



(10) DE 11 2016 003 882 B4 2024.03.21

(12)

## Patentschrift

- (21) Deutsches Aktenzeichen: 11 2016 003 882.8  
(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/JP2016/075136  
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2017/034037  
(86) PCT-Anmeldetag: 29.08.2016  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: 02.03.2017  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: 09.05.2018  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 21.03.2024

- (51) Int Cl.: **G01N 27/41 (2006.01)**  
**G01N 27/409 (2006.01)**  
**C04B 35/48 (2006.01)**  
**F01N 3/24 (2006.01)**  
**F01N 11/00 (2006.01)**

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

(30) Unionspriorität:  
2015-168050 27.08.2015 JP  
2016-113841 07.06.2016 JP

(73) Patentinhaber:  
**DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref.,**  
JP

(74) Vertreter:  
**KUHNEN & WACKER Patent- und**  
Rechtsanwaltsbüro PartG mbB, 85354 Freising,  
DE

(72) Erfinder:  
**Ujiyama, Tatsuki, Kariya-city, Aichi, JP; Suzuki,**  
**Yasufumi, Kariya-city, Aichi-pref., JP**

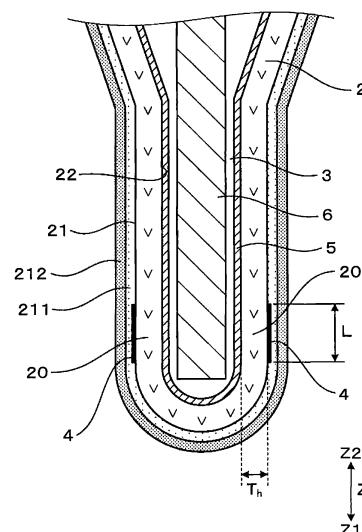
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 29 39 428 A1  
US 6 174 489 B1

### (54) Bezeichnung: **A/F-Sensor und Verfahren zu dessen Herstellung**

(57) Hauptanspruch: A/F-Sensor (1), der stromabwärts einer Abgasreinigungsvorrichtung (10) in einer Abgasströmung angeordnet ist, um ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases zu messen, aufweisend:  
einen becherförmigen Festelektrolytkörper (2), der an einem Spitzenende geschlossen und an einem Basisende geöffnet ist;  
eine Referenzgaskammer (3), die innerhalb des Festelektrolytkörpers ausgebildet ist, um ein Referenzgas einzuführen;  
eine Messelektrode (4), die auf einer Außenoberfläche (21) des Festelektrolytkörpers ausgebildet ist, um mit dem Abgas in Kontakt zu stehen;  
eine Referenzelektrode (5), die auf einer Innenoberfläche (22) des Festelektrolytkörpers ausgebildet ist, um mit dem Referenzgas in Kontakt zu stehen; und  
eine Heizvorrichtung (6), die in der Referenzgaskammer angeordnet ist, um den Festelektrolytkörper zu erwärmen, wobei:  
der Festelektrolytkörper aus Zirconiumdioxid hergestellt ist;  
der Festelektrolytkörper ein Erfassungsteil (20) beinhaltet, das zwischen der Messelektrode und der Referenzelektrode eingeschoben ist, um Sauerstoffionen zu leiten;  
das Erfassungsteil von der kubischen Phase 88 mol% oder

mehr aufweist; und  
der Anteil der kubischen Phase in dem Erfassungsteil 1 mol% oder mehr höher ist als in dem Rest des Festelektrolytkörpers.



**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Offenbarung betrifft einen A/F-Sensor zum Messen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses von Abgas und ein Verfahren zur Herstellung des A/F-Sensors.

## Stand der Technik

**[0002]** A/F-Sensoren zum Messen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses von Abgas sind erhältlich. Gewisse A/F-Sensoren weisen bekanntermaßen eine Konfiguration auf, die mit einem Festelektrolytkörper vorgesehen ist, der Sauerstoffionenleitfähigkeit aufweist (vergleiche PTL 1). Der Festelektrolytkörper ist zum Beispiel aus Zirconiumdioxid hergestellt und in eine Plattenform oder eine Becherform ausgebildet. Der Festelektrolytkörper weist eine erste Oberfläche auf, die mit einer Messelektrode vorgesehen ist, die mit dem Abgas in Kontakt steht. Der Festelektrolytkörper weist eine zweite Oberfläche auf, die mit einer Referenzelektrode vorgesehen ist, die mit einem Referenzgas wie beispielsweise atmosphärischer Luft in Kontakt steht.

**[0003]** Ein Teil des Festelektrolytkörpers bildet ein Erfassungsteil aus, das sandwichartig zwischen der Messelektrode und der Referenzelektrode eingefügt ist. Bei einem derartigen A/F-Sensor bewegen sich Sauerstoffionen ausgehend von der Referenzelektrode durch das Erfassungsteil zu der Messelektrode oder umgekehrt, wenn das Erfassungsteil auf eine Aktivierungstemperatur erwärmt wird. Ein Strom, der während der Sauerstoffionen-Bewegung erzeugt wird, wird gemessen, um eine Sauerstoffkonzentration in dem Abgas zu messen und ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis zu berechnen.

**[0004]** A/F-Sensoren werden für Maschinensteuersysteme, beispielsweise für Fahrzeuge, verwendet. Bei einem Maschinensteuersystem wird die Maschine auf Grundlage eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses geregelt, das durch den A/F-Sensor gemessen wird. Bei dieser Konfiguration wird das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases gesteuert und es wird sichergestellt, dass Schadstoffe in dem Abgas reduziert werden.

**[0005]** Ein derartiger A/F-Sensor ist an dem Abgasrohr einer Maschine angebracht. Das Abgasrohr ist mit einer Reinigungsvorrichtung zum Reinigen des Abgases vorgesehen. Der A/F-Sensor ist oft stromaufwärts der Reinigungsvorrichtung in der Abgasströmung vorgesehen.

**[0006]** Seit einigen Jahren ist eine Entwicklung im Gange, um Schadstoffe im Abgas weiter zu reduzieren. Zu diesem Zweck gilt es als effektiv, das Luft-Kraftstoff-Verhältnis von Abgas mit höherer Genauigkeit zu steuern. Zum Beispiel kann der A/F-Sensor nicht nur stromaufwärts, sondern auch stromabwärts der Reinigungsvorrichtung angeordnet sein. Unter Verwendung des stromabwärtig angeordneten A/F-Sensors kann das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases, das durch die Reinigungsvorrichtung durchgetreten ist, mit höherer Genauigkeit gesteuert werden. Entsprechend können Schadstoffe, die in dem Abgas enthalten sind, das durch die Reinigungsvorrichtung durchgetreten ist, weiter reduziert werden.

## Entgegenhaltungsliste

## Patentliteratur

**[0007]** PTL 1: JP 2014-122 878 A

**[0008]** US 6 174 489 B1 offenbart ein Verfahren zur Herstellung einer Gassensoreinheit. Das Verfahren dient zur Herstellung einer Sauerstoffsensoreinheit des Typs, der mindestens einen Formkörper aus einem Festelektrolyten, eine auf einer Innenfläche des Formkörpers vorgesehene und einem Referenzgas ausgesetzte innere Elektrode, eine auf einer Außenfläche des Formkörpers vorgesehene und einem zu messenden Gas ausgesetzte äußere Elektrode und eine poröse Schutzschicht, die die äußere Elektrode und einen an die äußere Elektrode angrenzenden Teil des Formkörpers bedeckt, umfasst. Der Festelektrolyt ist aus einem Gemisch aus Zirkoniumdioxid und einem Stabilisator dafür hergestellt und besteht aus einem gesinterten Produkt aus teilweise stabilisiertem Zirkoniumdioxid. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass das teilweise stabilisierte, gesinterte Zirkoniumdioxid nach einem Hochtemperatursinterverfahren erhalten wird, das mindestens den Schritt des Sinterns der Mischung bei einer Temperatur von 1200°C oder darüber für eine Dauer von 2 bis 6 Stunden umfasst, wobei ein Wert, der durch Integrieren einer Variation der Sintertemperatur mit der Dauer des Sinterverfahrens erhalten wird, im Bereich von 300 bis 1500°C pro Stunde liegt.

**[0009]** DE 29 39 428 A1 offenbart eine Sauerstoffmessfühlerkeramik eines Festelektrolyten des Zirkonium-oxid-Yttriumoxid-Systems, dadurch gekennzeichnet, dass sie Aggregate von kubischen Zirkoniomoxidkörnern mit einer Durchschnittsteilchengröße von 2 bis 10 µm und Aggregate von monoklinen Zirkoniomoxidkörnern mit einer Durchschnittsteilchengröße von 0,2 bis 1 µm enthält, wobei die Aggregate der kubischen Zirkoniomoxidkörner im gegenseitigen Kontakt sind und die monoklinen Zirkoniomoxidkörner als Aggregate in Zwischenräumen zwischen den Aggregaten der kubischen Zirkoniomoxidkörner verteilt sind.

#### Kurzfassung der Erfindung

#### Technisches Problem

**[0010]** Allerdings war es schwierig, mit den herkömmlichen stromabwärts angeordneten A/F-Sensoren ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit der erforderlichen hohen Messgenauigkeit zu erhalten. Genauer gesagt ist bei den A/F-Sensoren des herkömmlichen Stands der Technik ein elektrischer Widerstand der Erfassungssteile relativ hoch. Wenn die Erfassungssteile einen hohen elektrischen Widerstand aufweisen, neigt ein Wert eines Widerstands der Erfassungssteile dazu, zwischen A/F-Sensoren zu variieren. Entsprechend neigt ein Strom, der durch die Erfassungssteile fließt, dazu, zwischen A/F-Sensoren zu variieren, sodass es wahrscheinlich ist, dass die Messgenauigkeit eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses beeinträchtigt ist.

**[0011]** Die vorliegende Offenbarung weist eine Aufgabe auf, einen A/F-Sensor, der stromabwärts einer Reinigungsvorrichtung in einer Abgasströmung angeordnet ist und dazu in der Lage ist, ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases genauer zu messen, und ein Verfahren zur Herstellung des A/F-Sensors vorzusehen.

**[0012]** Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterentwicklungen sind Gegenstand der sich daran anschließenden Ansprüche.

#### Lösung zum Problem

**[0013]** Ein erster Aspekt der Technik der vorliegenden Offenbarung ist ein A/F-Sensor (1), der stromabwärts einer Abgasreinigungsvorrichtung (10) in einer Abgasströmung angeordnet ist, um ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases zu messen, wobei dieser beinhaltet: einen becherförmigen Festelektrolytkörper (2), der an einem Spitzende geschlossen und an einem Basisende geöffnet ist; eine Referenzgaskammer (3), die innerhalb des Festelektrolytkörpers ausgebildet ist, um ein Referenzgas einzuführen; eine Messelektrode (4), die auf einer Außenoberfläche (21) des Festelektrolytkörpers ausgebildet ist, um mit dem Abgas in Kontakt zu stehen; eine Referenzelektrode (5), die auf einer Innenoberfläche (22) des Festelektrolytkörpers ausgebildet ist, um mit dem Referenzgas in Kontakt zu stehen; und eine Heizvorrichtung (6), die in der Referenzgaskammer angeordnet ist, um den Festelektrolytkörper zu erwärmen. Bei dem A/F-Sensor ist der Festelektrolytkörper aus Zirconiumdioxid hergestellt; der Festelektrolytkörper beinhaltet ein Erfassungsteil (20), das zwischen der Messelektrode und der Referenzelektrode eingeschoben ist, um Sauerstoffionen zu leiten; und das Erfassungsteil weist von einer kubischen Phase 88 mol% oder mehr auf, und wobei der Anteil der kubischen Phase in dem Erfassungsteil 1 mol% oder mehr höher ist als in dem Rest des Festelektrolytkörpers.

**[0014]** Ein zweiter Aspekt der Technik der vorliegenden Offenbarung ist ein Verfahren zur Herstellung des A/F-Sensors beinhaltend: einen Schritt des Brennens eines ungesinterten Körpers (28) des Festelektrolytkörpers, um einen gesinterten Körper (29) zu produzieren; und einen Schritt des Anlegens eines Stroms über die Messelektrode und die Referenzelektrode, die auf dem gesinterten Körper ausgebildet sind, um den Anteil der kubischen Phase in dem Erfassungsteil auf 88 mol% oder mehr zu erhöhen.

#### Vorteilhafte Effekte der Erfindung

**[0015]** Im Ergebnis einer intensiven Studie zum Lösen der vorgenannten Probleme haben die vorliegenden Erfinder herausgefunden, dass der elektrische Widerstand des Erfassungssteils erheblich reduziert ist und eine Variation hinsichtlich des elektrischen Widerstands ebenfalls reduziert ist, wenn der Anteil der kubischen Phase des vorgenannten Erfassungssteils 88 mol% oder mehr beträgt. Genauer gesagt weist Zirconiumdioxid-Kristall eine kubische Phase (kann nachfolgend als C-Phase bezeichnet werden), eine monokline Phase (kann nachfolgend als M-Phase bezeichnet werden) und eine tetragonale Phase (kann nachfolgend als T-Phase bezeichnet werden) auf. M- und T-Phasen weisen einen hohen elektrischen Widerstand vor, aber eine C-Phase weist einen niedrigen elektrischen Widerstand vor. Entsprechend ist bei dem A/F-Sensor der vorliegenden Offenbarung der Betrag einer C-Phase in dem Erfassungsteil ausreichend erhöht, um den

elektrischen Widerstand des Erfassungsteils zu senken. So ist eine Variation hinsichtlich eines elektrischen Widerstands des Erfassungsteils reduziert und so ist eine Variation hinsichtlich eines Stroms, der durch das Erfassungsteil fließt, reduziert. Somit wird das Luft-Kraftstoff-Verhältnis von Abgas mit hoher Genauigkeit gemessen. Bei dem A/F-Sensor der vorliegenden Offenbarung wird ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis von Abgas mit hoher Genauigkeit gesteuert und Schadstoffe in dem Abgas werden weiter reduziert.

