

(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
2020年1月9日(09.01.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/008297 A1

(51) 国際特許分類:

G01R 19/165 (2006.01) **H02J 7/02** (2016.01)
G01R 31/388 (2019.01) **H03K 17/00** (2006.01)
H01L 29/786 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/IB2019/055319

(22) 国際出願日: 2019年6月25日(25.06.2019)

(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 2018-128702 2018年7月6日(06.07.2018) 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 3 9 8 Kanagawa (JP).

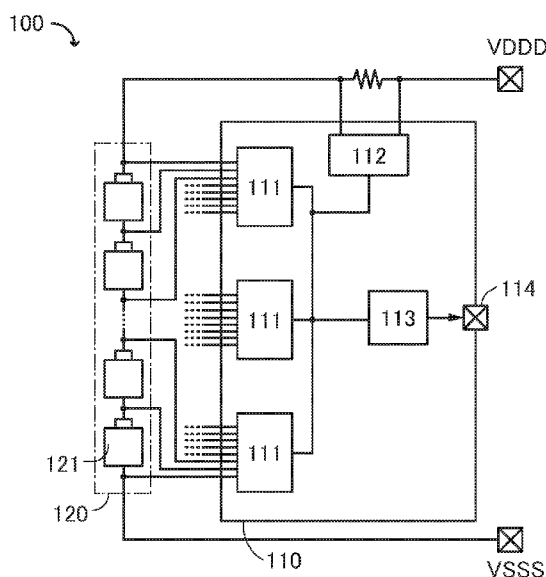
(72) 発明者: 高橋 圭(**TAKAHASHI, Kei**); 〒2430036
神奈川県厚木市長谷 3 9 8 株式会社半
導体エネルギー研究所内 Kanagawa (JP).
楠 紘 慈(**KUSUNOKI, Koji**); 〒2430036 神奈川
県厚木市長谷 3 9 8 株式会社半導体エ
ネルギー研究所内 Kanagawa (JP). 豊高 耕
平(**TOYOTAKA, Kouhei**); 〒2430036 神奈川県
厚木市長谷 3 9 8 株式会社半導体エネ
ルギー研究所内 Kanagawa (JP). 渡邊 一 徳
(**WATANABE, Kazunori**); 〒2430036 神奈川県
厚木市長谷 3 9 8 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) **Title:** CELL MANAGEMENT CIRCUIT, POWER STORAGE DEVICE, AND ELECTRICAL APPARATUS

(54) 発明の名称: 電池管理回路、蓄電装置、及び電気機器

[図 1]



(57) **Abstract:** To provide a cell management circuit having a novel structure, and a power storage device provided with the cell circuit. This power storage device has a plurality of cells connected in series, and a cell management circuit. The cell management circuit has a voltage monitor circuit having a function for acquiring the voltage value between a pair of electrodes in any one of the cells. The voltage monitor circuit has a multiplexer and a buffer circuit for outputting a signal for controlling the multiplexer. The multiplexer and the buffer circuit are constituted from n-channel-type transistors. The n-channel-type transistors are transistors in which a channel formation region has an oxide semiconductor. The multiplexer has a function for holding the output voltage of a cell by placing a transistor in the OFF state.

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

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

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：要約書 新規な構成の電池管理回路、および当該電池回路を備えた蓄電装置を提供すること。蓄電装置は、直列接続された複数の電池セルと、電池管理回路と、を有する。電池管理回路は、電池セルのいずれかーにおける一対の電極間の電圧値を取得する機能を有する電圧モニタ回路を有する。電圧モニタ回路は、マルチプレクサと、マルチプレクサを制御する信号を出力するバッファ回路と、を有する。マルチプレクサおよびバッファ回路は、 n チャネル型トランジスタで構成される。 n チャネル型トランジスタは、チャネル形成領域が酸化物半導体を有するトランジスタである。マルチプレクサは、トランジスタをオフ状態とすることで電池セルの出力電圧を保持する機能を有する。

明細書

発明の名称

電池管理回路、蓄電装置、及び電気機器

技術分野

[0001]

本発明の一態様は、電池管理回路、蓄電装置、及び電気機器に関する。

[0002]

なお本発明の一態様は、上記の技術分野に限定されない。本明細書等で開示する発明の技術分野は、物、方法、または、製造方法に関するものである。または、本発明の一態様は、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）に関するものである。そのため、より具体的に本明細書で開示する本発明の一態様の技術分野としては、半導体装置、表示装置、発光装置、蓄電装置、撮像装置、記憶装置、それらの駆動方法、または、それらの製造方法、を一例として挙げることができる。

背景技術

[0003]

蓄電装置（バッテリー、二次電池ともいう）は、小型の電気機器から自動車に至るまで幅広い分野で利用されるようになってきている。電池の応用範囲が広がるにつれて、複数の電池セルを直列に接続したマルチセル構成のバッテリースタックを使ったアプリケーションが増えている。

[0004]

蓄電装置は、充電状態（State Of Charge：SOC）を把握するため、通常電池管理回路（Battery Management Unit：BMU）を備えている。BMUは、充放電時の異常の検知を行うため、電圧や電流等のデータを取得する。BMUは、観測データに基づいて、充放電の停止やセル・バランスングなどの制御を行う。

[0005]

特許文献1は、複数の電池セルに接続されたマルチプレクサと、当該マルチプレクサを制御するロジック部を備えたBMUの構成について開示している。

[先行技術文献]

[特許文献]

[0006]

[特許文献1] 国際公開第2013/094015号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007]

電池セルの電圧をサンプリングするマルチプレクサにおいて、チャネル形成領域にシリコンを有するトランジスタ（Siトランジスタ）で形成されるFETスイッチを用いる場合、温度上昇時の特性の変動が顕著になるといった問題がある。特に電池セルの充放電等によりBMUが高温環境下に曝されることになると、内部のトランジスタ特性の変動が大きくなる。この場合、トランジスタを介したリーク電流の増大、さらにはトランジスタ特性の変動に伴って正常な動作が難しくなるといった問題が生じる虞がある。

[0008]

本発明の一態様は、新規な電池管理回路、蓄電装置、及び電気機器等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、温度上昇時の特性の変動が小さいスイッチを有する、新規な構成の電池管理回路、蓄電装置、及び電気機器等を提供することを課題の一とする。

[0009]

なお本発明の一態様の課題は、上記列挙した課題に限定されない。上記列挙した課題は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお他の課題は、以下の記載で述べる、本項目で言及していない課題である。本項目で言及していない課題は、当業者であれば明細書又は図面等の記載から導き出せるものであり、これらの記載から適宜抽出することができる。なお、本発明の一態様は、上記列挙した記載、及び／又は他の課題のうち、少なくとも一つの課題を解決するものである。

課題を解決するための手段

[0010]

本発明の一態様は、電池セルの電池管理回路であって、電圧モニタ回路を有し、電圧モニタ回路は、マルチプレクサと、マルチプレクサを制御する信号を出力するバッファ回路と、を有し、マルチプレクサおよびバッファ回路は、 n チャネル型トランジスタで構成され、 n チャネル型トランジスタは、チャネル形成領域が酸化物半導体を有するトランジスタで構成される電池管理回路である。

[0011]

本発明の一態様において、マルチプレクサは、トランジスタをオフ状態とすることで電池セルの出力電圧を保持する機能を有する電池管理回路が好ましい。

[0012]

本発明の一態様において、電池管理回路は、カルマンフィルタを利用した演算処理を行う演算処理回路を有する電池管理回路が好ましい。

[0013]

本発明の一態様は、直列接続された複数の電池セルと、電池管理回路と、を有し、電池管理回路は、電池セルのいずれか一における一対の電極間の電圧値を取得する機能を有する電圧モニタ回路を有し、電圧モニタ回路は、マルチプレクサと、マルチプレクサを制御する信号を出力するバッファ回路と、を有し、マルチプレクサおよびバッファ回路は、 n チャネル型トランジスタで構成され、 n チャネル型トランジスタは、チャネル形成領域が酸化物半導体を有するトランジスタで構成される蓄電装置である。

[0014]

本発明の一態様において、マルチプレクサは、トランジスタをオフ状態とすることで電池セルの出力電圧を保持する機能を有する蓄電装置が好ましい。

[0015]

本発明の一態様において、電池管理回路は、カルマンフィルタを利用した演算処理を行う演算処理回路を有する蓄電装置が好ましい。

[0016]

本発明の一態様は、上記記載の蓄電装置と、表示部と、を有する電気機器である。

[0017]

なおその他の本発明の一態様については、以下で述べる実施の形態における説明、及び図面に記載されている。

発明の効果

[0018]

本発明の一態様は、新規な電池管理回路、蓄電装置、及び電気機器等を提供することができる。または、本発明の一態様は、温度上昇時の特性の変動が小さいスイッチを有する、新規な構成の電池管理回路、蓄電装置、及び電気機器等を提供することができる。

[0019]

なお本発明の一態様の効果は、上記列挙した効果に限定されない。上記列挙した効果は、他の効果の存在を妨げるものではない。なお他の効果は、以下の記載で述べる、本項目で言及していない効果である。本項目で言及していない効果は、当業者であれば明細書又は図面等の記載から導き出せるものであり、これらの記載から適宜抽出することができる。なお、本発明の一態様は、上記列挙した効果、及び／又は他の効果のうち、少なくとも一つの効果を有するものである。従って本発明の一態様は、場合によっては、上記列挙した効果を有さない場合もある。

図面の簡単な説明

[0020]

[図1] 図1は、本発明の一態様を説明するブロック図である。

[図2] 図2(A)、(B)は、本発明の一態様を説明する回路図である。

[図3] 図3は、本発明の一態様を説明する回路図である。

[図4] 図4(A)－(C)は、本発明の一態様を説明する回路図である。

[図5] 図5は、本発明の一態様を説明するタイミングチャートである。

[図6] 図6(A)、(B)は、本発明の一態様を説明する回路図である。

[図7] 図7(A)、(B)は、本発明の一態様を説明する回路図である。

[図8] 図8(A)、(B)は、本発明の一態様を説明する回路図である。

[図9] 図9(A)－(C)は、本発明の一態様を説明する回路図およびタイミングチャートである。

[図10] 図10(A)－(C)は、本発明の一態様を説明する回路図およびタイミングチャートである。

[図11] 図11は、本発明の一態様を説明するフローチャートである。

[図12] 図12は、半導体装置の構成例を示す断面図である。

[図13] 図13は、半導体装置の構成例を示す断面図である。

[図14] 図14(A)－(C)は、トランジスタの構造例を示す断面図である。

[図15] 図15(A)、(B)は、電子部品の作製工程を示すフローチャート図及び斜視模式図である。

[図16] 図16は、本発明の一態様の電気機器を説明する図である。

[図17] 図17(A)－(C)は、本発明の一態様の電気機器を説明する図である。

[図18] 図18は、本発明の一態様の電気機器を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0021]

以下、実施の形態について図面を参照しながら説明する。但し、実施の形態は多くの異なる態様で実施することが可能であり、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、以下の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]

なお本明細書等において、「第1」、「第2」、「第3」という序数詞は、構成要素の混同を避けるために付したものである。従って、構成要素の数を限定するものではない。また、構成要素の順序を限定するものではない。また例えば、本明細書等の実施の形態の一において「第1」に言及された構成要素が、他の実施の形態、あるいは特許請求の範囲において「第2」に言及された構成要素とすることもありうる。また例えば、本明細書等の実施の形態の一において「第1」に言及された構成要素を、他の実施の形態、あるいは特許請求の範囲において省略することもありうる。

[0023]

なお図面において、同一の要素または同様な機能を有する要素、同一の材質の要素、あるいは同時に形成される要素等には同一の符号を付す場合があり、その繰り返しの説明は省略する場合がある。

[0024]

(実施の形態1)

電池管理回路、および当該電池管理回路を備えた蓄電装置の構成について、図1乃至図5を参照して説明する。

[0025]

図1には、蓄電装置100のブロック図の一例について示す。図1に示す蓄電装置100は、電池管理回路110、複数の電池セル121を備えた組電池セル120、電圧モニタ回路111、電流モニタ回路112、および演算装置113を有する。

[0026]

図1では、電圧モニタ回路111を複数設ける構成について図示しているが、単数でも複数でもよい。電圧モニタ回路111は、電池セル121の電圧（モニタ電圧）を観測するための回路である。電圧モニタ回路111は、電池セル121の電圧をサンプリングして保持した後、演算装置113に出力する機能を有する。

[0027]

また図1では、組電池セル120と電池管理回路110を一組備えた蓄電装置100について図示しているが、それぞれ複数備えた蓄電装置としてもよい。また電池セル121をリチウムイオン二次電池セルとして説明するが、リチウムイオン二次電池セルに限定されず、二次電池の正極材料として例えば、元素A、元素X、及び酸素を有する材料を用いることができる。元素Aは第1族の元素および第2族の元素から選ばれる一以上である。第1族の元素として例えば、リチウム、ナトリウム、カリウム等のアルカリ金属を用いることができる。また、第2族の元素として例えば、カルシウム、ベリリウム、マグネシウム等を用いることができる。元素Xとして例えば金属元素、シリコン及びリンから選ばれる一以上を用いることができる。また、元素Xはコバルト、ニッケル、マンガン、鉄、及びバナジウムから選ばれる一以上である。代表的には、リチウムコバルト複合酸化物 LiCoO_2 や、リン酸鉄リチウム LiFePO_4 が挙げられる。

[0028]

電流モニタ回路112は、組電池セル120を充電するための電圧（ $V_{DDD}-V_{SSS}$ ）を印加する配線に流れる電流（モニタ電流）をモニタするための回路である。図1では、抵抗素子の両端に接続し、抵抗素子を流れる電流を観測する構成について図示しているが、他の構成としてもよい。

[0029]

演算装置113は、電圧モニタ回路111で得られたモニタ電圧、電流モニタ回路112で得られ

たモニタ電流を基に、組電池セル１２０内の各電池セル１２１の状態推定を行うための演算処理を行う回路である。演算処理によって得られた演算結果を含む信号は、端子１１４を介して上位の制御装置に送信される。なお電圧モニタ回路１１２から演算装置１１３に出力される信号は、アナログ値の信号でもよいし、デジタル値に変換された信号でもよい。

[００３０]

電池セル１２１の状態推定を行うための演算手段としては、モニタ電圧およびモニタ電流等のデータに基づく回帰モデルを用いて充電率を算出する演算が好適である。回帰モデルとしては、状態方程式に基づくカルマンフィルタが好ましい。

[００３１]

カルマンフィルタは、無限インパルス応答フィルタの一種である。また、重回帰分析は多変量解析の一つであり、回帰分析の独立変数を複数にしたものである。重回帰分析としては、最小二乗法などがある。回帰分析では観測値の時系列が多く必要とされる一方、カルマンフィルタは、ある程度のデータの蓄積さえあれば、逐次的に最適な補正係数が得られるメリットを有する。また、カルマンフィルタは、非定常時系列に対しても適用できる。

[００３２]

二次電池の内部抵抗及びSOC (State Of Charge) を推定する方法として、非線形カルマンフィルタ（具体的には無香料カルマンフィルタ（UKFとも呼ぶ））を利用することができる。また、拡張カルマンフィルタ（EKFともよぶ）を用いることもできる。

[００３３]

本発明の一態様において、電圧モニタ回路１１１内のマルチプレクサおよびバッファ回路を構成するトランジスタは、単極性回路、特にチャネル形成領域が酸化物半導体を有するトランジスタ（以下、OSトランジスタという）で構成されることが好ましい。電圧モニタ回路１１１内の回路を単極性のトランジスタで構成される回路（単極性回路）とすることでトランジスタ作製時のフォトマスク数が削減でき、電池管理回路の低コスト化を図ることができる。なお単極性回路は、nチャネル型トランジスタまたはpチャネル型トランジスタで構成される回路である。

[００３４]

本発明の一態様の構成では、OSトランジスタを有するマルチプレクサおよびバッファ回路を用いる構成とすることで、オフ時にソースとドレイン間を流れるリーク電流（以下、オフ電流）が極めて低いことを利用して、モニタ電圧をマルチプレクサ内のサンプリング回路に保持させることができる。そのため、モニタ電圧の精度の高い取得を可能にする構成とすることができ、電池セルの状態推定の見積もりをより正確に行うことが可能になる。

[００３５]

加えてOSトランジスタを用いた電圧モニタ回路では、電荷の充電又は放電することによってモニタ電圧の書き換えおよび読み出しが可能となるため、実質的に無制限回のモニタ電圧の取得および読み出しが可能である。OSトランジスタを用いた電圧モニタ回路は、磁気メモリあるいは抵抗変化型メモリなどのように原子レベルでの構造変化を伴わないため、書き換え耐性に優れている。またOSトランジスタを用いた電圧モニタ回路は、フラッシュメモリのように繰り返し書き換え動作でも電子捕獲中心の増加による不安定性が認められない。

[００３６]

またOSトランジスタを用いた電圧モニタ回路は、Siトランジスタを用いた回路上などに自由

に配置可能であるため、集積化を容易に行うことができる。またOSトランジスタは、Siトランジスタと同様の製造装置を用いて作製することが可能であるため、低コストで作製可能である。

[0037]

またOSトランジスタは、ゲート電極、ソース電極およびド레인電極に加えて、バックゲート電極を含むと、4端子の半導体素子とすることができる。ゲート電極またはバックゲート電極に与える電圧に応じて、ソースとド레인との間を流れる信号の入出力が独立制御可能な電気回路網で構成することができる。そのため、LSIと同一思考で回路設計を行うことができる。加えてOSトランジスタは、高温環境下において、Siトランジスタよりも優れた電気特性を有する。具体的には、125℃以上150℃以下といった高温下においてもオン電流とオフ電流の比が大きいと、良好なスイッチング動作を行うことができる。

[0038]

次いで組電池セル120の具体的な例を挙げた後、電圧モニタ回路111の構成例について説明する。

[0039]

図2(A)には、図1で説明した組電池セル120の一例として、6個の電池セル121が直列に接続された模式図を図示している。また図2(A)では、上述したモニタ電圧を取得するための端子として7つの端子を図示している。電圧モニタ回路111は、各端子から電圧VC0乃至VC6を取得する。電圧モニタ回路111は、例えば電圧VC1と電圧VC0との差を見積もることで、1個の電池セルからモニタ電圧を取得することができる。

[0040]

図2(B)には、図1で説明した電圧モニタ回路111のブロック図の一例を図示している。図2(B)では、マルチプレクサ131と、制御回路132と、から構成される電圧モニタ回路111を図示している。

[0041]

マルチプレクサ131は、電圧VC0乃至VC6から各電池セルのモニタ電圧を取得(サンプリング)する。マルチプレクサ131は、リセット信号RESETが入力され、出力電圧OUTH、OUTLとして読み出されるモニタ電圧を初期化する。マルチプレクサ131は、制御信号F0、および制御信号F1乃至F6が制御回路132から与えられて、電圧VC0乃至VC6のサンプリングおよびモニタ電圧の読み出しが制御される。マルチプレクサ131は、電池セル121毎のモニタ電圧を出力電圧OUTH、OUTLとして出力する。

[0042]

なお図2(B)では、制御信号F0および制御信号F1乃至F6を制御回路132から出力される構成として図示しているが、他の構成でもよい。制御回路132は電圧モニタ回路111とは別の構成とし、電圧モニタ回路111とは別の構成からマルチプレクサ131に出力する構成としてもよい。

[0043]

マルチプレクサ131は、モニタ電圧をサンプリングするためのスイッチ、サンプリングしたモニタ電圧を読み出すためのスイッチ、を有する。マルチプレクサ131は、当該スイッチを駆動するための制御信号F0および制御信号F1乃至F6の電流供給能力を増幅するバッファ回路を有していてもよい。また当該バッファ回路は、入力される制御信号F0および制御信号F1乃至F6の電圧レ

ベルを昇圧する機能を有するレベルシフタとして機能していてもよい。

[0044]

リセット信号RESETは、出力電圧OUTH、OUTLを初期化するための信号である。制御信号F0は、電池セル121から電圧をサンプリングし、マルチプレクサ131内の容量素子に保持させるための信号である。制御信号F1乃至F6のいずれか一は、6個の電池セルのモニタ電圧のいずれか一を選択して出力するための信号である。

[0045]

図3は、図2(B)で説明したマルチプレクサ131の回路構成の一例である。

[0046]

図3に示すマルチプレクサ131はサンプリング回路141、およびスイッチ142を有する。サンプリング回路141は複数設けられ、それぞれ電圧VC0乃至VC6を与える端子に接続される。サンプリング回路141は2点の電圧の差を保持し、選択的に出力する。図3の例では、6個の電池セルのモニタ電圧を取得するため、6個のサンプリング回路を図示している。

[0047]

サンプリング回路141は、複数のスイッチSW1乃至SW4、および容量素子C1乃至C6のいずれか一(C[N]ともいう。)を有する。

[0048]

スイッチSW1およびSW2は、制御信号F0でオンまたはオフが制御される。制御信号F0は、各サンプリング回路141のスイッチSW1およびSW2を一斉にオンとすることで、電圧VC0乃至VC6に接続された端子から電池セルのモニタ電圧を取得する。制御信号F0は、各サンプリング回路141のスイッチSW1およびSW2を一斉にオフとすることで、各電池セルからサンプリングして得られたモニタ電圧を容量素子C1乃至C6に保持する。

[0049]

