

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6957161号
(P6957161)

(45) 発行日 令和3年11月2日 (2021.11.2)

(24) 登録日 令和3年10月8日 (2021.10.8)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 M 50/105 (2021.01)	HO 1 M 50/105
HO 1 M 50/136 (2021.01)	HO 1 M 50/136
HO 1 M 50/119 (2021.01)	HO 1 M 50/119
HO 1 G 11/78 (2013.01)	HO 1 G 11/78

請求項の数 9 (全 64 頁)

(21) 出願番号	特願2017-31710 (P2017-31710)	(73) 特許権者	000153878
(22) 出願日	平成29年2月23日 (2017.2.23)		株式会社半導体エネルギー研究所
(65) 公開番号	特開2017-157556 (P2017-157556A)		神奈川県厚木市長谷398番地
(43) 公開日	平成29年9月7日 (2017.9.7)	(72) 発明者	後藤 準也
審査請求日	令和2年2月21日 (2020.2.21)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2016-35832 (P2016-35832)		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成28年2月26日 (2016.2.26)	(72) 発明者	中川 亜衣
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
		(72) 発明者	佐藤 結香
			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
		審査官	松本 陶子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 蓄電装置、電池制御ユニットおよび電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

正極と、負極と、前記正極及び前記負極を包む外装体と、を有し、
 前記外装体は、樹脂層を有し、
 前記外装体は、第1のスリットと、第2のスリットと、を有し、
 平面視において、前記外装体は、外縁に一の辺を有し、
 平面視において、前記第1のスリットおよび前記第2のスリットは線状の形状を有し、
 平面視において、前記一の辺における前記第2のスリットの端は、前記一の辺における
 前記第1のスリットの端よりも、前記一の辺の中心に近く、
 前記第1のスリットと前記一の辺とがなす角のうち、前記一の辺の中心に近い側の角は
 a° であり、
 前記第2のスリットと前記一の辺とがなす角のうち、前記一の辺の中心に近い側の角は
 b° であり、
 前記 a は、前記 b よりも大きい蓄電装置。

【請求項 2】

請求項 1 において、
 前記外装体は、更に金属層を有する蓄電装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において、
 可撓性を有する蓄電装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の蓄電装置と、トランジスタと、を有する電池制御ユニット。

【請求項 5】

請求項 4 において、前記トランジスタは、酸化物半導体を有する電池制御ユニット。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の蓄電装置を有する電子機器。

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の蓄電装置と、表示部と、を有する、電子機器。

10

【請求項 8】

請求項 4 または請求項 5 に記載の電池制御ユニットを有する電子機器。

【請求項 9】

請求項 4 または請求項 5 に記載の電池制御ユニットと、表示部と、を有する電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物、方法、または、製造方法に関する。または、本発明は、プロセス、マシン、マニュファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関する。特に、本発明の一態様は、半導体装置、表示装置、発光装置、蓄電装置、記憶装置、それらの駆動方法、それらの製造方法、またはそれらの評価方法に関する。特に、本発明の一態様は、蓄電装置およびその作製方法、またはその評価方法に関する。

20

【0002】

なお、本明細書中において蓄電装置とは、蓄電機能を有する素子及び装置全般を指すものである。

【背景技術】

【0003】

近年、リチウムイオン二次電池等の二次電池、リチウムイオンキャパシタ、空気電池等、種々の蓄電装置の開発が盛んに行われている。特に高出力、高エネルギー密度であるリチウムイオン二次電池は、携帯電話やスマートフォン、ノート型パーソナルコンピュータ等の携帯情報端末、携帯音楽プレーヤ、デジタルカメラ等の電子機器、あるいは医療機器、ハイブリッド車（HEV）、電気自動車（EV）、又はプラグインハイブリッド車（PHEV）等の次世代クリーンエネルギー自動車など、半導体産業の発展に伴い急速にその需要が拡大し、充電可能なエネルギーの供給源として現代の情報化社会に不可欠なものとなっている。特許文献 1 には、蓄電装置の電子機器への搭載の一例が示されている。

30

【0004】

また近年、人体に装着して使用される電子機器が提案され、ウェアラブルディスプレイなどと呼ばれている。利便性向上のため、このような電子機器は例えば、人体への装着と脱離を繰り返し行えることが求められている。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2015 - 38868 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

不純物が蓄電装置の内部へ混入することにより、蓄電装置の特性の低下が生じる。例えば非水電解液に水などの不純物が混入し、放電容量が減少する場合がある。例えば、蓄電装置の外装体の気密性が低いことにより大気中の成分が外装体に囲まれた領域に混入し、その結果、蓄電装置への不純物の混入が生じる場合がある。

50

【 0 0 0 7 】

また、人体に装着して使用される電子機器に搭載される蓄電装置は、電子機器の装着および脱離を繰り返す際に、蓄電装置自身も繰り返し曲げる場合がある。蓄電装置を繰り返し曲げる際に、外装体に劣化が生じ、外装体に囲まれた領域に水分等の不純物が混入する場合がある。外装体に囲まれた領域に混入する水分等の濃度を知ることは、蓄電装置の信頼性を向上するために重要である。

【 0 0 0 8 】

本発明の一態様は、繰り返し曲げることのできる蓄電装置を提供することを課題の一とする。または、本発明の一態様は、信頼性の高い蓄電装置を提供することを課題の一とする。または、本発明の一態様は、寿命の長い蓄電装置を提供することを課題の一とする。または、本発明の一態様は、繰り返し曲げることのできる電子機器を提供することを課題の一とする。または、本発明の一態様は、可撓性を有する電子機器を提供することを課題の一とする。

10

【 0 0 0 9 】

または、本発明の一態様は、可撓性を有するフィルムを提供することを課題の一とする。または、本発明の一態様は、繰り返し曲げることのできるフィルムを提供することを課題の一とする。

【 0 0 1 0 】

または、本発明の一態様は、新規な構造の蓄電装置を提供することを課題の一とする。または、本発明の一態様は、新規な蓄電装置、新規な蓄電装置を搭載した電子機器などを提供することを課題の一とする。

20

【 0 0 1 1 】

なお、これらの課題の記載は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの課題の全てを解決する必要はない。なお、これら以外の課題は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の課題を抽出することが可能である。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

本発明の一態様は、正極と、負極と、正極と負極を包む外装体と、を有し、外装体は、金属層と、樹脂層と、を有し、金属層は、外装体の外縁部の少なくとも一部において、外縁部以外の一部より薄く、外装体は、外縁部に複数のスリットを有する蓄電装置である。

30

【 0 0 1 3 】

また、本発明の一態様の蓄電装置は、外縁部において、外装体が封止されることが好ましい。

【 0 0 1 4 】

または、本発明の一態様は、正極と、負極と、正極と負極を包む外装体と、を有し、外装体は、第1の領域と、第2の領域と、を有し、第2の領域は、外装体の外縁部の少なくとも一部に接し、外装体は、金属層と、樹脂層と、を有し、第1の領域の金属層は、第2の領域の金属層より厚く、外装体は、第2の領域に複数のスリットを有する蓄電装置である。また、上記構成において、第2の領域は、帯状の形状を有し、複数のスリットの長軸は、帯状の形状の長軸に概略垂直であることが好ましい。また、上記構成において、第2の領域は、帯状の形状を有し、複数のスリットの長軸と、帯状の形状の長軸と、のなす角が45°以上90°未満であることが好ましい。

40

【 0 0 1 5 】

また、本発明の一態様の蓄電装置は、隣り合うスリット同士の距離は、2 mm以上3 cm以下であることが好ましい。

【 0 0 1 6 】

または、本発明の一態様は、正極と、負極と、正極と負極とを包む外装体と、を有し、外装体は、第1の領域と、第2の領域と、を有し、第2の領域は、外装体の外縁部の少なくとも一部に接し、外装体は、金属層を有し、金属層は、第1の領域において、第2の領

50

域より厚く、外装体は、第1のスリットと、第1のスリットよりも蓄電装置の中心部に近い第2のスリットと、を有し、第1のスリットの長軸と、帯状の形状の長軸と、のなす角を a° とし、第2のスリットの長軸と、帯状の形状の長軸と、のなす角を b° とし、 a は、 b よりも大きい蓄電装置である。

【0017】

または、本発明の一態様は、正極と、負極と、正極と負極とを包む外装体と、を有し、外装体は、金属層と、樹脂層と、を有し、外装体の外縁部の一部において、金属層は、外縁部以外の一部よりも薄く、外装体は、第1のスリットと、第1のスリットよりも蓄電装置の中心部に近い第2のスリットと、を有し、第1のスリットの長軸と、帯状の形状の長軸と、のなす角を a° とし、第2のスリットの長軸と、帯状の形状の長軸と、のなす角を b° とし、 a は、 b よりも小さい蓄電装置である。

10

【0018】

または、本発明の一態様は、正極と、負極と、正極と負極とを包む外装体と、を有し、外装体は、金属層を有し、金属層は、外装体の外縁部の一部において、外縁部以外より薄く、外装体は、外縁部に二以上の孔を有する蓄電装置である。また、上記構成において、二以上の孔は、線状に並ぶことが好ましい。また、上記構成において、二以上の孔の長径はそれぞれ、 0.1 mm 以上 3 mm 以下であることが好ましい。

【0019】

また、本発明の一態様の蓄電装置は、繰り返し曲げることができることが好ましい。

【0020】

20

または、本発明の一態様は、上記のいずれかに記載の蓄電装置と、トランジスタと、を有する、電池制御ユニットである。また、上記構成において、トランジスタは酸化物半導体を有することが好ましい。

【0021】

または、本発明の一態様は、上記のいずれかに記載の蓄電装置を有する、電子機器である。

【0022】

または、本発明の一態様は、上記のいずれかに記載の蓄電装置と、表示部と、を有する、電子機器である。

【発明の効果】

30

【0023】

本発明の一態様により、繰り返し曲げることのできる蓄電装置を提供することができる。また、本発明の一態様により、信頼性の高い蓄電装置を提供することができる。また、本発明の一態様により、寿命の長い蓄電装置を提供することができる。また、本発明の一態様により、繰り返し曲げることのできる電子機器を提供することができる。また、本発明の一態様により、可撓性を有する電子機器を提供することができる。

【0024】

また、本発明の一態様により、可撓性を有するフィルムを提供することができる。また、本発明の一態様により、繰り返し曲げることのできるフィルムを提供することができる。

40

【0025】

また、本発明の一態様により、新規な構造の蓄電装置を提供することができる。また、本発明の一態様により、新規な蓄電装置、新規な蓄電装置を搭載した電子機器などを提供することができる。

【0026】

なお、これらの効果の記載は、他の効果の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの効果の全てを有する必要はない。なお、これら以外の効果は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の効果を抽出することが可能である。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 2 7 】

- 【図 1】蓄電装置の上面を説明する図。
- 【図 2】蓄電装置の上面を説明する図。
- 【図 3】蓄電装置の上面を説明する図。
- 【図 4】蓄電装置の断面を説明する図。
- 【図 5】蓄電装置の上面を説明する図。
- 【図 6】蓄電装置の上面を説明する図。
- 【図 7】蓄電装置の上面を説明する図。
- 【図 8】蓄電装置の上面および断面を説明する図。
- 【図 9】面の曲率半径を説明する図。

10

- 【図 10】フィルムの曲率半径を説明する図。
- 【図 11】蓄電装置の作製方法を説明する図。
- 【図 12】蓄電装置の作製方法を説明する図。
- 【図 13】蓄電装置の作製方法を説明する図。
- 【図 14】蓄電装置の断面を説明する図。
- 【図 15】蓄電装置の断面を説明する図。
- 【図 16】蓄電装置の断面を説明する図。
- 【図 17】フィルムの断面を説明する図。
- 【図 18】フィルムの断面を説明する図。

20

- 【図 19】フィルムの断面を説明する図。
- 【図 20】フィルムの上面を説明する図。
- 【図 21】フィルムの上面を説明する図。
- 【図 22】フィルムの上面を説明する図。
- 【図 23】フィルムの上面を説明する図。
- 【図 24】電子機器、バンドおよび蓄電装置の一例を示す図。
- 【図 25】蓄電装置の一例を示す図。
- 【図 26】蓄電装置の一例を示す図。
- 【図 27】蓄電装置の一例を示す図。
- 【図 28】蓄電装置の作製方法の一例を示す図。

30

- 【図 29】粒子の断面を説明する図。
- 【図 30】電極の断面を説明する図。
- 【図 31】電子機器の一例を示す図。
- 【図 32】電子機器の一例を示す図。
- 【図 33】電子機器の一例を示す図。
- 【図 34】電子機器の一例を示す図。
- 【図 35】電子機器の一例を示す図。
- 【図 36】本発明の一態様を説明するブロック図。
- 【図 37】本発明の一態様を説明する概念図。
- 【図 38】本発明の一態様を説明する回路図。

40

- 【図 39】本発明の一態様を説明する回路図。
- 【図 40】本発明の一態様を説明する概念図。
- 【図 41】本発明の一態様を説明するブロック図。
- 【図 42】本発明の一態様を説明するフローチャート。
- 【図 43】蓄電装置の写真。
- 【図 44】蓄電装置の写真。
- 【図 45】蓄電装置の水分量を示す図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 8 】

本発明の実施の形態について、図面を用いて以下、詳細に説明する。ただし、本発明はこれらの説明に限定されず、その形態及び詳細を様々に変更し得ることは、当業者であれ

50

ば容易に理解される。従って、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【0029】

なお、本明細書で説明する各図において、膜、層、基板、領域などの各要素の大きさや厚さ等は、個々に説明の明瞭化のために誇張されている場合がある。よって、必ずしも各構成要素はその大きさに限定されず、また各構成要素間での相対的な大きさに限定されない。

【0030】

なお、本明細書等において、第1、第2などとして付される序数詞は、便宜上用いるものであって工程の順番や積層の順番などを示すものではない。そのため、例えば、「第1の」を「第2の」又は「第3の」などと適宜置き換えて説明することができる。また、本明細書等に記載されている序数詞と、本発明の一態様を特定するために用いられる序数詞は一致しない場合がある。

10

【0031】

なお、本明細書等で説明する本発明の構成において、同一部分又は同様の機能を有する部分には同一の符号を異なる図面間で共通して用い、その繰り返しの説明は省略する。また、同様の機能を有する部分を指す場合には、ハッチパターンを同じくし、特に符号を付さない場合がある。

【0032】

なお、本明細書等において、蓄電装置用の正極及び負極の双方を併せて電極とよぶことがあるが、この場合、電極は正極及び負極のうち少なくともいずれか一方を示すものとする。

20

【0033】

ここで蓄電装置の充電および放電におけるレートについて説明する。例えば、容量 \times [Ah]の二次電池を定電流充電する際に、充電レート1Cとは、1時間で充電終了となる電流値 I [A]のことであり、充電レート0.2Cとは、 $I/5$ [A]（すなわち、5時間で充電終了となる電流値）のことである。同様に、放電レート1Cとは、1時間で放電終了となる電流値 I [A]のことであり、放電レート0.2Cとは、 $I/5$ [A]（すなわち、5時間で放電終了となる電流値）のことである。

【0034】

30

（実施の形態1）

本実施の形態では、本発明の一態様の蓄電装置と、蓄電装置が有する外装体について説明する。

【0035】

蓄電装置の一例として、リチウムイオン電池等の電気化学反応を用いる二次電池が挙げられる。また蓄電装置の一例として、電気二重層キャパシタ、レドックスキャパシタ等の電気化学キャパシタ、空気電池、燃料電池等が挙げられる。

【0036】

本発明の一態様の蓄電装置は、充電および放電を繰り返し行えることが好ましい。

【0037】

40

蓄電装置の充電および放電の際に、電極の反応電位において、電解液が分解する場合がある。電解液の分解反応は不可逆反応であることが多い。そのため、蓄電装置の充放電効率を低下させる場合がある。充放電効率が低下することにより、蓄電装置の放電容量が低下してしまう。

【0038】

また、電解液の分解反応により、充放電の繰り返しのに伴い放電容量が徐々に減少する場合がある。

【0039】

蓄電装置の電解液として非水電解液を用いることにより、蓄電装置が動作する電位の範囲を広くすることができる場合がある。例えば、より広い電位の範囲において、電解液の

50

分解を抑制できる。よって、蓄電装置の放電容量を高めることができる。

以下に、本発明の一態様の外装体について説明する。

【0040】

蓄電装置が有する外装体に囲まれた領域へ、不純物が混入することにより、蓄電装置の特性の低下が生じる。例えば非水電解液に水などの不純物が混入し、放電容量が減少する場合がある。例えば、蓄電装置の外装体の気密性が低いことにより大気中の成分が外装体に囲まれた領域に混入し、その結果、蓄電装置への不純物の混入が生じる。

【0041】

ここで、蓄電装置において、外装体に囲まれた領域が有する水分の濃度は、蓄電装置が外装体に囲まれた領域に有する電解液の量に対して、重量あたり、300ppm以下が好ましく、100ppm以下がより好ましく、50ppm以下がさらに好ましく、20ppm以下がさらに好ましい。

10

【0042】

蓄電装置において、外装体に囲まれた領域が有する水分の量は例えば、カールフィッシャー水分計等により測定することができる。

【0043】

外装体は、不純物の透過性が低い材料を有することが好ましい。特に、透湿性の低い材料を有することが好ましい。例えば、金属を有することが好ましい。

【0044】

本発明の一態様の蓄電装置が有する外装体として、フィルム（シート、または箔と呼ぶ場合もある）を用いることが好ましい。

20

【0045】

本発明の一態様の外装体は、アルミニウム、銅、錫、ニオブ、チタン、ニッケル、マンガン、鉄、モリブデン、タングステン、タンタル、クロム等の金属から選ばれる少なくとも一を有することが好ましい。また、これらの金属の合金を有してもよい。例えば、ステンレスを有してもよい。また、外装体は、これらの金属または合金を有する金属層を有することが好ましい。ここで、アルミニウム、銅、錫、ニオブ、チタン等はヤング率も小さく、加工しやすい場合がある。また、アルミニウムは安価であり、また加工しやすく、外装体が有する金属として特に好ましい。

【0046】

ここで金属層の厚さは例えば5μm以上200μm以下、あるいは10μm以上100μm以下、あるいは15μm以上50μm以下である。

30

【0047】

あるいは、本発明の一態様の外装体は、炭素シートを有してもよい。炭素シートとして例えば、黒鉛、炭素繊維、活性炭、グラフェン、グラフェン化合物等を有するフィルムが挙げられる。

【0048】

また、本発明の一態様の外装体は、樹脂を有することが好ましい。また、樹脂はフィルム状であってもよい。樹脂として例えば、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリカーボネート、アイオノマー、ポリアミド等を用いることができる。

40

【0049】

また、蓄電装置が有する電極と外装体とのショートを防ぐため、外装体の表面の電気伝導性は、低いことが好ましい。よって、外装体は、表面に樹脂層などを有することが好ましい。例えば、外装体として、金属層の両面に樹脂層を有するフィルムを用いることができる。

【0050】

例えば、本発明の一態様の外装体は、前記金属または前記合金を有するフィルムの、表面および裏面の少なくともいずれか一方の表面に、樹脂層を有してもよい。

【0051】

例えば外装体として、金属フィルム（アルミニウム、ステンレス、銅など）、有機材料

50

からなるプラスチックフィルム、有機材料（樹脂や繊維など）と無機材料（セラミックなど）を含むハイブリッド材料フィルム、炭素含有無機フィルム（カーボンフィルム、グラファイトフィルムなど）などから選ばれる単層フィルムまたはこれら複数からなる積層フィルムを用いる。

【0052】

また、金属フィルムを用いる場合には、表面を絶縁化するために、内面に例えばポリプロピレン、ポリエチレン、ポリカーボネート、アイオノマー、ポリアミド等の材料等を被覆し、外面に例えばポリアミド系樹脂、ポリエステル系樹脂等の絶縁性合成樹脂層を設けた三層構造のフィルムとするとよい。あるいは、樹脂層としてポリエチレンテレフタレート（PET）樹脂等を用いてもよい。金属フィルムを二層以上の積層膜で被覆してもよい。例えば、内面にポリプロピレン等の材料等を被覆し、外面にポリアミド系樹脂と、ポリエチレンテレフタレート（PET）樹脂等を積層した膜で被覆してもよい。ここで、例えば樹脂層の厚さは10 μm以上200 μm以下、あるいは15 μm以上100 μm以下である。

10

【0053】

本発明の一態様の蓄電装置は、該蓄電装置を搭載する機器の変形に伴い、変形することができる。

【0054】

本発明の一態様の蓄電装置は、曲げることができる。曲げることが可能な蓄電装置は、変形する機器、例えばウェアラブルデバイス等の電子機器に搭載することができる。人体等に装着する際や、装着している間に、ウェアラブルデバイスが変形することにより、ウェアラブルデバイスの装着性を向上することができる。

20

【0055】

ウェアラブルデバイス等の電子機器は、繰り返し、人体への装着および脱離が行われることが好ましい。よって、本発明の一態様の蓄電装置は、繰り返し曲げることができることが好ましい。

【0056】

蓄電装置を曲げることにより、外装体が変形する。外装体の変形は、外装体の一部に亀裂が生じる、あるいは、外装体の一部が引っ張られて薄くなる、等の現象を引き起こす場合がある。このような現象が生じることにより、外装体において、不純物の透過性が上昇する。よって、外装体に囲まれた領域に大気中の不純物、例えば水分等、が混入しやすくなる。

30

【0057】

本発明の一態様の蓄電装置が有する外装体は、蓄電装置を繰り返し曲げる場合に、不純物の透過性の上昇を抑制することができる。

【0058】

ここで、繰り返し曲げるとは例えば、曲率半径の大きい状態と小さい状態とを繰り返すことである。蓄電装置を曲げる際には、曲率半径が小さいほど外装体の変形が大きく、亀裂等がより生じやすい。

【0059】

蓄電装置を曲げる場合に、外装体において、局所的な領域で変形が大きくなる場合がある。変形の大きい箇所においては、外装体により亀裂が生じやすい場合がある。

40

【0060】

<蓄電装置>

図8は、蓄電装置の具体的な構成について説明する図である。図8（A）には、蓄電装置500の一例として、薄型の蓄電池の形態を示す。

【0061】

図8（A）に示すように、蓄電装置500は、正極503、負極506、セパレータ507、及び外装体509を有する。蓄電装置500は、正極リード510及び負極リード511を有してもよい。正極リード510は正極503に溶接され、負極リード511は

50

負極 506 に溶接される。

【0062】

また外装体 509 は、領域 509a と領域 509b を有する。領域 509b は例えば、外装体 509 の外周を熱圧着によって接合した部位である。領域 509b を封止部と呼ぶ場合がある。封止部、すなわち領域 509b は例えば、外装体の外縁部に相当する。図 8 (A) に示す例において、外装体 509 は三辺に封止領域を有する。すなわち、図 8 (A) において領域 509b は外装体 509 の三辺に位置する。また、図 8 (A) に示す外装体の上面図において、領域 509b は、領域 509a の外側に接する。図 8 (A) において、正極リード 510 および負極リード 511 は、外装体 509 の同じ辺から外装体 509 の外に取り出される。

10

【0063】

また、蓄電装置の封止構造は、1 枚の長方形のフィルムを中央で折り曲げて 2 つの端部を重ね、3 辺を接着層で固定して閉塞させる構造や、2 枚のフィルムを重ね、フィルムの端面である 4 辺を接着層で固定して閉塞させる構造とする。

【0064】

接着層は、熱可塑性フィルム材料、熱硬化型接着剤、嫌気型接着剤、紫外線硬化型接着剤など光硬化型の接着剤、反応硬化型接着剤を用いることができる。これらの接着剤の材質としてはエポキシ樹脂やアクリル樹脂、シリコン樹脂、フェノール樹脂などを用いることができる。

【0065】

20

外装体は、金属層と、樹脂層と、を有することが好ましい。領域 509b の樹脂層は、領域 509a の樹脂層より薄い部分を有する。領域 509b の金属層は、領域 509a の金属層より薄い部分を有することが好ましい。

【0066】

図 8 (A) における一点鎖線 A1 - A2 間の断面図の一例を図 8 (B) に、一点鎖線 B1 - B2 間の断面図の一例を図 8 (C) に、それぞれ示す。図 8 (B)、(C) には、正極 503 と負極 506 を 3 組用いて作製した蓄電装置 500 の断面構造をそれぞれ示す。

【0067】

図 8 (A) 乃至 (C) に示すように、蓄電装置 500 は、正極 503、負極 506、セパレータ 507、電解液 508、及び外装体 509 を有する。セパレータ 507 は、正極 503 と負極 506 の間に位置する。外装体 509 内は、電解液 508 で満たされている。

30

【0068】

蓄電装置 500 において、正極 503 および負極 506 は、外装体 509 の内部に位置する。正極 503 および負極 506 は外装体 509 に包まれることが好ましい。また、外装体 509 は、袋状であることが好ましい。

【0069】

正極 503 は、正極活物質層 502 と、正極集電体 501 とを含む。負極 506 は、負極活物質層 505 と、負極集電体 504 とを含む。活物質層は、集電体の片面又は両面に形成すればよい。セパレータ 507 は、正極集電体 501 と負極集電体 504 の間に位置する。

40

【0070】

電池セルは、正極及び負極をそれぞれ 1 つ以上有していればよい。例えば、電池セルは、複数の正極及び複数の負極からなる積層構造とすることもできる。図 8 では一例として、向かい合う正極活物質層と負極活物質層の組の数を 5 組としているが、勿論、活物質層の組は 5 組に限定されず、多くてもよいし、少なくともよい。活物質層数が多い場合には、より多くの容量を有する蓄電池とすることができる。また、活物質層数が少ない場合には、薄型化でき、可撓性に優れた蓄電池とすることができる。

【0071】

図 1 (A) には、本発明の一態様の蓄電装置の上面図を示す。図 1 (A) の蓄電装置 5

50

00は、図8(A)に比べて、領域509bにスリット261(s l i t)を有する点が異なる。本発明の一態様の蓄電装置において、領域509bは複数のスリットを有することが好ましい。

【0072】

スリット261は例えば、切り込み(切れ込み)、切れ目、または裂け目(英語では例えばc u t、またはr i f t)であってもよい。

【0073】

スリット261は例えば線状の形状を有する。線状の形状は例えば、直線であってもよいし、曲線であってもよい。また、直線と曲線の組み合わせでもよい。曲線として例えば、螺旋、円弧、等が挙げられる。

10

【0074】

図1(A)において、領域509bは帯状の形状を有する(b a n d - s h a p e d)。図1(A)において、複数のスリット261のそれぞれの長軸は、該帯の長軸に対して、概略垂直である。また複数のスリット261のそれぞれの長軸と、該帯の長軸は垂直でなくても構わない。例えば、複数のスリット261のそれぞれの長軸と、該帯の長軸とのなす角が45°以上90°未満であってもよい。

【0075】

複数のスリット261のそれぞれにおいて、隣り合うスリット同士の距離は例えば2mm以上3cm以下であればよい。

【0076】

20

図1(B)は、図1(A)において一点鎖線で囲まれた領域の拡大図である。領域509bは線状のスリット261を複数、有する。

【0077】

図1(C)(D)、図2(A)、(B)、(C)および(D)には、領域509bの拡大図を示す。

【0078】

また、図1(C)および(D)に示すように、複数のスリット261のそれぞれの長軸の向きが異なってもよい。例えば、蓄電装置500を曲げる場合、曲率が異なる領域において、スリット261の向きを変えてもよい。

【0079】

30

図1(C)に示すように、複数のスリット261のうち、第1のスリットおよび第2のスリットとしてスリット261aおよびスリット261bを考える。図1(C)には、領域509bの長軸方向を方向263で示す。スリット261aの長軸と、領域509bの長軸のなす角を a° とし、スリット261bの長軸と、領域509bの長軸のなす角を b° とする(a° および b° はいずれも鋭角)。図1(C)において、 a は b より大きい。また、図1(D)において、隣り合うスリットは図1(A)に示す一点鎖線A1-A2に平行な線に対して大よそ線対称である。

