



(10) **DE 10 2021 114 975 A1** 2022.04.14

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2021 114 975.4**

(22) Anmeldetag: **10.06.2021**

(43) Offenlegungstag: **14.04.2022**

(51) Int Cl.: **H01M 10/0567** (2010.01)

H01M 10/052 (2010.01)

H01M 10/0568 (2010.01)

H01M 10/0569 (2010.01)

H01M 4/133 (2010.01)

H01M 4/134 (2010.01)

(30) Unionspriorität:

10-2020-0132094 13.10.2020 KR

(71) Anmelder:

Hyundai Motor Company, Seoul, KR; Kia Corporation, Seoul, KR; UNIST (ULSAN NATIONAL INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY), Ulsan, KR

(74) Vertreter:

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

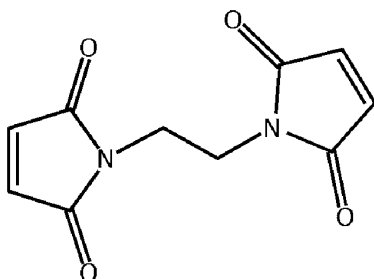
(72) Erfinder:

Lee, Yoon Sung, Suwon-si, Gyeonggi-do, KR; Oh, Seung Min, Incheon, KR; Lee, Ji Eun, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, KR; Ban, Sung Ho, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, KR; Kim, Ik Kyu, Gwangmyeong-si, Gyeonggi-do, KR; Kim, Ko Eun, Cheongju-si, Chungcheongbuk-do, KR; Kwak, Sang Kyu, Ulsan, KR; Choi, Nam-Soon, Ulsan, KR; Kim, Woo Gyum, Ulsan, KR; Moon, Hyeon Gyu, Ulsan, KR; Hong, Sung You, Ulsan, KR; Hwang, Dae Yeon, Ulsan, KR

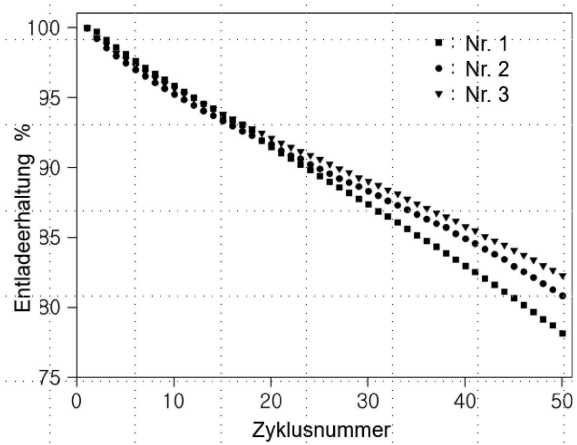
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **ELEKTROLYT FÜR LITHIUM-SEKUNDÄRBATTERIE UND LITHIUM-SEKUNDÄRBATTERIE AUSWEISEND SELBIGEN**

(57) Zusammenfassung: Elektrolyt für eine Lithium-Sekundärbatterie, umfassend: ein Lithiumsalz; ein Lösungsmittel; und ein funktionelles Additiv, wobei das funktionelle Additiv 1,2-Bis(maleimido)ethan, dargestellt durch die folgende Formel 1, umfasst:



[Formel 1].



Beschreibung

GEBIET

[0001] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf einen Elektrolyten für eine Lithium-Sekundärbatterie und eine Lithium-Sekundärbatterie, aufweisend denselben.

HINTERGRUND

[0002] Die Aussagen in diesem Abschnitt liefern lediglich Hintergrundinformationen in Bezug auf die vorliegende Offenbarung und stellen nicht den Stand der Technik dar.

[0003] Eine Lithium-Sekundärbatterie ist ein Energiespeichersystem, das eine positive Elektrode zum Zuführen von Lithium-Ionen während der Ladung, eine negative Elektrode zum Aufnehmen von Lithium-Ionen, einen Elektrolyten, der als Vermittler für die Übertragung von Lithium-Ionen dient, und einen Separator zum Trennen der positiven Elektrode und der negativen Elektrode aufweist, wobei elektrische Energie erzeugt und gespeichert wird, wenn sich die chemischen Potentiale durch Interkalation/Deinterkalation in der positiven und der negativen Elektrode ändern.

[0004] Eine Lithium-Sekundärbatterie wurde bisher hauptsächlich in mobilen elektronischen Geräten verwendet und weitet nun ihre Verwendung als Energiespeichersystem auf Elektrofahrzeuge (EVs) und Hybrid-Elektrofahrzeuge (HEVs) aus, die damit erfolgreich vermarktet werden.

[0005] Um die Reichweite von Elektrofahrzeugen zu erhöhen, haben sich Studien auf die Erhöhung der Energiedichte in Lithium-Sekundärbatterien konzentriert. Eine Verbesserung der hohen Kapazität in der positiven Elektrode ermöglicht es, die Energiedichte in einer Lithium-Sekundärbatterie zu erhöhen.

