

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-173619

(P2018-173619A)

(43) 公開日 平成30年11月8日(2018.11.8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G09G 3/20 (2006.01)	G09G 3/20 611E	3K107
G06F 3/14 (2006.01)	G06F 3/14 340A	5B069
G09G 3/36 (2006.01)	G09G 3/36	5C006
G09G 3/3233 (2016.01)	G09G 3/3233	5C080
G06N 3/02 (2006.01)	G09G 3/20 611A	5C094

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 59 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-184407 (P2017-184407)
 (22) 出願日 平成29年9月26日 (2017. 9. 26)
 (31) 優先権主張番号 特願2016-192889 (P2016-192889)
 (32) 優先日 平成28年9月30日 (2016. 9. 30)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2017-86898 (P2017-86898)
 (32) 優先日 平成29年4月26日 (2017. 4. 26)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000153878
 株式会社半導体エネルギー研究所
 神奈川県厚木市長谷398番地
 (72) 発明者 岩城 裕司
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 (72) 発明者 岡本 英哲
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 Fターム(参考) 3K107 AA01 AA05 BB01 CC14 CC32
 CC41 EE04 EE65
 5B069 BA04 BB13 BC02 CA02 JA06
 JA08 JA10 LA16

最終頁に続く

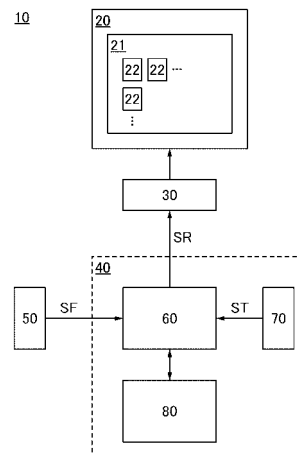
(54) 【発明の名称】 表示システム及び電子機器

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】消費電力が低く視認性の高い映像の表示を可能とし操作が簡単な半導体装置又は表示システムを提供する。

【解決手段】表示システム10は、表示部20と、制御部40と、を有し、制御部40は、コントローラ60と、記憶装置80と、を有し、表示部20は、映像を表示する機能を有し、コントローラ60は、映像のリフレッシュを制御する信号を出力する機能を有し、記憶装置80は、映像の視認状況、及び視認状況においてユーザーによってフリッカーが認識されたか否かを含む情報を記憶する機能を有し、コントローラ60は、フリッカーの認識の有無がユーザーによって入力された際、記憶装置80に記憶された情報を参照して、映像のリフレッシュを変更する機能を有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

表示部と、制御部と、を有し、
前記制御部は、コントローラと、記憶装置と、を有し、
前記表示部は、映像を表示する機能を有し、
前記コントローラは、前記映像のリフレッシュレートを制御する信号を出力する機能を有し、
前記記憶装置は、前記映像の視認状況、及び前記視認状況においてユーザーによってフリッカーが認識されたか否かを含む情報を記憶する機能を有し、
前記コントローラは、フリッカーの認識の有無がユーザーによって入力された際、前記記憶装置に記憶された情報を参照して、前記映像のリフレッシュレートを変更する機能を有する表示システム。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、
前記制御部は、カウンタを有し、
前記カウンタは、特定のリフレッシュレートで前記映像が継続して表示された時間をカウントする機能を有し、
前記コントローラは、前記カウンタによってカウントされた時間と、前記記憶装置に記憶された情報とを比較することにより、フリッカーが認識されないリフレッシュレートを予測する機能を有する表示システム。

20

【請求項 3】

表示部と、制御部と、を有し、
前記制御部は、コントローラを有し、
前記表示部は、映像を表示する機能を有し、
前記コントローラは、ニューラルネットワークを有し、
前記ニューラルネットワークは、フリッカーの認識の有無がユーザーによって前記コントローラに入力された際、推論を行う機能を有し、
前記ニューラルネットワークの入力層には、映像の視認状況の情報、及び前記視認状況においてユーザーによってフリッカーが認識されたか否かの情報を含むデータが入力され、
前記ニューラルネットワークの出力層から、フリッカーが認識されないリフレッシュレートが出力される表示システム。

30

【請求項 4】

請求項 3 において、
前記制御部は、カウンタを有し、
前記カウンタは、特定のリフレッシュレートで前記映像が継続して表示された時間をカウントする機能を有し、
前記視認状況の情報には、前記カウンタによってカウントされた時間が含まれる表示システム。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか一項において、
前記視認状況の情報には、前記映像を視認するユーザー、前記映像が視認される時間、前記映像の内容の少なくとも一の情報が含まれる表示システム。

40

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか一項において、
前記表示部は、第 1 の表示素子及び第 2 の表示素子を有する画素を有し、
前記画素の選択状態は、チャンネル形成領域に金属酸化物を含むトランジスタによって制御される表示システム。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか一項において、

50

入力部を有し、

前記入力部は、ユーザーがフリッカーを認識したか否かの情報を検出し、前記コントローラに出力する機能を有する表示システム。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の表示システムが搭載された電子機器であって、

前記入力部として、操作ボタン、タッチセンサ、スピーカ、又はマイクが用いられる電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明の一態様は、半導体装置、表示システム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本発明の一態様の技術分野としては、半導体装置、表示装置、発光装置、蓄電装置、記憶装置、表示システム、電子機器、照明装置、入力装置、入出力装置、それらの駆動方法、又はそれらの製造方法、を一例として挙げることができる。

【0003】

また、本明細書等において、半導体装置とは、半導体特性を利用することで機能しうる装置全般を指す。トランジスタ、半導体回路、演算装置、記憶装置等は半導体装置の一態様である。また、撮像装置、電気光学装置、発電装置（薄膜太陽電池、有機薄膜太陽電池等を含む）、及び電子機器は半導体装置を有している場合がある。

20

【背景技術】

【0004】

液晶表示装置や発光表示装置に代表されるフラットパネルディスプレイは、映像の表示に広く用いられている。これらの表示装置に用いられているトランジスタとしては主にシリコン半導体などが用いられているが、近年、シリコン半導体に代わって、半導体特性を示す金属酸化物をトランジスタに用いる技術が注目されている。例えば特許文献 1、2 には、半導体層に、酸化亜鉛、又は In - Ga - Zn 系酸化物を用いたトランジスタを、表示装置の画素に用いる技術が開示されている。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2007 - 96055 号公報

【特許文献 2】特開 2007 - 123861 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の一態様は、新規な半導体装置又は表示システムの提供を課題とする。又は、本発明の一態様は、消費電力が低い半導体装置又は表示システムの提供を課題とする。又は、本発明の一態様は、視認性の高い映像の表示を可能とする半導体装置又は表示システムの提供を課題とする。又は、本発明の一態様は、操作が簡単な半導体装置又は表示システムの提供を課題とする。

40

【0007】

なお、本発明の一態様は、必ずしも上記の課題の全てを解決する必要はなく、少なくとも一の課題を解決できるものであればよい。また、上記の課題の記載は、他の課題の存在を妨げるものではない。これら以外の課題は、明細書、特許請求の範囲、図面などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、特許請求の範囲、図面などの記載から、これら以外の課題を抽出することが可能である。

【課題を解決するための手段】

【0008】

50

本発明の一態様に係る表示システムは、表示部と、制御部と、を有し、制御部は、コントローラと、記憶装置と、を有し、表示部は、映像を表示する機能を有し、コントローラは、映像のリフレッシュレートを制御する信号を出力する機能を有し、記憶装置は、映像の視認状況、及び視認状況においてユーザーによってフリッカーが認識されたか否かを含む情報を記憶する機能を有し、コントローラは、フリッカーの認識の有無がユーザーによって入力された際、記憶装置に記憶された情報を参照して、映像のリフレッシュレートを変更する機能を有する表示システムである。

【0009】

また、本発明の一態様に係る表示システムにおいて、制御部は、カウンタを有し、カウンタは、特定のリフレッシュレートで映像が継続して表示された時間をカウントする機能を有し、コントローラは、カウンタによってカウントされた時間と、記憶装置に記憶された情報とを比較することにより、フリッカーが認識されないリフレッシュレートを予測する機能を有していてもよい。

10

【0010】

また、本発明の一態様に係る表示システムは、表示部と、制御部と、を有し、制御部は、コントローラを有し、表示部は、映像を表示する機能を有し、コントローラは、ニューラルネットワークを有し、ニューラルネットワークは、フリッカーの認識の有無がユーザーによってコントローラに入力された際、推論を行う機能を有し、ニューラルネットワークの入力層には、映像の視認状況の情報、及び視認状況においてユーザーによってフリッカーが認識されたか否かの情報を含むデータが入力され、ニューラルネットワークの出力層から、フリッカーが認識されないリフレッシュレートが出力される表示システムである。

20

【0011】

また、本発明の一態様に係る表示システムにおいて、制御部は、カウンタを有し、カウンタは、特定のリフレッシュレートで映像が継続して表示された時間をカウントする機能を有し、視認状況の情報には、カウンタによってカウントされた時間が含まれていてもよい。

【0012】

また、本発明の一態様に係る表示システムにおいて、視認状況の情報には、映像を視認するユーザー、映像が視認される時間、映像の内容の少なくとも一の情報が含まれていてもよい。

30

【0013】

また、本発明の一態様に係る表示システムにおいて、表示部は、第1の表示素子及び第2の表示素子を有する画素を有し、画素の選択状態は、チャンネル形成領域に金属酸化物を含むトランジスタによって制御されてもよい。

【0014】

また、本発明の一態様に係る表示システムは、入力部を有し、入力部は、ユーザーがフリッカーを認識したか否かの情報を検出し、コントローラに出力する機能を有していてもよい。

【0015】

また、本発明の一態様にかかる電子機器は、上記表示システムが搭載された電子機器であって、入力部として、操作ボタン、タッチセンサ、スピーカ、又はマイクが用いられる電子機器である。

40

【発明の効果】

【0016】

本発明の一態様により、新規な半導体装置又は表示システムを提供することができる。又は、本発明の一態様により、消費電力が低い半導体装置又は表示システムを提供することができる。又は、本発明の一態様により、視認性の高い映像の表示を可能とする半導体装置又は表示システムを提供することができる。又は、本発明の一態様により、操作が簡単な半導体装置又は表示システムを提供することができる。

【0017】

50

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

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】表示システムの構成例を示す図。

【図2】表示システムの動作例を示す図。

【図3】フローチャート。

【図4】制御部の構成例を示す図。

10

【図5】表示部の構成例を示す図。

【図6】タイミングチャート。

【図7】表示システムの構成例を示す図。

【図8】制御部の構成例を示す図。

【図9】ニューラルネットワークの構成例を示す図。

【図10】画素の構成例を示す図。

【図11】画素の構成例を示す図。

【図12】画素の構成例を示す図。

【図13】画素の構成例を示す図。

【図14】記憶装置の構成例を示す図。

20

【図15】メモリセルの構成例を示す図。

【図16】表示装置の構成例を示す図。

【図17】表示装置の構成例を示す図。

【図18】表示装置の構成例を示す図。

【図19】表示装置の構成例を示す図。

【図20】表示装置の構成例を示す図。

【図21】画素の構成例を説明する図。

【図22】画素の構成例を説明する図。

【図23】表示モジュールの構成例を示す図。

【図24】駆動部の構成例を示す図。

30

【図25】トランジスタの構成例を示す図。

【図26】トランジスタの構成例を示す図。

【図27】電子機器の構成例を示す図。

【図28】電子機器の構成例を示す図。

【図29】電子機器の構成例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、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、本発明は以下の実施の形態における説明に限定されず、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは、当業者であれば容易に理解される。したがって、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。

40

【0020】

また、本発明の一態様には、半導体装置、記憶装置、表示装置、撮像装置、RF (Radio Frequency) タグなど、あらゆる装置がその範疇に含まれる。また、表示装置には、液晶表示装置、有機発光素子に代表される発光素子を各画素に備えた発光装置、電子ペーパー、DMD (Digital Micromirror Device)、PDP (Plasma Display Panel)、FED (Field Emission Display) などが、その範疇に含まれる。

【0021】

また、本明細書等において、金属酸化物 (metal oxide) とは、広い表現での

50

金属の酸化物である。金属酸化物は、酸化物絶縁体、酸化物導電体（透明酸化物導電体を含む）、酸化物半導体（Oxide Semiconductorまたは単にOSともいう）などに分類される。例えば、トランジスタのチャネル形成領域に金属酸化物を用いた場合、当該金属酸化物を酸化物半導体と呼称する場合がある。つまり、金属酸化物が増幅作用、整流作用、及びスイッチング作用の少なくとも1つを有する場合、当該金属酸化物を、金属酸化物半導体（metal oxide semiconductor）、略してOSと呼ぶことができる。以下、チャネル形成領域に金属酸化物を含むトランジスタを、OSTランジスタとも表記する。

【0022】

また、本明細書等において、窒素を有する金属酸化物も金属酸化物（metal oxide）と総称する場合がある。また、窒素を有する金属酸化物を、金属酸窒化物（metal oxynitride）と呼称してもよい。金属酸化物の詳細については後述する。

10

【0023】

また、本明細書等において、XとYとが接続されている、と明示的に記載されている場合は、XとYとが電氣的に接続されている場合と、XとYとが機能的に接続されている場合と、XとYとが直接接続されている場合とが、本明細書等に開示されているものとする。したがって、所定の接続関係、例えば、図又は文章に示された接続関係に限定されず、図又は文章に示された接続関係以外のものも、図又は文章に記載されているものとする。ここで、X、Yは、対象物（例えば、装置、素子、回路、配線、電極、端子、導電膜、層、など）であるとする。

20

【0024】

XとYとが直接的に接続されている場合の一例としては、XとYとの電氣的な接続を可能とする素子（例えば、スイッチ、トランジスタ、容量素子、インダクタ、抵抗素子、ダイオード、表示素子、発光素子、負荷など）が、XとYとの間に接続されていない場合であり、XとYとの電氣的な接続を可能とする素子（例えば、スイッチ、トランジスタ、容量素子、インダクタ、抵抗素子、ダイオード、表示素子、発光素子、負荷など）を介さず、XとYとが、接続されている場合である。

【0025】

XとYとが電氣的に接続されている場合の一例としては、XとYとの電氣的な接続を可能とする素子（例えば、スイッチ、トランジスタ、容量素子、インダクタ、抵抗素子、ダイオード、表示素子、発光素子、負荷など）が、XとYとの間に1個以上接続されることが可能である。なお、スイッチは、オンオフが制御される機能を有している。つまり、スイッチは、オン状態、又は、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している。又は、スイッチは、電流を流す経路を選択して切り替える機能を有している。なお、XとYとが電氣的に接続されている場合は、XとYとが直接的に接続されている場合を含むものとする。

30

【0026】

XとYとが機能的に接続されている場合の一例としては、XとYとの機能的な接続を可能とする回路（例えば、論理回路（インバータ、NAND回路、NOR回路など）、信号変換回路（DA変換回路、AD変換回路、ガンマ補正回路など）、電位レベル変換回路（電源回路（昇圧回路、降圧回路など）、信号の電位レベルを変えるレベルシフト回路など）、電圧源、電流源、切り替え回路、増幅回路（信号振幅又は電流量などを大きく出来る回路、オペアンプ、差動増幅回路、ソースフォロワ回路、バッファ回路など）、信号生成回路、記憶回路、制御回路など）が、XとYとの間に1個以上接続されることが可能である。なお、一例として、XとYとの間に別の回路を挟んでいても、Xから出力された信号がYへ伝達される場合は、XとYとは機能的に接続されているものとする。なお、XとYとが機能的に接続されている場合は、XとYとが直接的に接続されている場合と、XとYとが電氣的に接続されている場合とを含むものとする。

40

【0027】

50

なお、XとYとが電氣的に接続されている、と明示的に記載されている場合は、XとYとが電氣的に接続されている場合（つまり、XとYとの間に別の素子又は別の回路を挟んで接続されている場合）と、XとYとが機能的に接続されている場合（つまり、XとYとの間に別の回路を挟んで機能的に接続されている場合）と、XとYとが直接接続されている場合（つまり、XとYとの間に別の素子又は別の回路を挟まずに接続されている場合）とが、本明細書等を開示されているものとする。つまり、電氣的に接続されている、と明示的に記載されている場合は、単に、接続されている、とのみ明示的に記載されている場合と同様な内容が、本明細書等を開示されているものとする。

【0028】

また、異なる図面間で同じ符号が付されている構成要素は、特に説明がない限り、同じものを表す。

10

【0029】

また、図面上は独立している構成要素同士が電氣的に接続しているように図示されている場合であっても、1つの構成要素が、複数の構成要素の機能を併せ持っている場合もある。例えば配線の一部が電極としても機能する場合は、一の導電膜が、配線の機能、及び電極の機能の両方の構成要素の機能を併せ持っている。したがって、本明細書における電氣的に接続とは、このような、一の導電膜が、複数の構成要素の機能を併せ持っている場合も、その範疇に含める。

【0030】

（実施の形態1）

20

本実施の形態では、本発明の一態様に係る半導体装置及び表示システムについて説明する。

【0031】

<表示システムの構成例>

図1に、表示システム10の構成例を示す。表示システム10は、表示部20、駆動部30、制御部40、入力部50を有する。表示システム10は、表示部20に映像を表示する機能と、表示部20に表示される映像が更新される頻度（以下、リフレッシュレートともいう）を制御部40によって制御する機能を有する。

【0032】

表示部20は、映像を表示する機能を有する。表示部20は、複数の画素22によって構成された画素部21を有する。また、画素22は表示素子を有し、画素22が所定の階調を表示することにより画素部21に所定の映像が表示される。

30

【0033】

画素22に設けられる表示素子の例としては、液晶素子、発光素子などが挙げられる。液晶素子としては、透過型の液晶素子、反射型の液晶素子、半透過型の液晶素子などを用いることができる。また、表示素子として、シャッター方式のMEMS（Micro Electro Mechanical System）素子、光干渉方式のMEMS素子、マイクロカプセル方式、電気泳動方式、エレクトロウエット方式、電子粉流体（登録商標）方式等を適用した表示素子などを用いることもできる。また、発光素子の例としては、例えばOLED（Organic Light Emitting Diode）、LED（Light Emitting Diode）、QLED（Quantum-dot Light Emitting Diode）、半導体レーザなどの、自発光性の発光素子が挙げられる。

40

【0034】

なお、画素22は、種類又は特性が異なる複数の表示素子を有していてもよい。画素22に複数の表示素子が設けられた表示部20の構成例については、実施の形態4において詳述する。

【0035】

また、画素22にはOSトランジスタを用いることが好ましい。金属酸化物は、シリコンなどの半導体よりもエネルギーギャップが大きく、少数キャリア密度を低くすることがで

50

きるため、O S トランジスタのオフ電流は極めて小さい。そのため、画素 2 2 に O S トランジスタを用いることにより、チャンネル形成領域にシリコンを有するトランジスタ（以下、S i トランジスタともいう）などを用いる場合と比較して、表示素子に印加される電圧の変動を極めて小さく抑えることができ、画素 2 2 の階調を長期間にわたって保持することができる。O S トランジスタを用いた画素 2 2 の回路構成の詳細については、実施の形態 3 において説明する。

【0036】

駆動部 3 0 は、表示部 2 0 の動作を制御する機能を有する。具体的には、駆動部 3 0 は、表示部 2 0 に表示される映像に対応する信号（以下、映像信号ともいう）や、表示部 2 0 に表示される映像を更新するタイミングを制御する信号（以下、タイミング信号ともいう）などを供給する機能を有する。表示部 2 0 は、駆動部 3 0 から供給された映像信号及びタイミング信号に基づいて、画素部 2 1 に所定の映像を表示する。

10

【0037】

駆動部 3 0 から表示部 2 0 に出力されるタイミング信号を制御することにより、画素部 2 1 に映像信号が供給されるタイミングを制御することができる。これにより、表示部 2 0 に表示される映像のリフレッシュレートが制御される。ここで、リフレッシュレートを下げることにより、映像信号の生成及び供給の頻度を下げることができるため、消費電力を削減することができる。しかし、リフレッシュレートが所定の値以下になると、表示部 2 0 に表示される映像にフリッカーが発生する。

【0038】

フリッカーの発生は、映像を視認するユーザーに不快感を与える。例えば、表示部 2 0 にゲームの映像を表示する場合、フリッカーによってゲームに登場するキャラクターや物体の動作などを認識しにくくなり、操作ミスを誘発する可能性がある。また、表示部 2 0 に映画やテレビ番組などの動画、又は写真などの静止画を表示する場合も、フリッカーによって映像が乱れ、ユーザーが映像を視認する際に感じるストレスが増大する。さらに、フリッカーの発生はユーザーの目の疲れの要因となり、長時間の映像の視認に支障をきたす可能性がある。そして、フリッカーの発生に起因して目の疲れが蓄積されると、ユーザーはフリッカーをより認識しやすくなり、映像の視認性はますます低下する。そのため、リフレッシュレートは、ユーザーによってフリッカーが認識されない範囲で設定することが好ましい。

20

30

【0039】

しかしながら、フリッカーが認識されるようになるリフレッシュレート（フリッカー値）には個人差がある。また、フリッカー値は、ユーザーの疲労が蓄積されているほど低くなる傾向があり、ユーザーが映像を連続して視認する時間、ユーザーが視認する映像の内容、ユーザーの体質などによって変動し得る。よって、表示部 2 0 が使用される様々な状況においてフリッカーの発生を抑えるためには、最もフリッカーが認識されやすい状況に合わせてリフレッシュレートを上げる必要があり、消費電力が増大する。また、状況に応じてリフレッシュレートを適切な値に変更する場合は、フリッカーが認識されない具体的なリフレッシュレートをユーザーが手動で定期的に入力する必要があり、操作が煩雑になる。

40

【0040】

ここで、本発明の一態様に係る表示システム 1 0 は、映像を視認するユーザー、映像が視認される時間、映像の内容など、映像が視認される状況（以下、視認状況ともいう）に応じて、表示部 2 0 に表示される映像のリフレッシュレートを能動的に設定することが可能な制御部 4 0 を有する。具体的には、制御部 4 0 は、特定の視認状況下でフリッカーが認識されたか否かの情報が蓄積される記憶装置を有する。そして、制御部 4 0 は、記憶装置に蓄積された情報を参照することにより、現在の視認状況下でフリッカーが認識されないリフレッシュレートの範囲を予測する。これにより、ユーザーによって具体的なリフレッシュレートの値が指定されない場合であっても、視認状況に応じて、フリッカーが認識されない範囲内でリフレッシュレートを下げることが可能となる。そのため、映像の視認性

50

の向上及び消費電力の低減を図ることができる。以下、制御部 40 の構成例について説明する。

【0041】

制御部 40 は、表示部 20 に表示される映像のリフレッシュレートを変更する機能を有する。具体的には、制御部 40 は、駆動部 30 に制御信号を供給することにより、駆動部 30 によって生成されるタイミング信号の出力を制御する機能を有する。これにより、画素部 21 に映像信号が供給される頻度が制御され、リフレッシュレートが制御される。制御部 40 は、コントローラ 60、カウンタ 70、記憶装置 80 を有する。

【0042】

コントローラ 60 は、所定のリフレッシュレートに対応する信号 S R を駆動部 30 に出力する機能を有する。駆動部 30 に信号 S R が入力されると、駆動部 30 は信号 S R に対応するタイミング信号を生成し、表示部 20 に出力する。これにより、表示部 20 に表示される映像のリフレッシュレートが制御される。

【0043】

カウンタ 70 は、特定のリフレッシュレート下で表示部 20 に映像が継続して表示された時間をカウントする機能を有する。カウンタ 70 によってカウントされた時間を示す信号が、信号 S T としてコントローラ 60 に出力される。

【0044】

なお、カウンタ 70 は、特定のリフレッシュレート下で表示部 20 に映像が継続して表示された時間を、ユーザーごと、又は映像の内容（例えば、動画又は静止画など）ごとにカウントする機能を有していてもよい。また、カウンタ 70 は、表示部 20 に映像が継続して表示された全体の時間をカウントする機能を有していてもよい。

