

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-277242

(P2008-277242A)

(43) 公開日 平成20年11月13日(2008.11.13)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
HO 1 M 4/02 (2006.01)	HO 1 M 4/02 1 O 1	5 H O 2 9
HO 1 M 10/36 (2006.01)	HO 1 M 10/00 1 O 2	5 H O 5 0
	HO 1 M 10/00 1 1 3	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2007-250462 (P2007-250462) (22) 出願日 平成19年9月27日 (2007. 9. 27) (31) 優先権主張番号 特願2007-91267 (P2007-91267) (32) 優先日 平成19年3月30日 (2007. 3. 30) (33) 優先権主張国 日本国 (JP)	(71) 出願人 000001889 三洋電機株式会社 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 (74) 代理人 100095382 弁理士 目次 誠 (74) 代理人 100086597 弁理士 宮▲崎▼主税 (72) 発明者 田村 宜之 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 Fターム(参考) 5H029 AJ02 AK01 AK03 AL03 AL06 AL07 AM03 AM04 AM07 CJ25 DJ07 EJ01 EJ04 EJ12 HJ04 HJ07 HJ10
---	--

最終頁に続く

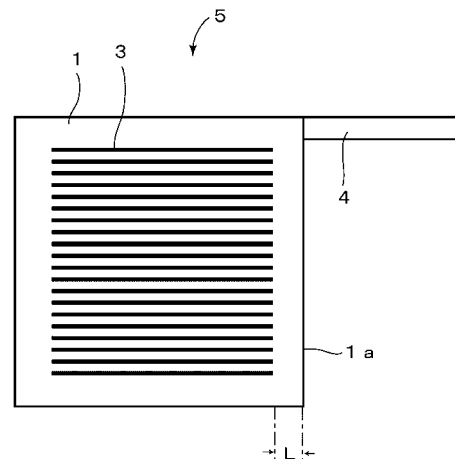
(54) 【発明の名称】 リチウム二次電池用電極及びリチウム二次電池

## (57) 【要約】

【課題】放電レート特性を改善することができるリチウム二次電池用電極及びそれを用いたリチウム二次電池を得る。

【解決手段】集電体上に活物質層 1 が設けられたリチウム二次電池用電極 5 であって、活物質層 1 の表面にスリット状または格子状の溝 3 が形成されており、該溝 3 の面方向の端部が活物質層 1 の周縁部 1 a に達しないように溝 3 が形成されていることを特徴としている。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

集電体上に活物質層が設けられたリチウム二次電池用電極であって、前記活物質層の表面にスリット状または格子状の溝が形成されており、該溝の面方向の端部が前記活物質層の周縁部に達しないように前記溝が形成されていることを特徴とするリチウム二次電池用電極。

## 【請求項 2】

前記活物質層の周縁部から内側に 1 mm までの領域に、前記溝が形成されていないことを特徴とする請求項 1 に記載のリチウム二次電池用電極。

## 【請求項 3】

前記溝が、前記集電体表面に達しない深さで形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のリチウム二次電池用電極。

## 【請求項 4】

前記溝の体積が、前記溝と前記活物質層の体積の総和に対し 3 % 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載のリチウム二次電池用電極。

## 【請求項 5】

前記溝の体積が、前記溝と前記活物質層の体積の総和に対し 4 % 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載のリチウム二次電池用電極。

## 【請求項 6】

前記溝が、前記活物質層の厚みの 1 / 2 以上となる深さで形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のリチウム二次電池用電極。

## 【請求項 7】

前記溝が、前記集電体表面に対して略垂直方向に延びるように形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のリチウム二次電池用電極。

## 【請求項 8】

前記溝が、400 μm 以下の間隔で形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のリチウム二次電池用電極。

## 【請求項 9】

正極であることを特徴とする請求項 1 に記載のリチウム二次電池用電極。

## 【請求項 10】

請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の電極からなる正極と、負極と、非水電解質とを備えることを特徴とするリチウム二次電池。

## 【請求項 11】

前記非水電解質中の電解質塩の濃度が、1.5 モル / リットル以上であることを特徴とする請求項 10 に記載のリチウム二次電池。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、リチウム二次電池用電極及びそれを用いたリチウム二次電池に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

