



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 216 067.1**
(22) Anmeldetag: **11.09.2012**
(43) Offenlegungstag: **14.03.2013**

(51) Int Cl.: **H01G 9/145** (2012.01)
H01G 9/10 (2012.01)
H01G 9/052 (2012.01)
H01G 9/028 (2012.01)
H01G 9/042 (2012.01)
H01G 9/08 (2012.01)

(30) Unionspriorität:
13/231,132 **13.09.2011** **US**

(74) Vertreter:
von Kreisler Selting Werner, 50667, Köln, DE

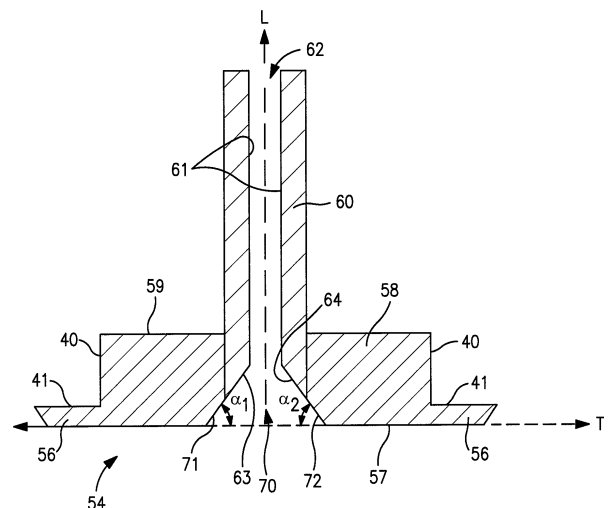
(71) Anmelder:
AVX Corporation, Fountain Inn, S.C., US

(72) Erfinder:
Priban, Frantisek, Zabreh, CZ

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Versiegelungsanordnung für einen Flüssigelektrolytkondensator**

(57) Zusammenfassung: Ein Flüssigelektrolytkondensator, der eine Anode und einen flüssigen Elektrolyten enthält, die sich innerhalb eines Gehäuses befinden, wird bereitgestellt. Der Kondensator enthält auch eine Versiegelungsanordnung, in der eine Hülse eingesetzt wird, die einander gegenüberliegende, nach innen weisende, sich verjüngende Flächen aufweist, zwischen denen eine Öffnung definiert ist. Um dabei zu helfen, ein Austreten von Flüssigkeit aus der Öffnung zu hemmen, wird auch ein Flüssigkeitsversiegelungselement eingesetzt, das einen Vorsprung enthält, der nach außen weisende, sich verjüngende Flächen aufweist, die so konfiguriert sind, dass sie mit den nach innen weisenden Flächen der Hülse passend zusammengefügt sind. Wenigstens eine nach außen weisende Fläche des Versiegelungselements verjüngt sich unter einem Winkel, der größer ist als die jeweilige nach innen weisende Fläche der Hülse. Auf diese Weise können die Flächen konvergieren und dadurch zusammen eine dichtere Verkeilung bilden, als es ansonsten möglich wäre, wenn sie lediglich komplementär zueinander wären. Diese resultierende Verkeilung reduziert die Wahrscheinlichkeit eines Austretens von Elektrolyt weiter und verbessert wiederum die elektrischen Eigenschaften des Kondensators.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Elektrolytkondensatoren haben typischerweise eine größere Kapazität pro Volumeneinheit als bestimmte andere Arten von Kondensatoren, wodurch sie wertvoll für elektrische Schaltungen mit relativ hoher Stromstärke und niedriger Frequenz sind. Eine Art Kondensator, der entwickelt wurde, ist ein "Flüssig"-elektrolytkondensator, der eine Anode aus gesinterem Tantalpulver umfasst. Diese Tantalformlinge haben eine sehr große innere Oberfläche. Diese Tantalformlinge werden zuerst einer elektrochemischen Oxidation unterzogen, bei der eine als Dielektrikum wirkende Oxidbeschichtung über die gesamten äußeren und inneren Oberflächen des Tantal Körpers entsteht. Dann werden die anodisierten Tantalformlinge in Bechern versiegelt, die eine hochleitfähige und im Allgemeinen korrosive Flüssigelektrolytlösung enthalten und eine hohe spezifische Oberfläche aufweisen, wobei leitfähige Auskleidungen den Stromfluss zur Flüssigelektrolytlösung ermöglichen. Leider können solche Flüssigkondensatoren Probleme verursachen, wenn der flüssige Elektrolyt austritt. Zum Beispiel können während des Betriebs Gase (z. B. Wasserstoff) entwickelt werden, was bewirkt, dass sich Druck innerhalb des Kondensators aufbaut. Dies kann bewirken, dass um herkömmliche nichtthermische polymere Versiegelungen herum, wo Anschlussdrähte aus dem Kondensatorgehäuse herausragen, Undichtigkeiten auftreten.

[0002] Vor diesem Hintergrund wird häufig eine gasdichte hermetische Versiegelung (z. B. Glas-auf-Metall-Versiegelung) eingesetzt, durch die hindurch sich der Anschlussdraht sicher erstrecken kann. Dennoch kann die hermetische Versiegelung selbst zuweilen durch den flüssigen Elektrolyten korrodiert werden. Aus diesem Grund wird eine Flüssigkeitsversiegelung auch im Allgemeinen eingesetzt, um eine Einwirkung des Elektrolyten auf den inneren Bereich der hermetischen Versiegelung zu verhindern. Das US-Patent Nr. 7,206,186 (Knight et al.) beschreibt zum Beispiel eine Flüssigkeitsversiegelung, die durch Pressen von elastomeren Ringen zwischen die Unterseite des Deckels und eine mit dem Kondensatorelement verbundene Anschlussplatte gebildet wird. Es kann auch eine Hülse innerhalb der elastomeren Ringe positioniert sein, um die Ringe relativ zur hermetischen Versiegelung zu zentrieren. Trotz Versuchen, die Flüssigkeitsversiegelung solcher Elektrolytkondensatoren zu verbessern, bleiben dennoch Probleme bestehen. Zum Beispiel kann zuweilen auch dann, wenn Flüssigkeitsversiegelungen verwendet werden, eine kleine Menge des Elektrolyten hindurchtreten und einen hohen Leckgleichstrom bei dem resultierenden Kondensator verursachen.

[0003] Daher besteht immer noch ein Bedürfnis nach einem verbesserten hermetisch versiegelten Elektrolytkondensator.

Kurzbeschreibung der Erfindung

[0004] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Flüssigelektrolytkondensator offenbart, der Folgendes umfasst: eine Anode, die einen porösen Anodenkörper umfasst, der mit einer dielektrischen Schicht beschichtet ist; einen flüssigen Elektrolyten, der sich in elektrischem Kontakt mit der Anode befindet, wobei sich ein Anodenanschluss von dem porösen Anodenkörper weg erstreckt; ein Gehäuse, innerhalb dessen sich die Anode und der flüssige Elektrolyt befinden; und eine Versiegelungsanordnung, die mit dem Gehäuse verbunden ist und durch die hindurch sich der Anodenanschluss erstreckt. Die Versiegelungsanordnung umfasst eine Hülse, die eine erste Öffnung zwischen einander gegenüberliegenden, nach innen weisenden Flächen definiert, wobei sich wenigstens eine der nach innen weisenden Flächen unter einem ersten Winkel verjüngt. Die Anordnung umfasst auch ein Flüssigkeitsversiegelungselement, das mit der Hülse passend zusammengefügt ist. Das Flüssigkeitsversiegelungselement enthält einen Vorsprung, der einander gegenüberliegende, nach außen weisende Flächen aufweist, wobei sich wenigstens eine der nach außen weisenden Flächen unter einem zweiten Winkel, der größer ist als der erste Winkel, verjüngt. Der Vorsprung wird so in die Öffnung eingeführt, dass eine Versiegelung zwischen der sich verjüngenden, nach innen weisenden Fläche der Hülse und der sich verjüngenden, nach außen weisenden Fläche des Flüssigkeitsversiegelungselements gebildet werden kann.

[0005] Weitere Merkmale und Aspekte der vorliegenden Erfindung sind im Folgenden ausführlicher beschrieben.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0006] Im Rest der Beschreibung und unter Bezugnahme auf die Begleitzeichnungen ist eine vollständige und nacharbeitbare Offenbarung der vorliegenden Erfindung einschließlich ihrer besten Realisierung für den Fachmann insbesondere dargelegt; dabei sind:

[0007] [Fig. 1](#) eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform einer Hülse, die in der Versiegelungsbaugruppe der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden kann;

[0008] [Fig. 2](#) eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform eines Flüssigkeitsversiegelungselements, das in der Versiegelungsbaugruppe der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden kann;

[0009] [Fig. 3](#) eine Draufsicht auf die Hülse von [Fig. 1](#);

[0010] [Fig. 4](#) eine Draufsicht auf das Flüssigkeitsversiegelungselement von [Fig. 2](#);

[0011] [Fig. 5](#) eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform der Versiegelungsanordnung der vorliegenden Erfindung, bei dem die Hülse von [Fig. 1](#) und das Flüssigkeitsversiegelungselement von [Fig. 2](#) eingesetzt werden;

[0012] [Fig. 6](#) eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform des Flüssigelektrolytkondensators der vorliegenden Erfindung, bei dem die in [Fig. 5](#) gezeigte Versiegelungsanordnung eingesetzt wird; und

[0013] [Fig. 7](#) eine Querschnittsansicht einer anderen Ausführungsform der Versiegelungsanordnung der vorliegenden Erfindung.

[0014] Bei mehrfacher Verwendung von Bezugszeichen in der vorliegenden Beschreibung und den Zeichnungen sollen diese dieselben oder analoge Merkmale oder Elemente der vorliegenden Erfindung repräsentieren.

Ausführliche Beschreibung von repräsentativen Ausführungsformen

[0015] Der Fachmann sollte sich darüber im Klaren sein, dass die vorliegende Diskussion nur eine Beschreibung von beispielhaften Ausführungsformen ist und die breiteren Aspekte der vorliegenden Erfindung nicht einschränken soll.

[0016] Allgemein gesagt betrifft die vorliegende Erfindung einen Flüssigelektrolytkondensator, der eine Anode und einen flüssigen Elektrolyten enthält, die sich innerhalb eines Gehäuses befinden. Der Kondensator enthält auch eine Versiegelungsanordnung, in der eine Hülse eingesetzt wird, die einander gegenüberliegende, nach innen weisende, sich verjüngende Flächen aufweist, zwischen denen eine Öffnung definiert ist. Die Öffnung kann eine Vielzahl von verschiedenen Zwecken erfüllen, wie die Aufnahme eines von der Kondensatoranode ausgehenden Anschlussdrahts, das Bereitstellen einer Stelle zum Befüllen des Gehäuses mit dem flüssigen Elektrolyten usw. Um dabei zu helfen, ein Austreten von Flüssigkeit aus der Öffnung zu hemmen, wird auch ein Flüssigkeitsversiegelungselement eingesetzt, das einen Vorsprung enthält, der nach außen weisende, sich verjüngende Flächen aufweist, die so konfiguriert sind, dass sie mit den nach innen weisenden Flächen der Hülse passend zusammengefügt sind. Wenn es in die Öffnung eingesetzt wird, kann das Flüssigkeitsversiegelungselement also vor und/oder während der Verwendung gegen die Hülse drücken, um eine Versiegelung zu bilden. Bemerkenswerterweise haben die Erfinder jedoch herausgefunden, dass eine noch effektivere Versiegelung gebildet werden kann, indem man wenigstens eine nach außen weisende Fläche des Versiegelungselements sich unter einem Winkel verjüngen lässt, der größer ist als die jeweilige nach innen weisende Fläche der Hülse. Auf diese Weise können die Flächen konvergieren und dadurch zusammen eine dichtere Verkeilung bilden, als es ansonsten möglich wäre, wenn sie lediglich komplementär zueinander wären. Diese resultierende Verkeilung reduziert die Wahrscheinlichkeit eines Austretens von Elektrolyt weiter und verbessert wiederum die elektrischen Eigenschaften des Kondensators.

[0017] Wenn wir uns nun zum Beispiel auf die [Fig. 1–Fig. 5](#) beziehen, so wird eine Ausführungsform einer Versiegelungsanordnung **50**, bei der eine Hülse **54** und ein Flüssigkeitsversiegelungselement **74** eingesetzt werden, jetzt ausführlicher beschrieben. Wie in den [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#) gezeigt ist, enthält die Hülse **54** dieser Ausführungsform einen Körperteil **58**, der sich in einer Längsrichtung "L" erstreckt und eine obere bzw. untere Fläche **59** bzw. **57**, die im Wesentlichen planar sind, definiert. Ein peripherer Flansch **56** erstreckt sich ausgehend vom Körperteil **58** in einer Querrichtung "T" nach außen, so dass der Körperteil **58** eine zwischen den

Enden **40** definierte Breite (z. B. Durchmesser) aufweist, die kleiner ist als die Breite des Flansches **56**. Ein solcher Flansch ist zwar gewiss optional, kann aber die Fähigkeit, die Hülse **54** an anderen Komponenten des Kondensators zu befestigen, verstärken. Wie [Fig. 3](#) veranschaulicht, können der Körperteil **58** und der Flansch **56** eine im Wesentlichen kreisförmige Form aufweisen. Man sollte sich jedoch darüber im Klaren sein, dass für diese Komponenten jede geometrische Konfiguration, wie D-förmig, rechteckig, dreieckig, prismatisch usw., eingesetzt werden kann.

[0018] Zur Bildung einer hermetischen Versiegelung ist es typischerweise wünschenswert, dass der Körperteil **58** und/oder der periphere Flansch **56** der Hülse **54** aus einem im Wesentlichen isolierenden Material bestehen. Zum Beispiel kann das isolierende Material einen elektrischen Widerstand von etwa 1×10^2 Ohm·m oder mehr, in einigen Ausführungsformen etwa 1×10^5 Ohm·m oder mehr und in einigen Ausführungsformen etwa 1×10^{15} bis etwa 1×10^{25} Ohm·m aufweisen, bestimmt bei einer Temperatur von 20°C. Zum Beispiel können Glasmaterialien als isolierendes Material eingesetzt werden, wie Glaszusammensetzungen, die CaO, Al₂O₃, B₂O₃, SrO, BaO, Li₂O, SiO₂, TiO₂, Na₂O, Kombinationen davon usw. enthalten. Bariumlanthanborat-Glaszusammensetzungen, die Boroxid (B₂O₃), Bariumoxid (BaO), Lanthanoxid (La₂O₃) und gegebenenfalls wenigstens ein weiteres Oxid enthalten, sind besonders gut geeignet. Solche Zusammensetzungen sind ausführlicher etwa in den US-Patenten Nr. 5,648,302 und 5,104,738 beschrieben. Noch weitere isolierende Materialien können Polymermaterialien umfassen, wie Fluorpolymere (z. B. Polytetrafluorethylen ("PTFE"), Perfluoralkylvinylether ("PVE"), Poly(tetrafluorethylen-co-perfluoralkylvinylether) ("PFA"), fluoriertes Ethylen-Propylen-Copolymer ("FEP"), Ethylen-Tetrafluorethylen-Copolymer ("ETFE"), Polyvinylidenfluorid ("PVDF"), Polychlorotrifluorethylen ("PCTFE") und TFE-Copolymere mit VF₂ und/oder HFP usw.), Polyvinylchlorid ("PVC"), Polysulfone (z. B. Polysulfon, Polyethersulfon usw.), Polyimide (z. B. Polyetherimid), Polyolefine (z. B. Polyethylen, Polypropylen usw.) usw. sowie Gemische davon.

