

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7330986号
(P7330986)

(45)発行日 令和5年8月22日(2023.8.22)

(24)登録日 令和5年8月14日(2023.8.14)

(51)国際特許分類			F I		
H 0 2 J	7/02	(2016.01)	H 0 2 J	7/02	H
H 0 1 M	10/44	(2006.01)	H 0 1 M	10/44	P
H 0 1 M	10/48	(2006.01)	H 0 1 M	10/48	P
請求項の数 10 (全61頁)					
(21)出願番号	特願2020-539156(P2020-539156)		(73)特許権者	000153878	
(86)(22)出願日	令和1年8月21日(2019.8.21)			株式会社半導体エネルギー研究所	
(86)国際出願番号	PCT/IB2019/057027			神奈川県厚木市長谷398番地	
(87)国際公開番号	WO2020/044168		(72)発明者	岡本 佑樹	
(87)国際公開日	令和2年3月5日(2020.3.5)			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会	
審査請求日	令和4年7月20日(2022.7.20)			社半導体エネルギー研究所内	
(31)優先権主張番号	特願2018-163168(P2018-163168)		(72)発明者	石津 貴彦	
(32)優先日	平成30年8月31日(2018.8.31)			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会	
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)			社半導体エネルギー研究所内	
(31)優先権主張番号	特願2018-201005(P2018-201005)		審査官	高野 誠治	
(32)優先日	平成30年10月25日(2018.10.25)				
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)				
(31)優先権主張番号	特願2018-219225(P2018-219225)				
	最終頁に続く			最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 半導体装置及び半導体装置の動作方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

n組のセルバランス回路（nは一以上の整数）を有する半導体装置であり、
前記n組のセルバランス回路は、n個の二次電池と電氣的に接続され、
前記n組のセルバランス回路の一に対し、前記n個の二次電池の一が電氣的に接続され、
前記n組のセルバランス回路のそれぞれは、
比較回路と、
前記比較回路の非反転入力端子に電氣的に接続される第1の端子と、
前記比較回路の反転入力端子にソースおよびドレインの一方が電氣的に接続される第1
のトランジスタと、
前記比較回路の反転入力端子に一方の電極が電氣的に接続される第1の容量と、
前記第1の容量の他方の電極に電氣的に接続される第2の端子と、
を有し、
前記第1のトランジスタはチャネル形成領域に、インジウムを含む金属酸化物を有し、
第kのセルバランス回路（kは3以上n以下の整数）が有する前記第1の端子と、第（
k－1）のセルバランス回路が有する前記第2の端子と、は電氣的に接続され、
前記第（k－1）のセルバランス回路が有する前記第1の端子と、第（k－2）のセル
バランス回路が有する前記第2の端子と、は電氣的に接続され、
前記第kのセルバランス回路に電氣的に接続される前記二次電池は、正極が前記第kの
セルバランス回路の前記第1の端子に電氣的に接続され、負極が前記第kのセルバランス

回路の前記第 2 の端子に電氣的に接続される半導体装置。

【請求項 2】

請求項 1 において、

第 m のセルバランス回路 (m は 2 以上 n 以下の整数) が有する前記第 1 の端子と前記第 2 の端子の電圧の差が第 $(m-1)$ のセルバランス回路が有する前記第 1 の端子と前記第 2 の端子の電圧の差よりも大きい場合には、

前記第 m のセルバランス回路が有する前記比較回路の出力端子からは高電位信号を、

前記第 $(m-1)$ のセルバランス回路が有する前記比較回路の前記出力端子からは低電位信号を、

それぞれ出力する機能を有する半導体装置。

10

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において、

前記 n 組のセルバランス回路のそれぞれにおいて、前記比較回路の前記反転入力端子に前記第 2 の端子の電圧と電圧 A の和が与える機能を有し、

前記電圧 A は、3 V 以上 5 V 以下である半導体装置。

【請求項 4】

第 1 の比較回路と、第 1 のトランジスタと、第 1 の容量素子と、第 1 の端子と、第 2 の端子と、第 3 の端子と、を有する半導体装置の動作方法であり、

前記第 1 の比較回路の非反転入力端子には、前記第 1 の端子が電氣的に接続され、

前記第 1 の比較回路の反転入力端子には、前記第 1 のトランジスタのソースおよびドレインの一方と、前記第 1 の容量素子の一方の電極と、が電氣的に接続され、

20

前記第 1 の容量素子の他方の電極には、前記第 2 の端子が電氣的に接続され、

前記第 1 のトランジスタのソースおよびドレインの他方には、前記第 3 の端子が電氣的に接続され、

前記第 1 のトランジスタは、チャネル形成領域に金属酸化物を有し、

前記金属酸化物は、インジウムを含み、

前記第 1 の端子には、二次電池の正極端子が電氣的に接続され、

前記第 2 の端子には、前記二次電池の負極端子が電氣的に接続され、

前記第 1 のトランジスタのゲートに高電位信号が与えられる第 1 のステップと、

前記第 3 の端子に第 1 の信号が与えられる第 2 のステップと、

30

前記第 1 の比較回路の前記反転入力端子に前記第 1 の信号に応じた第 2 の信号が与えられる第 3 のステップと、

前記第 1 のトランジスタのゲートに低電位信号が与えられる第 4 のステップと、

前記第 1 の比較回路の出力端子から低電位信号が出力される第 5 のステップと、

前記第 1 の比較回路の出力端子からの信号を低電位信号から高電位信号へ変化させることにより前記二次電池の電流を減少させる第 6 のステップと、

を有し、

前記第 1 の信号は、前記第 2 の端子の電圧と電圧 A の和であり、

前記電圧 A は、3 V 以上 5 V 以下である半導体装置の動作方法。

【請求項 5】

40

請求項 4 において、

前記第 5 のステップにおける前記第 1 の端子と前記第 2 の端子の電圧の差は、

前記第 6 のステップにおける前記第 1 の端子と前記第 2 の端子の電圧の差よりも小さい半導体装置の動作方法。

【請求項 6】

請求項 4 または請求項 5 において、

第 2 のトランジスタを有し、

前記第 2 のトランジスタのソースおよびドレインの一方には、前記第 1 の端子または前記第 2 の端子が電氣的に接続され、

前記第 2 のトランジスタのゲートには、前記第 1 の比較回路の前記出力端子が電氣的に

50

接続される半導体装置の動作方法。

【請求項 7】

請求項 4 乃至請求項 6 のいずれか一において、

前記第 3 のステップにおいて前記第 1 の比較回路の前記非反転入力端子に与えられる前記第 2 の信号は、前記第 4 のステップ乃至前記第 6 のステップにおいて保持される半導体装置の動作方法。

【請求項 8】

請求項 4 乃至請求項 7 のいずれか一において、

電圧生成回路を有し、

前記電圧生成回路は、第 3 のトランジスタと、第 2 の容量素子と、を有し、

前記第 3 のトランジスタのソースおよびドレインの一方には、前記第 2 の容量素子の一方の電極が電氣的に接続され、

前記第 3 のトランジスタのソースおよびドレインの他方には、前記第 2 の端子が電氣的に接続され、

前記電圧生成回路は、前記第 1 の信号を生成する機能を有し、

前記第 3 のトランジスタは、チャネル形成領域にインジウムを含む金属酸化物を有する半導体装置の動作方法。

【請求項 9】

請求項 8 において、

前記電圧生成回路は、第 2 の比較回路を有し、

前記第 2 の比較回路の非反転入力端子には、前記第 3 のトランジスタのソースおよびドレインの一方が電氣的に接続され、

前記第 2 の比較回路の反転入力端子には前記第 3 の端子が電氣的に出力され、

前記第 2 の比較回路の出力端子には前記第 1 のトランジスタのゲートが電氣的に接続される半導体装置の動作方法。

【請求項 10】

第 1 の比較回路と、第 2 の比較回路と、第 3 の比較回路と、制御回路と、二次電池と、を有し、

前記第 1 の比較回路、前記第 2 の比較回路および前記第 3 の比較回路は、前記制御回路に信号を与える機能を有し、

前記制御回路は、前記第 1 の比較回路から与えられる信号に応じて、前記二次電池の充電電流を制御する機能を有し、

前記制御回路は、前記第 2 の比較回路から与えられる信号に応じて、前記二次電池の充電を停止する機能を有し、

前記制御回路は、前記第 3 の比較回路から与えられる信号に応じて、前記二次電池の充電上限電圧を制御する機能を有し、

前記第 1 の比較回路は、前記二次電池の正極の電位と、第 1 の基準電位と、を比較する機能を有し、

前記第 2 の比較回路は、前記二次電池の正極の電位と、第 2 の基準電位と、を比較する機能を有し、

前記第 3 の比較回路は、環境温度と、第 3 の基準電位と、を比較する機能を有し、

前記第 1 の比較回路の非反転入力端子または反転入力端子には第 1 のトランジスタのソースまたはドレインが電氣的に接続され、

前記第 2 の比較回路の非反転入力端子または反転入力端子には第 2 のトランジスタのソースまたはドレインが電氣的に接続され、前記第 3 の比較回路の非反転入力端子または反転入力端子には第 3 のトランジスタのソースまたはドレインが電氣的に接続され、

前記第 1 のトランジスタ、前記第 2 のトランジスタおよび前記第 3 のトランジスタのチャネル形成領域はそれぞれ、インジウムを含む金属酸化物を有する半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【０００１】

本発明の一態様は、半導体装置、及び半導体装置の動作方法に関する。また、本発明の一態様は、電池制御回路、電池保護回路、蓄電装置、及び電子機器に関する。

【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、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。

10

【背景技術】

【０００３】

蓄電装置（バッテリー、二次電池ともいう）は、小型の電子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、過放電、過充電、過電流、または短絡といった充放電時の異常を把握するための回路を備えている。このように、電池の保護、及び制御を行う回路において、充放電時の異常を検知するため、電圧や電流等のデータを取得する。また、このような回路においては、観測されるデータに基づいて、充放電の停止やセル・balancingなどの制御を行う。

20

【０００５】

特許文献１は、電池保護回路として機能する保護ＩＣについて開示している。特許文献１に記載の保護ＩＣでは、内部に複数のコンパレータ（比較器）を設け、参照電圧と、電池が接続された端子の電圧と、を比較して充放電時の異常を検出する構成について示している。

【０００６】

また特許文献２では、二次電池の微小短絡を検出する電池状態検知装置及びそれを内蔵する電池パックが示されている。

30

【０００７】

また特許文献３では、二次電池のセルが直列接続された組電池を保護する保護用半導体装置が示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００８】

【文献】米国特許出願公開第２０１１－２６７７２６号明細書

特開２０１０－６６１６１号公報

特開２０１０－２２０３８９号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００９】

本発明の一態様は、新規な電池制御回路、電池保護回路、蓄電装置、及び電子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、消費電力の低減を図ることができる、新規な構成の電池制御回路、電池保護回路、蓄電装置、及び電子機器等を提供することを課題の一とする。

40

【００１０】

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

50

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】

【0011】

本発明の一態様は、 n 組のセルバランス回路（ n は一以上の整数）を有する半導体装置である。一のセルバランス回路に一の二次電池が電氣的に接続される。セルバランス回路は比較回路を有し、比較回路の反転入力端子には、記憶素子が電氣的に接続される。記憶素子は第1のトランジスタと容量素子を有する。電位が保持される。保持される電位は、二次電池の負極の電位の変化に伴い、変化する。比較回路は、保持される電位と二次電池の正極の電位を比較する機能を有する。比較回路の出力により、二次電池に並列に電氣的に接続された第2のトランジスタのゲート電圧が制御される。第1のトランジスタは、チャンネル形成領域にインジウムを含む金属酸化物を有する。

10

【0012】

また、本発明の一態様は、 n 組のセルバランス回路（ n は一以上の整数）を有する半導体装置である。一のセルバランス回路に一の二次電池が電氣的に接続される。セルバランス回路はコンパレータを有し、コンパレータの反転入力端子には、記憶素子が電氣的に接続される。記憶素子は第1のトランジスタと容量素子を有する。電位が保持される。保持される電位は、二次電池の負極の電位の変化に伴い、変化する。コンパレータは、保持される電位と二次電池の正極の電位を比較する機能を有する。コンパレータの出力により、二次電池に並列に電氣的に接続された第2のトランジスタのゲート電圧が制御される。第1のトランジスタは、チャンネル形成領域にインジウムを含む金属酸化物を有する。

20

【0013】

また、本発明の一態様は、 n 組のセルバランス回路（ n は一以上の整数）を有する半導体装置であり、 n 組のセルバランス回路は、 n 個の二次電池と電氣的に接続され、 n 組のセルバランス回路の一つに対し、一つの二次電池が電氣的に接続され、 n 組のセルバランス回路のそれぞれは、第1の比較回路と、第1の比較回路の非反転入力端子に電氣的に接続される第1の端子と、第1の比較回路の反転入力端子にソースおよびドレインの一方が電氣的に接続される第1のトランジスタと、第1の比較回路の反転入力端子に一方の電極が電氣的に接続される第1の容量と、第1の容量の他方の電極に電氣的に接続される第2の端子と、を有し、第1のトランジスタはチャンネル形成領域に、インジウムを含む金属酸化物を有し、第 k のセルバランス回路（ k は3以上 n 以下の整数）が有する第1の端子と、第 $(k-1)$ のセルバランス回路が有する第2の端子と、は電氣的に接続され、第 $(k-1)$ のセルバランス回路が有する第1の端子と、第 $(k-2)$ のセルバランス回路が有する第2の端子と、は電氣的に接続され、第 k のセルバランス回路に電氣的に接続される二次電池は、正極が第 k のセルバランス回路の第1の端子に電氣的に接続され、負極が第 k のセルバランス回路の第2の端子に電氣的に接続される半導体装置である。

30

【0014】

また、上記構成において、第 m のセルバランス回路（ m は2以上 n 以下の整数）が有する第1の端子と第2の端子の電圧の差が、第 $(m-1)$ のセルバランス回路が有する第1の端子と第2の端子の電圧の差よりも大きい場合には、第 m のセルバランス回路が有する比較回路の出力端子からは高電位信号を、第 $(m-1)$ のセルバランス回路が有する比較回路の出力端子からは低電位信号を、それぞれ出力する機能を有することが好ましい。また、上記構成において、 n 組のセルバランス回路のそれぞれにおいて、比較回路の反転入力端子に第2の端子の電圧と電圧 A の和を与える機能を有し、電圧 A は、3V以上5V以下であることが好ましい。

40

【0015】

または、本発明の一態様は、第1の比較回路と、第1のトランジスタと、第1の容量素子と、第1の端子と、第2の端子と、第3の端子と、を有する半導体装置の動作方法であり、第1の比較回路の非反転入力端子には、第1の端子が電氣的に接続され、第1の比較

50

回路の反転入力端子には、第1のトランジスタのソースおよびドレインの一方と、第1の容量素子の一方の電極と、が電氣的に接続され、第1の容量素子の他方の電極には、第2の端子が電氣的に接続され、第1のトランジスタのソースおよびドレインの他方には、第3の端子が電氣的に接続され、第1のトランジスタは、チャネル形成領域に金属酸化物を有し、金属酸化物は、インジウムを含み、第1の端子には、二次電池の正極端子が電氣的に接続され、第2の端子には、二次電池の負極端子が電氣的に接続され、第1のトランジスタのゲートに高電位信号が与えられる第1のステップと、第3の端子に第1の信号が与えられる第2のステップと、第1の比較回路の反転入力端子に第1の信号に応じた第2の信号が与えられる第3のステップと、第1のトランジスタのゲートに低電位信号が与えられる第4のステップと、第1の比較回路の出力端子から低電位信号が出力される第5のステップと、第1の比較回路の出力端子からの信号を低電位信号から高電位信号へ変化させることにより二次電池の電流を減少させる第6のステップと、を有し、第1の信号は、第2の端子の電圧と電圧Aの和であり、電圧Aは、3V以上5V以下である半導体装置の動作方法である。

【0016】

また、上記構成において、第5のステップにおける第1の端子と第2の端子の電圧の差は、第6のステップにおける第1の端子と第2の端子の電圧の差よりも小さいことが好ましい。また、上記構成において、第2のトランジスタを有し、第2のトランジスタのソースおよびドレインの一方には、第1の端子または第2の端子が電氣的に接続され、第2のトランジスタのゲートには、第1の比較回路の出力端子が電氣的に接続されることが好ましい。また、上記構成において、第3のステップにおいて第1の比較回路の非反転入力端子に与えられる第2の信号は、第4のステップ乃至第6のステップにおいて保持される機能を有することが好ましい。また、上記構成において、電圧生成回路を有し、電圧生成回路は、第3のトランジスタと、第2の容量素子と、を有し、第3のトランジスタのソースおよびドレインの一方には、第2の容量素子の一方の電極が電氣的に接続され、第3のトランジスタのソースおよびドレインの他方には、第2の端子が電氣的に接続され、電圧生成回路は、第1の信号を生成する機能を有し、第3のトランジスタは、チャネル形成領域にインジウムを含む金属酸化物を有することが好ましい。また、上記構成において、電圧生成回路は、第2の比較回路を有し、第2の比較回路の非反転入力端子には、第3のトランジスタのソースおよびドレインの一方が電氣的に接続され、第3の比較回路の反転入力端子には第3の端子が電氣的に出力され、第3の比較回路の出力端子には第1のトランジスタのゲートが電氣的に接続されることが好ましい。

【0017】

または、本発明の一態様は、第1の比較回路と、第2の比較回路と、第3の比較回路と、制御回路と、二次電池と、を有し、第1の比較回路、第2の比較回路および第3の比較回路は、制御回路に信号を与える機能を有し、制御回路は、第1の比較回路から与えられる信号に応じて、二次電池の充電電流を制御する機能を有し、制御回路は、第2の比較回路から与えられる信号に応じて、二次電池の充電を停止する機能を有し、制御回路は、第3の比較回路から与えられる信号に応じて、二次電池の充電上限電圧を制御する機能を有し、第1の比較回路は、二次電池の正極の電位と、第1の基準電位と、を比較する機能を有し、第2の比較回路は、二次電池の正極の電位と、第2の基準電位と、を比較する機能を有し、第3の比較回路は、環境温度と、第3の基準電位と、を比較する機能を有する半導体装置である。