現在のリチウム二次電池は、正極、負極、及びセパレーターからなる電極群を、スパイラルあるいはスタック状に何層にも積み重ねたものを電解液と共に電池缶の中に詰めて形成されている。それぞれの電極においては、集電体上に活物質層が積層されている。従って、活物質層を厚くして、電極群を重ねる数を少なくすると、電池缶の中に占める活物質層の体積が増え、電池容量を上げることができる。

## 【0003】

しかしながら、活物質層を厚くすると、充放電電流の時間率が同じ条件では、電極表面

10

20

30

40

50

積あたりの電流密度が高くなる。また、集電体付近の活物質は、電極表面までの距離が長くなるため、充放電の際にリチウムイオンが活物質の反応サイトから電解液相にスムーズに拡散することができない。このため、リチウム二次電池の作動に実用的に有効な充放電電圧範囲において活物質の利用率が低下し、結果として活物質層を厚くすることによる容量増加のメリットが得られなくなる。

【0004】

上記の問題を解決するため、電解液を活物質層に浸透させ易くすることが考えられる。例えば、特許文献1においては、スリット状の未塗布部を設けた正極が提案されており、電極の含液性を改善することができる。

【0005】

しかしながら、このような方法を、活物質層の厚い電極に適用すると、活物質層の剥離の問題を生じる。すなわち、活物質層の厚い電極は、その電極の仕様から活物質層が集電体から剥がれやすく、特に電極の外縁に未塗布部と塗布部の境があると、そこが剥離の起点になりやすい。このような電極において、電極の外縁に至る未塗布部をいくつも設けると、電極の圧延や電極群を重ね合わせる際に、活物質層の剥離が起こりやすくなるため、電池の劣化や内部短絡が生じ易い。

【0006】

また、上記の従来技術においては、電極の表面積あたりの電流密度の低下、集電体付近の活物質の電解液相までの距離の短縮という点において有効ではない。従って、上記の従来技術を用いても、リチウムイオンはスムーズに拡散されず、活物質の利用率を高めることは困難であった。また、放電レート特性の高いリチウム二次電池を得ることができなかった。

【特許文献1】特開2001-35484号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明の目的は、放電レート特性を改善することができるリチウム二次電池用電極及びそれを用いたリチウム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】

【0008】

本発明は、集電体上に活物質層が設けられたリチウム二次電池用電極であって、活物質層の表面にスリット状または格子状の溝が形成されており、該溝の面方向の端部が活物質層の周縁部に達しないように溝が形成されていることを特徴としている。

【0009】

本発明においては、活物質層の表面にスリット状または格子状の溝が形成されているので、活物質と電解液との接触面積を高めることができ、リチウムイオンの拡散をよりスムーズにさせることができる。このため、放電レート特性を高めることができる。また、溝の面方向の端部が活物質層の周縁部に達しないように溝が形成されているので、集電体からの活物質層の剥離を防止することができる。

【0010】

本発明においては、活物質層の周縁部から内側に1mmまでの領域に溝が形成されてないことが好ましい。このような領域に溝を形成しないことにより、活物質層が集電体から剥離するのをより効果的に防止することができる。

【0011】

また、本発明においては、溝が、集電体表面に達しない深さで形成されていることが好ましい。溝が集電体表面に達しない深さで形成されることにより、溝形成による活物質層の集電体からの剥離をより効果的に防止することができる。

【0012】

また、溝の体積は、溝と活物質層の体積の総和に対し3%以上であることが好ましく、4%以上であることがさらに好ましい。これにより、溝の部分の電流密度が十分に下がり

10

20

30

40

50

、リチウムの拡散をさらにスムーズにすることができる。従って、放電レート特性をさらに高めることができる。なお、溝と活物質層との体積の総和に対する溝の体積の比率（溝空隙率）を高くすることで放電レート特性を高めることができるものの、容量は低下する傾向にあるため、溝空隙率は30%以下であることが好ましく、20%以下であることがより好ましい。

【0013】

また、溝は、活物質層の厚みの1/2以上となる深さで形成されていることが好ましい。これにより、電解液を活物質層の集電体近傍にまで配置することができ、リチウムイオンの拡散をよりスムーズに行うことができ、活物質の利用率を高め、放電レート特性を向上させることができる。

