



(10) **DE 10 2021 207 084 A1** 2022.01.13

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2021 207 084.1**

(22) Anmeldetag: **06.07.2021**

(43) Offenlegungstag: **13.01.2022**

(51) Int Cl.: **H01M 10/0569** (2010.01)

(30) Unionspriorität:

10-2020-0083961 08.07.2020 KR

(71) Anmelder:

**The Industry & Academic Cooperation in
Chungnam National University (IAC), Daejeon, KR**

(74) Vertreter:

**isarpatent - Patent- und Rechtsanwälte Barth
Charles Hassa Peckmann & Partner mbB, 80801
München, DE**

(72) Erfinder:

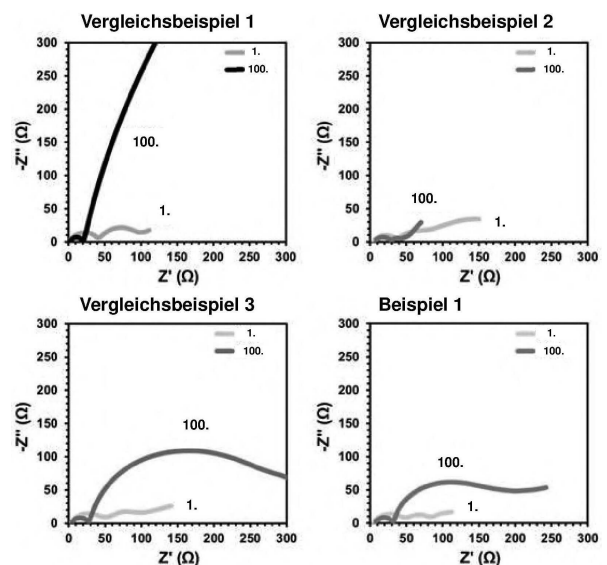
**Song, Seung-Wan, Sejong-si, KR; An, Kihun,
Daejeon, KR; Kwak, Sehyun, Daejeon, KR**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **NICHT BRENNBARER ELEKTROLYT FÜR LITHIUM-AKKUMULATOR UND LITHIUM-AKKUMULATOR, DER DIESEN ENTHÄLT**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein nicht brennbarer Elektrolyt für einen Lithium-Akkumulator offenbart, wobei der Elektrolyt ein organisches Lösungsmittelgemisch verwendet, das ein erstes Lösungsmittel, das Fluor und Schwefel enthält, ein zweites Lösungsmittel, das eine lineare Verbindung auf Carbonatbasis ist, die Fluor enthält, ein drittes Lösungsmittel, das eine lineare Verbindung auf Esterbasis ist, die Fluor enthält, und ein viertes Lösungsmittel, das eine cyclische Verbindung auf Carbonatbasis ist, enthält. Somit ist der Elektrolyt nicht entflammbar oder schwer entflammbar, wodurch verhindert wird, dass ein Lithium-Akkumulator Feuer fängt oder explodiert. Das heißt, dass der Elektrolyt die Sicherheit eines Lithium-Akkumulators erheblich verbessert, die hohe Spannungsladung einer Lithium-Akkumulator ermöglicht und die Erniedrigung der Akkumulator-Leistung eines Lithium-Akkumulators verhindert. Zudem wird ein Lithium-Akkumulator, der den Elektrolyten enthält, offenbart.



Beschreibung

QUERVERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNG

[0001] Die vorliegende Anmeldung beansprucht die Priorität der koreanischen Patentanmeldung Nr. 10-2020-0083961 vom 8. Juli 2020, deren gesamter Inhalt für alle Zwecke durch Bezugnahme hierin aufgenommen wird.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. Gebiet der Erfindung

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft einen nicht brennbaren Elektrolyten für Lithium-Akkumulatoren und einen Lithium-Akkumulator, der diesen enthält.

2. Beschreibung des Standes der Technik

[0003] Ein Lithium-Akkumulator besteht aus einer Kathode, einer Anode, einem Separator und einem Elektrolyten. Als Elektrolyt wird in der Regel ein nichtwässriger organischer Elektrolyt mit Lithium-Ionen-Leitfähigkeit verwendet. Daher sind Lithium-Akkumulatoren anfällig für Brände oder Explosionen. Der Brand oder die Explosion eines Lithium-Akkumulators stellt eine erhebliche Gefahr für die Sicherheit der Nutzer und der Umgebung dar.

[0004] Derzeit werden verschiedene Studien durchgeführt, um die Gefahr eines Brandes oder einer Explosion bei Lithium-Akkumulatoren zu bewältigen, insbesondere bei mittelgroßen bis großen Lithium-Akkumulatoren, die in Elektrofahrzeugen (engl. electric vehicles; EVs) und Energiespeichersystemen (engl. energy storage systems; ESSs) verwendet werden.

[0005] Als Ansatz zur Vermeidung eines solchen Risikos wurde ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem ein flammhemmendes Additiv, wie etwa Phosphazen, Phosphat, Phosphit, ionische Flüssigkeit, und ein wässriger Elektrolyt zugegeben wird. Dieses Verfahren weist jedoch dahingehend Probleme auf, dass es die Kosten der Akkumulatoren erhöht und die Akkumulator-Leistung erniedrigt.

[0006] Andererseits wird auch eine Studie bezüglich eines Festkörperakkumulators auf der Basis eines Festkörperelektrolyten durchgeführt. Dieser Ansatz weist jedoch dahingehend Probleme auf, dass die Kosten für die Herstellung von Elektroden, Elektrolyten und Festkörperzellen höher sind als diejenigen der bestehenden Gegenstücke und der hohe Grenzflächenwiderstand an einer Elektrolyt-Elektroden-Grenzfläche die Lebensdauer der Lade-/Entladezyklen der Akkumulatoren reduziert.

[0007] Das bedeutet, dass beide Verfahren den Vorteil aufweisen, dass sie Lithium-Akkumulatoren sicherer machen, jedoch den Nachteil aufweisen, dass sie die Akkumulator-Leistung verringern und die Herstellungskosten der Akkumulatoren erhöhen.

[0008] Daher ist die Entwicklung eines Elektrolyten, der die Sicherheit von Lithium-Akkumulatoren ohne Erniedrigung der Akkumulator-Leistung verbessern kann, nach wie vor erforderlich.

[0009] Die koreanische Patentanmeldung mit der Veröffentlichungsnr. 10-2016-0011548 ist eine Literatur zum Stand der Technik.

[Zitatliste]

[Patentliteratur]

[0010] (Patentliteratur 1) Koreanische Patentanmeldung mit der Veröffentlichungsnr. 10-2016-0011548 (01. Februar 2016)

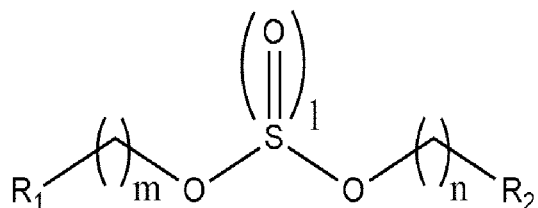
ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0011] Die vorliegende Erfindung wurde durchgeführt, um die im Stand der Technik auftretenden Probleme zu lösen, und es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen nicht brennbaren Elektrolyten für Lithium-

m-Akkumulatoren und einen Lithium-Akkumulator, der diesen enthält, bereitzustellen, wobei der nicht brennbare Elektrolyt die Sicherheit von Lithium-Akkumulatoren verbessern kann, ohne die Akkumulator-Leistung zu erniedrigen.

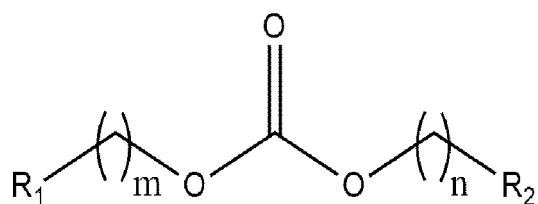
[0012] Um die Aufgabe zu lösen, stellt ein Aspekt der vorliegenden Erfindung einen nicht brennbaren Elektrolyten für Lithium-Akkumulatoren bereit, wobei der Elektrolyt ein Lithiumsalz und ein organisches Lösungsmittelgemisch, das ein erstes Lösungsmittel, das der chemischen Formel 1 genügt, ein zweites Lösungsmittel, das der chemischen Formel 2 genügt, ein drittes Lösungsmittel, das der chemischen Formel 3 genügt, und ein viertes Lösungsmittel, das der chemischen Formel 4 genügt, enthält.

[Chemische Formel 1]



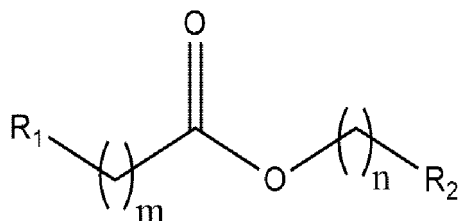
[0013] In der chemischen Formel 1 sind R_1 und R_2 jeweils unabhängig voneinander Methyl (CH₃) oder Methylfluorid (CF_xH_{3-x}, x ist eine ganze Zahl in einem Bereich von 1 bis 3), außer in dem Fall, in dem R_1 und R_2 beide Methyl sind, 1 ist 1 oder 2, und m und n sind jeweils unabhängig voneinander eine ganze Zahl in einem Bereich von 0 bis 5.

[Chemische Formel 2]



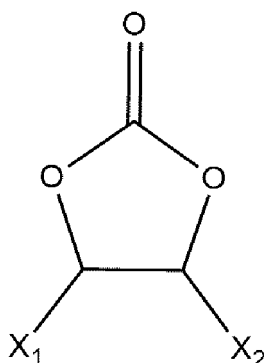
[0014] In der chemischen Formel 2 sind R_1 und R_2 jeweils unabhängig voneinander Methyl (CH₃) oder Methylfluorid CF_xH_{3-x}, x ist eine ganze Zahl in einem Bereich von 1 bis 3), außer in dem Fall, in dem R_1 und R_2 beide Methyl sind, und m und n sind jeweils unabhängig voneinander eine ganze Zahl in einem Bereich von 0 bis 5.

