

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3754218号
(P3754218)

(45) 発行日 平成18年3月8日(2006.3.8)

(24) 登録日 平成17年12月22日(2005.12.22)

(51) Int. Cl.			F I		
HO 1 M	4/02	(2006.01)	HO 1 M	4/02	C
HO 1 M	4/04	(2006.01)	HO 1 M	4/04	A
HO 1 M	4/58	(2006.01)	HO 1 M	4/58	
HO 1 M	10/40	(2006.01)	HO 1 M	10/40	B

請求項の数 16 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願平11-16141	(73) 特許権者	000001889
(22) 出願日	平成11年1月25日(1999.1.25)		三洋電機株式会社
(65) 公開番号	特開2000-215884(P2000-215884A)		大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
(43) 公開日	平成12年8月4日(2000.8.4)	(74) 代理人	100064724
審査請求日	平成16年8月10日(2004.8.10)		弁理士 長谷 照一
		(74) 代理人	100088971
			弁理士 大庭 咲夫
		(74) 代理人	100103735
			弁理士 鈴木 隆盛
		(72) 発明者	生川 訓
			大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内
		(72) 発明者	井町 直希
			大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非水電解質電池用正極及びその製造方法、ならびこの正極を用いた非水電解質電池及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

スピネル型マンガン酸リチウムを主正極活物質とする非水電解質電池用正極であって、一般式 $Li_{1+x}Mn_{2-y}O_4$ (但し、リチウムとマンガンとの原子比が $0.56 < Li/Mn = (1+X)/(2-Y) < 0.62$ で、 $-0.2 < X < 0.2$ かつ $Y < 1.0$ である) で表されるスピネル型マンガン酸リチウムと、

一般式 $Li_{1+z}CoO_2$ (但し、 $-0.5 < Z < 0.5$) で表されるコバルト酸リチウムとを、前記スピネル型マンガン酸リチウムの重量を A とし、前記コバルト酸リチウムを B とした場合に $0.05 < B/(A+B) < 0.2$ の範囲になるように混合して備えたことを特徴とする非水電解質電池用正極。

【請求項2】

前記スピネル型マンガン酸リチウムおよび前記コバルト酸リチウムはその一部がマグネシウム、アルミニウム、カルシウム、バナジウム、チタン、クロム、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、ストロンチウム、ジルコニウム、ニオブ、モリブデンおよびスズのいずれかから選択される他の金属で置換されていることを特徴とする請求項1に記載の非水電解質電池用正極。

【請求項3】

前記スピネル型マンガン酸リチウム ($Li_{1+x}Mn_{2-y}O_4$) の一部が前記他の金属で置換されている場合は、リチウムと、マンガンと前記他の金属の和との原子比 C が $0.56 < C < 0.62$ (但し、 $-0.2 < X < 0.2$ かつ $Y < 1.0$ である) の関係を有すること

を特徴とする請求項 2 に記載の非水電解質電池用正極。

【請求項 4】

スピネル型マンガン酸リチウムを主正極活物質とする非水電解質電池用正極の製造方法であって、

一般式 $Li_{1+X}Mn_{2-Y}O_4$ (但し、リチウムとマンガンとの原子比が $0.56 < Li / Mn = (1 + X) / (2 - Y) < 0.62$ で、 $-0.2 < X < 0.2$ かつ $Y < 1.0$ である) で表されるスピネル型マンガン酸リチウムの粉末と、

一般式 $Li_{1+Z}CoO_2$ (但し、 $-0.5 < Z < 0.5$) で表されるコバルト酸リチウムの粉末とを、

前記スピネル型マンガン酸リチウムの粉末の重量を A とし、前記コバルト酸リチウムの粉末の重量を B とした場合に $0.05 < B / (A + B) < 0.2$ の範囲になるように混合機に充填する充填工程と、

前記混合機に充填された複合粉末に圧縮、衝撃、剪断作用を生じさせて混合させるかあるいは粉碎混合させる混合工程とを備えたことを特徴とする非水電解質電池用正極の製造方法。

【請求項 5】

前記スピネル型マンガン酸リチウムおよび前記コバルト酸リチウムの一部をマグネシウム、アルミニウム、カルシウム、バナジウム、チタン、クロム、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、ストロンチウム、ジルコニウム、ニオブ、モリブデンおよびスズのいずれかから選択される他の金属で置換する工程を備えたことを特徴とする請求項 4 に記載の非水電解質電池用正極の製造方法。

【請求項 6】

前記スピネル型マンガン酸リチウム ($Li_{1+X}Mn_{2-Y}O_4$) の一部を前記他の金属で置換する場合は、リチウムと、マンガンと前記他の金属の和との原子比 C が $0.56 < C < 0.62$ (但し、 $-0.2 < X < 0.2$ かつ $Y < 1.0$ である) の関係を有するように置換させることを特徴とする請求項 5 に記載の非水電解質電池用正極の製造方法。

【請求項 7】

リチウムイオンを挿入・脱離可能な負極活物質からなる負極とスピネル型マンガン酸リチウムを主正極活物質とする正極と非水電解質とからなる非水電解質電池であって、

一般式 $Li_{1+X}Mn_{2-Y}O_4$ (但し、リチウムとマンガンとの原子比が $0.56 < Li / Mn = (1 + X) / (2 - Y) < 0.62$ で、 $-0.2 < X < 0.2$ かつ $Y < 1.0$ である) で表されるスピネル型マンガン酸リチウムと、

一般式 $Li_{1+Z}CoO_2$ (但し、 $-0.5 < Z < 0.5$) で表されるコバルト酸リチウムとを、

前記スピネル型マンガン酸リチウムの重量を A とし、前記コバルト酸リチウムの重量を B とした場合に $0.05 < B / (A + B) < 0.2$ の範囲になるように混合された正極活物質からなる正極を備えたことを特徴とする非水電解質電池。

【請求項 8】

前記スピネル型マンガン酸リチウムおよび前記コバルト酸リチウムの一部がマグネシウム、アルミニウム、カルシウム、バナジウム、チタン、クロム、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、ストロンチウム、ジルコニウム、ニオブ、モリブデンおよびスズのいずれかから選択される他の金属で置換されていることを特徴とする請求項 7 に記載の非水電解質電池。

【請求項 9】

前記スピネル型マンガン酸リチウム ($Li_{1+X}Mn_{2-Y}O_4$) の一部が前記他の金属で置換されている場合は、リチウムと、マンガンと前記他の金属の和との原子比 C が $0.56 < C < 0.62$ (但し、 $-0.2 < X < 0.2$ かつ $Y < 1.0$ である) の関係を有することを特徴とする請求項 8 に記載の非水電解質電池。

【請求項 10】

前記非水電解質は有機電解液あるいは高分子固体電解質のいずれかから選択したことを

10

20

30

40

50

特徴とする請求項 7 から請求項 9 のいずれかに記載の非水電解質電池。

【請求項 1 1】

前記高分子固体電解質は、ポリカーボネート系固体高分子、ポリアクリロニトリル系固体高分子、およびこれらの二種以上からなる共重合体もしくは架橋した高分子、ポリフッ化ビニリデン（P V D F）のようなフッ素系固体高分子から選択される高分子とリチウム塩と電解液を組み合わせることでゲル状にした固体電解質であることを特徴とする請求項 1 0 に記載の非水電解質電池。

【請求項 1 2】

リチウムイオンを挿入・脱離可能な負極活物質からなる負極とスピネル型マンガン酸リチウムを主正極活物質とする正極と非水電解質を用いた非水電解質電池の製造方法であつて、

一般式 $Li_{1+x}Mn_{2-y}O_4$ （但し、リチウムとマンガンとの原子比が $0.56 < Li / Mn = (1 + X) / (2 - Y) < 0.62$ で、 $-0.2 < X < 0.2$ かつ $Y < 1.0$ である）で表されるスピネル型マンガン酸リチウムの粉末と、

一般式 $Li_{1+z}CoO_2$ （但し、 $-0.5 < Z < 0.5$ ）で表されるコバルト酸リチウムの粉末とを、

前記スピネル型マンガン酸リチウムの粉末の重量を A とし、前記コバルト酸リチウムの粉末の重量を B とした場合に $0.05 < B / (A + B) < 0.2$ の範囲になるように混合機に充填する充填工程と、

前記混合機に充填された複合粉末に圧縮、衝撃、剪断作用を生じさせて混合させるかあるいは粉碎混合させる混合工程とを備えたことを特徴とする非水電解質電池の製造方法。

【請求項 1 3】

前記スピネル型マンガン酸リチウムおよび前記コバルト酸リチウムの一部をマグネシウム、アルミニウム、カルシウム、バナジウム、チタン、クロム、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、ストロンチウム、ジルコニウム、ニオブ、モリブデンおよびスズのいずれかから選択される他の金属で置換する工程を備えたことを特徴とする請求項 1 2 に記載の非水電解質電池の製造方法。

【請求項 1 4】

前記スピネル型マンガン酸リチウム（ $Li_{1+x}Mn_{2-y}O_4$ ）の一部を前記他の金属で置換する場合は、リチウムと、マンガンと前記他の金属の和との原子比 C が $0.56 < C < 0.62$ （但し、 $-0.2 < X < 0.2$ かつ $Y < 1.0$ である）の関係を有するように置換させることを特徴とする請求項 1 3 に記載の非水電解質電池の製造方法。

