

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6770295号
(P6770295)

(45) 発行日 令和2年10月14日 (2020. 10. 14)

(24) 登録日 令和2年9月29日 (2020. 9. 29)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 M 10/0567 (2010. 01)	HO 1 M 10/0567
HO 1 M 10/0568 (2010. 01)	HO 1 M 10/0568
HO 1 M 10/0569 (2010. 01)	HO 1 M 10/0569
HO 1 M 10/052 (2010. 01)	HO 1 M 10/052
HO 1 M 6/16 (2006. 01)	HO 1 M 6/16
	A
	請求項の数 5 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2015-8105 (P2015-8105)	(73) 特許権者	000004628
(22) 出願日	平成27年1月19日 (2015. 1. 19)		株式会社日本触媒
(65) 公開番号	特開2016-134283 (P2016-134283A)		大阪府大阪市中央区高麗橋4丁目1番1号
(43) 公開日	平成28年7月25日 (2016. 7. 25)	(74) 代理人	110001427
審査請求日	平成29年10月5日 (2017. 10. 5)		特許業務法人前田特許事務所
前置審査		(72) 発明者	勝山 裕大
			大阪府吹田市西御旅町5番8号 株式会社
			日本触媒内
		(72) 発明者	水野 弘行
			大阪府吹田市西御旅町5番8号 株式会社
			日本触媒内
		審査官	青木 千歌子
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非水電解液及びこれを備えた蓄電デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

下記一般式 (1) で表されるアニオンと、リチウムカチオンと、非水系溶媒とを含む非水電解液であって、

この非水電解液が、さらに、ラジカル捕捉剤を 4 質量% 以下含み、

上記ラジカル捕捉剤が、

フェノール系酸化防止剤、

ジフェニルアミン系酸化防止剤、

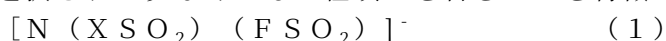
ホスファイト系酸化防止剤、

チオエーテル系酸化防止剤、

臭素系難燃剤、

トリメチルフォスフェート、トリエチルフォスフェート、トリブチルフォスフェート、トリフェニルフォスフェート、トリクレジルフォスフェート、トリキシレニルフォスフェート、クレジルフェニルフォスフェート、2-エチルヘキシルジフェニルフォスフェート、及びトリス (ジクロロプロピル) フォスフェートよりなる群から選択される少なくとも一種であり、

上記非水系溶媒が、エチレンカーボネート、及びプロピレンカーボネートよりなる群から選択される少なくとも一種以上を含むことを特徴とする非水電解液。

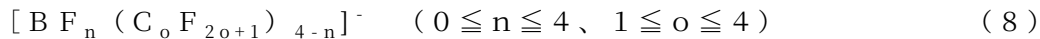
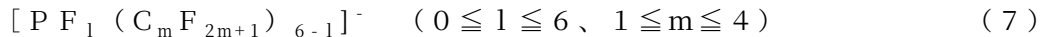


(一般式 (1) 中、X は、フッ素原子、炭素数 1～6 のアルキル基又は炭素数 1～6 のフ

ルオロアルキル基を表す。)

【請求項 2】

上記非水電解液が、さらに、下記一般式 (7) 及び一般式 (8) で表されるアニオンよりなる群から選択される少なくとも 1 種のアニオンを含む請求項 1 に記載の非水電解液。



【請求項 3】

上記非水電解液中の一般式 (1) で表されるアニオンの含有量が、一般式 (1) で表されるアニオン、上記一般式 (7) 及び一般式 (8) で表されるアニオンの合計 100mol% 中、20mol% 以上である請求項 2 に記載の非水電解液。

10

【請求項 4】

請求項 1～3 のいずれかに記載の非水電解液を備えたことを特徴とするリチウムイオン二次電池。

【請求項 5】

定格充電電圧が 4.2V 超である請求項 4 に記載のリチウムイオン二次電池。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は非水電解液及びこれを備えた蓄電デバイスに関する。

【背景技術】

20

【0002】

例えば、蓄電デバイスの代表であるリチウムイオン二次電池は、スマートフォンやパーソナルコンピューター用の電源、さらには自動車用電源として用いられている。これらの用途に使用される電池では、高出力化、高エネルギー密度化、サイクル特性やレート特性の改善といった各種特性の向上を目的とした研究が重ねられている。

【0003】

リチウムイオン二次電池の特性改善を電解液面から試みる技術として、例えば、酸無水物を非水電解液の添加剤として使用する技術が提案されている。特許文献 1 では、非水電解液二次電池の電解液に無水安息香酸、無水フタル酸、無水マレイン酸を添加することで、高温保存特性の低下を抑制する技術が開示されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特許第 2697365 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述のように、電池特性の向上についての検討は種々行われているが、用途の拡がりに伴い、電池には一層の高エネルギー密度化が求められている。電池を高エネルギー密度化させるためには、高電圧下で電池を駆動させる必要がある。しかしながら、電池を高電圧下で駆動させると正極で電解液が分解したり、正極活物質中の遷移金属が溶出し、電池のサイクル特性やレート特性を低下させてしまうといった問題があった。またこの問題は、リチウムイオン二次電池を高温下で保管した場合に特に顕著となる。

40

【0006】

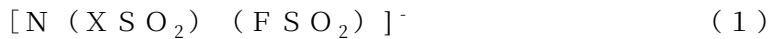
本発明は上記の様な事情に着目してなされたものであって、その目的は、100℃超の高温下で保管した場合でも、スルホニルイミドアニオン化合物の分解を抑制し、電池としての容量、サイクル特性及びレート特性の低下を抑制することのできる非水電解液、並びにこれを用いた蓄電デバイス（特に電池やリチウムイオン二次電池）を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

50

【0007】

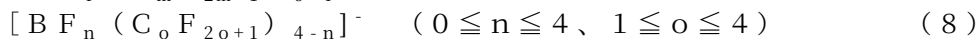
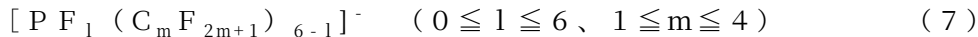
上記目的を達成し得た本発明の非水電解液とは、下記一般式（１）で表されるアニオンと、リチウムカチオンとを含む非水電解液であって、この非水電解液が、さらに、ラジカル捕捉剤及び／又は酸化還元型安定化剤を４．０質量％以下含むところに特徴を有している。



