



(10) **DE 11 2015 000 370 T5** 2016.10.06

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2015/106168**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2015 000 370.3**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2015/010914**
(86) PCT-Anmeldetag: **09.01.2015**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **16.07.2015**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **06.10.2016**

(51) Int Cl.: **H01M 2/02 (2006.01)**
H01M 10/04 (2006.01)
H01M 10/0587 (2010.01)
H01M 4/13 (2010.01)

(30) Unionspriorität:
61/925,534 **09.01.2014** **US**

(71) Anmelder:
A123 Systems, LLC, Waltham, Mass., US

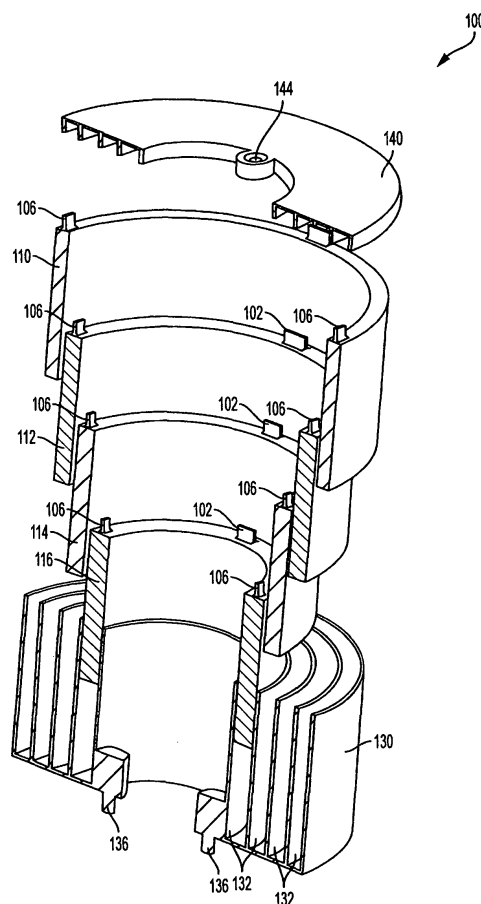
(74) Vertreter:
**DTS Patent- und Rechtsanwälte Schnekenbühl
und Partner mbB, 80538 München, DE**

(72) Erfinder:
**Dawson, James E., Macomb, Mich., US; Ijaz,
Mujeeb, Bloomfield, Mich., US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Elektrochemischer Mehrzellenspeicher und Verfahren dafür**

(57) Zusammenfassung: Elektrochemischer Mehrzellen-Speicher umfasst: ein Gehäuse, das eine Mehrzahl an konzentrischen ringförmigen Zellenkammern aufweist; eine Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen, wobei jede der Mehrzahl an ringförmigen Zellen in einer der Mehrzahl an ringförmigen Zellenkammern positioniert ist, und wobei die Mehrzahl an ringförmigen Zellen elektrisch in Reihe verbunden sind; und wobei jede der ringförmigen Zellenkammern mit einem leitfähigen Elektrolyt befüllt ist.



Beschreibung**TECHNISCHES GEBIET**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen elektrochemischen Mehrzellenspeicher (multi-cell) und ein Verfahren dafür, welche die gleiche oder eine gesteigerte elektrische und thermische Leistungsfähigkeit bei reduzierten Fertigungskosten im Hinblick auf konventionelle Vorrichtungen bereitstellen.

HINTERGRUND UND ZUSAMMENFASSUNG

[0002] Um eine elektrochemische Hochleistungszelle zylindrischer Form mit einer niedrigen elektrischen Impedanz herzustellen, umfassen aktuelle Herstellungstechnologien mehrere elektrisch leitfähige Anschlüsse, die normalerweise durch Verschweißen an die Substratfolie der Elektrode an mehreren Punkten entlang der Elektrodenlänge angebracht werden. Um die Zellenimpedanz zu verringern, wird die Anzahl an Anschlüssen dementsprechend verringert.

[0003] Mehrere konventionelle Verfahren zum separaten Anbringen von Anschlüssen werden aktuell in der Fertigung von elektrochemischen Speicherzellen (storage cells), elektrochemischen Kondensatoren, Elektrolytkondensatoren, Trockenfilmkondensatoren und ähnlichen elektrischen Vorrichtungen eingesetzt. Konventionelle Verfahren zum separaten Anbringen von Anschlüssen umfassen das Entfernen einer Beschichtung in Abschnitten an beiden Seiten einer beschichteten Elektrode und das Verschweißen der Anschlüsse an die freigelegten unbeschichteten Abschnitte sowie ein anschließendes Anbringen einer isolierenden Deckschicht über dem geschweißten Anschluss und der freigelegten Folie an der gegenüberliegenden Seite von dem Anschluss der Elektrode. Bezüglich anderer konventioneller Verfahren kann der Schritt des Entferns der Beschichtung durch teilweises Beschichten der Elektrodenoberflächen vermieden werden, indem unbeschichtete bzw. beschichtungsfreie Kanten der Elektrodenfolien freigelassen finden. Darüber hinaus können Anschlüsse an unbeschichtete Elektrodenabschnitte angehaftet werden oder alternativ von unbeschichteten Elektrodenabschnitten ausgeschnitten und daraus ausgeformt werden. Isolationsband kann anschließend aufgetragen werden, damit die Anschlüsse bedeckt werden, um einen elektrischen Kurzschluss an den Kanten der Anschlüsse zu verhindern. Konventionelle Verfahren zum Bereitstellen einer elektrischen Verbindung der Elektroden mit der gewickelten Elektrodenbaugruppe ohne separate Anschlüsse umfassen verborgene durchgeschweißte Abschnitte unbeschichteter Folienkanten an eine Platte. Eine elektrische Verbindung kann ebenfalls durch Halten einer Platte gegen die unbeschichteten Folienkanten der Elektrode in Form von mechanischer Komprimierung vorgesehen werden.

[0004] Die Erfinder haben potentielle Herausforderungen im Hinblick auf die oben dargelegten Ansätze erkannt. Der elektrische Strom kann nämlich durch die Verwendung von separaten Anschlüssen innerhalb kleiner Bereiche der Anschlüsse an diskreten Punkten entlang der Elektrode kanalisiert werden, wodurch Bereiche erzeugt werden, die bei signifikant höherer Temperatur als der Rest der Elektrode aufgrund von hoher lokalisierter ohmscher Erhitzung betrieben werden. Des Weiteren wird die Kapazität der Zelle in Ampere-Stunden (Ah) aufgrund der unbeschichteten Abschnitte zum Anbringen der Anschlüsse gesamtheitlich verringert, wodurch ferner lokale Unterschiede in dem Kapazitätsverhältnis von Anode zu Kathode in den unbeschichteten Abschnitten zu einer lokalisierten Lithium Beschichtung im Falle einer auf einer Lithium-Ionen-Zellenchemie basierenden Batterie entstehen. Da sich ferner die Komplexität der Zellenfertigung immer weiter erhöht und sich die Fertigungsgeschwindigkeit verringert, werden zusätzliche Funktionen benötigt, das Entfernen der Beschichtung, um das Verschweißen der Anschlüsse und den Vorgang des Anbringens des Isolationsbands durchzuführen und es werden zusätzlich größere finanzielle Investitionen benötigt, um die Herstellung zu hochfahren zu können. Die Geschwindigkeit des Zellenfertigungsprozesses kann sich noch weiter verringern, indem das Entfernen der Beschichtung, das Verschweißen der Anschlüsse und das Anbringen des Isolierbands an die Anschlüsse durchgeführt werden, wodurch sich die Zellenfertigungskosten erhöhen.

[0005] Ein Ansatz, der zumindest teilweise die oben angesprochenen Herausforderungen adressiert, umfasst einen elektrochemischen Mehrzellenspeicher (storage multi-cell), der aufweist: ein Gehäuse, das eine Mehrzahl an konzentrischen ringförmigen Zellenkammern umfasst; eine Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen, wobei jede der Mehrzahl an ringförmigen Zellen in einer der Mehrzahl an ringförmigen Zellenkammern angeordnet sind; und wobei die Mehrzahl an ringförmigen Zellen elektrisch miteinander in Reihe verbunden sind; und wobei jede der ringförmigen Zellenkammern mit einem leitfähigen Elektrolyt befüllt ist.

[0006] In einem anderen Ausführungsbeispiel umfasst ein Verfahren für einen elektrochemischen Mehrzellenspeicher: ein Positionieren von jeder einer Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen in konzentrischen ringförmigen Kammern eines Gehäuses, wobei die Anzahl der konzentrischen ringförmigen Kammern der Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen entspricht; ein elektrisches Verbinden von jeder der Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen in Reihe; und ein Befüllen von jeder der ringförmigen Zellenkammern mit leitfähigen Elektrolyt.

[0007] Auf diese Art und Weise weist ein elektrochemischer Mehrzellenspeicher ein sehr großes Format auf und es werden eine äquivalente oder verbesserte elektrische und thermische Leistungsfähigkeit sowie ferner reduzierte Fertigungskosten im Hinblick auf konventionelle elektrochemische Mehrzellenspeicher verwirklicht. Darüber hinaus kann der elektrochemische Mehrzellenspeicher ohne, an einzelne Elektroden geschweißte Anschlüsse, hergestellt werden, wodurch sich die Fertigungszeit und die Kosten verringern. Ferner können zylindrische elektrochemische Mehrzellen-Speicher mit elektrischen Verbindungen zwischen Elektrodenfolien und Gehäuse-Verbindungselementen hergestellt werden, die eine geringe Impedanz aufweisen, wodurch ein Hochleistungsbetrieb bei reduzierten Fertigungskosten ermöglicht wird. Im Übrigen können zylindrische elektrochemische Mehrzellenspeicher mit niedrigem gegenseitigen thermischen Widerstand sowie einer gesteigerten Nutzung von gemeinsamen Komponenten realisiert werden, womit sich die Anzahl an Komponenten und die Fertigungskomplexität des elektrochemischen Mehrzellenspeichers reduziert, wodurch sich ferner die Größe des elektrochemischen Mehrzellenspeichers pro Leistungseinheit verringert und wodurch sich die Fertigungskosten reduzieren (resultierend aus der verringerten Anzahl an Komponenten und deren Handhabung sowie aus der reduzierten Fertigungskomplexität).

[0008] Es versteht sich von selbst, dass die obige Zusammenfassung dazu dient, in vereinfachter Form eine Auswahl an Konzepten vorzustellen, die weiter unten in der detaillierten Beschreibung beschrieben werden. Es soll nicht derart verstanden werden, essentielle Merkmale bzw. Schlüsselmerkmale des beanspruchten Gegenstands zu identifizieren, dessen Schutzzumfang einzig durch die Ansprüche definiert ist, die aus der detaillierten Beschreibung hervorgehen. Im Übrigen ist der beanspruchte Gegenstand nicht auf Anwendungen beschränkt, die irgendwelche der oben bzw. in irgendeinem Teil dieser Offenbarung angegebenen Nachteile lösen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0009] Fig. 1 zeigt schematisch eine perspektivische Explosionsansicht eines Querschnitts eines elektrochemischen Mehrzellenspeichers;

[0010] Fig. 2A, Fig. 2B zeigen jeweils schematisch eine Draufsicht und eine perspektivische Ansicht einer beschichteten Elektrode für eine elektrochemische Speicherzelle;

[0011] Fig. 3A, Fig. 3B zeigen jeweils schematisch eine Draufsicht und eine perspektivische Ansicht einer beschichteten Elektrode für eine elektrochemische Speicherzelle;

[0012] Fig. 4A, Fig. 4B, Fig. 4C und Fig. 4D zeigen schematische Ansichten der Seite, des Querschnitts und des Endes sowie eine perspektivische Darstellung eines Wicklungskerns einer elektrochemischen Speicherzelle;

[0013] Fig. 4E zeigt schematisch eine Ansicht eines Endes eines zylindrischen Wicklungskerns mit teilweise umwickelten Elektrodenfolien;

[0014] Fig. 5A zeigt schematisch eine Ansicht eines Endes eines zylindrischen Wicklungskerns mit umwickelten Elektrodenfolien;

[0015] Fig. 5B zeigt schematisch eine Ansicht eines Querschnitts des zylindrischen Wicklungskerns mit umwickelten Elektrodenfolien aus Fig. 5A, entnommen an der Schnittebene 5B-5B;

[0016] Fig. 5C zeigt schematisch eine Ansicht eines Querschnitts des zylindrischen Wicklungskerns mit umwickelten Elektrodenfolien aus Fig. 5A, entnommen an der Schnittebene 5C-5C;

[0017] Fig. 6 zeigt schematisch eine perspektivische Ansicht einer teilweise ausgebildeten elektrochemischen Speicherzelle während des Wicklungsvorgangs;

[0018] Fig. 7 zeigt schematisch eine Ansicht eines Querschnitts eines elektrochemischen Mehrzellenspeichers;

[0019] Fig. 8 zeigt schematisch eine Draufsicht eines elektrochemischen Mehrzellenspeichers;

[0020] Fig. 9 zeigt schematisch eine perspektivische Explosionsansicht eines Querschnitts eines elektrochemischen Mehrzellenspeichers;

[0021] Fig. 10 zeigt schematisch eine Ansicht eines Querschnitts eines elektrochemischen Mehrzellenspeichers;

[0022] Fig. 11 zeigt schematisch eine Draufsicht eines elektrochemischen Mehrzellenspeichers;

[0023] Fig. 12A zeigt schematisch eine Draufsicht eines elektrochemischen Mehrzellenspeichers;

[0024] Fig. 12B zeigt schematisch eine Ansicht eines Querschnitts des elektrochemischen Mehrzellenspeichers aus Fig. 12A, entnommen an der Schnittebene 12B-12B;

[0025] Fig. 13A und Fig. 13B zeigen schematisch eine perspektivische Drauf- und Unteransicht eines elektrochemischen Mehrzellenspeichers; und

[0026] Fig. 14–Fig. 15 illustrieren Flussdiagramme eines beispielhaften Verfahrens für einen elektrochemischen Mehrzellenspeicher.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0027] Aspekte dieser Offenlegung werden nun beispielhaft und mit Bezug zu den gezeigten Ausführungsbeispielen, die oben aufgelistet sind, beschrieben. Komponenten, Verfahrensschritte, und andere Elemente, die in einem oder in mehreren Ausführungsbeispielen im Wesentlichen gleich sein können, sind mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet und werden mit minimaler Wiederholung beschrieben. Es wird jedoch angemerkt, dass gleich gekennzeichnete Elemente ebenfalls zu einem gewissen Grad voneinander abweichen können. Es wird ferner angemerkt, sofern dies nicht ausdrücklich anderweitig angegeben ist, dass die in dieser Offenlegung enthaltenen Figuren schematisch dargestellt und im Allgemeinen nicht maßstabsgetreu sind. Vielmehr können die verschiedenen Zeichnungsmaßstäbe, Seitenverhältnisse und Komponentenanzahlen, die in den Figuren gezeigt sind, bewusst verzerrt sein, damit gewisse Merkmale oder Beziehungen einfacher zu erkennen sind. Jedoch sind Fig. 1, Fig. 5A–Fig. 5C, Fig. 6–Fig. 11, Fig. 12A, Fig. 12B, Fig. 13A und Fig. 13B maßstabsgetreu gezeigt, obwohl andere relative Dimensionen verwendet sein können.

[0028] Die vorliegende Beschreibung betrifft einen zylindrischen elektrochemischen Mehrzellen-Speicher und ein Herstellungsverfahren dafür, welche eine äquivalente oder verbesserte elektrische und thermische Leistungsfähigkeit sowie reduzierte Fertigungskosten verglichen mit konventionellen zylindrischen, elektrochemischen Mehrzellenspeichern und konventionellen Herstellungsverfahren dafür ermöglichen.

