(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2016-105409
(P2016-105409A)
(43)公開日　平成28年6月9日(2016.6.9)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H01M 4/04	***(2006.01)***	H01M	4/04	Z	5E078
H01M 4/62	***(2006.01)***	H01M	4/62	Z	5H050
H01M 4/139	***(2010.01)***	H01M	4/139		
H01G 11/86	***(2013.01)***	H01G	11/86		
H01G 11/36	***(2013.01)***	H01G	11/36		

審査請求 有　請求項の数 3　ＯＬ　（全 10 頁）

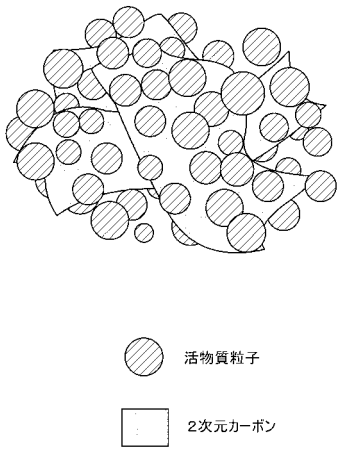
(21)出願番号　特願2016-4094(P2016-4094)
(22)出願日　平成28年1月13日(2016.1.13)
(62)分割の表示　特願2011-179362(P2011-179362)の分割
原出願日　平成23年8月19日(2011.8.19)
(31)優先権主張番号　特願2010-183888(P2010-183888)
(32)優先日　平成22年8月19日(2010.8.19)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(71)出願人　000153878
株式会社半導体エネルギー研究所
神奈川県厚木市長谷３９８番地
(72)発明者　竹村　保彦
神奈川県厚木市長谷３９８番地　株式会社半導体エネルギー研究所内
(72)発明者　森若　圭恵
神奈川県厚木市長谷３９８番地　株式会社半導体エネルギー研究所内

Ｆターム(参考)　5E078 AA03 AB02 AB06 BA52 BA73 BB30
5H050 AA12 BA17 CA01 CB08 CB20 DA10 EA08 GA10 GA12 GA13 GA22

(54)【発明の名称】電極の作製方法

(57)【要約】
【課題】電池に使用される活物質粒子等よりなる電極の導電性を高める。
【解決手段】従来、用いられていたグラファイト粒子、アセチレンブラック、炭素繊維等
の１次元以下の拡がりしか有しない導電助剤に代えて、１乃至１０枚のグラフェンよりな
る２次元カーボンを導電助剤として用いる。２次元的な広がりを有する導電助剤は、活物
質粒子や他の導電助剤と接する確率が向上するため、導電率を改善できる。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
活物質粒子と、バインダーと、１乃至１００枚のグラフェンよりなる２次元カーボンを有する導電助剤と、が混合されて形成された電極を有する電気機器。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、粒子状材料を用いる各種電気機器、中でも電池に関する。
【背景技術】
【０００２】
マンガン電池、アルカリ電池、ニッケル水素電池、リチウムイオン二次電池等においては、電気を貯蔵するための活物質に粒子状材料を用いており、いくつかの場合においては、それらの粒子状材料（活物質粒子）の導電性が低いため、アセチレンブラックやグラファイト（黒鉛）粒子、炭素繊維等の導電助剤を混合して導電率を上げることがなされている（特許文献１参照）。
【０００３】
具体的には、活物質粒子とこれら導電助剤とバインダーとを混合し、集電体上に塗布し、成型した後、乾燥させたものを正極あるいは負極等の電極として用いる。
【０００４】
電池以外にも、粒子状物質を用いる電気機器では、その導電性を高めるために上記と同様な処置がなされている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開平６－６０８７０号公報
【特許文献２】米国特許公開２００９／０１１０６２７号公報
【特許文献３】米国特許公開２００７／０１３１９１５号公報
【非特許文献】
【０００６】
【非特許文献１】”Ｇｒａｐｈｅｎｅ－Ｂａｓｅｄ Ｌｉｑｕｉｄ Ｃｒｙｓｔａｌ Ｄｅｖｉｃｅ” Ｐ. Ｂｌａｋｅ ｅｔ. ａｌ., Ｎａｎｏ Ｌｅｔｔ. ８, １７０４（２００８）
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】
マンガン乾電池等で導電助剤としてグラファイト粒子を用いる際には、コストの理由から天然グラファイトを用いることが一般的であるが、その際にはグラファイト粒子中に不純物として含有されている鉄、鉛、銅等が活物質や集電体と反応し、電池の電位低下や容量低下が生じることや、電解液保持特性が低いことに起因して活物質の利用率が低下してしまうという問題がある。
【０００８】
さらに、リチウムイオン電池等のアルカリイオンを移動させて充放電させる電池の正極の導電助剤としてグラファイトを用いると、グラファイト粒子がアルカリイオンを吸収してしまうので、電流の利用効率が悪化するという問題も生じる。
【０００９】
また、アセチレンブラックはグラファイト粒子に比較して不純物が少なく、また鎖状構造が発達しているため、電解液の保持性が大きく活物質の利用率を向上できる。しかし、アセチレンブラック表面には活物質に対し還元性の強い官能基が存在しているため、これを導電助剤に用いた電池は電位低下と放電容量低下とが大きくなるという欠点がある。
【００１０】

