

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/255948 A1

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

ELEKTROCHEMISCHE SPEICHERZELLE UND VERFAHREN ZUM EINSTELLEN EINES KOMPRESSIONSDRUCKS EINER ELEKTROCHEMISCHEN SPEICHERZELLE

Die folgende Beschreibung betrifft eine elektrochemische Speicherzelle mit einer
5 federbelasteten Kompressionsvorrichtung zur Kompensation einer Ausdehnung von
gestapelten elektrochemischen Speicherzellen in Stapelrichtung. Ferner wird ein Verfahren zum
Einstellen eines Kompressionsdrucks einer elektrochemischen Speicherzelle beschrieben.

Stand der Technik

10 Festkörperbatterien sind eine besondere Art von Akkumulatoren, bei denen die Elektroden und
der Elektrolyt aus festem Material bestehen. Feststoffbatterien werden zunehmend als wichtiger
Baustein für die Elektrifizierung der Mobilität gesehen. Sie gelten als sicherer und ermöglichen
mehr Reichweite und kürzere Ladezeiten als herkömmliche Lithium-Ionen-Akkus. Des Weiteren
15 werden vermehrt Lithium-Silizium-Batterien entwickelt, bei denen eine Anode auf Siliziumbasis
und Lithiumionen als Ladungsträger verwendet werden.

Ein bekanntes Problem in der Batterietechnologie von Speicherzellen wie Feststoffbatterien und
Lithium-Silizium-Batterien betrifft variable Schichtdicken. Beispielsweise ist in anoden-freien
20 Feststoffbatterien (anode-free all-solid state battery, ASSB) im entladenen Zustand auf der
Anodenseite zunächst keine Anode ausgebildet, sondern lediglich ein Stromkollektor
(beispielsweise eine Kupferfolie) vorhanden. Im geladenen Zustand ist eine Anode in Form von
reinem Lithium ausgebildet, die von der Kathode (Lithium ist in der Kathode gespeichert)
während des Ladevorgangs durch einen Separator wandert und sich auf der Kupferfolie
25 ablagert beziehungsweise ausbildet. Um die Zelle in Betrieb zu nehmen, müssen die
Elektrodenschichten zusammengepresst werden. Die notwendigen Kräfte liegen im kN-Bereich
beziehungsweise die Drücke im zweistelligen Bar-Bereich).

Der Stand der Technik bietet Lösungen für diese Probleme. Es bleibt jedoch eine technische
30 Herausforderung, die einmal eingestellten Kompressionskräfte oder -drücke innerhalb
bestimmter Grenzen zu halten, insbesondere bei Elektrodenstapeln mit variabler Höhe. Wenn
beispielsweise die Kräfte in der Zelle für einen geladenen Zustand ausgelegt sind, wären die
entsprechenden Kräfte in den Zwischenzuständen zwischen geladenem und entladene
Zustand zu gering. Die Zelle könnte nicht richtig funktionieren. Wenn die Kräfte in der Zelle für

den entladenen Zustand ausgelegt sind, wären die Kompressionskräfte oder -drücke in den Zwischenzuständen zwischen dem geladenen und dem entladenen Zustand zu hoch. Die Zelle könnte platzen.

- 5 Eine konstante Verpressung der Schichten eines Elektrodenstapels kann pneumatisch oder hydraulisch erreicht werden. Dies hat jedoch zur Folge, dass entweder alle Zellen mit einer Druckeinheit oder entsprechende Module mit mehreren Zellen mit je einer Pump- oder Druckeinheit versorgt werden müssen. Dies ist aufwendig und benötigt viel Platz, um zum Beispiel die Ausdehnung einzelner Zellen oder mehrerer Zellen im Modul ausgleichen zu
- 10 können. Hydraulik- oder Pneumatiksysteme müssten kontinuierlich mit Energie versorgt werden, um die Presskräfte auch bei längeren Standzeiten konstant zu halten. Diese Systeme können zu Leckagen neigen, ein Rohrleitungssystem muss mit Öl versorgt werden und belegen wertvollen Bauraum.
- 15 Eine Aufgabe besteht darin, eine elektrochemische Speicherzelle zu spezifizieren, die mit einem leichter einstellbaren und aufrechterhaltbaren Kompressionsdruck betrieben werden kann. Ferner soll ein Verfahren zum Einstellen eines Kompressionsdrucks einer elektrochemischen Speicherzelle angegeben werden.
- 20 Gelöst wird diese Aufgabe durch ein eine elektrochemische Speicherzelle und ein Speicherzellenmodul gemäß den unabhängigen und nebengeordneten Ansprüchen. Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

25 Zusammenfassung

- Im Folgenden wird zugrunde gelegt, dass jedes Merkmal, das in Bezug auf eine beliebige Ausführungsform beschrieben ist, allein oder in Kombination mit anderen hierin beschriebenen Merkmalen verwendet werden kann und in Kombination mit einem oder mehreren Merkmalen
- 30 einer beliebigen anderen Ausführungsform oder in beliebiger Kombination einer beliebigen anderen Ausführungsform verwendet werden kann, sofern dies nicht explizit als Alternative beschrieben ist. Darüber hinaus können Äquivalente und Modifikationen, die nachstehend nicht beschrieben sind, verwendet werden, ohne den Anwendungsbereich der beanspruchten Gegenstände zu verlassen.

Eine elektrochemische Speicherzelle bezeichnet im Folgenden einen Energiespeicher auf elektrochemischer Basis, insbesondere einen wiederaufladbaren Energiespeicher, der geeignet ist, elektrische Energie zu speichern und an einen Verbraucher, beispielsweise einen

5 Verbraucher in einem Fahrzeug, abzugeben. Eine elektrochemische Feststoffzelle ist eine Feststoffbatterie, wie beispielsweise eine Lithium-Ionen-Batterie, so dass sich die nachfolgende Beschreibung auch auf eine Lithium-Ionen-Feststoffbatterie bezieht. Unter einem Feststoff ist ein chemischer Stoff zu verstehen, der bei den üblicherweise in einer elektrochemischen Speicherzelle herrschenden Temperaturen starr ist oder zumindest eine sehr geringe

10 Fließneigung aufweist, wie dies beispielsweise bei Polymeren der Fall sein kann.

Im Folgenden wird der Begriff „Lithiumionen-Batterie“ synonym für alle im Stand der Technik gebräuchlichen Bezeichnungen für Lithium enthaltende galvanische Elemente und elektrochemischen Speicherzellen (kurz Zelle) verwendet, wie beispielsweise Lithium-Batterie,

15 Lithium-Zelle, Lithiumionen-Zelle, Lithium-Polymer-Zelle, Lithiumionen-Batteriezelle und Lithiumionen-Akkumulator. Insbesondere sind aufladbare Batterien, sogenannte Sekundärbatterien, inbegriffen. Auch werden die Begriffe „Batterie“ und „elektrochemische Speicherzelle“ synonym zu den Begriffen „Lithiumionen-Batterie“ und „Lithiumionen-Zelle“ genutzt.

20 Der Begriff „Elektrodenstapel“ bezeichnet eine Abfolge von Schichten oder Folien. In einer elektrochemischen Speicherzelle folgen die Schichten aufeinander. Das bedeutet jedoch nicht, dass die hier angegebenen Schichten direkt aufeinander folgen müssen. Es können vielmehr auch Zwischenschichten vorgesehen sein, wie beispielsweise ein Separator, Isolator,

25 Elektrodenbinder, Beschichtungen und elektrische Leitfähigkeitszusätze, welche auf einen elektrisch leitenden Träger der jeweiligen Elektroden aufgebracht werden können.

Eine elektrochemische Speicherzelle hat typischerweise verschiedene Elektroden, eine positive Elektrode (Kathode) und eine negative Elektrode (Anode), die über Stromabnehmer elektrisch

30 kontaktiert werden können. Jede dieser Elektroden weist zumindest ein Aktivmaterial auf, wahlweise zusammen mit Zusätzen wie Elektrodenbindern und elektrischen Leitfähigkeitszusätzen, welche auf einen elektrisch leitenden Träger (zum Beispiel eine Metallfolie) oder auf einen Stromabnehmer der jeweiligen Elektroden aufgebracht wird. Als elektrisch leitender Träger kommen typischerweise nicht poröse und feste Ableiterfolien aus

Aluminium (für die positive Elektrode) oder Kupfer (für die negative Elektrode) zum Einsatz. Derartige Ableiterfolien sind typischerweise undurchlässig für flüssigen Elektrolyt und Gase. Die im Folgenden beschriebenen elektrochemischen Speicherzellen können mit einem flüssigen Elektrolyten verwendet werden oder mit einem Feststoffelektrolyten als elektrochemische Feststoffspeicherzellen, beispielsweise als keramische oder polymerbasierte Feststoffbatterie, ausgestaltet sein. Eine elektrochemische Feststoffzelle umfasst einen Feststoffelektrolyten.

Im Weiteren wird eine elektrochemische Speicherzelle vorgeschlagen, die eingerichtet ist, Kompressionsdruckänderungen infolge einer Ausdehnung eines Elektrodenstapels in Stapelrichtung zu kompensieren.

Gemäß einer Ausführungsform umfasst eine elektrochemische Speicherzelle ein Gehäuse. Das Gehäuse umfasst weiter einen Gehäusemantel mit einer Gehäuseunterseite und einer Gehäuseoberseite. Ein Elektrodenstapel ist in einem durch den Gehäusemantel begrenzten Innenraum des Gehäuses zwischen Gehäuseunterseite und Gehäuseoberseite angeordnet. Ein Faltenbalg ist vorgesehen und an der Gehäuseunterseite mit dem Gehäusemantel verbunden. Der Faltenbalg ist eingerichtet, vermittelt durch eine elastische Verformung, einen Kompressionsdruck auf den Elektrodenstapel auszuüben.