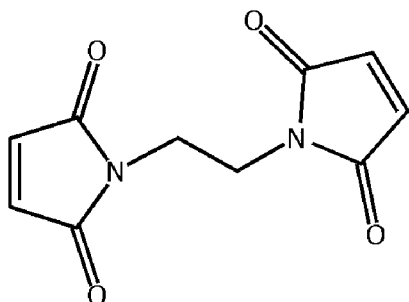
[0006] Die Energiedichte einer Batterie hängt in hohem Maße von den Eigenschaften der positiven und negativen Elektrode ab. Dementsprechend haben wir festgestellt, dass ein geeigneter Elektrolyt gewünscht wird, der es ermöglicht, dass die positiven und negativen Elektroden eine ausgezeichnete elektrochemische Leistung aufweisen.

[0007] Die Beschreibung des verwandten technischen Standes dient nur zum Verständnis des Hintergrunds der vorliegenden Offenbarung, sollte aber nicht als ein dem Fachmann bereits bekannter Stand der Technik anerkannt werden.

ZUSAMMENFASSUNG

[0008] Die vorliegende Offenbarung stellt einen Elektrolyten für eine Lithium-Sekundärbatterie bereit, der die Lebensdauereigenschaften in einer Lithium-Sekundärbatterie verbessern kann, und eine Lithium-Sekundärbatterie, die selbigen aufweist.

[0009] Ein Elektrolyt für eine Lithium-Sekundärbatterie gemäß einer Form der vorliegenden Offenbarung weist ein Lithiumsalz, ein Lösungsmittel und ein funktionelles Additiv auf, wobei das funktionelle Additiv 1,2-Bis(maleimido)ethan aufweist, das durch die folgende Formel 1 dargestellt wird:



..... [Formel 1].

[0010] Das 1,2-Bis(maleimido)ethan kann in einer Gesamtmenge von 0,5-2,0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Elektrolyten, verwendet werden.

[0011] Das funktionelle Additiv kann weiterhin Fluorethylencarbonat (FEC) aufweisen.

[0012] Das Fluorethylencarbonat (FEC) kann in einer Menge von 0,5-3,0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Elektrolyten, zugesetzt werden.

[0013] Das Lithiumsalz kann mindestens eine Verbindung sein, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus LiPF_6 , LiBF_4 , LiClO_4 , LiCl , LiBr , LiI , $\text{LiB}_{10}\text{Cl}_{10}$, LiCF_3SO_3 , LiCF_3CO_2 , LiAsF_6 , LiSbF_6 , LiAlCl_4 , $\text{CH}_3\text{SO}_3\text{Li}$, $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$, $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{C}_2\text{F}_5)_2$, $\text{Li}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}$, $\text{LiC}_4\text{F}_9\text{SO}_3$, $\text{LiB}(\text{C}_6\text{H}_5)_4$, $\text{Li}(\text{SO}_2\text{F})_2\text{N}$ (LiFSI), and $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$.

[0014] Das Lösungsmittel kann mindestens eine Substanz sein, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einem Lösungsmittel auf Carbonatbasis, einem Lösungsmittel auf Esterbasis und einem Lösungsmittel auf Ketonbasis.

[0015] Eine Lithium-Sekundärbatterie gemäß einer Form der vorliegenden Offenbarung weist den oben beschriebenen Elektrolyten auf. Eine Lithium-Sekundärbatterie kann ferner aufweisen: eine positive Elektrode, die ein aktives Material für die positive Elektrode enthält, das aus Ni, Co oder Mn besteht; eine negative Elektrode, die mindestens ein aktives Material für die negative Elektrode enthält, das aus einem Material auf Kohlenstoffbasis (C) und einem Material auf Siliziumbasis (Si) ausgewählt ist; und einen Separator, der zwischen der positiven Elektrode und der negativen Elektrode angeordnet ist.

[0016] Die positive Elektrode kann Ni mit einem Gehalt von 80 Gew.-% oder mehr enthalten.

[0017] Weitere Anwendungsbereiche werden aus der hier gegebenen Beschreibung ersichtlich. Es sollte verstanden werden, dass die Beschreibung und die spezifischen Beispiele nur zur Veranschaulichung dienen und nicht dazu gedacht sind, den Umfang der vorliegenden Offenbarung zu begrenzen.

Figurenliste

[0018] Zum besseren Verständnis der Offenbarung werden im Folgenden verschiedene Formen der Offenbarung beispielhaft beschrieben, wobei auf die beigefügten Zeichnungen Bezug genommen wird, in denen:

Fig. 1 bis Fig. 3 sind Diagramme, die die Ergebnisse von Lade-/Entladetests für das Beispiel und das Vergleichsbeispiel zeigen.

[0019] Die hier beschriebenen Zeichnungen dienen nur der Veranschaulichung und sollen den Umfang der vorliegenden Offenbarung in keiner Weise einschränken.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0020] Die folgende Beschreibung ist lediglich beispielhaft und soll die vorliegende Offenbarung, Anwendung oder Verwendung nicht einschränken. Es sollte verstanden werden, dass in den Zeichnungen entsprechende Bezugszeichen auf gleiche oder entsprechende Teile und Merkmale hinweisen.

