

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電極活物質と、電子伝導性を有する導電助剤と、前記電極活物質と前記導電助剤とを結着させることが可能な結着剤と、を含む造粒粒子と、
前記造粒粒子を分散又は溶解可能な液体と、
を構成成分として含むこと、
を特徴とする電極形成用塗布液。

【請求項 2】

前記造粒粒子には、導電性高分子が更に含有されていることを特徴とする請求項 1 に記載の電極形成用塗布液。

10

【請求項 3】

前記構成成分として導電性高分子又は該導電性高分子の構成材料となるモノマーが更に含有されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の電極形成用塗布液。

【請求項 4】

電極活物質と、電子伝導性を有する導電助剤と、前記電極活物質と前記導電助剤とを結着させることが可能な結着剤と、を含む造粒粒子を構成材料として含む導電性の活物質含有層と、
前記活物質含有層に電氣的に接触した状態で配置される導電性の集電部材と、を少なくとも有していること、
を特徴とする電極。

20

【請求項 5】

前記活物質含有層には、導電性高分子が更に含有されていることを特徴とする請求項 4 に記載の電極。

【請求項 6】

前記造粒粒子には、導電性高分子が更に含有されていることを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の電極。

【請求項 7】

アノードと、カソードと、イオン伝導性を有する電解質層とを少なくとも備えており、前記アノードと前記カソードとが前記電解質層を介して対向配置された構成を有する電気化学素子であって、
前記アノード及び前記カソードのうちの少なくとも一方が、
電極活物質と、電子伝導性を有する導電助剤と、前記電極活物質と前記導電助剤とを結着させることが可能な結着剤と、を含む造粒粒子を構成材料として含む導電性の活物質含有層と、
前記活物質含有層に電氣的に接触した状態で配置される導電性の集電部材と、を少なくとも有していること、
を特徴とする電気化学素子。

30

【請求項 8】

前記活物質含有層には、導電性高分子が更に含有されていることを特徴とする請求項 7 に記載の電気化学素子。

40

【請求項 9】

前記造粒粒子には、導電性高分子が更に含有されていることを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の電気化学素子。

【請求項 10】

前記電解質層が固体電解質からなることを特徴とする請求項 7～9 の何れか 1 項に記載の電気化学素子。

【請求項 11】

前記固体電解質が、セラミックス固体電解質又は固体高分子電解質からなることを特徴とする請求項 10 に記載の電気化学素子。

【請求項 12】

50

電極活物質からなる粒子に導電助剤と結着剤とを被覆させて一体化することにより造粒粒子を得る工程と、
前記造粒粒子を分散または溶解可能な液体に前記造粒粒子を添加する工程と、を有することを特徴とする電極形成用塗布液の製造方法。

【請求項 13】

前記造粒粒子を得る工程は、
前記結着剤と前記導電助剤と溶媒とを含む原料液を調製する工程と、
前記原料液を前記電極活物質からなる粒子に付着、乾燥させることにより、前記電極活物質からなる粒子の表面に付着した前記原料液から前記溶媒を除去し、前記結着剤を介して前記電極活物質からなる粒子と前記導電助剤からなる粒子とを密着させる工程と、
を含むことを特徴とする請求項 12 に記載の電極形成用塗布液の製造方法。 10

【請求項 14】

前記造粒粒子を得る工程において、前記原料液を噴霧することにより前記原料液を前記電極活物質からなる粒子に付着させること、
を特徴とする請求項 13 に記載の電極形成用塗布液の製造方法。

【請求項 15】

前記原料液に含まれる前記溶媒は前記結着剤を溶解可能であるとともに前記導電助剤を分散可能であることを特徴とする請求項 13 又は 14 に記載の電極形成用塗布液の製造方法。

【請求項 16】

前記原料液には、導電性高分子が更に溶解されていることを特徴とする請求項 13 ～ 15 の何れか 1 項に記載の電極形成用塗布液の製造方法。 20

【請求項 17】

前記液体には、導電性高分子又は該導電性高分子の構成材料となるモノマーが更に溶解されていることを特徴とする請求項 12 ～ 16 の何れか 1 項に記載の電極形成用塗布液の製造方法。

【請求項 18】

電極活物質を含む導電性の活物質含有層と、前記活物質含有層に電氣的に接触した状態で配置される導電性の集電部材と、を少なくとも有する電極の製造方法であって、
前記集電部材の前記活物質含有層を形成すべき部位に、請求項 12 ～ 17 の何れか 1 項に記載の電極形成用塗布液の製造方法により製造された電極形成用塗布液を塗布する工程と、
前記集電部材の前記活物質含有層を形成すべき部位に塗布された前記電極形成用塗布液からなる液膜を固化させる工程と、を含むこと、
を特徴とする電極の製造方法。 30

【請求項 19】

前記電極形成用塗布液には導電性高分子の構成材料となるモノマーが含まれており、
前記液膜を固化させる工程において、前記モノマーの重合反応を進行させ前記導電性高分子を生成させること、
を特徴とする請求項 18 に記載の電極の製造方法。 40

【請求項 20】

前記導電性高分子が紫外線硬化樹脂であり、
前記液膜を固化させる工程において、前記液膜の構成材料となる前記モノマーの重合反応を進行させること、
を特徴とする請求項 19 に記載の電極の製造方法。

【請求項 21】

アノードと、カソードと、イオン伝導性を有する電解質層とを少なくとも備えており、前記アノードと前記カソードとが前記電解質層を介して対向配置された構成を有する電気化学素子の製造方法であって、
前記アノード及びカソードの少なくとも一方の電極として、請求項 18 ～ 20 の何れか 1 50

項に記載の電極の製造方法により製造された電極を使用すること、
を特徴とする電気化学素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電極形成用塗工液、並びに、これを用いて形成される電極及びこの電極を備える、電池、電気分解セル又はキャパシタ等の電気化学素子に関する。また、本発明は、電極形成用塗布液の製造方法、電極の製造方法及び電気化学素子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年の携帯機器の発展には目覚ましいものがあり、その大きな原動力としては、これらの機器の電源として広く採用されているリチウムイオン二次電池をはじめとする高エネルギー電池の発展が挙げられる。

【0003】

リチウムイオン二次電池は、主として、カソードと、アノードと、カソードとアノードとの間に配置される電解質層（例えば、液状電解質又は固体電解質からなる層）とから構成されている。従来から、上記カソード及び／又はアノードは、それぞれの電極活物質と、結着剤と、導電助剤とを含む電極形成用の塗布液（例えば、スラリー状或いはペースト状のもの）を調製し、この塗布液を集電部材（例えば、金属箔等）の表面に塗布し、次いで乾燥させることにより、電極活物質を含む層を集電部材の表面に形成する工程を経て製造されている。なお、この方法（湿式法）においては、塗布液に導電助剤を添加しない場合もある。また、塗布液に導電性高分子を更に添加し、いわゆる「ポリマー電極」を形成する場合もある。更に、電解質層が固体の場合には、塗布液を電解質層の表面に塗布する手順の方法を採用する場合もある。

【0004】

そして、リチウムイオン二次電池は、今後の携帯機器の発展に対応すべく電池特性の更なる向上（例えば、高容量化、安全性の向上、エネルギー密度の向上等）を目指して様々な研究開発が進められている。特に、リチウムイオン二次電池においては、電池の軽量化、エネルギー密度の向上及び安全性の向上を図る観点から、固体電解質からなる電解質層を採用した、いわゆる「全固体型電池」の構成を実現するための試みがなされている。

【0005】

上述の「全固体型電池」の構成を有する電池は下記（Ⅰ）～（Ⅴ）の利点を有する。即ち、（Ⅰ）電解質層が液状電解液ではなく固体電解質からなるため、液漏れの発生がなく、優れた耐熱性（高温安定性）を得ることができ、電解質成分と電極活物質との反応を十分に防止できる。そのため、優れた電池の安全性及び信頼性を得ることができる。（Ⅱ）液状電解液からなる電解質層では困難であった金属リチウムをアノードとして使用すること（いわゆる「金属リチウム二次電池」を構成すること）が容易にでき、更なるエネルギー密度の向上を図ることができる。（Ⅲ）複数の単位セルを1つのケース内に配置させたモジュールを構成する場合に、液状電解液からなる電解質層では実現不可能であった複数の単位セルの直列接合が可能になる。そのため、様々な出力電圧、特に比較的大きな出力電圧を有するモジュールを構成することができる。（Ⅴ）液状電解液からなる電解質層を備える場合に比較して、採用可能な電池形状の自由度が広くなると共に電池をコンパクトに構成することが容易にできる。そのため、電源として搭載される携帯機器等の機器内の設置条件（設置位置、設置スペースの大きさ及び、設置スペースの形状等の条件）に容易に適合させることができる。