【請求項 1 5】

前記非水電解質は有機電解液あるいは高分子固体電解質のいずれかから選択したことを特徴とする請求項 1 2 から請求項 1 4 のいずれかに記載の非水電解質電池の製造方法。

【請求項 1 6】

前記高分子固体電解質は、ポリカーボネート系固体高分子、ポリアクリロニトリル系固体高分子、およびこれらの二種以上からなる共重合体もしくは架橋した高分子、ポリフッ化ビニリデン（P V D F）のようなフッ素系固体高分子から選択される高分子とリチウム塩と電解液を組み合わせることでゲル状にした固体電解質であることを特徴とする請求項 1 5 に記載の非水電解質電池の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はスピネル型マンガン酸リチウムを主正極活物質とする非水電解質電池用正極およびその製造方法、ならびにリチウムイオンを挿入・脱離可能な負極活物質からなる負極とスピネル型マンガン酸リチウムを主正極活物質とする正極と非水電解質とからなる非水電解質電池およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

10

20

30

40

50

近年、小型ビデオカメラ、携帯電話、ノートパソコン等の携帯用電子・通信機器等に用いられる電池として、リチウムイオンを吸蔵・放出できる合金もしくは炭素材料などを負極活物質とし、コバルト酸リチウム (LiCoO_2)、ニッケル酸リチウム (LiNiO_2)、マンガン酸リチウム (LiMn_2O_4) 等のリチウム含有遷移金属酸化物を正極材料とするリチウムイオン電池で代表される非水電解質電池が、小型軽量でかつ高容量で充放電可能な電池として実用化されるようになった。

【0003】

ところで、上述した非水電解質電池の正極材料のリチウム含有遷移金属酸化物のうち、ニッケル酸リチウム (LiNiO_2) にあっては、高容量であるという特徴を有する反面、安全性、性能的 (例えば、過電圧が大きい) にコバルト酸リチウム (LiCoO_2) に劣るといった重大な問題が存在し、また、マンガン酸リチウム (LiMn_2O_4) にあっては、資源が豊富で安価であるという特徴を有する反面、低エネルギー密度で高温でマンガン自体が溶解するという欠点を有することからコバルト酸リチウム (LiCoO_2) に劣るといった重大な問題が存在した。このため、現在においては、リチウム含有遷移金属酸化物としてコバルト酸リチウム (LiCoO_2) を用いることが主流となっている。

10

【0004】

ところが、最近の小型ビデオカメラ、携帯電話、ノートパソコン等の携帯用電子・通信機器等の民生用の小型機器のみならず、ハイブリッド自動車などの大型機器の用途までこの種の非水電解質電池が用いられるようになると、資源量的に問題があるコバルト酸リチウム (LiCoO_2) に代わる材料として、資源的に豊富で安価であるマンガン酸リチウム (LiMn_2O_4) が注目されるようになった。このような背景にあって、マンガン酸リチウム (LiMn_2O_4) の低エネルギー密度を解決するために、特開平9-293538号公報において、マンガン酸リチウム (LiMn_2O_4) にコバルト酸リチウム (LiCoO_2) もしくはニッケル酸リチウム (LiNiO_2) を添加することで改善しようという試みがなされた。

20

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特開平9-293538号公報において提案された方法であっても十分ではなかった。マンガン酸リチウム (LiMn_2O_4) を正極活物質とした正極を改善するに際して、特に重要な点は、高温サイクル特性と保存特性の改善にある。高温サイクル特性については、異種元素の添加などによって結晶構造を安定化させる研究が数多くなされているが、有効な置換元素となるクロムなどは有害物質であったり、添加元素の添加量が多い場合はエネルギー密度が低下する等の問題を生じ、実用的な改善策は未だ見つからないのが現状である。

30

【0006】

また、保存特性については、マンガン酸リチウム (LiMn_2O_4) が電解液と容易に反応して自己放電し、その結果、ガスを発生させて電池特性を劣化させるという問題を生じた。この現象は特に放電状態で保存させた場合において顕著に現れる。また、高温保存時において、マンガン自体が溶解して、多量のガスを発生するという問題も生じ、有効な改善手段が見つからない。

40

【0007】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】

そこで、本発明は上記した課題を解決するためになされたものであって、マンガン酸リチウム (LiMn_2O_4) を主正極活物質として用いても、自己放電を抑制して放電保存特性および高温保存特性に優れ、放電作動電圧が高く、かつエネルギー密度が高くて安全性の向上した非水電解質電池用正極を得るとともに、この正極を用いて上記特性の優れた非水電解質電池を得られるようにすることを目的とするものである。

【0008】

このため、本発明の非水電解質電池用正極は、一般式 $\text{Li}_{1+x}\text{Mn}_{2-y}\text{O}_4$ (但し、リチウムとマンガンの原子比が $0.56 \leq \text{Li}/\text{Mn} = (1+X)/(2-Y) \leq 0.62$)

50

で、 $-0.2 \leq X \leq 0.2$ かつ $Y = 1.0$ である)で表されるスピネル型マンガン酸リチウムと、一般式 $Li_{1+z}CoO_2$ (但し、 $-0.5 \leq Z \leq 0.5$)で表されるコバルト酸リチウムとを混合して備えるようにしている。

【0009】

上記一般式で表されるマンガン酸リチウムは強い酸化剤として作用するため、電解液や電解質塩と反応して多量のガスを発生する。これにより、電池の性能が低下するだけでなく、内圧異常により電池の形状を変化させるとともに、漏液等を発生させて電池の安全性を低下させる。しかしながら、マンガン酸リチウムに、上記一般式で表されるコバルト酸リチウムを添加混合して正極とするか、あるいはその両方を添加して混合して正極とすることにより、ガス発生量を大幅に低減させることが実験により確認することができた。この理由は定かではないが、コバルト酸リチウムがマンガン酸リチウムの酸化剤作用に対する緩衝剤として作用し、酸化力を弱めることができたためと考えられる。

10

【0010】

また、マンガン酸リチウム正極は放電状態で保存すると、激しく自己放電し、電解液の分解を伴って多量のガスを発生する。これは、放電状態のマンガン酸リチウム正極と電解液等との分解反応により電池電圧が低下し、それに伴って負極の電位が上昇することと重なって、電解液の分解ガスが多量に発生するものと考えられる。しかしながら、上記一般式で表されるコバルト酸リチウムを添加混合して正極とすることにより、放電状態で保存した場合であっても、ガス発生を抑制することができた。

【0011】

これは、放電末期のマンガン酸リチウムが不安定な低電圧になるに伴って、コバルト酸リチウムが有効に作用し、マンガン酸リチウムの直接の劣化を防止するために保存特性が向上したものと考えられる。また、ガス発生についても、緩衝剤としてのコバルト酸リチウムの作用により、マンガンの溶解が抑制されるために低減したものと考えられる。

20

【0012】

一方、スピネル型マンガン酸リチウムのリチウムとマンガンの原子比と高温充放電サイクル時の放電容量維持率を実験により求めた結果、リチウムとマンガンの原子比が 0.56 以上であると良好な放電容量維持率となった。また、スピネル型マンガン酸リチウムのリチウムとマンガンの原子比と単位活物質当たりの容量(比容量)を実験により求めた結果、リチウムとマンガンの原子比が 0.62 以下であると良好な比容量となった。このことから、スピネル型マンガン酸リチウムのリチウムとマンガンの原子比 Li/Mn は $0.56 \leq Li/Mn \leq 0.62$ の関係になるように設定することが望ましい。

30

【0013】

そして、コバルト酸リチウムの混合量が増加するに伴って緩衝剤としての作用が増大するため、コバルト酸リチウムの添加量は5重量%以上が望ましい。また、一般的に、コバルト酸リチウムの放電作動電圧はマンガン酸リチウムより低いため、マンガン酸リチウムにコバルト酸リチウムを添加すると放電作動電圧がマンガン酸リチウム単独より低下すると考えられていたが、コバルト酸リチウムの方が電子導電性に優れているため、コバルト酸リチウムを混合した方が放電作動電圧が高くなった。

【0014】

しかしながら、コバルト酸リチウムの添加量を20重量%以上添加すると、コバルト酸リチウムの単独の影響が大きくなるため、その添加量は20重量%未満が望ましい。結局、スピネル型マンガン酸リチウムの重量をAとし、コバルト酸リチウムの重量をBとした場合に $0.05 \leq B / (A + B) < 0.2$ となるように混合するのが好ましい。

40

【0015】

また、マンガン酸リチウムおよびコバルト酸リチウムの高温充放電サイクル特性を改善するために、異種金属を添加して結晶構造を安定させることは種々の研究がなされているが実用的な異種金属は未だ見つかっていない。そこで、マンガン酸リチウムにコバルト酸リチウムを混合した正極に添加する異種金属を検討した結果、マグネシウム、アルミニウム、カルシウム、バナジウム、チタン、クロム、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、銅