Das Gehäuse der elektrochemischen Speicherzelle kann als rundes Gehäuse (als Rundzelle) ausgeführt sein. Das Gehäuse ist beispielsweise zylinderförmig und hat einen kreisförmigen Querschnitt. Die weiteren Komponenten im Gehäuse, insbesondere der Elektrodenstapel, können vorzugsweise ebenfalls einen kreisförmigen Querschnitt aufweisen. Der Elektrodenstapel kann mit einem flüssigen Elektrolyten versetzt werden. Alternativ kann der Elektrodenstapel mit einem Feststoffelektrolyten versehen werden, der in die Schichtenfolge des Elektrodenstapels eingeprägt wird. Auf diese Weise kann eine elektrochemische Feststoff-Speicherzelle (kurz ASSB oder All-Solid-State-Batterie) geformt werden.

Der Faltenbalg, auch Wellenrohr genannt, verfügt über einen Mantel, der einen wellenförmig wechselnden Durchmesser hat. Beispielsweise ist das Gehäuse aus Metall, so dass der Faltenbalg auch als Metallfaltenbalg oder Metallwellenrohr ausgeführt ist. In einer Ausführungsform ist das Gehäuse als Rundzelle ausgeführt. Der Faltenbalg hat einen kreisförmigen Querschnitt und schließt ein zylinderförmiges Gehäusevolumen an der

Gehäuseunterseite ab. Das Gehäusevolumen umfasst den Innenraum des Gehäuses, in dem der Elektrodenstapel angeordnet ist.

Das Gehäuse und der Faltenbalg können andere Querschnitte und Geometrien aufweisen, beispielsweise können das Gehäuse und der Faltenbalg einen polygonalen Querschnitt, wie einen hexagonalen Querschnitt, aufweisen. Die beispielsweise als Rundzelle ausgebildete Speicherzelle ist eine kosten- und zeitgünstig herstellbare Speicherzelle. Die Rundzelle ermöglicht eine flächige Kontaktierung zwischen Kontaktierungselementen und der jeweiligen Elektrode, welche elektrisch mit dem jeweiligen Kontaktierungselement verbunden ist. Der Faltenbalg kann als ein Federelement mit einer Hook-Federkonstante beschrieben werden, das sich aufgrund seiner Materialeigenschaften und Geometrie elastisch verformen lässt.

Je nach Ladezustand der elektrochemischen Speicherzelle kann der Elektrodenstapel unterschiedliche Schichtdicken aufweisen. Diese Schichtdicken können durch die Federwirkung den Stapel „verpressen“ oder „entlasten“ („verpressen“: die Zelle entlädt sich, „entlasten“: die Zelle wird geladen, beispielsweise können die Anodenschichten abhängig vom Ladezustand ausgebildet sein). Der Faltenbalg ist eingerichtet, die Druckänderungen in der elektrochemischen Speicherzelle, beispielsweise aufgrund von Ausdehnung und Kontraktion des Elektrodenstapels infolge von Lade- und Entladevorgängen, nachzuführen und auf den gewünschten Kompressionsdruck einzustellen.

Die Beschreibung beruht insbesondere auf den nachfolgend dargelegten Überlegungen. Ein Aspekt betrifft eine elektrochemische Speicherzelle, die es erlaubt, die Schichthöhe des Elektrodenstapels stufenlos ohne Energiebedarf zu justieren und nachzuführen. Der Faltenbalg stellt eine mechanische Feder dar und kann entsprechend seiner mechanischen Eigenschaften elastisch verformt werden. Mit anderen Worten entspricht der Faltenbalg einer federbelasteten Kompressionsvorrichtung. Mit einer initialen Verformung kann ein Kompressionsdruck einer bestimmten Größe an der elektrochemischen Speicherzelle eingestellt werden. Dies erfolgt beispielsweise während der Montage oder Herstellung der Zelle, indem der Faltenbalg unter Druck in das Gehäuse eingeführt wird und so die Faltenwellen des Faltenbalgs in eine Position auslenkt werden, die einer bestimmten Auslenkung der „Feder“ oder einem gewünschten Kompressionsdruck entspricht. Wird das Gehäuse in dem so eingestellten Zustand verschlossen, wirkt der Kompressionsdruck auf den Elektrodenstapel. Änderungen der

Schichthöhe des Elektrodenstapels lassen sich stufenlos durch die Federwirkung des Faltenbalgs ohne externen Energiebedarf nachjustieren.

5 Gemäß einer Ausführungsform umfasst eine elektrochemische Speicherzelle ein Gehäuse mit einem Gehäusemantel, sowie eine Gehäuseunterseite und eine Gehäuseoberseite. Ein Elektrodenstapel ist in einem durch den Gehäusemantel begrenzten Innenraum des Gehäuses zwischen Gehäuseunterseite und Gehäuseoberseite angeordnet. Ein Faltenbalg ist an der Gehäuseunterseite mit dem Gehäusemantel verbunden. Der Faltenbalg ist ferner eingerichtet, vermittelt durch eine elastische Verformung, einen Kompressionsdruck auf den
10 Elektrodenstapel auszuüben.

Gemäß einer Ausführungsform ist der Faltenbalg ganz oder teilweise im Innenraum des Gehäuses angeordnet und in diesem beweglich. Der Faltenbalg ist einerseits mit dem Gehäusemantel verbunden und andererseits im Innenraum beweglich. Auf diese Weise kann
15 sich der Faltenbalg beispielsweise in das Gehäuse hinein oder hinaus bewegen. Durch den Fixpunkt am Gehäuse kann der Faltenbalg gegen die Fixierung den Kompressionsdruck aufbauen.

Gemäß einer Ausführungsform ist der Faltenbalg mit der Gehäuseunterseite gecrimpt, verschraubt und/oder verschweißt. Alternativ, oder ergänzend, ist ein unterer Gehäusedeckel
20 vorgesehen, der das Gehäuse verschließt.

Gemäß einer Ausführungsform weist der Faltenbalg im Wesentlichen parallele oder spiralförmige Faltenwellen auf. Die Faltenwellen sind entlang einer Innenwand des Gehäuses in
25 Stapelrichtung im Wesentlichen frei beweglich.

Gemäß einer Ausführungsform weisen der Elektrodenstapel und der Faltenbalg jeweils zentrale Öffnungen auf, durch die ein Innenrohr zur Kontaktierung des Elektrodenstapels geführt ist. Der Faltenbalg ist entlang des Innenrohrs in Stapelrichtung im Gehäuse beweglich. Das Innenrohr
30 dient der elektrischen Kontaktierung der Elektrodenschichten des Elektrodenstapels und als zentrale Achse der Zelle. Darüber hinaus kann das Innenrohr eine Sicherheitsfunktion übernehmen und dazu dienen, Gase zu lenken. Beispielsweise können bei einem Thermo-Ereignis Gase gezielt in ein Sicherheits-Volumen gelenkt werden.

Gemäß einer Ausführungsform weist der Faltenbalg eine Druckfläche auf. Die Druckfläche steht in einem Wirkkontakt mit einer Unterseite des Elektrodenstapels. Die Druckfläche ist eingerichtet, den Kompressionsdruck auf die Unterseite des Elektrodenstapels auszuüben. Beispielsweise wird die Druckfläche durch die elastische Verformung des Faltenbalgs im Gehäuse bewegt, so dass die Druckfläche entsprechend der Auslenkung des Faltenbalgs den Kompressionsdruck auf den Elektrodenstapel ausübt und nachführt.

Gemäß einer Ausführungsform umschließt die Druckfläche und der untere Gehäusedeckel im Bereich des Faltenbalgs ein Sicherheits-Volumen. Das Sicherheits-Volumen ist mit dem Innenrohr zur Aufnahme eines Gases aus dem Elektrodenstapel verbunden. Das Sicherheits-Volumen kann zum Beispiel heiße Gase bei einem Thermoereignis aufnehmen und die Zelle somit entschärfen.

Gemäß einer Ausführungsform ist eine Druckplatte mit einem Gehäusedeckel an der Gehäuseoberseite unbeweglich im Gehäuse verbunden. Die Druckplatte liegt auf einer Oberseite des Elektrodenstapels auf. Des Weiteren ist die Druckplatte eingerichtet, einen dem Kompressionsdruck entgegengerichteten Druck auf die Oberseite des Elektrodenstapels auszuüben. Die Druckplatte wirkt als Anschlagfläche, gegen die der Elektrodenstapel gedrückt wird, wenn der Kompressionsdruck aufgebaut wird. Durch den entsprechenden Gegendruck wird der Elektrodenstapel verpresst.

Gemäß einer Ausführungsform ist die Druckplatte eingerichtet, bei einem Thermoereignis kontrolliert zu brechen und/oder zu deformieren. Die Druckplatte kann durch Wahl der Form und/oder des Materials mit einer Sicherheitsfunktion eingerichtet sein. Beispielsweise kann sich die Druckplatte im Fall eines thermischen Events deformieren, so dass der Druck aus dem Inneren der elektrochemischen Zelle die Platte bombiert. Ferner können weitere Sicherheitssysteme vorgesehen werden. Die Druckplatte kann einen Kaltleiter, bzw. PTC-Widerstand oder PTC-Thermistor aufweisen. Zum Beispiel kann der Kaltleiter einen Ring auf oder in der Druckplatte bilden, der bei erhöhter Temperatur zu einem Isolator wird und die Kontaktierung der elektrochemischen Zelle aufhebt. Bei einer Deformation der Druckplatte kann sich die mechanische Verbindung zwischen Druckplatte und dem Kaltleiter lösen und in der Folge den elektrisch leitenden Kontakt zum Elektrodenstapel unterbrechen, und somit den Stromfluss unterbrechen.