[0029] Eine perspektivische Explosionsansicht eines Querschnitts eines Ausführungsbeispiels eines elektrochemischen Mehrzellenspeichers ist in Fig. 1 dargestellt. Fig. 2A, Fig. 2B, Fig. 3A und Fig. 3B illustrieren jeweils perspektivische Ansichten und Draufsichten einer beschichteten Elektrode für eine elektrochemische Speicherzelle. Ein beispielhafter zylindrischer Wicklungskern einer elektrochemischen Speicherzelle ist in Fig. 4A, Fig. 4B, Fig. 4C und Fig. 4D dargestellt und eine Ansicht einer Stirnseite eines beispielhaften zylindrischen Wicklungskerns mit teilweise umwickelten ersten und zweiten Trennfolien sowie teilweise umwickelten ersten und zweiten Elektroden einer elektrochemischen Speicherzelle ist in Fig. 4E gezeigt. Fig. 5A zeigt schematisch eine Ansicht eines Endes einer elektrochemischen Speicherzelle und Fig. 5B und Fig. 5C zeigen schematisch Querschnitte der elektrochemischen Speicherzelle aus Fig. 5A, die jeweils an

Schnittebenen 5B-5B und 5C-5C entnommen sind. Fig. 6 zeigt eine perspektivische Ansicht einer teilweise ausgebildeten elektrochemischen Speicherzelle während eines Wicklungsverfahrens. Fig. 8 zeigt eine Draufsicht eines elektrochemischen Mehrzellenspeichers und Fig. 7 zeigt eine Ansicht eines Querschnitts des elektrochemischen Mehrzellenspeichers aus Fig. 8, die an der Schnittebene 7-7 entnommen ist. Fig. 9 zeigt eine perspektivische Explosionsansicht eines Querschnitts eines elektrochemischen Mehrzellenspeichers. Fig. 10 zeigt schematisch eine Querschnittsansicht eines elektrochemischen Mehrzellenspeichers, der einen an dem Gehäuse befestigten Deckel umfasst. Fig. 11 zeigt schematisch eine Draufsicht eines Deckels eines elektrochemischen Mehrzellenspeichers. Fig. 12A zeigt schematisch eine Draufsicht eines Gehäuses 1200 eines elektrochemischen Mehrzellenspeichers und Fig. 12B zeigt schematisch eine Querschnittsansicht des Gehäuses aus Fig. 12A, die an der Schnittebene 12B-12B entnommen ist. Fig. 13A und Fig. 13B illustrieren perspektivische Drauf- und Unteransichten eines elektrochemischen Mehrzellenspeichers. Fig. 14–Fig. 15 stellen Flussdiagramme für ein beispielhaftes Verfahren für einen elektrochemischen Mehrzellenspeicher dar.

[0030] Konventionelle Verfahren zum Herstellen eines elektrochemischen Mehrzellenspeichers mit niedriger elektrischer Impedanz umfassenden ein Anbringen mehrerer elektrisch leitfähiger Anschlüsse an Elektroden-Substrate (Folien) von jeder einzelnen elektrochemischen Speicherzelle an verschiedenen Punkten entlang der Länge der Elektroden. Des Weiteren wird die Anzahl an Anschlüssen, die an die Elektrode angebracht werden, vergrößert, um dementsprechend die Impedanz der elektrochemischen Speicherzelle zu verringern. Mehrere konventionelle Verfahren zum separaten Anbringen von Anschlüssen sind aktuell in der Fertigung von elektrochemischen Speicherzellen, elektrochemischen Kondensatoren, Elektrolyt-Kondensatoren, Trockenfilm-Kondensatoren und ähnlichen elektrischen Vorrichtungen in Gebrauch. In einem beispielhaften konventionellen Verfahren wird eine Beschichtung einer Elektrode unterbrochen oder wird über der Breite der Elektrode an beiden Seiten entfernt, wodurch die darunter liegende metallische Substratfolie freigelegt wird. Ein Anschluss wird sodann an diesen Abschnitt der freigelegten Folie geschweißt. Eine isolierende Deckschicht wie ein Klebeband wird sodann über dem geschweißten Abschnitt des Anschlusses und der freigelegten Folie an der gegenüberliegenden Seite der Elektrode angebracht. In einem anderen beispielhaften konventionellen Verfahren wird eine Elektrodenbeschichtung auf beiden Seiten an einem dünnen rechteckigen Abschnitt nahe der Kante der Elektrode entfernt, wodurch die darunter liegende Folie auf beiden Seiten freigelegt wird. Ein Anschluss wird anschließend an den zuvor freigeleg-

ten rechteckigen Abschnitt an die freigelegte Folie geschweißt. Isolierendes Band oder Ähnliches wird an beide Seiten des verschweißten Abschnitts des Anschlusses angebracht. In einem anderen beispielhaften konventionellen Verfahren werden Elektroden mit unbeschichteten Kantenabschnitten freigelegter Folie beschichtet, die auf beiden Seiten unbeschichtet ist. Anschlüsse werden an diese freigelegten Folienabschnitte geschweißt und können mit Band isoliert werden, um elektrische Kurzschlüsse an den scharfen Kanten des Anschlusses zu verhindern.

[0031] Die Verwendung von separaten Anschlüssen, die an das Elektrodensubstrat angebracht sind, können insofern nachteilig sein, dass elektrischer Strom innerhalb eines kleinen Bereichs der Anschlüsse an diskreten Punkten entlang der Elektrode kanalisiert wird, wodurch Bereiche erzeugt werden, die bei signifikant höheren Temperaturen als der Rest der Elektrode, aufgrund von hoher lokaler ohmscher Erhitzung betrieben werden können, insbesondere wenn die Zelle in einem hohen elektrischen Lastbereich betrieben wird. Des Weiteren wird die Zellkapazität in Ah gesamtheitlich aufgrund der Abschnitte mit entfernter Beschichtung, die für das Anbringen der Anschlüsse benötigt werden, reduziert. Lokale Unterschiede in dem Elektroden-Kapazitätsverhältnis (z. B. Anode zu Kathode) in den freigelegten Abschnitten können Lithium-beschichtete Bereiche im Falle einer auf Lithium-Ionen-Zellenchemie basierenden Batterie verursachen. Ferner ist das Zellenfertigungs-Equipment komplexer, da zusätzliche Funktionen zum Durchführen der Beschichtungsentfernung, des Anschlusschweißens und des Band-Anbringens sowie eine größere finanzielle Investition zum Hochfahren der Produktion benötigt werden. Im Übrigen wird die Geschwindigkeit des Zellenfertigungsprozesses reduziert, da die Beschichtungsentfernung, das Anschlusschweißen und Anbringen von Band an die Anschlüsse durchzuführen sind, wodurch die Zellenfertigungskosten ansteigen.

[0032] Im Hinblick auf **Fig. 1** zeigt diese eine Explosionsansicht eines Querschnitts eines Ausführungsbeispiels eines elektrochemischen Mehrzellen-Speichers (Mehrfachzelle) **100**. Die Mehrzellenspeicher **100** umfasst ein Gehäuse **130** mit mehreren separaten Zellenkammern **132** und einen Deckel **140**. Das Gehäuse **130** kann zylindrisch in seiner Form sein, wobei die mehreren Zellenkammern **132** jeweils ringförmige zylindrische Kammern umfassen, die darin konzentrisch ausgebildet sind. Das Gehäuse **130** kann ebenfalls eine Mehrzahl an einzelnen elektrochemischen Speicherzellen aufnehmen, wobei jede der Mehrzahl an einzelnen elektrochemischen Speicherzellen in einer der konzentrischen Zellenkammern **132** untergebracht ist und bezüglich der Größe mit einer der konzentrischen Zellenkammern **132** übereinstimmt. Dementsprechend können die elektrochemischen Speicherzellen zylindrischen

geformt sein, um den Abmessungen der ringförmigen zylindrischen Zellenkammern **132**, die konzentrisch in dem Gehäuse **130** ausgebildet sind, zu entsprechen. **Fig. 1** illustriert ein Ausführungsbeispiel eines elektrochemischen Vier-Zellen-Speichers, wobei der elektrochemische Vier-Zellen-Speicher ein elektrochemischer Mehrzellenspeicher ist, der vier einzelne elektrochemische Speicherzellen **110**, **112**, **114** und **116** umfasst, die in vier konzentrischen Zellenkammern **132** des Gehäuses **130** untergebracht sind. Ein Ausführungsbeispiel des elektrochemischen Vier-Zellen-Speichers kann ein elektrochemischer großformatiger 12 V Vier-Zellen-Speicher sein, wobei jede einzelne elektrochemische Speicherzelle eine elektrochemische 3 V-Speicherzelle umfasst.

[0033] Das Gehäuse **130** kann ein Kunststoffgehäuse oder ein anderes nicht leitendes Gehäusematerial aufweisen. Ein Kunststoffgehäuse kann für eine Massenreduktion des Mehrzellenspeichers, für eine Kostenreduktion des Mehrzellenspeichers und für eine Herstellungs-Vereinfachung der Eigenschaften des Mehrzellenspeichers durch Gießen, Extrudieren und dergleichen vorteilhaft sein. Das Gehäuse **130** kann derart ausgebildet sein, Verbindungstromschienen aufzuweisen, die innerhalb des Gehäuses umspritzt sind, um die Stromschienen in dem Gehäuse **130** ordnungsgemäß zu positionieren. Außerdem kann jede der einzelnen Zellenkammern **132** lediglich einen elektrochemischen Speicherzellenstapel (vergleichbar mit der Struktur einer Bisquitrolle) enthalten. Dementsprechend können die Gehäusekammern **132** jede elektrochemische Speicherzelle mechanisch, elektrochemisch und bezüglich ihrer Umgebung von elektrochemischen Speicherzellen in benachbarten Kammern trennen.

[0034] Wie ferner weiter unten beschrieben ist, kann jede einzelne elektrochemische Speicherzelle Elektrodenfolien und Trennfolien umfassen, die um einen zylindrischen Wicklungskern gewickelt und befestigt werden, wobei die gewickelten Elektrodenfolien und Trennfolien eine Bisquitrollenstruktur ausbilden. Die Elektrodenfolien können ein teilweise beschichtetes elektrisch leitfähiges Substrat (Folie) aufweisen, das einen beschichteten zentralen Abschnitt zwischen unbeschichteten leitfähigen Kanten aufweist. Die unbeschichteten leitfähigen Kanten können als in axiale Richtung bezogen auf den zylindrischen Wicklungskern nach außen ragende Anschlüsse ausgeformt sein. Des Weiteren können die Anschlüsse derart entlang der Folie positioniert sein, um zueinander winklig, nach dem Wickeln der Elektrodenfolien und Trennfolien auf dem zylindrischen Wicklungskern, bezogen auf die Mittelachse des zylindrischen Wicklungskerns ausgerichtet zu sein. Mehrere Gruppen von winklig zueinander ausgerichteten Anschlüssen können durch Beabstandung der Anschlüsse entlang einer Länge der Elektrodenfolien vor dem

Wickeln der Elektrodenfolien auf den zylindrischen Wicklungskern ausgeformt werden. In dem beispielhaften elektrochemischen Mehrzellenspeicher **100**, umfassen die Anschlüsse **106** zwei diametral entgegengesetzt angeordnete Gruppen winklig zueinander ausgerichteter Anschlüsse, wobei die Anschlüsse **102** zwei diametral entgegengesetzt angeordnete Gruppen (lediglich eine Gruppe ist in **Fig. 1** gezeigt) von winklig zueinander ausgerichteten Anschlüssen aufweisen, welche um 90° zu den Anschlüssen **106** versetzt sind. Ein Versatz von 90° kann die Fertigungseffizienz durch Erhöhen der Fertigungswiederholbarkeit und der Genauigkeit der Anschluss-Positionierung an den Elektrodenfolien begünstigen. Beispielsweise kann sich durch einen Versatz von winklig zueinander ausgerichteten Gruppen von Anschlüssen von ungleich 90° die Fertigungskomplexität und/oder die Anzahl an Fertigungsfehlern erhöhen. Des Weiteren kann sich durch einen Versatz von winklig zueinander ausgerichteten Gruppen von Anschlüssen von ungleich 90° ein Abstand zwischen benachbarten und gegenseitig zueinander ausgerichteten Gruppen von Anschlüssen vergrößern, was die Wärmeerzeugung erhöhen kann und was ein Risiko eines Lichtbogenüberschlags oder eines Kurzschlusses zwischen zueinander ausgerichteten Gruppen von Anschlüssen einer ersten Elektrodenfolie und einer zweiten Elektrodenfolie reduzieren kann.

[0035] Die Gruppen zueinander ausgerichteter Anschlüsse können als derart fluchtende Gruppen ausgebildet sein, dass jeder Anschluss in jeder Gruppe einen Anschluss derselben winkligen Bogenlänge entlang jeder gewickelten Elektrodenschicht in der Bisquitrollenstruktur aufweisen kann. Außerdem können die Paare von Gruppen der winklig zueinander ausgerichteten Anschlüsse ungefähr diametral gegenüber liegend ausgebildet sein, z. B. um innerhalb weniger Grad exakt diametral gegenüberliegend ausgebildet zu sein, oder um exakt diametral gegenüberliegend zueinander um den zylindrischen Wicklungskern ausgebildet zu sein. Zudem können die Gruppen von Anschlüssen an einem der beiden axialen Enden des elektrochemischen Mehrzellenspeichers **100** winklig ausgerichtet sein. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Anschlussform rund, eckig, quadratisch, viereckig dreieckig, gezackt sein kann oder andere solcher Formen aufweisen kann und nicht zwangsläufig auf Merkmale beschränkt ist, die durch physisch herausgetrenntes Material ausgeformt sind.

[0036] Der elektrochemische Mehrzellen-Speicher **100** kann weiter einen Deckel **140** aufweisen, der jede der Kammern **132** fluidisch abdichtet, wenn dieser am Gehäuse **130** befestigt ist. Der Deckel **140** kann eine Verbindungsbuchse **144** für Hochstromanwendungen umfassen; und der elektrochemische Mehrzellen-Speicher **100** kann ferner Verbindungsstecker **136** für Hochstromanwendungen aufweisen.

[0037] Die Bisquitrollenstruktur der elektrochemischen Zellen kann beschichtete erste und zweite Elektrodenfolien und erste und zweite Trennfolien (im Allgemeinen in **Fig. 5** bezeichnet mit **520**), die um einen zylindrischen Kern **540** gewickelt sind, um Speicherzellen mit einer niedrigen elektrischen Impedanz auszubilden, die keine, an die einzelnen Elektroden geschweißten, separaten Anschlüsse aufweisen. Wie in dem Ausführungsbeispiel von **Fig. 4B** gezeigt ist, kann ein zylindrischer Kern **400** einer elektrochemischen Speicherzelle eine formschlüssige Nabe, wie eine hexagonale Nabe, aufweisen, die dazu beitragen kann, das Montieren und Demontieren des zylindrischen Kerns auf einen Wicklungsdorn zu vereinfachen und die ferner das Rotieren des Kerns während des Wicklungsvorgangs, wie weiter unten beschrieben, unterstützen kann.

[0038] Im Hinblick auf **Fig. 2A** und **Fig. 2B** zeigen diese einen Schritt in einem Verfahren zum Ausbilden einer ersten Elektrodenfolie **200**. In einem Ausführungsbeispiel kann die erste Elektrode eine Anode umfassen. Jedoch kann die erste Elektrode stattdessen eine Kathode, eine positive Elektrode oder eine negative Elektrode umfassen. Im Falle einer Anode für eine elektrochemische Lithium-Ionen-Speicherzelle kann die erste Elektrode ein elektroaktives Lithium-Zwischenschicht-Material oder eine metallische Lithiumbeschichtung aufweisen, die auf beide Seiten eines metallischen Foliensubstrats in einem kontinuierlichen Beschichtungsprozess beschichtet wird. Die Beschichtung kann mit spezifischen Breiten **230** aufgetragen werden, wodurch unbeschichtete Kantenabschnitte **224** der Folie zwischen den beschichteten Abschnitten freigelassen werden. Nach dem Auftragen der Beschichtung kann die Elektrode mit den beschichteten Oberflächen getrocknet und kalandert werden. Das beschichtete Folienmaterial kann anschließend entlang sich abwechselnder Kanten **220** der beschichteten Abschnitte abgetrennt werden, damit ein kontinuierliches Elektrodenmaterial mit freigelegten unbeschichteten Kantenabschnitten **224** der Folie entsteht, das sich mit einer spezifischen Breite **230** des beschichteten Abschnitts **210** an einer Kante der Elektrodenfolie **200** erstreckt. Die erste Elektrodenfolie **200** weist ebenfalls eine Breite **240** der unbeschichteten Kantenabschnitte **224** der Folie auf.

