

(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6月25日(25.06.2020)



(10) 国際公開番号

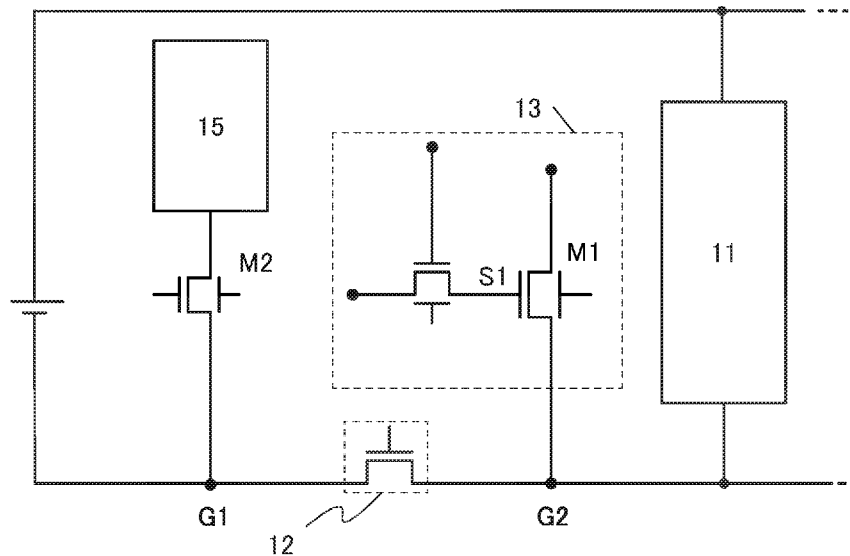
WO 2020/128702 A1

- (51) 国際特許分類:
H02H 7/18 (2006.01) *H01M 10/48* (2006.01)
H01M 10/44 (2006.01) *H02J 7/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/IB2019/060459
- (22) 国際出願日: 2019年12月5日(05.12.2019)
- (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 2018-237087 2018年12月19日(19.12.2018) JP
特願 2018-240100 2018年12月21日(21.12.2018) 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398 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 上 妻 宗 広 (KOZUMA, Munehiro); 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398 Kanagawa (JP). 池田隆之 (IKEDA, Takayuki); 〒2430036 神奈川県厚木市長谷398 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, 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,

(54) Title: OVER-DISCHARGE PREVENTION CIRCUIT FOR SECONDARY BATTERY AND SECONDARY BATTERY MODULE

(54) 発明の名称: 二次電池の過放電防止回路及び二次電池モジュール

図1



(57) Abstract: The present invention prevents rapid deterioration caused by off-leak current in an over-discharged state. In order to avoid an over-discharged state, secondary battery characteristics are preserved by constructing a low-leak-current control circuit with a transistor that uses an oxide semiconductor. In addition, a system having incorporated therein a control signal generation circuit is also created. This system configuration allows the control circuit to transition to a low-power-consumption mode in response to a circuit operation that takes place after detecting over-discharge. Further, in restoration from an over-discharged state, the control circuit is caused to transition to a normal operation mode in response

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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))
- 白黒。出願原本にはカラー又はグレースケールの情報が含まれており、PATENTSCOPE からのダウンロードが可能。

to a voltage rise when charging is initiated.

(57) 要約: 過放電状態でオフリーク電流による急速な劣化を防ぐ。過放電状態とならないようにするため、低リーク電流の制御回路を酸化物半導体を用いたトランジスタで構成し、二次電池の特性を保持する。また、制御信号生成回路も一体化したシステムを構成する。このシステム構成によって、過放電検出後の回路動作に合わせて制御回路を低消費電力モードに移行させる。また、過放電状態からの復帰は充電開始の電圧上昇に合わせて、制御回路を通常動作モードに移行させる。

明細書

発明の名称

二次電池の過放電防止回路及び二次電池モジュール

技術分野

[0001]

本発明の一様態は、物、方法、又は、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、又は、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関する。本発明の一様態は、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、またはそれらの製造方法に関する。特に、充電制御システム、充電制御方法、及び二次電池を有する電子機器に関する。本発明の一様態は、車両、または車両に設けられる車両用電子機器に関する。

[0002]

なお、本明細書中において、蓄電装置とは、蓄電機能を有する素子及び装置全般を指すものである。例えば、リチウムイオン二次電池などの蓄電池（二次電池ともいう）、リチウムイオンキャパシタ、全固体電池、及び電気二重層キャパシタなどを含む。

背景技術

[0003]

近年、リチウムイオン二次電池、リチウムイオンキャパシタ、空気電池等、種々の蓄電装置の開発が盛んに行われている。特に高出力、高エネルギー密度であるリチウムイオン二次電池は、携帯電話、スマートフォン、タブレット、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（HEV）、電気自動車（EV）、もしくはプラグインハイブリッド車（PHEV）等の次世代クリーンエネルギー自動車など、半導体産業の発展と併せて急速にその需要が拡大し、充電可能なエネルギーの供給源として現代の情報化社会に不可欠なものとなっている。

[0004]

電気自動車（EV）はメーカーからの注意事項の一つに長時間使用しない時は3か月に1回充電することが推奨されており、バッテリー残量がゼロの状態でも2週間放置するとバッテリーが損傷する恐れがあるとしている。これらの要因は過放電状態とみられる。

[0005]

また、外出先でスマートフォン、タブレットなどの電力が足りなくなりそうな場合、補充するために携帯型二次電池（モバイルバッテリーとも呼ばれる）も普及してきている。携帯機器の設計が、電池を取り外して交換できない一体型設計が増えているため、モバイルバッテリーの需要が生まれている。

[0006]

スマートフォンや、タブレットや、ノート型コンピュータ等には、メインの二次電池とは別に、日付、時間の情報を保持するために小型の二次電池を有している。

[0007]

また、携帯情報端末などの二次電池は、保護回路によって、正常に電圧を供給できる状態を維持するために監視制御している。特許文献1には、保護回路の制御に酸化物半導体を用いたトランジスタを開示している。

[先行技術文献]

[特許文献]

[0008]

[特許文献1]

米国特許公開第2013/0265010号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009]

電気自動車や携帯情報端末などの二次電池を使用していくと最終的には容量が減り、保護回路などで設定されている電圧下限に達する。電圧下限に達した場合、過放電状態とみなし、二次電池と携帯情報端末（二次電池を除く）とを接続している部分の電源遮断スイッチがオフとされる。

[0010]

この電源遮断スイッチ（トランジスタ等）によって電流パスがオフにされても、スイッチが完全な絶縁性を有していないため、オフリーク電流が生じてしまう。特に過放電状態でオフリーク電流が高い場合、バッテリーの電圧が下がり続けることになる。この状態を継続してしまうと、電圧下限を下回り、バッテリーは急速に劣化し、二次電池としての機能を失ってしまう恐れがある。

[0011]

また、少ない残量の携帯情報端末を長い間放置すると、同様の理由にて電圧下限を下回り、使おうとした場合には、電圧下限に達するまでの充電期間と、電圧下限を上回り残量がある状態まで充電する充電時間が必要となり、再使用できるまで充電期間と充電時間が合計されてしまい長時間の充電時間が予想される。

[0012]

また、日付、時間の情報を保持するための小型の二次電池の残量がなくなり、長時間放置した場合には、保持されていた日付データや時間データが消失してしまうため、充電した後、改めて日付、時間の設定を行う手間がかかる。

[0013]

また、一度、過放電状態になった電池は、充電後、再び使用した場合に過放電状態になりやすい電池になってしまい、大幅に劣化するという場合もある。

課題を解決するための手段

[0014]

過放電状態とならないようにするため、低リーク電流の制御回路を酸化物半導体を用いたトランジスタで構成し、二次電池の特性を保持する。また、制御信号生成回路も一体化したシステムを構成する。このシステム構成によって、過放電検出後の回路動作に合わせて制御回路を低消費電力モードに移行させる。また、過放電状態からの復帰は充電開始の電圧上昇に合わせて、制御回路を通常動作モードに移行させる。

[0015]

本明細書で開示する発明の構成は、二次電池と電氣的に接続する充電制御回路と、二次電池と充電制御回路の間に遮断用トランジスタと、二次電池と遮断用トランジスタを接続する配線とソースが電氣的に接続する第1のトランジスタと、遮断用トランジスタと前記充電制御回路を接続する配線と接続する第2のトランジスタと、第2のトランジスタのゲートと接続するドレイン或いはソースを有する第3のトランジスタと、を有する二次電池の過放電防止回路である。

[0016]

上記構成において、さらにインバータを有し、インバータの入力が第2のトランジスタのドレインと接続し、インバータの出力が第1のトランジスタのゲートと接続する過放電防止回路としてもよい。なお、第2のトランジスタと、第3のトランジスタと、インバータと、を用いて充電検出を行うことができる。

[0017]

また、上記構成において、過放電防止回路に含まれる充電検出回路は、遮断用トランジスタを駆動して第1のトランジスタと第2のトランジスタとの電気的な接続を遮断することができる。

[0018]

また、上記構成において、少なくとも第1のトランジスタの半導体層は酸化物半導体層である。酸化物半導体層を用いることで第1のトランジスタのリーク電流を非常に低くすることができる。つまり、書き込んだデータを第1のトランジスタによって長時間保持することができるため、メモリのリフレッシュの頻度を少なくすることができる。また、メモリのリフレッシュ動作を不要にすることができる。また、リーク電流が非常に低いため、メモリセルに対してアナログデータを保持することができる。

[0019]

二次電池の過放電による充電性能の劣化を防止する回路とも言える。

[0020]

また、上述した過放電防止回路を二次電池とセットにしたものを二次電池モジュールと呼び、その構成も本発明の一つである。その構成は、二次電池と、二次電池と電気的に接続する充電制御回路と、二次電池と充電制御回路の間に遮断用トランジスタと、二次電池と遮断用トランジスタを接続する配線とソースが電気的に接続する第1のトランジスタと、遮断用トランジスタと充電制御回路を接続する配線と接続する第2のトランジスタと、第2のトランジスタのゲートと接続するドレイン或いはソースを有する第3のトランジスタと、を有する二次電池モジュールである。

[0021]

上記構成において、さらにインバータを有し、インバータの入力が第2のトランジスタのドレインと接続し、インバータの出力が第1のトランジスタのゲートと接続する過放電防止回路としてもよい。なお、第2のトランジスタと、第3のトランジスタと、インバータと、を用いて充電検出を行うことができる。

[0022]

また、上記構成において、過放電防止回路に含まれる充電検出回路は、遮断用トランジスタを駆動して第1のトランジスタと第2のトランジスタとの電気的な接続を遮断することができる。

[0023]

また、バッテリーモジュールは電池パックとも呼ぶ場合がある。また、複数の二次電池にそれぞれ過放電防止回路を設けてそれをひとまとめにして一つの電池パックを構成してもよい。また、複数の二次電池に一つの過放電防止回路を設けて一つの電池パックを構成してもよい。

[0024]

また、二次電池としてはリチウムイオン二次電池に限定されず、ニッケル水素二次電池、ナトリウムイオン二次電池、亜鉛空気電池、全固体二次電池などに本発明を有効に利用することができる。

発明の効果

[0025]

酸化物半導体を用いたトランジスタを含む制御回路は、低消費電力制御のための信号生成回路を一体化できるため、過放電検知後のシステム全体のオフリーク電流を低減できる。また、システム全体のオフ状態でのリーク電流量を低減することで、蓄電状態を長期に維持でき、正常に充電復帰可能なバッテリーシステムを実現できる。

図面の簡単な説明

[0026]

図1は本発明の一態様を示す回路図の一例である。

図2は本発明の一態様を示す回路図の一例である。

図3A、図3B、図3C、図3D、図3E、図3F、図3Gはメモリの回路構成例を説明する図である。

図4は半導体装置の構成例を説明する断面模式図である。

図5は半導体装置の構成例を説明する断面模式図である。

図6A、図6B、図6Cはトランジスタの構成例を説明する断面模式図である。

図7A、図7Bはトランジスタの構成例を説明する断面模式図である。

図8は半導体装置の構成例を説明する断面模式図である。

図9A、図9Bはトランジスタの構成例を説明する断面模式図である。

図10は半導体装置の構成例を説明する断面模式図である。

図11A、図11B、図11Cは移動体の一例を示す図である。

図12A、図12Bは二次電池の一例を示す斜視図であり、図12Cは二次電池の充電時のモデル図である。

図13は本発明の一態様を示す回路図の一例である。

発明を実施するための形態

[0027]

以下では、本発明の実施の形態について図面を用いて詳細に説明する。ただし、本発明は以下の説明に限定されず、その形態およ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。また、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。

[0028]

(実施の形態1)

図1にオフ時のリーク対策の動作の一例を説明するための回路図を示す。

[0029]

二次電池に接続される回路15の低電位側は、トランジスタM2のように低電位側G1に接続する。なお、図1のトランジスタはバックゲートを有するトランジスタとする例を示しているが、特に限定されず、バックゲートを有していないトランジスタを用いてもよい。

[0030]

また、充電検出回路は低電位側G2に接続する。低電位側G1と低電位側G2の間には遮断用スイッチ12が設けられている。本実施の形態では、充電検出回路13とそれ以外の回路15で電源の接続先を分けている。遮断用スイッチ12が電源供給を遮断することによって回路15が完全な停止状態になってしまうと、再び充電したときに電圧の上昇を認識できなくなるため、充電検出回路13とそれ以外の回路15で電源の接続先を分ける特徴点は新規である。

[0031]

二次電池の使用による電力消耗によって二次電池の供給電圧が低下し、過放電状態になると、回路15の過放電検出動作によってG1とG2は遮断用スイッチ12によって切り離される。同時にトランジスタM2のゲート電位も下げることによってトランジスタM2はオフ状態になる。回路15は過放電検出回路を含む。

[0032]

トランジスタM2は二次電池の低電位側G1の供給を制御するパワースイッチとして機能するため、トランジスタM2がオフ状態になることで、充電検出回路以外の全ての回路への電源供給が遮断される。一方で、G2の電位は最大で二次電池の高電位側と同じ電位(VDD)まで上昇する。相対的にG2に対してトランジスタM1のゲートS1は電位が下がる(トランジスタM1の V_{gs} が低下する)ため、トランジスタM1はオフ状態になる。トランジスタM1は充電制御回路11の低電位側G2の供給を制御するパワースイッチとして機能するため、トランジスタM1がオフ状態になることで、充電検出回路への電源供給が遮断される。このとき、回路15はオフリーク電流を低減する状態(低消費電力モード)である。

[0033]

二次電池の充電が開始されると、充電制御回路11の低電位が供給されるため、G2の電位は再び下がり(トランジスタM1の V_{gs} が上昇し)、トランジスタM1はオン状態になる。その後、充電検出回路が充電状態であることを検出したら、トランジスタM2のゲート電位を高くして充電検出回路以外の回路15をオン状態(通常動作モード)にする。

[0034]

