



(10) **DE 10 2016 123 765 A1** 2017.06.29

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 123 765.5**

(22) Anmeldetag: **08.12.2016**

(43) Offenlegungstag: **29.06.2017**

(51) Int Cl.: **H01M 10/0525** (2010.01)
H01M 4/131 (2010.01)

(30) Unionspriorität:

2015-242061 **11.12.2015** **JP**

2015-242069 **11.12.2015** **JP**

(71) Anmelder:

DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref., JP

(74) Vertreter:

TBK, 80336 München, DE

(72) Erfinder:

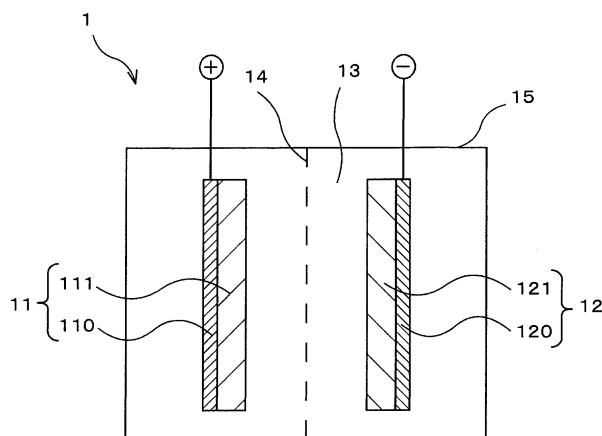
Yamamoto, Nobuo, Kariya-city, Aichi-pref., JP;
Kusano, Yoshikazu, Kariya-city, Aichi-pref., JP;
Sato, Yoshinori, Kariya-city, Aichi-pref., JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **NICHT-WÄSSRIGER-ELEKTROLYT-WIEDERAUFLADBARE BATTERIE**

(57) Zusammenfassung: Eine nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie weist einen nicht-wässrigen Elektrolyt und positive und negative Elektroden auf, die fähig sind zum Interkalieren und Deinterkalieren von Lithiumionen. Die positive Elektrode enthält ein Lithiumübergangsmetalloxid, das durch $\text{Li}_{2-x}\text{Ni}_\alpha\text{M}^1_\beta\text{M}^2_\gamma\text{O}_{4-\varepsilon}$ ausgedrückt ist, wobei $0,50 < \alpha \leq 1,33$, $0 \leq \beta < 0,67$, $0 \leq \gamma \leq 1,33$, $0 \leq \varepsilon \leq 1,00$, wobei M^1 zumindest eines aus Co, Al und Ga ist, und M^2 zumindest eines aus Mn, Ge, Sn und Sb ist, und x reversibel innerhalb eines Bereichs von $0 \leq x \leq 2$ durch Interkalieren und Deinterkalieren von Lithiumionen variiert. Ein Widerstand der positiven Elektrode, wenn der SOC 0% ist, ist nicht weniger als das 2-fache von dem, wenn der SOC nicht weniger als ein bestimmter SOC ist. Eine Kapazität der negativen Elektrode ist nicht weniger als das 1,1-fache von der der positiven Elektrode.



Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG****1. Gebiet der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf nicht-wässriger-Elektrolyt-wiederaufladbare Batterien.

2. Beschreibung des Stands der Technik

[0002] Elektronische Geräte von geringer Größe, wie etwa Laptopcomputer oder Notebookcomputer als portable PC's, Mobiltelefone oder Handys als portable Telefone, Digitalkameras, etc. werden weithin genutzt. Da solche kleinen elektronischen Geräte von geringer Größe sich verbreitet und voranschreiten, steigt auch der Anspruch an wiederaufladbare Batterien (Sekundärbatterien) weltweit an. Lithiumionenbatterien sind eine gewöhnlich verwendeter Art wiederaufladbarer Batterien mit einem globalen Markt.

[0003] Solche kleinen elektronischen Geräte von geringer Größe benötigen Batterien, zum Beispiel nicht-wässriger-Elektrolyt-wiederaufladbare Batterien, wie etwa Lithiumionen-wiederaufladbare Batterien, welche wegen ihrer hohen Kapazität eine der populärsten Arten wiederaufladbarer Batterien für portable elektronische Vorrichtungen sind.

[0004] Es gab Studien solche nicht-wässriger-Elektrolyt-wiederaufladbare Batterien für verschiedene Arten von Fahrzeugen und Heimstromquellen zu verwenden, welche eine große Menge an elektrischer Leistung benötigen. Zum Beispiel gibt es elektronische Fahrzeuge (EV oder elektrisch betriebene Fahrzeuge), Hybridfahrzeuge (HV oder Hybrid-elektronische Fahrzeuge), Plug-In-Hybridfahrzeuge (PHV oder Plug-In Hybrid-elektrische Fahrzeuge), Heimenenergiemanagementsysteme (HEMS) etc. Um eine große Menge an elektrischer Leistung aufzuweisen, muss die nicht-wässriger-Elektrolyt-wiederaufladbare Batterie eine Mehrzahl an Batteriezellen aufweisen. Jede dieser Batteriezellen weist Elektroden auf, die aus einer Mehrzahl von Elektrodenplatten großer Größe zusammengesetzt sind, welche gestapelt sind, um ein Laminat zu bilden.

[0005] Da Lithiumionen-wiederaufladbare Batterien als eine Art von nicht-wässriger-Elektrolyt-wiederaufladbaren Batterien überlegene Reversibilität zum Interkalieren und Deinterkalieren (Laden und Entladen) von Lithiumionen aufweisen, ist es möglich, Lithiumionen-wiederaufladbare Batterien wiederholt zu verwenden. Zum Beispiel offenbart Patentdokument 1, das japanische Patent Offenlegungsnr. 2007-95443, solch eine Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie.

[0006] Patentdokument 1 offenbart eine nicht-wässriger-Elektrolyt-wiederaufladbare Batterie, die aus einer positiven Elektrode, einer negativen Elektrode und einem nicht-wässrigen Elektrolyt zusammengesetzt ist. Diese nicht-wässriger-Elektrolyt-wiederaufladbare Batterie ist konfiguriert, um eine Struktur aufzuweisen, in welcher:

die positive Elektrode und die negative Elektrode aus Material hergestellt sind, das fähig zum Interkalieren und Deinterkalieren von Lithiumionen ist;

ein Ladungskapazitätsverhältnis (Kapazität der negativen Elektrode **12**/Kapazität der positiven Elektrode **11**) innerhalb eines Bereichs von 1,0 bis 1,15 ist, bis ein Positivelektrodenpotential 4,5 V (vs. Li/Li⁺) erreicht; und eine Hauptkomponente eines Aktivelektrodenmaterials, das das Positivelektrodenaktivmaterial bildet, ein Lithiumübergangsmetallkompositoxid ist, das durch eine Formel $\text{Li}_a\text{Mn}_s\text{Ni}_t\text{Co}_u\text{Mo}_v\text{O}_2$ ausgedrückt ist, wobei $0 \leq a \leq 1,2$, $s + t + u = 1$, $0 < s \leq 0,5$, $0 < t \leq 0,5$, $0,45 \leq s/(s + t) \leq 0,55$, $0,45 \leq t/(s + t) \leq 0,55$, $u \geq 0,001 \leq v \leq 0,01$.

[0007] Das Positivelektrodenaktivmaterial (als Positivelektrodenmaterial) in einer konventionellen nicht-wässriger-Elektrolyt-wiederaufladbaren Batterie weist keine zufriedenstellende Sicherheit auf. Spezifisch wird eine Kristallstruktur des Lithiumübergangsmetallkompositoxids, das in dem Positivelektrodenaktivmaterial verwendet wird, aufgrund einer langen Verwendung zerstört, und Sauerstoff, der in dem Lithiumübergangsmetallkompositoxid enthalten ist, wird freigesetzt.

[0008] Um dieses Problem zu lösen, wurden nicht-wässriger-Elektrolytsekundärbatterien vorgeschlagen, die ein Kompositoxidmaterial als ein Positivelektrodenaktivmaterial enthält, das durch eine Formel $\text{Li}_{2-x}\text{Ni}_\alpha\text{M}^1_\beta\text{M}^2_\gamma\text{O}_{4-\varepsilon}$ ausgedrückt ist, wobei $0,50 < \alpha \leq 1,33$, $0 \leq \beta < 0,67$, $0 \leq \gamma \leq 1,33$, $0 \leq \varepsilon \leq 1,00$, wobei M^1 zumindest eines aus Co, Al und Ga ist, M^2 zumindest eines von Elementen ausgedrückt durch Mn, Ge, Sn

und Sb ist und die Variable x in der Formel innerhalb eines Bereichs von $0 \leq x \leq 2$ durch Interkalieren und Deinterkalieren von Lithiumionen variiert.

[0009] Allerdings steigt der Widerstand der positiven Elektrode, die aus einem Positivelektrodenaktivmaterial hergestellt ist, das durch $\text{Li}_{2-x}\text{Ni}_\alpha\text{M}^1_\beta\text{M}^2_\gamma\text{O}_{4-\varepsilon}$ ausgedrückt ist, in einer niedrigen SOC-Region an. Der Anstieg des Positivelektrodenwiderstands verschlechtert die Leistung der nicht-wässriger-Elektrolytsekundärbatterie, wenn das Laden und Entladen der nicht-wässriger-Elektrolytsekundärbatterie, die die positive Elektrode verwendet, die aus einem durch $\text{Li}_{2-x}\text{Ni}_\alpha\text{M}^1_\beta\text{M}^2_\gamma\text{O}_{4-\varepsilon}$ ausgedrückten Positivelektrodenaktivmaterial hergestellt ist, in der niedrigen SOC-Region ausgeführt wird. Das bedeutet, dass eine Verschlechterung der Batterieleistung der nicht-wässriger-Elektrolyt-wiederaufladbaren Batterie, als die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie, in der niedrigen SOC-Region erzeugt wird. Die Verschlechterung der Batterieleistung der nicht-wässriger-Elektrolytsekundärbatterie tritt in der niedrigen SOC-Region auf.

ZUSAMMENFASSUNG

[0010] Es ist daher gewünscht, eine nicht-wässriger-Elektrolytsekundärbatterie bereitzustellen, die dazu fähig ist, die Verschlechterung von deren Batterieleistung in einer niedrigen SOC-Region zu unterdrücken.

[0011] Eine beispielhafte Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung stellt eine nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie bereit, die eine positive Elektrode, eine negative Elektrode und einen nicht-wässrigen Elektrolyt aufweist. Die positive Elektrode und die negative Elektrode sind fähig zum Interkalieren und Deinterkalieren von Lithiumionen. In der nicht-wässrigen wiederaufladbaren Batterie enthält die positive Elektrode ein Lithiumübergangsmetalloxid, das durch eine Formel $\text{Li}_{2-x}\text{Ni}_\alpha\text{M}^1_\beta\text{M}^2_\gamma\text{O}_{4-\varepsilon}$ ausgedrückt ist, wobei $0,5 < \alpha \leq 1,33$, $0 \leq \beta < 0,67$, $0 \leq \gamma \leq 1,33$, $0 \leq \varepsilon \leq 1,00$, wobei M^1 zumindest eines aus Co, Al und Ga ist, und M^2 zumindest eines aus Mn, Ge, Sn und Sb ist, und x reversibel innerhalb eines Bereichs von $0 \leq x \leq 2$ durch Interkalieren und Deinterkalieren von Lithiumionen variiert. Ein Widerstand der positiven Elektrode, wenn ein Ladungszustand (SOC) 0% ist, ist nicht weniger als das 2-fache eines Widerstands der positiven Elektrode, wenn der SOC nicht weniger als ein bestimmter SOC ist. Eine Kapazität der negativen Elektrode ist nicht weniger als das 1,1-fache einer Kapazität der positiven Elektrode.

[0012] Die nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie gemäß der vorliegenden Erfindung weist verbesserte Merkmale auf, eines davon ist es, die Verwendung der nicht-wässrigen wiederaufladbaren Batterie in einer niedrigen SOC-Region zu vermeiden, selbst wenn die positive Elektrode ein Oxid enthält, welches einen Widerstand der positiven Elektrode in der niedrigen SOC-Region erhöht, durch Einstellen einer Kapazität der negativen Elektrode. Dieses Merkmal macht es möglich, die Verschlechterung der Leistung der nicht-wässrigen wiederaufladbaren Batterie in der niedrigen SOC-Region zu unterdrücken.

[0013] Bevorzugt weist die nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie gemäß der vorliegenden Erfindung eine Struktur auf, in welcher ein irreversibler Kapazitätsverlust der positiven Elektrode bei dessen initialen Laden und Entladen weniger ist als ein irreversibler Kapazitätsverlust der negativen Elektrode bei dessen Laden und Entladen. Diese Struktur macht es möglich, die zuvor beschriebenen verbesserten Effekte bereitzustellen, selbst wenn die Kapazität der positiven Elektrode und der negativen Elektrode bzgl. der Kapazität der positiven Elektrode und der negativen Elektrode bei dem initialen Laden und Entladen variiert.

[0014] Bevorzugt weist die nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie gemäß der vorliegenden Erfindung eine Struktur auf, in welcher der SOC der positiven Elektrode nicht weniger als der bestimmte SOC ist, wenn die nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie die Untergrenzenspannung erreicht. Diese verbesserte Struktur macht es möglich, die nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie zu verwenden, ohne sie in der niedrigen SOC-Region der positiven Elektrode zu verwenden, und die die zuvor beschriebenen Effekte bereitzustellen.

[0015] Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie bereitgestellt, die eine positive Elektrode, eine negative Elektrode und einen nicht-wässrigen Elektrolyt aufweist. Die positive Elektrode und die negative Elektrode sind fähig zum Interkalieren und Deinterkalieren von Lithiumionen. In der nicht-wässrigen wiederaufladbaren Batterie enthält die positive Elektrode ein Lithiumübergangsmetalloxid, das durch eine Formel $\text{Li}_{2-x}\text{Ni}_\alpha\text{M}^1_\beta\text{M}^2_\gamma\text{O}_{4-\varepsilon}$ ausgedrückt ist, wobei $0,50 < \alpha \leq 1,33$, $0 \leq \beta < 0,67$, $0 \leq \gamma \leq 1,33$, $0 \leq \varepsilon \leq 1,00$, wobei M^1 zumindest eines aus Co, Al und Ga ist und M^2 zumindest eines aus Mn, Ge, Sn und Sb ist und x reversibel innerhalb eines Bereichs von $0 \leq x \leq 2$ durch Interkalieren und Deinterkalieren von Lithiumionen variiert. Ein Widerstand der positiven Elektrode, wenn ein Ladungszustand (SOC) 0% ist, ist nicht weniger als das 2-fache eines Widerstands der positiven Elektrode, wenn der SOC nicht weniger als ein bestimmter SOC ist.

[0016] Ein Verhältnis einer ersten Kapazität der negativen Elektrode und einer zweiten Kapazität der negativen Elektrode ist nicht weniger als 0,05, wobei die erste Kapazität innerhalb eines Bereichs von mehr als (ein mittleres OCP $-0,10$ [V]) und weniger als (das mittlere OCP $+0,25$ [V]) ist, die zweite Kapazität größer als (das mittlere OCP $+0,25$ [V]) ist und das mittlere OCP ein Potential der negativen Elektrode ist, wenn die nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie den SOC von 50% aufweist. Im Übrigen bedeutet OCP ein Ruhepotential, welches später beschrieben wird.

[0017] Selbst wenn die positive Elektrode unter Verwendung eines Oxidmaterials hergestellt wird, dessen Widerstand sich in einer niedrigen SOC-Region erhöht, stellt die verbesserte Struktur der nicht-wässrigen wiederaufladbaren Batterie gemäß der vorliegenden Erfindung die Kapazität der negativen Elektrode so ein, dass verhindert wird, dass die nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie in der niedrigen SOC-Region betrieben wird. Als Ergebnis ist es möglich, die Verschlechterung der Batterieleistung der nicht-wässrigen wiederaufladbaren Batterie in der niedrigen SOC-Region zu unterdrücken.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0018] Eine bevorzugte, nicht-limitierende Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nun mittels eines Beispiels mit Bezug auf die angefügten Zeichnungen beschrieben, wobei:

[0019] Fig. 1 ist eine Ansicht, die eine schematische Struktur einer nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbaren Batterie gemäß der ersten und vierten exemplarischen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0020] Fig. 2 ist ein Graph, der eine Beziehung in einer Kapazität und einem Potential zwischen einer positiven Elektrode und einer negativen Elektrode der nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbaren Batterie gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform zeigt, die in Fig. 1 gezeigt ist;

[0021] Fig. 3 ist ein Graph, der eine andere Beziehung in einer Kapazität und einem Potential zwischen der positiven Elektrode und der negativen Elektrode der nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbaren Batterie gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform zeigt, die in Fig. 1 gezeigt ist;

[0022] Fig. 4 ist ein Graph, der eine Beziehung zwischen einer Kapazität und einem Potential der positiven Elektrode und der negativen Elektrode und einer Spannung der nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbaren Batterie gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform zeigt, die in Fig. 1 gezeigt ist;

[0023] Fig. 5 ist eine perspektivische Ansicht, die eine schematische Struktur der nicht-wässriger-Elektrolyt-wiederaufladbaren Batterie gemäß der zweiten und fünften exemplarischen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0024] Fig. 6 ist eine perspektivische Ansicht, die eine andere schematische Struktur der nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbaren Batterie gemäß der zweiten und fünften exemplarischen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0025] Fig. 7 ist eine Ansicht, die einen schematischen Querschnitt einer nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbaren Batterie gemäß der dritten und sechsten exemplarischen Ausführungsformen in der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0026] Fig. 8 ist ein Graph, der eine Beziehung in einer Kapazität und einem Potential zwischen einer positiven Elektrode und einer negativen Elektrode der nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbaren Batterie gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt; und

[0027] Fig. 9 ist ein Graph, der eine andere Beziehung in einer Kapazität und einem Potential zwischen der positiven Elektrode und der negativen Elektrode der nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbaren Batterie gemäß der sechsten exemplarischen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0028] Hiernach werden verschiedene Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die angefügten Zeichnungen beschrieben. In der folgenden Beschreibung der verschiedenen Ausführungsformen kennzeichnen ähnliche Bezugszeichen und Zahlensymbole ähnliche oder äquivalente Komponententeile in den verschiedenen Diagrammen.

Erste exemplarische Ausführungsform

[0029] Eine Beschreibung einer Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform wird mit Bezug auf **Fig. 1** bis **Fig. 4** gegeben.

[0030] **Fig. 1** ist eine Ansicht, die eine schematische Struktur der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** als eine nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform und der vierten exemplarischen Ausführungsform zeigt. Die vierte exemplarische Ausführungsform wird später beschrieben.

[0031] Das heißt, die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform wurde als eine Anwendung des Konzepts der nicht-wässrigen wiederaufladbaren Batterie gemäß der vorliegenden Erfindung erhalten. Im Allgemeinen wird eine wiederaufladbare Batterie auch als Sekundärbatterie bezeichnet.

[Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie]

[0032] Wie in **Fig. 1** gezeigt, ist die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie grundsätzlich aus einer positiven Elektrode **11**, einer negativen Elektrode **12**, einem nicht-wässrigen Elektrolyt **13**, einem Separator **14** und einem Batteriegehäuse **15** zusammengesetzt.

[0033] Detaillierter zeigt **Fig. 1** die schematische Struktur der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie, in welcher die positive Elektrode **11** aus einem Positivelektrodenstromabnehmer **110** und einer Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** besteht, die negative Elektrode **12** aus einem Negativelektrodenstromabnehmer **120** und einer Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** besteht, und das Batteriegehäuse **15** die positive Elektrode **11**, die negative Elektrode **12**, den nicht-wässrigen Elektrolyt **13** und den Separator **14** beherbergt. Die positive Elektrode **11** liegt der negativen Elektrode **12** in dem nicht-wässrigen Elektrolyten **13** gegenüber und die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** sind durch den Separator **14** voneinander isoliert.

[Positive Elektrode]

[0034] Wie in **Fig. 1** gezeigt, ist die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** auf einer Oberfläche des Positivelektrodenstromabnehmers **110** gebildet. Die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** enthält ein Positivelektrodenaktivmaterial.

[0035] Das Positivelektrodenmaterial ist eine Mischung aus einem Positivelektrodenaktivmaterial, einem leitfähigen Material und einem Bindemittel. Das Positivelektrodenmaterial als die Mischung wird auf eine Oberfläche des Positivelektrodenstromabnehmers **110** aufgebracht. Der Positivelektrodenstromabnehmer **110**, auf welchen die Mischung aufgebracht wurde, wird dann getrocknet, um die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** zu bilden. Das heißt, es ist akzeptabel, das leitfähige Material und das Bindemittel von der Mischung zu entfernen. Das Positivelektrodenmaterial wird als eine Paste (oder eine Aufschlämmung) durch die Verwendung eines geeigneten Lösungsmittels gebildet. Es ist auch akzeptabel, ein bekanntes Additiv in das Positivelektrodenmaterial zuzugeben, um die positive Elektrode **11** zu bilden.

[Positivelektrodenaktivmaterial]

[0036] Die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform verwendet ein Lithiumübergangsmetalloxid als das Positivelektrodenaktivmaterial, das durch eine Formel $\text{Li}_{2-x}\text{Ni}_\alpha\text{M}_\beta^1\text{M}_\gamma^2\text{O}_{4-\varepsilon}$ ausgedrückt ist, wobei $0,50 < \alpha \leq 1,33$, $0 \leq \beta < 0,67$, $0 \leq \gamma \leq 1,33$, $0 \leq \varepsilon \leq 1,00$, wobei M^1 zumindest eines aus Co, Al und Ga ist und M^2 zumindest eines aus Mn, Ge, Sn und Sb ist und x reversibel innerhalb eines Bereichs von $0 \leq x \leq 2$ durch Interkalieren und Deinterkalieren von Lithiumionen variiert.

[0037] Das Lithiumübergangsmetalloxid enthält Ni, wobei Ni eine lokale Struktur bildet, in welcher sechs O-Atome koordiniert sind (6-fach koordinierte lokale Struktur). Diese Struktur macht es möglich, ein stabiles Laden und Entladen auszuführen. Ferner stellt dies eine hohe Kapazität der Lithiumionenwiederaufladbaren Batterie **1** als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform bereit, da eine große Menge an Ni als eine Oxidations- und Reduktionsspezies innerhalb eines Bereichs von $0,50 < \alpha \leq 1,33$ enthalten ist.

[0038] Ferner ermöglicht dies, eine stabile Kristallstruktur während des Ladens und Entladens bereitzustellen, da eine große Menge von dem M^1 und M^2 enthalten sind. Als Ergebnis ermöglicht dies, dass verhindert wird, dass sich die Batteriekapazität der Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform verschlechtert.

[0039] Da das M^1 ein trivalentes Element ist, ermöglicht die Zugabe des M^1 , dass verhindert wird, dass Li in eine Ni-Schicht eindringt, wobei sich das M^1 in der Valenzanzahl von Li stark unterscheidet.

[0040] Die Anwesenheit des M^2 fixiert Sauerstoff stark und als Ergebnis ist es möglich, einen Sauerstoffmangel zu unterdrücken, wenn abnormale Wärmeerzeugung auftritt, und diese Struktur ermöglicht es, die Sicherheit der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform zu verbessern.

[0041] Ferner sind, wenn die Menge des M^2 nicht weniger als 0,33 wird, alle Sauerstoffatome in der Ni-Schicht benachbart zu dem M^2 angeordnet, und die Sauerstoffatome und das M^2 kombinieren miteinander. Diese Struktur ermöglicht es, einen überlegenen Sauerstoffmangelunterdrückungseffekt bereitzustellen.

[0042] Es ist bevorzugt, dass sowohl das M^1 als auch das M^2 eine 6-fache Koordination aufweisen. Diese Struktur ermöglicht es, eine Strukturlücke zwischen dem M^1 und dem M^2 , welches nahe zu den Übergangsmetallelementen ist (Koordinationsstruktur von Ni und Mn), zu verringern und die Haltbarkeit der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform zu verbessern.

[0043] Es ist bevorzugt, dass Mn als Übergangsmetall (innerhalb eines Bereichs von nicht weniger als 0 und nicht mehr als 1,00) in einer Zusammensetzung des Lithiumübergangsmetalloxids enthalten ist. Ähnlich zu Ni bildet Mn eine lokale Struktur, in welcher 6 Sauerstoff(O)-Atome koordiniert sind (6-fach koordinierte lokale Struktur). Diese Struktur ermöglicht es, eine Ni-Schicht zu stabilisieren.

[0044] Im Allgemeinen kann das Überladen einer Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie plötzlichen Rauch und/oder Feuer verursachen. Dieses Phänomen beruht auf Sauerstoff, der von dem Positivelektrodenaktivmaterial (Positivelektrodenmaterial) in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie emittiert wird. Spezifisch werden Elektronen von Sauerstoffen, die in dem Positivelektrodenaktivmaterial enthalten sind, aufgrund des Ladens bereitgestellt und Sauerstoff wird freigesetzt.

[0045] Da das M^2 zu dem Lithiumionenübergangsmetalloxid zugegeben wurde, sind das zugegebene M^2 und Sauerstoff stark miteinander kombiniert, anstelle von Ni und Mn (Übergangsmetall). Das heißt, die Zugabe des M^2 kann Sauerstoffmangel während des Ladens und Entladens unterdrücken.

[0046] Das Lithiumionenübergangsmetalloxid weist eine Schichtstruktur mit einer Li-Schicht und einer Ni-Schicht auf. Diese Struktur stellt die positive Elektrode bereit, die eine überlegene Li-Ionenleitfähigkeit aufweist. Diese Li-Schicht indiziert eine Schicht, die aus Li als einem Hauptbestandteil hergestellt ist. Das heißt, die Li-Schicht ist im Wesentlichen aus Li hergestellt. Die Ni-Schicht indiziert eine Schicht, die aus Ni (Ni-Verbindung) als eine Hauptkomponente hergestellt ist. Das heißt, die Ni-Schicht ist im Wesentlichen aus dem M^1 und dem M^2 als Hauptkomponenten hergestellt.

[0047] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform ist es für das Lithiumionenübergangsmetalloxid bevorzugt, eine Struktur aufzuweisen, die durch die Formel $\text{Li}_2\text{Ni}_\alpha\text{M}^1_\beta\text{M}^2_\gamma\text{Mn}_\eta\text{O}_{4-\epsilon}$ ausgedrückt ist, wobei $0,50 < \alpha \leq 1,33$, $0,33 \leq \gamma \leq 1,1$, $0 \leq \eta \leq 1,00$, $0 \leq \beta \leq 0,67$, $0 \leq \epsilon \leq 1,00$, wobei M^1 zumindest eines aus Co und Ga ist, und M^2 zumindest eines aus Ge, Sn und Sb ist.

[0048] Das Positivelektrodenaktivmaterial ist bevorzugt das Lithiumionen-übergangsmetalloxid. Allerdings ist es für das Positivelektrodenaktivmaterial ausreichend, dass es eine Mischung ist, die ein oder mehrere bekannte Positivelektrodenaktivmaterialien enthält, die sich von dem zuvor beschriebenen Oxid unterscheiden.

[0049] Das zu mischende Positivelektrodenaktivmaterial ist eine Verbindung, die fähig ist zum Interkalieren und Deinterkalieren von Lithiumionen (Elektrolyt-Ion einer nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbaren Batterie, Alkalimetallion). Zum Beispiel ist es möglich, verschiedene Arten von Oxiden, Sulfiden, Lithiumoxiden, leitfähigem Polymer etc. zu verwenden. Es ist bevorzugt, ein Lithiumübergangsmetallkompositoxid als das Positivelektrodenaktivmaterial zu verwenden.

[0050] Es ist stärker bevorzugt, ein Kompositoxid mit einer Schichtstruktur, ein Komposit mit einer Spinellstruktur und/oder ein Kompositoxid mit einer Polyanionenstruktur als das Lithiumübergangsmetallkompositoxid als das Positivelektrodenaktivmaterial zu verwenden.

[0051] Wenn das Positivelektrodenaktivmaterial eine Mischung ist, begrenzt das Konzept der vorliegenden Erfindung ein Mischungsverhältnis der Mischung nicht. Allerdings ist es für das Positivelektrodenaktivmaterial bevorzugt, dass das Lithiumionenübergangsmetalloxids eine Hauptkomponente ist (zum Beispiel ist die Anzahl an Li-Atomen nicht weniger als 50%), wenn die Gesamtanzahl an Li-Atomen in der Positivelektrodenaktivmaterialschicht 100% ist.

[0052] Ferner ist es bezüglich der Masse eines Lithiumionenübergangsmetalloxids auch bevorzugt, dass die Masse nicht weniger als 50 Massen-% ist, wenn die Gesamtmasse des Positivelektrodenaktivmaterials 100 Massen-% ist.

[0053] Das Konzept der vorliegenden Erfindung ist nicht durch ein Herstellungsverfahren zum Herstellen des Positivelektrodenaktivmaterials, das in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform verwendet wird, begrenzt. Es ist möglich, das Positivelektrodenaktivmaterial durch ein bekanntes Herstellungsverfahren herzustellen. Es ist akzeptabel, dass das Positivelektrodenaktivmaterial Sekundärteilchen aufweist, die aus Aggregaten von Primärteilchen bestehen. Das Primärteilchen ist in dessen Form nicht begrenzt. Zum Beispiel ist es akzeptabel, dass das Primärteilchen eine Schuppenform, eine Kugelform, eine Kartoffel-ähnliche Form etc. aufweist.

[0054] Es ist stärker bevorzugt, dass das Primärteilchen, das das Positivelektrodenaktivmaterial bildet, einen Kristallitdurchmesser von nicht mehr als 100 nm aufweist und eine Nebenachse von nicht mehr als 1 µm aufweist.

[0055] Es ist stärker bevorzugt, dass das Primärteilchen, das das Positivelektrodenaktivmaterial bildet, eine Nebenachse von nicht mehr als 500 nm aufweist.

[0056] Es ist bevorzugt, dass das Primärteilchen, das das Positivelektrodenaktivmaterial bildet, annähernd eine Kugelform aufweist, die eine Teilchengröße (z. B. eine mittlere Teilchengröße D50) von nicht mehr als 1 µm aufweist, und es ist stärker bevorzugt, dass es eine Kugelform mit einer Teilchengröße von nicht mehr als 0,5 µm (500 nm) aufweist.

