

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50948/2020
(22) Anmeldetag: 03.11.2020
(45) Veröffentlicht am: 15.01.2022

(51) Int. Cl.: H01M 8/0202 (2016.01)
H01M 8/0208 (2016.01)
H01M 8/0228 (2016.01)
B32B 15/01 (2006.01)
C22C 19/07 (2006.01)
C22C 19/05 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2011207020 A1
CN 101333613 B
WO 0194664 A2
DE 102005015523 A1

(73) Patentinhaber:
High Tech Coatings GmbH
4663 Laakirchen (AT)

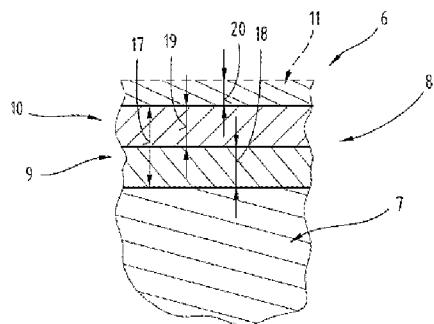
(72) Erfinder:
Preinfalk Klaus Dipl.Ing. (FH) MSc
4491 Niederneukirchen (AT)

(74) Vertreter:
Anwälte Burger und Partner Rechtsanwalt
GmbH
4580 Windischgarsten (AT)

(54) Bauelement

(57) Die Erfindung betrifft ein Bauelement (6) mit einem metallischen Grundkörper (7) und einer darauf angeordneten Schutzschicht (8), wobei die Schutzschicht (8) eine erste Lage (9) aufweist, die als Hauptbestandteil eine Kobaltlegierung oder eine Nickellegierung aufweist.

Fig.2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Bauelement, insbesondere einen Interkonnektor, mit einem metallischen Grundkörper und einer darauf angeordneten Schutzschicht, wobei die Schutzschicht eine erste Lage aufweist oder daraus besteht.

[0002] Weiter betrifft die Erfindung eine Hochtemperatur-Brennstoffzelle umfassend zumindest einen Interkonnektor.

[0003] Metallische Bauelemente der eingangs beschriebenen Art finden Verwendung in Hochtemperatur-Brennstoffzellen (abgekürzt SOFC Solid Oxygen Fuel Cell), insbesondere für Interkontakte (auch Bipolarplatten genannt). Die Betriebstemperaturen liegen dabei üblicherweise im Bereich von ca. 600 °C bis ca. 1.000 °C und ermöglichen die Verwendung zahlreicher Brennstoffe, von denen die wichtigsten unter anderen H₂, CH₄ und CO zusammen mit Luft sind.

[0004] Zur Stromerzeugung werden in der Regel mehrere Brennstoffzellen in Reihe geschaltet. Zur Verbindung der einzelnen Zellen dient der Interkonnektor, der üblicherweise plattenförmig ausgebildet ist. Diese Interkontakte werden als Brenngas und Oxidationsmittel getrennt zuleitendes Bindeglied zwischen zwei Brennstoffzellen angeordnet und können gleichzeitig auch als tragende Komponente für die gesamte Konstruktion bei entsprechender Ausgestaltung fungieren.

[0005] Ein bevorzugtes Design der Interkontakte besteht aus Metallblechen, welche Chrom als wesentlichen Legierungsbestandteil enthalten, da Chromoxid bildende Hochtemperaturwerkstoffe eine gute Oxidationsbeständigkeit aufweisen. Diese chromhaltigen metallischen Werkstoffe bilden bereits unter Normalbedingungen chromoxidhaltige Oberflächenschichten aus. Bei den Betriebsbedingungen der Brennstoffzellen reagieren die Chromoxide mit Sauerstoff und Wasser zu Chromtrioxid (Cr₂O₃) und/oder dessen Hydraten (CrO₂(OH)₂ (Chromsäure) und CrO(OH)₄). Das Chromtrioxid der Oberflächenschicht selbst besitzt allerdings eine nur gering ausgeprägte elektrische Leitfähigkeit. Die Chromoxidhydrate sind andererseits bei den Betriebstemperaturen der Hochtemperatur-Brennstoffzellen gasförmige Spezies, die durch den Gasraum zur Grenzfläche zwischen Elektrolyt und Kathode transportiert werden können. Dort lagern sich die Cr(VI)-Verbindungen ab. Dadurch behindern Sie die Sauerstoffreduktion an dieser Stelle. Eine signifikante Verringerung der Leistung und Lebensdauer der Brennstoffzelle ist die Folge. Mechanismen die zu einer Verminderung der elektrischen Leistung und Funktionsfähigkeit und damit zu einer Begrenzung der Lebensdauer eines Brennstoffzellenstacks führen, sind daher u.a. das Aufwachsen einer elektrisch schlecht leitenden Oxidschicht auf dem metallischen Substrat und das Abdampfen von Cr-Verbindungen (mit anschließender Ablagerung und damit Vergiftung der Kathode).

[0006] Beide Mechanismen können durch eine Schutzschicht auf dem Interkonnektor kontrolliert werden. Es gibt in der Patentliteratur eine Reihe von Ansätzen zur Ausformung dieser Schutzschichten. Grob kann man zwischen nicht-metallischen, zumeist oxidischen, Schutzschichten und metallischen Schutzschichten unterscheiden. Die oxidischen Schutzschichten weisen häufig Schichtdicken von mehr als 50 µm auf, womit die elektrische Leitfähigkeit limitiert ist. Weiter können diese Schutzschichten durchgehende Risse ausbilden, welche in der Regel nicht ausheilen und damit die Chrom-Diffusion an die Oberfläche und die anschließende Verdampfung nicht wirkungsvoll unterbindet. Kommerziell wird häufig eine keramische Schutzschicht basierend auf Lanthan Strontium Mangan Perovskite eingesetzt, wie sie beispielsweise in der WO 2008/003113 A1 oder der US 2010/0129693 A1 beschrieben ist.

[0007] Keramische Schutzschichten bestehend aus zwei- oder drei-phasigen Legierungen wie CoMnCr-Spinelle, die aus der US 2017/0054159 A1 bekannt sind, erwiesen sich, speziell bei Temperaturen von mehr als 750°C, als nicht sehr effektiv bei der Verminderung der Chrom-Verdampfung.

[0008] Es sind auch mehrlagige Schutzschichten bekannt, beispielsweise aus der EP 1 819 507 B1, der US 2015/0079498 A1, der US 2009/0029187 A1 und der US 7,875,360 B2.

[0009] Es sind weiter Interkonnektoren mit einer bis zu 100 µm dicken, plasmagespritzten Co-Mn Schichten bekannt.

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, einen verbesserten Interktor bzw. eine verbesserte Hochtemperatur-Brennstoffzelle bereitstellen zu können.

