



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2014/110524**  
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2014 000 419.7**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2014/011339**  
(86) PCT-Anmeldetag: **13.01.2014**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **17.07.2014**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **15.10.2015**

(51) Int Cl.: **H01M 10/63 (2014.01)**  
**H01M 2/02 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**61/752,353**                      **14.01.2013**      **US**

(71) Anmelder:  
**Gentherm Incorporated, Northville, Mich., US**

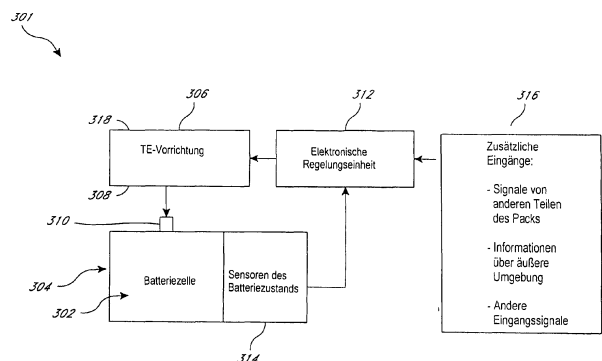
(74) Vertreter:  
**Fleischer, Engels & Partner mbB, Patentanwälte,  
51429 Bergisch Gladbach, DE**

(72) Erfinder:  
**Kossakovski, Dmitri, Northville, Mich., US;  
Piggott, Alfred, Northville, Mich., US**

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

(54) Bezeichnung: **Auf Thermoelektrik basierendes Thermomanagement elektrischer Vorrichtungen**

(57) Zusammenfassung: Die offenbarten Ausführungsformen beinhalten Thermomanagementsysteme und -verfahren auf thermoelektrischer Basis, die ausgestaltet sind, eine elektrische Vorrichtung zu erwärmen und/oder zu kühlen. Die Thermomanagementsysteme können mindestens einen elektrischen Leiter in elektrischer und thermischer Verbindung mit einem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung und mindestens eine thermoelektrische Vorrichtung in thermischer Verbindung mit dem mindestens einen elektrischen Leiter beinhalten. Elektrische Energie kann der thermoelektrischen Vorrichtung durch denselben elektrischen Leiter oder eine externe Energieversorgung zugeführt werden, wodurch bewirkt wird, dass die thermoelektrische Vorrichtung für ein kontrolliertes Erwärmen und/oder Kühlen der elektrischen Vorrichtung über den wenigstens einen elektrischen Leiter sorgt.



**Beschreibung**

Hintergrund

Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Offenbarung bezieht sich im Allgemeinen auf thermoelektrisches (TE) Kühlen und Erwärmen von elektrischen Vorrichtungen.

Beschreibung des Standes der Technik

**[0002]** Leistungselektronik und andere elektrische Vorrichtungen, wie etwa Batterien, können gegenüber Überhitzung, niedrigen Temperaturen, extremen Temperaturen und Betriebstemperaturgrenzen empfindlich sein. Die Leistung derartiger Vorrichtungen kann verringert werden, manchmal in erheblichem Maße, wenn die Vorrichtungen außerhalb von empfohlenen Temperaturbereichen betrieben werden. In Halbleiterbauelementen können integrierte Schaltkreise überhitzen und einer Fehlfunktion unterliegen. In Batterien, beinhaltend zum Beispiel Batterien, welche für Kraftfahrzeuganwendungen bei elektrifizierten Fahrzeugen eingesetzt werden, können Batteriezellen und ihre Bestandteile degradieren, wenn sie überhitzt oder unterkühlt werden. Solche Degradation kann sich in verminderter Speicherkapazität der Batterie und/oder vermindertem Vermögen der Batterie, über mehrere Betriebszyklen wieder aufgeladen zu werden, manifestieren.

Zusammenfassung

**[0003]** Es kann vorteilhaft sein, die thermischen Zustände von Leistungselektronik und anderen elektrischen Vorrichtungen zu managen. Thermomanagement kann das Auftreten von Überhitzung, Unterkühlung und Degradation elektrischer Vorrichtungen vermindern. Bestimmte hierin beschriebene Ausführungsformen stellen ein Thermomanagement von Vorrichtungen, die ein erhebliches Maß an elektrischer Energie führen und/oder hohe Stromstärke und Leistung erfordern (zum Beispiel Leistungsverstärker, Transistoren, Transformatoren, Wechselrichter, bipolare Transistoren mit isolierter Steuerelektrode (IGBTs), elektrische Motoren, Hochleistungslaser und Leuchtdioden, Batterien und andere) bereit. Ein weiterer Bereich an Lösungen kann zum Thermomanagement solcher Geräte eingesetzt werden, beinhaltend konvektive Luft- und Flüssigkeitskühlung, konduktive Kühlung, Sprühkühlung mit Flüssigkeitsstrahlen, thermoelektrische Kühlung von Platinen und Chipgehäusen und andere Lösungen. Zumindest einige hierin beschriebene Ausführungsformen stellen mindestens einen der folgenden Vorteile im Vergleich zu existierenden Techniken zur Erwärmung oder Kühlung elektrischer Vorrichtungen bereit: Höherer Stromwirkungsgrad, niedrigere oder vermiedene Instandhaltungskosten, größere Zuver-

lässigkeit, längere Lebensdauer, weniger Bauteile, weniger oder gar keine beweglichen Teile, Erwärmungs- und Kühlbetriebsmodi, andere Vorteile oder eine Kombination von Vorteilen.

**[0004]** In elektrischen Vorrichtungen sind typischerweise elektrisch aktive Teile und/oder temperaturempfindliche Bereiche der Vorrichtung über elektrische Leiter mit der Außenwelt, wie etwa zum Beispiel externen Stromkreisen oder Vorrichtungen, verbunden. Zum Beispiel können Elektroden einer Batteriezelle so ausgelegt sein, dass sie ein hohes Maß an elektrischer Energie ohne signifikante Verluste (zum Beispiel Wärmeverluste, die gemäß dem Joule'schen Gesetz proportional zum Quadrat der Stromstärke sind) führen. Der Querschnitt der elektrischen Leiter, die für solche Elektroden verwendet werden, ist proportional zu den hohen Stromstärken, die typischerweise in solchen Vorrichtungen fließen. Je größer die Größe der Batterie ist, desto größer sind die Elektrodenanschlüsse zum Verbinden mit den äußeren Stromkreisen.

**[0005]** Die hohe elektrische Leitfähigkeit von Elektroden und vielen anderen Arten von elektrischen Leitern bedeutet auch, dass solche Leiter typischerweise eine hohe thermische Leitfähigkeit aufweisen. Die hohe thermische Leitfähigkeit kann verwendet werden, um verschiedene Thermomanagementprobleme zu lösen, wobei man durch Erwärmen und/oder Kühlen der Elektroden die gewünschte thermische Energie (zum Beispiel Kühlung, Erwärmung, etc.) unter Umgehung thermisch unempfindlicher Elemente der Vorrichtung direkt zu den empfindlichen Elementen der Vorrichtung liefern kann. Ähnlich zur Verwendung thermisch konditionierten Bluts während Bluttransfusionen, um Wärme tief in das Innere von menschlichen Körpern einzubringen, kann das Pumpen von Wärme durch die Elektroden verwendet werden, um auf effiziente Weise die gewünschten thermischen Zustände tief im Inneren einer elektrischen Vorrichtung zu schaffen. Als ein Beispiel ist festgestellt worden, dass Elektrodenkühlung von modernen Kraftfahrzeugbatterien eine der vorteilhaftesten Techniken für das Thermomanagement von Batterien darstellt. Zum Beispiel können die Elektroden unter Verwendung von Feststoff-, Flüssigkeits- oder Luftkühlungstechniken gekühlt werden. In einem gewissen Sinne fungieren die Elektroden in solch einer Anordnung des Thermomanagements als Kühlfinger.

**[0006]** Hierin beschriebene Ausführungsformen beinhalten Systeme und Verfahren, die in der Lage sind, eine elektrische Vorrichtung thermisch zu managen, indem direkte oder indirekte thermoelektrische (TE) Kühlung und/oder Erwärmung auf stromführende elektrische Leiter (zum Beispiel Elektroden) von leistungselektronischen Bauteilen, Elektronik und anderen elektrischen Vorrichtungen ausgeübt wird. Solche Vorrichtungen können häufig von

einem Thermomanagement profitieren. Einige Ausführungsformen werden unter Bezugnahme auf bestimmte elektrische Vorrichtungen, wie etwa zum Beispiel Batterien, beschrieben. Zumindest einige hierin beschriebene Ausführungsformen sind jedoch geeignet, ein Thermomanagement für andere elektrische Vorrichtungen, wie etwa zum Beispiel bipolare Transistoren mit isolierter Steuerelektrode (IGBTs), andere elektrische Vorrichtungen oder eine Kombination von Vorrichtungen, bereitzustellen. Zumindest einige solcher Vorrichtungen können eine hohe Stromführungskapazität aufweisen und können bei einem Betrieb außerhalb eines bevorzugten Temperaturbereichs Schaden erleiden. Der Betrieb einiger Ausführungsformen wird unter Bezugnahme auf einen Kühlbetriebsmodus beschrieben. Einige oder alle der hierin beschriebenen Ausführungsformen können jedoch genauso gut einen Erwärmungsbetriebsmodus aufweisen. In einigen Situationen kann ein Erwärmungsbetriebsmodus verwendet werden, um die Temperatur einer elektrischen Vorrichtung oberhalb einer Schwellentemperatur, unterhalb derer die elektrische Vorrichtung degradieren oder einen beeinträchtigten Betrieb aufweisen kann, zu halten.

**[0007]** TE-Vorrichtungen sind einzigartig geeignet sowohl Erwärmungs- als auch Kühlfunktionen, bei minimalen Komplikationen für die Systemarchitektur bereitzustellen.

**[0008]** Hierin beschriebene Ausführungsformen beinhalten Thermomanagementsysteme und -verfahren auf thermoelektrischer Basis. In einigen Ausführungsformen ist ein Thermomanagementsystem so ausgestaltet, dass es die Temperatur in einem temperaturempfindlichen Bereich einer elektrischen Vorrichtung managt. Das Thermomanagementsystem kann eine thermoelektrische Vorrichtung umfassen, die so ausgestaltet ist, dass sie bei Anwendung von elektrischer Energie auf die thermoelektrische Vorrichtung thermische Energie zwischen einer Hauptoberfläche und einer Abgabeoberfläche überträgt. In einigen Ausführungsformen ist die Hauptoberfläche der thermoelektrischen Vorrichtung in substantiellem thermischen Austausch mit einer Wärmeaustauschoberfläche eines elektrischen Leiters. Der elektrische Leiter ist so ausgestaltet, dass er elektrische Energie zu einer elektrischen Vorrichtung hin oder von dieser weg liefert, derart, dass der elektrische Leiter als eine Leitung zum Leiten thermischer Energie zwischen einem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung und der thermoelektrischen Vorrichtung dient.

**[0009]** In bestimmten Ausführungsformen beinhaltet ein Verfahren zum Thermomanagement einer elektrischen Vorrichtung das Verbinden einer Wärmeübertragungsvorrichtung, die einen elektrisch leitfähigen Teil und einen elektrisch isolierenden Teil aufweist, mit einer Mehrzahl von elektrischen Leitern einer

elektrischen Vorrichtung. Das Verfahren kann das Durchführen eines substantiellen Austauschs thermischer Energie zwischen der Wärmeübertragungsvorrichtung und einer Hauptoberfläche einer thermoelektrischen Vorrichtung beinhalten.

**[0010]** In einigen Ausführungsformen beinhaltet ein Verfahren zum Thermomanagement einer elektrischen Vorrichtung die Schaffung eines substantiellen thermischen Austauschs zwischen einer thermoelektrischen Vorrichtung und einer Wärmeübertragungsoberfläche eines elektrischen Leiters, der in thermischer und elektrischer Verbindung mit der elektrischen Vorrichtung steht. Das Verfahren kann das Erwärmen oder Kühlen der elektrischen Vorrichtung durch Anpassen des Stroms, der in die thermoelektrische Vorrichtung hinein oder aus dieser heraus gerichtet ist, beinhalten.

**[0011]** In einigen Ausführungsformen wird ein Thermomanagementsystem bereitgestellt, das so ausgestaltet ist, dass es die Temperatur in einem temperaturempfindlichen Bereich einer elektrischen Vorrichtung managt. Das System beinhaltet eine thermoelektrische Vorrichtung, die so ausgestaltet ist, dass sie bei Anwendung von elektrischer Energie auf die thermoelektrische Vorrichtung thermische Energie zwischen einer Hauptoberfläche und einer Abgabeoberfläche überträgt, wobei die Hauptoberfläche der thermoelektrischen Vorrichtung in substantiellem thermischen Austausch mit einem elektrischen Leiter ist. Der elektrische Leiter ist so ausgestaltet, dass er elektrische Energie zu einer elektrischen Vorrichtung hin oder von dieser weg liefert, und in der Lage ist, als eine Leitung zum Leiten thermischer Energie zwischen einem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung und der thermoelektrischen Vorrichtung zu dienen. Das System beinhaltet einen Regler umfassend einen Regelalgorithmus, der so ausgestaltet ist, dass er einen thermischen Gradienten, der während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugt wird, überwacht und an die thermoelektrische Vorrichtung gelieferte elektrische Energie derart anpasst, dass die thermische Energie, die zu dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung hin oder von diesem weg übertragen wird, den während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten vermindert oder beseitigt.

**[0012]** In einigen Ausführungsformen beinhaltet das Thermomanagementsystem einen Sensor in thermischer Verbindung mit der elektrischen Vorrichtung und in elektrischer Verbindung mit dem Regler. Der Regler ist so ausgestaltet, dass er ein Eingangssignal von dem Sensor und elektrischen Strom, der in die elektrische Vorrichtung unter Thermomanagement hinein oder aus dieser heraus gerichtet ist,

überwacht und an die thermoelektrische Vorrichtung gelieferte elektrische Energie anpasst, so dass der während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugte thermische Gradient vermindert oder beseitigt wird.

**[0013]** In einigen Ausführungsformen wird die an die thermoelektrische Vorrichtung in Antwort auf das Eingangssignal gelieferte elektrische Energie, um einen während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten zu vermindern oder zu beseitigen, zwischen zwei oder mehr Stufen elektrischer Energie ungleich Null eingestellt.

**[0014]** In einigen Ausführungsformen ist der Regelalgorithmus des Weiteren so ausgestaltet, dass er einen als ein Ergebnis der thermischen Energie, die zu dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung hin oder von diesem weg übertragen wird, erzeugten thermischen Gradienten überwacht und an die thermoelektrische Vorrichtung gelieferte elektrische Energie derart anpasst, dass der thermische Gradient, der als ein Ergebnis der thermischen Energie, die zu dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung hin oder von diesem weg übertragen wird, erzeugt wird, den während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten vermindert oder beseitigt.

**[0015]** In einigen Ausführungsformen umfasst die thermoelektrische Vorrichtung einen ersten Betriebsmodus und einen zweiten Betriebsmodus. In dem ersten Betriebsmodus ist die thermoelektrische Vorrichtung so ausgestaltet, dass sie eine maximale durch die thermoelektrische Vorrichtung zugelassene Menge an thermischer Energie überträgt. In dem zweiten Betriebsmodus ist die thermoelektrische Vorrichtung so ausgestaltet, dass sie eine Menge an thermischer Energie derart überträgt, dass der durch die Übertragung thermischer Energie erzeugte thermische Gradient im Ausgleich mit dem während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten steht, so dass ein resultierender thermischer Gradient über dem temperaturempfindlichen Bereich vermindert oder beseitigt wird.

**[0016]** In einigen Ausführungsformen umfasst ein Eingangssignal, das ausgestaltet ist, durch den Regler überwacht zu werden, mindestens eines der folgenden: Temperatur der elektrischen Vorrichtung, Ladezustand der elektrischen Vorrichtung, Funktionsfähigkeit der elektrischen Vorrichtung, Spannung der elektrischen Vorrichtung, Widerstand der elektrischen Vorrichtung, Strom der elektrischen Vorrichtung, Last auf der elektrischen Vorrichtung, Umgebungstemperatur, Wettervorhersage, Tageszeit, Ge-

ländeinformation und Geometrie des temperaturempfindlichen Bereichs.

**[0017]** In einigen Ausführungsformen ist der Regler in ein Batteriemanagementsystem, das so ausgestattet ist, dass es Regelungsfunktionen über ein Batterie-Pack ausübt, integriert.

**[0018]** In einigen Ausführungsformen ist die elektrische Vorrichtung eine Batterie und der temperaturempfindliche Bereich ist eine Zelle der Batterie.

**[0019]** In einigen Ausführungsformen wird ein resultierender thermischer Gradient über dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung auf weniger als oder gleich ungefähr 10 Grad Celsius vermindert. In einigen Ausführungsformen wird die thermoelektrische Vorrichtung durch die elektrische Vorrichtung mit elektrischer Energie versorgt.

**[0020]** In einigen Ausführungsformen beinhaltet ein Verfahren zum Thermomanagement einer elektrischen Vorrichtung das Schaffen eines substantiellen thermischen Austauschs zwischen einer thermoelektrischen Vorrichtung und einem elektrischen Leiter, der in thermischer und elektrischer Verbindung mit einem temperaturempfindlichen Bereich einer elektrischen Vorrichtung steht. Das Verfahren beinhaltet das Überwachen eines Eingangssignals von einem Temperatursensor in thermischer Verbindung mit dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung und in elektrischer Verbindung mit einem Regler, der einen Regelalgorithmus zur Überwachung des Eingangssignals umfasst. Das Eingangssignal beinhaltet einen während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten. Das Verfahren beinhaltet das Anpassen des in die thermoelektrische Vorrichtung hinein oder aus dieser heraus gerichteten Stroms in Antwort auf das Eingangssignal, um den während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten zu vermindern oder zu beseitigen.

**[0021]** In einigen Ausführungsformen umfasst das Anpassen des in die thermoelektrische Vorrichtung hinein oder aus dieser heraus gerichteten Stroms in Antwort auf das Eingangssignal, um einen während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten zu vermindern oder zu beseitigen, das Anpassen des Stroms zwischen zwei oder mehr Stufen ungleich Null.

**[0022]** In einigen Ausführungsformen ist der Regelalgorithmus so ausgestaltet, dass er einen als ein Ergebnis der thermischen Energie, die zu dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung hin oder von diesem weg über-

tragen wird, erzeugten thermischen Gradienten überwacht und an die thermoelektrische Vorrichtung gelieferte elektrische Energie derart anpasst, dass der thermische Gradient, der als ein Ergebnis der thermischen Energie, die zu dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung hin oder von diesem weg übertragen wird, erzeugt wird, so mit dem während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten zusammenwirkt, dass ein resultierender thermischer Gradient der elektrischen Vorrichtung beseitigt oder vermindert wird.

**[0023]** In einigen Ausführungsformen beinhaltet das Verfahren des Weiteren das Betreiben der thermoelektrischen Vorrichtung in einem ersten Modus und einem zweiten Modus. In dem ersten Modus ist die thermoelektrische Vorrichtung so ausgestaltet, dass sie eine maximale durch die thermoelektrische Vorrichtung zugelassene Menge an thermischer Energie überträgt. In dem zweiten Betriebsmodus ist die thermoelektrische Vorrichtung so ausgelegt, dass sie eine Menge an thermischer Energie derart überträgt, dass der durch die Übertragung thermischer Energie erzeugte thermische Gradient im Ausgleich mit dem während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten steht, so dass ein resultierender thermischer Gradient über dem temperaturempfindlichen Bereich vermindert oder beseitigt wird.

**[0024]** In einigen Ausführungsformen umfasst ein Eingangssignal, das ausgestaltet ist, durch den Regler überwacht zu werden, mindestens eines von: Temperatur der elektrischen Vorrichtung, Ladezustand der elektrischen Vorrichtung, Funktionsfähigkeit der elektrischen Vorrichtung, Spannung der elektrischen Vorrichtung, Widerstand der elektrischen Vorrichtung, Strom der elektrischen Vorrichtung, Last auf der elektrischen Vorrichtung, Umgebungstemperatur, Wettervorhersage, Tageszeit, Geländeinformation und Geometrie des temperaturempfindlichen Bereichs.

**[0025]** In einigen Ausführungsformen ist der Regler in ein Batteriemanagementsystem, das so ausgestaltet ist, dass es Regelungsfunktionen auf ein Batterie-Pack ausübt, integriert.

**[0026]** In einigen Ausführungsformen ist die elektrische Vorrichtung eine Batterie und der temperaturempfindliche Bereich ist eine Zelle der Batterie.

**[0027]** In einigen Ausführungsformen wird der thermische Gradient über dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung auf weniger als oder gleich ungefähr 10 Grad Celsius vermindert.

**[0028]** In einigen Ausführungsformen wird die thermoelektrische Vorrichtung durch die elektrische Vorrichtung mit elektrischer Energie versorgt.

**[0029]** In einigen Ausführungsformen wird ein Verfahren zur Herstellung eines Thermomanagementsystems zum Thermomanagement einer elektrischen Vorrichtung bereitgestellt, welches das Verbinden einer thermoelektrischen Vorrichtung mit einem elektrischen Leiter, der in thermischer und elektrischer Verbindung mit einem temperaturempfindlichen Bereich einer elektrischen Vorrichtung ist, umfasst. Das Verfahren beinhaltet das Anordnen eines Sensors auf der elektrischen Vorrichtung derart, dass der Sensor in der Lage ist, ein Eingangssignal, das einen thermischen Gradienten des temperaturempfindlichen Bereichs der elektrischen Vorrichtung umfasst, zu messen. Das Verfahren beinhaltet das Verbinden des Sensors mit einem Regelungssystem umfassend einen Regelungsalgorithmus, der so ausgestaltet ist, dass er die an die thermoelektrische Vorrichtung gelieferte elektrische Energie in Antwort auf das Eingangssignal von dem Sensor derart anpasst, dass thermische Energie, die zu dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung hin oder von diesem weg übertragen wird, einen während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten vermindert oder beseitigt.

**[0030]** In einigen Ausführungsformen ist der Regelungsalgorithmus des Weiteren so ausgestaltet, dass er einen als ein Ergebnis der thermischen Energie, die zu dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung hin oder von diesem weg übertragen wird, erzeugten thermischen Gradienten überwacht und an die thermoelektrische Vorrichtung gelieferte elektrische Energie derart anpasst, dass der thermische Gradient, der als ein Ergebnis der thermischen Energie, die zu dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung hin oder von diesem weg übertragen wird, erzeugt wird, so mit dem während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten zusammenwirkt, dass ein resultierender thermischer Gradient der elektrischen Vorrichtung beseitigt oder vermindert wird.

**[0031]** In einigen Ausführungsformen umfasst das Eingangssignal von dem Sensor mindestens eines von: Temperatur der elektrischen Vorrichtung, Ladezustand der elektrischen Vorrichtung, Funktionsfähigkeit der elektrischen Vorrichtung, Spannung der elektrischen Vorrichtung, Widerstand der elektrischen Vorrichtung, Strom der elektrischen Vorrichtung, Last auf der elektrischen Vorrichtung, Umgebungstemperatur, Wettervorhersage, Tageszeit, Geländeinformation und Geometrie des temperaturempfindlichen Bereichs.

**[0032]** In einigen Ausführungsformen beinhaltet das Verfahren das Integrieren des Regelungssystems in ein Batteriemanagementsystem, das so ausgestaltet ist, dass es Regelungsfunktionen auf ein Batterie-Pack ausübt.

**[0033]** In einigen Ausführungsformen ist die elektrische Vorrichtung eine Batterie und der temperaturempfindliche Bereich ist eine Zelle der Batterie.

**[0034]** In einigen Ausführungsformen wird der thermische Gradient über dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung auf weniger als oder gleich ungefähr 10 Grad Celsius vermindert.

**[0035]** In einigen Ausführungsformen ist die thermoelektrische Vorrichtung so ausgelegt, dass sie durch die elektrische Vorrichtung mit elektrischer Energie versorgt wird.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0036]** Verschiedene Ausführungsformen sind in den beigefügten Zeichnungen zu illustrativen Zwecken dargestellt und sollten in keiner Weise so interpretiert werden, dass sie den Umfang der hierin beschriebenen thermoelektrischen Anordnungen oder Systeme beschränken. Darüber hinaus können verschiedene Merkmale der verschiedenen offenbarten Ausführungsformen miteinander kombiniert werden, um zusätzliche Ausführungsformen zu bilden, die auch Teil dieser Offenbarung sind. Jedes Merkmal oder jede Struktur kann entfernt, geändert oder weggelassen werden. Über die Zeichnungen hinweg können Bezugszeichen wiederverwendet werden, um eine Entsprechung zwischen den Bezugselementen anzuzeigen.

**[0037]** Die **Fig. 1A** und **Fig. 1B** veranschaulichen schematisch Beispiele eines Thermomanagementsystems mit mehreren TE-Vorrichtungen, wobei jede der TE-Vorrichtungen in thermischer Verbindung mit einem elektrischen Leiter einer elektrischen Vorrichtung steht.

**[0038]** **Fig. 2** veranschaulicht schematisch ein beispielhaftes Thermomanagementsystem mit einer TE-Vorrichtung in thermischer Verbindung mit zwei elektrischen Leitern einer elektrischen Vorrichtung.

**[0039]** **Fig. 3** veranschaulicht schematisch ein beispielhaftes Thermomanagementsystem mit einer TE-Vorrichtung in thermischer Verbindung mit Elektroden einer Batterie über eine Wärmeübertragungsvorrichtung.

**[0040]** **Fig. 4** veranschaulicht schematisch ein beispielhaftes Thermomanagementsystem mit einer elektronischen Regelungseinheit (ECU), die so ausgestaltet ist, dass sie die einer elektrischen Vorrich-

tung bereitgestellte Erwärmung und/oder Kühlung regelt.

**[0041]** **Fig. 5** veranschaulicht schematisch ein beispielhaftes Thermomanagementsystem mit einer externen elektrischen Energieversorgung.

**[0042]** **Fig. 6** veranschaulicht ein beispielhaftes Verfahren zur Regelung der einer elektrischen Vorrichtung bereitgestellten Erwärmung und/oder Kühlung durch ein Thermomanagementsystem.

**[0043]** **Fig. 7A** veranschaulicht schematisch einen beispielhaften elektrischen Aufbau eines Thermomanagementsystems.

**[0044]** **Fig. 7B** veranschaulicht schematisch einen anderen beispielhaften elektrischen Aufbau eines Thermomanagementsystems.

**[0045]** **Fig. 8A** veranschaulicht schematisch ein beispielhaftes Thermomanagementsystem, das mit einer elektrischen Vorrichtung, die elektrische Energie erhält, verbunden ist.

