



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 03 347 T2 2005.06.02**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 202 369 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 03 347.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 125 146.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **23.10.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.05.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **19.05.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **02.06.2005**

(51) Int Cl.7: **H01M 8/12**
C04B 35/486

(30) Unionspriorität:
2000322671 23.10.2000 JP

(73) Patentinhaber:
Toho Gas Co. Ltd., Nagoya, Aichi, JP

(74) Vertreter:
PRÜFER & PARTNER GbR, 81545 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(72) Erfinder:
**Ukai, Kenji, Tokai-shi, Aichi-ken, 476-0005, JP;
Mizutani, Yasunobu, Tokai-shi, Aichi-ken,
476-0005, JP**

(54) Bezeichnung: **Festoxidbrennstoffzelle mit unterstütztem elektrolytischem Film**

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 1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Festoxid- bzw. Feststoffoxid-Brennstoffzelle, insbesondere bezieht sie sich auf eine Festoxid- bzw. Feststoffoxid-Brennstoffzelle mit einem Träger-Elektrolytfilm, die für Verteil-Kraftwerke oder Co-Erzeugungssysteme in Städten geeignet ist, sowie auf Brennstoffzellen, die in Kraftfahrzeugen verwendet werden.

2. Beschreibung des verwandten Stands der Technik

[0002] Die Feststoffoxid-Brennstoffzelle (nachfolgend als "SOFC" bezeichnet) ist eine Brennstoffzelle, die Oxidionen-leitfähige Feststoffelektrolyte als Elektrolyt anwendet. Ihr Aufbau wird grob in einen zylindrischen Typ, einen planaren Typ sowie einen Einblockschicht-Typ unterteilt. Unter diesen zeigt der planare Typ eine hohe Wirksamkeit bei der Leistungserzeugung aufgrund seines relativ niedrigen inneren Widerstands sowie hoher Leistungsdichten pro Volumeneinheit, was aus seinem laminierten Aufbau resultiert, der viele dünne Zellen umfaßt.

[0003] Die SOFC vom planaren Typ wird ferner unterteilt in einen Typ vom selbsttragenden Elektrolytfilm sowie einen Typ vom getragenen Elektrolytfilm. In [Fig. 5A](#) wird ein schematisches Blockdiagramm für eine SOFC vom selbsttragenden Elektrolytfilm-Typ gezeigt. In der Figur weist eine SOFC **10** mit einem selbsttragenden Elektrolytfilm eine Struktur auf, bei der eine dünne Brennstoffelektrode **14** und eine Luftpolektrode **16** mit beiden Seiten eines selbsttragenden Elektrolytfilms **12** mit einer Dicke von 300 bis 500 µm verbunden sind, um einen Elektrolyt-Elektroden-Zusammenbau **18** zu bilden, und der Elektrolyt-Elektroden-Zusammenbau **18** wird zwischen zwei Gastrenner **20, 20** eingebracht.

[0004] Da die Betriebstemperatur der SOFC **10** mit einem selbsttragenden Elektrolytfilm im allgemeinen etwa 1.000°C beträgt, laufen Reaktionen in einer Zelle schnell ab. Es erlaubt ebenso eine interne Reformierung und gestattet eine Miniaturisierung sowie Wirksamkeitsverbesserung der Zelle. Zusätzlich hat es viele Forschungsberichte über die SOFC mit einem selbsttragenden Elektrolytfilm gegeben und ihre Zuverlässigkeit und Haltbarkeit sind bestätigt worden.

[0005] Die SOFC **10** mit einem selbsttragenden Elektrolytfilm erfordert jedoch eine ziemlich lange Zeitdauer zur Anhebung der Temperatur auf ihren Betriebsbereich. Teure hitzebeständige Materialien sind für die umgebenden Teile der SOFC **10** erforderlich, und ihre Gasabdichtung ist ebenfalls schwierig in

den Griff zu bekommen. Um diese Probleme zu vermeiden, sollte die Betriebstemperatur der SOFC **10** herabgesetzt werden. Das bloße Herabsetzen der Betriebstemperatur führt jedoch zur Erhöhung des Widerstands im Elektrolytfilm **12**, was nicht zu höheren Outputs führt. Dies deshalb, weil die Leitfähigkeit der Oxidionenleitfähigen Feststoffelektrolyte im allgemeinen von der Temperatur abhängt und in dem Maße abnimmt, wie die Temperatur abnimmt.

[0006] Andererseits weist eine SOFC **30** mit einem getragenen Elektrolytfilm, wie in [Fig. 5B](#) gezeigt, eine Struktur auf, bei der ein sehr dünner Elektrolytfilm **32** durch eine dicke Brennstoffelektrode **34** (nachfolgend als Brennstoffelektrodensubstrat bezeichnet) getragen wird, und eine dünne Luftpolektrode **36** ist mit der anderen Oberfläche des Elektrolytfilms **32** verbunden, wodurch ein Elektrolyt-Elektroden-Zusammenbau **38** gebildet wird, und der Elektrolyt-Elektroden-Zusammenbau **38** wird zwischen zwei Gastrenner **40, 40** eingebracht.

[0007] Da der Widerstand des Elektrolytfilms **32** proportional zu seinem spezifischen Widerstand und seiner Dicke ist, kann der Gesamtwiderstand des Elektrolytfilms **32** durch Dünnermachen der Dicke erniedrigt werden, selbst wenn der spezifische Widerstand des Elektrolytfilms **32** erhöht wird. Aus diesem Grund kann die Betriebstemperatur für die SOFC **30** mit einem getragenen Elektrolytfilm auf 700 bis 850°C ohne Minderung ihres Outputs erniedrigt werden. Darüber hinaus können billige Materialien wie rostfreier Stahl für die umgebenden Teile verwendet werden, was zur Kostenreduzierung der SOFC **30** führt. Ferner können eine Einengung der Temperaturaufheizzeit und eine leichte Gasabdichtung bewerkstelligt werden, so daß die Nützlichkeit und Haltbarkeit der SOFC **30** weiter verbessert werden.

[0008] Bei dem Brennstoffelektrodensubstrat **34** für die SOFC **30** mit einem getragenen Elektrolytfilm wird ein Cermet, welches Nickel und Yttriumoxid-stabilisiertes Zirkoniumoxid umfaßt, was eine Zusammensetzung von ZrO_2 , welches 8 Mol-% Y_2O_3 enthält (nachfolgend als 8YSZ bezeichnet), aufweist, verwendet. 8YSZ wird gewöhnlich auch für den Elektrolytfilm **32** verwendet. (siehe z.B. "SILID OXIDE FUEL CELL VI", S.C. Singhal, M. Dokiya (Hrsg.), S. 822-S. 829).

[0009] Das Brennstoffelektrodensubstrat wirkt als Elektronendonator und -akzeptor, liefert gleichzeitig Brennstoffgas in der Nähe des Elektrolytfilms, und entfernt Umsetzungsprodukte aus dem System. Es umfaßt poröse Materialien mit Gasdurchlässigkeit. 8YSZ selbst ist ein Material, welches eine ziemlich geringe mechanische Festigkeit aufweist. Deshalb war die herkömmliche SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm unter Verwendung von Ni-8YSZ als dem Brennstoffelektrodensubstrat mit einem Pro-

blem behaftet, daß die elektrische Zelle leicht bricht und somit eine geringe Zuverlässigkeit aufweist.

[0010] Andererseits ist die Zuverlässigkeit einer SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm unter Verwendung von Ni-8YSZ verbessert worden, indem ein dickeres Brennstoffelektrodensubstrat verwendet wurde, da ihre mechanische Festigkeit verstärkt wird. Das dickere Substrat führt jedoch zu einer schlechteren Gasdurchlässigkeit, was in niedrigeren Outputs der SOFC resultiert. Im Fall einer planaren SOFC werden im allgemeinen viele Zellen in einer laminierten Stapelung angewandt. Somit vergrößert ein dickeres Brennstoffelektrodensubstrat die notwendige Menge an Ausgangsmaterialien sowie die Materialkosten und die Dicke der Stapelung insgesamt, und verringert die Outputdichte pro Volumeneinheit.

