche des Festelektrolyten (**102f**) gebildet sind, umfasst;
das Detektionspumpenmittel (**134**) einen Festelektrolyten (**102d**, **102e**, **102f**) sowie eine innere Detektionspumpenelektrode (**132**) und eine äußere Detektionspumpenelektrode (**114**) umfasst, die in Kontakt mit dem Festelektrolyten (**102d**, **102e**, **102f**) gebildet sind;
dadurch gekennzeichnet, dass:
eine der Pumpenelektroden (**114** oder **116**) des Hauptpumpenmittels (**118**) gemeinsam mit der äußeren Detektionspumpenelektrode (**114** oder **116**) des Detektionspumpenmittels (**134**) ausgebildet ist und eingestellt ist, um ein elektrisches Basispotential aufzuweisen; und
der vom Detektionspumpenmittel (**134**) abzupumpende Sauerstoff in Richtung der Elektrode (**114** oder **116**) des Hauptpumpenmittels (**118**), die eingestellt ist, um ein elektrisches Basispotential aufzuweisen, abgepumpt wird.

2. Gassensor nach Anspruch 1, weiters umfassend:
ein Hauptpumpen-Konzentrationsmessmittel (**126**) zur Erzeugung einer Urspannung (elektromotorischen Kraft) (V0), die der Differenz zwischen der in einem Referenzgas enthaltenen Menge an Sauerstoff und der im Messgas enthaltenen Menge an Sauerstoff während des vom Hauptpumpenmittel (**118**) durchgeführten Pumpvorgangs entspricht; und
ein Hauptpumpen-Steuermittel (**130**) zum Steuern des vom Hauptpumpenmittel (**118**) durchgeführten Pumpvorgangs durch Anpassen des Pegels einer Steuerspannung (Vp1), die zwischen der inneren Hauptpumpenelektrode (**114**) und der äußeren Hauptpumpenelektrode (**116**) des Hauptpumpenmittels (**118**) angelegt wird, auf der Grundlage der Urspannung (V0).

3. Gassensor nach Anspruch 1 oder 2, weiters umfassend:
ein Detektions-Konzentrationsmessmittel (**140**) zur Erzeugung einer Urspannung (V1), die der Differenz zwischen der in einem Referenzgas enthaltenen

Menge an Sauerstoff und der Menge an Sauerstoff, die während der Abspaltung der nach dem Pump-Bearbeiten durch das Hauptpumpenmittel (**118**) im Messgas enthaltenen vorbestimmten Gaskomponente entsteht, entspricht; und
ein Detektionspumpen-Steuermittel (**144**) zum Steuern des vom Detektionspumpenmittel (**134**) durchgeführten Pumpvorgangs durch Anpassen des Pegels einer Detektions-Spannung (Vp2), die zwischen der inneren Detektionspumpenelektrode (**132**) und der äußeren Detektionspumpenelektrode (**114** oder **116**) des Detektionspumpenmittels (**134**) angelegt wird, auf der Grundlage der Urspannung (V1).

4. Gassensor nach Anspruch 1, 2 oder 3, weiters umfassend ein Hilfspumpenmittel (**170**), welches den Festelektrolyten (**102f**) sowie eine innere Hilfspumpenelektrode (**174**) und eine äußere Hilfspumpenelektrode (**114** oder **116**) beinhaltet, die in Kontakt mit dem Festelektrolyten (**102f**) gebildet sind, um den im Messgas nach dem Pump-Bearbeiten durch das Hauptpumpenmittel (**118**) enthaltenen Sauerstoff in Richtung zum Hauptpumpenmittel (**118**) abzupumpen.

5. Gassensor (**1000**), umfassend:
ein Hauptpumpenmittel (**118**) zum Pump-Bearbeiten von in einem Messgas enthaltenem Sauerstoff, das von einem Außenraum in einen Bearbeitungsraum (**110**) eingebracht wird, der von einem Festelektrolyten (**102f**) gebildet und unterteilt ist, welcher den Außenraum kontaktiert, sodass ein Sauerstoffpartialdruck im Bearbeitungsraum (**110**) auf einem vorbestimmten Wert geregelt wird, bei dem eine vorbestimmte Gaskomponente als Messobjekt nicht spaltbar ist; und
ein Konzentrationsdetektionsmittel (**190**) zum Abspalten der im Messgas nach dem Pump-Bearbeiten durch das Hauptpumpenmittel (**118**) enthaltenen vorbestimmten Gaskomponente mithilfe einer katalytischen Einwirkung und zum Erzeugen einer Urspannung (V1), die der Differenz zwischen der durch die Aufspaltung entstandenen Menge an Sauerstoff und der in einem Referenzgas enthaltenen Menge an Sauerstoff entspricht, worin:
die vorbestimmte Gaskomponente, die im Messgas enthalten ist, auf der Grundlage der vom Konzentrationsdetektionsmittel (**190**) detektierten Urspannung gemessen wird;
der Gassensor (**1000**) weiters ein Hilfspumpenmittel (**170**) zum Abpumpen des im Messgas enthaltenen Sauerstoffs nach dem Pump-Bearbeiten durch das Hauptpumpenmittel (**118**) in Richtung einer Elektrode (**114** oder **116**) des Hauptpumpenmittels (**118**) umfasst, die eingestellt ist, um ein elektrisches Basispotential aufzuweisen;
das Hauptpumpenmittel (**118**) den Festelektrolyten (**102f**), der den Außenraum kontaktiert, sowie eine innere Hauptpumpenelektrode (**114**) und eine äußere Hauptpumpenelektrode (**116**) umfasst, die an der inneren und der äußeren Oberfläche des Festelektrolyten (**102f**) gebildet sind;
das Hilfspumpenmittel (**170**) den Festelektrolyten (**102f**) sowie eine innere Hilfspumpenelektrode (**174**) und eine äußere Hilfspumpenelektrode (**114** oder **116**) umfasst, die in Kontakt mit dem Festelektrolyten (**102f**) gebildet sind;
eine der Pumpenelektroden (**114** oder **116**) des Hauptpumpenmittels (**118**) gemeinsam mit der äußeren Hilfspumpenelektrode (**114** oder **116**) des Hilfspumpenmittels (**170**) ausgebildet ist, und
eingestellt ist, um das elektrische Basispotential aufzuweisen.