**[0046]** **Fig. 8B** veranschaulicht schematisch ein beispielhaftes Thermomanagementsystem, das mit einer elektrischen Vorrichtung, die elektrische Energie an einen Verbraucher bereitstellt, verbunden ist.

**[0047]** **Fig. 9** ist eine perspektivische Querschnittsansicht eines elektrischen Leiters in thermischer Verbindung mit einer TE-Vorrichtung.

**[0048]** **Fig. 10A** ist eine Querschnittsansicht eines Thermomanagementsystems mit einem Wärmekonzentrator.

**[0049]** **Fig. 10B** ist eine Querschnittsansicht eines Thermomanagementsystems mit einem Wärmeverteiler.

**[0050]** **Fig. 11** ist eine Querschnittsansicht eines Thermomanagementsystems mit einer gekrümmten TE-Vorrichtung.

**[0051]** **Fig. 12** ist eine weitere Querschnittsansicht eines Thermomanagementsystems mit einer gekrümmten TE-Vorrichtung.

**[0052]** **Fig. 13** veranschaulicht schematisch ein beispielhaftes Thermomanagementsystem mit einem thermischen Isolator, der elektrisch in Reihe mit externen Zuleitungen verbunden ist.

**[0053]** **Fig. 14** veranschaulicht schematisch ein beispielhaftes Batterie-Pack enthaltend elektrisch in Reihe geschaltete Zellen.

**[0054]** Fig. 15 veranschaulicht schematisch ein beispielhaftes Thermomanagementsystem, das benachbarte Zellen des Batterie-Packs der Fig. 14 miteinander verbindet.

**[0055]** Fig. 16 veranschaulicht schematisch ein weiteres beispielhaftes Thermomanagementsystem.

**[0056]** Fig. 17 veranschaulicht schematisch ein beispielhaftes Verfahren zum Erwärmen und/oder Kühlen einer elektrischen Vorrichtung.

**[0057]** Fig. 18 veranschaulicht schematisch ein beispielhaftes Thermomanagementsystem.

**[0058]** Fig. 19 veranschaulicht schematisch ein beispielhaftes Thermomanagementsystem mit einer Wärmesenke.

**[0059]** Fig. 20 ist eine perspektivische Ansicht eines beispielhaften Thermomanagementsystems.

**[0060]** Fig. 21 ist eine Seitenansicht des Thermomanagementsystems gemäß Fig. 20.

**[0061]** Fig. 22 ist eine perspektivische Ansicht eines weiteren beispielhaften Thermomanagementsystems.

**[0062]** Fig. 23 ist eine Seitenansicht des Thermomanagementsystems gemäß Fig. 22.

**[0063]** Fig. 24 ist eine perspektivische Ansicht eines weiteren beispielhaften Thermomanagementsystems.

**[0064]** Fig. 25 ist eine Seitenansicht des Thermomanagementsystems gemäß Fig. 24.

**[0065]** Fig. 26 ist eine perspektivische Ansicht eines weiteren beispielhaften Thermomanagementsystems.

**[0066]** Fig. 27 ist eine Detailansicht eines Teils des Thermomanagementsystems gemäß Fig. 24.

**[0067]** Fig. 28 ist eine Detailansicht eines Teils des Thermomanagementsystems gemäß Fig. 26.

**[0068]** Fig. 29 veranschaulicht schematisch einen beispielhaften thermischen Gradienten einer Zelle einer Batterie.

**[0069]** Fig. 30 veranschaulicht schematisch vereinfachte Darstellungen einer beispielhaften Batteriezelle, welche einen verminderten thermischen Gradienten aufgrund der Nettowirkung des Kombinierens thermischer Gradienten, die durch den Betrieb und das Thermomanagement der Batteriezelle erzeugt werden, aufweist.

**[0070]** Fig. 31 veranschaulicht schematisch ein beispielhaftes Thermomanagementsystem.

**[0071]** Fig. 32 veranschaulicht ein beispielhaftes Verfahren zur Regelung der einer elektrischen Vorrichtung bereitgestellten Erwärmung und/oder Kühlung durch ein Thermomanagementsystem.

#### Detaillierte Beschreibung

**[0072]** Obwohl bestimmte Ausführungsformen und Beispiele hierin offenbart sind, erstreckt sich der Gegenstand der vorliegenden Anmeldung über die Beispiele in den spezifisch offenbarten Ausführungsformen hinaus auf andere alternative Ausführungsformen und/oder Verwendungen und auf Modifikationen und Äquivalente derselben. Somit ist der Umfang der hieran angehängten Ansprüche nicht auf irgendeine der bestimmten Ausführungsformen, die unten beschrieben sind, beschränkt. Zum Beispiel können in jedem Verfahren oder Prozess, das/der hierin offenbart ist, die Handlungen oder Arbeitsvorgänge des Verfahrens oder des Prozesses in jeder geeigneten Abfolge durchgeführt werden und sind nicht notwendigerweise auf irgendeine bestimmte offenbarte Abfolge beschränkt. Zahlreiche Arbeitsvorgänge mögen als mehrere getrennte Arbeitsvorgänge der Reihe nach in einer Weise, die für das Verständnis bestimmter Ausführungsformen hilfreich sein kann, beschrieben sein, die Abfolge der Beschreibung sollte jedoch nicht dahingehend aufgefasst werden, dass sie impliziert, dass die Arbeitsvorgänge reihenfolgeabhängig sind. Zudem können die hierin beschriebenen Strukturen, Systeme und/oder Vorrichtungen als integrierte Komponenten oder als separate Komponenten ausgeführt sein. Für Zwecke des Vergleichs verschiedener Ausführungsformen werden bestimmte Aspekte und Vorteile dieser Ausführungsformen beschrieben. Es werden nicht notwendigerweise alle solchen Aspekte oder Vorteile durch jede einzelne Ausführungsform erreicht. So können zum Beispiel verschiedene Ausführungsformen in einer Weise ausgeführt werden, dass ein Vorteil oder eine Gruppe von Vorteilen, wie sie hierin gelehrt werden, erreicht oder optimiert wird, ohne notwendigerweise andere Aspekte oder Vorteile, wie sie hierin ebenfalls gelehrt oder angeregt sein können, zu erreichen.

**[0073]** Es kann vorteilhaft sein, die thermischen Zustände von Elektronik und elektrischen Vorrichtungen zu managen. Solch ein Thermomanagement kann das Auftreten von Überhitzung, Unterkühlung und Degradation einer elektrischen Vorrichtung verringern. Bestimmte hierin beschriebene Ausführungsformen stellen ein Thermomanagement von Vorrichtungen, die ein erhebliches Maß an elektrischer Energie führen und/oder eine hohe Stromstärke und Leistung erfordern (zum Beispiel Leistungsverstärker, Transistoren, Transformatoren, Wechselrichter, bipolare Transistoren mit isolierter Steuerelektro-

de (IGBTs), elektrische Motoren, Hochleistungslaser und -leuchtdioden, Batterien und andere) bereit. Ein weiter Bereich an Lösungen kann zum Thermomanagement solcher Geräte eingesetzt werden, beinhaltend konvektive Luft- und Flüssigkeitskühlung, konduktive Kühlung, Sprühkühlung mit Flüssigkeitsstrahlen, thermoelektrische Kühlung von Platinen und Chipgehäusen und andere Lösungen. Zumindest einige hierin beschriebene Ausführungsformen stellen mindestens einen der folgenden Vorteile im Vergleich zu existierenden Techniken zum Erwärmen oder Kühlen elektrischer Vorrichtungen bereit: Höherer Stromwirkungsgrad, niedrigere oder vermiedene Instandhaltungskosten, größere Zuverlässigkeit, längere Lebensdauer, weniger Bauteile, weniger oder gar keine beweglichen Teile, Erwärmungs- und Kühlbetriebsmodi, andere Vorteile oder eine Kombination von Vorteilen.

**[0074]** In elektrischen Vorrichtungen sind typischerweise elektrisch aktive Teile und/oder temperaturempfindliche Bereiche der Vorrichtung über elektrische Leiter mit der Außenwelt, wie etwa zum Beispiel externen Stromkreisen oder Vorrichtungen, verbunden. Zum Beispiel können Elektroden einer Batteriezelle so ausgelegt sein, dass sie ein hohes Maß an elektrischer Energie ohne signifikante Verluste (zum Beispiel Wärmeverluste, die gemäß dem Joule'schen Gesetz proportional zum Quadrat der Stromstärke sind) führen. Der Querschnitt der elektrischen Leiter, die für solche Elektroden verwendet werden, ist proportional zu den hohen Stromstärken, die typischerweise in solchen Vorrichtungen fließen. Je größer die Größe der Batterie ist, desto größer sind die Elektrodenanschlüsse zum Verbinden mit den äußeren Stromkreisen.

**[0075]** Die hohe elektrische Leitfähigkeit von Elektroden und vielen anderen Arten von elektrischen Leitern bedeutet auch, dass solche Leiter typischerweise eine hohe thermische Leitfähigkeit aufweisen. Die hohe thermische Leitfähigkeit kann verwendet werden, um verschiedene Thermomanagementprobleme zu lösen, wobei man durch Erwärmen und/oder Kühlen der Elektroden die gewünschte thermische Energie (zum Beispiel Kühlung, Erwärmung, etc.) unter Umgehung thermisch unempfindlicher Elemente der Vorrichtung direkt zu den empfindlichen Elementen der Vorrichtung liefern kann. Ähnlich zur Verwendung thermisch konditionierten Bluts während Bluttransfusionen, um Wärme tief in das Innere von menschlichen Körpern einzubringen, kann das Pumpen von Wärme durch die Elektroden verwendet werden, um auf effiziente Weise die gewünschten thermischen Zustände tief im Inneren einer elektrischen Vorrichtung zu schaffen. Als ein Beispiel ist festgestellt worden, dass Elektrodenkühlung von modernen Kraftfahrzeugbatterien eine der vorteilhaftesten Techniken für das Thermomanagement von Batterien darstellt. Zum Beispiel können die Elektroden

unter Verwendung von Feststoff-, Flüssigkeits- oder Luftkühlungstechniken gekühlt werden. In einem gewissen Sinne fungieren die Elektroden in solch einer Anordnung des Thermomanagements als Kühlfinger.

**[0076]** Hierin beschriebene Ausführungsformen beinhalten Systeme und Verfahren, die in der Lage sind, eine elektrische Vorrichtung thermisch zu managen, indem direkte oder indirekte thermoelektrische (TE) Kühlung und/oder Erwärmung auf stromführende elektrische Leiter (zum Beispiel Elektroden) von leistungselektronischen Bauteilen, Elektronik und anderen elektrischen Vorrichtungen ausgeübt wird. Solche Vorrichtungen können häufig von einem Thermomanagement profitieren. Einige Ausführungsformen werden unter Bezugnahme auf bestimmte elektrische Vorrichtungen, wie etwa zum Beispiel Batterien, beschrieben. Zumindest einige hierin beschriebene Ausführungsformen sind jedoch geeignet, ein Thermomanagement für andere elektrische Vorrichtungen, wie etwa zum Beispiel bipolare Transistoren mit isolierter Steuerelektrode (IGBTs), andere elektrische Vorrichtungen oder eine Kombination von Vorrichtungen, bereitzustellen. Zumindest einige solcher Vorrichtungen können eine hohe Stromführungskapazität aufweisen und können bei einem Betrieb außerhalb eines bevorzugten Temperaturbereichs Schaden erleiden. Der Betrieb einiger Ausführungsformen wird unter Bezugnahme auf einen Kühlbetriebsmodus beschrieben. Einige oder alle der hierin beschriebenen Ausführungsformen können jedoch genauso gut einen Erwärmungsbetriebsmodus aufweisen. In einigen Situationen kann ein Erwärmungsbetriebsmodus verwendet werden, um die Temperatur einer elektrischen Vorrichtung oberhalb einer Schwellentemperatur, unterhalb derer die elektrische Vorrichtung degradieren oder einen beeinträchtigten Betrieb aufweisen kann, zu halten. TE-Vorrichtungen sind einzigartig geeignet sowohl Erwärmungs- als auch Kühlfunktionen, bei minimalen Komplikationen für die Systemarchitektur bereitzustellen.

**[0077]** Es gibt eine Vielzahl von Weisen, in denen TE-Vorrichtungen für Anwendungen zur Kühlung und/oder Erwärmung elektrischer Leiter verwendet werden können. Wie hierin beschrieben, können TE-Vorrichtungen ein oder mehrere TE-Elemente, TE-Anordnungen und/oder TE-Module enthalten. In einigen Ausführungsformen kann ein TE-System eine TE-Vorrichtung beinhalten, welche eine erste Seite und eine zweite Seite, die der ersten Seite gegenüberliegt, umfasst. In einigen Ausführungsformen können die erste Seite und die zweite Seite eine Hauptoberfläche und eine Abgabeoberfläche oder eine Erwärmungsoberfläche und eine Kühlfläche sein. Eine TE-Vorrichtung kann wirksam mit einer Energiequelle gekoppelt sein. Die Energiequelle kann so ausgestaltet sein, dass sie eine Spannung an die TE-Vorrichtung anlegt. Wenn Spannung in einer Richtung angelegt wird, erzeugt eine Seite (zum Bei-

spiel die erste Seite) Wärme, während die andere Seite (zum Beispiel die zweite Seite) Wärme absorbiert. Das Umschalten der Polarität des Stromkreises erzeugt den entgegengesetzten Effekt. In einer typischen Anordnung umfasst eine TE-Vorrichtung einen geschlossenen Stromkreis, der unterschiedliche Materialien umfasst. Wenn eine Gleichspannung an den geschlossenen Stromkreis angelegt wird, wird eine Temperaturdifferenz am Übergang der unterschiedlichen Materialien erzeugt. Abhängig von der Richtung des elektrischen Stroms wird Wärme an einem bestimmten Übergang, entweder emittiert oder absorbiert. In einigen Ausführungsformen beinhaltet die TE-Vorrichtung mehrere Festkörperhalbleiterelemente vom p- und n-Typ, die in Reihe geschaltet sind. In bestimmten Ausführungsformen sind die Übergänge zwischen zwei elektrischen Isolationsbauteilen (zum Beispiel keramischen Platten), welche die kalte Seite und die heiße Seite der TE-Vorrichtung bilden können, sandwichartig eingeschlossen. Die kalte Seite kann thermisch an einen Gegenstand (zum Beispiel einen elektrischen Leiter, eine elektrische Vorrichtung unter Thermomanagement, etc.), der gekühlt werden soll, gekoppelt sein, und die warme Seite kann thermisch mit einer Wärmesenke, die Wärme an die Umgebung abführt, gekoppelt sein. In einigen Ausführungsformen kann die warme Seite an einen Gegenstand (zum Beispiel einen elektrischen Leiter, eine elektrische Vorrichtung unter Thermomanagement, etc.), der erwärmt werden soll, gekoppelt sein. Bestimmte nicht beschränkende Ausführungsformen sind nachfolgend beschrieben.

**[0078]** Die Fig. 1A bis Fig. 1B stellen schematische Darstellungen von beispielhaften Thermomanagementsystemen **1** dar. In einigen Ausführungsformen kann ein Thermomanagementsystem **1** mindestens eine TE-Vorrichtung **6a, 6b** in substantiellem thermischen Austausch mit einer Wärmeaustauschoberfläche von mindestens einem elektrischen Leiter **4a, 4b** (zum Beispiel ein stromführender Konnektor, eine Elektrode, ein Teil einer Zelle, Anschlussdrähte, Verdrahtung zwischen Elektroden oder Teilen von Zellen, Zuleitungen, etc.) einer elektrischen Komponente oder Vorrichtung **2** (zum Beispiel Leistungsverstärker, Transistoren, Transformatoren, Wechselrichter, bipolare Transistoren mit isolierter Steuerelektrode (IGBTs), elektrische Motoren, Hochleistungslaser und Leuchtdioden, Batterien, etc.) umfassen. Der Ausdruck "substantieller thermischer Austausch" wird hierin in seinem weiten und gewöhnlichen Sinne verwendet und umfasst zum Beispiel einen eng anliegenden Kontakt zwischen Oberflächen am Übergang mit thermischem Austausch; ein(e) oder mehrere Wärmeübertragungsmaterial(ien) oder -vorrichtung(en) zwischen Oberflächen in thermischem Austausch; eine Verbindung zwischen festen Oberflächen unter Verwendung eines thermisch leitfähigen Materialsystems, wobei solch ein System Polster, Wärmeleiterschmiermittel, Paste, ein oder mehrere Ar-

beitsfluide oder andere Strukturen mit hoher thermischer Leitfähigkeit zwischen den Oberflächen beinhalten kann; andere geeignete Strukturen; oder eine Kombination von Strukturen. Substantieller thermischer Austausch kann zwischen Oberflächen, die direkt verbunden oder indirekt über eine oder mehrere Grenzflächenmaterialien verbunden sind, zustande kommen.

**[0079]** In einigen Ausführungsformen kann mindestens eine TE-Vorrichtung mit einer elektrischen Vorrichtung unter Thermomanagement verbunden sein. In einigen Ausführungsformen kann mindestens eine TE-Vorrichtung in substantiellem thermischen Austausch (zum Beispiel in Kontakt mit, angebracht an, etc.) mit einer/einem elektrischen Komponente, Teil, Abschnitt oder Vorrichtung unter Thermomanagement stehen. In solchen Fällen können die elektrischen Leiter sowohl elektrische Energie als auch thermische Energie zwischen temperaturempfindlichen Bereichen der elektrischen Vorrichtung und einer oder mehreren externen Vorrichtungen leiten. Bei Betrieb im Kühlmodus, wird die Wärme  $Q$  von den elektrischen Leitern **4a, 4b** (und von der elektrischen Vorrichtung **2**), wie in Fig. 1A durch die Pfeile **8a, 8b** gezeigt, abgepumpt und an die äußere Umgebung, welche Luft, Flüssigkeit, ein anderes festes Bauteil oder eine Kombination von Bauteilen sein kann, abgeführt. Bei Betrieb im Erwärmungsmodus, wird die thermische Energie in der umgekehrten Richtung gepumpt, wobei Wärme durch die elektrischen Leiter **4a, 4b** in die elektrische Vorrichtung **2** geliefert wird, wie es in Fig. 1B durch die Pfeile **8a, 8b** gezeigt ist.

**[0080]** Die Fig. 1A bis Fig. 1B zeigen separate TE-Vorrichtungen **6a, 6b**, die Wärme  $Q$  unterschiedlichen elektrischen Leitern **4a, 4b** zuführen bzw. von diesen abführen. In einigen Ausführungsformen kann eine einzelne TE-Vorrichtung **6** verwendet werden, um zwei oder mehr elektrische Leiter **4a, 4b**, wie es in Fig. 2 veranschaulicht ist, zu regeln (zum Beispiel über substantiellen thermischen Austausch mit diesen). In einigen Ausführungsformen können ein oder mehrere elektrische Leiter in substantiellem thermischen Austausch mit keinerlei TE-Vorrichtungen stehen. In einigen Ausführungsformen sind die TE-Vorrichtungen in substantiellem thermischen Austausch mit den elektrischen Leitern. In einigen Ausführungsformen kann dieser substantielle thermische Austausch durch eine direkte Anbringung der TE-Vorrichtung an dem elektrischen Leiter oder durch Verwendung einer wirksamen thermischen oder Wärmeübertragungsvorrichtung **10** oder eines thermisch leitfähigen Apparats (zum Beispiel eine Oberfläche eines Wärmetauschers, eines Wärmerohrs, einer Ableitung oder einer Wärmeplatte), angeordnet zwischen der elektrischen Vorrichtung **2** unter Thermomanagement und der Oberfläche **12** der TE-Vorrichtung **6**, wie es in Fig. 3 dargestellt ist, herbeigeführt werden. In einigen Ausführungsformen kann die Wär-

meübertragungsvorrichtung **10** an mindestens einem elektrischen Leiter **4a**, **4b** und/oder mindestens einer TE-Vorrichtung **6** angebracht sein, diese(n) direkt kontaktieren oder indirekt kontaktieren.

**[0081]** Wie in den **Fig. 1A**, **Fig. 1B** und **Fig. 2** gezeigt, kann in einigen Ausführungsformen ein Thermomanagementsystem **1** wenigstens eine thermoelektrische Vorrichtung **6**, **6a**, **6b** beinhalten. Eine Oberfläche **12a**, **12b** der TE-Vorrichtung **6**, **6a**, **6b** kann in direktem oder indirektem Kontakt mit einer festen Oberfläche **14a**, **14b** von mindestens einem elektrischen Leiter **4a**, **4b** stehen. Der elektrische Leiter **4a**, **4b** kann so ausgestaltet sein, dass er elektrische Energie an eine elektrische Vorrichtung **2** liefert, so dass der elektrische Leiter **4a**, **4b** auch als eine Leitung zum Leiten thermischer Energie (zum Beispiel Wärme  $Q$ ) zwischen temperaturempfindlichen Bereichen in der elektrischen Vorrichtung **2** und der thermoelektrischen Vorrichtung **6**, **6a**, **6b** dient. In einigen Ausführungsformen kann der Übergang zwischen der Oberfläche **12a**, **12b** der TE-Vorrichtung **6**, **6a**, **6b** und der festen Oberfläche **14a**, **14b** ein thermisch leitfähiges Materialsystem (nicht gezeigt), das so ausgestaltet ist, dass es einen substantiellen thermischen Austausch zwischen den Oberflächen erleichtert, umfassen. Zum Beispiel kann das thermisch leitfähige Materialsystem Fett, Paste, Polster, Material mit hoher thermischer Leitfähigkeit, Material mit thermischer Leitfähigkeit größer als oder gleich ungefähr  $100 \text{ W}/(\text{mxK})$ , ein anderes geeignetes Material oder eine Kombination von Materialien umfassen. In einigen Ausführungsformen kann ein thermisch leitfähiges Materialsystem an einem Übergang zwischen einer oder mehreren Oberflächen einer Wärmeübertragungsvorrichtung und Oberflächen einer thermoelektrischen Vorrichtung und/oder eines elektrischen Leiters angeordnet sein.

**[0082]** In einigen Ausführungsformen kann eine flüssige Verbindung zwischen, um und/oder durch die thermoelektrische Vorrichtung **6**, **6a**, **6b** und mindestens einen elektrischen Leiter **4a**, **4b**, der verwendet wird, um die Übertragung elektrischer Energie in die elektrische Vorrichtung **2** hinein oder aus dieser heraus zu ermöglichen, ausgestaltet sein. In einigen Ausführungsformen kann ein Arbeitsfluid verwendet werden, um die Übertragung thermischer Energie zwischen einer elektrischen Vorrichtung **2** und einer thermoelektrischen Vorrichtung **6**, **6a**, **6b** zu ermöglichen.

**[0083]** Ein Regler kann bereitgestellt werden, um die TE Vorrichtung dahingehend zu regeln, dass sie entweder eine Erwärmungs- oder eine Kühlfunktion ausübt und/oder um die elektrische Energie, die an die TE-Vorrichtung geliefert wird, anzupassen. Die TE-Vorrichtung kann in Reihe mit der Vorrichtung unter Thermomanagement oder über eine externe Energieversorgung oder -quelle mit elektrischer Energie

versorgt werden. In einigen Ausführungsformen werden die TE-Vorrichtungen mit elektrischer Energie versorgt und geregelt, um ihre Wärmepumpfunktion zu einer Vorrichtung unter Thermomanagement hin oder von dieser weg auszuüben. Die Energieversorgungs- und Regelungsfunktion kann durch eine separate elektronische Regelungseinheit, ECU **40**, ausgeübt werden. Die ECU **40** kann die an die TE Vorrichtung **44** gelieferte elektrische Energie mit welcher das thermoelektrische Management der Vorrichtung **46** verknüpft ist, anpassen. In einigen Ausführungsformen nimmt die ECU **40** Eingangssignale von einem oder mehreren Temperatursensoren **42**, welche den thermischen Zustand der Vorrichtung **46** direkt oder über elektrische Leiter (nicht gezeigt) erfassen, auf, vergleicht sie mit Algorithmen und gibt ein Regulationssignal für die TE-Vorrichtung **44** zur Ausführung entweder einer Erwärmungs- oder einer Kühlfunktion aus, wie es in **Fig. 4** veranschaulicht ist. In einigen Ausführungsformen kann die ECU **40** so ausgestaltet sein, dass sie andere Eingangssignale als die Temperatur (zum Beispiel den Strom, der in die thermoelektrische Vorrichtung **44** und/oder in die Vorrichtung **46** hinein und/oder aus dieser/diesen heraus geführt wird etc.) von anderen Sensoren (nicht gezeigt) aufnimmt und die Ausgangsleistung zur Kühlung oder Erwärmung hin zu oder aus der Vorrichtung **46** anpasst. Der Regler kann mit dem Rest der Elektronik, welche die Vorrichtung unter Thermomanagement unterstützt, integriert sein. Wenn eine solche Vorrichtung ein Batterie-Pack ist, dann ist es zum Beispiel typischerweise mit einem Batteriemanagementsystem, BMS, ausgestattet, welches so ausgestaltet ist, dass es die Funktionsfähigkeit der Batterie überwacht und/oder Regelungsfunktionen in Antwort auf interne und/oder externe Veränderungen ausübt. Die TE-Reglerfunktionalität kann in das BMS integriert sein und kann ebenfalls auf der gleichen Leiterplatte angeordnet sein oder die gleichen Chip-Sätze, welche die BMS-Funktionen ausführen, verwenden.

**[0084]** Die Schritte, die ein beispielhaftes Thermomanagementsystem in einigen Ausführungsformen durchlaufen kann, um aktiv eine elektrische Vorrichtung thermisch zu managen, sind in **Fig. 6** dargestellt. In dem ersten Schritt **60a** können Sensoren so ausgestaltet sein, dass sie den thermischen Zustand der Vorrichtung unter Thermomanagement und den elektrischen Strom, der in die Vorrichtung unter Thermomanagement hinein oder aus dieser heraus gerichtet ist, überwachen. Der zweite Schritt **60b** beinhaltet das Anpassen der elektrischen Energie, die an die thermoelektrische Vorrichtung einhergehend mit dem Thermomanagement der Vorrichtung geliefert wird. In einem dritten Schritt **60c** werden Veränderungen des elektrischen Stroms und der Temperatur des elektrischen Leiters überwacht. Die Schritte **60a** bis **60c** können wiederholt werden.

**[0085]** In einigen Ausführungsformen kann es, um eine solche Temperaturregelung zu unterstützen, hilfreich sein, die Umgebungstemperatur, die Temperatur von mindestens einer der Seiten einer TE-Vorrichtung und/oder eine Temperatur innerhalb der TE-Vorrichtung zu bestimmen. Somit können einige Ausführungsformen eines TE-Systems einen oder mehrere, eine Kombination oder keinen der folgenden beinhalten: einen Umgebungstemperatursensor, einen TE-Vorrichtungstemperatursensor (wie etwa einen Thermistor), der im Inneren, angrenzend an, nahe oder auf andere Weise in unmittelbarer Nähe zu der TE-Vorrichtung angeordnet ist, und/oder ähnliches.

