

(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2013-187468

(P2013-187468A)

(43) 公開日 平成25年9月19日(2013.9.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 G 11/22 (2013.01)	HO 1 G 9/00 3 O 1 A	5 E 0 7 8
HO 1 M 4/13 (2010.01)	HO 1 M 4/02 1 O 1	5 H O 5 0
HO 1 M 4/02 (2006.01)	HO 1 M 4/02 Z	

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2012-53140 (P2012-53140)	(71) 出願人	591001282 大同メタル工業株式会社 愛知県名古屋市中区栄二丁目3番1号 名古屋 広小路ビルヂング13階
(22) 出願日	平成24年3月9日(2012.3.9)	(74) 代理人	110000567 特許業務法人 サトー国際特許事務所
		(72) 発明者	尾崎 幸樹 愛知県犬山市大字前原字天道新田 大同メ タル工業株式会社内
		(72) 発明者	越智 真志 愛知県犬山市大字前原字天道新田 大同メ タル工業株式会社内
		(72) 発明者	兼松 克己 愛知県犬山市大字前原字天道新田 大同メ タル工業株式会社内

最終頁に続く

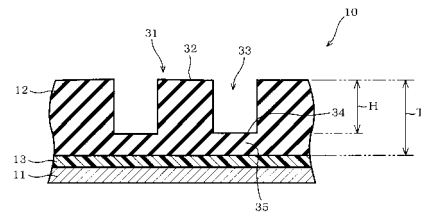
(54) 【発明の名称】 電極

(57) 【要約】

【課題】エネルギー密度を維持しつつ、内部抵抗を低減する電極を提供する。

【解決手段】活物質層12に凹凸を形成することにより、活物質層12は、集電層11までの厚さが凹凸において変化する。そのため、凹凸の凹部33のように集電層11までの距離が小さい部分では、電気的な内部抵抗が減少する。また、活物質層12の凹凸は、活物質層12に力を加えることにより形成される。そのため、活物質層12に含まれる活物質粒子の総量に変化はない。これにより、活物質層12に凹凸を形成する場合、凹凸の形成の前後で活物質層12のエネルギー密度に変化は生じない。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

導電体で形成されている集電層と、
電荷を蓄える活物質粒子、前記活物質粒子に蓄えられた電荷を前記集電層へ伝達する導電助剤、および前記活物質粒子と前記導電助剤とを結着する結着剤を有し、前記集電層と反対側に凹凸を形成している活物質層と、
前記集電層と前記活物質層とを接着する接着層と、
を備える電極。

【請求項 2】

前記活物質粒子の平均粒子径を D としたとき、
前記活物質層の凹凸の差である前記活物質層の凸部の高さは、前記平均粒子径 D 以上である請求項 1 記載の電極。

10

【請求項 3】

前記活物質層の凹凸の差である前記活物質層の凸部の平均高さ H は、前記活物質層の最大厚さを T としたとき、 $1.5\% < H/T < 100\%$ である請求項 1 または 2 記載の電極。

【請求項 4】

前記活物質層の表面積 S は、前記活物質層の投影面積を S_p としたとき、 $100\% < S/S_p < 200\%$ の関係を満たす請求項 1 から 3 のいずれか一項記載の電極。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか一項記載の電極を用いた電気二重層キャパシタ。

20

【請求項 6】

請求項 1 から 4 のいずれか一項記載の電極を用いたリチウムイオンキャパシタ。

【請求項 7】

請求項 1 から 4 のいずれか一項記載の電極を用いた二次電池。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電極に関する。

【背景技術】

30

【0002】

従来、二次電池およびキャパシタなどに用いられる電極は、エネルギー密度の向上、つまり電氣的な容量の増加が求められている。そこで、エネルギー密度を向上するための技術が種々提案されている（特許文献 1、2 参照）。一方、近年では、二次電池およびキャパシタは、家電などの電気機器だけでなく電気自動車やハイブリッド自動車などの車両にも適用されている。そのため、これらに用いられる二次電池やキャパシタの電極には、エネルギー密度の向上だけでなく、迅速な充放電特性の向上が求められている。この場合、充放電特性を向上するためには、電極の内部抵抗の低減が必要となる。

