



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

表示手段と、検出手段と、制御手段とを備え、  
前記検出手段は、使用者の目の状態を検出して検出情報を取得し、且つ、前記検出情報を前記制御手段に送信し、

前記制御手段は、前記検出情報から前記使用者の疲労情報を抽出し、且つ、前記疲労情報に基づいて、前記表示手段から発する光のうち特定の波長以下の波長の光の輝度を変化させるように、前記表示手段を駆動する、

表示装置。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の表示装置において、  
前記制御手段は、前記疲労情報に基づき、表示のリフレッシュレートを変化させるように、前記表示手段を駆動する、

表示装置。

**【請求項 3】**

請求項 1 または請求項 2 に記載の表示装置において、  
前記制御手段は、設定情報を格納する格納手段をさらに有し、  
前記制御手段は、前記疲労情報と前記設定情報の両方にに基づいて、前記表示手段を駆動する、

表示装置。

**【請求項 4】**

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一に記載の表示装置において、  
前記特定の波長は 420 nm であることを特徴とする、  
表示装置。

**【請求項 5】**

表示手段と、検出手段と、制御手段と、演算装置とを備える表示装置を駆動するためのプログラムであって、

前記検出手段に、使用者の目の状態を検出させて検出情報を取得させ、且つ、前記検出情報を前記制御手段に送信させるステップと、

前記制御手段に、前記検出情報から前記使用者の疲労情報を抽出させ、且つ、前記疲労情報に基づいて、前記表示手段から発する光のうち特定の波長以下の波長の光の輝度を変化させるように、前記表示手段を駆動させるステップと、

を、前記演算装置に実行させるためのプログラム。

**【請求項 6】**

請求項 5 に記載のプログラムにおいて、  
前記制御手段に、前記疲労情報に基づき、表示のリフレッシュレートを変化させるように、前記表示手段を駆動させるステップを、さらに実行させるためのプログラム。

**【請求項 7】**

表示手段と、検出手段と、制御手段と、演算装置と、格納手段とを備える表示装置を駆動するためのプログラムであって、

前記検出手段に、使用者の目の状態を検出させて検出情報を取得させ、且つ、前記検出情報を前記制御手段に送信させるステップと、

前記制御手段に、前記格納手段に予め格納された設定情報の読み出しを行わせるステップと、

前記制御手段に、前記検出情報から前記使用者の疲労情報を抽出させ、且つ、前記疲労情報と前記設定情報の両方にに基づいて、前記表示手段から発する光のうち特定の波長以下の波長の光の輝度を変化させるように、前記表示手段を駆動させるステップと、

を、前記演算装置に実行させるためのプログラム。

**【請求項 8】**

請求項 7 に記載のプログラムにおいて、

10

20

30

40

50

前記制御手段に、前記疲労情報と前記設定情報の両方に基づき、表示のリフレッシュレートを変化させるように、前記表示手段を駆動させるステップを、さらに実行させるためのプログラム。

【請求項 9】

請求項 5 乃至 請求項 8 のいずれか一に記載のプログラムにおいて、

前記特定の波長は 420 nm であることを特徴とする、

プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像を表示する表示装置に関する。また表示装置を駆動するためのプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

液晶表示装置などの表示装置は、テレビジョンの他、パーソナルコンピュータ (PC) のモニタ、ノート型 PC のディスプレイ、携帯情報端末のディスプレイなどに適用されている。

【0003】

一方、短波長の光は観察者の眼精疲労や網膜の損傷に関与するということが知られている。そのため、観察者の目に届く光のうち、短波長の光をカットする方法が検討されている。例えば特許文献 1 には、300 nm から 549 nm の間の波長の光を選択的にブロックするレンズが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】米国特許第 4 878748 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

表示装置を備える電子機器の普及に伴い、使用者が表示装置を長時間継続して見続けることが頻繁になされるようになってきた。表示装置から発せられる光には、使用者の眼精疲労を助長する短波長の光が含まれる。さらにこのような光を目に長時間受け続けた場合には、網膜を損傷してしまう場合もある。そのため、短波長の光をカットするためのレンズを着用するなどの対策を施さない場合には、使用者の健康が害されてしまう恐れがあった。

【0006】

したがって本発明の一態様は、使用者の表示装置の長時間使用における眼精疲労を抑制することを課題の一とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

すなわち、本発明の一態様は、表示手段と、検出手段と、制御手段とを備え、検出手段は、使用者の目の状態を検出して検出情報を取得し、且つ、検出情報を制御手段に送信し、制御手段は、検出情報から使用者の疲労情報を抽出し、且つ、疲労情報に基づいて、表示手段から発する光のうち特定の波長以下の波長の光の輝度を変化させるように、表示手段を駆動する、表示装置である。

【0008】

このような構成とすることで、使用者の目の状態から検出される使用者の疲労状態に応じて、短波長の光の輝度を低減することにより、使用者の眼精疲労や網膜の損傷を抑制することができ、使用者の健康が害されることを抑制することができる。

【0009】

10

20

30

40

50

また、上記本発明の一態様の表示装置において、制御手段は、疲労情報に基づき、表示のリフレッシュレートを変化させるように、表示手段を駆動することが好ましい。

【0010】

また、上記本発明の一態様の表示装置において、制御手段は、設定情報を格納する格納手段をさらに有し、制御手段は、疲労情報と設定情報の両方にに基づいて、表示手段を駆動することが好ましい。

【0011】

また、上記特定の波長は420nmであることがより好ましい。

【0012】

表示のリフレッシュレートを十分に低減することにより、表示部に表示される画像のちらつきが視認されてしまうことを抑制することができる。このような画像のちらつきは、使用者の眼精疲労を助長することとなる。特に、高い周波数で発せられる短波長の光を使用者が視認すると、使用者の目への刺激が相乗的に高まるため眼精疲労がより助長されてしまう。したがって、短波長の光の輝度が低減された表示に対し、さらに十分にリフレッシュレートを低減することにより、使用者の眼精疲労を効果的に抑制することができる。

【0013】

本明細書等において、リフレッシュレート（走査周波数、垂直同期周波数ともいう）とは、表示手段に表示される表示を書き換える頻度（単位時間あたりの回数）のことをいう。

【0014】

また、本発明の一態様は、表示手段と、検出手段と、制御手段と、演算装置とを備える表示装置を駆動するためのプログラムであって、検出手段に、使用者の目の状態を検出させて検出情報を取得させ、且つ、検出情報を制御手段に送信させるステップと、制御手段に、検出情報から使用者の疲労情報を抽出させ、且つ、疲労情報に基づいて、表示手段から発する光のうち特定の波長以下の波長の光の輝度を変化させるように、表示手段を駆動させるステップと、を、演算装置に実行させるためのプログラムである。

【0015】

また、上記本発明の一態様のプログラムにおいて、制御手段に、前記疲労情報に基づき、表示のリフレッシュレートを変化させるように、前記表示手段を駆動させるステップを、さらに有することが好ましい。