[Chemische Formel 3]



[0015] In der chemischen Formel 3 sind R_1 und R_2 jeweils unabhängig voneinander Methyl (CH₃) oder Methylfluorid (CF_xH_{3-x}, x ist eine ganze Zahl in einem Bereich von 1 bis 3), außer in dem Fall, in dem R_1 und R_2 beide Methyl sind, und m und n sind jeweils unabhängig voneinander eine ganze Zahl in einem Bereich von 0 bis 5.

[Chemische Formel 4]



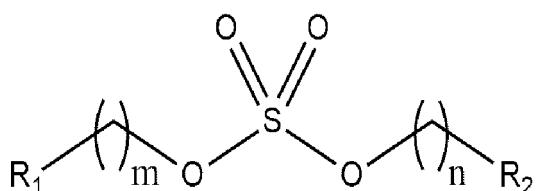
[0016] In der chemischen Formel 4 sind X_1 und X_2 unabhängig voneinander Wasserstoff (H), Fluor (F), C1-C6-Alkyl oder C1-C6-Alkylfluorid.

[0017] In dem Aspekt kann der nicht brennbare Elektrolyt für Lithium-Akkumulatoren enthalten: 60 Vol.-% oder weniger (mit Ausnahme von 0 Vol.-%) des ersten Lösungsmittels; 80 Vol.-% oder weniger (mit Ausnahme von 0 Vol.-%) des zweiten Lösungsmittels; 60 Vol.-% oder weniger (mit Ausnahme von 0 Vol.-%) des dritten Lösungsmittels; und 10 bis 40 Vol.-% des vierten Lösungsmittels, bezogen auf 100 Vol.-% des organischen Lösungsmittelgemisches.

[0018] In dem Aspekt können in dem nicht brennbaren Elektrolyten für Lithium-Akkumulatoren das vierte Lösungsmittel, das erste Lösungsmittel, das zweite Lösungsmittel und das dritte Lösungsmittel in einem Verhältnis von 1:0,0005 bis 3:0,0005 bis 5:0,0005 bis 3 vermischt werden.

[0019] In dem Aspekt genügt das erste Lösungsmittel der chemischen Formel 1-1.

[Chemische Formel 1-1]



[0020] In der chemischen Formel 1-1 sind R_1 und R_2 jeweils unabhängig voneinander Methyl (CH_3) oder Methylfluorid ($\text{CF}_x\text{H}_{3-x}$, x ist eine ganze Zahl in einem Bereich von 1 bis 3), außer in dem Fall, in dem R_1 und R_2 beide Methyl sind, und m und n sind jeweils unabhängig voneinander eine ganze Zahl in einem Bereich von 0 bis 3.

[0021] In dem Aspekt kann das Lithiumsalz jedes oder ein Gemisch aus zwei oder mehreren sein, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus LiPF_6 , LiClO_4 , LiAsF_6 , LiBF_4 , LiSbF_6 , LiAlO_4 , LiAlCl_4 , LiCF_3SO_3 , $\text{LiC}_4\text{F}_9\text{SO}_3$, $\text{LiC}_6\text{H}_5\text{SO}_3$, $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_3)_2$, $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$, $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$, $\text{LiN}(\text{FSO}_2)_2$, $\text{LiN}(\text{C}_x\text{F}_{2x+i}\text{SO}_2)(\text{C}_y\text{F}_{2y+j}\text{SO}_2)$ (x und y sind hier 0 oder eine natürliche Zahl), LiCl , LiI , LiSCN , $\text{LiB}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$, $\text{LiF}_2\text{BC}_2\text{O}_4$, $\text{LiPF}_4(\text{C}_2\text{O}_4)$, $\text{LiPF}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_2$ und $\text{LiP}(\text{C}_2\text{O}_4)_3$.

[0022] In dem Aspekt kann die Konzentration des Lithiumsalzes in dem nicht brennbaren Elektrolyten in dem Bereich von 0,1 M bis 60 M liegen.

[0023] In dem Aspekt kann der nicht brennbare Elektrolyt für Lithium-Akkumulatoren eine Selbstlöschzeit (engl. self-extinguishing time; SET) von weniger als 20 Sekunden/g aufweisen.

[0024] Ein anderer Aspekt der vorliegenden Erfindung stellt einen Lithium-Akkumulator bereit, der den oben beschriebenen nicht brennbaren Elektrolyten enthält.

[0025] In diesem Aspekt kann der Lithium-Akkumulator auf eine hohe Spannung von 4,15 V bis 6 V aufladbar sein.

[0026] In diesem Aspekt kann der Lithium-Akkumulator eine Kathode, die ein aktives Kathodenmaterial enthält, eine Anode, die ein aktives Anodenmaterial enthält, den nicht brennbaren Elektrolyten und einen Separator enthalten.

[0027] In diesem Aspekt kann der Lithium-Akkumulator ein Lithium-Ionen-Akkumulator, ein Lithium-Metal-Akkumulator oder ein Festkörper-Lithium-Akkumulator sein.

[0028] Der nicht brennbare Elektrolyt für Lithium-Akkumulatoren gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine Eigenschaft der Nichtbrennbarkeit, schwer entflammbar oder nicht entflammbar zu sein, auf, indem ein organisches Lösungsmittelgemisch verwendet wird, das ein erstes Lösungsmittel, das Fluor und Schwefel enthält, ein zweites Lösungsmittel, das ein lineares Lösungsmittel auf Carbonatbasis ist, das Fluor enthält, ein drittes Lösungsmittel, das ein lineares Lösungsmittel auf Esterbasis ist, das Fluor enthält, und ein viertes Lösungsmittel, das ein cyclisches Lösungsmittel auf Carbonatbasis ist, enthält. Daher ist es möglich, zu verhindern, dass Lithium-Akkumulatoren in dem Fall von Katastrophen, wie etwa bei Bränden, in Brand geraten oder explodieren. Die Sicherheit von Lithium-Akkumulatoren wird dadurch erheblich verbessert.

[0029] Zudem kann im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren, durch die die Akkumulator-Sicherheit verbessert wird, die Akkumulator-Leistung jedoch erniedrigt wird, die vorliegende Erfindung eine Eigenschaft der Nichtbrennbarkeit bereitstellen, ohne die Akkumulator-Leistung zu erniedrigen, indem das organische Lösungsmittelgemisch verwendet wird, das der oben beschriebenen Kombination genügt.

Figurenliste

Fig. 1 ist ein Nyquist-Diagramm des Grenzflächenwiderstands eines Lithium-Akkumulators, der mittels elektrochemischer Impedanzspektroskopie (EIS) gemessen wird.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0030] Im Folgenden wird ein nicht brennbarer Elektrolyt für Lithium-Akkumulatoren und ein Lithium-Akkumulator, der diesen enthält, gemäß der vorliegenden Erfindung nachstehend ausführlich beschrieben. Die nachstehend beschriebenen Ausführungsformen werden als Beispiele angegeben, um Fachleuten den Geist der vorliegenden Erfindung ausreichend zu vermitteln. Daher ist die vorliegende Erfindung nicht auf die beigefügten Zeichnungen beschränkt, sondern kann in vielen anderen Formen verkörpert sein. Die Zeichnungen können übertrieben dargestellt sein, um die Idee der vorliegenden Erfindung zu verdeutlichen. Wenn es keine andere Definition für die technischen und wissenschaftlichen Begriffe gibt, die hier verwendet werden, haben sie die Bedeutung, die gewöhnlich von Durchschnittsfachleuten auf dem Gebiet, auf das sich die vorliegende Erfindung bezieht, verstanden wird, und eine Beschreibung bekannter Funktionen und Konfigurationen, die unnötigerweise das Geist der vorliegenden Erfindung verschleiern können, wird weggelassen.

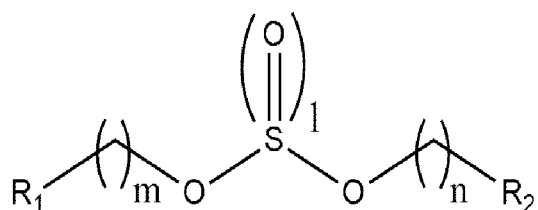
[0031] Handelsübliche Elektrolyten für Lithium-Akkumulatoren sind entflammbar und anfällig für Brände und Explosionen und stellen somit eine Bedrohung für die Sicherheit der Benutzer und der Umgebung dar.

[0032] Um dieses Problem zu lösen, werden flammhemmende Zusätze, wie etwa Phosphazene, Phosphate, Phosphite und ionische Flüssigkeiten verwendet, oder Festkörperakkumulatoren auf der Basis einer festen Elektrode vorgeschlagen. Beide dieser herkömmlichen Verfahren weisen jedoch dahingehend Probleme auf, dass sie die Akkumulator-Leistung erniedrigen und die Kosten der Akkumulatoren zu erhöhen, während sie die Sicherheit der Akkumulatoren verbessern.

[0033] Die Erfinder der vorliegenden Anmeldung haben sich mit der Entwicklung eines Elektrolyten beschäftigt, der die Sicherheit von Lithium-Akkumulatoren verbessern kann, während er gleichzeitig die Erniedrigung der Akkumulator-Leistung verhindert, und haben im Ergebnis festgestellt, dass ein solcher Elektrolyt durch Vermischen von vier verschiedenen Lösungsmitteln erhalten werden kann.

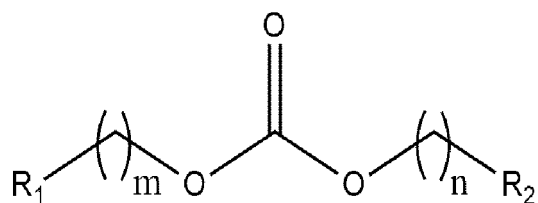
[0034] Ein nicht brennbarer Elektrolyt für Lithium-Akkumulatoren gemäß der vorliegenden Erfindung enthält ein Lithiumsalz und ein organisches Lösungsmittelgemisch, das durch Vermischen eines ersten Lösungsmittels, das der chemischen Formel 1 genügt, eines zweiten Lösungsmittels, das der chemischen Formel 2 genügt, eines dritten Lösungsmittels, das der chemischen Formel 3 genügt, und eines vierten Lösungsmittels, das der chemischen Formel 4 genügt, hergestellt wird.