[0039] Im Hinblick auf **Fig. 3A** und **Fig. 3B** zeigen diese einen Schritt in einem Verfahren zum Ausbilden einer zweiten Elektrodenfolie **300**. In einem Ausführungsbeispiel kann die zweite Elektrode eine Kathode umfassen. Jedoch kann die zweite Elektrode stattdessen eine Anode, eine positive Elektrode oder eine negative Elektrode umfassen. Im Falle einer Kathode für eine elektrochemische Lithium-Ionen-Speicherzelle kann die zweite Elektrode eine Mischung aus einem speziell präparierten lithiierten Eisen-Phosphat-Pulver, einem leitfähigen Kohlenstoff und einem polymeren Bindemittel umfassen. Die Mischung kann auf

beide Seiten eines metallischen Foliensubstrats in einem kontinuierlichen Beschichtungsprozess aufgetragen werden, um eine zweite Elektrode **300** auszubilden. Die Beschichtung kann mit spezifischen Breiten **330** aufgetragen werden, wodurch unbeschichtete Kantenabschnitte **324** der Folie zwischen den beschichteten Abschnitten freigelassen werden. Nach dem Auftragen der Beschichtung kann die Elektrode mit beschichteten Oberflächen getrocknet und kalandert werden. Das beschichtete Folienmaterial kann anschließend entlang sich abwechselnder Kanten **320** der beschichteten Abschnitte abgetrennt werden, wodurch ein kontinuierliches Elektrodenmaterial mit freigelegten unbeschichteten Kantenabschnitten **324** der Folie entsteht, das sich mit einer spezifische Breite **330** des beschichteten Abschnitts **310** an einer Kante der Elektrodenfolie **300** erstreckt. Die zweite Elektrodenfolie **300** umfasst ebenfalls eine Breite **340** der unbeschichteten Kantenabschnitte **324** der Folie.

[0040] Im Hinblick auf **Fig. 4A–Fig. 4D** zeigen diese ein Ausführungsbeispiel eines zylindrischen Wicklungskerns **400** für eine elektrochemische Speicherzelle. Der zylindrische Wicklungskern **400** kann einen hohlen zentralen Kern **410** umfassen. Eine Länge des zylindrischen Wicklungskerns kann kleiner als eine Breite der ersten und zweiten Elektrodenfolien sein, so dass die Kanten der Elektrodenfolien in einer axialen Richtung über die Enden des zylindrischen Wicklungskerns **400** hinaus ragen. Der zylindrische Wicklungskern **400** kann einen Metallkern oder einen Kunststoffkern und Wände **402** umfassen. Die Wände **402** können dick genug sein, um eine strukturelle Abstützung für die Bisquitrollenstruktur und die Wicklungen davon zu gewährleisten, wohingegen sie dünn genug sind, so dass die elektrochemische Speicherzelle in eine der Zellkammern **132** eingesetzt werden kann. Dementsprechend kann der innere Durchmesser **406** des zylindrischen Wicklungskerns **400** groß genug sein, um die elektrochemische Speicherzelle in eine der Zellkammern **132** einzusetzen. **Fig. 4A** illustriert eine Seitenansicht des zylindrischen Wicklungskerns **400** und **Fig. 4B** illustriert eine Querschnittsansicht des zylindrischen Wicklungskerns **400**, die an der Schnittebene **4B–4B** durch die Mittelachse **408** des zylindrischen Wicklungskerns **400** entnommen ist.

[0041] Im Hinblick auf **Fig. 4E** zeigt diese eine Ansicht eines Endes eines zylindrischen Wicklungskerns **400** mit teilweise umwickelten Elektrodenfolien und Trennfolien. Wie bereits oben beschrieben, kann der zylindrische Wicklungskern **400** einen hohlen zentralen Kern **410** aufweisen. Wie in **Fig. 4E** illustriert ist, können eine erste Trennfolie **450**, eine erste Elektrodenfolie **452**, eine zweite Trennfolie **454** und eine zweite Elektrodenfolie **456** in dieser Reihenfolge um den zylindrischen Wicklungskern **400** gewickelt werden. Teilweise umwickelte Schichten **460** der Elektrodenfolien und Trennfolien bilden einen ä-

ßeren umwickelten Durchmesser **480** der elektrochemischen Speicherzelle aus. Die ersten und zweiten Trennfolien **450**, **454** können nicht leitfähige Materialien umfassen. Beispielsweise können die ersten und zweiten Trennfolien **450**, **454** ein Polymermaterial umfassen.

[0042] Um die elektrochemische Speicherzelle mit Bisquitrollenstruktur auszubilden, kann ein hohler zylindrischer Wicklungskern **400** aus Kunststoff oder Metall auf die Welle einer Wicklungsmaschine montiert oder angeordnet werden. Dabei können die Kanten der ersten und zweiten Trennfolien **450** und **454** ihrer Breite nach entlang einer axialen Länge des Kerns zentriert und durch Verwenden von Klebeband an den Kern befestigt werden. Der zylindrische Wicklungskern **400** kann anschließend wenigstens um eine Umdrehung gedreht werden. Die Kante in Querrichtung der ersten Elektrode kann parallel zu der Achse **470** des zylindrischen Wicklungskerns zwischen den ersten und zweiten Trennfolien positioniert werden. Der Wicklungskern kann anschließend um eine Umdrehung gedreht werden, wodurch die erste Elektrodenfolie **452** zwischen die erste und zweite Trennfolie **450**, **454** hineingezogen und fixiert wird. Danach kann die zweite Elektrodenfolie **456** parallel zu der Achse **470** des zylindrischen Wicklungskerns zwischen der zweiten Trennfolie **454** und der bereits auf den Kern gewickelten ersten Trennfolie **450** positioniert werden. Der zylindrische Wicklungskern kann anschließend kontinuierlich gedreht werden bis die gewünschten Längen der ersten und zweiten Elektrodenfolien entsprechend der Bisquitrollenstruktur gewickelt worden sind, und/oder der endgültige Gesamtwicklungsdurchmesser **480** erreicht ist. **Fig. 4E** illustriert ferner jeweils die ersten und zweiten Trennfolien **450** und **454** und jeweils die ersten und zweiten Elektrodenfolien **452** und **456**, die in Schichten um den zylindrischen Wicklungskern **400** gewickelt sind.

[0043] Die Breiten der ersten und zweiten Elektroden können beide größer als die Breiten der ersten und zweiten Trennfolien sein, allerdings können beide beschichtete Breiten umfassen, die kleiner als oder gleich der Breite der ersten und zweiten Trennfolien sind. Darüber hinaus kann die zweite Elektrode eine beschichtete Breite aufweisen, die geringfügig schmaler als die beschichtete Breite der ersten Elektrode sein kann. Dadurch können die Trennfolien die beschichteten Oberflächen der ersten und zweiten Elektroden, die um den zylindrischen Wicklungskern gewickelt sind, mechanisch und elektrisch trennen.

[0044] Während des Wicklungsvorgangs können Abschnitte der unbeschichteten leitfähigen Kantenabschnitte der Elektrodenfolien ausgeschnitten oder entfernt werden, wodurch Anschlüsse entstehen, die von den beschichteten Abschnitten der Elektrodenfolien nach außen (in einer axialen Richtung) ragen.

Dadurch können die Anschlüsse einstückig aus den Elektrodenfolien geformt werden ohne dabei getrennte einzelne Anschlüsse an die Elektrodenfolien zu schweißen und ohne dabei Abschnitte der Beschichtung zu entfernen, um die Substratfolie freizulegen. Die Anschlüsse können in einem spezifischen Muster oder mit einer Frequenz bezogen auf den Wicklungsdrehwinkel ausgeformt werden, indem eine Reihe von zueinander ausgerichteten mechanisch freistehenden Anschlussgruppen (z. B. die Anschlüsse **106**) erzeugt werden, um danach während eines Vereinigungsschrittes und vor einem Verschweißungsschritt verformt (z. B. vereint und/oder komprimiert) zu werden. Die Vereinigungs- und Verschweißungsschritte können dazu dienen, um die gewickelten Schichten der ersten Elektrodenfolie elektrisch miteinander zu verbinden, um die gewickelten Schichten der zweiten Elektrode elektrisch miteinander zu verbinden und um die gewickelten Schichten der ersten Elektrodenfolie und der zweiten Elektrodenfolie mit den Steckern/Buchsen des elektrochemischen Mehrzellen-Speichers elektrisch zu verbinden.

[0045] Der Ausscheidungsprozess der Elektrodenfolien kann bezogen auf den Drehwinkel des Wicklungsdorns durchgeführt werden. Dadurch können die Anschlüsse in jeder gewickelten Schicht radial und winklig zueinander ausgerichtet werden, so dass die Anschlüsse in nachfolgenden Schichten der ersten und zweiten Elektrodenfolien eine nach außen ragende mehrschichtige Gruppe von Anschlüssen in der Bisquitrollenstruktur ausbilden, die sich von der gewickelten Elektrodenfolien-schicht an der äußeren Oberfläche der Zelle hindurch bis zu der gewickelten Elektrodenfolien-schicht an der äußeren Oberfläche des zylindrischen Wicklungskerns erstreckt.

[0046] Die Länge der Anschlüsse kann derart eingestellt werden, um eine freie Bogenlänge des Anschlusses zu erzeugen, der einen eingeschlossenen Winkel in jeder Schicht des Elektrodenmaterials in der Bisquitrollenstruktur von gleich oder größer als 2 Radianten ($114,6^\circ$) und weniger als 180° (z. B. weniger als π -Radianten) umfasst. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Länge der Anschlüsse derart eingestellt werden, damit eine freie Bogenlänge des Anschlusses erzeugt wird, der einen eingeschlossenen Winkel in jeder Schicht des Elektrodenmaterials innerhalb der Bisquitrollenstruktur von gleich oder größer als 2 Radianten ($114,6^\circ$) und weniger als 178° umfasst. Die Länge der Anschlüsse kann bezogen auf den Gesamt-Drehwinkel des Wicklungsdorns oder bezogen auf einen oder mehrere der Parameter: Wicklungswinkel, Materialdicke und Wicklungsdurchmesser (oder Radius) der Bisquitrollenstruktur eingestellt werden.

[0047] Hinsichtlich **Fig. 6** zeigt diese eine perspektivische Ansicht einer teilweise ausgebildeten elektrochemischen Speicherzelle **600** während dem Wi-

ckeln der ersten und zweiten Elektrodenfolien sowie der ersten und zweiten Trennfolien auf einem zylindrischen Wicklungskern **630**. Die teilweise ausgebildete elektrochemische Speicherzelle **600** umfasst eine beschichtete Breite **610** einer Elektrodenfolie (z. B. eine erste Elektrodenfolie oder eine zweite Elektrodenfolie), einen unbeschichteten Kantenabschnitt **640** der Elektrodenfolie und eine Trennfolie **620** (z. B. die erste oder zweite Trennfolie), jeweils gewickelt, um eine teilweise Bisquitrollenstruktur **650** auszubilden. Obwohl nicht explizit in **Fig. 6A** und **Fig. 6B** dargestellt, kann die teilweise ausgebildete elektrochemische Speicherzelle **600** sowohl die beiden ersten und zweiten Elektrodenfolien als auch die beiden ersten und zweiten Trennfolien aufweisen, die teilweise gewickelt sind, um die teilweise Bisquitrollenstruktur **650** auszubilden. Die beschichtete Breite **610** kann kleiner oder gleich der Breite der Trennfolie **620** sein, um sicherzustellen, dass die Trennfolie **620** sowohl elektrisch als auch mechanisch die erste Elektrodenfolie von der zweiten Elektrodenfolie trennt.

[0048] Die unbeschichteten Kantenabschnitte **640** können eine Mehrzahl an Anschlüssen **670** umfassen. Die Anschlüsse **670** können vor dem Wickeln ausgeformt werden oder, da die Elektrodenfolie auf den zylindrischen Wicklungskern **630** gewickelt wird, durch Entfernen bzw. Ausschneiden von Zwischenabschnitten der unbeschichteten leitfähigen Kantenabschnitten. Wie in **Fig. 6** gezeigt, ist eine Form der Anschlüsse **670** im Allgemeinen lang und schmal. Im Übrigen erhöht sich die Länge **690** der Anschlüsse **670** (und der Abstand **694** zwischen den Anschlüssen **670** vergrößert sich), da eine Elektrodenfolienlänge, die auf den zylindrischen Kern gewickelt ist, sich erhöht, so dass nach dem Wickeln der Elektrodenfolie auf den zylindrischen Wicklungskern **630** die Anschlüsse **670** winklig zueinander bezogen auf den zylindrischen Wicklungskern **630** ausgerichtet sind. Wie oben beschrieben, kann die Länge der Anschlüsse einer Bogenlänge entsprechen, die einen eingeschlossenen Winkel nach dem Wickeln der Elektrodenfolie auf den zylindrischen Wicklungskern **630** von gleich oder größer als 2 Radianten umfassen. Des Weiteren können die Mittellinien **696** von aufeinanderfolgenden Anschlüssen **670** der Länge nach beabstandet sein, so dass sie um 180° entgegengesetzt sind und sie auf den zylindrischen Wicklungskern **630** gewickelt sind, wodurch sie nach außen ragende mehrschichtige Gruppen von Anschlüssen in der Bisquitrollenstruktur ausbilden, die sich von der gewickelten Elektrodenfolien-schicht an der äußeren Oberfläche der Zelle hindurch zu der gewickelten Elektrodenfolien-schicht an der äußeren Oberfläche des zylindrischen Wicklungskerns erstrecken. Dadurch wird ein zweiter Abtrennvorgang vermieden, um die Gleichmäßigkeit der Anschlusslängen zu korrigieren, die aus konventionellen Verfahren resultieren, welche auf Stanz-Formgebungs-Prozessen der

Anschlüsse basieren, wodurch sich Fertigungskosten und die Fertigungskomplexität reduzieren.

[0049] Wie in **Fig. 6** gezeigt, können die Anschlüsse **670** axial über den zylindrischen Wicklungskern **630** hinausragen, während diese gewickelt werden, um die Bisquitrollenstruktur auszubilden. Eine axiale Länge des zylindrischen Wicklungskerns **630** kann kleiner als eine Breite der ersten und zweiten Elektrodenfolien sein, so dass die unbeschichteten Kantenabschnitte **640** und die Anschlüsse **670**, die einstückig aus den Elektrodenfolien ausgeformt sind, über die Enden des zylindrischen Wicklungskerns **630** hinausragen. Dadurch können die zu den abgetrennten Ausschnitten **670** benachbarten Abschnitte der Elektrodenfolien gegenüber dem zylindrischen Wicklungskern **630** oder abseits davon verformt und komprimiert sowie vereinigt werden, um die ersten und zweiten Elektrodenfolien mit den leitfähigen Einsätzen des Gehäuses, die zu einem ersten Ende **654** der Bisquitrollenstruktur benachbart sind, elektrisch zu verbinden. Des Weiteren können die Enden der unbeschichteten Kantenabschnitte der ersten und zweiten Elektrodenfolien über das Ende **654** des zylindrischen Wicklungskerns hinaus ragen, um eine erste Elektrodenfolie mit einem ersten leitfähigen Einsatz und eine zweite Elektrodenfolie mit einem zweiten leitfähigen Einsatz elektrisch zu verbinden. Dadurch kann eine erste Elektrodenfolie ferner mit einem ersten Verbindungselement der elektrochemischen Speicherzelle elektrisch verbunden werden und eine zweite Elektrodenfolie kann weiter mit einem zweiten Verbindungselement der elektrochemischen Speicherzelle elektrisch verbunden werden.

[0050] Die Anschluss-Formgebung mittels eines Trennprozesses kann durch ein Steuerlogik-basiertes Laserschneiden, Hochdruckschneiden mittels eines nicht leitfähigen abrasiven Mediums, mechanisches Stanzen oder durch andere allgemein bekannte industrielle Trenn- oder Stanzprozesse durchgeführt werden. Der Wicklungsvorgang kann fortgesetzt werden, bis eine endgültige Länge der ersten und zweiten Elektrodenfolien gewickelt ist und/oder ein endgültiger Wicklungs-Durchmesser gewickelt ist. Die Bisquitrollenstruktur kann anschließend noch um eine oder mehrere zusätzliche Umdrehungen gedreht werden, um die äußere Schicht der Bisquitrollenstruktur in ihrer Gesamtheit mit den ersten und/oder zweiten Trennfolien zu bedecken und um die äußere Schicht der Bisquitrollenstruktur mittels einer oder mehreren Schichten eines Klebebands fixieren zu können. Das Band kann dieselbe Dicke als die ersten und/oder zweiten Trennfolien aufweisen oder ist geringfügig breiter. Die resultierende Bisquitrollenstruktur und der Wicklungskern werden von dem Dorn der Wicklungsmaschine entnommen.

