



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

708 728 A2

(19)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(51) Int. Cl.: **C03C** 3/091 (2006.01)
C03C 3/087 (2006.01)
C03C 29/00 (2006.01)
C04B 37/00 (2006.01)
H01M 2/08 (2006.01)

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 01580/14

(22) Anmeldedatum: 15.10.2014

(43) Anmeldung veröffentlicht: 29.05.2015

(30) Priorität: 26.11.2013
DE 10 2013 224 111.9

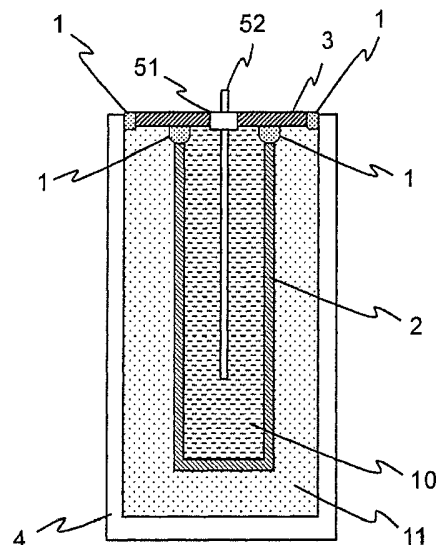
(71) Anmelder:
Schott AG, Hattenbergstrasse 10
55120 Mainz 1 (DE)

(72) Erfinder:
Dr. Jens Suffner, 84034 Landshut (DE)

(74) Vertreter:
Rottmann, Zimmermann + Partner AG, Merkurstrasse 25
8400 Winterthur (CH)

(54) **Natriumbeständiges Fügeglas und dessen Anwendung.**

(57) Natriumbeständiges Fügeglas (1) aus dem System SiO_2 - B_2O_3 - Na_2O - Al_2O_3 zur Herstellung einer Fügeverbindung mit einer Keramik oder einem Metall, das im Wesentlichen frei ist von ZrO_2 , sowie Fügeverbindung von einer Keramik oder einem Metall mit weiteren Fügebauteilen (2, 3, 4) mit dem Fügeglas (1) sowie elektrische Durchführung beinhaltend das Fügeglas (1) als Isolationsmaterial.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft natriumbeständige Fügegläser, mit denen Fügeverbindungen mit Keramiken wie z.B. Aluminiumoxid (auch Al_2O_3 , Aluminiumoxid-Keramik oder Al_2O_3 -Keramik genannt) und/oder Metallen und/oder Kombinationen derer hergestellt werden können sowie deren Anwendungen. Natriumbeständige Fügegläser sind Fügematerialien, die insbesondere flüssigem Natrium oder dampfförmigem Natrium widerstehen können und auf diese Weise für die Herstellung von Fügeverbindungen geeignet sind, die z.B. flüssigem Natrium und/oder Natriumdampf und/oder anderen aggressiven Natriumverbindungen und/oder Natrium enthaltenden Medien ausgesetzt sind.

[0002] Solche natriumbeständigen Fügegläser sind beispielsweise für die Herstellung von Energiespeicher- und Energieerzeugungseinheiten von Interesse, in denen flüssiges Natrium und/oder Natriumverbindungen als Elektrolyt oder Kühlmedium eingesetzt werden. Beispiele solcher Energieerzeugungseinheiten sind Batterien, aber ebenfalls auch Kernreaktoren, insbesondere Brutreaktoren, in denen das Fügeglas in technischen Komponenten verwendet wird, die mit dem Natrium in Kontakt treten können. Solche technischen Komponenten sind insbesondere elektrische Durchführungseinrichtungen, mit welchen beispielsweise Sensoren und/oder Aktuatoren und/oder Elektromotoren mit elektrischem Strom versorgt werden. Ein weiteres Einsatzgebiet sind Einrichtungen zum Entsorgen von insbesondere toxischen Materialien, bei deren Verarbeitung Natriumverbindungen und/oder flüssiges und/oder dampfförmiges Natrium entstehen.

[0003] Auch die elektrochemische Speicher- und Energieerzeugungstechnik hat in den letzten Jahren deutlich an Interesse gewonnen. Sie kann hierbei im Bereich der Elektromobilität, zur dezentralen Stromversorgung, als Notstromsystem sowie, hauptsächlich aufgrund der gestiegenen Anteile an erneuerbaren Energien, zur Stabilisierung des Netzsystems verwendet werden.

[0004] Verschiedene Batterietechniken sind hierbei in der Diskussion, wobei die Li-Ionen-Batterien (LIB) die am stärksten diskutierten sind. Eine weitere Klasse der Batterien stellen die Hochtemperatur-Natrium-Batterien (engl. Sodium Beta Battery, SBB) dar. Ihre Vorteile gegenüber der LIB sind die höhere Energiedichte und hohe Energieeffizienz. Die SBB verwendet flüssiges Natrium als negative Elektrode bei erhöhten Temperaturen, üblicherweise von mehr als 250 °C. Es werden i.A. zwei Varianten unterschieden: Die eine ist die Natrium-Schwefel-Batterie (Na/S), die Schwefel als positive Elektrode verwendet. Die andere ist die Natrium-Metallchlorid Batterie, auch ZEBRA-Batterie genannt, die Metallchloride wie Nickel- oder Eisenchlorid als positive Elektrode und Natriumtetrachloraluminat (NaAlCl_4) als flüssigen Elektrolyt verwendet. Beiden Typen ist gemeinsam, dass sie eine Natriumionen leitende Membran aus β - oder β'' - Al_2O_3 und ein Gehäuse aus α - Al_2O_3 verwenden und dieses ggfls. zusätzlich mit einem metallischen Deckel verbunden sein kann. Der in dieser Beschreibung verwendete Oberbegriff Aluminiumoxid (engl. Alumina) oder synonym Aluminiumoxid-Keramik oder synonym Al_2O_3 oder ebenfalls synonym Al_2O_3 -Keramik beinhaltet insbesondere die Ausführungsformen α - und/oder β - und/oder β'' -Aluminiumoxid. Die Verwendung des Begriffs Aluminiumoxid bedeutet auch keine Beschränkung auf den Reinheitsgrad und somit den Gehalt von Al_2O_3 in der Al_2O_3 -Keramik und/oder dem betreffenden Bauteil.

[0005] In der elektrochemischen Zelle stellt die Fügeverbindung zwischen den Bauteilen aus Keramik, insbesondere Aluminiumoxid, oder einer weiteren Metallkomponente eine kritische Komponente dar, da sie Lebensdauer bestimmend ist. Treten Leckagen in diesem Bereich auf, kann das flüssige Natrium in Kontakt mit der Atmosphäre treten und zu brennen beginnen. Die Aufgabe des Fügeglases als Fügematerial ist hierbei, eine über die komplette Lebensdauer der Batterie reichende hermetisch dichte Fügung zu erzielen. Dies kann insbesondere durch eine gute Anpassung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten aller beteiligten Materialien erreicht werden, die die Fügung tolerant gegenüber den Betriebszuständen macht, sowie einer sehr guten chemischen Beständigkeit des Glases gegenüber allen aktiven Komponenten, ohne diese in Ihrer Funktion zu beeinträchtigen.