スイッチSW3およびSW4は、制御信号F1乃至F6のいずれか一でオンまたはオフが制御される。制御信号F1乃至F6は、各サンプリング回路141のスイッチSW3およびSW4を選択してオンとすることで、サンプリング回路141の容量素子C1乃至C6に保持された電圧を出力電圧OUTH、OUTLとして順に出力することができる。制御信号F1乃至F6は、各サンプリング回路141のスイッチSW3およびSW4を選択してオフとすることで、各電池セルからサンプリングして得られたモニタ電圧を容量素子C1乃至C6に保持する。

[0050]

スイッチ142は、出力電圧OUTH、OUTLを伝える配線間をオンにして、当該配線間の電圧を初期化するためのスイッチである。リセット信号RESETの制御によって、オンまたはオフが制御される。出力電圧OUTLを伝える配線は、基準電位、例えばグラウンド電位に接続されることが好適である。

[0051]

図4(A)乃至(C)は、図3で説明したサンプリング回路141に適用可能なサンプリング回路141A乃至141Cの構成例について説明する図である。

[0052]

図4(A)に図示するサンプリング回路141Aは、トランジスタMT1乃至MT4、および容量素子C[N]を有する。なお電圧VC[N]、VC[N-1]は、電池セル121の2端子の電圧(例

例えば図3の電圧 V_{C1} 、 V_{C0})に相当する。トランジスタMT1乃至MT4は、図3で説明したスイッチSW1乃至SW4に対応する機能を有する。制御信号F[N]は、図3で説明した制御信号F1乃至F6のいずれか一に対応する信号に相当する。

[0053]

上述したようにマルチプレクサ131が有するサンプリング回路141Aを構成するトランジスタMT1乃至MT4は、OSトランジスタとすることが好適である。OSトランジスタはオフ電流が極めて低い。そのためスイッチとして機能するトランジスタMT1乃至MT4をオフにすることで容量素子C[N]にモニタ電圧に応じた電荷を保持することができる。つまり、トランジスタMT1乃至MT4をオフ状態とすることで電池セルの出力電圧を容量素子C[N]に保持することができる。

[0054]

OSトランジスタを有するマルチプレクサを用いる構成とすることで、オフ電流が極めて低いことを利用して、モニタ電圧をマルチプレクサ内のサンプリング回路に保持させることができる。そのため、モニタ電圧の精度の高い取得を可能にする構成とすることができる。その結果、演算装置による充電率などのパラメータ値の予測精度を上げることができる。

[0055]

図4(B)では、図4(A)で図示した構成において、各トランジスタMT1乃至MT4のそれぞれにバックゲート電極を設け、ゲート電極とバックゲート電極の双方に信号を印加する構成を図示している。図4(B)の構成とすることで、ゲート電極とバックゲート電極の双方からチャネル形成領域を制御する電圧を印加することができる。そのため、より確実に、スイッチとして機能するトランジスタMT1乃至MT4のオンまたはオフの制御を行うことができる。

[0056]

図4(C)では、図4(A)で図示した構成において、各トランジスタMT1乃至MT4のそれぞれにバックゲート電極を設け、バックゲート電極に別の電位、例えばバックゲート電位線から別の電位を与える構成を図示している。図4(C)の構成として、バックゲート電位線にしきい値電圧を制御可能な電位を与える構成とすることで高温環境下におけるオフ電流を低減可能な構成とすることができる。そのため、高温環境下においても、スイッチとして機能するトランジスタMT1乃至MT4のオンまたはオフの制御を行うことができる。

[0057]

図5は、図4(A)で説明したサンプリング回路141Aを図3のマルチプレクサ131に適用した際の動作を説明するためのタイミングチャートである。図5のタイミングチャートでは、図3で図示した制御信号F0乃至F6、リセット信号RESET、出力電圧OUTHについて図示している。

[0058]

時刻T11から時刻T12では、制御信号F0をHレベルとし、トランジスタMT1乃至MT2をオンにする。容量素子C[N]の両端の電極に電池セル121の両端の電圧が印加される。この間リセット信号RESETおよび制御信号F1乃至F6は、Lレベルとしておく。

[0059]

時刻T12から時刻T13では、リセット信号RESETをHレベルとしてスイッチ142をオンにし、出力電圧OUTHを初期化する。この間制御信号F0および制御信号F1乃至F6は、Lレベルとしておく。

[0060]

次いで時刻T 1 3から時刻T 1 4まで制御信号F 1をHレベルとし、制御信号F 1が与えられるサンプリング回路1 4 1のトランジスタMT 3乃至MT 4をオンにする。この間制御信号F 0、リセット信号RESET、および制御信号F 2乃至F 6は、Lレベルとしておく。その結果、時刻T 1 1から時刻T 1 2でサンプリング回路のいずれかに保持されたモニタ電圧(V C 1 - V C 0)を出力電圧OUTHとして選択的に読み出すことができる。

[0061]

時刻T 1 5以降、リセット信号RESETをHレベルとする動作と、制御信号F 2乃至F 6のいずれかをHレベルとする動作を繰り返して、モニタ電圧に相当する電圧(V C 2 - V C 1)、(V C 3 - V C 2)、(V C 4 - V C 3)、(V C 5 - V C 4)、(V C 6 - V C 5)を読み出す構成とする。

[0062]

本発明の一態様の構成では、サンプリング回路を構成するトランジスタとしてOSTランジスタを用いる構成とする。そのため、一旦サンプリングして保持した電荷を長期間保持することができる。図5のように電池セルから電圧をサンプリングする期間と、モニタ電圧を読み出す期間と、を分離しても精度の高いモニタ電圧を得ることが可能となる。当該構成は、組電池セル内の電池セル数が増えた場合に有効である。

[0063]

(実施の形態2)

本実施の形態では、上記実施の形態で説明したマルチプレクサ1 3 1とは別構成のマルチプレクサを備えた電池管理回路、当該電池管理回路を備えた蓄電装置の構成について説明する。

[0064]

図6(A)には、図1で説明した電圧モニタ回路1 1 1に適用可能な、電圧モニタ回路1 1 1 Aのブロック図の一例を図示している。図6(B)では、マルチプレクサ1 3 1 Aと、制御回路1 3 2と、から構成される電圧モニタ回路1 1 1 Aを図示している。

[0065]

マルチプレクサ1 3 1 Aは、電圧V C 0乃至V C 6から各電池セルのモニタ電圧をサンプリングする。マルチプレクサ1 3 1 Aは、リセット信号RESETが入力され、出力電圧OUTH、OUTLとして読み出されるモニタ電圧を初期化する。マルチプレクサ1 3 1 Aは、制御信号F 0、F 0 B 1、およびF 0 B 2、並びに、制御信号F 1乃至F 6、F 1 B 1乃至F 6 B 1、およびF 1 B 2乃至F 6 B 2が制御回路1 3 2から与えられて、電圧V C 0乃至V C 6のサンプリングおよびモニタ電圧の読み出しが制御される。マルチプレクサ1 3 1 Aは、電池セル1 2 1毎のモニタ電圧を出力電圧OUTH、OUTLとして出力する。

[0066]

なお図6(A)において制御信号F 0 B 1は、制御信号F 0の反転信号である。また制御信号F 0 B 2は、制御信号F 0 B 1とはタイミングの異なる制御信号である。同様に、図6(A)において制御信号F 1 B 1乃至F 6 B 1は、制御信号F 1乃至F 6の反転信号である。また制御信号F 0 B 2は、制御信号F 0 B 1とはタイミングの異なる制御信号である。

[0067]

なお図6(A)では制御信号F 0、F 0 B 1、およびF 0 B 2、並びに、制御信号F 1乃至F 6、F 1 B 1乃至F 6 B 1、およびF 1 B 2乃至F 6 B 2を制御回路1 3 2から出力される構成として図示しているが、他の構成でもよい。制御回路1 3 2は電圧モニタ回路1 1 1 Aとは別の構成とし、

電圧モニタ回路 1 1 1 A とは別の構成からマルチプレクサ 1 3 1 A に出力する構成としてもよい。

[0068]

マルチプレクサ 1 3 1 A は、モニタ電圧をサンプリングするためのスイッチ、サンプリングしたモニタ電圧を読み出すためのスイッチ、を有する。マルチプレクサ 1 3 1 A は、当該スイッチを駆動するための制御信号 F 0 および制御信号 F 1 乃至 F 6 の電流供給能力を増幅するバッファ回路を有する。また当該バッファ回路は、入力される制御信号 F 0 および制御信号 F 1 乃至 F 6 の電圧レベルを昇圧する機能を有するレベルシフタとして機能させることができる。

[0069]

リセット信号 R E S E T は、出力電圧 O U T H 、 O U T L を初期化するための信号である。制御信号 F 0 は、電池セル 1 2 1 から電圧をサンプリングし、マルチプレクサ 1 3 1 A 内の容量素子に保持させるための信号である。制御信号 F 1 乃至 F 6 のいずれか一は、6 個の電池セルのモニタ電圧のいずれか一を選択して出力するための信号である。

[0070]

図 6 (B) は、図 6 (A) で説明したマルチプレクサ 1 3 1 A の回路構成の一例である。

[0071]

図 6 (B) に示すマルチプレクサ 1 3 1 A はサンプリング回路 1 5 0 、サンプリング回路 1 6 0 、およびスイッチ 1 4 2 を有する。サンプリング回路 1 5 0 は複数設けられ、それぞれ電圧 V C 1 乃至 V C 6 を与える端子に接続される。サンプリング回路 1 6 0 は、電圧 V C 1 および V C 0 を与える端子に接続される。サンプリング回路 1 5 0 、 1 6 0 は 2 点の電圧の差を保持し、選択的に出力する。なおサンプリング回路 1 6 0 は、低電位側の電池セルの 2 点の電圧の差を保持し、選択的に出力する。

[0072]

次いでサンプリング回路 1 5 0 、 1 6 0 の構成例について説明する。図 7 (A) 、(B) ではサンプリング回路 1 5 0 について説明し、図 8 (A) 、(B) ではサンプリング回路 1 6 0 について説明する。

[0073]

図 7 (A) は、図 6 (B) に示すサンプリング回路 1 5 0 のシンボルを抜き出したブロック図である。図 7 (A) では、サンプリング回路 1 5 0 がサンプリングする電圧として、電圧 I N H 、 I N L を図示している。また図 7 (A) では、サンプリング回路 1 5 0 の出力電圧として、出力電圧 O U T H 、 O U T L を図示している。図 7 (A) では、サンプリング回路 1 5 0 に与えられる制御信号として、制御信号 I N T 0 、制御信号 I N T 0 _ B 1 、制御信号 I N T 0 _ B 2 、制御信号 I N T 、制御信号 I N T _ B 1 、制御信号 I N T _ B 2 を図示している。制御信号 I N T 0 、制御信号 I N T 0 _ B 1 、制御信号 I N T 0 _ B 2 、制御信号 I N T 、制御信号 I N T _ B 1 、制御信号 I N T _ B 2 は、図 6 (B) で図示した制御信号 F 0 、制御信号 F 0 B 1 、制御信号 F 0 B 2 、制御信号 F 6 、制御信号 F 6 B 1 、制御信号 F 6 B 2 に相当する。

[0074]

図 7 (B) は、サンプリング回路 1 5 0 の具体的な回路構成例である。サンプリング回路 1 5 0 は、上記実施の形態 1 の図 4 (A) で説明したサンプリング回路 1 4 1 A の構成に加えて、バッファ回路 1 5 1 を有する。図 7 (B) の複数のバッファ回路 1 5 1 では、図示するように、それぞれのバッファ回路 1 5 1 に制御信号 I N T 0 、制御信号 I N T 0 _ B 1 、制御信号 I N T 0 _ B 2 、制御信号 I N T 、制御信号 I N T _ B 1 、制御信号 I N T _ B 2 、電圧 I N H 、電圧 I N L が与えられる。バッファ回路 1 5 1 から出力される信号 B U F F _ V 1 は、サンプリング回路 1 4 1 A が有するトラン

ジスタMT 1乃至MT 4のゲートに与えられる。

[0075]

なお図7 (B) に示すバッファ回路151では、各端子をIN、INB1、INB2、VCと図示している。具体的な回路構成例については図9 (A) 乃至 (C) で説明する。

[0076]

図8 (A) では、図7 (A) と同様にして、図6 (B) に示すサンプリング回路160のシンボルを抜き出したブロック図である。図8 (A) では、サンプリング回路160がサンプリングする電圧として、電圧INH、INLを図示している。また図8 (A) では、サンプリング回路160の出力電圧として、出力電圧OUTH、OUTLを図示している。図8 (A) では、サンプリング回路160に与えられる制御信号として、制御信号INT0、制御信号INT0__B1、制御信号INT0__B2、制御信号INT、制御信号INT__B1、制御信号INT__B2を図示している。制御信号INT0、制御信号INT0__B1、制御信号INT0__B2、制御信号INT、制御信号INT__B1、制御信号INT__B2は、図6 (B) で図示した制御信号F0、制御信号F0B1、制御信号F0B2、制御信号F1、制御信号F1B1、制御信号F1B2に相当する。

[0077]

図8 (B) は、サンプリング回路160の具体的な回路構成例である。サンプリング回路160は、上記実施の形態1の図4 (A) で説明したサンプリング回路141Aの構成に加えて、バッファ回路151およびバッファ回路161を有する。図8 (B) の複数のバッファ回路151およびバッファ回路161では、図示するように、それぞれのバッファ回路151およびバッファ回路161に制御信号INT0、制御信号INT0__B1、制御信号INT0__B2、制御信号INT、制御信号INT__B1、制御信号INT__B2、電圧INH、電圧INLが与えられる。バッファ回路151およびバッファ回路161から出力される信号BUFF__V1は、サンプリング回路141Aが有するトランジスタMT 1乃至MT 4のゲートに与えられる。

[0078]

なお図8 (B) に示すバッファ回路161では、各端子をIN、INB1と図示している。具体的な回路構成例については図10 (A) 乃至 (C) で説明する。

[0079]

次いでバッファ回路151の構成例について説明する。

[0080]

図9 (A) は、図7 (B) に示すバッファ回路151のシンボルを抜き出したブロック図である。図9 (A) では、バッファ回路151の入力信号、入力端子としてIN、INB1、INB2を図示している。図9 (A) では、バッファ回路151の電源電圧、電源電圧端子としてVCを図示している。図9 (A) では、バッファ回路151の出力信号、出力端子としてOUTを図示している。

[0081]

図9 (B) は、図9 (A) に示すバッファ回路151の具体的な回路構成例を示す図である。バッファ回路151は、トランジスタ152乃至155および容量素子156を有する。また図9 (B) に図示するように各トランジスタのゲートおよびソース又はドレインには、入力信号IN、INB1、INB2、電源電圧VCが与えられる。電源電圧VDDは、電源電圧VCより低い電圧である。

[0082]

図9 (C) は、図9 (B) に示すバッファ回路151の動作の一例を説明するためのタイミングチ

ャートである。

[0083]

バッファ回路151は、図9(C)に図示するように時刻T31で入力信号INをHレベル、入力信号INB1をLレベルとする。トランジスタ152がオンになり、出力電圧がVDDを下回る電圧まで上昇する。時刻T32で入力信号INB2をHレベルからLレベルに切り替えることで、トランジスタ155がオンからオフに切りかわる。容量素子156の容量結合によって、出力信号OUTの電位が上昇する。時刻T33で入力信号INをLレベル、入力信号INB1およびINB2をHレベルとすることで、出力信号OUTがLレベルとなる。

[0084]

図9(C)の動作とすることで、図9(B)の単極性回路において、出力信号OUTを入力信号INから昇圧された信号とすることができる。

[0085]

次いでバッファ回路161の構成例について説明する。

[0086]

図10(A)では、図8(B)に示すバッファ回路161のシンボルを抜き出したブロック図である。図10(A)では、バッファ回路161の入力信号、入力端子としてIN、INB1を図示している。図10(A)では、バッファ回路161の出力信号、出力端子としてOUTを図示している。

[0087]

図10(B)は、図10(A)に示すバッファ回路161の具体的な回路構成例を示す図である。バッファ回路161は、トランジスタ162乃至163および容量素子164を有する。また図10(B)に図示するように各トランジスタのゲートおよびソース又はドレインには、入力信号IN、INB1、電源電圧VDDが与えられる。

[0088]

図10(C)は、図10(B)に示すバッファ回路161の動作の一例を説明するためのタイミングチャートである。

[0089]

バッファ回路161は、図10(C)に図示するように時刻T41で入力信号INをHレベル、入力信号INB1をLレベルとする。トランジスタ162がオン、トランジスタ163がオフになり、出力電圧がVDDを下回る電圧まで上昇する。時刻T42で入力信号INをLレベル、入力信号INB1をHレベルとすることで、出力信号OUTがLレベルとなる。

[0090]

図10(C)の動作とすることで、図10(B)の単極性回路は、出力信号OUTが入力信号INと比べてトランジスタ162のしきい値電圧分だけ降圧した信号となる。一方で、バッファ回路161が接続される電池セルの電位は小さい。そのため、バッファ回路161の出力信号OUTに振幅電圧が小さくても、トランジスタMT2およびMT4のオン及びオフの動作に支障はない。当該構成とすることで、バッファ回路161のトランジスタ数をバッファ回路151と比べて少なくすることが可能となる。

[0091]

以上説明した本実施の形態の電池管理回路、および当該電離管理回路を備えた蓄電装置は、実施の形態1で説明した構成による効果に加えて、トランジスタ数を削減することといった効果がある。

[0092]

(実施の形態3)

本実施の形態では、上記実施の形態で説明した電池管理回路、および当該電池管理回路を備えた蓄電装置の動作例について説明する。

[0093]

図11では、電池管理回路、および当該電池管理回路を備えた蓄電装置の動作例を説明するためのフローチャートを図示する。

[0094]

上述したように電池管理回路は、電池セル毎の電流・電圧を測定する(ステップS001)。電池セル毎の電流の測定は、モニタ電流のデータ、電池セル毎の電圧の測定は、モニタ電圧のデータを取得することで行われる。

[0095]

次いで電池管理回路は、ステップS001で測定した各データをもとに、組電池セルにおける充電または放電の異常判定の有無(YESまたはNO)を演算装置で判断する(ステップS002)。異常判定は、大電圧あるいは大電流を検出するなど、正常な状態とは異なる挙動を検知して行われる。異常判定がなければ充電完了の判断のステップS005に進み、充電完了であれば(YES)終了する。充電完了でなければ(NO)再度ステップS001を行う。

[0096]

次いで電池管理回路は、ステップS002で異常判定と判断した場合、演算装置で制御信号を生成する(ステップS003)。

[0097]

次いで演算装置は端子114等を介して外部に設けられた充放電制御用のトランジスタのオンまたはオフを制御するトランジスタの制御信号を出力し、充放電制御用のトランジスタの接続切り替えを行う(ステップS004)。充放電制御用のトランジスタは、充放電を行うための電圧および電流を伝えるための配線に設けられたトランジスタである。

[0098]

以上の動作により、電池管理回路はモニタ電圧およびモニタ電流から充放電時の異常を検知し、充放電を停止することができる。

[0099]

(実施の形態4)

図12に示す半導体装置は、トランジスタ300と、トランジスタ500と、容量素子600と、を有している。図14(A)はトランジスタ500のチャネル長方向の断面図であり、図14(B)はトランジスタ500のチャネル幅方向の断面図であり、図14(C)はトランジスタ300のチャネル幅方向の断面図である。

[0100]

トランジスタ500は、チャネル形成領域に金属酸化物を有するトランジスタ(OSトランジスタ)である。トランジスタ500は、オフ電流が小さいため、これを半導体装置が有するOSトランジスタに用いることにより、長期にわたり書き込んだデータを保持することが可能である。つまり、リフレッシュ動作の頻度が少ない、あるいは、リフレッシュ動作を必要としないため、半導体装置の消費電力を低減することができる。

[0101]

本実施の形態で説明する半導体装置は、図12に示すようにトランジスタ300、トランジスタ500、容量素子600を有する。トランジスタ500はトランジスタ300の上方に設けられ、容量素子600はトランジスタ300、及びトランジスタ500の上方に設けられている。

[0102]

トランジスタ300は、基板311上に設けられ、導電体316、絶縁体315、基板311の一部からなる半導体領域313、ソース領域又はドレイン領域として機能する低抵抗領域314a、及び低抵抗領域314bを有する。なお、トランジスタ300は、例えば、上記実施の形態におけるトランジスタに適用することができる。

[0103]

トランジスタ300は、図14(C)に示すように、半導体領域313の上面及びチャネル幅方向の側面が絶縁体315を介して導電体316に覆われている。このように、トランジスタ300をFin型とすることにより、実効上のチャネル幅が増大することによりトランジスタ300のオン特性を向上させることができる。また、ゲート電極の電界の寄与を高くすることができるため、トランジスタ300のオフ特性を向上させることができる。

[0104]

なお、トランジスタ300は、pチャネル型、あるいはnチャネル型のいずれでもよい。

[0105]

半導体領域313のチャネルが形成される領域、その近傍の領域、ソース領域、又はドレイン領域となる低抵抗領域314a、及び低抵抗領域314bなどにおいて、シリコン系半導体などの半導体を含むことが好ましく、単結晶シリコンを含むことが好ましい。又は、Ge（ゲルマニウム）、SiGe（シリコンゲルマニウム）、GaAs（ガリウムヒ素）、GaAlAs（ガリウムアルミニウムヒ素）などを有する材料で形成してもよい。結晶格子に応力を与え、格子間隔を変化させることで有効質量を制御したシリコンを用いた構成としてもよい。又はGaAsとGaAlAs等を用いることで、トランジスタ300をHEMT（High Electron Mobility Transistor）としてもよい。

[0106]