[Chemische Formel 1]



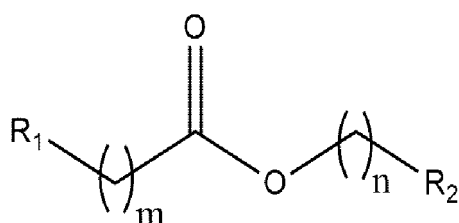
[0035] In der chemischen Formel 1 sind R_1 und R_2 jeweils unabhängig voneinander Methyl (CH_3) oder Methylfluorid ($\text{CF}_x\text{H}_{3-x}$, x ist eine ganze Zahl in einem Bereich von 1 bis 3), außer in dem Fall, in dem R_1 und R_2 beide Methyl sind, 1 ist 1 oder 2, und m und n sind jeweils unabhängig voneinander eine ganze Zahl in einem Bereich von 0 bis 5.

[Chemische Formel 2]



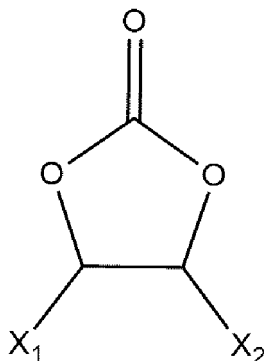
[0036] In der chemischen Formel 2 sind R_1 und R_2 jeweils unabhängig voneinander Methyl (CH_3) oder Methylfluorid ($\text{CF}_x\text{H}_{3-x}$, x ist eine ganze Zahl in einem Bereich von 1 bis 3), außer in dem Fall, in dem R_1 und R_2 beide Methyl sind, und m und n sind jeweils unabhängig voneinander eine ganze Zahl in einem Bereich von 0 bis 5.

[Chemische Formel 3]



[0037] In der chemischen Formel 3 sind R_1 und R_2 jeweils unabhängig voneinander Methyl (CH_3) oder Methylfluorid ($\text{CF}_x\text{H}_{3-x}$, x ist eine ganze Zahl in einem Bereich von 1 bis 3), außer in dem Fall, in dem R_1 und R_2 beide Methyl sind, und m und n sind jeweils unabhängig voneinander eine ganze Zahl in einem Bereich von 0 bis 5.

[Chemische Formel 4]



[0038] In der chemischen Formel 4 stehen X_1 und X_2 unabhängig voneinander für Wasserstoff (H), Fluor (F), C1-C6-Alkyl oder C1-C6-Alkylfluorid.

[0039] Der nicht brennbare Elektrolyt für Lithium-Akkumulatoren gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine Eigenschaft der Nichtbrennbarkeit auf, schwer entflammbar oder nicht entflammbar zu sein, indem ein organisches Lösungsmittelgemisch verwendet wird, das ein erstes Lösungsmittel, das Fluor und Schwefel enthält, ein zweites Lösungsmittel, das ein lineares Lösungsmittel auf Carbonatbasis ist, das Fluor enthält, ein drittes Lösungsmittel, das ein lineares Lösungsmittel auf Esterbasis ist, das Fluor enthält, und ein viertes Lösungsmittel, das ein cyclisches Lösungsmittel auf Carbonatbasis ist, enthält. Daher ist es möglich, Unfälle, wie etwa ein Brand oder eine Explosion, in Lithium-Akkumulatoren im Falle von Katastrophen, wie etwa einem Brand, zu verhindern. Das heißt, die Sicherheit von Lithium-Akkumulatoren wird erheblich verbessert.

[0040] Insbesondere hängt die Eigenschaft der Nichtbrennbarkeit von einer Selbstlöschzeit (SEC, Einheit: Sekunden/g) ab. Wenn $\text{SET} < 6$, wird das Material als nicht entflammbar klassifiziert; wenn $6 < \text{SET} < 20$, wird das Material als schwer entflammbar klassifiziert; und wenn $20 \leq \text{SET}$, wird das Material als entflammbar klassifiziert. Der nicht brennbare Elektrolyt für Lithium-Akkumulatoren gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine SET von weniger als 20 Sekunden/g, mehr bevorzugt weniger als 6 Sekunden/g und am meisten bevorzugt weniger als 3 Sekunden/g auf. Die untere Grenze der SEC kann 0 Sekunden/g betragen.

[0041] Im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren, durch die die Sicherheit verbessert wird, jedoch die Akkumulator-Leistung erniedrigt wird, ist es zudem möglich, die Eigenschaft der Nichtbrennbarkeit zu erzielen, ohne die Akkumulator-Leistung zu erniedrigen, indem das organische Lösungsmittelgemisch verwendet wird, das der oben beschriebenen Kombination genügt.

[0042] Im Folgenden wird der nicht brennbare Elektrolyt für Lithium-Akkumulatoren gemäß der vorliegenden Erfindung nachstehend ausführlicher beschrieben.

[0043] Wie oben beschrieben, enthält der nicht brennbare Elektrolyt für Lithium-Akkumulatoren gemäß der vorliegenden Erfindung ein Lithiumsalz und ein organisches Lösungsmittelgemisch.

[0044] Jedes Lithiumsalz, das üblicherweise von Fachleuten, auf die sich die vorliegende Erfindung bezieht, verwendet wird, kann als Lithiumsalz in der vorliegenden Erfindung verwendet werden. Spezifische Beispiele für das Lithiumsalz schließen LiPF_6 , LiClO_4 , LiAsF_6 , LiBF_4 , LiSbF_6 , LiAlO_4 , LiAlCl_4 , LiCF_3SO_3 , $\text{LiC}_4\text{F}_9\text{SO}_3$, $\text{LiC}_6\text{H}_5\text{SO}_3$, $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_3)_2$, $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$, $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$, $\text{LiN}(\text{FSO}_2)_2$, $\text{LiN}(\text{C}_x\text{F}_{2x+1}\text{SO}_2)(\text{C}_y\text{F}_{2y+1}\text{SO}_2)$ (x und y sind hier 0 oder eine natürliche Zahl), LiCl , LiI , LiSCN , $\text{LiB}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$, $\text{LiF}_2\text{BC}_2\text{O}_4$, $\text{LiPF}_4(\text{C}_2\text{O}_4)$, $\text{LiPF}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_2$ and $\text{LiP}(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ ein. Jedes Salz oder ein Gemisch aus zwei oder mehr Salzen, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus den spezifischen Beispielen, kann verwendet werden, die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt.

[0045] Die Konzentration des Lithiumsalzes in dem nicht brennbaren Elektrolyten für Lithium-Akkumulatoren wird auf das Maß reguliert, das vom Fachmann, auf den sich die vorliegende Erfindung bezieht, üblicherweise verwendet wird. Beispielsweise kann die Konzentration des Lithiumsalzes in dem Bereich von 0,1 M bis 60 M und mehr bevorzugt in dem Bereich von 0,5 M bis 10 M liegen.

[0046] Als Nächstes wird das organische Lösungsmittelgemisch gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0047] Wie oben beschrieben, enthält das organische Lösungsmittelgemisch, das in einem Beispiel der vorliegenden Erfindung verwendet wird, ein erstes Lösungsmittel, das der chemischen Formel 1 genügt, ein zweites Lösungsmittel, das der chemischen Formel 2 genügt, ein drittes Lösungsmittel, das der chemischen Formel 3 genügt, und ein viertes Lösungsmittel, das der chemischen Formel 4 genügt.

[0048] Insbesondere durch eine geeignete Einstellung der Volumenprozent jedes Lösungsmittels ist es möglich, die Verschlechterung der Lithium-Akkumulatoren wirksam zu verhindern, während ein zufriedenstellendes Maß an Schwerentflammbarkeit oder Nichtentflammbarkeit gewährleistet wird.

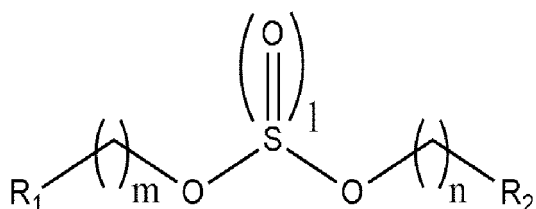
[0049] Als spezifisches Beispiel enthält der nicht brennbare Elektrolyt für Lithium-Akkumulatoren 60 Vol.-% oder weniger (mit Ausnahme von 0 Vol.-%) des ersten Lösungsmittels, 80 Vol.-% oder weniger (mit Ausnahme von 0 Vol.-%) des zweiten Lösungsmittels, 60 Vol.-% oder weniger (mit Ausnahme von 0 Vol.-%) des dritten Lösungsmittels und 10 bis 40 Vol.-% des ersten Lösungsmittels. Mehr bevorzugt enthält der nicht brennbare Elektrolyt 0,1 bis 55 Vol.-% des ersten Lösungsmittels, 10 bis 75 Vol.-% des zweiten Lösungsmittels, 0,1 bis 55 Vol.-% des dritten Lösungsmittels und 15 bis 40 Vol.-% des vierten Lösungsmittels. Noch mehr bevorzugt enthält der nicht brennbare Elektrolyt 1 bis 50 Vol.-% des ersten Lösungsmittels, 13 bis 70 Vol.-% des zweiten Lösungsmittels, 1 bis 50 Vol.-% des dritten Lösungsmittels und 20 bis 40 Vol.-% des vierten Lösungsmittels. Noch viel mehr bevorzugt enthält der nicht brennbare Elektrolyt 5 bis 45 Vol.-% des ersten Lösungsmittels, 15 bis 65 Vol.-% des zweiten Lösungsmittels, 5 bis 45 Vol.-% des dritten Lösungsmittels und 20 bis 40 Vol.-% des vierten Lösungsmittels. Am meisten bevorzugt enthält der nicht brennbare Elektrolyt 10 bis 45 Vol.-% des ersten Lösungsmittels, 25 bis 65 Vol.-% des zweiten Lösungsmittels, 10 bis 45 Vol.-% des dritten Lösungsmittels und 20 bis 35 Vol.-% des vierten Lösungsmittels. Wenn dem Bereich genügt wird, kann nicht nur die Eigenschaft der Nichtbrennbarkeit ($SEC < 20$ Sekunden/g) erzielt werden, sondern auch die Akkumulator-Ladeleistung kann verbessert werden. Das heißt, die Entladekapazität des Akkumulators nach 100 Lade-/Entladezyklen ist größer als 185 mAh/g, die Kapazitätserhaltungsrate nach 100 Lad-/Entladezyklen ist größer als 80 % und die Coulomb-Effizienz ist größer als 75 %. Die obere Grenze der Entladekapazität ist nicht spezifisch beschränkt, sondern kann zum Beispiel 250 mAh/g betragen.

