



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 37 843 T2** 2008.01.24

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 974 168 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 37 843.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US98/06294**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 914 359.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1998/045888**

(86) PCT-Anmeldetag: **08.04.1998**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **15.10.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.01.2000**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **30.05.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.01.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H01M 2/34** (2006.01)
H01M 2/12 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

831612	10.04.1997	US
965494	06.11.1997	US

(73) Patentinhaber:

Duracell Inc., Bethel, Conn., US

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,
LU, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**POIRIER, Jeffrey, Bedford, MA 01730, US;
CHEESEMAN, Paul, Holliston, MA 01746, US;
MCDERMOTT, Michael, East Weymouth, MA
02189, US; BLASI, Jane A., Acton, MA 01720, US;
CANTAVE, Reynald, Bridgewater, MA 02324, US;
HEWES, Jeffrey, Holliston, MA 01746, US;
KOUZNETSOVA, Yelena, Sharon, MA 02067, US;
PATEL, Bhupendra, Mansfield, MA 20248, US; VU,
Viet, Medway, MA 02053, US; MCHUGH, William T.,
Westwood, MA 02090, US; FONTAINE, Lucien P.,
Lincoln, RI 02865, US; PINAULT, Robert J., Canton,
MA 02021, US; KAPLAN, Alex, Providence, RI
02906, US**

(54) Bezeichnung: **STROMUNTERBRECHER FÜR ELEKTROCHEMISCHE ZELLEN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Stromunterbrecher für eine elektrochemische Zelle, welche auf sichere Weise den Stromfluss durch die Zelle verhindert, wenn ein übermäßiger Anstieg der Temperatur oder des Gasdrucks darin aufgetreten ist.

[0002] Elektrochemische Zellen, im Besonderen Zellen mit hoher Energiedichte, wie etwa Zellen, bei denen Lithium ein aktives Material ist, unterliegen Undichtigkeiten oder Brüchen bzw. Brüchigkeit, was wiederum die Vorrichtung bzw. das Gerät beschädigen kann, das durch die Zelle betrieben wird, oder sich schädlich auf die direkte Umgebung auswirken kann. In Bezug auf Akkuzellen bzw. wiederaufladbare Zellen kann der Anstieg der Innentemperatur einer Zelle die Folge einer Überladung sein. Unerwünschte Temperaturanstiege werden häufig begleitet von einem entsprechenden Anstieg des Innengasdrucks. Dies tritt wahrscheinlich bei einem externen Kurzschlusszustand auf. Es ist wünschenswert, dass Sicherheitsvorrichtungen der Zelle zugeordnet sind, ohne dadurch die Kosten, die Größe oder die Masse der Zelle in unangemessenem Umfang zu erhöhen.

[0003] Derartige Zellen, im Besonderen wiederaufladbare Zelle, die Lithium als ein aktives Material verwenden, unterliegen Undichtigkeiten oder Brüchigkeit durch einen Anstieg der Innentemperatur der Zelle, wobei dieser Zustand häufig begleitet wird von einem entsprechenden Anstieg des Drucks. Dies wird hoher Wahrscheinlichkeit begleitet von schädlichen Bedingungen, wie zum Beispiel einer Überladung oder einem Kurzschlusszustand. Ferner ist es wichtig, dass diese Zellen luftdicht verschlossen sind, um das Austreten von Elektrolytlösung und das Eintreten von Feuchtigkeit aus der externen Umgebung zu verhindern.

[0004] Wenn, wie dies bereits vorstehend im Text ausgeführt worden ist, eine Zelle überladen wird, tritt eine Selbsterhitzung auf. Das Laden mit einer zu schnellen Geschwindigkeit bzw. das Überladen kann zu einem Anstieg der Temperatur führen. Das Überladen der Zelle kann auftreten, wenn die Ladespannung oder der Ladestrom zu hoch werden, was eine schnelle Überhitzung der Zelle bewirkt, was wiederum ein Sicherheitsrisiko in sich birgt. Wenn die Temperatur einen bestimmten Wert übersteigt, der abhängig von der chemischen Zusammensetzung und der Struktur der Zelle variiert, so setzt ein unerwünschter und nicht steuerbarer Zustand der thermischen Zerstörung ein. Aufgrund der Überhitzung baut sich ferner ein Innendruck auf, und Elektrolyt kann plötzlich aus der Zelle ausgestoßen werden. Bevorzugt wird das Einleiten einer kontrollierten Entlüftung, bevor dies auftritt. PTC-Vorrichtungen bzw. Vorrichtungen mit positivem Wärmeausdehnungskoeffizienten, deren Widerstand mit dem dort hindurch fließen-

den Strom zunimmt, werden in einem Versuch eingesetzt, übermäßigen Stromdurchsatz durch eine wiederaufladbare Zelle zu verhindern. Derartige Vorrichtungen alleine reichen jedoch nicht aus, um das Eintreten eines Zustands der thermischen Zerstörung zu vermeiden, wenn die Zelle überladen wird, wie zum Beispiel beim Einsatz einer zu hohen Ladespannung.

[0005] Herkömmliche Zellenbauweisen verwenden eine Endkappeneinrichtung, die in ein zylindrisches Gehäuse mit offenem Ende eingeführt wird, nachdem die Zellenanode und kathodenaktives Material und geeignetes Abscheidermaterial und Elektrolyt in das zylindrische Gehäuse eingeführt worden sind. Die Endkappe befindet sich in elektrischem Kontakt mit dem Anoden- oder Kathodenmaterial, und das frei liegende Teilstück der Endkappe bildet einen der Zellenanschlüsse. Ein Abschnitt des Zellengehäuses bildet den anderen Anschluss.

[0006] EP689255 offenbart eine Endkappeneinheit, die ein PTC-Element umfasst, dessen Widerstand ansteigt mit dem Anstieg der Temperatur und den Strom unterbricht. EP689255 enthält keine Offenbarung oder keinen Vorschlag, wie das PTC-Element durch eine Widerstandseinrichtung oder einen Thermoschalter ersetzt werden kann.

[0007] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein oder sind mehrere Stromunterbrechermechanismen in einer einzigen Endkappeneinheit integriert, die in vorteilhafter Weise primären oder sekundären (wiederaufladbaren) Zellen zugeführt werden kann, wie zum Beispiel durch Einführen der Endkappeneinheit in das offene Ende eines Gehäuses für die Zelle. Die Endkappeneinheit gemäß der vorliegenden Erfindung weist bestimmte Anwendbarkeit auf wiederaufladbare Zellen auf, wie zum Beispiel auf Lithiumionen- und wiederaufladbare Lithiumzellen und dergleichen, die flüssigen oder polymeren Elektrolyt oder hybride polymeren/flüssigen Elektrolyt und Nickelmetallhydrid, Nickelkadmium oder andere wiederaufladbare Zellen verwenden. Die Endkappeneinheit gemäß der vorliegenden Erfindung überwindet die Gefahr der Zellenüberhitzung und des Aufbaus eines Drucks in der Zelle, wenn diese hohen Temperaturen ausgesetzt ist, einem übermäßigen oder unangemessenen Lade- oder Entladungszustand oder einem Kurzschluss der Zelle.

[0008] Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft eine Endkappeneinheit für eine elektrochemische Zelle, wobei in der Endkappeneinheit ein thermisch ansprechender Stromunterbrechermechanismus integriert ist, der aktiviert wird, um den Stromfluss durch die Zelle zu unterbrechen und zu verhindern, wenn sich das Zelleninnere überhitzt, indem eine vorbestimmte Temperatur überschritten wird. Die Endkappeneinheit weist eine frei liegende Endkappenplatte auf, die als ein Anschluss der Zelle fun-

giert. Wenn die Einheit einer Zelle zugeführt wird und sich die Zelle im normalen Betrieb befindet, befindet sich die Endkappenplatte in elektrischer Übertragungsverbindung mit einer Zellenelektrode (Anode oder Kathode). Der in die Endkappeneinheit integrierte, thermisch aktivierte Stromunterbrechermechanismus kann ein Bimetallelement umfassen, das abgelenkt wird, wenn es einer Temperatur oberhalb eines vorbestimmten Werts ausgesetzt wird. Die Ablenkung des Bimetallelements drückt auf ein bewegliches Metallelement, um die elektrische Verbindung zwischen einer Elektrode der Zelle und der Endkappen-Anschlussplatte zu trennen, wodurch verhindert wird, dass Strom durch die Zelle fließt. Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung kann alternativ ein thermisch ansprechendes Pellet an Stelle des Bimetallelements eingesetzt werden. Wenn die Temperatur der Zelle einen vorbestimmten Wert überschreitet, schmilzt das thermische Pellet, was bewirkt, dass das darauf getragene metallische Element ausreichend abgelenkt wird, um den elektrischen Pfad zwischen einer Elektrode der Zelle und der Endkappen-Anschlussplatte zu trennen. Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung kann der thermisch ansprechende Stromunterbrechermechanismus ein Formgedächtnislegierungselement aufweisen, das in die Endkappeneinheit integriert ist. Bei normalem Betrieb der Zelle stellt das Formgedächtniselement ein Teilstück des elektrischen Pfads zwischen der Endkappenplatte und einer der Zellenelektroden bereit, so dass Strom durch die Zelle fließen kann. Wenn die Zellentemperatur einen vorbestimmten Wert erreicht, wird das Formgedächtniselement abgelenkt, wodurch der elektrische Pfad unterbrochen und der durch die Zelle fließende Strom ebenfalls unverzüglich unterbrochen wird.

[0009] Eine Diode, vorzugsweise eine Zener-Diode, kann in vorteilhafter Weise in der Stromunterbrechereinheit nahe an dem thermisch ansprechenden Element platziert werden, das heißt in der Nähe der Bimetallscheibe, des Formgedächtniselements oder des schmelzfähigen Pellets. Die Zener-Diode ist elektrisch parallel mit den Zellenanschlüssen verbunden. Wenn die Zelle versehentlich überladen wird, bewirkt ein verlängerter Lade- oder Entladungsvorgang auf überhöhter Spannung eine Erhitzung der Diode, was wiederum bewirkt, dass sich die Bimetallscheibe oder das Formgedächtniselement ablenkt oder dass das Pellet, sofern vorhanden, schmilzt, um den genannten elektrischen Pfad zu unterbrechen, wodurch die Zelle abgeschaltet wird. Eine zerbrechliche Platte oder Membran kann in Verbindung mit dem thermisch ansprechenden Stromunterbrechermechanismus in die Endkappeneinheit integriert werden. Wenn sich der Druck in der Zelle so aufbaut, dass er einen vorbestimmten Wert überschreitet, zerbricht die Platte oder die Membran, was es ermöglicht, dass Gas aus dem Inneren der Zelle in die ex-

terne Umgebung austritt.

[0010] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft eine Endkappeneinheit für Zellen, im Besonderen für wiederaufladbare Zellen, wobei in die Endkappe zwei Stromunterbrechermechanismen integriert sind, von denen einer auf Wärme bzw. Temperatur anspricht, während der andere auf Druck anspricht. Der thermisch ansprechende Stromunterbrechermechanismus kann vorzugsweise ein Bimetallelement, ein Formgedächtniselement oder ein thermisch ansprechendes, schmelzfähiges Pellet einsetzen, das aktiviert wird, um den Stromfluss durch die Zelle zu unterbrechen und zu verhindern, wenn sich das Zelleninnere überhitzt, wobei eine vorbestimmte Temperatur überschritten wird. Die Einheit kann in der Nähe des thermisch ansprechenden Elements eine Diode aufweisen, vorzugsweise eine Zener-Diode. Die Zener-Diode ist elektrisch parallel mit den Zellenanschlüssen verbunden. Wenn die Zelle versehentlich überladen wird, bewirkt ein längeres Laden oder Entladen auf überhöhter Spannung eine Erhitzung der Diode, was wiederum bewirkt, dass das Bimetall- oder Formgedächtniselement abgelenkt wird, oder das Pellet, sofern vorhanden, schmilzt, so dass der genannte elektrische Pfad unterbrochen wird, wodurch die Zelle abgeschaltet wird. Eine zerbrechliche Platte oder Membran kann in die Endkappeneinheit integriert werden in Verbindung mit dem thermisch ansprechenden Stromunterbrechermechanismus. Wenn sich in der Zelle Druck aufbaut, so dass ein vorbestimmter Wert überschritten wird, bricht die Platte oder die Membran, so dass Gas aus dem Inneren der Zelle in die externe Umgebung austreten kann.

[0011] Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung eine Endkappeneinheit für Zellen, im Besonderen für wiederaufladbare Zellen, wobei in der Endkappe zwei Stromunterbrechermechanismen integriert sind, von denen einer auf Temperatur anspricht, während der andere Mechanismus auf Druck anspricht. Der thermisch ansprechende Stromunterbrechermechanismus kann vorzugsweise ein Bimetallelement, ein Formgedächtniselement oder ein thermisch ansprechendes Pellet einsetzen, das aktiviert wird bzw. aktiv wird, um den Stromfluss durch die Zelle zu unterbrechen und zu verhindern, wenn das Zelleninnere überhitzt, so dass eine vorbestimmte Temperatur überschritten wird. Die Einheit kann in der Nähe des thermisch ansprechenden Elements eine Diode aufweisen, vorzugsweise eine Zener-Diode. Die Zener-Diode ist elektrisch parallel mit den Zellenanschlüssen verbunden. Wenn die Zelle versehentlich überladen wird, bewirkt ein verlängerter bzw. längeres Laden oder Entladen auf überhöhter Spannung ein Erhitzen der Diode, was bewirkt, dass das bimetallische oder Formgedächtniselement abgelenkt wird oder das Pellet, sofern vorhanden, schmilzt, um den elektrischen Pfad zu unterbrechen,

wodurch die Zelle abgeschaltet wird. Der auf Druck ansprechende Stromunterbrechermechanismus wird aktiviert, um den Stromfluss zu unterbrechen, wenn sich der Gasdruck in der Zelle so aufbaut, dass er einen vorbestimmten Wert überschreitet. In diesem Fall kann der Stromunterbrechermechanismus bewirken, dass eine metallische Membran in der Endkappeneinheit abgelenkt wird, wodurch die elektrische Verbindung zwischen der Zellenendkappen-Anschlussplatte und einer Zellelektrode getrennt wird, wodurch verhindert wird, dass Strom durch die Zelle fließt. Für den Fall eines extremen Aufbaus des Gasdrucks bricht auch die metallische Membran, so dass Gas durch eine Reihe von Entlüftungs- bzw. Lüftungslöchern in die Innenkammern in der Endkappeneinheit und nach außen in die externe Umgebung geleitet werden kann.

[0012] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft einen Dichtungsmechanismus für die Endkappeneinheit gemäß der vorliegenden Erfindung. Der Dichtungsmechanismus verhindert das Austreten von Elektrolyt, Flüssigkeit oder Gas aus dem Inneren der Endkappe in die externe Umgebung, und wobei ferner das Eintreten von Feuchtigkeit in die Zelle verhindert wird.

[0013] Die Merkmale der vorliegenden Erfindung werden in Bezug auf die Zeichnungen besser verständlich. Es zeigen: die [Fig. 1](#), [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) vertikale Schnittansichten durch die Schnittlinien 1-1 der Endkappeneinheit aus [Fig. 6](#);

[0014] [Fig. 1](#) den thermisch aktivierten Stromunterbrechermechanismus und den Druck aktivierten Stromunterbrechermodus in einem verbundenen Schaltungsmodus;

[0015] [Fig. 2](#) den thermisch aktivierten Stromunterbrechermechanismus in dem unterbrochenen Schaltungsmodus;

[0016] [Fig. 3](#) den Druck aktivierten Stromunterbrechermechanismus in dem Druck aktivierten unterbrochenen Schaltungsmodus;

[0017] [Fig. 4](#) eine vertikale Querschnittsansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels einer Endkappeneinheit mit darin integriertem Druck aktiviertem Stromunterbrechermechanismus und thermisch aktiviertem Stromunterbrechermechanismus, wobei ein wärmeempfindliches Element weicher wird, um ein elastisches Element freizugeben, so dass die Schaltung geöffnet wird;

[0018] [Fig. 5](#) eine auseinander gezogene Perspektivansicht der Komponenten der Endkappeneinheit gemäß der vorliegenden Erfindung gemäß der Darstellung in dem Ausführungsbeispiel der [Fig. 1](#) oder der [Fig. 9](#);

[0019] [Fig. 6](#) eine Perspektivansicht der Unterseite der Endkappeneinheit, wobei die druckbeständige Platte und dort hindurch gehende Entlüftungsöffnungen abgebildet sind;

[0020] [Fig. 7](#) eine Perspektivansicht der in das offene Ende des zylindrischen Gehäuses der Zelle eingeführten Endkappeneinheit gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0021] [Fig. 8](#) eine Perspektivansicht der fertig gestellten Zelle, wobei die Endkappeneinheit gemäß der vorliegenden Erfindung in das offene Ende eines zylindrischen Gehäuses einer Zelle eingeführt ist, wobei die Endkappenplatte der Einheit einen Anschluss der Zelle bildet;

[0022] [Fig. 9](#) eine vertikale Querschnittsansicht, welche den thermisch aktivierten Stromunterbrechermechanismus zeigt, der ein Formgedächtniselement einsetzt, sowie den Druck aktivierten Stromunterbrechermechanismus in einem verbundenen Schaltungsmodus;

[0023] [Fig. 10](#) eine vertikale Querschnittsansicht des thermisch aktivierten Stromunterbrechermechanismus, der das Formgedächtniselement in dem unterbrochenen Schaltungsmodus einsetzt;

[0024] [Fig. 11](#) eine Perspektivansicht einer ovalen scheibenförmigen Konfiguration für die Diodenteileinheit; und

[0025] [Fig. 12](#) eine Perspektivansicht einer rechteckigen scheibenförmigen Konfiguration für die Diodenteileinheit.