【0016】

また、本発明の一態様は、表示手段と、検出手段と、制御手段と、演算装置と、格納手段とを備える表示装置を駆動するためのプログラムであって、検出手段に、使用者の目の状態を検出させて検出情報を取得させ、且つ、検出情報を制御手段に送信させるステップと、制御手段に、格納手段に予め格納された設定情報の読み出しを行わせるステップと、制御手段に、検出情報から使用者の疲労情報を抽出させ、且つ、疲労情報と設定情報の両方にに基づいて、表示手段から発する光のうち特定の波長以下の波長の光の輝度を変化させるように、表示手段を駆動させるステップと、を、演算装置に実行させるためのプログラムである。

【0017】

また、上記本発明の一態様のプログラムにおいて、制御手段に、疲労情報と設定情報の両方にに基づき、表示のリフレッシュレートを変化させるように、表示手段を駆動させるステップを、さらに有することが好ましい。

【0018】

また、上記特定の波長は420nmであることがより好ましい。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、使用者の表示装置の長時間使用における眼精疲労を抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

10

20

30

40

50

- 【図1】本発明の一態様の表示装置の構成例を説明するブロック図。
- 【図2】本発明の一態様の表示装置の動作例に係る輝度の入力・出力特性の例。
- 【図3】本発明の一態様の表示装置の動作例に係るフローチャート。
- 【図4】本発明の一態様の表示装置の構成例を説明するブロック図及び概略図。
- 【図5】本発明の一態様の表示装置の構成例を説明するブロック図。
- 【図6】本発明の一態様の表示装置の構成例を説明するブロック図。
- 【図7】本発明の一態様の表示装置の構成例を説明するブロック図及び回路図。
- 【図8】本発明の一態様の表示装置の構成例を説明するブロック図。
- 【図9】本発明の一態様の表示装置の構成例を説明する図。
- 【図10】本発明の一態様のプログラムを実行する演算装置の構成例を説明する図。 10
- 【図11】本発明の一態様の表示装置を備える電子機器の構成例を説明する図。
- 【図12】実施例に係る、表示部への表示例を説明する図。
- 【図13】実施例に係る、表示部への表示例を説明する図。
- 【図14】実施例に係る、臨界融合周波数の測定結果。
- 【図15】実施例に係る、調節近点距離の測定結果。
- 【発明を実施するための形態】

【0021】 実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。但し、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。なお、以下に説明する発明の構成において、同一部分又は同様な機能を有する部分には同一の符号を異なる図面間で共通して用い、その繰り返しの説明は省略する。 20

【0022】 なお、本明細書で説明する各図において、各構成の大きさ、層の厚さ、または領域は、明瞭化のために誇張されている場合がある。よって、必ずしもそのスケールに限定されない。

【0023】 (実施の形態1) 30  
本実施の形態では、本発明の一態様の表示装置の構成例と、表示装置の駆動方法の一例について、図面を参照して説明する。

【0024】 40  
図1は、本実施の形態で例示する表示装置100の構成例を示すブロック図である。

【0025】 なお、本明細書に添付した図面では、構成要素を機能ごとに分類し、互いに独立したブロックとしてブロック図を示しているが、実際の構成要素は機能ごとに完全に切り分けることが難しく、一つの構成要素が複数の機能に係わることもあり得る。

【0026】 表示装置100は、制御手段101と、表示手段102と、検出手段103と、を備える。

【0027】 制御手段101は、演算装置111と、コントローラ112と、記憶装置113を備える。表示手段102は、画素部116と、駆動回路117と、駆動回路118を備える。検出手段103は、検出器114と、コントローラ115を備える。

【0028】 検出手段103が備える検出器114はコントローラ115によって駆動が制御される。検出器114は使用者の目の状態を検出し、その目の状態の情報(検出情報ともいう)をコントローラ115に出力することができる。

【0029】 使用者の目の状態には、使用者の眼球の動き、眼球を構成する部分(白目、虹彩、瞳孔 50

等)の色または形状、またはまぶたの動きなどが含まれる。

【0030】

検出器114としては、代表的にはカメラを用いることができる。このとき、使用者の眼球の映像をカメラで撮影し、その映像を検出情報としてコントローラ115に出力する。

【0031】

検出器114は、赤外線を放出する光源と、使用者の眼球から反射した赤外線を検出する受光部と、を備える構成としてもよい。赤外線を使用することで、使用者に負担をかけることなく、精度良く使用者の目の状態を検出することができる。

【0032】

コントローラ115は、制御手段101内の演算装置111から入力される制御信号に応じて、検出器114を駆動する。さらにコントローラ115は、検出器114から入力される検出情報を制御手段101内の演算装置111に出力する。

【0033】

制御手段101が備えるコントローラ112は、演算装置111によってその動作が制御され、駆動回路117及び駆動回路118に、映像信号、同期信号等を含む駆動信号を出力する。

【0034】

なお、演算装置111とコントローラ112の間にDAコンバータを設けてもよい。または、コントローラ112と駆動回路117または駆動回路118の間にDAコンバータを設ける構成としてもよい。

【0035】

駆動回路117及び駆動回路118は、画素部116内の画素を駆動することにより、画素部116に画像を表示させることができる。

【0036】

演算装置111には、映像信号Sが入力される。映像信号Sは圧縮や符号化がなされた信号であり、演算装置111はこの信号のデコードを行うことができる。演算装置111は、例えば解像度のアップコンバートに伴う画素間補完、フレーム周波数のアップコンバートに伴うフレーム間補完などの処理や、ノイズ除去処理、階調変換処理、色調補正処理などの画像処理を行う機能を有していてもよい。

【0037】

また演算装置111は、表示手段102を駆動するコントローラ112の動作を制御することができる。例えば、演算装置111はコントローラ112に対してデコード後の映像信号や同期信号等を出力することにより、コントローラ112の動作を制御する。また演算装置111は記憶装置113内に格納された情報を読み出す、または記憶装置113に情報を書き込むことができる。

【0038】

ここで、演算装置111は、検出手段103から入力された検出情報に基づいて使用者の疲労情報を抽出し、該疲労情報に基づいて、表示手段102から発する光のうち特定の波長以下の波長の光の輝度を変化させるように、表示手段102を駆動するように、コントローラ112の動作を制御する。

【0039】

表示手段102から発する光の輝度を変化させる方法としては、例えば、コントローラ112に出力する映像信号として、映像信号Sに含まれる特定の波長以下の色の出力レベルに対して補正をかけた信号を出力することにより実現できる。

【0040】

例えば映像信号Sに、R(赤色)、G(緑色)、B(青色)の3色の輝度情報が含まれている場合には、Bの出力輝度を変化させる補正をかけることにより、短波長領域の光の輝度を変化させることができる。このとき、Bの輝度情報を一様に変化させるように補正を行ってもよいし、Bの輝度情報のうち所定の輝度以上の輝度を出力しないような補正を