[0006] Für die Batterien werden zwei grundsätzliche Typen von Fügegläsern unterschieden: Silikat basierte Gläser und Borat basierte Gläser. Die Borat basierten Gläser haben den Vorteil, dass sie gewöhnlich eine sehr gute Beständigkeit gegenüber dem geschmolzenen Natrium aufweisen, sie jedoch hinsichtlich ihrer chemischen Beständigkeit gegenüber dem Metallchlorid schlechtere Eigenschaften aufweisen. Zudem haben die häufig verwendeten Aluminoborate oftmals nur eine geringe Stabilität gegen Kristallisation, was sie aus Sicht der Prozessführung limitiert. Eine Sonderform ist z.B. in der US 8 334 053 B2 aufgeführt, die getrennte Gläser je nach Korrosionsbeständigkeit an Anode und Kathode einer SBB beschreibt. So wird ein hoch-Silizium haltiges Glas mit mehr als 40 Gew.% SiO_2 und weniger als 25 Gew.% B_2O_3 auf der Metallsalzseite eingesetzt und auf der Natriumseite ein Boratglas mit einem sehr niedrigen Siliziumgehalt von weniger als 20 Gew.% SiO_2 und mehr als 35 Gew.% B_2O_3 .

[0007] In der GB 2 207 545 A wird die Verwendung eines Borosilikatglases 8245 der Schott AG als Fügeglas einer Na/S-Batterie beschrieben. Dieses Glas weist eine sehr gute chemische Stabilität gegenüber den Medien der Na/S-Batterie auf, ist aber aufgrund des geringen linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten $\alpha_{20-300\text{ °C}}$ von $5,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ nur bedingt mit Aluminiumoxid dauerhaft hermetisch zu Fügen.

[0008] In der US 4 268 313 A wird ein Borosilikatglas zur Verwendung in einer Na/S-Batterie beschrieben. Dieses beinhaltet jedoch in Summe mindestens 6 Gew.-% der Erdalkalimetalloxide CaO, SrO und BaO. Diese Komponenten sind für die Glasbildung hilfreich und können das Fließverhalten verbessern, können aber durch Ionentransfer mit dem Elektrolyten insbesondere einer SBB die Leistung der aktiven Komponenten vermindern.

[0009] Ein Fügeglas für einen Energiespeicher ist in US 8 034 457 B2 beschrieben, welches maximal 25 Gew.% B_2O_3 enthält. Die Beschränkung des Gehalts an B_2O_3 auf die genannte Obergrenze wird dadurch erklärt, dass das Fügeglas ansonsten zu stark durch adsorbiertes Wasser angegriffen würde.

[0010] Die US 8 043 986 B2 beinhaltet ein Fügeglas einer SBB mit mindestens 0,1 bis 10 Gew.% ZrO_2 . Zirkonoxid wird in dieser Schrift zur Verbesserung der chemischen Beständigkeit eingesetzt. Es führt allerdings auch zu einer stärkeren Tendenz zur Phasentrennung und Kristallisation sowie aufgrund der hohen Rohstoffkosten zu einer Verminderung der Effizienz des Glasherstellungsprozesses.

[0011] Vor diesem Hintergrund ist es ein Ziel dieser Erfindung, ein Fügeglas bereit zu stellen, welches zur Herstellung von Fügeverbindungen geeignet ist, welche eine sehr gute Beständigkeit gegenüber Natrium aufweisen und das zum Fügen von Metallen und/oder Keramiken, insbesondere Aluminiumoxid und/oder NASICON, geeignet ist, und das insbesondere sowohl eine sehr gute Beständigkeit gegenüber geschmolzenen Metallsalzen als auch gegenüber Natriumschmelzen aufweist. Ebenso ist es eine Aufgabe der Erfindung, vorteilhafte Verwendungen anzugeben. Ebenso Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung einer Fügeverbindung von Keramiken, insbesondere Aluminiumoxid und/oder NASICON, mittels des Fügeglases, die Bereitstellung von elektrochemischen Energiespeicher- und/oder Energieerzeugungseinheiten beinhaltend das Fügeglas sowie die Bereitstellung von elektrischen Durchführungen beinhaltend das Fügeglas als elektrisch isolierendes Dichtungsmaterial, die allesamt von den Eigenschaften des Fügeglases profitieren und somit verbesserte Eigenschaften aufweisen.

[0012] Die Aufgabe wird gelöst durch das Fügeglas, die Fügeverbindung und die elektrochemischen Energiespeicher- und/oder Energieerzeugungseinheit sowie die Durchführung und die Verwendung gemäss den Ansprüchen. Bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den von dem Hauptanspruch abhängigen Ansprüchen.

[0013] Im Folgenden erfolgen, sofern explizit keine andere Angabe vorgenommen wird, alle Angaben von Komponenten und/oder Inhaltsstoffen in Gew.-% auf Oxidbasis.

[0014] Ein erfindungsgemässes Fügeglas enthält 40% bis 50% SiO_2 und mehr als 25% bis zu 30% B_2O_3 . Durch diese Kombination wird insbesondere der thermische Ausdehnungskoeffizient eingestellt und gleichzeitig das Fließverhalten kontrolliert. Das Fügeglas enthält weiterhin erfindungsgemäss 5% bis 15% Na_2O und 17% bis 25% Al_2O_3 . Über diese Komponenten kann insbesondere die gute chemische Beständigkeit des Fügeglases eingestellt werden.

[0015] Die erfindungsgemässen Fügegläser enthalten optional und in Summe weniger als 2% an Erdalkalimetalloxiden MO. MO steht für CaO , SrO und/oder BaO , die einzeln oder in jeder möglichen Kombination bis zu den genannten Grenzen des Gesamtgehalts in dem Fügeglas enthalten sein können. Erdalkalimetalloxide können das Fließverhalten der Gläser positiv beeinflussen. Da sie durch Diffusion oder Ionentransfer mit den Natriumionen des Elektrolyten die Leistung einer der aktiven Komponenten reduzieren können, wird ihr Gehalt erfindungsgemäss auf ein Minimum reduziert.

[0016] Weiterhin ist das erfindungsgemässe Fügeglas bis auf höchstens Verunreinigungen frei von ZrO_2 . Verunreinigungen können durch Kontamination der zur Glaserzeugung eingesetzten Rohstoffe und/oder durch Kontamination und/oder Korrosion der eingesetzten Schmelzaggregate in das Glas eingetragen werden. Solche Verunreinigungen übersteigen in der Regel nicht einen Anteil von 0,2 Gew.-%, insbesondere 0,1 Gew.-%. Dies beinhaltet natürlich auch die vollkommene Freiheit von ZrO_2 . Entgegen der Lehre des genannten Standes der Technik wurde festgestellt, dass die erfindungsgemässen Fügegläser eine sehr gute chemische Beständigkeit aufweisen, obwohl auf ZrO_2 zur Verbesserung der chemischen Beständigkeit verzichtet wird. Ausserdem wurde festgestellt, dass ZrO_2 als Kristallisationskeim wirken kann, welcher die Kristallisation während des Prozessierens fördert. Die Kristallisation (einschliesslich Teilkristallisation) des erfindungsgemässen Fügeglases ist unerwünscht, da die kristallinen Bereiche zu Schwierigkeiten beim Herstellen der Fügeverbindung führen und/oder sogar Undichtigkeiten der Fügeverbindung bewirken können. Daher ist das erfindungsgemässe Fügeglas besonders vorteilhaft ein amorphes Glas, insbesondere ohne kristallisierte Bereiche.