**[0086]** Einige Ausführungsformen, die einen oder mehrere TE-Vorrichtungstemperatursensor(en) beinhalten, können jedoch weniger wünschenswert sein, zum Beispiel aufgrund der Kosten des Sensors, der zusätzlichen Herstellungsschritte und der Komplexität, die mit der Positionierung des Sensors in dem System verbunden ist, der Möglichkeit des Ausfalls des Sensors, einer thermischen Verzögerung und/oder eines oder mehrerer anderer Gründe oder Gesichtspunkte. In einigen Ausführungsformen kann ein Thermomanagementsystem eine Energiequelle, die wirksam mit einer TE-Vorrichtung, welche erste und zweite Seiten aufweist, gekoppelt ist, umfassen und keinen Temperatursensor zur Bestimmung der Temperatur von einer der Seiten der TE-Vorrichtung und/oder der Vorrichtung unter Thermomanagement umfassen. Vielmehr ist das Thermomanagementsystem ausgestaltet, die Temperatur von einer der ersten und zweiten Seiten (oder ein Temperaturdifferential über der TE-Vorrichtung) über das durch den Seebeck-Effekt induzierte Potential zu bestimmen.

**[0087]** In bestimmten Ausführungsformen kann die Energiequelle ausgeschaltet werden (zum Beispiel Null Volt an die thermoelektrische Vorrichtung anlegen). In solchen Fällen kann eine Temperaturdifferenz zwischen den ersten und zweiten Seiten ein Potential zwischen den ersten und zweiten Seiten induzieren. Das Hervorrufen dieses Potentials ist als Seebeck-Effekt bekannt. Das hervorgerufene Potential ist im Allgemeinen proportional zu der Temperaturdifferenz zwischen den ersten und zweiten Seiten und kann durch die folgende Gleichung ausgedrückt werden:

$$V = \alpha(T_h - T_c) = \alpha\Delta T,$$

worin V das Potential zwischen den ersten und zweiten Seiten ist,  $\alpha$  der Seebeck-Koeffizient ist und  $(T_h - T_c)$  oder  $\Delta T$  die Temperaturdifferenz zwischen den ersten und zweiten Seiten ist. Als solches kann der Seebeck-Koeffizient für eine gegebene TE-Vorrichtung als das Verhältnis des Potentials zu der Temperaturdifferenz zwischen den ersten und zweiten Seiten beschrieben werden.

**[0088]** In einigen Fällen kann der Seebeck-Koeffizient  $\alpha$  experimentell bestimmt werden. In bestimmten Konfigurationen kann für ein TE-System mit einem bekannten Seebeck-Koeffizienten  $\alpha$  die Temperaturdifferenz zwischen den ersten und zweiten Seiten auf Grundlage des Spannungspotentials bestimmt werden. Solch eine Konfiguration kann zum Beispiel die Überwachung der Temperaturdifferenz der TE-Vorrichtung ohne die Notwendigkeit eines separaten Temperatursensors ermöglichen. Wie oben erwähnt, kann der Wegfall eines solchen Temperatursensors die Herstellung vereinfachen (zum Beispiel Verringern der Verfahrensschritte), die Herstellungszeit verringern, Kosten reduzieren, die Langlebigkeit der Vorrichtung erhöhen und/oder ein oder mehrere andere Vorteile oder Vorzüge bereitstellen. Des Weiteren kann das Nichteinsetzen eines solchen Sensors die Ausgestaltung der TE-Vorrichtung vereinfachen, zum Beispiel durch Wegfall von Kanälen durch die TE-Vorrichtung für den Durchlass von Drähten für den Sensor. Weiterhin kann das Nichteinsetzen eines solchen Sensors die Zuverlässigkeit des Systems durch Verringerung der Gesamtanzahl an Bauteilen, die versagen können, verbessern.

**[0089]** In einigen Ausführungsformen ist das Thermomanagementsystem so ausgestaltet, dass eine absolute Temperatur von mindestens einer der Seiten der TE-Vorrichtung bestimmt wird. In einigen Ausführungsformen ist eine ECU in Verbindung mit einem Umgebungstemperatursensor und ist so ausgestaltet, dass das Potential bestimmt wird. Zum Beispiel kann ein analoger Eingang der ECU in Verbindung mit einer Vorrichtung mit negativem Temperaturkoeffizienten oder einer anderen Vorrichtung, von der ein Signal (zum Beispiel durch eine Berechnung), dazu genutzt werden kann eine Umgebungstemperatur zu bestimmen.

**[0090]** Solch eine Anordnung kann beispielsweise die Bestimmung einer absoluten Temperatur von mindestens einer der ersten und zweiten Seiten der thermoelektrischen Vorrichtung ermöglichen. Zum Beispiel kann die absolute Temperatur über eine Berechnung oder durch Korrelieren des Potentials mit einer bekannten (zum Beispiel durch empirische Messung ermittelten) absoluten Temperatur für mindestens eine der ersten und zweiten Seiten bestimmt werden.

**[0091]** In einigen Ausführungsformen wird die Temperaturdifferenz und/oder die absolute Temperatur von mindestens einer der Seiten in einem Rückkopplungsregelungsschema verwendet, welches zum Beispiel eine schnellere Reaktionszeit und/oder eine verminderte thermische Verzögerung für die Temperaturrückkopplung im Vergleich mit Systemen, die einen separaten Temperatursensor verwenden, bereitstellen kann.

**[0092]** In einigen Ausführungsformen wird die Temperaturdifferenz und/oder die absolute Temperatur von wenigstens einer der Seiten zur Störungsüberwachung verwendet. Zum Beispiel kann die Temperaturdifferenz und/oder die absolute Temperatur von mindestens einer der Seiten verwendet werden, um eine Überhitzung der TE-Vorrichtung festzustellen, welche den Wirkungsgrad der thermoelektrischen Vorrichtung verringern oder anderweitig die Vorrichtung und/oder andere Bauteile des Thermomanagementsystems beschädigen könnte.

**[0093]** In einigen Ausführungsformen kann jede der TE-Vorrichtungen durch eine Energiequelle, welche selektiv jeder der Vorrichtungen elektrische Energie bereitstellen kann, mit Energie versorgt werden. In bestimmten Ausführungsformen teilen sich die TE-Vorrichtungen eine gemeinsame Energiequelle. In anderen Anordnungen hat jede TE-Vorrichtung eine zugehörige Energiequelle.

**[0094]** In einigen Ausführungsformen ist, wie in **Fig. 4** veranschaulicht, die elektrische Energie zu einer TE-Vorrichtung **44** entkoppelt von der elektrischen Energie, die zu oder von der Vorrichtung **46** unter Thermomanagement fließt. Wie in **Fig. 5** gezeigt, kann in einigen Ausführungsformen eine externe, nicht unter Thermomanagement stehende Energiequelle **48** (zum Beispiel eine externe Batterie, etc.) so ausgestaltet sein, dass sie die ECU **40** und/oder die TE-Vorrichtung **44** mit elektrischer Energie versorgt. In einigen Ausführungsformen kann hingegen eine TE-Vorrichtung **76** in Reihe mit den elektrischen Leitern **74a**, **74b** einer Vorrichtung **76** unter Thermomanagement mit elektrischer Energie versorgt werden. In einigen Ausführungsformen kann ein Bruchteil ( $\leq 100\%$ ) des elektrischen Stroms, der durch die Vorrichtung **72** unter Thermomanagement fließt, auch direkt durch die TE-Vorrichtung **76** fließen, wie es in einigen Ausführungsformen in den **Fig. 7A** bis **Fig. 7B** veranschaulicht ist. In einigen Ausführungsformen kann die TE-Vorrichtung **76** in einer elektrischen Parallel- oder Reihenschaltung mit der Vorrichtung **42** relativ zum Rest des Stromkreises stehen, wie es in **Fig. 7A** bzw. **Fig. 7b** dargestellt ist.

**[0095]** In einigen Ausführungsformen, zum Beispiel einer Parallelschaltung, wie sie in **Fig. 7A** dargestellt ist, fließt nur ein Bruchteil des Stroms durch die TE-Vorrichtung **76** (der Wert hängt von dem Verhältnis der Widerstände der TE-Vorrichtung und der Last ab). In einigen Ausführungsformen, zum Beispiel einer Reihenschaltung, wie sie in **Fig. 7B** dargestellt ist, fließt der gesamte Strom durch die TE-Vorrichtung **76**.

**[0096]** In einigen Ausführungsformen liegt der Vorteil einer solchen in Reihe Anordnung der TE-Energieversorgung in der Vereinfachung (und Kostenreduzierung) des Regelungsschaltkreises. Eine TE-

Vorrichtung **76** wird mit elektrischer Energie versorgt und pumpt Wärme weg von (oder hin zu) der Vorrichtung **72**, wann immer die elektrische Energie durch die Vorrichtung **72** fließt. Daher ist es durch angemessene Auslegung der Wärmepumpkapazität der TE-Vorrichtung **76**, bezogen auf den Bereich möglicher Betriebsbedingungen, möglich, eine solche "eingebaute" Regelung des thermischen Zustands der Vorrichtung **72** unter Thermomanagement zu verwirklichen. Keine separate thermische Erfassung des Batteriezustandes ist erforderlich.

**[0097]** Das in Reihe Verbindungs- und Regelungsschema kann verwendet werden, wenn ein Modus des TE-Betriebs gewünscht wird (zum Beispiel Kühlen). In solchen Anordnungen fließt elektrischer Strom in einer Richtung. Das in Reihe Verbindungs- und Regelungsschema kann auch verwendet werden, wenn der Betriebsmodus (zum Beispiel Erwärmen oder Kühlen) mit der Richtung des Stromflusses konsistent ist. Dies ist für Leistungselektronik oder -vorrichtungen weitestgehend der Fall, könnte jedoch im Fall von Batterien anders sein. Bei Batterien wird häufig sowohl ein Erwärmen als auch ein Kühlen abhängig von den Umgebungsbedingungen benötigt und die Richtung des Stromflusses hängt auch davon ab, ob die Batterie in einem Lademodus oder einem Entlademodus betrieben wird.

**[0098]** In einigen Ausführungsformen können eine oder mehrere Dioden oder andere elektrische Stromregelungsvorrichtungen entlang dem Leiter zwischen einer Elektrode und einer TE-Vorrichtung angeordnet sein. Solche Stromregelungsvorrichtungen können so ausgestaltet sein, dass sie das Auftreten eines ungewünschten Betriebsmodus während des Ladens oder des Entladens der Vorrichtung unter Thermomanagement verhindern. In bestimmten derartigen Ausführungsformen kann das Thermomanagementsystem so ausgestaltet sein, dass nur ein Kühlbetriebsmodus oder nur ein Erwärmbetriebsmodus ausgeführt wird, ungeachtet der Richtung des Stromflusses (zum Beispiel dem Laden oder dem Entladen) zu der elektrischen Vorrichtung. Solche Ausführungsformen können vorteilhaft sein, zum Beispiel wenn Umwelteinflüsse, Eigenschaften der Vorrichtung oder andere Faktoren nur einen Betriebsmodus wünschenswert machen.

**[0099]** Eine TE-Vorrichtung in Abhängigkeit von der Anwendung näher an oder weiter weg von der Vorrichtung unter Thermomanagement angeordnet sein. In einigen Ausführungsformen ist es aus Sicht des Thermomanagements vorteilhaft, die Wärmepumpe (zum Beispiel TE-Vorrichtung) so nahe wie möglich an der Vorrichtung, die thermisch gemanagt wird, anzuordnen. Eine solche Anordnung ergibt den effizientesten Einsatz des Thermomanagements unter Vermeidung unnötiger thermischer und elektrischer Verluste. Zum Beispiel ist es im Fall von Leistungselek-

tronik wünschenswert, ein Wärmemanagementsystem so nahe wie möglich an der Wärmequelle (zum Beispiel dem Halbleiterübergang) anzuordnen.

**[0100]** In einigen Fällen kann jedoch die TE-Vorrichtung zugunsten einer verbesserten Systemlogistik weiter von der Vorrichtung weg angeordnet sein. In solchen Fällen ist die TE-Vorrichtung immer noch in der Lage, die Stromleitungen zu kühlen. Ein Beispiel eines solchen Kompromisses ist eine Batterie **82**, die entweder unter Lade- oder Entladebedingungen betrieben wird, und eine TE-Vorrichtung, die in einer in Reihe Weise, wie es oben beschrieben ist, angeschlossen ist. Die Stromrichtung ist zwischen den beiden Modi des Batteriebetriebs entgegengesetzt. In dieser Anwendung können eine oder mehrere TE-Vorrichtungen **86** auf der Ladeseite **80a** des Batterieladegeräts und auf der Lastseite **88b** des Batterieanschlusses **84** eingebaut sein. Solche Verbindungsschemata sind in den **Fig. 8A** bis **Fig. 8B** veranschaulicht. Der Unterschied zwischen den beiden Anschlüssen, die in den **Fig. 8A** bis **Fig. 8B** veranschaulicht sind, ist die Polarität der TE-Vorrichtung **86**. Durch Umschalten der Polarität zwischen den beiden Modi kann stets sichergestellt werden, dass die Batterie **82** sowohl im Lade- als auch im Entlademodus, unabhängig von der Stromflussrichtung, gekühlt wird.

**[0101]** Eine ähnliche Polaritätsumschaltfunktion kann durch Verwendung einer einzelnen TE-Vorrichtung **86** und eines Relais oder Schalters (nicht gezeigt), der die Polarität des elektrischen Stromflusses durch die TE-Vorrichtung in Antwort auf eine Veränderung der Richtung des Stromflusses in einer Batterie **82** ändert, erreicht werden. In einigen Anwendungen wird jedoch eine beständige Kühlung der Batterie **82** gewünscht, zum Beispiel beim Schnellladen. In einigen Ausführungsformen kann die TE-Vorrichtung in die Anschlüsse **84** auf der Kabelseite des Batterieladegeräts eingebaut sein. Die Polarität der TE-Vorrichtungen sollte in diesem Fall geeignet sein, die Anschlussleitungen während des Ladens zu kühlen.

**[0102]** Ein(e) TE-Vorrichtung oder -modul kann in verschiedenen Geometrien, Formen und Größen aufgebaut sein. Eine typische TE-Vorrichtung ist ein flaches oder ebenes Modul mit zwei parallelen Oberflächen. Eine der gebräuchlichsten Größen solcher Module ist 40 × 40 mm mit einer Dicke, die von weniger als einem Millimeter bis zu mehreren Millimetern reicht. Die Wärme wird von einer Oberfläche abgeführt und zu der anderen hingeführt. Ein Wechsel in der Polarität der Vorrichtung ändert die Richtung des Wärmeflusses. Eine Unzahl weiterer Vorrichtungsgrößen ist auf dem kommerziellen Markt verfügbar. Typischerweise ist die Größe der Vorrichtung anwendungsspezifisch und an elektrische und thermische Impedanzen des Systems angepasst.

**[0103]** Solche flachen Module können entweder direkt an Elektroden, die gekühlt werden müssen, angebracht sein, vorausgesetzt, dass die Elektroden geeignet bemessene flache Bereiche haben. **Fig. 9** veranschaulicht eine beispielhafte Anordnung eines Thermomanagementsystems **90** mit einem flachen TE-Modul **92** in substantiellem thermischen Austausch mit einem elektrischen Leiter, zum Beispiel einer Elektrode **94**, die eine flache Oberfläche **96** aufweist.

**[0104]** Alternativ kann mindestens ein intermediärer Wärmeverteiler **98a** oder Wärmekonzentrator **98b**, hergestellt aus Materialien mit hoher thermischer Leitfähigkeit (zum Beispiel Kupfer, Aluminium, etc.) zwischen der TE-Vorrichtung **92** und der Elektrode **94** angeordnet sein, um die geometrischen Größenunterschiede auszugleichen, wie es in den **Fig. 10A** bis **Fig. 10B** dargestellt ist.

**[0105]** In einigen Ausführungsformen besteht eine weitere Option, TE-Vorrichtungen und Elektroden oder andere elektrische Leiter passend zu verbinden darin, die Form einer TE-Vorrichtung **92** von flach zu zylindrisch, im Wesentlichen konzentrisch mit der Elektrode **94** oder diese umgebend, zu ändern, wie es in **Fig. 11** gezeigt ist. In diesem Fall würde die Wärme radial von der Elektrode weg (oder zu ihr hin) geführt, was potentiell ein stärker bevorzugter Weg für das Thermomanagement ist. Andere nicht-ebene Formen, die nicht auf zylindrisch beschränkt sind, können ebenfalls verwendet werden.

**[0106]** Solch eine zylindrische TE-Vorrichtung kann in einer Vielzahl von Weisen implementiert werden. Eine Lösung besteht darin, eine für hohe Leistungsdichten ausgelegte T-förmige Ableitungsarchitektur zu implementieren, wie sie in dem US-Patent Nr. 6, 959,555 beschrieben ist, welches hierin durch Bezugnahme in seiner Gesamtheit aufgenommen ist. In einigen Ausführungsformen können individuelle thermoelektrische Elemente vom p- und n-Typ **120a**, **120b** in einer ringförmigen Anordnung um die Elektrode **124** angeordnet sein, wie es in **Fig. 12** veranschaulicht ist. Alternativ können p- und n-Halbleiter als ein vollständiger Ring anstatt kleinerer Pellets hergestellt sein. Die inneren Ableitungen **126** kleineren Durchmessers können als Wärmeaustauscher, die mit den gekühlten Elektroden **124** in Verbindung stehen, fungieren. Die äußeren Ableitungen **128** größeren Durchmessers können als Kühlrippen fungieren, die Abwärme an die Luft, welche die gekühlte Elektrode umgibt, abführen.

**[0107]** Ein Isolator kann verwendet werden, um eine elektrische Vorrichtung unter Thermomanagement thermisch zu isolieren und zu helfen zu verhindern, dass Wärme über externe Zuleitungen zu dem Rest eines Stromkreises hindurchtritt. In einigen Ausführungsformen kann das Thermomanagement elektri-

scher Vorrichtungen an einem Problem parasitärer Verluste leiden, da, falls die elektrischen Leiter (zum Beispiel Anschlüsse) gekühlt werden, dann einiges der Kühlung nicht zu der Vorrichtung unter Thermomanagement gelangt, sondern vielmehr durch die Drähte oder Zuleitungen zum Rest des Stromkreises entweicht. Mit anderen Worten fungieren die externen Zuleitungen als thermische Leiter, die als eine thermische Last parallel zu der Vorrichtung unter Thermomanagement in Bezug auf die TE-Vorrichtung wirken.

**[0108]** Um die parasitäre Wirkung solcher Lecks zu minimieren, kann ein thermischer Isolator **130**, der zwischen der TE-Vorrichtung **132** und dem Rest des Stromkreises angeordnet wird, eingeführt werden, wie es in **Fig. 13** veranschaulicht ist. Solch ein thermischer Isolator **130** (oder eine Mehrzahl von Isolatoren, zum Beispiel einer oder mehrere pro Zuleitung) kann elektrisch in Reihe mit den externen Zuleitungen **134** verbunden sein. In einigen Ausführungsformen kann elektrischer Strom frei oder mit minimalen Einbußen durch solch einen Isolator **130** fließen. Thermisch hat der Isolator hingegen eine sehr niedrige thermische Leitfähigkeit, so dass die Wärme nicht wirksam durch ihn hindurchtreten kann. "Q" ist die Menge an Wärme, die zu der Vorrichtung unter Thermomanagement und/oder den externen Zuleitungen hin oder von dieser/diesem weg fließt. Ein großes Q bedeutet einen großen Wärmefluss und/oder eine hohe Kühlleistung.

**[0109]** Es gibt eine Vielzahl von möglichen physikalischen Umsetzungen eines thermischen Isolators. In einigen Ausführungsformen weist ein thermisch isolierendes Material eine hohe elektrische Leitfähigkeit und eine niedrige thermische Leitfähigkeit auf. Ein guter Materialtyp, der diese Erfordernisse erfüllt, ist thermoelektrisches Material. Zum Beispiel können thermoelektrische Materialien als thermische Isolatoren in einer Anwendung als elektrische Durchführung für supraleitende Magneten verwendet werden, wie es von Yu. Ivanov et al., Proceedings of International Conference on Thermoelectrics, Shanghai, 2010, beschrieben wurde. Der Isolator muss jedoch nicht aus einem TE-Material gemacht sein, da in dieser Anwendung das Seebeck-Verhalten des Isolatormaterials nicht notwendigerweise von Bedeutung ist. Andere Beispiele könnten elektrisch leitfähige Keramiken, leitfähige Schäume und andere Materialien sein.

**[0110]** Durch ein Thermomanagementsystem kann das Kühlen und Erwärmen von mehreren elektrischen Vorrichtungen oder Bauteilen, die in elektrischer Verbindung miteinander stehen, bereitgestellt werden. Eine Anzahl einzelner elektronischer Bauteile, die ein Thermomanagement benötigen können, können elektrisch in Reihe oder parallel geschaltet sein. Zum Beispiel kann ein Batterie-Pack aufgebaut werden, indem eine Mehrzahl von einzelnen Zellen in

einer elektrischen Reihenschaltung verbunden wird. Das unten beschriebene Beispiel verwendet ein Batterie-Pack als ein Beispiel eines Systems unter Thermomanagement. Die beschriebenen Merkmale sind jedoch nicht auf das Thermomanagement nur von Batterien beschränkt und sind auf das Thermomanagement von anderen elektronischen Komponenten oder elektrischen Vorrichtungen anwendbar.

**[0111]** In einigen Ausführungsformen kann ein Thermomanagementsystem ein Batterie-Pack umfassen, das N Zellen **140a** bis **140c**, die in Reihe verbunden sind, beinhaltet, wie es in **Fig. 14** dargestellt ist. Die einzelnen Zellen können verschiedene Formen und einen unterschiedlichen inneren Aufbau aufweisen, wie etwa zylindrisch, prismatisch, Pouch-Zelle oder andere Zellpackungstypen.

**[0112]** Das Thermomanagement der individuellen Zellen **140a** bis **140c** durch mindestens eine TE-Vorrichtung **146a**, **146b** kann besonders wirksam sein, wenn es auf elektrische Zuleitungen oder interne Drähte **148**, welche benachbarte Zellen verbinden, angewendet wird, gegenüber einem Thermomanagement durch die Anschlussdrähte, die elektrischen Strom in den Batterie-Pack hinein und aus diesem heraus bringen. **Fig. 15** veranschaulicht eine Ausführungsform von TE-Vorrichtungen **146a**, **146b**, die direkt mit solchen internen Drähten **148**, welche die einzelnen Zellen **140a** bis **140c** verbinden, verbunden sind oder mit diesen in Kontakt stehen.

**[0113]** In dieser Anordnung wird in einigen Ausführungsformen, wenn die TE-Vorrichtungen **146a**, **146b** thermisch mit internen Drähten **148**, die benachbarte Zellen **140a** bis **140c** verbinden, verbunden sind, im Wesentlichen die gesamte thermische Energie in die Zellen hinein geliefert und/oder diesen entzogen. Dies ist merklich anders als bei einer Anordnung, bei der eine TE-Vorrichtung **186** thermisch mit einem Anschluss oder externen Draht **180**, der die Batterie **182** mit anderen Elementen verbindet, verbunden ist. Im letzteren Fall kann ein Teil der thermischen Energie **184** durch den Draht **180** von der Batterie **182** weg entweichen und der Gesamtwirkungsgrad des Thermomanagements auf Systemniveau kann verringert werden. Solch eine nachteilige Wirkung ist in **Fig. 18** dargestellt.

**[0114]** In einigen Ausführungsformen ist ein Thermomanagementsystem so ausgestaltet, dass es nur die Verbindungen, die im Inneren des Batterie-Packs oder einer anderen elektrischen Vorrichtung angeordnet sind, thermisch managt. Zum Beispiel können hierin offenbarte Ausführungsformen von Batterie-Packs, die in Reihe geschaltete Zellen aufweisen, diesen Aufbau haben. Dieser Ansatz für das Thermomanagement kann auf jegliche Anordnung einzelner Elemente in dem Pack angewendet werden, unter der Voraussetzung, dass nur interne Drähte ther-

misch gemanagt werden. Das Thermomanagement kann im Wesentlichen nur auf elektrische Verbindungen angewendet werden, die im Inneren des Packs ihren Ursprung haben und enden, und nicht auf Verbindungen, die das Pack mit dem Rest des Systems verbinden.

**[0115]** Die einzelnen Bauelemente können in Reihe oder parallel geschaltet sein oder sogar zu unabhängigen elektrischen Stromkreisen gehören. Zusätzlich kann in einigen Ausführungsformen eine einzelne TE-Vorrichtung in substantiellem thermischen Austausch mit einem einzelnen Kabel, welches benachbarte Zellen verbindet, oder einer Mehrzahl solcher Kabel sein, wodurch das Thermomanagement über mehrere Zellen verteilt wird.

**[0116]** In einigen Ausführungsformen können alle elektrischen Leiter mit mindestens einer TE-Vorrichtung verbunden sein. In einigen Ausführungsformen ist mindestens ein elektrischer Leiter oder eine elektrische Komponente nicht mit einer TE-Vorrichtung verbunden. Zum Beispiel hat, wie es in **Fig. 15** dargestellt ist, die Zelle **140a** nur einen internen Draht **148**, der mit einer TE-Vorrichtung **146a** verbunden ist. Der andere interne Draht ist nicht mit einer TE-Vorrichtung verbunden. In einigen Ausführungsformen sind alle internen Drähte einer Zelle oder elektrische Komponente nicht mit einer TE-Vorrichtung verbunden oder mit einer solchen in thermischer Verbindung. In einigen Ausführungsformen sind ein oder mehrere ganze Zellen, interne Drähte oder elektrische Leiter nicht mit irgendeiner TE-Vorrichtung verbunden. Zum Beispiel sind in einigen Ausführungsformen Zellen, die näher zur Mitte der Batterie liegen, mit mindestens einer TE-Vorrichtung verbunden, während äußere Zellen der Batterie nicht mit mindestens einer TE-Vorrichtung verbunden sind. Die einzelnen elektrischen Leiter können unabhängig voneinander thermische Verbindungen mit TE-Vorrichtungen aufweisen.

**[0117]** In einigen Ausführungsformen kann ein Thermomanagementsystem individuelle Zellen oder Gruppen von Zellen regeln oder thermisch managen. Solche Ausführungsformen können es einem Thermomanagementregler gestatten, die Temperatur von elektrischen Leitern oder Komponenten unabhängig von anderen Leitern oder Komponenten der elektrischen Vorrichtung zu regeln. In bestimmten solcher Ausführungsformen kann die Wärmeregulation auf dem Zellniveau angelegt sein. In einigen solcher Ausführungsformen ist das Thermomanagementsystem so ausgestaltet, dass die Abweichung von Zelle zu Zelle minimiert oder vermindert wird, eine Degradierung von Zellen vermieden oder vermindert wird und/oder eine unabhängige Feineinstellung des Thermomanagements ermöglicht wird.