50

、亜鉛、ストロンチウム、ジルコニウム、ニオブ、モリブデンおよびスズのいずれかから選択すればよいことがわかった。

【0016】

そして、スピネル型マンガン酸リチウムに異種金属を添加する場合であつても、リチウムと、マンガンと異種金属との和との原子比 $Li / (Mn + \text{異種金属})$ は、 $0.56 \leq Li / (Mn + \text{異種金属}) \leq 0.62$ の関係になるように設定するのが高温充放電サイクル時の放電容量維持率および単位活物質当たりの容量（比容量）の点で望ましい。

【0017】

上述したような正極を、マンガン酸リチウムにコバルト酸リチウムを添加混合して製造する場合、これらを単に混合しただけであるとそれぞれの粒子が互いに直接接触する度合いが少なくなるため、コバルト酸リチウムを添加する効果が十分に発揮することができない。しかしながら、これらを圧縮・粉砕作用あるいは圧縮・衝撃・剪断作用により混合すると、それぞれの粒子が互いに直接接触する度合いが多くなるため、コバルト酸リチウムを添加する効果を十分に発揮することができるようになる。

10

【0018】

そして、これらを圧縮・粉砕作用により混合する場合と、圧縮・衝撃・剪断作用により混合する場合を比較すると、圧縮・粉砕作用により混合すると、二次粒子を破壊しながら混合するため、正極としての性能を低下させるのに対して、圧縮・衝撃・剪断作用により混合すると、二次粒子の形状を維持しつつ混合することができるので、コバルト酸リチウムを添加する効果を十分に発揮することができるようになる。

20

【0019】

本発明のマンガン酸リチウムにコバルト酸リチウムを添加混合して製造した正極は、有機電解液を用いた非水電解質電池に適用できることのみならず、高分子固体電解質を用いた非水電解質電池に適用できることに大きな特徴がある。これは、高分子固体電解質は電解液に比較して粘度が大きいため、マンガン酸リチウムを単独で用いた正極にあっては含液性の点で問題を生じる。しかしながら、マンガン酸リチウムにコバルト酸リチウムを添加混合して製造した正極にあっては、正極の厚みを薄くできるため含液性の点を解消できるようになる。

【0020】

そして、高分子固体電解質としては、ポリカーボネート系固体高分子、ポリアクリロニトリル系固体高分子、およびこれらの二種以上からなる共重合体もしくは架橋した高分子、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）のようなフッ素系固体高分子から選択される高分子とリチウム塩と電解液を組み合わせるとゲル状にした固体電解質が好ましい。

30

【0021】

【発明の実施の形態】

ついで、本発明の実施の形態を以下に説明する。

1. 正極の作製

(1) 実施例 1

一般式 $Li_{1+x}Mn_{2-y}O_4$ （但し、 $-0.2 \leq x \leq 0.2$ かつ $y \geq 1.0$ である）で表されるスピネル型マンガン酸リチウム 95 重量%と、一般式 $Li_{1+z}CoO_2$ （但し、 $-0.5 \leq z \leq 0.5$ ）で表されるコバルト酸リチウム 5 重量%との複合粉末を 200 g 用意し、これらに適量の炭素導電剤とグラファイトとを添加・混合した混合粉末を混合装置（例えば、ホソカワミクロン製メカノフュージョン装置（AM-15F））内に充填する。

40

【0022】

これを、回転数 1500 rpm で 10 分間作動させて、圧縮・衝撃・剪断作用を起こさせて混合して混合正極活物質とする。この混合により、マンガン酸リチウムに対してコバルト酸リチウムが電氣的に接触した状態となる。ついで、この混合正極活物質にフッ素樹脂系結着剤を一定の割合で混合して正極合剤とする。ついで、この正極合剤をアルミ箔からなる正極集電体の両面に塗着し、乾燥した後、所定の厚みに圧延して実施例 1 の正極板 a とした。

50

【0023】

(2) 実施例 2

一般式 $Li_{1+x}Mn_{2-y}O_4$ (但し、 $-0.2 < x < 0.2$ かつ $y < 1.0$ である) で表されるスピネル型マンガン酸リチウム 90 重量%と、一般式 $Li_{1+z}CoO_2$ (但し、 $-0.5 < z < 0.5$) で表されるコバルト酸リチウム 10 重量%との複合粉末を 200 g 用意し、この混合粉末を混合装置 (例えば、ホソカワミクロン製メカノフュージョン装置 (AM-15F)) 内に充填する。

【0024】

これを、回転数 1500 rpm で 10 分間作動させて、圧縮・衝撃・剪断作用を起こさせて混合して混合正極活物質とする。この混合により、マンガン酸リチウムに対してコバルト酸リチウムが電氣的に接触した状態となる。ついで、この混合正極活物質に適量の炭素導電剤とグラファイトとを添加・混合した後、フッ素樹脂系結着剤を一定の割合で混合して正極合剤とする。ついで、この正極合剤をアルミ箔からなる正極集電体の両面に塗着し、乾燥した後、所定の厚みに圧延して実施例 2 の正極板 b とした。

10

【0025】

(3) 実施例 3

一般式 $Li_{1+x}Mn_{2-y}O_4$ (但し、 $-0.2 < x < 0.2$ かつ $y < 1.0$ である) で表されるスピネル型マンガン酸リチウム 85 重量%と、一般式 $Li_{1+z}CoO_2$ (但し、 $-0.5 < z < 0.5$) で表されるコバルト酸リチウム 15 重量%との複合粉末を 200 g 用意し、この混合粉末を混合装置 (例えば、ホソカワミクロン製メカノフュージョン装置 (AM-15F)) 内に充填する。

20

【0026】

これを、回転数 1500 rpm で 10 分間作動させて、圧縮・衝撃・剪断作用を起こさせて混合して混合正極活物質とする。この混合により、マンガン酸リチウムに対してコバルト酸リチウムが電氣的に接触した状態となる。ついで、この混合正極活物質に適量の炭素導電剤とグラファイトとを添加・混合した後、フッ素樹脂系結着剤を一定の割合で混合して正極合剤とする。ついで、この正極合剤をアルミ箔からなる正極集電体の両面に塗着し、乾燥した後、所定の厚みに圧延して実施例 3 の正極板 c とした。

【0027】

(4) 実施例 4

一般式 $Li_{1+x}Mn_{2-y}O_4$ (但し、 $-0.2 < x < 0.2$ かつ $y < 1.0$ である) で表されるスピネル型マンガン酸リチウム 80.5 重量%と、一般式 $Li_{1+z}CoO_2$ (但し、 $-0.5 < z < 0.5$) で表されるコバルト酸リチウム 19.5 重量%との複合粉末を 200 g 用意し、この混合粉末を混合装置 (例えば、ホソカワミクロン製メカノフュージョン装置 (AM-15F)) 内に充填する。

30

【0028】

これを、回転数 1500 rpm で 10 分間作動させて、圧縮・衝撃・剪断作用を起こさせて混合して混合正極活物質とする。この混合により、マンガン酸リチウムに対してコバルト酸リチウムが電氣的に接触した状態となる。ついで、この混合正極活物質に適量の炭素導電剤とグラファイトとを添加・混合した後、フッ素樹脂系結着剤を一定の割合で混合して正極合剤とする。ついで、この正極合剤をアルミ箔からなる正極集電体の両面に塗着し、乾燥した後、所定の厚みに圧延して実施例 4 の正極板 d とした。

40

【0029】

(5) 比較例 1

一般式 $Li_{1+x}Mn_{2-y}O_4$ (但し、 $-0.2 < x < 0.2$ かつ $y < 1.0$ である) で表されるスピネル型マンガン酸リチウムに適量の炭素導電剤とグラファイトとを添加・混合した後、フッ素樹脂系結着剤を一定の割合で混合して正極合剤とする。ついで、この正極合剤をアルミ箔からなる正極集電体の両面に塗着し、乾燥した後、所定の厚みに圧延して比較例 1 の正極板 e とした。

【0030】

50

(6) 比較例 2

一般式 $Li_{1+x}Mn_{2-y}O_4$ (但し、 $-0.2 < x < 0.2$ かつ $Y = 1.0$ である) で表されるスピネル型マンガン酸リチウム 70 重量%と、一般式 $Li_{1+z}CoO_2$ (但し、 $-0.5 < z < 0.5$) で表されるコバルト酸リチウム 30 重量%との複合粉末を 200 g 用意し、この混合粉末を混合装置 (例えば、ホソカワミクロン製メカノフュージョン装置 (AM-15F)) 内に充填する。

【0031】

これを、回転数 1500 rpm で 10 分間作動させて、圧縮・衝撃・剪断作用を起こさせて混合して混合正極活物質とする。この混合により、マンガン酸リチウムに対してコバルト酸リチウムが電氣的に接触した状態となる。ついで、この混合正極活物質に適量の炭素導電剤とグラファイトとを添加・混合した後、フッ素樹脂系結着剤を一定の割合で混合して正極合剤とする。ついで、この正極合剤をアルミ箔からなる正極集電体の両面に塗着し、乾燥した後、所定の厚みに圧延して比較例 2 の正極板 f とした。