[0026] Die Endkappeneinheit **10** ([Fig. 1](#)) gemäß der vorliegenden Erfindung kann an primären oder sekundären (wiederaufladbaren) Zellen angebracht werden. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann die Endkappeneinheit **10** in das offene Ende **95** eines typischen zylindrischen Gehäuses **90** für die Zelle ([Fig. 7](#)) eingeführt werden. Die Zellen weisen eine positive Elektrode (Kathode bei Entladung), eine negative Elektrode (Anode bei Entladung), einen Abscheider und negative und positive sowie negative externe Anschlüsse auf, die sich in entsprechender elektrischer Übertragungsverbindung mit den positiven und negativen Elektroden befinden.

[0027] In folgendem Bezug auf die Abbildung aus [Fig. 1](#) der Zeichnungen umfasst eine Endkappeneinheit **10**, die für das Einführen in das offene Ende eines Zellengehäuses vorgesehen ist, eine thermisch aktivierbare Stromunterbrecher-Teileinheit **38** und eine Druckentlastungs-Teileinheit **48**, die darin integriert sind. Die Teileinheiten **38** und **48** sind durch eine gemeinsame Trägerplatte **60** voneinander getrennt. Die Teileinheiten **38** und **48** werden durch ei-

nen Crimp-Ring **55**, der in der Abdeckung **30** liegt, in einer Abdeckung **30** gehalten. Die Abdeckung **30** definiert die äußere Wand der Endkappeneinheit **10**. Die Unterbrechereinheit **38** ist an ihrem oberen Ende durch eine schalenförmige Endkappenplatte **20** definiert und an ihrem unteren Ende durch eine Kontaktplatte **15**, die an die Trägerplatte **60** geschweißt ist. Die schalenarmige Endkappenplatte **20** bildet einen der externen Anschlüsse der Zelle. Die Trägerplatte **60** trennt die Kammer **68** in der thermischen Teileinheit **38** von der Kammer **78** in der Druckentlastungs-Teileinheit **48**. Die Kontaktplatte **15** ist elektrisch mit der Trägerplatte **60** verbunden, die wiederum elektrisch mit einer Elektrode **88** (Anode oder Kathode) der Zelle verbunden ist, wenn die Endkappeneinheit **10** an einer Zelle angebracht wird. Ein thermisch ansprechender Schaltungsunterbrechungsmechanismus (**40**, **50**) ist bereitgestellt, um die Schaltung zwischen der Kontaktplatte **15** und der Endkappe **20** fertig zu stellen. Wenn die Temperatur in der Zelle einen vorbestimmten Schwellenwert überschreitet, aktiviert der Unterbrechermechanismus die Unterbrechung des elektrischen Kontakts zwischen der Endkappe **20** und der Kontaktplatte **15**, wodurch es verhindert wird, dass Strom durch die Zelle fließt.

[0028] Die Druckentlastungs-Teileinheit **48** umfasst eine dünne metallische Membran **70**, die mit einer druckbeständigen Platte **80** verbunden ist, die wiederum über einen leitfähigen Streifen **87**, der an eine Platte **80** geschweißt ist, elektrisch mit einer Zellelektrode **88** verbunden ist. (Die druckbeständige Platte ist elektrisch leitfähig und weist eine ausreichende Dicke auf, so dass sie sich nicht wesentlich verformt bei erhöhten Druckwerten von mindestens bis zu 600 psi ($4,14 \times 10^6$ Pascal.) Wenn sich der Gasdruck in der Zelle so aufbaut, dass er einen vorbestimmten Schwellenwert überschreitet, beult sich die Membran **70** auswärts, so dass der elektrische Kontakt mit der druckbeständigen Platte **80** unterbrochen wird, wodurch verhindert wird, dass Strom zu oder von der Zelle fließt. Die druckbeständige Platte **80** und die Trägerplatte **60** weisen vorzugsweise ferner darin entsprechende Perforationen **73** und **63** auf, die die Entlüftung von Gas und eine Entlastung des Druckaufbaus in der Zelle unterstützen.

[0029] In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel aus [Fig. 1](#) kann die Endkappeneinheit **10** in einer wiederaufladbaren Zelle, wie zum Beispiel einer wiederaufladbaren Lithium-Ionen-Zelle eingesetzt werden. Eine wiederaufladbare Lithium-Ionen-Zelle ist gekennzeichnet durch die Übertragung von Lithiumionen von der negativen Elektrode zu der positiven Elektrode nach der Zellenentladung und von der positiven Elektrode zu der negativen Elektrode nach der Zellenladung. Sie kann für gewöhnlich eine positive Elektrode aus Lithium-Kobaltoxid (Li_xCoO_2) oder Lithium-Nickeloxid (LiNi_xO_2) oder Kobalt substituiertem

Lithium-Nickeloxid ($\text{LiCo}_x\text{Ni}_y\text{O}_2$) oder Lithium-Manganoxid mit kristallinier Spinellstruktur ($\text{Li}_x\text{Mn}_2\text{O}_4$) aufweisen. Die Lithiumionenzelle weist für gewöhnlich eine negative Elektrode auf, die Kohlenstoff oder Zinnoxidmaterialien einsetzt. Die negative Elektrode bildet die Anode der Zelle während der Entladung und die Kathode während dem Laden, und die positive Elektrode bildet die Kathode der Zelle während dem Entladen und die Anode während dem Laden. Der Elektrolyt für derartige Zellen kann ein Lithiumsalz umfassen, das in einer Mischung aus nicht-wässrigen Lösemitteln aufgelöst ist. Bei dem Salz kann es sich um LiPF_6 handeln, und die Lösemittel können in vorteilhafter Weise Dimethylcarbonat (DMC), Ethylencarbonat (EC), Propylencarbonat (PC) und Mischungen dieser aufweisen. Die vorliegende Erfindung ist ebenso zum Beispiel bei anderen wiederaufladbaren Zellen anwendbar, wie etwa Nickelmetallhydridzellen und Nickelcadmiumzellen. Die Endkappeneinheit **10** umfasst einen Endkappenanschluss **20**, der für gewöhnlich den positiven Anschluss der wiederaufladbaren Zelle darstellt, eine Metallträgerplatte **60**, die eine Trägerbasis unter der Kappenplatte **20** bildet, und eine Isolatorscheibe **35** zwischen der Endkappe **20** und der Trägerplatte **60**. Die Kappeneinheit **10** ist in vorteilhafter Weise ferner mit einer Druckentlastungsmembran **70** unter der Trägerplatte **60** versehen, wie dies in der Abbildung aus [Fig. 1](#) dargestellt ist. Die Membran **70** kann an eine darunter liegende druckbeständige Platte **80** geschweißt werden. Dies kann in geeigneter Weise durch Schweißen der Basis **72** der Membran **70** an einen erhöhten Abschnitt **82** der darunter liegenden druckbeständigen Platte **80** erfolgen. Die Membran **70** sollte aus einem Material bestehen, das elektrisch leitfähig ist und eine Mindestdicke zwischen etwa 0,1 und 0,5 Millimeter aufweist, abhängig von dem Druck, bei dem eine Betätigung der Membran vorgesehen ist. Die Membran **70** kann in wünschenswerter Weise aus Aluminium bestehen. Die Membran **70** ist in vorteilhafter Weise geprägt, so dass sie bei einem vorbestimmten Druck bricht. Das heißt, die Membranoberfläche kann gestanzt oder geätzt werden, so dass ein Teilstück bzw. Abschnitt der Oberfläche eine geringere Dicke als der Rest der Oberfläche aufweist. Eine bevorzugte Membran **70** zum Einsatz gemäß der vorliegenden Erfindung ist so geprägt, dass in ihrer Oberfläche eine halbkreisförmige oder "C"-förmige Rille **70a** vorgesehen wird. Die Form der Rille entspricht in vorteilhafter Weise vollständig oder größtenteils der Form eines Hauptabschnitts des peripheren Rands der Membran **70**, und wobei sie in vorteilhafter Weise in der Nähe des peripheren Rands positioniert ist. Der spezielle Druck, mit dem die Entlüftung erfolgt, ist steuerbar durch Veränderung von Parametern wie Tiefe, Position oder Form der Rille sowie der Härte des Materials. Wenn der Druck zu hoch wird, zerbricht die Membran entlang der Rillenlinie. Die Endkappe **20** und die Trägerplatte **60** definieren dazwischen eine Kammer **68**, in der sich eine ther-

misch aktivierte Stromunterbrecher-Teileinheit **38** befindet. Die Isolatorscheibe **35** ist zwischen einem peripheren Basisabschnitt **35a** und einem sich von dort erstreckenden, nach unten geneigten Arm **35b** ausgebildet. Der Arm **35b** erstreckt sich in die Kammer **68**. Die Membran **70** ist so gestaltet, dass sie zerbricht, wenn der Gasaufbau in der Zelle einen vorbestimmten Schwellenwert erreicht. Der Bereich zwischen der Trägerplatte **60** und der Membran **70** bildet eine Kammer **78**, in welche das sich in der Zelle aufgebaute Gas entlüften kann, wenn die Membran **70** zerbricht.

[0030] Die Stromunterbrecher-Teileinheit **38** umfasst eine thermisch ansprechende Bimetallscheibe **40**, eine metallische Kontaktplatte **15**, die sich in elektrischem Kontakt mit einem elastischen, federähnlichen Element **50** befindet. Wie dies in den Abbildungen der [Fig. 1](#) und [Fig. 5](#) dargestellt ist, kann das elastische Element **50** aus einem einzelnen flexiblen Element gebildet werden, mit einem äußeren kreisförmigen peripheren Teilstück **50a**, von dem sich ein Scheibenhaltestreifenstück **50c** radial einwärts erstreckt, so dass es allgemein die Bimetallscheibe **40** während jeder Ausrichtung der Zelle frei an der Verwendungsposition hält, wobei die Einschnapp- bzw. Schnappwirkungsfunktion nicht eingeschränkt wird. Das Element kann an eine Stelle des äußeren Abschnitts **50a** an die Endkappenplatte **20** geschweißt werden, wobei sich ein zentraler Kontaktabschnitt **50b** in Kontakt mit der Platte **15** befindet. Darüber hinaus kann der Kontaktabschnitt **50b** mit einer reduzierten Querschnittsfläche gestaltet werden, so dass er als ein trennbarer Schmelzstreifen fungieren kann, um vor Überspannungszuständen zu schützen. Die bimetallische Scheibe **50** ist so positioniert, dass sie frei mit den schräg stehenden bzw. geneigten Armen **35b** der Isolatorscheibe **35** eingreift, wobei die Arme als Scheibensitz für die Scheibe **40** fungieren. Die Bimetallscheibe **40** weist ferner vorzugsweise eine zentrale Öffnung zur Aufnahme eines erhöhten Kontaktabschnitts der metallischen Kontaktplatte **15** auf. Die Kontaktplatte **15** ist vorzugsweise an die Trägerplatte **60** geschweißt und stellt eine Oberfläche bereit, an der das elastische Element **50** ruhen kann, wie dies in der Abbildung aus [Fig. 1](#) dargestellt ist. Die Stromunterbrecher-Teileinheit **38** der Endkappeneinheit **10** kann ferner eine Diode aufweisen, vorzugsweise einen Zener-Diodenchip **700**. Die positive metallische Seite **720** der Diode wird mit der Endkappe **20** verbunden, indem sie durch ein leitfähiges Lötmedium an dieser angebracht wird. Eine leitfähige Zuleitung **702**, welche die Form eines metallischen Drahts oder eines Streifens aufweisen kann, ist so bereitgestellt, dass sie sich von der negativen Seite **730** der Diode erstreckt. Die Zuleitung **702** kann elektrisch mit dem Crimp-Ring **55** der Endkappeneinheit verbunden sein. Die Verbindierzuleitung **702** kann an die negative Seite **730** geschweißt werden. Der Crimp-Ring **55** ist elektrisch mit der äußeren Wand **30**

verbunden, die wiederum elektrisch mit dem negativen Anschluss der Zelle verbunden wird, indem sie an das Gehäuse **90** der Zelle geschweißt wird. Somit wird die negative Zuleitung **702**, die sich von der Diode erstreckt, elektrisch mit dem negativen Anschluss (Zellengehäuse) der Zelle verbunden. Eine elektrische Isolierung **703** wird über und unter der negativen Zuleitung **702** bereitgestellt, welche die Zuleitung umgibt und sie vor einem Kontakt mit der Endkappe **20** oder jeder anderen internen metallischen Komponente in der Endkappeneinheit **10** schützt, die positiv ist. Die Isolierung **703** kann in Form eines Films gegeben sein, der aus einem Polyester- oder Polyimid-Material besteht. Alternativ kann die Isolierung **703** aus Polyvinylchlorid bestehen. In ähnlicher Weise wird die frei liegende metallische negative Seite **730** der Diode mit einem isolierenden Material **703** überzogen, wie etwa mit einem isolierenden Film aus einem Polyester- oder Polyimid-Material, um einen Kontakt zwischen der negativen Seite **730** der Diode und metallischen Komponenten in der Einheit **10** zu verhindern, die positiv sind. Die Zener-Diode **700** weist vorzugsweise eine Zener-Spannung unter etwa 5,0 Volt auf, vorzugsweise zwischen etwa 4,7 und 5,0 Volt, sowie eine Wattleistung zwischen etwa 100 und 500 Mikrowatt zur Verwendung in der Endkappeneinheit **10**, bei einer Anwendung in Verbindung mit Lithiumionenzellen. Eine bevorzugte Zener-Diode **700** zum Anbringen an der Endkappeneinheit **320**, die in Verbindung mit einer Lithiumionenzelle verwendet wird, kann einen Zener-Dioden-Wafer-Chip (500 Mikrowatt) vom Typ Nr. CDC5230 mit einer Zener-Spannung von 4,7 Volt darstellen, erhältlich von Compensated Devices Inc., Melrose, Massachusetts, USA. Die Zener-Diode **700** bildet in Verbindung mit der leitfähigen Zuleitung **702** und der Isolierung **703** eine Diodenteileinheit mit einer Dicke zwischen etwa 0,25 und 0,35 mm.

[0031] Die Zener-Diode **700** ist eine Halbleiter-Flächenvorrichtung mit zwei Anschlüssen, welche die Form eines Wafers bzw. einer Halbleiterscheibe aufweisen kann, wie zum Beispiel eine dünne ovale ([Fig. 11](#)) oder polygonale Wafer-Scheibe, vorzugsweise eine rechteckige oder quadratische Wafer-Scheibe gemäß der Abbildung aus [Fig. 12](#), oder eine zylindrische Form. In der Wafer- oder Scheibenform weist die Zener-Diode eine metallisierte positive Anschlussseite (Kathode) **720**, eine metallisierte negative Anschlussseite (Anode) **730** und eine Kernhalbleiter-Flächen- bzw. Übergangsschicht **715** zwischen den beiden Anschlussseiten auf. Der Übergang **715** wird für gewöhnlich mit Siliziumdioxid geschützt. In der zylindrischen Zener-Diode liegt der Halbleiterübergang in dem Zylinder. Die äußere Oberfläche des Zylinders bildet eine der Anschlussflächen bzw. Anschlussseiten, und ein Ende des Zylinders bildet den gegenüberliegenden Anschluss. Wenn die Zener-Diode mit einer elektrochemischen Zelle oder einer anderen Gleichstrom-Stromversor-

gung verbunden ist, weist die Zener-Diode ein kennzeichnendes Strom- vs. Spannungsprofil auf. Die Zener-Dioden können durch die Zener-Spannung V^* (Durchbruchspannung) und den Leistungsverbrauch bzw. die Leistungsaufnahme (Watt) auf der Zener-Spannung vorab ausgewählt werden. Wenn die Spannung V an den Diodenanschlüssen verändert wird, geht der Widerstand durch die Diode allmählich zurück, bis auf die Zener-Spannung V . Wenn die Spannung die Zener-Spannung V^* erreicht und überschreitet, fällt der Widerstand durch die Diode drastisch ab. Dies bedeutet, dass der Diodenwiderstand sehr klein wird und der Strom I durch die Diode sehr hoch wird, wenn die Spannung deutlich über die Zener-Spannung V^* ansteigt. Wenn der Strom durch die Diode verläuft, wird die Diode einer I^2R -Erhitzung ausgesetzt, wobei die Gleichgewichts-Oberflächentemperatur eine Funktion der Watt-Dichte darstellt (Leistungsaufnahme je Oberflächenbereichseinheit).