[0021] Ein Elektrolyt für eine Lithium-Sekundärbatterie gemäß einer Form der vorliegenden Offenbarung weist ein Lithiumsalz, ein Lösungsmittel und einen funktionellen Zusatzstoff auf.

[0022] Das Lithiumsalz kann mindestens eine Verbindung sein, die ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus LiPF_6 , LiBF_4 , LiClO_4 , LiCl , LiBr , LiI , $\text{LiB}_{10}\text{Cl}_{10}$, LiCF_3SO_3 , LiCF_3CO_2 , LiAsF_6 , LiSbF_6 , LiAlCl_4 , $\text{CH}_3\text{SO}_3\text{Li}$, $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$, $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{C}_2\text{F}_5)_2$, $\text{Li}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}$, $\text{LiC}_4\text{F}_9\text{SO}_3$, $\text{LiB}(\text{C}_6\text{H}_5)_4$, $\text{Li}(\text{SO}_2\text{F})_2\text{N}$ (LiFSI), und $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$.

[0023] Das Lithiumsalz kann in einer Gesamtkonzentration von 0,1-1,2 Mol im Elektrolyten vorhanden sein.

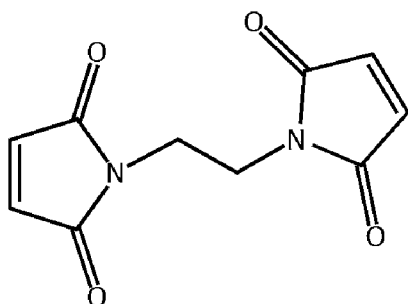
[0024] Das Lösungsmittel kann mindestens eine Substanz sein, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einem Lösungsmittel auf Carbonatbasis, einem Lösungsmittel auf Esterbasis, einem Lösungsmittel auf Etherbasis und einem Lösungsmittel auf Ketonbasis.

[0025] Beispiele für Lösungsmittel auf Carbonatbasis sind Dimethylcarbonat (DMC), Diethylcarbonat (DEC), Dipropylcarbonat (DPC), Methylpropylcarbonat (MPC), Ethylpropylcarbonat (EPC), Ethylmethylcarbonat (EMC), Ethylencarbonat (EC), Propylencarbonat (PC), Butylencarbonat (BC), Fluorethylencarbonat (FEC) und Vinylencarbonat (VC). Als Lösungsmittel auf Esterbasis können beispielsweise γ -Butyrolacton (GBL),

n-Methylacetat, n-Ethylacetat, n-Propylacetat usw. verwendet werden. Als Lösungsmittel auf Etherbasis kann auch Dibutylether verwendet werden, jedoch ohne Einschränkung.

[0026] Darüber hinaus kann das Lösungsmittel auch ein aromatisches Kohlenwasserstofflösungsmittel aufweisen. Beispiele für aromatische Kohlenwasserstofflösungsmittel sind Benzol, Fluorbenzol, Brombenzol, Chlorbenzol, Cyclohexylbenzol, Isopropylbenzol, n-Butylbenzol, Octylbenzol, Toluol, Xylol und Mesitylen, die allein oder in Kombination verwendet werden können.

[0027] Das funktionelle Additiv, das in dem Elektrolyten gemäß einer Form der vorliegenden Offenbarung verwendet wird, kann als erstes negatives Elektrodenfilm-Additiv (Bis(II)) 1,2-Bis(maleimido)ethan verwenden, das durch die folgende Formel 1 dargestellt wird:



[Formel 1].

[0028] In diesem Zusammenhang stabilisiert 1,2-Bis(maleimido)ethan, das als erstes negatives Elektrodenfilmadditiv (Bis(II)) dient, die negative Elektrode durch Bildung von SEI auf der Oberfläche des negativen Elektrodenmaterials und kann vorzugsweise in einer Menge von 0,5-1,0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Elektrolyten, zugesetzt werden.

[0029] Wenn es in einer Menge von weniger als 0,5 Gew.-% zugegeben wird, trägt das erste negative Elektrodenfilmadditiv (Bis(II)) nur wenig zur Wirkung bei, da es keine ausreichende Form von SEI auf der Oberfläche des aktiven Materials der negativen Elektrode bilden kann. Bei mehr als 2,0 Gew.-% des ersten negativen Elektrodenfilmzusatzes kommt es zu einer übermäßigen Bildung von SEI, wodurch sich der Zellwiderstand erhöht, was zu einer verringerten Lebensdauer führt.

[0030] Unterdessen kann das funktionelle Additiv weiterhin ein zweites negatives Elektrodenfilmadditiv aufweisen, das dazu dient, zusätzlich zum ersten negativen Elektrodenfilmadditiv einen Film auf einer negativen Elektrode zu bilden. Beispielsweise kann Fluorethylencarbonat (im Folgenden als „FEC“ bezeichnet) als zweites negatives Elektrodenfilmadditiv verwendet werden.

[0031] Das zweite negative Elektrodenfilmadditiv kann vorzugsweise in einer Menge von 0,5-3,0 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht des Elektrolyten, zugesetzt werden. Noch bevorzugter kann das zweite negative Elektrodenfilmadditiv in einer Menge von 1,5-2,5 Gew.-% zugesetzt werden.