（一般式（１）中、Xは、フッ素原子、炭素数１～６のアルキル基又は炭素数１～６のフルオロアルキル基を表す。）

【0008】

上記非水電解液は、さらに、下記一般式（７）及び一般式（８）で表されるアニオンよりなる群から選択される少なくとも１種のアニオンを含むことが好ましい。



【0009】

この場合において、上記非水電解液酸中の一般式（１）で表されるアニオンの含有量は、一般式（１）で表されるアニオン、上記一般式（７）及び一般式（８）で表されるアニオンの合計１００ｍｏｌ％中、２０ｍｏｌ％以上であることが好ましい。

【0010】

本発明には、上記非水電解液を備えた電池及びリチウムイオン二次電池も含まれる。本発明のリチウムイオン二次電池は、定格充電電圧が４．２Ｖ超であることが望ましい。

【発明の効果】

【0011】

本発明の非水電解液は、スルホニルイミドアニオンを有する化合物の高温での分解を抑制することができる。このため、本発明の非水電解液を有する蓄電デバイス（特に、電池やリチウムイオン二次電池）等の高温保存後の容量およびレート特性の低下抑制、高温サイクル時の容量維持率の低下抑制に効果を発揮する。したがって、本発明の非水電解液によれば容量、レート特性及びサイクル特性の低下が抑制されたリチウムイオン二次電池やリチウムイオンキャパシタ等の蓄電デバイスを提供できる。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明者らは、スルホニルイミドアニオンを有する電池でも１００℃超の高温下で保存すると性能が低下する原因を突き止めるため、鋭意検討した結果、次の知見を得た。

【0013】

本願出願人は、リチウムスルホニルイミド化合物を含む電解液が、高温下（４５℃以上）における保存特性の改善に有効であることを見出し、既に出願した（特願２０１３－２０９４５６号）。しかしながら、さらなる高温環境下では、その効果は十分ではない。原因が明確になったわけではないが、本発明者らは、電解液内部で微量に生成するラジカルがトリガーとなって電解質の分解が起こることにより、電池性能が低下していくのではないかと考えた。

【0014】

そして、本発明者らは、これらのラジカルを捕捉あるいは安定化できれば、電解質の分解が抑制されて、電池性能の低下抑制につながると考え、本発明に到達したのである。以下、本発明を詳細に説明する。

【0015】

１．非水電解液

本発明の非水電解液とは、一般式（１）： $[N(XSO_2)(FSO_2)]^-$ （一般式（１）中、Xは、フッ素原子、炭素数１～６のアルキル基又は炭素数１～６のフルオロアルキル基を表す。）で表されるアニオン（以下、スルホニルイミドアニオン（１）と称する。）と、リチウムカチオンと、ラジカル捕捉剤及び／又は酸化還元型安定化剤を含むところに特徴を有している。

【0016】

1-1. スルホニルイミドアニオン (1)

本発明に係るスルホニルイミドアニオン (1) は、一般式 (1) : $[N(XSO_2)(FSO_2)]^-$ で表される。一般式 (1) 中、X はフッ素原子、炭素数 1~6 のアルキル基、又は炭素数 1~6 のフルオロアルキル基を表す。炭素数 1~6 のアルキル基は、直鎖状又は分枝鎖状のアルキル基であるのが好ましく、直鎖状のアルキル基がより好ましい。炭素数 1~6 のアルキル基としては、例えば、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、ペンチル基、ヘキシル基が挙げられる。炭素数 1~6 のフルオロアルキル基としては、炭素数 1~6 のアルキル基が有する水素原子の一部又は全部がフッ素原子で置換されたものが挙げられる。具体的には、フルオロメチル基、ジフルオロメチル基、トリフルオロメチル基、フルオロエチル基、ジフルオロエチル基、トリフルオロエチル基、ペンタフルオロエチル基等が挙げられる。これらの中でも、フッ素原子、トリフルオロメチル基及びペンタフルオロエチル基が X として好ましい。

10

【0017】

具体的なスルホニルイミドアニオン (1) としては、例えば、ビス (フルオロスルホニル) イミドアニオン、(フルオロスルホニル) (メチルスルホニル) イミドアニオン、(フルオロスルホニル) (エチルスルホニル) イミドアニオン、(フルオロスルホニル) (トリフルオロメチルスルホニル) イミドアニオン、(フルオロスルホニル) (ペンタフルオロエチルスルホニル) イミドアニオン等が挙げられる。好ましくはビス (フルオロスルホニル) イミドアニオン、(フルオロスルホニル) (トリフルオロメチルスルホニル) イミドアニオン、(フルオロスルホニル) (ペンタフルオロエチルスルホニル) イミドアニオンであり、より好ましくはビス (フルオロスルホニル) イミドアニオン、(フルオロスルホニル) (トリフルオロメチルスルホニル) イミドアニオンである。

20

【0018】

本発明の非水電解液には 1 種のスルホニルイミドアニオン (1) が単独で含まれていてもよく、また、2 種以上のスルホニルイミドアニオン (1) が含まれていてもよい。

【0019】

本発明の非水電解液中において、スルホニルイミドアニオン (1) はカチオンと解離して存在しているが、非水電解液中に分散、溶解させられる前は、カチオンとイオン結合した塩の状態で存在している。本発明の電解液には、リチウムカチオンが必須的に含まれていれば、他のカチオンが含まれていてもよく、リチウム以外の無機カチオンが含まれていてもよい。

30

【0020】

スルホニルイミドアニオン (1) を含有するスルホニルイミド化合物は、本発明の非水電解液においては、電解質塩として機能することも可能であるし、電池の性能向上のための添加剤として機能することも可能である。すなわち、スルホニルイミドアニオン (1) を含有するスルホニルイミド化合物が、例えばリチウム塩の場合は、リチウム電池等に用いられる電解液の電解質塩として機能することが可能である。

【0021】

無機カチオンとしては、 Li^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Cs^+ 、 Pb^+ 等の 1 価の無機カチオン； Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Pd^{2+} 、 Sn^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Rh^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Be^{2+} 、 Sr^{2+} 、 Ba^{2+} 等の 2 価の無機カチオン；及び Ga^{3+} 等の 3 価の無機カチオンが挙げられる。これらの中でもアルカリ金属カチオン及びアルカリ土類金属カチオンが好ましく、 Li^+ 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 及び Ca^{2+} はイオン半径が小さく電池等に利用し易いためより好ましく、特に Li^+ が好ましい。