さらに、アセチレンブラックは、直径１０ｎｍ程度の微粒子であるため、電流は、活物質粒子から、個々のアセチレンブラック粒子の間をホッピングしながら伝導する。すなわち、ホッピングのたびに抵抗が生じることとなる。導電助剤としてアセチレンブラックを用いた様子を図２に模式的に示す。図の斜線の粒子が、活物質粒子であり、黒点がアセチレンブラック粒子である。このような問題はグラファイト粒子を用いた場合でも同様である。

【００１１】

一方、特許文献１に記載されているような、導電助剤として炭素繊維を用いる場合では、上記のような過剰なホッピングによる導電率の低下は抑制されるものと推定される。しかしながら、１本の炭素繊維が活物質と集電体とを結びつけるわけではなく、電流はいくつかの炭素繊維をホッピングしながら、伝導することとなる。

【００１２】

仮に、すべての炭素繊維が１つの方向を向いた状態で整列していたとしても、炭素繊維同士が接する（あるいは十分に接近する）確率は５０％に満たないから、導電性の面では十分ではない。

【００１３】

さらに、バインダーを混合して整形した電極において、すべての炭素繊維が１つの方向を向いた状態で整列することは困難であるので、現実には、上記の仮定よりも導電性は低下する。

【課題を解決するための手段】

【００１４】

１乃至１００枚、好ましくは１乃至１０枚のグラフェンよりなる２次元カーボンを導電助剤とすることにより、導電性を改善させることができる。なお、本明細書では、グラフェンとは、sp^2結合を有する厚さ１原子層の炭素分子のシートのことをいう。そのような２次元的な拡がりを有する導電助剤を用いた場合の模式図を図１に示す。ここでは、３枚の２次元カーボンと多数の活物質粒子があり、それぞれが複雑な構造を形成することで導電性を高めることができる。

【００１５】

後述するように、２次元的な拡がりを有し、厚さが無視できる材料を導電助剤とすると、導電助剤の体積を小さくしても同等な効果が得られる。このため、電極体積に占める導電助剤の体積を削減でき、電極の体積を減らすことができる。例えば、１０枚のグラフェンよりなる２次元カーボンの厚さは３ｎｍ程度である。

【００１６】

グラフェンの特徴として、ドーピング処理したものの導電率の高さが挙げられる。10^6Ｓ／ｃｍ以上という値は、銀の導電率以上である。このことは、導電助剤として用いる上で有利である。ドーピングはグラフェンを部分的に酸化することやカリウム等のアルカリ金属を添加することで実施できる。

【００１７】

２次元カーボンを有する導電助剤をリチウムイオン二次電池等のアルカリ金属イオンあるいはアルカリ土類金属イオンが移動することで充放電をおこなう電気機器に用いると、自動的に２次元カーボンがドーピングされ、導電率が向上することもある。

【００１８】

２次元カーボンにおいては、グラフェンの枚数を重ねることにより導電性が向上する。しかし、１０１枚以上のグラフェンを重ねたものでは、グラファイト的な性格が強くなるため好ましくない。

【００１９】

導電助剤として２次元的な拡がりを有する材料を用いるに際しては、その典型的な長さは１００ｎｍ以上１００μｍ以下、好ましくは、１μｍ以上２０μｍ以下とするとよい。特に、２次元カーボンを用いる場合には、典型的な長さが１００ｎｍ以下の場合には、半導体的な性質となり、導電率が低下する。また、１００ｎｍ以上では、電気特性は良導体の