[0017] In Tests der Fügegläser hat sich gezeigt, dass entgegen dem genannten Stand der Technik eine hydrolytische Alterung bei erhöhten Gehalten an B_2O_3 von mehr als 25% nicht festgestellt werden konnte. Stattdessen haben die Erfinder festgestellt, dass ein höherer Borgehalt von mehr als 25% bis 30% überraschenderweise die Beständigkeit gegenüber Natriumschmelzen sogar erhöht. Dank der genannten Komposition können die erfindungsgemässen Fügegläser vorteilhaft frei von Kristallisation und Entmischung aufgeschmolzen werden.

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält ein erfindungsgemässes Fügeglas bis zu 5% ZnO und/oder bis zu 5% TiO_2 und/oder bis zu 5% SnO_2 und/oder bis zu 15% MgO . Diese optionalen zusätzlichen Komponenten können einzeln oder in jeder beliebigen Kombination in dem Fügeglas enthalten sein. ZnO , TiO_2 und/oder SnO_2 bewirken insbesondere eine Verbesserung der chemischen Beständigkeit im alkalischen Bereich. MgO kann optional enthalten sein und dessen Gehalt so ausgewählt werden, dass die thermische Ausdehnung des Fügeglases an den Fügepartner angepasst werden kann. Üblicherweise bewirkt ein höherer Gehalt von MgO eine Erhöhung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Fügeglases. Vorteilhaft kann auch ein Gehalt von MgO von 0–<2% vorgesehen sein.

[0019] Besonders bevorzugt wird die Komposition des Fügeglases innerhalb der zuvor angegebenen Grenzen so gewählt, dass er lineare thermische Ausdehnungskoeffizient α_{20-30}^{c} des Fügeglases Werte zwischen von $5,5 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ bis zu $10,5 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ aufweist, bevorzugt von $5,5 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ bis zu $8,5 \cdot 10^{-6} K^{-1}$, ganz besonders bevorzugt von $6,0 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ bis

zu $8,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Auf diese Weise wird insbesondere eine Anpassung des Fügeglases an das thermische Ausdehnungsverhalten von Aluminiumoxid erreicht.

[0020] Bevorzugt kann ebenfalls sein, dass das Fügeglas zusätzlich bis zu 30 Vol.-% eines oxydischen Füllstoffs enthält, insbesondere eines anorganischen Oxyds. Diese Füllstoffe können insbesondere zur Einstellung des thermischen Ausdehnungsverhaltens und/oder der Korrosionsbeständigkeit und/oder des Fließverhaltens eingesetzt werden, wobei der Füllstoff bevorzugt in Form von Partikeln und/oder Fasern vorliegt. Beispiele für solche Füllstoffe sind MgO , Al_2O_3 und/oder stabilisiertes ZrO_2 . Diese können insbesondere eingesetzt werden, um das thermische Ausdehnungsverhalten an Metalle als Fügepartner anzupassen. Die Füllstoffe sind üblicherweise nicht in die Glasmatrix eingebunden, sondern liegen sozusagen isoliert in dieser vor.

[0021] Die Erfindung umfasst ebenfalls eine Fügeverbindung zwischen einem ersten Fügebauteil und einem zweiten Fügebauteil mittels eines zuvor beschriebenen Fügeglases. Als Fügebauteil wird jegliches Element verstanden, das mit dem Fügeglas verbunden wird. Das Fügeglas geht dabei insbesondere eine stoffschlüssige Verbindung mit dem jeweiligen Fügebauteil ein. Eine stoffschlüssige Verbindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Verbindungspartner, hier das jeweilige Fügebauteil mit dem Fügeglas, durch atomare oder molekulare Kräfte zusammengehalten werden. Es ergeben sich nicht lösbare Verbindungen, die sich nur durch Zerstörung des Verbindungsmittels, hier des Fügeglases, trennen lassen. Das Fügeglas ist besonders vorteilhaft in der Lage, eine hermetisch dichte Fügeverbindung zwischen den Fügebauteilen als Fügepartner bereit zu stellen.

[0022] Die Fügeverbindung der Fügebauteile wird durch das Fügeglas hergestellt und liegt dementsprechend an der Fügestelle des jeweiligen Fügebauteils vor, das mit dem Fügeglas verbunden ist. Die Fügestelle ist dementsprechend die Fläche auf der Oberfläche des jeweiligen Fügebauteils, die in Kontakt mit dem Fügeglas ist. Das Fügebauteil kann vollflächig, aber auch in beliebigen Bereichen mit dem Fügeglas und über dieses mit dem anderen Fügebauteil verbunden sein. Wie beschrieben ist das erfindungsgemässe Fügeglas für das Fügen von Keramiken und/oder Metallen vorgesehen. Dementsprechend sieht eine erfindungsgemässe Fügeverbindung vor, dass das erste Fügebauteil zumindest an der Fügestelle eine Keramik oder ein Metall umfasst. Das zweite Fügebauteil umfasst zumindest an der Fügestelle ebenfalls eine Keramik oder ein Metall. Kombinationen von Metall und Keramik sind selbstverständlich ebenso möglich und von der Erfindung umfasst. In Kombination bedeutet dies ebenfalls, dass das zweite Fügebauteil ein Hybridbauteil sein kann, das im Bereich der Fügeverbindung aus Metall und Keramik zusammengesetzt ist. Mit anderen Worten und verkürzt ausgedrückt können mit dem Fügeglas demnach insbesondere Fügeverbindungen von Metall zu Metall oder von Keramik zu Metall oder von Keramik zu Keramik oder von Metall oder Keramik zu einem Hybridbauteil aus Metall und Keramik hergestellt werden.

[0023] Wie beschrieben ist das das erfindungsgemässe Fügeglas insbesondere für das Fügen von Aluminiumoxid geeignet, so dass es eine erfindungsgemässe Fügeverbindung vorsieht, dass das erste Fügebauteil zumindest an der Fügestelle Aluminiumoxid umfasst, insbesondere aus Aluminiumoxid besteht. Das zweite Fügebauteil umfasst zumindest an der Fügestelle ein Metall und alternativ oder in Kombination Aluminiumoxid. In Kombination ergibt sich insbesondere ein Fügebauteil in Gestalt eines Hybridbauteils, das im Bereich der Fügeverbindung aus Metall und Aluminiumoxid zusammengesetzt ist.

[0024] Bevorzugt ist es, wenn das Aluminiumoxid des ersten Fügebauteils α -Aluminiumoxid oder β -Aluminiumoxid oder β'' -Aluminiumoxid umfasst, insbesondere wenn es aus diesen besteht. Besonders bevorzugt ist das Aluminiumoxid des zweiten Fügebauteils, wenn es zumindest an der Fügestelle aus Aluminiumoxid besteht oder dieses umfasst, ebenfalls α -Aluminiumoxid oder β -Aluminiumoxid oder β'' -Aluminiumoxid. Dies bedeutet aber nicht, dass die Ausführungsform des Aluminiumoxids des ersten Fügebauteils mit der Ausführungsform des Aluminiumoxids des zweiten Fügebauteils übereinstimmen muss, vielmehr kann es vorteilhaft sein, wenn die Ausführungsformen des Aluminiumoxids bei erstem und zweitem Fügebauteil unterschiedlich sind, z.B. wenn das erste Fügebauteil α -Aluminiumoxid umfasst und das zweite Fügebauteil β -Aluminiumoxid oder β'' -Aluminiumoxid. Diese Konfiguration wird insbesondere in SBB eingesetzt und ist für diese von Interesse.

