

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年8月25日(25.08.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/133095 A1

- (51) 国際特許分類:
H01M 10/058 (2010.01) H01M 4/13 (2010.01)
H01G 11/52 (2013.01) H01M 10/04 (2006.01)
H01M 2/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/054461
- (22) 国際出願日: 2016年2月16日(16.02.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-028858 2015年2月17日(17.02.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社GSユアサ(GS YUASA INTERNATIONAL LTD.) [JP/JP]; 〒6018520 京都府京都市南区吉祥院西ノ庄猪之馬場町1番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 長谷川 英史(HASEGAWA Hidefumi); 〒6018520 京都府京都市南区吉祥院西ノ庄猪之馬場町1番地 株式会社GSユアサ内 Kyoto (JP).
田中 樹恵(TANAKA Kie); 〒6018520 京都府京都市南区吉祥院西ノ庄猪之馬場町1番地 株式会社GSユアサ内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 天野 一規(AMANO Kazunori); 〒6500025 兵庫県神戸市中央区相生町1丁目1番18号

富士興業西元町ビル6階 天野特許事務所内
Hyogo (JP).

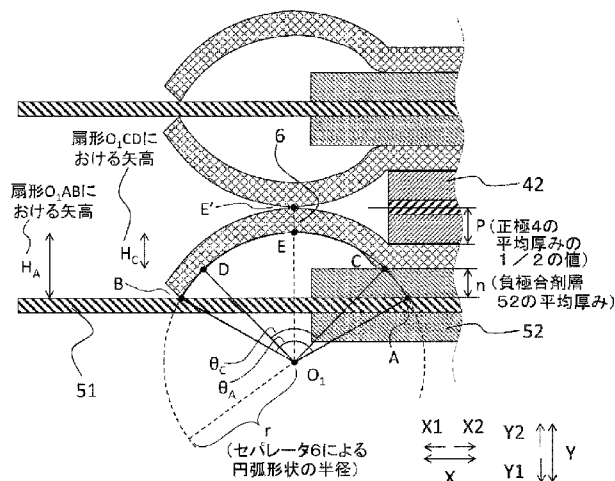
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: ELECTRICAL STORAGE ELEMENT, ELECTRICAL STORAGE DEVICE, AND AUTOMOBILE

(54) 発明の名称: 蓄電素子、蓄電装置及び自動車



- H_A Camber of sector O_1AB
 H_C Camber of sector O_1CD
 n Average thickness of negative-electrode mixture layer 52
 P Value equal to 1/2 of average thickness of positive electrode 4
 r Radius of arc formed by separator 6

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide an electrical storage element in which, even if metal powder is mixed into the electrical storage element due to a normally unpredictable cause, the metal powder is inhibited from moving (flowing) to a positive electrode. An electrical storage element according to the present invention is provided with: a negative electrode having a negative-electrode mixture layer and a mixture-layer non-formed portion on the two surfaces of a negative-electrode current collecting foil, respectively; a positive electrode having positive-electrode mixture layers on the two surfaces of a positive-electrode current collecting foil; and a separator that has an insulating layer facing the positive electrode and that is interposed between the negative electrode and the positive electrode. The negative electrode, the separator, and the positive electrode are laminated in a first direction, the negative-electrode mixture layer and the mixture-layer non-formed portion are respectively disposed on the two surfaces of the negative electrode so as to adjoin each other in a second direction orthogonal to the first direction, the separator protrudes in the second direction from the positive-electrode mixture layer at one end of the separator in the second direction, the separator has first curved sections in which a surface facing the negative electrode is a concave surface at a portion protruding in the second direction from the positive-electrode mixture layer, and the first curved sections of the separator adjoining in the first direction abut on each other.

ection from the negative-electrode mixture layer, and the first curved sections of the separator adjoining in the first direction abut on each other.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/133095 A1



本発明の目的は、通常予見できない原因で蓄電素子に金属粉が混入した場合であっても該金属粉が正極まで移動（流動）することを抑制させた蓄電素子の提供である。本発明の蓄電素子は、負極集電箔の両面それぞれに負極合剤層と合剤層非形成部とを有する負極と、正極集電箔の両面それぞれに正極合剤層を有する正極と、正極に対向する絶縁層を有して負極と正極との間に介在されるセパレータとを備え、負極、セパレータ及び正極が第一方向に積層され、前記負極の各面において、負極合剤層と合剤層非形成部とが、前記第一方向と直交する第二方向に隣接して配置され、前記セパレータが、前記第二方向における該セパレータの一端において、正極合剤層より前記第二方向に突出し、前記セパレータは、負極合剤層より前記第二方向に突出する部分に、負極と対向する面を凹面とする第一湾曲部を有し、前記第一方向に隣接するセパレータの前記第一湾曲部同士が当接している。

明 細 書

発明の名称：蓄電素子、蓄電装置及び自動車

技術分野

[0001] 本発明は、表面に絶縁層を有するセパレータを備えた蓄電素子、並びにこの蓄電素子を用いた蓄電装置及び自動車に関する。

背景技術

[0002] 従来、正極合剤層と正極合剤層非形成部とを有する正極と、負極合剤層と負極合剤層非形成部とを有する負極との間にセパレータが介在し、該正極合剤層非形成部と負極合剤層非形成部とを反対向きに突出させた電極体を備える蓄電素子が知られている。

[0003] セパレータに用いられている材料（例えば、ポリプロピレンやポリエチレン等）は、熱により、ある程度収縮する。そのため、セパレータの熱収縮により、正極と負極の間に短絡が発生しないように、正極合剤層及び負極合剤層の端部よりも、セパレータが長く突出するように配置されている。

[0004] 特許文献1には、過充電等により発生した熱が二次電池内部に溜まると、正極非塗工部側は、負極非塗工部側と比較して温度が高くなりがちになることに着目して、正極非塗工部側におけるセパレータの突出量を、負極非塗工部側におけるセパレータの突出量の2倍以上とすることにより、昇温したとしても適切に短絡が防止される二次電池が開示されている（段落0010、0027等）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2012-043752号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 本発明者らは、蓄電素子を作製する過程において、通常予見できない原因で蓄電素子に金属粉が混入した場合であっても、蓄電素子の容量の低下を抑

制する新たな技術を提案する。

[0007] 本発明者らは、セパレータの片方の表面に絶縁層を有するセパレータは、長手方向（MD方向）に垂直な短手方向（TD方向）において、絶縁層を有する面を凸にして、湾曲することを発見した。本発明者らは、この発見を基に鋭意検討を重ねることにより、本発明を完成するに至った。

[0008] 本発明の課題とするところは、通常予見できない原因で蓄電素子に金属粉が混入した場合であっても、該金属粉が正極まで移動（流動）することが抑制された蓄電素子、並びにこの蓄電素子を用いた蓄電装置及び自動車を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 負極集電箔の両面それぞれに、負極合剤層と、合剤層非形成部とを有する負極と、

正極集電箔の両面それぞれに、正極合剤層を有する正極と、

前記正極に対向する絶縁層を有して、前記負極と前記正極との間に介在されるセパレータと、を備え、

前記負極、前記セパレータ、及び前記正極が、第一方向に積層され、

前記負極の各面において、前記負極合剤層と前記合剤層非形成部とが、前記第一方向と直交する第二方向に隣接して配置され、

前記セパレータが、前記第二方向における該セパレータの一端において、前記正極合剤層より前記第二方向に突出し、

前記セパレータは、前記正極合剤層より前記第二方向に突出する部分に、前記負極と対向する面を凹面とする第一湾曲部を有し、

前記第一方向に隣接するセパレータの前記第一湾曲部同士が当接している、蓄電素子。

[0010] 上記の本発明の第一の一態様によれば、通常予見できない原因で蓄電素子に金属粉が混入した場合であっても、該金属粉が正極まで移動（流動）することを抑制することにより、該金属粉に起因する蓄電素子の微小短絡による微量な容量の低下を抑制することができる。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、蓄電素子の容量が低下することを抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]第1実施形態に係る蓄電素子を示す斜視図である。

[図2]第1実施形態に係る蓄電素子を示す分解斜視図である。

[図3]第1実施形態に係る蓄電素子における蓄電要素を示す分解斜視図である。

[図4]セパレータを介在させて、正極と負極とをある一定の間隔を設けて配置する態様を示す図面である。

[図5]第1実施形態に係る蓄電素子の蓄電要素のX-Y平面における断面図である。

[図6]第1実施形態に係る蓄電素子の蓄電要素のX-Y平面における負極合剤層非形成部の周辺の断面図である。

[図7]第1実施形態に係る蓄電素子を説明する図面である。

[図8]第2実施形態に係る蓄電素子の蓄電要素のX-Y平面における断面図である。

[図9]第2実施形態に係る蓄電素子の蓄電要素のX-Y平面における正極合剤層非形成部の周辺の断面図である。

[図10]第2実施形態に係る蓄電素子を説明する図面である。

[図11]実施形態に係る蓄電素子を複数備える蓄電装置を説明する図面である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。本形態は、蓄電素子として、非水電解質電池であるリチウムイオン電池に本発明を適用したものである。

[0014] <第1実施形態>

第1実施形態に係る蓄電素子1について図1～図7を参照しつつ説明する

。

[0015] 図1に示す蓄電素子1は、非水電解質電池であり、より具体的にはリチウムイオン電池である。蓄電素子1は、例えば電気自動車やハイブリット自動車等の自動車に搭載され、電気エネルギーで作動する動力源に電力を供給する。

[0016] 図2に示すように、蓄電素子1は、蓄電要素3が、外装体2内に図示しない非水電解質とともに収容される構成を有する。電解質は、電解液であってもよく、また、固体電解質であってもよい。

[0017] 外装体2は、ケース本体21と蓋体22とを有する。ケース本体21は、全体として略直方体状を為し、上端面側に開口部が形成されている。ケース本体21は、例えば、アルミニウム又はアルミニウム合金等の金属製とすることができる。ケース本体21は底壁と、底壁の側縁から立ち上がる4つの側壁とを備える。

[0018] 開口部は、X方向の幅寸法が、X方向に直交する方向であるY方向の幅寸法よりも長い矩形状をなす。ケース本体21の内部には、蓄電要素3が収容されるとともに、非水電解質が充填されている。蓄電要素3は、ケース本体21の内部において、ケース本体21の長手方向と、蓄電要素3の長手方向とが一致する姿勢で収容されている。蓄電素子3は、後述するように、正極4と負極5との間にセパレータ6を介在させて、正極4と負極5とセパレータ6とを巻回軸U回りに略長円形状に巻回されることにより形成されている。負極5においては、セパレータ6の第1端部（負極5、セパレータ6、及び正極4が積層される方向と直交する方向におけるセパレータ6の一端）よりもX1方向側に負極合剤層非形成部51が突出している。正極4においては、セパレータ6の第2端部（前記方向におけるセパレータ6の他端）よりもX2方向側に正極合剤層非形成部41が突出している。

[0019] 蓋体22には、正極端子7、負極端子8、正極集電体9、及び負極集電体10が設けられている。蓋体22は、全体として略長方形形状をなし、開口部と略同一の形状をなす。蓋体22は、ケース本体21の開口部を塞ぐように

ケース本体 2 1 に接合されている。なお、蓋体 2 2 は、例えばアルミニウム又はアルミニウム合金等の金属製とすることができる。

[0020] 蓋体 2 2 の外面、すなわち、上面には正極端子 7 と負極端子 8 とが配置されている。具体的には、正極端子 7 は、蓋体 2 2 の X 方向（長手方向）における X 2 方向側に配置されて、負極端子 7 は、蓋体 2 2 の X 方向（長手方向）における X 1 方向側に配置されている。