【0032】

(7) 比較例 3

一般式 $Li_{1+z}CoO_2$ (但し、 $-0.5 < z < 0.5$) で表されるコバルト酸リチウムに適量の炭素導電剤とグラファイトとを添加・混合した後、フッ素樹脂系結着剤を一定の割合で混合して正極合剤とする。ついで、この正極合剤をアルミ箔からなる正極集電体の両面に塗着し、乾燥した後、所定の厚みに圧延して比較例 3 の正極板 g とした。

【0033】

上述のようにして作製した実施例 1 ~ 4 の正極板 a, b, c, d および比較例 1 ~ 3 の正極板 e, f, g の厚みを測定するとともに、各正極板 a, b, c, d, e, f, g をそれぞれ 3 極式ガラスセル内に配置し、対極および参照極にリチウム金属を用いて配置して、4.3 V ~ 3.1 V まで充放電試験を行って初期充電容量を測定すると、下記の表 1 に示すような結果となった。

【0034】

【表 1】

正極板の種類	正極板の厚み (μm)	初期充電容量 (mAh/g)
a	180	112.8
b	176	115.5
c	172	118.3
d	169	121.0
e	184	110.0
f	163	126.5
g	130	165.0

【0035】

上記表 1 より明らかなように、マンガン酸リチウムにコバルト酸リチウムを添加することにより、エネルギー密度が向上し、原材料コストを大幅に低減させることが可能となる。

また、正極板の厚みも薄くできるので負荷特性が向上するとともに、マンガン酸リチウムのみを用いた正極板をコバルト酸リチウムの厚み程度まで圧延すると、注液時に電解液が完全に含液され難く、かつ、あまり圧延すると正極板の折り曲げ強度も弱くなるという問題も解決できるようになる。

【0036】

なお、マンガン酸リチウムあるいはコバルト酸リチウムの一部を異種金属で置換しても同様な効果を生じる正極板が得られるようになる。ここで、異種金属としては、マグネシウム(Mg)、アルミニウム(Al)、カルシウム(Ca)、バナジウム(V)、チタン(Ti)、クロム(Cr)、マンガン(Mn)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)、銅(Cu)、亜鉛(Zn)、ストロンチウム(Sr)、ジルコニウム(Zr)、ニオブ(Nb)、モリブデン(Mo)およびスズ(Sn)等から選択して用いるようにすればよい。

10

【0037】

2. 負極の作製

リチウムイオンを挿入・脱離し得る負極活物質とフッ素樹脂系結着剤と水とを混合して負極合剤とする。この負極合剤を銅箔からなる負極集電体の両面に塗着して負極板とする。なお、負極活物質としては、リチウムイオンを挿入・脱離し得るカーボン系材料、例えば、グラファイト、カーボンブラック、コークス、ガラス状炭素、炭素繊維、またはこれらの焼成体等が好適である。また、酸化錫、酸化チタン等のリチウムイオンを挿入・脱離し得る酸化物を用いてもよい。

20

【0038】

3. リチウムイオン試験電池の作製

上述のようにして作製した実施例1~4の正極板a, b, c, dおよび比較例1~3の正極板e, f, gにリードを取り付けるとともに、上述のようにして作製された負極板にリードを取り付け、これらの各正・負極板をポリプロピレン製のセパレータを介して渦巻状に巻回して各渦巻状電極体とする。これらの各渦巻状電極体をそれぞれの電池外装缶に挿入した後、各リードを正極端子あるいは負極端子に接続する。この外装缶内にエチレンカーボネート(EC)とジエチルカーボネート(DEC)の等容積混合溶媒に電解質塩として1モル/リットルの六フッ化リン酸リチウム(LiPF₆)を添加した電解液を注入した後、封口して公称容量500mAhの各試験電池A~Gを構成する。なお、電池の形状は薄型であっても、角形であっても、円筒型であってもどのような形状でも良いし、そのサイズについても特に制限はない。

30

【0039】

ここで、実施例1の正極板aを用いて構成した試験電池を実施例1の電池Aとし、実施例2の正極板bを用いて構成した試験電池を実施例2の電池Bとし、実施例3の正極板cを用いて構成した試験電池を実施例3の電池Cとし、実施例4の正極板dを用いて構成した試験電池を実施例4の電池Dとした。また、比較例1の正極板eを用いて構成した試験電池を比較例1の電池Eとし、比較例2の正極板fを用いて構成した試験電池を比較例2の電池Fとし、比較例3の正極板gを用いて構成した試験電池を比較例3の電池Gとした。

【0040】

なお、混合溶媒としては、上述したエチレンカーボネート(EC)にジエチルカーボネート(DEC)を混合したもの以外に、水素イオンを供給する能力のない非プロトン性溶媒を使用し、例えば、ジメチルカーボネート(DMC)、エチルメチルカーボネート(EMC)を混合したものをを用いることができる。また、その混合比については、ECに対してDEC、DMC、EMCから選択した1種を5:95~60:40の範囲で混合したものを使用できる。また、電解質としては、上述したLiPF₆以外に、LiBF₄、LiClO₄、LiN(SO₂C₂F₅)₂に代表されるイミド塩等を使用することができる。

40

【0041】

4. 試験

(1) 高温保存試験

50

上述のようにして作製した各電池 A ~ G を、室温の雰囲気中で 500 mA (1C) の充電電流で 4.2 V まで充電し、4.2 V 到達後から充電電流が 25 mA 以下となるまで 4.2 V 定電圧充電した後、10 分間休止し、500 mA (1C) の放電電流で放電終止電圧が 3.0 V になるまで放電させる 4.2 V - 500 mA 定電流 - 定電圧充電および 500 mA 定電流放電を行った。このように、充放電を行った後、室温の雰囲気中で 500 mA (1C) の充電電流で 4.2 V まで充電し、4.2 V 到達後から充電電流が 25 mA 以下となるまで 4.2 V 定電圧充電した後、60 の雰囲気中で 20 日間保存した。

【0042】

保存後の各電池 A ~ G の電池電圧とガス発生量を測定した後、500 mA (1C) の放電電流で放電終止電圧が 3.0 V になるまで放電させた時の放電時間から保存後放電容量を求め、初期容量に対する比を求めて容量維持率を算出した。また、これを再度、充放電させてその放電時間から回復容量を求め、初期容量に対する比を求めて容量回復率を算出した。これらの結果を下記の表 2 に示した。また、コバルト酸リチウムの添加量とガス発生量の関係をグラフにすると図 1 に示すような結果となった。

【0043】

【表 2】

電池種類	電圧降下 (V)	ガス発生量 (ml)	容量維持率 (%)	容量回復率 (%)
A	0.16	4.6	57	73
B	0.15	3.7	59	76
C	0.15	2.7	61	78
D	0.13	2.3	63	79
E	0.17	6.2	56	72
F	0.13	2.1	64	80
G	0.11	1.0	67	84

【0044】

上記表 2 から明らかなように、マンガン酸リチウムのみを正極活物質とした正極を用いた比較例 1 の電池 E はガス発生量が多いことが分かる。これは、マンガン酸リチウムはその強い酸化剤としての能力を有するため、電解液や電解質塩と反応して多量のガスを発生したと考えられる。これにより、ラミネート外装体を用いた電池のみならず、ハードケースを用いた電池の形状を変化させるとともに、内圧異常や漏液等の原因となって、電池の安全性を大きく低下させることとなる。

【0045】

一方、図 1 および表 2 より明らかなように、電池 A 電池 B 電池 C 電池 D 電池 F 電池 G というようにコバルト酸リチウムの添加量を増大させるに伴って、発生ガス量および電圧降下 (即ち、自己放電) が低下し、容量維持率および容量回復率が増大する結果となった。これは、コバルト酸リチウムを添加すると、コバルト酸リチウムは電解液等との反応を抑制する作用があるため、緩衝剤として作用してガス発生量が低減したと考えられ

る。

【 0 0 4 6 】

(2) 放電後保存試験

上述のようにして作製した各電池 A ~ G を、室温の雰囲気中で 5 0 0 m A (1 C) の充電電流で 4 . 2 V まで充電し、4 . 2 V 到達後から充電電流が 2 5 m A 以下となるまで 4 . 2 V 定電圧充電した後、1 0 分間休止し、5 0 0 m A (1 C) の放電電流で放電終止電圧が 3 . 0 V になるまで放電させる 4 . 2 V - 5 0 0 m A 定電流 - 定電圧充電および 5 0 0 m A 定電流放電を行った後、6 0 の雰囲気中で 2 0 日間保存し、保存後の各電池 A ~ G の電池電圧とガス発生量を測定すると、下記の表 3 に示すような結果となった。また、コバルト酸リチウムの添加量とガス発生量の関係をグラフにすると図 1 に示すような結果となっ

10

【 0 0 4 7 】

【 表 3 】

電池種類	電圧降下 (V)	ガス発生量 (m l)
A	1 . 6 2	6 . 3
B	0 . 9 8	3 . 8
C	0 . 6 3	2 . 4
D	0 . 4 3	2 . 1
E	3 . 4 4	8 . 9
F	0 . 3 7	1 . 8
G	0 . 1 7	0 . 8

20

30

【 0 0 4 8 】

上記表 3 から明らかなように、マンガン酸リチウムのみを正極活物質とした正極を用いた比較例 1 の電池 E は、充電保存後よりも放電保存後において、電池電圧がほぼ 0 V になるまで激しく自己放電し、電解液の分解を伴って多量のガスが発生した。これは、放電状態のマンガン酸リチウムは電解液等との分解反応により正極の電位が低下し、それに伴って負極の電位が上昇することと重なって分解ガスが多量に発生したと考えられる。