低抵抗領域314a、及び低抵抗領域314bは、半導体領域313に適用される半導体材料に加え、ヒ素、リンなどのn型の導電性を付与する元素、又はホウ素などのp型の導電性を付与する元素を含む。

[0107]

ゲート電極として機能する導電体316は、ヒ素、リンなどのn型の導電性を付与する元素、もしくはホウ素などのp型の導電性を付与する元素を含むシリコンなどの半導体材料、金属材料、合金材料、又は金属酸化物材料などの導電性材料を用いることができる。

[0108]

なお、導電体の材料によって仕事関数が決まるため、当該導電体の材料を選択することで、トランジスタのしきい値電圧を調整することができる。具体的には、導電体に窒化チタンや窒化タンタルなどの材料を用いることが好ましい。さらに導電性と埋め込み性を両立するために導電体にタングステンやアルミニウムなどの金属材料を積層として用いることが好ましく、特にタングステンを用的ことが耐熱性の点で好ましい。

[0109]

なお、図12に示すトランジスタ300は一例であり、その構造に限定されず、回路構成や駆動方法に応じて適切なトランジスタを用いればよい。例えば、半導体装置をOSトランジスタのみの単極性回路とする場合、図13に示すとおり、トランジスタ300の構成を、酸化物半導体を用いているトランジスタ500と同様の構成にすればよい。なお、トランジスタ500の詳細については後述する。

[0110]

トランジスタ300を覆って、絶縁体320、絶縁体322、絶縁体324、及び絶縁体326が順に積層して設けられている。

[0111]

絶縁体320、絶縁体322、絶縁体324、及び絶縁体326として、例えば、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム、窒化酸化アルミニウム、窒化アルミニウムなどを用いればよい。

[0112]

なお、本明細書中において、酸化窒化シリコンとは、その組成として窒素よりも酸素の含有量が多い材料を指し、窒化酸化シリコンとは、その組成として、酸素よりも窒素の含有量が多い材料を示す。また、本明細書中において、酸化窒化アルミニウムとは、その組成として窒素よりも酸素の含有量が多い材料を指し、窒化酸化アルミニウムとは、その組成として、酸素よりも窒素の含有量が多い材料を示す。

[0113]

絶縁体322は、その下方に設けられるトランジスタ300などによって生じる段差を平坦化する平坦化膜としての機能を有していてもよい。例えば、絶縁体322の上面は、平坦性を高めるために化学機械研磨（CMP）法等を用いた平坦化処理により平坦化されていてもよい。

[0114]

また、絶縁体324には、基板311、又はトランジスタ300などから、トランジスタ500が設けられる領域に、水素や不純物が拡散しないようなバリア性を有する膜を用いることが好ましい。

[0115]

水素に対するバリア性を有する膜の一例として、例えば、CVD法で形成した窒化シリコンを用いることができる。ここで、トランジスタ500等の酸化物半導体を有する半導体素子に、水素が拡散することで、当該半導体素子の特性が低下する場合がある。したがって、トランジスタ500と、トランジスタ300との間に、水素の拡散を抑制する膜を用いることが好ましい。水素の拡散を抑制する膜とは、具体的には、水素の脱離量が少ない膜とする。

[0116]

水素の脱離量は、例えば、昇温脱離ガス分析法（TDS）などを用いて分析することができる。例えば、絶縁体324の水素の脱離量は、TDS分析において、膜の表面温度が50℃から500℃の範囲において、水素原子に換算した脱離量が、絶縁体324の面積当たりに換算して、 $1.0 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$ 以下、好ましくは $5 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$ 以下であればよい。

[0117]

なお、絶縁体326は、絶縁体324よりも誘電率が低いことが好ましい。例えば、絶縁体326の比誘電率は4未満が好ましく、3未満がより好ましい。また例えば、絶縁体326の比誘電率は、

絶縁体 324 の比誘電率の 0.7 倍以下が好ましく、0.6 倍以下がより好ましい。誘電率が低い材料を層間膜とすることで、配線間に生じる寄生容量を低減することができる。

[0118]

また、絶縁体 320、絶縁体 322、絶縁体 324、及び絶縁体 326 には容量素子 600、又はトランジスタ 500 と接続する導電体 328、及び導電体 330 等が埋め込まれている。なお、導電体 328、及び導電体 330 は、プラグ又は配線としての機能を有する。また、プラグ又は配線としての機能を有する導電体は、複数の構造をまとめて同一の符号を付与する場合がある。また、本明細書等において、配線と、配線と接続するプラグとが一体物であってもよい。すなわち、導電体の一部が配線として機能する場合、及び導電体の一部がプラグとして機能する場合もある。

[0119]

各プラグ、及び配線（導電体 328、導電体 330 等）の材料としては、金属材料、合金材料、金属窒化物材料、又は金属酸化物材料などの導電性材料を、単層又は積層で用いることができる。耐熱性と導電性を両立するタングステンやモリブデンなどの高融点材料を用いることが好ましく、タングステンを用いることが好ましい。又は、アルミニウムや銅などの低抵抗導電性材料で形成することが好ましい。低抵抗導電性材料を用いることで配線抵抗を低くすることができる。

[0120]

絶縁体 326、及び導電体 330 上に、配線層を設けてもよい。例えば、図 12 において、絶縁体 350、絶縁体 352、及び絶縁体 354 が順に積層して設けられている。また、絶縁体 350、絶縁体 352、及び絶縁体 354 には、導電体 356 が形成されている。導電体 356 は、トランジスタ 300 と接続するプラグ、又は配線としての機能を有する。なお導電体 356 は、導電体 328、及び導電体 330 と同様の材料を用いて設けることができる。

[0121]

なお、例えば、絶縁体 350 は、絶縁体 324 と同様に、水素に対するバリア性を有する絶縁体を用いることが好ましい。また、導電体 356 は、水素に対するバリア性を有する導電体を含むことが好ましい。特に、水素に対するバリア性を有する絶縁体 350 が有する開口部に、水素に対するバリア性を有する導電体が形成される。当該構成により、トランジスタ 300 とトランジスタ 500 とは、バリア層により分離することができ、トランジスタ 300 からトランジスタ 500 への水素の拡散を抑制することができる。

[0122]

なお、水素に対するバリア性を有する導電体としては、例えば、窒化タンタル等を用いるとよい。また、窒化タンタルと導電性が高いタングステンを積層することで、配線としての導電性を保持したまま、トランジスタ 300 からの水素の拡散を抑制することができる。この場合、水素に対するバリア性を有する窒化タンタル層が、水素に対するバリア性を有する絶縁体 350 と接する構造であることが好ましい。

[0123]

絶縁体 354、及び導電体 356 上に、配線層を設けてもよい。例えば、図 12 において、絶縁体 360、絶縁体 362、及び絶縁体 364 が順に積層して設けられている。また、絶縁体 360、絶縁体 362、及び絶縁体 364 には、導電体 366 が形成されている。導電体 366 は、プラグ又は配線としての機能を有する。なお導電体 366 は、導電体 328、及び導電体 330 と同様の材料を用いて設けることができる。

[0124]

なお、例えば、絶縁体360は、絶縁体324と同様に、水素に対するバリア性を有する絶縁体を用いることが好ましい。また、導電体366は、水素に対するバリア性を有する導電体を含むことが好ましい。特に、水素に対するバリア性を有する絶縁体360が有する開口部に、水素に対するバリア性を有する導電体が形成される。当該構成により、トランジスタ300とトランジスタ500とは、バリア層により分離することができ、トランジスタ300からトランジスタ500への水素の拡散を抑制することができる。

[0125]

絶縁体364、及び導電体366上に、配線層を設けてもよい。例えば、図12において、絶縁体370、絶縁体372、及び絶縁体374が順に積層して設けられている。また、絶縁体370、絶縁体372、及び絶縁体374には、導電体376が形成されている。導電体376は、プラグ又は配線としての機能を有する。なお導電体376は、導電体328、及び導電体330と同様の材料を用いて設けることができる。

[0126]

なお、例えば、絶縁体370は、絶縁体324と同様に、水素に対するバリア性を有する絶縁体を用いることが好ましい。また、導電体376は、水素に対するバリア性を有する導電体を含むことが好ましい。特に、水素に対するバリア性を有する絶縁体370が有する開口部に、水素に対するバリア性を有する導電体が形成される。当該構成により、トランジスタ300とトランジスタ500とは、バリア層により分離することができ、トランジスタ300からトランジスタ500への水素の拡散を抑制することができる。

[0127]

絶縁体374、及び導電体376上に、配線層を設けてもよい。例えば、図12において、絶縁体380、絶縁体382、及び絶縁体384が順に積層して設けられている。また、絶縁体380、絶縁体382、及び絶縁体384には、導電体386が形成されている。導電体386は、プラグ又は配線としての機能を有する。なお導電体386は、導電体328、及び導電体330と同様の材料を用いて設けることができる。

[0128]

なお、例えば、絶縁体380は、絶縁体324と同様に、水素に対するバリア性を有する絶縁体を用いることが好ましい。また、導電体386は、水素に対するバリア性を有する導電体を含むことが好ましい。特に、水素に対するバリア性を有する絶縁体380が有する開口部に、水素に対するバリア性を有する導電体が形成される。当該構成により、トランジスタ300とトランジスタ500とは、バリア層により分離することができ、トランジスタ300からトランジスタ500への水素の拡散を抑制することができる。

[0129]

上記において、導電体356を含む配線層、導電体366を含む配線層、導電体376を含む配線層、及び導電体386を含む配線層、について説明したが、本実施の形態に係る半導体装置はこれに限られるものではない。導電体356を含む配線層と同様の配線層を3層以下にしてもよいし、導電体356を含む配線層と同様の配線層を5層以上にしてもよい。

[0130]

絶縁体384上には絶縁体510、絶縁体512、絶縁体514、及び絶縁体516が、順に積層

して設けられている。絶縁体 510、絶縁体 512、絶縁体 514、及び絶縁体 516 のいずれかは、酸素や水素に対してバリア性のある物質を用いることが好ましい。

[0131]

例えば、絶縁体 510、及び絶縁体 514 には、例えば、基板 311、又はトランジスタ 300 を設ける領域などから、トランジスタ 500 を設ける領域に、水素や不純物が拡散しないようなバリア性を有する膜を用いることが好ましい。したがって、絶縁体 324 と同様の材料を用いることができる。

[0132]

水素に対するバリア性を有する膜の一例として、CVD 法で形成した窒化シリコンを用いることができる。ここで、トランジスタ 500 等の酸化物半導体を有する半導体素子に、水素が拡散することで、当該半導体素子の特性が低下する場合がある。したがって、トランジスタ 500 と、トランジスタ 300 との間に、水素の拡散を抑制する膜を用いることが好ましい。水素の拡散を抑制する膜とは、具体的には、水素の脱離量が少ない膜とする。

[0133]

また、水素に対するバリア性を有する膜として、例えば、絶縁体 510、及び絶縁体 514 には、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化タンタルなどの金属酸化物を用いることが好ましい。

[0134]

特に、酸化アルミニウムは、酸素、及びトランジスタの電気特性の変動要因となる水素、水分などの不純物、の両方に対して膜を透過させない遮断効果が高い。したがって、酸化アルミニウムは、トランジスタの作製工程中及び作製後において、水素、水分などの不純物のトランジスタ 500 への混入を防止することができる。また、トランジスタ 500 を構成する酸化物からの酸素の放出を抑制することができる。そのため、トランジスタ 500 に対する保護膜として用いることに適している。

[0135]

また、例えば、絶縁体 512、及び絶縁体 516 には、絶縁体 320 と同様の材料を用いることができる。また、これらの絶縁体に、比較的誘電率が低い材料を適用することで、配線間に生じる寄生容量を低減することができる。例えば、絶縁体 512、及び絶縁体 516 として、酸化シリコン膜や酸化窒化シリコン膜などを用いることができる。

[0136]

また、絶縁体 510、絶縁体 512、絶縁体 514、及び絶縁体 516 には、導電体 518、及びトランジスタ 500 を構成する導電体（例えば、導電体 503）等が埋め込まれている。なお、導電体 518 は、容量素子 600、又はトランジスタ 300 と接続するプラグ、又は配線としての機能を有する。導電体 518 は、導電体 328、及び導電体 330 と同様の材料を用いて設けることができる。

[0137]

特に、絶縁体 510、及び絶縁体 514 と接する領域の導電体 518 は、酸素、水素、及び水に対するバリア性を有する導電体であることが好ましい。当該構成により、トランジスタ 300 とトランジスタ 500 とは、酸素、水素、及び水に対するバリア性を有する層で、分離することができ、トランジスタ 300 からトランジスタ 500 への水素の拡散を抑制することができる。

[0138]

絶縁体 516 の上方には、トランジスタ 500 が設けられている。

[0139]

図14 (A) (B) に示すように、トランジスタ500は、絶縁体514及び絶縁体516に埋め込まれるように配置された導電体503と、絶縁体516及び導電体503の上に配置された絶縁体520と、絶縁体520の上に配置された絶縁体522と、絶縁体522の上に配置された絶縁体524と、絶縁体524の上に配置された酸化物530aと、酸化物530aの上に配置された酸化物530bと、酸化物530b上に互いに離れて配置された導電体542a及び導電体542bと、導電体542a及び導電体542b上に配置され、導電体542aと導電体542bの間に重畳して開口が形成された絶縁体580と、開口の底面及び側面に配置された酸化物530cと、酸化物530cの形成面に配置された絶縁体550と、絶縁体550の形成面に配置された導電体560と、を有する。

[0140]

また、図14 (A) (B) に示すように、酸化物530a、酸化物530b、導電体542a、及び導電体542bと、絶縁体580との間に絶縁体544が配置されることが好ましい。また、図14 (A) (B) に示すように、導電体560は、絶縁体550の内側に設けられた導電体560aと、導電体560aの内側に埋め込まれるように設けられた導電体560bと、を有することが好ましい。また、図14 (A) (B) に示すように、絶縁体580、導電体560、及び絶縁体550の上に絶縁体574が配置されることが好ましい。

[0141]

なお、以下において、酸化物530a、酸化物530b、及び酸化物530cをまとめて酸化物530という場合がある。

[0142]

なお、トランジスタ500では、チャネルが形成される領域と、その近傍において、酸化物530a、酸化物530b、及び酸化物530cの3層を積層する構成について示しているが、本発明はこれに限られるものではない。例えば、酸化物530bの単層、酸化物530bと酸化物530aの2層構造、酸化物530bと酸化物530cの2層構造、又は4層以上の積層構造を設ける構成にしてもよい。また、トランジスタ500では、導電体560を2層の積層構造として示しているが、本発明はこれに限られるものではない。例えば、導電体560が、単層構造であってもよいし、3層以上の積層構造であってもよい。また、図12、図14 (A) に示すトランジスタ500は一例であり、その構造に限定されず、回路構成や駆動方法に応じて適切なトランジスタを用いればよい。

[0143]

ここで、導電体560は、トランジスタのゲート電極として機能し、導電体542a及び導電体542bは、それぞれソース電極又はドレイン電極として機能する。上記のように、導電体560は、絶縁体580の開口、及び導電体542aと導電体542bに挟まれた領域に埋め込まれるように形成される。導電体560、導電体542a及び導電体542bの配置は、絶縁体580の開口に対して、自己整合的に選択される。つまり、トランジスタ500において、ゲート電極を、ソース電極とドレイン電極の間に、自己整合的に配置させることができる。よって、導電体560を位置合わせのマージンを設けることなく形成することができるので、トランジスタ500の占有面積の縮小を図ることができる。これにより、半導体装置の微細化、高集積化を図ることができる。

[0144]

さらに、導電体560が、導電体542aと導電体542bの間の領域に自己整合的に形成される

ので、導電体560は、導電体542a又は導電体542bと重畳する領域を有さない。これにより、導電体560と導電体542a及び導電体542bとの間に形成される寄生容量を低減することができる。よって、トランジスタ500のスイッチング速度を向上させ、高い周波数特性を有せしめることができる。

[0145]

導電体560は、第1のゲート（トップゲートともいう）電極として機能する場合がある。また、導電体503は、第2のゲート（ボトムゲートともいう）電極として機能する場合がある。その場合、導電体503に印加する電位を、導電体560に印加する電位と、連動させず、独立して変化させることで、トランジスタ500のしきい値電圧を制御することができる。特に、導電体503に負の電位を印加することにより、トランジスタ500のしきい値電圧を0Vより大きくし、オフ電流を低減することが可能となる。したがって、導電体503に負の電位を印加したほうが、印加しない場合よりも、導電体560に印加する電位が0Vのときのドレイン電流を小さくすることができる。

[0146]

導電体503は、酸化物530、及び導電体560と、重なるように配置する。これにより、導電体560、及び導電体503に電位を印加した場合、導電体560から生じる電界と、導電体503から生じる電界と、がつながり、酸化物530に形成されるチャネル形成領域を覆うことができる。本明細書等において、第1のゲート電極、及び第2のゲート電極の電界によって、チャネル形成領域を電氣的に取り囲むトランジスタの構造を、*surrounded channel*（*S-channel*）構造とよぶ。

[0147]

また、導電体503は、導電体518と同様の構成であり、絶縁体514及び絶縁体516の開口の内壁に接して導電体503aが形成され、さらに内側に導電体503bが形成されている。なお、トランジスタ500では、導電体503a及び導電体503bを積層する構成について示しているが、本発明はこれに限られるものではない。例えば、導電体503は、単層、又は3層以上の積層構造として設ける構成にしてもよい。

[0148]

ここで、導電体503aは、水素原子、水素分子、水分子、銅原子などの不純物の拡散を抑制する機能を有する（上記不純物が透過しにくい）導電性材料を用いることが好ましい。又は、酸素（例えば、酸素原子、酸素分子などの少なくとも一）の拡散を抑制する機能を有する（上記酸素が透過しにくい）導電性材料を用いることが好ましい。なお、本明細書において、不純物、又は酸素の拡散を抑制する機能とは、上記不純物、又は上記酸素のいずれか一又は、すべての拡散を抑制する機能とする。

[0149]

例えば、導電体503aが酸素の拡散を抑制する機能を持つことにより、導電体503bが酸化して導電率が低下することを抑制することができる。

[0150]

また、導電体503が配線の機能を兼ねる場合、導電体503bは、タングステン、銅、又はアルミニウムを主成分とする、導電性が高い導電性材料を用いることが好ましい。その場合、導電体505は、必ずしも設けなくともよい。なお、導電体503bを単層で図示したが、積層構造としてもよく、例えば、チタン、窒化チタンと上記導電性材料との積層としてもよい。

[0151]

絶縁体520、絶縁体522、絶縁体524、及び絶縁体550は、第2のゲート絶縁膜としての機能を有する。

[0152]

ここで、酸化物530と接する絶縁体524は、化学量論的組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含む絶縁体を用いることが好ましい。つまり、絶縁体524には、過剰酸素領域が形成されていることが好ましい。このような過剰酸素を含む絶縁体を酸化物530に接して設けることにより、酸化物530中の酸素欠損を低減し、トランジスタ500の信頼性を向上させることができる。

[0153]

過剰酸素領域を有する絶縁体として、具体的には、加熱により一部の酸素が脱離する酸化物材料を用いることが好ましい。加熱により酸素を脱離する酸化物とは、TDS (Thermal Desorption Spectroscopy) 分析にて、酸素原子に換算しての酸素の脱離量が $1.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、好ましくは $1.0 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、さらに好ましくは $2.0 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、又は $3.0 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以上である酸化物膜である。なお、上記TDS分析時における膜の表面温度としては 100°C 以上 700°C 以下、又は 100°C 以上 400°C 以下の範囲が好ましい。

[0154]

また、絶縁体524が、過剰酸素領域を有する場合、絶縁体522は、酸素（例えば、酸素原子、酸素分子など）の拡散を抑制する機能を有する（上記酸素が透過しにくい）ことが好ましい。

[0155]

絶縁体522が、酸素や不純物の拡散を抑制する機能を有することで、酸化物530が有する酸素は、絶縁体520側へ拡散することがなく、好ましい。また、導電体503が、絶縁体524や、酸化物530が有する酸素と反応することを抑制することができる。

[0156]

絶縁体522は、例えば、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、アルミニウム及びハフニウムを含む酸化物（ハフニウムアルミネート）、酸化タンタル、酸化ジルコニウム、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）、チタン酸ストロンチウム（ SrTiO_3 ）、又は（Ba, Sr） TiO_3 （BST）などのいわゆるh i g h - k材料を含む絶縁体を単層又は積層で用いることが好ましい。トランジスタの微細化、及び高集積化が進むと、ゲート絶縁膜の薄膜化により、リーク電流などの問題が生じる場合がある。ゲート絶縁膜として機能する絶縁体にh i g h - k材料を用いることで、物理膜厚を保ちながら、トランジスタ動作時のゲート電位の低減が可能となる。

[0157]

特に、不純物、及び酸素などの拡散を抑制する機能を有する（上記酸素が透過しにくい）絶縁性材料であるアルミニウム、ハフニウムの一方又は双方の酸化物を含む絶縁体を用いるとよい。アルミニウム、ハフニウムの一方又は双方の酸化物を含む絶縁体として、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、アルミニウム及びハフニウムを含む酸化物（ハフニウムアルミネート）などを用いることが好ましい。このような材料を用いて絶縁体522を形成した場合、絶縁体522は、酸化物530からの酸素の放出や、トランジスタ500の周辺部から酸化物530への水素等の不純物の混入を抑制する層として機能する。

[0158]

