

(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2019-21537  
(P2019-21537A)

(43) 公開日 平成31年2月7日(2019.2.7)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
HO 1 M	4/02	(2006.01)	HO 1 M	4/02	Z	5H021		
HO 1 M	10/04	(2006.01)	HO 1 M	10/04	Z	5H028		
HO 1 M	2/18	(2006.01)	HO 1 M	2/18	R	5H029		
HO 1 M	10/0585	(2010.01)	HO 1 M	10/0585		5H050		

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2017-140150 (P2017-140150)  
(22) 出願日 平成29年7月19日 (2017.7.19)

(出願人による申告) 平成26年度、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) / 革新的設計生産技術フルイディック材料創製と3Dプリンティングによる構造化機能材料・デバイスの迅速開発委託事業、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 000003997  
日産自動車株式会社  
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地  
(71) 出願人 504132272  
国立大学法人京都大学  
京都府京都市左京区吉田本町36番地1  
(74) 代理人 110000671  
八田国際特許業務法人  
(72) 発明者 伊藤 仁  
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内  
(72) 発明者 小川 止  
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

最終頁に続く

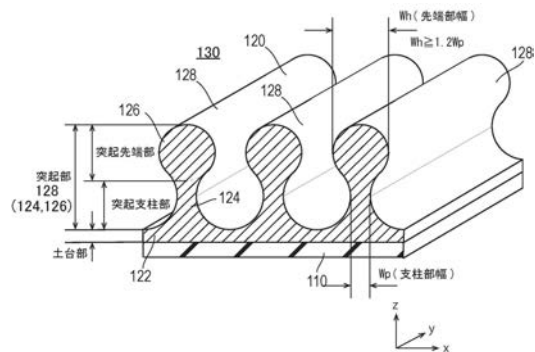
(54) 【発明の名称】 電極、その電極を用いた電池およびその電池の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 電池のエネルギー密度と電池の出力密度とを向上させる。

【解決手段】 土台部122と、互いに間隔を開けて並び土台部122から突出する複数の突起部128と、を備えている。突起部128のそれぞれは、土台部122から突出する突起支柱部124と、突起支柱部124から突出する突起先端部126と、から構成され、突起部128が並ぶ方向の、突起先端部126の最大幅Whは突起支柱部124の最小幅Wpよりも大きい。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

土台部と、互いに間隔を開けて並び前記土台部から突出する複数の突起部と、を備え、前記突起部のそれぞれは、前記土台部から突出する突起支柱部と、前記突起支柱部から突出する突起先端部と、から構成され、前記突起部が並ぶ方向の、前記突起先端部の最大幅は前記突起支柱部の最小幅よりも大きいことを特徴とする電極。

**【請求項 2】**

前記突起部を、前記突起部が並ぶ方向に沿って垂直に切断したときの、前記突起先端部の断面積は、前記突起支柱部の断面積よりも大きいことを特徴とする請求項 1 に記載の電極。

10

**【請求項 3】**

前記突起部を、前記突起部が並ぶ方向に沿って垂直に切断したときの、前記突起部の断面の外形形状は曲線のみで形成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の電極。

**【請求項 4】**

前記突起部を、前記突起部が並ぶ方向に沿って垂直に切断したときの、前記突起部の断面の外形形状は曲線および直線を交えて形成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の電極。

20

**【請求項 5】**

前記突起部の断面の外形形状の角部は、少なくとも前記突起先端部の最大幅の 10% 以上の範囲で曲線的に面取りされていることを特徴とする請求項 4 に記載の電極。

**【請求項 6】**

前記突起部を、前記突起部が並ぶ方向に沿って垂直に切断したときの、前記突起部の断面の外形形状は直線のみで形成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の電極。

**【請求項 7】**

前記突起部の断面の外形形状の角部は、少なくとも前記突起先端部の最大幅の 10% 以上の範囲で直線的に面取りされていることを特徴とする請求項 6 に記載の電極。

30

**【請求項 8】**

前記突起部は、前記突起部が並ぶ方向に対して交差する方向に延伸していることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかに記載の電極。

**【請求項 9】**

請求項 1 から 8 のいずれかに記載された電極を正極および負極とし、前記正極のそれぞれの隣り合う突起部の間に前記負極の突起部が位置され、前記正極の突起部と前記負極の突起部との間にはセパレータが介在されることを特徴とする電池。

**【請求項 10】**

前記正極の突起部の寸法および形状と前記負極の突起部の寸法および形状とは同一であることを特徴とする請求項 9 に記載の電池。

40

**【請求項 11】**

前記正極の突起部の寸法および形状は、前記負極の突起部の寸法および形状とは異なる寸法および形状であることを特徴とする請求項 9 に記載の電池。

**【請求項 12】**

前記正極の突起部を形成する突起先端部の形状と前記負極の突起部を形成する突起先端部の形状は類似する形状であることを特徴とする請求項 11 に記載の電池。

**【請求項 13】**

請求項 9 から 12 のいずれかに記載の電池の製造方法であって、3D プリンタにより、正極または負極の土台部を形成する段階と、

50

正極または負極の突起支柱部およびセパレータを交互に形成する段階と、  
正極または負極の突起支柱部、セパレータ、負極または正極の突起先端部、セパレータを繰り返し形成する段階と、  
正極または負極の突起先端部、セパレータ、負極または正極の突起支柱部、セパレータを繰り返し形成する段階と、  
負極または正極の突起支柱部およびセパレータを交互に形成する段階と、  
負極または正極の土台部を形成する段階と、  
を実施することによって電池を製造することを特徴とする電池の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、電極、その電極を用いた電池およびその電池の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年急速に普及しつつある電気自動車は、一充電当たりの走行距離が長くしかも機敏に走ることができる、といった走行特性が求められる。このため、電気自動車に搭載する電池はエネルギー密度(W h / K g)および出力密度(W / K g)が大きいことが要求される。また、電気自動車は電池の設置スペースが限られているため、電池の小型化も要求される。

【0003】

20

しかし、電池のエネルギー密度と電池の出力密度とは二律背反の関係にあるため、高エネルギー密度で高出力の電池を創ることは難しい。電池のエネルギー密度と電池の出力密度の共に大きい電池を製造するために、電極活物質、電解液の開発がされている。その一方で、下記特許文献1に示すような、電極構造を三次元化した電池の構造も開発されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】国際公開第2014/038455号

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

確かに、特許文献1に示されている電極構造の電池によれば、電池の出力密度を低下させることなく、エネルギー密度を向上させることができる。

【0006】

しかし、特許文献1に示されている電極構造は、正負の両電極が長方形の凹凸を繰り返す楕円形状であるため、凹凸の角部分に電流が集中しやすくなる。このため、正負の電極間での電流の分布が不均一になり、エネルギー密度と出力密度とを向上させることは難しい。

【0007】

40

エネルギー密度と出力密度とをさらに向上させるためには、理論的には、より高解像(細かなピッチ)で長方形の凹凸を繰り返す、高解像度の楕円形状とすればよい。しかし、高解像度の楕円形状の電極とすることは、生産性、信頼性、製造上の問題が生じるため、現実的ではない。

【0008】

本発明は、以上のような従来技術の問題を解消するために成されたものであり、電池のエネルギー密度と電池の出力密度とを向上させることができる、電極、その電極を用いた電池およびその電池の製造方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

50

上記目的を達成するための本発明に係る電極は、土台部と、互いに間隔を開けて並び土台部から突出する複数の突起部と、を備えている。突起部のそれぞれは、土台部から突出する突起支柱部と、突起支柱部から突出する突起先端部と、から構成され、突起部が並ぶ方向の、突起先端部の最大幅は突起支柱部の最小幅よりも大きい。