【0045】

また、コントローラ 60 には、ユーザーがフリッカーを認識したか否かの情報に対応する信号 S F が、入力部 50 から入力される。入力部 50 は、ユーザーがフリッカーを認識したか否かの情報を検出し、コントローラ 60 に出力する機能を有する。ユーザーは、表示部 20 に表示された映像を視認している際に、フリッカーを認識したか否かの情報を入力部 50 に入力する。そして、フリッカーの認識の有無がユーザーによって入力されると、入力部 50 は信号 S F をコントローラ 60 に出力する。

【0046】

入力部 50 には、ユーザーがフリッカーを認識したか否かの情報を入力することが可能なインターフェースを自由に用いることができる。例えば、入力部 50 には、タッチセンサ、音声センサ、イメージセンサ、リモコンから発せられた赤外線を検出する赤外線センサ、操作ボタンなどを用いることができる。なお、入力部 50 は表示部 20 に設けられていてもよい。

【0047】

記憶装置 80 は、フリッカーが認識される条件に関する情報を記憶する機能を有する。具体的には、特定の視認状況下において、特定のリフレッシュレートで映像が表示された場合に、フリッカーが認識されたか否かの情報を記憶する機能を有する。例えば、記憶装置 80 には、過去にユーザーが表示部 20 に表示された映像を特定の時間、特定のリフレッシュレートで視認した際に、フリッカーの発生を認識したか否かの情報を、複数セット格納することができる。記憶装置 80 に記憶された情報は、コントローラ 60 がリフレッシュレートの制御を行う際、コントローラ 60 に出力される。

【0048】

コントローラ 60 に信号 S F、信号 S T、及び記憶装置 80 に記憶された情報が入力されると、コントローラ 60 は表示部 20 に表示された映像のリフレッシュレートの制御を行う。具体的には、コントローラ 60 は、記憶装置 80 に格納された情報を参照することにより、現在の視認状況においてフリッカーが認識されないリフレッシュレートの範囲を予測し、その範囲内でリフレッシュレートを設定する。

【0049】

10

20

30

40

50

例えば、信号 S F がフリッカーの不認識を示す場合、コントローラ 60 はリフレッシュレートを維持又は減少させる。ここで、リフレッシュレートを減少させる場合は、コントローラ 60 は記憶装置 80 に記憶された情報を参照し、現在の視認状況下においてフリッカーが認識されないと予測される範囲内で、リフレッシュレートを減少させる。一方、信号 S F がフリッカーの認識を示す場合は、コントローラ 60 は記憶装置 80 に記憶された情報を参照し、現在の視認状況下においてフリッカーが認識されないと予測される値までリフレッシュレートを増加させる。

【0050】

フリッカーが認識されないリフレッシュレートの予測は、現在の視認状況と記憶装置 80 に記憶された視認状況とを比較することにより行うことができる。例えば、信号 S T が示す時間と、記憶装置 80 に記憶された視認状況に含まれる、映像の視認時間とを比較することができる。そして、現在の視認状況が、記憶装置 80 に格納されている、過去にフリッカーが認識された際の視認状況よりも、フリッカーがさらに認識されやすい状況（映像の視認時間が長い）である場合は、記憶装置 80 に記憶されているリフレッシュレートよりも高い値のリフレッシュレートで表示部 20 を動作させる。一方、現在の視認状況が、記憶装置 80 に格納されている、過去にフリッカーが認識されなかった際の視認状況よりも、フリッカーがさらに認識されにくい状況（映像の表示時間が短い）である場合は、記憶装置 80 に記憶されているリフレッシュレートよりも低い値のリフレッシュレートで表示部 20 を動作させる。

【0051】

なお、記憶装置 80 に記憶される視認状況の分類は、自由に設定することができる。例えば、記憶装置 80 は、ユーザーが特定の内容の映像を、特定の時間、特定のリフレッシュレートで視認した際に、フリッカーの発生を認識したか否かの情報を、ユーザーごとに格納することもできる。このように、記憶装置 80 に格納される視認状況を細分化することにより、フリッカーが認識されないリフレッシュレートの予測をより正確に行うことができる。また、視認状況の比較は、記憶装置 80 に記憶された視認状況の一部の項目を用いて行ってもよいし、全ての項目を用いて行ってもよい。

【0052】

さらに、コントローラ 60 は、信号 S F が入力された際、フリッカーの認識の有無と、そのときの視認状況を記憶装置 80 に出力する機能を有する。例えば、フリッカーの不認識を示す信号 S F が入力された際、コントローラ 60 は、現在のリフレッシュレートと、そのリフレッシュレート下で表示部 20 に映像が継続して表示された時間を示す信号を、フリッカーが認識されなかった視認状況の一つとして記憶装置 80 に出力することができる。これにより、ユーザーがフリッカーの認識の有無を入力する度に視認状況とフリッカーの関係が記憶装置 80 に蓄積され、コントローラ 60 によるリフレッシュレートの予測の精度を向上させることができる。

【0053】

なお、記憶装置 80 は、O S トランジスタを用いて構成することが好ましい。記憶装置 80 に O S トランジスタを用いることにより、記憶装置 80 への電力の供給が停止された期間においても、視認状況とフリッカーの関係に関する情報を保持することが可能となる。そのため、電力の供給が再開された後、電力の供給が停止される前までに蓄積されたデータをリフレッシュレートの予測に用いることができる。O S トランジスタを用いた記憶装置 80 の詳細については、実施の形態 3 において説明する。

【0054】

以上のように、本発明の一態様において、制御部 40 は、ユーザーによるリフレッシュレートの指定がない場合でも、記憶装置 80 に蓄積された情報を参照してフリッカーが認識されないリフレッシュレートを予測し、能動的にリフレッシュレートを変更することができる。これにより、視認性の向上及び消費電力の低減が可能なりフレッシュレート下での映像の表示を、簡単な操作で行うことができる。また、制御部 40 は、ユーザーがフリッカーの認識の有無を入力する度に、視認状況とフリッカーの関係を記憶装置 80 に蓄積す

ることができるため、ユーザーが表示部 20 を長時間使用するほど、リフレッシュレートの予測の正確性を向上させることができる。

【0055】

なお、表示部 20、駆動部 30、制御部 40、入力部 50 はそれぞれ、半導体装置によって構成することができる。この場合、表示部 20、駆動部 30、制御部 40、入力部 50 はそれぞれ、半導体装置 20、半導体装置 30、半導体装置 40、半導体装置 50 と呼ぶこともできる。また、半導体装置によって構成された表示部 20、駆動部 30、制御部 40、入力部 50 を有する表示システム 10 を、半導体装置 10 と呼ぶこともできる。

【0056】

<表示システムの動作例>

次に、上記で説明した表示システム 10 の動作例について説明する。図 2 に、リフレッシュレートを変更する際の表示システム 10 の動作例を示す。

【0057】

まず、図 2 (A) に示すように、制御部 40 によって指定されたリフレッシュレート $f_r = a$ [Hz] の条件下で、表示部 20 に映像が表示されている場合を考える。図 2 (A) は、表示部 20 に表示された映像を視認しているユーザーが、フリッカーを認識している状態を示している。このときユーザーは、自発的に、又は表示システム 10 からの要求に応じて、フリッカーが認識されている旨を入力部 50 に入力する。

【0058】

フリッカーが認識されていることを示す情報が入力部 50 に入力されると、図 2 (B) に示すように、入力部 50 からコントローラ 60 に信号 SF が出力される。また、カウンタ 70 からコントローラ 60 に、リフレッシュレート $f_r = a$ で映像が表示された時間に対応する信号 ST が出力される。

【0059】

そして、コントローラ 60 は、信号 SF、信号 ST に基づいて、フリッカーが認識されないと予測されるリフレッシュレート $f_r = a'$ [Hz] を選択する。前述の通り、リフレッシュレートの選択は、記憶装置 80 に記憶された情報を参照して行われる。そして、コントローラ 60 から駆動部 30 に、リフレッシュレート $f_r = a'$ に対応する信号 SR が出力される。これにより、表示部 20 に表示される映像のリフレッシュレートが a' に変更され、表示部 20 はユーザーによってフリッカーが認識されない状態となる。

【0060】

なお、リフレッシュレートが変更されても依然としてフリッカーが認識される場合は、ユーザーはフリッカーが認識されている旨を再度入力部 50 に入力することにより、リフレッシュレートをさらに変更すればよい。

【0061】

また、コントローラ 60 は、信号 SF が入力された際のリフレッシュレート、及び当該リフレッシュレートで表示部 20 に映像が表示されていた時間を、フリッカーが認識される視認状況の一つとして、記憶装置 80 に記憶する。これにより、記憶装置 80 に視認状況とフリッカーの関係が蓄積される。

【0062】

次に、表示システム 10 のより具体的な動作例について説明する。図 3 (A) は、表示システム 10 の動作例を示すフローチャートである。

【0063】

まず、表示部 20 における映像の表示を開始する際、リフレッシュレートの初期値を設定する (ステップ S1)。リフレッシュレートの初期値は、映像の視認状況に寄らず一律に設定してもよいし、記憶装置 80 に記憶された情報を参照して決定してもよい。次に、カウンタ 70 の値が初期化され (ステップ S2)、ステップ S1 で設定されたリフレッシュレート下での映像の表示時間のカウントが開始される。

【0064】

次に、割り込みの有無が判定される (ステップ S3)。この割り込みは、ユーザーによ

10

20

30

40

50

てフリッカーの認識の有無が入力されたか否かに関わらず、表示部 20 に映像が表示された時間に応じてリフレッシュレートを変更する処理である。前述のように、映像の視認時間が長くなり、ユーザーの疲労が蓄積されると、フリッカー値が低くなる傾向がある。そのため、映像の表示時間が一定値に達したときにリフレッシュレートを上げることにより、フリッカーの発生を未然に防ぐことができる。

【0065】

上記の映像の表示時間は、カウンタ 70 によってカウントすることができる。なお、カウントされる時間は、映像が継続して表示された全体の時間であってもよいし、特定のリフレッシュレート下において映像が継続して表示された時間であってもよい。

【0066】

割り込みが発生すると（ステップ S 3 で YES）、割り込み処理が行われる（ステップ S 4）。割り込み処理の内容を図 3（B）に示す。制御部 40 は、割り込みの発生を検出すると（ステップ S 11）、映像の表示時間に応じてリフレッシュレートを変更する（ステップ S 12）。その後、割り込み処理が終了し、制御部 40 の動作は図 3（A）のフローに復帰する（ステップ S 13）。

【0067】

次に、ユーザーがフリッカーを認識したか否かの確認が行われる（ステップ S 5）。フリッカーの確認は、ユーザーが任意のタイミングで行なってもよいし、表示システム 10 による確認の要求に応じて行なってもよい。ユーザーに確認を要求する方法としては、例えば、表示部 20 に確認を促すメッセージを表示する方法、表示部 20 に確認ボタンを表示する方法などを用いることができる。なお、表示部 20 に確認ボタンを表示する場合は、入力部 50 として、表示部 20 に設けられたタッチパネルなどを用いることができる。

【0068】

ユーザーによってフリッカーが認識された場合（ステップ S 5 で YES）、制御部 40 は、現在の視認状況下においてフリッカーが認識されないと予測される値までリフレッシュレートを増加させる（ステップ S 6）。一方、ユーザーによってフリッカーが認識されなかった場合は（ステップ S 5 で NO）、制御部 40 は、リフレッシュレートを維持又は減少させる（ステップ S 7）。リフレッシュレートを減少させる場合、制御部 40 は、フリッカーが認識されないと予測される範囲内でリフレッシュレートを設定する。

【0069】

リフレッシュレートの変更は、前述の通り、コントローラ 60 が記憶装置 80 に記憶された情報を参照して周波数を決定することにより行われる。なお、記憶装置 80 に未だ情報が蓄積されていない場合には、コントローラ 60 はリフレッシュレートを予め規定された所定の値に変更することができる。また、リフレッシュレートは、表示部 20 に表示される映像が動画か静止画かによって異なる値に設定してもよい。

【0070】

次に、現在の視認状況、及び現在の視認状況下におけるフリッカーの認識の有無に対応するデータが、記憶装置 80 に記憶される（ステップ S 8）。これにより、視認状況とフリッカーの関係が記憶装置 80 に蓄積される。ここでは視認状況として、カウンタ 70 によってカウントされた映像の表示時間、リフレッシュレートなどが記憶される。

【0071】

その後、表示部 20 における映像の表示を継続する場合は（ステップ S 9 で NO）、割り込みの有無（ステップ S 3）、及びユーザーによるフリッカーの認識の有無（ステップ S 5）が改めて確認される。なお、リフレッシュレートが変更された場合は、カウンタ 70 を初期化し（ステップ S 2）、変更後のリフレッシュレート下での映像の表示時間を改めてカウントしてもよい。

【0072】

以上のような動作により、表示システム 10 は、記憶装置 80 に記憶された情報を用いてリフレッシュレートを能動的に変更することができる。また、表示システム 10 は、フリッカーの認識の有無が確認された際、視認状況とフリッカーの関係を、記憶装置 80 に蓄

10

20

30

40

50

積することができる。

【0073】

<コントローラの構成例>

次に、コントローラ60のより具体的な構成例について説明する。図4に、コントローラ60の構成の具体例を示す。ここでは一例として、映像の表示時間に加え、映像を視認するユーザー及び映像の内容に応じて、リフレッシュレートを設定することが可能なコントローラ60の構成例について説明する。ただし、視認状況の項目はこれに限定されず、自由に設定することができる。

【0074】

コントローラ60は、出力部61、出力部62、解析装置63を有する。入力部50から出力された信号SFと、カウンタ70から出力された信号STは、解析装置63に入力される。

10

【0075】

出力部61は、所定のリフレッシュレートに対応する信号SRを駆動部30に出力する機能を有する。これにより、表示部20に表示される映像のリフレッシュレートが制御される。また、出力部61は、表示部20に表示されている映像のリフレッシュレートに対応する信号Srefを、解析装置63に出力する機能を有する。

【0076】

出力部62は、表示部20に表示されている映像の内容に対応する信号Sc on、表示部20を利用しているユーザーに対応する信号Suseを、解析装置63に出力する機能を有する。ここでは一例として、信号Sc onが、表示部20に表示されている映像が動画であるか静止画であるかを示す信号である場合について説明する。

20

【0077】

なお、表示部20に表示されている映像のリフレッシュレートに関する情報は、出力部61に保持されていてもよいし、コントローラ60の外部から出力部61に入力されてもよい。また、表示部20に表示されている映像の内容、及び表示部20を利用しているユーザーに関する情報は、出力部62に保持されていてもよいし、コントローラ60の外部から出力部62に入力されてもよい。

【0078】

記憶装置80には、視認状況として、表示部20を使用しているユーザー、映像が表示された時間、映像の内容、映像のリフレッシュレートが、フリッカーの認識の有無と共に記憶される。表1に、記憶装置80に記憶されるデータの例を示す。表1において、データA乃至Eはそれぞれ、ユーザー、映像の表示時間、映像の内容、リフレッシュレート、ユーザーによるフリッカーの認識の有無に対応する。

30

【0079】

【表 1】

データA (ユーザー)	データB (映像の表示時間)	データC (映像の内容)	データD (リフレッシュレート)	データE (フリッカーの認識)
a	T1	動画	60Hz	なし
a	T1	動画	30Hz	あり
a	T1	静止画	60Hz	なし
a	T1	静止画	30Hz	あり
a	T1	静止画	1Hz	なし
a	T2	動画	60Hz	なし
a	T2	動画	30Hz	あり
a	T2	静止画	60Hz	あり
a	T2	静止画	30Hz	あり
a	T2	静止画	1Hz	なし
b	T1	動画	60Hz	あり
b	T1	動画	30Hz	あり

10

【0080】

20

解析装置 63 は、記憶装置 80 に記憶された情報を参照することにより、フリッカーが認識されないと予測されるリフレッシュレートを選択する機能を有する。ユーザーが入力部 50 にフリッカーの認識の有無を入力すると、解析装置 63 に信号 S F、信号 S T、信号 S r e f、信号 S c o n、信号 S u s e が入力される。また、記憶装置 80 からコントローラ 60 に、表 1 に示す情報が入力される。そして、解析装置 63 は、信号 S u s e とデータ A、信号 S T とデータ B、信号 S c o n とデータ C をそれぞれ比較した上で、データ D、E を参照し、フリッカーが認識されないと予測されるリフレッシュレートを選択する。

【0081】

30

解析装置 63 によって選択されたリフレッシュレートは、信号 S r e f ' として出力部 61 に出力される。そして、出力部 61 は、信号 S r e f ' に対応する信号 S R を、駆動部 30 に出力する。これにより、表示部 20 が制御部 40 において選択されたリフレッシュレートで動作する。

【0082】

また、解析装置 63 は、現在の視認状況、及び現在の視認状況下におけるフリッカーの認識の有無を含む情報を、記憶装置 80 に出力する機能を有する。入力部 50 にユーザーがフリッカーの認識の有無を入力すると、信号 S u s e、信号 S T、信号 S c o n、信号 S r e f、信号 S F がそれぞれ、表 1 におけるデータ A 乃至 E として記憶装置 80 に追加される。これにより、記憶装置 80 に視認状況とフリッカーの関係が蓄積される。

【0083】

40

なお、図 4 においては出力部 62 から信号 S c o n 及び信号 S u s e が出力される場合を示しているが、これらの信号の一方を省略することもできる。また、これらの信号に加えて、又はこれらの信号の代わりに、他の視認状況に対応する信号が解析装置 63 に出力されてもよい。この場合、記憶装置 80 に記憶される情報の項目は、解析装置 63 に入力される信号に応じて適宜変更される。

【0084】

<表示部・駆動回路部の動作例>

次に、表示部 20 と駆動部 30 の動作例について説明する。ここでは特に、駆動部 30 から出力される信号により、表示部 20 の動作が制御される際の動作について説明する。図 5 に、表示部 20 の構成例を示す。

50

【0085】

表示部20は、画素部21、駆動回路23、駆動回路24を有する。ここでは、画素部21がm列n行(m、nは2以上の整数)の画素22を有する場合について示す。第i列第j行(iは1以上m以下の整数、jは1以上n以下の整数)の画素22は、配線SL[i]及び配線GL[j]と接続されている。配線GL[1]乃至[n]は駆動回路23と接続され、配線SL[1]乃至[m]は駆動回路24と接続されている。

【0086】

駆動回路23は、画素22を選択するための信号(以下、選択信号ともいう)を生成して、配線GLに供給する機能を有する。駆動回路24は、映像信号を生成して、配線SLに供給する機能を有する。配線SLに供給された映像信号は、駆動回路23によって選択された画素22に書き込まれる。

10

【0087】

制御部40から駆動部30に信号SRが入力されると、駆動部30は信号SRに対応するタイミング信号を生成し、駆動回路23及び駆動回路24に出力する。そして、当該タイミング信号を用いて、駆動回路23による選択信号の生成、及び、駆動回路24による選択信号の生成が行われる。

【0088】

具体例として、駆動回路23の動作について説明する。駆動回路23は、スタートパルスSP、クロック信号CLKに基づいて選択信号を生成する。ここで、駆動部30から入力されるタイミング信号は、スタートパルスSPとして用いられる。

20

【0089】

図6に、駆動回路23のタイミングチャートを示す。駆動回路23にスタートパルスSP、クロック信号CLKが入力されると、駆動回路23は選択信号を生成し、配線GL[1]乃至[n]に順次出力する。これにより、配線GL[1]乃至[n]の電位が順次ハイレベルとなり、配線GL[1]乃至[n]と接続された画素22の階調が更新される。このようにして、画素部21に表示された映像の更新が行われる。

【0090】

ここで、配線GL[1]乃至[n]に供給される選択信号の生成は、スタートパルスSPが入力されるごとに行われる。そのため、制御部40によって駆動部30で生成されるスタートパルスSPの周期Pspを制御することにより、表示部20に表示される映像のリフレッシュレートを変更することができる。パルスの周期Pspの制御は、駆動部30に保持されている、タイミング信号の波形を定義するパラメータの値を、信号SRに基づいて変更することにより行うことができる。

30

【0091】

以上の通り、本発明の一態様に係る表示システム10は、ユーザーによるリフレッシュレートの指定がない場合でも、記憶装置に格納された情報を参照することにより、視認状況に応じてリフレッシュレートを能動的に設定することができる。これにより、視認性の向上及び消費電力の低減が可能なリフレッシュレート下での映像の表示を、簡単な操作で行うことができる。また、本発明の一態様に係る表示システム10は、ユーザーがフリッカーの認識の有無を入力する度に視認状況とフリッカーの関係を記憶装置に蓄積することができる。これにより、フリッカーが認識されないリフレッシュレートをより正確に設定することができる。

40

【0092】

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。

【0093】

(実施の形態2)

本実施の形態では、上記実施の形態で説明した表示システムの変形例について説明する。

【0094】

<表示システムの変形例>

実施の形態1では、コントローラ60が記憶装置80に格納された情報を参照することに

50

よりリフレッシュレートを設定する表示システムの構成例について説明したが、リフレッシュレートは人工知能（AI：Artificial Intelligence）を利用して設定することもできる。具体的には、コントローラ60が人工ニューラルネットワーク（ANN：Artificial Neural Network）を有し、リフレッシュレートの設定を人工ニューラルネットワークの推論（認知）によって行う機能を有していてもよい。

【0095】

なお、人工知能とは、人間の知能を模した計算機の総称である。本明細書等において、人工知能には人工ニューラルネットワークが含まれる。人工ニューラルネットワークは、ニューロンとシナプスで構成される神経網を模した回路である。また、本明細書等において「ニューラルネットワーク」と記載する場合、特に人工ニューラルネットワークを指す。

10

【0096】

図7に、コントローラ60がニューラルネットワークNNを有する構成例を示す。図7に示す制御部40は、コントローラ60がニューラルネットワークNNを有する点、及び、制御部40内の記憶装置80が省略されている点において、図1と異なる。その他の構成については、図1の説明を参照することができる。

【0097】

ニューラルネットワークNNは、視認状況の情報、及び当該視認状況においてユーザーによってフリッカーが認識されたか否かの情報を含むデータを用いて、フリッカーが認識されないリフレッシュレートを算出することが可能となるように、学習されている。そして、ユーザーによって入力部50にフリッカーの認識の有無が入力されると、ニューラルネットワークNNは上記のデータを用いて推論を行い、フリッカーが認識されないリフレッシュレートを出力する。

20

【0098】

図7においては、コントローラ60に信号SF及び信号STが入力される。このとき、ニューラルネットワークNNは、信号SF及び信号STを含むデータを入力データとして用いて推論を行い、リフレッシュレートを算出する。そして、このリフレッシュレートに対応する信号SRが、駆動部30に出力される。

【0099】

このようにニューラルネットワークNNを用いることにより、様々な視認状況下においてリフレッシュレートを適切に設定することができる。

30

【0100】

なお、図7においては記憶装置80を省略しているが、視認状況の情報、及び当該視認状況においてユーザーによってフリッカーが認識されたか否かの情報を含むデータを記憶するために記憶装置80を設けてもよい。記憶装置80に記憶されたデータは、ニューラルネットワークNNの学習又は推論に用いることができる。

【0101】

<コントローラの変形例>

図8に、ニューラルネットワークNNを有する制御部40の具体的な構成例を示す。図8に示すコントローラ60は、解析装置63がニューラルネットワークNNを有する点において、図4と異なる。その他の構成については、図4の説明を参照することができる。

40

【0102】

ニューラルネットワークNNは、入力層IL、出力層OL、及び隠れ層（中間層）HLを有する。入力層ILには、映像の視認状況の情報、及び当該視認状況においてユーザーによってフリッカーが認識されたか否かの情報を含むデータが、入力データとして入力される。例えば、入力部50から出力される信号SF、出力部61から出力される信号Sref、出力部62から出力される信号Scon及び信号Suse、及びカウンタ70から出力される信号STなどを含むデータが、入力データとして用いられる。