【0003】

しかしながら、二次電池およびキャパシタなどに用いられる電極の場合、エネルギー密度と内部抵抗とは二律背反する関係を有している。すなわち、電極のエネルギー密度を高めると、電極の内部抵抗は増加することになる。これまで、二次電池およびキャパシタなどに用いられる電極は、エネルギー密度の向上を主眼に開発が行われているのが実情である。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開昭 63 - 107011 号公報

【特許文献 2】特開 2011 - 208254 号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

そこで、本発明の目的は、エネルギー密度を維持しつつ、内部抵抗を低減する電極を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本願発明者は、これまで平坦に形成するのが当然であった活物質層に凹凸を形成することにより、エネルギー密度を維持しつつ内部抵抗を低減できることを見出した。この活物質層の凹凸は、接着層を挟んで集電層に接着されている活物質層の集電層とは反対側に形成されている。

10

【0007】

すなわち、本実施形態の電極は、集電層と、活物質層と、接着層とを備える。集電層は、導電体で形成されている。活物質層は、電荷を蓄える活物質粒子、活物質粒子に蓄えられた電荷を集電層へ伝達する導電助剤、および活物質粒子と導電助剤とを結着する結着剤を有し、集電層と反対側に凹凸を形成している。接着層は、集電層と活物質層とを接着する。

【0008】

このように、活物質層に凹凸を形成することにより、活物質層は、集電層までの厚さが凹凸において変化する。すなわち、活物質層は、凹凸の凸部において集電層までの距離が大きくなり、凹凸の凹部において集電層までの距離が小さくなる。そのため、凹凸の凹部のように集電層までの距離が小さい部分では、電気的な内部抵抗が減少する。また、活物質層の凹凸のうち凹部は、活物質層に力を加えることにより形成される。そのため、活物質層に含まれる活物質粒子の総量に変化はない。これにより、活物質層に凹凸を形成する場合、凹凸の形成の前後で活物質層のエネルギー密度に変化はない。したがって、エネルギー密度を維持しつつ、内部抵抗を低減することができる。

20

【0009】

本実施形態では、活物質粒子の平均粒子径をDとしたとき、活物質層の凹凸の差である活物質層の凸部の高さは、平均粒子径D以上である。

活物質層は、例えば活性炭などの活物質粒子を含んでいる。この活物質粒子は、粒度分布を含んでおり、その平均粒子径がDとなる。そこで、活物質層の凸部の高さは、平均粒子径D以上に設定している。言い換えると、活物質層の凹部の深さは、平均粒子径D以上である。この活物質層の凸部の高さとは、活物質層に形成している凹凸において、集電層までの距離の差に相当する。つまり、本実施形態において活物質層に形成する凹凸は、活物質粒子の粒度の分布によって必然的に形成される凹凸ではなく、活物質粒子の粒子径の差を超える意図的な凹凸であることを意味する。内部抵抗を下げるには、活物質層の凸部の高さを平均粒子径D以上とすることが効果的である。活物質層の凸部の高さを平均粒子径Dの2倍以上2.5倍以下とすることが好ましい。

30

このように、活物質粒子の粒子径を超える凹凸を形成することにより、活物質層は、内部抵抗が減少するとともに、表面積が増加する。表面積を大きくするほど、高出力化を図ることができる。

40

【0010】

本実施形態では、活物質層の凹凸の差である活物質層の凸部の高さHは、活物質層の最大厚さをTとしたとき、 $1.5\% \leq H/T < 100\%$ である。

これは、本実施形態による電極の活物質層は、接着層まで貫通していないことを意味する。すなわち、 $H/T = 100\%$ のとき、活物質層の凹部は、集電層と反対側の端面から集電層側の端面まで活物質層を貫いていることとなる。このように凹部が活物質層を貫くと、活物質層の凹部は電荷の蓄積に寄与しないこととなる。そこで、活物質層の最大厚さTに対する凸部の高さHを規定することにより、エネルギー密度を維持しつつ内部抵抗を低減することができる。

