



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2021/181536**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2020 006 860.9**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2020/010358**
(86) PCT-Anmeldetag: **10.03.2020**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **16.09.2021**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **22.12.2022**

(51) Int Cl.: **G01R 31/392 (2019.01)**

(71) Anmelder:
Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, JP

(72) Erfinder:
**Ogasawara, Keisuke, Tokyo, JP; Takegami,
Tomoki, Tokyo, JP**

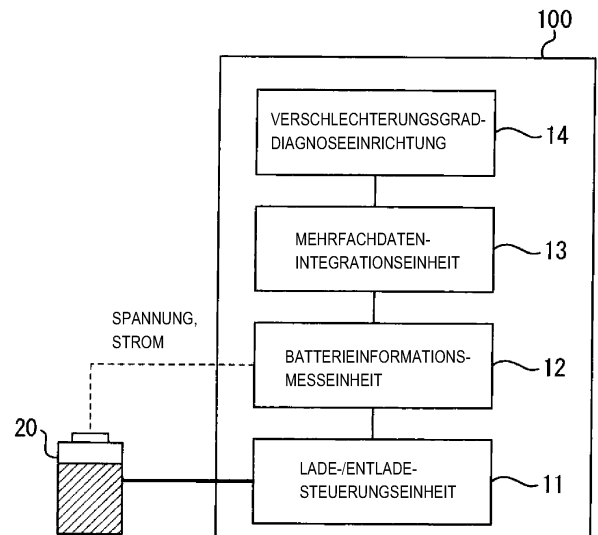
(74) Vertreter:
**Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte
Partnerschaft mbB, 80538 München, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **VERSCHLECHTERUNGSGRAD-DIAGNOSEEINRICHTUNG**

(57) Zusammenfassung: Eine Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung (100) weist Folgendes auf: eine Lade-/Entlade-Steuerungseinheit (11), konfiguriert zum Steuern des Ladens oder Entladens einer Batterie (20); eine Batterieinformations-Messeinheit (12), konfiguriert zum Messen der Spannung und des Stroms der Batterie (20) und zum Messen der Kapazität und des Spannungsübergangs während des Ladens oder Entladens; eine Mehrfachdaten-Integrationseinheit (13), konfiguriert zum Integrieren von Batteriekapazitäts-Spannungsdaten in zumindest zwei verschiedenen Abschnitten, die von der Batterieinformations-Messeinheit (12) gemessen werden, und zum Erzeugen einer Batteriekapazitäts-Spannungskurve, und eine Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit (14), konfiguriert zum Schätzen eines Verschlechterungsgrads der Batterie (20) auf der Basis der Batteriekapazitäts-Spannungskurve.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung.

Stand der Technik

[0002] Eine Technologie zum Schätzen eines Verschlechterungsgrades einer Batterie ist wichtig, um eine geeignete Austauschzeit der Batterie zu bestimmen und die Kapazität der Batterie im Betrieb akkurat zu erfassen.

[0003] Es ist ein Verfahren bekannt, bei dem eine vorliegende Leerlauf-Spannungskurve einer Batterie geschätzt wird, indem eine Spannungskurve in einem spezifischen Abschnitt der Batterie aufgezeichnet wird und wiederholt die Spannungskurven der positiven Elektrode und der negativen Elektrode verschoben und/oder skaliert werden, die Leerlauf-Spannungskurven sind, so dass die Spannungskurven der Elektroden mit den Spannungskurven (tatsächlicher Messwert) in dem spezifischen Abschnitt übereinstimmen (beispielsweise Patentedokument 1).

[0004] Auch ist eine Batterie-Steuerungseinrichtung bekannt, die eine Leerlauf-Spannungskurve einer Batterie misst, Verschlechterungsparameter berechnet, die die Kapazitäts-Halteraten der positiven Elektrode und der negativen Elektrode und eine Abweichungskapazität entsprechend den Elektrodenzusammensetzungen der positiven und negativen Elektrode angeben, und zwar aus einer Betriebs-historie, und wiederholt eine Berechnung derart ausführt, dass eine Leerlauf-Spannungskurve (Schätzwert) mit einer Leerlauf-Spannungskurve (tatsächlicher Messwert) übereinstimmt. Dadurch spezifiziert sie die Leerlauf-Spannungskurve (Schätzwert) (beispielsweise Patentedokument 2).

Literaturverzeichnis

Patentdokumente

Patentdokument 1: Japanische Offenlegungs-Patentveröffentlichung (Übersetzung der PCT-Anmeldung) JP 2018- 524 602 A

Patentdokument 2: Japanische Offenlegungs-Patentanmeldungs- Offenlegungsschrift JP 2017- 195 727 A

Zusammenfassung der Erfindung

Mit der Erfindung zu lösende Probleme

[0005] In einem Elektrofahrzeug ist ein Ladevorgang ein benutzerabhängiger Vorgang, und ein fahrzeuggebundenes Ladegerät hat eine kleine Batterie-

kapazität und benötigt Zeit zur vollständigen Ladung. Daher ist es notwendig, Teil-Ladedaten in verschiedenen Abschnitten einer Batterie durch das fahrzeuggebundene Ladegerät zu sammeln, eine Spannungskurve unter Verwendung dieser Daten zu erzeugen, die Spannungskurve zu analysieren und den Verschlechterungsgrad der Batterie zu diagnostizieren. Die jeweiligen Verfahren und Einrichtungen gemäß den Patentedokumenten 1 und 2 weisen keine Funktion zum Erzeugen einer Spannungskurve unter Verwendung mehrerer Daten auf.

[0006] Die vorliegende Erfindung wurde konzipiert, um das obige Problem zu lösen, und es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung anzugeben, die dazu imstande ist, akkurat den Verschlechterungsgrad einer Batterie zu schätzen, selbst wenn ein Ladevorgang, wie in einem Elektrofahrzeug, ein benutzerabhängiger Vorgang ist.

Lösung der Probleme

[0007] Eine Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist Folgendes auf: eine Lade-/Entlade-Steuerungseinheit, konfiguriert zum Steuern des Ladens oder Entladens einer Batterie; eine Batterieinformations-Messeinheit, konfiguriert zum Messen der Spannung und des Stroms der Batterie und zum Messen der Kapazität und des Spannungsübergangs während des Ladens oder Entladens; eine Mehrfachdaten-Integrationseinheit, konfiguriert zum Integrieren von Batteriekapazitäts-Spannungsdaten in zumindest zwei verschiedenen Abschnitten, die von der Batterieinformations-Messeinheit gemessen werden, und zum Erzeugen einer Batteriekapazitäts-Spannungskurve; und eine Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit, konfiguriert zum Schätzen eines Verschlechterungsgrads der Batterie auf der Basis der Batteriekapazitäts-Spannungskurve.

Wirkung der Erfindung

[0008] Mit der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist es möglich, akkurat den Verschlechterungsgrad einer Batterie zu schätzen, selbst wenn ein Ladevorgang wie bei einem Elektrofahrzeug ein benutzerabhängiger Vorgang ist.

Figurenliste

Fig. 1 ist ein Konfigurationsdiagramm einer Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1.

Fig. 2 veranschaulicht die Relation zwischen der Spannung einer Batterie, dem Potential einer positiven Elektrode und dem Potential einer negativen Elektrode in der Verschlechter-

rungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1.

Fig. 3 veranschaulicht die Relation zwischen der Spannung der Batterie, dem Potential der positiven Elektrode und dem Potential der negativen Elektrode zur Zeit einer Verschlechterung der positiven Elektrode der Batterie, in der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1.

Fig. 4 veranschaulicht die Relation zwischen der Spannung der Batterie, dem Potential der positiven Elektrode und dem Potential der negativen Elektrode zur Zeit einer Verschlechterung der negativen Elektrode der Batterie, in der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1.

Fig. 5 veranschaulicht die Relation zwischen der Spannung der Batterie, dem Potential der positiven Elektrode und dem Potential der negativen Elektrode zur Zeit eines Lithium-Ionen-Verbrauchs der Batterie, in der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1.

Fig. 6 zeigt Kapazitäts-Ableitungskurven der Spannung der Batterie, des Potentials der positiven Elektrode und des Potentials der negativen Elektrode in der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1.

Fig. 7 ist ein Konfigurationsdiagramm einer Mehrfachdaten-Integrationseinheit in der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1.

Fig. 8 ist ein Verarbeitungs-Ablaufdiagramm der Mehrfachdaten-Integrationseinheit in der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1.

Fig. 9 veranschaulicht Scheitelwert-Positionen, die in Spannungs-Kapazitäts-Ableitungskurve erscheinen, in der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1.

Fig. 10A veranschaulicht die Veränderung einer Scheitelwert-Position der positiven Elektrode und einer Scheitelwert-Position der negativen Elektrode, die in den Spannungs-Kapazitäts-Ableitungskurven erscheinen, in der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1.

Fig. 10A veranschaulicht die Veränderung der Scheitelwert-Position der positiven Elektrode und der Scheitelwert-Position der negativen Elektrode, die in den Spannungs-Kapazitäts-Ableitungskurven erscheinen, in der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1.

Fig. 11 veranschaulicht ein Beispiel einer Verschlechterungsgrad-Diagnose auf der Basis von dV/dQ -Kurven der negativen Elektrode und der positiven Elektrode, in der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1.

Fig. 12 veranschaulicht ein Beispiel einer Verschlechterungsgrad-Diagnose auf der Basis von dV/dQ -Kurven der negativen Elektrode und der positiven Elektrode, in der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1.

Fig. 13 ist ein Konfigurationsdiagramm einer Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 2.

Fig. 14 veranschaulicht die Korrelation zwischen dem Innenwiderstand und der Temperatur einer Batterie, in der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 2.

Fig. 15 ist ein Konfigurationsdiagramm eines Anwendungsbeispiels der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 2.

Fig. 16 veranschaulicht ein Reaktionsverteilungs-Modell einer Elektrode in der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 2.

Fig. 17 ist ein Konfigurationsdiagramm einer Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 3.

Fig. 18 veranschaulicht eine Hysterese-Erscheinung einer Batterie in der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 3.

Fig. 19A veranschaulicht Scheitelwert-Positionen, die in Spannungs-Kapazitäts-Ableitungskurve erscheinen, wenn eine Hysterese in der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 3 auftritt.

Fig. 19B veranschaulicht Scheitelwert-Positionen, die in Spannungs-Kapazitäts-Ableitungskurve erscheinen, wenn eine Hysterese in der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 3 auftritt.

Fig. 20 ist ein Konfigurationsdiagramm einer Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 4.

Fig. 21 veranschaulicht die Korrelation zwischen einem Speicherverschlechterungs-Muster und der Temperatur einer Batterie, in der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 4.

Fig. 22 veranschaulicht die Korrelation zwischen einem Zyklusverschlechterungs-Muster und der Temperatur einer Batterie, in der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 4.

Fig. 23 ist ein Konfigurationsdiagramm einer Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 5.

Fig. 24 ist ein Konfigurationsdiagramm, wenn dedizierte Hardware verwendet wird, um die Funktionen der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtungen gemäß Ausführungsform 1 bis Ausführungsform 5 zu verwirklichen.

Fig. 25 ist ein Konfigurationsdiagramm, wenn Allgemeinzweck-Hardware verwendet wird, um die Funktionen der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtungen gemäß Ausführungsform 1 bis Ausführungsform 5 zu verwirklichen.

Beschreibung von Ausführungsformen

Ausführungsform 1

[0009] Ausführungsform 1 betrifft eine Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung, die Folgendes aufweist: eine Lade-/Entlade-Steuerungseinheit, konfiguriert zum Steuern des Ladens oder Entladens einer Batterie; eine Batterieinformations-Messeinheit, konfiguriert zum Messen der Spannung und des Stroms der Batterie und zum Messen der Batteriekapazität und des Spannungsübergangs während des Ladens oder Entladens; eine Mehrfachdaten-Integrationseinheit, konfiguriert zum Integrieren von Batteriekapazitäts-Spannungsdaten in zumindest zwei verschiedenen Abschnitten, die von der Batterieinformations-Messeinheit gemessen werden, und zum Erzeugen einer Batteriekapazitäts-Spannungskurve; und eine Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit, konfiguriert zum Schätzen eines Verschlechterungsgrads der Batterie auf der Basis der Batteriekapazitäts-Spannungskurve, wobei die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit eine Ableitungskurve der Batteriekapazitäts-Spannungskurve analysiert, Verschlechterungsfaktoren auf der Basis einer positiven Elektrode und einer negativen Elektrode der Batterie und einem Lithium-Ionen-Verbrauch identifiziert und den Verschlechterungsgrad der Batterie schätzt.

[0010] Nachfolgend werden die Konfiguration und der Betrieb einer Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1 unter Bezugnahme auf Folgendes beschrieben: **Fig. 1**, die ein Konfigurationsdiagramm der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung ist; **Fig. 2**, die die Relation zwischen der Spannung einer Batterie, dem Potential einer positiven Elektrode und dem Potential einer negativen Elektrode veranschaulicht; **Fig. 3**, die die Relation zwischen der Spannung der Batterie, dem

Potential der positiven Elektrode und dem Potential der negativen Elektrode zur Zeit einer Verschlechterung der positiven Elektrode der Batterie veranschaulicht; **Fig. 4**, die die Relation zwischen der Spannung der Batterie, dem Potential der positiven Elektrode und dem Potential der negativen Elektrode zur Zeit einer Verschlechterung der negativen Elektrode der Batterie veranschaulicht; **Fig. 5**, die die Relation zwischen der Spannung der Batterie, dem Potential der positiven Elektrode und dem Potential der negativen Elektrode zur Zeit einer Verschlechterung wegen Lithium-Ionen-Verbrauchs der Batterie veranschaulicht; **Fig. 6**, die Kapazitäts-Ableitungskurven der Spannung der Batterie, des Potentials der positiven Elektrode und des Potentials der negativen Elektrode zeigt; **Fig. 7**, die ein Konfigurationsdiagramm einer Mehrfachdaten-Integrationseinheit ist; **Fig. 8**, die ein Verarbeitungs-Ablaufdiagramm der Mehrfachdaten-Integrationseinheit ist; **Fig. 9**, die Scheitelwert-Positionen veranschaulicht, die in Spannungs-Kapazitäts-Ableitungskurven erscheinen; **Fig. 10**, die die Veränderung einer Scheitelwert-Position der positiven Elektrode und einer Scheitelwert-Position der negativen Elektrode veranschaulicht, die in den Spannungs-Kapazitäts-Ableitungskurven erscheinen; und **Fig. 11** und **Fig. 12**, die ein Beispiel einer Verschlechterungsgrad-Diagnose auf der Basis von dV/dQ -Kurven der negativen Elektrode und der positiven Elektrode veranschaulichen.

[0011] Die Gesamtkonfiguration einer Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung 100 gemäß Ausführungsform 1 wird unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben.

[0012] Ein gesamtes Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtungssystem weist die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung 100 und eine zu diagnostizierende Batterie 20 auf. Die Batterie 20 ist kein Teil der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung 100, sondern sie steht damit nahe in Beziehung, und demzufolge erfolgt die Beschreibung ohne Unterscheidung hinsichtlich der Batterie 20.

[0013] Die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung 100 weist Folgendes auf:

eine Lade-/Entlade-Steuerungseinheit 11, die die Funktion zum Laden der Batterie 20 hat,

eine Batterieinformations-Messeinheit 12, die den Strom und die Spannung der Batterie 20 misst, eine Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13, die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten integriert, die von der Batterieinformations-Messeinheit 12 erhalten werden, und eine Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit 14, die einen Verschlechterungsfaktor und einen Verschlechterungsgrad der Batterie 20 schätzt.

[0014] In der Beschreibung sind die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten Batteriekapazitäts-Spannungsdaten, d. h. Daten der Spannung bezogen auf die Batteriekapazität.

[0015] Es erfolgt eine Beschreibung unter der Annahme, dass die Batterie 20 eine Lithium-Ionen-Batterie ist. Der Typ der Batterie 20 ist jedoch nicht auf eine Lithium-Ionen-Batterie beschränkt, und er kann auch eine Bleibatterie, oder eine Nickel-Wasserstoff-Batterie sein.

[0016] Außerdem ist die Form der Batterie nicht auf die in **Fig. 1** gezeigte zylindrische Form beschränkt, und die bei der Ausführungsform 1 beschriebene Technologie ist auch auf Batterien anwendbar, die verschiedene Formen haben, wie z. B. einen gestapelten Typ, einen gewickelten Typ und einen Knopf-Typ.

[0017] Die Batterie 20 ist nicht auf eine einzelne Batterie beschränkt, sondern kann auch eine Mehrzahl von Modulen und Packungen sein, die in Reihe oder parallel geschaltet sind.

[0018] Ein fahrzeuggebundenes Ladegerät, das für ein Elektrofahrzeug (EV) und ein Plugin-Hybridfahrzeug (PHEV) verwendet wird, und ein Ladegerät und ein Stromrichter, die zum Laden einer mobilen Einrichtung und dergleichen verwendet werden, werden als Lade-/Entlade-Steuerungseinheit 11 angenommen. Die Lade-/Entlade-Steuerungseinheit 11 kann ein Stromrichter sein, der mit einer Last verbunden ist, die nicht dargestellt ist, so dass ein Entladen aus der Batterie 20 an die Last durchgeführt wird, und sie hat eine bidirektionale Stromrichterfunktion.

[0019] Die Batterieinformations-Messeinheit 12 hat die Funktion, den Strom und die Spannung der Batterie 20 zu messen, wenn die Batterie 20 von der Lade-/Entlade-Steuerungseinheit 11 geladen wird, und die Kapazität zu messen, die durch Akkumulieren von Stromwerten erhalten wird, sowie den Spannungsübergang.

[0020] Die von der Batterieinformations-Messeinheit 12 gemessene Kapazität ist eine Kapazität Ah oder Wh, die berechnet wird, indem der Strom während des Ladens im Zeitverlauf akkumuliert wird.

[0021] Außerdem kann die Kapazität durch eine Kapazitäts-Halterate und einen normierten Ladezustand SOC angezeigt werden, wenn eine Referenzkapazität und die Kapazität zur Zeit ohne Verschlechterung der Batterie 20 als 100 % angesehen werden.

[0022] Außerdem kann die Batterieinformations-Messeinheit 12 die Temperatur der Batterie 20 messen.

[0023] Die Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 integriert verschiedene Batteriekapazitäts-Spannungsdaten, die von der Batterieinformations-Messeinheit 12 gemessen werden, wenn die Batterie 20 von der Lade-/Entlade-Steuerungseinheit 11 geladen wird, und sie erzeugt eine Batteriekapazitäts-Spannungskurve. In der Beschreibung ist die Batteriekapazitäts-Spannungskurve eine Batteriekapazitäts-Spannungskurve, d. h. eine Kurve der Spannung bezogen auf die Batteriekapazität.

[0024] Wenn beispielsweise ein Ladevorgang in einem Elektrofahrzeug nach Belieben von dem Benutzer durchgeführt wird, gibt es keine Garantie, dass Batteriekapazitäts-Spannungsdaten in einem Ladebereich von 0 % bis 100 % erhalten werden. Daher ist es für Daten in verschiedenen Abschnitten, wie z. B. Ladebereichen des Ladezustands von 0 % bis 20 %, von 20 % bis 40 %, von 40 % bis 60 %, von 60 % bis 80 % und von 80 % bis 100 %, notwendig, die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten zu integrieren und eine Batteriekapazitäts-Spannungskurve zu erzeugen.

[0025] Nachstehend wird eine Verschlechterungserscheinung einer Lithium-Ionen-Batterie beschrieben.

[0026] Eine Verschlechterung einer Sekundärbatterie, wie z. B. einer Lithium-Ionen-Batterie ist eine komplexe Erscheinung mehrerer Verschlechterungs-Modi. Als Verschlechterung der Batterie 20 tritt eine Erscheinung, wie z. B. eine Verringerung der Ausgangsleistung und eine Verringerung der Kapazität auf.

[0027] Außerdem wird die Erscheinung der Verringerung der Ausgangsleistung und der Verringerung der Kapazität hervorgerufen durch eine Kombination des Anstiegs des Innenwiderstands, der Abnahme der Kapazität der positiven Elektrode, der Abnahme der Kapazität der negativen Elektrode und von dem Lithium-Ionen-Verbrauch (Lithium-Ionen-Verbrauch auf der Basis eines Schichtwachstums, das auf der Oberfläche der negativen Elektrode auftritt, und einer Ablagerung auf der Elektrodenoberfläche) als Verschlechterungsfaktoren innerhalb der Batterie.

[0028] Als ein Verfahren zum Identifizieren dieser Verschlechterungsfaktoren werden ein Verfahren zum Analysieren des Übergangs der Kapazität und der Spannung während des Ladens oder Entladens der Batterie 20 angenommen.