[0032] Es konnte festgestellt werden, dass die ordnungsgemäße Auswahl einer Diode, vorzugsweise einer Zener-Diode und die Platzierung der Diode in der Endkappeneinheit **10** in der Nähe der thermisch ansprechenden Stromunterbrecherscheibe **40** zusätzliche Sicherheit für den Fall bietet, dass die Zelle einem Überladungszustand ausgesetzt wird, der das Ergebnis einer übermäßigen Ladespannung oder eines hohen Ladestroms ist. In diesem Fall wird die Diode aufgrund der I^2R -Erhitzung schnell heiß, was wiederum bewirkt, dass die Stromunterbrecherscheibe **40** abgelenkt wird, so dass der elektrische Pfad zwischen dem Elektrodenstreifen **87** und der abschließenden Endkappe **20** unterbrochen und die Zelle abgeschaltet wird. Es wurde festgestellt, dass die Integration der Zener-Diode die Abschaltreaktion während derartigen Überladungssituationen beschleunigt, da die Stromunterbrecherscheibe **40** einer zusätzlichen Hitzequelle ausgesetzt ist und diese misst, nämlich der bzw. die Diode. Die Zener-Diode wird in vorteilhafter Weise so ausgewählt, dass ihre Zener-Spannung deutlich über der normalen Betriebsspannung der Zelle liegt, wobei sie jedoch gleichzeitig einen Spannungsschwellenwert darstellt, bei dem es wünschenswert ist, die Stromunterbrecherscheibe **40** auszulösen, um die Zelle abzuschalten. Die Zener-Diode wird ferner so ausgewählt, dass der auf der Zener-Spannung geführte Strom als Hitze abgeleitet wird, welche eine Temperatur erreicht, die ausreicht, um eine Ablenkung der Stromunterbrecherscheibe **40** zu bewirken. Vorzugsweise wird die Diode ferner so ausgewählt, dass sie nur eine zu vernachlässigende Entleerung der Zelle bewirkt, wenn sich die Zelle nicht im Einsatz befindet. Bei Lithiumionenzellen ist es wünschenswert, die Zener-Diode so auszuwählen, dass sie wenige als etwa 100 Mikroampere, vorzugsweise etwa 20 Mikroampere Strom bei 3,0 Volt entleert.

[0033] Eine Lithiumionenzelle arbeitet in einem

Spannungsbereich, der für gewöhnlich zwischen drei und vier Volt liegt. Somit kann eine Auswahl einer zweckmäßigen Zener-Diode für eine Lithiumionenzelle zum Einsatz in der Endkappeneinheit **109** und anderen Stromunterbrecher-Endkappeneinheiten, die hierin beschrieben werden, in wünschenswerter Weise eine Zener-Spannung von unter etwa 5,0 Volt aufweisen, vorzugsweise zwischen 4,7 und 5,0 Volt, sowie eine Wattleistung zwischen etwa 100 und 500 Mikrowatt. Derartige Dioden weisen eine zu vernachlässigende Entnahme bzw. Entleerung an der Zelle auf, wenn sich die Zelle nicht im Einsatz befindet, und sie erzeugen unter normalen Ladebedingungen nicht genug Hitze, um es zu bewirken, dass die Stromunterbrecherscheibe **40** abgelenkt wird. Eine bevorzugte Zener-Diode **700** für eine Anwendung in Verbindung mit der Endkappeneinheit **10**, die in Verbindung mit einer Lithiumionenzelle eingesetzt wird, kann ein Zener-Dioden-Wafer-Chip (500 Mikrowatt) vom Typ Nr. CDC5230 mit einer Zener-Spannung von 4,7 Volt darstellen, hergestellt von Compensated Devices Inc. Melrose, Massachusetts, USA. Eine alternative Zener-Diode **700** zur Verwendung in Verbindung mit der Endkappeneinheit **10**, die in Verbindung mit einer Lithiumionenzelle eingesetzt wird, kann ein 300-Mikrowatt-Wafer-Chip vom Typ Nr. CDC4688 mit einer Zener-Spannung von 4,7 Volt darstellen. Derartige Chips weisen eine Breite von etwa 0,6 mm und eine Dicke von etwa 0,25 mm auf.

[0034] Die bevorzugte Diode **700** für die Endkappeneinheit gemäß der vorliegenden Erfindung ist zwar eine Zener-Diode, wobei stattdessen aber auch andere Dioden eingesetzt werden können. Zum Beispiel kann die Zener-Diode durch eine Schottky-Diode oder eine Leistungsgleichrichterdiode mit geeigneter Leistungsableitung und niedriger Spannungsentnahme ersetzt werden. Derartige Dioden weisen ebenfalls die wünschenswerte Eigenschaft der Verringerung des Widerstands auf, wenn die angelegte Spannung ansteigt und können somit als ein Heizelement an Stelle der Zener-Diode verwendet werden, um es zu bewirken, dass die Stromunterbrecherscheibe **40** in der Situation abgelenkt wird, wenn die Zelle einem Überladungszustand ausgesetzt wird. Diese Dioden sind jedoch weniger wünschenswert als die Zener-Diode, da sie keinen drastischen Abfall des Widerstands aufweisen, wenn eine bestimmte Spannung erreicht wird, wie zum Beispiel eine vorher ausgewählte Zener-Spannung.

[0035] Die Diode **700** ist in den hierin beschriebenen bevorzugten Ausführungsbeispielen für Endkappeneinheiten permanent parallel mit den Anschlüssen der Zelle verbunden. In den vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsbeispielen sind der positive Anschluss **720** der Diode **700** und das elastische Stromunterbrecherelement **50** ([Fig. 1](#)) elektrisch mit dem positiven Anschluss der Zelle verbunden. Wenn somit das Stromunterbrecherelement **50**

abgelenkt wird, wird der elektrische Pfad zwischen dem positiven Anschluss und der positiven Elektrode unterbrochen, wobei gleichzeitig die Zelle abgeschaltet wird und die Diode deaktiviert wird. Alternative Schaltungsbauweisen für den Einschluss der Diode sind ebenfalls möglich. Andere Widerstände, wie zum Beispiel Widerstandselemente, können in die Schaltung integriert werden zwischen einem oder beiden Anschlüssen der Zener-Diode und der Verbindung des genannten Zener-Anschlusses mit einem Zellenanschluss entsprechender Polarität. Ferner kann die Diode **700** ([Fig. 1](#)) parallel mit den Zellenanschlüssen verbunden werden, und der Stromunterbrecher **50** kann zum Beispiel in Reihe mit der Diode verbunden werden, wenn die positive Seite **720** der Diode **700** anstatt mit der Endkappe **20** mit der Kontaktplatte **15** oder der metallischen Trägerplatte **60** verbunden wäre. In einem derartigen Ausführungsbeispiel wird die Diode nicht deaktiviert, wenn das elastische Stromunterbrecherelement **50** abgelenkt wird. Folglich ist es nicht beabsichtigt, dass der hierin und in den Ansprüchen verwendete Begriff parallele elektrische Verbindung der Diode **700** die Möglichkeit der Einführung zusätzlicher Widerstände oder des Stromunterbrechers **50** in dem Schaltungsweig zwischen einem Diodenanschluss und der Verbindung dieses Anschlusses mit einem Zellenanschluss mit entsprechender Polarität ausschließt. Die gemäß den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen ausgewählten Dioden sehen an der Zelle eine zu vernachlässigende Entnahme vor. Um die Entleerung bzw. Entnahme an der Zelle im Ruhezustand vollständig zu beseitigen, kann einer der Diodenanschlüsse permanent mit einem entsprechenden Zellenanschluss verbunden sein, und der andere Anschluss kann über einen Schalter mit dem entsprechenden Zellenanschluss verbunden werden, wobei der Schalter eingeschaltet wird, wenn die Zelle in die Ladevorrichtung eingeführt wird oder wenn die Vorrichtung mit Strom versorgt wird.

[0036] Der Einsatz der Endkappeneinheit **10** mit oder ohne Einschluss der Zener-Diode **700** schließt das Hinzufügen einer herkömmlichen PTC-Vorrichtung (Vorrichtung mit positivem Wärmeausdehnungskoeffizienten) in dem elektrischen Pfad zwischen dem positiven Elektrodenstreifen **87** und dem positiven Anschluss **20** nicht aus. Wenn eine derartige PTC-Vorrichtung hinzugefügt wird, kann sie in der Endkappeneinheit **10** oder außerhalb dieser platziert werden. Das vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel für die Endkappeneinheit **10** mit enthaltener Zener-Diode **700** erfordert jedoch keine PTC-Vorrichtung. PTC-Vorrichtungen weisen einen ansteigenden Widerstand auf, wenn der dort hindurch fließende Strom zunimmt. Der Widerstand der PTC-Vorrichtung steigt jedoch nicht hoch genug an, um es zu vermeiden, dass gar kein Strom dort hindurch fließt. Die PTC-Vorrichtung selbst bietet somit nicht das gleiche Maß an Schutz wie das vorstehend beschriebene be-

vorzugte Ausführungsbeispiel für die Endkappeneinheit **10**, im Besonderen dann nicht, wenn die Zelle einer Überladung ausgesetzt wird durch den Einsatz einer übermäßigen Ladespannung oder einem längeren Ladezustand. Darüber hinaus ist die thermische Stromunterbrecherscheibe **40** auch in der Lage auf übermäßigen Lade- oder Entladungsstrom zu reagieren, wobei es überflüssig wird, eine PTC-Vorrichtung zu integrieren, um für diese Situationen einen Schutz vorzusehen.

[0037] Vorgesehen ist eine elektrisch isolierende Durchführung **25**, die sich über den peripheren Rand der Endkappe **20** erstreckt und entlang des unteren peripheren Rands der Membran **70**. Die Durchführung **25** stößt auch an den äußeren Rand der Teileinheit **38** an, wie dies in der Abbildung aus [Fig. 1](#) dargestellt ist. Vorgesehen sein kann ein metallischer Ring **55**, der über die obere Kante der Durchführung **25** gecrimpt ist und gegen die Membran **70** drückt, um die inneren Komponenten der Endkappeneinheit dicht zu verschließen. Die Durchführung **25** dient der elektrischen Isolierung der Endkappe **20** von dem Crimp-Ring **55** und auch der Bildung eines dichten Verschlusses zwischen der Trägerplatte **60** und dem Crimp-Ring **55**. Die Abdeckung **30** der Endkappeneinheit **10** kann aus einem kegelstumpfförmigen zylindrischen Element gebildet werden, wie dies in der Abbildung aus [Fig. 5](#) am besten dargestellt ist. In einer fertig gestellten Zelleinheit ([Fig. 8](#)) gelangt die äußere Oberfläche der Abdeckung **30** in Kontakt mit der inneren Oberfläche des Zellengehäuses **90**. Die Trägerplatte **60** stellt eine Basis für die Komponenten der Teileinheit **38** um daran zu ruhen dar und weist vorzugsweise eine Bogenform auf, um eine aktive radiale Kompressionskraft auf die innere Oberfläche der Durchführung **25** aufrecht zu erhalten. Die Trägerplatte **60** kann mit Perforationen **63** in ihrer Oberfläche bereitgestellt werden, um Gas in die obere Kammer **68** zu entlüften, wenn die Membran **70** bricht. Gas, das in die obere Kammer **68** eintritt, wird durch primäre Entlüftungslöcher **67** in der Endkappe **20** in die externe Umgebung entlüftet. Die Abdeckung **30** der Endkappeneinheit befindet sich in Kontakt mit dem Zellengehäuse **90**, das sich in elektrischem Kontakt mit dem gegenüberliegenden Anschluss befindet, für gewöhnlich dem negativen Anschluss im Falle einer wiederaufladbaren Lithiumionenzelle. Somit sorgt die Durchführung **25** für eine elektrische Isolierung zwischen der Endkappe **20** und der äußeren Wand **30**, das heißt, zwischen den beiden Anschlüssen der Zelle, wodurch ein Kurzschluss der Zelle verhindert wird. Vorgesehen sein kann ein zusätzlicher Isolatorring, nämlich in Form eines inneren Abstandsrings **42** zwischen dem oberen Abschnitt der äußeren Wand **30** und der Druckplatte **80**, wie dies in der Abbildung aus [Fig. 1](#) veranschaulicht ist, ebenfalls um sicherzustellen, dass kein Kurzschluss zwischen den positiven und negativen Anschlüssen der Zelle auftritt.

[0038] Die Membran **70** weist vorzugsweise die Form einer Schale auf, die aus Aluminium mit einer Dicke besteht, die in vorteilhafter Weise zwischen 3 und 10 Milliinch liegt. Bei einer derartigen Dicke bricht die Schweißverbindung zwischen der Membranbasis **72** und der Trägerplatte **80**, und die Membranbasis **72** beult und trennt sich von der Trägerplatte **80** ([Fig. 3](#)), wenn der innere Gasdruck in der Zelle auf einen Schwellenwert ansteigt, der mindestens zwischen etwa 100 psi und 200 psi ($6,894 \times 10^6$ und $13,89 \times 10^5$ Pascal) liegt. (Dieser Druckaufbau kann zum Beispiel auftreten, wenn die Zelle mit einer höheren als der empfohlenen Spannung geladen wird oder wenn die Zelle kurzgeschlossen oder missbräuchlich eingesetzt wird.) Wenn dies gewünscht wird, kann die Dicke der Membranbasis **72** jedoch in geeigneter Weise so angepasst werden, dass sie sich bei anderen Druckwerten beult. Die Trennung der Membranbasis **72** von der Platte **80** unterbricht vollständig den elektrischen Kontakt zwischen der Membran **70** und der Platte **80**. Die Trennung unterbricht zudem den elektrischen Pfad zwischen der Endkappe **20** und der Zellelektrode **88**, die sich in Kontakt mit der Platte **80** befindet, so dass kein Strom mehr zu oder von der Zelle fließen kann, wodurch im Resultat die Zelle abgeschaltet wird. Wenn, selbst wenn der Strompfad unterbrochen ist, der Druck in der Zelle aus anderen Gründen weiter ansteigt, wie zum Beispiel durch Erhitzung in einem Ofen, so bricht die Entlüftungsmembran **70** ebenfalls vorzugsweise auf einem Schwellenwertdruck von mindestens zwischen etwa 250 und 400 psi ($17,2 \times 10^5$ und $27,6 \times 10^5$ Pascal), um eine Zellenexplosion zu verhindern. Unter derartig extremen Bedingungen ermöglicht es der Bruch der Entlüftungsmembran **70**, dass Gas aus dem Zelleninneren durch die Entlüftungslöcher **73** ([Fig. 1](#) und [Fig. 6](#)) in der druckbeständigen Platte **80** entlüftet, woraufhin das Gas in die untere Kammer **78** eintritt. Das Gas verläuft danach von der unteren Kammer **78** zu der oberen Kammer **68** durch die Entlüftungslöcher **63** in der Trägerplatte **60** ([Fig. 1](#)) und bei Bedarf durch die Entlüftungslöcher (nicht abgebildet) in der Isolatorscheibe **35**. In der oberen Kammer **68** angesammeltes Gas wird durch primäre Entlüftungslöcher **67** in der Endkappenplatte **20** in die externe Umgebung entlüftet.

[0039] Die Stromunterbrechermerkmale gemäß der vorliegenden Erfindung können in Bezug auf die Abbildungen der [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) beschrieben werden. Hiermit wird festgestellt, dass in dem darin dargestellten bestimmten Ausführungsbeispiel eine der Zellelektroden über den Streifen **87** in Kontakt mit der Platte **80** gelangt, wenn die Endkappeneinheit **10** an einer Zelle angebracht wird. Bei normalem Zellenbetrieb ist die Platte **80** wiederum elektrisch mit der Endkappenplatte **20** verbunden. Bei einer Lithiumionenzelle kann es sich bei der Elektrode **88**, die sich in Kontakt mit der Platte **80** befindet, in geeigneter Weise um die positive Elektrode handeln. Diese Elek-

trode wird von dem Zellengehäuse **90** isoliert. Die negative Elektrode (nicht abgebildet) wird mit dem Zellengehäuse **90** verbunden. Da Ausführungsbeispiel aus [Fig. 1](#) zeigt die Konfiguration der Endkappeneinheit vor der Unterbrechung des Stroms entweder durch Aktivierung der thermischen Stromunterbrecher-Bimetallscheibe **40** oder durch Aktivierung der Druckentlastungsmembran **70**. In dem besonderen Ausführungsbeispiel, das in der Abbildung aus [Fig. 1](#) veranschaulicht ist, befindet sich die Platte **80** in elektrischem Kontakt mit der Membran **70**, und die Membran **70** befindet sich in elektrischem Kontakt mit der Trägerplatte **60**. Die Trägerplatte **60** befindet sich in elektrischem Kontakt mit der Kontaktplatte **15**, die sich in elektrischem Kontakt mit dem elastischen Element **50** befindet, das sich wiederum in elektrischem Kontakt mit der Endkappe **20** befindet. Bei dem integrierten Endkappendesign gemäß der vorliegenden Erfindung, das in der Abbildung aus [Fig. 1](#) abgebildet ist, kann der elektrische Kontakt zwischen der Elektrode **88**, die sich in Kontakt mit der Druckplatte **80** und der Endkappe **20** befindet, auf zweierlei Art und Weise unterbrochen werden. Wenn, wie dies vorstehend im Text beschrieben worden ist, sich in der Zelle ein Druck bis auf einen vorbestimmten Schwellenwert aufbaut, so wird der Kontakt zwischen der Membran **70** und der Druckplatte **80** unterbrochen, wenn sich die Membranbasis **72** von der Druckplatte **80** weggehend beult. Diese Unterbrechung der Schaltung verhindert es, dass Strom zu oder von der Zelle fließt. Wenn die Zelle alternativ überhitzt, aktiviert sich die Bimetallscheibe **40** der thermischen Unterbrecher-Teileinheit **38**, wenn die innere Zellentemperatur oder die Temperatur der Diode **700** einen vorbestimmten Wert erreicht. Dabei wird die Bimetallscheibe von dem Isolator **35b** nach oben gedrückt, was bewirkt, dass das elastische Element **50** von der Kontaktplatte **15** ausrückt. Dies wiederum unterbricht bzw. trennt den elektrischen Pfad zwischen dem Elektrodenstreifen **87** und der Endkappe **20**, wodurch es verhindert wird, dass Strom zu oder von der Zelle fließt. Es ist ein Vorteil der vorliegenden Erfindung, diese beiden Unterbrechermechanismen in einer einzigen Endkappeneinheit **10** zu integrieren, die in das offene Ende eines Zellengehäuses als eine Einheit eingeführt werden kann. Ferner ist es ein Vorteil, eine Zener-Diode **700** in der Endkappeneinheit **10** für eine verbesserte thermische Empfindlichkeit und eine erhöhte Sicherheit zu integrieren, im Besonderen für den Fall der Erhitzung der Zelle, verursacht durch längeres bzw. zu langes Laden oder den Einsatz einer überhöhten Ladespannung.