[0032] Weniger als 0,5 Gew.-% des zweiten negativen Elektrodenfilmadditivs verringern die langfristigen Lebensdauereigenschaften der Zelle. Wenn die Menge des zweiten negativen Elektrodenfilmadditivs 3,0 Gew.-% übersteigt, verursacht eine übermäßig gebildete Oberflächenschutzschicht einen erhöhten Zellwiderstand, was zu einer Verringerung der Batterieleistung führt.

[0033] Gemäß einer Form der vorliegenden Offenbarung weist eine Lithium-Sekundärbatterie den oben beschriebenen Elektrolyten, eine positive Elektrode, eine negative Elektrode und einen Separator auf.

[0034] Die positive Elektrode enthält ein aktives Material für die positive Elektrode auf NCM-Basis, das aus Ni, Co und Mn besteht. Insbesondere besteht das aktive Material der positiven Elektrode in der positiven Elektrode gemäß einer Form nur aus einem aktiven Material der positiven Elektrode auf NCM-Basis, das 80 Gew.-% oder mehr Ni enthält. Als Beispiel kann NCM811 für die positive Elektrode verwendet werden.

[0035] Die negative Elektrode enthält mindestens ein aktives Material für die negative Elektrode, das aus aktiven Materialien für die negative Elektrode auf der Basis von Kohlenstoff (C) und Silizium (Si) ausgewählt ist.

[0036] Das aktive Material der negativen Elektrode auf Kohlenstoffbasis (C) kann mindestens eines sein, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus künstlichem Graphit, natürlichem Graphit, graphitierten Kohlenstofffasern, graphitierten Mesokohlenstoff-Mikrokugeln, Fulleren und amorphem Kohlenstoff.

[0037] Das auf Silizium (Si) basierende aktive Material der negativen Elektrode kann ein Siliziumoxid, ein Siliziumteilchen und ein Siliziumlegierungsteilchen umfassen.

[0038] Für die positive Elektrode und die negative Elektrode wird das entsprechende aktive Material mit einem leitfähigen Material, einem Bindemittel und einem Lösungsmittel gemischt, um eine Elektrodenaufschlämmung herzustellen. Diese Elektrodenaufschlämmung wird direkt auf einen Stromabnehmer aufgebracht und getrocknet, um die positive Elektrode oder die negative Elektrode herzustellen. In diesem Zusammenhang kann der Stromkollektor aus Aluminium (Al) geformt sein, ohne dass dies eine Einschränkung darstellt. Solche Elektrodenherstellungsverfahren sind in der Technik wohlbekannt, so dass hier auf eine detaillierte Beschreibung verzichtet wird.

[0039] Das Bindemittel sorgt dafür, dass die Partikel des aktiven Materials gut aneinander haften oder fest mit dem Stromkollektor verbunden sind. Beispiele für das Bindemittel sind unter anderem Polyvinylalkohol, Carboxymethylcellulose, Hydroxypropylcellulose, Diacetylcellulose, Polyvinylchlorid, carboxyliertes Polyvinylchlorid, Polyvinylfluorid, Ethylenoxid enthaltende Polymere, Polyvinylpyrrolidon, Polyurethan, Polytetrafluorethylen, Polyvinylidenfluorid, Polyethylen, Polypropylen, Styrol-Butadien-Kautschuk, acrylierter Styrol-Butadien-Kautschuk, ein Epoxidharz und Nylon.

[0040] Das leitfähige Material wird verwendet, um den Elektroden Leitfähigkeit zu verleihen. Solange es eine Elektronenleitfähigkeit aufweist, ohne eine chemische Veränderung in der Batterie zu verursachen, ist jedes leitfähige Material verfügbar. Beispiele für das leitfähige Material sind Naturgraphit, künstlicher Graphit, Ruß, Acetylschwarz, Ketjenschwarz, Kohlenstofffasern und Metallpartikel oder -fasern wie Kupfer, Nickel, Aluminium, Silber usw. Darüber hinaus kann mindestens ein leitfähiges Material, wie ein Polyphenylenderivat, verwendet werden.

[0041] Der Separator verhindert die Bildung eines Kurzschlusses zwischen der positiven Elektrode und der negativen Elektrode und stellt gleichzeitig Migrationskanäle für Lithiumionen bereit. Dieser Separator kann ein bekannter Separator sein, z. B. eine Polyolefinmembran wie Polypropylen, Polyethylen, Polyethylen/Polypropylen, Polyethylen/Polypropylen/Polyethylen, Polypropylen/Polyethylen/Polypropylen usw. oder eine Mehrfachmembran, ein mikroporöser Film, ein gewebter Stoff oder ein nicht gewebter Stoff davon. Alternativ kann auch eine poröse Polyolefinfolie verwendet werden, die mit einem hochstabilen Harz beschichtet ist.

[0042] Nachfolgend wird die vorliegende Offenbarung unter Bezugnahme auf Beispiele und Vergleichsbeispiele erläutert.

[0043] <EXPERIMENT 1> Prüfung des Zellwiderstandes und der Hochtemperatur-Lebensdauer-Charakteristik bei hoher Temperatur (45°C) je nach Art des funktionellen Zusatzes.