【0006】

上述の電解質層の構成材料となるリチウムイオン伝導性を有する固体電解質としては、例えば、〔i〕固体高分子電解質（いわゆる真性ポリマー電解質）又は、セラミックス固体電解質（ガラス材料等の無機材料からなる電解質）、〔ii〕固体高分子電解質を可塑化（ゲル化）したポリマー電解質（ゲル電解質）、〔iii〕液状電解質（例えば、有機溶

10

20

30

40

50

媒に電解質塩を溶解させた液等）と、可塑剤（ゲル化剤）とフッ素樹脂等のポリマーを混合して得られるポリマー電解質（ゲル電解質）等が知られている。

【0007】

また、上述の固体電解質からなる電解質層と、先に述べた従来一般の製造方法（湿式法）により製造した電極とを備えた構成を有する全固体型電池としては、ポリフッ化ビニリデン系の固体電解質をゲル化したものからなる電解質層を備える電池（例えば、特許文献1参照）、及び、ポリフッ化ビニリデン系共重合体及び／又はフッ化ビニリデン系共重合体を含む固体高分子電解質からなるものを備える電池（例えば、特許文献2参照）が知られている。

【0008】

【特許文献1】

米国特許第5296318号明細書（請求項1）

【特許文献2】

特開平10-21963号公報（請求項1）

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、固体高分子電解質又はセラミックス固体電解質を用いた全固体型電池は、作動温度が比較的高い範囲（即ち、60～120℃の範囲）においては良好な発電（充放電）が可能である反面、作動温度が比較的低い室温等の40℃以下の範囲においては発電（充放電）が著しく困難となる問題があった。従って、使用されるべき機器（携帯機器等）の作動温度領域が比較的低い場合（特に25℃付近の場合）には、固体高分子電解質又はセラミックス固体電解質を用いた全固体型電池を電源として採用することが非常に困難となるという問題があった。

【0010】

上述の問題は、全固体型電池の構成を意図した場合には、液状電解質を使用する場合に比較して、電解質層のイオン伝導率が大きく低下することや、電解質層と電極との界面抵抗が大きくなること等から、更に顕著となる。

【0011】

また、上記のリチウムイオン二次電池の他の種類の一次電池及び二次電池においても、先に述べた従来一般の製造方法（湿式法）、即ち、電極活物質、導電助剤及び結着剤を少なくとも含むスラリーを用いる方法により製造した電極を有するものについては上述と同様の問題があった。

【0012】

更に、電池における電極活物質のかわりに電子伝導性の材料（炭素材料又は金属酸化物）を用い、これと導電助剤及び結着剤を少なくとも含むスラリーを用いる方法により製造した電極を有する電気分解セル、及び、キャパシタ（電気二重層キャパシタ、アルミ電解コンデンサ等）においても、上述と同様の問題があった。

【0013】

本発明は、上記従来技術の有する課題に鑑みてなされたものであり、比較的低い作動温度領域においても電極反応を十分に進行させることが可能な優れた分極特性を有する電極を容易かつ確実に形成することのできる電極形成用塗布液、これを用いて形成される電極、及び、この電極を備えた電気化学素子を提供することを目的とする。また、本発明は、上記電極形成用塗布液、電極及び電気化学素子をそれぞれ容易かつ確実に得ることのできる製造方法を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは、上記目的を達成すべく鋭意研究を重ねた結果、固体高分子電解質又はセラミックス固体電解質を用いた全固体型電池用の電極形成に従来の電池と同様の方法を採用したのでは、電極形成の際に先に述べた電極活物質、導電助剤及び結着剤を少なくとも含むスラリーを用いる方法を採用しているため、得られる電極の活物質含有層中の電極活物

10

20

30

40

50

質、導電助剤及び結着剤の分散状態が不均一となっていることが上述の問題の発生に対して大きな影響を及ぼしていることを見出した。

【0015】

すなわち、従来のスラリーを用いる方法では、スラリーを集電部材の表面に塗布して当該表面にスラリーからなる塗膜を形成し、この塗膜を乾燥させて溶媒を除去することにより活物質含有層を形成する。本発明者らは、この塗膜の乾燥の過程において、比重の軽い導電助剤及び結着剤が塗膜表面付近まで浮き上がってしまい、その結果、塗膜中の電極活物質、導電助剤及び結着剤の分散状態が不均一となり、電極活物質、導電助剤及び結着剤の三者間の密着性が十分に得られず、得られる活物質含有層中に良好な電子伝導パスが構築されなくなっていることを見出した。更に、本発明者らは、この場合、塗膜中の電極活物質、導電助剤及び結着剤の分散状態が不均一となるため、集電体に対する電極活物質及び導電助剤の密着性も十分に得られていないことを見出した。

10

【0016】

そして本発明者らは、以下の造粒粒子を構成成分として含む電極形成用塗布液を用いて電極を形成することが、上記目的の達成に対して極めて有効であることを見出し、本発明に到達した。

【0017】

すなわち、本発明は、電極活物質と、電子伝導性を有する導電助剤と、前記電極活物質と前記導電助剤とを結着させることが可能な結着剤と、を含む造粒粒子と、造粒粒子を分散又は溶解可能な液体と、を構成成分として含むこと、を特徴とする電極形成用塗布液を提供する。

20

【0018】

ここで、本発明において、造粒粒子の構成材料となる「電極活物質」とは、形成すべき電極により以下の物質を示す。すなわち、形成すべき電極が一次電池のアノードとして使用される電極の場合には「電極活物質」とは還元剤を示し、一次電池のカソードの場合には「電極活物質」とは酸化剤を示す。また、「電極活物質よりなる粒子」中には、本発明の機能（電極活物質の機能）を損なわない程度の電極活物質以外の物質が入っていてもよい。

【0019】

また、形成すべき電極が二次電池に使用されるアノード（放電時）の場合には、「電極活物質」とは還元剤であって、その還元体及び酸化体の何れの状態においても化学的安定に存在可能な物質であり、酸化体から還元体への還元反応及び還元体から酸化体への酸化反応が可逆的に進行可能である物質を示す。更に、形成すべき電極が二次電池に使用されるカソード（放電時）の場合には、「電極活物質」とは酸化剤であって、その還元体及び酸化体の何れの状態においても化学的安定に存在可能な物質であり、酸化体から還元体への還元反応及び還元体から酸化体への酸化反応が可逆的に進行可能である物質を示す。

30

【0020】

なお、上記以外にも、形成すべき電極が一次電池及び二次電池に使用される電極の場合、「電極活物質」は、電極反応に関与する金属イオンを吸蔵又は放出（インターカレート、又は、ドープ・脱ドープ）することが可能な材料であってもよい。この材料としては、例えば、リチウムイオン二次電池のアノード及び／又はカソードに使用される炭素材料や、金属酸化物（複合金属酸化物を含む）等が挙げられる。

40

【0021】

また、形成すべき電極が電気分解セルに使用される電極又はキャパシタ（コンデンサ）に使用される電極の場合には、「電極活物質」とは、電子伝導性を有する、金属（金属合金を含む）、金属酸化物又は炭素材料を示す。

【0022】

上述のように、本発明においては、導電助剤、電極活物質及び結着剤のそれぞれを極めて良好な分散状態で互いに密着せしめた造粒粒子を予め形成し、これを電極形成用塗布液の構成成分として使用する。そのため、集電部材表面にこの塗布液からなる液膜を形成し、

50

次いで、液膜を固化させる過程（例えば液膜を乾燥させる等の仮定）において、従来のような導電助剤、電極活物質及び結着剤の間の密着性の低下、並びに、集電部材表面に対する導電助剤及び電極活物質の密着性の低下を十分に防止することができる。そのため、本発明者らは、本発明において得られる電極の活物質含有層内には従来の電極に比較して極めて良好な電子伝導パス（電子伝導ネットワーク）が３次元的に構築されていると推察している。

【００２３】

なお、（Ａ）造粒粒子を形成する際に構成材料としてイオン伝導性を有する導電性高分子を更に添加するか、（Ｂ）電極形成用塗布液を調製する際に、導電性高分子を造粒粒子以外の構成成分として添加するか、（Ｃ）導電性高分子を、造粒粒子の構成材料、及び、電極形成用塗布液の構成成分として何れにも添加するかのいずれかの手法をおこなうことによっても、電極の活物質含有層内に極めて良好なイオン伝導パスを容易に構築することができる。なお、造粒粒子の構成材料となる結着剤としてイオン伝導性を有する導電性高分子を使用可能な場合には、この結着剤も活物質含有層内のイオン伝導パスの構築に寄与すると考えられる。また、導電性高分子が、電子伝導性を有する高分子電解質であってもよい。