10

20

30

40

50

行ってもよいし、コントラスト値を変化させるように補正を行ってもよい。

【0041】

図2に、映像信号Sに輝度を低下させるような補正をかけた場合の、輝度の入力・出力特性の例を示す。ここでは、輝度を256階調に分割した場合の特性を示している。

【0042】

図2(A)は、入力輝度に対する出力輝度の傾きを小さくするように補正をかけた場合の輝度の入力・出力特性である。このような補正をかけると、低輝度側から高輝度側まで一様に輝度を低下させることができる。図2(B)は、所定の輝度以上の輝度を出力しないように補正をかけた場合の入力・出力特性である。このような補正をかけると、所定の輝度よりも低輝度側では色調の変化を伴わないと表示を自然なものとすることができる。図2(C)は、図2(A)と同様に入力輝度に対する出力輝度の傾きを小さくする補正をかけた場合の輝度の入力・出力特性であるが、高輝度側の輝度を低下させると共に、低輝度側の輝度を上昇させるようにした点で図2(A)とは異なる。このような補正は、表示のコントラストを低下させる補正に相当する。

10

【0043】

このような補正は、少なくとも映像信号Sに含まれる最も短波長の色の信号(例えばB)に対して行う。また、映像信号Sに含まれる全ての色の信号(例えば、R、G、B)に対して補正をかけることもでき、その場合には補正に伴う表示の色調の変化を自然なものとすることができる。

20

【0044】

補正により、280nm以上500nm以下、好ましくは280nm以上420nm以下の波長を含む光の輝度を変化させることができ。280nm以上420nm以下の波長を含む光の輝度を変化させることができ。

20

【0045】

液晶表示装置などの表示装置では、表示面側にガラス基板が用いられる場合が多く、ガラス材料を透過した光を使用者が観察する。ガラス材料の多くは280nm以下の波長の光に対する透過率が極めて低いため、表示装置から280nm以下の波長の光が使用者の目に届くことはほとんどない。

30

【0046】

また、500nm以下の波長の光、特に420nm以下の波長の光はエネルギーが高く、目の角膜や水晶体で吸収されずにその一部が網膜まで到達するため、眼精疲労を誘発する。またこのような波長の光は、長期的な網膜への影響(例えば、加齢黄斑変性など)や、夜中までこのような波長の光に暴露された際の概日リズム(サークadian rhythm: Circadian rhythm)への悪影響を引き起こす場合もある。特に虹彩の色が薄い人の場合には、短波長の光を吸収するメラニン色素の虹彩に含まれる割合が少ないため、このような光の影響をより強く受けやすい。またこのような波長の光は散乱しやすいため、例えば画素部に表示された文字や画像がぼやけて視認されやすく、これにピントを合わせるために瞳孔を収縮させる毛様体筋を刺激して眼精疲労を誘発する。したがって、このような波長の光の輝度を低下させることにより、使用者の眼精疲労を効果的に抑制することができる。

30

【0047】

続いて、演算装置111が抽出する疲労情報について説明する。使用者の疲労情報としては、例えば使用者の注視期間の長さ、所定時間あたりの瞬きの回数などを用いることができる。このほか、眼球の振動(眼振、眼球振とう、ともいう)の振幅や振動数、眼球の充血度、瞳孔の面積、まぶた等の痙攣の頻度などを疲労情報として用いることができる。また、使用者が長時間(例えば1秒以上)まぶたをとじる仕草や、指等で目を押さえる仕草など、疲労に伴って生理的に行われやすい仕草、またはその頻度を疲労情報として用いることもできる。演算装置111は、検出情報に含まれるこのような疲労情報をデータとして抽出する。

40

【0048】

記憶装置113内にはLUT(ルックアップテーブル)119が予め格納されている。

50

LUT119は、表示手段102から発する特定の波長以下の波長の光の輝度を変化させるための補正データと、疲労情報のデータとを対応させたデータ構造を有する。このようなLUT119は、複数の被験者に対してテストを行うことで得たデータを基に統計的に算出したものを用いればよい。

【0049】

LUT119に含まれる補正データの一例としては、例えば、図2で示したような入力-出力特性を規定するパラメータなどがある。

【0050】

演算装置111は、抽出した疲労情報のデータとLUT119とを照合し、対応する補正データを取得する。その後、取得した補正データに基づいて表示手段102から発する特定の波長以下の波長の光の輝度を変化させるように、コントローラ112を制御する。

10

【0051】

ここで、演算装置111が抽出する疲労情報は、使用者の疲労状態に応じて段階的にレベル（疲労レベル）が設定されることが好ましい。このとき、各疲労レベルに対応した補正データに基づいて、輝度の補正を行う。例えば、使用者の疲労が軽微な場合と重篤な場合とで、低下させる輝度の割合を変化させる。

【0052】

また、使用者の疲労状態が一定期間継続された場合に、段階的に補正データを更新する構成としてもよい。例えば、使用者の疲労が改善されない状態が一定期間継続した場合に、低下させる輝度の割合を段階的に大きくしていく。

20

【0053】

このように、使用者の疲労レベルや疲労状態の継続期間に応じて、段階的に補正を強めるように動作することにより、長時間の使用であっても、使用者の疲労の蓄積を緩和させる、さらには疲労を改善させることができる。

【0054】

なお、使用者の疲労が検出された場合に、輝度の補正を行うことと併せて表示手段に、使用者が疲労していることを知らせるための表示を行ってもよい。表示手段にこのような表示を行うことにより、使用者の表示装置の使用の休止などを促すことができ、眼精疲労の蓄積を防止することができる。

30

【0055】

続いて、表示装置100の動作の手順の例について説明する。図3は、表示装置100の動作に係るフローチャートである。

【0056】

ステップ10において、表示装置100の動作が開始される。

【0057】

ステップ11において、検出器114が検出情報を取得する。さらにコントローラ115を介して演算装置111に検出情報を出力する。

【0058】

ステップ12において、演算装置111は検出情報から疲労情報をデータとして抽出する。

40

【0059】

ステップ13において、演算装置111は記憶装置113内に格納されたLUT119と、疲労情報のデータとを照合し、LUT119に疲労情報のデータに対応する補正データが存在した場合には、これを取得する。一方、疲労情報のデータに対応する補正データが存在しない（補正を必要としない）場合には、補正データの取得は行わず、ステップ15に移行する。

【0060】

ステップ14において、演算装置111は、入力される映像信号Sに対して、補正データに基づく補正を行い、補正後の映像信号を生成する。このとき演算装置111は、映像信号Sに対して上述の画像処理を施してもよい。

50

## 【0061】

ステップ15において、演算装置111は、生成した映像信号を含む駆動信号をコントローラ112に出力する。コントローラ112は該駆動信号に基づいて駆動回路117及び駆動回路118を駆動し、画素部116に画像が表示される。