上記のように回路15の内部のOSトランジスタ(チャネルが形成される半導体層に金属酸化物の一種である酸化物半導体を用いたトランジスタ)で自らの動作状態に合わせてオフ状態にする、即ち自動的なオフ状態とする構成とすることで、過放電状態におけるシステム全体のオフリーク電流を低減できる。また、本構成は、自動的なオフだけでなく、自動的な復帰、即ち自動的なオン状態とすることも可能である。

[0035]

インジウム、ガリウム、亜鉛を含む酸化物半導体を適用したOSトランジスタは、オフ電流が極めて小さいという特性を有している。トランジスタM1としてOSトランジスタを用いることによって、トランジスタM1のリーク電流を非常に低くすることができる。つまり、書き込んだデータをトランジスタM1によって長時間保持することができるため、メモリセルのリフレッシュの頻度を少なくすることができる。また、メモリセルのリフレッシュ動作を不要にすることができる。また、リーク電流が非常に低いため、メモリセルに対してアナログデータを保持することができる。OSトランジスタは、SiFETと比べて約15桁低いオフ電流が実現できる。

[0036]

回路15は、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であり、この充電制御回路、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。

[0037]

(実施の形態2)

本実施の形態では、図2を用いて具体的な回路構成の例を示す。なお、図1と共通の部分には同じ符号を用いる。

[0038]

図2において、充電検出回路13は、トランジスタM1、トランジスタM3と、プルアップ抵抗R1、インバータX1で構成される。また、回路15の低電位電源にはパワースイッチといえるトランジスタM2を介して電池の低電位電源(VSS)が供給される。

[0039]

回路15は、コンパレータ、遅延検出ロジック回路、オシレータ回路、残量計用回路、マイクロショート発生予測回路などのいずれか一または複数を指している。

[0040]

トランジスタM3はS1の電位保持を実現するために用いられる極めて低いオフリーク電流特性を有する。図2において、各トランジスタはバックゲートを有していない例を示しているが、特に限定されず、バックゲートを有していてもよい。

[0041]

システムがオン状態のとき、S1がHigh(VDD)であるため、インバータX1の入力電位はLowとなり、トランジスタM2のゲート電位(インバータX1の出力電位)はHighとなる。つまり、トランジスタがオン状態のため、回路15はVSSが供給される状態になる。

[0042]

一方、システムがオフ状態のとき、S1がLow(VSS)であるため、インバータX1の入力電位はHighとなり、トランジスタM2のゲート電位(インバータX1の出力電位)はLowとなる。つまり、トランジスタM2がオフ状態のため、回路15はVSSが供給されない状態(パワーゲーティング状態)になる。したがって、トランジスタM2に極めて低いオフリーク特性を有するスイッチ(例えば、OSトランジスタ)を用いることで、回路15のオフリーク電流を低減することができる。OSトランジスタの半導体層として、インジウム、ガリウム、亜鉛からなる酸化物半導体を用いることが好ましい。

[0043]

また、オフリークを特に抑えたい過放電状態のとき、G2の電位がVDDに上昇するため、S1-G2の電位差となるトランジスタM1の電圧Vgsが0Vに近づくことでトランジスタM1はオフ状態になる。このとき、プルアップ抵抗R1によってインバータX1の入力電位はHighとなり、トランジスタM2のゲート電位(インバータX1の出力電位)はLowとなる。つまり、トランジスタM2がオフ状態のため、回路15は電圧VSSが供給されない状態(パワーゲーティング状態)になる。したがって、トランジスタM2に極めて低いオフリーク特性を有するスイッチ(例えば、OSトランジスタ)を用いることで、回路15のオフリーク電流を低減することができる。その後、充電が開始されると、G2の電位がVSSに引き戻されることで、システムがオン状態のときと同様の回路状態に戻り、回路15に電源供給が開始される。

[0044]

トランジスタM3のゲート制御信号はS1のノードを保持することを目的とする。回路15からS1に対する電位を供給するが、回路15がオフ状態では出力信号の供給源が存在しなくなるため、不定値となる。S1をメモリとして機能させることで、回路15がオフ状態においても充電検出を正しく機能させることができる。

[0045]

トランジスタM1とプルアップ抵抗R1の電流供給能力でインバータX1の入力電位が決定するため、トランジスタM1はプルアップ抵抗R1に比べて十分にオン電流が大きく、十分にオフ電流が小さい必要がある。また、プルアップ抵抗R1はトランジスタを用いたプルアップトランジスタで構成してもよい。トランジスタM1+M3と同じ接続構成でプルアップ抵抗を実現すれば、書き込み電位の値によってプルアップ電流の量を調節できる。

[0046]

充電検出回路は、過放電検出コンパレータを用いてもよい。その場合、トランジスタM2のON/OFF制御ができるようにコンパレータの出力論理を合わせる。

[0047]

本実施の形態は、実施の形態1と自由に組み合わせることができる。

[0048]

(実施の形態3)

本実施の形態では、記憶手段の回路構成例を図3A乃至図3Gに示す。図3A乃至図3Gは、それぞれが記憶素子として機能する。図3Aに示す記憶素子410は、トランジスタM1と、容量素子CAと、を有する。記憶素子410は、1つのトランジスタと1つの容量素子を有する記憶素子である。

[0049]

トランジスタM1の第1端子は、容量素子CAの第1端子と接続され、トランジスタM1の第2端子は、配線BLと接続され、トランジスタM1のゲートは、配線WLと接続され、トランジスタM1のバックゲートは、配線BGLと接続されている。容量素子CAの第2端子は、配線CALと接続されている。トランジスタM1の第1端子と容量素子CAの第1端子が電氣的に接続される節点をノードNDという。

[0050]

実際のトランジスタにおいて、ゲートとバックゲートは、半導体層のチャネル形成領域を介して互いに重なるように設けられる。ゲートとバックゲートは、どちらもゲートとして機能できる。よって、一方を「バックゲート」という場合、他方を「ゲート」または「フロントゲート」という場合がある。また、一方を「第1ゲート」、他方を「第2ゲート」という場合がある。

[0051]

バックゲートは、ゲートと同電位としてもよいし、接地電位や、任意の電位としてもよい。また、バックゲートの電位をゲートと連動させず独立して変化させることで、トランジスタのしきい値電圧を変化させることができる。

[0052]

バックゲートを設けることで、更には、ゲートとバックゲートを同電位とすることで、半導体層においてキャリアの流れる領域が膜厚方向においてより大きくなるため、キャリアの移動量が増加する。この結果、トランジスタのオン電流が大きくなると共に、電界効果移動度が高くなる。

[0053]

したがって、トランジスタを占有面積に対して大きいオン電流を有するトランジスタにすることができる。すなわち、求められるオン電流に対して、トランジスタの占有面積を小さくすることができる。よって、集積度の高い半導体装置を実現することができる。

[0054]

配線BGLは、トランジスタM1のバックゲートに電位を印加するための配線として機能する。配線BGLに任意の電位を印加することによって、トランジスタM1のしきい値電圧を増減することができる。

[0055]

データの書き込みおよび読み出しは、配線WLに高レベル電位を印加し、トランジスタM1を導通状態にし、配線BLとノードNDを電氣的に接続することによって行われる。

[0056]

配線CALは、容量素子CAの第2端子に所定の電位を印加するための配線として機能する。配線CALには、固定電位を印加するのが好ましい。

[0057]

図3Bに示す記憶素子420は、記憶素子410の変形例である。記憶素子420では、トランジスタM1のバックゲートが、配線WLと電氣的に接続される。このような構成にすることによって、トランジスタM1のバックゲートに、トランジスタM1のゲートと同じ電位を印加することができる。よって、トランジスタM1が導通状態のときにおいて、トランジスタM1に流れる電流を増加することができる。

[0058]

また、図3Cに示す記憶素子430のように、トランジスタM1をシングルゲート構造のトランジスタ（バックゲートを有さないトランジスタ）としてもよい。記憶素子430は、記憶素子410および記憶素子420のトランジスタM1からバックゲートを除いた構成となっている。よって、記憶素子430は、記憶素子410、および記憶素子420よりも作製工程を短縮することができる。

[0059]

記憶素子410、記憶素子420、および記憶素子430は、DRAM型の記憶素子である。

[0060]

トランジスタM1のチャネルが形成される半導体層には、酸化物半導体を用いることが好ましい。本明細書などでは、チャネルが形成される半導体層に酸化物半導体を含むトランジスタを「OSトランジスタ」ともいう。

[0061]

例えば、酸化物半導体として、インジウム、元素M（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、またはマグネシウムなどから選ばれた一種、または複数種）、亜鉛のいずれか一つを有する酸化物半導体を用いることができる。特に、酸化物半導体は、インジウム、ガリウム、亜鉛を含む酸化物半導体であることが好ましい。

[0062]

OSトランジスタは、オフ電流が極めて少ないという特性を有している。トランジスタM1としてOSトランジスタを用いることによって、トランジスタM1のリーク電流を非常に低くすることができる。つまり、書き込んだデータをトランジスタM1によって長時間保持することができる。よって、記憶素子のリフレッシュの頻度を少なくすることができる。また、記憶素子のリフレッシュ

動作を不要にすることができる。また、リーク電流が非常に低いため、記憶素子410、記憶素子420、記憶素子430において多値データ、またはアナログデータを保持することができる。

[0063]

本明細書などでは、OSトランジスタを用いたDRAMを、DOSRAM (Dynamic Oxide Semiconductor Random Access Memory) という。

[0064]

図3Dに、2つのトランジスタと1つの容量素子で構成するゲインセル型の記憶素子の回路構成例を示す。記憶素子440は、トランジスタM1と、トランジスタM2と、容量素子CAと、を有する。

[0065]

トランジスタM1の第1端子は、容量素子CAの第1端子と接続され、トランジスタM1の第2端子は、配線WBLと接続され、トランジスタM1のゲートは、配線WWLと接続されている。容量素子CAの第2端子は、配線CALと接続されている。トランジスタM2の第1端子は、配線RBLと接続され、トランジスタM2の第2端子は、配線RWLと接続され、トランジスタM2のゲートは、容量素子CAの第1端子と接続されている。トランジスタM1の第1端子と、容量素子CAの第1端子と、トランジスタM2のゲートと、が電氣的に接続される節点をノードNDという。

[0066]

ビット線WBLは、書き込みビット線として機能し、ビット線RBLは、読み出しビット線として機能し、ワード線WWLは、書き込みワード線として機能し、ワード線RWLは、読み出しワード線として機能する。トランジスタM1は、ノードNDとビット線WBLとを、導通または非導通とするスイッチとしての機能を有する。

[0067]

トランジスタM1にOSトランジスタを用いることが好ましい。前述したとおり、OSトランジスタはオフ電流が非常に少ないため、トランジスタM1にOSトランジスタを用いることで、ノードNDに書き込んだ電位を長時間保持することができる。つまり、記憶素子に書き込んだデータを長時間保持することができる。

[0068]

トランジスタM2に用いるトランジスタに特段の限定は無い。トランジスタM2として、OSトランジスタ、Siトランジスタ（半導体層にシリコンを用いたトランジスタ。）、またはその他のトランジスタを用いてもよい。

[0069]

なお、トランジスタM2にSiトランジスタを用いる場合、半導体層に用いるシリコンは、非晶質シリコン、多結晶シリコン、低温ポリシリコン（LTPS: Low Temperature Poly-Silicon）、または単結晶シリコンとすればよい。Siトランジスタは、OSトランジスタよりも電界効果移動度が高くなる場合があるため、読み出しトランジスタとして、Siトランジスタを用いると、読み出し時の動作速度を高めることができる。

[0070]

トランジスタM1にOSトランジスタを用い、トランジスタM2にSiトランジスタを用いる場合、両者を異なる層に積層して設けてもよい。OSトランジスタは、Siトランジスタと同様の製造装置および同様のプロセスで作製することが可能である。よって、OSトランジスタとSiトランジ

スタの混載（ハイブリッド化）が容易であり、高集積化も容易である。

[0071]

また、トランジスタM2にOSトランジスタを用いると、非選択時のリーク電流を極めて少なくすることができるため、読み出し精度を高めることができる。トランジスタM1およびトランジスタM2の両方にOSトランジスタを用いることで、半導体装置の作製工程が低減され、生産性を高めることができる。例えば、400℃以下のプロセス温度で半導体装置を作製することもできる。

[0072]

トランジスタM1およびトランジスタM2にバックゲートを有するトランジスタ（4端子型のトランジスタ。「4端子素子」ともいう。）を用いる場合の回路構成例を図3E乃至図3Gに示す。図3Eに示す記憶素子450、図3Fに示す記憶素子460、および図3Gに示す記憶素子470は、記憶素子440の変形例である。

[0073]

図3Eに示す記憶素子450では、トランジスタM1のゲートとバックゲートが電氣的に接続されている。また、トランジスタM2のゲートとバックゲートが電氣的に接続されている。

[0074]

図3Fに示す記憶素子460では、トランジスタM1のバックゲート、およびトランジスタM2のバックゲートを配線BGLと電氣的に接続している。配線BGLを介して、トランジスタM1およびトランジスタM2のバックゲートに所定の電位を印加することができる。

[0075]

図3Gに示す記憶素子470では、トランジスタM1のバックゲートが配線WBGLと電氣的に接続され、トランジスタM2のバックゲートが配線RBGLと電氣的に接続されている。トランジスタM1のバックゲートとトランジスタM2のバックゲートをそれぞれ異なる配線に接続することで、それぞれ独立してしきい値電圧を変化させることができる。

[0076]

記憶素子440乃至記憶素子470は、2Tr1C型のメモリセルである。本明細書などにおいて、トランジスタM1にOSトランジスタを用いて、2Tr1C型のメモリセルを構成した記憶装置をNOSRAM (Non-volatile Oxide Semiconductor Random Access Memory) という。また、記憶素子440乃至記憶素子470は、ノードNDの電位をトランジスタM2で増幅して読みだすことができる。また、OSトランジスタはオフ電流が非常に少ないため、ノードNDの電位を長期間保持することができる。また、読み出し動作を行ってもノードNDの電位が保持される非破壊読み出しを行うことができる。

[0077]

記憶素子に保持されている情報は、書き換え頻度が少ない情報である。よって、記憶素子としては、情報の非破壊読み出しが可能かつ長期保持が可能であるNOSRAMを用いることが好ましい。

[0078]

また、図3A、図3B、図3E乃至図3Gに示したトランジスタは、4端子素子であるため、MTJ (Magnetic Tunnel Junction) 特性を利用したMRAM (Magnetoresistive Random Access Memory)、ReRAM (Resistive Random Access Memory)、相変化メモリ (Phase-change memory) などに代表される2端子素子と比較して、入出力の独立制御が簡便に行う

ことができるといった特徴を有する。

[0079]

また、MRAM、ReRAM、相変化メモリは、情報の書き換えの際に、原子レベルで構造変化が生じる場合がある。一方で、本発明の一態様の記憶装置は、情報の書き換えの際にトランジスタを介した電荷のチャージ、またはディスチャージにより動作するため、繰り返し書き換え耐性に優れ、構造変化も少ないといった特徴を有する。

[0080]

(実施の形態4)