40

【0022】

非水電解液中で解離してスルホニルイミドアニオン (1) を生成するスルホニルイミド化合物 (スルホニルイミドアニオン (1) を有する化合物) としては、上述したスルホニルイミドアニオン (1) とリチウム、必要により他のカチオンとの組み合わせであればよいが、例えば、リチウムビス (フルオロスルホニル) イミド、リチウム (フルオロスルホ

50

ニル) (メチルスルホニル) イミド、リチウム(フルオロスルホニル) (エチルスルホニル) イミド、リチウム(フルオロスルホニル) (トリフルオロメチルスルホニル) イミド、リチウム(フルオロスルホニル) (ペンタフルオロエチルスルホニル) イミド等が挙げられる。

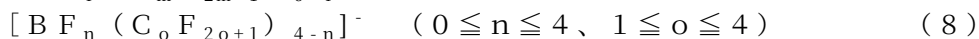
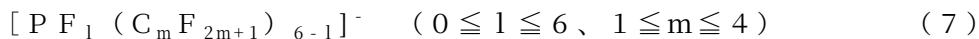
【0023】

スルホニルイミド化合物は、1種を単独で使用してもよく、2種以上を組み合わせで使用してもよい。また、スルホニルイミド化合物は、市販品を使用してもよいし、従来公知の方法により合成した物を用いてもよい。

【0024】

1-2. 他のアニオン

本発明の非水電解液は、さらに、下記一般式(7)及び一般式(8)で表されるアニオンよりなる群から選択される少なくとも1種のアニオンを含んでいてもよい。



【0025】

一般式(7)で表されるアニオン(以下、アニオン(7)と称する場合がある)としては、 PF_6^- 、 $PF_3(CF_3)_3^-$ 、 $PF_3(C_2F_5)_3^-$ 、 $PF_3(C_3F_7)_3^-$ 、 $PF_3(C_4F_9)_3^-$ 等が好ましいものとして挙げられる。より好ましくは PF_6^- 、 $PF_3(C_2F_5)_3^-$ であり、さらに好ましくは PF_6^- である。

【0026】

一般式(8)で表されるアニオン(以下、アニオン(8)と称する場合がある)としては、 BF_4^- 、 $BF(CF_3)_3^-$ 、 $BF(C_2F_5)_3^-$ 、 $BF(C_3F_7)_3^-$ 等が好ましいものとして挙げられ、 BF_4^- 、 $BF(CF_3)_3^-$ がより好ましく、 BF_4^- がさらに好ましい。

【0027】

上記非水電解液では、スルホニルイミドアニオンの含有量が、スルホニルイミドアニオンと、上記一般式(7)及び一般式(8)で表されるアニオンの合計100mol%中、20mol%以上であることが好ましい。スルホニルイミドアニオンの含有量は、全体のアニオン量の30mol%以上がより好ましく、50mol%以上がさらに好ましい。

【0028】

本発明の非水電解液は、さらに他のアニオンを含んでいてもよい。他のアニオンとしては、トリフルオロメタンスルホン酸イオン($CF_3SO_3^-$)、過塩素酸イオン(ClO_4^-)、テトラシアノホウ酸イオン($[B(CN)_4]^-$)、テトラクロロアルミニウムイオン($AlCl_4^-$)、トリシアノメチドイオン($C[(CN)_3]^-$)、ジシアナミドイオン($N[(CN)_2]^-$)、トリス(トリフルオロメタンスルホニル)メチドイオン($C[(CF_3SO_2)_3]^-$)、ヘキサフルオロアンチモン酸イオン(SbF_6^-)およびジシアノトリアゾレートイオン(DCTA)等が挙げられる。

【0029】

これらのアニオンは、スルホニルイミドアニオンの対カチオンとして例示したカチオンと組み合わせて、電解質塩として非水電解液に含めることで利用できる。

【0030】

本発明の非水電解液中の電解質塩(スルホニルイミドアニオンを有する化合物、アニオン(7)を有する化合物、アニオン(8)を有する化合物及び他の電解質塩)の総和量は、特に限定はされないが、0.5mol/L以上であるのが好ましく、より好ましくは0.6mol/L以上であり、さらに好ましくは0.8mol/L以上であり、5mol/L以下であるのが好ましく、より好ましくは2.5mol/L以下であり、さらに好ましくは1.5mol/L以下である。電解質塩の非水電解液中の濃度が高すぎると電解質塩が低温で析出する虞がある。一方、濃度が低すぎると電池性能が劣る場合がある。

【0031】

1-3. リチウムカチオン

本発明の非水電解液はリチウムカチオンを含む。リチウムカチオンは、スルホニルイミ

10

20

30

40

50

ド化合物に由来するものであってもよく、また上述の電解質塩に由来するものであってもよい。本発明の非水電解液に含まれるリチウムカチオンの濃度は 0.5 mol/L 以上であるのが好ましい。本発明の非水電解液のリチウムカチオン濃度は 0.6 mol/L 以上であるのがより好ましく、さらに好ましくは 0.8 mol/L 以上である。リチウムカチオン濃度が高すぎると電解液の粘度が上昇し、イオン伝導度が低下する虞があるので、好ましくは飽和濃度以下で使用するのが好ましい。より好ましくは 5.0 mol/L 以下であり、さらに好ましくは 2.5 mol/L 以下であり、特に好ましくは 1.5 mol/L 以下である。

【0032】

ここで「非水電解液中のリチウムカチオンの濃度」とは、本発明の非水電解液に含まれる全リチウムカチオン量に基づく値であり、例えば、2種以上のリチウムカチオンを有する電解質塩を使用する場合は、使用した電解質塩から生成するリチウムカチオンの合計量に、また、スルホニルイミド化合物にリチウムカチオンが含まれる場合は、スルホニルイミド化合物に含まれるリチウムカチオンと、併用する電解質塩に含まれるリチウムカチオンとの合計量に基づいて求められる値を非水電解液中のリチウムカチオンの濃度とする。スルホニルイミド化合物にリチウムカチオンが含まれない場合は、併用する電解質塩（リチウムカチオン含有）の濃度の総和を上記リチウムカチオン濃度と考えればよい。