[0040] Die Bimetallscheibe **40** ist vorzugsweise nicht physisch an der darunter liegenden Isolatorscheibe **35** angebracht, sondern kann sich frei bewegen, das heißt, sie ruht in einem frei schwebenden Zustand auf dem Scheibenarm **35b**, wie dies in der Abbildung aus [Fig. 1](#) dargestellt ist. Bei einem derartigen Design fließt zu keiner Zeit Strom durch die Bi-

metallscheibe **40**, unabhängig davon, ob die Zelle lädt oder entlädt. Der Grund dafür ist es, dass sich die Scheibe **40** im inaktiven Zustand nicht in elektrischem Kontakt mit der Kontaktplatte **15** befindet. Wenn sich die Zelle jedoch über eine vorbestimmte Schwellenwerttemperatur überhitzt, so ist die Bimetallscheibe **40** mit der entsprechenden Kalibrierung gestaltet, so dass sie schnappt oder sich verformt ([Fig. 2](#)), was bewirkt, dass sie das elastische Element **50** von der Kontaktplatte **15** weg drückt, wodurch verhindert wird, dass Strom zwischen den Zellenanschlüssen fließt. Die Bimetallscheibe **40** wird kalibriert, so dass sie eine vorbestimmte einwärts gekrümmte Form aufweist, die es ermöglicht, dass die Scheibe betätigt wird, wenn eine bestimmte Schwellenwerttemperatur erreicht wird. Die frei schwebende Konstruktion der Bimetallscheibe **40** an dem Isolatorscheibenarm **35b** gemäß der vorstehenden Beschreibung ermöglicht es zu keiner Zeit, dass Strom dort hindurch fließt, unabhängig davon, ob sich die Zelle lädt oder entlädt. Dies erleichtert die Kalibrierung der Scheibe **40** und macht sie präziser, da kein Heizeffekt vorhanden ist, bewirkt durch einen Stromfluss durch die Bimetallscheibe **40** (I^2R -Erhitzung). Die Bimetallscheibe **40** kann in geeigneter Weise zwei Lagen bzw. Schichten aus unterschiedlichen Metallen mit unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten umfassen. Die obere Schicht der Bimetallscheibe **40** (die Schicht bzw. Lage, die der Endkappe **20** am nächsten ist) kann aus einem Metall mit hoher Wärmeausdehnung bestehen, vorzugsweise aus einer Nickel-Chrom-Eisen-Legierung, und die darunter liegende oder untere Schicht kann aus einem Metall mit geringer Wärmeausdehnung bestehen, vorzugsweise einer Nickel-Eisen-Legierung. In einem derartigen Ausführungsbeispiel kann die Scheibe **40** sich aktivieren, wenn die Temperatur auf mindestens zwischen etwa 60 und 75 °C ansteigt, was eine ausreichende Verformung der Scheibe **40** bewirkt, um das elastische Element **50** aus dem Kontakt mit der Kontaktplatte **15** zu drücken. Ferner können die Metallschichten mit hoher und niedriger Wärmeausdehnung so ausgewählt werden, dass die Scheibe **40** nicht an den Ausgangszustand zurückkehrt, ausgenommen bei einer Temperatur unterhalb von -20 °C, wodurch die Vorrichtung für die meisten Anwendungen zu einer thermostatischen Vorrichtung mit Einmalbetätigung wird.

[0041] Die bevorzugten Materialien bzw. Werkstoffe für die vorstehend beschriebenen Komponenten werden wie folgt beschrieben: die Endkappe **20** besteht vorzugsweise aus Edelstahl oder vernickeltem Stahl mit einer Dicke zwischen etwa 8 und 15 Milliinch (0,2 bis 0,375 mm), um angemessene Stützfunktion, Stärke und Korrosionsbeständigkeit bereitzustellen. Die Außenwand **30** der Endkappeneinheit **10** besteht vorzugsweise ebenfalls aus Edelstahl oder vernickeltem Stahl mit einer Dicke zwischen etwa 8 und 15 Milliinch (0,2 bis 0,375 mm). Die Druckplatte **80** be-

steht vorzugsweise aus Aluminium mit einer Dicke zwischen etwa 10 und 20 Milliinch (0,25 und 0,5 mm), die in der Mitte an dem Punkt des Schweißkontakts mit der Membranbasis **72** auf etwa zwischen 2 und 5 Milliinch (0,05 und 0,125 mm) reduziert werden kann. Der Isolator-Abstandsring **42** kann aus einem hochtemperaturfesten thermoplastischen Material bestehen, wie etwa aus hochtemperaturfestem Polyester, das Stärke bzw. Festigkeit und Haltbarkeit bereitstellt, erhältlich unter der Handelsbezeichnung VALOX von der General Electric Plastics Company. Der Crimp-Ring **55** besteht vorzugsweise aus Edelstahl oder vernickeltem Stahl mit einer Dicke zwischen etwa 8 und 15 Milliinch (0,2 bis 0,375 mm), um Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit bereitzustellen. Die Membran **70** besteht vorzugsweise aus Aluminium mit einer Dicke zwischen etwa 3 und 10 Milliinch (0,075 bis 0,25 mm). Bei einer derartigen Dicke löst sich die Membran von ihrer Schweißverbindung mit der Druckplatte **80**, wenn der innere Gasdruck einen Schwellenwertdruck zwischen etwa 100 und 250 psi ($6,89 \times 10^5$ und $17,2 \times 10^5$ Pascal) überschreitet. Wenn der innere Gasdruck einen Druck zwischen etwa 250 und 400 psi ($17,2 \times 10^5$ und $27,6 \times 10^5$ Pascal) überschreitet, bricht die Membran **70**, um eine zusätzliche Entlastung in Bezug auf den aufgebauten Gasdruck bereitzustellen. Die Isolatorscheibe **35**, an welcher die Bimetallscheibe **40** ruht, besteht vorzugsweise aus einem Material mit hoher Druckfestigkeit und hoher thermischer Beständigkeit bzw. Wärmebeständigkeit und geringer Formschrumpfung. Bei einem geeigneten Material für die Scheibe **35** handelt es sich um ein Flüssigkristallpolymer oder dergleichen mit einer Dicke zwischen etwa 10 und 30 Milliinch (0,25 und 0,75 mm), erhältlich unter der Handelsbezeichnung VECTRA von der Celanese Co. Die Trägerplatte **60** besteht vorzugsweise aus Edelstahl oder vernickeltem Stahl, um eine ausreichende Stärke bzw. Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit bei einer Dicke zwischen etwa 10 und 30 Milliinch (0,25 und 0,75 mm) bereitzustellen. Das elastische Element **50** wird in vorteilhafter Weise aus Beryllium-Kupfer, einer Nickel-Kupfer-Legierung, Edelstahl oder dergleichen mit guter Federwirkung und ausgezeichneter elektrischer Leitfähigkeit gebildet. Eine geeignete Dicke für das elastische Element **50**, wenn dieses aus Beryllium-Kupfer oder einer Nickel-Kupfer-Legierung gebildet wird, liegt zwischen etwa 3 und 8 Milliinch (0,075 und 0,2 mm), um eine ausreichende Festigkeit und Stromführungsfähigkeit vorzusehen. Das Material kann mit Silber oder Gold in dem Kontaktbereich plattiert sein oder eine Silber- oder Goldeinlage in diesem Bereich aufweisen, um in diesem Bereich einen niedrigeren elektrischen Widerstand bereitzustellen. Die Kontaktplatte **15** wird in vorteilhafter Weise aus kaltgewalztem Stahl gebildet, der mit einem Edelmetall plattiert ist, wie etwa Gold oder Silber, um den Kontaktwiderstand zu senken und die Zuverlässigkeit zu erhöhen. Ferner kann die Platte aus einer Nickel-Kupfer-Hülllegierung, Edel-

stahl oder vernickeltem Stahl gebildet werden. Die Durchführung **25** wird für gewöhnlich aus einem Polymer hergestellt, wie etwa aus Nylon oder Polypropylen. Die Dichtung um die Komponenten der Endkappeneinheit sollte luftdicht bzw. hermetisch sein, so dass es verhindert wird, dass Elektrolyt in flüssiger Form oder als Dampf in die Endkappenkammern eintritt oder die Zelle verlässt.

[0042] Nachdem die Endkappeneinheit **10** fertig gestellt worden ist, kann sie in das offene Ende **95** eines zylindrischen Zellengehäuses **90** eingeführt werden, wie dies in der Abbildung aus [Fig. 7](#) dargestellt ist. Der umfängliche Rand des Zellengehäuses **90** ist an dessen offenen Ende an die äußere Wand der Abdeckung **30** der Endkappeneinheit **10** geschweißt, um einen hermetischen bzw. luftdichten Verschluss zwischen der Endkappeneinheit **10** und dem Zellengehäuse **90** bereitzustellen. Der radiale Druck der umfänglichen Wand des Crimp-Rings **55** an der Durchführung **25** und der Membran **70** erzeugt einen luftdichten Verschluss um die inneren Komponenten der Endkappeneinheit **10**.

[0043] In der Abbildung aus [Fig. 4](#) ist als Endkappeneinheit **110** ein alternatives Ausführungsbeispiel des Endkappendesigns sowohl mit einem Druckentlastungsmechanismus als auch mit einem darin integrierten thermisch aktivierten Stromunterbrechermechanismus dargestellt. Das Ausführungsbeispiel aus [Fig. 4](#) ist dem vorstehend in Bezug auf die Abbildungen der [Fig. 1–Fig. 3](#) beschriebenen Ausführungsbeispiel ähnlich, mit der Ausnahme, dass keine Bimetallscheibe eingesetzt wird, um den federartigen Mechanismus zu aktivieren. Stattdessen ist ein thermisches Pellet **175** bereitgestellt, um ein elastisches, federartiges Element **150** in elektrischem Kontakt mit der Kontaktplatte **115** zu halten. Die Kontaktplatte **115** wiederum befindet sich in elektrischem Kontakt mit der Endkappenplatte **20**. Das elastische Element **150** kann einen elongierten metallischen Arm **150a** umfassen, der an einem Ende an die Trägerplatte **60** geschweißt ist. Die Trägerplatte **60** befindet sich in elektrischem Kontakt mit der Membran **70**, die wiederum an einen erhöhten Abschnitt **82** der darunter liegenden druckbeständigen Platte **80** geschweißt ist. Ein Elektrodenstreifen **87** befindet sich in elektrischem Kontakt mit der Platte **80**. Das elastische Element **150** endet vorzugsweise an dessen gegenüberliegenden Ende in einem schalenförmigen oder konvex geformten Teilstück bzw. Abschnitt **150b**, der die Kontaktplatte **115** berührt. Somit existiert ein elektrischer Kontakt zwischen der Trägerplatte **60** und der Endkappe **20**, solange das elastische Element **150** an die Kontaktplatte **115** gedrückt gehalten wird. Die Trägerplatte **60** wiederum befindet sich in elektrischem Kontakt mit der Aluminiummembran **70**, die sich in Kontakt mit der Platte **80** und einer Zellenelektrode **88** über den Streifen **87** befindet, wenn die Endkappeneinheit **110** an einer Zelle angebracht wird.

(Die Endkappeneinheit **110** kann an einer Zelle angebracht werden, indem sie in das offene Ende eines zylindrischen Gehäuses **90** auf die gleiche Art und Weise eingeführt wird, wie dies vorstehend bereits in Bezug auf das Ausführungsbeispiel aus [Fig. 1](#) beschrieben worden ist.) Wenn das elastische Element **150** somit durch das thermische Pellet **175** an die Kontaktplatte **115** gedrückt gehalten wird, existiert ein elektrischer Kontakt zwischen einer Zellenelektrode **88** (über den Streifen **87**) und der Endkappenplatte **20**, wodurch ein normaler Zellenbetrieb ermöglicht wird. Wenn die Zelle über eine vorbestimmte Schwellentemperatur überhitzt, schmilzt das Pellet **175**, wodurch die Stütz- bzw. Trägerfunktion für das elastische Element **150** entfernt wird. Das Schmelzen des Pellets **175** bewirkt, dass das elastische Element nach unten schnappt und den elektrischen Kontakt mit der Kontaktplatte **115** unterbricht. Dies wiederum trennt den elektrischen Pfad zwischen dem Elektrodenstreifen **87** und der Endkappe **20**, so dass verhindert wird, dass Strom zu oder von der Zelle fließt. Wenn der Innendruck in der Zelle einen vorbestimmten Wert überschreitet, bricht die Membran **70**, wodurch der elektrische Kontakt zwischen der Platte **80** und der Membran **70** getrennt wird und es zudem ermöglicht, dass Gas durch entsprechende Entlüftungslöcher **63** und **67** in der Trägerplatte **60** und der Endkappe **20** in die externe Umgebung austritt.

[0044] Die Endkappeneinheit **110** ([Fig. 4](#)) kann ferner eine Diode aufweisen, vorzugsweise eine Wafer-Zener-Diode **700** mit ovaler oder polygonaler Scheibenkonfiguration, vorzugsweise mit einer quadratischen Konfiguration, wie dies in der Abbildung aus [Fig. 12](#) dargestellt ist. Die Zener-Diode wird in der Nähe des thermischen Pellets **175** platziert, wie dies in der Abbildung aus [Fig. 4](#) dargestellt ist. Die positive metallische Seite **720** der Diode wird mit der Endkappe **20** verbunden, indem sie an dieser durch ein leitfähiges Lötmedium angebracht wird. Eine leitfähige Zuleitung **702**, die in Form eines metallischen Drahts oder Streifens vorgesehen werden kann, ist so bereitgestellt, dass sie sich von der negativen Seite **730** der Diode erstreckt. Die Zuleitung **702** kann elektrisch mit dem Crimp-Ring **55** der Endkappeneinheit verbunden sein. Die Verbinderzuleitung **702** kann an die negative Seite **730** geschweißt werden. Der Crimp-Ring **55** ist elektrisch mit der äußeren Wand **30** verbunden, die wiederum elektrisch mit dem negativen Zellenanschluss verbunden wird, indem dieser an das Zellengehäuse **90** geschweißt wird. Somit wird die negative Zuleitung **702**, die sich von der Diode erstreckt, elektrisch mit dem negativen Anschluss der Zelle (Zellengehäuse) verbunden. Eine elektrische Isolierung **703** wird über und unter der negativen Zuleitung **702** bereitgestellt, wobei die Zuleitung **702** von der Isolierung umgeben ist, um sie vor einem Kontakt mit der Endkappe **20** oder jedem anderen der inneren metallischen, positiven Komponenten in der Endkappeneinheit **110** zu schützen. Die

Isolierung **703** kann in Form eines Polyesterfilms oder eines Polyimids vorgesehen werden. Alternativ kann die Isolierung **703** aus Polyvinylchlorid bestehen. In ähnlicher Weise ist die frei liegende metallische negative Seite **730** der Diode mit isolierendem Material überzogen, wie etwa bei einem isolierenden Film aus Polyester oder Polyimid, um einen Kontakt zwischen der negativen Seite **730** der Diode und den positiven metallischen Komponenten in der Einheit **110** zu verhindern. Die Zener-Diode **700** weist in wünschenswerter Weise eine Zener-Spannung unter etwa 5,0 Volt auf, vorzugsweise zwischen etwa 4,7 und 5,0 Volt, sowie eine Wattleistung zwischen etwa 100 und 500 Mikrowatt zur Verwendung in der Endkappeneinheit **110**, wenn diese an Lithiumionenzellen angewandt wird. Eine bevorzugte Zener-Diode **800** zur Anbringung an der Endkappeneinheit **110**, die in Verbindung mit einer Lithiumionenzelle eingesetzt wird, kann eine Zener-Diode (500 Mikrowatt) als Wafer-Chip mit der Typnr. CDC5230 darstellen, mit einer Zener-Spannung von 4,7 Volt, die von Compensated Devices Inc., Melrose, Massachusetts, USA, erhältlich ist.