[0021] 正極端子 7 には、蓋体 5 の下面から下方に延びる 2 つの正極集電体 9 が電氣的に接続されている。

[0022] 正極集電体 9 は、後述する正極 4 における正極合剤層非形成部 4 1（正極集電箔が露出する部分）に沿う細長い形状である。2 つの正極集電体 9 は、互いの板面が対向する向きで配されている。正極集電体 9 は、導電性材料により形成され、例えばアルミニウム合金板等を用いて作製することができる。

[0023] 正極合剤層非形成部 4 1 は、図 2 に示すように、正極集電体 9 とともにクリップ 1 1 によって挟持され、電氣的に接続されている。クリップ 1 1 は、接続される正極集電体 9 及び正極合剤層非形成部 4 1 の材質とほぼ同等の抵抗値を有する材料を用いることが好ましい。クリップ 1 1 は、例えば、アルミニウム合金等を用いて作製することができる。

[0024] 負極端子 8 には、蓋体 5 の下面から下方に延びる 2 つの負極集電体 1 0 が電氣的に接続されている。

[0025] 負極集電体 1 0 は、後述する負極 5 における負極合剤層非形成部 5 1（負極集電箔が露出する部分）に沿う細長い形状である。2 つの負極集電体 1 0 は、互いの板面が対向する向きで配されている。負極集電体 1 0 は、導電性材料により形成され、例えば銅合金板等を用いて作製することができる。

[0026] 負極合剤層非形成部 5 1 は、図 2 に示すように、負極集電体 1 0 とともにクリップ 1 2 によって挟持され、電氣的に接続されている。クリップ 1 2 は、接続される負極集電体 1 0 及び負極合剤層非形成部 5 1 の材質とほぼ同等の抵抗値を有する材料を用いることが好ましい。クリップ 1 2 は、例えば、

銅合金等を用いて作製することができる。

[0027] 正極4は、図3～図5に示すように、アルミニウム合金箔等からなる正極集電箔と、正極集電箔の表面に正極活物質を含有する正極合剤層42とを含む。また、正極活物質は、特に限定されるものではなく、種々の正極活物質を用いることができる。

[0028] 正極4は、正極集電箔の両面それぞれに、正極合剤層42と、正極合剤層非形成部41とを備えている。また、正極合剤層非形成部41の一部は、セパレータ6の第2端部からX2方向（負極5、セパレータ6、及び正極4が積層される方向と直行する方向）に突出し、正極4の各面において正極合剤層42と正極合剤層非形成部41とがX2方向に隣接している。正極4において正極合剤層42と正極集電箔とが重なる部分におけるY方向の幅は、正極4の平均厚みであり、正極4の平均厚みの半分以上をPとする（図7参照）。

[0029] 負極5は、図3～図5に示すように、銅合金箔等からなる負極集電箔と、負極集電箔の表面に負極活物質を含有する負極合剤層52とを含む。また、負極活物質は、特に限定されるものではなく、種々の負極活物質を用いることができる。

[0030] 負極5は、負極集電箔の両面それぞれに、負極合剤層52と、負極合剤層非形成部51とを備えている。また、負極合剤層非形成部51の一部は、セパレータ6の第1端部からX1方向（負極5、セパレータ6、及び正極4が積層される方向と直行する方向）に突出し、負極5の各面において負極合剤層52と負極合剤層非形成部51とがX1方向に隣接している。負極5の負極合剤層52におけるY方向の幅は、負極合剤層52の平均厚みであり、負極合剤層52の平均厚みをnとする（図7参照）。

[0031] また、X方向において、負極合剤層52の幅は、正極合剤層42の幅よりも大きい。また、負極合剤層52のX方向の両端部は、正極合剤層42のX方向の両端部よりも外側に延びるように構成されている。

[0032] セパレータ6は、正極4と負極5との間に配置されている。また、X方向において、セパレータ6の幅は、正極合剤層42の幅及び負極合剤層52の

幅よりも大きい。また、セパレータ 6 の X 方向の両端部は、正極合剤層 4 2 及び負極合剤層 5 2 の X 方向のそれぞれの両端部よりも外側に延びるように構成されている。つまり、セパレータ 6 は、X 方向におけるセパレータ 6 の両端において、正極合剤層 4 2 及び負極合剤層 5 2 より X 方向に突出している。

[0033] セパレータ 6 における X 1 方向（負極合剤層非形成部 5 1 が突出する方向）側の端部はセパレータ 6 の第 1 端部である。セパレータ 6 の第 1 端部は、X 1 方向において、正極合剤層 4 2 及び負極合剤層 5 2 の X 1 方向のそれぞれの端部よりも外側に突出するように配置され、セパレータ 6 における正極合剤層 4 2 の X 1 方向の端部からセパレータ 6 の第 1 端部（一端）までの突出量を W 1 とする。

[0034] セパレータ 6 における X 2 方向（正極合剤層非形成部 4 1 が突出する方向）側の端部はセパレータ 6 の第 2 端部である。セパレータ 6 の第 2 端部は、X 2 方向において、正極合剤層 4 2 及び負極合剤層 5 2 の X 2 方向のそれぞれの端部よりも外側に突出するように配置され、セパレータ 6 における正極合剤層 4 2 の X 2 方向の端部からセパレータ 6 の第 2 端部までの突出量を W 2 とする。

[0035] セパレータ 6 は、図 4 に示すように、絶縁性を備える微多孔性膜や不織布などの基材 6 1 において、正極 4 に対向する表面に絶縁層 6 2 が形成されている。また、図 4 は、セパレータ 6 を介在させて、正極 4 と、負極 5 とをある一定の間隔を設けて配置した態様を示している。なお、セパレータ 6 の絶縁層 6 2 は、図 3 及び図 5 ～図 10 においては省略して示している。

[0036] セパレータ 6 の基材 6 1 としては、絶縁性を備えることを限度として特に制限されず、微多孔性膜や不織布等を用いることができ、基材 6 1 を構成する材料としては、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系樹脂が挙げられる。これらの材料は、1 種単独で使用してもよく、また 2 種以上を組み合わせ使用してもよい。

[0037] 正極 4 に対向する基材 6 1 の表面上に形成される絶縁層 6 2 は、無機粒子

、バインダー及び溶媒を含む絶縁層形成用スラリーを塗布して乾燥することにより形成することができる。

[0038] 絶縁層 6 2 の形成に使用されるバインダーは、無機粒子同士、及び、無機粒子と基材 6 1 とを結着させる役割を果たし、ポリフッ化ビニリデン（P V d F）、ポリテトラフルオロエチレン（P T F E）等の溶剤系バインダー；スチレンブタジエンゴム（S B R）等の水系バインダー等を用いることができる。これらのバインダーは、1 種単独で使用してもよく、また 2 種以上を組み合わせ使用してもよい。

[0039] 絶縁層 6 2 におけるバインダーの含有量については、無機粒子同士、及び、無機粒子と基材 6 1 とを結着できる範囲であることを限度として特に制限されないが、無機粒子とバインダーとの合計量に対して、バインダーの合計量は 5 0 質量%以下、好ましくは 2 0 質量%以下、より好ましくは 1 0 質量%以下であることが望ましい。また、無機粒子とバインダーとの合計量に対して、バインダーの合計量は 0. 1 質量%以上、好ましくは 1 質量%以上、より好ましくは 2 質量%以上であることが望ましい。

[0040] 絶縁層 6 2 に使用される無機粒子は、特に制限されず、例えば、シリカ、アルミナ、ベーマイト、チタニア、ジルコニア、マグネシア、イットリア、酸化亜鉛等の酸化物系セラミックス；窒化ケイ素、窒化チタン、窒化ホウ素等の窒化物系セラミックス；シリコンカーバイド、炭酸カルシウム、硫酸アルミニウム、水酸化アルミニウム、カオリンクレー、カオリナイト、ケイ酸カルシウム等のセラミックス；ガラス繊維等を用いることができる。これらの無機粒子は、1 種単独で使用してもよく、また 2 種以上を組み合わせ使用してもよい。

[0041] 無機粒子の平均粒子径は、バインダーによって分散されて所定部位に結着できることを限度として特に制限されないが、2 0 μ m 以下、好ましくは 1 0 μ m 以下、より好ましくは 5 μ m 以下であることが望ましい。また、無機粒子の平均粒子径は、0. 0 1 μ m 以上、好ましくは 0. 1 μ m 以上、より好ましくは 0. 5 μ m 以上であることが望ましい。なお、「平均粒子径」と

は、体積基準の粒度分布における積算分布が50%となる粒子径(D50)を指す。

[0042] 絶縁層62における無機粒子の含有量については、特に制限されず適宜設定すればよいが、無機粒子とバインダーとの合計量に対して、無機粒子の含有量は99.9質量%以下、好ましくは99質量%以下、より好ましくは98質量%以下、さらにより好ましくは95質量%以下であることが望ましい。また、無機粒子とバインダーとの合計量に対して、無機粒子の含有量は50質量%以上、好ましくは80質量%以上、より好ましくは90質量%以上であることが望ましい。

[0043] セパレータ6のように、基材61の表面に絶縁層62を形成することにより、蓄電素子の使用形態が通常予見される使用形態の範囲から外れることによって、例えば蓄電素子が異常発熱して基材61に含まれる樹脂材料が熱収縮する場合であっても、絶縁層62は残存して正極と負極とが電氣的に接触することを抑制することができる。

[0044] また、本発明者は、セパレータ6は、図4に示すように、X方向において絶縁層62が形成される側(Y2方向側)を凸にしてわずかに湾曲し、円弧(円の一部)とみなすことができることを発見した。理由は定かではないが、セパレータ6の基材61のX方向における両端部が、絶縁層62が形成されることにより、基材61のX1方向側の端部においてはX1方向側に、基材61のX2方向側の端部においてはX2方向側に応力がかかるためと考えられる。

[0045] セパレータ6がX方向において絶縁層62が形成される側(Y2方向側)を凸にしてわずかに湾曲することにより形成される円弧が形成する円の半径をrとする。

[0046] すなわち、半径rの値が大きい場合はX-Y平面におけるセパレータ6の湾曲が小さくなり、半径rの値が小さい場合はX-Y平面におけるセパレータ6の湾曲が大きくなる。

[0047] また、半径rの値は、セパレータ6の基材61の物性(引張強度、多孔度

等)、絶縁層62に含まれるバインダーの性状や含有量、或いは絶縁層62に含まれる無機粒子の形状、粒子径、含有量等によって適宜変化し得ると考えられる。すなわち、半径 r の値は、セパレータ6の種類によって変化し、セパレータ6における固有の値であると考えられる。

[0048] また、本発明において、セパレータ6の固有の半径(r)は、以下に記載の方法に基づいて算出される。すなわち、図7に記載の半径 r は、以下に記載の方法に基づいて算出される値を示すものである。

[0049] まず、長手方向(MD方向)を100mm、MD方向に垂直な短手方向(TD方向)を6mmとする直形状にセパレータ6を切り出し、これをセパレータ片とする。セパレータ6の長手方向において100mmで切り出した辺をセパレータ片の長辺、セパレータ6の短手方向において6mmで切り出した辺をセパレータ片の短辺とする。

[0050] 次に、セパレータ片を絶縁層62が形成されている面を上にして、光学顕微鏡の測定台に配置する。負荷を加えない状態(例えば、セパレータ片を押えつけない状態)でセパレータ片を配置すると、セパレータ片は絶縁層62が形成される側を凸状にしてわずかに湾曲する状態(円弧を形成する状態)で配置されることになる。すなわち、負荷を加えない状態(セパレータ片を押えつけない状態)において、セパレータ片の長辺における中心部分の短辺を測定することにより、円弧の弦の長さ(d)を求めることができる。