【0010】

上記目的を達成するための本発明に係る電池は、上記の電極を正極および負極とし、正極のそれぞれの隣り合う突起部の間に負極の突起部が位置され、正極の突起部と負極の突起部との間にはセパレータが介在される。

【0011】

上記目的を達成するための本発明に係る電池の製造方法は、上記の電池を、3Dプリンタにより、正極または負極の土台部を形成する段階と、正極または負極の突起支柱部およびセパレータを交互に形成する段階と、正極または負極の突起支柱部、セパレータ、負極または正極の突起先端部、セパレータを繰り返し形成する段階と、正極または負極の突起先端部、セパレータ、負極または正極の突起支柱部、セパレータを繰り返し形成する段階と、負極または正極の突起支柱部およびセパレータを交互に形成する段階と、負極または正極の土台部を形成する段階と、を実施する。

【発明の効果】

【0012】

本発明に係る電極、その電極を用いた電池によれば、電池のエネルギー密度と電池の出力密度とを向上させることができる。

【0013】

本発明に係る電池の製造方法によれば、エネルギー密度と出力密度とを向上させることができる電池を3Dプリンタによって製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】実施形態1に係る電池の断面図である。

【図2】図1に記載した電池の正極の斜視図である。

【図3】実施形態1に係る電池の製造方法を示す図である。

【図4】実施形態1に係る電池の製造方法を示す図である。

【図5】実施形態1に係る電池の製造方法を示す図である。

【図6】実施形態1に係る電池の製造方法を示す図である。

【図7】実施形態1に係る電池の製造方法を示す図である。

【図8】実施形態1に係る電池の製造方法を示す図である。

【図9】実施形態1に係る電池の製造方法を示す図である。

【図10】実施形態1に係る電池の変形例を示す図である。

【図11】実施形態2に係る電池の断面図である。

【図12】実施形態2に係る電池の変形例を示す図である。

【図13】実施形態3に係る電池の断面図である。

【図14】実施形態3に係る電池の変形例を示す図である。

【図15】実施形態4に係る電池の断面図である。

【図16】実施形態4に係る電池の変形例を示す図である。

【図17】実施形態5に係る電池の断面図である。

【図18】実施形態5に係る電池の変形例を示す図である。

【図19】従来の電池の正極と負極との間の電流密度分布の説明に供する図である。

【図20】従来の電池と実施形態1に係る電池のシミュレーション結果を示す図である。

【図21】従来の電池と実施形態1に係る電池のSOC - 電圧特性(1C)を示すグラフである。

【図22】従来の電池と実施形態1に係る電池のSOC - 電圧特性(5C)を示すグラフである。

【図23】従来の電池と実施形態1に係る電池のDOD - 放電レート特性を示すグラフで

10

20

30

40

50

ある。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態を、[実施形態1]から[実施形態5]に分けて説明する。なお、図中、同様の部材には同一の符号を用いた。また、図面の寸法比率は、説明の都合上誇張される場合があり、実際の比率とは異なる場合がある。

【0016】

[実施形態1]  
(電池の構成)

図1は、実施形態1に係る電池の断面図である。図1に示す電池100は、具体的には、扁平な矩形形状を有するリチウムイオン二次電池の発電要素となる。一般的には、多数の電池100を並列および直列に接続することによってリチウムイオン二次電池が構成される。

10

【0017】

電池100は、正極集電体110、正極電極120、セパレータ150、負極電極170、負極集電体160から構成される。正極集電体110と正極電極120とによって正極130が構成され、負極集電体160と負極電極170とによって負極180が構成される。

【0018】

電池100は、正極130および負極180が対向して配置されている。正極130のそれぞれの隣り合う突起部128の間に負極180の突起部178が互い違いに組み合うように位置される。正極130の突起部128の寸法および形状と負極180の突起部178の寸法および形状とは同一である。正極130の突起部128と負極180の突起部178との間にはセパレータ150が介在されている。

20

【0019】

正極集電体110にはアルミニウム箔が用いられる。正極電極120は正極活物質によって形成され、正極活物質には、 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 、 $\text{LiCoO}_2$ 、および $\text{LiNiO}_2$ 等の複合酸化物が用いられる。正極活物質は、ポリフッ化ビニリデン(PVdF)等のバインダーにより結着され、炭素材料等の導電助剤が必要に応じて添加される。

【0020】

セパレータ150は、シート状の多孔質体であり、電解液を保持している。セパレータ150には、たとえば、ポリオレフィン微多孔膜が用いられ、電解液は、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 $\text{LiPF}_6$ 等のリチウム塩が溶解したものをを用いている。電解液には、メチレンメタンジスルホネート(MMDS)、ビニレンカーボネート(VC)、およびフルオロエチレンカーボネート(FEC)等の電解液添加剤が添加される。

30

【0021】

負極集電体160には銅箔が用いられる。負極電極170は負極活物質によって形成され、負極活物質には、グラファイト、カーボンブラック、およびハードカーボン等の炭素材料が用いられる。負極活物質は、スチレンブタジエンラバー(SBR)/カルボキシメチルセルロース(CMC)混合バインダー等の水系バインダーにより結着され、炭素材料等の導電助剤が必要に応じて添加される。

40

【0022】

実施形態1に係る電池100は、正極130の突起部128の形状、負極180の突起部178の形状を工夫して、曲線のみ形状からなる円形形状としている。また、正極130の突起部128の寸法および形状と負極180の突起部178の寸法および形状とを同一にしている。これによって、突起部128、178間を流れる電流の分布は均一となっており、局部的な電流集中を避けることができる。したがって、エネルギー密度と出力密度とが向上した、高容量、高出力の電池100が提供できる。

【0023】

50

## (電極の構成)

図2は、図1に記載した電池100の正極130の斜視図である。図2に示すように、正極130は、正極集電体110上に正極電極120を形成したものである。

## 【0024】

正極電極120は、図に示す通り、土台部122と複数の突起部128とから構成される。土台部122は正極集電体110上に形成される。突起部128は、互いに間隔を開けて並び土台部122から突出する。突起部128のそれぞれは、土台部122から突出する突起支柱部124と、突起支柱部124から突出する突起先端部126と、から構成される。突起部128が並ぶ方向(図示X方向)の、突起先端部126の最大幅(先端幅:  $W_h$ )は突起支柱部124の最小幅(支柱部幅:  $W_p$ )よりも大きい。具体的には、 $W_h > 1.2 W_p$ である。

10

## 【0025】

このように、突起先端部126の最大幅 $W_h$ を突起支柱部の124の最小幅 $W_p$ よりも大きくすることによって、突起部128の表面積が増加する。このため、突起部128を流し出す電流の集中を避けることができる。したがって、正極130を電池100に用いることによって、エネルギー密度と出力密度とが向上した、高容量、高出力の電池100が提供できる。

## 【0026】

ここで、土台部122は、正極電極120の内、正極集電体110の表面を図示Z方向に正極電極120の外表面と接触するまで移動させたときの、その移動後の表面と、正極集電体110の表面と、で形成される厚みを有した部分である。したがって、土台部122は隣り合う突起部128を連結する。土台部122の存在は正極集電体110との接触面積を十分に確保する意味で非常に重要である。土台部122の定義は実施形態1-5において同一である。

20

## 【0027】

突起先端部126は、正極電極120の先端部分の外形形状によって仮想的に形成した形状(図2では円形)の図示Z方向の厚み(図2では円の直径)を有した、正極電極120の先端の部分である。突起先端部126の定義は実施形態1-5において同一である。