本実施の形態では、上記実施の形態で説明した記憶素子の構成に適用可能なトランジスタの構成、具体的には異なる電気特性を有するトランジスタを積層して設ける構成について説明する。特に本実施の形態では、半導体装置を構成するメモリ回路が有する各トランジスタの構成について説明する。当該構成とすることで、半導体装置の設計自由度を高めることができる。また、異なる電気特性を有するトランジスタを積層して設けることで、半導体装置の集積度を高めることができる。

[0081]

図4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6Aはトランジスタ500のチャネル長方向の断面図であり、図6Bはトランジスタ500のチャネル幅方向の断面図であり、図6Cはトランジスタ300のチャネル幅方向の断面図である。

[0082]

トランジスタ500は、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。このため、例えば上記実施の形態で説明したトランジスタM2の構成をトランジスタ500と同様の構成とすることにより、ノードNDに長期間電位を保持することができる。これにより、ノードNDへの電位の書き込みの頻度が少なくなるため、半導体装置の消費電力を低減することができる。

[0083]

本実施の形態で説明する半導体装置は、図4に示すようにトランジスタ300、トランジスタ500、及び容量素子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。例えば上記実施の形態で説明したトランジスタM1の構成をトランジスタ300と同様の構成とすることができ、容量素子CAの構成を容量素子600と同様の構成とすることができる。

[0084]

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。

[0085]

トランジスタ300は、図6C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。これにより、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。

[0086]

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

[0087]

半導体領域 313 のチャンネルが形成される領域及びその近傍の領域、並びにソース領域又はドレイン領域となる低抵抗領域 314 a 及び低抵抗領域 314 b 等において、シリコン系半導体等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）等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。

[0088]

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

[0089]

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

[0090]

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等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等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を用いることが耐熱性の点で好ましい。

[0091]

なお、図 4 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 5 に示すとおり、トランジスタ 300 の構成を、OS トランジスタであるトランジスタ 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。

[0092]

本明細書等において、単極性回路とは、例えば全てのトランジスタが同極性のトランジスタである回路を示す。例えば、全てのトランジスタが n チャンネル型トランジスタである回路は、単極性回路であるということができる。

[0093]

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。

[0094]

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、窒化アルミニウム等を用いればよい。

[0095]

なお、本明細書等において、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、本明細書等において、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。

[0096]

絶縁体322は、その下方に設けられるトランジスタ300等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。

[0097]

また、絶縁体324には、基板311、又はトランジスタ300等から、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。

[0098]

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。

[0099]

水素の脱離量は、例えば、昇温脱離ガス分析法（TDS）等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。

[0100]

なお、絶縁体326は、絶縁体324よりも比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。比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。

[0101]

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。

[0102]

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等の導電性材料を、単層又は積層して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等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、アルミニウムや銅等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。

[0103]

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4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、又は導電体330と同様の材料を用いて設けることができる。

[0104]

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に設けられる開口部に、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。

[0105]

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。

[0106]

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4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、又は導電体330と同様の材料を用いて設けることができる。

[0107]

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に設けられる開口部に、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。

[0108]

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4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、又は導電体330と同様の材

料を用いて設けることができる。

[0109]

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に設けられる開口部に、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。

[0110]

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4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、又は導電体330と同様の材料を用いて設けることができる。

[0111]

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に設けられる開口部に、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。

[0112]

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。

[0113]

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。

[0114]

例えば、絶縁体510及び絶縁体514には、基板311等から、又はトランジスタ300を設ける領域等からトランジスタ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、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である。

[0116]

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、酸化タンタル等の金属酸化物を用いることが好ましい。

[0117]

特に、酸化アルミニウムは、酸素と、トランジスタの電気特性の変動要因となる水素、水分等の不純物と、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、水分等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を構成する金属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。

[0118]

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等を用いることができる。

[0119]

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、又は導電体330と同様の材料を用いて設けることができる。

[0120]

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。

[0121]

絶縁体516の上方には、トランジスタ500が設けられている。

[0122]

図6A、図6B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。

[0123]

また、図6A、図6B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 を配置することが好ましい。また、図 6A、図 6B 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 6A、図 6B 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。

[0124]

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。

[0125]

なお、トランジスタ 500 では、チャン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 4、図 5、図 6A、図 6B 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。

[0126]

ここで、導電体 560 は、トランジスタ 500 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。

[0127]

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が向上し、高い周波数特性を有することができる。

[0128]

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。

[0129]

導電体503は、酸化物530、及び導電体560と重なる領域を有するように配置する。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) 構造という。

[0130]

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。

[0131]

ここで、導電体503aは、水素原子、水素分子、水分子、銅原子等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、酸素分子等の少なくとも一）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、本明細書等において、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、又は全ての拡散を抑制する機能とする。

[0132]

例えば、導電体503aが酸素の拡散を抑制する機能を有することにより、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。

[0133]

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503a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、チタン又は窒化チタンと上記導電性材料との積層としてもよい。

[0134]

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

[0135]

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。

[0136]

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 Des

or p t i o n S p e c t r o s c o p y) 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。

[0137]

また、上記過剰酸素領域を有する絶縁体と、酸化物 530 と、を接して加熱処理、マイクロ波処理、又は RF 処理のいずれか一又は複数の処理を行ってもよい。当該処理を行うことで、酸化物 530 中の水、又は水素を除去することができる。例えば、酸化物 530 において、 V_2O_5 の結合が切断される反応が起きる、別言すると「 $\text{V}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{V}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$ 」という反応が起きることにより、脱水素化することができる。このとき発生した水素の一部は、酸素と結合して H_2O として、酸化物 530、又は酸化物 530 近傍の絶縁体から除去される場合がある。

[0138]

また、上記マイクロ波処理は、例えば、高密度プラズマを発生させる電源を有する装置、又は、基板側に RF を印加する電源を有する装置を用いると好適である。例えば、酸素を含むガスを用い、且つ高密度プラズマを用いることにより、高密度の酸素ラジカルを生成することができる。また、基板側に RF を印加することで、高密度プラズマによって生成された酸素ラジカルを、効率よく酸化物 530、又は酸化物 530 近傍の絶縁体中に導入することができる。また、上記マイクロ波処理は、圧力を 133 Pa 以上、好ましくは 200 Pa 以上、さらに好ましくは 400 Pa 以上とすればよい。また、マイクロ波処理を行う装置内に導入するガスとしては、例えば酸素及びアルゴンを用い、酸素流量比 ($\text{O}_2 / (\text{O}_2 + \text{Ar})$) は 50% 以下、好ましくは 10% 以上 30% 以下とするとよい。

[0139]

また、トランジスタ 500 の作製工程中において、酸化物 530 の表面が露出した状態で加熱処理を行うと好適である。当該加熱処理は、例えば、 100°C 以上 450°C 以下、より好ましくは 350°C 以上 400°C 以下で行えばよい。なお、加熱処理は、窒素ガスもしくは不活性ガスの雰囲気、又は酸化性ガスを 10 ppm 以上、 1% 以上、もしくは 10% 以上含む雰囲気で行う。例えば、加熱処理は酸素雰囲気で行うことが好ましい。これにより、酸化物 530 に酸素を供給して、酸素欠損 (V_2O_5) の低減を図ることができる。また、加熱処理は減圧状態で行ってもよい。又は、加熱処理は、窒素ガスもしくは不活性ガスの雰囲気で行った後に、脱離した酸素を補うために、酸化性ガスを 10 ppm 以上、 1% 以上、又は 10% 以上含む雰囲気で行ってもよい。又は、酸化性ガスを 10 ppm 以上、 1% 以上、又は 10% 以上含む雰囲気で行った後に、連続して窒素ガスもしくは不活性ガスの雰囲気で行った加熱処理を行ってもよい。

[0140]

なお、酸化物 530 に加酸素化処理を行うことで、酸化物 530 中の酸素欠損を、供給された酸素により修復させる、別言すると「 $\text{V}_2\text{O}_5 + \text{O} \rightarrow \text{V}_2\text{O}_6$ 」という反応を促進させることができる。さらに、酸化物 530 中に残存した水素と、酸化物 530 に供給された酸素と、が反応することで、当該水素を H_2O として除去する（脱水化する）ことができる。これにより、酸化物 530 中に残存していた水素が酸素欠損に再結合して V_2O_5 が形成されるのを抑制することができる。

[0141]

また、絶縁体 5 2 4 が過剰酸素領域を有する場合、絶縁体 5 2 2 は、酸素（例えば、酸素原子、酸素分子等）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。

[0142]

絶縁体 5 2 2 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 5 3 0 が有する酸素が絶縁体 5 2 0 側へ拡散することがなく、好ましい。また、導電体 5 0 3 が、絶縁体 5 2 4 や酸化物 5 3 0 が有する酸素と反応することを抑制することができる。

[0143]

絶縁体 5 2 2 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）等のいわゆる 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、リーク電流等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。

[0144]

特に、不純物、及び酸素等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、又は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）等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 5 2 2 を形成した場合、絶縁体 5 2 2 は、酸化物 5 3 0 からの酸素の放出や、トランジスタ 5 0 0 の周辺部から酸化物 5 3 0 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。

[0145]

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。

[0146]

また、絶縁体 5 2 0 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、h i g h - k 材料の絶縁体を酸化シリコン、又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 5 2 0 を得ることができる。

[0147]

なお、図 6 A、図 6 B のトランジスタ 5 0 0 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 5 2 0、絶縁体 5 2 2、及び絶縁体 5 2 4 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。

[0148]

トランジスタ 5 0 0 は、チャネル形成領域を含む酸化物 5 3 0 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 5 3 0 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、又はマグネシウム等から選ばれた一種、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-O-S (C-Axis Aligned Crystal Oxide Semiconductor)、CAC-OS (Cloud-Aligned Composite Oxide Semiconductor) 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。CAAC-O-S及びCAC-OSについては後述する。

[0149]

また、トランジスタ500には、キャリア濃度の低い金属酸化物を用いることが好ましい。金属酸化物のキャリア濃度を低くする場合においては、金属酸化物中の不純物濃度を低くし、欠陥準位密度を低くすればよい。本明細書等において、不純物濃度が低く、欠陥準位密度の低いことを高純度真性又は実質的に高純度真性という。なお、金属酸化物中の不純物としては、例えば、水素、窒素、アルカリ金属、アルカリ土類金属、鉄、ニッケル、シリコン等がある。

[0150]

特に、金属酸化物に含まれる水素は、金属原子と結合する酸素と反応して水になるため、金属酸化物中に酸素欠損を形成する場合がある。また、酸化物530中の酸素欠損に水素が入った場合、酸素欠損と水素とが結合しV_oHを形成する場合がある。V_oHはドナーとして機能し、キャリアである電子が生成されることがある。また、水素の一部が金属原子と結合する酸素と結合して、キャリアである電子を生成する場合がある。したがって、水素が多く含まれている金属酸化物を用いたトランジスタは、ノーマリーオン特性となりやすい。また、金属酸化物中の水素は、熱、電界等のストレスによって動きやすいため、金属酸化物に多くの水素が含まれると、トランジスタの信頼性が悪化する恐れもある。本発明の一態様においては、酸化物530中のV_oHをできる限り低減し、高純度真性又は実質的に高純度真性にすることが好ましい。このように、V_oHが十分低減された金属酸化物を得るには、金属酸化物中の水分、水素等の不純物を除去すること（脱水、脱水素化処理と記載する場合がある。）と、金属酸化物に酸素を供給して酸素欠損を補填すること（加酸素化処理と記載する場合がある。）が重要である。V_oH等の不純物が十分に低減された金属酸化物をトランジスタのチャネル形成領域に用いることで、安定した電気特性を付与することができる。

[0151]

酸素欠損に水素が入った欠陥は、金属酸化物のドナーとして機能しうる。しかしながら、当該欠陥を定量的に評価することは困難である。そこで、金属酸化物においては、ドナー濃度ではなく、キャリア濃度で評価される場合がある。よって、本明細書等では、金属酸化物のパラメータとして、ドナー濃度ではなく、電界が印加されない状態を想定したキャリア濃度を用いる場合がある。つまり、本明細書等に記載の「キャリア濃度」は、「ドナー濃度」と言い換えることができる場合がある。

[0152]

よって、金属酸化物を酸化物530に用いる場合、金属酸化物中の水素はできる限り低減されていることが好ましい。具体的には、金属酸化物において、二次イオン質量分析法 (SIMS: Secondary Ion Mass Spectrometry) により得られる水素濃度を、 $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 未満、好ましくは $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 未満、より好ましくは

$5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 未満、さらに好ましくは $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 未満とする。水素等の不純物が十分に低減された金属酸化物をトランジスタのチャネル形成領域に用いることで、安定した電気特性を付与することができる。

[0153]

また、酸化物530に金属酸化物を用いる場合、チャネル形成領域の金属酸化物のキャリア濃度は、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることが好ましく、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 未満であることがより好ましく、 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 未満であることがさらに好ましく、 $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 未満であることがさらに好ましく、 $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 未満であることがさらに好ましい。なお、チャネル形成領域の金属酸化物のキャリア濃度の下限値については、特に限定は無いが、例えば、 $1 \times 10^{-9} \text{ cm}^{-3}$ とすることができる。

[0154]

また、酸化物530に金属酸化物を用いる場合、導電体542（導電体542a、及び導電体542b）と酸化物530とが接することで、酸化物530中の酸素が導電体542へ拡散し、導電体542が酸化する場合がある。導電体542が酸化することで、導電体542の導電率が低下する蓋然性が高い。なお、酸化物530中の酸素が導電体542へ拡散することを、導電体542が酸化物530中の酸素を吸収する、と言い換えることができる。

[0155]

また、酸化物530中の酸素が導電体542（導電体542a、及び導電体542b）へ拡散することで、導電体542aと酸化物530bとの間、及び導電体542bと酸化物530bとの間に異層が形成される場合がある。当該異層は、導電体542よりも酸素を多く含むため、当該異層は絶縁性を有すると推定される。このとき、導電体542と、当該異層と、酸化物530bとの3層構造は、金属－絶縁体－半導体からなる3層構造とみなすことができ、MIS（Metal-Insulator-Semiconductor）構造という、又はMIS構造を主としたダイオード接合構造という場合がある。

[0156]

なお、上記異層は、導電体542と酸化物530bとの間に形成されることに限られない。例えば、異層が、導電体542と酸化物530cとの間に形成される場合がある。又は、導電体542と酸化物530bとの間、及び導電体542と酸化物530cとの間に形成される場合がある。

[0157]

また、酸化物530においてチャネル形成領域として機能する金属酸化物は、バンドギャップが2 eV以上、好ましくは2.5 eV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。

[0158]

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へ不純物が拡散すること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へ不純物が拡散することを抑制することができる。

[0159]

なお、酸化物530は、各金属原子の原子数比が異なる複数の酸化物層の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。

[0160]