[0019] Unabhängig davon weist der Körperteil **58** der Hülse **54** einander gegenüberliegende, nach innen weisende Flächen **71** und **72** auf, die eine erste Öffnung **70** definieren. Die Flächen **71** und/oder **72** können sich in dem Sinn verjüngen, dass sie relativ zur Querrichtung "T" unter den Winkeln α_1 bzw. α_2 orientiert sind. Die Winkel α_1 und α_2 können gleich oder verschieden sein, liegen jedoch typischerweise in einem Bereich von etwa 5° bis etwa 70°, in einigen Ausführungsformen etwa 10° bis etwa 65°, in einigen Ausführungsformen etwa 20° bis etwa 60° und in einigen Ausführungsformen etwa 35° bis etwa 55°. Die Gesamtgröße und -form der Öffnung **70** ist im Allgemeinen ausreichend, um das Flüssigkeitsversiegelungselement **74** unterzubringen, wie im Folgenden noch ausführlicher beschrieben wird. Zum Beispiel bilden die sich verjüngenden Flächen **71** und **72** in der gezeigten Ausführungsform eine kegelstumpfförmige Öffnung, die an ihrer Schnittstelle mit der unteren Fläche **57** ihre maximale Breite aufweist, die allmählich abnimmt, je weiter sie sich davon weg erstreckt.

[0020] Falls gewünscht, kann die Versiegelungsanordnung **50** auch ein röhrenförmiges Element **60** enthalten, das sich gegebenenfalls in einen oberen Bereich der ersten Öffnung **70** erstrecken kann. Das röhrenförmige Element **60** kann einstückig mit oder getrennt von der Hülse **54** ausgebildet sein. Unter anderem kann das röhrenförmige Element **60** dabei helfen, den Anodenanschlussdraht vor unbeabsichtigtem Kontakt mit dem flüssigen Elektrolyten zu schützen und einen guten elektrischen Kontakt mit dem Anodenanschluss zu gewährleisten. Daher kann das röhrenförmige Element **60** nach innen weisende Flächen **61** besitzen, die eine zweite Öffnung **62** mit einer Größe und Form definieren, die ausreichen, um den Anodenanschlussdraht unterzubringen. Die zweite Öffnung **62** kann eine maximale Breite (z. B. Durchmesser) aufweisen, die kleiner ist als die maximale Breite der Öffnung **70**. Typischerweise sind die Flächen **61** auch im Wesentlichen parallel, so dass die zweite Öffnung **62** eine zylindrische Form und eine im Wesentlichen konstante Breite hat. Das röhrenförmige Element **60** kann aus einem leitfähigen Material bestehen, wie einem Metall, zum Beispiel Tantal, Niob, Aluminium, Nickel, Hafnium, Titan, Kupfer, Silber, Stahl (z. B. Edelstahl), Legierungen davon (z. B. elektrisch leitfähige Oxide), Verbundstoffe davon (z. B. mit elektrisch leitfähigem Oxid beschichtetes Metall) usw.

[0021] In bestimmten Fällen kann das röhrenförmige Element **60** nach innen weisende Flächen **63** und **64** enthalten, die an den nach innen weisenden Flächen **71** bzw. **72** des Körperteils **58** ausgerichtet sind. Die Flächen **63** und/oder **64** des röhrenförmigen Elements **60** können sich unter demselben oder einem anderen Winkel in Bezug auf einander und/oder die Flächen **71** und **72** verjüngen. Typischerweise verjüngen sich die Flächen **63** und **64** jedoch unter demselben Winkel wie die Flächen **71** bzw. **72** und innerhalb der oben genannten Bereiche. Auf diese Weise kann sich der sich verjüngende Teil der kegelstumpfförmigen Öffnung **70** bis zum Rand der Flächen **63** und **64** erstrecken. Selbstverständlich sollte man sich darüber im Klaren sein, dass ein röhrenförmiges Element in der Versiegelungsanordnung der vorliegenden Erfindung keineswegs erforderlich ist. In [Fig. 7](#) zum Beispiel ist eine andere Ausführungsform einer Versiegelungsanordnung **250** gezeigt, die eine Hülse **254** und ein Flüssigkeitsversiegelungselement **274** enthält. In dieser besonderen Ausführungsform

weist die Versiegelungsanordnung **250** kein röhrenförmiges Element auf, und die Öffnung **290** ist somit nur durch einen Körperteil **258** der Hülse **254** definiert.

[0022] Wir beziehen uns wiederum auf die in den **Fig. 1–Fig. 5** gezeigte Ausführungsform. Die Versiegelungsanordnung **50** weist auch ein Versiegelungselement **74** auf, das einen Körperteil **80** enthält, der eine obere bzw. untere Fläche **77** bzw. **79**, die im Wesentlichen planar sind, definiert. Ein peripherer Flansch **76** erstreckt sich ausgehend vom Körperteil **80** in einer Querrichtung "T" nach außen, so dass der Körperteil **80** eine zwischen den Enden **42** definierte Breite (z. B. Durchmesser) aufweist, die kleiner ist als die Breite des Flansches **76**. Wie **Fig. 4** veranschaulicht, können der Körperteil **80** und der Flansch **76** eine im Wesentlichen kreisförmige Form aufweisen. Man sollte sich jedoch darüber im Klaren sein, dass für diese Komponenten jede geometrische Konfiguration, wie D-förmig, rechteckig, dreieckig, prismatisch usw., eingesetzt werden kann. Typischerweise bestehen der Körperteil **80** und/oder der periphere Flansch **76** aus einem im Wesentlichen isolierenden Material, wie es oben beschrieben ist.

[0023] Ein Vorsprung **96** erstreckt sich ausgehend vom Körperteil **80** des Versiegelungselements **74**. Wie gezeigt, definieren einander gegenüberliegende, nach innen weisende Flächen **91** typischerweise eine dritte Öffnung **90**, die sich sowohl durch den Vorsprung **96** als auch durch den Körperteil **80** hindurch erstreckt. Die Größe und Form der Öffnung **90** sind im Allgemeinen ausreichend, um den Anodenanschlussdraht unterzubringen. Zum Beispiel kann die dritte Öffnung **90** eine maximale Breite (z. B. Durchmesser) aufweisen, die kleiner ist als die maximale Breite der ersten Öffnung **70** und/oder der zweiten Öffnung **62**. Typischerweise sind die Flächen **91** auch im Wesentlichen parallel, so dass die dritte Öffnung **90** eine zylindrische Form und eine im Wesentlichen konstante Breite aufweist.

[0024] Wie oben beschrieben, weist der Vorsprung **96** eine solche Größe und Form auf, dass er in die durch die Hülse **54** definierte erste Öffnung **70** eingefügt werden kann. Zum Beispiel weist der Vorsprung **96** in der gezeigten Ausführungsform eine im Wesentlichen kegelstumpfförmige Form auf, die an ihrer Schnittstelle mit dem Körperteil **80** ihre maximale Breite aufweist, die allmählich abnimmt, je weiter sie sich davon weg erstreckt. Unabhängig davon weist der Vorsprung **96** einander gegenüberliegende, nach außen weisende Flächen **93** und **94** auf, die seinen äußeren Umfang definieren. Die Flächen **93** und/oder **94** können sich in dem Sinn verjüngen, dass sie relativ zur Querrichtung "T" unter den Winkeln β_1 bzw. β_2 orientiert sind. Die Winkel β_1 und β_2 können gleich oder verschieden sein, sind jedoch typischerweise größer als der Winkel der sich verjüngenden Hülsefläche, zu dem sie proximal lokalisiert sind (d. h. die Winkel α_1 bzw. α_2). Zum Beispiel kann das Verhältnis des Winkels β_1 zum Winkel α_1 etwa 1 bis etwa 5, in einigen Ausführungsformen etwa 1,1 bis etwa 2 und in einigen Ausführungsformen etwa 1,15 bis etwa 1,5 betragen. Ebenso kann das Verhältnis des Winkels β_2 zum Winkel α_2 etwa 1 bis etwa 5, in einigen Ausführungsformen etwa 1,1 bis etwa 2 und in einigen Ausführungsformen etwa 1,15 bis etwa 1,5 betragen. Man sollte sich jedoch darüber im Klaren sein, dass ein Paar von Winkeln (z. B. α_1 und β_1) die oben beschriebene Beziehung aufweisen kann, während dies bei einem anderen Paar von Winkeln (z. B. β_2 und β_2) nicht der Fall ist. Zum Beispiel kann der Winkel α_2 gegebenenfalls größer oder gleich dem Winkel β_2 sein. Unabhängig davon liegen die Winkel β_1 und β_2 typischerweise innerhalb eines Bereichs von etwa 10° bis etwa 80° , in einigen Ausführungsformen etwa 20° bis etwa 75° , in einigen Ausführungsformen etwa 30° bis etwa 70° und in einigen Ausführungsformen etwa 45° bis etwa 65° .

[0025] **Fig. 5** zeigt eine besondere Ausführungsform der Versiegelungsanordnung in ihrer passend zusammengefügte Konfiguration. Allgemein gesagt, ist das Flüssigkeitsversiegelungselement **74** passend mit der Hülse **54** zusammengefügt, indem man die obere Fläche **77** des Versiegelungselements **74** neben und im Wesentlichen bündig mit der unteren Fläche **57** der Hülse **54** anordnet. Der Vorsprung **96** wird auch in die durch die Hülse **54** definierte erste Öffnung **70** eingefügt. Aufgrund der sich verjüngenden Natur der jeweiligen Flächen des Vorsprungs und der Hülse können Lücken **70a** und **70b** zwischen der Hülse **54** und dem Versiegelungselement **74** entstehen. Insbesondere entsteht die Lücke **70a** zwischen der Fläche **71** der Hülse **54** und der Fläche **93** des Vorsprungs **96**, und die Lücke **70b** entsteht zwischen der Fläche **72** der Hülse **54** und der Fläche **94** des Vorsprungs **96**. Diese Lücken **70a** und **70b** können für eine Vielzahl verschiedener Vorteile sorgen. Wenn zum Beispiel eine kleine Menge Flüssigkeit zufällig um das Flüssigkeitsversiegelungselement herum fließt, füllt es zunächst den Zwischenraum der Lücke, anstatt gegen die Versiegelung zwischen der Hülse und dem Verdichtungselement zu drücken. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit eines Austretens von Flüssigkeit jenseits der Versiegelung weiter minimiert. Nicht nur kann also die Versiegelungsanordnung eine effektivere Versiegelung bilden, sondern sie kann auch so ausgebildet sein, dass sie eine kleine Menge des flüssigen Elektrolyts um das Flüssigkeitsversiegelungselement herum durchtreten lässt, ohne dass dies zu einem Austreten von Flüssigkeit führt.

[0026] Die Versiegelungsanordnung der vorliegenden Erfindung, wie sie oben beschrieben ist, kann im Allgemeinen unter Verwendung einer Vielzahl von in der Technik bekannten Methoden in einen Flüssigelektrolytkondensator eingebaut werden. Diesbezüglich veranschaulicht [Fig. 6](#) eine besondere Ausführungsform eines Kondensators **100** gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0027] Der Kondensator **100** enthält eine Anode **104**, die typischerweise aus einem porösen Körper aus einer Ventilmetzallzusammensetzung gebildet ist. Die spezifische Ladung der Zusammensetzung kann variieren, wie von etwa 2000 $\mu\text{F}\cdot\text{V}/\text{g}$ bis etwa 80000 $\mu\text{F}\cdot\text{V}/\text{g}$, in einigen Ausführungsformen etwa 5000 $\mu\text{F}\cdot\text{V}/\text{g}$ bis etwa 40000 $\mu\text{F}\cdot\text{V}/\text{g}$ oder mehr und in einigen Ausführungsformen etwa 10000 bis etwa 20000 $\mu\text{F}\cdot\text{V}/\text{g}$. Die Ventilmetzallzusammensetzung enthält ein Ventilmetzall (d. h. ein Metalle, das zur Oxidation befähigt ist) oder eine Verbindung, die auf einem Ventilmetzall beruht, wie Tantal, Niob, Aluminium, Hafnium, Titan, Legierungen davon, Oxide davon, Nitride davon usw. Zum Beispiel kann die Ventilmetzallzusammensetzung ein elektrisch leitfähiges Oxid von Niob enthalten, wie ein Nioboxid mit einem Atomverhältnis von Niob zu Sauerstoff von $1:1,0 \pm 1,0$, in einigen Ausführungsformen $1:1,0 \pm 0,3$, in einigen Ausführungsformen $1:1,0 \pm 0,1$ und in einigen Ausführungsformen $1:1,0 \pm 0,05$. Bei dem Nioboxid kann es sich zum Beispiel um $\text{NbO}_{0,7}$, $\text{NbO}_{1,0}$, $\text{NbO}_{1,1}$ und NbO_2 handeln. Beispiele für solche Ventilmetzalloxide sind in den US-Patenten Nr. 6,322,912 (Fife), 6,391,275 (Fife et al.), 6,416,730 (Fife et al.), 6,527,937 (Fife), 6,576,099 (Kimmel et al.), 6,592,740 (Fife et al.) und 6,639,787 (Kimmel et al.) und 7,220,397 (Kimmel et al.) sowie in den US-Patentanmeldungen Veröffentlichungsnummer 2005/0019581 (Schnitter), 2005/0103638 (Schnitter et al.) und 2005/0013765 (Thomas et al.) beschrieben, auf die alle hier ausdrücklich für alle Zwecke Bezug genommen wird.

[0028] Zur Bildung der Anode **104** können im Allgemeinen herkömmliche Herstellungsverfahren verwendet werden. In einer Ausführungsform wird zuerst ein Tantal- oder Nioboxidpulver mit einer bestimmten Teilchengröße ausgewählt. Die Teilchen können flockenartig, eckig, knotenförmig sowie Gemische oder Variationen davon sein. Die Teilchen haben auch typischerweise eine Siebgrößenverteilung von wenigstens etwa 60 mesh, in einigen Ausführungsformen etwa 60 bis etwa 325 mesh und in einigen Ausführungsformen etwa 100 bis etwa 200 mesh. Ferner beträgt die spezifische Oberfläche etwa 0,1 bis etwa 10,0 m^2/g , in einigen Ausführungsformen etwa 0,5 bis etwa 5,0 m^2/g und in einigen Ausführungsformen etwa 1,0 bis etwa 2,0 m^2/g . Der Ausdruck "spezifische Oberfläche" bezieht sich auf die Oberfläche, die durch das Verfahren der physikalischen Gasadsorption (B. E. T.) von Brunauer, Emmet und Teller, Journal of American Chemical Society, Band 60, 1938, S. 309, mit Stickstoff als Adsorptionsgas bestimmt wurde. Ebenso beträgt die Schüttdichte (oder Scott-Dichte) typischerweise etwa 0,1 bis etwa 5,0 g/cm^3 , in einigen Ausführungsformen etwa 0,2 bis etwa 4,0 g/cm^3 und in einigen Ausführungsformen etwa 0,5 bis etwa 3,0 g/cm^3 .