## 【0062】

ステップ15の後、ステップ11から動作を繰り返す。

## 【0063】

以上が表示装置100の動作例についての説明である。

## 【0064】

本実施の形態で例示した表示装置100は、使用者の目の状態から検出される使用者の疲労状態に応じて、短波長の光の輝度を低減することにより、使用者の眼精疲労や網膜の損傷を抑制することができ、使用者の健康が害されることを抑制することができる。

10

## 【0065】

## [変形例1]

以下では、上記で例示した表示装置100と構成の一部が異なる表示装置の構成例について説明する。なお、上記と重複する部分については説明を省略する場合がある。

## 【0066】

図4(A)に示す表示装置150は、液晶表示装置の一例である。表示装置150は表示手段102にバックライト121を備える点、及び制御手段101にコントローラ122を備える点で、表示装置100と相違している。

20

## 【0067】

バックライト121は、異なる2以上の色の光を発し、それぞれの色の輝度を独立して制御可能なものであることが好ましい。ここで、バックライト121はR(赤色)、G(緑色)、B(青色)の3色、またはそれ以上の色の光を発することが好ましい。

## 【0068】

また、輝度を変化させる色のみを独立して制御可能な構成としてもよい。例えば、B(青色)と、B(青色)の補色となる2色の光(例えばR(赤色)、G(緑色))を発する構成とし、B(青色)の光の輝度と、それ以外の2色の光の輝度とを、それぞれ個別に制御可能な構成としてもよい。

30

## 【0069】

図4(B)はバックライト121の構成の一例を示す概略図である。バックライト121は、赤色の光を呈する光源123r、緑色の光を呈する光源123g、青色の光を呈する光源123bをそれぞれ複数有している。また、拡散板124が光源123r、123g、123bに重ねて設けられている。

## 【0070】

光源123r、123g、123bがそれぞれ所定の輝度で発光することにより、バックライト121から白色の発光を得ることができる。また、光源123r、123g、123bのそれぞれの輝度を変化させることにより、様々な発光色を得ることができる。

## 【0071】

光源123r、123g、123bとしては、例えば発光ダイオード(LED:Light Emitting Diode)や、有機EL素子、無機EL素子等の発光素子を用いることができる。

40

## 【0072】

拡散板124は、各光源からの発光を拡散する目的で設けられ、拡散板124を設けることによりバックライト121から輝度分布が改善された面発光を得ることができる。

## 【0073】

制御手段101が備えるコントローラ122は、バックライト121の駆動を制御することができる。より具体的には、コントローラ122は、バックライト121が発する複数の色の輝度をそれぞれ独立に制御することができる。コントローラ122は、演算装置111によってその動作が制御される。

50

## 【0074】

演算装置111は、検出情報から抽出した疲労情報に基づいて、バックライト121からの発光のうち、特定の波長以下の光の輝度を変化させるように、コントローラ122の動作を制御する。例えば、使用者の疲労を検出した場合に、バックライト121からの発光のうち、最も短波長側の発光色（例えばB）の輝度を低下させるように、コントローラ122の動作を制御する。

## 【0075】

このような構成とすることにより、より容易に、表示手段102から発する特定の波長以下の波長の光の輝度を制御することができる。

## 【0076】

なお、演算装置111は、上述した映像信号Sの補正の動作をバックライト121の駆動の制御と同時に行う構成としてもよい。

10

## 【0077】

以上が本変形例の説明である。

## 【0078】

## [変形例2]

以下では、上記で例示した表示装置100と構成の一部が異なる表示装置の別の構成例について説明する。なお、上記と重複する部分については説明を省略する場合がある。

## 【0079】

図5に示す表示装置160は、記憶装置113内に設定情報125が格納されている点で、表示装置100と相違している。

20

## 【0080】

設定情報125は、演算装置111の処理を規定するための情報を含む。例えば、使用者の疲労状態に基づいて、表示手段102からの発光輝度を変化させる処理を行うか否かを規定する情報を含む。また設定情報125には、発光輝度を変化させる割合、輝度を変化させる色の指定、疲労状態の検出頻度や、疲労状態の判定のしきい値などを設定するパラメータを含んでいてもよい。

## 【0081】

設定情報125に含まれる情報は、使用者が自由に変更可能であることが好ましい。例えば、表示手段102に表示される画像として、記憶装置113内に格納される設定情報125の内容を参照可能な構成とし、図示しない入力手段によって、使用者が設定情報の内容を変更可能な構成とすればよい。

30

## 【0082】

演算装置111は、記憶装置113内に格納された設定情報125を読み出すことができる。例えば、表示装置160の起動時や、設定情報125が更新された時に読み出しを行えばよい。

## 【0083】

演算装置111は、設定情報125と、検出情報から抽出した疲労情報の両方に基づいて、処理を実行する。

40

## 【0084】

このように、演算装置111の処理を行う条件などを使用者が予め設定できるようにすることで、表示手段102から発する光の輝度の変化を使用者の許容する範囲内に設定でき、使用者にストレスを感じさせずに効果的に眼精疲労を抑制することができる。

## 【0085】

なお、表示装置160に変形例1で例示したバックライト121及びコントローラ122を備える構成とし、演算装置111が設定情報125に基づいてバックライト121の発光輝度を変化させる構成としてもよい。

## 【0086】

以上が本変形例の説明である。

## 【0087】

50

## [ 变形例 3 ]

本变形例では、上記とは異なる駆動が可能な表示装置について説明する。なお、上記と重複する部分については、説明を省略する場合がある。

## 【 0 0 8 8 】

本变形例で例示する表示装置は、検出情報から抽出した疲労情報に基づき、表示手段102からの表示のリフレッシュレート（走査周波数、垂直同期周波数ともいう）を変更することができる。より具体的には、所定のリフレッシュレートで動作する第1のモードと、これよりも低いリフレッシュレートで動作する第2のモードとを切り換えることができる。

## 【 0 0 8 9 】

表示の切り替えに伴うちらつきは、使用者の眼精疲労を誘発する場合がある。したがって使用者の疲労を検知した時に、リフレッシュレートが極めて低い表示を行うことで、表示の切り替えに伴うちらつきが抑制され、使用者の疲労の蓄積を緩和、さらには改善させることができる。

## 【 0 0 9 0 】

第1のモードにおけるリフレッシュレートは30Hz以上、好ましくは60Hz以上960Hz未満とすることができる。リフレッシュレートを使用者が信号の書き換え動作毎に変化する画像の変化を識別できない程度に設定することで、動画像をなめらかに表示することができる。

## 【 0 0 9 1 】

第2のモードにおけるリフレッシュレートは、 $1.16 \times 10^{-5}$ Hz（1日に約1回の頻度）以上10Hz以下、好ましくは $2.78 \times 10^{-4}$ Hz（1時間に約1回の頻度）以上1Hz以下とすることができる。このように極めて低いリフレッシュレートに設定することで、実質的にちらつきを生じない表示を実現できる。