[0011] Um den Output einer SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm zu verbessern, ist es wesentlich, den Widerstand des Elektrolytfilms zu verringern. Andererseits wird die Oxidionen-Leitfähigkeit eines Feststoffelektrolyten im allgemeinen durch seine Zusammensetzung bestimmt. Um den Widerstand des Elektrolytfilms bei niedrigen Temperaturen beim Festhalten an herkömmlichem 8YSZ zu verringern, muß deshalb die Dicke des Elektrolytfilms weiter verringert werden. Zur Trennung der Reaktionsgase braucht der Elektrolytfilm jedoch eine Trennfunktion. Ein dünnerer Elektrolytfilm führt zu Schwierigkeiten, seine Gasdichtheitsqualität zu behalten. Somit gibt es gewisse Grenzen zur Anhebung des Outputs der SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm durch Verdünnung des Elektrolytfilms.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0012] Die vorliegende Erfindung erfolgte angesichts der obigen Umstände und hat zur Aufgabe, die obigen Probleme zu lösen und eine SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm bereitzustellen, die übermäßig zuverlässig ist, hohe Outputs erzielt und hohe Outputdichten pro Volumeneinheit zeigt.

[0013] Um die Aufgaben zu lösen und in Übereinstimmung mit dem Zweck der vorliegenden Erfindung, wie sie ausgeführt wird und hier in aller Breite beschrieben wird, weist eine Feststoffoxidbrennstoffzelle mit einem getragenen Elektrolytfilm einen Elektrolytfilm auf, der einen Oxidionen-Leitfähigkeit zeigenden, ersten Feststoffelektrolyten, eine als Substrat wirkende Brennstoffelektrode, die – ggf. über einen Zwischen-Cermetfilm, der einen zweiten Katalysator und einen Oxidionen-Leitfähigkeit zeigenden, dritten Elektrolyten umfaßt – mit einer Oberfläche des Elektrolytfilms verbunden ist, sowie eine Luftpolektrode, die mit der anderen Oberfläche des Elektrolytfilms verbunden ist, umfaßt, wodurch insgesamt ein Elektrolyt-Elektroden-Zusammenbau gebildet wird, wobei das Brennstoffelektrodensubstrat dadurch ge-

kennzeichnet ist, daß es ein Cermet eines ersten Katalysators und eines zweiten Feststoffelektrolyten, der Oxidionen-Leitfähigkeit zeigt und eine Biegefestigkeit von 500 MPa oder mehr aufweist, umfaßt, wobei die Biegefestigkeit definiert ist durch den gemessenen Wert von gesinterten Materialien, die nur den zweiten Feststoffelektrolyten umfassen und relative Dichten von mehr als 95% aufweisen.

[0014] Die vorliegende Erfindung wendet ein Cermet, welches den ersten Katalysator und den zweiten, eine hohe mechanische Festigkeit aufweisenden Feststoffelektrolyten umfaßt, als das Brennstoffelektrodensubstrat für eine SOFC an, die einen getragenen Elektrolytfilm aufweist. Deshalb wird bewirkt, daß die Brennstoffzelle weniger zu Brüchen neigt, was zu verbesserter Zuverlässigkeit führt. Das Brennstoffelektrodensubstrat kann darüber hinaus dünner gemacht werden, um die Outputdichte pro Volumeneinheit zu verbessern.

[0015] Wenn Scandiumoxid-stabilisiertes Zirkoniumoxid, welches 9 bis 12 Mol-% Scandiumoxid (Sc_2O_3) enthält, für den ersten Feststoffelektrolyten verwendet wird, der einen Elektrolytfilm aufbaut, wird der spezifische Widerstand des Elektrolytfilms seinerseits verringert, so daß der Leistungsoutput einer SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm weiter verbessert wird.

[0016] Ferner führt die Einrichtung einer Zwischen-Cermettschicht, die den zweiten Katalysator und den dritten Feststoffelektrolyten umfaßt, der bei niedrigen Temperaturen eine hohe Oxidionen-Leitfähigkeit besitzt, zwischen dem Elektrolytfilm und dem Elektrodensubstrat zu einer Verminderung des Grenzflächenwiderstands zwischen dem Elektrolytfilm und dem Brennstoffelektrodensubstrat, wodurch eine weitere Verbesserung des Leistungserzeugungsvermögens der SOFC bewirkt wird.

[0017] Zusätzliche Aufgaben und Vorteile der Erfindung werden teilweise in der nachfolgenden Beschreibung wiedergegeben und ergeben sich teilweise naheliegend aus der Beschreibung, oder können aus dem Praktizieren der Erfindung erfahren werden. Die Gegenstände und Vorteile der Erfindung können durch die Mittel und Kombinationen realisiert und erreicht werden, die in den Ansprüchen besonders hervorgehoben sind.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0018] Die beigefügten Zeichnungen, die in dieser Spezifikation eingeschlossen sind und einen Teil davon bilden, veranschaulichen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung und dienen zusammen mit der Beschreibung zur Erläuterung der Gegenstände, Vorteile und Prinzipien der Erfindung. Bezüglich der Zeichnungen:

[0019] **Fig. 1** ist ein schematisches Blockdiagramm für eine SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm bezüglich der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0020] **Fig. 2** ist eine typische Grafik für eine allgemeine Beziehung zwischen der Leerlaufspannung einer SOFC und dem tatsächlichen Spannungsausgang;

[0021] **Fig. 3** ist eine Grafik, die die Abhängigkeit des Spannungsausgangs und dem Output der Leistungsdichte von der Stromdichte der SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm veranschaulicht, wenn Wasserstoff als Brennstoffgas verwendet wird und Sauerstoff als ein Oxidationsgas verwendet wird;

[0022] **Fig. 4** ist eine Grafik, die die Abhängigkeit des Spannungsausgangs und des Outputs der Leistungsdichte von der Stromdichte der SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm veranschaulicht, wenn Wasserstoff als ein Brennstoffgas verwendet wird und Luft als ein Oxidationsgas verwendet wird;

[0023] **Fig. 5A** ist ein schematisches Blockdiagramm für eine SOFC mit einem selbsttragenden Elektrolytfilm; und

[0024] **Fig. 5B** ist ein schematisches Blockdiagramm für eine SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0025] Eine detaillierte Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform einer SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm unter Ausführung der vorliegenden Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen gegeben. In **Fig. 1** ist eine Schnittansicht einer SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm in Bezug auf die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung gezeigt. In der Figur besitzt eine SOFC **50** mit einem getragenen Elektrolytfilm eine Struktur, bei der ein Elektrolyt-Elektroden-Zusammenbau **60** zwischen zwei Gastrenner **62, 62** gebracht ist. Der Elektrolyt-Elektroden-Zusammenbau **60** ist mit einem Elektrolytfilm **52**, einem Brennstoffelektrodensubstrat **54**, einer Lufterlektrode **56** und einer Zwischenschicht **58** ausgestattet.

[0026] Zuerst wird eine Erläuterung über den Elektrolytfilm **52** gegeben. Der Elektrolytfilm **52** umfaßt einen ersten Feststoffelektrolyt, der Oxidionen-Leitfähigkeit zeigt. Viele Materialien sind als Feststoffelektrolyt bekannt, der Oxidionen-Leitfähigkeit zeigt. In der vorliegenden Erfindung kann jedoch irgendeiner der bekannten Feststoffelektrolyte für den Elektrolytfilm **52** verwendet werden. Es ist klar, daß der Umfang der vorliegenden Erfindung außer wie in den An-

sprüchen angegeben nicht begrenzt ist.