[0045] Die bevorzugten Materialien für die Endkappe **20**, die Trägerplatte **60**, die Kontaktplatte **115** und die Aluminiummembran **70**, die in Bezug auf das Ausführungsbeispiel aus [Fig. 4](#) genannt werden, können den Materialien entsprechen, die für die entsprechenden Elemente mit den gleichen Bezugsziffern aus den Abbildungen der [Fig. 1–Fig. 3](#) beschrieben worden sind. Die Kontaktplatte **115** wird vorzugsweise aus Edelstahl oder nickelplattiertem, kaltgewalztem Stahl gebildet, plattiert mit Silber oder Gold, um deren Kontaktwiderstand zu senken. Die in der Abbildung aus [Fig. 4](#) dargestellte Isolatorscheibe **120** wird vorzugsweise aus einem hochtemperaturfesten thermoplastischen Material mit ausgezeichneten dielektrischen Eigenschaften hergestellt. Bei einem bevorzugten Material für die Scheibe **120** kann es sich um Polyimid handeln, das unter der Handelsbezeichnung KAPTON von E.I. DuPont Co. erhältlich ist, oder um ein hochtemperaturfestes Polyester, das unter der Handelsbezeichnung VALOX von General Electric Plastics Co. erhältlich ist. Das elastische Element **150** kann in vorteilhafter Weise aus Beryllium-Kupfer-Legierung mit einer Dicke zwischen etwa 5 und 10 Milliinch (0,125 und 0,25 mm) gebildet werden, um eine gute Leitfähigkeit bereitzustellen, wenn es sich in Kontakt mit der Platte **115** befindet, sowie eine zuverlässige Federwirkung, wenn der Druck des Pellet **175** darauf entzogen wird. Darüber hinaus kann der elastische Arm **150** mit Silber oder Gold plattiert werden, um dessen Leitfähigkeit zu erhöhen. Das thermische Pellet **175** wird in vorteilhafter Weise aus einem Polymer mit einem verhältnismäßig niedrigen Schmelzpunkt gebildet, der zum Beispiel zwischen etwa 65 °C und 100 °C liegt und dabei noch eine ausgezeichnete Druckfestigkeit aufweist, um den elastischen Arm **150** während normalem Zellen-

betrieb an der Verwendungsposition zu halten. Ein geeignetes Material für das thermische Pellet **175** mit derartigen Eigenschaften ist ein Polyethylenwachs, das unter der Handelsbezeichnung POLYWAX von Petrolyte Co. erhältlich ist. Ein thermisches Pellet **175** eines derartigen Polyethylenwachses schmilzt innerhalb eines wünschenswerten Temperaturbereichs zwischen etwa 75 °C und 80 °C.

[0046] Ein weiteres alternatives Ausführungsbeispiel ist in den Abbildungen der [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) dargestellt. Dieses Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in den Abbildungen der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellten Ausführungsbeispiel und dient der gleichen Anwendung, mit der Ausnahme, dass der thermisch ansprechende Stromunterbrechermechanismus ein Formgedächtnislegierungselement **45** an Stelle der Bimetallscheibe **40** und der Feder **50** umfasst. Eine Formgedächtnislegierung ist eine Legierung, durch die ein plastisch verformtes Metall wieder in dessen Ausgangsform versetzt wird, und zwar durch eine Festkörperphasenveränderung, die durch Erhitzung bewirkt wird. Das Formgedächtnis-Ansprechverhalten wird durch die starke kristallographische Beziehung zwischen der auf niedriger Temperatur stabilen Phase, die als Martensit bekannt ist, und der auf hoher Temperatur stabilen Phase, die als Austenit bekannt ist, erreicht. Die Form, die im Gedächtnis bleiben muss, wird in der Austenit-Phase gebildet, wenn die Legierung an der Verwendungsposition gehalten und erhitzt wird, und wenn die Legierung abgekühlt wird, entwickelt das Material die martensitische Struktur. Wenn die Formgedächtnislegierung im Einsatz erhitzt wird, kehrt sie wieder an die im Gedächtnis gespeicherte Form in der Austenit-Phase zurück. Formgedächtnislegierungen für die hierin beschriebenen Anwendungen sind zum Beispiel von der Special Metals Corp., New Hartford, N.Y., USA, im Handel erhältlich.

[0047] Das Formgedächtnislegierungselement **45** ([Fig. 9](#)) ist elektrisch leitfähig und kann in vorteilhafter Weise die gleiche Form wie die Feder **50** aufweisen ([Fig. 1](#)). Somit kann es in wünschenswerter Weise aus einer einzigen, teilweise hohlen Scheibe gebildet werden, wie zum Beispiel einer Scheibe **45** mit einer unterbrochenen Oberfläche, d.h. einer Oberfläche mit einer dort hindurch gehenden Öffnung **45f** ([Fig. 5](#)). Die Scheibe **45** weist einen äußeren Rand **45a** ([Fig. 5](#)) und einen flexiblen Abschnitt **45b** auf, der von dem peripheren Rand **45a** einwärts in den hohlen Abschnitt vorsteht, wie z.B. in die genannte Öffnung. Der flexible Abschnitt **45b** wird in vorteilhafter Weise vorab mit einer leichten Biegung **45e** in dessen Oberfläche geformt, wie dies in der Abbildung aus [Fig. 9](#) dargestellt ist, so dass das abschließende bzw. Anschlussende **45c** flach an der Kontaktplatte **15** liegt, so dass der elektrische Pfad zwischen der positiven Elektrode **87** und der Endkappe **20** fertig gestellt wird. Die Dicke des flexiblen Abschnitts **45b**

ist kleiner als die Länge. Die Dicke des flexiblen Abschnitts **45b** ist in wünschenswerter Weise kleiner als 1 mm, wobei sie vorzugsweise zwischen 0,2 und 0,5 mm liegt. Das flexible Element **45b** ist horizontal in der Endkappeneinheit **10** ausgerichtet, wie dies in der Abbildung aus [Fig. 9](#) dargestellt ist, so dass der Strompfad durch das Element **45b** zumindest im Wesentlichen in die Richtung der Dicke ausgerichtet ist, und wobei im Wesentlichen der ganze Strompfad durch das Element **45b** in die Richtung der Dicke verläuft. Wenn die Zelleninnentemperatur aus irgendeinem Grund zu hoch wird, wie zum Beispiel beim Auftreten einer unregelmäßigen exothermen Reaktion, biegt sich das Gedächtnismetallelement **45** und wird flach, wodurch der elektrische Kontakt mit der Kontaktplatte **15** unterbrochen wird. Bei einer Anwendung in Verbindung mit wiederaufladbaren Batterien bzw. Akkus, im Besonderen in Verbindung mit Lithiumionenzellen, kann die Gedächtnismetalllegierung **45** durch den Hersteller so vorgeformt werden, dass sie sich auf einer Temperatur zwischen 60 °C und 120 °C in wünschenswerter Weise biegt. Wenn eine derartige Temperatur erreicht wird, biegt sich das Gedächtnismetallelement **45** sofort, so dass der Stromfluss unterbrochen und die Zelle abgeschaltet wird, wodurch eine exotherme Reaktion verhindert wird, die zu einer Situation der thermischen Zerstörung führen kann.

[0048] Eine wünschenswerte Formgedächtnislegierung zur Aktivierung bei derartigen Temperaturen kann aus bekannten Gedächtnislegierungsgruppen ausgewählt werden, wie zum Beispiel Nickel-Titan (Ni-Ti), Kupfer-Zink-Aluminium (Cu-Zn-Al) und Kupfer-Aluminium-Nickel (Cu-Al-Ni). Es konnte jedoch festgestellt werden, dass es sich bei der wünschenswertesten Legierung für das Formgedächtnislegierungselement **45** um eine Nickel-Titan-Legierung zur Anwendung als ein Stromunterbrecher für elektrochemische Zellen gemäß der vorstehenden Beschreibung handelt. Eine bevorzugte Nickel-Titan-Gedächtnislegierung ist unter der Handelsbezeichnung NITINOL von der Special Metals Corporation erhältlich. Das Formgedächtniselement **45** kann aus einer rücksetzbaren Legierung bestehen, das heißt, einer Legierung, die sich bei Erhitzung verformt, jedoch nach dem Abkühlen wieder an ihre ursprüngliche Form zurückkehrt, ohne dass externe Kraft ausgeübt wird. Für die vorliegende Anwendung muss das Formgedächtniselement **45** jedoch nicht rücksetzbar sein, das heißt, es kann sich unumkehrbar verformen, wenn es auf dessen Aktivierungstemperatur erhitzt wird. Das Gedächtniselement **45** des bevorzugten Legierungsmaterials, der NITINOL-Legierung, wird normalerweise so hergestellt, dass es nach dessen Aktivierung nicht mehr rücksetzbar ist. Das bevorzugte Gedächtniselement **45** aus der Legierung NITINOL kann in geeigneter Weise als ein Stück mit einem kreisförmigen peripheren Rand ([Fig. 5](#)) hergestellt werden, von dem ein flexibler Ab-

schnitt einwärts vorsteht. Der flexible Abschnitt **45b** kann in geeigneter Weise eine rechteckige Form aufweisen und einen äußeren Abschnitt **45d** und einen inneren Abschnitt **45c** umfassen, die durch eine Biegung **45e** getrennt sind. Das Gedächtniselement **45** biegt sich entlang der Biegung **45e**, wenn eine vorbestimmte Aktivierungstemperatur erreicht worden ist, vorzugsweise eine Temperatur zwischen etwa 60 °C und 120 °C, wobei das Element **45b** aus dem Kontakt bzw. der Berührung mit der Kontaktplatte **15** abgelenkt wird, wie dies in der Abbildung aus [Fig. 10](#) dargestellt ist, wodurch der Stromfluss in der Zelle unterbrochen wird. Um einen derartigen Aktivierungseffekt zu erreichen, wurde bestimmt, dass die Dicke des NITINOL-Legierungselements **45** in vorteilhafter Weise im Bereich zwischen etwa 0,2 und 0,5 mm liegen kann, mit einem derartigen Oberflächenbereich, so dass der Widerstand des genannten Elements kleiner ist als etwa 5 Milliohm. Die vorstehend beschriebene Form für das Gedächtniselement **45**, das heißt die hohle Scheibe mit einem kreisförmigen äußeren Rand **45a**, von dem ein flexibler Abschnitt **45b** einwärts vorsteht, ist wünschenswert, da sie eine reduzierte Dicke und eine gute Kontaktfläche ermöglicht, um den Widerstand des Elements **45** insgesamt zu reduzieren. Das Formgedächtniselement **45** weist in wünschenswerter Weise eine Formänderungsbelastung von nicht mehr als acht Prozent auf. Ferner liegt der Winkel zwischen dem Abschnitt **45c** und dem Abschnitt **45d** in wünschenswerter Weise zwischen etwa 10 und 20 Grad. Dies ermöglicht eine Ablenkung des Gedächtniselements **45b** weg von der Kontaktplatte **15** und eine Abflachung, wenn die Aktivierungstemperatur erreicht wird. Bei einer Anwendung in Verbindung mit Lithiumionenzellen kann das vorstehend beschriebene bevorzugte Design für das Gedächtniselement **45** dazu führen, dass der Gesamtwiderstand kleiner ist als 5 Milliohm, was wiederum während ununterbrochenem Zellenbetrieb eine Stromentnahme von bis zu 5 Ampere ermöglicht. Zwar ist eine rechteckige Form für den flexiblen Abschnitt **45b** wünschenswert, wobei aber auch andere Formen eingesetzt werden können, wobei das flexible Abschnittselement **45** zum Beispiel eine gewisse Konizität aufweisen kann, so dass die durchschnittliche Breite von **45b** kleiner ist als die durchschnittliche Breite des Abschnitts **45d**. Bei dem bevorzugten Design kann die untere Oberfläche des Speicherelements **45** glatt sein, d.h. ohne Schenkel oder Vorsprünge, die davon ausgehen.

[0049] Das Gedächtnismetall **45** weist den Vorteil auf, dass es in der Feder **50** weniger Komponenten benötigt, wobei auf die Feder **50**, die in Verbindung mit dem Ausführungsbeispiel der Bimetallscheibe eingesetzt wird, verzichtet werden kann. Somit weist das Gedächtniselement **45** die in ein Element integrierten dualen Eigenschaften der auf Hitze ansprechenden Aktivierung und der federartigen Biegung nach einer derartigen Aktivierung auf. Ferner ist die

federartige Kraft je Masseinheit des Gedächtniselements **45** größer als die der Bimetallscheibe **40**. Diese Eigenschaft macht das Gedächtniselement **45** besonders geeignet für eine Anwendung in Verbindung mit kleinen Zellen, wie zum Beispiel mit Zellen der Größe AAA oder mit dünnen prismatischen wieder-aufladbaren Zellen. In diesem Fall der Zellen mit einem Durchmesser oder einer Breite, die kleiner ist als die Breite von Zellen der Größe AAA, einer Breite von weniger als etwa 10,0 mm, kann auf die zerbrechliche Druckmembran **70** verzichtet werden, aufgrund des geringen zur Verfügung stehenden Platzes in der Endkappeneinheit **10**. Bei einer derartigen Anwendung können das Gedächtniselement **45** und das vorstehend beschriebene bevorzugte strukturelle Design für die Endkappeneinheit **10** weiterhin eingesetzt werden, mit der Ausnahme, dass die Trägerplatte **60** und die Membran **70** in einem einzigen Element zusammengeführt werden können, das die Form und Ausrichtung der Platte **60** aus der Abbildung aus [Fig. 9](#) aufweist. Bei einem derartigen Design kann auf die untere Kammer **78** und die Entlüftungslöcher **63** verzichtet werden. Die Kontaktplatte **15** kann ebenfalls optional sein, da sich das Formgedächtniselement **45b** in direktem elektrischem Kontakt mit der Platte **60** befinden kann, die somit als die Kontaktplatte fungieren kann.

[0050] Die Endkappeneinheit **10** ([Fig. 9](#) und [Fig. 10](#)) kann auch eine Diode aufweisen, vorzugsweise eine Wafer-Zener-Diode **700** mit ovaler oder polygonaler Scheibenkonfiguration, vorzugsweise mit einer quadratischen Konfiguration gemäß der Abbildung aus [Fig. 12](#). Die Zener-Diode wird in der Nahe des Formgedächtniselements **45** platziert, wie dies in den Abbildungen der [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) dargestellt ist. Es ist ein Vorteil, eine Zener-Diode **700** in die Endkappeneinheit **10** zu integrieren, um eine verbesserte thermische Empfindlichkeit und eine höhere Sicherheit zu erreichen, speziell für den Fall der Zellenerhitzung, die durch längeres Laden oder den Einsatz einer überhöhten Ladespannung bewirkt wird. Die positive metallische Seite **720** der Diode wird mit der Endkappe **20** verbunden, indem sie durch ein leitfähiges Lötmedium an dieser angebracht wird. Eine leitfähige Zuleitung **702**, welche in Form eines metallischen Drahts oder Streifens vorgesehen sein kann, ist so bereitgestellt, dass sie sich von der negativen Seite **730** der Diode erstreckt. Die Verbindierzuleitung **702** kann elektrisch mit dem Crimp-Ring **55** der Endkappeneinheit verbunden werden. Die Verbindierzuleitung **702** kann an die negative Seite **730** der Diode geschweißt werden. Der Crimp-Ring **55** ist elektrisch mit der äußeren Wand **30** verbunden, die wiederum elektrisch mit dem negativen Anschluss der Zelle verbunden wird, und zwar durch Schweißen an das Gehäuse **90** der Zelle. Somit wird die elektrische Zuleitung **702**, die sich von der Diode erstreckt, elektrisch mit dem negativen Anschluss (Zellengehäuse) der Zelle verbunden. Eine elektrische Isolierung **703** wird

über und unter der negativen Zuleitung **702** bereitgestellt, um diese vor einem Kontakt mit der Endkappe **20** ([Fig. 9](#) und [Fig. 10](#)) oder allen anderen inneren metallischen Komponenten in der Endkappeneinheit **10** zu schützen, die positiv sind. Die Isolierung **703** kann in Form eines Films vorgesehen werden, der sich aus Polyester oder Polyimidmaterial zusammensetzt. Alternativ kann es sich bei der Isolierung **703** um Polyvinylchlorid handeln. In ähnlicher Weise ist die frei liegende metallische negative Seite **730** der Diode mit einem isolierenden Material **703** abgedeckt bzw. überzogen, wie zum Beispiel mit einem isolierenden Film als Polyester oder Polyimidmaterial, um einen Kontakt zwischen der negativen Seite **730** der Diode und metallischen Komponenten in der Einheit **10** zu verhindern, die positiv sind. Die Zener-Diode **700** weist in wünschenswerter Weise eine Zener-Spannung von unter etwa 4,7 Volt auf, wobei die Spannung vorzugsweise zwischen etwa 4,7 und 5,0 Volt liegt, und wobei die Zener-Diode eine Wattleistung zwischen etwa 100 und 500 Mikrowatt aufweist, und zwar bei einem Einsatz in der Endkappeneinheit **10**, wenn diese in Verbindung mit Lithiumionenzellen eingesetzt wird. Bei einer bevorzugten Zener-Diode **700** zur Anwendung in Verbindung mit der Endkappeneinheit **10** ([Fig. 9](#) und [Fig. 10](#)), die in Verbindung mit einer Lithiumionenzelle eingesetzt wird, kann es sich um einen Zener-Dioden-Wafer-Chip (500 Mikrowatt) der Typnummer CDC5230 mit einer Zener-Spannung von 4,7 Volt handeln, erhältlich von Compensated Devices Inc., Melrose, Massachusetts, USA.

[0051] Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer Endkappeneinheit, die ein Gedächtnismetallelement **45** aufweist, weist ferner eine auf Druck ansprechende Membran **70** auf, die aktiviert wird, um sich auf die in der Abbildung aus [Fig. 3](#) dargestellte Art und Weise auszudehnen, so dass der elektrische Pfad zwischen der positiven Elektrode **87** und der Endkappenplatte **20** unterbrochen wird, wenn der Druck in der Zelle einen vorbestimmten Wert erreicht. Wie dies ebenfalls bereits vorstehend im Text in Bezug auf die Ausführungsbeispiele aus den Abbildungen der [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) beschrieben worden ist, kann die Druckmembran **70** ([Fig. 9](#) und [Fig. 10](#)) ferner Rillen **63** aufweisen, die so gestaltet sind, dass sie brechen, um Gas dort hindurch zu lassen, wenn der Druck in der Zelle einen vorbestimmten Wert überschreitet. Wenn der Druckaufbau innerhalb der Zelle drastisch ist, bricht auch der zentrale Abschnitt **45** der Membran **70**, wodurch eine breitere Fläche ermöglicht wird für das Austreten von Gas aus dem Zelleninneren.