## 【 0 0 9 2 】

なお、プログレッシブ方式を用いた表示方法の場合、リフレッシュレートはフレームレートと同じ値となるが、インターレース方式を用いた表示方法の場合では、リフレッシュレートとフレームレートとは異なる値をとる。

## 【 0 0 9 3 】

表示される画像が静止画の場合には、第2のモードを適用することによりちらつきの生じない表示を行うことができる。一方表示される画像が動画の場合には、第2のモードから第1のモードに移行することで、なめらかな動画表示を実現する。このように、使用者の疲労を検出した場合に、表示される画像に応じて第1のモードと第2のモードとを併用する駆動を行うことにより、使用者にストレスを感じさせることなく効果的に眼精疲労を抑制することができる。なお、使用者の疲労が検出されない、または疲労が軽微な場合であっても、このように2つのモードを併用する駆動を行うことにより、眼精疲労の発生または悪化を効果的に抑制できる。

## 【 0 0 9 4 】

ここで第2のモードにおいて、画像の書き換え動作を、使用者の瞬きの動作と同時にを行うことが好ましい。使用者が瞬きをするのと同時に画像を書き換えることにより、画像の書き換えに伴うちらつきを、使用者が視認することができなくなるため、眼精疲労をより効果的に抑制できる。

## 【 0 0 9 5 】

例えば、図1で例示した表示装置100の構成の場合には、演算装置111は、検出器114によって撮影された使用者の眼球を含む映像から、使用者の瞬きの動作が開始されたことを検出し、画素部116に表示する画像の書き換え動作を実行するようにコントローラ112を駆動させることにより、実現できる。使用者の瞬きの動作が開始されるタイミングは、使用者のまぶたの動きを検知することなどにより検出することができる。

## 【 0 0 9 6 】

このような極めて低いリフレッシュレートでの駆動が可能な表示装置の詳細な構成につ

10

20

30

40

50

いては、実施の形態 2 で説明する。

【0097】

なお、第 2 のモードのリフレッシュレートとして、第 1 のモードのリフレッシュレートよりも高い値を用いることもできる。極めて高いリフレッシュレートで表示の書き換えを行うことにより、使用者が視認するちらつきを低減し、眼精疲労の蓄積を抑制できる。この場合、例えば第 1 のモードのリフレッシュレートを 30 Hz 以上 75 Hz 未満とし、第 2 のモードのリフレッシュレートを 75 Hz 以上 960 Hz 未満とすればよい。

【0098】

以上が本変形例についての説明である。

【0099】

ここで、表示される映像について説明する。表示の素早い切り替えは、使用者が意識しないうちに眼精疲労を誘発する場合がある。表示の切り替えとしては、例えば、異なるシーンの切り替えや、異なる静止画を切り換える場合などが含まれる。

【0100】

そのため、表示される映像として、不連続な画像が切り替わる際には、瞬間的に表示を切り換えるのではなく、緩やかに（静かに）、自然に画像が切り替わるように、表示することが好みしい。例えば、不連続な第 1 の画像から第 2 の画像に表示が切り替わる場合に、フェードイン、フェードアウトなどの手法を用いることが好みしい。特に、第 1 の画像がフェードアウトすると同時に、第 2 の画像がフェードインする（クロスフェードともいう）ように、両者の画像を一時的にオーバーラップさせるようにして、表示を切り換えることが好みしい。

【0101】

本実施の形態は、本明細書中に記載する他の実施の形態と適宜組み合わせて実施することができる。

【0102】

（実施の形態 2）

本実施の形態では、リフレッシュレートを変更可能な、表示機能を有する半導体装置（表示装置ともよぶ）及びその駆動方法の一例について、図面を参照して説明する。

【0103】

図 6 は、本実施の形態で例示する表示装置の構成を説明するブロック図である。

【0104】

<1. 表示装置の構成>

図 6 に例示する表示装置 600 は、制御手段 610 と、表示手段 630 を少なくとも備える。表示手段 630 は、画素部 631 と、入力される第 1 の駆動信号（S 信号ともいう）633\_S を保持し、S 信号 633\_S に応じて画素部 631 に画像を表示する表示素子 635 を含む画素回路 634 と、S 信号 633\_S を画素回路 634 に出力する第 1 の駆動回路（S 駆動回路ともいう）633 と、画素回路 634 を選択する第 2 の駆動信号（G 信号ともいう）632\_G を画素回路 634 に出力する第 2 の駆動回路（G 駆動回路ともいう）632 と、を有する。

【0105】

そして、G 駆動回路 632 は、G 信号 632\_G を画素に 1 秒間に 30 回以上の頻度、好みしくは 1 秒間に 60 回以上 960 回未満の頻度で出力する第 1 のモードと、1 日に 1 回以上 1 秒間に 0.1 回未満の頻度、好みしくは 1 時間に 1 回以上 1 秒間に 1 回未満の頻度で出力する第 2 のモードを備える。

【0106】

なお、G 駆動回路 632 は、入力されるモード切り替え信号に応じて第 1 のモードと第 2 のモードとを切り替える。

【0107】

また、画素回路 634 は画素 631\_p に設けられ、画素 631\_p は画素部 631 に複数設けられ、画素部 631 は表示手段 630 に設けられている。

10

20

30

40

50

## 【0108】

制御手段 610 は演算装置 620 を備える。演算装置 620 は制御信号 625\_C と画像信号 625\_V を出力する。

## 【0109】

制御手段 610 はコントローラ 638 を備え、コントローラ 638 は S 駆動回路 633 と G 駆動回路 632 を制御する。

## 【0110】

表示素子 635 に液晶素子を適用する場合、バックライト 650 を表示手段 630 に設ける。バックライト 650 は液晶素子が設けられた画素部 631 に光を供給する。

## 【0111】

表示装置 600 は、画素部 631 に設けられた複数の画素回路 634 から一を選択する頻度を、G 駆動回路 632 が出力する G 信号 632\_G を用いて変えることができる。その結果、表示装置 600 として使用する者へ与えうる目の疲労が低減された表示機能を有する表示装置を提供することができる。

10

## 【0112】

なお、本明細書に添付した図面では、構成要素を機能ごとに分類し、互いに独立したブロックとしてブロック図を示しているが、実際の構成要素は機能ごとに完全に切り分けることが難しく、一つの構成要素が複数の機能に係わることもあり得る。

## 【0113】

なお、本明細書においてトランジスタが有するソースとドレインは、トランジスタの極性及び各端子に与えられる電位の高低によって、その呼び方が入れ替わる。一般的に、n チャネル型トランジスタでは、低い電位が与えられる端子がソースと呼ばれ、高い電位が与えられる端子がドレインと呼ばれる。また、p チャネル型トランジスタでは、低い電位が与えられる端子がドレインと呼ばれ、高い電位が与えられる端子がソースと呼ばれる。本明細書では、便宜上、ソースとドレインとが固定されているものと仮定して、トランジスタの接続関係を説明する場合があるが、実際には上記電位の関係に従ってソースとドレインの呼び方が入れ替わる。