[0011] Die Aufgabe der Erfindung bei dem eingangs genannten Bauelement dadurch gelöst, dass die erste Lage als Hauptbestandteil eine Kobaltlegierung aufweist, die Nickel in einem Anteil zwischen 18 Gew.-% und 26 Gew.-%, Chrom in einem Anteil zwischen 18 Gew.-% und 26 Gew.-%, Wolfram in einem Anteil zwischen 10 Gew.-% und 18 Gew.-% und zumindest ein Element aus einer Gruppe umfassend Eisen, Mangan, Silizium, Kohlenstoff, Lanthan und Bor in einem Gesamtanteil zwischen 0 Gew.-% und 7 Gew.-% enthält, und der Rest durch Kobalt gebildet ist, wobei Kobalt einen Anteil von zumindest 35 Gew.-% aufweist, oder dass die erste Lage als Hauptbestandteile eine Nickellegierung aufweist, die Nickel in einem Anteil zwischen 54 Gew.-% und 67 Gew.-%, Chrom in einem Anteil zwischen 17 Gew.-% und 29 Gew.-%, Aluminium in einem Anteil zwischen 0,25 Gew.-% und 5 Gew.-%, und zumindest ein Element aus einer Gruppe umfassend Mangan, Kupfer, und Silizium in einem Gesamtanteil zwischen 0 Gew.-% und 7 Gew.-% enthält, und der Rest durch Eisen gebildet ist, oder dass die erste Lage als Hauptbestandteil eine Nickellegierung aufweist, die Chrom in einem Anteil zwischen 12 Gew.-% und 20 Gew.-%, Aluminium in einem Anteil zwischen 0,5 Gew.-% und 8,5 Gew.-%, Eisen in einem Anteil zwischen 0,1 Gew.-% und 6 Gew.-% und zumindest ein Element aus einer Gruppe umfassend Kobalt, Mangan, Molybdän, Titan, Wolfram, Niob, Silizium, Zirkonium, Kohlenstoff, Bor und Yttrium in einem Gesamtanteil zwischen 0 Gew.-% und 7 Gew.-% enthält, und der Rest durch Nickel gebildet ist, wobei Nickel einen Anteil von zumindest 70 Gew.-% aufweist.

[0012] Weiter wird die Aufgabe der Erfindung mit der eingangs genannten Hochtemperatur-Brennstoffzelle gelöst, bei der der Interktor als Bauelement nach der Erfindung ausgebildet ist.

[0013] Von Vorteil ist dabei, dass durch die Zusammensetzung der ersten Lage der Schutzschicht die Bildung von Cr₂O₃ auf bei den sehr hohen Betriebstemperaturen einer Hochtemperatur-Brennstoffzelle deutlich reduziert werden kann. Hierdurch kann die Effizienz der Brennstoffzelle verbessert werden. Zudem kann dieses Material relativ einfach und damit auch kostengünstig mittels eines PVD-Verfahrens auf dem Grundkörper abgeschieden werden.

[0014] Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass in der Kobaltlegierung ein Teil von zumindest einem der Elemente Kobalt, Nickel, Chrom und Wolfram durch Aluminium ersetzt ist, wobei Aluminium einen Anteil zwischen 1 Gew.- % und 10 Gew.-% an der Kobaltlegierung aufweist. Durch den Zusatz von Aluminium kann die Chromoxidbildung durch die bevorzugte Bildung von Aluminiumoxiden reduziert werden.

[0015] Nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass auf der ersten Lage der Schutzschicht eine zweite Lage angeordnet ist, wobei die zweite Lage Lanthan als Hauptbestandteil aufweist, womit die Schutzwirkung der Schutzschicht weiter verbessert werden kann.

[0016] Aus dem gleichen Grund kann nach einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass auf der zweiten Lage der Schutzschicht eine dritte Lage angeordnet ist, wobei die dritte Lage Kobalt und Mangan als Hauptbestandteile in einem Verhältnis zwischen 1 : 1,5 und 1,5 : 1 aufweist.

[0017] Dabei kann gemäß einer Ausführungsvariante dazu vorgesehen sein, dass die dritte Lage Lanthan aufweist, wobei Lanthan in einem Anteil zwischen 1 at.-% und 20 at.-% enthalten ist. Durch den Zusatz von Lanthan kann Wirkung der Schutzschicht als Diffusionsbarriere verbessert werden.

[0018] Nach weiteren Ausführungsvarianten der Erfindung kann vorgesehen sein, dass auf der Schutzschicht eine weitere Schutzschicht angeordnet ist, wobei die weitere Schutzschicht ein oder mehrlagig ausgeführt ist, zumindest umfassend eine erste oxidische Lage und/oder eine

zweite, Oxide mit Spinellstruktur bildende Lage, wobei gegebenenfalls die erste, oxidische Lage ein Metalloxid eines Metalls der Gruppe der Seltenen Erden enthält und/oder ein Metalllegierungsoxid enthält, das zumindest ein Element aus der Gruppe der Seltenen Erden enthält und/oder die erste oxidische Lage näher an dem metallischen Grundkörper angeordnet ist, als die zweite, Oxide mit Spinellstruktur bildende Lage. Die aufgebrachte erste, oxidische Lage ist in der Lage, bei hohen Temperaturen und oxidierender Atmosphäre weitgehend gasdichte keramische Schichten auszubilden. Dies wiederum hat den Vorteil, dass auch sehr rauе Oberflächen beschichtet werden können. Eine Restporosität in der oxidischen Schicht nach dem Beschichtungsprozess hat also keinen negativen Einfluss auf die Schichteigenschaften. Aufgrund der für die Herstellung der oxidischen Schicht eingesetzten Metalle bzw. Metalllegierungen weisen die Oxide elektrische Widerstände von weniger als $5 \text{ m}\Omega/\text{cm}^2$ auf. Von Vorteil ist weiter, dass auftretende Mikrorisse während des Langzeitbetriebs, die beispielsweise durch Temperaturschwankungen induziert werden können, ausheilfähig sind. Im Zusammenspiel mit der ersten Schutzschicht kann damit der Schutz des Grundkörpers des Bauelementes weiter verbessert werden.

[0019] Nach einer Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die zweite, Oxide mit Spinellstruktur bildende Lage zumindest ein Element aus der Gruppe der Seltenen Erden enthält. Von Vorteil ist dabei, dass aufgrund der Schutzwirkung der zweiten Lage der weiteren Schutzschicht die erste, oxidische Lage sehr dünn und damit auch sehr stabil ausgeführt werden kann. Dies ist beispielsweise von Bedeutung bei der Fertigung von Brennstoffzellenstapeln.

[0020] Nach einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Anteil des zumindest einen Elements aus der Gruppe der Seltenen Erden in der zweiten, Oxide mit Spinellstruktur bildenden Lage ausgewählt ist aus einem Bereich von 0,01 Atom-% bis 10 Atom-%. Es wird damit erreicht, dass Risse, welche aufgrund von Temperaturänderungen in darunter liegenden Lagen auftreten, über Diffusionsprozesse besser ausgeheilt werden können. Bei einem zu hohen Anteil an dem Element aus der Gruppe der Seltenen Erden können sich eigene Seltene Erden-Oxide bilden, die nicht die vorteilhaften Eigenschaften der Spinellstrukturen (hohe elektrische Leitfähigkeit) haben.

[0021] Es kann nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung bevorzugt vorgesehen sein, dass der metallische Grundkörper aus einer Legierung mit Chrom als Legierungselement gebildet ist, insbesondere aus einer ferritischen Chromlegierung mit einem Mindestanteil an Chrom von 15 Gew.-%. Die Verwendung von derartigen Grundkörpern an sich ist aus dem Stand der Technik bekannt, wie dies voranstehend ausgeführt wurde. Es hat sich aber gezeigt, dass die Schutzschicht(en) insbesondere mit Legierungen mit Chrom als Hauptbestandteil Vorteile aufweisen, da wirkungsvoll verhindert werden kann, dass Chrom aus dem Bauelement entzogen wird bzw. in eine Form umgewandelt wird, die für eine Hochtemperatur-Brennstoffzelle nachteilig ist. Es können somit nach einer weiteren Ausführungsvariante dazu auch Chromlegierungen eingesetzt werden, die einen Anteil an Chrom in der Chromlegierung von mindestens 70 Gew.-% aufweisen ohne dass damit die Leistungsfähigkeit der Zelle in Folge Chromverlusts relativ rasch abnehmen würde. Dies wiederum ist von Vorteil in Hinblick auf die elektrische Leitfähigkeit des Bauelements.