[0050] Mehr bevorzugt kann die gute Akkumulator-Leistung sowie die Eigenschaft der Nichtbrennbarkeit durch die Steuerung des in Volumenprozent gemessenen Gehalts jedes der Lösungsmittel sowie die Steuerung eines Volumenverhältnisses der Lösungsmittel erzielt werden.

[0051] Beispielsweise beträgt in dem Elektrolyten für Lithium-Akkumulatoren ein Volumenverhältnis des vierten Lösungsmittels : dem ersten Lösungsmittel : dem zweiten Lösungsmittel : dem dritten Lösungsmittel bevorzugt 1 : 0,0005 bis 3 : 0,0005 bis 3 : 0,0005 bis 5 : 0,01 bis 3, mehr bevorzugt 1 : 0,01 bis 2 : 0,5 bis 4 : 0,01 bis 2, und am meisten bevorzugt 1 : 0,3 bis 1,5 : 0,5 bis 3 : 0,3 bis 1,5. Wenn dem Bereich genügt wird, kann nicht nur die Eigenschaft der Nichtbrennbarkeit ($SEC < 20$ Sekunden/g) erzielt werden, sondern auch die Akkumulator-Ladeleistung kann verbessert werden. Das heißt, die Entladekapazität nach 100 Lade-/Entladezyklen ist größer als 185 mAh/g, die Kapazitätserhaltungsrate nach 100 Lade-/Entladezyklen ist größer als 80 % und die Coulomb-Effizienz ist größer als 75 %. Die obere Grenze der Entladekapazität ist nicht ausdrücklich beschränkt, sondern kann beispielsweise 250 mAh/g betragen.

[0052] Das in einem Beispiel der vorliegenden Erfindung verwendete erste Lösungsmittel kann eine Verbindung sein, die Fluor und Schwefel enthält und der chemischen Formel 1 genügt.

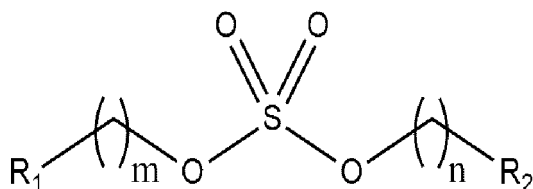
[Chemische Formel 1]



[0053] In der chemischen Formel stehen R_1 und R_2 unabhängig voneinander für Methyl (CH_3) oder Methylfluorid ($\text{CF}_x\text{H}_{3-x}$, x ist eine ganze Zahl in einem Bereich von 1 bis 3), außer in dem Fall, in dem R_1 und R_2 beide Methyl sind, 1 ist 1 oder 2, und m und n sind jeweils unabhängig voneinander eine ganze Zahl in einem Bereich von 0 bis 5.

[0054] Mehr bevorzugt ist das erste Lösungsmittel eine fluorhaltige Verbindung auf Sulfitbasis, die der chemischen Formel 1-1 genügt. Die Zugabe dieses Lösungsmittels verhindert, dass die Akkumulator-Leistung verschlechtert wird.

[Chemische Formel 1-1]



[0055] In der chemischen Formel 1-1 sind R_1 und R_2 jeweils unabhängig voneinander Methyl (CH_3) oder Methylfluorid ($\text{CF}_x\text{H}_{3-x}$, x ist eine ganze Zahl in einem Bereich von 1 bis 3), außer in dem Fall, in dem R_1 und R_2 beide Methyl sind, und m und n sind jeweils unabhängig voneinander eine ganze Zahl in einem Bereich von 0 bis 3.

[0056] Spezifische Beispiele für das Lösungsmittel auf Sulfitbasis, das der chemischen Formel 1 genügt, schließen ein: Bis(fluormethyl)sulfit, Bis(2-fluorethyl)sulfit, Bis(3-fluorpropyl)sulfit, Bis(difluormethyl)sulfit, Bis(2,2-difluorethyl)sulfit, Bis(3,3-difluorpropyl)sulfit, Bis(trifluormethyl)sulfit, Bis(2,2,2-trifluorethyl)sulfit, Bis(3,3,3-trifluorpropyl)sulfit, Methyl(fluormethyl)sulfit, Methyl(2-fluorethyl)sulfit, Methyl(3-fluorpropyl)sulfit, Methyl(difluormethyl)sulfit, Methyl(2,2-difluorethyl)sulfit, Methyl(3,3-difluorpropyl)sulfit, Methyl(trifluormethyl)sulfit, Methyl(2,2,2-trifluorethyl)sulfit, Methyl(3,3,3-trifluorpropyl)sulfit, Ethyl(fluormethyl)sulfit, Ethyl(2-fluorethyl)sulfit, Ethyl(3-fluorpropyl)sulfit, Ethyl(difluormethyl)sulfit, Ethyl(2,2-difluorethyl)sulfit, Ethyl(3,3-difluorpropyl)sulfit, Ethyl(trifluormethyl)sulfit, Ethyl(2,2,2-trifluorethyl)sulfit, Ethyl-(3,3,3-trifluorpropyl)sulfit, Propyl(fluormethyl)sulfit, Propyl(2-fluorethyl)sulfit, Propyl(3-fluorpropyl)sulfit, Propyl(difluormethyl)sulfit, Propyl(2,2-difluorethyl)sulfit, Propyl(3,3,3-trifluorpropyl)sulfit, Propyl(trifluormethyl)sulfit, Propyl(2,2,2-trifluorethyl)sulfit, Propyl(3,3,3-trifluorpropyl)sulfit, (Fluormethyl)(2-fluorethyl)sulfit, (Fluormethyl)(3-fluorpropyl)sulfit, (Fluormethyl)(difluormethyl)sulfit, (Fluormethyl)(2,2-difluorethyl)sulfit, (Fluormethyl)(3,3-difluorpropyl)sulfit, (Fluormethyl)(trifluormethyl)sulfit, (Fluormethyl)(2,2,2-trifluorethyl)sulfit, (Fluormethyl)(3,3,3-Trifluorpropyl)sulfit, (2-Fluorethyl)(3-Fluorpropyl)sulfit, (2-Fluorethyl)(difluormethyl)sulfit, (2-Fluorethyl)(2,2-difluorethyl)sulfit, (2-Fluorethyl)(3,3-difluorpropyl)sulfit, (2-Fluorethyl)(trifluormethyl)sulfit, (2-Fluorethyl)(2,2,2-Trifluorethyl)sulfit, (2-Fluorethyl)(3,3,3-Trifluorpropyl)sulfit, (3-Fluorpropyl)(difluormethyl)sulfit, (3-Fluorpropyl)(2,2-Difluorethyl)sulfit,

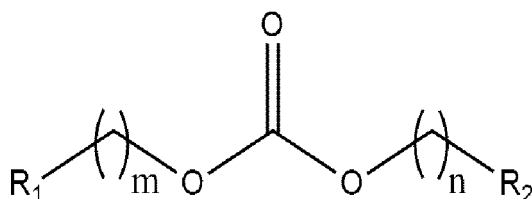
(3-Fluorpropyl)(3,3-difluorpropyl)sulfit, (3-Fluorpropyl)(trifluormethyl)sulfit, (3-Fluorpropyl)(2,2,2-trifluorethyl)sulfit, (3-Fluorpropyl)(3,3,3-Trifluorpropyl)sulfit, (Difluormethyl)(2,2-difluorethyl)sulfit, (Difluormethyl)(3,3-difluorpropyl)sulfit, (Difluormethyl)(trifluormethyl)sulfit, (Difluormethyl)(2,2,2-trifluorethyl)sulfit, (Difluormethyl)(3,3,3-trifluorpropyl)sulfit, (2,2-Difluorethyl)(3,3-difluorpropyl)sulfit, (2,2-Difluorethyl)(trifluormethyl)sulfit, (2,2-Difluorethyl)(2,2,2-trifluorethyl)sulfit, (2,2-Difluorethyl)(3,3,3-trifluorpropyl)sulfit, (3,3-Difluorpropyl)(trifluormethyl)sulfit, (3,3-Difluorpropyl)(2,2,2-trifluorethyl)sulfit und (3,3-Difluorpropyl)(3,3,3-trifluorpropyl)sulfit. Als erstes Lösungsmittel kann eine der Verbindungen oder ein Gemisch aus zwei oder mehr Verbindungen aus den spezifischen Beispielen verwendet werden.