ものと同等であるが、ホッピング伝導（２次元カーボンから別の２次元カーボンの電子の移動）の回数を減らすためには、１μｍ以上であることが好ましい。

【００２０】

なお、本明細書では、典型的な長さを、２次元カーボンの面積の平方根と定義する。実際の２次元カーボンはさまざまな形状となりえるが、ここでは全て長方形と仮定して長さを規定する。したがって、例えば、長辺の長さが２ｍｍ、短辺の長さが５０ｎｍ（これらの数値は、上述の好ましい範囲から外れている）の長方形状の２次元カーボンの典型的な長さが１０μｍ（この数値は、上述の好ましい範囲内にある）となる。

【００２１】

なお、導電助剤には、２次元カーボン以外に、アセチレンブラック粒子や１次元の拡がりを有するカーボン粒子（カーボンナノファイバー等）を２次元カーボンの体積の０．１倍以上１０倍以下有してもよい。

【発明の効果】

【００２２】

上記の構成を有することで電気機器の抵抗を低減させることができる。特に、本発明の導電助剤を一次電池あるいは二次電池に用いた場合には電極の抵抗（内部抵抗）が小さい方が有利であり、これは、一時的に大電力が必要な用途に向いている。

【００２３】

例えば、電気自動車の電源は、平坦地を走行するときには、比較的、電力消費量が少ない。しかしながら、急加速するときや、坂を上るときは多くの電力を消費する。その際、電源は多くの電流を流す必要があるが、内部抵抗が多いと、電圧降下が著しくなり、また、内部抵抗による損失も発生する。

【００２４】

その結果、使用できるはずの電力の何割かは損失となってしまう。すなわち、蓄えたはずの電力は、平坦地走行であればほぼ１００％使用できるのに、登坂時や加速時には、その何割かが失われてしまう。内部抵抗を下げることで、そのような損失を抑制できる。

【００２５】

２次元的な拡がりを有する厚さを無視できる材料を用いることで、導電性を向上させることができる理由を図３を用いて説明する。

【００２６】

図３（Ａ）乃至図３（Ｄ）は、１次元的な拡がりを有する材料、例えば、炭素繊維を用いても導電性が十分に改善されない理由を説明するための図である。図３（Ａ）は、ある理想的な配置をしている炭素繊維１０１の様子である。すなわち、複数の炭素繊維１０１が規則正しく、正方格子状に配列している。炭素繊維１０１の長さ方向は紙面に垂直である。

【００２７】

１つの炭素繊維の表面から他の炭素繊維の表面は長さｘである。すなわち、炭素繊維の直径は格子間隔からｘを差し引いたものである。このｘは活物質等の粒子の大きさにより最適な値がある。

【００２８】

このような炭素繊維を図３（Ａ）の矢印ａの方向から観測した様子を図３（Ｂ）に示す。図３（Ｂ）において、矢印ｂは図３（Ａ）を観測した方向である。このような炭素繊維１０１が上方の炭素繊維１０２と接する場合を考える。例えば、図３（Ｃ）のような配置であれば、炭素繊維１０１が上方の炭素繊維１０２とぴったり接して、その間の抵抗を最小にできると見える。

【００２９】

しかしながら、別の角度（矢印ｂ）から見ると、図３（Ｄ）に示すように、炭素繊維１０１と上方の炭素繊維１０２が全く重なっていない（接していない）ことがありえる。このように規則正しく並んだ炭素繊維格子が上方の同様な炭素繊維格子と重なる確率は高いものではない。