【 0 0 4 9 】

一方、図 1 および表 3 より明らかなように、電池 A 電池 B 電池 C 電池 D 電池 F 電池 G というようにコバルト酸リチウムの添加量を増大させるに伴って、発生ガス量および電圧降下 (即ち、自己放電) が低下する結果となった。この原因については明らかではないが、放電末期のマンガン酸リチウムの不安定な低電圧領域になるにつれてコバルト酸リチウムが有効に働き、マンガン酸リチウムの直接の劣化を防止して保存特性が向上したと考えられる。また、ガス発生については、コバルト酸リチウムが緩衝剤として作用してガス発生量が低減された考えられる。

40

【 0 0 5 0 】

(3) 高温サイクル試験

上述のようにして作製した各電池 A ~ G を、6 0 の雰囲気中で 5 0 0 m A (1 C) の充電

50

電流で4.2Vまで充電し、4.2V到達後から充電電流が25mA以下となるまで4.2V定電圧充電した後、10分間休止し、500mA(1C)の放電電流で放電終止電圧が3.0Vになるまで放電させるといふ充放電サイクル試験を行い、各サイクルでの放電容量を測定してグラフで表すと図2に示すような結果となった。

【0051】

なお、図2において、印は実施例1の正極a(コバルト酸リチウムの添加量が5重量%のもの)を用いた実施例1の電池Aを示し、印は実施例2の正極b(コバルト酸リチウムの添加量が10重量%のもの)を用いた実施例2の電池Bを示し、印は実施例3の正極c(コバルト酸リチウムの添加量が15重量%のもの)を用いた実施例3の電池Cを示し、印は実施例4の正極d(コバルト酸リチウムの添加量が19.5重量%のもの)を用いた実施例4の電池Dを示し、○印は比較例1の正極e(コバルト酸リチウムが無添加のもの)を用いた比較例1の電池Eを示し、印は比較例2の正極f(コバルト酸リチウムの添加量が30重量%のもの)を用いた比較例2の電池Fを示し、印は比較例3の正極g(コバルト酸リチウムのみのもの)を用いた比較例3の電池Gを示す。

10

【0052】

図2より明らかなように、コバルト酸リチウムの添加量が多いほどサイクル特性の劣化が少なくなることが分かる。これは、コバルト酸リチウムが緩衝剤として作用し、マンガン酸リチウムが電解液や電解質塩と直接反応するのが抑制されたものと考えられる。なお、この抑制効果はコバルト酸リチウムの添加量が多くなるにつれて増大することから、最低限でも5重量%以上とする必要がある。

20

【0053】

(4) 充放電試験

上述のようにして作製した各電池A~Gを、室温の雰囲気中で500mA(1C)の充電電流で4.2Vまで充電し、4.2V到達後から充電電流が25mA以下となるまで4.2V定電圧充電した後、10分間休止し、500mA(1C)の放電電流で放電終止電圧が3.0Vになるまで放電させ、その放電曲線を表すと、図3に示すような結果となった。

【0054】

なお、図3において、印は実施例1の正極a(コバルト酸リチウムの添加量が5重量%のもの)を用いた実施例1の電池Aを示し、印は実施例2の正極b(コバルト酸リチウムの添加量が10重量%のもの)を用いた実施例2の電池Bを示し、印は実施例3の正極c(コバルト酸リチウムの添加量が15重量%のもの)を用いた実施例3の電池Cを示し、印は実施例4の正極d(コバルト酸リチウムの添加量が19.5重量%のもの)を用いた実施例4の電池Dを示し、○印は比較例1の正極e(コバルト酸リチウムが無添加のもの)を用いた比較例1の電池Eを示し、印は比較例2の正極f(コバルト酸リチウムの添加量が30重量%のもの)を用いた比較例2の電池Fを示し、印は比較例3の正極g(コバルト酸リチウムのみのもの)を用いた比較例3の電池Gを示す。

30

【0055】

通常、コバルト酸リチウムを用いた正極の作動電圧はマンガン酸リチウムを用いた正極の作動電圧より低いいため、マンガン酸リチウムにコバルト酸リチウムを添加するとその作動電圧が低下すると考えられていた。しかしながら、図3より明らかなように、コバルト酸リチウムを20重量%まで添加した正極、即ち、実施例1の正極a(図3の印)、実施例2の正極b(図3の印)、実施例3の正極c(図3の印)、実施例4の正極d(図3の印)を用いた電池の作動電圧が高い結果となった。

40

【0056】

これは、コバルト酸リチウムの方がマンガン酸リチウムよりも電子導電性が優れているためと考えられる。即ち、コバルト酸リチウムの添加量が20重量%までであると、マンガン酸リチウムが有する作動電圧を維持しつつ、かつコバルト酸リチウムが有する導電性を維持できるため、マンガン酸リチウムにコバルト酸リチウムを添加することにより、その作動電圧が高くなったといふことができる。

【0057】

50

そして、コバルト酸リチウムの添加量が30重量%以上になると、コバルト酸リチウム単独の性能が現れて、コバルト酸リチウムの支配性を帯びてくるため、マンガン酸リチウム単独と同程度の作動電圧になるものと考えられる。以上のことから、コバルト酸リチウムの添加量は20重量%程度までが好ましい。なお、これらの各正極a～gを用い、対極および参照極に金属リチウム箔を使用して3極式ガラスセルにて4.3V～3.1Vまでの電圧領域で充放電試験を行った場合でも同様の結果が得られた。

【0058】

(5) 過充電試験

マンガン酸リチウムにコバルト酸リチウムを添加すると耐過充電特性が低下することが予想されるので、以下のように過充電試験を行い、耐過充電特性について検討した。即ち、上述のようにして作製した各電池A～Gをそれぞれ3個ずつ用意し、これらの3個ずつの各電池A～Gを500mA(1C)および1500mA(3C)の充電電流で過充電を行い、そのときの電池異常(電池安全弁の作動、漏液の発生等)を観測すると表4に示すような結果となった。なお、表4において、○印は3個とも異常を生じなかったことを示し、△印は3個のうち1個が異常を生じたことを示し、×印は3個の全てに異常が生じたことを示している。

【0059】

【表4】

電池種類	A	B	C	D	E	F	G
1C 過充電	○	○	○	○	○	○	○
3C 過充電	○	○	○	△	○	×	×

【0060】

上記表4から明らかなように、1Cの過充電においてはいずれの電池も異常が生じなかった。しかしながら、3Cの過充電においては、コバルト酸リチウムの性能支配が少ないと思われる15重量%までの添加量においては異常が生じなかったのに対して、添加量が30重量%以上になると異常が発生した。また、添加量が19.5重量%であると、異常が生じたものと、生じなかったものがあった。このことから、コバルト酸リチウムの添加量は20重量%未満にすることが望ましい。

【0061】

また、コバルト酸リチウムの添加量を15重量%とした正極(実施例3の正極c)を用いた電池Cについての3C過充電時の特性(過充電時間に対する電池電圧、過充電電流、電池表面温度)を測定すると、図4に示すような結果となり、コバルト酸リチウムの添加量を19.5重量%とした正極(実施例4の正極d)を用いた電池Dについての3C過充電時の特性を測定すると、図5に示すような結果となった。なお、この3C過充電試験においては、電池電圧が1.2Vになると、充電電流がカットされるような回路を用いて行った。

【0062】

図4の場合は、電池電圧が1.2Vのとき、電池の表面温度は80℃前後と低く、充電電流がカットされた後は余熱で電池温度が上昇しているだけで、放熱が徐々に行われた。一方、図5の場合は、電池電圧が1.2Vのとき、すでに電池の表面温度は200℃以上の高温となっており、安全弁が作動して放熱され、電池温度が急激に下降した。以上のことから、コバルト酸リチウムの添加量を20重量%以上とした場合には、過充電時に熱暴走が生じるため、コバルト酸リチウムの添加量は20重量%未満とすることが望ましい。

【0063】

4. 混合方法の検討

ついで、コバルト酸リチウムの添加量を15重量%と固定して、マンガン酸リチウムとの混合方法を変化させた場合の電池性能の相違について検討した。即ち、上述したように、マンガン酸リチウムに15重量%のコバルト酸リチウムを添加し、これらに適量の炭素導電剤およびグラファイトとを混合した後に、圧縮・衝撃・剪断作用を生じさせるように高速攪拌処理した正極活物質合剤を用いて形成したものを正極c（実施例3の正極cと同様である）とした。

【0064】

また、マンガン酸リチウムと、15重量%のコバルト酸リチウムと、適量の炭素導電剤およびグラファイトとを混合（単純混合）したものをスラリー状に分散させた正極活物質合剤を用いて形成したものを正極hとした。また、マンガン酸リチウムと、15重量%のコバルト酸リチウムと、適量の炭素導電剤およびグラファイトとを混合した後、らいかい式乳鉢に擦り潰しながら混合して、圧縮・粉碎作用により混合（粉碎混合）した正極活物質合剤を用いて形成したものを正極iとした。

