

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2022-14066
(P2022-14066A)

(43)公開日 令和4年1月19日(2022.1.19)

(51)国際特許分類		F I		テーマコード (参考)	
H O 1 M	10/058 (2010.01)	H O 1 M	10/058		5 H 0 2 1
H O 1 M	50/409 (2021.01)	H O 1 M	2/16	L	5 H 0 2 8
H O 1 M	10/04 (2006.01)	H O 1 M	10/04	Z	5 H 0 2 9
H O 1 M	4/13 (2010.01)	H O 1 M	4/13		5 H 0 4 3
H O 1 M	4/02 (2006.01)	H O 1 M	4/02	Z	5 H 0 5 0
		審査請求	未請求	請求項の数	15
				O L	(全28頁)
				最終頁に続く	
(21)出願番号	特願2020-116213(P2020-116213)		(71)出願人	000003207	
(22)出願日	令和2年7月6日(2020.7.6)			トヨタ自動車株式会社	
				愛知県豊田市トヨタ町1 番地	
			(74)代理人	110001195	
				特許業務法人深見特許事務所	
			(72)発明者	瀬上 正晴	
				愛知県豊田市トヨタ町1 番地 トヨタ自動車株式社内	
			F ターム (参考)	5H021	CC04
				5H028	AA05 BB06 CC08 CC11
					CC21 HH06
				5H029	AJ01 AK01 AK03 AL02
					AL03 AL06 AL07 AL11
					AM02 AM03 AM04 AM
					07
				最終頁に続く	

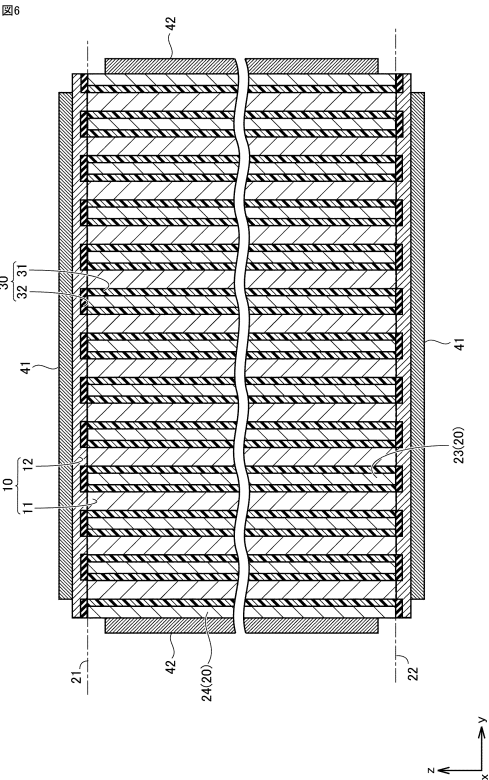
(54)【発明の名称】 電池およびその製造方法

(57)【要約】

【課題】集電体を削減可能な電池を提供すること。

【解決手段】電池は、正極と負極とセパレータとを含む。負極は、ハニカムコアを形成している。ハニカムコアは、第1面と第2面と隔壁と外周壁とを含む。第2面は、第1面と相對している。隔壁は、第1面と第2面との間に形成されている。隔壁は、格子状に延びることにより、複数個の中空セルを仕切っている。外周壁は、隔壁の周囲を取り囲んでいる。複数個の中空セルの各々は、ハニカムコアを貫通している。セパレータは、正極と負極とを空間的に分離している。セパレータは、第1層と第2層とを含む。第1層は、隔壁の少なくとも一部を被覆している。第2層は、第1面および第2面の少なくとも一部を被覆している。正極は、第1領域と第2領域とを含む。第1領域は、中空セルに充填されている。第2領域は、セパレータの第2層よりも外側に突出するように延びている。

【選択図】図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

正極と、
負極と、
セパレータと、
を含み、
前記負極は、ハニカムコアを形成しており、
前記ハニカムコアは、第 1 面と第 2 面と隔壁と外周壁とを含み、
前記第 2 面は、前記第 1 面と相対しており、
前記隔壁は、前記第 1 面と前記第 2 面との間に形成されており、
前記第 1 面と平行な断面において、前記隔壁は、格子状に延びることにより、複数個の中
空セルを仕切っており、
前記第 1 面と平行な前記断面において、前記外周壁は、前記隔壁の周囲を取り囲んでおり
、
複数個の前記中空セルの各々は、前記第 1 面から前記第 2 面に向かう方向において、前記
ハニカムコアを貫通しており、
前記セパレータは、前記正極と前記負極とを空間的に分離しており、
前記セパレータは、第 1 層と第 2 層とを含み、
前記第 1 層は、前記隔壁の少なくとも一部を被覆しており、
前記第 2 層は、前記第 1 面および前記第 2 面の少なくとも一部を被覆しており、
前記正極は、第 1 領域と第 2 領域とを含み、
前記第 1 領域は、前記中空セルに充填されており、
前記第 2 領域は、前記第 1 面に垂直な断面において、前記セパレータの前記第 2 層よりも
外側に突出するように延びている、
電池。

10

20

【請求項 2】

前記ハニカムコアは、3 mm 以上の高さを有し、
前記高さは、前記第 1 面と前記第 2 面との間の距離を示す、
請求項 1 に記載の電池。

【請求項 3】

前記第 1 面と平行な前記断面において、複数個の前記中空セルの各々は、 $900\text{ }\mu\text{m}^2$ 以
上の断面積を有する、
請求項 1 または請求項 2 に記載の電池。

30

【請求項 4】

前記第 1 面と平行な前記断面において、複数個の前記中空セルの各々は、四角形状または
六角形状の輪郭を有する、
請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の電池。

【請求項 5】

前記隔壁は、 $20\text{ }\mu\text{m}$ から $350\text{ }\mu\text{m}$ の厚さを有する、
請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の電池。

40

【請求項 6】

正極集電部材と、
負極集電部材と、
をさらに含み、
前記正極集電部材は、前記正極の前記第 2 領域に接続しており、
前記負極集電部材は、前記外周壁に接続している、
請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の電池。

【請求項 7】

正極集電部材と、
負極集電部材と、

50

をさらに含み、

前記第 1 面から前記第 2 面に向かう前記方向において、前記正極集電部材は、前記ハニカムコアを挟んで前記負極集電部材と相対しており、
前記正極集電部材は、前記正極の前記第 2 領域に接続しており、
前記負極集電部材は、前記第 2 層から露出している前記第 2 面に接続している、
請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の電池。

【請求項 8】

前記セパレータにおいて、

前記第 1 層は、第 1 絶縁材料を含み、

前記第 2 層は、第 2 絶縁材料を含み、

前記第 2 絶縁材料は、前記第 1 絶縁材料と異なる、

請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の電池。

【請求項 9】

ハニカムコアを形成する負極を含む、電池の製造方法であって、

前記ハニカムコアは、第 1 面と第 2 面と隔壁と外周壁とを含み、

前記第 2 面は、前記第 1 面と相対しており、

前記隔壁は、前記第 1 面と前記第 2 面との間に形成されており、

前記第 1 面と平行な断面において、前記隔壁は、格子状に延びることにより、複数個の中空セルを仕切っており、

前記第 1 面と平行な前記断面において、前記外周壁は、前記隔壁の周囲を取り囲んでおり

、

複数個の前記中空セルの各々は、前記第 1 面から前記第 2 面に向かう方向において、前記ハニカムコアを貫通しており、

前記電池の製造方法は、

負極ペーストを前記ハニカムコアに成形すること、

前記ハニカムコアの表面を被覆するセパレータを形成すること、

および、

前記セパレータの形成後、前記ハニカムコア内の前記中空セルに、正極ペーストを注入することにより、正極を形成すること、

を含み、

前記セパレータは、前記正極と前記負極とを空間的に分離するように形成され、

前記セパレータは、第 1 層と第 2 層とを含むように形成され、

前記第 1 層は、前記隔壁の少なくとも一部を被覆しており、

前記第 2 層は、前記第 1 面および前記第 2 面の少なくとも一部を被覆しており、

前記正極は、第 1 領域と第 2 領域とを含むように形成され、

前記第 1 領域は、前記中空セルに充填されており、

前記第 2 領域は、前記第 1 面に垂直な断面において、前記セパレータの前記第 2 層よりも外側に突出するように延びている、

電池の製造方法。

【請求項 10】

押出成形法により、前記負極ペーストが前記ハニカムコアに成形される、

請求項 9 に記載の電池の製造方法。

【請求項 11】

前記第 1 面または前記第 2 面から、前記ハニカムコア内にセパレータペーストが吸引されることにより、前記第 1 層が形成され、

前記セパレータペーストは、第 1 絶縁材料を含む、

請求項 9 または請求項 10 に記載の電池の製造方法。

【請求項 12】

電着法により、第 2 絶縁材料が前記第 1 面および前記第 2 面に堆積することにより、前記第 2 層が形成される、

請求項 9 から請求項 11 に記載のいずれか 1 項に記載の電池の製造方法。

【請求項 13】

前記第 2 絶縁材料は、前記第 1 絶縁材料と異なる、
請求項 12 に記載の電池の製造方法。

【請求項 14】

前記正極に正極集電部材を接続すること、
および、
前記負極に負極集電部材を接続すること、
をさらに含み、
前記正極集電部材は、前記正極の前記第 2 領域に接続され、
前記負極集電部材は、前記外周壁に接続される、
請求項 9 から請求項 13 のいずれか 1 項に記載の電池の製造方法。

10

【請求項 15】

前記正極に正極集電部材を接続すること、
および、
前記負極に負極集電部材を接続すること、
をさらに含み、
前記第 1 面から前記第 2 面に向かう前記方向において、前記正極集電部材は、前記ハニカムコアを挟んで前記負極集電部材と対向するように配置され、
前記正極集電部材は、前記正極の前記第 2 領域と接続され、
前記負極集電部材は、前記第 2 層から露出している前記第 2 面に接続される、
請求項 9 から請求項 13 のいずれか 1 項に記載の電池の製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、電池およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特開 2001-126736 号公報（特許文献 1）は、炭素質ハニカム構造体の外表面を含むセルの隔壁表面に窒化チタン膜を被着してハニカム構造集電体を形成し、セル内に正極用または負極用活物質を充填した電極を開示している。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】 特開 2001-126736 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

図 18 は、従来型の電池要素の一例を示す概略断面図である。

従来型の電池要素は、積層体 150 を含む。積層体 150 は、二次元構造を有する。積層体 150 は、シート状の電極により形成される。すなわち、積層体 150 は、正極シート 110 と、セパレータシート 130 と、負極シート 120 とが積層されることにより形成される。二次元構造においては、正極と、負極とが平面的に隣接している。

40

【0005】

電極シートは、電極合材層を含む。電極合材層は、電極活物質を含む。一般に電極活物質は粒子である。粒子の集合体は、自立層を形成し難い。そのため電極合材層の支持体として、集電箔（集電体）が使用される。例えば、正極集電箔 111 の表面に、正極ペーストが塗工されることにより、正極合材層 112 が形成される。例えば、負極集電箔 121 の表面に、負極ペーストが塗工されることにより、負極合材層 122 が形成される。

【0006】

50

正極集電箔 1 1 1 は、例えば、アルミニウム（A l）箔等である。負極集電箔 1 2 1 は、例えば、銅（C u）箔等である。集電箔は、電池容量に直接寄与しないため、集電箔が削減されれば、その分、電極活物質の充填率が高められる。すなわち、電池容量の増大が期待される。さらに、当然ながら集電体の材料コストも削減され得る。

【0007】

また、電極活物質が貴金属等を含む場合がある。例えば、貴金属等のリサイクルも想定される。集電箔に電極合材層が支持されている場合、貴金属等のリサイクルにあたり、集電箔と電極活物質とを分離する手間が生じることになる。