10

【0014】

本発明において、溝の深さは、より好ましくは活物質層の厚みの50～99.5%の範囲である。

【0015】

本発明において、溝は、集電体表面に対して略垂直方向に延びるように形成されていることが好ましい。これにより、溝内の活物質表面と対極までの距離が最短になるため、リチウムイオンの拡散がよりスムーズになる。

【0016】

本発明において、溝は、隣接する溝との間の距離が500μm以下となる間隔で形成されていることが好ましい。この場合の間隔は、溝の面方向における中心間の距離である。溝間の間隔は、より好ましくは100～400μmの範囲である。

20

【0017】

このような範囲とすることにより、活物質層の表面積が増加し、表面積あたりの電流密度を低減させることができ、リチウムイオンをスムーズに拡散させることができる。

【0018】

本発明において、溝の面方向の幅は、特に限定されるものではないが、10～100μmの範囲の幅となるように形成されることが、容量を大幅に減少させることなく表面積あたりの電流密度を低減できるため好ましい。

【0019】

本発明における溝は、活物質層内の溝形成領域において、均一に配置されていることが好ましい。これにより、リチウムイオンがより均一に電極内で拡散され、また電極の変形による活物質層の破損が起こりにくくなる。

30

【0020】

本発明において、溝を形成する方法は特に限定されるものではないが、例えば、レーザーを照射して活物質層を融解し溝を形成する方法が挙げられる。また、活物質層を形成する際または電極を圧延する際に、活物質層を物理的に除去して溝を形成する方法や、粒子を高速で活物質層表面に当てるなどをして機械的応力を用いて溝を形成する方法などが挙げられる。また、化学的なエッチングにより溝を形成してもよい。

【0021】

また、活物質層を形成する段階において溝を形成することも可能である。例えば、スクリーン印刷やインクジェット等の各種プリンタなどを用いて、溝が形成されるように活物質層をパターンニングして形成する方法が挙げられる。また、予めスリット状や格子状に集電体をマスキングしておき、その上にスラリーを塗布したり、スパッタリング、蒸着、電着などで物理的または化学的に活物質を付着させた後、マスクを取り除き、溝を形成する方法なども挙げられる。

40

【0022】

本発明においては、活物質層の厚みが厚いほど本発明の効果が大きく発揮される。従って、本発明において、活物質層の厚みは100μm以上であることが好ましく、さらに好ましくは100～1000μmの範囲である。

【0023】

50

本発明における活物質層は、正極活物質層であってもよいし、負極活物質層であってもよい。正極活物質としては、例えば、 $\text{LiCoO}_2$ 、 $\text{LiNiO}_2$ 等の層状遷移金属酸化物、 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 、 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 等のスピネル型遷移金属酸化物、 $\text{LiFePO}_4$ 、 $\text{LiCoPO}_4$ 等のオリビン型リン酸化合物などが挙げられる。また、負極活物質としては、例えば、 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 等のスピネル型遷移金属酸化物、黒鉛やコークス等の炭素材料などが挙げられる。正極活物質層は、一般に厚みが厚く形成されるので、本発明のリチウム二次電池用電極は、正極として用いた場合に特にその効果が大きく現れる。

【0024】

本発明のリチウム二次電池は、上記本発明の電極からなる正極と、負極と、非水電解質とを備えることを特徴としている。

10

【0025】

本発明のリチウム二次電池は、上記本発明の電極を用いているので、活物質の利用率が高く、放電レート特性に優れた電池とすることができる。

【0026】

非水電解質に用いる電解質塩は、特に限定されるものではないが、 $\text{LiPF}_6$ 、 $\text{LiBF}_4$ 、 $\text{LiCF}_3\text{SO}_3$ 、 $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ 、 $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ 、 $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)(\text{C}_4\text{F}_9\text{SO}_2)$ 、 $\text{LiC}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3$ 、 $\text{LiC}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_3$ 、 $\text{LiAsF}_6$ 、 $\text{LiClO}_4$ 、 $\text{Li}_2\text{B}_{10}\text{Cl}_{10}$ 、 $\text{Li}_2\text{B}_{12}\text{Cl}_{12}$ など及びそれらの混合物が例示される。

20

【0027】

本発明においては、非水電解質中の電解質塩の濃度が1.5モル/リットル以上の時に特に本発明の効果がより一層発揮される。電解質塩の濃度が1.5モル/リットル以上になると、非水電解質の粘度が高くなり、リチウムイオンが拡散しにくくなる。本発明に従い、スリット状または格子状の溝が活物質層に形成された電極を用いることにより、非水電解質と電極表面との接触面積を増加させることができ、リチウムイオンをより一層に拡散させることができるので、本発明の効果がより一層発揮される。

