

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7640824号  
(P7640824)

(45)発行日 令和7年3月6日(2025.3.6)

(24)登録日 令和7年2月26日(2025.2.26)

(51)国際特許分類		F I	
H 0 1 M	10/0569(2010.01)	H 0 1 M	10/0569
H 0 1 M	10/0567(2010.01)	H 0 1 M	10/0567
H 0 1 M	10/0568(2010.01)	H 0 1 M	10/0568
H 0 1 G	11/60 (2013.01)	H 0 1 G	11/60

請求項の数 3 (全16頁)

(21)出願番号	特願2023-44521(P2023-44521)	(73)特許権者	522128619
(22)出願日	令和5年3月20日(2023.3.20)		サウス エイト テクノロジーズ インク .
(62)分割の表示	特願2022-520337(P2022-520337)		S O U T H 8 T E C H N O L O G I E
	)の分割		S , I N C .
原出願日	令和2年8月30日(2020.8.30)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 2
(65)公開番号	特開2023-93442(P2023-93442A)		1 0 9 , サ ン デ ィ エ ゴ , パ ン カ ー ヒ ル
(43)公開日	令和5年7月4日(2023.7.4)		ス ト リ ー ト 3 0 3 0 ス イ ー ト 1 0 5
審査請求日	令和5年3月20日(2023.3.20)	(74)代理人	110004185
(31)優先権主張番号	62/908,515		インフォート弁理士法人
(32)優先日	令和1年9月30日(2019.9.30)	(74)代理人	100121083
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		弁理士 青木 宏義
(31)優先権主張番号	62/911,505	(74)代理人	100078880
(32)優先日	令和1年10月7日(2019.10.7)		弁理士 松岡 修平
(33)優先権主張国・地域又は機関		(74)代理人	100123124
			弁理士 角田 昌大
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 イオン伝導性電解質

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

293.15 Kの室温で100 kPa超の蒸気圧を有し、フルオロメタン、或いはジフルオロメタンからなる圧縮ガス溶媒と、

リチウム塩と、

リン酸トリメチルおよび/またはリン酸トリエチルからなる添加剤と、  
を含むことを特徴とするイオン伝導性電解質。

【請求項2】

前記リチウム塩に対する前記添加剤のモル比が、0.01~10の範囲である、請求項1に記載のイオン伝導性電解質。

【請求項3】

前記リチウム塩は、リチウムビス(トリフルオロメタンスルホニル)イミド(LiTFSI)、リチウムヘキサフルオロホスフェート(LiPF<sub>6</sub>)、リチウムパークロレート(LiClO<sub>4</sub>)、リチウムヘキサフルオロアルセネート(LiAsF<sub>6</sub>)、リチウムテトラクロロアルミネート(LiAlCl<sub>4</sub>)、リチウムテトラガリウムアルミネート、リチウムビス(オキサラト)ボレート(LiBOB)、リチウムヘキサフルオロスタネート、リチウムジフルオロ(オキサラト)ボレート(LiDFOB)、リチウムビス(フルオロスルホニル)イミド(LiFSI)、リチウムアルミニウムフッ化物(LiAlF<sub>3</sub>)、リチウムニトレート(LiNO<sub>3</sub>)、リチウムクロロアルミネート、リチウムテトラフルオロボレート(LiBF<sub>4</sub>)、リチウムテトラクロロアルミネート、ジフルオロリン酸リチウム、

リチウムテトラフルオロ(オキサラト)ホスフェート、リチウムジフルオロビス(オキサラト)ホスフェート、ホウ酸リチウム、オキソ酸リチウム、チオシアン酸リチウム、テトラクロロガレートリチウム、塩化リチウム、臭化リチウム、ヨウ化リチウム、炭酸リチウム、フッ化リチウム、酸化リチウム、水酸化リチウム、窒化リチウム、リチウムスーパーオキシド、アジ化リチウム、デルタテルリチウム、スクアリン酸二リチウム、クロコン酸リチウム二水和物、ロジゾン酸二リチウム、シュウ酸リチウム、ケトマロン酸二リチウム、またはジケトスクシン酸リチウムを含む、請求項1に記載のイオン伝導性電解質。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願との相互参照)

本出願は、2019年9月30日に出願された米国仮特許出願第62/908515号、2019年10月7日に出願された米国仮特許出願第62/911505号、および2019年10月7日に出願された米国仮特許出願第62/911508号に対する優先権を主張するものであり、これらの出願のそれぞれは、参照によりその全体が組み込まれる。

【0002】

本出願はまた、2019年10月28日に出願された米国特許出願第16/666155号、2019年5月15日に出願されたPCT/US2019/032413号、2018年5月18日に出願された米国仮出願第62/673792号、2019年10月28日に出願された米国特許出願第16/666131号、2019年5月15日に出願されたPCT/US2019/032414号、2019年5月18日に出願された米国仮出願第62/673752号、2018年10月22日に出願された米国仮出願第62/749046号、2014年3月28日に出願された米国仮出願第61/972101号、2013年11月15日に出願された米国仮出願第61/905057号、2014年11月17日に出願されたPCT/US14/066015号、2020年2月18日に出願された米国仮出願第15/036,763号、2017年4月27日に出願されたPCT/US17/29821号、2018年11月28日に出願された米国仮出願第62/342838号、2016年5月27日に出願されたPCT/US2020/026086号、2019年2月4日に出願された米国特許出願第62/800955号の優先権を主張するものであり、これらの出願のそれぞれの内容は、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

【0003】

(連邦政府による資金提供を受けた研究開発の記載)

政府支援本発明は、全米科学財団(NSF)によって授与されたグラント1831087の下で政府支援を受けてなされたものであり、政府は本発明に一定の権利を有する。

【背景技術】

【0004】

本発明の実施形態は、電池および電気化学キャパシタなどの電気化学エネルギーデバイスにおいて使用するための電解質の組成物および化学配合物に関する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

電池及び二重層キャパシタなどの電気化学的エネルギー貯蔵デバイスは、イオン伝導性電解液を利用して、正極と負極との間で電荷を運ぶ。典型的には、これらの電解質は、標準室温+20 および標準圧力(約1.01325 bar)で液体である。電解液は、デバイスの電気化学的安定性を改善するために、ある量の溶媒および塩ならびに追加の成分または添加剤の混合物を使用する。一般的な成分添加剤としては、ビニルカーボネート、フルオロエチレンカーボネート、リチウムビス(オキサラト)ホウ酸塩、プロパンサルトンなどである。このような添加剤は、電極の表面改質、安全面または他の有用な方法に役立つ。塩の溶解性は、一般に、添加剤の関数ではなく、一次溶媒の関数である。さらに、セル

10

20

30

40

50

電圧は、一般に、全ての電解液成分によって制限されるが、最も重要なのは、溶媒および任意の添加剤によって制限される。最後に、電解質の可燃性は、一般に、リチウム電池の動作に関連する安全上の懸念事項である。