具体的には、酸化物 530a として、 $In : Ga : Zn = 1 : 3 : 4$ [原子数比]、または $1 : 1 : 0.5$ [原子数比] の金属酸化物を用いればよい。また、酸化物 530b として、 $In : Ga : Zn = 4 : 2 : 3$ [原子数比]、または $1 : 1 : 1$ [原子数比] の金属酸化物を用いればよい。また、酸化物 530c として、 $In : Ga : Zn = 1 : 3 : 4$ [原子数比]、 $Ga : Zn = 2 : 1$ [原子数比]、または $Ga : Zn = 2 : 5$ [原子数比] の金属酸化物を用いればよい。また、酸化物 530c を積層構造とする場合の具体例としては、 $In : Ga : Zn = 4 : 2 : 3$ [原子数比] と、 $In : Ga : Zn = 1 : 3 : 4$ [原子数比] との積層構造、 $Ga : Zn = 2 : 1$ [原子数比] と、 $In : Ga : Zn = 4 : 2 : 3$ [原子数比] との積層構造、 $Ga : Zn = 2 : 5$ [原子数比] と、 $In : Ga : Zn = 4 : 2 : 3$ [原子数比] との積層構造、酸化ガリウムと、 $In : Ga : Zn = 4 : 2 : 3$ [原子数比] との積層構造などが挙げられる。

[0161]

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。

[0162]

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。

[0163]

具体的には、酸化物 530a と酸化物 530b、及び酸化物 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、酸化ガリウム等を用いるとよい。

[0164]

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、及び酸化物 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。

[0165]

なお、酸化物 530 に用いることができる半導体材料は、上述の金属酸化物に限られない。酸化物 530 として、バンドギャップを有する半導体材料（ゼロギャップ半導体ではない半導体材料）を用いてもよい。例えば、シリコンなどの単体元素の半導体、ヒ化ガリウムなどの化合物半導体、半導体として機能する層状物質（原子層物質、2次元材料などともいう。）などを半導体材料に用いることが好ましい。特に、半導体として機能する層状物質を半導体材料に用いると好適である。

[0166]

ここで、本明細書等において、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、共有結合や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、共有結合や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。

[0167]

層状物質として、グラフェン、シリセン、カルコゲン化物などがある。カルコゲン化物は、カルコゲンを含む化合物である。また、カルコゲンは、第16族に属する元素の総称であり、酸素、硫黄、セレン、テルル、ポロニウム、リバモリウムが含まれる。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。

[0168]

酸化物 530 として、例えば、半導体として機能する遷移金属カルコゲナイドを用いることが好ましい。酸化物 530 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。

[0169]

酸化物 530 b 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 542 a、及び導電体 542 b が設けられる。導電体 542 a、及び導電体 542 b 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等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、窒化タンタル等の金属窒化物膜は、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6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6A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ン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）のキャリア濃度が増加し、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544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、マグネシウム等から選ばれた一種、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等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、又は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）等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、結晶化しにくいと好ましい。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、及び水素等の不純物が、酸化物530c及び絶縁体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が酸化すること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）と接するように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、酸化物530cを通じて、絶縁体550から酸化物530bのチャン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中の水又は水素等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以下とすることが好ましい。

[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機能を有することが好ましい。酸素の拡散を抑制する機能を有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、リーク電流等の問題が生じる場合がある。このため、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を低減することが可能となる。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6A、図6B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 等）、銅原子等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、酸素分子等の少なくとも一）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有することで、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等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560b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）電極とすることができる。

[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、チタン又は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、又は樹脂等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、及び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と接する領域を有するように設けることで、絶縁体580中の酸素を、酸化物530cを通じて、酸化物530a及び酸化物530bへと効率良く供給することができる。なお、絶縁体580中の水又は水素等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導電体560を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、又はマグネシウム等から選ばれた一種、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、水素、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、水素等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 等と同様に、膜中の水又は水素等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。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、酸化タンタル等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水素、水分等の不純物、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、水分等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等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、又は導電体330と同様の材料を用いて設けることができる。

[0200]

なお、トランジスタ500の形成後、トランジスタ500を囲むように開口を形成し、当該開口を覆うように、水素、又は水に対するバリア性が高い絶縁体を形成してもよい。上述のバリア性の高い絶縁体でトランジスタ500を包み込むことで、外部から水分、及び水素が侵入することを防止することができる。又は、複数のトランジスタ500をまとめて、水素、又は水に対するバリア性が高い絶縁体で包み込んでもよい。なお、トランジスタ500を囲むように開口を形成する場合、例えば、絶縁体514又は絶縁体522に達する開口を形成し、絶縁体514又は絶縁体522に接するように上述のバリア性の高い絶縁体を形成すると、トランジスタ500の作製工程の一部を兼ねられるため好適である。なお、水素、又は水に対するバリア性が高い絶縁体としては、例えば、絶縁体522と同様の材料を用いればよい。

[0201]

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、導電体620、及び絶縁体630を有する。

[0202]

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。

[0203]

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、ネオジウム、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等の導電性材料を適用することもできる。

[0204]

図4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。

[0205]

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等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等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、導電体等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。

[0206]

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。

[0207]

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、微細化又は高集積化を図ることができる。

[0208]

図7A、図7Bは、図6A、図6Bに示すトランジスタ500の変形例である。図6Aはトランジスタ500のチャンネル長方向の断面図であり、図6Bはトランジスタ500のチャンネル幅方向の断面図である。なお、図7A、図7Bに示す構成は、トランジスタ300等、本発明の一態様の半導体装置が有する他のトランジスタにも適用することができる。

[0209]

図7Aは、トランジスタ500のチャンネル長方向の断面図であり、図7Bは、トランジスタ500のチャンネル幅方向の断面図である。図7A、図7Bに示すトランジスタ500は、絶縁体402及び絶縁体404を有する点が、図6A、図6Bに示すトランジスタ500と異なる。また、導電体540aの側面に接して絶縁体552が設けられ、導電体540bの側面に接して絶縁体552が設けられる点が、図6A、図6Bに示すトランジスタ500と異なる。さらに、絶縁体520を有さない点が、図6A、図6Bに示すトランジスタ500と異なる。

[0210]

図7A、図7Bに示すトランジスタ500は、絶縁体512上に絶縁体402が設けられる。また、絶縁体574上、及び絶縁体402上に絶縁体404が設けられる。

[0211]

図7A、図7Bに示すトランジスタ500では、絶縁体514、絶縁体516、絶縁体522、絶縁体524、絶縁体544、絶縁体580、及び絶縁体574がパターンニングされており、絶縁体404がこれらを覆う構造になっている。つまり、絶縁体404は、絶縁体574の上面、絶縁体574の側面、絶縁体580の側面、絶縁体544の側面、絶縁体524の側面、絶縁体522の側面、絶縁体516の側面、絶縁体514の側面、絶縁体402の上面とそれぞれ接する。これにより、酸化物530等は、絶縁体404と絶縁体402によって外部から隔離される。

[0212]

絶縁体402及び絶縁体404は、水素（例えば、水素原子、水素分子などの少なくとも一）又は水分子の拡散を抑制する機能が高いことが好ましい。例えば、絶縁体402及び絶縁体404として、水素バリア性が高い材料である、窒化シリコン又は窒化酸化シリコンを用いることが好ましい。これにより、酸化物530に水素等が拡散することを抑制することができるので、トランジスタ500の特性が低下することを抑制することができる。よって、本発明の一態様の半導体装置の信頼性を高めることができる。

[0213]

絶縁体552は、絶縁体581、絶縁体404、絶縁体574、絶縁体580、及び絶縁体544に接して設けられる。絶縁体552は、水素又は水分子の拡散を抑制する機能を有するが好ましい。たとえば、絶縁体552として、水素バリア性が高い材料である、窒化シリコン、酸化アルミニウム

ム、又は窒化酸化シリコン等の絶縁体を用いることが好ましい。特に、窒化シリコンは水素バリア性が高い材料であるので、絶縁体552として用いると好適である。絶縁体552として水素バリア性が高い材料を用いることにより、水又は水素等の不純物が、絶縁体580等から導電体540a及び導電体540bを通じて酸化物530に拡散することを抑制することができる。また、絶縁体580に含まれる酸素が導電体540a及び導電体540bに吸収されることを抑制することができる。以上により、本発明の一態様の半導体装置の信頼性を高めることができる。

[0214]

図8は、トランジスタ500及びトランジスタ300を図7A、図7Bに示す構成とした場合における、半導体装置の構成例を示す断面図である。導電体546の側面に、絶縁体552が設けられている。

[0215]

図9A、図9Bは、図7A、図7Bに示すトランジスタの変形例である。図9Aはトランジスタのチャネル長方向の断面図であり、図9Bはトランジスタのチャネル幅方向の断面図である。図9A、図9Bに示すトランジスタは、酸化物530cが酸化物530c1及び酸化物530c2の2層構造である点が、図7A、図7Bに示すトランジスタと異なる。

[0216]

酸化物530c1は、絶縁体524の上面、酸化物530aの側面、酸化物530bの上面及び側面、導電体542a及び導電体542bの側面、絶縁体544の側面、及び絶縁体580の側面と接する。酸化物530c2は、絶縁体550と接する。

[0217]

酸化物530c1として、例えばIn-Zn酸化物を用いることができる。また、酸化物530c2として、酸化物530cが1層構造である場合に酸化物530cに用いることができる材料と同様の材料を用いることができる。例えば、酸化物530c2として、 $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=1:3:4$ [原子数比]、 $\text{Ga}:\text{Zn}=2:1$ [原子数比]、または $\text{Ga}:\text{Zn}=2:5$ [原子数比]の金属酸化物を用いることができる。

[0218]

酸化物530cを酸化物530c1及び酸化物530c2の2層構造とすることにより、酸化物530cを1層構造とする場合より、トランジスタのオン電流を高めることができる。よって、トランジスタを、例えばパワーMOSトランジスタとすることができる。なお、図6A、図6Bに示すトランジスタが有する酸化物530cも、酸化物530c1と酸化物530c2の2層構造とすることができる。

[0219]

図9A、図9Bに示すトランジスタは、例えばトランジスタ300に適用することができる。前述のように、トランジスタ300は、上記実施の形態の図3に示すトランジスタM1に適用することができる。よって、出力トランジスタとしての機能を有するトランジスタM1のオン電流を高めることができ、本発明の一態様の半導体装置から出力される電位の精度を高めることができる。なお、図9A、図9Bに示す構成は、トランジスタ500等、本発明の一態様の半導体装置が有する、トランジスタ300以外のトランジスタにも適用することができる。

[0220]

図10は、トランジスタ500を図6A、図6Bに示す構成とし、トランジスタ300を図9A、

図 9 B に示す構成とした場合における、半導体装置の構成例を示す断面図である。なお、図 8 と同様に、導電体 5 4 6 の側面に絶縁体 5 5 2 を設ける構成としている。図 1 0 に示すように、本発明の一態様の半導体装置は、トランジスタ 3 0 0 とトランジスタ 5 0 0 を両方とも O S トランジスタとしつつ、トランジスタ 3 0 0 とトランジスタ 5 0 0 のそれぞれを異なる構成にすることができる。

[0 2 2 1]

本実施の形態は、他の実施の形態等に記載した構成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 2 2]

(実施の形態 5)

円筒型の二次電池の例について図 1 2 A 及び図 1 2 B を参照して説明する。円筒型の二次電池 6 1 6 は、図 1 2 B 示すように、上面に正極キャップ（電池蓋）6 0 1 を有し、側面および底面に電池缶（外装缶）6 0 2 を有している。これら正極キャップと電池缶（外装缶）6 0 2 とは、ガスケット（絶縁パッキン）6 1 9 によって絶縁されている。

[0 2 2 3]

図 1 2 B は、円筒型の二次電池の断面を模式的に示した図である。中空円柱状の電池缶 6 0 2 の内側には、帯状の正極 6 0 4 と負極 6 0 6 とがセパレータ 6 0 5 を間に挟んで捲回された電池素子が設けられている。図示しないが、電池素子はセンターピンを中心に捲回されている。電池缶 6 0 2 は、一端が閉じられ、他端が開いている。電池缶 6 0 2 には、電解液に対して耐腐食性のあるニッケル、アルミニウム、チタン等の金属、又はこれらの合金やこれらと他の金属との合金（例えば、ステンレス鋼等）を用いることができる。また、電解液による腐食を防ぐため、ニッケルやアルミニウム等を被覆することが好ましい。電池缶 6 0 2 の内側において、正極、負極およびセパレータが捲回された電池素子は、対向する一対の絶縁板 6 0 8、6 0 9 により挟まれている。また、電池素子が設けられた電池缶 6 0 2 の内部は、非水電解液（図示せず）が注入されている。二次電池は、コバルト酸リチウム（ LiCoO_2 ）やリン酸鉄リチウム（ LiFePO_4 ）などの活物質を含む正極と、リチウムイオンの吸蔵・放出が可能な黒鉛等の炭素材料からなる負極と、エチレンカーボネートやジエチルカーボネートなどの有機溶媒に、 LiBF_4 や LiPF_6 等のリチウム塩からなる電解質を溶解させた非水電解液などにより構成される。

[0 2 2 4]

円筒型の蓄電池に用いる正極および負極は捲回するため、集電体の両面に活物質を形成することが好ましい。正極 6 0 4 には正極端子（正極集電リード）6 0 3 が接続され、負極 6 0 6 には負極端子（負極集電リード）6 0 7 が接続される。正極端子 6 0 3 および負極端子 6 0 7 は、ともにアルミニウムなどの金属材料を用いることができる。正極端子 6 0 3 は安全弁機構 6 1 7 に、負極端子 6 0 7 は電池缶 6 0 2 の底にそれぞれ抵抗溶接される。安全弁機構 6 1 7 は、PTC（Positive Temperature Coefficient）素子 6 1 1 を介して正極キャップ 6 0 1 と電氣的に接続されている。安全弁機構 6 1 7 は電池の内圧の上昇が所定の閾値を超えた場合に、正極キャップ 6 0 1 と正極 6 0 4 との電氣的な接続を切断するものである。また、PTC 素子 6 1 1 は温度が上昇した場合に抵抗が増大する熱感抵抗素子であり、抵抗の増大により電流量を制限して異常発熱を防止するものである。PTC 素子には、チタン酸バリウム（ BaTiO_3 ）系半導体セラミックス等を用いることができる。

[0 2 2 5]

電解液を用いるリチウムイオン二次電池は、正極と、負極と、セパレータと、電解液と、外装体と

を有する。なお、リチウムイオン二次電池では、充電と放電でアノード（陽極）とカソード（陰極）が入れ替わり、酸化反応と還元反応とが入れ替わることになるため、反応電位が高い電極を正極と呼び、反応電位が低い電極を負極と呼ぶ。したがって、本明細書においては、充電中であっても、放電中であっても、逆パルス電流を流す場合であっても、充電電流を流す場合であっても、正極は「正極」または「+極（プラス極）」と呼び、負極は「負極」または「-極（マイナス極）」と呼ぶこととする。酸化反応や還元反応に関連したアノード（陽極）やカソード（陰極）という用語を用いると、充電時と放電時とでは、逆になってしまい、混乱を招く可能性がある。したがって、アノード（陽極）やカソード（陰極）という用語は、本明細書においては用いないこととする。仮にアノード（陽極）やカソード（陰極）という用語を用いる場合には、充電時か放電時かを明記し、正極（プラス極）と負極（マイナス極）のどちらに対応するものかも併記することとする。