6. Gassensor nach Anspruch 5, weiters umfassend:
ein Hauptpumpen-Konzentrationsmessmittel (**126**) zur Erzeugung einer Urspannung (V0), die der Differenz zwischen der in dem Referenzgas enthaltenen Menge an Sauerstoff und der im Messgas enthaltenen Menge an Sauerstoff während des vom Hauptpumpenmittel (**118**) durchgeführten Pumpvorgangs entspricht; und
ein Hauptpumpen-Steuermittel (**130**) zum Steuern des vom Hauptpumpenmittel (**118**) durchgeführten Pumpvorgangs durch Anpassen des Pegels einer Steuerspannung (Vp1), die zwischen der inneren Hauptpumpenelektrode (**114**) und der äußeren Hauptpumpenelektrode (**116**) des Hauptpumpenmittels (**118**) angelegt wird, auf der Grundlage der Urspannung (V0).

7. Gassensor nach Anspruch 5 oder 6, weiters umfassend:
ein Hilfskonzentrationsmessmittel (**172**) zur Erzeugung einer Urspannung (V2), die der Differenz zwischen der im Referenzgas enthaltenen Menge an Sauerstoff und der im Messgas nach dem Pump-Bearbeiten durch das Hauptpumpenmittel (**118**) enthaltenen Menge an Sauerstoff entspricht; und
ein Hilfspumpen-Steuermittel (**180**), zum Steuern des vom Hilfspumpenmittel (**170**) durchgeführten Pumpvorgangs durch Anpassen eines Pegels einer Hilfspumpenspannung (Vp3), die zwischen der inneren Hilfspumpenelektrode (**174**) und der äußeren Hilfspumpenelektrode (**114** oder **116**) des Hilfspumpenmittels (**170**) angelegt wird, auf der Grundlage der Urspannung (V2).

8. Verfahren zur Steuerung eines Gassensors (**100A**), umfassend die Schritte:
des Pump-Bearbeitens, unter Verwendung eines Hauptpumpenmittels (**118**), von in einem Messgas enthaltenem Sauerstoff, das von einem Außenraum in einen Bearbeitungsraum (**110**) eingebracht wird, der von einem Festelektrolyten (**102f**) gebildet und unterteilt ist, welcher den Außenraum kontaktiert, sodass ein Sauerstoffpartialdruck im Bearbeitungsraum (**110**) auf einem vorbestimmten Wert eingestellt ist, bei dem eine vorbestimmte Gaskomponente als

Messobjekt nicht abspaltbar ist;
des Abspaltens der vorbestimmten Gaskomponente, die im Messgas nach dem Pump-Bearbeiten durch das Hauptpumpenmittel (**118**) enthalten ist, mithilfe einer katalytischen Einwirkung und/oder Elektrolyse unter Verwendung eines Detektionspumpenmittels (**134**) zum Pump-Bearbeiten von Sauerstoff, der während der Abspaltung entstanden ist; und
des Messens der im Messgas enthaltenen Gaskomponente auf der Grundlage eines Pumpstroms (Ip2), der in Abstimmung mit dem vom Detektionspumpenmittel (**134**) durchgeführten Pumpvorgang durch das Detektionspumpenmittel (**134**) fließt, worin:
das Hauptpumpenmittel (**118**) den Festelektrolyten (**102f**), der den Außenraum kontaktiert, sowie eine innere Hauptpumpenelektrode (**114**) und eine äußere Hauptpumpenelektrode (**116**), die auf der inneren und der äußeren Oberfläche des Festelektrolyten (**102f**) gebildet sind, umfasst;
das Detektionspumpenmittel (**134**) einen Festelektrolyten (**102d**, **102e**, **102f**) sowie eine innere Detektionspumpenelektrode (**132**) und eine äußere Detektionspumpenelektrode (**114**) umfasst, die in Kontakt mit dem Festelektrolyten (**102d**, **102e**, **102f**) gebildet sind;
dadurch gekennzeichnet, dass:
eine der Pumpenelektroden (**114** oder **116**) des Hauptpumpenmittels (**118**) gemeinsam mit der äußeren Detektionspumpenelektrode (**114** oder **116**) des Detektionspumpenmittels (**134**) ausgebildet ist und eingestellt ist, um ein elektrisches Basispotential aufzuweisen; und
der vom Detektionspumpenmittel (**134**) abzupumpende Sauerstoff in Richtung der Elektrode (**114** oder **116**) des Hauptpumpenmittels (**118**), die eingestellt ist, um ein elektrisches Basispotential aufzuweisen, abgepumpt wird.

9. Verfahren zur Steuerung des Gassensors nach Anspruch 8, weiters umfassend die Schritte:
des Messens einer Urspannung (V1), die der Differenz zwischen der in einem Referenzgas enthaltenen Menge an Sauerstoff und der Menge an Sauerstoff, die während der Abspaltung der nach dem Pump-Bearbeiten durch das Hauptpumpenmittel (**118**) im Messgas enthaltenen vorbestimmten Gaskomponente entsteht, entspricht, unter Verwendung eines Detektions-Konzentrationsmessmittels (**140**); und
des Anpassens des vom Detektionspumpenmittels (**118**) durchgeführten Pumpvorgangs auf der Grundlage der Urspannung (V1), die vom Detektions-Konzentrationsmessmittels (**140**) gemessen wird.

10. Verfahren zur Steuerung des Gassensors nach Anspruch 8 oder 9, weiters umfassend den Schritt des Abpumpens von Sauerstoff, der im Messgas nach dem Pump-Bearbeiten durch das Hauptpumpenmittel (**118**) enthalten ist, in Richtung des Bearbeitungsraums (**110**) für das Hauptpumpenmittel (**118**) unter Verwendung eines Hilfspumpenmittels (**170**).