Gemäß einer Ausführungsform kann der Faltenbalg ersetzt werden durch eine Schraubenfeder. In einer solchen Implementierung kann die Druckfläche zum Gehäusemantel abgedichtet sein.

Des Weiteren wird ein Verfahren zum Einstellen eines Kompressionsdrucks einer elektrochemischen Speicherzelle vorgeschlagen. Das Verfahren umfasst zunächst den Schritt, eine elektrochemische Speicherzelle bereitzustellen. Die Speicherzelle hat ein Gehäuse mit einem Gehäusemantel, einer Gehäuseunterseite und einer Gehäuseoberseite. Des Weiteren ist ein Elektrodenstapel in einem durch den Gehäusemantel begrenzten Innenraum des Gehäuses zwischen Gehäuseunterseite und soll Gehäuseoberseite angeordnet.

In einem weiteren Schritt wird der Kompressionsdruck eingestellt. Dies erfolgt mittels eines Faltenbalgs, der an der Gehäuseunterseite mit dem Gehäusemantel verbunden ist. Dabei wird der Faltenbalg durch den Kompressionsdruck elastisch verformt und übt den Kompressionsdruck in der Folge auf den Elektrodenstapel aus. Schließlich wird das Gehäuse verschlossen, so dass der eingestellte Kompressionsdruck aufrechterhalten wird.

Im Folgenden werden anhand der beigefügten Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben. Daraus ergeben sich weitere Details, bevorzugte Ausführungsformen und Weiterbildungen. Gleiche oder gleich wirkende Bestandteile sind in den Figuren jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die dargestellten Bestandteile sowie die Größenverhältnisse der Bestandteile untereinander sind nicht als maßstabsgerecht anzusehen. Soweit Komponenten und Bestandteile in den verschiedenen Figuren in ihrer Funktion übereinstimmen, wird deren Beschreibung nicht notwendigerweise für jede der folgenden Figuren wiederholt.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Im Einzelnen zeigen:

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel einer elektrochemischen Speicherzelle, Figuren 2A, 2B, das Ausführungsbeispiel einer elektrochemischen Speicherzelle in unterschiedlichen Ladezuständen,

Figuren 3A, 3B ein Ausführungsbeispiel eines Faltenbalgs,

Figuren 4A bis 4C ein Ausführungsbeispiel einer elektrochemischen Speicherzelle,

5 Figur 5 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer elektrochemischen Speicherzelle,

Figur 6 das Ausführungsbeispiel einer elektrochemischen Speicherzelle in einem Ladezustand, und

10

Figuren 7A, 7B ein Ausführungsbeispiel einer elektrochemischen Speicherzelle.

Detaillierte Beschreibung

15 Die Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer elektrochemischen Speicherzelle. Die Zeichnung zeigt die elektrochemische Speicherzelle in einer Explosionsdarstellung. Die Zelle umfasst einen Faltenbalg 10 und ein Gehäuse 20 mit einer Kontaktierungsscheibe 30 und einer Isolationsscheibe 31. Des Weiteren umfasst die Zelle eine Druckplatte 32 und einen Elektrodenstapel 40.

20

Das Gehäuse 20 begrenzt einen innenliegenden Aufnahmeraum mit einem kreisförmigen Querschnitt, in den der Elektrodenstapel 40 angeordnet ist. Das Gehäuse umfasst einen Gehäusemantel 21 und eine Gehäuseoberseite mit einem oberen Gehäusedeckel 22. Der Aufnahmeraum ist in Längserstreckungsrichtung des zylindrischen Gehäuses an der
25 Gehäuseoberseite durch den Gehäusedeckel begrenzt. Der Gehäusemantel und der Gehäusedeckel sind in diesem Beispiel aus einem Stück gefertigt. Alternativ kann der Gehäusedeckel mit dem Gehäusemantel verschraubt oder anderweitig mechanisch verbunden sein (beispielsweise verschweißt oder gecrimpt). Ferner umfasst der Gehäusedeckel eine zentrale Deckelöffnung 23, die einen Zugriff in das Innere der elektrochemischen Speicherzelle
30 ermöglicht, beispielsweise zum Einfüllen eines Elektrolyten und/oder als Druckventil.

Die Kontaktierungsscheibe 30 ist in das Gehäuse eingeführt und greift so in den Gehäusedeckel 22 ein. Dazu ist die Kontaktierungsscheibe mit einer Erhöhung 33 versehen, die formschlüssig in die zentrale Deckelöffnung 23. Das Gehäuse kann beispielsweise den

positiven Pol (+) oder negativen Pol (-) der elektrochemischen Speicherzelle darstellen, je nachdem wie die Zelle aufgebaut und kontaktiert ist. Die Polung wird beispielsweise durch den Elektrodenstapel 40 vorgegeben. Die Kontaktierungsscheibe vermittelt die Kontaktierung zum Elektrodenstapel und entspricht dem positiven Pol oder dem negativen Pol. Die ringförmige Isolationsscheibe 31 kann wahlweise auf oder unter der Kontaktierungsscheibe angeordnet sein und dient dazu, die Pole der elektrochemischen Zelle voneinander elektrisch zu isolieren. Die Kontaktierungsscheibe und die Isolationsscheibe können mit dem Gehäuse 20 verschraubt oder anderweitig mechanisch verbunden sein (beispielsweise verschweißt oder gecrimpt).

Die Druckplatte 32 ist entsprechend dem Querschnitt des Gehäuses 20 ausgestaltet, in diesem Beispiel also im Wesentlichen kreisförmig. Die Druckplatte umfasst einen Druckplattenboden 34 und einen Druckplattenrand 35. Der Druckplattenboden ist eingerichtet, auf einer Oberseite 41 des Elektrodenstapels formschlüssig aufzuliegen. Der Druckplattenrand umfasst eine Wand, die sich tellerförmig entlang des Umfangs der Druckplatte erstreckt und vom Druckplattenboden erhebt. In diesem Ausführungsbeispiel kann die Druckplatte keine zentrale Öffnung, beispielsweise für ein Innenrohr 46, aufweisen. Die Druckplatte ist in das Gehäuse 20 eingeführt und mit diesem am Gehäusemantel 21 permanent verbunden, zum Beispiel verschweißt, gecrimpt oder verschraubt. „Permanent verbunden“ bedeutet hier, dass die Verbindung stark genug ist, um mindestens dem Kompressionsdruck, mit dem der Elektrodenstapel verpresst werden kann, standzuhalten. Der Kompressionsdruck kann Werte im zweistelligen kN Bereich erreichen. Durch die Tellerform der Druckplatte bzw. durch den Druckplattenrand wird zwischen dem Gehäusedeckel und dem Druckplattenboden ein oberer innenliegender Hohlraum gebildet. Die Druckplatte wirkt als Anschlagfläche, gegen die der Elektrodenstapel gedrückt wird, wenn der Kompressionsdruck aufgebaut wird. Durch den entsprechenden Gegendruck wird der Elektrodenstapel verpresst.

Die Druckplatte 32 kann durch Wahl der Form und/oder des Materials mit einer Sicherheitsfunktion ausgestattet sein. Beispielsweise kann sich die Druckplatte im Fall eines thermischen Ereignisses deformieren, so dass der Druck aus dem Inneren der elektrochemischen Zelle die Druckplatte bombiert. Ferner können weitere Sicherheitssysteme eingebaut werden. Die Druckplatte kann einen Kaltleiter, bzw. einen PTC-Widerstand oder PTC-Thermistor aufweisen. Zum Beispiel kann der Kaltleiter einen Ring auf oder in der Druckplatte bilden, der bei erhöhter Temperatur zu einem Isolator wird und die Kontaktierung der elektrochemischen Zelle bzw. des Elektrodenstapels 40 aufhebt. Bei einer Deformation der

Druckplatte kann sich die mechanische Verbindung zwischen Druckplatte und dem Kaltleiter lösen und in der Folge den elektrisch leitenden Kontakt zum Elektrodenstapel unterbrechen, und somit den Stromfluss unterbrechen.

- 5 Der Elektrodenstapel 40 umfasst mehrere, aufeinander angeordnete Stapel, wobei der jeweilige Stapel aufeinander angeordnete Elektrodenschichten aufweist, nämlich wenigstens eine Kathodenschicht 42, wenigstens eine Anodenschicht 43 und wenigstens eine zwischen der Kathodenschicht und der Anodenschicht angeordnete Separatorschicht 44. Des Weiteren können die Stapel weitere Schichten wie Isolatoren und metallische Leiterfolien (beispielsweise
- 10 aus Aluminium oder Kupfer) aufweisen. Die Kathodenschichten und die Anodenschichten sind über entsprechende Laschen 45 mit einem Innenrohr 46 (nicht sichtbar) und/oder mit dem Gehäusemantel 21 elektrisch kontaktiert. Die Oberseite des Elektrodenstapels greift formschlüssig auf die Druckplatte 32 auf. Der Druckplattenboden liegt beispielsweise im Wesentlichen flächig auf der Oberseite 41 des Elektrodenstapels. Da die Druckplatte am
- 15 Gehäuse 20 bzw. dem Gehäusemantel mechanisch fest verbunden ist, ist die Druckplatte unter Druck nicht beweglich. Ein Innenrohr 46 (nicht gezeigt) kann als zentrale Achse vorgesehen sein und dient darüber hinaus der elektrischen Kontaktierung der Elektrodenschichten des Elektrodenstapels.
- 20 Der Faltenbalg 10 ist an der Gehäuseunterseite mit dem Gehäusemantel 21 verbunden. Dabei ist der Faltenbalg über den gesamten Umfang mit dem Gehäusemantel verschraubt oder anderweitig mechanisch verbunden (beispielsweise verschweißt oder gecrimpt). Der Faltenbalg umfasst einen mit mehreren Faltenwellen 11 strukturierten Mantel, der einen innenliegenden Hohlraum 12 begrenzt. Die Faltenwellen sind in den Mantel durch wellenförmig wechselnde
- 25 Durchmesser ausgebildet. Die Durchmesser sind dabei so gewählt, dass der Faltenbalg im Inneren des Gehäuses 20 angeordnet werden kann und entlang einer Innenwand des Gehäuses in Stapelrichtung im Wesentlichen frei beweglich ist. Die Durchmesser können so gewählt werden, dass eine gewünschte Federstärke des Faltenbalgs erreicht wird. Die Federstärke des Faltenbalgs hängt zusätzlich u.a. auch vom Material des Faltenbalgs, der
- 30 typischerweise aus einem Metall ist, und der Geometrie der Faltenwellen ab. In dieser beispielhaften Ausführungsform schließt der Faltenbalg einen im Wesentlichen einen zylinderförmigen Hohlraum ein. Der Faltenbalg weist eine Druckfläche 13 auf. Die Druckfläche steht in einem mechanischen Wirkkontakt mit der Unterseite des Elektrodenstapels. Die Unterseite des Elektrodenstapels kann als Druckteller ausgestaltet sein. Die Druckfläche weist