[0029] Als Nächstes wird das Verfahren zum Analysieren der Verschlechterungsfaktoren der Lithium-Ionen-Batterie unter Bezugnahme auf **Fig. 2** bis **Fig. 6** beschrieben.

[0030] **Fig. 2** ist ein Diagramm der Korrelation zwischen der Spannung (Leerlaufspannung OCV) der

Batterie 20, dem Potential der positiven Elektrode Li (Ni-Mn-Co)O₂, das gewöhnlicherweise in der Batterie 20 verwendet wird, und dem Potential des Graphits der negativen Elektrode.

[0031] In **Fig. 2** bezeichnet die horizontale Achse die Kapazität (Q) der Batterie 20. Die vertikale Achse auf der linken Seite bezeichnet die Spannung der Batterie 20, und die vertikale Achse auf der rechten Seite bezeichnet das Potential der positiven Elektrode und der negativen Elektrode der Batterie 20. Das gleiche gilt für **Fig. 3** bis **Fig. 5**.

[0032] Außerdem wird in **Fig. 2** eine Spannungskurve der Batterie 20 durch eine durchgezogene Linie dargestellt, eine Potentialkurve der positiven Elektrode wird durch eine unterbrochene Linie dargestellt, und eine Potentialkurve der negativen Elektrode wird durch eine Linie mit abwechselnd langen und kurzen Strichen dargestellt. Das gleiche gilt für **Fig. 3** bis **Fig. 6** und **Fig. 9**.

[0033] Eine Spannung U der Batterie 20 hat die Relation von Gleichung (1) bezogen auf das Potential (Leerlaufpotential (OCP) U_p der positiven Elektrode und Potential (OCP) U_n der negativen Elektrode).

$$U = U_p - U_n \quad (1)$$

[0034] Als Nächstes wird der Einfluss einer OCV-Kurve der Batterie 20 für jeden Verschlechterungsfaktor auf der Basis der OCV-Kurve der Batterie 20 und OCP-Kurven der positiven Elektrode und der negativen Elektrode klassifiziert.

[0035] In **Fig. 3** sind die OCV-Kurve der Batterie 20, die OCP-Kurve der positiven Elektrode und die OCP-Kurve der negativen Elektrode gezeigt, wenn eine Verschlechterung der positiven Elektrode auftritt, und zwar mit einer OCV-Kurve einer nicht verschlechterten Batterie, die ein neues Produkt ist, das sich noch nicht verschlechtert hat.

[0036] Wenn ein Batteriespannungsmodell zur Zeit eines neuen Produkts durch Gleichung (1) definiert ist, kann ein Parameter θ_p , der durch eine Verschlechterung der positiven Elektrode hervorgerufen wird, erhalten werden, indem ein Spannungsmodell einer verschlechterten Batterie durch Gleichung (2) ausgedrückt wird. Hier ist s die Kapazität der Batterie 20.

[0037] Wenn eine Verschlechterung der positiven Elektrode auftritt, dann schrumpft die OCP-Kurve der positiven Elektrode nach links, und im Ergebnis hat die OCV-Kurve der Batterie eine höhere Spannung in der Region, wo der Ladezustand höher ist als die Mitte.

[0038] Da die OCP-Kurve der negativen Elektrode nahezu flach bzw. eben ist, wird die Position des vollständig geladenen Zustands (Ladezustand SOC = 100 %) der Batterie 20 nahezu durch die OCP-Kurve der positiven Elektrode bestimmt. Daher hat eine Verschlechterung der positiven Elektrode einen großen Einfluss auf die Kapazität der Batterie 20, d. h. den Verschlechterungsgrad der Batterie 20.

$$U(s) = U_p(\theta_p \cdot s) - U_n(s) \quad (2)$$

[0039] **Fig. 4** zeigt eine OCV-Kurve der verschlechterten Batterie, eine OCP-Kurve der positiven Elektrode und eine OCP-Kurve der negativen Elektrode, wenn eine Verschlechterung der negativen Elektrode auftritt, und zwar mit der OCV-Kurve der nicht verschlechterten Batterie, die ein neues Produkt ist, das sich noch nicht verschlechtert hat.

[0040] Wenn nur eine Verschlechterung der negativen Elektrode auftritt, dann schrumpft die OCP-Kurve der negativen Elektrode nach links und die Phasenänderungsposition verschiebt sich, und im Ergebnis ändert sich auch die Form der OCV-Kurve der Batterie 20. Der Einfluss davon ist jedoch beschränkt. Im Gegensatz zu dem Fall, in dem nur eine Verschlechterung der positiven Elektrode auftritt, gibt es nahezu keinen Einfluss auf die Form der OCV-Kurve der Batterie in der Region, wo der Ladezustand SOC höher ist als die Mitte.

[0041] Dies rührt daher, dass die Form der OCP-Kurve des Graphits der negativen Elektrode sehr flach bzw. eben ist. Ein Parameter θ_n , der durch eine Verschlechterung der negativen Elektrode hervorgerufen wird, kann erhalten werden, indem ein Spannungsmodell einer verschlechterten Batterie durch Gleichung (3) ausgedrückt wird.

$$U(s) = U_p(s) - U_n(\theta_n \cdot s) \quad (3)$$

[0042] **Fig. 5** zeigt eine OCV-Kurve der verschlechterten Batterie, eine OCP-Kurve der positiven Elektrode und eine OCP-Kurve der negativen Elektrode, wenn eine SOC-Verschiebung zwischen der positiven und negativen Elektrode infolge von Lithium-Verbrauch auftritt, und zwar mit der OCV-Kurve der nicht verschlechterten Batterie, die ein neues Produkt ist, das sich noch nicht verschlechtert hat.

[0043] Wenn die SOC-Verschiebung zwischen der positiven und negativen Elektrode infolge von Lithium-Ionen-Verbrauch auftritt, verschiebt sich die OCP-Kurve der positiven Elektrode nach links in der gesamten SOC-Region, und die Batterie-OCV-Kurve hat insgesamt eine höhere Spannung.

[0044] Der Unterschied zu dem Fall, in dem nur eine Verschlechterung der positiven Elektrode auftritt, ist, dass die Batterie-OCV-Kurve selbst in der Region

höher wird, wo der Ladezustand niedriger ist als die Mitte. Ein Verschlechterungsparameter θ_t , der durch Lithium-Ionen-Verbrauch hervorgerufen wird, kann erhalten werden, indem ein Spannungsmodell einer Batterie ausgedrückt wird, die durch Lithium-Verbrauch verschlechtert ist, und zwar mittels Gleichung (4).

$$U(s) = U_p(s + \theta t) - U_n(s) \quad (4)$$

[0045] Die Änderung der OCV-Kurve der Batterie 20 und der OCP-Kurven der positiven Elektrode und der negativen Elektrode infolge jedes Verschlechterungsfaktors ist vorstehend beschrieben. Da der Übergang der Batteriespannung bezüglich der Kapazität nur eine kleine Änderung aufweist, ist es jedoch schwierig, jeden Verschlechterungsfaktor auf der Basis der Änderung der OCV-Kurve der Batterie 20 zu identifizieren.

[0046] Daher kann der Verschlechterungsfaktor analysiert werden, in dem die Änderung der OCP-Kurve der positiven Elektrode und der OCP-Kurve der negativen Elektrode auf der Basis einer dV/dQ -Kurve analysiert wird, die eine Ableitungskurve ist, die erhalten wird, indem die OCV-Kurve der Batterie 20 nach der Kapazität differenziert wird.

[0047] Als Nächstes wird ein Verfahren zum Identifizieren des Verschlechterungsfaktors durch Analysieren der Ableitungskurve der Batteriekapazitäts-Spannungskurve der Batterie 20 beschrieben, d. h. einer dV/dQ -Kurve davon.

[0048] Fig. 6 zeigt dV/dQ -Kurven, die erhalten werden, indem Folgendes nach der Kapazität differenziert wird: Die OCV-Kurve der Batterie 20, bei der - als ein Beispiel - Li(Ni-Mn-Co)O₂ für die positive Elektrode verwendet wird und Graphit für die negative Elektrode verwendet wird, die OCP-Kurve der positiven Elektrode, und die OCP-Kurve der negativen Elektrode.

[0049] In Fig. 6 zeigt die horizontale Achse die Kapazität (Q) der Batterie an, und die vertikale Achse zeigt dV/dQ an.

[0050] In der dV/dQ -Kurve des Graphits der negativen Elektrode, das gewöhnlicherweise verwendet wird, tritt ein Scheitelwert infolge eines Phasenübergangs in Abhängigkeit vom Ladezustand auf. Außerdem tritt in der dV/dQ -Kurve des Li(Ni-Mn-Co)O₂ der positiven Elektrode ein Scheitelwert infolge eines Phasenübergangs in Abhängigkeit vom Ladezustand auf.

[0051] Die dV/dQ -Kurve der positiven Elektrode hat eine Form, bei der ein Scheitelwert auftritt, wenn der Ladezustand zunimmt, und zwar ausgehend vom Ladezustand in der Mitte. Die dV/dQ -Kurve der negativen

Elektrode zeigt eine Form mit einigen Scheitelwerten.

[0052] Ein Parameter, der mit jedem Verschlechterungsfaktor zusammenhängt, kann geschätzt werden, indem die dV/dQ -Kurve der positiven Elektrode und die dV/dQ -Kurve der negativen Elektrode mit Scheitelwert-Funktionen approximiert wird. Beispielsweise kann die Scheitelwert-Funktion für die positive Elektrode ausgedrückt werden, indem ein konstanter Term und eine S-förmige bzw. Sigmoid-Funktion addiert werden. Die Scheitelwert-Funktion der negativen Elektrode kann allgemein durch die kumulative Funktion bzw. Verteilungsfunktion einer Cauchy'schen Verteilung und der Summe von logistischen Kurven bzw. Funktionen ausgedrückt werden.

[0053] Als ein Beispiel ist eine logistische Verteilungsfunktion in Gleichung (5) gezeigt.

[0054] Hier bezeichnet x die Kapazität der Batterie 20, μ bezeichnet den Medianwert, d bezeichnet den Varianzwert, und k bezeichnet die Scheitelwert-Höhe.

$$f(x) = k / (1 + \exp(-(x-\mu) / d)) \quad (5)$$

[0055] Hier wird die Funktion der Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 unter Bezugnahme auf Fig. 7 und Fig. 8 beschrieben.

[0056] Fig. 7 ist ein Konfigurationsdiagramm der Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13.

[0057] Die Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 weist eine Datenspeichereinheit 31 und einen Datenintegrationseinheit 32 auf. Die Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 speichert verschiedene Batteriekapazitäts-Spannungsdaten, die von der Batterieinformations-Messeinheit 12 erhalten werden, in der Datenspeichereinheit 31 und integriert diese mehreren Batteriekapazitäts-Spannungsdaten mittels der Datenintegrationseinheit 32.

[0058] Für die Verarbeitung der Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 können verschiedene Kapazitäts-Spannungsdaten, die von der Batterieinformations-Messeinheit 12 erhalten werden, als eine Ableitungs-Spannungskurve analysiert werden, und es kann bestimmt werden, ob oder ob nicht die Kapazitäts-Spannungsdaten gespeichert werden oder ob oder ob nicht sie integriert werden.

[0059] Der Verarbeitungsablauf mittels der Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 wird unter Bezugnahme auf Fig. 8 beschrieben.

[0060] Im Schritt 1 (S01) werden die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten, die von der Batterieinforma-

tions-Messeinheit 12 gemessen werden, von der Datenspeichereinheit 31 bezogen.

[0061] Im Schritt 2 (S02) werden die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten (Kurve) nach der Kapazität (Q) differenziert bzw. abgeleitet, und es wird eine dV/dQ -Kurve durchgeführt.

[0062] Im Schritt 3 (S03) werden Scheitelwerte auf der Basis der positiven Elektrode und der negativen Elektrode in der Batterie 20 detektiert.

[0063] Im Schritt 4 (S04) wird bestimmt, ob ausreichend Daten zum Durchführen der Verschlechterungs-Diagnose der Batterie 20 mittels der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit 14 erfasst worden sind. Genauer gesagt: Es wird bestimmt, ob oder ob nicht die Scheitelwerte A und B, die sich auf die negative Elektrode beziehen, und der Scheitelwert C, der sich auf die positive Elektrode bezieht, detektiert worden sind, was unter Bezugnahme auf **Fig. 9** und **Fig. 10** beschrieben wird.

[0064] Im Schritt 5 (S05) gilt Folgendes: Da im Schritt 4 (S04) bestimmt wird, dass die Datenmenge unzureichend ist, werden weitere Batteriekapazitäts-Spannungsdaten von der Datenspeichereinheit 31 erfasst.

[0065] Im Schritt 6 (S06) werden die neu erfassten Batteriekapazitäts-Spannungsdaten mit den bereits erfassten Batteriekapazitäts-Spannungsdaten integriert. Nachdem die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten integriert worden sind, springt die Verarbeitung dann zum Schritt 2 (S02) zurück.

[0066] Im Schritt 7 (S07) gilt Folgendes: Da im Schritt 4 (S04) bestimmt wird, dass die Datenmenge ausreichend ist, werden die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten (Kurve) an die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit 14 übertragen.

[0067] Als Nächstes wird die Funktion der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit 14 unter Bezugnahme auf **Fig. 9** und **Fig. 10** beschrieben.

[0068] In **Fig. 9**, **Fig. 10A** und **Fig. 10B** gibt die horizontale Achse die Kapazität (Q) der Batterie an, und die vertikale Achse gibt dV/dQ an. In **Fig. 9** ist D ein „Datenbereich, wo die Scheitelwerte A und B der negativen Elektrode und die Scheitelwerte C der positiven Elektrode einer nicht verschlechterten Batterie und einer verschlechterten Batterie detektiert werden können“, wie später noch beschrieben wird.

[0069] In **Fig. 10A** ist eine dV/dQ -Kurve, die sich auf die negative Elektrode bezieht, mit einer durchgezogenen Linie für die Nicht-Verschlechterung dargestellt, mit einer unterbrochenen Linie für die Verschlechterung der negativen Elektrode dargestellt

und mit einer Linie mit abwechselnd langen und kurzen Strichen für eine negative Elektrodenverschiebung infolge von Li-Verbrauch dargestellt.

[0070] In **Fig. 10A** ist eine dV/dQ -Kurve, die sich auf die positive Elektrode bezieht, mit einer durchgezogenen Linie für die Nicht-Verschlechterung dargestellt, mit einer unterbrochenen Linie für die Verschlechterung der negativen Elektrode dargestellt und mit einer Linie mit abwechselnd langen und kurzen Strichen für eine negative Elektrodenverschiebung infolge von Li-Verbrauch dargestellt.

[0071] Die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit 14 analysiert eine dV/dQ -Kurve, die erhalten wird, indem die Batteriekapazitäts-Spannungskurve differenziert wird, die von der Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 erzeugt wird, und schätzt Verschlechterungsparameter, die sich auf eine Verschlechterung der positiven Elektrode, eine Verschlechterung der negativen Elektrode und den Lithium-Ionen-Verbrauch beziehen.

[0072] Wenn die Verschlechterungsparameter geschätzt werden, wird eine normierte Kapazität, die auf der Basis der Kapazität der nicht verschlechterten Batterie oder der Kapazität einer Batterie berechnet wird, die als Referenz dient, oder der Ladezustand für die Kapazität der dV/dQ -Kurve verwendet, so dass die Verschlechterungsparameter der verschlechterten Batterie 20 aus der nicht verschlechterten Batterie geschätzt werden können.

[0073] Beispielsweise kann der Verschlechterungsparameter θ_n , der von der negativen Elektrode hervorgerufen wird, geschätzt werden, indem der Scheitelwert A und der Scheitelwert B detektiert werden, die in der dV/dQ -Kurve der negativen Elektrode in **Fig. 9** erscheinen, und indem die Abstände zwischen den Scheitelwerten A und den Scheitelwerten B der verschlechterten Batterie 20 und der nicht verschlechterten Batterie beobachtet werden.

[0074] **Fig. 10A** veranschaulicht ein Beispiel der Veränderung der Scheitelwert-Funktion, die in der dV/dQ -Kurve der negativen Elektrode erscheint. Die Scheitelwert-Funktion, die in der dV/dQ -Kurve der negativen Elektrode der nicht verschlechterten Batterie erscheint, schrumpft insgesamt, wenn eine Verschlechterung der negativen Elektrode auftritt, so dass der Abstand zwischen dem Scheitelwert A und dem Scheitelwert B verkürzt wird.

[0075] In **Fig. 9** ist es möglich, die Scheitelwerte C zu detektieren, die in den dV/dQ -Kurven der positiven Elektroden der nicht verschlechterten Batterie und der verschlechterten Batterie erscheinen, und wenn die Höhe jedes Scheitelwerts C beobachtet wird, kann der Verschlechterungsparameter θ_p

geschätzt werden, der von der positiven Elektrode hervorgerufen wird.

[0076] Fig. 10B veranschaulicht ein Beispiel der Veränderung des Scheitelwerts C, der in der dV/dQ -Kurve der positiven Elektrode erscheint. Wenn eine Verschlechterung der positiven Elektrode auftritt, ist die Höhe des Scheitelwerts C größer als diejenige des Scheitelwerts C der nicht verschlechterten Batterie.

[0077] Außerdem kann der Verschlechterungsparameter θ_t , der vom Lithium-Verbrauch hervorgerufen wird, identifiziert werden, indem die Verschiebungswerte des Scheitelwerts A und des Scheitelwerts B aus den dV/dQ -Kurven der negativen Elektrode der nicht verschlechterten Batterie und der verschlechterten Batterie beobachtet werden und der Verschiebungswert des Scheitelwerts C aus den dV/dQ -Kurven der positiven Elektrode der nicht verschlechterten Batterie und der verschlechterten Batterie beobachtet wird.

[0078] Wenn eine Verschlechterung auf der Basis von Li-Verbrauch auftritt, treten Verschiebungen des Scheitelwerts der negativen Elektrode in **Fig. 10A** und des Scheitelwerts C der positiven Elektrode in **Fig. 10B** auf. Wenn der Scheitelwert C der positiven Elektrode im Datenbereich ist, wo der Scheitelwert A und der Scheitelwert B der negativen Elektrode beobachtet werden, kann jeder Verschlechterungsparameter aus der Höhe des Scheitelwerts C und der Verschiebung der Position des Scheitelwerts C geschätzt werden.

[0079] In **Fig. 10A** und **Fig. 10B** ist die Linie auf der linken Seite der vertikalen Achse ein Teil, der nicht tatsächlich beobachtet wird. Die Verschiebung der negativen Elektrode und die Verschiebung der positiven Elektrode infolge der jeweiligen Verschlechterungsfaktoren sind so gezeigt, dass deren Gesamtheiten leicht zu verstehen sind.

[0080] Die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit 14 kann eine Batteriekapazitäts-Spannungskurve von der Verwendungs-Obergrenzenspannung zur Untergrenzenspannung schätzen, die von der Batterie 20 selbst oder einer Einrichtung spezifiziert wird, indem sie die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten und die Kapazitäts- dV/dQ -Kurve entsprechend dem Datenbereich D (siehe **Fig. 9**) schätzt, wo die Scheitelwerte der negativen Elektrode A und B und die Scheitelwerte C der positiven Elektrode der nicht verschlechterten Batterie und der verschlechterten Batterie detektiert werden können. Die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit 14 kann die Kapazität der verschlechterten Batterie bezogen auf die Kapazität der nicht verschlechterten Batterie oder der Batterie schätzen, die als eine Referenz dient, d. h. den

Verschlechterungsgrad der verschlechterten Batterie.

[0081] Mit einer solchen Konfiguration ist es möglich, eine Batteriekapazitäts-Spannungskurve entsprechend dem Batterie-Verwendungsbereich aus dem minimal nötigen Batteriekapazitäts-Spannungsdaten zu schätzen und den Verschlechterungsgrad akkurat zu diagnostizieren, so dass Spannungsdaten während des Ladens oder Entladens im gesamten Batterie-Verwendungsbereich nicht benötigt werden.

[0082] Als Nächstes wird ein Beispiel des Ergebnisses der Verschlechterungsgrad-Diagnose auf der Basis der Scheitelwerte A und B der dV/dQ -Kurve der negativen Elektrode und des Scheitelwerts C der dV/dQ -Kurve der positiven Elektrode unter Bezugnahme auf **Fig. 11** und **Fig. 12** beschrieben.

[0083] **Fig. 11** zeigt eine Spannungskurve und Teil-Ladedaten der verschlechterten Batterie (Kapazitäts-Halterate: 84 %).

[0084] In **Fig. 11** gibt die horizontale Achse die Kapazität (%) der Batterie an, und die vertikale Achse gibt die Spannung der Batterie 20 an.