11. Verfahren zur Steuerung des Gassensors nach Anspruch 8, 9 oder 10, weiters umfassend die Schritte:
des Messens einer Urspannung (V2), die der Differenz zwischen der in einem Referenzgas enthaltenen Menge an Sauerstoff und der im Messgas nach dem Pump-Bearbeiten durch das Hauptpumpenmittel (**118**) enthaltenen Menge an Sauerstoff entspricht, unter Verwendung eines Hilfskonzentrationsmessmittels (**172**); und
des Anpassens des vom Hilfspumpenmittel (**170**) durchgeführten Pumpvorgangs auf der Grundlage der Urspannung (V2), die vom Hilfskonzentrationsmessmittel (**172**) gemessen wurde.

12. Verfahren zur Steuerung des Gassensors nach einem der Ansprüche 8 bis 11, weiters umfassend die Schritte:
des Messens einer Urspannung (V0), die der Differenz zwischen der in einem Referenzgas enthaltenen Menge an Sauerstoff und der im Messgas enthaltenen Menge an Sauerstoff während des vom Hauptpumpenmittel (**118**) durchgeführten Pumpvorgangs entspricht, unter Verwendung eines Hauptpumpen-Konzentrationsmessmittels (**126**); und
des Anpassens des vom Hauptpumpenmittel (**118**) durchgeführten Pumpvorgangs auf der Grundlage der Urspannung (V0), die vom Hauptpumpen-Konzentrationsmessmittel (**126**) gemessen wird.

13. Verfahren zur Steuerung eines Gassensors (**1000**), umfassend die Schritte:
des Pump-Bearbeitens, unter Verwendung eines Hauptpumpenmittels (**118**), von im Messgas enthaltenem Sauerstoff, das von einem Außenraum in einen Bearbeitungsraum (**110**) eingebracht wird, der von einem Festelektrolyten (**102f**) gebildet und unterteilt ist, welcher den Außenraum kontaktiert, sodass ein Sauerstoffpartialdruck im Bearbeitungsraum (**110**) auf einem vorbestimmten Wert geregelt ist, bei dem eine vorbestimmte Gaskomponente als Messobjekt nicht abspaltbar ist;
des Abspaltens der vorbestimmten Gaskomponente, die im Messgas nach dem Pump-Bearbeiten durch das Hauptpumpenmittel (**118**) enthalten ist, mithilfe einer katalytischen Einwirkung unter Verwendung eines Konzentrationsdetektionsmittels (**190**) zum Detektieren einer Urspannung (V1), die so erzeugt wird, dass sie der Differenz zwischen der in einem Referenzgas enthaltenen Menge an Sauerstoff und der während der Abspaltung entstandenen Menge an Sauerstoff entspricht; und
des Messens der vorbestimmten Gaskomponente, die im Messgas enthalten ist, auf der Grundlage der Urspannung (V1), die vom Konzentrationsdetektionsmittel (**190**) gemessen wird, worin:
das Hauptpumpenmittel (**118**) den Festelektrolyten (**102f**), der den Außenraum kontaktiert, sowie eine in-

nere Hauptpumpenelektrode (**114**) und eine äußere Hauptpumpenelektrode (**116**), die auf der inneren und der äußeren Oberfläche des Festelektrolyten (**102f**) gebildet sind, umfasst;
ein Hilfspumpenmittel (**170**) bereitgestellt ist, welches den Festelektrolyten (**102f**) sowie eine innere Hilfspumpenelektrode (**174**) und eine äußere Hilfspumpenelektrode (**114** oder **116**) umfasst, die in Kontakt mit dem Festelektrolyten (**102f**) gebildet sind;
eine der Pumpenelektroden (**114** oder **116**) des Hauptpumpenmittels (**118**) gemeinsam mit der äußeren Hilfspumpenelektrode (**114** oder **116**) des Hilfspumpenmittels (**170**) ausgebildet ist, und
eingestellt ist, um das elektrische Basispotential aufzuweisen;
und der im Messgas nach dem Pump-Bearbeiten durch das Hauptpumpenmittel (**118**) enthaltene Sauerstoff unter Verwendung des Hilfspumpenmittels (**170**) in Richtung der Elektrode (**114** oder **116**) des Hauptpumpenmittel (**118**) abzupumpen, die eingestellt ist, um das elektrische Basispotential aufzuweisen.

14. Verfahren zur Steuerung des Gassensors nach Anspruch 13, weiters umfassend die Schritte:
des Messens einer Urspannung (V2), die der Differenz zwischen der in einem Referenzgas enthaltenen Menge an Sauerstoff und der im Messgas nach dem Pump-Bearbeiten durch das Hauptpumpenmittel (**118**) enthaltenen Menge an Sauerstoff entspricht, unter Verwendung eines Hilfskonzentrationsmessmittels (**172**); und
des Anpassens des vom Hilfspumpenmittel (**170**) durchgeführten Pumpvorgangs auf der Grundlage der Urspannung (V2), die vom Hilfskonzentrationsmessmittel (**172**) gemessen wurde.

15. Verfahren zur Steuerung des Gassensors nach Anspruch 13 oder 14, weiters umfassend die Schritte:
des Messens einer Urspannung (V0), die der Differenz zwischen der in einem Referenzgas enthaltenen Menge an Sauerstoff und der im Messgas enthaltenen Menge an Sauerstoff während des vom Hauptpumpenmittel (**118**) durchgeführten Pumpvorgangs entspricht, unter Verwendung eines Hauptpumpen-Konzentrationsmessmittels (**126**); und
des Anpassens des vom Hauptpumpenmittel (**118**) durchgeführten Pumpvorgangs auf der Grundlage der Urspannung (V0), die vom Hauptpumpen-Konzentrationsmessmittel (**126**) gemessen wird.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