【0033】

1-4. ラジカル捕捉剤及び／又は酸化還元型安定化剤

本発明の非水電解液は、ラジカル捕捉剤及び／又は酸化還元型安定化剤を4質量%以下の範囲で含む。これらの化合物の添加によって、高温保管時や高圧印加時に、溶媒やスルホニルイミドアニオン化合物の分解によって生成するラジカルを捕捉及び／又は安定化させ、それ以上スルホニルイミドアニオン化合物が分解するのを抑制し、電池特性の低下を抑制する。しかし、ラジカルの捕捉及び／又は安定化には、ラジカル捕捉剤及び／又は酸化還元型安定化剤は4質量%以下で充分であり、それ以上添加すると、電池特性そのものが低下するため、本発明では4質量%以下とする。

【0034】

ラジカル捕捉剤及び／又は酸化還元型安定化剤の量は、非水電解液100質量%中、3質量%以下が好ましく、2質量%以下がより好ましく、1質量%以下が特に好ましい。非水電解液にはラジカル捕捉剤及び／又は酸化還元型安定化剤が含まれていればよく、下限は特に限定されないが、 $0.01\text{ 質量}\%$ 以上とすることが好ましく、 $0.1\text{ 質量}\%$ 以上がより好ましく、 $0.5\text{ 質量}\%$ 以上がさらに好ましい。

【0035】

1-4-1. ラジカル捕捉剤

ラジカル捕捉剤は、ラジカルを捕捉できるものとして知られているものであればいずれも使用できる。例えば、酸化防止剤や難燃剤等が挙げられる。

【0036】

上記酸化防止剤としては、通常酸化防止剤として用いられるものであれば、特に制限されないが、フェノール系酸化防止剤、ジフェニルアミン系酸化防止剤、ホスファイト系酸化防止剤、チオエーテル系酸化防止剤を用いることが好ましい。

【0037】

上記フェノール系酸化防止剤としては、例えば、2,6-ジ-tert-ブチル-p-クレゾール、2,6-ジフェニル-4-オクタデシロキシフェノール、ステアシル(3,5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオネート、ジステアシル(3,5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシベンジル)ホスホネート、トリデシル(3,5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシベンジル)チオアセテート、チオジエチレンビス[(3,5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオネート]、4,4'-チオビス(6-tert-ブチル-m-クレゾール)、2-オクチルチオ-4,6-ジ(3,5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシフェノキシ)-s-トリアジン、2,2'-メチレンビス(4-メチル-6-tert-ブチルフェノール)、ビス

10

20

30

40

50

[3, 3-ビス(4-ヒドロキシ-3-tert-ブチルフェニル)ブチリックアシッド]
]グリコールエステル、4, 4'-ブチリデンビス(2, 6-ジ-tert-ブチルフェ
 ノール)、4, 4'-ブチリデンビス-(6-tert-ブチル-3-メチルフェノール)、2,
 2'-エチリデンビス(4, 6-ジ-tert-ブチルフェノール)、1, 1, 3-トリ
 ス(2-メチル-4-ヒドロキシ-5-tert-ブチルフェニル)ブタン、ビス[2-
 tert-ブチル-4-メチル-6-(2-ヒドロキシ-3-tert-ブチル-5-メ
 チルベンジル)フェニル]テレフタレート、1, 3, 5-トリス(2, 6-ジメチル-3
 -ヒドロキシ-4-tert-ブチルベンジル)イソシアヌレート、1, 3, 5-トリス
 (3, 5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシベンジル)イソシアヌレート、1, 3
 , 5-トリス(3, 5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシベンジル)-2, 4, 6
 -トリメチルベンゼン、1, 3, 5-トリス[(3, 5-ジ-tert-ブチル-4-ヒ
 ドロキシフェニル)プロピオニルオキシエチル]イソシアヌレート、テトラキス[メチレ
 ン-3-(3', 5'-ジ-tert-ブチル-4'-ヒドロキシフェニル)プロピオネ
 ート]メタン、2-tert-ブチル-4-メチル-6-(2-アクロイルオキシ-3-
 tert-ブチル-5-メチルベンジル)フェノール、3, 9-ビス[2-(3-ter
 t-ブチル-4-ヒドロキシ-5-メチルヒドロシナモイルオキシ)-1, 1-ジメチ
 ルエチル]-2, 4, 8, 10-テトラオキサスピロ[5.5]ウンデカン、トリエチレ
 ングリコールビス[β-(3-tert-ブチル-4-ヒドロキシ-5-メチルフェニル
)プロピオネート]等が挙げられる。

10

【0038】

20

上記ジフェニルアミン系酸化防止剤としては、例えば、ジフェニルアミン、p, p'-
 ジブチルジフェニルアミン、p, p'-ジ-tert-ブチルジフェニルアミン、p, p'-
 ジペンチルジフェニルアミン、p, p'-ジヘキシルジフェニルアミン、p, p'-
 ジヘプチルジフェニルアミン、p, p'-ジオクチルジフェニルアミン、p, p'-ジノ
 ニルジフェニルアミン、モノオクチルジフェニルアミン、モノノニルジフェニルアミン、
 テトラブチルジフェニルアミン、テトラヘキシルジフェニルアミン、テトラオクチルジフ
 ェニルアミン、テトラノニルジフェニルアミン、炭素数4~9の混合アルキルジフェニル
 アミン、N-フェニル-1-ナフチルアミン、N-フェニル-2-ナフチルアミン、4-
 n-ブチルアミノフェノール、4-ブチルアミノフェノール、4-ノナノイルアミノフ
 ェノール、4-ドデカノイルアミノフェノール、4-オクタデカノイルアミノフェノール
 、ジ(4-メトキシフェニル)アミン、2, 6-ジ-tert-ブチル-4-ジメチルア
 ミノメチルフェノール、2, 4'-ジアミノジフェニルメタン、4, 4'-ジアミノジフ
 ェニルメタン、N, N, N', N'-テトラメチル-4, 4'-ジアミノジフェニルメタ
 ン、1, 2-ジ[(2-メチルフェニル)アミノ]エタン、1, 2-ジ(フェニルアミノ)
)プロパン、(o-トリル)ニグアニド、ジ[4-(1', 3'-ジメチルブチル)フェ
 ニル]アミン、tert-オクチル化N-フェニル-1-ナフチルアミン、スチレン化ジ
 フェニルアミン、フェノチアジン、10-メチルフェノチアジン、2-メチルフェノチア
 ジン、2-トリフルオロメチルフェノチアジン、フェノザジン等が挙げられる。