[0226]

図12Cに示す2つの端子には充電器が接続され、蓄電池1400が充電される。蓄電池1400の充電が進めば、電極間の電位差は大きくなる。図12Cでは、蓄電池1400の外部の端子から、正極1402の方へ流れ、蓄電池1400の中において、正極1402から負極1404の方へ流れ、負極から蓄電池1400の外部の端子の方へ流れる電流の向きを正の向きとしている。つまり、充電電流の流れる向きを電流の向きとしている。

[0227]

本実施の形態では、リチウムイオン二次電池の例を示すが、リチウムイオン二次電池に限定されず、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ことが好ましい。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ことが好ましい。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。

[0228]

負極は、負極活物質層および負極集電体を有する。また、負極活物質層は、導電助剤およびバインダを有していてもよい。

[0229]

負極活物質として、リチウムとの合金化・脱合金化反応により充放電反応を行うことが可能な元素を用いることができる。例えば、シリコン、スズ、ガリウム、アルミニウム、ゲルマニウム、鉛、アンチモン、ビスマス、銀、亜鉛、カドミウム、インジウム等のうち少なくとも一つを含む材料を用いることができる。このような元素は炭素と比べて容量が大きく、特にシリコンは理論容量が 4200mAh/g と高い。

[0230]

また、二次電池は、セパレータを有することが好ましい。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。

[0231]

図11において、本発明の一態様である二次電池の過放電低減システムを用いた車両を例示する。図11Aに示す自動車8400の二次電池モジュール8024は、電気モーター8406を駆動するだけでなく、ヘッドライト8401やルームライト（図示せず）などの発光装置に電力を供給することができる。自動車8400の二次電池モジュール8024は、図12Bに示した円筒形の二次電池616を複数並べ、第1の導電板および第2の導電板の間に挟んで電池パックとしたものを用いてもよい。

[0232]

複数の二次電池616は、並列接続されていてもよいし、直列接続されていてもよいし、並列に接続された後、さらに直列に接続されていてもよい。複数の二次電池616を有する二次電池モジュール8024を構成することで、大きな電力を取り出すことができる。また、複数の二次電池616にそれぞれ実施の形態1または実施の形態2に示す過放電防止回路を設けてもよいし、複数の二次電池616に一つの過放電防止回路を設けてもよい。

[0233]

車載の二次電池において、複数の二次電池からの電力を遮断するため、工具を使わずに高電圧を遮断できるサービスプラグまたはサーキットブレーカを有している。例えば、2個から10個のセルを有する電池モジュールを48個直列に接続する場合には、24個目と25個目の間にサービスプラグまたはサーキットブレーカを有している。

[0234]

図11Bに示す自動車8500は、自動車8500が有する二次電池にプラグイン方式や非接触給電方式等により外部の充電設備から電力供給を受けて、充電することができる。図11Bに、地上設置型の充電装置8021から自動車8500に搭載された二次電池モジュール8024に、ケーブル8022を介して充電を行っている状態を示す。充電に際しては、充電方法やコネクタの規格等はCHAdeMO（登録商標）やコンボ等の所定の方式で適宜行えばよい。充電装置8021は、商用施設に設けられた充電ステーションでもよく、また家庭の電源であつてもよい。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8500に搭載された二次電池モジュール8024を充電することができる。充電は、ACDCコンバータ等の変換装置を介して、交流電力を直流電力に変換して行うことができる。

[0235]

また、図示しないが、受電装置を車両に搭載し、地上の送電装置から電力を非接触で供給して充電することもできる。この非接触給電方式の場合には、道路や外壁に送電装置を組み込むことで、停車中に限らず走行中に充電を行うこともできる。また、この非接触給電の方式を利用して、車両どうしで電力の送受信を行ってもよい。さらに、車両の外装部に太陽電池を設け、停車時や走行時に二次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、電磁誘導方式や磁界共鳴方式を用いることができる。

[0236]

また、図11Cは、本発明の一態様の二次電池を用いた二輪車の一例である。図11Cに示すスクーター8600は、二次電池8602、サイドミラー8601、方向指示灯8603を備える。二次電池8602は、方向指示灯8603に電気を供給することができる。

[0237]

また、図 1 1 C に示すスクータ 8 6 0 0 は、座席下収納 8 6 0 4 に、二次電池 8 6 0 2 を収納することができる。二次電池 8 6 0 2 は、座席下収納 8 6 0 4 が小型であっても、座席下収納 8 6 0 4 に収納することができる。また、スクータに代えてスノーモービルや水上バイクの動力源にも本実施の形態を適用することができる。

[0 2 3 8]

本実施の形態は、他の実施の形態の記載と適宜組み合わせることができる。

[0 2 3 9]

(実施の形態 6)

図 1 3 に実施の形態 1 と異なる、オフ時のリーク対策の動作の一例を説明するための回路図を示す。

[0 2 4 0]

保護回路 1 4 は低電位側 G 2 に接続する。低電位側 G 1 と低電位側 G 2 の間には遮断用スイッチ 1 2 が設けられている。G 2 に電氣的に接続するトランジスタ M 1 のゲート S 1 は容量と接続され、その一方の端子は G 1 に接続する。遮断用スイッチ 1 2 は O S トランジスタを用いて構成してもよく、その場合、負荷のリークも削減できる。

[0 2 4 1]

二次電池の使用による電力消耗によって二次電池の供給電圧が低下し、過放電状態になると、過放電検出されて G 1 と G 2 は遮断用スイッチ 1 2 によって切り離される。一方で、G 2 の電位は最大で二次電池の高電位側と同じ電位 (VDD) まで上昇する。

[0 2 4 2]

上昇した電位となった G 2 に対してゲート S 1 の電位が相対的に下がり、トランジスタ M 1 が自動的なオフ状態となる。トランジスタ M 1 は充電制御回路 1 1 の低電位側 G 2 の供給を制御するパワースイッチとして機能するため、トランジスタ M 1 がオフ状態になることで、充電検出回路への電源供給が遮断される。

[0 2 4 3]

二次電池の充電が開始されると、充電制御回路 1 1 の低電位が供給されるため、G 2 の電位は再び下がり (トランジスタ M 1 の V_{gs} が上昇し)、トランジスタ M 1 はオン状態になり、自動的な復帰、即ち自動的なオン状態とすることができる。

[0 2 4 4]

なお、図 1 3 の各トランジスタはバックゲートを有するトランジスタとする例を示しているが、特に限定されず、バックゲートを有していないトランジスタを用いてもよい。

[0 2 4 5]

過放電を検出した後は、二次電池を保護するための保護回路 1 4 も完全なオフに近い状態とする必要がある。図 1 3 に示す保護回路 1 4 の構成とすることで自動的なオフ状態とすることができ、過放電状態におけるシステム全体のオフリーク電流を低減できる。また、本構成は、自動的なオフだけでなく、自動的な復帰、即ち自動的なオン状態とすることも可能である。

[0 2 4 6]

本実施の形態は他の実施の形態と自由に組み合わせることができる。

[符号の説明]

[0 2 4 7]

1 2 : 遮断用スイッチ、1 3 : 充電検出回路、1 4 : 保護回路、1 5 : 回路、3 0 0 : トランジスタ

タ、311：基板、313：半導体領域、314a：低抵抗領域、314b：低抵抗領域、315：絶縁体、316：導電体、320：絶縁体、322：絶縁体、324：絶縁体、326：絶縁体、328：導電体、330：導電体、350：絶縁体、352：絶縁体、354：絶縁体、356：導電体、360：絶縁体、362：絶縁体、364：絶縁体、366：導電体、370：絶縁体、372：絶縁体、374：絶縁体、376：導電体、380：絶縁体、382：絶縁体、384：絶縁体、386：導電体、402：絶縁体、404：絶縁体、410：記憶素子、420：記憶素子、430：記憶素子、440：記憶素子、450：記憶素子、460：記憶素子、470：記憶素子、500：トランジスタ、503：導電体、503a：導電体、503b：導電体、510：絶縁体、512：絶縁体、514：絶縁体、516：絶縁体、518：導電体、520：絶縁体、522：絶縁体、524：絶縁体、530：酸化物、530a：酸化物、530b：酸化物、530c：酸化物、530c1：酸化物、530c2：酸化物、540a：導電体、540b：導電体、542：導電体、542a：導電体、542b：導電体、543a：領域、543b：領域、544：絶縁体、546：導電体、548：導電体、550：絶縁体、552：絶縁体、560：導電体、560a：導電体、560b：導電体、574：絶縁体、580：絶縁体、581：絶縁体、582：絶縁体、586：絶縁体、600：容量素子、601：正極キャップ、602：電池缶、603：正極端子、604：正極、605：セパレータ、606：負極、607：負極端子、608：絶縁板、609：絶縁板、610：導電体、611：PTC素子、612：導電体、616：二次電池、617：安全弁機構、619：ガスケット、620：導電体、630：絶縁体、640：絶縁体、1400：蓄電池、1402：正極、1404：負極、8021：充電装置、8022：ケーブル、8024：二次電池モジュール、8400：自動車、8401：ヘッドライト、8406：電気モーター、8500：自動車、8600：スクータ、8601：サイドミラー、8602：二次電池、8603：方向指示灯、8604：座席下収納

請求の範囲

[請求項 1]

二次電池と電氣的に接続する充電制御回路と、
前記二次電池と前記充電制御回路の間に遮断用トランジスタと、
前記二次電池と前記遮断用トランジスタを接続する配線とソースが電氣的に接続する第 1 のトランジスタと、
前記遮断用トランジスタと前記充電制御回路を接続する配線と接続する第 2 のトランジスタと、
前記第 2 のトランジスタのゲートと接続するドレイン或いはソースを有する第 3 のトランジスタと、
を有する二次電池の過放電防止回路。

[請求項 2]

請求項 1 において、さらにインバータを有し、
前記インバータの入力が前記第 2 のトランジスタのドレインと接続し、
前記インバータの出力が前記第 1 のトランジスタのゲートと接続する過放電防止回路。

[請求項 3]

請求項 2 において、前記第 2 のトランジスタと、前記第 3 のトランジスタと、前記インバータと、
を用いて充電検出を行う過放電防止回路。

[請求項 4]

請求項 1 乃至 3 のいずれかにおいて、前記過放電防止回路に含まれる充電検出回路は、前記遮断用トランジスタを駆動して前記第 1 のトランジスタと前記第 2 のトランジスタとの電氣的な接続を遮断する過放電防止回路。

[請求項 5]

請求項 1 乃至 4 のいずれかにおいて、前記第 1 のトランジスタの半導体層は酸化物半導体層である過放電防止回路。

[請求項 6]

請求項 1 乃至 5 のいずれか一の前記過放電防止回路を有する電子機器。

[請求項 7]

二次電池と、前記二次電池と電氣的に接続する充電制御回路と、
前記二次電池と前記充電制御回路の間に遮断用トランジスタと、
前記二次電池と前記遮断用トランジスタを接続する配線とソースが電氣的に接続する第 1 のトランジスタと、
前記遮断用トランジスタと前記充電制御回路を接続する配線と接続する第 2 のトランジスタと、
前記第 2 のトランジスタのゲートと接続するドレイン或いはソースを有する第 3 のトランジスタと、
を有する二次電池モジュール。

図 1

1/13

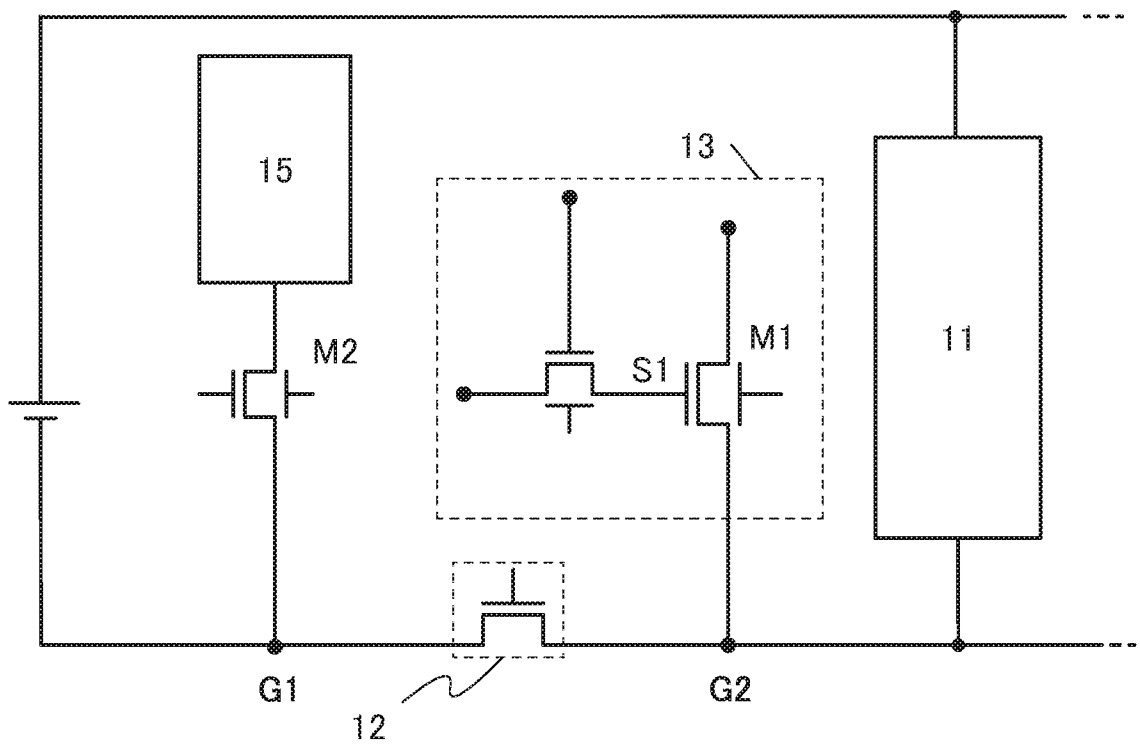
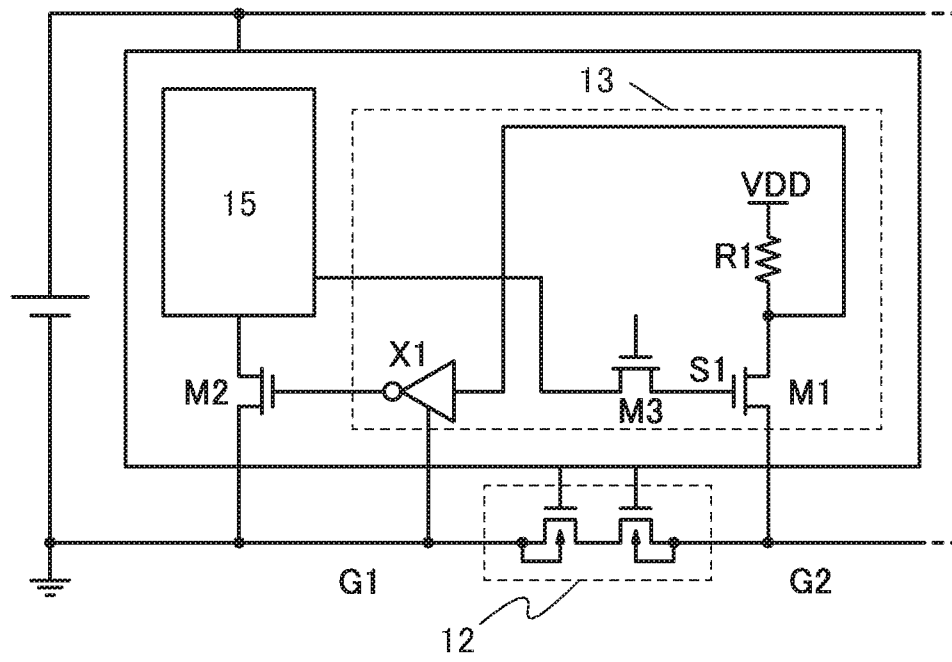