【0018】

また、上記構成において、第1の比較回路の非反転入力端子または反転入力端子には第1のトランジスタのソースまたはドレインが電氣的に接続され、第2の比較回路の非反転入力端子または反転入力端子には第2のトランジスタのソースまたはドレインが電氣的に接続され、第3の比較回路の非反転入力端子または反転入力端子には第3のトランジスタのソースまたはドレインが電氣的に接続され、第1のトランジスタ、第2のトランジスタおよび第3のトランジスタのチャネル形成領域はそれぞれ、インジウムを含む金属酸化物

を有することが好ましい。

【発明の効果】

【0019】

本発明の一態様は、新規な電池制御回路、電池保護回路、蓄電装置、及び電子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、消費電力の低減を図ることができる、新規な構成の電池制御回路、電池保護回路、蓄電装置、及び電子機器等を提供することができる。

【0020】

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】

【0021】

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は本発明の一態様を説明するブロック図である。

図3は本発明の一態様を説明するフローチャートである。

図4は本発明の一態様を説明するフローチャートである。

図5は本発明の一態様の蓄電装置の動作を説明するタイミングチャートである。

図6は本発明の一態様を説明するブロック図である。

図7は本発明の一態様を説明する回路図である。

図8Aは本発明の一態様を説明する回路図である。図8Bは本発明の一態様を説明する回路図である。

図9Aは充放電カーブを示す。図9Bは本発明の一態様を説明する回路図である。図9Cは本発明の一態様を説明する回路図である。

図10Aは本発明の一態様の蓄電装置の動作を説明するタイミングチャートである。図10Bは本発明の一態様の蓄電装置の動作を説明するタイミングチャートである。

図11は半導体装置の構成例を示す断面図である。

図12は半導体装置の構成例を示す断面図である。

図13Aはトランジスタの構造例を示す断面図である。図13Bはトランジスタの構造例を示す断面図である。図13Cはトランジスタの構造例を示す断面図である。

図14Aは電子部品の作製工程を示すフローチャートである。図14Bは電子部品の斜視模式図である。

図15Aは二次電池の一例を示す図である。図15Bは二次電池の一例を示す図である。

図15Cは複数の二次電池の構成例を示す図である。図15Dは複数の二次電池の構成例を示す図である。

図16Aは電池パックの例を示す図である。図16Bは電池パックの例を示す図である。

図16Cは電池パックの例を示す図である。

図17Aは本発明の一態様の車両を説明する図である。図17Bは本発明の一態様の車両を説明する図である。図17Cは本発明の一態様の車両を説明する図である。

図18Aは本発明の一態様の車両を説明する図である。図18Bは本発明の一態様の蓄電システムを説明する図である。

図19Aは本発明の一態様の電子機器を説明する図である。図19Bは本発明の一態様の電子機器を説明する図である。図19Cは本発明の一態様の電子機器を説明する図である。

図20は本発明の一態様の電子機器を説明する図である。

図21Aは本発明の一態様の電子機器を説明する図である。図21Bは本発明の一態様の電子機器を説明する図である。図21Cは本発明の一態様の二次電池を説明する図である。

10

20

30

40

50

。図 2 1 D は本発明の一態様の電子機器を説明する図である。図 2 1 E は本発明の一態様の電子機器を説明する図である。

図 2 2 は本発明の一態様を説明する回路図である。

図 2 3 は本発明の一態様を説明する回路図である。

図 2 4 は温度センサの評価結果である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

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。

10

【0023】

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。

【0024】

20

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。

【0025】

また、図面等において示す各構成の、位置、大きさ、範囲などは、発明の理解を容易とするため、実際の位置、大きさ、範囲などを表していない場合がある。このため、開示する発明は、必ずしも、図面等を開示された位置、大きさ、範囲などに限定されない。例えば、実際の製造工程において、エッチングなどの処理によりレジストマスクなどが意図せずに目減りすることがあるが、理解を容易とするために図に反映しないことがある。

【0026】

30

また、上面図（「平面図」ともいう）や斜視図などにおいて、図面をわかりやすくするために、一部の構成要素の記載を省略する場合がある。

【0027】

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。

【0028】

なお、本明細書等において「上」や「下」の用語は、構成要素の位置関係が直上または直下で、かつ、直接接していることを限定するものではない。例えば、「絶縁層 A 上の電極 B」の表現であれば、絶縁層 A の上に電極 B が直接接して形成されている必要はなく、絶縁層 A と電極 B との間に他の構成要素を含むものを除外しない。

40

【0029】

また、ソースおよびドレインの機能は、異なる極性のトランジスタを採用する場合や、回路動作において電流の方向が変化する場合など、動作条件などによって互いに入れ替わるため、いずれがソースまたはドレインであるかを限定することが困難である。このため、本明細書においては、ソースおよびドレインの用語は、入れ替えて用いることができるものとする。

【0030】

また、本明細書等において、「電氣的に接続」には、直接接続している場合と、「何ら

50

かの電気的作用を有するもの」を介して接続されている場合が含まれる。ここで、「何らかの電気的作用を有するもの」は、接続対象間での電気信号の授受を可能とするものであれば、特に制限を受けない。よって、「電気的に接続する」と表現される場合であっても、現実の回路においては、物理的な接続部分がなく、配線が延在しているだけの場合もある。

【0031】

また、本明細書などにおいて、「平行」とは、例えば、二つの直線が -10° 以上 10° 以下の角度で配置されている状態をいう。従って、 -5° 以上 5° 以下の場合も含まれる。また、「垂直」および「直交」とは、例えば、二つの直線が 80° 以上 100° 以下の角度で配置されている状態をいう。従って、 85° 以上 95° 以下の場合も含まれる。

10

【0032】

なお、本明細書などにおいて、計数値および計量値に関して「同一」、「同じ」、「等しい」または「均一」などと言う場合は、明示されている場合を除き、プラスマイナス20%の誤差を含むものとする。

【0033】

また、本明細書において、レジストマスクを形成した後にエッチング処理を行う場合は、特段の説明がない限り、レジストマスクは、エッチング処理終了後に除去するものとする。

【0034】

また、電圧は、ある電位と、基準の電位（例えば接地電位またはソース電位）との電位差のことを示す場合が多い。よって、電圧と電位は互いに言い換えることが可能な場合が多い。本明細書などでは、特段の明示が無いかぎり、電圧と電位を言い換えることができるものとする。

20

【0035】

なお、「半導体」と表記した場合でも、例えば、導電性が十分低い場合は「絶縁体」としての特性を有する。よって、「半導体」を「絶縁体」に置き換えて用いることも可能である。この場合、「半導体」と「絶縁体」の境界は曖昧であり、両者の厳密な区別は難しい。したがって、本明細書に記載の「半導体」と「絶縁体」は、互いに読み換えることができる場合がある。

【0036】

また、「半導体」と表記した場合でも、例えば、導電性が十分高い場合は「導電体」としての特性を有する。よって、「半導体」を「導電体」に置き換えて用いることも可能である。この場合、「半導体」と「導電体」の境界は曖昧であり、両者の厳密な区別は難しい。したがって、本明細書に記載の「半導体」と「導電体」は、互いに読み換えることができる場合がある。

30

【0037】

なお、本明細書等において、トランジスタの「オン状態」とは、トランジスタのソースとドレインが電気的に短絡しているとみなせる状態（「導通状態」ともいう。）をいう。また、トランジスタの「オフ状態」とは、トランジスタのソースとドレインが電気的に遮断しているとみなせる状態（「非導通状態」ともいう。）をいう。

40

【0038】

また、本明細書等において、「オン電流」とは、トランジスタがオン状態の時にソースとドレイン間に流れる電流をいう場合がある。また、「オフ電流」とは、トランジスタがオフ状態である時にソースとドレイン間に流れる電流をいう場合がある。

【0039】

また、本明細書等において、高電源電位VDD（以下、単に「VDD」または「H電位」ともいう）とは、低電源電位VSSよりも高い電位の電源電位を示す。また、低電源電位VSS（以下、単に「VSS」または「L電位」ともいう）とは、高電源電位VDDよりも低い電位の電源電位を示す。また、接地電位をVDDまたはVSSとして用いることもできる。例えばVDDが接地電位の場合には、VSSは接地電位より低い電位であり、

50

VSSが接地電位の場合には、VDDは接地電位より高い電位である。

【0040】

また、本明細書等において、ゲートとは、ゲート電極およびゲート配線の一部または全部のことをいう。ゲート配線とは、少なくとも一つのトランジスタのゲート電極と、別の電極や別の配線とを電氣的に接続させるための配線のことをいう。

【0041】

また、本明細書等において、ソースとは、ソース領域、ソース電極、およびソース配線の一部または全部のことをいう。ソース領域とは、半導体層のうち、抵抗率が一定値以下の領域のことをいう。ソース電極とは、ソース領域に接続される部分の導電層のことをいう。ソース配線とは、少なくとも一つのトランジスタのソース電極と、別の電極や別の配線とを電氣的に接続させるための配線のことをいう。

10

【0042】

また、本明細書等において、ドレインとは、ドレイン領域、ドレイン電極、及びドレイン配線の一部または全部のことをいう。ドレイン領域とは、半導体層のうち、抵抗率が一定値以下の領域のことをいう。ドレイン電極とは、ドレイン領域に接続される部分の導電層のことをいう。ドレイン配線とは、少なくとも一つのトランジスタのドレイン電極と、別の電極や別の配線とを電氣的に接続させるための配線のことをいう。

【0043】

(実施の形態1)

電池制御回路、および当該電池制御回路を備えた蓄電装置の構成について、図1及び図2を参照して説明する。

20

【0044】

本発明の一態様の電池制御回路、または当該電池制御回路を備えた蓄電装置を「BTOS」と呼ぶ場合がある。「BTOS」は、低い消費電力によりシステムを構築できる場合がある。「BTOS」は、簡便な回路によりシステムを構築できる場合がある。

【0045】

本発明の一態様の電池制御回路は、電池の保護を行う機能を有することが好ましい。また、本発明の一態様の電池制御回路は、電池保護回路と呼ばれる場合がある。

【0046】

<蓄電装置の一例1>

30

図1には蓄電装置の一例について示す。図1に示す蓄電装置100は、電池制御回路110および組電池120を有する。

【0047】

組電池120は複数の電池セル121を有する。図1ではn個の電池セル121を有する例を示す。第kの電池セル(kは1以上n以下の整数)を電池セル121(k)と表す場合がある。組電池120が有する複数の電池セルは電氣的に直列に接続される。

【0048】

ここで電池セルとして例えば、後述する実施の形態に示す二次電池を用いることができる。例えば、捲回された電池素子を有する二次電池を用いることができる。また、電池セルは外装体を有することが好ましい。例えば、円筒型の外装体や、角型の外装体等を用いることができる。外装体の材料として絶縁体に覆われた金属板や、絶縁体に挟まれた金属フィルム等を用いることができる。電池セルは例えば、一对の正極と負極を有する。また、電池セルは正極に電氣的に接続される端子、および負極に電氣的に接続される端子を有してもよい。また、電池セルが本発明の一態様の電池制御回路の一部の構成を有する場合がある。

40

【0049】

電池制御回路110は、n組のセルバランス回路130、トランジスタ140、トランジスタ150、検出回路181および制御回路170を有する。n組のセルバランス回路130をまとめてセルバランス制御部と呼ぶ場合がある。

【0050】

50

制御回路 170 は、 n 組のセルバランス回路 130 との信号の授受を行う機能を有する。また、制御回路 170 は、外部回路との信号の授受を行う機能を有する。また、制御回路 170 は電圧生成回路を有する場合がある。

【0051】

セルバランス回路 130 は、対応する一つの電池セル 121 毎に、コンパレータ 113 および記憶素子 114 を備えた電圧比較部 111 と、トランジスタ 132 と、を有する。記憶素子 114 は、容量素子 161 およびトランジスタ 162 を有する。トランジスタ 162 のソースおよびドレインの一方は端子 P1 に電氣的に接続され、他方は容量素子 161 の一方の電極に電氣的に接続される。なお、端子 P1 の電位は対応する電池セル毎に異なる。電池セル 121 (k) に対応するセルバランス回路 130 をセルバランス回路 130 (k)、セルバランス回路 130 (k) が有する端子 P1 を端子 P1 (k) とする。トランジスタ 162 のゲートは端子 W1 に電氣的に接続される。一つの電池セル 121 の正極には第 1 の端子 (第 1 の電池セルであれば端子 VC1、第 2 の電池セルであれば端子 VC2、第 n の電池セルであれば端子 VCN) が電氣的に接続され、負極には第 2 の端子 (第 1 の電池セルであれば端子 VC2、第 2 の電池セルであれば端子 VC3、第 n のセルであれば端子 VSS) が電氣的に接続される。トランジスタ 132 のソースおよびドレインの一方は該第 1 の端子に、他方は該第 2 の端子に、それぞれ電氣的に接続される。コンパレータ 113 の非反転入力端子は、該第 1 の端子に接続される。トランジスタ 132 のゲートはコンパレータ 113 の出力端子に電氣的に接続される。容量素子 161 の一方の電極はコンパレータ 113 の反転入力端子に電氣的に接続され、他方の電極は該第 2 の端子に電氣的に接続される。

【0052】

セルバランス回路 130 において、トランジスタ 132 のソースおよびドレインの一方と電池セルの正極に電氣的に接続される端子との間、あるいはトランジスタ 132 のソースおよびドレインの他方と電池セルの負極に電氣的に接続される端子との間、のいずれかに抵抗素子 131 を有してもよい。図 1 に示す例においては、トランジスタ 132 のソースおよびドレインの一方と、電池セルの正極に電氣的に接続される端子との間に抵抗素子 131 を有する。

【0053】

隣接する 2 つの電池セル 121 において、第 1 の電池セル 121 の負極が第 2 の電池セル 121 の正極と電氣的に接続されている場合には、第 1 の電池セル 121 の負極に接続される端子と、第 2 の電池セル 121 の正極に接続される端子は例えば共通である。

【0054】

それぞれの電池セル 121 に対応する端子 W1 には、制御回路 170 より信号が与えられる。

【0055】

また、端子 P1 (k) には、電圧 $V_r(k)$ が与えられる。電圧 $V_r(k)$ は例えば可変電圧である。あるいは電圧 $V_r(k)$ は固定電圧でもよい。電圧 $V_r(k)$ の生成および制御を行う回路は、電池制御回路 110 の構成とは別に設けられてもよいし、電池制御回路 110 が電圧 $V_r(k)$ の生成および制御のいずれかまたは両方を行う機能を有してもよい。

【0056】

トランジスタ 162 として、チャネル形成領域に酸化物半導体を有するトランジスタ (以下、OS トランジスタという) を用いることが好ましい。本発明の一態様では、OS トランジスタを有する記憶素子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、所望の電圧を記憶素子に保持させることができる。

【0057】

記憶素子 114 は、端子 P1 (k) から与えられる電圧 $V_r(k)$ 、あるいは電圧 $V_r(k)$ に対応する電圧をコンパレータ 113 の反転入力端子に与える機能を有する。また

10

20

30

40

50

、電圧 $V_r(k)$ が所定の電圧（例えば後述する $V_m(k)$ ）に達した時に、該電圧をコンパレータ113の反転入力端子に保持させる機能を有する。

【0058】

端子 $P_1(k)$ は、対応する電池セル121(k)の負極の電圧（以降、電圧 $V_n(k)$ ）と、充電において、電池セル121の正極と負極の電圧の差分として与えたい電圧である、電圧 V_c と、の和（以降、電圧 $V_m(k)$ ）をコンパレータ113の反転入力端子に与える機能を有する。図1において電圧 $V_n(1)$ は端子 VC_2 の電圧であり、電圧 $V_m(1)$ 、すなわち端子 $P_1(1)$ に与えられる電位は端子 VC_2 の電圧と電圧 V_c との和である。電圧 $V_n(2)$ は端子 VC_3 の電圧であり、電圧 $V_m(2)$ 、すなわち端子 $P_1(2)$ に与えられる電位は端子 VC_3 と電圧 V_c との和である。

10

【0059】

端子 $P_1(k)$ には電圧生成回路119が電氣的に接続されることが好ましい。電圧生成回路119には、それぞれの電池セル121の負極が電氣的に接続される。電圧生成回路119は、電圧 $V_n(k)$ を基準に、電圧 V_c との和として電圧 $V_m(k)$ を生成する機能を有する。なお、それぞれの電池セル121において、電圧 V_n は異なる。よって、生成される電圧 V_m も異なる。すなわち例えば電池セル121毎に、端子 $P_1(k)$ に与えられる電圧は異なる。電圧生成回路119、またはその一部がセルバランス回路130に含まれてもよい。

【0060】

トランジスタ162をオフ状態として、コンパレータ113の反転入力端子に接続されるノードANが電氣的に絶縁状態となることで、電圧 V_m をノードANに保持することができる。また、ノードANは容量素子161を介して、対応する電池セル121の負極と接続している。したがって、各セルの充放電に伴い、対応する電池セル121の負極の電位が変動した場合、それに合わせてノードANの電位も変動する。このとき、ノードANの電位は、対応する電池セル121の負極の電圧を基準として V_c との和となるように変動する。なお、端子 $P_1(k)$ に対応するノードANをノードAN(k)と表す場合がある。

20

【0061】

コンパレータ113は、電池セル121(k)の正極の電圧と電圧 $V_m(k)$ の比較を行い、正極の電圧が電圧 $V_m(k)$ と一致した時に、出力端子より高電位信号を出力する。高電位信号がトランジスタ132に与えられることにより、トランジスタ132がオン状態となり、電池セル121に流れていた電流の一部、あるいは大半をトランジスタ132に流すことができる。例えば、トランジスタ132をオン状態とすることにより、電池セル121の充電電流を制限する、あるいは充電を停止することができる。