10

【0065】

このようにして得られた正極活物質合剤を電子顕微鏡で観察すると、高速攪拌処理した正極活物質合剤はそれぞれの粒子が直接接触して混合されている粒子が多かったのに対して、単純混合したものは直接接触して混合されている粒子が少なかった。また、これらの正極活物質合剤の粒度分布を分布測定すると、図6に示すような結果となった。なお、図6において、図6(a)は高速攪拌処理した粒子の粒度分布を示し、図6(b)は単純混合した粒子の粒度分布を示し、図6(c)は粉碎混合した粒子の粒度分布を示している。

20

【0066】

図6より明らかのように、粉碎混合においては粒子径が小さい粒子の分布が多いことが分かる。これは、粉碎混合においては、マンガン酸リチウム等を製造する際の焼結時に生じた2次粒子を破壊しながら混合されたためと考えられる。一方、高速攪拌処理においては、単純混合とほぼ同様な粒度分布になっていることが分かる。これは、高速攪拌処理においては2次粒子の形状をほぼ維持して混合することができることを意味している。

【0067】

ついで、上述のようにして作製した各正極c, h, iを用いて、上述と同様に公称容量500mAhの試験電池を作製した。なお、正極cを用いた電池を電池Cとし、正極hを用いた電池を電池Hとし、正極iを用いた電池を電池Iとした。これらの各電池C, H, Iと、上述した電池E（比較例1の正極eを用いた電池）を用いて、上述と同様に充放電を行って放電曲線（500mA（1C））を求めると図7に示すような結果となった。図7より明らかのように、いずれの混合方法であっても、コバルト酸リチウムの添加効果があることが分かる。しかしながら、高速攪拌処理を行った正極cを用いた電池Cおよび粉碎混合を行った正極iを用いた電池Iは単純混合を行った正極hを用いた電池Hよりも優れた特性となった。

30

【0068】

ついで、これらの各電池C, H, Iと、上述した電池E（比較例1の正極eを用いた電池）を用いて、上述と同様に高温（60℃）充放電サイクル試験を行って、サイクル特性を求めると図8に示すような結果となった。図8より明らかのように、高速攪拌処理を行った正極cを用いた電池Cは粉碎混合を行った正極iを用いた電池Iよりも優れた特性となった。これは、粉碎混合を行った正極iにおいては、マンガン酸リチウムの製造工程で得られた2次粒子を破壊しながら混合するため、2次粒子の持つ正極としての性能を低下させたと考えられる。以上のことから、コバルト酸リチウムを添加した効果をうまく引き出すためには粒子形状を維持しつつ一体化した粒子の割合が多いことが望ましい。

40

【0069】

5. ニッケル酸リチウムを添加した場合

ついで、コバルト酸リチウムに代えてニッケル酸リチウムをマンガン酸リチウムに添加した場合について検討した。

一般式 $Li_{1+x}Mn_{2-y}O_4$ （但し、 $-0.2 < x < 0.2$ かつ $y > 1.0$ である）で表さ

50

れるスピネル型マンガン酸リチウム 85 重量%と、一般式 $Li_{1+z}NiO_2$ (但し、 $-0.5 \leq z \leq 0.5$) で表されるニッケル酸リチウム 15 重量%との複合粉末を 200 g 用意し、これらに適量の炭素導電剤とグラファイトとを添加・混合した混合粉末を混合装置 (例えば、ホソカワミクロン製メカノフュージョン装置 (AM-15F)) 内に充填する。

【0070】

これを、回転数 1500 rpm で 10 分間作動させて、圧縮・衝撃・剪断作用を起こさせて混合して混合正極活物質とする。この混合により、マンガン酸リチウムに対してニッケル酸リチウムが電氣的に接触した状態となる。ついで、この混合正極活物質にフッ素樹脂系結着剤を一定の割合で混合して正極合剤とする。ついで、この正極合剤をアルミ箔からなる正極集電体の両面に塗着し、乾燥した後、所定の厚みに圧延して正極板 j とした。

10

【0071】

ついで、上述のようにして作製した正極板 j を用いて、上述と同様に公称容量 500 mAh の試験電池 J を作製した。この電池 J と、上述した電池 C (実施例 3 の正極板 c を用いた電池) および電池 E (比較例 1 の正極板 e を用いた電池) を用いて、上述と同様に充放電 (500 mA (1C)) を行って放電曲線を求めると図 9 に示すような結果となった。図 9 より明らかなように、コバルト酸リチウムに代えてニッケル酸リチウムを添加しても、マンガン酸リチウム単独よりも放電性能が向上していることが分かる。

【0072】

ついで、これらの各電池 J, E, C を用いて、上述と同様に 4.2 V まで充電した後、高温 (60) で 20 日間保存した場合の電池電圧およびガス発生量を測定するとともに、容量維持率および容量回復率を求めると下記の表 5 に示すような結果となった。

20

【0073】

【表 5】

電池種類	電圧降下 (V)	ガス発生量 (ml)	容量維持率 (%)	容量回復率 (%)
J	0.16	3.1	59	76
E	0.17	6.2	56	72
C	0.15	2.7	61	78

30

【0074】

また、これらの各電池 J, E, C を用いて、上述と同様に 3.0 V まで放電した後、高温 (60) で 20 日間保存した場合の電池電圧およびガス発生量を測定すると下記の表 6 に示すような結果となった。

【表 6】

40

電池種類	電圧降下 (V)	ガス発生量 (ml)
J	1.21	3.1
E	3.44	8.9
C	0.63	2.4

50

【0075】

上記表5及び表6から明らかなように、コバルト酸リチウムに代えてニッケル酸リチウムを添加しても、マンガン酸リチウム単独よりも放電性能を向上させることができた。

【0076】

6. マンガン酸リチウムのリチウムとマンガンの原子比の検討

上述したマンガン酸リチウムは、リチウムとマンガンの原子比(Li/Mn)が0.601のスピネル型マンガン酸リチウムを用いたが、この原子比(Li/Mn)はマンガン酸リチウムの持つエネルギー密度および60でのサイクル特性に密接に関わってくるため、この原子比(Li/Mn)について検討した。

まず、原子比(Li/Mn)に対する60での300サイクル時の容量維持率(サイクル特性)を求めると、図10に示すような結果となった。また、原子比(Li/Mn)に対する単位活物質当たりの正極活物質容量(正極活物質比容量(mAh/g))を測定すると図11に示すような結果となった。

10

【0077】

図10から言えることは、原子比(Li/Mn)が0.56以上であれば、原子比(Li/Mn)が大きくなるほど高温時(60)の300サイクル時の容量維持率が高くなるが、原子比(Li/Mn)が0.62より大きくなってもこれ以上は容量維持率は大きくはならなかった。一方、図11から言えることは、原子比(Li/Mn)が大きくなると正極活物質比容量が小さくなった。以上のことから、容量維持率からすると原子比(Li/Mn)は0.56以上とする必要があるが、あまり原子比(Li/Mn)が大きくなると、今度は正極活物質比容量が小さくなるため、容量維持率が変わらなくなる0.62までで十分である。結局、原子比(Li/Mn)が0.56 Li/Mn 0.62の関係となるような値のものから選択して用いるのが望ましい。

20

【0078】

また、マンガン酸リチウムの一部を異種金属(例えば、Mg、Al、Ca、V、Ti、Cr、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Sr、Zr、Nb、MoおよびSn等)で置換したものについては、置換する金属によって異なるが、リチウムと、マンガンと異種金属(Metal)の和との原子比(Li/(Mn+Metal))が0.56 Li/(Mn+Metal) 0.62の関係となるような値のものから選択して用いるのが望ましい。

【0079】

7. 高分子固体電解質電池の作製

上述した例においては、本発明をリチウムイオン電池に適用する例について説明したが、本発明をポリマー電池(高分子固体電解質電池)に適用すれば有効である。特に、ポリマー電池は電解液と比較して粘度が高いため、マンガン酸リチウム単独での使用は含液性の点で大きな問題となってくる。本発明をポリマー電池に適用すれば、正極板の厚みを薄くできるため、この点からも有効である。

30

【0080】

なお、ここでいうポリマーとは、ポリカーボネート系固体高分子、ポリアクリロニトリル系固体高分子、およびこれらの二種以上からなる共重合体もしくは架橋した高分子、ポリフッ化ビニリデン(PVDF)のようなフッ素系固体高分子から選択される高分子とリチウム塩と電解液を組み合わせることでゲル状にした固体電解質である。

40

【0081】

ついで、ポリマー電池(高分子固体電解質電池)の作製例について説明する。ポリエチレン多孔質体を正極板と負極板とで挟み込んだ後、電池外装体内に挿入する。この電池外装体内に、ポリエチレングリコールジアクリレート(分子量が1000のもの)とエチレンカーボネートあるいはジエチルカーボネートの等量混合溶媒に、1mol/lとなるように6フッ化リン酸リチウム(LiPF₆)を溶解した溶液とを容量比が1:10の割合となるように混合する。この混合溶液に重合開始剤としてt-ヘキシルパーオキシピバレートを5000ppm添加したものを3ml注入した後、60の温度で3時間加熱して硬化処理して、ポリマー電池を作製する。ここで、正極板として上述した実施例3の正極板

