

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年11月21日(21.11.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/236454 A1

(51) 国際特許分類:

H01M 50/284 (2021.01) H01M 50/105 (2021.01)
H01M 10/0585 (2010.01)

(21) 国際出願番号: PCT/IB2024/054609

(22) 国際出願日: 2024年5月13日(13.05.2024)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願 2023-082539 2023年5月18日(18.05.2023) JP

(71) 出願人: 株式会社半導体エネルギー研究所
(SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY

CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398 Kanagawa (JP).

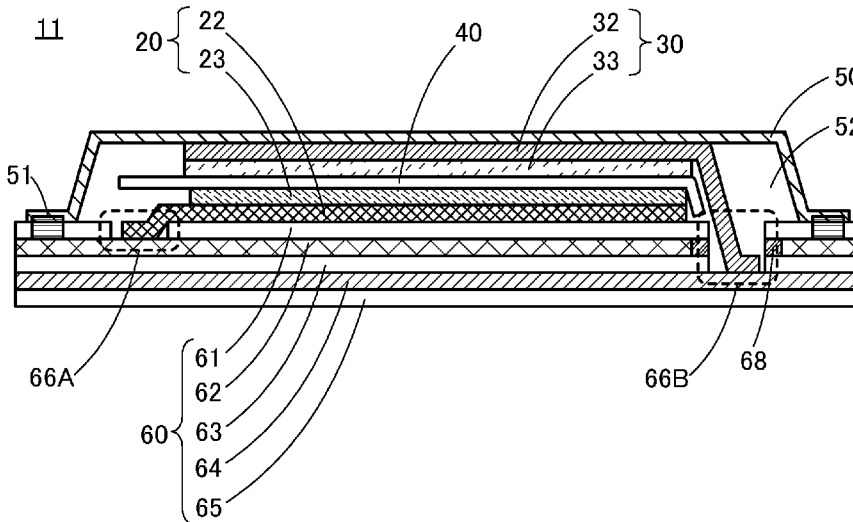
(72) 発明者: 長多剛(OSADA, Takeshi); 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398 株式会社半導体エネルギー研究所内 Kanagawa (JP). 塚本洋介(TSUKAMOTO, Yosuke); 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398 株式会社半導体エネルギー研究所内 Kanagawa (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,

(54) Title: BATTERY MODULE

(54) 発明の名称: 電池モジュール

図1B



(57) Abstract: The present invention realizes a battery module that saves space and that includes a circuit which is safely controlled. This battery module includes: a flexible printed circuit (FPC) board; a housing; a positive electrode; and a negative electrode. The FPC board includes: a first resin layer; a second resin layer; a third resin layer; a first metal layer located between the first resin layer and the second resin layer; and a second metal layer located between the second resin layer and the third resin layer. The first resin layer and the housing are adhered at a sealing section. The positive electrode includes a positive electrode current collector. The negative electrode includes a negative electrode current collector. With respect to a sealed space surrounded by the first resin layer, the housing, and the sealing section: the first resin layer includes a first opening that reaches the first metal layer; and the first resin layer, the first metal layer, and the second resin layer include a second opening that reaches the second metal layer. In the first opening, the positive electrode current

KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

collector is connected to the first metal layer. In the second opening, the negative electrode current collector is connected to the second metal layer.

(57) 要約: 安全に制御する回路を有し、省スペース化が可能な電池モジュールを実現する。フレキシブルプリント回路 (FPC) 基板と、外装体と、正極と、負極と、を有し、FPC回路基板は、第1の樹脂層と、第2の樹脂層と、第3の樹脂層と、第1の樹脂層及び第2の樹脂層の間に位置する第1の金属層と、第2の樹脂層及び第3の樹脂層の間に位置する第2の金属層を有し、第1の樹脂層と、外装体と、は封止部において接着され、正極は、正極集電体を有し、負極は、負極集電体を有し、第1の樹脂層と、外装体と、封止部と、に囲まれた密封空間において、第1の樹脂層は、第1の金属層に達する第1の開口を有し、第1の樹脂層、第1の金属層及び第2の樹脂層は、第2の金属層に達する第2の開口を有し、正極集電体は、第1の開口において、第1の金属層と接続され、負極集電体は、第2の開口において、第2の金属層と接続される、電池モジュールである。.

明細書

発明の名称

電池モジュール

技術分野

[0001]

本明細書等に記載する発明（以下、本明細書等において「本発明」と表記することがある。）は、蓄電装置、二次電池等に関する。特に、リチウムイオン電池に関する。

[0002]

または、本発明は、物、方法、もしく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、もしくは組成物（コンポジション・オブ・マター）に関する。または、本発明は、半導体装置、表示装置、発光装置、蓄電装置、照明装置、電子機器、車両もしくはそれらの製造方法に関する。

背景技術

[0003]

近年、リチウムイオン電池、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電池は、携帯電話機、スマートフォン、もしくはノート型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、医療機器、又は、ハイブリッド車（HV）、電気自動車（EV）、もしくはプラグインハイブリッド車（PHV）等の電動車両など、半導体産業の発展と併せて急速にその需要が拡大し、繰り返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。

[0004]

携帯情報端末において、筐体の小型化、または薄型化が進められており、携帯情報端末において、電池の占める体積を小さく、且つ、電池の容量が大きいことが望まれている。

[0005]

また、電池は内部短絡又は過充電などの原因で発熱するおそれがあり、発熱によって電池が熱暴走し、発煙、発火、又は爆発に至ることが知られている。

[0006]

従来、電池の安全を確保するため、過充電又は過放電を防止する電池制御回路（保護回路という場合がある）がICチップとしてリジッド基板（プリント配線板）に実装されている。なお、リジッド基板と電池セルとの接続は、リジッド基板のマウント端子部と、電池セルが有するリード端子と、を溶接することによって接続される場合が多いが、このような構造は、省スペース化が難しい。

[0007]

そこで、可撓性基板上に電池制御回路を設け、電池外表面に貼り付けられた蓄電モジュールが提案されている（特許文献1）。

[0008]

電池の異常は、電池の内部で発生する事象だけではなく、電池の外部でも発生し得る。電池の外部で発生する異常としては、電池の周辺回路での短絡、いわゆる外部短絡がある。そこで、電池周辺回路の水濡れ時、または水没時に安全を確保するための蓄電モジュールが提案されている（特許文献2）。

[先行技術文献]

[特許文献]

[0009]

[特許文献1] 特開2020-87540

[特許文献2] 特開2022-177336

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010]

本発明の一態様は、電池を安全に制御する回路を搭載しつつ、筐体の小型化に伴う省スペース化に対応できる電池モジュールの構成を実現することを課題の一つとする。

[0011]

本発明の一態様は、結露時、水濡れ時、または水没時において正極と負極の短絡が発生しない、安全な電池モジュールの構成を実現することを課題の一つとする。

[0012]

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。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ものとする。明細書、図面、請求項の記載から、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

[0013]

本発明の一態様は、フレキシブルプリント回路基板と、外装体と、正極と、負極と、を有し、フレキシブルプリント回路基板は、第1の樹脂層と、第2の樹脂層と、第3の樹脂層と、第1の樹脂層及び第2の樹脂層の間に位置する第1の金属層と、第2の樹脂層及び第3の樹脂層の間に位置する第2の金属層を有し、第1の樹脂層と、外装体と、は封止部において接着され、正極は、正極集電体を有し、負極は、負極集電体を有し、第1の樹脂層と、外装体と、封止部と、に囲まれた密封空間において、第1の樹脂層は、第1の金属層に達する第1の開口部を有し、第1の樹脂層、第1の金属層及び第2の樹脂層は、第2の金属層に達する第2の開口部を有し、正極集電体は、第1の開口部において、第1の金属層と接続され、負極集電体は、第2の開口部において、第2の金属層と接続される、電池モジュールである。

[0014]

上記において、第1の金属層は、アルミニウムを有し、第2の金属層は、銅を有することが好ましい。

[0015]

上記のいずれか一の電池モジュールにおいて、フレキシブルプリント回路基板は、制御回路部を有し、制御回路部は、第1の金属層を介して、正極集電体と接続され、制御回路部は、第2の金属層を介して、負極集電体と接続されることが好ましい。

[0016]

上記のいずれか一の電池モジュールにおいて、フレキシブルプリント回路基板は、制御回路部と、接続端子と、を有し、制御回路部は、トランジスタと、制御ICと、を有し、第2の金属層は、第1の部分と、第2の部分と、を有し、トランジスタのゲートは、制御ICと接続され、トランジスタのソース又はドレインの一方は、第1の部分を通じて、正極集電体と接続され、トランジスタのソース又はドレインの他方は、第2の部分を通じて、接続端子と接続されることが好ましい。また、当該ト

ランジスタは、酸化物半導体を用いたトランジスタであることが好ましい。または、当該トランジスタは、縦型トランジスタであることが好ましい。

発明の効果

[0017]

本発明の一態様により、電池を安全に制御する回路を搭載しつつ、筐体の小型化に伴う省スペース化に対応できる電池モジュールの構成を実現することができる。

[0018]

本発明の一態様により、結露時、水濡れ時、または水没時において正極と負極の短絡が発生しない、安全な電池モジュールの構成を実現することができる。

[0019]

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。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。明細書、図面、請求項の記載から、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

[0020]

図1Aは、電池の構成例の斜視模式図であり、図1Bは、電池モジュールの蓄電部の構成例の断面模式図である。図1Cは、接続端子の構成例である。

図2A乃至図2Eは、FPC基板の構成例を説明する上面模式図である。

図3Aは、正極の構成例を説明する上面模式図であり、図3Bは、セパレータの構成例を説明する上面模式図であり、図3Cは、負極の構成例を説明する上面模式図であり、図3Dは、外装体の構成例を説明する上面模式図であり、図3Eは、外装体の構成例を説明する断面模式図である。

図4A乃至図4Cは、電池モジュールの作製方法の一例を説明する上面模式図である。

図5A及び図5Bは、電池モジュールの作製方法の一例を説明する上面模式図である。

図6A及び図6Bは、電池モジュールの作製方法の一例を説明する上面模式図である。

図7A及び図7Bは、電池モジュールの構成例を説明する断面模式図である。

図8Aは、制御回路部を有する電池モジュールの構成例を説明する上面模式図であり、図8Bは、制御回路部の構成例を説明する上面模式図であり、図8Cは、電池モジュールの回路構成を説明する回路図である。

図9Aは、制御回路部の構成例を説明する上面模式図であり、図9Bは、電池モジュールの回路構成を説明する回路図であり、図9Cはスイッチの回路構成を説明する回路図である。

図10A及び図10Bは、半導体装置の構成例である。

図11A乃至図11Hは電子機器の一例を説明する図である。

図12A乃至図12Dは電子機器の一例を説明する図である。

図13A乃至図13Cは電子機器の一例を説明する図である。

図14A及び図14Bは車両の一例を説明する図である。

図15Aは、電動自転車を示す図であり、図15Bは、電動自転車の二次電池を示す図であり、図15Cは、スクータを説明する図である。

発明を実施するための形態

[0021]

実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。但し、本発明は以下の説明に限定されず、本

発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本発明は以下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。

[0022]

なお、以下に説明する発明の構成において、同一部分又は同様な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、同様の機能を指す場合には、ハッチングパターンを同じくし、特に符号を付さない場合がある。

[0023]

また、図面において示す各構成の、位置、大きさ、及び、範囲等は、理解の簡単のため、実際の位置、大きさ、及び、範囲等を表していない場合がある。このため、開示する発明は、必ずしも、図面に開示された位置、大きさ、及び、範囲等に限定されない。

[0024]

なお、本明細書等において、「第1」、「第2」という序数詞は、便宜上用いるものであり、構成要素の数、又は、構成要素の順序（例えば、工程順、又は積層順）を限定するものではない。また、本明細書のある箇所において構成要素に付す序数詞と、本明細書の他の箇所、又は特許請求の範囲において、当該構成要素に付す序数詞と、が一致しない場合がある。

[0025]

なお、「膜」という言葉と、「層」という言葉とは、場合によっては、又は、状況に応じて、互いに入れ替えることが可能である。例えば、「導電層」という用語を、「導電膜」という用語に変更することが可能である。又は、例えば、「絶縁膜」という用語を、「絶縁層」という用語に変更することが可能である。

[0026]

本明細書等において、「上に」、「下に」、「上方に」、又は「下方に」等の配置を示す語句は、構成要素同士の位置関係を、図面を参照して説明するために、便宜上用いている場合がある。また、構成要素同士の位置関係は、各構成を描写する方向に応じて適宜変化するものである。従って、本明細書等で説明した語句に限定されず、状況に応じて適切に言い換えることができる。例えば、「導電体の上に位置する絶縁体」の表現では、示している図面の向きを180度回転することによって、「導電体の下に位置する絶縁体」と言い換えることができる。

[0027]

なお、本明細書等において「上」及び「下」の用語は、構成要素の位置関係が「直上」または「直下」であることを限定するものではない。例えば、「ゲート絶縁膜上のゲート電極」の表現であれば、ゲート絶縁膜とゲート電極との間に他の構成要素を含むものを除外しない。

[0028]

また、本明細書等において「電極」及び「配線」の用語は、これらの構成要素を機能的に限定するものではない。例えば、「電極」は「配線」の一部として用いられることがあり、その逆もまた同様である。さらに、「電極」及び「配線」の用語は、複数の「電極」及び「配線」が一体となって形成されている場合なども含む。

[0029]

また、「ソース」及び「ドレイン」の機能は、異なる極性のトランジスタを採用する場合、または回路動作において電流の方向が変化する場合などには入れ替わることがある。このため、本明細書に

においては、「ソース」及び「ドレイン」の用語は、入れ替えて用いることができるものとする。

[0030]

本明細書において「AがBと電氣的に接続されている。」の記載は、等価回路に置き換えた場合に、AとBの間に電流が流れうる経路が形成されている状態を示す。AとBの間に電流が流れうる経路が形成されている状態には、AがBと回路素子（トランジスタおよび抵抗素子など）を介さず接続（直接接続）されている場合と、AがBと回路素子を介して接続（間接接続）されている場合とが含まれる。なお、回路素子に配線は含まず、AがBと配線を介して接続されている場合も直接接続されている、という。

[0031]

例えば、AがBとトランジスタのソースおよびドレインを介して接続されている場合は、AとBとの間にトランジスタのソースおよびドレインを介して電流が流れうる経路が形成されている状態である。よって、当該トランジスタのオン状態またはオフ状態に関わらず、「AがBと電氣的に接続されている。」と言える。ただし、AからBまでの経路の途中に、絶縁物（例えば、容量素子の誘電体またはトランジスタのゲート絶縁膜など）を含む場合は、AからBへ電流が流れうる経路が形成されていない。

[0032]

（実施の形態1）

本実施の形態では、本発明の一態様の電池モジュールの構成例について説明する。

[0033]

[電池モジュール]

図1A乃至図1Cは本発明の一態様の電池モジュールの一例を示す図である。

[0034]

図1Aは、電池モジュール10の斜視図であり、図1Bは、図1Aの一点鎖線X1-X2における断面模式図である。また、図1Cは、接続端子70の構成例を説明する模式図である。

[0035]

電池モジュール10は、フレキシブルプリント回路（FPC: Flexible Printed Circuits）基板60と、外装体50と、接続端子70とを有する。また、FPC基板60と、外装体50は、封止部51において接着され、FPC基板60と、外装体50とに囲まれた空間が密封されており、当該空間を電池モジュール10の密封空間52と呼ぶ。また、電池モジュール10において、密封空間52と、外装体50と、密封空間52及び封止部51と接するFPC基板60と、を含む部分を、蓄電部11と呼ぶ。電池モジュール10は、接続端子70において、後述する電子機器、車両などと接続される。

[0036]

図1Bは、蓄電部11の断面構造の一例を説明する模式図である。蓄電部11は、密封空間52において、正極20と、負極30と、セパレータ40と、を有する。正極20は、正極集電体22と、正極集電体22上の正極活物質層23と、を有する。負極30は、負極集電体32と、負極集電体32上の負極活物質層33と、を有する。セパレータ40は、正極活物質層23と負極活物質層33の間に位置し、正極20と負極30と、が直接接しないように設けられる。なお、図示しないが、正極活物質層23が有する空隙、負極活物質層33が有する空隙、及び、セパレータ40が有する空隙には、電解質を有する。

[0037]

FPC基板60は、第1の樹脂層61と、第1の金属層62と、第2の樹脂層63と、第2の金属層64と、第3の樹脂層65と、を有する。第1の樹脂層61、第2の樹脂層63及び第3の樹脂層65は、絶縁性であり、第1の金属層62及び第2の金属層64は、導電性である。

[0038]

FPC基板60において、第1の樹脂層61、第1の金属層62、第2の樹脂層63、第2の金属層64及び第3の樹脂層65、は順に積層され、第1の金属層62と第2の金属層64は、絶縁されている。

[0039]

また、FPC基板60は、接続端子70を有する。後述するが、接続端子70は、第1の金属層62と電氣的に接続されるプラス端子71Pと、第2の金属層64と電氣的に接続されるマイナス端子71Nと、を有する。なお、接続端子70は、図1Cに示すように封止ゴム72を有していてもよい。封止ゴム72は、電池モジュール10が接続される電子機器等の接続端子の周囲部分と密着することで、プラス端子71P及びマイナス端子71Nを密封することが可能である。

[0040]

FPC基板60において、第1の樹脂層61は、第1の金属層62に達する第1の開口部66Aを有する。また、FPC基板60において、第1の樹脂層61、第1の金属層62及び第2の樹脂層63は、第2の金属層64に達する第2の開口部66Bを有する。なお、第1の開口部66A及び第2の開口部66Bは、密封空間52に位置する。

[0041]

第1の開口部66Aにおいて、正極集電体22は、第1の金属層62と接続される。また、第2の開口部66Bにおいて、負極集電体32は、第2の金属層64と接続される。つまり、密封空間52において、正極集電体22は、第1の金属層62と接続され、負極集電体32は、第2の金属層64と接続される。なお、第2の開口部66Bにおいて、第1の金属層62と負極集電体32の電氣的な接触を防止するため、第2の開口部66Bで第1の金属層62が露出しない構造とすることが好ましい。例えば、図1Bに示すように、絶縁部68を設けるとよい。

[0042]

また、FPC基板60の側端部において第1の金属層62及び第2の金属層64は露出しない構造とする。

[0043]

上記に示す本発明の一態様の電池モジュール10は、FPC基板60が、蓄電部11と接続端子を繋ぐ回路基板としての機能だけでなく、蓄電部11の密封空間52を密封する外装部材として機能する。また、後述するが、FPC基板60に制御回路部を設けることが可能である。そのため、本発明の一態様の電池モジュール10は、電池を安全に制御する回路を搭載しつつ、筐体の小型化に伴う省スペース化に対応できる、省スペースな電池モジュールの構成を実現することができる。

[0044]

上記に示す本発明の一態様の電池モジュール10は、正極20と電氣的に接続される部分（例えば第1の金属層62）、及び負極30と電氣的に接続される部分（例えば第2の金属層64）が露出しておらず、結露時、水濡れ時、または水没時において正極20と負極30の短絡が発生しない、安全な電池モジュールの構成である。

[0045]

[FPC基板]

図2A乃至図2Eを用いて、FPC基板60の一例について説明する。

[0046]

図2Aは、FPC基板60の上面模式図であり、図2Bは第1の樹脂層61の上面模式図であり、図2Cは第1の金属層62の上面模式図であり、図2Dは第2の樹脂層63の上面模式図であり、図2Eは第2の金属層64の上面模式図である。

[0047]

図2Aに示すように、FPC基板60の上面視において、第1の金属層62及び第2の金属層64は、第1の樹脂層61の外周部、第2の樹脂層63の外周部及び第3の樹脂層65の外周部からはみ出さないように重なっている。そのため、FPC基板60の側端部において、第1の金属層62及び第2の金属層64は露出していない。

[0048]

図2Bに示すように、第1の樹脂層61は、第1の開口部66Aと、第2の開口部66Bと、を有する。また、図2Cに示すように、第1の金属層62は、第2の開口部66Bを有する。また、図2Dに示すように、第2の樹脂層63は、第2の開口部66Bを有する。

[0049]

なお、図2Eでは、第2の金属層64が開口部を有さない構成例を示しているが、第2の金属層64の形状はこれに限られず、開口部を有していてもよく、FPC基板60が有する回路配線として用いてもよい。

[0050]

ただし、FPC基板60の上面視において、第1の金属層62が有する第2の開口部66Bと重なる位置に第2の金属層64が存在している必要がある。この理由の1つは、第2の開口部66Bと重なる位置に第2の金属層64が存在していない場合は、負極集電体32と、第2の金属層64と、が接続できないため、である。別の理由としては、電池モジュール10において第1の金属層62が、電池モジュールの外部から密封空間52への、空気及び水の浸入を防ぐ役割を担っているため、第2の開口部66Bと重なる位置に第2の金属層64が存在していない場合は、電池外部から密封空間52への、空気及び水の浸入を防ぐことが難しくなるため、である。

[0051]

図2A、図2C及び図2Eに示すように、第1の金属層62は、接続端子70のプラス端子71Pと電気的に接続され、第2の金属層64は、接続端子70のマイナス端子71Nと電気的に接続される。

[0052]

第1の樹脂層61としては、蓄電部11において電解質と接する可能性があるため、当該電解質と反応しない材料であることが好ましい。第1の樹脂層61として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からなる膜を用いることができる。なかでも、ポリプロピレンは、外装体として入手し易いアルミラミネートフィルムの融着層と同じ材料であるため、封止部51を良好に形成することが可能であり、第1の樹脂層61として好ましい。第1の樹脂層61の厚さとして、10 μ m以上500 μ m以下であることが好ましく、20 μ m以上200 μ m以下であることがより好ましく、25 μ m以上100 μ m以下であることがより好ましい。

[0053]

第1の金属層62としては、蓄電部11の第1の開口部66Aにおいて、正極集電体22と接続されるため、正極の電位においても安定である材料が好ましい。第1の金属層62として例えば、アルミニウム箔、ステンレス箔、クロム箔、ニッケル箔、モリブデン箔、タンタル箔、タングステン箔、金箔、白金箔、イリジウム箔等の何れかを用いることができる。なかでも、アルミニウム箔は、軽量、安価であるため、第1の金属層62として好適である。第1の金属層62の厚さとして、 $10\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $10\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましく、 $10\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましく、 $10\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。

[0054]

第2の樹脂層63としては、例えばナイロン等のポリアミド、ポリイミド、ポリエチレンテレフタレート等のポリエステル等の材料からなる膜を用いることができる。また、第2の樹脂層63の厚さとして、 $10\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $20\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましく、 $25\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。