[0052] Die Abbildung aus [Fig. 5](#) zeigt eine vergrößerte Ansicht der Endkappeneinheit **10** aus den Abbildungen der [Fig. 1](#) und [Fig. 9](#). Die Endkappeneinheit **10** kann hergestellt werden durch den Zusammenbau der in der Abbildung aus [Fig. 5](#) dargestellten Komponenten in der folgenden Reihenfolge: In Be-

zug auf die Konstruktion des Ausführungsbeispiels aus der Abbildung aus [Fig. 1](#) wird eine Vormontageeinheit gebildet, welche die Komponenten **20**, **50**, **40**, **35**, **15**, **60**, **70**, **25** und **55** umfasst. In Bezug auf den Aufbau des Ausführungsbeispiels aus [Fig. 9](#) wird die Vormontageeinheit gebildet, welche die Komponenten **20**, **45**, **35**, **15**, **60**, **70**, **25** und **55** umfasst.

[0053] Die Vormontageeinheit des Ausführungsbeispiels aus [Fig. 1](#) wird in geeigneter Weise erreicht, indem zuerst eine Kunststoffdurchführung **25** in den Crimp-Ring **55** eingeführt wird, wobei danach die Entlüftungsmembran **70** in die Durchführung **25** eingeführt wird, und wobei danach die Trägerplatte **60** mit daran geschweißter Kontaktplatte **15** in die Entlüftungsmembran **70** eingeführt wird. Daraufhin wird die Isolatorscheibe **35** um die Kontaktplatte **15** platziert, und die Bimetallscheibe **40** wird so platziert, dass sie auf dem nach außen geneigten Arm **35b** der Isolatorscheibe **35** ruht. Die Bimetallscheibe **40** ist nicht mit der Isolatorscheibe **35** verbunden, sie ruht jedoch an dieser in einem frei schwebenden Zustand, wobei die Isolatorscheibe die Funktion als Positionierungseinrichtung für die Bimetallscheibe unterstützt. Die obere Oberfläche des äußeren Endes des elastischen, federartigen Elements **50** ist an den umfänglichen Rand der Endkappe **20** geschweißt. Die positive metallische Seite **720** der Zener-Diode **800** ist vorzugsweise durch eine Schweißverbindung mit der inneren Oberfläche der Endkappe **20** verbunden. Die Endkappe **20** mit elastischem Element **50** und daran geschweißter Zener-Diode **700** wird danach über der Isolatorscheibe **35** platziert, so dass der erhöhte zentrale Abschnitt der Kontaktplatte **15** das innere Ende des elastischen Elements **50** berührt, und wobei die untere Oberfläche des äußeren Endes des elastischen Elements **50** den umfänglichen Rand der Isolatorscheibe **35** berührt. Somit ist das äußere Ende des elastischen Elements **50** zwischen die Endkappe **20** und die Isolatorscheibe **35** eingekeilt, und das gegenüberliegende bzw. innere Ende des Elements **50** befindet sich in Kontakt mit der Kontaktplatte **15**. Der negative Anschluss **702** der Diode ist an die Oberkante des Crimp-Rings **55** geschweißt.

[0054] Die Vormontageeinheit des Ausführungsbeispiels aus der Abbildung aus [Fig. 9](#) ist ähnlich aufgebaut, mit der Ausnahme, dass auf die Bimetallscheibe **40** verzichtet wird, und dass das Formgedächtniselement **45** an Stelle der Feder **50** eingesetzt wird. Somit wird die Vormontageeinheit des Ausführungsbeispiels aus [Fig. 9](#) in geeigneter Weise erreicht, indem zuerst die Kunststoffdurchführung **25** in den Crimp-Ring **55** eingeführt wird, wobei danach die Entlüftungsmembran **70** in die Durchführung **25** eingeführt wird, und wobei danach die Trägerplatte **60** mit daran geschweißter Kontaktplatte **15** in die Entlüftungsmembran **70** eingeführt wird. Das Gedächtniselement **45** wird danach an den umfänglichen Rand der Endkappe **20** geschweißt. Die positive metalli-

sche Seite **720** der Zener-Diode **700** ist vorzugsweise durch eine Schweißverbindung mit der inneren Oberfläche der Endkappe **20** verbunden. Die Endkappe **20** mit Gedächtniselement **45** und daran geschweißter Zener-Diode **700** wird danach über der Isolatorscheibe **35** platziert, so dass der erhöhte zentrale Abschnitt der Kontaktplatte **15** das innere Ende des Gedächtniselements **45** berührt, und wobei die untere Oberfläche des äußeren Endes des Gedächtniselements **45** den umfänglichen Rand der Isolatorscheibe **35** berührt. Somit ist das äußere Ende des Gedächtniselements **45** zwischen der Endkappe **20** und der Isolatorscheibe **35** eingekeilt, und das gegenüberliegende oder innere Ende des Elements **45** befindet sich in Kontakt mit der Kontaktplatte **15**.

[0055] In Bezug auf den Aufbau des Ausführungsbeispiels aus [Fig. 1](#) oder aus [Fig. 9](#) wird der Ring **55** danach mechanisch über den oberen Rand der Durchführung **25** gecrimpt, um das obere Ende der Durchführung **25** fest an den umfänglichen Rand der Endkappe **20** zu halten. Dieses Crimpen wird durch das Ausüben einer mechanischen Kraft entlang der Schwerlinie (vertikalen Achse) des Rings **55**. Danach wird in einem zweiten Crimp-Schritt mechanischer Druck radial auf die Wände des Crimp-Rings **55** ausgeübt, wodurch der Zusammenbau der Vormontageeinheit fertig gestellt wird. Das radiale Crimpen dient dazu, die inneren Komponenten der Vormontageeinheit eng aneinander und luftdicht verschlossen in dem Ring **55** zu halten. Die Vormontageeinheit wird danach in die metallische Abdeckung **30** eingeführt, so dass die untere Oberfläche des Crimp-Rings **55** an dem unteren inneren Rand der Abdeckung **30** ruht. Danach wird die untere Oberfläche des Crimp-Rings **55** an die untere innere Oberfläche der Abdeckung **30** geschweißt. Danach wird die Druckplatte **80** in den unteren Bereich des Isolator-Abstandsring **42** eingeschnappt, und der Abstandsring **42** mit daran angebrachter Druckplatte **80** wird danach an der äußeren unteren Oberfläche der Abdeckung **30** platziert, so dass der erhöhte zentrale Abschnitt der Druckplatte **80** die Entlüftungsmembran **70** berührt. Dieser Berührungspunkt zwischen der Druckplatte **80** und der Membran wird danach punktgeschweißt, wodurch der Aufbau bzw. die Konstruktion der Endkappeneinheit **10** fertig gestellt wird. Die Endkappeneinheit **10** kann an einer Zelle angebracht werden, wie zum Beispiel durch Einführen der Einheit in das offene Ende des zylindrischen Gehäuses **90** einer Zelle, wie dies in der Abbildung aus [Fig. 7](#) dargestellt ist, und wobei die äußere Oberfläche der Abdeckung **30** an die innere Oberfläche des zylindrischen Gehäuses **90** an dessen offenen Ende **95** geschweißt wird. Dies führt dazu, dass die in der Abbildung aus [Fig. 8](#) dargestellte Zelle **100** mit der Endkappeneinheit **10** dicht mit dem zylindrischen Gehäuse **90** und der Endkappenplatte **20** versiegelt bzw. verschlossen ist, wobei ein Anschluss bzw. Abschluss der Zelle gebildet wird.

[0056] Die vorliegende Erfindung wurde vorstehend zwar in Bezug auf bestimmte bevorzugte Ausführungsbeispiele beschrieben, wobei die Erfindung jedoch nicht auf die bestimmten Ausführungsbeispiele beschränkt ist, wobei die Erfindung vielmehr durch die Ansprüche definiert wird.

Patentansprüche

1. Endkappeneinheit (10) zur Anbringung an einer elektrochemischen Zelle mit einem positiven und einem negativen Anschluss und einem Elektrodenpaar (Anode und Kathode), wobei die genannte Endkappeneinheit (10) ein Gehäuse und ein frei liegende Endkappenplatte (20) umfasst, wobei die genannte Platte als ein Zellenanschluss fungiert, wobei die genannte Endkappeneinheit (10) einen elektrisch leitfähigen Pfad dort hindurch aufweist, der es ermöglicht, dass die Endkappenplatte elektrisch mit einer Zellelektrode verbunden werden kann, wenn die genannte Endkappeneinheit (10) an einer Zelle angebracht wird, wobei die genannte Endkappeneinheit (10) ferner eine thermisch ansprechende Einrichtung (40, 50) aufweist, um es zu verhindern, dass Strom durch den genannten elektrischen Pfad fließt, und mit einer elektrischen Widerstandseinrichtung (700) in der Nähe der genannten thermisch ansprechenden Einrichtung (40, 50), wobei die genannte Widerstandseinrichtung (700) eine Erwärmung bewirkt, wenn Strom dort hindurch verläuft, wobei die genannte Widerstandseinrichtung (700) einen abnehmenden Widerstand aufweist, wenn die daran angelegte Spannung ansteigt, wobei die genannte thermisch ansprechende Einrichtung (40, 50) aktivierbar ist, wenn die Temperatur in der genannten Endkappeneinheit (10) einen vorbestimmten Wert erreicht, der eine Unterbrechung in dem genannten elektrischen Pfad erreicht.

2. Endkappeneinheit nach Anspruch 1, wobei diese ferner eine auf Druck ansprechende Einrichtung umfasst, die ein zerbrechliches Element umfasst, das an dem Ende der genannten Endkappeneinheit gegenüber der genannten Endkappenplatte angeordnet ist, wobei das genannte zerbrechliche Element zerbricht, wenn der Gasdruck auf dessen Seite am weitesten von der genannten Endkappenplatte entfernt einen vorbestimmten Wert erreicht, wobei ein Bruch in dem genannten Element erzeugt wird, der es ermöglicht, dass Gas dort hindurch verläuft.

3. Endkappeneinheit nach Anspruch 1, wobei die genannte Zelle ein zylindrisches Gehäuse aufweist, und wobei die Endkappeneinheit an der Zelle angebracht wird, indem sie in das offene Ende des zylindrischen Gehäuses eingeführt und die Endkappeneinheit an das Gehäuse geschweißt wird.

4. Endkappeneinheit nach Anspruch 1, wobei die

genannte thermisch ansprechende Einrichtung eine Kammer in der genannten Endkappeneinheit umfasst, mit einem Bimetallelement und einem elastischen, elektrisch leitfähigen Element, wobei das elastische Element ein Teilstück des genannten elektrischen Pfads bildet, wobei sich das Bimetallelement verformt, wenn die Zelltemperatur in der genannten Einheit einen vorbestimmten Wert erreicht, wodurch es gegen das genannte elastische Metallelement drückt, was eine Unterbrechung des genannten elektrischen Pfads bewirkt.

5. Endkappeneinheit nach Anspruch 4, wobei das Bimetallelement frei auf einem elektrisch isolierenden Element in der genannten Endkappeneinheit ruht.

6. Endkappeneinheit nach Anspruch 5, wobei sich ein Teilstück des genannten elastischen Metallelements zwischen einem Teilstück der genannten Endkappenplatte und einem Teilstück des genannten elektrisch isolierenden Elements befindet, und wobei die Endkappeneinheit eine Kontaktplatte umfasst, die einen Teil des genannten elektrischen Pfads bildet, wobei sich das genannte elastische Element in elektrischem Kontakt mit der genannten Kontaktplatte befindet.

7. Endkappeneinheit nach Anspruch 2, wobei diese ferner ein Trennelement umfasst, das über die innere Breite der genannten Endkappeneinheit und zwischen der genannten Endkappenplatte und dem genannten zerbrechlichen Element platziert ist, wobei das genannte Trennelement die genannte thermisch ansprechende Einrichtung von der genannten auf Druck ansprechenden Einrichtung trennt.

8. Endkappeneinheit nach Anspruch 7, wobei das genannte Trennelement eine Metallplatte umfasst, die darin mindestens eine Öffnung aufweist, so dass bei einem Bruch des genannten zerbrechlichen Elements Gas durch die genannte Öffnung und in die genannte Kammer in der genannten Endkappeneinheit tritt.

9. Endkappeneinheit nach Anspruch 8, wobei die genannte Endkappenplatte mindestens eine dort hindurch gehende Öffnung aufweist, so dass bei einem Bruch des genannten zerbrechlichen Elements aus der genannten Kammer gesammeltes Gas durch die genannte Endkappenöffnung und in die externe Umgebung austritt.

10. Endkappeneinheit nach Anspruch 7, wobei das genannte zerbrechliche Element eine zerbrechliche Membran umfasst.

11. Endkappeneinheit nach Anspruch 6, wobei wenn das genannte Bimetallelement eine vorbestimmte Temperatur erreicht, es sich verformt, was

bewirkt, dass das elastische, leitfähige Element dessen elektrische Unterbrechung mit der genannten Kontaktplatte trennt, wodurch eine Unterbrechung des genannten elektrischen Pfads verursacht wird.

12. Endkappeneinheit nach Anspruch 10, wobei diese ferner eine elektrisch isolierende Durchführung umfasst, die sich in Kontakt mit dem peripheren Rand der Endkappenplatte und dem peripheren Rand der Membran befindet, wobei die genannte Endkappeneinheit ferner ein Metallelement (Falzelement) umfasst, das mechanisch um die genannte Durchführung gefalzt wird, um die genannte Membranplatte und die genannte Endkappenplatte unter mechanischer Kompression zu halten.

13. Endkappeneinheit nach Anspruch 12, wobei diese ferner eine metallische Abdeckung um das genannte Falzelement umfasst.

14. Endkappeneinheit nach Anspruch 13, wobei die Endkappeneinheit an einer Zelle angebracht wird, indem sie in das offene Ende eines zylindrischen Gehäuses für die Zelle eingeführt und die äußere Oberfläche der genannten Abdeckung an die innere Oberfläche des genannten Gehäuses geschweißt wird, woraufhin die Endkappeneinheit dicht in dem zylindrischen Gehäuse verschlossen wird, wobei die Endkappenplatte einen Anschluss der Zelle umfasst, der in Bezug auf die externe Umgebung frei liegt.

15. Endkappeneinheit nach Anspruch 1, wobei die thermisch ansprechende Einrichtung ein elastisches, elektrisch leitfähiges Element in elektrischem Kontakt mit der genannten Endkappenplatte umfasst, und mit einer schmelzfähigen Materialmasse, welche das genannte elastische, leitfähige Element in elektrischer Verbindung zwischen der genannten Endkappenplatte und einem anderen leitfähigen Teilstück der Endkappeneinheit hält, wobei das genannte andere leitfähige Teilstück elektrisch mit einer Zellenelektrode verbunden werden kann, wenn die Endkappeneinheit an einer Zelle angebracht wird, wodurch eine elektrische Verbindung zwischen der genannten Endkappenplatte und der genannten Elektrode während dem Zellenbetrieb bereitgestellt wird, wobei wenn die Zellentemperatur einen vorbestimmten Wert erreicht, die genannte Materialmasse schmilzt, wodurch eine Bewegung des genannten elastischen Metallelements bewirkt wird, um die elektrische Verbindung zwischen der genannten Endkappenplatte und der genannten Zellenelektrode zu trennen, wodurch ein Betrieb der Zelle verhindert wird.

16. Endkappeneinheit nach Anspruch 1, wobei diese ferner eine Kammer in dem Gehäuse umfasst, und wobei die genannte thermisch ansprechende Einrichtung ein Formgedächtnislegierungselement (45) umfasst, und wobei die genannte Endkappeneinheit (10) ferner eine auf Druck ansprechende Ein-

richtung (48) umfasst, die ein zerbrechliches Element (70) umfasst, das an dem Ende der genannten Endkappeneinheit (10) gegenüber der genannten Endkappenplatte (20) angeordnet ist, wobei das genannte zerbrechliche Element (70) zerbricht, wenn der Gasdruck auf dessen am weitesten von der genannten Endkappenplatte (20) entfernten Seite einen vorbestimmten Wert erreicht, der einen Bruch in dem genannten Element (70) erzeugt, was es ermöglicht, dass Gas dort hindurch tritt.

17. Endkappeneinheit nach Anspruch 16, wobei die genannte Formgedächtnislegierung eine Nickel-Titan-Legierung umfasst.

18. Endkappeneinheit nach Anspruch 16, wobei die genannte Zelle ein zylindrisches Gehäuse aufweist, und wobei die genannte Endkappeneinheit an der Zelle angebracht wird, indem sie in das offene Ende des zylindrischen Gehäuses eingeführt und die Endkappeneinheit an das Gehäuse geschweißt wird.

19. Endkappeneinheit nach Anspruch 16, wobei die genannte thermisch ansprechende Einrichtung eine Kammer in der genannten Endkappeneinheit umfasst, wobei das Formgedächtnislegierungselement eine Kammer in der genannten Endkappeneinheit umfasst, wobei das Formgedächtnislegierungselement ein Teilstück des genannten elektrischen Pfads bildet, wobei sich das Formgedächtnislegierungselement verformt wenn die Zellentemperatur in der genannten Einheit einen vorbestimmten Wert erreicht, wodurch eine Unterbrechung in dem genannten elektrischen Pfad verursacht wird.