**[0016]** Bei dem zweiten Aspekt der Technik der vorliegenden Offenbarung werden die Schritte des Brennens und des Erregens durchgeführt.

**[0017]** Es ist schwierig, ein C-Phasenverhältnis bzw. einen Anteil der C-Phase des Erfassungsteils auf 88 mol% oder mehr zu erhöhen, indem lediglich der Brennschritt durchgeführt wird. Allerdings kann der Erregungsschritt, bei dem ein Strom über die Messelektrode und die Referenzelektrode angelegt wird, in einfacher Weise eine C-Phase in dem Erfassungsteil auf 88 mol% oder mehr erhöhen. So wird bei dem Verfahren zur Herstellung eines Sensors gemäß der vorliegenden Offenbarung der A/F-Sensor in einfacher Weise hergestellt.

**[0018]** Wie vorstehend beschrieben, kann die Technik der vorliegenden Offenbarung den A/F-Sensor, der stromabwärts der Reinigungsvorrichtung in der Abgasströmung angeordnet ist und dazu in der Lage ist, ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases genauer zu messen, und ein Verfahren zur Herstellung des A/F-Sensors vorsehen.

**[0019]** Es ist zu beachten, dass in Klammern stehende Bezugszeichen in den Ansprüchen und in der Lösung zum Problem eine Entsprechung zu spezifischen Mitteln in den Ausführungsformen angeben, welche später beschrieben werden. Diese Bezugszeichen sollen den technischen Umfang der vorliegenden Offenbarung nicht beschränken.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0020]** Es zeigt/es zeigen:

**Fig.** 1 eine vergrößerte Schnittansicht, welche einen Hauptabschnitt eines Festelektrolytkörpers gemäß einer ersten Ausführungsform veranschaulicht.

**Fig.** 2 eine Seitenansicht, welche den Festelektrolytkörper gemäß der ersten Ausführungsform veranschaulicht.

**Fig.** 3 eine Schnittansicht, welche einen A/F-Sensor gemäß der ersten Ausführungsform veranschaulicht.

**Fig.** 4 ein Diagramm, welches eine Anbringungsposition des A/F-Sensors gemäß der ersten Ausführungsform veranschaulicht.

**Fig.** 5 einen Satz von Diagrammen, welcher Schritte des Produzierens von Proben gemäß der ersten Ausführungsform veranschaulicht.

**Fig.** 6 einen Graphen, der eine Beziehung zwischen einem C-Phasenverhältnis eines Erfassungsteils und einem elektrischen Widerstand des Erfassungsteils gemäß einem ersten Versuchsbeispiel zeigt.

**Fig.** 7 einen Graphen, der eine XRD-Analyse des Erfassungsteils in einem 2θ-Bereich von 20 ° bis 90 ° gemäß dem ersten Versuchsbeispiel zeigt, wobei θ ein Röntgenstrahl- (Cu Kα) Einfallswinkel ist.

**Fig.** 8 einen Graphen, der eine Beziehung zwischen einem elektrischen Widerstand, einem C-Phasenverhältnis und einer Temperatur des Erfassungsteils gemäß einem zweiten Versuchsbeispiel zeigt.

**Fig.** 9 einen Graphen, der eine Beziehung zwischen einem elektrischen Widerstand, einem C-Phasenverhältnis und einer Fläche des Erfassungsteils gemäß einem dritten Versuchsbeispiel zeigt.

**Fig.** 10 einen Graphen, der eine Beziehung zwischen einem elektrischen Widerstand, einem C-Phasenverhältnis und einer Dicke des Erfassungsteils gemäß einem vierten Versuchsbeispiel zeigt.

**Fig.** 11 einen Graphen, der gemäß einem fünften Versuchsbeispiel für jede Ausfallwahrscheinlichkeit eine Beziehung zwischen einer Biegefestigkeit des Festelektrolytkörpers und einer Temperatur zeigt.

## Beschreibung der Ausführungsformen

**[0021]** Ein A/F-Sensor der vorliegenden Offenbarung ist auf einen fahrzeugeigenen Sensor zum Messen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses von Abgas anwendbar, das von einer Maschine des Fahrzeugs ausgestoßen wird.

## Erste Ausführungsform

**[0022]** Unter Bezugnahme auf die **Fig. 1** bis 5 wird eine Ausführungsform eines A/F-Sensors der vorliegenden Offenbarung beschrieben werden. In der folgenden Beschreibung bezeichnet der Begriff „Spitzenendseite“ „näher dem Spitzenende“ des A/F-Sensors in dessen axialer Richtung (Z1-Seite in einer Z-Richtung), das heißt, „näher dem Spitzenende“, bei dem der Sensor zu Abgas freigestellt ist, das ein zu messendes Gas ist. Der Begriff „Basisendseite“ bezeichnet „näher einem Ende gegenüber zu dem Spitzenende“ (Z2-Seite in der Z-Richtung). Wie in **Fig. 4** gezeigt wird, ist der A/F-Sensor 1 der vorliegenden Ausführungsform stromabwärts einer Reinigungsvorrichtung 10 in einer Strömung des Abgases g in einem Zirkulationspfad des Abgases g angeordnet. Die Reinigungsvorrichtung 10 reinigt das Abgas g. Der A/F-Sensor 1 ist vorgesehen, um ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases g zu messen.

**[0023]** Wie in **Fig. 3** gezeigt wird, beinhaltet der A/F-Sensor 1 einen Festelektrolytkörper 2 und eine Heizvorrichtung 6. Der Festelektrolytkörper 2 ist in eine Becherform ausgebildet, welche an einem Spitzenende geschlossen und an einem Basisende geöffnet ist. Eine Referenzgaskammer 3, in welche ein Referenzgas wie beispielsweise atmosphärische Luft eingeführt wird, ist auf der Innenseite des Festelektrolytkörpers 2 ausgebildet. Die Heizvorrichtung 6 ist in der Referenzgaskammer 3 angeordnet.

**[0024]** Wie in **Fig. 1** gezeigt wird, weist der Festelektrolytkörper 2 eine Außenoberfläche 21 auf, die mit einer Messelektrode 4 vorgesehen ist, die das Abgas g kontaktiert. Der Festelektrolytkörper 2 weist eine Innenoberfläche 22 auf, die mit einer Referenzelektrode 5 vorgesehen ist, die das Referenzgas kontaktiert.

**[0025]** Der Festelektrolytkörper 2 ist aus Zirconiumdioxid ( $ZrO_2$ ) hergestellt. Der Festelektrolytkörper 2 beinhaltet ein Erfassungsteil 20, das zwischen der Messelektrode 4 und der Referenzelektrode 5 eingeschoben ist und dazu konfiguriert ist, Sauerstoffionen dadurch zu leiten. Das Erfassungsteil 20 weist ein kubisches Phasenverhältnis von 88 mol% oder mehr auf.

**[0026]** Der A/F-Sensor 1 der vorliegenden Ausführungsform ist ein fahrzeugeigener Sensor zum Messen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses von Abgas, das von der Maschine des Fahrzeugs erzeugt wird.

**[0027]** Wie in **Fig. 2** gezeigt wird, beinhaltet der Festelektrolytkörper 2 einen Abschnitt 25 mit großem Durchmesser, bei dem der Durchmesser teilweise erhöht wird. Der Festelektrolytkörper 2 beinhaltet auch einen Abschnitt 23, welcher im Hinblick auf den Abschnitt 25 mit großem Durchmesser auf der Spitzenendseite (Z1-Seite in der Z-Richtung) positioniert ist und zu dem Abgas g freigestellt ist. Der Festelektrolytkörper 2 beinhaltet auch einen Ausgangsextraktor 24, welcher im Hinblick auf den Abschnitt 25 mit großem Durchmesser auf der Basisendseite (Z2-Seite in der Z-Richtung) positioniert ist. Der Ausgangsextraktor 24 ist nicht zu dem Abgas g freigestellt. Der Ausgangsextraktor 24 weist eine Außenoberfläche auf, auf welcher ein Anschlussabschnitt 42 ausgebildet ist. Die Messelektrode 4 und der Anschlussabschnitt 42 sind durch einen Leitungsabschnitt 41 miteinander verbunden.

**[0028]** Die Messelektrode 4 ist in eine ringförmige Form ausgebildet, um den Festelektrolytkörper 2 zu umgeben. Die Messelektrode 4 weist in der axialen Richtung (Z-Richtung) des Festelektrolytkörpers 2 eine Länge L (vergleiche **Fig. 1**) auf. Die Länge L ist auf 3 mm oder weniger eingestellt. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist die Referenzelektrode 5 so ausgebildet, dass diese die Innenoberfläche 22 des Festelektrolytkörpers 2 ganz abdeckt. Die Messelektrode 4 und die Referenzelektrode 5 sind aus Platin (Pt) hergestellt.

**[0029]** Wie in **Fig. 1** gezeigt wird, ist die Außenoberfläche 21 des Festelektrolytkörpers 2 mit einer Diffusionsschicht 211 und einer Fangschicht 212 vorgesehen. Die Diffusionsschicht 211 und die Fangschicht 212 decken die Messelektrode 4 ab. Die Diffusionsschicht 211 ist aus Aluminiumoxid, Magnesiumoxid und Spinell (Aluminiumoxid-Magnesiumoxid-Spinell) hergestellt und die Fangschicht 212 ist aus porösem Aluminiumoxid hergestellt. Das Abgas g kommt durch die Diffusionsschicht 211 und die Fangschicht 212 in Kontakt mit der Messelektrode 4. Die Diffusionsschicht 211 ist vorgesehen, um die Diffusionsrate des Abgases g zu steuern. Die Fangschicht 212 ist vorgesehen, um Giftstoffe in dem Abgas g zu fangen.

**[0030]** Bei dem A/F-Sensor 1 bewegen sich Sauerstoffionen von der Referenzelektrode 5 durch den Festelektrolytkörper 2 zu der Messelektrode 4, wenn das Erfassungsteil 20 durch die Heizvorrichtung 6 (vergleiche **Fig.** 3) auf eine Aktivierungstemperatur erwärmt wird und wenn das Abgas g fett ist. Wenn das Abgas g mager ist, bewegen sich Sauerstoffionen von der Messelektrode 4 zu der Referenzelektrode 5. Während der Bewegung von Sauerstoffionen wird sichergestellt, dass der A/F-Sensor 1 einen Strom misst, der zwischen der Messelektrode 4 und der Referenzelektrode 5 fließt, um eine Sauerstoffkonzentration in dem Abgas g zu messen und um das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases g zu berechnen.

**[0031]** Wie vorstehend beschrieben, beinhaltet das Erfassungsteil 20 des Festelektrolytkörpers 2 der vorliegenden Ausführungsform 88 mol% der C-Phase oder mehr. Der Rest des Festelektrolytkörpers 2 beinhaltet weniger als 88 mol% der C-Phase. Noch genauer gesagt beträgt die C-Phase 87 mol% oder weniger. Der Festelektrolytkörper 2 der vorliegenden Ausführungsform enthält 4,5 bis 6 mol% Yttriumoxid ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ).

**[0032]** Bei der vorliegenden Ausführungsform weist das Erfassungsteil 20 eine Fläche von 20 bis 40 mm<sup>2</sup> und eine Dicke Th von 0,5 bis 2 mm auf.

**[0033]** Es wird ein Verfahren zur Herstellung des Festelektrolytkörpers 2 beschrieben werden. Um den Festelektrolytkörper 2 herzustellen, werden Schritte unternommen, wie in **Fig.** 5 gezeigt wird. Bei dem vorliegenden Herstellungsverfahren werden zuerst ein  $\text{ZrO}_2$ -Pulver und ein  $\text{Y}_2\text{O}_3$ -Pulver miteinander vermischt und diese werden in eine Becherform ausgebildet, um dadurch einen ungesinterten Körper 28 des Festelektrolytkörpers 2 vorzubereiten. Anschließend wird der ungesinterte Körper 28 gebrannt (Brennschritt). Der resultierende gesinterte Körper 29 wird anschließend beschichtet, um eine Messelektrode 4 und eine Referenzelektrode 5 auszubilden. Danach wird die Oberfläche des gesinterten Körpers 29 zum Ausbilden einer Diffusionsschicht 211 mit Plasma besprührt und anschließend wird zum Ausbilden einer Fangschicht 212 ein Schlamm auf die Diffusionsschicht 211 aufgetragen, gefolgt von einem Trocknen und Brennen.

**[0034]** Bei dem gesinterten Körper 29 beträgt das C-Phasenverhältnis in der Gesamtheit des gesinterten Körpers 29 für gewöhnlich 87 mol% oder weniger. Der gesinterte Körper 29 kann zum Beispiel durch das folgende Verfahren ausgebildet werden. Genauer gesagt weist der resultierend ausgebildete gesinterte Körper 29 in der Gesamtheit ein C-Phasenverhältnis von 87 mol% auf, wenn der ungesinterte Körper 28 aus 94 %  $\text{ZrO}_2$  und 6 %  $\text{Y}_2\text{O}_3$  zusammengesetzt ist und ungefähr 24 Stunden lang bei 1100 °C gebrannt wird.