[0022] Aufgrund der dünnen ersten Lage kann die Schutzschicht insgesamt relativ dünn ausgeführt werden. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante kann die Schutzschicht eine Schichtdicke aufweisen, die ausgewählt ist aus einem Bereich von $1 \mu\text{m}$ bis $20 \mu\text{m}$. Die voranstehend genannten Effekte betreffend die Verringerung der Leitfähigkeit durch dicke oxidische Schichten können damit deutlich reduziert werden.

[0023] Aus dem gleichen Grund ist es von Vorteil, wenn gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung die weitere Schutzschicht eine Schichtdicke aufweist, die ausgewählt ist aus einem Bereich von $1 \mu\text{m}$ bis $20 \mu\text{m}$.

[0024] Bevorzugt ist der metallische Grundkörper platten- bzw. blechförmig oder strukturiert, da damit dessen Beschichtung einfacher mit hoher Qualität einer gleichbleibenden Schichtdicke ausgeführt werden kann.

[0025] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0026] Es zeigen jeweils in vereinfachter, schematischer Darstellung:

[0027] Fig. 1 einen Ausschnitt aus einer Hochtemperatur-Brennstoffzelle;

[0028] Fig. 2 einen Ausschnitt aus einem Bauelement;

[0029] Fig. 3 einen Ausschnitt aus einer Ausführungsvariante des Bauelements.

[0030] Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

[0031] In Fig. 1 ist ein Ausschnitt aus einer Hochtemperatur-Brennstoffzelle 1 gezeigt. Die Hochtemperatur-Brennstoffzelle 1 weist mehrere gleiche Module 2 auf (in Fig 1 ist nur eines dargestellt), wobei jedes Modul 2 eine Kathode 3, einen Elektrolyt 4 und eine Anode 5 aufweist. Weiter weisen die Module 2 auch Bauelemente 6 zur Trennung der einzelnen Module 2, die sogenannten Interkonnektoren, auf.

[0032] Dieser prinzipielle Aufbau einer Hochtemperatur-Brennstoffzelle 1 ist aus dem Stand der Technik bekannt, sodass zu weiteren Details der Hochtemperatur-Brennstoffzelle 1 darauf verwiesen sei.

[0033] Vorliegende Erfindung beschäftigt sich primär mit dem Bauelement 6.

[0034] Wie bereits erwähnt, ist das Bauelement 6 bevorzugt ein Interktor. Im Rahmen der Erfindung kann das Bauelement 6 aber auch für eine andere Anwendung vorgesehen sein, insbesondere ebenfalls für eine Hochtemperatur-Brennstoffzelle 1, wie beispielsweise ein Gaszuführerlement (Gaszuführleitung) oder ein Gasabfuhrerlement (Gasabfuhrleitung). Das Bauelement 6 kann aber auch in einer anderen Vorrichtung (beispielsweise einem Wärmetauscher) eingesetzt werden, in der es insbesondere ähnlichen Betriebsbedingungen unterworfen ist, wie in einer Hochtemperatur-Brennstoffzelle 1.

[0035] Das Bauelement 6 weist einen metallischen Grundkörper 7 auf. Vorzugsweise ist dieser metallische Grundkörper 7 plattenförmig oder blechförmig ausgebildet. Er kann aber auch eine andere Form aufweisen, beispielsweise eine zylinderförmige, etc. Zudem kann die Oberfläche des Grundkörpers 7 strukturiert sein. Die Strukturierung kann beispielsweise in Form eines Wellenmusters oder eines Waffelmusters oder in Form von Nuten, etc. ausgebildet sein.

[0036] Prinzipiell kann der metallische Grundkörper 7 aus einem Metall oder einer Metalllegierung bestehen, die ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend oder bestehend aus Edelstählen, insbesondere Edelstählen mit einem Chromanteil von mindestens 15 Gew.-%, insbesondere zwischen 15 Gew.-% und 97 Gew.-%.

[0037] Als Edelstahl kann beispielsweise der Werkstoff Crofer® 22 APU von Thyssen Krupp VDK GmbH verwendet werden.

[0038] In der bevorzugten Ausführungsvariante des Bauelements 6 besteht der metallische Grundkörper 7 jedoch aus einer Legierung mit Chrom als wesentlichem Legierungselement (neben gegebenenfalls vorhandenen weiteren Legierungselementen), insbesondere als Hauptbestandteil. Besonders bevorzugt beträgt der Chromanteil gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung zumindest 70 Gew.- %, insbesondere zumindest 90 Gew.-%, beispielsweise 95 Gew.- %. Die Chromlegierung kann einen Chromanteil zwischen 70 Gew.-% und 95 Gew.-% aufweisen.

[0039] Besonders bevorzugt wird eine ferritische Chromlegierung. Der Eisenanteil an diesen Legierungen kann zwischen 2 Gew.-% und 10 Gew.-% betragen. Beispielsweise kann eine ferriti-

sche Chromlegierung mit einem Eisenanteil von 5 Gew.-% und einem Chromanteil von 95 Gew.-% eingesetzt werden.

[0040] Als Edelstahl kann beispielsweise der Werkstoff CFY der Firma Plansee SE verwendet werden.

[0041] Ein Teil des Chroms kann auch durch zumindest ein weiteres Legierungselement ersetzt sein, beispielsweise Yttrium, Mangan, Kupfer oder andere Seltene Erden Metalle. Das oder die neben Eisen weiteren Legierungselemente der Chromlegierung können in einem Anteil vorhanden sein, der ausgewählt ist aus einem Bereich von in Summe 0,01 Gew.-% und 3 Gew.-%.

[0042] Das Bauelement 6 weist auf zumindest einer Oberfläche eine Schutzschicht 8 auf. Vorzugsweise sind mehrere Oberflächen des Bauelements 6 mit einer Schutzschicht 8 versehen, insbesondere jene Oberflächen, die mit oxidierenden Substanzen, insbesondere (heißen) Gasen, in Berührung kommen.

[0043] Die Schutzschicht 8 ist besonders bevorzugt anodenseitig, d.h. auf der Anode 5 zugewandten Oberfläche des Grundkörpers 7 des Bauelements 6, angeordnet. Alternativ oder zusätzlich dazu kann die Schutzschicht 8 aber auch kathodenseitig, d.h. auf der Kathode 3 zugewandten Oberfläche des Grundkörpers 7 des Bauelements 6, angeordnet sein.

[0044] Wie besser aus Fig. 2 zu ersehen ist, die einen Ausschnitt aus dem Bauelement 6 zeigt, ist die Schutzschicht 8 bevorzugt mehrlagig ausgeführt. Sie umfasst eine erste Lage 9 und eine zweite Lage 10 bzw. besteht daraus.

[0045] In der einfachsten Ausführungsvariante des Bauelements 6 weist die Schutzschicht 8 aber nur die erste Lage 9 auf bzw. besteht daraus.