【0080】

ここで図2(A)に示すように、スリット261はくさび状の形状を有してもよい。あるいは図2(B)に示すようにスリット261の端部が円弧状の形状を有してもよい。また、図2(C)に示すように、外装体509の端部が波形の形状を有してもよい。ここで外装体509の端部は例えば、曲線、波線、円弧、または、複数の変曲点を有する形状であってもよい。

40

【0081】

また、図2(D)は曲線状のスリットの一例を示す。図2(D)に示すスリット261は、端部が円弧状の形状を有する。

【0082】

図3(A)に示す蓄電装置500は、外装体509を有する。外装体509は、領域509aおよび領域509bを有する。図3(A)において、領域509aと領域509bの境界は波形の形状を有する。ここで領域509aと領域509bの境界は例えば、曲線

50

、波線、円弧、または、複数の変曲点を有する形状であってもよい。領域 509a と領域 509b の境界を前述の形状とすることにより、蓄電装置 500 を曲げる場合に、蓄電装置 500 の変形による外装体 509 への応力を緩和できる場合がある。図 3 (B) は、図 3 (A) において一点鎖線で囲まれた領域の拡大図である。ここで、スリット 261 を有する領域の近傍における領域 509b の幅を幅 b1、隣り合うスリット 261 の間の領域の領域 509b の幅を幅 b2 とする。図 3 (A) において、幅 b1 は、幅 b2 よりも大きい。

【0083】

図 3 (C) に示す領域 509b の拡大図には、領域 509a と領域 509b の境界が波形の形状を有する場合と、外装体 509 の端部が波形の形状を有する場合を組み合わせた一例を示す。ここで、図 3 (C) においては、領域 509a と領域 509b の境界の波の山谷 (peak and valley) と、外装体 509 の端部の波の山谷と、が概略一致する例を示す。

【0084】

蓄電装置の重心を、蓄電装置の中心と呼ぶ場合がある。あるいは、蓄電装置の上面図における中心を、蓄電装置の中心と呼ぶ場合がある。

【0085】

ここで、本発明の一態様の蓄電装置は例えば、繰り返し曲げることができる。図 4 (A) および図 4 (B) は、本発明の一態様の蓄電装置 500 において、一点鎖線 A1 - A2 に対応する断面、および一点鎖線 B1 - B2 に対応する断面の簡略図を示す。外装体 509 は領域 509a および領域 509b を有し、積層体 541 は外装体 509 に包まれる。積層体 541 は正極 503、負極 506、およびセパレータ 507 を有する。

【0086】

蓄電装置 500 を曲げる場合の一例を説明する。図 4 (B) に示す断面において、蓄電装置 500 を曲げた後の断面を図 4 (C) に示す。

【0087】

本発明の一態様の蓄電装置 500 は、領域 509b に複数のスリット 261 を有することにより、外装体 509 に生じる亀裂等を抑制することができる。

【0088】

また例えば、複数のスリット 261 が放射状に並んでもよい。

【0089】

図 5 (A) および (B) は蓄電装置 500 の上面図である。図 5 (A) および (B) において、一点鎖線 A1 - A2 よりも上側のスリット 261 は、下側のスリット 261 に対して、一点鎖線 A1 - A2 について大よそ線対称に配置される。

【0090】

あるいは、領域 509b は、二以上の孔 (英語では例えば dotted hole、または spotted hole) を有してもよい。点状の孔は例えば、線状に並んでもよい。

【0091】

複数の孔のそれぞれの長径は例えば、0.1mm 以上 3mm 以下である。ここで複数の点状の孔はそれぞれ孔の径が異なってもよい。ここで長径とは例えば、孔において最も幅の広い箇所をさす場合がある。

【0092】

図 6 (A) に示す蓄電装置 500 は、外装体 509 を有する。外装体 509 は、領域 509a および領域 509b を有する。図 6 (B) は、図 6 (A) において一点鎖線で囲まれた領域の拡大図である。図 6 (B) に示すように、蓄電装置 500 は領域 509b に孔 262 を複数有し、孔 262 は点状の形状を有し、複数の孔 262 は線状に並んでいる。ここで、上面からみた孔の形状は、円、楕円、矩形、菱形、および多角形、等でもよい。

【0093】

図 7 に示すように、正極リード 510 と負極リード 511 が、外装体 509 の向かい合

う辺からそれぞれ、外装体 509 の外に取り出されてもよい。

【0094】

電解液 508 の溶媒としては、非プロトン性有機溶媒が好ましく、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、クロロエチレンカーボネート、ビニレンカーボネート、 γ -ブチロラクトン、 γ -バレロラクトン、ジメチルカーボネート（DMC）、ジエチルカーボネート（DEC）、エチルメチルカーボネート（EMC）、ギ酸メチル、酢酸メチル、酪酸メチル、1,3-ジオキサン、1,4-ジオキサン、ジメトキシエタン（DME）、ジメチルスルホキシド、ジエチルエーテル、メチルジグリム、アセトニトリル、ベンゾニトリル、テトラヒドロフラン、スルホラン、スルトン等の 1 種、又はこれらのうちの 2 種以上を任意の組み合わせおよび比率で用いることができる。

10

【0095】

また、電解液の溶媒としてゲル化される高分子材料を用いることで、漏液性等に対する安全性が高まる。また、二次電池の薄型化および軽量化が可能である。ゲル化される高分子材料の代表例としては、シリコーンゲル、アクリルゲル、アクリロニトリルゲル、ポリエチレンオキサイド系ゲル、ポリプロピレンオキサイド系ゲル、フッ素系ポリマーのゲル等がある。

【0096】

また、電解液の溶媒として、難燃性および難揮発性であるイオン液体（常温熔融塩）を一つ又は複数用いることで、蓄電装置の内部短絡や、過充電等によって内部温度が上昇しても、蓄電装置の破裂や発火などを防ぐことができる。イオン液体は、カチオンとアニオンからなり、有機カチオンとアニオンを含む。電解液に用いる有機カチオンとして、四級アンモニウムカチオン、三級スルホニウムカチオン、および四級ホスホニウムカチオン等の脂肪族オニウムカチオンや、イミダゾリウムカチオンおよびピリジニウムカチオン等の芳香族カチオンが挙げられる。また、電解液に用いるアニオンとして、1 価のアミド系アニオン、1 価のメチド系アニオン、フルオロスルホン酸アニオン、パーフルオロアルキルスルホン酸アニオン、テトラフルオロボレートアニオン、パーフルオロアルキルボレートアニオン、ヘキサフルオロホスフェートアニオン、またはパーフルオロアルキルホスフェートアニオン等が挙げられる。

20

【0097】

また、上記の溶媒に溶解させる支持電解質としては、キャリアにリチウムイオンを用いる場合、例えば LiPF_6 、 LiClO_4 、 LiAsF_6 、 LiBF_4 、 LiAlCl_4 、 LiSCN 、 LiBr 、 LiI 、 Li_2SO_4 、 $\text{Li}_2\text{B}_{10}\text{Cl}_{10}$ 、 $\text{Li}_2\text{B}_{12}\text{Cl}_{12}$ 、 LiCF_3SO_3 、 $\text{LiC}_4\text{F}_9\text{SO}_3$ 、 $\text{LiC}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3$ 、 $\text{LiC}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_3$ 、 $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ 、 $\text{LiN}(\text{C}_4\text{F}_9\text{SO}_2)(\text{CF}_3\text{SO}_2)$ 、 $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ 等のリチウム塩を一種、又はこれらのうちの二種以上を任意の組み合わせおよび比率で用いることができる。

30

【0098】

また、蓄電装置に用いる電解液は、粒状のごみや電解液の構成元素以外の元素（以下、単に「不純物」ともいう。）の含有量が少ない高純度化された電解液を用いることが好ましい。具体的には、電解液に対する不純物の重量比を 1% 以下、好ましくは 0.1% 以下、より好ましくは 0.01% 以下とすることが好ましい。

40

【0099】

また、電解液にビニレンカーボネート、プロパンスルトン（PS）、tert-ブチルベンゼン（TBB）、フルオロエチレンカーボネート（FEC）、LiBOB などの添加剤を添加してもよい。添加剤の濃度は、例えば溶媒全体に対して 0.1 weight% 以上 5 weight% 以下とすればよい。

【0100】

また、ポリマーを電解液で膨潤させたポリマーゲル電解質を用いてもよい。

【0101】

50

ポリマーとしては、例えばポリエチレンオキシド（PEO）などのポリアルキレンオキシド構造を有するポリマーや、PVDF、およびポリアクリロニトリル等、およびそれらを含む共重合体等を用いることができる。例えばPVDFとヘキサフルオロプロピレン（HFP）の共重合体であるPVDF-HFPを用いることができる。また、形成されるポリマーは、多孔質形状を有してもよい。

【0102】

また、電解液の代わりに、硫化物系や酸化物系等の無機物材料を有する固体電解質や、PEO（ポリエチレンオキシド）系等の高分子材料を有する固体電解質を用いることができる。固体電解質を用いる場合には、セパレータやスペーサの設置が不要となる。また、電池全体を固体化できるため、漏液のおそれがなくなり安全性が飛躍的に向上する。

10

【0103】

セパレータ507としては、例えば、紙、不織布、ガラス繊維、セラミックス、或いはナイロン（ポリアミド）、ビニロン（ポリビニルアルコール系繊維）、ポリエステル、アクリル、ポリオレフィン、ポリウレタンを用いた合成繊維等で形成されたものを用いることができる。

【0104】

正極503および負極506については、後述の実施の形態にて詳細を述べる。

【0105】

上記構成において、蓄電池の外装体509は、最小の曲率半径が例えば、3mm以上30mm以下、より好ましくは3mm以上10mm以下となるように変形することができる。蓄電池の外装体であるフィルムは、1枚または2枚で構成されており、積層構造の蓄電池である場合、湾曲させた電池の断面構造は、外装体であるフィルムの2つの曲線で挟まれた構造となる。

20

【0106】

面の曲率半径について、図9を用いて説明する。図9（A）において、曲面1700を切断した平面1701において、曲面1700に含まれる曲線1702の一部を円の弧に近似して、その円の半径を曲率半径1703とし、円の中心を曲率中心1704とする。図9（B）に曲面1700の上面図を示す。図9（C）に、平面1701で曲面1700を切断した断面図を示す。曲面を平面で切断するとき、曲面に対する平面の角度や切断位置に応じて、断面に現れる曲線の曲率半径は異なるものとなるが、本明細書等では、最も小さい曲率半径を面の曲率半径とする。

30

【0107】

2枚のフィルムを外装体として電極・電解液など1805を挟む二次電池を湾曲させた場合には、二次電池の曲率中心1800に近い側のフィルム1801の曲率半径1802は、曲率中心1800から遠い側のフィルム1803の曲率半径1804よりも小さい（図10（A））。二次電池を湾曲させて断面を円弧状とすると曲率中心1800に近いフィルムの表面には圧縮応力がかかり、曲率中心1800から遠いフィルムの表面には引っ張り応力がかかる（図10（B））。外装体の封止部にスリットを設けることにより、このように圧縮応力や引っ張り応力がかかったとしても、ひずみによる影響を許容範囲内に抑えることができる。そのため、二次電池は、曲率中心に近い側の外装体の最小の曲率半径が例えば、3mm以上30mm以下、より好ましくは3mm以上10mm以下となるように変形することができる。

40

【0108】

なお、二次電池の断面形状は、単純な円弧状に限定されず、一部が円弧を有する形状にすることができ、例えば図10（C）に示す形状や、波状（図10（D））、S字形状などとすることもできる。二次電池の曲面が複数の曲率中心を有する形状となる場合は、複数の曲率中心それぞれにおける曲率半径の中で、最も曲率半径が小さい曲面において、2枚の外装体の曲率中心に近い方の外装体の最小の曲率半径が例えば、3mm以上30mm以下、より好ましくは3mm以上10mm以下となるように変形することができる。

【0109】

50

< 作製方法 >

セパレータ 507 は袋状に加工し、正極 503 または負極 506 のいずれか一方を包むように配置することが好ましい。例えば、図 11 (A) に示すように、正極 503 を挟むようにセパレータ 507 を 2 つ折りにし、正極 503 と重なる領域よりも外側で封止部 514 により封止することで、正極 503 をセパレータ 507 内に確実に担持することができる。そして、図 11 (B) に示すように、セパレータ 507 に包まれた正極 503 と負極 506 とを交互に積層し、これらを外装体 509 内に配置することで薄型の蓄電池である蓄電装置 500 を形成するとよい。

【0110】

図 12 には、リード電極に集電体を溶接する例を示す。図 12 (A) に示すように、セパレータ 507 に包まれた正極 503 と、負極 506 と、を交互に重ねる。次に、正極 503 が有する正極集電体を正極リード 510 に、負極 506 が有する負極集電体を負極リード 511 に、それぞれ溶接する。正極集電体 501 を正極リード 510 に溶接する例を図 12 (B) に示す。正極集電体 501 は、超音波溶接などを用いて溶接領域 512 で正極リード 510 に溶接される。また、正極集電体 501 は、図 12 (B) に示す湾曲部 513 を有することにより、蓄電装置 500 の作製後に外から力が加えられて生じる応力を緩和することができ、蓄電装置 500 の信頼性を高めることができる。ここで、正極集電体や負極集電体において、溶接を行う領域を、タブ領域と呼ぶ場合がある。

【0111】

図 13 (A) には蓄電装置 500 の作製方法を説明する斜視図を、図 13 (B) には蓄電装置 500 の作製方法を説明する上面図を示す。図 13 (A) に示すように、正極リード 510 が溶接された正極と、負極リード 511 が溶接され、負極に包まれた負極と、を積層した積層体 541 を外装体 509 で包む。図 13 (B) に示すように、外装体 509 は、封止部 509 i、封止部 509 j および封止部 509 k を有する。蓄電装置 500 の作製の際に例えば、封止部 509 k を封止し、その後、封止部 509 i を封止し、封止部 509 j となる領域を封止する前に該領域から電解液を注入し、その後、封止部 509 j を封止すればよい。封止部 509 i 乃至封止部 509 k の 3 つの封止部を合わせて、領域 509 b と呼ぶ。

【0112】

次に、領域 509 b にスリットまたは孔を設ける。スリット等は例えば、刃を用いて外装体 509 の領域 509 b を切断して設ければよい。あるいは、レーザ等により加工を行い、スリット等を設けてもよい。

【0113】

< スリットの一例 >

図 43 および図 44 に蓄電装置 500 の外装体 509 が封止部にスリットを有する例を示す。なお、外装体 509 には凹凸が設けられている (エンボス加工ともいう)。

【0114】

図 43 (A) は蓄電装置 500 を上面から観察した写真、図 43 (B) は図 43 (A) の一部を拡大した写真、図 44 は蓄電装置 500 を横から観察した写真である。上面から見た外装体の横幅は 60 mm、縦長は 75 mm、左右の封止部の幅は 5 mm から 6 mm の間、リード電極の取り出しを行う上辺の封止部の幅は 5 mm から 5.5 mm の間であった。外装体の封止領域に、はさみを用いてスリットを設けた。スリットは、外装体の辺に概略垂直に、約 3 mm の間隔で、端部から約 2 mm の長さで設けた。

【0115】

< 積層の例 >

次に、正極、負極およびセパレータの積層の様々な例を示す。

【0116】

図 14 (A) には、正極 111 及び負極 115 を 6 層ずつ積層する例について示す。正極 111 が有する正極集電体 121 の片面に正極活物質層 122 が設けられている。また、負極 115 が有する負極集電体 125 の片面に負極活物質層 126 が設けられている。

【 0 1 1 7 】

また、図 1 4 (A) に示す構成では、正極 1 1 1 の正極活物質層 1 2 2 を有さない面同士が接し、負極 1 1 5 の負極活物質層 1 2 6 を有さない面同士が接するように、正極 1 1 1 及び負極 1 1 5 が積層される。このような積層順とすることで、正極 1 1 1 の正極活物質層 1 2 2 を有さない面同士、負極 1 1 5 の負極活物質層 1 2 6 を有さない面同士という、金属同士の接触面をつくることができる。金属同士の接触面は、活物質とセパレータとの接触面と比較して摩擦係数を小さくすることができる。

【 0 1 1 8 】

そのため、蓄電装置を湾曲したとき、正極 1 1 1 の正極活物質層 1 2 2 を有さない面同士、負極 1 1 5 の負極活物質層 1 2 6 を有さない面同士が滑ることで、湾曲の内径と外径の差により生じる応力を逃がすことができる。ここで湾曲の内径とは例えば、蓄電装置 5 0 0 を湾曲させる場合に、蓄電装置 5 0 0 の外装体 5 0 9 において、湾曲部の内側に位置する面が有する曲率半径を指す。そのため、蓄電装置 5 0 0 の劣化を抑制することができる。また、信頼性の高い蓄電装置 5 0 0 とすることができる。

10

【 0 1 1 9 】

また、図 1 4 (B) に、図 1 4 (A) と異なる正極 1 1 1 と負極 1 1 5 の積層の例を示す。図 1 4 (B) に示す構成では、正極集電体 1 2 1 の両面に正極活物質層 1 2 2 を設けている点において、図 1 4 (A) に示す構成と異なる。図 1 4 (B) のように正極集電体 1 2 1 の両面に正極活物質層 1 2 2 を設けることで、蓄電装置 5 0 0 の単位体積あたりの容量を大きくすることができる。

20

【 0 1 2 0 】

また、図 1 4 (C) に、図 1 4 (B) と異なる正極 1 1 1 と負極 1 1 5 の積層の例を示す。図 1 4 (C) に示す構成では、負極集電体 1 2 5 の両面に負極活物質層 1 2 6 を設けている点において、図 1 4 (B) に示す構成と異なる。図 1 4 (C) のように負極集電体 1 2 5 の両面に負極活物質層 1 2 6 を設けることで、蓄電装置 5 0 0 の単位体積あたりの容量をさらに大きくすることができる。

【 0 1 2 1 】

また、図 1 4 等 に示す構成では、セパレータ 1 2 3 が正極 1 1 1 を袋状に包む構成であったが、本発明はこれに限られるものではない。ここで、図 1 5 (A) に、図 1 4 (A) と異なる構成のセパレータ 1 2 3 を有する例を示す。図 1 5 (A) に示す構成では、正極活物質層 1 2 2 と負極活物質層 1 2 6 との間にシート状のセパレータ 1 2 3 を 1 枚ずつ設けている点において、図 1 4 (A) に示す構成と異なる。図 1 5 (A) に示す構成では、正極 1 1 1 及び負極 1 1 5 を 6 層ずつ積層しており、セパレータ 1 2 3 を 6 層設けている。

30

【 0 1 2 2 】

また、図 1 5 (B) に図 1 5 (A) とは異なるセパレータ 1 2 3 を設けた例を示す。図 1 5 (B) に示す構成では、1 枚のセパレータ 1 2 3 が正極活物質層 1 2 2 と負極活物質層 1 2 6 の間に挟まれるように複数回折り返されている点において、図 1 5 (A) に示す構成と異なる。また、図 1 5 (B) の構成は、図 1 5 (A) に示す構成の各層のセパレータ 1 2 3 を延長して層間をつなぎあわせた構成ということもできる。図 1 5 (B) に示す構成では、正極 1 1 1 及び負極 1 1 5 を 6 層ずつ積層しており、セパレータ 1 2 3 を例えば 5 回以上折り返せばよい。また、セパレータ 1 2 3 は、正極活物質層 1 2 2 と負極活物質層 1 2 6 の間に挟まれるように設けるだけでなく、延長して複数の正極 1 1 1 と負極 1 1 5 を一まとめに結束するようにしてもよい。

40

【 0 1 2 3 】

また図 1 6 に示すように正極、負極およびセパレータを積層してもよい。図 1 6 (A) は第 1 の電極組立体 1 3 0、図 1 6 (B) は第 2 の電極組立体 1 3 1 の断面図である。図 1 6 (C) は、図 1 (A) 等の上面図に示す一点破線 A 1 - A 2 における断面図である。なお、図 1 6 (C) では図を明瞭にするため、第 1 の電極組立体 1 3 0、第 2 の電極組立体 1 3 1 およびセパレータ 1 2 3 を抜粋して示す。

50

【 0 1 2 4 】

図 1 6 (C) に示すように、蓄電装置 5 0 0 は、複数の第 1 の電極組立体 1 3 0 および複数の第 2 の電極組立体 1 3 1 を有する。

【 0 1 2 5 】

図 1 6 (A) に示すように、第 1 の電極組立体 1 3 0 では、正極集電体 1 2 1 の両面に正極活物質層 1 2 2 を有する正極 1 1 1 a、セパレータ 1 2 3、負極集電体 1 2 5 の両面に負極活物質層 1 2 6 を有する負極 1 1 5 a、セパレータ 1 2 3、正極集電体 1 2 1 の両面に正極活物質層 1 2 2 を有する正極 1 1 1 a がこの順に積層されている。また図 1 6 (B) に示すように、第 2 の電極組立体 1 3 1 では、負極集電体 1 2 5 の両面に負極活物質層 1 2 6 を有する負極 1 1 5 a、セパレータ 1 2 3、正極集電体 1 2 1 の両面に正極活物質層 1 2 2 を有する正極 1 1 1 a、セパレータ 1 2 3、負極集電体 1 2 5 の両面に負極活物質層 1 2 6 を有する負極 1 1 5 a がこの順に積層されている。

10

【 0 1 2 6 】

さらに図 1 6 (C) に示すように、複数の第 1 の電極組立体 1 3 0 および複数の第 2 の電極組立体 1 3 1 は、捲回したセパレータ 1 2 3 によって覆われている。

【 0 1 2 7 】

< 外装体の凹凸 >

ここで、外装体は凹凸を有してもよい。例えば、フィルムに凸部を設ければよい。フィルムに凸部を設ける例として、フィルムにエンボス加工を施す、フィルムを蛇腹状とする、等が挙げられる。

20

【 0 1 2 8 】

金属フィルムは、エンボス加工を行いやすい。また、エンボス加工を行って凸部を形成すると外気に触れる外装体の表面積、例えば上面からみた面積に対する表面積の比が増大するため、放熱効果に優れている。エンボス加工によりフィルム表面（または裏面）に形成された凸部は、フィルムを封止構造の壁の一部とする空間の容積が可変な閉塞空間を形成する。この閉塞空間は、フィルムの凸部が蛇腹構造となって形成されるとも言える。また、プレス加工の一種であるエンボス加工に限らず、フィルムの一部に浮き彫り（レリーフ）が形成できる手法であればよい。

【 0 1 2 9 】

次に、凸部の断面形状について、図 1 7 および図 1 8 を用いて説明する。

30

【 0 1 3 0 】

図 1 7 に示すように、フィルム 1 0 において、第 1 の方向に頂部を有する凸部 1 0 a と、第 2 の方向に頂部を有する凸部 1 0 b が交互に配列されている。なお、ここでは、第 1 の方向は、一方の面側であり、第 2 の方向は、他方の面側である。ここで第 1 の方向の頂部とは、第 1 の方向を正の方向とした場合の極大点を指す場合がある。同様に、第 2 の方向の頂部とは、第 2 の方向を正の方向とした場合の極大点を指す場合がある。

【 0 1 3 1 】

凸部 1 0 a 及び凸部 1 0 b の断面形状は、中空半円状、中空半楕円状、中空多角形状、または中空不定形とすることができる。なお、中空多角形状の場合は、六角形より多い角を有することで、角における応力の集中を低減することが可能であり、好ましい。

40

【 0 1 3 2 】

図 1 7 には、凸部 1 0 a の深さ 3 5 1、凸部 1 0 a のピッチ 3 5 2、凸部 1 0 b の深さ 3 5 3、凸部 1 0 a と凸部 1 0 b の距離 3 5 4、フィルム 1 0 のフィルム厚さ 3 5 5、凸部 1 0 a の底部厚さ 3 5 6 を示す。また、ここで高さ 3 5 7 は、フィルムの表面の最大高さと最小高さの差である。

【 0 1 3 3 】

次に、凸部 1 0 a を有するフィルム 1 0 の様々な例を図 1 8 (A) 乃至 (F) に示す。

【 0 1 3 4 】

また、凸部 1 0 a および凸部 1 0 b を有するフィルム 1 0 の様々な例を図 1 9 (A) 乃至 (D) に示す。

50

【 0 1 3 5 】

次に、凸部の上面形状について、図 2 0 乃至図 2 3 を用いて説明する。

【 0 1 3 6 】

図 2 0 (A) に示すフィルムは、一方の面側に頂部を有する凸部 1 0 a が、規則的に配列されている。ここでは、凸部 1 0 a が並ぶ方向を示す破線 e 1 はフィルムの辺に対して斜めである。

【 0 1 3 7 】

図 2 0 (B) に示すフィルムは、一方の面側に頂部を有する凸部 1 0 a が、規則的に配列されている。ここでは、凸部 1 0 a が並ぶ方向を示す破線 e 1 はフィルムの長辺に対して平行である。

10

【 0 1 3 8 】

図 2 1 (A) に示すフィルムは、一方の面側に頂部を有する凸部 1 0 a と、他方の面側に頂部を有する凸部 1 0 b が、規則的に配列されている。ここでは、凸部 1 0 a が並ぶ方向を示す破線 e 1 と、凸部 1 0 b が並ぶ方向を示す破線 e 2 がフィルムの辺に対して斜めであり、且つ破線 e 1 及び破線 e 2 は交差している。

【 0 1 3 9 】

図 2 1 (B) に示すフィルムは、一方の面側に頂部を有する凸部 1 0 a と、他方の面側に頂部を有する凸部 1 0 b が、規則的に配列されている。ここでは、凸部 1 0 a が並ぶ方向を示す破線 e 1 と、凸部 1 0 b が並ぶ方向を示す破線 e 2 が、フィルムの長辺に対して平行である。

20

【 0 1 4 0 】

図 2 1 (C) に示すフィルムは、一方の面側に頂部を有する凸部 1 0 a と、他方の面側に頂部を有する凸部 1 0 b が、規則的に配列されている。ここでは、凸部 1 0 a が並ぶ方向を示す破線 e 1 と、凸部 1 0 b が並ぶ方向を示す破線 e 2 が、フィルムの短辺に対して平行である。

【 0 1 4 1 】

図 2 1 (D) に示すフィルムは、一方の面側に頂部を有する凸部 1 0 a と、他方の面側に頂部を有する凸部 1 0 b が、不規則に配列されている。

【 0 1 4 2 】

なお、図 2 0 および図 2 1 に示す凸部それぞれの上面形状は、円形であるが、円形でなくてもよい。例えば多角形、不定形であってもよい。

30

【 0 1 4 3 】

また、図 2 1 に示すフィルムのように、一方の面側に頂部を有する凸部 1 0 a と、他方の面側に頂部を有する凸部 1 0 b、それぞれの上面形状が、同じでもよい。または、図 2 2 (A) に示すように、一方の面側に頂部を有する凸部 1 0 a と、他方の面側に頂部を有する凸部 1 0 b の上面形状が、互いに異なってもよい。

【 0 1 4 4 】

図 2 2 (A) に示すフィルムにおいて、凸部 1 0 a の上面形状は、線状であり、凸部 1 0 b の上面形状は、円状である。なお、凸部 1 0 a の上面形状は、直線状、曲線状、波状、ジグザグ状、不定形であってもよい。また、凸部 1 0 b の上面形状は、多角形、不定形であってもよい。

40

【 0 1 4 5 】

または、図 2 2 (B) に示すように、凸部 1 0 a、1 0 b の上面形状が、十字状であってもよい。

【 0 1 4 6 】

図 2 0 乃至図 2 2 に示すような上面形状を有することで、少なくとも二方向の曲げへの応力を緩和することができる。

【 0 1 4 7 】

また、図 2 3 は、凸部の上面形状が線状の例を示す。なお、図 2 3 に示す形状を蛇腹構造と呼ぶ場合がある。図 2 3 (A) 乃至 (D) に示す破線 e 3 に沿った断面として、図 1