**[0035]** Anschließend ist bei dem vorliegenden Herstellungsverfahren eine Heizvorrichtung 6 in dem gesinterten Körper 29 angeordnet, um den gesinterten Körper 29 zu erwärmen, während über die Messelektrode 4 und die Referenzelektrode 5 ein Strom angelegt wird (Erregungsschritt). Bei dem Erregungsschritt wird über die Messelektrode 4 und die Referenzelektrode 5 zum Beispiel ein Strom von 260 mA angelegt, wobei die Temperatur des Erfassungsteils 20 auf 850 °C eingestellt ist. Diese Erregung erreicht eine Veränderung der Kristallstruktur des Erfassungsteils 20 und erhöht das C-Phasenverhältnis. Bei dem vorliegenden Herstellungsverfahren wird für eine vorgegebene Zeitspanne der Erregungsschritt durchgeführt, um in dem Erfassungsteil 20 ein C-Phasenverhältnis von 88 mol% oder mehr zu erreichen.

**[0036]** Wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases g unter Verwendung des A/F-Sensors 1 gemessen wird, wird das Erfassungsteil 20 durch die Heizvorrichtung 6 auf 600 bis 1000 °C erwärmt. Wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis gemessen wird, ist der Strom, der durch das Erfassungsteil 20 durchtritt, sehr klein (Stromfluss ist klein). Somit bleibt das C-Phasenverhältnis unverändert, während das Luft-Kraftstoff-Verhältnis gemessen wird. Im Gegensatz dazu wird die Temperatur des Erfassungsteils 20 bei dem Erregungsschritt auf 850 °C eingestellt und ein Strom, der größer ist als der beim Messen des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses, wird an das Erfassungsteil 20 angelegt (ein Strom von mehreren hundert mA). Eine Anlegung eines derart großen Stroms erreicht eine Veränderung der Kristallstruktur des Erfassungsteils 20 und erhöht das C-Phasenverhältnis.

**[0037]** Die folgende Beschreibung behandelt eine gesamte Struktur des A/F-Sensors 1. Wie in **Fig.** 3 gezeigt wird, beinhaltet der A/F-Sensor 1 den Festelektrolytkörper 2, ein Gehäuse 14, Drähte 15 (15a, 15b), einen Heizdraht 16, Abdeckungen 17 (17a, 17b), Atmosphärenabdeckungen 18 (18a bis 18c) und einen Dichtungsabschnitt 19. Der Festelektrolytkörper 2 ist innerhalb des Gehäuses 14 befestigt.

**[0038]** Von den zwei Drähten 15 (15a, 15b) ist ein erster Draht 15a elektrisch mit dem Anschlussabschnitt 42 (vergleiche **Fig.** 2) verbunden. Ein zweiter Draht 15b ist elektrisch mit der Referenzelektrode 5 verbunden, die auf einer Innenoberfläche des Ausgangsextraktors 24 ausgebildet ist. Der Heizdraht 16 ist elektrisch mit der Heizvorrichtung 6 verbunden.

**[0039]** Der Festelektrolytkörper 2 weist ein Spitzende auf, welches durch die zwei Abdeckungen 17 (17a, 17b) geschützt ist. Die Abdeckungen 17a, 17b sind mit entsprechenden Öffnungen 170 ausgebildet. Das Abgas g tritt durch die Öffnungen 170 in die Abdeckungen 17 ein.

**[0040]** Das Gehäuse 14 ist mit einer Schulter 140 in einem Abschnitt ausgebildet, der auf einer Basisendseite davon in der axialen Richtung (Z-Richtung) (Z2-Seite in der Z-Richtung) angeordnet ist. Die Schulter 140 ist mit einem Federelement 141 vorgesehen, das an einer Position angeordnet ist, die weiter hin zu der Spitzenendseite (Z 1-Seite in der Z-Richtung) angeordnet ist. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist die Schulter 140 gestaucht, um den Festelektrolytkörper 2 hin zu der Spitzenendseite in der axialen Richtung (Z-Richtung) zu drücken, wodurch der Abschnitt 25 mit großem Durchmesser gegen das Gehäuse 14 gedrückt wird. So wird das Abgas g daran gehindert, zwischen dem Abschnitt 25 mit großem Durchmesser und dem Gehäuse 14 auszutreten.

**[0041]** Die drei Atmosphärenabdeckungen 18 (18a, 18b, 18c) sind an entsprechenden Basisendseiten-Positionen des Gehäuses 14 in der axialen Richtung (Z-Richtung) vorgesehen. Die Atmosphärenabdeckungen 18b und 18c weisen einen Basisendseiten-Abschnitt auf, an dem der Dichtungsabschnitt 19 angeordnet ist. Die Drähte 15 und der Heizdraht 16 treten durch den Dichtungsabschnitt 19 durch. Bei der vorliegenden Ausführungsform sind die Atmosphärenabdeckungen 18b und 18c gestaucht, um den Dichtungsabschnitt 19 zu sichern. Die Atmosphärenabdeckungen 18b und 18c sind jeweils mit einem Durchflussabschnitt 180 vorgesehen. Bei der vorliegenden Ausführungsform wird die atmosphärische Luft als ein Referenzgas von außerhalb des A/F-Sensors 1 über diese Durchflussabschnitte 180 in die Referenzgaskammer 3 eingeführt.

**[0042]** Die folgende Beschreibung behandelt eine Anbringungsposition des A/F-Sensors 1. Wie in **Fig. 4** gezeigt wird, ist der A/F-Sensor 1 der vorliegenden Ausführungsform an einem Abgasrohr 12 montiert. Das Abgasrohr 12 ist mit einer Maschine 11 (einer Maschine mit interner Verbrennung) verbunden, wobei die Reinigungsvorrichtung 10, die das Abgas g reinigt, daran vorgesehen ist.

**[0043]** In dem Zirkulationspfad des Abgases g beinhaltet das Abgasrohr 12 einen stromaufwärtigen Abschnitt 12a, der die Reinigungsvorrichtung 10 mit der Maschine 11 verbindet, und einen stromabwärtigen Abschnitt 12b, der stromabwärts der Reinigungsvorrichtung 10 angeordnet ist. Der A/F-Sensor 1 ist an dem stromabwärtigen Abschnitt 12b des Abgasrohrs 12 montiert. Der stromaufwärtige Abschnitt 12a ist mit einem stromaufwärtig angeordneten Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor 8 montiert.

**[0044]** Der A/F-Sensor 1 und der stromaufwärtig angeordnete Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor 8 sind mit einer Steuerschaltung 13 verbunden. Wie vorstehend beschrieben, bilden bei der vorliegenden Ausführungsform der A/F-Sensor 1, der stromaufwärtig angeordnete Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor 8 und die Steuerschaltung 13 ein Maschinensteuersystem 100 zum Steuern der Maschine 11 aus.

**[0045]** Die Steuerschaltung 13 berechnet auf Grundlage eines Ausgangssignals des stromaufwärtig angeordneten Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors 8 ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases g stromaufwärts der Reinigungsvorrichtung 10. Die Steuerschaltung 13 berechnet auf Grundlage eines Ausgangssignals des A/F-Sensors 1 ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases g stromabwärts der Reinigungsvorrichtung 10. Die Steuerschaltung 13 führt unter Verwendung dieser gemessenen Luft-Kraftstoff-Verhältnisse über die Maschine 11 eine Rückkopplungssteuerung durch. Bei dem Maschinensteuersystem 100 der vorliegenden Ausführungsform wird die Maschine 11 auf Grundlage des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses, das durch den stromaufwärtig angeordneten Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor 8 gemessen wird, grob gesteuert. Auch wird die Maschine 11 auf Grundlage des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses, das durch den A/F-Sensor 1 gemessen wird, genau gesteuert. Im Ergebnis der Steuerung wird das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases g bei dem Maschinensteuersystem 100 genau gesteuert. So wird von dem A/F-Sensor 1 der vorliegenden Ausführungsform eine hohe Messgenauigkeit eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses gefordert.

**[0046]** Die Reinigungsvorrichtung 10 beinhaltet eine Wabenstruktur 101 und eine Katalysatorschicht, die auf der Oberfläche der Wabenstruktur 101 ausgebildet ist. Die Wabenstruktur 101 ist beispielsweise aus Kordierit hergestellt und weist eine Mehrzahl von Zellen auf, durch welche das Abgas g durchtritt. Die Katalysatorschicht enthält einen Edelmetallkatalysator wie beispielsweise einen aus Pt oder Palladium (Pd). Wenn dieses durch die Mehrzahl von Zellen durchtritt, kontaktiert das Abgas g den Edelmetallkatalysator. So wird sichergestellt, dass das Maschinensteuersystem 100 der vorliegenden Ausführungsform Schadstoffe wie beispielsweise NOx oder CO reinigt, die in dem Abgas g enthalten sind.

**[0047]** Es werden vorteilhafte Effekte des A/F-Sensors 1 der vorliegenden Ausführungsform beschrieben werden. Wie vorstehend beschrieben, ist in dem Erfassungsteil 20 des A/F-Sensors 1 der vorliegenden Ausführungsform das C-Phasenverhältnis auf 88 mol% oder mehr eingestellt. Bei dieser Konfiguration kann der A/F-Sensor 1 einen elektrischen Widerstand erheblich reduzieren und somit eine Variation hinsichtlich des elektrischen Widerstands des Erfassungsteils 20 in dem Festelektrolytkörper 2 reduzieren. Genauer gesagt beinhaltet Zirconiumdioxid-Kristall eine C-Phase, M-Phase und T-Phase. M- und T-Phasen weisen einen hohen elektrischen Widerstand vor, aber eine C-Phase weist einen niedrigen elektrischen Widerstand vor. Daher ist bei dem A/F-Sensor 1 der Betrag einer C-Phase in dem Erfassungsteil 20 ausreichend erhöht, wodurch der elektrische Widerstand des Erfassungsteils 20 abnimmt. So ist eine Variation hinsichtlich eines elektrischen Widerstands des Erfassungsteils 20 reduziert und eine Variation hinsichtlich eines Stroms, der durch das Erfassungsteil 20 fließt, ist reduziert. Folglich wird ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases g mit hoher Genauigkeit gemessen. So kann bei dem A/F-Sensor 1 der vorliegenden Ausführungsform ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases g mit hoher Genauigkeit gesteuert werden und Schadstoffe in dem Abgas g werden weiter reduziert.

**[0048]** Bei der vorliegenden Ausführungsform beträgt die Länge L (vergleiche **Fig. 1**) der Messelektrode 4 in der axialen Richtung des Festelektrolytkörpers 2 (Z-Richtung) 3 mm oder weniger.

**[0049]** So wird bei der vorliegenden Ausführungsform die Verwendungsmenge des Edelmetalls, das die Messelektrode 4 ausbildet, reduziert und die Kosten zum Herstellen des A/F-Sensors 1 sind reduziert. Wenn die Länge L klein hergestellt ist, neigt die Genauigkeit des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses dazu, abzunehmen. In dieser Hinsicht wird die Messgenauigkeit des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses gesteigert, da die Menge der C-Phase bei der vorliegenden Ausführungsform auf 88 mol% oder mehr eingestellt ist. So erreicht die vorliegende Ausführungsform sowohl eine Reduktion der Herstellungskosten des A/F-Sensors 1 als auch eine Verbesserung der Messgenauigkeit eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses.

**[0050]** Ferner beinhaltet das Erfassungsteil 20 des Festelektrolytkörpers 2 der vorliegenden Ausführungsform bei einem Verhältnis, das um 1 mol% oder mehr höher ist als in dem Rest des Festelektrolytkörpers 2, eine C-Phase.

**[0051]** So wird bei der vorliegenden Ausführungsform in einfacher Weise der Festelektrolytkörper 2 hergestellt. Das heißt, wenn der Festelektrolytkörper 2 hergestellt wird, wird der ungesinterte Körper 28 (vergleiche **Fig. 5**) gebrannt, wie vorstehend beschrieben wird, um den gesinterten Körper 29 zu produzieren. Allerdings ist es schwierig, einen gesinterten Körper 29 mit einem C-Phasenverhältnis von 88 mol% oder mehr zu produzieren. Es ist relativ einfach, einen gesinterten Körper 29 mit einem C-Phasenverhältnis von 87 mol% oder weniger zu produzieren. Entsprechend wird bei der vorliegenden Ausführungsform zum Beispiel ein gesinteter Körper 29 mit einem C-Phasenverhältnis von 87 mol% produziert und anschließend wird der Erregungsschritt durchgeführt, um dadurch eine C-Phase in dem Erfassungsteil 20 um 1 mol% oder mehr zu erhöhen. So wird bei der vorliegenden Ausführungsform ein Festelektrolytkörper 2, der ein Erfassungsteil 20 mit einem C-Phasenverhältnis von 88 mol% oder mehr aufweist, in einfacher Weise hergestellt.

**[0052]** Wenn eine C-Phase von 87 mol% auf 88 mol% oder mehr erhöht wird, wie später beschrieben wird, wird ein elektrischer Widerstand des Erfassungsteils 20 erheblich reduziert (vergleiche **Fig. 6**). Entsprechend wird ein elektrischer Widerstand des Erfassungsteils 20 erheblich reduziert, falls ein C-Phasenverhältnis des Erfassungsteils 20 von 87 mol%, das heißt das Verhältnis in dem Rest des Festelektrolytkörpers 2, um 1 mol% oder mehr erhöht wird.

**[0053]** Der Festelektrolytkörper 2 der vorliegenden Ausführungsform enthält 4,5 bis 6 mol%  $\text{Y}_2\text{O}_3$ . Bei dem A/F-Sensor 1 mit dieser Konfiguration wird der Festelektrolytkörper 2 einen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, der im Wesentlichen gleich dem der Diffusionsschicht 211 (vergleiche **Fig. 1**) und dem des porösen Aluminiumoxids ist, das die Fangschicht 212 ausbildet. So ist es bei der vorliegenden Ausführungsform unwahrscheinlich, dass Wärmebelastung auf den Festelektrolytkörper 2 angewendet wird, wenn dieser durch die Heizvorrichtung 6 erwärmt wird.

**[0054]** In dem Erfassungsteil 20 der vorliegenden Ausführungsform beträgt das C-Phasenverhältnis vorzugsweise 95 mol% oder weniger.