[Leitfähiges Material, Bindemittel, Mischung, Positivelektrodenstromabnehmer]

[0057] Das leitfähige Material der positiven Elektrode **11** weist elektrische Leitfähigkeit auf. Es ist möglich, Carbon Black (CB), amorphe Kohlenstofffeinteilchen, wie etwa Nadelkoks, etc. zu verwenden. Es gibt Acetylschwarz (AB), Ketjenblack (KB), Kohlenstoffnanofasern (CN) etc. als die Carbon Black (CB) Feingraphitteilchen.

[0058] Das Bindemittel der Positivelektrodenmischung bindet die Positivelektrodenaktivmaterialteilchen mit dem leitfähigen Material. Als Bindemittel sind Polyvinylidendifluorid (PVDF), Ethylen-Propylen-Dien-Monomer (EPDM), Styrol-Butadien-Gummi (SBR), Acrylonitril-Butadien-Gummi (NBR), Fluor-enthaltender Gummi etc. bekannt. Allerdings wird das Konzept der vorliegenden Erfindung durch diese nicht beschränkt und es ist akzeptabel, andere Arten von Bindemittel zu verwenden.

[0059] Um das Bindemittel zu lösen, wird organisches Lösungsmittel in der Positivelektrodenmischung verwendet. Als organisches Lösungsmittel gibt es zum Beispiel N-Methyl-2-Pyrrolidon (NMP), Dimethylformamid, Dimethylacetamid, Methylethylketon, Cyclohexanon, Methylacetat, Methylacrylat, Diethylentriamin, N,N-Dimethylaminopropylamin, Ethylenoxide, Tetrahydrofuran, etc.

[0060] Das Konzept der vorliegenden Erfindung wird durch das zuvor beschriebene Lösungsmittel nicht begrenzt. Es ist auch akzeptabel, eine Mischungsaufschlämmung aus einem Positivelektrodenaktivmaterial mit Polytetrafluorethylen (PTFE) durch Zugabe von Wasser, Dispersionsmittel, Verdicker, etc. zu verwenden.

[0061] Es ist möglich, einen verfügbaren Stromabnehmer als den Positivelektrodenstromabnehmer **110** zu verwenden. Zum Beispiel ist es akzeptabel, eine Folienplatte, eine Netzplatte, eine gelochte Metallplatte und

eine geformte Metallplatte, die aus prozessiertem Aluminium hergestellt ist, zu verwenden. Allerdings wird das Konzept der vorliegenden Erfindung durch diese Materialien und Produkte nicht begrenzt.

[0062] Die Dicke des Positivelektrodenstromabnehmers **110** ist nicht besonders begrenzt. Es ist möglich, dass der Positivelektrodenstromabnehmer **110** die gleiche Dicke wie ein herkömmlicher Positivelektrodenstromabnehmer aufweist. Zum Beispiel ist es bevorzugt, dass der Positivelektrodenstromabnehmer **110** eine Dicke von nicht mehr als 20 µm aufweist. Es ist stärker bevorzugt, dass der Positivelektrodenstromabnehmer **110** eine Folienplatte mit einer Dicke von ungefähr 15 µm aufweist.

[Eigenschaften von positiver Elektrode]

[0063] Wenn der SOC (Ladungszustand; State of Charge) der positiven Elektrode **11** 0% ist, weist die positive Elektrode **11** einen Widerstand auf, welcher nicht weniger als das 2-fache eines SOC ist, welcher nicht weniger als ein bestimmter SOC ist. Der Widerstand der positiven Elektrode **11** ist ein Widerstand eines Einzelpols (hiernach Einzelpolwiderstand). Es ist möglich, den Einzelpolwiderstand der positiven Elektrode auf der Basis einer Stromstärke (Ladungs- und Entladungsrate) und einer Spannung zu berechnen, wenn eine experimentelle Batteriezelle (eines Halbzellen-Typs) verwendet wird, in welcher eine Gegenelektrode aus Li-Metall hergestellt ist, welche später beschrieben wird. Der Widerstand der positiven Elektrode **11** indiziert den Widerstand, wenn der SOC ungefähr 0% ist, was innerhalb eines Bereichs von mehreren % um 0% herum ist. Insbesondere beinhaltet der Bereich des SOC eine Region, die fähig ist zum korrekten Messen einer Stromstärke und Spannung der experimentellen Batteriezelle während des Ladens und Entladens. Im Allgemeinen ist es schwierig, einen Entladungswiderstand der Testzelle bei dem SOC von 0% zu messen. In diesem Fall ist es möglich, einen Entladungswiderstand durch Ausführen der Entladung der Testzelle von mehreren % SOC bis 0% SOC zu messen, und den gemessenen Widerstand als den Entladungswiderstand der Testzelle bei dem SOC von 0% zu verwenden.

[0064] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform weist die positive Elektrode **11** einen Widerstand auf, wenn der SOC 0% ist, welcher nicht weniger als das 2-fache des Widerstands ist, wenn der SOC nicht weniger als der bestimmte SOC ist. Die positive Elektrode mit solch einer Widerstandsleistung weist einen hohen Widerstandswert auf, wenn der SOC niedrig um 0% herum ist. Mit anderen Worten ist der Widerstandswert der positiven Elektrode **11**, wenn der SOC 0% ist, höher als der, wenn der SOC der positiven Elektrode **11** nicht weniger als der bestimmte SOC ist.

[0065] Die vorliegende Erfindung begrenzt einen Wert vom bestimmten SOC nicht. Es ist bevorzugt, dass der bestimmte SOC einen Wert aufweist, der so gering wie möglich ist.

[0066] Die SOC-Region der positiven Elektrode **11** mit einem hohen Widerstand nimmt zu und die Lade- und Entladeregion in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie nimmt ab, aufgrund des Anstiegs des Werts des bestimmten SOC. Demgemäß ist es bevorzugt, dass der bestimmte SOC einen Wert von nicht mehr als 15% aufweist.

[0067] Es ist akzeptabel, die Widerstandsleistung (eine Beziehung zwischen dem Widerstand und SOC) der positiven Elektrode **11** vorab zu messen und einen SOC-Wert zu berechnen, wenn ein Widerstandswert davon die Hälfte des Widerstandswerts (oder ein bestimmter Widerstandswert, welcher nicht mehr ein halber Widerstandswert ist) wird, wenn der SOC 0% ist. Danach ist es möglich, den erhaltenen SOC-Wert zu verwenden.

[Negative Elektrode]

[0068] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** als die nicht-wässriger-Elektrolyt-wiederaufladbare Batterie gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform enthält die negative Elektrode **12** Negativelektrodenmaterial. Eine Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** wird auf einer Oberfläche des Negativelektrodenstromabnehmers **120** in der negativen Elektrode **12** gebildet.

[0069] Die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** wird durch Zusammenmischen von Negativelektrodenaktivmaterial und Bindemittel, um ein Negativelektrodenmaterial herzustellen, und Aufbringen des hergestellten Negativelektrodenmaterials auf eine Oberfläche des Negativelektrodenstromabnehmers **120**, und dann Trocknen davon, gebildet. Das Negativelektrodenmaterial wird als eine Paste (oder eine Aufschlämmung) durch die Verwendung eines geeigneten Lösungsmittels gebildet. Es ist akzeptabel, ein bekanntes Additiv zu dem Negativelektrodenmaterial und der negativen Elektrode **12** zuzugeben.

[Negativelektrodenaktivmaterial]

[0070] Es ist möglich, ein herkömmliches Negativelektrodenaktivmaterial zu verwenden, um die negative Elektrode **12** in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform herzustellen. Zum Beispiel ist es möglich, ein herkömmliches Negativelektrodenaktivmaterial zu verwenden, das zumindest eines aus C, Si, Ti, Sn, Sb und Ge enthält.

[0071] Es ist bevorzugt, dass das Negativelektrodenaktivmaterial, das C enthält, ein Kohlenstoffmaterial ist, das fähig ist zum Interkalieren und Deinterkalieren von Elektrolytionen der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1**, d. h. dass es Li-Ioneninterkalationsfähigkeit aufweist. Es ist stärker bevorzugt, dass das Negativelektrodenaktivmaterial Graphit enthält.

[0072] Das Negativelektrodenaktivmaterial, welches zumindest eines ausgewählt aus Sn, Sb und Ge enthält, kann ein Material sein, das fähig ist zum Variieren von dessen Volumen aufgrund des Ladens und Entladens. Es ist akzeptabel, dass das Negativelektrodenaktivmaterial eine Legierung eines anderen Metalls und einem aus Sn, Sb und Ge ist, zum Beispiel eine Legierung von Ti-Si, Ag-Sn, Sn-Sb, Ag-Ge, Cy-Sn, Ni-Sn, etc.

[0073] Es gibt Titan-enthaltende Metalloxide, die für das Ti-enthaltende Negativelektrodenaktivmaterial geeignet sind, wie etwa Lithiumtitanoxid, Titanoxid, Niob-Titan-Kompositoxid, etc.

[Leitfähiges Material, Bindemittel, Mischung, Negativelektrodenstromabnehmer]

[0074] Es ist möglich, Kohlenstoffmaterial, Metallpulver und leitfähiges Polymer als das leitfähige Material der negativen Elektrode **12** zu verwenden. Im Hinblick auf Leitfähigkeit und Stabilität ist es bevorzugt, Kohlenstoffmaterial zu verwenden, wie etwa AB, KB, CB, etc.

[0075] Es ist möglich, als das Bindemittel der negativen Elektrode **12** PTFE, PVDF, Fluor-Harz-Copolymer (4-fluoriertes Ethylen-Hexafluorid-Propylen-Copolymer), SBR, Acrylgummi, Fluor-basierten Gummi, Polyvinylalkohol (PVA), Styrol-Maleinsäure-Harz, Polyacrylat, Carboxymethylcellulose (CMC) etc. zu verwenden.

[0076] Es ist auch möglich, als ein Lösungsmittel des Negativelektrodenmaterials der negativen Elektrode **12** organisches Lösungsmittel, wie etwa NMP, Wasser oder wässriges Lösungsmittel zu verwenden.

[0077] Es ist möglich, einen herkömmlichen Stromabnehmer als den Negativelektrodenstromabnehmer **120** zu verwenden, zum Beispiel Material zu verwenden, das durch Prozessieren von Metall, wie etwa Cu, Edelstahl, Titan und Nickel, erhalten ist. Zum Beispiel ist es möglich, als den Negativelektrodenstromabnehmer **120** eine Folienplatte, eine Netzplatte, eine gelochte Metallplatte, eine geformte Metallplatte zu verwenden. Allerdings ist das Konzept der vorliegenden Erfindung durch diese Materialien und Produkte nicht begrenzt.

[Nicht-wässriger Elektrolytkörper]

[0078] Es ist auch akzeptabel, einen herkömmlichen wässrigen Elektrolyt als den nicht-wässrigen Elektrolyt **13** zu verwenden. Das heißt, es ist möglich, als den nicht-wässrigen Elektrolyt **13** Material zu verwenden, in welchem ein Trägerelektrolyt in einem nicht-wässrigen Lösungsmittel gelöst ist. Zusätzlich ist es akzeptabel, den nicht-wässrigen Elektrolyt **13** mit einem herkömmlichen Additiv zu verwenden.

[0079] Der Trägerelektrolyt ist nicht durch das Lithium-enthaltende Material beschränkt. Zum Beispiel ist es bevorzugt, als den Trägerelektrolyt zumindest eines aus anorganischen Salzen aus LiPF_6 , LiBF_4 , LiClO_4 und LiAsF_6 , ein Derivat dieser anorganischen Salze und organische Salze ausgewählt aus LiSO_3CF_3 , $\text{LiC}(\text{SO}_3\text{CF}_3)_3$, $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{CF}_3)$, $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{C}_2\text{F}_5)_2$, $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{CF}_3)(\text{SO}_2\text{C}_4\text{F}_9)$, und ein Derivat dieser organischen Salze zu verwenden. Die Anwesenheit dieser Trägerelektrolyte stellt eine überlegene Batterieleistung bereit. Ferner ermöglicht dies, die Batterieleistung bei einer Temperatur zu verbessern, die sich von Raumtemperatur unterscheidet. Die vorliegende Erfindung beschränkt eine Konzentration des Trägerelektrolyten nicht. Es ist bevorzugt, eine optimale Konzentration des Trägerelektrolyten auf der Basis der Art des Trägerelektrolyten und der Art an organischem Lösungsmittel auszuwählen.

[0080] Das nicht-wässrige Lösungsmittel löst den Trägerelektrolyt. Es ist akzeptabel, dass das nicht-wässrige Lösungsmittel eine andere Fähigkeit als die Fähigkeit des Lösens des nicht-wässrigen Lösungsmittels aufweist. Zum Beispiel ist es bevorzugt, als das nicht-wässrige Lösungsmittel Carbonate, halogenierte Kohlen-

wasserstoffe, Ether, Ketone, Nitrile, Lactone, Oxolanverbindungen etc. zu verwenden. Insbesondere ist es bevorzugt, Propylencarbonat, Ethylencarbonat (EC), 1,2-Dimethoxyethan, Dimethylcarbonat (DMC), Diethylcarbonat (DEC), Ethylmethylcarbonat (EMC), Vinylencarbonat (VC) etc. und ein gemischtes Lösungsmittel davon zu verwenden. Es ist bevorzugt, ein nicht-wässriges Lösungsmittel von nicht weniger als einem aus Carbonaten und Ethern von diesen organischen Lösungsmitteln zu verwenden, um überlegene Löslichkeit, elektrische Konstante, Viskosität des Trägerelektrolyten bereitzustellen, und um die Lade- und Entladeeffizienz der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** zu erhöhen.

[0081] Es gibt ein herkömmliches Additiv, welches zersetzt wird, um einen Film (z. B. eine Festelektrolytinterphase, SEI) auf einer Oberfläche einer Elektrode zu bilden (d. h. auf einer Oberfläche der positiven Elektrode, insbesondere dem Positivelektrodenaktivmaterial). Dieser auf der Oberfläche der Elektrode (positive Elektrode) gebildete Film weist eine stabile Ausführung auf. Wenn die positive Elektrode ein hohes Potential einnimmt (d. h. die Ladeoperation schreitet bei einem hohen Potential der positiven Elektrode voran), wird der auf der Oberfläche der Elektrode (positive Elektrode) gebildete Film nicht zersetzt und weist weiterhin eine stabile Ausführung auf. Diese Struktur macht es möglich, dass durch die Bildung dieses Films die Fähigkeit der Elektrode (positive Elektrode) unterdrückt wird, sich zu verschlechtern.

[Separator]

[0082] Der Separator **14** isoliert die positive Elektrode **11** von der negativen Elektrode **12** und trägt den nicht-wässrigen Elektrolyt **13**. Zum Beispiel ist es bevorzugt, einen porösen synthetischen Harzfilm als den Separator **14** zu verwenden, insbesondere ein Polyolefin-basiertes Polymer (Polyethylen, Polypropylen) zu verwenden.

[Batteriegehäuse]

[0083] Das Batteriegehäuse **15** beherbergt die positive Elektrode **11**, die negative Elektrode **12**, den Separator **14** und den nicht-wässrigen Elektrolyt **13**. Das heißt, die positive Elektrode **11**, die negative Elektrode **12**, der Separator **14** und der nicht-wässrige Elektrolyt **13** sind innerhalb des Batteriegehäuses **15** gespeichert und komplett versiegelt.

[0084] Das Batteriegehäuse **15** ist aus einem Material hergestellt, das fähig ist, um zu verhindern, dass Wasser nach innerhalb des Batteriegehäuses **15** von außen eindringt. Zum Beispiel ist es möglich, Metall und einen laminierten Film mit einer Metallschicht als das Batteriegehäuse **15** zu verwenden.

[Struktur von wiederaufladbarer Batterie]

[0085] Wie in **Fig. 1** gezeigt, weist die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** auf. Die negative Elektrode **12** weist eine Kapazität auf, welche das 1,1-fache der Kapazität der positiven Elektrode **11** ist. Das heißt, die Kapazitätsrate (die Kapazität der negativen Elektrode **12**/die Kapazität der positiven Elektrode **11**) ist nicht weniger als 1,1.

[0086] Wenn die Kapazitätsrate, wie zuvor beschrieben, nicht weniger als 1,1 wird, benutzt die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie die SOC-Region (niedrige SOC-Region), in welcher die positive Elektrode **11** einen hohen Widerstand aufweist, nicht.

[0087] Diese Struktur der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform macht es möglich, dass die Verschlechterung der Batterieleistung in der niedrigen SOC-Region unterdrückt wird.

[0088] Falls die Kapazitätsrate weniger als 1,1 wird, überlappen die zwei folgenden SOC-Regionen miteinander:

die SOC-Region, in welcher das Laden und Entladen der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** ausgeführt wird (d. h. die SOC-Region zwischen der Obergrenzenspannung und der Untergrenzenspannung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1**); und

die SOC-Region, in welcher die positive Elektrode **11** einen hohen Widerstand aufweist.

[0089] Das heißt, wenn die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie in der niedrigen SOC-Region geladen wird (oder entladen wird), wird die positive Elektrode **11** auch in der niedrigen SOC-Region geladen. Als Ergebnis

verschlechtert sich die Batterieleistung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** aufgrund des hohen Widerstands der positiven Elektrode **11**.

[0090] Die vorliegende Erfindung begrenzt einen Obergrenzenwert der Kapazitätsrate nicht. Allerdings, wenn die Kapazitätsrate einen hohen Wert aufweist, verringert sich eine verwendbare SOC-Region für das Laden und Entladen der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1**. Das heißt, die Batteriekapazität der positiven Elektrode **11** nimmt ab. Es ist daher bevorzugt, dass die Kapazitätsrate nicht mehr als 2,0 ist, stärker bevorzugt, dass sie nicht mehr als 1,8 ist.

[0091] Es ist möglich, die Kapazitätsrate einzustellen auf der Basis von:
 einem Gewicht an Material (oder Aufbringungsmasse), das auf die Oberfläche der positiven Elektrode **11** aufgebracht wird, um die Positivelektrodenaktivschicht **111** auf der positiven Elektrode **11** zu bilden;
 einem Gewicht an Material (oder Aufbringungsmasse), das auf die Oberfläche der negativen Elektrode **12** aufgebracht wird, um die Negativelektrodenaktivschicht **121** auf der negativen Elektrode **12** zu bilden; und
 einem Gehalt (oder Gehaltdichte) von sowohl dem Positivelektrodenaktivmaterial als auch dem Negativelektrodenaktivmaterial.

[0092] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform ist es bevorzugt, dass der irreversible Kapazitätsverlust der positiven Elektrode **11** bei dessen initialen Laden und Entladen weniger als der irreversible Kapazitätsverlust der negativen Elektrode **12** bei dessen initialen Laden und Entladen ist. Diese Struktur ermöglicht es, dass die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** nicht die SOC-Region (niedrige SOC-Region) verwendet, in welcher die positive Elektrode **11** einen hohen Widerstand aufweist, selbst wenn die Leistung der positiven Elektrode **11** und der negativen Elektrode **12** aufgrund des irreversiblen Kapazitätsverlusts bei dem initialen Laden und Entladen variiert (Kapazitätsabnahme). Als Ergebnis ist es möglich, dass unterdrückt wird, dass sich die Batterieleistung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform in der niedrigen SOC-Region verschlechtert.

[0093] Es ist bevorzugt, dass die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform eine Untergrenzenspannung (X [V]) innerhalb eines Bereichs von $2,5 \leq X \leq 3,0$ aufweist, und dass sie ein Ruhepotential (OCP) der negativen Elektrode **12** von nicht weniger als $(2,7 - X)$ [V] aufweist, wenn die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** die Untergrenzenspannung erreicht. Diese Struktur ermöglicht es, dass die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform die SOC-Region (niedrige SOC-Region) nicht verwendet, in welcher die positive Elektrode **11** einen hohen Widerstand aufweist. Als ein Ergebnis ist es möglich, dass die Verschlechterung der Batterieleistung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** in der niedrigen SOC-Region unterdrückt wird.

[0094] Es ist auch möglich, das Ruhepotential (OCP) von sowohl der positiven Elektrode **11** als auch der negativen Elektrode **12** durch die Verwendung einer experimentellen Zelle von einem Halbzellen-Typ durch das gleiche Messverfahren zu messen, wie oben beschrieben.

[Effekte]

(1) Erster Effekt

[0095] Wie zuvor beschrieben, verwendet die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform ein Lithiumübergangsmetalloxid als das Positivelektrodenaktivmaterial. Insbesondere ist der Widerstandswert der positiven Elektrode **11**, wenn der SOC 0% ist, nicht weniger als das 2-fache von dessen Widerstand, wenn der SOC nicht weniger als der bestimmte SOC ist. Ferner ist die Kapazität der negativen Elektrode **12** nicht weniger als das 1,1-fache der Kapazität der positiven Elektrode **11** in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform. Diese Struktur ermöglicht es, den verbesserten Effekt bereitzustellen, das unterdrückt wird, dass sich die elektrische Leistung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** in einer niedrigen SOC-Region verschlechtert.

[0096] Fig. 2 und Fig. 3 zeigen die Beziehung in einer Kapazität und einem Potential zwischen der positiven Elektrode **11** und der negativen Elektrode **12**. Detaillierter ist Fig. 2 ein Graph, der die Beziehung in einer Kapazität und einem Potential zwischen der positiven Elektrode **11** und der negativen Elektrode **12** der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform, die in Fig. 1 gezeigt ist, zeigt. Fig. 3 ist ein Graph, der eine andere Beziehung in einer Kapazität und einem Potential zwischen der positiven Elektrode **11** und der negativen

Elektrode **12** der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform, die in **Fig. 1** gezeigt ist, zeigt.

[0097] Insbesondere ist jeder der Graphen, die in **Fig. 2** und **Fig. 3** gezeigt sind, auf der Grundlage des SOC der positiven Elektrode **11** erhalten. **Fig. 3** zeigt den vergrößerten Graph um den SOC von 0% herum, wie in **Fig. 2** gezeigt. **Fig. 2** und **Fig. 3** zeigen die Graphen, in welchen die Kapazität in der x-Achse einen Wert von 1,0 aufweist, wenn der SOC 100% ist.

[0098] Wie in **Fig. 2** und **Fig. 3** gezeigt, steigt das Potential der positiven Elektrode **11** bis 15% an, d. h. innerhalb eines Bereichs von 0% bis 15% SOC, und variiert nicht oder steigt graduell und leicht an, wenn der SOC 15% übersteigt.

[0099] Die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform verwendet ein Lithiumübergangsmetalloxid als das Positivelektrodenaktivmaterial. Dieses Lithiumübergangsmetalloxid weist einen hohen Widerstand in einer niedrigen SOC-Region auf (was durch das Bezugszeichen „Positivelektrodenhochwiderstandsregion“ bezeichnet wird, wie in **Fig. 3** gezeigt). Detaillierter ist der Widerstandswert des Lithiumübergangsmetalloxids, wenn der SOC 0% ist, nicht weniger als das 2-fache von dessen Widerstand, wenn der SOC nicht weniger als der bestimmte SOC ist. **Fig. 3** zeigt, dass der bestimmte SOC 15% indiziert.

[0100] Eine Potentialkurve der negativen Elektrode **12** nimmt plötzlich ab, wenn der SOC von 0% ansteigt. Wenn das Potential der negativen Elektrode **12** ausreichend gering ist, verändert sich das Potential der negativen Elektrode nicht oder steigt leicht an. Die Spannung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** korrespondiert zu einer Differenz im Potential (Potentialdifferenz) zwischen den zwei Potentialkurven, wenn diese Potentialkurven von sowohl der positiven Elektrode **11** als auch der negativen Elektrode **12** gleichzeitig in dem gleichen Graph gezeigt werden (siehe **Fig. 3**).

[0101] Die Kapazität der negativen Elektrode **12** in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform ist innerhalb eines Bereichs des 1,1- bis 1,8-fachen der Kapazität der positiven Elektrode **11**.

[0102] **Fig. 3** zeigt die Potentialkurve der negativen Elektrode **12**, wenn die Kapazitätsrate 1,0, 1,1 bzw. 1,2 ist. Wie in **Fig. 3** gezeigt, verschiebt sich die Potentialkurve umso mehr hin zu der Hochkapazitätsseite, je stärker die Kapazität ansteigt.

[0103] Die Verschiebung der Potentialkurve hin zu der Hochkapazitätsseite basiert auf dem initialen irreversiblen Kapazitätsverlust der negativen Elektrode **12**. Der irreversible Kapazitätsverlust korrespondiert zu der Kapazität der negativen Elektrode **12**. D. h., der irreversible Kapazitätsverlust der negativen Elektrode **12** steigt gemäß dem Anstieg der Kapazität der negativen Elektrode **12** an.

[0104] D. h., die SOC-Region der negativen Elektrode **12**, in welcher die negative Elektrode **12** lädt und entlädt (hiernach bezeichnet als die „ladbare und wiederaufladbare SOC-Region“), verschiebt sich gemäß dem Anstieg der Kapazität der negativen Elektrode **12** hin zu der Hochkapazitätsseite.

[0105] Die ladbare und wiederaufladbare SOC-Region der negativen Elektrode **12** indiziert eine Region, in welcher das Potential nicht variiert oder leicht abnimmt. Wenn die ladbare und wiederaufladbare SOC-Region der negativen Elektrode **12** sich hin zu der Hochkapazitätsseite verschiebt, verschiebt sich auch der SOC-Wert, der fähig ist zum stabilen Erhalten eines konstanten Potentials zwischen der positiven Elektrode **11** und der negativen Elektrode **12**, hin zu der Hochkapazitätsseite.

[0106] Wenn die Kapazitätsrate nicht weniger als 1,1 wird, ist es möglich, zu verhindern, dass die ladbare und wiederaufladbare SOC-Region (in welcher die Spannung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie nicht weniger als dessen Untergrenzenspannung ist) der negativen Elektrode **12** mit der niedrigen SOC-Region der positiven Elektrode **11** überlappt. Als Ergebnis ermöglicht dies, das Laden und Entladen der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** bei einem niedrigen Widerstand der positiven Elektrode **11** auszuführen. D. h., die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform stellt den verbesserten Effekt bereit, um fähig zu sein, das unterdrückt wird, dass sich die Batterieleistung in der niedrigen SOC-Region der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** verschlechtert.

(2) Zweiter Effekt

[0107] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform ist der irreversible Kapazitätsverlust der positiven Elektrode **1** bei dessen initialen Laden und Entladen geringer als der irreversible Kapazitätsverlust der negativen Elektrode **12** bei dessen initialen Laden und Entladen.

[0108] Wie zuvor beschrieben, kann der initiale irreversible Kapazitätsverlust der negativen Elektrode **12** die Potentialkurve der negativen Elektrode **12** hin zu der Hochkapazitätsseite verschieben, wie in **Fig. 2** und **Fig. 3** gezeigt. Ähnlich zu der negativen Elektrode **12** tritt das gleiche Phänomen in der positiven Elektrode **11** auf. D. h., der irreversible Kapazitätsverlust der positiven Elektrode **11** wird größer als der der positiven Elektrode **11** und die Hochwiderstandsregion (niedrige SOC-Region) der positiven Elektrode **11** überlappt mit der ladbaren und wiederaufladbaren SOC-Region der negativen Elektrode **12**. Mit anderen Worten verschiebt sich, wie in **Fig. 2** und **Fig. 3** gezeigt, die Potentialkurve der negativen Elektrode **12** hin zu der rechten Seite (um sich dem SOC von 0% anzunehmen). D. h., das Laden und Entladen der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie wird in einer Hochwiderstandsregion (niedrige SOC-Region) der positiven Elektrode **11** ausgeführt. Dies verschlechtert die Batterieleistung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** aufgrund des Widerstands der positiven Elektrode **11**.

[0109] Andererseits, da sie die verbesserte Struktur aufweist, die zuvor beschrieben wurde, kann die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform, das Laden und Entladen in der Niedrigwiderstandsregion zuverlässig ausführen.

(3) Dritter Effekt

[0110] Die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform weist die negative Elektrode **12** auf, die aus Kohlenstoffmaterial hergestellt ist, das fähig ist zum Interkalieren und Deinterkalieren von Lithiumionen. Die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform kann die zuvor beschriebenen Effekte bereitstellen. Ferner kann diese verbesserte Struktur der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** in einfacher Weise die Kapazität der negativen Elektrode **12** einstellen.

(4) Vierter Effekt

[0111] Die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform weist die Untergrenzenspannung (X [V]) innerhalb eines Bereichs von $2,5 \leq X \leq 3,0$ auf und das OCP (ein Ruhepotential) der negativen Elektrode **12** ist nicht weniger als $(2,7 - X)$ [V], wenn die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** die Untergrenzenspannung erreicht.

[0112] Wie zuvor beschrieben, ist die Batteriespannung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** eine Differenz zwischen der Potentialkurve der positiven Elektrode **11** und der Potentialkurve der negativen Elektrode **12**.

[0113] Wenn die Untergrenzenspannung X [V] der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** den Bereich von $2,5 \leq X \leq 3,0$ aufweist, kann die Batteriespannung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** eine Spannung aufweisen, welche nicht weniger als die Untergrenzenspannung von $2,5 \leq X \leq 3,0$ [V] ist. Dies ermöglicht es, dass die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** eine hohe Batterieleistung bereitstellt.

[0114] Ferner wird das OCP der negativen Elektrode **12** in diesen Bereich fallen, wenn die Batteriespannung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie die Untergrenzenspannung erreicht. Dies ermöglicht es, dass die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** lädt und entlädt, selbst wenn die negative Elektrode einen niedrigen Widerstand aufweist.

[0115] **Fig. 4** ist ein Graph, der eine Beziehung von einer Kapazität und einem Potential der positiven Elektrode **11** und der negativen Elektrode **12** zeigt, und eine Spannung der nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform, die in **Fig. 1** gezeigt ist.

[0116] Wie in **Fig. 4** gezeigt, steigt oder fällt das Potential der positiven Elektrode **11** und der negativen Elektrode **12** in der niedrigen SOC-Region. Die Untergrenzenspannung X [V] der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** korrespondiert zu der Potentialdifferenz von 2,5 V, wie in **Fig. 4** gezeigt. Wie in **Fig. 4** gezeigt, variiert der SOC der positiven Elektrode **11**, welche die Potentialdifferenz von 2,5 V bereitstellt, aufgrund der Kapazität

der negativen Elektrode **12**. D. h., wenn das OCP der negativen Elektrode **12** nicht weniger als $(2,7 - X)$ [V] wird, ist es möglich, zu verhindern, dass der SOC der positiven Elektrode **11** mit der Hochwiderstandsregion überlappt, wenn die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** die Untergrenzenspannung X [V] zuverlässig erreicht.