【0028】

非水電解質に用いる溶媒は、特に限定されるものではないが、環状カーボネートあるいは鎖状カーボネートが好ましい。環状カーボネートとしては、エチレンカーボネート、プロピレンカーボネート、ブチレンカーボネート、ピニレンカーボネート等が挙げられる。これらの中でも、特にエチレンカーボネートが好ましく用いられる。鎖状カーボネートとしては、ジメチルカーボネート、メチルエチルカーボネート、ジエチルカーボネート等が挙げられる。さらに溶媒としては、2種以上の溶媒を混合した混合溶媒であることが好ましい。特に、環状カーボネートと鎖状カーボネートとを含む混合溶媒であることが好ましい。

30

【0029】

また、上記環状カーボネートと、1,2-ジメトキシエタン、1,2-ジエトキシエタン等のエーテル系溶媒との混合溶媒も好ましく用いられる。

【0030】

本発明において用いる集電体は、特に限定されるものではなく、従来よりリチウム二次電池の電極の集電体として用いられるものを用いることができる。正極集電体の場合、例えばアルミニウム箔などの金属箔を用いることができ、負極集電体の場合、例えば銅箔などの金属箔を用いることができる。

40

【発明の効果】

【0031】

本発明によれば、活物質の利用率を高めることができ、放電レート特性を改善させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0032】

以下、本発明を具体的な実施例により説明するが、本発明は以下の実施例に何ら限定さ

50

れるものではなく、その要旨を変更しない範囲において適宜変更して実施することが可能なものである。

#### 【0033】

##### < 実験 1 >

##### [ 電極の作製 ]

活物質としての  $\text{LiCoO}_2$  と、導電剤としての炭素材料と、バインダーとしてのポリフッ化ビニリデンとを、活物質：導電剤：バインダーの重量比で 96：2：2 となるように N - メチル - ピロリドンに溶解し、電極合剤スラリーを作製した。この電極合剤スラリーを集電体であるアルミニウム箔の片面上に塗布した後、乾燥し、圧延し、次に活物質層を塗布していない反対側の面に集電タブを取り付けた。

10

#### 【0034】

上記のようにして作製した電極の活物質層に、以下のようにしてスリット状または格子状の溝を形成した。

#### 【0035】

##### [ 活物質層表面における溝の形成 ]

上記のようにして作製した電極の活物質層表面に、レーザーを照射してスリット状または格子状の溝を形成した。図 1 は、溝を形成した電極を示す平面図であり、図 2 は溝を拡大して示す断面図である。なお、図 1 及び図 2 には、スリット状の溝を形成した電極を示している。

#### 【0036】

図 1 に示すように、活物質層 1 の表面に、所定の間隔でスリット状の溝 3 を複数本形成している。活物質層 1 の周縁部 1 a から内側に距離 L までの領域には、溝 3 を形成していない。活物質層 1 は、20 mm × 20 mm の領域に形成されており、また距離 L は 2 mm となるように形成されている。従って、溝 3 は、活物質層 1 の中央の 16 mm × 16 mm の範囲内に形成されている。

20

#### 【0037】

図 2 に示すように集電体 2 上に活物質層 1 が形成されており、活物質層 1 には、深さ d、幅 W となるように溝 3 が形成されている。なお、溝 3 は、その底部 3 a が集電体 2 の表面 2 a に到達しないような深さ d で形成されている。従って、溝 3 の深さ d は、活物質層 1 の厚み t よりも小さくなるように形成されている。また、溝 3 は、所定の間隔 D となるように形成されている。

30

#### 【0038】

また、図 1 に示すように、アルミニウム製集電タブ 4 を集電体に取り付けることにより電極 5 が作製されている。

#### 【0039】

図 1 は、横方向に形成したスリット状の溝を示しているが、図 1 において縦方向にもスリット状の溝を形成することにより、格子状の溝とすることができる。

#### 【0040】

##### [ 電解液の調製 ]

エチレンカーボネート (EC) とメチルエチルカーボネート (MEC) とを体積比で 3 : 7 の割合で混合した混合溶媒に、1.0 モル / リットルとなるように  $\text{LiPF}_6$  を溶解して電解液を調製した。

