



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 32 880 T2** 2004.12.16

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 729 185 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 32 880.1**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 400 389.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **23.02.1996**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.08.1996**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **14.07.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **16.12.2004**

(51) Int Cl.⁷: **H01L 27/02**

H02H 7/18, H02J 7/10, H01L 29/78

(30) Unionspriorität:

9502141 **23.02.1995** **FR**

9504409 **12.04.1995** **FR**

(73) Patentinhaber:

Texas Instruments Inc., Dallas, Tex., US

(74) Vertreter:

Prinz und Partner GbR, 81241 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT, NL

(72) Erfinder:

Farley, Joseph D., 06270 Villeneuve Loubet, FR

(54) Bezeichnung: **Verbesserungen in oder in Beziehung zu Anordnungen für Ladungskontrollen**

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

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

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Ladungsüberwachungs- und Schutzvorrichtungen für wiederaufladbare Batterieelemente.

[0002] Sie betrifft insbesondere eine automatische Ladungsüberwachungsvorrichtung, welche Schutz vor einem Überladen, einem übermäßigen Entladen, zu hohen Temperaturen, Kurzschlüssen und hohen Strömen bei einem niedrigen Widerstand, insbesondere für wiederaufladbare Lithiumelemente, bereitstellt.

[0003] Im Dokument EP-A-0 588 615 ist eine Vorrichtung zum Schützen wiederaufladbarer Elemente beschrieben, welche einen Elementspannungsdetektor, eine Vergleichseinrichtung zum Vergleichen der erfaßten Spannung mit einer Referenzspannung, um einen übermäßig aufgeladenen oder übermäßig entladenen Zustand zu erfassen, und eine Schalteinrichtung zum Abtrennen eines Lade- oder eines Entladestroms, wenn ein übermäßig geladener oder ein übermäßig entladener Zustand erfaßt wird, aufweist. Diese Schalteinrichtung weist zwei NMOS-Transistoren, zwei Parasitärtdioden und eine entsprechende komplexe Steuerschaltungsanordnung auf. Hauptsächlich einer der Transistoren wird verwendet, um das Laden des Elements zu steuern, während der andere zum Steuern des Entladens des Elements verwendet wird.

[0004] Diese Schalteinrichtung ist jedoch sperrig, und es geht darin und in der Steuerschaltungsanordnung während des Betriebs elektrische Energie verloren.

[0005] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, die vorstehend erwähnten Probleme zu lösen.

[0006] Sie schlägt daher eine Schutzvorrichtung gemäß dem ersten Anspruch vor.

[0007] Sie sieht insbesondere vor: den Schutz von wiederaufladbaren Lithiumelementen vor einer Beschädigung durch ein Überladen, den Schutz wiederaufladbarer Lithiumelemente vor einer durch ein übermäßiges Entladen bewirkten Beschädigung, einen Ladungsausgleich im Laufe des vollständigen Ladens eines Satzes mehrerer Lithiumelemente, einen Ladungsausgleich bei der Spannung, die der vollständigen Elemententladung für Sätze mehrerer Lithiumelemente entspricht, das Bereitstellen von Schaltern in Reihe mit einem niedrigen Betriebswiderstand, das Bereitstellen eines Halbleiterschalters, der auch als ein Strommeßelement verwendet werden kann, mechanische und elektronische Sicherheit in Hinblick auf übermäßige Ströme und Temperaturen für Zellen und elektronische Schaltungen, Sicher-

heit vor Überspannungen für Batteriemodule, das Überwachen des Batteriestroms im Fall eines Durchbruchs von einem oder mehreren Elementen, die Integration der Elektronik auf einem einzigen Chip, der nur einen niedrigen Ruhestrom benötigt, die Herstellung einer Schutzvorrichtung in Form eines Moduls geringer Größe, geringen Gewichts und eines geringen Bauelementpreises, die Integration der elektronischen und mechanischen Bauelemente in eine einzige kompakte Einheit, und die Verwendung von Ladegeräten, die normalerweise zum Laden von NiCd- und NiMH-Elementen verwendet werden, zum Laden von Lithium-Batteriemodulen.

[0008] Die Erfindung wird beim Lesen der nachstehenden Beschreibung, die ausschließlich als Beispiel dient, und anhand der anliegenden Zeichnung besser verständlich werden, wobei:

[0009] Fig. 1 ein Schaltplan der Schutzvorrichtung für Elemente gemäß der Erfindung ist,

[0010] Fig. 1a ein Diagramm ist, in dem die Wellenform eines Elements und die Ausgangssignale von dem entsprechenden Vergleich der Vorrichtung aus Fig. 1 dargestellt sind,

[0011] Fig. 2 eine schematische Schnittansicht der Struktur des beim Aufbau der Schutzvorrichtung aus Fig. 1 verwendeten neuartigen nMOSFET-Feldeffekttransistors ist,

[0012] Fig. 3 ein detaillierter Schaltplan der zum Auswählen des Ausgleichs der hohen und niedrigen Ladungspegel verwendeten Logik ist,

[0013] Fig. 4 eine schematische Draufsicht einer beispielhaften Anordnung der Schutzvorrichtung mit zu schützenden Elementen ist,

[0014] Fig. 5 ein Schaltplan einer anderen Ausführungsform der Schutzvorrichtung für Elemente gemäß der Erfindung mit einem Ladezustandsindikator ist,

[0015] Fig. 6 ein Batterieverwaltungs-Flußdiagramm mit einer Schutzvorrichtung gemäß der Erfindung ist und

[0016] Fig. 7 ein Diagramm eines billigen Batteriemoduls mit einem Ladezustandsspeicher ist, das auf Elemente unterschiedlicher chemischer Naturen anwendbar ist, wobei ein Schutz vor Überspannungen und Unterspannungen nicht erforderlich ist, wobei dieses Diagramm auch ein Beispiel einer Schnittstelle einer Verwaltungsfunktion durch eine Anwendungsvorrichtung zeigt.

[0017] Die Schutzvorrichtung für wiederaufladbare Elemente, welche in Fig. 1 dargestellt sind, besteht

aus einer mechanischen Schutzeinheit **2** und elektronischen Schaltungseinheiten **4**, **6**, **8** und **10**. Sie ist dafür ausgelegt, die in Reihe geschalteten Elemente I, II zu schützen. Die Schutzvorrichtung und die Elemente bilden zusammen ein geschütztes Batteriemodul mit Klemmen Vbat+ und Vbat-, womit ein Ladegerät oder eine Anwendungsvorrichtung oder eine Kombination aus einem Ladegerät und einer Anwendungsvorrichtung verbunden werden kann.

[0018] Im Interesse der Klarheit sind die Hystereseschaltung, die Filterschaltungen und die Schaltungen zum Verringern des Ruhestroms, wenn die Elemente eine niedrige Spannung aufweisen, nicht dargestellt.

[0019] Die mechanische Schutzeinheit ist ein Bimetallstreifen-Schalter **2**, der zwischen die (Vbat+)-Klemme und die am stärksten positive Elektrode der Elementreihe, nämlich diejenige des Elements I, geschaltet ist.

[0020] Die am stärksten negative Elektrode der Elementreihe, nämlich diejenige des Elements II, ist über einen MOSFET-Leistungsschalttransistor **4** mit einer spezifischen Konstruktion an die negative Klemme Vbat- des Batteriemoduls angeschlossen.

[0021] Der Bimetallstreifen-Schalter **2** ist beispielsweise ein Schutzelement aus der von Texas Instruments Inc. hergestellten Zmm-Miniaturbimetallstreifen-Reihe.

[0022] An Stelle des Bimetallstreifens **2** kann auch ein Thermistor mit einem positiven Temperaturkoeffizienten aus Polymer oder Keramik mit einer speziellen Konstruktion verwendet werden.

[0023] Der FET-Transistor **4** ist tatsächlich ein Leistungsschalt-MOSFET-Transistor, der mit Bezug auf Fig. 2 beschrieben wird.

[0024] Jedem der Elemente I und II ist eine entsprechende elektronische Schaltung **6**, **8** zugeordnet. Die Komponenten der Schaltungen **6** und **8**, die nun beschrieben werden, sind mit den gleichen Bezugszahlen versehen, welchen jeweils die Indizes **1** bzw. **2** zugewiesen sind.

[0025] Demgemäß ist ein Nebenschlußregler S11 in Reihe mit einem Widerstand R11 an die Klemmen des Elements I angeschlossen.

[0026] Die Steuerelektrode des Nebenschlußreglers S11 ist an den Verbindungspunkt von zwei Widerständen R13, R14 angeschlossen, die in Reihe mit einem Widerstand R12 geschaltet sind, wodurch eine Widerstandskette gebildet ist, die auch parallel zu den Klemmen des Elements I geschaltet ist.

[0027] Die dem Element I zugeordnete Schaltung **6**

weist auch eine Vergleichieranordnung C1 auf, die selbst auch parallel zu den Klemmen des Elements I geschaltet ist. Sie weist zwei Spannungsvergleicher C11, C12 auf, die jeweils zwei Eingänge und eine temperaturstabile Referenzspannungsquelle Vref aufweisen.

[0028] Der positive Eingang des Vergleichers C11 ist mit der Verbindung der Widerstände R12, R13 verbunden, und der negative Eingang des Vergleichers C12 ist mit der Verbindung der Widerstände R13 und R14 verbunden.