[0027] Für den im Elektrolytfilm **52** angewandten ersten Feststoffelektrolyt werden als bevorzugte Ausführungsformen besonders die folgenden Substanzen genannt: YSZ mit 8 bis 10 Mol-% als Stabilisator zugefügtem Yttriumoxid (Y_2O_3), Calciumoxidstabilisiertes Zirkoniumoxid (CSZ) mit 9 bis 12 Mol-% als Stabilisator zugefügtem Calciumoxid (CaO), Scandiumoxidstabilisiertes Zirkoniumoxid (ScSZ) mit 9 bis 12 Mol-% als Stabilisator zugefügtem Scandiumoxid (Sc_2O_3). Unter diesen besitzt ScSZ eine höhere Oxidionen-Leitfähigkeit als andere Materialien und ist daher für den ersten Feststoffelektrolyten besonders geeignet.

[0028] Wenn ScSZ als dem ersten Feststoffelektrolyt verwendet wird, beträgt sein Scandiumoxid-Gehalt im ScSZ vorzugsweise 9 bis 12 Mol-%. Ein Scandiumoxid-Gehalt von weniger als 9 Mol-% führt zu einer verringerten Oxidionen-Leitfähigkeit im Elektrolytfilm **52** und ist nicht bevorzugt. Ein Scandiumoxid-Gehalt von mehr als 12 Mol-% führt ebenso zu einer verringerten Oxidionen-Leitfähigkeit im Elektrolytfilm **52** und ist nicht bevorzugt. Der Scandiumoxid-Gehalt im ScSZ beträgt weiter bevorzugt 10 bis 11 Mol-%.

[0029] Für den ersten Feststoffelektrolyten kann ScSZ verwendet werden, bei dem nur Scandiumoxid in der Festphase gelöst ist, oder es können Spuren Mengen von Yttriumoxid (Y_2O_3) oder Ceroxid (CeO_2) zusätzlich hinzugefügt werden. Im Fall der weiteren Zugabe von Yttriumoxid zu ScSZ beträgt der Gehalt vorzugsweise weniger als 2 Mol-%. Ein Yttriumoxid-Gehalt von mehr als 2 Mol-% verringert die Oxidionen-Leitfähigkeit des Elektrolytfilms **52** und ist nicht bevorzugt. Der Yttriumoxid-Gehalt im ScSZ ist weiter bevorzugt 0,5 bis 1 Mol-%.

[0030] Bei der Zugabe von Ceroxid zu ScSZ beträgt der Gehalt vorzugsweise weniger als 2 Mol-%. Ein Ceroxid-Gehalt von mehr als 2 Mol-% verringert die Oxidionen-Leitfähigkeit des Elektrolytfilms **52** und ist nicht bevorzugt. Der Ceroxid-Gehalt im ScSZ beträgt weiter bevorzugt 0,5 bis 1 Mol-%.

[0031] Es ist bevorzugt, daß der erste Feststoffelektrolyt ein Kompositmaterial von ScSZ mit Aluminiumoxid (Al_2O_3) ist. Beim Kompositmaterial von ScSZ mit Aluminiumoxid beträgt der Aluminiumoxid-Gehalt vorzugsweise weniger als 2 Gew.-% von ScSZ. Ein Aluminiumoxid-Gehalt von mehr als 2 Gew.-% verringert die Oxidionen-Leitfähigkeit des Elektrolytfilms **52** und ist nicht bevorzugt. Der Aluminiumoxid-Gehalt im ScSZ beträgt weiter bevorzugt 0,5 bis 1 Gew.-%.

[0032] Es ist ferner bevorzugt, daß der erste Feststoffelektrolyt gefertigt wird, indem eine Spezies, die aus Yttriumoxid und Ceroxid oder beidem ausge-

wählt wird, in der Festphase des ScSZ gelöst wird. Es ist ebenfalls bevorzugt, daß der erste Feststoffelektrolyt gefertigt wird durch ein Kompositmaterial von Aluminiumoxid mit ScSZ, welches hergestellt wurde, indem eine Spezies, die aus Yttriumoxid und Ceroxid oder beidem ausgewählt wurde, in der Festphase des ScSZ gelöst wird.

[0033] Die Dicke des Elektrolytfilms **52** wird in der Abhängigkeit von der Materialeigenschaft des Elektrolytfilms **52** und der Kombination des Brennstoffelektrodensubstrats **54** der Lufterlektrode **56** sowie der Zwischenschicht **58**, die später zu beschreiben sind, bestimmt, so daß die vorgeschriebene Oxidionen-Leitfähigkeit und die ausreichende Gasdichte-eigenschaft bei Betriebstemperaturen des SOFC **50** mit einem getragenen Elektrolytfilm beibehalten werden. Die Dicke des Elektrolytfilms **52** liegt gewöhnlicherweise in einem Bereich von 10 bis 20 µm.

[0034] Dann erfolgt eine Erläuterung über das Brennstoffelektrodensubstrat **54**. Das Brennstoffelektrodensubstrat **54** dient zum Tragen des Elektrolytfilms **52**. Bei der sich auf die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beziehenden SOFC **50** mit einem getragenen Elektrolytfilm wird zu diesem Zweck ein Cermet angewandt, das den ersten Katalysator und einen zweiten Feststoffelektrolyten umfaßt, der Oxidionen-Leitfähigkeit zeigt.

[0035] Im obigen Fall werden Katalysatoren, die gegenüber Brennstoffgas eine hohe Wirksamkeit aufweisen, als dem ersten Katalysator verwendet, der einen Teil des Brennstoffelektrodensubstrats **54** aufbaut. Bevorzugte Ausführungsformen für diese Katalysatoren schließen insbesondere Nickel (Ni), Kobalt (Co) und Ruthenium (Ru) ein. Es ist klar, daß der bevorzugte Umfang des ersten Katalysators aus irgendeinem der aufgelisteten Katalysatoren ausgewählt wird und auf keine Weise beschränkt ist. Der Gehalt des ersten Katalysators im Brennstoffelektrodensubstrat wird in Abhängigkeit von der Art des ersten Katalysators und den Betriebsbedingungen der SOFC **50** mit einem getragenen Elektrolytfilm bestimmt, so daß die Dreifachphasengrenze bei Betriebstemperaturen der SOFC **50** mit einem getragenen Elektrolytfilm erhalten bleibt, und daß notwendige Charakteristika für die vorgeschriebene elektrische Leitfähigkeit und thermische Expansionskoeffizienten, die mit denen von Elektrolyten vergleichbar sind, erhältlich sind.

[0036] Bezüglich des zweiten Feststoffelektrolyten, der einen weiteren Teil des Brennstoffelektrodensubstrats **54** aufbaut, ist ein Material auszuwählen, welches eine ausreichend hohe mechanische Festigkeit besitzt. Insbesondere wird als dem zweiten Feststoffelektrolyten ein Material bevorzugt, welches eine Biegefestigkeit besitzt, die 500 MPa übersteigt. Die

Biegefestigkeit ist hier durch den gemessenen Wert von gesinterten Materialien definiert, die nur den zweiten Feststoffelektrolyten umfassen und relative Dichten von mehr als 95% aufweisen. Um die SOFC **50** mit einem getragenen Elektrolytfilm mit hoher Zuverlässigkeit zu erhalten, besitzt der zweite Feststoffelektrolyt besonders bevorzugt eine Biegefestigkeit von mehr als 1.000 MPa.

[0037] Bezüglich der bevorzugten Ausführungsformen für den zweiten Feststoffelektrolyten, die solche Bedingungen erfüllen, wird vorzugsweise Scandiumoxid-stabilisiertes Zirkoniumoxid, welches 3 bis 6 Mol-% Scandiumoxid (Sc_2O_3) enthält, genannt. Ein Scandiumoxid-Gehalt von weniger als 3 Mol-% führt zu verringerter Oxidionen-Leitfähigkeit im Feststoffelektrodensubstrat **54** und ist nicht bevorzugt. Ein Scandiumoxid-Gehalt von mehr als 6 Mol-% andererseits führt zu verringerter Biegefestigkeit des Brennstoffelektrodensubstrats **54** und ist ebenfalls nicht bevorzugt.