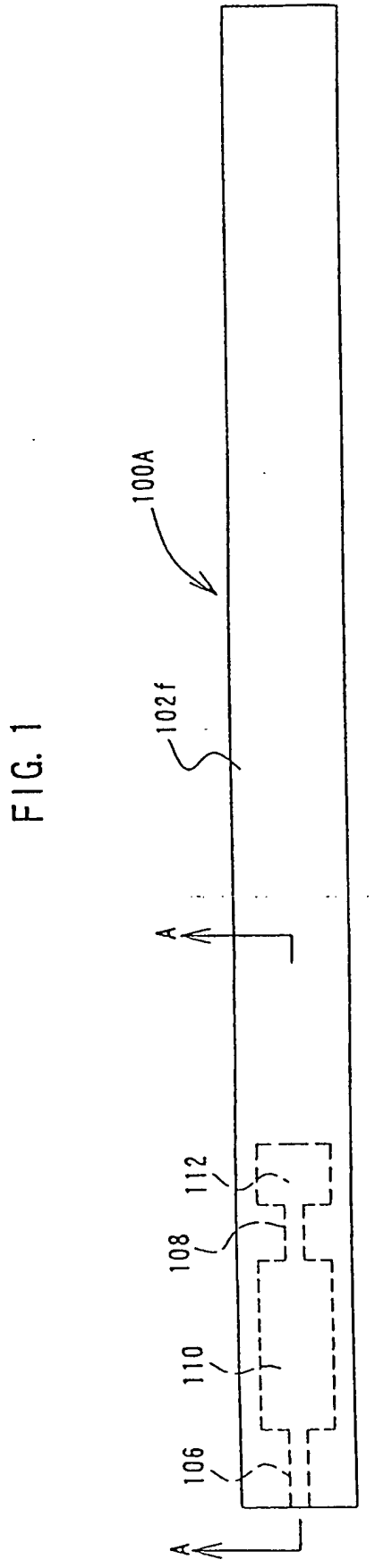
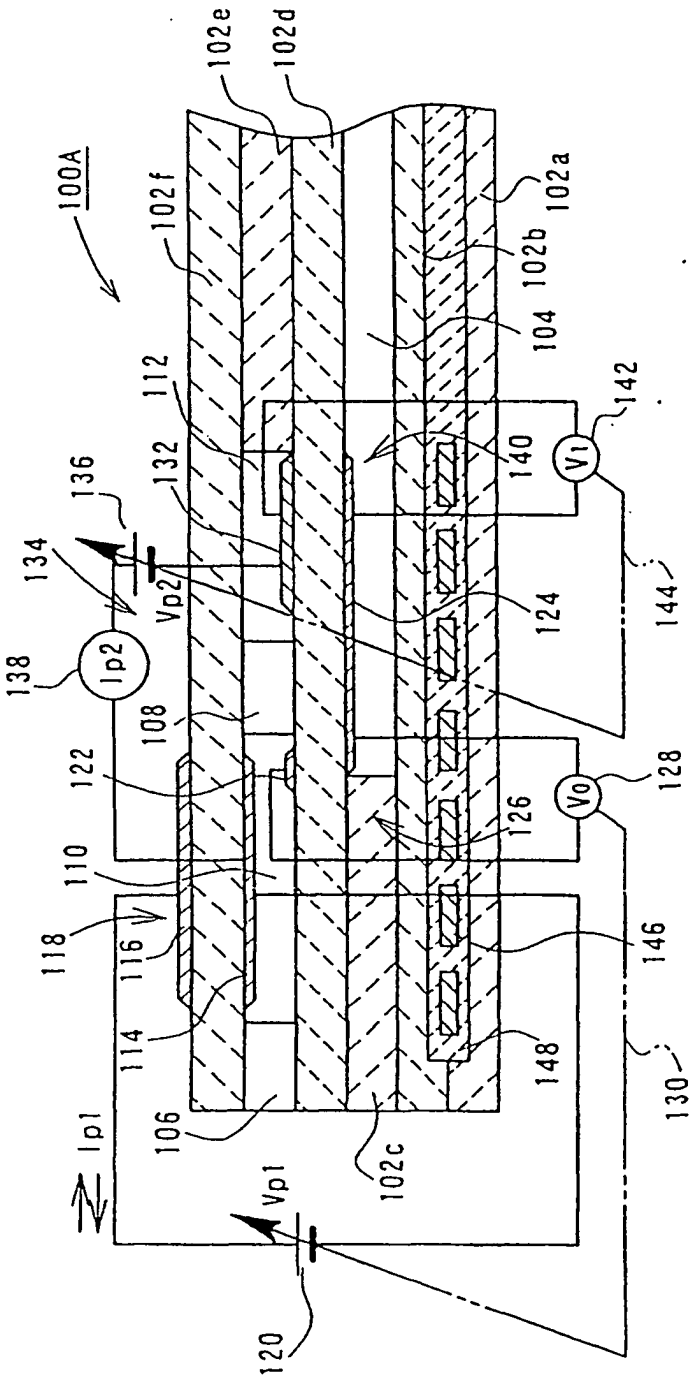


FIG. 2


100A
102e
102d
102f
102a
102b
104
112
132
136
134
Vp2
138
Ip2
108
122
110
118
116
114
106
Ip1
Vp1
120
102c
140
142
Vi
144
124
126
128
Vo
146
148
130