30

【0039】

上記ホスファイト系酸化防止剤としては、例えば、トリフェニルホスファイト、トリス
 (2, 4-ジ-tert-ブチルフェニル)ホスファイト、トリス(2, 5-ジ-tert
 -ブチルフェニル)ホスファイト、トリス(ノニルフェニル)ホスファイト、トリス(
 ジノニルフェニル)ホスファイト、トリス(モノ・ジ混合ノニルフェニル)ホスファイト
 、ジフェニルアシッドホスファイト、2, 2'-メチレンビス(4, 6-ジ-tert-
 ブチルフェニル)オクチルホスファイト、ジフェニルデシルホスファイト、ジフェニルオ
 クチルホスファイト、ジ(ノニルフェニル)ペンタエリスリトールジホスファイト、フェ
 ニルジイソデシルホスファイト、トリブチルホスファイト、トリス(2-エチルヘキシル
)ホスファイト、トリデシルホスファイト、トリラウリルホスファイト、ジブチルアシッ
 ドホスファイト、ジラウリルアシッドホスファイト、トリラウリルトリチオホスファイト
 、ビス(ネオペンチルグリコール)-1, 4-シクロヘキサンジメチルジホスファイト、

40

50

ビス(2, 4-ジ-tert-ブチルフェニル)ペンタエリスリトールジホスファイト、
 ビス(2, 5-ジ-tert-ブチルフェニル)ペンタエリスリトールジホスファイト、
 ビス(2, 6-ジ-tert-ブチル-4-メチルフェニル)ペンタエリスリトールジホ
 スファイト、ビス(2, 4-ジクミルフェニル)ペンタエリスリトールジホスファイト、
 ジステアリルペンタエリスリトールジホスファイト、テトラ(炭素数12~15の混合ア
 ルキル)-4, 4'-イソプロピリデンジフェニルホスファイト、ビス[2, 2'-メチ
 レンビス(4, 6-ジアミルフェニル)]イソプロピリデンジフェニルホスファイト、テ
 トラトリデシル-4, 4'-ブチリデンビス(2-tert-ブチル-5-メチルフェノ
 ール)ジホスファイト、ヘキサ(トリデシル)-1, 1, 3-トリス(2-メチル-5-
 tert-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)ブタントリホスファイト、テトラキス(10
 2, 4-ジ-tert-ブチルフェニル)ビフェニレンジホスホナイト、トリス(2-[
 (2, 4, 7, 9-テトラキス-tert-ブチルジベンゾ[d, f][1, 3, 2]ジ
 オキサホスフェピン-6-イル)オキシ]エチル)アミン、9, 10-ジハイドロ-9-
 オキサ-10-ホスファフェナンスレン-10-オキサイド、2-ブチル-2-エチルプ
 ロパンジオール-2, 4, 6-トリ-tert-ブチルフェノールモノホスファイト、テ
 トラキス(2-tert-ブチル-4-メチルフェニル)ビフェニレンジホスホナイト、
 テトラキス(2, 4-ジ-tert-ブチル-5-メチルフェニル)ビフェニレンジホスホ
 ナイト、テトラキス(2, 4-ジ-tert-ブチル-5-メチルフェニル)ビフェニレンジホスホ
 ナイト、テトラキス(2-tert-ブチル-4, 6-ジメチルフェニル)ビフェニレン
 ジホスホナイト等が挙げられる。 20

【0040】

上記チオエーテル系酸化防止剤としては、例えば、チオジプロピオン酸のジラウリルエ
 ステル、ジミリスチルエステル、ミリスチルスステアリルエステル、ジステアリルエステル
 等のジアルキルチオジプロピオンネート類；ペンタエリスリトールテトラ(β-ドデシル
 メルカプトプロピオネート)等のポリオールのβ-アルキルメルカプトプロピオン酸エス
 テル類；等が挙げられる。

【0041】

上記難燃剤としては、例えば、臭素系難燃剤、リン系難燃剤が挙げられる。

【0042】

臭素系難燃剤としては、テトラブロモビスフェノールA、デカブロモジフェニルエーテ
 ル、トリブロモフェノール、ヘキサブロモシクロドデカン、エチレンビス(テトラブロモ
 フタルイミド)、ビス(ペンタブロモフェニル)エタン、ヘキサブロモベンゼン等が挙げ
 られる。 30

【0043】

リン系難燃剤としては、トリメチルフォスフェート、トリエチルフォスフェート、トリ
 ブチルフォスフェート、トリフェニルフォスフェート、トリクレジルフォスフェート、ト
 リキシレニルフォスフェート、クレジルフェニルフォスフェート、2-エチルヘキシルジ
 フェニルフォスフェート、トリス(ジクロロプロピル)フォスフェート、環状ホスファゼ
 ン系化合物等が挙げられる。

【0044】

1-4-2. 酸化還元型安定化剤

酸化還元型安定化剤としては、例えば、特開2012-256502号公報に過充電制
 御剤として記載された化合物がいずれも使用できる。酸化還元型安定化剤としては、特に
 、1, 2-ジメトキシ-4-ブロモベンゼン、2, 4-ジフルオロアニソールが好ましい
 。なお、この特開2012-256502号公報に示された化合物は、非水電解液100
 質量%中、5質量%の使用で、過充電防止剤としての効果を発現することが開示されてい
 るが、高温保存時にラジカルを安定化させることについては記載がない。また、5質量%
 も添加すると、電池特性そのものが低下してしまう。

【0045】

1-5. 溶媒

10

20

30

40

50

本発明の非水電解液は溶媒を含んでいてもよい。本発明の非水電解液に用いることのできる溶媒としては、電解質塩（スルホニルイミド化合物及び上述のリチウム塩等）を溶解、分散させられるものであれば特に限定されず、例えば、後述する環状カーボネートや環状カーボネート以外の溶媒といった非水系溶媒、溶媒に代えて用いられるポリマー及びポリマーゲル等の媒体等、電池に用いられる従来公知の溶媒はいずれも使用できる。