## 【0028】

突起支柱部124は、土台部122と突起先端部126との間の部分である。突起支柱部124の定義は実施形態1-5において同一である。

30

## 【0029】

また、突起部128を、突起部128が並ぶ方向に沿って垂直に切断したときの、突起先端部126の断面積は、突起支柱部124の断面積よりも大きい。

## 【0030】

このように、突起先端部126の断面積を突起支柱部の124の断面積よりも大きくすることによって、突起先端部126と土台部122との電極容量バランスが合わせやすくなり、イオン移動距離を小さくできる。このため、突起先端部126を流し出す電流の集中を避けることができる。したがって、正極130を電池100に用いることによって、エネルギー密度と出力密度とが向上した、高容量、高出力の電池100が提供できる。

40

## 【0031】

図2に示す通り、突起部128を、突起部128が並ぶ方向に沿って垂直に切断したときの、突起部128の断面の外形形状は曲線のみで形成されている。

## 【0032】

このように、突起部128の断面の外形形状を曲線のみで形成すると、突起部128を流し出す電流の集中を避けることができる。したがって、正極130を電池100に用いることによって、エネルギー密度と出力密度とが向上した、高容量、高出力の電池100が提供できる。

## 【0033】

また、突起部128は、突起部128が並ぶ方向に対して交差する方向(図示Y方向)

50

に延伸している。

【0034】

このように、突起部128を突起部128が並ぶ方向に対して交差する方向に延伸させると、突起部128の表面積が大きくなる。このため、突起部128を流出入する電流の集中を避けることができる。したがって、正極130を電池100に用いることによって、エネルギー密度と出力密度とが向上した、高容量、高出力の電池100が提供できる。

【0035】

正極130の構成は以上の通りである。なお、図1に示した負極180の構成も正極130の構成と同一である。したがって、正極130の突起部128の寸法および形状と負極180の突起部178の寸法および形状とは同一であり、正極130と負極180とは対称的な形状を有している。

10

【0036】

(電池の製造方法)

次に、図1に示した電池の製造方法を説明する。図1に示した電池100は、3Dプリンタを用いて、次のような手順で製造される。

【0037】

正極集電体110上に正極130の土台部122を形成する段階と、  
正極130の突起支柱部124およびセパレータ150を交互に形成する段階と、  
正極130の突起支柱部124、セパレータ150、負極180の突起先端部176、  
セパレータ150を繰り返し形成する段階と、  
正極130の突起先端部126、セパレータ150、負極180の突起支柱部174、  
セパレータ150を繰り返し形成する段階と、  
負極180の突起支柱部174およびセパレータ150を交互に形成する段階と、  
負極180の土台部172を形成する段階と、  
土台部172に負極集電体160を取り付ける段階と、  
を実施することによって電池100を製造する。

20

【0038】

このような手順でそれぞれの部分を順に積層していくことによって、図1に示した電池100を製造することができる。上記の製造方法を用いて電池100を製造することによって、エネルギー密度と出力密度とが向上した、高容量、高出力の電池100が提供できる。

30

【0039】

図3から図9は、実施形態1に係る電池100の製造方法を示す図である。3Dプリンタのヘッドは図中左側から右側に向けて移動するものとする。

【0040】

まず、図3に示すように、正極集電体110の上に、正極130(図2参照)の土台部122を形成する。

【0041】

次に、図4に示すように、正極130の土台部122上に突出するように突起支柱部124およびセパレータ150を交互に形成する。

40

【0042】

次に、図5に示すように、正極130の突起支柱部124、セパレータ150、負極180の突起先端部176、セパレータ150を繰り返し形成する。

【0043】

次に、図6に示すように、正極130の突起支柱部124上に突出するように突起先端部126、セパレータ150、負極180の突起支柱部174、セパレータ150を繰り返し形成する。

【0044】

次に、図7に示すように、負極180の突起支柱部174およびセパレータ150を交互に形成する。

50

## 【 0 0 4 5 】

次に、図 8 に示すように、負極 1 8 0 の突起支柱部 1 7 4 に引き続き土台部 1 7 2 を形成する。

## 【 0 0 4 6 】

最後に、図 9 に示すように、土台部 1 7 2 に負極集電体 1 6 0 を取り付ける。

## 【 0 0 4 7 】

以上のような手順によって図 1 に示した電池 1 0 0 が形成される。

## 【 0 0 4 8 】

## [ 実施形態 1 の変形例 ]

図 1 0 は、実施形態 1 に係る電池 1 0 0 の変形例を示す図である。なお、この変形例に係る電池 1 0 0 A の構成は、以下説明する点を除き、図 1 に示した電池 1 0 0 の構成と同一である。

10

## 【 0 0 4 9 】

変形例に係る電池 1 0 0 A と図 1 に示した電池 1 0 0 との比較において、唯一異なる部分は、正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 と負極 1 8 0 の突起部 1 7 8 である。

## 【 0 0 5 0 】

つまり、正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 の寸法および形状は、負極 1 8 0 の突起部 1 7 8 の寸法および形状とは異なる寸法および形状である。また、正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 を形成する突起先端部 1 2 6 の形状と負極 1 8 0 の突起部 1 7 8 を形成する突起先端部 1 7 6 の形状は類似する形状である。

20

## 【 0 0 5 1 】

図 1 0 の突起先端部 1 2 6 の形状と突起先端部 1 7 6 の形状とを比較すると、突起先端部 1 2 6 が円形状であるのに対して、突起先端部 1 7 6 は円形状ではなく、楕円形状であることがわかる。つまり、正極 1 3 0 と負極 1 8 0 とは非対照的な形状を有していることがわかる。

## 【 0 0 5 2 】

このように、正極 1 3 0 と負極 1 8 0 とが非対称的な形状を有していても、突起部 1 2 8 と突起部 1 7 8 の断面の外形形状が曲線のみで形成されているので、突起部 1 2 8 と突起部 1 7 8 を流出入する電流の集中を避けることができる。したがって、エネルギー密度と出力密度とが向上した、高容量、高出力の電池 1 0 0 が提供できる。

30

## 【 0 0 5 3 】

## [ 実施形態 2 ]

図 1 1 は、実施形態 2 に係る電池の断面図である。なお、実施形態 2 に係る電池 1 0 0 - 2 の構成は、以下説明する点を除き、図 1 に示した電池 1 0 0 の構成と同一である。

## 【 0 0 5 4 】

電池 1 0 0 - 2 においては、正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 を突起部 1 2 8 が並ぶ方向に沿って垂直に切断したときの、突起部 1 2 8 の断面の外形形状は、曲線および直線を交えて形成されている。負極 1 8 0 の突起部 1 7 8 の断面の外形形状も正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 の断面の外形形状と同一である。

## 【 0 0 5 5 】

電池 1 0 0 - 2 と図 1 に示した電池 1 0 0 との比較において、異なる部分は、正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 の形状と負極 1 8 0 の突起部 1 7 8 の形状である。電池 1 0 0 - 2 の突起部 1 2 8 と突起部 1 7 8 の形状はキノコ形状であり、図 1 に示した電池 1 0 0 の突起部 1 2 8 と突起部 1 7 8 の形状は円形状である。

40

## 【 0 0 5 6 】

このように、正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 と負極 1 8 0 の突起部 1 7 8 の形状を曲線および直線を交えたキノコ形状としても、突起部 1 2 8、1 7 8 の断面の外形形状に曲線の部分が含まれているので、突起先端部 1 2 6、1 7 6 との間の電流の集中を避けることができる。したがって、エネルギー密度と出力密度とが向上した、高容量、高出力の電池 1 0 0 - 2 が提供できる。