20

## 【0114】

本明細書においてトランジスタのソースとは、活性層として機能する半導体膜の一部であるソース領域、或いは上記半導体膜に接続されたソース電極を意味する。同様に、トランジスタのドレインとは、上記半導体膜の一部であるドレイン領域、或いは上記半導体膜に接続されたドレイン電極を意味する。また、ゲートはゲート電極を意味する。

30

## 【0115】

本明細書においてトランジスタが直列に接続されている状態とは、例えば、第 1 のトランジスタのソースまたはドレインの一方のみが、第 2 のトランジスタのソースまたはドレインの一方のみに接続されている状態を意味する。また、トランジスタが並列に接続されている状態とは、第 1 のトランジスタのソースまたはドレインの一方が第 2 のトランジスタのソースまたはドレインの一方に接続され、第 1 のトランジスタのソースまたはドレインの他方が第 2 のトランジスタのソースまたはドレインの他方に接続されている状態を意味する。

40

## 【0116】

本明細書において接続とは、電気的な接続を意味しており、電流、電圧または電位が、供給可能、或いは伝送可能な状態に相当する。従って、接続している状態とは、直接接続している状態を必ずしも指すわけではなく、電流、電圧または電位が、供給可能、或いは伝送可能であるように、配線、抵抗、ダイオード、トランジスタなどの回路素子を介して間接的に接続している状態も、その範疇に含む。

## 【0117】

本明細書において回路図上は独立している構成要素どうしが接続されている場合であっても、実際には、例えば配線の一部が電極として機能する場合など、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ある。本明細書において接続とは、このような

50

、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。

【0118】

以下に、本発明の一態様の表示装置を構成する個々の要素について説明する。

【0119】

<2-1. 表示手段>

表示手段630は、各画素に表示素子635を有する画素部631と、S駆動回路633、G駆動回路632などの駆動回路を有する。画素部631は、表示素子635が設けられた画素631pを、複数有する(図6参照)。

【0120】

表示手段630に入力される画像信号625\_Vは、S駆動回路633に与えられる。また、電源電位、制御信号625\_Cは、S駆動回路633及びG駆動回路632に与えられる。

【0121】

なお、制御信号625\_Cには、S駆動回路633の動作を制御するS駆動回路用のスタートパルス信号SP、S駆動回路用のクロック信号CK、ラッチ信号LP、G駆動回路632の動作を制御するG駆動回路用のスタートパルス信号SP、G駆動回路用のクロック信号CK、パルス幅制御信号PWCなどが含まれる。

【0122】

表示手段630の構成の一例を図7(A)に示す。

【0123】

図7(A)に示す表示手段630には、画素部631に、複数の画素631pと、画素631pを行毎に選択するための複数の走査線Gと、選択された画素631pに画像信号625\_Vから生成されたS信号633\_Sを供給するための複数の信号線Sとが設けられている。

【0124】

走査線GへのG信号632\_Gの入力は、G駆動回路632により制御されている。信号線SへのS信号633\_Sの入力は、S駆動回路633により制御されている。複数の画素631pは、走査線Gの少なくとも一つと、信号線Sの少なくとも一つとに、それぞれ接続されている。

【0125】

なお、画素部631に設けられる配線の種類及びその数は、画素631pの構成、数及び配置によって決めることができる。具体的に、図7(A)に示す画素部631の場合、x列×y行の画素631pがマトリクス状に配置されており、信号線S1乃至信号線Sx、走査線G1乃至走査線Gyが、画素部631内に配置されている場合を例示している。

【0126】

<2-1-1. 画素>

各画素631pは、表示素子635と、当該表示素子635を含む画素回路634を有する。

【0127】

<2-1-2. 画素回路>

本実施の形態では、画素回路634の一例として、液晶素子635\_LCを表示素子635に適用する構成を図7(B)に示す。

【0128】

画素回路634は、液晶素子635\_LCへのS信号633\_Sの供給を制御するトランジスタ634tを有する。トランジスタ634tと液晶素子635\_LCの接続関係の一例について説明する。

【0129】

トランジスタ634tのゲートが、走査線G1から走査線Gyのいずれか1つに接続されている。トランジスタ634tのソース及びドレインの一方は、信号線S1から信号線Sxのいずれか1つに接続され、トランジスタ634tのソース及びドレインの他方は、

10

20

30

40

50

液晶素子 635LC の第 1 電極に接続されている。

【0130】

なお、画素 631p は、必要に応じて液晶素子 635LC の第 1 電極と第 2 電極間の電圧を保持するための容量素子 634c の他、トランジスタ、ダイオード、抵抗素子、容量素子、インダクタなどのその他の回路素子を有していてもよい。

【0131】

図 7 (B) に例示する画素 631p は、S 信号 633\_S の画素 631p への入力を制御するスイッチング素子として、一のトランジスタ 634t を用いる。ただし、一のスイッチング素子として機能する、複数のトランジスタを画素 631p に用いていてもよい。複数のトランジスタが一のスイッチング素子として機能する場合、上記複数のトランジスタは並列に接続されていてもよいし、直列に接続されていてもよいし、直列と並列が組み合わされて接続されていてもよい。

10

【0132】

なお、容量素子 634c の大きさは適宜調整すればよい。例えば、第 2 のモードにおいて、S 信号 633\_S を比較的長い期間（具体的には、1 / 60 sec 以上）保持する場合には、適切な大きさの容量素子 634c を設ける。または、容量素子 634c 以外の構成を用いて、画素回路 634 の容量を調節してもよい。例えば、液晶素子 635LC の第 1 の電極と第 2 の電極を重ねて設ける構成により、実質的に容量素子を形成してもよい。

【0133】

なお、画素回路 634 は、表示素子 635 の種類、または駆動方法に応じた構成を選択して用いることができる。

20

【0134】

<2-1-2a. 表示素子>

液晶素子 635LC は、第 1 電極および第 2 電極並びに第 1 電極と第 2 電極の間の電圧が印加される液晶材料を含んだ液晶層を有している。液晶素子 635LC は、第 1 電極と第 2 電極の間に与えられる電圧の値に従って、液晶分子の配向が変化して、透過率が変化する。よって、表示素子 635 は、S 信号 633\_S の電位によってその透過率が制御されることで、階調を表示することができる。

【0135】

なお、表示素子 635 は液晶素子 635LC に限られず、例えば電場を加えることでルミネッセンス (Electroluminescence) が発生する OLED 素子や、電気泳動を用いる電子インクなど、さまざまな表示素子を適用できる。

30

【0136】

<2-1-2b. トランジスタ>

トランジスタ 634t は、表示素子 635 の第 1 電極に、信号線 S の電位を与えるか否かを制御する。表示素子 635 の第 2 電極には、所定の基準電位 Vcom が与えられている。