50

7乃至図19を適用することができる。

【0148】

図23(A)に示すフィルムは、一方の面側に頂部を有する、線状の凸部10aが、配列されている。ここでは、線状の凸部10aの方向を示す破線e1がフィルムの辺に対して平行である。また、図23(B)に示すフィルムは、一方の面側に頂部を有する線状の凸部10aと、他方の面側に頂部を有する線状の凸部10bが、交互に配列されている。ここでは、線状の凸部10aの方向を示す破線e1と、線状の凸部10bの方向を示す破線e2がフィルムの辺に対して平行である。

【0149】

図23(C)に示すフィルムは、一方の面側に頂部を有する、線状の凸部10aが、配列されている。ここでは、線状の凸部10aの方向を示す破線e1がフィルムの辺に対して斜めである。また、図23(D)に示すフィルムは、一方の面側に頂部を有する線状の凸部10aと、他方の面側に頂部を有する線状の凸部10bが、交互に配列されている。ここでは、線状の凸部10aの方向を示す破線e1と、線状の凸部10bの方向を示す破線e2がフィルムの辺に対して斜めである。

【0150】

本発明の一態様の外装体は、複数の凸部を有し、該凸部の深さは好ましくは1mm以下、より好ましくは0.15mm以上0.8mm未満、さらに好ましくは0.3mm以上0.7mm以下である。

【0151】

また、面積あたりの凸部の密度は例えば0.02個/mm²以上2個/mm²以下が好ましく、0.05個/mm²以上1個/mm²以下がより好ましく、0.1個/mm²以上0.5個/mm²以下がさらに好ましい。

【0152】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることで実施することが可能である。

【0153】

(実施の形態2)

本実施の形態では、本発明の一態様の電子機器について、図24乃至図28を用いて説明する。

【0154】

<スマートウォッチの構成例>

図24(A)に、腕時計型の携帯情報端末(スマートウォッチとも呼ぶ)700の斜視図を示す。携帯情報端末700は、筐体701、表示パネル702、留め金703、バンド705A、705B、操作ボタン711、712を有する。

【0155】

ベゼル部を兼ねる筐体701に搭載された表示パネル702は、矩形状の表示領域を有している。また、該表示領域は曲面を構成している。表示パネル702は可撓性を有することが好ましい。なお、表示領域は非矩形状であってもよい。

【0156】

バンド705Aおよびバンド705Bは、筐体701と接続される。留め金703は、バンド705Aと接続される。バンド705Aと筐体701とは、例えばピンを介して接続部が回転できるように接続される。バンド705Bと筐体701、ならびにバンド705Aと留め金703の接続についても同様である。

【0157】

図24(B)、図24(C)にそれぞれ、バンド705Aおよび蓄電装置750の斜視図を示す。バンド705Aは蓄電装置750を有する。蓄電装置750には、例えば実施の形態1で説明した蓄電装置500を用いることができる。蓄電装置750はバンド705Aの内部に埋め込まれ、正極リード751および負極リード752はそれぞれ一部がバンド705Aから突出している(図24(B)参照)。正極リード751および負極リード752は、表示パネル702と電氣的に接続される。また蓄電装置750の表面は外装

10

20

30

40

50

体 7 5 3 で覆われている (図 2 4 (C) 参照) 。なお、上記のピンが電極の機能を有していてもよい。具体的には、正極リード 7 5 1 および表示パネル 7 0 2 、ならびに負極リード 7 5 2 および表示パネル 7 0 2 が、それぞれバンド 7 0 5 A と筐体 7 0 1 とを接続するピンを介して電氣的に接続されていてもよい。このようにすることで、バンド 7 0 5 A および筐体 7 0 1 の接続部における構成を簡略化できる。

【 0 1 5 8 】

蓄電装置 7 5 0 は可撓性を有する。

【 0 1 5 9 】

バンド 7 0 5 A は、蓄電装置 7 5 0 と一体形成することで作製できる。例えば、バンド 7 0 5 A の外形に対応する金型に蓄電装置 7 5 0 をセットし、バンド 7 0 5 A の材料を該金型に流し込み、該材料を硬化させることで図 2 4 (B) に示すバンド 7 0 5 A を作製できる。

10

【 0 1 6 0 】

バンド 7 0 5 A の材料としてゴム材料を用いる場合、加熱処理によってゴムを硬化させる。例えばゴム材料としてフッ素ゴムを用いる場合、1 7 0 、1 0 分の加熱処理によって硬化させる。また、ゴム材料としてシリコンゴムを用いる場合、1 5 0 、1 0 分の加熱処理によって硬化させる。本発明の一態様の蓄電装置は耐熱性が高いため、ゴム材料との一体形成に伴う加熱処理における破壊や充放電特性の劣化を抑制できる。

【 0 1 6 1 】

バンド 7 0 5 A に用いる材料としては、フッ素ゴム、シリコンゴムのほか、フロロシリコンゴム、ウレタンゴムが挙げられる。

20

【 0 1 6 2 】

なお、エージングを含む蓄電装置 7 5 0 への通電は、上記のバンド 7 0 5 A との一体形成後に行うことが好ましい。換言すると、実施の形態 1 で説明した蓄電装置 5 0 0 は、蓄電装置 5 0 0 の通電前に、加熱処理を行うことが好ましい。該加熱処理は、1 5 0 以上 1 9 0 以下において、上記ゴム材料に対する適切な加硫時間、たとえば 1 7 0 において 1 0 分行うことが好ましい。このようにすることで、加熱処理による蓄電装置 5 0 0 の充放電特性の劣化を抑制できる。

【 0 1 6 3 】

なお、図 2 4 (A) に示す携帯情報端末 7 0 0 は、様々な機能を有することができる。例えば、様々な情報 (静止画、動画、テキスト画像など) を表示領域に表示する機能、タッチパネル機能、カレンダー、日付又は時刻などを表示する機能、様々なソフトウェア (プログラム) によって処理を制御する機能、無線通信機能、無線通信機能を用いて様々なコンピュータネットワークに接続する機能、無線通信機能を用いて様々なデータの送信又は受信を行う機能、記録媒体に記録されているプログラム又はデータを読み出して表示領域に表示する機能、等を有することができる。

30

【 0 1 6 4 】

また、筐体 7 0 1 の内部に、スピーカ、センサ (力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい又は赤外線を測定する機能を含むもの) 、マイクロフォン等を有することができる。なお、携帯情報端末 7 0 0 は、発光素子をその表示パネル 7 0 2 に用いることにより作製することができる。

40

【 0 1 6 5 】

なお、図 2 4 では蓄電装置 7 5 0 がバンド 7 0 5 A に含まれる例を示したが、蓄電装置 7 5 0 がバンド 7 0 5 B に含まれていてもよい。バンド 7 0 5 B としてはバンド 7 0 5 A と同様の材料を用いることができる。

【 0 1 6 6 】

バンド 7 0 5 A に用いるゴム材料は、耐薬品性が高いことが好ましい。具体的には、蓄電装置 7 5 0 に含まれる電解液に対する反応性が低いことが好ましい。

【 0 1 6 7 】

50

ここで、バンド 705A が耐薬品性に優れていても、バンド 705A に亀裂や剥落が生じた場合、蓄電装置 750 から漏れた電解液に携帯情報端末 700 の使用者が触れてしまう可能性がある。携帯情報端末 700 が電解液の漏れを検出する機能を有していると、電解液の漏れを検出した時点で使用者が携帯情報端末 700 の操作を止め、取り外すことができる。よって、安全性の高い携帯情報端末 700 とすることができる。

【0168】

<蓄電装置の構成例>

次に、可撓性を有する蓄電装置について、図 25 乃至図 29 を用いて説明する。本発明の一態様の蓄電装置は、湾曲した形状であってもよい。また、本発明の一態様の蓄電装置は、可撓性を有し、湾曲した状態と湾曲していない状態の双方の状態において使用できてもよい。

10

【0169】

図 25 (A) に二次電池 200 の斜視図を示し、図 25 (B) に二次電池 200 の上面図を示す。

【0170】

図 26 (A) に、図 25 (B) における一点鎖線 C1 - C2 間の断面図を示し、図 26 (B) に、図 25 (B) における一点鎖線 C3 - C4 間の断面図を示す。なお、図 26 (A)、(B) では図を明瞭にするため、一部の構成要素を抜粋して示す。

【0171】

二次電池 200 は、正極 211、負極 215、及びセパレータ 203 を有する。二次電池 200 は、さらに、正極リード 221、負極リード 225、及び外装体 207 を有する。

20

【0172】

正極 211 及び負極 215 は、それぞれ、集電体及び活物質層を有する。正極 211 及び負極 215 は、セパレータ 203 を介して、活物質層が互いに対向するように配置されている。

【0173】

二次電池 200 が有する電極（正極 211 及び負極 215）は、湾曲の内径側に位置するものより、外径側に位置するものの方が、湾曲の軸方向について長いことが好ましい。このような構成とすることで、二次電池 200 をある曲率で湾曲させた際、正極 211 及び負極 215 の端部を揃えることができる。すなわち、正極 211 が有する正極活物質層のすべての領域を、負極 215 の有する負極活物質層と対向して配置することができる。そのため正極 211 が有する正極活物質を無駄なく電池反応に寄与させることができる。そのため、二次電池 200 の体積当たりの容量を大きくすることができる。この構成は、二次電池 200 を使用する際に二次電池 200 の曲率が固定される場合に特に有効である。

30

【0174】

正極リード 221 は、複数の正極 211 と電氣的に接続されている。負極リード 225 は、複数の負極 215 と電氣的に接続されている。正極リード 221 及び負極リード 225 は、それぞれ封止層 220 を有する。

40

【0175】

外装体 207 は、複数の正極 211、複数の負極 215、及び複数のセパレータ 203 を覆う。二次電池 200 は、外装体 207 で覆われた領域に電解液（図示しない）を有する。二次電池 200 は、外装体 207 の 3 辺を接着することで封止されている。

【0176】

図 26 (A)、(B) では、短冊状のセパレータ 203 を複数用い、正極 211 と負極 215 の間にそれぞれ 1 つずつセパレータ 203 を配置する例を示したが、本発明の一態様はこれに限られない。1 枚のシート状のセパレータをつづら折りにする（蛇腹型にする、ともいえる）、又は捲回することで、正極と負極の間にセパレータが位置するようにしてもよい。

50

【 0 1 7 7 】

例えば、図 2 8 (A) 乃至 (D) に二次電池 2 0 0 の作製方法を示す。この作製方法を用いる場合の図 2 5 (B) における一点鎖線 C 1 - C 2 間の断面図を、図 2 7 に示す。

【 0 1 7 8 】

まず、セパレータ 2 0 3 上に、負極 2 1 5 を配置する (図 2 8 (A))。このとき、負極 2 1 5 が有する負極活物質層が、セパレータ 2 0 3 と重畳するように配置する。

【 0 1 7 9 】

次に、セパレータ 2 0 3 を折り曲げ、負極 2 1 5 の上にセパレータ 2 0 3 を重ねる。次に、セパレータ 2 0 3 の上に、正極 2 1 1 を重ねる (図 2 8 (B))。このとき、正極 2 1 1 が有する正極活物質層が、セパレータ 2 0 3 及び負極活物質層と重畳するように配置する。なお、集電体の片面に活物質層が形成されている電極を用いる場合は、正極 2 1 1 の正極活物質層と、負極 2 1 5 の負極活物質層がセパレータ 2 0 3 を介して対向するように配置する。

10

【 0 1 8 0 】

セパレータ 2 0 3 にポリプロピレン等の熱溶着が可能な材料を用いている場合は、セパレータ 2 0 3 同士が重畳している領域を熱溶着してから次の電極を重ねることで、作製工程中に電極がずれることを抑制できる。具体的には、負極 2 1 5 又は正極 2 1 1 と重畳しておらず、セパレータ 2 0 3 同士が重畳している領域、たとえば図 2 8 (B) の領域 2 0 3 a で示す領域を熱溶着することが好ましい。

【 0 1 8 1 】

20

この工程を繰り返すことで、図 2 8 (C) に示すように、セパレータ 2 0 3 を挟んで正極 2 1 1 及び負極 2 1 5 を積み重ねることができる。

【 0 1 8 2 】

なお、あらかじめ繰り返し折り曲げたセパレータ 2 0 3 に、複数の負極 2 1 5 及び複数の正極 2 1 1 を交互に挟むように配置してもよい。

【 0 1 8 3 】

次に、図 2 8 (C) に示すように、セパレータ 2 0 3 で複数の正極 2 1 1 及び複数の負極 2 1 5 を覆う。

【 0 1 8 4 】

さらに、図 2 8 (D) に示すように、セパレータ 2 0 3 同士が重畳している領域、例えば図 2 8 (D) に示す領域 2 0 3 b を熱溶着することで、複数の正極 2 1 1 と複数の負極 2 1 5 を、セパレータ 2 0 3 によって覆い、結束する。

30

【 0 1 8 5 】

なお、複数の正極 2 1 1、複数の負極 2 1 5 及びセパレータ 2 0 3 を、結束材を用いて結束してもよい。

【 0 1 8 6 】

このような工程で正極 2 1 1 及び負極 2 1 5 を積み重ねるため、セパレータ 2 0 3 は、1 枚のセパレータ 2 0 3 の中で、複数の正極 2 1 1 と複数の負極 2 1 5 に挟まれている領域と、複数の正極 2 1 1 と複数の負極 2 1 5 を覆うように配置されている領域とを有する。

40

【 0 1 8 7 】

換言すれば、図 2 7、図 2 8 (D) に示す二次電池 2 0 0 が有するセパレータ 2 0 3 は、一部が折りたたまれた 1 枚のセパレータである。セパレータ 2 0 3 の折りたたまれた領域に、複数の正極 2 1 1 と、複数の負極 2 1 5 が挟まれている。

【 0 1 8 8 】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることで実施することが可能である。

【 0 1 8 9 】

(実施の形態 3)

本実施の形態では、本発明の一態様の蓄電装置が有する正極および負極について説明する。

50

【0190】

本発明の一態様の正極は、正極活物質を有することが好ましい。また、本発明の一態様の正極は、結着剤を有してもよい。また、本発明の一態様の正極は、導電助剤を有してもよい。

【0191】

本発明の一態様の負極は、負極活物質を有することが好ましい。また、本発明の一態様の負極は、結着剤を有してもよい。また、本発明の一態様の負極は、導電助剤を有してもよい。

【0192】

<負極活物質>

負極活物質として、例えば炭素系材料や合金系材料等を用いることができる。

【0193】

炭素系材料としては、黒鉛、易黒鉛化性炭素（ソフトカーボン）、難黒鉛化性炭素（ハードカーボン）、カーボンナノチューブ、グラフェン、カーボンブラック等を用いればよい。

【0194】

黒鉛としては、人造黒鉛や、天然黒鉛等が挙げられる。人造黒鉛としては例えば、メソカーボンマイクロビーズ（MCMB）、コークス系人造黒鉛、ピッチ系人造黒鉛等が挙げられる。ここで人造黒鉛として、球状の形状を有する球状黒鉛を用いることができる。例えば、MCMBは球状の形状を有する場合があり、好ましい。また、MCMBはその表面積を小さくすることが比較的容易であり、好ましい場合がある。天然黒鉛としては例えば、鱗片状黒鉛、球状化天然黒鉛等が挙げられる。

【0195】

黒鉛はリチウムイオンが黒鉛に挿入されたとき（リチウム - 黒鉛層間化合物の生成時）にリチウム金属と同程度に低い電位を示す（ 0.1 V 以上 0.3 V 以下 vs. Li/Li^+ ）。これにより、リチウムイオン二次電池は高い作動電圧を示すことができる。さらに、黒鉛は、単位体積当たりの容量が比較的高い、体積膨張が比較的小さい、安価である、リチウム金属に比べて安全性が高い等の利点を有するため、好ましい。

【0196】

負極活物質として、リチウムとの合金化・脱合金化反応により充放電反応を行うことが可能な元素を用いることができる。例えば、シリコン、スズ、ガリウム、アルミニウム、ゲルマニウム、鉛、アンチモン、ビスマス、銀、亜鉛、カドミウム、インジウム等のうち少なくとも一つを含む材料を用いることができる。このような元素は炭素と比べて容量が大きく、特にシリコンは理論容量が 4200 mAh/g と高い。このため、負極活物質にシリコンを用いることが好ましい。また、これらの元素を有する化合物を用いてもよい。例えば、 SiO 、 Mg_2Si 、 Mg_2Ge 、 SnO 、 SnO_2 、 Mg_2Sn 、 SnS_2 、 V_2Sn_3 、 FeSn_2 、 CoSn_2 、 Ni_3Sn_2 、 Cu_6Sn_5 、 Ag_3Sn 、 Ag_3Sb 、 Ni_2MnSb 、 CeSb_3 、 LaSn_3 、 $\text{La}_3\text{Co}_2\text{Sn}_7$ 、 CoSb_3 、 InSb 、 SbSn 等がある。ここで、リチウムとの合金化・脱合金化反応により充放電反応を行うことが可能な元素、および該元素を有する化合物等を合金系材料と呼ぶ場合がある。

【0197】

また本明細書等において、 SiO は例えば一酸化シリコンを指す。あるいは SiO は、 SiO_x と表すこともできる。ここで x は1近傍の値を有することが好ましい。例えば x は、 0.2 以上 1.5 以下が好ましく、 0.3 以上 1.2 以下が好ましい。

【0198】

また、本発明の一態様の負極活物質は、シリコンと、リチウムと、酸素と、を有してもよい。例えば、シリコンと、該シリコンの外側に位置するリチウムシリコン酸化物と、を有してもよい。

【0199】

また、負極活物質として、二酸化チタン (TiO_2)、リチウムチタン酸化物 ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$)、リチウム - 黒鉛層間化合物 (Li_xC_6)、五酸化ニオブ (Nb_2O_5)、酸化タングステン (WO_2)、酸化モリブデン (MoO_2) 等の酸化物を用いることができる。

【0200】

また、負極活物質として、リチウムと遷移金属の複窒化物である、 Li_3N 型構造をもつ $\text{Li}_{3-x}\text{M}_x\text{N}$ ($\text{M} = \text{Co}, \text{Ni}, \text{Cu}$) を用いることができる。例えば、 $\text{Li}_{2.6}\text{Co}_{0.4}\text{N}_3$ は大きな充放電容量 (900mAh/g 、 1890mAh/cm^3) を示し好ましい。

【0201】

リチウムと遷移金属の複窒化物を用いると、負極活物質中にリチウムイオンを含むため、正極活物質としてリチウムイオンを含まない V_2O_5 、 Cr_3O_8 等の材料と組み合わせることができ好ましい。なお、正極活物質にリチウムイオンを含む材料を用いる場合でも、あらかじめ正極活物質に含まれるリチウムイオンを脱離させることで、負極活物質としてリチウムと遷移金属の複窒化物を用いることができる。

【0202】

また、コンバージョン反応が生じる材料を負極活物質として用いることもできる。例えば、酸化コバルト (CoO)、酸化ニッケル (NiO)、酸化鉄 (FeO) 等の、リチウムとの合金を作らない遷移金属酸化物を負極活物質に用いてもよい。コンバージョン反応が生じる材料としては、さらに、 Fe_2O_3 、 CuO 、 Cu_2O 、 RuO_2 、 Cr_2O_3 等の酸化物、 $\text{CoS}_{0.89}$ 、 NiS 、 CuS 等の硫化物、 Zn_3N_2 、 Cu_3N 、 Ge_3N_4 等の窒化物、 NiP_2 、 FeP_2 、 CoP_3 等のリン化物、 FeF_3 、 BiF_3 等のフッ化物もある。

【0203】

負極活物質は、反応電位が低いほど、蓄電装置の電圧を高めることができるため好ましい。一方、電位が低い場合には、電解液を還元する力も強まるため、例えば電解液に用いる有機溶媒等は還元分解される恐れがある。電解液が電気分解されない電位の幅を電位窓 (potential window) という。本来、負極は、その電極電位が電解液の電位窓内にある必要があるが、例えばリチウムイオン二次電池やリチウムイオンキャパシタの負極に用いる活物質の多くは、その電位はほぼ全ての電解液の電位窓を越えている。特に黒鉛や、シリコンなどの反応電位が低い材料では、蓄電装置の電圧を高くできる利点がある一方で、電解液の還元分解がよりしやすい問題がある。

【0204】

< 正極活物質 >

正極活物質として例えば、オリビン型の結晶構造、層状岩塩型の結晶構造、またはスピネル型の結晶構造を有する複合酸化物等を用いることができる。

【0205】

正極活物質として、 LiFeO_2 、 LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 LiMn_2O_4 、 V_2O_5 、 Cr_2O_5 、 MnO_2 等の化合物を用いることができる。特に、 LiCoO_2 は、容量が大きいこと、 LiNiO_2 に比べて大気中で安定であること、 LiNiO_2 に比べて熱的に安定であること等の利点があるため、好ましい。また、 LiMn_2O_4 等のマンガンを含むスピネル型の結晶構造を有するリチウム含有材料に、少量のニッケル酸リチウム (LiNiO_2 や $\text{LiNi}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_2$ ($\text{M} = \text{Co}, \text{Al}$ 等)) を混合すると、これを用いた二次電池の特性を向上させることができ好ましい。

【0206】

正極活物質は例えば、一次粒子の平均粒子径が、 5nm 以上 $50\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 100nm 以上 500nm 以下であることがより好ましい。また比表面積が $5\text{m}^2/\text{g}$ 以上 $15\text{m}^2/\text{g}$ 以下であることが好ましい。また、二次粒子の平均粒子径は、 $5\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。なお平均粒子径は、SEM (走査型電子顕微鏡) またはTEMによる観察、またはレーザ回折・散乱法を用いた粒度分布計等によ

10

20

30

40

50

って測定することができる。また比表面積は、ガス吸着法により測定することができる。

【0207】

また、正極活物質として、組成式 $\text{Li}_a\text{Mn}_b\text{M}_c\text{O}_d$ で表すことができるリチウムマンガ複合酸化物を用いることができる。ここで、元素Mは、リチウム、マンガン以外から選ばれた金属元素、またはシリコン、リンを用いることが好ましく、ニッケルであることがさらに好ましい。また、リチウムマンガ複合酸化物の粒子全体を測定する場合、放電時に $0 < a / (b + c) < 2$ 、かつ $c > 0$ 、かつ $0.26 < (b + c) / d < 0.5$ を満たすことが好ましい。なお、高容量を発現させるために、表層部と中心部で、結晶構造、結晶方位または酸素含有量が異なる領域を有するリチウムマンガ複合酸化物とすることが好ましい。このようなリチウムマンガ複合酸化物とするためには例えば、 1.6 10

$a = 1.848$ 、 $0.19 < c / b < 0.935$ 、 $2.5 < d < 3$ とすることが好ましい。さらに、 $\text{Li}_{1.68}\text{Mn}_{0.8062}\text{Ni}_{0.318}\text{O}_3$ の組成式であらわされるリチウムマンガ複合酸化物を用いることが特に好ましい。本明細書等において、 $\text{Li}_{1.68}\text{Mn}_{0.8062}\text{Ni}_{0.318}\text{O}_3$ の組成式であらわされるリチウムマンガ複合酸化物とは、原料材料の量の割合（モル比）を、 $\text{Li}_2\text{CO}_3 : \text{MnCO}_3 : \text{NiO} = 0.84 : 0.8062 : 0.318$ とすることにより形成したリチウムマンガ複合酸化物をいう。そのため該リチウムマンガ複合酸化物は、組成式 $\text{Li}_{1.68}\text{Mn}_{0.8062}\text{Ni}_{0.318}\text{O}_3$ で表されるが、この組成からずれることもある。

【0208】

なお、リチウムマンガ複合酸化物の粒子全体の金属、シリコン、リン等の組成は、例えばICP-MS（誘導結合プラズマ質量分析計）を用いて測定することができる。またリチウムマンガ複合酸化物の粒子全体の酸素の組成は、例えばEDX（エネルギー分散型X線分析法）を用いて測定することが可能である。また、ICP-MS分析と併用して、融解ガス分析、XAFS（X線吸収微細構造）分析の価数評価を用いることで求めることができる。なお、リチウムマンガ複合酸化物とは、少なくともリチウムとマンガンを20

含む酸化物をいい、クロム、コバルト、アルミニウム、ニッケル、鉄、マグネシウム、モリブデン、亜鉛、インジウム、ガリウム、銅、チタン、ニオブ、シリコン、およびリンなどからなる群から選ばれる少なくとも一種の元素を含んでいてもよい。

【0209】

結晶構造、結晶方位または酸素含有量が異なる領域を有するリチウムマンガ複合酸化物の粒子の断面図の例を図29に示す。30

【0210】

図29（A）に示すように、結晶構造、結晶方位または酸素含有量が異なる領域を有するリチウムマンガ複合酸化物は、領域331と、領域332と、領域333を有することが好ましい。領域332は、領域331の外側の少なくとも一部に接する。ここで、外側とは、粒子の表面により近いことを示す。また、領域333は、リチウムマンガ複合酸化物を有する粒子の、表面と一致する領域を有することが好ましい。

【0211】

また、図29（B）に示すように、領域331は、領域332に覆われない領域を有してもよい。また、領域332は、領域333に覆われない領域を有してもよい。また、例えば領域331に領域333が接する領域を有してもよい。また、領域331は、領域332および領域333のいずれにも覆われない領域を有してもよい。40

【0212】

領域332は、領域331と異なる組成を有することが好ましい。

【0213】

例えば、領域331と領域332の組成を分けて測定し、領域331がリチウム、マンガ、元素Mおよび酸素を有し、領域332がリチウム、マンガ、元素Mおよび酸素を有し、領域331のリチウム、マンガ、元素M、および酸素の原子数比は $a_1 : b_1 : c_1 : d_1$ で表され、領域332のリチウム、マンガ、元素M、および酸素の原子数比は $a_2 : b_2 : c_2 : d_2$ で表される場合について説明する。なお、領域331と領域350

3 2 のそれぞれの組成は、例えば T E M (透過型電子顕微鏡) を用いた E D X (エネルギー分散型 X 線分析法) で測定することができる。E D X を用いた測定では、リチウムの組成の測定が困難な場合がある。そのため、以下では、領域 3 3 1 と領域 3 3 2 の組成の違いは、リチウム以外の元素について述べる。ここで、 $d 1 / (b 1 + c 1)$ は 2 . 2 以上が好ましく、2 . 3 以上であることがより好ましく、2 . 3 5 以上 3 以下であることがさらに好ましい。また、 $d 2 / (b 2 + c 2)$ は 2 . 2 未満であることが好ましく、2 . 1 未満であることがより好ましく、1 . 1 以上 1 . 9 以下であることがさらに好ましい。またこの場合でも、領域 3 3 1 と領域 3 3 2 を含むリチウムマンガン複合酸化物粒子全体の組成は、前述の $0 . 2 6 (b + c) / d < 0 . 5$ を満たすことが好ましい。

【 0 2 1 4 】

10

また、領域 3 3 2 が有するマンガンは、領域 3 3 1 が有するマンガンと異なる価数を有してもよい。また、領域 3 3 2 が有する元素 M は、領域 3 3 1 が有する元素 M と異なる価数を有してもよい。

【 0 2 1 5 】

より具体的には、領域 3 3 1 は、層状岩塩型の結晶構造を有するリチウムマンガン複合酸化物であることが好ましい。また領域 3 3 2 は、スピネル型の結晶構造を有するリチウムマンガン複合酸化物であることが好ましい。

【 0 2 1 6 】

ここで、各領域の組成や、元素の価数に空間的な分布がある場合には、例えば複数の箇所についてその組成や価数を評価し、その平均値を算出し、該領域の組成や価数としてもよい。

20

【 0 2 1 7 】

また、領域 3 3 2 と領域 3 3 1 との間に、遷移層を有してもよい。ここで遷移層とは、例えば組成が連続的、あるいは段階的に変化する領域である。または、遷移層とは、結晶構造が連続的、あるいは段階的に変化する領域である。または、遷移層とは、結晶の格子定数が連続的、あるいは段階的に変化する領域である。または領域 3 3 2 と領域 3 3 1 との間に、混合層を有してもよい。ここで混合層とは、例えば異なる結晶方位を有する 2 以上の結晶が混合する場合を指す。あるいは、混合層とは、例えば異なる結晶構造を有する 2 以上の結晶が混合する場合を指す。あるいは、混合層とは、例えば異なる組成を有する 2 以上の結晶が混合する場合を指す。