[0051] Im Hinblick auf **Fig. 5A** zeigt diese eine Ansicht eines Endes einer elektrochemischen Speicher-

zelle mit Bisquitrollenstruktur, die einen zylindrischen Wicklungskern **540** mit gewickelten Elektrodenfolien und gewickelten Trennfolien, im Allgemeinen dargestellt mit dem Bezugszeichen **520**, umfasst. Eine erste Elektrode (z. B. eine Anode oder Kathode) kann diametral gegenüberliegende mehrschichtige Gruppen von Anschlüssen **522** aufweisen, die in einer ersten Elektrodenfolie ausgeformt sind, während eine zweite Elektrode (z. B. Kathode oder Anode) diametral gegenüberliegende mehrschichtige Gruppen von Anschlüssen **526**, die in einer zweiten Elektrodenfolie ausgeformt sind, umfassen. Die gewickelte Bisquitrollenstruktur kann an ihrer äußeren Oberfläche durch eine oder mehrere umwickelte Trennfolien-schichten **550** umschlossen sein. Obwohl vier Gruppen von diametral gegenüberliegenden Gruppen von Anschlüssen gezeigt sind, kann die elektrochemische Speicherzelle mit Bisquitrollenstruktur wenigstens zwei Gruppen von mehrschichtigen Anschlüssen umfassen. Ein Versatz von 90° kann die Fertigungseffizienz durch Erhöhen der Fertigungswiederholbarkeit und die Genauigkeit der Anschluss-Positionierung in den Elektrodenfolien begünstigen. Zum Beispiel können ein Versatz von winklig zueinander ausgerichteten Gruppen von Anschlüssen von ungleich 90° die Fertigungskomplexität und/oder die Anzahl an Fertigungsfehlern erhöhen. Des Weiteren kann ein Versatz von winklig zueinander ausgerichteten Gruppen von Anschlüssen von ungleich 90° einen Abstand zwischen benachbarten und zueinander ausgerichteten gegenüberliegenden Gruppen von Anschlüssen erhöhen, was die Wärmezeugung erhöhen kann und was ein Risiko von einem Lichtbogenüberschlag oder einem Kurzschluss zwischen zueinander ausgerichteten Gruppen von Anschlüssen einer ersten Elektrodenfolie und einer zweiten Elektrodenfolie reduzieren kann.

[0052] Im Hinblick auf **Fig. 5B** und **Fig. 5C** zeigen diese Querschnittsansichten der Bisquitrollenstruktur der elektrochemischen Speicherzelle aus **Fig. 5A**, die an den Schnittebenen 5B-5B und 5C-5C entnommen sind. Mehrschichtige Gruppen von Anschlüssen **522** können in einer der ersten und zweiten Elektrodenfolien ausgebildet werden, während mehrschichtige Gruppen von Anschlüssen **526** in der anderen der ersten und zweiten Elektrodenfolien ausgebildet werden.

[0053] Im Hinblick auf **Fig. 7** illustriert diese für eine teilweise Querschnittsansicht eines elektrochemischen Mehrzellenspeichers, die an der Schnittebene 7-7 von **Fig. 8** entnommen worden ist. Der elektrochemische Mehrzellenspeicher **700** umfasst ein Gehäuse **710**, das vier Kammern **714** aufweist. Jede der vier Kammern **714** enthält eine elektrochemische Speicherzelle **720**. Außerdem können die elektrochemischen Speicherzellen **720** dicker sein, indem sie eine größere Anzahl an gewickelten Schichten bezüglich einer Innenseite **702** der Mehrzellenspeichers

700 aufweisen, wobei die elektrochemischen Speicherzellen **720** dünner sein können, die eine geringere Anzahl an gewickelten Schichten bezüglich einer Außenseite **704** des Mehrzellenspeichers **700** aufweisen. Dadurch kann das Volumen jeder elektrochemischen Speicherzelle **720** ungefähr gleich sein, da sich die Durchmesser der Wicklungskerne und der elektrochemischen Speicherzellen **720** von einer Außenseite **704** zu einer Innenseite **702** des Mehrzellenspeichers verringern. Jede elektrochemische Speicherzelle **720** kann mehrschichtige Gruppen von Anschlüssen **730** aufweisen, wobei sich jede der Gruppen von Anschlüssen **730** von mehreren Schichten von einer der gewickelten Elektrodenfolie von jeder einzelnen elektrochemischen Speicherzelle **720** erstreckt. Die Anschlüsse von jeder Elektrode können vereint werden, indem die Anschlüsse komprimiert werden, um in gepresstem Kontakt mit einem von einer Mehrzahl an metallischen Kernoberflächen (z. B. leitfähige Einsätze) **760** des gemeinsamen Gehäuses **710** zu stehen. Die überstehenden und komprimierten Anschlüsse können mit den leitfähigen Einsätzen **760** verschweißt werden, um eine elektrische und thermische Verbindung niedrigen Widerstands zwischen einer ersten Elektrode einer ersten Zelle mit einer zweiten Elektrode einer zweiten Zelle, benachbart zu der ersten Zelle, auszubilden. Die erste und zweite Elektrode können jeweils eine positive und eine negative Elektrode umfassen oder die erste und zweite Elektrode können jeweils eine negative und eine positive Elektrode umfassen. Beispielfhaft kann das Verschweißen der komprimierten Anschlüsse mit den leitfähigen Einsätzen **760** ein Ultraschall-Vibrationsschweißen oder ein Schmelzschweißen wie Laserschweißen bzw. Elektronenstrahlschweißen umfassen.

[0054] Wie in **Fig. 7** dargestellt ist, können die leitfähigen Einsätze **760** (z. B. Stromschienen) innerhalb, benachbart und/oder an die Enden **750** der Wände der Kammern **714** eingesetzt werden. Eine Größe (z. B. Dicke, Länge) der leitfähigen Einsätze **760** kann derart ausgewählt werden, um den Stromlasten des elektrochemischen Mehrzellenspeichers standzuhalten und um die leitfähigen Einsätze in dem elektrochemischen Mehrzellen-Speicher so zu positionieren, damit Materialvolumen bei der Formgebung der leitfähigen Einsätze reduziert wird. In einem Ausführungsbeispiel können die leitfähigen Einsätze **760** und **764** jeweils positive und negative Verbindungselemente des elektrochemischen Mehrzellenspeichers **700** ausbilden. Ferner können die Enden **750** derart geformt oder genutzt sein, um den Nuten oder geformten Elementen der Unterseite eines Gehäusedeckels zu entsprechen, damit ein Abdichten und ein Befestigen des Gehäusedeckels an das Gehäuse **710** ermöglicht wird und um eine mechanische und elektrochemische Trennung der Kammern **714** zu gewährleisten. Der elektrochemische Mehrzellenspeicher **700** kann ferner einen Hochstrom-Verbin-

dungsstecker **790** zum Verbinden des elektrochemischen Mehrzellenspeichers **700** mit einem anderen elektrochemischen Mehrzellenspeicher in Reihe oder zum Verbinden des elektrochemischen Mehrzellenspeichers **700** mit externen Energiesenken aufweisen. Der Verbindungsriegel **794** kann zur Unterstützung der gegenseitigen Absicherung bei einer aus elektrochemischen Mehrzellenspeichern aufgebauten Baugruppe verwendet werden. Der Verbindungsriegel **794** kann die Erzeugung eines hörbaren Klicks infolge einer mechanischen Kopplung umfassen, der ein ordnungsgemäßes Verbinden der Baugruppe entsprechend ihrer vorgesehenen Positionen unterstützt.

[0055] Im Hinblick auf **Fig. 8** zeigt diese eine Draufsicht eines elektrochemischen Mehrzellenspeichers **700**. In dem Ausführungsbeispiel von **Fig. 8** umfasst der elektrochemische Mehrzellenspeicher **700** einen elektrochemischen Vier-Zellen-Speicher, der vier konzentrische elektrochemische Speicherzellen **720**, die in Kammern **714** des Gehäuses **710** untergebracht sind, enthält. Der Mehrzellenspeicher **700** kann Verbindungselemente **760** und **764** umfassen, die jeweils positive und negative Verbindungselemente oder jeweils negative und positive Verbindungselemente darstellen können. Der Mehrzellenspeicher **700** kann ferner Paare von diametral gegenüberliegenden mehrschichtigen Gruppen von Anschlüssen umfassen, die aus unbeschichteten leitfähigen Kanten von Elektrodenfolien der einzelnen elektrochemischen Speicherzellen **720** ausgeformt sind. Durch Verschweißen der mehrschichtigen Anschluss-Gruppen benachbarter elektrochemischer Speicherzellen **720** kann eine Elektrode der einen elektrochemischen Speicherzelle mit einer Elektrode der entgegengesetzten Polarität einer benachbarten elektrochemischen Speicherzelle elektrisch verbunden werden. Dadurch können elektrische und thermische Verbindungen niedrigen Widerstands zwischen benachbarten Zellen geschaffen werden. Dementsprechend können die Gehäussekammern **714** elektrochemisch und elektrisch jede elektrochemischen Speicherzelle **720** trennen, außer dort, wo die mehrschichtigen Gruppen von Anschlüssen **730** mit den leitfähigen Einsätzen verschweißt sind. Bezüglich des Ausführungsbeispiels des Vier-Zellenspeichers von **Fig. 7–Fig. 8** kann das Verschweißen an mehreren Positionen, z. B. an 16 Positionen **830**, **832** durchgeführt werden, die sich mit jeder mehrschichtigen Gruppe von Anschlüssen decken. Benachbarte Paare **820** von mehrschichtigen Gruppen von Anschlüssen in benachbarten konzentrischen elektrochemischen Speicherzellen können mit einem gemeinsamen leitfähigen Einsatz des Gehäuses **710** verschweißt werden, um elektrische und thermische Verbindungen niedrigen Widerstands zwischen den benachbarten konzentrischen elektrochemischen Zellspeichern auszubilden. Ferner können einige Verschweißungen **832** (z. B. gekennzeichnet-

net durch Positionen 5, 8, 15, 16 aus **Fig. 8**) dazu dienen, einzelne elektrochemische Speicherzellen **720** mit den Verbindungselementen (z. B. positive und negative Verbindungselemente) **760**, **764** zu verbinden. Weiterhin können einige Verschweißungen **832** (z. B. gekennzeichnet durch Positionen 15, 16 aus **Fig. 8**) dazu dienen, eine Verbindung des Gehäuses **710** mit einem Gehäusedeckel **940** vorzusehen.

[0056] Nach Fertigstellen des Verschweißens der Gruppen von Anschlüssen mit den leitfähigen Einsätzen kann ein Gehäusedeckel **940** an das offene Ende des gemeinsamen Gehäuses **930**, wie in **Fig. 9** gezeigt, angebracht werden. Der Gehäusedeckel **940** kann ein Gehäusedeckel aus Kunststoff sein, um die Materialkosten zu reduzieren und um die Herstellung der ausgeformten Elemente des Gehäusedeckels zu vereinfachen. Außerdem kann der Gehäusedeckel **940** an das Gehäuse **930** durch Epoxid, Kleber, Schweißen (Ultraschall, Laser oder Energiestrahlen) oder durch Verwenden von mechanischen Befestigungselementen (z. B. ineinander greifende mechanische Rastvorrichtungen) befestigt werden, damit sichergestellt wird, dass das Elektrolytfluid in jeder Zelle **932** fluidisch abgedichtet ist und sich nicht vermischen kann. Die Verbindungsstecker **906** und die Verbindungsbuchse **944** können Hochstrom-Verbindungselemente an der oberen Oberfläche des Deckels **940** und an der unteren Oberfläche des elektrochemischen Mehrzellenspeichers **900** aufweisen, die eine elektrische Verbindung des elektrochemischen Mehrzellenspeichers **900** mit Hochstrom-Fähigkeit ermöglichen, damit Energie durch die Baugruppe fließt. In einem Ausführungsbeispiel können die Verbindungselemente **936**, **944** Radsok™-Verbindungselemente umfassen. Wie in **Fig. 9** gezeigt ist, können eine obere Oberfläche des Deckels **940** und eine untere Oberfläche des Mehrzellenspeichers **900** flach ausgebildet sein, damit ein Stapeln und eine elektrische Verbindung von mehreren Mehrzellenspeicher-Baugruppen über Verbindungsstecker und Verbindungsbuchsen **936**, **944** in Reihe realisiert wird, um eine vorgegebene Spannung oder eine vorgegebene Kapazität bei 12 V bereitzustellen. Im Übrigen können das Positionieren der Verbindungsstecker und Verbindungsbuchsen **936**, **944** sowie die Stapelbarkeit des elektrochemischen Mehrzellenspeichers **900** die Wartung eines Mehrzellenspeicher-Stapels vor Ort vereinfachen, da eine einzelne zu wartende oder zu ersetzende Mehrzellenspeicher-Baugruppe einfach von einem Stapel ausgesteckt werden kann und durch Einstecken einer neuen Mehrzellenspeicherbaugruppe ersetzt werden kann.

[0057] Im Hinblick auf **Fig. 10** illustriert diese eine teilweise Querschnittsansicht eines elektrochemischen Vier-Zellen-Speichers **700**, der ein Gehäuse **710** und einen daran befestigten Gehäusedeckel **940** umfasst. Wie mit **750** angegeben ist, passen die entsprechend genuteten oder geformten Elemente der

Enden der Wände der Zellen-Kammern **714** in die genuteten oder geformten Elemente der Unterseite des Gehäusedeckels **940** hinein. Darüber hinaus können an den verschweißten Positionen (z. B. angedeutet durch Positionen **15**, **16** in **Fig. 8**) in dem Gehäusedeckel **940** integrierte Stromschienen **1050** positioniert werden, um über Zugangsfenster **1046** ineinander zu passen, damit die Ausrichtung des Gehäusedeckels **940** und das Verschweißen der Stromschiene **1060** mit ihrer entsprechenden Stromschiene **760** des Gehäuses **710** vereinfacht wird. Das Zugangsfenster **1046** kann eine ausreichende Größe haben, um den Zugang eines Lasers zu ermöglichen, damit das Verbinden oder Verschweißen zweier gegenüberliegender Stromschienen miteinander zu ermöglichen. Das Zugangsfenster **1046** kann während der Fertigung des Deckels **940** ausgeformt werden. In einem Ausführungsbeispiel kann der Deckel **940** durch Spritzguss gefertigt werden. Nach dem Laserschweißen der Stromschiene kann das Zugangsfenster **1046** verschlossen werden, um die hermetische Abdichtung des elektrochemischen Mehrzellenspeichers zu gewährleisten. Die Stromschiene **1060** kann Kupfer oder andere leitfähige Materialien umfassen.

[0058] Im Hinblick auf **Fig. 11** illustriert diese eine Draufsicht eines elektrochemischen Mehrzellenspeichers **1100**, welcher ein Gehäusedeckel **940** umfasst, der an dem oberen Ende des Mehrzellenspeichergehäuses befestigt ist. Der Gehäusedeckel **940** kann Einfüllstutzen **1110** umfassen, die radial und winklig über den Gehäusedeckel **940** verteilt sind und mit jeder Gehäusekammer fluchten. Ein Elektrolyt-Füllvolumen kann in jede Gehäuse-Kammer des Mehrzellenspeichers über die Einfüllstutzen **1110** eingebracht werden. Das Gesamtvolumen des Elektrolytfüllvolumens kann in den vertikalen Elektrolytfüllkanälen **1210** und den horizontalen Elektrolytfüllkanälen **1212** des Gehäuses versammelt sein. Dadurch wird die Zeit zum Befüllen des Mehrzellenspeichers mit Elektrolyt reduziert, wobei die Verteilung von Elektrolyt in dem Mehrzellenspeicher einheitlich ausgebildet werden kann. Außerdem können das Quellen und das Aufnehmen des Elektrolyts innerhalb der Gehäusekammern und der Elektrodenfolien darin durch Druck und/oder Vakuum, Vibration und Erwärmung vereinfacht werden. Ein Vorsprung **1270** des Gehäuses **710** kann die Verbindungsstecker umfassen. Die Elektrolyt-Einfüllstutzen können durch Einpressen von Kunststoff-Füllstopfen an den entsprechenden Stellen und durch Verschweißen der Kunststoff-Füllstopfen abgedichtet werden. Nach dem Ausbilden des elektrochemischen Mehrzellenspeichers kann der Mehrzellenspeicher einem Beschichtungs-, einem Besprüh-, einem physikalischen Gasphasenabscheidungs-(PVD) oder einem Metall-Sputterprozess unterzogen werden, um die gesamte Mehrzellenspeicher-Baugruppe hermetisch abzudichten. **Fig. 13A** und **Fig. 13B** illustrieren perspektivische Ansichten eines hermetisch abgedichteten Mehrzel-

lenspeichers **1300** von oben und unten, die Verbindungsstecker **790** umfassen.