【0008】

しかしながら、支持体として集電箔を使用する従来法に匹敵するコスト、量産性を有する、正負極配置方法が見出されていない現状がある。 10

【0009】

本開示の目的は、集電体を削減可能な電池を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

以下、本開示の技術的構成および作用メカニズムが説明される。ただし、本開示の作用メカニズムは、推定を含んでいる。作用メカニズムの正否は、特許請求の範囲を限定しない。

【0011】

〔1〕 本開示の電池は、正極と、負極と、セパレータとを含む。 20

負極は、ハニカムコアを形成している。ハニカムコアは、第1面と第2面と隔壁と外周壁とを含む。第2面は、第1面と相対している。隔壁は、第1面と第2面との間に形成されている。第1面と平行な断面において、隔壁は、格子状に延びることにより、複数個の中空セルを仕切っている。第1面と平行な断面において、外周壁は、隔壁の周囲を取り囲んでいる。複数個の中空セルの各々は、第1面から第2面に向かう方向において、ハニカムコアを貫通している。

セパレータは、正極と負極とを空間的に分離している。セパレータは、第1層と第2層とを含む。第1層は、隔壁の少なくとも一部を被覆している。第2層は、第1面および第2面の少なくとも一部を被覆している。

正極は、第1領域と第2領域とを含む。第1領域は、中空セルに充填されている。第2領域は、第1面に垂直な断面において、セパレータの第2層よりも外側に突出するように延びている。 30

【0012】

電池要素は、正極と負極とセパレータとを含む。本開示の電池要素は、三次元構造を有する。三次元構造においては、正極と負極とが立体的に隣接する。負極はハニカムコアを形成している。ハニカムコアには、複数個の中空セル（貫通孔）が形成されている。複数個の中空セルの各々には、例えば、柱状の正極が挿し通されている。

【0013】

ハニカムコアは、その構造上、高い強度を有し得る。そのため、負極（ハニカムコア）は、支持体としての集電体が不要であると考えられる。正極は、ハニカムコアの隔壁に取り囲まれている。正極は、隔壁に支持されている。正極も、支持体としての集電体が不要であると考えられる。 40

【0014】

本開示の三次元構造においては、従来の二次元構造に比して、正極と負極との対向面積が大きくなり得る。対向面積の増大により、電池抵抗の低減が期待される。したがって、集電体が削減されても、所期の電池容量が実現され得ると考えられる。

【0015】

本開示の三次元構造は、正極と負極との間に集電体が介在しない構造であり得る。例えば、正極の第2領域（セパレータから突出している領域）において、集電が行われ得る。例えば、負極（ハニカムコア）の外周壁等において、集電が行われ得る。すなわち、電池要 50

素の外部に集電部材が配置され得る。正極と負極との間に集電体が介在しないことにより、電池要素における電極活物質の充填率が高められると考えられる。さらに、集電部材の取り外しが容易であり、電極活物質の回収が容易になると考えられる。すなわち、本開示の電池は、高いリサイクル性も有し得る。

【0016】

〔2〕 ハニカムコアは、3 mm以上の高さを有していてもよい。ハニカムコアの高さは、第1面と第2面との間の距離を示す。

【0017】

ハニカムコアが3 mm以上の高さを有することにより、ハニカムコアの強度が顕著に向上し得る。さらに、電池要素における電極活物質の比率が高くなることにより、電池容量の増大が期待される。

【0018】

〔3〕 第1面と平行な断面において、複数個の中空セルの各々は、例えば、 $900\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上の断面積を有していてもよい。

【0019】

中空セルの断面積が $900\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上であることにより、例えば、電池容量の増大等が期待される。

【0020】

〔4〕 第1面と平行な断面において、複数個の中空セルの各々は、例えば、四角形状または六角形状の輪郭を有していてもよい。

【0021】

中空セルの輪郭が四角形状または六角形状であることにより、例えば、ハニカムコアにおける中空セルの集積率が向上し得る。集積率の向上により、例えば、正極と負極との対向面積が増大し得る。その結果、例えば、出力の向上等が期待される。

【0022】

〔5〕 隔壁は、例えば、 $20\text{ }\mu\text{m}$ から $350\text{ }\mu\text{m}$ の厚さを有していてもよい。

【0023】

隔壁の厚さが $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上であることにより、例えば、ハニカムコアの強度向上等が期待される。隔壁の厚さが $350\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることにより、例えば、電池抵抗の低減等が期待される。

【0024】

〔6〕 電池は、正極集電部材と、負極集電部材とをさらに含んでもよい。正極集電部材は、正極の第2領域に接続していてもよい。負極集電部材は、外周壁に接続していてもよい。

【0025】

例えば、正極の第2領域と、ハニカムコア（負極）の外周壁とにおいて、集電が行われてもよい。上記〔6〕の集電構造においては、例えば、正極の集電面積が大きくなり得る。これにより、正極由来の抵抗成分が低減することが期待される。

【0026】

〔7〕 電池は、正極集電部材と、負極集電部材とをさらに含んでもよい。第1面から第2面に向かう方向において、正極集電部材は、ハニカムコアを挟んで負極集電部材と相対していてもよい。正極集電部材は、正極の第2領域に接続していてもよい。負極集電部材は、第2層から露出している第2面に接続していてもよい。

【0027】

例えば、正極の第2領域と、ハニカムコア（負極）の主面とにおいて、集電が行われてもよい。上記〔7〕の集電構造においては、部品の配置が簡素になり得る。その結果、例えば、リサイクル性の向上等が期待される。

【0028】

〔8〕 セパレータにおいて、第1層は、第1絶縁材料を含む。第2層は、第2絶縁材料を含む。第2絶縁材料は、第1絶縁材料と異なってもよい。

10

20

30

40

50

【0029】

第2絶縁材料が第1絶縁材料と異なることにより、例えば、第2層および第1層の形成方法の自由度が向上し得る。例えば、第1層の形成方法と異なる方法により、第2層が形成されてもよい。

【0030】

〔9〕 本開示の電池の製造方法においては、ハニカムコアを形成する負極を含む、電池が製造される。

ハニカムコアは、第1面と第2面と隔壁と外周壁とを含む。第2面は、第1面と相對している。隔壁は、第1面と第2面との間に形成されている。第1面と平行な断面において、隔壁は、格子状に延びることにより、複数の中空セルを仕切っている。第1面と平行な断面において、外周壁は、隔壁の周囲を取り囲んでいる。複数の中空セルの各々は、第1面から第2面に向かう方向において、ハニカムコアを貫通している。

本開示の電池の製造方法は、下記（A）、（B）および（C）を含む。

（A） 負極ペーストをハニカムコアに成形する。

（B） ハニカムコアの表面を被覆するセパレータを形成する。

（C） セパレータの形成後、ハニカムコア内の中空セルに、正極ペーストを注入することにより、正極を形成する。

セパレータは、正極と負極とを空間的に分離するように形成される。セパレータは、第1層と第2層とを含むように形成される。第1層は、隔壁の少なくとも一部を被覆している。第2層は、第1面および第2面の少なくとも一部を被覆している。

正極は、第1領域と第2領域とを含むように形成される。第1領域は、中空セルに充填されている。第2領域は、第1面に垂直な断面において、セパレータの第2層よりも外側に突出するように延びている。

【0031】

本開示の電池の製造方法によれば、上記〔1〕に記載の電池が製造され得る。

【0032】

〔10〕 本開示の電池の製造方法においては、例えば、押出成形法により、負極ペーストがハニカムコアに成形されてもよい。

【0033】

〔11〕 本開示の電池の製造方法においては、例えば、第1面または第2面から、ハニカムコア内にセパレータペーストが吸引されることにより、第1層が形成されてもよい。セパレータペーストは、第1絶縁材料を含む。

【0034】

〔12〕 本開示の電池の製造方法においては、例えば、電着法により、第2絶縁材料が第1面および第2面に堆積することにより、第2層が形成されてもよい。

【0035】

〔13〕 本開示の電池の製造方法においては、例えば、第2絶縁材料が第1絶縁材料と異なってもよい。

【0036】

〔14〕 本開示の電池の製造方法は、下記（D）をさらに含んでもよい。

（D） 正極に正極集電部材を接続する。負極に負極集電部材を接続する。

正極集電部材は、正極の第2領域に接続されてもよい。負極集電部材は、外周壁に接続されてもよい。

【0037】

〔15〕 本開示の電池の製造方法は、下記（D）をさらに含んでもよい。

（D） 正極に正極集電部材を接続する。負極に負極集電部材を接続する。

第1面から第2面に向かう方向において、正極集電部材は、ハニカムコアを挟んで負極集電部材と相對するように配置されてもよい。正極集電部材は、正極の第2領域と接続されてもよい。負極集電部材は、第2層から露出している第2面に接続されてもよい。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【0038】

【図1】図1は、本実施形態における電池の一例を示す概略図である。

【図2】図2は、本実施形態における負極の一例を示す概略図である。

【図3】図3は、図2のx y平面と平行な断面の一例を示す概略断面図である。

【図4】図4は、本実施形態における隔壁の第1例を示す概略断面図である。

【図5】図5は、本実施形態における隔壁の第2例を示す概略断面図である。

【図6】図6は、図1のy z平面と平行な断面の一例を示す概略断面図である。

【図7】図7は、図1のx y平面と平行な断面の一例を示す概略断面図である。

【図8】図8は、本実施形態における第2層の構成の一例を示す概略断面図である。

【図9】図9は、本実施形態における正極の一例を示す概略図である。

10

【図10】図10は、本実施形態における正極の一例を示す概略断面図である。

【図11】図11は、集電構造の第1例を示す概略図である。

【図12】図12は、集電構造の第2例を示す概略図である。

【図13】図13は、本実施形態における電池の製造方法の一例を示す概略フローチャートである。

【図14】図14は、本実施例における供試電池の製造過程を示す第1説明図である。

【図15】図15は、本実施例における供試電池の製造過程を示す第2説明図である。

【図16】図16は、本実施例における供試電池の製造過程を示す第3説明図である。

【図17】図17は、本実施例における供試電池の製造過程を示す第4説明図である。

【図18】図18は、従来型の電池要素の一例を示す概略断面図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0039】

以下、本開示の実施形態（以下「本実施形態」とも記される。）が説明される。ただし、以下の説明は、特許請求の範囲を限定しない。

【0040】

本実施形態における幾何学的な用語（例えば「平行」、「垂直」、「正方形」等）は、実質的にその状態であればよいことを示している。本実施形態における幾何学的な用語は、厳密な意味に解されるべきではない。例えば「平行」は、実質的に平行である状態を示す。すなわち「平行」は、厳密な意味での「平行」状態から多少ずれていてもよい。「実質的に平行である状態」は、例えば、設計上、製造上等の公差、誤差等を当然に含み得る。

30

【0041】

本実施形態において、例えば「0.1質量部から10質量部」等の記載は、特に断りのない限り、境界値を含む範囲を示す。例えば「0.1質量部から10質量部」は、「0.1質量部以上10質量部以下」の範囲を示す。

【0042】

本実施形態において、「実質的に・・・からなる」との記載は、本開示の目的を阻害しない範囲で、必須成分に加えて、追加の成分が含まれ得ることを示す。例えば、当該技術の分野において通常想定される成分（例えば不可避不純物等）は、当然含まれ得る。

【0043】

本実施形態において、例えば「 Li_2S 」等の化学量論的組成式によって化合物が表現されている場合、該化学量論的組成式は、代表例に過ぎない。例えば、硫化リチウムが「 Li_2S 」と表現されている時、硫化リチウムは「 $\text{Li}:\text{S}=2:1$ 」の組成比に限定されず、任意の組成比で Li と S とを含み得る。

40

【0044】

本実施形態においては、電池の一例として「リチウムイオン電池」が説明される。ただし、電池は、任意の電池系であり得る。本実施形態の電池は、例えば、「ナトリウムイオン電池」、「ニッケル水素電池」等であってもよい。