30

【 0 2 1 8 】

領域 3 3 3 には、炭素または金属化合物を用いることができる。ここで、金属としては例えばコバルト、アルミニウム、ニッケル、鉄、マンガン、チタン、亜鉛、リチウム等が挙げられる。金属化合物の一例として、これらの金属の酸化物や、フッ化物などが挙げられる。

【 0 2 1 9 】

領域 3 3 3 は、上記の中でも、炭素を有することが特に好ましい。炭素は導電性が高いため、炭素で被覆された粒子を蓄電装置の電極に用いることにより、例えば電極の抵抗を低くすることができる。また、領域 3 3 3 はグラフェン化合物を有することが好ましい。領域 3 3 3 にグラフェン化合物を用いることにより、リチウムマンガン複合酸化物の粒子を効率よく被覆することができる。グラフェン化合物については後述する。また、領域 3 3 3 はより具体的には例えば、グラフェンを有してもよく、酸化グラフェンを有してもよい。また、グラフェンとして、酸化グラフェンを還元して得られるグラフェンを用いることが好ましい。グラフェンは、高い導電性を有するという優れた電気特性と、高い柔軟性および高い機械的強度を有するという優れた物理特性と、を有する。領域 3 3 3 に酸化グラフェンを用い、還元を行うことで、領域 3 3 3 と接する領域 3 3 2 が酸化される場合がある。

40

【 0 2 2 0 】

領域 3 3 3 が、グラフェン化合物を有することで、リチウムマンガン複合酸化物を正極材料に用いた二次電池の、サイクル特性を向上させることができる。

50

【0221】

炭素を含む層の膜厚は、0.4 nm以上40 nm以下とすることが好ましい。

【0222】

また、リチウムマンガン複合酸化物は、例えば、一次粒子の平均粒子径が、5 nm以上50 μm以下であることが好ましく、100 nm以上500 nm以下であることがより好ましい。また比表面積が5 m²/g以上15 m²/g以下であることが好ましい。また、二次粒子の平均粒子径は、5 μm以上50 μm以下であることが好ましい。

【0223】

または、正極活物質として、複合材料(一般式LiMPO₄(Mは、Fe(II)、Mn(II)、Co(II)、Ni(II)の一以上))を用いることができる。一般式LiMPO₄の代表例としては、LiFePO₄、LiNiPO₄、LiCoPO₄、LiMnPO₄、LiFe_aNi_bPO₄、LiFe_aCo_bPO₄、LiFe_aMn_bPO₄、LiNi_aCo_bPO₄、LiNi_aMn_bPO₄(a+bは1以下、0<a<1、0<b<1)、LiFe_cNi_dCo_ePO₄、LiFe_cNi_dMn_ePO₄、LiNi_cCo_dMn_ePO₄(c+d+eは1以下、0<c<1、0<d<1、0<e<1)、LiFe_fNi_gCo_hMn_iPO₄(f+g+h+iは1以下、0<f<1、0<g<1、0<h<1、0<i<1)等のリチウム化合物を用いることができる。

【0224】

特にLiFePO₄は、安全性、安定性、高容量密度、初期酸化(充電)時に引き抜けるリチウムイオンの存在等、正極活物質に求められる事項をバランスよく満たしているため、好ましい。

【0225】

または、正極活物質として、一般式Li_(2-j)MSiO₄(Mは、Fe(II)、Mn(II)、Co(II)、Ni(II)の一以上、0<j<2)等の複合材料を用いることができる。一般式Li_(2-j)MSiO₄の代表例としては、Li_(2-j)FeSiO₄、Li_(2-j)NiSiO₄、Li_(2-j)CoSiO₄、Li_(2-j)MnSiO₄、Li_(2-j)Fe_kNi_lSiO₄、Li_(2-j)Fe_kCo_lSiO₄、Li_(2-j)Fe_kMn_lSiO₄、Li_(2-j)Ni_kCo_lSiO₄、Li_(2-j)Ni_kMn_lSiO₄(k+lは1以下、0<k<1、0<l<1)、Li_(2-j)Fe_mNi_nCo_qSiO₄、Li_(2-j)Fe_mNi_nMn_qSiO₄、Li_(2-j)Ni_mCo_nMn_qSiO₄(m+n+qは1以下、0<m<1、0<n<1、0<q<1)、Li_(2-j)Fe_rNi_sCo_tMn_uSiO₄(r+s+t+uは1以下、0<r<1、0<s<1、0<t<1、0<u<1)等のリチウム化合物を材料として用いることができる。

【0226】

また、正極活物質として、A_xM₂(XO₄)₃(A=Li、Na、Mg、M=Fe、Mn、Ti、V、Nb、X=S、P、Mo、W、As、Si)の一般式で表されるナシコン型化合物を用いることができる。ナシコン型化合物としては、Fe₂(MnO₄)₃、Fe₂(SO₄)₃、Li₃Fe₂(PO₄)₃等がある。また、正極活物質として、Li₂MPO₄F、Li₂MP₂O₇、Li₅MO₄(M=Fe、Mn)の一般式で表される化合物、NaFeF₃、FeF₃等のペロブスカイト型フッ化物、TiS₂、MoS₂等の金属カルコゲナイド(硫化物、セレン化物、テルル化物)、LiMVO₄等の逆スピネル型の結晶構造を有する酸化物、バナジウム酸化物系(V₂O₅、V₆O₁₃、LiV₃O₈等)、マンガン酸化物、有機硫黄化合物等の材料を用いることができる。

【0227】

なお、キャリアイオンが、リチウムイオン以外のアルカリ金属イオンや、アルカリ土類金属イオンの場合、正極活物質として、リチウムの代わりに、アルカリ金属(例えば、ナトリウムやカリウム等)、アルカリ土類金属(例えば、カルシウム、ストロンチウム、バリウム、ベリリウム、マグネシウム等)を用いてもよい。例えば、NaFeO₂や、Na_{2/3}[Fe_{1/2}Mn_{1/2}]O₂などのナトリウム含有層状酸化物を正極活物質とし

10

20

30

40

50

て用いることができる。

【0228】

また、正極活物質として、上記材料を複数組み合わせた材料を用いてもよい。例えば、上記材料を複数組み合わせた固溶体を正極活物質として用いることができる。例えば、 $\text{LiCo}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{O}_2$ と Li_2MnO_3 の固溶体を正極活物質として用いることができる。

【0229】

なお、図示しないが、正極活物質の表面に炭素層などの導電性材料を設けてもよい。炭素層などの導電性材料を設けることで、電極の導電性を向上させることができる。例えば、正極活物質への炭素層の被覆は、正極活物質の焼成時にグルコース等の炭水化物を混合

10

【0230】

粒状の正極活物質の一次粒子の平均粒径は、50 nm以上100 μm以下のものを用いるとよい。

【0231】

<結着剤>

結着剤としては、スチレン-ブタジエンゴム(SBR)、スチレン・イソプレン・スチレンゴム、アクリロニトリル・ブタジエンゴム、ブタジエンゴム、エチレン・プロピレン・ジエン共重合体などのジエン系のゴム材料を用いることが好ましい。また結着剤として、フッ素ゴムを用いることができる。

20

【0232】

また、結着剤としては、例えば水溶性の高分子を用いることが好ましい。水溶性の高分子としては、例えば多糖類などを用いることができる。多糖類としては、カルボキシメチルセルロース(CMC)、メチルセルロース、エチルセルロース、ヒドロキシプロピルセルロース、ジアセチルセルロース、再生セルロースなどのセルロース誘導体や、澱粉などを用いることができる。また、これらの水溶性の高分子を、前述のゴム材料と併用して用いると、さらに好ましい。

【0233】

または、結着剤としては、ポリスチレン、ポリアクリル酸メチル、ポリメタクリル酸メチル(ポリメチルメタクリレート(PMMA))、ポリアクリル酸ナトリウム、ポリビニルアルコール(PVA)、ポリエチレンオキシド(PEO)、ポリプロピレンオキシド、ポリイミド、ポリ塩化ビニル、ポリテトラフルオロエチレン、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリイソブチレン、ポリエチレンテレフタレート、ナイロン、ポリフッ化ビニリデン(PVdF)、ポリアクリロニトリル(PAN)、エチレンプロピレンジエンポリマー、ポリ酢酸ビニル、ニトロセルロース等の材料を用いることが好ましい。

30

【0234】

結着剤は上記のうち二種類以上を組み合わせ使用してもよい。

【0235】

活物質層の総量に対する結着剤の含有量は、1 wt %以上10 wt %以下が好ましく、2 wt %以上8 wt %以下がより好ましく、3 wt %以上5 wt %以下がさらに好ましい。また、活物質層の総量に対する導電助剤の含有量は、1 wt %以上10 wt %以下が好ましく、1 wt %以上5 wt %以下がより好ましい。

40

【0236】

<導電助剤>

【0237】

導電助剤としては、例えば炭素材料、金属材料、又は導電性セラミックス材料等を用いることができる。また、導電助剤として繊維状の材料を用いてもよい。活物質層の総量に対する導電助剤の含有量は、1 wt %以上10 wt %以下が好ましく、1 wt %以上5 wt %以下がより好ましい。

【0238】

50

導電助剤により、電極中に電気伝導のネットワークを形成することができる。導電助剤により、正極活物質どうしの電気伝導の経路を維持することができる。活物質層中に導電助剤を添加することにより、高い電気伝導性を有する活物質層を実現することができる。

【0239】

導電助剤としては、例えば天然黒鉛、メソカーボンマイクロビーズ等の人造黒鉛、炭素繊維などを用いることができる。炭素繊維としては、例えばメソフェーズピッチ系炭素繊維、等方性ピッチ系炭素繊維等の炭素繊維を用いることができる。また炭素繊維として、カーボンナノファイバーやカーボンナノチューブなどを用いることができる。カーボンナノチューブは、例えば気相成長法などで作製することができる。また、導電助剤として、例えばカーボンブラック（アセチレンブラック（AB）など）、グラファイト（黒鉛）粒子、グラフェン、フラーレンなどの炭素材料を用いることができる。また、例えば、銅、ニッケル、アルミニウム、銀、金などの金属粉末や金属繊維、導電性セラミックス材料等を用いることができる。

【0240】

導電助剤としてグラフェン化合物を用いてもよい。

【0241】

グラフェン化合物は、高い導電性を有するという優れた電気特性と、高い柔軟性および高い機械的強度を有するという優れた物理特性と、を有する場合がある。また、グラフェン化合物は平面的な形状を有する。グラフェン化合物は、接触抵抗の低い面接触を可能とする。また、薄くても導電性が非常に高い場合があり、少ない量で効率よく活物質層内で導電パスを形成することができる。そのため、グラフェン化合物を導電助剤として用いることにより、活物質と導電助剤との接触面積を増大させることができるため好ましい。また、電気的な抵抗を減少できる場合があるため好ましい。ここでグラフェン化合物として例えば、グラフェンまたはマルチグラフェンまたはRGOを用いることが特に好ましい。

【0242】

粒径の小さい活物質、例えば1 μm以下の活物質を用いる場合には、活物質の比表面積が大きく、活物質同士を繋ぐ導電パスがより多く必要となる。このような場合には、少ない量でも効率よく導電パスを形成することができるグラフェン化合物を用いることが、特に好ましい。

【0243】

以下では一例として、活物質層に、導電助剤としてグラフェン化合物を用いる場合の断面構成例を説明する。

【0244】

図30(A)に、活物質層102の縦断面図を示す。活物質層102は、粒状の活物質103と、導電助剤としてのグラフェン化合物321と、結着剤104と、を含む。ここで、グラフェン化合物321として例えばグラフェンまたはマルチグラフェンを用いればよい。ここで、グラフェン化合物321はシート状の形状を有することが好ましい。また、グラフェン化合物321は、複数のマルチグラフェン、または／および複数のグラフェンが部分的に重なりシート状となっていてよい。

【0245】

活物質層102の縦断面においては、図30(A)に示すように、活物質層102の内部において概略均一にシート状のグラフェン化合物321が分散する。図30(A)においてはグラフェン化合物321を模式的に太線で表しているが、実際には炭素分子の単層又は多層の厚みを有する薄膜である。複数のグラフェン化合物321は、複数の粒状の活物質103を包むように、覆うように、あるいは複数の粒状の活物質103の表面上に張り付くように形成されているため、互いに面接触している。

【0246】

ここで、複数のグラフェン化合物同士が結合することにより、網目状のグラフェン化合物シート（以下グラフェン化合物ネットまたはグラフェンネットと呼ぶ）を形成することができる。活物質をグラフェンネットが被覆する場合に、グラフェンネットは活物質同士

を結合するバインダーとしても機能することができる。よって、バインダーの量を少なくすることができる、又は使用しないことができるため、電極体積や電極重量に占める活物質の比率を向上させることができる。すなわち、蓄電装置の容量を増加させることができる。

【0247】

ここで、グラフェン化合物321として酸化グラフェンを用い、活物質と混合して活物質層102となる層を形成後、還元することが好ましい。グラフェン化合物321の形成に、極性溶媒中での分散性が極めて高い酸化グラフェンを用いることにより、グラフェン化合物321を活物質層102の内部において概略均一に分散させることができる。均一に分散した酸化グラフェンを含有する分散媒から溶媒を揮発除去し、酸化グラフェンを還元するため、活物質層102に残留するグラフェン化合物321は部分的に重なり合い、互いに面接触する程度に分散していることで三次元的な導電パスを形成することができる。なお、酸化グラフェンの還元は、例えば熱処理により行ってもよいし、還元剤を用いて行ってもよい。

10

【0248】

従って、活物質と点接触するアセチレンブラック等の粒状の導電助剤と異なり、グラフェン化合物321は接触抵抗の低い面接触を可能とするものであるから、通常の導電助剤よりも少量で粒状の活物質103とグラフェン化合物321との電気伝導性を向上させる事ができる。よって、活物質103の活物質層102における比率を増加させることができる。これにより、蓄電装置の放電容量を増加させることができる。

20

【0249】

図30(B)は、図30(A)の一点鎖線で囲まれる領域の拡大図を示す。結着剤104は、活物質103の表面に層状に存在してもよい。グラフェン化合物321は、結着剤104の表面に接する領域を有することが好ましい。結着剤104は例えば、活物質103と、グラフェン化合物321との間に位置する。また好ましくは、活物質103上に結着剤104が設けられ、さらに結着剤104上にグラフェン化合物321が設けられる。

【0250】

<集電体>

集電体には、ステンレス、金、白金、アルミニウム、チタン等の金属、及びこれらの合金など、導電性が高い材料をもちいることができる。また集電体を正極に用いる場合には、正極の電位で溶出しないことが好ましい。また集電体を負極に用いる場合には、リチウム等のキャリアイオンと合金化しないことが好ましい。また、シリコン、チタン、ネオジム、スカンジウム、モリブデンなどの耐熱性を向上させる元素が添加されたアルミニウム合金を用いることができる。また、シリコンと反応してシリサイドを形成する金属元素で形成してもよい。シリコンと反応してシリサイドを形成する金属元素としては、ジルコニウム、チタン、ハフニウム、バナジウム、ニオブ、タンタル、クロム、モリブデン、タングステン、コバルト、ニッケル等がある。集電体は、箔状、板状(シート状)、網状、パンチングメタル状、エキスパンドメタル状等の形状を適宜用いることができる。集電体は、厚みが5 μ m以上30 μ m以下のものを用いるとよい。

30

【0251】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせて実施することが可能である。

40

【0252】

(実施の形態4)

本実施の形態では、本発明の一態様の蓄電装置の使用例について図31乃至図35を用いて説明する。

【0253】

本発明の一態様の蓄電装置は、例えば、電子機器や照明装置に用いることができる。本発明の一態様の蓄電装置は、充放電特性に優れる。したがって、電子機器や照明装置を、一度の充電で長時間使用することができる。また、充放電サイクルに伴う容量の減少が抑制されているため、充電を繰り返しても、使用可能な時間が短くなりにくい。また、本発

50

明の一態様の蓄電装置は、高温環境を含む、広い温度範囲で、優れた充放電特性を示し、長期信頼性や安全性が高いため、電子機器や照明装置の安全性や信頼性を高めることができる。

【0254】

電子機器としては、例えば、テレビジョン装置（テレビ、又はテレビジョン受信機ともいう）、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機（携帯電話、携帯電話装置ともいう）、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、パチンコ機などの大型ゲーム機などが挙げられる。

【0255】

本発明の一態様の蓄電装置は可撓性を有するため、当該蓄電装置自体、又は、当該蓄電装置を用いた電子機器もしくは照明装置を、家屋やビルの内壁もしくは外壁、又は、自動車の内装もしくは外装の曲面に沿って組み込むことも可能である。

10

【0256】

図31(A)は、携帯電話機の一例を示している。携帯電話機7400は、筐体7401に組み込まれた表示部7402の他、操作ボタン7403、外部接続ポート7404、スピーカ7405、マイク7406などを備えている。なお、携帯電話機7400は、蓄電装置7407を有している。

【0257】

図31(B)は、携帯電話機7400を湾曲させた状態を示している。携帯電話機7400を外部の力により変形させて全体を湾曲させると、その内部に設けられている蓄電装置7407も湾曲する。蓄電装置7407は薄型の蓄電池である。蓄電装置7407は曲げられた状態で固定されている。湾曲した状態の蓄電装置7407を図31(C)に示す。

20

【0258】

図31(D)は、バンゲル型の表示装置の一例を示している。携帯表示装置7100は、筐体7101、表示部7102、操作ボタン7103、及び蓄電装置7104を備える。図31(E)に曲げられた蓄電装置7104の状態を示す。

【0259】

図31(F)は、腕時計型の携帯情報端末の一例を示している。携帯情報端末7200は、筐体7201、表示部7202、バンド7203、バックル7204、操作ボタン7205、入出力端子7206などを備える。

30

【0260】

携帯情報端末7200は、移動電話、電子メール、文章閲覧及び作成、音楽再生、インターネット通信、コンピュータゲームなどの種々のアプリケーションを実行することができる。

【0261】

表示部7202はその表示面が湾曲して設けられ、湾曲した表示面に沿って表示を行うことができる。また、表示部7202はタッチセンサを備え、指やスタイラスなどで画面に触れることで操作することができる。例えば、表示部7202に表示されたアイコン7207に触れることで、アプリケーションを起動することができる。

40

【0262】

操作ボタン7205は、時刻設定のほか、電源のオン、オフ動作、無線通信のオン、オフ動作、マナーモードの実行及び解除、省電力モードの実行及び解除など、様々な機能を持たせることができる。例えば、携帯情報端末7200に組み込まれたオペレーティングシステムにより、操作ボタン7205の機能を自由に設定することもできる。

【0263】

また、携帯情報端末7200は、通信規格された近距離無線通信を実行することが可能である。例えば無線通信可能なヘッドセットと相互通信することによって、ハンズフリーで通話することもできる。

【0264】

50

また、携帯情報端末 7200 は入出力端子 7206 を備え、他の情報端末とコネクタを介して直接データのやりとりを行うことができる。また入出力端子 7206 を介して充電を行うこともできる。なお、充電動作は入出力端子 7206 を介さずに無線給電により行ってもよい。

【0265】

携帯情報端末 7200 の表示部 7202 には、本発明の一態様の蓄電装置を有している。例えば、図 31 (E) に示した蓄電装置 7104 を、筐体 7201 の内部に湾曲した状態で、又はバンド 7203 の内部に湾曲可能な状態で組み込むことができる。

【0266】

図 32 (A) は、手首装着型の活動量計の一例を示している。活動量計 7250 は、筐体 7251、バンド 7203、バックル 7204 などを用意する。また筐体 7251 の内部に無線通信器、脈拍センサ、加速度センサ、温度センサなどを備える。活動量計 7250 は、脈拍センサ、加速度センサにより装着者の脈拍推移、活動量などの情報を取得し、無線通信器によって外部の携帯情報端末に該情報を送信する機能を有する。また、活動量計 7250 は、装着者の消費カロリー、摂取カロリーを計測する機能、歩数を取得する機能、睡眠状態を計測する機能などを有していてもよい。なお、活動量計 7250 が表示部を有し、上記の機能により取得した情報を表示できるようにしてもよい。

10

【0267】

活動量計 7250 は、本発明の一態様の蓄電装置を有している。例えば、図 31 (E) に示した蓄電装置 7104 を、筐体 7251 の内部に湾曲した状態で、又はバンド 7203 の内部に湾曲可能な状態で組み込むことができる。

20

【0268】

図 32 (B) は、腕章型の表示装置の一例を示している。表示装置 7300 は、表示部 7304 を有し、本発明の一態様の蓄電装置を有している。また、表示装置 7300 は、表示部 7304 にタッチセンサを備えることもでき、また、携帯情報端末として機能させることもできる。

【0269】

表示部 7304 はその表示面が湾曲しており、湾曲した表示面に沿って表示を行うことができる。また、表示装置 7300 は、通信規格された近距離無線通信などにより、表示状況を変更することができる。

30

【0270】

また、表示装置 7300 は入出力端子を備え、他の情報端末とコネクタを介して直接データのやりとりを行うことができる。また入出力端子を介して充電を行うこともできる。なお、充電動作は入出力端子を介さずに無線給電により行ってもよい。

【0271】

図 32 (C) は、メガネ型の表示装置の一例を示している。表示装置 7350 は、レンズ 7351、フレーム 7352 などを用意する。また、フレーム 7352 の内部またはフレーム 7352 と接して、レンズ 7351 に画像または映像を投影する投影部 (図示しない) を有する。表示装置 7350 は、レンズ 7351 の全体に画像 7351A を装着者が視認できる向きに表示する機能を有する。または、レンズ 7351 の一部に画像 7351B を装着者が視認できる向きに表示する機能を有する。

40

【0272】

表示装置 7350 は、本発明の一態様の蓄電装置を有している。図 32 (D) に、フレーム 7352 の先端部 7355 を拡大した図を示す。先端部 7355 はフッ素ゴム、シリコンゴム等のゴム材料で形成できる。先端部 7355 の内部には本発明の一態様の蓄電装置 7360 が埋め込まれ、正極リード 7361 および負極リード 7362 が先端部 7355 から突出している。正極リード 7361 および負極リード 7362 は、フレーム 7352 の内部に設けられ投影部等と接続される配線と電気的に接続される。なお、先端部 7355 は蓄電装置 7360 とともに、実施の形態 2 で説明した一体形成によって作製することができる。

50

【 0 2 7 3 】

先端部 7 3 5 5 および蓄電装置 7 3 6 0 は可撓性を有する。よって、表示装置 7 3 5 0 は使用者の頭部形状に合わせて密着するように装着できる。

【 0 2 7 4 】

図 3 3 (A)、(B) に、2 つ折り可能なタブレット型端末の一例を示す。図 3 3 (A)、(B) に示すタブレット型端末 9 6 0 0 は、一対の筐体 9 6 3 0、一対の筐体 9 6 3 0 を接続する可動部 9 6 4 0、表示部 9 6 3 1 a、表示部 9 6 3 1 b、表示モード切り替えスイッチ 9 6 2 6、電源スイッチ 9 6 2 7、省電力モード切り替えスイッチ 9 6 2 5、留め具 9 6 2 9、操作スイッチ 9 6 2 8 を有する。図 3 3 (A) は、タブレット型端末 9 6 0 0 を開いた状態を示し、図 3 3 (B) は、タブレット型端末 9 6 0 0 を閉じた状態を示している。

10

【 0 2 7 5 】

また、タブレット型端末 9 6 0 0 は、筐体 9 6 3 0 の内部に蓄電体 9 6 3 5 を有する。蓄電体 9 6 3 5 は、可動部 9 6 4 0 を通り、一方の筐体 9 6 3 0 から他方の筐体 9 6 3 0 に渡って設けられている。

【 0 2 7 6 】

表示部 9 6 3 1 a は、一部をタッチパネルの領域 9 6 3 2 a とすることができ、表示された操作キー 9 6 3 8 にふれることでデータ入力を行うことができる。なお、表示部 9 6 3 1 a においては、一例として半分の領域が表示のみの機能を有する構成、残りの半分の領域がタッチパネルの機能を有する構成を示しているが該構成に限定されない。表示部 9 6 3 1 a の全ての領域がタッチパネルの機能を有する構成としても良い。例えば、表示部 9 6 3 1 a の全面にキーボードボタンを表示させてタッチパネルとし、表示部 9 6 3 1 b を表示画面として用いることができる。

20

【 0 2 7 7 】

また、表示部 9 6 3 1 b においても表示部 9 6 3 1 a と同様に、表示部 9 6 3 1 b の一部をタッチパネルの領域 9 6 3 2 b とすることができる。また、タッチパネルのキーボード表示切り替えボタン 9 6 3 9 が表示されている位置に指やスタイラスなどでふれることで表示部 9 6 3 1 b にキーボードボタン表示することができる。

【 0 2 7 8 】

また、タッチパネルの領域 9 6 3 2 a とタッチパネルの領域 9 6 3 2 b に対して同時にタッチ入力することもできる。

30

【 0 2 7 9 】

また、表示モード切り替えスイッチ 9 6 2 6 は、縦表示又は横表示などの表示の向きを切り替え、白黒表示やカラー表示の切り替えなどを選択できる。省電力モード切り替えスイッチ 9 6 2 5 は、タブレット型端末 9 6 0 0 に内蔵している光センサで検出される使用時の外光の光量に応じて表示の輝度を最適なものとすることができる。タブレット型端末は光センサだけでなく、ジャイロ、加速度センサ等の傾きを検出するセンサなどの他の検出装置を内蔵させてもよい。

【 0 2 8 0 】

また、図 3 3 (A) では表示部 9 6 3 1 a と表示部 9 6 3 1 b の表示面積が同じ例を示しているが特に限定されず、一方の表示部のサイズと他方の表示部のサイズが異なってもよく、表示の品質も異なってもよい。例えば一方が他方よりも高精細な表示を行える表示パネルとしてもよい。

40

【 0 2 8 1 】

図 3 3 (B) は、閉じた状態であり、タブレット型端末は、筐体 9 6 3 0、太陽電池 9 6 3 3、D C D C コンバータ 9 6 3 6 を含む充放電制御回路 9 6 3 4 を有する。また、蓄電体 9 6 3 5 として、本発明の一態様の蓄電装置を用いる。

【 0 2 8 2 】

なお、タブレット型端末 9 6 0 0 は 2 つ折り可能なため、未使用時に一対の筐体 9 6 3 0 を重ね合せるように折りたたむことができる。折りたたむことにより、表示部 9 6 3 1

50

a、表示部 9 6 3 1 b を保護できるため、タブレット型端末 9 6 0 0 の耐久性を高めることができる。また、本発明の一態様の蓄電装置を用いた蓄電体 9 6 3 5 は可撓性を有し、曲げ伸ばしを繰り返しても充放電容量が低下しにくい。よって、信頼性の優れたタブレット型端末を提供できる。

【 0 2 8 3 】

また、この他にも図 3 3 (A)、(B) に示したタブレット型端末は、様々な情報 (静止画、動画、テキスト画像など) を表示部に表示する機能、カレンダー、日付又は時刻などを表示部に表示する機能、表示部に表示した情報をタッチ入力操作又は編集するタッチ入力機能、様々なソフトウェア (プログラム) によって処理を制御する機能、等を有することができる。

10

【 0 2 8 4 】

タブレット型端末の表面に装着された太陽電池 9 6 3 3 によって、電力をタッチパネル、表示部、又は映像信号処理部等に供給することができる。なお、太陽電池 9 6 3 3 は、筐体 9 6 3 0 の片面又は両面に設けることができ、蓄電体 9 6 3 5 の充電を効率的に行う構成とすることができるため好適である。なお、蓄電体 9 6 3 5 としては、リチウムイオン電池を用いると、小型化を図れる等の利点がある。