【0046】

非水系溶媒としては、誘電率が大きく、電解質塩の溶解性が高く、沸点が60℃以上であり、且つ、電気化学的安定範囲が広い溶媒が好適である。より好ましくは、含有水分量が低い有機溶媒（非水系溶媒）である。このような有機溶媒としては、エチレングリコールジメチルエーテル、エチレングリコールジエチルエーテル、テトラヒドロフラン、2-メチルテトラヒドロフラン、2,6-ジメチルテトラヒドロフラン、テトラヒドロピラン、クラウンエーテル、トリエチレングリコールジメチルエーテル、テトラエチレングリコールジメチルエーテル、1,4-ジオキサン、1,3-ジオキサラン等のエーテル類；炭酸ジメチル、炭酸エチルメチル（エチルメチルカーボネート）、炭酸ジエチル（ジエチルカーボネート）、炭酸ジフェニル、炭酸メチルフェニル等の鎖状炭酸エステル類；炭酸エチレン（エチレンカーボネート）、炭酸プロピレン（プロピレンカーボネート）、2,3-ジメチル炭酸エチレン（炭酸2,3-ブタンジイル）、炭酸1,2-ブチレン及びエリスリタンカーボネート等の飽和環状炭酸エステル類；炭酸ビニレン、メチルビニレンカーボネート（MVC；4-メチル-1,3-ジオキソール-2-オン）、エチルビニレンカーボネート（EVC；4-エチル-1,3-ジオキソール-2-オン）、2-ビニル炭酸エチレン（4-ビニル-1,3-ジオキサラン-2-オン）及びフェニルエチレンカーボネート（4-フェニル-1,3-ジオキサラン-2-オン）等の不飽和結合を有する環状炭酸エステル類；フルオロエチレンカーボネート、4,5-ジフルオロエチレンカーボネート及びトリフルオロプロピレンカーボネート等のフッ素含有環状炭酸エステル類；安息香酸メチル、安息香酸エチル等の芳香族カルボン酸エステル類； γ -ブチロラクトン、 γ -バレロラクトン、 δ -バレロラクトン等のラクトン類；リン酸トリメチル、リン酸エチルジメチル、リン酸ジエチルメチル、リン酸トリエチル等のリン酸エステル類；アセトニトリル、プロピオニトリル、メトキシプロピオニトリル、グルタロニトリル、アジポニトリル、2-メチルグルタロニトリル、バレロニトリル、ブチロニトリル、イソブチロニトリル等のニトリル類；ジメチルスルホン、エチルメチルスルホン、ジエチルスルホン、スルホラン、3-メチルスルホラン、2,4-ジメチルスルホラン等の硫黄化合物類；ベンゾニトリル、トルニトリル等の芳香族ニトリル類；ニトロメタン、1,3-ジメチル-2-イミダゾリジノン、1,3-ジメチル-3,4,5,6-テトラヒドロ-2(1H)-ピリミジノン、3-メチル-2-オキサゾリジノン等を挙げることができる。

【0047】

これらの中でも、鎖状炭酸エステル類、環状炭酸エステル類等の炭酸エステル類（カーボネート系溶媒）、ラクトン類、エーテル類が好ましく、炭酸ジメチル、炭酸エチルメチル、炭酸ジエチル、エチレンカーボネート、プロピレンカーボネート、 γ -ブチロラクトン、 γ -バレロラクトン等がより好ましく、炭酸ジメチル、炭酸エチルメチル、炭酸ジエチル、エチレンカーボネート、プロピレンカーボネート等のカーボネート系溶媒がさらに好ましい。上記非水系溶媒は1種を単独で用いてもよく、また、2種以上を組み合わせ用いてもよい。

【0048】

上記ポリマーやポリマーゲルを溶媒に代えて用いる場合は次の方法を採用すればよい。すなわち、従来公知の方法で成膜したポリマーに、上述の非水系溶媒に電解質塩を溶解させた溶液を滴下して、電解質塩並びに非水系溶媒を含浸、担持させる方法；ポリマーの融点以上の温度でポリマーと電解質塩とを溶融、混合した後、成膜し、ここに非水系溶媒を含浸させる方法（以上、ゲル電解質）；予め電解質塩を有機溶媒に溶解させた非水電解液とポリマーとを混合した後、これをキャスト法やコーティング法により成膜し、有機溶媒を揮発させる方法；ポリマーの融点以上の温度でポリマーと電解質塩とを溶融し、混合し

て成形する方法（真性ポリマー電解質）；等が挙げられる。

【0049】

溶媒に代えて用いられるポリマーとしては、エポキシ化合物（エチレンオキシド、プロピレンオキシド、ブチレンオキシド、アリルグリシジルエーテル等）の単独重合体又は共重合体であるポリエチレンオキシド（PEO）、ポリプロピレンオキシド等のポリエーテル系ポリマー、ポリメチルメタクリレート（PMMA）等のメタクリル系ポリマー、ポリアクリロニトリル（PAN）等のニトリル系ポリマー、ポリフッ化ビニリデン（PVdF）、ポリフッ化ビニリデンーヘキサフルオロプロピレン等のフッ素系ポリマー、及びこれらの共重合体等が挙げられる。

【0050】

なお、溶媒の分解を防ぎ、本発明の非水電解液をリチウムイオン二次電池に使用した場合のサイクル特性（寿命）の劣化を抑制する観点からは、溶媒として環状カーボネートを使用することが推奨される。環状カーボネートとしては、上述した飽和環状カーボネート、不飽和結合を有する環状カーボネート、フッ素含有環状カーボネート等が挙げられる。これらの中でも、コスト面からは飽和環状カーボネートが好ましく、特に炭酸エチレン、炭酸プロピレンが好ましい。環状カーボネートは1種を単独で用いてもよく、又は2種以上を組み合わせ用いてもよい。

【0051】

環状カーボネートは、非水電解液に含まれる全リチウムカチオンに対するモル比（環状カーボネート／ Li^+ ）が1以上、5以下となる範囲で用いるのが好ましい。上記範囲内で環状カーボネートを使用する場合には、リチウムイオン二次電池のサイクル特性（寿命）の劣化が一層抑制される。

【0052】

サイクル特性劣化の一因は、非水電解液を構成する溶媒の分解にあることが知られている。しかしながら、環状カーボネートの使用量をリチウムイオンに対して上記範囲とすることで、サイクル特性の劣化を一層抑制することができる。環状カーボネートの使用量をリチウムイオン量に応じて決定することで、非水電解液中に存在するリチウムイオンと溶媒和していない環状カーボネート（フリーな環状カーボネート）の量を低減できる。すなわち、分解反応に関与できるフリーな環状カーボネートの量が減少するので、溶媒の分解反応が生じ難くなり、サイクル特性の劣化が抑制されるものと考えられる。