[0085] In **Fig. 11** werden tatsächlich gemessene Teil-Ladedaten durch eine dicke durchgezogene Linie angezeigt, und eine geschätzte Batteriekapazitäts-Spannungskurve wird durch eine dicke unterbrochene Linie angezeigt. In **Fig. 11** wird die geschätzte Batteriekapazitäts-Spannungskurve als eine geschätzte Spannungskurve beschrieben.

[0086] **Fig. 12** zeigt eine Ableitungs- dV/dQ -Kurve der Spannungskurve in **Fig. 11**.

[0087] In **Fig. 12** zeigt die horizontale Achse die Kapazität (%) der Batterie an, und die vertikale Achse zeigt dV/dQ an.

[0088] In **Fig. 12** wird eine Ableitungskurve der tatsächlich gemessenen Teil-Ladedaten durch eine dicke durchgezogene Linie dargestellt, und eine Ableitungskurve der geschätzten Batteriekapazitäts-Spannungskurve wird durch eine dicke unterbrochene Linie angezeigt. Eine dV/dQ -Kurve der positiven Elektrode wird durch eine dünne unterbrochene Linie dargestellt, und eine dV/dQ -Kurve der negativen Elektrode wird durch eine dünne Linie mit abwechselnd langen und kurzen Strichen dargestellt. In **Fig. 12** wird die geschätzte Batteriekapazitäts-Spannungskurve als eine geschätzte Spannungskurve beschrieben.

[0089] Die Scheitelwerte A und B der negativen Elektrode und der Scheitelwert C der positiven Elektrode werden aus den Teil-Ladedaten detektiert, und es wird ein Vergleich mit der nicht verschlechterten

Batterie durchgeführt, wie unter Bezugnahme auf **Fig. 10** beschrieben, so dass der Verschlechterungsparameter θ_n der negativen Elektrode infolge der Änderung des Abstands zwischen dem Scheitelwert A und dem Scheitelwert B der negativen Elektrode und ein Verschlechterungsparameter θ_t durch LI-Verbrauch infolge der Verschiebungswerte des Scheitelwerts A und des Scheitelwerts B der negativen Elektrode geschätzt werden können. Außerdem können der Verschlechterungsparameter θ_p der positiven Elektrode infolge der Änderung der Position (Höhe) des Scheitelwerts C der positiven Elektrode und der Verschlechterungsparameter θ_t , der durch LI-Verbrauch infolge einer Verschiebung des Scheitelwerts C der positiven Elektrode hervorgerufen wird, geschätzt werden.

[0090] Als ein Ergebnis der Schätzung der Batteriekapazitäts-Spannungskurve im gesamten Verwendungsbereich der Batterie 20, wie in **Fig. 11** und **Fig. 12** gezeigt, zeigt die Kapazitätsposition entsprechend dem Schnittpunkt der geschätzten Batteriekapazitäts-Spannungskurve und der Obergrenzen-Spannung einen Verschlechterungsgrad von 84 % in **Fig. 11**.

[0091] Die Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 kann Batteriekapazitäts-Spannungsdaten erzeugen, die es zulassen, dass zumindest die Scheitelwerte A und B der negativen Elektrode und der Scheitelwert C der positiven Elektrode beobachtet werden, und zwar auf der Basis von verschiedenen Batteriekapazitäts-Spannungsdaten. Alternativ kann die Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 Batteriekapazitäts-Spannungsdaten erzeugen, so dass sie den Datenbereich D in **Fig. 9** einschließen.

[0092] Dadurch, dass die Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 enthalten ist, ist es mit einer solchen Konfiguration möglich, die Daten zu erzeugen, die notwendig sind, um die gesamte Batteriekapazitäts-Spannungskurve aus zufällig gesammelten Daten zu schätzen. Daher ist es möglich, den Verschlechterungsgrad der Batterie 20 selbst in einer Einrichtung zu schätzen, in der die Batterie 20 durch einen benutzerabhängigen Vorgang geladen oder entladen wird.

[0093] Wie in **Fig. 10A** gezeigt, gilt außerdem Folgendes: Wenn die dV/dQ -Kurve der negativen Elektrode infolge einer Verschlechterung der negativen Elektrode schrumpft, ändert sich die Position des Scheitelwerts infolge des Anstiegs von dV/dQ nicht, der nahe der Untergrenzenkapazität beobachtet wird, und der Abstand zwischen dem Scheitelwert A und dem Scheitelwert B der negativen Elektrode wird in manchen Fällen verkürzt.

[0094] In einem solchen Fall ändert sich die Untergrenzen-Spannung der Batterie infolge der Verschlechterung der negativen Elektrode nicht, und

die Obergrenzen-Spannung der Batterie wird nur durch eine Verschlechterung der positiven Elektrode beeinflusst, wie oben beschrieben, so dass die Änderung der gesamten Spannungskurve und der Verschlechterungsgrad (Kapazität) der Batterie durch eine Verschlechterung der negativen Elektrode nicht beeinflusst werden.

[0095] Daher kann für eine Verschlechterte Batterie die gesamte Spannungskurve der Batterie geschätzt werden, indem nur der Scheitelwert C der positiven Elektrode detektiert wird, und der Verschlechterungsgrad der Batterie kann diagnostiziert werden.

[0096] Außerdem erscheinen in der dV/dQ -Kurve der negativen Elektrode Scheitelwerte, die von den Scheitelwerten A und B verschieden sind, so dass der Parameter infolge der Verschlechterung der negativen Elektrode geschätzt werden kann, indem die übrigen Scheitelwerte analysiert werden. Da jedoch der Scheitelwert C der positiven Elektrode in dem Bereich auftritt, wo die Scheitelwerte A und B in der dV/dQ -Kurve der negativen Elektrode erscheinen, kann es sogar dann, wenn ein Scheitelwert detektiert wird, der von den Scheitelwerten A und B in der dV/dQ -Kurve der negativen Elektrode verschieden ist, unmöglich sein, den Verschlechterungsfaktor für die positive Elektrode zu identifizieren.

[0097] Falls jedoch der Verschlechterungsgrad der positiven Elektrode ein im Voraus bekannter Zustand ist, kann der Verschlechterungsparameter der negativen Elektrode auf der Basis des Scheitelwerts geschätzt werden, der von den Scheitelwerten A und B in der dV/dQ -Kurve der negativen Elektrode verschieden ist, eine Batteriekapazitäts-Spannungskurve im Batterie-Verwendungsbereich kann geschätzt werden, und der Verschlechterungsgrad kann auf der Basis der Batteriekapazitäts-Spannungskurve diagnostiziert werden.

[0098] In der obigen Beschreibung sind die Scheitelwerte als ein Beispiel beschrieben, die in der dV/dQ -Kurve der Batterie auftreten, in der Li(Ni-Mn-Co)O₂ für die positiven Elektrode verwendet wird und Graphit für die negativen Elektrode verwendet wird. Es können jedoch auch beispielsweise LiCoO₂ oder LiFePO₄ für die positiven Elektrode verwendet werden, und ein Material, wie z. B. Lithiumtitanat kann für die negativen Elektrode verwendet werden. Falls die Materialien der positiven Elektrode und der negativen Elektrode verschieden sind, können die Position der erscheinenden Scheitelwerte verschieden sein.

[0099] In einem solchen Fall kann die Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 einen Datenbereich definieren, der verwendet wird, wenn die Batteriekapazitäts-Spannungskurve der gesamten Batterie 20 zur Zeit der Analysis der anfänglichen Spannungskurve

geschätzt wird, und sie kann Batteriekapazitäts-Spannungsdaten erzeugen, so dass sie den definierten Datenbereich erfüllt, und zwar aus verschiedenen mehreren Batteriekapazitäts-Spannungsdaten.

[0100] Mit einer solchen Konfiguration ist es möglich - selbst ohne anfänglich einen Datenbereich zu definieren, der notwendig ist, um die Spannungskurve der gesamten Batterie 20 zu schätzen - einen Datenbereich zu berechnen, der notwendig ist, um die gesamte Batteriekapazitäts-Spannungskurve aus verschiedenen mehreren Batteriekapazitäts-Spannungsdaten zu schätzen und den Verschlechterungsgrad der Batterie akkurat zu diagnostizieren.

[0101] Außerdem kann die Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 eine Ableitungs-Spannungskurve für verschiedene Batteriekapazitäts-Spannungsdaten berechnen, um die Datenintegration durchzuführen.

[0102] Die Spannung der Batterie 20 hat die Relation von Gleichung (6) bezüglich einer Batterie-OCV und dem Produkt aus dem Innenwiderstand R und dem Wert des fließenden Stroms. Da das Produkt IR aus Widerstand R und Strom I in Gleichung (6) ein konstanter Term ist, kann der Einfluss von IR beseitigt werden, indem die Spannung nach der Kapazität abgeleitet wird, wenn die Spannungskurve analysiert wird, und die OCV-Kurve der Batterie 20 kann analysiert werden.

$$V = OCV + IR \quad (6)$$

[0103] Die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit 14 diagnostiziert den Verschlechterungsgrad der Batterie, indem sie die dV/dQ -Kurve analysiert, die erhalten wird, indem die Batteriekapazitäts-Spannungskurve abgeleitet wird, die von der Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 erzeugt wird, und zwar nach der Kapazität, indem der Verschlechterungsfaktor der Batterie identifiziert wird, und indem die Batteriekapazitäts-Spannungskurve entsprechend dem Batterie-Verwendungsbereich geschätzt wird.

[0104] Scheitelwerte in einer Ableitungskurve der ersten Ordnung können jedoch kompliziert und schwierig zu analysieren sein, oder es kann unmöglich sein, die Scheitelwerte der positiven Elektrode und der negativen Elektrode zu unterscheiden und zu analysieren, da sich diese Scheitelwerte überlappen. In einem solchen Fall kann ferner eine Ableitung der zweiten Ordnung nach der Kapazität durchgeführt werden, und eine Ableitungs-Spannungskurve der zweiten Ordnung kann analysiert werden. Die Anzahl von Malen, die abgeleitet bzw. differenziert wird, kann weiter erhöht werden, um die Scheitelwert-Analyse zu erleichtern.

[0105] Mit einer solchen Konfiguration gilt Folgendes: Selbst wenn die Scheitelwerte kompliziert sind

und nicht analysiert werden können, wenn die dV/dQ -Kurve analysiert wird, die erhalten wird, indem die Batteriekapazitäts-Spannungskurve nach der Kapazität differenziert wird, kann es - da nur ein Teil mit einer größeren Scheitelwert-Veränderung extrahiert wird, indem die Ableitung zweiter Ordnung durchgeführt wird, und die übrigen Scheitelwerte gemittelt werden - einfacher sein, die Analyse durchzuführen. Daher ist es möglich, den Verschlechterungsfaktor zu identifizieren, die Spannungskurve im Batterie-Verwendungsbereich zu schätzen und den Verschlechterungsgrad der Batterie akkurat zu diagnostizieren.

[0106] Wie oben beschrieben, weist die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1 Folgendes auf: eine Lade-/Entlade-Steuerungseinheit, konfiguriert zum Steuern des Ladens oder Entladens einer Batterie; eine Batterieinformations-Messeinheit, konfiguriert zum Messen der Spannung und des Stroms der Batterie und zum Messen der Kapazität und des Spannungsübergangs während des Ladens oder Entladens; eine Mehrfachdaten-Integrationseinheit, konfiguriert zum Integrieren von Batteriekapazitäts-Spannungsdaten in zumindest zwei verschiedenen Abschnitten, die von der Batterieinformations-Messeinheit gemessen werden, und zum Erzeugen einer Batteriekapazitäts-Spannungskurve; und eine Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit, konfiguriert zum Schätzen eines Verschlechterungsgrads der Batterie auf der Basis der Batteriekapazitäts-Spannungskurve, und die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit analysiert eine Ableitungskurve der Batteriekapazitäts-Spannungskurve, identifiziert Verschlechterungsfaktoren auf der Basis einer positiven Elektrode, einer negativen Elektrode und einem Lithium-Ionen-Verbrauch, und schätzt den Verschlechterungsgrad der Batterie.

[0107] Selbst wenn ein Ladevorgang, wie in einem Elektrofahrzeug, ein benutzerabhängiger Vorgang ist, kann daher die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1 den Verschlechterungsgrad der Batterie akkurat schätzen.

Ausführungsform 2

[0108] Eine Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 2 wird erhalten, indem eine Temperaturdaten-Umwandlungseinheit der Mehrfachdaten-Integrationseinheit der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1 hinzugefügt wird.

[0109] Die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 2 wird unter Fokussierung auf die Unterschiede zur Ausführungsform 1 beschrieben, und zwar unter Bezugnahme auf die folgenden Figuren: **Fig. 13**, die ein Konfigurationsdiagramm der Verschlechterungsgrad-Diagno-

seeinrichtung ist; **Fig. 14**, die die Korrelation zwischen dem Innenwiderstand und der Temperatur einer Batterie veranschaulicht; **Fig. 15**, die ein Konfigurationsdiagramm eines Anwendungsbeispiels der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung ist; und **Fig. 16**, die ein Reaktionsverteilungs-Modell einer Elektrode veranschaulicht.

[0110] Im Konfigurationsdiagramm gemäß Ausführungsform 2 sind Teile, die die gleichen wie bei der Ausführungsform 1 sind oder diesen entsprechen, mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0111] Die Gesamtkonfiguration einer Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung 200 gemäß Ausführungsform 2 wird unter Bezugnahme auf **Fig. 13** beschrieben.

[0112] Die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung 200 weist Folgendes auf: eine Lade-/Entlade-Steuerungseinheit 11, die die Funktion zum Laden einer Batterie 20 hat, eine Batterieinformations-Messeinheit 12, die den Strom, die Spannung und die Temperatur der Batterie 20 misst, eine Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13, die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten integriert, die von der Batterieinformations-Messeinheit 12 erhalten werden, und eine Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit 14, die einen Verschlechterungsparameter und einen Verschlechterungsgrad der Batterie 20 schätzt. Die Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 weist eine Temperaturdaten-Umwandlungseinheit 41 auf, die die Daten korrigiert, die von der Batterieinformations-Messeinheit 12 erhalten werden, und zwar auf eine vorbestimmte Temperaturbedingung.

[0113] Zunächst wird die Korrelation zwischen dem Innenwiderstand und der Temperatur der Batterie 20 unter Bezugnahme auf **Fig. 14** beschrieben.

[0114] In **Fig. 14** zeigt die horizontale Achse den Kehrwert ($1/T$) der Temperatur T der Batterie 20 an, und die vertikale Achse zeigt den Innenwiderstand R der Batterie 20 an.

[0115] Eine Lithium-Ionen-Batterie hat die Eigenschaft, dass sich der Innenwiderstand in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur ändert. Der Widerstand steigt bei fallender Temperatur, und der Widerstand sinkt bei steigender Temperatur.

[0116] **Fig. 14** zeigt ein Beispiel der Korrelation zwischen dem Innenwiderstand und der Temperatur der Batterie 20, die eine Lithium-Ionen-Batterie ist. Beispielsweise wird bei einer niedrigen Temperatur der Widerstandswert groß, so dass eine Überspannung IR groß wird. Bei einer niedrigen Temperatur gilt Folgendes: Selbst wenn die Batterie mit dem gleichen Stromwert und der gleichen Leistung wie bei hoher Temperatur geladen wird, ist dann, wenn die Batterie-

riekapazitäts-Spannungsdaten bei der niedrigen Temperatur und die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten bei der hohen Temperatur integriert werden, die Differenz infolge einer Überspannung groß, so dass es schwierig ist, eine Batteriekapazitäts-Spannungskurve zu erhalten, die eine vorbestimmte Bedingung erfüllt.

[0117] Daher kann die Temperaturdaten-Umwandlungseinheit 41 so konfiguriert sein, dass sie mehrere Batteriekapazitäts-Spannungsdaten der Batterie 20 mit unterschiedlichen Daten integriert, nachdem beispielsweise die Spannung der Batterie 20 auf eine vorbestimmte Temperaturbedingung korrigiert worden ist, und zwar auf der Basis der Korrelations-Abbildung zwischen dem Widerstand und der Temperatur in **Fig. 14** und einem mathematischen Ausdruck, d. h. die Differenz infolge der Temperatur wird korrigiert.

[0118] Mit einer solchen Konfiguration ist es - selbst wenn Beobachtungsdaten bei verschiedenen Temperaturen erhalten werden - möglich, eine Batteriekapazitäts-Spannungskurve entsprechend einem vorbestimmten Datenbereich zu erzeugen, und ein akkurater Verschlechterungsgrad der Batterie 20 kann geschätzt werden.

[0119] Als Nächstes wird die Handhabung einer Reaktionsverteilung, die in der Lithium-Ionen-Batterie erzeugt wird, unter Bezugnahme auf **Fig. 15** und **Fig. 16** beschrieben.

[0120] **Fig. 15** ist ein Konfigurationsdiagramm, in dem eine Reaktionsverteilungs-Korrekturereinheit 42 in der Temperaturdaten-Umwandlungseinheit 41 der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung 200 vorhanden ist.

[0121] In der Lithium-Ionen-Batterie ist eine Erscheinung bekannt, wonach die Reaktionsverteilung in der Dickenrichtung der Elektrode oder der Ebenenrichtung in der Batterie 20 insbesondere bei niedriger Temperatur auftritt.

[0122] **Fig. 16** zeigt ein Beispiel eines Mehrpartikel-Schaltungsmodells zum Beschreiben der Reaktionsverteilung.

[0123] In **Fig. 16** sind R_1 , R_2 und R_3 die Elektrolytwiderstände (Lösungswiderstand, Viskositätswiderstand eines Elektrolyts), die zum Transfer von Li-Ionen im Elektrolyt in der Lithium-Ionen-Batterie 20 beitragen.

[0124] R_4 , R_5 und R_6 stellen die Diffusionswiderstände (Reaktionswiderstand, Ladungstransferwiderstand, Widerstand auf der Basis von Interpartikel-Diffusion und Intrapartikel-Diffusion) von Elektrodenpartikeln und Li-Ionen dar, und C_4 , C_5

und C6 sind die Kapazitäten auf der Basis der Kapazität einer elektrischen Doppelschicht. Außerdem sind OCV1, OCV2 und OCV3 jeweils die Leerlaufspannung einer Modell-Batterie. Eine Stromsammel-folie ist eine Hauptkomponente, die eine Elektrode bildet.

[0125] Da die Differenz zwischen den Elektrolytwiderständen R1, R2 und R3 bei niedriger Temperatur groß wird, gilt beispielsweise Folgendes: Selbst wenn die jeweiligen Schaltungskonstanten einer CR-Parallelschaltung aus R4 und C4, einer CR-Parallelschaltung aus R5 und C5 und einer CR-Parallelschaltung aus R6 und C6 die gleichen sind, ist der Strom, der in jeder modellierten Batterie fließt, nicht gleichmäßig bzw. einheitlich, und die Differenz dazwischen wird groß.

[0126] Selbst wenn eine Batteriekapazitäts-Spannungskurve, die in diesem Zustand gemessen wird, nach der Kapazität abgeleitet wird, gilt Folgendes: Da es eine Differenz im Strom gibt, der durch den jeweiligen Widerstand fließt, kann der Einfluss des konstanten Terms nicht beseitigt werden. Außerdem ist die Leerlaufspannung (OCV) der beobachteten Batterie 20 kein akkurater Wert.

[0127] In diesem Zustand gilt Folgendes: Wenn die Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 die Daten integriert, die in Umgebungen bei Normaltemperatur, hoher Temperatur und niedriger Temperatur gemessen worden sind, kann eine akkurate Batteriekapazitäts-Spannungskurve nicht erzeugt werden, so dass ein Fehler in der Verschlechterungsgrad-Diagnose auftreten kann.

[0128] Für die erhaltenen Ladungs-Spannungsdaten schätzt die Reaktionsverteilungs-Korrektur-einheit 42 die Elektrolytwiderstände R1, R2 und R3 auf der Basis des in **Fig. 16** gezeigten Schaltungsmodells, und sie schätzt dann OCV1, OCV2 und OCV3 der Modell-Batterien. Zu dieser Zeit wird angenommen, dass die Konstanten (R4, C4, R5, C5, R6, C6) der CR-Parallelschaltungen den gleichen Wert zeigen. Die Leerlaufspannung (OCV) der Batterie 20, die bei der Verschlechterungsgrad-Diagnose analysiert werden soll, ist die durchschnittliche Spannung von OCV1, OCV2 und OCV3 der Modell-Batterien. Indem die Leerlaufspannung (OCV) der Batterie 20 auf der Basis dieser durchschnittlichen Spannung berechnet wird und dann die Daten bei niedriger Temperatur, Normaltemperatur und hoher Temperatur integriert werden, kann die Reaktionsverteilung innerhalb der Batterie-Elektrode korrigiert werden.