[0046] Die erste Lage 9 kann aus einer Kobaltlegierung oder aus einer Nickellegierung bestehen oder diese als Hauptbestandteil aufweisen. Unter dem Begriff „Hauptbestandteil“ ist dabei zu verstehen, dass die Kobaltlegierung oder die Nickellegierung einen Anteil von zumindest 80 Gew.-%, insbesondere zumindest 90 Gew.-%, vorzugsweise zumindest 95 %, und von maximal 100 Gew.-% an der ersten Lage aufweist.

[0047] Die Kobaltlegierung weist Nickel in einem Anteil zwischen 18 Gew.-% und 26 Gew.-%, Chrom in einem Anteil zwischen 18 Gew.-% und 26 Gew.-%, Wolfram in einem Anteil zwischen 10 Gew.-% und 18 Gew.-% und zumindest ein Element aus einer Gruppe umfassend Eisen, Mangan, Silizium, Kohlenstoff, Lanthan und Bor in einem Gesamtanteil zwischen 0 Gew.-% und 7 Gew.-% auf. Der Rest auf 100 Gew.-% wird durch Kobalt gebildet, wobei Kobalt in einem Anteil von zumindest 35 Gew.-% enthalten ist. Der Anteil an Eisen kann zwischen 0 Gew.-% und 3,5 Gew.-% betragen. Der Anteil an Mangan kann zwischen 0 Gew.-% und 1,5 Gew.-% betragen, der Anteil an Silizium kann zwischen 0 Gew.-% und 0,4 Gew.-% betragen, der Anteil an Kohlenstoff kann zwischen 0 Gew.-% und 0,2 Gew.-% betragen, der Anteil an Lanthan kann zwischen 0 Gew.-% und 0,05 Gew.-% betragen und der Anteil an Bor kann zwischen 0 Gew.-% und 0,02 Gew.-% betragen, wobei der Summenanteil von 7 Gew.-% nicht überschritten wird.

[0048] Beispielsweise kann eine derartige Kobaltlegierung folgende Zusammensetzung aufweisen: 22 Gew.-% Nickel, 22 Gew.-% Chrom, 14 Gew.-% Wolfram, maximal 3 Gew.-% Eisen, maximal 1,25 Gew.-% Mangan, 0,35 Gew.-% Silizium, 0,1 Gew.-% Kohlenstoff, 0,03 Gew.-% Lanthan, maximal 0,015 Gew.-% Bor, Rest auf 100 Gew.-% Kobalt.

[0049] Die Nickellegierung kann in einer ersten Ausführungsvariante Nickel in einem Anteil zwischen 54 Gew.-% und 67 Gew.-%, Chrom in einem Anteil zwischen 17 Gew.-% und 29 Gew.-%, Aluminium in einem Anteil zwischen 0,25 Gew.-% und 5 Gew.-%, und zumindest ein Element aus einer Gruppe umfassend Mangan, Kupfer, und Silizium in einem Gesamtanteil zwischen 0 Gew.-% und 7 Gew.-% enthalten. Den Rest auf 100 Gew.-% bildet Eisen. Der Anteil an Mangan kann zwischen 0 Gew.-% und 1,5 Gew.-% betragen, der Anteil an Kupfer kann zwischen 0 Gew.-% und 2 Gew.-% betragen, und der Anteil an Silizium kann zwischen 0 Gew.-% und 1,5 Gew.-% betragen, wobei der Summenanteil von 7 Gew.-% nicht überschritten wird.

[0050] Beispielsweise kann eine derartige Nickellegierung folgende Zusammensetzung aufwei-

sen: 58 Gew.-% bis 63 Gew.-% Nickel, 21 Gew.-% bis 25 Gew.-% Chrom, maximal 1 Gew.-% Mangan, 1 Gew.-% - 1,7 Gew.-% Aluminium, 1 Gew.-% Kupfer, 0,5 Gew.-% Silizium, Rest auf 100 Gew.-% Eisen.

[0051] Die Nickellegierung kann in einer zweiten Ausführungsvariante Chrom in einem Anteil zwischen 12 Gew.-% und 20 Gew.-%, Aluminium in einem Anteil zwischen 0,5 Gew.-% und 8,5 Gew.-%, Eisen in einem Anteil zwischen 0,1 Gew.-% und 6 Gew.-% und zumindest ein Element aus einer Gruppe umfassend Kobalt, Mangan, Molybdän, Titan, Wolfram, Niob, Silizium, Zirkonium, Kohlenstoff, Bor und Yttrium in einem Gesamtanteil zwischen 0 Gew.-% und 7 Gew.-% enthalten, wobei der Rest auf 100 Gew.-% durch Nickel gebildet ist, und Nickel einen Anteil von zumindest 70 Gew.-% an der Legierung aufweist. Der Anteil an Kobalt kann zwischen 0 Gew.-% und 2,5 Gew.-% betragen, der Anteil an Mangan kann zwischen 0 Gew.-% und 1 Gew.-% betragen, der Anteil an Molybdän kann zwischen 0 Gew.-% und 1 Gew.-% betragen, der Anteil an Titan kann zwischen 0 Gew.-% und 1 Gew.-% betragen, der Anteil an Wolfram kann zwischen 0 Gew.-% und 1 Gew.-% betragen, der Anteil an Niob kann zwischen 0 Gew.-% und 0,3 Gew.-% betragen, der Anteil an Silizium kann zwischen 0 Gew.-% und 0,5 Gew.-% betragen, der Anteil an Zirkonium kann zwischen 0 Gew.-% und 0,2 Gew.-% betragen, der Anteil an Kohlenstoff kann zwischen 0 Gew.-% und 0,1 Gew.-% betragen, der Anteil an Bor kann zwischen 0 Gew.-% und 0,05 Gew.-% betragen, der Anteil an Yttrium kann zwischen 0 Gew.-% und 0,05 Gew.-% betragen, wobei der Summenanteil von 7 Gew.-% nicht überschritten wird.

[0052] Beispielsweise kann eine derartige Nickellegierung folgende Zusammensetzung aufweisen: 16 Gew.-% Chrom, 4,5 Gew.-% Aluminium, 3 Gew.-% Eisen, maximal 2 Gew.-% Kobalt, maximal 0,5 Gew.-% Mangan, maximal 0,5 Gew.-% Molybdän, maximal 0,5 Gew.-% Titan, maximal 0,5 Gew.-% Wolfram, maximal 0,15 Gew.-% Niob, maximal 0,2 Gew.-% Silizium, maximal 0,1 Gew.-% Zirkonium, maximal 0,04 Gew.-% Kohlenstoff, maximal 0,01 Gew.-% Bor, 0,01 Gew.-% Yttrium, Rest auf 100 Gew.-% Nickel.

[0053] In einer Ausführungsvariante der Schutzschicht 8 kann die Kobaltlegierung der ersten Lage 9 einen Anteil an Aluminium zwischen 1 Gew.-% und 10 Gew.-%, insbesondere zwischen 2 Gew.-% und 8 Gew.-%, aufweisen. Hierfür kann vorgesehen sein, dass ein Teil des Anteils bzw. Summenanteils von zumindest einem der Elemente Kobalt, Nickel, Chrom und Wolfram durch Aluminium ersetzt ist.

[0054] Wie bereits ausgeführt, kann die Schutzschicht 8 zweilagig ausgeführt sein. Dazu kann die Schutzschicht 8 (unmittelbar) auf der ersten Lage 9 die zweite Lage 10 aufweisen. Diese zweite Lage 10 weist dabei bevorzugt Lanthan als Hauptbestandteil auf. Unter dem Begriff „Hauptbestandteil“ ist dabei zu verstehen, dass die die zweite Lage 10 einen Anteil von zumindest 80 Gew.-%, insbesondere zumindest 90 Gew.-%, vorzugsweise zumindest 95 %, und von maximal 100 Gew.-% an Lanthan aufweist.