图2

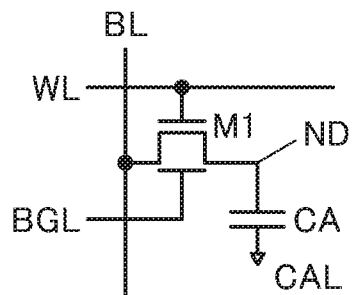
2/13



3/13

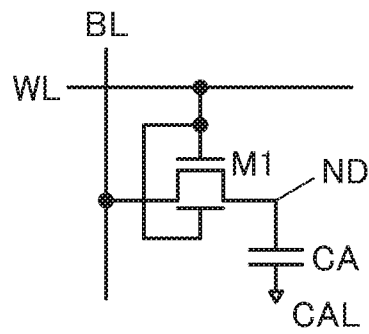
3A

410



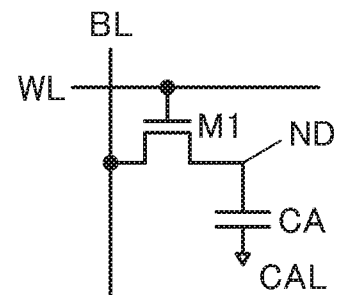
3B

420



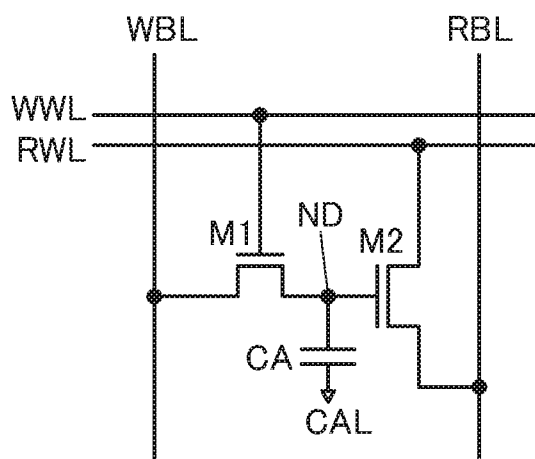
3C

430



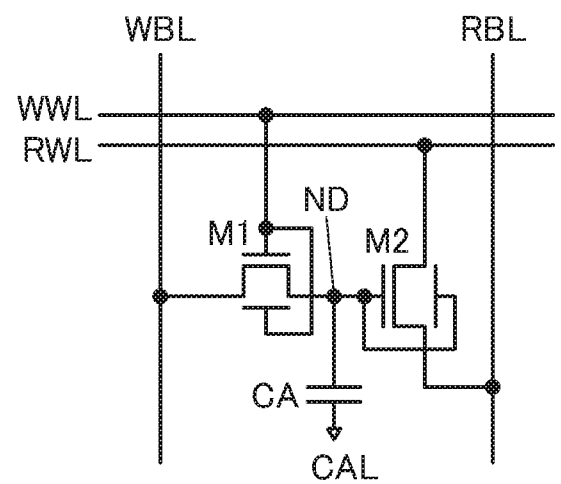
3D

440



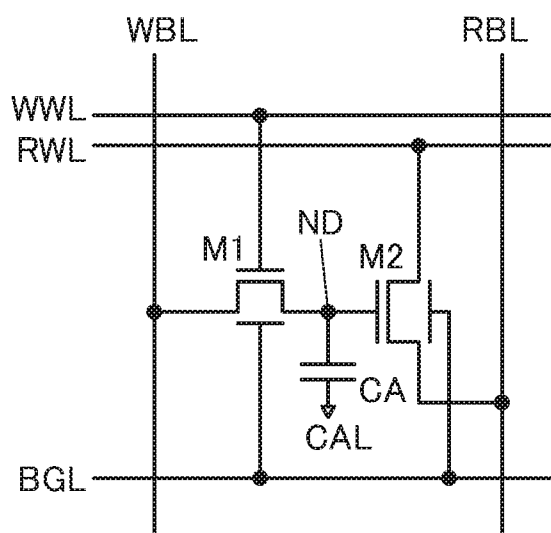
3E

450



3F

460



3G

470

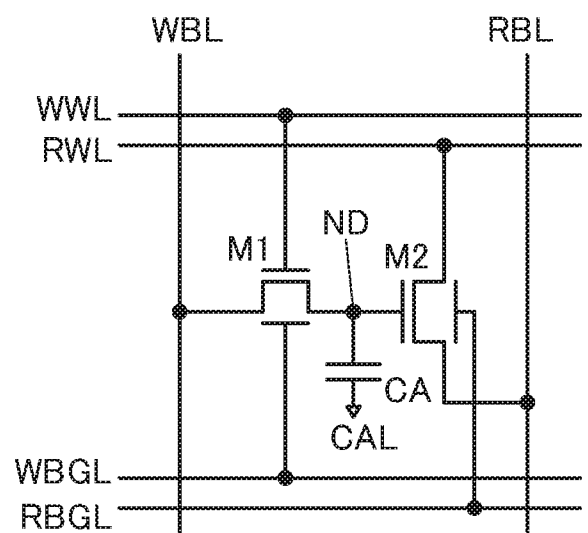


图4

4/13

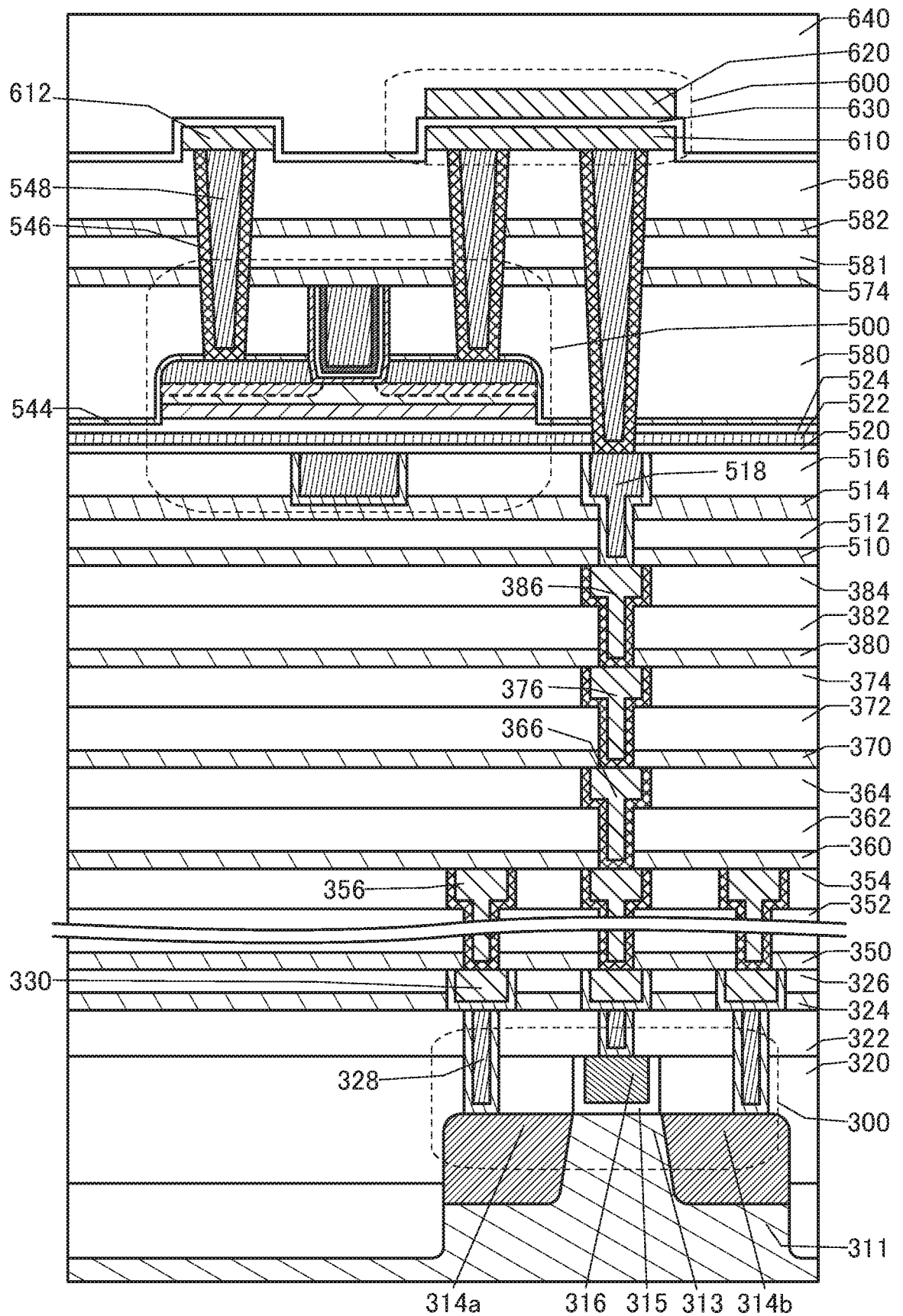


图5

5/13

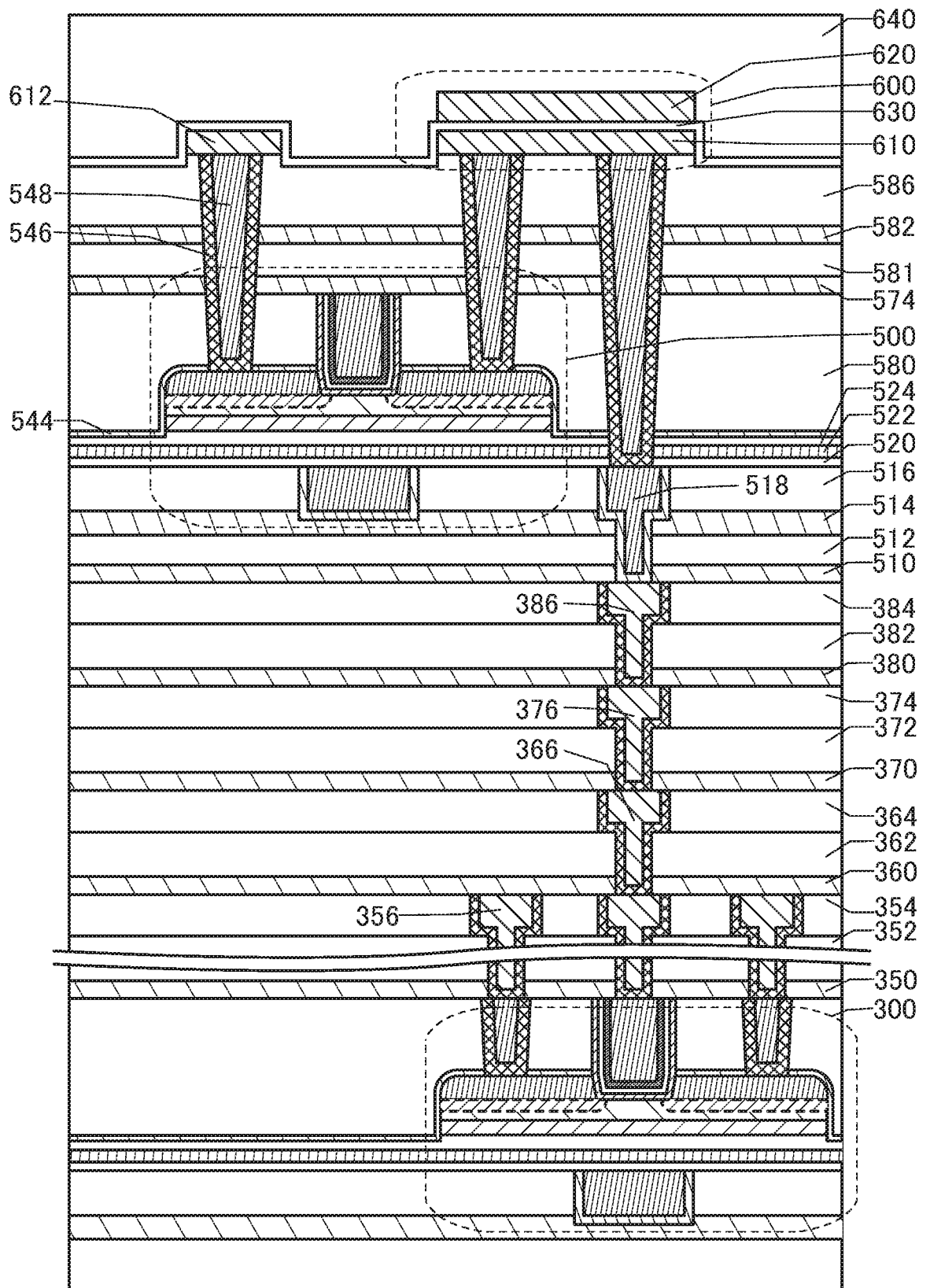


図6A

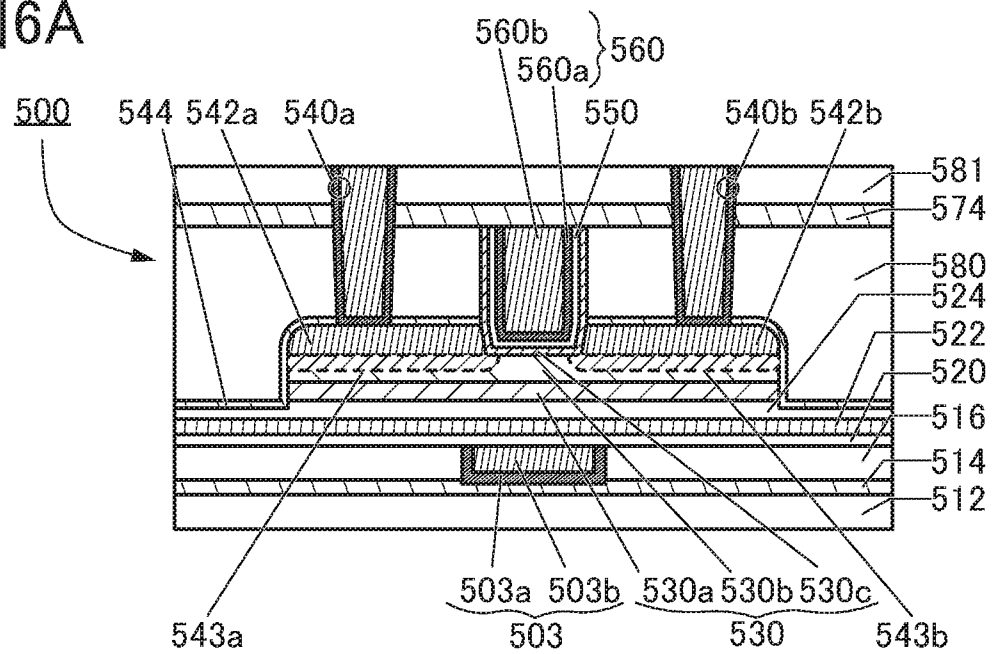


図6B

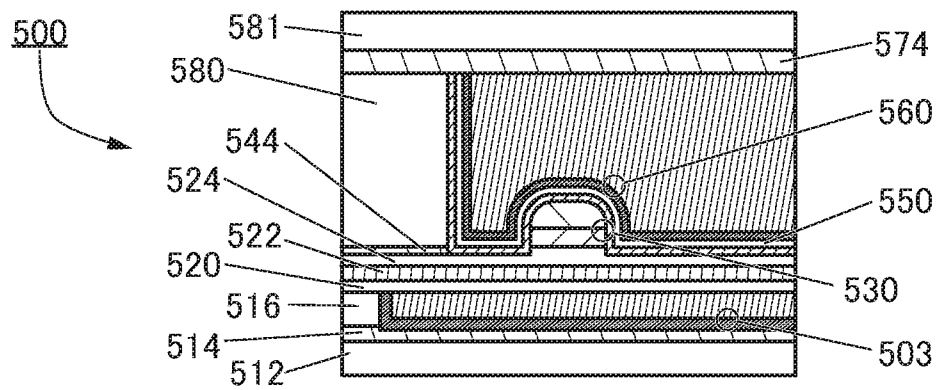
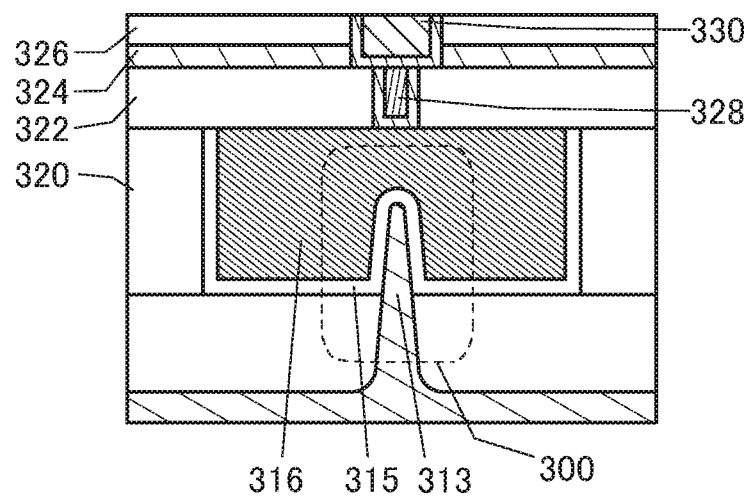