30

【0062】

すなわち、本発明の一態様の蓄電装置が有するセルバランス回路は、電池セルの電圧を監視し、所定の電圧において充電電流を制限することができる。

【0063】

電圧 V_n は例えば、第1の電池セル121であれば端子 VC_2 の電圧であり、第2の電池セル121であれば端子 VC_3 の電圧である。

40

【0064】

組電池120の両端には端子 V_{DDD} および端子 V_{SSS} が電氣的に接続されている。端子 V_{DDD} および端子 V_{SSS} には、充電制御回路が電氣的に接続されることが好ましい。該充電制御回路は、電池制御回路110の構成とは別に設けられてもよいし、電池制御回路110が充電制御の機能を有してもよい。

【0065】

また、端子 V_{DDD} および端子 V_{SSS} には、クーロンカウンタが電氣的に接続されることが好ましい。該クーロンカウンタは、電池制御回路110の構成とは別に設けられてもよいし、電池制御回路110がクーロンカウンタの機能を有してもよい。

【0066】

50

セルバランス回路 130 は、接続される複数の電池セル 121 のそれぞれにおいて、個別に、その両端の電圧差（正極と負極との電圧の差）を制御する機能を有する。セルバランス回路 130 は、電池セル 121 毎に、正極の上限電圧として好ましい値を、記憶素子 114 に保持させることができる。またセルバランス回路 130 は、電池セル 121 の正極の電圧と、コンパレータ 113 の非反転入力端子の電圧と、の関係に応じて、トランジスタ 132 をオン状態にするか、あるいはオフ状態にするか、の制御を行う。トランジスタ 132 の制御を行うことにより、抵抗素子 131 に流れる電流量と、電池セル 121 に流れる電流量と、の比を調整することができる。例えば、電池セル 121 の充電を停止する場合には、抵抗素子 131 に電流を流し、電池セル 121 に流れる電流を制限する。

【0067】

図 1 において、複数の電池セル 121 が端子 V D D D と端子 V S S S との間に直列に電氣的に接続されている。端子 V D D D と端子 V S S S との間に電流を流すことにより、複数の電池セル 121 の充電を行う。

【0068】

複数の電池セル 121 のうちの電池セル 121 において、正極が所定の電圧に達し、電流が制限される場合を考える。このような場合には、該電池セルに並列に接続されるトランジスタ 132 および抵抗素子 131 に電流を流すことにより、端子 V D D D と端子 V S S S との間の電流の経路が遮断されることがなく、正極が所定の電圧に達していないその他の電池セル 121 の充電を継続することができる。すなわち、充電が完了した電池セル 121 においては、トランジスタ 132 をオン状態とすることにより充電を停止し、充電が完了していない電池セル 121 においては、トランジスタ 132 をオフ状態として充電を継続する。

【0069】

電池セル 121 毎に例えば抵抗のばらつきがある場合、抵抗の低い電池セル 121 の充電が先に完了し、ある電池セル 121 と比べて抵抗の高い電池セル 121 の充電が不十分となる場合がある。ここで、充電が不十分とは例えば、正極と負極の電圧差が所望の電圧より低いことを指す。セルバランス回路 130 を用いることにより、充電における電池セル 121 の正極の電圧を、それぞれの電池セルの負極の電圧を基準として監視することができる。

【0070】

すなわち、n 組のセルバランス回路 130 を用いることにより、複数の電池セル 121 の充電後の状態、例えば満充電時のばらつきを小さくすることができる。よって、組電池 120 全体としての容量が高まる場合がある。また、容量を高めることにより、電池セル 121 の充放電サイクルの回数を減少させることができる場合があるため、組電池 120 の耐久性が高まる場合がある。

【0071】

図 2 には、蓄電装置 100 において、セルバランス回路 130 が電圧生成回路 119 を有する一例を示す。図 2 に示すセルバランス回路 130 において簡略化のため、図 1 に示す構成、例えば制御回路 170 等を一部省いて示すが、図 1 に示す構成を有することができる。図 2 に示す例では、蓄電装置 100 において、一つの電池セル 121 毎に、対応する電圧生成回路 119 が設けられている。

【0072】

図 2 に示す電圧生成回路 119 は、記憶素子 174 と、コンパレータ 173 と、を有する。記憶素子 174 は、容量素子 171 と、トランジスタ 172 と、を有する。トランジスタ 172 のソースおよびドレインの一方と、容量素子 171 の一方の電極と、はコンパレータ 173 の非反転入力端子に電氣的に接続される。容量素子 171 の他方の電極は端子 P 2 に電氣的に接続される。トランジスタ 172 のゲートは端子 W 2 に電氣的に接続される。トランジスタ 172 のソースおよびドレインの他方は、対応する電池セル 121 の負極に接続される端子に、電氣的に接続される。コンパレータ 173 の出力端子は、端子 W 1、すなわち電圧比較部 111 が有するトランジスタ 162 のゲートに電氣的に接続さ

10

20

30

40

50

れる。コンパレータ 173 の反転入力端子には端子 P1 (k) が電氣的に接続される。

【0073】

記憶素子 174 については例えば、記憶素子 114 の記載を参照してもよい。

【0074】

トランジスタ 172 には OSTRANJISUTA を用いることが好ましい。トランジスタ 172 として OSTRANJISUTA を用いることにより、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、記憶素子 174 において、トランジスタ 172 をオフ状態とする場合にデータを記憶することができる。よって、所望の電圧をコンパレータ 173 の非反転入力端子に保持させることができる。

【0075】

<動作例 1>

電圧生成回路 119 は、以下の図 3 に説明する手順を用いて、電池セル 121 (k) の負極の電圧、例えば前述の電圧 $V_n(k)$ を基準に、正極の電圧の基準電圧、例えば前述の電圧 $V_m(k)$ を生成することができる。以降、電圧 $V_n(k)$ を基準に、電圧 V_c との和として電圧 $V_m(k)$ を生成する例について説明する。

【0076】

まずステップ S200 において処理を開始する。

【0077】

次に、ステップ S201 において、端子 W2 に高電位信号が与えられる。端子 W2 に高電位信号が与えられることにより、トランジスタ 172 がオン状態となる。トランジスタ 172 がオン状態となることにより、コンパレータ 173 の非反転入力端子に電圧 V_n を与えることができる。

【0078】

次に、ステップ S202 において、端子 W2 に低電位信号が与えられる。端子 W2 に低電位信号が与えられることにより、トランジスタ 172 がオフ状態となる。

【0079】

次に、ステップ S203 において、端子 P2 の電圧を電圧 V_c 分だけ上昇させる。例えば端子 P2 が接地電位であった場合には、端子 P2 を電圧 V_c とすればよい。端子 P2 の電圧を上昇させることにより、容量素子 171 を介した容量結合により、コンパレータ 173 の非反転入力端子の電圧が電圧 V_c の分だけ上昇する。すなわち、コンパレータ 173 の非反転入力端子の電圧を電圧 V_n と電圧 V_c の和である電圧 $V_m(k)$ とすることができる。

【0080】

以上のように、電圧生成回路 119 において電圧 $V_m(k)$ を生成し、非反転入力端子に該電圧を保持することができる。ここで、電池セル 121 の負極の電圧 V_n は、電池セル 121 の充電率により異なる。よって、上記の方法で電圧 V_m を生成する場合には、複数の電池セル 121 のそれぞれの充電率の差は小さい方がよい。また、電圧 V_c は、電池セル 121 の充電率に応じて設定されることが好ましい。

【0081】

次に、電圧生成回路 119 を用いて、電圧比較部 111 が有するコンパレータ 113 の反転入力端子に所望の電圧を与える例について説明する。

【0082】

まず、ステップ S204 において、端子 P1 (k) に電圧 $V_r(k)$ が与えられる。ここでは電圧 $V_r(k)$ は可変電圧である。

【0083】

次に、ステップ S205 において、電圧 $V_r(k)$ をスweepさせる。例えば、接地電位から高い電圧側に徐々にスweepさせた電圧を与えればよい。例えば、 ΔV_r 増加させた電圧を与えればよい。このときには例えば、端子 P1 (k) に与えられる電圧は電圧 $V_m(k)$ より低いいため、コンパレータ 173 よりトランジスタ 162 のゲートに高電位信号が与えられ、トランジスタ 162 はオン状態である。

10

20

30

40

50

【0084】

次に、ステップS206において、電圧 $V_r(k)$ が電圧 $V_m(k)$ 以上の場合には、ステップS207へ進む。電圧 $V_r(k)$ が電圧 $V_m(k)$ 未満の場合にはステップS205に戻る。

【0085】

次に、ステップS207において、コンパレータ173から低電位信号が出力される。これにより、電圧比較部111が有するトランジスタ162のゲートに低電位信号が与えられ、トランジスタ162がオフ状態となる。トランジスタ162がオフ状態となることにより、コンパレータ113の反転入力端子に電圧 $V_m(k)$ が保持される。次にステップS299により処理を終了する。

10

【0086】

以上のように、電圧生成回路119を用いて、電圧比較部111が有するコンパレータ113の反転入力端子に電圧 $V_m(k)$ を保持することができる。

【0087】

<動作例2>

図4に示すフローチャートを用いて、図1に示す蓄電装置の動作方法の一例を示す。

【0088】

ステップS300において、処理を開始する。

【0089】

ステップS301において、端子W1に高電位信号が与えられる。

20

【0090】

ステップS302において、端子P1(k)に電圧 $V_m(k)$ が与えられる。

【0091】

次に、ステップS303において、端子W1に低電位信号が与えられる。本ステップにより、コンパレータ113の反転入力端子に電圧 $V_m(k)$ が保持される。

【0092】

次に、ステップS304において、電池セル121(k)の充電が行われる。

【0093】

次に、ステップS305において、正極の電圧が $V_m(k)$ 以上の場合にはステップS306へ進み、 $V_m(k)$ 未満の場合にはステップS304へ戻る。

30

【0094】

次に、ステップS306において、トランジスタ132がオフ状態からオン状態になる。本ステップにより、二次電池の充電が停止される。あるいは、二次電池の電流が制限される。

【0095】

ステップS399により処理を終了する。

【0096】

図5は図1に記載の蓄電装置の動作例を示すタイミングチャートである。図5には電池セル121(1)および電池セル121(2)に対応するタイミングチャートを示す。

【0097】

時刻 t_0 に処理を開始する。

40

【0098】

時刻 t_1 に端子P1(k)に、電池セル121(k)の負極の電圧が与えられる。図5においては、端子P1(1)に電圧 $V_{C2}(t_0)$ が、端子P1(2)に電圧 $V_{C3}(t_0)$ が、それぞれ与えられる。

【0099】

時刻 t_2 に端子P1(k)に、電池セル121(k)の負極の電圧と電圧 V_c との和が与えられる。図5においては、端子P1(1)に電圧 $V_{C2}(t_0)$ と電圧 V_c との和が、端子P1(2)に電圧 $V_{C3}(t_0)$ と電圧 V_c との和が、それぞれ与えられる。

【0100】

50

時刻 t_3 に、端子 $W1(k)$ に高電位信号 (High level) が与えられ、端子 $P1(k)$ からノード $AN(k)$ に電位が与えられる。図 5 においては端子 $W1(1)$ および端子 $W1(2)$ に高電位信号が与えられ、端子 $P1(1)$ からノード $AN(1)$ に電位が与えられ、端子 $P1(2)$ からノード $AN(2)$ に電位が与えられる。

【0101】

なお、時刻 t_1 から時刻 t_3 の間には電池セル $121(k)$ の負極が一定として示されているが、実際には電位が変化する場合もある。

【0102】

時刻 t_4 に、端子 $W1(k)$ に低電位信号 (Low level) が与えられ、ノード $AN(k)$ の電位が保持され、コンパレータ 113 の反転入力端子には、基準となる電位がプログラミングされる。以後、ノード $AN(k)$ の電位は、負極の電位の変動に合わせて変動する。コンパレータ 113 は、反転入力端子にプログラミングされた電位と、非反転入力端子に与えられる電位との比較を行う。図 5 に示す例においては、ノード $AN(2)$ と端子 $VC2$ の電位が比較される。

【0103】

例えば、充電などによりそれぞれの電池セル 121 の電位が変化する。図 5 においては、時刻 t_4 から時刻 t_6 までの期間において、電池セル $121(1)$ の負極の電位である $VC2$ の電位が Δr_1 だけ上昇し、ノード $AN(1)$ の電位も合わせて上昇する。また、図 5 においては、時刻 t_4 から時刻 t_5 までの期間において、電池セル $121(2)$ の負極の電位である $VC3$ の電位が Δr_2 だけ上昇し、ノード $AN(2)$ の電位も合わせて上昇する。

【0104】

図 5 においては、時刻 t_5 においては $VC2$ の電位はノード $AN(2)$ の電位より低く、ノード $AN(2)$ と端子 $VC2$ の電位を比較する、セルバランス回路 $130(2)$ のコンパレータ 113 からは低電位信号が出力される。時刻 t_6 に $VC2$ の電位がノード $AN(2)$ の電位を超えると、コンパレータ 113 より高電位信号が出力され、トランジスタ 132 がオン状態となり、電池セル $121(2)$ の充電が停止される。

【0105】

なお、時刻 t_5 から時刻 t_6 の間にはノード $AN(2)$ の電位は一定として示されているが、実際には電位が変化する場合もある。

【0106】

<電池の保護>

電池制御回路 110 は、電池の保護回路としての機能を有することが好ましい。

【0107】

トランジスタ 140 およびトランジスタ 150 は、組電池 120 への充電または放電を制御する機能を有する。一例としては、トランジスタ 140 は、制御信号 $T1$ によって導通状態または非導通状態が制御され、組電池 120 を充電させるか否かが制御される。またトランジスタ 150 は、制御信号 $T2$ によって導通状態または非導通状態が制御され、組電池 120 を放電するか否かが制御される。また図 1 に示す電池制御回路の例において、トランジスタ 140 のソースおよびドレインの一方は、端子 VM に電氣的に接続される。端子 VM は例えば、充電器のマイナス極に電氣的に接続される。また、端子 VM は例えば、放電の際の負荷に電氣的に接続される。

【0108】

トランジスタ 140 およびトランジスタ 150 は、検出回路 181 と電氣的に接続されることが好ましい。検出回路 181 は組電池 120 の過充電および過放電を検出する機能を有することが好ましい。検出回路 181 は組電池 120 の放電過電流および充電過電流を検出する機能を有することが好ましい。検出回路 181 は組電池 120 を用いて動作させる回路群の短絡を検出する機能を有することが好ましい。検出回路 181 は、端子 VDD および端子 VSS と電氣的に接続されることが好ましい。

【0109】

また、検出回路 181 は、それぞれの電池セル 121 の正極および負極と電氣的に接続されてもよい。このような場合には、検出回路 181 は、それぞれの電池セル 121 毎に過充電および過放電を検出できる場合がある。

【0110】

検出回路 181 は、制御回路 170 との信号の授受を行う機能を有する。

【0111】

電池制御回路 110 は、組電池 120 が有する電池セル 121 の各端子の電圧値（モニタ電圧）、および組電池に流れる電流値（モニタ電流）を観測する機能を有してもよい。例えばトランジスタ 140 またはトランジスタ 150 のオン電流をモニタ電流として観測する構成としてもよい。あるいは、トランジスタ 140 等に直列に抵抗素子を設け、該抵抗素子の電流値を観測してもよい。

10

【0112】

また、電池制御回路 110 は、電池セル 121 の温度を測定し、測定された温度に基づき電池セルの充電および放電を制御する機能を有してもよい。

【0113】

<電池セル>

電池セル 121 としてリチウムイオン二次電池セルを用いることができる。また、電池セル 121 は、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。

20

【0114】

<トランジスタ>

本発明の一態様の構成では、OS トランジスタを有する記憶素子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、参照電圧を記憶素子に保持させることができる。このとき、記憶素子の電源をオフ状態にすることができるため、OS トランジスタを有する記憶素子を用いることにより、極めて低い消費電力で、参照電圧を保持させることができる。

30

【0115】

また、OS トランジスタを有する記憶素子は、アナログ電位を保持することができる。例えば、二次電池の電圧を、アナログーデジタル変換回路を用いてデジタル値に変換することなく、記憶素子に保持することができる。変換回路が不要となり、回路面積を縮小することができる。

【0116】

加えて OS トランジスタを用いた記憶素子では、電荷を充電又は放電することによって参照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記憶素子は、磁気メモリあるいは抵抗変化型メモリなどとは異なり、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記憶素子は、繰り返し書き換え動作を行っても、フラッシュメモリで生じるような電子捕獲中心の増加による特性不安定性が認められない。

40

【0117】

また OS トランジスタは、オフ電流が極めて低く、高温環境下においてもスイッチング特性が良好といった特性を有する。そのため、高温環境下においても、組電池 120 への充電または放電の制御を誤動作なく行うことができる。

50

【0118】

またＯＳトランジスタを用いた記憶素子は、Ｓｉトランジスタを用いた回路上などに積層することで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。

【0119】

またＯＳトランジスタは、ゲート電極、ソース電極およびドレイン電極に加えて、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、ソースとドレイン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、１００℃以上２００℃以下、好ましくは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

10

【0120】

トランジスタ１６２およびトランジスタ１７２としてＯＳトランジスタを用いることが好ましい。また、トランジスタ１３２としてＯＳトランジスタを用いてもよい。また、トランジスタ１４０およびトランジスタ１５０としてＯＳトランジスタを用いてもよい。

【0121】

また、コンパレータはＳｉトランジスタを用いて構成することができる。あるいはコンパレータはＯＳトランジスタを用いて構成してもよい。

20

【0122】

<蓄電装置の一例２>

図６には、本発明の一態様の蓄電装置１００が図１に示す構成に加えて、検出回路１８５、検出回路１８６、発振回路ＯＳＣ、カウンタＣＮＴ、論理回路ＬＣ１、論理回路ＬＣ２およびショート検出回路ＳＤを有する構成の一例を示す。なお、これらの回路は図６に示すように、検出回路１８１に含まれることが好ましい。また、発振回路ＯＳＣ、カウンタＣＮＴ、論理回路ＬＣ１および論理回路ＬＣ２の少なくとも一部は制御回路１７０に含まれてもよい。