**[0055]** Wenn der Festelektrolytkörper 2 hergestellt wird, nimmt das C-Phasenverhältnis mit der Zunahme des Stroms, der an das Erfassungsteil 20 angelegt wird, zu. Allerdings wird beim Versuch, eine C-Phase von

95 mol% oder mehr zu erreichen, ZrO<sub>2</sub> zu Zirconium (Zr) reduziert. Daher beträgt das C-Phasenverhältnis vorzugsweise 95 mol% oder weniger.

**[0056]** Wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases g gemessen wird, wird sichergestellt, dass der A/F-Sensors 1 der vorliegenden Ausführungsform das Erfassungsteil 20 unter Verwendung der Heizvorrichtung 6 auf 600 bis 1000 °C erwärmt.

**[0057]** Falls die Temperatur des Erfassungsteils 20 weniger als 600 °C beträgt, wird der elektrische Widerstand des Erfassungsteils 20 nicht ausreichend reduziert, wie später beschrieben wird. Das Erfassungsteil 20, dessen Temperatur 1000 °C überschreitet, wird einen Zustand schaffen, in dem die Temperatur exzessiv hoch ist, und somit wird die Festigkeit des Festelektrolytkörpers 2 in einfacher Weise abnehmen. Ferner wird ein Leistungsverbrauch der Heizvorrichtung 6 exzessiv hoch sein, falls die Temperatur des Erfassungsteils 20 1000 °C überschreitet. Daher weist das Erfassungsteil 20 vorzugsweise eine Temperatur von 600 bis 1000 °C auf, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis gemessen wird. Es ist weiter vorzuziehen, dass eine Temperatur des Erfassungsteils 20 zu dem Zeitpunkt, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis gemessen wird, 650 bis 800 °C beträgt.

**[0058]** Bei der vorliegenden Ausführungsform ist die Fläche des Erfassungsteils 20 (die Fläche der Messelektrode 4) auf 40 mm<sup>2</sup> oder weniger eingestellt. Das Erfassungsteil 20, dessen Fläche 40 mm<sup>2</sup> überschreitet, wird einen Zustand schaffen, in dem die Fläche exzessiv groß ist, und daher wird die Menge des Edelmetalls, das zum Ausbilden der Messelektrode 4 verwendet wird, in einfacher Weise zunehmen. So neigen die Herstellungskosten des A/F-Sensors 1 dazu, zu steigen. Entsprechend beträgt die Fläche des Erfassungsteils 20 vorzugsweise 40 mm<sup>2</sup> oder weniger.

**[0059]** Bei der vorliegenden Ausführungsform ist die Fläche des Erfassungsteils 20 (die Fläche der Messelektrode 4) derart eingestellt, dass diese 20 mm<sup>2</sup> oder mehr beträgt. Da eine Fläche zwischen Messelektroden 4 (Variation hinsichtlich der Herstellung) variiert, wird das Reduzieren der Fläche auf 20 mm<sup>2</sup> oder weniger dazu führen, dass der Einfluss der Variation zunimmt. Daher wird eine Variation hinsichtlich eines elektrischen Widerstands in dem Erfassungsteil 20 zunehmen und eine Messgenauigkeit eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses wird in einfacher Weise beeinträchtigt werden. Aus diesem Grund ist die Fläche des Erfassungsteils 20 vorzugsweise auf 20 mm<sup>2</sup> oder mehr eingestellt.

**[0060]** Bei der vorliegenden Ausführungsform ist die Dicke Th des Erfassungsteils 20 auf 2 mm oder weniger eingestellt. Das Erfassungsteil 20, dessen Dicke 2 mm überschreitet, wird einen Zustand schaffen, in dem der elektrische Widerstand des Erfassungsteils 20 exzessiv hoch ist, und daher wird eine Messgenauigkeit eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses in einfacher Weise beeinträchtigt werden. Entsprechend ist die Dicke Th des Erfassungsteils 20 vorzugsweise auf 2 mm oder weniger eingestellt.

**[0061]** Bei der vorliegenden Ausführungsform ist die Dicke Th des Erfassungsteils 20 auf 0,5 mm oder mehr eingestellt. Das Erfassungsteil 20, dessen Dicke Th weniger als 0,5 mm beträgt, wird einen Zustand schaffen, in dem die Festigkeit des Erfassungsteils 20 in einfacher Weise abnimmt, wie später beschrieben wird. Entsprechend ist die Dicke Th des Erfassungsteils 20 vorzugsweise auf 0,5 mm oder mehr eingestellt.

**[0062]** Bei der vorliegenden Ausführungsform werden der Brennschritt und der Erregungsschritt durchgeführt, wenn der A/F-Sensor 1 hergestellt wird. Bei dem Brennschritt wird ein ungesinterter Körper 28 (vergleiche **Fig. 5**) des Festelektrolytkörpers 2 gebrannt, um einen gesinterten Körper 29 zu produzieren. Bei dem Erregungsschritt wird ein Strom über die Messelektrode 4 und die Referenzelektrode 5 angelegt, die auf dem gesinterten Körper 29 ausgebildet sind, um ein C-Phasenverhältnis in dem Erfassungsteil 20 von 88 mol% oder mehr zu erreichen. So wird der Festelektrolytkörper 2 ausgebildet.

**[0063]** Auf diese Weise wird bei der vorliegenden Ausführungsform der Erregungsschritt durchgeführt, um in einfacher Weise ein C-Phasenverhältnis des Erfassungsteils 20 zu erhöhen. Entsprechend wird bei dem Herstellungsverfahren der vorliegenden Ausführungsform in einfacher Weise der Festelektrolytkörper 2 hergestellt.

**[0064]** Es ist eher vorzuziehen, dass ein C-Phasenverhältnis des Erfassungsteils 20 auf 88,5 mol% oder mehr eingestellt ist. Ein C-Phasenverhältnis von 88,5 mol% oder mehr kann eine Variation hinsichtlich eines elektrischen Widerstands des Erfassungsteils 20 (vergleiche **Fig. 6**) weiter reduzieren.

**[0065]** Wie vorstehend beschrieben, sieht die vorliegende Ausführungsform den A/F-Sensor 1 und das Verfahren zur Herstellung des A/F-Sensors 1 vor. Der A/F-Sensor 1 ist stromabwärts der Reinigungsvorrichtung 10 in der Abgasströmung angeordnet und ist dazu in der Lage, das Luft-Kraftstoff-Verhältnis von Abgas genauer zu messen.

#### Erstes Versuchsbeispiel

**[0066]** Es wurde ein Versuch durchgeführt, um vorteilhafte Effekte des A/F-Sensors 1 der vorliegenden Ausführungsform zu bestätigen. Zuerst wurden bei dem vorliegenden Versuch fünf Arten von Proben des A/F-Sensors 1 (die Proben 1 bis 5) produziert. Diese Proben wiesen unterschiedliche C-Phasenverhältnisse in dem Erfassungsteil 20 auf, wie in der untenstehenden Tabelle 1 gezeigt wird. Anschließend wurde für jede Probe der elektrische Widerstand des Erfassungsteils 20 gemessen. Auf Grundlage der Messungen des vorliegenden Versuchs wurde eine Beziehung zwischen einem C-Phasenverhältnis und einer Variation des elektrischen Widerstands studiert.

Tabelle 1

	1te Erre-gungszeit (s)	2te Erre-gungszeit (s)	C-Phasenver-hältnis (%)	Durchschnitt des elektri-schen Wider-stands ( $\Omega$ ) bei 700°C	$3\sigma (\Omega)$ des elektrischen Widerstands bei 700°C	Anzahl der Proben
Probe 1	0	0	86	429,6	29,5	5
Probe 2	0	0	87	401,2	26,7	5
Probe 3	15	15	87,5	269,3	18,6	5
Probe 4	20	20	88	49,5	8,2	5
Probe 5	25	25	88,5	32,1	6,4	5

**[0067]** Zuerst wird das Verfahren zum Produzieren der Proben beschrieben werden. Zum Produzieren jeder der Proben 1 bis 5 wurden zuerst ein  $ZrO_2$ -Pulver und ein  $Y_2O_3$ -Pulver miteinander vermischt und anschließend in eine Becherform ausgebildet, wodurch ein ungesinterter Körper 28 (vergleiche Fig. 5) eines Festelektrolytkörpers 2 vorbereitet wurde. Es wurde sichergestellt, dass der ungesinterte Körper 28 aus 94 mol%  $ZrO_2$  und 6 mol%  $Y_2O_3$  zusammengesetzt ist.

**[0068]** Nachfolgend wurde bei diesem Proben-Produktionsverfahren ein Brennschritt durchgeführt. Für die Proben 2 bis 5 wurde der ungesinterte Körper 28 24 Stunden lang bei einer Temperatur von 1100 bis 1185 °C gebrannt. Für Probe 1 wurde der ungesinterte Körper 28 6 Stunden lang bei der gleichen Temperatur gebrannt. So wurden gesinterte Körper 29 vorbereitet. Wenn der Brennschritt unter den vorgenannten Bedingungen durchgeführt wurde, wies der gesinterte Körper 29 von Probe 1 ein C-Phasenverhältnis von 86 mol% auf. Die gesinterten Körper 29 der Proben 2 bis 5 wiesen ein C-Phasenverhältnis von 87 mol% auf.

**[0069]** Bei dem Produktionsverfahren wurden durch Beschichtung nach dem Brennen jedes ungesinterten Körpers 28 eine Messelektrode 4 und eine Referenzelektrode 5 ausgebildet. Danach wurde auf einer Oberfläche jedes gesinterten Körpers 29 durch Besprühen mit Plasma die Diffusionsschicht 211 ausgebildet und anschließend wurde ein Schlamm, der als eine Fangschicht 212 dient, auf die Oberfläche des gesinterten Körpers 29 aufgetragen, gefolgt von einem Trocknen und Brennen.

**[0070]** Für die Proben 1 und 2 wurde der gesinterte Körper 29, so wie er ist, als Festelektrolytkörper 2 verwendet, wobei der Erregungsschritt weglassen wurde. Für die Proben 3 bis 5 wurde der Erregungsschritt für den gesinterten Körper 29 durchgeführt. Auf diese Weise wurde das C-Phasenverhältnis jedes Erfassungsteils 20 bei dem Proben-Produktionsverfahren gesteuert. Zum Beispiel wurde der gesinterte Körper 29 von Probe 5 unter Verwendung der Heizvorrichtung 6 auf 850 °C erwärmt, während 25 Sekunden lang ein Strom von 260 mA über die Messelektrode 4 und die Referenzelektrode 5 angelegt wurde (1ste Erregung), gefolgt davon, dass bei der gleichen Temperatur 25 Sekunden lang ein Strom von 260 mA angelegt wurde, wobei die Stromrichtung umgekehrt war (2te Erregung). Anschließend wurde Probe 5 durch die Heizvorrichtung 6 fünf Minuten lang bei 850 °C erwärmt, ohne dass ein Strom angelegt wurde. Wenn der Erregungsschritt unter diesen Bedingungen durchgeführt wurde, wurde das C-Phasenverhältnis des Erfassungsteils 20 aufgrund des Stroms auf 88,5 % erhöht. So wurde Probe 5 produziert. Für die Proben 3 und 4 waren die

Temperatur und der Strom auf die gleichen Werte eingestellt wie die der Probe 5 und Stromanlegungs-Zeitspannen waren auf die Werte eingestellt, die in Tabelle 1 gezeigt werden. So wurden die Proben 3 und 4 produziert.

**[0071]** Nachdem bei dem vorliegenden Versuch die Proben 1 bis 5 produziert wurden, wurde das C-Phasenverhältnis des Erfassungsteils 20 jeder Probe unter Verwendung eines Röntgenbeugungsverfahrens (XRD) gemessen. Für die Messungen wurde ein Röntgenstrahl ( $\text{Cu K}\alpha$ ) mit einer Wellenlänge von  $0,15418 \text{ nm}$  verwendet. Anschließend wurde das Erfassungsteil 20 jeder der Proben 1 bis 5 mit dem Röntgenstrahl bestrahlt und eine Beugungsintensität gemessen, während der Einfallswinkel  $\theta$  von  $2\theta = 20$  zu  $90^\circ$  verändert wurde. Im Ergebnis wurden bei vorgegebenen Winkeln  $2\theta$  Spitzenwerte von C-, M- und T-Phasen-Kristallebenen ausgebildet, wie in **Fig. 7** gezeigt wird.

**[0072]** Anschließend wurden bei dem vorliegenden Versuch die Intensitäten der Spitzenwerte von C-, M- und T-Phasen-Kristallebenen gemessen und Phasenverhältnisse des Erfassungsteils 20 wurden unter Verwendung der folgenden Ausdrücke [1] bis [3] berechnet. In den folgenden Ausdrücken gibt  $m$  die Intensität eines Spitzenwerts der M-Phase an,  $t$  gibt die Intensität eines Spitzenwerts der T-Phase an,  $c$  gibt die Intensität eines Spitzenwerts der C-Phase an und ein in Klammern stehender numerischer Wert gibt den Miller-Index der Kristallebene an.  $M$  zeigt das M-Phasenverhältnis an,  $T$  zeigt das T-Phasenverhältnis an und  $C$  zeigt das C-Phasenverhältnis an.

$$M = \{m(111) + m(-111)\} / \{m(111) + m(-111) + t(111) + c(111)\} \times 100 \quad [1]$$

$$T = (100 - M) \times \{t(400) + t(004)\} / \{t(400) + t(004) + c(400)\} \quad [2]$$

$$C = (100 - M) \times c(400) / \{t(400) + t(004) + c(400)\} \quad [3]$$

**[0073]** Bei dem vorliegenden Versuch wurde nach einer Messung von dessen C-Phasenverhältnis ein elektrischer Widerstand des Erfassungsteils 20 gemessen. Der elektrische Widerstand des Erfassungsteils 20 wurde in einem Zustand gemessen, in dem das Erfassungsteil 20 durch die Heizvorrichtung 6 auf  $700^\circ\text{C}$  erwärmt wurde. Durchschnitt und  $3\sigma$  der elektrischen Widerstände, die aus Messungen bei dem vorliegenden Versuch resultieren, werden in Tabelle 1 gezeigt. **Fig. 6** zeigt eine Beziehung zwischen einem C-Phasenverhältnis und einem elektrischen Widerstand. Bei dem vorliegenden Versuch betrug die Fläche des Erfassungsteils 20  $28,26 \text{ mm}^2$  und dessen Dicke betrug  $0,5 \text{ mm}$ . Die Dicke der Messelektrode 4 betrug  $1,6 \mu\text{m}$ .