[0038] Bezüglich anderer bevorzugter Ausführungsformen für den zweiten Feststoffelektrolyten wird Yttriumoxid-stabilisiertes Zirkoniumoxid, welches 2 bis 4 Mol-% Yttriumoxid (Y_2O_3) enthält, genannt. Ein Yttriumoxid-Gehalt von weniger als 2 Mol-% führt zu verminderter Oxidionen-Leitfähigkeit im Brennstoffelektrodensubstrat **54** und ist nicht bevorzugt. Ein Yttriumoxid-Gehalt von mehr als 4 Mol-% führt andererseits zu verringerter Biegefestigkeit des Brennstoffelektrodensubstrats **54** und ist ebenfalls nicht bevorzugt.

[0039] Dann erfolgt eine Erläuterung zur Lufterlektrode **56**. Die Lufterlektrode **56** ist eine als Film gebildete Elektrode, die an die verbleibende Oberfläche des Elektrolytfilms **52** gebunden ist.

[0040] Sie setzt sich aus Materialien zusammen, die im allgemeinen bei sehr hohen Temperaturen unter Sauerstoffatmosphäre chemisch stabil sind und hohe elektrische Leitfähigkeit besitzen. Bezüglich bevorzugter Ausführungsformen für solche Materialien werden insbesondere Edelmetalle wie Platin, komplexe Metalloxide wie LaSrMnO_3 , LaCaMnO_3 , LaMgMnO_3 , LaSrCoO_3 und LaCaCoO_3 genannt.

[0041] In der vorliegenden Erfindung können irgendwelche der oben genannten Materialien für die Lufterlektrode **56** verwendet werden und sind keineswegs begrenzt. Auch kann die Lufterlektrode **56** ausschließlich die zuvor bezeichneten Materialien beinhalten, oder sie kann aus Kompositmaterialien aus den zuvor erwähnten Materialien und Oxidionen-leitfähigen Feststoffelektrolyten wie YSZ bestehen.

[0042] Als nächstes wird eine Erläuterung gegeben bezüglich der Zwischenschicht **58**. Die Zwischenschicht **58** setzt sich aus einem Cermet des zweiten

Katalysators und des dritten Feststoffelektrolyten, der Oxidionen-Leitfähigkeit aufweist, zusammen. Bezüglich des zweiten Katalysators, der einen Teil der Zwischenschicht **58** aufbaut, werden hier jene angewandt, die ausgezeichnete Wirksamkeit gegenüber Brennstoffgas zeigen. Bezüglich bevorzugter Ausführungsformen solcher Materialien werden insbesondere Nickel (Ni), Kobalt (Co) und Ruthenium (Ru) genannt. Es ist klar, daß der Umfang des bevorzugten zweiten Katalysators aus irgendeinem der aufgelisteten Katalysatoren ausgewählt wird und keineswegs begrenzt ist.

[0043] Der Gehalt des zweiten Katalysators in der Zwischenschicht **58** ist in Abhängigkeit von der verwendeten Spezies des zweiten Katalysators und der Betriebsbedingungen der SOFC **50** mit einem getragenen Elektrolytfilm festgelegt, so daß die Dreiphasengrenze bei Betriebstemperaturen des SOFC **50** mit einem getragenen Elektrolytfilm erhalten bleibt und erforderliche Eigenschaften bezüglich vorbestimmter elektrischer Leitfähigkeit und thermischer Expansionskoeffizienten, die mit jenen des Elektrolyten vergleichbar sind, erhalten werden. Bei der Auswahl des in der Zwischenschicht **58** enthaltenen zweiten Katalysators ist ferner zu sagen, daß er gleich dem im Brennstoffelektrodensubstrat **54** enthaltenen ersten Katalysator oder ein davon verschiedenes Material sein kann.

[0044] Bezüglich des dritten Feststoffelektrolyten, der einen weiteren Teil der Zwischenschicht **58** aufbaut, sind Materialien anzuwenden, die eine hohe Oxidionen-Leitfähigkeit zeigen. Insbesondere ist ein Material bevorzugt, welches eine Oxidionen-Leitfähigkeit zeigt, die 0,1 S/cm bei 800°C übersteigt. Bevorzugte Ausführungsformen des dritten Feststoffelektrolyten schließen ScSZ, welches 9 bis 12 Mol-% Scandiumoxid (Sc_2O_3) enthält, ein. Ein Scandiumoxid-Gehalt von weniger als 9 Mol-% führt zu verringerter Oxidionen-Leitfähigkeit in der Zwischenschicht **58** und ist nicht bevorzugt. Ein Scandiumoxid-Gehalt von mehr als 12 Mol-% andererseits führt zu verringerter Oxidionen-Leitfähigkeit in der Zwischenschicht **58** und ist ebenfalls nicht bevorzugt. Der Scandiumoxid-Gehalt von ScSZ ist weiter bevorzugt 10 bis 11 Mol-%.

[0045] Bezüglich des für den dritten Feststoffelektrolyten verwendeten ScSZ gilt, daß es eine feste Lösung mit Scandiumoxid alleine sein kann, oder es kann zusätzlich mit Spuren Mengen von Yttriumoxid (Y_2O_3), Ceroxid (CeO_2) oder Aluminiumoxid (Al_2O_3) versetzt werden, ähnlich zum Fall des als dem ersten Feststoffelektrolyten verwendeten ScSZ. Ähnlichkeiten setzen sich fort im Fall der weiteren Zugabe von Yttriumoxid und Ceroxid zu ScSZ vorzugsweise bei weniger als 2 Mol-%, und im Kompositmaterial mit Aluminiumoxid vorzugsweise bei weniger als 2 Gew.-%. Ferner kann der in der Zwischenschicht **58**

verwendete dritte Feststoffelektrolyt gleich sein wie der für den Elektrolytfilm **52** verwendete erste Feststoffelektrolyt, oder es kann ein davon verschiedenes Material sein.

[0046] Nun wird eine Erläuterung gegeben bezüglich des Gastrenners **62**. Der Gastrenner **62** ist eine Vorrichtung zum Zuführen von jeweils Brennstoffgas zum Brennstoffelektrodensubstrat **54** und Oxidationsgas zur Luftpolektrode **56**. Zu diesem Zweck ist jeder Gastrenner **62** mit einem Gasströmungsdurchlaß **62a** zum Zuführen von Reaktionsgas ausgestattet. Der Gastrenner **62** arbeitet auch als Sammeleinrichtung für elektrischen Strom, der beim Elektrolyt-Elektroden-Zusammenbau **60** erzeugt wird. Deshalb werden Materialien für den Gastrenner **62** angewandt, die Bedingungen wie eine Stabilität bei Betriebstemperaturen, eine hohe elektrische Leitfähigkeit sowie eine Gasdichtheitseigenschaft erfüllen (z.B. Lanthan/Chromit-basierte Oxide).

[0047] Als nächstes erfolgt eine Erläuterung bezüglich der Leistungsfähigkeit der SOFC **50** mit einem getragenen Elektrolytfilm in bezug auf die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. [Fig. 2](#) veranschaulicht eine typische Grafik für eine allgemeine Beziehung zwischen der Leerlaufspannung des SOFC und dem tatsächlichen Spannungsooutput. Die Leerlaufspannung des SOFC ist im allgemeinen bestimmt durch die Zusammensetzung des Brennstoffgases, das der Brennstoffelektrode zugeführt wird. Der Unterschied zwischen der Leerlaufspannung und dem Spannungsooutput, der beim Zuführen von elektrischem Strom zur SOFC tatsächlich erhalten wird, bzw. die Amplitude der Überspannung werden durch den Widerstand der Elektrolytmaterialien, den Reaktionswiderstand einer Brennstoffelektrode sowie den Reaktionswiderstand einer Luftpolektrode bestimmt, wie in [Fig. 2](#) gezeigt. Um den Output einer SOFC zu verbessern, ist es erforderlich, die Überspannung herabzusetzen.