[0029] Um den Bau der Anode **104** zu erleichtern, können noch weitere Komponenten zu den elektrisch leitfähigen Teilchen gegeben werden. Zum Beispiel können die elektrisch leitfähigen Teilchen gegebenenfalls mit einem Bindemittel und/oder Gleitmittel gemischt werden, um zu gewährleisten, dass die Teilchen ausreichend aneinander haften, wenn sie zum Anodenkörper gepresst werden. Zu den geeigneten Bindemitteln gehören etwa Campher, Stearin- und andere Seifenfettsäuren, Carbowax (Union Carbide), Glyptal (General Electric), Polyvinylalkohole, Naphthalin, Pflanzenwachs und Mikrowachse (gereinigte Paraffine). Das Bindemittel kann in einem Lösungsmittel gelöst und dispergiert werden. Beispielhafte Lösungsmittel sind Wasser, Alkohole usw. Wenn Bindemittel und/oder Gleitmittel verwendet werden, kann ihr Prozentanteil von etwa 0,1 bis etwa 8 Gew.-% der Gesamtmasse variieren. Man sollte sich jedoch darüber im Klaren sein, dass Bindemittel und Gleitmittel in der vorliegenden Erfindung nicht erforderlich sind.

[0030] Das resultierende Pulver kann kompaktiert werden, wobei man irgendeine herkömmliche Pulverpressform verwendet. Die Pressform kann zum Beispiel eine Einplatz-Kompaktierpresse sein, bei der eine Matrize und ein oder mehrere Stempel verwendet werden. Alternativ dazu können auch Kompaktierpressformen des Ambosstyps verwendet werden, bei denen nur eine Matrize und ein einziger Unterstempel verwendet werden. Einplatz-Kompaktierpressformen sind in mehreren Grundtypen erhältlich, wie Nocken-, Kniehebel- und Exzenter-/Kurbelpressen mit unterschiedlichen Fähigkeiten, wie einfach wirkend, doppelt wirkend, Schwebemantelmatrize, bewegliche Werkzeugaufspannplatte, Gegenstempel, Schnecke, Schlag, Heißpressen, Prägen oder Kalibrieren. Gegebenenfalls vorhandenes Bindemittel/Gleitmittel kann nach dem Verpressen entfernt werden, indem man den Pressling mehrere Minuten lang im Vakuum auf eine bestimmte Temperatur (z. B. etwa 150°C bis etwa 500°C) erhitzt. Alternativ dazu kann das Bindemittel/Gleitmittel auch entfernt werden, indem man den Pressling mit einer wässrigen Lösung in Kontakt bringt, wie es im US-Patent Nr. 6,197,252 (Eishop et al.) beschrieben ist, auf das hier ausdrücklich für alle Zwecke Bezug genommen wird.

[0031] Die Größe der gepressten Anode **104** kann zum Teil von der gewünschten Größe des Metallsubstrats abhängen. In bestimmten Ausführungsformen kann die Länge der Anode **104** im Bereich von etwa 0,5 bis etwa

100 Millimeter, in einigen Ausführungsformen etwa 1 bis etwa 60 Millimeter und in einigen Ausführungsformen etwa 5 bis etwa 30 Millimeter liegen. Die Breite (oder der Durchmesser) der Anode **104** kann ebenfalls im Bereich von etwa 0,5 bis etwa 50 Millimeter, in einigen Ausführungsformen etwa 1 bis etwa 40 Millimeter und in einigen Ausführungsformen etwa 4 bis etwa 30 Millimeter liegen. Die Form der Anode **20** kann auch so gewählt werden, dass die elektrischen Eigenschaften des resultierenden Kondensators verbessert werden. Zum Beispiel kann der Anodenkörper eine Form haben, die zylindrisch, rechteckig, D-förmig, gekrümmt usw. ist.

[0032] Die Anode **104** kann auch einen Anschlussdraht **102** enthalten, der aus irgendeinem elektrisch leitfähigen Material gebildet ist, wie Tantal, Niob, Nickel, Aluminium, Hafnium, Titan usw. sowie Oxiden und/oder Nitriden davon. In bestimmten Ausführungsformen kann der elektrische Kontakt mit der Anode **104** dadurch bewerkstelligt werden, dass man den Anschluss **102** durch Widerstands- oder Laserschweißen elektrisch koppelt. Alternativ dazu kann der Anschlussdraht **102** auch einfach in das Pulver eingebettet werden, bevor die Anode gebildet wird.

[0033] Die Anode **104** wird typischerweise anodisch oxidiert ("anodisiert"), so dass eine dielektrische Schicht auf und/oder innerhalb der Anode entsteht. Zum Beispiel kann eine Anode aus Tantal (Ta) zu Tantalpentoxid (Ta_2O_5) anodisiert werden. Typischerweise wird die Anodisierung durchgeführt, indem man zunächst eine Lösung auf die Anode aufträgt, etwa durch Eintauchen der Anode in den Elektrolyten. Im Allgemeinen wird ein Lösungsmittel, wie Wasser (z. B. deionisiertes Wasser), eingesetzt. Um die Ionenleitfähigkeit zu verstärken, kann eine Verbindung eingesetzt werden, die in dem Lösungsmittel unter Bildung von Ionen dissoziieren kann. Beispiele für solche Verbindungen sind zum Beispiel Säuren, wie sie im Folgenden in Bezug auf den Elektrolyten beschrieben werden. Zum Beispiel kann eine Säure (z. B. Phosphorsäure) etwa 0,01 Gew.-% bis etwa 5 Gew.-%, in einigen Ausführungsformen etwa 0,05 Gew.-% bis etwa 0,8 Gew.-% und in einigen Ausführungsformen etwa 0,1 Gew.-% bis etwa 0,5 Gew.-% der anodisierenden Lösung ausmachen. Falls gewünscht, können auch Gemische von Säuren eingesetzt werden.

[0034] Ein Strom wird durch die anodisierende Lösung geleitet, um die dielektrische Schicht zu bilden. Der Wert der Bildungsspannung entspricht der Dicke der dielektrischen Schicht. Zum Beispiel kann die Stromquelle zunächst im galvanostatischen Modus betrieben werden, bis die erforderliche Spannung erreicht ist. Danach kann die Stromquelle auf einen potentiostatischen Modus umgeschaltet werden, um zu gewährleisten, dass die gewünschte Dicke des Dielektrikums über der gesamten Oberfläche der Anode gebildet wird. Selbstverständlich können auch andere bekannte Verfahren eingesetzt werden, wie potentiostatische Impuls- oder Schrittverfahren. Die Spannung, bei der die anodische Oxidation erfolgt, liegt typischerweise im Bereich von etwa 4 bis etwa 250 V und in einigen Ausführungsformen etwa 9 bis etwa 200 V und in einigen Ausführungsformen etwa 20 bis etwa 150 V. Während der Oxidation kann die anodisierende Lösung auf einer erhöhten Temperatur gehalten werden, wie etwa 30°C oder mehr, in einigen Ausführungsformen etwa 40°C bis etwa 200°C und in einigen Ausführungsformen etwa 50°C bis etwa 100°C. Die anodische Oxidation kann auch bei Umgebungstemperatur oder darunter durchgeführt werden. Die resultierende dielektrische Schicht kann auf einer Oberfläche der Anode und innerhalb ihrer Poren gebildet werden.

[0035] Die Anode **104** kann auch mit einem flüssigen Elektrolyten (nicht gezeigt) imprägniert werden, oder der Elektrolyt kann in einem späteren Stadium der Produktion zu dem Kondensator gegeben werden. Der Elektrolyt ist das Material, das für den Verbindungsweg zwischen der Anode und der Kathode sorgt. Verschiedene geeignete Elektrolyte sind in den US-Patenten Nr. 5,369,547 und 6,594,140 (Evans et al.) beschrieben, auf die hier ausdrücklich für alle Zwecke Bezug genommen wird. Typischerweise ist der Elektrolyt ionenleitend und hat eine Ionenleitfähigkeit von etwa 0,5 bis etwa 100 Millisiemens pro Zentimeter ("mS/cm"), in einigen Ausführungsformen etwa 1 bis etwa 80 mS/cm, in einigen Ausführungsformen etwa 5 bis etwa 60 mS/cm und in einigen Ausführungsformen etwa 10 bis etwa 40 mS/cm, bestimmt bei einer Temperatur von 25°C unter Verwendung irgendeines bekannten Messgeräts für die elektrische Leitfähigkeit (z. B. Oakton Con Series 11). Innerhalb der oben genannten Bereiche ermöglicht die Ionenleitfähigkeit des Elektrolyten vermutlich eine Ausdehnung des elektrischen Felds in den Elektrolyten bis zu einer ausreichenden Länge (Debye-Länge), um zu einer signifikanten Ladungstrennung zu führen. Dadurch wird die potentielle Energie des Dielektrikums auf den Elektrolyten ausgedehnt, so dass der resultierende Kondensator noch mehr potentielle Energie speichern kann, als es durch die Dicke des Dielektrikums vorhergesagt wird. Mit anderen Worten, der Kondensator kann bis zu einer Spannung, die die Bildungsspannung des Dielektrikums übersteigt, aufgeladen werden. Das Verhältnis der Spannung, bis zu der der Kondensator aufgeladen werden kann, zur Bildungsspannung kann zum Beispiel etwa 1,0 bis 2,0, in einigen Ausführungsformen etwa 1,1 bis etwa 1,8 und in einigen Ausführungsformen etwa 1,2 bis etwa 1,6 betragen. Zum Beispiel kann die Spannung, bis zu der der Kondensator aufgeladen

wird, etwa 200 bis etwa 350 V, in einigen Ausführungsformen etwa 220 bis etwa 320 V und in einigen Ausführungsformen etwa 250 bis etwa 300 V betragen.

[0036] Der flüssige Elektrolyt liegt im Allgemeinen in Form einer Flüssigkeit vor, wie einer Lösung (z. B. wässrig oder nichtwässrig), Dispersion, Gel usw. Zum Beispiel kann der Arbeitselektrolyt eine wässrige Lösung einer Säure (z. B. Schwefelsäure, Phosphorsäure oder Salpetersäure), Base (z. B. Kaliumhydroxid) oder eines Salzes (z. B. Ammoniumsalz, wie ein Nitrat) sowie irgendeiner anderen, in der Technik bekannter geeigneter Elektrolyt sein, wie ein in einem organischen Lösungsmittel aufgelöstes Salz (z. B. in einer Lösung auf Glycolbasis aufgelöstes Ammoniumsalz). Verschiedene andere Elektrolyte sind in den US-Patenten Nr. 5,369,547 und 6,594,140 (Evans et al.) beschrieben, auf die hier ausdrücklich Bezug genommen wird.

[0037] Die gewünschte Ionenleitfähigkeit kann dadurch erreicht werden, dass man ionische Verbindungen (z. B. Säuren, Basen, Salze usw.) innerhalb bestimmter Konzentrationsbereiche auswählt. In einer bestimmten Ausführungsform können Salze von schwachen organischen Säuren effektiv sein bezüglich des Erreichens der gewünschten Leitfähigkeit des Elektrolyten. Das Kation des Salzes kann einatomige Kationen, wie Alkalimetalle (z. B. Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ oder Cs^+), Erdalkalimetalle (z. B. Be^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} oder Ba^{2+}), Übergangsmetalle (z. B. Ag^+ , Fe^{2+} , Fe^{3+} usw.), sowie mehratomige Kationen, wie NH_4^+ , umfassen. Die monovalenten Ammonium (NH_4^+), Natrium (K^+) und Lithium (Li^+) sind besonders gut geeignete Kationen zur Verwendung in der vorliegenden Erfindung. Die zur Bildung des Anions des Salzes verwendete organische Säure ist "schwach" in dem Sinne, dass sie typischerweise eine erste Säuredissoziationskonstante (pK_{a1}) von etwa 0 bis etwa 11, in einigen Ausführungsformen etwa 1 bis etwa 10 und in einigen Ausführungsformen etwa 2 bis etwa 10 aufweist, bestimmt bei 25°C. In der vorliegenden Erfindung können beliebige geeignete schwache organische Säuren verwendet werden, wie Carbonsäuren, wie Acrylsäure, Methacrylsäure, Malonsäure, Bernsteinsäure, Salicylsäure, Sulfosalicylsäure, Adipinsäure, Maleinsäure, Apfelsäure, Ölsäure, Gallsäure, Weinsäure (z. B. D-Weinsäure, meso-Weinsäure usw.), Zitronensäure, Ameisensäure, Essigsäure, Glycolsäure, Oxalsäure, Propionsäure, Phthalsäure, Isophthalsäure, Glutarsäure, Gluconsäure, Milchsäure, Asparaginsäure, Glutaminsäure, Itaconsäure, Trifluoressigsäure, Barbitursäure, Zimtsäure, Benzoesäure, 4-Hydroxybenzoesäure, Aminobenzoesäure usw., Gemische davon usw. Mehrbasige Säuren (z. B. zweibasige, dreibasige usw.) sind für die Verwendung bei der Bildung des Salzes besonders gut geeignet, wie Adipinsäure (pK_{a1} von 4,43 und pK_{a2} von 5,41), α -Weinsäure (PK_{a1} von 2,98 und pK_{a2} von 4,34), meso-Weinsäure (pK_{a1} von 3,22 und pK_{a2} von 4,82), Oxalsäure (PK_{a1} von 1,23 und pK_{a2} von 4,19), Milchsäure (PK_{a1} von 3,13, pK_{a2} von 4,76 und PK_{a3} von 6,40) usw.

[0038] Während die tatsächlichen Mengen je nach dem besonderen eingesetzten Salz, seiner Löslichkeit in dem bzw. den im Elektrolyten verwendeten Lösungsmitteln und der Gegenwart anderer Komponenten, variieren können, sind solche Salze schwacher organischer Säuren in dem Elektrolyten typischerweise in einer Menge von etwa 0,1 bis etwa 25 Gew.-%, in einigen Ausführungsformen etwa 0,2 bis etwa 20 Gew.-%, in einigen Ausführungsformen etwa 0,3 bis etwa 15 Gew.-% und in einigen Ausführungsformen etwa 0,5 bis etwa 5 Gew.-% vorhanden.

[0039] Der Elektrolyt ist typischerweise insofern wässrig, als er ein wässriges Lösungsmittel, wie Wasser (z. B. deionisiertes Wasser), enthält. Zum Beispiel kann Wasser (z. B. deionisiertes Wasser) etwa 20 Gew.-% bis etwa 95 Gew.-%, in einigen Ausführungsformen etwa 30 Gew.-% bis etwa 90 Gew.-% und in einigen Ausführungsformen etwa 40 Gew.-% bis etwa 85 Gew.-% des Elektrolyten ausmachen. Es kann auch ein sekundäres Lösungsmittel eingesetzt werden, wobei ein Lösungsmittelgemisch entsteht. Zu den geeigneten sekundären Lösungsmitteln gehören zum Beispiel Glycole (z. B. Ethylenglycol, Propylenglycol, Butylenglycol, Triethylenglycol, Hexylenglycol, Polyethylenglycole, Ethoxydiglycol, Dipropylenglycol usw.), Glycolether (z. B. Methylglycolether, Ethylglycolether, Isopropylglycolether usw.), Alkohole (z. B. Methanol, Ethanol, n-Propanol, Isopropanol und Butanol), Ketone, (z. B. Aceton, Methylethylketon und Methylisobutylketon); Ester (z. B. Ethylacetat, Butylacetat, Diethylenglycoletheracetat, Methoxypropylacetat, Ethylencarbonat, Propylencarbonat usw.), Amide (z. B. Dimethylformamid, Dimethylacetamid, Dimethylcapryl-/caprinfettsäureamid und N-Alkylpyrrolidone), Sulfoxide oder Sulfone (z. B. Dimethylsulfoxid (DMSO) und Sulfolan) usw. Solche Lösungsmittelgemische enthalten typischerweise Wasser in einer Menge von etwa 40 Gew.-% bis etwa 80 Gew.-%, in einigen Ausführungsformen etwa 50 Gew.-% bis etwa 75 Gew.-% und in einigen Ausführungsformen etwa 55 Gew.-% bis etwa 70 Gew.-% und das bzw. die sekundären Lösungsmittel in einer Menge von etwa 20 Gew.-% bis etwa 60 Gew.-%, in einigen Ausführungsformen etwa 25 Gew.-% bis etwa 50 Gew.-% und in einigen Ausführungsformen etwa 30 Gew.-% bis etwa 45 Gew.-%. Das bzw. die sekundären Lösungsmittel können zum Beispiel etwa 5 Gew.-% bis etwa 45 Gew.-%, in einigen Ausführungsformen etwa 10 Gew.-% bis etwa 40 Gew.-% und in einigen Ausführungsformen etwa 15 Gew.-% bis etwa 35 Gew.-% des Elektrolyten ausmachen.