[0129] In diesem Schaltungsmodell sind - als ein Beispiel - der Reaktionswiderstand und der Diffusionswiderstand als eine Parallelschaltung aus R und C vereinigt, aber die Anzahl von parallelen CR-Schaltungen, die in Reihe angeordnet sind, kann für

jede Widerstandskomponente geteilt werden. Außerdem kann die Anzahl von Partikeln weiter erhöht werden, um die Anzahl von parallelen CR-Schaltungen zu erhöhen, die parallel angeordnet sind.

[0130] Außerdem kann die Berechnung für die tatsächlich gemessenen Daten der Batteriekapazitäts-Spannung so durchgeführt werden, dass der Fehler am kleinsten ist, und die Anzahl von installierten Schaltungen kann bestimmt werden.

[0131] Mit einer solchen Konfiguration gilt Folgendes: Selbst wenn Daten, die den Einfluss der Reaktionsverteilung enthalten, bei der Batterie 20 insbesondere bei niedriger Temperatur erhalten werden, werden die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten, die bei einer niedrigen Temperatur erhalten werden und nach der Reaktionsverteilung korrigiert werden, mit den Batteriekapazitäts-Spannungsdaten bei Normaltemperatur und bei hoher Temperatur integriert, und es kann eine Batteriekapazitäts-Spannungskurve erzeugt werden. Dann kann ein akkurater Verschlechterungsgrad der Batterie 20 geschätzt werden, indem die Batteriekapazitäts-Spannungskurve analysiert wird und eine Verschlechterungsgrad-Diagnose durchgeführt wird.

[0132] Die Reaktionsverteilung in der Elektrode der Batterie 20 ist ein Phänomen, das selbst dann auftritt, wenn der Wert des Stroms, der durch die Batterie 20 fließt, groß ist.

[0133] Daher kann die Reaktionsverteilungs-Korrektur-einheit 42 so konfiguriert sein, dass sie die Spannung der Batterie 20 auf der Basis des Schaltungsmodells in **Fig. 16** und des mathematischen Modells korrigiert, und zwar auf der Basis des Stromwerts, wenn die Batterie 20 von der Lade-/Entlade-Steuerungseinheit 11 geladen wird.

[0134] Mit einer solchen Konfiguration gilt Folgendes: Selbst wenn ein Lade- oder Entladevorgang bei einem großen Strom (ungefähr 0,2 C oder mehr) für die Batterie 20 durchgeführt wird, kann - nachdem die Korrektur durch die Reaktionsverteilungs-Korrektur-einheit 42 durchgeführt worden ist - die Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten integrieren, und ein akkurater Verschlechterungsgrad der Batterie 20 kann diagnostiziert werden.

[0135] Wie oben beschrieben, wird die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 2 erhalten, indem die Temperaturdaten-Umwandlungseinheit zur Mehrfachdaten-Integrationseinheit der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1 hinzugefügt wird.

[0136] Selbst wenn ein Ladevorgang, wie in einem Elektrofahrzeug, ein benutzerabhängiger Vorgang ist, kann daher die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 2 akkurat den Verschlechterungsgrad der Batterie schätzen, und sie kann ferner den Einfluss der Temperatur der Batterie beseitigen und akkurat den Verschlechterungsgrad der Batterie schätzen.

Ausführungsform 3

[0137] Eine Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 3 wird erhalten, indem eine Hysterese-Korrekturereinheit der Mehrfachdaten-Integrationseinheit der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1 hinzugefügt wird.

[0138] Die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 3 wird unter Fokussierung auf die Unterschiede zur Ausführungsform 1 beschrieben, und zwar unter Bezugnahme auf die folgenden Figuren: **Fig. 17**, die ein Konfigurationsdiagramm der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung ist; **Fig. 18**, die eine Hysterese-Erscheinung einer Batterie veranschaulicht; und **Fig. 19A** und **Fig. 19B**, die Scheitelwert-Positionen veranschaulichen, die in Spannungs-Kapazitäts-Ableitungskurven erscheinen, wenn eine Hysterese auftritt.

[0139] Im Konfigurationsdiagramm gemäß Ausführungsform 3 sind Teile, die die gleichen wie bei der Ausführungsform 1 sind oder diesen entsprechen, mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0140] Die Gesamtkonfiguration einer Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung 300 gemäß Ausführungsform 3 wird unter Bezugnahme auf **Fig. 17** beschrieben.

[0141] Die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung 300 weist Folgendes auf:

eine Lade-/Entlade-Steuerungseinheit 11, die die Funktion zum Laden einer Batterie 20 hat, eine Batterieinformations-Messeinheit 12, die den Strom, die Spannung und die Temperatur der Batterie 20 misst, eine Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13, die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten integriert, die von der Batterieinformations-Messeinheit 12 erhalten werden, und eine Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit 14, die einen Verschlechterungsparameter und einen Verschlechterungsgrad der Batterie 20 schätzt. Die Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 weist eine Hysterese-Korrekturereinheit 51 auf, die die Hysterese während des Ladens oder Entladens der Batterie 20 korrigiert.

[0142] Eine Hysterese-Erscheinung, bei der eine Differenz zwischen den Ladezustand-Leerlaufspannung-Eigenschaften des Ladezustands während des Ladens und während des Entladens auftritt, tritt in der Lithium-Ionen-Batterie 20 auf.

[0143] **Fig. 18** zeigt die Hysterese der Ladezustand-Leerlaufspannung-Eigenschaften (SOC-OCV-Eigenschaften) während des Ladens und während des Entladens.

[0144] In **Fig. 18** gibt die horizontale Achse den Ladezustand (SOC) der Batterie 20 an, und die vertikale Achse gibt die Leerlaufspannung (OCV) der Batterie 20 an. Außerdem ist in **Fig. 18** die Ladekurve der Hysterese mit einer durchgezogenen Linie dargestellt, und die Entladekurve der Hysterese ist mit einer unterbrochenen Linie angezeigt.

[0145] Wenn beispielsweise die Batterie 20 auf den Untergrenze-Ladezustand entladen wird und dann mittels der Lade-/Entlade-Steuerungseinheit 11 geladen wird, ändert sich die Leerlaufspannung (OCV) der Batterie 20 gemäß der Lade-SOC-OCV-Kurve. Wenn jedoch die Batterie 20 von einem Ladezustand (SOC) in einem Zwischenbereich aus geladen wird, ist allgemein eine Erscheinung bekannt, bei der sich die Leerlaufspannung (OCV) der Batterie 20 gemäß der Entlade-SOC-OCV-Kurve ändert.

[0146] Wenn die Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 Batteriekapazitäts-Spannungsdaten der Batterie 20 integriert, in der eine Hysterese aufgetreten ist, kann eine zu analysierende Batteriekapazitäts-Spannungskurve nicht akkurat erzeugt werden, so dass es unmöglich sein kann, eine Verschlechterungsgrad-Diagnose akkurat durchzuführen. Indem jedoch die Leerlaufspannung (OCV) der Batterie 20 mittels der Hysterese-Korrekturereinheit 51 korrigiert wird und dann die Integration durchgeführt wird, ist es möglich, den Verschlechterungsgrad akkurat zu diagnostizieren.

[0147] Außerdem ist ein Korrigieren der Hysterese der Leerlaufspannung (OCV) der Batterie 20 mittels der Hysterese-Korrekturereinheit 51 selbst für den Fall wirksam, in dem die Änderung der Batteriespannung infolge der Differenz des Innenwiderstands und der Reaktionsverteilung innerhalb der Batterie korrigiert wird, die durch die Temperatur hervorgerufen werden, wie bei der Ausführungsform 2 beschrieben.

[0148] Indem die Hysterese-Korrekturereinheit 51 gemäß Ausführungsform 3 der Konfiguration der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 2 hinzugefügt wird und die Differenz infolge der Hysterese der Batterie 20 korrigiert wird, ist es daher möglich, den Verschlechterungsgrad der Batterie 20 akkurater zu diagnostizieren.

[0149] Fig. 19A und Fig. 19B zeigen ein Beispiel einer SOC-OCV-Kurve und einer dV/dQ -Kurve, die einen Bereich zeigen, wo ein Hysterese-Erscheinung auftritt.

[0150] In Fig. 19A ist F ein „Bereich, wo die Differenz zwischen einer Ladekurve und einer Entladekurve der Hysterese groß ist“, wie später noch beschrieben wird.

[0151] In Fig. 19A gibt die horizontale Achse den Ladezustand (SOC) der Batterie 20 an, und die vertikale Achse gibt die Leerlaufspannung (OCV) der Batterie 20 an. Außerdem ist in Fig. 19A die Ladekurve der Hysterese mit einer durchgezogenen Linie dargestellt, und die Entladekurve der Hysterese ist mit einer unterbrochenen Linie angezeigt.

[0152] In Fig. 19B zeigt die horizontale Achse die Kapazität der Batterie 20 an, und die vertikale Achse zeigt dV/dQ an. Außerdem wird in Fig. 19B dV/dQ der Batteriespannung durch eine durchgezogene Linie dargestellt, dV/dQ der positiven Elektrode wird durch eine unterbrochene Linie dargestellt, und dV/dQ der negativen Elektrode wird durch eine Linie mit abwechselnd langen und kurzen Strichen dargestellt.

[0153] Wie aus Fig. 19A und Fig. 19B ersichtlich, ist die Hysterese-Erscheinung eine Erscheinung, die auftritt, wenn das Laden von der Position des Bereichs F aus begonnen wird, wo die Differenz zwischen der Lade-SOC-OCV-Kurve und der Entlade-SOC-OCV-Kurve groß ist, oder von der Position aus, bei der ein Scheitelwert E1 oder E2 der negativen Elektrode in der dV/dQ -Kurve erscheint.

[0154] Daher kann sich die Hysterese-Korrekturereinheit 51 auf einen Bereich beziehen, der der Region F der SOC-OCV-Kurve oder den Scheitelwerten E1 und E2 der negativen Elektrode entspricht, und sie kann die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten auswählen und integrieren, die erhalten werden, wenn das Laden von einem Ladezustand aus begonnen wird, der höher ist als diese Bereiche, und Batteriekapazitäts-Spannungsdaten, die erhalten werden, wenn das Laden von einem Ladezustand aus begonnen wird, der die Position des Scheitelwerts E1 oder E2 der negativen Elektrode überschreitet.

[0155] Außerdem kann die Position des Scheitelwerts der dV/dQ -Kurve der negativen Elektrode, die als eine Referenz zum Auswählen von Batteriekapazitäts-Spannungsdaten dient, auf die Position vorgegeben werden, bei der der Scheitelwert E1 oder E2 detektiert wird, indem mehrere Batteriekapazitäts-Spannungsdaten beobachtet werden. Außerdem kann die Position, bei der eine Hysterese-Erscheinung während des Fahrens auftritt, im Voraus zur Bestimmung gespeichert werden.

[0156] Außerdem kann die Hysterese-Korrekturereinheit 51 die Betriebs historie der Batterie 20 vor dem Beginn des Ladens durch die Lade-/Entlade-Steuerungseinheit 11 bestimmen, und sie kann eine Auswahl derart treffen, dass die Daten der gleichen Betriebs historie integriert werden und die Daten mit unterschiedlichen Betriebs historien nicht integriert werden, und zwar von der Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13.

[0157] Wenn die Ruhezeit (Nichtlastzustand-Zeit) der Batterie vor dem Beginn des Ladens durch die Lade-/Entlade-Steuerungseinheit 11 ausreichend lang ist, lässt die Hysterese auch nach bzw. wird abgemildert, so dass die Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 die zu integrierenden Batteriekapazitäts-Spannungsdaten auswählen kann, wobei die Ruhezeit der Schwellenwert ist.

[0158] Außerdem kann die Hysterese-Korrekturereinheit 51 ein Modell (Hysterese-Modell) zum Korrigieren der Hysterese während des Ladens und Entladens der Batterie 20 haben, sie kann die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten nach dem Korrigieren der Hysterese berechnen, und die Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 kann diese Batteriekapazitäts-Spannungsdaten integrieren und eine Batteriekapazitäts-Spannungskurve erzeugen.

[0159] Was das Hysterese-Modell anbelangt, das die Hysterese-Erscheinung darstellt, kann beispielsweise die Leerlaufspannung (OCV), positioniert durch den Ladezustand (SOC) (0 bis 100 %) zu Beginn des Ladens oder den Ladezustand (SOC) zu Beginn des Entladens in den Lade-OCV- und Entlade-OCV-Kurven bezogen auf den Ladezustand (SOC) der Batterie 20 in Fig. 18 als eine Abbildung gehalten werden oder als eine Funktion ausgedrückt werden.

[0160] Es ist auch allgemein bekannt, dass sich das Hysterese-Modell in Abhängigkeit von der Temperatur ändert, so dass eine Abbildung und eine Funktion für jede Temperatur angegeben werden können.

[0161] Mit einer solchen Konfiguration korrigiert die Hysterese-Korrekturereinheit 51 ferner akkurat die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten, und dann integriert die Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten und erzeugt eine Batteriekapazitäts-Spannungskurve, so dass es möglich ist, den Verschlechterungsgrad akkurat zu diagnostizieren.

[0162] Wie oben beschrieben, wird die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 3 erhalten, indem die Hysterese-Korrekturereinheit der Mehrfachdaten-Integrationseinheit der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1 hinzugefügt wird.

[0163] Selbst wenn ein Ladevorgang, wie in einem Elektrofahrzeug, ein benutzerabhängiger Vorgang ist, kann daher die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 3 akkurat den Verschlechterungsgrad der Batterie schätzen, und sie kann ferner den Einfluss der Hysterese beim Laden und Entladen der Batterie beseitigen und akkurat den Verschlechterungsgrad der Batterie schätzen.

Ausführungsform 4

[0164] Eine Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 4 wird erhalten, indem eine Verschlechterungs-Korrekturereinheit der Mehrfachdaten-Integrationseinheit der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1 hinzugefügt wird.

[0165] Die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 4 wird unter Fokussierung auf die Unterschiede zur Ausführungsform 1 beschrieben, und zwar unter Bezugnahme auf die folgenden Figuren: **Fig. 20**, die ein Konfigurationsdiagramm der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung ist; **Fig. 21**, die die Korrelation zwischen einem Speicherverschlechterungs-Muster und der Temperatur einer Batterie veranschaulicht; **Fig. 22**, die die Korrelation zwischen einem Zyklusverschlechterungs-Muster und der Temperatur einer Batterie veranschaulicht.

[0166] Im Konfigurationsdiagramm gemäß Ausführungsform 4 sind Teile, die die gleichen wie bei der Ausführungsform 1 sind oder diesen entsprechen, mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0167] Die Gesamtkonfiguration einer Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung 400 gemäß Ausführungsform 4 wird unter Bezugnahme auf **Fig. 20** beschrieben.

[0168] Die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung 400 weist Folgendes auf:

eine Lade-/Entlade-Steuerungseinheit 11, die die Funktion zum Laden einer Batterie 20 hat, eine Batterieinformations-Messeinheit 12, die den Strom, die Spannung und die Temperatur der Batterie 20 misst, eine Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13, die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten integriert, die von der Batterieinformations-Messeinheit 12 erhalten werden, und eine Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit 14, die einen Verschlechterungsparameter und einen Verschlechterungsgrad der Batterie 20 schätzt. Die Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 weist eine Verschlechterungs-Korrekturereinheit 61 auf, die die Speicherverschlechterung und Zyklusverschlechterung der Batterie 20 korrigiert.

[0169] Die Differenz der Messzeit kann zwischen den mittels der Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 zu integrierenden Batteriekapazitäts-Spannungsdaten lang sein. In diesem Fall wird angenommen, dass sich der Verschlechterungsgrad infolge der Langzeitverwendung der Batterie 20 unterscheidet.

[0170] Wenn die Verschlechterungsgrade der zu integrierenden Daten signifikant unterschiedlich sind, ändern sich die Scheitelwert-Positionen der positiven Elektrode und der negativen Elektrode beim Analysieren der Batteriekapazitäts-Spannungskurve zwischen den zu integrierenden Batteriekapazitäts-Spannungsdaten. Selbst wenn solche Batteriekapazitäts-Spannungsdaten integriert werden und eine Verschlechterungsgrad-Diagnose durchgeführt wird, ist es folglich nicht möglich, die Änderung von einer nicht verschlechterten Batterie, einer Referenz-Batterie oder den Verschlechterungsgrad der Batterie 20 akkurat zu diagnostizieren, die zur Zeit der vorherigen Verschlechterungsgrad-Diagnose geschätzt worden sind.

[0171] Daher korrigiert die Verschlechterungs-Korrekturereinheit 61 in der Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 die Verschlechterungsgrade verschiedener Batteriekapazitäts-Spannungsdaten, d. h. sie korrigiert die Differenz zwischen den Daten. Die Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 integriert die korrigierten mehreren Batteriekapazitäts-Spannungsdaten und erzeugt eine Batteriekapazitäts-Spannungskurve.

[0172] Mit einer solchen Konfiguration gilt Folgendes: Selbst wenn die Differenz der Messzeit zwischen den Batteriekapazitäts-Spannungsdaten lang ist und die Verschlechterungsgrade der zu integrierenden Batteriekapazitäts-Spannungsdaten unterschiedlich sind, ist es möglich, eine Batteriekapazitäts-Spannungskurve zu erzeugen, und ein akkurater Verschlechterungsgrad der Batterie 20 kann geschätzt werden.

[0173] Genauer gesagt: Um die Verschlechterungsgrade der mehrfachen Batteriekapazitäts-Spannungsdaten zu korrigieren, können beispielsweise die Temperatur, die Anzahl von Speichertagen, die Anzahl von Lade-/Entladezyklen der Batterie 20 und ein Verschlechterungsmodell, das den Übergang des Lade-/Entlade-SOC-Bereichs und Übergangs des Verschlechterungsgrads darstellt, im Voraus gehalten werden. Alternativ kann - nachdem einige Verschlechterungsgrade geschätzt worden sind - eine Korrelation zwischen der Verwendungshistorie und dem Verschlechterungsgrad der Batterie geschätzt werden.

[0174] Es sei angemerkt, dass der Verschlechterungsgrad, der von der Verschlechterungs-Korrekturereinheit 61 auf der Basis des Verschlechterungsmodell

dells geschätzt wird, verschieden sein kann von dem Verschlechterungsgrad, der tatsächlich von der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit 14 geschätzt wird, und in diesem Fall können diese Verschlechterungsgrade einander ergänzen.

[0175] Mit einer solchen Konfiguration gilt Folgendes: Selbst wenn die Verschlechterungsgrade der von der Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 zu integrierenden Batteriekapazitäts-Spannungsdaten unterschiedlich sind, kann die Differenz zwischen den Verschlechterungsgraden der von der Verschlechterungs-Korrekturereinheit 61 zu integrierenden Daten verringert werden. Indem die Batteriespannungskurve analysiert wird, die durch die Integration mittels der Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 erzeugt wird, und eine Verschlechterungsgrad-Diagnose durchgeführt wird, kann ein akkurater Verschlechterungsgrad geschätzt werden.

[0176] Als Nächstes wird ein Verfahren zum Durchführen einer Verschlechterungsgrad-Korrektur unter Bezugnahme auf **Fig. 21** und **Fig. 22** beschrieben.

[0177] **Fig. 21** zeigt ein Beispiel der Korrelation zwischen der Zeit (Tage) und der Kapazitäts-Halterate mit der Temperatur der Speicherverschlechterung als Parameter. In **Fig. 21** gibt die horizontale Achse die 0,5-te Potenz der Speicherzeit der Batterie 20 an, und die vertikale Achse gibt die Kapazitäts-Halterate der Batterie 20 an. **Fig. 22** zeigt ein Beispiel der Korrelation zwischen der Anzahl von Zyklen und der Kapazitäts-Halterate mit der Temperatur der Zyklusverschlechterung als Parameter.

[0178] In **Fig. 22**, gibt die horizontale Achse Anzahl der Zyklen der Batterie 20 an, und die vertikale Achse gibt die Kapazitäts-Halterate der Batterie 20 an. Hier kann die Anzahl der Zyklen der Batterie 20 eine akkumulierte Lade-/Entlade-Kapazität sein.

[0179] Was das Verschlechterungsmodell anbelangt, das von der Verschlechterungs-Korrekturereinheit 61 gehalten wird, wird beispielsweise für die Speicherverschlechterung in **Fig. 21** die Korrelation zwischen der Anzahl von Tagen der Speicherung und der Temperatur verwendet, um die Kapazitäts-Halterate zu korrigieren.

[0180] Für die Zyklusverschlechterung in **Fig. 22** wird auch die Korrelation zwischen der Anzahl von Zyklen der akkumulierte Lade-/Entlade-Kapazität und der Temperatur verwendet, um die Kapazitäts-Halterate zu korrigieren.