【００３０】
図３（Ａ）乃至図３（Ｄ）では、炭素繊維１０１および１０２の直径を格子間隔の１／１０としている。この場合、炭素繊維１０１と上方の炭素繊維１０２が一部でも重なる（接する）確率は約１２．６％である。
【００３１】
ところが、２次元的な拡がりを有する材料であれば、その確率は大幅に向上する。例えば、図３（Ｅ）に示すように、２次元的な拡がりを有する材料が図３（Ａ）に示されるのと同じ領域において折り曲げられた構造（２次元カーボン１０３）であったとする。ここで、折り曲げられる間隔はｘとする。これは、図３（Ａ）と同等な効果を得るためのものである。
【００３２】
もし、その上方に、２次元カーボン１０３と同様に折り曲げられた２次元カーボンがあったとすると、両者が全く接しないということはあり得ないことがわかる。図３（Ｃ）と図３（Ｄ）は、ある角度から見ると接しているように見えるものの、他の角度から見ると接していないことがある例であるが、図３（Ｅ）のように２次元的な拡がりを有する材料に関しては、ある角度から見て接しているように見えればどこから見ても接しているように見え、実際に両者は接している。
【００３３】
なお、ここで注目すべきことは２次元的な拡がりを有する材料の体積である。例えば、図３の（Ｅ）の２次元カーボン１０３の面積は、同じ領域にある図３（Ａ）の炭素繊維１０１の表面積の２．２倍であるが、その厚さが十分に小さければ、２次元カーボン１０３の体積は図３（Ａ）のすべての炭素繊維１０１の体積よりも小さくなる。
【００３４】
例えば、２次元カーボン１０３が１０層のグラフェンからできている場合には、その厚さは３．４ｎｍであり、２次元カーボン１０３がより少ないグラフェンからできている場合には、その厚さは３．４ｎｍ未満である。したがって、炭素繊維１０１の半径が３．８６ｎｍ以上であれば、炭素繊維を使用した方が体積が大きくなる。現実に炭素繊維あるいはその他の１次元的な拡がりを有する材料の半径は５ｎｍよりも大きいため、より大きな体積を必要とする。
【００３５】
図３（Ｅ）は２次元的な拡がりを有する材料が特殊な形状に折り曲げられた構造を有している場合であったが、より一般的には、相当な範囲まで２次元的な拡がりを有する構造を取る。例えば、図３（Ｆ）に示すように、ａの方向に等間隔に設けられた２次元カーボン１０４が無限の拡がりを有する場合である。この場合、上方に同様に２次元的に広がる２次元カーボンがあるとして、どのような状況で接するかを考察する。
【００３６】
まず、上方の２次元カーボンが２次元カーボン１０４と同じ方向にある場合は、２次元カーボン１０４と重なる場合以外は接することは難しい。しかし、上方の２次元カーボンが２次元カーボン１０４と同じ方向にある場合というのは稀な場合で、通常は何らかの角度を有するので、２次元カーボンのａ方向の長さが無限大であればほとんど接するとしてよい。
【００３７】
また、２次元カーボン１０４のａ方向の長さが有限であるとしても、十分な確率で接することができる。例えば、２次元カーボン１０４の長さが長さｘと等しい場合は、上方の２次元カーボンとのなす角度が０°以上４５°未満であれば重ならないが、４５°以上９０°以下であれば重なる。したがって、このような場合でも、５０％の確率で重なるといえる。この数字は炭素繊維の場合の１２．６％に比べると格段に大きい。
【００３８】
また、この考察より、２次元カーボンのａ方向の長さが、長さｘよりも５倍以上大きければほぼ９０％近い確率で重なるといえる。ｘは活物質粒子の１倍以上５倍以下とすること

が好ましいので、２次元カーボンの長さもそれに応じて決定できる。すなわち、２次元カーボンの典型的な長さは、活物質粒子の粒径の平均値の１倍以上、好ましくは５倍以上とするとよい。

【００３９】

上記の考察は、極めて簡単なモデルでの説明であるが、２次元的な拡がりを有する材料を導電助剤とすることにより優れた特性が得られることを示唆するものである。そして、このようなモデルから、２次元的な広がりを有する導電助剤は、活物質粒子や他の導電助剤と接する確率が向上し、これらを有する電極の導電率が向上することは容易に理解できる。このような原理による導電性の向上は、活物質粒子に対してだけではなく、それ以外の導電性の低い粒子に対しても同様に成し得ることは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【００４０】

【図１】２次元カーボンと活物質粒子との模式図である。

【図２】アセチレンブラック粒子と活物質粒子との模式図である。

【図３】炭素繊維と２次元カーボンとの導電性の差を説明する図である。

【図４】二次電池の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００４１】

以下、実施の形態について図面を参照しながら説明する。但し、実施の形態は多くの異なる態様で実施することが可能であり、趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本発明は、以下の実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【００４２】

（実施の形態１）

本実施の形態では、本発明の一態様であるリチウムイオン二次電池の作製方法について説明する。まず、導電助剤として用いる２次元カーボンを作製する。２次元カーボンの作製方法はＣＶＤ法（特許文献２）、塗布法（特許文献３）あるいはグラファイトから２次元カーボンを化学的に分離する方法（非特許文献１）を用いればよい。