[0048] Eine Herabsetzung der Betriebstemperatur für eine SOFC induziert andererseits eine verringerte Oxidionen-Leitfähigkeit der Elektrolytmaterialien oder erhöht den Widerstand von diesen, was zu einem erhöhten Verhältnis der Überspannung bei ihr führt. Bei der herkömmlichen SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm wird eine Reduzierung des Widerstands für Elektrolytmaterialien insgesamt bewerkstelligt durch ein Dünnermachen des Elektrolyten zu einem Film und durch Tragen des Elektrolytfilms mit einem Brennstoffelektrodensubstrat.

[0049] Es war jedoch ein allgemeiner Weg für die herkömmliche SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm, ein Ni-8YSZ-Cermet als dem Brennstoffelektrodensubstrat anzuwenden. 8YSZ hat eine relativ hohe Oxidionen-Leitfähigkeit. Seine Biegefestigkeit ist jedoch auf etwa 300 MPa begrenzt, was anzeigt,

daß es zur erforderlichen Materialfestigkeit schwach ist. Somit verursacht es häufig Brüche in der Zelle, was zu einer schlechteren Zuverlässigkeit führt, wenn es als Material für ein Brennstoffelektrodensubstrat verwendet wird. Das Dickermachen des Brennstoffelektrodensubstrats andererseits, um dieses Problem zu vermeiden, führt zur schlechteren Gasdurchlässigkeit des Brennstoffelektrodensubstrats. Dies drückt sich im Reaktionswiderstand in der Brennstoffelektrode aus, was zu verringerten Outputs veranlaßt.

[0050] Die sich auf die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beziehende SOFC **50** mit einem getragenen Elektrolytfilm andererseits wendet den zweiten Feststoffelektrolyt mit einer ausreichend hohen mechanischen Festigkeit an wie YSZ, das 2 bis 4 Mol-% Yttriumoxid als eine feste Lösung enthält, oder ScSZ, das 3 bis 6 Mol-% Scandiumoxid als eine feste Lösung enthält, als den Materialien, die das Brennstoffelektrodensubstrat **54** aufbauen. Aus diesem Grund ist die mechanische Festigkeit für das Brennstoffelektrodensubstrat **54** verbessert. Deshalb führt es kaum zum Brechen von Zellen und zur schließlich verbesserten Zuverlässigkeit des SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm (**50**).

[0051] Es ist auch möglich, das Brennstoffelektrodensubstrat **54** dünn zu machen, ohne auf die Zuverlässigkeit aufgrund der erhöhten mechanischen Festigkeit im Substrat zu verzichten. Zum Beispiel war es üblich, die Dicke des Ni-8YSZ auf etwa 1 mm zu halten, um Brüche in der Zelle zu vermeiden, wenn das Material in einem Brennstoffelektrodensubstrat verwendet wird. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist es möglich, das Brennstoffelektrodensubstrat **54** so dünn wie 0,3 mm zu machen. Das Dünnermachen erhöht die Gasdurchlässigkeit des Brennstoffelektrodensubstrats **54**, was zu verbesserten Leistungserzeugungsausgängen für die SOFC **50** mit einem getragenen Elektrolytfilm führt. Entsprechend wird die Gesamtdicke der Zellstapelung, die durch Laminierung einer vielfachen Anzahl der SOFC **50** mit einem getragenen Elektrolytfilm gemacht wird, verringert, was die Leistungsoutput-Dichten pro Einheitsvolumen verbessert. Ferner wird eine erforderliche Menge an Materialien verringert, was die Materialkosten für die SOFC **50** reduziert.

[0052] Bei der herkömmlichen SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm ist 8YSZ gewöhnlicherweise für den Elektrolytfilm verwendet worden. Da die Oxidionen-Leitfähigkeit von Elektrolyten bei Betriebstemperaturen einer SOFC, die bei niedrigen Temperaturen wirkt, quasi durch die Zusammensetzung der verwendeten Materialien bestimmt wird, wird es erforderlich, den Elektrolytfilm viel dünner zu machen, um seinen Widerstand zu verringern, weshalb die Verwendung von 8YSZ als dem Material für einen

Elektrolyten fortgesetzt wurde. Ein zu dünner Elektrolytfilm erzeugt jedoch eine Schwierigkeit bei der Aufrechterhaltung seiner Gasdichteitseigenschaft. Deshalb gibt es gewisse Grenzen bei der Verbesserung der Leistungsoutputs in Abhängigkeit vom Dünnermachen des Elektrolyten.

[0053] Die Verwendung der Feststoffelektrolyte mit hoher Oxidionen-Leitfähigkeit wie ScSZ, indem eine vorbestimmte Menge an Scandiumoxid in fester Lösung aufgelöst ist, anstelle des herkömmlichen 8YSZ führt andererseits zur Reduktion des spezifischen Widerstands des Elektrolytfilms selbst. Aus diesem Grund können höhere Outputs bewerkstelligt werden mit derselben Dicke des Elektrolytfilms wie zuvor.

[0054] Bei der herkömmlichen SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm umfaßt der Elektrolyt-Elektroden-Zusammenbau ferner eine Dreischichtstruktur, die ein Brennstoffelektrodensubstrat, einen Elektrolytfilm und eine Lufterlektrode umfaßt. Bei einer SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm, die mit einem solchen Elektrolyt-Elektroden-Zusammenbau ausgestattet ist, führt die Verwendung eines sehr starken Materials für den das Brennstoffelektrodensubstrat aufbauenden Feststoffelektrolyt zum erhöhten Grenzflächenwiderstand zwischen dem Elektrolytfilm und dem Brennstoffelektrodensubstrat und erhöht schließlich die Überspannung.

[0055] Für die SOFC **50** mit einem getragenen Elektrolytfilm in Übereinstimmung mit den bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ist andererseits die Zwischenschicht **58**, die den dritten Feststoffelektrolyten mit hoher Oxidionen-Leitfähigkeit enthält, zwischen dem Brennstoffelektrodensubstrat **50** und dem Elektrolytfilm **52** gelegt, so daß der Elektrolyt-Elektroden-Zusammenbau **60** eine Vierschichtstruktur aufweist, wodurch die Verringerung des Grenzflächenwiderstands zwischen dem Elektrolytfilm **52** und dem Brennstoffelektrodensubstrat **54** ermöglicht wird. Aus diesem Grund wird eine Erhöhung der Überspannung aus dem Grenzflächenwiderstand unterdrückt, und das Leistungsvermögen der SOFC **50** mit einem getragenen Elektrolytfilm wird weiter verbessert.

[0056] Dann wird eine Erläuterung gegeben bezüglich des SOFC **50** mit einem getragenen Elektrolytfilm bezüglich der bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Die SOFC **50** mit einem getragenen Elektrolytfilm bezüglich der bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung kann durch die folgende Prozedur hergestellt werden. Das heißt, der erste Katalysator und der zweite Feststoffelektrolyt werden zuerst in einem vorbestimmten Verhältnis vermischt und zu einer Lage geformt. Für das Formungsverfahren kann irgendein Verfahren verwendet werden, einschließlich des Druckformungsverfahrens, des Abstreifmesser- bzw. Rakelverfah-

rens etc., und ist nicht auf irgendeine Weise begrenzt. Dann wird die erhaltene geformte Lage gesintert, um das Brennstoffelektrodensubstrat **54** zu bilden.