内部抵抗を下げるには、 H/T を 1.5% 以上とすることが効果的である。活物質層の

50

強度を鑑みると、 H/T は8%以上80%以下が好ましい。

【0011】

本実施形態では、活物質層の表面積 S は、活物質層の投影面積を S_p としたとき、 $100\% < S/S_p < 200\%$ である。

活物質層に分布する凹凸を微細にすることにより、活物質層の表面積 S は増大する。一方、表面積が過剰になると、活物質層の集電層と反対側の表面形状が複雑化し、エネルギー密度の向上および内部抵抗の低減への寄与が減少する。そこで、活物質層の表面積 S は、活物質層の投影面積 S_p の200%程度までであること好ましい。 S/S_p を110%以上160%以下とすることがより好ましい。

【図面の簡単な説明】

10

【0012】

【図1】実施形態による電極の断面を示す模式図

【図2】実施形態による電極の断面の一部を拡大した模式図

【図3】実施形態による電極の凹凸形状の例を示す模式図

【図4】実施形態による電極の凹凸形状の例を示す模式図

【図5】実施形態による電極の凹凸形状の例を示す模式図

【図6】実施形態による電極の凹凸形状の例を示す模式図

【図7】実施形態による電極の凹凸形状の例を示す模式図

【図8】電極の凹凸形状の例を示す模式図

【図9】実施形態による電極の試験結果を示す概略図

20

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本実施形態による電極を図面に基づいて説明する。

図1に示す電極10は、電気二重層キャパシタの電極として用いられる。電極10は、電気二重層キャパシタに限らず、リチウムイオンキャパシタの電極に用いることもできる。また、電極10は、リチウムイオン電池などの二次電池の電極に用いてもよい。

【0014】

電極10は、集電層11、活物質層12および接着層13を備えている。集電層11は、アルミニウムなどの導電性の金属により薄膜状に形成されている。集電層11は、アルミニウムに限らず、銅や銀などの導電性の金属で形成することができる。接着層13は、集電層11と活物質層12との間に設けられており、集電層11と活物質層12とを接着する。接着層13は、活物質層12から集電層11への電荷の移動を確保するために導電性の接着剤で形成されている。

30

【0015】

活物質層12は、図2に示すように活物質粒子21、導電助剤22および結着剤23を有している。なお、図2では、多角形状に示す活物質粒子21および円形状に示す導電助剤22の一部にのみ符号を付している。また、活物質粒子21および導電助剤22の形状は、模式的なものである。活物質粒子21は、例えば活性炭など電荷を蓄積可能な物質で形成されている。活物質粒子21は、活性炭に限らず、カーボンナノチューブやフラーレンなどの電荷を蓄積可能な物質で形成することができる。導電助剤22は、例えばカーボンブラックなどの導電性の材料で形成されている。導電助剤22は、活物質粒子21に蓄積された電荷を集電層11へ伝達する。この導電助剤22も、カーボンブラックに限らず、例えば金属粒子などでもよく、活物質粒子21に蓄積された電荷を集電層11へ伝達可能な材料で形成することができる。結着剤23は、活物質層12を形成する活物質粒子21および導電助剤22を結着する。結着剤23は、粒子状の活物質粒子21および導電助剤22が互いに分離しないように結び付ける。結着剤23は、例えばフッ素樹脂やオレフィン樹脂などで形成されている。これにより、活物質層12の活物質粒子21に蓄積された電荷は、導電助剤22によって運搬され、導電性の接着層13を経由して集電層11へ移動する。