【課題を解決するための手段】

【0006】

いくつかの開示された実施形態は、液化ガス溶媒を含む電解質のための新規な製剤に関する。一実施形態は、293.15 Kの室温で100 kPa超の蒸気圧を有し、フルオロメタン、ジフルオロメタン、トリフルオロメタン、フルオロエタン、テトラフルオロエタン、ペンタフルオロエタン、1,1-ジフルオロエタン、1,2-ジフルオロエタン、1,1,1-トリフルオロエタン、1,1,2-トリフルオロエタン、1,1,1,2-テ  
 トラフルオロエタン、1,1,2,2-テトラフルオロエタン、ペンタフルオロエタン、クロロメタン、クロロエタン、フッ化チオニル、塩化フッ化チオニル、フッ化ホスホリル、塩化フッ化ホスフィル、フッ化スルフルル、塩化フッ化スルフルル、1-フルオロプロパン、2-フルオロプロパン、1,1-ジフルオロプロパン、1,2-ジフルオロプロパン、2,2-フルオロプロパン、1,1,1-トリフルオロプロパン、1,1,2-トリ  
 フルオロプロパン、1,2,2-トリフルオロプロパン、フルオロエチレン、シス-1,2-フルオロエチレン、1,1-フルオロエチレン、1-フルオロプロピレン、2-プロ  
 ピレン、塩素、クロロメタン、臭素、ヨウ素、アンモニア、メチルアミン、ジメチルアミン、トリメチルアミン、分子酸素、分子窒素、一酸化炭素、二酸化炭素、二酸化硫黄、ジメチル  
 エーテル、メチルビニルエーテル、ジフルオロエチレン、亜酸化窒素、二酸化窒素、酸  
 化窒素、二硫化炭素、フッ化水素、塩化水素およびそれらの異性体のうち、1つまたは複  
 数を含む圧縮ガス溶媒と、塩と、リン酸トリメチルおよび/またはリン酸トリエチルから  
 なる添加剤と、を含むことを特徴とするイオン伝導性電解質に関する。

10

20

【0007】

一実施形態は、1つ以上の液化ガス溶媒、1つ以上の塩、および1つ以上の添加剤を含むイオン伝導性電解質と、イオン伝導性電解質を封入し、液化ガス溶媒に加圧状態を提供するように構造化される筐体と、イオン伝導性電解質と接触する少なくとも2つの伝導性電極とを含む、再充電可能電気化学デバイスに関する。

【0008】

いくつかの実施形態では、液化ガス溶媒は、圧縮圧力が加えられたときの温度における液化ガス溶媒の蒸気圧以上の圧縮圧力下に置くことができ、それによって液化ガス溶媒を液相に保つ。いくつかの実施形態では、液化ガス溶媒は、293.15 Kの室温で100 kPaの大気圧を超える蒸気圧を有する。

30

【0009】

いくつかの実施形態では、液化ガス溶媒は、フルオロメタン、ジフルオロメタン、フッ化スルフルル、フッ化チオニル、二酸化炭素、1,1-ジフルオロエタン、クロロメタン、亜酸化窒素、ジメチルエーテル、窒素、アルゴン、およびそれらの任意の組み合わせからなる群から選択される1つ以上の材料を含む。いくつかの実施形態では、液化ガス溶媒は、フルオロメタン、ジフルオロメタン、および二酸化炭素を含む。いくつかの実施形態では、フルオロメタンに対するフッ化スルフルルの比は、1:9より低い。いくつかの実施形  
 態では、フッ化スルフルルと二酸化炭素との比は、約1:1である。

40

【0010】

いくつかの実施形態において、1つ以上の添加剤は、有機リン酸化合物からなる群から選択される。いくつかの実施形態では、1つ以上の添加剤は、リン酸トリメチルを含んでなる。別の実施形態では、1つ以上の添加剤は、リン酸トリエチルを含んでなる。別の実施形態では、1つ以上の添加剤は、リン酸トリプロピルである。別の実施形態では、1つ以上の添加剤は、リン酸ジメチルエチルである。

【0011】

いくつかの実施形態では、1つ以上のリチウム塩に対する1つ以上の添加剤のモル比は、約0.01、0.2、0.5、0.7、1、1.2、1.4、1.6、1.8、2、2.

50

2、2.4、2.6、3、4、5、6、7、8、9または10である。

【0012】

別の実施形態は、再充電可能なリチウムイオンまたはリチウム金属電池に関するものである。リチウム二次電池は、イオン伝導性電解質を含んでもよい。イオン伝導性電解質は、液化ガス溶媒を含んでもよい。いくつかの実施形態では、イオン伝導性電解質は、有機リン酸化合物からなる群から選択される、1つ以上の添加剤をさらに含んでもよい。いくつかの実施形態では、再充電可能なリチウムイオン電池は、2つの導電性電極及びイオン伝導性電解質を囲むハウジングも含んでもよい。いくつかの実施形態において、液化ガス溶媒は、293.15 Kの室温で100 kPaの大気圧以上の蒸気圧を有する。いくつかのそのような実施形態において、液化ガス溶媒は、圧縮圧力を加えるときの温度で液化ガス溶媒の蒸気圧と同じかそれ以上の圧縮圧力下に置くことができ、それによって液化ガス溶媒を液相で維持してもよい。

10

【0013】

本明細書に記載される代替または追加の実施形態は、前述の説明または本明細書の他の箇所のいずれかの説明の特徴のうちの1つ以上を含む電解質組成物を提供する。

【0014】

本明細書で説明される代替または追加の実施形態は、前述の説明または本明細書の他の場所の任意の説明の特徴のうちの1つ以上を備える、デバイスを提供する。

【0015】

本明細書に記載される代替または追加の実施形態は、前述の説明または本明細書の他の箇所のいずれかの説明の特徴のうちの1つ以上を含む電解質組成物またはデバイスを使用する方法を提供する。

20

【0016】

当業者には明らかであるように、追加の態様、代替形態、および変形形態もまた、本明細書に開示され、本発明の一部として含まれるものとして具体的に企図される。本発明は、本出願または関連出願において特許庁によって許可された特許請求の範囲にのみ記載されており、以下の特定の実施例の概要説明は、法的保護の範囲を限定、定義、または別様に確立するものでは決していない。

【図面の簡単な説明】

【0017】

図1は、リチウム金属アノード、リチウムニッケル-コバルト-マンガン酸化物(NMC622)カソード、および9:1のモル比を有する $\text{CH}_3\text{F}:\text{CO}_2$ 中の1.0 MのLiTFSI、1.0 Mのトリエチルホスフェートからなる電解質を使用する電池コインセルの性能を示す。

30

【0018】

図2は、リチウム金属アノード、リチウムニッケル-コバルト-マンガン酸化物(NMC622)カソード、および9:1のモル比を有する $\text{CH}_3\text{F}:\text{CO}_2$ 中の1.0 M LiFSI、1.2 Mのトリエチルホスフェートから構成される電解質を使用する電池コインセルの性能を示す。

【0019】

図3は、リチウム金属アノード、リチウムニッケル-コバルト-マンガン酸化物(NMC622)カソード、および9:1のモル比を有する $\text{CH}_3\text{F}:\text{CO}_2$ 中の1.0 MのLiTFSI、1.0 Mのトリメチルホスフェートからなる電解質を使用する電池コインセルの性能を示す。

40

【0020】

図4は、電解質溶液1( $\text{CH}_3\text{F}$ (FM)中1.0 MのLiTFSIおよび1.0 Mのリン酸トリエチル(TEP))、電解質溶液2( $\text{CH}_3\text{F}$ (FM)中1.0 MのLiTFSIおよび1.0 Mのリン酸トリメチル(TMP))および電解質溶液3( $\text{CH}_3\text{F}$ (FM)中1.0 MのLiTFSIおよび1.0 Mの2-メチルテトラヒドロフラン(2MeTHF))を含む様々な液化ガス電解質溶液の電解伝導率を示す。