【0045】

本実施形態の電池は、任意の用途に適用され得る。本実施形態の電池は、例えば、モバイル端末、ポータブル機器、定置型電力貯蔵装置、電気自動車、ハイブリッド自動車等にお

50

いて使用されてもよい。

【0046】

<電池>

図1は、本実施形態における電池の一例を示す概略図である。

電池100は、電池要素50を含む。電池要素50は、三次元構造を有する。電池要素50は、正極10と、負極20と、セパレータ30とを含む。すなわち、電池100が正極10と負極20とセパレータ30とを含む。

【0047】

電池100は、例えば、電池ケース（不図示）を含んでいてもよい。電池ケースが、電池要素50を収納していてもよい。電池ケースは、密封されていてもよい。電池ケースは、例えば、Aラミネートフィルム製の袋等であってもよい。電池ケースは、例えば、金属製の容器等であってもよい。電池ケースは、任意の外形を有し得る。電池ケースの外形は、例えば、角形、円筒形、コイン形、扁平形、薄形（シート形）等であってもよい。

【0048】

《負極》

図2は、本実施形態における負極の一例を示す概略図である。

負極20は、正極10に比して低い電位を有する電極である。負極20は、負極活物質を含む。負極20は、例えば、実質的に負極活物質からなってもよい。負極20は、ハニカムコアを形成している。ハニカムコアは、例えば、「ハニカム構造体」、「ハニカム成形体」等とも称され得る。図2のハニカムコアは、円柱状の外形を有している。ただし、ハニカムコアは、任意の外形を有し得る。ハニカムコアの外形は、例えば、円板状、角板状、角柱状等であってもよい。

【0049】

本実施形態のハニカムコアは、例えば、負極活物質の成形体であってもよい。ハニカムコアは、例えば、負極合材の成形体であってもよい。負極合材は、負極活物質に加えて、例えば、導電材、バインダ等をさらに含んでいてもよい。

【0050】

負極活物質は、例えば、粒子であってもよい。負極活物質は、例えば、1 μm から30 μm のメジアン径を有していてもよい。「メジアン径」は、体積基準の粒度分布において、小粒径側からの累積粒子体積が全粒子体積の50%になる粒子径を示す。メジアン径は、レーザ回折式粒度分布測定装置によって測定され得る。

【0051】

負極活物質は、任意の成分を含み得る。負極活物質は、例えば、黒鉛、ハードカーボン、ソフトカーボン、珪素、酸化珪素、錫、酸化錫、およびチタン酸リチウムからなる群より選択される少なくとも1種を含んでいてもよい。導電材は、任意の成分を含み得る。導電材は、例えば、カーボンブラック（例えばアセチレンブラック等）、炭素繊維、金属粒子、および金属繊維からなる群より選択される少なくとも1種を含んでいてもよい。導電材の配合量は、100質量部の負極活物質に対して、例えば、0.1質量部から10質量部であってもよい。バインダは、任意の成分を含み得る。バインダは、例えば、カルボキシメチルセルロース（CMC）、スチレンブタジエンゴム（SBR）、およびポリアクリル酸（PAA）からなる群より選択される少なくとも1種を含んでいてもよい。バインダの配合量は、100質量部の負極活物質に対して、例えば、0.1質量部から10質量部であってもよい。

【0052】

負極20（ハニカムコア）は、第1面21と、第2面22と、隔壁23と、外周壁24とを含む。第2面22は、第1面21と相対している。隔壁23および外周壁24は、第1面21と第2面22との間に形成されている。隔壁23および外周壁24は、第1面21と第2面22とを接続している。

【0053】

第1面21および第2面22の各々は、例えば、平面であってもよい。第1面21および

10

20

30

40

50

第2面22の各々は、例えば、平面でなくてもよい。第1面21および第2面22の各々は、例えば、曲面であってもよい。第1面21は、第2面22と平行であってもよい。第1面21は、第2面22と平行でなくてもよい。

【0054】

本実施形態において、ハニカムコアの高さ(h)は、第1面21と第2面22との間の距離を示す。第1面21と第2面22とが平行でない場合は、第1面21と第2面22との間の最短距離が、高さ(h)とみなされる。ハニカムコアは、例えば、3mm以上の高さ(h)を有していてもよい。ハニカムコアが3mm以上の高さ(h)を有することにより、ハニカムコアの強度が顕著に向上し得る。さらに、電池要素50における電極活物質の比率が高くなることにより、電池容量の増大が期待される。ハニカムコアの高さ(h)は、任意の上限を有し得る。ハニカムコアは、例えば、1000mm以下の高さ(h)を有していてもよい。ハニカムコアは、例えば、500mm以下の高さ(h)を有していてもよい。ハニカムコアは、例えば、100mm以下の高さ(h)を有していてもよい。ハニカムコアは、例えば、10mm以下の高さ(h)を有していてもよい。

10

【0055】

図2のxy平面において、ハニカムコアは径(d)を有する。径(d)は、xy平面におけるハニカムコアの最大径を示す。ハニカムコアは、任意の径(d)を有し得る。ハニカムコアは、例えば、1mmから1000mmの径(d)を有していてもよい。ハニカムコアは、例えば、10mmから100mmの径(d)を有していてもよい。

【0056】

本実施形態において、ハニカムコアのアスペクト比(h/d)は、径(d)に対する高さ(h)の比を示す。ハニカムコアは、例えば、0.1から10のアスペクト比(h/d)を有していてもよい。ハニカムコアは、例えば、0.1から2のアスペクト比(h/d)を有していてもよい。ハニカムコアは、例えば、0.1から1のアスペクト比(h/d)を有していてもよい。ハニカムコアは、例えば、0.1から0.5のアスペクト比(h/d)を有していてもよい。ハニカムコアは、例えば、0.15から0.5のアスペクト比(h/d)を有していてもよい。

20

【0057】

図3は、図2のxy平面と平行な断面の一例を示す概略断面図である。本実施形態において、「xy平面と平行な断面」は、「第1面21(または第2面22)と平行な断面」を示す。

30

【0058】

図3において、隔壁23は格子状に延びている。隔壁23は、複数個の中空セル25を仕切っている。隔壁23は、例えば「リブ」等と称されてもよい。外周壁24は、隔壁23の周囲を取り囲んでいる。

【0059】

中空セル25は、いわば「貫通孔」である。複数個の中空セル25の各々は、第1面21から第2面22に向かう方向(図1から図3のz軸方向)において、ハニカムコア(負極20)を貫通している。xy平面と平行な断面においては、複数個の中空セル25が集積されている。複数個の中空セル25は、略等間隔に配置されていてもよい。中空セル25同士の間隔は、ランダムであってもよい。

40

【0060】

例えば、xy平面と平行な断面において、4個から10000個の中空セル25が形成されていてもよい。例えば、xy平面と平行な断面において、10個から5000個の中空セル25が形成されていてもよい。例えば、xy平面と平行な断面において、100個から5000個の中空セル25が形成されていてもよい。例えば、xy平面と平行な断面において、500個から5000個の中空セル25が形成されていてもよい。例えば、xy平面と平行な断面において、1000個から3000個の中空セル25が形成されていてもよい。

【0061】

50

x y 平面と平行な断面において、複数個の中空セル 2 5 は、例えば、1 個/mm²から 10 個/mm²の数密度を有していてもよい。複数個の中空セル 2 5 は、例えば、2 個/mm²から 6 個/mm²の数密度を有していてもよい。

【0062】

複数個の中空セル 2 5 の合計断面積は、ハニカムコアの断面積に対して、例えば、50%から 99%の面積分率を有していてもよい。複数個の中空セル 2 5 の合計断面積は、ハニカムコアの断面積に対して、例えば、70%から 90%の面積分率を有していてもよい。なお、本実施形態において、ハニカムコアの断面積は、第 1 面 2 1 または第 2 面 2 2 の面積と実質的に同値である。

【0063】

x y 平面と平行な断面において、複数個の中空セル 2 5 の各々は、任意の輪郭を有し得る。複数個の中空セル 2 5 の各々は、例えば、円形、多角形（三角形、八角形等）等の輪郭を有していてもよい。

【0064】

図 4 は、本実施形態における隔壁の第 1 例を示す概略断面図である。図 5 は、本実施形態における隔壁の第 2 例を示す概略断面図である。

【0065】

複数個の中空セル 2 5 の各々は、例えば、四角形状または六角形状の輪郭を有していてもよい。中空セル 2 5 の輪郭が四角形状または六角形状であることにより、例えば、ハニカムコアにおける中空セル 2 5 の集積率が向上し得る。集積率の向上により、例えば、正極 1 0 と負極 2 0 との対向面積が増大し得る。その結果、例えば、出力の向上等が期待される。四角形は、例えば、正方形、平行四辺形、ひし形、台形等を含む。

【0066】

なお、複数個の中空セル 2 5 の輪郭は、全て同一であってもよい。複数個の中空セル 2 5 の輪郭は、互いに異なってもよい。

【0067】

隔壁 2 3 は、任意の厚さ (t) を有し得る。隔壁 2 3 の厚さ (t) は、x y 平面と平行な断面において、隣接する中空セル 2 5 同士の間の最短距離を示す。隔壁 2 3 は、例えば、20 μm から 350 μm の厚さ (t) を有していてもよい。隔壁 2 3 の厚さ (t) が 20 μm 以上であることにより、例えば、ハニカムコアの強度向上等が期待される。隔壁 2 3 の厚さ (t) が 350 μm 以下であることにより、例えば、電池抵抗の低減等が期待される。隔壁 2 3 は、例えば、140 μm 以上の厚さ (t) を有していてもよい。

【0068】

x y 平面と平行な断面において、複数個の中空セル 2 5 の各々は、例えば、900 μm²以上の断面積を有していてもよい。中空セル 2 5 の断面積が 900 μm²以上であることにより、例えば、電池容量の増大等が期待される。複数個の中空セル 2 5 の各々は、例えば、67600 μm²以上の断面積を有していてもよい。断面積の上限は任意である。複数個の中空セル 2 5 の各々は、例えば、900 μm²から 490000 μm²の断面積を有していてもよい。複数個の中空セル 2 5 の各々は、例えば、900 μm²から 250000 μm²の断面積を有していてもよい。断面積の上限が特定されることにより、例えば、電池抵抗の低減等が期待される。

【0069】

《セパレータ》

図 6 は、図 1 の y z 平面と平行な断面の一例を示す概略断面図である。本実施形態において、「y z 平面と平行な断面」は、「第 1 面 2 1（または第 2 面 2 2）に垂直な断面」を示す。

【0070】

セパレータ 3 0 は、正極 1 0 と負極 2 0 とを空間的に分離している。「空間的に分離された状態」とは、正極 1 0 と負極 2 0 とが直接接触していない状態を示す。セパレータ 3 0 は、例えば、絶縁材料を含む。セパレータ 3 0 は、正極 1 0 と負極 2 0 との間の電子伝導

10

20

30

40

50

を実質的に遮断している。

【0071】

セパレータ30は、例えば、キャリアイオンの伝導経路を形成していてもよい。例えば、リチウムイオン電池におけるキャリアイオンは、リチウムイオンである。セパレータ30は、例えば、固体電解質を含んでいてもよい。セパレータ30が固体電解質を含む場合、正極10および負極20も固体電解質を含んでいてもよい。固体電解質は、例えば、酸化物固体電解質を含んでいてもよい。固体電解質は、例えば、硫化物固体電解質を含んでいてもよい。硫化物固体電解質は、例えば、硫化リンリチウム ($\text{Li}_2\text{S}-\text{P}_2\text{S}_5$) 等を含んでいてもよい。