【0123】

また、図６に示す蓄電装置１００は、温度センサＴＳおよびマイクロショート検出回路ＭＳＤを有する。これらの回路が検出回路１８１に含まれてもよい。

30

【0124】

検出回路１８５は組電池１２０の過充電および過放電を検出する機能を有する。検出回路１８６は組電池１２０の放電過電流および充電過電流を検出する機能を有する。検出回路１８５については図７に、検出回路１８６については図８に、それぞれ詳細を示す。

【0125】

ショート検出回路ＳＤは組電池１２０を用いて動作させる回路群の短絡を検出する機能を有する。検出回路ＳＤは端子ＳＥＮＳに電氣的に接続される。端子ＳＥＮＳは例えば、組電池１２０の充電電流および放電電流を検出する。

40

【0126】

検出回路１８５の出力端子ＯＵＴ１１および出力端子ＯＵＴ１２から発振回路ＯＳＣに信号が与えられる。また出力端子ＯＵＴ１１から論理回路ＬＣ１に、出力端子ＯＵＴ１２から論理回路ＬＣ２に、それぞれ信号が与えられる。

【0127】

検出回路１８６の出力端子ＯＵＴ２１および出力端子ＯＵＴ２２から発振回路ＯＳＣに信号が与えられる。また出力端子ＯＵＴ２１から論理回路ＬＣ１に、出力端子ＯＵＴ２２から論理回路ＬＣ２に、それぞれ信号が与えられる。

【0128】

発振回路ＯＳＣは所定の周波数にて発振するクロック信号を出力する。発振回路ＯＳＣ

50

は検出回路185の出力端子OUT11および出力端子OUT12、検出回路186の出力端子OUT21および出力端子OUT22が入力し、これらの信号によって発振回路OSCの動作が制御される。

【0129】

カウンタCNTは発振回路OSCが出力するクロック信号に同期して、一定期間カウントする機能を有する。カウンタCNTがカウントした信号は、論理回路LC1およびLC2に入力する。

【0130】

論理回路LC1および論理回路LC2は、カウンタCNTがカウントした信号に基づき、組電池120の制御を行う。例えば、トランジスタ140およびトランジスタ150に制御信号を与え、組電池120の充電および放電の制御を行う。論理回路LC1および論理回路LC2は、トランジスタ140およびトランジスタ150を制御するために電圧レベルをシフトさせることができる。

10

【0131】

図1において述べた通り、トランジスタ140の動作の一例として、制御信号T1によって導通状態または非導通状態が制御され、組電池120を充電させるか否かが制御される。またトランジスタ150の動作の一例として、制御信号T2によって導通状態または非導通状態が制御され、組電池120を放電するか否かが制御される。

【0132】

図6に示す一例のように、トランジスタ140およびトランジスタ150は電池制御回路110に含まれず、その外側のチップ等に設けられてもよい。

20

【0133】

図6において、トランジスタ150のソースおよびドレインの一方は端子VSSSと電氣的に接続され、他方はトランジスタ140のソースおよびドレインの一方と電氣的に接続される。トランジスタ140のソースおよびドレインの他方は端子VMと電氣的に接続される。端子VMは例えば、充電器のマイナス極に電氣的に接続される。また、端子VMは例えば、放電の際の負荷に電氣的に接続される。

【0134】

図7には検出回路185の回路図の一例を示す。図7に示す検出回路185は、組電池120が有する複数の電池セル121のそれぞれの両端の端子（例えば端子VC1、端子VC2、端子VC3、端子VCN、端子VSSS、等）に電氣的に接続される。

30

【0135】

検出回路185において、端子VC1と端子VC2の間の電圧が抵抗で分割される。第1のコンパレータ（コンパレータ113）の反転入力端子には、抵抗分割された電圧が与えられ、非反転入力端子には第1の記憶素子（記憶素子114）が電氣的に接続される。第1の記憶素子が有するトランジスタのゲートには信号SH1-1が与えられる。第2のコンパレータ（コンパレータ113）の非反転入力端子には、抵抗分割された電圧が与えられ、反転入力端子には、第2の記憶素子（記憶素子114）が電氣的に接続される。第2の記憶素子が有するトランジスタのゲートには信号SH2-1が与えられる。なお、抵抗分割された電圧は、電圧生成回路119で生成してもよい。

40

【0136】

第1の記憶素子には、端子VTより与えられる電圧が保持される。保持される電圧は、過充電検出に対応する電圧である。反転入力端子に入力される電圧が過充電検出に対応する電圧より高くなると、第1のコンパレータからの出力が反転する。第1のコンパレータからの出力は、レベルシフタLSを介して、AND回路NA1に与えられる。

【0137】

第2の記憶素子には、端子VTより与えられる電圧が保持される。保持される電圧は、過放電検出に対応する電圧である。非反転入力端子に入力される電圧が過放電検出に対応する電圧より低くなると、第2のコンパレータからの出力が反転する。第2のコンパレータからの出力は、レベルシフタLSを介して、AND回路NA2に与えられる。

50

【0138】

記憶素子がＯＳトランジスタを有することにより、長時間にわたり安定して電圧を保持することができる。よって、端子ＶＴに信号を与える回路の電源を遮断する、あるいは回路の動作の一部を停止することが可能となり、消費電力を低減することができる。

【0139】

同様に、端子ＶＣ２と端子ＶＣ３の間の電圧を監視する２つのコンパレータが設けられ、制御信号として信号ＳＨ１－２および信号ＳＨ２－２が与えられる。また、端子ＶＣＮと端子ＶＳＳＳの間の電圧を監視する２つのコンパレータが設けられ、制御信号として信号ＳＨ１－Ｎおよび信号ＳＨ２－Ｎが与えられる。

【0140】

ここで、検出回路１８５が有する複数の記憶素子１１４に電氣的に接続されるそれぞれの端子ＶＴに与えられる電圧は、電圧生成回路１１９において生成されることが好ましい。また、それぞれの端子ＶＴに異なる電圧を与えることもできる。

【0141】

なお、検出回路１８５を構成するコンパレータは、出力がＬレベルからＨレベルに変化する場合と、ＨレベルからＬレベルに変化する場合とで閾値が異なる、すなわちヒステリシスコンパレータとしてもよい。

【0142】

ここで検出回路１８５の構成は過充電、過放電等の検知のみならず、例えば充電電圧の制御等に用いてもよい。より具体的には例えば、充電を行う際に、所望の充電電圧を含むある電圧範囲内に二次電池の充電電圧を制御する場合に、検出回路１８５の構成を、該電圧範囲の上限および下限の制御に用いてもよい。

【0143】

図８Ａには検出回路１８６の回路図の一例を示す。検出回路１８６は２つのコンパレータ１１３を有する。

【0144】

一方のコンパレータ１１３の非反転入力端子には信号ＳＨ３が与えられ、放電過電流検出に対応する電圧が保持される記憶素子１１４が電氣的に接続される。また、反転入力端子には端子ＳＥＮＳが電氣的に接続される。反転入力端子に与えられる電圧により過電流を検出すると、出力端子ＯＵＴ２２からの出力が反転する。

【0145】

他方のコンパレータ１１３の非反転入力端子には端子ＳＥＮＳが電氣的に接続される。また、反転入力端子には信号ＳＨ４が与えられ、充電過電流検出に対応する記憶素子１１４が電氣的に接続される。非反転入力端子に与えられる電圧により過電流を検出すると、出力端子ＯＵＴ２１からの出力が反転する。

【0146】

温度センサＴＳは、組電池１２０、あるいは組電池１２０を含む蓄電装置１００の温度を測定する機能を有する。図８Ｂは温度センサＴＳの一例を示す回路図である。なお、図８Ｂに示す回路図は、温度センサＴＳの一部の回路を表す場合がある。

【0147】

図８Ｂにおいて、温度センサＴＳはコンパレータ１１３を３つ有し、それぞれのコンパレータの反転入力端子には異なる温度に対応する電圧ＶＴ（ $V_T = T_{m1}$ 、 T_{m2} 、 T_{m3} ）がそれぞれ与えられる。与えられたそれぞれの電圧ＶＴは、反転入力端子に電氣的に接続された記憶素子１１４により保持される。電圧 T_{m1} 、 T_{m2} 、 T_{m3} は例えば電圧生成回路１１９から与えられてもよい。出力端子ＯＵＴ５１、ＯＵＴ５２およびＯＵＴ５３にはそれぞれ、コンパレータ１１３が電氣的に接続される。それぞれのコンパレータ１１３の反転出力端子には記憶素子１１４が電氣的に接続される。それぞれの記憶素子１１４が有するトランジスタ１６２のゲートに電氣的に接続される端子をＳＨ５とする。出力端子ＯＵＴ５１、ＯＵＴ５２およびＯＵＴ５３に電氣的に接続されるそれぞれの記憶素子１１４が有するそれぞれのトランジスタ１６２のＳＨ５には、電圧ＶＴとして T_{m1} 、 T

10

20

30

40

50

m 2 および T m 3 がそれぞれ与えられる。

【 0 1 4 8 】

入力端子 V t には測定された温度に対応する電圧が与えられる。入力端子 V t は 3 つのコンパレータ 1 1 3 のそれぞれの非反転入力端子に与えられる。

【 0 1 4 9 】

入力端子 V t に与えられた電圧とそれぞれのコンパレータ 1 1 3 の反転入力端子の電圧との比較結果に対応し、それぞれのコンパレータの出力端子（出力端子 O U T 5 1、出力端子 O U T 5 2、出力端子 O U T 5 3）から信号が出力され、温度を判定することができる。

【 0 1 5 0 】

O S トランジスタは温度が上昇すると抵抗値が小さくなる性質を有する。この性質を利用して、環境温度を電圧に変換することができる。この電圧を例えば、入力端子 V t に与えればよい。すなわち例えば、O S トランジスタの抵抗値に応じた電圧が入力端子 V t に与えられる。あるいは例えば、O S トランジスタの抵抗値に応じた電圧が、変換回路等を介して入力端子 V t に与えられる。

【 0 1 5 1 】

論理回路 L C 1 および論理回路 L C 2 は、温度センサ T S の出力を検知し、組電池 1 2 0 の動作可能な温度範囲を超えた場合、トランジスタ 1 4 0 および（または）トランジスタ 1 5 0 を非導通とし、充電および（または）放電を停止する構成としてもよい。

【 0 1 5 2 】

検出回路 M S D は組電池 1 2 0 のマイクロショートを検出する機能を有する。例えば電圧および電流のいずれか、あるいは両方をモニターすることにより、マイクロショートを検知することができる。図 9 A にはマイクロショートが示唆される充電の波形の一例を示す。図 9 A の横軸は二次電池の充電容量 C b、縦軸は二次電池の電圧 V b である。破線で丸く囲んだ領域等において、マイクロショートが示唆される。

【 0 1 5 3 】

マイクロショートとは、二次電池の内部の微小な短絡のことを指しており、二次電池の正極と負極が短絡して充放電不可能の状態になるというほどではなく、微小な短絡部で短絡電流が短期間流れてしまう現象を指している。マイクロショートの原因は、充放電が複数回行われることによって、劣化が生じ、リチウムやコバルトなどの金属元素が電池内部で析出し、析出物が成長することにより、正極の一部と負極の一部で局所的な電流の集中が生じ、セパレータの一部が機能しなくなる箇所が発生すること、または副反応物が発生することにあると推定されている。

【 0 1 5 4 】

図 9 B は検出回路 M S D の一例を示す回路図である。なお、図 9 B に示す回路図は、検出回路 M S D の一部の回路を示す場合がある。検出回路 M S D には端子 V C 1、端子 V C 2、端子 V C 3 および端子 V C N からの電圧が与えられる。

【 0 1 5 5 】

検出回路 M S D は、それぞれの電池セル 1 2 1 に対応するコンパレータ 1 1 3 をそれぞれ有する。コンパレータ 1 1 3 の反転入力端子には記憶素子 1 1 4 が接続される。記憶素子 1 1 4 には信号 S H 6 が与えられる。

【 0 1 5 6 】

コンパレータ 1 1 3 の非反転入力端子には電池セル 1 2 1 の電圧（例えば正極の電圧）が与えられ、反転入力端子には、信号 S H 6 が高電位の場合には、該電圧がオフセット回路 O F S によりオフセットされた電圧 V o f s が与えられ、信号 S H 6 が低電位の場合には与えられた電圧が保持される。例えば、V o f s は該電圧よりも少し小さい電圧とすることができる。

【 0 1 5 7 】

図 9 C の例に示すように、図 1 に示す回路や図 9 B に示す回路が有するコンパレータにおいて、端子 V C 1 と端子 V C 2 の間を抵抗分割して端子 V C 1 より低い電圧を生成し、

10

20

30

40

50

コンパレータ 113 の非反転入力端子に与えてもよい。

【0158】

図 10A には電池セル 121 の充電時における、正常時のタイミングチャートの一例を示し、図 10B にはマイクロショートが検出されるタイミングチャートの一例を示す。

【0159】

図 10A において電池セル 121 の電圧、ここでは例として端子 VC1 の電圧は時刻に伴い上昇する。電圧 Vofs は信号 SH6 が高電位の時に端子 VC1 の電圧からオフセットされた電圧となり、信号 SH6 が低電位の時には与えられた電圧が保持される。よって図 10A に示すように時刻 t1、t2 および t3 に階段状に電圧 Vofs が上昇する。図 10A において、端子 VC1 の電圧は電圧 Vofs より常に高いため、コンパレータ 113 の出力は高電位のままである。

10

【0160】

図 10B においては、時刻 tm において、端子 VC1 の電圧が急激に低下し、マイクロショートが生じる。端子 VC1 の電圧が電圧 Vofs より低くなると、コンパレータ 113 の出力は低電位となり、マイクロショートが検出される。

【0161】

本発明の一態様の蓄電装置において、蓄電装置が有するそれぞれのブロック、例えばセルバランス回路 130、検出回路 185、検出回路 186、温度センサ TS、等において、オストランジスタを有する記憶素子によりアナログ電位を保持することができる。すなわち例えば、アナログ電位が一度与えられれば、蓄電装置が二次電池の保護、あるいは監視を行っている期間において、アナログ電位を再度与える（以下、書き換えると表現する）必要がない、あるいは書き換える頻度を極めて低くすることができる。アナログ電位が保持されない場合には、アナログ電位を頻繁に与えるために、例えば、それぞれのブロック、あるいはそれぞれの電位に応じた変換回路を用いる。このような場合には、回路面積が増大する。一方、アナログ電位が保持される場合には例えば書き換える頻度が極めて低いため、一つの変換回路から順番にアナログ電位を出力し、保持すればよい。つまり、それぞれのブロック、あるいはそれぞれの電位に対して、変換回路を共通にすることができる。

20

【0162】

図 22 には、電圧生成回路 119 が有するデジタルアナログ変換回路 190、セルバランス回路 130 (k)、検出回路 185、検出回路 186 および温度センサ TS に電氣的に接続される例を示す。デジタルアナログ変換回路 190 から出力されるアナログ電位は、それぞれのブロックが有する記憶素子 114 に与えられ、保持される。

30

【0163】

また、与えられたアナログ電位が保持されるため、各ブロックが有する記憶素子 114 にアナログ電位を供給しない期間は、デジタルアナログ変換回路 190 においてパワーゲーティングが可能となり、消費電力が抑制される。

【0164】

<回路の評価結果>

本発明の一態様の蓄電装置が有する温度センサ TS の評価を行った。評価に用いた温度センサ TS の構成を図 23 に示す。

40

【0165】

図 23 において、出力端子 OUT51、OUT52 および OUT53 に電氣的に接続されるコンパレータ 113 をそれぞれコンパレータ 113-1、113-2 および 113-3 とする。コンパレータ 113-1、113-2 および 113-3 の反転出力端子に電氣的に接続される記憶素子 114 をそれぞれ記憶素子 114-1、114-2 および 114-3 とする。記憶素子 114-1、114-2 および 114-3 がそれぞれ有するトランジスタ 162 のゲートに電氣的に接続される端子を SH5-1、SH5-2 および SH5-3、トランジスタ 162 に電位を与える端子を vm(1)、vm(2) および vm(3) とする。

50

【0166】

記憶素子114-1、114-2および114-3がそれぞれ有するトランジスタ162にはOSトランジスタを用いた。トランジスタ162はここではnチャネル型トランジスタである。

【0167】

図23に示す温度センサTSでは、センサ回路として、OSトランジスタ196および容量素子197を有するセンサ回路195を用いた。OSトランジスタ196のソースおよびドレインの一方はコンパレータ113の非反転出力端子と、容量素子197の一方の電極と、に電氣的に接続され、OSトランジスタ196のソースおよびドレインの他方には端子vaが電氣的に接続される。OSトランジスタ196のゲートには端子gaが電氣的に接続される。コンパレータ113-1、113-2および113-3の非反転出力端子に電氣的に接続されるセンサ回路195をそれぞれセンサ回路195-1、195-2および195-3とする。センサ回路195-1、195-2および195-3に電氣的に接続される端子vaをそれぞれ端子va(1)、va(2)およびva(3)とする。センサ回路195-1、195-2および195-3に電氣的に接続される端子gaをそれぞれ端子ga(1)、ga(2)およびga(3)とする。

10

【0168】

OSトランジスタのしきい値は温度に応じて変化することを利用し、温度センサ素子として用いることができる。すなわちOSトランジスタ196は温度センサ素子としての機能を有する。OSトランジスタ196はここではnチャネル型トランジスタである。

20

【0169】

ここで、トランジスタ162とOSトランジスタ196は同じ構成のトランジスタを用いることが好ましい。例えば、チャネル長、チャネル幅、ゲート容量等を同程度にすることが好ましい。