【0103】

なお、ニューラルネットワークNNは、隠れ層HLを複数有するネットワーク（DNN：

50

ディープニューラルネットワーク)であってもよい。ディープニューラルネットワークの学習を深層学習と呼ぶことがある。出力層OL、入力層IL、隠れ層HLはそれぞれ複数のユニット(ニューロン回路)を有し、各ユニットの出力データは、重み(結合強度)が乗じられた後、異なる層に設けられたユニットに供給される。

【0104】

前述の通り、ニューラルネットワークNNには、視認状況に応じて適切なリフレッシュレートの算出することが可能となるように、学習が施されている。そして、ニューラルネットワークNNの入力層に入力データが入力されると、各層において演算処理が行われる。各層における演算処理は、前層のユニットの出力データと重み係数との積和演算などにより実行される。なお、層間の結合は全てのユニット同士が結合された全結合としてもよいし、一部のユニット同士が結合された部分結合としてもよい。

10

【0105】

そして、ニューラルネットワークNNの演算により、ユーザーによってフリッカーが認識されないリフレッシュレートが算出される。このリフレッシュレートは出力層OLから出力され、信号Srefとして出力部61に出力される。

【0106】

なお、リフレッシュレートが変更されても依然としてフリッカーが認識される場合は、フリッカーが認識されている旨をユーザーが再度入力部50に入力することにより、改めてニューラルネットワークNNの推論が行われ、リフレッシュレートが更新される。

20

【0107】

また、コントローラ60に記憶装置80を設け、記憶装置80に視認状況の情報(信号Sref、信号Scn、信号Suse、及び信号STなど)、及び当該視認状況下におけるフリッカーの認識の有無の情報(信号SF)を含むデータを記憶することもできる。記憶装置80に記憶されたデータは、ニューラルネットワークNNの学習又は推論に用いることができる。

【0108】

<ニューラルネットワークの構成例>

次に、ニューラルネットワークNNの構成例について説明する。ニューラルネットワークの構成例を図9に示す。ニューラルネットワークは、ニューロン回路NCと、ニューロン回路間に設けられたシナプス回路SCによって構成されている。

30

【0109】

図9(A)に、ニューロン回路NCとシナプス回路SCの構成例を示す。シナプス回路SCには、入力データ x_1 乃至 x_L (Lは自然数)が入力される。また、シナプス回路SCは、重み係数 w_k (kは1以上L以下の整数)を記憶する機能を有する。重み係数 w_k は、ニューロン回路NC間の結合の強さに対応する。

【0110】

シナプス回路SCに入力データ x_1 乃至 x_L 入力されると、ニューロン回路NCには、シナプス回路SCに入力された入力データ x_k と、シナプス回路SCに記憶された重み係数 w_k との積($x_k w_k$)を、 $k=1$ 乃至Lについて足し合わせた値($x_1 w_1 + x_2 w_2 + \dots + x_L w_L$)、すなわち、 x_k と w_k を用いた積和演算によって得られた値が供給される。この値がニューロン回路NCの閾値を超えた場合、ニューロン回路NCはハイレベルの信号を出力する。この現象を、ニューロン回路NCの発火と呼ぶ。

40

【0111】

上記のニューロン回路NCとシナプス回路SCを用いた階層型ニューラルネットワークのモデルを、図9(B)に示す。ニューラルネットワークは、入力層IL、隠れ層HL、出力層OLを有する。入力層ILは、入力ニューロン回路INを有する。隠れ層HLは、隠れシナプス回路HS及び隠れニューロン回路HNを有する。出力層OLは、出力シナプス回路OS及び出力ニューロン回路ONを有する。また、入力ニューロン回路IN、隠れニューロン回路HN、出力ニューロン回路ONの閾値を、それぞれ I 、 H 、 O と表記する。

50

【0112】

入力層ILには、映像の視認状況の情報、及び当該視認状況においてユーザーによってフリッカーが認識されたか否かの情報を含むデータに対応するデータ x_1 乃至 x_i (i は自然数)が供給され、入力層ILの出力は隠れ層HLに供給される。そして、隠れニューロン回路HNには、入力層ILの出力データと、隠れシナプス回路HSに保持された重み係数 w と、を用いた積和演算によって得られた値が供給される。そして、出力ニューロン回路ONには、隠れニューロン回路HNの出力と、出力シナプス回路OSに保持された重み係数 w を用いた積和演算によって得られた値が供給される。そして、出力ニューロン回路ONからリフレッシュレートに対応するデータ y_1 乃至 y_j (j は自然数)が出力される。

10

【0113】

このように、図9(B)に示すニューラルネットワークは、映像の視認状況に基づいてフリッカーが認識されないリフレッシュレートを算出する機能を有する。

【0114】

また、ニューラルネットワークの学習には勾配降下法などを用いることができ、勾配の算出には誤差逆伝播法を用いることができる。図9(C)に、誤差逆伝播法を利用して教師あり学習を行うニューラルネットワークのモデルを示す。

【0115】

誤差逆伝播法は、ニューラルネットワークの出力データと教師データの誤差が小さくなるように、シナプス回路の重み係数を変更する方式の一つである。具体的には、出力データ(データ y_1 乃至 y_j)と教師データ(データ t_1 乃至 t_j)に基づいて決定される誤差 δ に応じて、隠れシナプス回路HSの重み係数 w が変更される。また、隠れシナプス回路HSの重み係数 w の変更量に応じて、さらに前段のシナプス回路SCの重み係数 w が変更される。このように、教師データに基づいてシナプス回路SCの重み係数を順次変更することにより、ニューラルネットワークNNの学習を行うことができる。なお、教師データとしては、ある視認状況下における理想的なリフレッシュレートを用いることができる。

20

【0116】

なお、図9(B)、(C)には1層の隠れ層HLを示しているが、隠れ層HLの層数を2以上としてもよい。これにより、深層学習を行うことができる。

30

【0117】

また、上記のニューラルネットワークNNの構成例は、必要に応じて適宜変更することができる。例えば、ニューラルネットワークNNとして再帰型ニューラルネットワーク(RNN: Recurrent Neural Network)などを用いることもできる。この場合、過去の視認状況に基づいてリフレッシュレートを決定することが可能になり、リフレッシュレートの設定の精度を向上させることができる。

【0118】

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。

【0119】

(実施の形態3)

本実施の形態では、上記実施の形態で説明した表示システムの具体的な構成例について説明する。

40

【0120】

<画素の構成例>

まず、上記実施の形態で説明した画素22の構成例について説明する。図10に、画素22の構成例を示す。なお、画素22はそれぞれ、配線GLを介して駆動回路23と接続され、配線SLを介して駆動回路24と接続されている(図5参照)。

【0121】

[構成例1]

図10(A)に、発光素子を用いた画素の構成例を示す。図10(A)に示す画素22は

50

、トランジスタTr 1 1乃至Tr 1 3、発光素子1 1 0、容量素子C 1を有する。なお、ここでは、トランジスタTr 1 1乃至Tr 1 3をnチャンネル型としているが、トランジスタTr 1 1乃至Tr 1 3はそれぞれpチャンネル型であってもよい。

【0 1 2 2】

トランジスタTr 1 1のゲートは配線GLと接続され、ソース又はドレインの一方はトランジスタTr 1 2のゲート、及び容量素子C 1の一方の電極と接続され、ソース又はドレインの他方は配線SLと接続されている。トランジスタTr 1 2のソース又はドレインの一方は容量素子C 1の他方の電極、発光素子1 1 0の一方の電極、及びトランジスタTr 1 3のソース又はドレインの一方と接続され、ソース又はドレインの他方は電位Vaが供給される配線ALと接続されている。発光素子1 1 0の他方の電極は、電位Vcが供給される配線CLと接続されている。トランジスタTr 1 3のゲートは配線GLと接続され、ソース又はドレインの他方は配線MLと接続されている。トランジスタTr 1 1のソース又はドレインの一方、トランジスタTr 1 2のゲート、及び容量素子C 1の一方の電極と接続されたノードを、ノードN 1とする。また、トランジスタTr 1 2のソース又はドレインの一方、トランジスタTr 1 3のソース又はドレインの一方、及び容量素子C 1の他方の電極と接続されたノードを、ノードN 2とする。

10

【0 1 2 3】

ここでは、配線ALに供給される電位Vaを高電源電位とし、配線CLに供給される電位Vaを低電源電位とした場合について説明する。また、容量素子C 1は、ノードN 2の電位を保持するための保持容量としての機能を有する。

20

【0 1 2 4】

トランジスタTr 1 1は、配線SLの電位のノードN 1への供給を制御する機能を有する。また、トランジスタTr 1 3は、配線MLの電位のノードN 2への供給を制御する機能を有する。具体的には、配線GLの電位を制御してトランジスタTr 1 1、Tr 1 3をオン状態とすることにより、配線SLの電位がノードN 1に、配線MLの電位がノードN 2にそれぞれ供給され、画素2 2の書き込みが行われる。ここで、配線SLの電位は映像信号に対応する電位である。その後、配線GLの電位を制御してトランジスタTr 1 1、Tr 1 3をオフ状態とすることにより、ノードN 1、N 2の電位が保持される。

【0 1 2 5】

そして、ノードN 1、N 2の間の電位に応じてトランジスタTr 1 2のソース - ドレインの間に流れる電流量が制御され、発光素子1 1 0が当該電流量に応じた輝度で発光する。これにより、画素2 2の階調を制御することができる。

30

【0 1 2 6】

上記の動作を配線GLごとに順次行うことにより、画素部2 1において1フレーム分の映像を表示することができる。

【0 1 2 7】

なお、配線GLの選択には、プログレッシブ方式を用いてもよいし、インターレース方式を用いてもよい。また、駆動回路2 4から配線SLへの映像信号の供給は、配線SLに順次映像信号を供給する点順次駆動を用いてもよいし、全ての配線SLに一齐に映像信号を供給する線順次駆動を用いてもよい。また、複数の配線SLごとに順に、映像信号を供給してもよい。

40

【0 1 2 8】

その後、次のフレーム期間において、上記と同様の動作により、映像の表示が行われる。これにより、画素部2 1に表示される映像が書き換えられる。なお、映像の書き換えの頻度は、実施の形態1における制御部4 0によって制御される。

【0 1 2 9】

一方、画素部2 1に静止画を表示する場合や、一定期間映像が変化しない、又は変化が一定以下である動画を表示する場合などは、書き換えを行わず、直前のフレームの映像を維持することが好ましい。これにより、映像の書き換えに伴う消費電力を削減することができる。この場合、リフレッシュレートは例えば、5 Hz、好ましくは3 Hz、より好まし

50

くは1 Hzに設定することができる。

【0130】

トランジスタTr11、Tr13にはOSトランジスタを用いることが好ましい。これにより、ノードN1、N2の電位を極めて長期間にわたって保持することができ、映像の書き換えの頻度を減らしても、表示状態を維持することができる。

【0131】

なお、表示状態を維持するとは、映像の変化が一定の範囲より大きくならないように保持することをいう。上記一定の範囲は適宜設定することができ、例えば使用者が映像を閲覧する場合に、同じ映像であると認識できる範囲に設定することが好ましい。

【0132】

また、映像の書き換えを行わない期間においては、駆動回路23及び駆動回路24に供給される電源電位や信号を停止することができる。これにより、駆動回路23及び駆動回路24における消費電力を低減することができる。

【0133】

なお、トランジスタTr11、Tr13には、OSトランジスタ以外のトランジスタを用いてもよい。例えば、金属酸化物以外の単結晶半導体を有する基板の一部にチャンネル形成領域が形成されるトランジスタを用いてもよい。このような基板としては、単結晶シリコン基板や単結晶ゲルマニウム基板などが挙げられる。また、トランジスタTr11、Tr13として、金属酸化物以外の材料を含む膜にチャンネル形成領域が形成されるトランジスタを用いることもできる。金属酸化物以外の材料としては、シリコン、ゲルマニウム、シリコンゲルマニウム、炭化シリコン、ガリウムヒ素、アルミニウムガリウムヒ素、インジウムリン、窒化ガリウム、有機半導体などがあげられる。これらの材料は、単結晶半導体であってもよいし、非晶質半導体、微結晶半導体、多結晶半導体などの非単結晶半導体であってもよい。

【0134】

また、トランジスタTr12、及び以下で説明するトランジスタのチャンネル形成領域に用いることができる材料の例は、トランジスタTr11、Tr13と同様である。

【0135】

[構成例2]

図10(B)に、液晶素子を用いた画素の構成例を示す。図10(B)に示す画素22は、トランジスタTr21、液晶素子120、容量素子C2を有する。なお、ここでは、トランジスタTr21をnチャンネル型としているが、pチャンネル型であってもよい。

【0136】

トランジスタTr21のゲートは配線GLと接続され、ソース又はドレインの一方は液晶素子120の一方の電極、及び容量素子C2の一方の電極と接続され、ソース又はドレインの他方は配線SLと接続されている。液晶素子120の他方の電極、及び容量素子C2の他方の電極は、それぞれ所定の電位が供給される配線と接続されている。トランジスタTr21のソース又はドレインの一方、液晶素子120の一方の電極、及び容量素子C2の一方の電極と接続されたノードを、ノードN3とする。

【0137】

液晶素子120の他方の電極の電位は、複数の画素22で共通の電位(コモン電位)としてもよいし、容量素子C2の他方の電極と同電位としてもよい。また、液晶素子120の他方の電極の電位は、画素22ごとに異なってもよい。また、容量素子C2は、ノードN3の電位を保持するための保持容量としての機能を有する。

【0138】

トランジスタTr21は、配線SLの電位のノードN3への供給を制御する機能を有する。具体的には、配線GLの電位を制御してトランジスタTr21をオン状態とすることにより、配線SL電位がノードN3に供給され、画素22の書き込みが行われる。その後、配線GLの電位を制御してトランジスタTr21をオフ状態とすることにより、ノードN3の電位が保持される。

10

20

30

40

50

【0139】

液晶素子120は、一对の電極と、一对の電極間の電圧が印加される液晶材料を含んだ液晶層と、を有する。液晶素子120に含まれる液晶分子の配向は、一对の電極間に印加される電圧の値に応じて変化し、これにより液晶層の透過率が変化する。そのため、配線SLからノードN3に供給する電位を制御することにより、画素22の階調を制御することができる。

【0140】

トランジスタTr21には、OSトランジスタを用いることが好ましい。これにより、ノードN3の電位を極めて長期間にわたって保持することができる。なお、上記以外の動作については、図10(A)の説明を援用することができる。

10

【0141】

[変形例]

次に、図10に示した画素22の変形例について説明する。図11、図12に発光素子を用いた画素22の変形例、図13に液晶素子を用いた画素22の変形例を示す。

【0142】

図11に示す画素22は、トランジスタTr11乃至Tr13が一对のゲートを有している点において、図10(A)と異なる。なお、トランジスタが一对のゲートを有する場合、一方のゲートを第1のゲート、フロントゲート、又は単にゲートと呼ぶことがあり、他方のゲートを第2のゲート、又はバックゲートと呼ぶことがある。

20

【0143】

図11(A)に示すトランジスタTr11乃至Tr13はバックゲートを有し、バックゲートはフロントゲートと接続されている。この場合、バックゲートにはフロントゲートと同じ電位が印加され、トランジスタのオン電流を増加させることができる。特に、トランジスタTr11は映像信号の書き込みに用いられるため、図11(A)に示す構造を採用することにより、高速な動作が可能な画素22を実現することができる。

【0144】

図11(B)に示すトランジスタTr11乃至Tr13は、バックゲートが配線BGLと接続されている。配線BGLは、バックゲートに所定の電位を供給する機能を有する配線である。配線BGLの電位を制御することにより、トランジスタTr11乃至Tr13の閾値電圧を制御することができる。特に、トランジスタTr11、Tr13はそれぞれノードN1、N2の電位の保持に用いられるため、配線BGLの電位を制御してトランジスタTr11、Tr13の閾値電圧をプラス側にシフトさせることにより、トランジスタTr11、Tr13のオフ電流を低減してもよい。なお、配線BGLに供給される電位は、固定電位であってもよいし、変動する電位であってもよい。

30

【0145】

配線BGLは、トランジスタTr11乃至Tr13ごとに個別に設けることもできる。また、配線BGLは、画素部21が有する全て又は一部の画素22で共有されていてもよい。

【0146】

また、画素22は、図12に示す構成とすることもできる。図12では、配線GLからトランジスタTr11、Tr13のバックゲートに選択信号が供給されることによって、トランジスタTr11、Tr13がオン状態となり、ノードN1、N2に所定の電位が供給される。なお、トランジスタTr11、Tr13のフロントゲートは、配線MLと接続されている。

40

【0147】

また、上記では特に発光素子を用いた画素22について説明したが、液晶素子を用いた画素22においても、同様にバックゲートを設けることができる。例えば、トランジスタTr21にフロントゲートと接続されたバックゲートを設けてもよいし(図13(A))、トランジスタTr21に配線BGLと接続されたバックゲートを設けてもよい(図13(B))。

50

【 0 1 4 8 】

< 記憶装置の構成例 >

次に、上記実施の形態で説明した記憶装置 8 0 の構成例について説明する。

【 0 1 4 9 】

図 1 4 (A) に、記憶装置 8 0 の構成例を示す。記憶装置 8 0 は、複数のメモリセル 8 2 によって構成されたセルアレイ 8 1、駆動回路 8 3、駆動回路 8 4 を有する。

【 0 1 5 0 】

メモリセル 8 2 には、OS トランジスタを用いることが好ましい。OS トランジスタはオフ電流が極めて小さいため、メモリセル 8 2 に OS トランジスタを用いることにより、電力の供給が停止された期間においてもデータを保持することが可能な記憶装置 8 0 が構成される。具体的には、図 1 4 (B - 1) に示すように、メモリセル 8 2 に OS トランジスタであるトランジスタ Tr 3 0、容量素子 C 1 0 を設けることが好ましい。

10

【 0 1 5 1 】

トランジスタ Tr 3 0 のソース又はドレインの一方は容量素子 C 1 0 と接続されている。ここで、トランジスタ Tr 3 0 のソース又はドレインの一方および容量素子 C 1 0 と接続されたノードを、ノード N 1 1 とする。

【 0 1 5 2 】

ノード N 1 1 には、メモリセル 8 2 に保持される電位が、トランジスタ Tr 3 0 を介して配線 BL などから供給される。そして、トランジスタ Tr 3 0 がオフ状態となると、ノード N 1 1 が浮遊状態となり、ノード N 1 1 の電位が保持される。ここで、OS トランジスタであるトランジスタ Tr 3 0 のオフ電流は極めて小さいため、ノード N 1 1 の電位を長期間にわたって保持することが可能となる。なお、トランジスタ Tr 3 0 の導通状態は、トランジスタ Tr 3 0 のゲートと接続された配線に所定の電位を供給することにより、制御することができる。

20

【 0 1 5 3 】

OS トランジスタには、バックゲートを設けてもよい。図 1 4 (B - 2)、(B - 3) に、トランジスタ Tr 3 0 にバックゲートを設けた構成の例を示す。図 1 4 (B - 2) に示すトランジスタ Tr 3 0 のバックゲートは、トランジスタ Tr 3 0 のフロントゲートと接続されている。図 1 4 (B - 3) に示すトランジスタ Tr 3 0 のバックゲートは、所定の電位が供給される配線と接続されている。

30

【 0 1 5 4 】

このように、メモリセル 8 2 に OS トランジスタを用いることにより、メモリセル 8 2 に記憶されたデータを長期間保持することができる。以下、メモリセル 8 2 の具体的な構成例について説明する。

【 0 1 5 5 】

図 1 5 (A) に、メモリセル 8 2 の構成例を示す。図 1 5 (A) に示すメモリセル 8 2 は、トランジスタ Tr 3 1、Tr 3 2、容量素子 C 1 1 を有する。なお、トランジスタ Tr 3 1 は OS トランジスタとする。また、ここではトランジスタ Tr 3 2 を n チャネル型としているが、p チャネル型であってもよい。

40

【 0 1 5 6 】

トランジスタ Tr 3 1 のゲートは配線 WWL と接続され、ソース又はドレインの一方はトランジスタ Tr 3 2 のゲートおよび容量素子 C 1 1 の一方の電極と接続され、ソース又はドレインの他方は配線 BL と接続されている。トランジスタ Tr 3 2 のソース又はドレインの一方は配線 SL と接続され、ソース又はドレインの他方は配線 BL と接続されている。容量素子の他方の電極は、配線 RWL と接続されている。ここで、トランジスタ Tr 3 1 のソース又はドレインの一方、トランジスタ Tr 3 2 のゲート、および容量素子 C 1 1 の一方の電極と接続されたノードを、ノード N 1 2 とする。

【 0 1 5 7 】

配線 WWL は、書き込みを行うメモリセル 8 2 を選択する信号を伝える機能を有する配線であり、配線 RWL は、読み出しを行うメモリセル 8 2 を選択する信号を伝える機能を有

50

する配線であり、配線BLは、メモリセル82に書き込むデータに対応する電位（以下、書き込み電位ともいう）、またはメモリセル82に記憶されたデータに対応する電位（以下、読み出し電位ともいう）を伝える機能を有する配線であり、配線SLは、所定の電位が供給される配線である。所定の電位は、固定電位でもよいし、異なる2以上の電位であってもよい。なお、配線WWLおよび配線RWLは駆動回路83と接続されている。配線SLは、駆動回路83または駆動回路84と接続されていてもよいし、駆動回路83や駆動回路84とは別に設けられた電源線と接続されていてもよい。

【0158】

トランジスタTr31にOSトランジスタを用いることにより、トランジスタTr31をオフ状態とした際、ノードN12の電位を極めて長時間にわたって保持することができる。

10

【0159】

次に、図15(A)に示すメモリセル82の動作について説明する。まず、配線WWLの電位を、トランジスタTr31がオン状態となる電位にして、トランジスタTr31をオン状態とする。これにより、配線BLの電位がノードN12に与えられる。すなわち、トランジスタTr32のゲート電極には所定の電荷が与えられる（データの書き込み）。

【0160】

その後、配線WWLの電位をトランジスタTr31がオフ状態となる電位にして、トランジスタTr31をオフ状態とすることにより、ノードN12が浮遊状態となり、ノードN12の電位が保持される（データの保持）。

20

【0161】

次に、配線SLの電位を一定の電位に維持した上で、配線RWLの電位を所定の電位とすると、ノードN12に保持された電荷の量に応じて、配線BLは異なる電位となる。一般に、トランジスタTr32をnチャネル型とすると、トランジスタTr32のゲートの電位がハイレベルである場合の見かけのしきい値 V_{th_H} は、トランジスタTr32のゲートの電位がローレベルである場合の見かけのしきい値 V_{th_L} より低くなるためである。ここで、見かけのしきい値電圧とは、トランジスタTr32をオン状態とするために必要な配線RWLの電位をいうものとする。したがって、配線RWLの電位を V_{th_H} と V_{th_L} の間の電位 V_0 とすることにより、ノードN12の電位を判別することができる。例えば、ノードN12の電位がハイレベルである場合には、配線RWLの電位が $V_0 (> V_{th_H})$ となれば、トランジスタTr32はオン状態となる。一方、ノードN12の電位がローレベルである場合には、配線RWLの電位が $V_0 (< V_{th_L})$ となっても、トランジスタTr32はオフ状態のままとなる。このため、配線BLの電位を読み出すことにより、メモリセル82に記憶されているデータの読み出しが可能となる。

30

【0162】

データの読み出しを行わない場合には、ノードN12の電位に関わらずトランジスタTr32がオフ状態となるような電位、つまり、 V_{th_H} より小さい電位を配線RWLに与えればよい。

【0163】

また、データの書き換えは、上記データの書き込みおよび保持と同様の動作により行うことができる。具体的には、配線WWLの電位を、トランジスタTr31がオン状態となる電位にして、トランジスタTr31をオン状態とする。これにより、書き換えるデータに対応する配線BLの電位がノードN12に与えられる。その後、配線WWLの電位を、トランジスタTr31がオフ状態となる電位にして、トランジスタTr31をオフ状態とすることにより、ノードN12が浮遊状態となり、ノードN12には書き換えたデータに対応する電位が保持される。