[0057] Als nächstes wird die Aufschlammung, die den zweiten Katalysator und den dritten Feststoffelektrolyten enthält, auf das Brennstoffelektrodensubstrat **54** aufgebracht, gefolgt von einer Sinterung zum Erzeugen der Zwischenschicht **58**. Dann wird die Aufschlammung, die den ersten Feststoffelektrolyten enthält, appliziert, gefolgt vom Sintern, um den Elektrolytfilm **52** zu bilden. Dann wird eine Aufschlammung, die Materialien für die Lufterlektrode enthält, auf die Oberfläche des Elektrolytfilms **52** appliziert, gefolgt vom Sintern zum Bilden der Lufterlektrode **56**. Der erhaltene Elektrolyt-Elektroden-Zusammenbau **60** wird zwischen die Gastrenner **62, 62** gelegt, wodurch die SOFC **50** mit einem getragenen Elektrolytfilm erzielt wird, die mit einer in [Fig. 1](#) gezeigten Struktur ausgestattet ist.

[0058] Übrigens können für das Auftragverfahren der Zwischenschicht **58**, des Elektrolytfilms **52** und der Lufterlektrode **56** verschiedentliche Techniken verwendet werden, einschließlich des Siebdrucks, des Auftragens mit Bürste, des Aufsprühens und des Eintauchens, und das Verfahren ist überhaupt nicht auf irgendeine Weise begrenzt. Im oben erläuterten Beispiel wird ein Sinterverfahren individuell für das Brennstoffelektrodensubstrat **54**, die Zwischenschicht **58**, den Elektrolytfilm **52** und die Lufterlektrode **56** angewandt. In dem Fall, daß die geeignetsten Temperaturen für die jeweilige Schicht nahe beieinander sind, ist ein gleichzeitiges Sintern von zwei oder mehr nebeneinander liegenden Schichten zulässig.

Beispiele

(Beispiel 1)

[0059] Eine SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm wurde durch die folgende Prozedur hergestellt: zuerst wurden gepulvertes Nickeloxid und ein Pulver, das eine Zusammensetzung von ZrO_3 -3 Mol-% Y_2O_3 aufwies (nachfolgend als 3YSZ bezeichnet), in einem Verhältnis von Ni:3YSZ=4:6 eingewogen, in einer Kugelmühle **24** Stunden vermischt, und getrocknet. Das erhaltene Pulver wurde durch das Abstreifmesser- bzw. Rakelverfahren zu einer Lage geformt, gefolgt vom Sintern bei $1.000^\circ C$, um ein Brennstoffelektrodensubstrat zu erzielen. Das erhaltene Brennstoffelektrodensubstrat war etwa 0,3 mm dick.

[0060] Als nächstes wurden gepulvertes Nickeloxid und ein Pulver, das eine Zusammensetzung von $(ZrO_2$ -11 Mol-% Sc_2O_3) 99 Gew.-% – Al_2O_3 1 Gew.-% (nachfolgend als 11S1A bezeichnet) besaß, in einem Verhältnis von Ni:11S1A=4:6 eingewogen, in einer

Kugelmühle **24** Stunden vermischt, und getrocknet. Dann wurde zum Bilden einer Aufschlammung ein Bindemittel zum vermischten Pulver zugegeben. Die Aufschlammung wurde durch das Siebdruckverfahren auf die Oberfläche eines Brennstoffelektrodensubstrats aufgebracht, um eine Zwischenschicht zu erzielen, und das Produkt wurde bei $1.300^\circ C$ gesintert.

[0061] Als nächstes wurde zum Bilden einer Aufschlammung ein Bindemittel zu einem Pulver von 11S1A zugegeben. Die Aufschlammung wurde durch das Tauchverfahren auf die Oberfläche einer Zwischenschicht aufgebracht, um einen Elektrolytfilm zu erzielen, und das Produkt wurde bei $1.450^\circ C$ gesintert.

[0062] Als nächstes wurden ein Pulver von $La_{0,8}Sr_{0,2}MnO_3$ (nachfolgend als LSM bezeichnet) und ein Pulver von 8YSZ in einem Verhältnis von LSM:8YSZ=8:2 eingewogen, in einer Kugelmühle **24** Stunden vermischt, und getrocknet. Dann wurde zum erhaltenen Material für eine Lufterlektrode ein Bindemittel zugegeben. Die gebildete Aufschlammung wurde durch das Siebdruckverfahren auf die Oberfläche eines Elektrolytfilms aufgebracht, um eine Lufterlektrode zu erzielen, und das Produkt wurde bei $1.150^\circ C$ gesintert. Ferner wurde der erhaltene Elektrolyt-Elektroden-Zusammenbau, der eine Vierschichtstruktur umfaßte, zwischen zwei Gastrenner gelegt, um eine SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm zu ergeben.

(Vergleichsbeispiel 1)

[0063] Eine SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm wurde durch die folgende Prozedur hergestellt: zuerst wurden gepulvertes Nickeloxid und ein Pulver, das eine Zusammensetzung von 8YSZ aufwies, in einem Verhältnis von Ni:8YSZ=4:6 eingewogen, in einer Kugelmühle **24** Stunden vermischt, und getrocknet. Das erhaltene Pulver wurde durch das Rbstreifmesser- bzw. Rakelverfahren zu einer Lage geformt, gefolgt vom Sintern bei $1.000^\circ C$, um ein Brennstoffelektrodensubstrat zu erzielen. Das erhaltene Brennstoffelektrodensubstrat war etwa 1 mm dick.

[0064] Dann wurde zum Bilden einer Aufschlammung ein Bindemittel zum Pulver von 11S1A hinzugefügt. Die Aufschlammung wurde durch das Tauchverfahren auf die Oberfläche eines Brennstoffelektrodensubstrats aufgebracht, um einen Elektrolytfilm zu erzielen, und das Produkt wurde bei $1.450^\circ C$ gesintert.

[0065] Als nächstes wurden ein Pulver von LSM und ein Pulver von 8YSZ in einem Verhältnis von LSM:8YSZ=8:2 eingewogen, in einer Kugelmühle **24** Stunden vermischt, und getrocknet. Dann wurde für eine Lufterlektrode ein Bindemittel zum erhaltenen

Material zugefügt. Die gebildete Aufschlemmung wurde durch das Siebdruckverfahren auf die Oberfläche eines Elektrolytfilms aufgebracht, um eine Lufterlektrode zu erzielen, und das Produkt wurde bei 1.150°C gesintert. Ferner wurde der erhaltene Elektrolyt-Elektroden-Zusammenbau, der eine Dreischichtstruktur umfaßte, zwischen zwei Gastrenner gelegt, um eine SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm zu ergeben.

[0066] Es wurden mit den zwei Arten SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm, die im Beispiel 1 und im Vergleichsbeispiel 1 erhalten wurden, Leistungserzeugungsexperimente durchgeführt. Die Temperatur zur Leistungserzeugung wurde auf 750°C festgelegt, und Wasserstoff wurde als Brennstoffgas angewandt. Als Oxidationsgas wurde Sauerstoff oder Luft angewandt.

[0067] [Fig. 3](#) veranschaulicht die Abhängigkeit des Spannungsausgangs und der Leistungsausgangsdichte von der Stromdichte, wenn der Brennstoffelektrode Wasserstoff zugeführt wird und der Lufterlektrode Sauerstoff zugeführt wird. Beim Vergleich der Spannungsausgangswerte unter Bedingungen derselben Stromdichte wird klar, daß die SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm im Beispiel 1 einen größeren Spannungsausgang zeigt als die SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm im Vergleichsbeispiel 1. Während die maximale Leistungsausgangsdichte im Vergleichsbeispiel 1 etwa 0,7 W/cm² betrug, wurde der Wert für Beispiel 1 auf etwa 1,0 W/cm² verbessert.