[0051] そして、負荷を加える状態(例えば、セパレータ片の上にスライドガラスをのせてセパレータ6を押えつける状態)でセパレータ片を配置すると、絶縁層62が形成されている面を凸状にして湾曲する短辺が押さえつけられて配されることになる。すなわち、負荷を加える状態(セパレータ片を押えつける状態)において、セパレータ片の長辺における中心部分の短辺を測定することにより、円弧の長さ(l)を求めることができる。なお、光学顕微鏡を用いて求まる円弧の長さ(l)は、セパレータ片を切り出す際の短辺の長さ(6mm)とほぼ同等の値となる。

[0052] 光学顕微鏡の倍率は、セパレータ片の短辺の全体が観察できる程度の倍率

が好ましく、例えば、倍率30倍が好ましい。

[0053] 上述のように、セパレータ片により求められる円弧の弦の長さ（ d ）及び円弧の長さ（ l ）を用いて、セパレータ6により形成される円弧の半径を算出する。具体的には、以下の式（A）及び式（B）を用いて算出する。なお、式（A）及び式（B）には、円弧の弦（ d ）、円弧の長さ（ l ）、円弧の中心角（ θ ）、円弧の半径（ r ）が用いられる。

$$d = 2r \cdot \sin(\theta/2) \quad \dots (A)$$

$$l = r \cdot \theta \quad \dots (B)$$

[0054] 式（A）から、円弧の中心角（ θ ）を求める。そして、円弧の長さ（ l ）及び式（A）から求められる円弧の中心角（ θ ）を式（B）に代入し、円弧の半径（ r ）について展開することにより、セパレータ6により形成される円弧形状の半径を算出することができる。本発明におけるセパレータ6により形成される円弧形状の半径は、上記の方法によって算出される円弧の半径（ r ）の値を示す。

[0055] なお、蓄電素子1の作製後に、蓄電素子1を解体して得られるセパレータ6から、本発明におけるセパレータ6により形成される円弧形状の半径を求めることができる。まず、蓄電素子1を解体し、セパレータ6を取り出す。取り出したセパレータ6は、有機溶媒（例えば、ジメチルカーボネート（DMC））を用いて洗浄し、セパレータ6に付着している電解質を洗い流して、乾燥させる。乾燥条件は、乾燥温度をセパレータ6が熱収縮しない温度範囲内にすることを限度に特に制限されず、有機溶媒で洗浄したセパレータ6を真空下にて25℃で12時間保持することにより、セパレータ6を乾燥させることができる。次に、長手方向（MD方向）を100mm、MD方向に垂直な短手方向（TD方向）を6mmとする直形状に洗浄後のセパレータ6を切り出し、これをセパレータ片とし、後は前述と同様の方法にて、セパレータ6により形成される円弧形状の半径を算出する。また、洗浄後のセパレータ6からセパレータ片を切り出す際は、セパレータ6において皺や傷を含まない部分を選択し、そこからセパレータ片を切り出す必要がある。

- [0056] 第1実施形態においては、正極合剤層42のX1方向側の端部からセパレータ6の第1端部までの突出量W1を $r \cdot \cos^{-1} [1 - (P/r)] + r \cdot \cos^{-1} [1 - ((P+n)/r)]$ 以上になるように調節する。なお、前記突出量W1はセパレータ6に沿った長さである。
- [0057] 第1実施形態では、セパレータ6における正極合剤層42のX1方向の端部からセパレータ6の第1端部までの突出量W1を $r \cdot \cos^{-1} [1 - (P/r)] + r \cdot \cos^{-1} [1 - ((P+n)/r)]$ 以上とすることにより、図6に示すように、通常予見できない原因で蓄電素子に金属粉が混入した場合であっても、金属粉が正極4まで移動（流動）することを抑制することができる。
- [0058] つまり、図6に示すように、第1実施形態では、X1方向（負極合剤層非形成部51が突出する方向）において、セパレータ6の第1端部を正極合剤層42の端部から、突出量W1以上で突出させている。そして、正極4を介在して対向しているそれぞれのセパレータ6のX1方向側の端部（セパレータ6の第1端部の近傍）は、セパレータ6固有の半径（r）に応じた円弧形状を形成する。これにより、セパレータ6のX1方向側の端部により形成されるそれぞれの円弧形状の凸状部分が接し、X1方向側の正極4の端部はセパレータ6により覆われる。つまり、セパレータ6は、正極合剤層42よりX1方向に突出する部分に、負極5と対向する面を凹面とする第一湾曲部を有し、Y方向（負極5、セパレータ6及び正極4の積層方向）に隣接するセパレータ6の前記第一湾曲部同士が当接している。このように、負極合剤層非形成部51からX1方向側の正極4の端部までの経路は塞がれることにより、通常予見できない原因で蓄電素子に金属粉が混入した場合であっても、該金属粉が正極4のX1方向側の端部まで移動（流動）することを抑制できる。そして、通常予見できない原因で蓄電素子に金属粉が混入した場合であっても、金属粉が正極4のX1方向側の端部まで移動（流動）することを抑制することにより、蓄電素子1の容量が微量に低下することが抑制される。
- [0059] さらに、セパレータ6のX1方向の一端（第1端部）が負極合剤層非形成

部51の表面に当接している。これにより、負極5の端部から正極4までの経路を塞ぐことができる。

[0060] 以下に、セパレータ6における突出量W1の規定について説明する。

[0061] 図7に示すように、セパレータ6のX1方向側の正極合剤層42の端部から突出する部分は、X-Y平面において、円弧形状を形成する。このときの円の中心を O_1 とする。

[0062] セパレータ6のX1方向側の正極合剤層42の端部から突出する部分が円弧形状を形成し、それぞれの円弧の凸状の部分が接する。この接する点をE'とする。セパレータ6（絶縁層61及び基材62）を介して前記点E'と対向し、基材61の負極側の表面に位置する点をEとする。

[0063] セパレータ6の絶縁層62が正極合剤層42と接している部分のうち、最もX1方向側の点とセパレータ6を介して対向し、基材61の負極側の表面に位置する点をCとする。点Cを通り、X方向に平行にX1方向に延長した直線がセパレータ6の基材61の負極側の表面と交わる点をDとする。X1方向側のセパレータ6の基材61の端部が負極合剤層非形成部51と接する点をBとする。円弧BCをX2方向側に延長して、負極集電箔と交わる点をAとする。

[0064] 円弧CD、直線 O_1C （円 O_1 の半径）及び直線 O_1D （円 O_1 の半径）により、扇形 O_1CD が形成される。円弧AB、直線 O_1A （円 O_1 の半径）及び直線 O_1B （円 O_1 の半径）により、扇形 O_1AB が形成される。

[0065] 扇形 O_1AB の矢高 H_A が、正極4の平均厚みの半分Pと、負極合剤層52の平均厚みnとの合計値（ $P+n$ ）と等しくなれば、正極4を介在して対向するそれぞれのセパレータ6が正極合剤層42の端部からX1方向側において、それぞれの円弧形状の凸状の部分が接して、負極合剤層非形成部51からX1方向側の正極4の端部までの経路が塞がれることになる。すなわち、第1実施形態は、扇形 O_1AB の矢高 H_A が、正極4の平均厚みの半分Pと、負極合剤層52の平均厚みnとの合計値（ $P+n$ ）になるように、セパレータ6のX1方向側の正極合剤層42の端部からの突出量W1を設定すること

により、それぞれの円弧が点E'で接するようにするものである。また、扇形 O_1AB の矢高 H_A を $P+n$ の値より大きくすると、それぞれの円弧が接する部分の面積が大きくなり、負極合剤層非形成部51からX1方向側の正極4の端部までの経路をより確実に塞ぐことができる。

[0066] すなわち、本願発明の効果をを得るには、正極4を介在して対向しているそれぞれのセパレータ6のX1方向側の正極合剤層42の端部から突出する部分が形成する円弧形状が、第1実施形態のように、少なくとも1点で接するだけのセパレータ6の突出量W1を設定することが必要である。なお、ここでは、Z方向における、とあるX-Y平面について述べたが、上記の接する部分は、他のZ方向においても同様の状態が形成されている。

[0067] 扇形 O_1AB における矢高 H_A が、正極4の平均厚みの半分 P と負極合剤層52の平均厚み n との合計値と等しい($H_A = P + n$)場合、セパレータ6の突出量W1は、扇形 O_1CD における円弧CDの半分(すなわち円弧CE)と、扇形 O_1AB における円弧ABの半分(すなわち円弧BE)との合計値と等しくなる。

[0068] 一般に、扇形の円弧の長さ(l)は、中心角(θ)と半径(r)との積で表されることが知られている($l = r \cdot \theta$)。ここで、図7に示すように、扇形 O_1CD における中心角を θ_C 、扇形 O_1AB における中心角を θ_A とすると、扇形 O_1CD における円弧CDの半分(すなわち円弧CE)は、 $(1/2) \cdot (r \cdot \theta_C)$ と表され、同様に、扇形 O_1AB における円弧ABの半分(すなわち円弧BE)は、 $(1/2) \cdot (r \cdot \theta_A)$ と表される。

[0069] セパレータ6の突出量W1は、扇形 O_1CD における円弧CDの半分(すなわち円弧CE)と、扇形 O_1AB における円弧ABの半分(すなわち円弧BE)との合計値と等しくなるため、 $W1 = (1/2) \cdot (r \cdot \theta_C) + (1/2) \cdot (r \cdot \theta_A)$ となる。

[0070] また、一般に、扇形の矢高(H)は、中心角(θ)と半径(r)を用いて表されることが知られている($H = r \cdot (1 - \cos(\theta/2))$)。さらに、この式を、中心角(θ)について展開すると、 $\theta = 2 \cos^{-1}(1 -$

$H/r)$) となる。

[0071] ここで、扇形 O_1CD における矢高 H_C は、正極4の平均厚みの半分 P に等しい($H_C=P$)。すなわち、扇形 O_1CD における中心角 θ_C は、 $\theta_C=2\cos^{-1}[1-(P/r)]$ となる。

[0072] ここで、扇形 O_1AB における矢高 H_A は、正極4の平均厚みの半分 P 及び負極合剤層52の平均厚み n の合計値に等しい($H_A=P+n$)。すなわち、扇形 O_1AB における中心角 θ_A は、 $\theta_A=2\cos^{-1}[1-((P+n)/r)]$ となる。

[0073] セパレータ6の突出量 W_1 は、 $W_1=(1/2)\cdot(r\cdot\theta_C)+(1/2)\cdot(r\cdot\theta_A)$ で表されるため、 θ_C 及び θ_A のそれぞれに、前述の式を代入すると、 $W_1=r\cdot\cos^{-1}[1-(P/r)]+r\cdot\cos^{-1}[1-((P+n)/r)]$ が導かれる。

[0074] すなわち、第1実施形態のように、セパレータ6の突出量 W_1 が、「 $W_1\geq r\cdot\cos^{-1}[1-(P/r)]+r\cdot\cos^{-1}[1-((P+n)/r)]$ 」を満たすことにより、正極4を介在して対向しているそれぞれのセパレータ6のX1方向側の正極合剤層42の端部から突出する部分が、それぞれ円弧形状を形成するときに、円弧形状の凸状の部分が接して、負極合剤層非形成部51からX1方向側の正極4の端部までの経路が塞がれ、通常予見できない原因で蓄電素子に金属粉が混入し、該金属粉がX1方向側の負極合剤層非形成部51の近傍に存在する場合であっても、該金属粉がX1方向側の正極4の端部まで移動(流動)することを抑制することができる。

[0075] すなわち、第1実施形態では、セパレータ6の半径 r ごとに、セパレータ6におけるX1方向側の正極合剤層42の端部からの突出量 W_1 を規定することにより、正極4を介在して対向するそれぞれのセパレータ6のX1方向側の正極合剤層42の端部から突出する部分が円弧形状を形成して、それらの円弧形状の凸状の部分が接して、X1方向側の正極4の端部を覆い、負極合剤層非形成部51からX1方向側の正極4の端部までの経路を塞ぐ態様を提供する。