[0044] Um den Zellwiderstand und die Hochtemperatur-Lebensdauercharakteristik in Abhängigkeit von den in einem Elektrolyten verwendeten funktionellen Additiven zu untersuchen, wurden der anfängliche Zellwiderstand und die Entladungserhaltung nach 50 Zyklen bei hoher Temperatur (45°C) gemessen, während die Arten der funktionellen Additive, wie in Tabelle 1 unten gezeigt, geändert wurden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst und in **Fig. 1** abgebildet.

[0045] In diesem Zusammenhang wurden die Zyklen unter folgenden Bedingungen durchgeführt: Cut-off: 2,7 - 4,35 V, C-Rate 0,5 C, und Temperatur: 45°C. Für die Herstellung der Elektrolyte wurden 0,5 M LiPF₆ + 0,5 LiFSI als Lithiumsalz und eine Mischung aus Ethylencarbonat (EC): Ethylmethylcarbonat (EMC): Diethylcarbonat (DEC) in einem Volumenverhältnis von 25:45:30 verwendet.

[0046] Die positive Elektrode wurde aus NCM811 hergestellt, während die negative Elektrode eine Graphitelektrode war.

TABELLE 1

N r.		Additiv			Ausgangszelle Widerstand (%)	Hochtemperaturlebensdauer (%) @50cyc
		VC	FE- C	Bis (II)		
1	Vergleichsbeispiel	-	-	-	100	78,2
2	Vergleichsbeispiel	1,0	-	-	105,4	80,8
3	Beispiel	-	-	1,0	106,3	82,3

[0047] Wie aus den Daten von Tabelle 1 und **Fig. 1** ersichtlich ist, wurde die Hochtemperatur-Lebensdauer in Nr. 2 und 3 verbessert, in denen das typische funktionelle Additiv VC und das erste negative Elektrodenfilm-Additiv (Bis(II)) gemäß der vorliegenden Offenbarung hinzugefügt wurden, verglichen mit Nr. 1, dem keine Additive hinzugefügt wurden, insbesondere mit einer besseren Verbesserung der Hochtemperatur in Nr. 3 als in Nr. 2.

[0048] Daher wurde beobachtet, dass die Verwendung des ersten negativen Elektrodenfilmadditivs 1,2-Bis (maleimido)ethan (Bis(II)) in einem Elektrolyten zu einer Verbesserung der Hochtemperaturlebensdauer beiträgt.

[0049] <EXPERIMENT 2> Test auf Zellwiderstand und Hochtemperaturlebensdauer bei hoher Temperatur (45°C) in Abhängigkeit von der Menge des funktionellen Zusatzes.

[0050] Es wurde eine Messung des anfänglichen Zellwiderstands und der Entladungserhaltung nach 50 Zyklen bei hoher Temperatur (45°C) in der gleichen Weise wie in Versuch 1 durchgeführt, mit der Ausnahme, dass die Mengen der funktionellen Additive wie in Tabelle 2 unten gezeigt geändert wurden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst und in **Fig. 2** dargestellt.

TABELLE 2

Nr.		Additiv			Ausgangszelle Wider- stand (%)	Hochtemper- turlebensdauer (%)@50cyc
		VC	FEC	Bis (II)		
2	Vergleichsbeispiel	1,0	1,0 -	-	105,4	80,8
4	Beispiel	-	-	0,5	105,9	80,8
3	Beispiel	-	-	1,0	106,3	82,3
5	Beispiel	-	-	2,0	109,1	79,8

[0051] Wie in Tabelle 2 und **Fig. 2** zu sehen ist, wurde die Hochtemperaturlebensdauer in Nr. 3 weiter verbessert, wo das erste Elektrodenfilmadditiv (Bis(II)) gemäß der vorliegenden Offenbarung in einer Menge von 1,0 Gew.-% verwendet wurde, verglichen mit Nr. 2, wo das typische funktionelle Additiv VC in der gleichen Menge verwendet wurde.

[0052] Alle Nr. 4, 3 und 5, bei denen das erste Elektrodenfilmadditiv (Bis(II)) in Mengen von 0,5 Gew.-%, 1,0 Gew.-% bzw. 2,0 Gew.-% verwendet wurde, wiesen höhere Hochtemperaturlebensdauern auf als Nr. 1, bei dem in Versuch 1 keine Additive verwendet wurden.

[0053] In Bezug auf die Hochtemperatur-Lebensdauer-Charakteristik wurde festgestellt, dass das erste Negativfilm-Additiv (Bis(II)) eine bessere Wirkung zeigte als das typische funktionelle Additiv VC. Darüber hinaus wurde die Hochtemperaturlebensdauer weiter verbessert, wenn der erste negative Elektrodenfilmadditiv (Bis(II)) in einer Menge von 0,5-2,0 Gew.-% hinzugefügt wurde, als wenn keine funktionellen Additive verwendet wurden.

[0054] <EXPERIMENT 3> Prüfung der Zellbeständigkeit und der Hochtemperatur-Lebensdauer bei hoher Temperatur (45°C) entsprechend den funktionellen Verbundadditiven.