[0040] Falls gewünscht, kann der Elektrolyt relativ neutral sein und einen pH-Wert von etwa 4,5 bis etwa 7,0, in einigen Ausführungsformen etwa 5,0 bis etwa 6,5 und in einigen Ausführungsformen etwa 5,5 bis etwa 6,0 aufweisen. Ein oder mehrere pH-Regulatoren (z. B. Säuren, Basen usw.) können eingesetzt werden, um das Erreichen des gewünschten pH-Werts zu unterstützen. In einer Ausführungsform wird eine Säure eingesetzt, um den pH-Wert auf den gewünschten Bereich zu senken. Zu den geeigneten Säuren gehören zum Beispiel anorganische Säuren, wie Chlorwasserstoffsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Polyphosphorsäure, Borsäure, Boronsäure usw., organische Säuren einschließlich Carbonsäuren, wie Acrylsäure, Methacrylsäure, Malonsäure, Bernsteinsäure, Salicylsäure, Sulfosalicylsäure, Adipinsäure, Maleinsäure, Apfelsäure, Ölsäure, Gallsäure, Weinsäure, Zitronensäure, Ameisensäure, Essigsäure, Glycolsäure, Oxalsäure, Propionsäure, Phthalsäure, Isophthalsäure, Glutarsäure, Gluconsäure, Milchsäure, Asparaginsäure, Glutaminsäure, Itaconsäure, Trifluoressigsäure, Barbitursäure, Zimtsäure, Benzoesäure, 4-Hydroxybenzoesäure, Aminobenzoesäure usw., Sulfonsäuren, wie Methansulfonsäure, Benzolsulfonsäure, Toluolsulfonsäure, Trifluormethansulfonsäure, Styrolsulfonsäure, Naphthalindisulfonsäure, Hydroxybenzolsulfonsäure usw., polymere Säuren, wie Polyacryl- oder Polymethacrylsäure und Copolymere davon (z. B. Maleinsäure-Acrylsäure-, Sulfonsäure-Acrylsäure- und Styrol-Acrylsäure-Copolymere), Carrageensäure, Carboxymethylcellulose, Alginsäure usw., usw. Die Gesamtkonzentration der pH-Regulatoren kann zwar variieren, doch sind sie typischerweise in einer Menge von etwa 0,01 Gew.-% bis etwa 10 Gew.-%, in einigen Ausführungsformen etwa 0,05 Gew.-% bis etwa 5 Gew.-% und in einigen Ausführungsformen etwa 0,1 Gew.-% bis etwa 2 Gew.-% des Elektrolyten vorhanden.

[0041] Der Elektrolyt kann auch andere Komponenten enthalten, die dabei helfen, die elektrischen Eigenschaften des Kondensators zu verbessern. Zum Beispiel kann ein Depolarisator in dem Elektrolyten eingesetzt werden, der dabei helfen soll, die Entwicklung von Wasserstoffgas an der Kathode des Elektrolytkondensators zu hemmen, welches andernfalls bewirken könnte, dass sich der Kondensator ausbeult und schließlich versagt. Wenn er eingesetzt wird, macht der Depolarisator normalerweise etwa 1 bis etwa 500 ppm, in einigen Ausführungsformen etwa 10 bis etwa 200 ppm und in einigen Ausführungsformen etwa 20 bis etwa 150 ppm des Elektrolyten aus. Zu den geeigneten Depolarisatoren gehören nitroaromatische Verbindungen, wie 2-Nitrophenol, 3-Nitrophenol, 4-Nitrophenol, 2-Nitrobenzoesäure, 3-Nitrobenzoesäure, 4-Nitrobenzoesäure, 2-Nitroacetophenon, 3-Nitroacetophenon, 4-Nitroacetophenon, 2-Nitroanisol, 3-Nitroanisol, 4-Nitroanisol, 2-Nitrobenzaldehyd, 3-Nitrobenzaldehyd, 4-Nitrobenzaldehyd, 2-Nitrobenzylalkohol, 3-Nitrobenzylalkohol, 4-Nitrobenzylalkohol, 2-Nitrophthalsäure, 3-Nitrophthalsäure, 4-Nitrophthalsäure usw. Besonders gut geeignete nitroaromatische Depolarisatoren zur Verwendung in der vorliegenden Erfindung sind Nitrobenzoesäuren, Anhydride oder Salze davon, die mit einer oder mehreren Alkylgruppen (z. B. Methyl, Ethyl, Propyl, Butyl usw.) substituiert sind. Spezielle Beispiele für solche alkylsubstituierten Nitrobenzoeverbindungen sind zum Beispiel 2-Methyl-3-nitrobenzoesäure, 2-Methyl-6-nitrobenzoesäure, 3-Methyl-2-nitrobenzoesäure, 3-Methyl-4-nitrobenzoesäure, 3-Methyl-6-nitrobenzoesäure, 4-Methyl-3-nitrobenzoesäure, Anhydride oder Salze davon usw.

[0042] Wir beziehen uns wiederum auf [Fig. 6](#). Falls gewünscht, können sich auch die Separatoren **112** und/oder **114** angrenzend an die Anode **104** befinden, um einen direkten Kontakt zwischen der Anode und der Kathode zu verhindern und dennoch einen Ionenstrom des Elektrolyten zu den Elektroden zu ermöglichen. Beispiele für geeignete Materialien für diesen Zweck sind zum Beispiel poröse Polymermaterialien (z. B. Polypropylen, Polyethylen, Polycarbonat usw.), poröse anorganische Materialien (z. B. Glasfasermatten, poröses Glaspapier usw.), Ionenaustauscherharzmaterialien usw. Besondere Beispiele sind Membranen aus ionischem perfluorierten Sulfonsäurepolymer (z. B. Nafion™ von E. I. DuPont de Nemours & Co.), Membranen aus sulfoniertem Fluorkohlenstoffpolymer, Membranen aus Polybenzimidazol (PBI) und Membranen aus Polyetheretherketon (PEEK). Obwohl er einen direkten Kontakt zwischen der Anode und der Kathode verhindert, ermöglicht der Separator einen Ionenstrom des Elektrolyten zu den Elektroden.

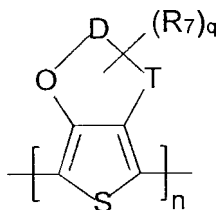
[0043] Unabhängig davon befindet sich die Anode **104** im Allgemeinen im Innern eines Gehäuses **111**. Das Gehäuse **111** besteht im Allgemeinen aus einem Metall, wie Tantal, Niob, Aluminium, Nickel, Hafnium, Titan, Kupfer, Silber, Stahl (z. B. Edelstahl), Legierungen davon (z. B. elektrisch leitfähige Oxide), Verbundstoffe davon (z. B. mit elektrisch leitfähigem Oxid beschichtetes Metall) usw. In der gezeigten Ausführungsform hat das Gehäuse **111** eine zylindrische Form. Man sollte sich jedoch darüber im Klaren sein, dass in der vorliegenden Erfindung jede geometrische Konfiguration eingesetzt werden kann, wie D-förmig, rechteckig, dreieckig, prismatisch usw. Falls gewünscht, kann auch ein Deckel **106** eingesetzt werden, der über dem Gehäuse **111** angeordnet und passend mit der Versiegelungsanordnung **50** zusammengefügt ist. In der gezeigten Ausführungsform befindet sich die Versiegelungsanordnung **50** zum Beispiel einfach innerhalb einer inneren ringförmigen Öffnung des Deckels **106**. Der Deckel **106** weist nämlich eine untere Fläche und eine Endfläche auf, die neben und im Wesentlichen bündig mit den Flächen **41** bzw. **40** der Hülse **54** angeordnet sind ([Fig. 1](#)). Wünschenswerterweise bestehen das Gehäuse **111** und der Deckel **106** aus denselben Materialien, wie Titanmetalle oder Legierungen davon.

[0044] Das Gehäuse **111** enthält auch Seitenwände **108** und eine untere Wand **110**. Obwohl er nicht gezeigt ist, kann gegebenenfalls ein negativer Anschlussdraht an ein Ende der unteren Wand **110** gesiegelt werden. Falls gewünscht, können die Seitenwände **108** und/oder die untere Wand **110** aufgeraut werden, um ihre spezifische Oberfläche zu erhöhen. In einer Ausführungsform werden die Flächen zum Beispiel chemisch geätzt, wie durch Auftragen einer Lösung einer ätzenden Substanz (z. B. Salzsäure) auf die Oberfläche. Die Flächen können auch elektrochemisch geätzt werden, wie durch Anlegen einer Spannung an eine Lösung der ätzenden Substanz, so dass sie eine Elektrolyse erfährt. Die Spannung kann bis auf ein ausreichend hohes Niveau erhöht werden, um eine "Funkenbildung" an der Oberfläche des Substrats einzuleiten, wodurch vermutlich hohe lokale Oberflächentemperaturen entstehen, die ausreichen, um das Substrat wegzuätzen. Diese Technik ist ausführlicher in der US-Patentanmeldung Veröffentlichungs-Nr. 2010/0142124 (Dreissig et al.) beschrieben, auf die hier ausdrücklich für alle Zwecke Bezug genommen wird. Außer chemischen oder elektrochemischen Aufrauungstechniken kann auch mechanisches Aufrauen eingesetzt werden. In einer Ausführungsform können die Flächen zum Beispiel schleifend abgestrahlt werden, indem man einen Strom von Schleifmitteln (z. B. Sand) gegen wenigstens einen Teil einer Fläche derselben prallen lässt.

[0045] Ein elektrochemisch aktives Kathodenmaterial (nicht gezeigt) kann ebenfalls auf wenigstens einen Teil des Gehäuses **111** aufgetragen werden, um die Korrosion zu hemmen und auch als Wärmebarriere zu wirken, wenn die Spannung erhöht wird. Zum Beispiel kann sich das Kathodenmaterial auf den Innenflächen der Seitenwände **108** und/oder der unteren Wand **110** befinden. Im allgemeinen kann eine Vielzahl von bekannten elektrochemisch aktiven Materialien eingesetzt werden. Ein geeignetes Material ist eine leitfähige Polymerbeschichtung. Die leitfähige Polymerbeschichtung kann aus einer oder mehreren Schichten bestehen. Das in solchen Schichten eingesetzte Material kann variieren. In einer Ausführungsform zum Beispiel umfasst das Material leitfähige Polymere, die typischerweise π -konjugiert sind und nach Oxidation oder Reduktion eine elektrische Leitfähigkeit aufweisen, wie eine elektrische Leitfähigkeit von wenigstens etwa $1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ nach der Oxidation. Beispiele für solche π -konjugierten leitfähigen Polymere sind zum Beispiel Polyheterocyclen (z. B. Polypyrrole, Polythiophene, Polyaniline usw.), Polyacetylene, Poly-p-phenylene, Polyphenolate usw.

[0046] Substituierte Polythiophene sind zur Verwendung als elektrochemisch aktives Material in der vorliegenden Erfindung besonders gut geeignet. Ohne uns auf eine bestimmte Theorie festlegen zu wollen, glauben wir, dass das Aufladen des Kondensators auf eine hohe Spannung (z. B. höher als die Bildungsspannung) Ionen aus dem Elektrolyten in Beschichtungen, die solche substituierten Polythiophene enthalten, drängt. Dies bewirkt, dass das leitfähige Polymer "aufquillt" und die Ionen in der Nähe der Oberfläche zurückhält, wodurch die Ladungsdichte erhöht wird. Da das Polymer im Allgemeinen amorph und nichtkristallin ist, kann es auch die mit der hohen Spannung verbundene Wärme ableiten und/oder absorbieren. Außerdem wird angenommen, dass das substituierte Polythiophen bei der Entladung "sich entspannt" und Ionen im Elektrolyten sich aus der Polymerschicht herausbewegen lässt. Durch diesen Quell- und Entspannungsmechanismus kann die Ladungsdichte in der Nähe des Metallsubstrats ohne eine chemische Reaktion mit dem Elektrolyten erhöht werden. Dementsprechend können mechanische Robustheit und gute elektrische Eigenschaften erhalten werden, ohne dass herkömmliche leitfähige Beschichtungen, wie solche aus Aktivkohle oder Metalloxiden (z. B. Rutheniumoxid), benötigt werden. Tatsächlich können ausgezeichnete Ergebnisse erreicht werden, wenn man die Beschichtung als Hauptmaterial auf dem Metallsubstrat verwendet. Das heißt, die Beschichtung kann wenigstens etwa 90 Gew.-%, in einigen Ausführungsformen wenigstens etwa 92 Gew.-% und in einigen Ausführungsformen wenigstens etwa 95 Gew.-% der auf dem Metallsubstrat vorhandenen Materialien ausmachen. Dennoch sollte man sich darüber im Klaren sein, dass in einigen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung auch andere leitfähige Beschichtungen verwendet werden können.

[0047] In einer besonderen Ausführungsform hat das substituierte Polythiophen die folgende allgemeine Struktur:



wobei

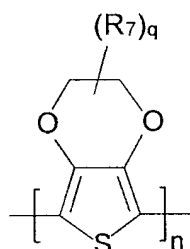
T = O oder S ist;

D ein gegebenenfalls substituierter C₁- bis C₅-Alkylrest (z. B. Methylen, Ethylen, n-Propylen, n-Butylen, n-Pentylen usw.) ist;

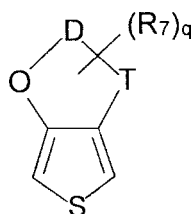
R_7 Folgendes ist: ein linearer oder verzweigter, gegebenenfalls substituierter C_1 bis C_{18} -Alkylrest (z. B. Methyl, Ethyl, n-Propyl oder Isopropyl, n-, iso-, sek- oder tert-Butyl, n-Pentyl, 1-Methylbutyl, 2-Methylbutyl, 3-Methylbutyl, 1-Ethylpropyl, 1,1-Dimethylpropyl, 1,2-Dimethylpropyl, 2,2-Dimethylpropyl, n-Hexyl, n-Heptyl, n-Octyl, 2-Ethylhexyl, n-Nonyl, n-Decyl, n-Undecyl, n-Dodecyl, n-Tridecyl, n-Tetradecyl, n-Hexadecyl, n-Octadecyl usw.); ein gegebenenfalls substituierter C_5 - bis C_{12} -Cycloalkylrest (z. B. Cyclopentyl, Cyclohexyl, Cycloheptyl, Cyclooctyl, Cyclononyl, Cyclodecyl usw.); ein gegebenenfalls substituierter C_6 - bis C_{14} -Arylrest (z. B. Phenyl, Naphthyl usw.); ein gegebenenfalls substituierter C_7 - bis C_{18} -Aralkylrest (z. B. Benzyl, o-, m-, p-Tolyl, 2,3-, 2,4-, 2,5-, 2,6, 3,4-, 3,5-Xylyl, Mesityl usw.); ein gegebenenfalls substituierter C_1 - bis C_4 -Hydroxyalkylrest oder ein Hydroxyrest; und

q eine ganze Zahl von 0 bis 8, in einigen Ausführungsformen 0 bis 2 und in einer Ausführungsform 0 ist; und n = 2 bis 5000, in einigen Ausführungsformen 4 bis 2000 und in einigen Ausführungsformen 5 bis 1000 ist. Beispiele für Substituenten für die Reste "D" oder " R_7 " sind zum Beispiel Alkyl, Cycloalkyl, Aryl, Aralkyl, Alkoxy, Halogen, Ether, Thioether, Disulfid, Sulfoxid, Sulfon, Sulfonat, Amino, Aldehyd, Keto, Carbonsäureester, Carbonsäure, Carbonat, Carboxylat, Cyano, Alkylsilan- und Alkoxysilangruppen, Carboxylamidgruppen usw.