[0117] D. h., diese Struktur ermöglicht es, dass die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** die zuvor beschriebenen verbesserten Effekte bereitstellt.

(5) Fünfter Effekt

[0118] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform ist der bestimmte SOC nicht mehr als 10% SOC. Diese Struktur ermöglicht es, dass die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** die zuvor beschriebenen verbesserten Effekte bereitstellt.

(6) Sechster Effekt

[0119] Die positive Elektrode **11** in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform weist den SOC auf, welcher nicht weniger als der bestimmte SOC ist, wenn die Spannung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** die Untergrenzenspannung erreicht. Diese Struktur ermöglicht es, zu unterdrücken, dass die positive Elektrode **11** deren Hochwiderstandsregion verwendet, wenn die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** lädt und entlädt. Als Ergebnis wird es möglich, dass die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** in deren Niedrigwiderstandszustand zuverlässig lädt und entlädt.

(7) Siebter Effekt

[0120] Die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform verwendet das Lithiumionenübergangsmetalloxid, das eine Struktur aufweist, die durch die Formel $\text{Li}_2\text{Ni}_\alpha\text{M}^1_\beta\text{M}^2_\gamma\text{Mn}_\eta\text{O}_{4-\varepsilon}$ ausgedrückt ist, wobei $0,50 < \alpha \leq 1,33$, $0,33 \leq \gamma \leq 1,1$, $0 \leq \eta \leq 1,00$, $0 \leq \beta \leq 0,67$, $0 \leq \varepsilon \leq 1,00$, wobei M^1 zumindest eines aus Co und Ga ist und M^2 zumindest eines aus Ge, Sn und Sb ist.

[0121] Es ist möglich, die zuvor beschriebenen verbesserten Effekte bereitzustellen, wenn die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** als das Positivelektrodenaktivmaterial das zuvor beschriebene Lithiumionenübergangsmetalloxid verwendet, das durch die zuvor beschriebene Formel ausgedrückt ist.

Zweite exemplarische Ausführungsform

[0122] Eine Beschreibung wird für die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie gemäß der zweiten exemplarischen Ausführungsform mit Bezug auf **Fig. 5** und **Fig. 6** gegeben.

[0123] **Fig. 5** ist eine perspektivische Ansicht, die eine schematische Struktur der nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbaren Batterie gemäß der zweiten und fünften exemplarischen Ausführungsformen zeigt. **Fig. 6** ist eine perspektivische Ansicht, die eine andere schematische Struktur der nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbaren Batterie gemäß der zweiten und fünften exemplarischen Ausführungsformen zeigt. D. h., **Fig. 6** zeigt einen Querschnitt entlang der Linie VI-VI, wie in **Fig. 5** gezeigt.

[0124] Die positive Elektrode **11**, die negative Elektrode **12** und der nicht-wässrige Elektrolyt **13** etc. in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der zweiten exemplarischen Ausführungsform weisen die gleiche Struktur auf wie die in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform.

[0125] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der zweiten exemplarischen Ausführungsform sind die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** in dem Batteriegehäuse **2** beherbergt und versiegelt. D. h., die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der zweiten exemplarischen Ausführungsform weist die gleiche Struktur wie die der ersten exemplarischen Ausführungsform auf.

[0126] Die positive Elektrode **11** weist eine Struktur auf, in welcher die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** auf der Oberfläche des Positivelektrodenstromabnehmers **110** mit einer rechtwinklig-artigen Form gebildet ist. Ein Nicht-Aufbringungsabschnitt **112** (auf welchem keine Positivelektrodenaktivmaterialschicht gebildet ist) ist auf einer Seite der positiven Elektrode **11** mit einer rechtwinkligen Form gebildet, wo der Positivelektrodenstromabnehmer **110** exponiert ist.

[0127] Die negative Elektrode **12** weist eine Struktur auf, in welcher die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** auf beiden Oberflächen des Negativelektrodenstromabnehmers **120** mit einer rechtwinklig-artigen Form gebildet ist. Ein Nicht-Aufbringungsabschnitt **122** (auf welchem keine Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** gebildet ist) ist auf einer Seite der negativen Elektrode **12** mit einer rechtwinkligen Form gebildet, wo der Negativelektrodenstromabnehmer **120** exponiert ist.

[0128] In der Struktur der negativen Elektrode **12** ist die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** in der Fläche größer als die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** der positiven Elektrode **11**. Wenn die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** der negativen Elektrode **12** und die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** übereinander gelegt werden, bedeckt die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** der positiven Elektrode **11** vollständig und die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** ist nicht von der Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** exponiert.

[0129] Die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** sind durch den Separator **14** gestapelt. Die positive Elektrode **11**, die negative Elektrode **12**, der Separator **14** und der nicht-wässrige Elektrolyt **13** sind in dem Batteriegehäuse **2** beherbergt und versiegelt. Das Batteriegehäuse **2** ist aus einem Laminatfilm hergestellt. Der Separator **14** ist in der Fläche größer als die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121**.

[0130] Die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** sind gestapelt, um ein Laminat herzustellen, sodass der Zentralpunkt der Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** mit dem Zentralpunkt der Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** übereinstimmt. In dieser Struktur ist der Nicht-Aufbringungsabschnitt **112** der positiven Elektrode **11** in einer Richtung gegenüber des Nicht-Aufbringungsabschnitts **122** der negativen Elektrode **12** angeordnet.

[Batteriegehäuse]

[0131] Das Batteriegehäuse **2** ist aus dem laminierten Film **20** hergestellt. Der laminierte Film **20** ist aus einer Kunststoffharzschicht **201**, einer Metallfolie **202** und einer Kunststoffharzschicht **203** zusammengesetzt, welche gestapelt wurden, um ein Laminat herzustellen, und weist eine bestimmte Form auf. Das Batteriegehäuse **2** wird hergestellt durch Erweichen der Kunststoffharzschichten **201** und **203** in dem laminierten Film **20** durch die Verwendung von Wärmeenergie oder Lösungsmittel, und Pressen des erweichten laminierten Films **20** auf einen anderen laminierten Film, welcher erweicht wurde. Dieser Prozess bindet den laminierten Film **20** und einen anderen laminierten Film zusammen.

[0132] Das Batteriegehäuse **2** wird hergestellt durch Stapeln der laminierten Filme **20** mit der bestimmten Form, um die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** zu beherbergen, und Binden des Randbereichs des äußeren Umfangs der laminierten Filme **20**, um die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** in dem Batteriegehäuse **2** zu versiegeln. Die zweite exemplarische Ausführungsform führt einen Wärmeversiegelungsprozess bei der äußeren Umgebung der laminierten Filme **20** durch, um das Batteriegehäuse **20** vollständig zu versiegeln.

[0133] D. h., das Batteriegehäuse **2** wird hergestellt durch Übereinanderlagern des laminierten Films (erster laminierte Film) **20** und eines anderen laminierten Films (zweiter laminierte Film **20**). Der zweite laminierte Film **20** indiziert einen laminierten Film, der wärmeversiegelt wird. Es ist auch akzeptabel, einen einzelnen laminierten Film zu verwenden, um das Batteriegehäuse herzustellen.

[0134] Der Prozess des Wärmeversiegelns der äußeren Umgebung des Batteriegehäuses **2** wird in einer druckreduzierten Atmosphäre (oder in Vakuum) oder in einer Inertgasatmosphäre (in Edelgas, bevorzugt Argon-Atmosphäre) ausgeführt. Dieser Prozess verhindert, dass Material, welches die Elektrodenleistung verschlechtern würde, in das Innere des Batteriegehäuses **2** eindringt oder hineingelangt. Demgemäß werden die Elektroden, wie etwa die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12**, vollständig innerhalb des Batteriegehäuses **2** ohne Luft (und Feuchtigkeit, die in der Luft beinhaltet ist) versiegelt.

[0135] Wie in **Fig. 5** und **Fig. 6** gezeigt, weist der laminierte Film **20**, welcher hergestellt wurde, einen Plattenabschnitt **21** und ein geprägtes Teil **23** mit einer Bad-Form auf. Dieser Plattenabschnitt **21** bildet einen versiegelten Abschnitt zwischen dem laminierten Film **20** mit einem anderen laminierten Film **20**, welche gestapelt wurden. Das geprägte Teil **23** ist bei einem Zentralabschnitt des laminierten Films **20** gebildet und beherbergt die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12**.

[0136] Wie in **Fig. 5** und **Fig. 6** gezeigt, sind die beiden laminierten Filme **20** gebildet, um den geprägten Teil **23** aufzuweisen, um die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** zu beherbergen. Wenn die beiden laminierten Filme **20** die gleiche Form aufweisen und vollständig angrenzend miteinander gestapelt sind, überlappen die beiden Plattenteile **21** vollständig ohne Versatz.

[0137] In den laminierten Filmen **20** sind der Plattenabschnitt **21** und ein Bodenabschnitt **23A** des geprägten Teils **23** (als die Bad-Form) parallel zueinander gebildet. Der Bodenabschnitt **23A** korrespondiert zu dem Randteil in der Stapelrichtung in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der zweiten exemplarischen Ausführungsform.

[0138] Der Plattenabschnitt **21** ist mit dem Bodenabschnitt **23A** des geprägten Teils **23** durch einen geneigten Abschnitt **23B** verbunden. Der geneigte Abschnitt **23B** erstreckt sich in eine Richtung (geneigte Richtung), welche eine Richtung parallel zu dem Plattenabschnitt **21** und dem Bodenabschnitt **23A** kreuzt. Der Bodenabschnitt **23A** ist kleiner als ein Öffnungsabschnitt gebildet (welcher an einem Randabschnitt innerhalb des Plattenabschnitts **21** des geprägten Teils **23** gebildet ist).

[0139] In dem Batteriegehäuse **2** ist ein Versiegelungsabschnitt **22** an der äußeren Umgebung der beiden Plattenabschnitte **21** gebildet. Ein Nicht-Versiegelungsabschnitt ist im Inneren (zu der Richtung nahe des Elektrolyten) des Versiegelungsabschnitts **22** gebildet. In dem Nicht-Versiegelungsabschnitt überlappen sich die Plattenabschnitte **21** gegeneinander. Es ist akzeptabel, in Kontakt mit dem Nicht-Versiegelungsabschnitt zu sein, in welchem die Plattenabschnitte **21** überlappen, oder eine Lücke in diesem Nicht-Versiegelungsabschnitt zu bilden.

[0140] Ferner ist es akzeptabel, die Nicht-Aufbringungsabschnitte **112** und **122** der Elektrodenplatten (die Platte der positiven Elektrode **11** und die Platte der negativen Elektrode **12**) und den Separator **14** in den Nicht-Versiegelungsabschnitt anzuordnen. Die laminierten Filme **20** werden vorab geformt, um die in **Fig. 5** und **Fig. 6** gezeigte Form anzunehmen. Es ist möglich, die laminierten Filme **20** durch die Verwendung eines herkömmlichen Formgebungsverfahrens zu formen. In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** sind die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** zu einem Positivelektrodenanschluss **25** bzw. einem Negativelektrodenanschluss **26** verbunden.

[Elektrodenanschluss]

[0141] Der Positivelektrodenanschluss **25** ist elektrisch zu dem Nicht-Aufbringungsabschnitt **112** der positiven Elektrode **11** verbunden. In ähnlicher Weise ist der Negativelektrodenanschluss **26** elektrisch zu dem Nicht-Aufbringungsabschnitt **12** der negativen Elektrode **12** verbunden.

[0142] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform sind der Positivelektrodenanschluss **25** und der Negativelektrodenanschluss **26** zu dem Nicht-Aufbringungsabschnitt **112** der positiven Elektrode **11** und dem Nicht-Aufbringungsabschnitt **122** der negativen Elektrode **12** jeweils durch Schweißen verbunden.

[0143] Das Zentralteil in einer Breitenrichtung des Nicht-Aufbringungsabschnitts **112** der positiven Elektrode **11** und des Nicht-Aufbringungsabschnitts **122** der negativen Elektrode **12** ist mit dem Positivelektrodenanschluss **25** bzw. dem Negativelektrodenanschluss **26** verbunden.

[0144] Ein Teil von sowohl dem Positivelektrodenanschluss **25** als auch dem Negativelektrodenanschluss **26**, welche das Batteriegehäuse **2** durchdringen und nach Außerhalb exponiert sind, ist mittels eines Abdichtmittels **24** gebunden, um die Kunststoffharzschicht **201** des laminierten Films **20** und die Elektrodenanschlüsse **25** und **26** vollständig zu versiegeln.

[0145] Sowohl der Positivelektrodenanschluss **25** als auch der Negativelektrodenanschluss **26** sind aus einem Metallsheet hergestellt. Das Abdichtmittel **24** bedeckt den Teil, bei welchem der Positivelektrodenanschluss **25** und der Negativelektrodenanschluss **26** mit dem Plattenabschnitt **21** überlappen. Da sowohl der Positivelektrodenanschluss **25** als auch der Negativelektrodenanschluss **26** eine Sheet-ähnliche Form aufweisen, macht es diese Struktur möglich, Stress zu reduzieren, welcher den laminierten Film **20** bei dem Teil deformiert, in welchem der Positivelektrodenanschluss **25** und der Negativelektrodenanschluss **26** das Batteriegehäuse **2** durchdringt. Es ist auch möglich, die Nicht-Aufbringungsabschnitte **112** von der positiven Elektrode **11** und den Positivelektrodenanschluss **25** einfach zu schweißen und die Nicht-Aufbringungsabschnitte **122** von der negativen Elektrode **12** und den Negativelektrodenanschluss **26** zu schweißen.

[0146] Es ist bevorzugt, dass die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** eines Laminat-Typs gemäß der zweiten exemplarischen Ausführungsform ein Arretierungselement aufweist, welches fähig ist zum Unterdrücken, dass sich die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** voneinander trennen. Die Verwendung des Arretierungselements macht es möglich, zu unterdrücken, dass sich eine Distanz zwischen der positiven Elektrode **11** und der negativen Elektrode **12** in einer Stapelrichtung verlängert.

[0147] Falls die Distanz zwischen der positiven Elektrode **11** und der negativen Elektrode **12** verlängert ist, steigt eine Diffusionslänge der Elektrolytionen an und als Ergebnis erhöht dies einen inneren Widerstand der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1**. Die Verwendung des Arretierungselements kann unterdrücken, dass sich die Distanz zwischen der positiven Elektrode **11** und der negativen Elektrode **12** verringert.

[0148] Zum Beispiel ist es möglich, als das Arretierungselement ein Element zu verwenden, das ein Paar von Spannvorrichtungen aufweist, welche in Kontakt mit den beiden Umgebungsoberflächen in der Stapelrichtung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** eines Laminat-Typs sind. Es ist akzeptabel, als das Arretierungselement ein Element, das ein Paar von Spannvorrichtungen aufweist, welche fähig sind zum Zusammenpressen der äußeren Umgebungsoberfläche der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** eines Laminat-Typs, oder ein Element zu verwenden, das ein Paar von Spannvorrichtungen aufweist, welche fähig sind zum Unterdrücken, dass die Dicke der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** eines Laminat-Typs ansteigt. Es ist auch akzeptabel, als das Arretierungselement ein Außengehäuse zu verwenden, das eine bestimmte Festigkeit zum Beherbergen der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** eines Laminat-Typs aufweist.

[Effekte]

[0149] Die Form der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der zweiten exemplarischen Ausführungsform unterscheidet sich von der der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform. Zusätzlich weist die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der zweiten exemplarischen Ausführungsform, die die zuvor beschriebene verbesserte Struktur aufweist, die gleichen Effekte und das gleiche Verhalten wie die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** eines Laminat-Typs gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform auf.

Dritte exemplarische Ausführungsform

[0150] Eine Beschreibung wird für die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie gemäß der dritten exemplarischen Ausführungsform mit Bezug auf **Fig. 7** gegeben. **Fig. 7** ist eine Ansicht, die eine schematische Querschnittsansicht der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** als eine nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der dritten und sechsten exemplarischen Ausführungsformen zeigt. Die sechste exemplarische Ausführungsform wird später beschrieben.

[0151] Die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der dritten exemplarischen Ausführungsform ist eine Knopfzellen-förmige wiederaufladbare Batterie. Sowohl die positive Elektrode **11**, die negative Elektrode **12** als auch der nicht-wässrige Elektrolyt **13** in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der dritten exemplarischen Ausführungsform weisen die gleiche Struktur auf wie die der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform.

[0152] In der Struktur der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der dritten exemplarischen Ausführungsform beherbergt das Batteriegehäuse **3** die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12**. Das heißt, die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** sind in dem Batteriegehäuse **3** versiegelt. Andere Komponenten der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der dritten exemplarischen Ausführungsform weisen die gleiche Struktur auf wie die gemäß der ersten und zweiten exemplarischen Ausführungsformen, wie nachfolgend erklärt.

[0153] Spezifisch weist die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der dritten exemplarischen Ausführungsform die positive Elektrode **11**, die negative Elektrode **12**, den nicht-wässrigen Elektrolyt **13**, den Separator **14**, ein Positivelektrodengehäuse **31**, ein Negativelektrodengehäuse **32**, ein Versiegelungselement **33** und ein Trägerelement **34** auf.

[0154] In der Struktur der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der dritten exemplarischen Ausführungsform sind eingebaute Komponenten durch das Positivelektrodengehäuse **31** und das Negativelektrodengehäuse **32** komplett versiegelt. Mit anderen Worten beherbergen das Positivelektrodengehäuse **31** und das Negativelektrodengehäuse **32** die eingebauten Komponenten. Die eingebauten Komponenten enthalten

die positive Elektrode **11**, die negative Elektrode **12**, den nicht-wässrigen Elektrolyt **13**, den Separator **14** und das Trägerelement **34**. Zum Beispiel ist es möglich, eine Dichtung als das Versiegelungselement **33** zu verwenden.

[0155] Wie in **Fig. 7** gezeigt, sind die positive Elektrode **11**, der Separator **14** und die negative Elektrode **12** in dem Positivelektrodengehäuse **31** und dem Negativelektrodengehäuse **32** angeordnet, sodass die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** mittels des Separators **14** der Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** gegenüberliegt.

[0156] Wie in **Fig. 7** gezeigt, ist die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** in Oberflächenkontakt mit und elektronisch verbunden zu dem Positivelektrodenstromabnehmer **110** in dem Positivelektrodengehäuse **31** angeordnet. In ähnlicher Weise ist die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** in Oberflächenkontakt mit und elektrisch verbunden zu dem Negativelektrodenstromabnehmer **120** in dem Negativelektrodengehäuse **32** angeordnet.

[Effekte]

[0157] Die Form der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der dritten exemplarischen Ausführungsform unterscheidet sich von der der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform. Die Komponenten und das Verhalten der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der dritten exemplarischen Ausführungsform sind die gleichen wie die von der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform.

[0158] Es ist möglich, die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der zweiten und dritten exemplarischen Ausführungsformen auf Laminat-Typ Batterien oder Knopfzellen-förmigen Batterien anzuwenden. Allerdings ist das Konzept der vorliegenden Erfindung nicht auf diese beschränkt. Es ist möglich, die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** auf verschiedene Arten von Batterien anzuwenden, wie etwa zylindrisch-geformte Arten, ein prismatisch-geformte Art etc. Es ist auch akzeptabel, Lithiumionen-wiederaufladbare Batterien in Reihe oder parallel miteinander kombiniert zusammenzustellen.

Ausführungsformen

[0159] Eine Beschreibung wird nun für ein Verfahren zum Anfertigen eines Positivelektrodenaktivmaterials und eines Negativelektrodenaktivmaterials und zum Herstellen einer positiven Elektrode, einer negativen Elektrode und von Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterien gemäß der ersten bis fünften Beispiele und der ersten bis dritten Vergleichsbeispiele gegeben.

Erstes Beispiel

(Positive Elektrode)

[0160] Eine wässrige Lösung wurde angefertigt, welche Metallkomplexe von jeweils Li, Ni, Mn und Sn enthält. Die angefertigte Lösung von Metallkomplexen wurde eingestellt, um eine chemische Zusammensetzung eines Zielpositivelektrodenmaterials aufzuweisen. Das heißt, die angefertigte Lösung von Metallkomplexen war so eingestellt, dass ein Atomverhältnis von Li:Ni:Mn:Sn gleich 2:1,0,67:0,33 ist.

[0161] Die angefertigte Lösung von Metallkomplexen wurde in einem Trockenofen getrocknet und erwärmt, um organische Komponenten von der erhaltenen Lösung zu entfernen. Nach diesem Prozess wurde das erhaltene Material kalziniert und gesintert. Diese Prozesse stellten ein Positivelektrodenaktivmaterial ($\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$ Pulver) gemäß dem ersten Beispiel her.

[0162] Als nächstes wurden 91 Massenteile des Positivelektrodenaktivmaterials, 6 Massenteile des leitfähigen Materials, 6 Massenteile eines Bindemittels zu N-Methylpyrrolidon (NMP) zugegeben und miteinander gemischt, um eine Aufschlämmung einer Positivelektrodenmischung herzustellen. Acetylschwarz wurde als das leitfähige Material verwendet. Polyvinylidendifluorid (PVDF) wurde als das Bindemittel verwendet. Die erhaltene Positivelektrodenmischung wurde auf die beiden Oberflächen eines aus einer Aluminiumfolie hergestellten Stromabnehmers mit einer Dicke von 15 μm aufgebracht. Der erhaltene Stromabnehmer wurde getrocknet und mit einem bestimmten Druck gepresst, um die positive Elektrode **11** gemäß dem ersten Beispiel herzustellen.

[0163] Das im ersten Beispiel verwendete Positivelektrodenaktivmaterial korrespondiert zu einem Lithiumionenübergangsmetalloxid ($\text{Li}_{2-x}\text{Ni}_\alpha\text{M}^1_\beta\text{M}^2_\gamma\text{O}_{4-\varepsilon}$, wobei $x = 0$, $\alpha = 1$, $\beta = 0$, $\gamma = 1$ ($= 0,67 + 0,33$), M^2 : Mn und Sn, und $\varepsilon = 0$).

(Negative Elektrode)

[0164] 98 Massenteile Graphitpulver, 1 Massenteil Styrol-Butadien-Gummi (SBR) als ein Bindemittel und 1 Massenteil Carboxymethylcellulose (CMC) als ein anderes Bindemittel wurden zu Wasser zugegeben und miteinander gemischt, um eine Aufschlammung einer Negativelektrodenmischung herzustellen. Die CMC als das Bindemittel wurde in Wasser gelöst und ein Festgehalt der CMC in Wasser war 1 Massenteil. Die erhaltene Negativelektrodenmischung wurde auf die beiden Oberflächen eines aus Kupferfolie hergestellten Stromabnehmers mit einer Dicke von 10 μm aufgebracht. Der erhaltene Negativelektrodenstromabnehmer wurde getrocknet und mit einem bestimmten Druck gepresst, um die negative Elektrode **12** gemäß der ersten bis fünften Beispiele herzustellen.

[0165] Die Negativelektrodenmischung wurde auf die beiden Oberflächen des aus einer Kupferfolie hergestellten Stromabnehmers aufgebracht, sodass eine Aufbringungsmenge der Negativelektrodenmischung und die Kapazitätsrate (die Kapazität der negativen Elektrode **12**/die Kapazität der positiven Elektrode **11**) pro Flächeneinheit 1,1 wurde.

(Nicht-wässriger Elektrolyt)

[0166] Eine Lösung wurde als der nicht-wässrige Elektrolyt **13** angefertigt, welche eine gemischte Lösung enthielt, in welcher 1 Mol-% LiPF_6 in einem gemischten Lösungsmittel mit einer Beziehung von Ethylencarbonat (EC):Diethylcarbonat (DCE) von 30:70 (Vol-%) gemischt war. 2 Massen-% Vinylencarbonat (VC) wurde zu dem nicht-wässrigen Elektrolyt **13** zugegeben, wenn die Gesamtheit des nicht-wässrigen Elektrolyten 100 Massen-% war.

(Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie oder Sekundärbatterie)

[0167] Wie zuvor im Detail beschrieben, weist die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** die Struktur auf, in welcher die positive Elektrode **11**, der Separator **14** und die negative Elektrode **12** in dieser Reihenfolge gestapelt sind. Diese gestapelten Komponenten machen einen Stapelkörper aus. Der erhaltene Stapelkörper und der nicht-wässrige Elektrolyt **13** werden mit dem nicht-wässrigen Elektrolyten **13** in dem Batteriegehäuse **2** eines Laminat-Typs beherbergt, spezifisch nach dem Injizieren des nicht-wässrigen Elektrolyten **13** in das Batteriegehäuse **2**, in welchem der Stapelkörper gelagert ist. Nach diesem Prozess wurde das Batteriegehäuse **2** unter Verwendung von Wärmeversiegelung vollständig versiegelt. Die Anzahl an Stapelkörpern, die in dem Batteriegehäuse **2** beherbergt sind, wird eingestellt, um eine Batteriekapazität von 3 [Ah] aufzuweisen, wobei jeder der Stapelkörper aus der positiven Elektrode **11**, dem Separator **14** und der negativen Elektrode **12** besteht.

[0168] Ein poröser, aus Polyethylen hergestellter Film mit einer Dicke von 25 μm wurde als der Separator **14** verwendet.

[0169] Das Batteriegehäuse **2** ist aus einem Laminatfilm **20** hergestellt, der aus einer Polypropylenschicht **201**, einer Aluminiumfolie **202** und einer Polyethylenterephthalatschicht **203** besteht.

[0170] Nach dem zuvor beschriebenen Zusammenbauen wurde ein CC-Laden (Konstantstromladen) der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** bei Raumtemperatur bis zu der 4,1 [V]-Ladeendspannung ausgeführt und ein CC-Entladen (Konstantstromentladen) davon wurde bei Raumtemperatur bis zu der 2,5 [V] Entladeendspannung ausgeführt. D. h., die Aktivierung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** wurde durch Laden und Entladen bei $1/3 \text{ C} \times 5$ Zyklen ausgeführt.

Zweites Beispiel

[0171] Die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** wurde als das zweite Beispiel verwendet, wobei ein Verhältnis einer Menge der Negativelektrodenmischung aufgebracht wurde und eine Kapazitätsrate (die Kapazität der negativen Elektrode **12**/die Kapazität der positiven Elektrode **11**) pro Flächeneinheit 1,2 wurde. Andere Komponente der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem zweiten Beispiel sind die gleichen wie die der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem ersten Beispiel.

Drittes Beispiel

[0172] Die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** wurde als das dritte Beispiel verwendet, wobei ein Verhältnis einer Menge der Negativelektrodenmischung aufgebracht wurde und eine Kapazitätsrate (die Kapazität der negativen Elektrode **12**/die Kapazität der positiven Elektrode **11**) pro Flächeneinheit 1,4 wurde. Andere Komponenten der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem dritten Beispiel sind die gleichen wie die der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem ersten Beispiel.

Erstes Vergleichsbeispiel

[0173] Die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** wurde als das erste Vergleichsbeispiel verwendet, wobei ein Verhältnis der Menge der Negativelektrodenmischung aufgebracht wurde und eine Kapazitätsrate (die Kapazität der negativen Elektrode **12**/die Kapazität der positiven Elektrode **11**) pro Flächeneinheit 1,0 wurde. Andere Komponenten der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem ersten Vergleichsbeispiel sind die gleichen wie die der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem ersten Beispiel.

Viertes Beispiel

[0174] Die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** verwendete als das Positivelektrodenaktivmaterial ein Pulver mit einer chemischen Zusammensetzung, die durch die Formel $\text{Li}_2\text{Ni}_{0,67}\text{Co}_{0,67}\text{Mn}_{0,33}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$ ausgedrückt ist. Andere Komponenten der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem vierten Beispiel sind die gleichen wie die der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem ersten Beispiel.

[0175] Das Positivelektrodenaktivmaterial wurde durch die Verwendung der Metallkomplexmischungslösung hergestellt, die ein Atomverhältnis von Li:Ni:Co:Mn:Sn von 2:0,67:0,67:0,33:0,33 aufweist.

[0176] Das im vierten Beispiel verwendete Positivelektrodenaktivmaterial korrespondiert zu dem Lithiumionenübergangsmetalloxid, das durch die Formel $\text{Li}_{2-x}\text{Ni}_\alpha\text{M}_\beta^1\text{M}_\gamma^2\text{O}_{4-\varepsilon}$ ausgedrückt ist, wobei $x = 0$, $\alpha = 0,67$, $\text{M}^1:\text{Co}$, $\beta = 0,67$, $\gamma = 0,66 (= 0,33 + 0,33)$, $\text{M}^2:\text{Mn}$ und Sn , und $\varepsilon = 0$.

Zweites Vergleichsbeispiel

[0177] Das zweite Vergleichsbeispiel verwendete als das Positivelektrodenaktivmaterial ein Pulver mit einer chemischen Zusammensetzung, die durch die Formel $\text{Li}_2\text{Ni}_{0,67}\text{Co}_{0,67}\text{Mn}_{0,33}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$ ausgedrückt ist. Andere Komponenten der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem zweiten Vergleichsbeispiel waren die gleichen wie die der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem ersten Vergleichsbeispiel.

[0178] Die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie gemäß dem zweiten Vergleichsbeispiel und die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß dem vierten Beispiel verwendeten das gleiche Positivelektrodenaktivmaterial.

Fünftes Beispiel

[0179] Das fünfte Beispiel verwendete als das Positivelektrodenaktivmaterial ein Pulver mit einer chemischen Zusammensetzung, die durch die Formel $\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Ge}_{0,33}\text{O}_4$ ausgedrückt ist. Andere Komponenten der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem fünften Beispiel sind die gleichen wie die der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem ersten Beispiel.

[0180] Bei der Herstellung des Positivelektrodenaktivmaterials, das in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem fünften Beispiel verwendet wurde, wurde eine Lösung angefertigt, welche Metallkomplexe von jeweils Li, Ni, Mn und Ge enthält. Die angefertigte Lösung von Metallkomplexen wurde eingestellt, um eine chemische Zusammensetzung des Zielpositivelektrodenmaterials aufzuweisen. Das heißt, die angefertigte Lösung von Metallkomplexen wurde eingestellt, sodass ein Atomverhältnis Li:Ni:Mn:Ge gleich 2:1:0,67:0,33 wird. Ähnlich zu dem ersten Beispiel wurde die angefertigte Lösung von Metallkomplexen in einem Trockenofen getrocknet und erwärmt, um organische Komponenten von der erhaltenen Lösung zu entfernen. Danach wurde das erhaltene Material kalziniert und gesintert. Diese Prozesse stellten das Positivelektrodenaktivmaterial her ($\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Ge}_{0,33}\text{O}_4$ Pulver).