[0055] Um die Hochtemperatur-Lebensdauercharakteristiken in Abhängigkeit von den in einem Elektrolyten verwendeten funktionellen Verbundadditiven zu untersuchen, wurde eine Messung der Entladungsretention nach 50 Zyklen bei einer hohen Temperatur (45°C) durchgeführt, während die Typen der funktionellen Additive wie in Tabelle 3 unten gezeigt geändert wurden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst und in **Fig. 3** abgebildet.

[0056] Die übrigen Versuchsbedingungen waren die gleichen wie in Versuch 1, und die negative Elektrode bestand aus einer Mischung von Siliziumpartikeln und Graphit.

TABELLE 3

Nr.		Additiv			Hochtemperaturlebensdauer (%) @50cyc
		VC	FEC	Bis (II)	
6	Vergleichsbeispiel	-	1,0	-	78,2
7	Vergleichsbeispiel	1,0	1,0	-	79,7
8	Beispiel	-	1,0	1,0	88,3

[0057] Im Vergleich zu Nr. 6, wo das typische funktionelle Additiv (FEC) nur in einer Menge von 1,0 Gew.-% als zweites negatives Elektrodenfilmadditiv verwendet wurde, wie in Tabelle 3 und **Fig. 3** gezeigt, wurde die Hochtemperaturlebensdauer sowohl in Nr. 7, in der VC in Kombination mit dem zweiten negativen Elektrodenfilmadditiv (FEC) verwendet wurde, als auch in Nr. 8, wo das erste negative Elektrodenfilmadditiv (Bis(II)) in Kombination mit dem zweiten negativen Elektrodenfilmadditiv (FEC) verwendet wurde, verbessert.

[0058] Darüber hinaus wies Nr. 8, bei dem das erste negative Elektrodenfilmadditiv (Bis(II)) gemäß der vorliegenden Offenbarung in Kombination mit dem zweiten negativen Elektrodenfilmadditiv (FEC) verwendet wurde, eine deutlich höhere Hochtemperaturlebensdauer auf als Nr. 7, bei dem VC in Kombination mit dem zweiten negativen Elektrodenfilmadditiv (FEC) verwendet wurde.

[0059] Daher wurde beobachtet, dass eine Kombination aus dem ersten Elektrodenfilmadditiv (Bis(II)) gemäß der vorliegenden Offenbarung und dem zweiten Elektrodenfilmadditiv (FEC) die Hochtemperatur-Lebensdauermerkmale weiter erhöht.

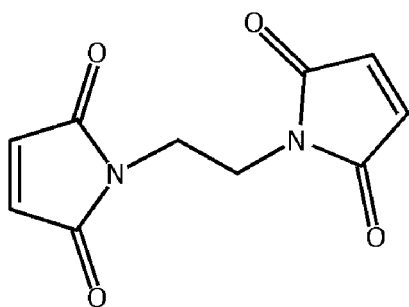
[0060] Wie bisher beschrieben, kann der Elektrolyt gemäß verschiedenen Formen der vorliegenden Offenbarung die Bildung von SEI auf der Oberfläche eines aktiven Materials der negativen Elektrode regulieren, um die Degradation der Zelle zu verhindern, wodurch die Lebensdauer der Lithium-Sekundärbatterie verbessert wird.

[0061] Darüber hinaus reduziert der Elektrolyt den Zellwiderstand in der Lithium-Sekundärbatterie, um die Leistungsmerkmale der Lithium-Sekundärbatterie zu verbessern.

[0062] Es wird von denjenigen, die über gewöhnliche Kenntnisse auf dem Gebiet der vorliegenden Offenbarung verfügen, erkannt, dass die vorliegende Offenbarung in anderen spezifischen Formen ausgeführt werden kann, ohne den technischen Geist und die wesentlichen Merkmale der vorliegenden Offenbarung zu verändern. Es sollte daher verstanden werden, dass die oben beschriebenen Formen illustrativ, aber nicht in allen Aspekten einschränkend sind. Der Umfang der vorliegenden Offenbarung wird durch den Umfang der beigefügten Ansprüche und nicht durch die detaillierte Beschreibung definiert. Es wird darauf hingewiesen, dass alle Variationen und Modifikationen, die sich aus dem Anwendungsbereich der Ansprüche und deren äquivalenten Konzepten ergeben, in den Anwendungsbereich der vorliegenden Offenbarung einbezogen sind.

Patentansprüche

1. Elektrolyt für eine Lithium-Sekundärbatterie, wobei der Elektrolyt aufweist:
ein Lithiumsalz; ein Lösungsmittel; und
ein funktionelles Additiv,
wobei das funktionelle Additiv 1,2-Bis(maleimido)ethan aufweist, dargestellt durch die folgende Formel 1:



..... [Formel 1].

2. Elektrolyt nach Anspruch 1, wobei das 1,2-Bis(maleimido)ethan in einer Menge von 0,5-2,0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Elektrolyten, zugesetzt wird.