**[0074]** **Fig. 6** ist ein Graph, dessen horizontale Achse ein C-Phasenverhältnis darstellt und dessen vertikale Achse einen elektrischen Widerstand darstellt. In **Fig. 6** ist eine Beziehung zwischen einem C-Phasenverhältnis und einem elektrischen Widerstand eingezeichnet, wobei maximale und minimale Werte des elektrischen Widerstands durch Fehlerbalken angezeigt werden. Messungen des vorliegenden Versuchs werden in **Fig. 6** gezeigt. Wie aus **Fig. 6** ersichtlich ist, ist ein elektrischer Widerstand ausreichend niedrig, wenn ein C-Phasenverhältnis des Erfassungsteils 20 88 mol% oder mehr beträgt und eine Variation hinsichtlich eines elektrischen Widerstands klein ist. So ist aus den Messungen des vorliegenden Versuchs erkennbar, dass eine Verwendung des A/F-Sensors 1, der das Erfassungsteil 20 aufweist, dessen C-Phasenverhältnis 88 mol% oder mehr beträgt, eine Variation hinsichtlich des Stroms reduziert, der durch das Erfassungsteil 20 fließt, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis gemessen wird, und das Luft-Kraftstoff-Verhältnis genau gemessen werden kann. Entsprechend ist erkennbar, dass der A/F-Sensor 1 der vorliegenden Ausführungsform das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases g genau steuern und Schadstoffe in dem Abgas g reduzieren kann.

### Zweites Versuchsbeispiel

**[0075]** Es wurde ein Versuch durchgeführt, um eine Beziehung zwischen einer Temperatur und einem elektrischen Widerstand des Erfassungsteils 20 des A/F-Sensors 1 zu bestätigen. Zuerst wurden bei dem vorliegenden Versuch mehrere Proben des A/F-Sensors 1 durch Schritte produziert, die denen des ersten Versuchsbeispiels ähneln. Bei den jeweiligen Proben waren C-Phasenverhältnisse des Erfassungsteils 20 auf 85, 85,5, 86, 86,5, 87, 87,5, 88, 88,5 und 89 mol% eingestellt. Diese Proben wurden durch die Heizvorrichtung 6 auf  $500^\circ\text{C}$ ,  $600^\circ\text{C}$ ,  $700^\circ\text{C}$ ,  $800^\circ\text{C}$ ,  $900^\circ\text{C}$  und  $1000^\circ\text{C}$  erwärmt und bei jeder Temperatur wurde ein elektrischer Widerstand des Erfassungsteils 20 gemessen. Bei jeder Probe waren Fläche und Dicke des Erfassungsteils 20 jeweils auf  $28,26 \text{ mm}^2$  bzw.  $0,5 \text{ mm}$  eingestellt.

**[0076]** Messungen des vorliegenden Versuchs werden in **Fig. 8** gezeigt. Wie in **Fig. 8** gezeigt wird, ist der elektrische Widerstand des Erfassungsteils 20 ungeachtet des C-Phasenverhältnisses hoch, wenn eine Temperatur des Erfassungsteils 20 500 °C beträgt. Wenn eine Temperatur des Erfassungsteils 20 600 °C oder mehr beträgt und ein C-Phasenverhältnis 88 mol% oder mehr beträgt, wird ein elektrischer Widerstand des Erfassungsteils 20 erheblich reduziert.

**[0077]** Wie aus **Fig. 8** ersichtlich ist, ist ein elektrischer Widerstand des Erfassungsteils 20 zwischen 900 °C und 1000 °C im Wesentlichen der gleiche. Aus den Messungen des vorliegenden Versuchs ist erkennbar, dass ein elektrischer Widerstand nicht mehr reduziert wird, falls das Erfassungsteil 20 auf 1000 °C oder mehr erwärmt wird. Wie vorstehend beschrieben, neigt das Erfassungsteil 20 dazu, seine Festigkeit zu verringern und die Heizvorrichtung 6 neigt dazu, einen Leistungsverbrauch zu erhöhen, wenn das Erfassungsteil 20 auf 1000 °C oder mehr erwärmt wird. Daher ist eine Temperatur des Erfassungsteils 20 vorzugsweise auf 1000 °C oder weniger eingestellt, wenn ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis gemessen wird.

#### Drittes Versuchsbeispiel

**[0078]** Es wurde ein Versuch durchgeführt, um eine Beziehung zwischen einer Fläche und einem elektrischen Widerstand des Erfassungsteils 20 des A/F-Sensors 1 zu bestätigen. Zuerst wurden bei dem vorliegenden Versuch mehrere Proben des A/F-Sensors 1 durch Schritte produziert, die denen des ersten Versuchsbeispiels ähneln. Bei den Proben wurden C-Phasenverhältnisse und Flächen des Erfassungsteils 20 wie folgt bestimmt. Wie bei den zweiten Versuchsbeispielen waren die C-Phasenverhältnisse der Proben jeweils auf 85, 85,5, 86, 86,5, 87, 87,5, 88, 88,5 und 89 mol% eingestellt. Flächen des Erfassungsteils 20 waren auf 20, 25, 28, 30 und 40 mm<sup>2</sup> eingestellt. Das Erfassungsteil 20 jeder Probe wurde durch die Heizvorrichtung 6 auf 700 °C erwärmt. In diesem Zustand wurde ein elektrischer Widerstand jedes Erfassungsteils 20 gemessen. Eine Dicke des Erfassungsteils 20 jeder Probe war auf 0,5 mm eingestellt.

**[0079]** Messungen des vorliegenden Versuchs werden in **Fig. 9** gezeigt. Wie aus **Fig. 9** ersichtlich ist, wird ein elektrischer Widerstand des Erfassungsteils 20 weiter reduziert, so wie das Erfassungsteil 20 eine größere Fläche aufweist. Wenn die Fläche des Erfassungsteils 20 größer als 40 mm<sup>2</sup> ist, nimmt die Fläche der Messelektrode 4 allerdings zu, wie vorstehend beschrieben, und die Verwendungsmenge des Edelmetalls, das die Messelektrode 4 ausbildet, nimmt zu. Daher steigen die Herstellungskosten des A/F-Sensors 1. Wie vorstehend erwähnt, variiert eine Fläche zwischen Messelektroden 4 (Variation hinsichtlich der Herstellung). So nimmt der Einfluss der Variation zu, wenn das Erfassungsteil 20 (Messelektrode 4) eine Fläche aufweist, die kleiner als 20 mm<sup>2</sup> ist. Im Ergebnis nimmt eine Variation hinsichtlich eines elektrischen Widerstands des Erfassungsteils 20 zu und eine Messgenauigkeit eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses wird in einfacher Weise beeinträchtigt. Daher ist die Fläche des Erfassungsteils 20 vorzugsweise auf 20 mm<sup>2</sup> bis 40 mm<sup>2</sup> eingestellt.

#### Viertes Versuchsbeispiel

**[0080]** Es wurde ein Versuch durchgeführt, um eine Beziehung zwischen einer Dicke und einem elektrischen Widerstand des Erfassungsteils 20 des A/F-Sensors 1 zu bestätigen. Zuerst wurden bei dem vorliegenden Versuch mehrere Proben des A/F-Sensors 1 durch Schritte produziert, die denen des ersten Versuchsbeispiels ähneln. Bei den Proben wurden ein C-Phasenverhältnis und eine Dicke des Erfassungsteils 20 wie folgt bestimmt. Wie bei den zweiten Versuchsbeispielen waren die C-Phasenverhältnisse der Proben jeweils auf 85, 85,5, 86, 86,5, 87, 87,5, 88, 88,5 und 89 mol% eingestellt. Dicken des Erfassungsteils 20 waren auf 0,5, 0,8, 1,0, 1,5 und 2,0 mm eingestellt. Das Erfassungsteil 20 jeder Probe wurde durch die Heizvorrichtung 6 auf 700 °C erwärmt. In diesem Zustand wurde ein elektrischer Widerstand jedes Erfassungsteils 20 gemessen. Die Fläche des Erfassungsteils 20 jeder Probe war auf 28,26 mm<sup>2</sup> eingestellt.

**[0081]** Messungen des vorliegenden Versuchs werden in **Fig. 10** gezeigt. Wie aus **Fig. 10** ersichtlich ist, nimmt ein elektrischer Widerstand des Erfassungsteils 20 zu, so wie das Erfassungsteil 20 eine größere Dicke aufweist. Das Erfassungsteil 20, dessen Dicke 2 mm überschreitet, wird einen Zustand schaffen, in dem ein elektrischer Widerstand und dessen Variation hinsichtlich des Erfassungsteils 20 exzessiv hoch sind. So ist es unwahrscheinlich, dass ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases g genau gemessen wird. Falls die Dicke des Erfassungsteils 20 weniger als 0,5 mm beträgt, neigt die Festigkeit des Erfassungsteils 20 dazu, abzunehmen. So ist die Dicke des Erfassungsteils 20 vorzugsweise auf einen Bereich von 0,5 bis 2 mm eingestellt.

## Fünftes Versuchsbeispiel

**[0082]** Es wurde ein Versuch durchgeführt, um eine Beziehung zwischen einer Biegefestigkeit und einer Temperatur des Festelektrolytkörpers 2 des A/F-Sensors 1 zu bestätigen. Zuerst wurden bei dem vorliegenden Versuch mehrere Proben des Festelektrolytkörpers 2 durch Schritte produziert, die denen des ersten Versuchsbeispiels ähneln. Die Dicke des Festelektrolytkörpers 2 wurde auf 0,5 mm eingestellt. Es wurde für die Festelektrolytkörper 2 der jeweiligen Proben ein Vierpunkt-Biegeversuch durchgeführt. Bei dem vorliegenden Versuch wurde die maximale Beanspruchung bzw. Belastung (Biegefestigkeit) gemessen, die bis zum Bruch des Festelektrolytkörpers 2 auf den Festelektrolytkörper 2 angewendet wurde. Der vorliegende Versuch wurde bei Raumtemperatur (ungefähr 25 °C), 600 °C, 800 °C und 1000 °C durchgeführt.

**[0083]** Bei dem vorliegenden Versuch wurden für jede Temperatur acht Proben verwendet. Die Biegefestigkeit bei jeder Temperatur wurde ausgewertet und die Biegefestigkeit mit einer Ausfallwahrscheinlichkeit von 90 %, 50 %, 10 %, 1 %, 0,1 %, 0,01 %, 0,001 % und 0,0001 % wurde anhand eines Weibull-Netzes berechnet. Auf Grundlage der Berechnungen wurde ein Graph gezeichnet.

**[0084]** Fig. 11 zeigt die Berechnungen des vorliegenden Versuchs. Wie aus Fig. 11 ersichtlich ist, nimmt eine Biegefestigkeit ab, so wie die Temperatur des Festelektrolytkörpers 2 zunimmt. Insbesondere beträgt die Biegefestigkeit nicht mehr als die Hälfte der Biegefestigkeit bei Raumtemperatur, wenn die Temperatur des Festelektrolytkörpers 2 ungefähr 1000 °C beträgt. So ist eine Temperatur des Festelektrolytkörpers 2 vorzugsweise auf 1000 °C oder weniger eingestellt, wenn unter Verwendung des A/F-Sensors 1 ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis gemessen wird.

## Bezugszeichenliste

- 1 A/F-Sensor
- 10 Reinigungsvorrichtung
- 2 Festelektrolytkörper
- 20 Erfassungsteil
- 3 Referenzgaskammer
- 4 Messelektrode
- 5 Referenzelektrode
- 6 Heizvorrichtung

## Patentansprüche

1. A/F-Sensor (1), der stromabwärts einer Abgasreinigungsvorrichtung (10) in einer Abgasströmung angeordnet ist, um ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases zu messen, aufweisend:  
einen becherförmigen Festelektrolytkörper (2), der an einem Spitzenende geschlossen und an einem Basissende geöffnet ist;  
eine Referenzgaskammer (3), die innerhalb des Festelektrolytkörpers ausgebildet ist, um ein Referenzgas einzuführen;  
eine Messelektrode (4), die auf einer Außenoberfläche (21) des Festelektrolytkörpers ausgebildet ist, um mit dem Abgas in Kontakt zu stehen;  
eine Referenzelektrode (5), die auf einer Innenoberfläche (22) des Festelektrolytkörpers ausgebildet ist, um mit dem Referenzgas in Kontakt zu stehen; und  
eine Heizvorrichtung (6), die in der Referenzgaskammer angeordnet ist, um den Festelektrolytkörper zu erwärmen, wobei:  
der Festelektrolytkörper aus Zirconiumdioxid hergestellt ist;  
der Festelektrolytkörper ein Erfassungsteil (20) beinhaltet, das zwischen der Messelektrode und der Referenzelektrode eingeschoben ist, um Sauerstoffionen zu leiten;  
das Erfassungsteil von der kubischen Phase 88 mol% oder mehr aufweist; und  
der Anteil der kubischen Phase in dem Erfassungsteil 1 mol% oder mehr höher ist als in dem Rest des Festelektrolytkörpers.
2. A/F-Sensor gemäß Anspruch 1, wobei die Messelektrode in einer axialen Richtung des Festelektrolytkörpers eine Länge von 3 mm oder weniger aufweist.