[0057] Spezifische Beispiele für das Lösungsmittel auf Sulfatbasis, das der chemischen Formel 1 genügt, schließen Bis(fluormethyl)sulfat, Bis(2-fluorethyl)sulfat, Bis(3-fluorpropyl)sulfat, Bis(difluormethyl)sulfat, Bis(2,2-difluorethyl)sulfat, Bis(3,3-difluorpropyl)sulfat, Bis(trifluormethyl)sulfat, Bis(2,2,2-Trifluorethyl)sulfat, Bis(3,3,3-Trifluorpropyl)sulfat, Methyl(fluormethyl)sulfat, Methyl(2-fluorethyl)sulfat, Methyl(3-fluorpropyl)sulfat, Methyl(difluormethyl)sulfat, Methyl(2,2-difluorethyl)sulfat, Methyl(3,3-difluorpropyl)sulfat, Methyl(trifluormethyl)sulfat, Methyl(2,2,2-trifluorethyl)sulfat, Methyl(3,3,3-trifluorpropyl)sulfat, Ethyl(fluormethyl)sulfat, Ethyl(2-fluorethyl)sulfat, Ethyl(3-fluorpropyl)sulfat, Ethyl(difluormethyl)sulfat, Ethyl(2,2-difluorethyl)sulfat, Ethyl(3,3-difluorpropyl)sulfat, Ethyl(trifluormethyl)sulfat, Ethyl(2,2,2-trifluorethyl)sulfat, Ethyl(3,3,3-trifluorpropyl)sulfat, Propyl(fluormethyl)sulfat, Propyl(2-fluorethyl)sulfat, Propyl(3-fluorpropyl)sulfat, Propyl(difluormethyl)sulfat, Propyl(2,2-difluorethyl)sulfat, Propyl(3,3-difluorpropyl)sulfat, Propyl(trifluormethyl)sulfat, Propyl(2,2,2-trifluorethyl)sulfat, Propyl(3,3,3-trifluorpropyl)sulfat, (Fluormethyl)(2-fluorethyl)sulfat, (Fluormethyl)(3-fluorpropyl)sulfat, (Fluormethyl)(difluormethyl)sulfat, (Fluormethyl)(2,2-difluorethyl)sulfat, (Fluormethyl)(3,3-difluorpropyl)sulfat, (Fluormethyl)(trifluormethyl)sulfat, (Fluormethyl)(2,2,2-trifluorethyl)sulfat, (Fluormethyl)(3,3,3-trifluorpropyl)sulfat, (2-Fluorethyl)(3-fluorpropyl)sulfat, (2-Fluorethyl)(difluormethyl)sulfat, (2-Fluorethyl)(2,2-difluorethyl)sulfat, (2-Fluorethyl)(3,3-difluorpropyl)sulfat, (2-Fluorethyl)(trifluormethyl)sulfat, (2-Fluorethyl)(2,2,2-trifluorethyl)sulfat, (2-Fluorethyl)(3,3,3-trifluorpropyl)sulfat, (3-Fluorpropyl)(difluormethyl)sulfat, (3-Fluorpropyl)(2,2-difluorethyl)sulfat, (3-Fluorpropyl)(3,3-difluorpropyl)sulfat, (3-Fluorpropyl)(trifluormethyl)sulfat, (3-Fluorpropyl)(2,2,2-trifluorethyl)sulfat, (3-Fluorpropyl)(3,3,3-trifluorpropyl)sulfat, (Difluormethyl)(2,2-difluorethyl)sulfat, (Difluormethyl)(3,3-difluorpropyl)sulfat, (Difluormethyl)(trifluormethyl)sulfat, (Difluormethyl)(2,2,2-trifluorethyl)sulfat, (Difluormethyl)(3,3,3-trifluorpropyl)sulfat, (2,2-Difluorethyl)(3,3-difluorpropyl)sulfat, (2,2-Difluorethyl)(trifluormethyl)sulfat, (2,2-Difluorethyl)(2,2,2-trifluorethyl)sulfat, (2,2-Difluorethyl)(3,3,3-trifluorpropyl)sulfat, (3,3-Difluorpropyl)(trifluormethyl)sulfat, (3,3-Difluorpropyl)(2,2,2-trifluorethyl)sulfat und (3,3-Difluorpropyl)(3,3,3-trifluorpropyl)sulfat ein. Als erstes Lösungsmittel kann eine Verbindung oder ein Gemisch aus zwei oder mehr Verbindungen, die aus den spezifischen Beispielen ausgewählt sind, verwendet werden.

[0058] Insbesondere kann das erste Lösungsmittel eine Verbindung oder ein Gemisch aus zwei oder mehr Verbindungen sein, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus den folgenden Verbindungen auf Sulfatbasis, in denen R_1 und R_2 beide Alkylfluorid, Bis(fluormethyl)sulfat, Bis(2-fluorethyl)sulfat, Bis(3-fluorpropyl)sulfat, Bis(difluormethyl)sulfat, Bis(2,2-difluorethyl)sulfat, Bis(3,3-difluorpropyl)sulfat, Bis(trifluormethyl)sulfat, Bis(2,2,2-trifluorethyl)sulfat und Bis(3,3,3-trifluorpropyl)sulfat sind. Von diesen wird Bis(2,2,2-trifluorethyl)sulfat (FES-fa) am meisten bevorzugt verwendet, da es eine ausgezeichnete Akkumulator-Leistung aufrechterhält, während es gleichzeitig die Eigenschaft der Nichtbrennbarkeit verbessert.

[0059] Das in einem Beispiel der vorliegenden Erfindung verwendete erste Lösungsmittel kann eine Verbindung auf Carbonatbasis sein, die der chemischen Formel 2 genügt.

[Chemische Formel 2]



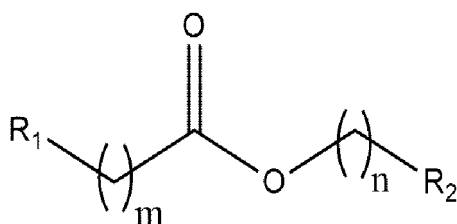
[0060] In der chemischen Formel 2 sind R_1 und R_2 jeweils unabhängig voneinander Methyl (CH_3) oder Methylfluorid (CF_xH_{3-x} , x ist eine ganze Zahl in einem Bereich von 1 bis 3), in einem Fall, in dem R_1 und R_2 beide Methyl sind, und m und n sind jeweils unabhängig voneinander eine ganze Zahl in einem Bereich von 0 bis 5.

[0061] Spezifische Beispiele für die zweite Lösung, die der chemischen Formel 2 genügt, schließen ein: fluorhaltige Dimethylcarbonate, wie etwa Fluormethylmethylcarbonat, Difluormethylmethylcarbonat, Trifluormethylmethylcarbonat, Bis(fluormethyl)carbonat, Bis(difluormethyl)carbonat, Bis(trifluormethyl)carbonat, (Fluormethyl)(difluormethyl)carbonat, (Fluormethyl)(trifluormethyl)carbonat und (Difluormethyl)(trifluormethyl)carbonat; fluorhaltige Ethylmethylcarbonate, wie etwa 2-Fluorethylmethylcarbonat, 2,2-Difluorethylmethylcarbonat, 2,2,2-Trifluorethylmethylcarbonat, (2-Fluorethyl)(fluormethyl)carbonat, (2-Fluorethyl)(difluormethyl)carbonat, (2-Fluorethyl)(trifluormethyl)carbonat, (2, 2-Difluorethyl)(fluormethyl)carbonat, (2,2-Difluorethyl)(difluormethyl)carbonat, (2,2-Difluorethyl)(trifluormethyl)carbonat, (2,2,2-Trifluorethyl)(fluormethyl)carbonat, (2,2,2-Trifluorethyl)(difluormethyl)carbonat, (2,2,2-Trifluorethyl)(trifluormethyl)carbonat; und fluorhaltige Diethylcarbonate, wie etwa 2-Fluorethylethylcarbonat, 2,2-Difluorethylethylcarbonat, 2,2,2-Trifluorethylethylcarbonat, Bis(2-fluorethyl)carbonat, Bis(2,2-difluorethyl)carbonat, Bis(2,2,2-trifluorethyl)carbonat, (2-Fluorethyl)(2,2-difluorethyl)carbonat, (2-Fluorethyl)(2,2,2-trifluorethyl)carbonat und (2,2-Difluorethyl)(2,2,2-trifluorethyl)carbonat. Es kann eine Verbindung oder ein Gemisch aus zwei oder mehr Verbindungen, die aus den spezifischen Beispielen ausgewählt sind, verwendet werden.

[0062] Bevorzugt stellt die Verwendung von 2,2,2-Trifluorethylmethylcarbonat (TFC) oder Bis(2,2,2-trifluorethyl)carbonat (BTFC) eine ausgezeichnete Akkumulator-Leistung bereit, während sie gleichzeitig Eigenschaften der Nichtbrennbarkeit verbessert.

[0063] Das dritte Lösungsmittel, das in einem Beispiel der vorliegenden Erfindung verwendet wird, kann eine lineare Verbindung auf Esterbasis sein, die der chemischen Formel 3 genügt.

[Chemische Formel 3]

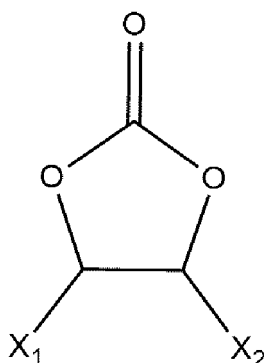


[0064] In der chemischen Formel 3 sind R_1 und R_2 jeweils unabhängig voneinander Methyl (CH_3) oder Methylfluorid ($\text{CF}_x\text{H}_{3-x}$, x ist eine ganze Zahl in einem Bereich von 1 bis 3), in einem Fall, in dem R_1 und R_2 beide Methyl sind, und m und n sind jeweils unabhängig voneinander eine ganze Zahl in einem Bereich von 0 bis 5.

[0065] Insbesondere ist das dritte Lösungsmittel, das der chemischen Formel 3 genügt, eine Verbindung oder ein Gemisch aus zwei oder mehr Verbindungen, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Fluormethylacetat, Difluormethylacetat, Trifluormethylacetat, 2-Fluorethylacetat, 2,2-Difluorethylacetat, 2,2,2-Trifluorethylacetat, Fluormethylpropionat, Difluormethylpropionat, Trifluormethylpropionat, 2-Fluorethylpropionat, 2,2-Difluorethylpropionat und 2,2,2-Trifluorethylpropionat. Insbesondere kann 2,2,2-Trifluorethylacetat (TFEA) oder 2,2,2-Trifluorethylpropionat (TFEP) am meisten bevorzugt verwendet werden, um eine gute Akkumulator-Leistung aufrechtzuerhalten.

[0066] Das in einem Beispiel der vorliegenden Erfindung verwendete vierte Lösungsmittel kann eine cyclische Verbindung auf Carbonatbasis sein, die der chemischen Formel 4 genügt.

[Chemische Formel 4]



[0067] In der chemischen Formel 4 stehen X_1 und X_2 unabhängig voneinander für Wasserstoff (H), Fluor (F), C1-C6-Alkyl oder C1-C6-Alkylfluorid.