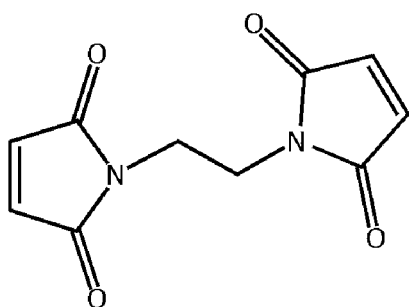
3. Elektrolyt nach Anspruch 1, wobei das funktionelle Additiv ferner Fluorethylencarbonat (FEC) aufweist.

4. Elektrolyt nach Anspruch 3, wobei das Fluorethylencarbonat (FEC) in einer Menge von 0,5 - 3,0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Elektrolyten, zugesetzt wird.

5. Elektrolyt nach Anspruch 1, wobei das Lithiumsalz mindestens eine Verbindung ist, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus LiPF_6 , LiBF_4 , LiClO_4 , LiCl , LiBr , LiI , $\text{LiB}_{10}\text{Cl}_{10}$, LiCF_3SO_3 , LiCF_3CO_2 , LiAsF_6 , LiSbF_6 , LiAlCl_4 , $\text{CH}_3\text{SO}_3\text{Li}$, $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$, $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{C}_2\text{F}_5)_2$, $\text{Li}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}$, $\text{LiC}_4\text{F}_9\text{SO}_3$, $\text{LiB}(\text{C}_6\text{H}_5)_4$, $\text{Li}(\text{SO}_2\text{F})_2\text{N}(\text{LiFSI})$, und $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$.

6. Elektrolyt nach Anspruch 1, wobei das Lösungsmittel mindestens eine Substanz ist, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einem Lösungsmittel auf Carbonatbasis, einem Lösungsmittel auf Esterbasis, einem Lösungsmittel auf Etherbasis und einem Lösungsmittel auf Ketonbasis.

7. Lithium-Sekundärbatterie, aufweisend einen Elektrolyten, wobei der Elektrolyt aufweist:
ein Lithiumsalz;
ein Lösungsmittel; und
ein funktionelles Additiv,
wobei das funktionelle Additiv 1,2-Bis(maleimido)ethan aufweist, dargestellt durch die folgende Formel 1:



..... [Formel 1].

8. Lithium-Sekundärbatterie nach Anspruch 7, ferner aufweisend:
eine positive Elektrode, die ein aktives Material für die positive Elektrode enthält, das aus Ni, Co oder Mn besteht;
eine negative Elektrode, die mindestens ein aktives Material für die negative Elektrode enthält, das aus einem Material auf Kohlenstoff-(C)-Basis und einem Material auf Silizium-(Si)-Basis ausgewählt ist; und
einen Separator, der zwischen der positiven Elektrode und der negativen Elektrode angeordnet ist.

9. Lithium-Sekundärbatterie nach Anspruch 8, wobei die positive Elektrode Ni mit einem Gehalt von 80 Gew.-% oder mehr enthält.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