又は、これらの絶縁体に、例えば、酸化アルミニウム、酸化ビスマス、酸化ゲルマニウム、酸化ニ

オブ、酸化シリコン、酸化チタン、酸化タングステン、酸化イットリウム、酸化ジルコニウムを添加してもよい。又はこれらの絶縁体を窒化処理してもよい。上記の絶縁体に酸化シリコン、酸化窒化シリコン又は窒化シリコンを積層して用いてもよい。

[0159]

また、絶縁体520は、熱的に安定していることが好ましい。例えば、酸化シリコン及び酸化窒化シリコンは、熱的に安定であるため、好適である。また、high-k材料の絶縁体を酸化シリコン、または酸化窒化シリコンと組み合わせることで、熱的に安定かつ比誘電率の高い積層構造の絶縁体520や、絶縁体526を得ることができる。

[0160]

なお、図14(A)(B)のトランジスタ500では、3層の積層構造からなる第2のゲート絶縁膜として、絶縁体520、絶縁体522、及び絶縁体524が図示されているが、第2のゲート絶縁膜は、単層、2層、又は4層以上の積層構造を有していてもよい。その場合、同じ材料からなる積層構造に限定されず、異なる材料からなる積層構造でもよい。

[0161]

トランジスタ500は、チャネル形成領域を含む酸化物530に、酸化物半導体として機能する金属酸化物を用いることが好ましい。例えば、酸化物530として、In-M-Zn酸化物(元素Mは、アルミニウム、ガリウム、イットリウム、銅、バナジウム、ベリリウム、ホウ素、チタン、鉄、ニッケル、ゲルマニウム、ジルコニウム、モリブデン、ランタン、セリウム、ネオジム、ハフニウム、タンタル、タングステン、又はマグネシウムなどから選ばれた一種、又は複数種)等の金属酸化物を用いるとよい。特に、酸化物530として適用できるIn-M-Zn酸化物は、CAAC-OS、CAC-OSであることが好ましい。また、酸化物530として、In-Ga酸化物、In-Zn酸化物を用いてもよい。

[0162]

酸化物530においてチャネル形成領域にとして機能する金属酸化物は、バンドギャップが2eV以上、好ましくは2.5eV以上のものを用いることが好ましい。このように、バンドギャップの大きい金属酸化物を用いることで、トランジスタのオフ電流を低減することができる。

[0163]

酸化物530は、酸化物530b下に酸化物530aを有することで、酸化物530aよりも下方に形成された構造物から、酸化物530bへの不純物の拡散を抑制することができる。また、酸化物530b上に酸化物530cを有することで、酸化物530cよりも上方に形成された構造物から、酸化物530bへの不純物の拡散を抑制することができる。

[0164]

なお、酸化物530は、各金属原子の原子数比が異なる酸化物により、積層構造を有することが好ましい。具体的には、酸化物530aに用いる金属酸化物において、構成元素中の元素Mの原子数比が、酸化物530bに用いる金属酸化物における、構成元素中の元素Mの原子数比より、大きいことが好ましい。また、酸化物530aに用いる金属酸化物において、Inに対する元素Mの原子数比が、酸化物530bに用いる金属酸化物における、Inに対する元素Mの原子数比より大きいことが好ましい。また、酸化物530bに用いる金属酸化物において、元素Mに対するInの原子数比が、酸化物530aに用いる金属酸化物における、元素Mに対するInの原子数比より大きいことが好ましい。また、酸化物530cは、酸化物530a又は酸化物530bに用いることができる金属酸化

物を、用いることができる。

[0165]

また、酸化物530a及び酸化物530cの伝導帯下端のエネルギーが、酸化物530bの伝導帯下端のエネルギーより高くなることが好ましい。また、言い換えると、酸化物530a及び酸化物530cの電子親和力が、酸化物530bの電子親和力より小さいことが好ましい。

[0166]

ここで、酸化物530a、酸化物530b、及び酸化物530cの接合部において、伝導帯下端のエネルギー準位はなだらかに変化する。換言すると、酸化物530a、酸化物530b、及び酸化物530cの接合部における伝導帯下端のエネルギー準位は、連続的に変化又は連続接合するともいうことができる。このようにするためには、酸化物530aと酸化物530bとの界面、及び酸化物530bと酸化物530cとの界面において形成される混合層の欠陥準位密度を低くするとよい。

[0167]

具体的には、酸化物530aと酸化物530b、酸化物530bと酸化物530cが、酸素以外に共通の元素を有する（主成分とする）ことで、欠陥準位密度が低い混合層を形成することができる。例えば、酸化物530bがIn-Ga-Zn酸化物の場合、酸化物530a及び酸化物530cとして、In-Ga-Zn酸化物、Ga-Zn酸化物、酸化ガリウムなどを用いるとよい。

[0168]

このとき、キャリアの主たる経路は酸化物530bとなる。酸化物530a、酸化物530cを上述の構成とすることで、酸化物530aと酸化物530bとの界面、及び酸化物530bと酸化物530cとの界面における欠陥準位密度を低くすることができる。そのため、界面散乱によるキャリア伝導への影響が小さくなり、トランジスタ500は高いオン電流を得られる。

[0169]

酸化物530b上には、ソース電極、及びドレイン電極として機能する導電体542a、及び導電体542bが設けられる。導電体542a、及び導電体542bとしては、アルミニウム、クロム、銅、銀、金、白金、タンタル、ニッケル、チタン、モリブデン、タングステン、ハフニウム、バナジウム、ニオブ、マンガン、マグネシウム、ジルコニウム、ベリリウム、インジウム、ルテニウム、イリジウム、ストロンチウム、ランタンから選ばれた金属元素、又は上述した金属元素を成分とする合金か、上述した金属元素を組み合わせた合金等を用いることが好ましい。例えば、窒化タンタル、窒化チタン、タングステン、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好ましい。また、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は、酸化しにくい導電性材料、又は、酸素を吸収しても導電性を維持する材料であるため、好ましい。更に、窒化タンタルなどの金属窒化物膜は、水素又は酸素に対するバリア性があるため好ましい。

[0170]

また、図14では、導電体542a、及び導電体542bを単層構造として示したが、2層以上の積層構造としてもよい。例えば、窒化タンタル膜とタングステン膜を積層するとよい。また、チタン膜とアルミニウム膜を積層してもよい。また、タングステン膜上にアルミニウム膜を積層する二層構造、銅-マグネシウム-アルミニウム合金膜上に銅膜を積層する二層構造、チタン膜上に銅膜を積層

する二層構造、タングステン膜上に銅膜を積層する二層構造としてもよい。

[0171]

また、チタン膜又は窒化チタン膜と、そのチタン膜又は窒化チタン膜上に重ねてアルミニウム膜又は銅膜を積層し、さらにその上にチタン膜又は窒化チタン膜を形成する三層構造、モリブデン膜又は窒化モリブデン膜と、そのモリブデン膜又は窒化モリブデン膜上に重ねてアルミニウム膜又は銅膜を積層し、さらにその上にモリブデン膜又は窒化モリブデン膜を形成する三層構造等がある。なお、酸化インジウム、酸化錫又は酸化亜鉛を含む透明導電材料を用いてもよい。

[0172]

また、図14(A)に示すように、酸化物530の、導電体542a(導電体542b)との界面とその近傍には、低抵抗領域として、領域543a、及び領域543bが形成される場合がある。このとき、領域543aはソース領域又はドレイン領域の一方として機能し、領域543bはソース領域又はドレイン領域の他方として機能する。また、領域543aと領域543bに挟まれる領域にチャネル形成領域が形成される。

[0173]

酸化物530と接するように上記導電体542a(導電体542b)を設けることで、領域543a(領域543b)の酸素濃度が低減する場合がある。また、領域543a(領域543b)に導電体542a(導電体542b)に含まれる金属と、酸化物530の成分とを含む金属化合物層が形成される場合がある。このような場合、領域543a(領域543b)のキャリア密度が増加し、領域543a(領域543b)は、低抵抗領域となる。

[0174]

絶縁体544は、導電体542a、及び導電体542bを覆うように設けられ、導電体542a、及び導電体542bの酸化を抑制する。このとき、絶縁体544は、酸化物530の側面を覆い、絶縁体524と接するように設けられてもよい。

[0175]

絶縁体544として、ハフニウム、アルミニウム、ガリウム、イットリウム、ジルコニウム、タングステン、チタン、タンタル、ニッケル、ゲルマニウム、ネオジム、ランタン又は、マグネシウムなどから選ばれた一種、又は二種以上が含まれた金属酸化物を用いることができる。また、絶縁体544として、窒化酸化シリコン又は窒化シリコンなども用いることができる。

[0176]

特に、絶縁体544として、アルミニウム、又はハフニウムの一方又は双方の酸化物を含む絶縁体である、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、アルミニウム、及びハフニウムを含む酸化物(ハフニウムアルミネート)などを用いることが好ましい。特に、ハフニウムアルミネートは、酸化ハフニウム膜よりも、耐熱性が高い。そのため、後の工程での熱処理において、結晶化しにくいことが好ましい。なお、導電体542a、及び導電体542bが耐酸化性を有する材料、又は、酸素を吸収しても著しく導電性が低下しない場合、絶縁体544は、必須の構成ではない。求めるトランジスタ特性により、適宜設計すればよい。

[0177]

絶縁体544を有することで、絶縁体580に含まれる水、及び水素などの不純物が酸化物530c、絶縁体550を介して、酸化物530bに拡散することを抑制することができる。また、絶縁体580が有する過剰酸素により、導電体560が酸化するのを抑制することができる。

[0178]

絶縁体550は、第1のゲート絶縁膜として機能する。絶縁体550は、酸化物530cの内側(上面、及び側面)に接して配置することが好ましい。絶縁体550は、上述した絶縁体524と同様に、過剰に酸素を含み、かつ加熱により酸素が放出される絶縁体を用いて形成することが好ましい。

[0179]

具体的には、過剰酸素を有する酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、フッ素を添加した酸化シリコン、炭素を添加した酸化シリコン、炭素、及び窒素を添加した酸化シリコン、空孔を有する酸化シリコンを用いることができる。特に、酸化シリコン、及び酸化窒化シリコンは熱に対し安定であるため好ましい。

[0180]

加熱により酸素が放出される絶縁体を、絶縁体550として、酸化物530cの上面に接して設けることにより、絶縁体550から、酸化物530cを通じて、酸化物530bのチャネル形成領域に効果的に酸素を供給することができる。また、絶縁体524と同様に、絶縁体550中の水又は水素などの不純物濃度が低減されていることが好ましい。絶縁体550の膜厚は、1nm以上20nm以下とするのが好ましい。

[0181]

また、絶縁体550が有する過剰酸素を、効率的に酸化物530へ供給するために、絶縁体550と導電体560との間に金属酸化物を設けてもよい。当該金属酸化物は、絶縁体550から導電体560への酸素拡散を抑制することが好ましい。酸素の拡散を抑制する金属酸化物を設けることで、絶縁体550から導電体560への過剰酸素の拡散が抑制される。つまり、酸化物530へ供給する過剰酸素量の減少を抑制することができる。また、過剰酸素による導電体560の酸化を抑制することができる。当該金属酸化物としては、絶縁体544に用いることができる材料を用いればよい。

[0182]

なお、絶縁体550は、第2のゲート絶縁膜と同様に、積層構造としてもよい。トランジスタの微細化、及び高集積化が進むと、ゲート絶縁膜の薄膜化により、リーク電流などの問題が生じる場合があるため、ゲート絶縁膜として機能する絶縁体を、high-k材料と、熱的に安定している材料との積層構造とすることで、物理膜厚を保ちながら、トランジスタ動作時のゲート電位の低減が可能となる。また、熱的に安定かつ比誘電率の高い積層構造とすることができる。

[0183]

第1のゲート電極として機能する導電体560は、図14(A)(B)では2層構造として示しているが、単層構造でもよいし、3層以上の積層構造であってもよい。

[0184]

導電体560aは、水素原子、水素分子、水分子、窒素原子、窒素分子、酸化窒素分子(N_2O 、 NO 、 NO_2 など)、銅原子などの不純物の拡散を抑制する機能を有する導電性材料を用いることが好ましい。又は、酸素(例えば、酸素原子、酸素分子などの少なくとも一)の拡散を抑制する機能を有する導電性材料を用いることが好ましい。導電体560aが酸素の拡散を抑制する機能を持つことにより、絶縁体550に含まれる酸素により、導電体560bが酸化して導電率が低下することを抑制することができる。酸素の拡散を抑制する機能を有する導電性材料としては、例えば、タンタル、窒化タンタル、ルテニウム、又は酸化ルテニウムなどを用いることが好ましい。また、導電体560aとして、酸化物530に適用できる酸化物半導体を用いることができる。その場合、導電体560

bをスパッタリング法で成膜することで、導電体560aの電気抵抗値を低下させて導電体にすることができる。これをOC (Oxide Conductor) 電極と呼ぶことができる。

[0185]

また、導電体560bは、タングステン、銅、又はアルミニウムを主成分とする導電性材料を用いることが好ましい。また、導電体560bは、配線としても機能するため、導電性が高い導電体を用いることが好ましい。例えば、タングステン、銅、又はアルミニウムを主成分とする導電性材料を用いることができる。また、導電体560bは積層構造としてもよく、例えば、チタン、窒化チタンと上記導電性材料との積層構造としてもよい。

[0186]

絶縁体580は、絶縁体544を介して、導電体542a、及び導電体542b上に設けられる。絶縁体580は、過剰酸素領域を有することが好ましい。例えば、絶縁体580として、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、フッ素を添加した酸化シリコン、炭素を添加した酸化シリコン、炭素、及び窒素を添加した酸化シリコン、空孔を有する酸化シリコン、又は樹脂などを有することが好ましい。特に、酸化シリコン、及び酸化窒化シリコンは、熱的に安定であるため好ましい。特に、酸化シリコン、空孔を有する酸化シリコンは、後の工程で、容易に過剰酸素領域を形成することができるため好ましい。

[0187]

絶縁体580は、過剰酸素領域を有することが好ましい。加熱により酸素が放出される絶縁体580を、酸化物530cと接して設けることで、絶縁体580中の酸素を、酸化物530cを通じて、酸化物530へと効率良く供給することができる。なお、絶縁体580中の水又は水素などの不純物濃度が低減されていることが好ましい。

[0188]

絶縁体580の開口は、導電体542aと導電体542bの間の領域に重畳して形成される。これにより、導電体560は、絶縁体580の開口、及び導電体542aと導電体542bに挟まれた領域に、埋め込まれるように形成される。

[0189]

半導体装置を微細化するに当たり、ゲート長を短くすることが求められるが、導電体560の導電性が下がらないようにする必要がある。そのために導電体560の膜厚を大きくすると、導電体560はアスペクト比が高い形状となりうる。本実施の形態では、導電体560を絶縁体580の開口に埋め込むように設けるため、導電体560をアスペクト比の高い形状にしても、工程中に導電体560を倒壊させることなく、形成することができる。

[0190]

絶縁体574は、絶縁体580の上面、導電体560の上面、及び絶縁体550の上面に接して設けられることが好ましい。絶縁体574をスパッタリング法で成膜することで、絶縁体550、及び絶縁体580へ過剰酸素領域を設けることができる。これにより、当該過剰酸素領域から、酸化物530中に酸素を供給することができる。

[0191]

例えば、絶縁体574として、ハフニウム、アルミニウム、ガリウム、イットリウム、ジルコニウム、タングステン、チタン、タンタル、ニッケル、ゲルマニウム、又はマグネシウムなどから選ばれた一種、又は二種以上が含まれた金属酸化物を用いることができる。

[0192]

特に、酸化アルミニウムはバリア性が高く、0.5 nm以上3.0 nm以下の薄膜であっても、酸素、及び窒素の拡散を抑制することができる。したがって、スパッタリング法で成膜した酸化アルミニウムは、酸素供給源であるとともに、酸素などの不純物のバリア膜としての機能も有することができる。

[0193]

また、絶縁体574の上に、層間膜として機能する絶縁体581を設けることが好ましい。絶縁体581は、絶縁体524などと同様に、膜中の水又は酸素などの不純物濃度が低減されていることが好ましい。

[0194]

また、絶縁体581、絶縁体574、絶縁体580、及び絶縁体544に形成された開口に、導電体540a、及び導電体540bを配置する。導電体540a及び導電体540bは、導電体560を挟んで対向して設ける。導電体540a及び導電体540bは、後述する導電体546、及び導電体548と同様の構成である。

[0195]

絶縁体581上には、絶縁体582が設けられている。絶縁体582は、酸素や酸素に対してバリア性のある物質を用いることが好ましい。したがって、絶縁体582には、絶縁体514と同様の材料を用いることができる。例えば、絶縁体582には、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化タンタルなどの金属酸化物を用いることが好ましい。

[0196]

特に、酸化アルミニウムは、酸素、及びトランジスタの電気特性の変動要因となる酸素、水分などの不純物、の両方に対して膜を透過させない遮断効果が高い。したがって、酸化アルミニウムは、トランジスタの作製工程中及び作製後において、酸素、水分などの不純物のトランジスタ500への混入を防止することができる。また、トランジスタ500を構成する酸化物からの酸素の放出を抑制することができる。そのため、トランジスタ500に対する保護膜として用いることに適している。

[0197]

また、絶縁体582上には、絶縁体586が設けられている。絶縁体586は、絶縁体320と同様の材料を用いることができる。また、これらの絶縁体に、比較的誘電率が低い材料を適用することで、配線間に生じる寄生容量を低減することができる。例えば、絶縁体586として、酸化シリコン膜や酸化窒化シリコン膜などを用いることができる。

[0198]

また、絶縁体520、絶縁体522、絶縁体524、絶縁体544、絶縁体580、絶縁体574、絶縁体581、絶縁体582、及び絶縁体586には、導電体546、及び導電体548等が埋め込まれている。

[0199]

導電体546、及び導電体548は、容量素子600、トランジスタ500、又はトランジスタ300と接続するプラグ、又は配線としての機能を有する。導電体546、及び導電体548は、導電体328、及び導電体330と同様の材料を用いて設けることができる。

[0200]

続いて、トランジスタ500の上方には、容量素子600が設けられている。容量素子600は、

導電体 610 と、導電体 620 と、絶縁体 630 と、を有する。

[0201]

また、導電体 546、及び導電体 548 上に、導電体 612 を設けてもよい。導電体 612 は、トランジスタ 500 と接続するプラグ、又は配線としての機能を有する。導電体 610 は、容量素子 600 の電極としての機能を有する。なお、導電体 612、及び導電体 610 は、同時に形成することができる。

[0202]

導電体 612、及び導電体 610 には、モリブデン、チタン、タンタル、タングステン、アルミニウム、銅、クロム、ネオジム、スカンジウムから選ばれた元素を含む金属膜、又は上述した元素を成分とする金属窒化物膜（窒化タンタル膜、窒化チタン膜、窒化モリブデン膜、窒化タングステン膜）等を用いることができる。又は、インジウム錫酸化物、酸化タングステンを含むインジウム酸化物、酸化タングステンを含むインジウム亜鉛酸化物、酸化チタンを含むインジウム酸化物、酸化チタンを含むインジウム錫酸化物、インジウム亜鉛酸化物、酸化ケイ素を添加したインジウム錫酸化物などの導電性材料を適用することもできる。

[0203]

図 12 では、導電体 612、及び導電体 610 は単層構造を示したが、当該構成に限定されず、2 層以上の積層構造でもよい。例えば、バリア性を有する導電体と導電性が高い導電体との間に、バリア性を有する導電体、及び導電性が高い導電体に対して密着性が高い導電体を形成してもよい。

[0204]

絶縁体 630 を介して、導電体 610 と重畳するように、導電体 620 を設ける。なお、導電体 620 は、金属材料、合金材料、又は金属酸化物材料などの導電性材料を用いることができる。耐熱性と導電性を両立するタングステンやモリブデンなどの高融点材料を用いることが好ましく、特にタングステンをを用いることが好ましい。また、導電体などの他の構造と同時に形成する場合は、低抵抗金属材料である Cu（銅）や Al（アルミニウム）等を用いればよい。

[0205]

導電体 620、及び絶縁体 630 上には、絶縁体 640 が設けられている。絶縁体 640 は、絶縁体 320 と同様の材料を用いて設けることができる。また、絶縁体 640 は、その下方の凹凸形状を被覆する平坦化膜として機能してもよい。

[0206]

本構造を用いることで、酸化物半導体を有するトランジスタを用いた半導体装置において、電気特性の変動を抑制するとともに、信頼性を向上させることができる。又は、酸化物半導体を有するトランジスタを用いた電池管理回路において、微細化又は高集積化を図ることができる。

[0207]

（実施の形態 5）

本実施の形態では、上述の実施の形態で説明し電池管理回路を電子部品とする例について、図 15 を用いて説明する。

[0208]

図 15（A）では上述の実施の形態で説明した電池制御回路を電子部品とする例について説明する。なお電子部品は、半導体パッケージ、又は IC 用パッケージともいう。この電子部品は、端子取り出し方向や、端子の形状に応じて、複数の規格や名称が存在する。そこで、本実施の形態では、その一

例について説明することにする。

[0209]

OSトランジスタやSiトランジスタで構成される回路部は、組み立て工程（後工程）を経て、プリント基板に脱着可能な部品が複数合わさることで完成する。

[0210]

後工程については、図15（A）に示す各工程を経ることで完成させることができる。具体的には、前工程で得られる素子基板が完成（ステップS1）した後、基板の裏面を研削する（ステップS2）。この段階で基板を薄膜化することで、前工程での基板の反り等を低減し、部品としての小型化を図るためである。

[0211]