40

【0016】

50

活物質層 12 は、図 1 に示すように凹凸を形成している。この活物質層 12 の凹凸の高さ、言い換えると凹凸の深さは、任意に設定される。図 1 に示す場合、これら凹凸の高さの差は、凸部 31 の先端面 32 から凹部 33 の底面 34 までの距離に相当する。詳細には、凹凸の高さの差は、凸部 31 の集電層 11 とは反対側の端面すなわち表面に位置する先端面 32 から、凹部 33 の集電層 11 側の端面すなわち底面 34 までの距離である。この凹凸の高さの差は、凸部 31 の平均高さ H に相当する。凹凸の高さの差は、凸部 31 ごとにわずかな差が生じうる。そこで、本明細書では、凹凸の高さの差を平均した値を凸部 31 の平均高さ H と定義している。ここで、凸部 31 の平均高さ H は、活物質粒子 21 の平均粒径を D としたとき、 $H = D$ に設定される。すなわち、本実施形態の場合、凸部 31 の平均高さ H は、活物質粒子 21 の配置によって必然的に形成される凹凸の差よりも大きく設定されている。凹部 33 は、活物質層 12 を厚さ方向に貫くことなく、集電層 11 側に底面 34 を形成している。

10

【0017】

活物質層 12 の凹凸は、図 3 から図 7 に示すように種々の形状に形成することができる。図 3 から図 7 に示す活物質層 12 は、凸部と凸部との間に先端面 32 から集電層 11 側へ窪んだ凹部を形成している。詳細には、隣り合う凸部の側面 41 の間に凹部が形成されている。図 3 から図 6 に示すように、凸部の先端面 32 と側面 41 とがなす角度 θ_1 、 θ_2 は、 $90^\circ < \theta_1 < 180^\circ$ 、 $90^\circ < \theta_2 < 180^\circ$ に設定することが好ましい。なお、図 5 に示すように凹部の両端における角度 θ_1 、 θ_2 は、異なってもよい。また、図 7 に示すように凸部の先端面 32 は、球面状であってもよい。この場合、角度 θ_1 、 θ_2 は、 $\theta_1 = 180^\circ$ 、 $\theta_2 = 180^\circ$ となる。したがって、角度 θ_1 、 θ_2 の上限は、 180° に設定することが好ましい。一方、凸部の先端面 32 と側面 41 とがなす角度 θ_1 、 θ_2 が 90° 未満になると、図 8 に示すように凹部の内側に凸部が張り出す。そのため、凹部へ張り出した凸部が凹部の内部へ脱落し、活物質層 12 の耐久性が低下するおそれがある。したがって、角度 θ_1 、 θ_2 は、 90° に設定することが好ましい。角度 θ_1 、 θ_2 を 90° に設定する場合、凹部へ張り出した凸部が凹部の内部へ脱落しにくい材質、形状、製法など採用するのが好ましい。

20

【0018】

次に、上記の構成による電極 10 の実施例について詳細に説明する。

図 9 は、実施例 1 ~ 12 および比較例 1 ~ 3 による電極 10 を示す。実施例 1 ~ 12 による電極 10 は、次の手順によって作成した。活物質粒子 21、導電助剤 22 および結着剤 23 は、予め設定した配合比で混合されるとともに練り合わされた。実施例 1 ~ 12 の場合、活物質粒子 21 は、比表面積が $1800 \text{ m}^2 / \text{g}$ の活性炭粒子である。練り合わされた混合物は、予め設定した厚さまで圧延し、活物質層 12 とした。このとき、最終的な圧延工程において、活物質層 12 の一方の端面に凹凸を形成した。つまり、凹凸は、圧延工程によるプレスによって形成した。圧延された活物質層 12 の厚さは、図 9 に示す通りである。具体的には、実施例 1 ~ 4 の場合、活物質層 12 の厚さは $120 \mu\text{m}$ である。実施例 5 ~ 実施例 8 の場合、活物質層 12 の厚さは $300 \mu\text{m}$ である。実施例 9 ~ 実施例 12 の場合、活物質層 12 の厚さは $480 \mu\text{m}$ である。この活物質層 12 の各厚さは、凹凸を形成する前の活物質層 12 の初期的な厚さに相当する。