[0055]

第2の金属層64としては、蓄電部11の第2の開口部66Bにおいて、負極集電体32と接続されるため、負極の電位においても安定である材料が好ましい。第2の金属層64として例えば、銅箔、ステンレス箔、クロム箔、ニッケル箔、モリブデン箔、タンタル箔、タングステン箔、金箔、白金箔、イリジウム箔等の何れかを用いることができる。なかでも、銅箔は、負極電位においてリチウムとの反応性が低く、上記の他の金属箔と比較して相対的に安価であるため、第2の金属層64として好適である。第2の金属層64の厚さとして、 $10\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $10\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましく、 $10\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましく、 $10\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。

[0056]

第3の樹脂層65としては、例えばナイロン等のポリアミド、ポリイミド、ポリエチレンテレフタレート等のポリエステル等の材料からなる膜を用いることができる。また、第3の樹脂層65の厚さとして、 $10\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $20\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましく、 $25\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。

[0057]

[電池モジュールの作製方法]

図3A乃至図5Bを用いて、電池モジュール10の作製方法の一例を説明する。

[0058]

図3A乃至図3Dは、電池モジュール10の構成部材の上面模式図である。

[0059]

正極20は、正極集電体22を有し、正極集電体22の一方の面又は両方の面に正極活物質層23を有する。図1B及び図3Aでは、正極集電体22の一方の面に正極活物質層23を有する例を示している。図3Aに示すように、正極活物質層23を有する正極集電体22の一方の面において、正極集電体22が露出した領域を有する。当該領域において、正極集電体22とFPC基板60とを接続することができる。

[0060]

負極３０は、負極集電体３２を有し、負極集電体３２の一方の面又は両方の面に負極活物質層３３を有する。図１Ｂ及び図３Ｃでは、負極集電体３２の一方の面に負極活物質層３３を有する例を示している。図３Ｃに示すように、負極活物質層３３を有する負極集電体３２の一方の面において、負極集電体３２が露出した領域を有する。当該領域において、負極集電体３２とＦＰＣ基板６０とを接続することができる。

[００６１]

なお、図３Ｂに示すセパレータ４０は、電池モジュール１０の上面視において、正極２０と負極３０が重なる領域よりも大きいものを用いる。

[００６２]

図３Ｄに示す外装体５０は、電池モジュール１０の上面視において、正極２０、負極３０及びセパレータ４０より大きいものを用いる。

[００６３]

このとき、図中の二点破線で示す位置で、外装体５０の絞り加工を行ってもよい。図３Ｅは、絞り加工を行った外装体５０の、図３Ｄにおける一点破線Ｅ３－Ｅ４の断面模式図である。電池モジュール１０が、複数の正極２０、複数のセパレータ及び複数の負極３０を有する場合、このような絞り加工を行った外装体５０を用いることで、電池モジュール１０の構成部材同士の干渉を少なくすることができる。

[００６４]

図４Ａ乃至図５Ｂは、電池モジュール１０の作製の流れを説明する上面模式図である。ここでは、ＦＰＣ基板６０を１枚と、正極集電体２２の片面に正極活物質層２３を有する正極２０（片面塗工正極ともいう）を１枚と、セパレータ４０を１枚と、負極集電体３２の片面に負極活物質層３３を有する負極３０（片面塗工負極ともいう）を１枚と、外装体５０を１枚と、を用いる作製方法の一例を説明する。

[００６５]

まず、図４Ａで示すように、ＦＰＣ基板６０の第１の樹脂層側の面上に、正極２０を重ねる。このとき、正極活物質層２３を設けていない正極集電体２２が、ＦＰＣ基板６０側になるように重ねる。

[００６６]

次に、図４Ｂに示すように、正極２０上にセパレータ４０を重ねる。

[００６７]

次に、図４Ｃに示すように、セパレータ４０上に、負極３０を重ねる。このとき、負極活物質層３３が、セパレータ４０側になるように重ねる。

[００６８]

次に、図５Ａに示すように、正極集電体２２と第１の金属層６２を接続する。正極集電体２２と第１の金属層６２の接続の方法としては、超音波溶接などによって接続することができる。正極集電体２２と第１の金属層６２の接続箇所を、図中に接続部２５として示す。

[００６９]

上記と同様に、負極集電体３２と第２の金属層６４を接続する。負極集電体３２と第２の金属層６４の接続の方法としては、超音波溶接などによって接続することができる。負極集電体３２と第２の金属層６４の接続箇所を、図中に接続部３５として示す。

[００７０]

次に、電解質が、正極活物質層 2 3 が有する空隙、負極活物質層 3 3 が有する空隙、及び、セパレータ 4 0 が有する空隙に入るように、電解質を注液した後、図 5 B に示すように、外装体 5 0 を、正極 2 0、負極 3 0、セパレータ 4 0、第 1 の開口部 6 6 A、及び第 2 の開口部 6 6 B を覆うように重ねる。その後、封止部 5 1 において、外装体 5 0 と F P C 基板 6 0 の第 1 の樹脂層 6 1 を接着する。接着としては、接着剤を用いて接着することができる。または、外装体 5 0 の一部と、第 1 の樹脂層 6 1 の一部を熱融着させて接着することができる。

[0071]

図 6 A 及び図 6 B を用いて、電解質を注液する方法の一例を説明する。

[0072]

電解質を注液する方法として例えば、図 6 A に示すように、土手 6 7 を設けて、その内側に電解質 4 5 を満たすように、電解質 4 5 を注液することができる。

[0073]

または、電解質を注液する方法として例えば、図 6 B に示すように、正極 2 0、セパレータ 4 0 及び負極 3 0 を重ねる際に、それぞれに対して電解質 4 5 を滴下し、正極活物質層 2 3 が有する空隙、負極活物質層 3 3 が有する空隙、及び、セパレータ 4 0 が有する空隙に、電解質 4 5 を含浸させる方法を用いてもよい。

[0074]

このようにして、本発明の一態様の電池モジュール 1 0 を作製することができる。

[0075]

図 1 等と異なる構成として例えば、図 7 A に示すように、外装体 5 0 と F P C 基板 6 0 との封止部 5 1 を、F P C 基板 6 0 の第 3 の樹脂層 6 5 と接する位置に設けることができる。このような構成にすることで、平面視における封止部 5 1 の位置を、蓄電部 1 1 の内側に設けることができ、より省スペースな電池モジュールの構成を実現することができる。

[0076]

図 1 等と異なる構成として例えば、図 7 B に示すように、複数の正極 2 0 と、複数の負極 3 0 と、を有する構成において、セパレータ 4 0 をつづら折りの構成とすることができる。このような構成にすることで、正極 2 0 と負極 3 0 が直接接触することを、より防止することができる。

[0077]

図 1 等と異なる構成として例えば、本発明の一態様の電池モジュールは図 8 A に示すように、F P C 基板 6 0 に制御回路部 8 0 を有し、蓄電部 1 1 と接続端子 7 0 が、制御回路部 8 0 を介して接続される構成にすることができる。

[0078]

[制御回路部の構成例 1]

図 8 B 及び図 8 C を用いて、制御回路部 8 0 の一例を説明する。図 8 B は、図 8 A の制御回路部 8 0 の一例を示す上面模式図である。図 8 C は、図 8 A 及び図 8 B に示す電池モジュール 1 0 の回路図である。

[0079]

図 8 B に示すように、制御回路部 8 0 は、制御 I C (Integrated Circuit) 8 1 と、スイッチ 8 2 と、を有する。図 8 B に示す制御回路部 8 0 において、第 1 の金属層 6 2 は、第 1 の金属層 6 2 A と、第 1 の金属層 6 2 B と、に分かれている。また、第 2 の金属層 6 4 は、第 2 の

金属層 6 4 A と、第 2 の金属層 6 4 B と、に分かれている。

[0080]

図 8 A 及び図 8 B に示すように、第 1 の金属層 6 2 A は、蓄電部 1 1 と、制御 I C 8 1 と、プラス端子 7 1 P と、に接続される。また、第 2 の金属層 6 4 A は、蓄電部 1 1 と、制御 I C 8 1 と、スイッチ 8 2 と、に接続される。なお、図 1 B に示すように、第 1 の金属層 6 2 A は、蓄電部 1 1 において、正極集電体 2 2 と接続されており、第 2 の金属層 6 4 A は、蓄電部 1 1 において、負極集電体 3 2 と接続されている。

[0081]

図 8 B に示すように、第 1 の金属層 6 2 B は、制御 I C 8 1 と、スイッチ 8 2 と、に接続される。第 2 の金属層 6 4 B は、スイッチ 8 2 と、マイナス端子 7 1 N と、に接続される。

[0082]

このように、FPC 基板 6 0 が有する、第 1 の金属層 6 2 及び第 2 の金属層 6 4 は、制御 I C 8 1、スイッチ 8 2、接続端子 7 0 等の素子間を接続する配線層として用いることができる。図 8 B に示した第 1 の金属層 6 2 及び第 2 の金属層 6 4 の配線形状は、説明のための一例であり、第 1 の金属層 6 2 と第 2 の金属層 6 4 と、が交差する配線形状としてもよい。また、図 8 B に示した素子だけでなく、抵抗素子、容量素子などの素子を適宜設けてもよい。

[0083]

制御 I C 8 1 は、蓄電部 1 1 の電圧を検知する機能を有する。例えば、制御 I C 8 1 は、蓄電部 1 1 の電圧の異常を検知した場合に、スイッチ 8 2 において、電流を遮断する制御を行うことが可能である。

[0084]

スイッチ 8 2 は、トランジスタ 9 1 を有する構成とすることができる。また、図 8 C に示すように、スイッチ 8 2 において、トランジスタ 9 1 と、ダイオード 9 2 と、を並列に設けることで、一方向の電流の流れを遮断する構成にすることができる。例えば、図 8 C に示す構成では、制御 I C 8 1 が過充電電圧を検知した場合に、トランジスタ 9 1 を流れる電流を遮断するが、蓄電部 1 1 からの放電電流は、ダイオード 9 2 を通ることが可能である。

[0085]

[制御回路部の構成例 2]

図 9 A 及び図 9 B を用いて、制御回路部 8 0 の別の一例を説明する。図 9 A は、図 8 A の制御回路部 8 0 の一例を示す上面模式図である。図 9 B は、図 8 A 及び図 9 A に示す電池モジュール 1 0 の回路図である。

[0086]

図 9 A に示すように、制御回路部 8 0 は、制御 I C 8 1 と、スイッチ 8 2 と、SCP (Self Control Protector) 素子 8 3 と、を有する。図 9 A に示す制御回路部 8 0 において、第 1 の金属層 6 2 は、第 1 の金属層 6 2 A と、第 1 の金属層 6 2 B と、第 1 の金属層 6 2 C と、に分かれている。また、第 2 の金属層 6 4 は、第 2 の金属層 6 4 A と、第 2 の金属層 6 4 B と、第 2 の金属層 6 4 C と、に分かれている。

[0087]

図 8 A 及び図 9 A に示すように、第 1 の金属層 6 2 A は、蓄電部 1 1 と、制御 I C 8 1 と、SCP 素子 8 3 と、プラス端子 7 1 P と、に接続される。また、第 2 の金属層 6 4 A は、蓄電部 1 1 と、制

御 IC 8 1 と、スイッチ 8 2 と、に接続される。なお、図 1 B に示すように、第 1 の金属層 6 2 A は、蓄電部 1 1 において、正極集電体 2 2 と接続されており、第 2 の金属層 6 4 A は、蓄電部 1 1 において、負極集電体 3 2 と接続されている。

[0088]

図 9 A に示すように、第 1 の金属層 6 2 B は、制御 IC 8 1 と、スイッチ 8 2 と、に接続される。また、第 1 の金属層 6 2 C は、制御 IC 8 1 と、SCP 素子 8 3 と、に接続される。第 2 の金属層 6 4 B は、スイッチ 8 2 と、SCP 素子 8 3 と、に接続される。また、第 2 の金属層 6 4 C は、SCP 素子 8 3 と、マイナス端子 7 1 N と、に接続される。

[0089]

このように、FPC 基板 6 0 が有する、第 1 の金属層 6 2 及び第 2 の金属層 6 4 は、制御 IC 8 1、スイッチ 8 2、SCP 素子 8 3、接続端子 7 0 等の素子間を接続する配線層として用いることができる。図 9 A に示した第 1 の金属層 6 2 及び第 2 の金属層 6 4 の配線形状は、説明のための一例であり、第 1 の金属層 6 2 と第 2 の金属層 6 4 と、が交差する配線形状としてもよい。また、図 9 A に示した素子だけでなく、抵抗素子、容量素子などの素子を適宜設けてもよい。

[0090]

制御 IC 8 1 及びスイッチ 8 2 は [制御回路部 8 0 の構成例 1] で説明したものを用いることができる。SCP 素子 8 3 は、図 9 B に示すように、トランジスタ 9 3 と、抵抗 9 4 と、ヒューズ 9 5 と、を有する。SCP 素子 8 3 が有するトランジスタ 9 3 は、制御 IC 8 1 の制御によって、抵抗 9 4 に電流を流すことができる。SCP 素子 8 3 において、抵抗 9 4 に電流が流れることによって、抵抗 9 4 は発熱し、抵抗 9 4 と隣接するヒューズ 9 5 が溶断される。このようにして、蓄電部 1 1 を、外部回路から切り離すことが可能となる。つまり、図 9 A 及び図 9 B に示す制御回路部 8 0 は、一次保護のためのスイッチ 8 2 と、二次保護のための SCP 素子 8 3 を有する制御回路であるといえる。

[0091]

なお、[制御回路部 8 0 の構成例 1] 及び [制御回路部 8 0 の構成例 2] において、スイッチ 8 2 として、図 8 C で説明した回路構成の代わりに、図 9 C に示すスイッチ 8 2 B の構成にしてもよい。

[0092]

スイッチ 8 2 B は、トランジスタ 9 1 とダイオード 9 2 を並列接続したものと、トランジスタ 9 6 とダイオード 9 7 を並列接続したものと、を直列に接続した構成であり、ダイオード 9 2 とダイオード 9 7 は、互いに逆方向となるように接続される。このような構成にすることで、充電電流と放電電流のそれぞれを独立して制御することが可能となる。

[0093]

[トランジスタ]

次に、図 8 C、図 9 B 及び図 9 C で説明した構成例に用いたトランジスタ 9 1、トランジスタ 9 3 及びトランジスタ 9 6 に用いることができるトランジスタの構成について説明する。

[0094]

トランジスタとして、シリコントランジスタまたは酸化物半導体を用いるトランジスタを用いることができる。酸化物半導体を用いたトランジスタを含むメモリ回路を有する充電制御回路、又は電池制御システムを、BTOS (Battery operating system、又は Battery oxide semiconductor) と呼称する場合がある。

[0095]

トランジスタとして、プレーナ型のトランジスタ、トレンチ型のトランジスタ又は縦型トランジスタを用いることができる。または、上記のトランジスタを複数組み合わせる用いることができる。

[0096]

図10A及び図10Bを用いて、縦型トランジスタについて説明する。

[0097]

縦型トランジスタは、半導体層、ゲート絶縁層、ゲート電極、第1の電極、及び第2の電極を有する。第1の電極は、ソース電極及びドレイン電極の一方として機能し、第2の電極はその他方として機能する。

[0098]

第2の電極は、第1の電極よりも上方に設けられる。第1の電極と第2の電極との間には、スペーサとして機能する絶縁層が設けられる。スペーサには、第1の電極に達する開口部が設けられており、半導体層は、第1の電極、第2の電極、および絶縁層の開口部内の側壁（側面ともいう）に接して設けられている。そして、半導体層を覆ってゲート絶縁層とゲート電極とが設けられている。

[0099]

ここで、第1の電極及び第2の電極は、それぞれ半導体層とは異なる電極であってもよいし、半導体層の一部が第1の電極または第2の電極として機能してもよい。

[0100]

上記のような構成のトランジスタは、ソース電極とドレイン電極とが、異なる高さに位置しているため、半導体層を流れる電流は高さ方向に流れることとなる。すなわち、チャネル長方向が高さ方向（縦方向）の成分を有するということができるため、当該トランジスタは、VFET（Vertical Field Effect Transistor）、縦型トランジスタ、縦型チャネルトランジスタ、などとも呼ぶことができる。

[0101]

上記トランジスタは、ソース電極、半導体層、及びドレイン電極を、それぞれ重ねて設けることが可能となるため、半導体層を平面上に配置した、いわゆるプレーナ型のトランジスタ（横型トランジスタ、LFET（Lateral FET）などとも呼ぶことができる）と比較して、大幅に占有面積を縮小することができる。

[0102]

また、トランジスタのチャネル長は、絶縁層の厚さによって精密に制御することが可能となるため、プレーナ型のトランジスタと比較して、チャネル長のばらつきを極めて小さくできる。さらには、絶縁層を薄くすることで、極めてチャネル長の短いトランジスタも作製することができる。例えばチャネル長が $2\mu\text{m}$ 以下、 $1\mu\text{m}$ 以下、 500nm 以下、 300nm 以下、 200nm 以下、 100nm 以下、 50nm 以下、 30nm 以下、または 20nm 以下であって、 5nm 以上、 7nm 以上、または 10nm 以上のトランジスタを作製することができる。

[0103]

半導体層としては、特に半導体特性を有する金属酸化物（酸化物半導体ともいう）膜を用いると、高い性能と、高い生産性を両立できるため好ましい。特に結晶性を有する酸化物半導体膜を用いることで、高い信頼性を付与することができるためより好ましい。

[0104]

以下では、より具体的な例について、図面を参照して説明する。

[0105]

図10Aは、トランジスタ300の上面図であり、図10Bは図10A中の切断線A-Bにおける断面図である。なお、図10Aでは一部の構成要素（絶縁層など）を省略している。

[0106]

トランジスタ300は、基板311上に設けられ、半導体層321、絶縁層322、導電層323、導電層324、及び導電層331を有する。

[0107]

図10Bに示すように、基板311上に導電層324が設けられ、導電層324を覆って絶縁層329a、絶縁層328、及び絶縁層329bがこの順で設けられている。さらに、絶縁層329b上に導電層331が設けられている。また、導電層331、絶縁層329b、絶縁層328、及び絶縁層329aには、導電層324に達する開口部320が設けられている。例えば、導電層331、絶縁層329b、絶縁層328、及び絶縁層329aの、開口部320における側壁（側面）は、導電層324と重なっているということもできる。

[0108]

半導体層321は、開口部320の底に位置する導電層324の上面、開口部320における絶縁層329aの側面、絶縁層328の側面、絶縁層329bの側面、及び導電層331の側面、並びに導電層331の上面と接する。半導体層321の、導電層331と接する部分はソース領域及びドレイン領域の一方として機能し、導電層324と接する部分はその他方として機能し、これらの間の領域（特に絶縁層328と接する領域）はチャンネルが形成される領域（チャンネル形成領域）として機能する。半導体層321の、絶縁層329aと接する領域、及び絶縁層329bと接する領域は、チャンネル形成領域よりもキャリア濃度が高く、低抵抗であることが好ましい。

[0109]

絶縁層329b、導電層331、及び半導体層321を覆って、ゲート絶縁層として機能する絶縁層322が設けられている。さらに絶縁層322を覆って、ゲート電極として機能する導電層323が設けられている。

[0110]

半導体層321は、絶縁層328の側面と接し、チャンネル形成領域として機能する部分を有する。開口部320において、絶縁層322は半導体層321を介して絶縁層328の側面と対向する部分を有する。また導電層323は、半導体層321及び絶縁層322を介して、絶縁層328の側面と対向する部分を有する。半導体層321と絶縁層322との界面及び絶縁層322と導電層323との界面は、絶縁層328の側面と平行である部分を有する。

[0111]

半導体層321は、金属酸化物（酸化物半導体）を有することが好ましい。

[0112]

半導体層321に用いることができる金属酸化物として、例えば、In酸化物、Ga酸化物、及びZn酸化物が挙げられる。金属酸化物は、少なくともInまたはZnを含むことが好ましい。また、金属酸化物は、Inと、元素Mと、Znと、の中から選ばれる二または三を有することが好ましい。なお、元素Mは、酸素との結合エネルギーが高い金属元素又は半金属元素であり、例えば、酸素との結合エネルギーがInよりも高い金属元素又は半金属元素である。元素Mとして、具体的には、Al、Ga、Sn、Y、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Zr、Mo、Hf、Ta、W、La、

Ce、Nd、Mg、Ca、Sr、Ba、B、Si、Ge、及びSbなどが挙げられる。金属酸化物が有する元素Mは、上記元素のいずれか一種または複数種であることが好ましく、特に、Al、Ga、Y、及びSnから選ばれた一種または複数種であることが好ましく、Gaがより好ましい。なお、Inと、Mと、亜鉛とを有する金属酸化物を、以降ではIn-M-Zn酸化物と呼ぶ場合がある。なお、本明細書等において、金属元素と半金属元素をまとめて「金属元素」と呼ぶことがあり、本明細書等に記載の「金属元素」には半金属元素が含まれることがある。

[0113]

金属酸化物がIn-M-Zn酸化物の場合、当該In-M-Zn酸化物におけるInの原子数比はMの原子数比以上であることが好ましい。例えば、このようなIn-M-Zn酸化物の金属元素の原子数比として、 $In:M:Zn=1:1:1$ 、 $In:M:Zn=1:1:1.2$ 、 $In:M:Zn=2:1:3$ 、 $In:M:Zn=3:1:2$ 、 $In:M:Zn=4:2:3$ 、 $In:M:Zn=4:2:4.1$ 、 $In:M:Zn=5:1:3$ 、 $In:M:Zn=5:1:6$ 、 $In:M:Zn=5:1:7$ 、 $In:M:Zn=5:1:8$ 、 $In:M:Zn=6:1:6$ 、 $In:M:Zn=5:2:5$ 、またはこれらの近傍の組成等が挙げられる。なお、近傍の組成とは、所望の原子数比の±30%の範囲を含む。金属酸化物中のインジウムの原子数比を大きくすることで、トランジスタのオン電流、または電界効果移動度などを高めることができる。

[0114]

また、In-M-Zn酸化物におけるInの原子数比はMの原子数比未満であってもよい。例えば、このようなIn-M-Zn酸化物の金属元素の原子数比として、 $In:M:Zn=1:3:2$ 、 $In:M:Zn=1:3:3$ 、 $In:M:Zn=1:3:4$ 、またはこれらの近傍の組成等が挙げられる。金属酸化物中のMの原子数比を大きくすることで、酸素欠損の生成を抑制することができる。

[0115]