基板の裏面を研削して、基板を複数のチップに分離するダイシング工程を行う。そして、分離したチップを個々にピックアップしてリードフレーム上に搭載し接合する、ダイボンディング工程を行う（ステップS3）。このダイボンディング工程におけるチップとリードフレームとの接着は、樹脂による接着や、テープによる接着等、適宜製品に応じて適した方法を選択する。なお、ダイボンディング工程は、インターポーザ上に搭載し接合してもよい。

[0212]

次いでリードフレームのリードとチップ上の電極とを、金属の細線（ワイヤー）で電氣的に接続する、ワイヤーボンディングを行う（ステップS4）。金属の細線には、銀線や金線を用いることができる。また、ワイヤーボンディングは、ボールボンディングや、ウェッジボンディングを用いることができる。

[0213]

ワイヤーボンディングされたチップは、エポキシ樹脂等で封止される、モールド工程による封止が施される（ステップS5）。モールド工程を行うことで電子部品の内部が樹脂で充填され、機械的な外力による内蔵される回路部やワイヤーに対するダメージを低減することができ、また水分や埃による特性の劣化を低減することができる。

[0214]

次いでリードフレームのリードをめっき処理する。そしてリードを切断及び成形加工する（ステップS6）。このめっき処理によりリードの錆を防止し、後にプリント基板に実装する際のはんだ付けをより確実に行うことができる。

[0215]

次いでパッケージの表面に印字処理（マーキング）を施す（ステップS7）。そして最終的な検査工程（ステップS8）を経てPLDを含む回路部を有する電子部品が完成する（ステップS9）。

[0216]

また、完成した電子部品の斜視模式図を図15（B）に示す。図15（B）では、電子部品の一例として、QFP（Quad Flat Package）の斜視模式図を示している。図15（B）に示す電子部品700は、リード701及び回路部703を示している。図15（B）に示す電子部品700は、例えばプリント基板702に実装される。このような電子部品700が複数組み合わせられて、それぞれがプリント基板702上で電氣的に接続されることで電気機器の内部に搭載することができる。完成した回路基板704は、電気機器等の内部に設けられる。

[0217]

(実施の形態6)

本発明の一態様である蓄電装置は、電力により駆動する様々な電気機器の電源として用いることができる。

[0218]

本発明の一態様である蓄電装置を用いた電気機器の具体例として、表示装置、照明装置、デスクトップ型或いはノート型のパーソナルコンピュータ、ブルーレイディスク(B l u e r a y D i s c)などの記録媒体に記憶された静止画または動画を再生する画像再生装置、携帯電話、スマートフォン、携帯情報端末、携帯型ゲーム機、電子書籍端末、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、電子レンジ等の高周波加熱装置、電気炊飯器、電気洗濯機、エアコンディショナーなどの空調設備、電気冷蔵庫、電気冷凍庫、電気冷凍冷蔵庫、DNA保存用冷凍庫、透析装置などが挙げられる。また、蓄電装置からの電力を用いて電動機により推進する移動体なども、電気機器の範疇に含まれるものとする。上記移動体として、例えば、電気自動車、内燃機関と電動機を併せ持った複合型自動車(ハイブリッドカー)、電動アシスト自転車を含む原動機付自転車などが挙げられる。

[0219]

なお、上記電気機器は、消費電力の殆ど全てを賄うための蓄電装置(主電源と呼ぶ)として、本発明の一態様である蓄電装置を用いることができる。また、上記電気機器は、上記主電源や商用電源からの電力の供給が停止した場合に、電気機器への電力の供給を行うことができる蓄電装置(無停電電源と呼ぶ)として、本発明の一態様である蓄電装置を用いることができる。また、上記電気機器は、上記主電源や商用電源からの電気機器への電力の供給と並行して、電気機器への電力の供給を行うための蓄電装置(補助電源と呼ぶ)として、本発明の一態様である蓄電装置を用いることができる。

[0220]

図16に上記電気機器の具体的な構成を示す。図16において、表示装置5000は、蓄電装置5004を用いた電気機器の一例である。具体的に、表示装置5000は、TV放送受信用の表示装置に相当し、筐体5001、表示部5002、スピーカー部5003、蓄電装置5004等を有する。蓄電装置5004は、筐体5001の内部に設けられている。表示装置5000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5004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、蓄電装置5004を無停電電源として用いることで、表示装置5000の利用が可能となる。

[0221]

表示部5002には、液晶表示装置、有機EL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、DMD(D i g i t a l M i c r o m i r r o r D e v i c e)、PDP(P l a s m a D i s p l a y P a n e l)、FED(F i e l d E m i s s i o n D i s p l a y)などの、半導体表示装置を用いることができる。

[0222]

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。

[0223]

図16において、据え付け型の照明装置5100は、蓄電装置5103を用いた電気機器の一例である。具体的に、照明装置5100は、筐体5101、光源5102、蓄電装置5103等を有する。図16では、蓄電装置5103が、筐体5101および光源5102が据え付けられた天井5104

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 5103 は、筐体 5101 の内部に設けられていても良い。照明装置 5100 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 5103 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、蓄電装置 5103 を無停電電源として用いることで、照明装置 5100 の利用が可能となる。

[0224]

なお、図 16 では天井 5104 に設けられた据え付け型の照明装置 5100 を例示しているが、本発明の一態様である蓄電装置は、天井 5104 以外、例えば側壁 5105、床 5106、窓 5107 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。

[0225]

また、光源 5102 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。

[0226]

図 16 において、室内機 5200 および室外機 5204 を有するエアコンディショナーは、蓄電装置 5203 を用いた電気機器の一例である。具体的に、室内機 5200 は、筐体 5201、送風口 5202、蓄電装置 5203 等を有する。図 16 では、蓄電装置 5203 が、室内機 5200 に設けられている場合を例示しているが、蓄電装置 5203 は室外機 5204 に設けられていてもよい。或いは、室内機 5200 と室外機 5204 の両方に、蓄電装置 5203 が設けられていてもよい。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 5203 に蓄積された電力を用いることもできる。特に、室内機 5200 と室外機 5204 の両方に蓄電装置 5203 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、本発明の一態様である蓄電装置 5203 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。

[0227]

なお、図 16 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、本発明の一態様である蓄電装置を用いることもできる。

[0228]

図 16 において、電気冷凍冷蔵庫 5300 は、蓄電装置 5304 を用いた電気機器の一例である。具体的に、電気冷凍冷蔵庫 5300 は、筐体 5301、冷蔵室用扉 5302、冷凍室用扉 5303、蓄電装置 5304 等を有する。図 16 では、蓄電装置 5304 が、筐体 5301 の内部に設けられている。電気冷凍冷蔵庫 5300 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 5304 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、蓄電装置 5304 を無停電電源として用いることで電気冷凍冷蔵庫 5300 の利用が可能となる。

[0229]

なお、上述した電気機器のうち、電子レンジ等の高周波加熱装置、電気炊飯器などの電気機器は、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、本発明の一態様である蓄電装置を用いることで電気機器の使用時に商用電源の規定電力量を超えることを抑制することができる。

[0230]

また、電気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5300の場合、気温が低く、冷蔵室用扉5302、冷凍室用扉5303の開閉が行われない夜間において、蓄電装置5304に電力を蓄える。そして、気温が高くなり、冷蔵室用扉5302、冷凍室用扉5303の開閉が行われる昼間において、蓄電装置5304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。

[0231]

図16において、ノート型パーソナルコンピュータ5400は、蓄電装置5401を用いた電気機器の一例である。図16では、蓄電装置5401が、筐体の内部に設けられている。ノート型パーソナルコンピュータ5400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5401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、蓄電装置5401を無停電電源として用いることでノート型パーソナルコンピュータ5400の利用が可能となる。

[0232]

次に、本発明の一態様である蓄電装置を備えた電気機器の一例として、携帯情報端末について説明する。

[0233]

図17（A）に携帯情報端末650の表側の模式図を示す。図17（B）に携帯情報端末650の裏側の模式図を示す。携帯情報端末650は、筐体651、表示部652（表示部652aおよび表示部652bを含む。）、電源スイッチ653、光センサ654、カメラ用レンズ655、スピーカー656、マイクロフォン657および電源658を有する。

[0234]

表示部652aおよび表示部652bはタッチパネルであり、文字入力を行うためのキーボードボタンは必要に応じて表示させることで、当該キーボードボタンに指やスタイラスなどでふれることにより文字入力を行うことができる。また、当該キーボードボタンを表示させず、指やスタイラスなどを用いて表示部652aに直接文字や図をかくことで表示部652aにその文字や図を表示させることができる。

[0235]

また、表示部652bには携帯情報端末650で行うことができる機能が表示されており、所望の機能を示すマーカーを指やスタイラスでふれることにより、携帯情報端末650は当該機能を実行する。例えば、マーカー659にふれることで電話としての機能を行うことができるようになり、スピーカー656およびマイクロフォン657を用いて通話することができる。

[0236]

携帯情報端末650はジャイロ、加速度センサなど傾きを検出する検出装置（図示せず）を内蔵している。そのため、筐体651を縦または横にすることで、表示部652aおよび表示部652bにおいて縦表示または横表示などの表示方向を切り替えることができる。

[0237]

また、携帯情報端末650には光センサ654が設けられており、携帯情報端末650は、光センサ654で検出される外光の光量に応じて表示部652aおよび表示部652bの輝度を最適に制御することができる。

[0238]

携帯情報端末650には電源658が設けられており、電源658は太陽電池660、および充放電制御回路670を有する。なお、図17(C)では充放電制御回路670の一例としてバッテリー671、DCDCコンバータ672、コンバータ673を有する構成について示しており、バッテリー671は、上記実施の形態で説明した蓄電装置を有している。

[0239]

また、携帯情報端末650はこの他に、様々な情報（静止画、動画、テキスト画像など）を表示する機能、カレンダー、日付また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また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。

[0240]

携帯情報端末650に装着された太陽電池660によって、電力を表示部また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660は、筐体651の片面又は両面に設けることができ、バッテリー671の充電を効率的に行う構成とすることができる。なおバッテリー671としては、本発明の一態様に係る蓄電装置を用いると、小型化を図ることができるなどの利点がある。

[0241]

また、図17(B)に示す充放電制御回路670の構成、および動作について図17(C)に示したブロック図を用いて説明する。図17(C)には、太陽電池660、バッテリー671、DCDCコンバータ672、コンバータ673、スイッチSW1乃至SW3、表示部652について示しており、バッテリー671、DCDCコンバータ672、コンバータ673、スイッチSW1乃至SW3が、図17(B)に示す充放電制御回路670に対応する箇所となる。

[0242]

まず、外光により太陽電池660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660で発電した電力は、バッテリー671を充電するための電圧となるようDCDCコンバータ672で昇圧または降圧がなされる。そして、表示部652の動作に太陽電池660からの電力が利用される際にはスイッチSW1をオンにし、コンバータ673で表示部652に必要な電圧に昇圧または降圧をすることとなる。また、表示部652での表示を行わない際には、SW1をオフにし、SW2をオンにしてバッテリー671の充電を行う構成とすればよい。

[0243]

なお、太陽電池660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バッテリー671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。

[0244]

さらに、電気機器の一例である移動体の例について、図18を用いて説明する。

[0245]

先の実施の形態で説明した蓄電装置を移動体のバッテリーに用いることができる。移動体のバッテリーは、プラグイン技術や非接触給電による外部からの電力供給により充電をすることができる。なお、移動体が鉄道用電気車両の場合、架線や導電軌条からの電力供給により充電をすることができる。

[0246]

図18は、電気自動車の一例を示している。電気自動車680には、バッテリー681が搭載されている。バッテリー681の電力は、制御回路682により出力が調整されて、駆動装置683に供給される。制御回路682は、図示しないROM、RAM、CPU等を有する処理装置684によって制御される。

[0247]

駆動装置683は、直流電動機若しくは交流電動機単体、または電動機と内燃機関と、を組み合わせで構成される。処理装置684は、電気自動車680の運転者の操作情報（加速、減速、停止など）や走行時の情報（上り坂や下り坂等の情報、駆動輪にかかる負荷情報など）の入力情報に基づき、制御回路682に制御信号を出力する。制御回路682は、処理装置684の制御信号により、バッテリー681から供給される電気エネルギーを調整して駆動装置683の出力を制御する。交流電動機を搭載している場合は、図示していないが、直流を交流に変換するインバータも内蔵される。

[0248]

バッテリー681は、プラグイン技術による外部からの電力供給により充電することができる。例えば、商用電源から電源プラグを通じてバッテリー681に充電する。充電は、AC/DCコンバータ等の変換装置を介して、一定の電圧値を有する直流定電圧に変換して行うことができる。バッテリー681として、本発明の一態様に係る蓄電装置を搭載することで、電池の高容量化などに寄与することができ、利便性を向上させることができる。また、バッテリー681の特性の向上により、バッテリー681自体を小型軽量化することができれば、車両の軽量化に寄与するため、燃費を向上させることができる。

[0249]

（本明細書等の記載に関する付記）

以上の実施の形態、及び実施の形態における各構成の説明について、以下に付記する。

[0250]

各実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示す構成と適宜組み合わせで、本発明の一態様とすることができる。また、1つの実施の形態の中に、複数の構成例が示される場合は、構成例を適宜組み合わせることが可能である。

[0251]

なお、ある一つの実施の形態の中で述べる内容（一部の内容でもよい）は、その実施の形態で述べる別の内容（一部の内容でもよい）、及び／又は、一つ若しくは複数の別の実施の形態で述べる内容（一部の内容でもよい）に対して、適用、組み合わせ、又は置き換えなどを行うことができる。

[0252]

なお、実施の形態の中で述べる内容とは、各々の実施の形態において、様々な図を用いて述べる内容、又は明細書に記載される文章を用いて述べる内容のことである。

[0253]

なお、ある一つの実施の形態において述べる図（一部でもよい）は、その図の別の部分、その実施

の形態において述べる別の図（一部でもよい）、及び／又は、一つ若しくは複数の別の実施の形態において述べる図（一部でもよい）に対して、組み合わせることにより、さらに多くの図を構成させることができる。

[0254]

また本明細書等において、ブロック図では、構成要素を機能毎に分類し、互いに独立したブロックとして示している。しかしながら実際の回路等においては、構成要素を機能毎に切り分けることが難しく、一つの回路に複数の機能が係わる場合や、複数の回路にわたって一つの機能が関わる場合があり得る。そのため、ブロック図のブロックは、明細書で説明した構成要素に限定されず、状況に応じて適切に言い換えることができる。

[0255]

また、図面において、大きさ、層の厚さ、又は領域は、説明の便宜上任意の大きさに示したものである。よって、必ずしもそのスケールに限定されない。なお図面は明確性を期すために模式的に示したものであり、図面に示す形状又は値などに限定されない。例えば、ノイズによる信号、電圧、若しくは電流のばらつき、又は、タイミングのずれによる信号、電圧、若しくは電流のばらつきなどを含むことが可能である。

[0256]

本明細書等において、トランジスタの接続関係を説明する際、「ソース又はドレインの一方」（又は第1電極、又は第1端子）、ソースとドレインとの他方を「ソース又はドレインの他方」（又は第2電極、又は第2端子）という表記を用いる。これは、トランジスタのソースとドレインは、トランジスタの構造又は動作条件等によって変わるためである。なおトランジスタのソースとドレインの呼称については、ソース（ドレイン）端子や、ソース（ドレイン）電極等、状況に応じて適切に言い換えることができる。

[0257]

また、本明細書等において「電極」や「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」や「配線」の用語は、複数の「電極」や「配線」が一体となって形成されている場合なども含む。

[0258]

また、本明細書等において、電圧と電位は、適宜言い換えることができる。電圧は、基準となる電位からの電位差のことであり、例えば基準となる電位をグラウンド電圧（接地電圧）とすると、電圧を電位に言い換えることができる。グラウンド電位は必ずしも0Vを意味するとは限らない。なお電位は相対的なものであり、基準となる電位によっては、配線等に与える電位を変化させる場合がある。

[0259]

なお本明細書等において、「膜」、「層」などの語句は、場合によっては、または、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な場合がある。または、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な場合がある。

[0260]

本明細書等において、スイッチとは、導通状態（オン状態）、または、非導通状態（オフ状態）になり、電流を流すか流さないかを制御する機能を有するものをいう。または、スイッチとは、電流を

流す経路を選択して切り替える機能を有するものをいう。

[0261]

本明細書等において、チャンネル長とは、例えば、トランジスタの上面図において、半導体（またはトランジスタがオン状態のときに半導体の中で電流の流れる部分）とゲートとが重なる領域、またはチャンネルが形成される領域における、ソースとドレインとの間の距離をいう。

[0262]

本明細書等において、チャンネル幅とは、例えば、半導体（またはトランジスタがオン状態のときに半導体の中で電流の流れる部分）とゲート電極とが重なる領域、またはチャンネルが形成される領域における、ソースとドレインとが向かい合っている部分の長さをいう。

[0263]

本明細書等において、AとBとが接続されている、とは、AとBとが直接接続されているものの他、電氣的に接続されているものを含むものとする。ここで、AとBとが電氣的に接続されているとは、AとBとの間で、何らかの電氣的作用を有する対象物が存在するとき、AとBとの電気信号の授受を可能とするものをいう。

[符号の説明]

[0264]

100：蓄電装置、110：電池管理回路、111：電圧モニタ回路、112：電流モニタ回路、113：演算装置、114：端子、120：組電池セル、121：電池セル

請求の範囲

[請求項 1]

電池セルの電池管理回路であって、
電圧モニタ回路を有し、
前記電圧モニタ回路は、マルチプレクサと、前記マルチプレクサを制御する信号を出力するバッファ回路と、を有し、
前記マルチプレクサおよび前記バッファ回路は、 n チャネル型トランジスタで構成され、
前記 n チャネル型トランジスタは、チャネル形成領域が酸化物半導体を有するトランジスタである、電池管理回路。

[請求項 2]

請求項 1 において、
前記マルチプレクサは、前記トランジスタをオフ状態とすることで前記電池セルの出力電圧を保持する機能を有する、電池管理回路。

[請求項 3]

請求項 1 または請求項 2 において、
前記電池管理回路は、
カルマンフィルタを利用した演算処理を行う演算処理回路を有する、電池管理回路。

[請求項 4]

直列接続された複数の電池セルと、電池管理回路と、を有し、
前記電池管理回路は、前記電池セルのいずれか一における一対の電極間の電圧値を取得する機能を有する電圧モニタ回路を有し、
前記電圧モニタ回路は、マルチプレクサと、前記マルチプレクサを制御する信号を出力するバッファ回路と、を有し、
前記マルチプレクサおよび前記バッファ回路は、 n チャネル型トランジスタで構成され、
前記 n チャネル型トランジスタは、チャネル形成領域が酸化物半導体を有するトランジスタである、蓄電装置。

[請求項 5]

請求項 4 において、
前記マルチプレクサは、前記トランジスタをオフ状態とすることで前記電池セルの出力電圧を保持する機能を有する、蓄電装置。

[請求項 6]

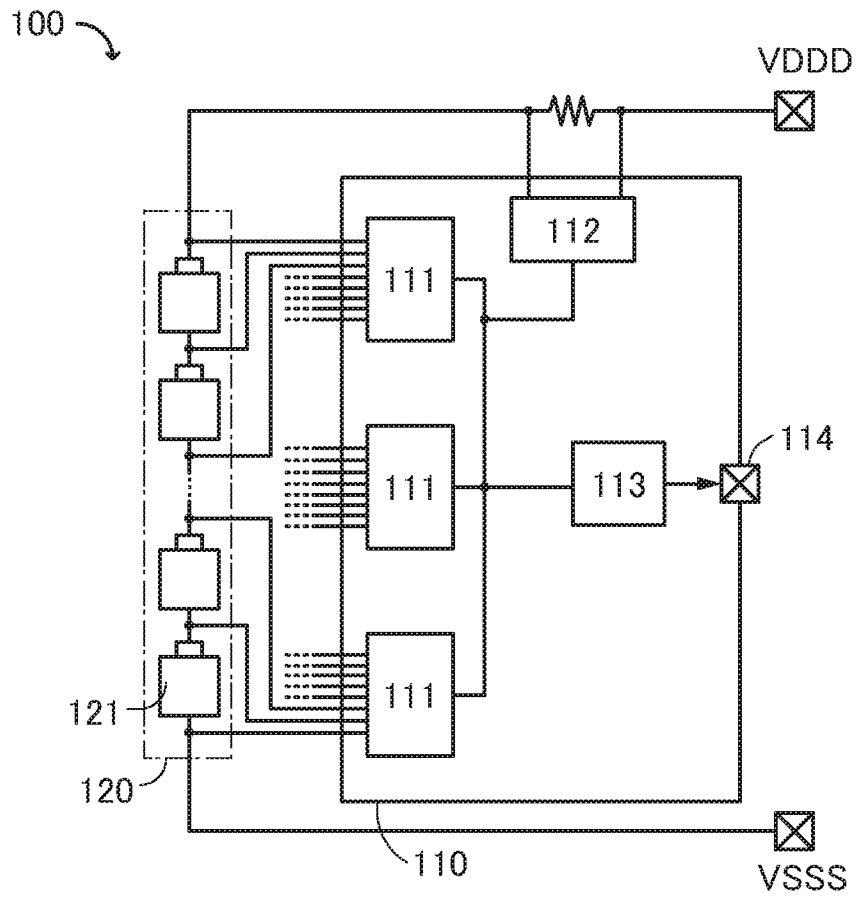
請求項 4 または請求項 5 において、
前記電池管理回路は、
カルマンフィルタを利用した演算処理を行う演算処理回路を有する、蓄電装置。

[請求項 7]