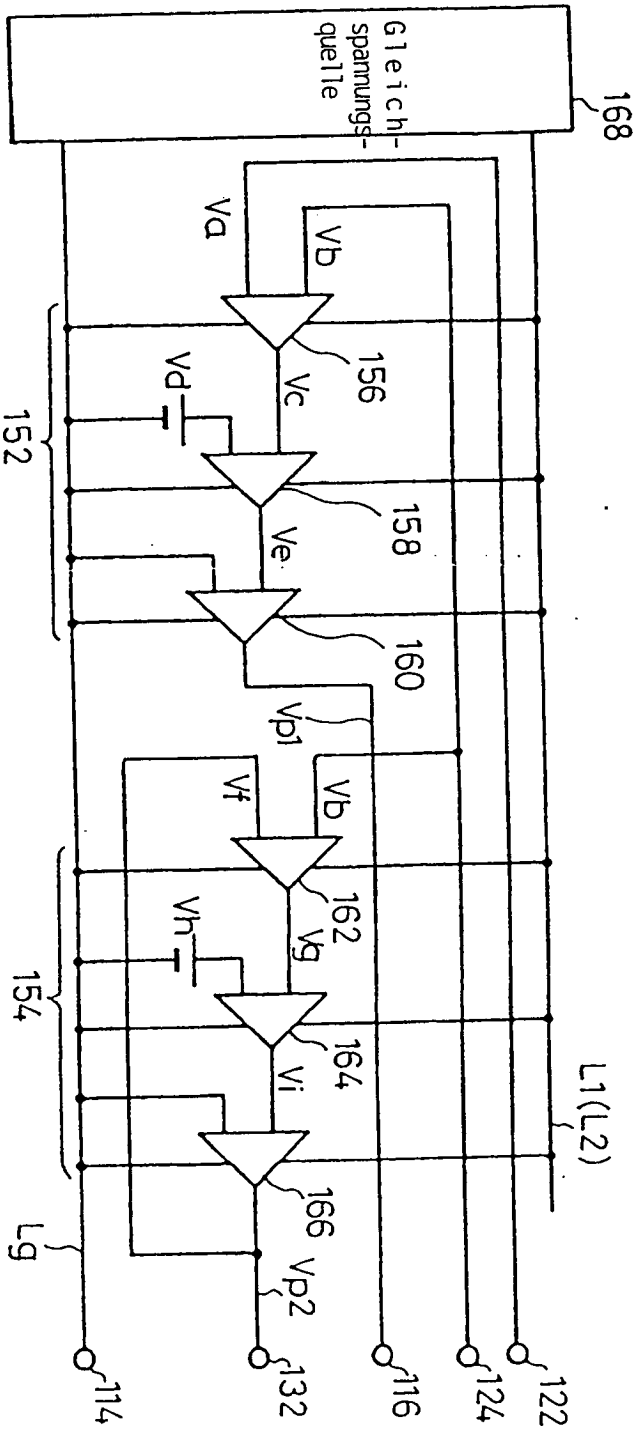

Gleichspannungsquelle
168
Va
Vb
156
Vc
Vd
152
158
Ve
160
Vp1
Vf
Vb
162
Vg
Vh
154
164
Vi
L1(L2)
166
Vp2
Lg
114
132
116
124
122

FIG. 3

FIG. 4

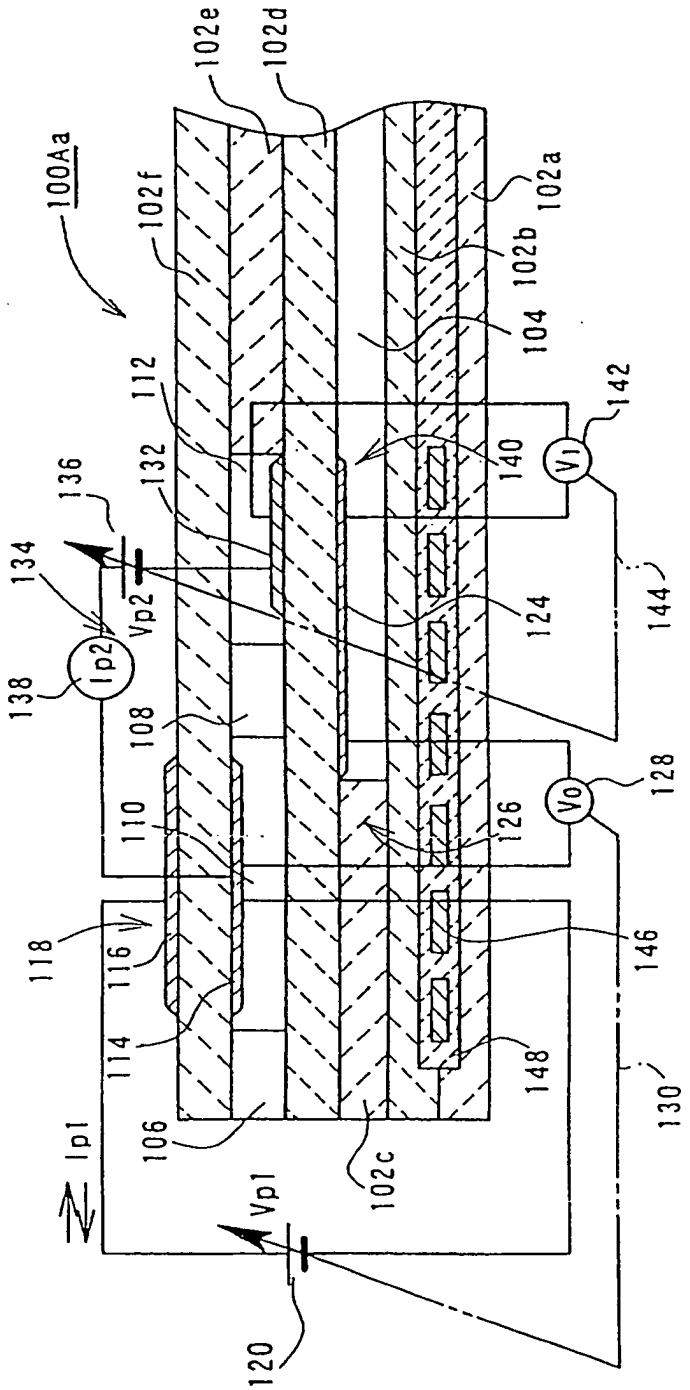

100Aa
102e
102d
102f
102a
102b
104
112
132
136
134
Vp2
Ip2
138
108
110
118
116
114
106
Ip1
Vp1
120
102c
140
142
V1
144
124
126
128
Vo
146
148
130