[0048] Besonders gut geeignete Thiophenpolymere sind solche, bei denen "D" ein gegebenenfalls substituierter C_2 - bis C_3 -Alkylrest ist. Zum Beispiel kann das Polymer gegebenenfalls substituiertes Poly(3,4-ethylendioxythiophen) sein, das die folgende allgemeine Struktur hat:

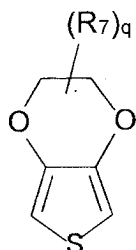


[0049] Verfahren zur Bildung von leitfähigen Polymeren wie den oben beschriebenen sind in der Technik wohlbekannt. Zum Beispiel beschreibt das US-Patent Nr. 6,987,663 (Merker et al.), auf das hier ausdrücklich für alle Zwecke Bezug genommen wird, verschiedene Techniken zur Bildung von substituierten Polythiophenen aus einem monomeren Vorläufer. Der monomere Vorläufer kann zum Beispiel die folgende Struktur haben:



wobei

T, D, R_7 und q wie oben definiert sind. Besonders gut geeignete Thiophenmonomere sind solche, bei denen "D" ein gegebenenfalls substituierter C_2 - bis C_3 -Alkylrest ist. Zum Beispiel können gegebenenfalls substituierte 3,4-Alkylendioxythiophene eingesetzt werden, die die folgende allgemeine Struktur haben:



wobei R_7 und q wie oben definiert sind. In einer besonderen Ausführungsform ist "q" = 0. Ein kommerziell geeignetes Beispiel für 3,4-Ethylendioxythiophen ist von der Heraeus Clevios unter der Bezeichnung Clevios™ M erhältlich. Weitere geeignete Monomere sind auch im US-Patent Nr. 5,111,327 (Blohm et al.) und 6,635,729 (Groenendahl et al.) beschrieben, auf die hier ausdrücklich für alle Zwecke Bezug genommen wird. Derivate dieser Monomere, die zum Beispiel Dimere oder Trimere der obigen Monomere sind, können ebenfalls eingesetzt werden. Höhermolekulare Derivate, d. h. Tetramere, Pentamere usw., der Monomere sind zur Verwen-

derung in der vorliegenden Erfindung geeignet. Die Derivate können aus gleichen oder verschiedenen Monomereinheiten bestehen und können in reiner Form oder in einem Gemisch miteinander und/oder mit den Monomeren verwendet werden. Oxidierte oder reduzierte Formen dieser Vorläufer können ebenfalls eingesetzt werden.

[0050] Die Thiophenmonomere werden in Gegenwart eines oxidativen Katalysators chemisch polymerisiert. Der oxidative Katalysator umfasst typischerweise ein Übergangsmetallkation, wie Eisen(III)-, Kupfer(II)-, Chrom(VI)-, Cer(IV)-, Mangan(IV)-, Mangan(VII)-, Ruthenium(III)-Kation usw. Es kann auch ein Dotierungsmittel eingesetzt werden, um dem leitfähigen Polymer überschüssige Ladung zu verleihen und die Leitfähigkeit des Polymers zu stabilisieren. Das Dotierungsmittel umfasst typischerweise ein anorganisches oder organisches Anion, wie ein Ion einer Sulfonsäure. In bestimmten Ausführungsformen weist der in der Vorläuferlösung eingesetzte oxidative Katalysator insofern sowohl eine katalytische als auch eine dotierende Funktionalität auf, als er ein Kation (z. B. Übergangsmetall) und ein Anion (z. B. Sulfonsäure) enthält. Der oxidative Katalysator kann zum Beispiel ein Übergangsmetallsalz sein, das Eisen(III)-Kationen enthält, wie Eisen(III)-Halogenide (z. B. FeCl_3) oder Eisen(III)-Salze anderer anorganischer Säuren, wie $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_3$ oder $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, und die Eisen(III)-Salze organischer Säuren und anorganischer Säuren, die organische Reste umfassen. Beispiele für Eisen(III)-Salze von anorganischen Säuren mit organischen Resten sind zum Beispiel Eisen(III)-Salze von Schwefelsäuremonoestern von C_1 - bis C_{20} -Alkanolen (z. B. das Eisen(III)-Salz von Laurylsulfat). Ebenso sind Beispiele für Eisen(III)-Salze von organischen Säuren zum Beispiel Eisen(III)-Salze von C_1 - bis C_{20} -Alkansulfonsäuren (z. B. Methan-, Ethan-, Propan-, Butan- oder Dodecansulfonsäure); Eisen(III)-Salze von aliphatischen Perfluorsulfonsäuren (z. B. Trifluormethansulfonsäure, Perfluorbutansulfonsäure oder Perfluorocansulfonsäure); Eisen(III)-Salze von aliphatischen C_1 - bis C_{20} -Carbonsäuren (z. B. 2-Ethylhexylcarbonsäure); Eisen(III)-Salze von aliphatischen Perfluorcarbonsäuren (z. B. Trifluoressigsäure oder Perfluorocansäure); Eisen(III)-Salze von aromatischen Sulfonsäuren, die gegebenenfalls mit C_1 - bis C_{20} -Alkylgruppen substituiert sind (z. B. Benzolsulfonsäure, o-Toluolsulfonsäure, p-Toluolsulfonsäure oder Dodecylbenzolsulfonsäure); Eisen(III)-Salze von Cycloalkansulfonsäuren (z. B. Camphersulfonsäure); usw. Gemische dieser oben genannten Eisen(III)-Salze können ebenfalls verwendet werden. Eisen(III)-p-toluolsulfonat, Eisen(III)-o-toluolsulfonat und Gemische davon sind besonders gut geeignet. Ein kommerziell geeignetes Beispiel für Eisen(III)-p-toluolsulfonat ist von der Heraeus Clevios unter der Bezeichnung CleviosTM C erhältlich.

[0051] Verschiedene Verfahren können verwendet werden, um eine leitfähige Polymerschicht zu bilden. In einer Ausführungsform werden der oxidative Katalysator und das Monomer entweder nacheinander oder zusammen aufgetragen, so dass die Polymerisationsreaktion in situ auf dem Teil stattfindet. Zu den geeigneten Auftragstechniken gehören Siebdruck, Tauchbeschichtung, elektrophoretische Beschichtung und Sprühbeschichtung; sie können verwendet werden, um eine leitfähige Polymerbeschichtung zu bilden. Als Beispiel kann das Monomer zunächst unter Bildung einer Vorläuferlösung mit dem oxidativen Katalysator gemischt werden. Sobald das Gemisch gebildet ist, kann es aufgetragen und polymerisieren gelassen werden, so dass die leitfähige Beschichtung auf der Oberfläche entsteht. Alternativ dazu können der oxidative Katalysator und das Monomer auch nacheinander aufgetragen werden. In einer Ausführungsform wird der oxidative Katalysator zum Beispiel in einem organischen Lösungsmittel (z. B. Butanol) gelöst und dann als Tauchlösung aufgetragen. Das Teil kann dann getrocknet werden, um das Lösungsmittel davon zu entfernen. Danach kann das Teil in eine Lösung, die das Monomer enthält, eingetaucht werden.

[0052] Die Polymerisation wird typischerweise je nach dem verwendeten Oxidationsmittel und der gewünschten Reaktionszeit bei Temperaturen von etwa -10°C bis etwa 250°C und in einigen Ausführungsformen etwa 0°C bis etwa 200°C durchgeführt. Geeignete Polymerisationstechniken, wie sie oben beschrieben sind, sind ausführlicher in dem US-Patent Nr. 7,515,396 (Biler) beschrieben. Noch andere Verfahren zum Auftragen einer oder mehrerer solcher leitfähigen Polymerbeschichtungen sind in den US-Patenten Nr. 5,457,862 (Sakata et al.), 5,473,503 (Sakata et al.), 5,729,428 (Sakata et al.) und 5,812,367 (Kudoh et al.) beschrieben, auf die hier ausdrücklich für alle Zwecke Bezug genommen wird.

[0053] Neben der in-situ-Auftragung kann eine leitfähige Polymerschicht auch in Form einer Dispersion von leitfähigen Polymerteilchen aufgetragen werden. Obwohl ihre Größe variieren kann, ist es typischerweise wünschenswert, dass die Teilchen einen kleinen Durchmesser besitzen, um die zum Befestigen des Anodenteils verfügbare Oberfläche zu vergrößern. Zum Beispiel können die Teilchen einen mittleren Durchmesser von etwa 1 bis etwa 500 Nanometer, in einigen Ausführungsformen etwa 5 bis etwa 400 Nanometer und in einigen Ausführungsformen etwa 10 bis etwa 300 Nanometer haben. Der D_{90} -Wert der Teilchen (Teilchen mit einem Durchmesser kleiner oder gleich dem D_{90} -Wert bilden 90% des Gesamtvolumens aller festen Teilchen) kann etwa 15 Mikrometer oder weniger, in einigen Ausführungsformen etwa 10 Mikrometer oder weniger und in ei-

nigen Ausführungsformen etwa 1 Nanometer bis etwa 8 Mikrometer betragen. Der Durchmesser der Teilchen kann mit Hilfe bekannter Techniken, wie mittels Ultrazentrifuge, Laserbeugung usw., bestimmt werden.

[0054] Die Verarbeitung des leitfähigen Polymers in eine Teilchenform kann verstärkt werden, indem man ein getrenntes Gegenion verwendet, das der positiven Ladung, die das substituierte Polythiophen trägt, entgegenwirken soll. In einigen Fällen kann das Polymer positive und negative Ladungen in der Struktureinheit besitzen, wobei sich die positive Ladung auf der Hauptkette und die negative Ladung gegebenenfalls auf den Substituenten des Restes "R", wie Sulfonat- oder Carboxylatgruppen, befindet. Die positiven Ladungen der Hauptkette können teilweise oder zur Gänze mit den gegebenenfalls vorhandenen anionischen Gruppen an den Resten "R" gesättigt sein. Insgesamt gesehen können die Polythiophene in diesen Fällen kationisch, neutral oder sogar anionisch sein. Dennoch werden sie alle als kationische Polythiophene angesehen, da die Polythiophen-Hauptkette eine positive Ladung trägt.

[0055] Das Gegenion kann ein monomeres oder polymeres Anion sein. Polymere Anionen können zum Beispiel Anionen von polymeren Carbonsäuren (z. B. Polyacrylsäuren, Polymethacrylsäure, Polymaleinsäuren usw.), polymeren Sulfonsäuren (z. B. Polystyrolsulfonsäuren ("PSS"), Polyvinylsulfonsäuren usw.) usw. sein. Die Säuren können auch Copolymere, wie Copolymere von Vinylcarbon- und Vinylsulfonsäure mit anderen polymerisierbaren Monomeren, wie Acrylsäureestern und Styrol, sein. Ebenso sind geeignete monomere Anionen zum Beispiel Anionen von C₁- bis C₂₀-Alkylsulfonsäuren (z. B. Dodecansulfonsäure); aliphatischen Perfluorsulfonsäuren (z. B. Trifluormethansulfonsäure, Perfluorbutansulfonsäure oder Perfluorocfansulfonsäure); aliphatischen C₁- bis C₂₀-Carbonsäuren (z. B. 2-Ethylhexylcarbonsäure); aliphatischen Perfluorcarbonsäuren (z. B. Trifluoressigsäure oder Perfluorocfansäure); aromatischen Sulfonsäuren, die gegebenenfalls mit C₁- bis C₂₀-Alkylgruppen substituiert sind (z. B. Benzolsulfonsäure, o-Toluolsulfonsäure, p-Toluolsulfonsäure oder Dodecylbenzolsulfonsäure); Cycloalkylsulfonsäuren (z. B. Kamphersulfonsäure oder Tetrafluoroborate, Hexafluorophosphate, Perchlorate, Hexafluoroantimonate, Hexafluoroarsenate oder Hexachloroantimonate); usw. Besonders gut geeignete Gegenionen sind polymere Anionen, wie eine polymere Carbon- oder Sulfonsäure (z. B. Polystyrolsulfonsäure ("PSS")). Das Molekulargewicht solcher polymeren Anionen liegt typischerweise im Bereich von etwa 1000 bis etwa 2000000 und in einigen Ausführungsformen etwa 2000 bis etwa 500000.

[0056] Wenn sie eingesetzt werden, beträgt das Gewichtsverhältnis solcher Gegenionen zu leitfähigen Polymeren in einer gegebenen Schicht des festen Elektrolyten typischerweise etwa 0,5:1 bis etwa 50:1, in einigen Ausführungsformen etwa 1:1 bis etwa 30:1 und in einigen Ausführungsformen etwa 2:1 bis etwa 20:1. Das Gewicht der elektrisch leitfähigen Polymere, von dem bei den oben genannten Gewichtsverhältnissen die Rede ist, bezieht sich auf den eingewogenen Anteil der verwendeten Monomere, wenn man annimmt, dass während der Polymerisation eine vollständige Umsetzung stattfindet.

[0057] Die Dispersion kann auch ein oder mehrere Bindemittel enthalten, um die adhäsive Natur der polymeren Schicht weiter zu verstärken und auch die Stabilität der Teilchen innerhalb der Dispersion zu erhöhen. Die Bindemittel können organischer Natur sein, wie Polyvinylalkohole, Polyvinylpyrrolidone, Polyvinylchloride, Polyvinylacetate, Polyvinylbutyrate, Polyacrylsäureester, Polyacrylsäureamide, Polymethacrylsäureester, Polymethacrylsäureamide, Polyacrylnitrile, Styrol/Acrylsäureester, Vinyllacetat/Acrylsäureester und Ethylen/Vinylacetat-Copolymere, Polybutadiene, Polyisoprene, Polystyrole, Polyether, Polyester, Polycarbonate, Polyurethane, Polyamide, Polyimide, Polysulfone, Melamin-Formaldehyd-Harze, Epoxyharze, Silikonharze oder Cellulosen. Es können auch Vernetzungsmittel eingesetzt werden, um die Adhäsionsfähigkeit der Bindemittel zu erhöhen. Solche Vernetzungsmittel sind zum Beispiel Melaminverbindungen, maskierte Isocyanate oder funktionelle Silane, wie 3-Glycidoxypropyltrialkoxysilan, Tetraethoxysilan und Tetraethoxysilan-Hydrolysat oder vernetzbare Polymere, wie Polyurethane, Polyacrylate oder Polyolefine, und anschließende Vernetzung. Es können auch noch andere Bestandteile in der Dispersion vorhanden sein, wie in der Technik bekannt ist, wie Dispersionsmittel (z. B. Wasser), Tenside usw.