半導体層321は、例えば、In-Zn酸化物、In-Ga酸化物、In-Sn酸化物、In-Ti酸化物、In-Ga-Al酸化物、In-Ga-Sn酸化物、In-Ga-Zn酸化物、In-Sn-Zn酸化物、In-Al-Zn酸化物、In-Ti-Zn酸化物、In-Ga-Sn-Zn酸化物、In-Ga-Al-Zn酸化物などを用いることができる。また、Ga-Zn酸化物を用いてもよい。

[0116]

なお、金属酸化物は、インジウムに代えて、又は、インジウムに加えて、周期の数が大きい金属元素の一種または複数種を有してもよい。金属元素の軌道の重なりが大きいほど、金属酸化物におけるキャリア伝導は大きくなる傾向がある。よって、周期の数が大きい金属元素を含むことで、トランジスタの電界効果移動度を高めることができる場合がある。周期の数が大きい金属元素として、第5周期に属する金属元素、及び第6周期に属する金属元素などが挙げられる。当該金属元素として、具体的には、Y、Zr、Ag、Cd、Sn、Sb、Ba、Pb、Bi、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、及びEuなどが挙げられる。なお、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、及びEuは、軽希土類元素と呼ばれる。

[0117]

また、金属酸化物は、非金属元素の一種または複数種を有してもよい。金属酸化物が非金属元素を有することで、トランジスタの電界効果移動度を高めることができる場合がある。非金属元素として、例えば、炭素、窒素、リン、硫黄、セレン、フッ素、塩素、臭素、及び水素などが挙げられる。

[0118]

金属酸化物の形成は、スパッタリング法、または原子層堆積（ALD: Atomic Layer Deposition）法を好適に用いることができる。なお、金属酸化物をスパッタリング法で形成する場合、成膜後の金属酸化物の組成はターゲットの組成と異なる場合がある。特に亜鉛は、成膜後の金属酸化物における含有率が、ターゲットと比較して50%程度にまで減少する場合がある。

[0119]

本明細書等において、金属酸化物のある金属元素の含有率とは、金属酸化物に含まれる金属元素の原子数の総数に対する、その元素の原子数の割合をいう。例えば金属酸化物が金属元素X、金属元素Y、金属元素Zを含み、当該金属酸化物に含まれる金属元素X、金属元素Y、金属元素Zのそれぞれの原子数を A_X 、 A_Y 、 A_Z としたとき、金属元素Xの含有率は、 $A_X / (A_X + A_Y + A_Z)$ で示すことができる。また、金属酸化物中の金属元素X、金属元素Y、金属元素Zのそれぞれの原子数の比（原子数比）が、 $B_X : B_Y : B_Z$ で示されるとき、金属元素Xの含有率は、 $B_X / (B_X + B_Y + B_Z)$ で示すことができる。

[0120]

例えば、Inを含む金属酸化物の場合、Inの含有率を高くすることにより、オン電流の大きいトランジスタを実現することができる。

[0121]

半導体層321にGaを含まない、またはGaの含有率の低い金属酸化物を用いることにより、正バイアス印加に対する信頼性が高いトランジスタとすることができる。つまり、PBTS（Positive Bias Temperature Stress）試験でのしきい値電圧の変動量が小さいトランジスタとすることができる。また、Gaを含む金属酸化物を用いる場合は、Inの含有率よりも、Gaの含有率を低くすることが好ましい。これにより、高移動度で且つ信頼性の高いトランジスタを実現することができる。

[0122]

一方、Gaの含有率を高くすることにより、光に対する信頼性の高いトランジスタとすることができる。つまり、NBITS（Negative Bias Temperature Illumination Stress）試験でのしきい値電圧の変動量が小さいトランジスタとすることができる。具体的には、Gaの原子数比がInの原子数比以上である金属酸化物はバンドギャップがより大きくなり、トランジスタのNBITS試験でのしきい値電圧の変動量を小さくすることができる。

[0123]

また、亜鉛の含有率を高くすることにより、結晶性の高い金属酸化物となり、金属酸化物中の不純物の拡散を抑制できる。したがって、トランジスタの電気特性の変動が抑制され、信頼性を高めることができる。

[0124]

半導体層321は、2以上の金属酸化物層を有する積層構造としてもよい。半導体層321が有する2以上の金属酸化物層は、組成が互いに同じ、または概略同じであってもよい。組成が同じ金属酸化物層の積層構造とすることで、例えば、同じスパッタリングターゲットを用いて形成できるため、製造コストを削減できる。なお、異なる組成の酸化物半導体層を2以上積層した積層構造としてもよい。

[0125]

半導体層321は、結晶性を有する金属酸化物層を用いることが好ましい。例えば、CAAC (c-axis aligned crystal) 構造、多結晶 (Poly-crystal) 構造、微結晶 (nc: nano-crystal) 構造等を有する金属酸化物層を用いることができる。結晶性を有する金属酸化物層を半導体層321に用いることにより、半導体層321中の欠陥準位密度を低減でき、信頼性の高い半導体装置を実現できる。なお、CAAC構造とは、複数の微結晶（代表的には、複数のIGZOの微結晶）がc軸配向を有し、かつa-b面においては、上記複数の微結晶が配向せずに連結した結晶構造である。CAAC構造は、多結晶構造よりもa-b面において結晶粒界、グレインなどが少ないため信頼性の高い半導体装置を実現できる。

[0126]

半導体層321に用いる金属酸化物層の結晶性が高いほど、半導体層321中の欠陥準位密度を低減できる。一方、結晶性の低い金属酸化物層を用いることで、大きな電流を流すことができるトランジスタを実現することができる。

[0127]

酸化物半導体を用いたトランジスタ（以下、OSトランジスタと記す）は、非晶質シリコンを用いたトランジスタと比較して電界効果移動度が極めて高い。また、OSトランジスタは、オフ状態におけるソースドレイン間のリーク電流（オフ電流ともいう）が著しく小さく、当該トランジスタと直列に接続された容量に蓄積した電荷を長期間に亘って保持することが可能である。また、OSトランジスタを適用することで、半導体装置の消費電力を低減することができる。

[0128]

また、OSトランジスタは、シリコンを用いたトランジスタ（以下、Siトランジスタと記す）と比較して、ソースドレイン間において耐圧が高いため、OSトランジスタのソースドレイン間には高い電圧を印加することができる。さらに、トランジスタが飽和領域で動作する場合において、OSトランジスタは、Siトランジスタよりも、ゲートソース間電圧の変化に対して、ソースドレイン間電流の変化を小さくすることができる。

[0129]

OSトランジスタは、放射線照射による電気特性の変動が小さい、つまり放射線に対する耐性が高いため、放射線が入射しうる環境においても好適に用いることができる。OSトランジスタは、放射線に対する信頼性が高いともいえる。例えば、X線のフラットパネルディテクタの画素回路に、OSトランジスタを好適に用いることができる。また、OSトランジスタは、宇宙空間で使用する半導体装置に好適に用いることができる。放射線として、電磁放射線（例えば、X線、及びガンマ線）、及び粒子放射線（例えば、アルファ線、ベータ線、陽子線、及び中性子線）が挙げられる。

[0130]

なお、半導体層321に用いることができる半導体材料は、酸化物半導体に限定されない。例えば、単体元素よりなる半導体、または化合物半導体を用いることができる。単体元素よりなる半導体としては、シリコン（単結晶シリコン、多結晶シリコン、微結晶シリコン、非晶質シリコンを含む）またはゲルマニウムなどが挙げられる。化合物半導体として、例えば、ヒ化ガリウム、シリコンゲルマニウムなどが挙げられる。化合物半導体として、有機半導体、窒化物半導体、または酸化物半導体などが挙げられる。なお、これらの半導体材料に、ドーパントとして不純物が含まれてもよい。

[0131]

または、半導体層 3 2 1 は、半導体として機能する層状物質を有してもよい。層状物質とは、層状の結晶構造を有する材料群の総称である。層状の結晶構造は、共有結合またはイオン結合によって形成される層が、ファンデルワールス力のような、共有結合またはイオン結合よりも弱い結合を介して積層している構造である。層状物質は、単位層内における電気伝導性が高く、つまり、2次元電気伝導性が高い。半導体として機能し、かつ、2次元電気伝導性の高い材料をチャネル形成領域に用いることで、オン電流の大きいトランジスタを提供することができる。

[0132]

上記層状物質として、例えば、グラフェン、シリセン、カルコゲン化物などが挙げられる。カルコゲン化物は、カルコゲン（第16族に属する元素）を含む化合物である。また、カルコゲン化物として、遷移金属カルコゲナイド、13族カルコゲナイドなどが挙げられる。トランジスタの半導体層として適用可能な遷移金属カルコゲナイドとして、具体的には、硫化モリブデン（代表的には MoS_2 ）、セレン化モリブデン（代表的には MoSe_2 ）、モリブデンテルル（代表的には MoTe_2 ）、硫化タングステン（代表的には WS_2 ）、セレン化タングステン（代表的には WSe_2 ）、タングステンテルル（代表的には WTe_2 ）、硫化ハフニウム（代表的には HfS_2 ）、セレン化ハフニウム（代表的には HfSe_2 ）、硫化ジルコニウム（代表的には ZrS_2 ）、セレン化ジルコニウム（代表的には ZrSe_2 ）などが挙げられる。

[0133]

半導体層 3 2 1 に用いる半導体材料の結晶性は特に限定されず、非晶質半導体、単結晶性半導体、または単結晶以外の結晶性を有する半導体（多結晶半導体、微結晶半導体、または一部に結晶領域を有する半導体）のいずれを用いてもよい。結晶性を有する半導体を用いると、トランジスタ特性の劣化を抑制できるため好ましい。

[0134]

導電層 3 2 4、及び導電層 3 3 1 は、それぞれ上面が半導体層 3 2 1 と接する。ここで、半導体層 3 2 1 として酸化物半導体を用いた場合、導電層 3 2 4 または導電層 3 3 1 に例えばアルミニウムなどの酸化しやすい金属を用いると、導電層 3 2 4 または導電層 3 3 1 と半導体層 3 2 1 との間に絶縁性の酸化物（例えば酸化アルミニウム）が形成され、これらの導通を妨げるおそれがある。そのため、導電層 3 2 4 及び導電層 3 3 1 には、酸化しにくい導電材料、酸化しても電気抵抗が低く保たれる導電材料、または酸化物導電性材料を用いることが好ましい。

[0135]

導電層 3 2 4、及び導電層 3 3 1 には、透光性の酸化物導電材料を用いることができる。例えば、酸化インジウム、酸化亜鉛、 In-Sn 酸化物、 In-Zn 酸化物、 In-W 酸化物、 In-W-Zn 酸化物、 In-Ti 酸化物、 In-Ti-Sn 酸化物、シリコンを含む In-Sn 酸化物、ガリウムを添加した酸化亜鉛などの導電性酸化物を用いることができる。特にインジウムを含む導電性酸化物は、導電性が高いため好ましい。

[0136]

また、導電層 3 2 4 は必ずしも透光性を有する必要はないため、可視光の一部を吸収、または反射する導電材料を用いてもよい。例えば窒化タンタル、窒化チタン、チタンとアルミニウムを含む窒化物、タンタルとアルミニウムを含む窒化物、酸化ルテニウム、窒化ルテニウム、ストロンチウムとルテニウムを含む酸化物、ランタンとニッケルを含む酸化物などを用いることができる。または、チタン、ルテニウム、タングステンなどを用いることもできる。これらは、酸化されにくい導電性材料、

または、酸化しても導電性を維持する材料であるため、好ましい。

[0137]

絶縁層322はゲート絶縁層として機能する。半導体層321に酸化物半導体を用いた場合、絶縁層322の少なくとも半導体層321と接する膜には、酸化物絶縁膜を用いることが好ましい。例えば、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化窒化ハフニウム、酸化ガリウム、酸化窒化ガリウム、酸化イットリウム、酸化窒化イットリウム、及びGa-Zn酸化物の一または複数を用いることができる。このほか、絶縁層322として、窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化アルミニウム、窒化酸化アルミニウムなどの窒化物絶縁膜を用いることもできる。また、絶縁層322は積層構造を有していてもよく、例えば酸化物絶縁膜と窒化物絶縁膜とをそれぞれ1以上有する積層構造としてもよい。

[0138]

なお、本明細書等において、酸化窒化物は窒素よりも酸素の含有量が多い材料を指す。窒化酸化物は酸素よりも窒素の含有量が多い材料を指す。

[0139]

導電層323はゲート電極として機能し、様々な導電性材料を用いることができる。導電層323としては、例えばクロム、銅、アルミニウム、金、銀、亜鉛、モリブデン、タンタル、チタン、タングステン、マンガン、ニッケル、鉄、コバルト、モリブデン、及びニオブの一または複数、もしくは前述した金属の一または複数を成分とする合金を用いてそれぞれ形成することができる。また導電層323には、上記導電層324及び導電層331に用いることができる、窒化物、及び酸化物を適用してもよい。

[0140]

絶縁層328は、半導体層321と接する部分を有する。半導体層321に酸化物半導体を用いた場合、半導体層321と絶縁層328との界面特性を向上させるため、絶縁層328の少なくとも半導体層321と接する部分には酸化物を用いることが好ましい。例えば、酸化シリコンまたは酸化窒化シリコンを好適に用いることができる。

[0141]

また、絶縁層328には、加熱により酸素を放出する膜を用いるとより好ましい。これにより、トランジスタ300の作製工程中にかかる熱により半導体層321に酸素を供給することができ、半導体層321中の酸素欠損の低減を図ることができ、信頼性を高めることができる。絶縁層328に酸素を供給する方法としては、酸素雰囲気下における加熱処理、酸素雰囲気下におけるプラズマ処理などが挙げられる。また、絶縁層328の上面に対してスパッタリング法により、酸素雰囲気下で酸化物膜を成膜することで酸素を供給してもよい。その後、当該酸化物膜を除去してもよい。

[0142]

絶縁層328は、スパッタリング法、またはプラズマCVD法などの成膜方法で形成することが好ましい。特に、スパッタリング法を用い、成膜ガスに水素ガスを用いない成膜方法で成膜することで、水素の含有量の極めて少ない膜とすることができる。そのため、半導体層321に水素が供給されることを抑制し、トランジスタ300の電気特性の安定化を図ることができる。

[0143]

絶縁層329a及び絶縁層329bは、酸素が拡散しにくい膜を用いることが好ましい。これにより、絶縁層328に含まれる酸素が、加熱により絶縁層329aを介して基板311側に透過するこ

と、及び、絶縁層 3 2 9 b を介して絶縁層 3 2 2 側に透過することを防ぐことができる。言い換えると、酸素が拡散しにくい絶縁層 3 2 9 a 及び絶縁層 3 2 9 b で絶縁層 3 2 8 の上下を挟むことで、絶縁層 3 2 8 に含まれる酸素を閉じ込めることができる。これにより、半導体層 3 2 1 に効果的に酸素を供給することができる。

[0144]

絶縁層 3 2 9 a 及び絶縁層 3 2 9 b としては、例えば窒化シリコン、窒化酸化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム、窒化アルミニウム、酸化ハフニウム、及びハフニウムアルミネートの一または複数を用いることができる。特に窒化シリコン及び、窒化酸化シリコンは自身からの不純物（例えば、水及び水素）の放出が少なく、酸素及び水素が透過しにくい特徴を有するため、絶縁層 3 2 9 a 及び絶縁層 3 2 9 b として好適に用いることができる。

[0145]

本明細書等においては、トランジスタ 3 0 0 のチャネル長 L は、図 1 0 B に示すように、半導体層 3 2 1 における導電層 3 2 4 と接する部分と導電層 3 3 1 と接する部分との間の最短距離を言うこととする。絶縁層 3 2 9 a、絶縁層 3 2 8、及び絶縁層 3 2 9 b の開口部 3 2 0 における側面が、基板面に対して垂直に近いほど、チャネル長 L は短くなる。

[0146]

また、トランジスタ 3 0 0 のチャネル幅 W は、開口部 3 2 0 の周長と一致する。図 1 0 A に示すように開口部 3 2 0 の上面形状が円形であり、且つその直径が R である場合、トランジスタ 3 0 0 のチャネル幅 W は、開口部 3 2 0 の円周の長さと同じ、 $\pi \times R$ となる。開口部 3 2 0 の上面形状が円形の時、最もチャネル幅 W の小さいトランジスタとすることができる。

[0147]

なお、実際には開口部 3 2 0 の径は深さ方向で変わる場合が多い。この場合、断面視における絶縁層 3 2 8 の最も高い位置の径、最も低い位置の径、及びこれらの中間点の位置の径の 3 つの平均値を、開口部 3 2 0 の径とすることができる。なお、これに限られず、絶縁層 3 2 8 の最も高い位置の径、最も低い位置の径、またはこれらの中間点の位置の径の、いずれかの径を、開口部 3 2 0 の径としてもよい。

[0148]

なお、上記では、開口部 3 2 0 の形状を円形としたが、これに限られず様々な形状とすることができる。例えば、円形その他、楕円形、角の丸い四角形などとすることができる。また、正三角形、正方形、正五角形をはじめとした正多角形、正多角形以外の多角形としてもよい。また、星形多角形などの、少なくとも一つの内角が 1 8 0 度を超える多角形である、凹多角形とすると、チャネル幅を大きくできる。

[0149]

図 2 に示すように、開口部 3 2 0 において、絶縁層 3 2 8、絶縁層 3 2 9 a、及び絶縁層 3 2 9 b の側面が、それぞれ上向きに傾斜している、いわゆるテーパ形状である場合の例である。このとき、開口部 3 2 0 内における絶縁層 3 2 8 の側面と、開口部 3 2 0 の底部に位置する導電層 3 2 4 の上面との成す角を角度 θ としたとき、例えば角度 θ は、9 0 度以上であって、1 3 5 度以下、好ましくは 1 2 5 度以下、より好ましくは 1 2 0 度以下、より好ましくは 1 1 0 度以下である部分を有することが好ましい。角度 θ が直角に近いほど、すなわち、絶縁層 3 2 8 の側面が垂直に近いほど、トランジスタ 3 0 0 の占有面積を縮小することができる。なお、半導体層 3 2 1、絶縁層 3 2 2、及び導電

層 3 2 3 の積層体が、絶縁層 3 2 8 の側面を被覆できる場合は、角度 θ が 90 未満であってもよい。

[0150]

また、半導体層 3 2 1 は、絶縁層 3 2 9 a、絶縁層 3 2 8、及び絶縁層 3 2 9 b の開口における側面に沿って成膜される。このとき、例えばスパッタリング法、またはプラズマ CVD 法などの成膜方法を用いて成膜される膜は、基板面に対して水平な面に成膜される膜の厚さと比較して、基板面に対して傾斜している面または垂直な面に成膜される膜の厚さが薄くなる傾向がある。そのため、半導体層 3 2 1 をスパッタリング法により形成した場合、絶縁層 3 2 8 と接する部分の厚さは、導電層 3 2 4 の上面と接する部分の厚さ、及び導電層 3 3 1 の上面と接する部分の厚さよりも薄くなる場合がある。

[0151]

なお、絶縁層 3 2 2 及び導電層 3 2 3 も同様に、絶縁層 3 2 8 等の開口における側面に沿って成膜される部分の厚さが、導電層 3 2 4 及び導電層 3 3 1 の上面に形成される部分よりも薄く形成される。

[0152]

一方、ALD 法などで形成する場合には、被形成面の傾斜角によらず、均一な厚さの膜を成膜することができるため、半導体層 3 2 1、絶縁層 3 2 2、及び導電層 3 2 3 等は、厚さの違いがほとんど生じない場合がある。

[0153]

基板 3 1 1 としては、ガラス、石英、セラミックス、サファイア、樹脂、金属、合金、半導体などを用いることができる。基板 3 1 1 に可撓性を有する材料を用いると、可撓性を有する FPC 基板 60 と、当該 FPC 基板 60 に設けるトランジスタも可撓性を有することができ、電池モジュール 10 の可撓性を高め、フレキシブル電池を実現することができる。

[0154]

基板 3 1 1 としては、それぞれ、ポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリエチレンナフタレート (PEN) 等のポリエステル樹脂、ポリアクリロニトリル樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、ポリメチルメタクリレート樹脂、ポリカーボネート (PC) 樹脂、ポリエーテルスルホン (PES) 樹脂、ポリアミド樹脂 (ナイロン、アラミド等)、ポリシロキサン樹脂、シクロオレフィン樹脂、ポリスチレン樹脂、ポリアミドイミド樹脂、ポリウレタン樹脂、ポリ塩化ビニル樹脂、ポリ塩化ビニリデン樹脂、ポリプロピレン樹脂、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) 樹脂、ABS 樹脂、セルロースナノファイバー等を用いることができる。

[0155]

なお、上記のトランジスタは、可撓性を有する基板 3 1 1 に直接作製してもよく、基板 3 1 1 とは異なる基板上にトランジスタを作製した後に、基板 3 1 1 に転載する方法で作製してもよい。

[0156]

以下では、図 3 等で説明した正極 20、負極 30、セパレータ 40、外装体 50 及び電解質 45 の詳細を、それぞれ説明する。

[0157]

[負極]

負極は、負極活物質層及び負極集電体を有する。また、負極活物質層は負極活物質を有し、さらに導電材及びバインダを有していてもよい。

[0158]

集電体は、例えば金属箔を用いることができる。負極は、金属箔上にスラリーを塗布して乾燥させることによって形成することができる。なお、乾燥後にプレスを加えてもよい。負極は、集電体上に活物質層を形成したものである。

[0159]

本明細書中においてスラリーとは、集電体上に活物質層を形成するために用いる材料液であり、活物質とバインダと溶媒を含有し、好ましくはさらに導電材を混合させたものを指している。なお、スラリーは、電極用スラリーまたは活物質スラリーと呼ばれることもあり、負極活物質層を形成する場合には負極用スラリーと呼ばれることもある。

[0160]

[負極活物質]

負極活物質として、例えば炭素材料、酸化物材料、窒化物材料または合金系材料を用いることができる。

[0161]

炭素材料として、例えば黒鉛（天然黒鉛、人造黒鉛）、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）、炭素繊維（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ることができる。

[0162]

黒鉛としては、人造黒鉛または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。

[0163]

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（ 0.05 V 以上 0.3 V 以下 vs. Li/Li^+ ）。これにより、黒鉛を用いたリチウムイオン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。

[0164]

難黒鉛化性炭素は、例えばフェノール樹脂などの合成樹脂、植物由来の有機物を焼成することで得られる。本発明の一態様のリチウムイオン電池の負極活物質が有する難黒鉛化性炭素は、X線回折（XRD）によって測定される（002）面の面間隔が 0.34 nm 以上 0.50 nm 以下であることが好ましく、 0.35 nm 以上 0.42 nm 以下であることがより好ましい。