10

【００２４】

すなわち、本発明では、従来の電極よりも優れた電子伝導性及びイオン伝導性を有する電極を容易かつ確実に形成することができる。本発明の電極形成用塗布液を用いて形成される電極は、活物質含有層内で進行する電子移動反応の反応場となる導電助剤、電極活物質及び電解質（固体電解質又は液状電解質）との接触界面が、３次元的にかつ十分な大きさで形成されており、なおかつ、活物質含有層と集電部材との電氣的接触状態も極めて良好な状態にある。

20

【００２５】

その結果、このような電極を用いれば、例えば、４０℃以下のような室温（例えば、２５℃）においても良好に動作可能な金属リチウム二次電池等の全固体型電池を容易かつ確実に構成することができる。また、本発明においては、導電助剤、電極活物質及び結着剤のそれぞれの分散状態が極めて良好な造粒粒子を予め形成するため、導電助剤及び結着剤の添加量を従来よりも十分に削減できる。

【００２６】

更に、本発明の電極形成用塗布液において、造粒粒子には、導電性高分子が更に含有されていてもよい。この造粒粒子を用いることにより先に述べたポリマー電極を形成することができる。

30

【００２７】

また、本発明の電極形成用塗布液においては、構成成分として導電性高分子又は該導電性高分子の構成材料となるモノマーが更に含有されていてもよい。この電極形成用塗布液を用いることによっても先に述べたポリマー電極を形成することができる。そして、この電極形成用塗布液の場合、導電性高分子又は該導電性高分子の構成材料となるモノマーの分散性を高める観点から、造粒粒子を分散又は溶解可能な液体が導電性高分子又は該導電性高分子の構成材料となるモノマーを溶解可能であり、当該液体に導電性高分子を予め溶解させた後、得られる溶液中に造粒粒子を添加することにより調製されていることが好ましい。

40

【００２８】

なお、本発明において、電極形成用塗布液の構成成分となる導電性高分子は、先に述べた造粒粒子の構成要素となる導電性高分子と同種であっても異種であってもよい。また、電極形成用塗布液に「導電性高分子の構成材料となるモノマー」が含有されている場合には、この塗布液を用いて電極の活物質含有層を形成する際に重合反応を進行させて導電性高分子を生成させる。このときの重合反応の進行を行う際の手段は、モノマーの重合反応を進行させることができれば特に限定されるものではなく、使用するモノマーの種類により、例えば、触媒、重合開始剤等の添加剤を添加してもよく、加熱処理、紫外線等の光照射

50

処理を施してもよい。

【0029】

更に、先に述べたように、本発明においては、電極活物質が一次電池又は二次電池のカソードに使用可能な活物質であってもよい。また、本発明においては、電極活物質が一次電池又は二次電池のアノードに使用可能な活物質であってもよい。更に、本発明においては、電極活物質が電気分解セル又はキャパシタを構成する電極に使用可能な電子伝導性を有する炭素材料又は金属酸化物であってもよい。なお、本発明において、電気分解セル又はキャパシタは、アノードと、カソードと、イオン伝導性を有する電解質層とを少なくとも備えており、アノードとカソードとが電解質層を介して対向配置された構成を有する電気化学セルを示す。また、本発明において、「キャパシタ」は「コンデンサ」と同義とする 10

【0030】

更に、本発明は、電極活物質と、電子伝導性を有する導電助剤と、電極活物質と導電助剤とを結着させることが可能な結着剤と、を含む造粒粒子を構成材料として含む導電性の活物質含有層と、活物質含有層に電氣的に接触した状態で配置される導電性の集電部材と、を少なくとも有していること、を特徴とする電極を提供する。

【0031】

先に述べたように、上記の造粒粒子を含むことにより、比較的低い室温等の40℃以下の作動温度領域においても電極反応を十分に進行させることが可能な優れた分極特性を有する電極を容易かつ確実に形成することができる。 20

【0032】

更に、本発明は、アノードと、カソードと、イオン伝導性を有する電解質層とを少なくとも備えており、アノードとカソードとが電解質層を介して対向配置された構成を有する電気化学素子であって、アノード及びカソードのうちの少なくとも一方が、電極活物質と、電子伝導性を有する導電助剤と、電極活物質と導電助剤とを結着させることが可能な結着剤と、を含む造粒粒子を構成材料として含む導電性の活物質含有層と、活物質含有層に電氣的に接触した状態で配置される導電性の集電部材と、を少なくとも有していること、を特徴とする電気化学素子を提供する。

【0033】

造粒粒子を含む本発明の電極を、アノード及びカソードのうちの少なくとも一方、好ましくは両方として備えることにより、比較的低い室温等の40℃以下の作動温度領域においても十分に動作可能な電気化学素子を容易かつ確実に構成することができる。 30

【0034】

ここで、本発明において、「電気化学素子」とは、アノードと、カソードと、イオン伝導性を有する電解質層とを少なくとも備えており、アノードとカソードとが電解質層を介して対向配置された構成を有する素子を示す。更に、本発明において、電気化学素子は、複数の単位セルを1つのケース内に直列或いは並列に配置させたモジュールの構成を有しているもよい。

【0035】

また、本発明において、電解質層は固体電解質からなることを特徴としていてもよい。この場合、固体電解質が、セラミックス固体電解質又は固体高分子電解質からなっているもよい。 40

【0036】

本発明は、電極活物質からなる粒子に導電助剤と結着剤とを被覆させて一体化することにより造粒粒子を得る工程と、造粒粒子を分散または溶解可能な液体に造粒粒子を添加する工程と、を有することを特徴とする電極形成用塗布液の製造方法を提供する。

【0037】

上述の造粒粒子を得る工程（以下、必要に応じて「造粒工程」という）を経ることにより、先に述べた構造を有する造粒粒子を容易かつ確実に形成することができる。そして、上述の製造方法により得られる電極形成用塗布液を用いることにより、先に述べた本発明の 50

電極形成用塗布液を容易かつ確実に得ることができる。そのため、この製造方法により得られる電極形成用塗布液を用いることにより、優れた電子伝導性及びイオン伝導性を有し、比較的低い作動温度領域、例えば、40℃以下のような室温においても電極反応を十分に進行させることが可能な優れた分極特性を有する電極をより容易かつ確実に形成することができる。

【0038】

ここで、本発明の電極形成用塗布液の製造方法における造粒工程において、上述の「電極活物質からなる粒子に導電助剤と結着剤とを被覆させて一体化すること」とは、電極活物質からなる粒子の表面の少なくとも一部分に、導電助剤からなる粒子と結着剤からなる粒子とをそれぞれ接触させた状態とすることを示す。すなわち、電極活物質からなる粒子の表面は、導電助剤からなる粒子と結着剤からなる粒子とによりその一部が覆われていれば十分であり、全体が覆われている必要は無い。

10

【0039】

また、本発明の電極形成用塗布液の製造方法においては、先に述べた構造を有する造粒粒子をより容易かつより確実に形成する観点から、造粒を得る工程（造粒工程）は、結着剤と導電助剤と溶媒とを含む原料液を調製する工程と、原料液を電極活物質からなる粒子に付着、乾燥させることにより、電極活物質からなる粒子の表面に付着した原料液から溶媒を除去し、結着剤を介して電極活物質からなる粒子と導電助剤からなる粒子とを密着させる工程と、を含むことが好ましい。

【0040】

更に、本発明の電極形成用塗布液の製造方法においては、造粒粒子を得る工程（造粒工程）において、原料液を噴霧することにより原料液を電極活物質からなる粒子に付着させることが好ましい。これにより、得られる造粒粒子中の結着剤、導電助剤及び電極活物質の分散性をより高めることができる。

20

【0041】

また、本発明の電極形成用塗布液の製造方法においては、造粒工程において、原料液に含まれる溶媒は結着剤を溶解可能であるとともに導電助剤を分散可能であることが好ましい。これによっても、得られる造粒粒子中の結着剤、導電助剤及び電極活物質の分散性をより高めることができる。

【0042】

更に、本発明の電極形成用塗布液の製造方法においては、造粒工程において、原料液には、導電性高分子が更に溶解されていてもよい。これにより、得られる造粒粒子には、導電性高分子が更に含有されることになる。そして、この造粒粒子を用いることにより先に述べたポリマー電極を形成することができる。

30

【0043】

また、本発明の電極形成用塗布液の製造方法においては、造粒粒子を分散又は溶解可能な液体には、導電性高分子又は該導電性高分子の構成材料となるモノマーが更に溶解されていてもよい。この電極形成用塗布液を用いることによっても先に述べたポリマー電極を形成することができる。そして、この電極形成用塗布液の場合、導電性高分子又は該導電性高分子の構成材料となるモノマーの分散性を高める観点から、造粒粒子を分散又は溶解可能な液体が導電性高分子又は該導電性高分子の構成材料となるモノマーを溶解可能であり、当該液体に導電性高分子を予め溶解させた後、得られる溶液中に造粒粒子を添加することにより調製されていることが好ましい。