30

40

【0019】

活物質層 12 の凹凸は、上述のように圧延の工程において転写される。そのため、活物質層 12 に含まれる活物質粒子 21 の総量は、凹凸の形成前と形成後とで実質的に変化しない。つまり、活物質層 12 の凹凸は、平坦に形成した活物質層 12 をプレスして凹凸を形成しているに過ぎない。言い換えると、活物質層 12 の凹部下部 35 (活物質層 12 における、底面 34 と接着層 13 との間の部分) では、凸部に比較して活物質粒子 21 の密度が高まっているに過ぎない。その結果、活物質層 12 は、凹凸を形成した後も活物質粒子 21 の総量に依存する静電容量すなわちエネルギー密度が維持される。

【0020】

得られた各厚さの活物質層 12 は、いずれも接着層 13 を挟んで集電層 11 に接着した

50

。集電層 11 は、アルミニウムで $30\ \mu\text{m}$ の薄膜状に形成した。集電層 11 は、活物質層 12 の凹凸が形成されていない側の面に接着層 13 を介して接着した。以上の手順により、実施例 1 ~ 実施例 12 の電極 10 が得られた。

また、比較例 1 ~ 3 の電極は、実施例 1 ~ 12 と同様に作成した。但し、比較例 1 ~ 3 は、圧延工程において活物質層 12 の端面に凹凸が形成されていない。

【0021】

得られた実施例 1 ~ 12 および比較例 1 ~ 3 の電極 10 に対して、活物質層 12 の表面つまり集電層 11 と反対側の端面を形状測定した。具体的には、活物質層 12 の表面は、レーザ顕微鏡で形状の測定を行った。これにより、活物質層 12 の表面の表面積、凸部 31 の面積率、および凸部 31 の高さ割合を求めた。ここで、実施例 1 ~ 12 における活物質層 12 の表面の表面積は、表面が平坦な比較例の活物質層 12 の表面の面積に対する比とし、**10** 相対表面積 (%) として表した。凹凸が形成されていない各比較例における活物質層 12 の表面の面積は、活物質層 12 の投影面積 S_p に相当する。そこで、実施例 1 ~ 12 では、測定した表面積の実測値 S を投影面積 S_p で除することにより、活物質層 12 の相対表面積 S_x を $S_x = S / S_p$ として算出した。算出した相対表面積 S_x は、図 9 に示している。比較例 1 ~ 3 の場合、活物質層 12 の表面積の実測値 S は投影面積 S_p に一致する。そのため、比較例 1 ~ 3 の場合、相対表面積 S_x はいずれも「100%」となる。なお、本実施形態の場合、測定の対象とした試料の測定範囲は、「 $3\ \text{mm} \times 3\ \text{mm}$ 」である。したがって、投影面積 S_p は、「 $S_p = 9\ \text{mm}^2$ 」である。

【0022】

凸部 31 の高さ割合は、活物質層 12 の厚さに対する凸部 31 の平均高さの割合である。すなわち、図 1 に示すように活物質層 12 の厚さを T とし、凸部 31 の平均高さを H とすると、凸部 31 の高さ割合 R_h は、 $R_h = H / T$ で算出される。比較例 1 ~ 3 の場合、活物質層 12 は凹凸が形成されていない。そのため、比較例 1 ~ 3 の場合、凸部 31 の高さ割合 R_h は「0%」である。活物質層 12 の厚さ T は、上述の通り凹凸を形成する前の活物質層 12 の初期的な厚さに相当する。また、凹部 33 は、活物質層 12 を貫通していない。そのため、凸部 31 の平均高さ H は、活物質層 12 の厚さ T と同一にならない。したがって、凸部 31 の高さ割合 R_h は、上限が 100% である。