請求項 4 乃至 6 のいずれか一に記載の蓄電装置と、
表示部と、を有する電気機器。

[図 1]

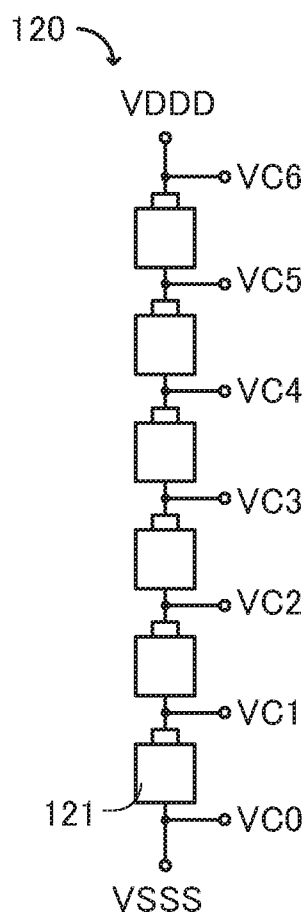
1/18



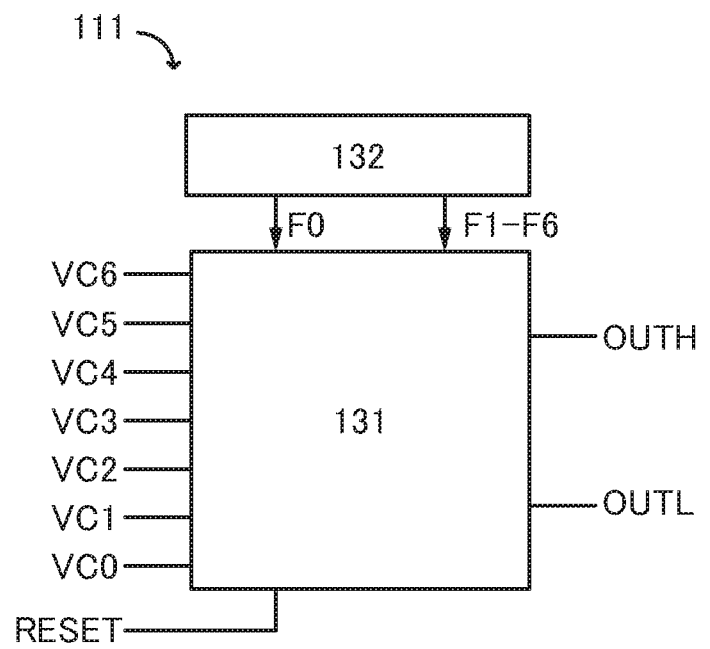
[図2]

2/18

(A)

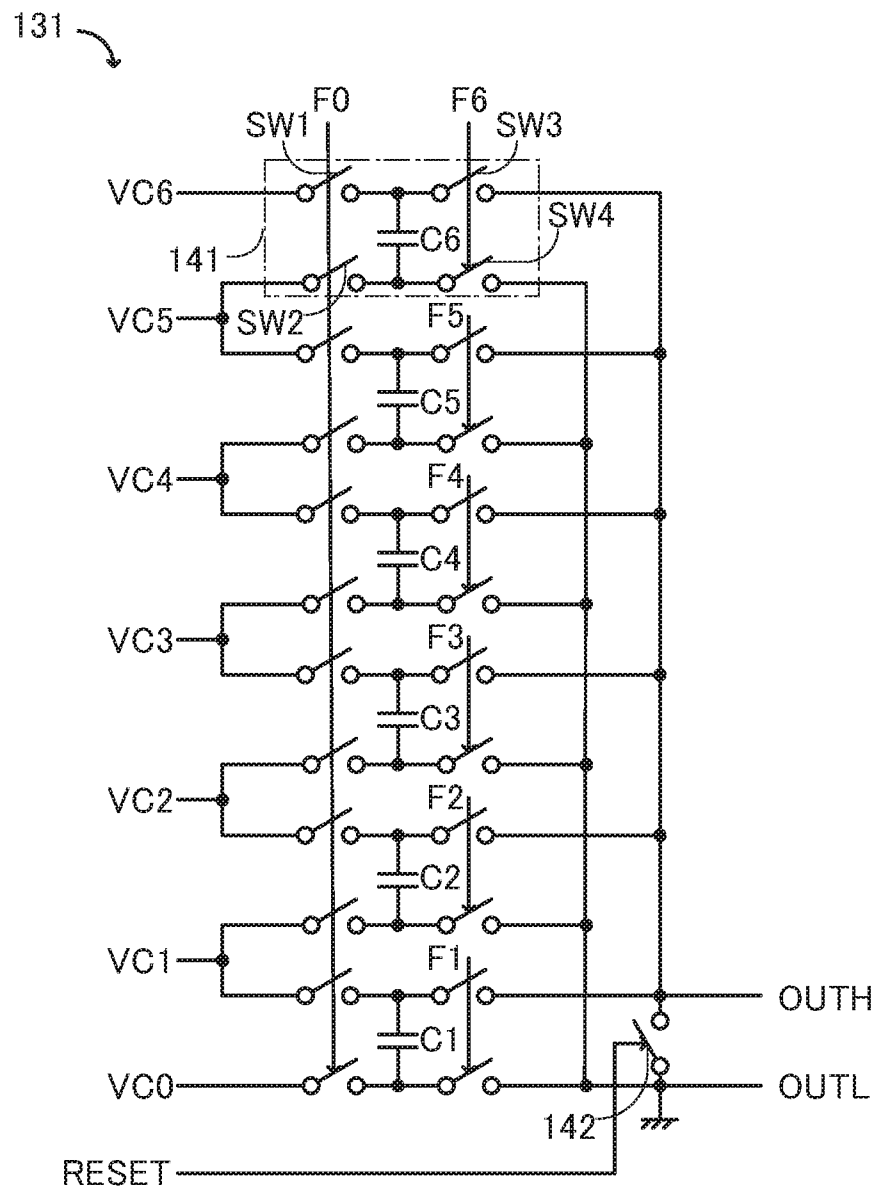


(B)



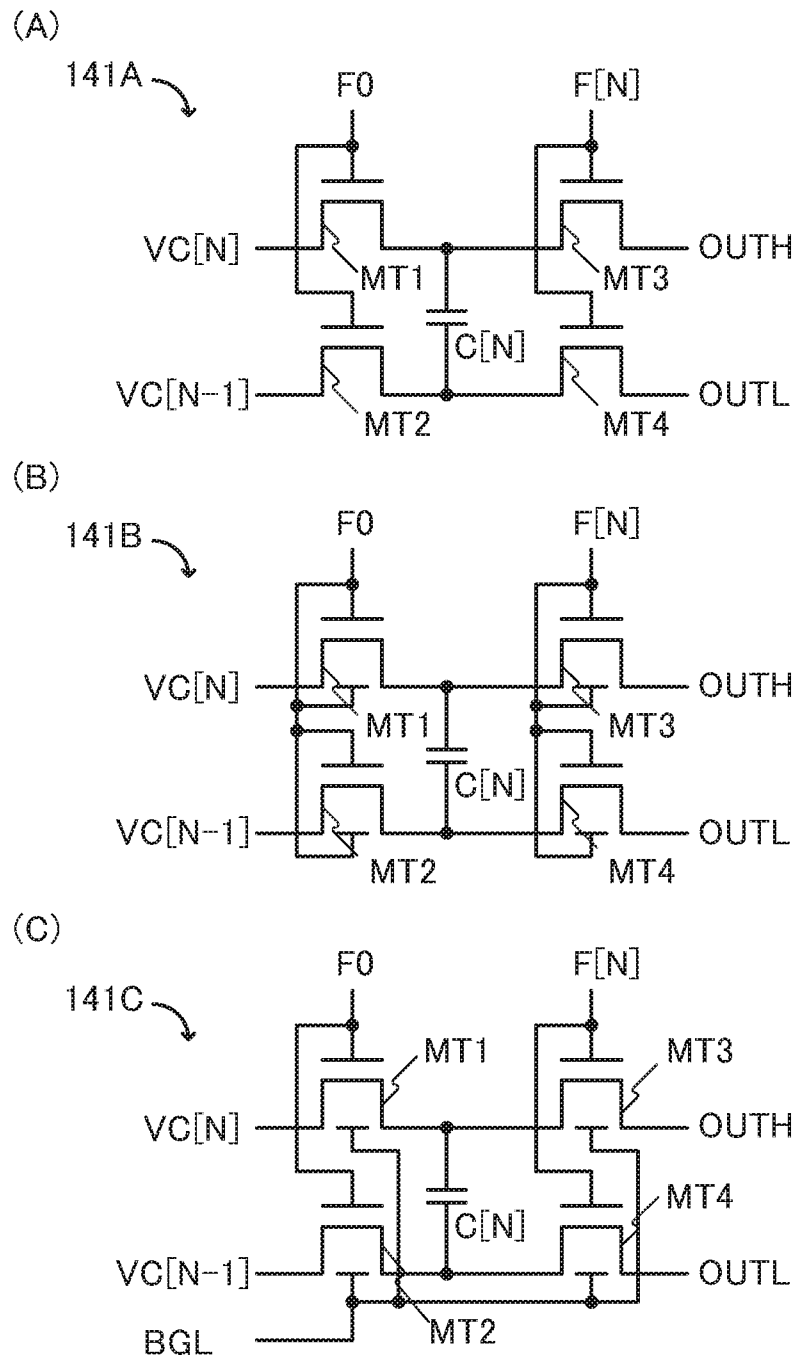
[図3]

3/18

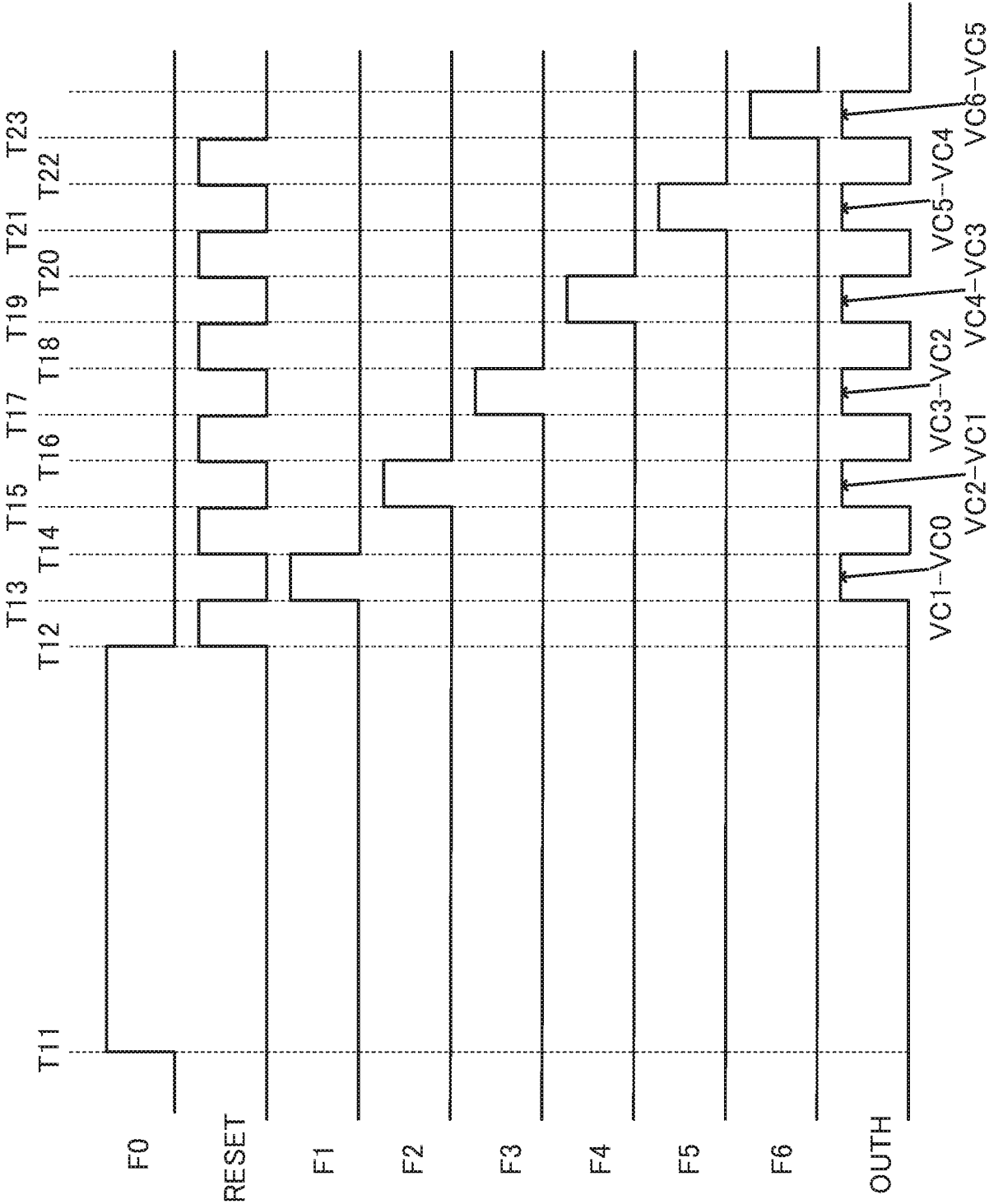


[図4]

4/18



[圖5]

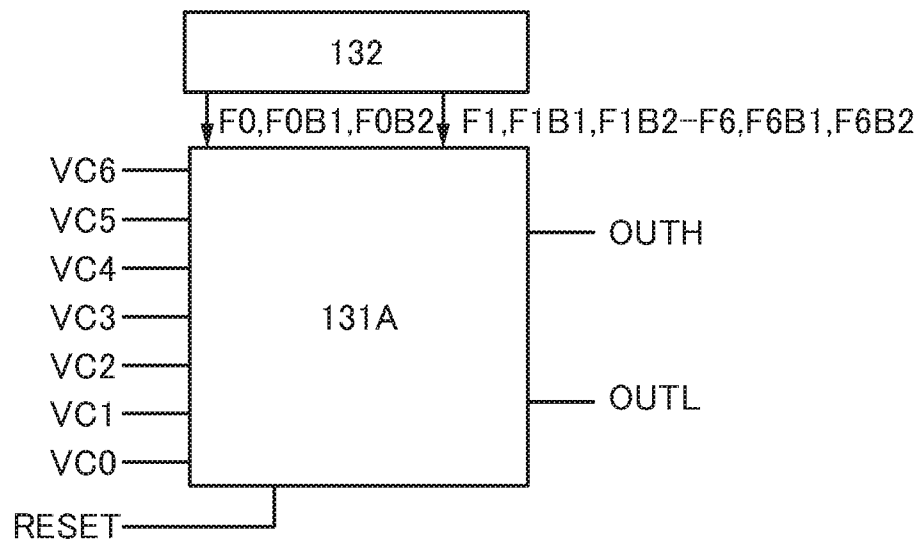


[図 6]

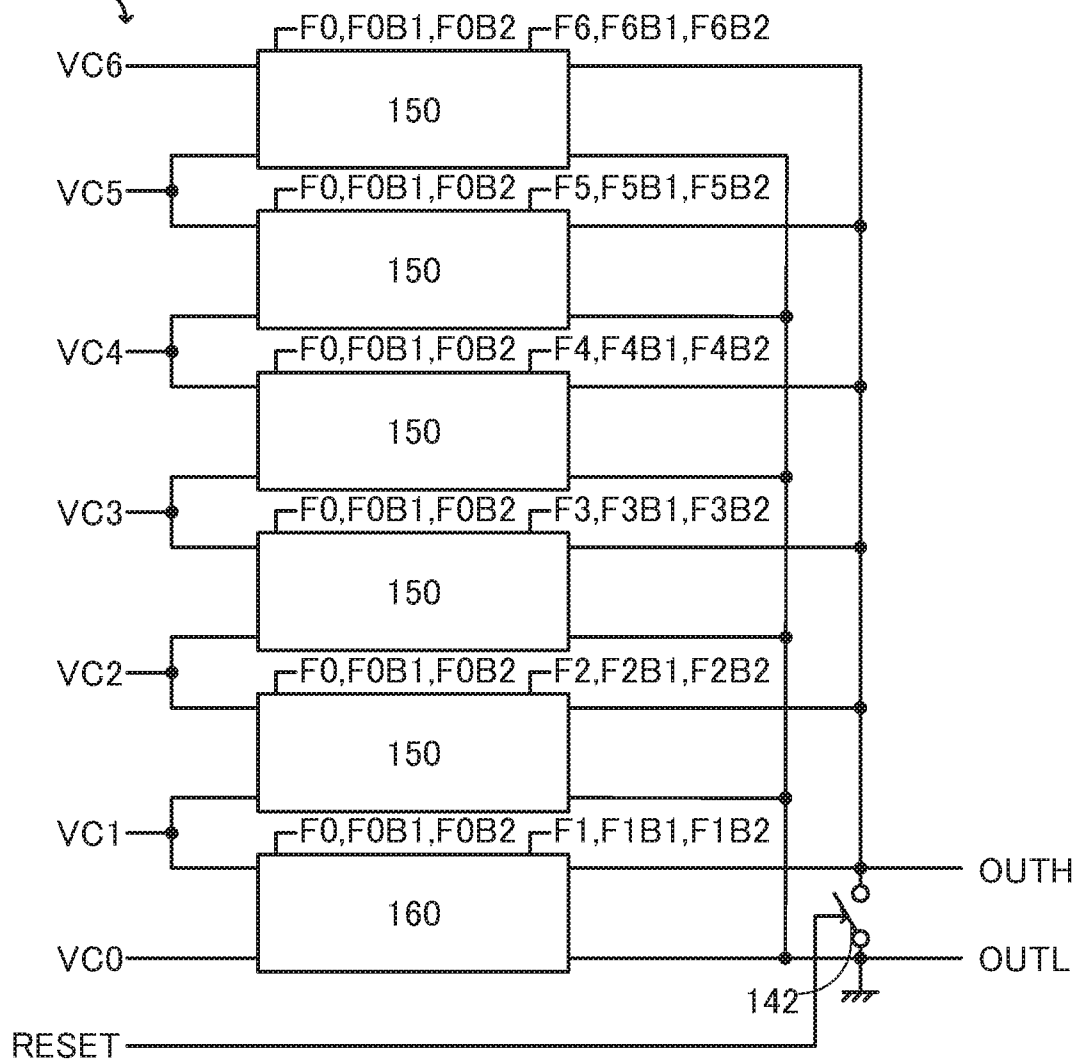
(A)

6/18

111A 



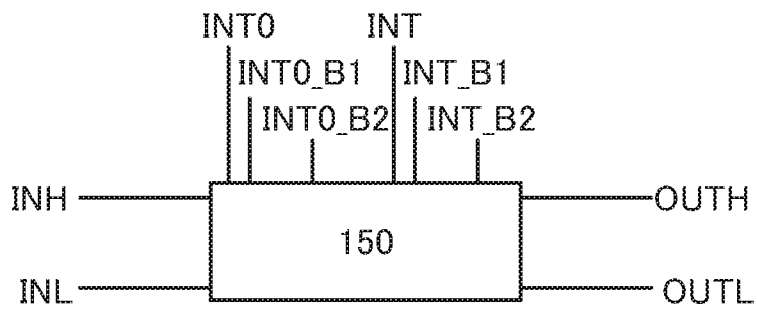
(B) 131A 



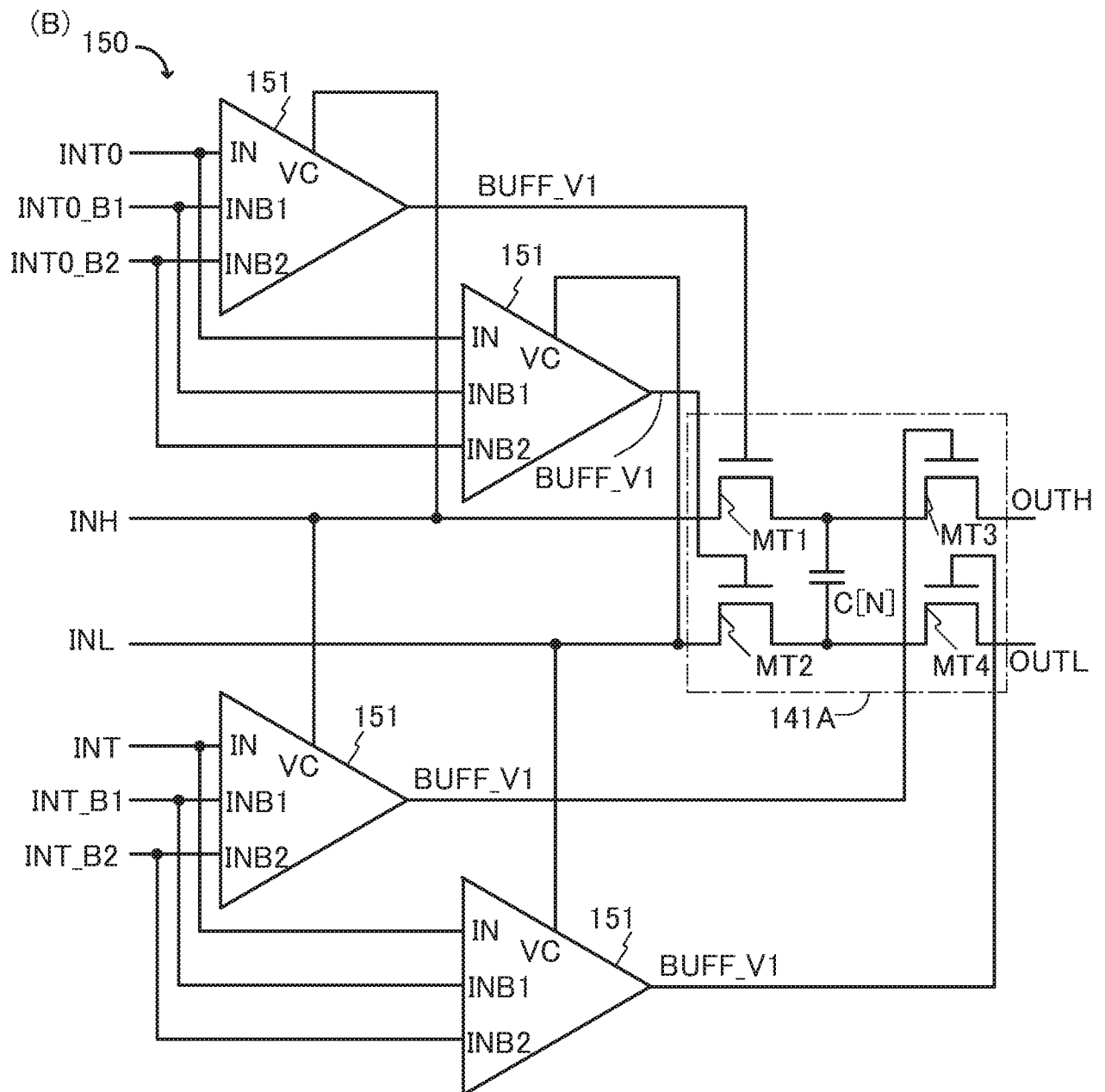
[図 7]