zudem eine zentrale Öffnung 14 auf, in die zum Beispiel das Innenrohr, das durch den Elektrodenstapel geführt ist, eingreift. Durch das Innenrohr 46 können in einem Thermoereignis (heiße) Gase kontrolliert aus dem Gehäuseinneren über den Faltenbalg in ein Sicherheits-Volumen abgeführt werden (vgl. Figur 2A). In Falle eines thermischen Events können die heißen Gase definiert in einen durch den Faltenbalg geformten Hohlraum 12 gelenkt werden und der Gasfluss eingegrenzt werden. Der Hohlraum 12 dient so als Sicherheits-Volumen. Dadurch gewinnt man Platz und alternative Schutzvorrichtungen können reduziert werden, oder sogar entfallen.

Das Gehäuse 20 wie auch der Faltenbalg 10 können einen polygonalen Querschnitt aufweisen, wie einen hexagonalen Querschnitt. Die beispielsweise als Rundzelle ausgebildete Speicherzelle ist eine kosten- und zeitgünstig herstellbare Speicherzelle. Die Rundzelle ermöglicht eine flächige Kontaktierung zwischen Kontaktierungselementen (beispielsweise die Laschen 45) und der jeweiligen Elektroden-schicht, welche elektrisch mit dem jeweiligen Kontaktierungselement verbunden ist. Die hier vorgestellten Komponenten der elektrochemischen Speicherzelle können, soweit nicht explizit angegeben, einen zumindest ähnlichen Querschnitt wie das Gehäuse aufweisen, so dass die Komponenten mit dem Gehäuse verbindbar oder in diesem beweglich gestaltet werden können. Im Fall eines Rundgehäuses bzw. einer Rundzelle ist der Querschnitt im Wesentlichen kreisförmig.

Die elektrochemische Speicherzelle wird zusammengebaut, indem die Bauteile, wie sie in den Figur 1 gezeigt und oben beschrieben wurden, ineinander geführt werden. Das Innenrohr 45 dient dabei als innere Stapelachse, welches die Komponenten zentriert zusammenführt. So zusammengebaut, kann durch eine Federwirkung des Faltenbalgs 10 ein Kompressionsdruck auf den Elektrodenstapel 40 ausgeübt werden. Dazu kann der Faltenbalg bei der Montage elastisch verformt werden. Der Kompressionsdruck wird eingestellt, indem der Faltenbalg mit dem Gehäuse 20 verbunden wird bzw. das Gehäuse verschlossen wird. Dadurch vermittelt die Druckfläche 13 des Faltenbalgs den Kompressionsdruck gegen den Elektrodenstapel. Da die Faltenwellen 11 entlang der Innenwand des Gehäuses in Stapelrichtung frei beweglich sind, können im Betrieb der Zelle Druckschwankungen, beispielsweise infolge von Änderungen der Schichtdicken im Elektrodenstapel, ausgeglichen werden bzw. nachgeführt werden. Die Druckplatte 32 hingegen ist permanent mit dem Gehäuse verbunden und dient so als Gegendruckfläche für den Kompressionsdruck. Durch den entsprechenden Gegendruck wird

der Elektrodenstapel verpresst. Der Faltenbalg hat die Funktion eines Federelements, das durch elastische Verformung den Kompressionsdruck einstellt.

Die Figuren 2A und 2B zeigen das Ausführungsbeispiel einer elektrochemischen Speicherzelle in unterschiedlichen Ladezuständen. Im Gegensatz zu Figur 1 ist die Zelle im zusammengebauten Zustand und als Schnitt dargestellt. Die Zelle ist beispielsweise als Feststoffzelle, insbesondere als anoden-freie Feststoffbatterie (anode-free all-solid state battery, ASSB) ausgestaltet. Der im Schnitt gezeigte Elektrodenstapel 40 umfasst mehrere, aufeinander angeordnete Stapel. Ein Stapel weist aufeinander angeordnete Schichten auf, nämlich jeweils eine Kathodenschicht 42, eine Anodenschicht und eine zwischen der Kathodenschicht und der Anodenschicht angeordnete Separatorschicht. Des Weiteren können die Stapel weitere Schichten wie Isolatoren und metallische Leiterfolien (beispielsweise aus Aluminium oder Kupfer) aufweisen, die hier nicht dargestellt sind. Die Kathodenschichten und die Anodenschichten sind über entsprechende Laschen mit dem Innenrohr oder mit dem Gehäusemantel elektrisch kontaktiert.

In diesem Beispiel wird eine Lithium-Batterie betrachtet. Hier haben die Kathodenschichten 42 im geladenen, teilweise entladenen und entladenen Zustand im Wesentlichen dieselbe Schichtdicke. Im Gegensatz dazu ändert sich die Schichtdicke der Anodenschichten 43 in Abhängigkeit vom Ladezustand. Im geladenen Zustand haben sich Anodenschichten abgelagert. Diese werden durch den Ladeprozess ausgebildet, indem sich Lithium auf Leiterfolien (zum Beispiel Kupferfolien) sammelt. Der Elektrodenstapel wächst in der Höhe um die Dicke einer Anodenschicht x Anzahl der Schichten. Im entladenen Zustand ist keine Anodenschicht ausgebildet. Lithium ist in den Kathodenschichten gespeichert. Das Lithium wandert aus den Anodenschichten durch die Separatorschichten in die Kathodenschichten und wird dort gespeichert.

Die unterschiedlichen Schichtdicken sind den Zeichnungen angedeutet (vgl. Figur 2A: die Speicherzelle ist geladen, Figur 2B: die Speicherzelle ist entladen). In allen gezeigten Zuständen wird ein gewünschter Kompressionsdruck eingestellt, der auf den Elektrodenstapel 40 wirkt. Dies erfolgt vermittelt durch den Faltenbalg 10 vermittelt durch die bewegliche Druckfläche 13. Infolge der beschriebenen Lade- und Entladeprozesse kommt es entlang der Stapelrichtung zu einer Längenausdehnung bzw. Längenkontraktion des Elektrodenstapels. Dies ist in den Schnittdarstellungen der Figuren 2A und 2B durch eine unterschiedliche

Längsausdehnung des Faltenbalgs erkennbar. Ein unterer Gehäusedeckel 24 bildet die Unterseite des Gehäuses und schließt das Gehäuse ab.

In Figur 2A ist ein geladener Zustand gezeigt. Die die Anodenschichten sind ausgebildet und der Elektrodenstapel hat in diesem Zustand seine größte Längsausdehnung (in Stapelrichtung). Entsprechend ist der Faltenbalg im Gehäuse komprimiert und der Kompressionsdruck stellt sich entsprechend der Längsausdehnung des Faltenbalgs ein. Der Kompressionsdruck wird über die Druckfläche auf den Elektrodenstapel ausgeübt. Zudem ist das Innenrohr gezeigt, das es ermöglicht, bei einem Thermoereignis (heiße) Gase kontrolliert aus dem Gehäuseinneren über den Faltenbalg abzuführen. Ein möglicher Fluss ist über Pfeile in der Zeichnung angedeutet. Die Druckfläche des Faltenbalgs kann dazu eine zentrale Wölbung 15 aufweisen, die mit dem Innenrohr zusammenfällt. In der zentralen Wölbung ist eine Sollbruchstelle 16, Einkerbung oder ein Ventil vorgesehen, das bei einem Thermoereignis kontrolliert bricht, öffnet oder deformiert. Auf diese Weise kann sich auf der Gehäuseunterseite eine Öffnung bilden, durch die das Gas abströmen kann. Das Gas wird zunächst in den innenliegenden Hohlraum 12 des Faltenbalgs 10 geführt, der ein Sicherheits-Volumen bildet. So können gefährliche Gase im Gehäuse verbleiben und das Thermoereignis entschärfen.

In Figur 2B ist ein entladener Zustand gezeigt. Hier sind die Anodenschichten 43 nicht mehr ausgebildet und der Elektrodenstapel 40 hat in diesem Zustand eine kleinste Längsausdehnung. Entsprechend hat der Faltenbalg 10 die größte Längsausdehnung und der Kompressionsdruck stellt sich entsprechend dieser Längsausdehnung des Faltenbalgs ein.