[0165]

また、負極活物質は、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、及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。

[0166]

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または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以下がより好ましい。

[0167]

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。

[0168]

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 $\text{Li}_{3-x}\text{M}_x\text{N}$ ($\text{M}=\text{Co}$ 、 Ni 、 Cu)を用いることができる。例えば、 $\text{Li}_{2.6}\text{Co}_{0.4}\text{N}_3$ は大きな放電容量 (900mAh/g 、 1890mAh/cm^3)を示し好ましい。

[0169]

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、予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。

[0170]

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 等のフッ化物が挙げられる。

[0171]

なお、上記に示した負極活物質の中から一種類の負極活物質を用いることができるが、複数種類を組み合わせ用いることもできる。例えば、炭素材料とシリコンとの組み合わせ、炭素材料と一酸化シリコンとの組み合わせ、とすることができる。

[0172]

また、負極の別の形態として、電池の作製終了時点において負極活物質を有さない負極であってもよい。負極活物質を有さない負極として、例えば電池の作製終了時点において負極集電体のみを有する負極であって、電池の充電によって正極活物質から脱離するリチウムイオンが、負極集電体上にリチウム金属として析出し負極活物質層を形成する負極、とすることができる。このような負極を用いた電池は、負極フリー（アノードフリー）電池、負極レス（アノードレス）電池、などと呼ぶことが

ある。

[0173]

負極活物質を有さない負極を用いる場合、負極集電体上にリチウムの析出を均一化するための膜を有してもよい。リチウムの析出を均一化するための膜として、例えばリチウムイオン伝導性を有する固体電解質を用いることができる。固体電解質として、硫化物系固体電解質、酸化物系固体電解質、及び高分子系固体電解質などを用いることができる。なかでも、高分子系固体電解質は負極集電体上に均一に膜形成することが比較的容易であるため、リチウムの析出を均一化するための膜として好適である。また、リチウムの析出を均一化するための膜として、例えばリチウムと合金を形成する金属膜を用いることができる。リチウムと合金を形成する金属膜として、例えばマグネシウム金属膜を用いることができる。リチウムとマグネシウムとは広い組成範囲において固溶体を形成するため、リチウムの析出を均一化するための膜として好適である。

[0174]

また、負極活物質を有さない負極を用いる場合、凹凸を有する負極集電体を用いることができる。凹凸を有する負極集電体を用いる場合、負極集電体の凹部は負極集電体が有するリチウムが析出し易い空洞となるため、リチウムが析出する際に、デンドライト状の形状となることを抑制することができる。

[0175]

[バインダ]

バインダとしては、例えば、スチレンーブタジエンゴム (SBR)、スチレンーイソプレネースチレンゴム、アクリロニトリルーブタジエンゴム、ブタジエンゴム、エチレンープロピレneeジエン共重合体などのゴム材料を用いることが好ましい。またバインダとして、フッ素ゴムを用いることができる。

[0176]

また、バインダとしては、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、または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。

[0177]

または、バインダとしては、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。

[0178]

バインダは上記のうち複数を組み合わせて使用してもよい。

[0179]

例えば粘度調整効果の特に優れた材料と、他の材料とを組み合わせて使用してもよい。例えばゴム材料等は接着力及び弾性力に優れる反面、溶媒に混合した場合に粘度調整が難しい場合がある。この

ような場合には例えば、粘度調整効果の特に優れた材料と混合することが好ましい。粘度調整効果の特に優れた材料としては、例えば水溶性高分子を用いるとよい。また、粘度調整効果に特に優れた水溶性高分子としては、前述の多糖類、例えば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及び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、または澱粉を用いることができる。

[0180]

なお、カルボキシメチルセルロースなどのセルロース誘導体は、例えばカルボキシメチルセルロースのナトリウム塩またはアンモニウム塩などの塩とすることにより溶解度が上がり、粘度調整剤としての効果を発揮しやすくなる。溶解度が高くなることにより電極のスラリーを作製する際に活物質または他の構成要素との分散性を高めることもできる。本明細書等においては、電極のバインダとして使用するセルロース及びセルロース誘導体としては、それらの塩も含むものとする。

[0181]

水溶性高分子は水に溶解することにより粘度を安定化させ、活物質及びバインダとして組み合わせる他の材料、例えばスチレンブタジエンゴムを水溶液中に安定して分散させることができる。また、官能基を有するために活物質表面に安定に吸着しやすいことが期待される。また、例えばカルボキシメチルセルロースなどのセルロース誘導体は、水酸基またはカルボキシル基などの官能基を有する材料が多く、官能基を有するために高分子同士が相互作用し、活物質表面を広く覆って存在することが期待される。

[0182]

活物質表面を覆う、または表面に接するバインダが膜を形成する場合には、不動態膜としての役割を果たして電解液の分解を抑える効果も期待される。ここで、「不動態膜」とは、電気の伝導性のない膜、または電気伝導性の極めて低い膜であり、例えば活物質の表面に不動態膜が形成された場合には、電池反応電位において、電解液の分解を抑制することができる。また、不動態膜は、電気の伝導性を抑えるとともに、リチウムイオンは伝導できるとさらに望ましい。

[0183]

[導電材]

導電材は、導電付与剤、導電助剤とも呼ばれ、炭素材料が用いられる。複数の活物質の間に導電材を付着させることで複数の活物質同士が電氣的に接続され、導電性が高まる。なお、「付着」とは、活物質と導電材が物理的に密着していることのみを指しているのではなく、共有結合が生じる場合、ファンデルワールス力により結合する場合、活物質の表面の一部を導電材が覆う場合、活物質の表面凹凸に導電材がはまりこむ場合、互いに接していなくとも電氣的に接続される場合などを含む概念とする。

[0184]

正極活物質層、負極活物質層、等の活物質層は、導電材を有することが好ましい。

[0185]

導電材としては、例えば、アセチレンブラック、およびファーネスブラックなどのカーボンブラック、人造黒鉛、および天然黒鉛などの黒鉛、カーボンナノファイバー、およびカーボンナノチューブなどの炭素繊維、ならびにグラフェン化合物、のいずれか一種又は二種以上を用いることができる。

[0186]

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または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。

[0187]

本明細書等においてグラフェン化合物とは、グラフェン、多層グラフェン、マルチグラフェン、酸化グラフェン、多層酸化グラフェン、マルチ酸化グラフェン、還元された酸化グラフェン、還元された多層酸化グラフェン、還元されたマルチ酸化グラフェン、グラフェン量子ドット等を含む。グラフェン化合物とは、炭素を有し、平板状、シート状等の形状を有し、炭素6員環で形成された二次元的構造を有するものをいう。該炭素6員環で形成された二次元的構造は炭素シートといってもよい。グラフェン化合物は官能基を有してもよい。またグラフェン化合物は屈曲した形状を有することが好ましい。またグラフェン化合物は丸まってカーボンナノファイバーのようになっていてもよい。

[0188]

また活物質層は導電材として銅、ニッケル、アルミニウム、銀、金などの金属粉末または金属繊維、導電性セラミックス材料等を有してもよい。

[0189]

活物質層の総量に対する導電材の含有量は、1wt%以上10wt%以下が好ましく、1wt%以上5wt%以下がより好ましい。

[0190]

活物質と点接触するカーボンブラック等の粒状の導電材と異なり、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ものであるから、通常の導電材よりも少量で粒状の活物質とグラフェン化合物との電気伝導性を向上させることができる。よって、活物質の活物質層における比率を増加させることができる。これにより、電池の放電容量を増加させることができる。

[0191]

カーボンブラック、黒鉛、等の粒子状の炭素含有化合物または、カーボンナノチューブ等の繊維状の炭素含有化合物は微小な空間に入りやすい。微小な空間とは例えば、複数の活物質の間の領域等を指す。微小な空間に入りやすい炭素含有化合物と、複数の粒子にわたって導電性を付与できるグラフェンなどのシート状の炭素含有化合物と、を組み合わせる使用することにより、電極の密度を高め、優れた導電パスを形成することができる。本発明の一態様の作製方法で得られる電池は、体積あたりにおいて高容量密度を有し、かつ安定性を備えることができ、車載用の電池として有効である。

[0192]

[集電体]

集電体として、ステンレス、金、白金、亜鉛、鉄、銅、アルミニウム、チタン等の金属、及びこれらの合金など、導電性の高く、リチウム等のキャリアイオンと合金化しない材料を用いることができる。集電体は、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。

[0193]

また、集電体として樹脂集電体を用いることができる。樹脂集電体として、例えばポリオレフィン（ポリプロピレン、ポリエチレン等）、ナイロン（ポリアミド）、ポリイミド、ビニロン、ポリエステル、アクリル、ポリウレタン等の樹脂と、粒子状又は繊維状の導電性材料（導電性フィラーとも呼ぶ）を有する樹脂集電体を用いることができる。

[0194]

樹脂集電体が有する導電性材料として、導電性炭素材料及び、アルミニウム、チタン、ステンレス、金、白金、亜鉛、鉄、銅、等の金属材料の何れか一または複数を用いることができる。導電性炭素材料として例えば、アセチレンブラック、およびファーネスブラックなどのカーボンブラック、人造黒鉛、および天然黒鉛などの黒鉛、カーボンナノファイバー、およびカーボンナノチューブなどの炭素繊維、グラフェンならびにグラフェン化合物、のいずれか一種又は二種以上を用いることができる。なお、樹脂集電体を正極集電体として用いる場合は、ヒンダードフェノール系材料等の酸化防止剤を更に有することが好ましい。

[0195]

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または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。

[0196]

なお、樹脂集電体が有する導電性材料の粒径として、平均粒子径が10 nm以上10 μ m以下とすることができ、30 nm以上5 μ m以下であることが好ましい。

[0197]

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。

[0198]

なお負極集電体は、リチウム等のキャリアイオンと合金化しない材料を用いることが好ましい。

[0199]

[正極]

正極は、正極活物質層及び正極集電体を有する。正極活物質層は正極活物質を有し、さらに導電材及びバインダの少なくとも一を有していてもよい。なお、正極集電体、導電材、及びバインダは、[負極]で説明したものを用いることができる。

[0200]

集電体は、例えば金属箔を用いることができる。正極は、金属箔上にスラリーを塗布して乾燥させることによって形成することができる。なお、乾燥後にプレスを加えてもよい。正極は、集電体上に活物質層を形成したものである。

[0201]

スラリーとは、集電体上に活物質層を形成するために用いる材料液であり、活物質とバインダと溶媒を含有し、好ましくはさらに導電材を混合させたものを指している。なお、スラリーは、電極用スラリーまたは活物質スラリーと呼ばれることもあり、正極活物質層を形成する場合には正極用スラリーと呼ばれることもある。

[0202]

[正極活物質]

正極活物質として、層状岩塩型構造の複合酸化物、オリビン型構造の複合酸化物、およびスピネル型構造の複合酸化物の何れか一以上を用いることができる。

[0203]

層状岩塩型構造の複合酸化物として、コバルト酸リチウム、ニッケルコバルトマンガン酸リチ

ウム、ニッケル-コバルト-アルミニウム酸リチウム、およびニッケル-マンガン-アルミニウム酸リチウムのうちのいずれか一または複数を用いることができる。なお、組成式として LiM_1O_2 (M_1 はニッケル、コバルト、マンガン、アルミニウムから選ばれる一以上) と示することができるが、組成式の係数は整数に限られない。

[0204]

コバルト酸リチウムとして例えば、マグネシウム及びフッ素が添加されたコバルト酸リチウムを用いることができる。また、マグネシウム、フッ素、アルミニウム及びニッケルが添加されたコバルト酸リチウムを用いることが好ましい。

[0205]

ニッケル-コバルト-マンガン酸リチウムとして例えば、ニッケル：コバルト：マンガン＝1：1：1、ニッケル：コバルト：マンガン＝6：2：2、ニッケル：コバルト：マンガン＝8：1：1、およびニッケル：コバルト：マンガン＝9：0.5：0.5等の比率のニッケル-コバルト-マンガン酸リチウムを用いることができる。また、上記のニッケル-コバルト-マンガン酸リチウムとして例えば、アルミニウム、カルシウム、バリウム、ストロンチウム、ガリウムの何れか一又は複数が添加されたニッケル-コバルト-マンガン酸リチウムを用いることが好ましい。

[0206]

オリビン型構造の複合酸化物として、リン酸鉄リチウム、リン酸マンガンリチウム、リン酸コバルトリチウム、およびリン酸鉄マンガンリチウムのうちのいずれか一または複数を用いることができる。なお、組成式として LiM_2PO_4 (M_2 は、鉄、マンガン、コバルトから選ばれる一以上) と示することができるが、組成式の係数は整数に限られない。

[0207]

また、 $LiMn_2O_4$ 等のスピネル型構造の複合酸化物を用いることができる。

[0208]

[電解質]

電解質の一つの形態として、溶媒と、溶媒に溶解した電解質と、を有する電解液を用いることができる。電解液は、溶媒とリチウム塩とを有する。電解液の溶媒としては、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、酢酸エチル、プロピオン酸メチル、プロピオン酸エチル、プロピオン酸プロピル、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、スルトン等のうちの1種、又はこれらのうちの2種以上を任意の組み合わせ及び比率で用いることができる。

[0209]

電解液として、エチレンカーボネート (EC) と、ジエチルカーボネート (DEC) とを含む場合、エチレンカーボネート、及びジエチルカーボネートの全含有量を100vol%としたとき、エチレンカーボネート、及びジエチルカーボネートの体積比が、 $x : 100 - x$ (ただし、 $20 \leq x \leq 40$ である。) であるものを用いることができる。より具体的には、ECと、DECと、を、 $EC : DEC = 30 : 70$ (体積比) で含んだ混合有機溶媒を用いることができる。

[0210]

また電解液として、エチレンカーボネート（EC）と、エチルメチルカーボネート（EMC）と、ジメチルカーボネート（DMC）と、を含む場合、エチレンカーボネート、エチルメチルカーボネート、及びジメチルカーボネートの全含有量を100vol%としたとき、エチレンカーボネート、エチルメチルカーボネート、及びジメチルカーボネートの体積比が、 $x : y : 100 - x - y$ （ただし、 $5 \leq x \leq 35$ であり、 $0 < y < 65$ である。）であるものを用いることができる。より具体的には、ECと、EMCと、DMCと、を、 $EC : EMC : DMC = 30 : 35 : 35$ （体積比）で含んだ混合有機溶媒を用いることができる。

[0211]

またさらに電解液として、フッ化環状カーボネート（フッ素化環状カーボネートと記すこともある）、又はフッ化鎖状カーボネート（フッ素化鎖状カーボネートと記すこともある）を含んだ混合有機溶媒を用いることができる。さらに上記混合有機溶媒は、フッ化環状カーボネート、及びフッ化鎖状カーボネートをともに含むと好ましい。フッ化環状カーボネート及びフッ化鎖状カーボネートは共に、電子求引性を示す置換基を有しており、リチウムイオンの溶媒和エネルギーが低くなり好ましい。そのためフッ化環状カーボネート及びフッ化鎖状カーボネートは共に電解液に好適であり、これらの混合有機溶媒は好適である。

[0212]

フッ化環状カーボネートとして、例えば、フルオロエチレンカーボネート（炭酸フルオロエチレン、FEC、F1EC）、ジフルオロエチレンカーボネート（DFEC、F2EC）、トリフルオロエチレンカーボネート（F3EC）、又はテトラフルオロエチレンカーボネート（F4EC）等を用いることができる。なお、DFECには、シスー4、5、トランスー4、5等の異性体がある。いずれのフッ化環状カーボネートも電子求引性を示す置換基を有するため、リチウムイオンの溶媒和エネルギーが低いと考えられる。FECにおいて電子求引性の置換基はF基である。

[0213]

フッ化鎖状カーボネートとして、3, 3, 3-トリフルオロプロピオン酸メチルがある。3, 3, 3-トリフルオロプロピオン酸メチルの略称は、「MTFP」である。MTFPにおいて、電子求引性の置換基は CF_3 基である。

[0214]

FECは、環状カーボネートの一つであり、高い比誘電率を有するため、有機溶媒に用いると、リチウム塩の解離を促進させる効果を有する。一方でFECは電子求引性を示す置換基を有するため、エチレンカーボネート（EC）よりもリチウムイオンとの脱溶媒和が進みやすい。具体的にはFECはリチウムイオンの溶媒和エネルギーが、電子求引性を示す置換基を有さないECよりも小さい。そのため、正極活物質表面および負極活物質表面においてリチウムイオンを離しやすく、二次電池の内部抵抗を低くできる。さらにFECは最高被占有軌道（HOMO: Highest Occupied Molecular Orbital）準位が深いため、酸化されにくく耐酸化性が向上する。一方で、FECは粘度が高いことが懸念される。そこで、FECのみではなく、MTFPを更に含んだ混合有機溶媒を電解液に用いるとよい。MTFPは、鎖状カーボネートの一つであり、電解液の粘度を下げる、又は低温下（代表的には0℃）でも室温下（代表的には25℃）の粘度を維持する効果を有することも可能である。さらにMTFPは、電子求引性を示す置換基を有さないプロピオン酸メチル（略称は「MP」である）よりも溶媒和エネルギーが小さいものの、電解液に用いた際にリチウ

ムイオンとの溶媒和を生成することがあってもよい。

[0215]

上述した有機溶媒は、粒状のごみ、または有機溶媒の構成分子以外の分子（以下、単に「不純物」とも呼び、酸素（ O_2 ）、水（ H_2O ）又は水分が含まれる。）の含有量が少なく、高純度化されていることが好ましい。また適切な精製を経て、合成時の反応副生成物が抑制されていると好ましい。具体的には、電解質の不純物が100 ppm以下、好ましくは50 ppm以下、さらに好ましくは10 ppm未満とする。不純物のうち水分の濃度はカールフィッシャー滴定法によって検出することができる。

[0216]

さらに上述した有機溶媒は、NMR測定等により不純物に起因するピークがほぼ確認できないことが好ましい。ほぼ確認できないとは、主成分に起因するピークの積分面積に対して不純物に起因するピークの積分面積の比（単に積分比と呼ぶ）が0.005以下、好ましくは0.002以下となることを含む。NMR測定に用いる装置は特に限定されないが、たとえばBruker社の「AVANCE III 400型」を用いることができる。また ^1H -NMR測定において溶媒に用いるアセトニトリル- d_3 由来のアセトニトリルの5本のピークのうち、中心のピークを1.94 ppmとすることができる。

[0217]

たとえばMTFPの場合、アセトニトリル- d_3 溶媒を用いて ^1H -NMRを測定したとき、 δ が3.29 ppm以上3.43 ppm以下に4本のピークが生じることが知られている。しかしこの近傍に他のピークが生じた場合、たとえば δ が3.24 ppm以上3.29 ppm以下にピークが生じた場合、当該ピークは不純物由来と考えられる。そのため3.29 ppm以上3.43 ppm以下のピーク面積に対する、3.24 ppm以上3.29 ppm以下のピーク面積の比率（積分比）が0.005以下、好ましくは0.002以下であれば、不純物に起因するピークがほぼ確認できないといえることができる。

[0218]

このような物性を有するFEC、及びMTFPを含む混合有機溶媒の全含有量を100 vol %として、体積比が $x : 100 - x$ （ただし、 $5 \leq x \leq 30$ 、好ましくは $10 \leq x \leq 20$ である。）となるように混合して用いるとよい。つまり混合有機溶媒において、MTFPがFECよりも多くなるように混合するとよい。

[0219]

また、電解液の溶媒として、難燃性及び難揮発性であるイオン液体（常温溶融塩）を一つ又は複数用いることで、電池の内部短絡又は過充電等によって内部温度が上昇しても、電池の破裂及び／又は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とを含む。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、及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、イミダゾリウムカチオン及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、又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。

[0220]

[リチウム塩]

上記溶媒に溶解させるリチウム塩（電解質とも呼ぶ）としては、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及び比率で用いることができる。リチウム塩は溶媒に対して 0.5 mol/L 以上 3.0 mol/L 以下とするとよい。フッ化物である LiPF_6 、 LiBF_4 などを用いるとリチウムイオン電池の安全性が向上する。

[0221]

上述した電解液は、粒状のごみ又は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が $1\text{ wt}\%$ 以下、好ましくは $0.1\text{ wt}\%$ 以下、より好ましくは $0.01\text{ wt}\%$ 以下である。

[0222]

[添加剤]

電解液は添加剤を有してもよい。添加剤により、高電圧及び／又は高温で電池を動作させるときに、正極表面又は負極表面で生じる電解質の反応分解を抑制することができる。添加剤として例えばビニレンカーボネート（VC）、プロパンスルトン（PS）、*Ter*-ブチルベンゼン（TBB）、フルオロエチレンカーボネート（FEC）、リチウムビス（オキサレート）ボレート（LiBOB）を用いるとよい。LiBOBは良好な被膜を形成しやすく、特に好ましい。VC又はFECは電池のエージング時または使用初期の充電時に負極に良好な被膜を形成しサイクル特性を向上させることができ好ましい。

[0223]

添加剤として、ジニトリル化合物のいずれか一種または二種以上を用いることができる。ジニトリル化合物の具体例として、たとえばスクシノニトリル、グルタロニトリル、アジポニトリル（ADN）、又はエチレングリコールビス（プロピオニトリル）エーテル（EGBE）が挙げられる。

[0224]

さらにフルオロベンゼンを上記有機溶媒に添加してもよい。添加剤の濃度は、例えば電解液全体に対して $0.1\text{ wt}\%$ 以上 $5\text{ wt}\%$ 以下とすればよい。PS又はEGBEは充放電時に正極に良好な被膜を形成しサイクル特性を向上させることができ好ましい。FBは正極及び負極への有機溶媒のぬれ性が向上するため好ましい。ジニトリル化合物は、ニトリル基が正極及び負極に配向して、有機溶媒の酸化分解を阻害するため高電圧耐性を向上させることができ好ましい。さらにジニトリル化合物は、負極に銅を有する集電体を用いた場合、過放電の際に銅の溶解を防ぐことができ好ましい。高電圧での電池の使用を踏まえると、ニトリル化合物を添加することが好ましい。

[0225]

[ゲル電解質]

ゲル電解質として、ポリマーを電解液で膨潤させたポリマーゲルを用いてもよい。ポリマーゲル電解質を用いることで、半固体電解質層を提供することができ、漏液性等に対する安全性が高まる。ま

た、電池の薄型化及び軽量化が可能である。

[0226]

ゲル化されるポリマーとして、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を用いることができる。

[0227]

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、PVDF、及びポリアクリロニトリル等、及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。