50

## 【0021】

図5は、電解質溶液1 ( $\text{CH}_3\text{F}$  (FM) 中1.0MのLiTFSIおよび1.0Mのリン酸トリエチル (TEP))、電解質溶液2 ( $\text{CH}_3\text{F}$  (FM) 中1.0MのLiTFSIおよび1.0Mのリン酸トリメチル (TMP)) および電解質溶液3 ( $\text{CH}_3\text{F}$  (FM) 中1.0MのLiTFSIおよび1.0Mの2-メチルテトラヒドロフラン (2MeTHF)) を含む様々な液化ガス電解質溶液の電解質圧力を示す。

## 【0022】

図6は、リチウム金属アノードおよびリチウムニッケル-マンガン-コバルト酸化物 (NMC622) カソードから構成される2つの電池コインセルの性能を示す(第1のセルは、9:1のモル比で $\text{CH}_3\text{F}:\text{CO}_2$ 中に1.0MのLiTFSIおよび1.0Mの2-メチルテトラヒドロフランを有する電解液1を使用し、第2のセルは、9:1のモル比で $\text{CH}_3\text{F}:\text{CO}_2$ 中に1.0MのLiTFSIおよび1.0Mのトリエチルホスフェートを有する電解液2を使用した)。挿入図は、電解質2のサイクルスペクトルである。

10

## 【0023】

図7は、室温での4つの異なる電解液を含むコインセルの漏れ電流測定を示す。コイン電池は、リチウム金属負極とリチウムニッケルマンガンコバルト酸化物 (NMC622) 正極とで構成されたものである。4つの電解質は、9対1のモル比の $\text{CH}_3\text{F}$ および $\text{CO}_2$ の混合物中に1.0MのLiTFSI塩および1.0Mの添加剤を有していた。試験した4つの添加剤は、2Me-テトラヒドロフラン、ジメチルエーテル、リン酸トリメチル、およびリン酸トリエチルであった。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【0024】

本明細書では、本発明を実施するために発明者によって企図された任意の最良の形態を含む、本発明のいくつかの特定の実施例が参照される。これらの特定の実施形態の例は、添付の図面に示されている。本発明は、これらの特定の実施形態に関連して記載されているが、それらは、記載または図示された実施形態に本発明を限定することを意図するものではないことが理解されるであろう。逆に、それらは、添付の特許請求の範囲によって定義される本発明の趣旨および範囲内に含まれ得る代替形態、修正形態、および均等物を包含することが意図される。

## 【0025】

以下の説明では、本発明の完全な理解を提供するために、多数の具体的な詳細が記載される。本発明の特定の例示的な実施形態は、これらの具体的な詳細の一部または全部を伴わずに実装され得る。他の例では、当業者に周知のプロセス動作は、本発明を不必要に不明瞭にしないように、詳細に説明されていない。本発明の様々な技法および機構は、明確にするために、時として、単一の形態で説明されるであろう。しかしながら、いくつかの実施形態は、別様に記載されない限り、技法または複数の機構の複数の反復を含むことに留意されたい。したがって、本明細書で説明される方法のいくつかの実装形態は、示されたまたは説明されたものよりも多いまたは少ないステップを含む場合がある。さらに、本発明の技法および機構は、場合によっては、示されたまたは説明されたものよりも多いまたは少ないステップを含む場合がある。エンティティ間の接続または関係は、必ずしも直接的な妨害されない接続を意味しないことに留意されたい。

30

40

## 【0026】

特定の添加剤は、液化ガス溶媒中の塩の溶解性を増加させ得ることが知られている。これらの添加剤は、典型的には、エーテルまたはニトリルベースであった(PCT/US2019/032414参照)。しかしながら、これらの添加剤は、電気化学デバイス内での研究を通して、そのような添加剤の予期せぬ分解により、セルの電圧安定性が低下することが示されている。さらに、これらの添加剤は、非常に可燃性であり、潜在的な火災および安全上の危険性に寄与し得る。最後に、いくつかの塩は、これらのエーテルまたはニトリル系添加剤との溶解性が低いと考えられ、塩を可溶化するためには添加剤のより高いモル比を必要とする。例えば、フルオロメタン中の1MのTHFは、1MのLiTFSIを完

50

全に可溶化するが、 $\text{LiPF}_6$ または $\text{LiFSI}$ 型塩を完全に可溶化しないと考えられる。より低い引火性を有する高電圧安定性添加剤を見出すことが非常に好ましく、これはまた、より低い添加剤対塩比を有する種々の塩の溶解性を増加させ得る。添加剤が塩を可溶化し、高性能電解質を維持するために相分離なしに液化ガス電解質中で均一な溶液を形成することも重要である。

【0027】

開示された添加剤が上記の要件を満たすことは、様々な添加剤のかなりの実験を通して見出されている。例えば、トリメチルホスフェートは、驚くべきことに、電解液添加剤として電池に使用された場合に高い電圧安定性を維持することが示されている。したがって、個々の電解液成分が特定の電圧安定性を示す可能性がある一方で、完全な電解液に成分を混合することは、多くの場合、電圧安定性特性を変化させる可能性がある。したがって、これらのリン酸塩は、より低い添加剤対塩の比で様々な塩を可溶化することも分かる。図7に示すように、リン酸トリメチルは非常に高い電圧安定性を維持していることが印象的であった。また、これらのリン酸塩は、添加剤と塩の比率が低いほど、さまざまな塩を可溶化することがわかる。これは、液化ガス溶媒中のリチウムカチオンの結合力が強く、ある塩の種類や量を溶解するのにそれほど多くの添加剤が必要でないことを示している。さらに、これらのリン酸塩は、開示された液化ガス電解液の可燃性を著しく低下させる。これは、種々の液化ガス溶媒中のトリメチルホスフェートおよびリチウムベースの塩を有する溶液が、相が分離することなく均一に分散されることを示す。これは、電池装置の適切な動作にとって重要である。以前は、添加剤が塩への良好な結合と溶媒との良好な混和性混和性との両方を有する電解質においてのみ、広い温度範囲にわたって相の分離が起こらないことが分かった。しかし、添加剤が塩とよく結合し、かつ溶媒とよく混和している電解質では、広い温度範囲にわたって相分離が起きない。リン酸型化合物(例えば、リン酸トリメチルまたはリン酸トリエチル)が、電池デバイス内のこれらの電解質組成物の実験、形成、および研究を伴わずに、これらの非常に望ましい品質を維持することは、当業者に以前は明らかではなかった。

【0028】

実施形態は、イオン伝導性電解液を含み、1つ以上の添加剤を有する電気化学デバイスであり、イオン伝導性電解液は、1つ以上の塩をおよび標準圧力(約1.01325バール)で液体、固体、または気体であってもよい。1つ以上の塩は、+20の標準室温および標準圧力(約1.01325バール)で液体、固体、または気体であってもよい。

【0029】

また、前項のイオン伝導性電解質は、1種以上の溶媒の溶液を含んでいてもよい。1つ以上の溶媒は、液化ガス溶媒、液体溶媒、または固体溶媒からなる群から選択されてもよい。当業者は、「固体溶媒」という用語が、室温で固体であり、他の液体または複数の液体と混合されたときに液体溶液を形成することができる溶媒を指すことを理解するであろう。いくつかの実施形態では、1つ又は複数の溶媒の溶液は、1つ又は複数の液化ガス溶媒の溶液であってもよい。各液化ガス溶媒溶液は、+20の標準室温および標準圧(約1.01325 bar)で、液体のみの相、または気液混合相であり、一方、電解液を収容する機械的に剛性のコンテナ内にある。高蒸気圧電解液の性質のため、電解液ハウジング内の容積が許容する場合、電解液の一部の液体成分は、1つ以上の蒸気成分と等しいまたは等しくない比で混合し得る。一つ以上の液体成分は、液体状態及び蒸気状態の両方において、一つ以上の蒸気成分と等しい又は不等な比率で混合してもよい。この混合比は、任意の温度または圧力で生じ得る。液化ガス溶媒の任意の単一成分は、室温で大気圧を超える蒸気圧を有し得るが、任意の数の液化ガス溶媒、任意の数の添加剤、任意の数の溶媒、および任意の数の塩の混合物はまた、室温で大気圧を下回るまで完全溶液の蒸気圧を低下させ得る。以上の液化ガス溶媒の溶液は、室温で大気圧以上または大気圧以下の蒸気圧を有していてもよい。