40

【0164】

トランジスタTr31はOSトランジスタであり、オフ電流が極めて小さいため、保持期間においてノードN12の電位を長時間にわたって維持することができる。そのため、メモリセル82への電力の供給が停止された期間においても、データを保持することができ

50

る。

【0165】

なお、図15(A)においては、データの書き込みと読み出しを同一の配線BLを用いて行う構成を示すが、データの書き込みと読み出しはそれぞれ別の配線を用いておこなってもよい。すなわち、トランジスタTr31のソース又はドレインの他方と、トランジスタTr32のソース又はドレインの他方は、別々の配線と接続されていてもよい。また、トランジスタTr32と配線BLは他のトランジスタを介して接続されていてもよいし、トランジスタTr32と配線SLは他のトランジスタを介して接続されていてもよい。図15(A)におけるメモリセル82の変形例を図15(B)に示す。

【0166】

図15(B)に示すメモリセル82は、トランジスタTr31、Tr32、容量素子C11に加えて、トランジスタTr33を有する。なお、ここではトランジスタTr32、Tr33をnチャネル型としているが、トランジスタTr32、Tr33はpチャネル型であってもよい。

【0167】

トランジスタTr31のゲートは配線WWLと接続され、ソース又はドレインの一方はトランジスタTr32のゲートおよび容量素子C11の一方の電極と接続され、ソース又はドレインの他方は配線WBLと接続されている。トランジスタTr32のソース又はドレインの一方は配線SLと接続され、ソース又はドレインの他方はトランジスタTr33のソース又はドレインの一方と接続されている。トランジスタTr33のゲートは配線RWLと接続され、ソース又はドレインの他方は配線RBLと接続されている。容量素子C11の他方の電極は、所定の電位が供給される配線と接続されている。

【0168】

また、図15(B)におけるメモリセル82においては、配線BLが配線WBLと配線RBLに分割されている。配線WBLは、書き込み電位を伝える機能を有する配線であり、配線RBLは、読み出し電位を伝える機能を有する配線である。

【0169】

図15(B)においては、配線RWLの電位を、トランジスタTr33がオン状態となる電位にして、トランジスタTr33をオン状態とすることにより、配線RBLに読み出し電位を出力することができる。すなわち、配線RWLに供給する信号によって、メモリセル82からのデータの読み出しを制御することができる。

【0170】

また、図15(B)において、配線WBLと配線RBLを同一の配線BLとしてもよい。このようなメモリセル82の構成を、図15(C)に示す。図15(C)において、トランジスタTr31とトランジスタTr33は配線BLと接続されている。また、容量素子C11は、配線SLと接続されている。

【0171】

なお、図15において、トランジスタTr31とトランジスタTr32(およびトランジスタTr33)は積層することができる。例えば、トランジスタTr32の上方に絶縁層を設け、当該絶縁層の上方にOSトランジスタであるトランジスタTr31、および容量素子C11を設けた構成とすることができる。これにより、メモリセル82の面積を縮小することができる。

【0172】

以上のように、メモリセル82にOSトランジスタを用いることにより、メモリセル82に記憶されたデータを長時間にわたって保持することができる。よって、記憶装置80への電力の供給が停止された状態においても、記憶装置80に記憶された、視認状況とフリッカーの関係を表す情報を保持することができる。

【0173】

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。

【0174】

10

20

30

40

50

(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表示部20に用いることができる表示装置の構成例について説明する。ここでは特に、異なる複数の種類の表示素子が設けられた表示装置の構成例について説明する。

【0175】

本実施の形態の表示装置は、ハイブリッド表示を行うことができる。ハイブリッド表示とは、1つのパネルにおいて、反射光と、自発光とを併用して、色調または光強度を互いに補完して、文字または画像を表示する方法である。または、ハイブリッド表示とは、同一画素または同一副画素において複数の表示素子から、それぞれの光を用いて、文字及び/または画像を表示する方法である。ただし、ハイブリッド表示を行っているハイブリッドディスプレイを局所的にみると、複数の表示素子のいずれか一方を用いて表示される画素または副画素と、複数の表示素子の双方二以上を用いて表示される画素または副画素と、を有する場合がある。

10

【0176】

なお、本明細書等において、上記構成のいずれか1つまたは複数の表現を満たすものを、ハイブリッド表示という。

【0177】

また、ハイブリッドディスプレイは、同一画素または同一副画素に複数の表示素子を有する。なお、複数の表示素子としては、例えば、光を反射する反射型素子と、光を射出する自発光素子とが挙げられる。なお、反射型素子と、自発光素子とは、それぞれ独立に制御することができる。ハイブリッドディスプレイは、表示部において、反射光、及び自発光のいずれか一方または双方を用いて、文字及び/または画像を表示する機能を有する。

20

【0178】

また、本実施の形態の表示装置は、第1の表示素子、第2の表示素子を有する。第1の表示素子が可視光を反射する表示素子であり、第2の表示素子が可視光を発する表示素子、又は可視光を透過する表示素子である場合について説明する。本実施の形態の表示装置は、第1の表示素子が反射する光と、第2の表示素子が発する光のうち、いずれか一方、または両方により、画像を表示する機能を有する。

【0179】

第1の表示素子には、外光を反射して表示する素子を用いることができる。このような素子は光源を持たないため、表示の際の消費電力を極めて小さくすることが可能となる。第1の表示素子には、代表的には反射型の液晶素子を用いることができる。

30

【0180】

第2の表示素子には、発光素子、又は透過型の液晶素子を用いることが好ましい。このような表示素子が射出する光は、その輝度や色度が外光に左右されることがないため、色再現性が高く(色域が広く)、コントラストの高い、鮮やかな表示を行うことができる。

【0181】

本実施の形態の表示装置は、第1の表示素子を用いて映像を表示する第1の表示モード、第2の表示素子を用いて映像を表示する第2の表示モード、並びに、第1の表示素子及び第2の表示素子を用いて映像を表示する第3の表示モードを有し、これらの表示モードを自動または手動で切り替えて使用することができる。

40

【0182】

第1の表示モードでは、第1の表示素子と外光を用いて映像を表示する。第1の表示モードは光源が不要であるため、極めて低消費電力なモードである。例えば、表示装置に外光が十分に入射されるとき(明るい環境下など)は、第1の表示素子が反射した光を用いて表示を行うことができる。例えば、外光が十分に強く、かつ外光が白色光またはその近傍の光である場合に有効である。第1の表示モードは、文字を表示することに適したモードである。また、第1の表示モードは、外光を反射した光を用いるため、目に優しい表示を行うことができ、目が疲れにくいという効果を奏する。

【0183】

50

第2の表示モードでは、第2の表示素子を用いて映像を表示する。そのため、照度や外光の色度によらず、極めて鮮やかな（コントラストが高く、且つ色再現性の高い）表示を行うことができる。例えば、夜間や暗い室内など、照度が極めて低い場合などに有効である。また周囲が暗い場合、明るい表示を行うと使用者が眩しく感じてしまう場合がある。これを防ぐために、第2の表示モードでは輝度を抑えた表示を行うことが好ましい。これにより、眩しさを抑えることに加え、消費電力も低減することができる。第2の表示モードは、鮮やかな画像（静止画及び動画）などを表示することに適したモードである。

【0184】

第3の表示モードでは、第1の表示素子による光と、第2の表示素子による光の両方を利用して表示を行う。第1の表示モードよりも鮮やかな表示をしつつ、第2の表示モードよりも消費電力を抑えることができる。例えば、室内照明下や、朝方や夕方の時間帯など、照度が比較的低い場合、外光の色度が白色ではない場合などに有効である。また、外光を反射して表示する素子による光と発光素子による光とを混合させた光を用いることで、まるで絵画を見ているかのように感じさせる画像を表示することが可能となる。

10

【0185】

このような構成とすることで、周囲の明るさによらず、視認性が高く利便性の高い表示装置または全天候型の表示装置を実現できる。

【0186】

本実施の形態の表示装置は、第1の表示素子及び第2の表示素子を有する画素を複数有する。画素は、それぞれ、マトリクス状に配置されることが好ましい。

20

【0187】

画素は、それぞれ、1つ以上の副画素を有する構成とすることができる。例えば、画素には、副画素を1つ有する構成（白色（W）など）、副画素を3つ有する構成（赤色（R）、緑色（G）、及び青色（B）の3色、または、黄色（Y）、シアン（C）、及びマゼンタ（M）の3色など）、または、副画素を4つ有する構成（赤色（R）、緑色（G）、青色（B）、白色（W）の4色、または、赤色（R）、緑色（G）、青色（B）、黄色（Y）の4色など）を適用できる。

【0188】

本実施の形態の表示装置は、第1の表示素子と第2の表示素子のどちらでも、フルカラー表示を行う構成とすることができる。または、本実施の形態の表示装置は、第1の表示素子を用いて白黒表示またはグレースケールでの表示を行い、第2の表示素子を用いてフルカラー表示を行う構成とすることができる。第1の表示素子を用いた白黒表示またはグレースケールでの表示は、文書情報など、カラー表示を必要としない情報を表示することに適している。

30

【0189】

なお、第1の表示素子と第2の表示素子は上記に限られず、自由に選択することができる。例えば、第1の表示素子及び第2の表示素子として、実施の形態1で挙げられた表示素子を用いることができる。

【0190】

<表示装置の構成例>

40

図16乃至図19を用いて、本実施の形態の表示装置の構成例について説明する。

【0191】

[構成例1]

図16は、表示装置600の斜視概略図である。表示装置600は、基板651と基板661とが貼り合わされた構成を有する。図16では、基板661を破線で明示している。

【0192】

表示装置600は、表示部662、回路664、配線665等を有する。図16では表示装置600にIC（集積回路）673及びFPC672が実装されている例を示している。そのため、図16に示す構成は、表示装置600、IC、及びFPCを有する表示モジュールということもできる。

50

【0193】

回路664としては、例えば駆動回路23（図5参照）を用いることができる。

【0194】

配線665は、表示部662及び回路664に信号及び電力を供給する機能を有する。当該信号及び電力は、FPC672を介して外部から、またはIC673から配線665に入力される。

【0195】

図16では、COG（Chip On Glass）方式またはCOF（Chip on Film）方式等により、基板651にIC673が設けられている例を示す。IC673は、例えば駆動回路24（図5参照）などを有するICを適用できる。なお、表示装置600及び表示モジュールは、ICを設けない構成としてもよい。また、ICを、COF方式等により、FPCに実装してもよい。

10

【0196】

図16には、表示部662の一部の拡大図を示している。表示部662には、複数の表示素子が有する電極611bがマトリクス状に配置されている。電極611bは、可視光を反射する機能を有し、液晶素子の反射電極として機能する。

【0197】

また、図16に示すように、電極611bは開口451を有する。さらに表示部662は、電極611bよりも基板651側に、発光素子を有する。発光素子からの光は、電極611bの開口451を介して基板661側に射出される。発光素子の発光領域の面積と開口451の面積とは等しくてもよい。発光素子の発光領域の面積と開口451の面積のうち一方が他方よりも大きいと、位置ずれに対するマージンが大きくなるため好ましい。特に、開口451の面積は、発光素子の発光領域の面積に比べて大きいことが好ましい。開口451が小さいと、発光素子からの光の一部が電極611bによって遮られ、外部に取り出せないことがある。開口451を十分に大きくすることで、発光素子の発光が無駄になることを抑制できる。

20

【0198】

図17に、図16で示した表示装置600の、FPC672を含む領域の一部、回路664を含む領域の一部、及び表示部662を含む領域の一部をそれぞれ切断したときの断面の一例を示す。

30

【0199】

図17に示す表示装置600は、基板651と基板661の間に、トランジスタ501、トランジスタ503、トランジスタ505、トランジスタ506、液晶素子480、発光素子470、絶縁層520、着色層431、着色層434等を有する。基板661と絶縁層520は接着層441を介して接着されている。基板651と絶縁層520は接着層442を介して接着されている。

【0200】

基板661には、着色層431、遮光層432、絶縁層421、及び液晶素子480の共通電極として機能する電極413、配向膜433b、絶縁層417等が設けられている。基板661の外側の面には、偏光板435を有する。絶縁層421は、平坦化層としての機能を有していてもよい。絶縁層421により、電極413の表面を概略平坦にできるため、液晶層412の配向状態を均一にできる。絶縁層417は、液晶素子480のセルギャップを保持するためのスペーサとして機能する。絶縁層417が可視光を透過する場合は、絶縁層417を液晶素子480の表示領域と重ねて配置してもよい。

40

【0201】

液晶素子480は反射型の液晶素子である。液晶素子480は、画素電極として機能する電極611a、液晶層412、電極413が積層された積層構造を有する。電極611aの基板651側に接して、可視光を反射する電極611bが設けられている。電極611bは開口451を有する。電極611a及び電極413は可視光を透過する。液晶層412と電極611aの間に配向膜433aが設けられている。液晶層412と電極413の

50

間に配向膜 4 3 3 b が設けられている。

【 0 2 0 2 】

液晶素子 4 8 0 において、電極 6 1 1 b は可視光を反射する機能を有し、電極 4 1 3 は可視光を透過する機能を有する。基板 6 6 1 側から入射した光は、偏光板 4 3 5 により偏光され、電極 4 1 3、液晶層 4 1 2 を透過し、電極 6 1 1 b で反射する。そして液晶層 4 1 2 及び電極 4 1 3 を再度透過して、偏光板 4 3 5 に達する。このとき、電極 6 1 1 b と電極 4 1 3 の間に与える電圧によって液晶の配向を制御し、光の光学変調を制御することができる。すなわち、偏光板 4 3 5 を介して射出される光の強度を制御することができる。また光は着色層 4 3 1 によって特定の波長領域以外の光が吸収されることにより、取り出される光は、例えば赤色を呈する光となる。

10

【 0 2 0 3 】

図 1 7 に示すように、開口 4 5 1 には可視光を透過する電極 6 1 1 a が設けられていることが好ましい。これにより、開口 4 5 1 と重なる領域においてもそれ以外の領域と同様に液晶層 4 1 2 が配向するため、これらの領域の境界部で液晶の配向不良が生じ、意図しない光が漏れてしまうことを抑制できる。

【 0 2 0 4 】

接続部 5 0 7 において、電極 6 1 1 b は、導電層 5 2 1 b を介して、トランジスタ 5 0 6 が有する導電層 5 2 2 a と接続されている。トランジスタ 5 0 6 は、液晶素子 4 8 0 の駆動を制御する機能を有する。

20

【 0 2 0 5 】

接着層 4 4 1 が設けられる一部の領域には、接続部 5 5 2 が設けられている。接続部 5 5 2 において、電極 6 1 1 a と同一の導電膜を加工して得られた導電層と、電極 4 1 3 の一部が、接続体 5 4 3 により接続されている。したがって、基板 6 6 1 側に形成された電極 4 1 3 に、基板 6 5 1 側に接続された F P C 6 7 2 から入力される信号または電位を、接続部 5 5 2 を介して供給することができる。

【 0 2 0 6 】

接続体 5 4 3 としては、例えば導電性の粒子を用いることができる。導電性の粒子としては、有機樹脂またはシリカなどの粒子の表面を金属材料で被覆したものをを用いることができる。金属材料としてニッケルや金を用いると接触抵抗を低減できるため好ましい。またニッケルをさらに金で被覆するなど、2 種類以上の金属材料を層状に被覆させた粒子を用いることが好ましい。また接続体 5 4 3 として、弾性変形、または塑性変形する材料を用いることが好ましい。このとき導電性の粒子である接続体 5 4 3 は、図 1 7 に示すように上下方向に潰れた形状となる場合がある。こうすることで、接続体 5 4 3 と、これと電気的に接続する導電層との接触面積が増大し、接触抵抗を低減できるほか、接続不良などの不具合の発生を抑制することができる。

30

【 0 2 0 7 】

接続体 5 4 3 は、接着層 4 4 1 に覆われるように配置することが好ましい。例えば、硬化前の接着層 4 4 1 に接続体 5 4 3 を分散させておけばよい。

【 0 2 0 8 】

発光素子 4 7 0 は、ボトムエミッション型の発光素子である。発光素子 4 7 0 は、絶縁層 5 2 0 側から画素電極として機能する電極 4 9 1、E L 層 4 9 2、及び共通電極として機能する電極 4 9 3 の順に積層された積層構造を有する。電極 4 9 1 は、絶縁層 5 1 4 に設けられた開口を介して、トランジスタ 5 0 5 が有する導電層 5 2 2 b と接続されている。トランジスタ 5 0 5 は、発光素子 4 7 0 の駆動を制御する機能を有する。絶縁層 5 1 6 が電極 4 9 1 の端部を覆っている。電極 4 9 3 は可視光を反射する材料を含み、電極 4 9 1 は可視光を透過する材料を含む。電極 4 9 3 を覆って絶縁層 4 9 4 が設けられている。発光素子 4 7 0 が発する光は、着色層 4 3 4、絶縁層 5 2 0、開口 4 5 1、電極 6 1 1 a 等を介して、基板 6 6 1 側に射出される。

40

【 0 2 0 9 】

液晶素子 4 8 0 及び発光素子 4 7 0 は、画素によって着色層の色を変えることで、様々な

50

色を呈することができる。表示装置 600 は、液晶素子 480 を用いて、カラー表示を行うことができる。表示装置 600 は、発光素子 470 を用いて、カラー表示を行うことができる。

【0210】

トランジスタ 501、トランジスタ 503、トランジスタ 505、及びトランジスタ 506 は、いずれも絶縁層 520 の基板 651 側の面上に形成されている。これらのトランジスタは、同一の工程を用いて作製することができる。

【0211】

液晶素子 480 と電氣的に接続される回路は、発光素子 470 と接続される回路と同一面上に形成されることが好ましい。これにより、2つの回路を別々の面上に形成する場合に比べて、表示装置の厚さを薄くすることができる。また、2つのトランジスタを同一の工程で作製できるため、2つのトランジスタを別々の面上に形成する場合に比べて、作製工程を簡略化することができる。

10

【0212】

液晶素子 480 の画素電極は、トランジスタが有するゲート絶縁層を挟んで、発光素子 470 の画素電極とは反対に位置する。

【0213】

ここで、トランジスタ 506 に OS トランジスタを適用した場合や、トランジスタ 506 と接続される記憶素子を適用した場合などでは、液晶素子 480 を用いて静止画を表示する際に画素への書き込み動作を停止しても、階調を維持させることが可能となる。すなわち、フレームレートを極めて小さくしても表示を保つことができる。本発明の一態様では、フレームレートを極めて小さくでき、消費電力の低い駆動を行うことができる。

20

【0214】

トランジスタ 503 は、画素の選択、非選択状態を制御するトランジスタ（スイッチングトランジスタ、または選択トランジスタともいう）である。トランジスタ 505 は、発光素子 470 に流れる電流を制御するトランジスタ（駆動トランジスタともいう）である。

【0215】

絶縁層 520 の基板 651 側には、絶縁層 511、絶縁層 512、絶縁層 513、絶縁層 514 等の絶縁層が設けられている。絶縁層 511 は、その一部が各トランジスタのゲート絶縁層として機能する。絶縁層 512 は、トランジスタ 506 等を覆って設けられる。絶縁層 513 は、トランジスタ 505 等を覆って設けられている。絶縁層 514 は、平坦化層としての機能を有する。なお、トランジスタを覆う絶縁層の数は限定されず、単層であっても 2 層以上であってもよい。

30

【0216】

各トランジスタを覆う絶縁層の少なくとも一層に、水や水素などの不純物が拡散しにくい材料を用いることが好ましい。これにより、絶縁層をバリア膜として機能させることができる。このような構成とすることで、トランジスタに対して外部から不純物が拡散することを効果的に抑制することが可能となり、信頼性の高い表示装置を実現できる。

【0217】

トランジスタ 501、トランジスタ 503、トランジスタ 505、及びトランジスタ 506 は、ゲートとして機能する導電層 521a、ゲート絶縁層として機能する絶縁層 511、ソース及びドレインとして機能する導電層 522a 及び導電層 522b、並びに、半導体層 531 を有する。ここでは、同一の導電膜を加工して得られる複数の層に、同じハッチングパターンを付している。

40

【0218】

トランジスタ 501 及びトランジスタ 505 は、トランジスタ 503 及びトランジスタ 506 の構成に加えて、ゲートとして機能する導電層 523 を有する。

【0219】

トランジスタ 501 及びトランジスタ 505 には、チャンネル形成領域を有する半導体層を 2 つのゲートで挟持する構成が適用されている。このような構成とすることで、トランジ

50

スタの閾値電圧を制御することができる。2つのゲートを接続し、これらに同一の信号を供給することによりトランジスタを駆動してもよい。このようなトランジスタは他のトランジスタと比較して電界効果移動度を高めることが可能であり、オン電流を増大させることができる。その結果、高速駆動が可能な回路を作製することができる。さらには、回路部の占有面積を縮小することが可能となる。オン電流の大きなトランジスタを適用することで、表示装置を大型化、または高精細化したときに配線数が増大したとしても、各配線における信号遅延を低減することが可能であり、表示ムラを抑制することができる。

【0220】

または、2つのゲートのうち、一方に閾値電圧を制御するための電位を与え、他方に駆動のための電位を与えることで、トランジスタの閾値電圧を制御することができる。

10

【0221】

表示装置が有するトランジスタの構造に限定はない。回路664が有するトランジスタと、表示部662が有するトランジスタは、同じ構造であってもよく、異なる構造であってもよい。回路664が有する複数のトランジスタは、全て同じ構造であってもよく、2種類以上の構造が組み合わせて用いられていてもよい。同様に、表示部662が有する複数のトランジスタは、全て同じ構造であってもよく、2種類以上の構造が組み合わせて用いられていてもよい。

【0222】

導電層523には、酸化物を含む導電性材料を用いることが好ましい。導電層523を構成する導電膜の成膜時に、酸素を含む雰囲気下で成膜することで、絶縁層512に酸素を供給することができる。成膜ガス中の酸素ガスの割合を90%以上100%以下の範囲とすることが好ましい。絶縁層512に供給された酸素は、後の熱処理により半導体層531に供給され、半導体層531中の酸素欠損の低減を図ることができる。

20

【0223】

特に、導電層523には、低抵抗化された金属酸化物を用いることが好ましい。このとき、絶縁層513に水素を放出する絶縁膜、例えば窒化シリコン膜等を用いることが好ましい。絶縁層513の成膜中、またはその後の熱処理によって導電層523中に水素が供給され、導電層523の電気抵抗を効果的に低減することができる。

【0224】

絶縁層513に接して着色層434が設けられている。着色層434は、絶縁層514に覆われている。

30

【0225】

基板651と基板661が重ならない領域には、接続部504が設けられている。接続部504では、配線665が接続層542を介してFPC672と接続されている。接続部504は接続部507と同様の構成を有している。接続部504の上面は、電極611aと同一の導電膜を加工して得られた導電層が露出している。これにより、接続部504とFPC672とを接続層542を介して接続することができる。

【0226】

基板661の外側の面に配置する偏光板435として直線偏光板を用いてもよいが、円偏光板を用いることもできる。円偏光板としては、例えば直線偏光板と1/4波長位相差板を積層したものをを用いることができる。これにより、外光反射を抑制することができる。また、偏光板の種類に応じて、液晶素子480に用いる液晶素子のセルギャップ、配向、駆動電圧等を調整することで、所望のコントラストが実現されるようにすればよい。

40

【0227】

なお、基板661の外側には各種光学部材を配置することができる。光学部材としては、偏光板、位相差板、光拡散層(拡散フィルムなど)、反射防止層、及び集光フィルム等が挙げられる。また、基板661の外側には、ゴミの付着を抑制する帯電防止膜、汚れを付着しにくくする撥水性の膜、使用に伴う傷の発生を抑制するハードコート膜等を配置してもよい。

【0228】

50

基板 6 5 1 及び基板 6 6 1 には、それぞれ、ガラス、石英、セラミック、サファイヤ、有機樹脂などを用いることができる。基板 6 5 1 及び基板 6 6 1 に可撓性を有する材料を用いると、表示装置の可撓性を高めることができる。