[0029] Der negative Eingang des Vergleichers C11 und der positive Eingang des Vergleichers C12 sind beide mit der Referenzspannungsquelle Vref verbunden. Der Ausgang des Vergleichers C11 ist mit der Gate-Elektrode eines FET-Transistors N12 verbunden, während der Ausgang des Vergleichers C12 mit der Gate-Elektrode eines FET-Transistors N11 verbunden ist.

[0030] Die Source- und die Drain-Elektroden der FET-Transistoren N12 und N11 sind in Reihe mit einem Widerstand R15 geschaltet, der mit der positiven Klemme des Elements I verbunden ist.

[0031] Die dem Element II zugeordnete Schaltung **8** weist die gleichen Komponenten auf wie die Schaltung **6**, und sie sind mit dem Index **2** versehen.

[0032] Die Source-Drain-Pfade der Transistoren N22, N21, welche den Vergleichern C21, C22 der Schaltung **8** zugeordnet sind, sind in Reihe mit einem Widerstand R16 geschaltet, und diese Kette ist parallel zum Satz zweier Elemente I und II geschaltet.

[0033] Der Widerstand R15, der in Reihe mit den Transistoren N12 und N11 geschaltet ist, ist mit der Gate-Elektrode eines FET-Transistors M11 verbunden, während der Widerstand R16, der in Reihe mit den Transistoren N22 und N21 geschaltet ist, mit der Gate-Elektrode eines FET-Transistors M12 verbunden ist.

[0034] Die Source-Drain-Pfade der Transistoren M11, M12 sind in Reihe zwischen die positive Klemme des Elements I und die Gate-Elektrode des Leistungs-MOSFET-Transistors **4** geschaltet.

[0035] Der Source-Drain-Pfad des MOSFET-Transistors **4** ist zwischen die negative Klemme des Elements II und die (Vbat-)-Klemme des Batteriemoduls geschaltet.

[0036] Ein Widerstand R18 ist zwischen die Source-Elektrode und die Gate-Elektrode des MOSFET-Transistors **4** geschaltet und hält ihn normalerweise gesperrt. Die Nebenschluß-Spannungsregler S11 und S21 verwenden die Widerstände R11, R21

in Reihe, um die Erwärmung dieser Regler zu begrenzen, während ihre Regelfunktion nicht beeinträchtigt wird, wobei diese Widerstände auch während des Niederspannungs-Ladungsausgleichs und während bestimmter Operationen mit normalen Einstellungen der Elementspannungen eine Strombegrenzung bereitstellen.

[0037] Die Vergleichereinheiten C1, C2 erzeugen zusammen mit den Widerständen R15, R16 und den Transistoren N11, N12, N21, N22 ein Elementspannungsfenster, innerhalb dessen der MOSFET-Leistungstransistor **4** durchgeschaltet gehalten wird, wobei die Wellenformen in **Fig. 1A** dargestellt sind.

[0038] Die Vergleichereinheiten C1, C2 regeln zusammen mit den Widerständen R12, R13, R14, R22, R23, R24 und den Nebenschlußreglern S11, S21 die maximalen und die minimalen Spannungen, bei denen ein Nebenschluß der Elementströme auftritt.

[0039] Der MOSFET-Transistor **4** ist in **Fig. 1** durch einen Drain-Source-Bereich, eine Gate-Elektrode und eine Diode Dn in Reihe mit einem Widerstand Rn dargestellt, und diese Reihenimpedanz ist wie dargestellt zwischen die Drain-Elektrode und die Source-Elektrode des MOSFET-Transistors **4** geschaltet.

[0040] Zwischen den Bimetallstreifen **2** und den MOSFET-Transistor **4** ist eine elektronische Schutzschaltung **10** geschaltet, die auch Teil der integrierten Schaltung der Schutzvorrichtung ist.

[0041] Ein Widerstand Rb ist innerhalb der Bimetalleinheit vorhanden, so daß ein guter thermischer Kontakt damit gegeben ist.

[0042] Die Schutzschaltung **10** schaltet einen Strom durch den Widerstand Rb beim Erfassen eines fehlerhaften Betriebs der Leistungsvorrichtungen oder einer übermäßigen Temperatur der gesamten integrierten Schaltung.

[0043] Die Wirkung des durch den Widerstand Rb fließenden Stroms besteht darin, den Bimetallstreifen zu erwärmen, wodurch seine Öffnung bewirkt wird. Er kann so ausgelegt sein, daß er nach dem Hindurchfließen eines Haltestroms durch den einen positiven Temperaturkoeffizienten aufweisenden Widerstand des Bimetallstreifens, welcher nur schließt, wenn der Ladestrom unterbrochen wird, offen bleibt.

[0044] Die Zmm-Schutzvorrichtungen von Texas Instruments Inc. arbeiten auf diese Weise.

[0045] An Stelle des Widerstands Rb ist es gleichermaßen möglich, einen Thermistor mit einem positiven Temperaturkoeffizienten aus einem Polymer oder einer Keramik zu verwenden, der den Bimetallstreifen veranlassen kann, den PTC-Thermistor zu

öffnen oder zu aktivieren.

[0046] Der MOSFET-Transistor **4**, dessen Struktur in **Fig. 2** dargestellt ist, weist ein Substrat **11** auf, auf dem eine (n-)Epitaxieschicht **12** durch Aufwachsen erhalten wurde.

[0047] In die Epitaxieschicht **12** wird ein p-Bereich **14** für die Gate-Elektrode diffundiert, worin auch ein (n+)-Source-Bereich **16** diffundiert wird. Derselbe (n+)-Dotierungsstoff wird gleichzeitig in die Epitaxieschicht selbst diffundiert, um die Drain-Elektrode **18** zu bilden.

[0048] Der Widerstand Rn des Transistors **4** wird entweder durch den p-Dotierungsstoff der Gate-Unterlage und einen epitaktischen (n-)-Dotierungsstoff oder durch Bilden einer geeigneten Verbindung zwischen der Source-Elektrode **16** und der Gate-Unterlage **14**, um einen Widerstand zu definieren, der im wesentlichen durch den p-Dotierungsstoff der Gate-Unterlage definiert ist, oder durch Wählen eines geeigneten Widerstands, der zwischen die Source-Elektrode und die Gate-Unterlage geschaltet ist, welcher außerhalb des p-Bereichs liegen würde, definiert. Es ist in allen Fällen bei der Konstruktion des MOSFET-Transistors **4** angemessen, sorgfältig jedes Ausschalten der Vorrichtung zu vermeiden, das durch Überspannungen hervorgerufen wird, wenn der Transistor **4** durchgeschaltet und gesperrt wird. Ein MOSFET-Transistor mit einem p-leitenden Substrat **11** kann für ein solches Phänomen anfällig sein.

[0049] Der (n+)-Drain-Bereich **18** wird neben dem Gate-Bereich **14** diffundiert.

[0050] Die Diode Dn weist den Gate-p-Bereich **14** als ihre Anode und den (n-)-Bereich der Epitaxieschicht **12** als ihre Kathode auf.

[0051] Der beschriebene FET-Transistor **4** ist ein nMOSFET, und es kann durch eine sorgfältige Konfiguration und durch Maximieren des Breite/Länge-Verhältnisses (W/L) des Kanals ein MOSFET-Transistor mit einem sehr niedrigen Leitungswiderstand erzeugt werden. Es ist möglich, zusätzlich eine stark dotierte vergrabene Schicht unterhalb der Epitaxieschicht **12** zu erzeugen.

[0052] Falls die Dotierung der vergrabenen Schicht vom n-Typ ist, erhöht diese Schicht die Leitfähigkeit und begrenzt die vertikale Streu-Transistorwirkung, wenn das Substrat vom p-Typ ist.

[0053] Die hohen W/L-Verhältnisse mit einer minimalen Vorrichtungsabmessung können zusätzlich unter Verwendung von Doppeldiffusionstechniken mit einer Selbstausrichtung erhalten werden, wodurch sehr kleine Gate-Längen erhalten werden.

[0054] Der FET-Transistor **4** wird normalerweise durch den zwischen seine Source-Elektrode S und seine Gate-Elektrode G geschalteten Widerstand R18 (**Fig. 1**) gesperrt gehalten. Die Ausgaben der Vergleicher C1 und C2 schalten den FET-Transistor **4** so, daß er den Batteriestrom immer dann leitet, wenn alle Spannungen der Elemente im Sicherheitsbetriebsmodus in ihrem Lade- und Entladezustand sind.

[0055] Der FET-Transistor **4** ist als ein neuartiger Typ eines FET-Transistors vorgeschlagen, der speziell für die Anwendung auf die Batterieschutzvorrichtung in Modulform ausgelegt ist.

[0056] Die Source-Elektrode S **16** ist normalerweise elektrisch mit der Gate-Unterlage verbunden, um eine Modulation von V_t zu vermeiden, die sich aus der Gesamtwirkung der Gate-Unterlage ergeben würde.

[0057] Der neue Schalter hält die Leitungsspannungsschwelle bei V_t , während die Diode Dn und der Widerstand Rn verwendet werden, um die Ausschaltzustandsimpedanz Zoffsd in Sperrichtung zu definieren, und die Ausschaltzustandsimpedanz Zoffds in Durchlaßrichtung bleibt wie diejenige eines FET-Transistors mit einem normalen Sperrzustand erhalten, so daß sie in der Nähe eines unendlichen ohmschen Werts bleibt.

$$Z_{offsd} = Z_{diode} + R_n$$

$$Z_{offds} \rightarrow \infty$$

[0058] Wenn die Batterieelemente in ihrem normalen Betriebsspannungsfenster liegen, wird der FET-Transistor **4** so geschaltet, daß er in seinem Trioden-Bereich arbeitet.