[0076] また、セパレータ 6 の半径 r が極端に小さい場合、セパレータ 6 の X 1 方向側の正極合剤層 4 2 の端部から突出する部分が形成する円弧形状における X 1 方向側の端部が、負極合剤層非形成部 5 1 に接しないで、負極合剤層 5 2 に接する態様が生じ得る。しかし、このような態様の場合、セパレータ 6 における X 1 方向側の正極合剤層 4 2 の端部からの突出量 $W 1$ に余裕がないため、蓄電要素 3 の製造時に厳密な条件（例えば、正極、負極及びセパレータを巻回して蓄電要素を製造する場合は、部材を巻回する速度や、許容できる巻ズレ値等が制限されること）が必要になり、生産効率の観点から好ましくない。

[0077] <第 2 実施形態>

本発明の第二の一態様は、本発明の第一の態様に係る蓄電素子において、前記セパレータの前記第二方向における第 2 端部（他端）は、前記正極合剤層より突出し、

前記セパレータの、前記正極合剤層から前記セパレータの第 2 端部までの突出量 $W 2$ は、下記式（2）を満たす、蓄電素子である。

$$W 2 \geq r \cdot \sin^{-1} (a / 2 r) + r \cdot \cos^{-1} [\cos [\sin^{-1} (a / 2 r)] - (N / r)] \quad \cdots \text{式 (2)}$$

a : セパレータの第 2 端部が突出している方向（第二方向）における、正極合剤層と負極合剤層の端縁間の距離

N : 負極の平均厚みの $1 / 2$ の値

r : セパレータの T D 方向（Y 方向）における円弧の半径

[0078] 上記の本発明の第二の一態様によれば、通常予見できない原因で蓄電素子に金属粉が混入した場合であっても、該金属粉が正極まで移動（流動）することを抑制することにより、該金属粉に起因する蓄電素子の微小短絡による微量な容量の低下を抑制することができる。

[0079] 第 2 実施形態に係る蓄電素子 1 0 0 について図 1 ～図 1 0 を参照しつつ説明する。

[0080] 第 2 実施形態では、セパレータ 6 における正極合剤層 4 2 の X 2 方向の端

部からセパレータ 6 の第 2 端部までの突出量 W_2 が規定されている蓄電素子 100 について説明する。また、第 2 実施形態において、第 1 実施形態と同様の構成については、同じ符号を用い、説明を省略する。

[0081] 負極 5 において負極合剤層形成部 5 2 と負極集電箔とが重なる部分における Y 方向の幅は、負極 5 の平均厚みであり、負極 5 の平均厚みの半分以上を N とする（図 10 参照）。正極合剤層非形成部 4 1 が突出する方向（X 2 方向）における、正極合剤層 4 2 の端部から負極合剤層 5 2 の端部までの距離を a とする（図 10 参照）。

[0082] 図 9 に示すように、正極合剤層非形成部 4 1 が突出する方向（X 2 方向）における負極 5 の端部の近傍においては、負極集電箔の端部は、負極合剤層 5 2 の端部と X 方向において略同等の箇所に位置している。

[0083] 通常予見できない原因で金属粉が混入して、該金属粉が X 2 方向における負極 5 の端部の近傍に存在する場合、該金属粉が正極 4（特に、正極合剤層非形成部 4 1、及び、X 2 方向における正極合剤層 4 2 の端部の近傍）まで移動（流動）する恐れがある。そして、該金属粉が正極 4（特に、正極合剤層非形成部 4 1、及び、X 2 方向における正極合剤層 4 2 の端部の近傍）まで移動（流動）することにより、該金属に起因して蓄電素子 100 の微量な容量の低下が生じ得る恐れがある。

[0084] 第 2 実施形態では、セパレータ 6 における正極合剤層 4 2 の X 2 方向の端部からセパレータ 6 の第 2 端部までの突出量 W_2 の値を $r \cdot \sin^{-1} (a/2r) + r \cdot \cos^{-1} [\cos [\sin^{-1} (a/2r)] - (N/r)]$ 以上とすることにより、図 9 に示すように、通常予見できない原因で蓄電素子に金属粉が混入し、該金属粉が X 2 方向における負極 5 の端部の近傍に存在する場合であっても、該金属粉が、正極 4 まで移動（流動）することを抑制することができる。また、セパレータ 6 における正極合剤層 4 2 の X 2 方向の端部からセパレータ 6 の第 2 端部までの突出量 W_2 の値を $r \cdot \sin^{-1} (a/2r) + r \cdot \cos^{-1} [\cos [\sin^{-1} (a/2r)] - (N/r)]$ より大きくすると、それぞれの円弧が接触する部分の面積が大きくなり、

X 2 方向側の負極 5 の端部から正極 4 までの経路をより確実に塞ぐことができる。なお、前記突出量 W 2 はセパレータ 6 に沿った長さである。

[0085] つまり、図 9 に示すように、第 2 実施形態では、X 2 方向（正極合剤層非形成部 4 1 が突出する方向）において、セパレータ 6 の第 2 端部を正極合剤層 4 2 の端部から、突出量 W 2 以上で突出させている。そして、正極 4 を介在して対向しているそれぞれのセパレータ 6 の X 2 方向側の正極合剤層 4 2 の端部から突出する部分は、セパレータ 6 固有の半径（ r ）に応じた円弧形状を形成する。これにより、セパレータ 6 の X 2 方向側の端部により形成されるそれぞれの円弧の X 2 方向側の端部が接し、X 2 方向側の負極 5 の端部から正極 4 までの経路は塞がれる。これにより、通常予見できない原因で X 2 方向側の負極 5 の端部の近傍に金属粉が存在しても、該金属粉が正極 4 まで移動（流動）することを防ぎ、該金属粉によって蓄電素子 1 0 0 の容量が低下することを抑制することができる。

[0086] 以下に、セパレータ 6 における突出量 W 2 の規定について説明する。

[0087] 図 1 0 に示すように、セパレータ 6 の X 2 方向側の正極合剤層 4 2 の端部から突出する部分は、X-Y 平面において、円弧形状を形成する。つまり、セパレータ 6 の X 2 方向における第 2 端部は、正極合剤層 4 2 より突出し、正極合剤層 4 2 より X 2 方向に突出する部分に、負極 5 と対向する面を凹面とする第二湾曲部を有する。このときの円の中心を O_2 とする。また、セパレータ 6 は、第 1 実施形態で用いるものと同じであるため、円 O_1 の半径と円 O_2 の半径とは等しい。

[0088] 図 1 0 に示すように、セパレータ 6 の X 2 方向側の正極合剤層 4 2 の端部から突出する部分が円弧形状を形成することにより、負極 5 を介在して対向するそれぞれのセパレータ 6 の第 2 端部の端部が接する。この接する点を G とする。

[0089] セパレータ 6 の絶縁層 6 2 が正極合剤層 4 2 と接している部分のうち、最も X 2 方向側の点とセパレータ 6 を介して対向し、基材 6 1 の負極側の表面に位置する点を H とする。X 2 方向側の正極合剤層 4 2 の端部から突出する

セパレータ 6 において負極合剤層 5 2 と対向する基材 6 1 の表面によって形成される円弧 H G を X 1 方向側に延長して、点 G を通って X 方向に平行な直線と交わる点を F とする。点 H を通り、X 方向に平行な直線が X 2 方向側でセパレータ 6 の基材 6 1 の表面によって形成される円弧と交わる点を I とする。また、点 I において、X 2 方向における負極合剤層 5 2 の端部と、セパレータ 6 の基材 6 1 とは接している。点 O₂ を通り、Y 方向に平行な直線が、セパレータ 6 の基材 6 1 の表面によって形成される円弧と交わる点を J とする。

[0090] 円弧 H I、直線 O₂ H (円 O₂ の半径) 及び直線 O₂ I (円 O₂ の半径) により、扇形 O₂ H I が形成される。円弧 F G、直線 O₂ F (円 O₂ の半径) 及び直線 O₂ G (円 O₂ の半径) により、扇形 O₂ F G が形成される。

[0091] 扇形 O₂ F G の矢高 H_F の値から、扇形 O₂ H I の矢高 H_H の値を引いた値が、負極 5 の平均厚みの半分である N と等しくなれば、負極 5 を介在して対向するセパレータ 6 が正極合剤層 4 2 の端部から X 2 方向側において、それぞれの円弧形状の X 2 方向側の端部が接して、X 2 方向側の負極 5 の端部から正極 4 までの経路が塞がれることになる。すなわち、第 2 実施形態は、扇形 O₂ F G の矢高 H_F の値から、扇形 O₂ H I の矢高 H_H の値を引いた値が、負極 5 の平均厚みの半分 N になるように、セパレータ 6 の X 2 方向側の正極合剤層 4 2 の端部から突出量 W 2 を設定することにより、それぞれの円弧が点 G で接するようにするものである。また、扇形 O₂ F G の矢高 H_F の値から扇形 O₂ H I の矢高 H_H の値を引いた値を負極 5 の平均厚みの半分 N の値より大きくすると、それぞれの円弧が接する部分の面積は大きくなり、X 2 方向側の負極 5 の端部から正極 4 までの経路をより確実に塞ぐことができる。なお、ここでは、Z 方向における、とある X-Y 平面について述べたが、上記の接する部分は、他の Z 方向においても同様の状態が形成されている。

[0092] 扇形 O₂ F G の矢高 H_F の値から扇形 O₂ H I の矢高 H_H の値を引いた値が、負極 5 の平均厚みの半分 N の値と等しい ($H_F - H_H = N$) 場合、セパレータ 6 の突出量 W 2 は、扇形 O₂ H I における円弧 H I の半分 (すなわち円弧 H J

）と、扇形 O_2FG における円弧 FG の半分（すなわち円弧 GJ ）との合計値と等しくなる。

[0093] 一般に、扇形の円弧の長さ（ l ）は、中心角（ θ ）と半径（ r ）との積で表されることが知られている（ $l = r \cdot \theta$ ）。ここで、図10に示すように、扇形 O_2HI における中心角を θ_H 、扇形 O_2FG における中心角を θ_F とすると、扇形 O_2HI における円弧 HI の半分（すなわち円弧 HJ ）は、 $(1/2) \cdot (r \cdot \theta_H)$ と表され、同様に、扇形 O_2FG における円弧 FG の半分（すなわち円弧 FJ ）は、 $(1/2) \cdot (r \cdot \theta_F)$ と表される。

[0094] セパレータ6の突出量 $W2$ は、扇形 O_2HI における円弧 HI の半分（すなわち円弧 HJ ）と、扇形 O_2FG における円弧 FG の半分（すなわち円弧 GJ ）との合計値と等しくなるため、 $W2 = (1/2) \cdot (r \cdot \theta_H) + (1/2) \cdot (r \cdot \theta_F)$ となる。

[0095] また、一般に、扇形の弦（ d ）は、中心角（ θ ）及び半径（ r ）を用いて表されることが知られている（ $d = 2r \cdot \sin(\theta/2)$ ）。さらに、この式を、中心角（ θ ）について展開すると、 $\theta = 2 \sin^{-1}(d/2r)$ となる。

[0096] ここで、扇形 O_2IH における弦 HI は、 $X2$ 方向における正極合剤層42の端部から負極合剤層52の端部までの距離 a に等しい（弦 $HI = a$ ）。すなわち、扇形 O_2IH における中心角 θ_H は、 $\theta_H = 2 \sin^{-1}(a/2r)$ となる。