[0181] Die Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 kann eine vorbestimmte Batteriekapazitäts-Spannungskurve erzeugen, indem sie den Verschlechterungsgrad mittels der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit 61 korrigiert und verschiedene

Batteriekapazitäts-Spannungsdaten gemäß einer vorbestimmten Kapazitäts-Halterate integriert, und die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit 14 kann den Verschlechterungsgrad schätzen.

[0182] Alternativ kann die Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13 so konfiguriert sein, dass sie nicht die Soll-Batteriekapazitäts-Spannungsdaten integriert, wenn das Verschlechterungsmodell von der Verschlechterungs-Korrekturereinheit 61 verwendet wird, um den Verschlechterungsgrad zu bestimmen, und der Verschlechterungsgrad der Batteriekapazitäts-Spannungsdaten einen vorbestimmten Schwellenwert für Verschlechterungsgrade überschreitet.

[0183] Wie oben beschrieben, wird die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 4 erhalten, indem die Verschlechterungs-Korrekturereinheit der Mehrfachdaten-Integrationseinheit der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1 hinzugefügt wird.

[0184] Selbst wenn ein Ladevorgang, wie in einem Elektrofahrzeug, ein benutzerabhängiger Vorgang ist, kann daher die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 4 akkurat den Verschlechterungsgrad der Batterie schätzen, und sie kann weiter den Einfluss der Speicherverschlechterung und Zyklusverschlechterung beseitigen und den Verschlechterungsgrad der Batterie akkurat schätzen.

Ausführungsform 5

[0185] Eine Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 5 wird erhalten, indem eine Verschlechterungs-Unterdrückungseinheit, die die Verschlechterung einer Batterie unterdrückt, der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1 hinzugefügt wird.

[0186] Die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 5 wird unter Fokussierung auf die Unterschiede zur Ausführungsform 1 beschrieben, und zwar unter Bezugnahme auf **Fig. 23**, die ein Konfigurationsdiagramm der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung ist.

[0187] Im Konfigurationsdiagramm gemäß Ausführungsform 5 sind Teile, die die gleichen wie bei der Ausführungsform 1 sind oder diesen entsprechen, mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0188] Die Gesamtkonfiguration einer Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung 500 gemäß Ausführungsform 5 wird unter Bezugnahme auf **Fig. 23** beschrieben.

[0189] Die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung 500 weist Folgendes auf:

eine Lade-/Entlade-Steuerungseinheit 11, die die Funktion zum Laden einer Batterie 20 hat, eine Batterieinformations-Messeinheit 12, die den Strom, die Spannung und die Temperatur der Batterie 20 misst, eine Mehrfachdaten-Integrationseinheit 13, die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten integriert, die von der Batterieinformations-Messeinheit 12 erhalten werden, und eine Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit 14, die einen Verschlechterungsparameter und einen Verschlechterungsgrad der Batterie 20 schätzt. Die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung 500 weist ferner eine Verschlechterungs-Unterdrückungseinheit 70 auf, die die Verschlechterung der Batterie 20 unterdrückt.

[0190] Die Verschlechterungs-Unterdrückungseinheit 70 weist Folgendes auf: eine Batterieverwendungshistorie-Erfassungseinheit 71, die eine Verwendungshistorie der Batterie 20 erfasst, eine Erfassungseinheit 72 für Verschlechterungsgrad-Korrelation der Batterieverwendungshistorie, die eine Korrelation zwischen der Verwendungshistorie und Informationen eines Verschlechterungsfaktors erfasst, und eine Lade-/Entlade-Verwaltungseinheit 73, die die Lade-/Entladesteuerung der Batterie 20 zum Unterdrücken der Verschlechterung der Batterie 20 verwaltet.

[0191] In **Fig. 23** wird die Batterieverwendungshistorie-Erfassungseinheit als eine Historie-Erfassungseinheit beschrieben, und die Erfassungseinheit für Verschlechterungsgrad-Korrelation der Batterieverwendungshistorie ist als eine Erfassungseinheit für Verschlechterungsgrad-Korrelation der Historie beschrieben.

[0192] Die Erfassungseinheit 72 für Verschlechterungsgrad-Korrelation der Batterieverwendungshistorie erfasst die Korrelation zwischen der Verwendungshistorie und dem Verschlechterungsgrad der Batterie 20 und Informationen der Verschlechterungsfaktoren für die positive Elektrode, die negative Elektrode und den Lithium-Ionen-Verbrauch der Batterie 20, die sämtlich in jeder der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtungen 100 bis 400 der Ausführungsformen 1 bis 4 erhalten werden.

[0193] Die Lade-/Entlade-Verwaltungseinheit 73 verwaltet das Laden und Entladen der Batterie 20 über die Lade-/Entlade-Steuerungseinheit 11 auf der Basis der Informationen, die von der Erfassungseinheit 72 für Verschlechterungsgrad-Korrelation der Batterieverwendungshistorie erfasst werden, so dass die Verschlechterung der Batterie 20 unterdrückt wird.

[0194] Außerdem kann die Lade-/Entlade-Verwaltungseinheit 73 eine Verwaltung durchführen, derart,

dass die Batterie 20 auf der Basis von vorliegender Temperatur, Verschlechterungsgrad und Verschlechterungszustand 20 der Batterie ruhen gelassen wird.

[0195] Bei der Ausführungsform 5 kann die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung 500 nicht bloß Informationen über den Verschlechterungsgrad der Batterie 20, wie z. B. eine geeignete Batterie-Austauschzeit, dem Benutzer anzeigen, sondern sie kann auch die Korrelation zwischen Verschlechterungsfaktoren für die positive Elektrode, die negative Elektrode und den Lithium-Ionen-Verbrauch der Batterie 20 und die Verwendungshistorie der Batterie 20 erfassen, die vorliegende bzw. gegenwärtige Verwendungshistorie und die Verschlechterungsfaktoren analysieren und eine Lade-/Entladeverwaltung zum Unterdrücken der Verschlechterung der Batterie 20 durchführen.

[0196] Wie oben beschrieben, wird die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 5 erhalten, indem die Verschlechterungs-Unterdrückungseinheit, die die Verschlechterung der Batterie unterdrückt, der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 1 hinzugefügt wird.

[0197] Selbst wenn ein Ladevorgang, wie in einem Elektrofahrzeug, ein benutzerabhängiger Vorgang ist, kann daher die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung gemäß Ausführungsform 5 akkurat den Verschlechterungsgrad der Batterie schätzen, und sie kann ferner die Lade-/Entladeverwaltung zum Unterdrücken der Verschlechterung der Batterie durchführen.

[0198] Hier werden die Hardware-Konfigurationen der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtungen 100 bis 500 gemäß den Ausführungsformen 1 bis 5 beschrieben. Jede Funktionseinheit der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtungen 100 bis 500 wird von einer unten beschriebenen Verarbeitungsschaltung verwirklicht. Diese Verarbeitungsschaltung kann durch dedizierte Hardware oder Allgemein-zweck-Hardware verwirklicht werden.

[0199] **Fig. 24** zeigt die Konfiguration der Verarbeitungsschaltung, wenn die Verarbeitungsschaltung durch dedizierte Hardware verwirklicht wird.

[0200] Eine Verarbeitungsschaltung 80 in **Fig. 24** ist eine Einzelschaltung, eine zusammengesetzte Schaltung, ein programmierter Prozessor, ein parallelprogrammierter Prozessor, eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), ein feldprogrammierbares Gate-Array (FPGA) oder eine Kombination aus diesen.

[0201] Fig. 25 zeigt die Konfiguration der Verarbeitungsschaltung, wenn die Verarbeitungsschaltung durch Allgemeinzweck-Hardware verwirklicht wird.

[0202] Wie in Fig. 25 gezeigt, weist eine Steuerungsschaltung 90 einen Prozessor 91 und einen Speicher 92 auf.

[0203] Der Prozessor 91 ist eine zentrale Verarbeitungseinheit (CPU) und wird Zentralprozessor, Verarbeitungseinrichtung, arithmetische Einrichtung, Mikroprozessor, Mikrocomputer, digitaler Signalprozessor (DSP) oder dergleichen genannt.

[0204] Der Speicher 92 ist beispielsweise ein nicht-flüchtiger oder flüchtiger Halbleiterspeicher, wie z. B. ein Speicher mit wahlweisem Zugriff (RAM), ein Nur-Lese-Speicher (ROM), ein Flash-Speicher, ein löscherbarer programmierbarer Nur-Lese-Speicher (EPROM) oder ein elektrisches EPROM (eingetragene Marke) (EEPROM), eine Magnetscheibe, eine flexible Scheibe, eine optische Scheibe, eine Compact Disk, eine Mini Disk, eine Digital Versatile Disk (DVD).

[0205] Wenn die Verarbeitungsschaltung durch die Steuerungsschaltung 90 verwirklicht wird, die Allgemeinzweck-Hardware ist, wird die Verarbeitungsschaltung durch den Prozessor 91 verwirklicht, der ein Programm entsprechend der Verarbeitung jeder Komponente liest und ausführt, das im Speicher 92 gespeichert ist. Außerdem wird der Speicher 92 auch als ein temporärer Speicher verwendet, und zwar in jedem Prozess, der vom Prozessor 91 ausgeführt wird.

[0206] Obwohl die Erfindung oben in Form von verschiedenen beispielhaften Ausführungsformen und Implementierungen beschrieben ist, versteht es sich, dass die verschiedenen Merkmale, Aspekte und Funktionalitäten, die bei einer oder mehreren der einzelnen Ausführungsformen beschrieben sind, in deren Anwendbarkeit nicht auf die bestimmte Ausführungsform beschränkt sind, bei der sie beschrieben sind, sondern stattdessen - allein oder in verschiedenen Kombinationen - auf eine oder mehrere Ausführungsformen der Erfindung angewendet werden können.

[0207] Es versteht sich daher, dass zahlreiche Modifikationen, die nicht beispielhaft beschrieben sind, verwendet werden können, ohne vom Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Beispielsweise kann zumindest eine der Komponenten modifiziert, hinzugefügt oder beseitigt werden. Zumindest eine der Komponenten, die in zumindest einer der bevorzugten Ausführungsformen erwähnt ist, kann ausgewählt werden und mit den Komponenten kombiniert werden, die in einer anderen bevorzugten Ausführungsform erwähnt sind.

Gewerbliche Anwendbarkeit

[0208] Die vorliegende Erfindung ermöglicht es, dass ein Verschlechterungsgrad einer Batterie akkurat geschätzt wird, selbst wenn ein Ladevorgang, wie in einem Elektrofahrzeug, ein benutzerabhängiger Vorgang ist, und kann daher breit auf Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtungen angewendet werden.

Bezugszeichenliste

11	Lade-/Entlade-Steuerungseinheit
12	Batterieinformations-Messeinheit
13	Mehrfachdaten-Integrations-einheit
14	Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit
20	Batterie
31	Datenspeichereinheit
32	Datenintegrationseinheit
41	Temperaturdaten-Umwandlungseinheit
42	Reaktionsverteilungs-Korrektur-einheit
51	Hysteresis-Korrektur-einheit
61	Verschlechterungs-Korrektur-einheit
70	Verschlechterungs-Unterdrückungseinheit
71	Batterieverwendungshistorie-Erfassungseinheit
72	Erfassungseinheit für Verschlechterungsgrad-Korrelation der Batterieverwendungshistorie
73	Lade-/Entlade-Verwaltungseinheit
80	Verarbeitungsschaltung
90	Steuerungsschaltung
91	Prozessor
92	Speicher
100	Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung
200, 300	Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung
400, 500	Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung

R1, R2, R3	Elektrolytwiderstand
R4, R5, R6	Diffusionswiderstand
C4, C5, C6	Kapazität
OCV1	Modell-Batterie-Leerlaufspannung
OCV2	Modell-Batterie-Leerlaufspannung
OCV3	Modell-Batterie-Leerlaufspannung

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2018524602 A [0004]
- JP 2017195727 A [0004]

Patentansprüche

1. Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung, die Folgendes aufweist:

- eine Lade-/Entlade-Steuerungseinheit, konfiguriert zum Steuern des Ladens oder Entladens einer Batterie;
- eine Batterieinformations-Messeinheit, konfiguriert zum Messen der Spannung und des Stroms der Batterie und zum Messen der Kapazität und des Spannungsübergangs während des Ladens oder Entladens;
- eine Mehrfachdaten-Integrationseinheit, konfiguriert zum Integrieren von Batteriekapazitäts-Spannungsdaten in zumindest zwei verschiedenen Abschnitten, die von der Batterieinformations-Messeinheit gemessen werden, und zum Erzeugen einer Batteriekapazitäts-Spannungskurve, und
- eine Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit, konfiguriert zum Schätzen eines Verschlechterungsgrads der Batterie auf der Basis der Batteriekapazitäts-Spannungskurve.

2. Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit eine Ableitungskurve der Batteriekapazitäts-Spannungskurve analysiert und Verschlechterungsfaktoren auf der Basis einer positiven Elektrode und einer negativen Elektrode der Batterie identifiziert, sowie den Lithium-Ionen-Verbrauch, wenn die Batterie eine Lithium-Ionen-Batterie ist.

3. Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Batteriekapazitäts-Spannungskurve, die von der Mehrfachdaten-Integrationseinheit integriert wird, zumindest zwei Scheitelwerte aufweist, die mit der negativen Elektrode zusammenhängen, und zwar in deren Ableitungskurve.

4. Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Batteriekapazitäts-Spannungskurve, die von der Mehrfachdaten-Integrationseinheit integriert wird, zumindest einen Scheitelwert aufweist, der mit der positiven Elektrode zusammenhängt, und zwar in deren Ableitungskurve.

5. Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei wenn es keine zwei Scheitelwerte, die mit der negativen Elektrode zusammenhängen, oder keinen einen Scheitelwert, der mit der positiven Elektrode zusammenhängt, in der Ableitungskurve der Batteriekapazitäts-Spannungskurve gibt, die von der Mehrfachdaten-Integrationseinheit integriert wird, die Mehrfachdaten-Integrationseinheit zu integrierende Daten hinzufügt.

6. Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Mehrfachdaten-Integrationseinheit Ableitungskurven einer Mehrzahl der Batteriekapazitäts-Spannungskurven integriert.

7. Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Batterieinformations-Messeinheit ferner die Temperatur der Batterie misst, und die Mehrfachdaten-Integrationseinheit eine Temperaturdaten-Umwandlungseinheit aufweist, die konfiguriert ist zum Korrigieren der Temperaturdifferenz zwischen zumindest den zwei Batteriekapazitäts-Spannungsdaten, bei denen die von der Batterieinformations-Messeinheit gemessenen Temperaturen voneinander verschieden sind, und zwar auf der Basis einer Temperatur-Widerstandswert-Korrelation.

8. Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung nach Anspruch 7, wobei die Temperaturdaten-Umwandlungseinheit eine Reaktionsverteilungskorrekturereinheit aufweist, die konfiguriert ist zum Korrigieren einer Reaktionsverteilung innerhalb einer Batterie-Elektrode, und zwar für zumindest die zwei Batteriekapazitäts-Spannungsdaten, bei denen die Temperaturen voneinander verschieden sind.

9. Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei aus den Batteriekapazitäts-Spannungsdaten, die eine Hysterese haben, bei der die Leerlaufspannungen während des Ladens und Entladens der Batterie verschieden sind, die Mehrfachdaten-Integrationseinheit Daten auswählt, auf die die Hysterese keinen Einfluss hat, und zwar auf der Basis einer Analyse einer Ableitungskurve.

10. Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Mehrfachdaten-Integrationseinheit eine Hysterese-Korrekturereinheit aufweist, die konfiguriert ist zum Korrigieren - für die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten, die eine Hysterese haben, bei der die Leerlaufspannungen während des Ladens und Entladens der Batterie verschieden sind - der Differenz infolge der Hysterese auf der Basis eines Hysteresemodells.

11. Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Mehrfachdaten-Integrationseinheit die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten, zwischen denen die Verschlechterungsgrad-Differenz innerhalb eines Schwellenwerts liegt, aus den Batteriekapazitäts-Spannungsdaten in zumindest zwei verschiedenen Abschnitten auswählt und integriert.

12. Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Mehrfachdaten-Integrationseinheit eine Verschlechterungs-Korrekturereinheit aufweist, und wenn die Verschlechterungsgrade der Batteriekapazitäts-Spannungsdaten in zumindest zwei verschiedenen Abschnitten verschieden sind, die Verschlechterungs-Korrekturereinheit eine oder beide von der Berechnung eines Speicher-Verschlechterungsgrads auf der Basis der Korrelation zwischen Temperatur, Zeit und eines Speicher-Verschlechterungsgrads für die Batteriekapazitäts-Spannungsdaten in zumindest zwei verschiedenen Abschnitten und der Berechnung eines Zyklus-Verschlechterungsgrads auf der Basis der Korrelation zwischen Temperatur, akkumuliertem Lade-/Entladewert, Anzahl der Zyklen und eines Zyklus-Verschlechterungsgrads durchführt, und die Verschlechterungs-Korrekturereinheit die Differenz zwischen Daten infolge einer Speicherverschlechterung oder einer Zyklusverschlechterung korrigiert.

13. Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, die ferner eine Verschlechterungs-Unterdrückungs-Steuerungseinheit aufweist, die konfiguriert ist zum Durchführen einer Lade-/Entladesteuerung zum Unterdrücken der Verschlechterung der Batterie, wobei die Verschlechterungs-Unterdrückungs-Steuerungseinheit Folgendes aufweist:
eine Batterieverwendungshistorie-Erfassungseinheit, die konfiguriert ist zum Erfassen einer Verwendungshistorie der Batterie;
eine Erfassungseinheit für Verschlechterungsgrad-Korrelation der Batterieverwendungshistorie, die konfiguriert ist zum Erfassen der Korrelation zwischen dem Verschlechterungsgrad, der von der Verschlechterungsgrad-Diagnoseeinheit erfasst wird, und der Batterie-Verwendungshistorie, die von der Batterieverwendungshistorie-Erfassungseinheit erfasst wird; und
eine Lade-/Entlade-Verwaltungseinheit, die konfiguriert ist zum Verwalten des Ladens/Entladens der Batterie auf der Basis der Korrelation, die von der Erfassungseinheit für Verschlechterungsgrad-Korrelation der Batterieverwendungshistorie erfasst wird.