【0053】

上記モル比（環状カーボネート／ Li^+ ）が大きすぎる場合は、非水電解液中に過剰に存在するフリーな環状カーボネートが酸化及び／又は還元分解され、その結果、サイクル特性が劣化してしまう。一方、上記モル比が小さすぎる場合は、環状カーボネート量が少なすぎて、環状カーボネートに由来する効果（例えば、負極上に被膜を形成し、非水電解液の分解を抑制する効果等）が得られ難くなったり、また、充放電の繰り返しによる溶媒の消費（被膜形成、分解等）により非水電解液の液枯れ状態となる虞がある。したがって、環状カーボネートは、リチウムイオンに対するモル比（環状カーボネート／ Li^+ ）が1以上、4以下の範囲で使用することがより好ましく、さらに好ましくは3以下であり、特に好ましくは2.0以下であり、1.8以下であるのが最も好ましい。

【0054】

なお、環状カーボネートのリチウムカチオンに対するモル比（環状カーボネート／ Li^+ ）は、環状カーボネートの比重、モル質量に基づいて算出すればよい。例えば、エチレンカーボネートの場合は、比重を1.321、モル質量を88.06として、算出すればよい。

【0055】

環状カーボネートを使用する場合であっても、非水電解液は、環状カーボネート以外の溶媒（他の溶媒）を含んでいてもよい。他の溶媒としては、上述した非水系溶媒（環状カーボネート以外）が挙げられる。上記非水系溶媒の中でも、鎖状炭酸エステル類、脂肪族カルボン酸エステル類、ラクトン類、エーテル類が好ましく、炭酸ジメチル、炭酸エチル

10

20

30

40

50

メチル、炭酸ジエチル、 γ -ブチロラクトン、 γ -バレロラクトン等がより好ましい。上記他の溶媒は1種を単独で用いてもよく、又、2種以上を組み合わせ用いてもよい。

【0056】

この場合、他の溶媒の使用量は、環状カーボネートと他の溶媒の合計100体積%に対して50体積%以上であるのが好ましく、より好ましくは55体積%以上であり、さらに好ましくは60体積%以上であり、好ましくは99体積%以下であり、より好ましくは95体積%以下であり、さらに好ましくは90体積%以下である。

【0057】

1-6. その他の成分

本発明に係る非水電解液は、リチウムイオン二次電池の各種特性の向上を目的とする添加剤を含んでいてもよい。

添加剤としては、無水酢酸、無水プロピオン酸、無水酪酸、無水クロトン酸、無水コハク酸、無水グルタル酸、無水マレイン酸、無水シトラコン酸、無水グルタコン酸、無水イタコン酸、無水ジグリコール酸、シクロヘキサジカルボン酸無水物、シクロペンタテトラカルボン酸二無水物等のカルボン酸無水物；エチレンサルファイト、1,3-プロパンスルトン、1,4-ブタンスルトン、メタンスルホン酸メチル、ブサルファン、スルホラン、スルホレン、ジメチルスルホン、テトラメチルチウラムモノスルフィド、トリメチレングリコール硫酸エステル等の含硫黄化合物；1-メチル-2-ピロリジノン、1-メチル-2-ピペリドン、3-メチル-2-オキサゾリジノン、1,3-ジメチル-2-イミダゾリジノン、N-メチルスクシンイミド等の含窒素化合物；モノフルオロリン酸塩、ジフルオロリン酸塩等のリン酸塩；ヘプタン、オクタン、シクロヘプタン等の飽和炭化水素化合物；等が挙げられる。

【0058】

上記添加剤は、本発明の非水電解液100質量%中0.1質量%以上、10質量%以下の範囲で用いるのが好ましい（より好ましくは0.2質量%以上、8質量%以下、さらに好ましくは0.3質量%以上、5質量%以下）。添加剤の使用量が少なすぎるときには、添加剤に由来する効果が得られ難い場合があり、一方、多量に他の添加剤を使用しても、添加量に見合う効果は得られ難く、また、非水電解液の粘度が高くなり伝導率が低下する虞がある。

なお、非水電解液100質量%とは、上述したスルホニルイミド化合物、電解質塩、溶媒及び適宜用いられる添加剤等、非水電解液に含まれる全ての成分の合計を意味する。

【0059】

2. 蓄電デバイス

本発明の非水電解液は、一次電池、リチウムイオン二次電池、リチウムイオンキャパシタ、充電及び放電機構を有する電池等の各種蓄電デバイスや、燃料電池に備えられるイオン伝導材料として使用することができる。以下では、これらを代表して、リチウムイオン二次電池について説明する。

リチウムイオン二次電池とは、リチウムイオンの吸蔵及び放出が可能な正極活物質を含有する正極、リチウムイオンの吸蔵及び放出が可能な負極活物質を含有する負極、及び非水電解液を有する。より詳細には、正極と負極との間にはセパレーターが設けられており、非水電解液は上記セパレーターに含浸された状態で、正極、負極等と共に外装ケースに収容されている。本発明のリチウムイオン二次電池は、上述した本発明の非水電解液を備えている。

【0060】

2-1. 正極

正極は、正極活物質、導電助剤及び結着剤等を含む正極合剤が正極集電体に担持されるものであり、通常、シート状に成形されている。

【0061】

正極の製造方法は特に限定されないが、例えば、(i)分散用溶媒に正極合剤を溶解又は分散させた正極活物質組成物を正極集電体にドクターブレード法等で塗工したり、正極

集電体を正極活物質組成物に浸漬した後、乾燥する方法；（i i）正極活物質組成物を混練成形し乾燥して得たシートを正極集電体に導電性接着剤を介して接合し、プレス、乾燥する方法；（i i i）液状潤滑剤を添加した正極活物質組成物を正極集電体上に塗布又は流延して、所望の形状に成形した後、液状潤滑剤を除去し、次いで、一軸又は多軸方向に延伸する方法；等が挙げられる。また、必要に応じて乾燥後の正極合剤層を加圧してもよい。これにより正極集電体との接着強度が増し、電極密度も高められる。

【0062】

正極集電体の材料、正極活物質、導電助剤、結着剤、正極活物質組成物に用いられる溶媒（正極合剤を分散または溶解する溶媒）としては特に限定されず、従来公知の各材料を用いることができ、例えば、特開2014-13704号公報に記載の各材料を用いること

10

【0063】

正極活物質の使用量は、正極合剤100質量部に対して75質量部以上、99質量部以下とするのが好ましく、より好ましくは85質量部以上であり、さらに好ましくは90質量部以上であり、より好ましくは98質量部以下であり、さらに好ましくは97質量部以下である。

【0064】

導電助剤を用いる場合の、正極合剤中の導電助剤の含有量としては、正極合剤100質量%に対して、0.1質量%～10質量%の範囲で用いるのが好ましい（より好ましくは0.5質量%～10質量%、さらに好ましくは1質量%～10質量%）。導電助剤が少な