50



## 【 0 0 5 7 】

## [ 実施形態 2 の変形例 ]

図 1 2 は、実施形態 2 に係る電池 1 0 0 - 2 の変形例を示す図である。なお、この変形例に係る電池 1 0 0 A - 2 の構成は、以下説明する点を除き、図 1 1 に示した電池 1 0 0 - 2 の構成と同一である。

## 【 0 0 5 8 】

変形例に係る電池 1 0 0 A - 2 と図 1 1 に示した電池 1 0 0 - 2 との比較において、唯一異なる部分は、正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 と負極 1 8 0 の突起部 1 7 8 である。

## 【 0 0 5 9 】

つまり、正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 の寸法および形状は、負極 1 8 0 の突起部 1 7 8 の寸法および形状とは異なる寸法および形状である。また、正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 を形成する突起先端部 1 2 6 の形状と負極 1 8 0 の突起部 1 7 8 を形成する突起先端部 1 7 6 の形状は類似する形状である。

10

## 【 0 0 6 0 】

図 1 2 の突起先端部 1 2 6 の形状と突起先端部 1 7 6 の形状とを比較すると、キノコ形状であることについては類似しているが、キノコ形状の傘の部分の厚みが異なっていることがわかる。つまり、正極 1 3 0 と負極 1 8 0 とは非対照的な形状を有していることがわかる。

## 【 0 0 6 1 】

このように、正極 1 3 0 と負極 1 8 0 とが非対称的な形状を有していても、突起部 1 2 8 と突起部 1 7 8 の断面の外形形状に曲線の部分が含まれているので、突起部 1 2 8 と突起部 1 7 8 を流出入する電流の集中を避けることができる。したがって、エネルギー密度と出力密度とが向上した、高容量、高出力の電池 1 0 0 A - 2 が提供できる。

20

## 【 0 0 6 2 】

## [ 実施形態 3 ]

図 1 3 は、実施形態 3 に係る電池の断面図である。なお、実施形態 3 に係る電池 1 0 0 - 3 の構成は、以下説明する点を除き、図 1 に示した電池 1 0 0 の構成と同一である。

## 【 0 0 6 3 】

電池 1 0 0 - 3 においては、正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 を突起部 1 2 8 が並ぶ方向に沿って垂直に切断したときの、突起部 1 2 8 の断面の外形形状は、曲線および直線を交えて形成されている。また、突起部 1 2 8 の断面の外形形状の角部は、電流の集中を避けるため、少なくとも突起先端部 1 2 6 の最大幅  $W_h$  の 1 0 % 以上の範囲で曲線的に面取りされている。負極 1 8 0 の突起部 1 7 8 の断面の外形形状も正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 の断面の外形形状と同一である。

30

## 【 0 0 6 4 】

電池 1 0 0 - 3 と図 1 に示した電池 1 0 0 との比較において、異なる部分は、正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 の形状と負極 1 8 0 の突起部 1 7 8 の形状である。

## 【 0 0 6 5 】

このように、正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 と負極 1 8 0 の突起部 1 7 8 の形状を曲線および直線を交えた形状としても、その角部が曲線的に面取りされているので、突起先端部 1 2 6 と突起先端部 1 7 6 との間の電流の集中を避けることができる。したがって、エネルギー密度と出力密度とが向上した、高容量、高出力の電池 1 0 0 - 3 が提供できる。

40

## 【 0 0 6 6 】

## [ 実施形態 3 の変形例 ]

図 1 4 は、実施形態 3 に係る電池 1 0 0 - 3 の変形例を示す図である。なお、この変形例に係る電池 1 0 0 A - 3 の構成は、以下説明する点を除き、図 1 3 に示した電池 1 0 0 - 3 の構成と同一である。

## 【 0 0 6 7 】

変形例に係る電池 1 0 0 A - 3 と図 1 3 に示した電池 1 0 0 - 3 との比較において、唯一異なる部分は、正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 と負極 1 8 0 の突起部 1 7 8 である。

50

## 【0068】

つまり、正極130の突起部128の寸法および形状は、負極180の突起部178の寸法および形状とは異なる寸法および形状である。また、正極130の突起部128を形成する突起先端部126の形状と負極180の突起部178を形成する突起先端部176の形状は類似する形状である。

## 【0069】

図14の突起先端部126の形状と突起先端部176の形状とを比較すると、形状は類似しているが、その厚みが異なっていることがわかる。つまり、正極130と負極180とは非対照的な形状を有していることがわかる。

## 【0070】

このように、正極130と負極180とが非対称的な形状を有していても、突起部128と突起部178の断面の外形形状に曲線の部分が含まれているので、突起部128と突起部178を流出入する電流の集中を避けることができる。したがって、エネルギー密度と出力密度とが向上した、高容量、高出力の電池100A-3が提供できる。

## 【0071】

## [実施形態4]

図15は、実施形態4に係る電池の断面図である。なお、実施形態4に係る電池100-4の構成は、以下説明する点を除き、図1に示した電池100の構成と同一である。

## 【0072】

電池100-4においては、正極130の突起部128を突起部128が並ぶ方向に沿って垂直に切断したときの、突起部128の断面の外形形状は、直線のみで形成されている。また、突起部128の断面の外形形状の角部は、電流の集中を避けるため、少なくとも突起先端部126の最大幅Whの10%以上の範囲で直線的に面取りされている。負極180の突起部178の断面の外形形状も正極130の突起部128の断面の外形形状と同一である。

## 【0073】

電池100-4と図1に示した電池100との比較において、異なる部分は、正極130の突起部128の形状と負極180の突起部178の形状である。

## 【0074】

このように、正極130の突起部128と負極180の突起部178の形状を直線のみ  
の形状としても、その角部が直線的に面取りされているので、突起先端部126と突起先端部176との間の電流の集中を緩和することができる。したがって、エネルギー密度と出力密度とが向上した、高容量、高出力の電池100-4が提供できる。

## 【0075】

## [実施形態4の変形例]

図16は、実施形態4に係る電池100-4の変形例を示す図である。なお、この変形例に係る電池100A-4の構成は、以下説明する点を除き、図15に示した電池100-4の構成と同一である。

## 【0076】

変形例に係る電池100A-4と図15に示した電池100-4との比較において、唯一異なる部分は、正極130の突起部128と負極180の突起部178である。

## 【0077】

つまり、正極130の突起部128の寸法および形状は、負極180の突起部178の寸法および形状とは異なる寸法および形状である。また、正極130の突起部128を形成する突起先端部126の形状と負極180の突起部178を形成する突起先端部176の形状は類似する形状である。

## 【0078】

図16の突起先端部126の形状と突起先端部176の形状とを比較すると、形状は類似しているが、その厚みが異なっていることがわかる。つまり、正極130と負極180とは非対照的な形状を有していることがわかる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 9 】

このように、正極 1 3 0 と負極 1 8 0 とが非対称的な形状を有していても、突起部 1 2 8 と突起部 1 7 8 の断面の外形形状に直線状に面取りされた部分が含まれているので、突起部 1 2 8 と突起部 1 7 8 を流出入する電流の集中を緩和することができる。したがって、エネルギー密度と出力密度とが向上した、高容量、高出力の電池 1 0 0 A - 4 が提供できる。

## 【 0 0 8 0 】

## [ 実施形態 5 ]

図 1 7 は、実施形態 5 に係る電池の断面図である。なお、実施形態 5 に係る電池 1 0 0 - 5 の構成は、以下説明する点を除き、図 1 に示した電池 1 0 0 の構成と同一である。

10

## 【 0 0 8 1 】

電池 1 0 0 - 5 においては、正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 を突起部 1 2 8 が並ぶ方向に沿って垂直に切断したときの、突起部 1 2 8 の断面の外形形状は、直線のみで形成されている。負極 1 8 0 の突起部 1 7 8 の断面の外形形状も正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 の断面形状と同一である。