【 0 2 2 9 】

反射型の液晶素子を用いる場合には、表示面側に偏光板 4 3 5 を設ける。またこれとは別に、表示面側に光拡散板を配置すると、視認性を向上させられるため好ましい。

【 0 2 3 0 】

偏光板 4 3 5 よりも外側に、フロントライトを設けてもよい。フロントライトとしては、エッジライト型のフロントライトを用いることが好ましい。LED (Light Emitting Diode) を備えるフロントライトを用いると、消費電力を低減できるため好ましい。

10

【 0 2 3 1 】

[構成例 2]

図 1 8 に示す表示装置 6 0 1 は、トランジスタ 5 0 1、トランジスタ 5 0 3、トランジスタ 5 0 5、及びトランジスタ 5 0 6 を有さず、トランジスタ 5 8 1、トランジスタ 5 8 4、トランジスタ 5 8 5、及びトランジスタ 5 8 6 を有する点で、主に表示装置 6 0 0 と異なる。

【 0 2 3 2 】

なお、図 1 8 では、絶縁層 4 1 7 及び接続部 5 0 7 等の位置も図 1 7 と異なる。図 1 8 では、画素の端部を図示している。絶縁層 4 1 7 は、着色層 4 3 1 の端部に重ねて配置されている。また、絶縁層 4 1 7 は、遮光層 4 3 2 の端部に重ねて配置されている。このように、絶縁層は、表示領域と重ならない部分 (遮光層 4 3 2 と重なる部分) に配置されてもよい。

20

【 0 2 3 3 】

トランジスタ 5 8 4 及びトランジスタ 5 8 5 のように、表示装置が有する 2 つのトランジスタは、部分的に積層して設けられていてもよい。これにより、画素回路の占有面積を縮小することが可能なため、精細度を高めることができる。また、発光素子 4 7 0 の発光面積を大きくでき、開口率を向上させることができる。発光素子 4 7 0 は、開口率が高いと、必要な輝度を得るための電流密度を低くできるため、信頼性が向上する。

【 0 2 3 4 】

トランジスタ 5 8 1、トランジスタ 5 8 4、及びトランジスタ 5 8 6 は、導電層 5 2 1 a、絶縁層 5 1 1、半導体層 5 3 1、導電層 5 2 2 a、及び導電層 5 2 2 b を有する。導電層 5 2 1 a は、絶縁層 5 1 1 を介して半導体層 5 3 1 と重なる。導電層 5 2 2 a 及び導電層 5 2 2 b は、半導体層 5 3 1 と電氣的に接続される。トランジスタ 5 8 1 は、導電層 5 2 3 を有する。

30

【 0 2 3 5 】

トランジスタ 5 8 5 は、導電層 5 2 2 b、絶縁層 5 1 7、半導体層 5 6 1、導電層 5 2 3、絶縁層 5 1 2、絶縁層 5 1 3、導電層 5 6 3 a、及び導電層 5 6 3 b を有する。導電層 5 2 2 b は、絶縁層 5 1 7 を介して半導体層 5 6 1 と重なる。導電層 5 2 3 は、絶縁層 5 1 2 及び絶縁層 5 1 3 を介して半導体層 5 6 1 と重なる。導電層 5 6 3 a 及び導電層 5 6 3 b は、半導体層 5 6 1 と電氣的に接続される。

40

【 0 2 3 6 】

導電層 5 2 1 a は、ゲートとして機能する。絶縁層 5 1 1 は、ゲート絶縁層として機能する。導電層 5 2 2 a はソースまたはドレインの一方として機能する。トランジスタ 5 8 6 が有する導電層 5 2 2 b は、ソースまたはドレインの他方として機能する。

【 0 2 3 7 】

トランジスタ 5 8 4 とトランジスタ 5 8 5 が共有している導電層 5 2 2 b は、トランジスタ 5 8 4 のソースまたはドレインの他方として機能する部分と、トランジスタ 5 8 5 のゲートとして機能する部分を有する。絶縁層 5 1 7、絶縁層 5 1 2、及び絶縁層 5 1 3 は、ゲート絶縁層として機能する。導電層 5 6 3 a 及び導電層 5 6 3 b のうち、一方はソース

50

として機能し、他方はドレインとして機能する。導電層 5 2 3 は、ゲートとして機能する。

【 0 2 3 8 】

[構成例 3]

図 1 9 に、表示装置 6 0 2 の表示部の断面図を示す。

【 0 2 3 9 】

図 1 9 に示す表示装置 6 0 2 は、基板 6 5 1 と基板 6 6 1 の間に、トランジスタ 5 4 0、トランジスタ 5 8 0、液晶素子 4 8 0、発光素子 4 7 0、絶縁層 5 2 0、着色層 4 3 1、着色層 4 3 4 等を有する。

【 0 2 4 0 】

液晶素子 4 8 0 では、外光を電極 6 1 1 b が反射し、基板 6 6 1 側に反射光を射出する。発光素子 4 7 0 は、基板 6 6 1 側に光を射出する。

【 0 2 4 1 】

基板 6 6 1 には、着色層 4 3 1、絶縁層 4 2 1、及び液晶素子 4 8 0 の共通電極として機能する電極 4 1 3、配向膜 4 3 3 b が設けられている。

【 0 2 4 2 】

液晶層 4 1 2 は、配向膜 4 3 3 a 及び配向膜 4 3 3 b を介して、電極 6 1 1 a 及び電極 4 1 3 の間に挟持されている。

【 0 2 4 3 】

トランジスタ 5 4 0 は、絶縁層 5 1 2 及び絶縁層 5 1 3 で覆われている。絶縁層 5 1 3 と着色層 4 3 4 は、接着層 4 4 2 によって、絶縁層 4 9 4 と貼り合わされている。

【 0 2 4 4 】

表示装置 6 0 2 は、液晶素子 4 8 0 を駆動するトランジスタ 5 4 0 と発光素子 4 7 0 を駆動するトランジスタ 5 8 0 とを、異なる面上に形成するため、それぞれの表示素子を駆動するために適した構造、材料を用いて形成することが容易である。

【 0 2 4 5 】

< 画素の構成例 >

次に、複数の表示素子を有する画素の具体的な構成例について、図 2 0 乃至図 2 2 を用いて説明する。ここでは一例として、一の画素に反射型の液晶素子と発光素子が設けられた構成について説明する。

【 0 2 4 6 】

図 2 0 (A) は、表示装置 7 0 0 のブロック図である。表示装置 7 0 0 は、画素部 7 1 0、駆動回路 7 2 0、及び駆動回路 7 3 0 を有する。画素部 7 1 0 は、マトリクス状に配列した複数の画素 7 1 1 を有する。なお、画素部 7 1 0、駆動回路 7 2 0、駆動回路 7 3 0、及び画素 7 1 1 はそれぞれ、図 5 における画素部 2 1、駆動回路 2 3、駆動回路 2 4、画素 2 2 に対応する。

【 0 2 4 7 】

表示装置 7 0 0 は、複数の配線 G L 1、複数の配線 G L 2、複数の配線 A N O、複数の配線 C S C O M、複数の配線 S L 1、及び複数の配線 S L 2 を有する。複数の配線 G L 1、複数の配線 G L 2、複数の配線 A N O、及び複数の配線 C S C O M は、それぞれ、矢印 R で示す方向に配列した複数の画素 7 1 1 及び駆動回路 7 2 0 と接続されている。複数の配線 S L 1 及び複数の配線 S L 2 は、それぞれ、矢印 C で示す方向に配列した複数の画素 7 1 1 及び駆動回路 7 3 0 と接続されている。

【 0 2 4 8 】

画素 7 1 1 は、反射型の液晶素子と、発光素子を有する。なお、ここでは簡単のために駆動回路 7 2 0 と駆動回路 7 3 0 を 1 つずつ有する構成を示したが、液晶素子を駆動する駆動回路 7 2 0 及び駆動回路 7 3 0 と、発光素子を駆動する駆動回路 7 2 0 及び駆動回路 7 3 0 とを、別々に設けてもよい。

【 0 2 4 9 】

図 2 0 (B 1) 乃至 (B 4) に、画素 7 1 1 が有する電極 6 1 1 の構成例を示す。電極 6

10

20

30

40

50

11は、液晶素子の反射電極として機能する。図20(B1)、(B2)の電極611には、開口451が設けられている。

【0250】

図20(B1)、(B2)には、電極611と重なる領域に位置する発光素子660を破線で示している。発光素子660は、電極611が有する開口451と重ねて配置されている。これにより、発光素子660が発する光は、開口451を介して表示面側に射出される。

【0251】

図20(B1)、では、矢印Rで示す方向に隣接する画素711が異なる色に対応する画素である。このとき、図20(B1)に示すように、矢印Rで示す方向に隣接する2つの画素において、開口451が一行に配列されないように、電極611の異なる位置に設けられていることが好ましい。これにより、2つの発光素子660を離すことが可能で、発光素子660が発する光が隣接する画素711が有する着色層に入射してしまう現象(クロストークともいう)を抑制することができる。また、隣接する2つの発光素子660を離して配置することができるため、発光素子660のEL層をシャドウマスク等により作り分ける場合であっても、高い精細度の表示装置を実現できる。

10

【0252】

図20(B2)では、矢印Cで示す方向に隣接する画素711が異なる色に対応する画素である。図20(B2)においても同様に、矢印Cで示す方向に隣接する2つの画素において、開口451が一行に配列されないように、電極611の異なる位置に設けられていることが好ましい。

20

【0253】

非開口部の総面積に対する開口451の総面積の比の値が小さいほど、液晶素子を用いた表示を明るくすることができる。また、非開口部の総面積に対する開口451の総面積の比の値が大きいほど、発光素子660を用いた表示を明るくすることができる。

【0254】

開口451の形状は、例えば多角形、四角形、楕円形、円形または十字等の形状とすることができる。また、細長い筋状、スリット状、市松模様状の形状としてもよい。また、開口451を隣接する画素に寄せて配置してもよい。好ましくは、開口451を同じ色を表示する他の画素に寄せて配置する。これにより、クロストークを抑制できる。

30

【0255】

また、図20(B3)、(B4)に示すように、電極611が設けられていない部分に、発光素子660の発光領域が位置していてもよい。これにより、発光素子660が発する光は、表示面側に射出される。

【0256】

図20(B3)では、矢印Rで示す方向に隣接する2つの画素711において、発光素子660が一行に配列されていない。図20(B4)では、矢印Rで示す方向に隣接する2つの画素において、発光素子660が一行に配列されている。

【0257】

図20(B3)の構成は、隣接する2つの画素711が有する発光素子660どうしを離すことができるため、上述の通り、クロストークの抑制、及び、高精細化が可能となる。また、図20(B4)の構成では、発光素子660の矢印Cに平行な辺側に、電極611が位置しないため、発光素子660の光が電極611に遮られることを抑制でき、高い視野角特性を実現できる。

40

【0258】

図21は、画素711の回路図の一例である。図21では、隣接する2つの画素711を示している。

【0259】

画素711は、スイッチSW11、容量素子C11、液晶素子640、スイッチSW12、トランジスタM、容量素子C12、発光素子660を有する。また、画素711には、

50

配線 G L a、配線 G L b、配線 A N O、配線 C S C O M、配線 S L a、及び配線 S L b が接続されている。また、図 2 1 では、液晶素子 6 4 0 と接続する配線 V C O M 1、及び発光素子 6 6 0 と接続する配線 V C O M 2 を示している。

【 0 2 6 0 】

図 2 1 では、スイッチ S W 1 1 及びスイッチ S W 1 2 にトランジスタを用いた場合の例を示している。

【 0 2 6 1 】

スイッチ S W 1 1 のゲートは、配線 G L a と接続されている。スイッチ S W 1 1 のソース又はドレインの一方は、配線 S L a と接続され、ソース又はドレインの他方は、容量素子 C 1 1 の一方の電極、及び液晶素子 6 4 0 の一方の電極と接続されている。容量素子 C 1 1 の他方の電極は、配線 C S C O M と接続されている。液晶素子 6 4 0 の他方の電極は配線 V C O M 1 と接続されている。

10

【 0 2 6 2 】

スイッチ S W 1 2 のゲートは、配線 G L b と接続されている。スイッチ S W 1 2 のソース又はドレインの一方は、配線 S L b と接続され、ソース又はドレインの他方は、容量素子 C 1 2 の一方の電極、及びトランジスタ M のゲートと接続されている。容量素子 C 1 2 の他方の電極は、トランジスタ M のソース又はドレインの一方、及び配線 A N O と接続されている。トランジスタ M のソース又はドレインの他方は、発光素子 6 6 0 の一方の電極と接続されている。発光素子 6 6 0 の他方の電極は、配線 V C O M 2 と接続されている。

20

【 0 2 6 3 】

図 2 1 では、トランジスタ M が半導体を挟む 2 つのゲートを有し、これらが接続されている例を示している。これにより、トランジスタ M が流すことのできる電流を増大させることができる。

【 0 2 6 4 】

配線 V C O M 1、配線 C S C O M には、それぞれ所定の電位を与えることができる。

【 0 2 6 5 】

配線 V C O M 2 及び配線 A N O には、発光素子 6 6 0 が発光する電位差が生じる電位をそれぞれ与えることができる。

【 0 2 6 6 】

図 2 1 に示す画素 7 1 1 は、例えば反射モードの表示を行う場合には、配線 G L a 及び配線 S L a に与える信号により駆動し、液晶素子 6 4 0 による光学変調を利用して表示することができる。また、透過モードで表示を行う場合には、配線 G L b 及び配線 S L b に与える信号により駆動し、発光素子 6 6 0 を発光させて表示することができる。また両方のモードで駆動する場合には、配線 G L a、配線 G L b、配線 S L a 及び配線 S L b のそれぞれに与える信号により駆動することができる。

30

【 0 2 6 7 】

スイッチ S W 1 1 及びスイッチ S W 1 2 は、画素 7 1 1 の選択状態を制御する機能を有する。なお、スイッチ S W 1 1 及びスイッチ S W 1 2 には、O S トランジスタを用いることが好ましい。これにより、画素 7 1 1 に映像信号を極めて長期間保持することができ、画素 7 1 1 に表示された階調を長期間維持することができる。

40

【 0 2 6 8 】

なお、図 2 1 では一つの画素 7 1 1 に、一つの液晶素子 6 4 0 と一つの発光素子 6 6 0 とを有する例を示したが、これに限られない。図 2 2 (A) は、一つの画素 7 1 1 に一つの液晶素子 6 4 0 と 4 つの発光素子 6 6 0 (発光素子 6 6 0 r、6 6 0 g、6 6 0 b、6 6 0 w) を有する例を示している。図 2 2 (A) に示す画素 7 1 1 は、図 2 1 とは異なり、1 つの画素で発光素子を用いたフルカラーの表示が可能である。

【 0 2 6 9 】

図 2 2 (A) では、画素 7 1 1 に配線 G L b a、配線 G L b b、配線 S L b a、配線 S L b b が接続されている。

【 0 2 7 0 】

50

図 2 2 (A) に示す例では、例えば 4 つの発光素子 6 6 0 に、それぞれ赤色 (R)、緑色 (G)、青色 (B)、及び白色 (W) を呈する発光素子を用いることができる。また液晶素子 6 4 0 として、白色を呈する反射型の液晶素子を用いることができる。これにより、反射モードの表示を行う場合には、反射率の高い白色の表示を行うことができる。また透過モードで表示を行う場合には、演色性の高い表示を低い電力で行うことができる。

【 0 2 7 1 】

図 2 2 (B) に、図 2 2 (A) に対応した画素 7 1 1 の構成例を示す。画素 7 1 1 は、電極 6 1 1 が有する開口部と重なる発光素子 6 6 0 w と、電極 6 1 1 の周囲に配置された発光素子 6 6 0 r、発光素子 6 6 0 g、及び発光素子 6 6 0 b とを有する。発光素子 6 6 0 r、発光素子 6 6 0 g、及び発光素子 6 6 0 b は、発光面積がほぼ同等であることが好ましい。

10

【 0 2 7 2 】

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 7 3 】

(実施の形態 5)

本実施の形態では、上記実施の形態で説明した表示装置を用いた表示モジュールの構成例について説明する。

【 0 2 7 4 】

図 2 3 示す表示モジュール 1 0 0 0 は、上部カバー 1 0 0 1 と下部カバー 1 0 0 2 との間に、F P C 1 0 0 3 に接続されたタッチパネル 1 0 0 4、F P C 1 0 0 5 に接続された表示装置 1 0 0 6、フレーム 1 0 0 9、プリント基板 1 0 1 0、及びバッテリー 1 0 1 1 を有する。

20

【 0 2 7 5 】

上記実施の形態で説明した表示装置は、表示装置 1 0 0 6 として用いることができる。

【 0 2 7 6 】

上部カバー 1 0 0 1 及び下部カバー 1 0 0 2 は、タッチパネル 1 0 0 4 及び表示装置 1 0 0 6 のサイズに合わせて、形状や寸法を適宜変更することができる。

【 0 2 7 7 】

タッチパネル 1 0 0 4 としては、抵抗膜方式又は静電容量方式のタッチパネルを表示装置 1 0 0 6 に重畳して用いることができる。また、タッチパネル 1 0 0 4 を設けず、表示装置 1 0 0 6 に、タッチパネル機能を持たせるようにすることも可能である。

30

【 0 2 7 8 】

フレーム 1 0 0 9 は、表示装置 1 0 0 6 の保護機能の他、プリント基板 1 0 1 0 の動作により発生する電磁波を遮断するための電磁シールドとしての機能を有する。またフレーム 1 0 0 9 は、放熱板としての機能を有していてもよい。

【 0 2 7 9 】

プリント基板 1 0 1 0 は、電源回路、ビデオ信号及びクロック信号を出力するための信号処理回路を有する。電源回路に電力を供給する電源としては、外部の商用電源であっても良いし、別途設けたバッテリー 1 0 1 1 による電源であってもよい。バッテリー 1 0 1 1 は、商用電源を用いる場合には、省略可能である。

40

【 0 2 8 0 】

また、表示モジュール 1 0 0 0 は、偏光板、位相差板、プリズムシートなどの部材を追加して設けてもよい。

【 0 2 8 1 】

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 8 2 】

(実施の形態 6)

本実施の形態では、上記実施の形態における駆動部 3 0 の構成例について説明する。ここでは一例として、複数の表示素子が設けられた画素を有する表示部 2 0 の動作を制御する機能を有する、駆動部 3 0 の構成例について説明する。

50

【0283】

図24に、表示部20の動作を制御する機能を有する駆動部30の構成例を示す。駆動部30は、インターフェース821、フレームメモリ822、デコーダ823、センサコントローラ824、コントローラ825、クロック生成回路826、画像処理部830、記憶装置841、タイミングコントローラ842、レジスタ843、駆動回路850、タッチセンサコントローラ861を有する。

【0284】

表示部20は、駆動部30から入力された映像信号を用いて、表示ユニット811に映像を表示する機能を有する。また、表示部20は、タッチの有無、タッチ位置などの情報を得る機能を有するタッチセンサユニット812を有していてもよい。表示部20がタッチセンサユニット812を有しない場合、タッチセンサコントローラ861は省略することができる。

10

【0285】

表示ユニット811は、表示素子を用いて表示を行う機能を有する。表示ユニット811は、図5における画素部21と駆動回路23によって構成されるユニットに対応する。ここでは一例として、表示ユニット811が反射型の液晶素子と発光素子を有する構成について説明する。

【0286】

駆動回路850は、ソースドライバ851を有する。ソースドライバ851は、表示ユニット811に映像信号を供給する機能を有する回路である。図24においては、駆動回路850が、反射型の液晶素子に映像信号を供給するソースドライバ851a、発光素子に映像信号を供給するソースドライバ851bを有する。

20

【0287】

駆動部30とホスト870との通信は、インターフェース821を介して行われる。ホスト870から駆動部30には、画像データ、各種制御信号などが送られる。また、駆動部30からホスト870には、タッチセンサコントローラ861が取得したタッチの有無、タッチ位置などの情報が送られる。なお、駆動部30が有するそれぞれの回路は、ホスト870の規格、表示部20の仕様等によって、適宜取捨される。ホスト870は、駆動部30の動作を制御するプロセッサなどに相当し、CPU(Central Processing Unit)、やGPU(Graphics Processing Unit)などによって構成することができる。

30

【0288】

なお、ホスト870は、図1における制御部40として用いることができる。この場合、図1における信号SRは、インターフェース821を介して駆動部30に入力される。

【0289】

フレームメモリ822は、駆動部30に入力された画像データを記憶する機能を有する記憶回路である。ホスト870から駆動部30に圧縮された画像データが送られる場合、フレームメモリ822は、圧縮された画像データを格納することができる。デコーダ823は、圧縮された画像データを伸長するための回路である。画像データを伸長する必要がない場合、デコーダ823は処理を行わない。なお、デコーダ823は、フレームメモリ822とインターフェース821との間に配置することもできる。

40

【0290】

画像処理部830は、フレームメモリ822又はデコーダ823から入力された画像データに対して、各種の画像処理を行い、映像信号を生成する機能を有する。例えば、画像処理部830は、ガンマ補正回路831、調光回路832、調色回路833を有する。

【0291】

また、ソースドライバ851bが、発光素子に流れる電流を検出する機能を有する回路(電流検出回路)を有する場合、画像処理部830にはEL補正回路834を設けてもよい。EL補正回路834は、電流検出回路から送信される信号に基づいて、発光素子の輝度を調節する機能を有する。

50

【0292】

画像処理部830で生成された映像信号は、記憶装置841を経て、駆動回路850に出力される。記憶装置841は、画像データを一時的に格納する機能を有する。ソースドライバ851a、851bはそれぞれ、記憶装置841から入力された映像信号に対して各種の処理を行い、表示ユニット811に出力する機能を有する。

【0293】

タイミングコントローラ842は、駆動回路850、タッチセンサコントローラ861、表示ユニット811が有する駆動回路で用いられるタイミング信号などを生成する機能を有する。

【0294】

タッチセンサコントローラ861は、タッチセンサユニット812の動作を制御する機能を有する。タッチセンサユニット812で検出されたタッチ情報を含む信号は、タッチセンサコントローラ861で処理された後、インターフェース821を介してホスト870に送信される。ホスト870は、タッチ情報を反映した画像データを生成し、駆動部30に送信する。なお、駆動部30が画像データにタッチ情報を反映させる機能を有してもよい。また、タッチセンサコントローラ861は、タッチセンサユニット812に設けられていてもよい。

10

【0295】

クロック生成回路826は、駆動部30で使用されるクロック信号を生成する機能を有する。コントローラ825は、インターフェース821を介してホスト870から送られる各種制御信号を処理し、駆動部30内の各種回路を制御する機能を有する。また、コントローラ825は、駆動部30内の各種回路への電源供給を制御する機能を有する。例えばコントローラ825は、停止状態の回路への電源供給を一時的に遮断することができる。

20

【0296】

レジスタ843は、駆動部30の動作に用いられるデータを格納する機能を有する。レジスタ843が格納するデータとしては、画像処理部830が補正処理を行うために使用するパラメータ、タイミングコントローラ842が各種タイミング信号の波形生成に用いるパラメータなどが挙げられる。レジスタ843は、複数のレジスタで構成されるスキャンチェーンレジスタによって構成することができる。

【0297】

図1における信号SRに基づいて、タイミングコントローラ842で用いられるパラメータを変更することにより、表示部20に表示される映像のリフレッシュレートを変更することができる。

30

【0298】

また、駆動部30には、光センサ880と接続されたセンサコントローラ824を設けることができる。光センサ880は、外光881を検知して、検知信号を生成する機能を有する。センサコントローラ824は、検知信号に基づいて制御信号を生成する機能を有する。センサコントローラ824で生成された制御信号は、例えば、コントローラ825に出力される。