[0097] また、扇形 O_2FG における矢高 H_F は、負極5の平均厚みの半分 N と、扇形 O_2HI における矢高 H_H との合計値である（ $H_F = N + H_H$ ）。ここで、扇形の中心角（ θ ）は、 $\theta = 2 \cos^{-1}(1 - (H/r))$ で表されるため、扇形 O_2FG における中心角 θ_F は、 $\theta_F = 2 \cos^{-1}(1 - (H_F/r))$ となる。さらに、この式に、 $H_F = N + H_H$ を代入し、 θ_F について求めると、 $\theta_F = 2 \cos^{-1}[1 - (1/r) \cdot (N + H_H)]$ となる。

[0098] ここで、扇形の矢高（ H ）は、 $H = r \cdot (1 - \cos(\theta/2))$ と表されるため、扇形 O_2HI の矢高 H_H は、 $H_H = r \cdot (1 - \cos(\theta_H/2))$

となる。さらに、 θ_H は、 $\theta_H = 2 \sin^{-1} (a/2r)$ であるため、矢高 H_H は、 $H_H = r \cdot (1 - \cos [\sin^{-1} (a/2r)])$ となる。

[0099] すなわち、 $\theta_F = 2 \cos^{-1} [1 - (1/r) \cdot (N + H_H)]$ に、 $H_H = r \cdot (1 - \cos [\sin^{-1} (a/2r)])$ を代入し、扇形 O_2FG における中心角 θ_F について求めると、以下のようになる。

$$\begin{aligned} \theta_F &= 2 \cos^{-1} [1 - (1/r) \cdot (N + H_H)] \\ &= 2 \cos^{-1} [1 - (N/r) - (1/r) H_H] \\ &= 2 \cos^{-1} [1 - (N/r) - (1/r) [r \cdot (1 - \cos [\sin^{-1} (a/2r)])]] \\ &= 2 \cos^{-1} [1 - (N/r) - (1 - \cos [\sin^{-1} (a/2r)])] \\ &= 2 \cos^{-1} [-(N/r) + \cos [\sin^{-1} (a/2r)]] \\ &= 2 \cos^{-1} [\cos [\sin^{-1} (a/2r)] - (N/r)] \end{aligned}$$

[0100] これらから、セパレータ6の突出量 $W2$ は、以下のように導かれる。

$$\begin{aligned} W2 &= (1/2) \cdot (r \cdot \theta_H) + (1/2) \cdot (r \cdot \theta_F) \\ &= r \cdot \sin^{-1} (a/2r) + r \cdot \cos^{-1} [1 - (1/r) \cdot (N + H_H)] \\ &= r \cdot \sin^{-1} (a/2r) + r \cdot \cos^{-1} [1 - (1/r) \cdot (N + r \cdot [1 - \cos (\theta_H/2)])] \\ &= r \cdot \sin^{-1} (a/2r) + r \cdot \cos^{-1} [1 - (N/r) - [1 - \cos (\theta_H/2)]] \\ &= r \cdot \sin^{-1} (a/2r) + r \cdot \cos^{-1} [\cos (\theta_H/2) - (N/r)] \\ &= r \cdot \sin^{-1} (a/2r) + r \cdot \cos^{-1} [\cos [\sin^{-1} (a/2r)] - (N/r)] \end{aligned}$$

[0101] すなわち、第2実施形態のように、セパレータ6の突出量 $W2$ が、「 $W2 \geq r \cdot \sin^{-1} (a/2r) + r \cdot \cos^{-1} [\cos [\sin^{-1} (a/2r)] - (N/r)]$ 」を満たすことにより、負極5を介在して対向するそれ

それぞれのセパレータ 6 の X 2 方向側の正極合剤層 4 2 の端部から突出する部分が、それぞれ円弧形状を形成するときに、円弧形状の X 2 方向側の端部が接して、X 2 方向側の負極 5 の端部から正極 4（特に、正極合剤層非形成部 4 1、及び、X 2 方向における正極合剤層 4 2 の端部の近傍）までの経路が塞がれ、通常予見できない原因で X 2 方向側の負極 5 の端部の近傍に金属粉が存在する場合であっても、該金属粉が正極 4 まで移動（流動）することを抑制できる。

[0102] すなわち、第 2 実施形態では、セパレータ 6 固有の半径（ r ）ごとに、セパレータ 6 の X 2 方向側の正極合剤層 4 2 の端部からの突出量 W_2 を規定することにより、負極 5 を介在して対向するそれぞれのセパレータ 6 の X 2 方向側の正極合剤層 4 2 の端部から突出する部分が円弧形状を形成して、それらの円弧形状の X 2 方向側の端部が接して、X 2 方向側の負極 5 の端部を覆い、X 2 方向側の負極 5 の端部から正極 4（特に、正極合剤層非形成部 4 1、及び、X 2 方向における正極合剤層 4 2 の端部の近傍）までの経路を塞ぐ態様を提供する。

[0103] <第 3 実施形態>

本発明の第三の一態様は、

本発明の第一又は第二の態様に係る蓄電素子において、

前記セパレータの前記正極合剤層の端部から前記セパレータの前記第 1 端部までの前記突出量 W_1 は、前記セパレータの前記正極合剤層の端部から前記セパレータの前記第 2 端部までの前記突出量 W_2 より大きい、蓄電素子である。

[0104] 上記の本発明の第三の一態様によれば、セパレータの余分な突出量を削減することによる蓄電素子の低コスト化、及び、正極合剤層及び負極合剤層の寸法を大きくすることによる蓄電素子の高エネルギー密度化を達成することができる。

[0105] セパレータ 6 の X 1 方向側における正極合剤層 4 2 の端部からセパレータ 6 の第 1 端部までの突出量 W_1 を $r \cdot \cos^{-1} [1 - (P/r)] + r \cdot c$

$\cos^{-1} [1 - ((P+n)/r)]$ 以上とすることにより、負極合剤層非形成部 51 から X1 方向側の正極 4 の端部までの経路を塞ぐことができる。セパレータ 6 の X2 方向側における正極合剤層 42 の端部からセパレータ 6 の第 2 端部までの突出量 W2 を $r \cdot \sin^{-1}(a/2r) + r \cdot \cos^{-1} [\cos [\sin^{-1}(a/2r)] - (N/r)]$ 以上とすることにより、X2 方向側の負極 5 の端部から正極 4 (特に、正極合剤層非形成部 41、及び、X2 方向における正極合剤層 42 の端部の近傍) までの経路を塞ぐことができる。

[0106] X2 方向における正極合剤層 42 の端部から負極合剤層 52 の端部までの距離が a で、X1 方向における正極合剤層 42 の端部から負極合剤層 52 の端部までの距離が a である場合 (X1 方向及び X2 方向の双方における正極合剤 42 の端部から負極合剤層 52 の端部までの距離が同じである場合)、セパレータ 6 の突出量 W1 は、セパレータ 6 の突出量 W2 と比較して大きな値になる。

[0107] すなわち、セパレータ 6 の突出量 W1 を $r \cdot \cos^{-1} [1 - (P/r)] + r \cdot \cos^{-1} [1 - ((P+n)/r)]$ 以上、セパレータ 6 の突出量 W2 を $r \cdot \sin^{-1}(a/2r) + r \cdot \cos^{-1} [\cos [\sin^{-1}(a/2r)] - (N/r)]$ 以上とし、突出量 W1 を突出量 W2 よりも大きくすることにより、セパレータの余分な突出量を削減することによる蓄電素子の低コスト化、及び、正極合剤層及び負極合剤層の寸法を大きくすることによる蓄電素子の高エネルギー密度化を達成することができる。

[0108] <他の実施形態>

本明細書で開示される技術は上記記述及び図面によって説明した実施形態に限定されるものではなく、例えば次のような種々の態様も含まれる。

[0109] 上記実施形態では、蓄電素子 1 及び 100 がリチウムイオン電池である例を挙げた。しかしこれに限らず、蓄電素子 1 及び 100 は、ニッケル水素電池等の他の二次電池でもよく、一次電池であってもよい。また、キャパシタ等でもよい。

[0110] 上記実施形態では、蓄電素子 1 の蓄電要素 3 は、正極 4 と負極 5 とをセパレータ 6 を介して巻回することにより扁平形状に形成した巻回型蓄電要素 3 としたが、これに限らず、例えば、蓄電要素 3 は、正極 4 と負極 5 とをセパレータ 6 を介して積層して形成される積層型蓄電要素であってもよい。また、上記実施形態では、蓄電素子 1 は蓄電要素 3 を 1 個備えているが、これに限らず、蓄電素子 1 は蓄電要素 3 を複数個備えていてもよい。

[0111] また、本発明は、複数の上記の蓄電素子を備える蓄電装置としても実現することができる。蓄電装置の一実施形態を図 11 に示す。図 11 において、蓄電装置 1111 は、複数の蓄電ユニット 111 を備えている。それぞれの蓄電ユニット 111 は、複数の蓄電素子 1 又は 100 を備えている。蓄電装置 1111 は、電気自動車（EV）、ハイブリッド自動車（HEV）、プラグインハイブリッド自動車（PHEV）等の自動車用電源として搭載することができる。つまり、本発明は、上記の蓄電装置を備える自動車としても実現することができる。

[0112] なお、本明細書に記載の実施形態は、セパレータにより形成される円弧の半径 r を用いて、正極－負極間の経路を塞ぐように、セパレータの突出量 $W1$ 或いは $W2$ を規定するものである。そして、本明細書及び図面に記載される実施形態では、正極－負極間の経路は完全に塞がれる形態を示している。実際の蓄電素子においては、蓄電要素を製造する過程において正極、負極及びセパレータの位置がわずかにずれ得ること等が生じることにより、必ずしも正極－負極間の経路は完全に塞がれる形態になるとは限らないが、本発明におけるセパレータの突出量の算出方法に基づいて、セパレータの突出量を規定することにより、正極－負極間の経路は塞がれる傾向になり、通常予見できない原因で蓄電素子に金属粉が混入した場合であっても、金属粉が正極まで移動（流動）する恐れを低減することができる。

産業上の利用可能性

[0113] 本発明により、容量が低下することが抑制された蓄電素子を得られるので、この蓄電素子は、電気自動車用電源、電子機器用電源、電力貯蔵用電源等

に有効に利用できる。

符号の説明

- [0114] 1、1 0 0 蓄電素子
- 1 1 1 蓄電ユニット
- 1 1 1 1 蓄電装置
- 2 外装体
- 2 1 ケース本体
- 2 2 蓋体
- 3 蓄電要素
- 4 正極
- 4 1 正極合剤層非形成部
- 4 2 正極合剤層
- 5 負極
- 5 1 負極合剤層非形成部
- 5 2 負極合剤層
- 6 セパレータ
- 6 1 基材
- 6 2 絶縁層
- 7 正極端子
- 8 負極端子
- 9 正極集電体
- 1 0 負極集電体
- 1 1 (正極用)クリップ
- 1 2 (負極用)クリップ

請求の範囲

- [請求項1] 負極集電箔の両面それぞれに、負極合剤層と、合剤層非形成部とを有する負極と、
- 正極集電箔の両面それぞれに、正極合剤層を有する正極と、
- 前記正極に対向する絶縁層を有して、前記負極と前記正極との間に介在されるセパレータと、を備え、
- 前記負極、前記セパレータ、及び前記正極が、第一方向に積層され、
- 前記負極の各面において、前記負極合剤層と前記合剤層非形成部とが、前記第一方向と直交する第二方向に隣接して配置され、
- 前記セパレータが、前記第二方向における該セパレータの一端において、前記正極合剤層より前記第二方向に突出し、
- 前記セパレータは、前記正極合剤層より前記第二方向に突出する部分に、前記負極と対向する面を凹面とする第一湾曲部を有し、
- 前記第一方向に隣接するセパレータの前記第一湾曲部同士が当接している、蓄電素子。
- [請求項2] 前記セパレータの一端が前記合剤層非形成部の表面に当接している請求項1に記載の蓄電素子。
- [請求項3] 前記セパレータの、前記正極合剤層から前記セパレータの一端までの突出量W1は、下記式(1)を満たす請求項1又は請求項2に記載の蓄電素子。
- $$W1 \geq r \cdot \cos^{-1} [1 - (P / r)] + r \cdot \cos^{-1} [1 - ((P + n) / r)] \quad \cdots \text{式 (1)}$$
- n : 負極合剤層の平均厚み
- P : 正極の平均厚みの1/2の値
- r : セパレータの前記第二方向における円弧の半径
- [請求項4] 前記セパレータの前記第二方向における他端は、前記正極合剤層より突出し、前記正極合剤層より前記第二方向に突出する部分に、前記