[0181] Das im fünften Beispiel verwendete Positivelektrodenaktivmaterial korrespondiert zu einem Lithiumionenübergangsmetalloxid ($\text{Li}_{2-x}\text{Ni}_\alpha\text{M}^1_\beta\text{M}^2_\gamma\text{O}_{4-\varepsilon}$, wobei $x = 0$, $\alpha = 1$, $\beta = 0$, $\gamma = 1,00 (= 0,67 + 0,33)$, M^2 :Mn und Ge, und $\varepsilon = 0$).

Drittes Vergleichsbeispiel

[0182] Das dritte Vergleichsbeispiel verwendete als das Positivelektrodenaktivmaterial ein Pulver mit einer chemischen Zusammensetzung, die durch die Formel $\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Ge}_{0,33}\text{O}_4$ ausgedrückt ist. Andere Komponenten der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem dritten Vergleichsbeispiel waren die gleichen wie die der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem ersten Vergleichsbeispiel.

[Evaluation]

[0183] Eine Beschreibung wird nun zur Evaluierung von jedem der ersten bis fünften Beispiele und der ersten und dritten Vergleichsbeispiele gegeben.

[0184] Vor der Evaluation der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der ersten bis fünften Beispiele und der ersten bis dritten Vergleichsbeispiele wurde die Leistung von deren positiver Elektrode **11** und deren negativer Elektrode **12** evaluiert.

[0185] Die Evaluation von sowohl der positiven Elektrode **11** als auch der negativen Elektrode **12** wurde unter Verwendung einer Testzelle eines Halbzellen-Typs ausgeführt. Das folgende Messverfahren wird für die positive Elektrode **11** erklärt. Es ist möglich, die Leistungs der negativen Elektrode **12** durch die Verwendung des gleichen folgenden Messverfahrens zu evaluieren.

[0186] Die Testzelle eines Halbzellen-Typs weist eine Struktur der Knopfzellen-Typ Batterie gemäß der dritten exemplarischen Ausführungsform auf, die in **Fig. 7** gezeigt ist. Bei der Evaluation der positiven Elektrode **11** wurde metallisches Lithium als die negative Elektrode **12** verwendet. In ähnlicher Weise wurde auch bei der Evaluation der negativen Elektrode **12** metallisches Lithium als die positive Elektrode **12** verwendet.

[0187] Die Testzelle eines Halbzellen-Typs verwendete den nicht-wässrigen Elektrolyten **13**, welcher in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der ersten bis fünften Beispiele und der ersten bis dritten Vergleichsbeispiele verwendet wurde.

[0188] Nach dem Zusammenbauen, wurde das CC-Laden der Testzelle eines Halbzellen-Typs, die zur Evaluation der positiven Elektrode **11** zu verwenden ist, bei Raumtemperatur bis zu der 4,3 [V] Ladendspannung ausgeführt und dessen CC-Entladen wurde bei Raumtemperatur bis zu der 3,0 [V] Entladeendspannung ausgeführt. Die Aktivierung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** wurde durch $1/3 \text{ C} \times 5$ Zyklen ausgeführt.

[0189] In ähnlicher Weise zu der Evaluation der positiven Elektrode **11**, wie zuvor beschrieben, wurde nach dem Zusammenbauen das CC-Entladen der Testzelle vom Halbzellen-Typ, die zur Evaluation der negativen Elektrode **12** zu verwenden ist, bei Raumtemperatur bis zu der 0,01 [V] Entladeendspannung ausgeführt und dessen CC-Laden wurde bei Raumtemperatur bis zu der 2,0 [V] Ladendspannung ausgeführt. Die Aktivierung der positiven Elektrode **11** wurde bei $1/10 \text{ C} \times 5$ Zyklen ausgeführt.

[0190] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der ersten bis fünften Beispiele und der ersten bis dritten Vergleichsbeispiele, die zu evaluieren sind, wurde die positive Elektrode **11** als eine Arbeitselektrode (WE) und die negative Elektrode **12** als eine Gegenelektrode (CE) verwendet, und eine aus Lithiummetall hergestellte Referenzelektrode (RE) wurde verwendet, um eine Dreielektroden-Typ-Zelle zu bilden.

[0191] Nach dem Zusammenbauen der Dreielektroden-Typ-Zelle wurde die Aktivierung der Dreielektroden-Typ-Zelle bei Raumtemperatur bei $1/3 \text{ C} \times 5$ Zyklen ausgeführt, d. h. dessen CC-Laden wurde bis zu der 4,1 [V] Ladendspannung ausgeführt und dessen CC-Entladen wurde bis zu der 2,5 [V] Entladeendspannung ausgeführt.

(Messung von Kapazität der positiven Elektrode)

[0192] Das Laden und Entladen der Testzelle eines Halbzellen-Typs wurde bei der Rate von $1/3 \text{ C}$ CC ausgeführt. Das CC-Laden davon wurde bis zu der 4,3 V Ladendspannung ausgeführt und das CC-Entladen da-

von wurde bis zu der 2,0 V Entladeendspannung ausgeführt. Die erhaltene Endladekapazität wurde als die Batteriekapazität der Testzelle und die Kapazität der positiven Elektrode **11** verwendet. Tabelle 1 zeigt die Messergebnisse dieser Testzellen eines Halbzellen-Typs.

(Bestätigung von Potential-Batteriekapazität von positiver Elektrode)

[0193] Das CC-Laden von jeder Testzelle eines Halbzellen-Typs gemäß der ersten bis fünften Beispiele und der ersten bis dritten Vergleichsbeispiele wurde bei der Rate von 1/3 C bis zu der 4,3 V Ladeendspannung ausgeführt, um einen vollaufgeladenen Zustand davon zu erreichen. Nach diesem Laden wurde das CC-Entladen einer bestimmten Kapazität von jeder Testzelle ausgeführt, um einen Ziel-SOC-Wert zu erreichen. Nach dem Einstellen des SOC wurde ein Potential von jeder Elektrode bei dem bestimmten SOC evaluiert, um eine Beziehung im Potential zwischen dem Positivelektrodenpotential und dem SOC der positiven Elektrode zu erhalten. **Fig. 2** und **Fig. 3** zeigen die Graphen bezüglich der evaluierten Beziehung.

(Bestätigung von Positivelektrodenwiderstand)

[0194] Das CC-Laden von jeder Testzelle eines Halbzellen-Typs gemäß der ersten bis fünften Beispiele und der ersten bis dritten Vergleichsbeispiele wurde bei der Rate 1/3 C bis zu der 4,3 [V] Ladeendspannung ausgeführt, um einen vollaufgeladenen Zustand zu erreichen. Nach diesem Laden wurde das CC-Entladen einer bestimmten Kapazität von jeder Testzelle ausgeführt, um einen Ziel-SOC-Wert zu erreichen. Nach dem Einstellen des SOC wurde jede Testzelle bei der Rate von 1/2 C geladen und ein Spannungswert von jeder Testzelle nach dem Verstreichen von 10 Sekunden wurde gemessen. In ähnlicher Weise wurde jede Testzelle bei 1 C und 3 C geladen und ein Spannungswert von jeder Testzelle nach dem Verstreichen von 10 Sekunden wurde gemessen. Ein Widerstand von jeder Testzelle wurde durch ein Least-Rectangle-Verfahren unter Verwendung des Ladestromwerts und der gemessenen Spannung von jeder Testzelle berechnet. Der berechnete Widerstandswert indiziert den Widerstand von jeder Testzelle, d. h. den Widerstand der positiven Elektrode **11**. Tabelle 1 zeigt den Widerstand der positiven Elektrode **11** von jeder Testzelle als die Berechnungsergebnisse.

(Bestätigung von Widerstandsrate von positiver Elektrode)

[0195] Ein Eingabewiderstand von jeder Testzelle eines Halbzellen-Typs gemäß der ersten bis fünften Beispiele und der ersten bis dritten Vergleichsbeispiele wurde bei 0% SOC eines Einzelpols (d. h. der Widerstand der positiven Elektrode **11** für jede Testzelle) gemessen. Ferner wurde ein Eingabewiderstand von jeder Testzelle eines Halbzellen-Typs bei 10% SOC des Einzelpols (d. h. der Widerstand der positiven Elektrode **11** von jeder Testzelle) gemessen. Eine Widerstandsrate zwischen den zwei Widerstandswerten der positiven Elektrode **11**, wenn der SOC 0% war und 10% war, wurde berechnet. Tabelle 1 zeigt diese Berechnungsergebnisse der Widerstandsrate. Der 10% SOC korrespondiert zu einem SOC, welcher nicht weniger als der zuvor beschriebene bestimmte SOC ist.

(Kapazitätsrate (die Kapazität der negativen Elektrode **12**/die Kapazität der positiven Elektrode **11**))

[0196] In ähnlicher Weise zu dem Verfahren des Messens der Kapazität der positiven Elektrode wurde die Kapazität der negativen Elektrode **12** von jedem der ersten bis fünften Beispiele und der ersten bis dritten Vergleichsbeispiele gemessen. Ferner wurde eine Kapazitätsrate (die Kapazität der negativen Elektrode **12**/die Kapazität der positiven Elektrode **11**) berechnet. Tabelle 1 zeigt diese Berechnungsergebnisse der Kapazitätsrate.

(Messung von Batteriekapazität von Lithiumionen-wiederaufladbarer Batterie)

[0197] Das Laden und Entladen der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie gemäß der ersten bis fünften Beispiele und der ersten bis dritten Vergleichsbeispiele wurde bei einer Rate von 1/3 C ausgeführt. Das heißt, das CC-Laden davon wurde bis zu der 4,1 [V] Ladeendspannung ausgeführt und das CC-Entladen wurde bis zu der 2,5 [V] Entladeendspannung ausgeführt.

(Bestätigung von Widerstand der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie)

[0198] Das CC-Laden von jedem der ersten bis fünften Beispiele und der ersten bis dritten Vergleichsbeispiele wurde bei der Rate von 1/3 C bis zu der 4,1 [V] Ladeendspannung ausgeführt, um den vollaufgeladenen Zustand davon zu erreichen. Danach wurde das CC-Entladen der bestimmten Kapazität von jedem Beispiel ausgeführt, um den Ziel-SOC zu erhalten. Nach dem Einstellen des SOC von jedem Beispiel wurde das Ent-

laden bei der Rate von $1/2$ C für 10 Sekunden ausgeführt. Nach dem Verstreichen von 10 Sekunden wurde eine Batteriespannung von jedem Beispiel gemessen. In ähnlicher Weise wurde eine Spannung von jedem Beispiel bei der Rate von 1 C und 3 C gemessen und ein Wert von jedem Beispiel nach dem Verstreichen von 10 Sekunden wurde gemessen. Ein Widerstand von jedem Beispiel wurde durch das Least-Rectangle-Verfahren unter Verwendung des Ladestromwerts und der gemessenen Spannung von jedem Beispiel berechnet. Der berechnete Widerstandswert indiziert den Widerstand der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie gemäß dem jeweiligen Beispiel.

(Bestätigung von Widerstandsrate von Lithiumionen-wiederaufladbarer Batterie)

[0199] Ein Eingabewiderstand von jedem Beispiel wurde bei 10% von deren SOC gemessen. Ferner wurde ein Eingabewiderstand von jedem Beispiel bei 0% von deren SOC gemessen. Eine Widerstandsrate von jedem Beispiel wurde auf der Basis der gemessenen Widerstände berechnet. Beispiel 1 zeigt die Berechnungsergebnisse der Widerstandsrate von jedem Beispiel.

(SOC von positiver Elektrode)

[0200] Ein SOC der positiven Elektrode von jedem Beispiel als eine Dreielektroden-Typ-Zelle wurde gemessen, wenn der SOC von jedem Beispiel 0% war. Tabelle 1 zeigt den gemessenen SOC der positiven Elektrode von jedem Beispiel.

(Irreversibler Kapazitätsverlust)

[0201] Eine Beziehung im irreversiblen Kapazitätsverlust zwischen der positiven Elektrode und der negativen Elektrode der Testzellen eines Halbzellen-Typs wurden verglichen. Tabelle 1 zeigt die Vergleichsergebnisse von deren Beziehung.

(OCP von negativer Elektrode)

[0202] Ein OCP der negativen Elektrode von jedem Beispiel als eine Dreielektroden-Typ-Zelle wurde gemessen, wenn der SOC von jedem Beispiel 0% war. Tabelle 1 zeigt den gemessenen OCP der negativen Elektrode von jedem Beispiel.

Beispiele	Positivelektroden- aktivmaterial	Kapazitätsrate (Kapazität von negativer Elektrode / Kapazität von positiver Elektrode)	Positiv- elektroden- wider- standsrate	Wider- standsrate von Lithium- Ionen- wieder- aufladbarer Batterie	Unter- grenzen- spannung von Lithium- Ionen- wieder- aufladbarer Batterie	SOC von positiver Elektrode	Irreversibler Kapazitäts- verlust	OCP von negativer Elektrode
erstes Beispiel	$\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$	1,1	2,8	1,3	2,5V	10%	N > P	0,22V
zweites Beispiel	$\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$	1,2	2,8	1,1	2,5V	11%	N > P	0,22V
drittes Beispiel	$\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$	1,4	2,8	1,1	2,5V	12%	N > P	0,27V
viertes Beispiel	$\text{Li}_2\text{Ni}_{0,67}\text{Co}_{0,67}\text{Mn}_{0,33}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$	1,2	4,4	1,2	2,5V	11%	N > P	0,22V
fünftes Beispiel	$\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Ge}_{0,33}\text{O}_4$	1,2	2,9	1,1	2,5V	11%	N > P	0,22V
erstes Vergleichs- beispiel	$\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$	1	2,8	1,8	2,5V	7%	N < P	0,18V
zweites Vergleichs- beispiel	$\text{Li}_2\text{Ni}_{0,67}\text{Co}_{0,67}\text{Mn}_{0,33}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$	1	4,4	2,3	2,5V	7%	N < P	0,18V
drittes Vergleichs- beispiel	$\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Ge}_{0,33}\text{O}_4$	1	2,9	1,8	2,5V	7%	N < P	0,18V

[0203] Wie in Tabelle 1 gezeigt, weist jedes der ersten bis fünften Beispiele und der ersten bis dritten Vergleichsbeispiele die positive Elektrode **11** auf, die die Positivelektrodenwiderstandsrate innerhalb eines Bereichs von 2,8 bis 4,4 aufweist. Das heißt, die positive Elektrode in jedem der ersten bis fünften Beispiele und der ersten bis dritten Vergleichsbeispiele weist die verbesserte Leistung auf, bei welcher der Widerstand der positiven Elektrode **11** (d. h. der Positivelektrodenwiderstand, der in Tabelle 1 gezeigt ist), wenn der SOC 0% ist, nicht weniger als das 2-fache des Positivelektrodenwiderstands wird, wenn SOC 10% ist (was nicht weniger als der bestimmte SOC ist).

[0204] Jedes der ersten bis dritten Vergleichsbeispiele, welche die Rate von 1 in der Kapazität zwischen der positiven Elektrode und der negativen Elektrode **12** aufweist, hatte eine Elektrizitätswiderstandsrate von nicht weniger als 1,8, was verglichen mit dem von jedem der ersten bis dritten Beispiele ein hoher Wert ist.

[0205] Die Kapazitätsrate von jedem der ersten bis dritten Vergleichsbeispiele indiziert die Kapazitätsrate zwischen der positiven Elektrode **11** und der negativen Elektrode **12**.

[0206] Das heißt, die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der ersten bis dritten Vergleichsbeispiele weist einen hohen Eingabewiderstand in einer niedrigen SOC-Region innerhalb eines Bereichs von 0 bis 10% auf. Ein Anstieg des Eingabewiderstands der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** verschlechtert deren Batterieleistung in der niedrigen SOC-Region.

[0207] Dieser Nachteil kann von den Ergebnissen des SOC der positiven Elektrode **11** erkannt werden. Spezifisch weist die positive Elektrode **11** den SOC von 7% auf, wenn die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie gemäß der ersten bis dritten Vergleichsbeispiele den SOC von 0% aufweist.

[0208] Der SOC von 7% von der positiven Elektrode **11** korrespondiert zu dem SOC, welcher in der Hochwiderstandsregion (niedrige SOC-Region) der positiven Elektrode **11** enthalten ist. Mit anderen Worten ist in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der ersten bis dritten Vergleichsbeispiele die niedrige SOC-Region der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** in der Hochwiderstandsregion (niedrigen SOC-Region) der positiven Elektrode **11** enthalten. Als Ergebnis kann verstanden werden, dass die ersten bis dritten Vergleichsbeispiele eine große Widerstandswerrate der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** aufweisen, verglichen mit der Widerstandswerrate der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der ersten bis fünften Beispiele.

[0209] Andererseits kann die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der ersten bis fünften Beispiele, die die Kapazität von nicht weniger als 1,1 aufweisen, zuverlässig und stark unterdrücken, dass der Eingabewiderstand der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie in der niedrigen SOC-Region ansteigt. D. h., die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der ersten bis fünften Beispiele kann unterdrücken, dass sich die Batterieleistung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** in der niedrigen SOC-Region verschlechtert.

[0210] Ferner ist der SOC der positiven Elektrode gemäß der ersten bis fünften Beispiele innerhalb eines Bereichs von 10 bis 20%, was nicht weniger als 10% ist. Der SOC-Wert von nicht weniger als 15% von der positiven Elektrode **11** ist außerhalb der Hochwiderstandsregion (niedrigen SOC-Region) der positiven Elektrode **11**. D. h., die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** ist außerhalb der Hochwiderstandsregion (niedrigen SOC-Region), selbst wenn die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der ersten bis fünften Beispiele in deren niedrige SOC-Region eindringt. D. h., jedes der ersten bis fünften Beispiele weist eine abnehmende elektrische Widerstandsrate der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** auf.

[0211] Ferner kann von den in Tabelle 1 gezeigten Ergebnissen verstanden werden, dass die ersten bis fünften Beispiele gemäß der vorliegenden Erfindung, die unterschiedliche Arten des Positivelektrodenaktivmaterials verwenden, die zuvor beschriebenen verbesserten Effekte aufweisen können.

Vierte exemplarische Ausführungsform

[0212] Eine Beschreibung wird nun für die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform mit Bezug auf **Fig. 1**, **Fig. 7** und **Fig. 8** gegeben.

[0213] Die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform wurde erhalten als eine Anwendung des Konzepts der nicht-wässrigen wiederaufladbaren Batterie gemäß der vorliegenden Erfindung. Wie zuvor in der Beschreibung der ersten exemplarischen Ausführungsform beschrieben,

ist **Fig. 1** eine Ansicht, welche auch die schematische Struktur der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform zeigt.

[Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie]

[0214] Wie in **Fig. 1** gezeigt, ist eine Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform grundsätzlich aus einer positiven Elektrode **11**, einer negativen Elektrode **12**, einem nicht-wässrigen Elektrolyt **13**, einem Separator **14** und einem Batteriegehäuse **15** zusammengesetzt.

[0215] Detaillierter zeigt **Fig. 1** die schematische Struktur der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform, in welcher die positive Elektrode **11** aus einem Positivelektrodenstromabnehmer **110** und einer Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** besteht, die negative Elektrode **12** aus einem Negativelektrodenstromabnehmer **120** und einer Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** besteht, und das Batteriegehäuse **15** die positive Elektrode **11**, die negative Elektrode **12**, den nicht-wässrigen Elektrolyt **13** und den Separator **14** beherbergt. Die positive Elektrode **11** liegt der negativen Elektrode **12** in dem nicht-wässrigen Elektrolyt **13** gegenüber und die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** sind voneinander durch den Separator **14** isoliert.

[Positive Elektrode]

[0216] Wie in **Fig. 1** gezeigt, ist die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** auf einer Oberfläche des Positivelektrodenstromabnehmers **110** gebildet. Die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** enthält ein Positivelektrodenaktivmaterial. Das Positivelektrodenmaterial ist eine Mischung aus einem Positivelektrodenaktivmaterial, einem leitfähigen Material und einem Bindemittel. Das Positivelektrodenmaterial als die Mischung wird auf eine Oberfläche des Positivelektrodenstromabnehmers **110** aufgebracht. Der Positivelektrodenstromabnehmer **110**, auf welchen die Mischung aufgebracht wurde, wird dann getrocknet, um die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** zu bilden. Das heißt, es ist akzeptabel, das leitfähige Material und das Bindemittel von der Mischung zu entfernen. Das Positivelektrodenmaterial wird als eine Paste (oder eine Aufschlämmung) durch die Verwendung eines geeigneten Lösungsmittels gebildet. Es ist auch akzeptabel, ein bekanntes Additiv in das Positivelektrodenmaterial zuzugeben, um die positive Elektrode **11** zu bilden.

[Positivelektrodenaktivmaterial]

[0217] Die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform verwendet ein Lithiumübergangsmetalloxid als das Positivelektrodenaktivmaterial, das durch eine Formel $\text{Li}_{2-x}\text{Ni}_\alpha\text{M}^1_\beta\text{M}^2_\gamma\text{O}_{4-\varepsilon}$ ausgedrückt ist, wobei $0,50 < \alpha \leq 1,33$, $0 \leq \beta < 0,67$, $0 \leq \gamma \leq 1,33$, $0 \leq \varepsilon \leq 1,00$, wobei M^1 zumindest eines aus Co, Al und Ga ist und M^2 zumindest eines aus Mn, Ge, Sn und Sb ist und x reversibel innerhalb eines Bereichs von $0 \leq x \leq 2$ durch Interkalieren und Deinterkalieren von Lithiumionen variiert.

[0218] Das Lithiumübergangsmetalloxid enthält Ni, wobei Ni eine lokale Struktur bildet, in welcher sechs O-Atome koordiniert sind (6-fach koordinierte lokale Struktur). Diese Struktur macht es möglich, ein stabiles Laden und Entladen auszuführen. Ferner stellt dies eine hohe Kapazität der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform bereit, da eine große Menge an Ni als Oxidations-Reduktionsspezies innerhalb eines Bereichs von $0,50 < \alpha \leq 1,33$ enthalten ist.

[0219] Ferner ermöglicht dies, eine stabile Kristallstruktur während des Ladens und Entladens bereitzustellen, da eine große Menge von dem M^1 und M^2 enthalten sind. Als Ergebnis ermöglicht dies, dass verhindert wird, dass sich die Batteriekapazität der Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform verschlechtert.

[0220] Da das M^1 ein trivalentes Element ist, ermöglicht die Zugabe des M^1 , dass verhindert wird, dass Li in eine Ni-Schicht austauscht, wobei sich M^1 in der Valenzanzahl stark von Li unterscheidet.

[0221] Die Anwesenheit des M^2 fixiert Sauerstoff stark und als Ergebnis ist es möglich, einen Sauerstoffmangel zu unterdrücken, wenn abnormale Wärmeenergie auftritt, und diese Struktur ermöglicht es, die Sicherheit der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform zu verbessern.

[0222] Ferner sind, wenn die Menge des M^2 nicht weniger als 0,33 wird, alle Sauerstoffatome in der Ni-Schicht benachbart zu dem M^2 angeordnet, und die Sauerstoffatome und das M^2 kombinieren miteinander. Diese Struktur ermöglicht es, einen überlegenen Sauerstoffmangelunterdrückungseffekt bereitzustellen.

[0223] Es ist bevorzugt, dass sowohl das M^1 als auch das M^2 eine 6-fache Koordination aufweisen. Diese Struktur ermöglicht es, eine Strukturücke zwischen dem M^1 und dem M^2 , welches nahe zu den Übergangsmetallelementen ist (Koordinationsstruktur von Ni und Mn), zu verringern und die Haltbarkeit der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform zu verbessern.

[0224] Es ist bevorzugt, dass Mn als Übergangsmetall (innerhalb eines Bereichs von nicht weniger als 0 und nicht mehr als 1,00) in einer Zusammensetzung des Lithiumübergangsmetalloxids enthalten ist. Ähnlich zu Ni bildet Mn eine lokale Struktur, in welcher 6-Sauerstoff(O)-Atome koordiniert sind (6-fach koordinierte lokale Struktur). Diese Struktur ermöglicht es, eine Ni-Schicht zu stabilisieren.

[0225] Im Allgemeinen kann das Überladen einer Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie plötzlichen Rauch und/oder Feuer verursachen. Dieses Phänomen beruht auf Sauerstoff, der von dem Positivelektrodenaktivmaterial (Positivelektrodenmaterial) in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie emittiert wird. Spezifisch werden Elektronen von Sauerstoffen, die in dem Positivelektrodenaktivmaterial enthalten sind, aufgrund des Ladens bereitgestellt und Sauerstoff wird freigesetzt.

[0226] Da das M^2 zu dem Lithiumionenübergangsmetalloxid zugegeben wurde, sind das zugegebene M^2 und Sauerstoff stark miteinander kombiniert, anstelle von Ni und Mn (Übergangsmetall). Das heißt, die Zugabe des M^2 kann Sauerstoffmangel während des Ladens und Entladens unterdrücken.

[0227] Das Lithiumionenübergangsmetalloxid weist eine Schichtstruktur mit einer Li-Schicht und einer Ni-Schicht auf. Diese Struktur stellt die positive Elektrode bereit, die eine überlegene Li-Ionenleitfähigkeit aufweist. Diese Li-Schicht indiziert eine Schicht, die aus Li als einem Hauptbestandteil hergestellt ist. Das heißt, die Li-Schicht ist im Wesentlichen aus Li hergestellt. Die Ni-Schicht indiziert eine Schicht, die aus Ni (Ni-Verbindung) als eine Hauptkomponente hergestellt ist. Das heißt, die Ni-Schicht ist im Wesentlichen aus dem M^1 und dem M^2 als Hauptkomponenten hergestellt.

[0228] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie 1 als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform ist es für das Lithiumionenübergangsmetalloxid bevorzugt, eine Struktur aufzuweisen, die durch die Formel $\text{Li}_2\text{Ni}_\alpha\text{M}^1_\beta\text{M}^2_\gamma\text{Mn}_\eta\text{O}_{4-\varepsilon}$ ausgedrückt ist, wobei $0,50 < \alpha \leq 1,33$, $0,33 \leq \gamma \leq 1,1$, $0 \leq \eta \leq 1,00$, $0 \leq \beta \leq 0,67$, $0 \leq \varepsilon \leq 1,00$, wobei M^1 zumindest eines aus Co und Ga ist, und M^2 zumindest eines aus Ge, Sn und Sb ist.

[0229] Das Positivelektrodenaktivmaterial ist bevorzugt das Lithiumionenübergangsmetalloxid. Allerdings ist es für das Positivelektrodenaktivmaterial ausreichend, dass es eine Mischung ist, die ein oder mehrere bekannte Positivelektrodenaktivmaterialien enthält, die sich von dem zuvor beschriebenen Oxid unterscheiden.

[0230] Das zu mischende bekannte Positivelektrodenaktivmaterial ist eine Verbindung, die fähig ist zum Interkalieren und Deinterkalieren von Lithiumionen (Elektrolyt-Ion einer nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbaren Batterie, Alkalimetallion). Zum Beispiel ist es möglich, verschiedene Arten von Oxiden, Sulfiden, Lithiumoxiden, leitfähigem Polymer etc. zu verwenden. Es ist bevorzugt, ein Lithiumübergangsmetallkompositoxid als das Positivelektrodenaktivmaterial zu verwenden.

[0231] Es ist stärker bevorzugt, ein Kompositoxid mit einer Schichtstruktur, ein Komposit mit einer Spinellstruktur und/oder ein Kompositoxid mit einer Polyanionenstruktur als das Lithiumübergangsmetallkompositoxid als das Positivelektrodenaktivmaterial zu verwenden.

[0232] Wenn das Positivelektrodenaktivmaterial eine Mischung ist, begrenzt das Konzept der vorliegenden Erfindung ein Mischungsverhältnis der Mischung nicht. Allerdings ist es für das Positivelektrodenaktivmaterial bevorzugt, dass das Lithiumionenübergangsmetalloxid eine Hauptkomponente ist (zum Beispiel ist die Anzahl an Li-Atomen nicht weniger als 50%), wenn die Gesamtanzahl an Li-Atomen in der Positivelektrodenaktivmaterialschicht 100% ist.

[0233] Ferner ist es bezüglich der Masse eines Lithiumionenübergangsmetalloxids auch bevorzugt, dass die Masse nicht weniger als 50 Massen-% ist, wenn die Gesamtmasse des Positivelektrodenaktivmaterials 100 Massen-% ist.

[0234] Das Konzept der vorliegenden Erfindung ist nicht durch ein Herstellungsverfahren zum Herstellen des Positivelektrodenaktivmaterials, das in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform verwendet wird, begrenzt. Es ist möglich, das Positivelektrodenaktivmaterial durch ein bekanntes Herstellungsverfahren herzustellen. Es ist akzeptabel, dass das Positivelektrodenaktivmaterial Sekundärteilchen aufweist, die aus Aggregaten von Primärteilchen bestehen. Das Primärteilchen ist in dessen Form nicht begrenzt. Zum Beispiel ist es akzeptabel, dass das Primärteilchen eine Schuppenform, eine Kugelform, eine Kartoffel-ähnliche Form etc. aufweist.

[0235] Es ist bevorzugt, dass das Primärteilchen, das das Positivelektrodenaktivmaterial bildet, einen Kristallitdurchmesser von nicht mehr als 100 nm aufweist und eine Nebenachse von nicht mehr als 1 µm aufweist.

[0236] Es ist stärker bevorzugt, dass das Primärteilchen, das das Positivelektrodenaktivmaterial bildet, eine Nebenachse von nicht mehr als 500 nm aufweist.

[0237] Es ist bevorzugt, dass das Primärteilchen, das das Positivelektrodenaktivmaterial bildet, annähernd eine Kugelform aufweist, die eine Teilchengröße (z. B. eine mittlere Teilchengröße D50) von nicht mehr als 1 µm aufweist, und es ist stärker bevorzugt, dass es eine Kugelform mit einer Teilchengröße von nicht mehr als 0,5 µm (500 nm) aufweist.

[Leitfähiges Material, Bindemittel, Mischung, Positivelektrodenstromabnehmer]

[0238] Das leitfähige Material der positiven Elektrode **11** weist elektrische Leitfähigkeit auf. Es ist möglich, Carbon Black (CB), amorphe Kohlenstofffeinteilchen, wie etwa Nadelkoks, etc. zu verwenden. Es gibt Acetylschwarz (AB), Ketjenblack (KB), Kohlenstoffnanofasern (CN) etc. als die Carbon Black (CB) Feingraphitteilchen.