【0170】

温度センサTSに30℃、40℃および50℃に対応する信号を与えた。まず30℃の環境下において端子SH5-1に高電位信号を与え、端子SH5-2、端子SH5-3、端子ga(1)、端子ga(2)および端子ga(3)には低電位信号を与える。端子vm(1)に、しきい値落ちが生じる程度の電圧(ここでは電圧vxとする)を与えることにより、コンパレータ113-1の反転入力端子には、30℃のしきい値に対応した電圧(vx-vth1)が記憶される。ここでvth1はトランジスタ162の30℃におけるしきい値である。

30

【0171】

ここで、しきい値落ちが生じる程度の電圧の一例は例えば、ソース電圧を0Vとしたとき、ゲート電圧から該電圧(ここではドレイン電圧)を引いた値がしきい値より小さい場合である。

【0172】

次に端子SH5-1に低電位信号を与える。

【0173】

次に端子SH5-2に高電位信号を与え、40℃の環境下において同様に、端子vm(2)に電圧vxを与えることにより、コンパレータ113-2の反転入力端子に電圧(vx-vth2)が記憶される。ここでvth2はトランジスタ162の40℃におけるしきい値である。

40

【0174】

次に端子SH5-2に低電位信号を与える。

【0175】

次に端子SH5-3に高電位信号を与え、50℃の環境下において同様に、端子vm(3)に電圧vxを与えることにより、コンパレータ113-3の反転入力端子に電圧(vx-vth3)が記憶される。ここでvth3はトランジスタ162の50℃におけるしきい値である。

50

【0176】

以上の工程により、それぞれのコンパレータ113の反転入力端子に、各温度に応じた値が記憶される。

【0177】

次に、温度センサTSの環境温度を25℃から60℃まで変化させ、出力端子OUT51、出力端子OUT52および出力端子OUT53の電圧を測定した。

【0178】

それぞれのセンサ回路195が有する端子vaに電圧vxを与えた。ここで端子gaには常時、高電位信号が与えられてもよいが、間欠的に高電位信号を与えることにより、消費電力を下げるができる。OSトランジスタはリーク電流が極めて低いため、端子gaが低電位信号の間も、与えられた電圧を保持することができる。本評価では100ms間隔で100μs以下程度の期間、高電位信号を与える。

10

【0179】

図24に評価結果を示す。横軸は環境温度、縦軸には出力端子OUT51、出力端子OUT52および出力端子OUT53の電圧を示す。所定の温度において、それぞれのコンパレータから低電位信号が出力されることが確認された。

【0180】

尚、上記では、記憶素子114-1、記憶素子114-2、記憶素子114-3には、それぞれ30℃、40℃、50℃の際にデータを書き込むの動作を示したが、データを書き込む際の温度に関係なく、それぞれの温度の閾値に対応するデータを書き込むことも可能である。

20

【0181】

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。

【0182】

(実施の形態2)

上記実施の形態で説明した電池制御回路に適用可能な半導体装置の構成例について説明する。

【0183】

図11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13Aはトランジスタ500のチャネル長方向の断面図であり、図13Bはトランジスタ500のチャネル幅方向の断面図であり、図13Cはトランジスタ300のチャネル幅方向の断面図である。

30

【0184】

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。

【0185】

トランジスタ500は例えば、nチャネル型トランジスタである。

【0186】

ここで、先の実施の形態に述べた電池制御回路は例えば、OSトランジスタで構成されてもよい。また例えば先の実施の形態に述べた電池制御回路はその一部をOSトランジスタで構成されることが好ましい。例えば、電池制御回路が有するトランジスタ162およびトランジスタ172はOSトランジスタであることが好ましい。また例えば、電池制御回路が有するコンパレータをOSトランジスタで構成することができる。電池制御回路が有するコンパレータを単極性のトランジスタ、例えばnチャネル型トランジスタのみで構成してもよい。

40

【0187】

本実施の形態で説明する半導体装置は、図11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

50

に設けられている。

【0188】

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コンパレータが有するトランジスタ等に適用することができる。

【0189】

トランジスタ300は、図13C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。

【0190】

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。

【0191】

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。

【0192】

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。

【0193】

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。

【0194】

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いることが耐熱性の点で好ましい。

【0195】

なお、図11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トランジスタのみで構成する場合、図12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。

【0196】

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。

【0197】

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

10

20

30

40

50

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。

【0198】

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。

【0199】

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る。

10

【0200】

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。

【0201】

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。

20

【0202】

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。

30

【0203】

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。

【0204】

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。

40

【0205】

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

50

で配線抵抗を低くすることができる。

【0206】

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11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。

【0207】

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。

10

【0208】

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。

20

【0209】

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11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。

【0210】

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。

30

【0211】

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11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。

40

【0212】

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。

【0213】

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11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

50

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。

【0214】

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。

10

【0215】

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。

【0216】

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。

20

【0217】

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。

【0218】

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。

30

【0219】

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。

【0220】

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。

40

【0221】

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。

【0222】

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 5

50

18、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。

【0223】

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。

【0224】

絶縁体516の上方には、トランジスタ500が設けられている。

【0225】

図13Aおよび図13B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。

【0226】

また、図13Aおよび図13B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13Aおよび図13B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13Aおよび図13B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。

【0227】

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。

【0228】

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11、図13A等 to 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。

【0229】

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

10

20

30

40

50

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。

【0230】

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。

10

【0231】

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。

【0232】

20

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。

【0233】

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。

30

【0234】

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。

【0235】

40

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。

【0236】

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。

【0237】

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

50

膜としての機能を有する。

【0238】

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。

【0239】

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。

【0240】

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。

【0241】

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。

【0242】

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、チタン酸ジルコニウム酸鉛（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。

【0243】

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。

【0244】

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。

【0245】

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、h i g h - 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

10

20

30

40

50

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。

【0246】

なお、図 13A および図 13B 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。

【0247】

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。酸化物 530 として適用できる In-M-Zn 酸化物として、c 軸配向性を有し、かつ a-b 面方向において複数のナノ結晶が連結し、歪みを有した結晶構造を有する CAAC (c-axis-aligned crystalline)-OS (oxide semiconductor) や、CAC (cloud-aligned composite)-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。

【0248】

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 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。

【0249】

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。

【0250】

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。

【0251】

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。

【0252】

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

10

20

30

40

50

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。

【0253】

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。

【0254】

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。

【0255】

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。

【0256】

また、図13A等では、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。

【0257】

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。

【0258】

また、図13A等に示すように、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

10

20

30

40

50

能し、領域 5 4 3 b 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 5 4 3 a と領域 5 4 3 b に挟まれる領域にチャンネル形成領域が形成される。

【0 2 5 9】

酸化物 5 3 0 と接するように上記導電体 5 4 2 a (導電体 5 4 2 b) を設けることで、領域 5 4 3 a (領域 5 4 3 b) の酸素濃度が低減する場合がある。また、領域 5 4 3 a (領域 5 4 3 b) に導電体 5 4 2 a (導電体 5 4 2 b) に含まれる金属と、酸化物 5 3 0 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 5 4 3 a (領域 5 4 3 b) のキャリア密度が増加し、領域 5 4 3 a (領域 5 4 3 b) は、低抵抗領域となる。

【0 2 6 0】

絶縁体 5 4 4 は、導電体 5 4 2 a、及び導電体 5 4 2 b を覆うように設けられ、導電体 5 4 2 a、及び導電体 5 4 2 b の酸化を抑制する。このとき、絶縁体 5 4 4 は、酸化物 5 3 0 の側面を覆い、絶縁体 5 2 4 と接するように設けられてもよい。

【0 2 6 1】

絶縁体 5 4 4 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 5 4 4 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。

【0 2 6 2】

特に、絶縁体 5 4 4 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、結晶化しにくいため好ましい。なお、導電体 5 4 2 a、及び導電体 5 4 2 b 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 5 4 4 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。

【0 2 6 3】

絶縁体 5 4 4 を有することで、絶縁体 5 8 0 に含まれる水、及び水素などの不純物が酸化物 5 3 0 c、絶縁体 5 5 0 を介して、酸化物 5 3 0 b に拡散することを抑制することができる。また、絶縁体 5 8 0 が有する過剰酸素により、導電体 5 6 0 が酸化するのを抑制することができる。

【0 2 6 4】

絶縁体 5 5 0 は、第 1 のゲート絶縁膜として機能する。絶縁体 5 5 0 は、酸化物 5 3 0 c 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 5 5 0 は、上述した絶縁体 5 2 4 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。

【0 2 6 5】

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。

【0 2 6 6】

加熱により酸素が放出される絶縁体を、絶縁体 5 5 0 として、酸化物 5 3 0 c の上面に接して設けることにより、絶縁体 5 5 0 から、酸化物 5 3 0 c を通じて、酸化物 5 3 0 b 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 5 2 4 中と同様に、絶縁体 5 5 0 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 5 5 0 の膜厚は、1 nm 以上 20 nm 以下とするのが好ましい。

【0 2 6 7】

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。

【0268】

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。

【0269】

第 1 のゲート電極として機能する導電体 560 は、図 13A および図 13B 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。

【0270】

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 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) 電極と呼ぶことができる。

【0271】

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。

【0272】

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。

【0273】

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。

【0274】

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。

【0275】

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。

10

【0276】

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。

【0277】

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。

20

【0278】

特に、酸化アルミニウムはバリア性が高く、0.5nm以上3.0nm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。

【0279】

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、絶縁置524などと同様に、膜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。

【0280】

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。

30

【0281】

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、酸化タンタルなどの金属酸化物を用いることが好ましい。

【0282】

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。

40

【0283】

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

50

縁体 5 8 6 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。

【0284】

また、絶縁体 5 2 0、絶縁体 5 2 2、絶縁体 5 2 4、絶縁体 5 4 4、絶縁体 5 8 0、絶縁体 5 7 4、絶縁体 5 8 1、絶縁体 5 8 2、及び絶縁体 5 8 6 には、導電体 5 4 6、及び導電体 5 4 8 等が埋め込まれている。

【0285】

導電体 5 4 6、及び導電体 5 4 8 は、容量素子 6 0 0、トランジスタ 5 0 0、又はトランジスタ 3 0 0 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 5 4 6、及び導電体 5 4 8 は、導電体 3 2 8、及び導電体 3 3 0 と同様の材料を用いて設けることができる。

【0286】

続いて、トランジスタ 5 0 0 の上方には、容量素子 6 0 0 が設けられている。容量素子 6 0 0 は、導電体 6 1 0 と、導電体 6 2 0、絶縁体 6 3 0 とを有する。

【0287】

また、導電体 5 4 6、及び導電体 5 4 8 上に、導電体 6 1 2 を設けてもよい。導電体 6 1 2 は、トランジスタ 5 0 0 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 6 1 0 は、容量素子 6 0 0 の電極としての機能を有する。なお、導電体 6 1 2、及び導電体 6 1 0 は、同時に形成することができる。

【0288】

導電体 6 1 2、及び導電体 6 1 0 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。

【0289】

図 1 1 では、導電体 6 1 2、及び導電体 6 1 0 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。

【0290】

絶縁体 6 3 0 を介して、導電体 6 1 0 と重畳するように、導電体 6 2 0 を設ける。なお、導電体 6 2 0 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。

【0291】

導電体 6 2 0、及び絶縁体 6 3 0 上には、絶縁体 6 4 0 が設けられている。絶縁体 6 4 0 は、絶縁体 3 2 0 と同様の材料を用いて設けることができる。また、絶縁体 6 4 0 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。

【0292】

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制御回路において、微細化又は高集積化を図ることができる。

【0293】

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。

【0294】

(実施の形態3)

本実施の形態では、上述の実施の形態で説明し電池制御回路を電子部品とする例について、図14Aおよび図14Bを用いて説明する。

【0295】

図14Aでは上述の実施の形態で説明し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。

【0296】

OST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。

【0297】

後工程については、図14A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。

【0298】

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。

【0299】

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。

【0300】

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る。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。

【0301】

次いでリードフレームのリードをメッキ処理する。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。

【0302】

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）。

【0303】

また、完成した電子部品の斜視模式図を図14Bに示す。図14B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14B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14B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子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、電子機器等の内部に設けられる。

10

20

30

40

50

【0304】

(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電池制御回路を備えた電子部品を適用可能な蓄電装置および蓄電システムの構成について説明する。

【0305】

[円筒型二次電池]

円筒型の二次電池の例について図15Aを参照して説明する。円筒型の二次電池400は、図15Aに示すように、上面に正極キャップ（電池蓋）401を有し、側面及び底面に電池缶（外装缶）402を有している。これら正極キャップ401と電池缶（外装缶）402とは、ガスケット（絶縁パッキン）410によって絶縁されている。

10

【0306】

図15Bは、円筒型の二次電池400の断面を模式的に示した図である。図15Bに示すように、円筒型の二次電池400は、上面に正極キャップ（電池蓋）401を有し、側面および底面に電池缶（外装缶）402を有している。これら正極キャップと電池缶（外装缶）402とは、ガスケット（絶縁パッキン）410によって絶縁されている。

【0307】

中空円柱状の電池缶402の内側には、帯状の正極604と負極606とがセパレータ605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402は、一端が閉じられ、他端が開いている。電池缶402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電池缶402に被覆することが好ましい。電池缶402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608、609により挟まれている。また、電池素子が設けられた電池缶402の内部は、非水電解液（図示せず）が注入されている。非水電解液は、コイン型の二次電池と同様のものを用いることができる。

20

【0308】

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604には正極端子（正極集電リード）603が接続され、負極606には負極端子（負極集電リード）607が接続される。正極端子603および負極端子607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603は安全弁機構412に、負極端子607は電池缶402の底にそれぞれ抵抗溶接される。安全弁機構412は、PTC（Positive Temperature Coefficient）素子611を介して正極キャップ401と電氣的に接続されている。安全弁機構412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401と正極604との電氣的な接続を切断するものである。また、PTC素子611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（BaTiO₃）系半導体セラミックス等を用いることができる。

30

40

【0309】

図15Cは蓄電システム415の一例を示す。蓄電システム415は複数の二次電池400を有する。それぞれの二次電池の正極は、絶縁体425で分離された導電体424に接触し、電氣的に接続されている。導電体424は配線423を介して、制御回路420に電氣的に接続されている。また、それぞれの二次電池の負極は、配線426を介して制御回路420に電氣的に接続されている。制御回路420として、先の実施の形態にて述べた電池制御回路を用いることができる。

【0310】

図15Dは、蓄電システム415の一例を示す。蓄電システム415は複数の二次電池400を有し、複数の二次電池400は、導電板413及び導電板414の間に挟まれて

50

いる。複数の二次電池 400 は、配線 416 により導電板 413 及び導電板 414 と電氣的に接続される。複数の二次電池 400 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 400 を有する蓄電システム 415 を構成することで、大きな電力を取り出すことができる。

【0311】

複数の二次電池 400 が、並列に接続された後さらに直列に接続される場合を考える。このような場合には、図 1 または図 2 に示す蓄電装置において例えば、電池セル 121 は、並列に接続された複数の二次電池に対応し、一のセルバランス回路 130 が並列に接続された複数の二次電池に電氣的に接続される。

10

【0312】

複数の二次電池 400 の間に温度制御装置を有していてもよい。二次電池 400 が過熱されたときは、温度制御装置により冷却し、二次電池 400 が冷えすぎているときは温度制御装置により加熱することができる。そのため蓄電システム 415 の性能が外気温に影響されにくくなる。

【0313】

また、図 15D において、蓄電システム 415 は制御回路 420 に配線 421 及び配線 422 を介して電氣的に接続されている。制御回路 420 として、先の実施の形態にて述べた電池制御回路を用いることができる。配線 421 は導電板 413 を介して複数の二次電池 400 の正極に、配線 422 は導電板 414 を介して複数の二次電池 400 の負極に、それぞれ電氣的に接続される。

20

【0314】

[二次電池パック]

次に本発明の一態様の蓄電システムの例について、図 16A、図 16B および図 16C を用いて説明する。

【0315】

図 16A は、二次電池パック 531 の外観を示す図である。図 16B は二次電池パック 531 の構成を説明する図である。二次電池パック 531 は、回路基板 501 と、二次電池 513 と、を有する。二次電池 513 には、ラベル 509 が貼られている。回路基板 501 は、シール 515 により固定されている。また、二次電池パック 531 は、アンテナ 517 を有する。

30

【0316】

回路基板 501 は制御回路 590 を有する。制御回路 590 は、先の実施の形態に示す電池制御回路を用いることができる。例えば、図 16B に示すように、回路基板 501 上に、制御回路 590 を有する。また、回路基板 501 は、端子 511 と電氣的に接続されている。また回路基板 501 は、アンテナ 517、二次電池 513 の正極リード及び負極リードの一方 551、正極リード及び負極リードの他方 552 と電氣的に接続される。

【0317】

あるいは、図 16C に示すように、回路基板 501 上に設けられる回路システム 590a と、端子 511 を介して回路基板 501 に電氣的に接続される回路システム 590b と、を有してもよい。例えば、本発明の一態様の制御回路の一部分が回路システム 590a に、本発明の一態様の制御回路の他の一部分が回路システム 590b に、それぞれ設けられる。

40

【0318】

なお、アンテナ 517 はコイル状に限定されず、例えば線状、板状であってもよい。また、平面アンテナ、開口面アンテナ、進行波アンテナ、EH アンテナ、磁界アンテナ、誘電体アンテナ等のアンテナを用いてもよい。又は、アンテナ 517 は、平板状の導体でもよい。この平板状の導体は、電界結合用の導体の一つとして機能することができる。つまり、コンデンサの有する 2 つの導体のうちの一つの導体として、アンテナ 517 を機能させてもよい。これにより、電磁界、磁界だけでなく、電界で電力のやり取りを行うことも

50

できる。

【0319】

二次電池パック531は、アンテナ517と、二次電池513との間に層519を有する。層519は、例えば二次電池513による電磁界を遮蔽することができる機能を有する。層519としては、例えば磁性体を用いることができる。