【0072】

セパレータ30は、例えば、ゲルポリマー電解質を含んでいてもよい。ゲルポリマー電解質は、例えば、ホストポリマーと、電解液（後述）とを含んでいてもよい。ホストポリマーは、例えば、ポリフッ化ビニリデン (PVDF)、フッ化ビニリデン-ヘキサフルオロプロピレン共重合体 (PVDF-HFP)、ポリアクリロニトリル (PAN)、およびポリエチレンオキシド (PEO) からなる群より選択される少なくとも1種を含んでいてもよい。

【0073】

セパレータ30は、第1層31と第2層32とを含む。第1層31は、隔壁23の少なくとも一部を被覆している。第1層31は、実質的に、隔壁23の全面を被覆していてもよい。ただし、正極10と負極20とが空間的に分離される限り、第1層31は、隔壁23の一部を被覆していてもよい。

【0074】

第2層32は、第1層31と接続していてもよい。第2層32および第1層31は、連続していてもよい。第2層32は、第1層31と接続していなくてもよい。第2層32は、第1層31と不連続であってもよい。例えば、第2層32と第1層31との間に隙間があってもよい。

【0075】

第2層32は、第1面21および第2面22の少なくとも一部を被覆している。第2層32は、例えば、第1面21および第2面22の両方を被覆していてもよい。第2層32は、例えば、第1面21のみを被覆していてもよい。第2層32は、例えば、実質的に第1面21の全面を被覆していてもよい。第2層32は、例えば、第1面21の一部を被覆していてもよい。第2層32は、例えば、第2面22のみを被覆していてもよい。第2層32は、例えば、実質的に第2面22の全面を被覆していてもよい。第2層32は、例えば、第2面22の一部を被覆していてもよい。

【0076】

(第1層)

第1層31は、中空セル25の内部において、正極10と負極20とを分離している。第1層31は、第1絶縁材料を含む。第1層31は、実質的に第1絶縁材料からなっている。第1層31は、第1絶縁材料に加えて、例えば、バインダ等をさらに含んでいてもよい。第1絶縁材料は、例えば、粒子等であってもよい。第1絶縁材料は、例えば、10 nmから1 μm のメジアン径を有していてもよい。第1絶縁材料は、任意の成分を含み得る。第1絶縁材料は、例えば、アルミナ、ベーマイト、チタニア、マグネシア、およびジルコニアからなる群より選択される少なくとも1種を含んでいてもよい。バインダは、任意の成分を含み得る。バインダは、例えば、PVDF、PVDF-HFP、およびポリテトラフルオロエチレン (PTFE) からなる群より選択される少なくとも1種を含んでいてもよい。バインダの配合量は、100質量部の第1絶縁材料に対して、例えば、1質量部から10質量部であってもよい。

【0077】

第1層31は、任意の厚さを有し得る。第1層31の厚さは、図6のy軸方向の寸法を示す。第1層31は、例えば、1 μm から100 μm の厚さを有していてもよい。第1層3

10

20

30

40

50

1 は、例えば、 $10\text{ }\mu\text{m}$ から $30\text{ }\mu\text{m}$ の厚さを有していてもよい。

【0078】

図7は、図1の xy 平面と平行な断面の一例を示す概略断面図である。

xy 平面と平行な断面において、中空セル25の断面積に対する、第1層31の面積分率は、例えば、1%から50%であってもよい。第1層31の面積分率は、例えば、1%から20%であってもよい。第1層31の面積分率は、例えば、1%から10%であってもよい。

【0079】

例えば、一部の中空セル25は、第1絶縁材料のみが充填されていてもよい。例えば、図7に示されるように、外周壁24に隣接する中空セル25は、第1絶縁材料のみによって充たされていてもよい。これにより、例えば電池要素50の強度向上等が期待される。

【0080】

(第2層)

第2層32は、中空セル25の外部において、正極10と負極20とを分離している。第2層32は、第2絶縁材料を含む。第2絶縁材料は、例えば、第1絶縁材料と同一であってもよい。第2絶縁材料は、例えば、第1絶縁材料と異なってもよい。第2絶縁材料が第1絶縁材料と異なることにより、例えば、第2層32および第1層31の形成方法の自由度が向上し得る。例えば、第1層31の形成方法と異なる方法により、第2層32が形成されてもよい。

【0081】

第2層32は、実質的に第2絶縁材料からなってもよい。第2層32は、第2絶縁材料に加えて、その他の成分をさらに含んでもよい。第2絶縁材料は、例えば、粒子等であってもよい。第2絶縁材料は、例えば、 10 nm から $1\text{ }\mu\text{m}$ のメジアン径を有していてもよい。第2絶縁材料は、任意の成分を含み得る。第2絶縁材料は、例えば、ポリイミド (PI)、ポリアミドイミド (PAI)、PTFE、ポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (PP)、および PAA からなる群より選択される少なくとも1種を含んでもよい。

【0082】

第2層32は、任意の厚さを有し得る。第2層32の厚さは、図6の z 軸方向の寸法を示す。第2層32の厚さは、例えば、第1層31の厚さと実質的に同一であってもよい。第2層32の厚さは、例えば、第1層31の厚さと異なってもよい。例えば、第2層32の厚さは、第1層31の厚さに比して大きくてもよい。第2層32は、例えば、 $1\text{ }\mu\text{m}$ から $100\text{ }\mu\text{m}$ の厚さを有していてもよい。第2層32は、例えば、 $10\text{ }\mu\text{m}$ から $30\text{ }\mu\text{m}$ の厚さを有していてもよい。

【0083】

第2層32におけるキャリアイオンの透過性は、第1層31におけるキャリアイオンの透過性と実質的に同一であってもよい。第2層32におけるキャリアイオンの透過性は、第1層31におけるキャリアイオンの透過性と異なってもよい。例えば、第2層32におけるキャリアイオンの透過性は、第1層31におけるキャリアイオンの透過性に比して低くてもよい。これにより、例えば、充放電 (膨張収縮) に伴う、構造変化が緩和されることが期待される。キャリアイオンの透過性は、例えば、各層の空隙率、各層の厚さ、各層の構成材料 (材質、粒径等) 等により調整され得る。

【0084】

図8は、本実施形態における第2層の構成の一例を示す概略断面図である。

図8には、図6と同様に、 yz 平面と平行な断面が示されている。図8には、第2層32と第1層31との境界付近が拡大されて示されている。

【0085】

第2層32の厚さは、例えば、全体にわたって略均一であってもよい。第2層32の厚さは、例えば、部分的に変化していてもよい。例えば、図8に示されるように、 z 軸方向において、第2層32が外側に突出していてもよい。第2層32は、例えば、丸みを帯びた

10

20

30

40

50

形状を有していてもよい。第2層32が丸みを帯びた形状を有することにより、例えば、充放電（膨張収縮）に伴うストレスが緩和されることが期待される。「丸みを帯びた形状」は、 yz 平面と平行な断面において、曲線形状を有し、かつ頂点となる角を有しない形状を示す。丸みを帯びた形状は、例えば、円弧、楕円弧、双曲線等を含み得る。

【0086】

《正極》

正極10は、負極20に比して高い電位を有する電極である。図6に示されるように、正極10は、第1領域11と第2領域12とを含む。第1領域11は、中空セル25に充填されている。第1領域11は、実質的に、中空セル25を充たしていてもよい。第1領域11は、多孔質であってもよい。例えば、第1領域11内に貫通孔等が形成されていてもよい。

10

【0087】

図9は、本実施形態における正極の一例を示す概略図である。

図9には、 xy 平面と平行な断面が示されている。例えば、第1領域11は、中空セル25の輪郭と相似形を有していてもよい。例えば、図9の例においては、中空セル25の輪郭が四角形（正方形）であり、第1領域11も四角形（正方形）である。第1領域11は、中空セル25の輪郭と非相似形を有していてもよい。例えば、中空セル25が多角形であり、第1領域11が円形等であってもよい。

【0088】

xy 平面と平行な断面において、中空セル25の断面積に対する、第1領域11の面積率は、例えば、50%から99%であってもよい。第1領域11の面積分率は、例えば、80%から99%であってもよい。第1領域11の面積分率は、例えば、90%から99%であってもよい。

20

【0089】

図6に示されるように、第2領域12は、 yz 平面と平行な断面において、セパレータ30の第2層32よりも外側に突出するように延びている。すなわち、第2領域12は、第2層32よりも z 軸方向に突出した部分を含む。第2領域12は、第2層32の表面を被覆していてもよい。例えば、第2領域12に正極集電部材41が接続されてもよい。第2領域12も、多孔質であってもよい。

【0090】

30

図10は、本実施形態における正極の一例を示す概略断面図である。

第2領域12が第2層32よりも z 軸方向に突出した部分を含む限り、第2領域12は、第2層32よりも z 軸方向に突出していない部分も含んでいてもよい。例えば、第1面21側に第2領域12が形成され、第2面22側に第2領域12が形成されていなくてもよい。図10の構造においては、例えば、第1面21側の第2領域12に正極集電部材41が接続され、第2面22側の第2面22に負極集電部材42が接続されてもよい。

【0091】

第1領域11は、第2領域12と同一組成を有していてもよい。第1領域11は、第2領域12と異なる組成を有していてもよい。第1領域11および第2領域12の各々は、正極活物質を含む。第1領域11および第2領域12の各々は、例えば、実質的に正極活物質からなっている。第1領域11および第2領域12の各々は、例えば、正極合材を含んでいてもよい。正極合材は、正極活物質に加えて、例えば、導電材およびバインダ等をさらに含んでいてもよい。

40

【0092】

正極活物質は、例えば、粒子であってもよい。正極活物質は、例えば、 $1\mu\text{m}$ から $30\mu\text{m}$ のメジアン径を有していてもよい。正極活物質は、任意の成分を含み得る。正極活物質は、例えば、コバルト酸リチウム、ニッケル酸リチウム、マンガン酸リチウム、ニッケルコバルトマンガン酸リチウム、ニッケルコバルトアルミン酸リチウム、およびリン酸鉄リチウムからなる群より選択される少なくとも1種を含んでいてもよい。導電材は、任意の成分を含み得る。導電材は、例えば、カーボンブラック、炭素繊維、金属粒子、および金

50

属繊維からなる群より選択される少なくとも１種を含んでいてもよい。導電材の配合量は、１００質量部の正極活物質に対して、例えば、０．１質量部から１０質量部であってもよい。バインダは、任意の成分を含み得る。バインダは、例えば、ＰＶＤＦ、ＰＶＤＦ－ＨＦＰ、ＰＴＦＥ、ＣＭＣおよびＰＡＡからなる群より選択される少なくとも１種を含んでいてもよい。バインダの配合量は、１００質量部の正極活物質に対して、例えば、０．１質量部から１０質量部であってもよい。

【００９３】

《電解液》

電池１００は、電解液をさらに含んでいてもよい。電解液は、支持電解質と溶媒とを含む。支持電解質は、溶媒に溶解している。支持電解質は、任意の成分を含み得る。支持電解質は、例えば、 LiPF_6 、 LiBF_4 、および $\text{Li}(\text{FSO}_2)_2\text{N}$ からなる群より選択される少なくとも１種を含んでいてもよい。支持電解質の濃度は、例えば、 0.5 mol/kg から 2 mol/kg であってもよい。

10

【００９４】

溶媒は、非プロトン性である。溶媒は、任意の成分を含み得る。溶媒は、例えば、エチレンカーボネート（ＥＣ）、プロピレンカーボネート（ＰＣ）、ブチレンカーボネート（ＢＣ）、エチルメチルカーボネート（ＥＭＣ）、ジメチルカーボネート（ＤＭＣ）およびジエチルカーボネート（ＤＥＣ）からなる群より選択される少なくとも１種を含んでいてもよい。