7/18

(A)



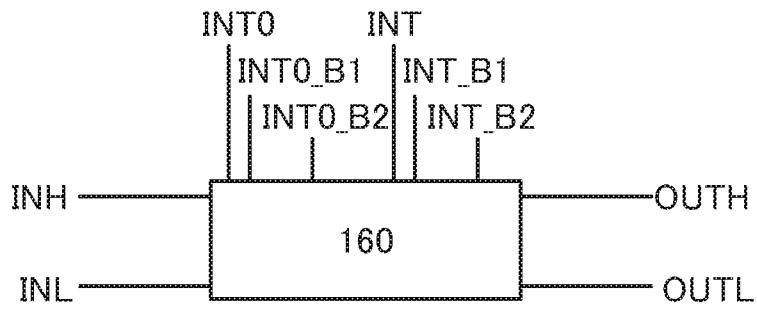
(B)



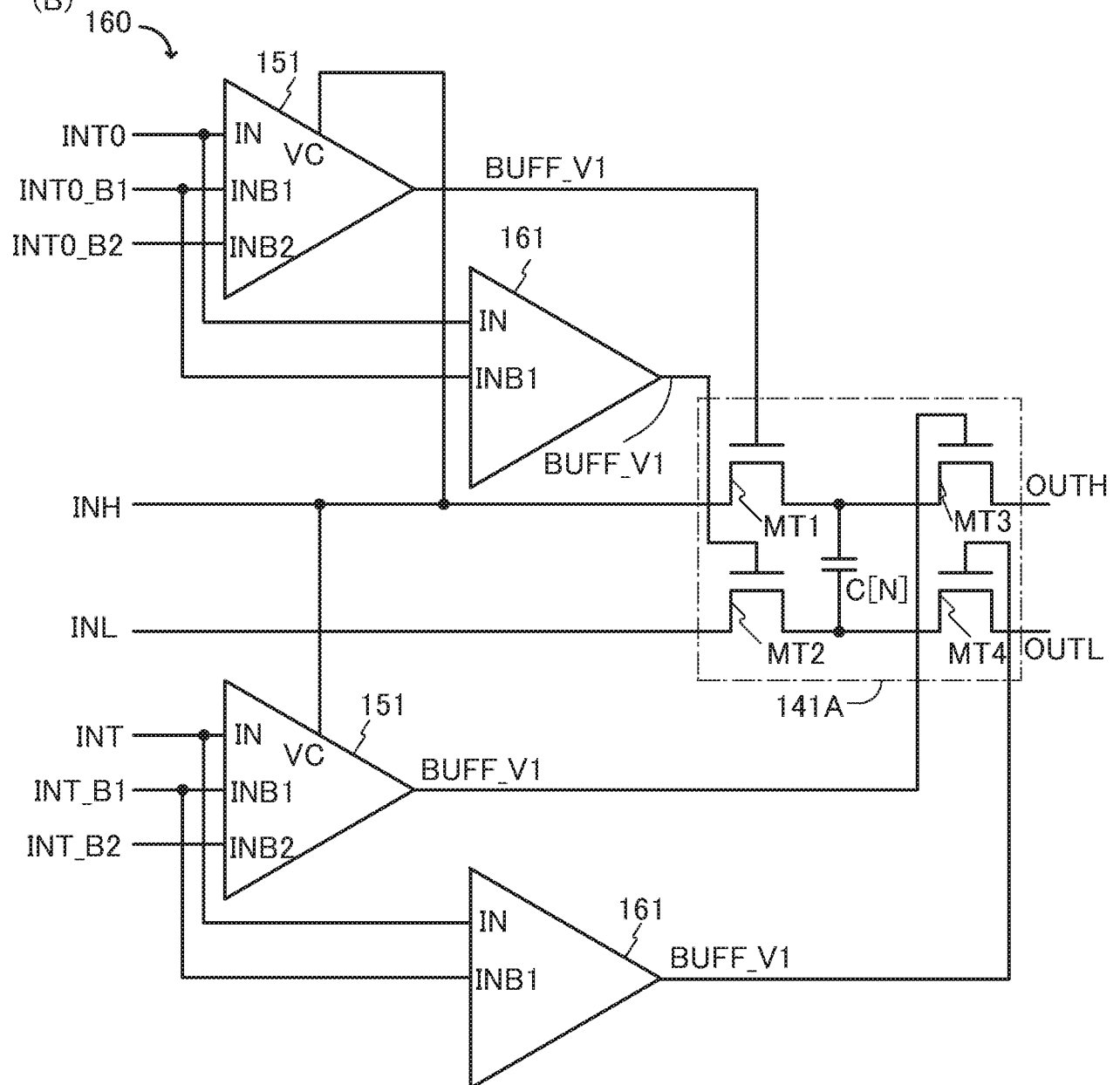
[図8]

8/18

(A)



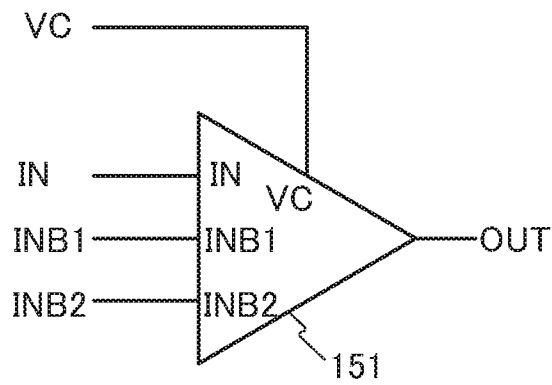
(B)



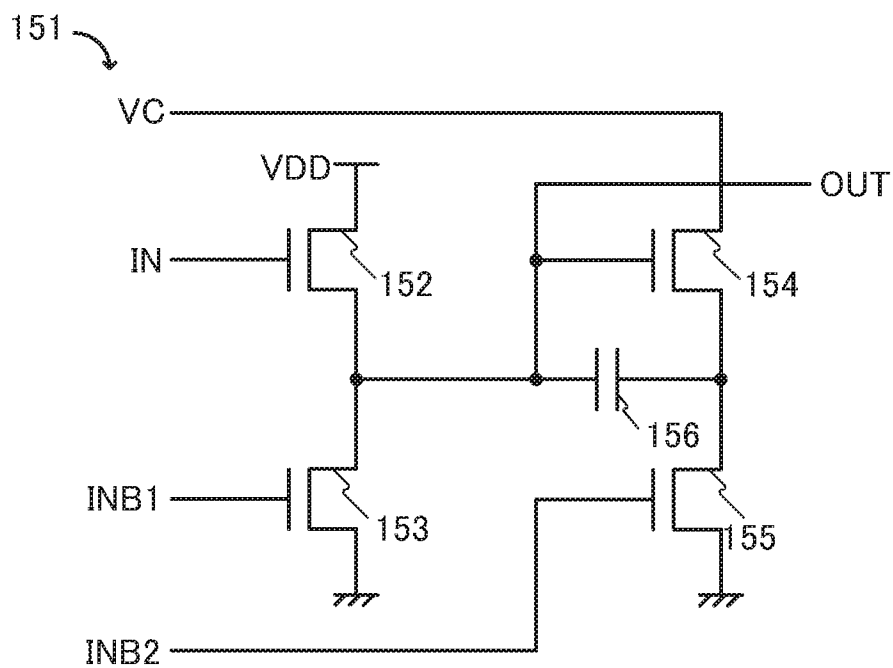
[図9]

9/18

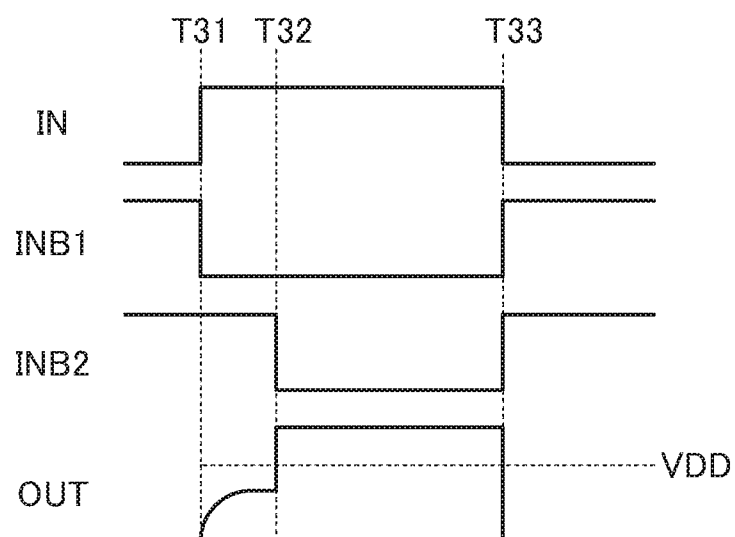
(A)



(B)



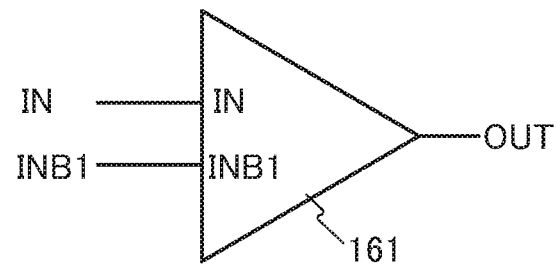
(C)



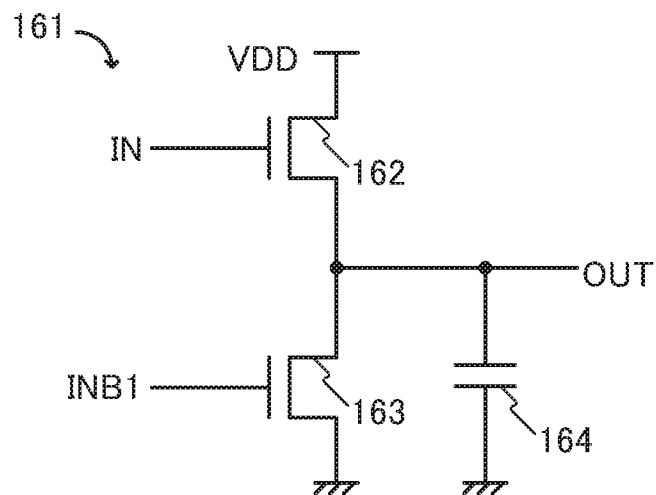
[図10]

10/18

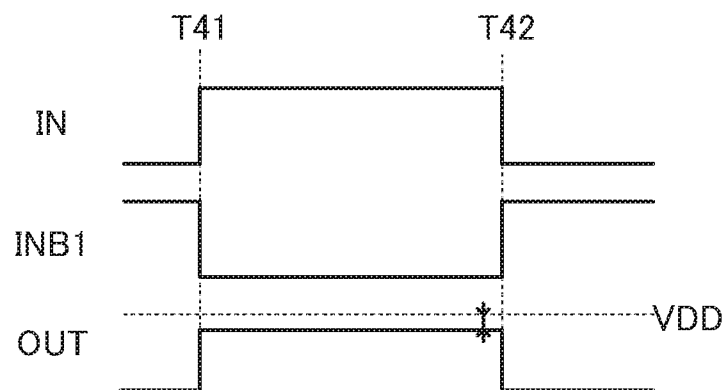
(A)



(B)

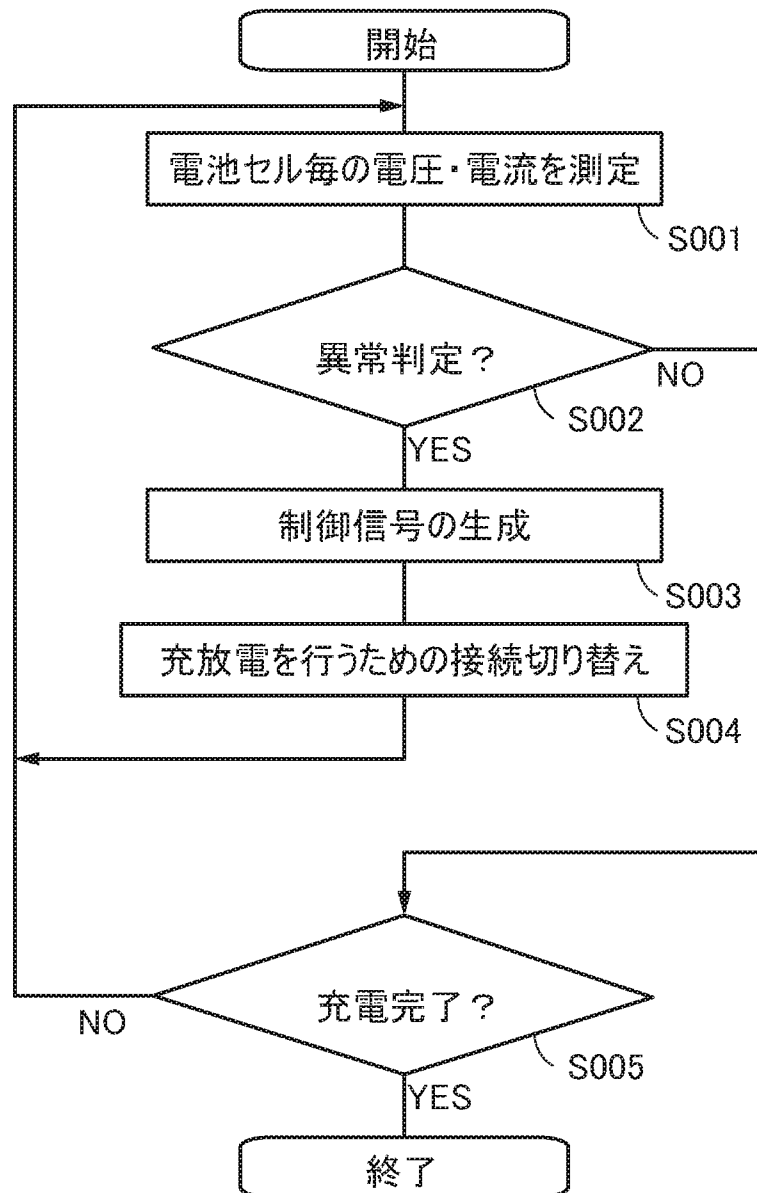


(C)



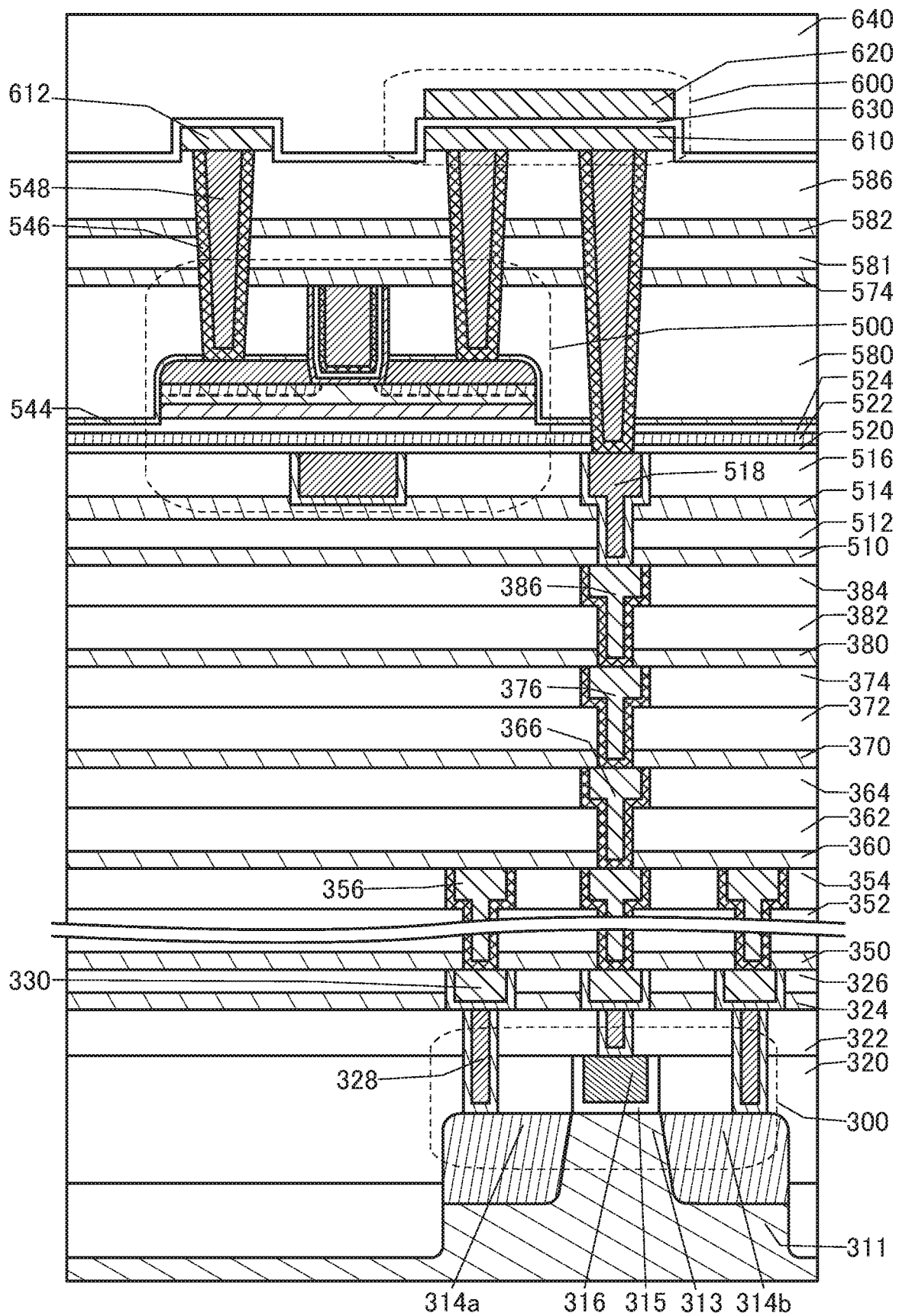
[図 11]

11/18



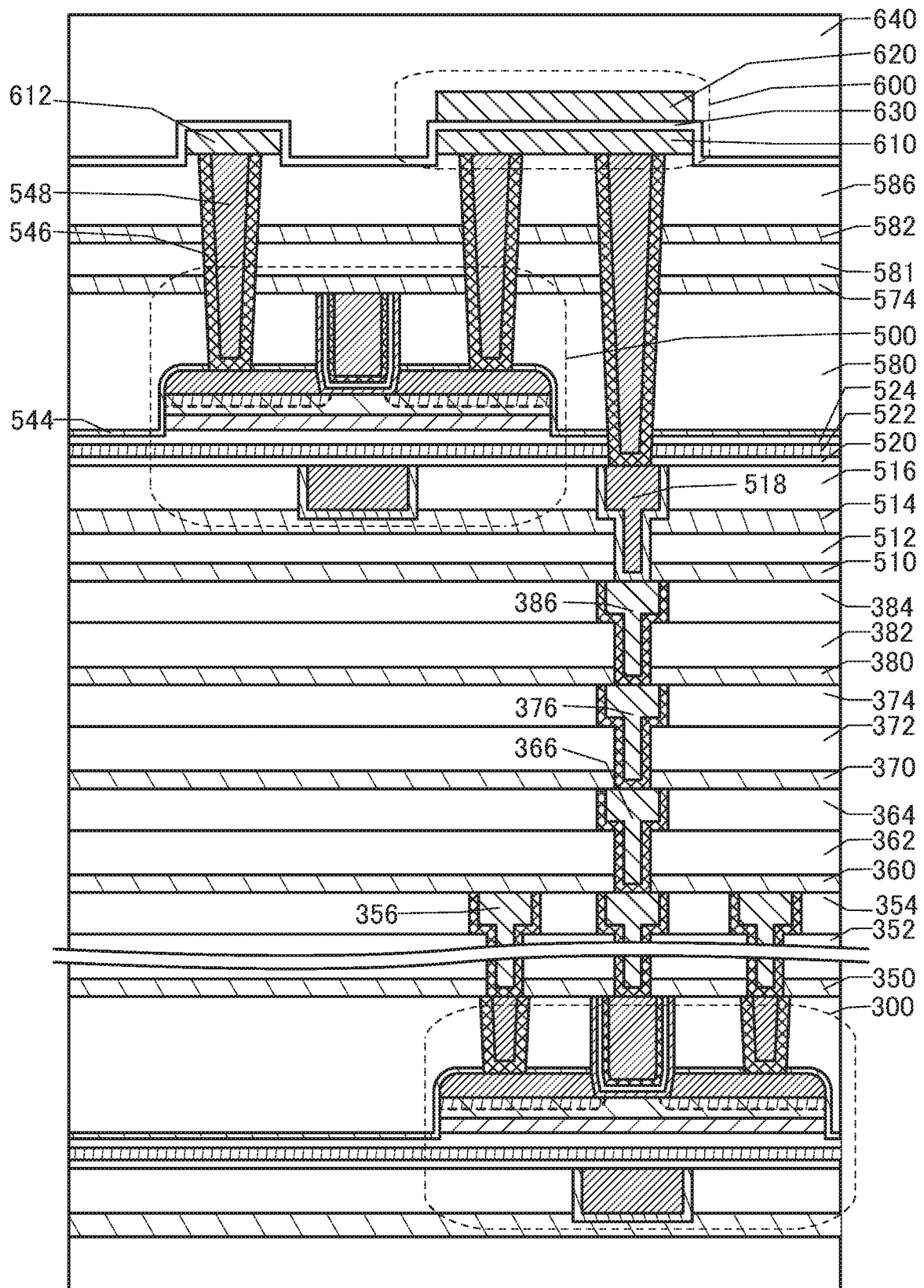
[図12]