40

【0044】

また、本発明は、電極活物質を含む導電性の活物質含有層と、活物質含有層に電氣的に接触した状態で配置される導電性の集電部材と、を少なくとも有する電極の製造方法であって、集電部材の活物質含有層を形成すべき部位に、先に述べた本発明の電極形成用塗布液の製造方法により製造された電極形成用塗布液を塗布する工程と、集電部材の活物質含有層を形成すべき部位に塗布された電極形成用塗布液からなる液膜を固化させる工程と、を含むこと、を特徴とする電極の製造方法を提供する。

50

【0045】

上述の本発明の電極形成用塗布液の製造方法により得られる電極形成用塗布液を用いることにより、先に述べた本発明の電極、即ち、優れた電子伝導性及びイオン伝導性を有し、比較的低い作動温度領域（例えば、40℃以下のような室温）においても電極反応を十分に進行させることが可能な優れた分極特性を有する電極を容易かつ確実に得ることができる。

【0046】

また、本発明の電極の製造方法は、電極形成用塗布液には導電性高分子の構成材料となるモノマーが含まれており、液膜を固化させる工程において、モノマーの重合反応を進行させ導電性高分子を生成させることを特徴としていてもよい。

10

【0047】

導電性高分子（導電性高分子からなる粒子）を予め電極形成用塗布液に含有させておく場合に比較して、集電部材上に液膜を形成した後、液膜中でモノマーを重合させて導電性高分子を生成させることにより、液膜中での造粒粒子の良好な分散状態をほぼ保持したまま、造粒粒子間の間隙に導電性高分子を生成させることができるので、得られる活物質含有層中の造粒粒子と導電性高分子との分散状態をより良好にすることができる。

【0048】

すなわち、得られる活物質含有層中に、より微細で緻密な粒子（造粒粒子と導電性高分子からなる粒子）が一体化したイオン伝導ネットワーク及び電子伝導ネットワークを構築することができる。そのためこの場合、比較的低い作動温度領域においても電極反応を十分に進行させることが可能な優れた分極特性を有するポリマー電極をより容易かつより確実に得ることができる。

20

【0049】

更に、上記の方法の場合には、導電性高分子が紫外線硬化樹脂、或いは、熱硬化樹脂であり、液膜を固化させる工程において、液膜の構成材料となるモノマーの重合反応を進行させることを特徴としていてもよい。紫外線硬化樹脂、或いは、熱硬化樹脂の構成材料となるモノマーの重合反応は、紫外線照射又は加熱により進行させることができるので、製造工程上簡易に硬化させることができる。

【0050】

更に、本発明は、アノードと、カソードと、イオン伝導性を有する電解質層とを少なくとも備えており、アノードとカソードとが電解質層を介して対向配置された構成を有する電気化学素子の製造方法であって、アノード及びカソードの少なくとも一方の電極として、先に述べた本発明の電極の製造方法により製造された電極を使用すること、を特徴とする電気化学素子の製造方法を提供する。

30

【0051】

上述の本発明の電極の製造方法により得られる電極を、アノード及びカソードのうちの少なくとも一方、好ましくは両方として使用することにより、比較的低い室温等の40℃以下の作動温度領域においても十分に動作可能な電気化学素子を容易かつ確実に構成することができる。

【0052】

40

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、以下の説明では、同一または相当部分には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【0053】

図1は、本発明の電気化学素子の好適な一実施形態（リチウムイオン二次電池）の基本構成を示す模式断面図である。また、図2は、図1に示す二次電池1が金属リチウム二次電池である場合のアノード2の構成を示す模式断面図である。図1に示す二次電池1は、主として、アノード2及びカソード3と、アノード2とカソード3との間に配置される電解質層4とから構成されている。

【0054】

50

図 1 に示す二次電池 1 は、このタイプの電池のカソードの材料として好適に使用される構成材料を用いて調整された電極形成用塗工液（本発明の電極形成用塗工液の好適な一実施形態）を用いて形成された電極をカソード 3 として備え、このタイプの電池のアノードの材料として好適に使用される構成材料を用いて調整された電極形成用塗工液（本発明の電極形成用塗工液の他の一実施形態）を用いて形成された電極をアノード 2 として備えるものである。そして、この電池 1 は、造粒粒子を含むアノード 2 及びカソード 3 を備えることにより、比較的低い室温等の 40℃以下の作動温度領域においても十分に動作可能となる。

【0055】

図 1 に示す二次電池 1 のアノード 2 は、膜状の集電部材 24 と、集電部材 24 と電解質層 4 との間に配置される膜状の活物質含有層 22 とから構成されている。なお、このアノード 2 は充電時には外部電源のアノード（何れも図示せず）に接続され、カソードとして機能する。また、このアノード 2 の形状は特に限定されず、例えば、図示するように薄膜状であってもよい。アノード 2 の集電部材 24 としては、例えば、銅箔が用いられる。

【0056】

また、アノード 2 の活物質含有層 22 は、造粒粒子（図示せず）と、導電性高分子とから構成されている。更に、この造粒粒子は、電極活物質と、導電助剤と、結着剤（何れも図示せず）とから構成されている。なお、造粒粒子には、必要に応じて、上記の導電性高分子と同種又は異種の高分子（図示せず）を更に添加してもよい。

【0057】

また、アノード 2 の活物質含有層 22 を構成する導電性高分子は、リチウムイオンの伝導性を有していれば特に限定されない。例えば、高分子化合物（ポリエチレンオキシド、ポリプロピレンオキシド等のポリエーテル系高分子化合物、ポリエーテル化合物の架橋体高分子、ポリエピクロルヒドリン、ポリフォスファゼン、ポリシロキサン、ポリビニルピロリドン、ポリビニリデンカーボネート、ポリアクリロニトリル等）のモノマーと、 LiClO_4 、 LiBF_4 、 LiPF_6 、 LiAsF_6 、 LiCl 、 LiBr 、 $\text{Li}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}$ 、 $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ リチウム塩又はリチウムを主体とするアルカリ金属塩と、を複合化させたもの等が挙げられる。複合化に使用する重合開始剤としては、例えば、上記のモノマーに適合する光重合開始剤または熱重合開始剤が挙げられる。

【0058】

アノード 2 に含まれる造粒粒子を構成する電極活物質は特に限定されず公知の電極活物質を使用してよい。例えば、リチウムイオンを吸蔵・放出（インターカレート、或いはドーピング・脱ドーピング）可能な黒鉛、難黒鉛化炭素、易黒鉛化炭素、低温度焼成炭素等の炭素材料、Al、Si、Sn等のリチウムと化合することのできる金属、 SiO_2 、 SnO_2 等の酸化物を主体とする非晶質の化合物、チタン酸リチウム（ $\text{Li}_3\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ）等が挙げられる。

【0059】

アノード 2 に含まれる造粒粒子を構成する導電助剤は特に限定されず公知の電極活物質を使用してよい。例えば、カーボンブラック類、高結晶性の人造黒鉛、天然黒鉛等の炭素材料、銅、ニッケル、ステンレス、鉄等の金属微粉、上記炭素材料及び金属微粉の混合物、ITOのような導電性酸化物が挙げられる。

【0060】

アノード 2 に含まれる造粒粒子を構成する結着剤は、上記の電極活物質の粒子と導電助剤の粒子とを結着可能なものであれば特に限定されない。例えば、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、テトラフルオロエチレンーヘキサフルオロプロピレン共重合体（FEP）、テトラフルオロエチレンーパーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体（PFA）、エチレンーテトラフルオロエチレン共重合体（ETFE）、ポリクロロトリフルオロエチレン（PCTFE）、エチレンークロロトリフルオロエチレン共重合体（ECTFE）、ポリフッ化ビニル（PVF）等のフッ素樹脂が

挙げられる。また、この結着剤は、上記の電極活物質の粒子と導電助剤の粒子とを結着のみならず、箔（集電部材 2 4）と造粒粒子との結着に対しても寄与している。

【0061】

また、上記の他に、例えば、ビニリデンフルオライドーヘキサフルオロプロピレン系フッ素ゴム（VDF-HFP系フッ素ゴム）、ビニリデンフルオライドーヘキサフルオロプロピレンーテトラフルオロエチレン系フッ素ゴム（VDF-HFP-TFE系フッ素ゴム）、ビニリデンフルオライドーペンタフルオロプロピレン系フッ素ゴム（VDF-PFP系フッ素ゴム）、ビニリデンフルオライドーペンタフルオロプロピレンーテトラフルオロエチレン系フッ素ゴム（VDF-PFP-TFE系フッ素ゴム）、ビニリデンフルオライドーパーフルオロメチルビニルエーテルーテトラフルオロエチレン系フッ素ゴム（VDF-PFMVE-TFE系フッ素ゴム）、ビニリデンフルオライドークロロトリフルオロエチレン系フッ素ゴム（VDF-CTFE系フッ素ゴム）等のビニリデンフルオライド系フッ素ゴムを用いてもよい。