[0025] Ebenso möglich und bevorzugt ist es, wenn die Keramik statt Aluminiumoxid aus der Klasse der NASICON-Keramiken (Natrium Superionenleiter, engl. Na super ion conducting), typischerweise vom Typ $\text{A}_x\text{B}_y(\text{PO}_4)_3$ mit einem Alkalimetallion A (z.B. Na) und einem multivalenten Metallion B (z.B. Fe, Cr, Ti), gewählt wird. Alle genannten Ausführungsformen sind auch mit diesen Keramiktypen möglich.

[0026] Ebenso möglich sind Fügebauteile in Gehäusen von Sensoren und/oder Aktuatoren, die aggressiven Medien, insbesondere flüssigem Natrium oder Natriumsalzen, ausgesetzt werden. Mögliche Einsatzgebiete dafür finden sich z.B. in der Synthese von flüssigem Natrium durch Elektrolyse von Salzschnmelzen sowie im Bereich der Kühlung von Brutreaktoren mit flüssigem Natrium.

[0027] Wie beschrieben umfasst das zweite Fügebauteil zumindest an der Fügestelle ebenso bevorzugt ein Metall. Besonders bevorzugt weist dieses Metall einen linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten $\alpha_{20-300^\circ\text{C}}$ auf, der (im gleichen Temperaturbereich) grösser oder gleich dem linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten $\alpha_{20-300^\circ\text{C}}$ der Keramik, insbesondere des Aluminiumoxids ist.

[0028] Besonders bevorzugt beträgt der Wert des linearen Thermischen Ausdehnungskoeffizienten $\alpha_{20-300\text{ }^{\circ}\text{C}}$ dieses Metalls mehr als $8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Beispiele für solche bevorzugten Metalle sind Edelstähle, kohlenstoffarme Stähle und/oder Nickellegierungen.

[0029] Die erfindungsgemässe Fügeverbindung erlaubt die Herstellung von elektrochemischen Energiespeicher- und/oder Energieerzeugungseinheiten mit erhöhter Lebensdauer und/oder erhöhter Effizienz. Diese sind daher ebenso von der Erfindung umfasst. Beispiele von elektrochemischen Energiespeichern sind Akkumulatoren im Ladebetrieb, Beispiele von elektrochemischen Energieerzeugungseinheiten sind Batterien oder Akkumulatoren im Entladebetrieb. Ebenso möglich sind Reaktoren für chemische und/oder biochemische Reaktionen, bei denen der Energiezustand durch den jeweiligen Oxidations- und Reduktionszustand der Edukte und Produkte repräsentiert wird. Besonders bevorzugt ist eine erfindungsgemässe Energiespeicher- und/oder Energieerzeugungseinheit eine Natrium-Schwefel-Batterie oder Natrium-Metallchlorid-Batterie mit einer erfindungsgemässen Fügeverbindung.

[0030] Die erfindungsgemässe Fügeverbindung erlaubt ebenfalls die Herstellung von Durchführungselementen, insbesondere elektrischen Durchführungselementen.

[0031] Ein vorteilhaftes elektrisches Durchführungselement umfasst ein metallisches Trägerelement, das eine Durchführungsöffnung aufweist, und ein metallisches Funktionselement. Das Funktionselement wird von dem beschriebenen erfindungsgemässen Fügeglas in der Durchführungsöffnung elektrisch isoliert von dem Trägerelement gehalten. Dabei wird die Durchgangsöffnung gleichzeitig von dem Fügeglas verschlossen, insbesondere hermetisch dicht verschlossen.

[0032] Das erfindungsgemässe Fügeglas wird ganz besonders bevorzugt für die Herstellung von Natrium-Schwefel-Batterien oder einer Natrium-Metallchlorid-Batterien eingesetzt, insbesondere zur hermetischen Abdichtung deren Gehäuse und/oder zum Verschliessen und/oder Verbinden der Membranbauteile in deren Elektrolytzellen. Die Verbindung kann auch mit geeigneten Trägerelementen usw. erfolgen.

[0033] Das erfindungsgemässe Durchführungselement wird besonders bevorzugt in Einrichtungen zum Entsorgen von Gefahrstoffen und/oder in Kernreaktoren eingesetzt, insbesondere in Brutreaktoren, dort insbesondere als elektrische Durchführung für den Sicherheitsbehälter und/oder als elektrische Durchführung für den Kühlkreislauf. Dieser kann den Primär- und/oder den Sekundärkreislauf umfassen, welche insbesondere bei Brutreaktoren mit flüssigem Natrium als Kühlmedium betrieben werden. Das Durchführungselement kann dabei mit dem flüssigen Natrium in Kontakt kommen und muss diesem dauerhaft widerstehen können. Mit dem Durchführungselement können beispielsweise Pumpen und/oder Sensoren im Kühlkreislauf mit elektrischem Strom versorgt werden und/oder Signale aus Sensoren ausgeleitet werden. Ebenso möglich ist der Einsatz des Durchführungselements im Sicherheitsbehälter (Containment) eines Reaktors. In diesem Fall kann es insbesondere im Störfall in Kontakt mit flüssigem Natrium und/oder Natriumdämpfen kommen und immer noch den Sicherheitsbehälter zuverlässig verschliessen. Ebenso von der Erfindung umfasst ist der Einsatz eines beschriebenen Durchführungselements in Einrichtungen zum Entsorgen von Gefahrstoffen, beispielsweise wenn diese verbrannt oder chemisch umgesetzt werden, wobei auch aggressive Natriumverbindungen und/oder flüssiges Natrium und/oder Natriumdampf entstehen kann.

[0034] Die Erfindung wird anhand der Figuren weiter erläutert. Alle Figuren sind rein schematisch, die Dimensionen der realen Gegenstände können von den Dimensionen und/oder den Proportionen der Figuren abweichen. Es zeigen

- Fig. 1a: den Schnitt durch ein erstes Fügebauteil, das bereichsweise mit Fügeglas versehen ist,
- Fig. 1b: den Schnitt durch ein anderes erstes Fügebauteil, das bereichsweise mit Fügeglas versehen ist,
- Fig. 2a: den Schnitt durch eine Bauteilgruppe mit einer Fügeverbindung,
- Fig. 2b: den Schnitt durch eine andere Bauteilgruppe mit einer Fügeverbindung,
- Fig. 3: den Schnitt durch eine ZEBRA-Batterie,
- Fig. 4: den Schnitt durch eine andere ZEBRA-Batterie.
- Fig. 5a: den Schnitt durch ein Durchführungselement
- Fig. 5b: die Aufsicht auf ein Durchführungselement gemäss Fig. 5a
- Fig. 6: den Schnitt durch ein weiteres Durchführungselement
- Fig. 7: den Schnitt durch den Sicherheitsbehälter eines Reaktorgebäudes
- Fig. 8: den Schnitt durch den Reaktor und den Sicherheitsbehälter eines Reaktorgebäudes