【００９５】

電解液は、支持電解質および溶媒に加えて、各種の添加剤をさらに含んでいてもよい。添加剤は、例えば、ビニレンカーボネート（ＶＣ）、ビニルエチレンカーボネート（ＶＥＣ）、１，３－プロパンサルトン（ＰＳ）、シクロヘキシルベンゼン（ＣＨＢ）、*tert*-アミルベンゼン（ＴＡＢ）およびリチウムビスオキサレートポラート（ LiBOB ）からなる群より選択される少なくとも１種を含んでいてもよい。

20

【００９６】

《集電構造》

例えば、図６等にも示されるように、電池１００は、正極集電部材４１と負極集電部材４２とをさらに含んでいてもよい。正極集電部材４１は、正極１０と外部端子（不図示）とを電氣的に接続している。正極集電部材４１自体が外部端子を兼ねていてもよい。正極集電部材４１は、例えば、金属メッシュ、金属箔、金属線等を含んでいてもよい。正極集電部材４１は、例えば、Ａｌ、ニッケル（ Ni ）、ステンレス鋼（ SUS ）等を含んでいてもよい。

30

【００９７】

負極集電部材４２は、負極２０と外部端子とを電氣的に接続している。負極集電部材４２自体が外部端子を兼ねていてもよい。負極集電部材４２は、例えば、金属メッシュ、金属箔、金属線等を含んでいてもよい。負極集電部材４２は、例えば、 Ni 、 Cu 等を含んでいてもよい。

【００９８】

図１１は、集電構造の第１例を示す概略図である。

40

正極集電部材４１は、ハニカムコアの高さ方向（ z 軸方向）において、ハニカムコアの両側に配置されていてもよい。図６にも示されるように、正極集電部材４１は、正極１０の第２領域１２に接続している。例えば、正極集電部材４１は、第２領域１２に接着されていてもよい。例えば、正極集電部材４１は、第２領域１２に圧着されていてもよい。例えば、正極集電部材４１は、第２領域１２に溶着されていてもよい。

【００９９】

負極集電部材４２は、ハニカムコア（負極２０）の外周壁２４に接続していてもよい。負極集電部材４２は、外周壁２４の全周にわたって延びていてもよい。例えば、負極集電部材４２は、ハニカムコアに接着されていてもよい。例えば、負極集電部材４２は、ハニカムコアに圧着されていてもよい。例えば、負極集電部材４２は、ハニカムコアに溶着され

50

ていてもよい。例えば、負極集電部材 4 2 は、ハニカムコアに溶接されていてもよい。

【0100】

図 6 および図 1 1 の集電構造においては、正極 1 0 の集電面積が大きくなり得る。これにより、正極由来の抵抗成分が低減することが期待される。

【0101】

図 1 2 は、集電構造の第 2 例を示す概略図である。

第 1 面 2 1 から第 2 面 2 2 に向かう方向（z 軸方向）において、正極集電部材 4 1 は、ハニカムコアを挟んで負極集電部材 4 2 と相対していてもよい。図 1 0 に示されるように、第 1 面 2 1 側において、正極集電部材 4 1 は、正極 1 0 の第 2 領域 1 2 に接続していてもよい。負極集電部材 4 2 は、セパレータ 3 0 の第 2 層 3 2 から露出している第 2 面 2 2 に接続していてもよい。

10

【0102】

図 1 0 および図 1 2 の集電構造においては、部品の配置が簡素になり得る。その結果、例えば、リサイクル性の向上等が期待される。

【0103】

<電池の製造方法>

図 1 3 は、本実施形態における電池の製造方法の一例を示す概略フローチャートである。

電池の製造方法は、「(A) ハニカムコアの成形」、「(B) セパレータの形成」および「(C) 正極の形成」を含む。電池の製造方法は、「(D) 集電部材の接続」および「(E) 電解液の含浸」をさらに含んでいてもよい。

20

【0104】

《(A) ハニカムコアの成形》

電池の製造方法は、負極ペーストをハニカムコアに成形することを含む。「ペースト」は、固体粒子が液体分散媒に分散した分散系を示す。ペーストは、例えば「スラリー」、「懸濁液」等とも称され得る。

【0105】

負極ペーストは、例えば、負極活物質とバインダと分散媒とが混合されることにより調製され得る。本実施形態の混合操作には、任意の混合機、攪拌機、分散機等が使用され得る。例えば、プラネタリミキサ、超音波ホモジナイザ等が使用されてもよい。負極活物質およびバインダの詳細は、前述のとおりである。分散媒は、例えば、バインダ等の種類に応じて、適当な材料が選択され得る。分散媒は、例えば、水等であってもよい。負極ペーストの固形分率は、例えば、50%から70%であってもよい。「固形分率」は、分散媒以外の成分の合計質量分率を示す。

30

【0106】

ハニカムコア（負極 2 0）の詳細は、前述のとおりである。任意の方法により、負極ペーストがハニカムコアに成形され得る。例えば、押出成形法等により、負極ペーストがハニカムコアに成形されてもよい。例えば、ハニカムコア成形用の金型（ダイス）が準備される。負極ペーストが圧縮され、金型から押し出されることにより、湿潤成形体が形成される。湿潤成形体が乾燥されることにより、ハニカムコアが形成され得る。本実施形態の乾燥操作には、任意の乾燥機が使用され得る。例えば、熱風乾燥機、赤外線乾燥機等が使用されてもよい。

40

【0107】

《(B) セパレータの形成》

電池の製造方法は、ハニカムコアの表面を被覆するセパレータ 3 0 を形成することを含む。セパレータ 3 0 は、第 1 層 3 1 と第 2 層 3 2 とを含むように形成される。第 1 層 3 1 と第 2 層 3 2 とは、実質的に同時に形成されてもよい。第 1 層 3 1 と第 2 層 3 2 とは、順次形成されてもよい。

【0108】

各層は、任意の方法により形成される。第 1 層 3 1 の形成方法は、第 2 層 3 2 の形成方法と同一であってもよい。第 1 層 3 1 の形成方法は、第 2 層 3 2 の形成方法と異なっていて

50

もよい。

【0109】

例えば、セパレータペーストが調製されてもよい。セパレータペーストは、例えば、第1絶縁材料とバインダと分散媒とが混合されることにより、調製され得る。第1絶縁材料およびバインダの詳細は、前述のとおりである。分散媒は、例えばバインダの種類等に応じて、適当な材料が選択され得る。分散媒は、例えば、N-メチル-2-ピロリドン（NMP）等であってもよい。セパレータペーストの固形分率は、例えば、40%から70%であってもよい。

【0110】

例えば、セパレータペーストがハニカムコア内に注入されてもよい。例えば、シリンジ等が使用されてもよい。シリンジは、バレルとプランジャとを含む。例えば、ハニカムコアがバレル内に固定される。バレル内において、ハニカムコアとプランジャとの間に、セパレータペーストが配置される。プランジャにより、セパレータペーストがハニカムコア（中空セル25）内に押し込まれる。注入後、セパレータペーストが乾燥される。これにより、第1層31が形成され得る。第1層31は、隔壁23の少なくとも一部を被覆するように形成される。例えば、注入操作が繰り返されることにより、第1層31の厚さが調整されてもよい。

【0111】

例えば、セパレータペーストがハニカムコア内に吸引されてもよい。例えば、真空ポンプにより、ハニカムコアの第1面21または第2面22から、セパレータペーストが吸引される。吸引後、セパレータペーストが乾燥される。これにより、隔壁23を被覆する第1層31が形成され得る。例えば、吸引操作が繰り返されることにより、第1層31の厚さが調整されてもよい。

【0112】

例えば、第2絶縁材料を含む電着塗料が準備されてもよい。例えば、ハニカムコアの第1面21および第2面22の少なくとも一方が電着塗料に浸漬される。ハニカムコアと、対極との間に所定の電圧が印加されることにより、ハニカムコアに第2絶縁材料が堆積する。電着後、電着塗料が乾燥される。これにより、第2層32が形成される。第2層32は、第1面21および第2面22の少なくとも一方を被覆するように形成される。例えば、電着時間等により、第2層32の厚さが調整され得る。

【0113】

《（C）正極の形成》

電池の製造方法は、セパレータ30の形成後、ハニカムコア内の中空セル25に、正極ペーストを注入することにより、正極10を形成することを含む。正極10は、第1領域11と第2領域12とを含むように形成される。第1領域11と第2領域12とは、実質的に同時に形成されてもよい。第1領域11と第2領域12とは、順次形成されてもよい。

【0114】

正極ペーストは、例えば、正極活物質と導電材とバインダと分散媒とが混合されることにより、調製され得る。正極活物質、導電材およびバインダの詳細は、前述のとおりである。分散媒は、例えば、バインダの種類等に応じて、適当な材料が選択され得る。分散媒は、例えば、NMP等であってもよい。正極ペーストの固形分率は、例えば、50%から80%であってもよい。

【0115】

例えば、正極ペーストがハニカムコア内に注入されてもよい。例えば、セパレータ30の形成方法と同様に、シリンジ等が使用されてもよい。例えば、正極ペーストがハニカムコア内に吸引されてもよい。例えば、セパレータ30の形成方法と同様に、真空ポンプ等が使用されてもよい。注入または吸引後、正極ペーストが乾燥される。

【0116】

正極ペーストの一部は中空セル25に充填される。これにより第1領域11が形成される。例えば、中空セル25から吐出された正極ペーストが、第2領域12を形成してもよい

10

20

30

40

50

。例えば、別途、正極ペーストが塗布されることにより、第2領域12が形成されてもよい。第2領域12は、第1面21に垂直な断面（例えば図6）において、セパレータ30の第2層32よりも外側に突出するように形成される。この時、第2領域12（正極10）と第1面21等（負極20）との短絡を、第2層32（セパレータ30）が阻害し得る。第2領域12（正極10）は、第2層32（セパレータ30）を被覆するように形成されてもよい。以上より、電池要素50が形成される。

【0117】

《（D）集電部材の接続》

電池の製造方法は、正極10に正極集電部材41を接続すること、および負極20に負極集電部材42を接続すること、さらに含んでいてもよい。

【0118】

正極集電部材41および負極集電部材42の詳細は、前述のとおりである。例えば、正極集電部材41として、Al箔、Alメッシュ等が準備されてもよい。例えば、正極集電部材41が第2領域12に接着されてもよい。正極集電部材41と第2領域12とを接着するために、例えば、正極ペースト等が使用されてもよい。

【0119】

例えば、負極集電部材42として、Ni平線等が準備されてもよい。例えば、Ni平線が外周壁24に巻き付けられてもよい。例えば、抵抗溶接により、負極集電部材42が外周壁24に溶接されてもよい。

【0120】

《（E）電解液の含浸》

電池の製造方法は、電池要素50に電解液を含浸することを含んでいてもよい。例えば、電池ケースが準備される。電池ケースの詳細は、前述のとおりである。電池要素50が電池ケースに収納される。

【0121】

電解液が準備される。電解液の詳細は、前述のとおりである。所定量の電解液が電池ケース内に注入される。これにより、電池要素50に電解液が含浸され得る。電解液の注入後、電池ケースが密封される。以上より、電池100が製造される。

【実施例】

【0122】

以下、本開示の実施例（以下「本実施例」とも記される。）が説明される。ただし、以下の説明は、特許請求の範囲を限定しない。

【0123】

＜供試電池の製造＞

下記手順より、No. 1からNo. 8に係る供試電池が製造された。

【0124】

《（A）ハニカムコアの成形》

下記材料が準備された。

負極活物質：黒鉛（メジアン径 15 μm）

バインダ：CMC

分散媒：イオン交換水

【0125】

100質量部の負極活物質と、10質量部のバインダと、60質量部の分散媒とが混合されることにより、負極ペーストが調製された。

【0126】

ハニカムコア成形用の金型が準備された。負極ペーストが圧縮され、金型から押し出されることにより、湿潤成形体が形成された。湿潤成形体が乾燥されることにより、ハニカムコア（負極20）が形成された。乾燥温度は120℃であった。乾燥時間は3時間であった。