40

#### 【0041】

##### [ 単極セルの作製 ]

表 1 に示す溝形状、溝間隔 D、溝幅 W、及び溝深さ d の溝が形成された電極を用い、単極セルを作製した。具体的には、上記の電解液を入れた容器中に、作用極としての上記電極と、リチウム金属からなる対極及び参照極を浸漬して単極セルを作製した。

#### 【0042】

##### [ 充放電試験 ]

上記のようにして作製した単極セルについて、充放電試験を行い、放電レート特性を評

50

価した。充放電条件は、2.5 で、4.3 ~ 2.75 V (vs. Li/Li<sup>+</sup>) の範囲で充放電を行った。なお、ここで、充電とは作用極である電極からリチウムを脱離させることであり、放電とはこの電極にリチウムを挿入することである。なお、充電は、3 mA の定電流で行い、放電は、3 mA または 15 mA の定電流で行った。この時の放電容量を表 1 に示す。

【0043】

なお、溝深さ  $d$  は、以下の式 (1)、(2) を用いて算出した。

【0044】

(溝深さ ( $\mu\text{m}$ )) = { (溝空隙率 (%))  $\div$  100 }  $\times$  { (20000 ( $\mu\text{m}$ )  $\times$  20000 ( $\mu\text{m}$ )  $\times$  (膜厚  $t$  ( $\mu\text{m}$ ))  $\div$  (16000 ( $\mu\text{m}$ )  $\times$  溝幅 ( $\mu\text{m}$ )  $\times$  溝数)) ... 式 (1)

10

(溝空隙率 (%)) = (1 - (膜重量 (mg))  $\div$  (溝を形成していない電極の膜重量 (197.8 mg)))  $\times$  100 ... 式 (2)

なお、上記式 (1) 中の 20000  $\mu\text{m}$  は電極の幅、16000  $\mu\text{m}$  は溝長さである。

【0045】

溝深さ  $d$  は、下記式 (3) を用いて算出することもできる。その場合であっても、上記式 (1) を用いて算出した場合と同様の結果が得られた。

【0046】

(溝深さ ( $\mu\text{m}$ )) = (1 - (溝を形成した電極の放電容量)  $\div$  (溝を形成していない電極の放電容量))  $\times$  (20000 ( $\mu\text{m}$ )  $\times$  20000 ( $\mu\text{m}$ )  $\times$  (膜厚  $t$  ( $\mu\text{m}$ ))  $\div$  (16000 ( $\mu\text{m}$ )  $\times$  (溝幅  $W$  ( $\mu\text{m}$ ))  $\times$  (溝の本数))) ... 式 (3)

20

なお、活物質層の膜厚  $t$  は、実験 1 においては、全て 140  $\mu\text{m}$  である。

【0047】

放電容量は、最も電流密度が小さい時の値 (実験 1 ~ 3、6 においては 3 mA、実験 4 においては 2.6 mA、実験 5 においては 2.3 mA 時の容量) を用いて計算している。溝深さ  $d$ 、膜厚  $t$ 、溝幅  $W$  の単位は、 $\mu\text{m}$  である。

【0048】

【表 1】

溝間隔 ( $\mu\text{m}$ )	100	100	200	300	400	500	なし
溝形状	格子	スリット	スリット	スリット	スリット	スリット	-
溝幅 ( $\mu\text{m}$ )	23	23	30	31	19	25	-
溝深さ ( $\mu\text{m}$ )	139	139	139	135	133	136	-
3mA時容量 (mAh)	19	23	25	26	27	27	27
15mA時容量 (mAh)	14	15	15	15	11	7	4
15mA時/3mA時容量比 (%)	74	65	60	58	41	26	15

30

【0049】

表 1 に示す結果から明らかなように、本発明に従い活物質層に溝を形成することにより、放電レート特性が向上することがわかる。特に、溝の間隔が 400  $\mu\text{m}$  以下であるときに顕著な効果が得られる。