## 【 0 0 8 2 】

電池 1 0 0 - 5 と図 1 に示した電池 1 0 0 との比較において、異なる部分は、正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 の形状と負極 1 8 0 の突起部 1 7 8 の形状である。

## 【 0 0 8 3 】

このように、正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 と負極 1 8 0 の突起部 1 7 8 の形状を直線みの形状としても、突起部 1 2 8 の面積が大きくなっているため、突起先端部 1 2 6 と突起先端部 1 7 6 との間の電流の集中を緩和することができる。したがって、エネルギー密度と出力密度とが向上した、高容量、高出力の電池 1 0 0 - 5 が提供できる。

20

## 【 0 0 8 4 】

## [ 実施形態 5 の変形例 ]

図 1 8 は、実施形態 5 に係る電池 1 0 0 - 5 の変形例を示す図である。なお、この変形例に係る電池 1 0 0 A - 5 の構成は、以下説明する点を除き、図 1 7 に示した電池 1 0 0 - 5 の構成と同一である。

## 【 0 0 8 5 】

変形例に係る電池 1 0 0 A - 5 と図 1 7 に示した電池 1 0 0 - 5 との比較において、唯一異なる部分は、正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 と負極 1 8 0 の突起部 1 7 8 である。

30

## 【 0 0 8 6 】

つまり、正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 の寸法および形状は、負極 1 8 0 の突起部 1 7 8 の寸法および形状とは異なる寸法および形状である。また、正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 を形成する突起先端部 1 2 6 の形状と負極 1 8 0 の突起部 1 7 8 を形成する突起先端部 1 7 6 の形状は類似する形状である。

## 【 0 0 8 7 】

図 1 8 の突起先端部 1 2 6 の形状と突起先端部 1 7 6 の形状とを比較すると、形状は類似しているが、その厚みが異なっていることがわかる。つまり、正極 1 3 0 と負極 1 8 0 とは非対称的な形状を有していることがわかる。

40

## 【 0 0 8 8 】

このように、正極 1 3 0 と負極 1 8 0 とが非対称的な形状を有していても、突起部 1 2 8 と突起部 1 7 8 の面積が大きいため、突起部 1 2 8 と突起部 1 7 8 を流出入する電流の集中を緩和することができる。したがって、エネルギー密度と出力密度とが向上した、高容量、高出力の電池 1 0 0 A - 5 が提供できる。

## 【 0 0 8 9 】

以上のように、実施形態 1 - 5 に係る電池 1 0 0、1 0 0 A、1 0 0 - 2、1 0 0 A - 2、1 0 0 - 3、1 0 0 A - 3、1 0 0 - 4、1 0 0 A - 4、1 0 0 - 5、1 0 0 A - 5 によれば、正極 1 3 0 の突起部 1 2 8 と負極 1 8 0 の突起部 1 7 8 との間を流出入する電流の集中を避けることができる。このため、正極 1 3 0 と負極 1 8 0 との間で電流が均一

50

に流れるようになり、エネルギー密度と出力密度とが向上した、高容量、高出力の電池が提供できる。また、これらの電池は3Dプリンタによって製造されるので、生産性、信頼性、製造上の問題が生じることがない。

【0090】

(従来の電池と実施形態1-5に係る電池の比較)

次に、従来の電池と比較して実施形態1-5に係る電池が、同一の大きさであるのに高容量、高出力の電池とできる理由を、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0091】

図19は、従来の電池の正極と負極との間の電流密度分布の説明に供する図である。

【0092】

図19に示す従来の電池は、正負の両電極が長方形の凹凸を繰り返す櫛形形状である。この電池は、図に示すように、正極および負極の両電極間を流出入する電流密度分布が均一ではなく、電流密度が粗の部分と電流密度が密の部分とが混在している。具体的には、正極および負極の突起している部分の隅部分、鋭角な部分に電流が集中し、正極および負極の平坦な部分は電流があまり流れていない。このように、電流密度が不均一な部分があると、電池としての十分な入出力特性を得ることができず、小型化を目指しつつ、高容量、高出力の電池とすることが難しい。

【0093】

このため、実施形態に係る電池では、正極および負極の突起部の形状から鋭角な部分を排除し突起部の形状を工夫することによって、電流が集中する部分をなくしている。実施形態1に係る電池100では、図1に示したように、正極130の突起部128および負極180の突起部178の形状を、曲線のみからなる形状としている。さらに、セパレータ150との接触面積が大きくなるように、突起支柱部124、174から突起先端部126、176に向けて、寸法が増加するような形状としている。これらの形状によって、正極130の突起部128と負極180の突起部178との間におけるリチウムイオンの移動距離を短くしている。

【0094】

図20は、従来の電池と実施形態1に係る電池のシミュレーション結果を示す図である。シミュレーションは、正極と負極との間の電解液リチウム電位分布、電流密度分布、活物質リチウム濃度分布について行った。このシミュレーション手法とシミュレーション条件は、Graham M. Goldin et al. *Electrochimica Acta*, 64, 118-129 (2012) [文献1]に記載されている多孔質電極理論(Porous Electrode Theory)を用い、多孔質電極理論に基づいて定型化している。その際の解析仮定は以下の通りである。

- ・SOC(充電率)=50%からの1Cの放電解析とする。
- ・固体・固体の界面抵抗の影響は無視する。
- ・体積膨張収縮の影響は無視する。
- ・等温状態であり過電圧による熱損失の影響は無視する。
- ・電極層は均一多孔質体(空隙率、活物質体積割合は一樣一定)とする。
- ・正極と負極は対称構造であるとする。
- ・電解質中のイオン輸送は伝導のみで起きる(濃度勾配はなく拡散効果は無視する)とする。
- ・活物質内のリチウムイオンの拡散は十分速く、電解質界面と粒子内部の濃度分布はなく、一樣であるとする。

【0095】

また、シミュレーションに用いた基礎式は以下の通りである。

(1) 活物質電位分布

【0096】

10

20

30

40

【数 1】

$$\nabla \cdot (\sigma^{\text{eff}} \nabla \phi_{\text{ed}}) = A_s i$$

ここで、 $\sigma^{\text{eff}}$  は電極内有効電子伝導度、 $\phi_{\text{ed}}$  は活物質電位、 $A_s$  は電

極比表面積、 $i$  は電流密度を表す。

【0097】

(2) 電解質内  $\text{Li}^+$  濃度分布

【0098】

【数 2】

$$\frac{\partial(\varepsilon_{\text{el}} C_{\text{Li}^+})}{\partial t} = 0$$

ここで、 $\varepsilon_{\text{el}}$  は電解質の体積分率、 $C_{\text{Li}^+}$  は電解質内  $\text{Li}^+$  濃度表す。

【0099】

(3) 電解質電位分布

【0100】

【数 3】

$$\nabla \cdot (\kappa^{\text{eff}} \nabla \phi_{\text{el}}) = -A_s i$$

ここで、 $\kappa^{\text{eff}}$  は電解質内有効イオン伝導度、 $\phi_{\text{el}}$  は電解質電位を表す。

【0101】

(4) 電極反応 (Butler - Volmer 式)

【0102】

【数 4】

$$i = i_0 \left( \exp\left(\frac{\alpha F \eta}{RT}\right) - \exp\left(-\frac{(1-\alpha) F \eta}{RT}\right) \right)$$

ここで、 $i_0$  は交換電流密度、 $\alpha$  は電荷移動係数、 $F$  はファラデー定数、

$\eta$  は過電圧、 $R$  は気体定数、 $T$  は絶対温度を表す。

【0103】

(5) 交換電流密度

【0104】

【数 5】

$$i_0 = k_r F C_{\text{Li}^+}^{\alpha_a} (C_{\text{Li}}^{\text{max}} - C_{\text{Li}})^{\alpha_a} C_{\text{Li}}^{\alpha_c}$$