FIG. 5

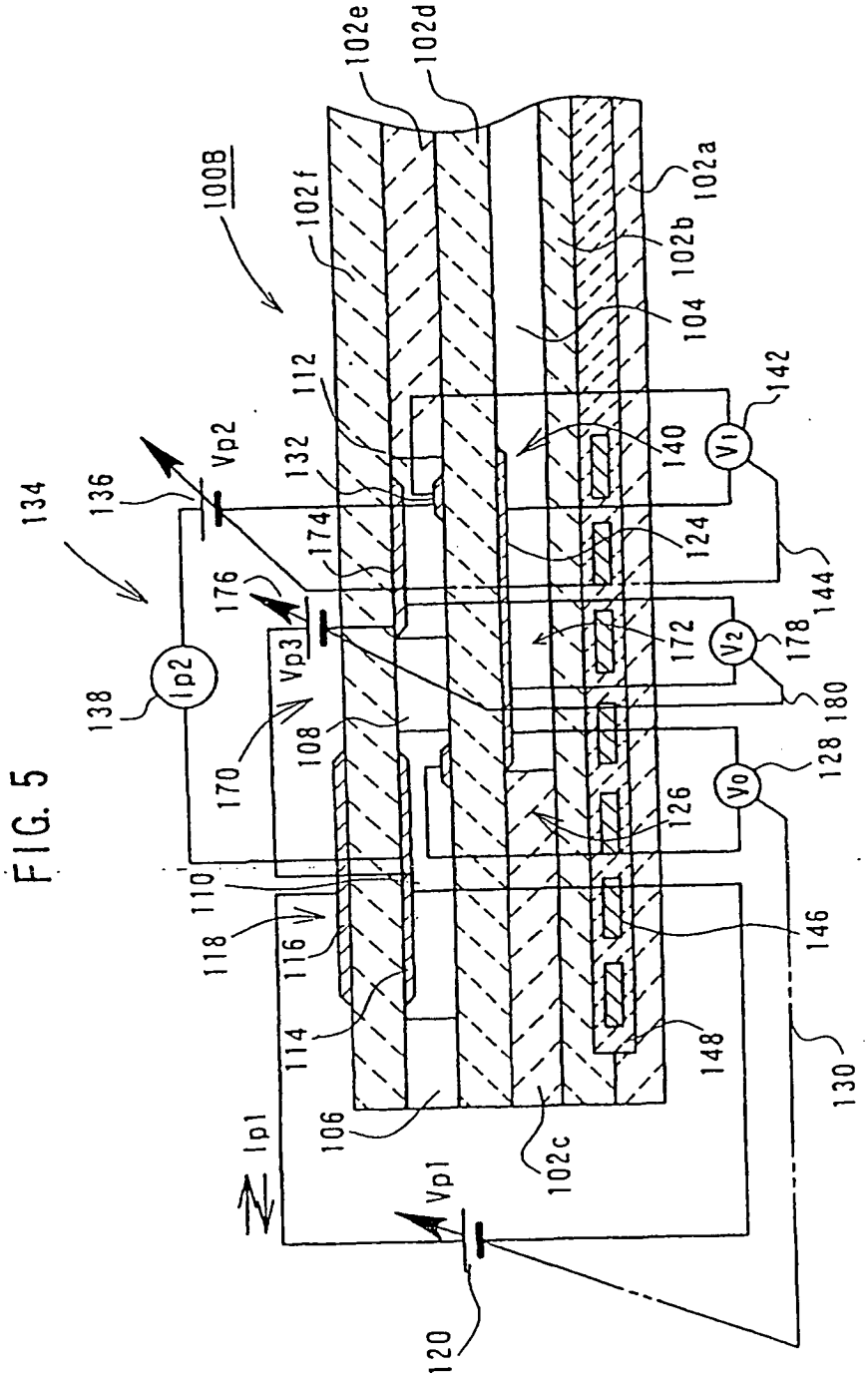

100B
102e
102d
102f
102a
102b
104
112
132
140
142
V1
124
144
134
136
Vp2
174
176
Vp3
172
V2
178
180
138
Ip2
170
108
128
V0
126
110
118
116
146
114
148
130
106
102c
Ip1
Vp1
120

FIG. 6

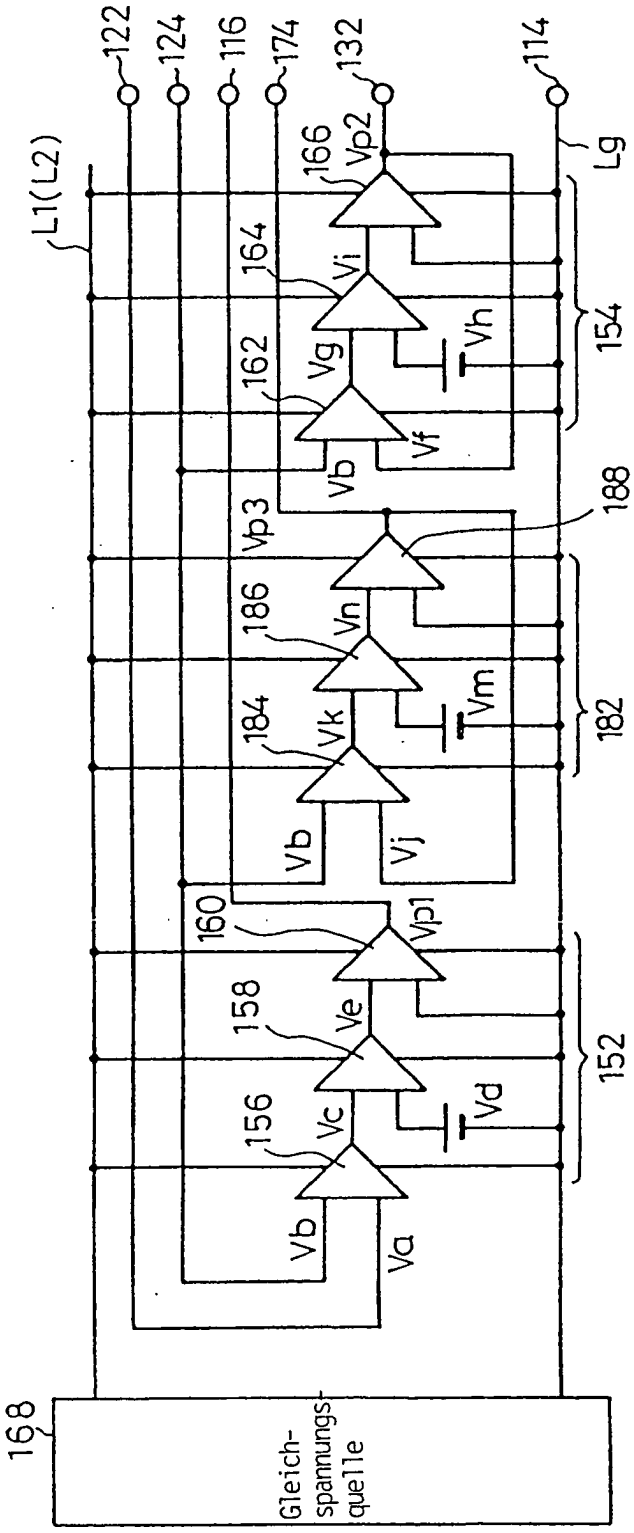

122
124
116
174
132
114
L1(L2)
166
Vp2
Lg
164
Vi
Vh
154
162
Vg
Vf
Vb
188
Vp3
186
Vn
Vm
182
184
Vk
Vj
160
Vp1
158
Ve
Vd
152
156
Vc
Va
168
Gleich-
spannungs-
quelle