[0068] [Fig. 4](#) veranschaulicht die Abhängigkeit des Spannungsausgangs und der Leistungsausgangsdichte von der Stromdichte, wenn der Brennstoffelektrode Wasserstoff zugeführt wird und der Lufterlektrode Luft zugeführt wird. Beim Vergleich unter Bedingungen derselben Stromdichte wie in [Fig. 4](#) wird entsprechend klar, daß die SOFC im Beispiel 1 einen größeren Spannungsausgang zeigt als die SOFC im Vergleichsbeispiel 1. Während die maximale Leistungsausgangsdichte im Vergleichsbeispiel 1 etwa 0,53 W/cm² betrug, wurde der Wert für Beispiel 1 auf etwa 0,7 W/cm² verbessert.

[0069] Beide Arten SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm, die im Beispiel 1 und im Vergleichsbeispiel 1 erhalten wurden, zeigten Zahlen der maximalen Leistungsausgangsdichte, die höher waren als die herkömmliche SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm unter Verwendung von 8YSZ als dem Elektrolytfilm. Dies deshalb, weil ScSZ, welches eine höhere Oxidionen-Leitfähigkeit als 8YSZ zeigt, bei diesen als Elektrolytfilm angewandt wird.

[0070] Wie oben gezeigt weist die SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm im Beispiel 1 ein höheres Maximum der Leistungsausgangsdichte auf als die SOFC mit einem getragenen Elektrolytfilm im Ver-

gleichsbeispiel 1. Dies deshalb, weil 3YSZ, das eine höhere mechanische Festigkeit aufweist als 8YSZ, als einem Aufbaumaterial für das Brennstoffelektrodensubstrat im Beispiel 1 verwendet wird. Dies macht das Brennstoffelektrodensubstrat dünner unter Erhalt der Verbesserung der Gasdurchlässigkeit für das Brennstoffelektrodensubstrat. Im Fall des Beispiels 1 ist eine Zwischenschicht zwischen dem Elektrolytfilm und dem Brennstoffelektrodensubstrat gelegt. Dies wirkt zur Verbesserung der Wirksamkeit des SOFC gegenüber dem Brennstoffgas und zur Reduzierung des Grenzflächenwiderstands zwischen dem Elektrolytfilm und dem Brennstoffelektrodensubstrat, was zum höheren Maximum der Leistungsausgangsdichte führt.

[0071] Die vorangehende Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung sind zum Zweck der Veranschaulichung und der Beschreibung gebracht worden. Sie soll nicht erschöpfend sein oder die Erfindung auf die exakt beschriebene Form beschränken, und Modifikationen und Veränderungen sind im Licht der obigen Lehren möglich oder können aus der Praxis der Erfindung erfahren werden. Die Ausführungsformen, die gewählt und beschrieben wurden, um die Prinzipien der Erfindung sowie ihre praktische Anwendung zu erläutern, um dem Fachmann die Nutzung der Erfindung in verschiedenen Ausführungsformen und mit verschiedenen Modifikationen zu ermöglichen, sind für die spezielle, in Betracht gezogene Verwendung geeignet. Es ist vorgesehen, daß der Umfang der Erfindung durch die hier beigefügten Ansprüche definiert ist.

Patentansprüche

1. Feststoffoxid-Brennstoffzelle mit einem getragenen Elektrolytfilm, umfassend:
 einen Elektrolytfilm (**52**), der einen ersten Feststoffelektrolyt umfaßt, welcher Oxidionen-Leitfähigkeit zeigt;
 eine als Substrat (**54**) wirkende Brennstoffelektrode, die – gegebenenfalls über einen Zwischenschicht-Cermetfilm (**58**), der einen zweiten Katalysator und einen dritten, Oxidionen-Leitfähigkeit zeigenden Elektrolyt umfaßt- mit einer Oberfläche des Elektrolytfilms verbunden ist, und
 eine Lufterlektrode (**56**), die mit der anderen Oberfläche des Elektrolytfilms verbunden ist, insgesamt einen Elektrolyt-Elektroden-Zusammenbau bildend,
dadurch gekennzeichnet, daß die als Substrat wirkende Brennstoffelektrode ein Cermet eines ersten Katalysators und eines zweiten Feststoffelektrolyten, der Oxidionen-Leitfähigkeit zeigt und eine Biegefestigkeit von 500 MPa oder mehr aufweist, umfaßt, wobei die Biegefestigkeit durch den gemessenen Wert von gesinterten Materialien definiert ist, die nur den zweiten Feststoffelektrolyten umfassen und relative Dichten von mehr als 95% aufweisen.

2. Feststoffoxid-Brennstoffzelle mit einem getragenen Elektrolytfilm gemäß Anspruch 1, wobei der zweite Feststoffelektrolyt Yttriumoxid-stabilisiertes Zirkoniumoxid, das 2 bis 4 Mol-% Yttriumoxid (Y_2O_3) enthält, umfaßt.

3. Feststoffoxid-Brennstoffzelle mit einem getragenen Elektrolytfilm gemäß Anspruch 1, wobei der zweite Feststoffelektrolyt Skandiumoxid-stabilisiertes Zirkoniumoxid, das 3 bis 6 Mol-% Skandiumoxid (Sc_2O_3) enthält, umfaßt.

4. Feststoffoxid-Brennstoffzelle mit einem getragenen Elektrolytfilm gemäß Anspruch 1, 2 oder 3, wobei der erste Feststoffelektrolyt Skandiumoxid-stabilisiertes Zirkoniumoxid, das 9 bis 12 Mol-% Skandiumoxid (Sc_2O_3) enthält, umfaßt.

5. Feststoffoxid-Brennstoffzelle mit einem getragenen Elektrolytfilm gemäß Anspruch 1, 2, 3 oder 4, wobei ein Zwischenschicht-Cermetfilm (**58**), der einen zweiten Katalysator und einen dritten Elektrolyt, der eine 0,1 S/cm bei 800°C übersteigende Oxidionen-Leitfähigkeit zeigt, umfaßt, zwischen dem Elektrolytfilm (**52**) und dem Brennstoffelektrodensubstrat (**54**) gelegt ist.

6. Feststoffoxid-Brennstoffzelle mit einem getragenen Elektrolytfilm gemäß Anspruch 5, wobei der dritte Feststoffelektrolyt Skandiumoxid-stabilisiertes Zirkoniumoxid, das 9 bis 12 Mol-% Skandiumoxid (Sc_2O_3) enthält, umfaßt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