【0023】

凸部 31 の面積率は、活物質層 12 の表面に存在する凸部 31 の面積の割合である。すなわち、活物質層 12 に凹凸を形成することにより、活物質層 12 は集電層 11 とは反対側に凸部 31 と凹部 33 とが存在する。このうち、活物質層 12 の投影面積 S_p に対する凸部 31 の面積 S_c の割合は、凸部 31 の面積率 R_c である。したがって、面積率 R_c は、 $R_c = S_c / S_p$ で算出される。比較例 1 ~ 3 の場合、活物質層 12 は凹凸が形成されていない。そのため、比較例 1 ~ 3 の場合、凸部 31 の面積率は「100%」である。本実施形態では、凸部 31 の面積は、凸部 31 の平均高さ H 分の深さ位置から $0.05H$ だけ集電層 11 と反対側に変位した位置に仮想面を置き、そこから集電層 11 と反対側の領域を測定したものである。

これら、実施例 1 ~ 12 および比較例 1 ~ 3 について、それぞれ内部抵抗を測定した。実施例 1 ~ 12 および比較例 1 ~ 3 の内部抵抗は、比較例 1 を「100」とした相対的な値で示している。

【0024】

次に、上記で説明した実施例 1 ~ 13 について、内部抵抗を比較例 1 ~ 3 と対比しながら検証する。

まず、実施例 1 ~ 4 と比較例 1 とを比較する。実施例 1 ~ 4 と比較例 1 とは、活物質層 12 の厚さ T が $120\ \mu\text{m}$ で共通する。実施例 1 ~ 4 は、活物質層 12 に凹凸を形成することにより、いずれも表面積が比較例 1 と比較して増加している。また、凸部 31 の面積率 R_c は、実施例 1、実施例 3、実施例 4、実施例 2 の順で大きくなっている。凸部 31 の高さ割合 R_h は、実施例 1、実施例 2、実施例 3、実施例 4 の順で大きくなっている。これら実施例 1 ~ 4 は、比較例 1 に比較して、いずれも内部抵抗が減少していることがわ

10

20

30

40

50

かる。また、内部抵抗は、実施例 1、実施例 3、実施例 2、実施例 4 の順で小さくなっている。ここで、実施例 2 と実施例 4 とを比較すると、内部抵抗に与える影響は、凸部 3 1 の面積率 R_c よりも凸部 3 1 の高さ割合 R_h の方が大きいことがわかる。すなわち、実施例 2 と実施例 4 とを比較すると、凸部 3 1 の面積率 R_c は実施例 2 の方が大きいのに対し、内部抵抗は実施例 4 の方が大きい。このことから、凸部 3 1 の高さ割合 R_h が大きくなるほど、つまり凹凸の凹部 3 3 の深さが増すほど、活物質層 1 2 の表面積が増加するとともに、内部抵抗は減少することがわかる。

【0025】

実施例 1 ~ 4 と比較例 1 とは、活物質層 1 2 の厚さ T が同一である。このことから、実施例 1 ~ 4 と比較例 1 とは、活物質層 1 2 に含まれる活物質粒子 2 1 の総量がほぼ同一である。すなわち、活物質層 1 2 に凹凸を形成した実施例 1 ~ 4 は、凹部下部 3 5 において凸部 3 1 に比較して活物質層 1 2 が圧縮され、活物質層 1 2 の密度が高まっているに過ぎない。そのため、実施例 1 ~ 4 と比較例 1 とは、エネルギー密度すなわち静電容量の差がほとんど生じない。このように、活物質層 1 2 に凹凸を形成した実施例 1 ~ 4 は、エネルギー密度が維持されたまま、内部抵抗が減少している。

10

【0026】

次に、実施例 5 ~ 8 と比較例 2 とを比較する。実施例 5 ~ 8 と比較例 2 とは、活物質層 1 2 の厚さ T が $300 \mu\text{m}$ で共通する。ここで、活物質層 1 2 の厚さ T が $300 \mu\text{m}$ の実施例 5 ~ 8 は、上述の実施例 1 ~ 4 と比較して、比較例 2 は、上述の比較例 1 と比較して、内部抵抗が増加している。これにより、活物質層 1 2 の厚さ T は、活物質層 1 2 の内部抵抗に影響を与えることがわかる。