【 0 2 8 5 】

また、図 3 3 (B) に示す充放電制御回路 9 6 3 4 の構成及び動作について、図 3 3 (C) にブロック図を示し説明する。図 3 3 (C) には、太陽電池 9 6 3 3、蓄電体 9 6 3 5、D C D C コンバータ 9 6 3 6、コンバータ 9 6 3 7、スイッチ S W 1 乃至 S W 3、表示部 9 6 3 1 について示しており、蓄電体 9 6 3 5、D C D C コンバータ 9 6 3 6、コンバータ 9 6 3 7、スイッチ S W 1 乃至 S W 3 が、図 3 3 (B) に示す充放電制御回路 9 6 3 4 に対応する箇所となる。

20

【 0 2 8 6 】

まず、外光により太陽電池 9 6 3 3 により発電がされる場合の動作の例について説明する。太陽電池で発電した電力は、蓄電体 9 6 3 5 を充電するための電圧となるよう D C D C コンバータ 9 6 3 6 で昇圧又は降圧がなされる。そして、表示部 9 6 3 1 の動作に太陽電池 9 6 3 3 からの電力が用いられる際にはスイッチ S W 1 をオンにし、コンバータ 9 6 3 7 で表示部 9 6 3 1 に必要な電圧に昇圧又は降圧をすることとなる。また、表示部 9 6 3 1 での表示を行わない際には、スイッチ S W 1 をオフにし、スイッチ S W 2 をオンにして蓄電体 9 6 3 5 の充電を行う構成とすればよい。

30

【 0 2 8 7 】

なお、太陽電池 9 6 3 3 については、発電手段の一例として示したが、特に限定されず、圧電素子 (ピエゾ素子) や熱電変換素子 (ペルティエ素子) などの他の発電手段による蓄電体 9 6 3 5 の充電を行う構成であってもよい。例えば、無線 (非接触) で電力を送受信して充電する無接点電力伝送モジュールや、また他の充電手段を組み合わせる構成としてもよい。

【 0 2 8 8 】

図 3 4 に、他の電子機器の例を示す。図 3 4 において、表示装置 8 0 0 0 は、本発明の一態様に係る蓄電装置 8 0 0 4 を用いた電子機器の一例である。具体的に、表示装置 8 0 0 0 は、T V 放送受信用の表示装置に相当し、筐体 8 0 0 1、表示部 8 0 0 2、スピーカ部 8 0 0 3、蓄電装置 8 0 0 4 等を有する。本発明の一態様に係る蓄電装置 8 0 0 4 は、筐体 8 0 0 1 の内部に設けられている。表示装置 8 0 0 0 は、商用電源から電力の供給を受けることもできるし、蓄電装置 8 0 0 4 に蓄積された電力を用いることもできる。よって、停電などにより商用電源から電力の供給が受けられない時でも、本発明の一態様に係る蓄電装置 8 0 0 4 を無停電電源として用いることで、表示装置 8 0 0 0 の利用が可能となる。

40

【 0 2 8 9 】

表示部 8 0 0 2 には、液晶表示装置、有機 E L 素子などの発光素子を各画素に備えた発光装置、電気泳動表示装置、D M D (D i g i t a l M i c r o m i r r o r D e v

50

ice)、PDP(Plasma Display Panel)、FED(Field Emission Display)などの、半導体表示装置を用いることができる。

【0290】

なお、表示装置には、TV放送受信用の他、パーソナルコンピュータ用、広告表示用など、全ての情報表示用表示装置が含まれる。

【0291】

図34において、据え付け型の照明装置8100は、本発明の一態様に係る蓄電装置8103を用いた電子機器の一例である。具体的に、照明装置8100は、筐体8101、光源8102、蓄電装置8103等を有する。図34では、蓄電装置8103が、筐体8101及び光源8102が据え付けられた天井8104の内部に設けられている場合を例示しているが、蓄電装置8103は、筐体8101の内部に設けられていても良い。照明装置8100は、商用電源から電力の供給を受けることもできるし、蓄電装置8103に蓄積された電力を用いることもできる。よって、停電などにより商用電源から電力の供給が受けられない時でも、本発明の一態様に係る蓄電装置8103を無停電電源として用いることで、照明装置8100の利用が可能となる。

10

【0292】

なお、図34では天井8104に設けられた据え付け型の照明装置8100を例示しているが、本発明の一態様に係る蓄電装置は、天井8104以外、例えば側壁8105、床8106、窓8107等に設けられた据え付け型の照明装置に用いることもできるし、卓上型の照明装置などに用いることもできる。

20

【0293】

また、光源8102には、電力を利用して人工的に光を得る人工光源を用いることができる。具体的には、白熱電球、蛍光灯などの放電ランプ、LEDや有機EL素子などの発光素子が、上記人工光源の一例として挙げられる。

【0294】

図34において、室内機8200及び室外機8204を有するエアコンディショナーは、本発明の一態様に係る蓄電装置8203を用いた電子機器の一例である。具体的に、室内機8200は、筐体8201、送風口8202、蓄電装置8203等を有する。図34では、蓄電装置8203が、室内機8200に設けられている場合を例示しているが、蓄電装置8203は室外機8204に設けられていても良い。或いは、室内機8200と室外機8204の両方に、蓄電装置8203が設けられていても良い。エアコンディショナーは、商用電源から電力の供給を受けることもできるし、蓄電装置8203に蓄積された電力を用いることもできる。特に、室内機8200と室外機8204の両方に蓄電装置8203が設けられている場合、停電などにより商用電源から電力の供給が受けられない時でも、本発明の一態様に係る蓄電装置8203を無停電電源として用いることで、エアコンディショナーの利用が可能となる。

30

【0295】

なお、図34では、室内機と室外機で構成されるセパレート型のエアコンディショナーを例示しているが、室内機の機能と室外機の機能とを1つの筐体に有する一体型のエアコンディショナーに、本発明の一態様に係る蓄電装置を用いることもできる。

40

【0296】

図34において、電気冷凍冷蔵庫8300は、本発明の一態様に係る蓄電装置8304を用いた電子機器の一例である。具体的に、電気冷凍冷蔵庫8300は、筐体8301、冷蔵室用扉8302、冷凍室用扉8303、蓄電装置8304等を有する。図34では、蓄電装置8304が、筐体8301の内部に設けられている。電気冷凍冷蔵庫8300は、商用電源から電力の供給を受けることもできるし、蓄電装置8304に蓄積された電力を用いることもできる。よって、停電などにより商用電源から電力の供給が受けられない時でも、本発明の一態様に係る蓄電装置8304を無停電電源として用いることで、電気冷凍冷蔵庫8300の利用が可能となる。

【0297】

50

なお、電子レンジ等の高周波加熱装置、電気炊飯器などの電子機器は、短時間で高い電力を必要とする。よって、商用電源では賄いきれない電力を補助するための補助電源として、本発明の一態様に係る蓄電装置を用いることで、電子機器の使用時に商用電源のブレーカーが落ちるのを防ぐことができる。

【0298】

また、電子機器が使用されない時間帯、特に、商用電源の供給元が供給可能な総電力量のうち、実際に使用される電力量の割合（電力使用率と呼ぶ）が低い時間帯において、蓄電装置に電力を蓄えておくことで、上記時間帯以外において電力使用率が高まるのを抑えることができる。例えば、電気冷凍冷蔵庫8300の場合、気温が低く、冷蔵室用扉8302、冷凍室用扉8303の開閉が行われない夜間において、蓄電装置8304に電力を蓄える。そして、気温が高くなり、冷蔵室用扉8302、冷凍室用扉8303の開閉が行われる昼間において、蓄電装置8304を補助電源として用いることで、昼間の電力使用率を低く抑えることができる。

10

【0299】

また、本発明の一態様の蓄電装置は、車両に搭載することもできる。

【0300】

蓄電装置を車両に搭載すると、ハイブリッド車（HEV）、電気自動車（EV）、又はプラグインハイブリッド車（PHEV）等の次世代クリーンエネルギー自動車を実現できる。

【0301】

20

図35（A）、（B）に、本発明の一態様の蓄電装置を用いた車両を例示する。図35（A）に示す自動車8400は、走行のための動力源として電気モーターを用いる電気自動車である。または、走行のための動力源として電気モーターとエンジンを適宜選択して用いることが可能なハイブリッド自動車である。本発明の一態様を用いることで、航続距離の長い車両を実現することができる。また、自動車8400は蓄電装置を有する。蓄電装置は電気モーターを駆動するだけでなく、ヘッドライト8401やルームライト（図示せず）などの発光装置に電力を供給することができる。

【0302】

また、蓄電装置は、自動車8400が有するスピードメーター、タコメーターなどの表示装置に電力を供給することができる。また、蓄電装置は、自動車8400が有するナビゲーションシステムなどの半導体装置に電力を供給することができる。

30

【0303】

図35（B）に示す自動車8500は、自動車8500が有する蓄電装置にプラグイン方式や非接触給電方式等により外部の充電設備から電力供給を受けて、充電することができる。図35（B）に、地上設置型の充電装置8021から自動車8500に搭載された蓄電装置8024に、ケーブル8022を介して充電を行っている状態を示す。充電に際しては、充電方法やコネクタの規格等はCHADEMO（登録商標）やコンボ等の所定の方式で適宜行えばよい。充電装置8021は、商用施設に設けられた充電ステーションでもよく、また家庭の電源であってもよい。例えば、プラグイン技術によって、外部からの電力供給により自動車8500に搭載された蓄電装置8024を充電することができる。充電は、ACDCコンバータ等の変換装置を介して、交流電力を直流電力に変換して行うことができる。

40

【0304】

また、図示しないが、受電装置を車両に搭載し、地上の送電装置から電力を非接触で供給して充電することもできる。この非接触給電方式の場合には、道路や外壁に送電装置を組み込むことで、停車中に限らず走行中に充電を行うこともできる。また、この非接触給電の方式を利用して、車両同士で電力の送受信を行ってもよい。さらに、車両の外装部に太陽電池を設け、停車時や走行時に蓄電装置の充電を行ってもよい。このような非接触での電力の供給には、電磁誘導方式や磁界共鳴方式を用いることができる。

【0305】

50

本発明の一態様によれば、蓄電装置のサイクル特性が良好となり、信頼性を向上させることができる。また、本発明の一態様によれば、蓄電装置の特性を向上させることができ、よって、蓄電装置自体を小型軽量化することができる。蓄電装置自体を小型軽量化できれば、車両の軽量化に寄与するため、航続距離を向上させることができる。また、車両に搭載した蓄電装置を車両以外の電力供給源として用いることもできる。この場合、電力需要のピーク時に商用電源を用いることを回避することができる。

【0306】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

【0307】

(実施の形態5)

上記実施の形態で説明した材料を含む電池セルと組み合わせて用いることができる電池制御ユニット(Battery Management Unit: BMU)、及び該電池制御ユニットを構成する回路に適したトランジスタについて、図36乃至図42を参照して説明する。本実施の形態では、特に直列に接続された電池セルを有する蓄電装置の電池制御ユニットについて説明する。

【0308】

直列に接続された複数の電池セルに対して充放電を繰り返していくと、各電池セル間における、充放電特性のばらつきにより、各電池セルの容量(出力電圧)が異なってくる。直列に接続された複数の電池セルでは、全体の放電時の容量が、容量の小さい電池セルに依存する。各電池セルの容量にばらつきがあると放電時の全体の容量が小さくなる。また、容量が小さい電池セルの電圧を基準にして充電を行うと、充電不足となる虞がある。また、容量の大きい電池セルの電圧を基準にして充電を行うと、過充電となる虞がある。

【0309】

そのため、直列に接続された電池セルを有する蓄電装置の電池制御ユニットは、充電不足や、過充電の原因となる、電池セル間の容量のばらつきを揃える機能を有する。電池セル間の容量のばらつきを揃える回路構成には、抵抗方式、キャパシタ方式、あるいはインダクタ方式等があるが、ここではオフ電流の小さいトランジスタを利用して容量のばらつきを揃えることのできる回路構成を一例として挙げて説明する。

【0310】

オフ電流の小さいトランジスタとしては、チャネル形成領域に酸化物半導体を有するトランジスタ(OSトランジスタ)が好ましい。オフ電流の小さいOSトランジスタを蓄電装置の電池制御ユニットの回路構成に用いることで、電池から漏洩する電荷量を減らし、時間の経過による容量の低下を抑制することができる。

【0311】

チャネル形成領域に用いる酸化物半導体は、In-M-Zn酸化物(Mは、Ga、Sn、Y、Zr、La、Ce、またはNd)を用いる。酸化物半導体膜を成膜するために用いるターゲットにおいて、金属元素の原子数比を $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = x_1:y_1:z_1$ とすると、 x_1/y_1 は、1/3以上6以下、さらには1以上6以下であって、 z_1/y_1 は、1/3以上6以下、さらには1以上6以下であることが好ましい。なお、 z_1/y_1 を1以上6以下とすることで、酸化物半導体膜としてCAAC-OS膜が形成されやすくなる。

【0312】

ここで、CAAC-OS膜について説明する。

【0313】

CAAC-OS膜は、c軸配向した複数の結晶部を有する酸化物半導体膜の一つである。

【0314】

透過型電子顕微鏡(TEM: Transmission Electron Microscope)によって、CAAC-OS膜の明視野像および回折パターンの複合解析像(高分解能TEM像ともいう。)を観察することで複数の結晶部を確認することができる。

10

20

30

40

50

。一方、高分解能TEM像によっても明確な結晶部同士の境界、即ち結晶粒界（グレインバウンダリーともいう。）を確認することができない。そのため、CAAC-OS膜は、結晶粒界に起因する電子移動度の低下が起こりにくいといえる。

【0315】

試料面と略平行な方向から、CAAC-OS膜の断面の高分解能TEM像を観察すると、結晶部において、金属原子が層状に配列していることを確認できる。金属原子の各層は、CAAC-OS膜の膜を形成する面（被形成面ともいう。）または上面の凹凸を反映した形状であり、CAAC-OS膜の被形成面または上面と平行に配列する。

【0316】

一方、試料面と略垂直な方向から、CAAC-OS膜の平面の高分解能TEM像を観察すると、結晶部において、金属原子が三角形または六角形状に配列していることを確認できる。しかしながら、異なる結晶部間で、金属原子の配列に規則性は見られない。

10

【0317】

CAAC-OS膜に対し、X線回折（XRD：X-Ray Diffraction）装置を用いて構造解析を行うと、例えばInGaZnO₄の結晶を有するCAAC-OS膜のout-of-plane法による解析では、回折角（2 θ ）が31°近傍にピークが現れる場合がある。このピークは、InGaZnO₄の結晶の（009）面に帰属されることから、CAAC-OS膜の結晶がc軸配向性を有し、c軸が被形成面または上面に略垂直な方向を向いていることが確認できる。

【0318】

20

なお、InGaZnO₄の結晶を有するCAAC-OS膜のout-of-plane法による解析では、2 θ が31°近傍のピークの他に、2 θ が36°近傍にもピークが現れる場合がある。2 θ が36°近傍のピークは、CAAC-OS膜中の一部に、c軸配向性を有さない結晶が含まれることを示している。CAAC-OS膜は、2 θ が31°近傍にピークを示し、2 θ が36°近傍にピークを示さないことが好ましい。

【0319】

CAAC-OS膜は、不純物濃度の低い酸化物半導体膜である。不純物は、水素、炭素、シリコン、遷移金属元素などの酸化物半導体膜の主成分以外の元素である。特に、シリコンなどの、酸化物半導体膜を構成する金属元素よりも酸素との結合力の強い元素は、酸化物半導体膜から酸素を奪うことで酸化物半導体膜の原子配列を乱し、結晶性を低下させる要因となる。また、鉄やニッケルなどの重金属、アルゴン、二酸化炭素などは、原子半径（または分子半径）が大きいため、酸化物半導体膜内部に含まれると、酸化物半導体膜の原子配列を乱し、結晶性を低下させる要因となる。なお、酸化物半導体膜に含まれる不純物は、キャリアトラップやキャリア発生源となる場合がある。

30

【0320】

また、CAAC-OS膜は、欠陥準位密度の低い酸化物半導体膜である。例えば、酸化物半導体膜中の酸素欠損は、キャリアトラップとなることや、水素を捕獲することによってキャリア発生源となることがある。

【0321】

不純物濃度が低く、欠陥準位密度が低い（酸素欠損の少ない）ことを、高純度真性または実質的に高純度真性と呼ぶ。高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体膜は、キャリア発生源が少ないため、キャリア密度を低くすることができる。したがって、当該酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、しきい値電圧がマイナスとなる電気特性（ノーマリーオンともいう。）になることが少ない。また、高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体膜は、キャリアトラップが少ない。そのため、当該酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、電気特性の変動が小さく、信頼性の高いトランジスタとなる。なお、酸化物半導体膜のキャリアトラップに捕獲された電荷は、放出するまでに要する時間が長く、あたかも固定電荷のように振る舞うことがある。そのため、不純物濃度が高く、欠陥準位密度が高い酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、電気特性が不安定となる場合がある。

40

50

【 0 3 2 2 】

また、C A A C - O S 膜を用いたトランジスタは、可視光や紫外光の照射による電気特性の変動が小さい。

【 0 3 2 3 】

なお、O S トランジスタは、チャネル形成領域にシリコンを有するトランジスタ（S i トランジスタ）に比べてバンドギャップが大きいので、高電圧を印加した際の絶縁破壊が生じにくい。直列に電池セルを接続する場合、数 1 0 0 V の電圧が生じることになるが、蓄電装置においてこのような電池セルに適用される電池制御ユニットの回路構成には、前述の O S トランジスタで構成することが適している。

【 0 3 2 4 】

図 3 6 には、蓄電装置のブロック図の一例を示す。図 3 6 に示す蓄電装置 B T 0 0 は、端子対 B T 0 1 と、端子対 B T 0 2 と、切り替え制御回路 B T 0 3 と、切り替え回路 B T 0 4 と、切り替え回路 B T 0 5 と、変圧制御回路 B T 0 6 と、変圧回路 B T 0 7 と、直列に接続された複数の電池セル B T 0 9 を含む電池部 B T 0 8 と、を有する。

【 0 3 2 5 】

また、図 3 6 の蓄電装置 B T 0 0 において、端子対 B T 0 1 と、端子対 B T 0 2 と、切り替え制御回路 B T 0 3 と、切り替え回路 B T 0 4 と、切り替え回路 B T 0 5 と、変圧制御回路 B T 0 6 と、変圧回路 B T 0 7 とにより構成される部分を、電池制御ユニットと呼ぶことができる。

【 0 3 2 6 】

切り替え制御回路 B T 0 3 は、切り替え回路 B T 0 4 及び切り替え回路 B T 0 5 の動作を制御する。具体的には、切り替え制御回路 B T 0 3 は、電池セル B T 0 9 毎に測定された電圧に基づいて、放電する電池セル（放電電池セル群）、及び充電する電池セル（充電電池セル群）を決定する。

【 0 3 2 7 】

さらに、切り替え制御回路 B T 0 3 は、当該決定された放電電池セル群及び充電電池セル群に基づいて、制御信号 S 1 及び制御信号 S 2 を出力する。制御信号 S 1 は、切り替え回路 B T 0 4 へ出力される。この制御信号 S 1 は、端子対 B T 0 1 と放電電池セル群とを接続させるように切り替え回路 B T 0 4 を制御する信号である。また、制御信号 S 2 は、切り替え回路 B T 0 5 へ出力される。この制御信号 S 2 は、端子対 B T 0 2 と充電電池セル群とを接続させるように切り替え回路 B T 0 5 を制御する信号である。

【 0 3 2 8 】

また、切り替え制御回路 B T 0 3 は、切り替え回路 B T 0 4、切り替え回路 B T 0 5、及び変圧回路 B T 0 7 の構成を踏まえ、端子対 B T 0 1 と放電電池セル群との間、または端子対 B T 0 2 と充電電池セル群との間で、同じ極性の端子同士が接続されるように、制御信号 S 1 及び制御信号 S 2 を生成する。

【 0 3 2 9 】

切り替え制御回路 B T 0 3 の動作の詳細について述べる。

【 0 3 3 0 】

まず、切り替え制御回路 B T 0 3 は、複数の電池セル B T 0 9 毎の電圧を測定する。そして、切り替え制御回路 B T 0 3 は、例えば、所定の閾値以上の電圧の電池セル B T 0 9 を高電圧の電池セル（高電圧セル）、所定の閾値未満の電圧の電池セル B T 0 9 を低電圧の電池セル（低電圧セル）と判断する。

【 0 3 3 1 】

なお、高電圧セル及び低電圧セルを判断する方法については、様々な方法を用いることができる。例えば、切り替え制御回路 B T 0 3 は、複数の電池セル B T 0 9 の中で、最も電圧の高い、又は最も電圧の低い電池セル B T 0 9 の電圧を基準として、各電池セル B T 0 9 が高電圧セルか低電圧セルかを判断してもよい。この場合、切り替え制御回路 B T 0 3 は、各電池セル B T 0 9 の電圧が基準となる電圧に対して所定の割合以上か否かを判定する等して、各電池セル B T 0 9 が高電圧セルか低電圧セルかを判断することができる。

10

20

30

40

50

そして、切り替え制御回路 B T 0 3 は、この判断結果に基づいて、放電電池セル群と充電電池セル群とを決定する。

【 0 3 3 2 】

なお、複数の電池セル B T 0 9 の中には、高電圧セルと低電圧セルが様々な状態で混在し得る。例えば、切り替え制御回路 B T 0 3 は、高電圧セルと低電圧セルが混在する中で、高電圧セルが最も多く連続して直列に接続された部分を放電電池セル群とする。また、切り替え制御回路 B T 0 3 は、低電圧セルが最も多く連続して直列に接続された部分を充電電池セル群とする。また、切り替え制御回路 B T 0 3 は、過充電又は過放電に近い電池セル B T 0 9 を、放電電池セル群又は充電電池セル群として優先的に選択するようにしてもよい。

10

【 0 3 3 3 】

ここで、本実施形態における切り替え制御回路 B T 0 3 の動作例を、図 3 7 を用いて説明する。図 3 7 は、切り替え制御回路 B T 0 3 の動作例を説明するための図である。なお、説明の便宜上、図 3 7 では 4 個の電池セル B T 0 9 が直列に接続されている場合を例に説明する。

【 0 3 3 4 】

まず、図 3 7 (A) の例では、電池セル a 乃至 d の電圧を電圧 V a 乃至電圧 V d とすると、 $V a = V b = V c > V d$ の関係にある場合を示している。つまり、連続する 3 つの高電圧セル a 乃至 c と、1 つの低電圧セル d とが直列に接続されている。この場合、切り替え制御回路 B T 0 3 は、連続する 3 つの高電圧セル a 乃至 c を放電電池セル群として決定する。また、切り替え制御回路 B T 0 3 は、低電圧セル d を充電電池セル群として決定する。

20

【 0 3 3 5 】

次に、図 3 7 (B) の例では、 $V c > V a = V b > V d$ の関係にある場合を示している。つまり、連続する 2 つの低電圧セル a、b と、1 つの高電圧セル c と、1 つの過放電間近の低電圧セル d とが直列に接続されている。この場合、切り替え制御回路 B T 0 3 は、高電圧セル c を放電電池セル群として決定する。また、切り替え制御回路 B T 0 3 は、低電圧セル d が過放電間近であるため、連続する 2 つの低電圧セル a 及び b ではなく、低電圧セル d を充電電池セル群として優先的に決定する。

【 0 3 3 6 】

30

最後に、図 3 7 (C) の例では、 $V a > V b = V c = V d$ の関係にある場合を示している。つまり、1 つの高電圧セル a と、連続する 3 つの低電圧セル b 乃至 d とが直列に接続されている。この場合、切り替え制御回路 B T 0 3 は、高電圧セル a を放電電池セル群と決定する。また、切り替え制御回路 B T 0 3 は、連続する 3 つの低電圧セル b 乃至 d を充電電池セル群として決定する。

【 0 3 3 7 】

切り替え制御回路 B T 0 3 は、上記図 3 7 (A) 乃至 (C) の例のように決定された結果に基づいて、切り替え回路 B T 0 4 の接続先である放電電池セル群を示す情報が設定された制御信号 S 1 と、切り替え回路 B T 0 5 の接続先である充電電池セル群を示す情報が設定された制御信号 S 2 を、切り替え回路 B T 0 4 及び切り替え回路 B T 0 5 に対してそれぞれ出力する。

40

【 0 3 3 8 】

以上が、切り替え制御回路 B T 0 3 の動作の詳細に関する説明である。

【 0 3 3 9 】

切り替え回路 B T 0 4 は、切り替え制御回路 B T 0 3 から出力される制御信号 S 1 に応じて、端子対 B T 0 1 の接続先を、切り替え制御回路 B T 0 3 により決定された放電電池セル群に設定する。

【 0 3 4 0 】

端子対 B T 0 1 は、対を成す端子 F 1 及び F 2 により構成される。切り替え回路 B T 0 4 は、この端子 F 1 及び F 2 のうち、いずれか一方を放電電池セル群の中で最も上流（高

50

電位側)に位置する電池セルB T 0 9の正極端子と接続し、他方を放電電池セル群の中で最も下流(低電位側)に位置する電池セルB T 0 9の負極端子と接続することにより、端子対B T 0 1の接続先を設定する。なお、切り替え回路B T 0 4は、制御信号S 1に設定された情報を用いて放電電池セル群の位置を認識することができる。

【0341】

切り替え回路B T 0 5は、切り替え制御回路B T 0 3から出力される制御信号S 2に応じて、端子対B T 0 2の接続先を、切り替え制御回路B T 0 3により決定された充電電池セル群に設定する。

【0342】

端子対B T 0 2は、対を成す端子G 1及びG 2により構成される。切り替え回路B T 0 5は、この端子G 1及びG 2のうち、いずれか一方を充電電池セル群の中で最も上流(高電位側)に位置する電池セルB T 0 9の正極端子と接続し、他方を充電電池セル群の中で最も下流(低電位側)に位置する電池セルB T 0 9の負極端子と接続することにより、端子対B T 0 2の接続先を設定する。なお、切り替え回路B T 0 5は、制御信号S 2に設定された情報を用いて充電電池セル群の位置を認識することができる。

【0343】

切り替え回路B T 0 4及び切り替え回路B T 0 5の構成例を示す回路図を図38及び図39に示す。

【0344】

図38では、切り替え回路B T 0 4は、複数のトランジスタB T 1 0と、バスB T 1 1及びB T 1 2とを有する。バスB T 1 1は、端子F 1と接続されている。また、バスB T 1 2は、端子F 2と接続されている。複数のトランジスタB T 1 0のソース又はドレインの一方は、それぞれ1つおきに交互に、バスB T 1 1及びB T 1 2と接続されている。また、複数のトランジスタB T 1 0のソース又はドレインの他方は、それぞれ隣接する2つの電池セルB T 0 9の間に接続されている。

【0345】

なお、複数のトランジスタB T 1 0のうち、最上流に位置するトランジスタB T 1 0のソース又はドレインの他方は、電池部B T 0 8の最上流に位置する電池セルB T 0 9の正極端子と接続されている。また、複数のトランジスタB T 1 0のうち、最下流に位置するトランジスタB T 1 0のソース又はドレインの他方は、電池部B T 0 8の最下流に位置する電池セルB T 0 9の負極端子と接続されている。

【0346】

切り替え回路B T 0 4は、複数のトランジスタB T 1 0のゲートに与える制御信号S 1に応じて、バスB T 1 1に接続される複数のトランジスタB T 1 0のうちの1つと、バスB T 1 2に接続される複数のトランジスタB T 1 0のうちの1つとをそれぞれ導通状態にすることにより、放電電池セル群と端子対B T 0 1とを接続する。これにより、放電電池セル群の中で最も上流に位置する電池セルB T 0 9の正極端子は、端子対の端子F 1又はF 2のいずれか一方と接続される。また、放電電池セル群の中で最も下流に位置する電池セルB T 0 9の負極端子は、端子対の端子F 1又はF 2のいずれか他方、すなわち正極端子と接続されていない方の端子に接続される。

