



(10) **DE 10 2011 010 360 A1** 2011.08.18

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 010 360.0**

(22) Anmeldetag: **04.02.2011**

(43) Offenlegungstag: **18.08.2011**

(51) Int Cl.: **H01M 10/42 (2006.01)**

**H01M 8/04 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

**12/704,870 12.02.2010 US**

(71) Anmelder:

**GM Global Technology Operations LLC, Mich.,  
Detroit, US**

(72) Erfinder:

**Pinto IV., Nicholas W., Mich., Ferndale, US;  
Alexander, Paul W., Mich., Ypsilanti, US; Johnson,  
Nancy L., Mich., Northville, US; Jorgensen, Scott  
W., Mich., Bloomfield Township, US; Mankame,  
Nilesh D., Mich., Ann Arbor, US**

(74) Vertreter:

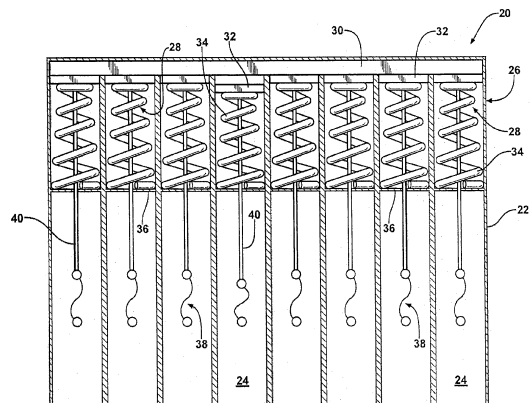
**Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336,  
München, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Batterie- und Wasserstoffbrennstoffzellenladeregler**

(57) Zusammenfassung: Eine Ladereglerbaugruppe für einen Energiespeicher umfasst einen Aktor aus aktivem Material, der zum Bewegen eines Kontakts aus einer verbundenen Stellung, die Stromübertragung zwischen dem Kontakt und einem Leistungsbus gestattet, in eine getrennte Stellung, die Stromübertragung zwischen dem Kontakt und dem Leistungsbus verhindert, gestaltet ist. Der Aktor aus aktivem Material wird als Reaktion darauf eingekoppelt, dass eine Temperatur des Aktors aus aktivem Material über einen vorgegebenen Wert steigt. Das Bewegen des Kontakts in die getrennte Stellung verhindert eine weitere Stromübertragung in den oder aus dem Energiespeicher und verhindert dadurch eine weitere Erwärmung des Energiespeichers und verhindert eine mögliche Schädigung des Energiespeichers durch Überhitzen.



**Beschreibung**

## FACHGEBIET

**[0001]** Die Erfindung betrifft allgemein einen Regler zum Regeln der Temperatur einer Batterie oder einer Wasserstoffbrennstoffzelle und ein Verfahren zum Regeln der Temperatur der Batterie oder der Wasserstoffbrennstoffzelle mit dem Regler.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0002]** Energiespeicher einschließlich, aber nicht begrenzt auf, Batterien und Wasserstoffbrennstoffzellen umfassen eine oder mehr Zellen, die während des Ladens und/oder während des Gebrauchs überhitzen können. Überhitzen von einer oder mehreren der Zellen des Energiespeichers, ob während des Ladens oder während des Gebrauchs, kann die Zelle beschädigen, was möglicherweise die Funktionsfähigkeit des Energiespeichers verringert und/oder die Lebenserwartung des Energiespeichers verringert.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0003]** Es wird eine Reglerbaugruppe zum Regeln eines Ladevorgangs für einen Energiespeicher offenbart. Die Reglerbaugruppe umfasst einen Leistungsbus, der zum Regeln eines Ladeflusses zu dem Energiespeicher gestaltet ist. Die Reglerbaugruppe umfasst weiterhin einen Kontakt. Der Kontakt ist zwischen einer verbundenen Stellung und einer getrennten Stellung beweglich. Der Kontakt ist mit dem Leistungsbus gekoppelt, wenn er sich in der verbundenen Stellung befindet, um den Ladefluss zu dem Energiespeicher zu gestatten. Der Kontakt ist von dem Leistungsbus entkoppelt, wenn er sich in der getrennten Stellung befindet, um den Ladefluss zu dem Energiespeicher zu verhindern. Die Reglerbaugruppe umfasst weiterhin eine Vorspannungseinrichtung. Die Vorspannungseinrichtung ist mit dem Kontakt gekoppelt und ist zum Vorspannen des Kontakts in die verbundene Stellung gestaltet. Die Reglerbaugruppe umfasst weiterhin einen Aktor. Der Aktor ist mit dem Kontakt gekoppelt und ist zum Bewegen des Kontakts aus einer von der verbundenen Stellung und der getrennten Stellung in die andere von der verbundenen Stellung und der getrennten Stellung gestaltet. Der Aktor bewegt den Kontakt, wenn ein Rückkopplungssignal von dem Energiespeicher gleich einem oder größer als ein vorgegebener Wert ist.

**[0004]** In einem anderen Aspekt der Erfindung wird ein Energiespeicher offenbart. Der Energiespeicher umfasst ein Gehäuse, das eine Zelle begrenzt. Der Energiespeicher umfasst weiterhin eine Reglerbaugruppe, die mit dem Gehäuse gekoppelt ist und zum Regeln eines Ladevorgangs der Zelle gestaltet ist. Die Reglerbaugruppe umfasst einen Leistungsbus. Der Leistungsbus ist zum Regeln eines Ladeflusses

zu der Zelle gestaltet. Die Reglerbaugruppe umfasst weiterhin einen Kontakt, der zwischen einer verbundenen Stellung und einer getrennten Stellung beweglich ist. Der Kontakt ist mit dem Leistungsbus gekoppelt, wenn er sich in der verbundenen Stellung befindet, um den Ladefluss zu der Zelle zu gestatten. Der Kontakt ist von dem Leistungsbus entkoppelt, wenn er sich in der getrennten Stellung befindet, um den Ladefluss zu der Zelle zu verhindern. Die Reglerbaugruppe umfasst weiterhin eine Vorspannungseinrichtung, die mit dem Kontakt gekoppelt ist. Die Vorspannungseinrichtung ist zum Vorspannen des Kontakts in die verbundene Stellung gestaltet. Die Reglerbaugruppe umfasst weiterhin einen Aktor, der mit dem Kontakt gekoppelt ist. Der Aktor ist zum Bewegen des Kontakts aus der verbundenen Stellung in getrennte Stellung gestaltet. Der Aktor bewegt den Kontakt, wenn ein Rückkopplungssignal aus der Zelle gleich einem oder größer als ein vorgegebener Wert ist. Der Aktor ist so gestaltet, dass er der Vorspannungseinrichtung gestattet, den Kontakt aus der getrennten Stellung in die verbundene Stellung zu bewegen, wenn das Rückkopplungssignal aus der Zelle geringer ist als der vorgegebene Wert.

**[0005]** In einem anderen Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Regeln eines Ladevorgangs für einen Energiespeicher offenbart. Der Energiespeicher umfasst eine Reglerbaugruppe mit einem Leistungsbus, einem Kontakt zum Einkuppeln des Leistungsbus und einem Aktor aus aktivem Material, der zum Bewegen des Kontakts in die und aus der Kuppelung mit dem Leistungsbus gestaltet ist. Das Verfahren umfasst das Erfassen eines Rückkopplungssignals aus dem Energiespeicher mit dem Aktor aus aktivem Material und das Einkuppeln des Aktors aus aktivem Material zum Bewegen des Kontakts aus einer verbundenen Stellung in eine getrennte Stellung als Reaktion darauf, dass das erfasste Rückkopplungssignal aus dem Energiespeicher auf ein Niveau steigt, das gleich einem oder größer als ein vorgegebener Wert ist. Die verbundene Stellung gestattet einen Ladefluss in den Energiespeicher. Die getrennte Stellung verhindert den Ladefluss in den Energiespeicher.

**[0006]** Folglich erfasst der Aktor aus aktivem Material das Rückkopplungssignal aus einer Zelle des Energiespeichers, wie z. B. eine Temperatur der Zelle und/oder des Energiespeichers. Wenn das Rückkopplungssignal, z. B. die Temperatur des Aktors aus aktivem Material, als Reaktion auf ein Ansteigen der Temperatur der Zelle des Energiespeichers während des Ladens, Entladens oder des Gebrauchs, auf oder über den vorgegebenen Wert steigt, bewegt der Aktor aus aktivem Material den Kontakt aus der verbundenen Stellung in die getrennte Stellung. Das Bewegen des Kontakts in die getrennte Stellung verhindert einen Ladefluss, z. B. einen elektrischen Strom, vom Fließen in die oder aus der Zelle und/oder den/dem

Energiespeicher und verhindert dadurch, dass die Temperatur der Zelle weiter ansteigt. Das Hystereseverhalten der Umwandlung des Aktors aus aktivem Material ermöglicht es, dass die Temperatur der Zelle und/oder des Energiespeichers auf einen Wert unterhalb der vorgegebenen Triggerschwelle abkühlt, bevor der Aktor den Kontakt zurück in die verbundene Stellung bewegt, um den Ladefluss wiederherzustellen; dadurch werden die Zelle und der Energiespeicher vor Schädigung geschützt.

**[0007]** Die vorstehend genannten Eigenschaften und Vorteile sowie weitere Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung sind in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen leicht anhand der folgenden ausführlichen Beschreibung der besten Ausführungsformen der Erfindung ersichtlich.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0008]** **Fig. 1** ist eine schematische Schnittdarstellung eines Energiespeichers mit einem darin eingebauten Laderegler,

**[0009]** **Fig. 2** ist eine schematische Schnittdarstellung eines Ladegeräts mit einem Laderegler zum Laden eines Energiespeichers,

**[0010]** **Fig. 3** ist eine schematische Schnittdarstellung einer alternativen Ausführungsform des Ladereglers in einer verbundenen Stellung,

**[0011]** **Fig. 4** ist eine schematische Schnittdarstellung der alternativen Ausführungsform des Ladereglers in einer getrennten Stellung,

**[0012]** **Fig. 5** ist eine schematische Schnittdarstellung einer zweiten alternativen Ausführungsform des Ladereglers in einer verbundenen Stellung,

**[0013]** **Fig. 6** ist eine schematische Schnittdarstellung der zweiten alternativen Ausführungsform des Ladereglers in einer getrennten Stellung.

#### BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0014]** Unter Bezugnahme auf die Figuren ist ein Energiespeicher im Allgemeinen bei **20** gezeigt, wobei in sämtlichen Darstellungen gleiche Ziffern gleiche Teile bezeichnen. Der Energiespeicher **20** kann umfassen, ist aber nicht begrenzt auf, eines von einem Wasserstoffspeicher, einem Elektrizitätsspeicher, wie z. B. ein Lithium-Ionen-Akku, eine Bleibatterie oder eine andere Einrichtung, die zum Speichern von Elektrizität fähig ist, oder einer anderen Einrichtung, die zum Speichern einer Form von Energie fähig ist.

**[0015]** Der Energiespeicher **20** umfasst ein Gehäuse **22**. Das Gehäuse **22** begrenzt mindestens eine Zelle **24**. Typischerweise begrenzt das Gehäuse **22** mehrere Zellen **24**, wobei jede der Zellen **24** zum Speichern von Elektrizität genutzt wird. Der Energiespeicher **20** kann eine beliebige geeignete Form, Größe und/oder Gestaltung umfassen, die für die vorgesehene Verwendung des Energiespeichers **20** geeignet ist.

**[0016]** Der Ladevorgang für Batterien, insbesondere für Lithium-Ionen-Akkus, ist intrinsisch endotherm (d. h. er absorbiert Wärme aus der Umgebung), während der Entladevorgang exotherm ist (d. h. er gibt Wärme an die Umgebung ab). Allerdings führt der Fluss von Wärme, die woanders im System freigesetzt wird (z. B. ohmsche Heizung, die an den Kontakten auftritt) in eine Zelle **24** während des Ladens dazu, dass die Temperatur der Zell **24** während des Ladens ebenfalls etwas ansteigt. Die meisten Lithium-Ionen-Akkus verwenden ein oder mehrere Schutzmerkmale, z. B. Materialien mit einem positiven Temperaturkoeffizienten, die auf den Temperaturanstieg mit einem Anstieg des Widerstands reagieren, der die Zelle **24** daran hindern sich zu entladen, wenn sie überhitzt ist.

**[0017]** Ein viel versprechender Ansatz zum Speichern von Wasserstoff ist in Hydridform in Legierungen. Wasserstoffspeicherlegierungen (z. B. La-Ni<sub>5</sub>, FeTi, Mg<sub>2</sub>Ni usw.) absorbieren und speichern große Mengen an Wasserstoff, ohne dass ihre eigene Struktur durch Bildung von Hydriden beeinträchtigt wird. Der Vorgang der Wasserstoffabsorption (d. h. das Laden) von solchen Legierungen wird von der Freisetzung von Wärme begleitet, während der Vorgang der Freisetzung des gespeicherten Wasserstoffs (d. h. das Entladen) von der Absorption von Wärme begleitet wird. Somit setzen Wasserstoffspeichereinheiten für Brennstoffzellen Wärme hauptsächlich während des Ladens frei.

**[0018]** Wie in **Fig. 1** gezeigt umfasst der Energiespeicher **20** eine Reglerbaugruppe **26**. Die Reglerbaugruppe **26** regelt einen Ladevorgang des Energiespeichers **20**. Es ist zu bemerken, dass der Ladevorgang sowohl das Laden des Energiespeichers **20** als auch das Entladen des Energiespeichers **20** umfasst. Die Reglerbaugruppe **26** ist mit dem Gehäuse **22** gekoppelt und/oder mit diesem integriert ausgebildet. Die Reglerbaugruppe **26** ist zum Regeln einer Temperatur der Zelle **24** gestaltet. Genauer gesagt regelt die Reglerbaugruppe **26** einen Ladefluss in die oder aus der Zelle **24** anhand eines Rückkopplungssignals, wie z. B. einer Temperatur der Zelle **24**.

**[0019]** Durch das Regeln des Ladeflusses zu der Zelle **24** kann somit die Temperatur der Zelle **24** ebenfalls geregelt werden. Die Reglerbaugruppe **26** kann mehrere Unterbaugruppen **28** umfassen, wobei jede Unterbaugruppe **28** zum Regeln einer der Zel-

len **24** des Energiespeichers **20** gestaltet ist. Wenn beispielsweise der Energiespeicher **20** einen Elektrizitätsspeicher umfasst, regelt die Reglerbaugruppe **26** den Fluss von Strom in den und aus dem Energiespeicher **20**. Gleichmaßen regelt die Reglerbaugruppe **26** den Fluss von Wasserstoff in den Energiespeicher **20**, wenn der Energiespeicher **20** einen Wasserstoffspeicher umfasst. Das Regeln des Stromflusses in den oder aus dem, bzw. des Wasserstoffflusses in den Energiespeicher **20** regelt somit die Temperatur des Energiespeichers **20**. Folglich kann, wenn eine der Zellen **24** des Energiespeichers **29** überhitzt, die Reglerbaugruppe **26** den Stromfluss in die oder aus der, bzw. den Wasserstofffluss in die überhitzte Zelle **24** unterbrechen, um der Zelle **24** zu ermöglichen abzukühlen; hierdurch werden eine Schädigung der Zelle **24** und des Energiespeichers **20** verhindert.

**[0020]** Die Reglerbaugruppe **26** umfasst einen Leistungsbus **30**. Der Leistungsbus **30** ist elektrisch von dem Gehäuse **22** isoliert. Der Leistungsbus **30** ist zum Regeln eines Ladeflusses in den und/oder aus dem Energiespeicher **20** gestaltet. Genauer gesagt, wenn der Energiespeicher **20** einen Elektrizitätsspeicher umfasst, dann ist der Leistungsbus zum Leiten eines elektrischen Stroms in jede oder aus jeder Zelle **24** des Energiespeichers **20** gestaltet. Es ist zu bemerken, dass die Reglerbaugruppe **26** einen positiven Bus (gezeigt) und einen negativen Bus (nicht gezeigt) umfassen kann.

**[0021]** Die Reglerbaugruppe **26** umfasst weiterhin einen Kontakt **32**. Der Kontakt **32** ist zwischen einer verbundenen Stellung und einer getrennten Stellung beweglich. Wenn er sich in der verbundenen Stellung befindet, ist der Kontakt **32** elektrisch mit dem Leistungsbus **30** gekoppelt, um den Ladefluss zu dem oder aus dem Energiespeicher **20** zu gestatten, z. B. einen elektrischen Strom zwischen dem Leistungsbus **30** und dem Kontakt **32**. Wenn er sich in der getrennten Stellung befindet, ist der Kontakt **32** von dem Leistungsbus **30** entkoppelt, um den Ladefluss in den oder aus dem Energiespeicher **20** zu verhindern. Folglich unterbricht die Bewegung des Kontakts **32** aus der verbundenen Stellung in die getrennte Stellung den Kontakt **32** zwischen dem Leistungsbus **30** und dem Kontakt **32** und verhindert dadurch einen Ladefluss in die oder aus der Zelle **24**. Gleichmaßen stellt die Bewegung des Kontakts **32** aus der getrennten Stellung in die verbundene Stellung den Kontakt zwischen dem Leistungsbus **30** und dem Kontakt **32** wieder her und gestattet dadurch den Ladefluss in die oder aus der Zelle **24**.

**[0022]** Die Reglerbaugruppe **26** umfasst weiterhin eine Vorspannungseinrichtung **34**. Die Vorspannungseinrichtung **34** ist mit dem Kontakt **32** gekoppelt und zum Vorspannen des Kontakts **32** in die verbundene Stellung gestaltet. Wie gezeigt umfasst die Vor-

spannungseinrichtung eine Schraubenfeder. Es ist jedoch zu bemerken, dass die Vorspannungseinrichtung **34** eine andere Einrichtung umfassen kann, die in der Lage ist, den Kontakt **32** in die verbundene Stellung gegen den Leistungsbus **30** vorzuspannen. Die Vorspannungseinrichtung **34** kann ein elektrisch leitendes Material umfassen, das zum Leiten von Elektrizität von dem Kontakt **32** in die Zelle **24** gestaltet ist. Das elektrisch leitende Material kann jedes geeignete Material umfassen, das fähig ist, einen elektrischen Strom zu leiten und zur Anordnung mit der Zelle **24** des Energiespeichers **20** geeignet ist. Bei Wasserstoffspeichern leitet die Vorspannungseinrichtung **34** den Fluss von Wasserstoff in die oder aus der Zelle **24** unter Umständen nicht direkt, stattdessen, kann die Vorspannungseinrichtung **34** ein Durchflusselement regeln, z. B. ein Regulierventil, das den Fluss von Wasserstoff reguliert.

**[0023]** Die Reglerbaugruppe **26** umfasst weiterhin eine Basis **36**. Die Basis **36** ist gegenüber dem Kontakt **32** angeordnet, wobei die Vorspannungseinrichtung **34** zwischen dem Kontakt **32** und der Basis **36** angeordnet ist. Die Basis **36** widersteht einer Bewegung der Vorspannungseinrichtung **34** und stellt einen Halt bereit, gegen den die Vorspannungseinrichtung **34** reagiert, um den Kontakt **32** in die verbundene Stellung zu treiben.

**[0024]** Die Reglerbaugruppe **26** umfasst weiterhin einen Aktor **38**. Der Aktor **38** ist mit dem Kontakt **32** gekoppelt. Genauer gesagt erstreckt sich ein Verbindungsstück **40** zwischen dem Aktor **38** und dem Kontakt **32** und verbindet diese miteinander. Das Verbindungsstück **40** umfasst ein nichtleitfähiges Material, um zu gewährleisten, dass kein Strom von dem Kontakt **32** in die Zelle **24** und zu dem Aktor **38** übertragen wird.

**[0025]** Der Kontakt **32**, die Vorspannungseinrichtung **34**, die Basis **36**, der Aktor **38** und das Verbindungsstück **40** können zusammen als eine Einheit hergestellt werden, um die Unterbaugruppen **28** zu begrenzen, wobei jede Unterbaugruppe **28** die Temperatur von einer der Zellen **24** des Energiespeichers **20** reguliert.