【0030】

イオン伝導性電解質は、1つ以上の添加剤(または添加剤成分)をさらに含んでもよく

、1つ以上の添加剤成分は、+20 の標準室温および標準圧(約1.01325 bar)で液体、固体、または気体であってもよい。一実施形態では、添加剤は、LiTFSI塩を有するフルオロメタンなどの液化ガス溶媒溶液中の塩と等しいモル比のリン酸トリメチルを含む。別の実施形態では、添加剤は、ヘキサフルオロリン酸リチウム(LiPF<sub>6</sub>)塩に対して添加剤2:1のモル比のリン酸トリメチルを含む。

#### 【0031】

電気化学デバイスのいくつかのそのような実施形態は、イオン伝導性電解質を封入し、1つ以上の塩および液化ガス溶媒などの1つ以上の溶媒の溶液に加圧条件を提供するように構造化されているハウジングと、イオン伝導性電解質と接触している一对の電極とをさらに含んでもよい。

10

#### 【0032】

いくつかの実施形態では、イオン伝導性電解質は、リチウムビス(トリフルオロメタンスルホニル)イミド(LiTFSI)塩を含んでもよい。いくつかのそのような実施形態では、イオン伝導性電解液は、フルオロメタン、ジフルオロメタン、炭酸ガス、フッ化スルフリル、またはそれらの組み合わせを含む、1つ以上の液化ガス溶媒の溶液を含んでもよい。いくつかのそのような実施形態では、イオン伝導性電解液は、有機リン酸エステルからなる群から選択される1つ以上の添加剤を含んでもよい。いくつかの実施形態では、電気化学デバイスは、PCT/US2014/066015、PCT/US2017/029821、PCT/US2019/032413、およびPCT/US2019/032414に記載されるような電気化学エネルギー貯蔵デバイスであり、いくつかの実施形態では、電気化学デバイスは、充電式電池または電気化学キャパシタであり、いくつかの実施形態では、充電式電池は、リチウムイオン電池またはリチウム金属電池であり得る。いくつかの他の実施形態では、電池は、ナトリウム電池、マグネシウム電池、アルミニウム電池、カリウム電池、又は亜鉛電池である。他の実施形態では、セルは、電気化学キャパシタデバイスまたはハイブリッドキャパシタデバイスである。

20

#### 【0033】

当業者は、「イオン伝導性電解質」に関連して本明細書で使用される「1つ以上の塩」、「1つ以上の溶媒」(「液化ガス溶媒」および「液体溶媒」を含む)、および「1つ以上の添加剤」という用語が、1つまたは複数の電解質成分を指すことを理解するであろう。

#### 【0034】

いくつかの実施形態では、イオン伝導性電解液は、溶媒および塩から構成されることができ、溶媒は、標準条件下で気体である材料のみをさらに含む。いくつかの実施形態では、材料は、フルオロメタン、ジフルオロメタン、および二酸化炭素を含んでいた。いくつかの実施形態では、改善された塩溶解度、改善された電圧安定性、または低い燃焼性に関連するような有益な使用を提供する追加の添加剤が使用される。実施形態は、電解液成分の溶解性を向上させる材料添加剤に関する。このような添加剤なしでは、塩の溶解性が制限される場合がある。しかし、塩の溶解度が増加する添加剤の中には、電圧安定性が低くなるものがある。電池デバイス内に含まれるエネルギーを最大化するためには、電圧安定性が高いことが好ましい。また、添加剤は、燃焼性の低い成分も有することが好ましい。ここで、添加剤は、溶媒溶液全体に対する追加成分として処理されてもよい。添加剤はまた、電解液の電解伝導度を制限し得る。良好な溶解性を示す特定の添加剤を選択することにより、高い電解伝導度が得られ、これにより、セルデバイスの性能が改善される。

30

40

#### 【0035】

ここで開示されるのは、塩溶解性、電解液伝導性、および電圧安定性を改善するために液化ガス電解液中で使用され得る添加剤である。いくつかの実施形態では、添加剤は、一次溶媒としてのフルオロメタンまたはジフルオロメタンおよびリチウムベースの塩と組み合わせて使用される。いくつかの実施形態では、他の液化ガス溶媒、例えば、フルオロメタン、ジフルオロメタン、トリフルオロメタン、フルオロエタン、テトラフルオロエタン、ペンタフルオロエタン、1,1-ジフルオロエタン、1,2-ジフルオロエタン、1,1,1-トリフルオロエタン、1,1,2-トリフルオロエタン、1,1,1,2-テト

50

ラフルオロエタン、1, 1, 2, 2 - テトラフルオロエタン、ペンタフルオロエタン、クロロメタン、クロロエタン、フッ化チオニル、塩化フッ化チオニル、フッ化ホスホリル、塩化フッ化ホスホリル、フッ化スルフリル、塩化フッ化スルフリル、1 - フルオロプロパン、2 - フルオロプロパン、1, 1 - ジフルオロプロパン、1, 2 - ジフルオロプロパン、1, 1, 1 - トリフルオロプロパン、1, 1, 2 - トリフルオロプロパン、1, 2, 2 - トリフルオロプロパン、フルオロエチレン、シス - 1, 2 - フルオロエチレン、1, 1 - フルオロエチレン、1 - フルオロプロピレン、2 - プロピレン、塩素、クロロメタン、臭素、ヨウ素、アンモニア、メチルアミン、ジメチルアミン、トリメチルアミン、分子酸素、分子窒素、一酸化炭素、また、これらの添加剤と組み合わせて液化ガス溶剤として、二酸化炭素、二酸化硫黄、ジメチルエーテル、メチルビニルエーテル、ジフルオロエチレン、亜酸化窒素、二酸化窒素、二硫化炭素、フッ化水素、塩化水素またはこれらの任意の組み合わせも使用することができる。いくつかの実施形態では、液化ガス溶媒は、ジフルオロメタンであり得る。いくつかの実施形態では、液化ガス溶媒は、クロロメタンであり得る。いくつかの実施形態では、液化ガス溶媒はフルオロメタンであり得る。いくつかの実施形態では、液化ガス溶媒は、1, 1 - ジフルオロエタンであり得る。いくつかの実施形態では、液化ガス溶媒は、フッ化スルフリルとすることができる。いくつかの実施形態では、液化ガス溶媒は、塩化チオニルまたはフッ化チオニルであり得る。いくつかの実施形態では、液化ガス溶媒は、フルオロメタン、ジフルオロメタン、フッ化スルフリル、クロロメタン、二酸化炭素、1, 1 - ジフルオロエタン及びそれらの任意の組み合わせからなる群から選択することができる。いくつかの実施形態では、液化ガス電解質は、単一の液化ガス溶媒または液化ガス溶媒の組み合わせ、ならびに1つまたは複数の添加剤および1つまたは複数の塩を含む。これらの添加剤は、標準室温 + 20 および標準圧力 (約 1 . 0 1 3 2 5 b a r ) において、気体、液体または固体であってもよい。さらに、気体状の添加物のいずれかを主溶媒として使用することもできる。いくつかの実施形態では、一次溶媒又は一次溶媒の混合物の量は、液化ガス電解質の総重量を基準にして約 10 %、約 20 %、約 30 %、約 40 %、約 50 %、約 60 %、約 70 %、約 80 %、約 90 %、約 95 %、約 98 % 又は約 99 % よりも多い。いくつかの実施形態では、第一溶媒の量は、液化ガス電解質の総重量に基づいて、約 99 %、約 98 %、約 95 %、約 90 %、約 80 %、約 70 %、約 60 %、約 50 %、約 40 %、約 30 %、または約 20 重量%未満である。いくつかの実施形態では、添加剤の量は、液化ガス電解質の総重量を基準にして、約 80 %、約 70 %、約 60 %、約 50 %、約 40 %、約 30 %、約 20 %、約 10 %、約 5 %、約 2 %、または約 1 % である。