[0035] Fig. 1a stellt schematisch den Schnitt durch ein erstes Fügebauteil dar. Das Fügebauteil (2) stellt sozusagen das Substrat für das Fügeglas (1) dar, das sich bereichsweise auf der Oberfläche des Fügebauteils (2) befindet und

in diesen Bereichen eine stoffschlüssige Verbindung mit dem Fügebauteil (2) eingegangen ist. Die Stellen, an denen das Fügeglas (1) vorhanden ist, können die Fügestellen sein und werden im Weiteren als die Fügestellen definiert, an denen Fügeverbindungen mit anderen Fügebauteilen hergestellt werden. Das dargestellte Fügebauteil (2) mit Fügeglas (1) kann insbesondere durch Kombination mit weiteren Fügebauteilen zur Herstellung von Fügeverbindungen dienen. In dem vorliegenden Beispiel besteht das Fügebauteil (2) aus β -Aluminiumoxid oder β'' -Aluminiumoxid oder NASICON. Wie beschrieben ist es ebenso möglich, dass das Aluminiumoxid (2) des Fügebauteils nur an den Fügestellen vorliegt, an denen die Verbindung mit dem Fügeglas (1) hergestellt wird, und die übrigen Bereiche des Fügebauteils aus anderen Materialien bestehen.

[0036] Fig. 1b zeigt im Wesentlichen das gleiche Fügebauteil mit Fügeglas wie Fig. 1a, nur dass in diesem Beispiel das Fügebauteil (3) aus α -Aluminiumoxid besteht oder dieses zumindest an den Fügestellen umfasst, an denen das Fügeglas (1) vorhanden ist. Alle weiteren Ausführungen, die bzgl. Fig. 1b gemacht wurden, sind auch auf Fig. 1b anwendbar.

[0037] Fig. 2a zeigt den Schnitt durch eine Fügeverbindung, die durch eine durch das Fügeglas (1) verbundene Bauteilgruppe aus erstem Fügebauteil (2) und zweitem Fügebauteil (3) gebildet wird. Wie anhand der Fig. 2a zu erkennen ist, ist der dargestellte Gegenstand im Prinzip eine Kombination der Fig. 1a und 1b. Das Material des ersten Fügebauteils (2) ist in dieser Figur wieder β -Aluminiumoxid oder β'' -Aluminiumoxid und das Material des zweiten Fügebauteils (3) ist α -Aluminiumoxid. Das Fügeglas (1) verbindet sich an den Fügestellen stoffschlüssig mit den Oberflächen der Fügebauteile (2, 3) und kann so eine hermetische und dauerhafte Verbindung zwischen den Fügebauteilen (2, 3) herstellen.

[0038] Fig. 2b zeigt den Schnitt durch eine ähnliche Ausführungsform wie Fig. 2a, nur dass das erste Fügebauteil aus β -Aluminiumoxid oder β'' -Aluminiumoxid (2) und α -Aluminiumoxid (3) zusammengesetzt ist. Das zweite Fügebauteil (4) besteht in diesem Ausführungsbeispiel aus einem Metall. Es ist für den Fachmann leicht ersichtlich, dass aus den gezeigten Fügeverbindungen durch entsprechende Kombinationen eine Vielzahl von unterschiedlichen Gesamtbauteilen hergestellt werden können, die entsprechend den Anforderungen an ihre Verwendung angepasst sein können.

[0039] In Fig. 3 ist der Schnitt durch eine schematische ZEBRA-Batterie gezeigt. Die Batterie wird durch das topfförmige Gehäuse (4) und den Deckel (3) verschlossen. Gehäuse (4) und Deckel (3) sind durch das Fügeglas (1) miteinander verbunden. Der Deckel (3) repräsentiert sozusagen das erste und das Gehäuse (4) sozusagen das zweite Fügebauteil der zuvor beschriebenen Fügeverbindung. Das Gehäuse (4) besteht bei einer ZEBRA-Batterie üblicherweise aus Metall, z.B. aus einem Edelstahl, einer Nickellegierung oder einem kohlenstoffarmen Stahl, und der Deckel (3) aus Aluminiumoxid, insbesondere α -Aluminiumoxid. Das erfindungsgemässe Fügeglas (1) stellt zuverlässig und dauerhaft eine dichte Verbindung zwischen den beiden Fügebauteilen Deckel (3) und Gehäuse (4) her, so dass der Inhalt der ZEBRA-Batterie sicher in dem Gehäuse verschlossen ist.

[0040] Im Innern des Gehäuses befindet sich die hohlzylinderförmige semipermeable Membran (2), die üblicherweise aus β -Aluminiumoxid oder β'' -Aluminiumoxid gefertigt wird. Der Zwischenraum zwischen der Innenwand des Gehäuses (4) und der Aussenwand der Membran (2) ist von flüssigem Natrium (11) gefüllt, welches die Anode bildet. Durch den Kontakt mit dem leitenden Gehäuse (4) wirkt dieses ebenfalls als Anode. Der Innenraum der hohlzylinderförmigen Membran (2) ist z.B. mit Natriumtetrachloraluminat als Elektrolyt (10) gefüllt und wirkt als Kathode. Die semipermeable Membran (2) aus β -Aluminiumoxid oder β'' -Aluminiumoxid ist nur für Na-Ionen durchlässig. Sie ist durch das Fügeglas (1) mit dem Deckel (3) verbunden. Die Membran (2) stellt hier sozusagen das erste Fügebauteil und der Deckel (3) das zweite Fügebauteil im zuvor beschriebenen allgemeinen Prinzip der Fügeverbindung dar. In dieser Fügeverbindung an dieser Stelle der ZEBRA-Batterie ist es wichtig, dass das Fügeglas (1) für den Elektrolyten (10) und das flüssige Natrium (11) undurchlässig ist, da ansonsten Elektrolyt (10) und/oder das flüssige Natrium (11) durch die jeweils andere Substanz vergiftet werden könnte, demzufolge die Batterie zerstört oder zumindest ihre Kapazität verringert werden könnte.

[0041] Der Deckel (3) selbst ist in diesem Beispiel ein elektrischer Isolator, so dass eine Elektrode (52) erforderlich ist, um die Batterie mit Anode und Kathode an einen Stromkreis anschliessen zu können. Im vorliegenden Beispiel gemäss Fig. 3 durchdringt der Metallstab (52) durch die Hülse (51) den Deckel (3). An dieser Stelle ist es ebenfalls denkbar, den Metallstab (52) oder allgemein die Elektrode in einer Glas-Metalldurchführung mit dem erfindungsgemässen Fügeglas durch den Deckel (2) zu führen.

[0042] Fig. 4 zeigt eine alternative Ausführungsform der ZEBRA-Batterie nach Fig. 3. Weil das Fügeglas (1) an der Verbindung von Gehäuse (4) und Deckel (41) eine elektrisch isolierende Fügeverbindung zwischen den beiden Fügebauteilen schafft wäre es auch möglich, den Deckel (4.1) wie in der Fig. 4 gezeigt aus einem Metall oder zumindest einem elektrisch leitfähigem Material zu fertigen und geometrisch so auszuführen, dass er nicht mit dem Elektrolyten (10) in Kontakt kommt, so dass auf die durchgeführte Elektrode (52) verzichtet werden kann und der Deckel dann selbst als Kathode wirkt. Das Fügeglas verbindet dann insbesondere die drei Fügebauteile Gehäuse (4), Deckel (3) und Membran (2) an einer Stelle, hier in Form eines Rings.