20. Endkappeneinheit nach Anspruch 19, wobei das genannte Formgedächtniselement ein flexibles Element mit einteiliger Konstruktion umfasst, mit einer gebogenen Oberfläche, wobei sich die Oberfläche des genannten Formgedächtniselements verformt, wenn die Zellentemperatur in der genannten Einheit einen vorbestimmten Wert erreicht, wodurch eine Unterbrechung in dem genannten elektrischen Pfad verursacht wird.

21. Endkappeneinheit nach Anspruch 19, wobei das genannte Formgedächtniselement eine Scheibe mit einer dort hindurch gehenden Öffnung umfasst, wobei die genannte Scheibe einen äußeren Rand mit einem flexiblen Teilstück aufweist, das von einem Teilstück des äußeren Rands in die genannte Öffnung vorsteht, wobei der äußere Rand an einer Oberfläche eines isolierenden Elements in der genannten Endkappeneinheit ruht, wobei das genannte flexible Teilstück eine gebogene Oberfläche aufweist, wobei sich die genannte gebogene Oberfläche verformt, wenn die Zellentemperatur in der genannten Einheit einen vorbestimmten Wert erreicht, wodurch eine Unterbrechung in dem genannten elektrischen Pfad verursacht wird.

22. Endkappeneinheit nach Anspruch 21, wobei der genannte äußere Rand des genannten Formgedächtniselements zwischen einem Teilstück der genannten Endkappenplatte und einem Teilstück des genannten elektrisch isolierenden Elements angeordnet ist, und wobei die Endkappeneinheit eine Kontaktplatte umfasst, die einen Teil des genannten elektrischen Pfads bildet, wobei sich das genannte Formgedächtniselement in elektrischem Kontakt mit der genannten Kontaktplatte befindet.

23. Endkappeneinheit nach Anspruch 16, wobei diese ferner ein Trennelement umfasst, das über die innere Breite der genannten Endkappeneinheit und zwischen der genannten Endkappenplatte und dem genannten zerbrechlichen Element platziert ist, wobei das genannte Trennelement die genannte thermisch ansprechende Einrichtung von der genannten auf Druck ansprechenden Einrichtung trennt.

24. Endkappeneinheit nach Anspruch 23, wobei das genannte Trennelement eine Metallplatte umfasst, die darin mindestens eine Öffnung aufweist, so dass bei einem Bruch des genannten zerbrechlichen Elements Gas durch die genannte Öffnung und in die genannte Kammer in der genannten Endkappeneinheit tritt.

25. Endkappeneinheit nach Anspruch 23, wobei die genannte Endkappenplatte mindestens eine dort hindurch gehende Öffnung aufweist, so dass bei einem Bruch des genannten zerbrechlichen Elements aus der genannten Kammer gesammeltes Gas durch die genannte Endkappenöffnung und in die externe Umgebung austritt.

26. Endkappeneinheit nach Anspruch 25, wobei das genannte zerbrechliche Element eine zerbrechliche Membran umfasst.

27. Endkappeneinheit nach Anspruch 26, wobei diese ferner eine elektrisch isolierende Durchführung umfasst, die sich in Kontakt mit dem peripheren Rand der Endkappenplatte und dem peripheren Rand der Membran befindet, wobei die genannte Endkappeneinheit ferner ein Metallelement (Falzelement) umfasst, das mechanisch um die genannte Durchführung gefalzt wird, um die genannte Membranplatte und die genannte Endkappenplatte unter mechanischer Kompression zu halten.

28. Endkappeneinheit nach Anspruch 27, wobei diese ferner eine metallische Abdeckung um das genannte Falzelement umfasst.

29. Endkappeneinheit nach Anspruch 28, wobei die Endkappeneinheit an einer Zelle angebracht wird, indem sie in das offene Ende eines zylindrischen Gehäuses für die Zelle eingeführt und die äußere Oberfläche der genannten Abdeckung an die innere Ober-

fläche des genannten Gehäuses geschweißt wird, woraufhin die Endkappeneinheit dicht in dem zylindrischen Gehäuse verschlossen wird, wobei die Endkappenplatte einen Anschluss der Zelle umfasst, der in Bezug auf die externe Umgebung frei liegt.

30. Endkappeneinheit nach Anspruch 16, wobei das genannte Formgedächtnislegierungselement eine Scheibe umfasst, mit einer durch die Dicke des Elements gehenden Öffnung, wobei das genannte Formgedächtniselement einen peripheren Rand mit einem flexiblen Teilstück aufweist, das von einem Teilstück des genannten peripheren Rands einwärts in die genannte Öffnung vorsteht, wobei der genannte Rand an einer Oberfläche des isolierenden Elements in der genannten Endkappeneinheit ruht, wobei sich das genannte flexible Teilstück verformt, wenn die Zelltemperatur in der Zelleinheit einen vorbestimmten Wert erreicht, wodurch eine Unterbrechung in dem genannten elektrischen Pfad verursacht wird.

31. Verbesserung einer elektrochemischen Zelle der Art, die durch eine Endkappeneinheit (10) gebildet wird, eingeführt in ein zylindrisches Gehäuse (90) mit offenem Ende für die Zelle, wobei die genannte Zelle ferner einen positiven und einen negativen Anschluss aufweist und mit einem Paar interner Elektroden (Anode und Kathode), wobei die genannte Endkappeneinheit (10) ein Gehäuse und eine frei liegende Endkappenplatte (20) aufweist, wobei die genannte Endkappenplatte (20) als ein Zellenanschluss fungiert, wobei die Verbesserung umfasst, dass die genannte Endkappenplatte (20) über einen elektrisch leitfähigen Pfad in der genannten Endkappeneinheit (10) elektrisch mit einer der genannten Elektroden verbunden ist, wobei die genannte Endkappeneinheit (10) folgendes umfasst: a) eine thermisch ansprechende Einrichtung, die ein elektrisch leitfähiges Formgedächtnislegierungselement (45) umfasst, um zu verhindern, dass Strom durch die Zelle fließt; und a.1) eine elektrische Widerstandseinrichtung (700) in der Nähe der genannten thermisch ansprechenden Einrichtung, wobei die genannte Widerstandseinrichtung (700) eine Erwärmung bewirkt, wenn Strom dort hindurch verläuft, wobei die genannte Widerstandseinrichtung (700) einen abnehmenden Widerstand aufweist, wenn die an die Einrichtung angelegte Spannung ansteigt, wobei das genannte Formgedächtniselement (45) ein flexibles Element mit einer gebogenen Oberfläche und einer Dicke umfasst, die kleiner ist als dessen Länge, wobei das genannte flexible Element in der genannten Endkappeneinheit (10) so ausgerichtet ist, dass Strom im Wesentlichen in eine Richtung durch die Dicke des genannten flexiblen Elements (45) fließt, wobei wenn die Zelltemperatur eine vorbestimmte Temperatur erreicht, das genannte Formgedächtniselement (45) entlang der genannten gebogenen Oberfläche abgelenkt wird, was eine Unterbrechung des genannten elektri-

schen Pfads zwischen der genannten Endkappenplatte (20) und der genannten Elektrode verursacht, was es verhindert, dass Strom durch die Zelle fließt.

32. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 1, 16 oder 31, wobei die genannte Widerstandseinrichtung eine Diode umfasst, die in dem genannten Gehäuse angeordnet ist, wobei die genannte Diode einen positiven und einen negativen Anschluss aufweist, die elektrisch parallel mit den entsprechenden positiven und negativen Anschlüssen der genannten Zelle verbunden sind.

33. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 1, 16 oder 31, wobei die genannte Widerstandseinrichtung eine Diodenteileinheit umfasst, die eine Zener-Diode umfasst, die in dem genannten Gehäuse angeordnet ist, wobei die genannte Zener-Diode einen positiven und einen negativen Anschluss aufweist, die elektrisch parallel mit den entsprechenden positiven und negativen Anschlüssen der genannten Zelle verbunden sind.

34. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 33, wobei ein Anschluss der genannten Zener-Diode elektrisch mit der genannten frei liegenden Endkappenplatte der genannten Einheit verbunden ist, wobei der genannte verbundene Anschluss der Zener-Diode die gleiche Polarität aufweist wie die genannte frei liegende Endkappenplatte.

35. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 1, 16 oder 31, wobei die genannte Widerstandseinrichtung, wobei die genannte Einheit eine unabhängige Struktur darstellt.

36. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 33, wobei die genannte Diodenteileinheit ein leitfähiges Element umfasst, das mit einem der Anschlüsse der genannten Diode verbunden ist, wobei sich das genannte leitfähige Element von der Diode erstreckt und elektrisch mit einem Zellenanschluss mit der gleichen Polarität verbunden ist.

37. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 36, wobei der Körper des genannten leitfähigen Elements von einer elektrischen Isolierung umgeben ist.

38. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 33, wobei die Zener-Diode eine Wattleistung zwischen etwa 100 und 500 Mikrowatt aufweist.

39. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 38, wobei die Zener-Diode eine Zener-Spannung von weniger als etwa 5 Volt aufweist.

40. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 33, wobei die genannte Zener-Diode ein Wafer-Chip ist.

41. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 36,

wobei die genannte Diodenteileinheit in Form eines Wafers mit einer polygonalen oder ovalen Form gegeben ist.

42. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 1, 16 oder 31, wobei das genannte Formgedächtniselement eine Scheibe mit einer durch die Dicke der Scheibe verlaufenden Öffnung umfasst, wobei die genannte Scheibe einen peripheren äußeren Rand aufweist, wobei das genannte flexible Element von einem Teilstück des genannten peripheren Rands einwärts in die genannte Öffnung vorsteht, wobei das genannte flexible Element eine gebogene Oberfläche aufweist, die abgelenkt wird, wenn die Zellentemperatur einen vorbestimmten Wert erreicht.

43. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 1, 16 oder 31, wobei das genannte Formgedächtniselement eine Nickel-Titan-Legierung umfasst.

44. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 1, 16 oder 31, wobei diese ferner folgendes umfasst: b) eine auf Druck ansprechende Einrichtung, die es ermöglicht, dass Gas aus dem Inneren der Zelle in das Innere der genannten Endkappeneinheit tritt, wenn der innere Gasdruck in der Zelle einen vorbestimmten Wert erreicht.

45. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 44, wobei die genannte auf Druck ansprechende Einrichtung eine zerbrechliche Membranscheibe umfasst, die an dem der genannten Endkappenplatte gegenüber liegenden Ende der genannten Endkappeneinheit angeordnet ist, wobei die genannte Membranscheibe bricht, wenn der Gasdruck auf der am weitesten von der genannten Endkappenplatte Seite einen vorbestimmten Wert erreicht, wobei ein Bruch in der genannten Membran erzeugt wird, der es ermöglicht, dass Gas dort hindurch tritt.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