[0059] Der hierin beschriebene elektrochemische Mehrzellen-Speicher wird ohne das Verschweißen von separaten Anschlüssen an jede Elektrodenfolie ausgebildet. Demzufolge wird die Fertigung verkürzt und vereinfacht sowie die Kapitalinvestitionen zur Wicklungsherstellung und für das Equipment zum Zellenzusammenbau werden verringert. Darüber hinaus ermöglicht das einstückige Ausformen der Anschlüsse ausgehend von den Elektrodenfolien das Verschweißen der Anschlüsse der Folie mit den leitfähigen Einsätzen des Gehäuses, womit zusätzlich zum Bereitstellen einer elektrischen Verbindung von benachbarten elektrochemischen Speicherzellen eine mechanische Verstärkung vorgesehen wird. Dadurch können auf separate Elektrodenanschlüsse und Band zum Isolieren der separaten Elektrodenanschlüsse wie in konventionellen Verfahren verzichtet werden, wodurch sich die zu fertigende Gesamtteilzahl verringert und infolgedessen die Fertigung vereinfacht wird. Die mechanische Robustheit des Mehrzellenspeichers kann ebenfalls erhöht werden, da die Bisquitrollenstruktur komprimiert werden kann und eng anliegend zwischen den Gehäusekammerwänden, dem zylindrischen Wicklungskern und dem Gehäusedeckel gestützt wird.

[0060] Wie hierin beschrieben, kann ein Ausführungsbeispiel eines elektrochemischen Mehrzellenspeichers bereitgestellt werden, der umfasst: ein Gehäuse, das eine Mehrzahl an konzentrischen ringförmigen Zellenkammern umfasst; eine Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen, wobei jede der Mehrzahl an ringförmigen Zellen in einer der Mehrzahl an ringförmigen Zellenkammern positioniert sind, und wobei die Mehrzahl an ringförmigen Zellen elektrisch in Reihe geschaltet sind; und ein leitfähiges Elektrolyt, das in jede der ringförmigen Zellenkammern gefüllt ist. Die Mehrzahl an ringförmigen Zellenkammern umfassen: erste und zweite Elektrodenfolien, die um einen zylindrischen Kern gewickelt sind und eine Bisquitrollenstruktur ausbilden, wobei die ersten und zweiten Elektrodenfolien jeweils unbeschichtete leitfähige, parallel zu den Stirnseiten der Bisquitrollenstruktur ausgerichtete, Kanten und beschichtete gegenüberliegende Oberflächen zwischen den unbeschichteten leitfähigen Kanten aufweisen; sowie erste und zweite Trennfolien, die mechanisch und elektrisch die beschichteten gegenüberliegenden Oberflächen der ersten und zweiten Elektrodenfolien trennen und die den zylindrischen Kern und die beschichteten gegenüberliegenden Oberflächen der ersten Elektrodenfolie mechanisch und elektrisch trennen; wobei die unbeschichteten leitfähigen Kanten Anschlüsse umfassen, die durch ausgeschnittene Abschnitte der unbeschichteten leitfähigen Kanten zwischen den Anschlüssen ausgeformt sind, wobei die Anschlüsse axial nach außen ragen; und wo-

bei die Anschlüsse winklig zueinander bezogen auf den zylindrischen Kern nach dem Ausbildungsvorgang der Bisquitrollenstruktur ausgerichtet sind. Das Gehäuse umfasst exakt vier konzentrische ringförmige Zellenkammern. Es kann ferner ein elektrochemischer Mehrzellen-Speicher vorgesehen werden, der umfasst: komprimierte winklig zueinander ausgerichtete Anschlüsse der unbeschichteten leitfähigen Kanten, wobei die komprimierten winklig zueinander ausgerichteten Anschlüsse elektrisch miteinander verbunden sind. Es kann weiter ein elektrochemischer Mehrzellen-Speicher vorgesehen werden, der ferner einen Deckel umfasst, wobei jede der Mehrzahl an Zellenkammern durch den an dem Gehäuse befestigten Deckel fluidisch abgedichtet ist.

[0061] Im Hinblick auf **Fig. 14** zeigt diese ein beispielhaftes Verfahren **1400** für eine elektrochemische Speicherzelle. Das Verfahren **1400** beginnt mit dem Ausbilden der Elektrodenfolien bei dem übergeordneten Schritt **1410**. Das Ausbilden der Elektrodenfolien bei Schritt **1412** kann ein Beschichten beider Seiten eines metallischen Foliensubstrats mit spezifischen Breiten umfassen, wobei unbeschichtete Abschnitte zwischen den beschichteten Abschnitten der spezifischen Breiten freigelassen werden. Bei Schritt **1414** des Verfahrens **1400** können die beschichteten Foliensubstrate getrocknet und kalandriert werden, um die beschichteten Substrate zu härten und/oder zu glätten sowie abzuflachen. Anschließend können bei Schritt **1416** des Verfahrens **1400** die beschichteten Folien entlang sich abwechselnder Kanten der beschichteten Abschnitte abgetrennt werden, wodurch die Elektroden ausgebildet werden. Die Zusammensetzung der Beschichtung kann von den Einsatzbedingungen der Elektrode abhängen. Zum Beispiel kann eine Anode für eine elektrochemische Lithium-Ionen-Speicherzelle ein elektroaktives Lithium-Einlagerungs-Material oder eine metallische Lithiumsbeschichtung, die auf beiden Seiten eines metallischen Foliensubstrates in einem kontinuierlichen Beschichtungsprozess aufgetragen wird, aufweisen. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann eine Kathode für eine elektrochemische Lithium-Ionen-Speicherzelle eine Mischung aus lithiiertem Eisenphosphatpulver, leitfähigem Kohlenstoff und einem polymeren Bindemittel umfassen.

[0062] Das Verfahren **1400** kann ebenfalls für andere Arten von elektrochemischen Speicherzellen verwendet werden und ist nicht auf elektrochemische Lithium-Ionen-Speicherzellen beschränkt.

[0063] Bei Schritt **1418** des Verfahrens **1400** wird ermittelt, ob eine weitere Elektrode ausgebildet werden soll. Falls eine andere Elektrode ausgebildet werden soll, kehrt das Verfahren **1400** zu Schritt **1412** zurück; andererseits wird das Verfahren **1400** bei dem übergeordneten Schritt **1420** fortgeführt, in welchem die Elektrodenfolien montiert werden. Bei Schritt **1422**

des Verfahrens **1400** wird ein Wicklungskern ausgewählt und der Wicklungskern auf eine Wicklungsmaschine montiert. Beispielsweise kann ein Wicklungskern einen hohlzylindrischen Wicklungskern umfassen, wie z. B. der zylindrische Wicklungskern **540** mit einem kreisförmigen Querschnitt.

[0064] Das Verfahren **1400** wird bei Schritt **1424** fortgeführt, bei welchem eine erste und zweite Trennfolie an die äußere gekrümmte Oberfläche des Wicklungskerns befestigt wird und der Wicklungskern anschließend um wenigstens eine Umdrehung gedreht wird, um die ersten und zweiten Trennfolien auf dem Wicklungskern zu wickeln. Die Kanten in Querrichtung der ersten und zweiten Trennfolien können parallel zu der Mittelachse des zylindrischen Kerns ausgerichtet sein, so dass nachfolgende Schichten der ersten und zweiten Trennfolien gleichmäßig parallel um den Wicklungskern gewickelt werden. Darüber hinaus kann die erste Elektrodenfolie derart positioniert werden, dass die unbeschichteten Kantenabschnitte bereits gewickelter Schichten über ein erstes Ende des Wicklungskerns hinausragen.

[0065] Bei Schritt **1426** wird die erste Elektrodenfolie zwischen ungewickelten Enden der ersten und zweiten Trennfolien benachbart zu dem Wicklungskern positioniert und der Wicklungskern danach um wenigstens eine Umdrehung gedreht, um die erste Elektrodenfolie auf den Wicklungskern zu wickeln. Die Kante der ersten Elektrodenfolie kann in Querrichtung parallel zu der Mittelachse des zylindrischen Kerns positioniert werden, so dass nachfolgende Schichten der ersten Elektrodenfolie gleichmäßig parallel um den Wicklungskern gewickelt werden. Bei Schritt **1428** wird die zweite Elektrodenfolie auf der Oberfläche der zweiten Trennfolie positioniert und der Wicklungskern wird zumindest eine Umdrehung gedreht, um die zweite Elektrodenfolie auf den Wicklungskern zu wickeln. Dadurch trennen die ersten und zweiten Trennfolien die beschichteten Breiten der ersten und zweiten Elektrodenfolien sowohl elektrisch als auch mechanisch. Die Kante der zweiten Elektrodenfolie kann in Querrichtung parallel zu der Mittelachse des zylindrischen Kerns positioniert werden, so dass nachfolgende Schichten der zweiten Elektrodenfolie gleichmäßig und parallel um den Wicklungskern gewickelt werden. Außerdem kann die zweite Elektrodenfolie derart positioniert werden, dass die unbeschichteten Kantenabschnitte gewickelter Schichten über ein erstes Ende des Wicklungskerns hinausragen können. Bei Schritt **1430** kann das Verfahren **1400** durch das Verfahren **1500** fortgeführt werden, worin der Wicklungsprozess, der Vereinigungsprozess und der Vier-Zellen-Speicher-Zusammenbau beschrieben wird.

[0066] Im Hinblick auf **Fig. 15** wird das Verfahren **1400** durch das Verfahren **1500** weitergeführt, welches das Wickeln und das Zusammenfügen der elek-

trischen Verbindungen umfasst. Bei dem übergeordneten Schritt **1510**, wird der Wicklungsprozess durchgeführt. Beispielsweise kann der Wicklungsprozess **1510** mittels einer kontinuierlichen Wicklungsmaschine durchgeführt werden und durch eine computerbasierte Steuerungsvorrichtung gesteuert werden. Bei Schritt **1512** wird der Wicklungskern gedreht, um die Elektrodenfolien und Trennfolien kontinuierlich zu wickeln, damit die Bisquitrollenstruktur der elektrochemischen Speicherzelle ausgebildet wird. Bei Schritt **1514** können die Anschlüsse, während der Wicklungskern gedreht wird, ausgeschnitten oder in anderer Weise einstückig aus den unbeschichteten Kantenabschnitten der Elektrodenfolien ausgeformt werden. Wie bereits oben beschrieben, können die Länge der Anschlüsse und die Abstände dazwischen gemäß dem zylindrischen Kernradius, gemäß einer Dicke der Elektrodenfolien und der Trennfolien sowie gemäß einer Länge der Elektrodenfolien und der Trennfolien, die gewickelt werden (oder gemäß einem endgültigen Radius der gewickelten Bisquitrollenstruktur) vorherbestimmt werden. Außerdem kann eine Länge der Anschlüsse auf einem Wicklungsdorn-Winkel basieren und kann ferner einer Bogenlänge entsprechen, die einen eingeschlossenen Winkel von gleich oder größer als 2 Radianen (und kleiner als 180°) nach dem Wickeln der Elektrodenfolien auf den zylindrischen Wicklungskern **630** umfasst. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Länge der Anschlüsse so eingestellt werden, damit eine freie Bogenlänge des Anschlusses erzeugt wird, der einen eingeschlossenen Winkel in jeder Schicht des Elektrodenmaterials in der Bisquitrollenstruktur von gleich oder größer als 2 Radianen ($114,6^\circ$) und weniger als 178° umfasst. Darüber hinaus können die Mittellinien **696** von aufeinanderfolgenden Anschlüssen der Länge nach derart beabstandet sein, so dass sie um 180° (z. B. diametral gegenüberliegend) gegeneinander versetzt sind, wenn sie auf den zylindrischen Wicklungskern **630** gewickelt werden und mehrschichtige Gruppen von Anschlüssen **730** innerhalb der Bisquitrollenstruktur ausbilden, die sich radial von der äußeren Oberfläche der elektrochemischen Speicherzelle hindurch bis zu der äußeren Oberfläche des zylindrischen Wicklungsdorns Kerns **630** erstrecken.

[0067] Ferner kann die Winkelgeschwindigkeit des Wickelns einer Geschwindigkeit des Ausformens der Anschlüsse entsprechen, wobei der Formgebungsprozess durch ein Steuerlogik-basiertes Laserschneiden, ein Hochdruckschneiden mittels eines nicht leitfähigen abrasiven Mediums, ein mechanisches Stanzen oder durch andere allgemein bekannte industrielle Trenn- und/oder Stanzprozesse durchgeführt wird. Das Verfahren **1500** wird bei Schritt **1516** fortgesetzt, bei welchem ermittelt wird, ob ein endgültiger Durchmesser der Bisquitrollenstruktur (z. B. der Elektrodendurchmesser der elektrochemischen Speicherzelle) erreicht worden ist. Alternativ kann das Verfah-

ren **1500** bei Schritt **1516** ermitteln, ob eine endgültige Länge der gewickelten Elektrodenfolien erreicht worden ist. Falls dies nicht der Fall ist, kehrt Verfahren **1500** zu Schritt **1512** zurück, bei welchem die Drehung des Wicklungskerns fortgesetzt wird.

[0068] Falls bei Schritt **1516** der endgültige Durchmesser der Bisquitrollenstruktur erreicht worden ist, wird das Verfahren **1500** bei Schritt **1518** fortgesetzt, bei welchem eine endgültige Drehung des Wicklungskerns vollendet wird, um die äußere Oberfläche der elektrochemischen Speicherzelle mit einer der Trennfolien zu umschließen. Bei Schritt **1520** wird die äußere Schicht der elektrochemischen Speicherzelle, welche die Trennfolie umfasst, mit Klebeband fixiert und der Wicklungskern mit den daran entlang gewickelten Elektrodenfolien der elektrochemischen Speicherzelle wird von der Wicklungsmaschine entnommen.

[0069] Das Verfahren **1500** wird bei Schritt **1530** fortgesetzt, bei welchem ermittelt wird, ob zusätzliche Zellen ausgebildet werden können. Für einen elektrochemischen Mehrzellen-Speicher, der eine Anzahl an N Zellen umfasst, können weitere Zellen bei Schritt **1530** ausgebildet werden, sobald die N-te Zelle ausgebildet worden ist. Zum Beispiel falls weniger als vier Zellen eines elektrochemischen Vier-Zellen-Speichers ausgebildet worden sind, kehrt das Verfahren **1500** nach Schritt **1530** zu Schritt **1422** zurück. Falls keine zusätzlichen Zellen mehr ausgebildet werden sollen, wird das Verfahren **1500** bei dem übergeordneten Schritt **1540** fortgesetzt, bei welchem der Mehrzellenspeicher zusammengebaut wird.

[0070] Bei Schritt **1542** werden die einzelnen elektrochemischen Speicherzellen (Bisquitrollenstrukturen) in die entsprechenden Gehäusekammern eingesetzt oder eingelegt. Die einzelnen elektrochemischen Speicherzellen können der Größe nach konzentrisch geordnet werden, um konzentrische Zellen zu auszubilden, wenn Sie in das Gehäuse eingelegt werden. Bei Schritt **1544** werden die mehrschichtigen Gruppen von Anschlüssen von jeder elektrochemischen Speicherzelle vereint und gegen einen benachbarten leitfähigen Einsatz des Gehäuses gepresst und daran verschweißt, um die Schichten einer Elektrodenfolie in einer einzelnen Zelle miteinander elektrisch zu verbinden und mit einer Elektrode einer benachbarten Zelle der entgegengesetzten Polarität elektrisch zu verbinden. Bei Schritt **1546** wird ein Gehäusedeckel an das Gehäuse befestigt, wobei das Befestigen Kleben, mechanisches Verbinden und Verschweißen umfasst, um sicherzustellen, dass die Zellenkammern elektrochemisch und mechanisch getrennt sind. Bei Schritt **1548** kann die Mehrzellenspeicher-Baugruppe einem Beschichtungs-, einem Besprüh-, einem physikalischen Gasphasenabscheidungs-(PVD) oder einem Metall-Sputterprozess unterzogen werden, um die gesamte Mehrzellen-

speicher-Baugruppe hermetisch abzudichten. Nach Schritt **1548** enden die Verfahren **1500** und Verfahren **1400**.