[0055] Nach einer weiteren Ausführungsvariante des Bauelements 6 kann die Schutzschicht 8 eine dritte Lage 11 aufweisen, die in Fig. 2 strichliert dargestellt ist. Die dritte Lage 11 ist insbesondere direkt auf der zweiten Lage 10 angeordnet. Sie umfasst als Hauptbestandteile Kobalt und Mangan. Unter dem Begriff „Hauptbestandteil“ ist dabei zu verstehen, dass die die dritte Lage 11 einen Summenanteil von zumindest 80 Gew.-%, insbesondere zumindest 90 Gew.-%, vorzugsweise zumindest 95 %, und von maximal 100 Gew.-% an Kobalt und Mangan aufweist.

[0056] Kobalt und Mangan können dabei in einem Stoffmengenverhältnis zwischen 1 : 1,5 und 1,5 : 1, insbesondere im Verhältnis von 1 : 1 (50 At.-% Kobalt und 50 At.-% Mangan), enthalten sein.

[0057] Gemäß einer Ausführungsvariante kann die dritte Lage 11 auch Lanthan als zusätzlichen Bestandteil enthalten. Der Anteil an Lanthan kann dabei zwischen 1 at.-% und 20 at.-% betragen. Durch diesen Anteil wird das genannte Stoffmengenverhältnis von Kobalt und Mangan vorzugsweise nicht verändert.

[0058] In Fig. 3 ist eine weitere Ausführungsvariante des Bauelements 6 ausschnittsweise dargestellt. Bei dieser Ausführungsvariante ist auf der Schutzschicht 8 eine weitere Schutzschicht

12 angeordnet, insbesondere unmittelbar darauf. Die Schutzschicht 8 kann wieder ein- oder mehrlagig ausgeführt sein. Der Einfachheit halber ist sie einlagig dargestellt. Die voranstehenden Ausführungen zur Schutzschicht 8 sind auch bei der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsvariante des Bauelements 6 anwendbar.

[0059] Die weitere Schutzschicht 12 kann ebenfalls ein- oder mehrlagig ausgeführt sein und eine erste oxidische Lage 13 und/oder eine zweite Lage 14 aufweisen, wobei die erste oxidische Lage 13 in der mehrschichtigen Ausführungsvariante näher an dem metallischen Grundkörper 7 (und damit auch näher an der bzw. unmittelbar auf der Schutzschicht 8) angeordnet ist, als die zweite Lage 14.

[0060] Die erste oxidische Lage 13 weist bevorzugt einen Anteil an perovskitischen Kristallstrukturen auf.

[0061] Die zweite Lage 14 der weiteren Schutzschicht 12 weist vorzugsweise Oxide mit Spinellstruktur auf bzw. besteht daraus.

[0062] Die erste oxidische Lage 13 oder die zweite Lage 14 ist insbesondere mit der Schutzschicht 8 verbunden.

[0063] Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass die Schutzschicht 8 insbesondere mit dem Grundkörper 7 des Bauelements 6 verbunden ist.

[0064] Die erste oxidische Lage 13 besteht aus einem oder umfasst ein Metall der Gruppe der Seltenen Erden bzw. einer Metalllegierung, die zumindest ein Element aus der Gruppe der Seltenen Erden enthält. Es sind dies die Elemente Scandium, Yttrium, Lanthan, Cer, Praseodym, Neodym, Promethium, Samarium, Europium, Gadolinium, Terbium, Dysprosium, Holmium, Erbium, Thulium, Ytterbium und Lutetium. Falls die erste oxidische Lage 13 aus einer Metalllegierung gebildet ist, kann diese zumindest ein weiteres Element aus der Gruppe der Seltenen Erden enthalten.

[0065] Es kann vorgesehen sein, dass die erste oxidische Lage 13 einen Chromanteil aufweist. Die erste oxidische Lage 13 kann also beispielsweise aus zumindest einem Seltene Erden Metall, Chrom und Sauerstoff bestehen. Gegebenenfalls kann auch zumindest ein weiteres Element enthalten sein, das aus der Schutzschicht 8 stammt.

[0066] Sofern die zweite Lage 14 direkt auf der Schutzschicht 8 angeordnet ist, kann auch die zweite Lage 14 zumindest ein Element enthalten, das aus der Schutzschicht 8 stammt.

[0067] Zusätzlich oder alternativ zu Chrom bzw. einem Chromoxid kann die erste oxidische Lage 13 auch Eisen und/oder Mangan und/oder Kobalt bzw. die daraus gebildeten Oxide aufweisen.

[0068] Der Mengenanteil des zumindest einen Metalls aus der Gruppe der Seltenen Erden an der Metalllegierung der ersten oxidischen Lage 13 kann ausgewählt sein aus einem Bereich von 10 Gew.-% bis 50 Gew.-%. Falls mehrere Seltene Erden Metalle vorhanden sind, kann deren Summenanteil an der Metalllegierung ausgewählt sein aus einem Bereich von 10 Gew.-% bis 50 Gew.-%. Den Rest auf 100 Gew.-% bilden Chrom, und gegebenenfalls ein anderes Legierungselement oder mehrere andere Legierungselemente der Schutzschicht 8, und Sauerstoff.

[0069] Nach einer Ausführungsvariante des Bauelements 6 weist auch die zweite Lage 14 der weiteren Schutzschicht 12 zumindest ein Element aus der Gruppe der Seltenen Erden auf. Der Anteil des zumindest einen Elementes aus der Gruppe der Seltenen Erden in der zweiten Lage 14 kann gemäß einer weiteren Ausführungsvariante ausgewählt ist aus einem Bereich von 0,01 Atom-% bis 10 Atom-%, insbesondere aus einem Bereich von 0,1 Atom-% bis 5 Atom-%.

[0070] Beispielsweise kann die zweite Lage 14 eine der folgenden Zusammensetzungen aufweisen:

[0071] - CoMnLa, wobei der Anteil an La 5 Atom-% beträgt und der Rest auf 100 Atom.- % zu jeweils 50 % auf Co und Mn aufgeteilt ist. Die erste Lage 9 kann hier bevorzugt durch La, Cr und Sauerstoff gebildet sein.

[0072] - CoMnCe, wobei der Anteil an Ce zumindest annähernd 7 Atom-% beträgt und der Rest auf 100 Atom.-% zu jeweils 50 % auf Co und Mn aufgeteilt ist. Die erste Lage 9 kann hier bevorzugt durch Ce, Cr und Sauerstoff gebildet sein.

[0073] Die erste oxidische Lage 13 kann sehr dünn ausgeführt sein. Eine Schichtdicke 15 der gesamten weiteren Schutzschicht 12 kann ausgewählt ist aus einem Bereich von 1 µm bis 20 µm, insbesondere aus einem Bereich von 1 µm bis 11 µm. Dabei ist bevorzugt die erste oxidische Lage 13 dünner ausgeführt als die zweite Lage 14. Die erste oxidische Lage 13 kann vorzugsweise eine Schichtdicke 16 aufweisen, die ausgewählt ist aus einem Bereich von 2 nm bis 0,5 µm, insbesondere aus einem Bereich von 50 nm bis 200 nm. Den Rest auf die gesamte Schichtdicke 15 der weiteren Schutzschicht 12 bildet deren zweite Lage 14. Sowohl die erste oxidische Lage 13 als auch die gesamte weitere Schutzschicht 12 können aber auch davon abweichende Schichtdicken aufweisen.