[0059] Dies zeigt, daß für niedrige Vdrain-Source-(Vds)-Spannungen in diesem Bereich der MOSFET einen Widerstand aufweist, der für eine konstante Gate-Source-Spannung charakteristisch ist.

[0060] Um den niedrigsten Leitungswiderstand Ron zu erhalten, ist die niedrigste Spannung V_t für eine gegebene Spannung Vgs erforderlich.

[0061] Es wird vorgeschlagen:

- 1) V_{to} durch Verbinden der Source-Elektrode **16** mit der Gate-Unterlage zu verwenden, wenn der MOSFET **4** leitet, wodurch die minimale V_t -Spannung erhalten wird,
- 2) einen Gate-Unterlagskontakt anzuordnen, um einen Widerstand Rn (von 10 bis 500 Ohm für die Anwendung der Schutzvorrichtung gemäß der Erfindung oder abhängig von den Anforderungen des Systems) in Reihe mit der Diode Dn zu erhalten,

3) eine konstante Spannung an der Gate-Elektrode zu verwenden, so daß eine von einem Potentialwall gezogene Spannung ermöglicht, daß der MOSFET, wenn er durchgeschaltet ist, auch als ein Stromerfassungswiderstand in Systemen verwendet wird, in denen Batteriestrommessungen erforderlich sind. Der Absolutwert und die charakteristischen Parameter dieses Widerstands können in einem nichtflüchtigen Speicher des Batteriemoduls gespeichert werden.

[0062] Ein anderes Mittel zum Definieren des Widerstands Rn besteht im Bereitstellen eines MOSFETs mit vier Klemmen, in dem die Gate-Unterlage als eine getrennte Klemme eingerichtet ist (während ein paralleler Widerstand auf dem integrierten Schaltungschip bereitgestellt wird, welcher zwischen die Source-Elektrode **16** und die Gate-Unterlage geschaltet ist, um die Bedingung V_{to} aufrechtzuerhalten und das Sperren im Laufe von Schaltübergängen zu vermeiden).

[0063] Dies ermöglicht es, eine Diode und einen Widerstand in Reihe außerhalb des MOSFETs anzuordnen, wodurch die Impedanz der Vorrichtung in Sperrichtung definiert wird.

[0064] Deshalb ist der MOSFET-Transistor **4** im vorliegenden Beispiel ein neuartiger MOSFET-Leistungstransistor mit der Polarität n, der einen sehr niedrigen Leitungswiderstand und eine Ausschaltimpedanz, die sich in der normalen Sperrichtung Unendlich nähert, aufweist, wobei der Wert durch die Diode Dn und den Widerstand Rn in Sperrichtung festgelegt ist.

[0065] Er wird für die Schutzvorrichtung gemäß der Erfindung ausgelegt.

[0066] Der Wert des Widerstands Rn ist durch die maximale vom Ladegerät im Laufe des Betriebs erreichte Spannung und durch das Niveau des zum Ladungsausgleich gewählten Stroms bestimmt.

[0067] Die Logikschaltung aus **Fig. 3** ist dafür vorgesehen, einen Niederspannungs-Nebenschluß oder einen Hochspannungs-Nebenschluß als Funktion der Spannungen der Elemente auszuwählen.

[0068] Die in **Fig. 3** dargestellte Spannungsausgleichs-Steuerlogikschaltung enthält einen Widerstand R17, der mit einem Satz von Logikelementen **20** verbunden ist, einschließlich Eingängen, die jeweils mit den Vergleichern C11 und C21 verbunden sind.

[0069] Zwei FET-Transistoren **24**, **26** werden zum Verbinden der Eingangelektrode des Nebenschlußreglers S11 bis V_{th11} oder V_{th12} verwendet, wodurch festgelegt wird, wann ein Nebenschließen bei

minimalen und maximalen Elementspannungen ausgeführt werden muß.

[0070] Sie sind dem Element I zugeordnet, und ihre Source-Drain-Pfade sind in Reihe zwischen die Punkte Vth11 und Vth12 geschaltet, welche eine minimale und eine maximale sichere Betriebsschwelle für das Element I definieren.

[0071] Die Drain-Elektroden der FET-Transistoren **24**, **26** sind mit der Steuerelektrode des Nebenschlußreglers S11 verbunden.

[0072] Die Gate-Elektroden dieser Transistoren sind beide zwischen den Widerstand R17 und den Satz von Logikelementen **20** geschaltet.

[0073] Zwei FET-Transistoren **28**, **30** werden verwendet, um die Eingangselektrode des Nebenschlußreglers S21 mit Vth21 oder Vth22 zu verbinden, wodurch festgelegt wird, wann ein Nebenschließen bei der minimalen und der maximalen Elementspannung für das Element II ausgeführt werden muß.

[0074] Sie sind dem Element II zugeordnet, und ihre Source-Drain-Pfade sind in Reihe zwischen die Punkte Vth21 und Vth22 geschaltet, welche eine minimale und eine maximale sichere Betriebsschwelle für das Element II definieren.

[0075] Die Drain-Elektroden der FET-Transistoren **28**, **30** sind mit der Steuerelektrode des Nebenschlußreglers **21** verbunden.

[0076] Die Gate-Elektroden der FET-Transistoren **28**, **30** sind zwischen einen mit der positiven Klemme des Elements I verbundenen Widerstand R18 und den Satz von Logikelementen **20** geschaltet.

[0077] **Fig. 4** zeigt eine Leiterplatte, auf der das Bimetallstreifen-Element **2** und eine integrierte Schaltung **34** mit den Schaltungen **4**, **6**, **8** und der mit Bezug auf die **Fig. 1** und **3** beschriebenen elektronischen Schutzschaltung **10** Seite an Seite auftreten. Die Querschnitte der Elemente I und II sind in unterbrochenen Linien dargestellt. Diese Elemente sind innerhalb der Abmessungen der gedruckten Leiterplatte **32** enthalten.

[0078] Die elektronische Schaltung der Schutzvorrichtung gemäß der Erfindung wird unter Verwendung der vom Anmelder entwickelten und mit TI-PRISM- sowie Lin-Bi-CMOS-Technologie bezeichneten linearen MOS-Leistungstechnologie in Form eines einzigen integrierten Schaltungschips erzeugt.

[0079] Die Schaltung **34** und der Bimetallstreifen **2** können in ein einziges Kunststoffgehäuse eingebracht werden.

[0080] Das in **Fig. 1** dargestellte Schutzsystem ist für ein aus zwei Elementen bestehendes Batteriemodul vorgesehen, es kann jedoch leicht auch auf eine größere Anzahl von Elementen erweitert werden, sofern die Technologie für die integrierten Schaltungen den maximalen erforderlichen Spannungen widerstehen kann.

[0081] Es wird auch verständlich sein, daß ein solches Schutzsystem auf ein einziges wiederaufladbares Element angewendet werden kann.

[0082] Die Arbeitsweise des Schutzsystems wird nun unter Berücksichtigung der verschiedenen Betriebsbereiche beschrieben.

[0083] Als Beispiel werden Lithiumionenelemente mit Betriebsspannungsgrenzen von 2,5 Volt und 4,2 Volt verwendet, um die Arbeitsprinzipien des Systems zu erläutern. Die Hysteresen, das Filtern von Überspannungen, die Verzögerungsschaltungen und die Ruhestrom-Reduktionsschaltungen werden im Interesse einer klaren Darstellung vernachlässigt.

[0084] Bereich 1: Elemente, die einer übermäßigen Entladung unterzogen wurden, $V_{cell} \leq 2,5 \text{ V}$

a) Bei weniger als 1,5 Volt, wird der Strom der Elemente durch die elektronische Schaltung auf 0 geschaltet,

b) Wenn die Spannung jedes Elements I, II kleiner als 2,5 Volt ist, werden die Nebenschlußregler S1, S2 ausgeschaltet. Es kann daher kein Entladestrom durch den MOSFET-Transistor **4** oder durch die Diode Dn fließen, die sich in Sperrichtung für Entladeströme befindet.

c) Wenn die Spannung an einem der Elemente I und II kleiner als 2,5 Volt ist, werden die Nebenschlußregler für die restlichen Elemente, deren Spannungen größer als 2,5 Volt sind, so festgelegt, daß sie bei 2,5 Volt nebengeschlossen werden, wodurch alle Elemente bei 2,5 Volt abgeglichen werden,

d) Wenn ein Ladegerät mit den Klemmen Vbat+ und Vbat- des Batteriemoduls verbunden ist, bleibt der MOSFET-Transistor **4** gesperrt, es fließt jedoch ein durch den Widerstand Rn begrenzter Strom infolge der Diode Dn und des Widerstands Rn durch die Elemente,

e) Wenn dann alle Elemente 2,5 V erreicht haben, werden die Nebenschlußregler S11, S21 zurückgesetzt, um die Ströme bei 4,2 V nebenschließen.