【0320】

二次電池513は、捲回された電池素子を有するしてもよい。捲回された電池素子は、セパレータを挟んで負極と、正極とが重なり合って積層され、該積層シートを捲回したものである。

【0321】

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。

【0322】

(実施の形態5)

本実施の形態では、車両に本発明の一態様である蓄電システムを搭載する例を示す。車両として例えば自動車、二輪車、自転車、等が挙げられる。

【0323】

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

【0324】

図17A、図17Bおよび図17Cにおいて、本発明の一態様である蓄電システムを用いた車両を例示する。図17Aに示す自動車8400は、走行のための動力源として電気モーターを用いる電気自動車である。または、走行のための動力源として電気モーターとエンジンを適宜選択して用いることが可能なハイブリッド自動車である。本発明の一態様を用いることで、航続距離の長い車両を実現することができる。自動車8400は蓄電システムを有する。蓄電システムは電気モーター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。

【0325】

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

【0326】

図17Bに示す自動車8500は、自動車8500が有する蓄電システム8024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17Bに、地上設置型の充電装置8021から自動車8500に搭載された蓄電システム8024に、ケーブル8022を介して充電を行っている状態を示す。充電に際しては、充電方法やコネクタの規格等はCHAdeMO（登録商標）やコンボ等の所定の方式で適宜行えばよい。充電装置8021は、商用施設に設けられた充電ステーションでもよく、また家庭の電源であってもよい。例えば、プラグイン技術によって、外部からの電力供給により自動車8500に搭載された蓄電システム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。

【0327】

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

【0328】

また、図１７Ｃは、本発明の一態様の蓄電システムを用いた二輪車の一例である。図１７Ｃに示すスクータ８６００は、蓄電システム８６０２、サイドミラー８６０１、方向指示灯８６０３を備える。蓄電システム８６０２は、方向指示灯８６０３に電気を供給することができる。

【０３２９】

また、図１７Ｃに示すスクータ８６００は、座席下収納８６０４に、蓄電システム８６０２を収納することができる。蓄電システム８６０２は、座席下収納８６０４が小型であっても、座席下収納８６０４に収納することができる。

【０３３０】

また、図１８Ａは、本発明の一態様の蓄電システムを用いた電動自転車の一例である。図１８Ａに示す電動自転車８７００に、本発明の一態様の蓄電システムを適用することができる。本発明の一態様の蓄電システムは例えば、複数の蓄電池と、保護回路と、ニューラルネットワークと、を有する。

【０３３１】

電動自転車８７００は、蓄電システム８７０２を備える。蓄電システム８７０２は、運転者をアシストするモーターに電気を供給することができる。また、蓄電システム８７０２は、持ち運びができ、図１８Ｂに自転車から取り外した状態を示している。また、蓄電システム８７０２は、本発明の一態様の蓄電システムが有する蓄電池８７０１が複数内蔵されており、そのバッテリー残量などを表示部８７０３で表示できるようにしている。また蓄電システム８７０２は、本発明の一態様の制御回路８７０４を有する。制御回路８７０４は、蓄電池８７０１の正極及び負極と電気的に接続されている。制御回路８７０４として、先の実施の形態に示す電池制御回路を用いることができる。

【０３３２】

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。

【０３３３】

(実施の形態６)

本実施の形態では、先の実施の形態で示した蓄電システムを電子機器に実装する例を説明する。

【０３３４】

次に、図１９Ａ及び図１９Ｂに、２つ折り可能なタブレット型端末（クラムシェル型端末も含む）の一例を示す。図１９Ａ及び図１９Ｂに示すタブレット型端末９６００は、筐体９６３０ａ、筐体９６３０ｂ、筐体９６３０ａと筐体９６３０ｂを接続する可動部９６４０、表示部９６３１、表示モード切り替えスイッチ９６２６、電源スイッチ９６２７、省電力モード切り替えスイッチ９６２５、留め具９６２９、操作スイッチ９６２８、を有する。表示部９６３１には、可撓性を有するパネルを用いることで、より広い表示部を有するタブレット端末とすることができる。図１９Ａは、タブレット型端末９６００を開いた状態を示し、図１９Ｂは、タブレット型端末９６００を閉じた状態を示している。

【０３３５】

また、タブレット型端末９６００は、筐体９６３０ａ及び筐体９６３０ｂの内部に蓄電体９６３５を有する。蓄電体９６３５は、可動部９６４０を通り、筐体９６３０ａと筐体９６３０ｂに渡って設けられている。

【０３３６】

表示部９６３１は、一部をタッチパネルの領域とすることができ、表示された操作キーにふれることでデータ入力を行うことができる。また、タッチパネルのキーボード表示切り替えボタンが表示されている位置に指やスタイラスなどでふれることで表示部９６３１にキーボードボタン表示することができる。

【０３３７】

また、表示モード切り替えスイッチ９６２６は、縦表示又は横表示などの表示の向きを切り替え、白黒表示やカラー表示の切り替えなどを選択できる。省電力モード切り替えスイッチ９６２５は、タブレット型端末９６００に内蔵している光センサで検出される使用

10

20

30

40

50

時の外光の光量に応じて表示の輝度を最適なものとすることができる。タブレット型端末は光センサだけでなく、ジャイロ、加速度センサ等の傾きを検出するセンサなどの他の検出装置を内蔵させてもよい。

【0338】

図19Bは、閉じた状態であり、タブレット型端末は、筐体9630、太陽電池9633、及び本発明の一態様の蓄電システムを有する。蓄電システムは、制御回路9634と、蓄電体9635と、を有する。制御回路9634については、先の実施の形態に示す電池制御回路を用いることができる。

【0339】

なお、タブレット型端末9600は2つ折り可能なため、未使用時に筐体9630a及び筐体9630bを重ね合わせるように折りたたむことができる。折りたたむことにより、表示部9631を保護できるため、タブレット型端末9600の耐久性を高めることができる。

【0340】

また、この他にも図19A及び図19Bに示したタブレット型端末は、様々な情報（静止画、動画、テキスト画像など）を表示する機能、カレンダー、日付又は時刻などを表示部に表示する機能、表示部に表示した情報をタッチ入力操作又は編集するタッチ入力機能、様々なソフトウェア（プログラム）によって処理を制御する機能、等を有することができる。

【0341】

タブレット型端末の表面に装着された太陽電池9633によって、電力をタッチパネル、表示部、又は映像信号処理部等に供給することができる。なお、太陽電池9633は、筐体9630の片面又は両面に設けることができ、蓄電体9635の充電を効率的に行う構成とすることができる。

【0342】

なお図19A、図19Bでは、2つ折り可能なタブレット型端末に先の実施の形態に示す電池制御回路を用いた制御回路を適用する構成について説明したが、他の構成でもよい。例えば、図19Cに図示するように、クラムシェル型端末であるノート型パーソナルコンピュータへの適用も可能である。図19Cでは、筐体9630aに表示部9631、筐体9630bにキーボード部9641を備えたノート型パーソナルコンピュータ9601を図示している。ノート型パーソナルコンピュータ9601内には、図19A、図19Bで説明した制御回路9634と、蓄電体9635と、を有する。制御回路9634については、先の実施の形態に示す電池制御回路を用いることができる。

【0343】

図20に、他の電子機器の例を示す。図20において、表示装置8000は、本発明の一態様の蓄電システムを実装する電子機器の一例である。具体的に、表示装置8000は、TV放送受信用の表示装置に相当し、筐体8001、表示部8002、スピーカ部8003、二次電池8004等を有する。本発明の一態様に係る検出システムは、筐体8001の内部に設けられている。表示装置8000は、商用電源から電力の供給を受けることもできるし、二次電池8004に蓄積された電力を用いることもできる。

【0344】

表示部8002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 (Digital Micromirror Device)、PDP (Plasma Display Panel)、FED (Field Emission Display) などの、半導体表示装置を用いることができる。

【0345】

また、音声入力デバイス8005も二次電池を用いる。音声入力デバイス8005は、先の実施の形態に示す蓄電システムを有する。音声入力デバイス8005は、無線通信素子の他、マイクを含むセンサ（光学センサ、温度センサ、湿度センサ、気圧センサ、照度センサ、モーションセンサなど）を複数有し、使用者の命令する言葉によって他のデバイ

ス、例えば表示装置 8 0 0 0 の電源操作、照明装置 8 1 0 0 の光量調節などを行うことができる。音声入力デバイス 8 0 0 5 は音声で周辺機器の操作が行え、手動リモコンの代わりとなる。

【0346】

また、音声入力デバイス 8 0 0 5 は、車輪や機械式移動手段を有しており、使用者の発声が聞こえる方向に移動し、内蔵されているマイクで正確に命令を聞き取るとともに、その内容を表示部 8 0 0 8 に表示する、または表示部 8 0 0 8 のタッチ入力操作が行える構成としている。

【0347】

また、音声入力デバイス 8 0 0 5 は、スマートフォンなどの携帯情報端末 8 0 0 9 の充電ドックとしても機能させることができる。携帯情報端末 8 0 0 9 と音声入力デバイス 8 0 0 5 は、有線または無線で電力の授受を可能としている。携帯情報端末 8 0 0 9 は、室内においては、特に持ち運ぶ必要がなく、必要な容量を確保しつつ、二次電池に負荷がかかり劣化することを回避したいため、音声入力デバイス 8 0 0 5 によって二次電池の管理、メンテナンスなどを行えることが望ましい。また、音声入力デバイス 8 0 0 5 はスピーカ 8 0 0 7 及びマイクを有しているため、携帯情報端末 8 0 0 9 が充電中であってもハンズフリーで会話することもできる。また、音声入力デバイス 8 0 0 5 の二次電池の容量が低下すれば、矢印の方向に移動し、外部電源と接続された充電モジュール 8 0 1 0 から無線充電によって充電を行えばよい。

【0348】

また、音声入力デバイス 8 0 0 5 を台に載せてもよい。また、音声入力デバイス 8 0 0 5 を車輪や機械式移動手段を設けて所望の位置に移動させてもよく、或いは台や車輪を設けず、音声入力デバイス 8 0 0 5 を所望の位置、例えば床の上などに固定してもよい。

【0349】

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。

【0350】

図 20 において、据え付け型の照明装置 8 1 0 0 は、充電を制御するマイクロプロセッサ (AP S を含む) で制御される二次電池 8 1 0 3 を用いた電子機器の一例である。具体的に、照明装置 8 1 0 0 は、筐体 8 1 0 1、光源 8 1 0 2、二次電池 8 1 0 3 等を有する。図 20 では、二次電池 8 1 0 3 が、筐体 8 1 0 1 及び光源 8 1 0 2 が据え付けられた天井 8 1 0 4 の内部に設けられている場合を例示しているが、二次電池 8 1 0 3 は、筐体 8 1 0 1 の内部に設けられていても良い。照明装置 8 1 0 0 は、商用電源から電力の供給を受けることもできるし、二次電池 8 1 0 3 に蓄積された電力を用いることもできる。

【0351】

なお、図 20 では天井 8 1 0 4 に設けられた据え付け型の照明装置 8 1 0 0 を例示しているが、二次電池 8 1 0 3 は、天井 8 1 0 4 以外、例えば側壁 8 1 0 5、床 8 1 0 6、窓 8 1 0 7 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。

【0352】

また、光源 8 1 0 2 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。

【0353】

図 20 において、室内機 8 2 0 0 及び室外機 8 2 0 4 を有するエアコンディショナーは、二次電池 8 2 0 3 を用いた電子機器の一例である。具体的に、室内機 8 2 0 0 は、筐体 8 2 0 1、送風口 8 2 0 2、二次電池 8 2 0 3 等を有する。図 20 では、二次電池 8 2 0 3 が、室内機 8 2 0 0 に設けられている場合を例示しているが、二次電池 8 2 0 3 は室外機 8 2 0 4 に設けられていても良い。或いは、室内機 8 2 0 0 と室外機 8 2 0 4 の両方に、二次電池 8 2 0 3 が設けられていても良い。エアコンディショナーは、商用電源から電

力の供給を受けることもできるし、二次電池 8 2 0 3 に蓄積された電力を用いることもできる。

【0354】

図 2 0 において、電気冷凍冷蔵庫 8 3 0 0 は、二次電池 8 3 0 4 を用いた電子機器の一例である。具体的に、電気冷凍冷蔵庫 8 3 0 0 は、筐体 8 3 0 1、冷蔵室用扉 8 3 0 2、冷凍室用扉 8 3 0 3、二次電池 8 3 0 4 等を有する。図 2 0 では、二次電池 8 3 0 4 が、筐体 8 3 0 1 の内部に設けられている。電気冷凍冷蔵庫 8 3 0 0 は、商用電源から電力の供給を受けることもできるし、二次電池 8 3 0 4 に蓄積された電力を用いることもできる。

【0355】

また、電子機器が使用されない時間帯、特に、商用電源の供給元が供給可能な総電力量のうち、実際に使用される電力量の割合（電力使用率と呼ぶ）が低い時間帯において、二次電池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 8 3 0 0 の場合、気温が低く、冷蔵室用扉 8 3 0 2、冷凍室用扉 8 3 0 3 の開閉が行われない夜間において、二次電池 8 3 0 4 に電力を蓄える。そして、気温が高くなり、冷蔵室用扉 8 3 0 2、冷凍室用扉 8 3 0 3 の開閉が行われる昼間において、二次電池 8 3 0 4 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。

【0356】

上述の電子機器の他、二次電池はあらゆる電子機器に搭載することができる。本発明の一態様により、二次電池のサイクル特性が良好となる。そのため、本発明の一態様である充電を制御するマイクロプロセッサ（A P S を含む）を本実施の形態で説明した電子機器に搭載することで、より長寿命の電子機器とすることができる。本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることで実施することが可能である。

【0357】

本発明の一態様の蓄電システムを電子機器に実装する例を図 2 1 A 乃至図 2 1 E に示す。本発明の一態様の蓄電システムを適用した電子機器として、例えば、テレビジョン装置（テレビ、又はテレビジョン受信機ともいう）、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機（携帯電話、携帯電話装置ともいう）、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、パチンコ機などの大型ゲーム機などが挙げられる。

【0358】

図 2 1 A は、携帯電話機の一例を示している。携帯電話機 7 4 0 0 は、筐体 7 4 0 1 に組み込まれた表示部 7 4 0 2 の他、操作ボタン 7 4 0 3、外部接続ポート 7 4 0 4、スピーカ 7 4 0 5、マイク 7 4 0 6 などを備えている。なお、携帯電話機 7 4 0 0 は、本発明の一態様の蓄電システムを有する。本発明の一態様の蓄電システムは例えば、蓄電池 7 4 0 7 と、先の実施の形態に示す電池制御回路と、を有する。

【0359】

図 2 1 B は、携帯電話機 7 4 0 0 を湾曲させた状態を示している。携帯電話機 7 4 0 0 を外部の力により変形させて全体を湾曲させると、その内部に設けられている蓄電池 7 4 0 7 も湾曲される場合がある。このような場合には、蓄電池 7 4 0 7 として、可撓性を有する蓄電池を用いることが好ましい。可撓性を有する蓄電池の曲げられた状態を図 2 1 C に示す。蓄電池には制御回路 7 4 0 8 が電気的に接続されている。制御回路 7 4 0 8 として、先の実施の形態に示す電池制御回路を用いることができる。

【0360】

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

【0361】

図 2 1 D は、バンブル型の表示装置の一例を示している。携帯表示装置 7 1 0 0 は、筐体 7 1 0 1、表示部 7 1 0 2、操作ボタン 7 1 0 3、及び本発明の一態様の蓄電システムを有する。本発明の一態様の蓄電システムは例えば、蓄電池 7 1 0 4 と、先の実施の形態

に示す電池制御回路と、を有する。

【0362】

図21Eは、腕時計型の携帯情報端末の一例を示している。携帯情報端末7200は、筐体7201、表示部7202、バンド7203、バックル7204、操作ボタン7205、入出力端子7206などを備える。

【0363】

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

【0364】

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

【0365】

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

【0366】

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

【0367】

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

【0368】

携帯情報端末7200は、本発明の一態様の蓄電システムを有する。該蓄電システムは、蓄電池と、先の実施の形態に示す電池制御回路と、を有する。

【0369】

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

【0370】

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。

【0371】

(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。

【0372】

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て、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。

【0373】

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出来る。

【0374】

10

20

30

40

50

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。

【0375】

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。

【0376】

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。

【0377】

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。

【0378】

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。

【0379】

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。

【0380】

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。

【0381】

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。

【0382】

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。

【0383】

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

10

20

30

40

50

離をいう。

【0384】

本明細書等において、チャネル幅とは、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。

【0385】

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】

【0386】

100：蓄電装置、110：電池制御回路、111：電圧比較部、113：コンパレータ、113-1：コンパレータ、113-2：コンパレータ、113-3：コンパレータ、114：記憶素子、114-1：記憶素子、114-2：記憶素子、114-3：記憶素子、120：組電池、121：電池セル、121(k)：電池セル、161：容量素子、162：トランジスタ、119：電圧生成回路、130：セルバランス回路、130(k)：セルバランス回路、131：抵抗素子、132：トランジスタ、140：トランジスタ、150：トランジスタ、170：制御回路、171：容量素子、172：トランジスタ、173：コンパレータ、174：記憶素子、181：検出回路、185：検出回路、186：検出回路、190：デジタルアナログ変換回路、195：センサ回路、195-1：センサ回路、195-2：センサ回路、195-3：センサ回路、196：トランジスタ、197：容量素子