10

【0062】

更に、上記の他に、例えば、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエチレンテレフタレート、芳香族ポリアミド、セルロース、スチレン・ブタジエンゴム、イソプレンゴム、ブタジエンゴム、エチレン・プロピレンゴム等を用いてもよい。また、スチレン・ブタジエン・スチレンブロック共重合体、その水素添加物、スチレン・エチレン・ブタジエン・スチレン共重合体、スチレン・イソプレン・スチレンブロック共重合体、その水素添加物等の熱可塑性エラストマー状高分子を用いてもよい。更に、シンジオタクチック 1、2-ポリブタジエン、エチレン・酢酸ビニル共重合体、プロピレン・ α -オレフィン（炭素数 2 ~ 12）共重合体等を用いてもよい。また、先に述べた導電性高分子を用いてもよい。

20

【0063】

また、二次電池 1 が金属リチウム二次電池の場合には、そのアノード（図示せず）は、集電部材を兼ねた金属リチウム又はリチウム合金のみからなる電極であってもよい。リチウム合金は特に限定されず、例えば、Li-Al, Li-Si, Li-Sn等があげられる。

【0064】

図 1 に示す二次電池 1 のカソード 3 は、膜状の集電部材 3 4 と、集電部材 3 4 と電解質層 4 との間に配置される膜状の活物質含有層 3 2 とから構成されている。なお、このカソード 3 は充電時においては外部電源のカソード（何れも図示せず）に接続され、アノードとして機能する。また、このカソード 3 の形状は特に限定されず、例えば、図示するように薄膜状であってもよい。カソード 3 の集電部材 3 4 としては、例えば、アルミ箔が用いられる。

30

【0065】

カソード 3 に含まれる造粒粒子を構成する電極活物質は特に限定されず公知の電極活物質を使用してよい。例えば、コバルト酸リチウム（ LiCoO_2 ）、ニッケル酸リチウム（ LiNiO_2 ）、リチウムマンガンスピネル（ LiMn_2O_4 ）、及び、一般式： LiNixMnyCozO_2 （ $x+y+z=1$ ）で表される複合金属酸化物、リチウムバナジウム化合物、 V_2O_5 、オリビン型 LiMPO_4 （ただし、M は、Co、Ni、Mn 又は Fe を示す）、チタン酸リチウム（ $\text{Li}_3\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ）等が挙げられる。

40

【0066】

更に、カソード 3 に含まれる造粒粒子を構成する電極活物質以外の各構成要素は、アノード 2 に含まれる造粒粒子を構成するものと同様の物質を使用することができる。また、このカソード 3 に含まれる造粒粒子を構成する結着剤も、上記の電極活物質の粒子と導電助剤の粒子とを結着のみならず、箔（集電部材 3 4）と造粒粒子との結着に対しても寄与している。

【0067】

ここで、導電助剤、電極活物質及び固体高分子電解質との接触界面を 3 次元的にかつ十分な大きさで形成する観点から、上記のアノード 2 及びカソード 3 にそれぞれ含まれる各電極活物質の粒子の BET 比表面積は、カソード 3 の場合 $0.1 \sim 1.0 \text{ m}^2 / \text{g}$ であるこ

50

とが好ましく、 $0.1 \sim 0.6 \text{ m}^2 / \text{g}$ であることがより好ましい。また、アノード 2 の場合 $0.1 \sim 10 \text{ m}^2 / \text{g}$ であることが好ましく、 $0.1 \sim 5 \text{ m}^2 / \text{g}$ であることがより好ましい。なお、2 重層キャパシタの場合には、カソード 3 及びアノード 2 とともに $500 \sim 3000 \text{ m}^2 / \text{g}$ であることが好ましい。

【0068】

更に、同様の観点から、各電極活物質の粒子の平均粒径は、カソード 3 の場合 $5 \sim 20 \mu\text{m}$ であることが好ましく、 $5 \sim 15 \mu\text{m}$ であることがより好ましい。また、アノード 2 の場合 $1 \sim 50 \mu\text{m}$ であることが好ましく、 $1 \sim 30 \mu\text{m}$ であることがより好ましい。更に、同様の観点から、電極活物質に付着する導電助剤及び結着剤の量は、 $100 \times (\text{導電助剤の質量} + \text{結着剤の質量}) / (\text{電極活物質の質量})$ の値で表現した場合、 $1 \sim 30$ 質量%であることが好ましく、 $3 \sim 15$ 質量%であることがより好ましい。 10

【0069】

また、導電助剤、電極活物質及び固体高分子電解質との接触界面を 3 次元的にかつ充分な大きさで形成する観点から、後述する造粒工程を経て得られる造粒粒子の平均粒子径は、 $5 \sim 500 \mu\text{m}$ であることが好ましく、 $5 \sim 200 \mu\text{m}$ であることがより好ましい。なお、造粒工程を経て得られる造粒粒子は、複数の電極活物質を含んだ 2 次粒子となっていてよい。

【0070】

電解質層 4 は、固体電解質（セラミックス固体電解質、固体高分子電解質からなる層であってもよい。 20

【0071】

固体高分子電解質としては、例えば、アノード 2 或いはカソード 3 に使用可能なイオン伝導性を有する導電性高分子が挙げられる。

【0072】

更に、高分子固体電解質を構成する支持塩としては、例えば、 LiClO_4 、 LiPF_6 、 LiBF_4 、 LiAsF_6 、 LiCF_3SO_3 、 $\text{LiCF}_3\text{CF}_2\text{SO}_3$ 、 $\text{LiC}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3$ 、 $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ 、 $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{CF}_2\text{SO}_2)_2$ 、 $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)(\text{C}_4\text{F}_9\text{SO}_2)$ 及び $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CO})_2$ 等の塩、又は、これらの混合物が挙げられる。

【0073】

セパレータを使用する場合、その構成材料としては、例えば、ポリエチレン、ポリプロピレン等のポリオレフィン類の一種又は二種以上（二種以上の場合、二層以上のフィルムの張り合わせ物等がある）、ポリエチレンテレフタレートのようなポリエステル類、エチレン-テトラフルオロエチレン共重合体のような熱可塑性フッ素樹脂類、セルロース類等がある。シートの形態は JIS-P8117 に規定する方法で測定した通気度が $5 \sim 2000$ 秒/ 100 cc 程度、厚さが $5 \sim 100 \mu\text{m}$ 程度の微多孔膜フィルム、織布、不織布等がある。なお、固体電解質のモノマーをセパレータに含浸、硬化させて使用してもよい。 30

【0074】

次に、本発明の電極形成用塗布液の製造方法の好適な一実施形態について説明する。先ず、造粒粒子を作製する造粒工程について説明する。造粒粒子は、結着剤と導電助剤と溶媒とを含む原料液を調製する工程と、原料液を電極活物質からなる粒子に付着、乾燥させることにより、電極活物質からなる粒子の表面に付着した原料液から溶媒を除去し、結着剤を介して電極活物質からなる粒子と導電助剤からなる粒子とを密着させる工程を経て形成される。 40

【0075】

図 2 を用いて造粒工程をより具体的に説明する。図 2 は、電極形成用塗布液を製造する際の造粒工程の一例を示す説明図である。先ず、結着剤を溶解可能な溶媒を用い、この溶媒中に結着剤を溶解させる。次に得られた溶液に、導電助剤を分散させて原料液を得る。次に、図 2 に示すように、流動槽 5 内において、原料液の液滴 6 を噴霧することにより、電 50

極活物質からなる粒子 P 1 に付着させ、同時に流動槽 5 内において乾燥させることにより、電極活物質からなる粒子 P 1 の表面に付着した原料液の液滴 6 から溶媒を除去し、結着剤を介して電極活物質からなる粒子と導電助剤からなる粒子とを密着させ、造粒粒子 P 2 を得る。

【0076】

より具体的には、この流動槽 5 は、例えば、筒状の形状を有する容器であり、その底部には、温風（又は熱風）L 5 を外部から流入させ、流動槽 5 内で電極活物質の粒子を対流させるための開口部 5 2 が設けられている。また、この流動槽 5 の側面には、流動槽 5 内で対流させた電極活物質の粒子 P 1 に対して、噴霧される原料液の液滴 6 を流入させるための開口部 5 4 が設けられている。流動槽 5 内で対流させた電極活物質の粒子 P 1 に対してこの結着剤と導電助剤と溶媒とを含む原料液の液滴 6 を噴霧する。 10