[0085] Bereich 2: Elemente, die innerhalb ihrer normalen Betriebsbereiche liegen, $4,5 \text{ V} > V_{\text{Element}} > 2,5 \text{ V}$

a) Wenn die Spannungen aller Elemente größer als 2,5 V sind, werden die Nebenschlußregler alle so eingestellt, daß der Strom oberhalb von 4,2 V je Element nebengeschlossen wird,

b) Wenn sich alle Elemente I, II in diesem Spannungsbereich befinden, wird der MOSFET-Transistor **4** durchgeschaltet und hat einen sehr niedrigen Reihenwiderstand für den Lade- und den Entladestrom,

c) Für ein Batteriemodul mit einem einzigen Element oder wenn die zum Schalten des MOSFET-Transistors **4** verfügbare Spannung nicht ausreichend hoch ist, damit dieser Transistor den erforderlichen niedrigen Leitungswiderstand R_{on} erreicht, kann eine Ladungspumpe die Potential-wall-Referenzspannung auf die hohe Gate-Source-Spannung verstärken, die erforderlich ist, damit ein sehr niedriger Leitungswiderstand auftritt. Eine konstante Gate-Source-Spannung gibt dem MOSFET-Transistor auch eine Widerstandskennlinie, die ermöglicht, daß er als ein Stromerfassungswiderstand verwendet wird.

[0086] Bereich 3: Überspannung V-Element $> 4,2\text{ V}$

a) Die Nebenschluß-Spannungsregler S11 und S21 werden durchgeschaltet, wenn V-Element I oder V-Element II $4,2\text{ V}$ erreicht, und

b) Die Ausgabe der Vergleicher C11 und C12 hält den MOSFET-Transistor **4** nicht mehr durchgeschaltet, und er nimmt folglich seinen normalen Sperrzustand wieder an. Jedes Element oberhalb von $4,2\text{ V}$ schaltet den MOSFET-Transistor so, daß er gesperrt wird,

c) Wenn das Ladegerät (nicht dargestellt) mit dem Batteriemodul verbunden ist, wird sein Strom folglich durch den Widerstand R_n und die Diode D_n begrenzt, und dies ist nur dann der Fall, wenn die Elemente $4,2\text{ V}$ erreicht haben. Ein Ladungsausgleich findet statt, wenn die Elemente unterhalb von $4,2\text{ V}$ weiter mit einem reduzierten Strom geladen werden, und schließlich sind alle Elemente auf $4,2\text{ V}$ geladen, und alle Nebenschlußregler leiten den verringerten Ladestrom durch die Diode D_n und den Widerstand R_n zum Ladegerät zurück,

d) Wenn das Ladegerät fortgenommen wird, befinden sich die Elemente in ihrem Betriebsspannungsbereich ($2,5\text{ V} - 4,2\text{ V}$), und der MOSFET-Transistor **4** wird durchgeschaltet gehalten, so daß die Lade- und Entladeströme im Trioden-Bereich niedrigen Widerstands fließen.

[0087] Bereich 4: Fehlerbedingungen

a) In dem unwahrscheinlichen Fall, daß der MOSFET-Transistor **4** wegen eines Fehlers kurzgeschlossen wird, und einer Fehlerbedingung, die die Klemmen des Batteriemoduls kurzschließt, öffnet sich das Bimetallstreifen-Element **2** und bleibt in diesem Zustand, bis die Fehlerbedingung aus dem Batteriemodul entfernt worden ist,

b) Falls ein abnorm hoher Strom durch die Elemente fließt und den MOSFET-Transistor **4** aus seinem sicheren Betriebsbereich entfernt oder bewirkt, daß die integrierte Schaltung eine abnorm

hohe Temperatur erreicht, legt die elektronische Schutzschaltung eine niedrige Spannung an den Widerstand R_b an, der dem Bimetallstreifen-Element zugeordnet ist, so daß der dadurch induzierte Strom bewirkt, daß er ausreichend erwärmt wird, um den Bimetallstreifen-Schalter zu öffnen,

c) Die Schutzschaltung öffnet den Bimetallstreifen, wenn sie eine Batteriemodulspannung $V_{bat+} - V_{bat-}$ erfaßt, die größer als ein vorgegebener Wert ist,

d) Falls die elektronische Steuereinrichtung (MOSFET-Transistor **4**, Ladegerät, elektronischer Schutz) im Laufe des schnellen Ladens einen Durchbruch erleidet und falls die Elemente I und II eine hohe Temperatur erreichen, arbeitet das Bimetallstreifen-Element als eine mechanische Reserve-Sicherheitsschutzvorrichtung und unterbricht den im Batteriemodul fließenden Strom,

e) Falls ein Element einen Durchbruch erleidet (Element I oder II), weist das Element, in dem der Durchbruch aufgetreten ist, eine Spannung auf, die kleiner als $2,5\text{ V}$ ist, und es wird folglich der MOSFET-Transistor **4** so geschaltet, daß er gesperrt wird, wodurch der Fluß hoher Ströme durch das Batteriemodul unterbrochen wird. Die anderen Elemente werden dementsprechend durch die Nebenschlußregler langsam entladen, und die Widerstände R_{12} , R_{22} begrenzen in diesem Fall die Stärke der Entladeströme.

[0088] Die in **Fig. 5** dargestellte Schaltung besteht aus einem ersten Teil zur Bildung der Schaltung aus **Fig. 1**, wobei seine Komponenten die gleichen Bezugswerte aufweisen und daher nicht erneut beschrieben werden, und einem zweiten Teil mit einem nichtflüchtigen Speicher in der Art eines EEPROMs **40**, dessen positive Leistungsversorgungsklemme mit einem Temperatursensor **42** verbunden ist, der sich in einer Wärmeaustauschbeziehung mit den Elementen I und II befindet.

[0089] Der Ausgang des Speichers **40** ist mit den Klemmen **44** des Batteriemoduls und auch mit einem Anzeigemodul **46** verbunden, das Schaltungen mit einer hohen Zeitkonstante zur Anzeige sowie für Spannungs- und Temperaturmessungen und Leuchtdioden aufweist.

[0090] Die Versorgungsspannung für den EEPROM-Speicher **40** und den Temperatursensor kann von einer gemeinsamen Klemme V_{cc} abgenommen werden.

[0091] Das Anzeigemodul **46** ist über einen Ladungszustandsanzeige-Schalter **48** mit der (V_{bat+})-Klemme verbunden.

[0092] Der nichtflüchtige Speicher **40** ermöglicht das Speichern von Batterieladungszustands-Parametern für die Elemente I, II in dem dem Ladungszu-

stand entsprechenden Fall.

[0093] Das Anzeigemodul enthält bestimmte elektronische Einrichtungen zum Messen der Spannung und der Temperatur der Elemente und zum Lesen der im Speicher **40** enthaltenen Ladezustandsdaten. Es bestimmt das Ladeniveau der Elemente, das mit einer niedrigen Auflösung, beispielsweise einer 4-Niveau-LED-Anordnung, anzuzeigen ist. Das genaue Messen des Ladezustands ist daher für solche Anzeigeeinheiten auf einem Modul nicht erforderlich. Wenn der Anzeigeschalter **48** nach innen geschoben wird, genügt ein auf einer Nachschlagetabelle im Speicher beruhender Ladezustand mit temperaturkorrigierten Spannungsangaben für die Anzeige.

[0094] Das in **Fig. 6** dargestellte Flußdiagramm zeigt das geschützte Batteriemodul mit einem Ladezustandsindikator an dem Modul, das mit einer Anwendungsvorrichtung **50** gekoppelt ist, die eine Ladungsmeßschaltung aufweist. Die Ladungsverwaltungs-Anwendungsschaltung umfaßt einen Ladungsmeßalgorithmus, Komponenten zum Vornehmen genauer Messungen eines Ladezustands, einen Echtzeit-Taktgeber und einen Datenbus **52** zwischen der Anwendungsvorrichtung und dem Batteriemodul **54**. Das Batteriemodul enthält Elemente **55**, die Schutzvorrichtung **56** und einen nichtflüchtigen Speicher, beispielsweise einen EEPROM-Speicher **57**, der folgendes aufweist:

- eine Echtzeitreferenz und
- eine Temperatur, eine Spannung, einen entsprechenden Strom und
- einen entsprechenden Ladezustand,
- Ladungs-, Entladungskoeffizienten und andere Ladungsbestimmungsparameter.

[0095] Der EEPROM-Speicher **57** ist mit einer Anzeigeschnittstellenschaltung **58** verbunden, die mit der Ladezustands-Anzeigevorrichtung verbunden ist. Die Schnittstellenschaltung und die Anzeigeeinheit werden nur dann verwendet, wenn eine Ladezustands-Anzeigeoption an dem Modul erforderlich ist.

[0096] Ein System zur Ladungsmessung durch die Anwendungsvorrichtung ist in **Fig. 7** dargestellt, und es ist auf ein kostengünstiges Batteriemodul **60** sowie das Batteriemodul aus **Fig. 5** anwendbar.

[0097] Das kostengünstige Batteriemodul **60** umfaßt die Elemente I und II, den EEPROM-Speicher **40**, mit dem der Temperatursensor **42** verbunden ist, und den mechanischen Bimetallstreifen-Schutzschalter **2**. Dieses Batteriemodul **60** kann verwendet werden, um die Ladezustandsdaten eines Elementsatzes festzuhalten. Diese können Sätze von NiCd-, NiMH- und ähnlichen Elementen sein. Die nachstehende Beschreibung gilt für beide in **Fig. 5** und **Fig. 7** dargestellten Batteriemodulsysteme.