【0347】

トランジスタB T 1 0には、OSトランジスタを用いることが好ましい。OSトランジスタはオフ電流が小さいため、放電電池セル群に属しない電池セルから漏洩する電荷量を減らし、時間の経過による容量の低下を抑制することができる。またOSトランジスタは高電圧を印加した際の絶縁破壊が生じにくい。そのため、放電電池セル群の出力電圧が大きくても、非導通状態とするトランジスタB T 1 0が接続された電池セルB T 0 9と端子対B T 0 1とを絶縁状態とすることができる。

【0348】

また、図38では、切り替え回路B T 0 5は、複数のトランジスタB T 1 3と、電流制御スイッチB T 1 4と、バスB T 1 5と、バスB T 1 6とを有する。バスB T 1 5及びB

10

20

30

40

50

T 1 6 は、複数のトランジスタ B T 1 3 と、電流制御スイッチ B T 1 4 との間に配置される。複数のトランジスタ B T 1 3 のソース又はドレインの一方は、それぞれ 1 つおきに交互に、バス B T 1 5 及び B T 1 6 と接続されている。また、複数のトランジスタ B T 1 3 のソース又はドレインの他方は、それぞれ隣接する 2 つの電池セル B T 0 9 の間に接続されている。

【 0 3 4 9 】

なお、複数のトランジスタ B T 1 3 のうち、最上流に位置するトランジスタ B T 1 3 のソース又はドレインの他方は、電池部 B T 0 8 の最上流に位置する電池セル B T 0 9 の正極端子と接続されている。また、複数のトランジスタ B T 1 3 のうち、最下流に位置するトランジスタ B T 1 3 のソース又はドレインの他方は、電池部 B T 0 8 の最下流に位置する電池セル B T 0 9 の負極端子と接続されている。

10

【 0 3 5 0 】

トランジスタ B T 1 3 には、トランジスタ B T 1 0 と同様に、O S トランジスタを用いることが好ましい。O S トランジスタはオフ電流が小さいため、充電電池セル群に属しない電池セルから漏洩する電荷量を減らし、時間の経過による容量の低下を抑制することができる。また O S トランジスタは高電圧を印加した際の絶縁破壊が生じにくい。そのため、充電電池セル群を充電するための電圧が大きくても、非導通状態とするトランジスタ B T 1 3 が接続された電池セル B T 0 9 と端子対 B T 0 2 とを絶縁状態とすることができる。

【 0 3 5 1 】

20

電流制御スイッチ B T 1 4 は、スイッチ対 B T 1 7 とスイッチ対 B T 1 8 とを有する。スイッチ対 B T 1 7 の一端は、端子 G 1 に接続されている。また、スイッチ対 B T 1 7 の他端は 2 つのスイッチで分岐しており、一方のスイッチはバス B T 1 5 に接続され、他方のスイッチはバス B T 1 6 に接続されている。スイッチ対 B T 1 8 の一端は、端子 G 2 に接続されている。また、スイッチ対 B T 1 8 の他端は 2 つのスイッチで分岐しており、一方のスイッチはバス B T 1 5 に接続され、他方のスイッチはバス B T 1 6 に接続されている。

【 0 3 5 2 】

スイッチ対 B T 1 7 及びスイッチ対 B T 1 8 が有するスイッチは、トランジスタ B T 1 0 及びトランジスタ B T 1 3 と同様に、O S トランジスタを用いることが好ましい。

30

【 0 3 5 3 】

切り替え回路 B T 0 5 は、制御信号 S 2 に応じて、トランジスタ B T 1 3、及び電流制御スイッチ B T 1 4 のオン / オフ状態の組み合わせを制御することにより、充電電池セル群と端子対 B T 0 2 とを接続する。

【 0 3 5 4 】

切り替え回路 B T 0 5 は、一例として、以下のようにして充電電池セル群と端子対 B T 0 2 とを接続する。

【 0 3 5 5 】

切り替え回路 B T 0 5 は、複数のトランジスタ B T 1 3 のゲートに与える制御信号 S 2 に応じて、充電電池セル群の中で最も上流に位置する電池セル B T 0 9 の正極端子と接続されているトランジスタ B T 1 3 を導通状態にする。また、切り替え回路 B T 0 5 は、複数のトランジスタ B T 1 3 のゲートに与える制御信号 S 2 に応じて、充電電池セル群の中で最も下流に位置する電池セル B T 0 9 の負極端子に接続されているトランジスタ B T 1 3 を導通状態にする。

40

【 0 3 5 6 】

端子対 B T 0 2 に印加される電圧の極性は、端子対 B T 0 1 と接続される放電電池セル群、及び変圧回路 B T 0 7 の構成によって変わり得る。また、充電電池セル群を充電する方向に電流を流すためには、端子対 B T 0 2 と充電電池セル群との間で、同じ極性の端子同士を接続する必要がある。そこで、電流制御スイッチ B T 1 4 は、制御信号 S 2 により、端子対 B T 0 2 に印加される電圧の極性に応じてスイッチ対 B T 1 7 及びスイッチ対 B

50

T 1 8 の接続先をそれぞれ切り替えるように制御される。

【 0 3 5 7 】

一例として、端子 G 1 が正極、端子 G 2 が負極となるような電圧が端子対 B T 0 2 に印加されている状態を挙げて説明する。この時、電池部 B T 0 8 の最下流の電池セル B T 0 9 が充電電池セル群である場合、スイッチ対 B T 1 7 は、制御信号 S 2 により、当該電池セル B T 0 9 の正極端子と接続されるように制御される。すなわち、スイッチ対 B T 1 7 のバス B T 1 6 に接続されるスイッチがオン状態となり、スイッチ対 B T 1 7 のバス B T 1 5 に接続されるスイッチがオフ状態となる。一方、スイッチ対 B T 1 8 は、制御信号 S 2 により、当該電池セル B T 0 9 の負極端子と接続されるように制御される。すなわち、スイッチ対 B T 1 8 のバス B T 1 5 に接続されるスイッチがオン状態となり、スイッチ対 B T 1 8 のバス B T 1 6 に接続されるスイッチがオフ状態となる。このようにして、端子対 B T 0 2 と充電電池セル群との間で、同じ極性をもつ端子同士が接続される。そして、端子対 B T 0 2 から流れる電流の方向が、充電電池セル群を充電する方向となるように制御される。

【 0 3 5 8 】

また、電流制御スイッチ B T 1 4 は、切り替え回路 B T 0 5 ではなく、切り替え回路 B T 0 4 に含まれていてもよい。

【 0 3 5 9 】

図 3 9 は、図 3 8 とは異なる、切り替え回路 B T 0 4 及び切り替え回路 B T 0 5 の構成例を示す回路図である。

【 0 3 6 0 】

図 3 9 では、切り替え回路 B T 0 4 は、複数のトランジスタ対 B T 2 1 と、バス B T 2 4 及びバス B T 2 5 とを有する。バス B T 2 4 は、端子 F 1 と接続されている。また、バス B T 2 5 は、端子 F 2 と接続されている。複数のトランジスタ対 B T 2 1 の一端は、それぞれトランジスタ B T 2 2 とトランジスタ B T 2 3 とにより分岐している。トランジスタ B T 2 2 のソース又はドレインの一方は、バス B T 2 4 と接続されている。また、トランジスタ B T 2 3 のソース又はドレインの一方は、バス B T 2 5 と接続されている。また、複数のトランジスタ対 B T 2 1 の他端は、それぞれ隣接する 2 つの電池セル B T 0 9 の間に接続されている。なお、複数のトランジスタ対 B T 2 1 のうち、最上流に位置するトランジスタ対 B T 2 1 の他端は、電池部 B T 0 8 の最上流に位置する電池セル B T 0 9 の正極端子と接続されている。また、複数のトランジスタ対 B T 2 1 のうち、最下流に位置するトランジスタ対 B T 2 1 の他端は、電池部 B T 0 8 の最下流に位置する電池セル B T 0 9 の負極端子と接続されている。

【 0 3 6 1 】

切り替え回路 B T 0 4 は、制御信号 S 1 に応じてトランジスタ B T 2 2 及びトランジスタ B T 2 3 の導通 / 非導通状態を切り換えることにより、当該トランジスタ対 B T 2 1 の接続先を、端子 F 1 又は端子 F 2 のいずれか一方に切り替える。詳細には、トランジスタ B T 2 2 が導通状態であれば、トランジスタ B T 2 3 は非導通状態となり、その接続先は端子 F 1 になる。一方、トランジスタ B T 2 3 が導通状態であれば、トランジスタ B T 2 2 は非導通状態となり、その接続先は端子 F 2 になる。トランジスタ B T 2 2 及びトランジスタ B T 2 3 のどちらが導通状態になるかは、制御信号 S 1 によって決定される。

【 0 3 6 2 】

端子対 B T 0 1 と放電電池セル群とを接続するには、2 つのトランジスタ対 B T 2 1 が用いられる。詳細には、制御信号 S 1 に基づいて、2 つのトランジスタ対 B T 2 1 の接続先がそれぞれ決定されることにより、放電電池セル群と端子対 B T 0 1 とが接続される。2 つのトランジスタ対 B T 2 1 のそれぞれの接続先は、一方が端子 F 1 となり、他方が端子 F 2 となるように、制御信号 S 1 によって制御される。

【 0 3 6 3 】

切り替え回路 B T 0 5 は、複数のトランジスタ対 B T 3 1 と、バス B T 3 4 及びバス B T 3 5 とを有する。バス B T 3 4 は、端子 G 1 と接続されている。また、バス B T 3 5 は

、端子G 2と接続されている。複数のトランジスタ対B T 3 1の一端は、それぞれトランジスタB T 3 2とトランジスタB T 3 3とにより分岐している。トランジスタB T 3 2により分岐する一端は、バスB T 3 4と接続されている。また、トランジスタB T 3 3により分岐する一端は、バスB T 3 5と接続されている。また、複数のトランジスタ対B T 3 1の他端は、それぞれ隣接する2つの電池セルB T 0 9の間に接続されている。なお、複数のトランジスタ対B T 3 1のうち、最上流に位置するトランジスタ対B T 3 1の他端は、電池部B T 0 8の最上流に位置する電池セルB T 0 9の正極端子と接続されている。また、複数のトランジスタ対B T 3 1のうち、最下流に位置するトランジスタ対B T 3 1の他端は、電池部B T 0 8の最下流に位置する電池セルB T 0 9の負極端子と接続されている。

10

【0364】

切り替え回路B T 0 5は、制御信号S 2に応じてトランジスタB T 3 2及びトランジスタB T 3 3の導通/非導通状態を切り換えることにより、当該トランジスタ対B T 3 1の接続先を、端子G 1又は端子G 2のいずれか一方に切り替える。詳細には、トランジスタB T 3 2が導通状態であれば、トランジスタB T 3 3は非導通状態となり、その接続先は端子G 1になる。逆に、トランジスタB T 3 3が導通状態であれば、トランジスタB T 3 2は非導通状態となり、その接続先は端子G 2になる。トランジスタB T 3 2及びトランジスタB T 3 3のどちらが導通状態となるかは、制御信号S 2によって決定される。

【0365】

端子対B T 0 2と充電電池セル群とを接続するには、2つのトランジスタ対B T 3 1が用いられる。詳細には、制御信号S 2に基づいて、2つのトランジスタ対B T 3 1の接続先がそれぞれ決定されることにより、充電電池セル群と端子対B T 0 2とが接続される。2つのトランジスタ対B T 3 1のそれぞれの接続先は、一方が端子G 1となり、他方が端子G 2となるように、制御信号S 2によって制御される。

20

【0366】

また、2つのトランジスタ対B T 3 1のそれぞれの接続先は、端子対B T 0 2に印加される電圧の極性によって決定される。具体的には、端子G 1が正極、端子G 2が負極となるような電圧が端子対B T 0 2に印加されている場合、上流側のトランジスタ対B T 3 1は、トランジスタB T 3 2が導通状態となり、トランジスタB T 3 3が非導通状態となるように、制御信号S 2によって制御される。一方、下流側のトランジスタ対B T 3 1は、トランジスタB T 3 3が導通状態、トランジスタB T 3 2が非導通状態となるように、制御信号S 2によって制御される。また、端子G 1が負極、端子G 2が正極となるような電圧が端子対B T 0 2に印加されている場合は、上流側のトランジスタ対B T 3 1は、トランジスタB T 3 3が導通状態となり、トランジスタB T 3 2が非導通状態となるように、制御信号S 2によって制御される。一方、下流側のトランジスタ対B T 3 1は、トランジスタB T 3 2が導通状態、トランジスタB T 3 3が非導通状態となるように、制御信号S 2によって制御される。このようにして、端子対B T 0 2と充電電池セル群との間で、同じ極性をもつ端子同士が接続される。そして、端子対B T 0 2から流れる電流の方向が、充電電池セル群を充電する方向となるように制御される。

30

【0367】

変圧制御回路B T 0 6は、変圧回路B T 0 7の動作を制御する。変圧制御回路B T 0 6は、放電電池セル群に含まれる電池セルB T 0 9の個数と、充電電池セル群に含まれる電池セルB T 0 9の個数とに基づいて、変圧回路B T 0 7の動作を制御する変圧信号S 3を生成し、変圧回路B T 0 7へ出力する。

40

【0368】

なお、放電電池セル群に含まれる電池セルB T 0 9の個数が充電電池セル群に含まれる電池セルB T 0 9の個数よりも多い場合は、充電電池セル群に対して過剰に大きな充電電圧が印加されることを防止する必要がある。そのため、変圧制御回路B T 0 6は、充電電池セル群を充電できる範囲で放電電圧(V d i s)を降圧させるように変圧回路B T 0 7を制御する変圧信号S 3を出力する。

50

【0369】

また、放電電池セル群に含まれる電池セルB T 0 9の個数が、充電電池セル群に含まれる電池セルB T 0 9の個数以下である場合は、充電電池セル群を充電するために必要な充電電圧を確保する必要がある。そのため、変圧制御回路B T 0 6は、充電電池セル群に過剰な充電電圧が印加されない範囲で放電電圧(V d i s)を昇圧させるように変圧回路B T 0 7を制御する変圧信号S 3を出力する。

【0370】

なお、過剰な充電電圧とする電圧値は、電池部B T 0 8で使用される電池セルB T 0 9の製品仕様等に鑑みて決定することができる。また、変圧回路B T 0 7により昇圧及び降圧された電圧は、充電電圧(V c h a)として端子対B T 0 2に印加される。

10

【0371】

ここで、本実施形態における変圧制御回路B T 0 6の動作例を、図40(A)乃至(C)を用いて説明する。図40(A)乃至(C)は、図37(A)乃至(C)で説明した放電電池セル群及び充電電池セル群に対応させた、変圧制御回路B T 0 6の動作例を説明するための概念図である。なお図40(A)乃至(C)は、電池制御ユニットB T 4 1を図示している。電池制御ユニットB T 4 1は、上述したように、端子対B T 0 1と、端子対B T 0 2と、切り替え制御回路B T 0 3と、切り替え回路B T 0 4と、切り替え回路B T 0 5と、変圧制御回路B T 0 6と、変圧回路B T 0 7とにより構成される。

【0372】

図40(A)に示される例では、図37(A)で説明したように、連続する3つの高電圧セルa乃至cと、1つの低電圧セルdとが直列に接続されている。この場合、図37(A)を用いて説明したように、切り替え制御回路B T 0 3は、高電圧セルa乃至cを放電電池セル群として決定し、低電圧セルdを充電電池セル群として決定する。そして、変圧制御回路B T 0 6は、放電電池セル群に含まれる電池セルB T 0 9の個数を基準とした時の、充電電池セル群に含まれる電池セルB T 0 9の個数の比に基づいて、放電電圧(V d i s)から充電電圧(V c h a)への変換比Nを算出する。

20

【0373】

なお放電電池セル群に含まれる電池セルB T 0 9の個数が、充電電池セル群に含まれる電池セルB T 0 9の個数よりも多い場合に、放電電圧を変圧せずに端子対B T 0 2にそのまま印加すると、充電電池セル群に含まれる電池セルB T 0 9に、端子対B T 0 2を介して過剰な電圧が印加される可能性がある。そのため、図40(A)に示されるような場合では、端子対B T 0 2に印加される充電電圧(V c h a)を、放電電圧よりも降圧させる必要がある。さらに、充電電池セル群を充電するためには、充電電圧は、充電電池セル群に含まれる電池セルB T 0 9の合計電圧より大きい必要がある。そのため、変圧制御回路B T 0 6は、放電電池セル群に含まれる電池セルB T 0 9の個数を基準とした時の、充電電池セル群に含まれる電池セルB T 0 9の個数の比よりも、変換比Nを大きく設定する。

30

【0374】

変圧制御回路B T 0 6は、放電電池セル群に含まれる電池セルB T 0 9の個数を基準とした時の、充電電池セル群に含まれる電池セルB T 0 9の個数の比に対して、変換比Nを1乃至10%程度大きくするのが好ましい。この時、充電電圧は充電電池セル群の電圧よりも大きくなるが、実際には充電電圧は充電電池セル群の電圧と等しくなる。ただし、変圧制御回路B T 0 6は変換比Nに従い充電電池セル群の電圧を充電電圧と等しくするために、充電電池セル群を充電する電流を流すこととなる。この電流は変圧制御回路B T 0 6に設定された値となる。

40

【0375】

図40(A)に示される例では、放電電池セル群に含まれる電池セルB T 0 9の個数が3個で、充電電池セル群に含まれる電池セルB T 0 9の数が1個であるため、変圧制御回路B T 0 6は、1/3より少し大きい値を変換比Nとして算出する。そして、変圧制御回路B T 0 6は、放電電圧を当該変換比Nに応じて降圧し、充電電圧に変換する変圧信号S 3を変圧回路B T 0 7に出力する。そして、変圧回路B T 0 7は、変圧信号S 3に応じて

50

変圧された充電電圧を、端子対 B T 0 2 に印加する。そして、端子対 B T 0 2 に印加される充電電圧によって、充電電池セル群に含まれる電池セル B T 0 9 が充電される。

【 0 3 7 6 】

また、図 4 0 (B) や図 4 0 (C) に示される例でも、図 4 0 (A) と同様に、変換比 N が算出される。図 4 0 (B) や図 4 0 (C) に示される例では、放電電池セル群に含まれる電池セル B T 0 9 の個数が、充電電池セル群に含まれる電池セル B T 0 9 の個数以下であるため、変換比 N は 1 以上となる。よって、この場合は、変圧制御回路 B T 0 6 は、放電電圧を昇圧して充電電圧に変換する変圧信号 S 3 を出力する。

【 0 3 7 7 】

変圧回路 B T 0 7 は、変圧信号 S 3 に基づいて、端子対 B T 0 1 に印加される放電電圧を充電電圧に変換する。そして、変圧回路 B T 0 7 は、変換された充電電圧を端子対 B T 0 2 に印加する。ここで、変圧回路 B T 0 7 は、端子対 B T 0 1 と端子対 B T 0 2 との間を電氣的に絶縁している。これにより、変圧回路 B T 0 7 は、放電電池セル群の中で最も下流に位置する電池セル B T 0 9 の負極端子の絶対電圧と、充電電池セル群の中で最も下流に位置する電池セル B T 0 9 の負極端子の絶対電圧との差異による短絡を防止する。さらに、変圧回路 B T 0 7 は、上述したように、変圧信号 S 3 に基づいて放電電池セル群の合計電圧である放電電圧を充電電圧に変換する。

【 0 3 7 8 】

また、変圧回路 B T 0 7 は、例えば絶縁型 D C (Direct Current) - D C コンバータ等を用いることができる。この場合、変圧制御回路 B T 0 6 は、絶縁型 D C - D C コンバータのオン / オフ比 (デューティ比) を制御する信号を変圧信号 S 3 として出力することにより、変圧回路 B T 0 7 で変換される充電電圧を制御する。

【 0 3 7 9 】

なお、絶縁型 D C - D C コンバータには、フライバック方式、フォワード方式、R C C (Ringing Choke Converter) 方式、プッシュプル方式、ハーフブリッジ方式、及びフルブリッジ方式等が存在するが、目的とする出力電圧の大きさに応じて適切な方式が選択される。

【 0 3 8 0 】

絶縁型 D C - D C コンバータを用いた変圧回路 B T 0 7 の構成を図 4 1 に示す。絶縁型 D C - D C コンバータ B T 5 1 は、スイッチ部 B T 5 2 とトランス部 B T 5 3 とを有する。スイッチ部 B T 5 2 は、絶縁型 D C - D C コンバータの動作のオン / オフを切り替えるスイッチであり、例えば、M O S F E T (Metal - Oxide - Semiconductor Field - Effect Transistor) やバイポーラ型トランジスタ等を用いて実現される。また、スイッチ部 B T 5 2 は、変圧制御回路 B T 0 6 から出力される、オン / オフ比を制御する変圧信号 S 3 に基づいて、絶縁型 D C - D C コンバータ B T 5 1 のオン状態とオフ状態を周期的に切り替える。なお、スイッチ部 B T 5 2 は、使用される絶縁型 D C - D C コンバータの方式によって様々な構成を取り得る。トランス部 B T 5 3 は、端子対 B T 0 1 から印加される放電電圧を充電電圧に変換する。詳細には、トランス部 B T 5 3 は、スイッチ部 B T 5 2 のオン / オフ状態と連動して動作し、そのオン / オフ比に応じて放電電圧を充電電圧に変換する。この充電電圧は、スイッチ部 B T 5 2 のスイッチング周期において、オン状態となる時間が長いほど大きくなる。一方、充電電圧は、スイッチ部 B T 5 2 のスイッチング周期において、オン状態となる時間が短いほど小さくなる。なお、絶縁型 D C - D C コンバータを用いる場合、トランス部 B T 5 3 の内部で、端子対 B T 0 1 と端子対 B T 0 2 は互いに絶縁することができる。

【 0 3 8 1 】

本実施形態における蓄電装置 B T 0 0 の処理の流れを、図 4 2 を用いて説明する。図 4 2 は、蓄電装置 B T 0 0 の処理の流れを示すフローチャートである。

【 0 3 8 2 】

まず、蓄電装置 B T 0 0 は、複数の電池セル B T 0 9 毎に測定された電圧を取得する (ステップ S 1 0 1) 。そして、蓄電装置 B T 0 0 は、複数の電池セル B T 0 9 の電圧を揃

10

20

30

40

50

える動作の開始条件を満たすか否かを判定する（ステップS102）。この開始条件は、例えば、複数の電池セルBT09毎に測定された電圧の最大値と最小値との差分が、所定の閾値以上か否か等とすることができる。この開始条件を満たさない場合は（ステップS102:NO）、各電池セルBT09の電圧のバランスが取れている状態であるため、蓄電装置BT00は、以降の処理を実行しない。一方、開始条件を満たす場合は（ステップS102:YES）、蓄電装置BT00は、各電池セルBT09の電圧を揃える処理を実行する。この処理において、蓄電装置BT00は、測定されたセル毎の電圧に基づいて、各電池セルBT09が高電圧セルか低電圧セルかを判定する（ステップS103）。そして、蓄電装置BT00は、判定結果に基づいて、放電電池セル群及び充電電池セル群を決定する（ステップS104）。さらに、蓄電装置BT00は、決定された放電電池セル群を端子対BT01の接続先に設定する制御信号S1、及び決定された充電電池セル群を端子対BT02の接続先に設定する制御信号S2を生成する（ステップS105）。蓄電装置BT00は、生成された制御信号S1及び制御信号S2を、切り替え回路BT04及び切り替え回路BT05へそれぞれ出力する。そして、切り替え回路BT04により、端子対BT01と放電電池セル群とが接続され、切り替え回路BT05により、端子対BT02と放電電池セル群とが接続される（ステップS106）。また、蓄電装置BT00は、放電電池セル群に含まれる電池セルBT09の個数と、充電電池セル群に含まれる電池セルBT09の個数とに基づいて、変圧信号S3を生成する（ステップS107）。そして、蓄電装置BT00は、変圧信号S3に基づいて、端子対BT01に印加される放電電圧を充電電圧に変換し、端子対BT02に印加する（ステップS108）。これにより、放電電池セル群の電荷が充電電池セル群へ移動される。

10

20

【0383】

また、図42のフローチャートでは、複数のステップが順番に記載されているが、各ステップの実行順序は、その記載の順番に制限されない。

【0384】

以上、本実施形態によれば、放電電池セル群から充電電池セル群へ電荷を移動させる際、キャパシタ方式のように、放電電池セル群からの電荷を一旦蓄積し、その後充電電池セル群へ放出させるような構成を必要としない。これにより、単位時間あたりの電荷移動効率を向上させることができる。また、切り替え回路BT04及び切り替え回路BT05により、放電電池セル群及び充電電池セル群のうち、変圧回路と接続する電池セルを、個別に切り替えられる。

30

【0385】

さらに、変圧回路BT07により、放電電池セル群に含まれる電池セルBT09の個数と充電電池セル群に含まれる電池セルBT09の個数とに基づいて、端子対BT01に印加される放電電圧が充電電圧に変換され、端子対BT02に印加される。これにより、放電側及び充電側の電池セルBT09がどのように選択されても、問題なく電荷の移動を実現できる。

【0386】

さらに、トランジスタBT10及びトランジスタBT13にOSトランジスタを用いることにより、充電電池セル群及び放電電池セル群に属しない電池セルBT09から漏洩する電荷量を減らすことができる。これにより、充電及び放電に寄与しない電池セルBT09の容量の低下を抑制することができる。また、OSトランジスタは、Siトランジスタに比べて熱に対する特性の変動が小さい。これにより、電池セルBT09の温度が上昇しても、制御信号S1、S2に応じた導通状態と非導通状態の切り替えといった、正常な動作をさせることができる。

40

【0387】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせて実施することが可能である。

【実施例1】

【0388】

本実施例では、蓄電装置を繰り返し曲げた場合の、蓄電装置の外装体内の水分量の測定

50

結果を述べる。

【 0 3 8 9 】

蓄電装置として、実施の形態 1 に示す薄型の蓄電池を作製した。40 μ m のアルミニウム層の一方の面に樹脂層が 80 μ m、他方の面に樹脂層が約 30 μ m 被覆されたシートを用いて、蓄電装置の外装体を形成した。シートとして、エンボス加工は施さない条件と、エンボス加工を施した条件と、の 2 条件を用いた。上面からみた外装体の横幅は 60 mm、縦長は 75 mm であった。左右の封止部の幅は第 1 の条件として 5 mm から 6 mm の間（W 幅）、第 2 の条件として約 3 mm（N 幅）を用いた。リード電極の取り出しを行う上辺の封止部の幅は 5 mm から 5.5 mm の間であった。

【 0 3 9 0 】

正極は 20 μ m 厚のアルミニウム集電体の片面に正極活物質層を 80 μ m 形成した。負極は 18 μ m 厚の銅集電体片面に負極活物質層を 82 μ m 形成した。セパレータは 25 μ m 厚のポリプロピレンを用いた。正極活物質にはコバルト酸リチウムを、負極活物質には黒鉛をそれぞれ用いた。

【 0 3 9 1 】

正極、セパレータおよび負極を交互に積層した積層体を作製した。セパレータを挟んで正極活物質層と負極活物質層が 6 層向かい合う構成とした。

【 0 3 9 2 】

次に、積層した正極のタブ領域を正極リードに、積層した負極のタブ領域を負極リードに、超音波溶接により溶接した。次に、正極、セパレータおよび負極を交互に積層した積層体を外装体となるフィルムで挟み、2 辺を熱により封止した。正極リードおよび負極リードは、外装体の同じ辺から外に取り出した。

【 0 3 9 3 】

次に、PC を 1800 μ L 注液した後、残りの 1 辺を封止した。

【 0 3 9 4 】

次に、外装体の封止領域に、図 4 3 および図 4 4 に示した例と同様にスリットを設けた。スリットの形成には、はさみを用いた。スリットは、外装体の辺に概略垂直に、約 3 mm の間隔で、端部から約 2 mm の長さで設けた。