**[0026]** Der Aktor **38** ist so gestaltet, dass er den Kontakt **32** aus der verbundenen Stellung in die getrennte Stellung bewegt, wenn ein Rückkopplungssignal aus dem Energiespeicher **20** gleich einem oder größer als ein vorgegebener Wert ist. Das Rückkopplungssignal kann eine Temperatur der Zelle **24** und/oder des Energiespeichers **20** umfassen, einen pH-Wert der Zelle **24** und/oder des Energiespeichers **20**, einen Widerstand der Zelle **24** und/oder des Energiespeichers **20** oder ein anderes Signal, das kennzeichnend für die Funktionsfähigkeit der Zelle **24** und/oder des Energiespeichers **20** ist. Somit wandelt der Aktor **38** das Rückkopplungssignal direkt in mecha-

nische Arbeit um, die dazu führt, dass der Kontakt **32** aus der verbundenen Stellung in die getrennte Stellung bewegt wird. Der Aktor ist zudem so gestaltet, dass er der Vorspannungseinrichtung gestattet, den Kontakt **32** aus der getrennten Stellung in die verbundene Stellung zu bewegen, wenn das Rückkopplungssignal aus dem Energiespeicher **20** geringer ist als der vorbestimmte Wert. Folglich kuppelt sich, wenn das Rückkopplungssignal aus der Zelle **24** über den vorgegebenen Wert steigt, der Aktor ein und bewegt den Kontakt **32** in die getrennte Stellung, um eine Stromübertragung in die Zelle **24** zu verhindern, wodurch eine mögliche Schädigung der Zelle **24** aufgrund überhöhter Temperaturen verhindert wird. Wenn das Rückkopplungssignal unter das vorgegebene Niveau fällt, kuppelt sich der Aktor aus und gestattet der Vorspannungseinrichtung **34** den Kontakt **32** zurück in Kupplung mit dem Leistungsbus **30** zu bewegen, um die Stromübertragung in die Zelle **24** wiederherzustellen und dadurch den Betrieb der Zelle **24** wiederherzustellen.

**[0027]** Der Aktor **38** umfasst ein aktives Material. Das aktive Material/die aktiven Materialien), das/die nachstehend ausführlicher beschrieben wird/werden, kann/können umfassen, ist/sind aber nicht beschränkt auf, eine Formgedächtnislegierung, ein thermoreguliertes Magnetelement, ein elektroaktives Polymer, ein thermotropes flüssigkristallines Elastomer oder ein formveränderndes Polymer. Bevorzugt ist das aktive Material so gestaltet, dass es den Kontakt bewegt, wenn es auf den vorgegebenen Wert erwärmt oder abgekühlt wird. Der vorgegebene Wert kann auf jede Temperatur eingestellt werden, die geeignet ist, eine Schädigung der Zelle **24** und/oder des Energiespeichers **20** zu vermeiden. Der vorgegebene Wert hängt von dem spezifischen Typ des Energiespeichers **20** und den darin verwendeten Materialien ab. Deshalb kann das spezifische aktive Material, das für der Aktor **38** verwendet wird, anhand des gewünschten vorgegebenen Wertes und des Rückkopplungssignals ausgewählt werden. Wie gezeigt, zieht sich das aktive Material bei Erwärmung auf oder über den vorgegebenen Wert zusammen und dehnt sich unter der Einwirkung der Vorspannungseinrichtung **34** aus, d. h. nimmt eine ursprüngliche Länge wieder an, wenn es unter den vorgegebenen Wert abgekühlt wird. Es ist jedoch zu bemerken, dass der Aktor **38** und das aktive Material des Aktors **38**, in jeder geeigneten Weise gestaltet sein können, die fähig ist, den Kontakt **32** aus der verbundenen Stellung in die getrennte Stellung zu bewegen.

**[0028]** Unter Bezugnahme auf [Fig. 2](#) ist eine Ladestation **42** zum Laden des Energiespeichers **20** gezeigt. Die in [Fig. 2](#) gezeigten Elemente, die ähnlich zu den mit Bezug auf [Fig. 1](#) beschriebenen Elementen sind, umfassen dieselben Referenzziffern wie in [Fig. 1](#) verwendet.

**[0029]** Die Ladestation **42** umfasst die Ladereglerbaugruppe **26**. Folglich ist die Reglerbaugruppe **26** in der in [Fig. 2](#) gezeigten Ausführungsform nicht mit dem Energiespeicher **20** integriert ausgebildet. Stattdessen ist die Reglerbaugruppe **26** so gestaltet, dass sie während des Ladens des Energiespeichers **20** loslösbar mit dem Energiespeicher **20** gekoppelt ist und anschließend von dem Energiespeicher **20** entfernt wird, sobald der Energiespeicher **20** geladen ist.

**[0030]** Um das loslösbare Koppeln der Reglerbaugruppe **26** mit dem Energiespeicher **20** zu erleichtern, umfasst jede Unterbaugruppe **28** der Reglerbaugruppe **26** eine Sonde **44**. Die Sonde **44** ist mit der Basis **36** verbunden und setzt sich daraus fort. Der Aktor **38** und mindestens ein Teil des Verbindungsstücks **40** sind innerhalb der Sonde **44** angeordnet. Die Sonde **44** ist zum Einsetzen in die Zelle **24** des Energiespeichers **20** gestaltet. Bei thermisch aktivierten aktiven Materialien erfasst die Sonde **44** die Temperatur der Zelle **24** und leitet die Temperatur an der Aktor **38**. Genauer gesagt, wenn die Temperatur der Zelle **24** steigt, erwärmt sich die Sonde **44** und erwärmt dadurch der Aktor **38**. Sobald der Aktor **38** sich auf den vorgegebenen Wert erwärmt hat, kuppelt sich wie oben beschrieben der Aktor **38** ein und bewegt den Kontakt **32** in die getrennte Stellung. Wenn die Zelle **24** und damit die Sonde **44** abkühlt, kühlt der Aktor **38** ab; dies gestattet es wie oben beschrieben der Vorspannungseinrichtung **34** den Kontakt **32** zurück in die verbundene Stellung zu bewegen. Bei durch pH-Wert oder Ionenkonzentration aktivierten aktiven Materialien ist die Sonde **44** aus einem Material hergestellt, das die Weiterleitung dieser Stimuli über die Wände der Sonde **44** gestattet.

**[0031]** In einem anderen Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Regeln eines Ladevorgangs für den Energiespeicher **20** offenbart. Wie oben beschrieben kann der Ladevorgang sowohl das Laden des Energiespeichers **20** als auch/oder das Entladen des Energiespeichers **20** umfassen. Der Energiespeicher **20** kann eine einzelne Zelle **24** eines Energiespeichers **20** umfassen oder kann alternativ sämtliche Zellen **24** des Energiespeichers **20** umfassen. Der Ladevorgang des Energiespeichers **20** wird mittels der oben beschriebenen Reglerbaugruppe geregelt. Das Verfahren umfasst das Anordnen des Aktors **38** aus aktivem Material innerhalb oder in der Nähe des Energiespeichers **20**, um das Rückkopplungssignal aus dem Energiespeicher **20** zu erfassen. Wie oben beschrieben kann der Aktor **38** aus aktivem Material integriert mit dem Energiespeicher **20** ausgebildet sein oder kann Teil der Ladestation **42** sein; im letzteren Fall beinhaltet das Anordnen des Aktors **38** aus aktivem Material innerhalb des Energiespeichers **20** das Einsetzen des Aktors **38** aus aktivem Material in die Zelle **24** des Energiespeichers **20**.

**[0032]** Das Verfahren umfasst weiterhin das Erfassen des Rückkopplungssignals aus dem Energiespeicher **20**. Wie oben beschrieben wird der Aktor **38** aus aktivem Material verwendet, um das Rückkopplungssignal aus dem Energiespeicher **20** zu erfassen, und im engeren Sinne, um die Temperatur der Zelle **24** zu erfassen, innerhalb derer der Aktor **38** aus aktivem Material angeordnet ist. Wenn die Temperatur der Zelle **24** und/oder des Energiespeichers **20** steigt, steigt die Temperatur des Aktors **38** aus aktivem Material. Wenn die Temperatur der Zelle **24** und/oder des Energiespeichers **20** sinkt, sinkt die Temperatur des Aktors **38** aus aktivem Material ebenfalls.

**[0033]** Das Verfahren umfasst weiterhin das Einkuppeln des Aktors **38** aus aktivem Material als Reaktion auf das erfasste Rückkopplungssignal, z. B. darauf, dass die erfasste Temperatur des Energiespeichers **20** auf ein Niveau steigt, das gleich einem oder größer als ein vorgegebener Wert ist. Wenn der Energiespeicher einen Elektrizitätsspeicher umfasst, wie in den Figuren gezeigt, wird der Aktor **38** aus aktivem Material eingekuppelt, um den Kontakt **32** aus der verbundenen Stellung, die Stromübertragung zwischen dem Leistungsbus **30** und dem Kontakt **32** gestattet, in die getrennte Stellung zu bewegen, die Stromübertragung zwischen dem Leistungsbus **30** und dem Kontakt **32** verhindert. Folglich unterbricht der Aktor **38**, sobald die Temperatur des Aktors **38** aus aktivem Material auf einen Wert steigt, der gleich dem oder größer als der vorgegebene Temperaturwert ist, die elektrische Verbindung zwischen dem Leistungsbus **30** und dem Kontakt **32**, um eine Stromübertragung in die Zelle **24** und/oder den Energiespeicher **20** zu verhindern und dadurch zu verhindern, dass die Temperatur der Zelle **24** und/oder des Energiespeichers **20** weiter ansteigt und möglicherweise die Zelle **24** und/oder den Energiespeicher **20** schädigt.

**[0034]** Wie oben beschrieben kann der Aktor **38** aus aktivem Material ein Formgedächtnislegierungsmaterial umfassen, ist aber nicht darauf beschränkt. Das Einkuppeln des Aktors **38** aus aktivem Material kann umfassen, ist aber nicht beschränkt auf, das Zusammenziehen des Aktors **38** aus aktivem Material als Reaktion darauf, dass die Temperatur des Formgedächtnislegierungsmaterials auf ein Niveau steigt, das gleich einem oder größer als ein vorgegebener Wert ist. Es ist zu bemerken, dass der Aktor **38** aus aktivem Material sich in einer von der Kontraktion verschiedenen Weise bewegen kann, wenn er auf den vorgegebenen Temperaturwert erwärmt wird, und dass der Aktor **38** aus aktivem Material so gestaltet sein kann, dass er den Kontakt **32** als Reaktion auf eine andere, von der Kontraktion verschiedenen Bewegung des aktiven Materials bewegt.

**[0035]** Das Verfahren umfasst weiterhin das Vorspannen des Kontakts **32** aus der getrennten Stellung in die verbundene Stellung mit der Vorspannungs-

einrichtung **34** als Reaktion darauf, dass das erfasste Rückkopplungssignal aus, z. B. die erfasste Temperatur, aus dem Energiespeicher **20** unterhalb den vorgegebenen Wert fällt. Folglich kehrt die Formgedächtnislegierung, sobald die Temperatur des Aktors **38** aus aktivem Material auf einen Wert unterhalb des vorgegebenen Temperaturwertes absinkt, wie durch die Hysteresekurve der Formgedächtnislegierung geregelt, zu einer ursprünglichen Form zurück und gestattet dadurch der Vorspannungseinrichtung **34**, den Kontakt **32** zurück in die verbundene Stellung vorzuspannen, um den Ladefluss in die Zelle **24** und/oder den Energiespeicher **20** wiederherzustellen.