[0098] Der EEPROM-Speicher **40** wird vom Mikroprozessor **62** gespeist, wenn das Batteriemodul mit der Anwendungsvorrichtung verbunden ist. Folglich zieht er selbst dann keinen Strom von den Elementen I und II, wenn er nicht mit der Anwendungsvorrichtung verbunden ist. Die Ladezustandsdaten und andere Daten können vom Ladungsverwaltungs-Mikroprozessor **62** über die Datenbus-Schnittstelle **80** durch den Hauptprozessor (nicht dargestellt) geführt werden. Der Hauptprozessor kann dann in der Lage sein, die Energieverwaltungsfunktionen für die Anwendungsvorrichtung auszuführen.

[0099] Das geschützte Batteriemodul **60** ist durch fünf Klemmen **63** bis **67** mit dem Mikroprozessor **62** verbunden.

[0100] Die Klemme **63** ist der positive Anschluß der Elemente über den Bimetallstreifen **2**, und sie ist die positive Energieklemme für das Anlegen des Ladegeräts.

[0101] Die Klemme **64** ist die Temperaturerfassungsklemme für die Elemente I und II, und sie kann mit der Leistungsversorgung für den nichtflüchtigen Speicher **40** gemeinsam verwendet werden.

[0102] Die Klemmen **65** und **66** sind Takt- und Datenklemmen, die einen Schnittstellenbus, beispielsweise **12C**, zwischen dem nichtflüchtigen Speicher **40** und der Anwendungsvorrichtung bilden.

[0103] Die Klemme **67** ist die Klemme zum Verbinden der negativen Klemme des Batteriemoduls und eines dem Mikroprozessor **62** der Anwendungsvorrichtung zugeordneten Stromerfassungswiderstands **68**.

[0104] Die analogen Eingänge **70** des Mikroprozessors **62** sind Eingänge für die Spannung V_p in bezug auf die Batteriespannung V_e , für die sich auf die Temperatur T_p des Elements beziehende Spannung und für den Strom I_p der Elemente.

[0105] Diese sind in den Schaltungen **70** und **71** multiplexiert, so daß sie einem Analog-Digital-Wandler **72** hoher Auflösung zugeführt werden.

[0106] Ein Vielfaches der Potentialwall-stabilisierten Spannungsreferenz **76** für den Analog-Digital-Wandler ist an den nicht invertierenden Eingang eines Operationsverstärkers **73** angelegt, dessen Ausgang mit der Gate-Elektrode eines FET-Transistors **74** verbunden ist. Der invertierende Ausgang des Verstärkers **73** ist mit der Source-Elektrode des FET-Transistors **74** und mit einem Widerstand **75** verbunden. An das andere Ende des Widerstands **75** ist ein höheres Vielfaches der Potentialwallspannung angelegt.

[0107] Die Komponenten **73**, **74**, **75** bilden eine Stromquelle.

[0108] Der FET-Transistor **74** liefert einen Konstantstrom, der verwendet wird, um eine Spannungsverschiebung zu erzielen, die durch das Produkt aus dem Konstantstrom und einem Widerstandswert **87** bestimmt ist, und wenn er mit einem Widerstand **88** verbunden ist, das Produkt aus dem Konstantstrom und dem Wert des Widerstands **88**. Infolge der erhaltenen Spannungsverschiebung können die Lade- und Entladeströme durch Spannungsmessungen an den Klemmen der Stromquelle und des Erfassungswiderstands **68** gesteuert werden. Die Stromquelle und der Analog-Digital-Wandler verwenden die gleiche Potentialwall-Spannungsreferenz, wodurch ein System erzielt wird, das genaue Messungen gewährleistet.

[0109] Die Klemme **64** der Batteriemodule **60** kann zu einem der universellen Ein-Ausgabe-E/A-Klemmen **77** des Ladungsmeß-Mikroprozessors **62** verlaufen. Ebenso sind zwei andere Ein-Ausgabe-E/A-Klemmen **77** mit den Klemmen **65** und **66** des nichtflüchtigen Speichers des Batteriemoduls für den Betrieb der Takt- und der CLK- und DATA-Informationen, beispielsweise nach einem Protokoll **12C**, verbunden.

[0110] Der Mikroprozessor **52** umfaßt auch einen lokalen Oszillator **79**, einen Kommunikationsbus zum Kommunizieren mit dem nicht dargestellten Hauptcomputer der Anwendungsvorrichtung und andere Einheiten, die für den Betrieb erforderlich sind, wie ein ROM-Speicher **82**, ein RAM-Speicher **83**, eine Zentralverarbeitungseinheit und Zeitgebereinrichtung **85** sowie eine Rücksetzeinrichtung **86** und eine Echtzeitüberwachungs-Unterbrechungsvorrichtung **89**.

[0111] Durch die vorstehend beschriebene Mikroprozessor-Ladungsmeßkonfiguration kann die Verwaltung der Elemente I und II einer Batterie durch den Ladungsverwaltungsprozessor einer Anwendungsvorrichtung gesteuert werden, und der Ladezustand und andere Batteriedaten können zum Hauptcomputer gesendet werden, um sie anzuzeigen und die Energie der Peripheriegeräte der Anwendungsvorrichtung zu verwalten.

[0112] Die Unterschiede zwischen der Lösung eines Batteriemoduls und seiner Ladezustandsüberwachung gemäß der Erfindung und anderen Lösungen, die früher auf diesem Gebiet vorgeschlagen wurden, sind folgende:

a) Die Verwendung eines einzigen Leistungsschalters in der Art der nMOSFET-Komponente **4**. Diese weist einen Leitungswiderstand auf, der gleich der Hälfte desjenigen existierender Lösungen mit zwei FETs ist,

b) Die Wirkungen von Energieverlusten und hoher Temperaturen für Hochstromanwendungen, wie tragbare Computer, tragbare GSMs, in denen die von dem Batteriemodul kommenden Ströme **5A** erreichen können, sind stark verringert. Bei 100 mΩ (beispielsweise bei heutigen Systemen, bei denen ein PTCR-Schutzelement mit einem Kaltwiderstand von 50 mΩ und zwei Leistungs-MOSFETs mit jeweils 25 mΩ verwendet werden) werden 2,5 Watt verbraucht, das Schutzsystem gemäß der Erfindung zielt darauf ab, diesen Wert um wenigstens die Hälfte zu reduzieren. (Beispielsweise $R_{\text{Bimetallstreifen}} + R_{\text{MOSFET}} < 50 \text{ Milli-ohm}$.)

Der MOSFET kann mit einer konstanten Gate-Source-Spannung ausgelegt werden, wenn er als ein Erfassungswiderstand in Systemen, die eine Ladezustandsangabe benötigen, verwendet wird. Dies zieht weiterhin kleinere Energieverluste von der Batterie und eine kleinere Verlustwärme von dem System nach sich,

c) Es ist keine Kurzschluß-Schutzsicherung erforderlich, weil ein solches System im allgemeinen mit Schutzsystemen aus einem Polymer oder aus einer Keramik mit einem positiven Temperaturkoeffizienten verwendet wird. Hierdurch werden die Energieverluste sowie die Anzahl der Komponenten und die Gesamtkosten des Batteriemoduls weiter verringert,

d) Der Bimetallstreifen weist die Wirkung einer wiederverwendbaren Sicherung auf,

e) Ein neuartiger MOSFET, der einen sehr niedrigen Leitungswiderstand und einen Ausschaltwiderstand, der in Durchlaßrichtung in der Nähe eines unendlichen Werts liegt und eine in Sperrichtung definierte Ausschaltimpedanz aufweist,

f) Die Nebenschlußregler S11, S22 werden zum Ausgleichen der Ladung auf dem hohen und dem niedrigen Spannungspegel und zum Vermeiden von Überladungen verwendet,

g) Der Bimetallstreifen **2** hat einen niedrigeren Leitungswiderstand als Schutzvorrichtungen mit einem positiven Temperaturkoeffizienten, und die Drift des Widerstands über die Zeit ist auch verbessert,

h) Das vorgeschlagene Bimetallstreifen-Element weist einen Widerstand R_b auf, durch den ein Heizstrom angewendet werden kann, um den Pfad des Hauptbatteriestroms zu öffnen,

i) Der elektronische Schutz erfaßt die Sicherheitsparameter für den Betrieb der integrierten Schaltung (Temperatur, Überströme und Batteriespannung), und wenn eine solche Situation erfaßt wird, bewirkt er das Hindurchfließen eines Stroms durch den Widerstand R_b in einer solchen Weise, daß das Hindurchfließen des Batteriestroms unterbrochen wird,

j) Dieses Schutzsystem kann zu einer einzigen Schutzeinheit entwickelt werden, welche mechanische und elektronische Komponenten aufweist.

Sofern der Ladezustandsspeicher und die optionale Vorrichtung zum Anzeigen des Ladezustands in der Art der in **Fig. 7** dargestellten betroffen sind, ist es auch auf ein kostengünstiges Batteriemodul **60** mit Elementen einer beliebigen chemischen Natur anwendbar,

k) Der nichtflüchtige Speicher ist in das Batteriemodul aufgenommen und wird zum Festhalten von Batterieparametern, Ladezustandsdaten und entsprechenden Zeitmessungs-, Datums-, Spannungs-, Strom- und Temperaturdaten verwendet,

l) Das Leuchtdioden-Anzeigemodul weist eine entsprechende elektronische Schaltung zum Lesen der Daten und der Ladezustandstabelle aus dem nichtflüchtigen Speicher auf, wodurch temperaturkorrigierte Spannungsmeßwerte in Hinblick auf die Anzeige durch eine LED-Dreineau- oder Vierniveaueinheit gebildet werden, wenn eine Anforderung durch Eindrücken des Schalters **48** aus **Fig. 5** gestellt wird.