【 0 3 9 5 】

以上の工程により、蓄電装置を作製した。スリットの有無、左右の封止幅の条件、および外装体として用いたシートエンボス加工の有無を、表 1 に示す。

【 0 3 9 6 】

【表 1】

	スリット	封止幅	エンボス
A1	yes	W	no
A2	yes	W	no
A3	yes	W	no
C1	no	W	no
C2	no	W	no
A4	yes	W	yes
A5	yes	W	yes
A6	yes	W	yes
B1	no	N	yes
B2	no	N	yes
B3	no	N	yes
C3	no	W	yes
C4	no	W	yes
C5	no	W	yes

【 0 3 9 7 】

ここで本実施例では、リチウム塩等の支持電解質を加えておらず、蓄電装置として機能しないが、PC の代わりに電解液を注液すれば、蓄電装置として充放電を行うことができ

る。

【0398】

次に、蓄電装置の曲げ試験を行った。曲げを行うための試験装置は、奥行き方向に伸びた曲率半径40mmの円柱状の支持体を有する。蓄電装置の中央部が支持体の真上となるように設置する。試験装置は左右方向に伸びたアームを有する。アームの先端部分は保持板と機械的に接続されている。アームの先端部分を上下に動かすことにより、支持体に沿って保持板の曲げを行うことができる。蓄電装置の曲げ試験は、蓄電装置を2枚の保持板で挟んだ状態で行う。よって、アームの先端部分を上下に動かすことにより、円柱状の支持体に沿って、蓄電装置の曲げを行うことができる。具体的には、アームの先端部分を下げることにより、蓄電装置を、曲率半径40mmで曲げることができる。蓄電装置の曲げを、蓄電装置を2枚の保持板で挟んだ状態で行うことにより、曲げ以外の不要な力が蓄電装置に加わることを防ぐことができる。また、蓄電装置全体に、曲げた時の力を均一に加えることができる。

10

【0399】

曲げ試験の条件は、40mm以上150mm以下の曲率半径で曲げ、1回の曲げは10秒間隔で行った。曲げは1万回行った。

【0400】

まず蓄電装置A1、A2、A3、C1およびC2について曲げ試験を行った。ここで、正極503のタブ領域、負極506のタブ領域、正極リード510、および負極リード511を含む領域、例えば図1(A)の領域522は可動させず、図1(A)の上面において領域522より下部の領域、例えば領域521は40mm以上150mm以下の曲率半径で繰り返し曲げた。

20

【0401】

次に、蓄電装置A4、A5、A6、B1、B2、B3、C3、C4およびC5について曲げ試験を行った。ここで、蓄電装置を金属の板で挟み、ほぼ全体の領域について40mm以上150mm以下の曲率半径で繰り返し曲げた。

【0402】

次に、曲げ試験を行った蓄電装置の保存試験を行った。具体的には、圧力調整機構を有する容器内に水とともに24時間120保持した。

【0403】

30

次に、保存試験を行った蓄電装置の一边を切断して開封し、PCを1800μL注液した。その後、追加した溶媒を外装体に囲まれた領域全体にPCをなじませてから、外装体に囲まれた領域の溶媒を絞りだして回収した。

【0404】

次に、電量滴定法カールフィッシャー水分計MKC-610-DT(京都電子工業製)を用いて、回収した溶媒の水分量測定を行った。

【0405】

図45(A)に、蓄電装置A1、A2、A3、C1およびC2の結果を示す。蓄電装置C1およびC2では水分量が500ppmより高く、蓄電装置C1では900ppmを超えていた。繰り返し曲げることにより蓄電装置の外装体に亀裂等が生じて気密性が低下し、水分が外装体内に入ったと考えられる。一方、蓄電装置A1乃至A3では水分量は500ppm未満になっており、A3では約300ppmであった。

40

【0406】

図45(B)に、蓄電装置A4、A5、A6、B1、B2、C3、C4およびC5の結果を示す。スリットを設けなかった蓄電装置C3乃至C5と比較して、スリットを設けた蓄電装置A4乃至A6では侵入水分量の低下が示唆された。また、封止幅を狭くした条件においても水分の侵入を抑えられることが示唆された。

【符号の説明】

【0407】

10 フィルム

50

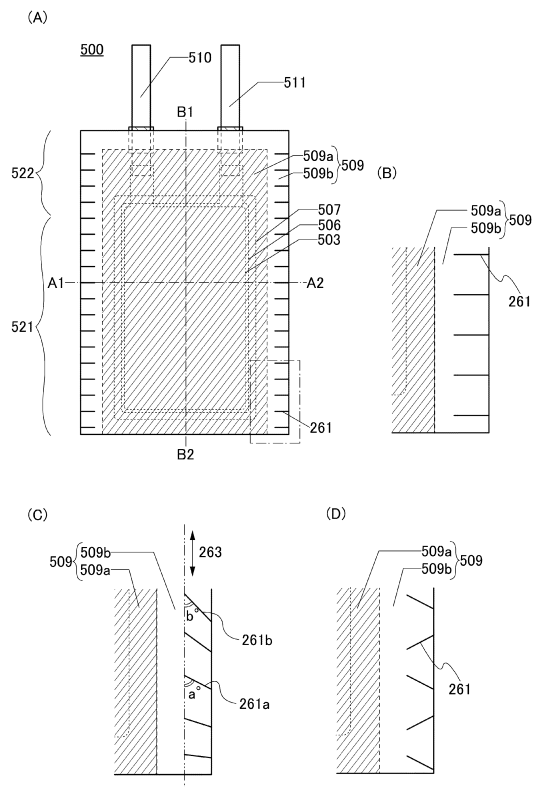
1 0 a	凸部	
1 0 b	凸部	
1 0 2	活物質層	
1 0 3	活物質	
1 0 4	結着剤	
1 1 1	正極	
1 1 1 a	正極	
1 1 5	負極	
1 1 5 a	負極	
1 2 1	正極集電体	10
1 2 2	正極活物質層	
1 2 3	セパレータ	
1 2 5	負極集電体	
1 2 6	負極活物質層	
1 3 0	電極組立体	
1 3 1	電極組立体	
2 0 0	二次電池	
2 0 3	セパレータ	
2 0 3 a	領域	
2 0 3 b	領域	20
2 0 7	外装体	
2 1 1	正極	
2 1 5	負極	
2 2 0	封止層	
2 2 1	正極リード	
2 2 5	負極リード	
2 5 0	二次電池	
2 6 1	スリット	
2 6 1 a	スリット	
2 6 1 b	スリット	30
2 6 2	孔	
3 2 1	グラフェン化合物	
3 3 1	領域	
3 3 2	領域	
3 3 3	領域	
3 5 2	ピッチ	
3 5 4	距離	
5 0 0	蓄電装置	
5 0 1	正極集電体	
5 0 2	正極活物質層	40
5 0 3	正極	
5 0 4	負極集電体	
5 0 5	負極活物質層	
5 0 6	負極	
5 0 7	セパレータ	
5 0 8	電解液	
5 0 9	外装体	
5 0 9 a	領域	
5 0 9 b	領域	
5 0 9 i	封止部	50

5 0 9 j	封止部	
5 0 9 k	封止部	
5 1 0	正極リード	
5 1 1	負極リード	
5 1 2	溶接領域	
5 1 3	湾曲部	
5 1 4	封止部	
5 2 1	領域	
5 2 2	領域	
5 4 1	積層体	10
7 0 0	携帯情報端末	
7 0 1	筐体	
7 0 2	表示パネル	
7 0 3	留め金	
7 0 5 A	バンド	
7 0 5 B	バンド	
7 1 1	操作ボタン	
7 1 2	操作ボタン	
7 5 0	蓄電装置	
7 5 1	正極リード	20
7 5 2	負極リード	
7 5 3	外装体	
1 7 0 0	曲面	
1 7 0 1	平面	
1 7 0 2	曲線	
1 7 0 3	曲率半径	
1 7 0 4	曲率中心	
1 8 0 0	曲率中心	
1 8 0 1	フィルム	
1 8 0 2	曲率半径	30
1 8 0 3	フィルム	
1 8 0 4	曲率半径	
7 1 0 0	携帯表示装置	
7 1 0 1	筐体	
7 1 0 2	表示部	
7 1 0 3	操作ボタン	
7 1 0 4	蓄電装置	
7 2 0 0	携帯情報端末	
7 2 0 1	筐体	
7 2 0 2	表示部	40
7 2 0 3	バンド	
7 2 0 4	バックル	
7 2 0 5	操作ボタン	
7 2 0 6	入出力端子	
7 2 0 7	アイコン	
7 2 5 0	活動量計	
7 2 5 1	筐体	
7 3 0 0	表示装置	
7 3 0 4	表示部	
7 3 5 0	表示装置	50

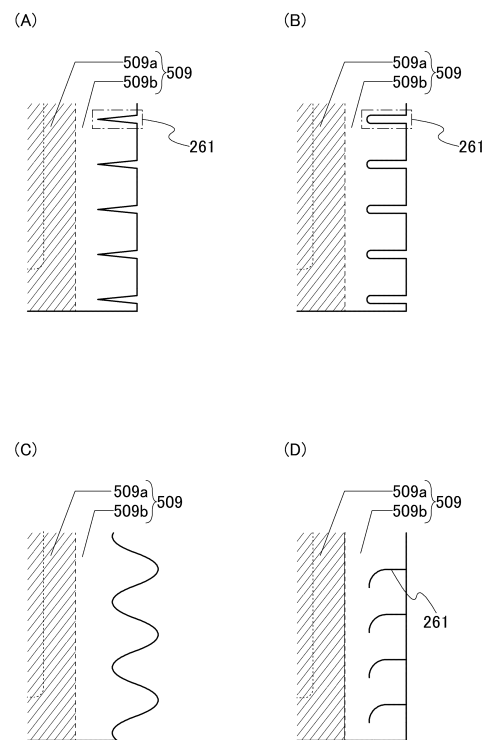
7 3 5 1	レンズ	
7 3 5 1 A	画像	
7 3 5 1 B	画像	
7 3 5 2	フレーム	
7 3 5 5	先端部	
7 3 6 0	蓄電装置	
7 3 6 1	正極リード	
7 3 6 2	負極リード	
7 4 0 0	携帯電話機	
7 4 0 1	筐体	10
7 4 0 2	表示部	
7 4 0 3	操作ボタン	
7 4 0 4	外部接続ポート	
7 4 0 5	スピーカ	
7 4 0 6	マイク	
7 4 0 7	蓄電装置	
8 0 0 0	表示装置	
8 0 0 1	筐体	
8 0 0 2	表示部	
8 0 0 3	スピーカ部	20
8 0 0 4	蓄電装置	
8 0 2 1	充電装置	
8 0 2 2	ケーブル	
8 0 2 4	蓄電装置	
8 1 0 0	照明装置	
8 1 0 1	筐体	
8 1 0 2	光源	
8 1 0 3	蓄電装置	
8 1 0 4	天井	
8 1 0 5	側壁	30
8 1 0 6	床	
8 1 0 7	窓	
8 2 0 0	室内機	
8 2 0 1	筐体	
8 2 0 2	送風口	
8 2 0 3	蓄電装置	
8 2 0 4	室外機	
8 3 0 0	電気冷凍冷蔵庫	
8 3 0 1	筐体	
8 3 0 2	冷蔵室用扉	40
8 3 0 3	冷凍室用扉	
8 3 0 4	蓄電装置	
8 4 0 0	自動車	
8 4 0 1	ヘッドライト	
8 5 0 0	自動車	
9 6 0 0	タブレット型端末	
9 6 2 5	スイッチ	
9 6 2 6	スイッチ	
9 6 2 7	電源スイッチ	
9 6 2 8	操作スイッチ	50

9 6 2 9	留め具
9 6 3 0	筐体
9 6 3 1	表示部
9 6 3 1 a	表示部
9 6 3 1 b	表示部
9 6 3 2 a	領域
9 6 3 2 b	領域
9 6 3 3	太陽電池
9 6 3 4	充放電制御回路
9 6 3 5	蓄電体
9 6 3 6	D C D C コンバータ
9 6 3 7	コンバータ
9 6 3 8	操作キー
9 6 3 9	ボタン
9 6 4 0	可動部

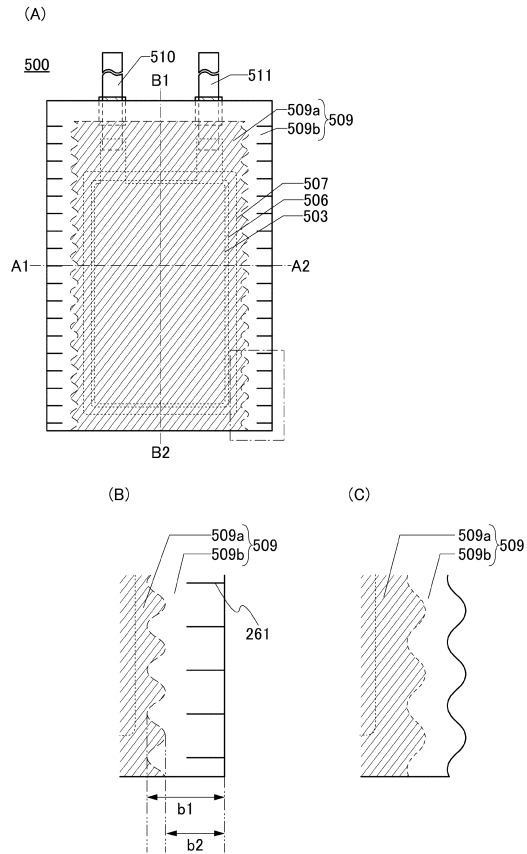
【図 1】



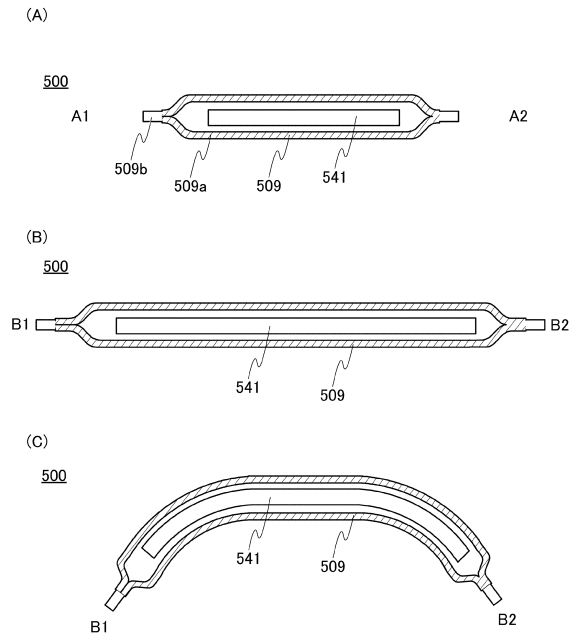
【図 2】



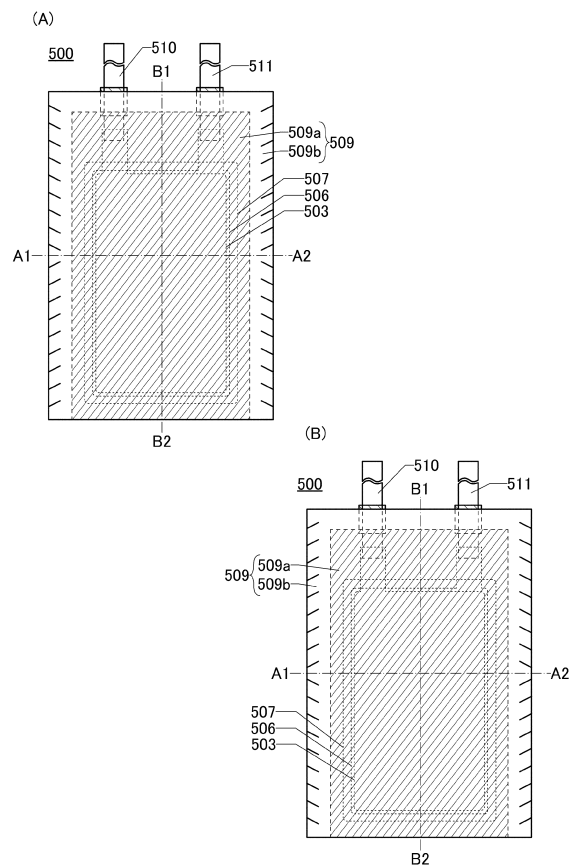
【図 3】



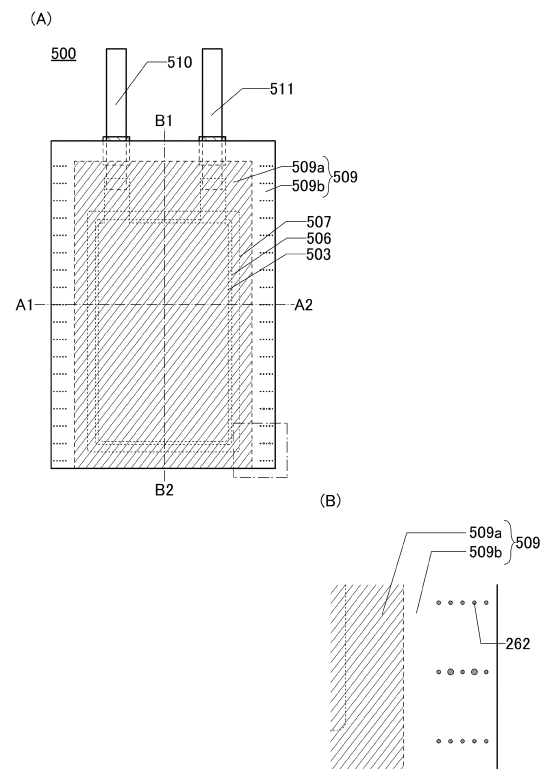
【図 4】



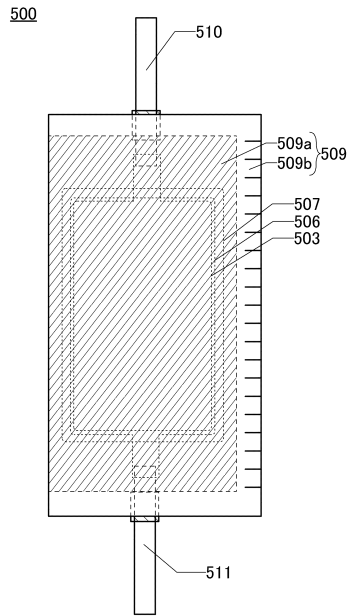
【図 5】



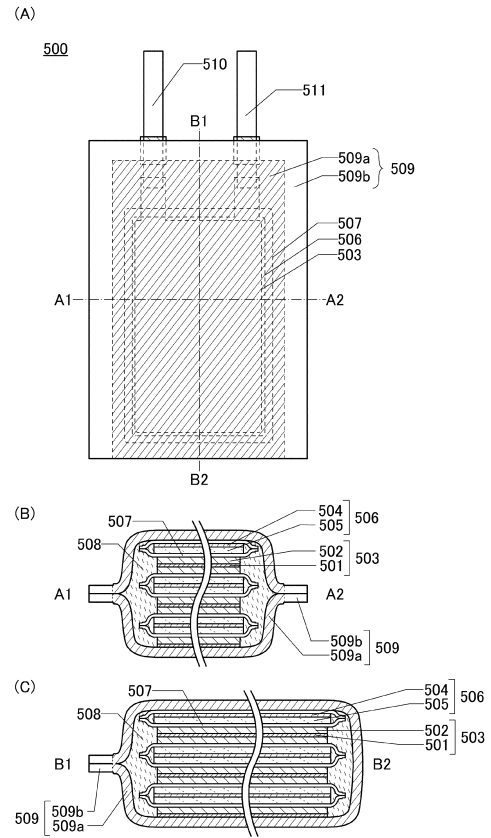
【図 6】



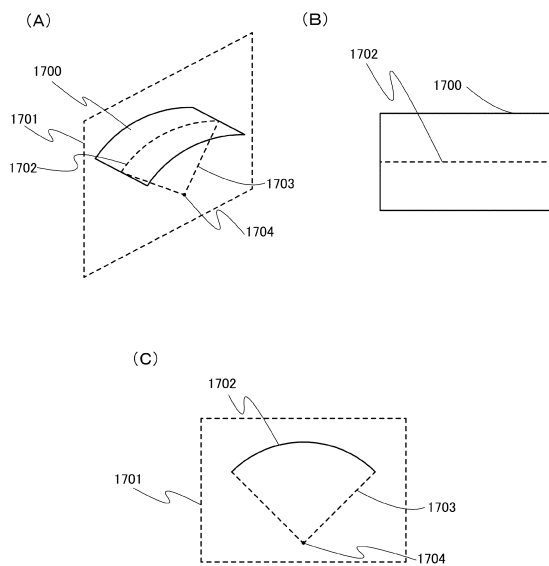
【図 7】



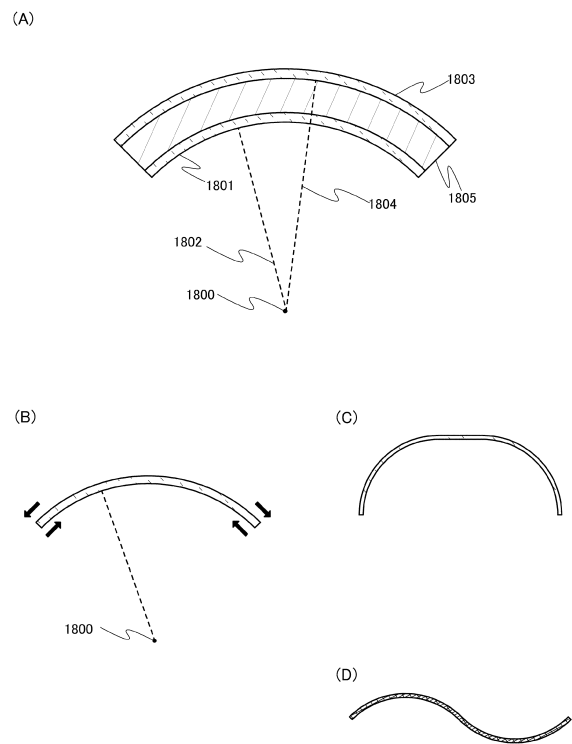
【図 8】



【図 9】

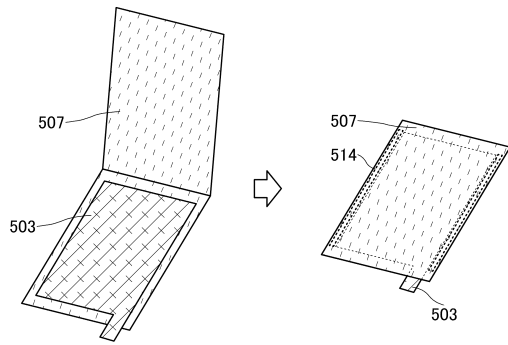


【図 10】

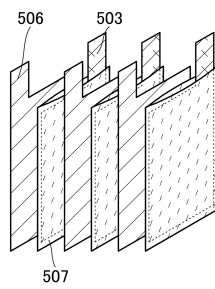


【図 1 1】

(A)

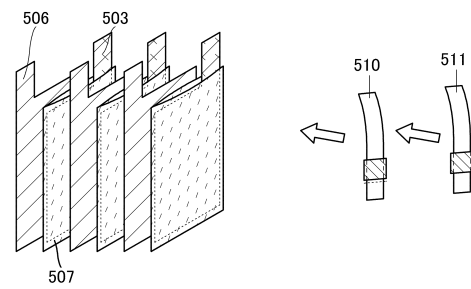


(B)

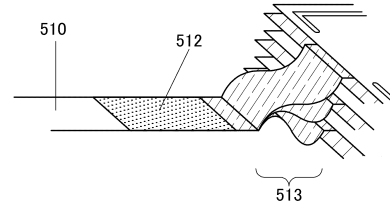


【図 1 2】

(A)

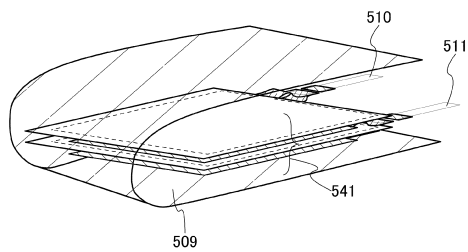


(B)

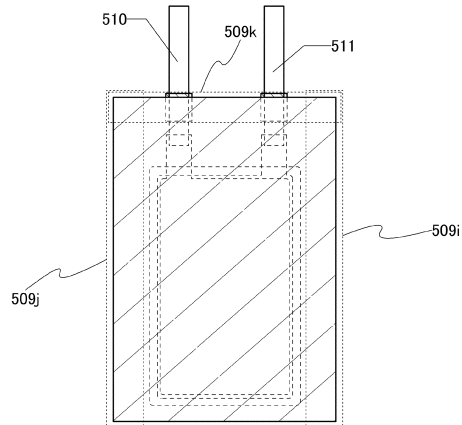


【図 1 3】

(A)

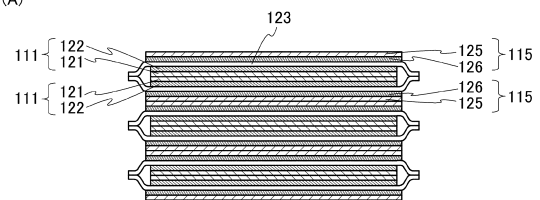


(B)

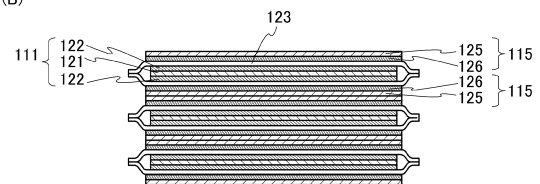


【図 1 4】

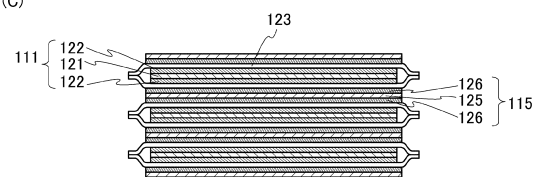
(A)



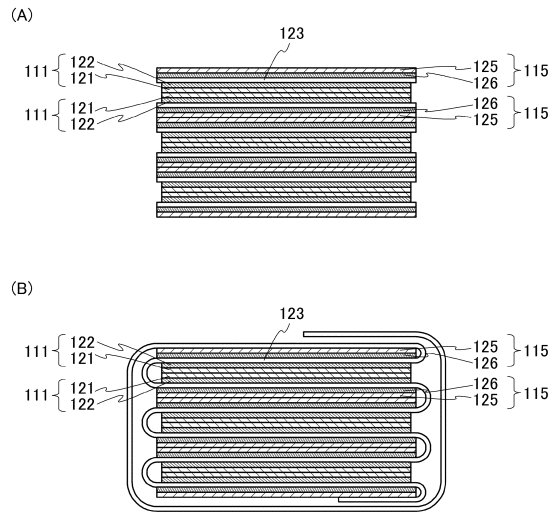
(B)



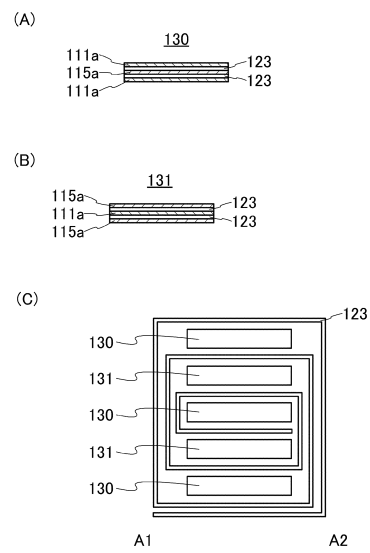
(C)