3. A/F-Sensor gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der Festelektrolytkörper  $\text{Y}_2\text{O}_3$  in einem Bereich von 4,5 bis 6 mol% enthält.

4. A/F-Sensor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Erfassungsteil 95 mol% der kubischen Phase oder weniger aufweist.

5. A/F-Sensor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Erfassungsteil durch die Heizvorrichtung in einem Temperaturbereich von 600 bis 1000 °C erwärmt wird, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases gemessen wird.

6. A/F-Sensor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Erfassungsteil eine Fläche von 40 mm<sup>2</sup> oder weniger aufweist.

7. A/F-Sensor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Erfassungsteil eine Dicke von 2 mm oder weniger aufweist.

8. Verfahren zur Herstellung eines A/F-Sensors, der stromabwärts einer Abgasreinigungsvorrichtung (10) in einer Abgasströmung angeordnet ist, um ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases zu messen, wobei der A/F-Sensor aufweist:

einen becherförmigen Festelektrolytkörper (2), der an einem Spitzenende geschlossen und an einem Basissende geöffnet ist;

eine Referenzgaskammer (3), die innerhalb des Festelektrolytkörpers ausgebildet ist, um Referenzgas einzuführen;

eine Messelektrode (4), die auf einer Außenoberfläche (21) des Festelektrolytkörpers ausgebildet ist, um mit dem Abgas in Kontakt zu stehen;

eine Referenzelektrode (5), die auf einer Innenoberfläche (22) des Festelektrolytkörpers ausgebildet ist, um mit dem Referenzgas in Kontakt zu stehen; und

eine Heizvorrichtung (6), die in der Referenzgaskammer angeordnet ist, um den Festelektrolytkörper zu erwärmen, wobei:

der Festelektrolytkörper aus Zirconiumdioxid hergestellt ist;

der Festelektrolytkörper ein Erfassungsteil (20) beinhaltet, das zwischen der Messelektrode und der Referenzelektrode eingeschoben ist, um Sauerstoffionen zu übertragen; und

das Erfassungsteil von der kubischen Phase 88 mol% oder mehr aufweist,

wobei das Verfahren aufweist:

einen Schritt des Brennens eines ungesinterten Körpers (28) des Festelektrolytkörpers, um einen gesinterten Körper (29) zu produzieren; und einen Schritt des Anlegens eines Stroms über die Messelektrode und die Referenzelektrode, die auf dem gesinterten Körper ausgebildet sind, um einen Anteil der kubischen Phase in dem Erfassungsteil auf 88 mol% oder mehr zu erhöhen.

9. Verfahren zur Herstellung eines A/F-Sensors gemäß Anspruch 8, wobei der Anteil der kubischen Phase in dem Erfassungsteil um 1 mol% oder mehr höher ist als in dem Rest des Festelektrolytkörpers.

10. Verfahren zur Herstellung eines A/F-Sensors gemäß Anspruch 8 oder 9, wobei die Messelektrode in einer axialen Richtung des Festelektrolytkörpers eine Länge von 3 mm oder weniger aufweist.

11. Verfahren zur Herstellung eines A/F-Sensors gemäß einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei der Festelektrolytkörper  $\text{Y}_2\text{O}_3$  in einem Bereich von 4,5 bis 6 mol% enthält.

12. Verfahren zur Herstellung eines A/F-Sensors gemäß einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei das Erfassungsteil 95 mol% der kubischen Phase oder weniger aufweist.

13. Verfahren zur Herstellung eines A/F-Sensors gemäß einem der Ansprüche 8 bis 12, wobei das Erfassungsteil durch die Heizvorrichtung in einem Temperaturbereich von 600 bis 1000 °C erwärmt wird, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases gemessen wird.

14. Verfahren zur Herstellung eines A/F-Sensors gemäß einem der Ansprüche 8 bis 13, wobei das Erfassungsteil eine Fläche von 40 mm<sup>2</sup> oder weniger aufweist.

15. Verfahren zur Herstellung eines A/F-Sensors gemäß einem der Ansprüche 8 bis 14, wobei das Erfassungsteil eine Dicke von 2 mm oder weniger aufweist.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