**[0036]** Das Verfahren kann weiterhin das Informieren eines Fahrzeug- oder Durchflussreglers vor dem Einkuppeln des Aktors **38** aus aktivem Material umfassen, wenn das erfasste Rückkopplungssignal auf einen Wert im Bereich des vorgegebenen Werts steigt. Der Fahrzeug- oder Durchflussregler kann einen Rechner mit einem Prozessor, Speicher, Software und jedem anderen Bestandteil umfassen, der notwendig ist, um die verschiedenen Systeme des Fahrzeugs zu regeln und mit ihnen zu kommunizieren. Die Reglerbaugruppe **26** kann so gestaltet sein, dass sie in Kommunikation mit dem Fahrzeug- oder Durchflussregler steht, um Informationen an den Fahrzeug- oder Durchflussregler zu liefern. Der Fahrzeug- oder Durchflussregler kann zum Regeln des Energiespeichers **20** gestaltet sein. Beispielsweise kann der Fahrzeug- oder Durchflussregler so gestaltet sein, dass er die Geschwindigkeit regelt, mit welcher der Ladefluss, z. B. ein elektrischer Strom oder ein Wasserstoffstrom, aus dem Energiespeicher bezogen wird oder in ihn eingespeist wird. Durch das Regeln der Geschwindigkeit des Ladeflusses kann der Fahrzeug- oder Durchflussregler die Temperatur des Energiespeichers **20** regeln. Folglich kann die an den Fahrzeugregler gesendete Information anzeigen, dass der Energiespeicher **20** sich dem vorgegebenen Wert nähert, an dem der Aktor **38** eingreift, um die Zelle **24** und/oder den Energiespeicher **20** zu trennen. Deshalb kann der Fahrzeugregler arbeiten, um den Energiespeicher **20** so zu regeln, dass er seine Temperatur verringert, bevor der Aktor **38** den Kontakt **32** in die getrennte Stellung bewegt, d. h. den Ladefluss unterbricht.

**[0037]** Das Rückkopplungssignal an den Fahrzeugregler kann z. B. einen Widerstand des aktiven Materials in dem Aktor **38** umfassen. Wenn der Widerstand des aktiven Materials auf einen Wert im Bereich, z. B. einem voreingestellten Prozentwert, des vorgegebenen Werts ansteigt, kann der Fahrzeugregler eingreifen, um den Strom zu verringern, der zu dem Energiespeicher **20** fließt. Alternativ kann das aktive Material des Aktors **38** ein zweistufiges aktives Material umfassen, wobei das aktive Material zwei Stufen umfasst. Die erste Stufe wird bei einer ersten Temperatur oder einem ersten Widerstand aus-

gelöst, um den Fahrzeugregler zu informieren, dass der Energiespeicher **20** sich dem vorgegebenen Wert nähert. Die zweite Stufe wird bei einer zweiten Temperatur oder einem zweiten Widerstand ausgelöst, die/der dem vorgegebenen Wert entspricht.

**[0038]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 3** und **Fig. 4** ist eine alternative Ausführungsform der Reglerbaugruppe bei **50** gezeigt. Die alternative Ausführungsform der Reglerbaugruppe **50** ist besonders geeignet zum Regeln der Temperatur von mehreren der Energiespeicher **52**, die in Reihe oder parallel zueinander angeordnet sind. Die alternative Ausführungsform der Reglerbaugruppe **50** umfasst einen Leistungsbus. Der Leistungsbus umfasst einen positiven Anschluss **54** und einen negativen Anschluss **56**. Der positive Anschluss **54** und der negative Anschluss **56** sind zum Leiten, d. h. Bereitstellen eines elektrischen Stroms an jede Zelle des Energiespeichers **52** gestaltet. Wenn der Energiespeicher **52** einen Wasserstoffspeicher umfasst, dann entsprechen der positive Anschluss **54** und der negative Anschluss **56** den Zu- und Abflussleitungen für den Wasserstoff.

**[0039]** Die Reglerbaugruppe **50** umfasst weiterhin einen Kontakt **58**. Der Kontakt **58** ist zwischen einer verbundenen Stellung, gezeigt in **Fig. 3**, und einer getrennten Stellung, gezeigt in **Fig. 4**, beweglich. Wenn er sich in der verbundenen Stellung befindet, koppelt der Kontakt **58** den Ladebus elektrisch mit den Zellenanschlüssen, um einen Stromfluss dazwischen zu ermöglichen. Wenn er sich in der getrennten Stellung befindet, wird der Kontakt **58** durch einen Wechselkontakt **66** (nachstehend beschrieben) ersetzt, der die Zelle von dem Leistungsbus **30** trennt und dadurch verhindert, dass der elektrische Strom in den oder aus dem Energiespeicher **52** fließt. Gleichermaßen ersetzt die Bewegung des Kontakt **58** aus der getrennten Stellung in die verbundene Stellung den Wechselkontakt **66** mit dem Kontakt **58**, wodurch der Strom zwischen dem Ladebus und der Zelle wiederhergestellt wird und dadurch gestattet wird, dass der elektrische Strom in die oder aus der Zelle fließt. Im Fall eines Wasserstoffspeichers sind der Kontakt **58** und der Wechselkontakt **66** alternative Flussleitungen für Wasserstoff.

**[0040]** Die Reglerbaugruppe **50** umfasst weiterhin eine Vorspannungseinrichtung **60**. Die Vorspannungseinrichtung **60** ist mit dem elektrisch isolierten Verbindungsstück **64** gekoppelt, das sowohl den Kontakt **58** als auch den Wechselkontakt **66** trägt. Die Vorspannungseinrichtung **60** ist zum Vorspannen des Kontakts **58** in die verbundene Stellung gestaltet. Die Reglerbaugruppe **50** umfasst weiterhin einen Aktor **62** aus aktivem Material. Der Aktor **62** aus aktivem Material ist mit dem Verbindungsstück **64** gekoppelt. Genauer gesagt, das Verbindungsstück **64** erstreckt sich zwischen dem Aktor **62** aus aktivem Material und der Vorspannungseinrichtung **60** und verbindet die-

se, wobei der Kontakt **58** an dem Verbindungsstück **64** befestigt ist.

**[0041]** Der Aktor **62** aus aktivem Material befindet sich in Wärmekontakt mit der Zelle **24** und ist so gestaltet, dass er den Kontakt **58** aus der verbundenen Stellung in die getrennte Stellung bewegt, wenn eine Temperatur des Energiespeichers **52** gleich einem oder größer als ein vorgegebener Wert ist. Der Aktor **62** aus aktivem Material ist zudem so gestaltet, dass er der Vorspannungseinrichtung **60** gestattet, den Kontakt **58** aus der getrennten Stellung in die verbundene Stellung zu bewegen, wenn die Temperatur des Energiespeichers geringer ist als der vorgegebene Wert. Folglich kuppelt sich der Aktor **62** aus aktivem Material ein, wenn die Temperatur der Zelle über den vorgegebenen Wert steigt, und bewegt den Kontakt **58** in die getrennte Stellung, um eine Stromübertragung in den und aus dem Energiespeicher **52** zu verhindern, was eine mögliche Schädigung des Energiespeichers **52** aufgrund überhöhter Temperaturen verhindert. Wenn der Energiespeicher **52** abkühlt, kuppelt sich der Aktor **62** aus aktivem Material aus und gestattet der Vorspannungseinrichtung **60**, den Kontakt **58** zurück in die Koppelung mit dem positiven Anschluss **54** und dem negativen Anschluss **56** zu bewegen, um eine Stromübertragung in den und aus dem Energiespeicher **52** wiederherzustellen und dadurch den Betrieb des Energiespeichers **52** wiederherzustellen. Wenn das aktive Material durch einen alternativen Stimulus, d. h. einen von der Temperatur verschiedenen Stimulus (z. B. pH-Wert oder Ionenkonzentration der Zelle **24**) aktiviert wird, werden, wie oben beschrieben, geeignete Überträger zum Übertragen des Stimulus zu dem aktiven Material bereitgestellt. Wenn der Aktor **62** z. B. ein formveränderndes Polymer umfasst, das sich als Reaktion auf die Konzentration einer bestimmten Sorte von Ionen, (die Teil des Lade- bzw. Entladevorgangs sind), zusammenzieht, wird das formverändernde Polymerelement in innigem physikalischen Kontakt mit dem Teil der Zelle angeordnet, der die Ionen enthält.

**[0042]** Das Verbindungsstück **64** umfasst weiterhin den Wechselkontakt **66**. Der Wechselkontakt **66** ist so gestaltet, dass er sowohl den positiven Bus **54** als auch den negativen Bus **65** einkuppelt, wenn der Kontakt **58** sich in der getrennten Stellung befindet. Der elektrische Widerstand, den der Wechselkontakt **66** dem Stromfluss zwischen dem positiven Anschluss **54** und dem negativen Anschluss **56** des Ladebusses bietet, kann so ausgewählt werden, dass er einen Wert annimmt, der mit der Gestaltung der Zellen und dem Ladekreis verträglich ist. Speziell wird, wenn die Zelle in Reihe mit Nachbarzellen durch eine Ladequelle mit konstanter Spannung geladen wird, der Wechselkontakt **66** so gewählt, dass er dem Stromfluss einen geringen oder keinen Widerstand bietet, um die überhitzte Zelle faktisch „kurz-

zuschließen". Wenn andererseits die Zelle in Parallelschaltung mit den Nachbarzellen durch eine konstante Spannungsquelle elektrisch geladen wird, wird der Wechselkontakt **66** so gewählt, dass er elektrisch isolierend ist, um so die überhitzte Zelle faktisch „im Leerlauf“ laufen zu lassen. Falls es im Voraus nicht bekannt ist, ob die Zelle in Reihe mit oder parallel zu den benachbarten Zellen elektrisch geladen wird, kann der elektrische Widerstand, der durch den Wechselkontakt **66** geboten wird, so gewählt werden, dass er den Wert des idealen Widerstand der Zelle (d. h. neue Zelle, nicht überhitzt, während des Ladens) annimmt. Anhand der genauen Gestaltung des Ladekreises und der Position der überhitzten Zelle im Bezug auf die anderen Zellen können noch andere Werte für den elektrischen Widerstands des Wechselkontakts festgesetzt werden. Folglich moduliert der Wechselkontakt **66** den elektrischen Stromfluss aus dem positiven Anschluss **54** zu dem negativen Anschluss **56**, wenn der Kontakt **58** sich in der getrennten Stellung befindet, während er den Elektrizitätsspeicher **52** von dem Ladebus isoliert. In einer ähnlichen Weise kann der Wechselkontakt bei Wasserstoffspeichern gestatten, dass eine bestimmte Zelle vollständig überbrückt oder abgedichtet wird, oder dem Wasserstoffstrom einen modulierten Widerstand bieten, der typisch für eine neue Zelle ist.