[0068] Insbesondere ist das vierte Lösungsmittel, das der chemischen Formel 4 genügt, eine Verbindung oder ein Gemisch aus zwei oder mehr Verbindungen, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Ethylencarbonat (EC), Propylencarbonat (PC), Fluorethylencarbonat, 4,4-Difluorethylencarbonat, 4,5-Difluorethylencarbonat, 4-Methyl-5-fluorethylencarbonat, 4-Methyl-5,5-difluorethylencarbonat, 4-(Fluormethyl)ethylencarbonat, 4-(Difluormethyl)ethylencarbonat, 4-(Trifluormethyl)ethylencarbonat, 4-(2-Fluorethyl)ethylencarbonat, 4-(2,2-Difluorethyl)ethylencarbonat und 4-(2,2,2-Trifluorethyl)ethylencarbonat. Insbesondere wird Propylencarbonat (PC) am meisten bevorzugt verwendet, um eine gute Akkumulator-Leistung aufrechtzuerhalten.

[0069] Zudem bezieht sich ein anderer Aspekt der vorliegenden Erfindung auf einen Lithium-Akkumulator, der den oben beschriebenen nicht brennbaren Elektrolyten enthält. Da das Lithiumsalz und das organische Lösungsmittelgemisch die gleichen sind, wie oben beschrieben, wird auf eine doppelte Beschreibung verzichtet.

[0070] Insbesondere enthält der Lithium-Akkumulator eine Kathode, die ein aktives Kathodenmaterial enthält, eine Anode, die ein aktives Anodenmaterial enthält, den nicht brennbaren Elektrolyten und einen Separator.

[0071] Insbesondere enthält der Lithium-Akkumulator: eine Kathode, die ein aktives Kathodenmaterial enthält; eine Anode, die ein aktives Anodenmaterial enthält; den nicht brennbaren Elektrolyten, der das Lithiumsalz und das organische Lösungsmittelgemisch enthält, das das erste Lösungsmittel, das der chemischen Formel 1 genügt, das zweite Lösungsmittel, das der chemischen Formel 2 genügt, das dritte Lösungsmittel, das der chemischen Formel 3 genügt, und das vierte Lösungsmittel, das der chemischen Formel 4 genügt, enthält; und einen Separator.

[0072] Materialien, die üblicherweise als Kathode, Anode und Separator in der Industrie, auf die sich die vorliegende Erfindung bezieht, verwendet werden, können ohne besondere Einschränkung verwendet werden.

[0073] In einem Beispiel der vorliegenden Erfindung wird LiCoO_2 , LiMnO_2 , LiNiO_2 , $\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_2$, $\text{LiNi}_{1-x-y}\text{Co}_x\text{Mn}_y\text{O}_2$, $\text{LiNi}_{1-x-y}\text{Co}_x\text{M}_y\text{O}_2$ (M ist ein zweiwertiges oder dreiwertiges Metall oder ein Übergangsmetall), $w\text{Li}_2\text{MnO}_3 \cdot (1-w)\text{LiNi}_{1-x-y}\text{Co}_x\text{M}_y\text{O}_2$, $\text{LiMn}_{2-x}\text{M}_x\text{O}_4$ (M ist ein Übergangsmetall) oder LiFePO_4 , LiMnPO_4 , LiCoPO_4 , $\text{LiFe}_{1-x}\text{M}_x\text{PO}_4$ (M ist ein Übergangsmetall), $\text{Li}_{1,2}\text{Mn}_{(0,8-a)}\text{M}_a\text{O}_2$ (M ist ein zweiwertiges oder dreiwertiges Metall oder ein Übergangsmetall), $\text{Li}_2\text{N}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_3$ (N ist ein zweiwertiges, dreiwertiges oder vierwertiges Metall oder ein Übergangsmetall, und M ist ein zweiwertiges oder dreiwertiges Metall oder ein Übergangsmetall), $\text{Li}_{1+x}\text{N}_{y-z}\text{M}_z\text{O}_2$ (N ist Ti oder Nb, und M ist V, Ti, Mo oder W), $\text{Li}_4\text{Mn}_{2-x}\text{M}_x\text{O}_5$ (M ist ein Metall oder ein Übergangsmetall), $\text{Li}_x\text{M}_{2-x}\text{O}_2$ (M ist ein Metall, wie etwa Ti, Zr, Nb oder Mn oder ein Übergangsmetall) oder $\text{Li}_2\text{O}/\text{Li}_2\text{Ru}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_3$ (M ist ein Metall oder ein Übergangsmetall) als aktives Kathodenmaterial verwendet. Diese Beispiele sind jedoch nur zu Veranschaulichungszwecken angegeben, und jedes bekannte Material für ein aktives Kathodenmaterial kann ohne besondere Beschränkung verwendet werden.

[0074] Die Kathode kann ferner ein leitfähiges Material und ein Bindemittel einschließen.

[0075] Das leitfähige Material wird verwendet, um der Elektrode Leitfähigkeit zu verleihen, und jedes Material, das intrinsisch elektrische Leitfähigkeit aufweist, ohne dass es einer chemischen Veränderung unterzogen wurde, kann ohne besondere Beschränkung verwendet werden. Spezifische Beispiele für das leitfähige Material schließen ein: Graphit; Materialien auf Kohlenstoffbasis, wie etwa Ruß, Acetylschwarz, Ketjenblack®, Kanalruß, Ofenruß, Lampenruß, Sommerruß, Kohlenstofffaser; Kohlenstoffnanorohr, Kohlenstoffnanodraht und Graphen; Pulver von Metallen, wie etwa Kupfer, Nickel, Aluminium und Silber; leitfähiger Whiskey, wie etwa Zinkoxid und Kaliumtitanat; und leitfähige Polymere, wie etwa Polyphenylenderivate. Die beispielhaften Materialien können allein oder in Kombination von zwei oder mehr davon verwendet werden. Die Beispiele sind jedoch nur zu Veranschaulichungszwecken angegeben, und jedes bekannte leitfähige Material kann verwendet werden.

[0076] Das Bindemittel verbessert die Bindung zwischen den Partikeln des aktiven Kathodenmaterials oder die Bindung zwischen dem aktiven Kathodenmaterial und einem Stromkollektor. Spezifische Beispiele für das Bindemittel schließen Polyvinylidenfluorid (PVDF), Polyimid (PI), Polyacrylsäure (PAA), Polyvinylalkohol (PVA), Carboxymethylcellulose (CMC), Stärke, Hydroxypropylcellulose, regenerierte Cellulose, Polyvinylpyrrolidon (PVP), Tetrafluorethylen, Polyethylen, Polypropylen, Ethylen-Propylen-Dien-Polymer (EPDM), sulfoniertes EPDM, Styrol-Butadien-Kautschuk, Fluorkautschuk und verschiedene Copolymere davon ein. Die beispielhaften Materialien können allein oder in Kombination von zwei oder mehr davon verwendet werden. Die Materialien sind jedoch nur zu Veranschaulichungszwecken angegeben, und jedes bekannte Material, das als Bindemittel verwendet werden kann, kann ohne besondere Beschränkung verwendet werden.

[0077] In einem Beispiel der vorliegenden Erfindung kann die Anode genau wie die Kathode durch direktes Aufbringen eines aktiven Anodenmaterials auf einen Kupferstromkollektor oder durch ein Verfahren zum Bilden eines aktiven Anodenmaterialfilms auf einem Träger durch Gießen, Ablösen des aktiven Anodenmaterialfilms von dem Träger und Laminieren des aktiven Anodenmaterialfilms auf einen Kupferstromkollektor hergestellt werden.

[0078] Für die Anode können Lithium, eine Lithiumlegierung oder ein beliebiges aktives Anodenmaterial verwendet werden, das Lithium-Ionen interkalieren/deinterkalieren kann. Insbesondere kann als aktives Anodenmaterial Koks, künstlicher Graphit, natürlicher Graphit, weicher Kohlenstoff, harter Kohlenstoff, ein verbranntes Produkt einer organischen hochmolekularen Verbindung, Kohlenstofffaser, Graphen, Silicium, ein Siliciumoxid, Zinn, ein Zinnoxid, Germanium, ein Graphitverbundstoff, der Silicium, ein Siliciumoxid, Zinn, ein Zinnoxid oder Germanium enthält, $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ oder TiO_2 enthält, verwendet werden. Diese Materialien sind jedoch nur zu Veranschaulichungszwecken angegeben. Daher kann jedes bekannte Material, das als aktives Kathodenmaterial verwendet werden kann, ohne besondere Beschränkung verwendet werden.

[0079] In einem Beispiel der vorliegenden Erfindung kann der Separator eine einschichtige Struktur aus Polyethylen, Polypropylen oder Polyvinylidenfluorid sein. Alternativ kann der Separator eine mehrschichtige Struktur sein, die zwei oder mehr Schichten einschließt. Beispielsweise kann der Separator ein zweischichtiger Separator, der eine Polyethylen- und eine Polypropylenschicht enthält, oder ein dreischichtiger Separator, der eine Polyethylen-, eine Polypropylen- und eine Polyethylenschicht enthält, sein. Diese Materialien sind jedoch nur zu Veranschaulichungszwecken angegeben, und jeder bekannte Separator kann verwendet werden.

[0080] Darüber hinaus weist der Lithium-Akkumulator gemäß der vorliegenden Erfindung den Vorteil einer verbesserten elektrochemischen Oxidationsstabilität aufgrund der Verwendung des nicht brennbaren Elektrolyten auf, so dass der Lithium-Akkumulator auf eine höhere Ladespannung aufgeladen werden kann als Lithium-Akkumulatoren, die bestehende handelsübliche Elektrolyten enthalten, die gewöhnlich auf eine Spannung von 4,1 bis 4,2 V aufgeladen werden.

[0081] Insbesondere kann der Lithium-Akkumulator gemäß der vorliegenden Erfindung auf eine Spannung von 4,1 V bis 6 V aufgeladen werden. Darüber hinaus erhöht die erhöhte Ladespannung die Menge an Lithiumionen, die interkaliert/deinterkaliert werden. Daher können die Kapazität und die Energiedichte des Lithium-Akkumulators erhöht werden.