【0127】

10

20

30

40

50

図 1 4 は、本実施例における供試電池の製造過程を示す第 1 説明図である。

図 1 4 の上段は写真画像である。図 1 4 の中段は、第 1 面 2 1 と平行な断面の光学顕微鏡画像である。図 1 4 の下段は、概略図である。

【0128】

図 1 4 の写真画像に示されるように、本実施例におけるハニカムコアは、円柱状であった。ハニカムコアの径 (d) は、20 mm であった。No. 1 におけるハニカムコアの高さ (h) は、10 mm であった。

【0129】

中空セル 2 5 の断面形状は、正方形であった。正方形の一辺の長さは、260 μm であった。隔壁 2 3 の厚さ (t) は、140 μm であった。ハニカムコアの密度は、材料の質量および寸法から、1.24 g / cm^3 と見積もられる。

【0130】

《(B) セパレータの形成》

下記材料が準備された。

第 1 絶縁材料：ペーライト (メジアン径 100 nm)

バインダ：P V D F (製品名「K F ポリマー」、グレード「# 8500」、クレハ社製)

分散媒：N M P

【0131】

4 5 質量部の第 1 絶縁材料と、4 質量部のバインダと、40 質量部の分散媒とが混合されることにより、セパレータペーストが調製された。4 g から 5 g 程度のセパレータペーストがハニカムコアの第 1 面 2 1 に載せられた。真空ポンプにより、第 2 面 2 2 側からセパレータペーストがハニカムコア内に吸引された。これにより、隔壁 2 3 にセパレータペーストが塗布された。吸引後、セパレータペーストが乾燥された。これにより、第 1 層 3 1 が形成された。乾燥温度は 120 $^{\circ}\text{C}$ であった。乾燥時間は 15 分であった。セパレータペーストの乾燥後、一部の中空セル 2 5 が第 1 絶縁材料によって塞がれていた。そのため、第 1 面 2 1 および第 2 面 2 2 が研磨されることにより、中空セル 2 5 が開口された。

【0132】

図 1 5 は、本実施例における供試電池の製造過程を示す第 2 説明図である。

図 1 5 の上段は写真画像である。図 1 5 の中段は、第 1 面 2 1 と平行な断面の光学顕微鏡画像である。図 1 5 の下段は、概略図である。

【0133】

図 1 5 の光学顕微鏡画像に示されるように、第 1 層 3 1 は、隔壁 2 3 を被覆していた。本実施例において、第 1 層 3 1 の厚さは、約 20 μm であった。

【0134】

電着塗料 (製品名「エレコート P I」、シミズ社製) が準備された。電着塗料は、分散質と、分散媒とを含んでいた。分散質は、樹脂粒子 (ポリイミド) を含んでいた。分散媒は、水を含んでいた。樹脂粒子は、第 2 絶縁材料に相当する。負極集電部材 4 2 として、N i 平線 (厚さ 50 μm 、幅 3 mm) が準備された。負極集電部材 4 2 がハニカムコアの外周壁 2 4 に 1 周にわたって巻き付けられた。抵抗溶接により、負極集電部材 4 2 が外周壁 2 4 に溶接された。負極集電部材 4 2 が電源に接続された。ハニカムコアが電着塗料に浸漬された。ハニカムコアが陰極となるように、30 V の電圧が印加された。2 分間にわたって電着が行われた。これにより、第 1 面 2 1 および第 2 面 2 2 に第 2 絶縁材料が堆積することにより、第 2 層 3 2 が形成された。電着後、水によってハニカムコアが軽く洗浄されることにより、余分な電着塗料が実質的に除去された。洗浄後、ハニカムコアに熱処理が施された。熱処理温度は 180 $^{\circ}\text{C}$ であった。熱処理時間は 1 時間であった。

【0135】

図 1 6 は、本実施例における供試電池の製造過程を示す第 3 説明図である。

図 1 6 の上段は写真画像である。図 1 6 の中段は、ハニカムコアの上面の光学顕微鏡画像である。図 1 6 の下段は、概略図である。

【0136】

10

20

30

40

50

図 16 の光学顕微鏡画像に示されるように、第 2 層 32 は、第 1 面 21 および第 2 面 22 を被覆していた。第 2 層 32 は、第 1 層 31 と接続していた。

【0137】

《(C) 正極の形成》

下記材料が準備された。

正極活物質：コバルト酸リチウム（メジアン径 10 μm ）

導電材：アセチレンブラック

バインダ：P V D F（製品名「K F ポリマー」、グレード「#1300」、クレハ社製）

分散媒：N M P

【0138】

64 質量部の正極活物質と、4 質量部の導電材と、2 質量部のバインダと、30 質量部の分散媒とが混合されることにより、正極ペーストが調製された。プラスチック製のシリンジが準備された。シリンジのバレル内に、ハニカムコアが固定された。バレル内において、ハニカムコアとプランジャとの間に、約 3.5 g の正極ペーストが配置された。プランジャにより、正極ペーストがハニカムコア内に押し込まれた。すなわち、正極ペーストが中空セル 25 に充填された。押し込み側と反対側の開口部から、正極ペーストが吐出した時点で、プランジャの押し込みが停止された。正極ペーストの充填後、ハニカムコアがバレルから取り出された。ハニカムコアが乾燥された。乾燥温度は 120 $^{\circ}\text{C}$ であった。乾燥時間は 30 分であった。以上より、正極 10 が形成された。正極 10 の密度は、材料の質量および寸法等から、1.95 g/cm^3 と見積もられる。以上より、電池要素 50 が形成された。

【0139】

図 17 は、本実施例における供試電池の製造過程を示す第 4 説明図である。

図 17 の上段は写真画像である。図 17 の中段は、第 1 面 21 と平行な断面の光学顕微鏡画像である。図 17 の下段は、概略図である。

【0140】

正極 10 は、第 1 領域 11 と第 2 領域 12 とを含んでいた。図 17 の光学顕微鏡画像に示されるように、第 1 領域 11 は、中空セル 25 に充填されていた。第 2 領域 12 は、セパレータ 30 の第 2 層 32 よりも外側に突出するように延びていた。第 2 領域 12 は、第 2 層 32 を被覆していた。

【0141】

《(D) 集電部材の接続》

正極集電部材 41 として、A l 箔（厚さ 15 μm ）が準備された。打ち抜き加工により、正極集電部材 41 が円形（直径 25 mm）に加工された。ハニカムコアの高さ方向において、ハニカムコアの両側に正極集電部材 41 がそれぞれ配置された。約 0.5 g の正極ペーストにより、正極集電部材 41 が第 2 領域 12（正極 10）に接着された。

【0142】

前述のように、本実施例においては第 2 層 32 の形成時（電着時）に、負極集電部材 42 が外周壁 24（負極 20）に接続された。

【0143】

外部端子として、S U S タブが準備された。正極集電部材 41 および負極集電部材 42 の各々に、S U S タブが溶接された。

【0144】

《(E) 電解液の含浸》

下記成分を含む電解液が準備された。

支持電解質：L i P F₆（濃度 1 mol / kg）

溶媒：E C / E M C / D M C = 1 / 1 / 1（体積比）

【0145】

電池ケースとして、A l ラミネートフィルム製の袋が準備された。電池要素 50 が電池ケースに収納された。5 g の電解液が電池ケースに注入された。電解液の注入後、真空シー

10

20

30

40

50

ラにより、電池ケースが密封された。以上より、No. 1に係る供試電池が製造された。

【0146】

下記表1に示されるように、ハニカムコアの高さ（h）、隔壁23の厚さ（t）、中空セル25の断面積が変更されることを除いては、No. 1と同様に、No. 2からNo. 9に係る供試電池が製造された。

【0147】

<充放電試験>

下記条件により、各供試電池の放電容量が測定された。結果は、下記表1に示される。

充電：CCCV方式、CC電流 200mA、CV電圧 4.2V、終止電流 10mA

放電：CCCV方式、CC電流 200mA、CV電圧 3V、終止電流 10mA

10

【0148】

「CCCV方式」は、定電流定電圧方式を示す。「CC電流」は、定電流充電時の電流を示す。「CV電圧」は、定電圧充電時の電圧を示す。定電圧充電または定電圧放電中は、電流が減衰する。電流が「終止電流」まで減衰した時点で、充電または放電が停止される。

【0149】

【表1】

表1

No.	ハニカムコア（負極）			充放電試験
	高さ（h）	隔壁の厚さ（t）	中空セルの断面積	放電容量
	mm	μm	μm ²	mAh
1	10	140	67600	593
2	10	20	900	520
3	10	350	250000	671
4	3	140	67600	172
5	10	350	490000	258
6	10	15	625	—
7	10	520	640000	25
8	2	140	67600	—
9	1	140	67600	—

20

30

【0150】

<結果>

上記表1に示されるように、本実施例における供試電池は、充放電可能であった。本実施例においては、電池要素50の外部に集電部材（集電体）が配置されている。したがって集電部材の取り外しが容易であり、リサイクル性に優れると考えられる。さらに、正極10と負極20とが立体的に隣接しているため、正極10と負極20との対向面積が大きいと考えられる。したがって、集電体が削減されても、所期の電池抵抗が実現され得ると考えられる。以上より、本実施例における供試電池は、集電体の削減が可能な構造を有すると考えられる。

40

【0151】

No. 6は、隔壁23の厚さ（t）が20μm未満である。No. 6においては、充放電時に短絡が発生したため、放電容量が測定できなかった。充放電試験後、供試電池が解体され、電池要素50が確認された。その結果、隔壁23の一部が破損していることが確認された。充電時に、負極活物質が膨張することにより、隔壁23にストレスが加わると考えられる。例えば、充電時のストレスに応じて、隔壁23の厚さ（t）を設定することが

50

考えられる。

【0152】

No. 7は、隔壁23の厚さ(t)が350 μ mを超えている。No. 7においては、充電容量および放電容量が少なかった。No. 7において、容量が減少した原因は、不明である。あくまで推定であるが、例えば、次のように考えられる。すなわち、隔壁23の厚さ(t)および中空セル25の断面積が大きくなることにより、イオン伝導抵抗が増大し、充放電反応が不活発になっていると考えられる。例えば、所望のイオン伝導抵抗となるように、隔壁23の厚さ(t)および中空セル25の断面積を調整することが考えられる。

【0153】

No. 8およびNo. 9においては、ハニカムコアの高さ(h)が3mm未満である。No. 8においては、充放電時に短絡が発生したため、放電容量が測定できなかった。No. 9においては、ハニカムコアに正極ペーストを注入する時に、ハニカムコアが破損したため、放電容量が測定できなかった。

【0154】

以上の結果から、例えば、ハニカムコアの高さ(h)、隔壁23の厚さ(t)および中空セル25の断面積が調整されることにより、所望の性能を有する電池が提供されることが考えられる。

【0155】

本実施形態および本実施例は、全ての点で例示である。本実施形態および本実施例は、制限的なものではない。例えば、本実施形態および本実施例から、任意の構成が抽出され、それらが任意に組み合わせられることも、当初から予定されている。

【0156】

特許請求の範囲の記載に基づいて定められる技術的範囲は、特許請求の範囲の記載と均等の意味における全ての変更を包含する。さらに、特許請求の範囲の記載に基づいて定められる技術的範囲は、特許請求の範囲の記載と均等の範囲内における全ての変更も包含する。

【符号の説明】

【0157】

10 正極、11 第1領域、12 第2領域、20 負極、21 第1面、22 第2面、23 隔壁、24 外周壁、25 中空セル、30 セパレータ、31 第1層、32 第2層、41 正極集電部材、42 負極集電部材、50 電池要素、100 電池、110 正極シート、111 正極集電箔、112 正極合材層、120 負極シート、121 負極集電箔、122 負極合材層、130 セパレータシート、150 積層体。