なお本計算においては、交換電流密度計算時に用いる 電解質の  $\text{Li}^+$

濃度を  $1.0 \text{ kmol/m}^3$  とした。

【0105】

(6) 過電圧 (正極、負極)

【0106】

10

20

30

40

【数 6】

$$\eta = \phi_{ed} - \phi_{el} - E_{ed}^{eq}$$

ここで  $E_{ed}^{eq}$  は正極負極の平衡電位であり、Redlich-Kister の半理論

拡張式[文献 2、3]で示される。また  $\phi_{ed}$  は各電極におけるリチウム

イオン電位である。

【0107】

[文献 2] は、D. K. Karthikeyan et al., J. Power Sources 185 1398 (2008) であり、

[文献 3] は、A. M. Colclasure et al., Electrochim. Acta 55 8960 (2010) である。

【0108】

シミュレーションの計算条件は下記の通りである。

- ・ 正極：コバルト酸リチウム、負極：黒鉛、電解質：固体電解質
- ・ 電池全体：384  $\mu\text{m}$   $\times$  384  $\mu\text{m}$  (48メッシュ  $\times$  48メッシュ)
- ・ 1メッシュ：8  $\mu\text{m}$
- ・ 電池全体で正極、負極、電解質層の割合はそれぞれ等しく 1/3 ずつとする。
- ・ 電極層は活物質 0.5、電解質 0.3、電解質層は 0.2 の体積割合とする。
- ・ 有効イオン伝導度、有効電子伝導度は上記体積割合の 2.4 乗とする。

【0109】

このシミュレーションでは、以上の基礎式に基づきイオン電位、電子電位分布を収束計算により求め、その後各時間ステップで活物質内の濃度分布を計算する。これを時間ステップごとに繰り返すことにより、電池内部の状態の時間変化を算出する。

【0110】

以上のシミュレーション手法とシミュレーション条件によって、従来の電池と実施形態 1 に係る電池をシミュレーションした結果は、図 20 に示す通りである。

【0111】

SOC = 50% から 1C の放電を行ったときの、正極と負極との間の電解液リチウム電位分布をシミュレーションすると、実施形態 1 に係る電池 100 は、正極と負極との間の電解液リチウム電位分布が均一であることがわかる。一方、従来の電池は、正極と負極との間の電解液リチウム電位分布が均一でなく、特に、櫛形の電極の先端部の角の部分の電解液リチウム電位分布が明らかに不均一であることがわかる。

【0112】

また、SOC = 50% から 1C の放電を行ったときの、正極と負極との間の電流密度分布をシミュレーションすると、実施形態 1 に係る電池 100 は、正極と負極との間の電流密度分布が均一であることがわかる。一方、従来の電池は、正極と負極との間の電位分布が均一でなく、特に、櫛形の電極の先端部の電流密度分布が明らかに高いことがわかる。

【0113】

さらに、SOC = 50% から 1C の放電を行ったときの、正極と負極との間の活物質リチウム濃度分布をシミュレーションすると、実施形態 1 に係る電池 100 は、正極と負極との間の活物質リチウム濃度分布が均一であることがわかる。一方、従来の電池は、正極と負極との間の活物質リチウム濃度分布が均一でなく、特に、櫛形の電極の先端部の活物質リチウム濃度分布が不均一であることがわかる。

【0114】

以上のシミュレーション結果に示されている通り、実施形態 1 に係る電池 100 は、従来の電池と比較して、明らかに、正極と負極との間の電解液リチウム電位分布、電流密度分布、活物質リチウム濃度分布が均一である。

10

20

30

40

50

## 【0115】

その理由としては次のようなことが考えられる。従来の電池は正極および負極が櫛形であるので、正負極間の容量が突起部の先端においてアンバランスになっている、その先端部の電気抵抗が先端部で高くなっている、その先端部でイオン移動距離が長くなっている、などの不均一を誘発させる要因がある。一方、実施形態1に係る電池100は、正極および負極が球状であるので、上記のような、不均一を誘発させる要因はない。これがシミュレーションの結果をもたらす理由である。

## 【0116】

なお、シミュレーションは実施形態1に係る電池100について行っているが、実施形態1から5に係る全てのタイプの電池100A、100-2、100A-2、100-3、100A-3、100-4、100A-4、100-5、100A-5についても、実施形態1に係る電池100のシミュレーション結果と大差はない。

10

## 【0117】

図21は、従来の電池と実施形態1に係る電池のSOC-電圧特性(1C)を示すグラフである。また、図22は、従来の電池と実施形態1に係る電池のSOC-電圧特性(5C)を示すグラフである。ここで、SOCとは、満充電を1とした場合の現在の電池の残容量の割合であり、電池の充電率のことをいう。たとえば、現在の電池の残容量が満充電の半分であれば、SOCは0.5である。

## 【0118】

図21は、櫛形電極を持つ従来の電池と球状電極を持つ実施形態1に係る電池100が満充電(充電率1.0)の状態から1Cの放電を行ったときに、どのように電圧が低下するかを示している。また、図22は、満充電(充電率1.0)の状態から5Cの放電を行ったときに、どのように電圧が低下するかを示している。

20

## 【0119】

まず、従来の電池で1Cの放電をさせたときには、電圧がSOCの低下とともに低下し、SOC1.0の時に4.0Vであった電圧がSOC0.2では3.05V程度まで低下している。同様に、実施形態1に係る電池100で1Cの放電をさせたときには、従来の電池と同様に、電圧がSOCの低下とともに低下するが、その低下の度合いは従来の電池よりも緩慢である。実施形態1に係る電池100では、SOC1.0の時に4.0Vであった電圧がSOC0.2でも3.5V程度までしか低下していない。

30

## 【0120】

また、従来の電池で5Cの放電をさせたときには、電圧がSOCの低下とともに急激に低下し、SOC1.0の時に4.0Vであった電圧がSOC0.8では3.15V程度まで低下している。同様に、実施形態1に係る電池100で5Cの放電をさせたときには、従来の電池と同様に、電圧がSOCの低下とともに急激に低下するが、その低下の程度は従来の電池よりも緩慢である。実施形態1に係る電池100では、SOC1.0の時に4.0Vであった電圧がSOC0.2でも3.6V程度までしか低下していない。

## 【0121】

これらのグラフを見ると、電池の性能としては、電圧の低下が緩慢である実施形態1に係る電池100の方が従来の電池に比較して優れていることは明らかである。

40

## 【0122】

図23は、従来の電池と実施形態1に係る電池のDOD-放電レート特性を示すグラフである。ここで、DOD(放電深度)とは、電池の放電容量に対する放電量の比のことをいう。たとえば、放電容量1000mAhの電池を700mAhで放電したとすると、その放電深度は70%である。また、放電レートとは、電池容量に対する放電時の電流の相対的な比率である。たとえば、放電レートが1Cとは、公称容量値の容量を持つ電池を定電流放電して、ちょうど1時間で放電終了となる電流値のことであり、定格容量10Ahの電池において放電レートが1Cのときには10Aとなり、10Cのときには100Aとなる。

## 【0123】

50

図 23 のグラフに示されているように、従来の電池と比較して、実施形態 1 に係る電池 100 は、全ての放電レートの範囲に亘って、DOD の値が大きくなっている。つまり、実施形態 1 に係る電池 100 は、大電流を出力しても大きな充電率を維持することができる。このため、実施形態 1 に係る電池 100 は、電池のエネルギー密度と電池の出力密度とが向上しており、高容量、高出力の電池となっている。