[0043] Fig. 5a zeigt schematisch den Schnitt durch ein Durchführungselement (20). Dieses beinhaltet das Trägerelement (30), hier in Form eines metallischen Zylinders. Dieses repräsentiert üblicherweise den Aussenleiter. In den beschriebenen Anwendungsfällen besteht dieser üblicherweise aus Stahl. Vorteilhaft können insbesondere Kohlenstoffstähle, austenitische und/oder ferritische Edelstähle. Für entsprechende Anwendungen ist auch der Einsatz von Kovar möglich. Ebenso möglich es aber, dass das Trägerelement (30) aus einer Keramik hergestellt wird. In dem Trägerelement (30) befindet sich eine Durchgangsöffnung, welche die Oberseite des Trägerelements (30) mit dessen Rückseite verbindet. In der Durch-

gangsöffnung angeordnet ist das Funktionselement (31), hier in Form eines stabförmigen elektrischen Leiters, der üblicherweise den Innenleiter repräsentiert. Dieser kann aus vielfältigen Materialien bestehen, üblicherweise aus Kovar und/oder Stahl und/oder Kupfer und/oder Legierungen, wie beispielsweise NiFe- und/oder CrNi-Legierungen. Das Fügeglas (1) fixiert das Funktionselement (31) elektrisch isoliert vom Trägerelement (30) in der Durchgangsöffnung und verschliesst diese. Das erfindungsgemässe Fügeglas (1) hat den Vorteil, dass ein hermetisch dichter Verschluss erreicht werden kann. Durchführungselemente (20) werden üblicherweise durch Verschmelzen des Fügeglases (1) mit dem Trägerelement (30) und dem Funktionselement (31) hergestellt.

[0044] Fig. 5b stellt die Aufsicht auf das Durchführungselement (20) gemäss Fig. 5a dar. In dem dargestellten Fall ist das Funktionselement (31) konzentrisch in der kreisförmigen Durchgangsöffnung angeordnet. Diese Geometrie ist insbesondere für sogenannte Druckeinglasungen geeignet, bei denen der thermische Ausdehnungskoeffizient des Trägerelements (30) grösser als derjenige des Fügeglases (1) ist. Beim Abkühlen nach dem Verschmelzen schrumpft das Trägerelement (30) sozusagen auf das Fügeglas (1) und übt eine Druckspannung auf dieses aus, wodurch die mechanischen Auszugskräfte erhöht werden, die zum Auspressen des Fügeglases (1) aus der Durchgangsöffnung benötigt werden.

[0045] Das Durchführungselement (20) der Fig. 5a und 5b repräsentiert ein Durchführungselement aus der Gattung der Grossdurchführungen.

[0046] Fig. 6 zeigt den Schnitt durch ein weiteres Durchführungselement (20) mit einer Vielzahl von Durchführungsöffnungen in einem Trägerelement (30). Dieses so genannte planare Element weist Abmessungen auf, die vielmehr breit als hoch sind. Die Durchführungsöffnungen können in einer Matrix angeordnet sein. Die Matrix selbst ist variabel, was bedeutet, dass die Stelle der Durchführungsöffnungen je nach gewünschter Anwendung ausgewählt sein kann. Diese Ausführungsform kann z.B. verwendet werden, um für multiple elektrische und/oder elektronische Bauteile elektrischen Strom bereitzustellen, z.B. um sie anzutreiben und/oder um Signale, die durch diese Bauteile erzeugt werden, durch das Trägerelement (30) zu leiten. Das Trägerelement (30) kann das Gehäuse einer betreffenden Vorrichtung abdichten oder auch nicht. Das Trägerelement (30) kann insbesondere aus einem Metall und/oder einer Legierung oder einem Keramikmaterial hergestellt sein.

[0047] In Fig. 7 ist der Sicherheitsbehälter (Containment) (80) einer Energieerzeugungsvorrichtung gezeigt, beispielsweise eines Reaktors, insbesondere eines Kernreaktors, oder einer Einrichtung zum Beseitigen von gefährlichen Materialien. Diese müssen in der Kapselung sicher eingekapselt sein, auch in Notfall- und Störungssituationen. Ein Durchführungselement (20) gemäss der vorliegenden Offenbarung wird vorteilhafter Weise verwendet, um Kontakt zum Reaktor und/oder zu Vorrichtungen innerhalb des Sicherheitsbehälters bereitzustellen. Solche Vorrichtungen sind z.B. Vorrichtungen zum Überwachen der Betriebsbedingungen des Reaktors und/oder zum Steuern des Reaktors oder sonstiger Vorrichtungen.

[0048] In Fig. 8 ist eine Energieerzeugungsvorrichtung (81) wie beispielsweise ein Reaktor gezeigt. Die schematische Darstellung des Reaktors (81) beinhaltet dessen Kühlkreislauf, im Fall eines Brutreaktors insbesondere dessen Primär- und/oder Sekundärkreislauf, der mit flüssigem Natrium als Kühlmittel betrieben wird. Über das Durchführungselement (20) können Steuerungs- und/oder Sensor- und/oder Betätigungsgeräte wie Elektromotoren insbesondere in Pumpen mit elektrischem Strom versorgt werden. Ebenso kann der Sicherheitsbehälter wie im Zusammenhang mit Fig. 8 beschrieben mit einem Durchführungselement (10) versehen sein.

[0049] Erfindungsgemässe Fügegläser (1) wurden in konventionellen Glasschmelzverfahren erzeugt. Die Details des Glasschmelzens sind dem Fachmann bekannt und werden an dieser Stelle nicht wiederholt.

[0050] Die folgende Tabelle 1 fasst Zusammensetzungen und physikalische Eigenschaften von vier beispielhaften erfindungsgemässen Fügegläsern (1) Nr. 1 bis Nr. 4 zusammen.

[0051]

Zusammensetzung:	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4
SiO ₂	49	44	40	42
B ₂ O ₃	26	26	30	26
Na ₂ O	8	10	6	15
Al ₂ O ₃	17	20	24	17
Eigenschaften:				
T _g [°C]	546	488	548	533
Dichte [g/cm ³]	2,35	2,26	2,43	2,40
α _{20-300°C} [10 ⁻⁶ K ⁻¹]	5,80	6,61	5,62	8,34

Tabelle 1: Beispiele erfindungsgemässer Fügegläser, Angaben Gew.% auf Oxidbasis.

[0052] Die Tabelle 2 gibt die Zusammensetzung und physikalischen Eigenschaften von Fügegläsern an, die ausserhalb des erfindungsgemässen Glaszusammensetzungsbereichs liegen, und als Vergleichsbeispiele im Folgenden als VG 1 und VG 2 bezeichnet werden.

[0053] Die Gläser der Vergleichsbeispiele weisen höhere Gehalte an SiO₂ und geringere Gehalte an B₂O₃ und Al₂O₃ auf als die erfindungsgemässen Fügegläser.