【0137】

なお、本発明の一態様の表示装置の駆動方法を適用することができる表示装置に好適なトランジスタとして酸化物半導体を用いたトランジスタを適用することができる。酸化物半導体を用いたトランジスタの詳細については、実施の形態 3 及び実施の形態 4 で説明する。

40

【0138】

<2-2. コントローラ>

コントローラ 638 は、演算装置 620 に生成された画像信号 625\_V を表示手段 630 に送る（図 6 参照）。

【0139】

コントローラ 638 は、垂直同期信号、水平同期信号などの同期信号を用いて、スタートパルス信号 SP、ラッチ信号 LP、パルス幅制御信号 PWC などの制御信号を生成し、表示手段 630 に供給する機能を有する。なお、表示手段 630 には、クロック信号 CK

50

などの制御信号も供給される。

【0140】

また、反転制御回路をコントローラ638に設け、コントローラ638が、反転制御回路が通知するタイミングに従って、画像信号625\_Vの極性を反転させる機能を備える構成とすることもできる。具体的に、画像信号625\_Vの極性の反転は、コントローラ638において行われてもよいし、コントローラ638からの命令に従って、表示手段630内で行われてもよい。

【0141】

反転制御回路は、画像信号625\_Vの極性を反転させるタイミングを、同期信号を用いて定める機能を有する。例示する反転制御回路は、カウンタと、信号生成回路とを有する。

【0142】

カウンタは、水平同期信号のパルスを用いてフレーム期間の数を数える機能を有する。

【0143】

信号生成回路は、カウンタにおいて得られたフレーム期間の数の情報を用いて、連続する複数フレーム期間ごとに画像信号625\_Vの極性を反転させるべく、画像信号625\_Vの極性を反転させるタイミングを、コントローラ638に通知する機能を有する。

【0144】

<2-3.演算装置>

演算装置620は、表示手段630に入力する画像信号625\_Vを生成する。なお、画像信号625\_Vをコントローラ638に直接入力する構成を有していてもよい。

【0145】

また、演算装置620が、モード切り替え信号を含む制御信号625\_Cを出力し、当該制御信号625\_Cに含まれるモード切り替え信号が、G駆動回路632に入力される構成としてもよい。

【0146】

例えば入力手段500から入力される画像切り替え信号500\_Cに応じて、演算装置620がモード切り替え信号を含む制御信号625\_Cを出力してもよい。

【0147】

画像切り替え信号500\_Cが、入力手段500から入力されると、第2のモードのG駆動回路632に、コントローラ638を介して、モード切り替え信号が入力され、G駆動回路632は第2のモードから第1のモードに切り替わり、G信号632\_Gを1回以上出力し、その後前記第2のモードに切り替わる。

【0148】

また、演算装置620が表示手段630に出力する画像信号625\_Vが動画像か静止画像かを判別し、当該画像信号625\_Vが動画像である場合に、第1のモードを選択する切り替え信号を、静止画像である場合は第2のモードを選択する切り替え信号を、当該演算装置620が出力する構成としてもよい。

【0149】

なお、動画像が静止画像かを判別する方法としては、画像信号625\_Vに含まれる一つのフレームとその前後のフレームの信号の差分が、あらかじめ定められた差分より大きいときに動画像と、それ以下のとき静止画像と、判別すればよい。

【0150】

また、第2のモードから第1のモードに切り替わったとき、G信号632\_Gを1回以上の所定の回数出力し、その後第2のモードに切り替わる構成としてもよい。

【0151】

<2-4.バックライト>

バックライト650には、複数の光源が設けられている。コントローラ638は、バックライト650が有する光源の駆動を制御する。コントローラ638とバックライト650の間に、光源の駆動を制御する制御回路を設けてもよい。

10

20

30

40

50

## 【0152】

バックライト650の光源としては、冷陰極蛍光ランプ、発光ダイオード（LED）、電場を加えることでルミネッセンス（Electroluminescence）が発生するOLED素子などを用いることができる。

## 【0153】

特に、光源が発する青色の光の強度を他の色の光の強度より弱めた構成が好ましい。光源が発する光に含まれる青色を呈する光は、眼の角膜や水晶体で吸収されずに、網膜まで到達するため、光源が発する青色の光の強度を他の色の光の強度より弱めた構成とすることで、長期的な網膜への影響（例えば、加齢黄斑変性など）や、夜中まで青色の光に暴露された際の概日リズム（サークadian・リズム：Circadian rhythm）への悪影響などを低減できる。10

## 【0154】

## &lt;3-1. S信号の画素部への書き込み方法&gt;

図7（A）に例示する画素部631に、S信号633\_Sを書き込む方法の一例を説明する。具体的には、S信号633\_Sを、画素部631の、図7（B）に例示する画素回路を備える画素631pのそれぞれに書き込む方法を説明する。

## 【0155】

## &lt;画素部への信号の書き込み&gt;

第1フレーム期間において、走査線G1にパルスを有するG信号632\_Gが入力されることで、走査線G1が選択される。選択された走査線G1に接続された複数の各画素631pにおいて、トランジスタ634tが導通状態になる。20

## 【0156】

トランジスタ634tが導通状態の時（1ライン期間）に、信号線S1から信号線Sxに画像信号625\_Vから生成したS信号633\_Sの電位が与えられる。そして、導通状態のトランジスタ634tを介して、S信号633\_Sの電位に応じた電荷が容量素子634cに蓄積され、S信号633\_Sの電位が液晶素子635LCの第1電極に与えられる。

## 【0157】

第1フレーム期間の走査線G1が選択されている期間において、正の極性のS信号633\_Sが全ての信号線S1乃至信号線Sxに、順に入力される。走査線G1と、信号線S1乃至信号線Sxとにそれぞれ接続された画素631p内の第1電極（G1S1）乃至第1電極（G1Sx）には、正の極性のS信号633\_Sが与えられる。これにより、液晶素子635LCの透過率が、S信号633\_Sの電位によって制御され、各画素が階調を表示する。30

## 【0158】

同様にして、走査線G2から走査線Gyが順に選択され、走査線G1が選択されていた期間と同様の動作が、走査線G2から走査線Gyの各走査線に接続された画素631pにおいて順次繰り返される。上記動作により、画素部631において、第1フレームの画像を表示することができる。

## 【0159】

なお、本発明の一態様では、必ずしも走査線G1乃至走査線Gyを順に選択する必要はない。

## 【0160】

なお、S駆動回路633から信号線S1乃至信号線Sxに、S信号633\_Sを順に入力する点順次駆動を用いることも、一斉にS信号633\_Sを入力する線順次駆動を用いることもできる。或いは、複数の信号線Sごとに順に、S信号633\_Sを入力する駆動方法を用いていてもよい。

## 【0161】

また、プログレッシブ方式を用いた走査線Gの選択方法に限らず、インターレース方式を用いて走査線Gの選択を行うようにしてもよい。

10

20

30

40

50

## 【0162】

また、任意の一フレーム期間において、全ての信号線に入力されるS信号633\_Sの極性が同一であっても、任意の一フレーム期間において、一の信号線ごとに、画素に入力されるS信号633\_Sの極性が反転していてもよい。