Es folgen 25 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

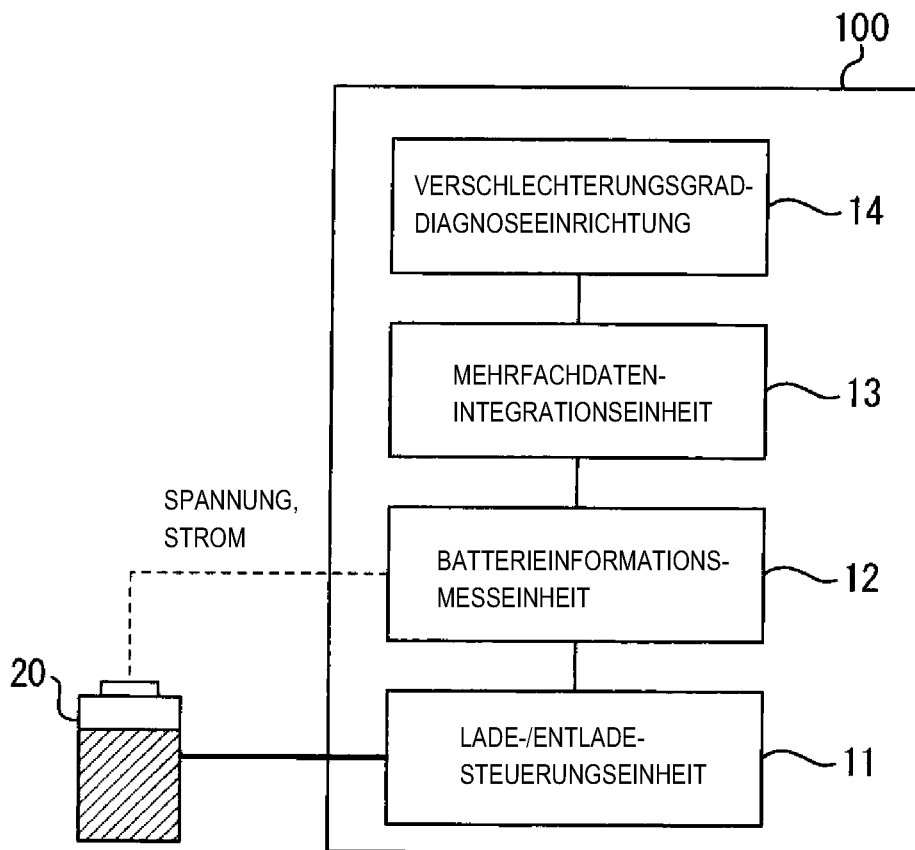


FIG. 2

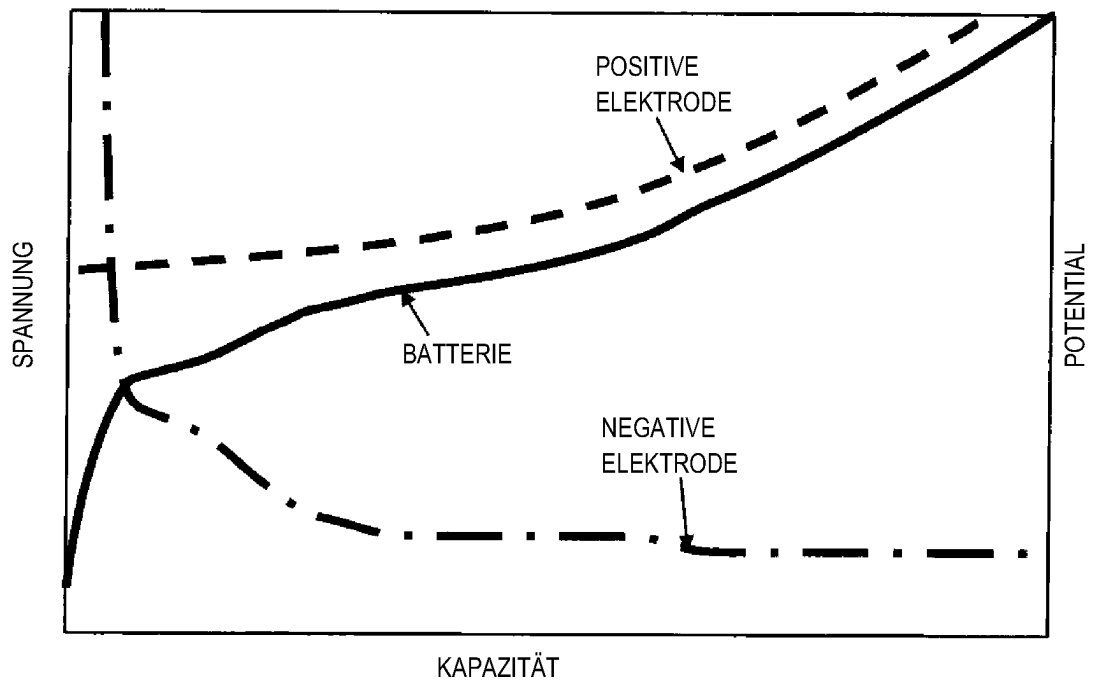


FIG. 3

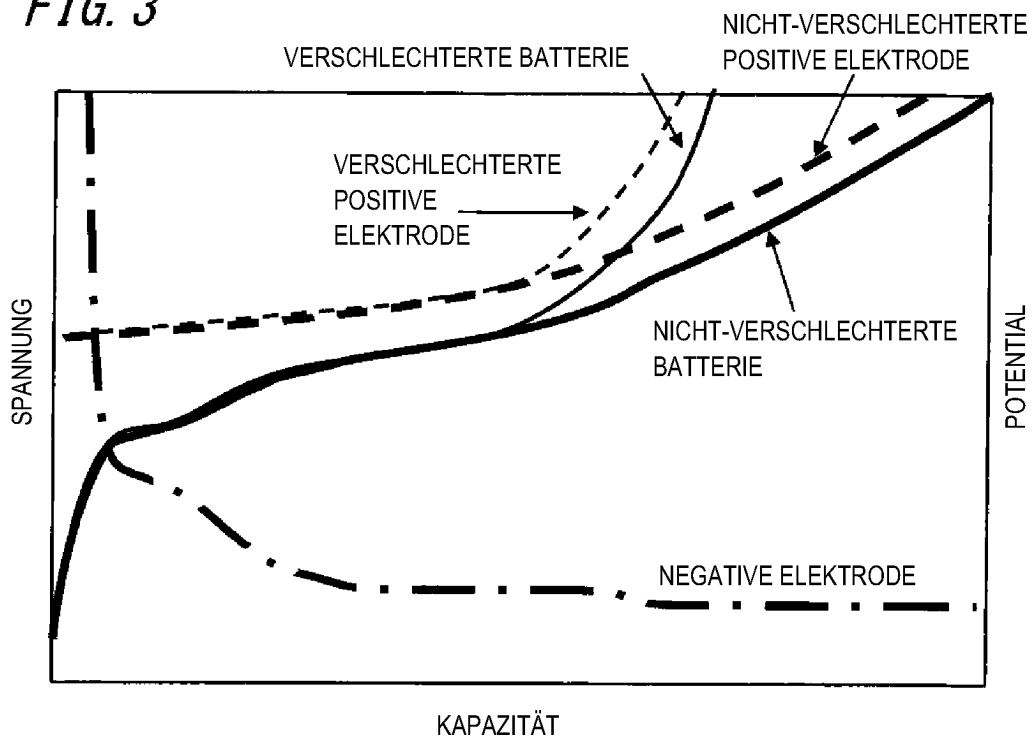


FIG. 4

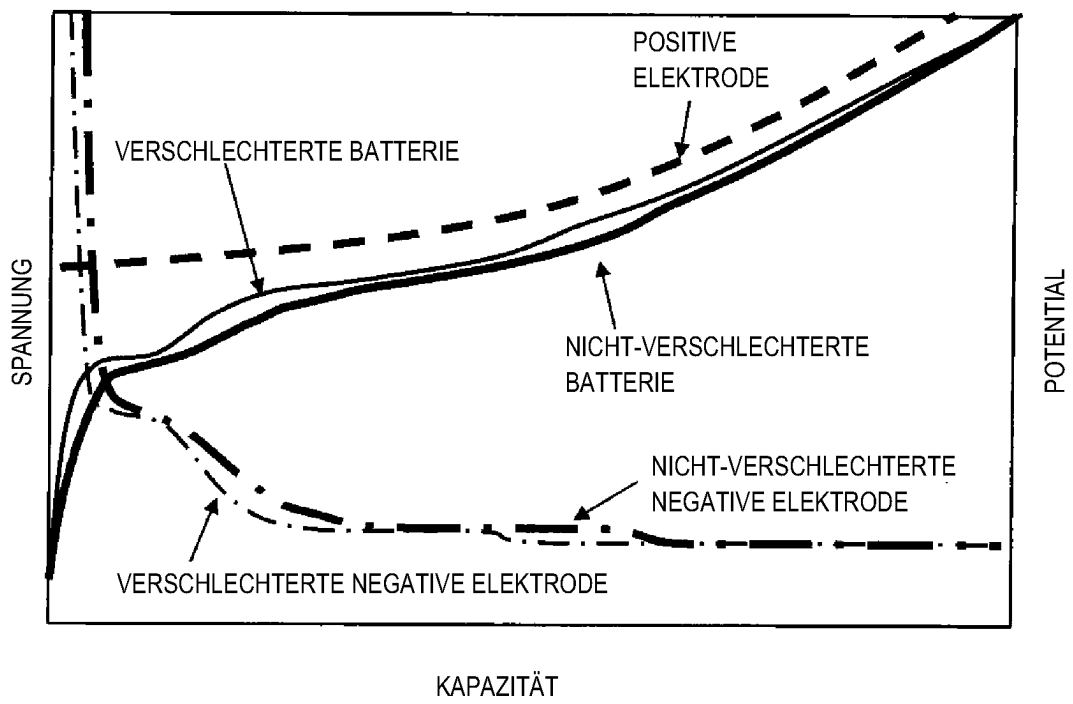


FIG. 5

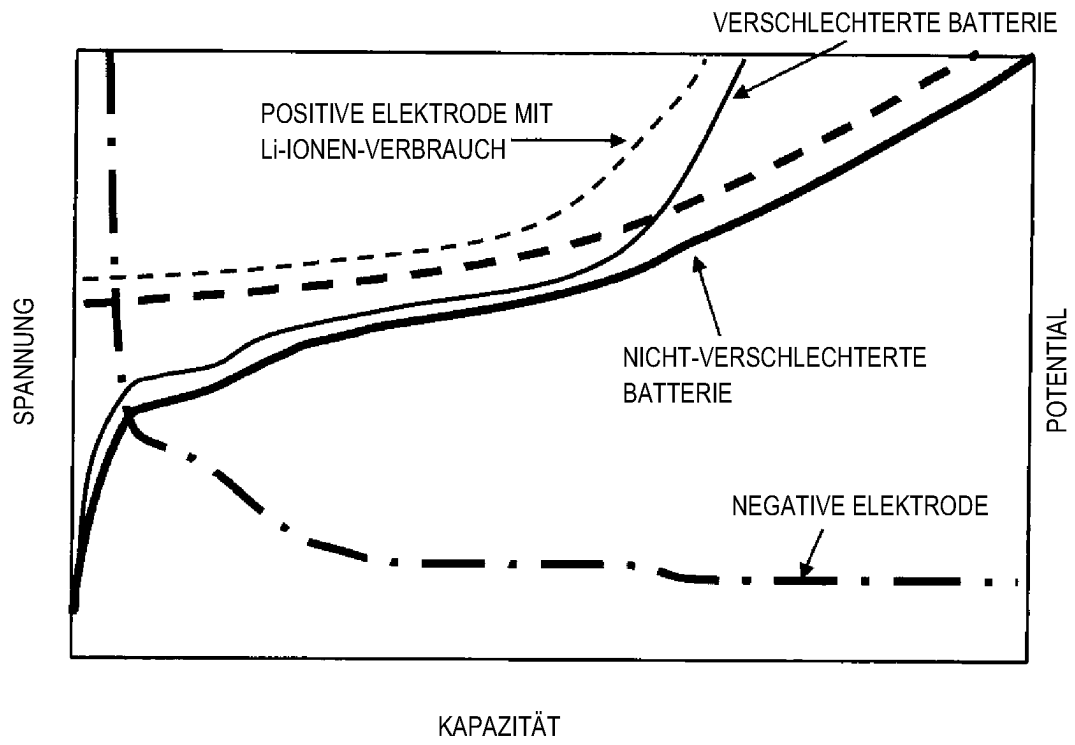


FIG. 6

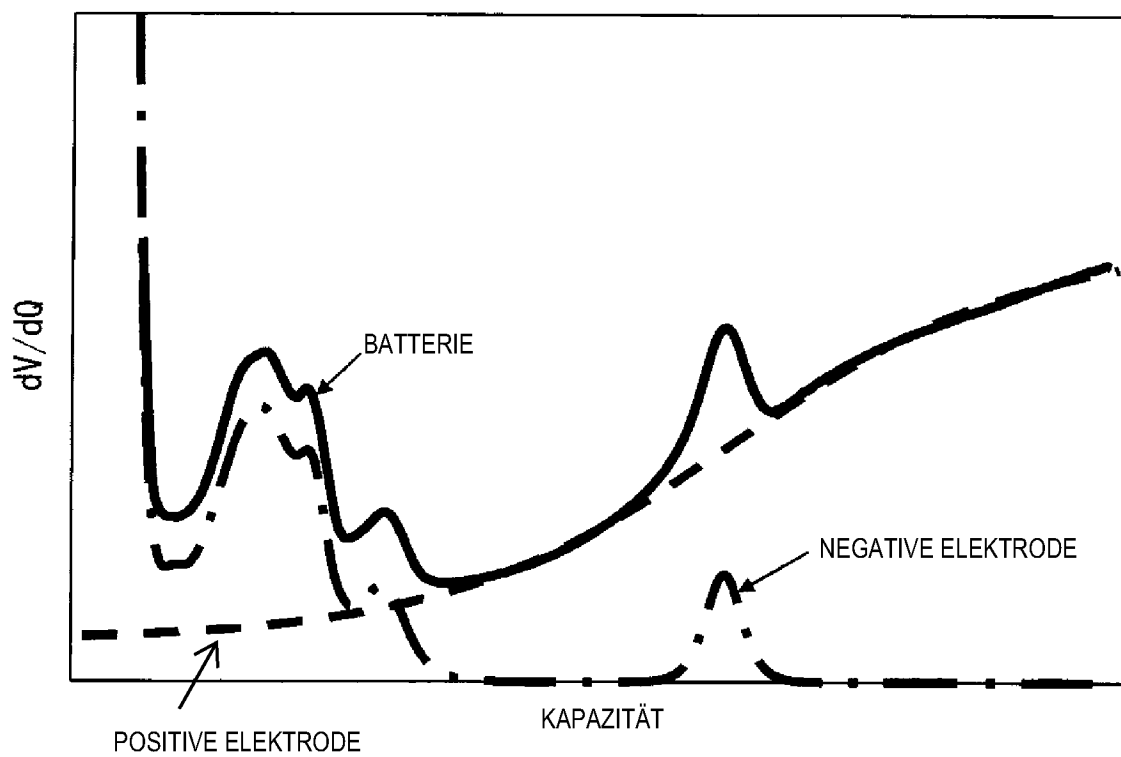


FIG. 7

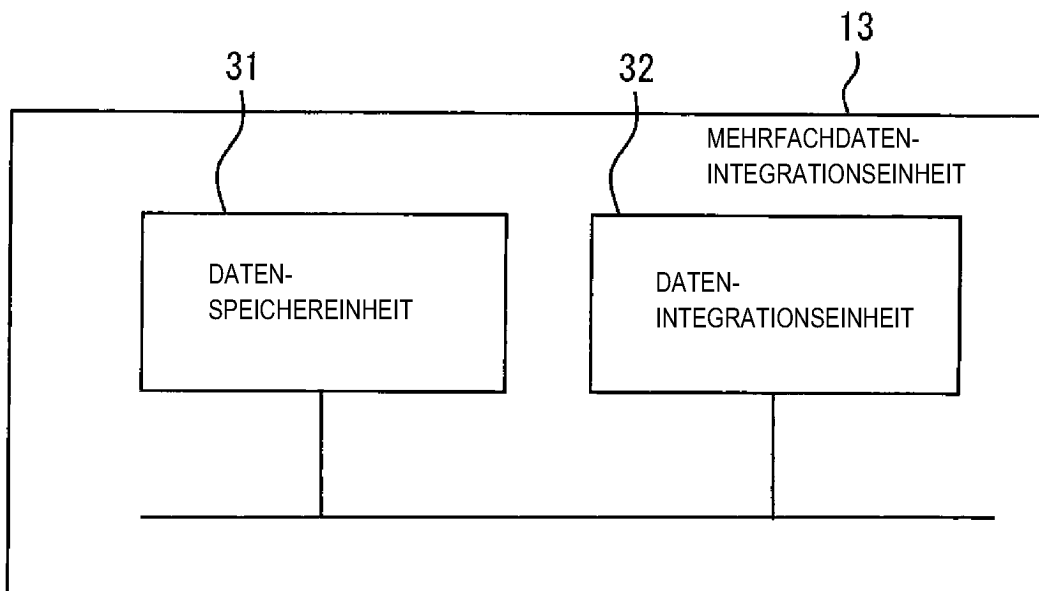


FIG. 8

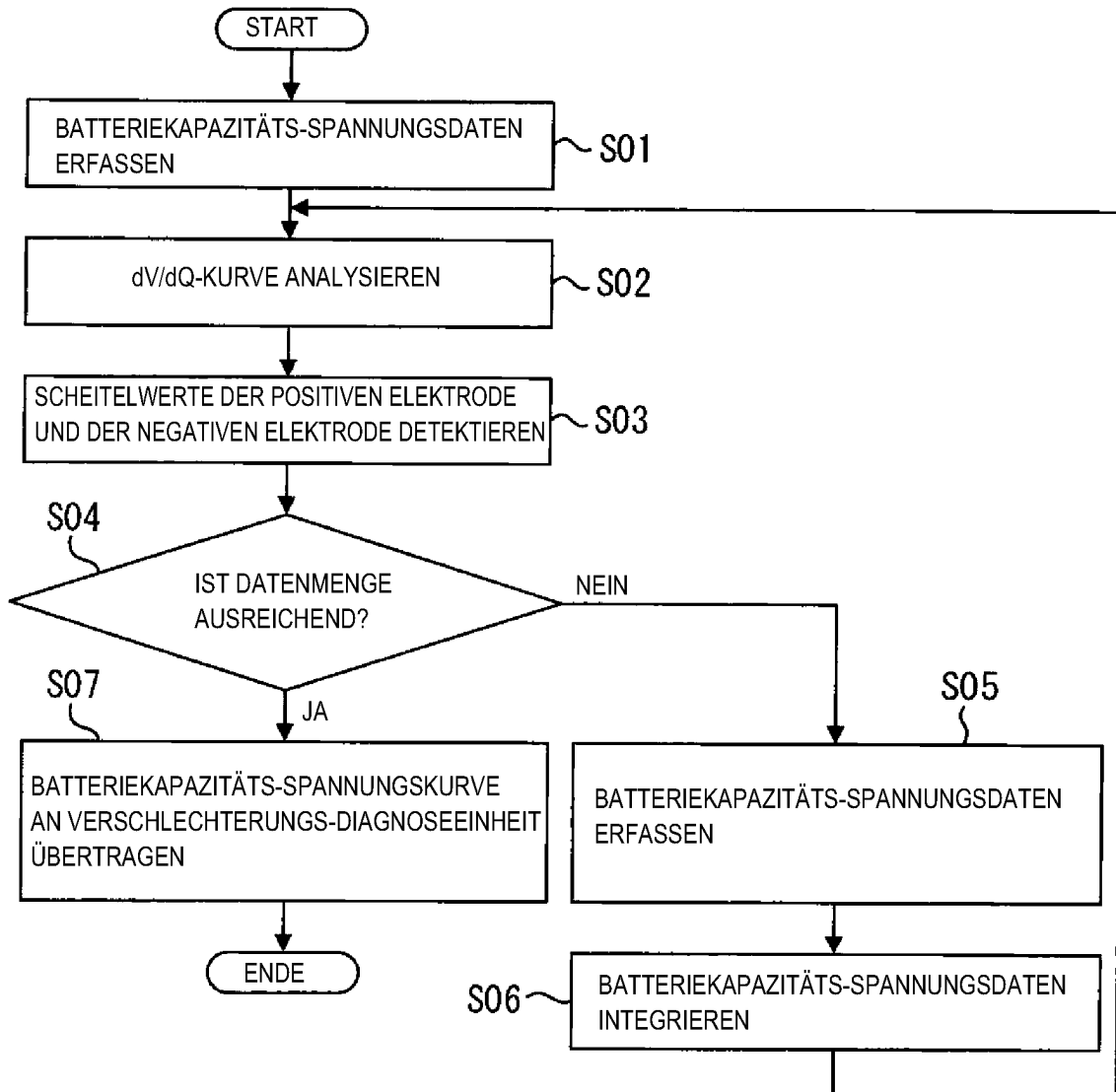


FIG. 9