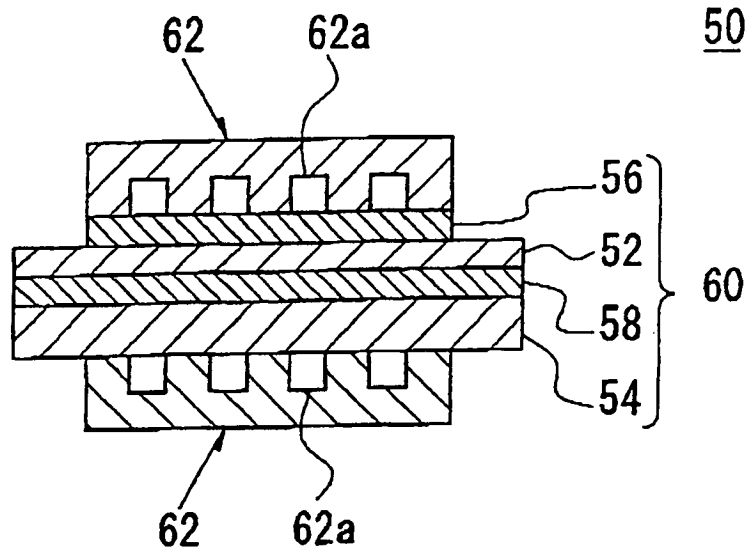


FIG. 1

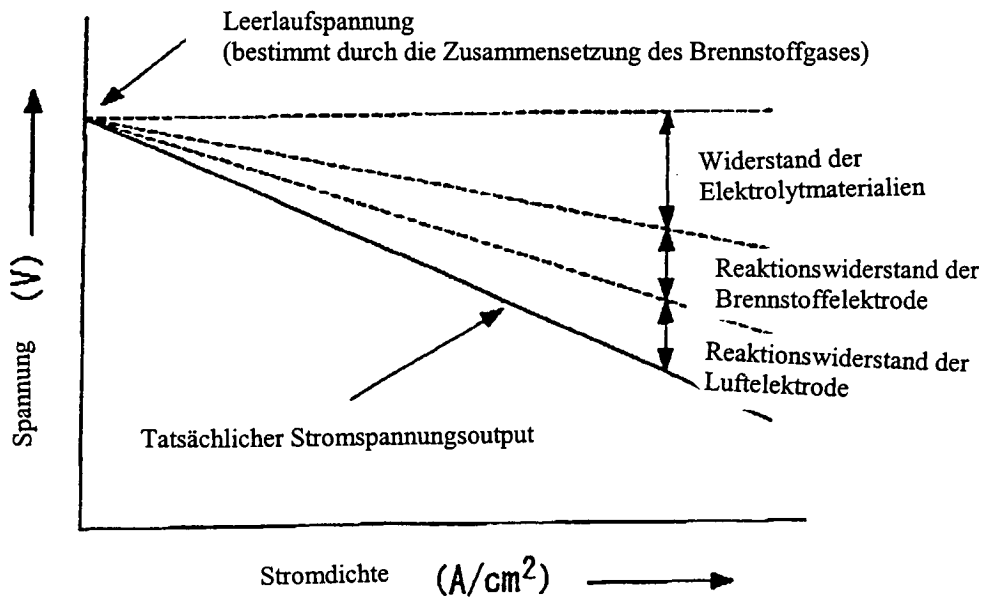


FIG. 2

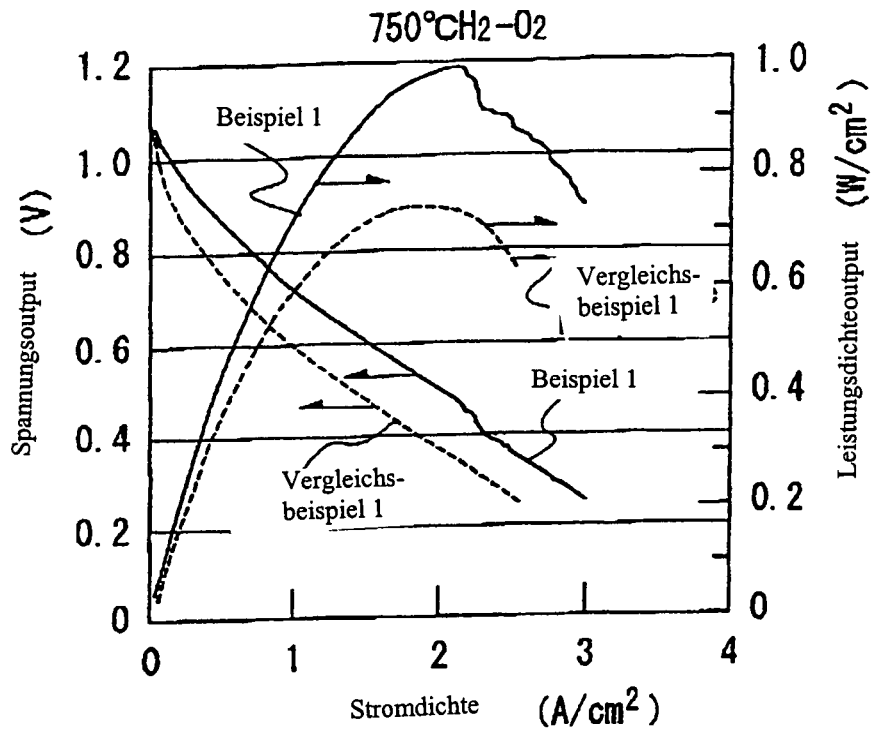


FIG. 3

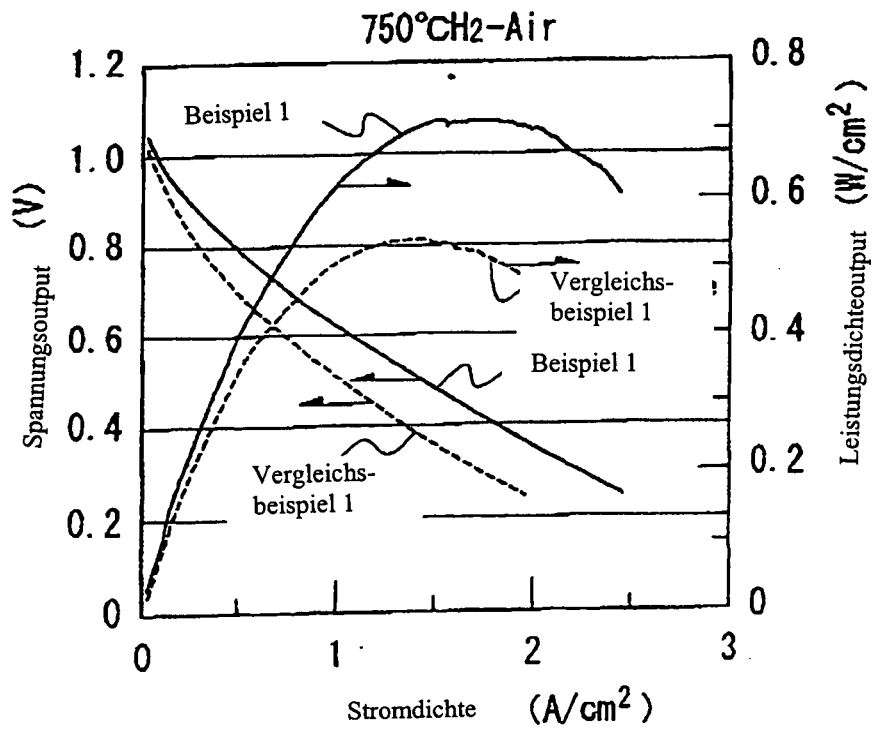


FIG. 4

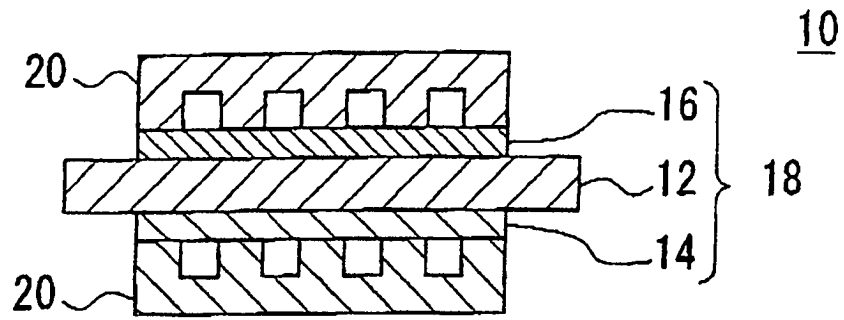


FIG. 5A

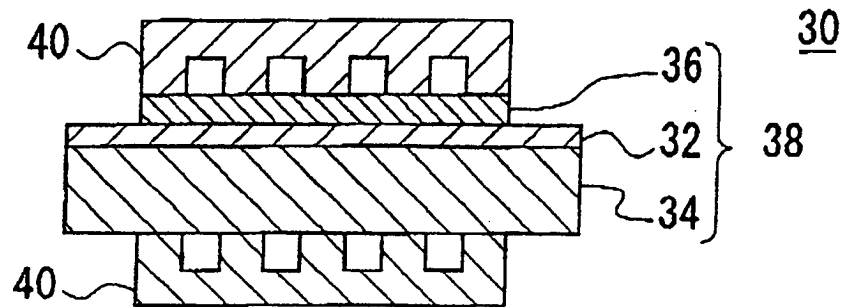


FIG. 5B