10

20

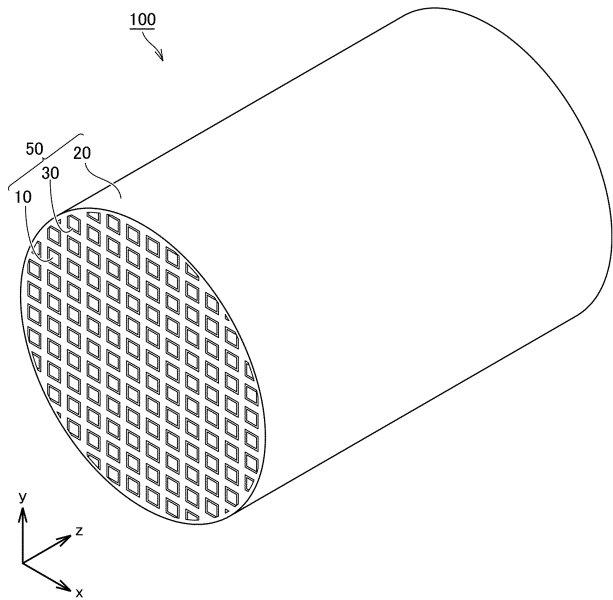
30

40

50

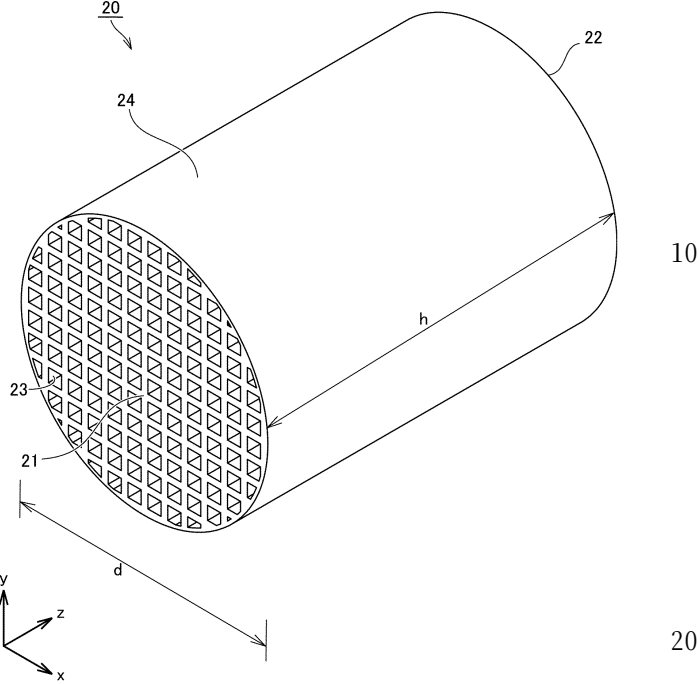
【図面】
【図 1】

図1



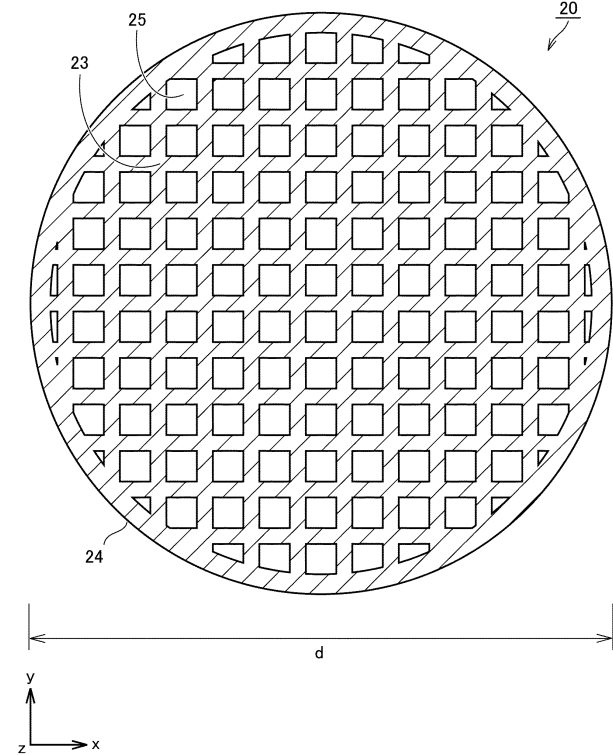
【図 2】

図2



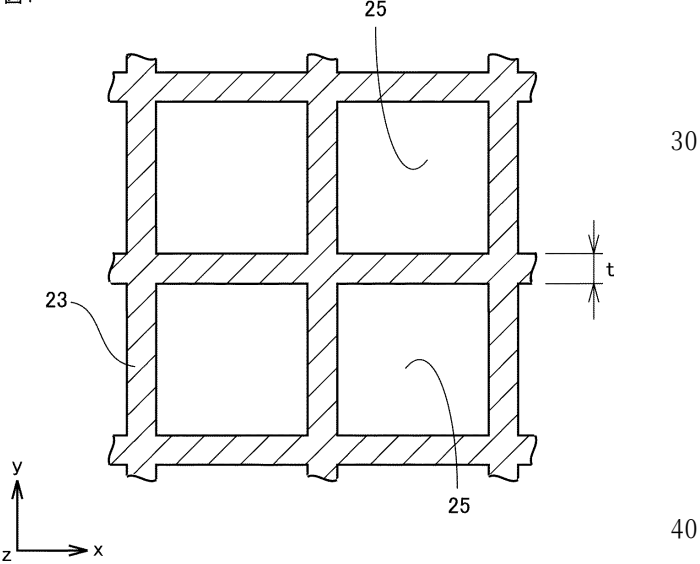
【図 3】

図3

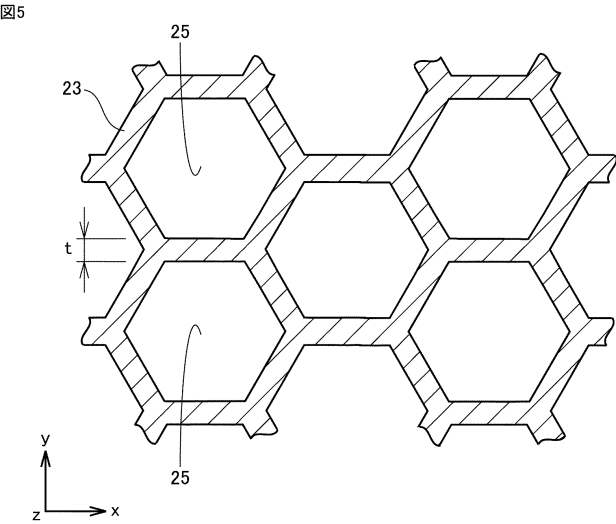


【図 4】

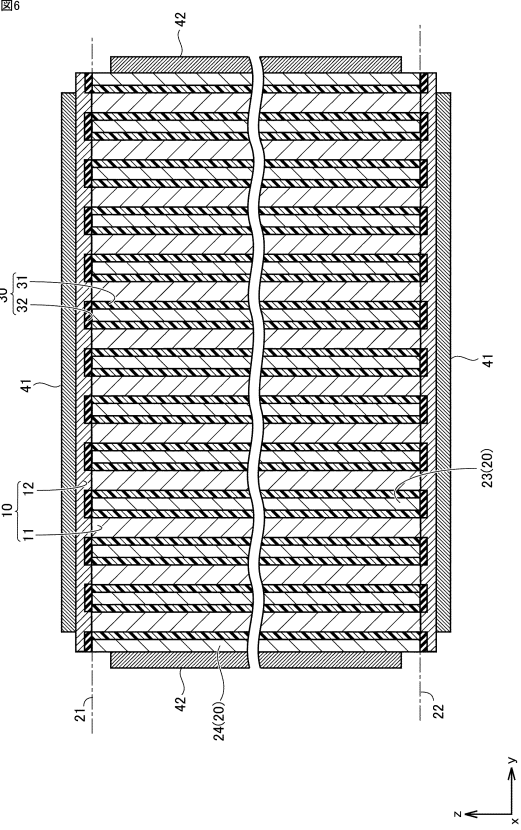
図4



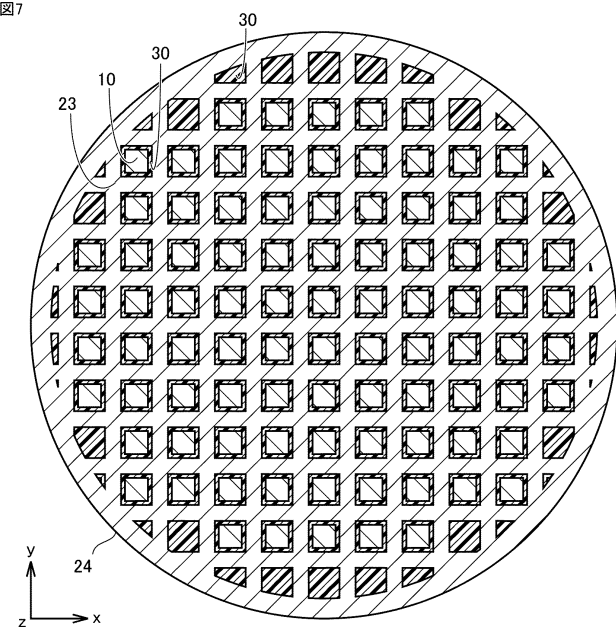
【図 5】



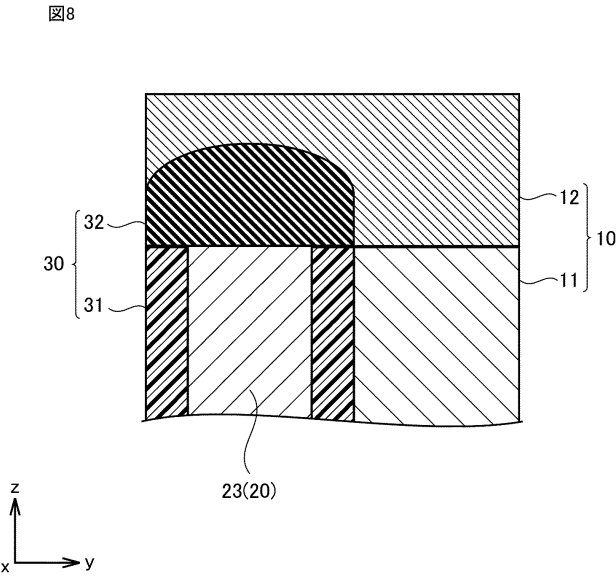
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