FIG. 7

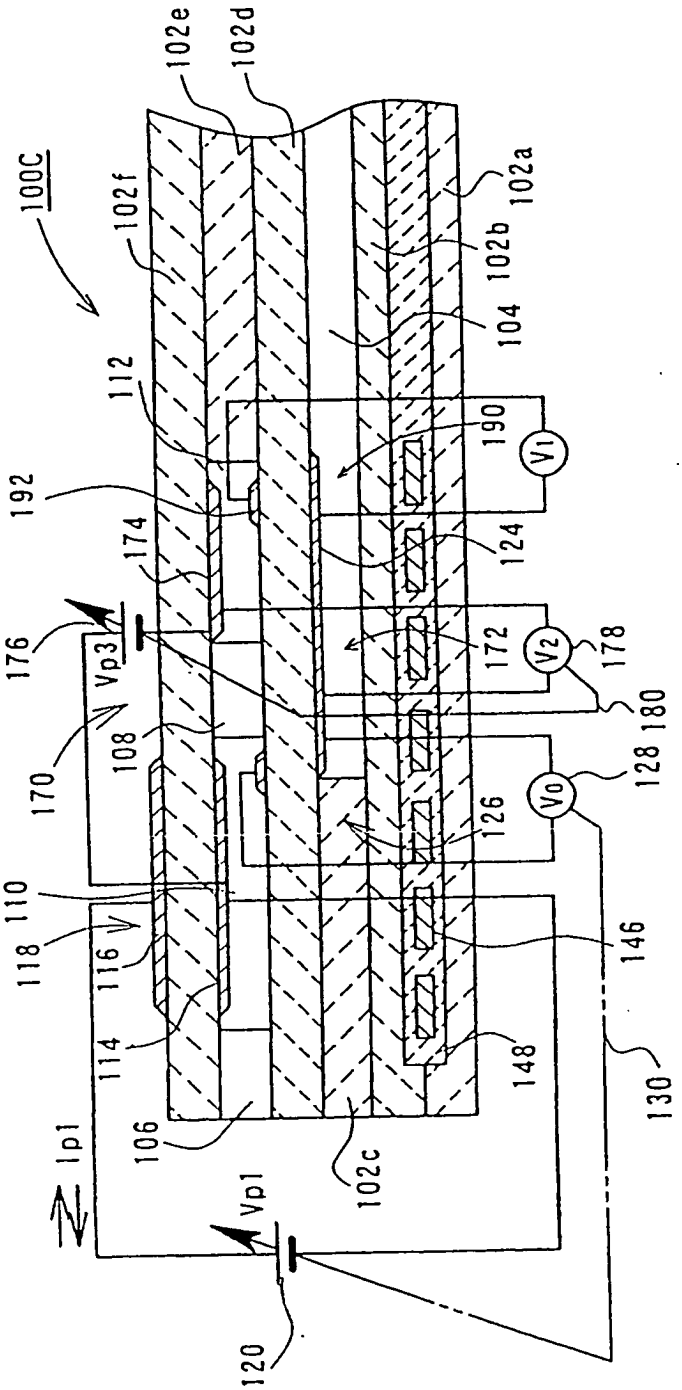

100C
102e
102d
102f
102a
102b
104
112
190
V1
192
174
124
176
Vp3
172
V2
178
180
108
170
128
V0
126
110
118
116
146
114
148
130
106
102c
Ip1
Vp1
120