**[0043]** Das Verbindungsstück **64** umfasst eine elektrisch nichtleitende Isolationsschicht **68**, die den Wechselkontakt **66** umgibt und isoliert. Die nichtleitende Isolationsschicht **68** kann jedes für die spezifische Anwendung geeignete Material umfassen, das Stromübertragung zwischen dem Kontakt **58** und dem Wechselkontakt **66** verhindert. Für einen Wasserstoffspeicher stellen der Kontakt **58** und der Wechselkontakt **66** alternative Flussleitungen dar, die nicht miteinander verbunden sind.

**[0044]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 5** und **Fig. 6**, ist eine zweite alternative Ausführungsform des Ladereglers schematisch bei **70** gezeigt. **Fig. 5** zeigt den Laderegler **70** in der verbundenen Stellung und **Fig. 6** zeigt den Laderegler **70** in der getrennten Stellung. Der Laderegler **70** ist in eine Zelle **72** eines Energiespeichers eingebaut. Der Laderegler **70** umfasst einen oberen Kontakt **76**, der benachbart und gegenüber von einem unteren Kontakt **78** angeordnet ist. Der obere Kontakt **76** kann für einen elektrischen Kontakt mit einem Lade- bzw. Entladebus (nicht gezeigt) zum Übertragen eines elektrischen Stroms zu der und/oder aus der Zelle **72** gestaltet sein. Der untere Kontakt **78** ist in elektrischem und Wärmekontakt mit einem Elektrolyt **80**. Die verbundene Stellung gestattet Stromfluss zwischen dem oberen Kontakt **76** und dem unteren Kontakt **78**. Die getrennte Stellung verhindert Stromfluss zwischen dem oberen Kontakt **76** und dem unteren Kontakt **78**. Im Fall eines Wasserstoffspeichers stellt **Fig. 5** eine offene Fließverbindung zwischen der Zelle **72** (verbunden mit dem un-

teren Kontakt **78**) und dem Leistungsbus (verbunden mit dem oberen Kontakt **76**) dar, während **Fig. 6** den Fall darstellt, wenn die Fließverbindung geschlossen ist.

**[0045]** Der Laderegler **70** umfasst weiterhin mindestens eine, aber bevorzugt ein Paar von Vorspannfedern **82**. Die Vorspannfedern **82** sind zwischen dem oberen Kontakt **76** und dem unteren Kontakt **87** angeordnet und neigen dazu, den oberen Kontakt **76** und den unteren Kontakt **78** durch Vorspannen auseinander zu halten. Der Laderegler **70** umfasst weiterhin ein oberes Magnetelement **84** und ein unteres Magnetelement **86**. Das untere Magnetelement **86** umfasst ein thermoreguliertes Magnetelement. Das thermoregulierte Magnetelement umfasst einen Curie-Punkt, unterhalb dessen sich das thermoregulierte Magnetelement in einem ferromagnetischen Zustand befindet und oberhalb dessen sich das thermoregulierte Magnetelement in einem paramagnetischen Zustand befindet. Es ist zu bemerken, dass das thermoregulierte Magnetelement von einem anderen Magneten angezogen wird, wenn das thermoregulierte Magnetelement sich in dem ferromagnetischen Zustand befindet, und das thermoregulierte Magnetelement von einem anderen Magneten nicht angezogen wird, wenn das thermoregulierte Magnetelement sich in dem paramagnetischen Zustand befindet.

**[0046]** Das obere Magnetelement **84** ist an dem oberen Kontakt **76** befestigt, und das untere Magnetelement **86** ist an dem unteren Kontakt **78** befestigt. Das obere Magnetelement **84** und das untere Magnetelement **86** erzeugen eine magnetische Kraft zwischen sich, die den oberen Kontakt **76** und den unteren Kontakt **78** zusammenzieht, wenn sich das untere Magnetelement sich in dem ferromagnetischen Zustand befindet, der eintritt, wenn die Temperatur der Zelle **72** unterhalb des Curie-Punkts des unteren Magnetelements **86** liegt. Das obere Magnetelement **84** kann einen Magneten mit einem Curie-Punkt umfassen, der weit über der normalen Betriebsbedingung der Zelle **72** liegt, um zu gewährleisten, dass das obere Magnetelement ununterbrochen in dem ferromagnetischen Zustand arbeitet. Der Curie-Punkt des unteren Magnetelements **86** ist jedoch so eingestellt, dass er annähernd gleich einer Überhitzungstemperatur der Zelle **72** ist. Folglich bleibt, wie in **Fig. 5** gezeigt, wenn die Temperatur der Zelle **72** unterhalb der Überhitzungstemperatur liegt, das untere Magnetelement **86** in dem ferromagnetischen Zustand, und die magnetische Kraft, die zwischen dem oberen Magnetelement **84** und dem unteren Magnetelement **86** erzeugt wird, überwindet die durch die Vorspannfedern **82** erzeugte Vorspannkraft, um den oberen Kontakt **76** und den unteren Kontakt **78** in die verbundene Stellung zu bewegen. Wenn jedoch die Temperatur der Zelle **72** auf oder über die Überhitzungstemperatur steigt, steigt die Temperatur des unteren



Magnetelements **86** auf oder über den Curie-Punkt des unteren Magnetelements und bewirkt dadurch, dass das untere Magnetelement in den paramagnetischen Zustand übergeht. Sobald sich das untere Magnetelement in dem paramagnetischen Zustand befindet, wird die magnetische Kraft zwischen dem oberen Magnetkontakt **84** und dem unteren Magnetkontakt **86** verringert oder beseitigt; dies gestattet es der Vorspannkraft der Vorspannfedern **82**, den oberen Kontakt **76** und den unteren Kontakt in die getrennte Stellung zu bewegen, die in [Fig. 6](#) gezeigt ist. Wenn die Temperatur der Zelle **72** unter die Überhitzungstemperatur fällt, geht das untere Magnetelement **86** wieder in den ferromagnetischen Zustand über und stellt so die magnetische Kraft zwischen dem oberen Magnetelement **84** und dem unteren Magnetelement **86** wieder her, wodurch bewirkt wird, dass der obere Kontakt **76** und der untere Kontakt **78** sich zurück in die verbundene Stellung bewegen. Bei Wasserstoffspeichern überwindet die Anziehungskraft zwischen dem unteren Magnetelement **86** und dem oberen Magnetelement **84** die Vorspannkraft der Vorspannfedern **82**, um den Gaskanal zwischen der Zelle **72** und dem Leistungsbus offen zu halten, solange die Temperatur der Zelle **72**, und damit jene des unteren Magnetelements **86**, [niedriger ist als] der Curie-Punkt des unteren Magnetelements **86**. Wenn die Temperatur der Zelle **72** über den Curie-Punkt des unteren Magnetelements **86** steigt, wird dieses paramagnetisch und die Vorspannkraft der Vorspannfedern **82** drückt den unteren Kontakt **78** von dem oberen Kontakt **76** weg, um so den Gaskanal zwischen der Zelle **72** und dem Leistungsbus zu schließen.

**[0047]** Bevorzugt umfasst das aktive Material des Aktors **62** aus aktivem Material eine Formgedächtnislegierung. Das aktive Material kann jedoch ein anderes aktives Material umfassen. Geeignete aktive Materialien umfassen, sind aber nicht begrenzt auf, Formgedächtnislegierungen (SMA), elektroaktive Polymere, formverändernde Polymere und thermoregulierte Magnetelemente.

**[0048]** Geeignete Formgedächtnislegierungen können einen Einweg-Formgedächtniseffekt zeigen, einen intrinsischen Zweiweg-Effekt oder einen extrinsischen Zweiweg-Formgedächtniseffekt, abhängig von der Legierungszusammensetzung und der Verarbeitungsgeschichte. Die beiden Phasen, die in Formgedächtnislegierungen auftreten, werden oft als Martensit- bzw. Austenit-Phase bezeichnet. Die Martensit-Phase ist eine verhältnismäßig weiche und leicht verformbare Phase der Formgedächtnislegierungen, die im Allgemeinen bei niedrigeren Temperaturen vorliegt. Die Austenit-Phase, die stärkere Phase von Formgedächtnislegierungen, tritt bei höheren Temperaturen auf. Formgedächtnismaterialien, die aus Formgedächtnislegierungszusammensetzungen gebildet werden, die einen Einweg-Formgedächtniseffekt zeigen, bilden sich nicht automatisch zurück,

und erfordern, abhängig von der Gestaltung des Formgedächtnismaterials, voraussichtlich eine externe mechanische Kraft, um die zuvor gezeigte Formausrichtung zurückzubilden. Formgedächtnismaterialien, die einen intrinsischen Formgedächtniseffekt zeigen, sind aus einer Formgedächtnislegierungszusammensetzung hergestellt, die [bewirkt, dass sie] sich automatisch selbst zurückbilden.

**[0049]** Die Temperatur, bei der die Formgedächtnislegierung bei Erwärmen seine Hochtemperaturform annimmt, kann durch geringfügige Änderungen in der Zusammensetzung der Legierung und durch Wärmebehandlung angepasst werden. Bei Nickel-Titan-Formgedächtnislegierungen z. B. kann sie im Bereich von oberhalb von ca. 100°C bis unterhalb von ca. -100°C verändert werden. Der Formrückbildungsprozess tritt in einem Bereich von nur wenigen Grad auf, und der Beginn bzw. das Ende der Umwandlung können auf einen Bereich von innerhalb ein oder zwei Grad gesteuert werden, abhängig von der gewünschten Anwendung und der Legierungszusammensetzung. Die mechanischen Eigenschaften der Formgedächtnislegierung ändern sich über den Temperaturbereich, über den sich ihre Umwandlung erstreckt, stark und verleihen dem Formgedächtnismaterial typischerweise sowohl Formgedächtniseffekte als auch eine hohe Dämpfungsfähigkeit. Die hohe Eigendämpfungsfähigkeit der Formgedächtnislegierungen kann verwendet werden, um die energieabsorbierenden Eigenschaften weiter zu erhöhen.