[0071] Wie bereits hierin beschrieben ist, kann ein Verfahren für einen elektrochemischen Mehrzellen-Speicher bereitgestellt werden, das umfasst: ein Positionieren von jedem einer Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen in konzentrischen ringförmigen Kammern eines Gehäuses, wobei die Anzahl der konzentrischen ringförmigen Kammern der Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen entspricht; ein elektrisches Verbinden von jeder der Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen in Reihe; wobei jede der ringförmigen Zellenkammern mit leitfähigem Elektrolyt befüllt wird. Das bereitgestellte Verfahren kann ferner umfassen: Ausbilden von jeder der Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen durch Wickeln von ersten und zweiten Elektrodenfolien um einen zylindrischen Kern, um eine Bisquitrollenstruktur zu auszubilden, wobei die ersten und zweiten Elektrodenfolien jeweils unbeschichtete leitfähige Kanten parallel zu den Stirnseiten der Bisquitrollenstruktur und beschichtete gegenüberliegende Oberflächen zwischen den unbeschichteten leitfähigen Kanten aufweisen; Wickeln der ersten und zweiten Trennfolien um den zylindrischen Kern zwischen die ersten und zweiten Elektrodenfolien, um die beschichteten gegenüberliegenden Oberflächen der ersten und zweiten Elektrodenfolien mechanisch und elektrisch zu trennen und um den zylindrischen Kern und die beschichteten gegenüberliegenden Oberflächen mechanisch und elektrisch zu trennen; und anschließendes Ausschneiden der unbeschichteten leitfähigen Kanten der ersten und zweiten Elektrodenfolien, um die Anschlüsse auszuformen, wobei die Anschlüsse axial nach außen ragen, wobei die Anschlüsse winklig zueinander bezogen auf dem zylindrischen Kern nach dem Ausbilden der Bisquitrollenstruktur ausgerichtet sind. Das Verfahren kann bereitgestellt werden, wobei das elektrische Verbinden von jeder der Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen in Reihe ein Komprimieren der winklig zueinander ausgerichteten Anschlüssen umfasst, um die unbeschichteten leitfähigen Kanten einer ersten Elektrode von einer der Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen mit den unbeschichteten leitfähigen Kanten einer zweiten Elektrode von einer benachbarten elektrochemischen Speicherzelle von der Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen elektrisch zu verbinden. Das Verfahren kann bereitgestellt werden, wobei das elektrische Verbinden von jeder der Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen in Reihe ferner ein Verschweißen der komprimierten Anschlüsse mit einem leitfähigen Einsatz des Gehäuses umfasst, um die unbeschichteten leitfähigen Kanten der ersten Elektrode von einer der Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen mit den unbeschichteten leitfähigen Kanten der zweiten Elektrode von der benachbarten elektroche-

mischen Speicherzelle von der Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen elektrisch zu verbinden. Das Verfahren kann bereitgestellt werden, wobei es ferner ein hermetisches Abdichten des elektrochemischen Mehrzellenspeichers durch einen oder mehrere der Prozesse: Beschichten, Besprühen, physikalisches Gasphasenabscheiden oder Metall-Sputtern umfasst. Das bereitgestellte Verfahren kann ferner ein fluidisches Abdichten von jeder der ringförmigen Zellenkammern umfassen. Das Verfahren kann bereitgestellt werden, wobei die Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen vier elektrochemische Speicherzellen umfasst, und wobei der elektrochemische Mehrzellen-Speicher einen elektrochemischen Vier-Zellen-Speicher umfasst.

[0072] Obwohl zahlreiche Vorteile bezüglich kontinuierlicher, z. B. Rolle-zu-Rolle-, Verarbeitungsprozessen von Elektrodenmaterialien zum Gebrauch in elektrochemischen Speicherzellen vorhanden sind, steht diese Offenbarung ebenfalls im Einklang mit Batch-Verarbeitungsprozessen. Obwohl Ausführungsbeispiele von elektrochemischen Lithium-Ionen-Speicherzellen beschrieben sind, haben ferner die hierin beschriebenen elektrochemischen Speicherzellen, Verfahren und Systeme dafür auch für andere Arten von elektrochemischen Speicherzellen ihre Gültigkeit.

[0073] Abschließend versteht es sich von selbst, dass die hierin beschriebenen, obigen Artikel, Systeme und Verfahren Ausführungsbeispiele dieser Offenbarung sind; nicht beschränkende Beispiele also, für welche zahlreiche Variationen und Erweiterungen ebenfalls in Erwägung gezogen werden. Demzufolge umfasst diese Offenbarung alle neuen und nicht nahegelegten hierin offenbarter Kombinationen und Unterkombinationen der Artikel, Systeme und Verfahren sowie jegliche und alle Äquivalente davon.

Patentansprüche

1. Elektrochemischer Mehrzellen-Speicher (**100, 700, 900, 1100, 1300**) umfassend:
ein Gehäuse (**130, 710, 930, 1200**) das eine Mehrzahl an konzentrischen ringförmigen Zellenkammern (**132, 714**) umfasst;
eine Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen (**110, 112, 114, 116; 600; 720; 932**) wobei jede der Mehrzahl an ringförmigen Zellen (**110, 112, 114, 116; 600; 720; 932**) in einer der Mehrzahl an ringförmigen Zellenkammern (**132, 714**) positioniert ist, und
wobei die Mehrzahl an ringförmigen Zellen (**110, 112, 114, 116; 600; 720; 932**) elektrisch in Reihe verbunden sind; und
wobei jede der ringförmigen Zellenkammern (**132, 714**) mit einem leitfähigen Elektrolyt befüllt ist.

2. Elektrochemischer Mehrzellen-Speicher (**100, 700, 900, 1100, 1300**) nach Anspruch 1, wobei jede der Mehrzahl an ringförmigen Zellenkammern (**132, 714**) umfasst:

erste und zweite Elektrodenfolien (**200, 300; 452, 456**), die um einen zylindrischen Kern (**400, 540, 630**) gewickelt sind und eine Bisquitrollenstruktur (**520, 650**) ausbilden, wobei die ersten und zweiten Elektrodenfolien (**200, 300; 452, 456**) jeweils unbeschichtete leitfähige, zu Stirnseiten der Bisquitrollenstruktur (**520, 650**) parallele, Kanten (**224; 324, 640**) und beschichtete gegenüberliegende Oberflächen zwischen den unbeschichteten leitfähigen Kanten (**224; 324, 640**) aufweisen; und

erste und zweite Trennfolien (**450, 454; 620**) welche die beschichteten gegenüberliegenden Oberflächen der ersten und zweiten Elektrodenfolien (**200, 300; 452, 456**) mechanisch und elektrisch trennen und welche den zylindrischen Kern (**400, 540, 630**) und die beschichteten gegenüberliegenden Oberflächen der ersten Elektrodenfolie (**200; 452**) mechanisch und elektrisch trennen, wobei die unbeschichteten leitfähigen Kanten (**224; 324, 640**) Anschlüsse (**102, 106; 522, 526; 670; 730**) aufweisen, die durch ausgeschnittene Abschnitte der unbeschichteten leitfähigen Kanten (**224; 324, 640**) zwischen den Anschlüssen (**102, 106; 522, 526; 670; 730**) ausgeformt sind, wobei die Anschlüsse (**102, 106; 522, 526; 670; 730**) axial nach außen ragen, und wobei die Anschlüsse (**102, 106; 522, 526; 670; 730**) nach Ausbilden der Bisquitrollenstruktur (**520, 650**) winklig zueinander bezogen auf den zylindrischen Kern (**400, 540, 630**) ausgerichtet sind.

3. Elektrochemischer Mehrzellen-Speicher (**100, 700, 900, 1100, 1300**) nach Anspruch 2, wobei der zylindrische Kern (**400, 540, 630**) einen Kunststoffkern umfasst.

4. Elektrochemischer Mehrzellen-Speicher (**100, 700, 900, 1100, 1300**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, ferner umfassend:

komprimierte winklig zueinander ausgerichtete Anschlüsse (**102, 106; 522, 526; 670; 730**) der unbeschichteten leitfähigen Kanten (**224; 324, 640**), wobei die komprimierten, winklig zueinander ausgerichteten Anschlüsse (**102, 106; 522, 526; 670; 730**) elektrisch miteinander verbunden sind.

5. Elektrochemischer Mehrzellen-Speicher (**100, 700, 900, 1100, 1300**) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Gehäuse (**130, 710, 930, 1200**) exakt vier konzentrische ringförmige Zellenkammern (**132, 714**) umfasst.

6. Elektrochemischer Mehrzellen-Speicher (**100, 700, 900, 1100, 1300**) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, der ferner einen Deckel (**140, 940**) umfasst, wobei jede der Mehrzahl an Zellenkammern (**132, 714**) mittels des an dem Gehäuse (**130, 710, 930, 1200**)

befestigten Deckels (**140, 940**) fluidisch abgedichtet ist.

7. Verfahren für einen elektrochemischen Mehrzellen-Speicher (**100, 700, 900, 1100, 1300**), umfassend:

Positionieren von jeder einer Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen (**110, 112, 114, 116; 600; 720; 932**) in konzentrischen ringförmigen Kammern (**132, 714**) eines Gehäuses (**130, 710, 930, 1200**), wobei die Anzahl der konzentrischen ringförmigen Kammern (**132, 714**) mit der Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen (**110, 112, 114, 116; 600; 720; 932**) übereinstimmt;

elektrisches Verbinden von jeder der Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen (**110, 112, 114, 116; 600; 720; 932**) in Reihe; wobei jede der ringförmigen Zellenkammern (**132, 714**) mit leitfähigem Elektrolyt befüllt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, ferner umfassend: Ausbilden von jeder der Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen (**110, 112, 114, 116; 600; 720; 932**) durch:

Wickeln von ersten und zweiten Elektrodenfolien (**200, 300; 452, 456**) um einen zylindrischen Kern (**400, 540, 630**), um eine Bisquitrollenstruktur (**520, 650**) auszubilden, wobei die ersten und zweiten Elektrodenfolien (**200, 300; 452, 456**) jeweils unbeschichtete leitfähige, zu Stirnseiten der Bisquitrollenstruktur (**520, 650**) parallele, Kanten (**224; 324, 640**) sowie beschichtete gegenüberliegende Oberflächen zwischen den unbeschichteten leitfähigen Kanten (**224; 324, 640**) aufweisen;

Wickeln von ersten und zweiten Trennfolien (**450, 454; 620**) um den zylindrischen Kern (**400, 540, 630**) zwischen die ersten und zweiten Elektrodenfolien (**200, 300; 452, 456**), um die beschichteten gegenüberliegenden Oberflächen der ersten und zweiten Elektrodenfolien (**200, 300; 452, 456**) mechanisch und elektrisch zu trennen und um den zylindrischen Kern (**400, 540, 630**) und die beschichteten gegenüberliegenden Oberflächen mechanisch und elektrisch zu trennen; und

Ausschneiden von Abschnitten aus den unbeschichteten leitfähigen Kanten (**224; 324, 640**) der ersten und zweiten Elektrodenfolien (**200, 300; 452, 456**), um Anschlüsse (**102, 106; 522, 526; 670; 730**) auszuformen, wobei die Anschlüsse (**102, 106; 522, 526; 670; 730**) axial nach außen ragen, und wobei die Anschlüsse (**102, 106; 522, 526; 670; 730**) nach Ausbilden der Bisquitrollenstruktur (**520, 650**) winklig zueinander bezogen auf den zylindrischen Kern (**400, 540, 630**) ausgerichtet sind.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 8, wobei ein elektrisches Verbinden von jeder der Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen (**110, 112, 114, 116; 600; 720; 932**) in Reihe ein Komprimieren der winklig zueinander ausgerichteten Anschlüsse

(**102, 106; 522, 526; 670; 730**) umfasst, um die unbeschichteten leitfähigen Kanten (**224**) einer ersten Elektrode von einer der Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen (**110, 112, 114, 116; 600; 720; 932**) mit den unbeschichteten leitfähigen Kanten (**324**) einer zweiten Elektrode von einer benachbarten elektrochemischen Speicherzelle (**110, 112, 114, 116; 600; 720; 932**) der Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen (**110, 112, 114, 116; 600; 720; 932**) elektrisch zu verbinden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei ein elektrisches Verbinden von jeder der Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen (**110, 112, 114, 116; 600; 720; 932**) in Reihe ferner ein Verschweißen der komprimierten Anschlüsse (**102, 106; 522, 526; 670; 730**) mit einem leitfähigen Einsatz (**760**) des Gehäuses (**130, 710, 930, 1200**) umfasst, um die unbeschichteten leitfähigen Kanten (**224**) der ersten Elektrode von einer der Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen (**110, 112, 114, 116; 600; 720; 932**) mit den unbeschichteten leitfähigen Kanten (**324**) der zweiten Elektrode von der benachbarten elektrochemischen Speicherzelle (**110, 112, 114, 116; 600; 720; 932**) der Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen elektrisch zu verbinden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, ferner umfassend:

hermetisches Abdichten des elektrochemischen Mehrzellen-Speichers (**100, 700, 900, 1100, 1300**) durch eines oder mehrere der Verfahren: Beschichten, Besprühen, physikalisches Gasphasenabscheiden oder Metall-Sputtern.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, ferner umfassend:

fluidisches Abdichten von jeder der ringförmigen Zellenkammern (**132, 714**).

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12, wobei die Mehrzahl an elektrochemischen Speicherzellen (**110, 112, 114, 116; 600; 720; 932**) vier elektrochemische Speicherzellen (**110, 112, 114, 116; 600; 720; 932**) umfasst, und wobei der elektrochemische Mehrzellen-Speicher (**100, 700, 900, 1100, 1300**) einen elektrochemischen Vier-Zellen-Speicher umfasst.