FIG.1

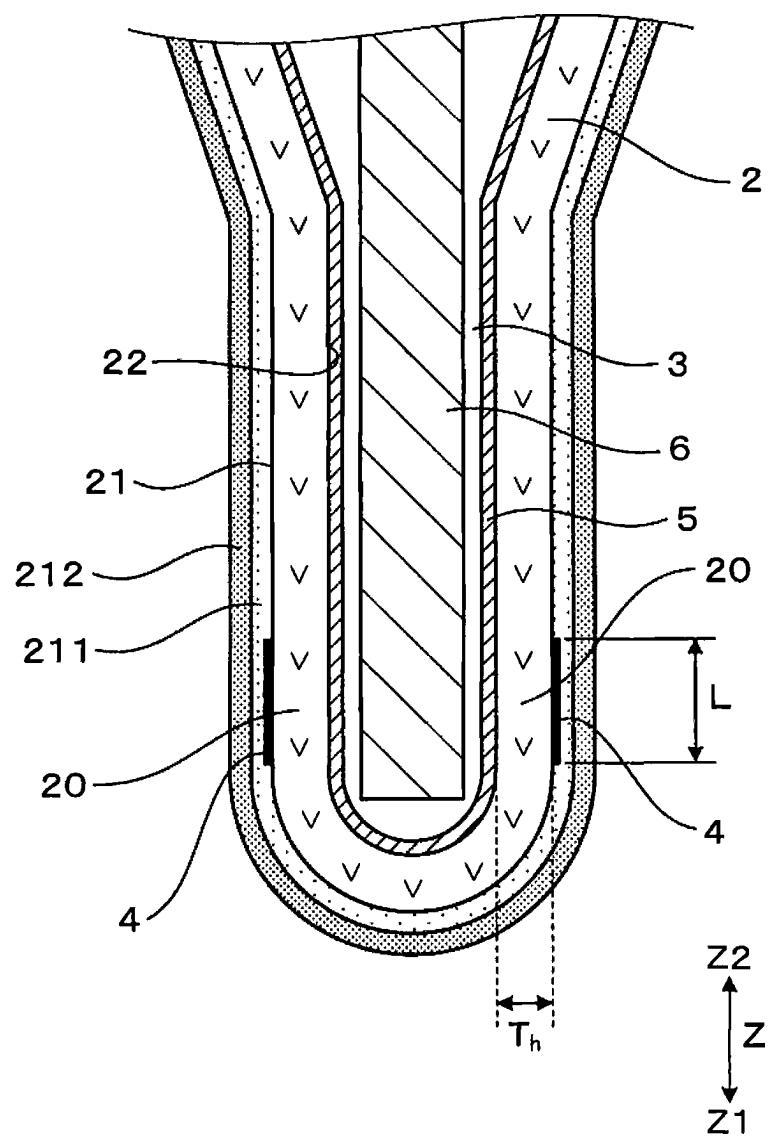


FIG.2

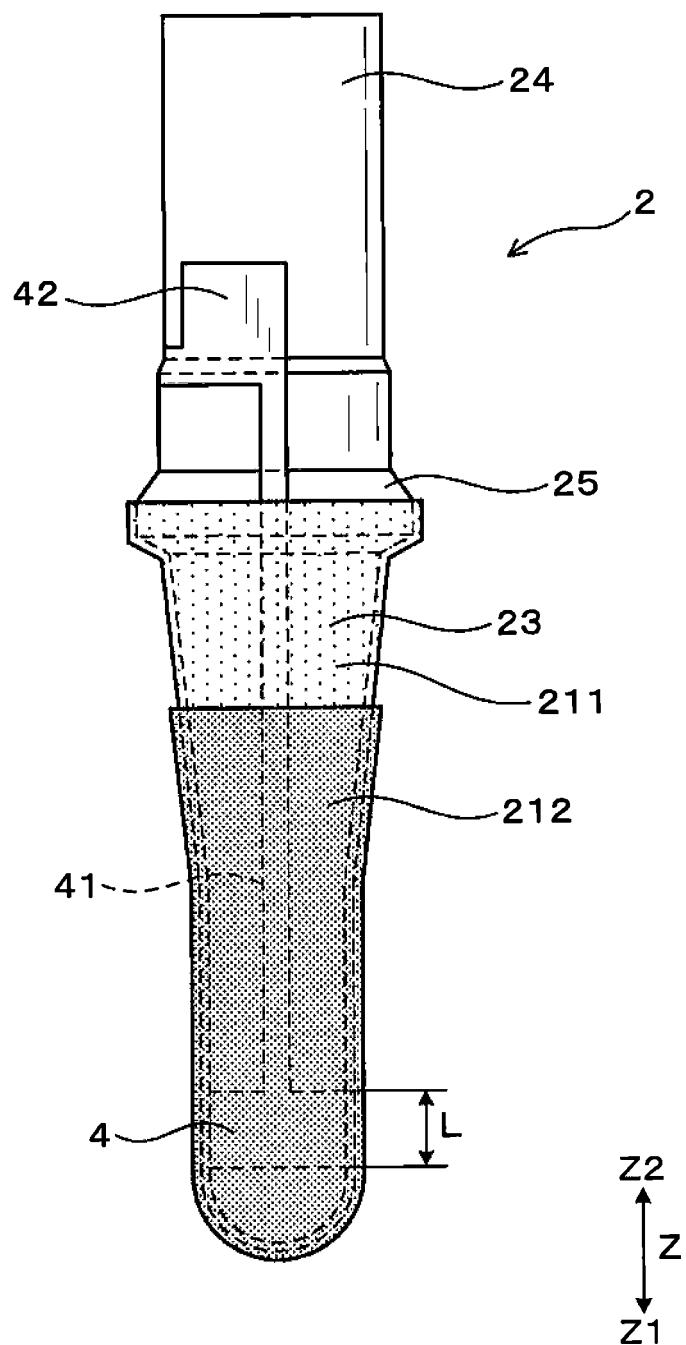


FIG.3

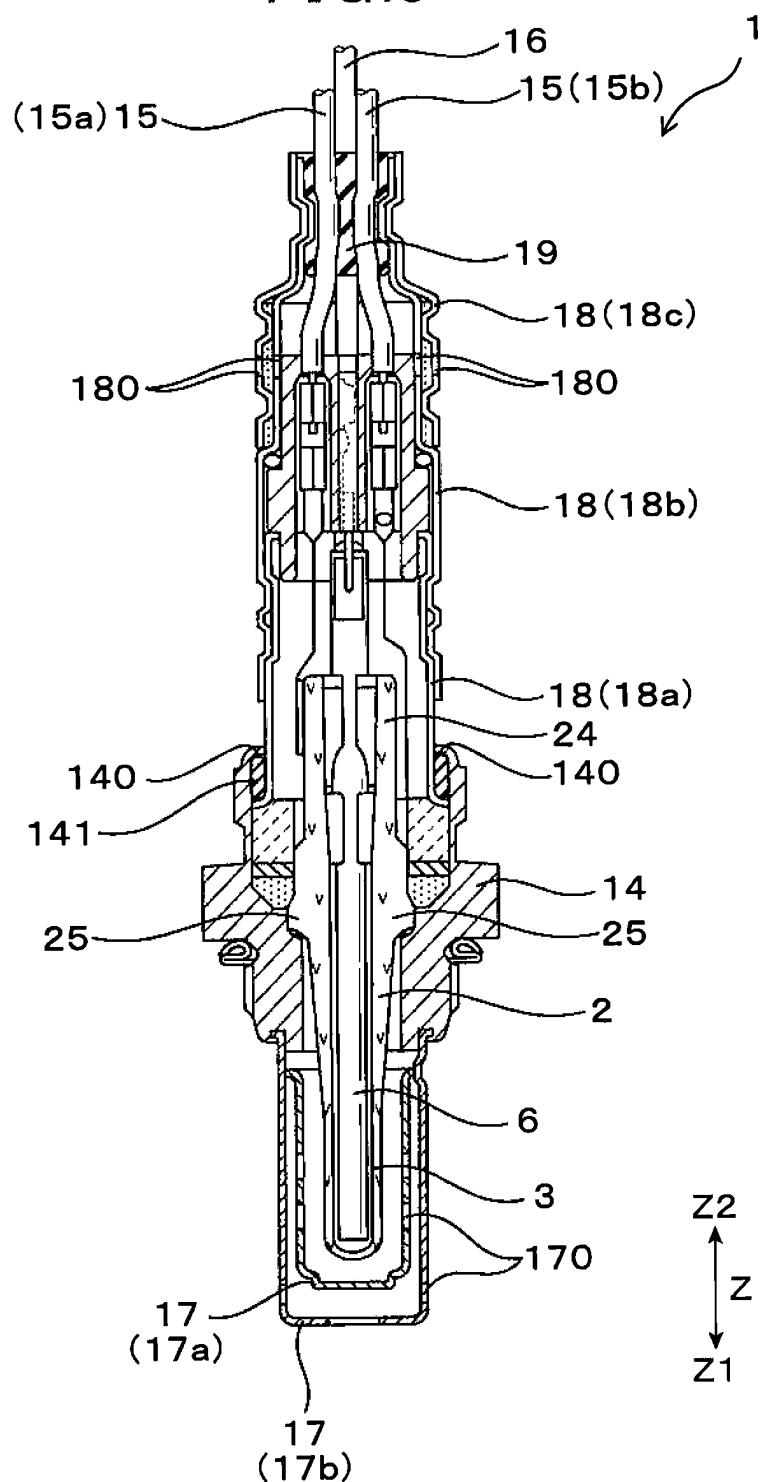


FIG.4

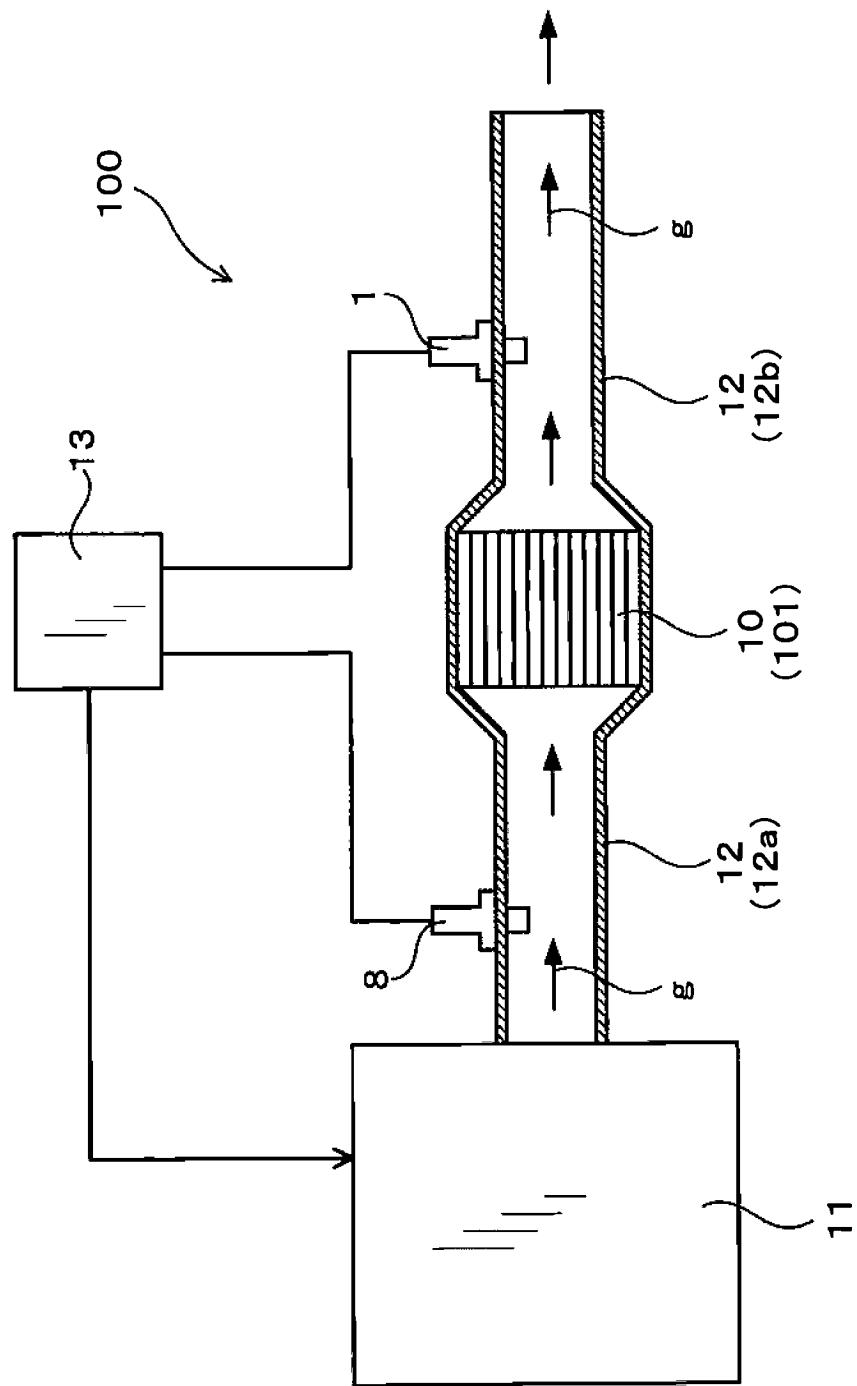


FIG.5

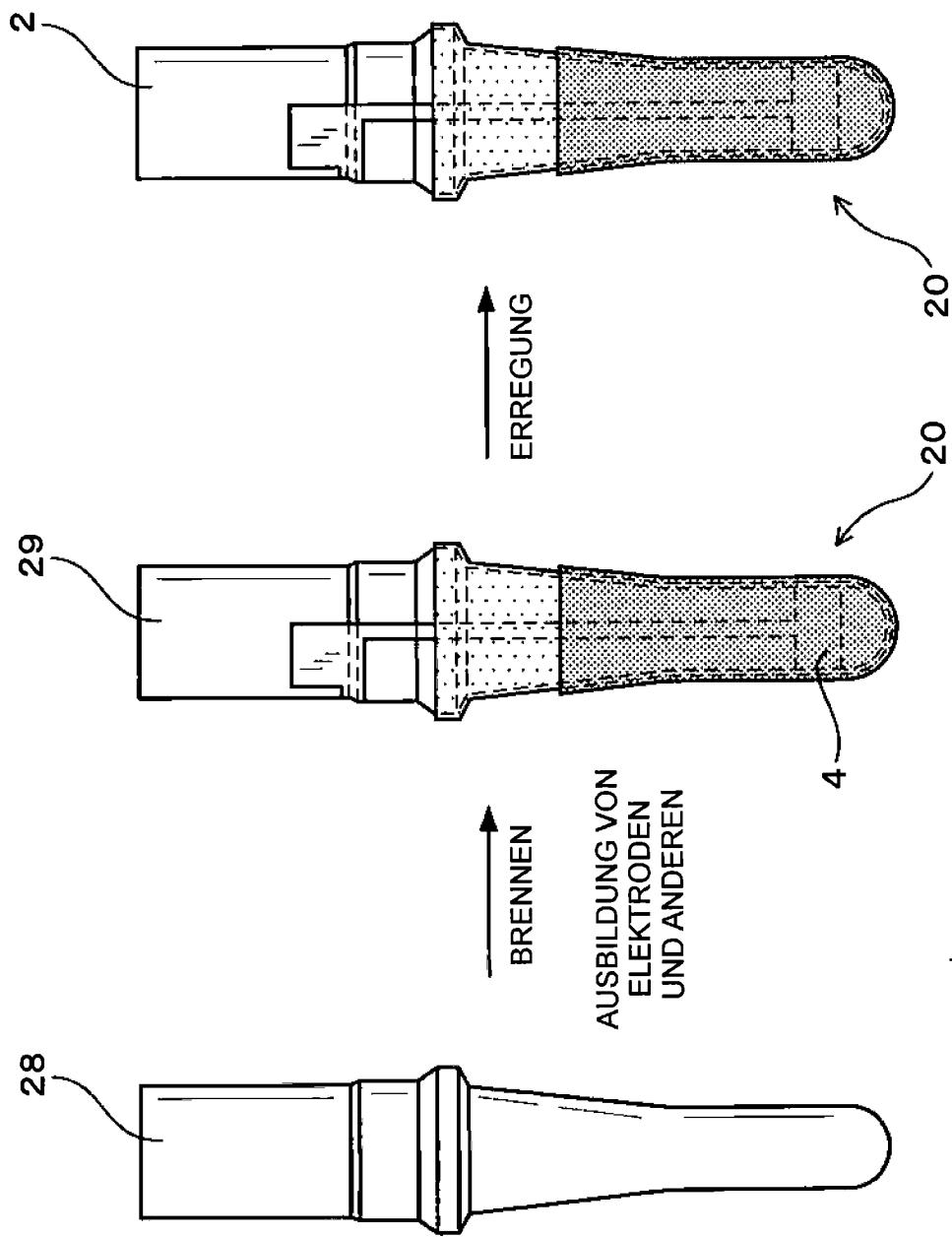


FIG.6

BEZIEHUNG ZWISCHEN C-PHASENVERHÄLTNIS  
UND ELEKTRISCHEM WIDERSTAND