[0082] Der Lithium-Akkumulator gemäß der vorliegenden Erfindung kann ein Lithium-Ionen-Akkumulator, ein Lithium-Metall-Akkumulator oder ein Festkörper-Lithium-Akkumulator sein. Der Lithium-Akkumulator gemäß der vorliegenden Erfindung kann in tragbaren elektronischen Vorrichtungen, wie etwa Smartphones, tragbaren elektronischen Vorrichtungen, Elektrowerkzeugen, Elektrofahrzeugen (engl. electric vehicles; EVs), Ener-

giespeichersystemen (engl. energy storage systems; ESSs), elektrischen Zweiradfahrzeugen, wie etwa Elektrofahrrädern und Elektrorollern, oder elektrischen Golfwagen verwendet werden.

[0083] Zudem kann der Lithium-Akkumulator gemäß der vorliegenden Erfindung in verschiedenen Formen hergestellt werden, wie etwa einer Münzform, einer Kastenform, einer Zylinderform und einer Beutelform.

[0084] Der nicht brennbare Elektrolyt für Lithium-Akkumulatoren und der Lithium-Akkumulator gemäß der vorliegenden Erfindung werden unter Bezugnahme auf verschiedene spezifische Beispiele ausführlicher beschrieben. Die spezifischen Beispiele, die beschrieben werden, sind jedoch nur zu Veranschauligungszwecken angegeben und sollen die vorliegende Erfindung einschränken. Die vorliegende Erfindung kann in anderen Formen ausgeführt werden, zusätzlich zu den Formen, die durch die spezifischen Beispiele angegeben werden.

[0085] Sofern nicht anders definiert, haben zudem alle technischen und wissenschaftlichen Begriffe die gleiche Bedeutung, wie sie vom Fachmann, auf den sich die vorliegende Erfindung bezieht, allgemein verstanden wird. Die Begriffe, die in der Beschreibung der vorliegenden Anmeldung verwendet werden, sollen nur spezifische Beispiele effektiv beschreiben und sollen die vorliegende Erfindung nicht einschränken. Die Mengeneinheiten der Additive, die hier nicht ausdrücklich angegeben sind, können in Gewichtsprozent angegeben werden.

Beispiel 1

[0086] Bis(2,2-trifluorethyl)sulfat (FES-fa), Methyl(2,2-trifluorethyl)carbonat (TFC), 2,2-Trifluorethylpropionat (TFEP) und Propylencarbonat (PC) wurden in einem Volumenverhältnis von 3:2:2:3 vermischt, um ein organisches Lösungsmittelgemisch herzustellen.

[0087] LiPF_6 wurde zu dem organischen Lösungsmittelgemisch zugegeben, um eine Konzentration von 1 M zu erzielen, um einen 1 M $\text{LiPF}_6/\text{FES:TFC:TFEP:PC}$ -Elektrolyten herzustellen.

Beispiel 2

[0088] Alle Verfahren wurden auf die gleiche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt, mit der Ausnahme, dass Bis(2,2,2-trifluorethyl)carbonat (BTFC) anstelle von TFC verwendet wurde.

Beispiel 3

[0089] Alle Verfahren wurden auf die gleiche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt, mit der Ausnahme, dass 2,2,2-Trifluorethylbutyrat (TFEB) anstelle von TFEP verwendet wurde.

Beispiel 4

[0090] Alle Verfahren wurden auf die gleiche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt, mit der Ausnahme, dass FES-fa, TFC, TFEP und PC in einem Volumenverhältnis von 6:0,5:0,5:3 vermischt wurden.

Beispiel 5

[0091] Alle Verfahren wurden auf die gleiche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt, mit der Ausnahme, dass FES-fa, TFC, TFEP und PC in einem Volumenverhältnis von 1:3:3:3 vermischt wurden.

Vergleichsbeispiel 1

[0092] Ethylencarbonat (EC) und Ethylmethylcarbonat (EMC) wurden in einem Mischungsverhältnis von 3:7 vermischt, um ein organisches Lösungsmittelgemisch herzustellen, und ein Elektrolytmaterial wird dazu auf die gleiche Weise wie in Beispiel 1 zugegeben, um einen herkömmlichen Elektrolyten von 1M $\text{LiPF}_6/\text{EC:EMC}$ herzustellen.

Vergleichsbeispiel 2

[0093] Alle Verfahren wurden auf die gleiche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt, mit der Ausnahme, dass FES und PC in einem Volumenverhältnis von 7:3 vermischt wurden.

Vergleichsbeispiel 3

[0094] Alle Verfahren wurden auf die gleiche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt, mit der Ausnahme, dass TFC, TFEP und PC in einem Volumenverhältnis von 3,5:3,5:3 vermischt wurden.

Vergleichsbeispiel 4

[0095] Alle Verfahren wurden auf die gleiche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt, mit der Ausnahme, dass FES-fa, TFEP und PC in einem Volumenverhältnis von 3:4:3 vermischt wurden.

Vergleichsbeispiel 5

[0096] Alle Verfahren wurden auf die gleiche Weise wie in Beispiel 1 durchgeführt, mit der Ausnahme, dass FES-fa, TFC und PC in einem Volumenverhältnis von 3:4:3 vermischt wurden.

[Tabelle 1]

	Erstes Lösungsmittel (schwefelhaltiges Lösungsmittel)	Zweites Lösungsmittel (lineares Carbonat)	Drittes Lösungsmittel (linearer Ester)	Viertes Lösungsmittel (Cyclisches Carbonat)	Volumenverhältnis
Beispiel 1	FES-fa	TFC	TFEP	PC	3:2:2:3
Beispiel 2	FES-fa	BTFC	TFEP	PC	3:2:2:3
Beispiel 3	FES-fa	TFC	TFEB	PC	3:2:2:3
Beispiel 4	FES-fa	TFC	TFEP	PC	6:0, 5:0, 5:3
Beispiel 5	FES-fa	TFC	TFEP	PC	1:3:3:3
Vergleichsbeispiel 1	-	EMC	-	EC	7:3
Vergleichsbeispiel 2	FES-fa	-	-	PC	7:3
Vergleichsbeispiel 3	-	TFC	TFEP	PC	3, 5:3, 5:3
Vergleichsbeispiel 4	FES-fa	-	TFEP	PC	3:4:3
Vergleichsbeispiel 5	FES-fa	TFC	-	PC	3:4:3

[Charakterisierung]

Bewertungsmethode

1) Selbstlöschzeit (SET, Sekunden/g): Jeder der wie in den Beispielen 1 bis 5 und den Vergleichsbeispielen 1 bis 5 hergestellten Elektrolyten wurde mit einem Brenner entzündet, und die Selbstlöschzeit (SEC) pro Gramm der Elektrolyten wurde gemessen, nachdem der Brenner entfernt worden war. Der Elektrolyt mit einer SEC von weniger als 6 ($SEC < 6$) wird als nicht entflammbar klassifiziert, der Elektrolyt mit einer SEC von mehr als 6 und weniger als 20 ($6 < SEC < 20$) wird als schwer entflammbar klassifiziert, und der Elektrolyt mit einer SEC gleich oder größer 20 ($20 \leq SEC$) wird als entflammbar klassifiziert.

2) Lade-/Entladetest 1: 2016 münzförmige Lithium-Akkumulatoren, die jeweils aus einer Lithium-Metallanode, einer $\text{LiNi}_{0,6}\text{Co}_{0,2}\text{Mn}_{0,2}\text{O}_2$ -Kathode, einem der wie in den Beispielen 1 bis 5 und den Vergleichsbeispielen 1 bis 5 hergestellten Elektrolyten und einem Separator bestehen, wurden hergestellt.

[0097] Die Lithium-Akkumulatoren mit den jeweiligen Elektrolyten durchliefen 100 Ladezyklen von 1C und 2,5 bis 4,6 V. Danach wurden die spezifische gravimetrische Kapazität pro Gramm und die anfängliche Coulomb-Effizienz unter Entstehungsbedingungen von 0,1C jedes Lithium-Akkumulators gemessen.

[0098] Zudem wurde die Kapazitätserhaltungsrate jedes Lithium-Akkumulators gemäß einer nachstehend beschriebenen Gleichung berechnet.

[0099] Kapazitätserhaltungsrate (%) = (Entladekapazität des 100. Zyklus/Entladekapazität des ersten Zyklus) x 100.

3) Grenzflächenwiderstand: Der Grenzflächenwiderstand jedes Lithium-Akkumulators wurde nach einem Lade-/Entladezyklus und 100 Lade-/Entladezyklen mittels elektrochemischer Impedanzspektroskopie (EIS) gemessen. Die Ergebnisse wurden in dem Nyquist-Diagramm dargestellt, wie in **Fig. 1** gezeigt.

4) Lade-/Entladetest 2: 2032 münzförmige Lithium-Akkumulatoren, die jeweils aus einer Graphitanode, einer $\text{LiNi}_{0,6}\text{Co}_{0,2}\text{Mn}_{0,2}\text{O}_2$ -Kathode, einem der wie in Beispiel 1 und Vergleichsbeispiel 1 hergestellten Elektrolyten und einem Separator bestehen, wurden hergestellt.

[0100] Die Lithium-Akkumulatoren mit den jeweiligen Elektrolyten durchliefen 100 Ladezyklen von 1C und 2,5 bis 4,6 V. Danach wurden die spezifische gravimetrische Kapazität pro Gramm und die anfängliche Coulomb-Effizienz unter Entstehungsbedingungen von 0,1C jedes Lithium-Akkumulators gemessen.