[0074] Die Konzentration des zumindest einen Elementes aus der Gruppe der Seltenen Erden in der zweiten Lage 14 der weiteren Schutzschicht 12 kann über die gesamte Schichtdicke dieser zweiten Lage 14 konstant sein (im Rahmen der herstellungsbedingten Schwankungen). Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass der Anteil des zumindest einen Elements aus der Gruppe der Seltenen Erden in der zweiten Lage 14 über deren Schichtdicke variiert, also einen Konzentrationsgradienten aufweist. Beispielsweise kann dieser Konzentrationsgradient von 50 Atom-% an der Grenzfläche zur ersten oxidischen Lage 13 bis zu 0,1 Atom-% über die Schichtdicke der zweiten Lage 14 abfallen.

[0075] Bei mehr als einem Seltenen Erde Element in der zweiten Lage 14 können alle oder mehrere oder auch nur eines dieser Elemente mit einem Konzentrationsgradienten über die Schichtdicke der zweiten Lage 14 ausgebildet sein.

[0076] Der Konzentrationsgradient kann linear oder als Funktion von x^2 oder x^3 oder logarithmisch, etc., verlaufend ausgebildet sein.

[0077] Nach einer weiteren Ausführungsvariante des Bauelementes 6 kann vorgesehen sein, dass die erste oxidische Lage 9 zumindest zwei Elemente aus der Gruppe der Seltenen Erden aufweist, und dass deren Anteil über die Schichtdicke 16 dieser ersten oxidischen Lage 13 variiert. Hinsichtlich des möglichen Verlaufs der Konzentrationsgradienten sei auf voranstehende Ausführungen verwiesen. Vorzugsweise ist dabei der Anteil von Seltenen Erden an der Grenzfläche zur Schutzschicht 8 des Bauelements 6 höher als der Anteil von MnCo und nimmt in Richtung auf die zweite, Lage 14 ab.

[0078] Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante des Bauelements 6 kann eine Schichtdicke 17 (in Fig. 2 dargestellt) der gesamten Schutzschicht 8 ausgewählt sein aus einem Bereich von 1 µm bis 20 µm, insbesondere aus einem Bereich von 1 µm bis 11 µm. Dabei ist bevorzugt die erste Lage 9 dicker ausgeführt als die weiteren Lage 10, 11, sofern diese vorhanden sind. Die erste Lage 9 kann bei einer mehrlagigen Ausführung der Schutzschicht 8 vorzugsweise eine Schichtdicke 18 aufweisen, die ausgewählt ist aus einem Bereich von 2 µm bis 15 µm, insbesondere aus einem Bereich von 3 µm bis 14 µm. Die zweite Lage 10 kann eine Schichtdicke 19 aufweisen, die ausgewählt ist aus einem Bereich von 0,01 µm bis 0,5 µm, insbesondere aus einem Bereich von 0,05 µm bis 0,1 µm. Die dritte Lage 11 kann eine Schichtdicke 20 aufweisen, die ausgewählt ist aus einem Bereich von 1 µm bis 6 µm, insbesondere aus einem Bereich von 3 µm bis 4 µm. Die Summe aller Schichtdicken 18-20 übersteigt dabei bevorzugt aber nicht die gesamte Schichtdicke 17 von 20 µm.

[0079] Zur Herstellung des metallischen Bauelementes 6 wird dessen metallische Grundkörper 7 bereitgestellt. Dieser kann nach einem Guß- oder Sinterverfahren hergestellt sein. Bei beiden Verfahrensvariante können selbstverständlich nachfolgende (spanende) Bearbeitungsschritte vorgenommen werden. Auf zumindest einer Oberfläche dieses metallischen Grundkörpers 7 wird dann die voranstehend beschriebene Schutzschicht 8 und darauf gegebenenfalls die weitere Schutzschicht 12 angeordnet.

[0080] Die Schutzschicht 8 und die weitere Schutzschicht 12, sofern diese angeordnet wird, wer-

den vorzugsweise nach einem PVD-Verfahren (Physical Vapor Deposition) abgeschieden.

[0081] Die erste Lage 9 kann unter Anwendung der Kathodenersteräubung (insbesondere Magnetronputtern, vorzugsweise in einer unbalanced Konfiguration), von einem oder mehreren reinmetallischen Targets oder zumindest einer Metallegierung, die auch bereits die Zusammensetzung haben kann, die die fertige erste Lage 9 aufweist, abgeschieden werden. Die Substrate befinden sich bevorzugt in kontinuierlicher Rotationsbewegung. Typische Beschichtungsraten sind 0,1 nm/s bis 10 nm/s bei einem Gasdruck von $5 \cdot 10^{-4}$ mbar bis $1 \cdot 10^{-2}$ mbar. Während des Abscheideprozesses wird dabei eine negative Spannung an das zumindest eine metallische Target angelegt, wobei eine gepulste oder konstante Gleichspannung zwischen - 300 V und - 1000 V, insbesondere - 500 V, gewählt wird.

[0082] Ein Konzentrationsgradienten zumindest eines der Bestandteile der ersten Lage 9 kann über die Verdampfungsrate der Targets hergestellt werden. Dabei kann die Menge des verdampften Targetmetalls über die Zeit kleiner oder größer werden.

[0083] Auf dieser ersten Lage 9 wird danach die zweite Lage 10 abgeschieden. Die Abscheidung kann unter Anwendung der voranstehend genannten Parameter für die Abscheidung der ersten Lage 9 erfolgen.

[0084] Die dritte Lage 11 und die Lagen der weiteren Schutzschicht 12 werden ebenfalls bevorzugt nach diesem Verfahren und unter Anwendung der genannten Parameter abgeschieden. Dabei können die Metalle erste oxidische Lage 13 und/oder die Lage 14 der weiteren Schutzschicht 12 während der Abscheidung oder nach der Abscheidung zu den Oxiden zumindest teilweise umgesetzt werden. Nach der Abscheidung kann dies beispielsweise unter erhöhter Temperatur stattfinden. Z.B. ist es möglich, dass diese oxidative Nachbehandlung während des Fügens der Brennstoffzelle 1 (das Fügen erfolgt bei ca. 950°C) oder beim „Einfahren“ während der Verwendung des Endproduktes erfolgt.

[0085] Vor der Anordnung der ersten Lage 9 auf dem metallischen Grundkörper 7 können auf diesem anhaftende Oxide mechanisch entfernt werden. Dies kann beispielsweise durch Schleifen, Sandstrahlen, etc. erfolgen.