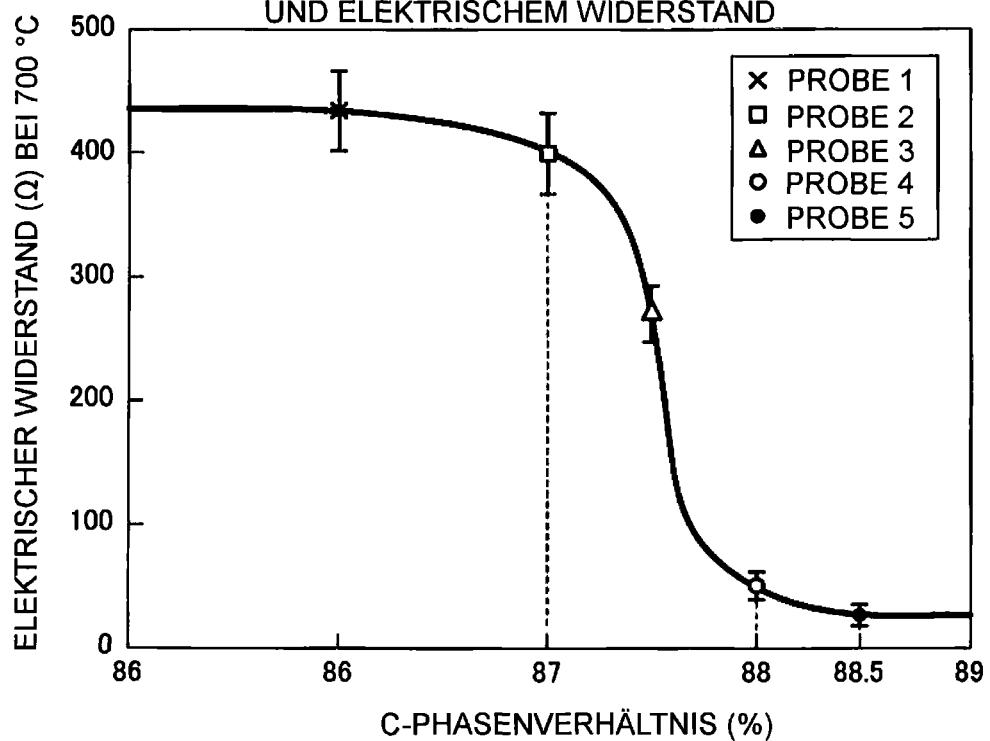


FIG. 7

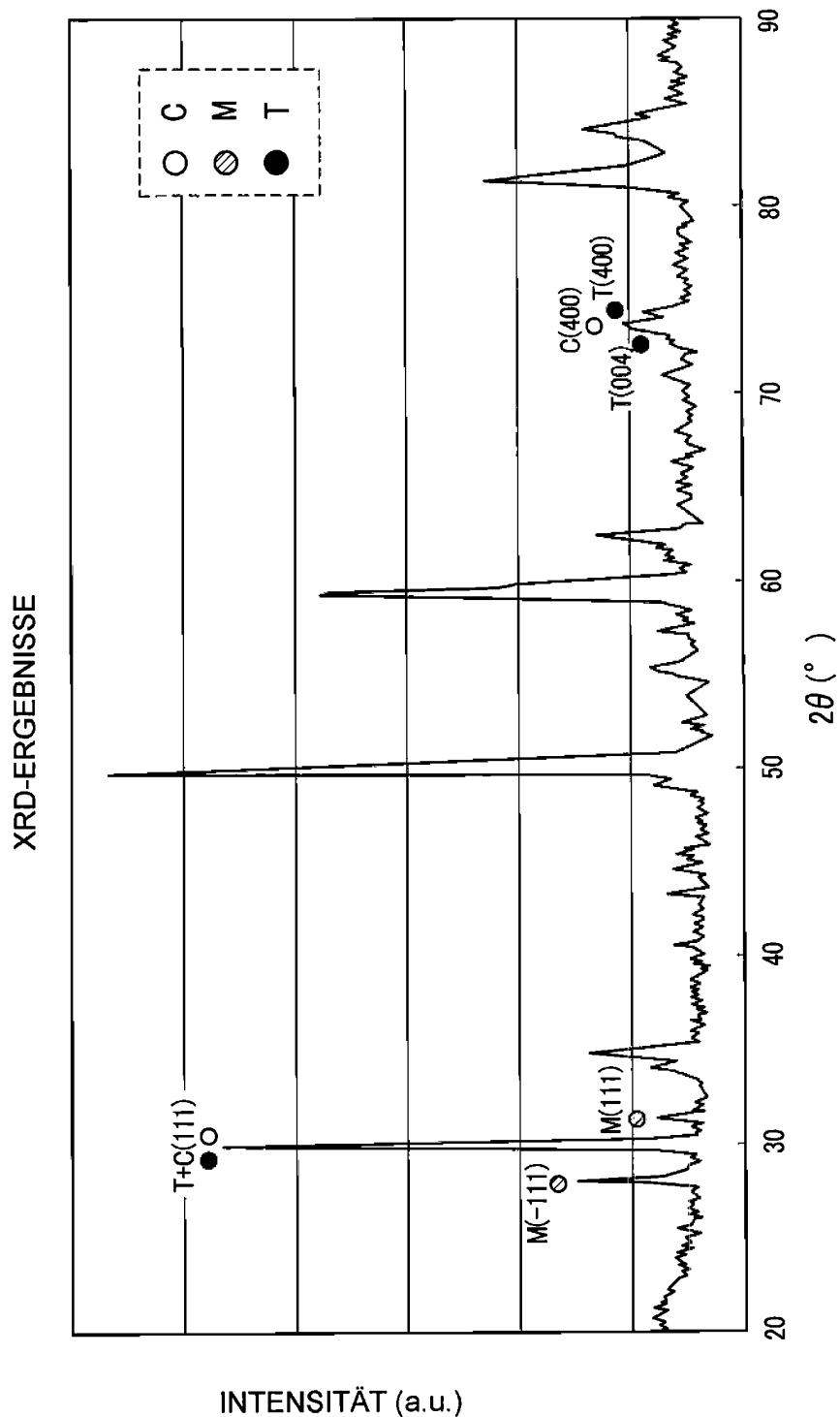


FIG. 8

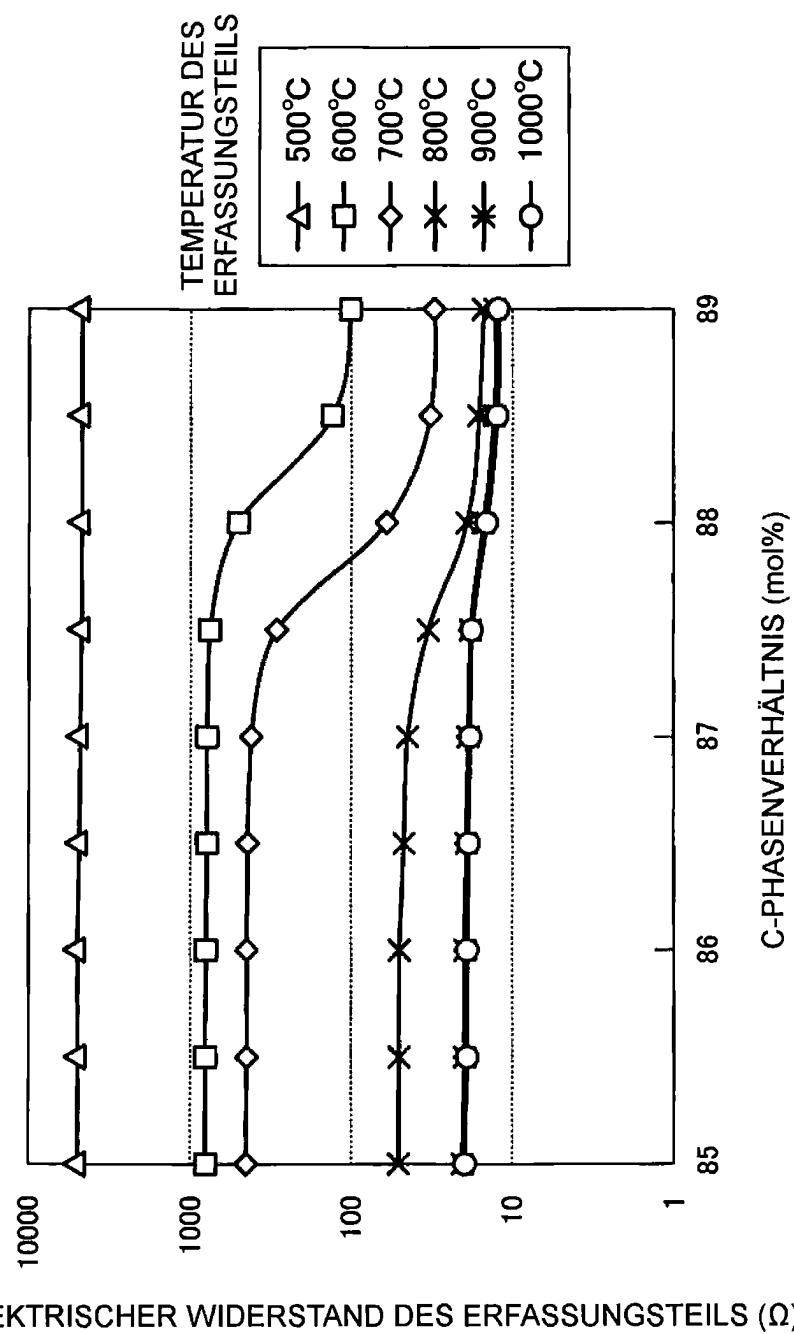


FIG. 9

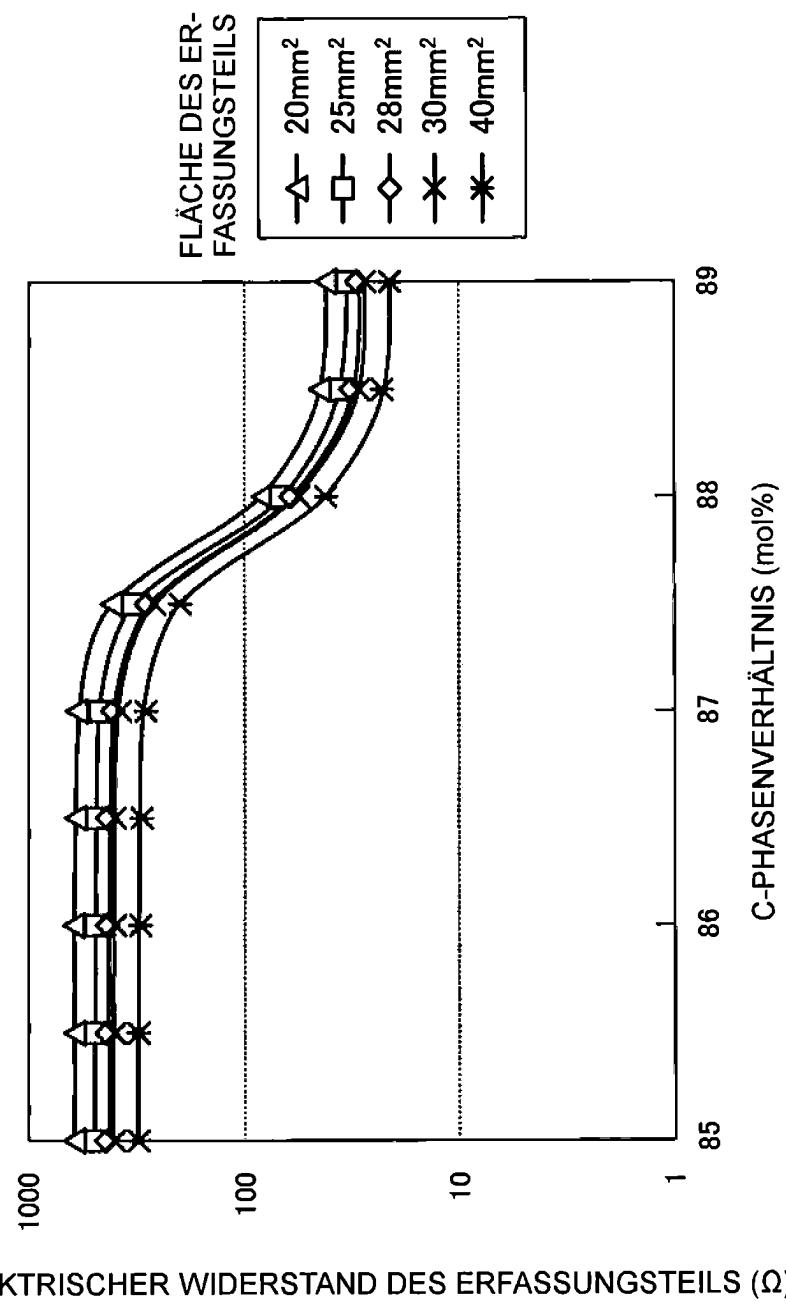
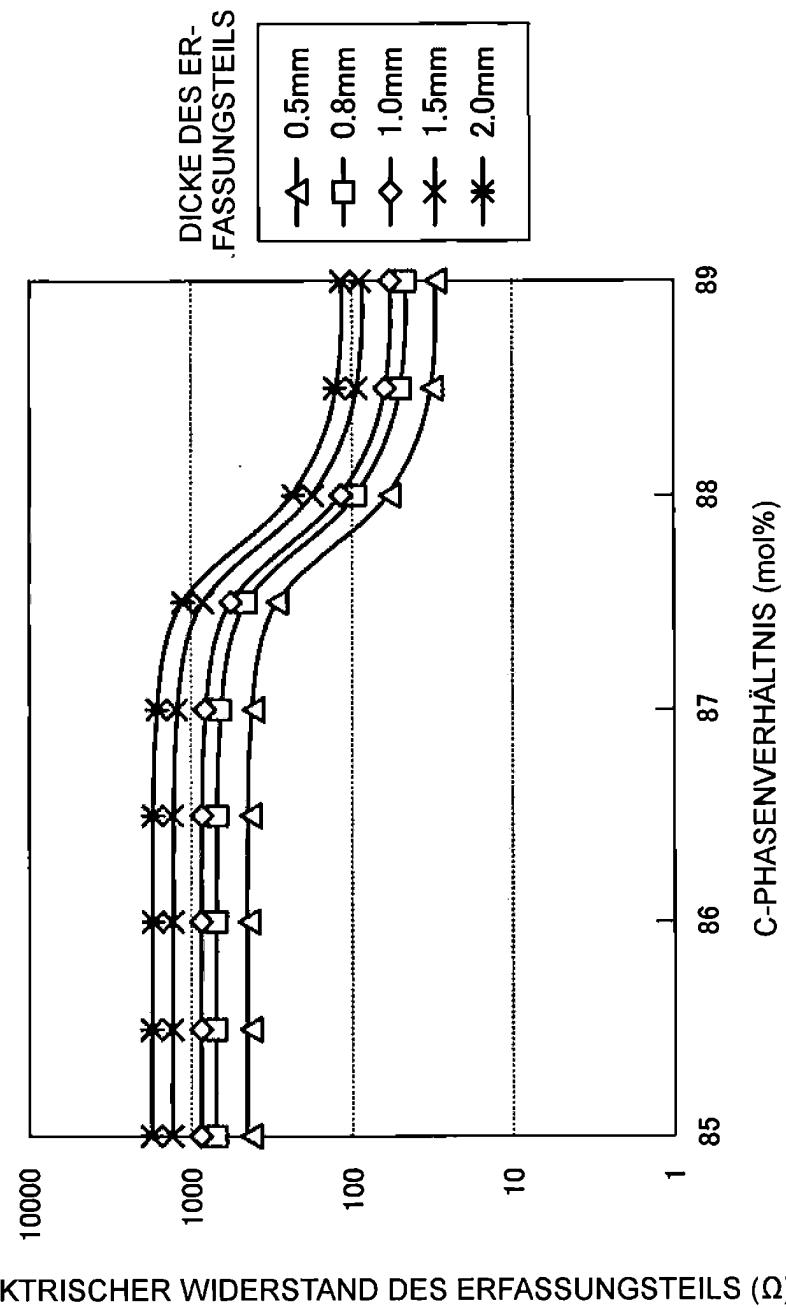
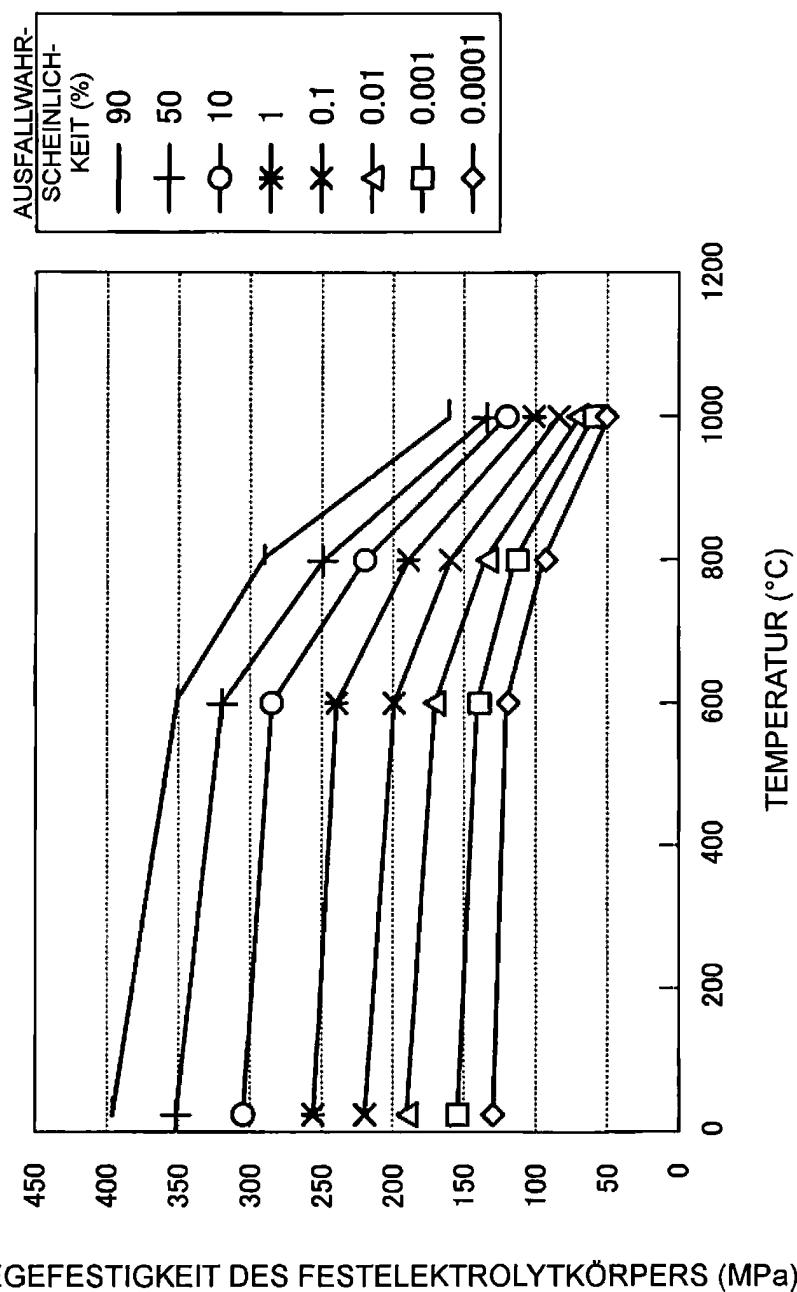


FIG. 10



**FIG. 11**

BIEGEFESTIGKEIT DES FESTELEKTRYOLYTKÖRPERS (MPa)