In der Figur 2B ist zudem eine mögliche Kontaktierung gezeigt. Dabei ist der negative Pol mit (-) und der positive Pol mit (+) bezeichnet. Die dargestellte Polung ist ein Beispiel, wobei der negative Pol und der positive Pol austauschbar sind. Die Kathodenschichten 42 des Elektrodenstapels 40 sind über Laschen 45 elektrisch leitend mit dem Gehäusemantel 21 verbunden. Der Gehäusemantel und der Faltenbalg 10 sind auf den gleichen Pol gelegt, in diesem Beispiel auf den negativen Pol (-). Auch der obere Gehäusedeckel 22 ist auf den gleichen Pol gelegt, hier also auf den negativen Pol (-). Der Gehäusedeckel ist mit dem Gehäusemantel verbunden und ebenfalls auf (-). Die Anodenschichten 43 des Elektrodenstapels sind über Laschen elektrisch leitend mit dem Innenrohr 46 verbunden, das somit auf den positiven Pol (+) gelegt ist. Dies gilt dann ebenso für die Druckplatte 32 und die

vom Gehäusedeckel durch die Isolationsscheibe 31 isolierte Kontaktierungsscheibe 30 gezeigt, die somit auf den positiven Pol (+) gelegt sind.

Die Figuren 3A und 3B zeigen ein Ausführungsbeispiel eines Faltenbalgs. Die Zeichnungen
5 zeigen eine Außenansicht eines Faltenbalgs mit spiralförmigen Faltenwellen. Die Faltenwellen werden am äußeren Gehäusemantel durch wellenförmig wechselnde Durchmesser strukturiert. Alternativ können die Faltenwellen auch parallel gestaltet werden. Die Faltenwellen geben dem Faltenbalg eine Federwirkung mit einer Hook'schen Federkonstanten.

10 Die Figuren 4A bis 4C zeigen das Ausführungsbeispiel einer elektrochemischen Speicherzelle in einer Außenansicht. In diesem Beispiel ragt der Faltenbalg 10 weit in das Gehäuse 20 hinein. In den in Figur 4B und 4C gezeigten Perspektiven ist der Faltenbalg 10 in den oben beschriebenen Ladezuständen erkennbar. Dabei zeigt Figur 4B die Zelle im geladenen Zustand (Faltenbalg ist komprimiert). Die Anodenschichten 43 aus Lithium sind ausgebildet (das Lithium
15 aus den Kathodenschichten hat sich beispielsweise auf einer Kupferleiterfolie der Anodenschichten abgelagert). Figur 4C zeigt die Zelle im entladenen Zustand (Faltenbalg ist "expandiert"). Die Anodenschichten sind je nach Zellchemie schwach oder gar nicht ausgebildet, das Lithium ist in den Kathodenschichten 42 eingelagert.

20 Figur 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer elektrochemischen Speicherzelle. Dieses Beispiel basiert auf Figur 1. Der Aufbau ist ähnlich und unterscheidet sich lediglich in Modifikationen, die es erlauben, ein Innenrohr 46 über im Wesentlichen die gesamte Höhe der Zelle vorzusehen.

25 In diesem Beispiel ist das Innenrohr 46 im zusammengebauten Zustand der Zelle vom Faltenbalg 10 bis zum Gehäusedeckel 22 geführt. Das Innenrohr bildet beispielsweise den positiven Pol (+) der Zelle (oder umgekehrt, je nach Aufbau des Elektrodenstapels). Des Weiteren weist die Druckplatte 32 eine zentrale Druckplattenöffnung 36 auf, die im Wesentlichen mit der zentralen Deckelöffnung 23 zusammenfällt und formschlüssig in die
30 Druckplattenöffnung eingreifen kann. Die Druckplattenöffnung ist so groß, dass sie das Innenrohr 46 aufnehmen kann bzw. das Innenrohr durch die Druckplattenöffnung durchgeführt werden kann. Das Innenrohr ist mit einem O-Ring 18 mit dem Faltenbalg 10 verbunden.

Die Unterseite des Faltenbalgs 10 ist mit einer Isolation 17 versehen, beispielsweise mittig zwischen positivem (+) und negativem Pol (-) der Zelle. Das Innenrohr 46 ist weiter durch den Elektrodenstapel 40 geführt und mit den Elektrodenschichten (Anoden- oder Kathodenschichten 42, 43) über Laschen 45 kontaktiert. Die Isolationsscheibe 31 liegt auf dem Elektrodenstapel
5 auf. Das Innenrohr greift durch eine zentrale Öffnung in der Isolationsscheibe (die ringförmig ist) in eine zentrale Erhebung 37 in der Druckplatte 32. Die Druckplatte ist tellerförmig. Weiter ist das Innenrohr über einen O-Ring 25 und einen Isolationsring 26 mit dem Gehäusedeckel mittig verbunden.

10 Figur 6 zeigt das Ausführungsbeispiel einer elektrochemischen Speicherzelle in einem Ladezustand. In der Zeichnung ist eine Schnittansicht der elektrochemischen Speicherzelle aus Figur 5 gezeigt. Das Innenrohr 46 führt vom oberen bis zum unteren Gehäusedeckel 22, 24 und ist dabei durch entsprechende Öffnungen in der Druckplatte 32, Isolationsscheibe 31 ,
15 Elektrodenstapel 40 und Faltenbalg 10 geführt. Das Innenrohr ist durch die O-Ringe 18, 25 zentriert. Die Verpolung ergibt sich durch den elektrischen Kontakt des Innenrohres mit den Laschen 45 bzw. den Elektrodenschichten 42, 43 des Elektrodenstapels. In diesem Beispiel liegt der positive Pol (+) auf dem Innenrohr bzw. Druckplatte. Der negative Pol (-) liegt auf dem Gehäuse 20 und dem Faltenbalg. Die Figuren 7A, 7B zeigen die zusammengebaute elektrochemische Speicherzelle von außen und von oben (Figur 7A) sowie von unten (Figur
20 7B).

Obwohl die Erfindung im Detail anhand von Ausführungsbeispielen illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die Ausführungsbeispiele eingeschränkt. Vielmehr können andere Variationen der Erfindung vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den
25 durch die Ansprüche definierten Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

	10	Faltenbalg
	11	Faltenwelle
5	12	innenliegenden Hohlraum
	13	Druckfläche
	14	zentrale Öffnung
	15	zentrale Wölbung
	16	Sollbruchstelle, Einkerbung oder Ventil
10	17	Isolation
	18	O-Ring
	20	Gehäuse
	21	Gehäusemantel
	22	oberer Gehäusedeckel
15	23	zentrale Deckelöffnung
	24	unterer Gehäusedeckel
	25	O-Ring
	26	Isolationsring
	30	Kontaktierungsscheibe
20	31	Isolationsscheibe
	32	Druckplatte
	33	Erhöhung
	34	Druckplattenboden
	35	Druckplattenrand
25	36	Druckplattenöffnung
	37	zentrale Erhebung
	40	Elektrodenstapel
	41	Oberseite
	42	Kathodenschicht
30	43	Anodenschicht
	44	Separatorschicht
	45	Laschen
	46	Innenrohr

Patentansprüche

1. Eine elektrochemische Speicherzelle umfassend:
 - ein Gehäuse (20) mit einem Gehäusemantel (21), sowie einer Gehäuseunterseite und einer Gehäuseoberseite,
 - einen Elektrodenstapel (40), der in einem durch den Gehäusemantel (21) begrenzten Innenraum des Gehäuses (20) zwischen Gehäuseunterseite und Gehäuseoberseite angeordnet ist, und
 - ein Faltenbalg (10), der an der Gehäuseunterseite mit dem Gehäusemantel (21) verbunden und eingerichtet ist, vermittelt durch eine elastische Verformung, einen Kompressionsdruck auf den Elektrodenstapel (40) auszuüben.
2. Die Speicherzelle nach Anspruch 1, wobei der Faltenbalg (10) ganz oder teilweise im Innenraum angeordnet und in diesem beweglich ist.
3. Die Speicherzelle nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Faltenbalg (10) mit der Gehäuseunterseite gecrimpt, verschraubt und/oder verschweißt ist und/oder ein unterer Gehäusedeckel (24) das Gehäuse (20) verschließt.
4. Die Speicherzelle nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei
 - der Faltenbalg (10) im Wesentlichen parallele oder spiralförmige Faltenwellen (11) aufweist, und
 - die Faltenwellen (11) entlang einer Innenwand des Gehäuses (20) in Stapelrichtung im Wesentlichen frei beweglich sind.
5. Die Speicherzelle nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei
 - der Elektrodenstapel (40) und der Faltenbalg (10) jeweils zentrale Öffnungen aufweisen, durch die ein Innenrohr (46) zur Kontaktierung des Elektrodenstapel (40) geführt ist, und
 - der Faltenbalg (10) entlang des Innenrohrs (46) in Stapelrichtung im Gehäuse (20) beweglich ist.
6. Die Speicherzelle nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei

- der Faltenbalg (10) eine Druckfläche (13) aufweist, die in einem Wirkkontakt mit einer Unterseite des Elektrodenstapel (40) steht, und
- die Druckfläche (31) eingerichtet ist, den Kompressionsdruck auf die Unterseite (21) des Elektrodenstapels (40) auszuüben.

5

7. Die Speicherzelle nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Druckfläche (31) und der Gehäusedeckel im Bereich des Faltenbalgs (10) ein Sicherheits-Volumen (12) umschließt und das Sicherheits-Volumen (12) mittels des Innenrohrs (46) zur Aufnahme eines Gases aus dem Elektrodenstapel (40) verbunden ist.

10

8. Die Speicherzelle nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei

- eine Druckplatte (15) mit einem Gehäusedeckel (16) an der Gehäuseoberseite (13) unbeweglich im Gehäuse (10) verbunden ist und auf einer Oberseite (22) des Elektrodenstapels (40) aufliegt, und

15

- die Druckplatte (15) eingerichtet ist, einen dem Kompressionsdruck entgegengerichteten Druck auf die Oberseite (22) des Elektrodenstapels (20) auszuüben.

9. Die Speicherzelle nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Druckplatte (32) eingerichtet ist, bei einem Thermoereignis kontrolliert zu brechen und/oder zu deformieren.