[0228]

[固体電解質]

電解液の代わりに、硫化物系又は酸化物系等の無機物材料を有する固体電解質、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等を用いることができる。固体電解質を用いる場合には、セパレータ及び／又はスパ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。

[0229]

[セパレータ]

電解質が電解液を含む場合、正極と負極の間にセパレータを配置する。セパレータとしては、例えば、紙をはじめとするセルロースを有する繊維、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。セパレータは袋状に加工し、正極または負極のいずれか一方を包むように配置することが好ましい。

[0230]

セパレータは多層構造であってもよい。例えばポリプロピレン、ポリエチレン等の有機材料フィルムに、セラミックス系材料、フッ素系材料、ポリアミド系材料、またはこれらを混合したもの等をコートすることができる。セラミックス系材料としては、例えば酸化アルミニウム粒子、酸化シリコン粒子等を用いることができる。フッ素系材料としては、例えばPVDF、ポリテトラフルオロエチレン等を用いることができる。ポリアミド系材料としては、例えばナイロン、アラミド (メタ系アラミド、パラ系アラミド) 等を用いることができる。

[0231]

セラミックス系材料をコートすると耐酸化性が向上するため、高電圧充電の際のセパレータの劣化を抑制し、電池の信頼性を向上させることができる。またフッ素系材料をコートするとセパレータと電極が密着しやすくなり、出力特性を向上させることができる。ポリアミド系材料、特にアラミドをコートすると、耐熱性が向上するため、電池の安全性を向上させることができる。

[0232]

例えば、ポリプロピレンのフィルムの両面に酸化アルミニウムとアラミドの混合材料をコートしてもよい。また、ポリプロピレンのフィルムの、正極と接する面に酸化アルミニウムとアラミドの混合材料をコートし、負極と接する面にフッ素系材料をコートしてもよい。

[0233]

多層構造のセパレータを用いると、セパレータ全体の厚さが薄くても電池の安全性を保つことができるため、電池の体積あたりの容量を大きくすることができる。

[0234]

[外装体]

電池が有する外装体としては、例えばアルミニウム、ステンレス、チタンなどの金属材料、または樹脂材料を用いることができる。また、フィルム状の外装体を用いることもできる。フィルムとしては、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、ポリアミド等の材料からなる膜上に、アルミニウム、ステンレス、チタン、銅、ニッケル等の可撓性に優れた金属薄膜又は金属箔を設け、さらに該金属薄膜上に外装体の外面としてポリアミド系樹脂、ポリエステル系樹脂等の絶縁性合成樹脂膜を設けた三層構造のフィルムを用いることができる。このような多層構造のフィルムをラミネートフィルムと呼ぶことができる。このときラミネートフィルムが有する金属層の材料名を用いて、アルミ（アルミニウム）ラミネートフィルム、ステンレスラミネートフィルム、チタンラミネートフィルム、銅ラミネートフィルム、ニッケルラミネートフィルム等と呼ぶことがある。

[0235]

ラミネートフィルムが有する金属層の材料または厚さは、電池の柔軟性に影響を及ぼすことがある。柔軟性、または軽量化を重視する電池に用いる外装体として例えば、ポリプロピレン層、アルミニウム層およびナイロン層を有するアルミラミネートフィルムを用いることが好ましい。ここで、アルミニウム層の厚さとして、 $50\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $40\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $30\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $20\mu\text{m}$ 以下がより好ましい。なお、アルミニウム層が $10\mu\text{m}$ よりも薄い場合、アルミニウム層のピンホールによるガスバリア性の低下が懸念されるため、アルミニウム層の厚さとして、 $10\mu\text{m}$ 以上であることが望ましい。

[0236]

物理的な強度、または安全性を重視する電池に用いる外装体として例えば、ポリプロピレン層、ステンレス層、及びナイロン層を有するステンレスラミネートフィルムを用いることが好ましい。さらに、ナイロン層上にポリエチレンテレフタレート層を有してもよい。ここで、ステンレス層の厚さとして、 $50\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $40\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $30\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $20\mu\text{m}$ 以下がより好ましい。なお、ステンレス層が $10\mu\text{m}$ よりも薄い場合、ステンレス層のピンホールによるガスバリア性の低下が懸念されるため、ステンレス層の厚さとして、 $10\mu\text{m}$ 以上であることが望ましい。なお、本明細書中でのステンレスとは、クロムを約12%以上含有する鋼（鉄と炭素の合金）を指しており、組成上、マルテンサイト系、フェライト系又はオーステナイト系に大別できる。なお、Ti、Nb、Mo、Cu、Ni、またはSiから選ばれた一種または複数種を添加したステンレス鋼をも含む。

[0237]

または例えば、ポリプロピレン層、チタン層、及びナイロン層を有するチタンラミネートフィルムを用いることが好ましい。さらに、ナイロン層上にポリエチレンテレフタレート層を有してもよい。ここで、チタン層の厚さとして、 $50\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $40\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $30\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $20\mu\text{m}$ 以下がより好ましい。なお、チタン層が $10\mu\text{m}$ よりも薄い場合、チタン層のピンホールによるガスバリア性の低下が懸念されるため、チタン層の厚さとして、 $10\mu\text{m}$ 以上であることが望ましい。

[0238]

本実施の形態に示す構成、方法などは、他の実施の形態に示す構成、方法などと適宜組み合わせて用いることができる。

[0239]

(実施の形態2)

本実施の形態では、本発明の一態様である電池を電子機器に実装する例について図11A乃至図11Cを用いて説明する。

[0240]

先の実施の形態で説明した電池を電子機器に実装する例を、図11A乃至図11Gに示す。電池を適用した電子機器として、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。

[0241]

また、フレキシブルな形状を備える電池を、家屋、ビル等の内壁または外壁、自動車の内装または外装の曲面に沿って組み込むことも可能である。

[0242]

図11A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、電池7407を有している。上記の電池7407に本発明の一態様の電池を用いることで、軽量で長寿命な携帯電話機を提供できる。

[0243]

図11B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電池7407も湾曲される。また、その時、曲げられた電池7407の状態を図11Cに示す。電池7407は薄型の蓄電池である。電池7407は曲げられた状態で固定されている。なお、電池7407は集電体と電気的に接続されたリード電極を有している。

[0244]

図11Dは、バング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、及び電池7104を備える。また、図11Eに曲げられた電池7104の状態を示す。電池7104は曲げられた状態で使用者の腕への装着時に、筐体に変形して電池7104の一部または全部の曲率が変化する。なお、曲線の任意の点における曲がり具合を相当する円の半径の値で表したものを曲率半径と呼び、曲率半径の逆数を曲率と呼ぶ。具体的には、曲率半径が40mm以上150mm以下の範囲内で筐体または電池7104の主表面の一部または全部が変化する。電池7104の主表面における曲率半径が40mm以上150mm以下の範囲であれば、高い信頼性を維持できる。上記の電池7104に本発明の一態様の電池を用いることで、軽量で長寿命な携帯表示装置を提供できる。

[0245]

図11F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720

6などを備える。

[0246]

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。

[0247]

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、指または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。

[0248]

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。

[0249]

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。

[0250]

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。

[0251]

携帯情報端末7200の表示部7202には、本発明の一態様の電池を有している。本発明の一態様の電池を用いることで、軽量で長寿命な携帯情報端末を提供できる。例えば、図11Eに示した電池7104を、筐体7201の内部に湾曲した状態で、またはバンド7203の内部に湾曲可能な状態で組み込むことができる。

[0252]

携帯情報端末7200はセンサを有することが好ましい。センサとして例えば、指紋センサ、脈拍センサ、体温センサ等の人体センサ、タッチセンサ、加圧センサ、加速度センサ、等が搭載されることが好ましい。

[0253]

図11G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、本発明の一態様の電池を有している。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。

[0254]

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。

[0255]

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取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。

[0256]

表示装置 7300 が有する電池として本発明の一態様の電池を用いることで、軽量で長寿命な表示装置を提供できる。

[0257]

また、先の実施の形態で示したサイクル特性のよい電池を電子機器に実装する例を図 11H 乃至図 13C を用いて説明する。

[0258]

日用電子機器に電池として本発明の一態様の電池を用いることで、軽量で長寿命な製品を提供できる。例えば、日用電子機器として、電動歯ブラシ、電気シェーバー、電動美容機器などが挙げられ、それらの製品の電池としては、使用者の持ちやすさを考え、形状をスティック状とし、小型、軽量、且つ、放電容量の大きな電池が望まれている。

[0259]

図 11H はタバコ収容喫煙装置（電子タバコ）とも呼ばれる装置の斜視図である。図 11H において電子タバコ 7500 は、加熱素子を含むアトマイザ 7501 と、アトマイザに電力を供給する電池 7504 と、液体供給ボトルおよびセンサなどを含むカートリッジ 7502 で構成されている。安全性を高めるため、電池 7504 の過充電および／または過放電を防ぐ保護回路を電池 7504 に電気的に接続してもよい。図 11H に示した電池 7504 は、充電機器と接続できるように外部端子を有している。電池 7504 は持った場合に先端部分となるため、トータルの長さが短く、且つ、重量が軽いことが望ましい。本発明の一態様の電池は放電容量が高く、良好なサイクル特性を有するため、長期間に渡って長時間の使用ができる小型であり、且つ、軽量の電子タバコ 7500 を提供できる。

[0260]

図 12A は、ウェアラブルデバイスの例を示している。ウェアラブルデバイスは、電源として電池を用いる。また、使用者が生活または屋外で使用する場合において、防沫性能、耐水性能または防塵性能を高めるため、接続するコネクタ部分が露出している有線による充電だけでなく、無線充電も行えるウェアラブルデバイスが望まれている。

[0261]

例えば、図 12A に示すような眼鏡型デバイス 4000 に本発明の一態様である電池を搭載することができる。眼鏡型デバイス 4000 は、フレーム 4000a と、表示部 4000b を有する。湾曲を有するフレーム 4000a のテンプル部に電池を搭載することで、軽量であり、且つ、重量バランスがよく継続使用時間の長い眼鏡型デバイス 4000 とすることができる。本発明の一態様である電池を備えることで、筐体の小型化に伴う省スペース化に対応できる構成を実現することができる。

[0262]

また、ヘッドセット型デバイス 4001 に本発明の一態様である電池を搭載することができる。ヘッドセット型デバイス 4001 は、少なくともマイク部 4001a と、フレキシブルパイプ 4001b と、イヤフォン部 4001c を有する。フレキシブルパイプ 4001b 内および／またはイヤフォン部 4001c 内に電池を設けることができる。本発明の一態様である電池を備えることで、筐体の

小型化に伴う省スペース化に対応できる構成を実現することができる。

[0263]

また、身体に直接取り付け可能なデバイス4002に本発明の一態様である電池を搭載することができる。デバイス4002の薄型の筐体4002aの中に、電池4002bを設けることができる。本発明の一態様である電池を備えることで、筐体の小型化に伴う省スペース化に対応できる構成を実現することができる。

[0264]

また、衣服に取り付け可能なデバイス4003に本発明の一態様である電池を搭載することができる。デバイス4003の薄型の筐体4003aの中に、電池4003bを設けることができる。本発明の一態様である電池を備えることで、筐体の小型化に伴う省スペース化に対応できる構成を実現することができる。

[0265]

また、ベルト型デバイス4006に本発明の一態様である電池を搭載することができる。ベルト型デバイス4006は、ベルト部4006aおよびワイヤレス給電受電部4006bを有し、ベルト部4006aの内部に、電池を搭載することができる。本発明の一態様である電池を備えることで、筐体の小型化に伴う省スペース化に対応できる構成を実現することができる。

[0266]

また、腕時計型デバイス4005に本発明の一態様である電池を搭載することができる。腕時計型デバイス4005は表示部4005aおよびベルト部4005bを有し、表示部4005aまたはベルト部4005bに、電池を設けることができる。本発明の一態様である電池を備えることで、筐体の小型化に伴う省スペース化に対応できる構成を実現することができる。

[0267]

表示部4005aには、時刻だけでなく、メールおよび電話の着信等、様々な情報を表示することができる。

[0268]

また、腕時計型デバイス4005は、腕に直接巻きつけるタイプのウェアラブルデバイスであるため、使用者の脈拍、血圧等を測定するセンサを搭載してもよい。使用者の運動量および健康に関するデータを蓄積し、健康を管理することができる。

[0269]

図12Bに腕から取り外した腕時計型デバイス4005の斜視図を示す。

[0270]

また、側面図を図12Cに示す。図12Cには、内部に電池913を内蔵している様子を示している。電池913は実施の形態2に示した電池である。電池913は表示部4005aと重なる位置に設けられており、小型、且つ、軽量である。

[0271]

図12Dはワイヤレスイヤホンの例を示している。ここでは一対の本体4100aおよび本体4100bを有するワイヤレスイヤホンを図示するが、必ずしも一対でなくてもよい。

[0272]

本体4100aおよび4100bは、ドライバユニット4101、アンテナ4102、電池4103を有する。表示部4104を有していてもよい。また無線用IC等の回路が載った基板、充電用端

子等を有することが好ましい。またマイクを有していてもよい。

[0273]

ケース4110は、電池4111を有する。また無線用IC、充電制御IC等の回路が載った基板、充電用端子を有することが好ましい。また表示部、ボタン等を有していてもよい。

[0274]

本体4100aおよび4100bは、スマートフォン等の他の電子機器と無線で通信することができる。これにより他の電子機器から送られた音データ等を本体4100aおよび4100bで再生することができる。また本体4100aおよび4100bがマイクを有すれば、マイクで取得した音を他の電子機器に送り、該電子機器により処理をした後の音データを再び本体4100aおよび4100bに送って再生することができる。これにより、たとえば翻訳機として用いることもできる。

[0275]

またケース4110が有する電池4111から、本体4100aが有する電池4103に充電を行うことができる。電池4111および電池4103としては先の実施の形態のコイン型電池、円筒形電池等を用いることができる。実施の形態1で得られる電池は高エネルギー密度であり、電池4103および電池4111に用いることで、ワイヤレスイヤホンの小型化に伴う省スペース化に対応できる構成を実現することができる。

[0276]

図13Aは、掃除ロボットの一例を示している。掃除ロボット6300は、筐体6301上面に配置された表示部6302、側面に配置された複数のカメラ6303、ブラシ6304、操作ボタン6305、電池6306、各種センサなどを有する。図示されていないが、掃除ロボット6300には、タイヤ、吸い込み口等が備えられている。掃除ロボット6300は自走し、ゴミ6310を検知し、下面に設けられた吸い込み口からゴミを吸引することができる。

[0277]

例えば、掃除ロボット6300は、カメラ6303が撮影した画像を解析し、壁、家具または段差などの障害物の有無を判断することができる。また、画像解析により、配線などブラシ6304に絡まりそうな物体を検知した場合は、ブラシ6304の回転を止めることができる。掃除ロボット6300は、その内部に本発明の一態様に係る電池6306と、半導体装置または電子部品を備える。本発明の一態様に係る電池6306を掃除ロボット6300に用いることで、掃除ロボット6300を稼働時間が長く信頼性の高い電子機器とすることができる。

[0278]

図13Bは、ロボットの一例を示している。図13Bに示すロボット6400は、電池6409、照度センサ6401、マイクロフォン6402、上部カメラ6403、スピーカ6404、表示部6405、下部カメラ6406および障害物センサ6407、移動機構6408、演算装置等を備える。

[0279]

マイクロフォン6402は、使用者の話し声及び環境音等を検知する機能を有する。また、スピーカ6404は、音声を発する機能を有する。ロボット6400は、マイクロフォン6402およびスピーカ6404を用いて、使用者とコミュニケーションをとることが可能である。

[0280]

表示部6405は、種々の情報の表示を行う機能を有する。ロボット6400は、使用者の望みの情報を表示部6405に表示することが可能である。表示部6405は、タッチパネルを搭載してい

てもよい。また、表示部6405は取り外しのできる情報端末であっても良く、ロボット6400の定位置に設置することで、充電およびデータの受け渡しを可能とする。

[0281]

上部カメラ6403および下部カメラ6406は、ロボット6400の周囲を撮像する機能を有する。また、障害物センサ6407は、移動機構6408を用いてロボット6400が前進する際の進行方向における障害物の有無を察知することができる。ロボット6400は、上部カメラ6403、下部カメラ6406および障害物センサ6407を用いて、周囲の環境を認識し、安全に移動することが可能である。

[0282]

ロボット6400は、その内部に本発明の一態様に係る電池6409と、半導体装置または電子部品を備える。本発明の一態様に係る電池をロボット6400に用いることで、ロボット6400を稼働時間が長く信頼性の高い電子機器とすることができる。

[0283]

図13Cは、飛行体の一例を示している。図13Cに示す飛行体6500は、プロペラ6501、カメラ6502、および電池6503などを有し、自律して飛行する機能を有する。

[0284]

例えば、カメラ6502で撮影した画像データは、電子部品6504に記憶される。電子部品6504は、画像データを解析し、移動する際の障害物の有無などを察知することができる。また、電子部品6504によって電池6503の蓄電容量の変化から、バッテリー残量を推定することができる。飛行体6500は、その内部に本発明の一態様に係る電池6503を備える。本発明の一態様に係る電池を飛行体6500に用いることで、飛行体6500を稼働時間が長く信頼性の高い電子機器とすることができる。

[0285]

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。

[0286]

(実施の形態3)

本実施の形態では、車両に本発明の一態様の電池を搭載する例を示す。

[0287]

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

[0288]

図14において、本発明の一態様である電池を用いた車両を例示する。図14A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は電池を有する。たとえば車内の床部分に電池のモジュールを並べて使用することができる。電池は電気モータ8406を駆動するだけでなく、ヘッドライト8401およびルームライト(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。

[0289]

また、電池は、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、電池は、自動車 8 4 0 0 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。

[0 2 9 0]

図 1 4 B に示す自動車 8 5 0 0 は、自動車 8 5 0 0 が有する電池にプラグイン方式および／または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 1 4 B に、地上設置型の充電装置 8 0 2 1 から自動車 8 5 0 0 に搭載された電池 8 0 2 4 に、ケーブル 8 0 2 2 を介して充電を行っている状態を示す。充電に際しては、充電方法およびコネクタの規格等は C H A d e M O（登録商標）またはコンボ等の所定の方式で適宜行えばよい。充電装置 8 0 2 1 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つてもよい。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 8 5 0 0 に搭載された電池 8 0 2 4 を充電することができる。充電は、A C D C 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。

[0 2 9 1]

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、道路および／または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、停車時および／または走行時に電池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、電磁誘導方式および／または磁界共鳴方式を用いることができる。

[0 2 9 2]

本発明の一態様によれば、電池のサイクル特性が良好となり、電池の放電容量を大きくすることができる。よって、電池自体を小型軽量化することができる。電池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、車両に搭載した電池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、例えば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。電力需要のピーク時に商用電源を用いることを回避できれば、省エネルギー、および二酸化炭素の排出の削減に寄与することができる。

[0 2 9 3]

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 2 9 4]

(実施の形態 4)

本実施の形態では、二次電池を車両に搭載する一例として、二輪車、自転車に本発明の一態様であるリチウムイオン電池を搭載する例を示す。

[0 2 9 5]

図 1 5 A は、本発明の一態様の蓄電装置を用いた電動自転車の一例である。図 1 5 A に示す電動自転車 8 7 0 0 に、本発明の一態様の蓄電装置を適用することができる。本発明の一態様の蓄電装置は例えば、複数の蓄電池と、保護回路と、を有する。

[0 2 9 6]

電動自転車 8 7 0 0 は、蓄電装置 8 7 0 2 を備える。蓄電装置 8 7 0 2 は、運転者をアシストするモータに電気を供給することができる。また、蓄電装置 8 7 0 2 は、持ち運びができ、図 1 5 B に自転車から取り外した状態を示している。また、蓄電装置 8 7 0 2 は、本発明の一態様の蓄電装置が有

する蓄電池 8701 が複数内蔵されており、そのバッテリー残量などを表示部 8703 で表示できるようにしている。

[0297]

図 15C は、本発明の一態様の蓄電装置を用いた二輪車の一例である。図 15C に示すスクータ 8600 は、蓄電装置 8602、サイドミラー 8601、方向指示灯 8603 を備える。蓄電装置 8602 は、方向指示灯 8603 に電気を供給することができる。

[0298]

また、図 15C に示すスクータ 8600 は、座席下収納 8604 に、蓄電装置 8602 を収納することができる。蓄電装置 8602 は、座席下収納 8604 が小型であっても、座席下収納 8604 に収納することができる。

[0299]

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。

[符号の説明]

[0300]

10：電池モジュール、11：蓄電部、20：正極、22：正極集電体、23：正極活物質層、25：接続部、30：負極、32：負極集電体、33：負極活物質層、35：接続部、40：セパレータ、45：電解質、50：外装体、51：封止部、52：密封空間、60：FPC基板、61：第1の樹脂層、62：第1の金属層、63：第2の樹脂層、64：第2の金属層、65：第3の樹脂層、66A：第1の開口部、66B：第2の開口部、67：土手、70：接続端子、71P：プラス端子、71N：マイナス端子、72：封止ゴム、80：制御回路部、81：制御IC、82：スイッチ、91：トランジスタ、92：ダイオード、93：トランジスタ、94：抵抗、95：ヒューズ、96：トランジスタ、97：ダイオード

請求の範囲

[請求項 1]

フレキシブルプリント回路基板と、外装体と、正極と、負極と、を有し、
前記フレキシブルプリント回路基板は、第 1 の樹脂層と、第 2 の樹脂層と、第 3 の樹脂層と、前記第 1 の樹脂層及び前記第 2 の樹脂層の間に位置する第 1 の金属層と、前記第 2 の樹脂層及び前記第 3 の樹脂層の間に位置する第 2 の金属層を有し、
前記第 1 の樹脂層と、前記外装体と、は封止部において接着され、
前記正極は、正極集電体を有し、
前記負極は、負極集電体を有し、
前記第 1 の樹脂層と、前記外装体と、前記封止部と、に囲まれた密封空間において、
前記第 1 の樹脂層は、前記第 1 の金属層に達する第 1 の開口部を有し、
前記第 1 の樹脂層、前記第 1 の金属層及び前記第 2 の樹脂層は、前記第 2 の金属層に達する第 2 の開口部を有し、
前記正極集電体は、前記第 1 の開口部において、前記第 1 の金属層と接続され、
前記負極集電体は、前記第 2 の開口部において、前記第 2 の金属層と接続される、電池モジュール。

[請求項 2]

請求項 1 において、
前記第 1 の金属層は、アルミニウムを有し、
前記第 2 の金属層は、銅を有する、電池モジュール。

[請求項 3]