[Tabelle 2]

	SET (sek/g)	Nicht entflammbar/ entflammbar	Entladekapazität (1C) (mAh/g)	Kapazitätserhaltungsrate (1C) (%)	Anfängliche Coulomb-Effizienz (%)
Beispiel 1	0	Nicht entflammbar	195	86	83
Beispiel 2	0	Nicht entflammbar	188	83	86
Beispiel 3	0	Nicht entflammbar	192	86	87
Beispiel 4	0	Nicht entflammbar	187	83	78
Beispiel 5	0	Nicht	189	83	86
		entflammbar			
Vergleichsbeispiel 1	60	Entflammbar	183	75	91
Vergleichsbeispiel 2	0	Nicht entflammbar	176	46	90
Vergleichsbeispiel 3	0	Nicht entflammbar	183	82	88
Vergleichsbeispiel 4	3	Nicht entflammbar	187	80	81
Vergleichsbeispiel 5	0	Nicht entflammbar	188	85	77

[0101] Wie in Tabelle 2 gezeigt, weist ein bestehender handelsüblicher Elektrolyt wie in Vergleichsbeispiel 1 eine Selbstlöschzeit (SEC) von 60 Sekunden/g auf, was bedeutet, dass er entflammbar ist. Andererseits zeigten die Elektrolyten wie in den Beispielen 1 bis 5 und den Vergleichsbeispielen 2 bis 5 eine SEC von weniger als 6 Sekunden/g, was bedeutet, dass sie nicht entflammbar sind, obwohl sie 30 Vol.-% Propylencarbonat (PC) enthalten, das als entflammbare Substanz bekannt ist.

[0102] Insbesondere zeigten die Elektrolyten wie in den Beispielen 1 und 3 eine 1C-Entladekapazität von 190 mAh/g oder mehr, eine 1C-Kapazitätserhaltungsrate von 86 % oder mehr und eine anfänglichen Cou-

lomb-Effizienz von 83 % oder mehr. Das heißt, diese Elektrolyten wiesen eine gute Akkumulator-Leistung sowie die Eigenschaft der Nichtentflammbarkeit auf. Im Gegensatz dazu wiesen die Elektrolyten in den Vergleichsbeispielen 2 bis 5 die Eigenschaft der Nichtentflammbarkeit auf, zeigten jedoch im Vergleich zu den Elektrolyten wie in den Beispielen eine reduzierte Akkumulator-Leistung.

[0103] Die vorliegende Erfindung wurde unter Bezugnahme auf einige spezifische Beispiele und Merkmale beschrieben. Die spezifischen Beispiele und Charakteristiken dienen jedoch lediglich Veranschaulichungszwecken und sollen den Umfang der vorliegenden Erfindung nicht einschränken, und es versteht sich, dass verschiedene Modifikationen und Änderungen an den Beispielen aus der obigen Beschreibung durch Fachleute, auf die sich die vorliegende Erfindung bezieht, möglich sind.

[0104] Daher ist der Geist der vorliegenden Erfindung nicht auf die oben beschriebenen spezifischen Beispiele beschränkt, und sämtliche Ausführungsformen, die durch die beigefügten Ansprüche und sämtliche Äquivalente und Modifikationen daran definiert sind, fallen in den Umfang der vorliegenden Erfindung.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

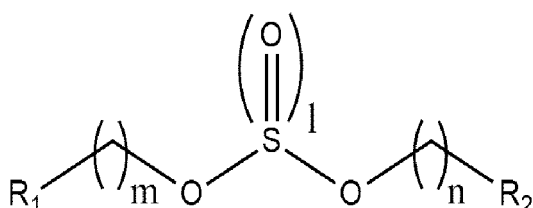
Zitierte Patentliteratur

- KR 1020200083961 [0001]
- KR 1020160011548 [0009, 0010]

Patentansprüche

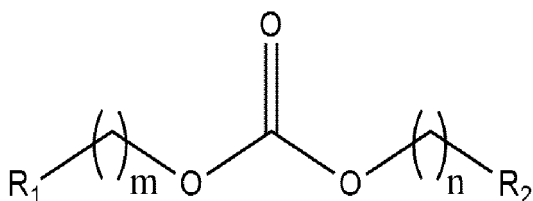
1. Nicht brennbarer Elektrolyt für Lithium-Akkumulatoren, wobei der Elektrolyt umfasst:
 ein Lithiumsalz; und
 ein organisches Lösungsmittelgemisch, das ein erstes Lösungsmittel, das der chemischen Formel 1 genügt,
 ein zweites Lösungsmittel, das der chemischen Formel 2 genügt, ein drittes Lösungsmittel, das der chemischen Formel 3 genügt, und ein viertes Lösungsmittel, das der chemischen Formel 4 genügt, enthält,

[Chemische Formel 1]



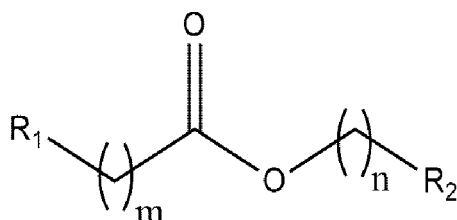
in der chemischen Formel 1 sind R_1 und R_2 jeweils unabhängig voneinander Methyl (CH_3) oder Methylfluorid (CF_xH_{3-x} , x ist eine ganze Zahl in einem Bereich von 1 bis 3), außer in einem Fall, in dem R_1 und R_2 beide Methyl sind, 1 ist 1 oder 2 , und m und n sind jeweils unabhängig voneinander eine ganze Zahl in einem Bereich von 0 bis 5 ,

[Chemische Formel 2]



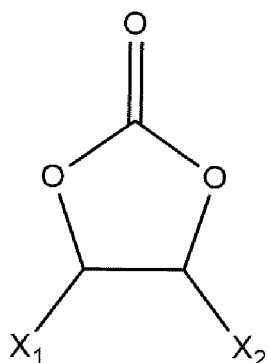
in der chemischen Formel 2 sind R_1 und R_2 jeweils unabhängig voneinander Methyl (CH_3) oder Methylfluorid (CF_xH_{3-x} , x ist eine ganze Zahl in einem Bereich von 1 bis 3), außer in einem Fall, in dem R_1 und R_2 beide Methyl sind, und m und n sind jeweils unabhängig voneinander eine ganze Zahl in einem Bereich von 0 bis 5 ,

[Chemische Formel 3]



in der chemischen Formel 3 sind R_1 und R_2 jeweils unabhängig voneinander für Methyl (CH_3) oder Methylfluorid (CF_xH_{3-x} , x ist eine ganze Zahl in einem Bereich von 1 bis 3), außer in einem Fall, in dem R_1 und R_2 beide Methyl sind, und m und n sind jeweils unabhängig voneinander eine ganze Zahl in einem Bereich von 0 bis 5 ,

[Chemische Formel 4]



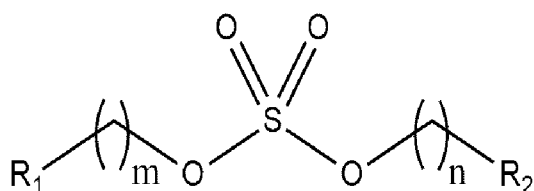
in der chemischen Formel 4 sind X₁ und X₂ jeweils unabhängig voneinander Wasserstoff (H), Fluor (F), C1-C6-Alkyl oder C1-C6-Alkylfluorid.

2. Elektrolyt nach Anspruch 1, wobei der Elektrolyt, bezogen auf 100 Vol.-% des organischen Lösungsmittelgemisches, 60 Vol.-% oder weniger (mit Ausnahme von 0 Vol.-%) des ersten Lösungsmittels, 80 Vol.-% oder weniger (mit Ausnahme von 0 Vol.-%) des zweiten Lösungsmittels, 60 Vol.-% oder weniger (mit Ausnahme von 0 Vol.-%) des dritten Lösungsmittels und 10 bis 40 Vol.-% des vierten Lösungsmittels umfasst.

3. Elektrolyt nach Anspruch 2, wobei das vierte Lösungsmittel, das erste Lösungsmittel, das zweite Lösungsmittel und das dritte Lösungsmittel in einem Volumenverhältnis von 1:0,0005 bis 3:0,0005 bis 5:0,0005 bis 3 vermischt werden.

4. Elektrolyt nach Anspruch 1, wobei das erste Lösungsmittel der chemischen Formel 1-1 genügt,

[Chemische Formel 1-1]



in der chemischen Formel 1-1 sind R₁ und R₂ jeweils unabhängig voneinander Methyl (CH₃) oder Methylfluorid (CF_xH_{3-x}, x ist eine ganze Zahl in einem Bereich von 1 bis 3), außer in einem Fall, in dem R₁ und R₂ beide Methyl sind, und m und n sind jeweils unabhängig voneinander eine ganze Zahl in einem Bereich von 0 bis 3.

5. Elektrolyt nach Anspruch 1, wobei das Lithiumsalz jedes oder ein Gemisch aus zwei oder mehr umfasst, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus LiPF₆, LiCl₄, LiAsF₆, LiBF₄, LiSbF₆, LiAlO₄, LiAlCl₄, LiCF₃SO₃, LiC₄F₃SO₃, LiC₆H₅SO₃, LiN(C₂F₅SO₃)₂, LiN(C₂F₅SO₂)₂, LiN(CF₃SO₂)₂, LiN(FSO₂)₂, LiN(C_xF_{2x+1}SO₂)(C_yF_{2y+1}SO₂) (x und y sind hier 0 oder natürliche Zahl), LiCl, LiI, LiSCN, LiB(C₂O₄)₂, LiF₂BC₂O₄, LiPF₄(C₂O₄), LiPF₂(C₂O₄)₂ and LiP(C₂O₄)₃.

6. Elektrolyt nach Anspruch 5, wobei die Konzentration des Lithiumsalzes in dem nicht brennbaren Elektrolyten in dem Bereich von 0,1 M bis 60 M liegt.

7. Elektrolyt nach Anspruch 1, wobei der nicht brennbare Elektrolyt eine Selbstlöschzeit von weniger als 20 Sekunden/g aufweist.

8. Lithium-Akkumulator, umfassend den Elektrolyten nach Anspruch 1.
9. Lithium-Akkumulator nach Anspruch 8, wobei der Lithium-Akkumulator auf eine hohe Spannung von 4,15 bis 6 V aufladbar ist.
10. Lithium-Akkumulator nach Anspruch 8, wobei der Lithium-Akkumulator eine Kathode, die ein aktives Kathodenmaterial enthält, eine Anode, die ein aktives Anodenmaterial enthält, den nicht brennbaren Elektrolyten nach Anspruch 1 und einen Separator umfasst.
11. Lithium-Akkumulator nach Anspruch 8, wobei der Lithium-Akkumulator ein Lithium-Ionen-Akkumulator, ein Lithium-Metall-Akkumulator oder ein Festkörper-Lithium-Akkumulator ist.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig.1