[0054]

Zusammensetzung:	VG 1	VG 2
SiO ₂	69,8	68,0
B ₂ O ₃	15,6	13,0
Na ₂ O	7,2	12,0
Al ₂ O ₃	5,4	5,0
ZnO	2,0	1,0
BaO	-	1,0
Eigenschaften:		
T _g [°C]	505	565
Dichte [g/cm ³]	2,31	2,44
α _{20-300°C} [10 ⁻⁶ K ⁻¹]	5,2	6,7

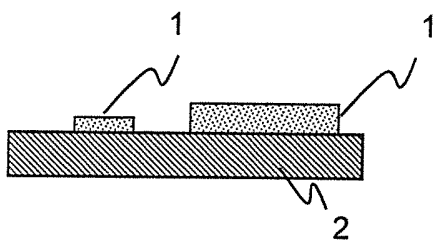
Tabelle 2: Vergleichsbeispiele von Fügegläsern, Angaben Gew.% auf Oxidbasis.

[0055] Die Beständigkeit der erfindungsgemässen Fügegläser aus Tabelle 1 wurde im Vergleich zu den Gläsern VG 1 und VG 2 der Vergleichsbeispiele in Tabelle 2 bestimmt. Hierzu wird ein Glaswürfel aus dem betreffenden Glas mit der Kantenlänge in ein Bad aus geschmolzenem Natrium bei 300 °C für einen definierten Zeitraum von 100 h gelegt und das Probenaussehen sowie der Massenverlust bestimmt. Alle erfindungsgemässen Fügegläser aus Tabelle 1 erwiesen sich als beständiger als die Vergleichsbeispiele aus Tabelle 2 oder wiesen eine grössere thermische Dehnung auf, was sie zum Herstellen von Fügeverbindungen mit Metallen geeigneter macht.

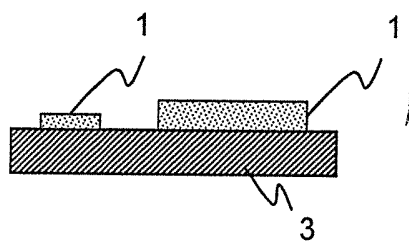
[0056] Der Vorteil der erfindungsgemässen Fügegläser ggü. dem Stand der Technik liegt in deren Anwendbarkeit für die Herstellung von Fügeverbindungen mit Keramiken und/oder Metallen sowie deren verbesserte chemische Beständigkeit.

Patentansprüche

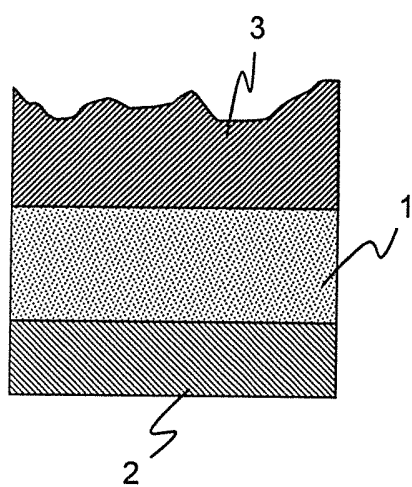
1. Fügeglas (1) zur Herstellung einer Fügeverbindung mit zumindest einer Keramik oder einem Metall, das bis auf höchstens Verunreinigungen frei ist von ZrO_2 , enthaltend (in Gew.-% auf Oxidbasis)
 SiO_2 40–50
 B_2O_3 >25–30
 Na_2O 5–15
 Al_2O_3 17–25
 ΣMO 0–<2,
wobei MO steht für, einzeln oder in jeder Kombination, CaO und/oder SrO und/oder BaO.
2. Fügeglas (1) nach Anspruch 1, enthaltend einzeln oder in jeder Kombination,
 ZnO 0–5
 TiO_2 0–5
 SnO_2 0–5
 MgO 0–15.
3. Fügeglas (1) nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, welches einen linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten $\alpha_{20-300\text{ }^\circ\text{C}}$ im Temperaturbereich von 20 bis 300 °C von $5,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ bis zu $10,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ aufweist, bevorzugt von $5,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ bis zu $8,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, besonders bevorzugt von $6,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ bis zu $8,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.
4. Fügeglas (1) nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, welches zusätzlich bis zu 30 Vol.-% eines oxydischen Füllstoffs enthält, insbesondere zur Einstellung des thermischen Ausdehnungsverhaltens und/oder der Korrosionsbeständigkeit und/oder des Fließverhaltens, wobei der Füllstoff bevorzugt in Form von Partikeln und/oder Fasern vorliegt.
5. Fügeverbindung zwischen einem ersten Fügebauteil (2) und einem zweiten Fügebauteil (3, 4, 41) mittels eines Fügeglases (1) nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Fügeglas (1) die Fügestelle des ersten Fügebauteils (2) mit der Fügestelle des zweiten Fügebauteils (3, 4, 41) verbindet.
6. Fügeverbindung nach Anspruch 5, wobei das erste Fügebauteil (2) zumindest an seiner Fügestelle eine Keramik und das zweite Fügebauteil (3, 4, 41) zumindest an seiner Fügestelle ein Metall und/oder eine Keramik umfasst.
7. Fügeverbindung nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 6, wobei die Keramik an der Fügestelle des ersten Fügebauteils (2) und/oder des zweiten Fügebauteils (3, 4, 41) ausgewählt ist aus der Gruppe Aluminiumoxid und/oder α -Aluminiumoxid und/oder β -Aluminiumoxid und/oder β'' -Aluminiumoxid und/oder NASICON.
8. Fügeverbindung nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei das Metall des zweiten Fügebauteils (41) einen linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten $\alpha_{20-300\text{ }^\circ\text{C}}$ aufweist, der im gleichen Temperaturbereich grösser oder gleich dem linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten $\alpha_{20-300\text{ }^\circ\text{C}}$ der Keramik ist.
9. Fügeverbindung nach Anspruch 5, wobei das erste Fügebauteil (2) zumindest an seiner Fügestelle ein Metall und das zweite Fügebauteil (3) zumindest an seiner Fügestelle ein Metall umfasst.
10. Fügeverbindung nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 9, wobei für das Metall (41) des zweiten Fügebauteils gilt $\alpha_{20-300\text{ }^\circ\text{C}} > 8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.
11. Elektrochemische Energiespeicher- und/oder Energieerzeugungseinheit, bevorzugt Natrium-Schwefel-Batterie oder Natrium-Metallchlorid-Batterie, beinhaltet zumindest eine Fügeverbindung nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 10.
12. Durchführungselement (20), bevorzugt elektrisches Durchführungselement, beinhaltet zumindest eine Fügeverbindung nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 10.
13. Elektrisches Durchführungselement (20) mit einem metallischen Trägerelement (30), das eine Durchführungsöffnung aufweist, und einem metallischen Funktionselement (31), welches von dem Fügeglas (1) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4 in der Durchführungsöffnung elektrisch isolierend von dem Trägerelement (30) und die Durchführungsöffnung verschliessend gehalten wird.
14. Verwendung eines Fügeglases (1) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4 zur Herstellung einer Natrium-Schwefel-Batterie oder einer Natrium-Metallchlorid-Batterie, insbesondere zur hermetischen Abdichtung deren Gehäuse (4) und/oder zum Verschliessen der Membranbauteile (2).
15. Verwendung eines Durchführungselements (20) nach mindestens einem der Ansprüche 12 bis 13 in Einrichtungen zum Entsorgen von Gefahrstoffen und/oder in Kernreaktoren, insbesondere Brutreaktoren, insbesondere als elektrische Durchführung für den Sicherheitsbehälter und/oder als elektrische Durchführung für den Kühlkreislauf.