**[0050]** Geeignete Formgedächtnislegierungsmaterialien umfassen, ohne Einschränkung, auf Nickel-Titan basierende Legierungen, auf Indium-Titan basierende Legierungen, auf Nickel-Aluminium basierende Legierungen, auf Nickel-Gallium basierende Legierungen, auf Kupfer basierende Legierungen (z. B. Kupfer-Zink-Legierungen, Kupfer-Aluminium-Legierungen, Kupfer-Gold- und Kupfer-Zinn-Legierungen), auf Gold-Cadmium basierende Legierungen, auf Silber-Cadmium basierende Legierungen, auf Indium-Cadmium basierende Legierungen, auf Mangan-Kupfer basierende Legierungen, auf Eisen-Platin basierende Legierungen, auf Eisen-Palladium basierende Legierungen und dergleichen. Die Legierungen können binär, ternär, oder von beliebig höherer Ordnung sein, solange die Legierungszusammensetzung einen Formgedächtniseffekt zeigt, z. B. eine Änderung der Formausrichtung, der Dämpfungsfähigkeit und dergleichen. Beispielsweise ist eine auf Nickel-Titan basierende Legierung im Handel unter dem Warenzeichen NITINOL von Shape Memory Applications Inc. erhältlich.

**[0051]** Thermotrope flüssigkristalline Elastomere (liquid crystalline elastomers, LCE) umfassen nematische flüssigkristalline Elastomere, die steife stäbchenartige molekulare Strukturelemente umfassen, die als Mesogene bezeichnet werden, die eine Orientie-

rungsordnung aufweisen und in die Seitenketten und/oder das Rückgrad eines Elastomers eingegliedert sind, was zu der Bildung von Seitenketten- und/oder Hauptketten-LCE führt. Bei einem nematischen Einzelkristall-(oder Monodomänen-)LCE sind alle Mesogene im Bezug auf eine gemeinsame Achse, die als Direktor bezeichnet wird, in einer (im Durchschnitt) festen Neigung orientiert. Thermotrope LCE durchlaufen thermisch getriebene Phasenübergänge. Ein langer, dünner und schmaler Probekörper eines thermotropen Einzelkristall-Hauptketten-LCE weist bei Temperaturen unterhalb einer charakteristischen Temperatur, die als die  $T_{n,i}$  (nematisch-isotrope Phasenübergangstemperatur) bezeichnet wird, eine Grundlänge auf, die entlang des Direktors gemessen wird. Die nematische Ordnung der Mesogene beeinflusst die Konformationen der Polymerketten in dem Probenkörper und damit seine Grundlänge. Das Erwärmen des Probenkörpers auf eine Temperatur oberhalb der  $T_{n,i}$  führt zu einem nematisch-isotropen Phasenübergang. Die Mesogene verlieren die gesamte oder den Großteil ihrer Mittel- bis Fernordnung in der isotropen Phase, die daher Mesogene mit zufällig verteilten Orientierungen umfasst. Der Ordnungsverlust spiegelt sich in der Veränderung der Konformation der Polymerketten wider, die wiederum zu einer Änderung der makroskopischen Dimensionen des Probenkörpers führt. Typischerweise ist die Länge des Probenkörpers in der isotropen Phase geringer als seine Grundlänge. Somit können thermotrope nematische LCE als thermisch getriebene (kontraktile) Aktoren verwendet werden.

**[0052]** Das Verhalten kann man sich so vorstellen, dass die Mesogenanordnung ein Gerüst ergibt, das die Polymerkette „dehnt“, die an das Gerüst angeheftet ist. Wenn die Anordnung zerstört wird, bricht das Gerüst (nahezu vollständig) zusammen und bewirkt dadurch, dass der Polymerprobenkörper sich zusammenzieht. In der isotropen Phase verhält sich das LCE wie ein gewöhnliches Elastomer wie z. B. Gummi.

**[0053]** Elektroaktive Polymere (EAP) umfassen jene Polymermaterialien, die piezoelektrische, pyroelektrische oder elektrostriktive Eigenschaften als Reaktion auf elektrische oder mechanische Felder zeigen. Die Materialien erfordern im Allgemeinen die Anwendung von nachgiebigen Elektroden, die es den Polymerfilmen gestatten, sich als Reaktion auf angelegte elektrische Felder oder mechanische Belastungen in den Richtungen einer Ebene auszudehnen oder zusammenzuziehen. Ein Beispiel ein elektrostriktives Ppropfelastomer mit einem piezoelektrischen Poly(vinylidenfluoridtrifluorethylen)copolymer. Diese Kombination besitzt die Fähigkeit, verschiedene ferroelektrisch-elektrostriktive molekulare Verbundstoffsysteme zu erzeugen. Diese können als piezoelektrischer Sensor oder sogar als elektrostriktiver Aktor betrieben werden. Die Aktivierung eines EAP-Ele-

ments verwendet bevorzugt ein elektrisches Signal, um eine Änderung der Formausrichtung bereitzustellen, die hinreichend ist, um eine Verschiebung bereitzustellen. Das Umkehren der Polarität der an das EAP angelegten Spannung kann einen reversiblen Verschlussmechanismus bereitstellen.

**[0054]** Materialien, die zur Anwendung als das elektroaktive Polymer geeignet sind können jedes im Wesentlichen isolierende Polymer oder Gummi (oder Kombinationen davon) umfassen, das sich als Reaktion auf eine elektrostatische Kraft verformt oder deren Verformung in einer Änderung im elektrischen Feld resultiert. Beispielhafte Materialien, die zur Verwendung als ein vorverformtes Polymer geeignet sind, umfassen Siliconelastomere, Acrylelastomere, Polyurethane, thermoplastische Elastomere, Copolymere, die PVDF umfassen, druckempfindliche Klebstoffe, Fluorelastomere, Silicon- und Acrylgruppenhaltige Polymere und dergleichen. Silicon- und Acrylgruppenhaltige Polymere können z. B. Silicon- und Acrylgruppenhaltige Copolymere umfassen sowie Polymergemische, die ein Siliconelastomer und ein Acrylelastomer umfassen.

**[0055]** Materialien, die als ein elektroaktives Polymer verwendet werden, können anhand einer oder mehrerer Materialeigenschaften ausgewählt werden, wie z. B. eine hohe Durchbruchfeldstärke, ein niedriges Elastizitätsmodul (für große oder kleine Verformungen), eine hohe Dielektrizitätskonstante und dergleichen. In einer Ausführungsform wird das Polymer so ausgewählt, dass es ein Elastizitätsmodul von höchstens ca. 100 MPa hat. In einer anderen Ausführungsform wird das Polymer so ausgewählt, dass es einen maximalen Stelldruck zwischen ca. 0,05 MPa und ca. 10 MPa hat und bevorzugt zwischen ca. 0,3 MPa und ca. 3 MPa. In einer anderen Ausführungsform wird das Polymer so ausgewählt, dass es eine Dielektrizitätskonstante zwischen ca. 2 und ca. 20 hat und bevorzugt zwischen ca. 2,5 und ca. 12. Die vorliegende Offenbarung soll nicht auf diese Bereiche beschränkt sein. Idealerweise wären Materialien mit einer höheren Dielektrizitätskonstante als in den vorstehend genannten Bereichen wünschenswert, wenn die Materialien sowohl eine hohe Dielektrizitätskonstante als auch eine hohe dielektrische Festigkeit aufwiesen. In vielen Fällen können elektroaktive Polymere als dünne Filme hergestellt und installiert werden. Geeignete Dicken für diese dünnen Filme können unterhalb von 50  $\mu\text{m}$  liegen.

**[0056]** Da starke Dehnungen zum Auslenken von elektroaktiven Polymeren führen können, sollten an den Polymeren befestigte Elektroden ebenfalls ausgelenkt werden, ohne dass die mechanische oder elektrische Funktionsfähigkeit beeinträchtigt wird. Im Allgemeinen können zur Verwendung geeignete Elektroden von jeder Form und aus jedem Material sein, unter der Voraussetzung, dass sie in der Lage

sind, ein elektroaktives Polymer mit einer geeigneten Spannung zu versorgen oder eine geeignete Spannung von einem elektroaktiven Polymer zu beziehen. Die Spannung kann entweder konstant sein oder sich mit der Zeit ändern. In einer Ausführungsform haften die Elektroden an einer Oberfläche des Polymers. Elektroden, die an dem Polymer haften, sind bevorzugt nachgiebig und passen sich an die sich ändernde Form des Polymers an. Folglich kann die vorliegende Offenbarung nachgiebige Elektroden umfassen, die sich an die Form eines elektroaktiven Polymers, an dem sie befestigt sind, anpassen. Die Elektroden können auf nur einem Teil eines elektroaktiven Polymers aufgetragen sein und entsprechend ihrer geometrischen Anordnung einen aktiven Bereich definieren. Verschiedene Arten von geeigneten Elektroden zur Verwendung mit der vorliegenden Offenbarung umfassen strukturierte Elektroden, die Metallspuren und Ladungsverteilungsschichten umfassen, texturierte Elektroden, die unterschiedliche Dimensionen in versetzten Ebenen umfassen, leitfähige Fette, wie z. B. Kohlenstofffette oder Silberfette, Kolloidsuspensionen, leitfähige Materialien mit hohem Geometrieverhältnis, wie z. B. Kohlenstofffasern und Kohlenstoffnanoröhren, sowie Gemische aus ionenleitfähigen Materialien.

**[0057]** Geeignete magnetische Materialien umfassen, sollen aber nicht beschränkt sein auf, weiche oder harte Magnete, Hämatit, Magnetit, magnetische Materialien basierend auf Eisen, Nickel und Kobalt, Legierungen der vorgenannten Materialien oder Kombinationen, die mindestens eins der vorgenannten Materialien umfassen, und dergleichen. Legierungen aus Eisen, Nickel und/oder Kobalt können Aluminium, Silicon, Kobalt, Nickel, Vanadium, Molybdän, Chrom, Wolfram, Mangan und/oder Kupfer enthalten.

**[0058]** Geeignete thermoregulierbare Magnetelemente umfassen einen Curie-Punkt für das ferromagnetische Material, der die Temperatur darstellt, oberhalb derer das Material paramagnetisch wird. Eine Probe dieses Materials wird von einem Magneten angezogen, solange das Material sich unterhalb seines Curie-Punkts befindet. Wenn die Temperatur des Materials über den Curie-Punkt ansteigt, wird es paramagnetisch und wird nicht länger von dem Magneten angezogen. Wenn das Material unter seinen Curie-Punkt abkühlt, kehrt es in seinen ferromagnetischen Zustand zurück und wird wieder von dem Magneten angezogen. Dieses „Thermoregulationsverhalten“ kann verwendet werden, um Batteriekontakte und Fließkanäle zu gestalten, die auf einen Anstieg der Zelltemperatur reagieren, indem sie eingreifen, um dem Temperaturanstieg entgegenzuwirken.