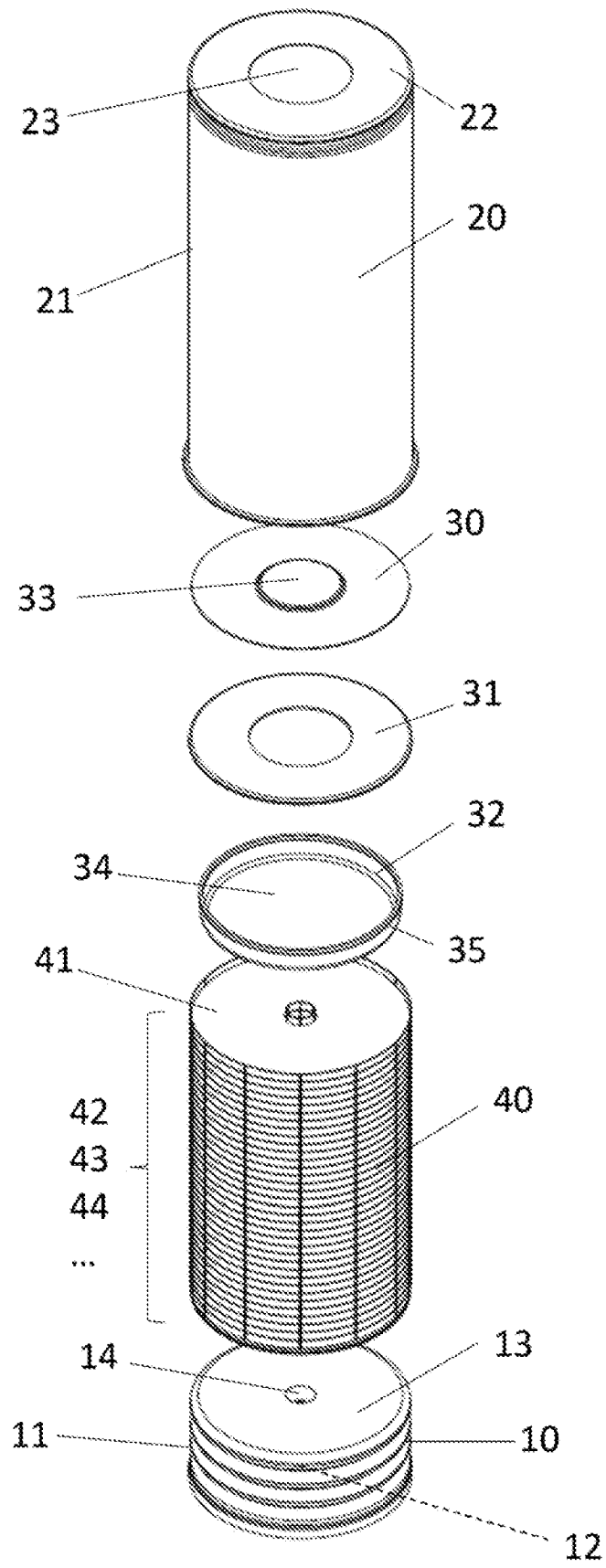
20

10. Verfahren zum Einstellen eines Kompressionsdrucks einer elektrochemischen Speicherzelle, umfassend die Schritte:

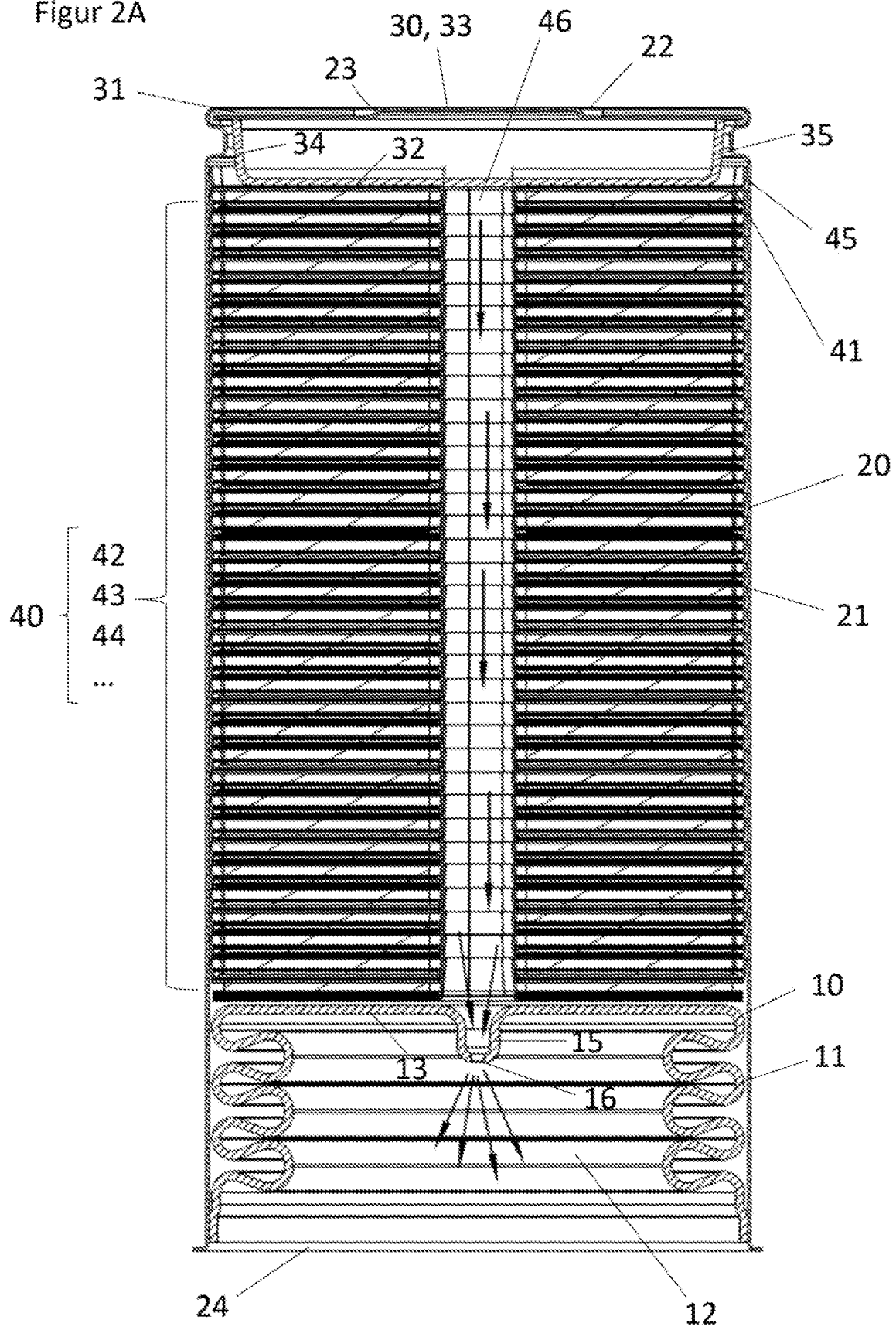
- Bereitstellen einer elektrochemischen Speicherzelle mit einem Gehäuse (20) mit einem Gehäusemantel (21), einer Gehäuseunterseite und einer Gehäuseoberseite, wobei ein Elektrodenstapel (40) in einem durch den Gehäusemantel (21) begrenzten Innenraum des Gehäuses (20) zwischen Gehäuseunterseite und Gehäuseoberseite angeordnet ist,
- Einstellen des Kompressionsdruck mittels eines Faltenbalgs (10), der an der Gehäuseunterseite mit dem Gehäusemantel (21) verbunden ist, wobei der Faltenbalg (10) durch den Kompressionsdruck elastisch verformt wird und den Kompressionsdruck auf den Elektrodenstapel (40) ausübt, und
- Verschließen des Gehäuses (20), so dass der eingestellte Kompressionsdruck aufrechterhalten wird.