**[0118]** Wie in **Fig. 16** dargestellt, kann ein Thermomanagementsystem in einigen Ausführungsformen einen Regler **142** beinhalten. Der Regler kann mit TE-Vorrichtungen **146a** bis **146c** verbunden sein. In einigen Ausführungsformen kann jede der TE-Vorrichtungen **146a** bis **146c** mit mindestens einem elektrischen Leiter **148a** bis **148c** der Zellen **140a** bis **140c** verbunden sein. Jede der Zellen **140a** bis **140c** kann durch das System unabhängig von jeweils einer anderen Zelle thermisch geregelt werden. Die elektrische Energie, die in jede TE-Vorrichtung **146a** bis **146c** hinein oder aus dieser heraus geführt wird, welche den Zellen **140a** bis **140c** eine Erwärmung und/oder eine Kühlung bereitstellt, kann für jede TE-Vorrichtung und/oder Zelle jeweils unabhängig von einer anderen TE-Vorrichtung und/oder Zelle variiert, geändert oder angepasst werden.

**[0119]** **Fig. 17** veranschaulicht ein beispielhaftes Verfahren zur unabhängigen Regelung der Temperatur von mehreren temperaturempfindlichen Bereichen (zum Beispiel Batteriezellen) einer elektrischen Vorrichtung. Das Verfahren kann das Bestimmen des Thermomanagementregimes für zwei oder mehr unabhängige stromführende elektrische Leiter (**170a**) umfassen. Ein unabhängiges Thermomanagementsystem (**170b**) auf jede Zelle ausgeübt werden. Elektrische Energie, die wenigstens einem der Thermomanagementsysteme zugeführt wird, kann unabhängig von der elektrischen Energie, die den anderen Thermomanagementsystemen (**170c**) zugeführt wird, angepasst werden.

**[0120]** In einigen Ausführungsformen kann ein Wärmerohr als eine Transporteinrichtung für Abwärme bereitgestellt werden. Abwärme von einer TE-Vorrichtung kann in einer Wärmesenke abgegeben werden. Beispiele für Wärmesenken beinhalten Wärmeaustauscher, Abströme, andere Strukturen zur Wärmeabfuhr und Kombinationen von Strukturen. Eine Wärmesenke kann an der Abgabeseite oder -oberfläche der TE-Vorrichtung angebracht sein. Die Wärmesenke kann durch Luft, Flüssigkeit gekühlt werden oder alternativ kann sie ein Festkörperbauteil sein, das die TE-Vorrichtung mit einer größeren festen Wärmesenke, wie etwa einem Batteriegehäuse, einer Fahrzeugkarosserie, oder einem anderen strukturellen Element, welches Wärme wirksam abführt, verbindet. In praktischen Anwendungen, wie etwa einem Batterie-Thermomanagementsystem können jedoch Konfektionierungszwänge bestehen, welche die Möglichkeit, Kühlmedien nahe an die Abgabeseite der TE-Vorrichtung zu bringen, beschränken. Alternativ mag eine thermische Wärmeübertragungsvorrichtung verwendet werden, um die Wärme von der Abgabeseite der TE-Vorrichtung zu einer anderen Stelle, an der die Wärmeabfuhr wirksam erfolgen kann, zu überführen.

**[0121]** In einigen Ausführungsformen kann eine Wärmeübertragungsvorrichtung **198** verwendet werden, um die Abgabeseite oder -oberfläche der TE-Vorrichtung **196** mit einer Wärmesenke **194** zu verbinden, wo die Wärme schließlich durch zum Beispiel Luft, Flüssigkeit oder einen Festkörper aufgenommen wird, wie es in **Fig. 19** dargestellt ist. Solch eine Wärmesenke kann zum Beispiel der Kühlflüssigkeitskreislauf eines Automobils, ein Kühler oder eine luftgekühlte Wärmesenke, die Umgebungsluft, ein Arbeitsfluid, ein Fluidreservoir oder ein Festkörper (zum Beispiel ein Batteriegehäuse oder eine Fahrzeugkarosserie) sein.

**[0122]** Die **Fig. 20** bis **Fig. 28** veranschaulichen weitere Ausführungsformen von Ausgestaltungen eines Thermomanagementsystems zum Kühlen und/oder Erwärmen von elektrischen, elektronischen und Leistungsvorrichtungen und/oder -bauteilen, wie etwa einer Batterie oder eines Batterie-Packs. Diese Ausführungsformen können mit einem oder mehreren der Merkmale und Ausführungsformen, die oben beschrieben sind, kombiniert werden oder diese(s) umfassen. Wie oben beschrieben, kann ein Batterie-Pack eine oder mehrere in Reihe und/oder parallel geschaltete Zellen enthalten. Das Thermomanagementsystem kann verwendet werden, um die elektrischen Leiter der Batterie direkt oder indirekt zu kühlen und/oder zu erwärmen.

**[0123]** Die **Fig. 20** bis **Fig. 21** veranschaulichen eine Ausführungsform eines Thermomanagementsystems umfassend ein Batterie-Pack **200**, das mehrere Zellen **204** aufweist, die elektrisch miteinander verbunden sind, um ein einzelnes funktionelles Batterie-Pack **200** bereitzustellen. In einigen Ausführungsformen können individuelle Zellen der Batterie **202** elektrisch über elektrisch leitfähige Stäbe oder andere Konnektoren miteinander in Serie verbunden sein. In einigen Ausführungsformen kann das Thermomanagementsystem eine oder mehrere thermoelektrische Vorrichtungen **206** beinhalten, die in einen oder mehrere Anschlüsse **212** der einen oder mehreren Zellen **204** der Batterie **202** integriert sind oder mit diesen verbunden sind (zum Beispiel in substantiellem thermischen Austausch mit diesen stehen). Wie in **Fig. 20** veranschaulicht, können in einer Ausführungsform die in Reihe verbundenen Zellen zwei parallele Reihen von Anschlüssen **212**, die sich entlang einer oberen Oberfläche der Batterie **202** erstrecken, aufweisen. In einigen Ausführungsformen umfassen die Anschlüsse **212** positive und negative Anschlüsse (zum Beispiel Anoden und Kathoden). In bestimmten solcher Ausführungsformen sind die positiven und negativen Anschlüsse räumlich in einer alternierenden Anordnung positioniert. Die thermoelektrische Vorrichtung **206** kann ein Kupfersubstrat **208** aufweisen, das auf einem keramischen Substrat **210** schichtförmig aufgebracht ist, oder jeglichen anderen geeigneten Aufbau haben. In einigen Ausführungs-

formen kann ein Ende oder ein Teil jeder thermoelektrischen Vorrichtung **206** mit mindestens einem Anschluss **212** von zwei benachbarten Zellen **204**, die miteinander in Reihe verbunden sind, verbunden sein oder in diese(n) integriert sein. In einigen Ausführungsformen ist mindestens ein Anschluss **212** nicht in substantiellem thermischen Austausch mit mindestens einer TE-Vorrichtung **206** oder mit einer solchen verbunden. Ein anderes Ende oder Teil von jeder thermoelektrischen Vorrichtung **206** kann mit einer Wärmeübertragungsvorrichtung **214** verbunden, an diese angeklammert, geklebt, gebunden, angeflanscht oder anderweitig an der Wärmeübertragungsvorrichtung **214** angebracht sein. Die Wärmeübertragungsvorrichtung **214** kann zum Beispiel ein Flüssigkeitsröhrenwärmeaustauscher sein. In einigen Ausführungsformen kann eine Wärmeübertragungsvorrichtung **214** an jede thermoelektrische Vorrichtung **206** oder an alle der TE-Vorrichtungen angebracht sein. In anderen Ausführungsformen können mehrere Wärmeübertragungsvorrichtungen **214** an jeder thermoelektrischen Vorrichtung **206** angebracht sein oder in substantiellem thermischen Austausch mit diesen stehen.

**[0124]** Wie in den **Fig. 20** bis **Fig. 21** veranschaulicht, kann sich die Wärmeübertragungsvorrichtung **214** in einigen Ausführungsformen entlang zumindest eines Teils der oberen Oberfläche der Batterie **202** zwischen den beiden parallelen Reihen der Anschlüsse **212** erstrecken. In einigen Ausführungsformen liegen die Anschlüsse nicht in parallelen Reihen vor. **Fig. 21** veranschaulicht, dass in einigen Ausführungsformen die Wärmeübertragungsvorrichtung **214** derart positioniert sein kann, dass sie nicht in direktem Kontakt mit der Oberfläche der Batterie **202** steht oder diese berührt. In bestimmten Ausführungsformen kann die Wärmeübertragungsvorrichtung **214** in direktem Kontakt mit der Batterie oder Oberflächen der Batterie **202** stehen. In einigen Ausführungsformen grenzt das keramische Substrat **210** an die Wärmeübertragungsvorrichtung **214** und verleiht Unterstützung und Robustheit. Das Kupfersubstrat **208** kann die Stromaufnahme der Batterie **202** führen. In einigen Ausführungsformen kann die Wärmeübertragungsvorrichtung **214** sowohl elektrisch leitfähige Teile als auch elektrisch isolierende Teile umfassen. In einigen Ausführungsformen können die elektrisch leitfähigen Teile sich zueinander hin erstrecken.

**[0125]** Die **Fig. 22** bis **Fig. 23** veranschaulichen einen weiteren Aufbau eines Thermomanagementsystems zum Kühlen und/oder Erwärmen einer elektrischen Vorrichtung, wie etwa einer Batterie. In einer Ausführungsform kann das Thermomanagementsystem zwei Wärmeübertragungsvorrichtungen **234a**, **234b** aufweisen, wobei sich jede hiervon entlang einer oberen Seite der thermoelektrischen Vorrichtungen (nicht gezeigt) erstreckt, welche mit den zwei im Allgemeinen parallelen Reihen der Anschlüsse **232a**,

**232b** verbunden sind. Die Wärmeübertragungsvorrichtungen **234a** und **234b** können sich entlang einer Reihe der Anschlüsse **232a**, **232b** erstrecken. In einigen Ausführungsformen können die Wärmeübertragungsvorrichtungen **234a** und **234b** oder andere Wärmeübertragungsvorrichtungen zwischen den Anschlüssen **232a**, **232b** und den TE-Vorrichtungen angeordnet sein.

**[0126]** Die Fig. 24 bis Fig. 28 veranschaulichen einen weiteren Aufbau eines Thermomanagementsystems zum Kühlen und/oder Erwärmen einer elektrischen Vorrichtung, wie etwa einer Batterie. In einigen Ausführungsformen können eine oder mehrere Wärmeübertragungsvorrichtungen, soweit wie auf Grundlage der Geometrie der elektrischen Leiter, Wärmeübertragungsvorrichtungen und/oder Vorrichtungen unter Thermomanagement möglich, voneinander entfernt positioniert oder beabstandet sein. In einigen Ausführungsformen kann mindestens eine Wärmeübertragungsvorrichtung auf einer Oberfläche einer elektrischen Vorrichtung, die sich von einer Oberfläche, von der die elektrischen Leiter hervorstehen, unterscheidet, angeordnet sein. In einigen Ausführungsformen ist mindestens eine Wärmeübertragungsvorrichtung nicht auf derselben Ebene wie die elektrischen Leiter einer elektrischen Vorrichtung angeordnet. Thermische Übertragung kann an einer Oberfläche senkrecht, normal, nicht eben und/oder nicht parallel zu der Oberfläche, von der die elektrischen Leiter hervorstehen, auftreten. In einigen Ausführungsformen sind eine oder mehrere Wärmeübertragungsvorrichtungen **254a** und **254b** auf zwei gegenüberliegenden Seiten der Batterie **242** angeordnet. Die Wärmeübertragungsvorrichtungen **254a** und **254b** können sich im Wesentlichen entlang der gesamten Länge oder Seite der Batterie **242** erstrecken. Ein Ende der thermoelektrischen Vorrichtungen **246** kann in substantiellem thermischen Austausch mit mindestens einem Anschluss **252** der zwei benachbarten Zellen **244**, die in Reihe miteinander verbunden sind, sein.

**[0127]** In einigen Ausführungsformen können die Enden der thermoelektrischen Vorrichtungen **246**, wie in den Fig. 24 bis Fig. 27 und Fig. 27 veranschaulicht, mit den oberen Enden der Anschlüsse **252** verbunden sein oder auf diesen angebracht sein. In einigen Ausführungsformen können Teile der thermoelektrischen Vorrichtungen einen äußeren Umfang eines elektrischen Leiters umgeben oder auf den Seiten aufgebracht sein, wie es in den Fig. 26 und Fig. 28 veranschaulicht ist. In einigen Ausführungsformen können Teile von thermoelektrischen Vorrichtungen eine obere Oberfläche einer Elektrode in einer im Wesentlichen ebenen Weise kontaktieren. In einigen Ausführungsformen kann eine Gesamthöhe oder Standfläche eines Batteriemoduls oder anderen elektrischen Vorrichtungen beibehalten oder im Wesentlichen äquivalent gehalten werden, indem Strukturen

eines Thermomanagementsystems in einer im Wesentlichen ebenen Weise mit der vorhandenen Oberfläche oder den vorhandenen Oberflächen von elektrischen Leitern oder elektrischen Vorrichtungen verbunden oder orientiert zu diesen angeordnet werden.

**[0128]** In einigen Ausführungsformen kann das andere Ende von jeder thermoelektrischen Vorrichtung **246** mit einer Wärmeübertragungsvorrichtung **254a** oder **254b** verbunden, an diese angeklemt und/oder angeflanscht sein. In einigen Ausführungsformen kann solch eine Anordnung eines Thermomanagementsystems Wärme zu den Anschlüssen **252** und/oder den Seiten der Batterie **242** hin oder von diesen weg übertragen.

**[0129]** In einigen Ausführungsformen können zumindest einige der hierin beschriebenen Thermomanagementsysteme eines oder mehrere der folgenden Merkmale aufweisen:

1. Ein direktes Thermomanagement von Leistungselektronik oder elektrischen Vorrichtungen, indem die Zuleitungen der Vorrichtungen über eine TE-Vorrichtung thermisch gemanagt werden.
2. Indirektes Kühlen der Zuleitungen mit einer Wärmeübertragungsvorrichtung, die mit einer TE-Vorrichtung verbunden ist.
3. Mindestens eine gekühlte Stromzuleitung pro TE-Vorrichtung.
4. Mehrere durch eine einzige TE-Vorrichtung gekühlte Zuleitungen.
5. Eine TE-Vorrichtung, die in Parallel- oder Reihenschaltung mit der thermisch gemanagten Vorrichtung mit elektrischer Energie versorgt wird.
6. Eine TE-Spannungs-Strom-Auslegung, die für das direkte Verbinden mit der Batterie optimiert ist, um die Notwendigkeit für zusätzliche Elektronik zu minimieren und ein gewünschtes Maß an Kühlung für die Batterie bereitzustellen.
7. Eine TE-Vorrichtung auf der Batterieseite der Stromkreisunterbrechung.
8. Eine TE-Vorrichtung auf der Ladekabelseite der Stromkreisunterbrechung.
9. TE-Vorrichtungen mit unterschiedlicher Polarität je nach Verwendung auf der Ladekabelseite und auf der Batterieseite, so dass die Batterie stets gekühlt wird, unabhängig davon ob sie geladen oder entladen wird.
10. Ein thermischer Isolator, der einen parasitären Fluss von Wärme/Kälte zu dem Teil des elektrischen Stromkreises außerhalb der Vorrichtung, die thermisch gemanagt wird, verhindert.
11. Eine Vorrichtung unter Thermomanagement, welche mindestens zwei in Reihe geschaltete Einheiten umfasst. Eine TE-Vorrichtung kann thermisch mit dem elektrischen Leiter, der die beiden Einheiten in Reihe verbindet, verbunden sein.
12. Eine Mehrzahl von elektrisch miteinander verbundenen Elementen. Mindestens eine TE-Vorrichtung kann thermisch mit einer Mehrzahl an

elektrischen Leitern, welche die Elemente verbinden, verbunden sein.

13. Ein Thermomanagement eines Batterie-Packs, das eine oder mehrere der oben beschriebenen Techniken verwendet.

14. Ein IGBT-Thermomanagement, das eine oder mehrere der oben beschriebenen Techniken verwendet.

15. Ein Thermomanagement von Leistungsverstärkern, das eine oder mehrere der oben beschriebenen Techniken verwendet.

**[0130]** Die Fig. 29 bis Fig. 32 veranschaulichen weitere Ausführungsformen von Ausgestaltungen von Thermomanagementsystemen zum Kühlen und/oder Erwärmen elektrischer Vorrichtungen, zum Beispiel einer Batterie, eines Batterie-Packs, etc., welche Merkmale oder Aspekte, insgesamt oder zum Teil, von jeglichen Ausführungsformen, Merkmalen, Strukturen und Betriebsmodi, die hierin beschrieben sind, umfassen oder beinhalten können.

**[0131]** Wie oben diskutiert, kann es in einigen Ausführungsformen vorteilhaft sein, einer elektrischen Vorrichtung ein Thermomanagement (entweder Erwärmen und/oder Kühlen) bereitzustellen, um einen effizienten Betrieb der elektrischen Vorrichtung zu fördern. Zum Beispiel kann das Erwärmen und Kühlen einer elektrischen Vorrichtung (zum Beispiel einer Batterie, eines Batterie-Packs, Zellen eines Batterie-Packs, etc.) durch elektrische Leiter (zum Beispiel Batterie- oder Zellelektroden) eine wirksame Weise zum Ausüben eines solchen Thermomanagements sein. Eine Option, den Zellen in einem Batterie-Pack ein verteiltes und agiles Thermomanagement bereitzustellen, besteht darin, den Fluss von Wärme in die Batterie hinein und aus dieser heraus dadurch zu regeln, dass thermoelektrische Vorrichtungen in thermischen Austausch mit einer oder mehreren Batterieelektroden gesetzt werden, wie es für bestimmte Ausführungsformen hierin beschrieben ist.

**[0132]** Im Allgemeinen erzeugen wenn eine Zelle einer Batterie oder eines Batterie-Packs in Betrieb ist (zum Beispiel geladen wird oder sich entlädt) interne chemische und/oder physikalische Vorgänge, Wärme in der Zelle. In bestimmten Ausführungsformen kann diese Wärme inhomogen über die Zelle verteilt sein, resultierend darin, dass sich die wärmsten Bereiche der Zelle am nächsten zu, in unmittelbarer Nähe zu oder bei den Elektroden befinden. Zum Beispiel wurde ein solches Muster oder ein solcher thermischer Gradient in S. Chacko, Y. M. Chung/Journal of Power Sources 213 (2012), 296–303, beschrieben. Eine schematische Veranschaulichung eines simulierten Temperaturprofils oder thermischen Gradienten einer sich entladenden Batterie aus dem Artikel von Chacko ist in Fig. 29 gezeigt. Die unterschiedlichen Schraffierungsmuster zeigen unterschiedliche Temperaturen an. In einigen Ausführungsformen ist,

wie in Fig. 29 gezeigt, der Temperaturgradient der Zelle derart, dass er in kontinuierlicher Weise von Raumbereichen oder Zonen **340** in unmittelbarer Nähe zu oder bei den Elektroden **300** mit den höchsten Temperaturen zu Zonen **360** am Ende der Zelle, die am weitesten von den Elektroden entfernt sind, mit den niedrigsten Temperaturen, abnimmt. In einigen Ausführungsformen ist der Temperaturgradient derart, dass die Temperatur von Raumbereichen oder Zonen in unmittelbarer Nähe zu oder bei den Elektroden mit den niedrigsten Temperaturen zu Zonen der Zelle, die am weitesten von den Elektroden entfernt sind, mit den höchsten Temperaturen, zunimmt.

**[0133]** In einigen Ausführungsformen werden Temperaturgradienten oder thermische Gradienten über oder innerhalb der Batteriezelle oder einem anderen temperaturempfindlichen Bereich einer elektrischen Vorrichtung als ein Ergebnis der Wärme, die durch den elektrochemischen Vorgang innerhalb der Zelle und durch Joule'sche Erwärmung während des Betriebs (zum Beispiel dem Entladen oder dem Aufladen) erzeugt, zugeführt oder absorbiert wird, hervorgerufen. Joule'sche Erwärmung kann aus dem Betrieb einer Batterie resultieren, welcher Wärme aufgrund der  $I^2R$ -Verluste erzeugt, wenn Strom während des Ladens oder des Entladens durch den Innenwiderstand der Batterie fließt.

**[0134]** Dieses sind Massevorgänge, die im Volumen der Zelle ablaufen, wobei Diffusion einen großen Beitrag dazu leistet, wo in den Zellvolumen der Vorgang zu einem bestimmten Zeitpunkt abläuft. Zum Beispiel wird in einigen Ausführungsformen, wenn die Zelle nahezu vollständig geladen ist, die Entladung nah an oder in unmittelbarer Nähe zu den Elektroden beginnen. In solchen Ausführungsformen wird mehr Wärme näher an den Elektroden erzeugt, resultierend in höheren Temperaturen bei oder nahe diesen Elektroden als in Bereichen oder Zonen der Zelle, die weiter von den Elektroden entfernt sind. Umgekehrt sind in einigen Ausführungsformen, wenn die Batterie nahezu entladen ist, die Bereiche, die von den Elektroden am weitesten entfernt sind, am wärmsten oder weisen, verglichen mit den Zonen nahe den Elektroden, höhere Temperaturen auf, da sie noch nicht entladen sind.

**[0135]** Zusätzlich kann in einigen Ausführungsformen, wenn eine Zelle einer Batterie oder ein Bereich einer anderen elektrischen Vorrichtung durch oder über die Elektroden erwärmt oder gekühlt wird, ebenfalls ein thermischer Gradient über der Zelle oder dem Bereich ausgebildet werden. Zum Beispiel wird, falls die Elektroden gekühlt werden (d. h. thermische Energie der Zelle entzogen wird), das Volumen, die Zone, der Bereich, etc. der Zelle, welches/welche/welcher sich am nächsten oder in unmittelbarer Nähe zu den Elektroden befindet, am meisten gekühlt. Wenn die Rate der Wärmeabfuhr aus der Zelle deut-

lich höher ist als die Rate der Wärmeerzeugung in der Zelle (bewirkt durch physikalische und/oder chemische Vorgänge, die ablaufen, wenn die Zelle in Betrieb ist, wie oben diskutiert), dann wird sich ein thermischer Gradient in der Zelle entwickeln. Die Bereiche nah an den Elektroden werden die kältesten sein, während die Bereiche fern von den Elektroden die wärmsten sein werden. Zum Beispiel wurde in einer Ausführungsform Wärme mit einer Leistung von 20 W aus einer Pouch-Zelle (zum Beispiel Actacell, 5 A-h Leistungszelle) gepumpt, was zu der Erzeugung eines thermischen Gradienten über der Zelle von 13 Grad Celsius führte. Umgekehrt mag, wenn die Elektroden erwärmt werden, ein entgegengesetzter Gradient erzeugt werden, worin die Bereiche nah an den Elektroden die wärmsten sind und die Bereiche fern von den Elektroden die kältesten sind.

**[0136]** In einigen Ausführungsformen ist die Abstufung der thermischen Energie keine unetwige Variation, sondern ein kontinuierlicher thermischer Gradient über der Zelle der Batterie oder dem Bereich der elektrischen Vorrichtung. Thermische Gradienten können die Lebensdauer der Zelle, die Kapazität der Zelle und die Langzeitzyklusfähigkeit vermindern. In einigen Ausführungsformen ist es vorteilhaft, solche Gradienten zu beseitigen, zu minimieren oder zu vermindern.

**[0137]** In einigen Ausführungsformen kann das Kombinieren der beiden Effekte (Gradienten, die durch Kühlen und/oder Erwärmen über Elektroden erzeugt werden und Gradienten, die während des elektrischen Betriebs oder des Batteriebetriebs (zum Beispiel aufgrund elektrochemischer Vorgänge, Joule'scher Erwärmung, etc.) erzeugt werden), so dass die Gradienten sich ausgleichen oder einander entgegenwirken, zu einer Zelle einer Batterie oder einem Bereich einer elektrischen Vorrichtung führen, worin der thermische Netto-, Gesamt- und/oder resultierende Gradient beseitigt, minimiert oder vermindert ist. In einigen Ausführungsformen ist das Thermomanagementsystem so ausgestaltet, dass der thermische Gradient über dem Bereich der elektrischen Vorrichtung oder innerhalb dessen derart geregelt wird, dass der thermische Gradient weniger als oder gleich ungefähr 2 Grad Celsius, weniger als oder gleich ungefähr 10 Grad Celsius oder weniger oder gleich ungefähr 30 Grad Celsius bleibt.

**[0138]** Ein Beispiel des Kombinierens thermischer Gradienten, die durch den Betrieb und das Thermomanagement einer elektrischen Vorrichtung erzeugt werden, derart, dass der thermische Netto-, Gesamt- oder resultierende Gradient vermindert oder minimiert wird, ist schematisch in **Fig. 30** veranschaulicht. Die erste Zeichnung auf der linken Seite in **Fig. 30** veranschaulicht schematisch eine vereinfachte Ansicht eines thermischen Gradienten, der durch Wärme, die in einer Batteriezelle durch inter-

ne Vorgänge (zum Beispiel elektrochemische Vorgänge, Joule'sche Erwärmung, etc.) während des Betriebs erzeugt wird, hervorgerufen wird. Der thermische Gradient oder die Variation in lokalen Temperaturen, angezeigt durch die verschiedenen Schraffierungsmuster über der Zelle der Batterie, veranschaulicht, dass in manchen Ausführungsformen die höchsten Temperaturen nahe der Elektrode und die niedrigsten Temperaturen in Bereichen, die am weitesten von der Elektrode entfernt sind, vorliegen. Die mittlere Zeichnung der **Fig. 30** veranschaulicht schematisch eine vereinfachte Ansicht eines thermischen Gradienten, der durch geregeltes Kühlen einer elektrischen Vorrichtung über eine Elektrode der Zelle, die in thermischem Austausch mit einer thermoelektrischen Vorrichtung steht, erzeugt wird. Der thermische Gradient ist entgegengesetzt bezogen auf den thermischen Gradienten in der ersten Zeichnung mit den höchsten Temperaturen in Bereichen der Zelle, die am weitesten von der Elektrode entfernt sind und den niedrigsten Temperaturen nahe der Elektrode, wie durch die verschiedenen Schraffierungsmuster veranschaulicht. Das Kombinieren der beiden Effekte oder thermischen Gradienten führt in einer Zelle oder einem Bereich einer elektrischen Vorrichtung, dazu, dass ein thermischer Gesamt- oder Nettogradient, vermindert, minimiert oder beseitigt wird, wie es in der rechten Zeichnung von **Fig. 30** veranschaulicht ist.