[0058] Wenn gewünscht, können ein oder mehrere der oben beschriebenen Auftragungsschritte wiederholt werden, bis die gewünschte Dicke der Beschichtung erreicht ist. In einigen Ausführungsformen wird jedes Mal nur eine relativ dünne Schicht der Beschichtung gebildet. Die gewünschte Gesamtdicke der Beschichtung kann im Allgemeinen je nach den gewünschten Eigenschaften des Kondensators variieren. Typischerweise hat die resultierende leitfähige Polymerbeschichtung eine Dicke von etwa 0,2 Mikrometer ("µm") bis etwa 50 µm, in einigen Ausführungsformen etwa 0,5 µm bis etwa 20 µm und in einigen Ausführungsformen etwa 1 µm bis etwa 5 µm. Man sollte sich darüber im Klaren sein, dass die Dicke der Beschichtung nicht notwendigerweise an allen Stellen des Teils dieselbe ist. Dennoch fällt die mittlere Dicke der Beschichtung auf dem Substrat im Allgemeinen in die oben genannten Bereiche.

[0059] Die leitfähige Polymerschicht kann gegebenenfalls geflickt werden. Das Flickern kann nach jeder Auftragung einer leitfähigen Polymerschicht erfolgen, oder es kann nach der Auftragung der gesamten Beschichtung erfolgen. In einigen Ausführungsformen kann das leitfähige Polymer geflickt werden, indem man das Teil in eine Elektrolytlösung eintaucht und danach eine konstante Spannung an die Lösung anlegt, bis die Stromstärke auf ein vorgewähltes Niveau reduziert ist. Falls gewünscht, kann dieses Flickern auch in mehreren Schritten bewerkstelligt werden. Zum Beispiel kann eine Elektrolytlösung eine verdünnte Lösung des Monomers, des Katalysators und des Dotierungsmittels in einem Alkohollösungsmittel (z. B. Ethanol) sein. Die Beschichtung kann gegebenenfalls auch gewaschen werden, um verschiedene Nebenprodukte, überschüssige Reagentien usw. zu entfernen.

[0060] Zusätzlich zu oder anstelle von leitfähigen Polymeren können auch Metalle als elektrochemisch aktives Kathodenmaterial eingesetzt werden, wie Metallteilchen aus Ruthenium, Iridium, Nickel, Rhodium, Rhenium, Cobalt, Wolfram, Mangan, Tantal, Niob, Molybdän, Blei, Titan, Platin, Palladium und Osmium sowie aus Kombinationen dieser Metalle. In einer besonderen Ausführungsform umfasst das elektrochemisch aktive Material zum Beispiel Palladiumteilchen. Nichtisolierende Oxidteilchen können in der vorliegenden Erfindung ebenfalls eingesetzt werden. Geeignete Oxide können ein Metall umfassen, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Ruthenium, Iridium, Nickel, Rhodium, Rhenium, Cobalt, Wolfram, Mangan, Tantal, Niob, Molybdän, Blei, Titan, Aluminium, Platin, Palladium und Osmium sowie aus Kombinationen dieser Metalle besteht. Zu den besonders gut geeigneten Metalloxiden gehören Rutheniumdioxid, Nioboxid, Niobdioxid, Iridiumoxid und Mangandioxid. Kohlenstoffhaltige Teilchen mit dem gewünschten Leitfähigkeitsniveau, wie Aktivkohle, Ruß, Graphit usw., können ebenfalls eingesetzt werden. Einige geeignete Formen von Aktivkohle und Techniken für deren Bildung sind in den US-Patenten Nr. 5,726,118 (Ivey et al.), 5,858,911 (Wellen et al.) sowie in der US-Patentanmeldung Veröffentlichungsnummer 2003/0158342 (Shinozaki et al.) beschrieben, auf die alle hier ausdrücklich für alle Zwecke Bezug genommen wird.

[0061] Neben der oben diskutierten Versiegelungsanordnung kann der Kondensator der vorliegenden Erfindung auch eine oder mehrere sekundäre Flüssigkeitsversiegelungen enthalten. Zum Beispiel können elastomere Ringe (nicht gezeigt) als zusätzliche Flüssigkeitsversiegelung eingesetzt werden. Falls gewünscht, können sich die Ringe angrenzend an die Seitenwände **108** des Gehäuses **111** befinden und dadurch dazu beitragen, das Austreten des Elektrolyten durch diese hindurch zu hemmen. Die elastomeren Ringe können aus einem Elastomer gebildet werden, das beständig gegenüber Korrosion durch den Elektrolyten ist und ausreichende Durchschlagsfestigkeit aufweist, um der maximalen, durch den Kondensator erzeugten Spannung zu widerstehen. In einer Ausführungsform kann das Elastomer seine Funktion über einen Temperaturbereich von etwa -55°C bis etwa 200°C ohne Zersetzung oder Elastizitätsverlust erfüllen. Beispiele für Elastomere, die eingesetzt werden können, sind Butylkautschuk, Chlorbutylkautschuk, Ethylen-Propylen-Kautschuk (EPR), Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM), Fluorelastomere, wie VITONTM, Polytetrafluorethylen, Polychloroprenkautschuk, Butadienkautschuk, Nitrilkautschuk, Isoprenkautschuk, Silikonkautschuk und Styrol-Butadien-Kautschuk.

[0062] Der resultierende Kondensator der vorliegenden Erfindung kann ausgezeichnete elektrische Eigenschaften aufweisen. Zum Beispiel kann der Kondensator eine hohe Energiedichte aufweisen, so dass er zur Verwendung in Anwendungen mit hohem Pulsstrom geeignet sein kann. Die Energiedichte wird im Allgemeinen gemäß der Gleichung $E = 1/2 \cdot CV^2$ bestimmt, wobei C die Kapazität in Farad (F) ist und V die Arbeitsspannung des Kondensators in Volt (V) ist. Die Kapazität kann zum Beispiel mit einem Kapazitätsmessgerät (z. B. Präzisions-LCZ-Messgerät Keithley 3330 mit Kelvin-Anschlussleitungen, 2 Volt Vorspannung und 1 Volt Signal) bei Arbeitsfrequenzen von 10 bis 120 Hz und einer Temperatur von 25°C gemessen werden. Zum Beispiel kann der Kondensator eine Energiedichte von etwa 2,0 Joule pro Kubikzentimeter (J/cm^3) oder mehr, in einigen Ausführungsformen etwa $3,0 \text{ J}/\text{cm}^3$, in einigen Ausführungsformen etwa $4,0 \text{ J}/\text{cm}^3$ bis etwa $10,0 \text{ J}/\text{cm}^3$ und in einigen Ausführungsformen etwa 4,5 bis etwa $8,0 \text{ J}/\text{cm}^3$ aufweisen. Ebenso kann die Kapazität etwa 1 Millifarad pro Quadratzentimeter (" mF/cm^2 ") oder mehr, in einigen Ausführungsformen etwa $2 \text{ mF}/\text{cm}^2$ oder mehr, in einigen Ausführungsformen etwa 5 bis etwa $50 \text{ mF}/\text{cm}^2$ und in einigen Ausführungsformen etwa 8 bis etwa $20 \text{ mF}/\text{cm}^2$ betragen.

[0063] Der äquivalente Serienwiderstand ("ESR") – das Ausmaß, in dem der Kondensator beim Aufladen und Entladen in einer elektronischen Schaltung wie ein Widerstand wirkt – kann ebenfalls weniger als etwa 15000 Milliohm, in einigen Ausführungsformen weniger als etwa 10000 Milliohm, in einigen Ausführungsformen weniger als etwa 5000 Milliohm und in einigen Ausführungsformen etwa 1 bis etwa 1000 Milliohm betragen, gemessen mit 2 Volt Vorspannung und einem 1-Volt-Signal bei einer Frequenz von 1000 Hz. Außerdem kann der Leckstrom, was sich allgemein auf die Stromstärke bezieht, die von einem Leiter zu einem benachbarten Leiter durch einen Isolator fließt, auf relativ geringen Niveaus gehalten werden. Zum Beispiel beträgt der Zah-

lenwert des normierten Leckstroms eines Kondensators der vorliegenden Erfindung in einigen Ausführungsformen weniger als etwa $1 \mu\text{A}/\mu\text{F}\cdot\text{V}$, in einigen Ausführungsformen weniger als etwa $0,5 \mu\text{A}/\mu\text{F}\cdot\text{V}$ und in einigen Ausführungsformen weniger als etwa $0,1 \mu\text{A}/\mu\text{F}\cdot\text{V}$, wobei "µA" Mikroampere bedeutet und $\mu\text{F}\cdot\text{V}$ das Produkt aus Kapazität und Nennspannung ist. Der Leckstrom kann mit einer Leckstrom-Testeinrichtung (z. B. MC 190 Leakage Test, Mantracourt Electronics LTD, UK) bei einer Temperatur von 25°C und einer bestimmten Nennspannung nach einer Aufladungszeit von etwa 60 bis etwa 300 Sekunden gemessen werden. Solche ESR- und normierten Leckstromwerte können sogar nach Alterung während einer erheblichen Zeitspanne bei hohen Temperaturen aufrechterhalten werden. Zum Beispiel können die Werte etwa 100 Stunden oder mehr, in einigen Ausführungsformen etwa 300 Stunden bis etwa 2500 Stunden und in einigen Ausführungsformen etwa 400 Stunden bis etwa 1500 Stunden (z. B. 500 Stunden, 600 Stunden, 700 Stunden, 800 Stunden, 900 Stunden, 1000 Stunden, 1100 Stunden oder 1200 Stunden) bei Temperaturen im Bereich von etwa 100°C bis etwa 250°C und in einigen Ausführungsformen etwa 100°C bis etwa 200°C (z. B. 100°C , 125°C , 150°C , 175°C oder 200°C) aufrechterhalten werden. Ebenso kann die Kapazität etwa 1 Millifarad pro Quadratcentimeter (" $\text{mF}/\text{cm}^{2\text{m}}$ ") oder mehr, in einigen Ausführungsformen etwa $2 \text{mF}/\text{cm}^2$ oder mehr, in einigen Ausführungsformen etwa 5 bis etwa $50 \text{mF}/\text{cm}^2$ und in einigen Ausführungsformen etwa 8 bis etwa $20 \text{mF}/\text{cm}^2$ betragen.

[0064] Der Elektrolytkondensator der vorliegenden Erfindung kann in verschiedenen Anwendungen verwendet werden; dazu gehören unter anderem medizinische Geräte, wie implantierbare Defibrillatoren, Schrittmacher, Kardioverter, Nervenstimulatoren, Wirkstoffverabreichungsvorrichtungen usw., Kraftfahrzeuganwendungen, militärische Anwendungen, wie RADAR-Systeme, Unterhaltungselektronik, wie Radios, TV-Geräte usw., usw.

[0065] Die vorliegende Erfindung wird anhand der folgenden Beispiele besser verständlich.

Testverfahren

[0066] Alle Testverfahren wurden durch Messung nach dem MIL-STD-202G-Verfahren (Testbedingungen D und C) durchgeführt. Der Zweck dieses Testverfahrens besteht darin, die Wirksamkeit der Versiegelung einer Komponente, die einen inneren Hohlraum aufweist, der entweder evakuiert ist oder Luft oder ein Gas enthält, zu bestimmen. Ein Fehler in irgendeinem Teil der Oberfläche eines versiegelten Teils kann den Eintritt von schädigenden Kontaminanten ermöglichen, was seine Lebensdauer reduziert.

[0067] Bei Testbedingung D wird eine Fluorkohlenstoff-Flüssigkeit bei $125^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ($257^\circ\text{F} \pm 9^\circ\text{F}$) unter Umgebungsdruck eingesetzt, und es werden große Lecks durch die Beobachtung von Bläschen nachgewiesen. Die Teststücke, die auf speziellen Halterungen montiert sind, um sie in der Flüssigkeit zu halten, werden mit dem obersten Teil in einer minimalen Tiefe von 2 Zoll unter die Oberfläche der Flüssigkeit getaucht, mit dem Deckel nach unten, eins nach dem anderen (oder in einer solchen Konfiguration, dass ein einziges Bläschen aus einer einzelnen Probe innerhalb einer beobachteten Gruppe eindeutig bezüglich seines Auftretens und seiner Herkunft beobachtet werden kann). Die Flüssigkeit wird auf einer Temperatur von $125^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ($257^\circ\text{F} \pm 9^\circ\text{F}$) gehalten. Die Stücke werden ab dem Zeitpunkt des Eintauchens bis 20 Sekunden nach dem Eintauchen durch das Vergrößerungsglas gegen einen matten nichtreflektierenden schwarzen Hintergrund beobachtet. Stücke mit Lecks werden anhand eines einzigen Bläschens oder eines Stroms von Bläschen identifiziert. Stücke, bei denen ein einziges Bläschen beobachtet wird, gelten als Ausschuss.

[0068] Bei Testbedingung C werden feine Lecks nachgewiesen, indem man ein Tracergas und eine Vorrichtung zur Messung der Leckrate bis zu einem Nennwert von $10^{-8} \text{atm}\cdot\text{cm}^3/\text{s}$ verwendet. Die Stücke, die während der Produktion mit einem bekannten Prozentsatz an Tracergas gefüllt und versiegelt werden, werden in eine Kammer gebracht, die mit dem Leckdetektor des Massenspektrometertyps verbunden ist, und die Kammer wird evakuiert. Der Innendruck der Stücke beträgt 1 Atmosphäre oder mehr. Wenn ein Leck existiert, tritt das Gas durch die Probe in die Kammer und dann in den Leckdetektor, der die Leckrate abliest.

Beispiel 1

[0069] Zunächst wurden 10 Stücke zylindrischer Tantalbecher mit einer Größe von $18,3 \text{ mm}$ (Länge) \times $9,1 \text{ mm}$ (Innendurchmesser) mit einem JetStream Blaster II (SCM System, Inc.) sandgestrahlt. Bei dem Sandstrahlmedium handelte es sich um schwarzen Siliciumcarbidgrieß mit einer Größe von 63 bis $106 \mu\text{m}$. Der Fluss des Mediums betrug $0,5 \text{ Gramm pro Sekunde}$ über eine $3,2\text{-Millimeter-Strahldüse}$. Die Sandstrahlzeit betrug 20 Sekunden. Dann wurden diese Proben 5 Minuten lang in Wasser mit Tensiden in einem Ultraschallbad entfettet, dreimal in deionisiertem Wasser abgespült und dann 5 Minuten lang bei einer Temperatur von 85°C getrocknet. Auf die mikroaufgeraute Oberfläche wurde dann eine Vorläuferlösung aufgetragen, die vier (4) Ge-

wichtigsteile Ethanol (Sigma-Aldrich, Co.), 0,1 Gewichtsteile Methylpyrrolidon (Sigma-Aldrich, Co.), 1 Gewichtsteil 3,4-Ethylendioxythiophen (H. C. Starck GmbH unter der Bezeichnung Clevios™ M) und 10 Gewichtsteile 40%-ige Butanollösung von Eisen(III)-p-toluolsulfonat (H. C. Starck GmbH unter der Bezeichnung Clevios™ C) enthielt. Die Tantalbecher wurden bis zum Kontrollniveau mit der Polymerisationsvorläuferlösung gefüllt und fünf (5) Minuten lang stehen gelassen. Dann wurden die Becher bis zu einer (1) Minute lang mit Hilfe eines Vakuums geleert und dann 15 Minuten lang bei 85°C in einen Trockenofen gegeben. Die resultierende Struktur von Poly(3,4-ethylendioxythiophen) wurde fünf (5) Minuten lang in Methanol gewaschen, um Reaktionsnebenprodukte zu entfernen, und dann wurden die Tantalbecher fünf (5) Minuten lang bei 85°C in einen Trockenofen gegeben. Dieser Polymerisationszyklus wurde viermal (4-mal) wiederholt. Dann wurden 10 Stücke einer zylindrischen Tantalnode, die auf eine Größe von 17,3 mm (Länge) × 7,2 mm (Durchmesser) und ein Gewicht von 4,4 g gepresst und bis 10 V anodisiert wurde (die Anode wies eine Kapazität von 6,8 mF bei einer Frequenz von 120 Hz auf), in zuvor hergestellte Becher gegeben. Der Elektrolyt war eine 5,0 M wässrige Lösung von Schwefelsäure (Dichte 1,26 g/cm³).