【００４３】

例えば、ＣＶＤ法を用いる場合には、触媒となるニッケル、鉄等の金属膜を基板上に形成し、これをチャンバー内に置いて、６００℃乃至１１００℃に加熱し、メタン、エタン等の炭化水素を含むガスをチャンバーに導入することで、基板上に１乃至１０枚のグラフェンシートからなる２次元カーボン膜を得る。

【００４４】

次に、金属膜を酸等でエッチングすることで、２次元カーボン膜の独立膜を得る。これを裁断して、一辺の長さ１μｍ乃至１００μｍの長方形に加工する。

【００４５】

また、塗布法を用いる場合には、単結晶グラファイト粉末に過マンガン酸カリウムの硫酸溶液、過酸化水素水等を加えて酸化反応させて酸化グラフェン水溶液を得る。得られた酸化グラフェン水溶液を、剥離層を設けた適切な基板上に塗布して乾燥させる。剥離層としては、１乃至１００ｎｍの酸に可溶な金属を用いればよい。

【００４６】

さらに、真空中での高温加熱、あるいはヒドラジン等の還元試薬の添加等により、酸化グラフェンを還元させ、１乃至１０枚のグラフェンシートからなる２次元カーボン膜を得る。

【００４７】

次に、剥離層を酸等でエッチングすることで、２次元カーボン膜の独立膜を得る。これを裁断して、一辺の長さ１μｍ乃至１００μｍの長方形に加工する。なお、酸化グラフェン水溶液を基板に塗布・乾燥した段階で、上記の長方形状に加工しておいてもよい。

【００４８】

なお、還元試薬を用いる方法では、還元反応は表面から進行するため、反応時間を制御することで、適切な深さで還元反応を停止できる。この状態では、表面では還元された２次元カーボンが得られているが、それより深い部分では酸化グラフェンのままである。酸化グラフェンは水に懸濁するので、基板を水に浸すと、２次元カーボン（水に不溶）の独立膜を得ることができる。水に溶けた酸化グラフェンは、回収して、再び、基板に塗布することもできる。

【００４９】

また、グラファイトからの２次元カーボンの化学的分離法を用いる場合にはクロロホルムやＮ，Ｎ－ｄｉｍｅｔｈｙｌｆｏｒｍａｍｉｄｅ（ＤＭＦ）やＮ－ｍｅｔｈｙｌｐｙｒｒｏｌｉｄｏｎｅ（ＮＭＰ）等の極性溶媒中にグラファイトを置き、超音波振動により、グラファイトの層間接合を破壊することにより２次元カーボンを得ることができる。

【００５０】

この方法では、平坦な２次元カーボン膜を得ることは困難であると認識されている。しかしながら、２次元カーボンを導電助剤として用いるのであれば、平坦性は要求されないので、何の障害ともならない。むしろ、量産性の面では、他の方法よりも効率的である。

【００５１】

なお、２次元カーボンの独立膜を得た後に、これを裁断するに際しては、一緒に混合する活物質粒子等の層を２次元カーボンの独立膜の一方の面に１０ｎｍ乃至１００ｎｍの厚さで塗布するとよい。裁断した２次元カーボンは、凝集しやすいが、その一方の面に別の材料の層が設けられていると、凝集を防止できる。

【００５２】

以上のようにして作製した、適切な面積を有する２次元カーボンを正極活物質およびバインダーと混合し、スラリーを形成する。アセチレンブラック等の他の導電助剤を適宜、混入してもよい。正極活物質の材料としては、燐酸鉄リチウム、燐酸マンガンリチウム、珪酸マンガンリチウム、珪酸鉄リチウム等を用いることができるが、これに限らない。粒径は２０ｎｍ乃至１００ｎｍとするとよい。また、正極活物質粒子の焼成時にグルコース等の炭水化物を混合して、正極活物質粒子にカーボンがコーティングされるようにする。この処理により導電性が高まる。

【００５３】

以下、図４を用いて説明する。図４はコイン型の二次電池の構造を示す模式図である。正極集電体２２８に上記スラリーを塗布し、成型した後、乾燥させて正極活物質層２３０を形成する。正極集電体２２８の材料としては、アルミニウムを用いるとよい。