請求項 1 又は請求項 2 において、
前記フレキシブルプリント回路基板は、制御回路部を有し、
前記制御回路部は、前記第 1 の金属層を介して、前記正極集電体と接続され、
前記制御回路部は、前記第 2 の金属層を介して、前記負極集電体と接続される、電池モジュール。

[請求項 4]

請求項 1 又は請求項 2 において、
前記フレキシブルプリント回路基板は、制御回路部と、接続端子と、を有し、
前記制御回路部は、トランジスタと、制御 IC と、を有し、
前記第 2 の金属層は、第 1 の部分と、第 2 の部分と、を有し、
前記トランジスタのゲートは、前記制御 IC と接続され、
前記トランジスタのソース又はドレインの一方は、前記第 1 の部分を介して、前記正極集電体と接続され、
前記トランジスタのソース又はドレインの他方は、前記第 2 の部分を介して、前記接続端子と接続される、電池モジュール。

[請求項 5]

請求項 4 において、
前記トランジスタは、酸化物半導体を用いたトランジスタである、電池モジュール。

[請求項 6]

請求項 4 において、
前記トランジスタは、縦型トランジスタである、電池モジュール。

図1A

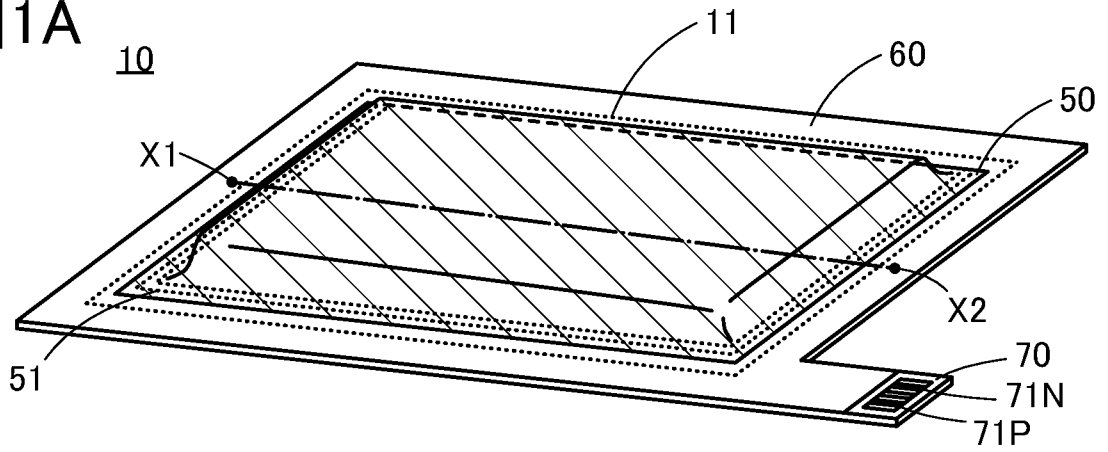


図1B

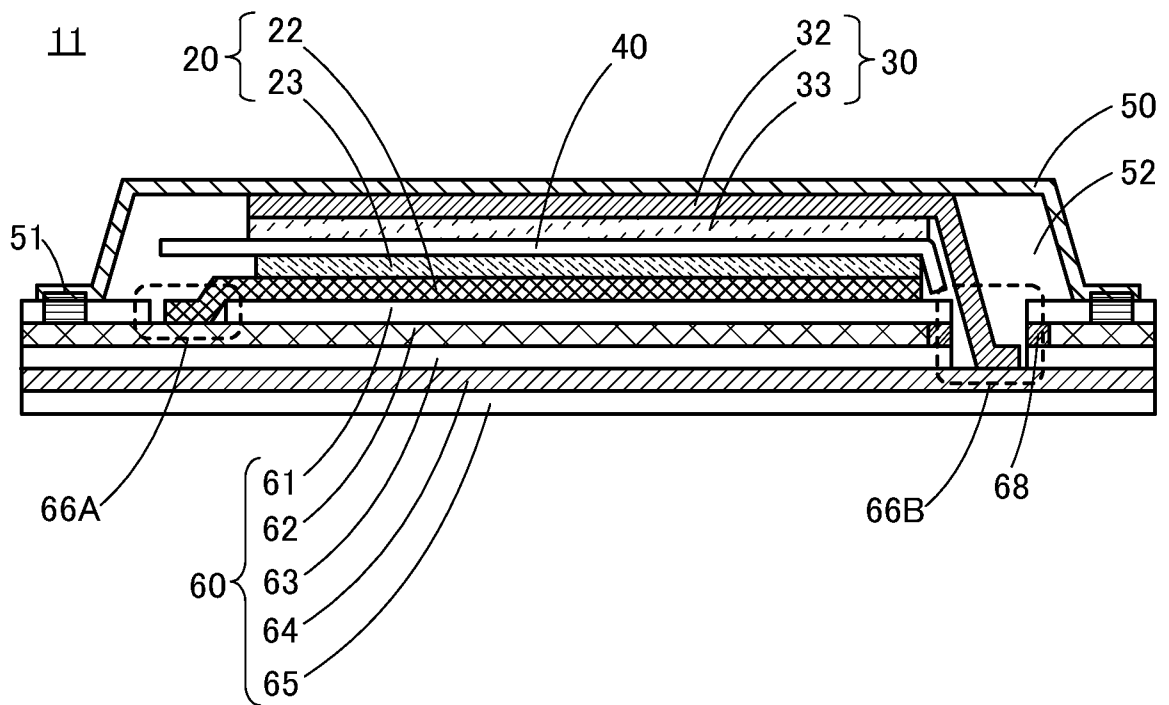
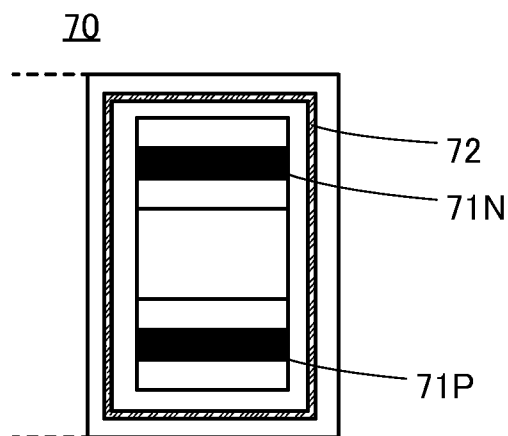
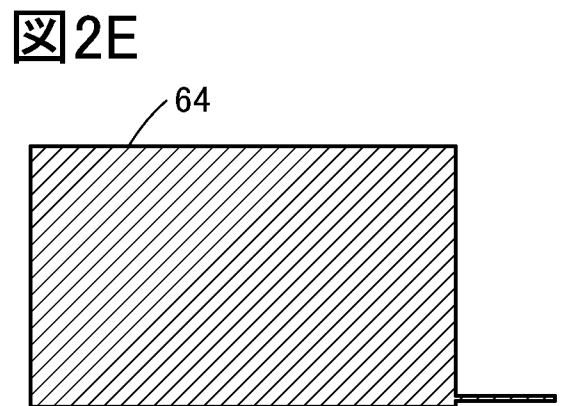
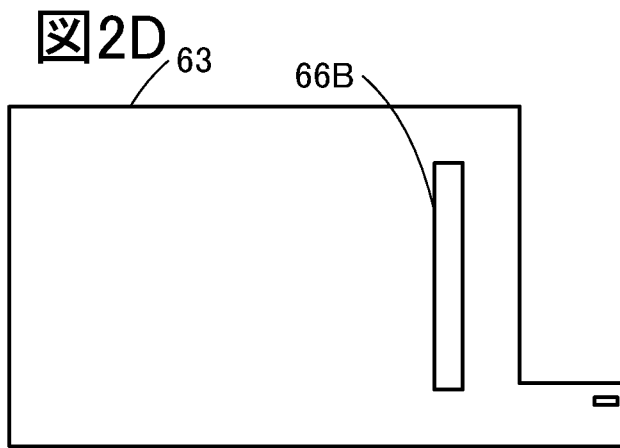
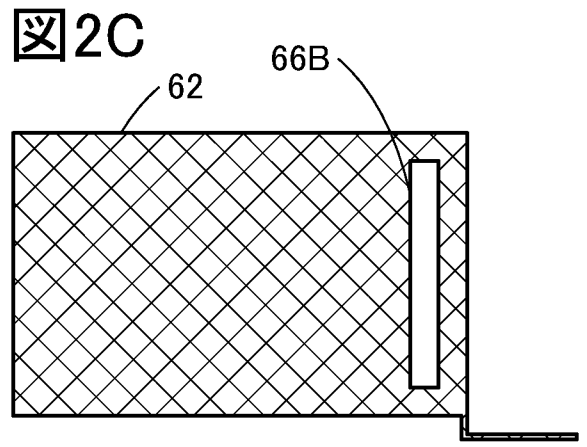
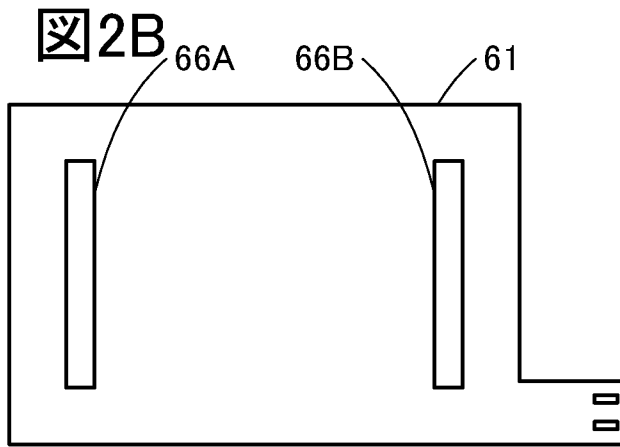
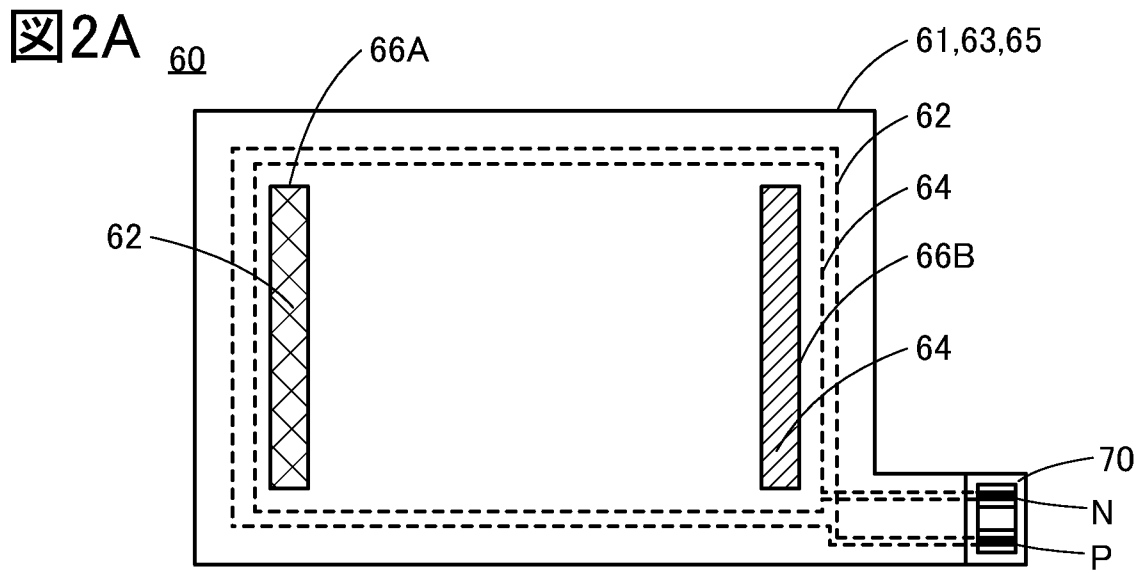
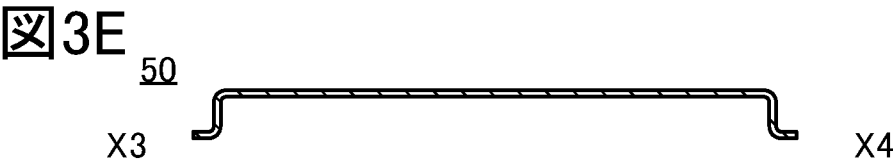
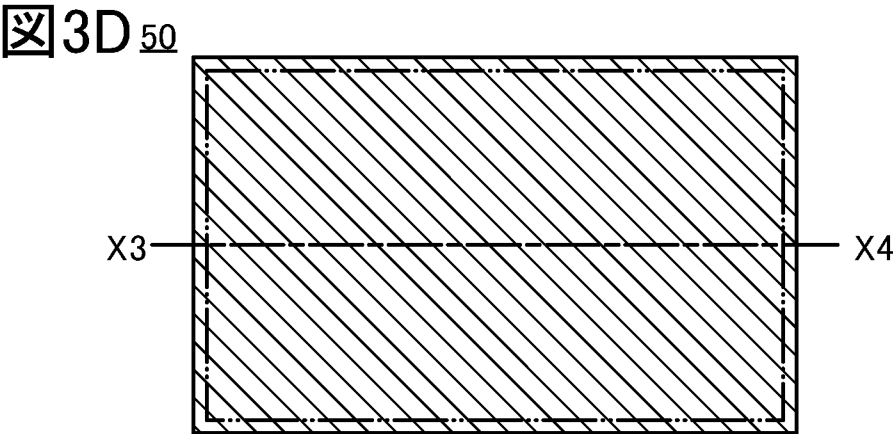
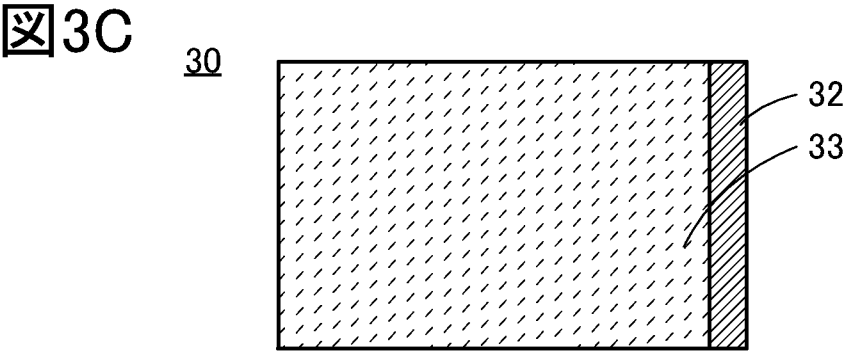
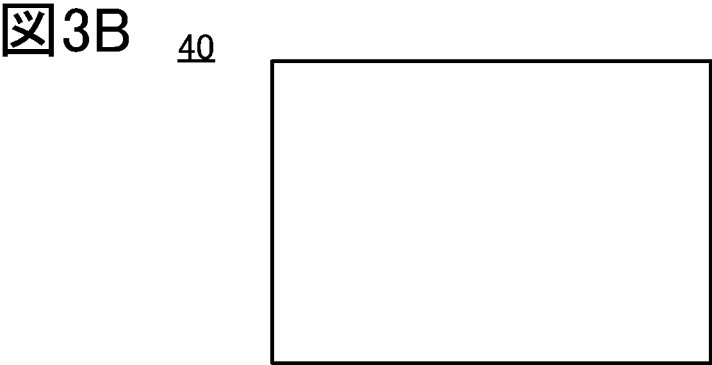
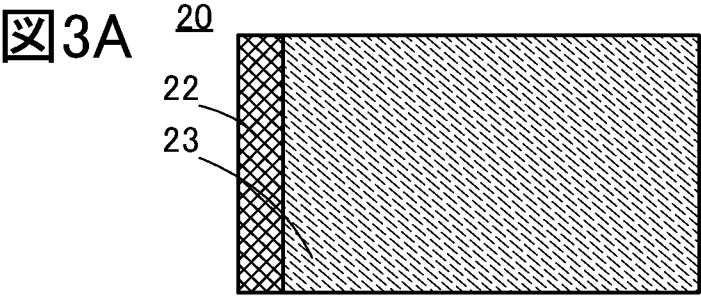
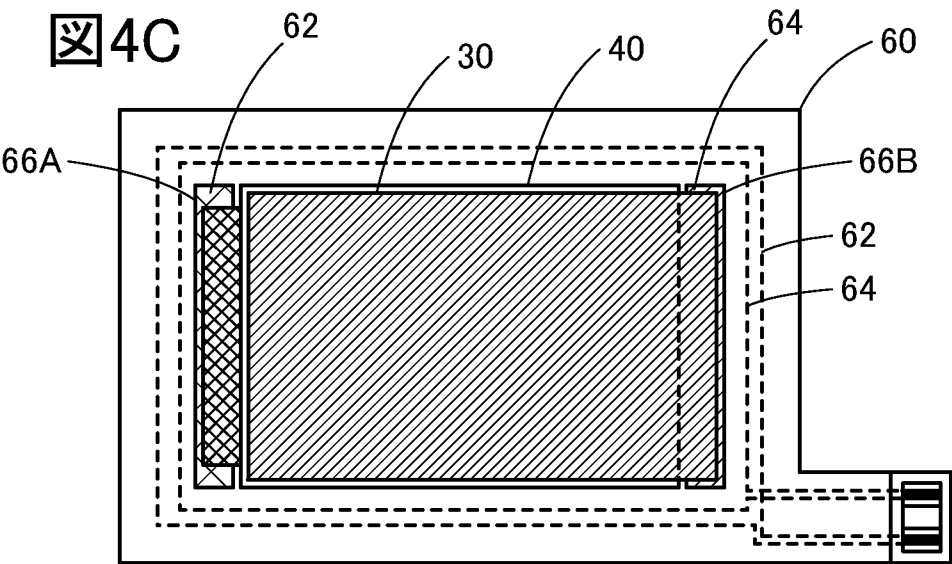
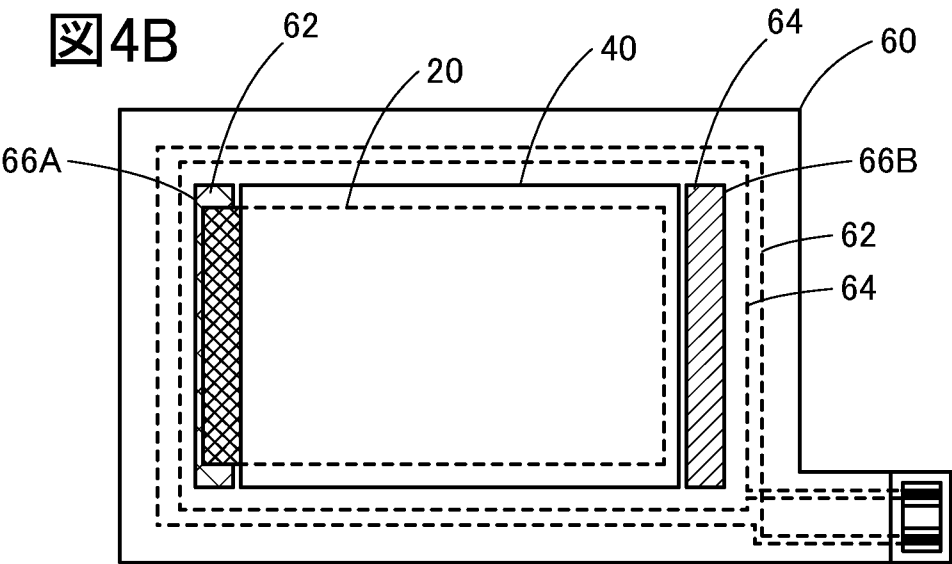
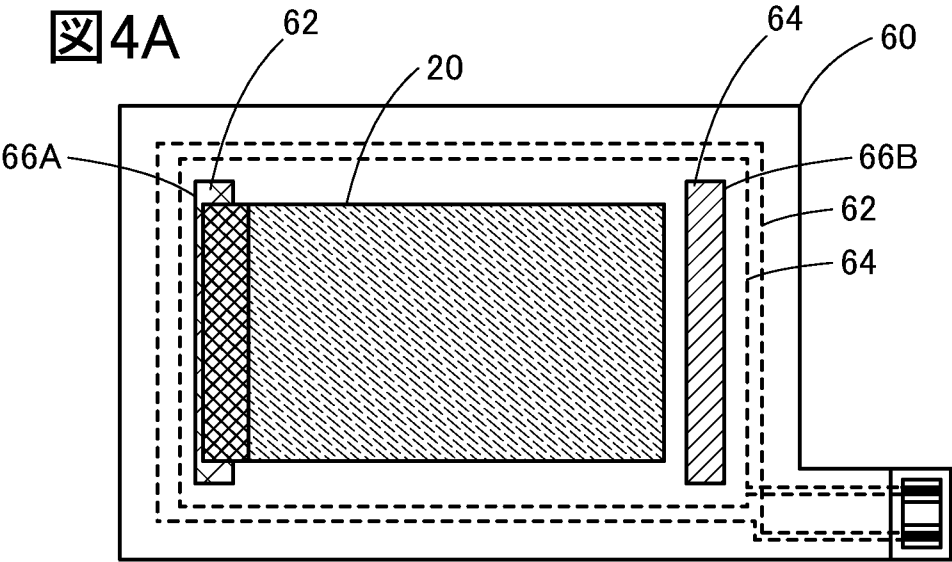