[0070] Der Versiegelungsteil der Montage erfolgte unter Verwendung eines Flüssigkeitsversiegelungselements. Wie hier gezeigt und beschrieben wird, enthielt das Flüssigkeitsversiegelungselement einen Vorsprung, der einander gegenüberliegende, nach außen weisende Flächen aufwies, wobei sich wenigstens eine der nach außen weisenden Flächen unter einem zweiten Winkel, der größer ist als der erste Winkel, verjüngt (der Vorsprung wurde in die Öffnung eingeführt). Die Montage erfolgte über eine Standardstraße (d. h. durch Laserschweißen).

Beispiel 2

[0071] Kondensatoren wurden in der in Beispiel 1 beschriebenen Weise gebildet, außer dass es sich bei den Flüssigkeitsversiegelungselementen um ein Gel handelte. Die Kondensatoren wurden gemäß MIL-STD-202G auf Lecks getestet, wie es oben beschrieben ist. Die Ergebnisse sind im Folgenden dargelegt.

Beispiel	% Ausschuss	
	Testbedingung C	Testbedingung D
1	5	0
2	100	100

[0072] Diese und andere Modifikationen und Variationen der vorliegenden Erfindung können vom Fachmann praktisch umgesetzt werden, ohne vom Wesen und Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Außerdem sollte man sich darüber im Klaren sein, dass Aspekte der verschiedenen Ausführungsformen ganz oder teilweise gegeneinander ausgetauscht werden können. Weiterhin wird der Fachmann anerkennen, dass die obige Beschreibung nur beispielhaften Charakter hat und die Erfindung, die in den beigefügten Ansprüchen näher beschrieben ist, nicht einschränken soll.

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 7206186 [0002]
- US 5648302 [0018]
- US 5104738 [0018]
- US 6322912 [0027]
- US 6391275 [0027]
- US 6416730 [0027]
- US 6527937 [0027]
- US 6576099 [0027]
- US 6592740 [0027]
- US 6639787 [0027]
- US 7220397 [0027]
- US 6197252 [0030]
- US 5369547 [0035, 0036]
- US 6594140 [0035, 0036]
- US 6987663 [0049]
- US 5111327 [0049]
- US 6635729 [0049]
- US 7515396 [0052]
- US 5457862 [0052]
- US 5473503 [0052]
- US 5729428 [0052]
- US 5812367 [0052]
- US 5726118 [0060]
- US 5858911 [0060]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Brunauer, Emmet und Teller, Journal of American Chemical Society, Band 60, 1938, S. 309 [0028]

Patentansprüche

1. Flüssigelektrolytkondensator, umfassend:
eine Anode, die einen porösen Anodenkörper umfasst, der mit einer dielektrischen Schicht beschichtet ist;
einen flüssigen Elektrolyten, der sich in elektrischem Kontakt mit der Anode befindet, wobei sich ein Anodenanschluss von dem porösen Anodenkörper weg erstreckt;
ein Gehäuse, innerhalb dessen sich die Anode und der flüssige Elektrolyt befinden; und
eine Versiegelungsanordnung, die mit dem Gehäuse verbunden ist und durch die hindurch sich der Anodenanschluss erstreckt, wobei die Versiegelungsanordnung Folgendes umfasst:
eine Hülse, die eine erste Öffnung zwischen einander gegenüberliegenden, nach innen weisenden Flächen definiert, wobei sich wenigstens eine der nach innen weisenden Flächen unter einem ersten Winkel verjüngt; und
ein Flüssigkeitsversiegelungselement, das mit der Hülse passend zusammengefügt ist, wobei das Flüssigkeitsversiegelungselement einen Vorsprung enthält, der einander gegenüberliegende, nach außen weisende Flächen aufweist, wobei sich wenigstens eine der nach außen weisenden Flächen unter einem zweiten Winkel verjüngt, wobei der zweite Winkel größer ist als der erste Winkel, und wobei der Vorsprung so in die Öffnung eingeführt wird, dass eine Versiegelung zwischen der sich verjüngenden, nach innen weisenden Fläche der Hülse und der sich verjüngenden, nach außen weisenden Fläche des Flüssigkeitsversiegelungselements gebildet werden kann.
2. Flüssigelektrolytkondensator gemäß Anspruch 1, wobei die Hülse einen Körperteil und einen peripheren Flansch, der sich ausgehend von demselben erstreckt, enthält, wobei der Körperteil die erste Öffnung definiert.
3. Flüssigelektrolytkondensator gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die erste Öffnung kegelstumpfförmig ist.
4. Flüssigelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Versiegelungsanordnung weiterhin ein röhrenförmiges Element umfasst, das sich neben der Hülse befindet.
5. Flüssigelektrolytkondensator gemäß Anspruch 4, wobei das röhrenförmige Element nach innen weisende Flächen aufweist, die eine zweite Öffnung definieren, wobei sich der Anodenanschlussdraht in die erste Öffnung und die zweite Öffnung hinein erstreckt.
6. Flüssigelektrolytkondensator gemäß Anspruch 5, wobei die zweite Öffnung eine maximale Breite hat, die geringer ist als die maximale Breite der ersten Öffnung.
7. Flüssigelektrolytkondensator gemäß Anspruch 4, wobei das röhrenförmige Element aus einem leitfähigen Material gebildet ist.
8. Flüssigelektrolytkondensator gemäß Anspruch 4, wobei das röhrenförmige Element nach innen weisende Flächen aufweist, die an entsprechenden nach innen weisenden Flächen der Hülse ausgerichtet sind.
9. Flüssigelektrolytkondensator gemäß Anspruch 8, wobei sich wenigstens eine der nach innen weisenden Flächen des röhrenförmigen Elements unter einem Winkel, der im Wesentlichen gleich dem ersten Winkel ist, verjüngt.
10. Flüssigelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Flüssigkeitsversiegelungselement einander gegenüberliegende, nach innen weisende Flächen aufweist, die eine dritte Öffnung durch den Vorsprung hindurch definieren, wobei sich der Anodenanschlussdraht in die dritte Öffnung und in die erste Öffnung hinein erstreckt.
11. Flüssigelektrolytkondensator gemäß Anspruch 10, wobei die dritte Öffnung eine maximale Breite hat, die geringer ist als die maximale Breite der ersten Öffnung.
12. Flüssigelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Vorsprung kegelstumpfförmig ist.
13. Flüssigelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Verhältnis des zweiten Winkels zu dem ersten Winkel etwa 1,1 bis etwa 2 und vorzugsweise etwa 1,15 bis etwa 1,5 beträgt.

14. Flüssigelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der erste Winkel in einem Bereich von etwa 20° bis etwa 60° und vorzugsweise etwa 35° bis etwa 55° liegt und wobei der zweite Winkel in einem Bereich von etwa 30° bis etwa 70° und vorzugsweise etwa 45° bis etwa 65° liegt.

15. Flüssigelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei sich beide nach innen weisenden Flächen der Hülse verjüngen und sich beide nach außen weisenden Flächen des Flüssigkeitsversiegelungselements verjüngen.

16. Flüssigelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine Lücke zwischen der sich verjüngenden, nach innen weisenden Fläche der Hülse und der sich verjüngenden, nach außen weisenden Fläche des Vorsprungs entsteht.

17. Flüssigelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei sich eine obere planare Fläche des Flüssigkeitsversiegelungselements neben einer unteren planaren Fläche der Hülse befindet und im Wesentlichen bündig mit derselben abschließt.

18. Flüssigelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Hülse, das Flüssigkeitsversiegelungselement oder beide aus einem isolierenden Material gebildet sind.

19. Flüssigelektrolytkondensator gemäß Anspruch 18, wobei die Hülse aus einem Glasmaterial gebildet ist und das Flüssigkeitsversiegelungselement aus einem Polymermaterial gebildet ist.

20. Flüssigelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, der weiterhin einen Deckel umfasst, der das Gehäuse bedeckt, wobei der Deckel eine vierte Öffnung definiert, innerhalb derer sich die Versiegelungsanordnung befindet.

21. Flüssigelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Gehäuse eine Seitenwand enthält, die einen Innenraum umgibt, wobei sich ein elektrochemisch aktives Kathodenmaterial auf wenigstens einem Teil der Seitenwand befindet.

22. Flüssigelektrolytkondensator gemäß Anspruch 21, wobei das elektrochemisch aktive Kathodenmaterial ein leitfähiges Polymer, wie Poly(3,4-ethylendioxythiophen), umfasst.

23. Flüssigelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Gehäuse Titan oder eine Legierung davon enthält.

24. Flüssigelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Gehäuse eine im Wesentlichen zylindrische Querschnittsform hat.

25. Flüssigelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der poröse Anodenkörper Tantal, Niob oder ein elektrisch leitfähiges Oxid davon umfasst.

26. Flüssigelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Elektrolyt wässrig ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