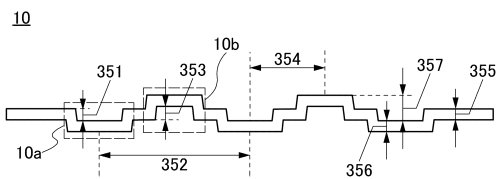
【図 15】



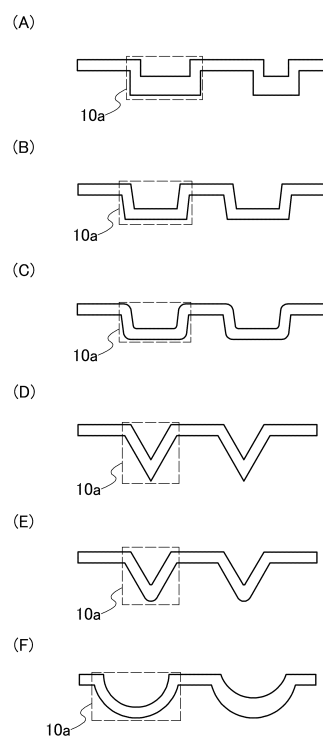
【図 16】



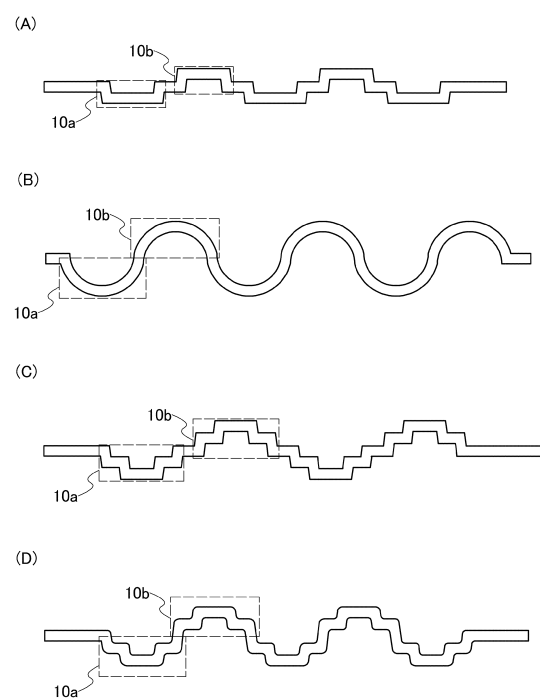
【図 17】



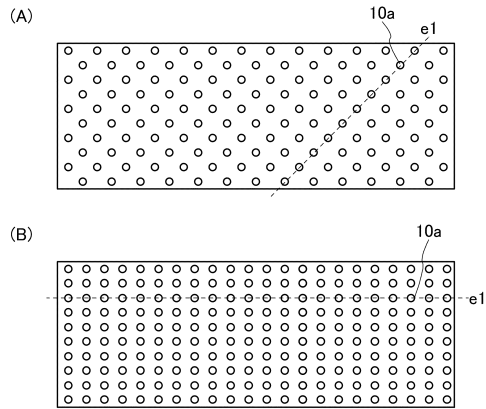
【図 18】



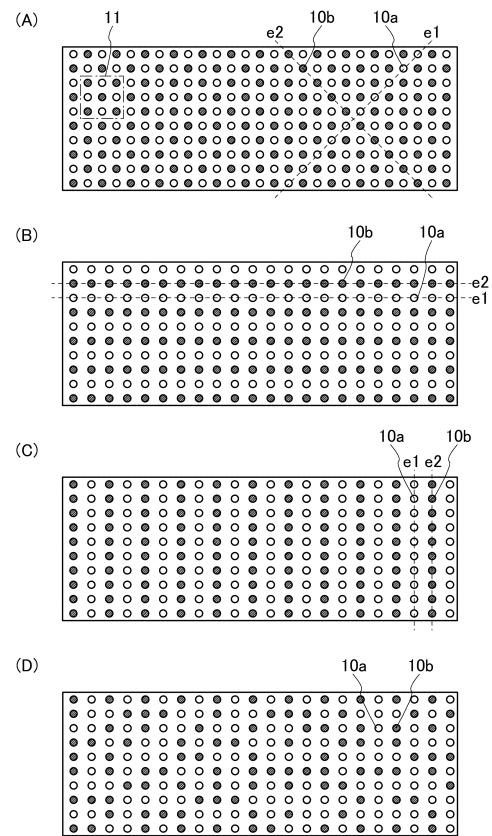
【図 19】



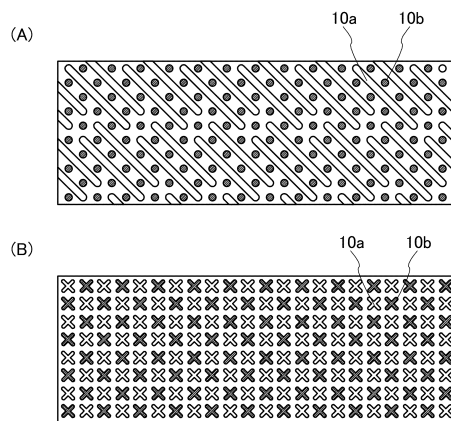
【図 20】



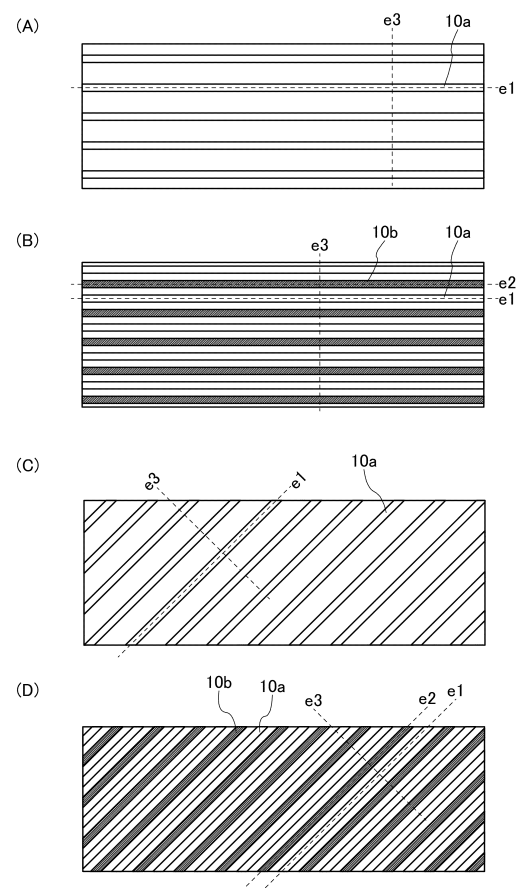
【図 21】



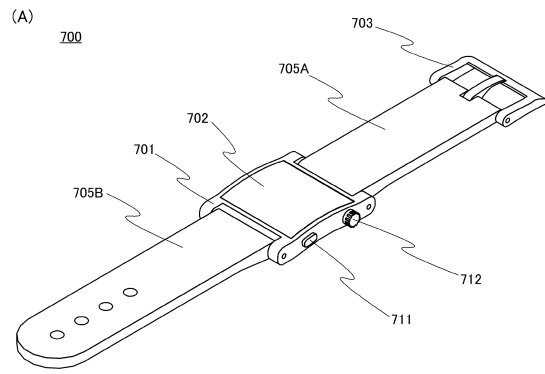
【図 22】



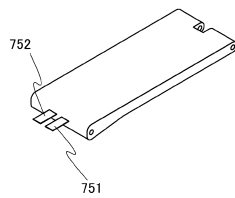
【図 23】



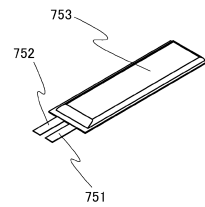
【図 24】



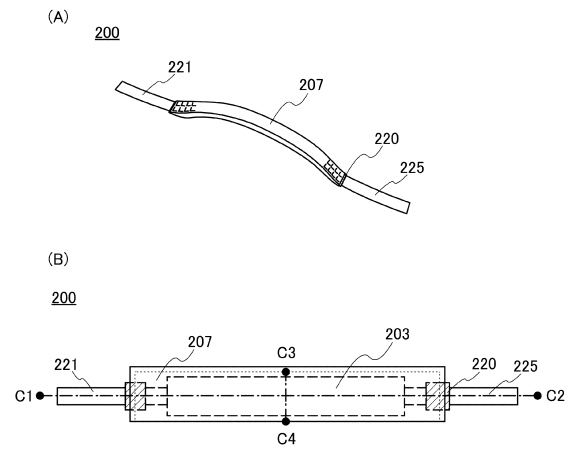
(B) 705A



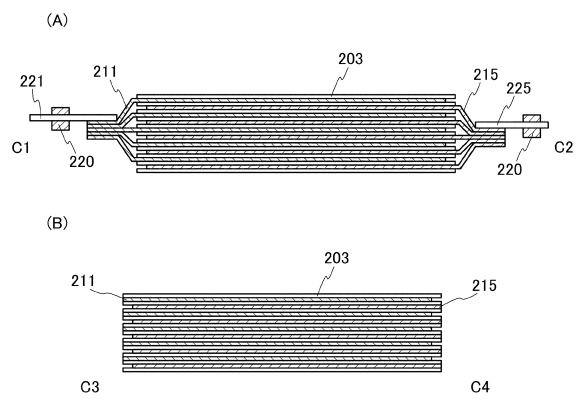
(C) 750



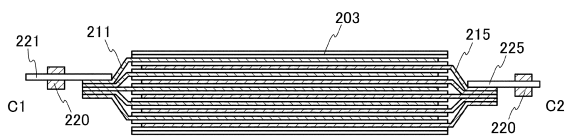
【図 25】



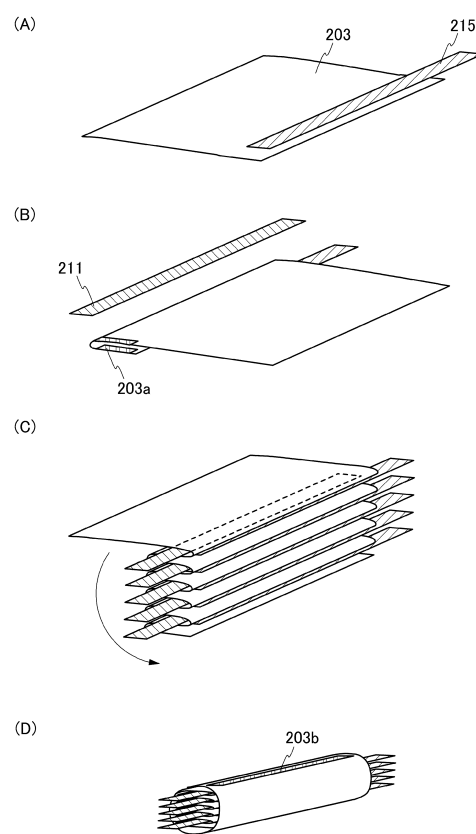
【図 26】



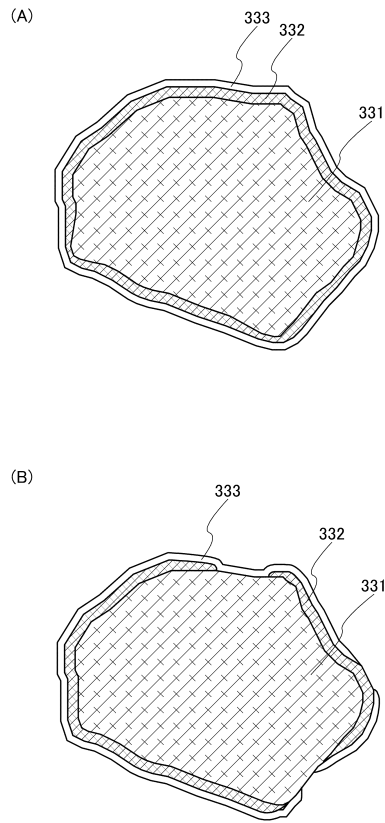
【図 27】



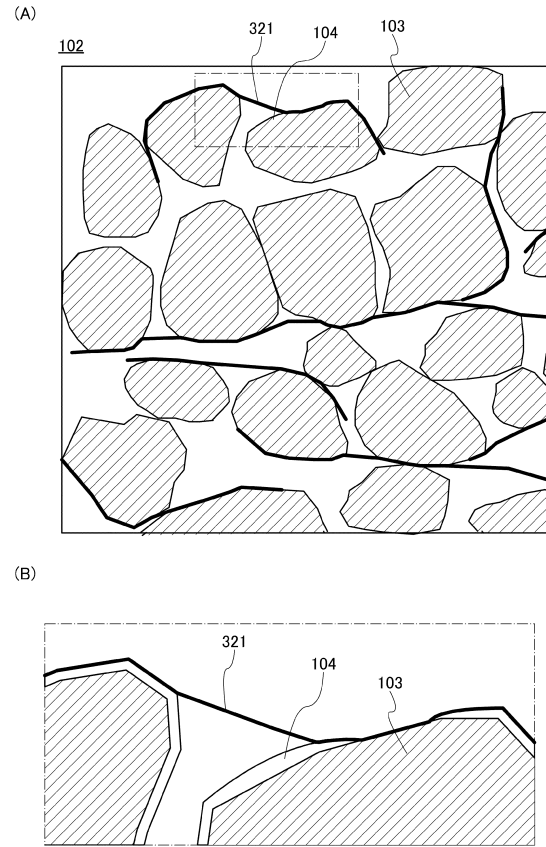
【図 28】



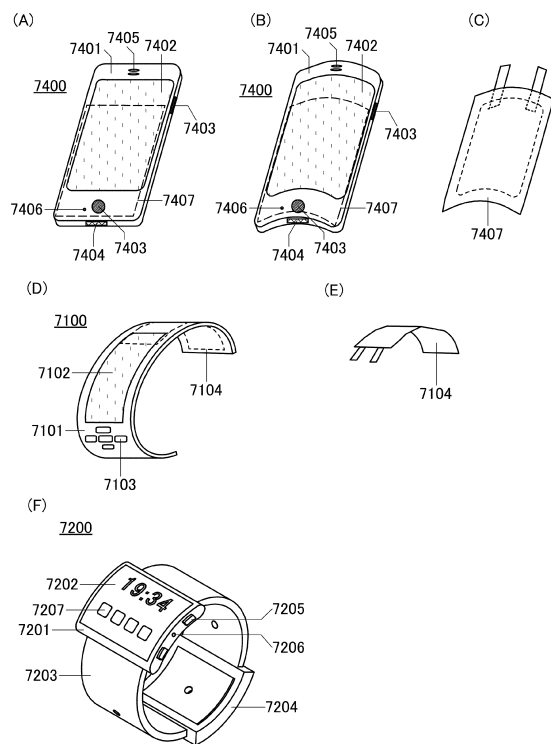
【図 29】



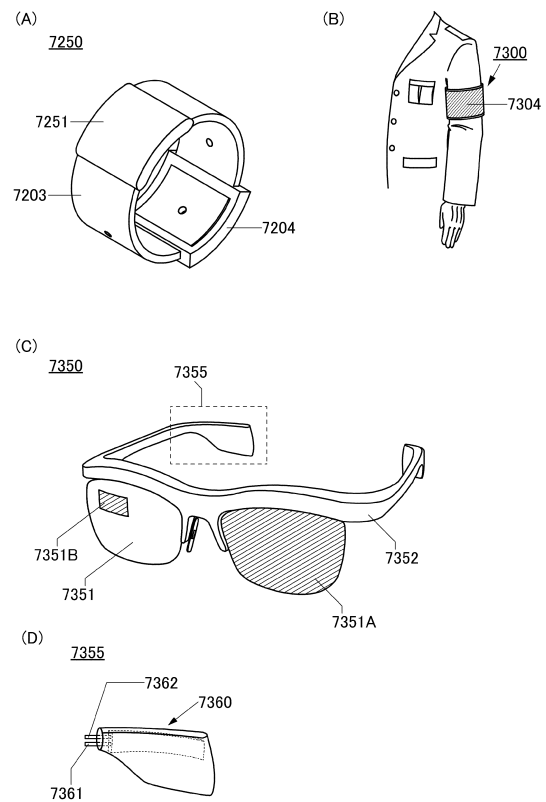
【図 30】



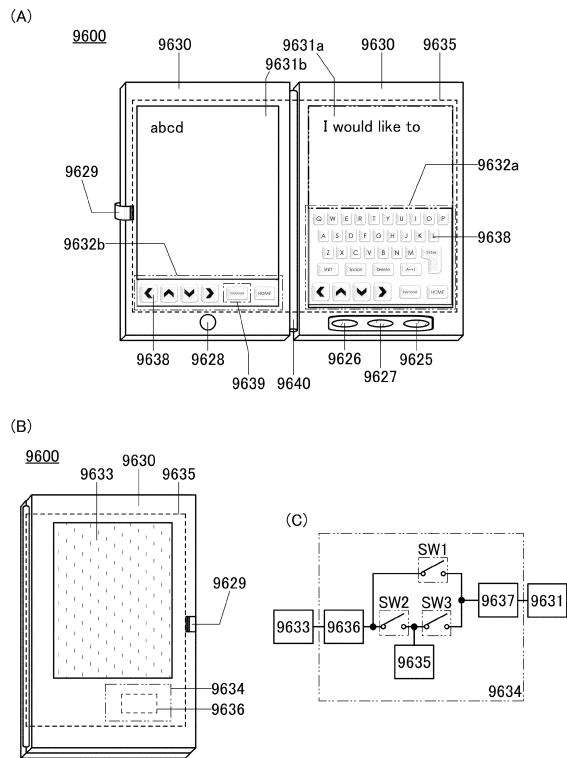
【図 31】



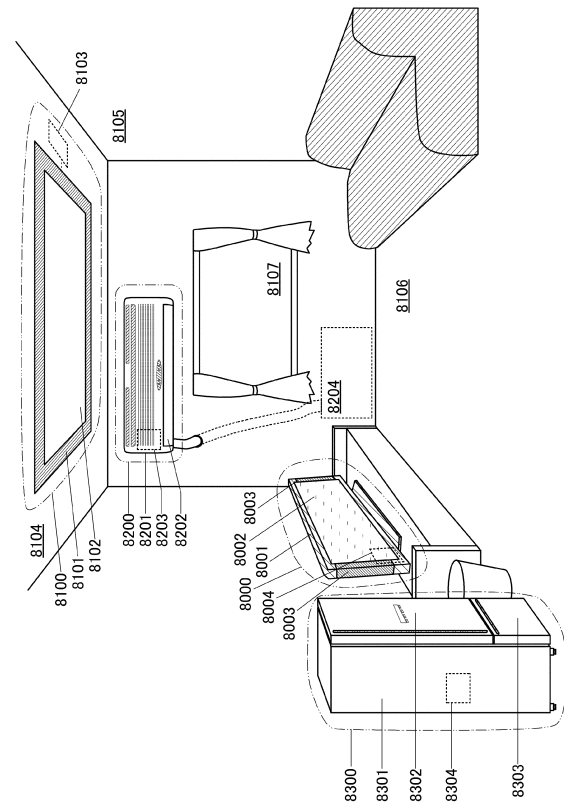
【図 32】



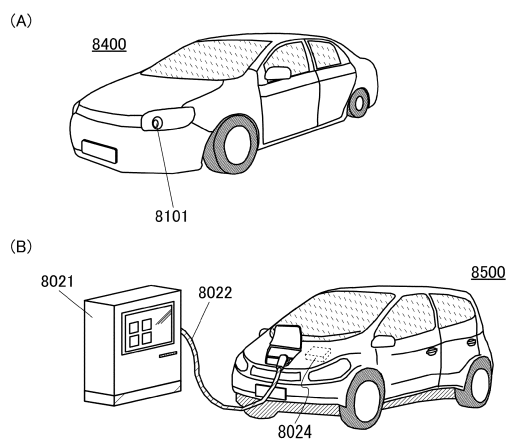
【図 3 3】



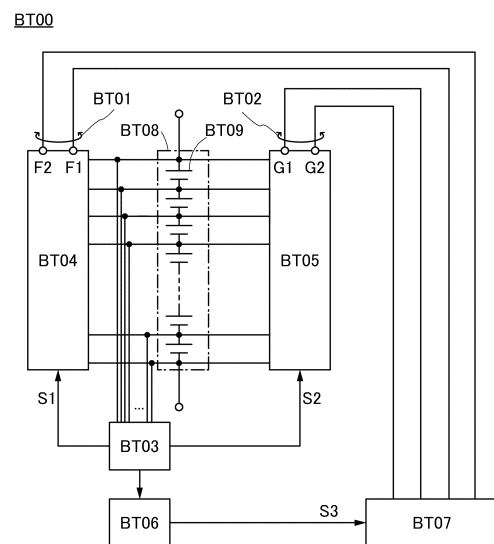
【図 3 4】



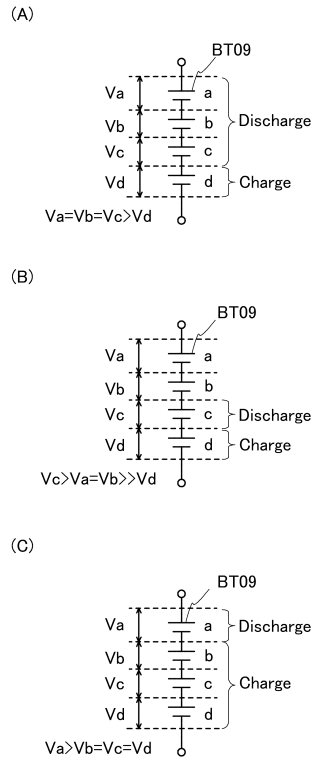
【図 3 5】



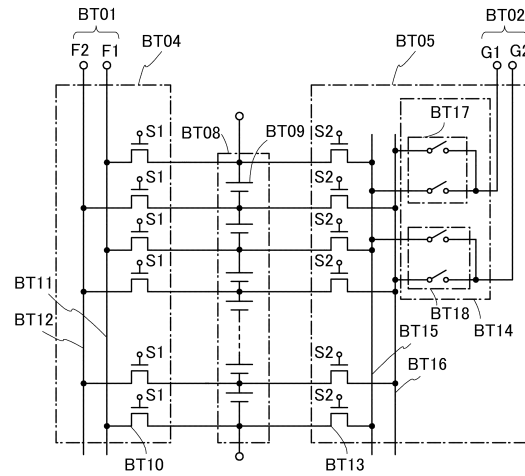
【図 3 6】



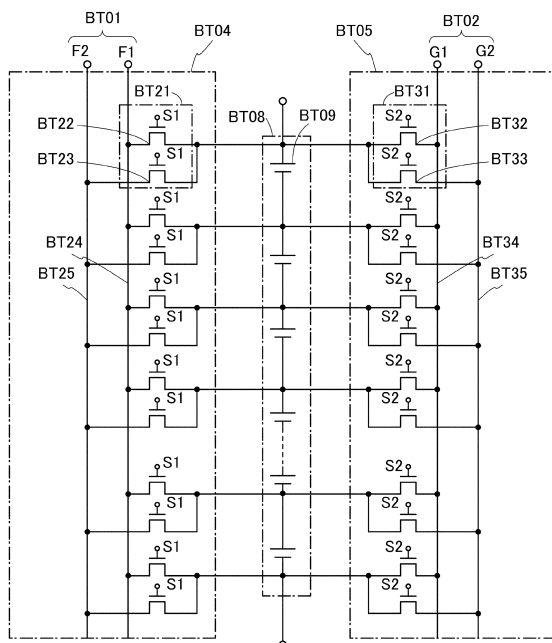
【図 37】



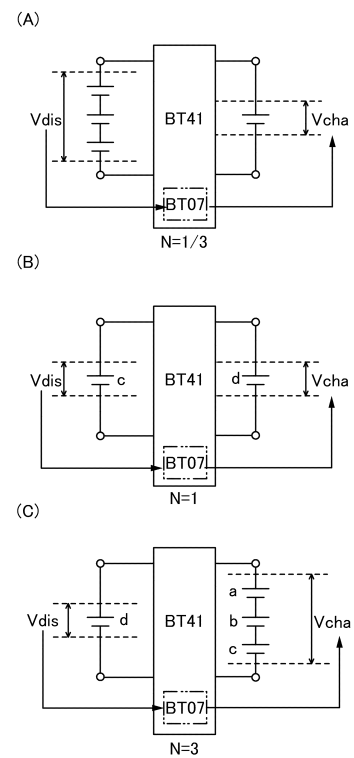
【図 38】



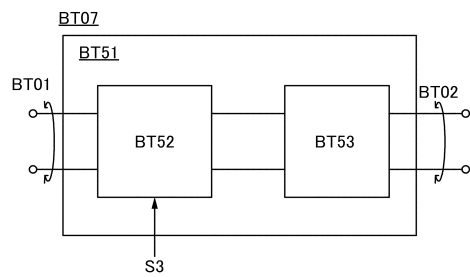
【図 39】



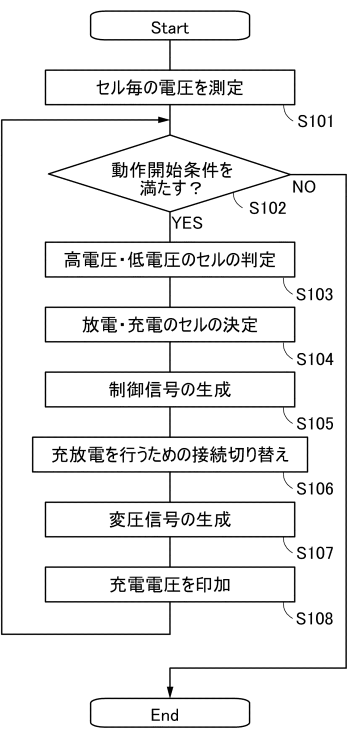
【図 40】



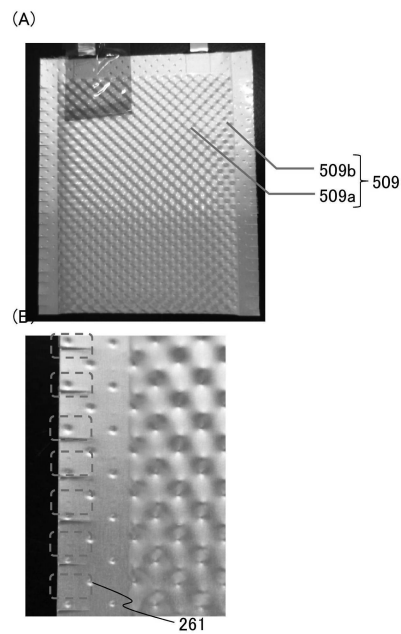
【図 4 1】



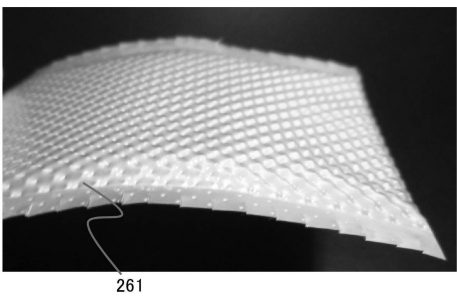
【図 4 2】



【図 4 3】

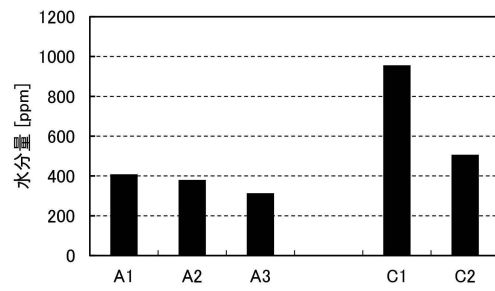


【図 4 4】

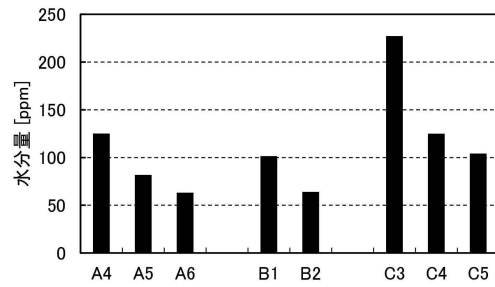


【図 4 5】

(A)



(B)



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2013/031888(WO, A1)

特開2016-027532(JP, A)

特開2006-351431(JP, A)

特開2007-200589(JP, A)

特開2003-092100(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M 50/10

H01M 50/20

H01G 11/78