Genaue Ladungsmessungen werden von der Anwendungsvorrichtung jedesmal dann vorgenommen, wenn das Batteriemodul mit der Anwendungsvorrichtung verbunden wird, und sie werden dann regelmäßig in den nichtflüchtigen Speicher geschrieben,

m) Die Versorgungsspannung und der nichtflüchtige Speicher im Batteriemodul können mit dem Temperatursensor gemeinsam verwendet werden.

[0113] Hierdurch wird der Verbrauch von Strom von den Elementen vermieden und werden Kopplungsniveaus bei der richtigen Spannung zwischen dem

[0114] TEXT FEHLT

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Schützen eines wiederaufladbaren Elements (I) mit:
einem Nebenschlußregler (S11, R11) zur Parallelschaltung mit dem wiederaufladbaren Element (I),
einem Netzwerk von Widerständen (R12, R13, R14), die parallel zum Nebenschlußregler geschaltet sind, wobei die Steuerelektrode des Nebenschlußreglers mit dem Netzwerk verbunden ist,
einer Vergleichereinrichtung (C1), die parallel zum Widerstandsnetzwerk geschaltet ist, wobei die Vergleichereinrichtung einen ersten Vergleich (C11), der mit einer Klemme eines Widerstands (R13) des Netzwerks verbunden ist, einen zweiten Vergleich (C12), der mit der anderen Klemme des Widerstands (R13) verbunden ist, und eine Spannungsreferenzquelle (Vref), mit der der erste und der zweite Vergleich (C11, C12) verbunden sind, aufweist, wobei das Widerstandsnetzwerk ein oberes und ein unteres Schwellenpotential (Vth11, Vth12) des Elements darstellt und die Potentiale zusammen mit einem Referenzpotential von der Spannungsreferenzquelle

(Vref) an den ersten und den zweiten Vergleich angelegt,
einer bidirektionalen Schalteinrichtung (4), die zwischen eine negative Klemme des Elements und eine negative Klemme (Vbat-) der Vorrichtung geschaltet ist und von den Vergleichern gesteuert einsetzbar ist, um den Lade-/Entladezustand des Elements zu regeln, wobei:

die Schalteinrichtung einen niedrigen Leitungswiderstand aufweist, wenn sich die Schalteinrichtung in einem "Einschaltzustand" befindet, und eine hohe Ausschaltzustandsimpedanz in einer Stromrichtung und eine definierte Ausschaltzustandsimpedanz in einer entgegengesetzten Stromrichtung aufweist, wenn sich die Schalteinrichtung in einem "Ausschaltzustand" befindet, wobei die definierte Ausschaltzustandsimpedanz kleiner ist als die hohe Ausschaltzustandsimpedanz, und
die definierte Impedanz den Ladestrom begrenzt, wenn die Schalteinrichtung ausgeschaltet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei mehrere der Nebenschlußregler, die jeweils parallel zu einem der mehreren wiederaufladbaren Elemente zu schalten sind, in Reihe geschaltet sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Schalteinrichtung einen Transistor aufweist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei der Transistor ein Feldeffekttransistor (FET) ist, welcher aufweist:

eine Epitaxieschicht (12) eines ersten Leitfähigkeitstyps, die über einem Substrat (11) ausgebildet ist, einen Bereich (14) eines zweiten Leitfähigkeitstyps, der in der Epitaxieschicht (12) ausgebildet ist, einen Drain-Bereich (18) des ersten Leitfähigkeitstyps, der in der Epitaxieschicht (12) ausgebildet ist, so daß der Bereich (14) und der Drain-Bereich (18) beabstandet sind,
einen Source-Bereich (16) des ersten Leitfähigkeitstyps, der in einem ersten Abschnitt des Bereichs (14) ausgebildet ist und so positioniert ist, daß ein Gate-Unterlagsbereich im wesentlichen zwischen dem Source-Bereich (16) und der Epitaxieschicht (12) ausgebildet ist, und
eine Diode (Dn), die im wesentlichen in dem Bereich zwischen dem Drain-Bereich (18) und dem Gate-Unterlagsbereich ausgebildet ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei die Diode (Dn) eine Impedanz zwischen dem Source-Bereich (16) und dem Drain-Bereich (18) definiert, wenn der Transistor nichtleitend ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, wobei der Transistor ein MOSFET-Transistor ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei der Transistor weiter einen Widerstand (Rn)

aufweist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei der Widerstand (R_n) zwischen den Source-Bereich (**16**) und den Gate-Unterlagsbereich geschaltet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, wobei der Widerstand in dem Gate-Unterlagsbereich ausgebildet ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 9, wobei der Transistor beim Betrieb den niedrigen Leitungswiderstand in seinem Trioden-Bereich präsentiert.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, wobei beim Betrieb die hohe Impedanz einen Stromfluß in einer ersten Richtung im wesentlichen verhindert und wobei die Impedanz in einer zweiten Richtung entgegengesetzt zur ersten Richtung durch die Diode (D_n) und den Widerstand (R_n) definiert ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 11, wobei die Epiaxieschicht (**11**) ein n-dotiertes Halbleitermaterial aufweist, der Bereich (**14**) ein p-leitendes Halbleitermaterial aufweist, der Source-Bereich (**16**) ein (n+)-dotiertes Halbleitermaterial aufweist und der Drain-Bereich (**18**) ein (n+)-dotiertes Halbleitermaterial aufweist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, welche weiter aufweist:
eine konstante Gate-Source-Spannungs-Einrichtung, die mit dem Feldeffekttransistor gekoppelt ist, um eine solche Transistor-Impedanzkennlinie zu erzeugen, daß der Transistor bei Stromerfassungsmessungen anwendbar ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, welche weiter aufweist:
eine thermische Schutzeinrichtung (**2**), die zwischen eine positive Klemme (V_{bat+}) der Vorrichtung und eine positive Klemme des Elements geschaltet ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei die thermische Schutzeinrichtung einen Bimetallstreifen aufweist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei die thermische Schutzeinrichtung eine Thermistorvorrichtung mit einem positiven Temperaturkoeffizienten aufweist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, wobei die Thermistorvorrichtung aus einem Polymer- oder einem Keramikmaterial besteht.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, welche weiter aufweist:
eine Auswahllogik-Schaltungsanordnung (**20, 22, 24,**

26, 28, 30) für einen Niederspannungs- und Hochspannungs-Ladungsausgleich, wobei Ausgangssignale von den Vergleichern die Steuerelektrode des Nebenschlußreglers steuern können.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, welche weiter aufweist:
eine elektronische Schutzschaltungsanordnung (**10**), die an die positive Klemme (V_{bat+}) und die negative Klemme (V_{bat-}) der Vorrichtung angeschlossen ist.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, welche weiter aufweist:
einen nichtflüchtigen Speicher (**40**) zum Speichern von dem Ladezustand entsprechenden Daten und/oder der Ladekennlinien des Elements.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, welche weiter einen Temperatursensor aufweist, dem eine Spannung von einer außerhalb der Vorrichtung liegenden gemeinsamen Quelle (V_{cc}) zugeführt wird.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, wobei der Temperatursensor mit dem Speicher verbunden ist, wobei der Speicher dafür eingerichtet ist, der Aufladung des Elements entsprechende Temperaturdaten zu speichern.

23. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 22, welche weiter aufweist:
eine Einrichtung (**46**) zum Anzeigen des Ladezustands des Elements.

24. Vorrichtung nach Anspruch 23, wobei die Anzeigeeinrichtung (**46**) dafür eingerichtet ist, Daten anzuzeigen, die Daten entsprechen, die von einem Ladezustandsschalter (**48**) gesteuert aus dem Speicher abgerufen werden.

25. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 24, welche weiter aufweist:
eine Einrichtung zum automatischen Steuern des Betriebs der gemeinsamen Ladevorrichtung.

26. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 25, wobei das Element eine Nickel-Cadmium-(NiCd)- oder Nickel-Metallhalogenid-(NiMH)-Zelle ist.