#### 【0036】

いくつかの実施形態では、液化ガス溶媒は、2つの溶媒からなる。いくつかの実施形態では、液化ガス溶媒は、3つの溶媒からなる。いくつかの実施形態では、液化ガス溶媒は、4つ以上の溶媒からなる。いくつかの実施形態では、液化ガス溶媒は、フルオロメタン、フッ化スルフリル、及び二酸化炭素からなる。いくつかの実施形態では、液化ガス溶媒は、フルオロメタン及び二酸化炭素からなる。いくつかの実施形態では、液化ガス溶媒は、ジフルオロメタン及び二酸化炭素を含んでなる。いくつかの実施形態では、液化ガス溶媒は、フッ化スルフリルと二酸化炭素とからなる。いくつかの実施形態では、液化ガス電解質は、フルオロメタン、ジフルオロメタン、および二酸化炭素からなる。いくつかの実施形態では、液化ガス溶媒は、ハロゲン化炭化水素およびハロゲン化スルフリルを含んでなる。いくつかの実施形態では、液化ガス溶媒は、ハロゲン化炭化水素、ハロゲン化スルフリル、および二酸化炭素からなる。いくつかの実施形態において、塩に対する添加剤のモル比は、約 0 . 0 1、約 0 . 0 5、約 0 . 1、約 0 . 2、約 0 . 3 0、約 0 . 5、約 0 . 7、約 0 . 9、約 0 . 9 5、約 0 . 9 8、約 1 . 0、約 1 . 0 5、約 1 . 1、約 1 . 5、約 2、約 3、約 5、約 10 または約 100 より大きい。いくつかの実施形態では、約 0 . 9、約 0 . 9 5、または約 0 . 9 8 など、塩と比較して低いモル協奏曲添加剤を有することは、電解質中の添加剤材料の大部分が、概して電解質中のイオンと結合または協調することを保証するために好ましく、したがってセルの電気化学的安定性を増加させること

10

20

30

40

50

ができる。塩に結合している添加剤または溶媒分子は、一般に塩との相互作用から電圧安定性が増加し、全体的なセル性能を高めることに留意することが重要である。したがって、電解質溶液中の両者のモル比を適切に管理することによって、添加物の塩への結合を確実にすることが重要である。いくつかの実施形態では、塩に対する添加剤のモル比は、0.8未満、0.85未満、0.9未満、0.95未満、0.98未満、0.99未満、1.0未満、1.1未満、1.2未満、1.3未満、1.4未満、1.5未満、1.6未満、1.7未満、1.8未満、1.9未満、2.0未満、2.1未満、2.2未満、2.3未満、2.4未満、2.5未満、2.6未満、2.7未満、2.8未満、2.9未満、3.0未満である。いくつかの実施形態では、塩に対する添加剤のモル比は、約0.8、約0.85、約0.9、約0.95、約0.98、約0.99、約1.0、約1.1、約1.2、約1.3、約1.4、約1.5、約1.6、約1.7、約1.8、約1.9、約2.0、約2.1、約2.2、約2.3又は約2.4より小さい。いくつかの実施形態では、塩に対する添加剤のモル比は、約0.5～約1.0、約0.8～約0.98、約0.9～約1.0、約0.9～約0.98、約1～約1.5、約1.5～約2、約2～約2.5、約1.9～約2.1または約2～約2.2の範囲内である。いくつかの実施形態では、約1.1、約1.2、または約2.0の比率など、塩に対する添加剤の高いモル濃度を有することは、性能向上のために塩の最大溶解度を保証するために有利であり得る。いくつかの実施形態では、複数の添加剤が使用され、それらの各々は、約0.01、約0.05、約0.1、約0.2、約0.30、約0.5、約0.7、約0.9、約0.95、約0.98、約1.0、約1.05、約1.1、約1.5、約2、約3、約5、約10又は約100よりも大きい塩とのモル比を持ってよい。いくつかの実施形態では、電解質溶液中の塩濃度は、溶液1リットル当たり約0.1、約0.3、約0.5、約0.8、約1.0、約1.3、約1.5、約1.8、約2.0、約3.0、約4.0、約5.0、または約8.0モルより大きい。

10

20

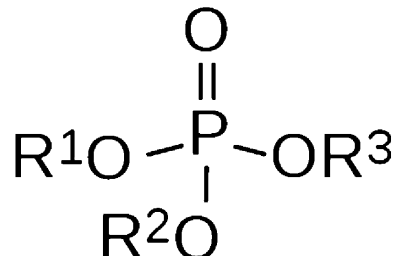
#### 【0037】

いくつかの実施形態では、液化ガス電解液は、1つ以上の添加剤を含むことができる。いくつかの実施形態では、液化ガス電解質は、1つの添加剤を含むことができる。いくつかの実施形態では、液化ガス電解質は、2つ以上の添加剤を含むことができる。いくつかの実施形態では、添加剤は、非環状カーボネート、環状カーボネート、非環状エーテル、環状エーテル、ニトリル化合物、有機リン酸エステル、またはそれらの任意の組み合わせであり得る。いくつかの実施形態では、1つまたは複数の添加剤は、リン酸トリメチルを含んでなる。別の実施形態では、1つ以上の添加剤はリン酸トリエチルを含む。

30

#### 【0038】

一実施形態では、添加剤は、有機リン酸化合物であってもよい。



40

#### 【0039】

式中、R1、R2、R3は、水素、フッ素、メチル、エチル、プロピル、ブチル、ペンチル、ヘキシル、フェニル、アリル、ジメチルアミド、ジエチルアミド、およびそれらの任意の組み合わせのいずれかからなる基であってもよい。

#### 【0040】

1つ以上の液化ガス成分と、1つ以上の液体成分、1つ以上の固体成分、または1つ以上の塩成分液化ガス成分から構成される液化ガス電解液を使用する例示的な電気化学デバイスにおいて、電極は、層間型の2つの電極(例えば、グラファイト、炭素、活性炭素、チ

50

タン酸リチウム、二硫化チタン、二硫化モリブデン、リン酸鉄リチウム、リン酸コバルトリチウム、リン酸ニッケルリチウム、酸化コバルトリチウム、酸化ニッケルマンガンリチウム、酸化ニッケルマンガンコバルトリチウム、酸化ニッケルコバルトアルミニウム)の任意の組み合わせ電極(例えば、硫黄、酸、二酸化炭素、窒素、一酸化二窒素、二酸化硫黄、フッ化チオニル、塩化フッ化チオニル、フッ化スルフリル、塩化フッ化スルフリル)の任意の組み合わせから構成されるか、あるいはリチウム、ナトリウム、マグネシウム、スズ、アルミニウム、亜鉛、またはリチウム、ナトリウム、スズ、マグネシウム、アルミニウム、亜鉛を含む合金、またはそれらの任意の組み合わせを有する金属電極の任意の組み合わせから構成される。これらの成分は、電極の構造的完全性を維持するために、ポリフッ化ビニリデン、カルボキシメチルセルロース、スチレン-ブタジエンゴム、またはポリテトラフルオロエチレンを含む種々のバインダーポリマー成分と組み合わせられてもよい。