30

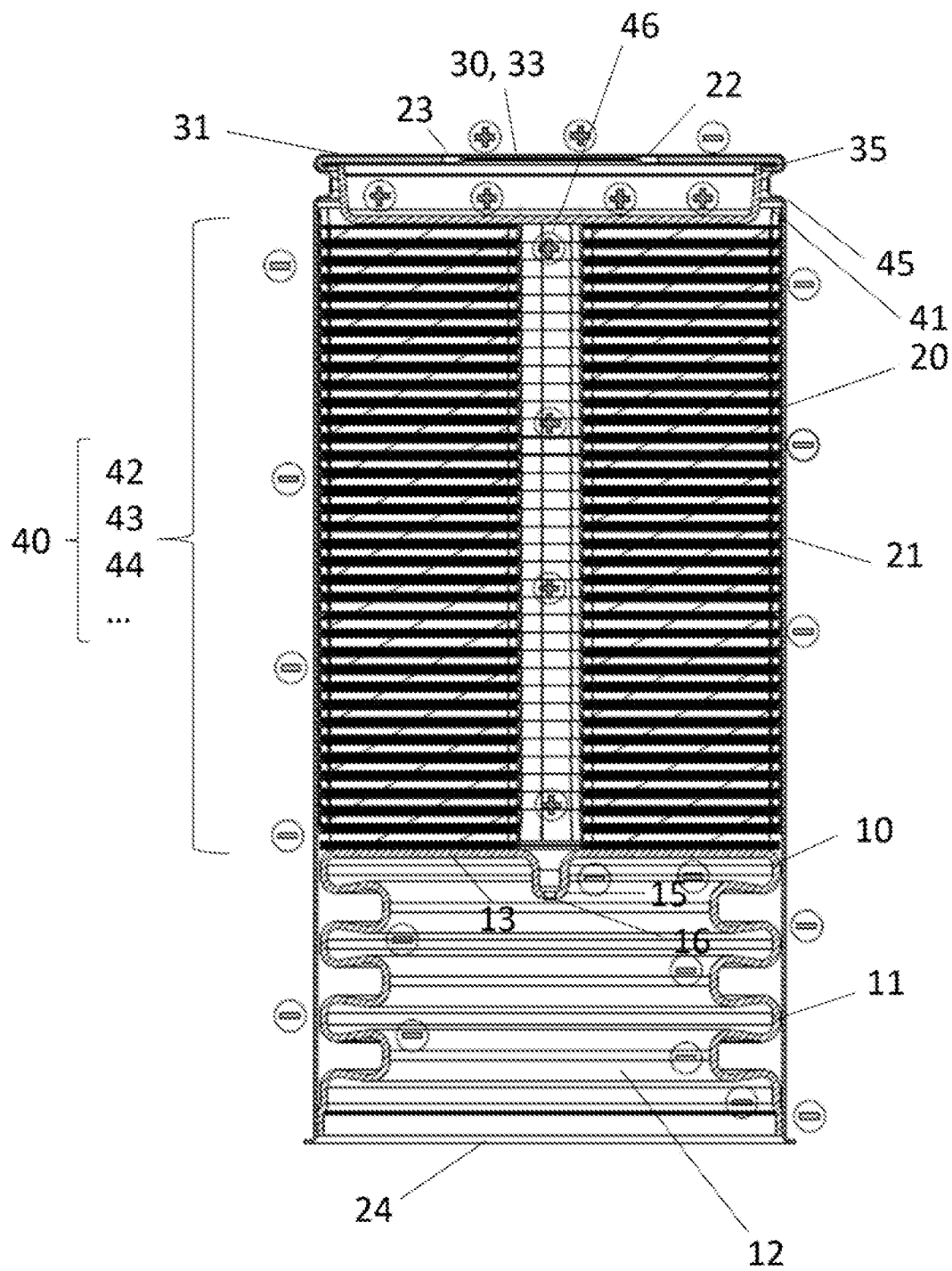
Figur 1



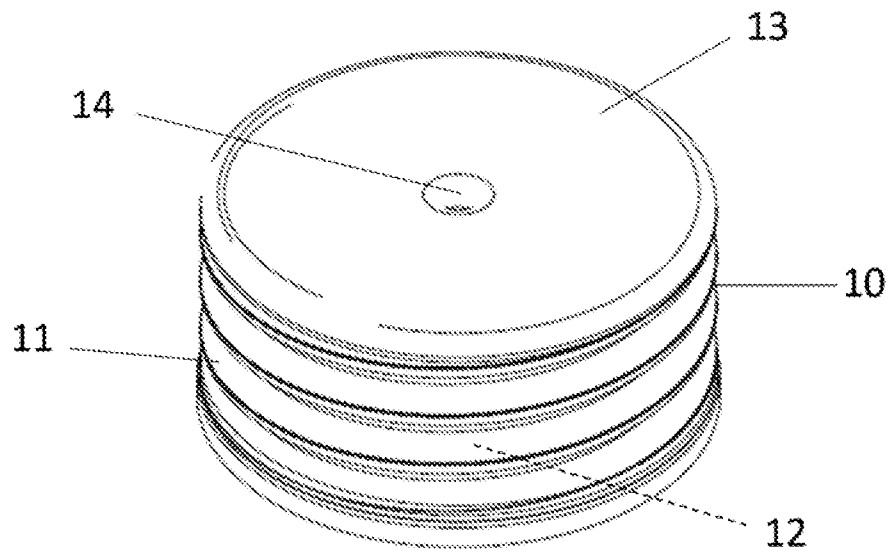
Figur 2A



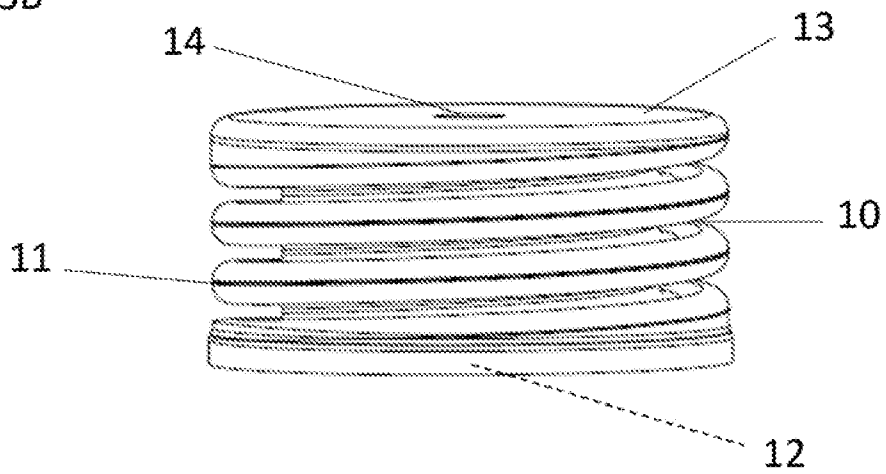
Figur 2B



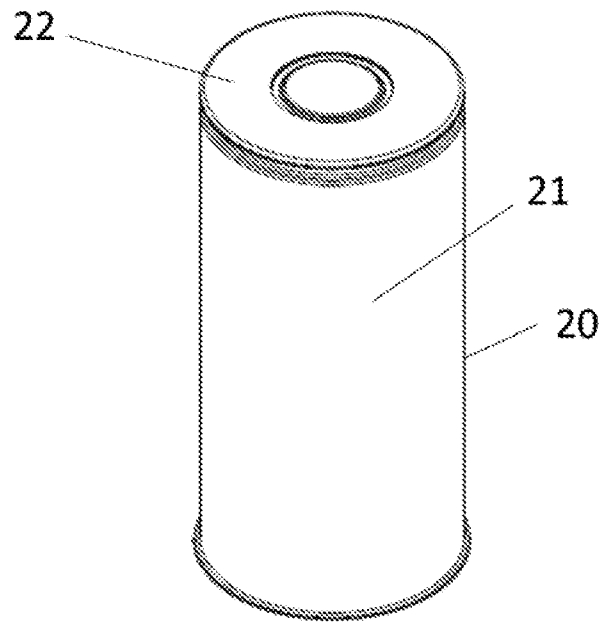
Figur 3A



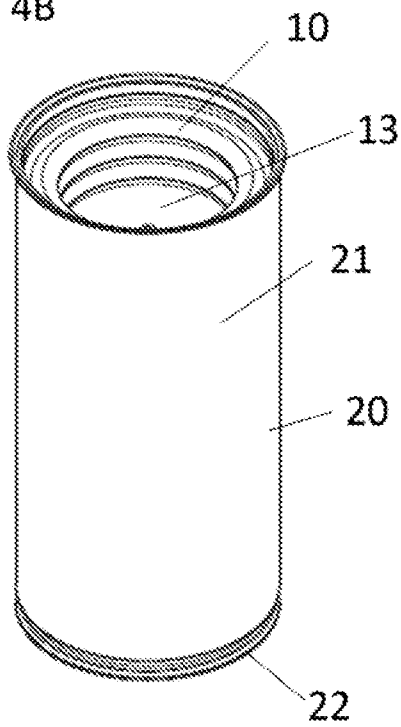
Figur 3B



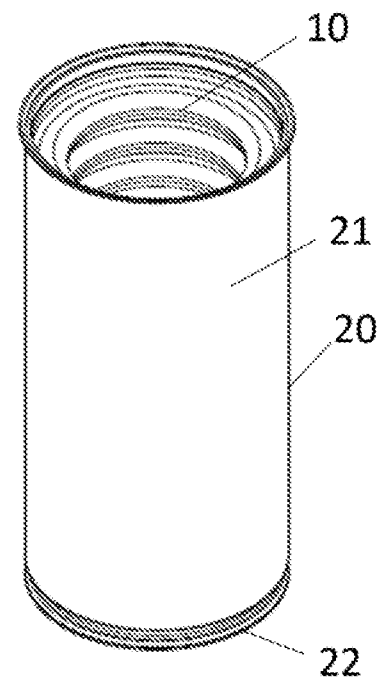
Figur 4A



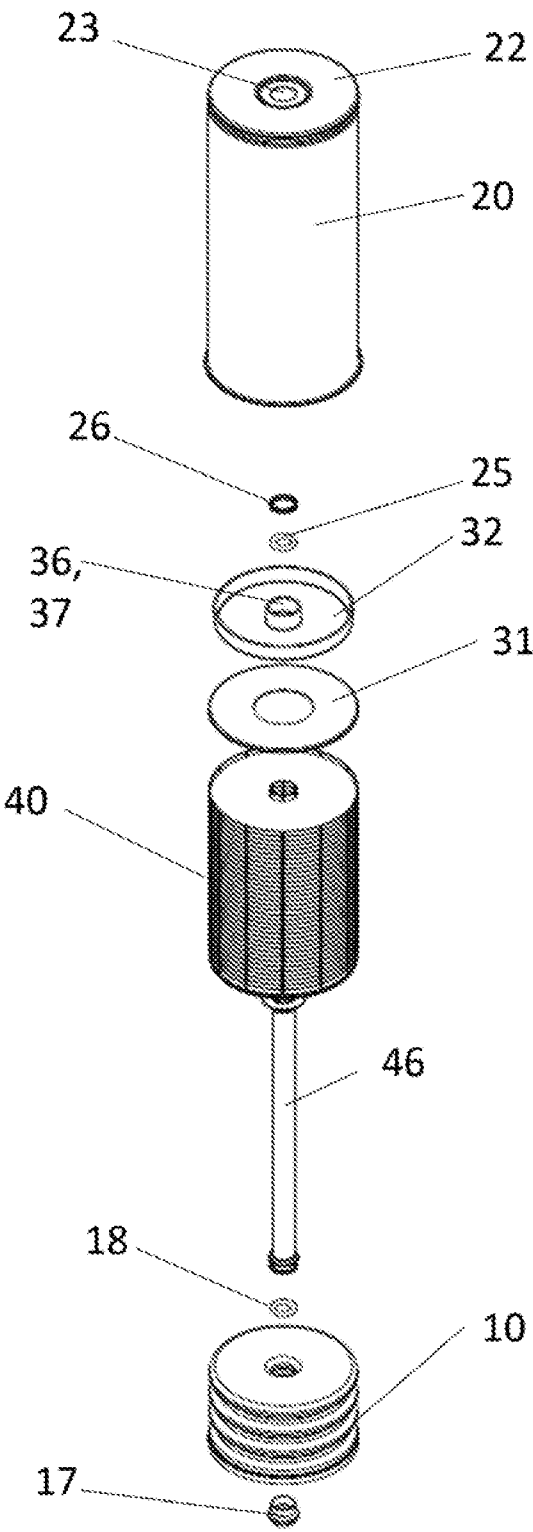
Figur 4B



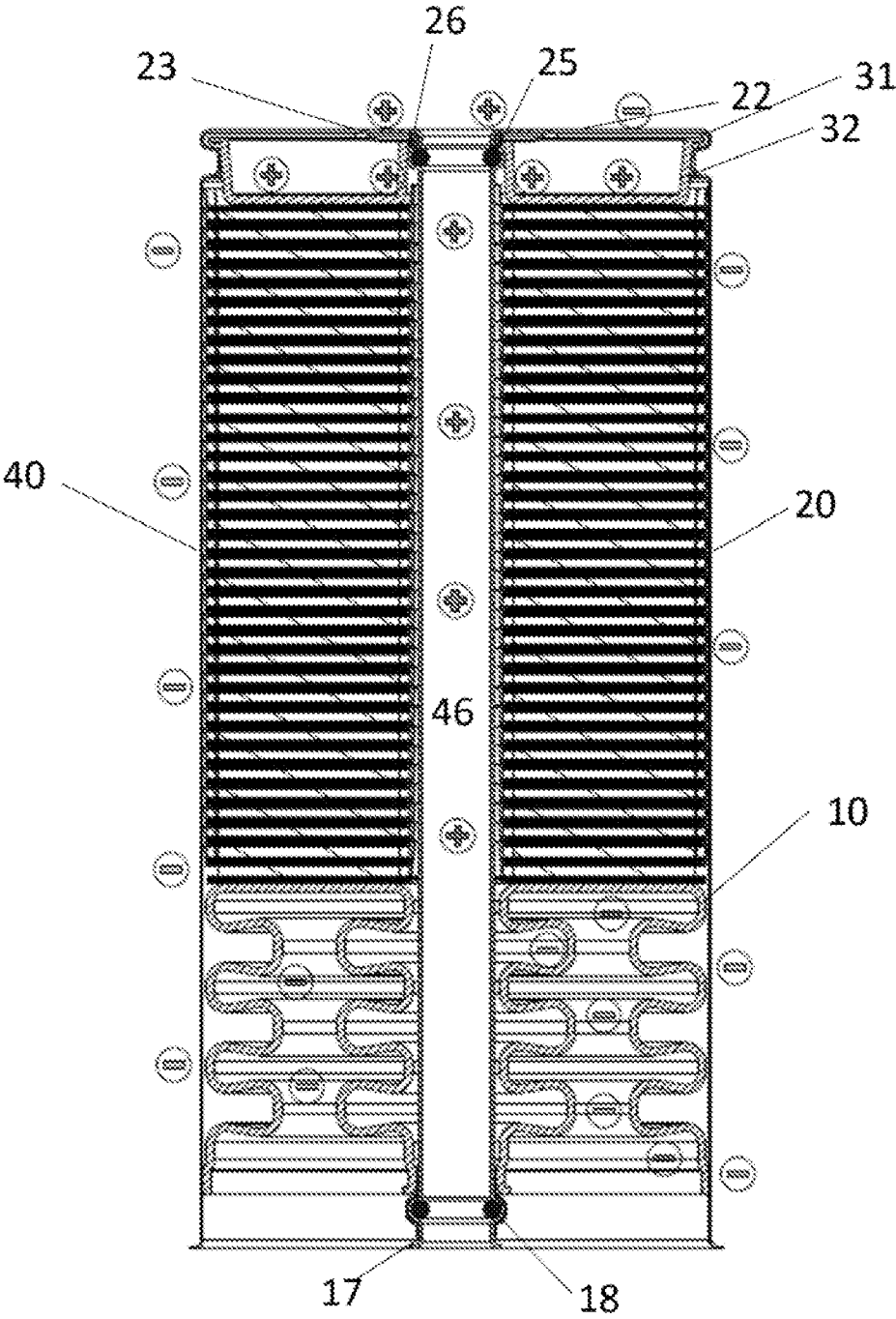
Figur 4C



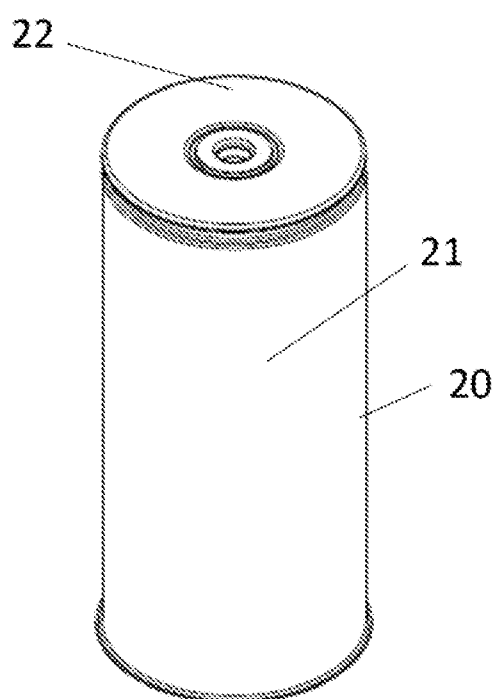
Figur 5



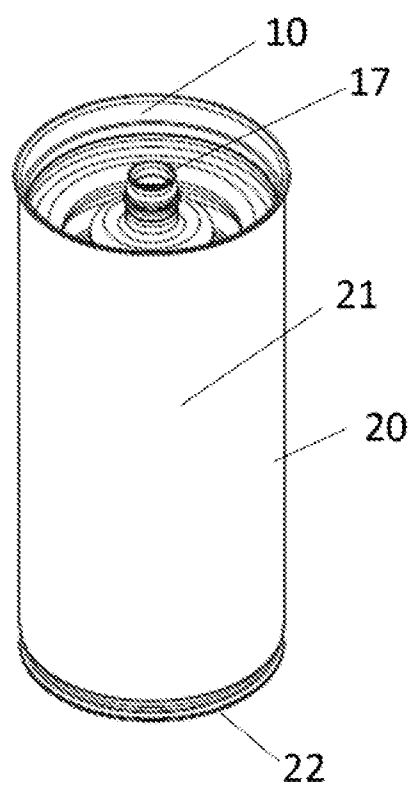
Figur 6



Figur 7A



Figur 7B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2024/100425

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01M 10/04**(2006.01)i; **H01M 50/107**(2021.01)i; **H01M 50/30**(2021.01)i; **H01M 50/545**(2021.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	DE 102019007748 A1 (DAIMLER AG [DE]) 12 May 2021 (2021-05-12) paragraphs [0001], [0013], [0014], [0026], [0034], [0050] - [0056], [0077] - [0081]	1-4,6,8 9 5, 7, 10
X A	DE 112010005063 T5 (LIGHTENING ENERGY [US]) 31 October 2012 (2012-10-31) paragraphs [0017] - [0029] figures 1-3	1-4, 6, 8, 10 5,7,9
Y	US 2007009785 A1 (KOZUKI KIYOMI [JP] ET AL) 11 January 2007 (2007-01-11) figures 1-8 paragraphs [0032] - [0036]	9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

04 September 2024

Date of mailing of the international search report

18 September 2024

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Larangeira, F

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/DE2024/100425

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
DE	102019007748	A1	12 May 2021	NONE		