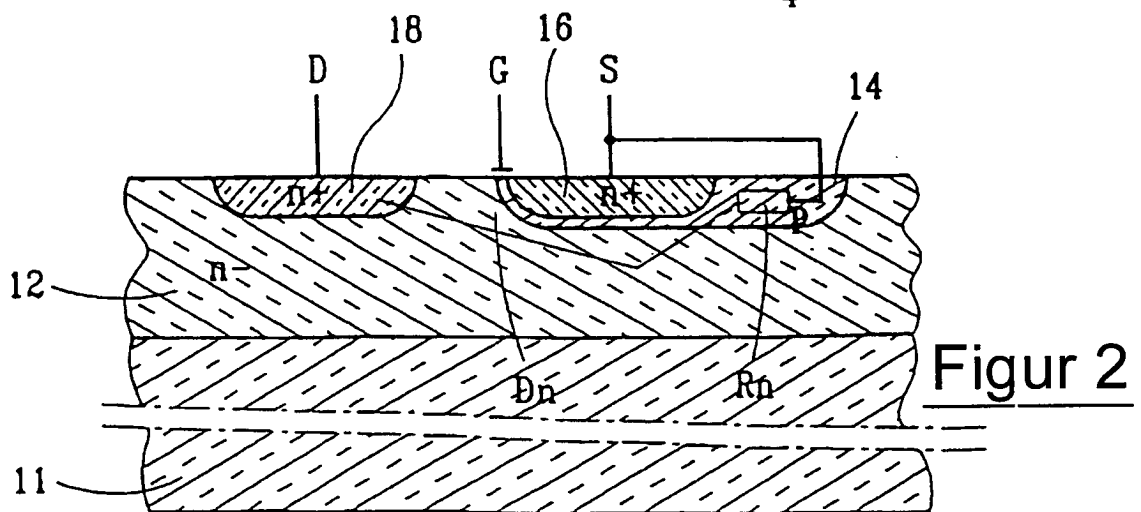
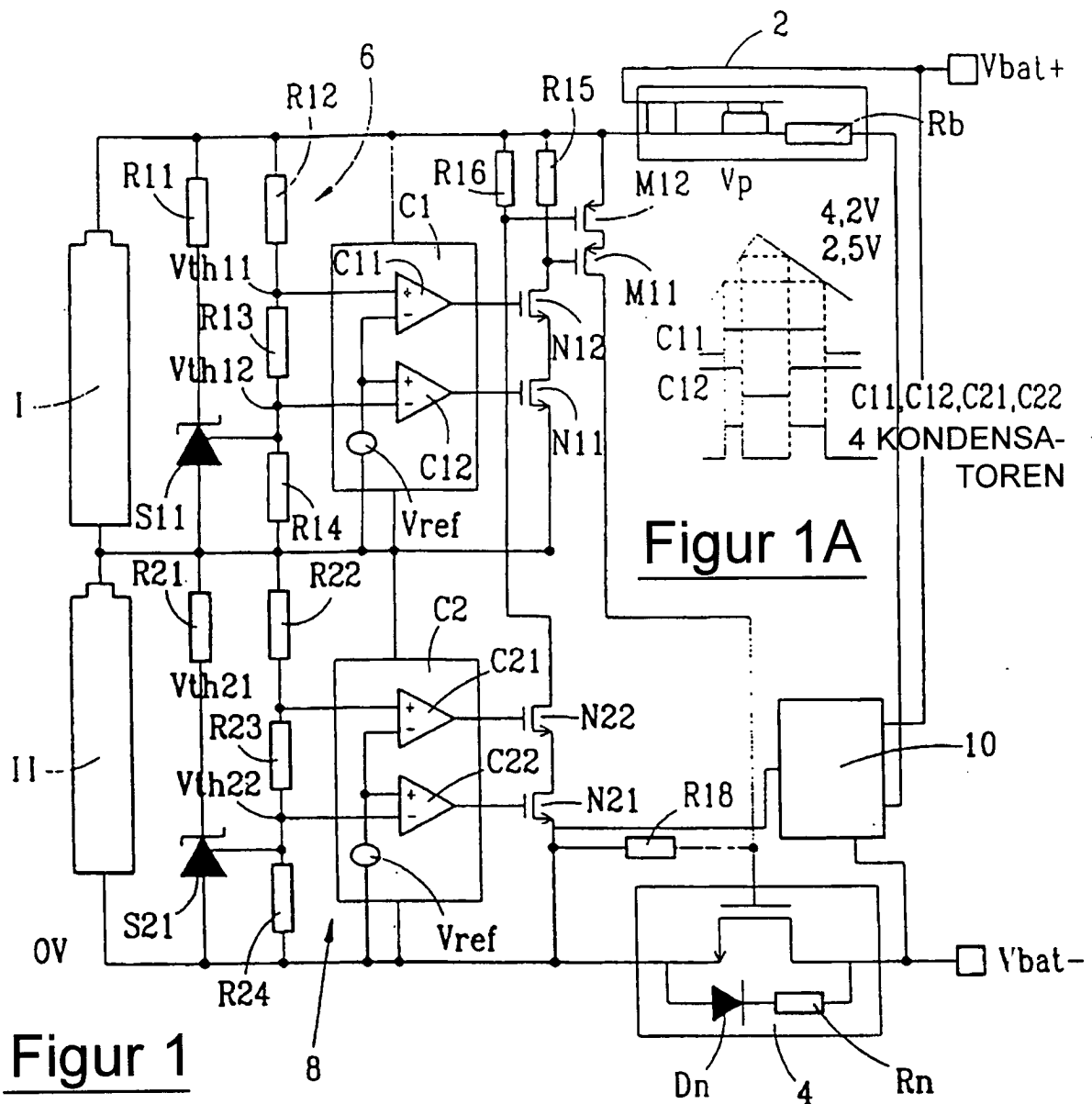
27. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 26, welche weiter aufweist:
eine Einrichtung zum Koppeln einer Elementanordnung in die Vorrichtung, wobei jedes Element elektrisch in Reihe mit benachbarten Elementen geschaltet ist.

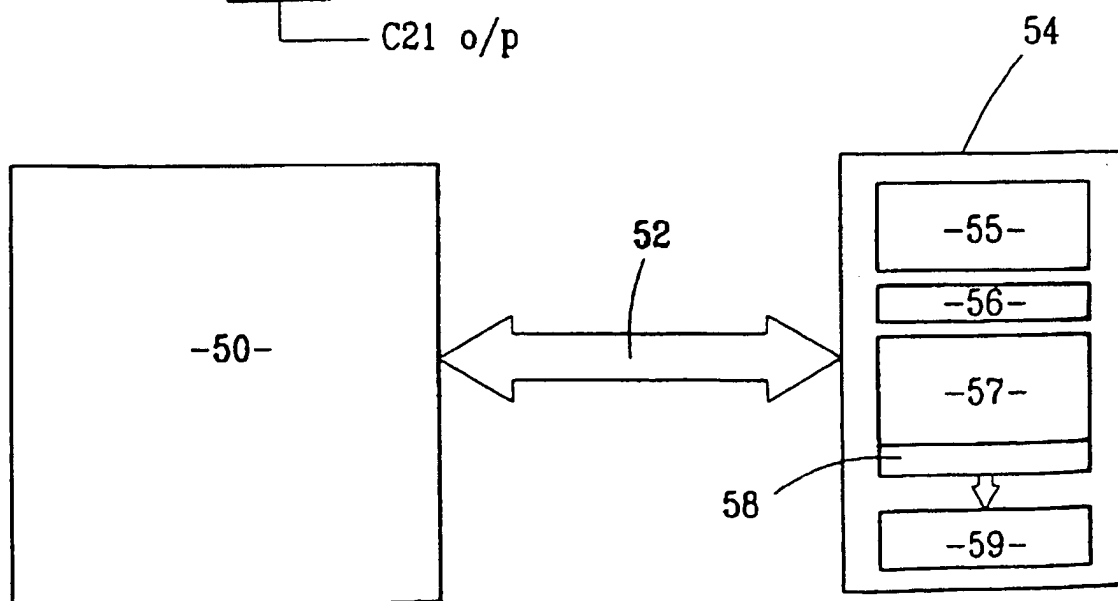
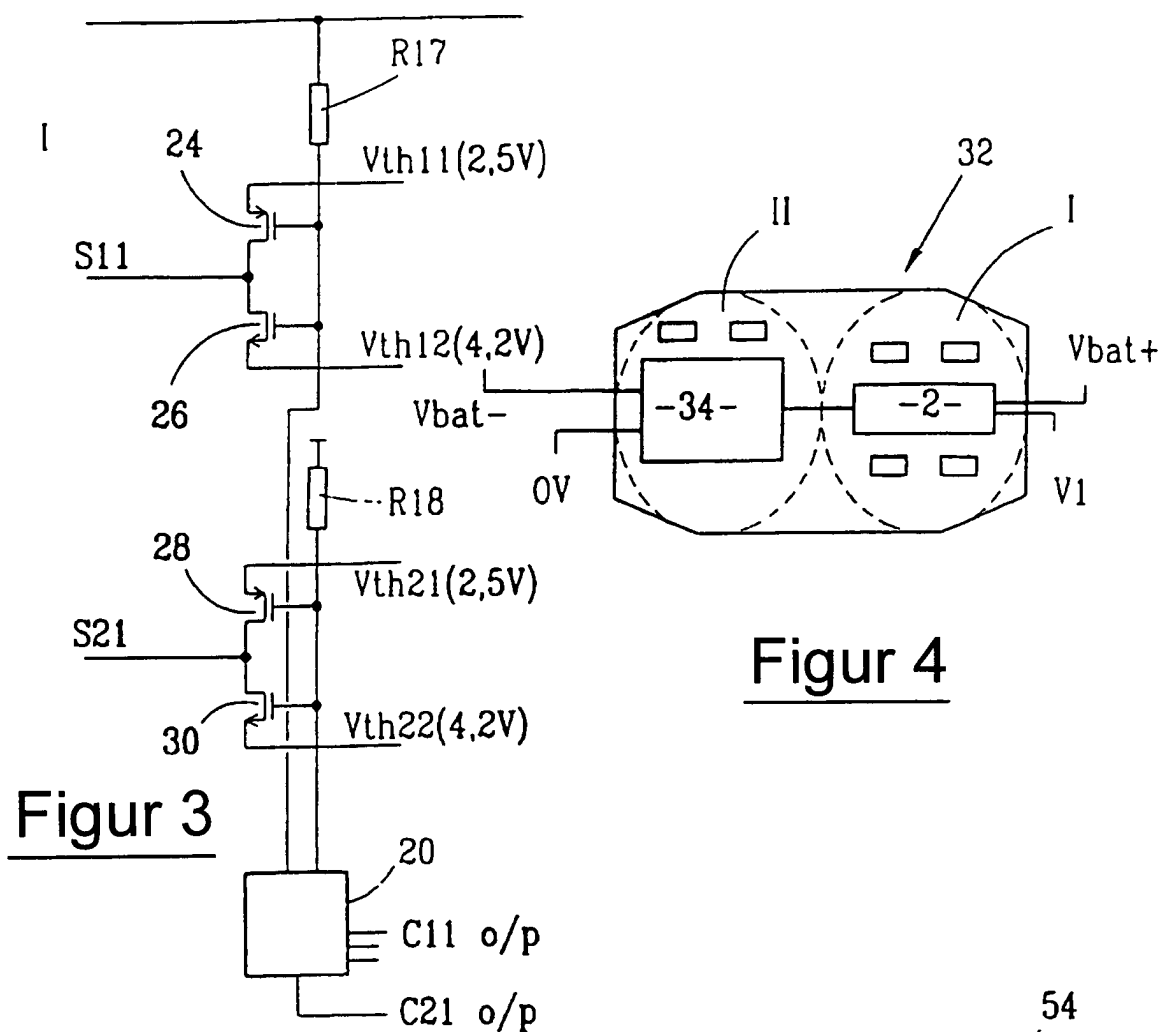
28. Batteriemodul (**60**) mit
einer Vorrichtung zum Schützen eines wiederaufladbaren Elements (I) nach einem der Ansprüche 1 bis