図6C



7A

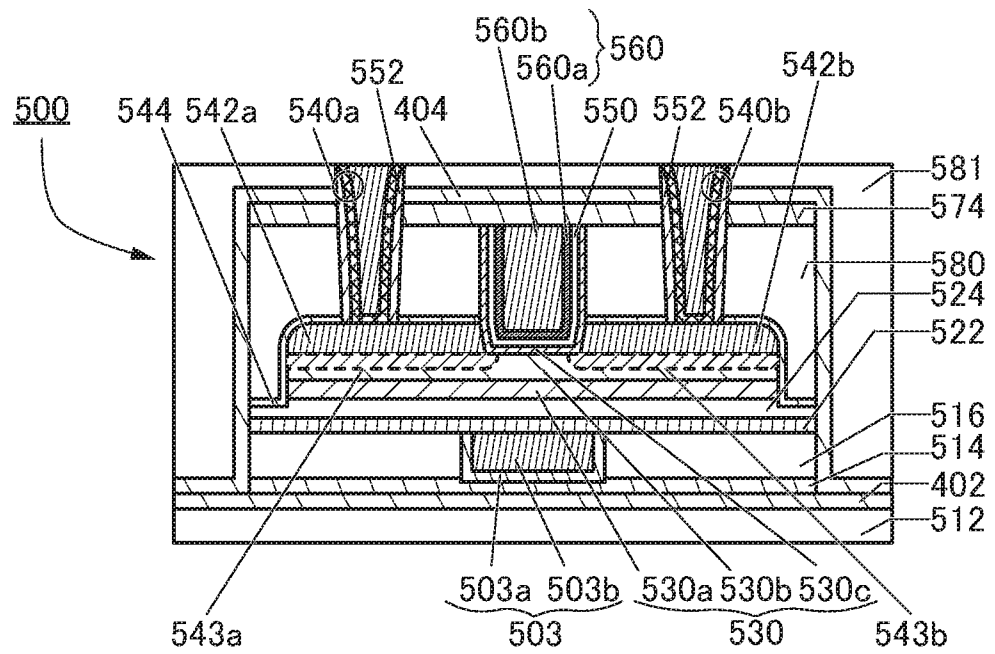


图 7B

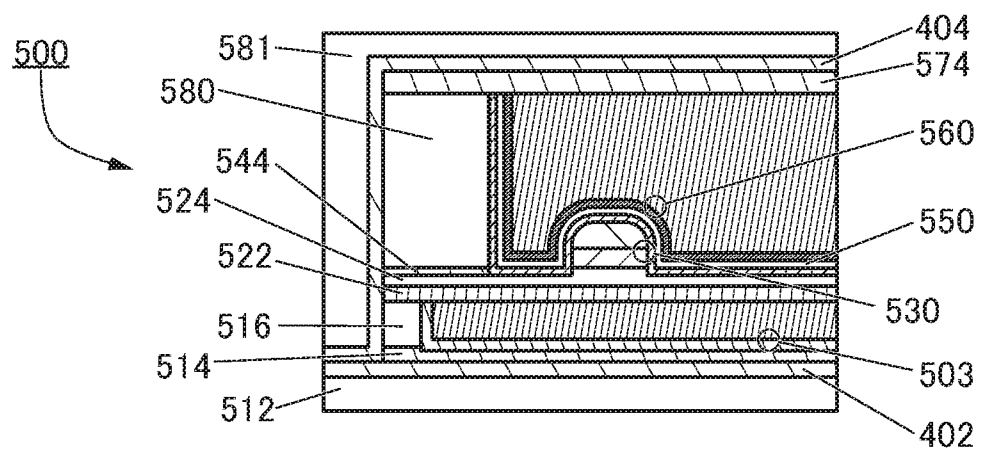


图8

8/13

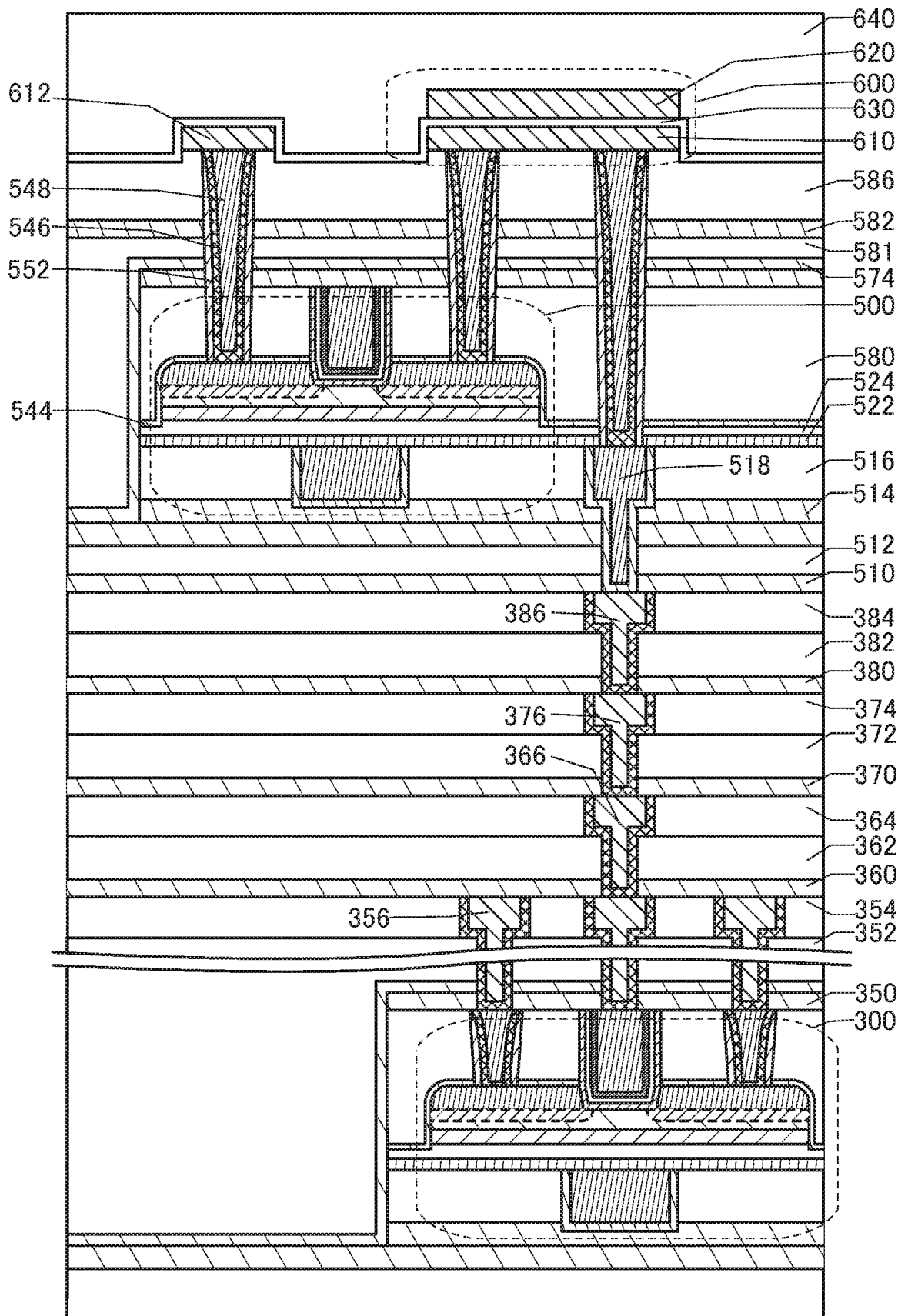


図9A

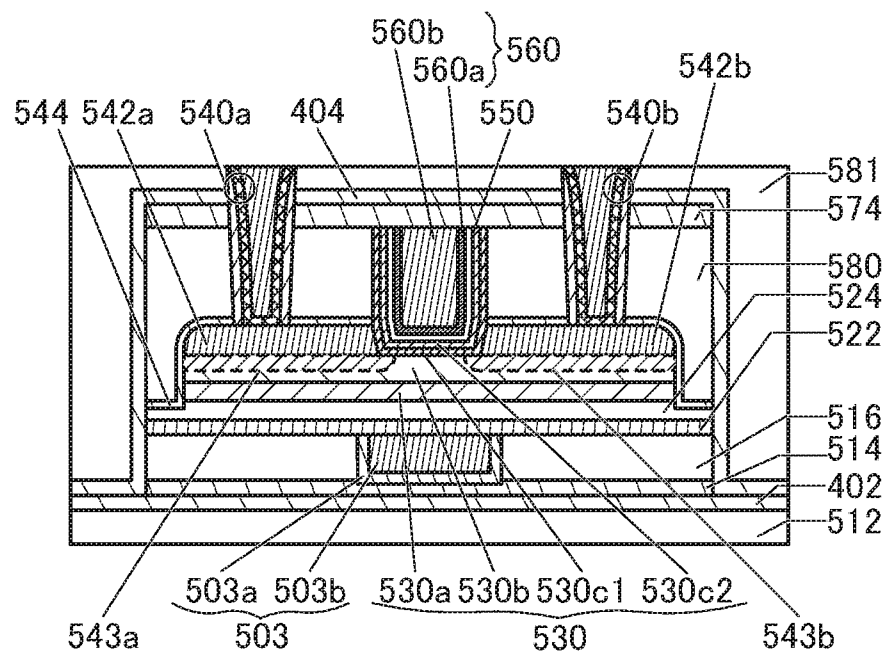


図9B

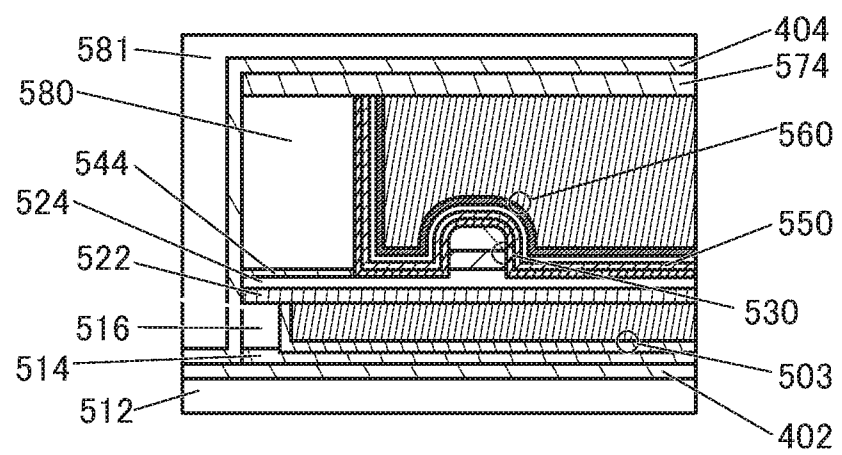
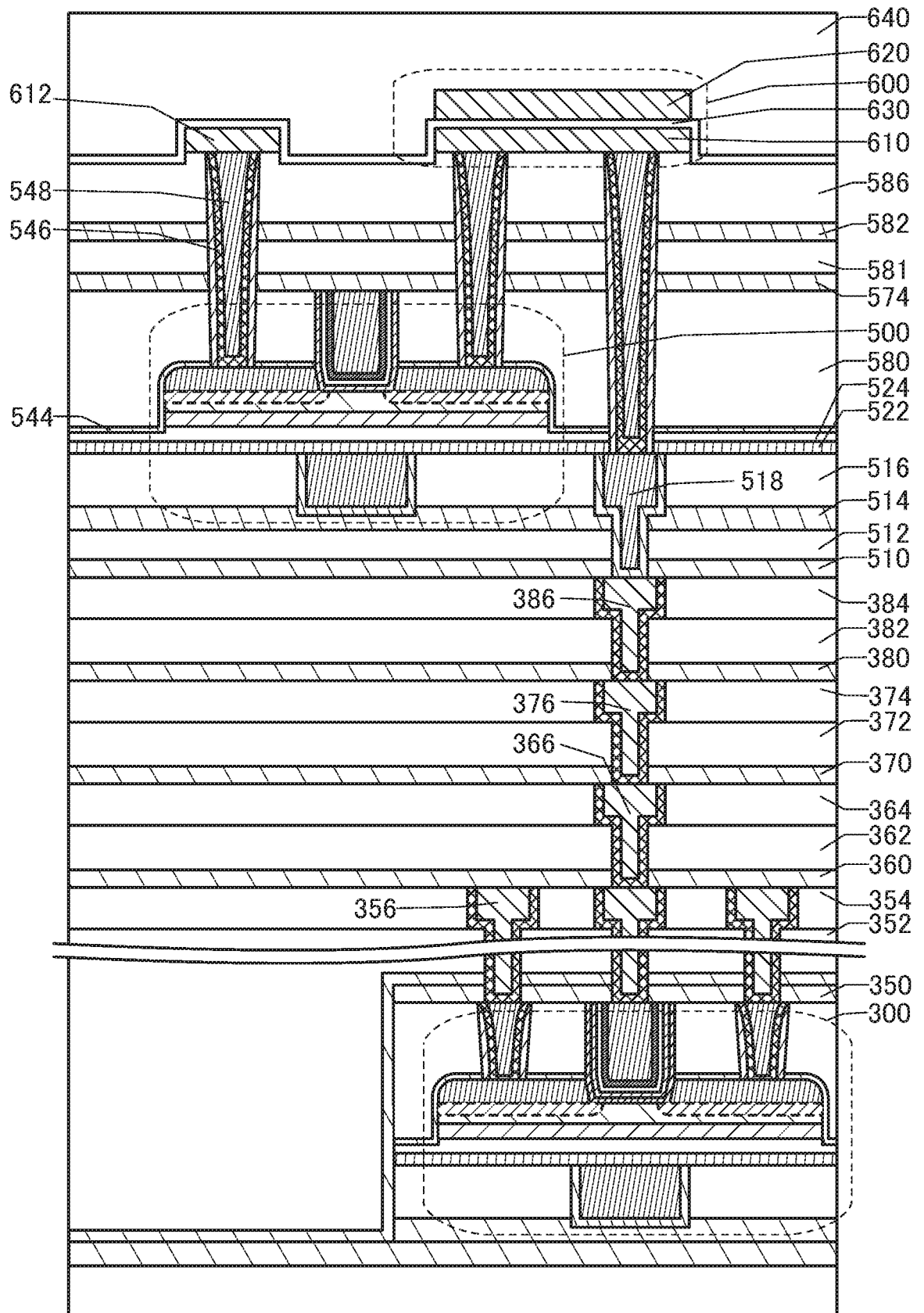


图10

10/13



11/13

図11A

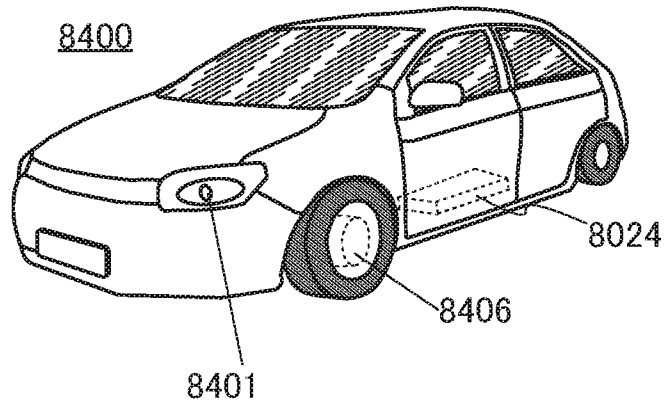


図11B

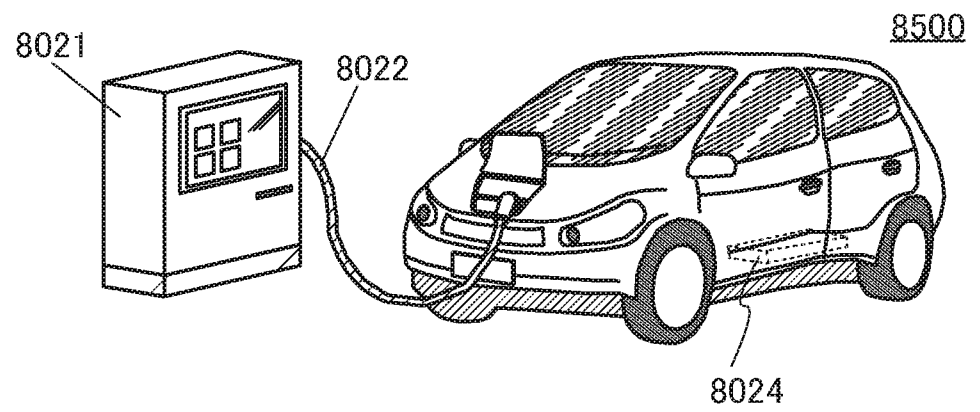
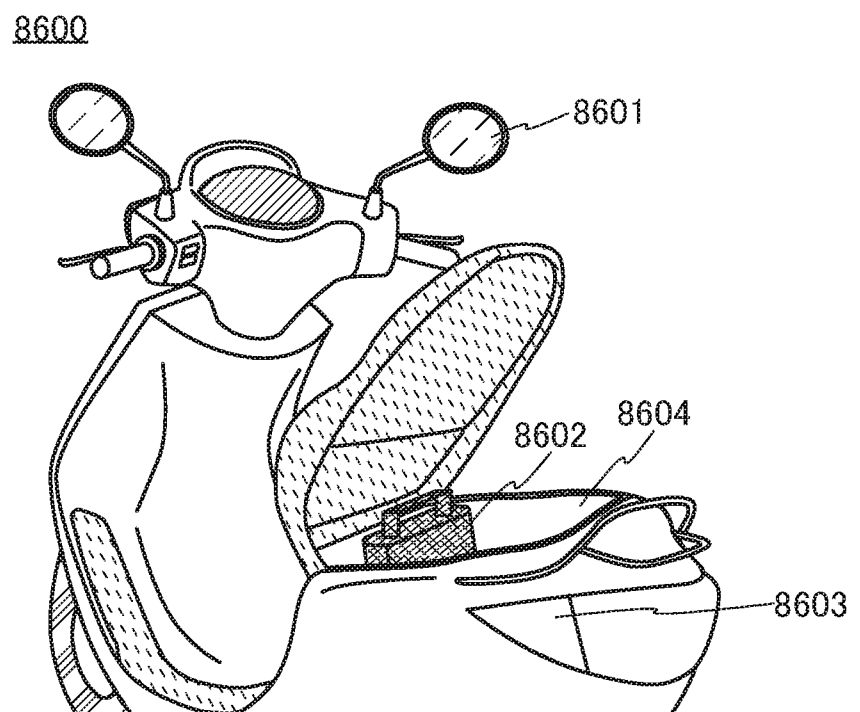


図11C



12/13

図12A

616

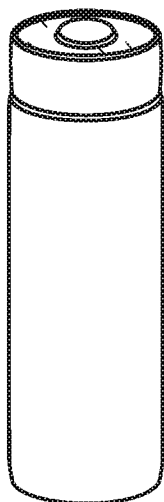


図12B

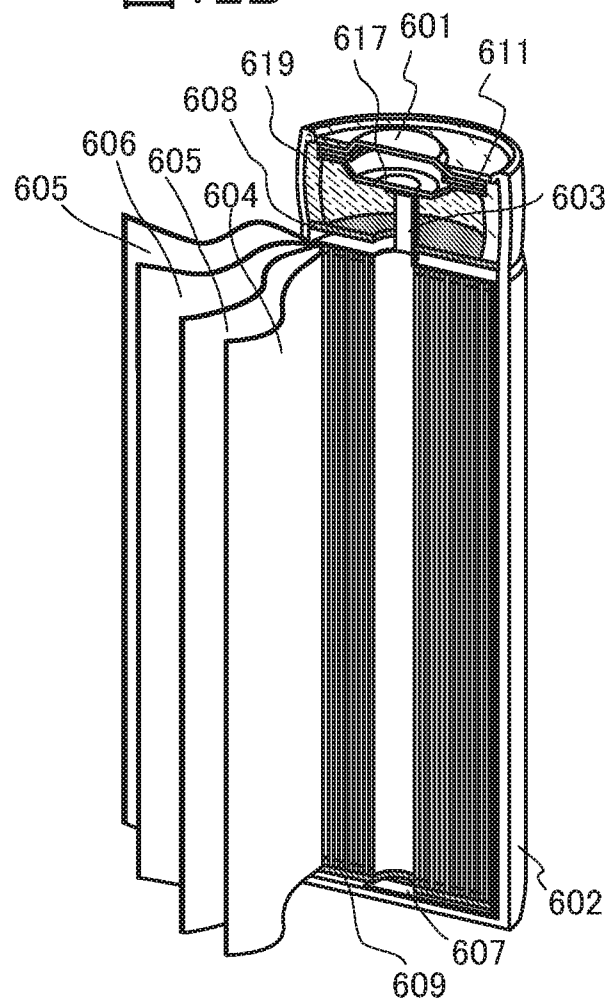
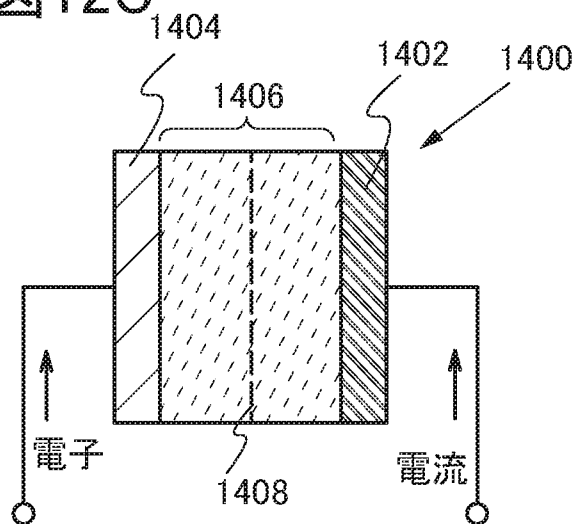
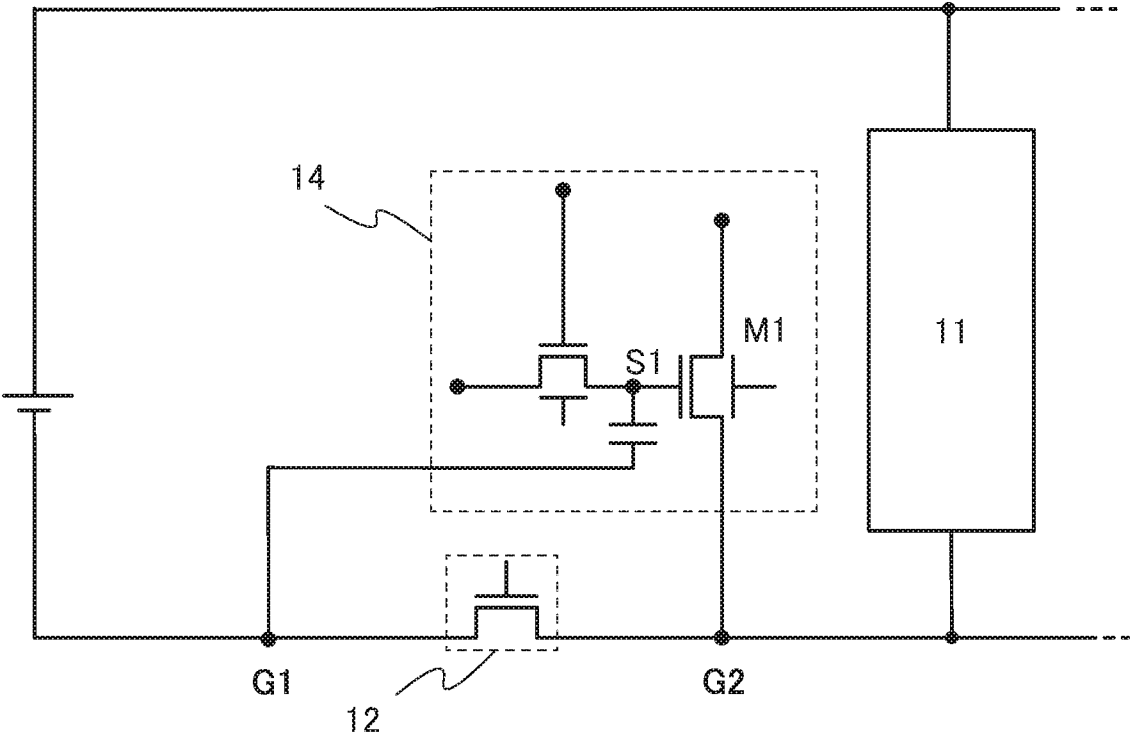


図12C



充電時

图13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2019/060459

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H02H7/18 (2006.01) i, H01M10/44 (2006.01) i, H01M10/48 (2006.01) i,
H02J7/00 (2006.01) i

FI: H02J7/00 S, H02H7/18, H01M10/44 P, H01M10/48 P

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. H02H7/18, H01M10/44, H01M10/48, H02J7/00

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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.
A	WO 2018/079276 A1 (SANYO ELECTRIC CO., LTD.) 03 May 2018, paragraphs [0017]-[0037], fig. 1-3	1-7
A	US 2014/0103876 A1 (SAMSUNG SDI CO., LTD.) 17 April 2014, paragraphs [0046]-[0084], fig. 2	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
25.02.2020

Date of mailing of the international search report
03.03.2020

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