Es folgen 15 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

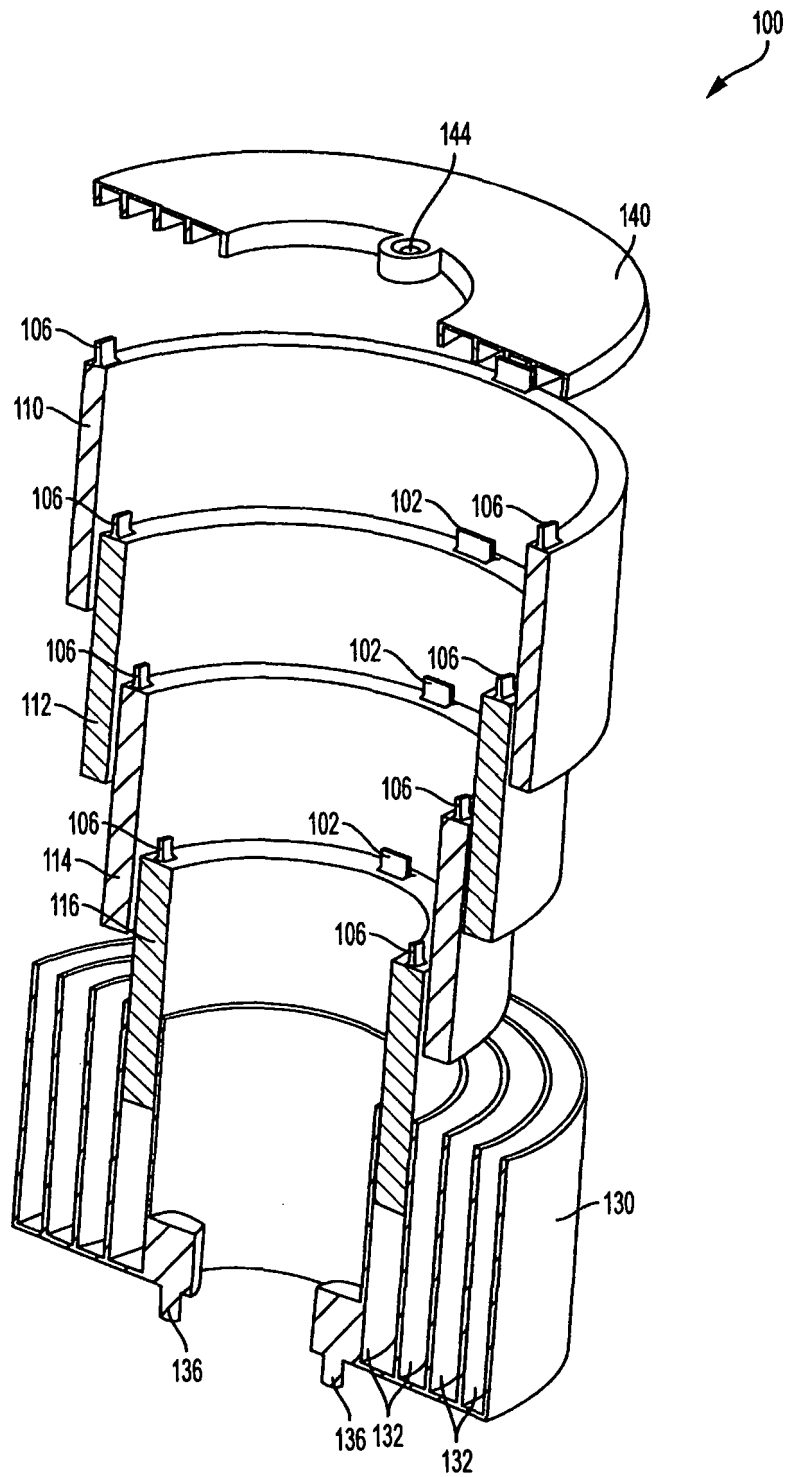


FIG. 1

FIG. 2A

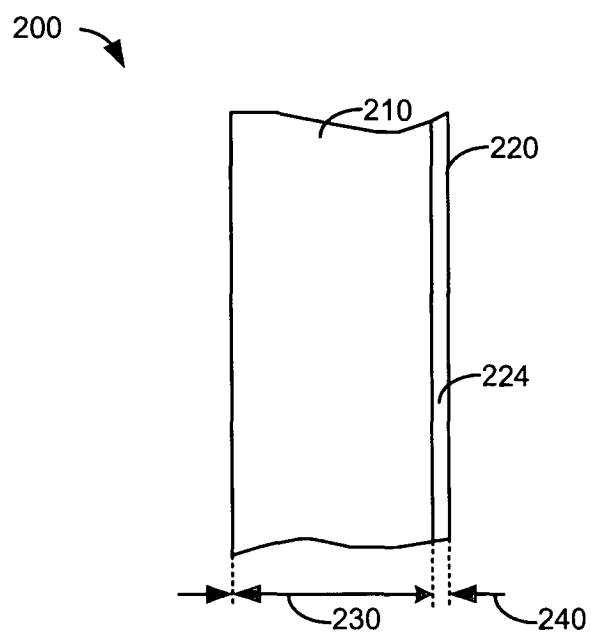


FIG. 2B

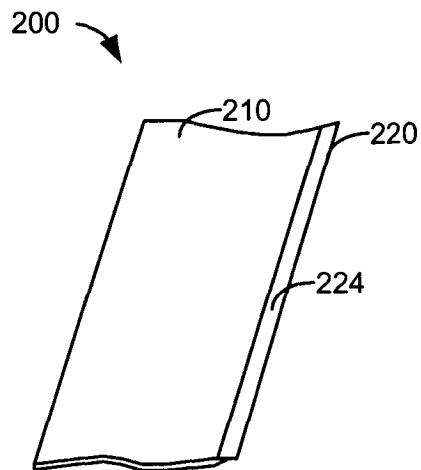


FIG. 3A

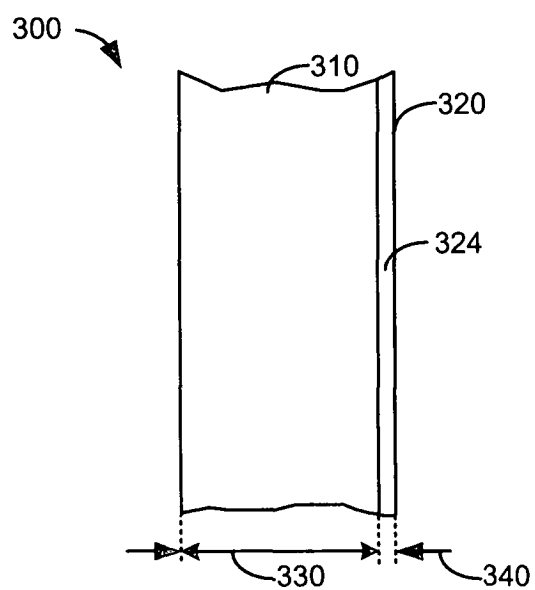


FIG. 3B

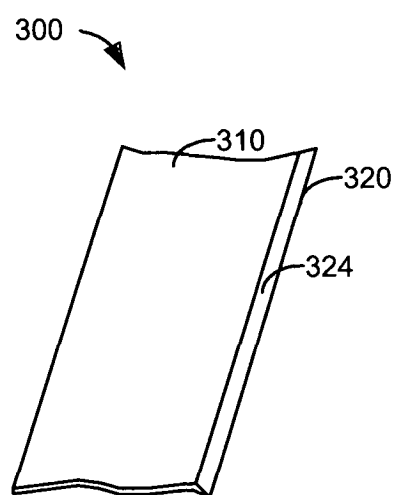


FIG. 4A

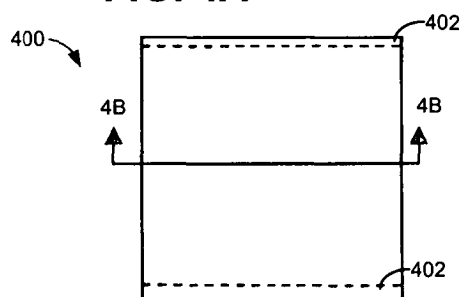


FIG. 4B

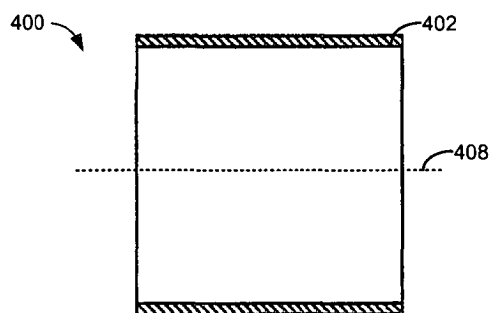


FIG. 4C

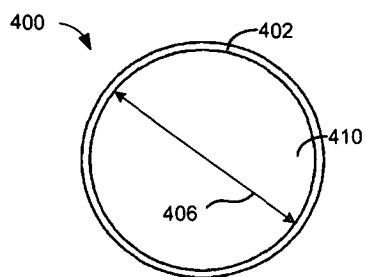


FIG. 4D

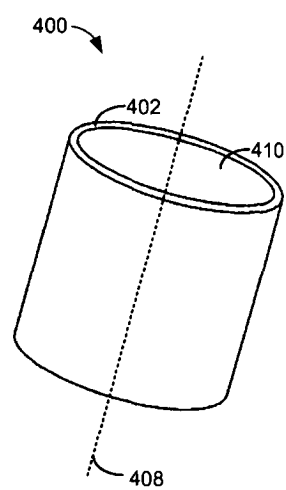
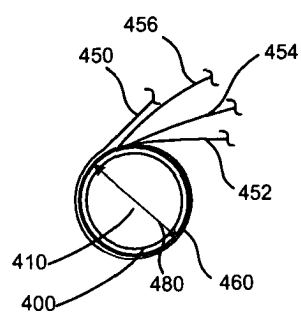


FIG. 4E



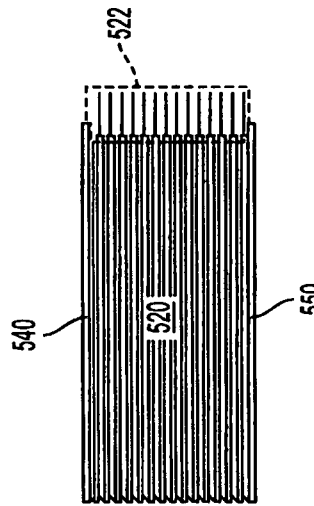


FIG. 5B

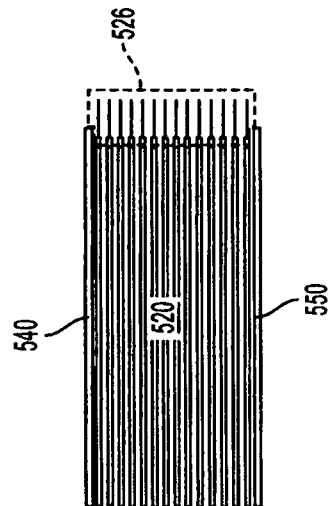


FIG. 5C

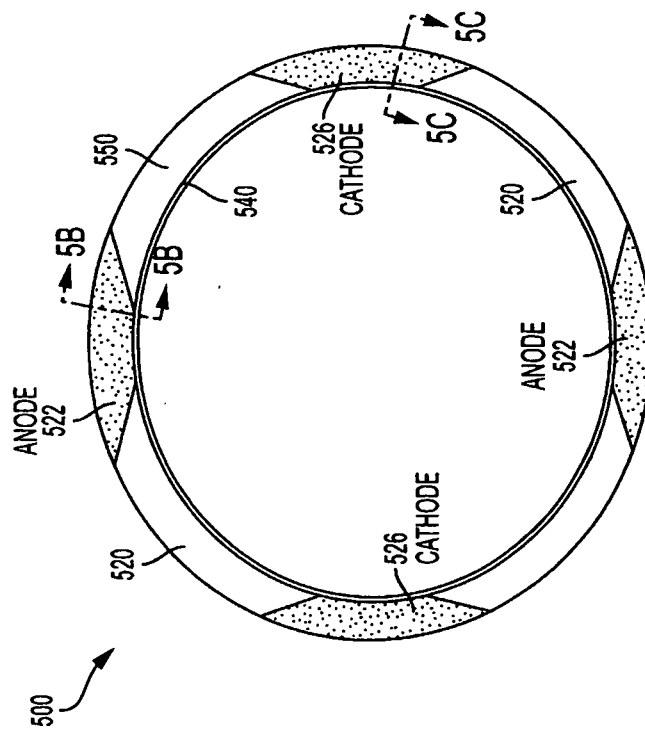
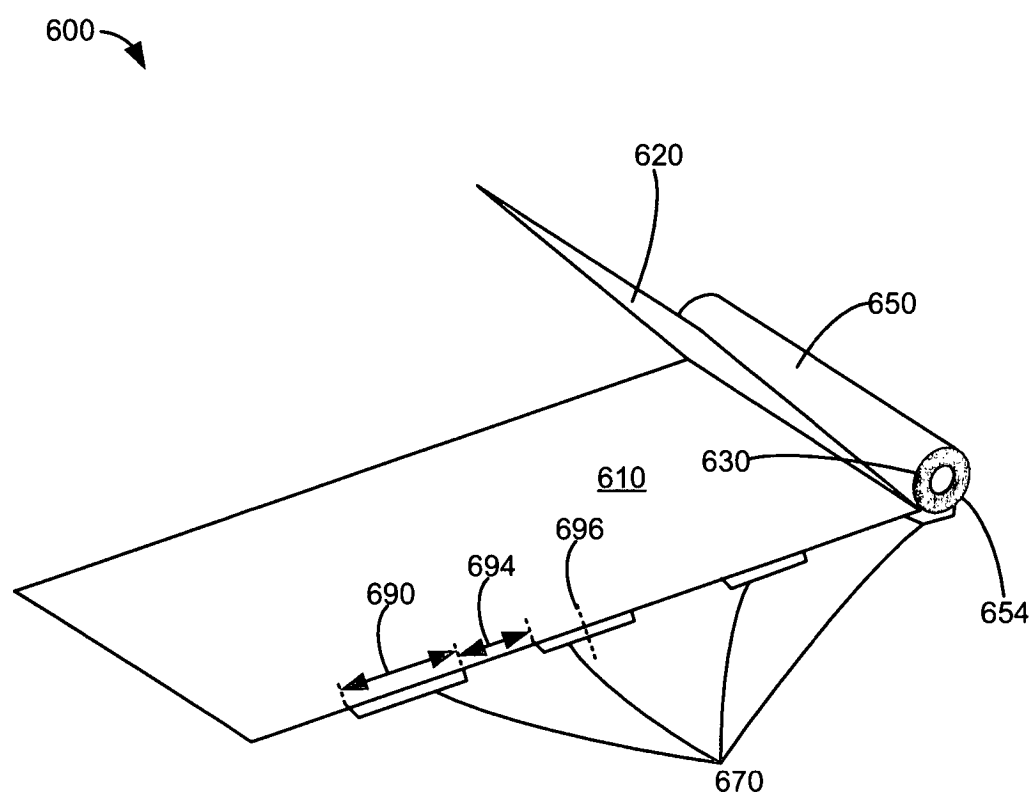