**[0059]** Zwei Dinge sind wesentlich bei dem gewählten thermoregulierten ferromagnetischen Material. Erstens sollte der Curie-Punkt entweder mit der kritischen Temperatur übereinstimmen, die für die Bat-

terianwendung benötigt wird, oder der Curie-Punkt des Materials sollte durch Änderung seiner Zusammensetzung anpassbar sein. Zweitens sollte das Material auf Wärme reagieren, die nur innerhalb der Zelle erzeugt wird (d. h. es sollten keine anderen Störmechanismen zur Erwärmung vorhanden sein, wie z. B. Wirbelstromerwärmung). Der Curie-Punkt einer Klasse von ferromagnetischen Materialien, Nickel-Zink-Ferriten  $[\text{Ni}_{(1-x)}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4]$ , ist bekanntermaßen durch Zinksubstitution anpassbar – das Heraufsetzen des Zinkgehalts (d. h.  $x$  in der vorstehenden allgemeinen Formel) zulasten des Nickels setzt den Curie-Punkt herab. Diese Materialien zeigen zudem thermische Selbstregulierung, haben einen hohen elektrischen Widerstand, der Wirbelstromerwärmung minimiert, und sind umweltbeständig. Daher sind sie mögliche Kandidaten für die vorliegende Anwendung.

**[0060]** Während die besten Ausführungsformen der Erfindung ausführlich beschrieben wurden, sind für Fachleute auf dem Gebiet der Erfindung verschiedene alternativer Gestaltungen und Ausführungsformen zum Ausführen der Erfindung innerhalb des Schutzbereichs der anhängenden Patentansprüche erkennbar.

### Patentansprüche

1. Reglerbaugruppe zum Regeln eines Ladevorgangs für einen Energiespeicher, welche Folgendes umfasst:

einen Leistungsbus, der zum Regeln einen Ladeflusses zu dem Energiespeicher gestaltet ist, einen Kontakt, der zwischen einer verbundenen Stellung und einer getrennten Stellung beweglich ist, wobei der Kontakt mit dem Leistungsbus gekoppelt ist, wenn er sich in der verbundenen Stellung befindet, um den Ladefluss zu dem Energiespeicher zu gestatten, und der Kontakt von dem Leistungsbus entkoppelt ist, wenn er sich in der getrennten Stellung befindet, um den Ladefluss zu dem Energiespeicher zu verhindern,

eine Vorspannungseinrichtung, die mit dem Kontakt gekoppelt ist und zum Vorspannen des Kontakts in eine von der verbundenen Stellung und der getrennten Stellung gestaltet ist, und

einen Aktor, der mit dem Kontakt gekoppelt ist und zum Bewegen des Kontakts aus der einen von der verbundenen Stellung und der getrennten Stellung in die andere von der verbundenen Stellung und der getrennten Stellung gestaltet ist, wenn ein Rückkopplungssignal aus dem Energiespeicher gleich einem oder größer als ein vorgegebener Wert ist.

2. Reglerbaugruppe nach Anspruch 1, wobei das Rückkopplungssignal eines von einer Temperatur des Energiespeichers, einem pH-Wert des Energiespeichers und einem Widerstand des Energiespeichers umfasst.

3. Reglerbaugruppe nach Anspruch 1, wobei der Aktor ein aktives Material umfasst, das so gestaltet ist, dass es den Kontakt bewegt, wenn es auf den vorgegebenen Wert erwärmt oder abgekühlt wird.

4. Reglerbaugruppe nach Anspruch 2, wobei das aktive Material eines von einem Formgedächtnispolymer, einem thermoregulierten Magnetelement, einem elektroaktivem Polymer, einem thermotropen flüssigkristallinen Elastomer und einem formverändernden Polymer umfasst.

5. Reglerbaugruppe nach Anspruch 1, die weiterhin ein Verbindungsstück umfasst, das den Aktor und den Kontakt miteinander verbindet.

6. Reglerbaugruppe nach Anspruch 5, wobei das Verbindungsstück einen Wechselschalter umfasst, der so ausgelegt ist, dass er den Leistungsbusses einkuppelt, wenn der Kontakt sich in der getrennten Stellung befindet, zum Leiten des Ladeflusses aus dem Leistungsbus zu einer anderen Vorrichtung.

7. Reglerbaugruppe nach Anspruch 6, wobei der Wechselschalter ein nichtleitendes Isoliermaterial umfasst.

8. Reglerbaugruppe nach Anspruch 1, die weiterhin eine Basis umfasst, die gegenüber dem Kontakt angeordnet ist und wobei die Vorspannungseinrichtung zwischen dem Kontakt und der Basis angeordnet ist.

9. Reglerbaugruppe nach Anspruch 8, die weiterhin eine Sonde umfasst, die an der Basis befestigt ist und sich daraus fortsetzt, zum Erfassen eines Stimulus des Energiespeichers, wobei der Aktor innerhalb der Sonde angeordnet ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