20

【0065】

結着剤を用いる場合の、正極合剤中の結着剤の含有量としては、正極合剤100質量%に対して0.1質量%～10質量%が好ましい（より好ましくは0.5質量%～9質量%、さらに好ましくは1質量%～8質量%）。結着剤が少なすぎると良好な密着性が得られず、正極活物質や導電助剤が集電体から脱離してしまう虞がある。一方、多すぎると内部抵抗の増加を招き電池特性に悪影響を及ぼしてしまう虞がある。

導電助剤及び結着剤の配合量は、電池の使用目的（出力重視、エネルギー重視等）、イ

30

【0066】

2-2. 負極

負極は、負極活物質、結着剤及び必要に応じて導電助剤等を含む負極合剤が負極集電体に担持されてなるものであり、通常、シート状に成形されている。

負極の製造方法としては、正極の製造方法と同様の方法を採用することができる。また、負極の製造時に使用する導電助剤、結着剤、材料分散用の溶媒も、正極で用いられるものと同様のものが用いられる。

【0067】

負極集電体の材料、負極活物質としては、従来公知の負極活物質を用いることができ、

40

【0068】

2-3. セパレーター

セパレーターは正極と負極とを隔てるように配置されるものである。セパレーターには特に制限がなく、本発明では、従来公知のセパレーターはいずれも使用でき、例えば、特開2014-13704号公報に記載の各材料を用いることができる。

【0069】

2-4. 電池外装材

正極、負極、セパレーター及び非水電解液等を備えた電池素子は、リチウムイオン二次電池使用時の外部からの衝撃、環境劣化等から電池素子を保護するため電池外装材に収容

50

される。本発明では、電池外装材の素材は特に限定されず従来公知の外装材はいずれも使用することができる。

【0070】

本発明に係るリチウムイオン二次電池の形状は特に限定されず、円筒型、角型、ラミネート型、コイン型、大型等、リチウムイオン二次電池の形状として従来公知の形状はいずれも使用することができる。また、電気自動車、ハイブリッド電気自動車等に搭載するための高電圧電源（数10V～数100V）として使用する場合には、個々の電池を直列に接続して構成される電池モジュールとすることもできる。

【0071】

本発明のリチウムイオン二次電池の定格充電電圧は特に限定されないが、4.2V超であるのが好ましい。本発明による効果は特に4.2Vを超える電圧で使用する場合に顕著となる。より好ましくは4.3V以上であり、さらに好ましくは4.35V以上である。定格充電電圧が高いほど、エネルギー密度を高めることはできるが、高すぎると安全性を確保し難い場合がある。したがって、定格充電電圧は4.6V以下であるのが好ましい。より好ましくは4.5V以下である。

【実施例】

【0072】

以下、実施例を挙げて本発明をより具体的に説明するが、本発明はもとより下記実施例によって制限を受けるものではなく、前・後記の趣旨に適合し得る範囲で適当に変更を加えて実施することも勿論可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。

【0073】

1. 非水電解液の調製

プロピレンカーボネート（PC）に、非水電解液中でスルホニルイミドアニオン（1）を生成する化合物として、リチウムビス（フルオロスルホニル）イミド（LiFSI）が1.0mol/Lとなるように溶解させた。

【0074】

この非水電解液をNo. 0とする。この非水電解液No. 0に、フェノール系酸化防止剤の2, 6-ジ-tert-ブチル-4-メチルフェノールを4質量%加えたものを非水電解液No. 1とする。非水電解液No. 2は、非水電解液No. 0にフェノチアジン（ジフェニルアミン系酸化防止剤）を4質量%加えたもの、非水電解液No. 3は、非水電解液No. 0にデカブロモジフェニルエーテル（臭素系難燃剤）を4質量%加えたもの、非水電解液No. 4は、非水電解液No. 0にトリフェニルフォスフェート（リン系難燃剤）を4質量%加えたもの、非水電解液No. 5は、非水電解液No. 0に1, 2-ジメトキシ-4-ブロモベンゼン（酸化還元型安定化剤）を4質量%加えたもの、非水電解液No. 6は、非水電解液No. 0に2, 4-ジフルオロアニソール（酸化還元型安定化剤）を4質量%加えたものである。

【0075】

これらの電解液を、125℃で4時間加熱した後、 ^{19}F -NMRにてLiFSIの定量分析を行った。 ^{19}F -NMRは、Varian社製「Unity Plus」（400MHz）を用いて、フッ素のピーク強度に基づいて試料の構造を分析した。なお、 ^{19}F -NMRスペクトルは、重ジメチルスルホキシドに各非水電解液を溶解させ、これをガラス製のNMRチューブに入れ、室温（25℃）、積算回数64回で測定した。また ^{19}F -NMRスペクトルの測定では、トリフルオロメチルベンゼンを標準物質とした。

【0076】

^{19}F -NMRの結果から、非水電解液No. 0におけるLiFSIの残存率は95質量%であった。一方、非水電解液No. 1～No. 6は、いずれもLiFSIの残存率は100質量%（全く分解していない）であった。結果を表1にまとめた。

【0077】

【表 1】

非水電解液	No. 0	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
添加物	—						
化合物名	—	2,6-ジ-tert-ブチル-p-クレゾール	フェノチアジン	デカブロモジフェニルエーテル	トリフェニルフォスフェート	1,2-ジメトキシ-4-ブロモベンゼン	ジフルオロアニソール
種類	—	フェノール系酸化防止剤	ジフェニルアミン系酸化防止剤	臭素系難燃剤	リン系難燃剤	酸化還元型安定化剤	酸化還元型安定化剤
LiFSIの残存率 (%)	95	100	100	100	100	100	100

10

20

30

40

フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I
<i>H01G 11/60</i>	<i>(2013.01)</i>	H01G 11/60
<i>H01G 11/62</i>	<i>(2013.01)</i>	H01G 11/62
<i>H01G 11/64</i>	<i>(2013.01)</i>	H01G 11/64

(56)参考文献 特開2014-241198 (JP, A)
特開2012-256502 (JP, A)
中国特許出願公開第101882696 (CN, A)
国際公開第2016/048094 (WO, A1)
特開2014-116077 (JP, A)
特開2014-027196 (JP, A)
特開2016-091615 (JP, A)
特開2015-230816 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01M 10/05-10/0587
H01G 11/00-11/86
H01M 6/16
CAplus/REGISTRY (STN)