【0077】

このとき、電極活物質の粒子 P 1 の置かれた雰囲気の温度を、例えば温風（又は熱風）の温度を調節する等して、原料液の液滴 6 中の溶媒を速やかに除去可能な所定の温度（例えば、50～100℃程度）に保持しておき、電極活物質の粒子 P 1 の表面に形成される原料液の液膜を、原料液の液滴 6 の噴霧とほぼ同時に乾燥させる。これにより、電極活物質の粒子の表面に結着剤と導電助剤とを密着させ、造粒粒子 P 2 を得る。

【0078】

ここで、結着剤を溶解可能な溶媒は、結着剤を溶解可能であり導電助剤を分散可能であれば特に限定されるものではないが、例えば、N-メチル-2-ピロリドン、N，N-ジメチルホルムアミド等を用いることができる。 20

【0079】

次に、電極形成用塗布液の調製方法の一例について説明する。作製した造粒粒子 P 2 と、造粒粒子 P 2 を分散又は溶解可能な液体と、必要に応じて添加される導電性高分子とを混合した混合液を作製し、混合液から上記液体の一部を除去して、塗布に適した粘度に調節することにより電極形成用塗布液を得ることができる。

【0080】

より具体的には、導電性高分子を用いる場合には、図 3 に示すように、例えば、スターラー等の所定の攪拌手段（図示せず）を有する容器 8 内において、造粒粒子 P 2 を分散又は溶解可能な液体と、導電性高分子又は該導電性高分子の構成材料となるモノマーとを混合した混合液を調製しておく。次に、この混合液に造粒粒子 P 2 を添加して十分に攪拌することにより、電極形成用塗布液 7 を調製することができる。 30

【0081】

次に、電極形成用塗布液を用いた本発明の電極の製造方法の好適な一実施形態について説明する。まず、電極形成用塗布液を、集電部材の表面に塗布し、当該表面上に、塗布液の液膜を形成する。次に、この液膜を乾燥させることにより、集電部材上に活物質含有層を形成し電極の作製を完了する。ここで、電極形成用塗布液を集電部材の表面に塗布する際の手法は特に限定されるものではなく、集電体の材質や形状等に応じて適宜決定すればよい。例えば、メタルマスク印刷法、静電塗装法、ディップコート法、スプレーコート法、ロールコート法、ドクターブレード法、グラビアコート法、スクリーン印刷法等が挙げられる。 40

【0082】

また、電極形成用塗布液の液膜から活物質含有層を形成する際の手法としては、乾燥以外に、塗布液の液膜から活物質含有層を形成する際に、液膜中の構成成分間の硬化反応（例えば、導電性高分子の構成材料となるモノマーの重合反応）を伴う場合があってもよい（後述の実施例 1 参照）。これを図 4 を用いてより具体的に説明すると、例えば、紫外線硬化樹脂（導電性高分子）の構成材料となるモノマーを含む電極形成用塗布液を使用する場合、まず、集電部材 2 4（又は集電部材 3 4）上に、電極形成用塗布液を上述の所定の方法により塗布する。次に、図 4 に示すように、塗布液の液膜に、紫外線 L 1 0 を照射することにより活物質含有層 2 2（又は活物質含有層 3 2）を形成する。 50

【0083】

この場合、先に述べたように、導電性高分子（導電性高分子からなる粒子）を予め電極形成用塗布液に含有させておく場合に比較して、集電部材24（又は集電部材34）上に電極形成用塗布液の液膜を形成した後、液膜中でモノマーを重合させて導電性高分子を生成させることにより、液膜中での造粒粒子の良好な分散状態をほぼ保持したまま、造粒粒子間の空隙に導電性高分子を生成させることができるので、得られる活物質含有層22（又は活物質含有層32）中の造粒粒子と導電性高分子との分散状態をより良好にすることができる。

【0084】

すなわち、得られる活物質含有層中に、より微細で緻密な粒子（造粒粒子と導電性高分子からなる粒子）が一体化したイオン伝導ネットワーク及び電子伝導ネットワークを構築することができる。そのためこの場合、比較的低い作動温度領域においても電極反応を十分に進行させることが可能な優れた分極特性を有するポリマー電極をより容易かつより確実に得ることができる。

【0085】

更にこの場合、紫外線硬化樹脂の構成材料となるモノマーの重合反応は、紫外線照射により進行させることができる。

【0086】

更に、得られる活物質含有層を、必要に応じて、熱平板プレスや熱ロールを使用して熱処理し、シート化する等の圧延処理を施してもよい。また、電極の単位面積あたりの電極活物質の担持量は、 $20 \sim 300 \text{ mg/cm}^2$ であることが好ましく、 $25 \sim 300 \text{ mg/cm}^2$ であることがより好ましい。

【0087】

以上、本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。

【0088】

例えば、本発明の電極は、活物質含有層が本発明の電極形成用塗布液に含まれる造粒粒子を用いて形成されるものであればよく、それ以外の構造は特に限定されない。また、電気化学素子も本発明の電極をアノード及びカソードのうちの少なくとも一方の電極として備えていればよく、それ以外の構成及び構造は特に限定されない。例えば、電気化学素子が電池の場合、図5に示すように、単位セル（アノード2、カソード3及びセパレータを兼ねる電解質層4からなるセル）102を複数積層し、これを所定のケース9内に密閉した状態で保持させた（パッケージ化した）モジュール100の構成を有していてもよい。

【0089】

更に、この場合、各单位セルを並列に接続してもよく、直列に接続してもよい。また、例えば、このモジュール100を更に直列又は並列に複数電氣的に接続させた電池ユニットを構成してもよい。この電池ユニットとしては、例えば、図6に示す電池ユニット200のように、例えば、1つのモジュール100のカソード端子104と別のモジュール100のアノード端子106とが金属片108により電氣的に接続されることにより、直列接続の電池ユニット200を構成することができる。

【0090】

更に、上述のモジュール100や電池ユニット200を構成する場合、必要に応じて、既存の電池に備えられているものと同様の保護回路（図示せず）やPTC（図示せず）を更に設けてもよい。

【0091】

また、上述の電気化学素子の実施形態の説明では、2次電池の構成を有するものについて説明したが、例えば、本発明の電気化学素子は、アノードと、カソードと、イオン伝導性を有する電解質層とを少なくとも備えており、アノードとカソードとが電解質層を介して対向配置された構成を有していればよく、一次電池であってもよい。造粒粒子の電極活物質としては上述の例示物質の他に、既存の一次電池に使用されているものを使用してよい

。導電助剤及び結着剤は上述の例示物質と同様であってよい。

【0092】

更に、本発明の電極は、電池用の電極に限定されず、例えば、電気分解セル、キャパシタ（電気二重層キャパシタ、アルミ電解コンデンサ等）、又は、電気化学センサに使用される電極であってもよい。また、本発明の電気化学素子も、電池のみに限定されるものではなく、例えば、電気分解セル、キャパシタ（電気二重層キャパシタ、アルミ電解コンデンサ等）、又は、電気化学センサであってもよい。例えば、電気二重層キャパシタ用電極の場合、造粒粒子を構成する電極活物質としては、ヤシガラ活性炭、ピッチ系活性炭、フェノール樹脂系活性炭等の電気二重層容量の高い炭素材料を使用することができる。

【0093】

更に、例えば、食塩電解に使用されるアノードとして、例えば、酸化ルテニウム（或いは酸化ルテニウムとこれ以外の金属酸化物との複合酸化物）を熱分解したものを本発明における電極活物質として、造粒粒子の構成材料として使用し、得られる造粒粒子を含む活物質含有層をチタン基体上に形成した電極を構成してもよい。

【0094】

【実施例】

以下、実施例及び比較例を挙げて本発明の膜電極接合体について更に詳しく説明するが、本発明はこれらの実施例に何ら限定されるものではない。

【0095】

（実施例1）

以下に示す手順により、アノードを金属リチウム箔からなる構成とした以外は図1に示した金属リチウム二次電池1と同様の構成を有する金属リチウム二次電池を作製した。

【0096】

（1）造粒粒子の作製

先ず、以下の手順により、カソード（ポリマー電極）の活物質含有層に含有させるための造粒粒子を先に述べた造粒工程により作製した。ここで、造粒粒子は、カソードの電極活物質（90質量%）、導電助剤（6質量%）及び結着剤（4質量%）から構成した。カソードの電極活物質としては、一般式： $Li_x Mn_y Ni_z Co_{1-x-y} O_w$ で表される複合金属酸化物のうち、 $x=1$ 、 $y=0.33$ 、 $z=0.33$ 、 $w=2$ となる条件を満たす複合金属酸化物の粒子（BET比表面積： $0.55 m^2/g$ 、平均粒子径： $12 \mu m$ ）を用いた。また、導電助剤としては、アセチレンブラックを用いた。更に、結着剤としてはポリフッ化ビニリデンを用いた。