AUSFÜHRUNGSBEISPIELE:

BEISPIEL 1:

[0086] In einem ersten Ausführungsbeispiel wurde ein Interktor mit einem gesinterten, metallischen Grundkörper 7 aus einer voranstehend genannten Chrom-Eisen-Yttrium Legierung beschichtet. In einem ersten Schritt wurde die native Oxidationsschicht (aus den Vorprozessen bei der Grundkörperherstellung) durch Sandstrahlen abgetragen. Danach wird der Grundkörper 7 in ein Vakuumsystem eingeführt und, nach dem Erreichen des gewünschten Startdrucks, über eine Ar-Plasma Behandlung (Argondruck ca. $5 \cdot 10^{-3}$ mbar, gepulste negative Spannung am Substrat zwischen - 300 V und - 1200 V, Dauer 5 Minuten bis 30 Minuten) aktiviert. Eine ca. 8 µm dicke erste, metallische Lage 9 aus einer Legierung, die 22 Gew.-% Nickel, 22 Gew.-% Chrom, 14 Gew.-% Wolfram, maximal 3 Gew.-% Eisen, maximal 1,25 Gew.-% Mangan, 0,35 Gew.-% Sizium, 0,1 Gew.-% Kohlenstoff, 0,03 Gew.-% Lanthan, maximal 0,015 Gew.-% Bor, Rest auf 100 Gew.-% Kobalt, aufweist wurde über Magnetronputtern (Argondruck ca. $5 \cdot 10^{-3}$ mbar, konstante negative Spannung am Target zwischen -300 V und - 500 V, Dauer 30 Minuten bis 120 Minuten) aufgetragen. In einem zweiten Schritt wird eine ca. 0,1 µm dicke zweite, metallische Lage 10 mit Lanthan über Magnetronputtern (Argon- druck ca. $5 \cdot 10^{-3}$ mbar, konstante negative Spannung am Target zwischen -300 V und - 400 V, Dauer 0,1 Minuten bis 10 Minuten) aufgetragen. In einem dritten Schritt wird eine ca. 4 µm dicke dritte, Oxide mit Spinellstruktur bildenden Lage aus CoMn über Magnetronputtern (Argondruck ca. $5 \cdot 10^{-3}$ mbar, konstante negative Spannung am Target oder an den Targets zwischen -300 V und - 400 V, Dauer 10 Minuten bis 60 Minuten) aufgetragen. Diese CoMn Schicht wurde mit durchschnittlich 6 At% Lanthan dotiert, das zusammen mit dem Co und dem Mn abgeschieden wurde.

[0087] Bei Bedarf können die nicht zu beschichtenden Flächen maskiert werden.

[0088] Der beschichtete Grundkörper 7 wurde danach einer Nachbehandlung bei einer Temperatur > 800°C in einer oxidierenden Atmosphäre (Luft oder Argon-Sauerstoff-Gemisch) ausgesetzt. In diesem Schritt wurde die zweite und dritte Schicht in eine multilagen Oxidschicht mit einer inneren Cr₂O₃-Schicht, die aus ersten Schicht gebildet wurde, einer kristallinen, oxydischen Zwischenschicht und einer oxydischen CoMnCr Spinell Lage umgewandelt.

[0089] Die inneren Cr₂O₃-Schicht, die aus der ersten Schicht gebildet wurde, kann generell auch bei anderen Ausführungsvarianten der Erfindung gebildet werden, wenn die Schutzschicht 8 oxidativ nachbehandelt wird. Wie anhand von Untersuchungen festgestellt werden konnte, war die gesamte Oberfläche des metallischen Grundkörpers 7 mit einer deckenden gasdichten Schicht bedeckt. Der Interktor kann damit verbaut werden.

[0090] Generell kann die oxidative Nachbehandlung auch nach dem Verbauen im bereits funktionsfähigen Stack der Hochtemperatur-Brennstoffzelle 1 durchgeführt werden.

[0091] Weitere Beispiele:

[0092] Das Beispiel 1 wurde wiederholt wobei anstelle der Kobaltlegierung für die erste Lage 9 die genannten Nickellegierungen verwendet wurden. Es konnten damit die mit dem ersten Beispiel gesehenen Ergebnisse erreicht werden.

[0093] Zudem wurde auch Versuche durchgeführt, bei denen das Bauelement 6 nur die erste Lage 9 als Schutzschicht 8, nur die erste und zweite Lage 9, 10 und nur die erste Lage 9, die zweite Lage 10 und die dritte Lage 11 aufwiesen. Auch hierbei wurden die mit dem ersten Beispiel gesehenen Ergebnisse annähernd erreicht.

[0094] Die in den Beispielen genannten Parameterbereiche können auch generell für das Verfahren angewandt werden, sind also nicht auf die konkret genannten Beispiele beschränkt.

[0095] Sofern nicht anders angegeben beziehen sich Angaben zur Zusammensetzung in dieser Beschreibung auf Gew.-%. Weiter können die angegebenen Zusammensetzungen (Legierungen) auch übliche, aus der Herstellung der Elemente stammende Verunreinigungen aufweisen.

[0096] Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind.

[0097] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus Elemente in den Figuren nicht notwendigerweise maßstäblich dargestellt wurden.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Hochtemperatur-Brennstoffzelle
- 2 Modul
- 3 Kathode
- 4 Elektrolyt
- 5 Anode
- 6 Bauelement
- 7 Grundkörper
- 8 Schutzschicht
- 9 Lage
- 10 Lage
- 11 Lage
- 12 Schutzschicht
- 13 Lage
- 14 Lage
- 15 Schichtdicke
- 16 Schichtdicke
- 17 Schichtdicke
- 18 Schichtdicke
- 19 Schichtdicke
- 20 Schichtdicke

Patentansprüche

1. Bauelement (6), insbesondere Interktor, mit einem metallischen Grundkörper (7) und einer darauf angeordneten Schutzschicht (8), wobei die Schutzschicht (8) eine erste Lage (9) aufweist oder daraus besteht, **dadurch gekennzeichnet**, dass
 - die erste Lage (9) als Hauptbestandteil eine Kobaltlegierung aufweist, die Nickel in einem Anteil zwischen 18 Gew.-% und 26 Gew.-%, Chrom in einem Anteil zwischen 18 Gew.-% und 26 Gew.-%, Wolfram in einem Anteil zwischen 10 Gew.-% und 18 Gew.-% und zumindest ein Element aus einer Gruppe umfassend Eisen, Mangan, Silizium, Kohlenstoff, Lanthan und Bor in einem Gesamtanteil zwischen 0 Gew.-% und 7 Gew.-% enthält, und der Rest durch Kobalt gebildet ist, wobei Kobalt einen Anteil von zumindest 35 Gew.-% aufweist,
 - oder dass die erste Lage (9) als Hauptbestandteile eine Nickellegierung aufweist, die Nickel in einem Anteil zwischen 54 Gew.-% und 67 Gew.-%, Chrom in einem Anteil zwischen 17 Gew.-% und 29 Gew.-%, Aluminium in einem Anteil zwischen 0,25 Gew.-% und 5 Gew.-%, und zumindest ein Element aus einer Gruppe umfassend Mangan, Kupfer, und Silizium in einem Gesamtanteil zwischen 0 Gew.-% und 7 Gew.-% enthält, und der Rest durch Eisen gebildet ist,
 - oder dass die erste Lage (9) als Hauptbestandteil eine Nickellegierung aufweist, die Chrom in einem Anteil zwischen 12 Gew.-% und 20 Gew.-%, Aluminium in einem Anteil zwischen 0,5 Gew.-% und 8,5 Gew.-%, Eisen in einem Anteil zwischen 0,1 Gew.-% und 6 Gew.-% und zumindest ein Element aus einer Gruppe umfassend Kobalt, Mangan, Molybdän, Titan, Wolfram, Niob, Silizium, Zirkonium, Kohlenstoff, Bor und Yttrium in einem Gesamtanteil zwischen 0 Gew.-% und 7 Gew.-% enthält, und der Rest durch Nickel gebildet ist, wobei Nickel einen Anteil von zumindest 70 Gew.-% aufweist.
2. Bauelement (6) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Kobaltlegierung ein Teil von zumindest einem der Elemente Kobalt, Nickel, Chrom und Wolfram durch Aluminium ersetzt ist, wobei Aluminium einen Anteil zwischen 1 Gew.-% und 10 Gew.-% an der Kobaltlegierung aufweist.
3. Bauelement (6) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf der ersten Lage (9) der Schutzschicht (8) eine zweite Lage (10) angeordnet ist, wobei die zweite Lage (10) Lanthan als Hauptbestandteil aufweist.
4. Bauelement (6) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf der zweiten Lage (10) der Schutzschicht (8) eine dritte Lage (11) angeordnet ist, wobei die dritte Lage (11) Kobalt und Mangan als Hauptbestandteile in einem Verhältnis zwischen 1 : 1,5 und 1,5 : 1 aufweist.
5. Bauelement (6) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dritte Lage (11) Lanthan aufweist, wobei Lanthan in einem Anteil zwischen 1 at.-% und 20 at.-% enthalten ist.
6. Bauelement (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf der Schutzschicht (8) eine weitere Schutzschicht (12) angeordnet ist, wobei die weitere Schutzschicht (12) ein oder mehrlagig ausgeführt ist, zumindest umfassend eine erste oxidische Lage (13) und/oder eine zweite, Oxide mit Spinellstruktur bildende Lage (14).
7. Bauelement (6) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste, oxidische Lage (13) ein Metalloxid eines Metalls der Gruppe der Seltenen Erden enthält und/oder ein Metalllegierungoxid enthält, das zumindest ein Element aus der Gruppe der Seltenen Erden enthält.
8. Bauelement (6) nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste oxidische Lage (13) näher an dem metallischen Grundkörper (7) angeordnet ist, als die zweite, Oxide mit Spinellstruktur bildende Lage (14).