[0239] Das Bindemittel der Positivelektrodenmischung bindet die Positivelektrodenaktivmaterialteilchen mit dem leitfähigen Material. Als Bindemittel sind Polyvinylidendifluorid (PVDF), Ethylen-Propylen-Dien-Monomer (EPDM), Styrol-Butadien-Gummi (SBR), Acrylonitril-Butadien-Gummi (NBR), Fluor-enthaltender Gummi etc. bekannt. Allerdings wird das Konzept der vorliegenden Erfindung durch diese nicht beschränkt und es ist akzeptabel, andere Arten von Bindemittel zu verwenden.

[0240] Um das Bindemittel zu lösen, wird organisches Lösungsmittel in der Positivelektrodenmischung verwendet. Als organisches Lösungsmittel gibt es zum Beispiel N-Methyl-2-Pyrrolidon (NMP), Dimethylformamid, Dimethylacetamid, Methylethylketon, Cyclohexanon, Methylacetat, Methylacrylat, Diethylentriamin, N,N-Dimethylaminopropylamin, Ethylenoxide, Tetrahydrofuran, etc.

[0241] Das Konzept der vorliegenden Erfindung wird durch das zuvor beschriebene Lösungsmittel nicht begrenzt. Es ist auch akzeptabel, eine Mischungsaufschlämmung aus einem Positivelektrodenaktivmaterial mit Polytetrafluorethylen (PTFE) durch Zugabe von Wasser, Dispersionsmittel, Verdicker, etc. zu verwenden.

[0242] Es ist möglich, einen verfügbaren Stromabnehmer als den Positivelektrodenstromabnehmer **110** zu verwenden. Zum Beispiel ist es akzeptabel, eine Folienplatte, eine Netzplatte, eine gelochte Metallplatte und eine geformte Metallplatte, die aus prozessiertem Aluminium hergestellt ist, zu verwenden. Allerdings wird das Konzept der vorliegenden Erfindung durch diese Materialien und Produkte nicht begrenzt.

[0243] Die Dicke des Positivelektrodenstromabnehmers **110** ist nicht besonders begrenzt. Es ist möglich, dass der Positivelektrodenstromabnehmer **110** die gleiche Dicke wie ein herkömmlicher Positivelektrodenstromabnehmer aufweist. Zum Beispiel ist es bevorzugt, dass der Positivelektrodenstromabnehmer **110** eine Dicke von nicht mehr als 20 µm aufweist. Es ist stärker bevorzugt, dass der Positivelektrodenstromabnehmer **110** eine Folienplatte mit einer Dicke von ungefähr 15 µm aufweist.

[Eigenschaften von positiver Elektrode]

[0244] Wenn der SOC (Ladungszustand; State of Charge) der positiven Elektrode **11** 0% ist, weist die positive Elektrode **11** einen Widerstand auf, welcher nicht weniger als das 2-fache eines SOC ist, welcher nicht weniger als ein bestimmter SOC ist. Der Widerstand der positiven Elektrode **11** ist ein Widerstand eines Einzelpols (hiernach Einzelpolwiderstand). Es ist möglich, den Einzelpolwiderstand der positiven Elektrode auf der Basis einer Stromstärke (Ladungs- und Entladungsrate) und einer Spannung zu berechnen, wenn eine experimentelle Batteriezelle (eines Halbzellen-Typs) verwendet wird, in welcher eine Gegenelektrode aus Li-Metall hergestellt ist, welche später beschrieben wird. Der Widerstand der positiven Elektrode **11** indiziert den Widerstand, wenn der SOC ungefähr 0% ist, was innerhalb eines Bereichs von mehreren % um 0% herum ist. Insbesondere beinhaltet der Bereich des SOC eine Region, die fähig ist zum korrekten Messen einer Stromstärke und Spannung der experimentellen Batteriezelle während des Ladens und Entladens. Zum Beispiel ist es schwierig, einen Entladungswiderstand der Testzelle zu messen, wenn der SOC 0% ist. In diesem Fall ist es möglich, einen Entladungswiderstand der experimentellen Batteriezelle zu berechnen, wenn die Entladung von mehreren % SOC bis 0% SOC ausgeführt wird.

[0245] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform weist die positive Elektrode **11** einen Widerstand auf, wenn der SOC 0% ist, welcher nicht weniger als das 2-fache des Widerstands ist, wenn der SOC nicht weniger als der bestimmte SOC ist. Die positive Elektrode mit solch einer Widerstandsleistung weist einen hohen Widerstandswert auf, wenn der SOC niedrig um 0% herum ist.

[0246] Die vorliegende Erfindung begrenzt einen Wert eines bestimmten SOC nicht. Es ist bevorzugt, dass der bestimmte SOC einen Wert aufweist, der so gering wie möglich ist.

[0247] Die SOC-Region der positiven Elektrode **11**, die einen hohen Widerstand aufweist, steigt an und die Lade- und Entladeregion in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie nimmt ab, aufgrund des Anstiegs des Werts des bestimmten SOC. Demgemäß ist es bevorzugt, dass der bestimmte SOC einen Wert von nicht mehr als 10% aufweist.

[0248] Es ist akzeptabel, die Widerstandsleistung (eine Beziehung zwischen dem Widerstand und dem SOC) der positiven Elektrode **11** vorab zu messen und einen SOC-Wert zu berechnen, wenn ein Widerstandswert davon die Hälfte des Widerstandswerts wird (oder ein bestimmter Widerstandswert, welcher nicht mehr ein halber Widerstandswert ist), wenn der SOC 0% ist. Danach ist es möglich, den erhaltenen SOC-Wert zu verwenden.

[Negative Elektrode]

[0249] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform enthält die negative Elektrode **12** Negativelektrodenmaterial.

[0250] Eine Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** wird auf einer Oberfläche des Negativelektrodenstromabnehmers **120** in der negativen Elektrode **12** gebildet.

[0251] Die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** wird durch Zusammenmischen von Negativelektrodenaktivmaterial und Bindemittel, um ein Negativelektrodenmaterial herzustellen, und Aufbringen des hergestellten Negativelektrodenmaterials auf eine Oberfläche des Negativelektrodenstromabnehmers **120** und dann Trocknen davon, gebildet. Das Negativelektrodenmaterial wird als eine Paste (oder eine Aufschlämmung) durch die Verwendung eines geeigneten Lösungsmittels gebildet. Es ist akzeptabel, ein bekanntes Additiv zu dem Negativelektrodenmaterial und der negativen Elektrode **12** zuzugeben.

[Negativelektrodenaktivmaterial]

[0252] Es ist möglich, ein herkömmliches Negativelektrodenaktivmaterial zu verwenden, um die negative Elektrode **12** in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform herzustellen. Zum Beispiel ist es möglich, ein herkömmliches Negativelektrodenaktivmaterial für die negative Elektrode **12** zu verwenden, das zumindest eines aus C, Si, Ti, Sn, Sb und Ge enthält.

[0253] Es ist bevorzugt, dass das Negativelektrodenaktivmaterial, das C enthält, ein Kohlenstoffmaterial ist, das fähig ist zum Interkalieren und Deinterkalieren von Elektrolytionen der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1**, d. h. dass es Li-Ioneninterkalationsfähigkeit aufweist. Es ist stärker bevorzugt, dass das Negativelektrodenaktivmaterial Kohlenstoffmaterial enthält, welches schwer-graphitisierbaren Kohlenstoff (welcher auch als „Hartkohlenstoff“ bezeichnet wird) oder einfach-graphitisierbaren Kohlenstoff (welcher auch als „Weichkohlenstoff“ bezeichnet wird) enthält.

[0254] Wenn Kohlenstoffmaterial als das Negativelektrodenaktivmaterial verwendet wird, welches schwer-graphitisierbaren Kohlenstoff oder einfach-graphitisierbaren Kohlenstoff enthält, ist es bevorzugt, dass der schwer-graphitisierbare Kohlenstoff oder einfach-graphitisierbare Kohlenstoff nicht weniger als 5 Massen-% ausmacht, wenn die Gesamtmasse des Kohlenstoffmaterials 100 Massen-% ist.

[0255] Wenn das zuvor beschriebene Kohlenstoffmaterial, das schwer-graphitisierbaren Kohlenstoff und einfach-graphitisierbaren Kohlenstoff enthält, als das Negativelektrodenaktivmaterial verwendet wird, ist es möglich, ein bekanntes Kohlenstoffmaterial zu verwenden, das sich von graphitisierbarem Kohlenstoff, d. h. schwer-graphitisierbaren Kohlenstoff und einfach-graphitisierbaren Kohlenstoff, unterscheidet. Zum Beispiel ist es möglich, Graphit zu verwenden.

[0256] Die Anwesenheit des Negativelektrodenaktivmaterials, das Si enthält, ermöglicht es, dass die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie eine hohe Kapazität aufweist, d. h. erhöht dessen Kapazität. Es ist bevorzugt, Material, das Si oder Si-Oxid enthält, als das Negativelektrodenaktivmaterial zu verwenden, das Si enthält. Es ist auch akzeptabel, eine Legierung von Si und einem anderen Metall, wie etwa eine Ti-Si-Legierung, als das Negativelektrodenaktivmaterial, das Si enthält, zu verwenden.

[0257] Es ist bevorzugt, dass das Negativelektrodenaktivmaterial, das Si enthält, ferner Kohlenstoffmaterial enthält. Es ist bevorzugt, Graphit als das Kohlenstoffmaterial zu verwenden, das in dem Negativelektrodenaktivmaterial enthalten ist, das Si enthält. Die vierte exemplarische Ausführungsform beschränkt ein Gehaltsverhältnis des Kohlenstoffmaterials in dem Negativelektrodenaktivmaterial nicht, wenn das Negativelektrodenaktivmaterial, das es Si enthält, ferner Kohlenstoffmaterial enthält.

[0258] Das Negativelektrodenaktivmaterial, das Ti enthält, erhöht die Haltbarkeit der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie. Es ist bevorzugt als das Negativelektrodenaktivmaterial, das Ti enthält, eine Verbindung zu verwenden, die fähig ist zum Interkalieren und Deinterkalieren von Elektrolytionen der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie (Li-Ioneninterkalationsfähigkeit). Als das Negativelektrodenaktivmaterial, das Ti enthält, gibt es Metalloxid, das Titan (Ti) enthält, wie etwa Lithium-Titan-Kompositoxid, Titanoxid, Niob-Titan-Komplexoxid etc. Es ist stärker bevorzugt, Lithium-Titan-Kompositoxid als das Negativelektrodenaktivmaterial, das Ti enthält, zu verwenden.

[0259] Es ist bevorzugt, $\text{TiO}_2(\text{B})$ als das Lithium-Titan-Kompositoxid zu verwenden. Es ist bevorzugt, dass das Negativelektrodenaktivmaterial $\text{TiO}_2(\text{B})$ mit nicht weniger als 5 Massen-% enthält, wenn die Gesamtmasse des Lithium-Titan-Kompositoxids 100 Massen-% ist.

[0260] Es ist akzeptabel, dass das Negativelektrodenaktivmaterial eine Verbindung enthält, welche Sn, Sb und Ge enthält. Diese Verbindungen sind Legierungsmaterialien mit einer großen Volumenveränderung. Es ist auch akzeptabel, eine Legierung des Negativelektrodenaktivmaterials und eines anderen Metalls zu verwenden, wie etwa Ti-Si, Ag-Sn, Sn-Sb, Ag-Ge, Cu-Sn, Ni-Sn, etc.

[Leitfähiges Material, Bindemittel, Mischung, Negativelektrodenstromabnehmer]

[0261] Es ist möglich, Kohlenstoffmaterial, Metallpulver und leitfähiges Polymer als das leitfähige Material der negativen Elektrode **12** in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der vierten Ausführungsform zu verwenden. Im Hinblick auf die Leitfähigkeit und Stabilität ist es bevorzugt, Kohlenstoffmaterial zu verwenden, wie etwa AB, KB, CB, etc.

[0262] Es ist möglich, als das Bindemittel der negativen Elektrode **12** PTFE, PVDF, Fluor-Harz-Copolymer (4-fluoriertes Ethylen-Hexafluorid-Propylen-Copolymer), SBR, Acrylgummi, Fluor-basierten Gummi, Polyvinylalkohol (PVA), Styrol-Maleinsäure-Harz, Polyacrylat, Carboxymethylcellulose (CMC) etc. zu verwenden.

[0263] Es ist auch möglich, als ein Lösungsmittel des Negativelektrodenmaterials der negativen Elektrode **12** organische Lösungsmittel, wie etwa NMP, Wasser oder wässriges Lösungsmittel zu verwenden.

[0264] Es ist möglich, einen herkömmlichen Stromabnehmer als den Negativelektrodenstromabnehmer **120** zu verwenden, zum Beispiel Material zu verwenden, das durch Prozessieren von Metall, wie etwa Cu, Edelstahl, Titan und Nickel, erhalten ist. Zum Beispiel ist es möglich, als den Negativelektrodenstromabnehmer **120** eine Folienplatte, eine Netzplatte, eine gelochte Metallplatte, eine geformte Metallplatte zu verwenden. Allerdings ist das Konzept der vorliegenden Erfindung durch diese Materialien und Produkte nicht begrenzt.

[Nicht-wässriger Elektrolytkörper]

[0265] Es ist auch akzeptabel, einen herkömmlichen wässrigen Elektrolyt als den nicht-wässrigen Elektrolyt **13** zu verwenden. Das heißt, es ist möglich, als den nicht-wässrigen Elektrolyten **13** Material zu verwenden, in welchem ein Trägerelektrolyt in einem nicht-wässrigen Lösungsmittel gelöst ist. Zusätzlich ist es akzeptabel, den nicht-wässrigen Elektrolyt **13** mit einem herkömmlichen Additiv zu verwenden.

[0266] Der Trägerelektrolyt ist nicht durch das Material beschränkt, das Lithium enthält. Zum Beispiel ist es bevorzugt, als den Trägerelektrolyt zumindest eines aus anorganischen Salzen von LiPF_6 , LiBF_4 , LiClO_4 und LiAsF_6 , ein Derivat dieser anorganischen Salze und organische Salze ausgewählt aus LiSO_3CF_3 , $\text{LiC}(\text{SO}_3\text{CF}_3)_3$, $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{CF}_3)$, $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{C}_2\text{F}_5)_2$, $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{CF}_3)(\text{SO}_2\text{C}_4\text{F}_9)$, und ein Derivat dieser organischen Salze zu verwenden. Die Anwesenheit dieser Trägerelektrolyte stellt eine überlegene Batterieleistung und Leistung bereit. Ferner ermöglicht dies, die Batterieleistung bei einer Temperatur zu verbessern, die sich von Raumtemperatur unterscheidet. Die vorliegende Erfindung beschränkt eine Konzentration des Trägerelektrolyten nicht. Es ist bevorzugt, eine optimale Konzentration des Trägerelektrolyten auf der Basis der Art des Trägerelektrolyten und der Art an organischem Lösungsmittel auszuwählen.

[0267] Das nicht-wässrige Lösungsmittel löst den Trägerelektrolyt. Es ist akzeptabel, dass das nicht-wässrige Lösungsmittel eine andere Fähigkeit als die Fähigkeit des Lösens des nicht-wässrigen Lösungsmittels aufweist. Zum Beispiel ist es bevorzugt, als das nicht-wässrige Lösungsmittel Carbonate, halogenierte Kohlenwasserstoffe, Ether, Ketone, Nitrile, Lactone, Oxolanverbindungen etc. zu verwenden. Insbesondere ist es bevorzugt, Propylencarbonat, Ethylencarbonat (EC), 1,2-Dimethoxyethan, Dimethylcarbonat (DMC), Diethylcarbonat (DEC), Ethylmethylcarbonat (EMC), Vinylencarbonat (VC) etc. und ein gemischtes Lösungsmittel davon zu verwenden. Es ist bevorzugt, ein nicht-wässriges Lösungsmittel von nicht weniger als einem aus Carbonaten und Ethern von diesen organischen Lösungsmitteln zu verwenden, um überlegene Löslichkeit, elektrische Konstante, Viskosität des Trägerelektrolyts bereitzustellen, und um die Lade- und Entladeeffizienz der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** zu erhöhen.

[0268] Es gibt ein gewöhnliches Additiv, welches zersetzt wird, um einen Film (z. B. eine Festelektrolytinterphase, SEI) auf einer Oberfläche einer Elektrode zu bilden (d. h. auf einer Oberfläche der positiven Elektrode, insbesondere dem Positivelektrodenaktivmaterial). Dieser auf der Oberfläche der Elektrode (positive Elektrode) gebildete Film weist eine stabile Ausführung auf. Wenn die positive Elektrode ein hohes Potential einnimmt (d. h. die Ladeoperation schreitet bei einem hohen Potential der positiven Elektrode voran), wird der auf der Oberfläche der Elektrode (positive Elektrode) gebildete Film nicht zersetzt und weist weiterhin eine stabile Ausführung auf. Diese Struktur ermöglicht es durch die Bildung dieses Films, dass die Fähigkeit der Elektrode (positive Elektrode) unterdrückt wird, sich zu verschlechtern.

[Separator]

[0269] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der vierten beispielhaften Ausführungsform, isoliert der Separator **14** die positive Elektrode **11** von der negativen Elektrode **12** und trägt den nicht-wässrigen Elektrolyt **13**. Zum Beispiel ist es bevorzugt, einen porösen synthetischen Harzfilm als den Separator **14** zu verwenden, insbesondere ein Polyolefin-basiertes Polymer (Polyethylen, Polypropylen) zu verwenden.

[Batteriegehäuse]

[0270] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der vierten beispielhaften Ausführungsform beherbergt das Batteriegehäuse **15** die positive Elektrode **11**, die negative Elektrode **12**, den Separator **14** und den nicht-wässrigen Elektrolyt **13**. Das heißt, die positive Elektrode **11**, die negative Elektrode **12**, der Separator **14** und der nicht-wässrige Elektrolyt **13** sind innerhalb des Batteriegehäuses gespeichert und vollständig versiegelt. Das Batteriegehäuse **15** ist aus Material hergestellt, das fähig ist um zu verhindern, dass Wasser von außen nach innerhalb des Batteriegehäuses **15** eindringt. Zum Beispiel ist es möglich, ein Metall und einen laminierten Film mit einer Metallschicht als das Batteriegehäuse **15** zu verwenden.

[Eine andere Struktur der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie]

[0271] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform ist das Verhältnis der ersten Kapazität der negativen Elektrode **12** und der zweiten Kapazität der negativen Elektrode **12** nicht weniger als 0,05, wobei die erste Kapazität der negativen Elektrode **12** innerhalb eines Bereichs von mehr als (das mittlere OCP $-0,10$ [V]) und weniger als (das mittlere OCP $+0,25$ [V]) ist, wenn das mittlere OCP das Potential der negativen Elektrode **12** ist, wenn die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** den SOC von 50% aufweist, und die zweite Kapazität der negativen Elektrode **12** innerhalb eines Bereichs ist, wenn das OCP der negativen Elektrode **12** mehr als (das mittlere OCP $+0,25$ [V]) ist. Das OCP indiziert ein Ruhepotential.

[0272] Das heißt, die Kapazitätsrate der negativen Elektrode **12**, welche berechnet wird durch (die Kapazität der negativen Elektrode **12** nahe dem mittleren OCP)/(mittleres OCP $+0,25$ [V]), ist nicht weniger als 0,05. Wenn die Kapazitätsrate der negativen Elektrode **12** nicht weniger als 0,05 wird (als die spezifische Kapazitätsrate der negativen Elektrode **12**), verwendet die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform die SOC-Region (d. h. niedrige SOC-Region) nicht, wenn die positive Elektrode **11** einen hohen Widerstand aufweist. Diese Struktur macht es möglich, innerhalb einer breiten SOC-Region, die die niedrige SOC-Region beinhaltet, überlegene Batterieleistungsfähigkeit bereitzustellen.

[0273] Falls die Kapazitätsrate der negativen Elektrode **12** weniger als 0,05 wird, verwendet das Laden und Entladen der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** die Hochwiderstandsregion der positiven Elektrode **11**.

[0274] Es ist möglich, ein Potential der negativen Elektrode **12** auf der Basis einer Stromstärke (Lade- und Entladerate) und einer Spannung zu berechnen, wenn Laden und Entladen durch die Verwendung einer Testzelle (Halbzelle) ausgeführt wird, die eine Struktur aufweist, in welcher eine Gegenelektrode zu der negativen Elektrode **12** aus Lithium hergestellt ist. Der Widerstand der negativen Elektrode **12** indiziert den Widerstand, wenn der SOC ungefähr 0% ist, was innerhalb eines Bereichs von mehreren % um 0% herum ist.

[0275] Spezifisch beinhaltet der Bereich des SOC eine Region, die fähig ist zum korrekten Messen einer Stromstärke und einer Spannung der experimentellen Batteriezelle während des Ladens und Entladens. Im Allgemeinen ist es schwierig, einen Entladungswiderstand der Testzelle bei dem SOC von 0% zu messen. In diesem Fall ist es möglich, einen Entladungswiderstand durch Ausführen des Entladens der Testzelle von mehreren % SOC bis 0% SOC zu messen und den gemessenen Widerstand als den Entladungswiderstand der Testzelle bei dem SOC von 0% zu verwenden.

[0276] Die vorliegende Erfindung begrenzt einen Obergrenzenwert der Kapazitätsrate (die Kapazität der negativen Elektrode **12**/die Kapazität der positiven Elektrode **11**) nicht. Allerdings, wenn die Kapazitätsrate (die Kapazität der negativen Elektrode **12**/die Kapazität der positiven Elektrode **11**) einen hohen Wert aufweist, verringert sich eine verwendbare SOC-Region für das Laden und Entladen der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1**. Das heißt, die Batteriekapazität der positiven Elektrode **11** nimmt ab. Es ist daher bevorzugt, dass die Kapazitätsrate (die Kapazität der negativen Elektrode **12**/die Kapazität der positiven Elektrode **11**) nicht mehr als 2,0 ist, stärker bevorzugt, dass sie nicht mehr als 1,8 ist.

[0277] Es ist möglich, die Kapazitätsrate (die Kapazität der negativen Elektrode **12**/die Kapazität der positiven Elektrode **11**) auf der Basis einzustellen von:
 einem Gewicht an Material (oder Aufbringungsmasse), die auf die Oberfläche der positiven Elektrode **11** aufgebracht wird, um die Positivelektrodenaktivschicht **111** auf der positiven Elektrode **11** zu bilden;
 einem Gewicht an Material (oder Aufbringungsmasse), das auf die Oberfläche der negativen Elektrode **12** aufgebracht wird, um die Negativelektrodenaktivschicht **121** auf der negativen Elektrode **12** zu bilden; und
 einem Gehalt (oder Gehaltdichte) von sowohl dem Positivelektrodenaktivmaterial als auch dem Negativelektrodenaktivmaterial.

[0278] Eine Beschreibung wird nun für die Effekte der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform gegeben.

Erster Effekt

[0279] Wie zuvor beschrieben, verwendet die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform ein Lithiumübergangsmetalloxid als das Positivelektrodenaktivmaterial. Fer-

ner weist die negative Elektrode **12** die spezifische Kapazitätsrate auf, d. h. welche nicht weniger als 0,05 ist. Die spezifische Kapazitätsrate der negativen Elektrode **12** wurde zuvor beschrieben. Diese Struktur ermöglicht es, den verbesserten Effekt bereitzustellen, um die elektrische Leistung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** beizubehalten, ohne sich in der niedrigen SOC-Region zu verschlechtern.

[0280] Fig. 8 ist ein Graph, der eine Beziehung in der Kapazität und dem Potential zwischen der positiven Elektrode **11** und der negativen Elektrode **12** der nicht-wässrigen Elektrolyt-wiederaufladbaren Batterie gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform zeigt. Fig. 9 ist ein Graph, der eine andere Beziehung zwischen der Kapazität und dem Potential zwischen der positiven Elektrode **11** und der negativen Elektrode **12** der nicht-wässrigen Elektrolyt-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der sechsten exemplarischen Ausführungsform zeigt.

[0281] Fig. 8 und Fig. 9 zeigen die Potentialveränderung auf der Basis des SOC der positiven Elektrode **11**. Fig. 9 zeigt den vergrößerten Graph um die niedrige SOC-Region herum.

[0282] Die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform verwendet Lithiumübergangsmetalloxid als das Positivelektrodenaktivmaterial der positiven Elektrode **11**. Wie zuvor beschrieben, weist dieses Lithiumübergangsmetalloxid in der niedrigen SOC-Region einen hohen Widerstand auf. Detaillierter ist der Widerstandswert der positiven Elektrode **11**, wenn der SOC 0% ist, nicht weniger als das 2-fache von deren Widerstand, wenn der SOC nicht weniger als der bestimmte SOC ist. Fig. 9 zeigt, dass der bestimmte SOC 15% ist.

[0283] Andererseits nimmt eine Potentialkurve der negativen Elektrode **12** ab, wenn der SOC von 0% ansteigt. Wenn das Potential der negativen Elektrode **12** ausreichend gering ist (in einem geringen Potentialveränderungsbereich), verändert sich das Potential der negativen Elektrode **12** nicht oder nimmt leicht ab. Die Spannung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** korrespondiert zu einer Differenz im Potential (Potentialdifferenz) zwischen den zwei Potentialkurven, wenn diese Potentialkurven von sowohl der positiven Elektrode **11** als auch der negativen Elektrode **12** gleichzeitig in dem gleichen Graph gezeigt sind, siehe Fig. 9).

[0284] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform weist die negative Elektrode **12** die spezifische Kapazitätsrate auf, d. h. das Verhältnis der ersten Kapazität und der zweiten Kapazität der negativen Elektrode **12**, wobei die erste Kapazität der negativen Elektrode **12** innerhalb eines Bereichs von mehr als (das mittlere OCP $-0,10$ [V]) und weniger als (das mittlere OCP $+0,25$ [V]) ist, wenn das mittlere OCP das Potential der negativen Elektrode **12** ist, wenn die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie den 50% SOC aufweist, und die zweite Kapazität der negativen Elektrode **12** innerhalb eines Bereichs ist, wenn der OCP der negativen Elektrode **12** mehr als (das mittlere OCP $+0,25$ [V]) ist.

[0285] Die Batteriekapazität der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** korrespondiert zu einer Kapazität innerhalb des Bereichs der Untergrenzenspannung und der Obergrenzenspannung, wie in Fig. 8 gezeigt. Das mittlere OCP korrespondiert zu einem Halbwert der Kapazität zwischen der Untergrenzenspannung und der Obergrenzenspannung. Das heißt, das mittlere OCP korrespondiert zu dem Potential der negativen Elektrode **12** bei dem Halbwert der Kapazität zwischen der Untergrenzenspannung und der Obergrenzenspannung.

[0286] In Fig. 8 und Fig. 9 korrespondiert der Bereich, wenn das OCP der negativen Elektrode **12** mehr als (das mittlere OCP $+0,25$ [V]) ist, zu der niedrigen SOC-Region, da die x-Achse in den Graphen, die in Fig. 8 und Fig. 9 gezeigt sind, die Kapazität der positiven Elektrode **12** indiziert.

[0287] Insbesondere ist in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform die Rate von der ersten Kapazität der negativen Elektrode **12** und der zweiten Kapazität der negativen Elektrode **12** nicht weniger als 0,05 (als die spezifische Kapazitätsrate). Dieser Bereich der spezifischen Kapazitätsrate der negativen Elektrode **12** ermöglicht es, zu verhindern, dass die Batteriespannung (die Untergrenzenspannung) der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** in die niedrige SOC-Region eindringt.

[0288] Wenn die Rate von der ersten Kapazität der negativen Elektrode **12** und der zweiten Kapazität der negativen Elektrode **12** nicht weniger als 0,05 ist, verändert sich die Steigung der Potentialkurve der negativen Elektrode **12** graduell bei der hohen OCP-Kapazität. Dies verursacht eine langsame Veränderung der Potentialdifferenz zwischen der negativen Elektrode **12** und der positiven Elektrode **11** (oder einen Anstieg der Potentialdifferenz). Dies bedeutet, dass der SOC-Wert bei der Untergrenzenspannung als die Potentialdifferenz zwischen der negativen Elektrode **12** und der positiven Elektrode **11** ansteigt (d. h. welche sich in Fig. 8 und Fig. 9 nach rechts hin verschiebt).

[0289] Wenn die Rate von der ersten Kapazität der negativen Elektrode **12** und der zweiten Kapazität der negativen Elektrode **12** nicht weniger als 0,05 wird, wird der SOC-Wert als die Untergrenzenspannung (als der SOC-Wert der positiven Elektrode **11**) größer als innerhalb der niedrigen SOC-Region der positiven Elektrode **11**. Als Ergebnis ist es möglich, Laden und Entladen der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** in einem Niedrigwiderstandszustand auszuführen. Das heißt, dies ermöglicht es, dass unterdrückt wird, dass sich die Batterieleistung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** verschlechtert.

Zweiter Effekt

[0290] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform enthält die negative Elektrode **12** Kohlenstoffmaterial, welches schwer-graphitisierbaren Kohlenstoff oder einfach-graphitisierbaren Kohlenstoff enthält. Der schwer-graphitisierbare Kohlenstoff weist einen Gehalt von nicht weniger als 5 Massen-% auf, wenn die Gesamtmasse des Kohlenstoffmaterials 100 Massen-% ist.

[0291] Die Verwendung des Kohlenstoffmaterials, das schwer-graphitisierbaren Kohlenstoff oder einfach-graphitisierbaren Kohlenstoff enthält, ermöglicht es, dass die negative Elektrode **12** zuverlässig die spezifische Kapazitätsrate der negativen Elektrode **12** aufweist. Die spezifische Kapazitätsrate der negativen Elektrode **12** wurde zuvor beschrieben.

[0292] Falls das Kohlenstoffmaterial weniger als 5 Massen-% schwer-graphitisierbaren Kohlenstoff oder einfach-graphitisierbaren Kohlenstoff enthält, ist es schwierig, dass die negative Elektrode **12** die spezifische Kapazitätsrate aufweist.

[0293] Kohlenstoffmaterial ohne schwer-graphitisierbaren Kohlenstoff oder einfach-graphitisierbaren Kohlenstoff verringert leicht die Kapazitätsrate der negativen Elektrode **12**, wenn es weniger als 5 Massen-% ist. Insbesondere verringert das Erhöhen des Gehalts an Graphit in dem Kohlenstoffmaterial leicht die Kapazitätsrate der negativen Elektrode **12**.