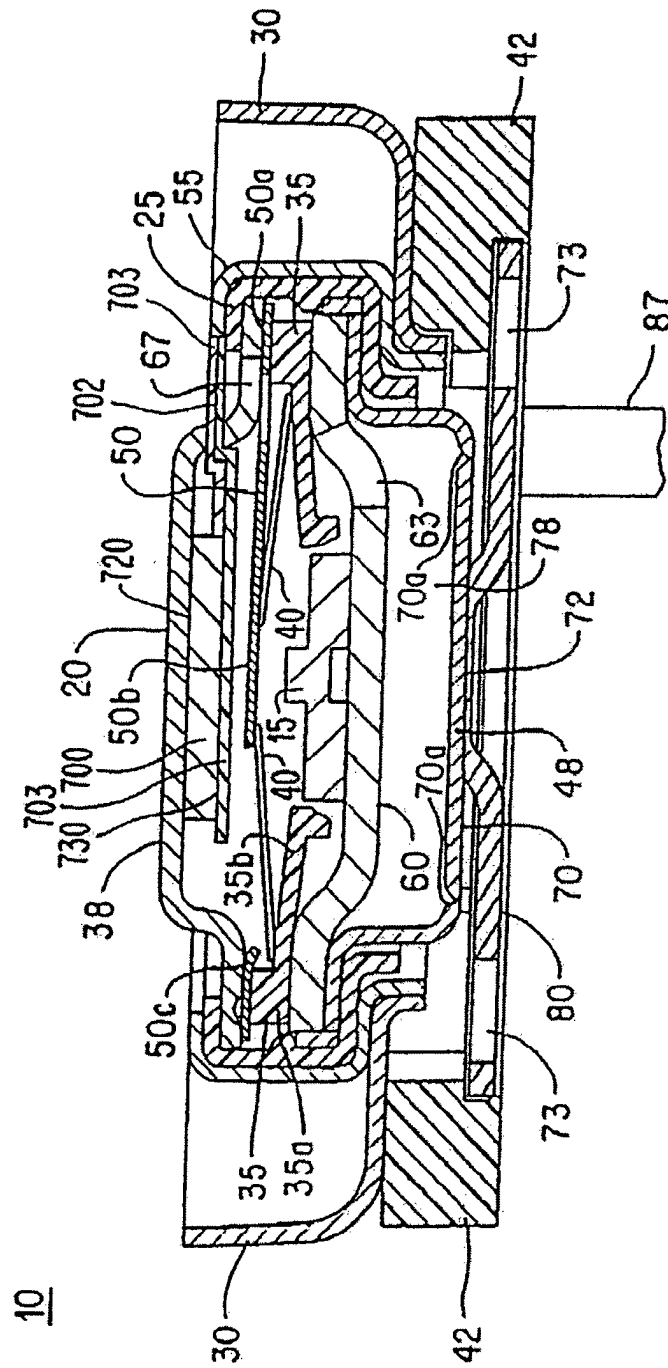


FIG. 2

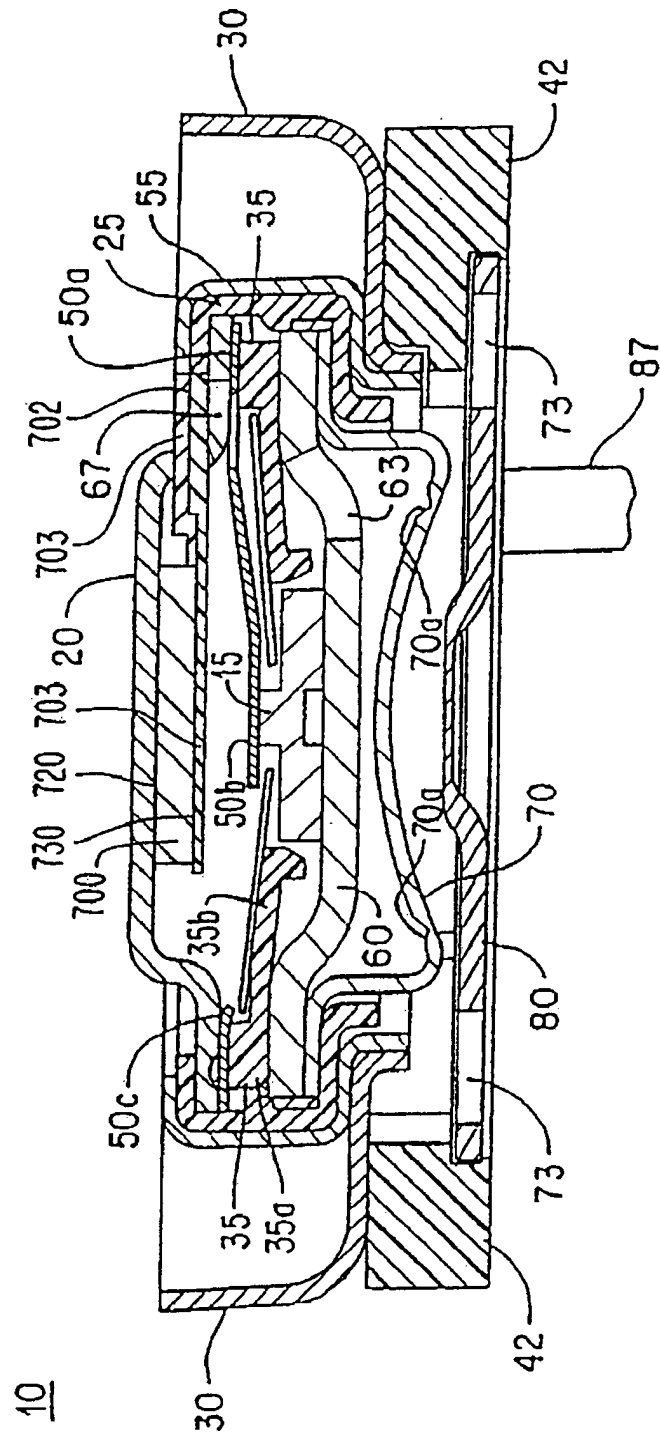


FIG. 3

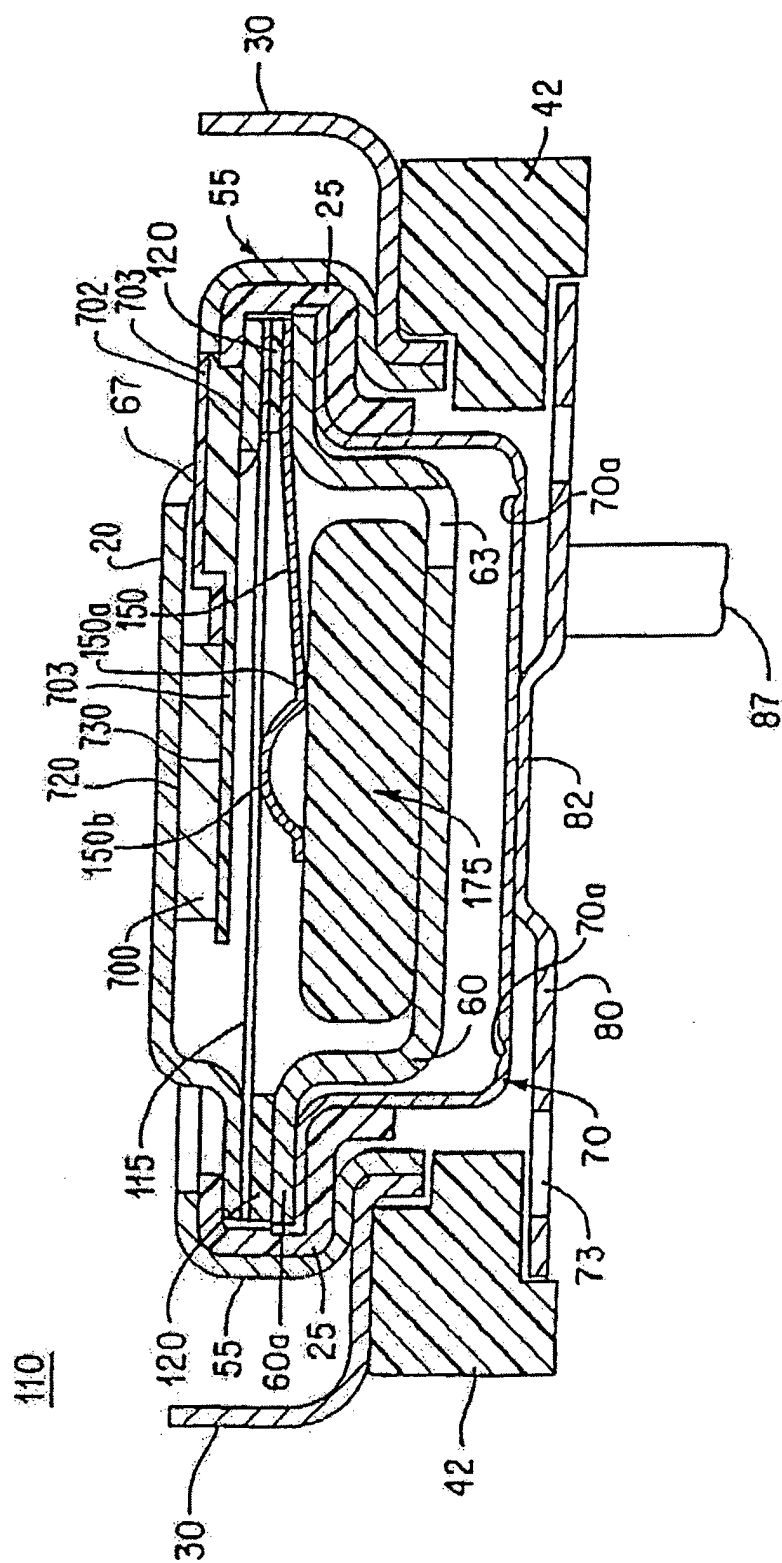
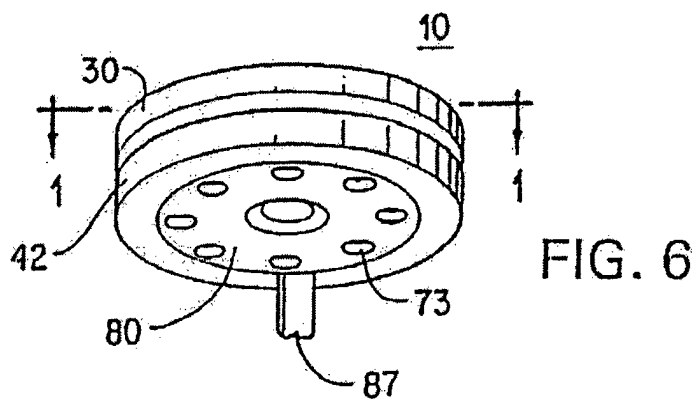
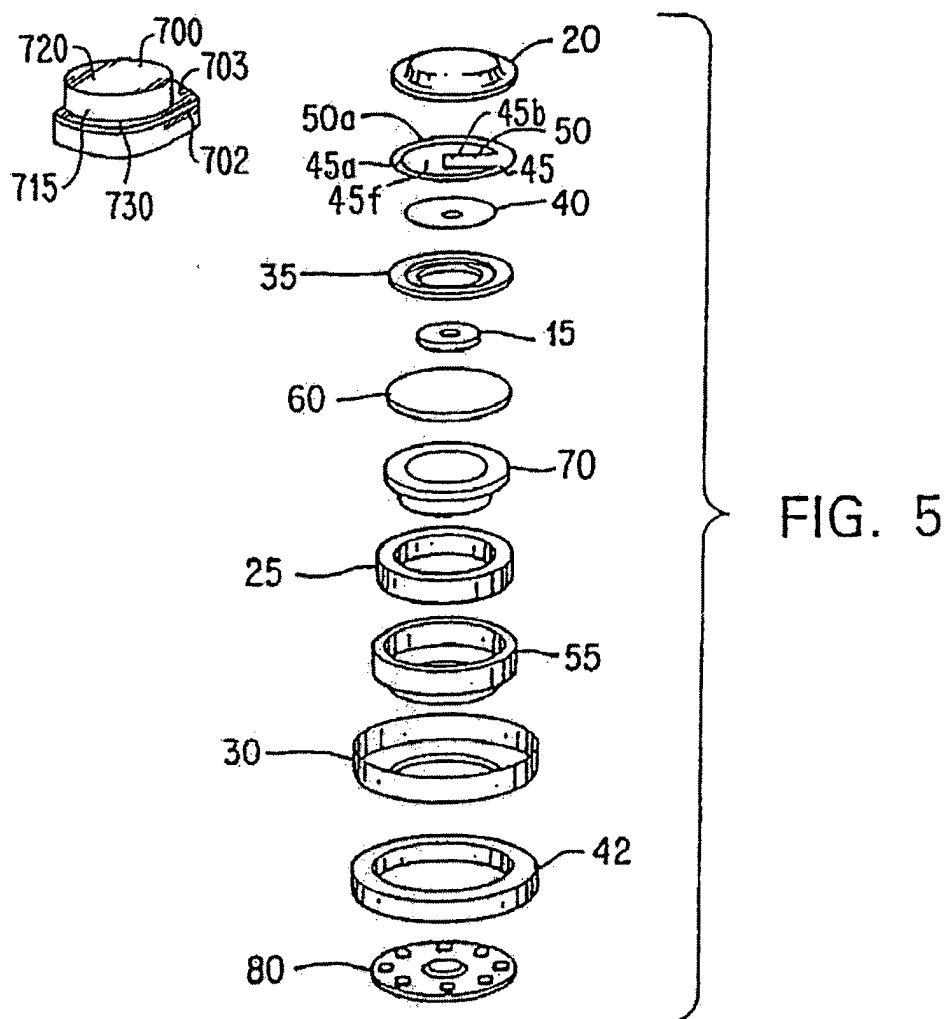


FIG. 4



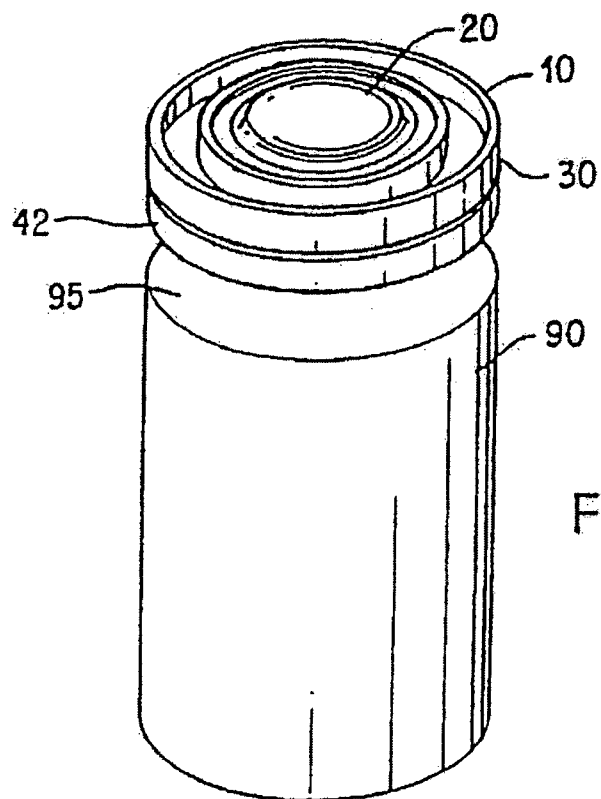


FIG. 7

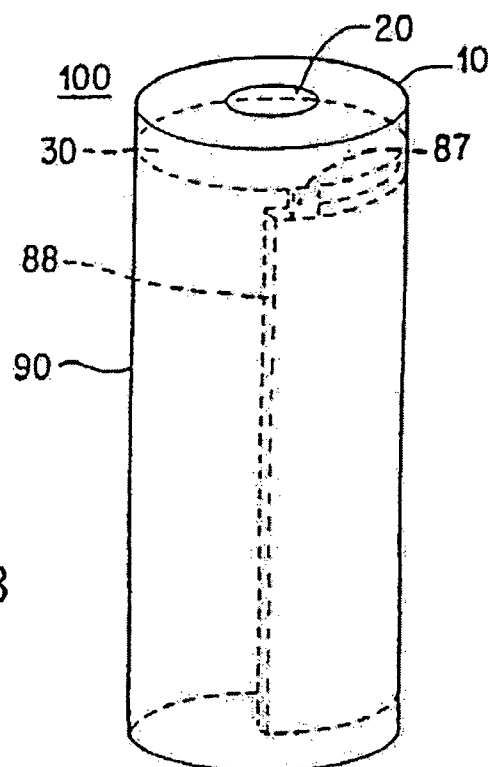


FIG. 8

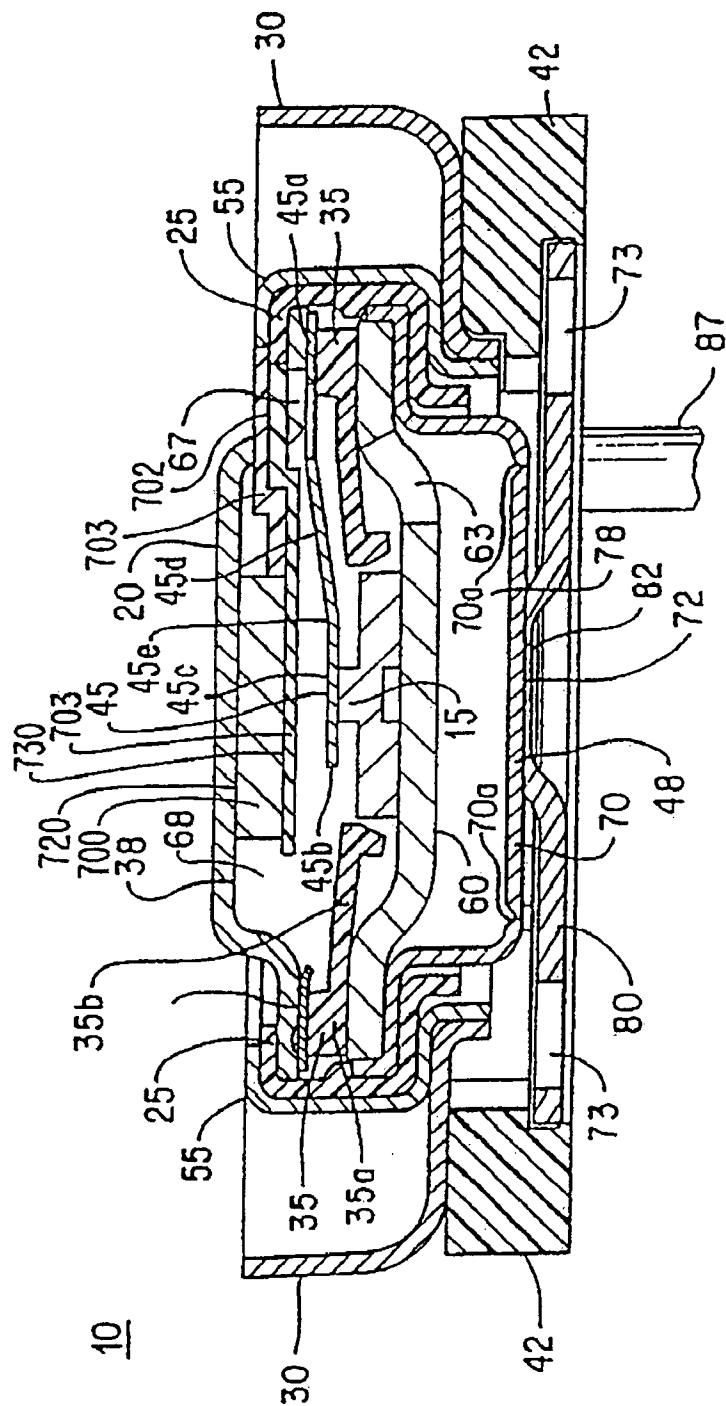


FIG. 9

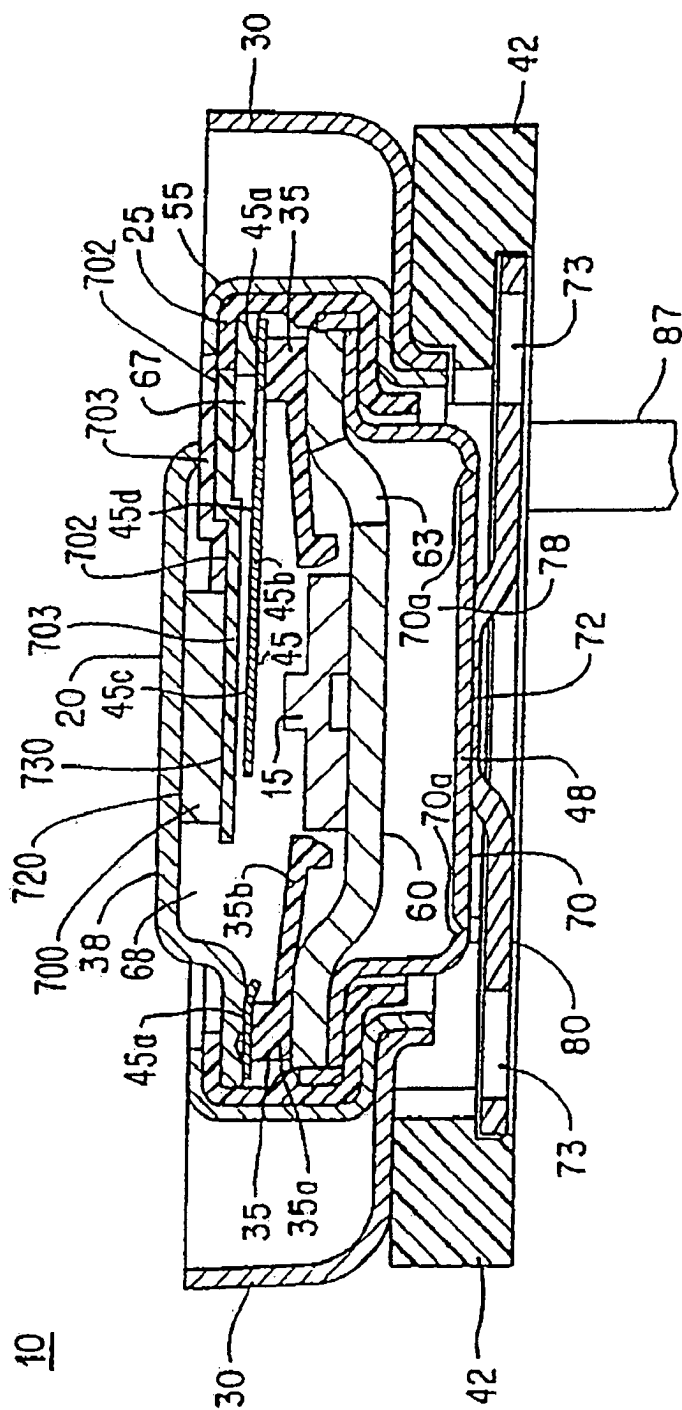


FIG. 10

FIG.11

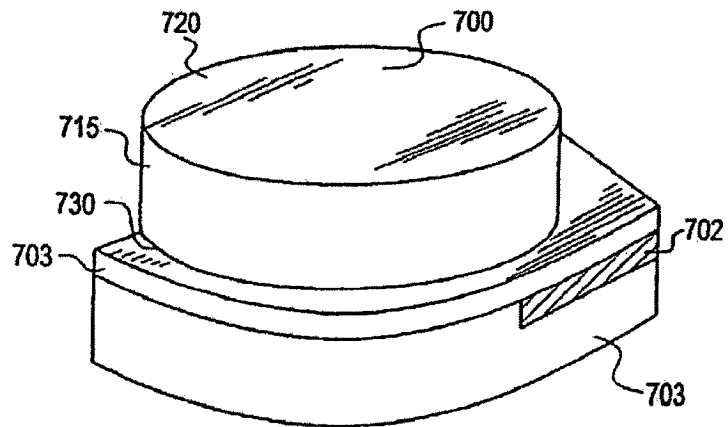


FIG.12