DE	112010005063	T5	31 October 2012	CN	102742052 A	17 October 2012
				DE	112010005063 T5	31 October 2012
				US	2011159352 A1	30 June 2011
				WO	2011081648 A1	07 July 2011
US	2007009785	A1	11 January 2007	CN	1897327 A	17 January 2007
				JP	5011664 B2	29 August 2012
				JP	2007018962 A	25 January 2007
				US	2007009785 A1	11 January 2007

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H01M10/04 H01M50/107 H01M50/30 H01M50/545 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H01M		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2019 007748 A1 (DAIMLER AG [DE]) 12. Mai 2021 (2021-05-12)	1-4,6,8
Y	Absätze [0001], [0013], [0014], [0026],	9
A	[0034], [0050] - [0056], [0077] - [0081] -----	5,7,10
X	DE 11 2010 005063 T5 (LIGHTENING ENERGY [US]) 31. Oktober 2012 (2012-10-31)	1-4,6,8, 10
A	Absätze [0017] - [0029] Abbildungen 1-3 -----	5,7,9
Y	US 2007/009785 A1 (KOZUKI KIYOMI [JP] ET AL) 11. Januar 2007 (2007-01-11) Abbildungen 1-8 Absätze [0032] - [0036] -----	9
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 4. September 2024		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 18/09/2024
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Larangeira, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2024/100425

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102019007748 A1	12-05-2021	KEINE	

DE 112010005063 T5	31-10-2012	CN 102742052 A	17-10-2012
		DE 112010005063 T5	31-10-2012
		US 2011159352 A1	30-06-2011
		WO 2011081648 A1	07-07-2011

US 2007009785 A1	11-01-2007	CN 1897327 A	17-01-2007
		JP 5011664 B2	29-08-2012
		JP 2007018962 A	25-01-2007
		US 2007009785 A1	11-01-2007