40

【0050】

< 実験 2 >

溝間隔  $D$  を 200  $\mu\text{m}$  とし、溝幅  $W$  を 30  $\mu\text{m}$  及び 20  $\mu\text{m}$  とし、溝深さ  $d$  を 139  $\mu\text{m}$  及び 70  $\mu\text{m}$  とする以外は、上記実験 1 と同様にして電極を作製し、充放電特性を評価した。測定結果を表 2 に示す。溝幅  $W$  が 30  $\mu\text{m}$ 、溝深さ  $d$  が 139  $\mu\text{m}$  のときの結果は、実験 1 のものである。なお、実験 2 においても、活物質層の膜厚  $t$  は、全て 140  $\mu\text{m}$  である。

【0051】

【表 2】

溝間隔( $\mu\text{m}$ )	200	200	なし
溝形状	スリット	スリット	-
溝幅( $\mu\text{m}$ )	30	20	-
溝深さ( $\mu\text{m}$ )	139	70	-
3mA時容量(mAh)	25	27	27
15mA時容量(mAh)	15	14	4
15mA時／3mA時容量比(%)	60	52	15

10

## 【0052】

表 2 にから示す結果から明らかなように、溝の深さ  $d$  が活物質層の膜厚  $t$  の  $1/2$  であっても、良好な放電レート特性が得られていることがわかる。

## 【0053】

## &lt; 実験 3 &gt;

溝間隔  $D$  が  $200\mu\text{m}$  である実験 1 の条件で、電解液における電解質塩の濃度を  $1.5$  モル／リットルと、 $1.0$  モル／リットルとし、放電レート特性を評価した。評価結果を表 3 に示す。電解質塩の濃度が  $1.0$  モル／リットルのときの結果は、実験 1 のものである。なお、実験 3 においても、活物質層の膜厚  $t$  は、全て  $140\mu\text{m}$  としている。

20

## 【0054】

【表 3】

溝間隔( $\mu\text{m}$ )	200	200	なし	なし
溝形状	スリット	スリット	-	-
溝幅( $\mu\text{m}$ )	30	30	-	-
溝深さ( $\mu\text{m}$ )	139	139	-	-
塩濃度(M)	1.5	1.0	1.5	1.0
3mA時容量(mAh)	24	25	26	27
15mA時容量(mAh)	19	15	6	4
15mA時／3mA時容量比(%)	79	60	23	15

30

## 【0055】

表 3 に示すように、電解質塩の濃度を  $1.5$  モル／リットルとすることにより、放電レート特性向上の効果は、より顕著に得られることがわかる。

## 【0056】

## &lt; 実験 4 &gt;

活物質層の膜厚  $t$  を全て  $120\mu\text{m}$  とし、溝間隔  $D$ 、溝幅  $W$  及び溝深さ  $d$  を表 4 に示す値とする以外は、実験 1 と同様にして電極を作製し、充放電電流を充放電時に  $2.6\text{mA}$  の定電流とし、放電時に  $2.6\text{mA}$  または  $13\text{mA}$  の定電流とする以外は、実験 1 と同様にして放電レート特性を評価した。評価結果を表 4 に示す。

40

## 【0057】



【表 4】

溝間隔( $\mu\text{m}$ )	100	200	300	500	なし
溝形状	スリット	スリット	スリット	スリット	-
溝幅( $\mu\text{m}$ )	25	28	26	19	-
溝深さ( $\mu\text{m}$ )	117	117	116	118	-
2.6mA時容量(mAh)	20	21	22	23	23
13mA時容量(mAh)	17	16	17	14	12
13mA時／2.6mA時容量比(%)	85	76	77	61	52

10

【0058】

表 4 に示す結果から明らかなように、活物質層の膜厚  $t$  を  $120\mu\text{m}$  とした場合においても、放電レート特性改善の効果が得られている。

【0059】

&lt; 実験 5 &gt;

活物質層の膜厚  $t$  を全て  $100\mu\text{m}$  とし、溝間隔  $D$ 、溝幅  $W$  及び溝深さ  $d$  を表 5 に示す値とする以外は、実験 1 と同様にして電極を作製し、充放電電流を充放電時に  $2.3\text{mA}$  の定電流とし、放電時に  $2.3\text{mA}$  または  $23\text{mA}$  の定電流とする以外は、実験 1 と同様にして放電レート特性を評価した。評価結果を表 5 に示す。