負極と対向する面を凹面とする第二湾曲部を有する請求項3に記載の蓄電素子。

[請求項5] 前記セパレータの、前記正極合剤層から前記セパレータの他端までの突出量W2は、下記式(2)を満たす請求項4に記載の蓄電素子。

$$W2 \geq r \cdot \sin^{-1}(a/2r) + r \cdot \cos^{-1}[\cos[\sin^{-1}(a/2r)] - (N/r)] \quad \dots \text{式(2)}$$

a : セパレータの他端が突出している方向における、正極合剤層と負極合剤層の端縁間の距離

N : 負極の平均厚みの1/2の値

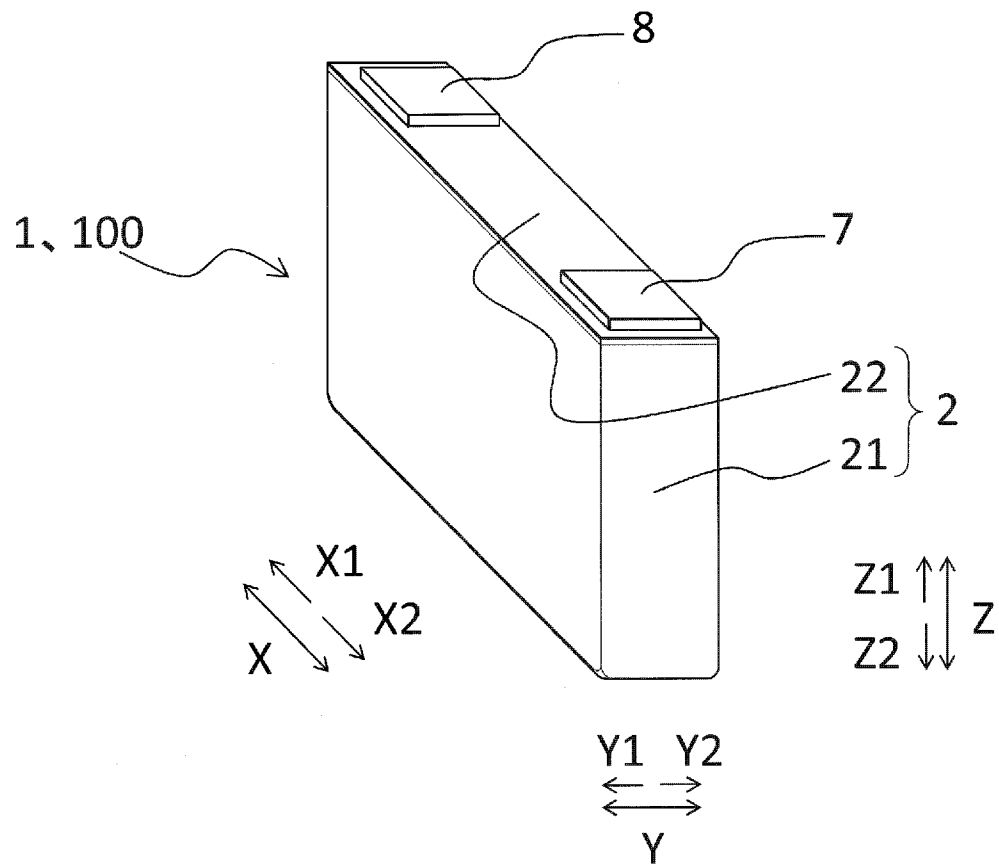
r : セパレータの前記第二方向における円弧の半径

[請求項6] 前記突出量W1は、前記突出量W2より大きい請求項5に記載の蓄電素子。

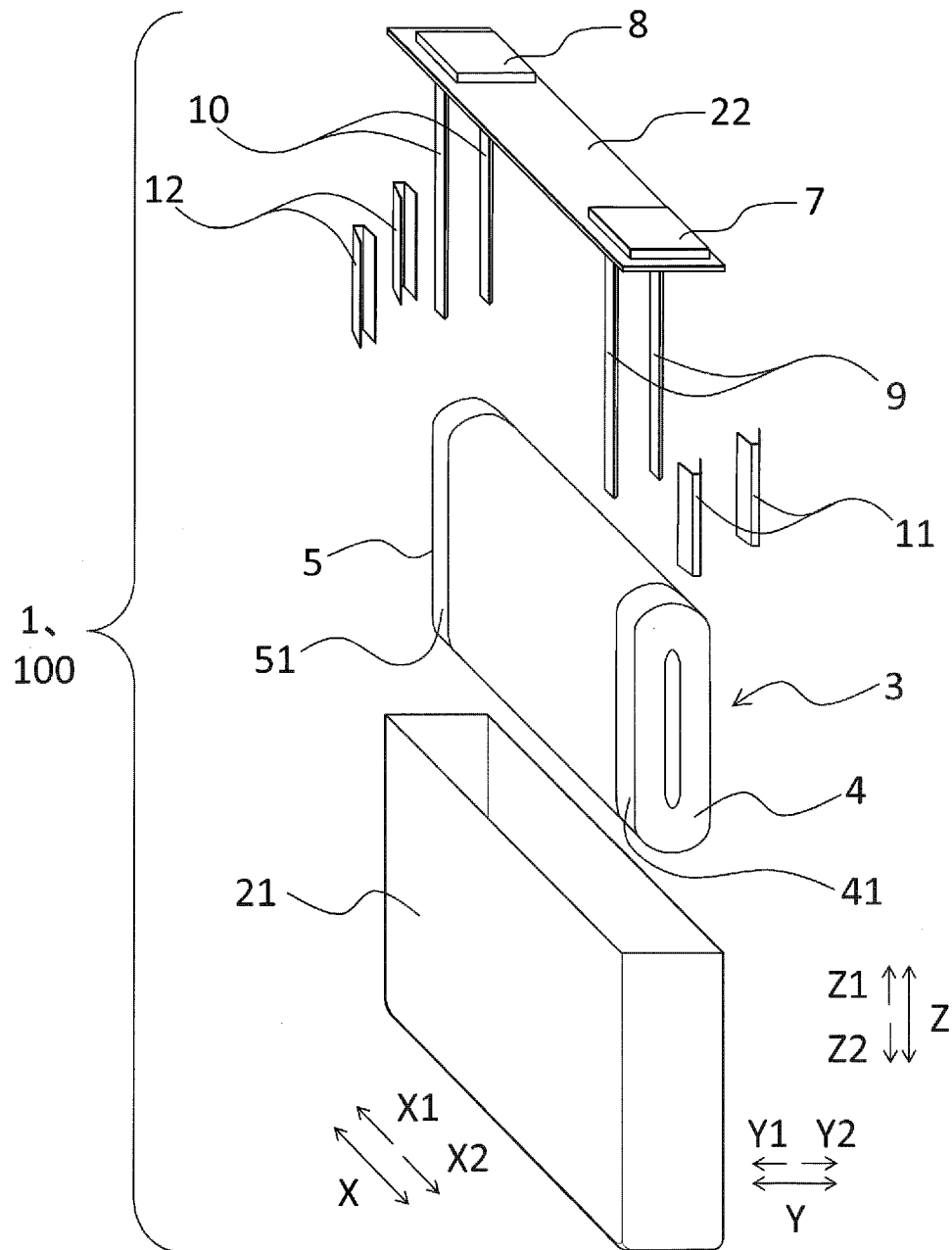
[請求項7] 複数の請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の蓄電素子を備える、蓄電装置。

[請求項8] 請求項7に記載の蓄電装置を備える自動車。

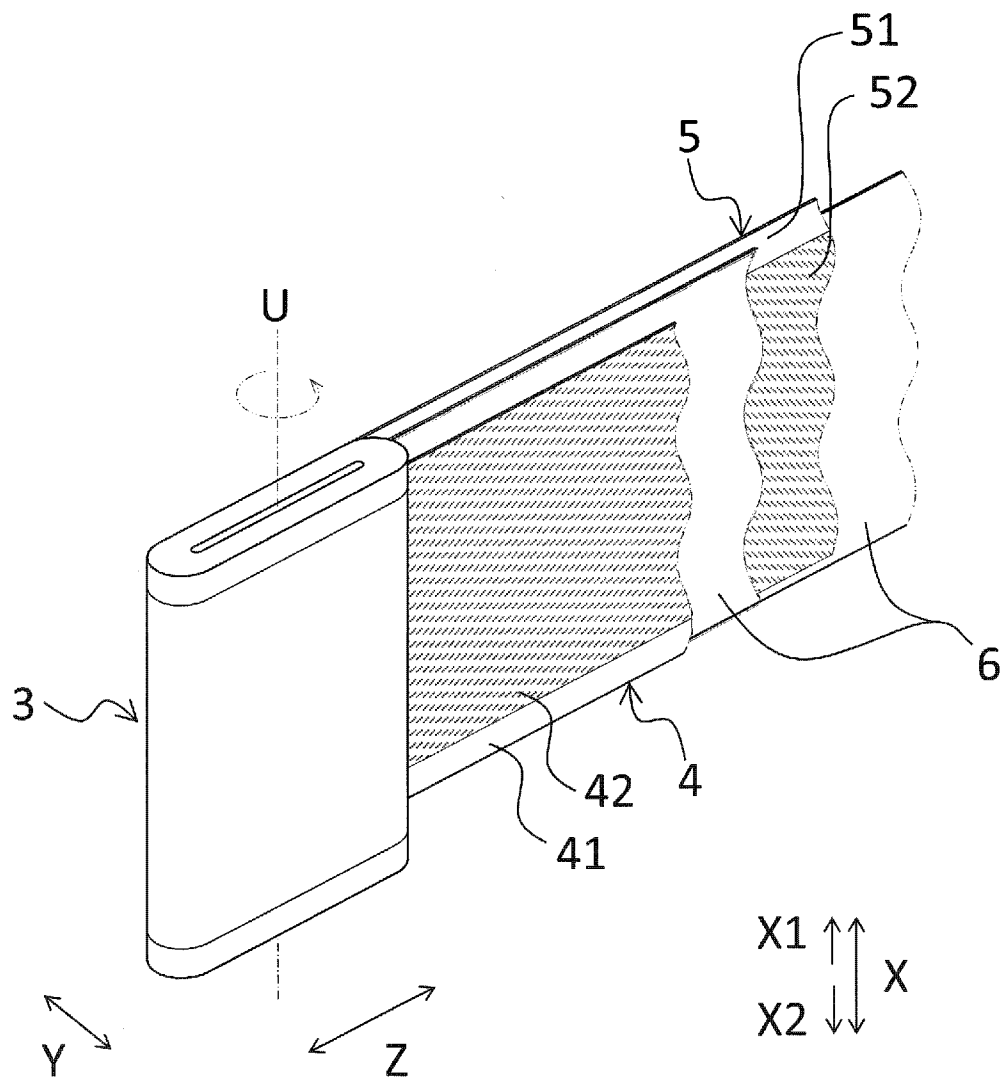
[図1]