10

#### 【0041】

さらに、1つまたは複数の液化ガス溶媒溶液または電解液は、リチウムビス(トリフルオロメタンスルホニル)イミド(LiTFSI)、リチウムヘキサフルオロホスフェート(LiPF<sub>6</sub>)、リチウムパークロレート(LiClO<sub>4</sub>)、リチウムヘキサフルオロアルセネート(LiAsF<sub>6</sub>)、リチウムテトラクロロアルミネート(LiAlCl<sub>4</sub>)、リチウム塩、リチウムビス(オキサラト)ボラート(LiBOB)、リチウムヘキサフルオロスタネート、リチウムジフルオロ(オキサラト)ボレート(LiDFOB)、リチウムビス(フルオロスルホニル)イミド(LiFSI)、リチウムアルミニウムフッ化物(LiAlF<sub>3</sub>)、リチウムニトレート(LiNO<sub>3</sub>)、リチウムクロロアルミネート、リチウムテトラフルオロボレート(LiFSI)、リチウムテトラフルオロ(オキサラト)ホスフェート、リチウムジフルオロビス(オキサラト)ホスフェート、リチウムクロライド、臭化リチウム、ヨウ化リチウム、炭酸リチウム、フッ化リチウム、酸化リチウム、水酸化リチウム、窒化リチウム、リチウムスーパーオキシド、アジ化リチウム、デルタテルリチウム、スクアリン酸二リチウム、クロコネート二水和物、ロジゾン酸二リチウム、シュウ酸リチウム、ケトマロン酸二リチウム、ジケトスクシン酸リチウムまたはナトリウムもしくはマグネシウムの代わりに正電荷リチウムカチオンを有する任意の対応する塩またはそれらの任意の組合せのうちの一つまたは複数を含む、1つまたは複数の塩と組み合わせられてもよい。さらに有用な塩としては、テトラメチルアンモニウム、テトラエチルアンモニウム、テトラブロピルアンモニウム、テトラブチルアンモニウム、トリエチルメチルアンモニウムアンモニウム、スピロ-(1,1')-ピピロリジニウム、1,1'-ジメチルピロリ1-オクチルピロリジニウム、1-メチル-1-ペンチルピロリジニウム、またはN-メチルピロリジニウムは、アセテート、ビス(フルオロスルホニル)イミド、ビス(オキサラト)ボラート、ビス(トリフルオロメタンスルホニル)イミド、臭化物、塩化物、ジシアンアミド、リン酸ジエチル、ヘキサフルオロリン酸、硫酸水素、ヨウ化物、メタンスルホン酸、メチル-ホスホネート、テトラクロロアルミン酸塩、テトラフルオロホウ酸塩、およびトリフルオロメタンスルホン酸などの負に帯電したアニオンと対になっている。

20

30

#### 【実施例】

#### 【0042】

##### (実施例1)

リチウム金属アノードおよびリチウムニッケル-マンガン-コバルト酸化物(NMC622)カソードからなる電池コインセルを組み立てた。電解液は、9対1のモル比のフルオロメタン(CH<sub>3</sub>F)および二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の混合物中の1.0MのLiTFSIおよび1.0Mのトリエチルホスフェート(TEP)を使用した。セルを、4.2、4.3、4.4、4.5Vの様々な充電電圧まで1cレートでサイクルさせた。セル性能を図1に示す。

40

#### 【0043】

##### (実施例2)

リチウム金属アノードおよびリチウムニッケル-マンガン-コバルト酸化物(NMC622)カソードから構成される電池コインセルを組み立てた。電解液は、9対1のモル比の

50

CH<sub>3</sub>FおよびCO<sub>2</sub>の混合物中の1.0M LiFSIおよび1.2Mリン酸トリエチル(TEP)を使用した。セルを、4.2、4.3、4.4、4.5Vの様々な充電電圧まで1cレートでサイクルした。セル性能を図2に示す。

【0044】

(実施例3)

リチウム金属アノードおよびリチウムニッケル-マンガン-コバルト酸化物(NMC622)カソードからなる電池コインセルを組み立てた。電解液は、9対1のモル比のフルオロメタン(CH<sub>3</sub>F)および二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の混合物中の1.0MのLiTFSIおよび1.0Mのトリメチルホスフェート(TMP)を使用した。セルを、4.2、4.3、4.4、4.5Vの様々な充電電圧まで1cレートでサイクルさせた。セル性能を図3に示す。

10

【0045】

(実施例4)

電解伝導度の測定は、3種類の電解質溶液で行った。電解液1は、フルオロメタン(CH<sub>3</sub>F、FM)中に1.0MのLiTFSIおよび1.0Mのトリエチルホスフェート(TEP)を含有し、電解液2は、フルオロメタン(CH<sub>3</sub>F、FM)中に1.0MのLiTFSIおよび1.0Mのトリメチルホスフェート(TMP)を含有した。電解液3は、フルオロメタン(CH<sub>3</sub>F、FM)中に1.0MのLiTFSIおよび1.0Mのトリメチルホスフェート(TMP)を含有し、電解液4は、フルオロメタン(CH<sub>3</sub>F、FM)中に1.0MのLiTFSIおよび1.0Mの2-メチルテトラヒドロフラン(2MeTHF)を含有した。図4に示すように、有機リン酸塩添加剤を含有する溶液は、2MeTHF添加剤よりも導電性が優れていた。

20

【0046】

(実施例5)

電解質圧の測定は、3種類の電解質溶液で行った。電解液1は、フルオロメタン(CH<sub>3</sub>F、FM)中に1.0MのLiTFSIおよび1.0Mのリン酸トリエチル(TEP)を含有し、電解液2は、フルオロメタン(CH<sub>3</sub>F、FM)中に1.0MのLiTFSIおよび1.0Mのリン酸トリメチル(TMP)を含有し、電解液3は、フルオロメタン(CH<sub>3</sub>F、FM)中に1.0MのLiTFSIおよび1.0Mのリン酸トリメチル(TMP)を含有した。塩と添加剤との混合物は、異なる電解質間の液化ガス電解液または純粋なフルオロメタン溶媒の全圧にほとんど影響を及ぼさなかったことが分かる。圧力データを図5に示す。

30

【0047】

(実施例6)

リチウム金属アノードおよびリチウムニッケル-マンガン-コバルト酸化物(NMC622)カソードから構成される2つの電池コインセルを組み立てた。第1のセルは、9:1のモル比でCH<sub>3</sub>F:CO<sub>2</sub>中に1.0MのLiTFSIおよび1.0Mの2-メチルテトラヒドロフランを有する電解液1を使用した。第2のセルは、9:1のモル比でCH<sub>3</sub>F:CO<sub>2</sub>中に1.0MのLiTFSIおよび1.0Mのトリエチルホスフェートを有する電解液2を使用した。セルを、4.2、4.3、4.4、4.5Vの様々な充電電圧まで1cレートでサイクルさせた。この添加剤の安定性が低いため、電解液1の容量が明らかに低下する。電解液2は、高い充電電圧でも安定性を維持している。セル性能データを図6に示す。