10

20

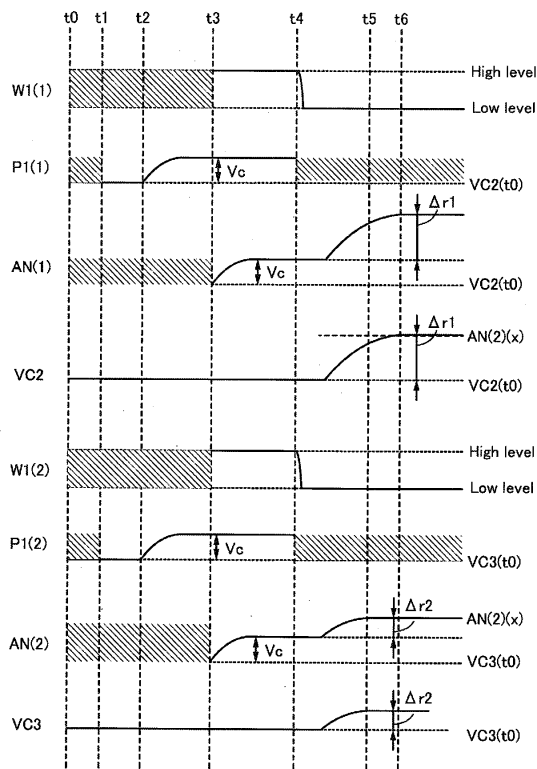
30

40

50

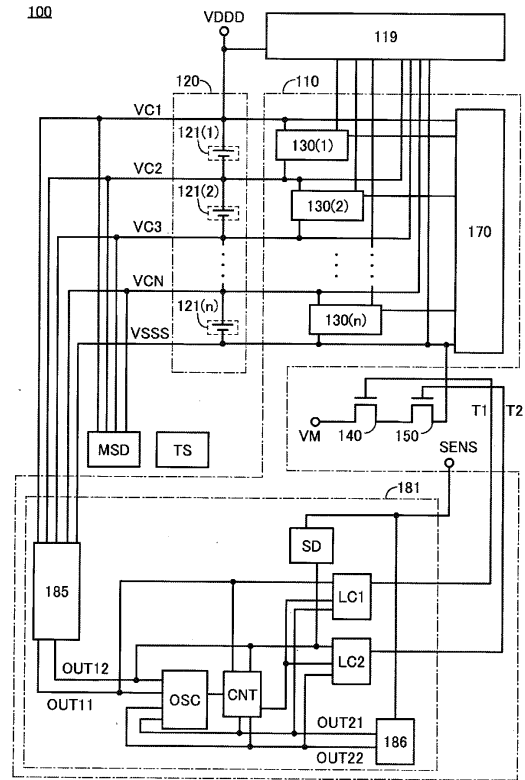
【図 5】

図 5



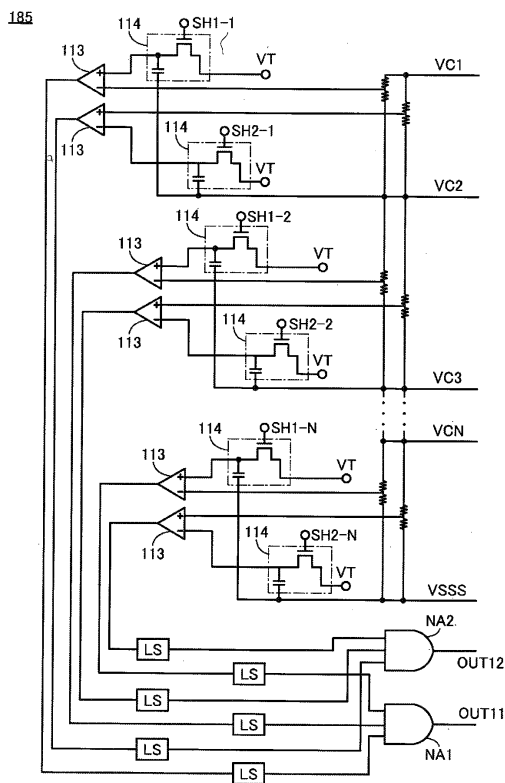
【図 6】

図 6



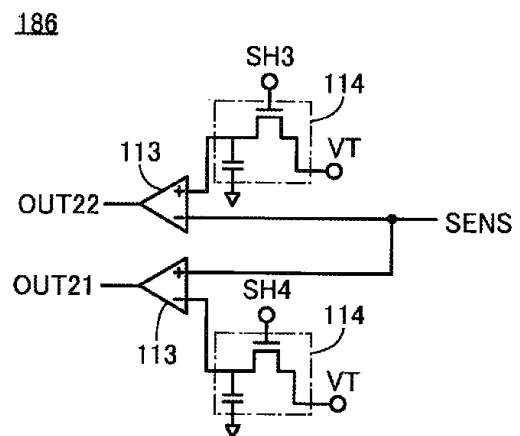
【図 7】

図 7



【図 8 A】

図 8A



10

20

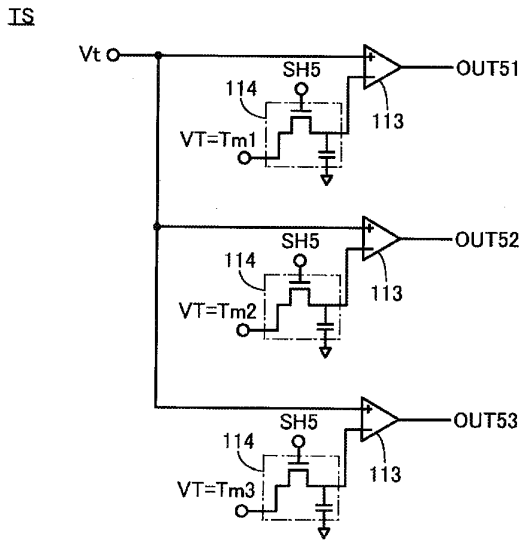
30

40

50

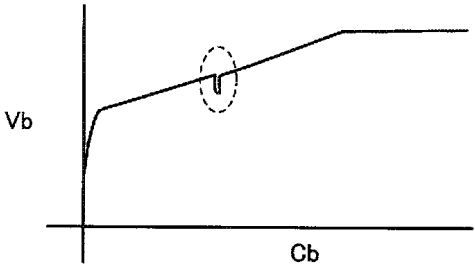
【図 8 B】

図8B



【図 9 A】

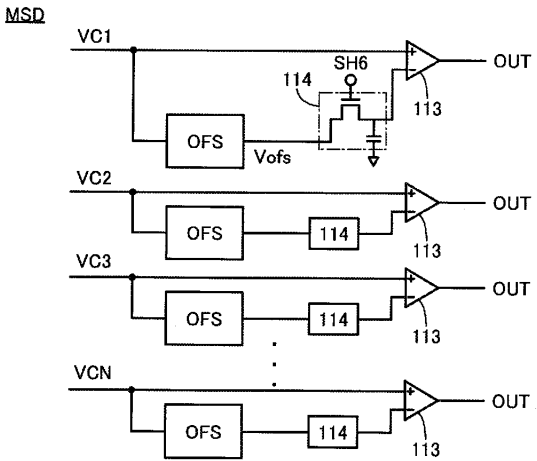
図9A



10

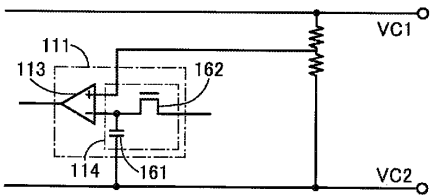
【図 9 B】

図9B



【図 9 C】

図9C



20

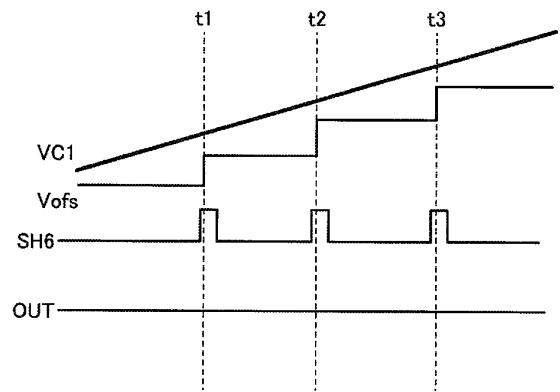
30

40

50

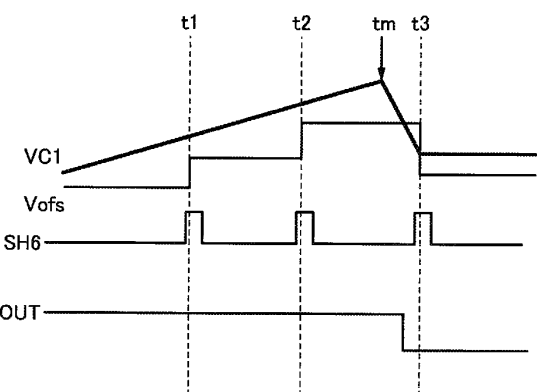
【図10A】

図10A



【図10B】

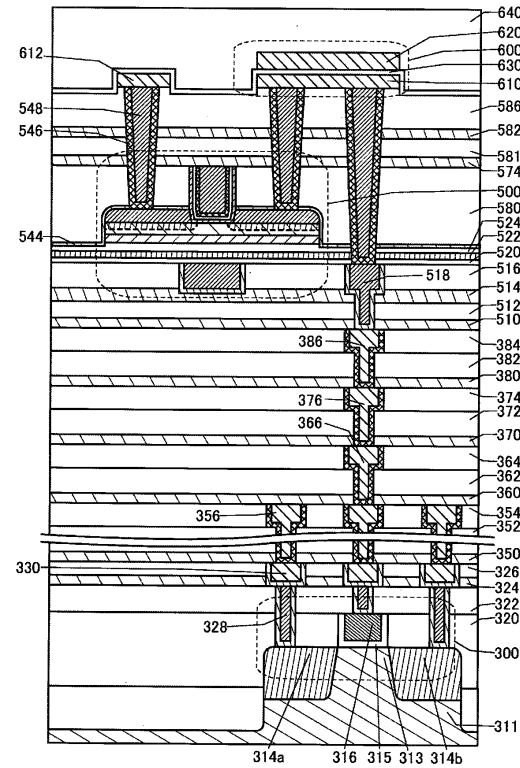
図10B



10

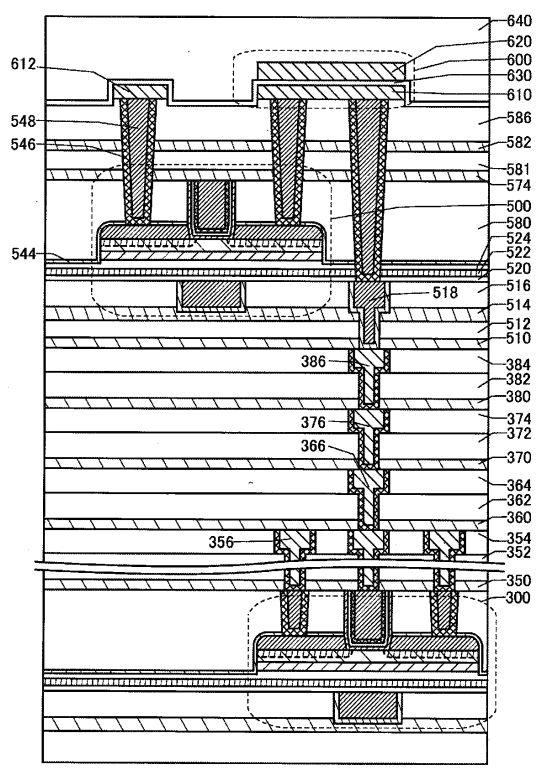
【図11】

図11



【図12】

図12



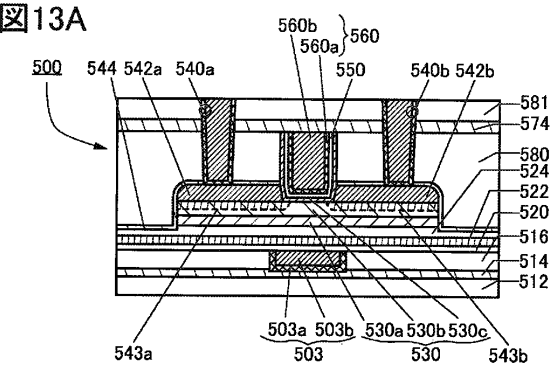
20

30

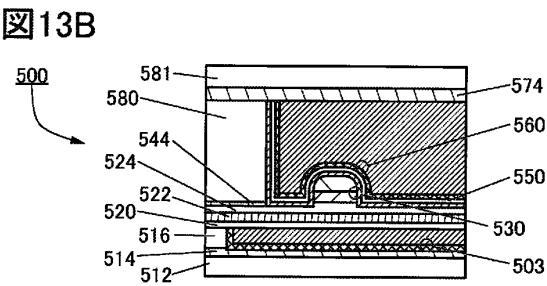
40

50

【図 1 3 A】

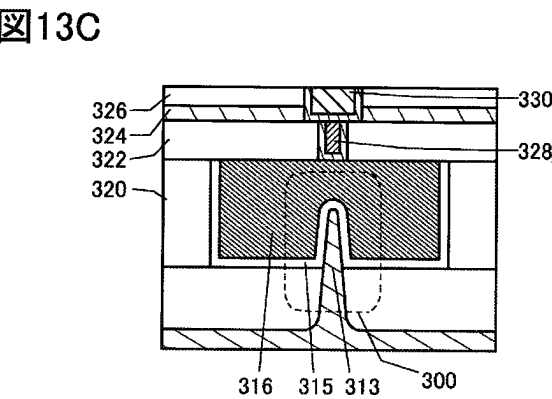


【図 1 3 B】

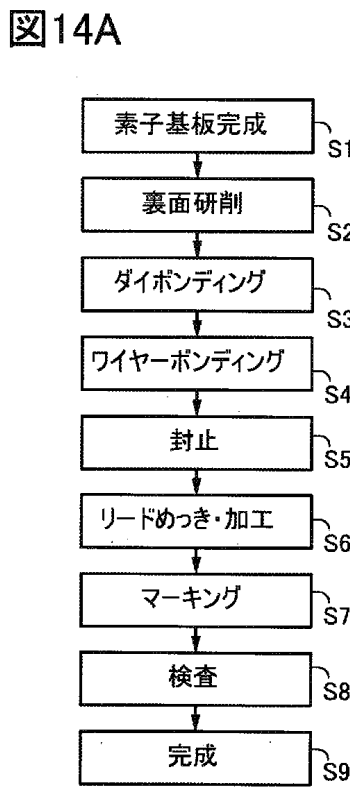


10

【図 1 3 C】



【図 1 4 A】



20

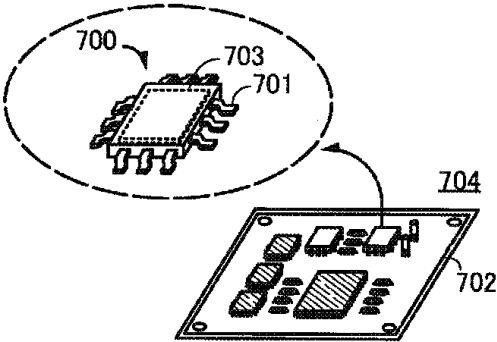
30

40

50

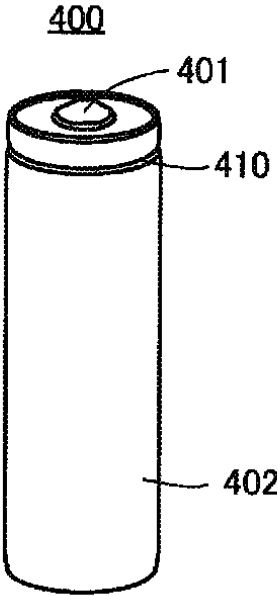
【図 1 4 B】

図14B



【図 1 5 A】

図15A

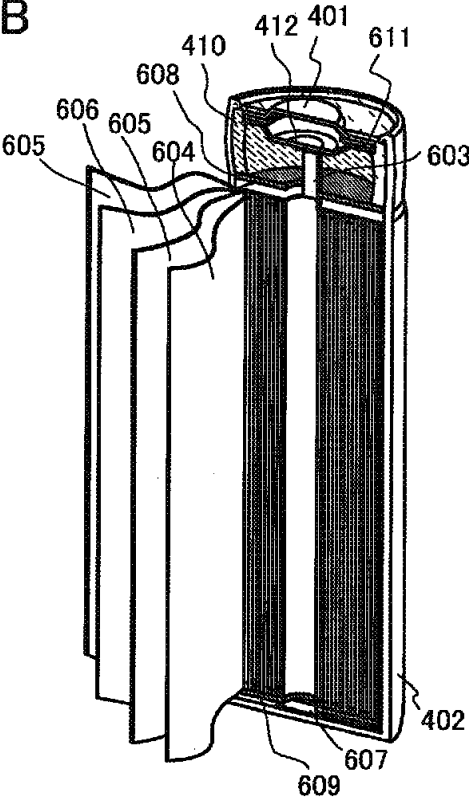


10

20

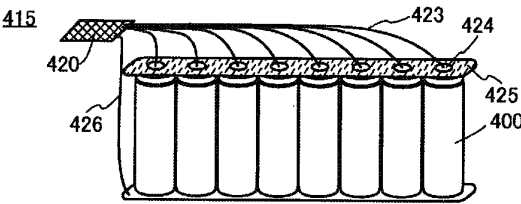
【図 1 5 B】

図15B



【図 1 5 C】

図15C



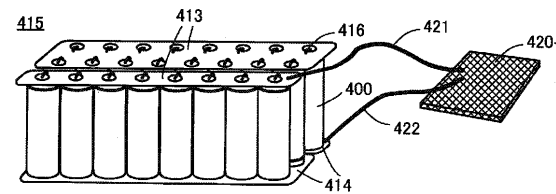
30

40

50

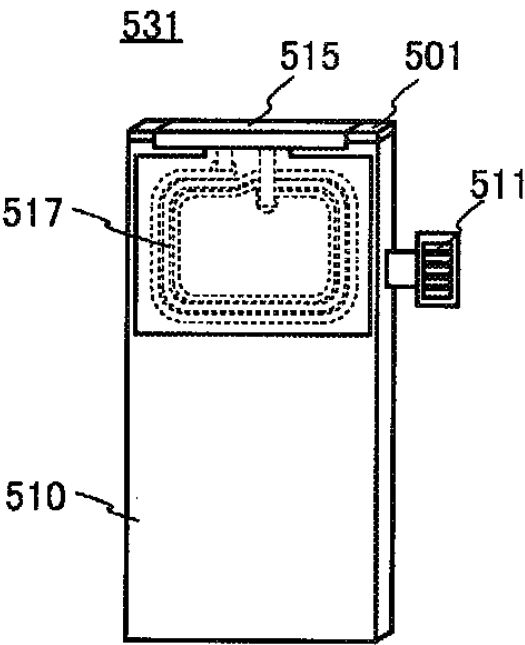
【図 15 D】

図15D



【図 16 A】

図16A

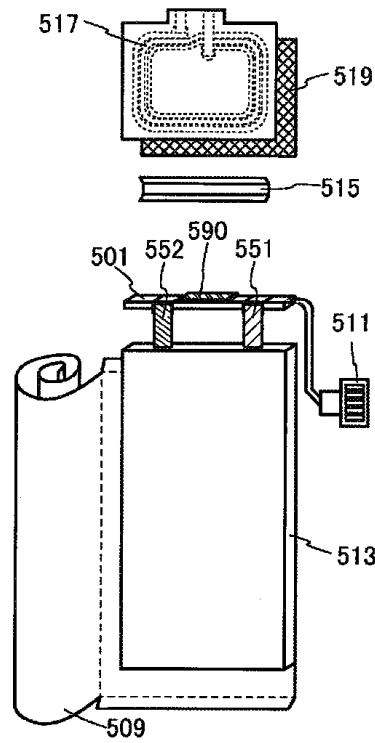


10

20

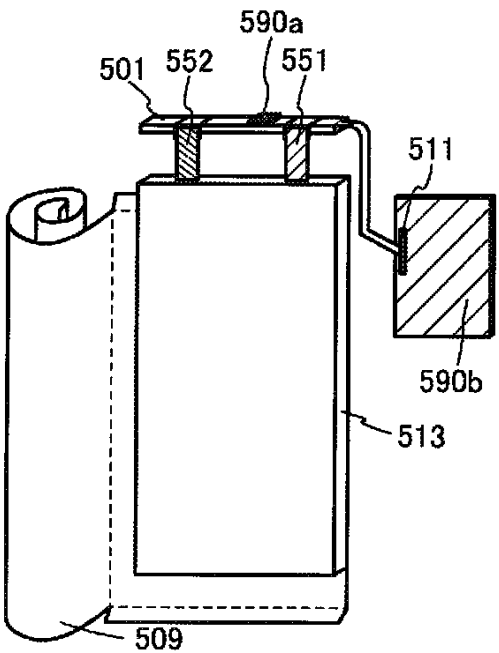
【図 16 B】

図16B



【図 16 C】

図16C