Dritte und vierte Effekte

[0294] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform enthält die negative Elektrode **12** Si oder Siliciumoxid als das Negativelektrodenaktivmaterial. Diese Struktur der negativen Elektrode **12** ermöglicht es, die spezifische Kapazitätsrate zuverlässig aufzuweisen.

[0295] Es ist bevorzugt, dass das Negativelektrodenaktivmaterial ferner Kohlenstoffmaterial enthält.

[0296] Das Enthalten des Kohlenstoffmaterials unterdrückt das starke Ansteigen der Kapazitätsrate der negativen Elektrode **12**. Das Kohlenstoffmaterial wird auch als leitfähiges Material verwendet und unterdrückt den Anstieg des Widerstands der negativen Elektrode **12**.

Fünfte und sechste Effekte

[0297] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform enthält die negative Elektrode **12** Lithium-Titan-Kompositoxid als das Negativelektrodenaktivmaterial. Diese Struktur ermöglicht es, dass die negative Elektrode **12** zuverlässig die spezifische Kapazitätsrate aufweist, die zuvor beschrieben wurde. Ferner enthält das Lithium-Titan-Kompositoxid $\text{TiO}_2(\text{B})$ mit nicht weniger als 5 Massen-%, wenn die Gesamtmasse des Lithium-Titan-Kompositoxids 100% ist.

[0298] Das Enthalten von $\text{TiO}_2(\text{B})$ unterdrückt das starke Ansteigen der Kapazitätsrate der negativen Elektrode **12**. Wenn der Gehalt an $\text{TiO}_2(\text{B})$ weniger als 5 Massen-% ist, ist es schwierig, den durch die Zugabe von $\text{TiO}_2(\text{B})$ erhaltenen Effekt ausreichend vorzuweisen.

[0299] Lithium-Titan-Kompositoxid, das kein $\text{TiO}_2(\text{B})$ enthält, verringert leicht die Kapazitätsrate der negativen Elektrode **12**, um weniger als 0,05 zu sein.

Siebter Effekt

[0300] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform ist der bestimmte SOC ein Wert von nicht mehr als 10% SOC. Diese Struktur ermöglicht es, dass die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** die zuvor beschriebenen verbesserten Effekte bereitstellt.

Achter Effekt

[0301] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** als die nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform weist das Lithiumionenübergangsmetalloxid die Struktur auf, die durch die Formel $\text{Li}_2\text{Ni}_\alpha\text{M}^1_\beta\text{M}^2_\gamma\text{Mn}_\eta\text{O}_{4-\varepsilon}$ ausgedrückt ist, wobei $0,50 < \alpha \leq 1,33$, $0,33 \leq \gamma \leq 1,1$, $0 \leq \eta \leq 1,00$, $0 \leq \beta \leq 0,67$, $0 \leq \varepsilon \leq 1,00$, wobei M^1 zumindest eines aus Co und Ga ist und M^2 zumindest eines aus Ge, Sn und Sb ist.

[0302] Die Verwendung des Lithiumionenübergangsmetalloxids als das Positivelektrodenaktivmaterial ermöglicht es, dass die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** die zuvor beschriebenen exzellenten Effekte bereitstellt.

Fünfte exemplarische Ausführungsform

[0303] Eine Beschreibung wird für die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie gemäß der fünften exemplarischen Ausführungsform mit Bezug auf **Fig. 5** und **Fig. 6** gegeben.

[0304] Wie zuvor beschrieben, ist **Fig. 5** eine perspektivische Ansicht, die eine schematische Struktur der nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbaren Batterie gemäß der fünften exemplarischen Ausführungsformen zeigt. **Fig. 6** ist eine perspektivische Ansicht, die eine andere schematische Struktur der nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbaren Batterie gemäß der fünften exemplarischen Ausführungsformen zeigt. Das heißt, **Fig. 6** zeigt einen Querschnitt entlang der Linie VI-VI, wie in **Fig. 5** gezeigt.

[0305] Die positive Elektrode **11**, die negative Elektrode **12** und der nicht-wässrige Elektrolyt **13** etc. in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der fünften exemplarischen Ausführungsform weisen die gleiche Struktur auf wie die in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der siebten exemplarischen Ausführungsform.

[0306] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der fünften exemplarischen Ausführungsform sind die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** in dem Batteriegehäuse **2** beherbergt und versiegelt. Das heißt, die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der fünften exemplarischen Ausführungsform weist die gleiche Struktur auf, wie die der vierten exemplarischen Ausführungsform.

[0307] Die positive Elektrode **11** weist eine Struktur auf, in welcher die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** auf der Oberfläche des Positivelektrodenstromabnehmers **110** mit einer rechtwinklig-artigen Form gebildet ist. Ein Nicht-Aufbringungsabschnitt **112** (auf welchem keine Positivelektrodenaktivmaterialschicht gebildet ist) ist auf einer Seite der positiven Elektrode **11** mit einer rechtwinkligen Form gebildet, wo der Positivelektrodenstromabnehmer **110** exponiert ist.

[0308] Die negative Elektrode **12** weist eine Struktur auf, in welcher die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** auf beiden Oberflächen des Negativelektrodenstromabnehmers **120** mit einer rechtwinklig-artigen Form gebildet ist. Ein Nicht-Aufbringungsabschnitt **122** (auf welchem keine Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** gebildet ist) ist auf einer Seite der negativen Elektrode **12** mit einer rechtwinkligen Form gebildet, wo der Negativelektrodenstromabnehmer **120** exponiert ist.

[0309] In der Struktur der negativen Elektrode **12** ist die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** in der Fläche größer als die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** der positiven Elektrode **11**. Wenn die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** der negativen Elektrode **12** und die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** übereinander gelegt werden, bedeckt die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** der positiven Elektrode **11** vollständig und die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** ist nicht von der Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** exponiert.

[0310] Die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** sind mittels des Separators **14** gestapelt. Die positive Elektrode **11**, die negative Elektrode **12**, der Separator **14** und der nicht-wässrige Elektrolyt **13** sind in dem Batteriegehäuse **2** beherbergt und versiegelt. Das Batteriegehäuse **2** ist aus einem Laminatfilm hergestellt. Der Separator **14** ist in der Fläche größer als die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121**.

[0311] Die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** sind gestapelt, um ein Laminat herzustellen, sodass der Zentralpunkt der Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** mit dem Zentralpunkt der Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** übereinstimmt. In dieser Struktur ist der Nicht-Aufbringungsabschnitt **112** der

positiven Elektrode **11** in einer Richtung gegenüber des Nicht-Aufbringungsabschnitts **122** der negativen Elektrode **12** angeordnet.

[Batteriegehäuse]

[0312] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der fünften exemplarischen Ausführungsform ist das Batteriegehäuse **2** aus dem laminierten Film **20** hergestellt. Der laminierte Film **20** ist aus einer Kunststoffharzschicht **201**, einer Metallfolie **202** und einer Kunststoffharzschicht **203** zusammengesetzt, welche gestapelt wurden, um ein Laminat herzustellen, und weist eine bestimmte Form auf. Das Batteriegehäuse **2** wird hergestellt durch Erweichen der Kunststoffharzschichten **201** und **203** in dem laminierten Film **20** durch die Verwendung von Wärmeenergie oder Lösungsmittel, und Pressen des erweichten laminierten Films **20** auf einen anderen laminierten Film, welcher erweicht wurde. Dieser Prozess bindet den laminierten Film **20** und einen anderen laminierten Film zusammen.

[0313] Das Batteriegehäuse **2** wird hergestellt durch Stapeln der laminierten Filme **20** mit der bestimmten Form, um die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** zu beherbergen, und Binden des Randbereichs des äußeren Umfangs der laminierten Filme **20**, um die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** in dem Batteriegehäuse **2** zu versiegeln. Die fünfte exemplarische Ausführungsform führt einen Wärmeversiegelungsprozess bei der äußeren Umgebung der laminierten Filme **20** durch, um das Batteriegehäuse **20** vollständig zu versiegeln.

[0314] Das heißt, das Batteriegehäuse **2** wird hergestellt durch übereinanderlegen des laminierten Films (erster laminierte Film **20**) und eines anderen laminierten Films (zweiter laminierte Film **20**) übereinander. Der zweite laminierte Film **20** indiziert einen laminierten Film, der mit Wärme zu versiegeln ist. Es ist auch akzeptabel, einen einzelnen laminierten Film zu verwenden, um das Batteriegehäuse herzustellen.

[0315] Der Prozess des Wärmeversiegelns der äußeren Umgebung des Batteriegehäuses **2** wird in einer druckreduzierten Atmosphäre (oder in Vakuum) oder in einer Inertgasatmosphäre (in Edelgas, bevorzugt Argon-Atmosphäre) ausgeführt. Dieser Prozess verhindert, dass Material, welches die Elektrodenleistungsfähigkeit verschlechtern würde, in das Innere des Batteriegehäuses **2** eindringt oder hineingelangt. Demgemäß werden die Elektroden, wie etwa die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12**, vollständig innerhalb des Batteriegehäuses **2** ohne Luft (und Feuchtigkeit, die in der Luft beinhaltet ist) versiegelt.

[0316] Wie in **Fig. 5** und **Fig. 6** gezeigt, weist der laminierte Film **20**, welcher hergestellt wurde, einen Plattenabschnitt **21** und ein geprägtes Teil **23** mit einer Bad-Form auf. Dieser Plattenabschnitt **21** bildet einen versiegelten Abschnitt zwischen dem laminierten Film **20** mit einem anderen laminierten Film **20**, welche gestapelt wurden. Das geprägte Teil **23** ist bei einem Zentralabschnitt des laminierten Films **20** gebildet und beherbergt die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12**.

[0317] Wie in **Fig. 5** und **Fig. 6** gezeigt, sind die beiden laminierten Filme **20** gebildet, um den geprägten Teil **23** aufzuweisen, um die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** zu beherbergen. Wenn die beiden laminierten Filme **20** die gleiche Form aufweisen und vollständig angrenzend miteinander gestapelt sind, überlappen die beiden Plattenteile **21** vollständig ohne Versatz.

[0318] In den laminierten Filmen **20** sind der Plattenabschnitt **21** und ein Bodenabschnitt **23A** des geprägten Teils **23** (als die Bad-Form) parallel zueinander gebildet. Der Bodenabschnitt **23A** korrespondiert zu dem Randteil in der Stapelrichtung in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der fünften exemplarischen Ausführungsform.

[0319] Der Plattenabschnitt **21** ist mit dem Bodenabschnitt **23A** des geprägten Teils **23** durch einen geneigten Abschnitt **23B** verbunden. Der geneigte Abschnitt **23B** erstreckt sich in eine Richtung (geneigte Richtung), welche eine Richtung parallel zu dem Plattenabschnitt **21** und dem Bodenabschnitt **23A** kreuzt. Der Bodenabschnitt **23A** ist kleiner als ein Öffnungsabschnitt gebildet (welcher an einem Randabschnitt innerhalb des Plattenabschnitts **21** des geprägten Teils **23** gebildet ist).

[0320] In dem Batteriegehäuse **2** ist ein Versiegelungsabschnitt **22** an der äußeren Umgebung der beiden Plattenabschnitte **21** gebildet. Ein Nicht-Versiegelungsabschnitt ist im Inneren (zu der Richtung nahe des Elektrolyten) des Versiegelungsabschnitts **22** gebildet. In dem Nicht-Versiegelungsabschnitt überlappen sich die Plattenabschnitte **21** gegeneinander. Es ist akzeptabel, in Kontakt mit dem Nicht-Versiegelungsabschnitt zu

sein, in welchem die Plattenabschnitte **21** überlappen, oder eine Lücke in diesem Nicht-Versiegelungsabschnitt zu bilden.

[0321] Ferner ist es akzeptabel, die Nicht-Aufbringungsabschnitte **112** und **122** der Elektrodenplatten (die Platte der Positivelektrodenplatte **11** und die Platte der Negativelektrode **12**) und den Separator **14** in dem Nicht-Versiegelungsabschnitt anzuordnen. Die laminierten Filme **20** werden vorab geformt, um die in **Fig. 5** und **Fig. 6** gezeigten Form einzunehmen. Es ist möglich, die laminierten Filme **20** durch die Verwendung eines herkömmlichen Formgebungsverfahrens zu formen. In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** sind die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** mit einem Positivelektrodenanschluss **25** bzw. einem Negativelektrodenanschluss **26** verbunden.

[Elektrodenanschluss]

[0322] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der fünften exemplarischen Ausführungsform ist der Positivelektrodenanschluss **25** elektrisch mit dem Nicht-Versiegelungsabschnitt **112** der positiven Elektrode **12** verbunden. In ähnlicher Weise ist der Negativelektrodenanschluss elektrisch mit dem Nicht-Aufbringungsabschnitt **12** der negativen Elektrode **12** verbunden.

[0323] In der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der ersten exemplarischen Ausführungsform sind der Positivelektrodenanschluss **25** und der Negativelektrodenanschluss **26** mit dem Nicht-Aufbringungsabschnitt **112** der positiven Elektrode **11** und dem Nicht-Aufbringungsabschnitt **122** der negativen Elektrode **12** jeweils durch Schweißen verbunden.

[0324] Das Zentralteil in einer Breitenrichtung des Nicht-Aufbringungsabschnitts **112** der positiven Elektrode **11** und des Nicht-Aufbringungsabschnitts **122** der negativen Elektrode **12** ist mit dem Positivelektrodenanschluss **25** bzw. dem Negativelektrodenanschluss **26** verbunden.

[0325] Ein Teil von sowohl dem Positivelektrodenanschluss **25** als auch dem Negativelektrodenanschluss **26**, welche das Batteriegehäuse **2** durchdringen und nach Außerhalb exponiert sind, ist mittels eines Abdichtmittels **24** gebunden, um die Kunststoffharzschicht **201** des laminierten Films **20** und die Elektrodenanschlüsse **25** und **26** vollständig zu versiegeln.

[0326] Sowohl der Positivelektrodenanschluss **25** als auch der Negativelektrodenanschluss **26** sind aus einem Metallsheet hergestellt. Das Abdichtmittel **24** bedeckt den Teil, bei welchem der Positivelektrodenanschluss **25** und der Negativelektrodenanschluss **26** mit dem Plattenabschnitt **21** überlappen. Da sowohl der Positivelektrodenanschluss **25** als auch der Negativelektrodenanschluss **26** eine Sheet-ähnliche Form aufweisen, ermöglicht es diese Struktur, Stress zu reduzieren, welcher den laminierten Film **20** bei dem Teil deformiert, bei welchem der Positivelektrodenanschluss **25** und der Negativelektrodenanschluss **26** das Batteriegehäuse **2** durchdringen. Es ist auch möglich, die Nicht-Aufbringungsabschnitte **112** der positiven Elektrode **11** und den Positivelektrodenanschluss **25** einfach zu schweißen und die Nicht-Aufbringungsabschnitte **122** der negativen Elektrode **12** und den Negativelektrodenanschluss **26** zu schweißen.

[0327] Es ist bevorzugt, dass die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** eines Laminat-Typs gemäß der fünften exemplarischen Ausführungsform ein Arretierungselement aufweist, welches fähig ist zum Unterdrücken, dass sich die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** voneinander trennen. Die Verwendung des Arretierungselements ermöglicht es, zu unterdrücken, dass sich eine Distanz zwischen der positiven Elektrode **11** und der negativen Elektrode **12** in einer Stapelrichtung verlängert.

[0328] Falls die Distanz zwischen der positiven Elektrode **11** und der negativen Elektrode **12** verlängert ist, steigt eine Diffusionslänge der Elektrolytionen an und als Ergebnis erhöht dies einen inneren Widerstand der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1**. Die Verwendung des Arretierungselements kann unterdrücken, dass sich die Distanz zwischen der positiven Elektrode **11** und der negativen Elektrode **12** verringert.

[0329] Zum Beispiel ist es möglich, als das Arretierungselement ein Element zu verwenden, das ein Paar von Spannvorrichtungen aufweist, welche in Kontakt mit den beiden Umgebungsoberflächen in der Stapelrichtung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** eines Laminat-Typs sind. Es ist akzeptabel, als das Arretierungselement ein Element, das ein Paar von Spannvorrichtungen aufweist, welche fähig sind zum Zusammenpressen der äußeren Umgebungsoberfläche der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** eines Laminat-Typs, oder ein Element zu verwenden, das ein Paar von Spannvorrichtungen aufweist, welche fähig sind zum Unterdrücken, dass die Dicke der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** eines Laminat-Typs ansteigt. Es

ist auch akzeptabel, als das Arretierungselement ein Außengehäuse zu verwenden, das eine bestimmte Festigkeit zum Beherbergen der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** eines Laminat-Typs aufweist.

[Effekte]

[0330] Die Form der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der fünften exemplarischen Ausführungsform unterscheidet sich von der der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform. Zusätzlich weist die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der fünften exemplarischen Ausführungsform, die die zuvor beschriebene verbesserte Struktur aufweist, die gleichen Effekte und das gleiche Verhalten wie die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** eines Laminat-Typs gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform auf.

Sechste exemplarische Ausführungsform

[0331] Eine Beschreibung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie gemäß der sechsten exemplarischen Ausführungsform mit Bezug auf **Fig. 7** wird gegeben. Wie zuvor erklärt, ist **Fig. 7** eine Ansicht, die eine schematische Querschnittsansicht der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** als eine nicht-wässriger-Elektrolyt wiederaufladbare Batterie gemäß der sechsten exemplarischen Ausführungsform zeigt. Die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der sechsten exemplarischen Ausführungsform ist eine Knopfzellen-förmige wiederaufladbare Batterie. Sowohl die positive Elektrode **11**, die negative Elektrode **12** als auch der nicht-wässrige Elektrolyt **13** in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der dritten exemplarischen Ausführungsform weisen die gleiche Struktur wie die der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform auf.

[0332] In der Struktur der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der sechsten exemplarischen Ausführungsform beherbergt das Batteriegehäuse **3** die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12**. Das heißt, die positive Elektrode **11** und die negative Elektrode **12** sind in dem Batteriegehäuse **3** versiegelt. Andere Komponenten der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der dritten exemplarischen Ausführungsform weisen die gleiche Struktur auf wie die gemäß der vierten und fünften exemplarischen Ausführungsformen, wie nachfolgend erklärt.

[0333] Spezifisch weist die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der sechsten exemplarischen Ausführungsform die positive Elektrode **11**, die negative Elektrode **12**, den nicht-wässrigen Elektrolyt **13**, den Separator **14**, ein Positivelektrodengehäuse **31**, ein Negativelektrodengehäuse **32**, ein Versiegelungselement **33** und ein Trägerelement **34** auf.

[0334] In der Struktur der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der sechsten exemplarischen Ausführungsform sind eingebaute Komponenten durch das Positivelektrodengehäuse **31** und das Negativelektrodengehäuse **32** komplett versiegelt. Mit anderen Worten beherbergen das Positivelektrodengehäuse **31** und das Negativelektrodengehäuse **32** die eingebauten Komponenten. Die eingebauten Komponenten enthalten die positive Elektrode **11**, die negative Elektrode **12**, den nicht-wässrigen Elektrolyt **13**, den Separator **14** und das Trägerelement **34**. Zum Beispiel ist es möglich, eine Dichtung als das Versiegelungselement **33** zu verwenden.

[0335] Wie in **Fig. 7** gezeigt, sind die positive Elektrode **11**, der Separator **14** und die negative Elektrode **12** in dem Positivelektrodengehäuse **31** und dem Negativelektrodengehäuse **32** angeordnet, sodass die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** mittels des Separators **14** der Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** gegenüberliegt.

[0336] Wie in **Fig. 7** gezeigt, ist die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **111** in Oberflächenkontakt mit und elektronisch verbunden mit dem Positivelektrodenstromabnehmer **110** in dem Positivelektrodengehäuse **31** angeordnet. In ähnlicher Weise ist die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **121** in Oberflächenkontakt mit und elektrisch verbunden mit dem Negativelektrodenstromabnehmer **120** in dem Negativelektrodengehäuse **32** angeordnet.

[Effekte]

[0337] Die Form der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der sechsten exemplarischen Ausführungsform unterscheidet sich von der der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform. Die Komponenten und das Verhalten der Lithiumionen-wiederaufladbaren

Batterie **1** gemäß der sechsten exemplarischen Ausführungsform sind die gleichen wie die der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der vierten exemplarischen Ausführungsform.

[0338] Es ist möglich, die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der fünften und sechsten exemplarischen Ausführungsformen auf Laminat-Typ Batterien oder Knopfzellen-förmigen Batterien anzuwenden. Allerdings ist das Konzept der vorliegenden Erfindung nicht auf diese beschränkt. Es ist möglich, die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** auf verschiedene Arten von Batterien anzuwenden, wie etwa zylindrisch-geformte Arten, eine prismatisch-geformte Art etc. Es ist auch akzeptabel, Lithiumionen-wiederaufladbare Batterien in Reihe oder parallel miteinander kombiniert zusammenzustellen.

(Sechste bis elfte Beispiele und vierte bis siebte Vergleichsbeispiele)

[0339] Eine Beschreibung wird nun für ein Verfahren zum Anfertigen eines Positivelektrodenaktivmaterials und eines Negativelektrodenaktivmaterials und zum Herstellen einer positiven Elektrode, einer negativen Elektrode und einer Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie gemäß der sechsten bis elften Beispiele und vierten bis siebten Vergleichsbeispiele gegeben.

Sechstes Beispiel

(Positive Elektrode)

[0340] Eine Lösung wurde angefertigt, welche Metallkomplexe von jeweils Li, Ni, Mn und Sn enthält. Die angefertigte Lösung von Metallkomplexen wurde eingestellt, um eine chemische Zusammensetzung eines Zielpositivelektrodenmaterials aufzuweisen. Das heißt, die angefertigte Lösung von Metallkomplexen war so eingestellt, dass ein Atomverhältnis von Li:Ni:Mn:Sn gleich 2:1:0,67:0,33 ist.

[0341] Die angefertigte Lösung von Metallkomplexen wurde in einem Trockenofen getrocknet und erwärmt, um organische Komponenten von der erhaltenen Lösung zu entfernen. Nach diesem Prozess wurde das erhaltene Material kalziniert und gesintert. Diese Prozesse stellten ein Positivelektrodenaktivmaterial ($\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$ Pulver) gemäß dem ersten Beispiel her.

[0342] Als nächstes wurden 88 Massenteile des Positivelektrodenaktivmaterials, leitfähiges Material, und 6 Massenteile eines Bindemittels zu N-Methylpyrrolidon (NMP) zugegeben und miteinander gemischt, um eine Aufschlämmung einer Positivelektrodenmischung herzustellen. Acetylschwarz wurde als das leitfähige Material verwendet. Polyvinylidendifluorid (PVDF) wurde als das Bindemittel verwendet. Die erhaltene Positivelektrodenmischung wurde auf die beiden Oberflächen eines aus einer Aluminiumfolie hergestellten Stromabnehmers mit einer Dicke von 15 μm aufgebracht. Der erhaltene Stromabnehmer wurde getrocknet und mit einem bestimmten Druck gepresst, um die positive Elektrode **11** gemäß dem sechsten Beispiel herzustellen.

[0343] Das in dem ersten Beispiel verwendete Positivelektrodenaktivmaterial korrespondiert zu einem Lithiumionenübergangsmetalloxid ($\text{Li}_{2-x}\text{Ni}_\alpha\text{M}_\beta^1\text{M}_\gamma^2\text{O}_{4-\varepsilon}$, wobei $x = 0$, $\alpha = 1$, $\beta = 0$, $\gamma = 1$ ($= 0,67 + 0,33$), M^2 :Mn und Sn, und $\varepsilon = 0$).

[Negative Elektrode]

[0344] 98 Massenteile Graphitpulver, 1 Massenteil Styrol-Butadien-Gummi (SBR) als ein Bindemittel und 1 Massenteil Carboxymethylcellulose (CMC) als ein anderes Bindemittel wurden zu Wasser zugegeben und miteinander gemischt, um eine Aufschlämmung einer Negativelektrodenmischung herzustellen. Die CMC als das Bindemittel wurde in Wasser gelöst und ein Festgehalt der CMC in Wasser war 1 Massenteil. Die erhaltene Negativelektrodenmischung wurde auf die beiden Oberflächen eines aus Kupferfolie hergestellten Stromabnehmers mit einer Dicke von 10 μm aufgebracht. Der erhaltene Negativelektrodenstromabnehmer wurde getrocknet mit einem bestimmten Druck gepresst, um die negative Elektrode **12** gemäß der sechsten bis elften Beispiele herzustellen.

[0345] Die Negativelektrodenmischung wurde auf die beiden Oberflächen des aus einer Kupferfolie hergestellten Stromabnehmers aufgebracht, sodass eine Aufbringungsmenge der Negativelektrodenmischung und die Kapazitätsrate (die Kapazität der negativen Elektrode **12**/die Kapazität der positiven Elektrode **11**) pro Flächeneinheit 1,1 wurde.

(Nicht-wässriger Elektrolyt)

[0346] Eine Lösung wurde als der nicht-wässrige Elektrolyt **13** angefertigt, welche eine gemischte Lösung enthielt, in welcher 1 Mol-% LiPF_6 in einem gemischten Lösungsmittel mit einer Beziehung von Ethylencarbonat (EC):Diethylcarbonat (DCE) von 30:70 (Vol-%) gemischt war. 2 Massen-% Vinylencarbonat (VC) wurde zu dem nicht-wässrigen Elektrolyt **13** zugegeben, wenn die Gesamtheit des nicht-wässrigen Elektrolyten 100 Massen-% war.

(Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie oder Sekundärbatterie)

[0347] Wie zuvor im Detail beschrieben, weist die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** die Struktur auf, in welcher die positive Elektrode **11**, der Separator **14** und die negative Elektrode **12** in dieser Reihenfolge gestapelt sind. Diese gestapelten Komponenten machen einen Stapelkörper aus. Der erhaltene Stapelkörper und der nicht-wässrige Elektrolyt **13** werden mit dem nicht-wässrigen Elektrolyten **13** in dem Batteriegehäuse **2** eines Laminat-Typs beherbergt, spezifisch nach dem Injizieren des nicht-wässrigen Elektrolyten **13** in das Batteriegehäuse **2**, in welchem der Stapelkörper gelagert ist. Nach diesem Prozess wurde das Batteriegehäuse **2** unter Verwendung von Wärmeversiegelung vollständig versiegelt. Die Anzahl an Stapelkörpern, die in dem Batteriegehäuse **2** beherbergt sind, wird eingestellt, um eine Batteriekapazität von 3 [Ah] aufzuweisen, wobei jeder der Stapelkörper aus der positiven Elektrode **11**, dem Separator **14** und der negativen Elektrode **12** besteht.

[0348] Ein poröser, aus Polyethylen hergestellter Film mit einer Dicke von 25 μm wurde als der Separator **14** verwendet.

[0349] Das Batteriegehäuse **2** ist aus einem Laminatfilm **20** hergestellt, der aus einer Polypropylenschicht **201**, einer Aluminiumfolie **202** und einer Polyethylenterephthalatschicht **203** besteht.

[0350] Nach dem zuvor beschriebenen Zusammenbauen wurde ein CC-Laden (Konstantstromladen) der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** bei Raumtemperatur bis zur 4,1 [V]-Ladeendspannung ausgeführt und ein CC-Entladen (Konstantstromentladen) wurde bei Raumtemperatur bis zur 2,5 [V] Entladeendspannung ausgeführt. Das heißt, die Aktivierung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** wurde durch Laden und Entladen bei $1/3 \text{ C} \times 5$ Zyklen ausgeführt.

Siebtes Beispiel

[0351] Die Negativelektrodenmischung als das siebte Beispiel wurde durch Zugabe von 98 Massenteilen einfach-graphitisierbarem Kohlenstoff, 1 Massenteil SBR, 1 Massenteil CMC in Wasser und Mischen hergestellt. Andere Komponenten des Negativelektrodenmaterials waren die gleichen wie die der Negativelektrodenmischung, die in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem sechsten Beispiel verwendet wurden.

Achstes Beispiel

[0352] Die Negativelektrodenmischung als das achte Beispiel wurde durch Zugabe von 90 Massenteilen Graphitpulver, 8 Massenteilen einfach-graphitisierbarem Kohlenstoff, 1 Massenteil SBR, 1 Massenteil CMC in Wasser und Mischen hergestellt. Andere Komponenten des Negativelektrodenmaterials waren die gleichen wie die der Negativelektrodenmischung, die in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem sechsten Beispiel verwendet wurden.

Neuntes Beispiel

[0353] Die Negativelektrodenmischung als das neunte Beispiel wurde durch Zugabe von 90 Massenteilen Graphitpulver, 8 Massenteilen Siliciumoxid(SiO_2)-Pulver, 1 Massenteil SBR, 1 Massenteil CMC in Wasser und Mischen hergestellt. Andere Komponenten des Negativelektrodenmaterials waren die gleichen wie die in der Negativelektrodenmischung, die in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem sechsten Beispiel verwendet wurden.

Viertes Vergleichsbeispiel

[0354] Die Negativelektrodenmischung als das vierte Vergleichsbeispiel wurde durch Zugabe von 98 Massenteilen Graphitpulver, 1 Massenteil SBR, 1 Massenteil CMC in Wasser und Mischen hergestellt. Andere Komponenten des Negativelektrodenmaterials waren die gleichen wie die in der Negativelektrodenmischung, die in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem sechsten Beispiel verwendet wurden.

Zehntes Beispiel

[0355] Die Negativelektrodenmischung als das zehnte Beispiel wurde durch Zugabe von 45 Massenteilen Lithiumtitanatpulver, das durch $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ausgedrückt ist, 45 Massenteilen $\text{TiO}_2(\text{B})$ -Pulver, 5 Massenteilen Acetylschwarz als leitfähiges Material, 5 Massenteilen PVDF als Bindemittel in NMP und Mischen hergestellt. Die erhaltene Negativelektrodenmischung wurde auf die beiden Oberflächen des aus Aluminiumfolie hergestellten Stromabnehmers mit einer Dicke von 15 μm aufgebracht. Nach diesem Prozess wurde die Negativelektrodenmischung getrocknet und mit einem bestimmten Druck gepresst.

[0356] Nach dem zuvor beschriebenen Zusammenbauen wurde ein CC-Laden (Konstantstromladen) der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** bei Raumtemperatur bis zur 2,8 [V] Ladeendspannung ausgeführt und ein CC-Entladen (Konstantstromentladen) wurde bei Raumtemperatur bis zur 2,0 [V] Entladeendspannung ausgeführt. Das heißt, die Aktivierung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** wurde durch Laden und Entladen bei $1/3 \text{ C} \times 5$ Zyklen ausgeführt.