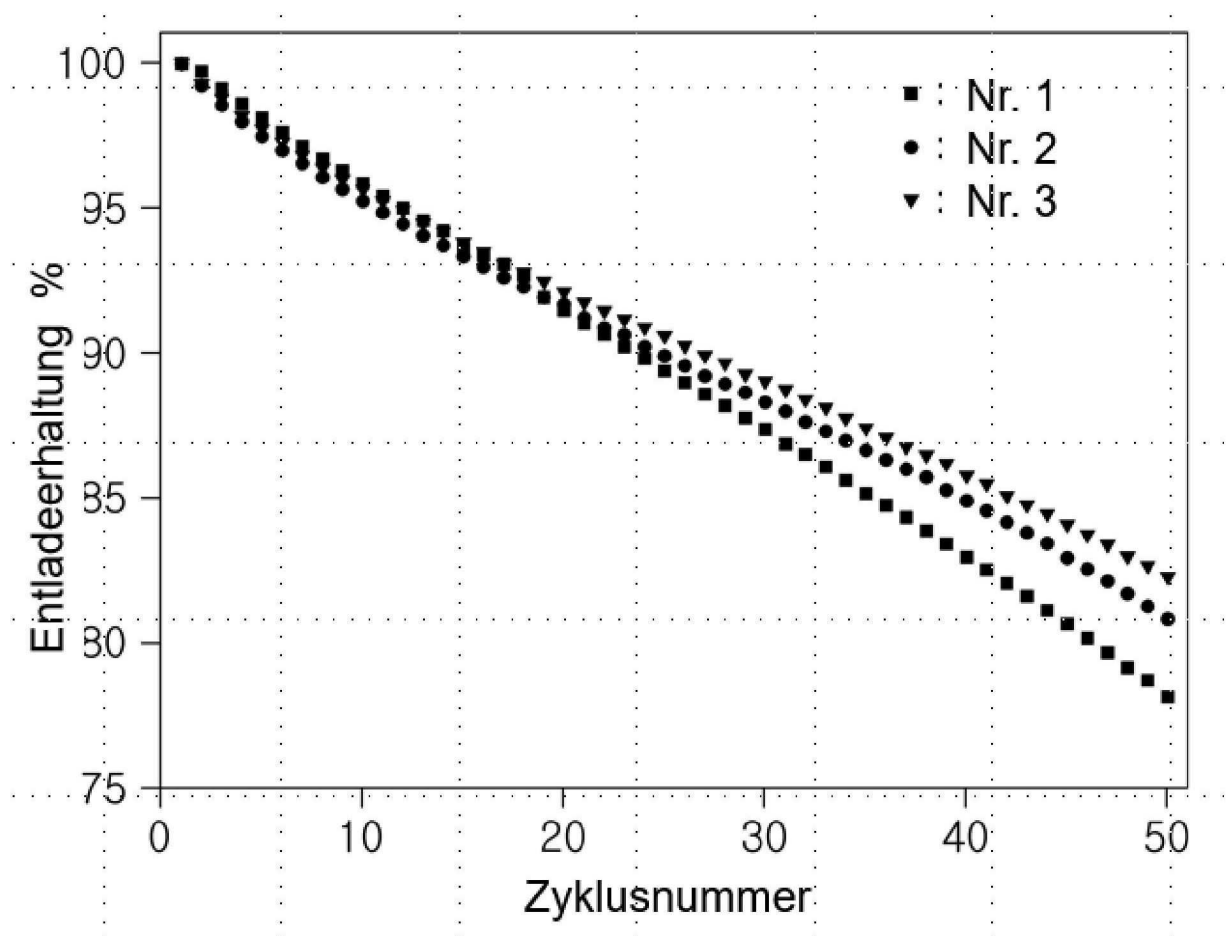


FIG. 2

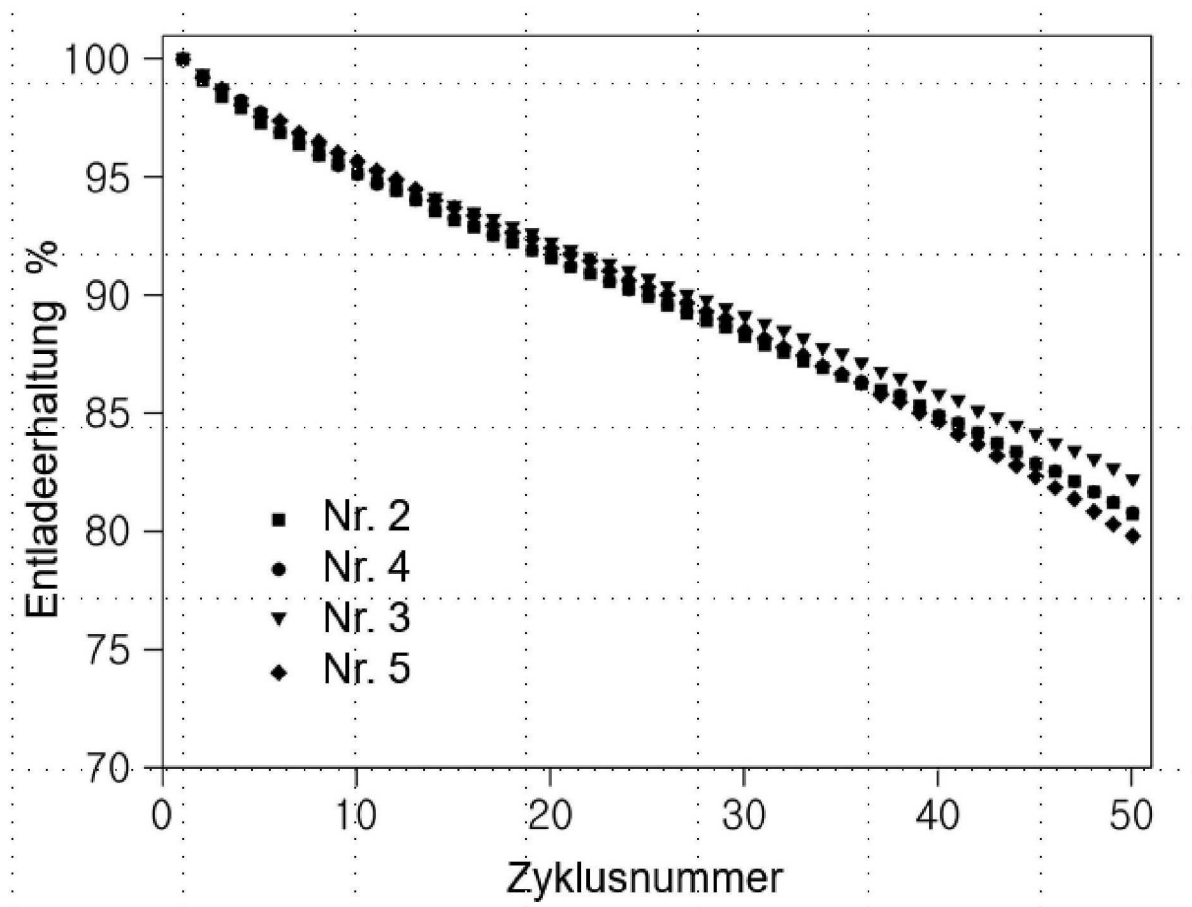


FIG. 3