FIG. 5A

FIG. 6



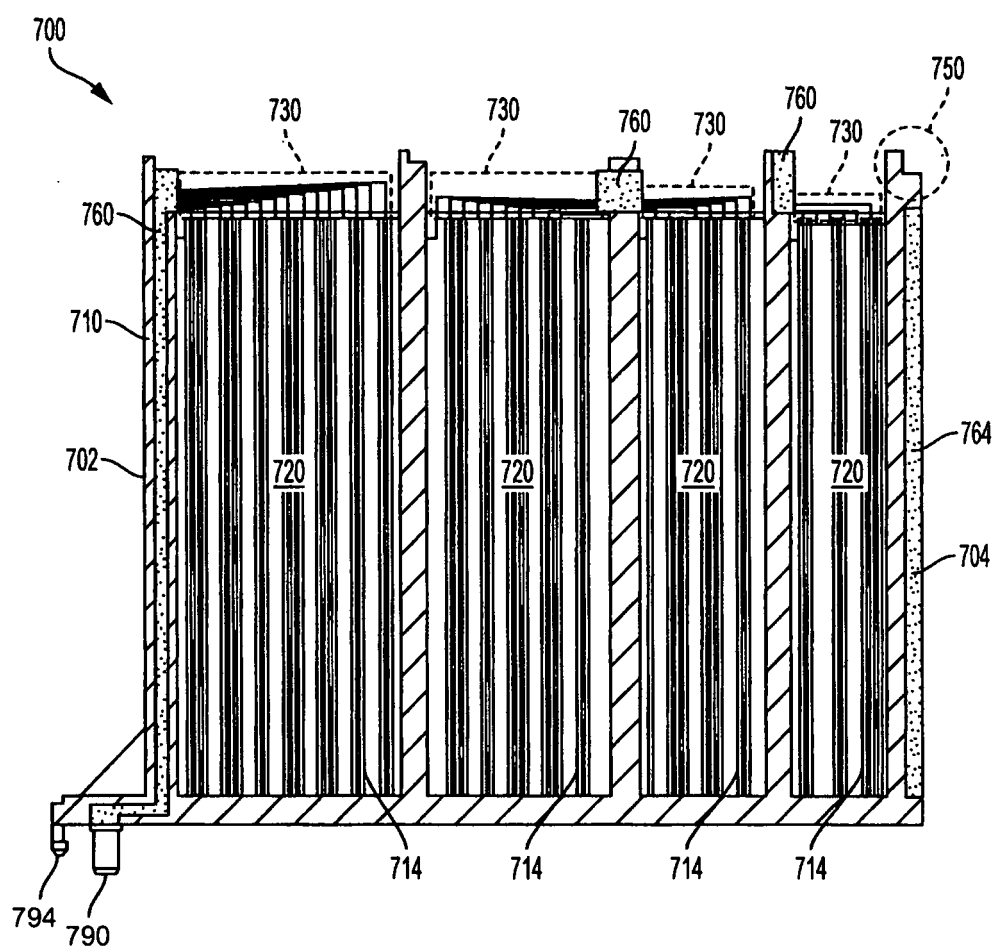


FIG. 7

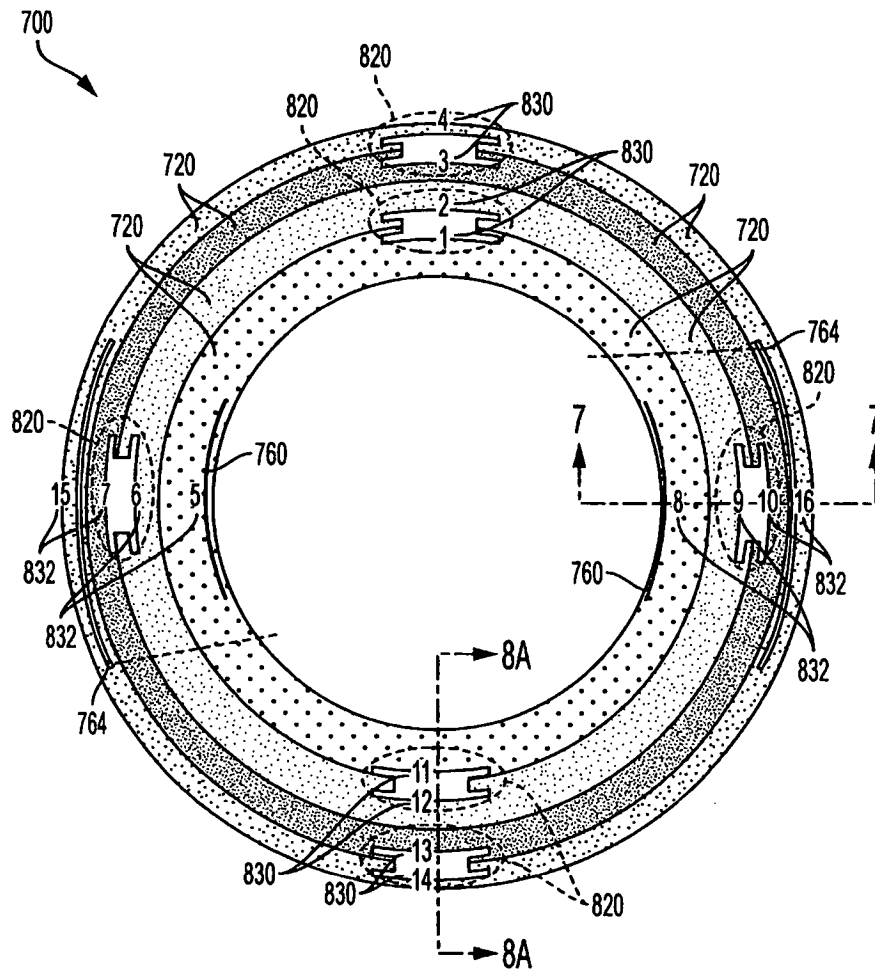


FIG. 8

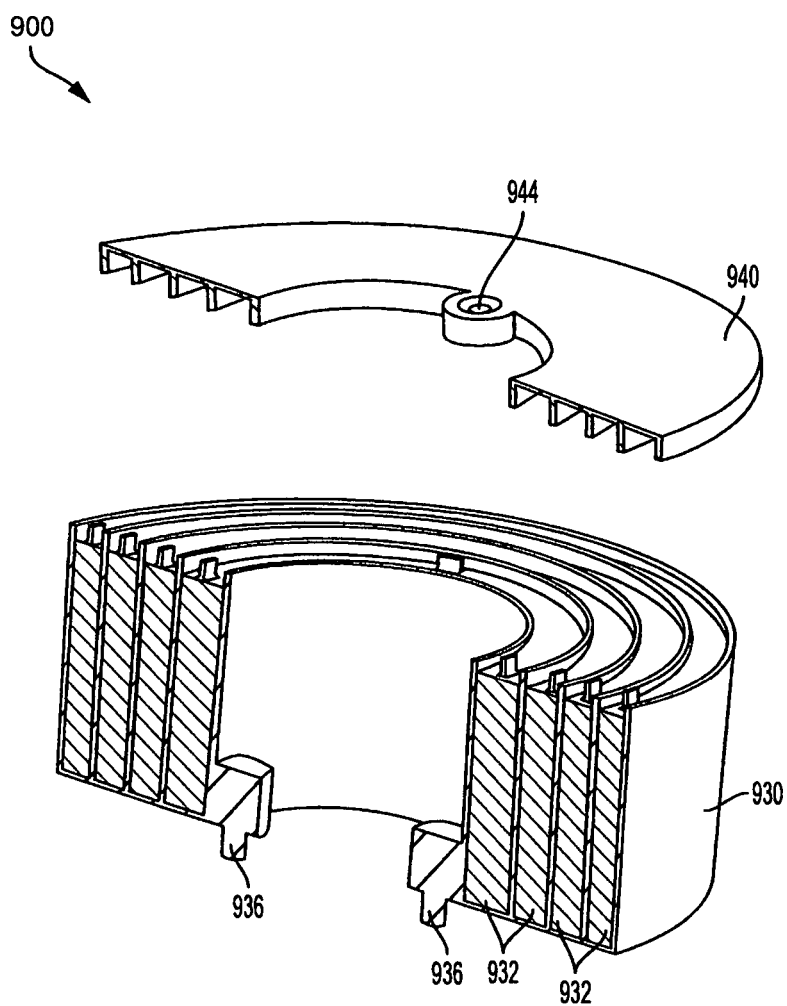


FIG. 9

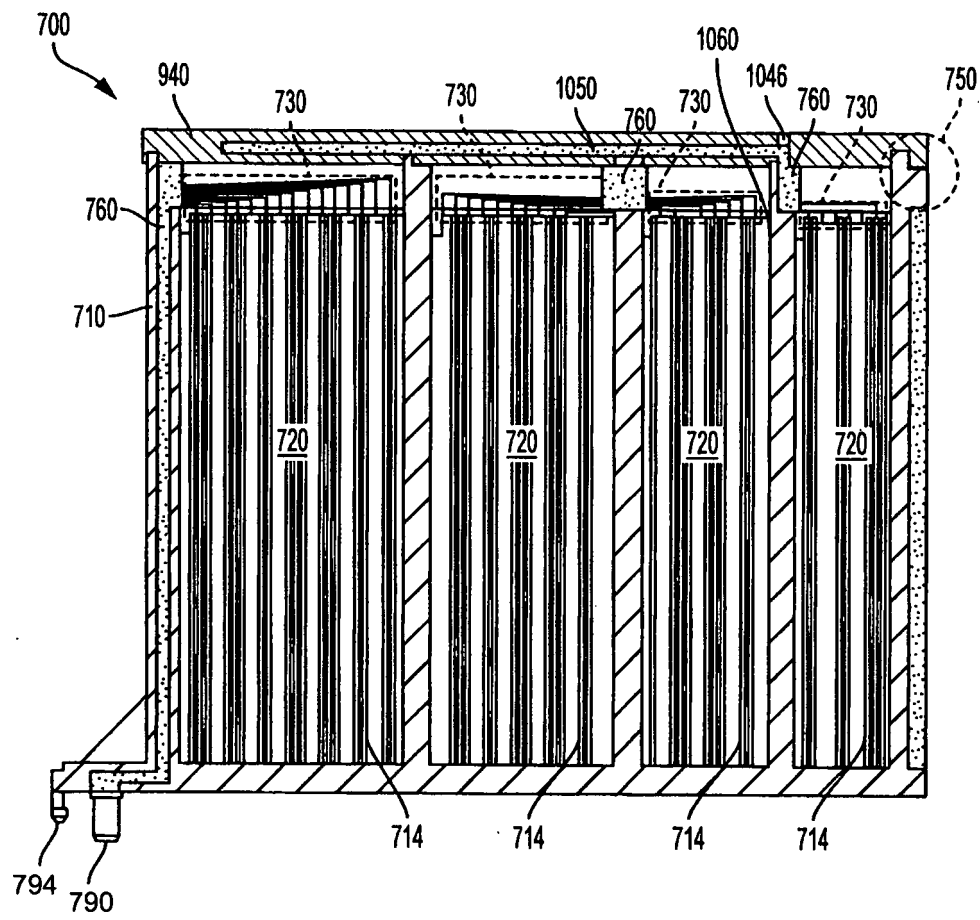


FIG. 10

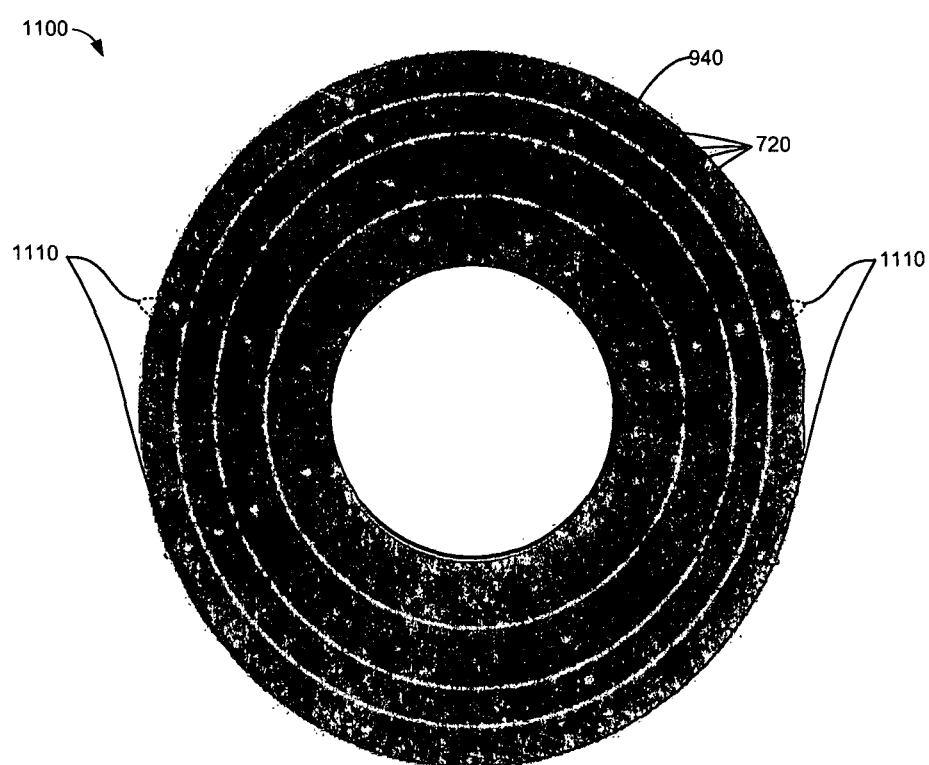


FIG. 11

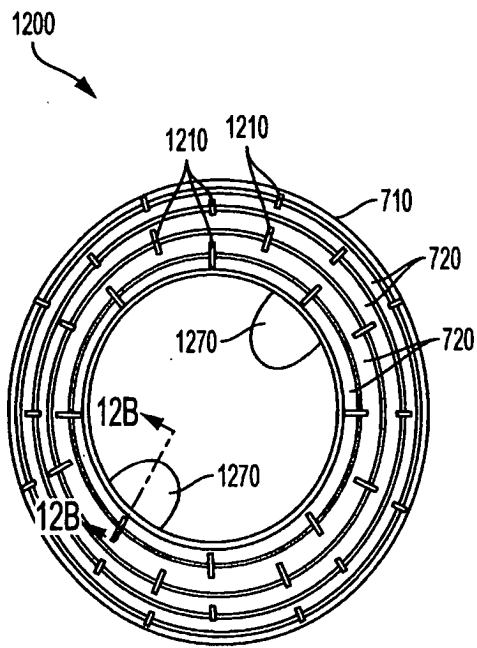


FIG. 12A

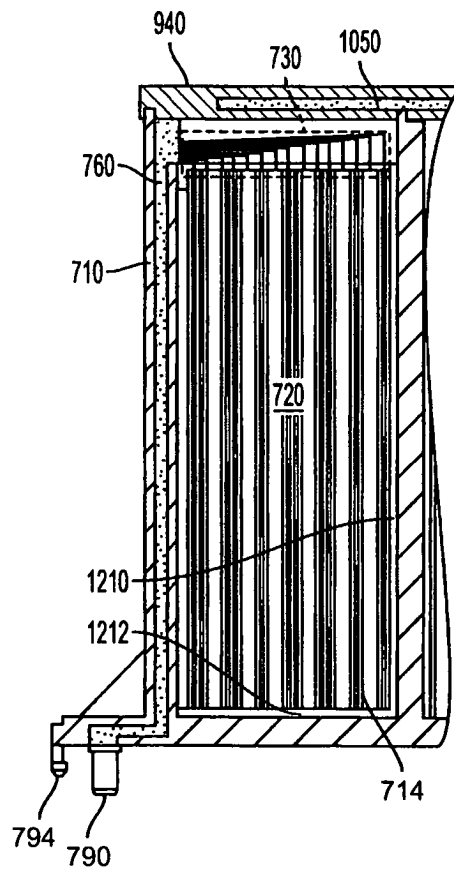


FIG. 12B

FIG. 13A

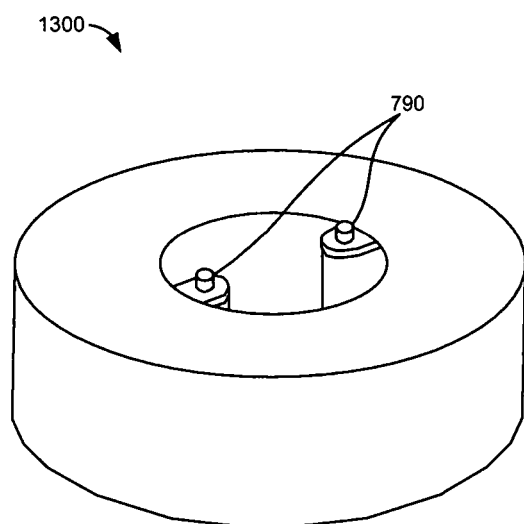


FIG. 13B

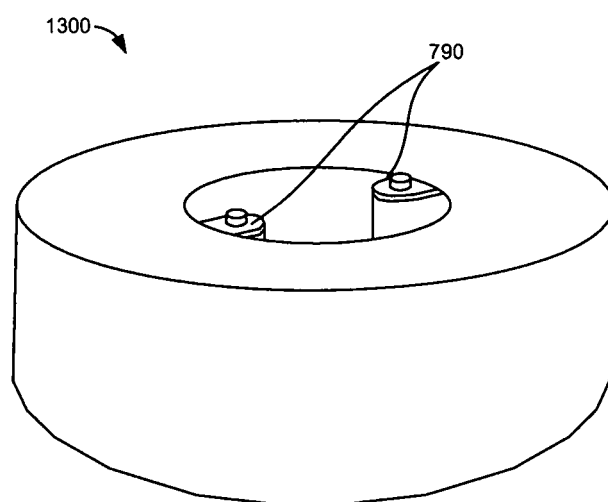


FIG. 14

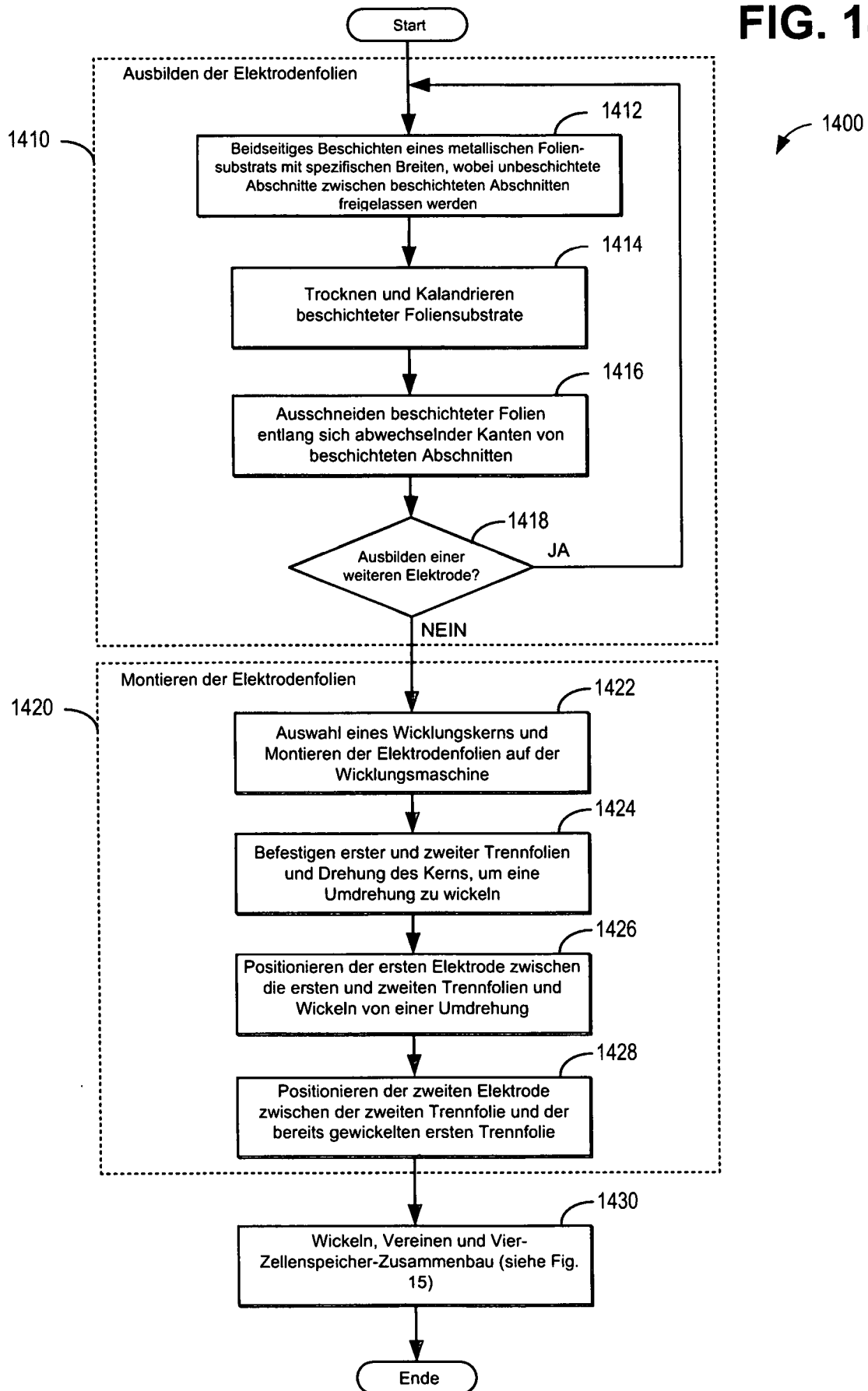


FIG. 15