【0124】

これは、正負の電極間の電流密度が均一であるからであり、充放電サイクルの耐久性の向上にも期待ができる。このことは、実施形態 1 に係る電池 100 以外、実施形態 1 から 5 に係る全てのタイプの電池 100 A、100 - 2、100 A - 2、100 - 3、100 A - 3、100 - 4、100 A - 4、100 - 5、100 A - 5 についても言えることである。

10

【0125】

以上の説明の通り、実施形態 1 - 5 に係る電池 100、100 A、100 - 2、100 A - 2、100 - 3、100 A - 3、100 - 4、100 A - 4、100 - 5、100 A - 5 によれば、正負の電極間に電流が均一に流れるようになるため、電池のエネルギー密度と電池の出力密度とが向上した、高容量、高出力の電池とすることができる。

【0126】

以上、本発明に係る電極、その電極を用いた電池およびその電池の製造方法の実施形態を説明したが、本発明の技術的範囲は、上記の実施形態に限定されるものではなく、本発明の技術的範囲内において様々な形態を採ることもある。

20

【符号の説明】

【0127】

100、100 A、100 - 2、100 A - 2、100 - 3、100 A - 3、100 - 4、100 A - 4、100 - 5、100 A - 5 電池、

110 正極集電体、

120 正極電極、

122、172 土台部、

124、174 突起支柱部、

126、176 突起先端部、

128、178 突起部、

130 正極、

150 セパレータ、

160 負極集電体、

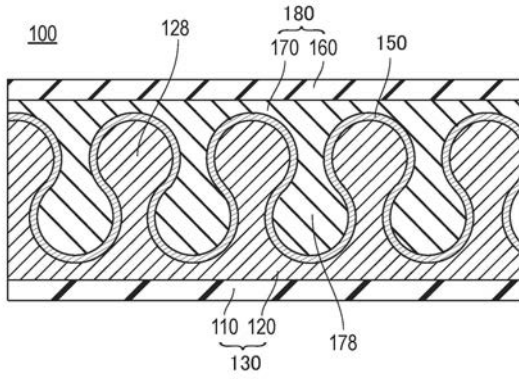
170 負極電極、

180 負極。

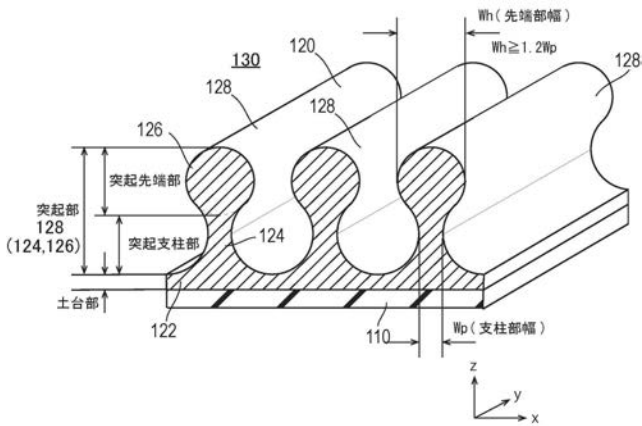
30



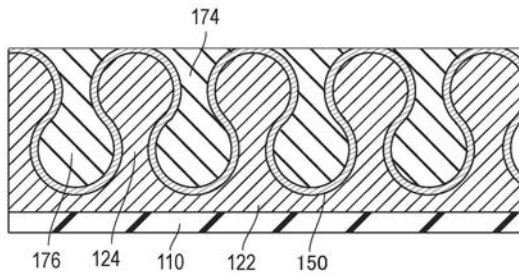
【 図 1 】



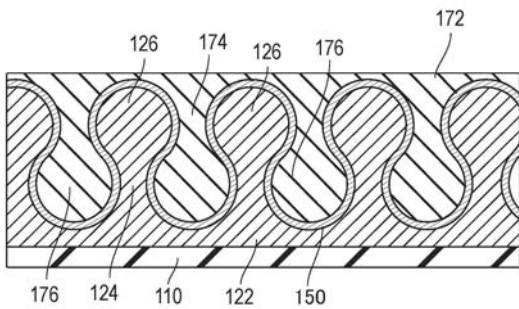
【 図 2 】



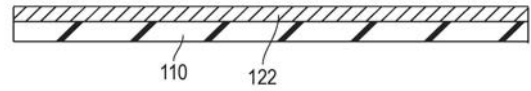
【 図 7 】



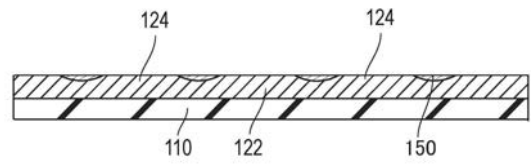
【 図 8 】



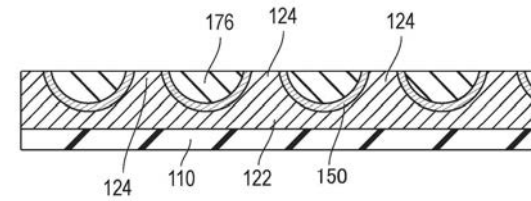
【 図 3 】



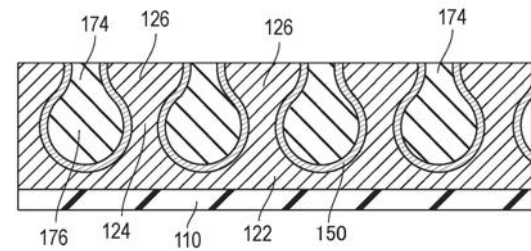
【 図 4 】



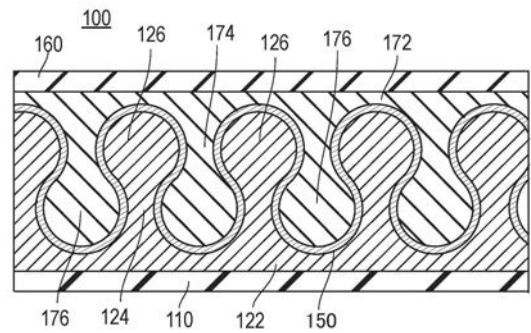