**[0139]** Nunmehr Bezug nehmend auf **Fig. 31** wird eine Ausführungsform eines Thermomanagementsystems **301** bereitgestellt, die verschiedene Merkmale und Vorteile der zuvor genannten Ausführungsformen (zum Beispiel wie in den **Fig. 1** bis **Fig. 28** veranschaulicht) aufweisen kann, wie auch weitere hierin beschriebene Merkmale. Das Thermomanagementsystem **301** kann so ausgestaltet sein, dass es ein geregeltes Kühlen und/oder Erwärmen bereitstellt, um thermische Gradienten, lokale heiße Stellen und/oder kalte Stellen, die über einem temperaturempfindlichen Bereich einer elektrischen Vorrichtung (zum Beispiel einer Batteriezelle, etc.) oder innerhalb eines solchen Bereichs gebildet werden, zu vermindern, zu minimieren oder zu beseitigen. Das Thermomanagementsystem **301** kann derart ausgestaltet sein, dass es ein geregeltes Kühl- und/oder Erwärmungssystem umfasst, welches eine ungleiche Verteilung erzeugter Wärme, Temperatureffekte, und/oder thermisch heiße Stellen und kalte Stellen in einer elektrischen Vorrichtung, welche als ein Ergebnis interner Erwärmung während des Betriebs erzeugt werden, die Umgebungstemperatur und/oder die Geometrie des Bereichs erfasst. Das geregelte Kühl- und/oder Erwärmungssystem kann solche Variablen zusammen mit anderen elektrischen Aspekten, die eine ungleiche Temperaturverteilung oder thermische Gradienten über dem Bereich der elektrischen Vorrichtung erzeugen, erfassen. Das Thermomanagementsystem **301** kann ein geregeltes Kühlen und/oder Er-

wärmen ausüben, wie es notwendig oder angemessen ist, um irgendeinem solchen thermischen Gradienten oder irgendeiner solchen Temperaturverteilung Rechnung zu tragen, ihm/ihr entgegenzuwirken oder diesen/diese auszugleichen. In einigen Ausführungsformen kann das Thermomanagementsystem ein geregeltes Kühlen und/oder Erwärmen bereitstellen oder ausüben, welches einen entgegengesetzten thermischen Gradienten über dem Bereich der elektrischen Vorrichtung erzeugt, der dem thermischen Gradienten, der während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung erzeugt wird, entgegenwirkt oder diesen ausgleicht.

**[0140]** In einigen Ausführungsformen kann, wie in Fig. 31 veranschaulicht, ein Thermomanagementsystem **301** so ausgestaltet sein, dass die Temperatur in einem temperaturempfindlichen Bereich **302** einer elektrischen Vorrichtung **304** gemanagt wird. Das System **301** kann eine thermoelektrische Vorrichtung **306** umfassen, die so ausgestaltet ist, dass sie bei Anwendung elektrischer Energie auf die thermoelektrische Vorrichtung **306** thermische Energie zwischen einer Hauptoberfläche **308** und einer Abgabeoberfläche **318** der thermoelektrischen Vorrichtung überträgt. Die Hauptoberfläche **308** der thermoelektrischen Vorrichtung kann in substantiellem thermischen Austausch mit einem elektrischen Leiter **310** stehen. Der elektrische Leiter **310** ist so ausgestaltet, dass er elektrische Energie zu der elektrischen Vorrichtung **304** hin oder von dieser weg liefert, so dass der elektrische Leiter als eine Leitung zum Leiten thermischer Energie zwischen dem temperaturempfindlichen Bereich **302** der elektrischen Vorrichtung **304** und der thermoelektrischen Vorrichtung **306** dient. Wie für andere Ausführungsformen beschrieben und veranschaulicht, kann die elektrische Vorrichtung **304**, ohne jedoch hierauf beschränkt zu sein, eine Batterie, ein Batterie-Pack, etc., sein. Der temperaturempfindliche Bereich **302** kann, ohne jedoch hierauf beschränkt zu sein, eine Zelle oder Zellen einer Batterie sein. In einigen Ausführungsformen kann der elektrische Leiter **310** eine Elektrode einer Batterie oder einer Zelle sein. Die thermoelektrische Vorrichtung kann den elektrischen Leiter **310** oder eine Wärmeübertragungsvorrichtung, die in thermischem Austausch mit dem elektrischen Leiter steht, kontaktieren oder an diesem/dieser anliegen, wie es oben in Bezug auf bestimmte Ausführungsformen beschrieben wurde,.

**[0141]** In einigen Ausführungsformen kann das Thermomanagementsystem **301** einen Regler oder ein Regelungssystem **312** umfassen (zum Beispiel, ohne hierauf beschränkt zu sein, eine elektronische Regelungseinheit, die verschiedene Merkmale und Vorzüge der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen wie auch weitere Merkmale, die hierin beschrieben werden, umfassen kann), der/das so ausgestaltet ist, dass er/es die elektrische Energie,

die an die thermoelektrische Vorrichtung **306** geliefert wird, derart anpasst, dass die thermische Energie, die über den elektrischen Leiter **310** (zum Beispiel durch Erwärmen und/oder Kühlen) zu dem temperaturempfindlichen Bereich **302** der elektrischen Vorrichtung **304** hin oder von diesem weg übertragen wird, einen während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung **304** über dem temperaturempfindlichen Bereich **302** erzeugten thermischen Gradienten vermindert, minimiert oder beseitigt.

**[0142]** Wie oben beschrieben, kann in einigen Ausführungsformen der Regler oder das Regelungssystem **312** das Maß an elektrischer Energie (zum Beispiel Spannung und/oder Strom, etc.), welches an die thermoelektrische Vorrichtung **306** geliefert wird, derart anpassen, dass die thermische Energie, die zu dem temperaturempfindlichen Bereich **302** der elektrischen Vorrichtung **304** hin oder von diesem weg übertragen wird, einen thermischen Gradienten über oder innerhalb des Bereichs erzeugt. In einigen Ausführungsformen wird die zu der thermoelektrischen Vorrichtung hin oder von dieser weg geführte elektrische Energie eingestellt zwischen zwei oder mehr Stufen des Stroms und/oder der Spannung ungleich Null. Der Regler oder das Regelungssystem **312** kann so ausgelegt sein (zum Beispiel mit einem Regelungsalgorithmus), dass der als ein Ergebnis des Erwärmens und/oder Kühlens des Bereichs erzeugte thermische Gradienten einen thermischen Gradienten, der während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung **304** erzeugt wird, derart ausgleicht oder mit ihm zusammenwirkt, dass ein thermischer Netto-, Gesamt- oder resultierender Gradient der elektrischen Vorrichtung beseitigt oder vermindert wird, wie es in den vereinfachten Darstellungen in Fig. 30 veranschaulicht ist.

**[0143]** In einigen Ausführungsformen ist die thermische Umschlagskapazität der thermoelektrischen Vorrichtung so konzipiert oder ausgestaltet, dass sie angemessen ist, um die während des Betriebs in einer Zelle oder in einem Bereich einer elektrischen Vorrichtung erzeugte Wärme abzuführen. Das thermoelektrische Managementsystem **301** kann einen Regler oder ein Regelungssystem **312** (zum Beispiel eine elektronische Regelungseinheit, etc.) umfassen, der/das den Betrieb der thermoelektrischen Vorrichtung **306** in Antwort auf den thermischen Zustand der Zelle, ihren aktuellen Betriebsmodus, die Eingänge von Signalen auf Pack-Niveau, Eingangssignale von einem Sensor und/oder anderen hierin beschriebenen Eingangssignalen regelt. Als ein Ergebnis kann die thermoelektrische Vorrichtung **306** die in einer Zelle erzeugte Wärme abpumpen und dadurch den durch den Betrieb der Zelle erzeugten thermischen Gradienten neutralisieren, minimieren, vermindern oder beseitigen. In einigen Ausführungsformen kann die thermoelektrische Vorrichtung **306** Wärme

zu der Zelle pumpen, wie es erforderlich ist, um einen thermischen Gradienten zu vermindern.

**[0144]** In einigen Ausführungsformen kann der Regler oder das Regelungssystem **312** eine elektronische Regelungseinheit umfassen, die eine Echtzeitregelung der thermoelektrischen Vorrichtung **306** bereitstellt, so dass die Wärmepumptrate (entweder hin zu oder weg von) der thermoelektrischen Vorrichtung **306** auf die Wärmeproduktionsrate der Zelle reagiert, um einen thermischen Gradienten zu vermindern, zu minimieren oder zu beseitigen. Zusätzlich vermag der Regelungsalgorithmus eine Vielzahl weiterer Eingangssignale **316** umfassen, die durch den Regler **312** zu überwachen sind, beinhaltend zum Beispiel:

- Ladezustand, Funktionsfähigkeit, Spannung, Temperatur, Widerstand oder eine Kombination derselben sowie weitere Betriebsparameter der elektrischen Vorrichtung, des Batterie-Packs, Moduls oder der einzelnen Zelle;
- Leistungsfähigkeit der thermoelektrischen Vorrichtung als eine Funktion von Betriebsparametern (zum Beispiel kann eine thermoelektrische Vorrichtung in dem effizientesten Modus oder dem leistungsfähigsten Modus betrieben werden, abhängig von den Bedürfnissen der Batterie);
- Informationen über die äußere Umgebung, wie Temperatur, Tageszeit, Jahreszeit, Wettervorhersage;
- Geländeinformationen (zum Beispiel führt das Fahren in den Bergen zu einer zusätzlichen Belastung der Batterie, welche vorhergesehen werden kann, wenn Geländeinformationen durch ein bordeigenes GPS bereitgestellt werden);
- Die elektronische Regelungseinheit vermag ein eigenständiger elektronischer Stromkreis sein oder sie könnte ein Teil des gesamten Batteriemanagementsystems, BMS, sein;
- Geometrie des temperaturempfindlichen Bereichs, der gemanagt werden soll.

**[0145]** In einigen Ausführungsformen kann, wie oben beschrieben, die thermoelektrische Vorrichtung **306** und/oder der Regler **312** (zum Beispiel eine elektronische Regelungseinheit) vollständig oder teilweise durch genau die Zelle oder die elektrische Vorrichtung, deren thermischer Zustand gemanagt wird, mit elektrischer Energie versorgt werden, wie es in **Fig. 4** veranschaulicht ist. In anderen Ausführungsformen mag die elektrische Energie durch andere Quellen, wie etwa eine externe Energieversorgung bereitgestellt werden, wie es oben im Zusammenhang mit vorstehend genannten Ausführungsformen diskutiert wurde und in **Fig. 5** veranschaulicht ist.

**[0146]** In einigen Ausführungsformen kann das Thermomanagementsystem **301** einen Sensor/Sensoren (**314**) mit einem oder mehreren Merkmalen, wie oben mit Bezug auf die **Fig. 4** und **Fig. 5** diskutiert, umfassen. Wie in **Fig. 31** veranschaulicht, kann/

können der Sensor/die Sensoren in thermischer Verbindung mit der elektrischen Vorrichtung **304** und in elektrischer Verbindung mit dem Regler **312** stehen und jegliches oben beschriebene Eingangssignal zur Überwachung durch den Regler oder das Regelungssystem **312** bereitstellen. Eingänge oder Signale **316** von anderen Sensoren (nicht gezeigt) können ebenfalls zur Überwachung an den Regler oder das Regelungssystem **312** als Teil eines Regelungsalgorithmus zur Bereitstellung ausreichender Erwärmung und/oder Kühlung, um einen thermischen Gradienten oder eine andere ungleiche Temperaturverteilung zu vermindern, zu minimieren oder zu beseitigen, bereitgestellt werden.

**[0147]** In einigen Ausführungsformen ist die Wärmepumpkapazität einer thermoelektrischen Vorrichtung, die an den Elektroden angebracht ist, eine Funktion des Batterietyps und dessen Aufbaus wie auch des Aufbaus des Batterie-Packs. Eine typische Pouch-Zelle von einigen Amperestunden elektrischer Leistungskapazität kann eine thermoelektrische Vorrichtung mit einer Wärmepumpkapazität zwischen 1 und 10 W erfordern.

**[0148]** Das Thermomanagementsystem **301** kann jedes der für die vorhergehenden Ausführungsformen oben diskutierten Merkmale umfassen. Zum Beispiel kann das Thermomanagementsystem **301** mit den Merkmalen unabhängiger Regelung, die im Zusammenhang mit **Fig. 16** beschrieben und veranschaulicht wurden, kombiniert sein. Einzelne Zellen und/oder Bereiche der Batterie oder der elektrischen Vorrichtung können unabhängig voneinander thermisch gemanagt werden. In einigen Ausführungsformen werden unterschiedliche Bereiche unterschiedliche thermische Gradienten haben und somit eine unabhängige Regelung erfordern, derart, dass die angemessene und ausreichende Erwärmung und/oder Kühlung bereitgestellt wird, um jeden thermischen Gradienten, der während des Betriebs erzeugt wird, zu minimieren oder zu beseitigen. In einigen Ausführungsformen kann jeder Bereich oder jede Zelle durch einen oder mehrere unterschiedliche Sensoren überwacht werden oder mit diesen in Verbindung stehen. In einigen Ausführungsformen können ein oder mehrere Sensoren einen oder mehrere Bereiche oder Zellen überwachen oder mit diesem/diesen in Verbindung stehen. In einigen Ausführungsformen kann das Thermomanagementsystem eine Gesamtüberwachung beinhalten, wobei der thermische Zustand der gesamten Batterie oder der gesamten elektrischen Vorrichtung durch einen oder mehrere Sensoren überwacht wird. In einigen Ausführungsformen können ein oder mehrere Sensoren dem Regler einen Bericht über den thermischen Zustand oder ein anderes Eingangssignal der gesamten elektrischen Vorrichtung oder Batterie bereitstellen. Zusätzlich kann das Thermomanagementsystem **301** kombiniert werden mit, ohne jedoch hierauf beschränkt zu

sein, jeder der Ausgestaltungen, die in den **Fig. 20** bis **Fig. 28** dargestellt sind.

**[0149]** In einigen Ausführungsformen werden, wie in **Fig. 32** veranschaulicht, die Schritte **380A** bis **380C** zum Thermomanagement einer elektrischen Vorrichtung ausgeübt. Die elektrische Vorrichtung kann elektrische Leiter (zum Beispiel Elektroden, etc.) aufweisen, die mit einer thermoelektrischen Vorrichtung verbunden sind. Der erste Schritt **380A** kann das Überwachen des thermischen Zustands der elektrischen Vorrichtung als ein Ganzes, eines Teils derselben oder von einzelnen Zellen oder Bereichen in voneinander unabhängiger Weise umfassen. Der zweite Schritt **380B** kann das Zuführen elektrischer Energie (zum Beispiel Spannung und/oder Strom, etc.) an die thermoelektrische Vorrichtung, um einen gewünschten Erwärmungs- und/oder Kühleffekt zu erzeugen, umfassen. Der dritte Schritt **380C** kann das Anpassen des Maßes an elektrischer Energie, die der thermoelektrischen Vorrichtung zugeführt wird, auf Grundlage des thermischen Zustands der elektrischen Vorrichtung, umfassen. In einigen Ausführungsformen können die Schritte das Schaffen eines substantiellen thermischen Austauschs zwischen einer thermoelektrischen Vorrichtung und einem elektrischen Leiter, der in thermischer und elektrischer Verbindung mit einem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung steht, umfassen. Die Schritte können das Überwachen von Eingangssignalen, die durch einen Sensor in thermischer Verbindung mit dem Bereich der elektrischen Vorrichtung und in elektrischer Verbindung mit einem Regler, der zur Überwachung der Eingangssignale dient, bereitgestellt werden, umfassen. Die Schritte können das Anpassen der elektrischen Energie (zum Beispiel der Spannung und/oder des Stroms, etc.), die zu der thermoelektrischen Vorrichtung hin oder von dieser weg geführt wird, in Antwort auf die Eingangssignale umfassen, um einen während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten zu minimieren oder zu beseitigen. Diese Schritte können wiederholt oder in einem Zyklus ausgeführt werden, wenn die elektrische Vorrichtung fortdauernd in Betrieb steht. In einigen Ausführungsformen können diese Schritte sogar nach dem Betrieb fortgesetzt werden, wenn ein thermischer Gradient aufgrund von Restwärme in der elektrischen Vorrichtung noch vorhanden ist.

**[0150]** In einigen Ausführungsformen wird ein Verfahren zum Thermomanagement einer elektrischen Vorrichtung bereitgestellt, welches das Verbinden einer thermoelektrischen Vorrichtung mit einem Regelungssystem zum Thermomanagement einer elektrischen Vorrichtung, Platzieren der thermoelektrischen Vorrichtung in thermischen Austausch mit einem elektrischen Leiter der elektrischen Vorrichtung,

und Verbinden eines Sensors mit dem Regelungssystem und der elektrischen Vorrichtung, umfasst.

**[0151]** Die Diskussion der unterschiedlichen Ausführungsformen erfolgte hierin im Allgemeinen den schematisch in den Figuren veranschaulichten Ausführungsformen folgend. Es ist jedoch in Betracht zu ziehen, dass die bestimmten Merkmale, Strukturen oder Charakteristika jeder Ausführungsform, die hierin beschrieben ist, in jeder geeigneten Weise in einer oder mehreren separaten Ausführungsformen, die hierin nicht explizit veranschaulicht oder beschrieben sind, kombiniert sein können. In vielen Fällen können Strukturen, die als einheitlich oder zusammenhängend beschrieben oder veranschaulicht sind, getrennt werden, während sie noch immer die Funktion(en) der einheitlichen Struktur ausüben. In vielen Fällen können Strukturen, die als getrennt beschrieben oder veranschaulicht sind, vereinigt oder kombiniert werden, wobei sie weiterhin die Funktion(en) der getrennten Strukturen ausüben.

**[0152]** Verschiedene Ausführungsformen sind oben beschrieben. Obwohl die Erfindung unter Bezugnahme auf diese spezifischen Ausführungsformen beschrieben wurde, sind die Beschreibungen zur Veranschaulichung gedacht und sind nicht als beschränkend gedacht. Zahlreiche Modifikationen und Anwendungen sind dem Fachmann zugänglich, ohne vom Geist und Umfang der hierin beschriebenen Erfindungen abzuweichen.

## Patentansprüche

1. Ein Thermomanagementsystem, das so ausgestaltet ist, dass die Temperatur in einem temperaturempfindlichen Bereich einer elektrischen Vorrichtung gemanagt wird, wobei das System umfasst: eine thermoelektrische Vorrichtung, die so ausgestaltet ist, dass sie bei Anwenden elektrischer Energie auf die thermoelektrische Vorrichtung thermische Energie zwischen einer Hauptoberfläche und einer Abgabeoberfläche überträgt, wobei die Hauptoberfläche der thermoelektrischen Vorrichtung in substantiellem thermischen Austausch mit einem elektrischen Leiter steht, wobei der elektrische Leiter so ausgestaltet ist, dass er elektrische Energie zu einer elektrischen Vorrichtung hin oder von dieser weg führt, und wobei der elektrische Leiter in der Lage ist, als eine Leitung zum Leiten thermischer Energie zwischen einem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung und der thermoelektrischen Vorrichtung zu dienen; einen Regler umfassend einen Regelungsalgorithmus, der so ausgestaltet ist, dass er einen während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten überwacht und an die thermoelektrische Vorrichtung gelieferte elektrische Energie derart anpasst, dass die thermische Energie, die

zu dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung hin oder von diesem weg übertragen wird, den während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten vermindert oder beseitigt.

2. Das Thermomanagementsystem gemäß Anspruch 1, umfassend des Weiteren einen Sensor in thermischer Verbindung mit der elektrischen Vorrichtung und in elektrischer Verbindung mit dem Regler, wobei der Regler so ausgestaltet ist, dass er ein Eingangssignal von dem Sensor und elektrische Energie, die in die elektrische Vorrichtung unter Thermomanagement hinein oder aus dieser heraus gerichtet ist, überwacht und an die thermoelektrische Vorrichtung gelieferte elektrische Energie anpasst, um den während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten zu vermindern oder zu beseitigen.

3. Das Thermomanagementsystem gemäß Anspruch 1, wobei die in Antwort auf das Eingangssignal zur Verminderung oder Beseitigung des während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten an die thermoelektrische Vorrichtung gelieferte elektrische Energie zwischen zwei oder mehr Stufen elektrischer Energie ungleich Null eingestellt wird.

4. Das Thermomanagementsystem gemäß Anspruch 1, wobei der Regelungsalgorithmus des Weiteren so ausgestaltet ist, dass er einen als ein Ergebnis der thermischen Energie, die zu dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung hin oder von diesem weg übertragen wird, erzeugten thermischen Gradienten überwacht und an die thermoelektrische Vorrichtung gelieferte elektrische Energie derart anpasst, dass der thermische Gradient, der als ein Ergebnis der thermischen Energie, die zu dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung hin oder von diesem weg übertragen wird, erzeugt wird, den während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten vermindert oder beseitigt.

5. Das Thermomanagementsystem gemäß Anspruch 1, wobei die thermoelektrische Vorrichtung einen ersten Betriebsmodus und einen zweiten Betriebsmodus umfasst, wobei in dem ersten Betriebsmodus die thermoelektrische Vorrichtung so ausgestaltet ist, dass sie eine maximale durch die thermoelektrische Vorrichtung zugelassene Menge an thermischer Energie überträgt, und wobei in dem zweiten Betriebsmodus die thermoelektrische Vorrichtung so ausgestaltet ist, dass sie eine Menge an thermischer Energie derart überträgt, dass der durch die Übertra-

gung thermischer Energie erzeugte thermische Gradient im Ausgleich mit dem während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten steht, so dass ein resultierender thermischer Gradient über dem temperaturempfindlichen Bereich vermindert oder beseitigt wird.

6. Das Thermomanagementsystem gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei ein Eingangssignal, das ausgestaltet ist, durch den Regler überwacht zu werden, mindestens eines der folgenden umfasst: Temperatur der elektrischen Vorrichtung, Ladezustand der elektrischen Vorrichtung, Funktionsfähigkeit der elektrischen Vorrichtung, Spannung der elektrischen Vorrichtung, Widerstand der elektrischen Vorrichtung, Strom der elektrischen Vorrichtung, Last auf der elektrischen Vorrichtung, Umgebungstemperatur, Wettervorhersage, Tageszeit, Geländeinformation und Geometrie des temperaturempfindlichen Bereichs.

7. Das Thermomanagementsystem gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Regler in ein Batteriemanagementsystem, das so ausgestaltet ist, dass es Regelungsfunktionen auf ein Batterie-Pack ausübt, integriert ist.

8. Das Thermomanagementsystem gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die elektrische Vorrichtung eine Batterie ist und der temperaturempfindliche Bereich eine Zelle der Batterie ist.

9. Das Thermomanagementsystem gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der thermische Gradient über dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung auf weniger als oder gleich ungefähr 10 Grad Celsius vermindert wird.

10. Das Thermomanagementsystem gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die thermoelektrische Vorrichtung durch die elektrische Vorrichtung mit elektrischer Energie versorgt wird.

11. Ein Verfahren zum Thermomanagement einer elektrischen Vorrichtung, wobei das Verfahren umfasst:

Schaffen eines substantiellen thermischen Austauschs zwischen einer thermoelektrischen Vorrichtung und einem elektrischen Leiter, der in thermischer und elektrischer Verbindung mit einem temperaturempfindlichen Bereich einer elektrischen Vorrichtung steht;

Überwachen eines Eingangssignals von einem Temperatursensor in thermischer Verbindung mit dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung und in elektrischer Verbindung mit einem Regler, der einen Regelungsalgorithmus zur Überwachung des Eingangssignals umfasst, wobei das Eingangssignal einen während des Betriebs der elek-

trischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten umfasst; und

Anpassen des in die thermoelektrische Vorrichtung hinein oder aus dieser heraus gerichteten Stroms in Antwort auf das Eingangssignal, um den während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten zu vermindern oder zu beseitigen.

12. Das Verfahren gemäß Anspruch 11, wobei das Anpassen des in die thermoelektrische Vorrichtung hinein oder aus dieser heraus gerichteten Stroms in Antwort auf das Eingangssignal, um einen während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten zu vermindern oder zu beseitigen ein Einstellen des Stroms zwischen zwei oder mehr Stufen ungleich Null umfasst.

13. Das Verfahren gemäß Anspruch 11, wobei der Regelungsalgorithmus des Weiteren so ausgestaltet ist, dass er einen als ein Ergebnis der thermischen Energie, die zu dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung hin oder von diesem weg übertragen wird, erzeugten thermischen Gradienten überwacht und an die thermoelektrische Vorrichtung gelieferte elektrische Energie derart anpasst, dass der thermische Gradient, der als ein Ergebnis der thermischen Energie, die zu dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung hin oder von diesem weg übertragen wird, erzeugt wird, so mit dem während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten zusammenwirkt, dass ein resultierender thermischer Gradient der elektrischen Vorrichtung beseitigt oder vermindert wird.

14. Das Verfahren gemäß Anspruch 11, umfassend des Weiteren das Betreiben der thermoelektrischen Vorrichtung in einem ersten Modus und einem zweiten Modus, wobei die thermoelektrische Vorrichtung in dem ersten Modus so ausgestaltet ist, dass sie eine maximale durch die thermoelektrische Vorrichtung zugelassene Menge an thermischer Energie überträgt, und wobei die thermoelektrische Vorrichtung in dem zweiten Betriebsmodus so ausgestaltet ist, dass sie eine Menge an thermischer Energie derart überträgt, dass der durch die Übertragung thermischer Energie erzeugte thermische Gradient im Ausgleich mit dem während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten steht, so dass ein resultierender thermischer Gradient über dem temperaturempfindlichen Bereich vermindert oder beseitigt wird.

15. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei ein Eingangssignal, das ausgestal-

tet ist, durch den Regler überwacht zu werden, mindestens eines der folgenden umfasst: Temperatur der elektrischen Vorrichtung, Ladezustand der elektrischen Vorrichtung, Funktionsfähigkeit der elektrischen Vorrichtung, Spannung der elektrischen Vorrichtung, Widerstand der elektrischen Vorrichtung, Strom der elektrischen Vorrichtung, Last auf der elektrischen Vorrichtung, Umgebungstemperatur, Wettervorhersage, Tageszeit, Geländeinformation und Geometrie des temperaturempfindlichen Bereichs.

16. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei der Regler in ein Batteriemanagementsystem, das so ausgestaltet ist, dass es Regelungsfunktionen auf ein Batterie-Pack ausübt, integriert ist.

17. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei die elektrische Vorrichtung eine Batterie ist und der temperaturempfindliche Bereich eine Zelle der Batterie ist.

18. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei der thermische Gradient über dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung auf weniger als oder gleich ungefähr 10 Grad Celsius vermindert wird.

19. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei die thermoelektrische Vorrichtung durch die elektrische Vorrichtung mit elektrischer Energie versorgt wird.

20. Ein Verfahren zur Herstellung eines Thermomanagementsystems zum Thermomanagement einer elektrischen Vorrichtung, wobei das Verfahren umfasst:

Verbinden einer thermoelektrischen Vorrichtung mit einem elektrischen Leiter, der in thermischer und elektrischer Verbindung mit einem temperaturempfindlichen Bereich einer elektrischen Vorrichtung steht;

Anordnen eines Sensors auf der elektrischen Vorrichtung, derart, dass der Sensor in der Lage ist, ein Eingangssignal, das einen thermischen Gradienten des temperaturempfindlichen Bereichs der elektrischen Vorrichtung umfasst, zu messen; und

Verbinden des Sensors mit einem Regelungssystem umfassend einen Regelungsalgorithmus, der so ausgestaltet ist, dass er die an die thermoelektrische Vorrichtung gelieferte elektrische Energie in Antwort auf das Eingangssignal von dem Sensor derart anpasst, dass thermische Energie, die zu dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung hin oder von diesem weg übertragen wird, einen während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten vermindert oder beseitigt.

21. Das Verfahren gemäß Anspruch 20, wobei der Regelungsalgorithmus des Weiteren so ausgestaltet ist, dass er einen als ein Ergebnis der thermischen Energie, die zu dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung hin oder von diesem weg übertragen wird, erzeugten thermischen Gradienten überwacht und an die thermoelektrische Vorrichtung gelieferte elektrische Energie derart anpasst, dass der thermische Gradient, der als ein Ergebnis der thermischen Energie, die zu dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung hin oder von diesem weg übertragen wird, erzeugt wird, so mit dem während des Betriebs der elektrischen Vorrichtung über dem temperaturempfindlichen Bereich erzeugten thermischen Gradienten zusammenwirkt, dass ein resultierender thermischer Gradient der elektrischen Vorrichtung beseitigt oder vermindert wird.

22. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 20 bis 21, wobei das Eingangssignal von dem Sensor mindestens eines der folgenden umfasst: Temperatur der elektrischen Vorrichtung, Ladezustand der elektrischen Vorrichtung, Funktionsfähigkeit der elektrischen Vorrichtung, Spannung der elektrischen Vorrichtung, Widerstand der elektrischen Vorrichtung, Strom der elektrischen Vorrichtung, Last auf der elektrischen Vorrichtung, Umgebungstemperatur, Wettervorhersage, Tageszeit, Geländeinformation und Geometrie des temperaturempfindlichen Bereichs.

23. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 20 bis 21 umfassend des Weiteren das Integrieren des Regelungssystems in ein Batteriemanagementsystem, das so ausgestaltet ist, dass es Regelungsfunktionen auf ein Batterie-Pack ausübt.

24. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 20 bis 21, wobei die elektrische Vorrichtung eine Batterie ist und der temperaturempfindliche Bereich eine Zelle der Batterie ist.

25. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 20 bis 21, wobei der thermische Gradient über dem temperaturempfindlichen Bereich der elektrischen Vorrichtung auf weniger als oder gleich ungefähr 10 Grad Celsius vermindert wird.

26. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 20 bis 21, wobei die thermoelektrische Vorrichtung so ausgestaltet ist, dass sie durch die elektrische Vorrichtung mit elektrischer Energie versorgt wird.

Es folgen 23 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

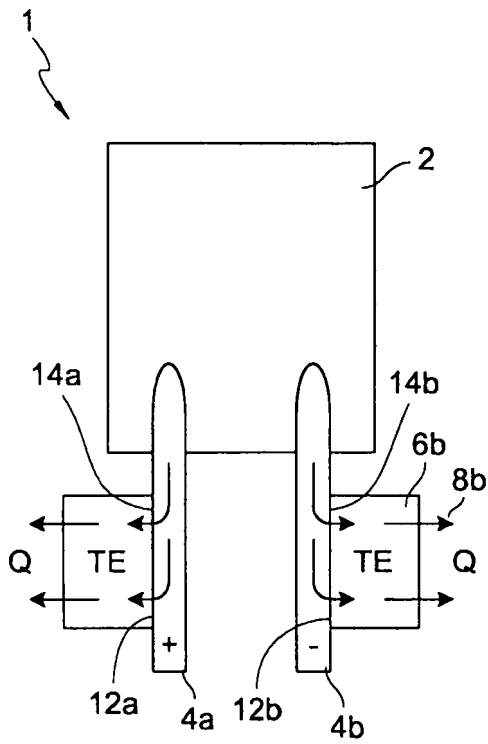


FIG. 1A

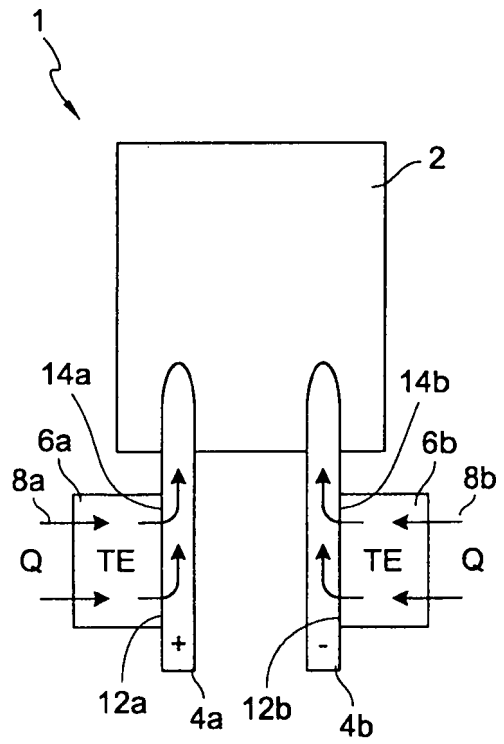


FIG. 1B

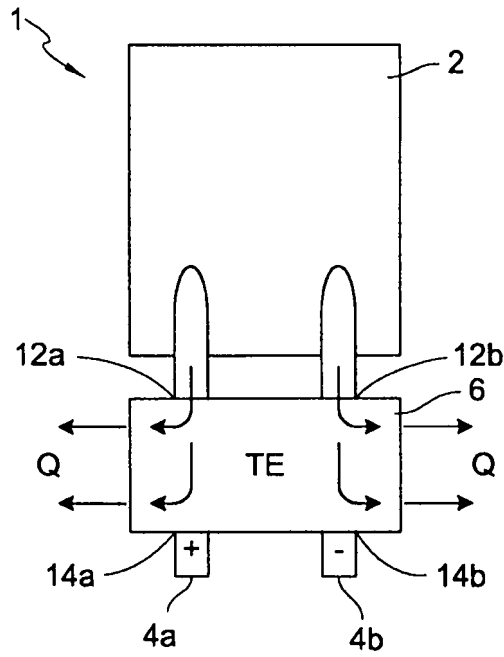


FIG. 2

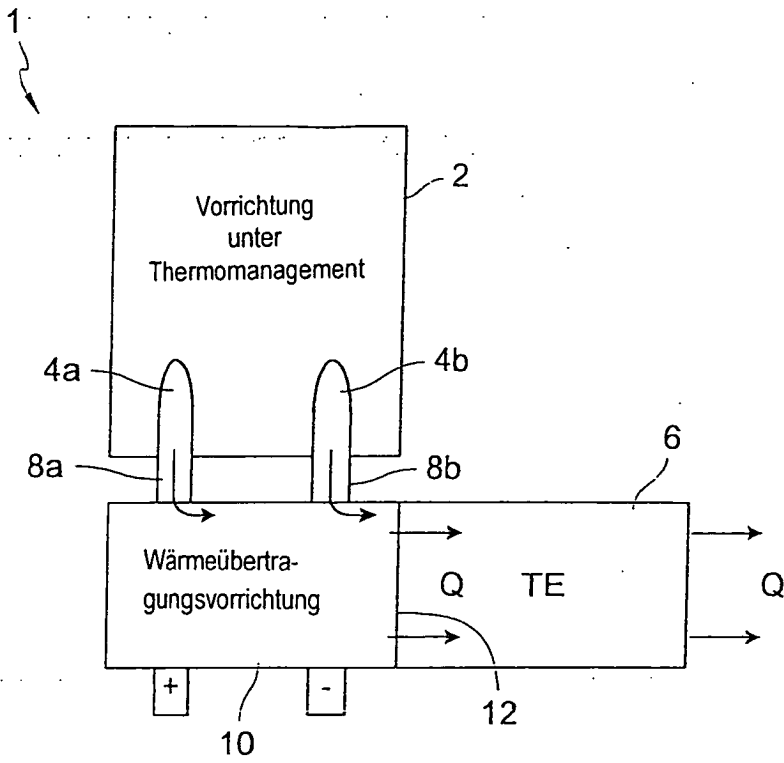


FIG. 3

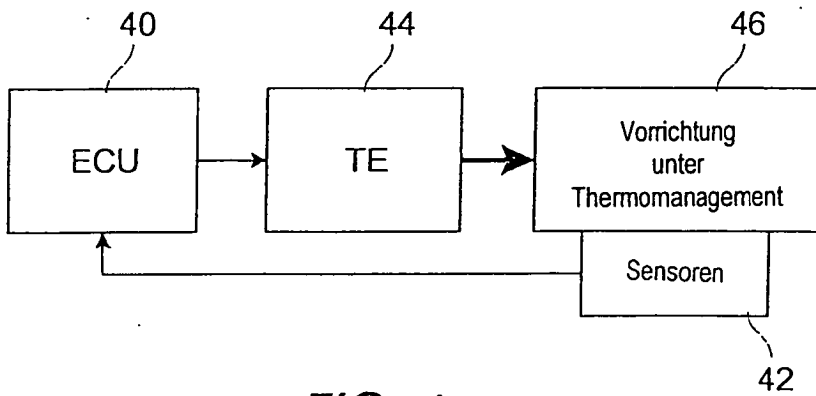


FIG. 4

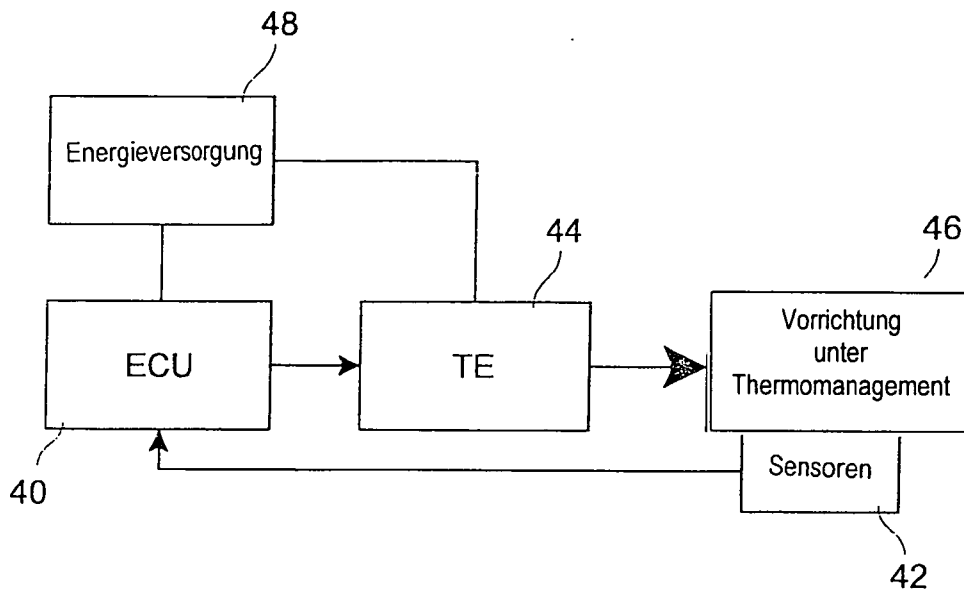
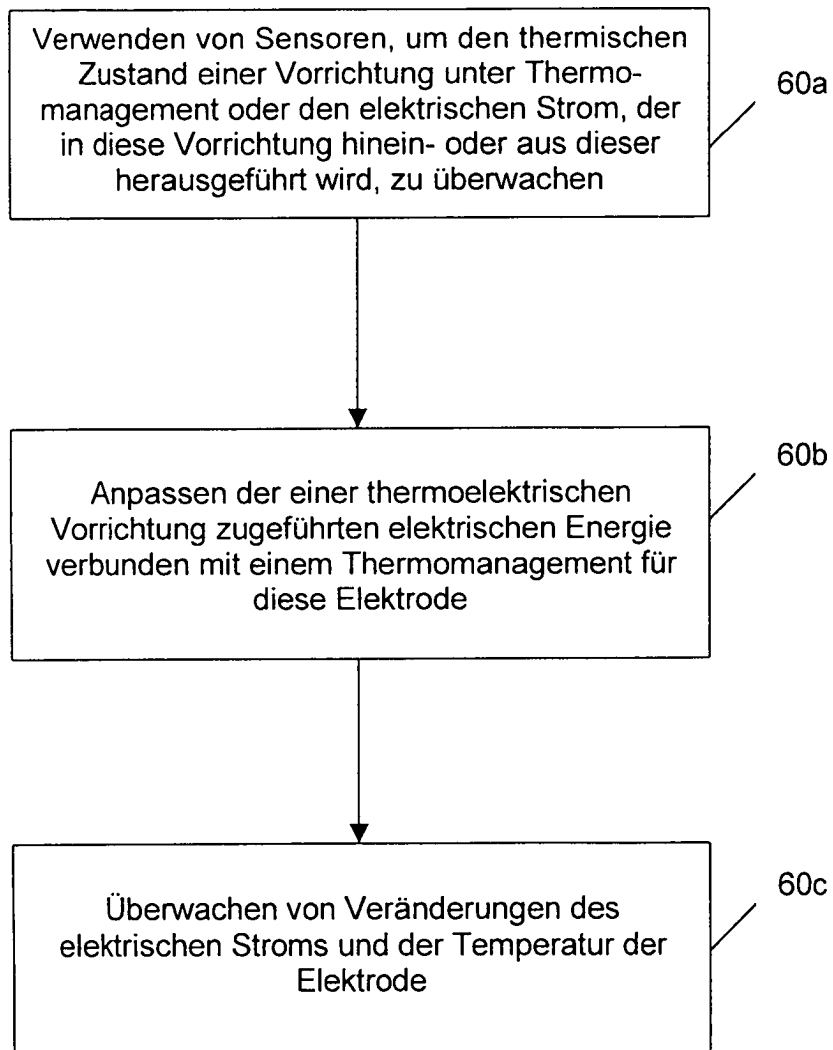