27.

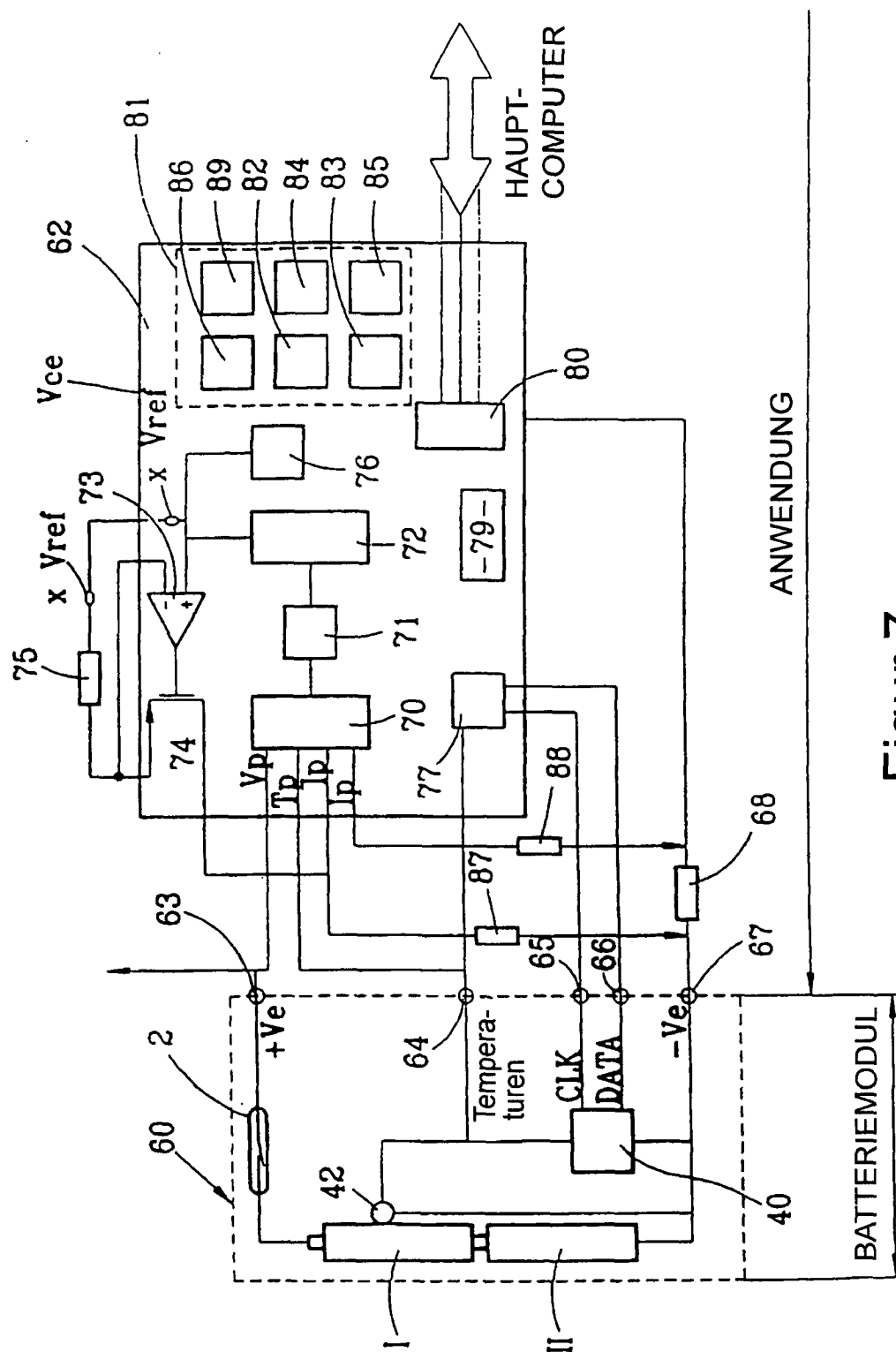
Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

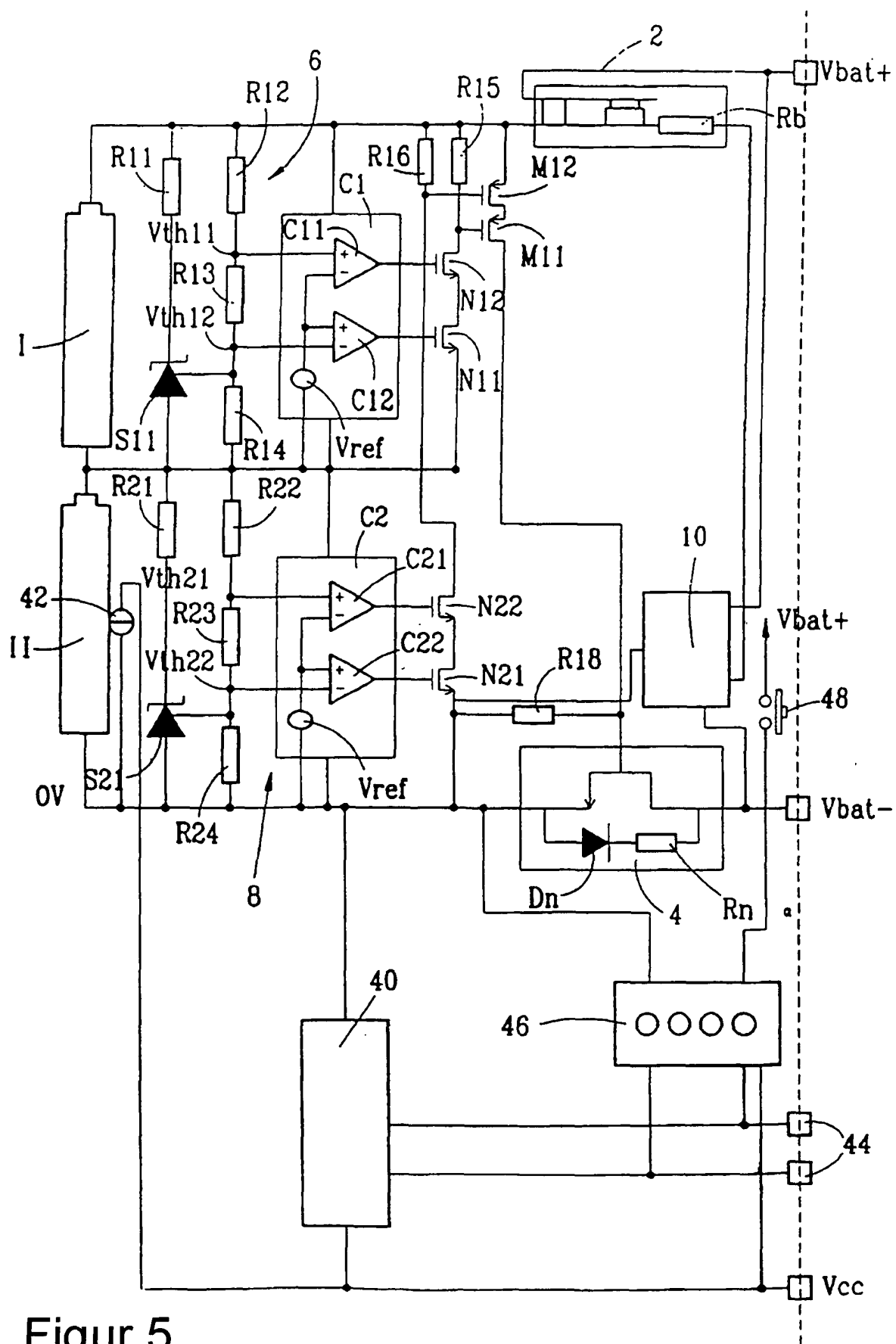




Figur 6



Figur 7



Figur 5