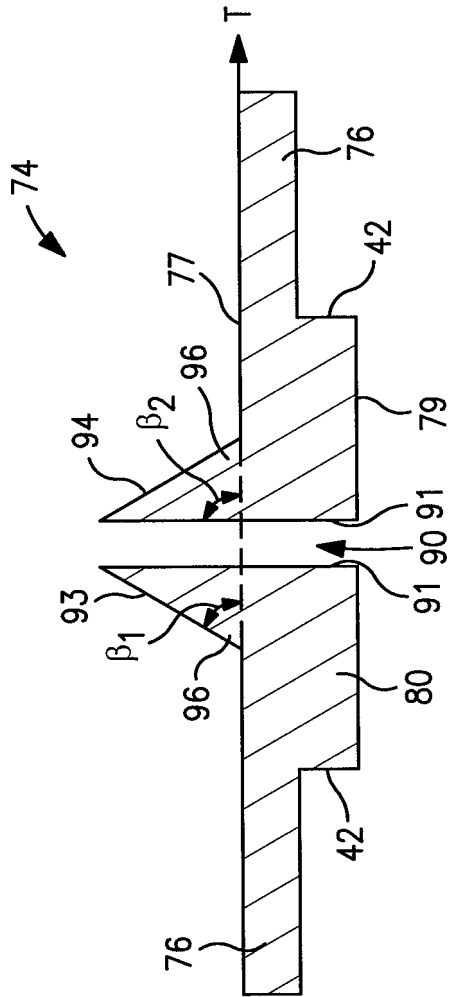


FIG. 2

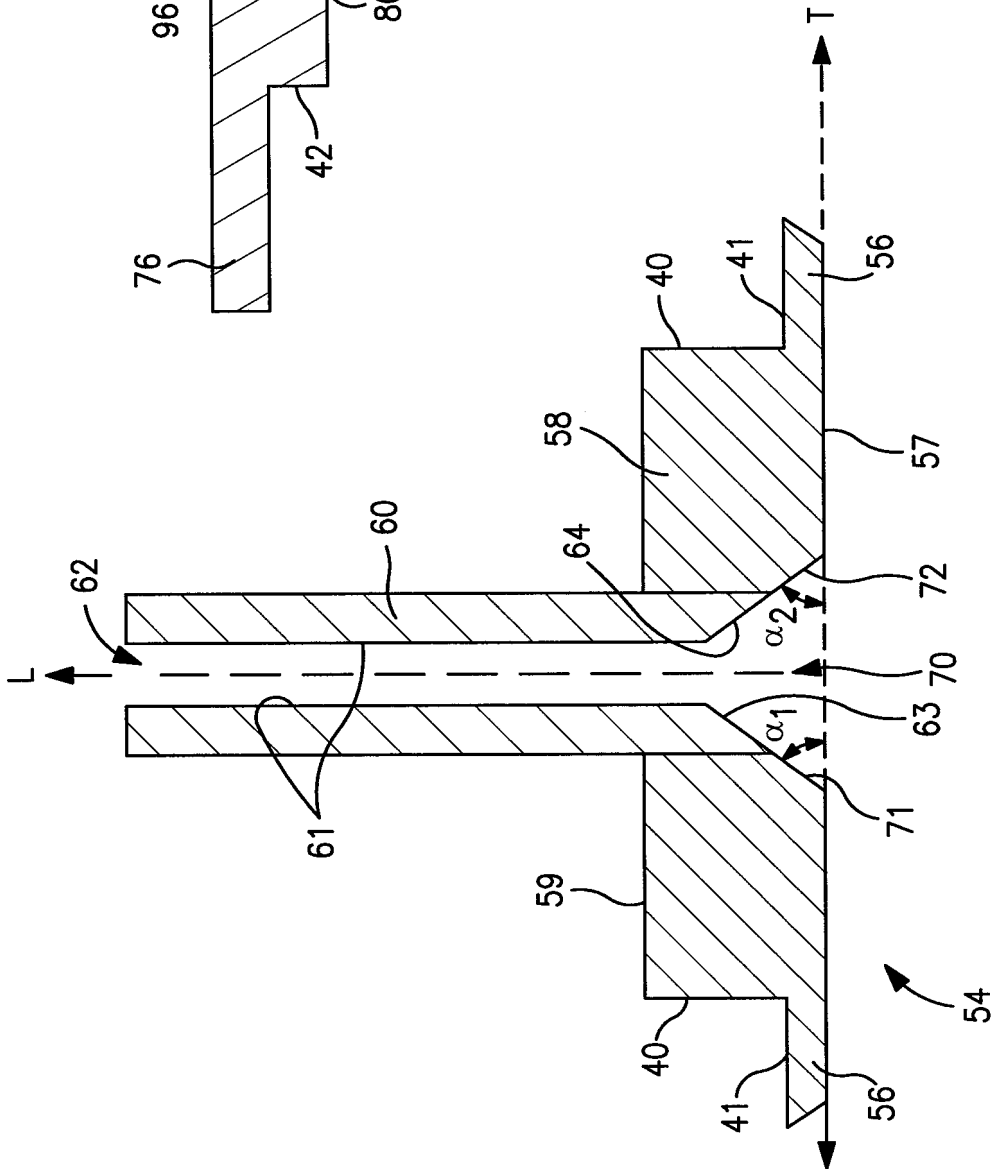


FIG. 1

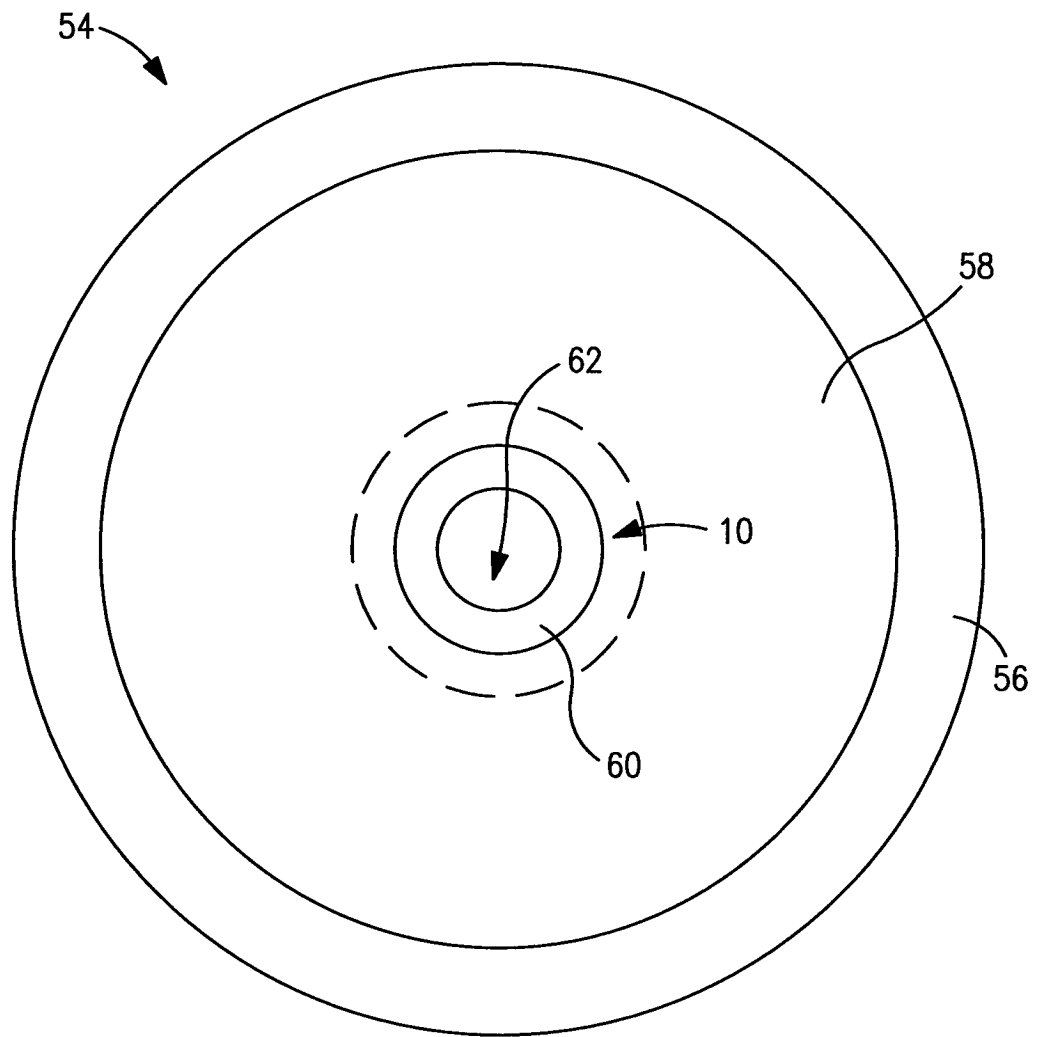


FIG. 3

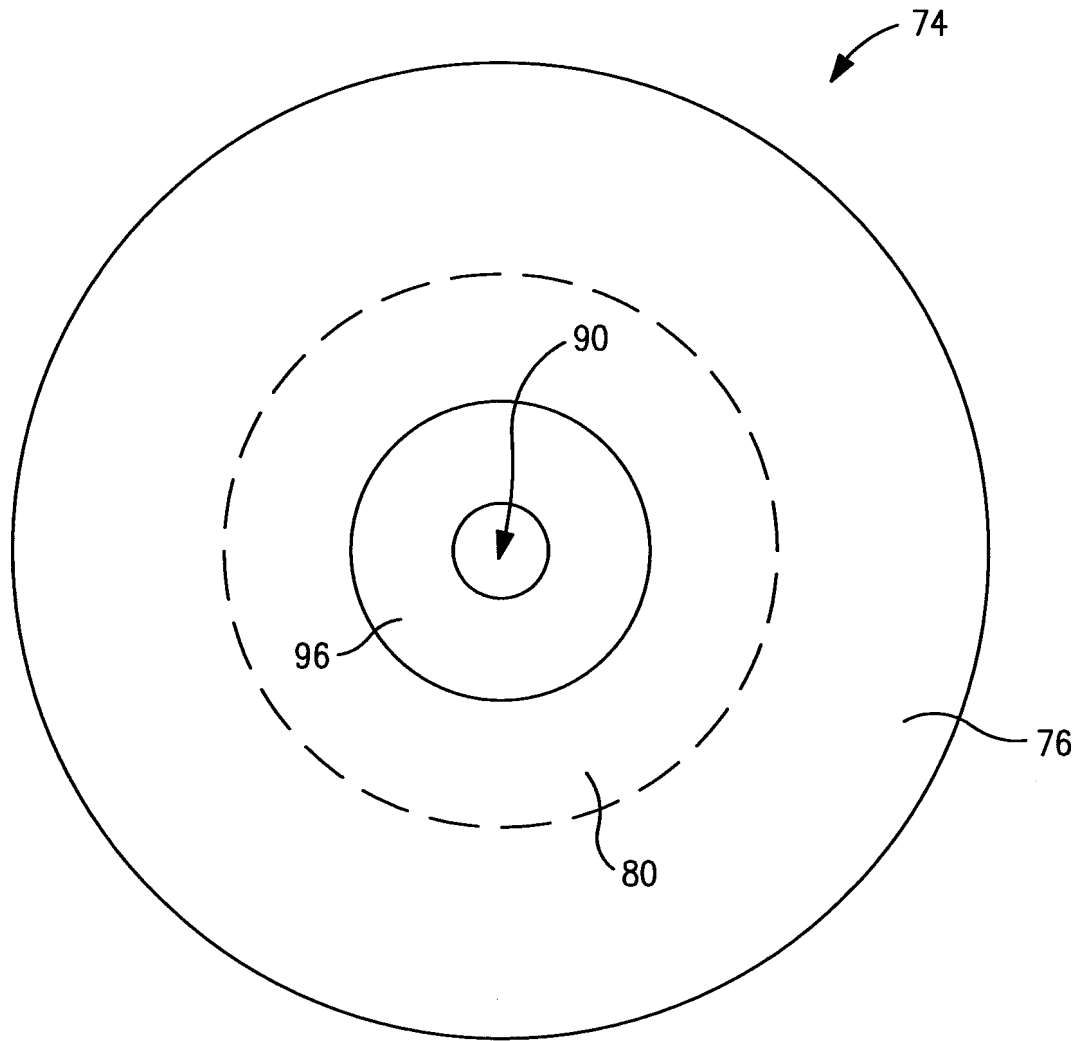


FIG. 4

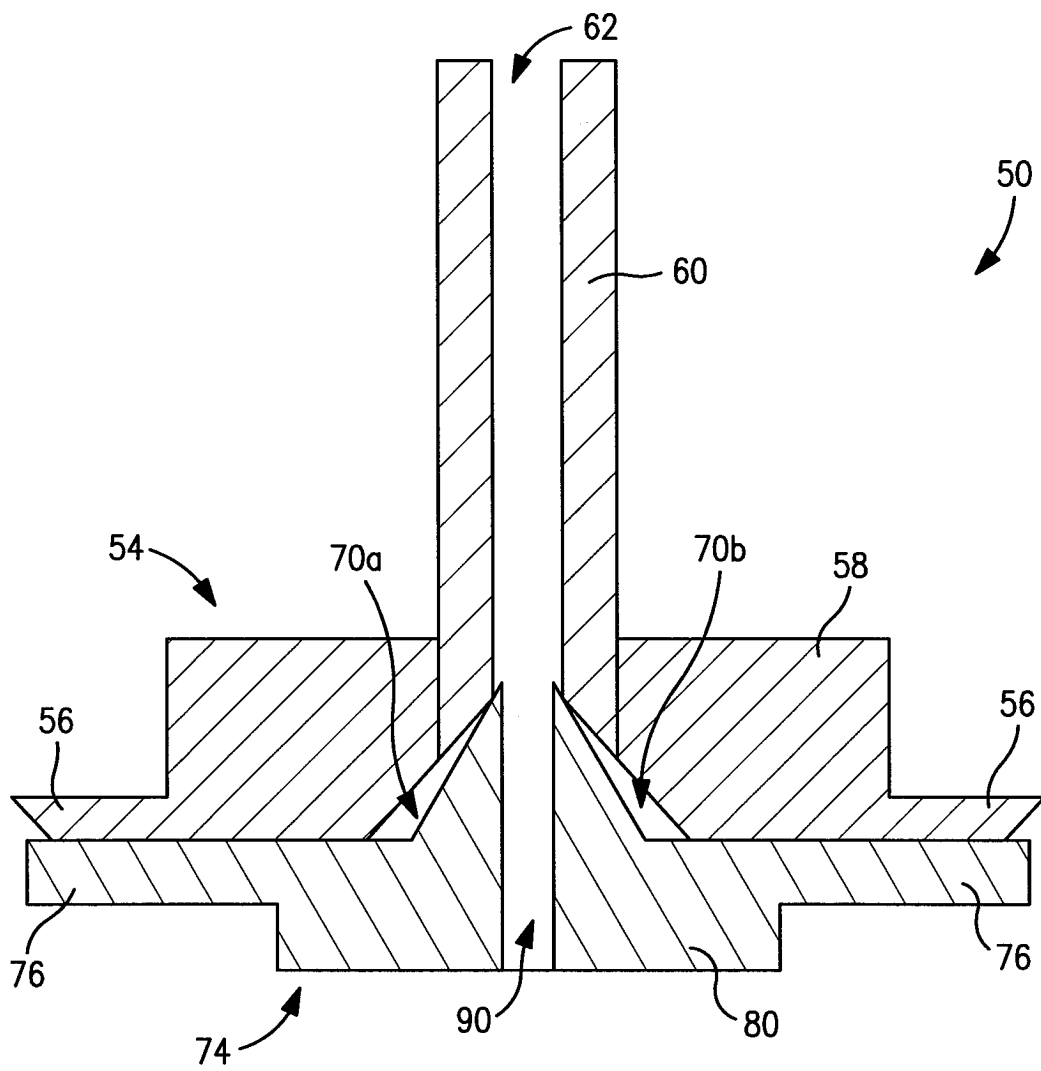


FIG. 5

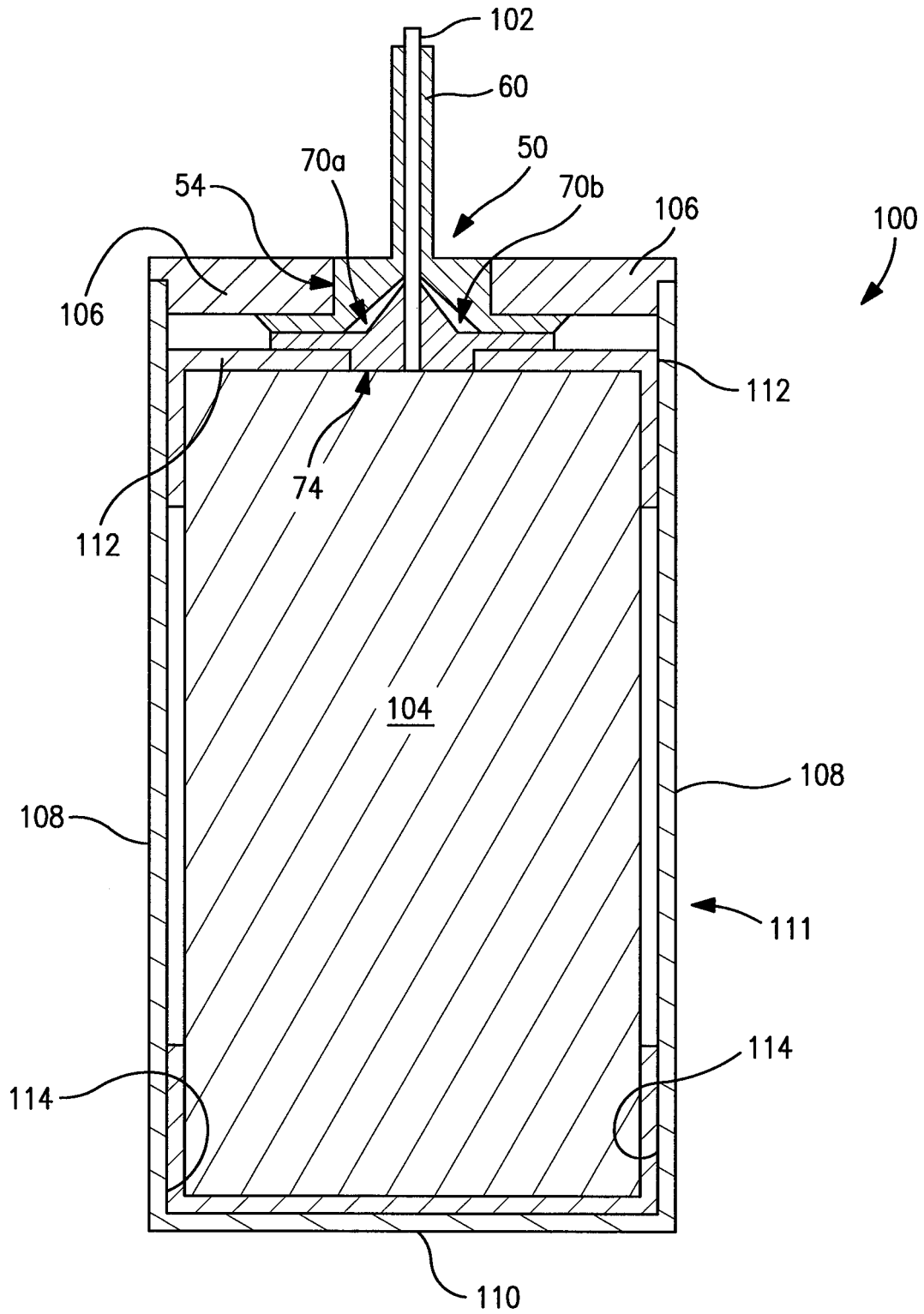


FIG. 6

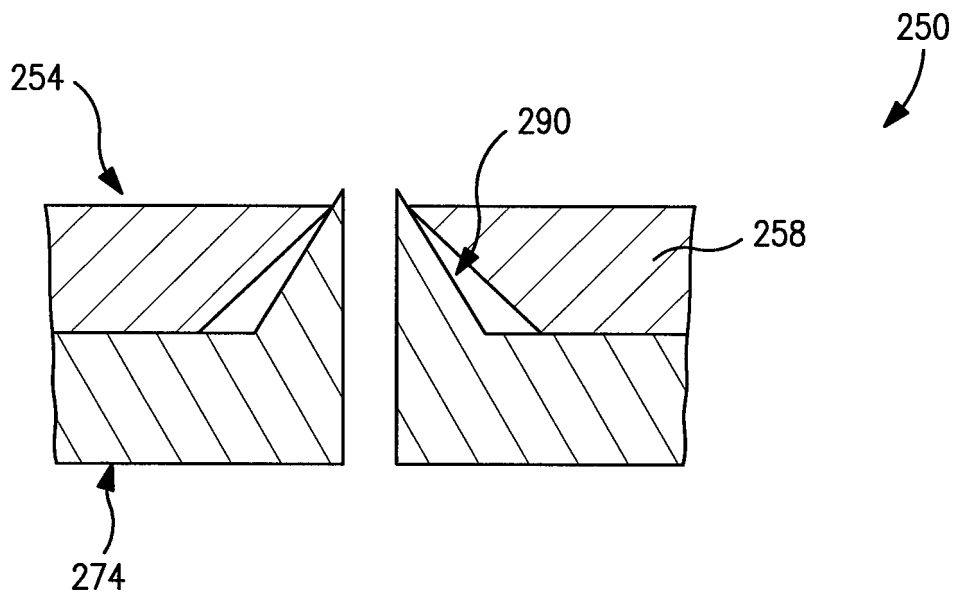


FIG. 7