FIG. 8

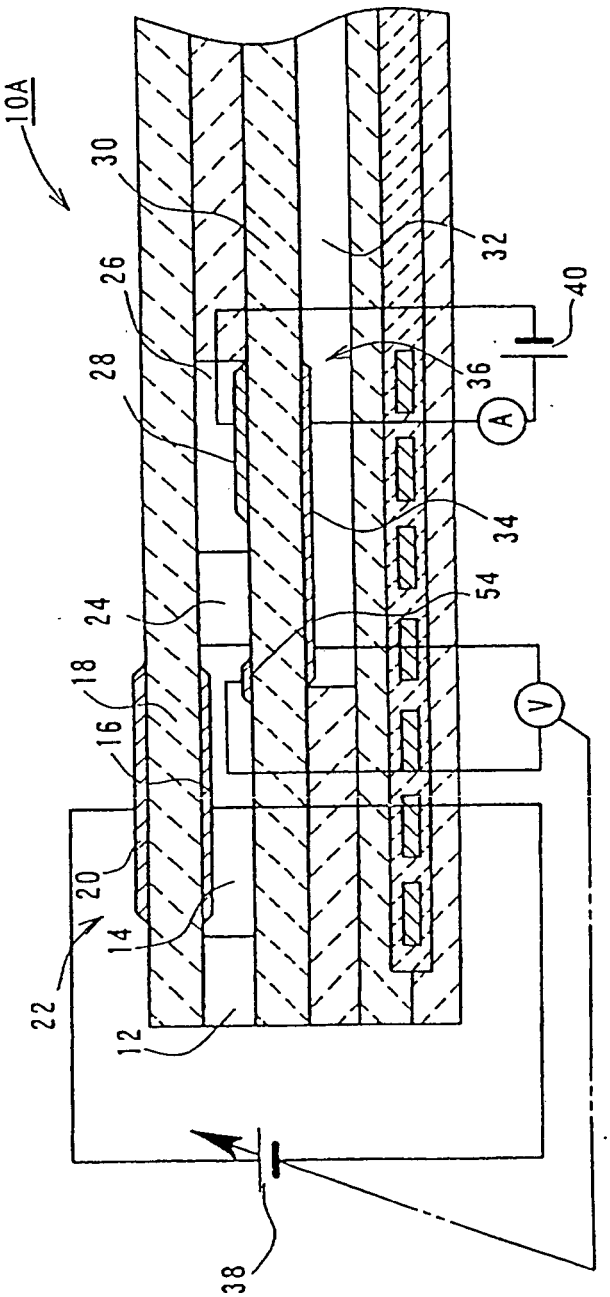


FIG. 9

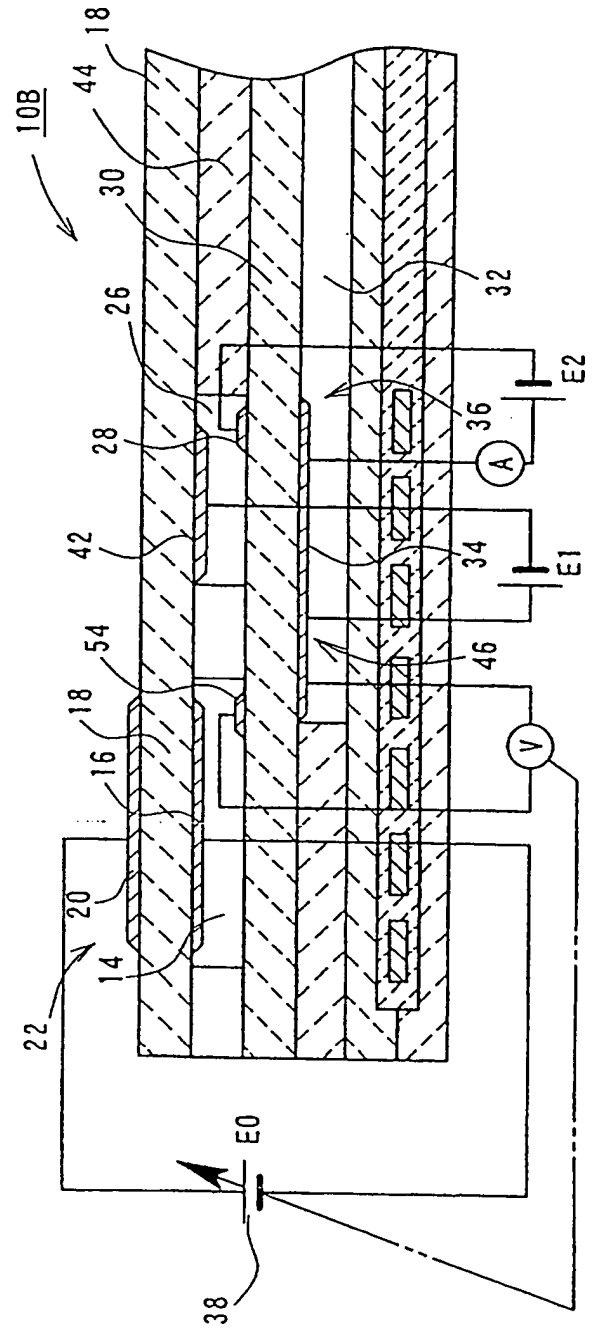


FIG. 10

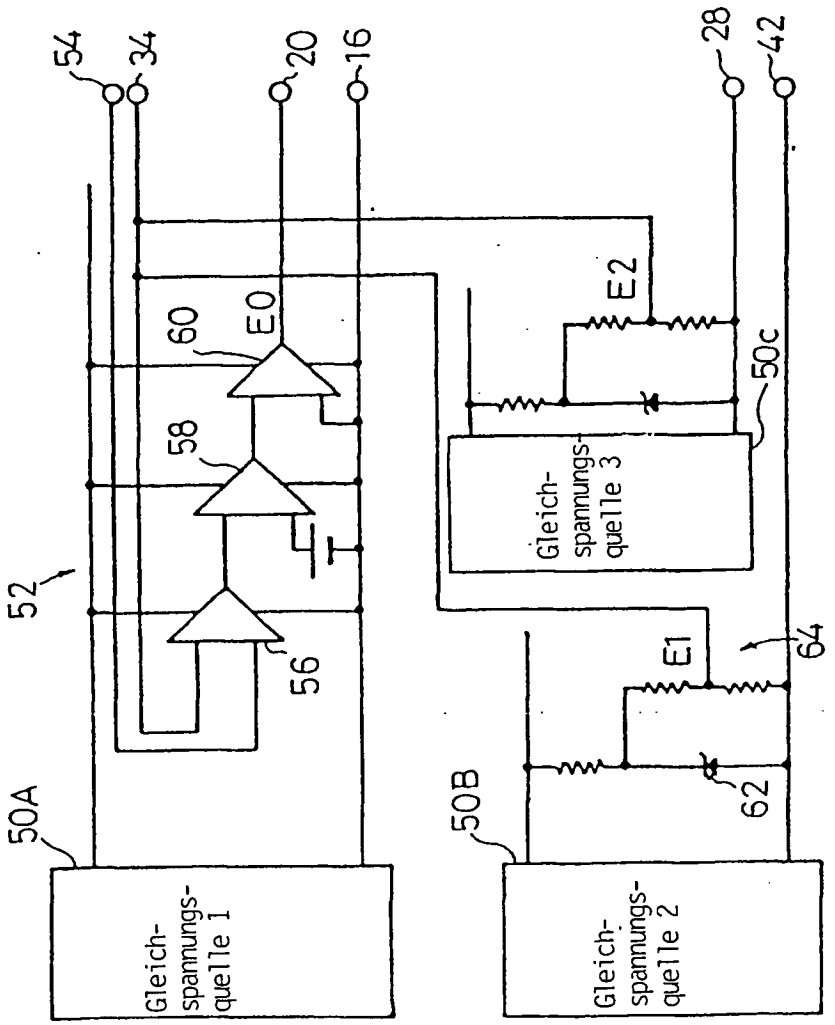

54
34
20
16
28
42
60
E0
58
52
56
E2
50c
Gleich-
spannungs-
quelle 3
E1
64
62
50A
50B
Gleich-
spannungs-
quelle 1
Gleich-
spannungs-
quelle 2

FIG.11