9. Bauelement (6) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite, Oxide mit Spinellstruktur bildende Lage (14) zumindest ein Element aus der Gruppe der Seltenen Erden enthält.
10. Bauelement (6) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil des zumindest einen Elements aus der Gruppe der Seltenen Erden in der zweiten, Oxide mit Spinellstruktur bildenden Lage (14) ausgewählt ist aus einem Bereich von 0,01 Atom-% bis 10 Atom-%.
11. Bauelement (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der metallische Grundkörper (7) aus einer Legierung mit Chrom als Legierungselement gebildet ist, insbesondere aus einer ferritischen Chromlegierung mit einem Mindestanteil an Chrom von 15 Gew.-%.
12. Bauelement (6) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil an Chrom in der Chromlegierung mindestens 70 Gew.-% beträgt.
13. Bauelement (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schutzschicht (8) eine gesamte Schichtdicke (17) aufweist, die ausgewählt ist aus einem Bereich von 1 µm bis 20 µm.
14. Bauelement (6) nach einem der Ansprüche 6 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die weitere Schutzschicht (12) eine gesamte Schichtdicke (15) aufweist, die ausgewählt ist aus einem Bereich von 1 µm bis 20 µm.
15. Bauelement (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der metallische Grundkörper (7) plattenförmig oder blechförmig und/oder mit einer strukturierten Oberfläche ausgebildet ist.
16. Hochtemperatur-Brennstoffzelle (1) umfassend zumindest einen Interktor, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Interktor als Bauelement (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 15 ausgebildet ist.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

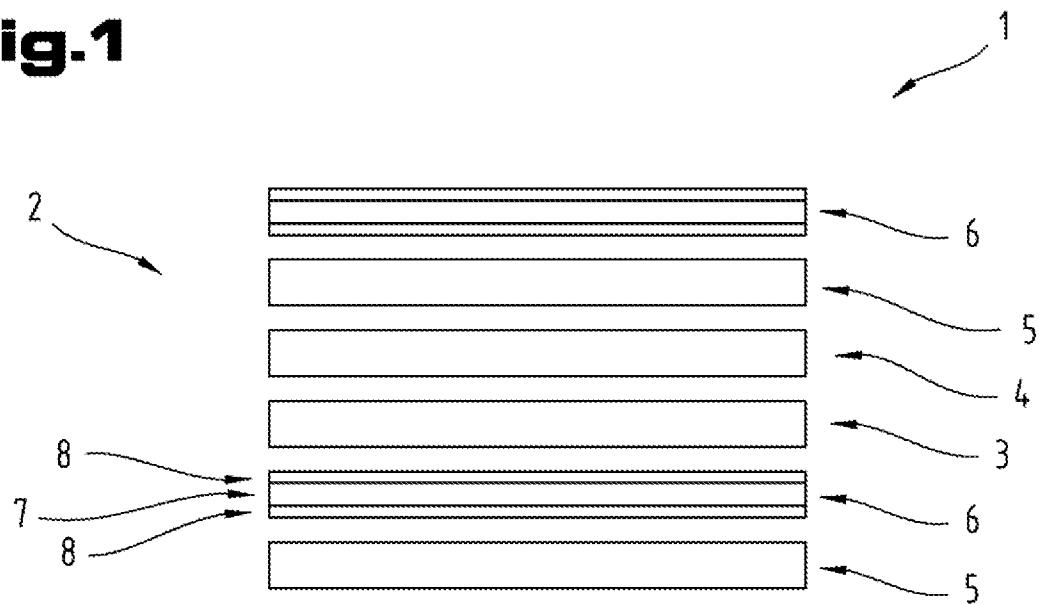
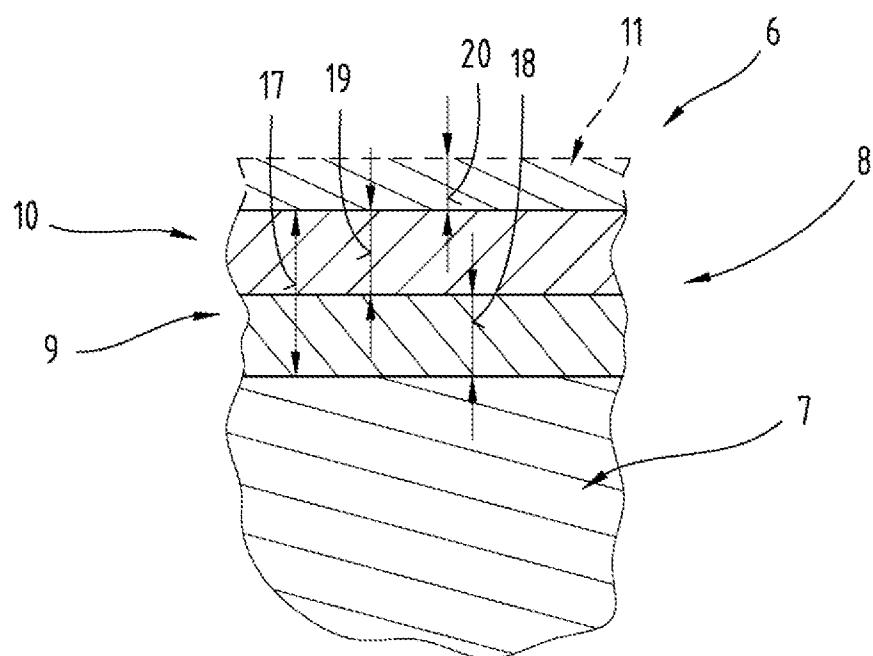
Fig.1**Fig.2**

Fig.3