【0097】

先ず、ポリフッ化ビニリデンをN，N-ジメチルホルムアミド（溶媒）に溶解させた溶液にアセチレンブラックを分散させた液（原料液）を調製した。次に、この液（アセチレンブラック3質量%、ポリフッ化ビニリデン2質量%）を容器内で流動層化させた複合金属酸化物の粉体に噴霧し、当該粉体表面に溶液を付着させた。なお、この噴霧を行う際の粉体の置かれる雰囲気中の温度を一定に保持することにより、噴霧とほぼ同時に当該粉体表面からN，N-ジメチルホルムアミドを除去した。このようにして粉体表面にアセチレンブラック及びポリフッ化ビニリデンを密着させ、造粒粒子（平均粒子径： $150 \mu m$ ）を得た。なお、この造粒処理において使用するカソードの電極活物質、導電助剤及び結着剤のそれぞれの量は、最終的に得られる造粒粒子中のこれらの成分の質量比が上述の値となるように調節した。

【0098】

（2）電極形成用塗布液の調製

先ず、上記の造粒粒子とともにカソード（ポリマー電極）の構成材料となる導電性高分子を以下の条件のもとで合成した。すなわち、 $LiN(C_2F_5SO_2)_2$ （商品名：「LiBETI」，3M社製）と末端アクリロイル変性アルキレンオキシドマクロモノマー（商品名：「エレクトセル」，第一工業製薬社製、以下、「マクロモノマー」という）とをアセトニトリル中に入れて混合することにより、 $LiN(C_2F_5SO_2)_2$ とマクロモノ

10

20

30

40

50

マーとを含む混合液を調製した。なお、このときの $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ とマクロモノマーとの混合比は、 $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ を構成する Li 原子とマクロモノマー中の O (酸素) 原子とのモル比で表現した場合に 1 : 10 となるように調節した。

【0099】

次に、この混合液に、光重合開始剤 (ベンゾフェノン系の光重合開始剤) を更に混合させた。なお、この工程での光重合開始剤の投入量は、光重合開始剤の質量 : 「エルクセル」の質量 = 1 : 100 となるように調節した。

【0100】

次に、エバポレータを使用し、上記の工程の後に得られた混合液からアセトニトリルを除去して粘度を増大させた液 (以下、「 Li 塩マクロモノマー溶液」という) を得た。次に、この Li 塩マクロモノマー溶液と先に述べた造粒粒子とを混合し、混練することにより、カソードのための電極形成用塗布液の調製を完了した。なお、この工程では、 Li 塩マクロモノマー溶液と造粒粒子との使用量を、造粒粒子の質量 : Li 塩マクロモノマー溶液の質量 = 4 : 1 となるように調節した。

【0101】

(3) カソードの作製

次に、上記の電極形成用塗布液を用い、以下の手順によりカソード (ポリマー電極) を作製した。まず、電極形成用塗布液をアルミニウム集電部材 {アルミ箔 (膜厚 : 約 25 ~ 30 μm 、大きさ : 直径 15 mm の円形) の一方の表面に塗布し、当該表面上に電極形成用塗布液の液膜を形成した。次に、紫外線をこの液膜に照射することにより、液膜中に含まれるマクロモノマーの重合反応を進行させて導電性ポリマー (ポリアルキレンオキシド系固体高分子電解質) を生成させた。ここで、上記の紫外線照射による導電性ポリマーの生成とともに液膜の硬化が進行し、カソードにおける活物質含有層が形成される。

【0102】

更に、得られた集電部材と活物質含有層との膜電極接合体を、ホットプレス法により、100 $^{\circ}\text{C}$ の温度条件及び 15 kN/cm^2 の加圧条件のもとで、加圧処理を施すことにより、集電部材と活物質含有層との密着性を増大させるとともに、活物質含有層中の各構成要素の密度及び密着性を増大させ、カソード (電極面積 : 直径 15 mm の円形、活物質含有層の厚さ : 150 μm) を完成させた。

【0103】

(4) 電解質層の作製

次に、電解質層となる固体高分子電解質膜を以下の手順により作製した。すなわち、先に述べた電極形成用塗布液の調製において用いたものと同様の手順により Li 塩マクロモノマー溶液を調製した。次に、コーターに 2 枚の PET フィルムを、当該フィルム間のギャップが 35 μm となるように互いに対向させた状態 {互いに対向する各フィルムの面 (対向面) の法線方向が、後述の工程において滴下される電極形成用塗布液の液滴の落下方向と平行となる状態} でセットした。

【0104】

次に、コーターにセットした 2 枚の PET フィルムのうち、下方のフィルムの対向面上にコーターの上方から電極形成用塗布液を滴下した。次いで上方の PET フィルムで滴下した電極形成用塗布液を挟み込み、2 枚の PET フィルムの間に電極形成用塗布液からなる均一な液膜を形成した。次に、この液膜に対して紫外線照射を行うことにより、液膜中に含まれるマクロモノマーの重合反応を進行させるとともにその硬化を進行させ、固体高分子電解質膜 (膜厚 : 35 μm のポリアルキレンオキシド系固体高分子電解質膜) を形成した。

【0105】

(5) 電池特性評価試験用の測定セルの作製

アノードとして金属リチウム箔 (膜厚 : 200 μm 、電極面積 : 直径 16 mm の円形) を準備した。次に、上記アノードとカソードとの間に上述の固体高分子電解質膜を配置 (カソードの活物質含有層の側を固体高分子電解質膜に向けて配置) し、更に、アノード及び

カソードの活物質含有層を固体高分子電解質膜に接触させることにより膜電極接合体を構成した。次に、カソード及びアノードよりも大きな面積を有するアルミニウム平板及び銅平板を用意し、これらの2枚の平板の間に膜電極接合体を配置させ、更に、2枚の平板の内面を膜電極接合体に接触させることにより後述する電池特性評価試験用の測定セル（金属リチウム二次電池）を構成した。なお、アルミニウム平板はカソードに接触するように配置し、銅平板はアノードに接触するように配置した。

【0106】

（比較例1）

先ず、電極活物質、導電剤及び結着剤として、それぞれ実施例1で使用したものと同一ものを使用し、電極活物質の質量：導電剤の質量：結着剤の質量＝90：6：4となるようにこれらを混合し、粉末状の混合物を得た。次に、実施例1と同様の手順及び条件でLi塩マクロモノマー溶液を調製した。次に、上記の混合物と、Li塩マクロモノマー溶液とを混合し、混練することにより、カソードのための電極形成用塗布液を調製した。なお、この工程では、Li塩マクロモノマー溶液と混合物との使用量を、混合物の質量：Li塩マクロモノマー溶液の質量＝4：1となるように調節した。

【0107】

次に、実施例1で使用したものと同様のアルミニウム集電部材の一方の表面に電極形成用塗布液を塗布し、当該表面上に電極形成用塗布液の液膜を形成した。次に、実施例1と同様の手順及び条件により、この液膜に紫外線を照射し、続いてホットプレス法による加圧処理を行い、カソード（電極面積：直径16mmの円形、活物質含有層の厚さ：150μm）を完成させた。次に、上記のカソードを用いた以外は、実施例1と同様の手順及び条件により、膜電極接合体及びこれを備えた測定セルを作製した。

【0108】

〔電池特性評価試験〕

実施例1及び比較例1の各測定セルについて、作動温度を室温（25℃）及び60℃とした場合の充放電特性を測定した。なお、測定中、金属製のばねを有する押圧手段を用いて、各測定セルの平板のうち膜電極接合体のカソードの側に配置した平板を外部から一定の圧力で押圧し続けた。ここで、この押圧時に各測定セルにかける圧力の大きさは、電極（カソード及びアノード）と固体電解質膜との間の電氣的な接触抵抗が最小となるように調節した。この試験の結果を表1に示す。

【0109】

【表1】

	作動温度：60℃		作動温度：25℃	
	充電容量	放電容量	充電容量	放電容量
実施例1	100%	100%	47%	47%
比較例1	100%	100%	1%	1%

【0110】

表1に示した結果から明らかなように、実施例1の測定セルは、作動温度が60℃の場合よりもより作動温度を室温に下げた場合であっても、優れた充放電特性を有することが確認された。一方、比較例1の測定セルは、作動温度が60℃の場合は実施例1の測定セルとほぼ同等の充放電特性を示したが、作動温度を室温に下げた場合には、充放電を行うことが不可能であった。

【0111】

この実施例1及び比較例1の各測定セルから得られた結果により、造粒粒子を含む電極形成用塗布液を用いて形成した電極は、活物質含有層内で進行する電子移動反応の反応場となる導電助剤、電極活物質及び電解質（例えば、固体高分子電解質）との接触界面が3次元的にかつ十分な大きさで形成されており、なおかつ、活物質含有層と集電部材との電気

的接触状態も極めて良好な状態にあるため室温においても優れた電極特性を示し、その結果、この電極を搭載した電池も従来では不可能であった室温での発電が可能となることが示唆される。