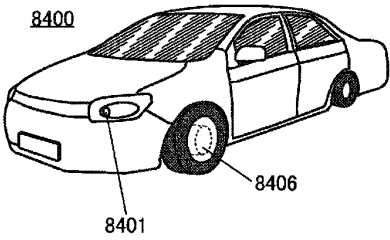
30

40

50

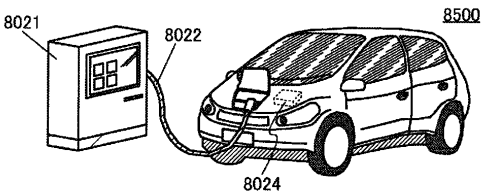
【図 1 7 A】

図17A



【図 1 7 B】

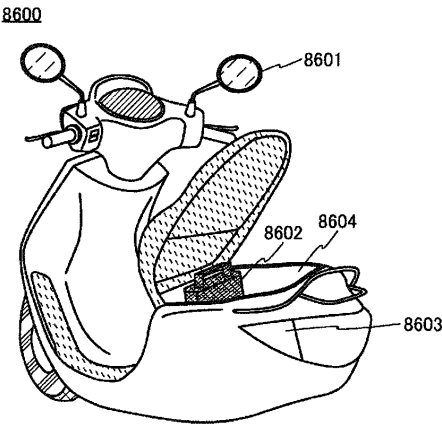
図17B



10

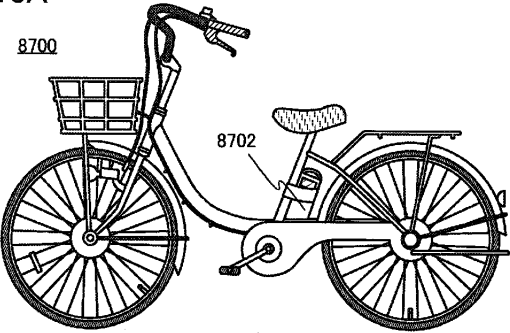
【図 1 7 C】

図17C



【図 1 8 A】

図18A



20

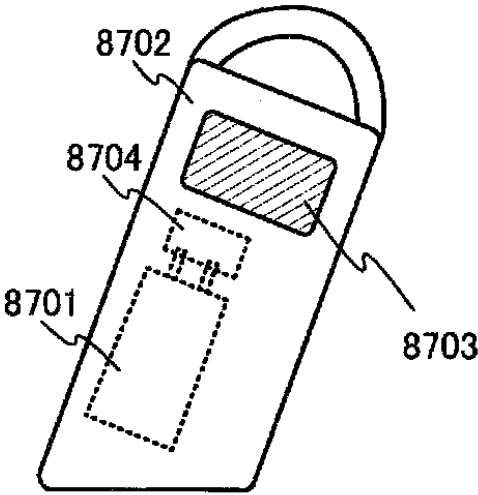
30

40

50

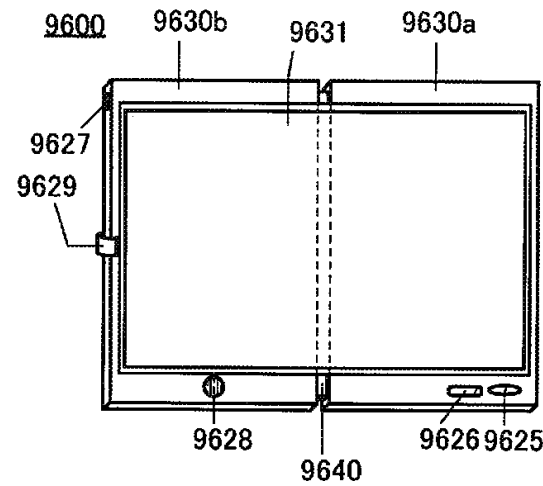
【図 18 B】

図18B



【図 19 A】

図19A

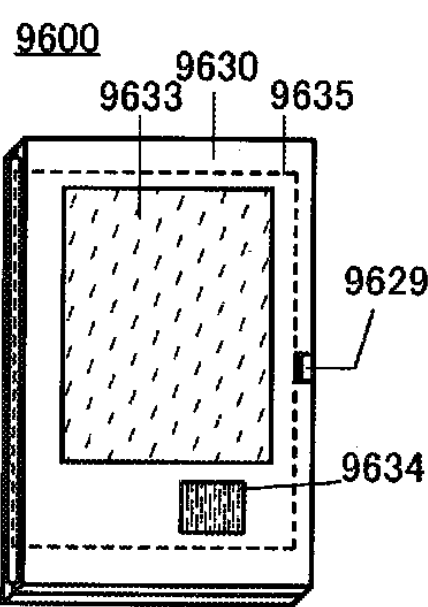


10

20

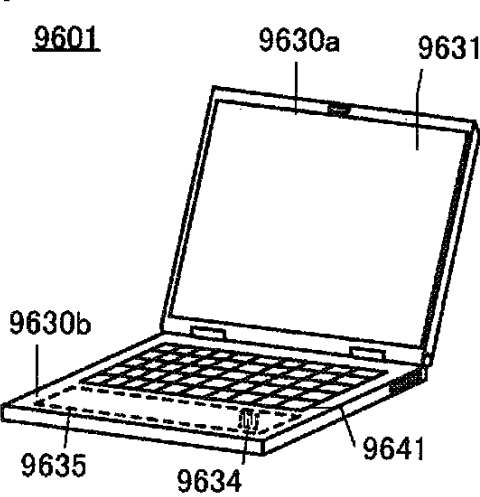
【図 19 B】

図19B



【図 19 C】

図19C



30

40

50

【図 20】

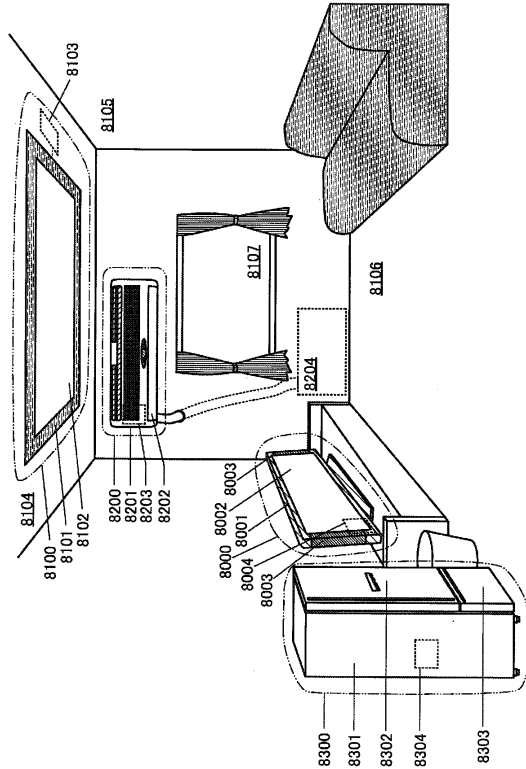
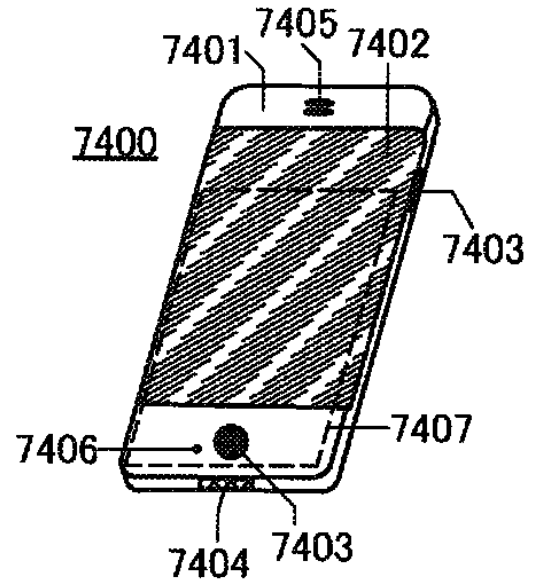


図20

【図 21 A】

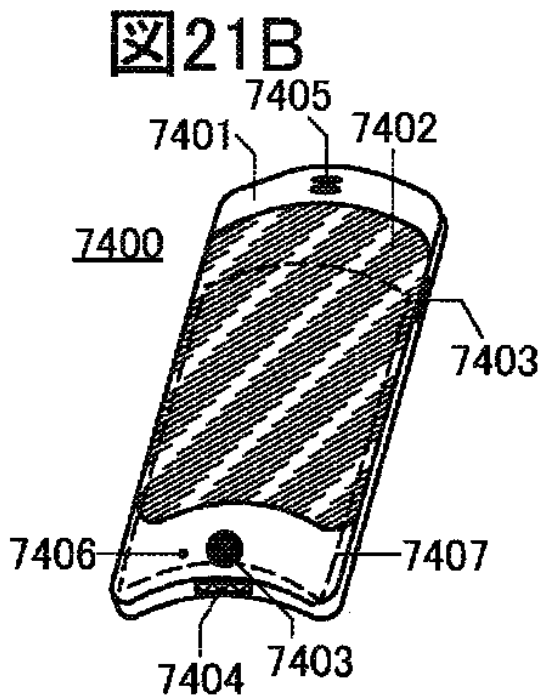
図21A



10

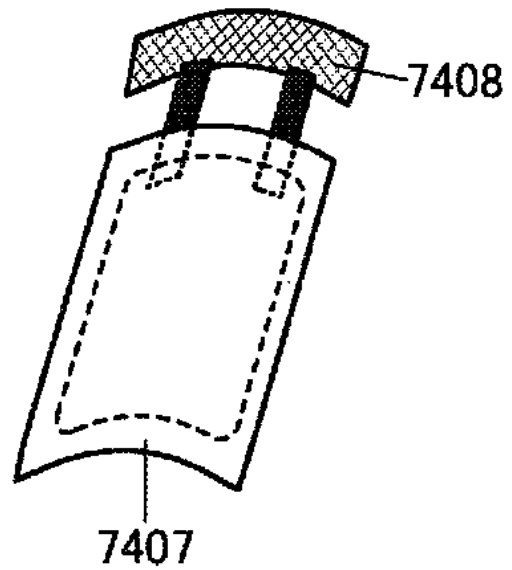
20

【図 21 B】



【図 21 C】

図21C



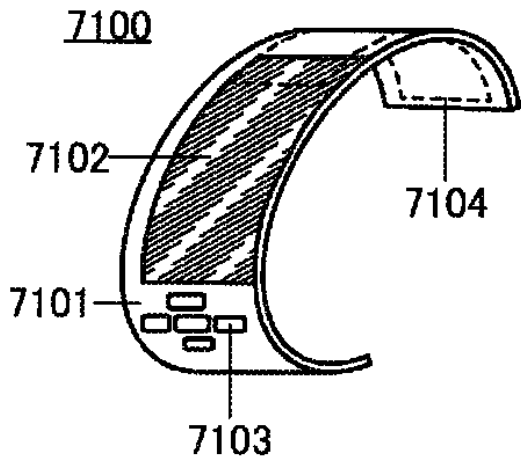
30

40

50

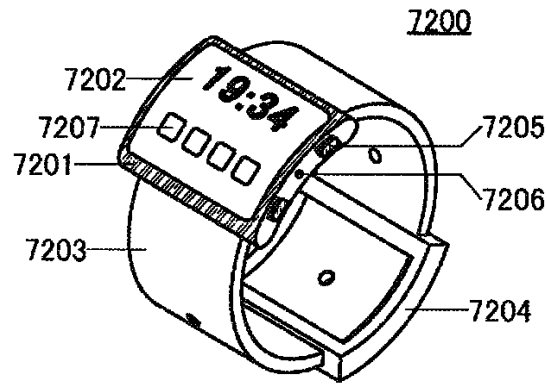
【図 2 1 D】

図21D



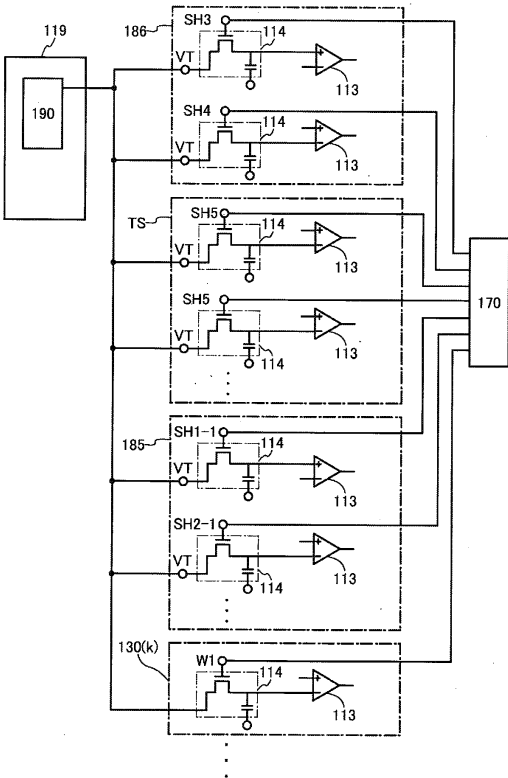
【図 2 1 E】

図21E



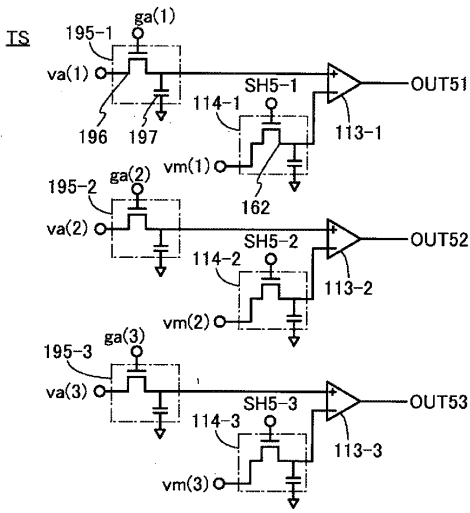
【図 2 2】

図22



【図 2 3】

図23



10

20

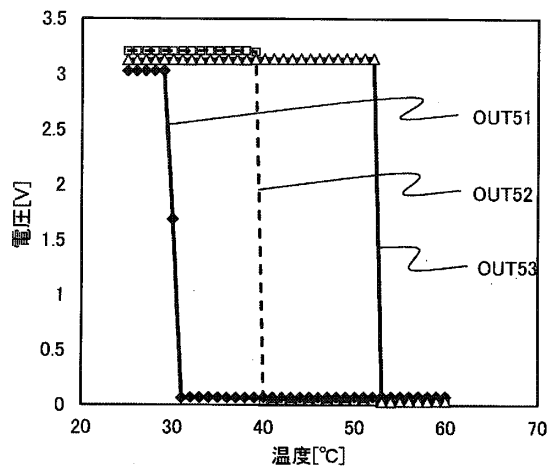
30

40

50

【図 2 4】

図24



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(32)優先日 平成30年11月22日(2018.11.22)

(33)優先権主張国・地域又は機関

日本国(JP)

(31)優先権主張番号 特願2018-239852(P2018-239852)

(32)優先日 平成30年12月21日(2018.12.21)

(33)優先権主張国・地域又は機関

日本国(JP)

(56)参考文献 特開2010-246225(JP, A)

特開2016-219028(JP, A)

特開2006-211885(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H02J 7/02

H01M 10/44

H01M 10/48

H01L 21/8234

H01L 27/06

H01L 27/088

H01L 29/786