【0299】

画像処理部830は、反射型の液晶素子に供給される映像信号と発光素子に供給される映像信号とを分けて生成する機能を有する。この場合、光センサ880およびセンサコントローラ824を用いて測定した外光881の明るさに応じて、反射型の液晶素子の反射強度と発光素子の発光強度を調整することができる。ここでは、当該調整を調光、あるいは調光処理と呼ぶ。また、当該処理を実行する回路を調光回路と呼ぶ。

40

【0300】

画像処理部830は、表示部20の仕様によって、RGB-RGBW変換回路など、他の処理回路を有してもよい。RGB-RGBW変換回路とは、RGB(赤、緑、青)画像データを、RGBW(赤、緑、青、白)画像信号に変換する機能をもつ回路である。すなわち、表示部20がRGBW4色の画素を有する場合、画像データ内のW(白)成分を

50

、W（白）画素を用いて表示することで、消費電力を低減することができる。なお、表示部20がRGBYの4色の画素を有する場合、例えば、RGB-RGBY（赤、緑、青、黄）変換回路を用いることができる。

【0301】

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。

【0302】

（実施の形態7）

本実施の形態では、上記実施の形態において用いることができるOSトランジスタの構成例について説明する。

【0303】

<トランジスタの構成例>

[構成例1]

図25(A)は、トランジスタ900の上面図であり、図25(C)は、図25(A)に示す切断線X1-X2間における切断面の断面図に相当し、図25(D)は、図25(A)に示す切断線Y1-Y2間における切断面の断面図に相当する。なお、図25(A)において、煩雑になることを避けるため、トランジスタ900の構成要素の一部（ゲート絶縁膜として機能する絶縁膜等）を省略して図示している。また、切断線X1-X2方向をチャンネル長方向、切断線Y1-Y2方向をチャンネル幅方向と呼称する場合がある。なお、トランジスタの上面図においては、以降の図面においても図25(A)と同様に、構成要素の一部を省略して図示する場合がある。

10

20

【0304】

トランジスタ900は、基板902上のゲート電極として機能する導電膜904と、基板902及び導電膜904上の絶縁膜906と、絶縁膜906上の絶縁膜907と、絶縁膜907上の金属酸化膜908と、金属酸化膜908に接続されるソース電極として機能する導電膜912aと、金属酸化膜908に接続されるドレイン電極として機能する導電膜912bと、を有する。また、トランジスタ900上、より詳しくは、導電膜912a、912b及び金属酸化膜908上には絶縁膜914、916、918が設けられる。絶縁膜914、916、918は、トランジスタ900の保護絶縁膜としての機能を有する。

【0305】

また、金属酸化膜908は、ゲート電極として機能する導電膜904側の第1の金属酸化膜908aと、第1の金属酸化膜908a上の第2の金属酸化膜908bと、を有する。また、絶縁膜906及び絶縁膜907は、トランジスタ900のゲート絶縁膜としての機能を有する。

30

【0306】

金属酸化膜908としては、In-M（Mは、Ti、Ga、Sn、Y、Zr、La、Ce、Nd、またはHfを表す）酸化物、In-M-Zn酸化物を用いることができる。とくに、金属酸化膜908としては、In-M-Zn酸化物を用いると好ましい。

【0307】

また、第1の金属酸化膜908aは、Inの原子数比がMの原子数比より多い第1の領域を有する。また、第2の金属酸化膜908bは、第1の金属酸化膜908aよりもInの原子数比が少ない第2の領域を有する。また、第2の領域は、第1の領域よりも薄い部分を有する。

40

【0308】

第1の金属酸化膜908aにInの原子数比がMの原子数比より多い第1の領域を有することで、トランジスタ900の電界効果移動度（単に移動度、または μ_{FE} という場合がある）を高くすることができる。具体的には、トランジスタ900の電界効果移動度が $10\text{ cm}^2/\text{Vs}$ を超えることが可能となる。

【0309】

例えば、上記の電界効果移動度が高いトランジスタを、選択信号を生成する駆動回路（とくに、当該駆動回路が有するシフトレジスタの出力端子に接続されるデマルチプレクサ）

50

に用いることで、額縁幅の狭い（狭額縁ともいう）半導体装置または表示装置を提供することができる。

【0310】

一方で、 I_n の原子数比がMの原子数比より多い第1の領域を有する第1の金属酸化膜908aとすることで、照射時にトランジスタ900の電気特性が変動しやすくなる場合がある。しかしながら、本発明の一態様の半導体装置においては、第1の金属酸化膜908a上に第2の金属酸化膜908bが形成されている。また、第2の金属酸化膜908bのチャンネル形成領域の膜厚が第1の金属酸化膜908aの膜厚よりも小さい。

【0311】

また、第2の金属酸化膜908bは、第1の金属酸化膜908aよりも I_n の原子数比が少ない第2の領域を有するため、第1の金属酸化膜908aよりもEgが大きくなる。したがって、第1の金属酸化膜908aと、第2の金属酸化膜908bとの積層構造である金属酸化膜908は、光負バイアスストレス試験による耐性が高くなる。

【0312】

上記構成の金属酸化膜とすることで、照射時における金属酸化膜908の光吸収量を低減させることができる。したがって、照射時におけるトランジスタ900の電気特性の変動を抑制することができる。また、本発明の一態様の半導体装置においては、絶縁膜914または絶縁膜916中に過剰の酸素を含有する構成のため、照射におけるトランジスタ900の電気特性の変動をさらに、抑制することができる。

【0313】

ここで、金属酸化膜908について、図25(B)を用いて詳細に説明する。

【0314】

図25(B)は、図25(C)を用いて示すトランジスタ900の断面の、金属酸化膜908の近傍を拡大した断面図である。

【0315】

図25(B)において、第1の金属酸化膜908aの膜厚を t_1 として、第2の金属酸化膜908bの膜厚を $t_2 - 1$ 、及び $t_2 - 2$ として、それぞれ示している。第1の金属酸化膜908a上には、第2の金属酸化膜908bが設けられているため、導電膜912a、912bの形成時において、第1の金属酸化膜908aがエッチングガスまたはエッチング溶液等に曝されることがない。したがって、第1の金属酸化膜908aにおいては、膜減りがない、または極めて少ない。一方で、第2の金属酸化膜908bにおいては、導電膜912a、912bの形成時において、第2の金属酸化膜908bの導電膜912a、912bと重ならない部分がエッチングされ、凹部が形成される。すなわち、第2の金属酸化膜908bの導電膜912a、912bと重なる領域の膜厚が $t_2 - 1$ となり、第2の金属酸化膜908bの導電膜912a、912bと重ならない領域の膜厚が $t_2 - 2$ となる。

【0316】

第1の金属酸化膜908aと第2の金属酸化膜908bの膜厚の関係は、 $t_2 - 1 > t_1 > t_2 - 2$ となると好ましい。このような膜厚の関係とすることによって、高い電界効果移動度を有し、且つ照射時における、しきい値電圧の変動量が少ないトランジスタとすることが可能となる。

【0317】

また、トランジスタ900が有する金属酸化膜908は、酸素欠損が形成されるとキャリアである電子が生じ、ノーマリーオン特性になりやすい。したがって、金属酸化膜908中の酸素欠損、とくに第1の金属酸化膜908a中の酸素欠損を減らすことが、安定したトランジスタ特性を得る上でも重要となる。そこで、本発明の一態様のトランジスタの構成においては、金属酸化膜908上の絶縁膜、ここでは、金属酸化膜908上の絶縁膜914及び/又は絶縁膜916に過剰な酸素を導入することで、絶縁膜914及び/又は絶縁膜916から金属酸化膜908中に酸素を移動させ、金属酸化膜908中、とくに第1の金属酸化膜908a中の酸素欠損を補填することを特徴とする。

10

20

30

40

50

【0318】

なお、絶縁膜914、916としては、化学量論的組成よりも過剰に酸素を含有する領域（酸素過剰領域）を有することがより好ましい。別言すると、絶縁膜914、916は、酸素を放出することが可能な絶縁膜である。なお、絶縁膜914、916に酸素過剰領域を設けるには、例えば、成膜後の絶縁膜914、916に酸素を導入して、酸素過剰領域を形成する。酸素の導入方法としては、イオン注入法、イオンドーピング法、プラズマイメージイオン注入法、プラズマ処理等を用いることができる。

【0319】

また、第1の金属酸化膜908a中の酸素欠損を補填するためには、第2の金属酸化膜908bのチャネル形成領域近傍の膜厚を薄くした方が好適である。したがって、 $t_2 < t_1$ の関係を満たせばよい。例えば、第2の金属酸化膜908bのチャネル形成領域近傍の膜厚としては、好ましくは1nm以上20nm以下、さらに好ましくは、3nm以上10nm以下である。

10

【0320】

[構成例2]

図26に、トランジスタ900の他の構成例を示す。図26(A)は、トランジスタ900の上面図であり、図26(B)は、図26(A)に示す切断線X1-X2間における切断面の断面図に相当し、図26(C)は、図26(A)に示す切断線Y1-Y2間における切断面の断面図に相当する。

【0321】

トランジスタ900は、基板902上の第1のゲート電極として機能する導電膜904と、基板902及び導電膜904上の絶縁膜906と、絶縁膜906上の絶縁膜907と、絶縁膜907上の金属酸化膜908と、金属酸化膜908に電氣的に接続されるソース電極として機能する導電膜912aと、金属酸化膜908に電氣的に接続されるドレイン電極として機能する導電膜912bと、金属酸化膜908、導電膜912a、及び912b上の絶縁膜914、916と、絶縁膜916上に設けられ、且つ導電膜912bと電氣的に接続される導電膜920aと、絶縁膜916上の導電膜920bと、絶縁膜916及び導電膜920a、920b上の絶縁膜918と、を有する。

20

【0322】

導電膜920bは、トランジスタ900の第2のゲート電極に用いることができる。また、トランジスタ900を入出力装置の表示部に用いる場合は、導電膜920aを表示素子の電極等に用いることができる。

30

【0323】

導電膜として機能する導電膜920a、及び第2のゲート電極として機能する導電膜920bは、金属酸化膜908に含まれる金属元素を有する。例えば、第2のゲート電極として機能する導電膜920bと、金属酸化膜908と、が同一の金属元素を有する構成とすることで、製造コストを抑制することが可能となる。

【0324】

例えば、導電膜として機能する導電膜920a、及び第2のゲート電極として機能する導電膜920bとしては、In-M-Zn酸化物の場合、In-M-Zn酸化物を成膜するために用いるスパッタリングターゲットの金属元素の原子数比は、In Mを満たすことが好ましい。このようなスパッタリングターゲットの金属元素の原子数比として、In:M:Zn=2:1:3、In:M:Zn=3:1:2、In:M:Zn=4:2:4.1等が挙げられる。

40

【0325】

また、導電膜として機能する導電膜920a、及び第2のゲート電極として機能する導電膜920bの構造としては、単層構造または2層以上の積層構造とすることができる。なお、導電膜920a、920bが積層構造の場合においては、上記のスパッタリングターゲットの組成に限定されない。

【0326】

50

導電膜 920a、920b を形成する工程において、導電膜 920a、920b は、絶縁膜 914、916 から酸素の放出を抑制する保護膜として機能する。また、導電膜 920a、920b は、絶縁膜 918 を形成する工程の前においては、半導体としての機能を有し、絶縁膜 918 を形成する工程の後においては、導電膜 920a、920b は、導電体としての機能を有する。

【0327】

導電膜 920a、920b に酸素欠損を形成し、該酸素欠損に絶縁膜 918 から水素を添加すると、伝導帯近傍にドナー準位が形成される。この結果、導電膜 920a、920b は、導電性が高くなり導電体化する。導電体化された導電膜 920a、920b を、それぞれ酸化物導電体とすることができる。一般に、酸化物半導体は、エネルギーギャップが大きいため、可視光に対して透光性を有する。一方、酸化物導電体は、伝導帯近傍にドナー準位を有する酸化物半導体である。したがって、酸化物導電体は、ドナー準位による吸収の影響は小さく、可視光に対して酸化物半導体と同程度の透光性を有する。

【0328】

<金属酸化物>

次に、上記の O S トランジスタに用いることができる、金属酸化物について説明する。以下では特に、金属酸化物と C A C (C l o u d - A l i g n e d C o m p o s i t e) の詳細について説明する。

【0329】

C A C - O S または C A C - m e t a l o x i d e は、材料の一部では導電性の機能と、材料の一部では絶縁性の機能とを有し、材料の全体では半導体としての機能を有する。なお、C A C - O S または C A C - m e t a l o x i d e を、トランジスタのチャネル形成領域に用いる場合、導電性の機能は、キャリアとなる電子（またはホール）を流す機能であり、絶縁性の機能は、キャリアとなる電子を流さない機能である。導電性の機能と、絶縁性の機能とを、それぞれ相補的に作用させることで、スイッチングさせる機能（O n / O f f させる機能）を C A C - O S または C A C - m e t a l o x i d e に付与することができる。C A C - O S または C A C - m e t a l o x i d e において、それぞれの機能を分離させることで、双方の機能を最大限に高めることができる。

【0330】

また、C A C - O S または C A C - m e t a l o x i d e は、導電性領域、及び絶縁性領域を有する。導電性領域は、上述の導電性の機能を有し、絶縁性領域は、上述の絶縁性の機能を有する。また、材料中において、導電性領域と、絶縁性領域とは、ナノ粒子レベルで分離している場合がある。また、導電性領域と、絶縁性領域とは、それぞれ材料中に偏在する場合がある。また、導電性領域は、周辺がぼけてクラウド状に連結して観察される場合がある。

【0331】

また、C A C - O S または C A C - m e t a l o x i d e において、導電性領域と、絶縁性領域とは、それぞれ 0.5 nm 以上 10 nm 以下、好ましくは 0.5 nm 以上 3 nm 以下のサイズで材料中に分散している場合がある。

【0332】

また、C A C - O S または C A C - m e t a l o x i d e は、異なるバンドギャップを有する成分により構成される。例えば、C A C - O S または C A C - m e t a l o x i d e は、絶縁性領域に起因するワイドギャップを有する成分と、導電性領域に起因するナローギャップを有する成分と、により構成される。当該構成の場合、キャリアを流す際に、ナローギャップを有する成分において、主にキャリアが流れる。また、ナローギャップを有する成分が、ワイドギャップを有する成分に相補的に作用し、ナローギャップを有する成分に連動してワイドギャップを有する成分にもキャリアが流れる。このため、上記 C A C - O S または C A C - m e t a l o x i d e をトランジスタのチャネル形成領域に用いる場合、トランジスタのオン状態において高い電流駆動力、つまり大きなオン電流、及び高い電界効果移動度を得ることができる。

10

20

30

40

50

【0333】

すなわち、CAC-OSまたはCAC-metal oxideは、マトリックス複合材(matrix composite)、または金属マトリックス複合材(metal matrix composite)と呼称することもできる。

【0334】

CAC-OSは、例えば、金属酸化物を構成する元素が、0.5nm以上10nm以下、好ましくは、1nm以上2nm以下、またはその近傍のサイズで偏在した材料の一構成である。なお、以下では、金属酸化物において、一つあるいはそれ以上の金属元素が偏在し、該金属元素を有する領域が、0.5nm以上10nm以下、好ましくは、1nm以上2nm以下、またはその近傍のサイズで混合した状態をモザイク状、またはパッチ状ともいう。

10

【0335】

なお、金属酸化物は、少なくともインジウムを含むことが好ましい。特にインジウムおよび亜鉛を含むことが好ましい。また、それらに加えて、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、シリコン、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、または複数種が含まれていてもよい。

【0336】

例えば、In-Ga-Zn酸化物におけるCAC-OS(CAC-OSの中でもIn-Ga-Zn酸化物を、特にCAC-IGZOと呼称してもよい。)とは、インジウム酸化物(以下、 InO_{x_1} (x_1 は0よりも大きい実数)とする。)、またはインジウム亜鉛酸化物(以下、 $In_{x_2}Zn_{y_2}O_{z_2}$ (x_2 、 y_2 、および z_2 は0よりも大きい実数)とする。)と、ガリウム酸化物(以下、 GaO_{x_3} (x_3 は0よりも大きい実数)とする。)、またはガリウム亜鉛酸化物(以下、 $Ga_{x_4}Zn_{y_4}O_{z_4}$ (x_4 、 y_4 、および z_4 は0よりも大きい実数)とする。)などと、に材料が分離することでモザイク状となり、モザイク状の InO_{x_1} 、または $In_{x_2}Zn_{y_2}O_{z_2}$ が、膜中に均一に分布した構成(以下、クラウド状ともいう。)である。

20

【0337】

つまり、CAC-OSは、 GaO_{x_3} が主成分である領域と、 $In_{x_2}Zn_{y_2}O_{z_2}$ 、または InO_{x_1} が主成分である領域とが、混合している構成を有する複合金属酸化物である。なお、本明細書において、例えば、第1の領域の元素Mに対するInの原子数比が、第2の領域の元素Mに対するInの原子数比よりも大きいことを、第1の領域は、第2の領域と比較して、Inの濃度が高いとする。

30

【0338】

なお、IGZOは通称であり、In、Ga、Zn、およびOによる1つの化合物をいう場合がある。代表例として、 $InGaO_3(ZnO)_{m_1}$ (m_1 は自然数)、または $In_{(1+x_0)}Ga_{(1-x_0)}O_3(ZnO)_{m_0}$ ($-1 < x_0 < 1$ 、 m_0 は任意数)で表される結晶性の化合物が挙げられる。

【0339】

上記結晶性の化合物は、単結晶構造、多結晶構造、またはCAAC(c-axis aligned crystal)構造を有する。なお、CAAC構造とは、複数のIGZOのナノ結晶がc軸配向を有し、かつa-b面においては配向せずに連結した結晶構造である。

40

【0340】

一方、CAC-OSは、金属酸化物の材料構成に関する。CAC-OSとは、In、Ga、Zn、およびOを含む材料構成において、一部にGaを主成分とするナノ粒子状に観察される領域と、一部にInを主成分とするナノ粒子状に観察される領域とが、それぞれモザイク状にランダムに分散している構成をいう。従って、CAC-OSにおいて、結晶構造は副次的な要素である。

50

【0341】

なお、CAC - OSは、組成の異なる二種類以上の膜の積層構造は含まないものとする。例えば、Inを主成分とする膜と、Gaを主成分とする膜との2層からなる構造は、含まない。

【0342】

なお、 GaO_{x_3} が主成分である領域と、 $In_{x_2}Zn_{y_2}O_{z_2}$ 、または InO_{x_1} が主成分である領域とは、明確な境界が観察できない場合がある。

【0343】

なお、ガリウムの代わりに、アルミニウム、イットリウム、銅、バナジウム、ベリリウム、ホウ素、シリコン、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、または複数種が含まれている場合、CAC - OSは、一部に該金属元素を主成分とするナノ粒子状に観察される領域と、一部にInを主成分とするナノ粒子状に観察される領域とが、それぞれモザイク状にランダムに分散している構成をいう。

10

【0344】

CAC - OSは、例えば基板を意図的に加熱しない条件で、スパッタリング法により形成することができる。また、CAC - OSをスパッタリング法で形成する場合、成膜ガスとして、不活性ガス(代表的にはアルゴン)、酸素ガス、及び窒素ガスの中から選ばれたいずれか一つまたは複数を用いればよい。また、成膜時の成膜ガスの総流量に対する酸素ガスの流量比は低いほど好ましく、例えば酸素ガスの流量比を0%以上30%未満、好ましくは0%以上10%以下とすることが好ましい。

20

【0345】

CAC - OSは、X線回折(XRD: X-ray diffraction)測定法のひとつであるOut-of-plane法による $\theta/2$ スキャンを用いて測定したときに、明確なピークが観察されないという特徴を有する。すなわち、X線回折から、測定領域のa-b面方向、およびc軸方向の配向は見られないことが分かる。

【0346】

またCAC - OSは、プローブ径が1nmの電子線(ナノビーム電子線ともいう。)を照射することで得られる電子線回折パターンにおいて、リング状に輝度の高い領域と、該リング領域に複数の輝点が観測される。従って、電子線回折パターンから、CAC - OSの結晶構造が、平面方向、および断面方向において、配向性を有さないnc(nano-crystal)構造を有することがわかる。

30

【0347】

また例えば、In-Ga-Zn酸化物におけるCAC - OSでは、エネルギー分散型X線分光法(EDX: Energy Dispersive X-ray spectroscopy)を用いて取得したEDXマッピングにより、 GaO_{x_3} が主成分である領域と、 $In_{x_2}Zn_{y_2}O_{z_2}$ 、または InO_{x_1} が主成分である領域とが、偏在し、混合している構造を有することが確認できる。

【0348】

CAC - OSは、金属元素が均一に分布したIGZO化合物とは異なる構造であり、IGZO化合物と異なる性質を有する。つまり、CAC - OSは、 GaO_{x_3} などが主成分である領域と、 $In_{x_2}Zn_{y_2}O_{z_2}$ 、または InO_{x_1} が主成分である領域と、に互いに相分離し、各元素を主成分とする領域がモザイク状である構造を有する。

40

【0349】

ここで、 $In_{x_2}Zn_{y_2}O_{z_2}$ 、または InO_{x_1} が主成分である領域は、 GaO_{x_3} などが主成分である領域と比較して、導電性が高い領域である。つまり、 $In_{x_2}Zn_{y_2}O_{z_2}$ 、または InO_{x_1} が主成分である領域を、キャリアが流れることにより、酸化物半導体としての導電性が発現する。従って、 $In_{x_2}Zn_{y_2}O_{z_2}$ 、または InO_{x_1} が主成分である領域が、酸化物半導体中にクラウド状に分布することで、高い電界効果

50

移動度 (μ) が実現できる。

【0350】

一方、 GaO_{x_3} などが主成分である領域は、 $In_{x_2}Zn_{y_2}O_{z_2}$ 、または InO_{x_1} が主成分である領域と比較して、絶縁性が高い領域である。つまり、 GaO_{x_3} などが主成分である領域が、酸化物半導体中に分布することで、リーク電流を抑制し、良好なスイッチング動作を実現できる。

【0351】

従って、CAC-OSを半導体素子に用いた場合、 GaO_{x_3} などに起因する絶縁性と、 $In_{x_2}Zn_{y_2}O_{z_2}$ 、または InO_{x_1} に起因する導電性が、相補的に作用することにより、高いオン電流 (I_{on})、および高い電界効果移動度 (μ) を実現することができる。

10

【0352】

また、CAC-OSを用いた半導体素子は、信頼性が高い。従って、CAC-OSは、さまざまな半導体装置に最適である。

【0353】

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。

【0354】

(実施の形態8)

本実施の形態では、本発明の一態様に係る半導体装置、表示装置、表示システム、又は表示モジュールを搭載した電子機器の例について説明する。

20

【0355】

図27(A)、(B)に、携帯情報端末1800の一例を示す。携帯情報端末1800は、筐体1801、筐体1802、表示部1803、表示部1804、及びヒンジ部1805等を有する。

【0356】

筐体1801と筐体1802は、ヒンジ部1805で連結されている。携帯情報端末1800は、図27(A)に示すように折り畳んだ状態から、図27(B)に示すように筐体1801と筐体1802を開くことができる。

【0357】

例えば表示部1803及び表示部1804に、文書情報を表示することが可能であり、電子書籍端末としても用いることができる。また、表示部1803及び表示部1804に静止画像や動画像を表示することもできる。

30

【0358】

このように、携帯情報端末1800は、持ち運ぶ際には折り畳んだ状態にできるため、汎用性に優れる。

【0359】

なお、筐体1801及び筐体1802には、電源ボタン、操作ボタン、外部接続ポート、スピーカ、マイク等を有していてもよい。

【0360】

図27(C)に携帯情報端末の一例を示す。図27(C)に示す携帯情報端末1810は、筐体1811、表示部1812、操作ボタン1813、外部接続ポート1814、スピーカ1815、マイク1816、カメラ1817等を有する。

40

【0361】

携帯情報端末1810は、表示部1812にタッチセンサを備える。電話を掛ける、或いは文字を入力するなどのあらゆる操作は、指やスタイラスなどで表示部1812に触れることを行うことができる。