20

【0027】

実施例 5 ~ 8 は、活物質層 1 2 に凹凸を形成することにより、いずれも表面積が比較例 2 と比較して増加している。また、凸部 3 1 の面積率 R_c は、実施例 5、実施例 7、実施例 6、実施例 8 の順で大きくなっている。凸部 3 1 の高さ割合 R_h は、実施例 5、実施例 6、実施例 7、実施例 8 の順で大きくなっている。これら実施例 5 ~ 8 は、比較例 2 に比較して、いずれも内部抵抗が減少していることがわかる。また、内部抵抗は、実施例 5、実施例 6、実施例 7、実施例 8 の順で小さくなっている。このことから、実施例 5 ~ 8 の場合も、活物質層 1 2 における凹凸の凹部 3 3 の深さが増すほど、活物質層 1 2 の表面積が増加するとともに、内部抵抗が減少することがわかる。

30

【0028】

実施例 5 ~ 8 と比較例 2 とは、活物質層 1 2 の厚さ T が同一である。このことから、実施例 5 ~ 8 と比較例 2 とは、活物質層 1 2 に含まれる活物質粒子 2 1 の総量がほぼ同一である。すなわち、実施例 5 ~ 8 と比較例 2 とは、エネルギー密度すなわち静電容量の差がほとんど生じない。このように、活物質層 1 2 に凹凸を形成した実施例 5 ~ 8 は、エネルギー密度が維持されたまま、内部抵抗が減少している。

【0029】

次に、実施例 9 ~ 12 と比較例 3 とを比較する。実施例 9 ~ 12 と比較例 3 とは、活物質層 1 2 の厚さ T が $480 \mu\text{m}$ で共通する。ここで、活物質層 1 2 の厚さ T が $480 \mu\text{m}$ の実施例 9 ~ 12 は、上述の実施例 1 ~ 8 と比較して、比較例 3 は、上述の比較例 1 および比較例 2 と比較して、内部抵抗が増加している。このことから、活物質層 1 2 の厚さ T が増加するほど、活物質層 1 2 の内部抵抗は増加することがわかる。

40

【0030】

実施例 9 ~ 12 は、活物質層 1 2 に凹凸を形成することにより、いずれも表面積が比較例 3 と比較して増加している。また、凸部 3 1 の面積率 R_c は、実施例 9、実施例 11、実施例 10、実施例 12 の順で大きくなっている。凸部 3 1 の高さ割合 R_h は、実施例 9、実施例 10、実施例 11、実施例 12 の順で大きくなっている。これら実施例 9 ~ 12 は、比較例 3 に比較して、いずれも内部抵抗が減少していることがわかる。また、内部抵抗は、実施例 9、実施例 10、実施例 11、実施例 12 の順で小さくなっている。このことから、実施例 9 ~ 12 の場合も、活物質層 1 2 における凹凸の凹部 3 3 の深さが増すほ

50

ど、活物質層 1 2 の表面積が増加するとともに、内部抵抗が減少することがわかる。

【 0 0 3 1 】

また、実施例 9 ~ 1 2 と比較例 3 とは、活物質層 1 2 の厚さ T が同一である。このことから、実施例 9 ~ 1 2 と比較例 3 とは、活物質層 1 2 に含まれる活物質粒子 2 1 の総量がほぼ同一である。そのため、実施例 9 ~ 1 2 と比較例 3 とは、エネルギー密度すなわち静電容量の差がほとんど生じない。このように、活物質層 1 2 に凹凸を形成した実施例 9 ~ 1 2 は、エネルギー密度が維持されたまま、内部抵抗が減少している。