50

cを用いたポリマー電池を電池Kとし、比較例1の正極板eを用いたポリマー電池を電池Lとした。

【0082】

ついで、これらの各電池K, Lを用いて、上述と同様に4.2Vまで充電した後、高温(60)で20日間保存した場合の電池電圧およびガス発生量を測定するとともに、容量維持率および容量回復率を求めると下記の表7に示すような結果となった。

【0083】

【表7】

電池種類	電圧降下 (V)	ガス発生量 (ml)	容量維持率 (%)	容量回復率 (%)
K	0.13	1.6	63	79
L	0.15	4.8	59	73

10

【0084】

また、これらの各電池K, Lを用いて、上述と同様に3.0Vまで放電した後、高温(60)で20日間保存した場合の電池電圧およびガス発生量を測定すると下記の表8に示すような結果となった。

20

【表8】

電池種類	電圧降下 (V)	ガス発生量 (ml)
K	0.53	1.7
L	3.22	5.3

30

【0085】

上記表7、表8より明らかなように、ポリマー電池においてもリチウムイオン電池と同様にコバルト酸リチウムの添加効果が現れていることが分かる。

以上に述べたように、本発明によれば、主正極活物質であるマンガン酸リチウムに適量のコバルト酸リチウムあるいはニッケル酸リチウムから選択した少なくとも1種を添加することにより、高温特性、保存特性に優れ、かつ放電作動電圧に優れた非水電解液電池が得られるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 60 保存時のコバルト酸リチウムの添加量とガス発生量の関係を示す図である。

40

【図2】 60 でのサイクル特性を示す図である。

【図3】 1Cでの放電曲線を示す図である。

【図4】 コバルト酸リチウムの添加量が15重量%の場合での3C過充電時間と、電池電圧、充電電流、電池表面温度の関係を示す図である。

【図5】 コバルト酸リチウムの添加量が20重量%の場合での3C過充電時間と、電池電圧、充電電流、電池表面温度の関係を示す図である。

【図6】 混合方法を代えた場合の正極合剤の粒度分布を示す図である。

【図7】 混合方法を代えた場合の1Cでの放電曲線を示す図である。

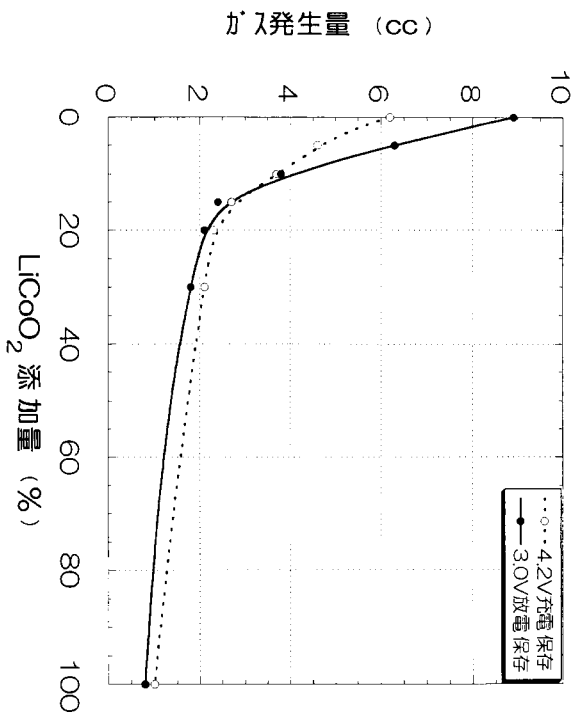
【図8】 混合方法を代えた場合の60 でのサイクル特性を示す図である。

【図9】 添加材料に相違による1Cでの放電曲線を示す図である。

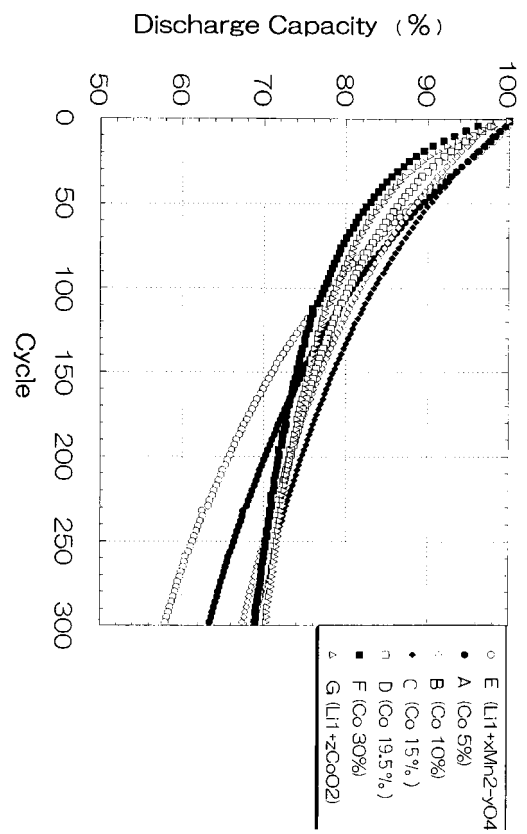
50

- 【図10】 リチウムとマンガンの原子比に対する容量維持率の関係を示す図である。
- 【図11】 リチウムとマンガンの原子比に対する比容量の関係を示す図である。