【0362】

また、操作ボタン1813の操作により、電源のON、OFF動作や、表示部1812に表示される画像の種類を切り替えることができる。例えば、メール作成画面から、メインメニュー画面に切り替えることができる。

50

【0363】

また、携帯情報端末1810の内部に、ジャイロセンサまたは加速度センサ等の検出装置を設けることで、携帯情報端末1810の向き（縦か横か）を判断して、表示部1812の画面表示の向きを自動的に切り替えるようにすることができる。また、画面表示の向きの切り替えは、表示部1812を触れること、操作ボタン1813の操作、またはマイク1816を用いた音声入力等により行うこともできる。

【0364】

携帯情報端末1810は、例えば、電話機、手帳または情報閲覧装置等から選ばれた一つまたは複数の機能を有する。具体的には、スマートフォンとして用いることができる。携帯情報端末1810は、例えば、携帯電話、電子メール、文章閲覧及び作成、音楽再生、動画再生、インターネット通信、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。

10

【0365】

図27(D)に、カメラの一例を示す。カメラ1820は、筐体1821、表示部1822、操作ボタン1823、シャッターボタン1824等を有する。またカメラ1820には、着脱可能なレンズ1826が取り付けられている。

【0366】

ここではカメラ1820として、レンズ1826を筐体1821から取り外して交換することが可能な構成としたが、レンズ1826と筐体が一体となってもよい。

20

【0367】

カメラ1820は、シャッターボタン1824を押すことにより、静止画、または動画を撮像することができる。また、表示部1822はタッチパネルとしての機能を有し、表示部1822をタッチすることにより撮像することも可能である。

【0368】

なお、カメラ1820は、ストロボ装置や、ビューファインダーなどを別途装着することができる。または、これらが筐体1821に組み込まれていてもよい。

【0369】

図28(A)に、テレビジョン装置1830を示す。テレビジョン装置1830は、表示部1831、筐体1832、スピーカ1833等を有する。さらに、LEDランプ、操作キー（電源スイッチ、または操作スイッチを含む）、接続端子、各種センサ、マイクロフォン等を有することができる。

30

【0370】

またテレビジョン装置1830は、リモコン操作機1834により、操作することができる。

【0371】

テレビジョン装置1830が受信できる放送電波としては、地上波、または衛星から送信される電波などが挙げられる。また放送電波として、アナログ放送、デジタル放送などがあり、また映像及び音声、または音声のみの放送などがある。例えばUHF帯（約300MHz乃至3GHz）またはVHF帯（30MHz乃至300MHz）のうち特定の周波数帯域で送信される放送電波を受信することができる。また例えば、複数の周波数帯域で受信した複数のデータを用いることで、転送レートを高くすることができ、より多くの情報を得ることができる。これによりフルハイビジョンを超える解像度を有する映像を、表示部1831に表示させることができる。例えば、4K-2K、8K-4K、16K-8K、またはそれ以上の解像度を有する映像を表示させることができる。

40

【0372】

また、インターネットやLAN(Local Area Network)、Wi-Fi（登録商標）などのコンピュータネットワークを介したデータ伝送技術により送信された放送のデータを用いて、表示部1831に表示する画像を生成する構成としてもよい。このとき、テレビジョン装置1830にチューナを有さなくてもよい。

【0373】

50

図 28 (B) は円柱状の柱 1842 に取り付けられたデジタルサイネージ 1840 を示している。デジタルサイネージ 1840 は、表示部 1841 を有する。

【0374】

表示部 1841 が広いほど、一度に提供できる情報量を増やすことができる。また、表示部 1841 が広いほど、人の目につきやすく、例えば、広告の宣伝効果を高めることができる。

【0375】

表示部 1841 にタッチパネルを適用することで、表示部 1841 に画像または動画を表示するだけでなく、使用者が直感的に操作することができ、好ましい。また、路線情報もしくは交通情報などの情報を提供するための用途に用いる場合には、直感的な操作によりユーザビリティを高めることができる。

10

【0376】

図 28 (C) はノート型のパーソナルコンピュータ 1850 を示している。パーソナルコンピュータ 1850 は、表示部 1851、筐体 1852、タッチパッド 1853、接続ポート 1854 等を有する。

【0377】

タッチパッド 1853 は、ポインティングデバイスや、ペンタブレット等の入力手段として機能し、指やスタイラス等で操作することができる。

【0378】

また、タッチパッド 1853 には表示素子が組み込まれている。図 28 (C) に示すように、タッチパッド 1853 の表面に入力キー 1855 を表示することで、タッチパッド 1853 をキーボードとして使用することができる。このとき、入力キー 1855 に触れた際に、振動により触感を実現するため、振動モジュールがタッチパッド 1853 に組み込まれていてもよい。

20

【0379】

図 29 (A)、(B)、(C) は、それぞれ折り畳みが可能な電子機器を示している。

【0380】

図 29 (A) に示す電子機器 1900 は、筐体 1901a、筐体 1901b、ヒンジ 1903、表示部 1902a、表示部 1902b 等を有する。表示部 1902a は筐体 1901 に、表示部 1902b は筐体 1901b に、それぞれ組み込まれている。

30

【0381】

筐体 1901a と筐体 1901b とは、ヒンジ 1903 で回転可能に連結されている。電子機器 1900 は、筐体 1901a と筐体 1901b とが閉じた状態と、図 29 (A) に示すように開いた状態と、に変形することができる。これにより、持ち運び際には可搬性に優れ、使用するときには大きな表示領域により、視認性に優れる。

【0382】

また、ヒンジ 1903 は、筐体 1901a と筐体 1901b とを開いたときに、これらの角度が所定の角度よりも大きい角度にならないように、ロック機構を有することが好ましい。例えば、ロックがかかる（それ以上に開かない）角度は、90度以上180度未満であることが好ましく、代表的には、90度、120度、135度、または150度などとすることができる。これにより、利便性、安全性、及び信頼性を高めることができる。

40

【0383】

表示部 1902a 及び表示部 1902b の少なくとも一方は、タッチパネルとして機能し、指やスタイラスなどにより操作することができる。

【0384】

筐体 1901a または筐体 1901b のいずれか一には、無線通信モジュールが設けられ、インターネットや LAN (Local Area Network)、Wi-Fi (登録商標) などのコンピュータネットワークを介して、データを送受信することが可能である。

【0385】

50

表示部 1902a と表示部 1902b には、一つのフレキシブルディスプレイが組み込まれていてもよい。これにより、表示部 1902a と表示部 1902b の間で途切れることのない連続した表示を行うことができる。

【0386】

図 29 (B) には、携帯型のゲーム機として機能する電子機器 1910 を示している。電子機器 1910 は、筐体 1911a、筐体 1911b、表示部 1912a、表示部 1912b、ヒンジ 1913、操作ボタン 1914a、操作ボタン 1914b 等を有する。

【0387】

また、筐体 1911b には、カートリッジ 1915 を挿入することができる。カートリッジ 1915 は、例えばゲームなどのアプリケーションソフトが記憶されており、カートリッジ 1915 を交換することにより、電子機器 1910 で様々なアプリケーションを実行することができる。

10

【0388】

また、図 29 (B) では、表示部 1912b のサイズと、表示部 1912b のサイズが異なる例を示している。具体的には、操作ボタン 1914a 及び操作ボタン 1914b の設けられる筐体 1911b が有する表示部 1912b よりも、筐体 1911a に設けられる表示部 1912a を大きい。例えば、表示部 1912a に主画面となる表示を行い、表示部 1912b には操作画面となる表示を行うなど、それぞれの表示部を使い分けることができる。

【0389】

図 29 (C) に示す電子機器 1920 は、ヒンジ 1923 により連結された筐体 1921a と筐体 1921b に亘って、フレキシブルな表示部 1922 が設けられている。

20

【0390】

表示部 1922 は、その少なくとも一部が湾曲することができる。表示部 1922 は、筐体 1921a から筐体 1921b にかけて、連続的に画素が配置され、曲面状の表示を行うことができる。

【0391】

ヒンジ 1923 は、上述したロック機構を有しているため、表示部 1922 に無理な力がかかることなく、表示部 1922 が破損することを防ぐことができる。そのため、信頼性の高い電子機器を実現できる。

30

【0392】

図 27 乃至図 29 に示す電子機器には、上記実施の形態で説明した、表示部に表示される映像のリフレッシュレートを制御する制御部 40 を内蔵することができる。これにより、電子機器に本発明の一態様に係る表示システムを搭載することができる。この場合、図 27 乃至図 29 における操作ボタン、スピーカ、マイク、タッチセンサ、シャッターボタン、タッチパッドなどのインターフェースを、図 1 における入力部 50 として用いることができる。

【0393】

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。

【符号の説明】

40

【0394】

- 10 表示システム
- 20 表示部
- 21 画素部
- 22 画素
- 23 駆動回路
- 24 駆動回路
- 30 駆動部
- 40 制御部
- 50 入力部

50

6 0	コントローラ	
6 1	出力部	
6 2	出力部	
6 3	解析装置	
7 0	カウンタ	
8 0	記憶装置	
8 1	セルアレイ	
8 2	メモリセル	
8 3	駆動回路	
8 4	駆動回路	10
1 1 0	発光素子	
1 2 0	液晶素子	
4 1 2	液晶層	
4 1 3	電極	
4 1 7	絶縁層	
4 2 1	絶縁層	
4 3 1	着色層	
4 3 2	遮光層	
4 3 3	配向膜	
4 3 4	着色層	20
4 3 5	偏光板	
4 4 1	接着層	
4 4 2	接着層	
4 5 1	開口	
4 7 0	発光素子	
4 8 0	液晶素子	
4 9 1	電極	
4 9 2	E L 層	
4 9 3	電極	
4 9 4	絶縁層	30
5 0 1	トランジスタ	
5 0 3	トランジスタ	
5 0 4	接続部	
5 0 5	トランジスタ	
5 0 6	トランジスタ	
5 0 7	接続部	
5 1 1	絶縁層	
5 1 2	絶縁層	
5 1 3	絶縁層	
5 1 4	絶縁層	40
5 1 6	絶縁層	
5 1 7	絶縁層	
5 2 0	絶縁層	
5 2 1	導電層	
5 2 2	導電層	
5 2 3	導電層	
5 3 1	半導体層	
5 4 0	トランジスタ	
5 4 2	接続層	
5 4 3	接続体	50

5 5 2	接続部	
5 6 1	半導体層	
5 6 3	導電層	
5 8 0	トランジスタ	
5 8 1	トランジスタ	
5 8 4	トランジスタ	
5 8 5	トランジスタ	
5 8 6	トランジスタ	
6 0 0	表示装置	
6 0 1	表示装置	10
6 0 2	表示装置	
6 1 1	電極	
6 4 0	液晶素子	
6 5 1	基板	
6 6 0	発光素子	
6 6 1	基板	
6 6 2	表示部	
6 6 4	回路	
6 6 5	配線	
6 7 2	F P C	20
6 7 3	I C	
7 0 0	表示装置	
7 1 0	画素部	
7 1 1	画素	
7 2 0	駆動回路	
7 3 0	駆動回路	
8 1 1	表示ユニット	
8 1 2	タッチセンサユニット	
8 2 1	インターフェース	
8 2 2	フレームメモリ	30
8 2 3	デコーダ	
8 2 4	センサコントローラ	
8 2 5	コントローラ	
8 2 6	クロック生成回路	
8 3 0	画像処理部	
8 3 1	ガンマ補正回路	
8 3 2	調光回路	
8 3 3	調色回路	
8 3 4	E L 補正回路	
8 4 1	記憶装置	40
8 4 2	タイミングコントローラ	
8 4 3	レジスタ	
8 5 0	駆動回路	
8 5 1	ソースドライバ	
8 6 1	タッチセンサコントローラ	
8 7 0	ホスト	
8 8 0	光センサ	
8 8 1	外光	
9 0 0	トランジスタ	
9 0 2	基板	50

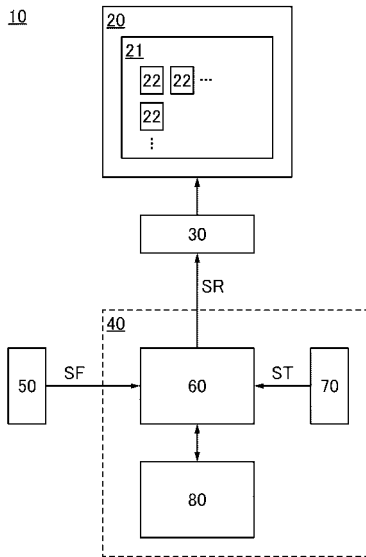
9 0 4	導電膜	
9 0 6	絶縁膜	
9 0 7	絶縁膜	
9 0 8	金属酸化膜	
9 1 2	導電膜	
9 1 4	絶縁膜	
9 1 6	絶縁膜	
9 1 8	絶縁膜	
9 2 0	導電膜	
1 0 0 0	表示モジュール	10
1 0 0 1	上部カバー	
1 0 0 2	下部カバー	
1 0 0 3	F P C	
1 0 0 4	タッチパネル	
1 0 0 5	F P C	
1 0 0 6	表示装置	
1 0 0 9	フレーム	
1 0 1 0	プリント基板	
1 0 1 1	バッテリー	
1 8 0 0	携帯情報端末	20
1 8 0 1	筐体	
1 8 0 2	筐体	
1 8 0 3	表示部	
1 8 0 4	表示部	
1 8 0 5	ヒンジ部	
1 8 1 0	携帯情報端末	
1 8 1 1	筐体	
1 8 1 2	表示部	
1 8 1 3	操作ボタン	
1 8 1 4	外部接続ポート	30
1 8 1 5	スピーカ	
1 8 1 6	マイク	
1 8 1 7	カメラ	
1 8 2 0	カメラ	
1 8 2 1	筐体	
1 8 2 2	表示部	
1 8 2 3	操作ボタン	
1 8 2 4	シャッターボタン	
1 8 2 6	レンズ	
1 8 3 0	テレビジョン装置	40
1 8 3 1	表示部	
1 8 3 2	筐体	
1 8 3 3	スピーカ	
1 8 3 4	リモコン操作機	
1 8 4 0	デジタルサイネージ	
1 8 4 1	表示部	
1 8 4 2	柱	
1 8 5 0	パーソナルコンピュータ	
1 8 5 1	表示部	
1 8 5 2	筐体	50

- 1 8 5 3 タッチパッド
- 1 8 5 4 接続ポート
- 1 8 5 5 入力キー
- 1 9 0 0 電子機器
- 1 9 0 1 筐体
- 1 9 0 1 a 筐体
- 1 9 0 1 b 筐体
- 1 9 0 2 a 表示部
- 1 9 0 2 b 表示部
- 1 9 0 3 ヒンジ
- 1 9 1 0 電子機器
- 1 9 1 1 筐体
- 1 9 1 2 表示部
- 1 9 1 3 ヒンジ
- 1 9 1 4 操作ボタン
- 1 9 1 5 カートリッジ
- 1 9 2 0 電子機器
- 1 9 2 1 筐体
- 1 9 2 2 表示部
- 1 9 2 3 ヒンジ