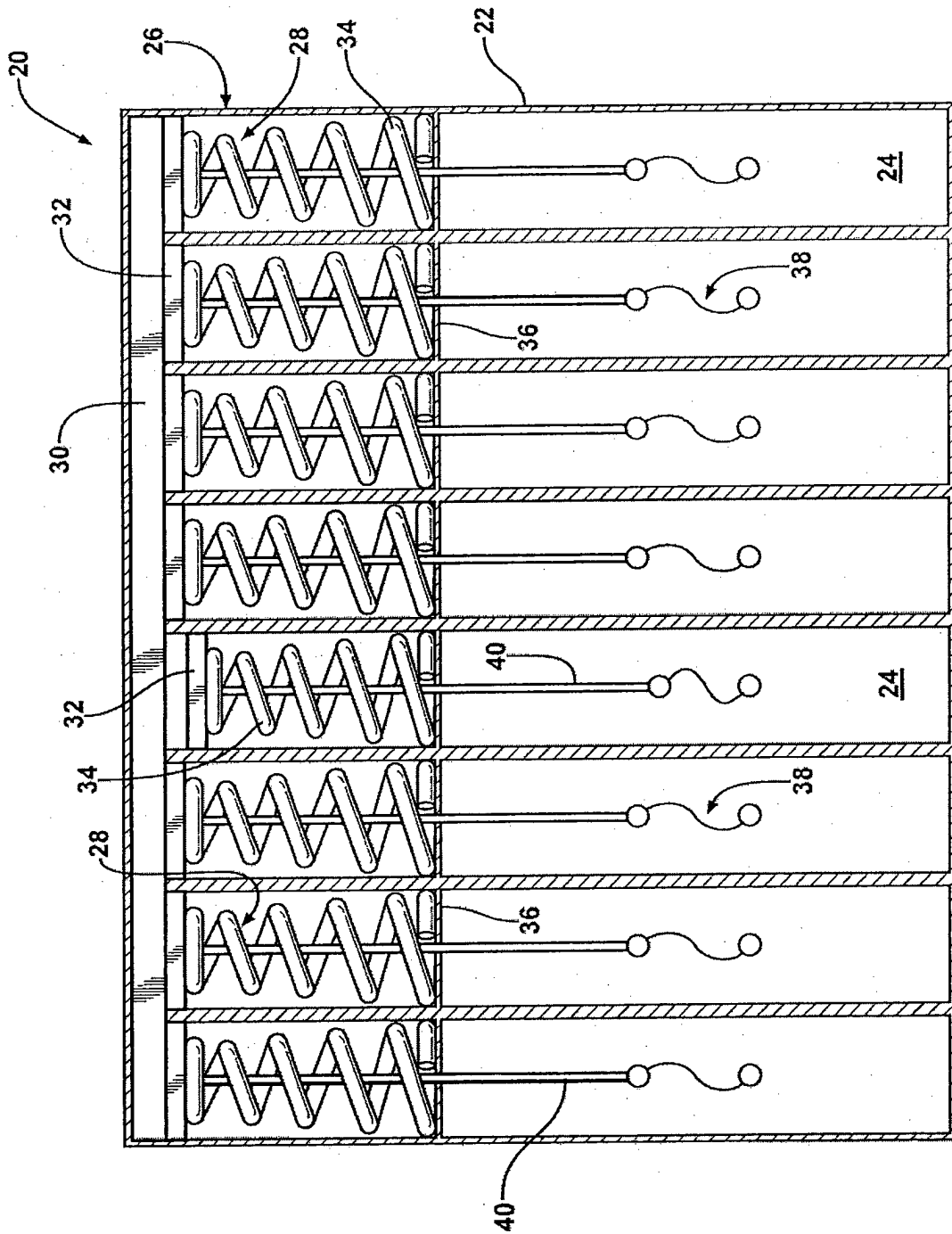


FIG. 1

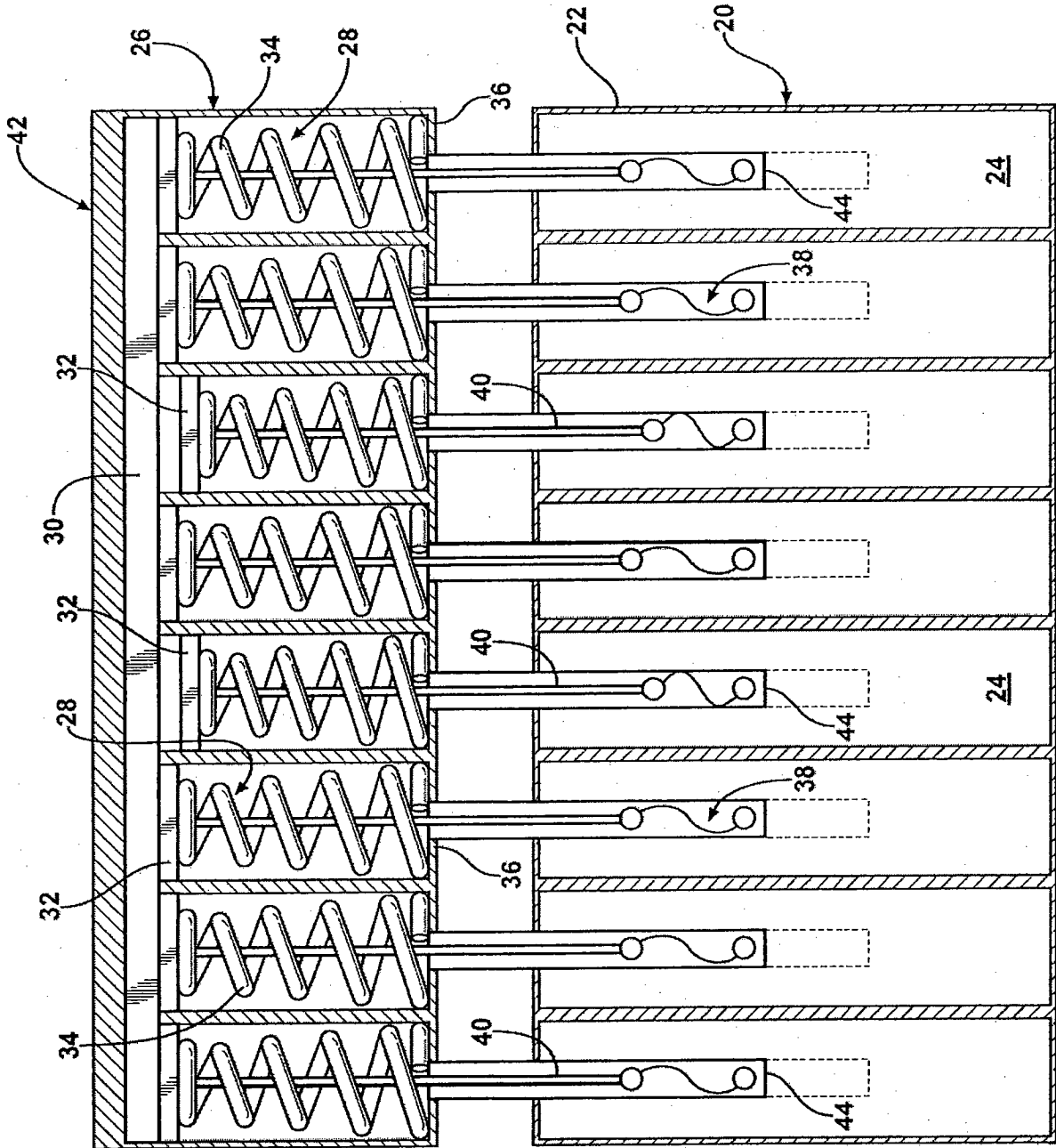
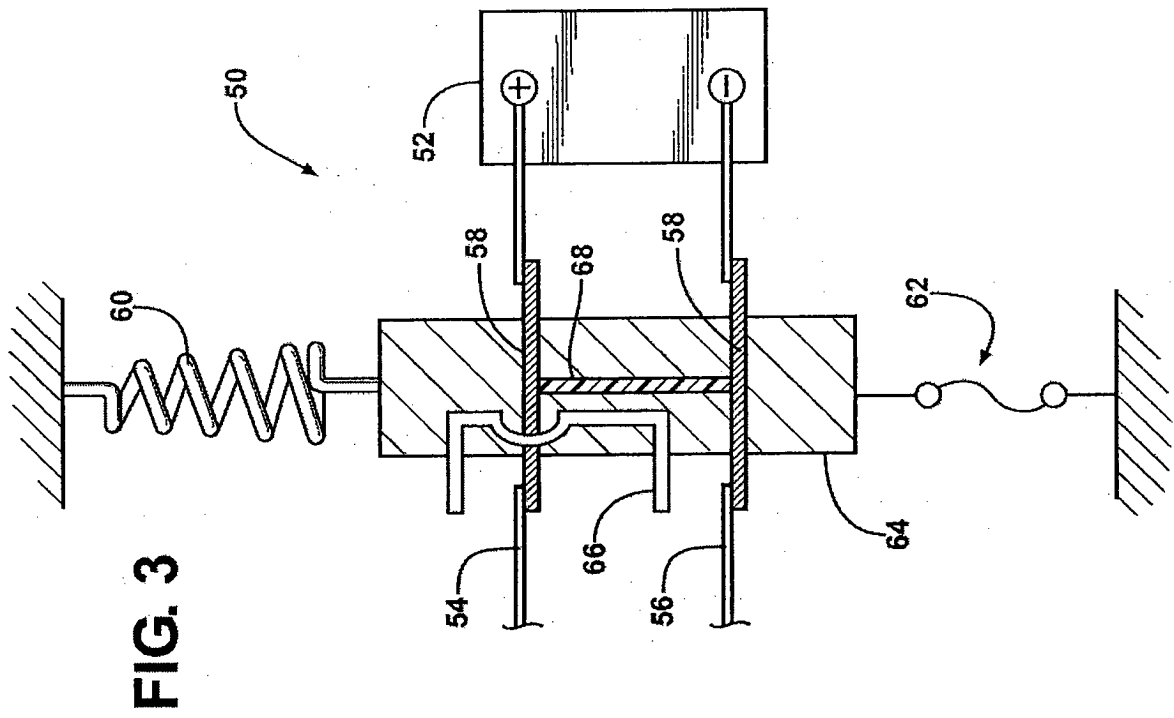
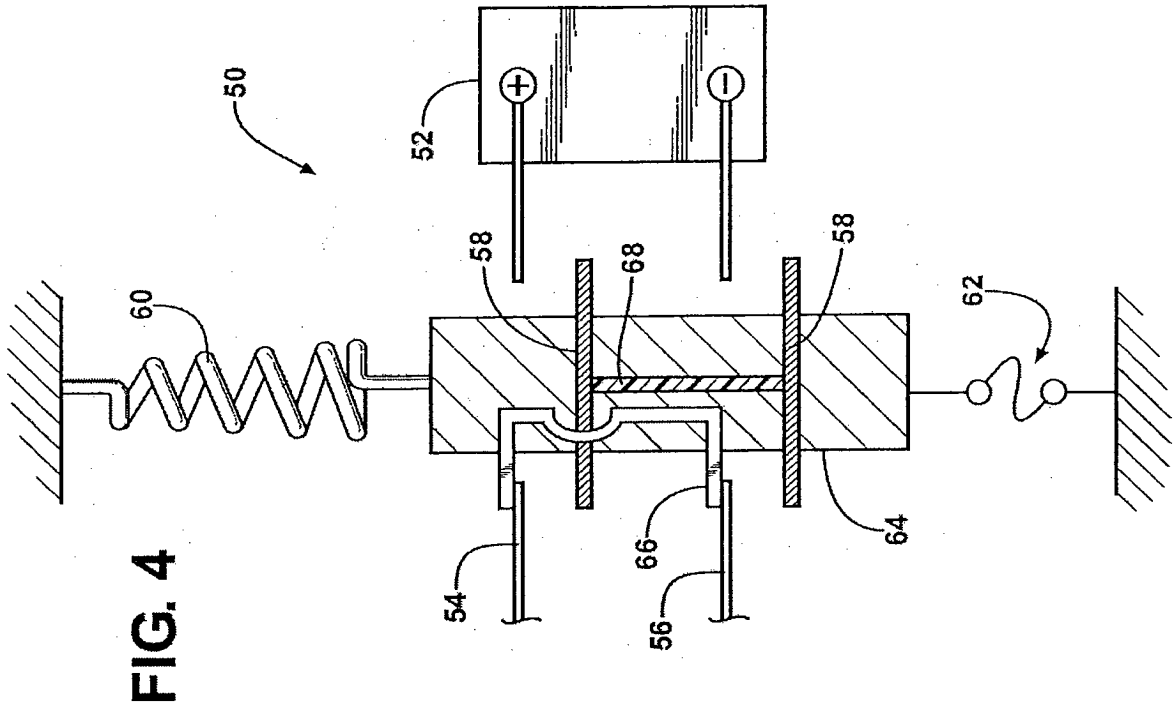
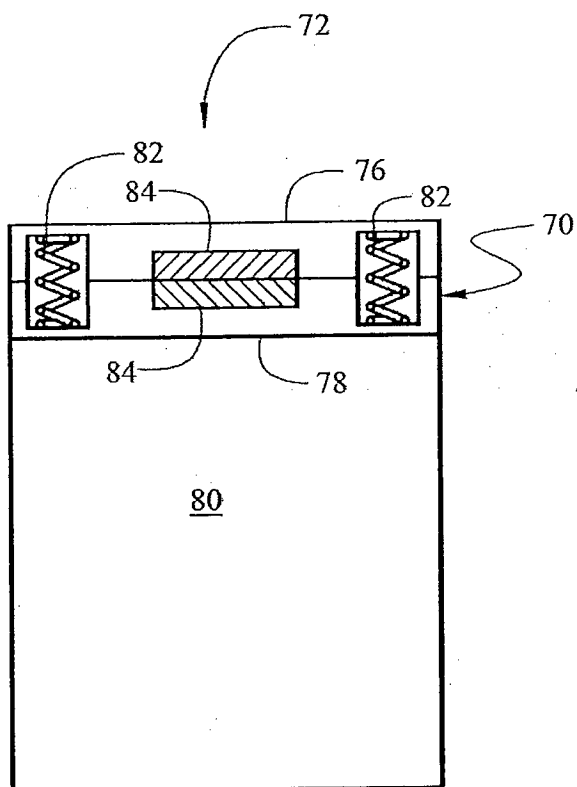
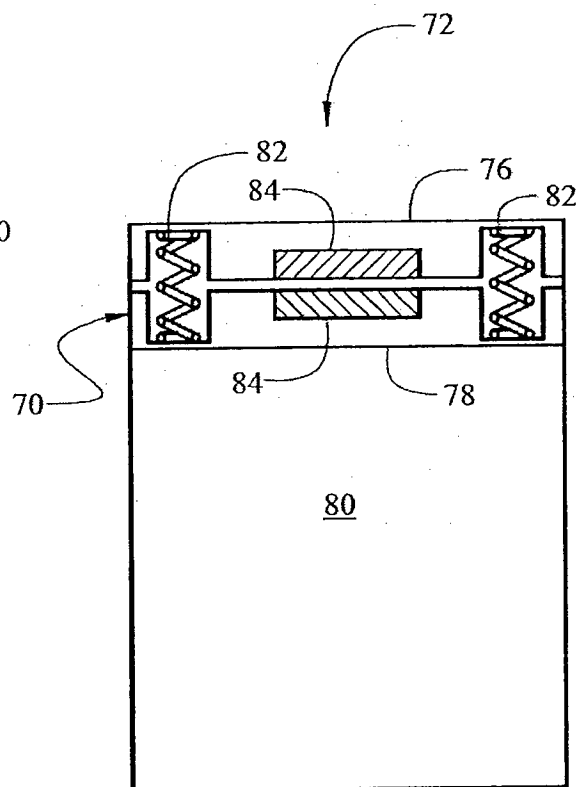


FIG. 2





**FIG. 5**



**FIG. 6**