Information on patent family members

International application No.

PCT/IB2019/060459

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2018/079276 A1	03.05.2018	US 2019/0245359 A1 paragraphs [0019]- [0043], fig. 1-3 EP 3534483 A1 CN 109891700 A	
US 2014/0103876 A1	17.04.2014	KR 10-2014-0048737 A CN 103730699 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02H 7/18(2006.01)i; H01M 10/44(2006.01)i; H01M 10/48(2006.01)i; H02J 7/00(2006.01)i FI: H02J7/00 S; H02H7/18; H01M10/44 P; H01M10/48 P										
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）） H02H7/18; H01M10/44; H01M10/48; H02J7/00 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年									
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								
A	WO 2018/079276 A1（三洋電機株式会社）03.05.2018（2018 - 05 - 03） 段落[0017]-[0037], 図1-3	1-7								
A	US 2014/0103876 A1（SAMSUNG SDI CO., LTD.）17.04.2014（2014 - 04 - 17） 段落[0046]-[0084], 図2	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。										
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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 25.02.2020		国際調査報告の発送日 03.03.2020								
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） 羽鳥 友哉 5T 4065 電話番号 03-3581-1101 内線 3568								

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/IB2019/060459

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2018/079276	A1	03.05.2018	US	2019/0245359	A1	
				段落[0019]-[0043], 図1-3			
				EP	3534483	A1	
				CN	109891700	A	
US	2014/0103876	A1	17.04.2014	KR	10-2014-0048737	A	
				CN	103730699	A	