FIG. 5



**FIG. 6**

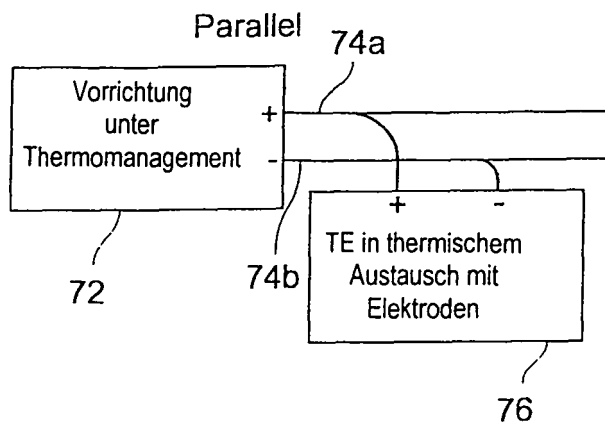


FIG. 7A

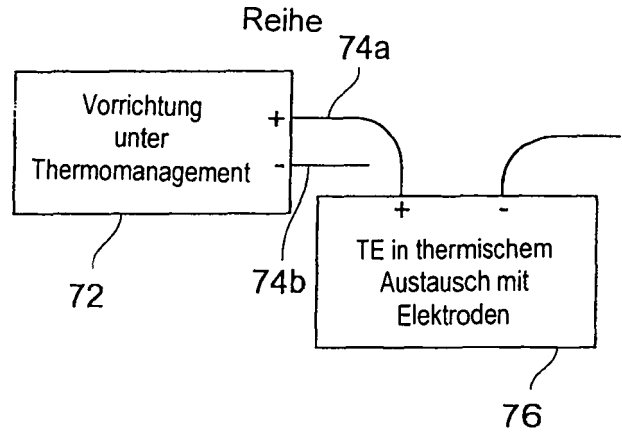


FIG. 7B

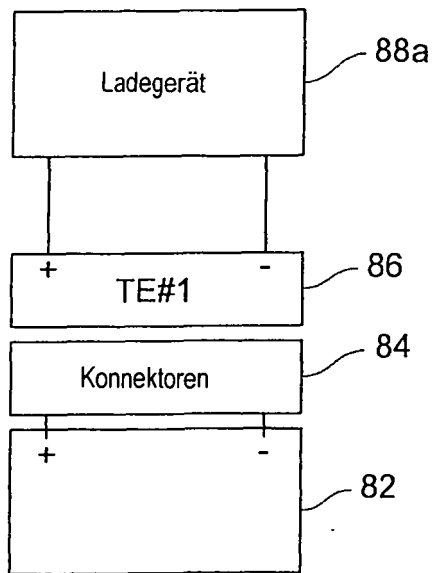


FIG. 8A

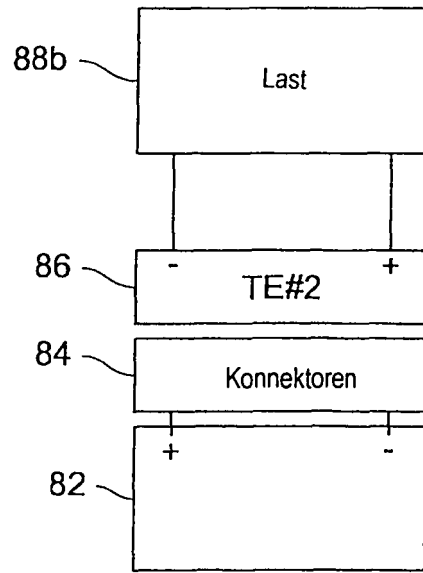


FIG. 8B

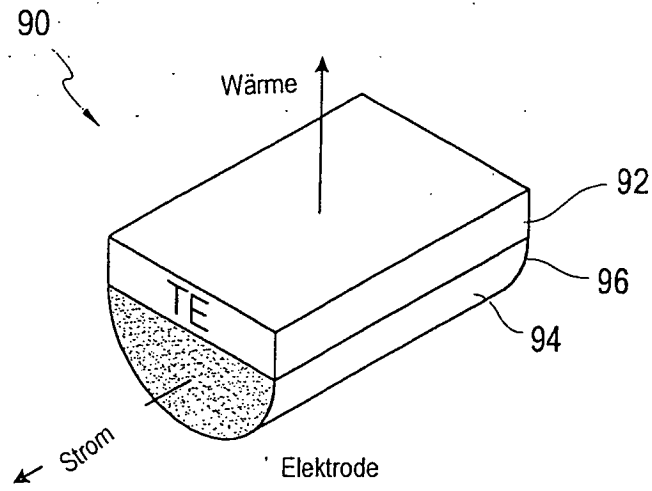


FIG. 9

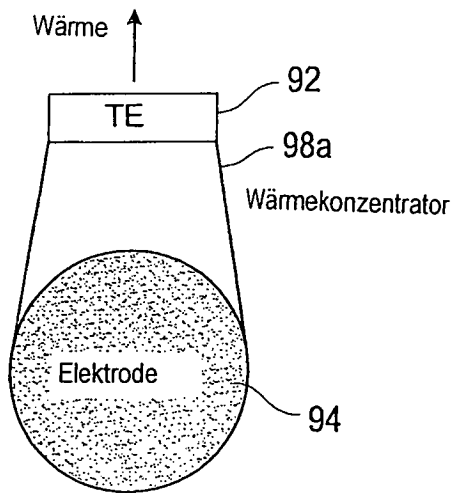


FIG. 10A

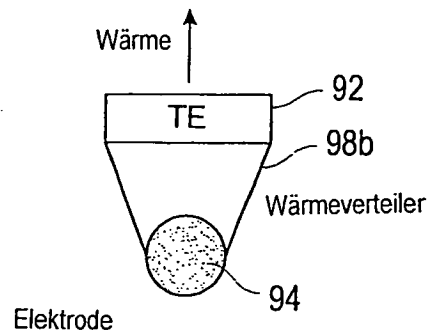


FIG. 10B

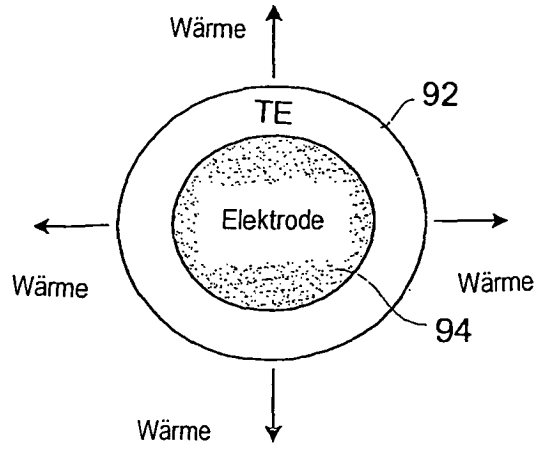


FIG. 11

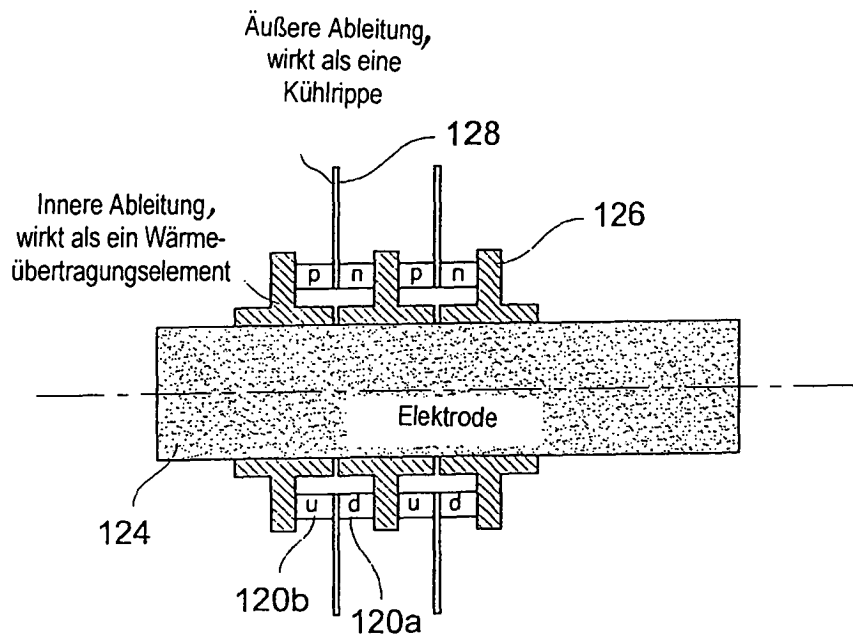


FIG. 12

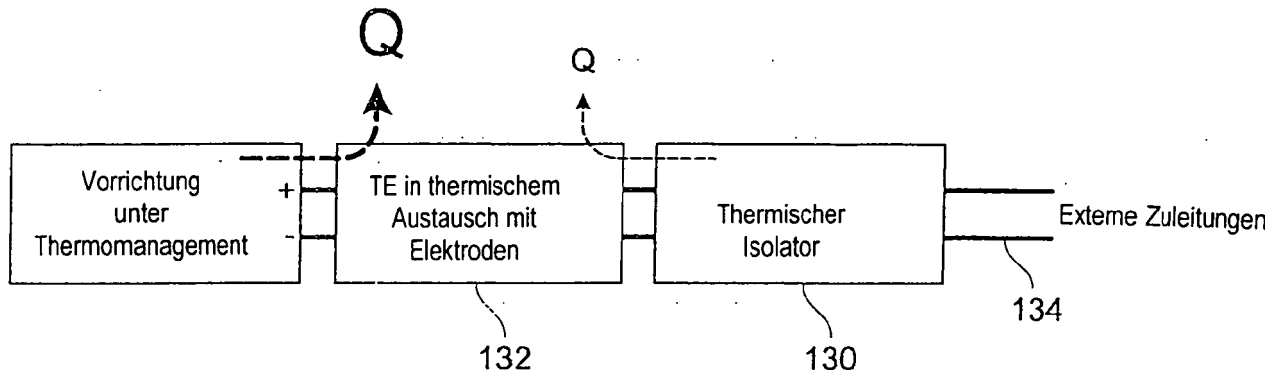


FIG. 13

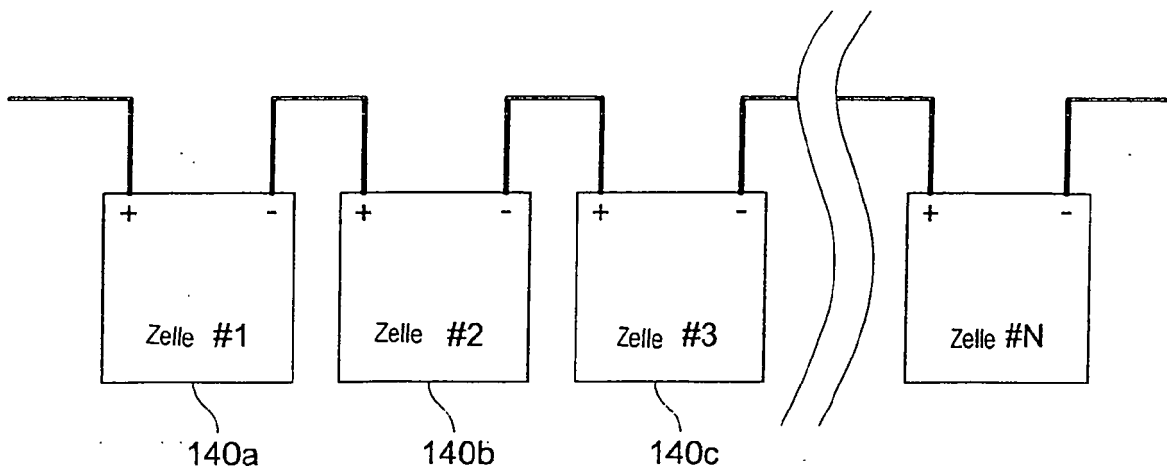


FIG. 14

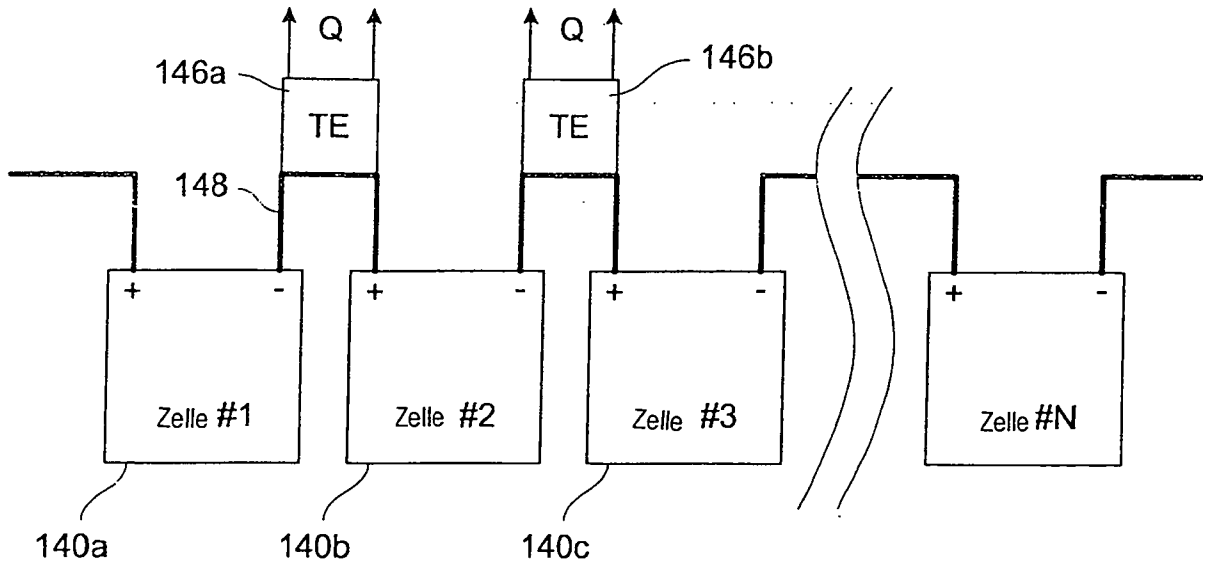


FIG. 15

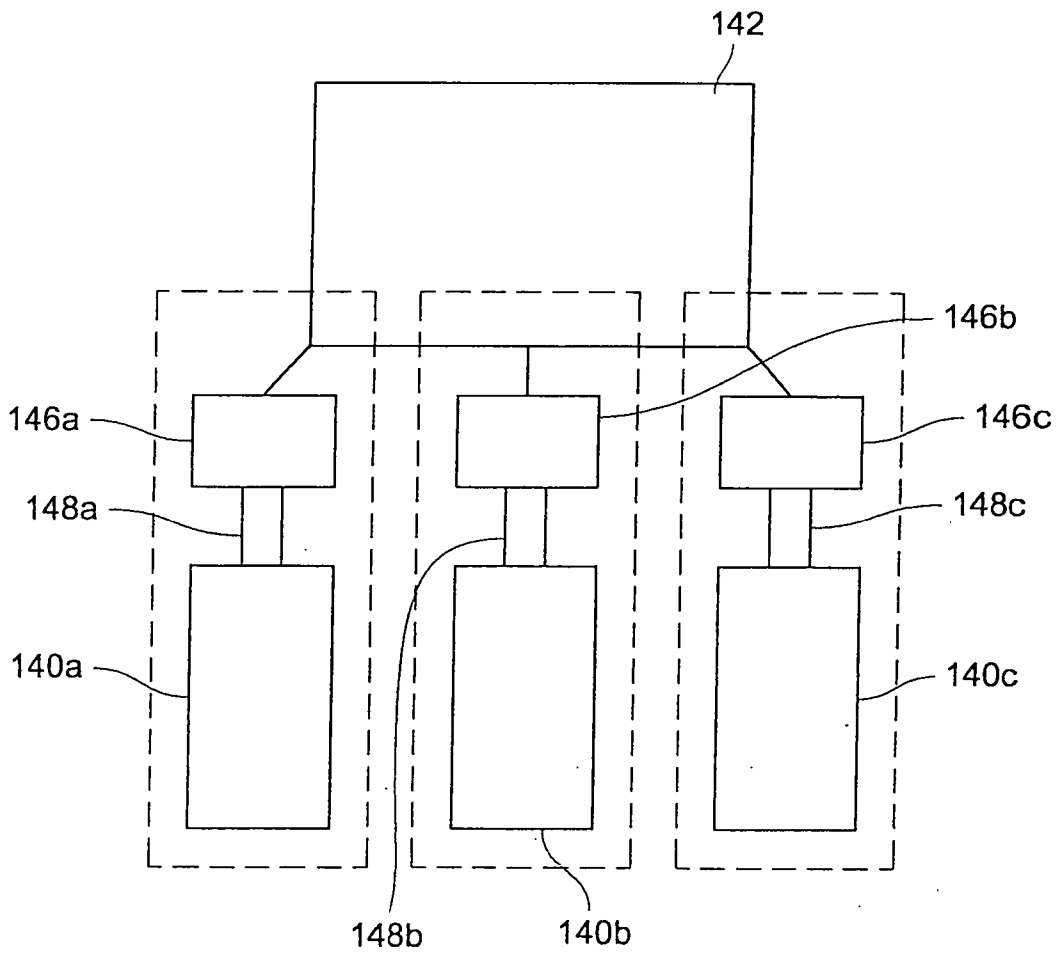
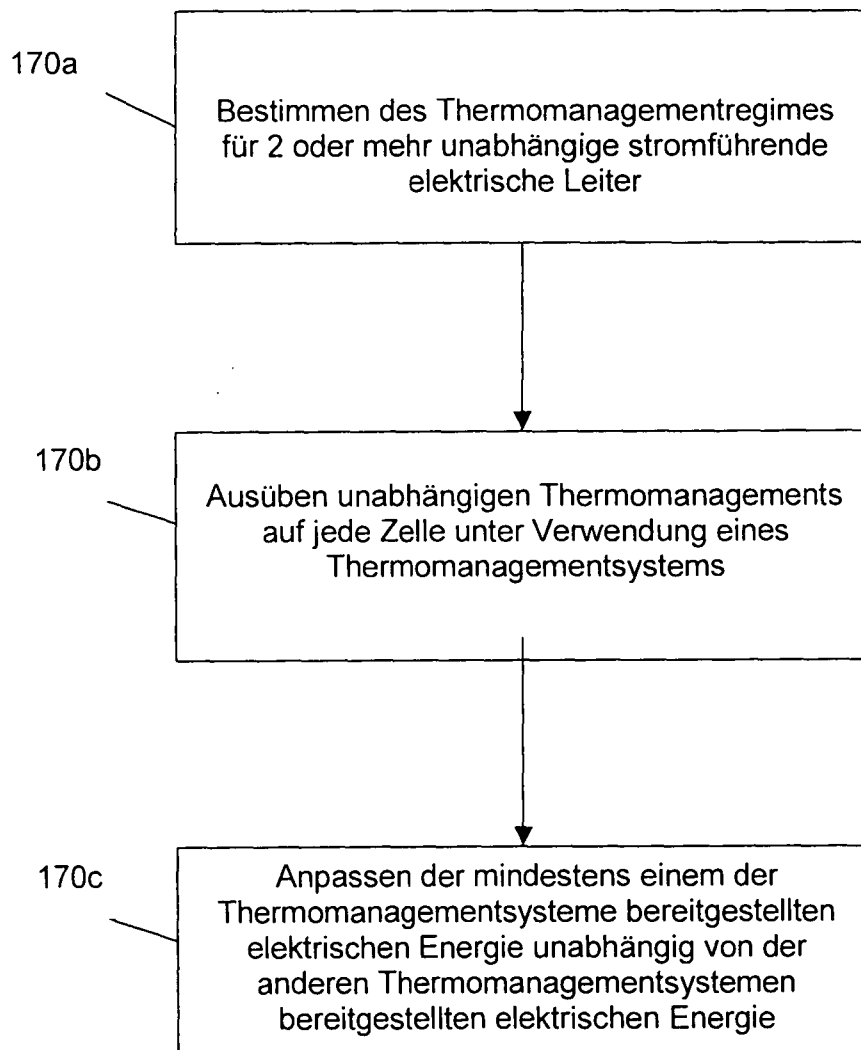


FIG. 16



**FIG. 17**

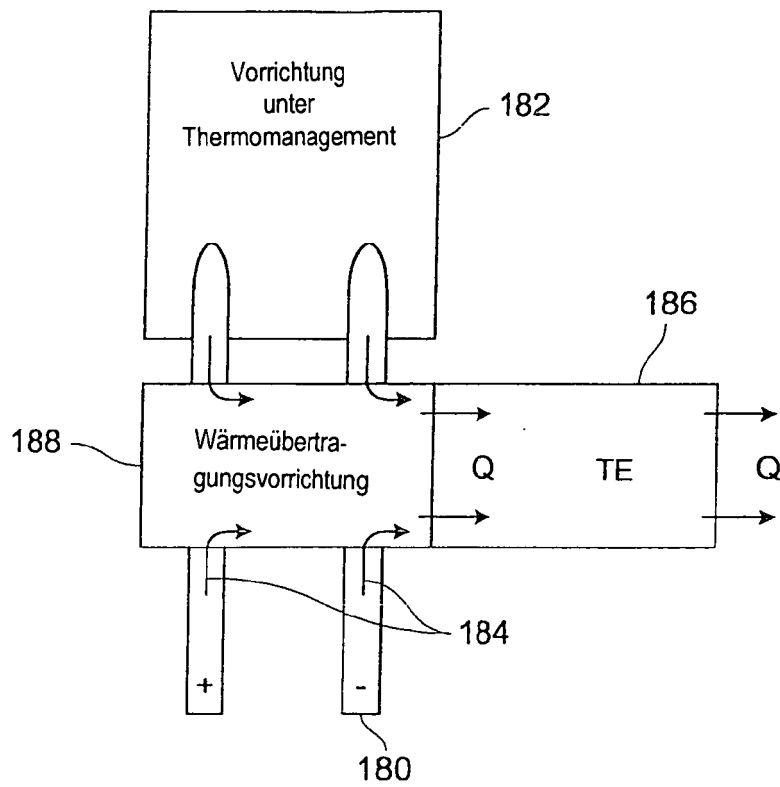


FIG. 18

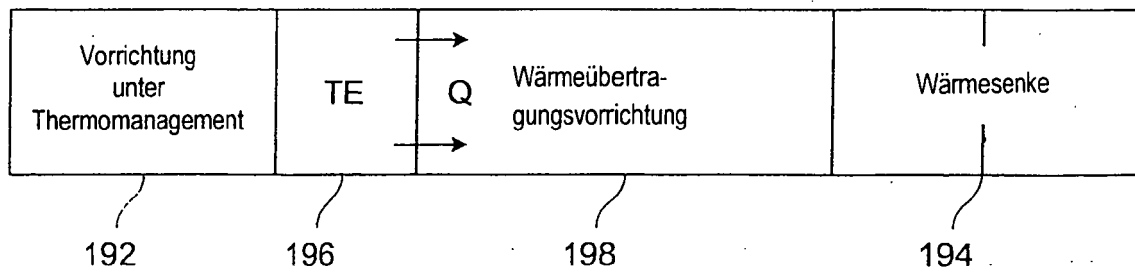


FIG. 19

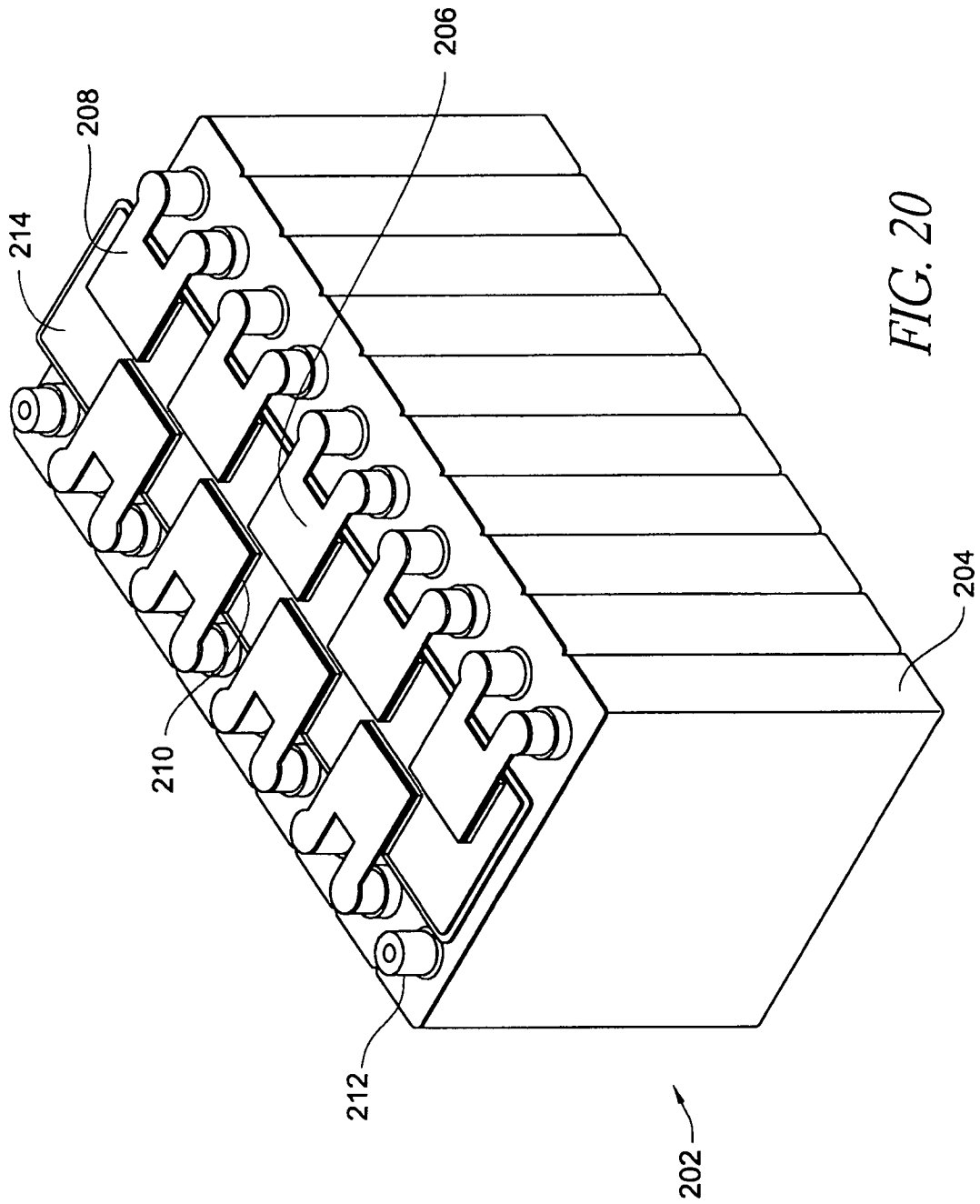


FIG. 20

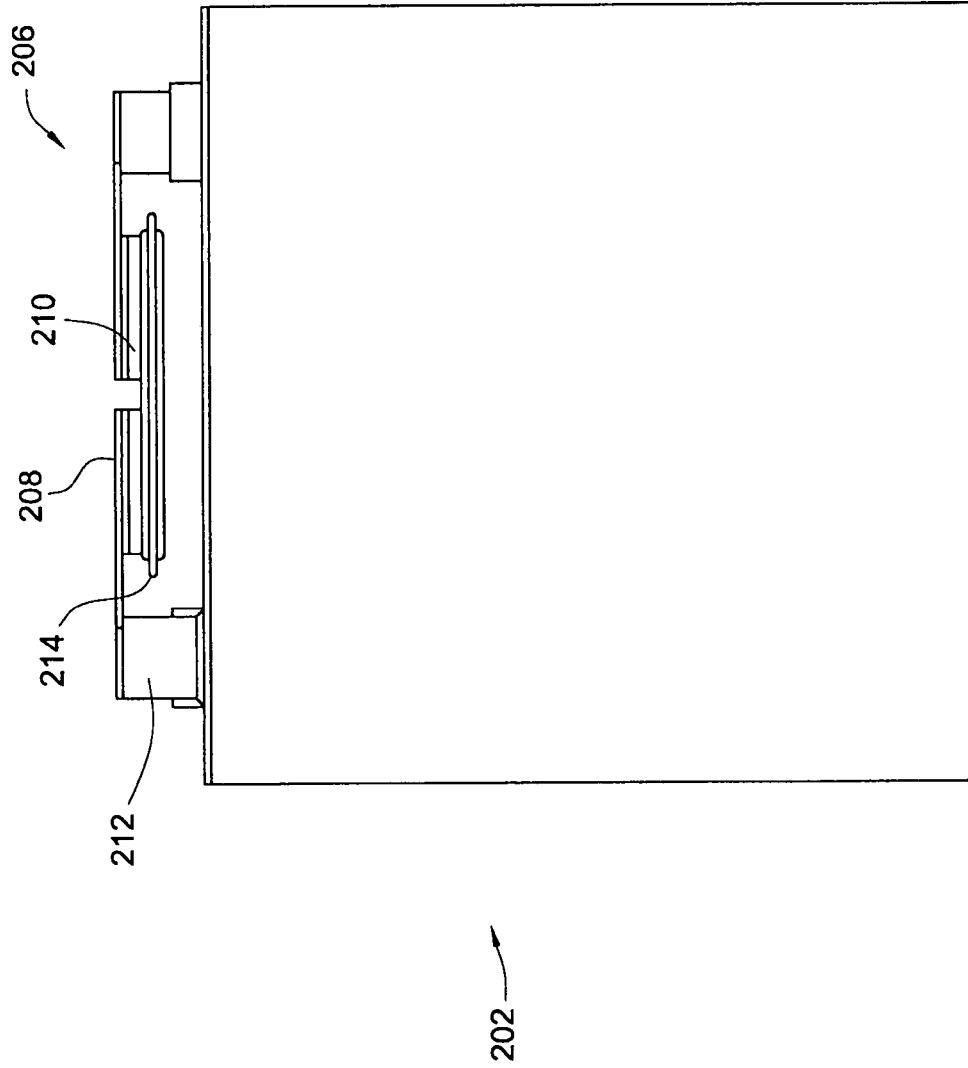


FIG. 21

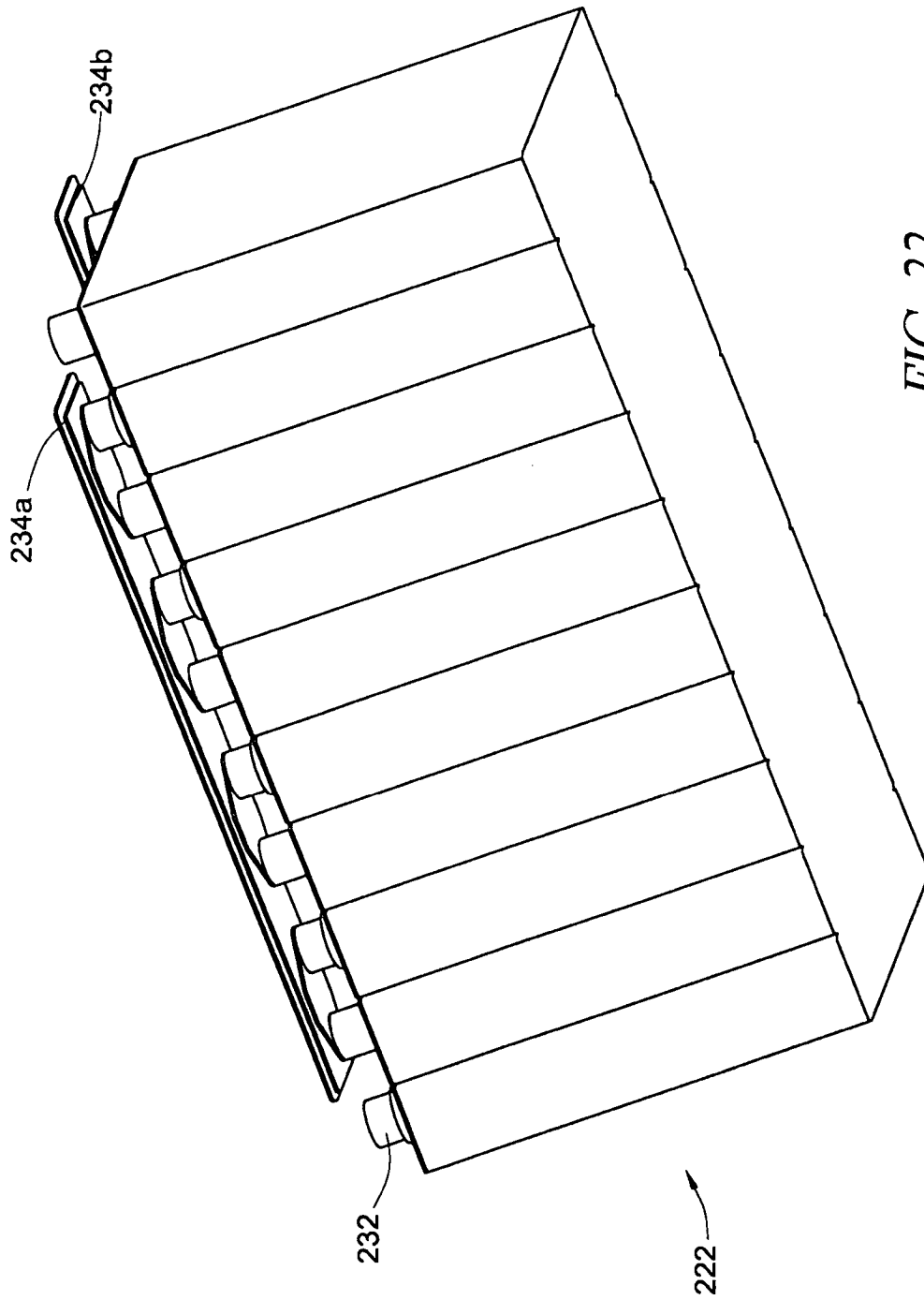


FIG. 22

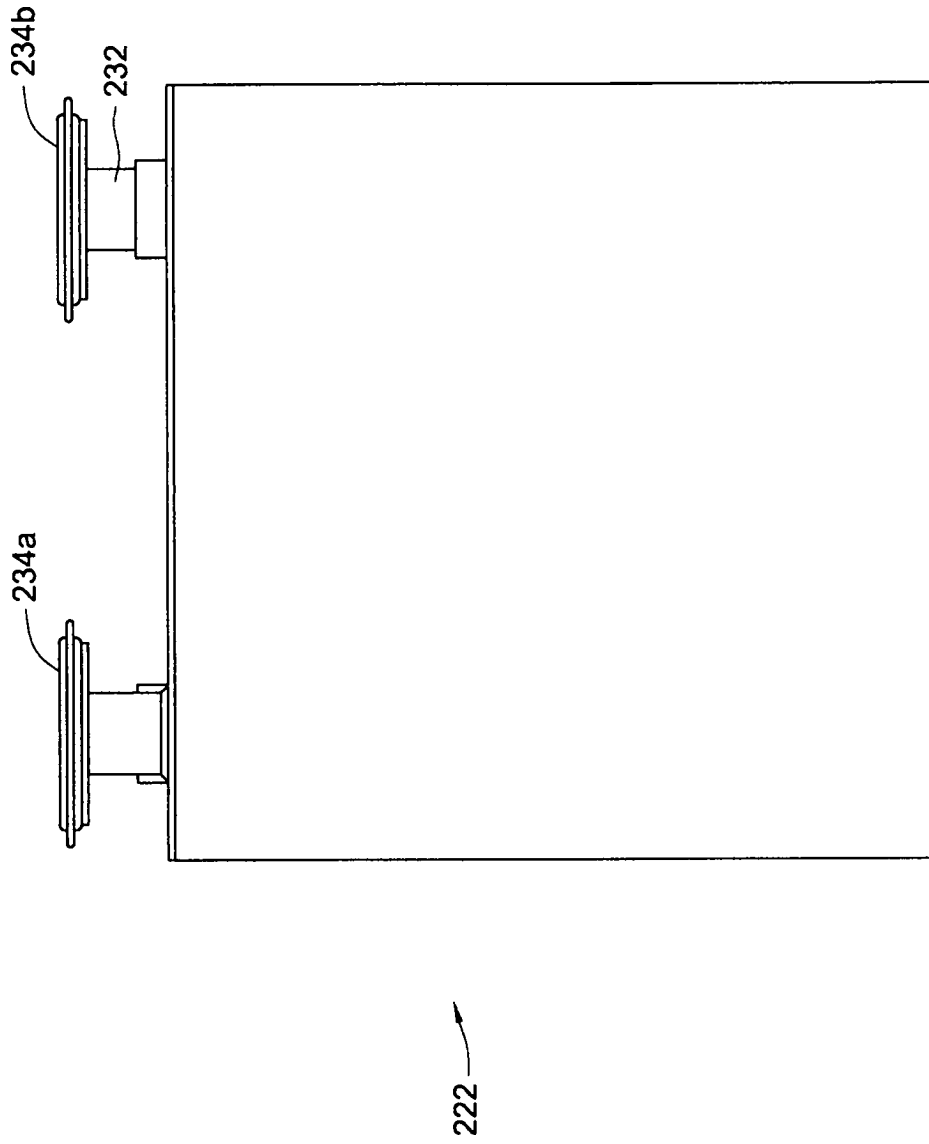
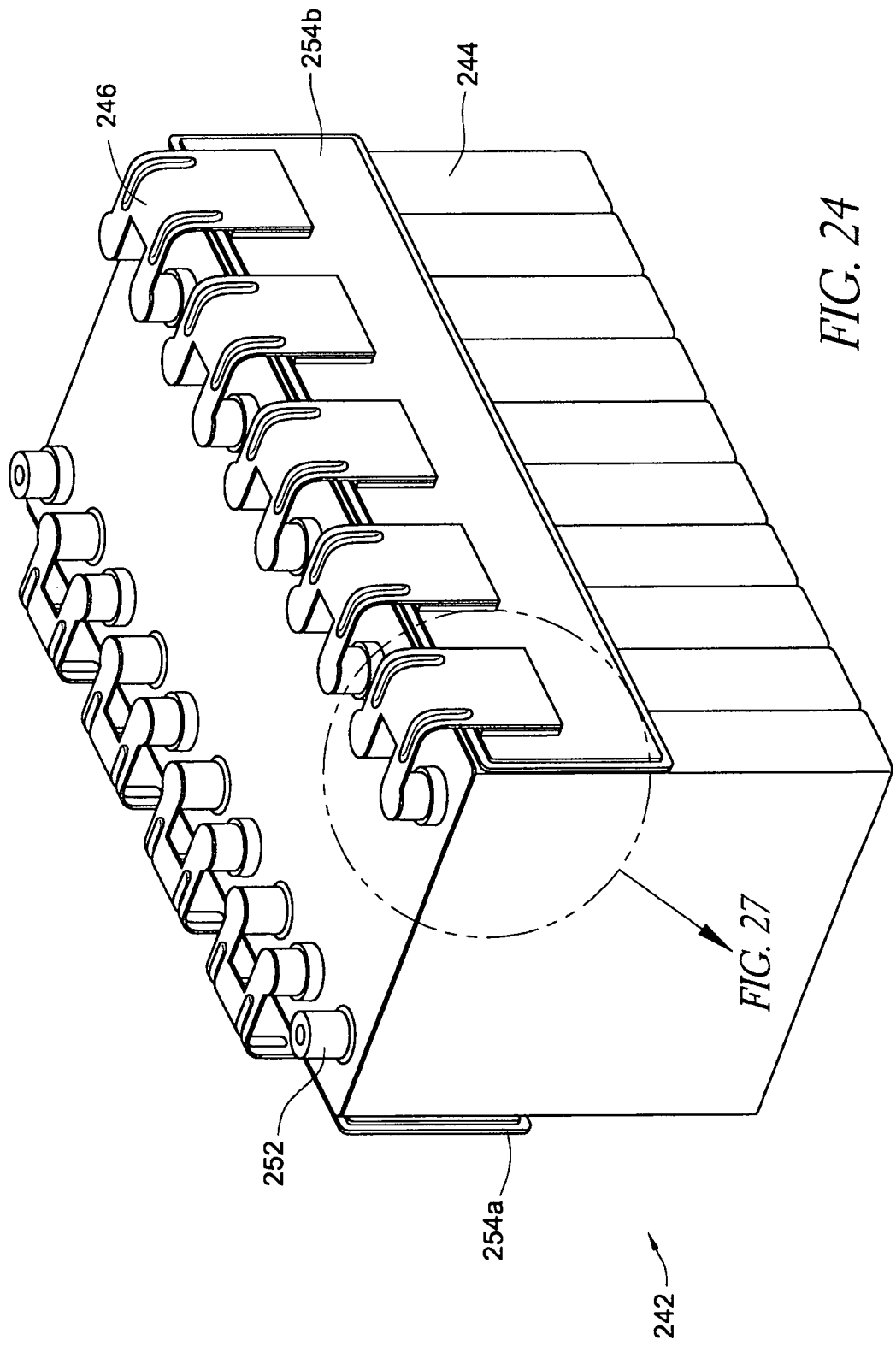