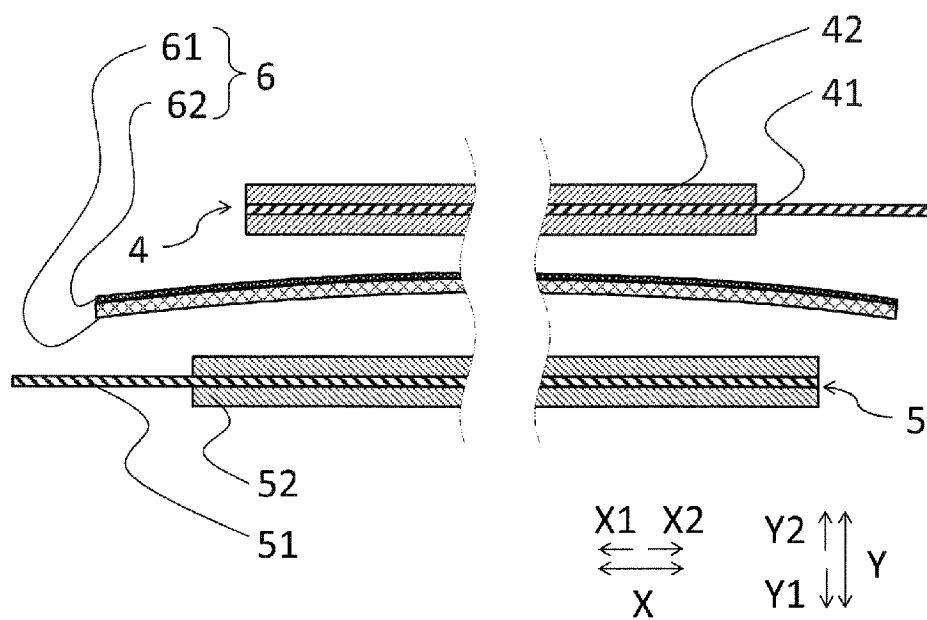
[図2]



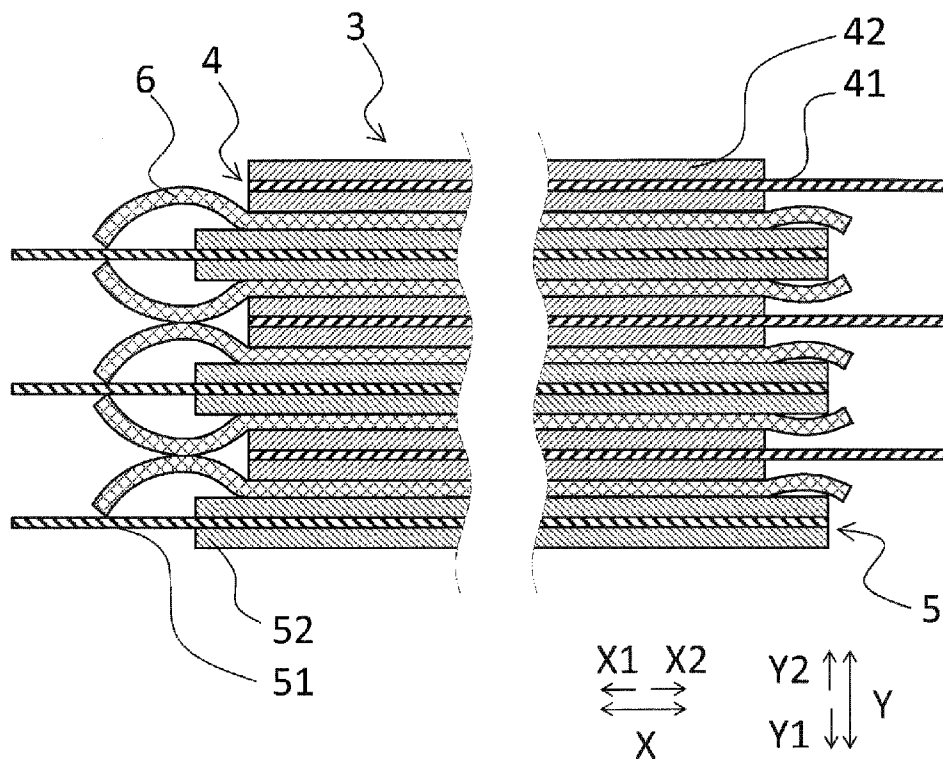
[図3]



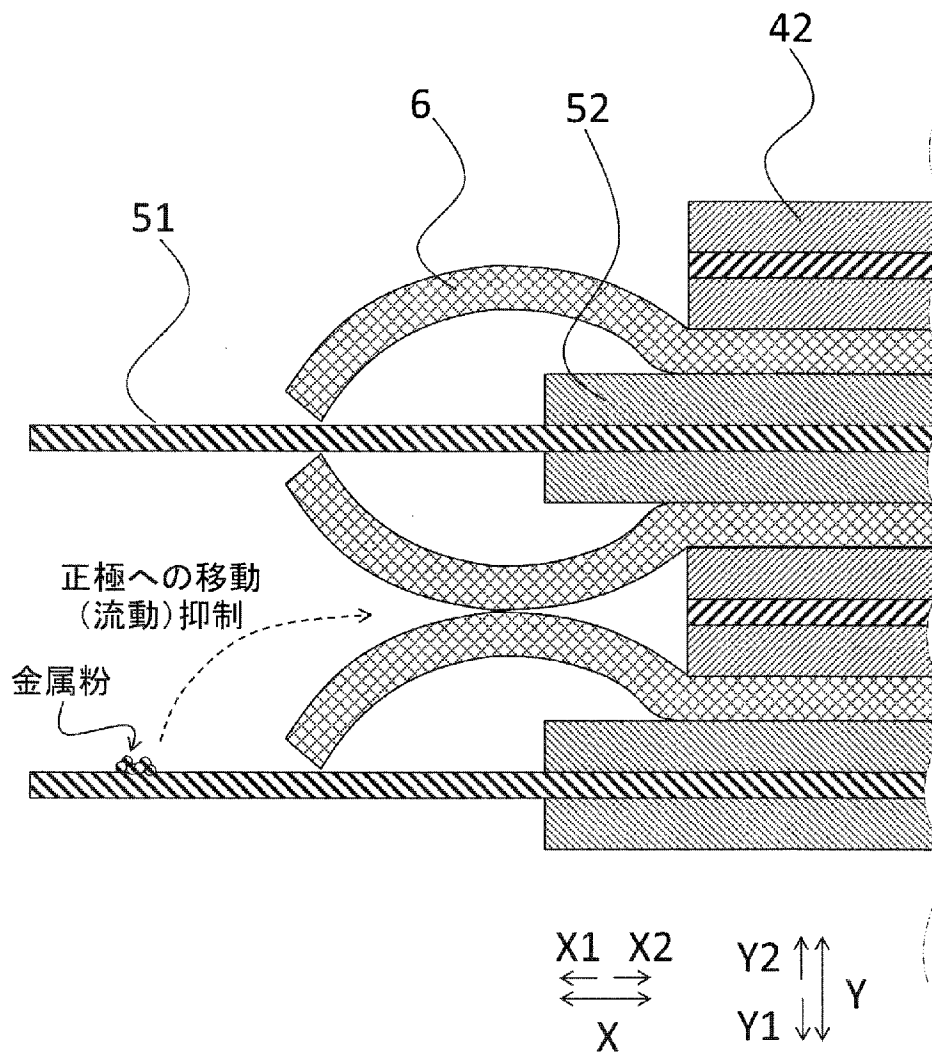
[図4]



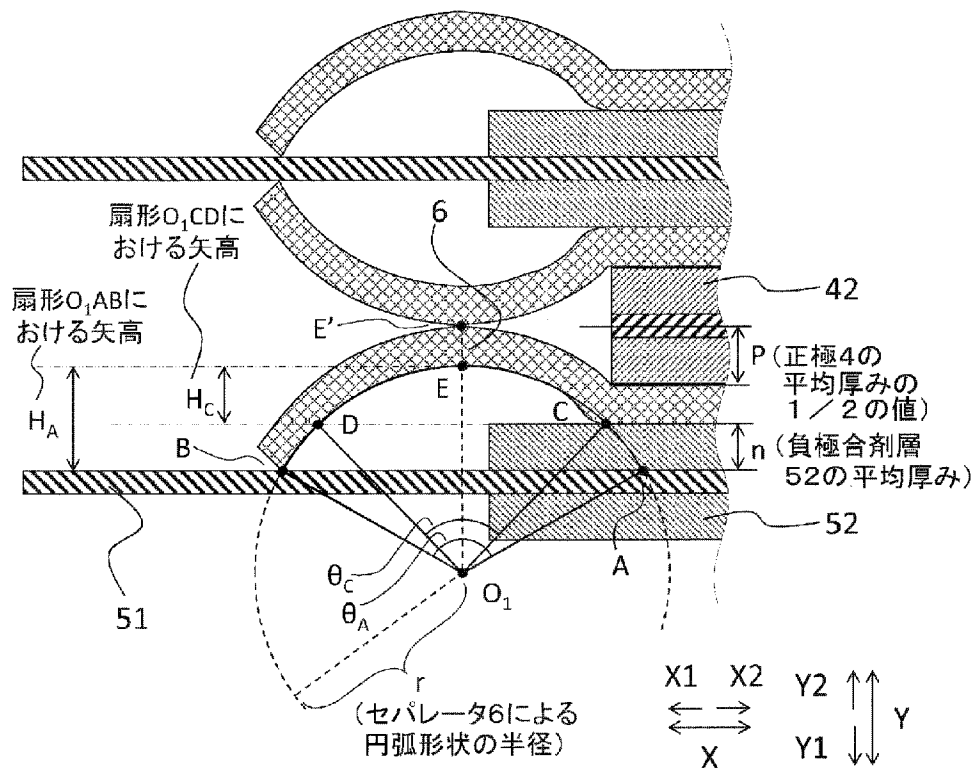
[図5]



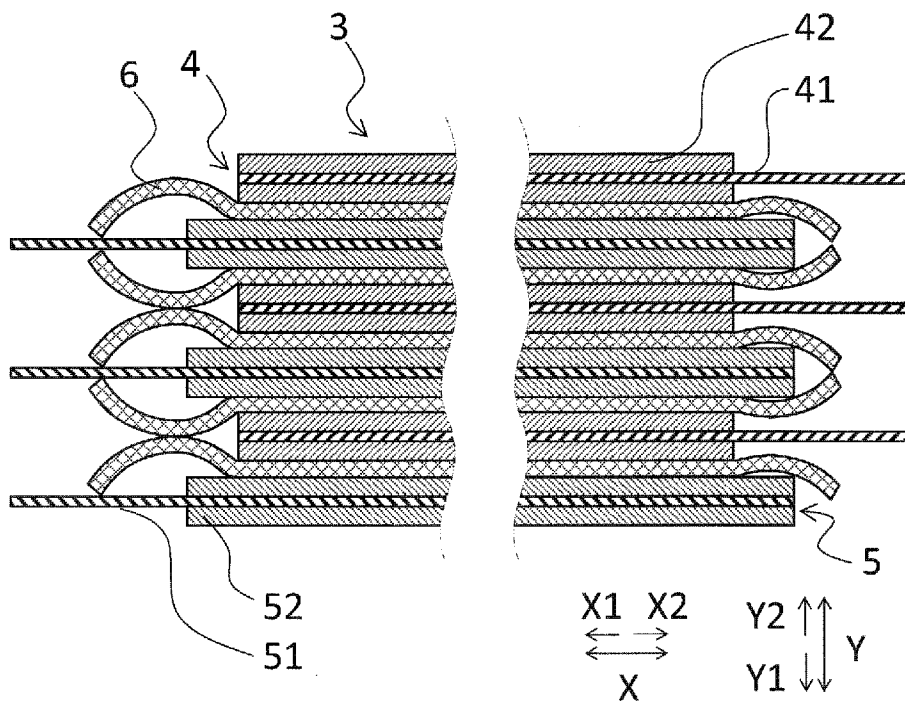
[図6]