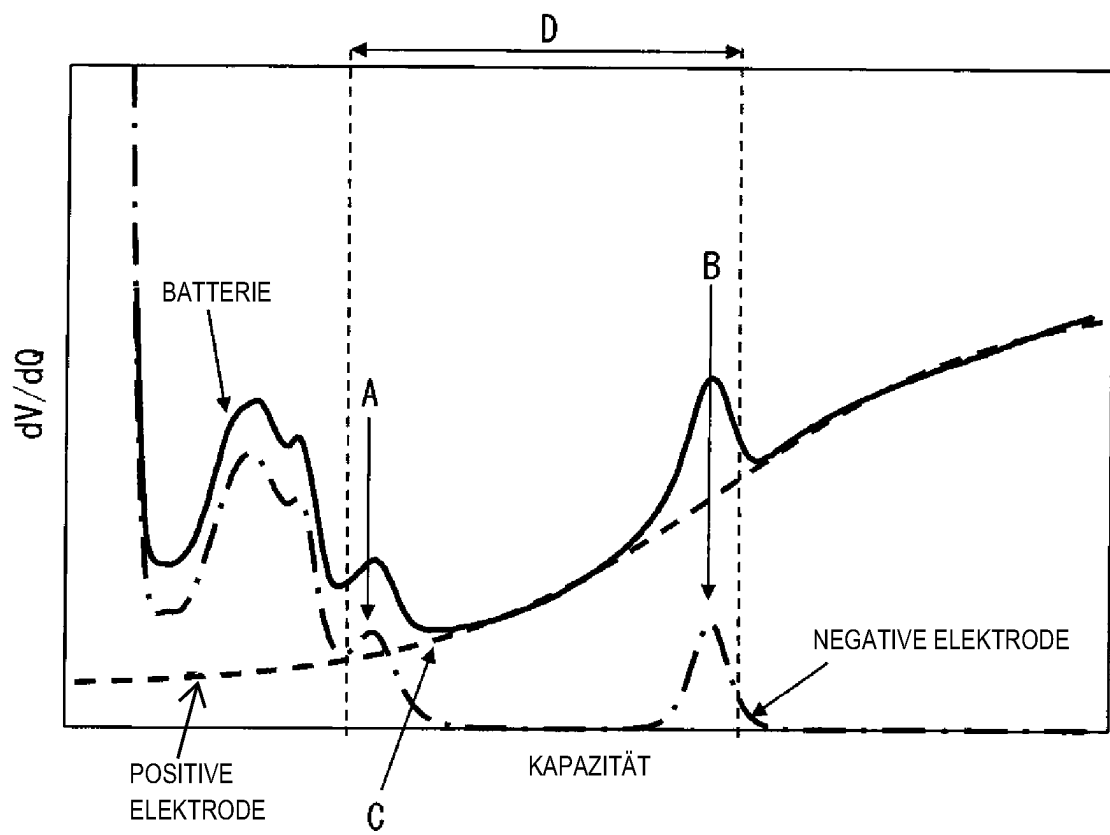


FIG. 10

FIG. 10A

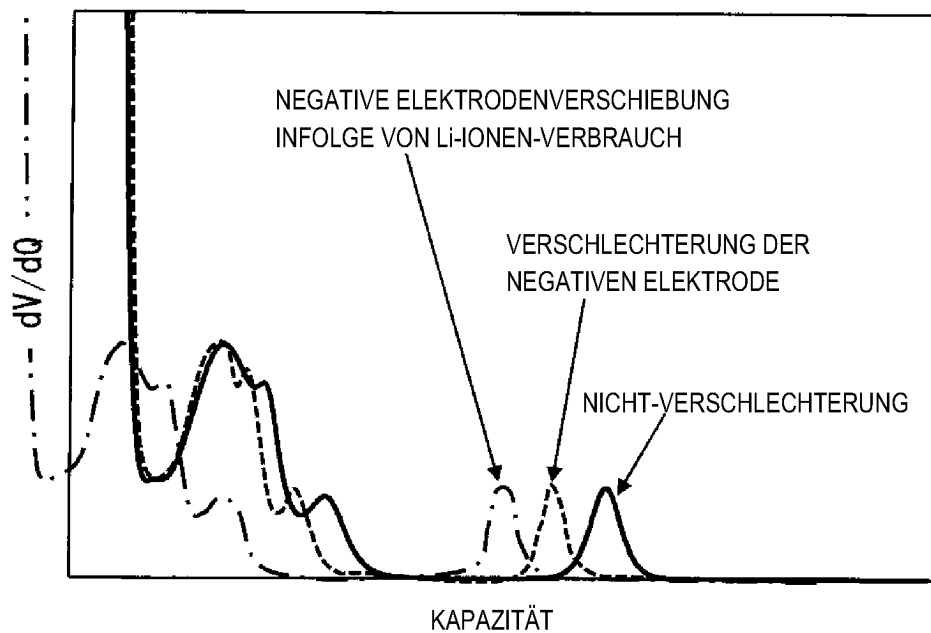


FIG. 10B

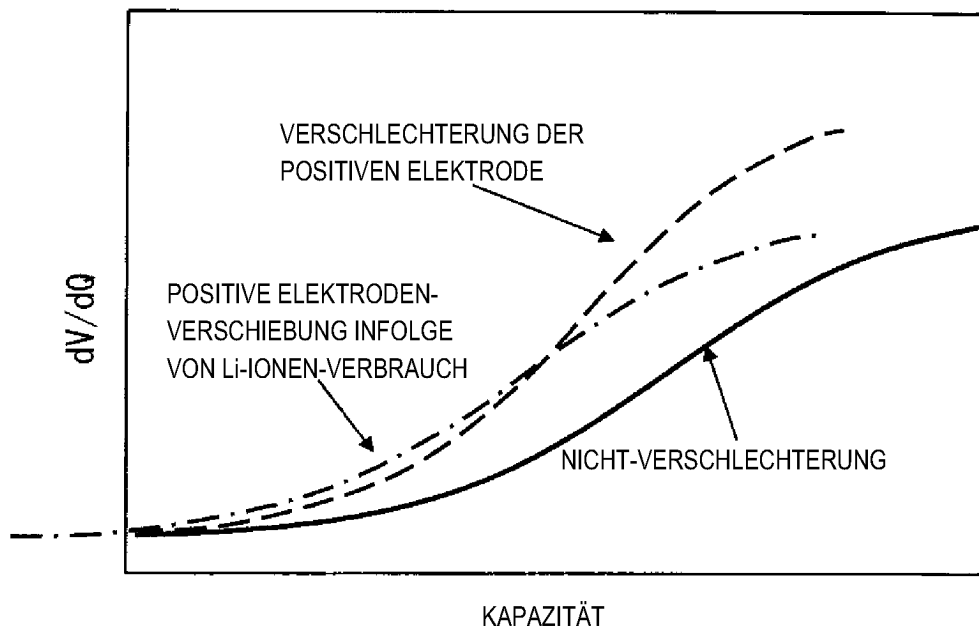


FIG. 11

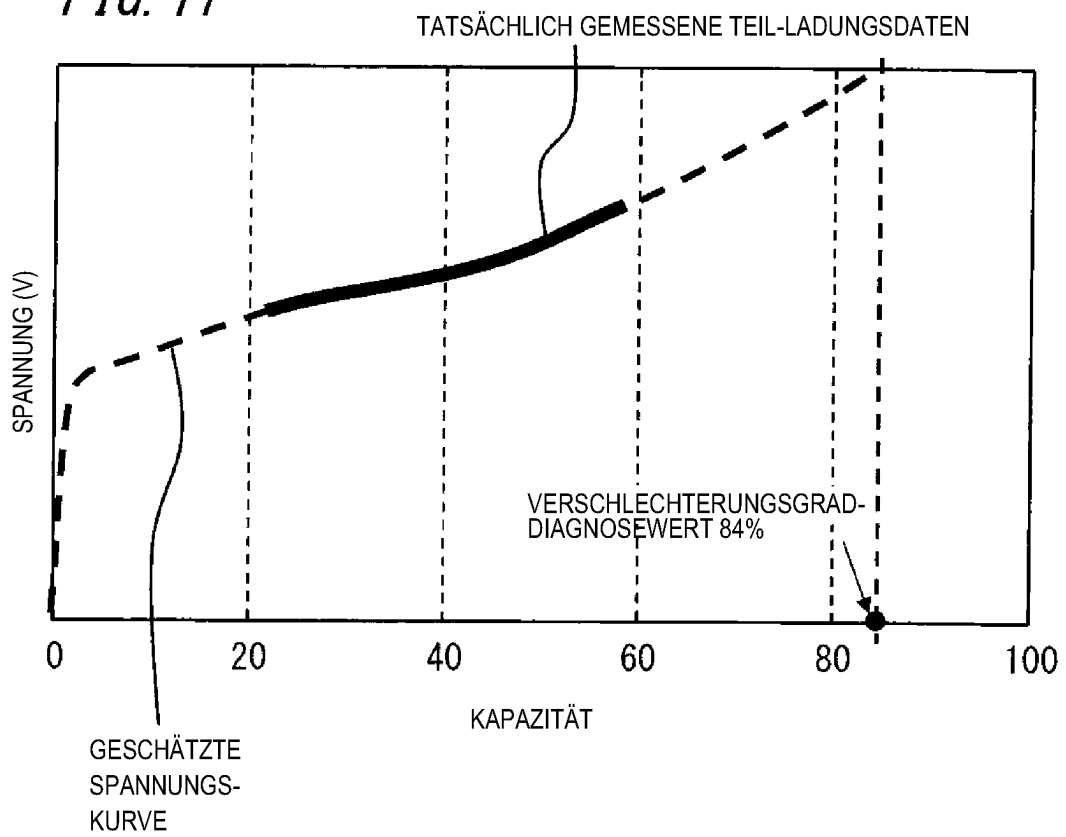


FIG. 12

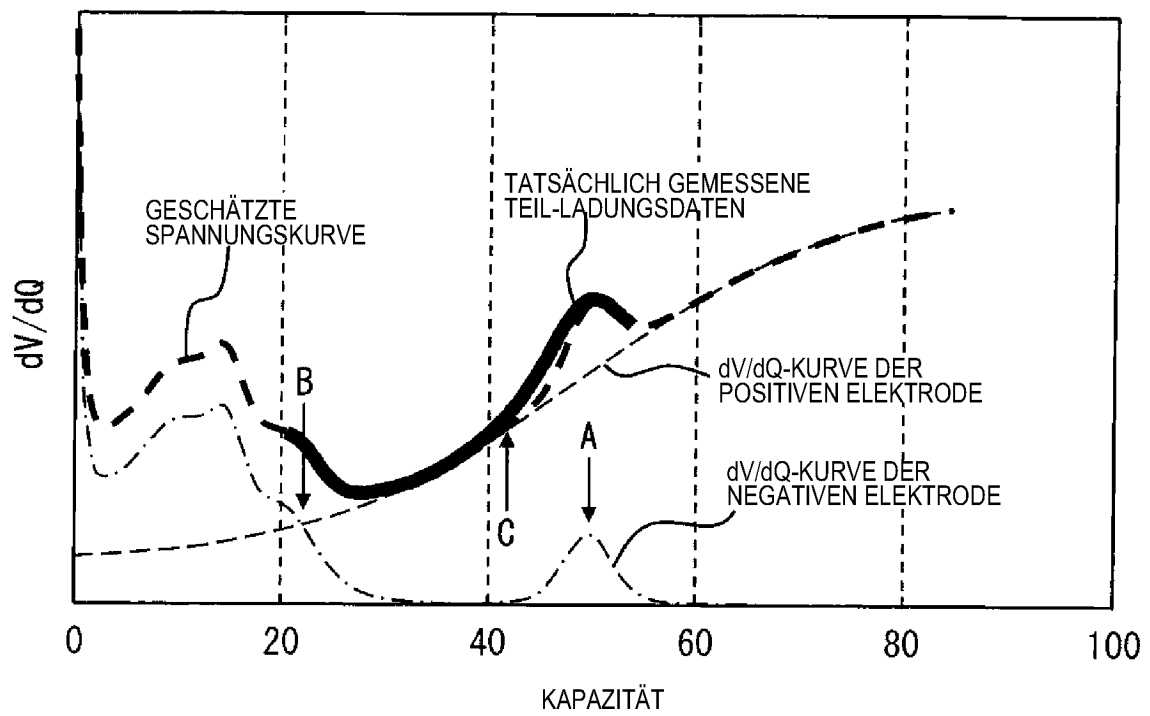


FIG. 13

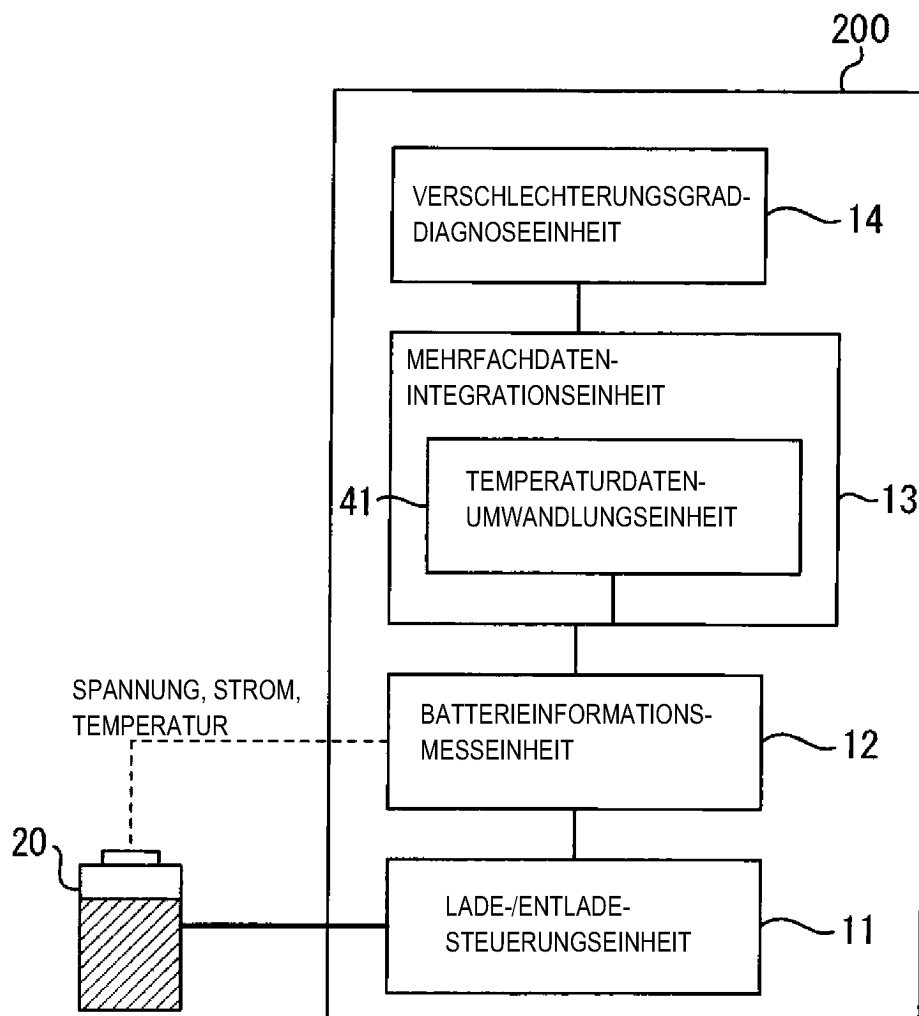


FIG. 14

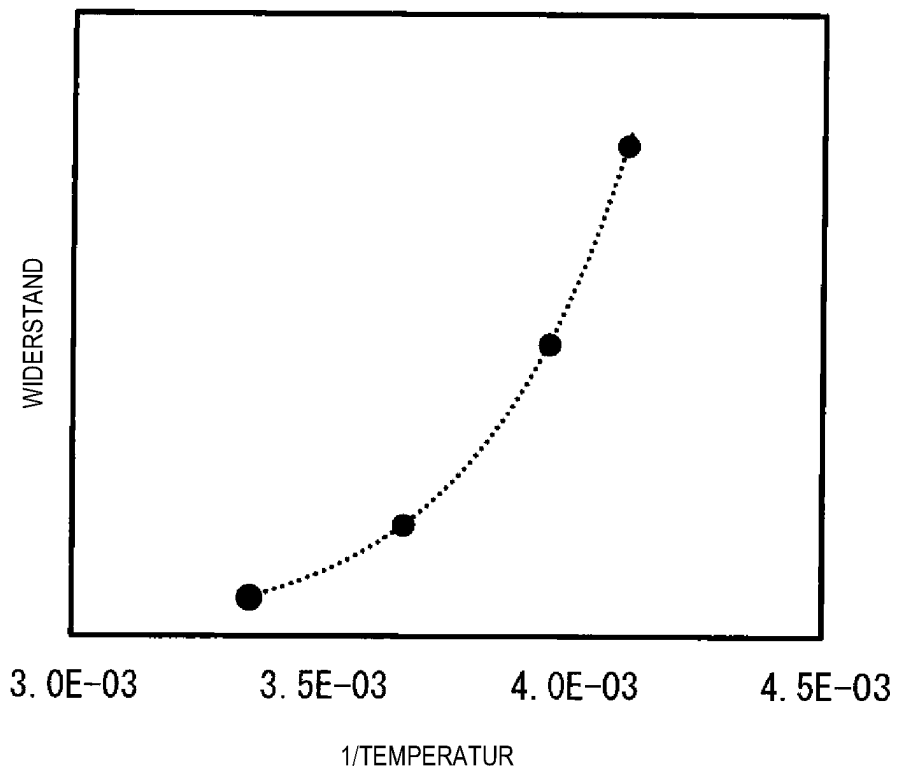


FIG. 15

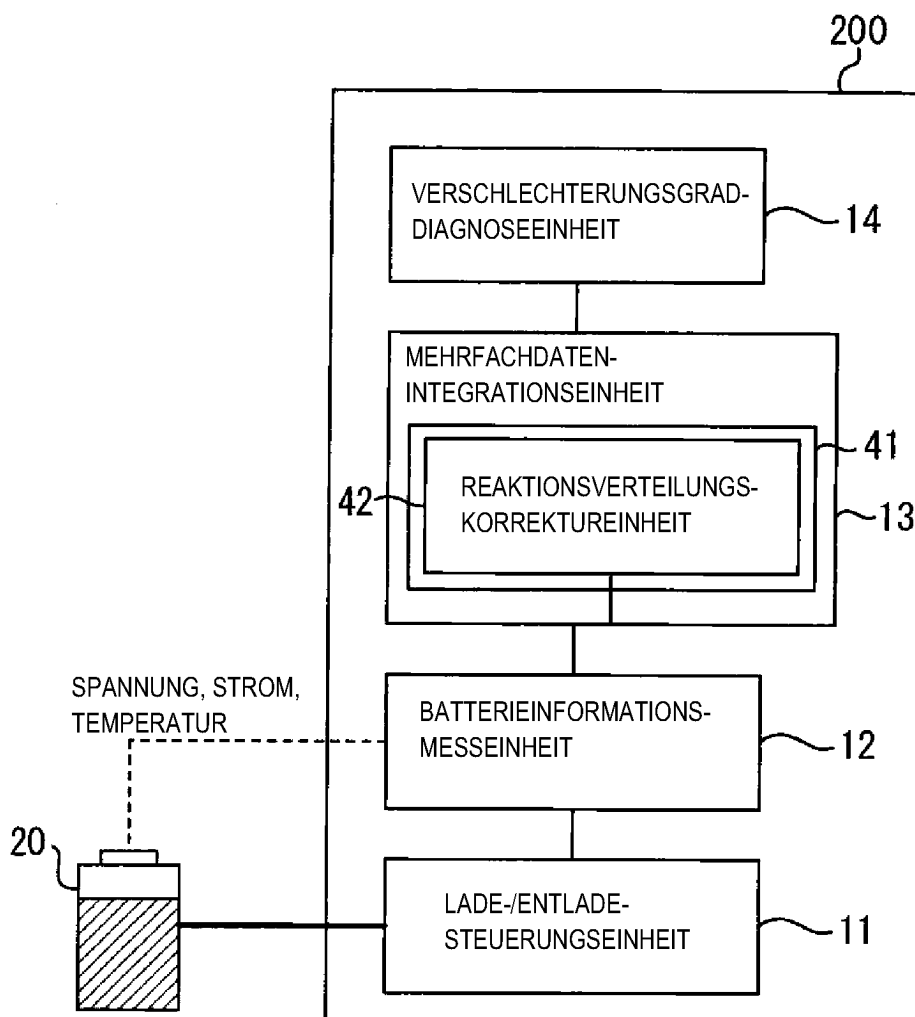


FIG. 16

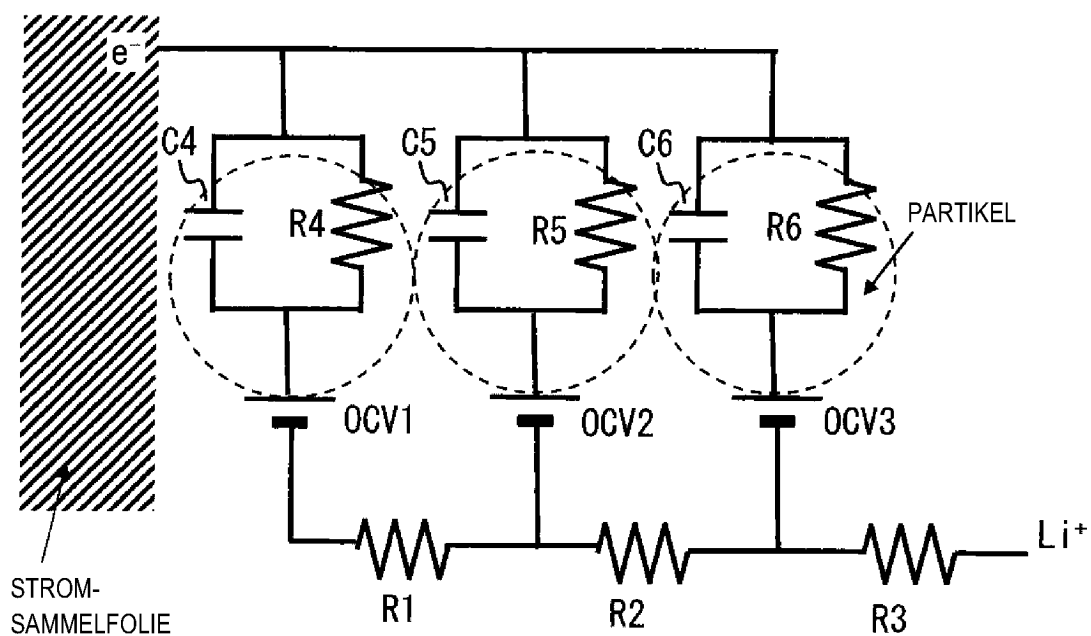


FIG. 17