【 0 0 3 2 】

以上の通り、実施例 1 ~ 1 2 は、活物質層 1 2 の厚さ T が同一であれば、活物質層 1 2 に凹凸を形成することにより、いずれも内部抵抗が減少することがわかった。活物質層 1 2 における活物質粒子 2 1 および導電助剤 2 2 は、結着剤 2 3 によって結着している。そのため、活物質層 1 2 は、例えばプレスなどの簡単な加工によって凹凸形状が転写され、容易に凹凸を形成することができる。したがって、加工の複雑化などを招くことなく、エネルギー密度を維持しつつ内部抵抗の小さな電極 1 0 を形成することができる。

10

【 0 0 3 3 】

以上説明した本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々の実施形態に適用可能である。

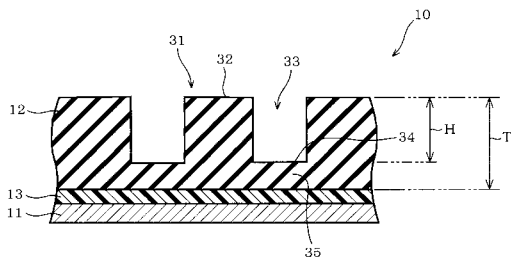
【 符号の説明 】

【 0 0 3 4 】

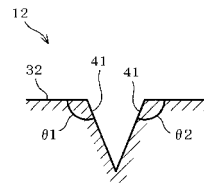
図面中、1 0 は電極、1 1 は集電層、1 2 は活物質層、1 3 は接着層、2 1 は活物質粒子、2 2 は導電助剤、2 3 は結着剤を示す。

20

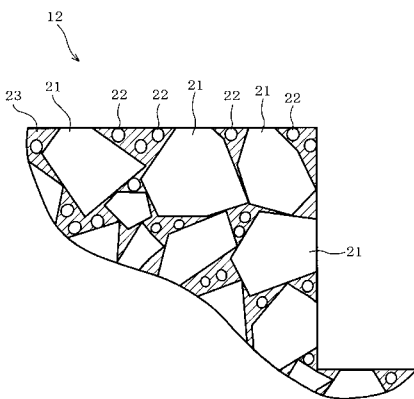
【 図 1 】



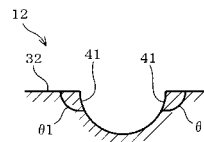
【 図 3 】



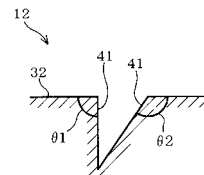
【 図 2 】



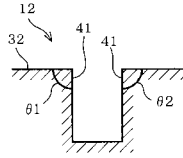
【 図 4 】



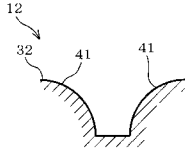
【 図 5 】



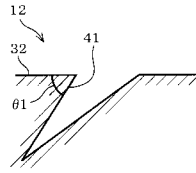
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

	凹凸加工	活物層厚度T (μm)	活物層層 相対表面積 (%)	凸部露率Fe (%)	凸部露率割合Rh (%)	内部抵抗 (%)
実施例1	有り	120	108	43.9	1.9	95
実施例2	有り	120	127	76.1	5.8	86
実施例3	有り	120	133	55.9	12.9	90
実施例4	有り	120	141	66.3	31.0	84
実施例5	有り	300	103	41.0	1.7	119
実施例6	有り	300	118	63.0	5.3	113
実施例7	有り	300	122	53.4	10.2	112
実施例8	有り	300	137	71.2	42.8	107
実施例9	有り	480	106	41.7	2.6	131
実施例10	有り	480	130	78.6	13.5	125
実施例11	有り	480	134	76.6	51.7	122
実施例12	有り	480	155	90.6	83.9	120
比較例1	無し	120	100	100	0	100
比較例2	無し	300	100	100	0	122
比較例3	無し	480	100	100	0	137

フロントページの続き

Fターム(参考) 5E078 AA03 AB02 AB06 BA05 BA07 BA73 BB23 BB34 BB38
5H050 AA08 AA12 BA17 CA14 CA16 CB07 CB09 DA10 DA11 EA02
EA10 EA23 EA24 FA10 HA04 HA05 HA07