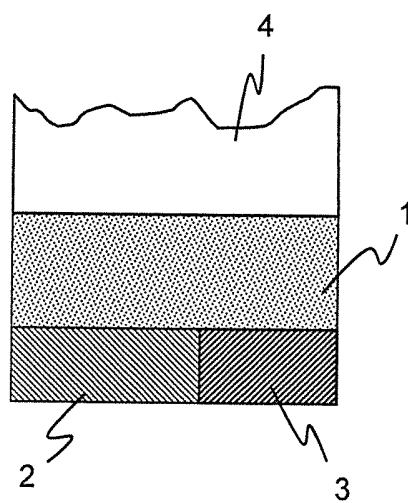
Figur 1a



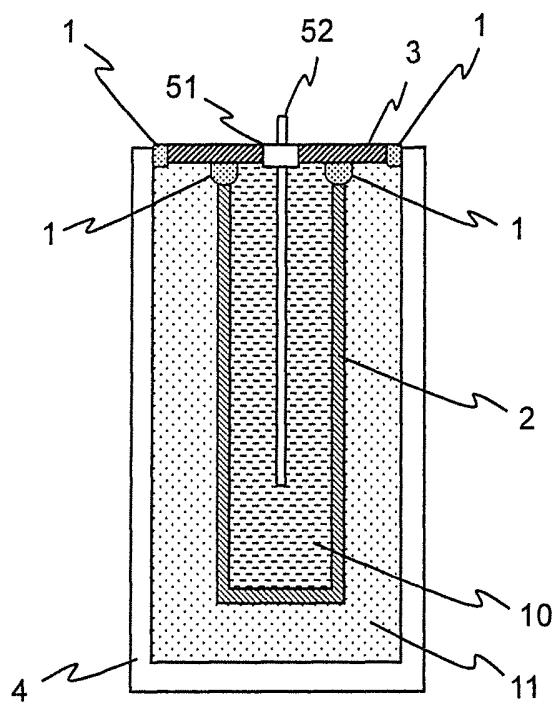
Figur 1b



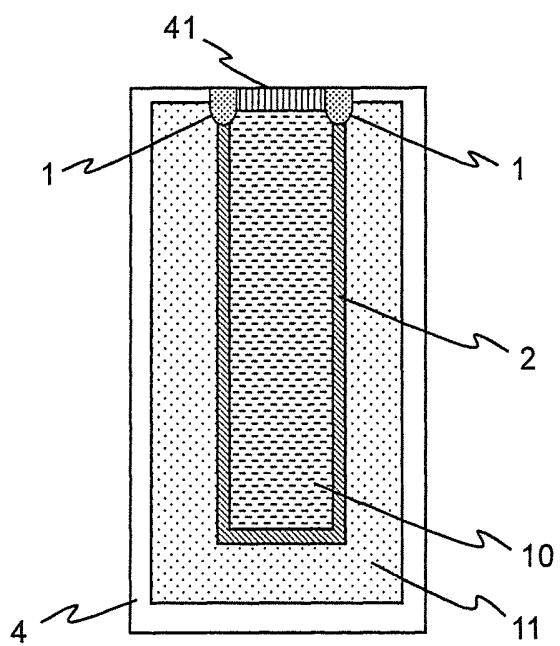
Figur 2a



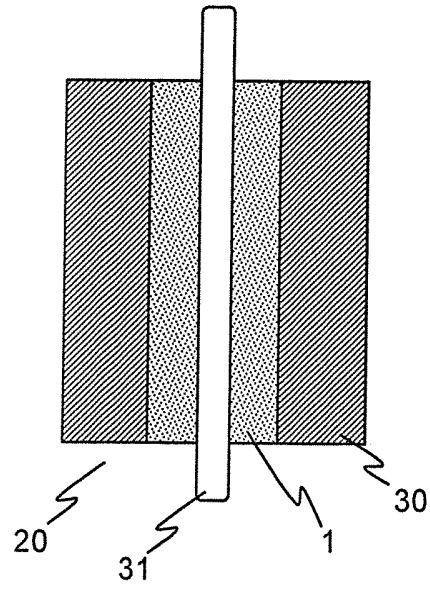
Figur 2b



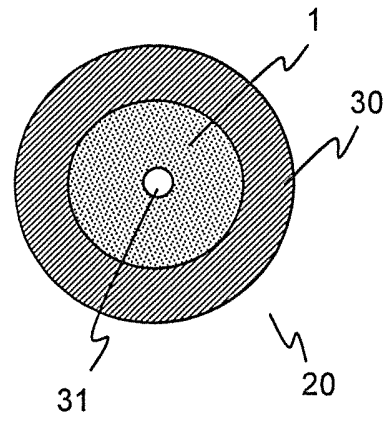
Figur 3



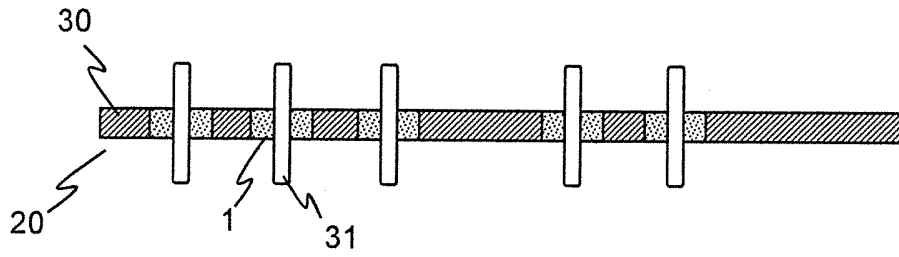
Figur 4



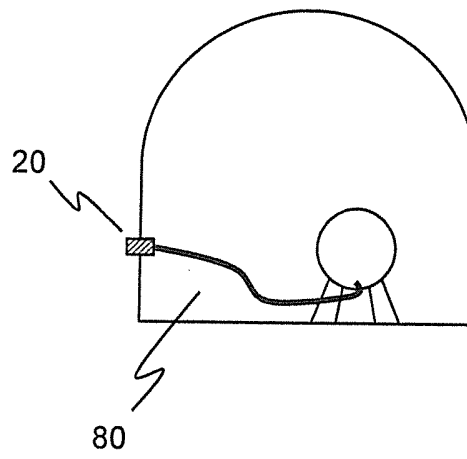
Figur 5a



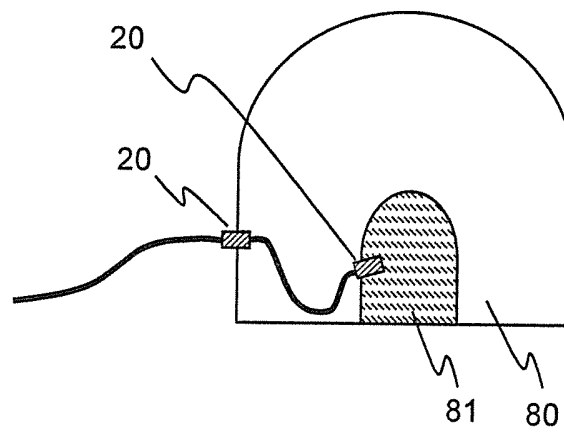
Figur 5b



Figur 6



Figur 7



Figur 8