図1C









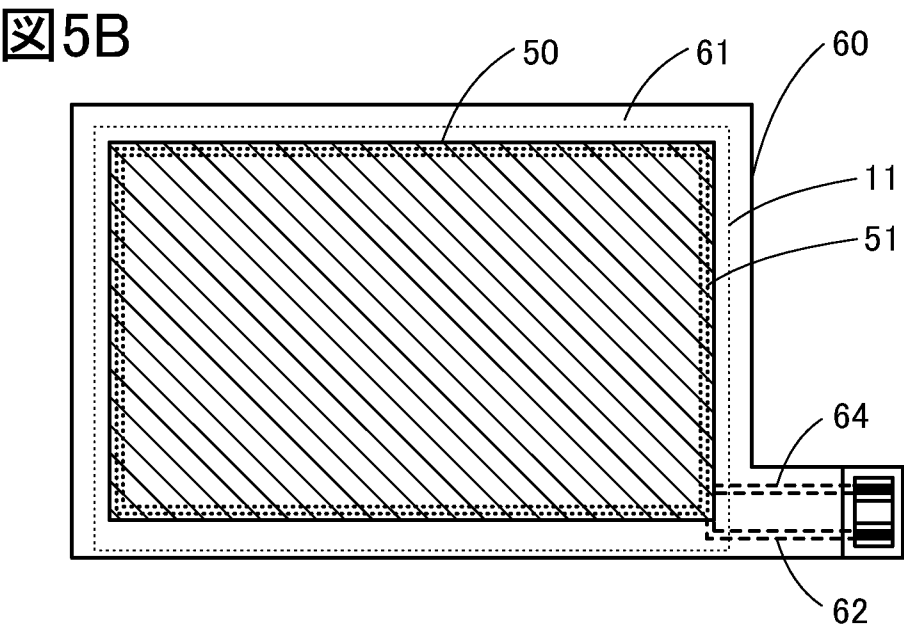
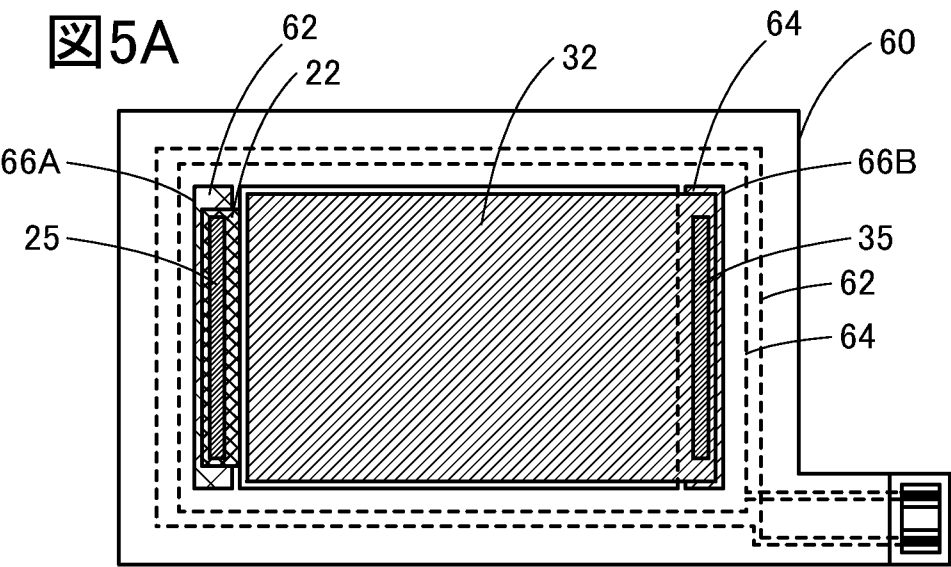