[0357] Andere Komponenten der Testproben waren die gleichen wie die der Negativelektrodenmischung, die in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem sechsten Beispiel verwendet wurde.

Fünftes Vergleichsbeispiel

[0358] Die Negativelektrodenmischung als das fünfte Vergleichsbeispiel wurde durch Zugabe von 90 Massenteilen Lithiumtitanatpulver, das durch $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ausgedrückt ist, 5 Massenteilen Acetylschwarz als leitfähiges Material, 5 Massenteilen PVDF als Bindemittel in NMP und Mischen hergestellt. Andere Komponenten des Negativelektrodenmaterials waren die gleichen wie die der Negativelektrodenmischung, die in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem zehnten Beispiel verwendet wurde.

Elftes Beispiel

[0359] Das elfte Beispiel verwendete als das Positivelektrodenaktivmaterial ein Pulver mit einer chemischen Zusammensetzung, die durch die Formel $\text{Li}_2\text{Ni}_{0,67}\text{Co}_{0,67}\text{Mn}_{0,33}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$ ausgedrückt ist. Andere Komponenten der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem elften Beispiel waren die gleichen wie die der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem sechsten Beispiel.

[0360] Bei der Herstellung des Positivelektrodenaktivmaterials, das in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem elften Beispiel verwendet wurde, wurde eine Lösung hergestellt, die Metallkomplexe von jedem aus Li, Ni, Mn, Co und Sn enthielt. Die angefertigte Lösung von Metallkomplexen wurde eingestellt, um eine chemische Zusammensetzung vom Zielpositivelektrodenmaterial aufzuweisen. Das heißt, die angefertigte Lösung von Metallkomplexen war eingestellt, sodass eine Atomverhältnis von Li:Ni:Co:Mn:Sn gleich 2:0,67:0,67:0,33:0,33 wurde. In ähnlicher Weise zum sechsten Beispiel wurde die erhaltene Lösung von Metallkomplexen in einem Trockenofen getrocknet und erwärmt, um organische Komponenten von der erhaltenen Lösung zu entfernen. Danach wurde das erhaltene Material kalzinert und gesintert, um das Positivelektrodenaktivmaterial gemäß dem elften Beispiel herzustellen.

[0361] Das im elften Beispiel verwendete Positivelektrodenaktivmaterial korrespondiert zu einem Lithiumionenübergangsmetalloxid ($\text{Li}_{2-x}\text{Ni}_\alpha\text{M}_\beta^1\text{M}_\gamma^2\text{O}_{4-\varepsilon}$, wobei $x = 0$, $\alpha = 0,67$, $\text{M}^1:\text{Co}$. $\beta = 0,67$, $\text{M}^2:\text{Mn}$ und Sn , $\gamma = 0,66$ ($= 0,33 + 0,33$) und $\varepsilon = 0$).

Sechstes Vergleichsbeispiel

[0362] Das sechste Vergleichsbeispiel verwendete als das Positivelektrodenaktivmaterial ein Pulver mit einer chemischen Zusammensetzung, die durch die Formel $\text{Li}_2\text{Ni}_{0,67}\text{Co}_{0,67}\text{Mn}_{0,33}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$ ausgedrückt ist. Andere Komponenten der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß des sechsten Vergleichsbeispiels waren die gleichen wie die der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie gemäß dem elften Beispiel.

Zwölftes Beispiel

[0363] Das zwölfte Beispiel verwendete als das Positivelektrodenaktivmaterial ein Pulver mit einer chemischen Zusammensetzung, die durch die Formel $\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Ge}_{0,33}\text{O}_4$ ausgedrückt ist. Andere Komponenten der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem elften Beispiel waren die gleichen wie die der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem sechsten Beispiel.

[0364] Bei der Herstellung des Positivelektrodenaktivmaterials, das in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem zwölften Beispiel verwendet wurde, wurde eine Lösung hergestellt, die Metallkomplexe von jedem aus Li, Ni, Mn und Ge enthält. Die angefertigte Lösung von Metallkomplexen wurde eingestellt, um eine chemische Zusammensetzung vom Zielpositivelektrodenmaterial aufzuweisen. Das heißt, die angefertigte Lösung von Metallkomplexen war eingestellt, sodass eine Atomverhältnis von Li:Ni:Mn:Ge gleich 2:1:0,67:0,33 wurde. In ähnlicher Weise zu dem sechsten Beispiel wurde die erhaltene Lösung von Metallkomplexen in einem Trockenofen getrocknet und erwärmt, um organische Komponenten von der erhaltenen Lösung zu entfernen. Danach wurde das erhaltene Material kalziniert und gesintert, um das Positivelektrodenaktivmaterial gemäß dem zwölften Beispiel herzustellen.

[0365] Das im zwölften Beispiel verwendete Positivelektrodenaktivmaterial korrespondiert zu einem Lithiumionenübergangsmetalloxid ($\text{Li}_{2-x}\text{Ni}_\alpha\text{M}^1_\beta\text{M}^2_\gamma\text{O}_{4-\varepsilon}$, wobei $x = 0$, $\alpha = 1$, $\beta = 0$, $\gamma = 1,00 (= 0,67 + 0,33)$, M^2 :Mn und Ge, und $\varepsilon = 0$).

Siebtes Vergleichsbeispiel

[0366] Das siebte Vergleichsbeispiel verwendete als das Positivelektrodenaktivmaterial ein Pulver mit einer chemischen Zusammensetzung, das durch Formel $\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Ge}_{0,33}\text{O}_4$ ausgedrückt ist. Andere Komponenten der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem siebten Vergleichsbeispiel waren die gleichen wie die der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß dem zwölften Beispiel.

[Evaluation]

[0367] Eine Beschreibung wird nun zur Evaluierung von jedem der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten und siebten Vergleichsbeispiele gegeben.

[0368] Vor der Evaluation der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der sechsten bis elften Beispiele wurde die Leistung von deren positiver Elektrode **11** und negativer Elektrode **12** evaluiert.

[0369] Die Evaluation der positiven Elektrode **11** und der negativen Elektrode **12** wurde unter Verwendung einer Testzelle eines Halbzellen-Typs ausgeführt. Das folgende Messverfahren wird für die positive Elektrode **11** erklärt. Es ist möglich, die Leistung der negativen Elektrode **12** durch die Verwendung des gleichen folgenden Messverfahrens zu evaluieren.

[0370] Die Testzelle eines Halbzellen-Typs gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele weist eine Struktur der Knopfzellen-Typ Batterie gemäß der sechsten exemplarischen Ausführungsform auf, die in **Fig. 7** gezeigt ist. Bei der Evaluation der positiven Elektrode **11** wurde metallisches Lithium als die negative Elektrode **12** verwendet. In ähnlicher Weise wurde auch bei der Evaluation der negativen Elektrode **12** metallisches Lithium als die positive Elektrode **12** verwendet.

[0371] Die Testzelle eines Halbzellen-Typs gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele verwendete den nicht-wässrigen Elektrolyt **13**, welcher in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele verwendet wurde.

[0372] Nach dem Zusammenbauen wurde das CC-Laden der Testzelle eines Halbzellen-Typs gemäß der sechsten bis neunten, der elften bis zwölften Beispiele und dem vierten Vergleichsbeispiel, welche zur Evaluation der positiven Elektrode **11** verwendet wurden, bei Raumtemperatur bis zur 4,3 [V] Ladeendspannung ausgeführt und das CC-Entladen wurde bei Raumtemperatur bis zur 2,0 [V] Entladeendspannung ausgeführt. Die Aktivierung der Testzelle eines Halbzellen-Typs wurde durch $1/3 \text{ C} \times 5$ Zyklen ausgeführt.

[0373] In ähnlicher Weise zu der Evaluation der positiven Elektrode **11**, wie zuvor beschrieben, wurde das CC-Entladen der Testzelle eines Halbzellen-Typs gemäß der sechsten bis neunten, der elften bis zwölften

Beispiele und des vierten Vergleichsbeispiels, welche für die Evaluation der negativen Elektrode **12** verwendet wurde, bei Raumtemperatur bis zur 0,01 [V] Entladeendspannung ausgeführt und das CC-Laden wurde bei Raumtemperatur bis zur 2,0 [V] Ladeendspannung ausgeführt. Die Aktivierung der Testzelle wurde durch $1/10\text{ C} \times 5$ Zyklen ausgeführt.

[0374] In der zu evaluierenden Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele war die positive Elektrode **11** eine Arbeitselektrode (WE), und die negative Elektrode **12** war eine Gegenelektrode (CE) und eine aus einem Lithiummetall hergestellte Referenzelektrode (RE) wurde verwendet, um eine Dreielektroden-Typ-Zelle zu bilden.

[0375] Nach dem Zusammenbauen der zu evaluierenden Dreielektroden-Typ-Zelle gemäß der sechsten bis neunten und elften bis zwölften Beispiele und dem vierten Vergleichsbeispiel wurde die Aktivierung der Dreielektroden-Typ-Zelle bei Raumtemperatur durch $1/3\text{ C} \times 5$ Zyklen ausgeführt, d. h. das CC-Laden wurde bis zur 4,1 [V] Ladeendspannung ausgeführt und das CC-Entladen wurde bis zur 2,5 [V] Entladeendspannung ausgeführt.

[0376] Nach dem Zusammenbauen der Testzelle eines Halbzellen-Typs gemäß dem zehnten Beispiel und dem fünften Vergleichsbeispiel, die für die Evaluation der positiven Elektrode **11** zu verwenden sind, wurde das Laden und Entladen der Testzelle eines Halbzellen-Typs bei $1/3\text{ C} \times 5$ Zyklen ausgeführt. Das CC-Laden wurde bis zur 4,3 V Ladeendspannung ausgeführt und das CC-Entladen wurde bis zur 2,0 V Entladeendspannung ausgeführt.

[0377] Nach dem Zusammenbauen der Testzelle eines Halbzellen-Typs gemäß dem zehnten Beispiel und dem fünften Vergleichsbeispiel, die für die Evaluation der negativen Elektrode **12** zu verwenden sind, wurde das Laden und Entladen der Testzelle eines Halbzellen-Typs bei $1/10\text{ C} \times 5$ Zyklen ausgeführt. Das CC-Entladen wurde bis zur 0,05 V Entladeendspannung ausgeführt und das CC-Laden wurde bis zur 2,0 V Ladeendspannung ausgeführt.

[0378] Nach dem Zusammenbauen der Dreielektroden-Typ-Zelle gemäß dem zehnten Beispiel und dem fünften Vergleichsbeispiel wurde die Aktivierung der Dreielektroden-Typ-Zelle bei Raumtemperatur bei $1/3\text{ C} \times 5$ Zyklen ausgeführt, d. h. das CC-Laden wurde bis zur 2,8 [V] Ladeendspannung ausgeführt und das CC-Entladen wurde bis zur 2,0 [V] Entladeendspannung ausgeführt.

(Evaluation von Testzellen)

(Messung der Kapazität von positiver Elektrode)

[0379] Das Laden und Entladen der Testzelle eines Halbzellen-Typs gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele wurde bei der Rate von $1/3\text{ C}$ CC ausgeführt. Das CC-Laden wurde bis zur 4,3 V Ladendspannung ausgeführt und das CC-Entladen wurde bis zur 2,0 V Entladeendspannung ausgeführt. Die erhaltene Endladekapazität wurde als die Batteriekapazität der Testzelle und die Kapazität der positiven Elektrode **11** verwendet. Tabelle 2 zeigt die Messergebnisse dieser Testzellen eines Halbzellen-Typs.

(Bestätigung von Potential-Batteriekapazität von positiver Elektrode)

[0380] Das CC-Laden von jeder Testzelle eines Halbzellen-Typs gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele wurde bei der Rate von $1/3\text{ C}$ bis zur 4,3 V Ladeendspannung ausgeführt, um einen vollaufgeladenen Zustand davon zu erreichen. Nach diesem Laden wurde das CC-Entladen einer bestimmten Kapazität von jeder Testzelle ausgeführt, um einen Ziel-SOC-Wert zu erreichen. Nach dem Einstellen des SOC wurde das Potential von jeder Elektrode bei dem bestimmten SOC berechnet, um eine Beziehung im Potential zwischen dem Positivelektrodenpotential und dem SOC der positiven Elektrode zu erhalten. **Fig. 8** und **Fig. 9** zeigen die Graphen bezüglich der berechneten Beziehung.

(Bestätigung von Positivelektrodenwiderstand)

[0381] Das CC-Laden von jeder Testzelle eines Halbzellen-Typs gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele wurde bei der Rate $1/3\text{ C}$ bis zur 4,3 [V] Ladeendspannung ausgeführt, um einen vollaufgeladenen Zustand davon zu erreichen. Nach diesem Laden wurde das CC-Entladen einer bestimmten Kapazität von jeder Testzelle ausgeführt, um einen Ziel-SOC-Wert zu erreichen. Nach

dem Einstellen des SOC wurde jede Testzelle bei der Rate von $1/2\text{ C}$ geladen und ein Spannungswert von jeder Testzelle nach dem Verstreichen von 10 Sekunden wurde gemessen. In ähnlicher Weise wurde jede Testzelle bei 1 C und 3 C geladen und ein Spannungswert von jeder Testzelle nach dem Verstreichen von 10 Sekunden wurde gemessen. Ein Widerstand von jeder Testzelle wurde durch ein Least-Rectangle-Verfahren unter Verwendung des Ladestromwerts und der gemessenen Spannung von jeder Testzelle berechnet. Der berechnete Widerstandswert indiziert den Widerstand von jeder Testzelle, d. h. den Widerstand der positiven Elektrode **11**.

(Bestätigung von Widerstandsrate von positiver Elektrode)

[0382] Ein Eingabewiderstand von jeder Testzelle eines Halbzellen-Typs gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele wurde bei 0% SOC eines Einzelpols (d. h. der Widerstand der positiven Elektrode **11** für jede Testzelle) gemessen. Ferner wurde ein Eingabewiderstand von jeder Testzelle eines Halbzellen-Typs bei 10% SOC des Einzelpols (d. h. der Widerstand der positiven Elektrode **11** von jeder Testzelle) gemessen. Eine Widerstandsrate zwischen den zwei Widerstandswerten der positiven Elektrode **11**, wenn der SOC 0% war und 10% war, wurde berechnet. Tabelle 2 zeigt diese Berechnungsergebnisse der Widerstandsrate. Der 10% SOC korrespondiert zu einem SOC, welcher nicht weniger als der zuvor beschriebene bestimmte SOC ist.

(Messung der Kapazität der negativen Elektrode)

[0383] Das Laden und Entladen der Testzellen eines Halbzellen-Typs gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele wurde bei der Rate von $1/3\text{ C CC}$ ausgeführt. Das CC-Entladen wurde bis zur 0,01 V Entladeendspannung ausgeführt und das CC-Laden wurde bis zur 2,0 V Ladeendspannung ausgeführt. Die erhaltene Entladekapazität wurde als die Batteriekapazität der Testzelle und die Kapazität der negativen Elektrode **12** verwendet.

(Bestätigung von Potential-Batteriekapazität der negativen Elektrode)

[0384] Das Entladen von jeder Testzelle eines Halbzellen-Typs gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele wurde bei einer $1/10\text{C}$ -Rate bis zur 0,01 Entladeendspannung ausgeführt. Nach dieser Entladung wurde das CC-Laden einer bestimmten Kapazität von jeder Testzelle ausgeführt, um einen Ziel-SOC-Wert zu erreichen. Nach dem Einstellen des SOC wurde ein Potential von jeder Elektrode bei dem bestimmten SOC berechnet, um eine Beziehung zwischen dem Negativelektrodenpotential und dem SOC der negativen Elektrode zu erhalten. **Fig. 8** und **Fig. 9** zeigen die Graphen bezüglich der berechneten Beziehung.

(Evaluation von Lithiumionen-wiederaufladbarer Batterie)

(Messung von Batteriekapazität von Lithiumionen-wiederaufladbarer Batterie)

[0385] Das Laden und Entladen der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele wurde bei einer Rate von $1/3\text{ C}$ ausgeführt. Das heißt, das CC-Laden wurde bis zur 4,1 [V] Ladeendspannung ausgeführt und das CC-Entladen wurde bis zur 2,5 [V] Entladeendspannung ausgeführt. Die erhaltene Entladekapazität wurde als die Batteriekapazität der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie gemäß jedem Beispiel verwendet.

(Bestätigung von Widerstand der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie)

[0386] Das CC-Laden der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele wurde bei der Rate von $1/3\text{ C}$ bis zur 4,1 [V] Ladeendspannung ausgeführt, um den vollaufgeladenen Zustand davon zu erreichen. Danach wurde das CC-Entladen der bestimmten Kapazität von jedem der ersten bis fünften Beispiele und der ersten bis dritten Vergleichsbeispiele ausgeführt, um den Ziel-SOC zu erhalten. Nach dem Einstellen des SOC von jedem Beispiel wurde das Entladen bei der Rate von $1/2\text{ C}$ für 10 Sekunden ausgeführt. Nach dem Verstreichen von 10 Sekunden wurde eine Batteriespannung von jedem Beispiel gemessen. In ähnlicher Weise wurde eine Spannung von jeder Testzelle bei der Rate von 1 C und 3 C gemessen und ein Spannungswert von jedem Beispiel nach dem Verstreichen von 10 Sekunden wurde gemessen. Ein Widerstand von jeder Testzelle wurde durch das Least-Rectangle-Verfahren unter Verwendung des Ladestromwerts und der gemessenen Spannung von jedem Beispiel berech-

net. Der berechnete Widerstandswert indiziert den Widerstand der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie gemäß dem jeweiligen Beispiel.

(Widerstandsrate von Lithiumionen-wiederaufladbarer Batterie)

[0387] Ein Eingabewiderstand der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie **1** gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele wurde bei 10% von dessen SOC gemessen. Ferner wurde ein Eingabewiderstand von jedem Beispiel bei 0% SOC gemessen. Eine Widerstandsrate von jedem Beispiel wurde auf der Basis der gemessenen Widerstände von jedem Beispiel berechnet.

(Evaluation von Dreielektrodenzelle)

(Messung von Batteriekapazität von Lithiumionen-wiederaufladbarer Batterie)

[0388] Das Laden und Entladen der Dreielektrodenzelle gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele wurde bei der Rate von 1/3 C ausgeführt. Das heißt, das CC-Laden wurde bis zur 4,1 [V] Ladeendspannung ausgeführt und das CC-Entladen wurde bis zur 2,5 [V] Entladeendspannung ausgeführt. Die erhaltene Entladekapazität wurde als die Batteriekapazität der Dreielektrodenzelle als die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie gemäß von jedem Beispiel verwendet.

(Messung von SOC von sowohl der positiven Elektrode als auch der negativen Elektrode)

[0389] Das CC-Laden und CC-Entladen der Dreielektrodenzelle gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele wurde bei der Rate von 1/3 C ausgeführt. Das heißt, das CC-Laden der Dreielektrodenzelle gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele wurde bis zur 4,3 V Ladeendspannung ausgeführt, um einen vollständig geladenen Zustand davon zu erreichen. Nach diesem Laden wurde das CC-Entladen einer bestimmten Kapazität der Dreielektrodenzelle von jedem Beispiel ausgeführt, um einen Ziel-SOC-Wert zu erreichen. Nach dem Einstellen des SOC wurde ein Potential von sowohl der Arbeitselektrode als auch der Gegenelektrode zu der Referenzelektrode gemessen. Die gemessenen Potentiale werden als das Positivelektrodenpotential bzw. das Negativelektrodenpotential verwendet.

[0390] Ein SOC der positiven Elektrode wurde nur auf der Basis einer Beziehung zwischen dem Potential der positiven Elektrode und dem SOC der positiven Elektrode, die gemessen wurden, berechnet. In ähnlicher Weise wurde ein SOC der negativen Elektrode nur auf der Basis einer Beziehung zwischen dem Potential der positiven Elektrode und dem SOC der negativen Elektrode, die gemessen wurden, berechnet.

(Messung von mittleren OCP von negativer Elektrode)

[0391] Der SOC der negativen Elektrode bei 50% SOC in der Dreielektrodenzelle gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele wurde gemessen.

(Kapazitätsrate von negativer Elektrode)

[0392] In der Dreielektroden-Typ-Zelle gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele wurde eine Kapazität innerhalb eines Bereichs von (mittleres OCP der negativen Elektrode -0,15 [V]) bis (mittleres OCP der negativen Elektrode +0,25 [V]) berechnet und ein Bereich von mehr als (das mittlere OCP der negativen Elektrode +0,25 [V]) wurde berechnet. Die Kapazitätsrate wurde auf der Basis der berechneten zwei Kapazitäten berechnet.

Tabelle 2

Beispiel	Positivelektroden- aktivmaterial	Negativelektroden- aktivmaterial / Masseteileverhältnis	Positivelektroden- Widerstandsrate	durchschnittliches OCP der negative Elektrode	Kapazitäts- rate der negative Elektrode	Widerstandsrate der Lithiumionen- wiederaufladbarer Batterie	SOC der positiven Elektrode
sechstes Beispiel	$\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$	Graphitpulver: 90 Massenteile Einfach-graphitisierbarer Kohlenstoff: 8 Massenteile	2,8	0,13V	0,06	1,2	15%
siebtes Beispiel	$\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$	Einfach-graphitisierbarer Kohlenstoff: 98 Massenteile	2,8	0,30V	1	1	28%
achtes Beispiel	$\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$	Graphitpulver: 90 Massenteile	2,8	0,13V	0,06	1,1	13%
	$\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$	Schwer-graphitisierbarer Kohlenstoff: 8 Massenteile					
neuntes Beispiel	$\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$	Graphitpulver: 93 Massenteile	2,8	0,14V	0,16	1,1	18%
		Siliciumoxidpulver: 5 Massenteile					
zehntes Beispiel	$\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$	Lithiumtitanatpulver: 40 Massenteile	2,8	1,6V	0,06	1,2	14%
		$\text{TiO}_2(\text{B})$: 40 Massenteile					
elftes Beispiel	$\text{Li}_2\text{Ni}_{0,67}\text{Co}_{0,67}\text{Mn}_{0,33}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$	Graphitpulver: 90 Massenteile	4,4	0,13V	0,06	1,2	15%
		Einfach-graphitisierbarer Kohlenstoff: 8 Massenteile					
zwölftes Beispiel	$\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Ge}_{0,33}\text{O}_4$	Graphitpulver: 90 Massenteile	2,9	0,13V	0,06	1,2	15%
		Einfach-graphitisierbarer Kohlenstoff: 8 Massenteile					

Beispiel	Positivelektroden- aktivmaterial	Negativelektroden- aktivmaterial / Masseteileverhältnis	Positivelektroden- Widerstandsrate	durchschnittliches OCP der negative Elektrode	Kapazitäts- rate der negative Elektrode	Widerstandsrate der Lithiumionen- wiederaufladbarer Batterie	SOC der positiven Elektrode
viertes Vergleichs- beispiel	$\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$	Graphitpulver: 98 Massenteile	2,8	0,13V	0,04	1,8	7%
fünftes Vergleichs- beispiel	$\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$	Lithiumtitanatpulver: 90 Massenteile	2,8	1,56V	0,02	1,8	6%
sechstes Vergleichs- beispiel	$\text{Li}_2\text{Ni}_{0,67}\text{Co}_{0,67}\text{Mn}_{0,33}\text{Sn}_{0,33}\text{O}_4$	Graphitpulver: 98 Massenteile	4,4	0,13V	0,04	2,3	7%
siebtes Vergleichs- beispiel	$\text{Li}_2\text{NiMn}_{0,67}\text{Ge}_{0,33}\text{O}_4$	Graphitpulver: 98 Massenteile	2,9	0,13V	0,04	1,8	7%

[0393] Wie in Tabelle 2 gezeigt, wird die Positivelektrodenwiderstandsrate der positiven Elektrode **11** gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele nicht weniger als 2,0. Das heißt, die positive Elektrode **11**, die in jedem der sechsten bis zwölften Beispiele und der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele verwendet wird, weist den Widerstandswert bei 0% SOC auf, der nicht weniger als das 0,5-fache des Widerstandswerts bei 10% SOC ist.

[0394] Gemäß der zuvor beschriebenen Evaluationsergebnisse, die in Tabelle 2 gezeigt sind, weist die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele die negative Elektrode **12** auf, deren Kapazitätsrate nicht weniger als 0,05 ist. Andererseits weist die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie gemäß der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele die negative Elektrode **12** auf, deren Kapazitätsrate weniger als 0,05 ist (detaillierter nicht mehr als 0,04).

[0395] Wie in Tabelle 2 gezeigt, weist die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie **1** gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele die niedrige Widerstandsrate von nicht mehr als 1,2 auf (detaillierter innerhalb eines Bereichs von 1,0 bis 1,2). Das heißt, in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele wird die Differenz zwischen dem Eingabewiderstand bei SOC von 0% und dem Eingabewiderstand bei SOC von 10% ein kleiner Wert.

[0396] Andererseits weist die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie gemäß der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele eine Widerstandsrate von nicht weniger als 2,9 auf (detaillierter innerhalb eines Bereichs von 2,9 bis 4,4). Das heißt, in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie gemäß der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele wird die Differenz zwischen dem Eingabewiderstand bei SOC von 0% und dem Eingabewiderstand bei SOC von 10% ein großer Wert.

[0397] Gemäß den in Tabelle 2 gezeigten Ergebnissen ist es möglich, dass die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele in einem Niedrigwiderstandszustands innerhalb eines Bereichs von nicht weniger als 0% SOC der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie lädt.

[0398] Andererseits steigt in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie gemäß der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele deren Eingabewiderstand an, wenn der SOC der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie nicht mehr als 10% ist. Dies bedeutet, dass die Leistung der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie gemäß der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele in dem Bereich von nicht mehr als 10% SOC abnimmt.

[0399] Detaillierter ist in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie gemäß der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele der SOC der positiven Elektrode **11** bei 0% SOC der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie innerhalb eines Bereichs von 8 bis 10%. Die positive Elektrode **11** weist einen hohen Widerstandswert auf, wenn der SOC der positiven Elektrode innerhalb dieses Bereichs von 8 bis 10% ist.

[0400] Andererseits ist in der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele der SOC der positiven Elektrode **11** bei 0% SOC der Lithiumionen-wiederaufladbaren Batterie innerhalb eines Bereichs von 18 bis 28%, was höher ist als der SOC der positiven Elektrode gemäß der vierten bis siebten Vergleichsbeispiele. Die positive Elektrode **11** weist einen hohen Widerstandswert auf, wenn der SOC der positiven Elektrode **11** innerhalb des Bereichs von nicht weniger als 18% ist.

[0401] Das heißt, es ist erkennbar, dass die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele keine Hochwiderstandsregion verwendet, wenn der SOC der positiven Elektrode **11** niedrig ist.

[0402] Wie zuvor im Detail erklärt, weist die Lithiumionen-wiederaufladbare Batterie gemäß der sechsten bis zwölften Beispiele überlegene Merkmale auf, um dazu fähig zu sein, dass die Verschlechterung der Batterieleistung in dem niedrigen SOC-Bereich unterdrückt wird.

[0403] Während spezifische Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung im Detail beschrieben wurden, ist es für den Fachmann ersichtlich, dass angesichts der Gesamtlehre der Offenbarung verschiedene Modifikationen und Alternativen zu solchen Details entwickelt werden können. Demgemäß sind die bestimmten offenbarten Anordnungen so zu verstehen, dass sie nur illustrativ sind und nicht den Schutzbereich der vorliegenden Erfindung beschränken, welchem die gesamte Breite der folgenden Ansprüche und aller Äquivalente davon zuzugestehen ist.