40

【0048】

(実施例7)

異なる電解質を使用した4つのコインセルを組み立て、室温で電圧の関数として漏れ電流を測定した。漏れ電流が高いほど、電解液添加剤の分解が速いこと、または電圧安定性が低いことを示す。コイン電池は、リチウム金属負極とリチウムニッケルマンガンコバルト酸化物(NMC622)正極で構成されていた。4つの電解質は、9対1のモル比のCH<sub>3</sub>FおよびCO<sub>2</sub>の混合物中に1.0MのLiTFSI塩および1.0Mの添加剤を有

50

していた。試験した4つの添加剤は、2 Me - テトラヒドロフラン、ジメチルエーテル、トリメチルホスフェートおよびトリエチルホスフェートであった。これらの電池の性能を図7に示す。トリメチルホスフェートおよびトリエチルホスフェートは、4.4 Vおよび4.5 Vの増加した電圧で優れた安定性を有するが、エーテル系添加剤は、これらの電圧で劣った安定性を有することが予想外に見出された。この驚くべき結果は、液化ガス溶媒と添加剤との組み合わせを通して、カソード表面上に表面-電解液-界面相(SEI)を生成する独特の化学が形成され、これにより、高電圧であっても非常に優れた安定性が可能になることが、実験からのみ決定され得る。液化ガス溶媒と添加剤の組み合わせにより、正極表面に表面電解質間化合物(SEI)が形成され、高電圧下でも非常に優れた安定性が得られるというユニークな化学的性質が形成された。低い漏れ電流は、この事実をさらに補強する。図6と図7は、これらの発見を補強するものである。リン酸塩化合物添加剤によるこれらの予想外の結果は、以前に開示されたエーテル型添加剤よりもはるかに優れている。

【0049】

(実施例8)

様々な電解液を含有するガラス窓を有するステンレス鋼セルを組み立てた。この窓から、様々な電解質の配合における塩の溶解度を見ることができ、以下の表1は、様々な電解液について観察された溶解性を示す。リン酸トリメチル及びリン酸トリエチルは、フルオロメタン中の様々な塩に対して優れた溶解性を有することが予想外に見出された。液化ガス溶媒、添加剤、及び塩の様々な組み合わせにおいて頻繁な相分離が存在することに留意することが重要である。理想的な添加剤は、塩に対して良好な親和性または結合性を示し、溶媒系との高い相溶性を示す。これらの組み合わせにより、一般に塩に対する溶解度が高く、広い温度範囲で相分離のない混合物が得られる。一方、様々な塩でテストされたエーテルやカーボネートは、このようなユニークな特性の組み合わせを示さない。リン酸化合物の予想外の性能は、実験によってのみ決定することができ、これらの驚くべき発見につながった。

【0050】

10

20

30

40

50

【表 1】

表 1: 観察された溶解度  
+20°Cで全てフルオロメタン系液化ガス溶媒中

添加剤濃度	添加剤	塩濃度	塩	一次溶媒	溶解度
1.0M	テトラヒドロフラン	1.0M	LiTFSI	フルオロメタン	可溶性、相分離なし
1.0M	テトラヒドロフラン	1.0M	LiFSI	フルオロメタン	相分離を伴う可溶性
1.0M	フルオロエチレン カーボネート	1.0M	LiFSI	フルオロメタン	相分離を伴う可溶性
1.0M	リン酸トリメチル	1.0M	LiFSI	フルオロメタン	可溶性、相分離なし
1.0M	トリエチル ホスフェート	1.0M	LiFSI	フルオロメタン	可溶性の相分離
1.5M	ジメチルエーテル	1.0M	LiPF <sub>6</sub>	フルオロメタン	可溶性でない
1.5M	リン酸トリメチル	1.0M	LiPF <sub>6</sub>	フルオロメタン	可溶性、相分離なし
1.0M	テトラヒドロフラン	1.0M	LiTFSI	ジフルオロメタン	可溶性でない
2.0M	フルオロエチレン カーボネート	1.0M	LiFSI	ジフルオロメタン	相分離を伴う可溶性
2.0M	ジメチルエーテル	1.0M	LiPF <sub>6</sub>	ジフルオロメタン	可溶性でない
2.0M	リン酸トリメチル	1.0M	LiPF <sub>6</sub>	ジフルオロメタン	可溶性、相分離なし
1.5M	トリエチル ホスフェート	1.0M	LiFSI	ジフルオロメタン	可溶性、相分離なし
1.0M	リン酸トリメチル	1.0M	LiTFSI	ジフルオロメタン	可溶性、相分離なし

## 【 0 0 5 1 】

本発明の例示的な実施形態および適用例が、上述され、含まれる例示的な図に示されるものを含めて本明細書で説明されたが、本発明がこれらの例示的な実施形態および適用例に、または例示的な実施形態および適用例が本明細書で動作または説明される方法に限定されることは意図されていない。実際、当業者には明らかなように、例示的な実施形態に対する多くの変形および修正が可能である。本発明は、結果として得られるデバイス、システム、または方法が、本特許出願または任意の関連特許出願に基づいて特許庁によって許可される請求項のうちの1つの範囲内に入る限り、任意のデバイス、構造、方法、または機能性を含んでもよい。