図6A

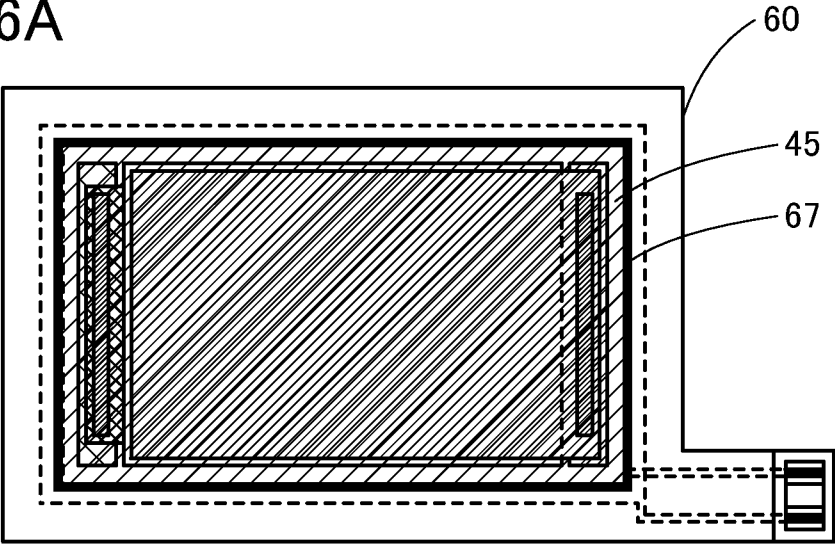


図6B

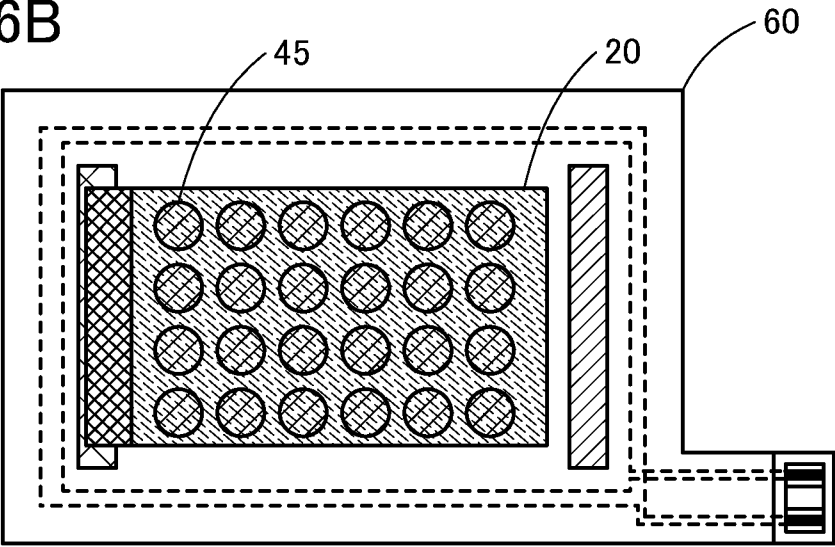


図7A

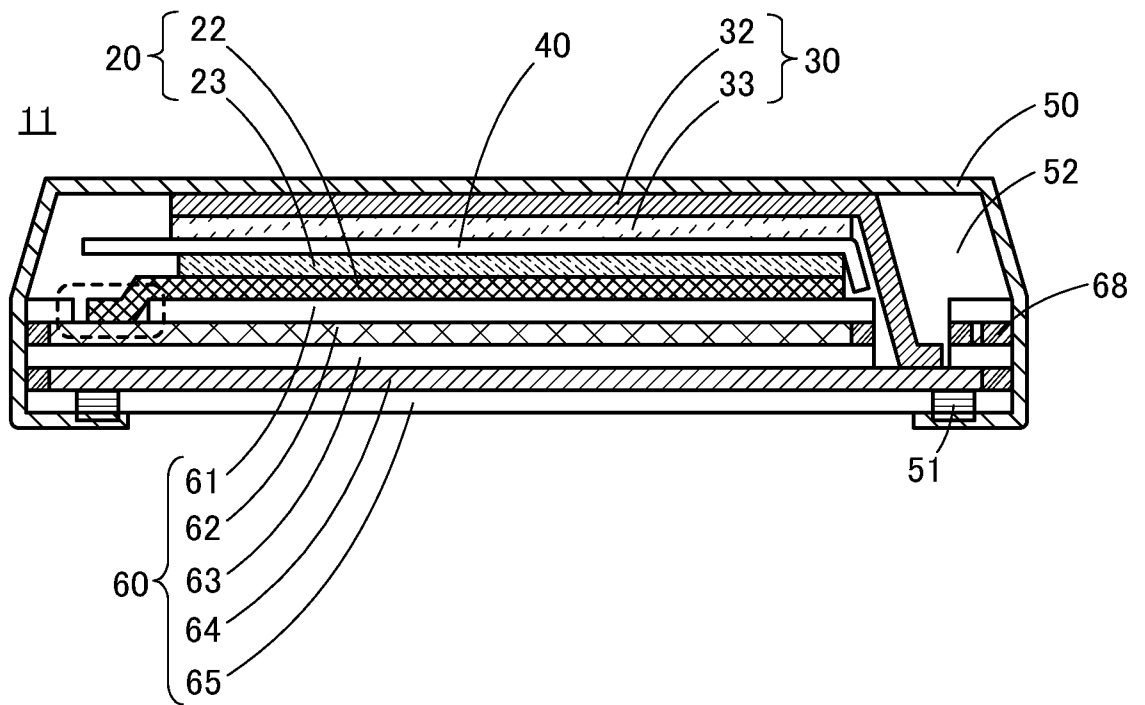


図7B

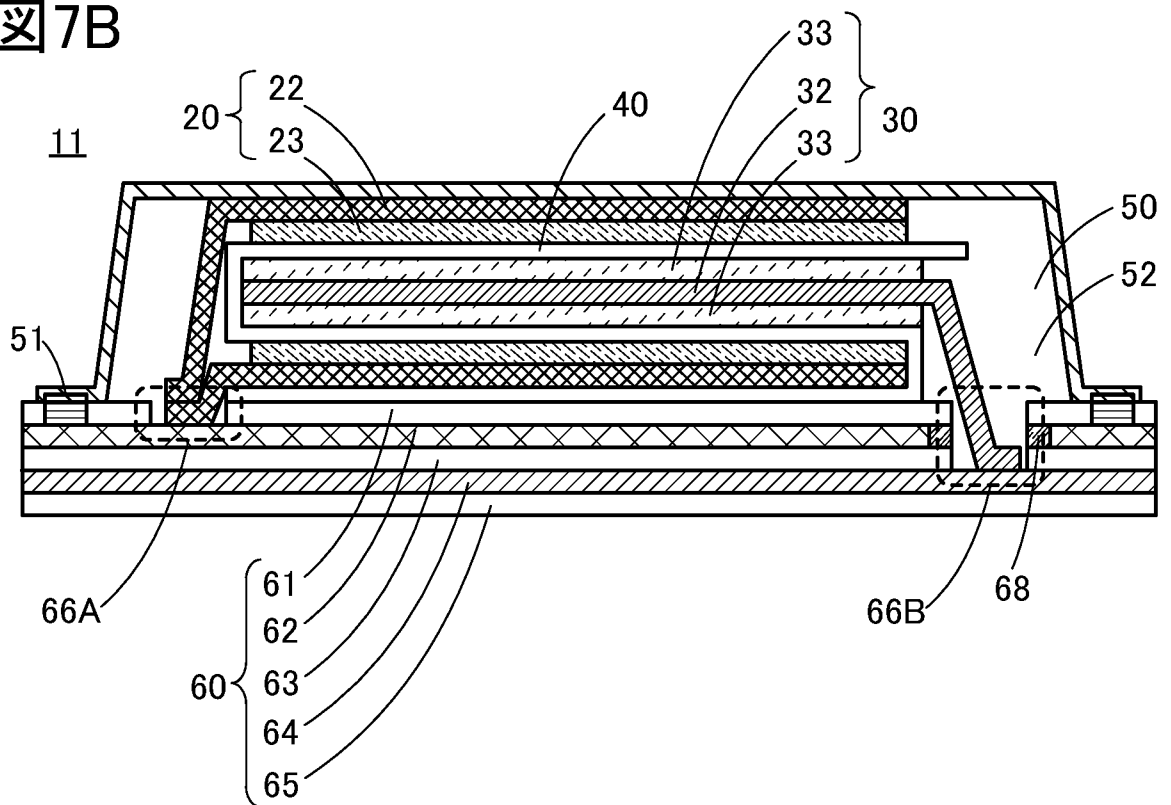


図8A

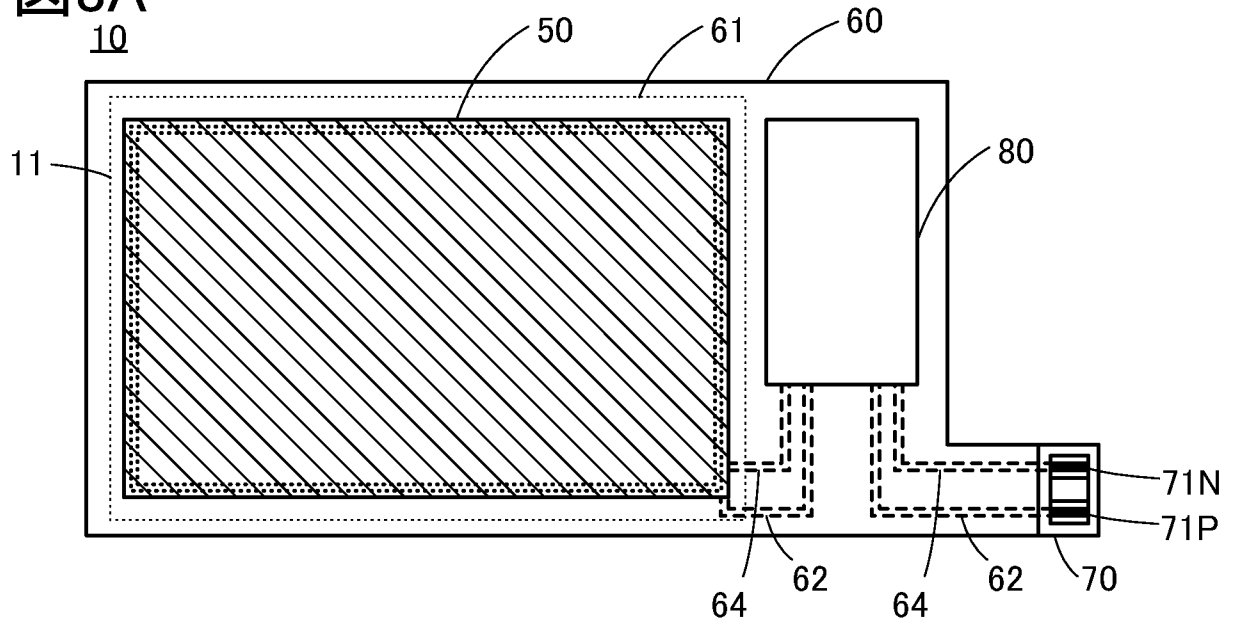


図8B

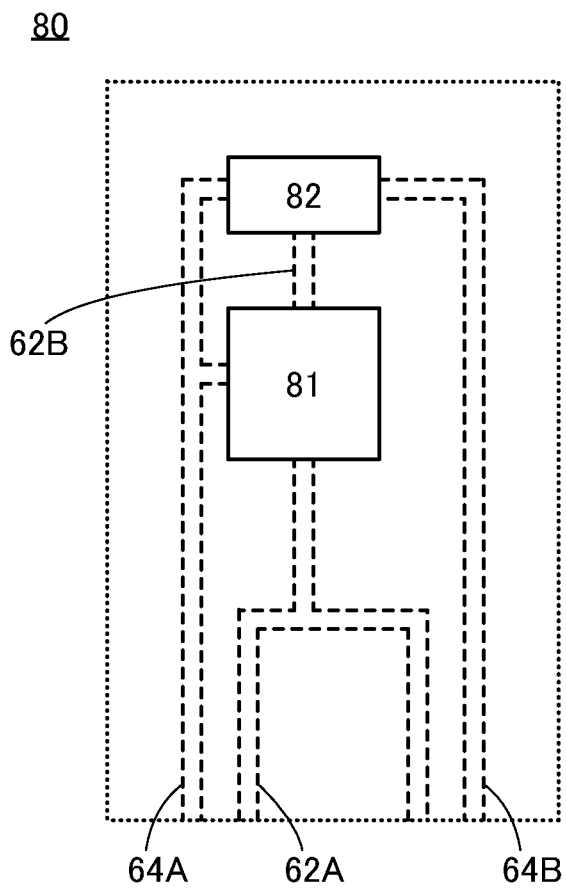


図8C

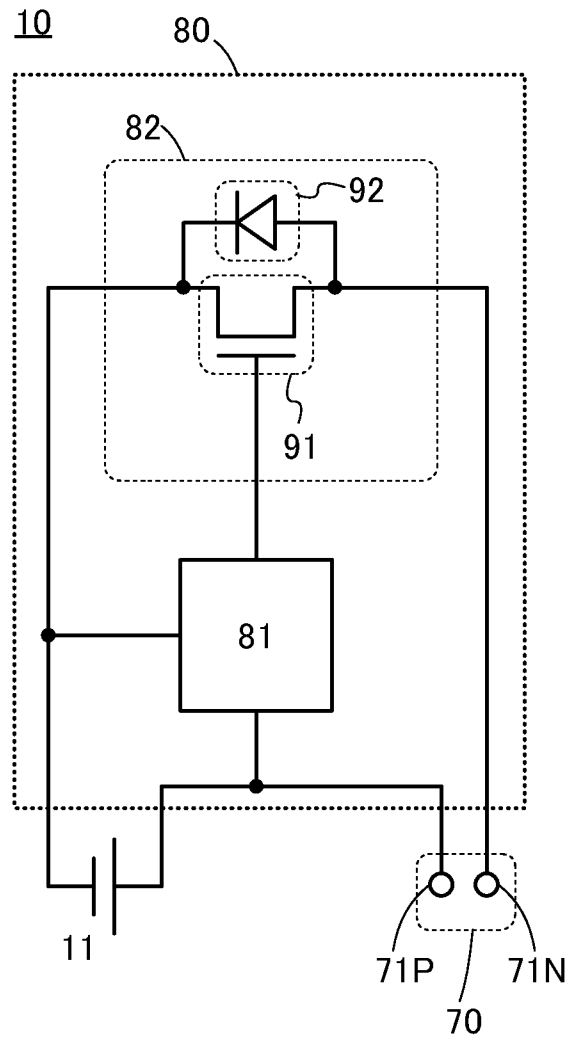


図9A

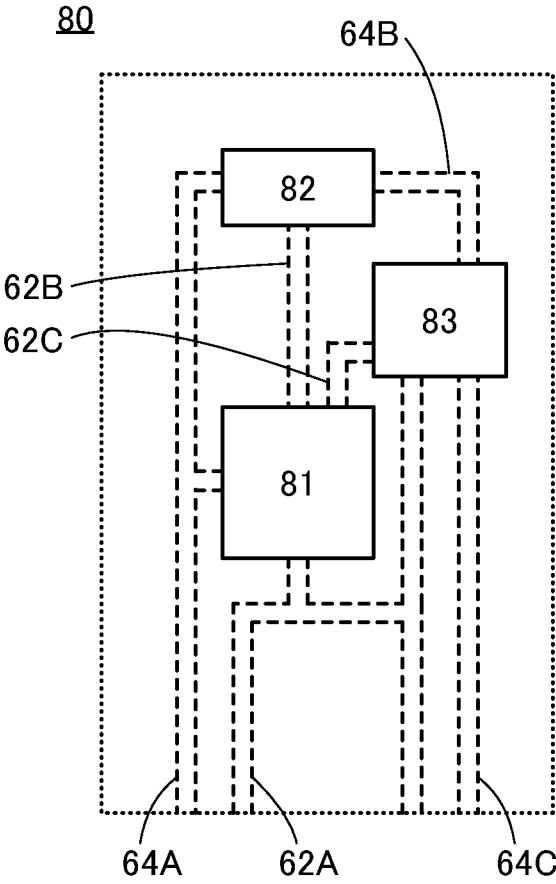


図9B

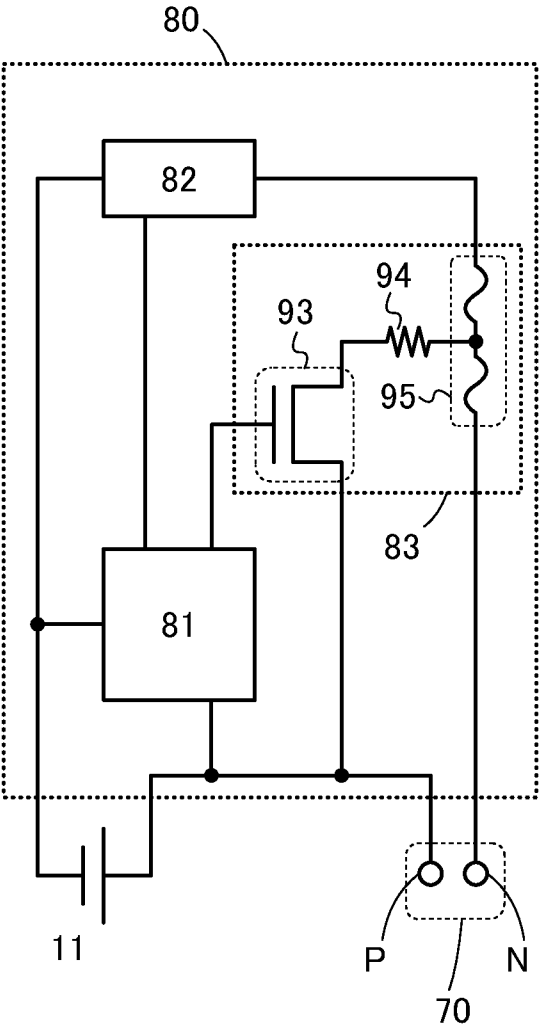


図9C

82B

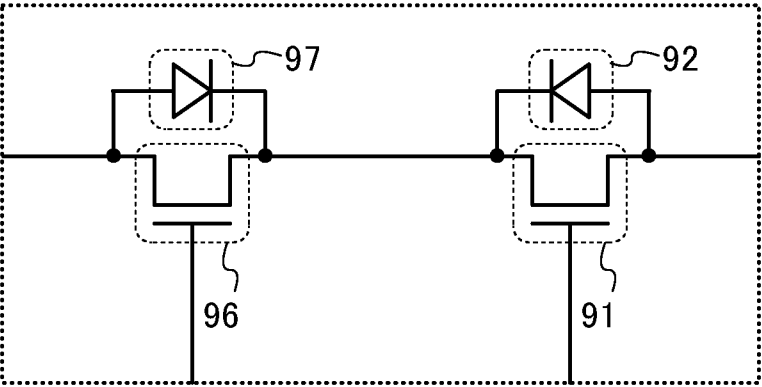


図10A

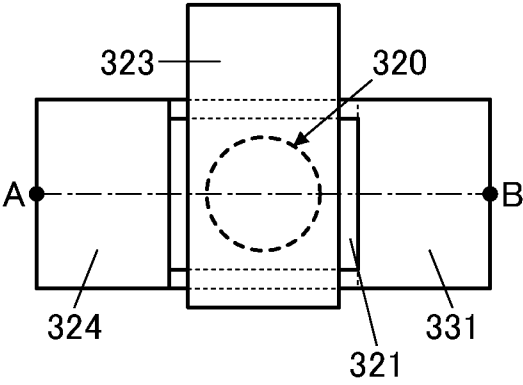


図10B

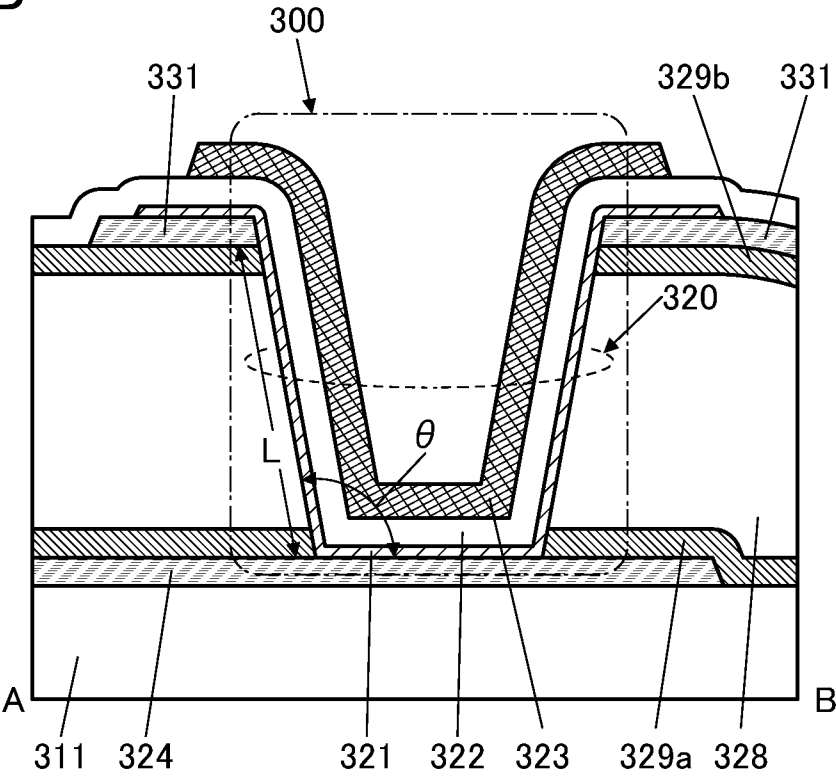


図11A

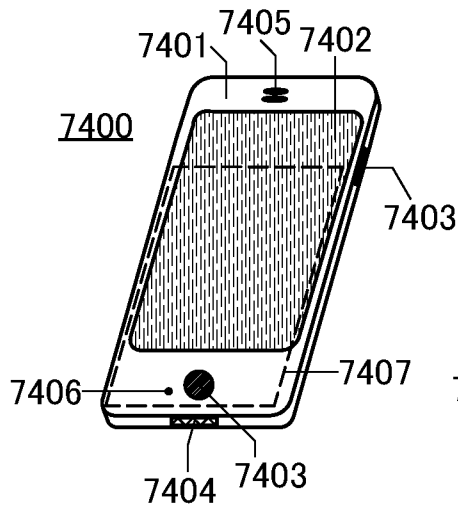


図11B

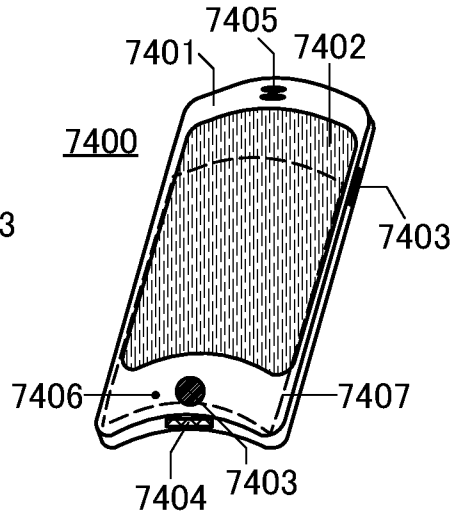


図11C

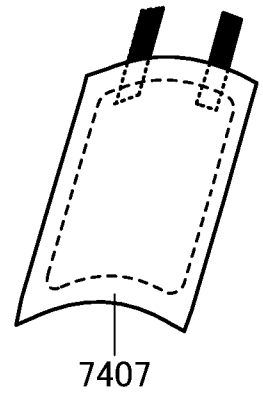


図11D

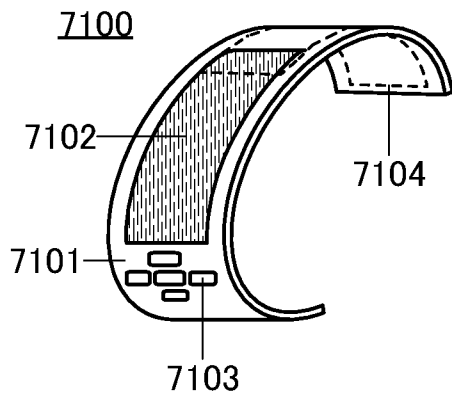


図11E

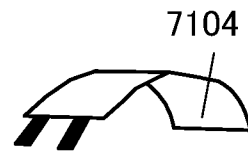


図11F

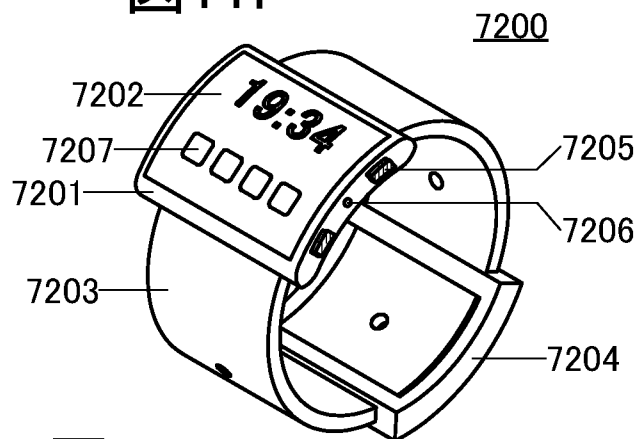


図11G

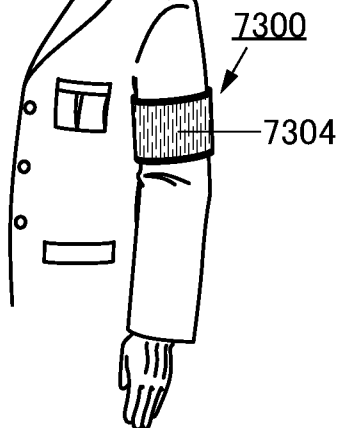


図11H

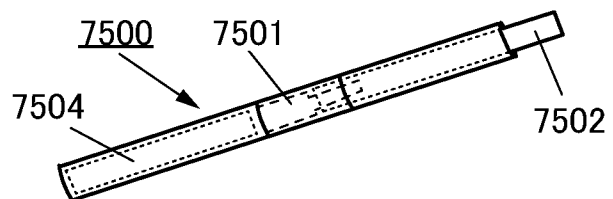


図12A

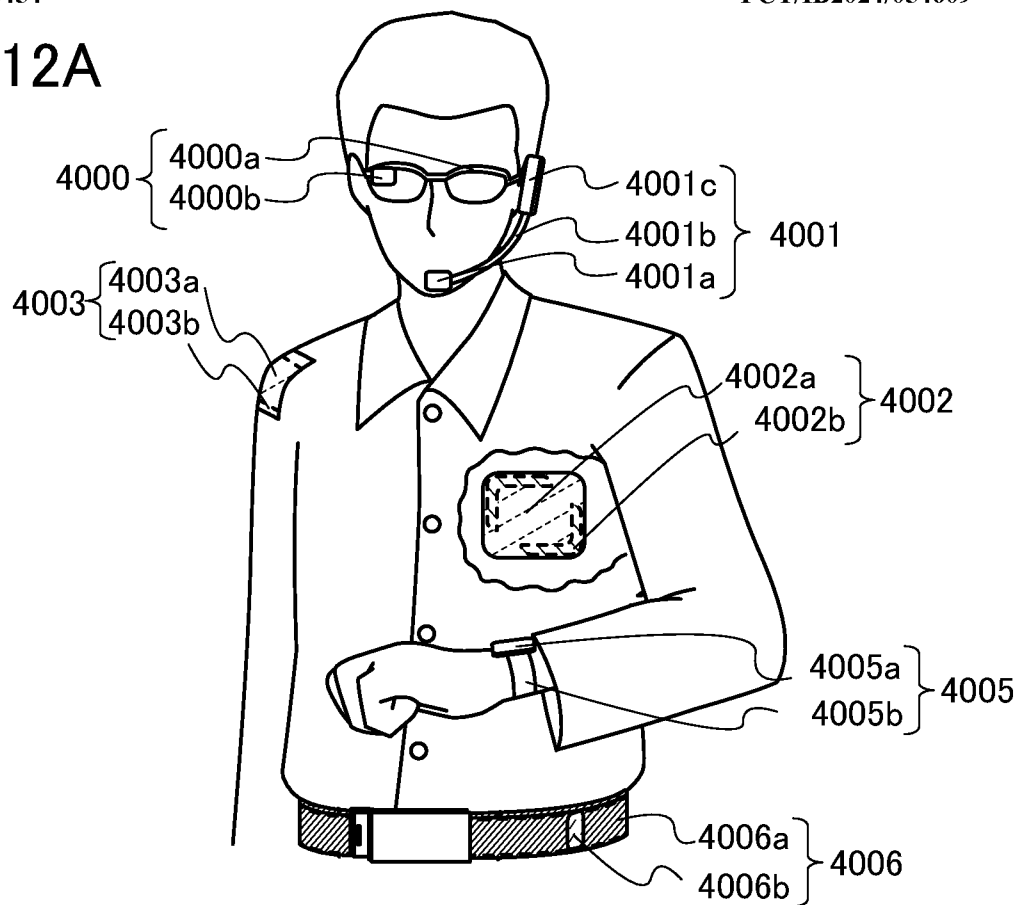


図12B

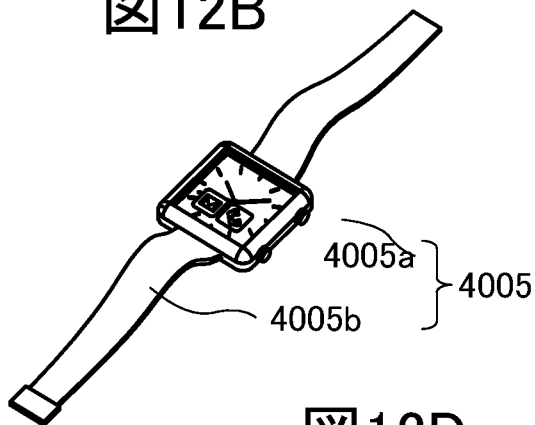


図12C

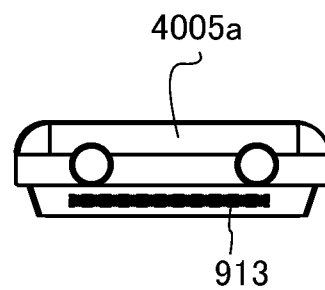


図12D

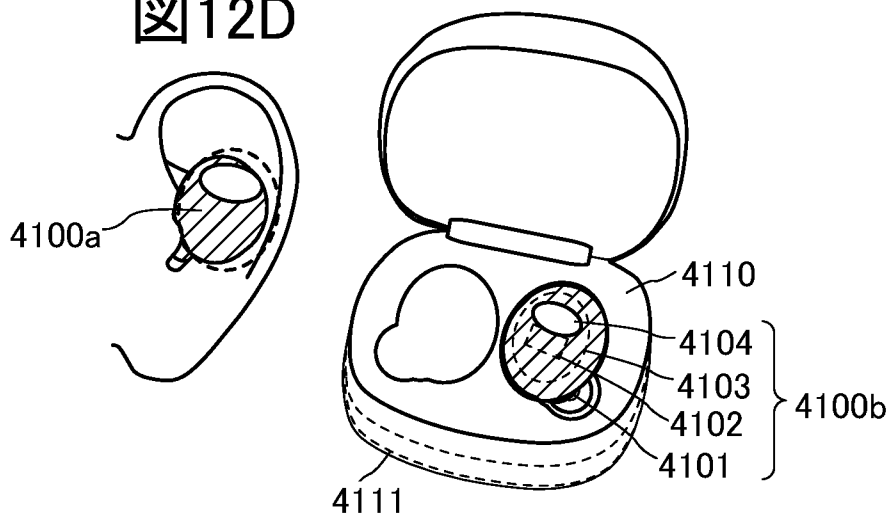


図13A

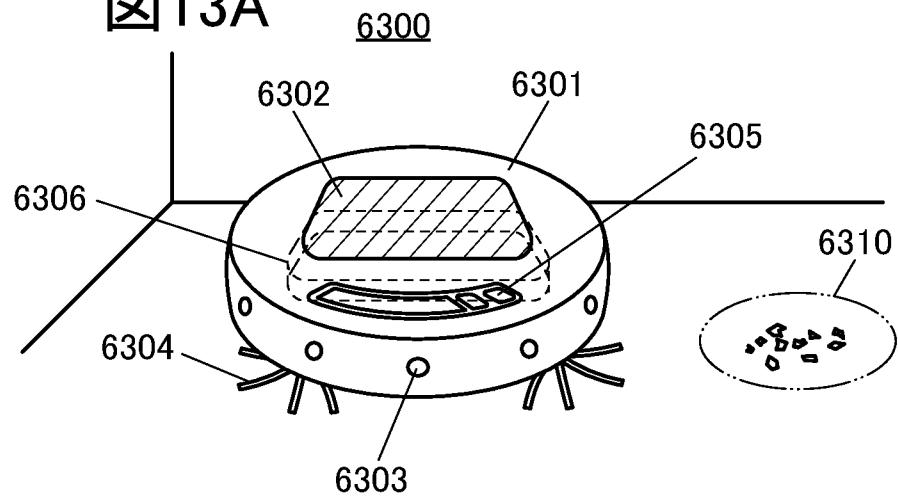


図13B

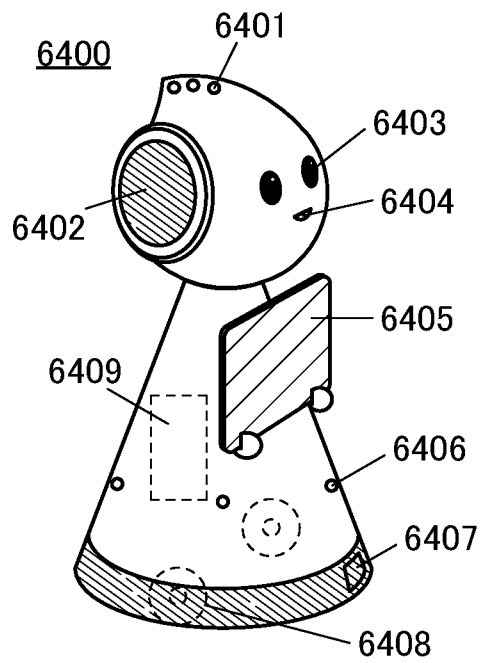


図13C

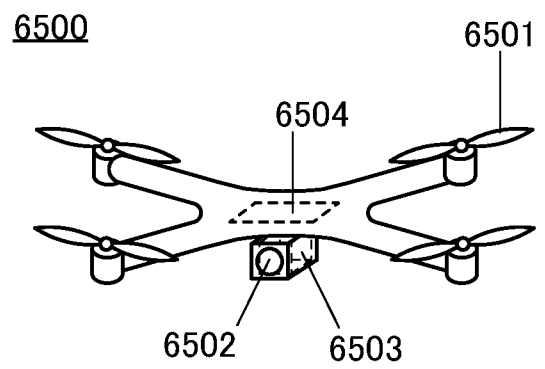


図14A

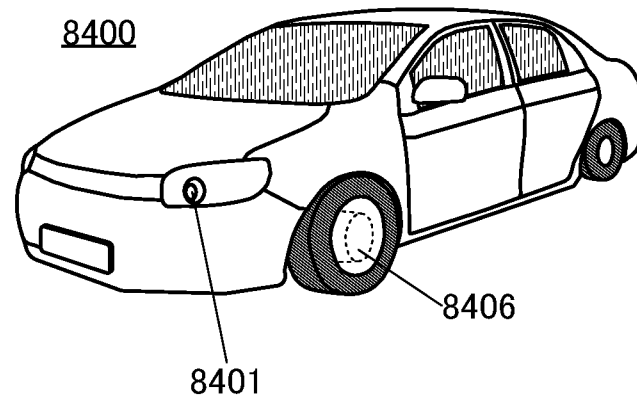


図14B

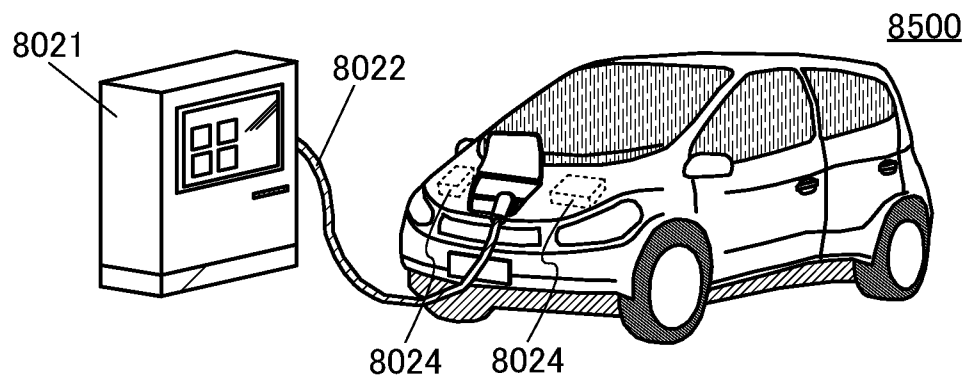


図15A

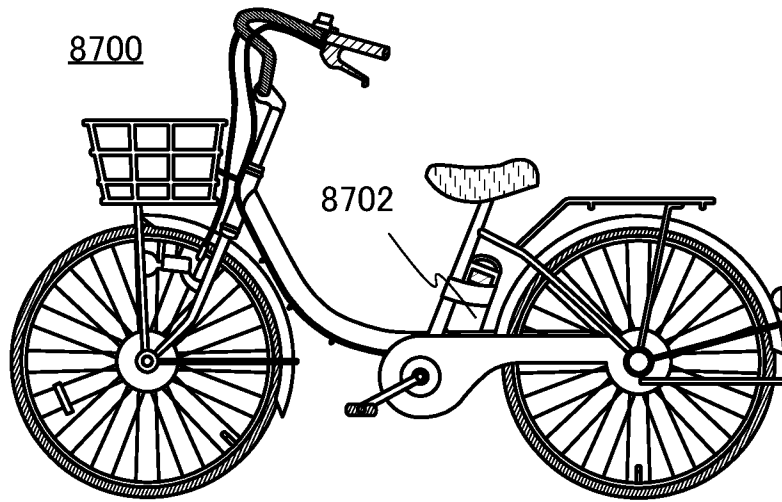


図15B

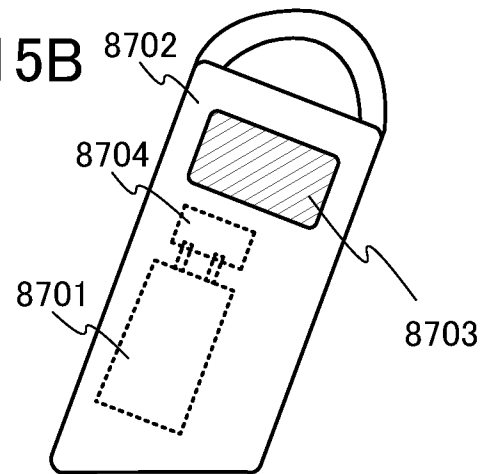
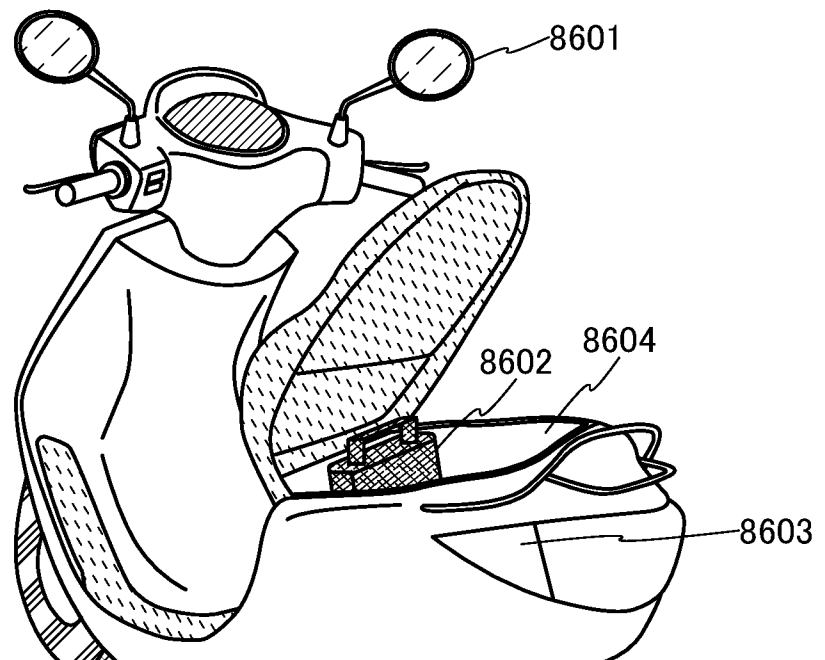


図15C

8600



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2024/054609

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01M 50/284 (2021.01)i; H01M 10/0585 (2010.01)i; H01M 50/105 (2021.01)i FI: H01M50/284; H01M50/105; H01M10/0585 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01M50/284; H01M10/0585; H01M50/105 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2020-167168 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.) 08 October 2020 (2020-10-08) paragraphs [0074]-[0075]	1-6
Y	JP 2021-34219 A (KEIHIN CORP.) 01 March 2021 (2021-03-01) fig. 3	1-6
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “D” document cited by the applicant in the international application “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 03 July 2024		Date of mailing of the international search report 23 July 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/IB2024/054609

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2020-167168	A	08 October 2020	US 2015/0022957 A1 paragraphs [0084]-[0085]	
JP	2021-34219	A	01 March 2021	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H01M 50/284(2021.01)i; H01M 10/0585(2010.01)i; H01M 50/105(2021.01)i

FI: H01M50/284; H01M50/105; H01M10/0585

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

H01M50/284; H01M10/0585; H01M50/105

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報

1922 - 1996年

日本国公開実用新案公報

1971 - 2024年

日本国実用新案登録公報

1996 - 2024年

日本国登録実用新案公報

1994 - 2024年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2020-167168 A（株式会社半導体エネルギー研究所）08.10.2020（2020 - 10 - 08） 段落 [0074] 乃至段落 [0075]	1-6
Y	JP 2021-34219 A（株式会社ケーヒン）01.03.2021（2021 - 03 - 01） 図 3	1-6

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03.07.2024

国際調査報告の発送日

23.07.2024

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)

〒100-8915

日本国

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

田代 吉成 4X 9448

電話番号 03-3581-1101 内線 3877

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/IB2024/054609

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2020-167168	A	08.10.2020	US 2015/0022957 A1 段落 [0 0 8 4] 乃至段落 [0 0 8 5]	
JP	2021-34219	A	01.03.2021	(ファミリーなし)	