FIG. 23



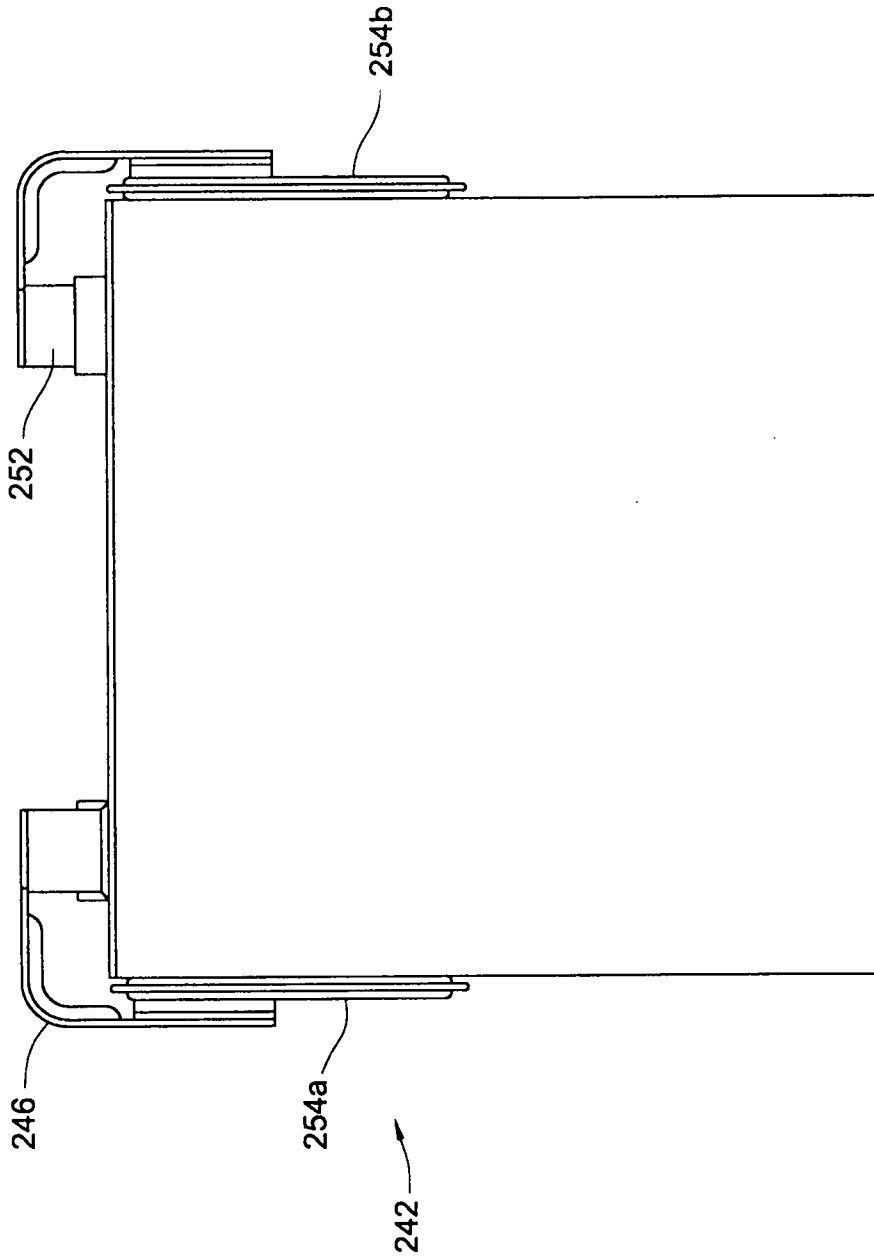


FIG. 25

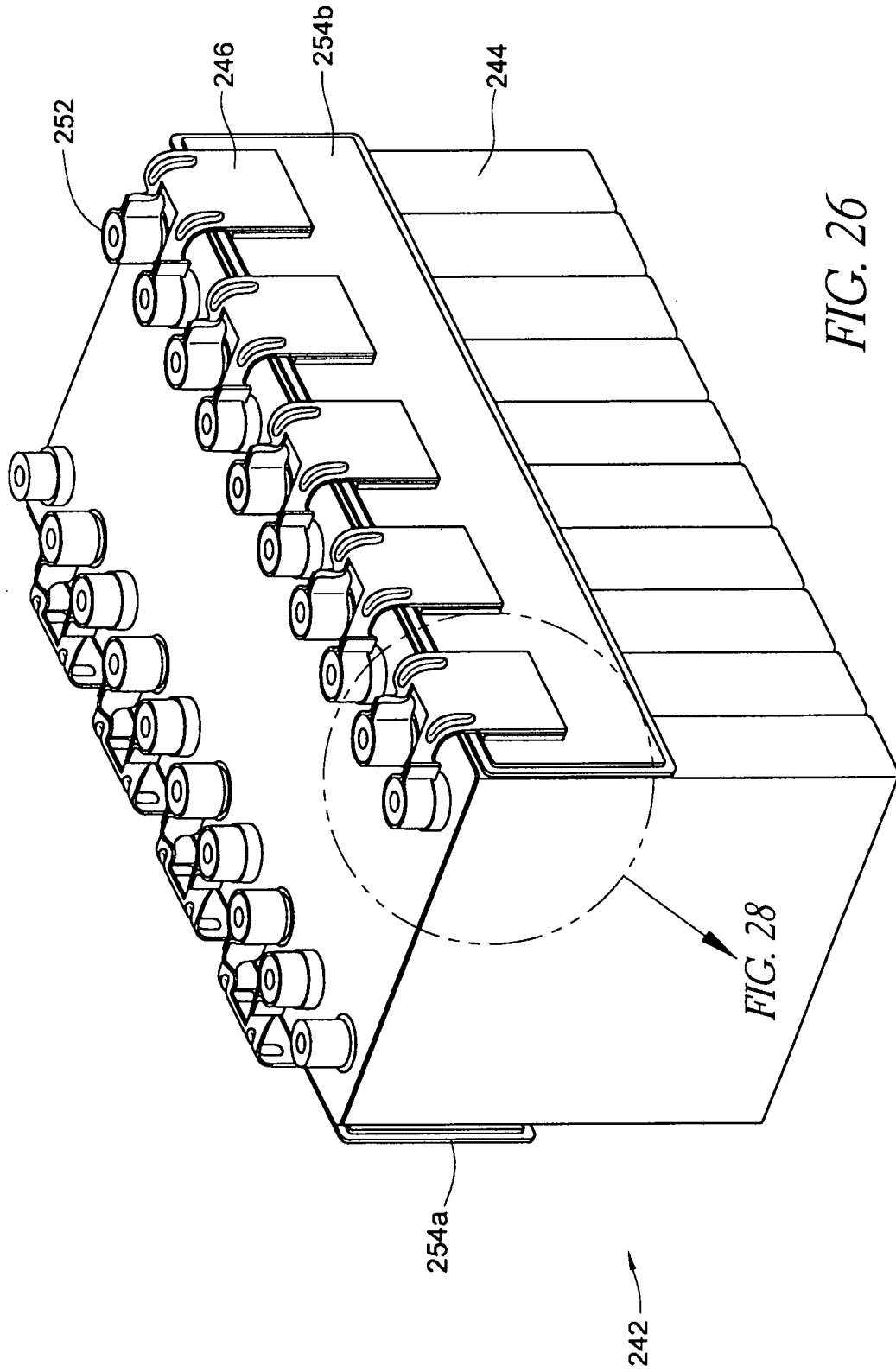


FIG. 26

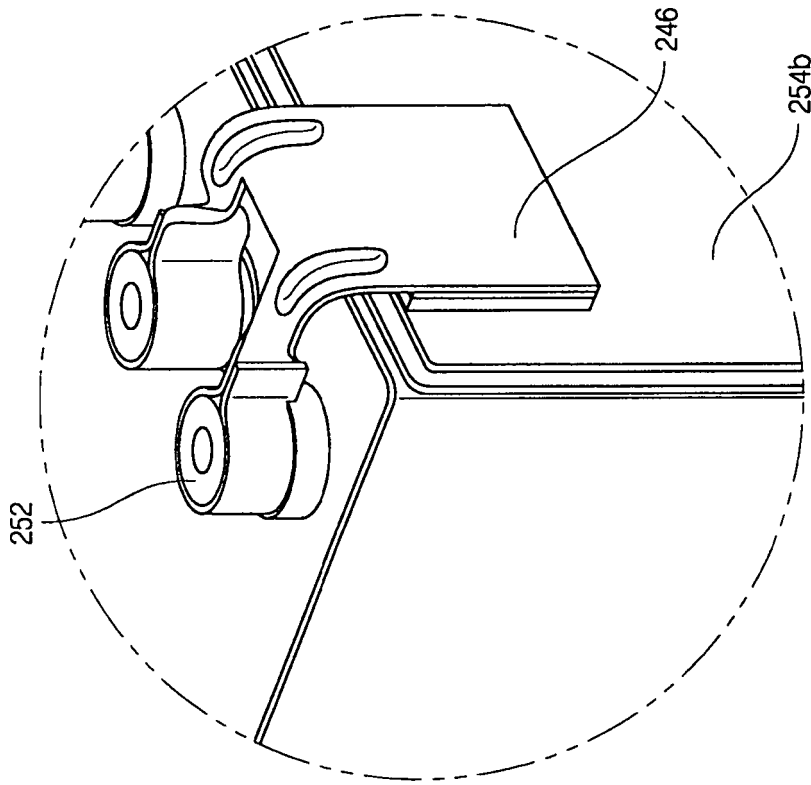


FIG. 28

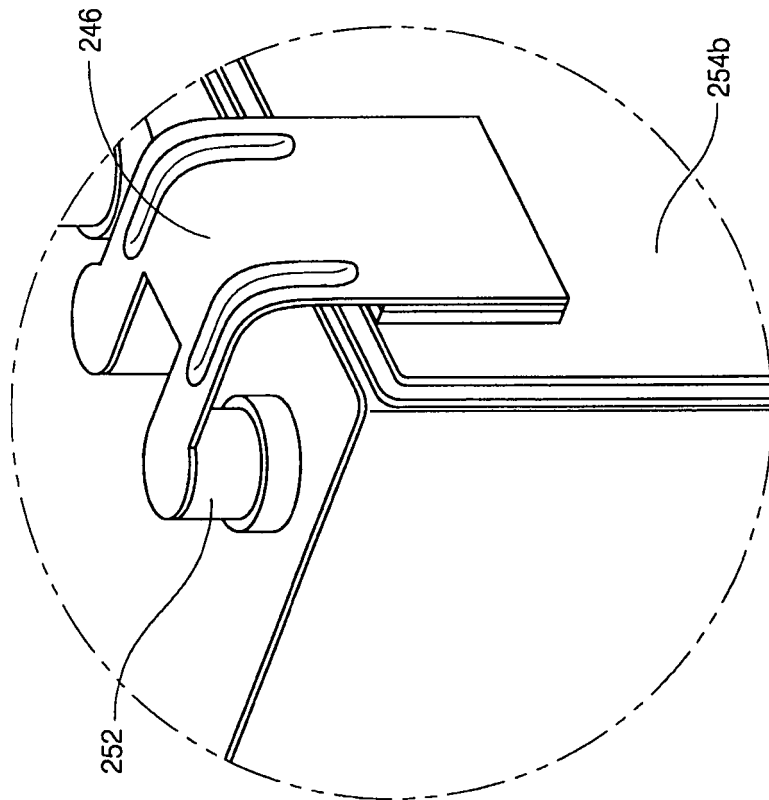


FIG. 27

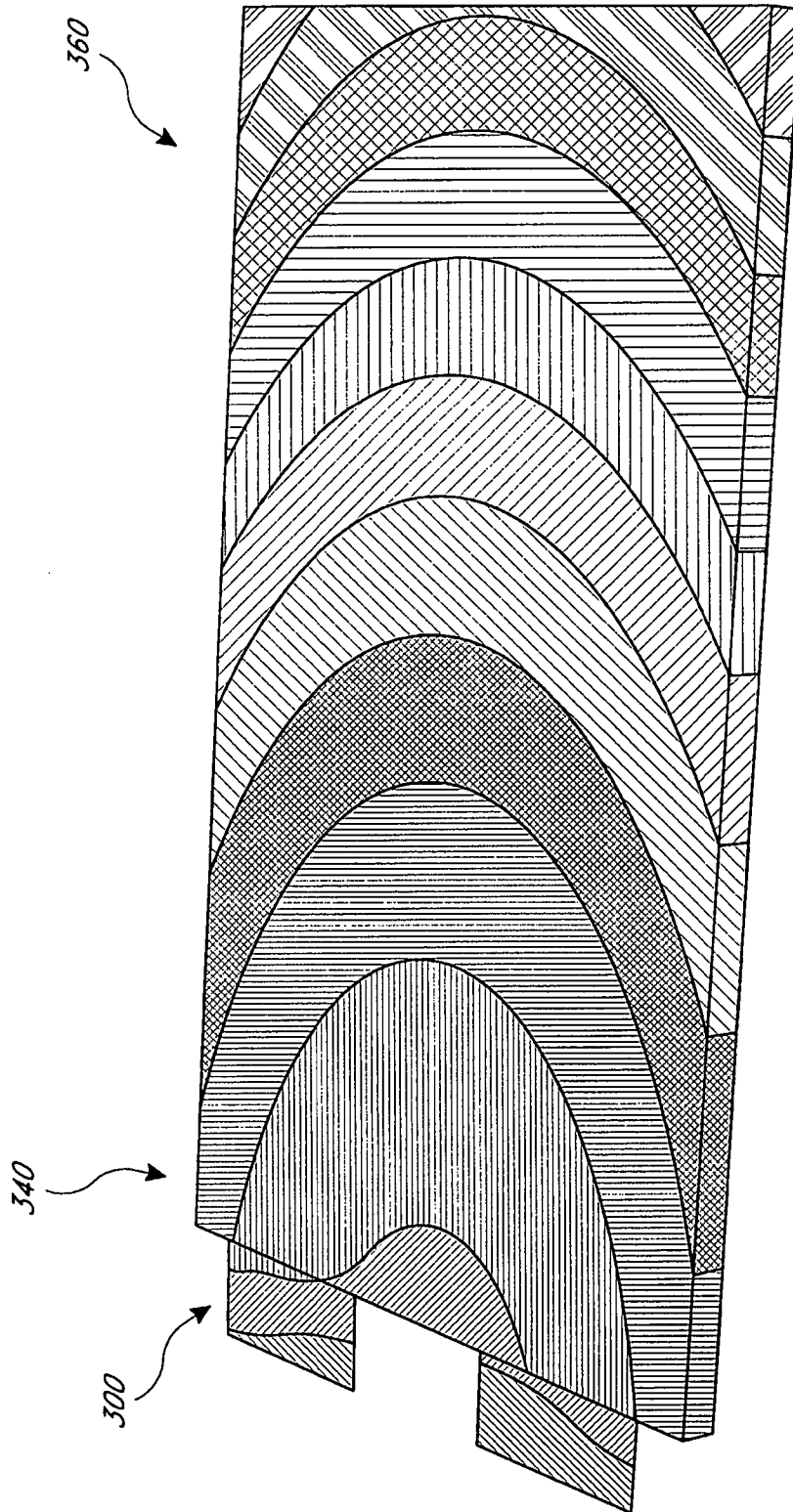


FIG. 29

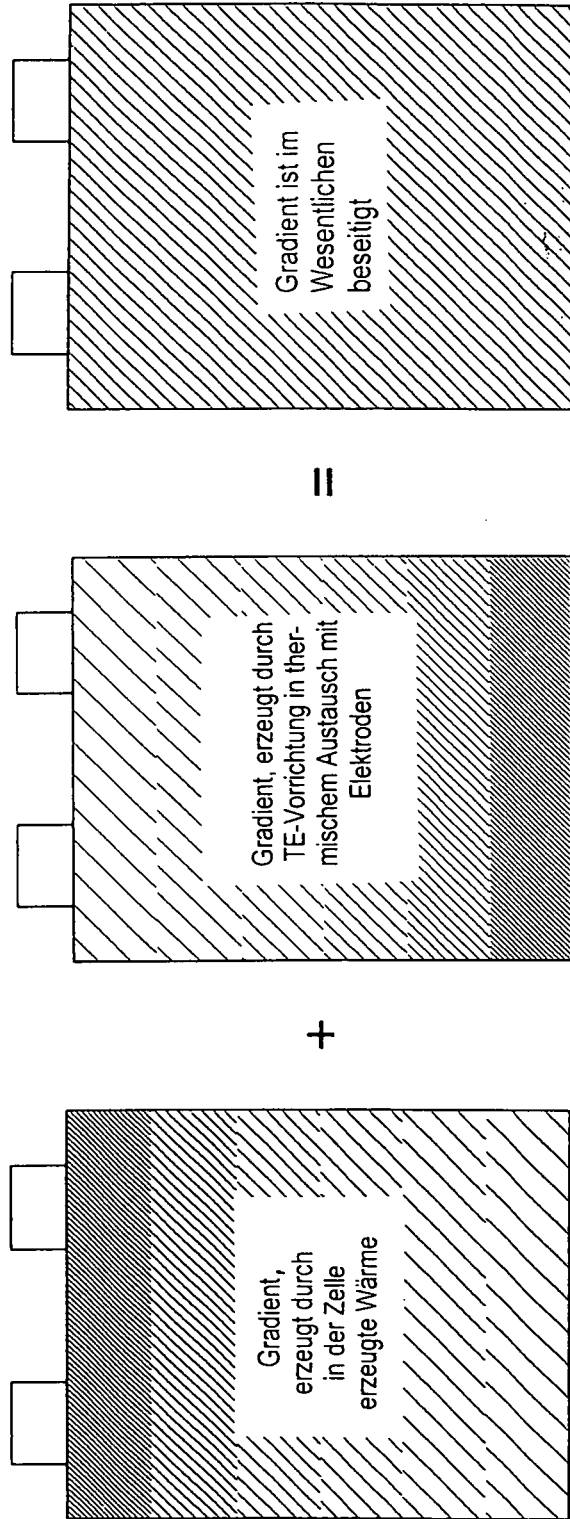


FIG. 30

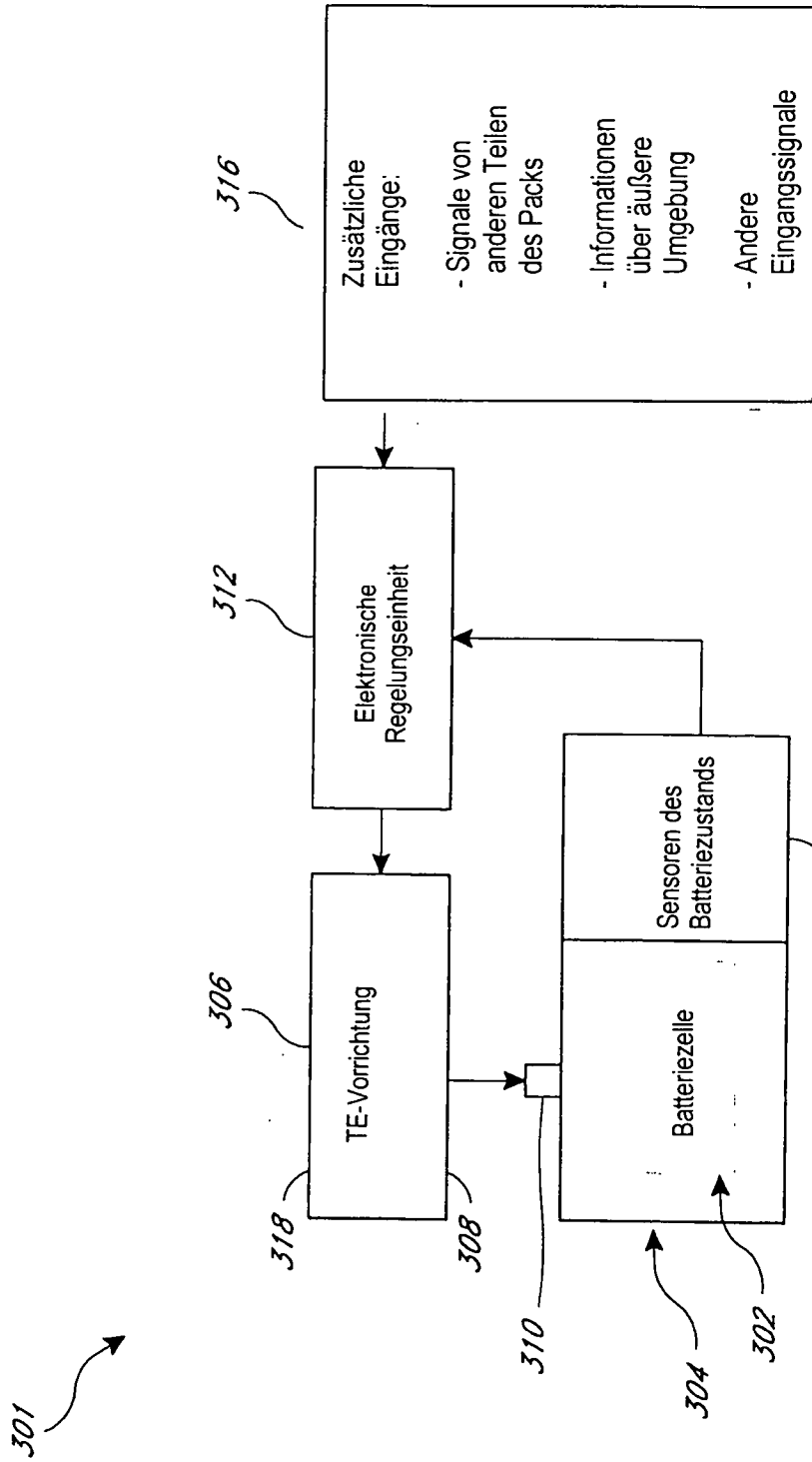
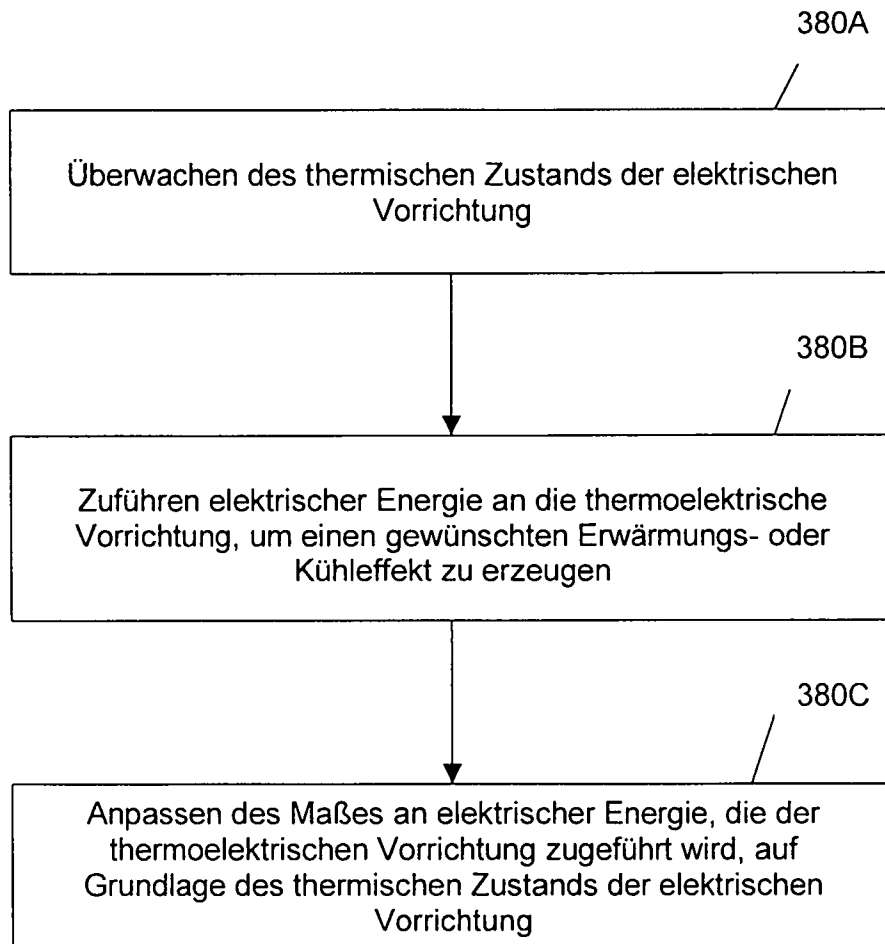


FIG. 31

Thermomanagement einer elektrischen Vorrichtung, die mit einer thermoelektrischen Vorrichtung verbundene Elektroden aufweist



**FIG. 32**