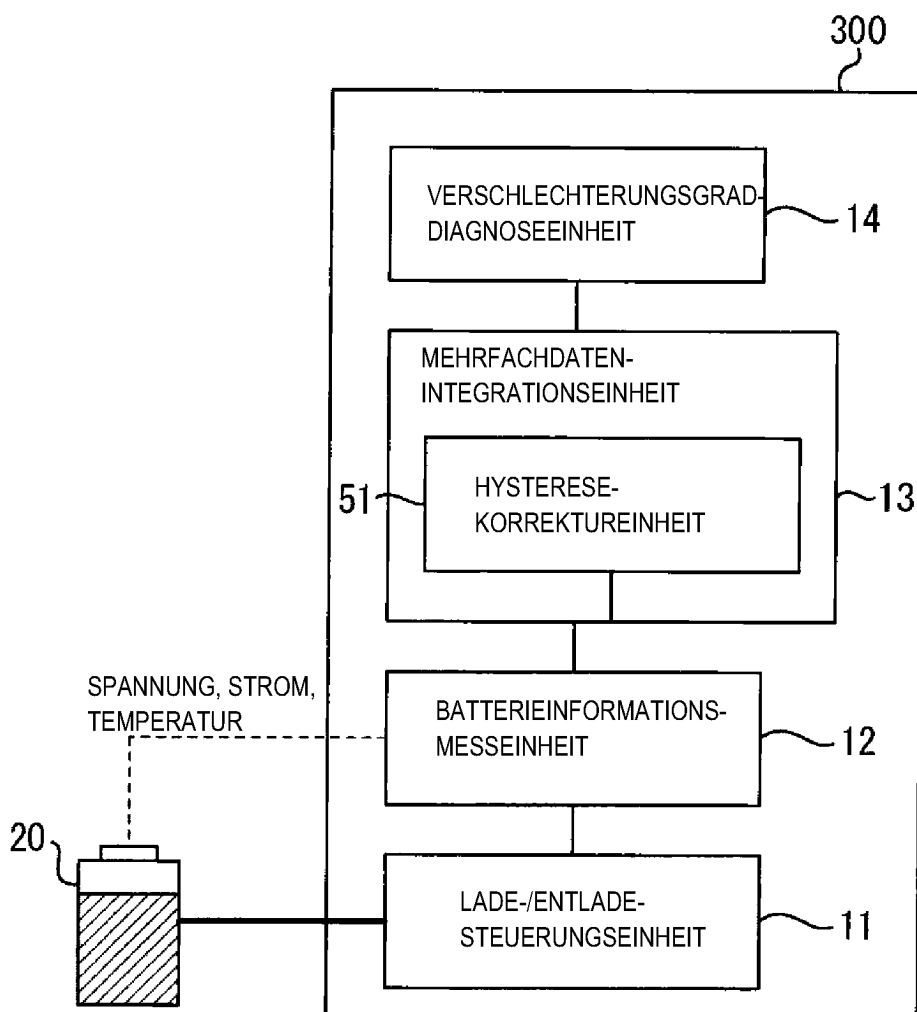


FIG. 18

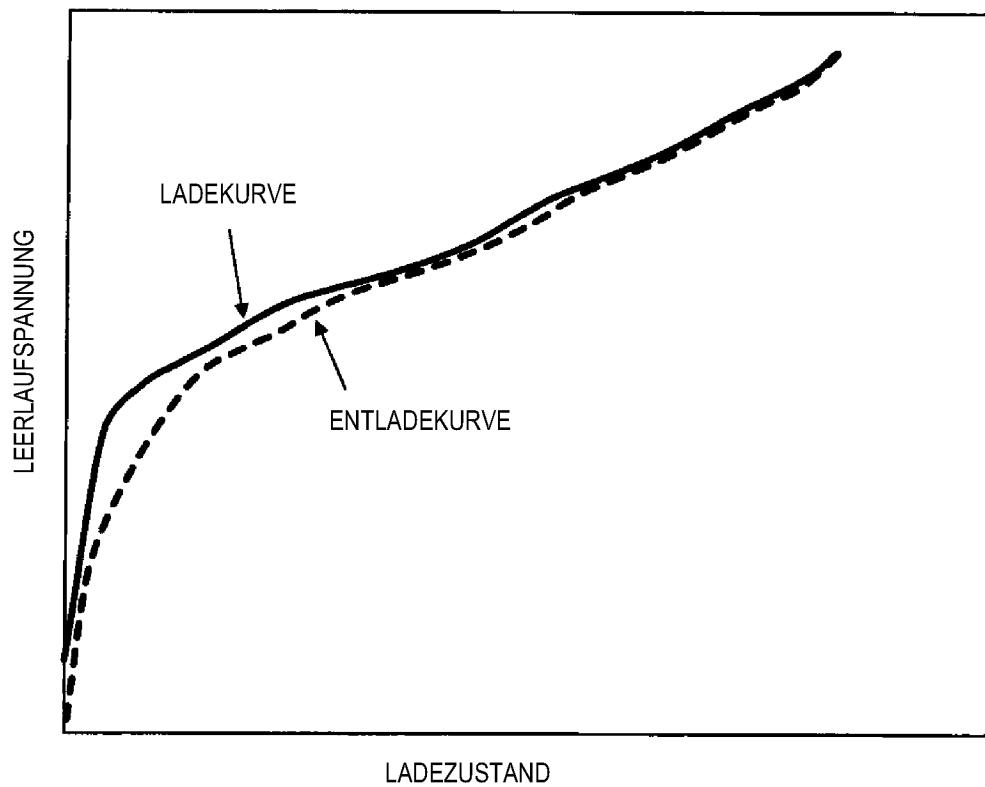


FIG. 19

FIG. 19A

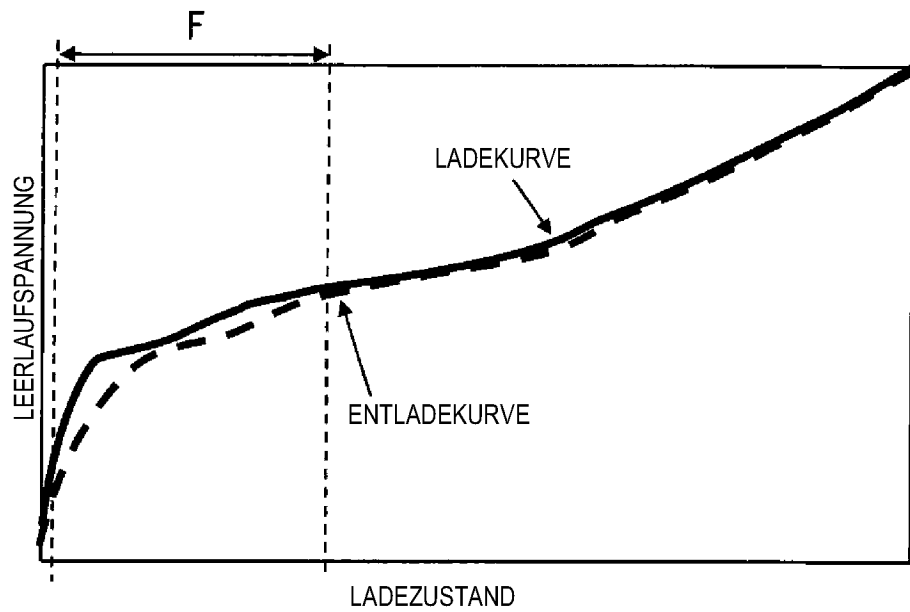


FIG. 19B

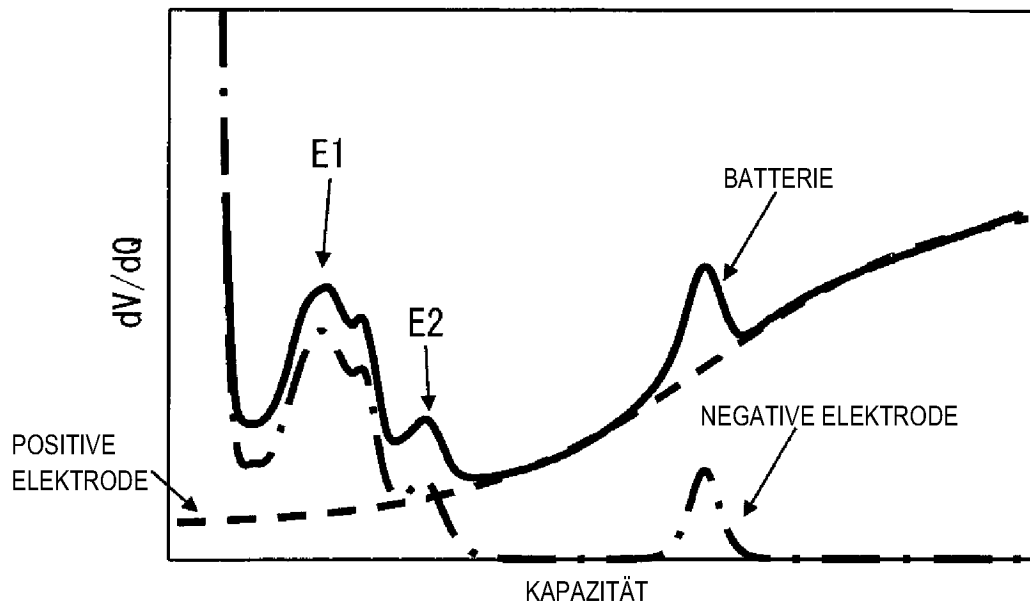


FIG. 20

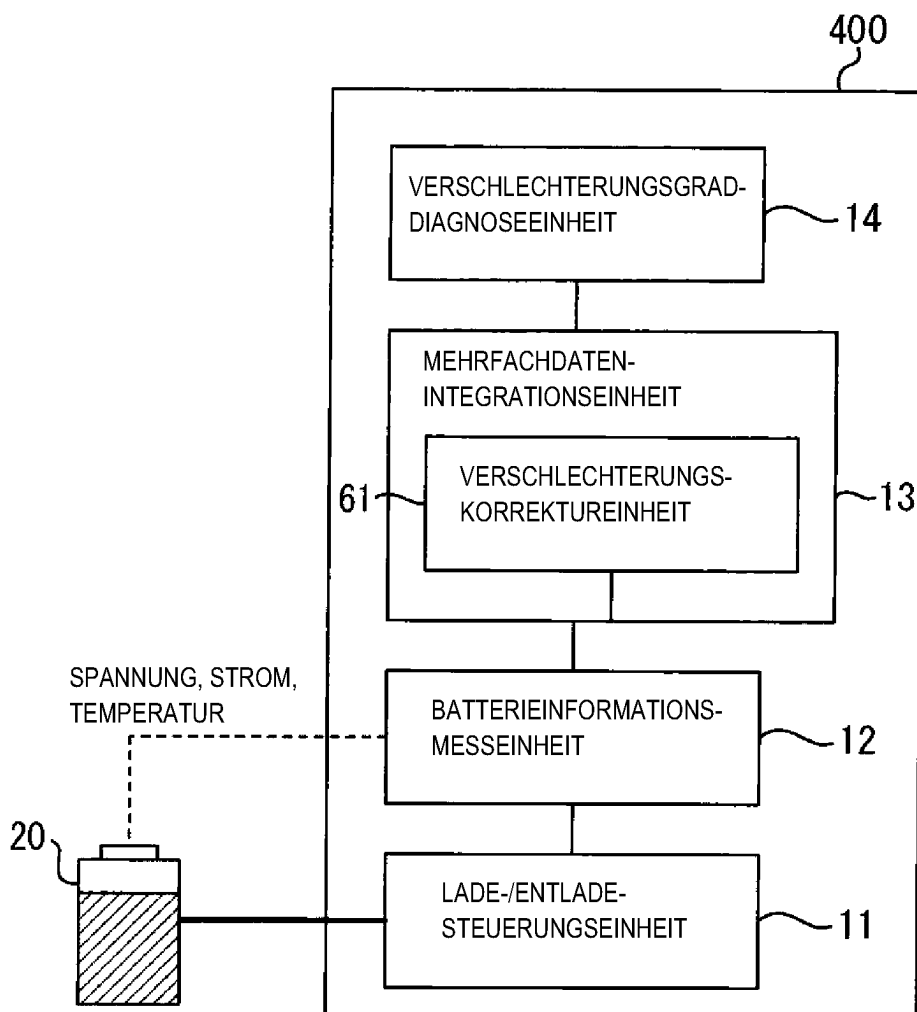


FIG. 21

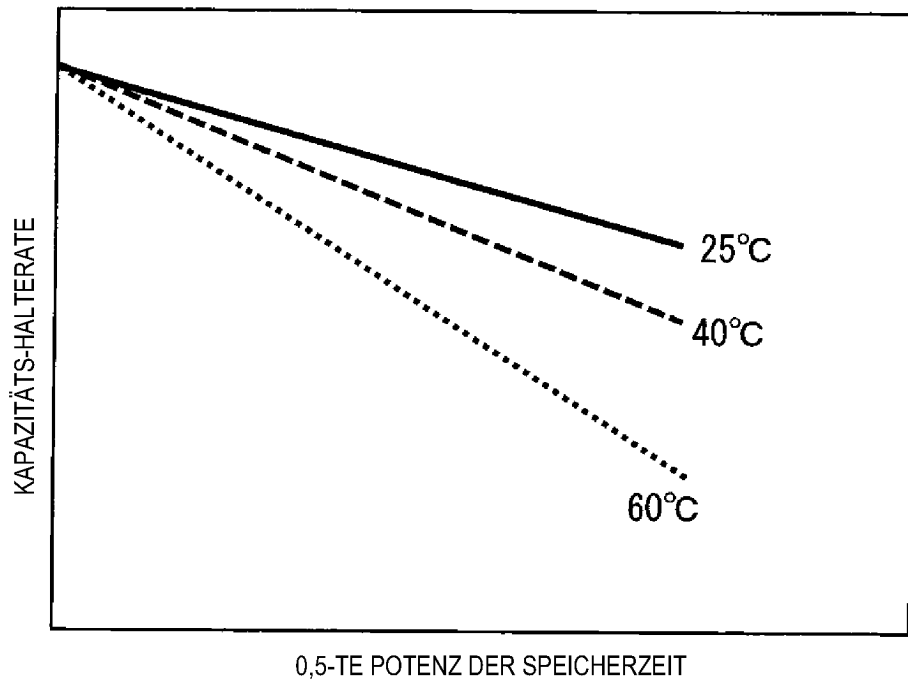


FIG. 22

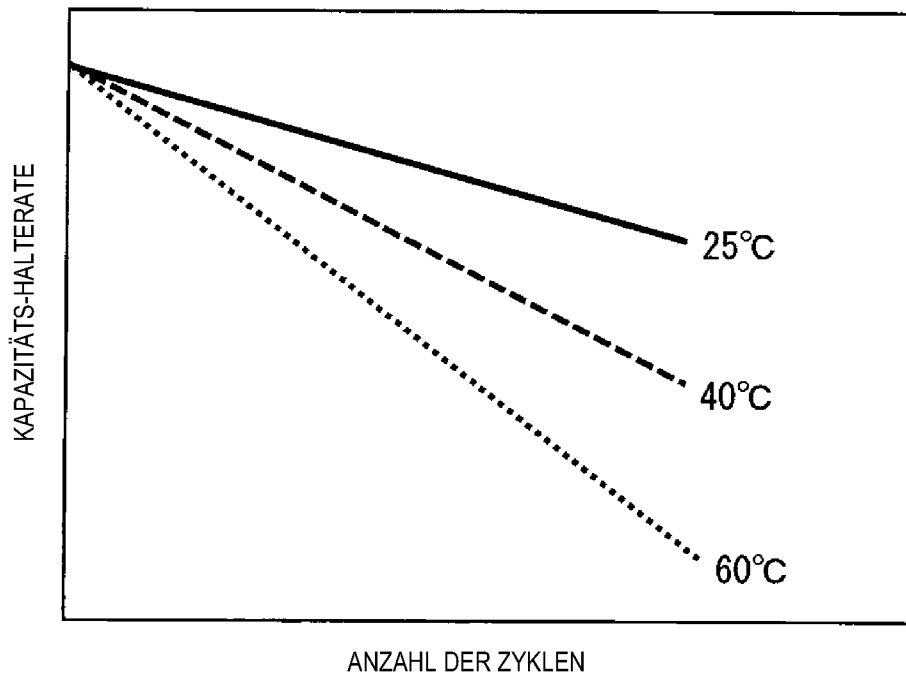


FIG. 23

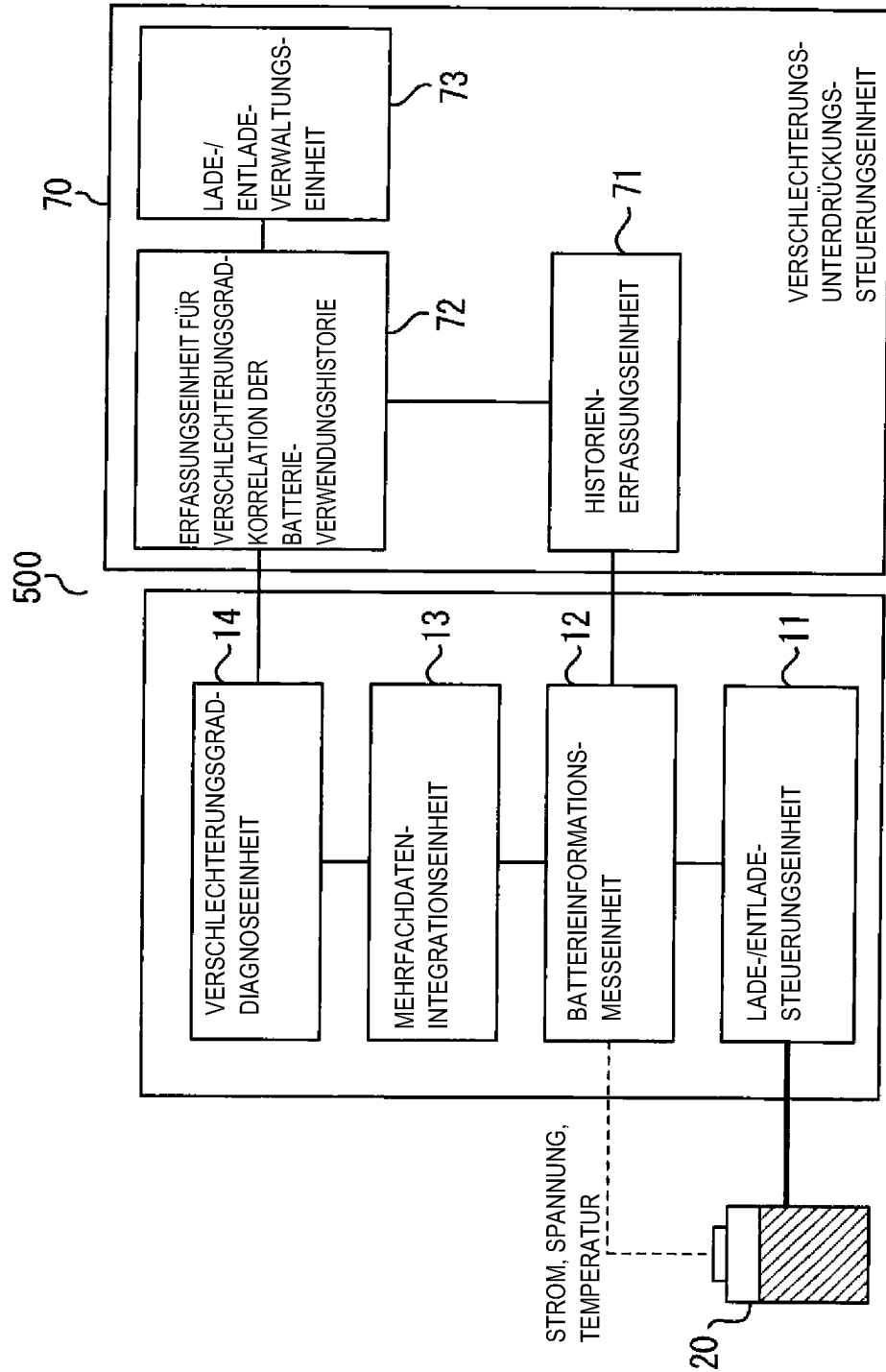


FIG. 24

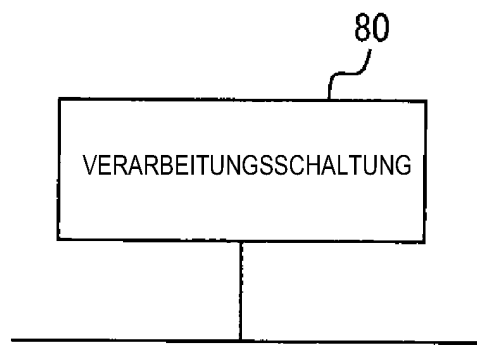


FIG. 25