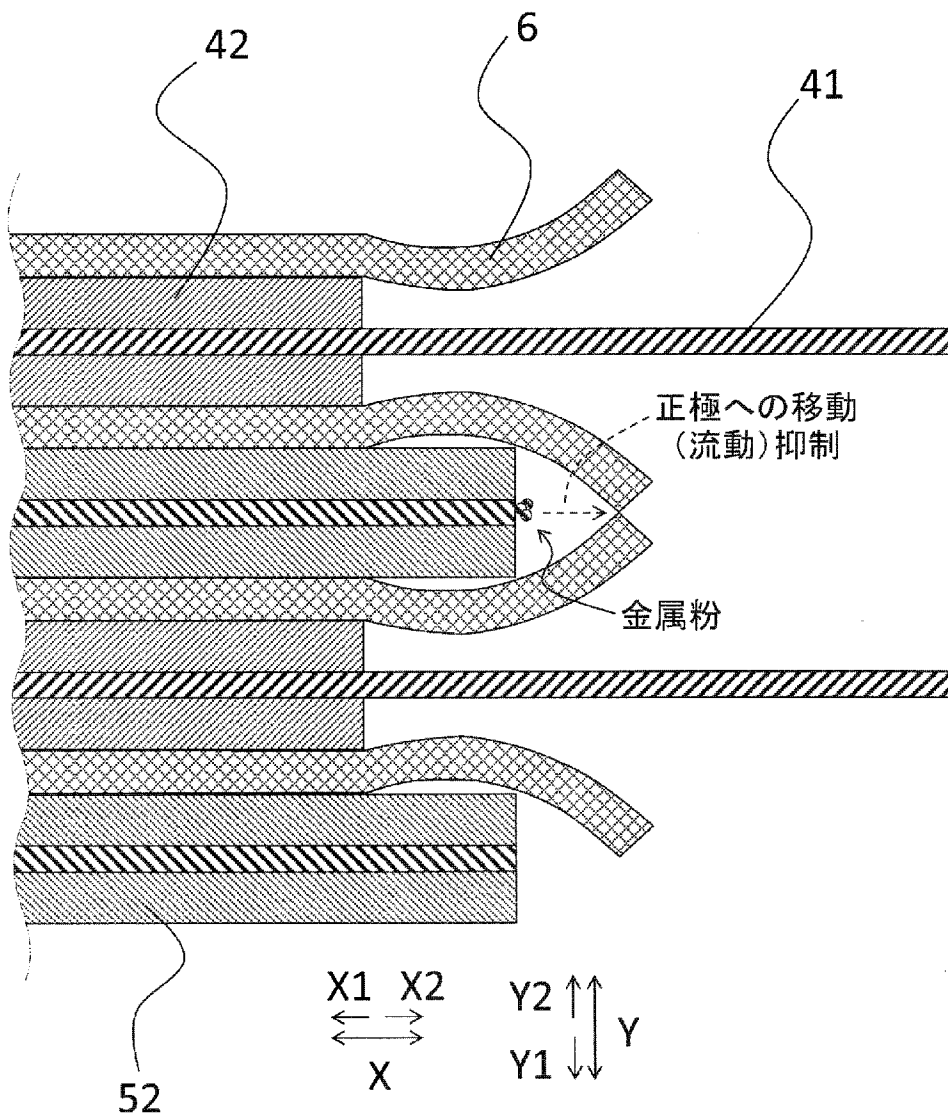
[図7]



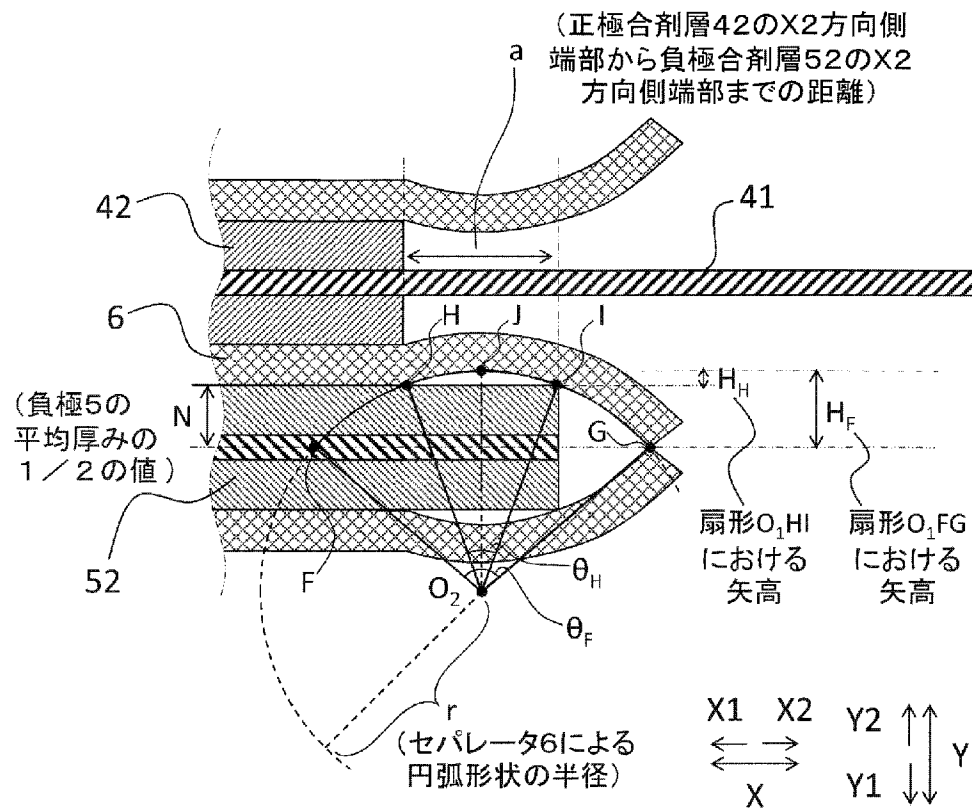
[図8]



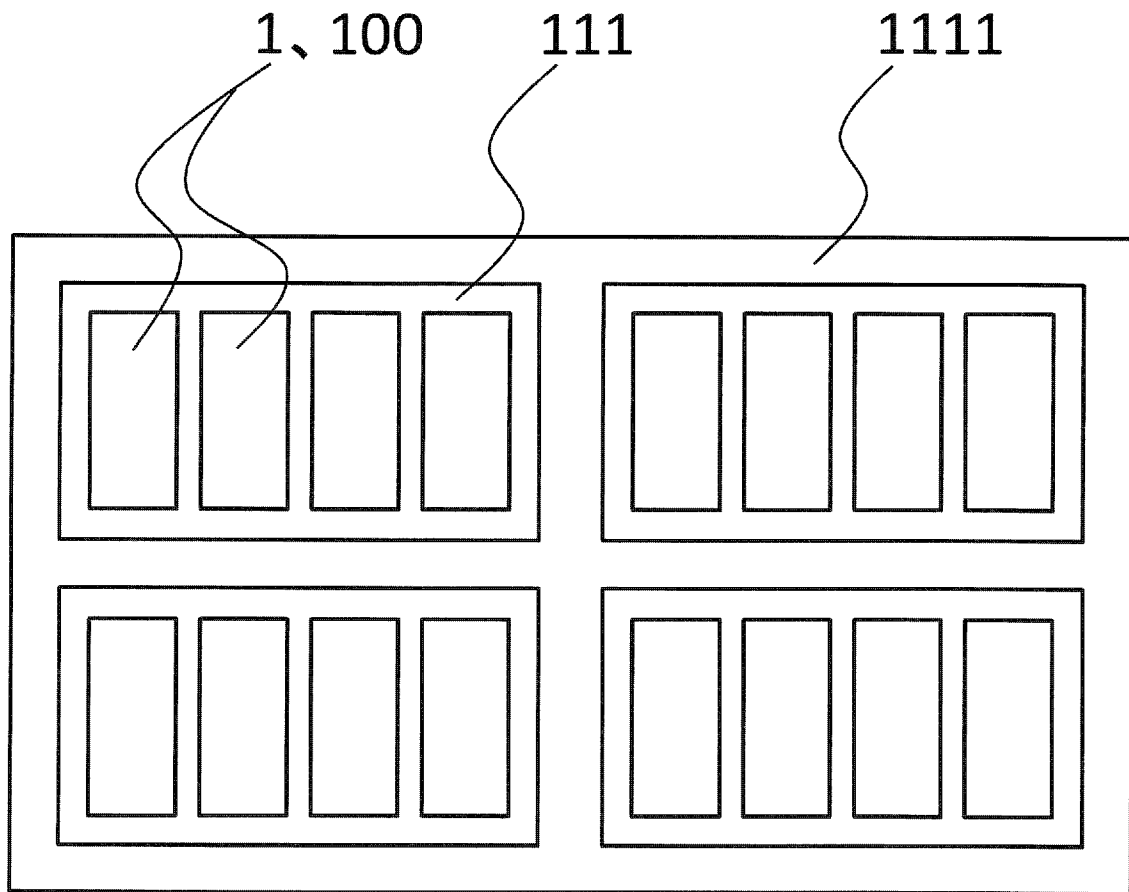
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/054461

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M10/058(2010.01)i, H01G11/52(2013.01)i, H01M2/16(2006.01)i, H01M4/13(2010.01)i, H01M10/04(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01M10/058, H01G11/52, H01M2/16, H01M4/13, H01M10/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2014-082193 A (Lithium Energy Japan), 08 May 2014 (08.05.2014), claim 1; paragraphs [0020] to [0029]; fig. 1 to 2 & US 2014/0087222 A1 claim 1; paragraphs [0030] to [0039]; fig. 1 to 2 & CN 103682451 A & KR 10-2014-0040637 A	1-8
A	JP 2014-139885 A (Automotive Energy Supply Corp.), 31 July 2014 (31.07.2014), & US 2014/0205886 A1 & CN 103943878 A	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
16 May 2016 (16.05.16)

Date of mailing of the international search report
24 May 2016 (24.05.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/054461

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-522744 A (LG Chem, Ltd.), 11 June 2009 (11.06.2009), & US 2007/0154790 A1 & WO 2007/078057 A1 & EP 1977464 A & KR 10-2007-0073169 A & CN 101351906 A	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))			
Int.Cl. H01M10/058(2010.01)i, H01G11/52(2013.01)i, H01M2/16(2006.01)i, H01M4/13(2010.01)i, H01M10/04(2006.01)i			
B. 調査を行った分野			
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))			
Int.Cl. H01M10/058, H01G11/52, H01M2/16, H01M4/13, H01M10/04			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの			
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2016年 日本国実用新案登録公報 1996-2016年 日本国登録実用新案公報 1994-2016年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
X	JP 2014-082193 A (株式会社リチウムエナジージャパン) 2014.05.08, 請求項1, 段落[0020]-[0029], 図1-2 & US 2014/0087222 A1, 請求項1, 段落[0030]-[0039], 図1-2 & CN 103682451 A & KR 10-2014-0040637 A	1-8	
A	JP 2014-139885 A (オートモーティブエナジーサプライ株式会社) 2014.07.31, & US 2014/0205886 A1 & CN 103943878 A	1-8	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 16.05.2016		国際調査報告の発送日 24.05.2016	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 宮田 透	4 X 4 8 6 3
		電話番号 03-3581-1101 内線 3477	

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-522744 A (エルジー・ケム・リミテッド) 2009.06.11, & US 2007/0154790 A1 & WO 2007/078057 A1 & EP 1977464 A & KR 10-2007-0073169 A & CN 101351906 A	1-8