【0060】

20

【表 5】

溝間隔( $\mu\text{m}$ )	100	200	300	500	なし
溝形状	スリット	スリット	スリット	スリット	-
溝幅( $\mu\text{m}$ )	26	31	24	22	-
溝深さ( $\mu\text{m}$ )	98	99	97	97	-
2.3mA時容量(mAh)	17	18	19	19	20
23mA時容量(mAh)	11	8	6	5	4
23mA時／2.3mA時容量比(%)	65	44	32	25	19

30

【0061】

表 5 に示す結果から明らかなように、活物質層の膜厚  $t$  を  $100\mu\text{m}$  とした場合においても、放電レート特性改善の効果が得られている。

【0062】

&lt; 実験 6 &gt;

実験 1 と同様にして、活物質層 1 の表面に所定の間隔でスリット状の溝 3 を複数本形成した電極を作製し、実験 1 と同様にして放電レート特性を評価した。評価結果を表 6 に示す。なお、表 6 には、表 1 に示したデータも含まれている。

【0063】

本実験 6 において、溝空隙率（溝と活物質層の体積の総和に対する溝の体積の割合）は、以下の式（2）を用いて算出した。

40

【0064】

$$(\text{溝空隙率}(\%)) = (1 - (\text{膜重量}(\text{mg})) \div (\text{溝を形成していない電極の膜重量}(\text{197.8mg}))) \times 100 \quad \dots \text{式}(2)$$

【0065】

【表 6】

膜重量 (mg)	197.8	191.6	191.9	189.8	185.0	181.4	178.8	175.4	168.7	162.6
溝空隙率 (%)	0	3.1	3.0	4.0	6.5	8.3	9.6	11.3	14.7	17.8
溝間隔 (μm)	なし	500	400	200	300	500	200	400	100	200
溝深さ (μm)	-	135	132	133	136	135	138	138	139	135
溝幅 (μm)	-	25	19	13	31	65	30	70	23	57
3mA時容量 (mAh)	27	27	27	26	26	25	25	24	23	23
15mA時容量 (mAh)	4	7	11	15	15	14	15	15	15	17
15mA時／3mA時 容量比 (%)	15	26	41	58	58	56	60	63	65	74

【 0 0 6 6 】

表 6 に示す結果から明らかなように、溝空隙率を 3 % 以上とすることで、1 5 m A 時容

10

20

30

40

50

量をより大きくすることができ、放電容量特性をより向上できることがわかる。特に、溝空隙率が4%以上であるときに顕著な効果が得られている。

【0067】

以上のことから明らかなように、本発明に従い、活物質層の表面にスリット状または格子状の溝を形成することにより、活物質の利用率を高めることができ、放電レート特性を改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図1】本発明に従う実施例における電極を示す平面図。

【図2】本発明に従う実施例における電極の溝の部分を拡大して示す断面図。

10

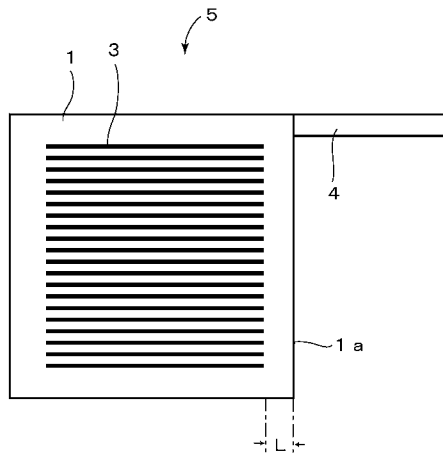
【符号の説明】

【0069】

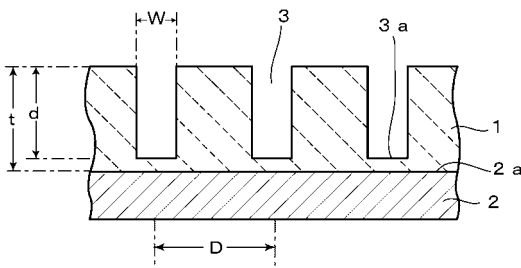
- 1 ... 活物質層
- 1 a ... 活物質層の周縁部
- 2 ... 集電体
- 3 ... 溝
- 3 a ... 溝の底部
- 4 ... 集電タブ
- 5 ... 電極

20

【図1】



【図2】



---

フロントページの続き

F ターム(参考) 5H050 AA02 BA17 CA01 CA07 CA08 CA09 CB03 CB07 CB08 DA04  
EA08 EA24 FA10 GA25 HA04 HA07