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 2007-95443 [0005]

Patentansprüche

1. Nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie (1), die eine positive Elektrode (11) und eine negative Elektrode (12) und einen nicht-wässrigen Elektrolyt (13) umfasst, und die positive Elektrode (11) und die negative Elektrode (12) sind fähig zum Interkalieren und Deinterkalieren von Lithiumionen, wobei die positive Elektrode ein Lithiumübergangsmetalloxid enthält, das durch eine Formel $\text{Li}_{2-x}\text{Ni}_\alpha\text{M}^1_\beta\text{M}^2_\gamma\text{O}_{4-\varepsilon}$ ausgedrückt ist, wobei $0,50 < \alpha \leq 1,33$, $0 \leq \beta < 0,67$, $0 \leq \gamma \leq 1,33$, $0 \leq \varepsilon \leq 1,00$, wobei M^1 zumindest eines aus Co, Al und Ga ist, und M^2 zumindest eines aus Mn, Ge, Sn und Sb ist, und x reversibel innerhalb eines Bereichs von $0 \leq x \leq 2$ durch Interkalieren und Deinterkalieren von Lithiumionen variiert, und ein Widerstand der positiven Elektrode (11), wenn ein Ladungszustand (SOC) 0% ist, nicht weniger als das 2-fache eines Widerstands der positiven Elektrode (11) ist, wenn der SOC nicht weniger als ein bestimmter SOC ist, eine Kapazität der negativen Elektrode (12) nicht weniger als 1,1-fache von einer Kapazität der positiven Elektrode (11) ist.
2. Nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie (1) nach Anspruch 1, wobei ein irreversibler Kapazitätsverlust der positiven Elektrode (11) bei deren initialer Ladung und Entladung weniger als ein irreversibler Kapazitätsverlust der negativen Elektrode (12) bei deren initialer Ladung und Entladung ist.
3. Nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die negative Elektrode (12) Kohlenstoffmaterial enthält, das fähig ist zum Interkalieren und Deinterkalieren von Lithiumionen.
4. Nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie (1) eine Untergrenzenspannung (X [V]) innerhalb eines Bereichs von $2,5 \text{ V} \leq X \leq 3,0 \text{ V}$ aufweist, und ein Ruhepotential (OCP) der negativen Elektrode (12) nicht weniger als $(2,7 - X) \text{ [V]}$ ist, wenn die nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie (1) die Untergrenzenspannung erreicht.
5. Nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der bestimmte SOC nicht mehr als 10% ist.
6. Nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der SOC der positiven Elektrode (11) nicht weniger als der bestimmte SOC ist, wenn die nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie (1) die Untergrenzenspannung erreicht.
7. Nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Lithiumübergangsmetalloxid durch eine Formel $\text{Li}_2\text{Ni}_\alpha\text{M}^1_\beta\text{M}^2_\gamma\text{Mn}_\eta\text{O}_{4-\varepsilon}$ ausgedrückt ist, wobei $0,50 < \alpha \leq 1,33$, $0,33 \leq \gamma \leq 1,1$, $0 \leq \eta \leq 1,00$, $0 \leq \beta < 0,67$, $0 \leq \varepsilon \leq 1,00$, wobei M^1 zumindest eines aus Co und Ga ist und M^2 zumindest eines aus Ge, Sn und Sb ist.
8. Nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie, die eine positive Elektrode (11), eine negative Elektrode (12) und einen nicht-wässrigen Elektrolyt (13) umfasst, wobei die positive Elektrode und die negative Elektrode fähig sind zum Interkalieren und Deinterkalieren von Lithiumionen, wobei die positive Elektrode (11) ein Lithiumübergangsmetalloxid enthält, das durch eine Formel $\text{Li}_{2-x}\text{Ni}_\alpha\text{M}^1_\beta\text{M}^2_\gamma\text{VO}_{4-\varepsilon}$ ausgedrückt ist, wobei $0,50 < \alpha \leq 1,33$, $0 \leq \beta < 0,67$, $0 \leq \gamma \leq 1,33$, $0 \leq \varepsilon \leq 1,00$, wobei M^1 zumindest eines aus Co, Al und Ga ist, und M^2 zumindest eines aus Mn, Ge, Sn und Sb ist, und x reversibel innerhalb eines Bereichs von $0 \leq x \leq 2$ durch Interkalieren und Deinterkalieren von Lithiumionen variiert, ein Widerstand der positiven Elektrode (11), wenn ein Ladungszustand (SOC) 0% ist, nicht weniger als das 2-fache eines Widerstands der positiven Elektrode (11) ist, wenn der SOC nicht weniger als ein bestimmter SOC ist, und ein Verhältnis einer ersten Kapazität der negativen Elektrode (12) und einer zweiten Kapazität der negativen Elektrode (12) nicht weniger als 0,05 ist, wobei die erste Kapazität innerhalb eines Bereichs von mehr als (ein mittleres OCP $-0,10 \text{ [V]}$) und weniger als (das mittlere OCP $+0,25 \text{ [V]}$) ist, die zweite Kapazität größer als (das mittlere OCP $+0,25 \text{ [V]}$) ist und das mittlere OCP ein Potential der negativen Elektrode (12) ist, wenn die nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie 50% SOC aufweist.
9. Nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie (1) nach Anspruch 8, wobei die negative Elektrode (12) Kohlenstoffmaterial enthält, welches eines aus schwer-graphitisierbarem Kohlenstoff und einfach-graphitisierbarem Kohlenstoff enthält, und wobei das Kohlenstoffmaterial den schwer-graphitisierbaren Kohlenstoff oder den

einfach-graphitisierbaren Kohlenstoff mit nicht weniger als 5 Massen-% enthält, wenn eine Gesamtmasse des Kohlenstoffmaterials 100 Massen-% ist.

10. Nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie (1) nach Anspruch 8, wobei die negative Elektrode (12) Silicium (Si) oder Siliciumoxid (SiO_2) als Negativelektrodenaktivmaterial enthält.

11. Nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie (1) nach Anspruch 10, wobei das Negativelektrodenaktivmaterial ferner Kohlenstoff enthält.

12. Nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie (1) nach Anspruch 8, wobei die negative Elektrode (12) ferner Lithium-Titan-Kompositoxid als das Negativelektrodenaktivmaterial enthält.

13. Nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie (1) nach Anspruch 12, wobei das Lithium-Titan-Kompositoxid nicht weniger als 5 Massen-% enthält, wenn eine Gesamtmasse des Lithium-Titan-Kompositoxids 100 Massen-% ist.

14. Nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 13, wobei der bestimmte SOC ein Wert von nicht mehr als 15% ist.

15. Nicht-wässrige wiederaufladbare Batterie (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 14, wobei das Lithiumionenübergangsmetalloxid eine Struktur aufweist, die durch eine Formel $\text{Li}_2\text{Ni}_\alpha\text{M}^1_\beta\text{M}^2_\gamma\text{Mn}_\eta\text{O}_{4-\varepsilon}$ ausgedrückt ist, wobei $0,50 < \alpha \leq 1,33$, $0,33 \leq \gamma \leq 1,1$, $0 \leq \eta \leq 1,00$, $0 \leq \beta \leq 0,67$, $0 \leq \varepsilon \leq 1,00$, wobei M^1 zumindest eines aus Co und Ga ist und M^2 zumindest eines aus Ge, Sn und Sb ist.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

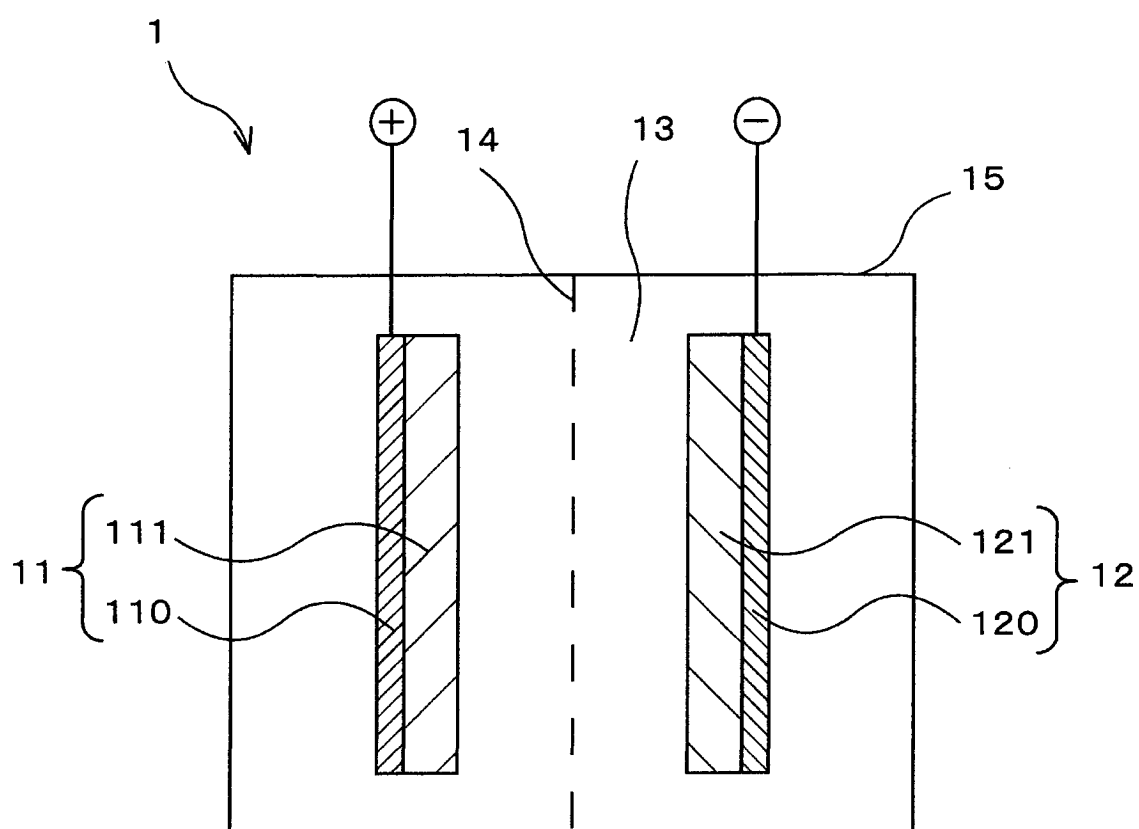


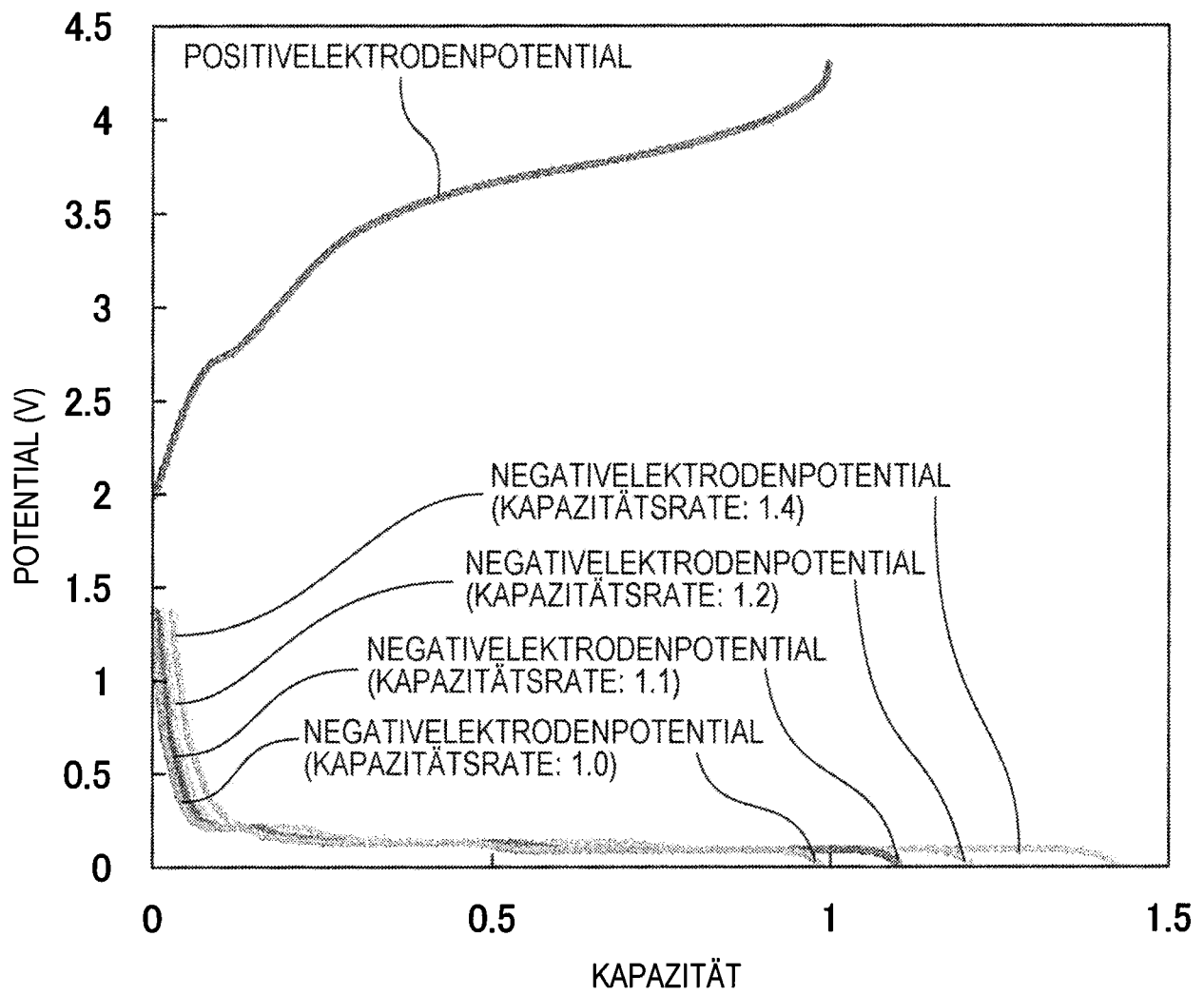
FIG.2

FIG.3

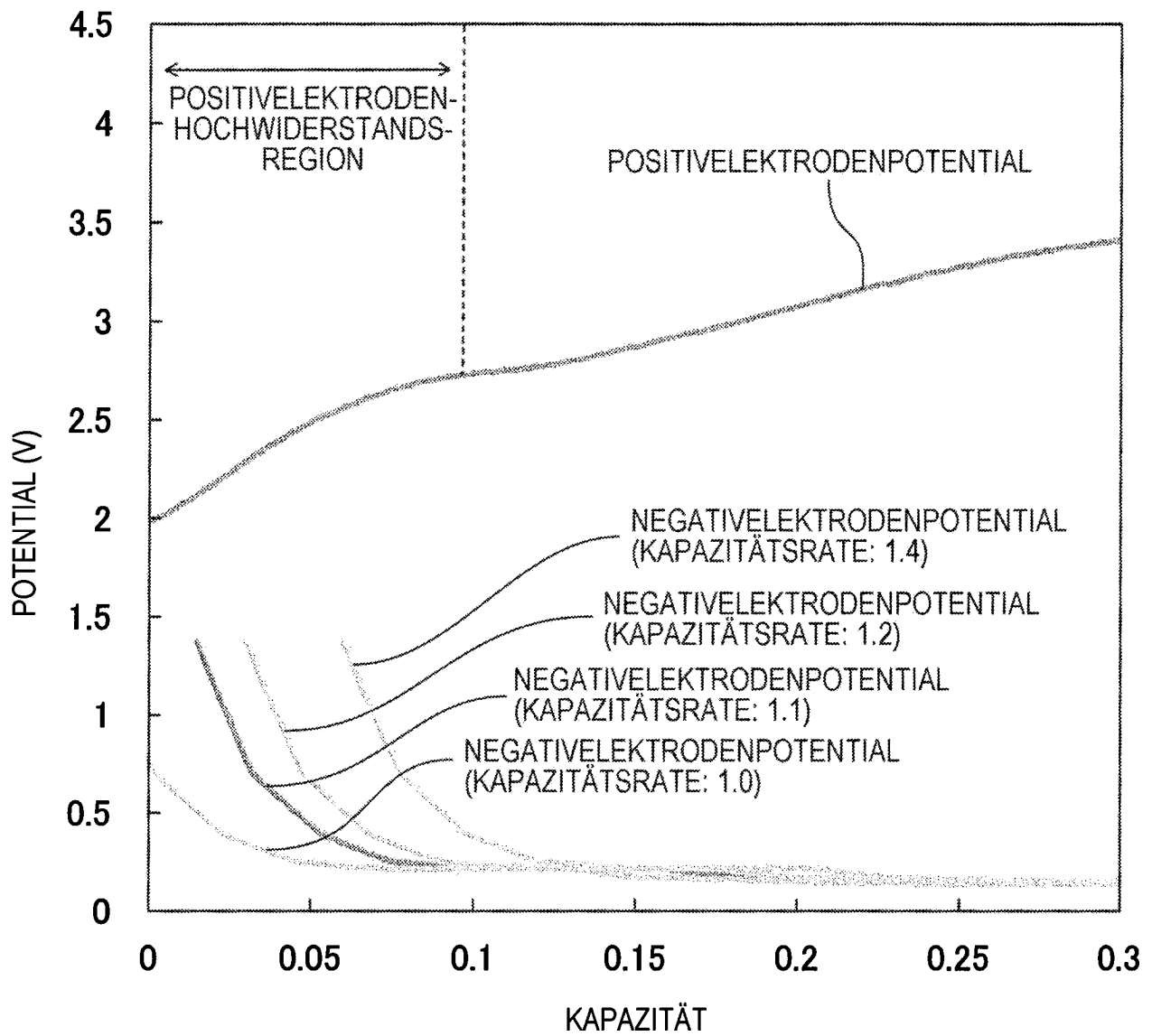


FIG.4

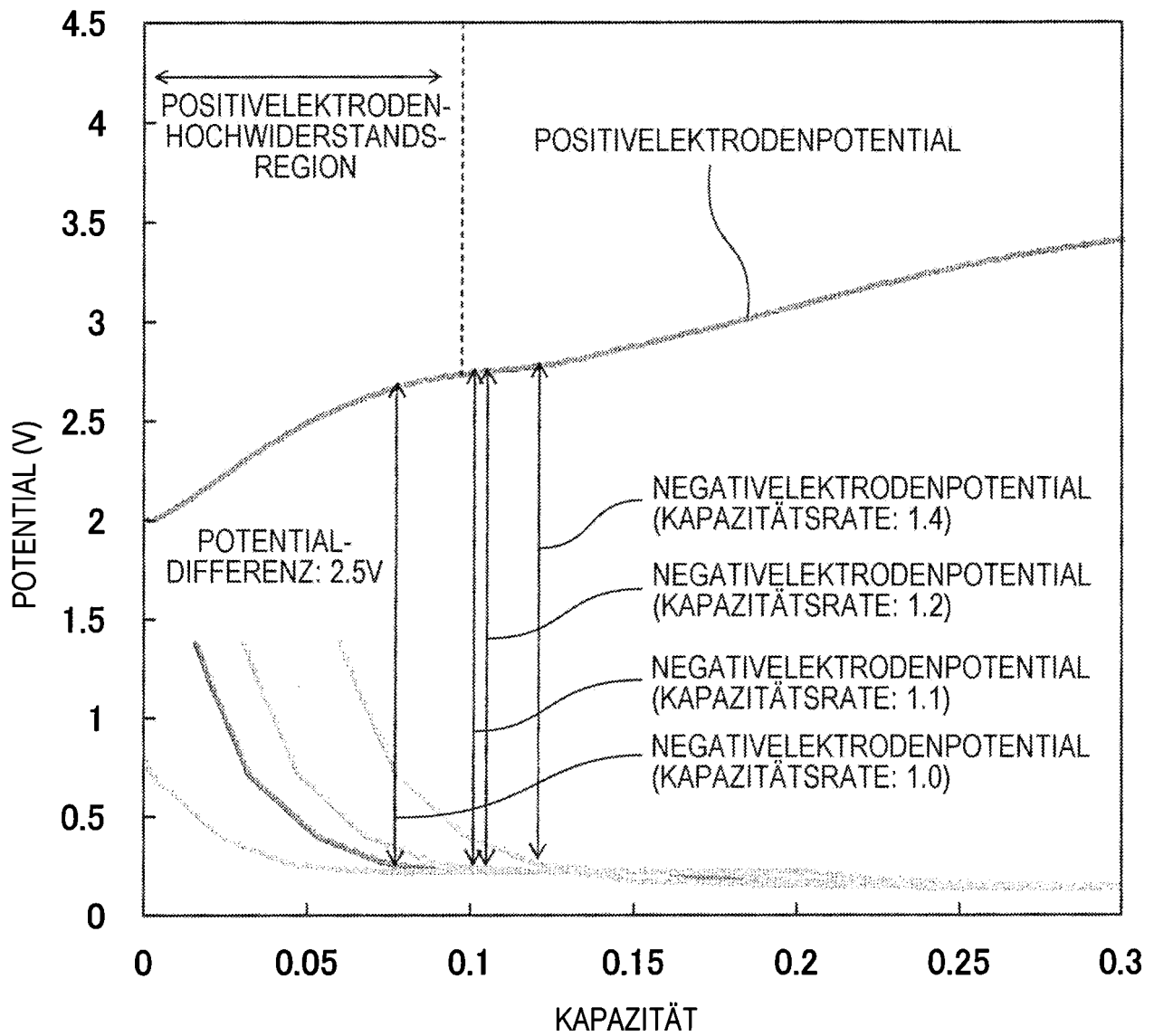


FIG.5

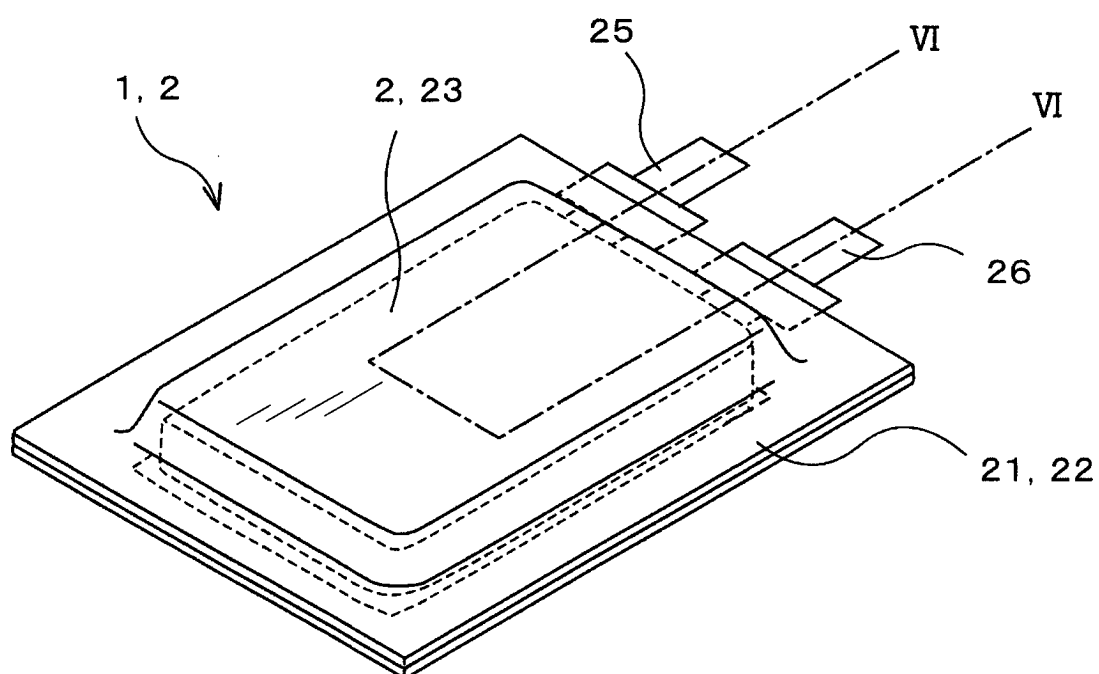


FIG.6

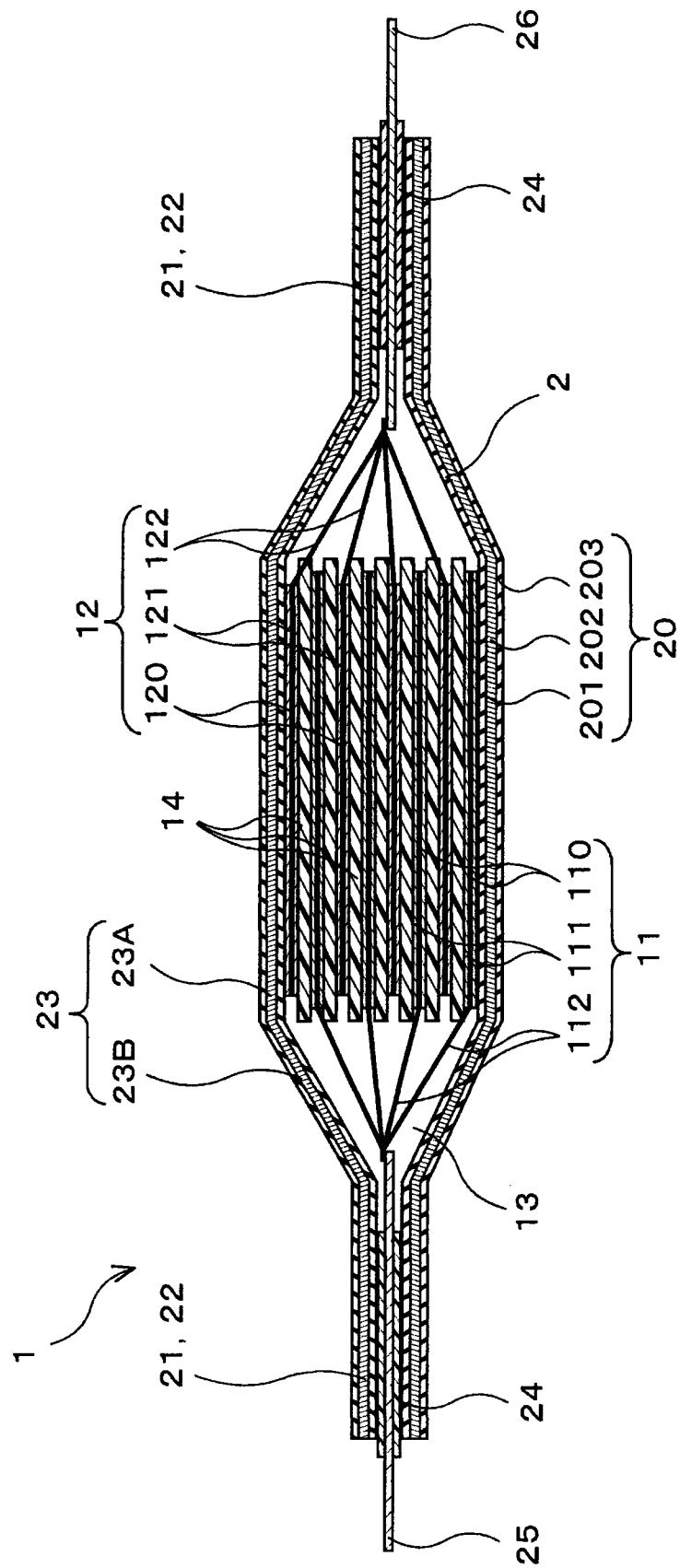


FIG. 7

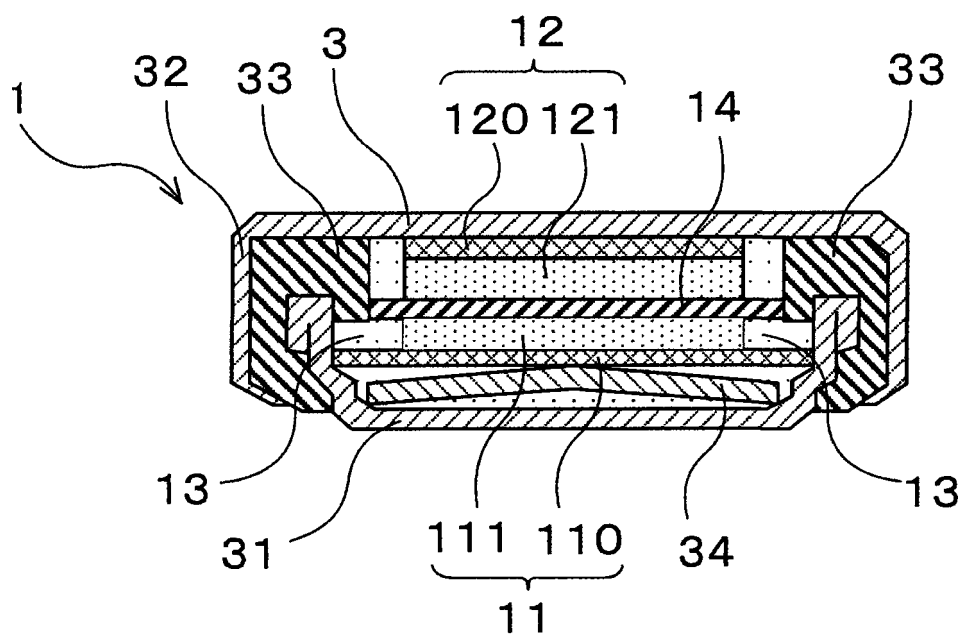


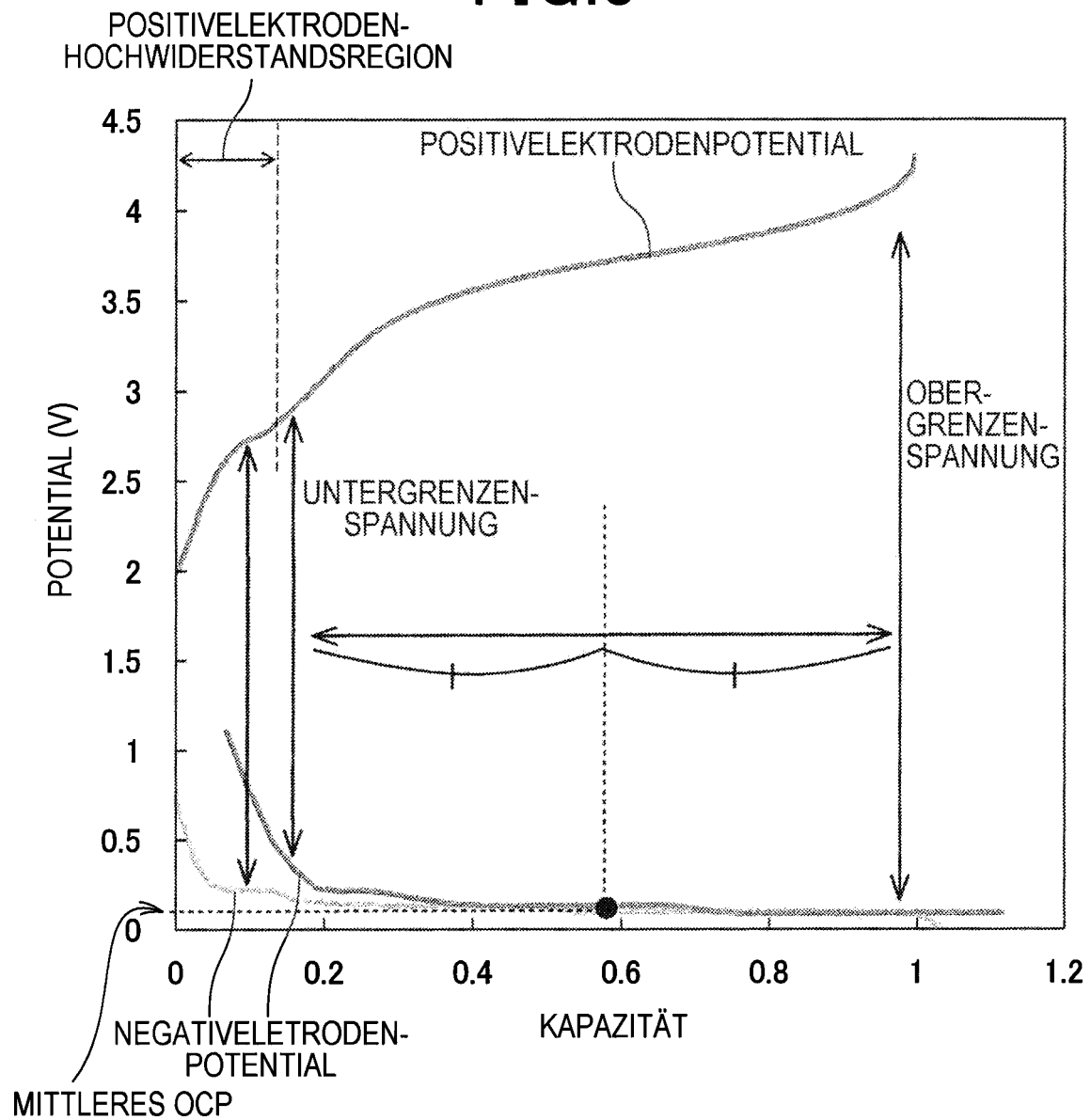
FIG.8

FIG.9