【００５４】

なお、図４に示すように、コイン型の二次電池は、負極２０４、正極２３２、セパレータ２１０、電解液（図示せず）、筐体２０６及び筐体２４４を有する。このほかにはリング状絶縁体２２０、スペーサー２４０及びワッシャー２４２を有する。正極２３２は、上記工程により得られた正極集電体２２８に正極活物質層２３０が設けられたものを用いる。

【００５５】

電解液としては、エチレンカーボネート（ＥＣ）とジエチルカーボネート（ＤＥＣ）の混合溶媒に$LiPF_6$を溶解させたものを用いるとよいが、これに限られない。

【００５６】

負極２０４は、負極集電体２００上に負極活物質層２０２を有する。負極集電体２００としては、例えば銅を用いるとよい。負極活物質としては、グラファイトやポリアセン等を用い、これを単独、あるいはバインダーで混合したものを負極活物質層２０２として用いるとよい。あるいは、上記の方法で得られる２次元カーボンを負極活物質として用いてもよい。

【００５７】

セパレータ２１０には、空孔が設けられた絶縁体（例えば、ポリプロピレン）を用いてもよいが、リチウムイオンを透過させる固体電解質を用いてもよい。

【００５８】

筐体２０６、筐体２４４、スペーサー２４０及びワッシャー２４２は、金属（例えば、ステンレス）製のものを用いるとよい。筐体２０６及び筐体２４４は、負極２０４及び正極２３２を外部と電気的に接続する機能を有している。

【００５９】

これら負極２０４、正極２３２及びセパレータ２１０を電解液に含浸させ、図４に示すように、筐体２０６内に負極２０４、セパレータ２１０、リング状絶縁体２２０、正極２３２、スペーサー２４０、ワッシャー２４２、筐体２４４をこの順で積層し、筐体２０６と筐体２４４とを圧着してコイン型の二次電池を作製する。

【００６０】

（実施の形態２）

本発明の電気機器の例として、各種の乾電池、充電池等が挙げられる。これらの正極あるいは負極の導電助剤として、例えば、実施の形態１で示した２次元カーボンを有する導電助剤を用いればよい。

【００６１】

また、本発明の電気機器の例としては、例えば、電気自動車、電動工具、パーソナルコンピュータ、携帯電話等が挙げられる。これらの電気機器は、有線で電源を供給されるとは限らないため、内部に充電池を有する。その充電池の正極あるいは負極の導電助剤として、例えば、実施の形態１で示した２次元カーボンを有する導電助剤を用いればよい。

【００６２】

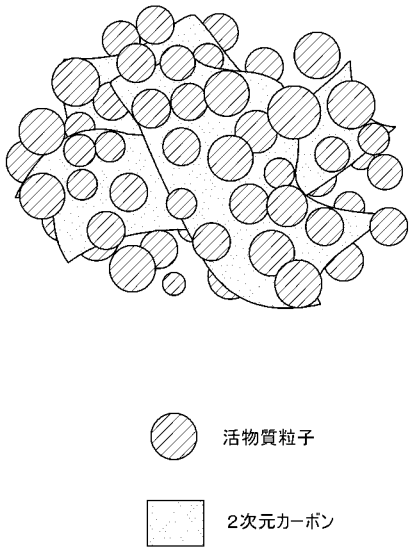
特に、瞬間的に大きな電流を流すことが必要とされる用途、あるいは、必要とされる電流値が大きく変動する用途では、内部抵抗の小さい充電池が求められるので、本発明を適用すると、十分な効果が得られる。

【符号の説明】

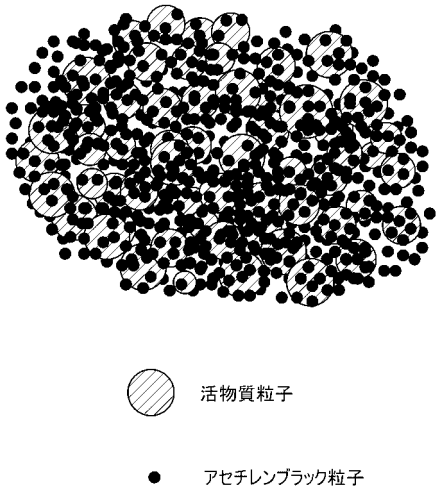
【００６３】

１０１　炭素繊維
１０２　上方の炭素繊維
１０３　２次元カーボン（折り曲げられた場合）
１０４　２次元カーボン（平面的に拡がった場合）
２００　負極集電体
２０２　負極活物質層
２０４　負極
２０６　筐体
２１０　セパレータ
２２０　リング状絶縁体
２２８　正極集電体
２３０　正極活物質層
２３２　正極
２４０　スペーサー
２４２　ワッシャー
２４４　筐体