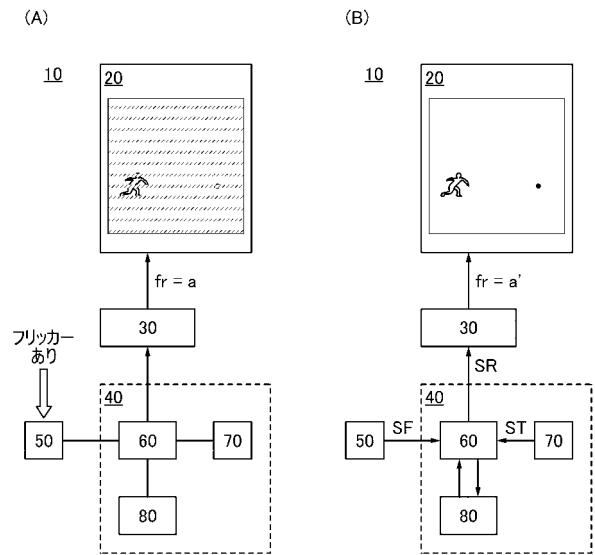
10

20

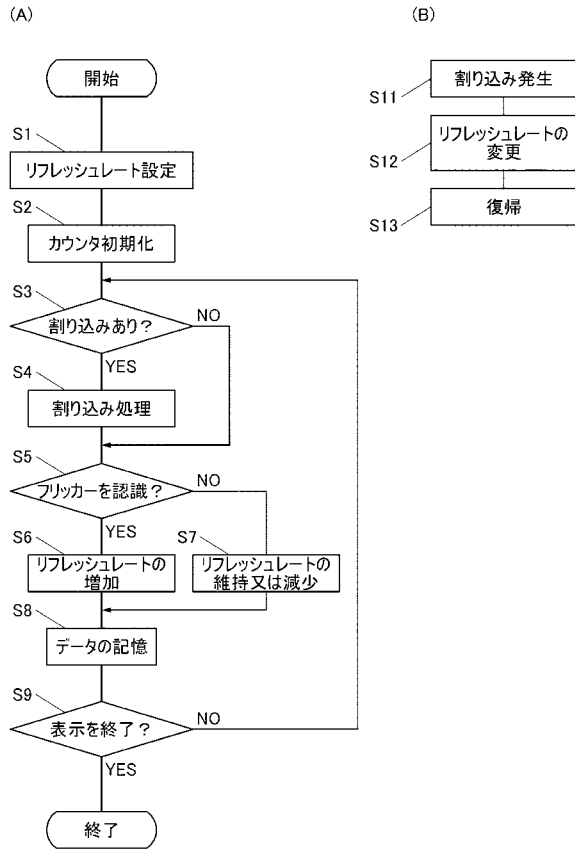
【 図 1 】



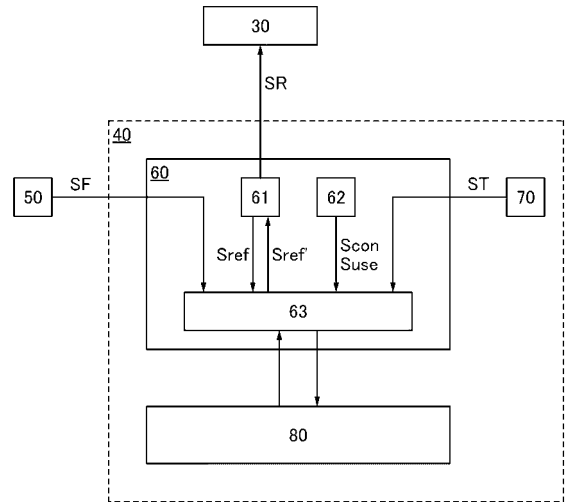
【 図 2 】



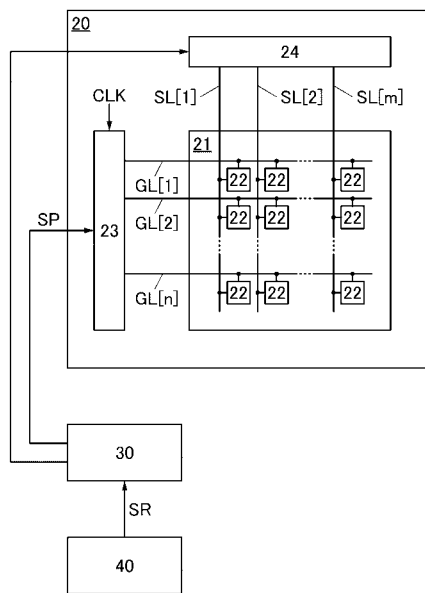
【 図 3 】



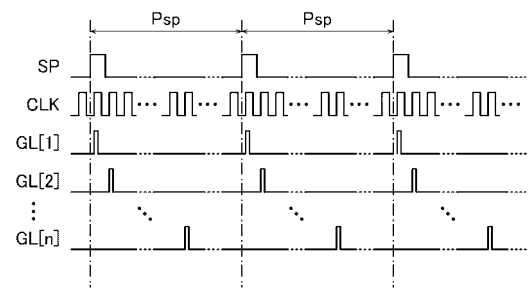
【 図 4 】



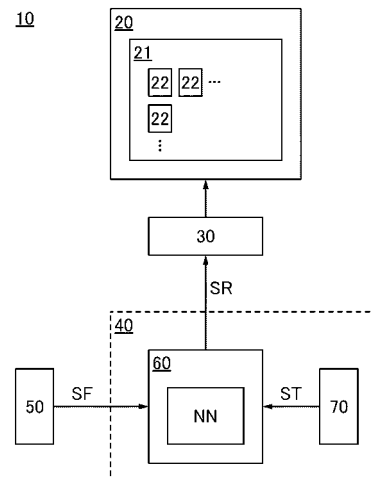
【 図 5 】



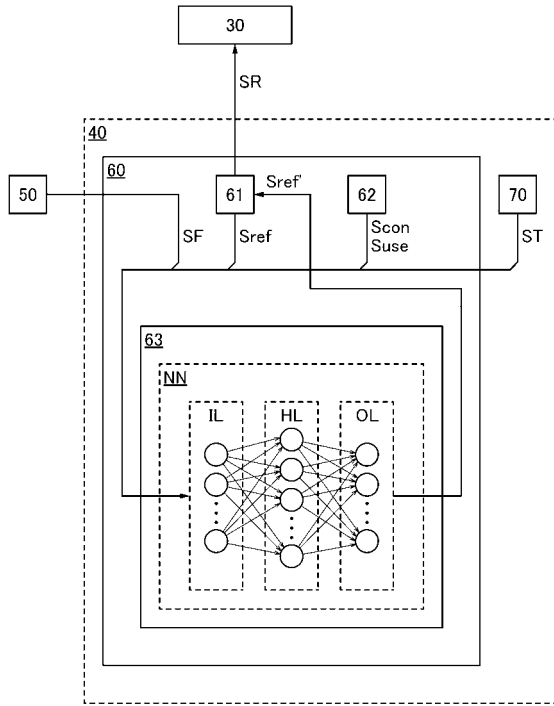
【 図 6 】



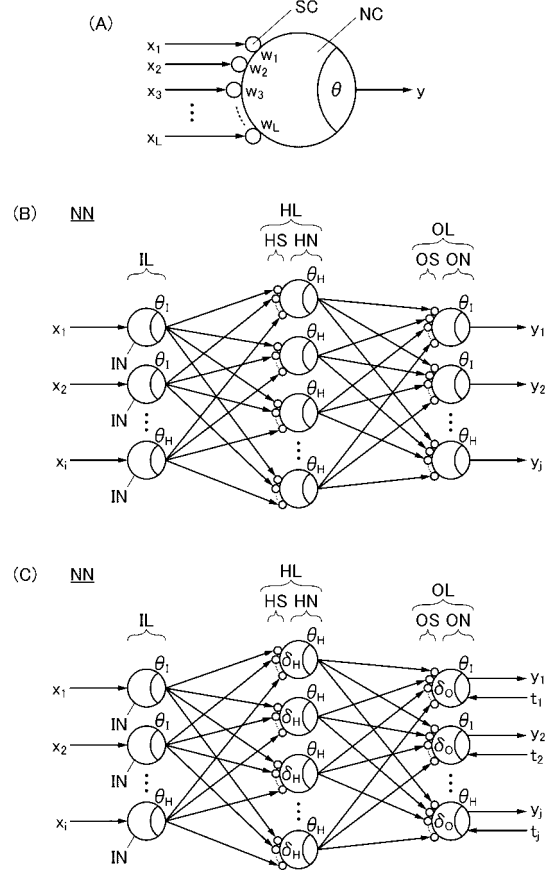
【 図 7 】



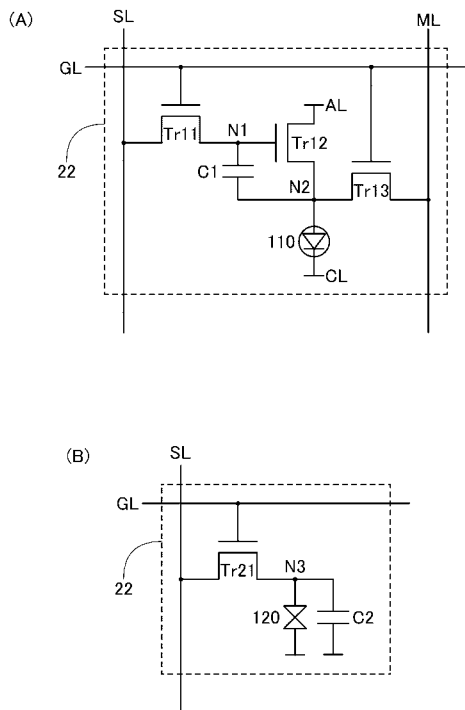
【 図 8 】



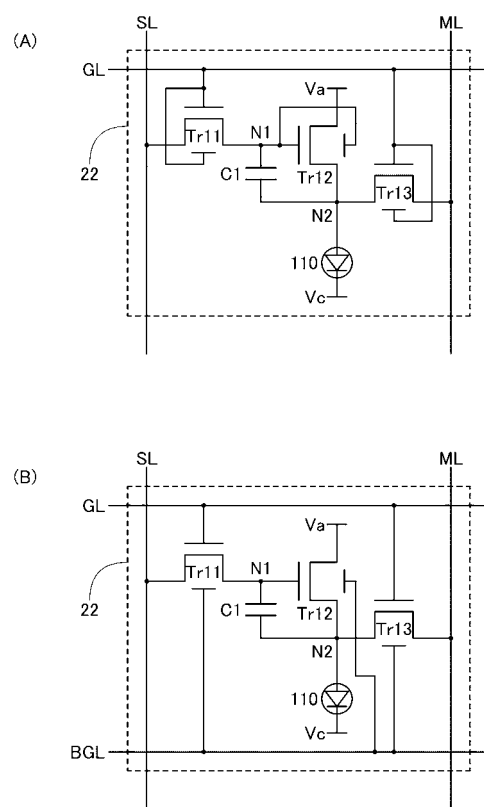
【 図 9 】



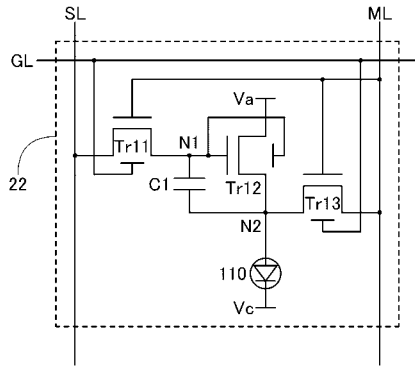
【 図 1 0 】



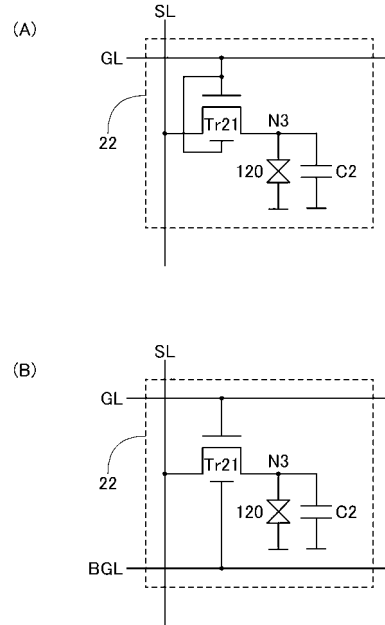
【 図 1 1 】



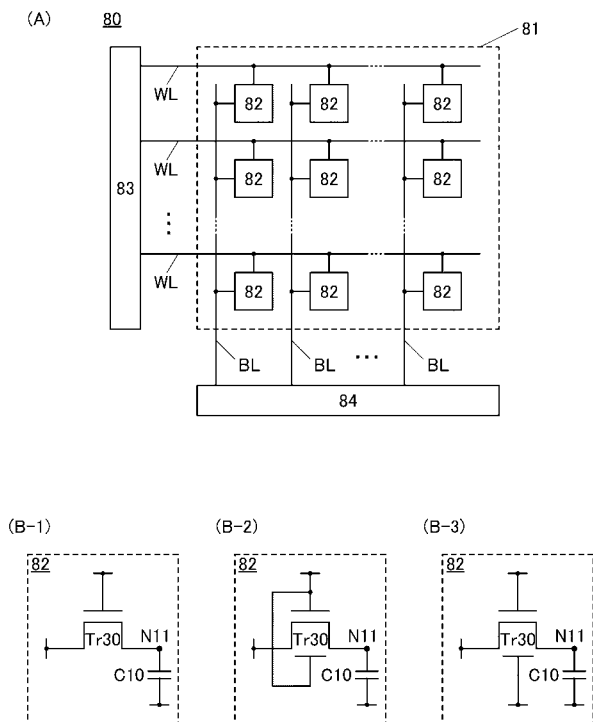
【 図 1 2 】



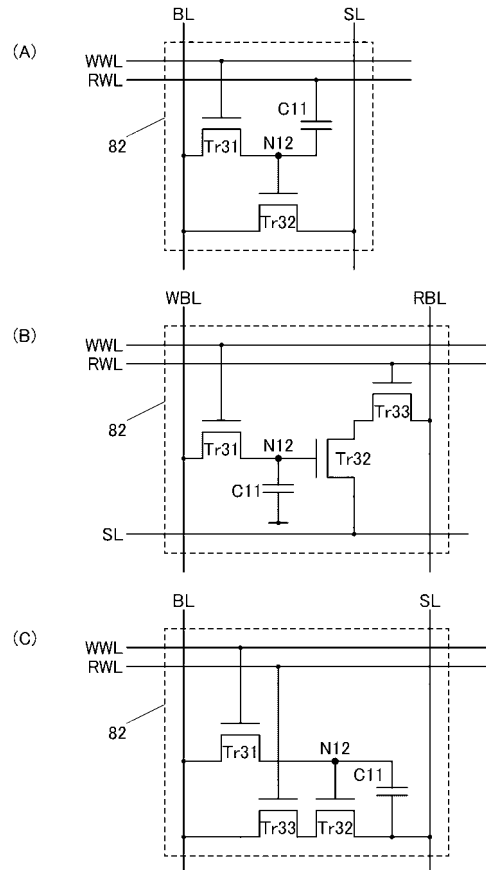
【 図 1 3 】



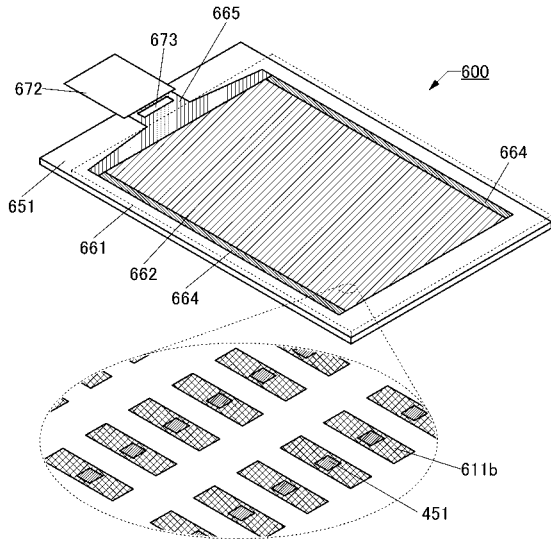
【 図 1 4 】



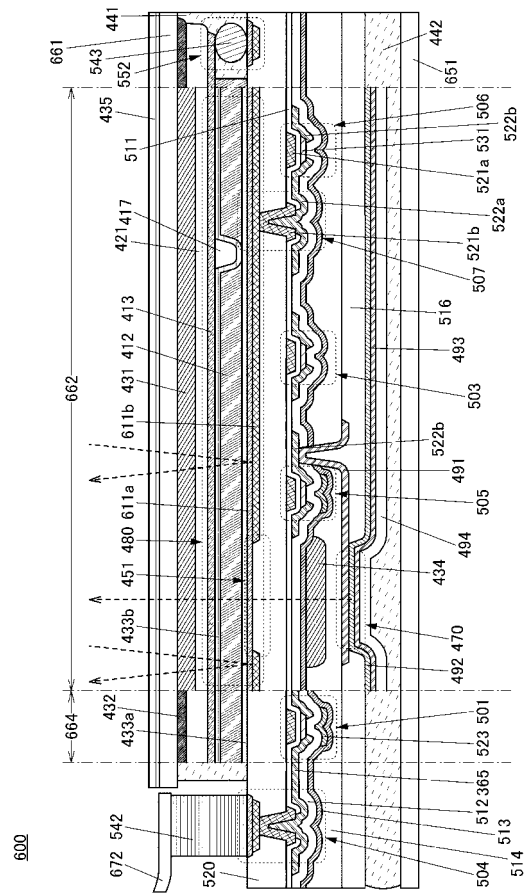
【 図 1 5 】



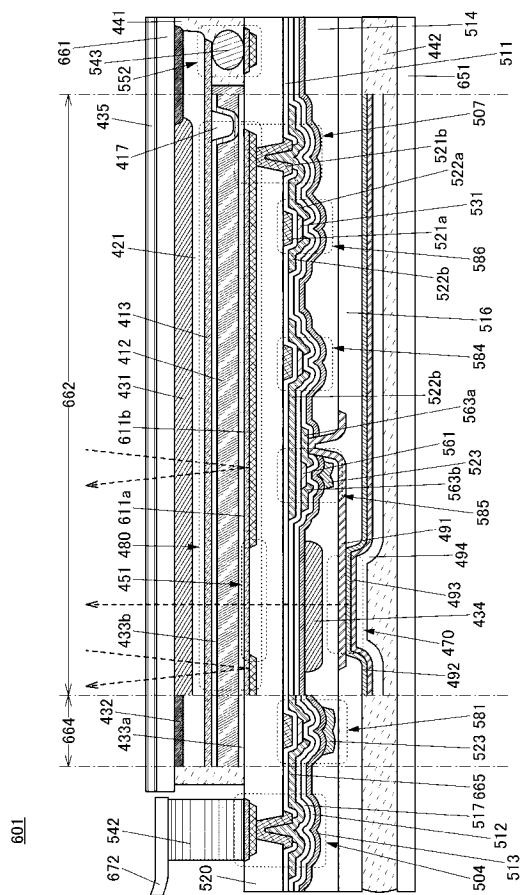
【 図 1 6 】



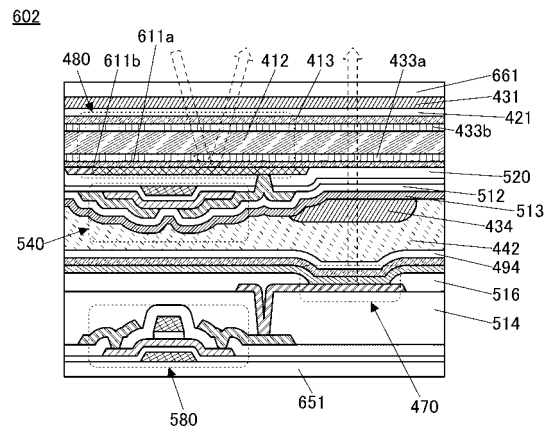
【 図 1 7 】



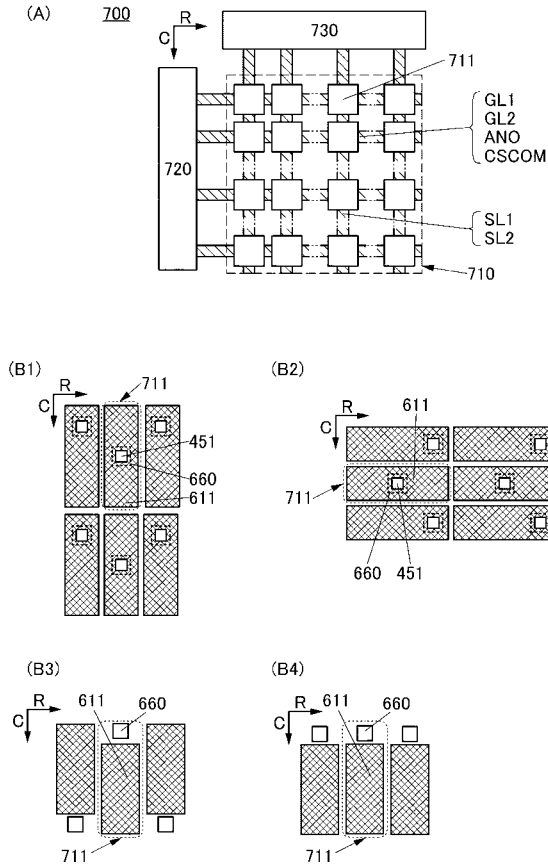
【 図 1 8 】



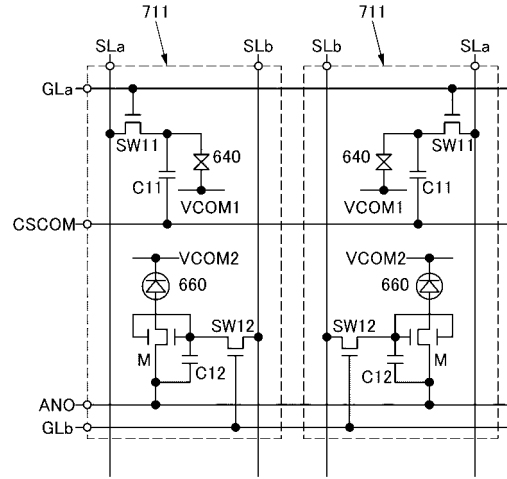
【 図 1 9 】



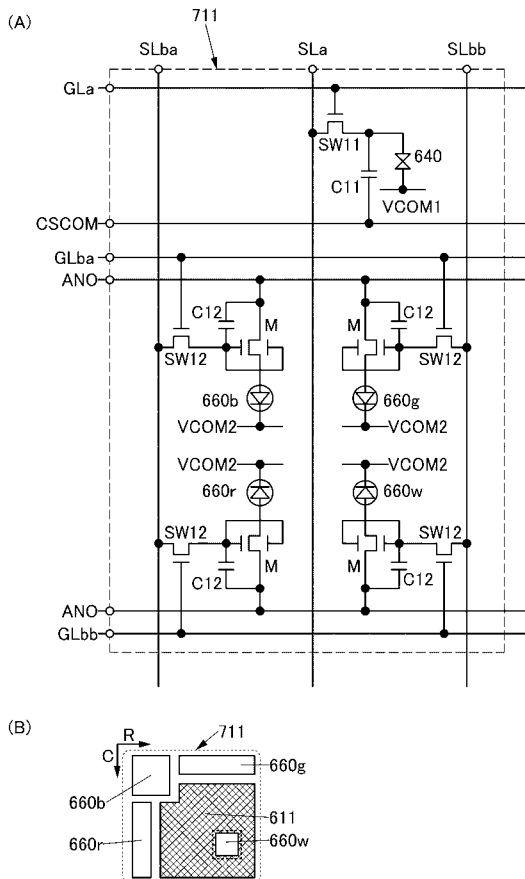
【図 2 0】



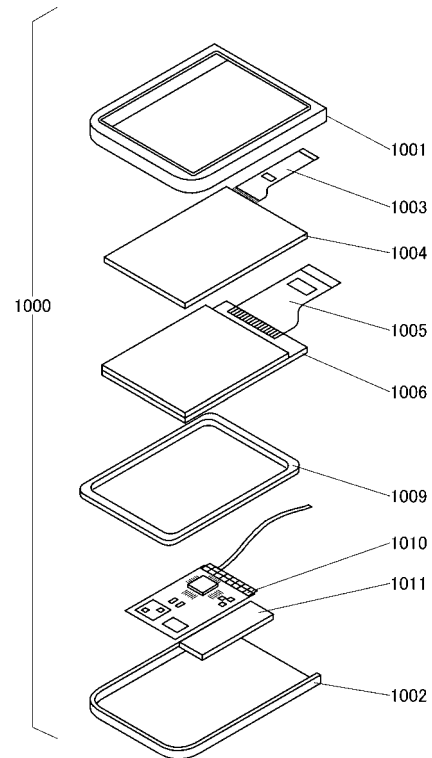
【図 2 1】



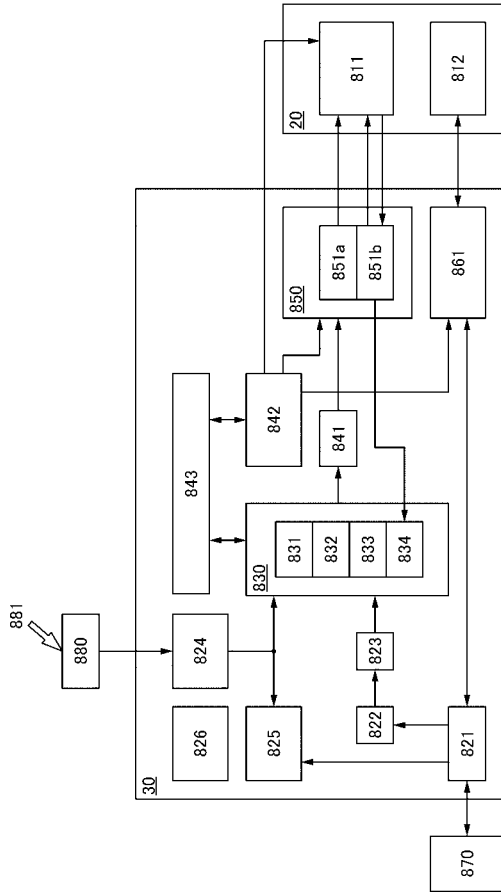
【図 2 2】



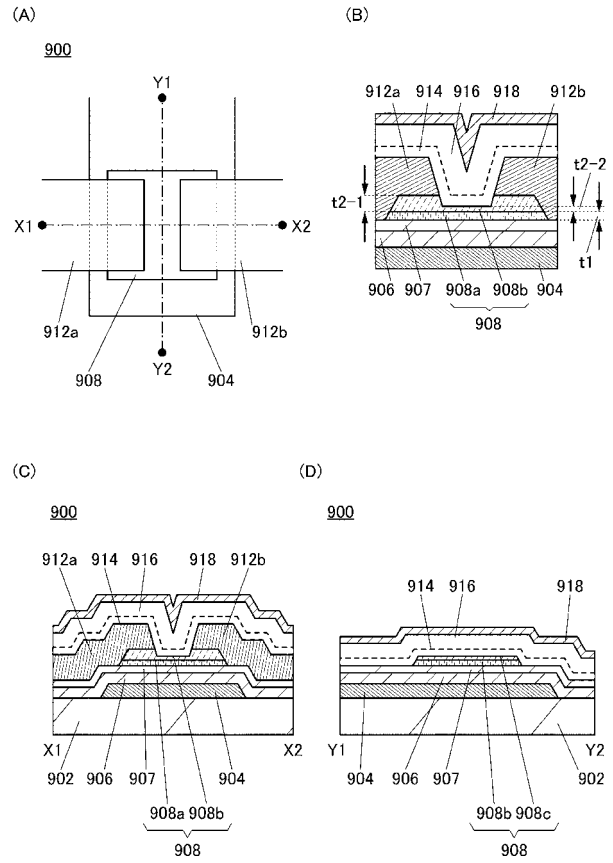
【図 2 3】



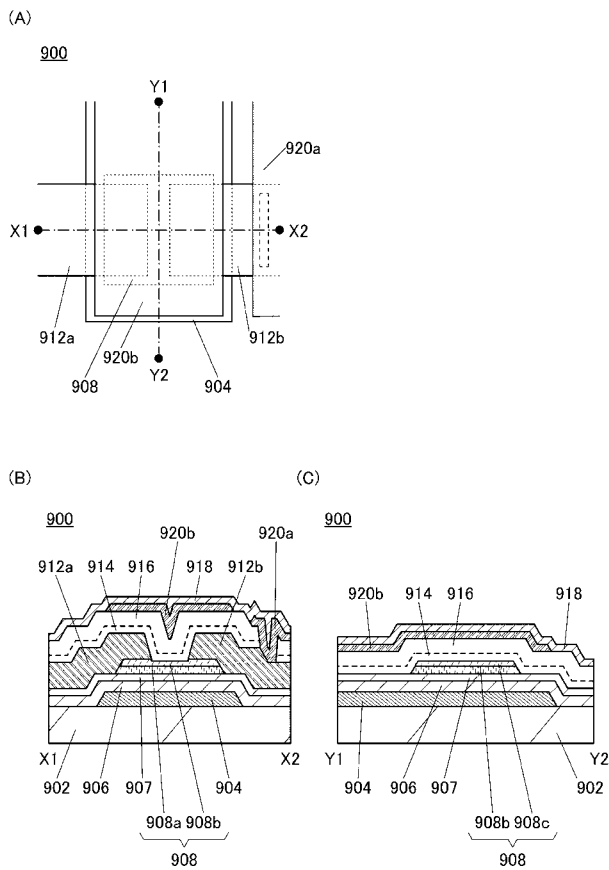
【 図 2 4 】



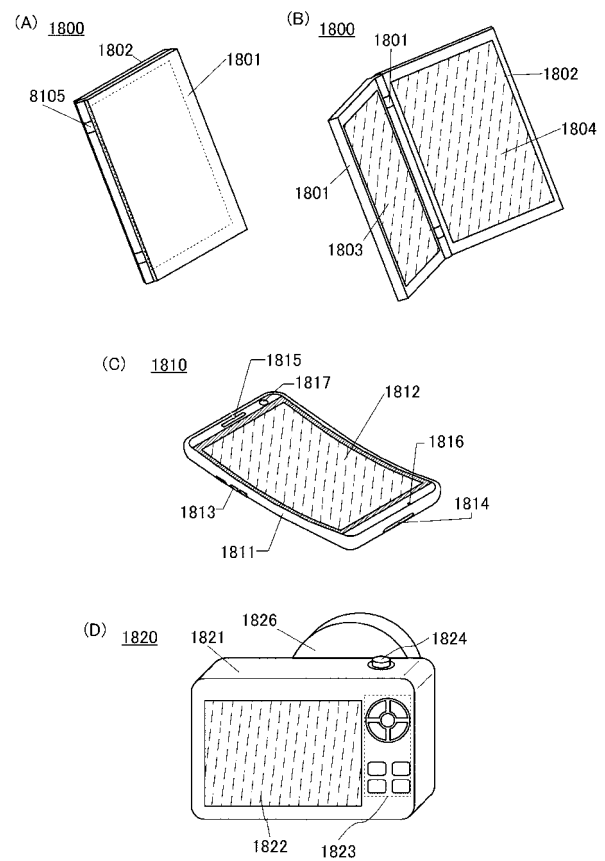
【 図 2 5 】



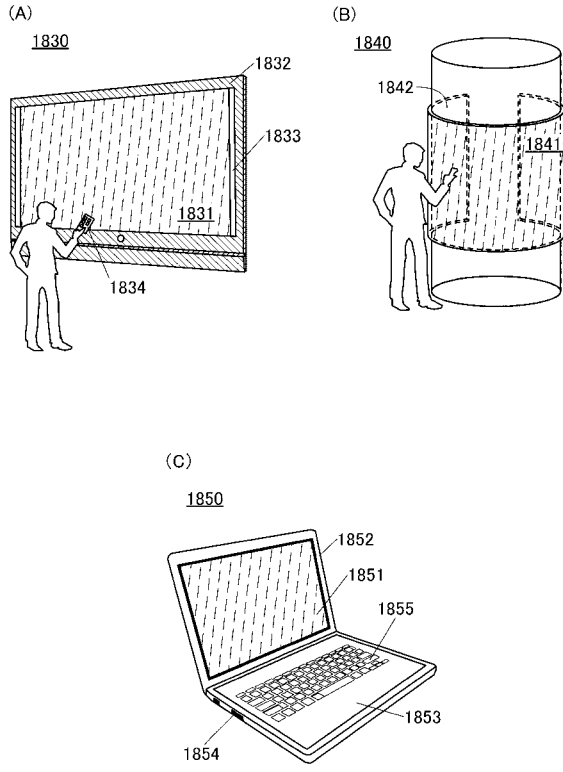
【 図 2 6 】



【 図 2 7 】



【 図 2 8 】



【 図 2 9 】