10

20

30

40

50

【 図 面 】  
【 図 1 】

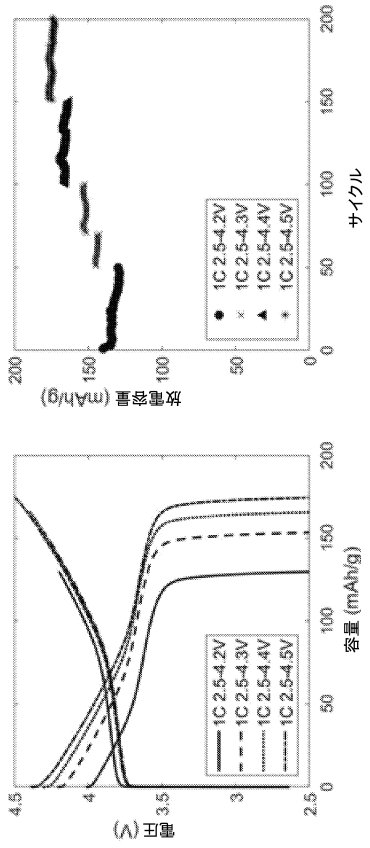


図 1

【 図 2 】

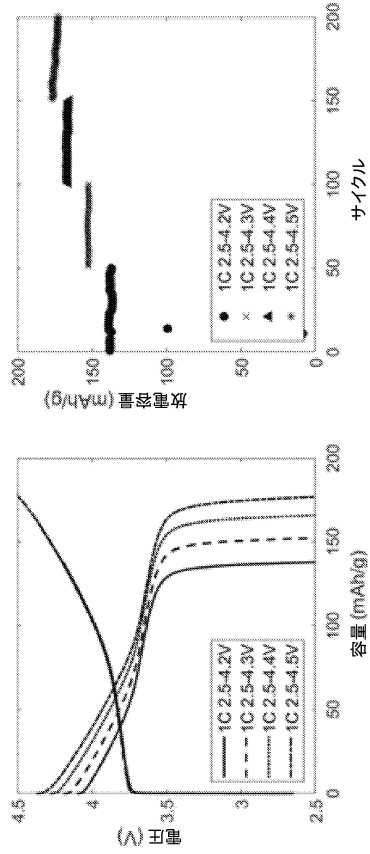


図 2

【 図 3 】

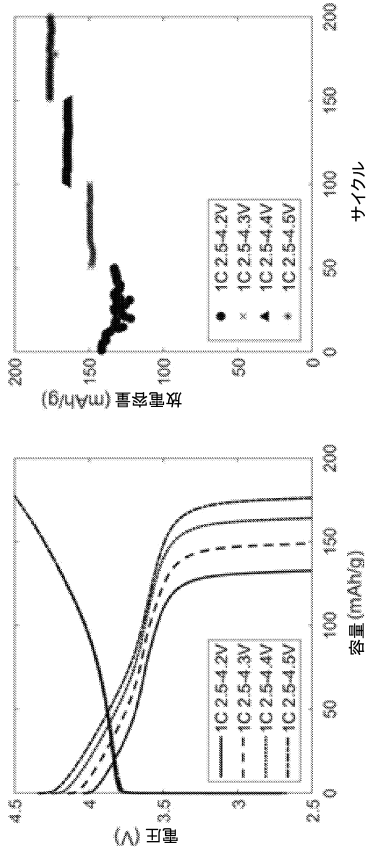


図 3

【 図 4 】

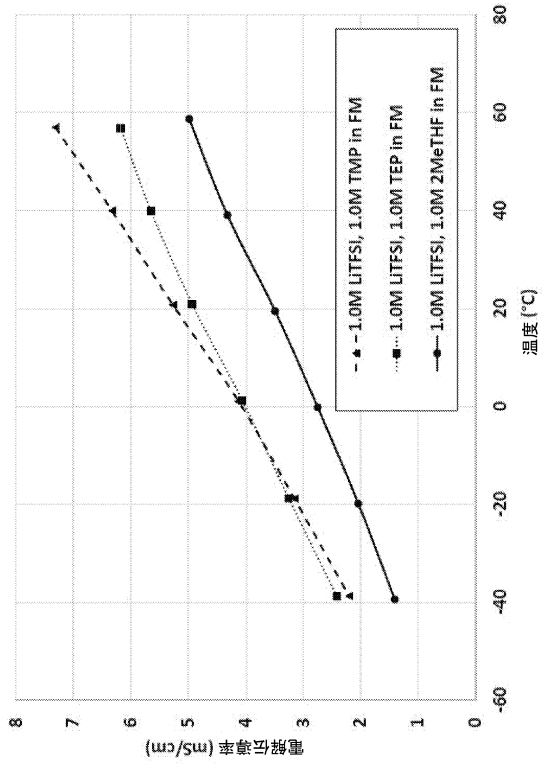


図 4

10

20

30

40

50

【 図 5 】

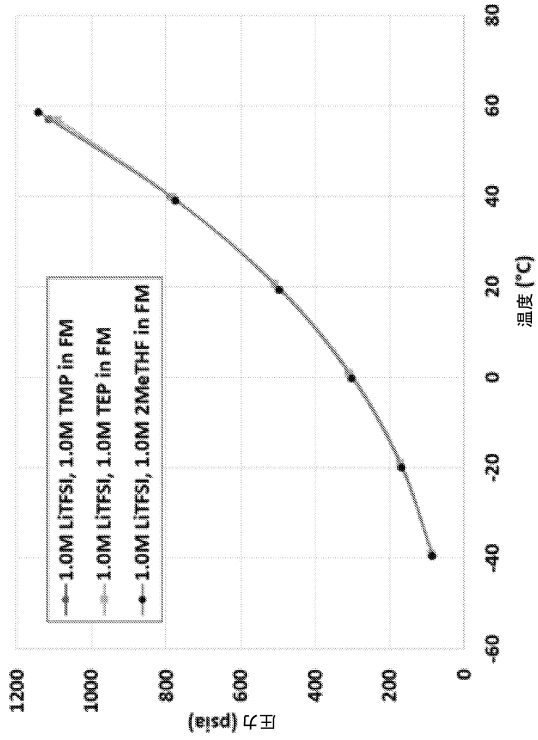


図5

【 図 6 】

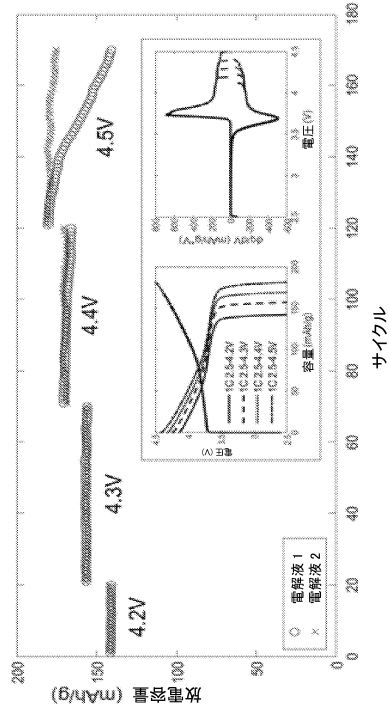


図6

【 図 7 】

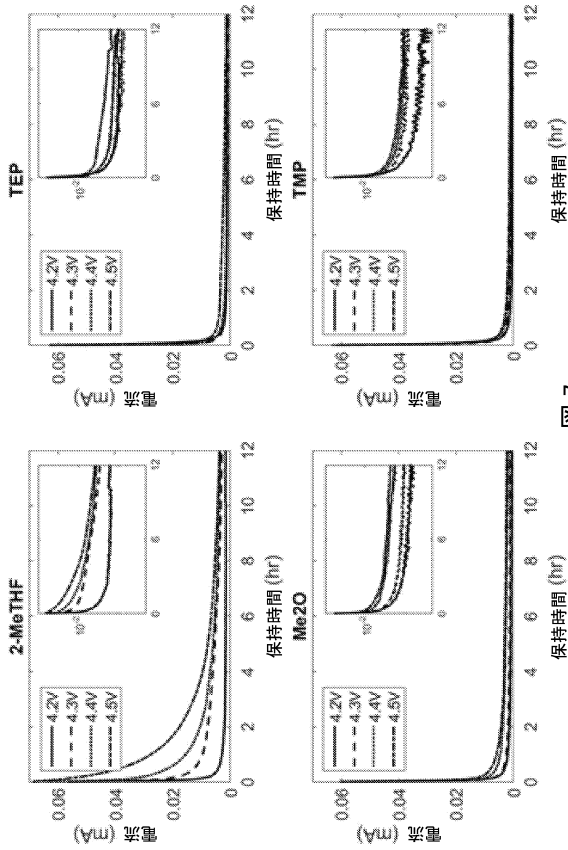


図7

10

20

30

40

50

## フロントページの続き

米国(US)

(31)優先権主張番号 62/911,508

(32)優先日 令和1年10月7日(2019.10.7)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(74)代理人 100138391

弁理士 天田 昌行

(72)発明者 ルストムジ, サイラス, エス

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92109, サン ディエゴ, バンカー ヒル ストリート 3030, 319号室

(72)発明者 リー, ジョンウ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92109, サン ディエゴ, バンカー ヒル ストリート 3030, 319号室

(72)発明者 ロイヤー, ジェイムズ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92109, サン ディエゴ, バンカー ヒル ストリート 3030, 319号室

審査官 村岡 一磨

(56)参考文献 国際公開第2017/204984(WO, A1)

国際公開第2019/222346(WO, A1)

米国特許出願公開第2018/0375156(US, A1)

米国特許出願公開第2016/0261005(US, A1)

中国特許出願公開第108417895(CN, A)

国際公開第2019/078965(WO, A1)

特開2019-003941(JP, A)

特開2013-004316(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01M 10/05 - 10/0587

H01G 11/60

H01M 10/0563

H01M 10/0569