【 図 5 】



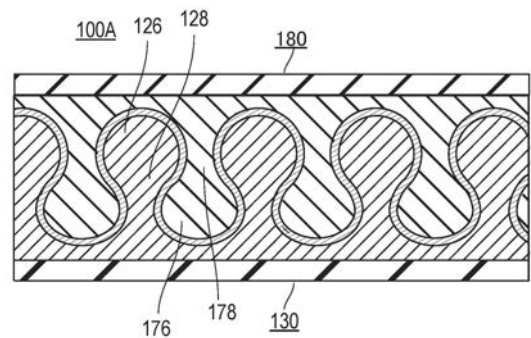
【 図 6 】



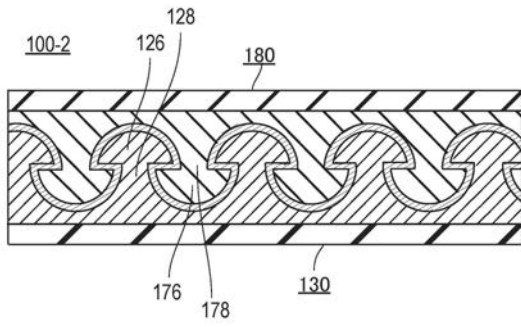
【 図 9 】



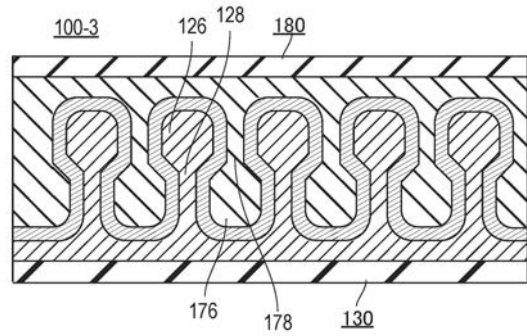
【 図 10 】



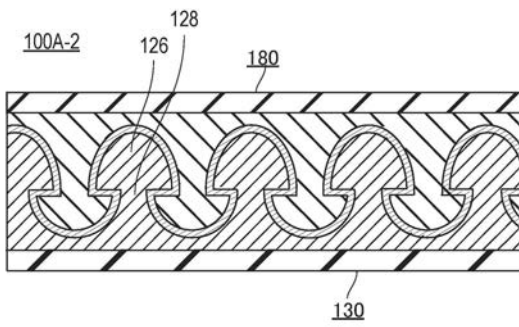
【 図 1 1 】



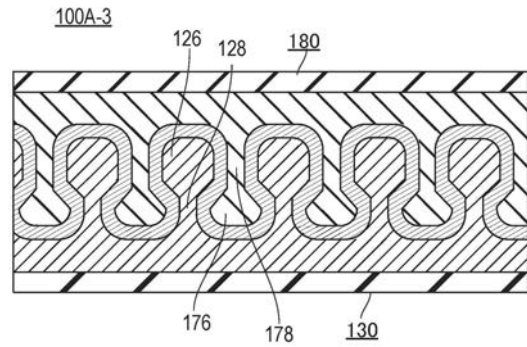
【 図 1 3 】



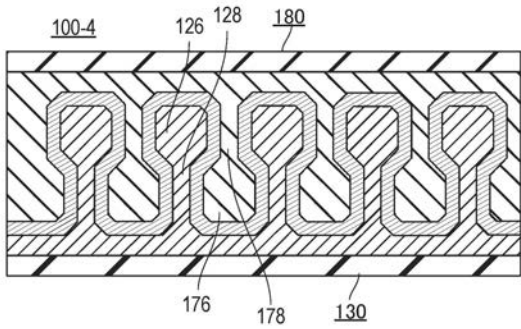
【 図 1 2 】



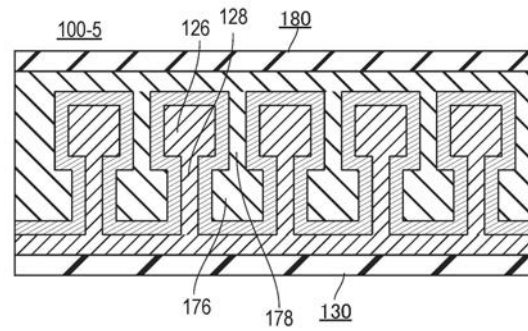
【 図 1 4 】



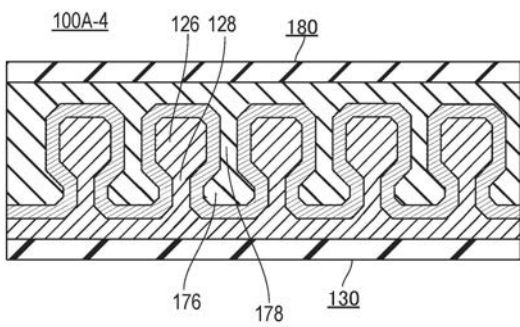
【 図 1 5 】



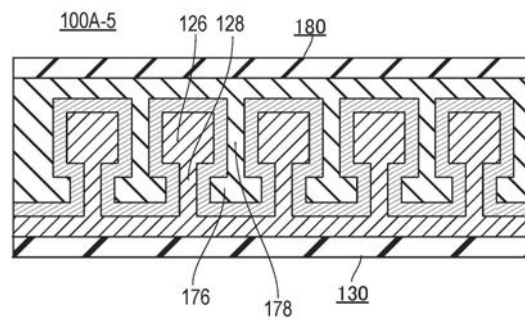
【 図 1 7 】



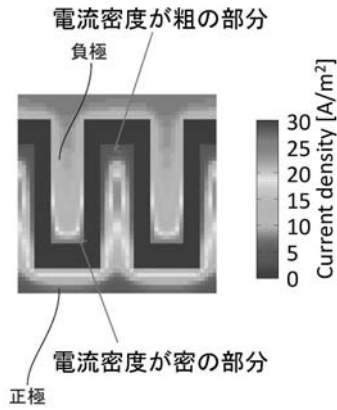
【 図 1 6 】



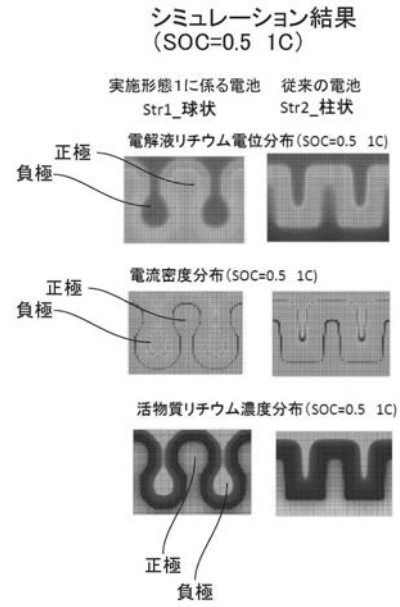
【 図 1 8 】



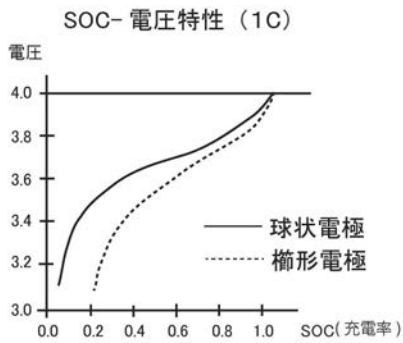
【 図 1 9 】



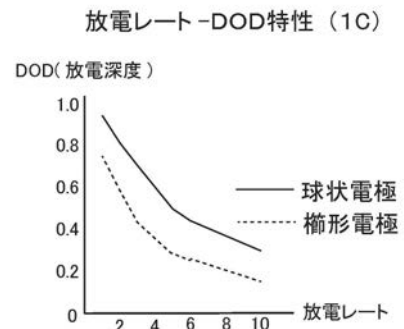
【 図 2 0 】



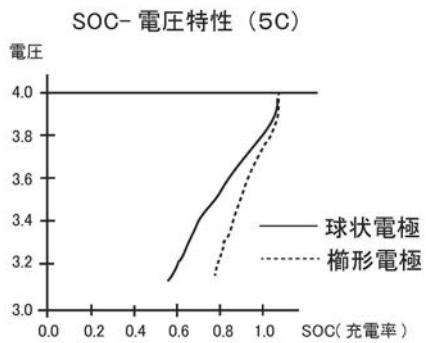
【 図 2 1 】



【 図 2 3 】



【 図 2 2 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 井上 元

京都府京都市左京区吉田本町3番地1 国立大学法人京都大学内

Fターム(参考) 5H021 AA06 BB17 BB19 CC09 EE04 HH03 HH10  
5H028 AA05 BB14 BB15 BB17 CC07 CC10 HH01 HH05  
5H029 AJ03 AJ06 AJ14 AK03 AL06 BJ12 CJ18 CJ22 CJ28 CJ30  
DJ07 HJ04 HJ12  
5H050 AA08 AA12 BA17 CA08 CA09 CB07 DA02 DA03 DA19 EA23  
EA24 FA02 FA07 FA08 GA20 GA22 GA26 GA27 GA29 HA04  
HA12