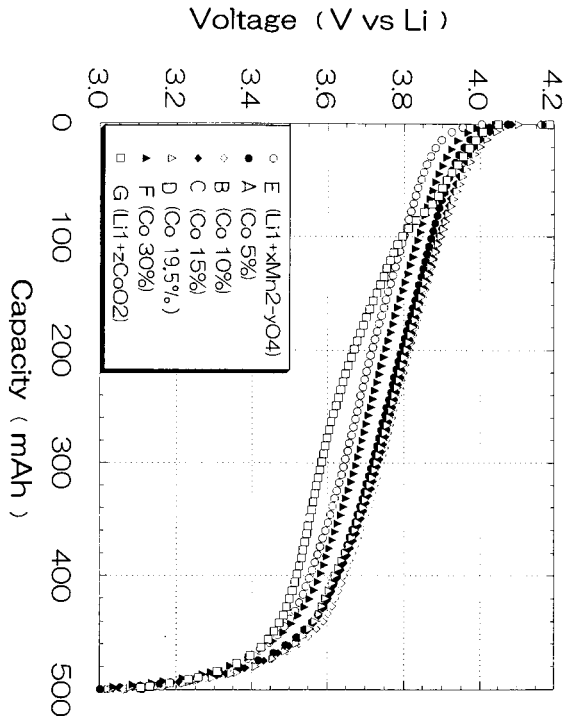
【図1】



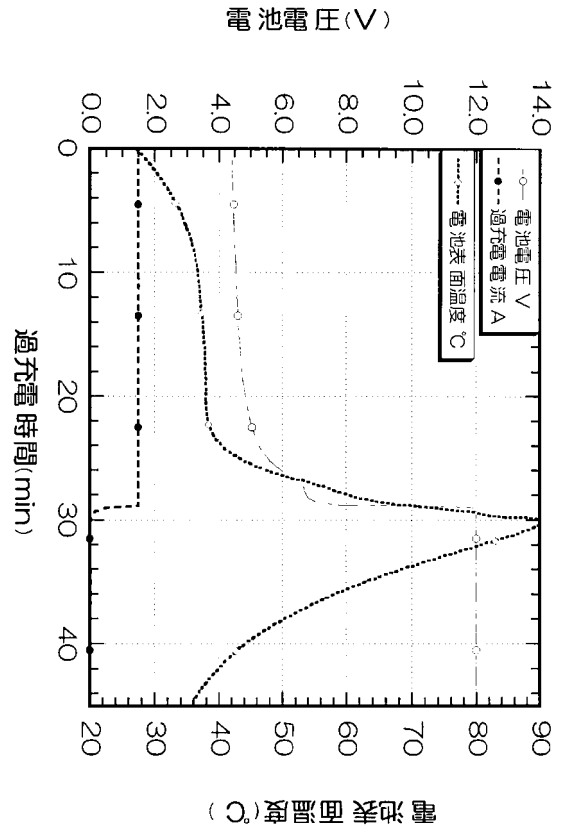
【図2】



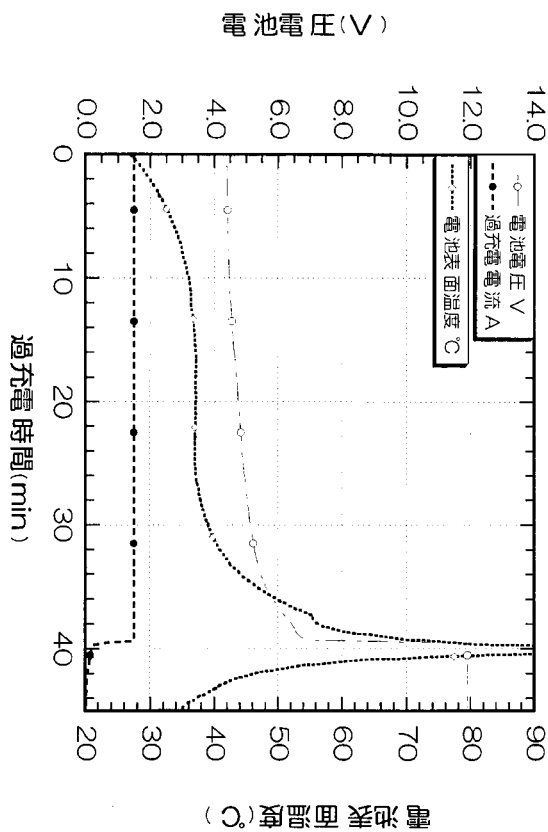
【 図 3 】



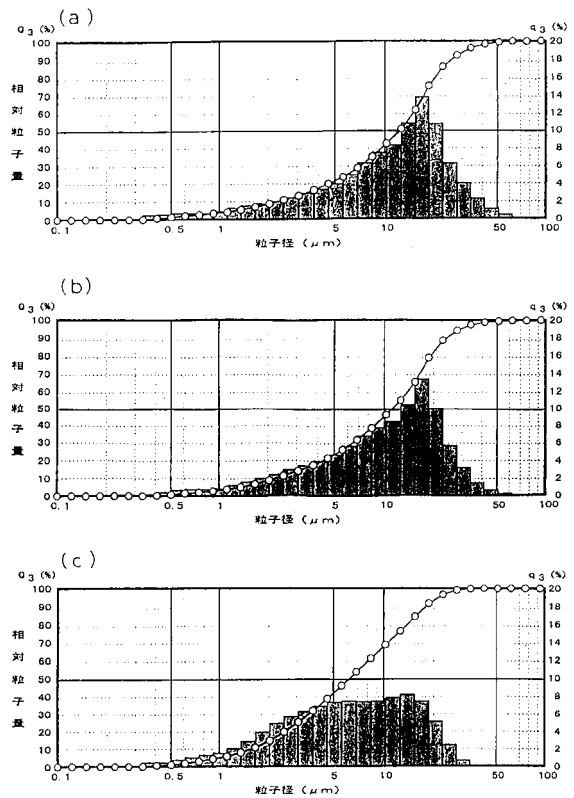
【 図 4 】



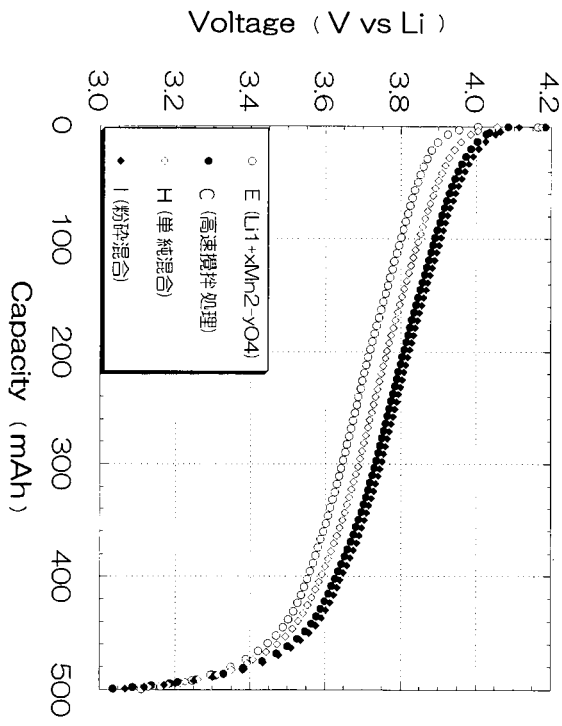
【 図 5 】



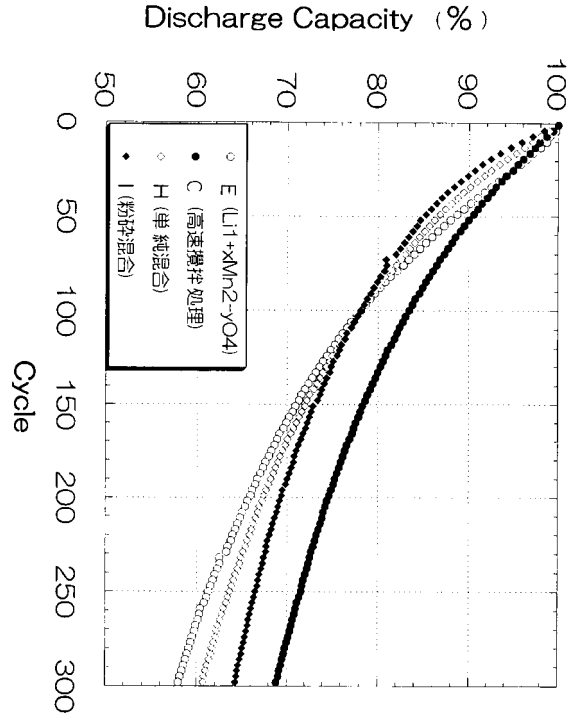
【 図 6 】



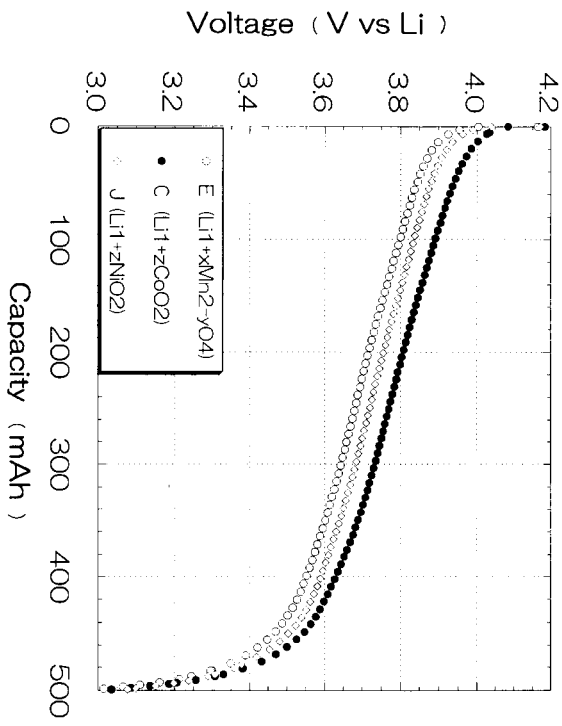
【 図 7 】



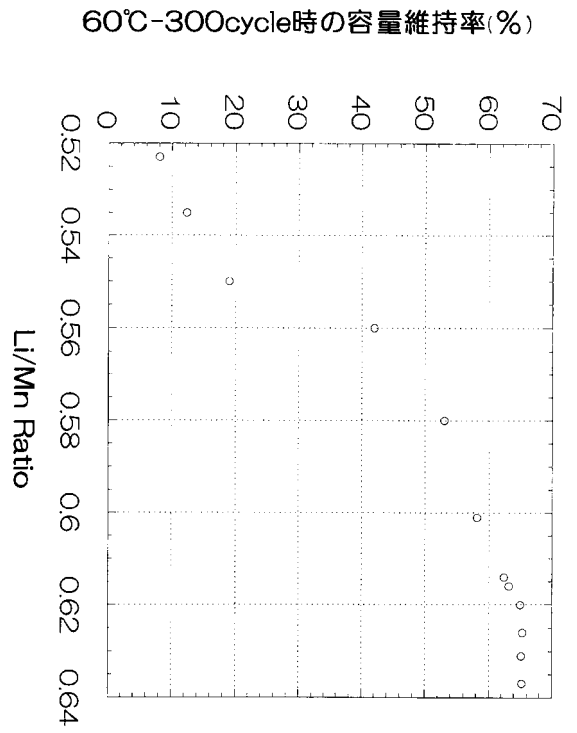
【 図 8 】



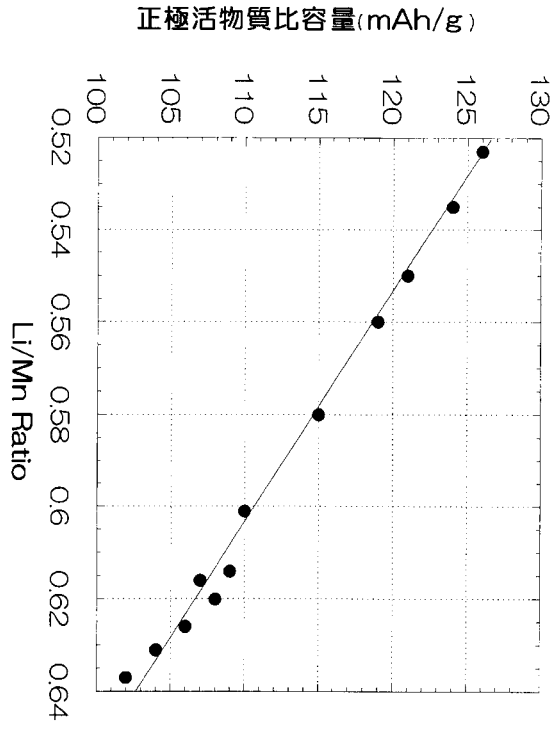
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 中溝 紫織
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

審査官 青木 千歌子

(56)参考文献 特開2000-077071(JP,A)
特開2000-077097(JP,A)
特開平9-35715(JP,A)
国際公開第97/1191(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01M 4/00- 4/62