【0112】

なお、実施例1の測定セルについては、作動温度を60℃とした場合に得られた定電流での充放電特性曲線を示すグラフを図7に、作動温度を室温（ここでは25℃）とした場合に得られた定電流（図7の場合と同じ値）での充放電特性曲線を示すグラフを図8にそれぞれ示す。

【0113】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、比較的低い室温等の40℃以下の作動温度領域においても電極反応を十分に進行させることが可能な優れた分極特性を有する電極を容易かつ確実に形成することのできる電極形成用塗布液を提供することができる。また、本発明によれば、上記の電極形成用塗布液を用いることにより、上述の優れた分極特性を有する電極を提供することができる。更に、本発明によれば、上述の比較的低い作動温度領域においても良好に作動する電気化学素子を提供することができる。例えば、本発明によれば、室温においても良好に動作可能な金属リチウム二次電池等の全固体型電池を容易かつ確実に構成することができる。

また、本発明によれば、上記の本発明の電極形成用塗布液、電極及び電気化学素子のそれぞれを容易かつ確実に得ることのできるの製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の電気化学素子の好適な一実施形態（リチウムイオン二次電池）の基本構成を示す模式断面図である。

【図2】電極形成用塗布液を製造する際の造粒工程の一例を示す説明図である。

【図3】造粒粒子を用いて電極形成用塗布液を調製する工程の一例を示す説明図である。

【図4】電極形成用塗布液の液膜から活物質含有層を形成する工程の一例を示す説明図である。

【図5】本発明の電気化学素子の他の一実施形態の基本構成を示す模式断面図である。

【図6】本発明の電気化学素子の更に他の一実施形態の基本構成を示す模式断面図である。

【図7】作動温度を60℃とした場合に得られる実施例1の測定セルの充放電特性曲線を示すグラフである。

【図8】作動温度を室温（25℃）とした場合に得られる実施例1の測定セルの充放電特性曲線を示すグラフである。

【符号の説明】

1…電池（電気化学素子）、2…アノード、3…カソード、4…電解質層、5・・・流動槽、6・・・原料液の液滴、7・・・電極形成用塗布液、22・・・活物質含有層、24…集電部材、32・・・活物質含有層、34…集電部材、52・・・開口部、54・・・開口部、100・・・モジュール、200・・・電池ユニット、L1・・・放電時の特性曲線を示し、L2・・・充電時の特性曲線、L10・・・紫外線、P1・・・電極活物質の粒子、P2・・・造粒粒子。

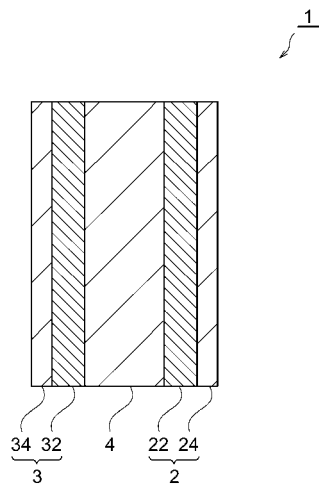
10

20

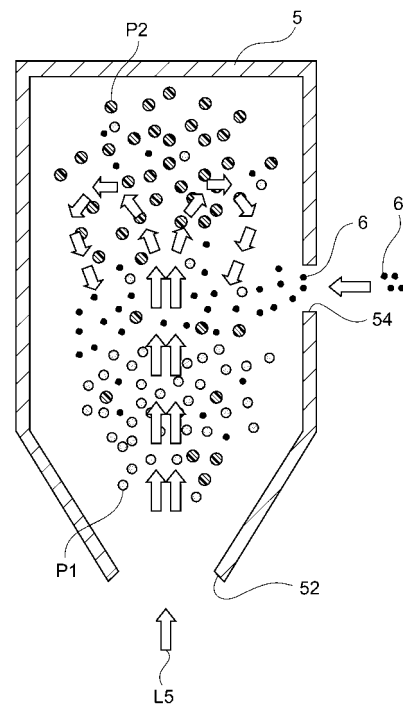
30

40

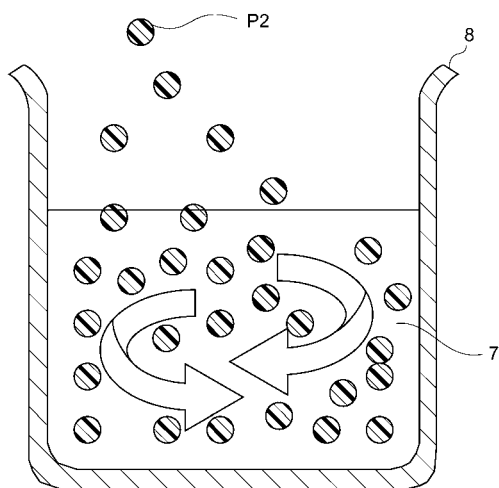
【図 1】



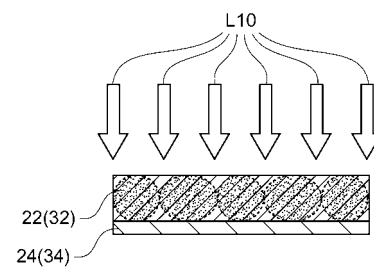
【図 2】



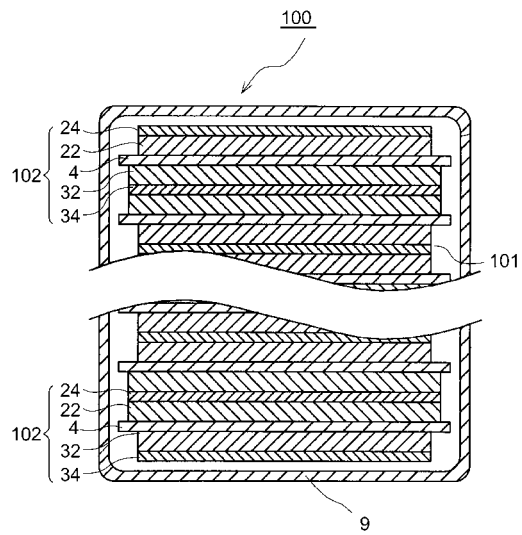
【図 3】



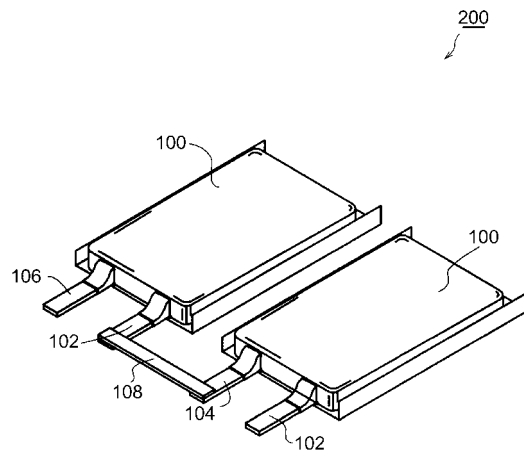
【図 4】



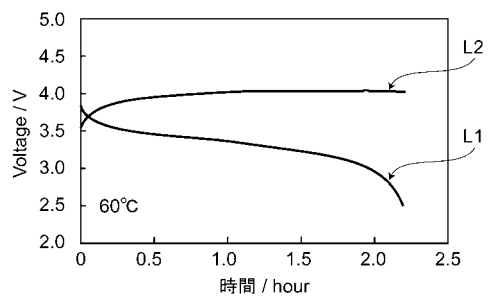
【図 5】



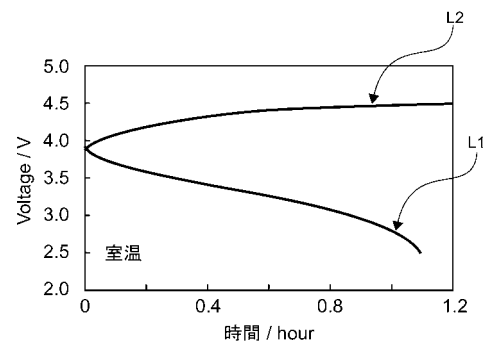
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 M 10/40	H 0 1 G 9/00	3 0 1 G
// C 2 5 B 11/04	C 2 5 B 11/04	Z

(72)発明者 佐野 篤史

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(72)発明者 丸山 哲

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

Fターム(参考) 4K011 AA04 AA21 AA31 AA32 BA03 DA03
5H029 AJ02 AJ14 AK02 AK03 AL02 AL03 AL06 AL07 AL12 AM12
AM14 AM16 CJ02 CJ06 CJ08 CJ12 CJ22 DJ08 DJ16 EJ13
5H050 AA19 CA01 CA02 CA08 CA09 CB02 CB03 CB07 CB08 CB12
DA10 DA11 DA18 EA23 GA02 GA10 GA12 GA22 GA26