12/18



[圖 13]

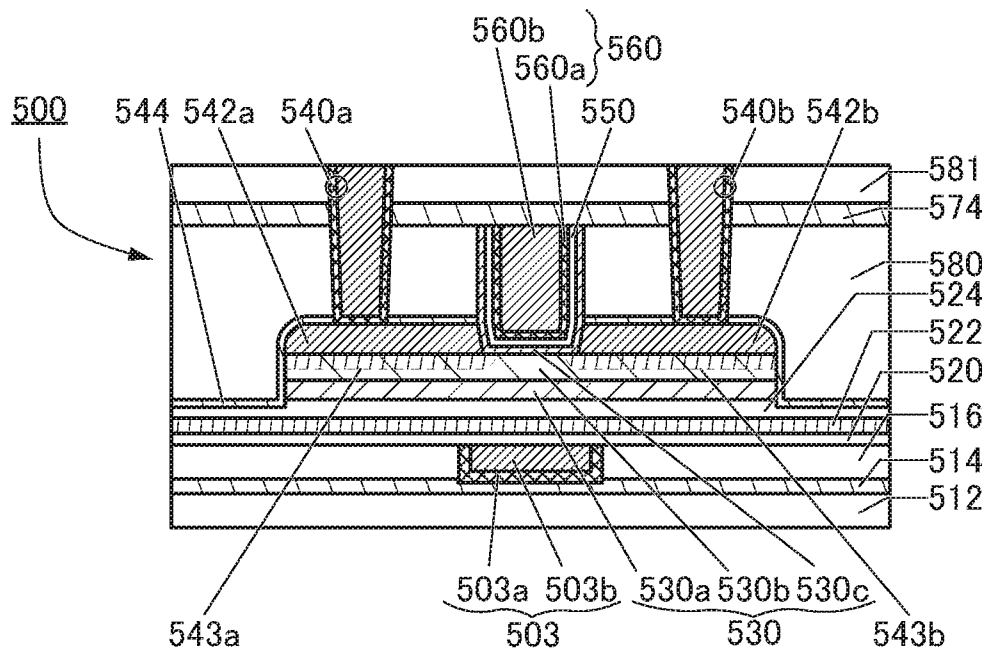
13/18



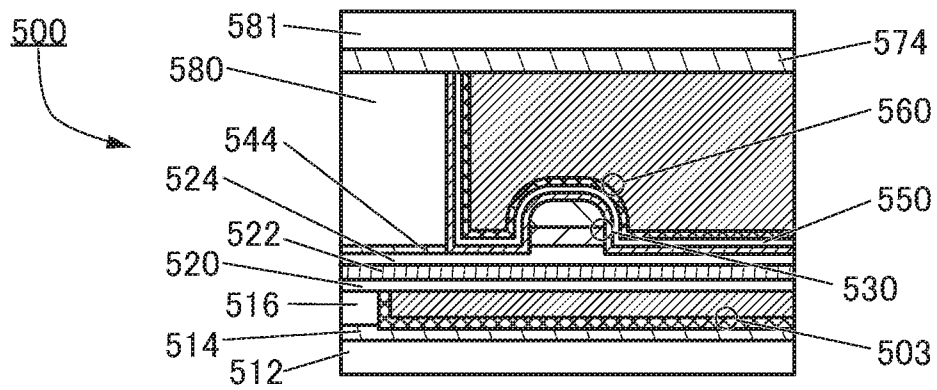
[図 14]

14/18

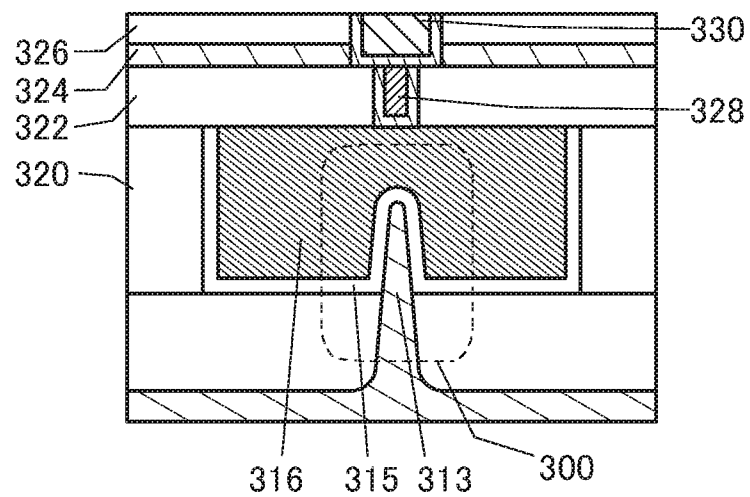
(A)



(B)



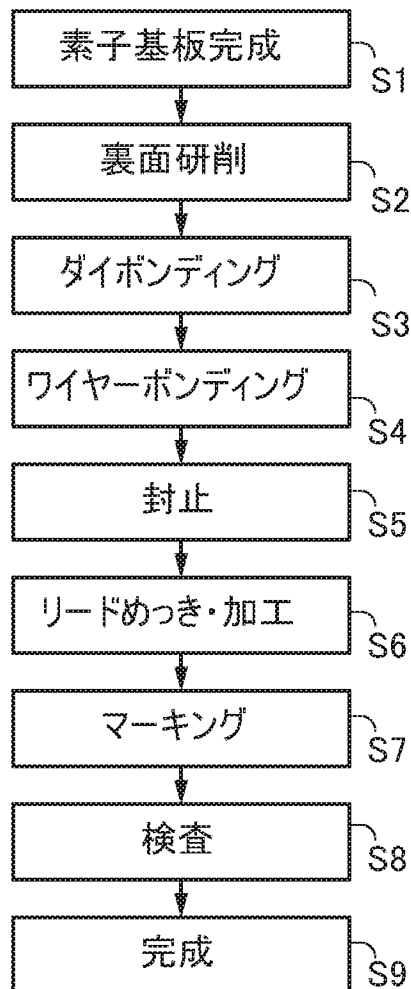
(C)



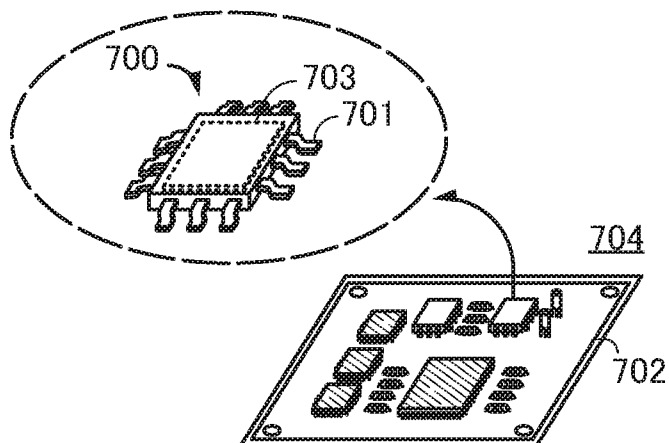
[図15]

15/18

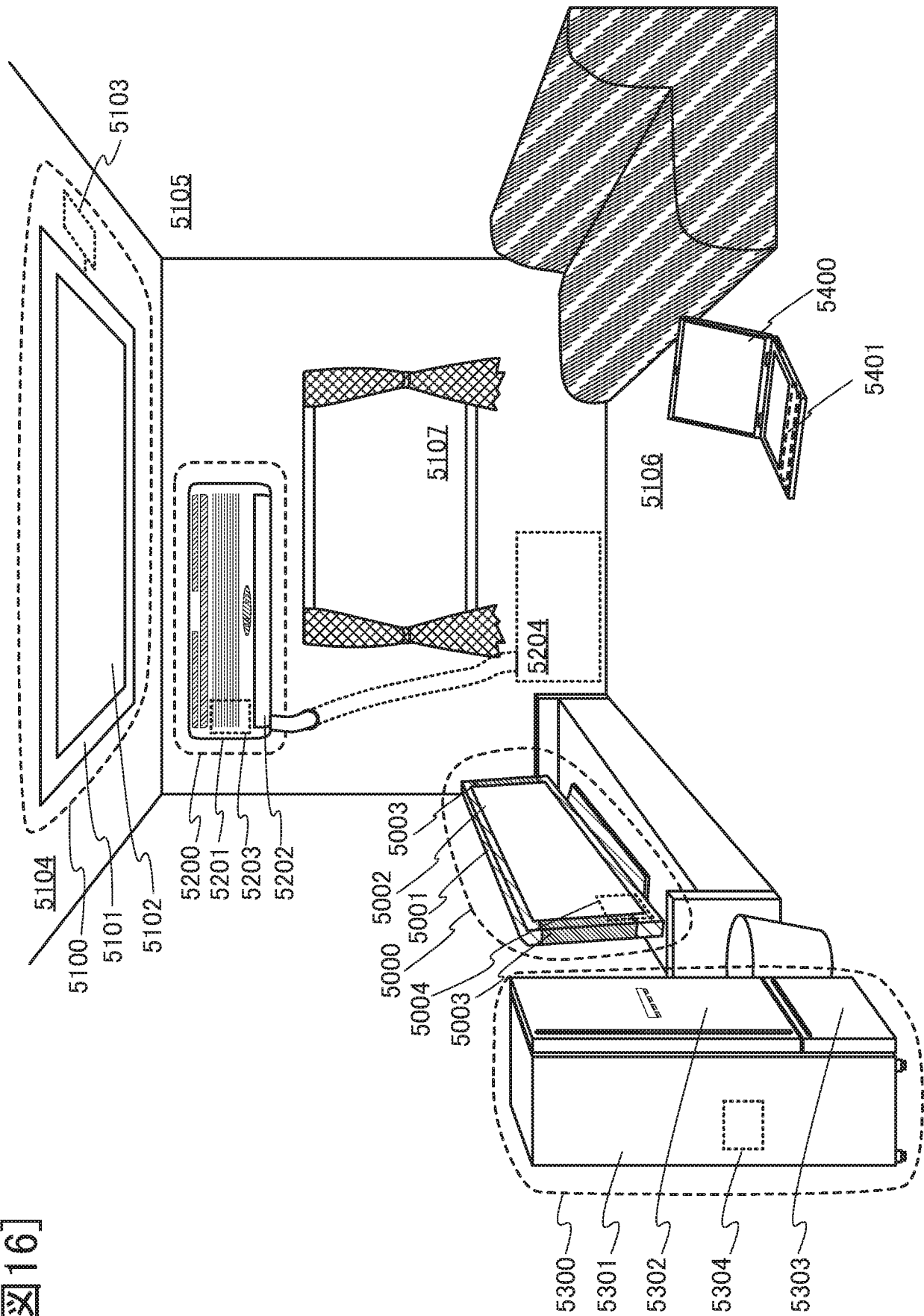
(A)



(B)

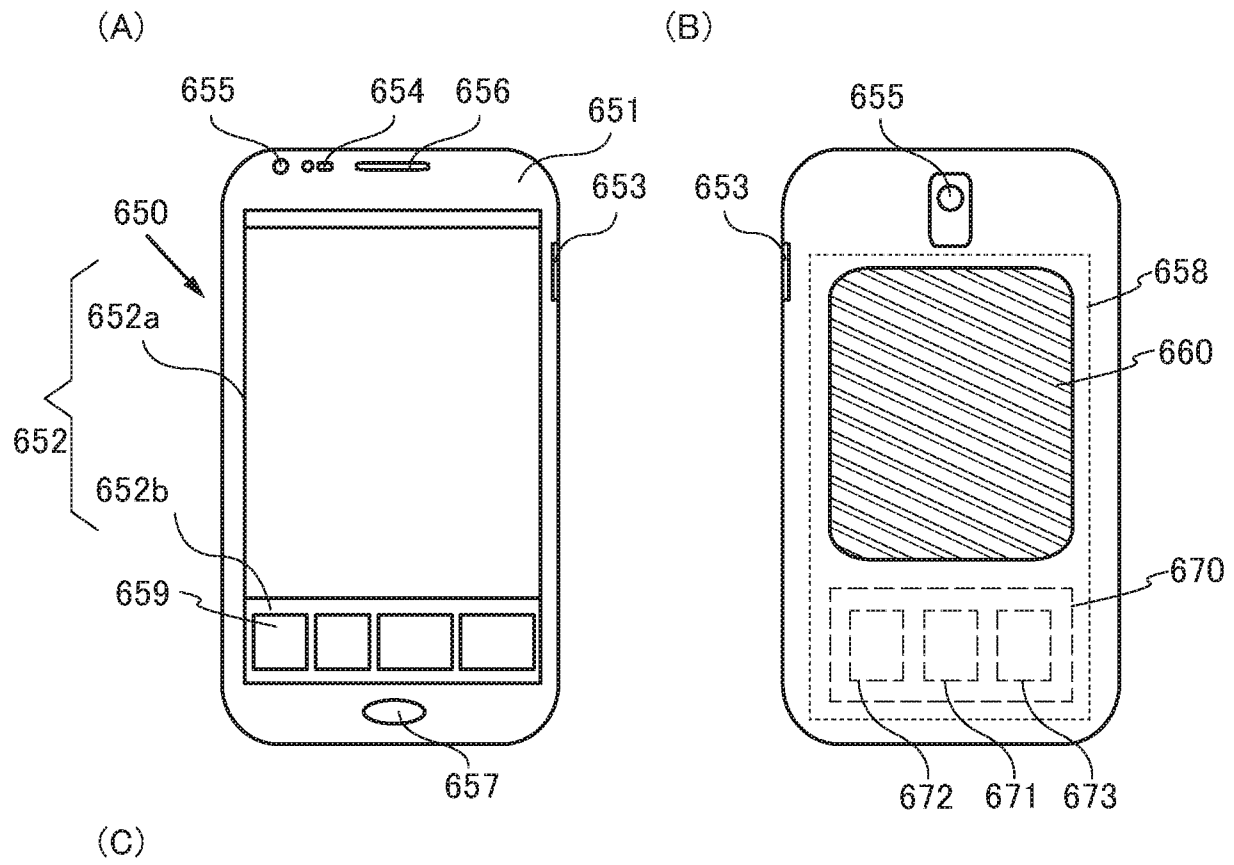


[図16]



[図17]

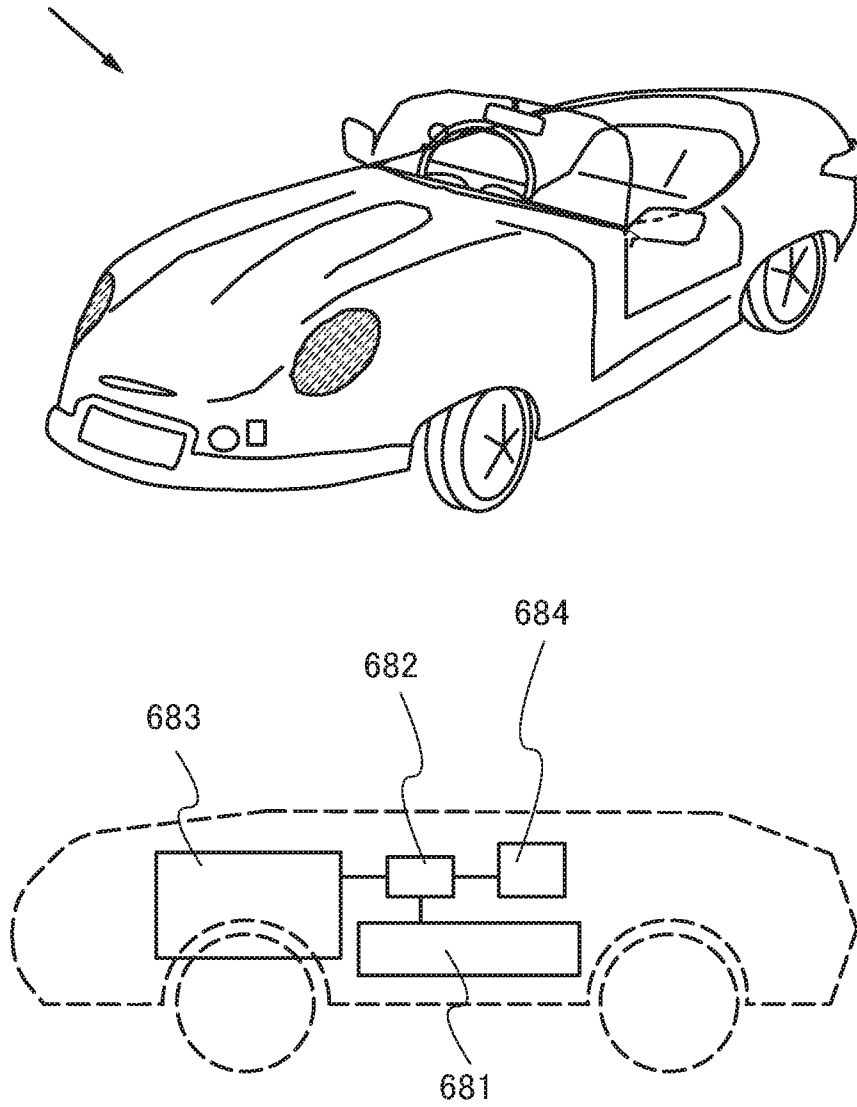
17/18



[図18]

18/18

680



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2019/055319

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01R19/165(2006.01)i, G01R31/388(2019.01)i, H01L29/786(2006.01)i, H02J7/02(2016.01)i, H03K17/00(2006.01)n

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)

Int.Cl. G01R19/165, G01R31/388, H01L29/786, H02J7/02, H03K17/00

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 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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 2007-101317 A (YAZAKI CORPORATION) 19 April 2007, paragraphs [0039]-[0046], [0050]-[0052], fig. 1 & US 2007/0078616 A1, paragraphs [0040]-[0048], [0052]-[0055], fig. 1	1-7
Y	JP 2014-143185 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.) 07 August 2014, paragraphs [0153]-[0155] & US 2014/0184172 A1, paragraphs [0176]-[0178]	1-7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

02.09.2019

Date of mailing of the international search report

10.09.2019

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2019/055319

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2018/051442 A1 (TOSHIBA CORPORATION) 22 March 2018, paragraph [0104] (Family: none)	3, 6
A	JP 2015-23698 A (SPANSION LLC) 02 February 2015, entire text, all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2007-232417 A (HITACHI, LTD.) 13 September 2007, entire text, all drawings & US 2007/0202371 A1	1-7
A	JP 2013-534618 A (NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION) 05 September 2013, entire text, all drawings & US 2011/0291485 A1 & WO 2011/153161 A2 & CN 102918412 A	1-7
A	US 7221192 B1 (ADVANCED MICRO DEVICES, INC.) 22 May 2007, entire text, all drawings (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01R19/165(2006.01)i, G01R31/388(2019.01)i, H01L29/786(2006.01)i, H02J7/02(2016.01)i, H03K17/00(2006.01)n

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01R19/165, G01R31/388, H01L29/786, H02J7/02, H03K17/00

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で利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 2007-101317 A (矢崎総業株式会社) 2007.04.19, 段落0039-0046, 0050-0052, 図1 & US 2007/0078616 A1, 段落0040-0048, 0052-0055, Fig. 1	1-7
Y	JP 2014-143185 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 2014.08.07, 段落0153-0155 & US 2014/0184172 A1, 段落0176-0178	1-7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02.09.2019

国際調査報告の発送日

10.09.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/JP）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

島▲崎▼ 純一

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

2S

9107

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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	WO 2018/051442 A1 (株式会社東芝) 2018.03.22, 段落0104 (ファミリーなし)	3, 6
A	JP 2015-23698 A (スパンション エルエルシー) 2015.02.02, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2007-232417 A (株式会社日立製作所) 2007.09.13, 全文, 全図 & US 2007/0202371 A1	1-7
A	JP 2013-534618 A (ナショナル セミコンダクター コーポレーション) 2013.09.05, 全文, 全図 & US 2011/0291485 A1 & WO 2011/153161 A2 & CN 102918412 A	1-7
A	US 7221192 B1 (ADVANCED MICRO DEVICES, INC.) 2007.05.22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7