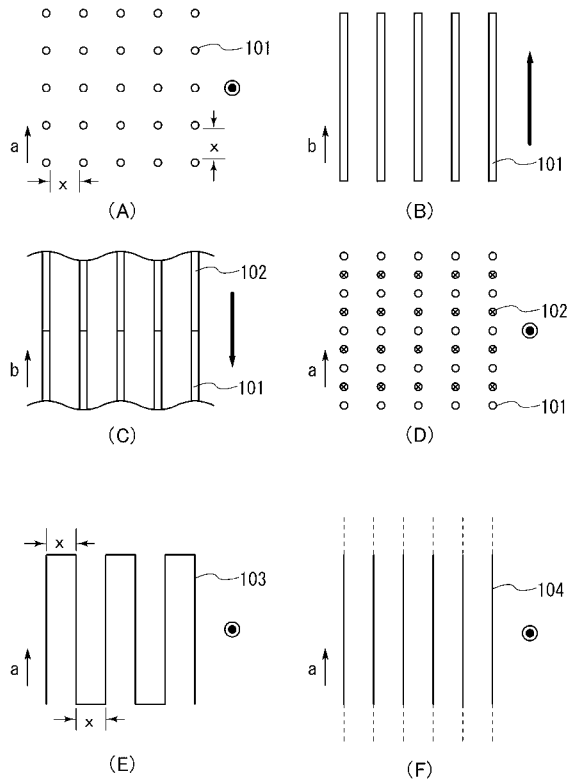
【図１】


活物質粒子
2次元カーボン

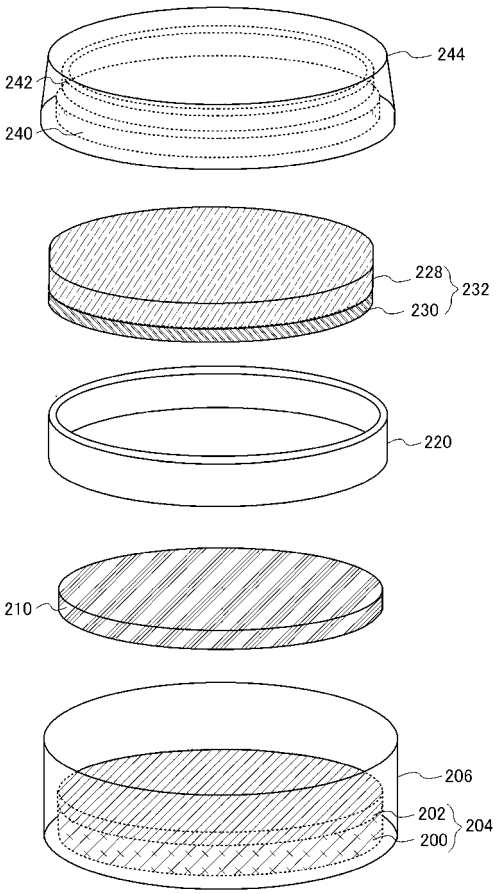
【図２】


活物質粒子
アセチレンブラック粒子

【図３】


101
a
x
x
(A)
b
101
(B)
102
b
101
(C)
102
a
101
(D)
x
103
a
x
(E)
104
a
(F)

【図４】


244
242
240
228
232
230
220
210
206
202
204
200

【手続補正書】
【提出日】平成28年1月15日(2016.1.15)
【手続補正２】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
基板上に酸化グラフェンを有する水溶液を塗布する工程と、
前記水溶液の乾燥、及び還元試薬を用いた還元処理を行うことにより、グラフェン及び酸化グラフェンを有する膜を形成する工程と、
前記基板を水に浸すことにより、２次元カーボン膜を得る工程と、
前記２次元カーボン膜と、活物質と、バインダーと、を混合する工程と、を有することを特徴とする電極の作製方法。
【請求項２】
請求項１において、
前記２次元カーボン膜は、１以上１０以下のグラフェンシートを有することを特徴とする電極の作製方法。
【請求項３】
請求項１又は２において、
前記水溶液は、前記基板上に設けられた金属に塗布され、
前記金属をエッチングすることにより、前記基板と前記２次元カーボン膜を分離することを特徴とする電極の作製方法。