20

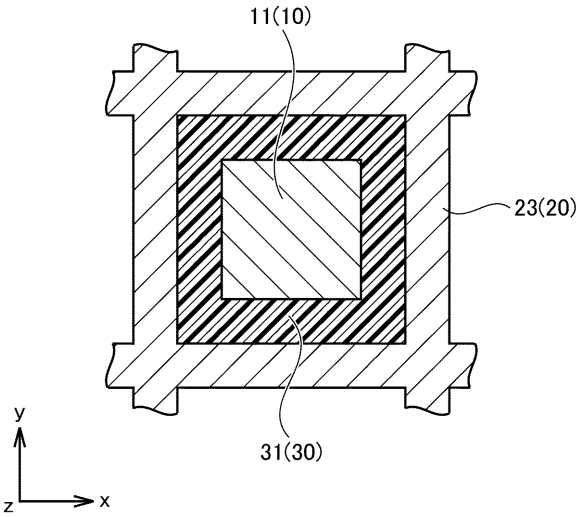
30

40

50

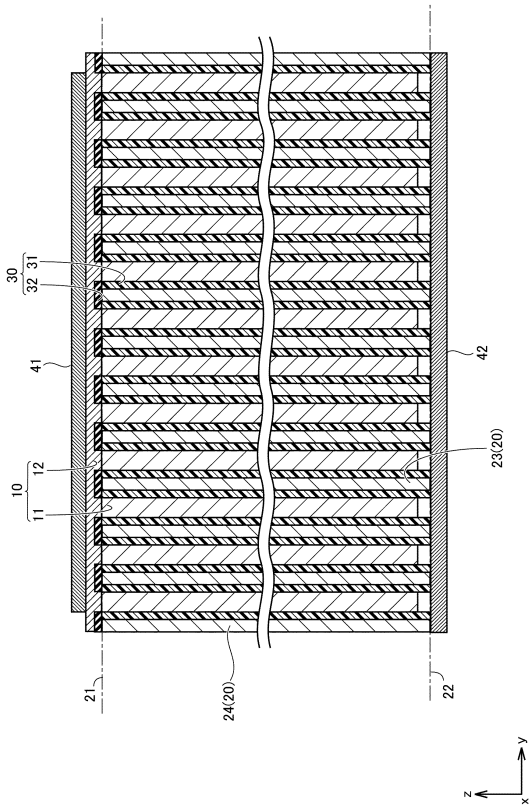
【図 9】

図9



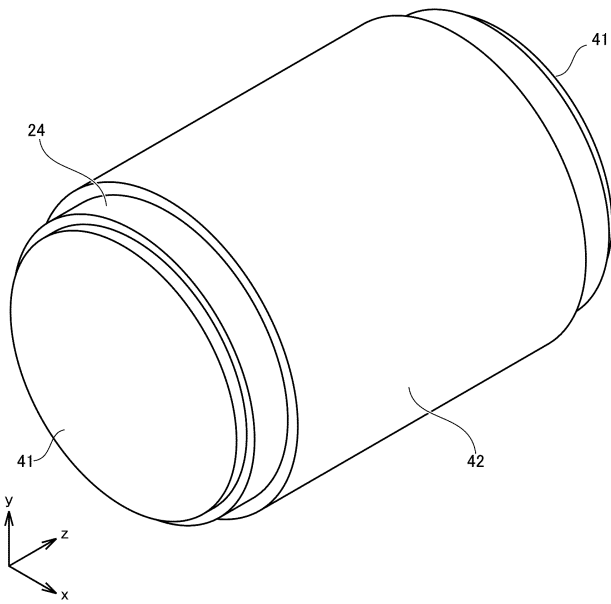
【図 1 0】

図10



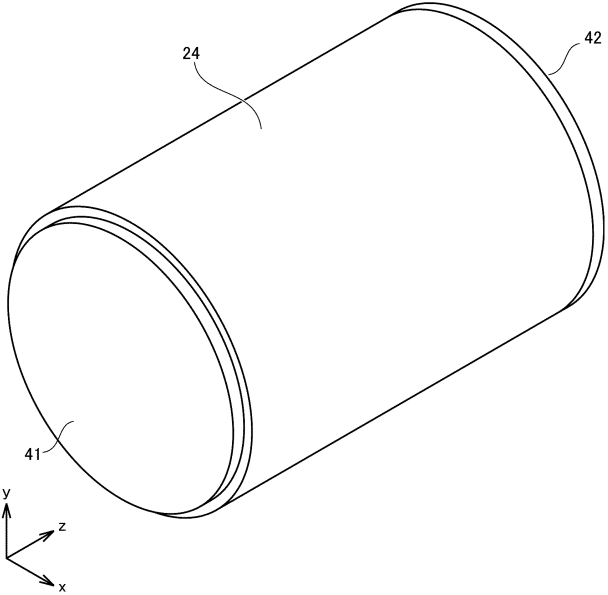
【図 1 1】

図11



【図 1 2】

図12



10

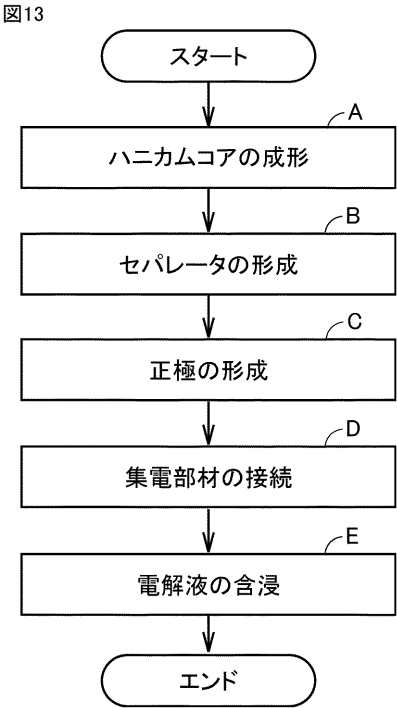
20

30

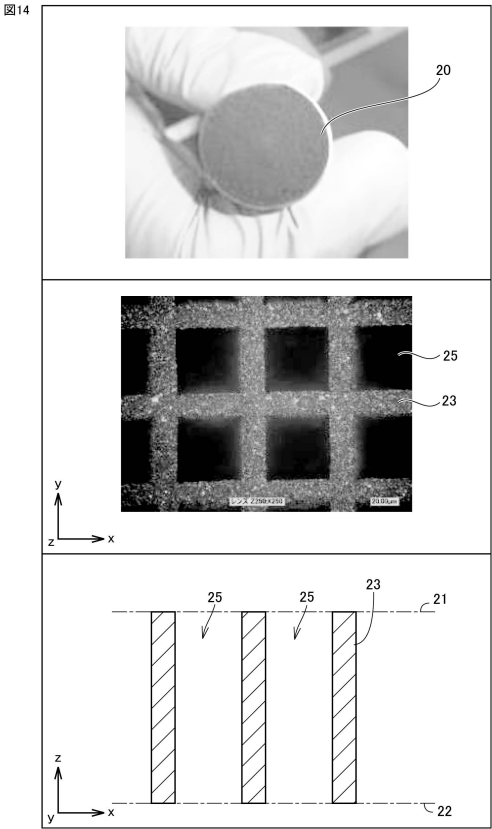
40

50

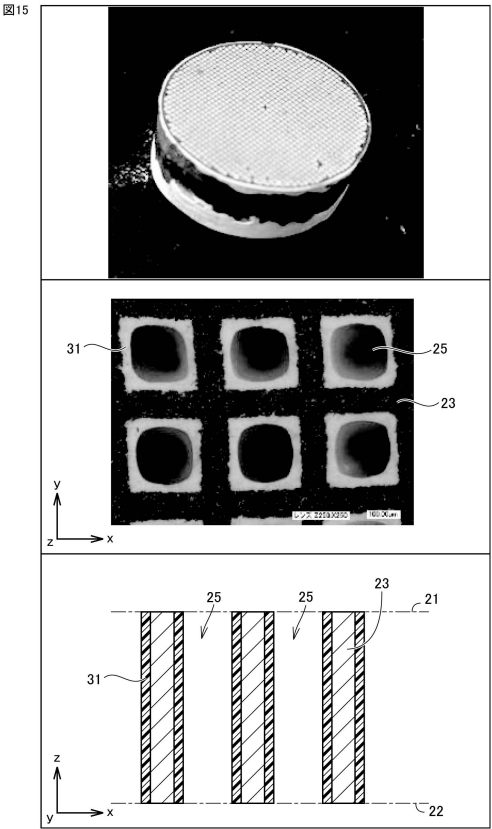
【図 1 3】



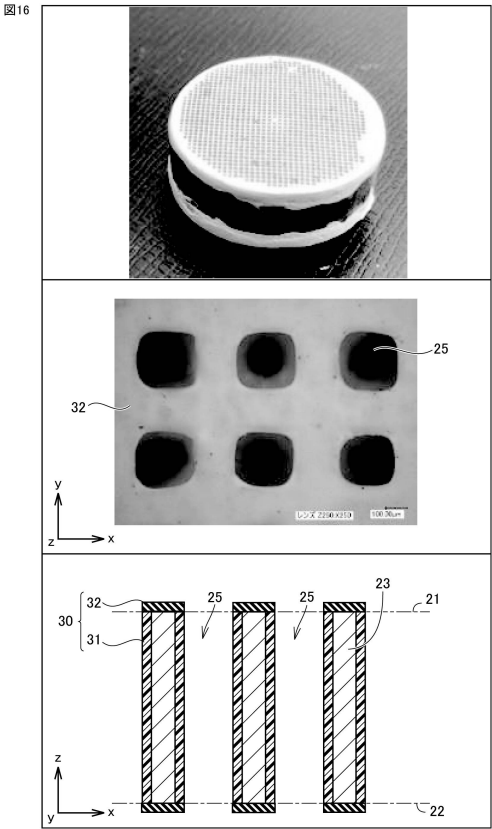
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 1 6】



10

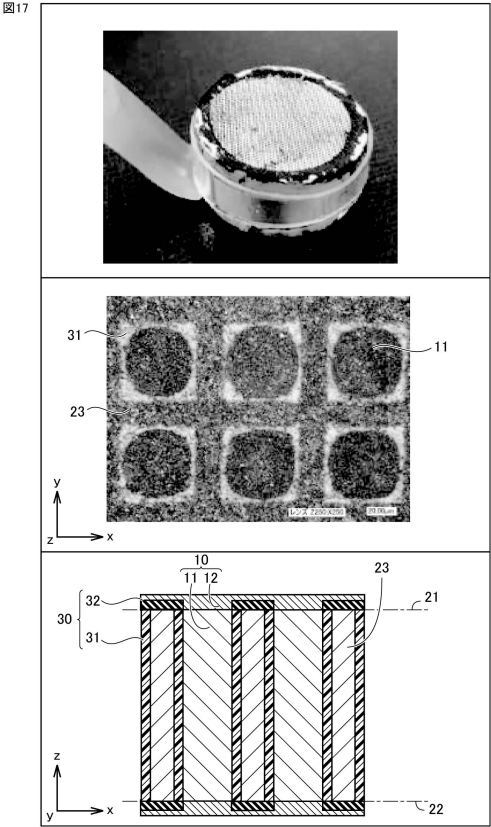
20

30

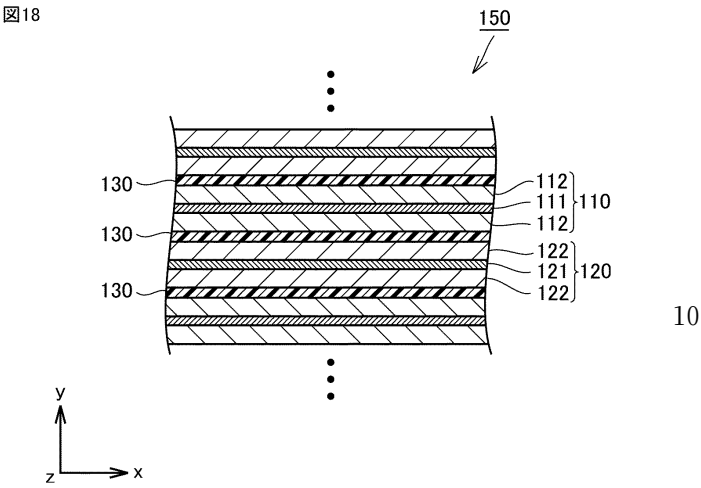
40

50

【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類		F I		テーマコード (参考)	
H 0 1 M	50/531 (2021.01)	H 0 1 M	2/26	A	
H 0 1 M	4/139 (2010.01)	H 0 1 M	4/139		
H 0 1 M	4/04 (2006.01)	H 0 1 M	4/04	A	

F ターム (参考)

BJ11 DJ04 HJ04 HJ07
5H043 BA16 BA17 CA01 CA11 CA15 EA01
5H050 AA01 BA14 BA16 BA17 CA01 CA08 CA09 CB02 CB03 CB07
CB08 CB11 DA19 GA08 GA10 GA22 GA23 GA24 HA04 HA07