## 【0163】

<複数の領域に分割された画素部への信号の書き込み>

また、表示手段630の構成の変形例を図8に示す。

## 【0164】

図8に示す表示手段630には、複数の領域に分割された画素部631（具体的には第1領域631a、第2領域631b、第3領域631c）に、複数の画素631pと、画素631pを行毎に選択するための複数の走査線Gと、選択された画素631pにS信号633\_Sを供給するための複数の信号線Sとが設けられている。

10

## 【0165】

それぞれの領域に設けられた走査線GへのG信号632\_Gの入力は、それぞれのG駆動回路632により制御されている。信号線SへのS信号633\_Sの入力は、S駆動回路633により制御されている。複数の画素631pは、走査線Gの少なくとも一つと、信号線Sの少なくとも一つとに、それぞれ接続されている。

20

## 【0166】

このような構成とすることで、画素部631を分割して駆動することができる。

## 【0167】

例えば、入力手段500としてタッチパネルを用い、タッチパネルから情報を入力する際に、当該情報が入力される領域を特定する座標を取得し、その座標に対応する領域を駆動するG駆動回路632のみを第1のモードとし、他の領域を第2のモードとしてもよい。この動作により、タッチパネルから情報が入力されなかった領域、すなわち表示画像を書き換える必要がない領域のG駆動回路の動作を停止することができる。

20

## 【0168】

<3-2. 第1のモードと第2のモードのG駆動回路>

G駆動回路632が出力するG信号632\_Gが入力された画素回路634に、S信号633\_Sが入力される。G信号632\_Gが入力されない期間、画素回路634は、S信号633\_Sの電位を保持する。言い換えると、画素回路634は、S信号633\_Sの電位が書き込まれた状態を保持する。

30

## 【0169】

表示データが書き込まれた画素回路634は、S信号633\_Sに応じた表示状態を維持する。なお、表示状態を維持するとは、表示状態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、適宜設定される範囲であり、例えば使用者が表示画像を閲覧する場合に、同じ表示画像であると認識できる表示状態の範囲に設定することが好ましい。

## 【0170】

G駆動回路632は第1のモードと第2のモードを備える。

40

## 【0171】

<3-2-1. 第1のモード>

G駆動回路632の第1のモードは、G信号632\_Gを、画素に1秒間に30回以上好ましくは1秒間に60回以上960回未満の頻度で出力する。

## 【0172】

第1のモードのG駆動回路632は、使用者が信号の書き換え動作毎に変化する画像の変化を識別できない程度の速さで、信号を書き換える。その結果、動画像をなめらかに表示することができる。

## 【0173】

<3-2-2. 第2のモード>

G駆動回路632の第2のモードは、G信号632\_Gを、画素に1日に1回以上1秒

50

間に0.1回未満、好ましくは1時間に1回以上1秒間に1回未満の頻度で出力する。

【0174】

G信号632\_Gが入力されない期間、画素回路634は、S信号633\_Sを保持し、その電位に応じた表示状態を引き続き維持する。

【0175】

これにより、第2のモードでは、画素の表示の書き換えに伴うチラつき（フリッカーともいう）がない表示をすることができる。

【0176】

その結果、当該表示装置の使用者の目の疲労を低減できる。

【0177】

なお、G駆動回路632が消費する電力は、G駆動回路632が動作しない期間、低減される。

【0178】

なお、第2のモードを有するG駆動回路632を用いて駆動する画素回路は、S信号633\_Sを長い期間保持する構成が好ましい。例えば、トランジスタ634tのリーク電流は、オフ状態において小さいものほど好ましい。

【0179】

オフ状態においてリーク電流が小さいトランジスタ634tの構成の一例については、実施の形態3及び実施の形態4で説明する。

【0180】

本実施の形態は、本明細書中に記載する他の実施の形態と適宜組み合わせて実施することができる。

【0181】

（実施の形態3）

本実施の形態では、本発明の一態様の表示装置の表示手段に適用可能な表示パネルの構成例について、図面を参照して説明する。

【0182】

図9（A）は、本実施の形態で例示する表示パネル200の上面概略図である。

【0183】

表示パネル200は、第1の基板201、第2の基板202、及びシール材203に囲まれた封止領域内に、複数の画素を備える画素部211とゲート駆動回路213を備える。また、第1の基板201上の封止領域よりも外側の領域に外部接続電極205と、ソース駆動回路として機能するIC212を備える。外部接続電極205に電気的に接続されたFPC204から、画素部211やゲート駆動回路213、IC212等を駆動するための電源や信号を入力することができる。

【0184】

図9（B）は、図9（A）に示したFPC204及びシール材203を含む領域を切断する切断線A-Bと、ゲート駆動回路213を含む領域を切断する切断線C-Dと、画素部211を含む領域を切断する切断線E-Fと、シール材203を含む領域を切断する切断線G-Hのそれぞれに沿って切断した際の、断面概略図である。

【0185】

第1の基板201と第2の基板202はその外周に近い領域においてシール材203によって接着されている。また、第1の基板201、第2の基板202、及びシール材203に囲まれた領域に、少なくとも画素部211が設けられている。

【0186】

図9（B）には、ゲート駆動回路213として、いずれもnチャネル型のトランジスタ231とトランジスタ232を組み合わせた回路を有する例を示している。なお、ゲート駆動回路213の構成はこれに限られず、nチャネル型のトランジスタとpチャネル型のトランジスタを組み合わせた種々のCMOS回路や、pチャネル型のトランジスタを組み合わせた回路を有する構成としてもよい。本構成例では、第1の基板201上にゲート駆

10

20

30

40

50

動回路 213 が形成されたドライバ一体型の表示パネルの構成を示すが、ゲート駆動回路とソース駆動回路の一方または両方を異なる基板に設ける構成としてもよい。例えば、COG 方式により駆動回路用 IC を実装してもよいし、COF 方式により駆動回路用 IC が実装されたフレキシブル基板 (FPC) を実装してもよい。本構成例では、ソース駆動回路として機能する IC 212 を COG 方式により第 1 の基板 201 上に設ける構成を示している。

#### 【0187】

なお、画素部 211、ゲート駆動回路 213 が備えるトランジスタの構造は特に限定されない。例えば、スタガ型のトランジスタとしてもよいし、逆スタガ型のトランジスタとしてもよい。また、トップゲート型またはボトムゲート型のいずれのトランジスタ構造としてもよい。また、トランジスタに用いる半導体材料としては、例えばシリコンやゲルマニウムなどの半導体材料を用いてもよいし、インジウム、ガリウム、亜鉛のうち少なくともひとつを含む酸化物半導体を用いてもよい。

10

#### 【0188】

また、トランジスタに用いる半導体の結晶性についても特に限定されず、非晶質半導体、結晶性を有する半導体（微結晶半導体、多結晶半導体、単結晶半導体、または一部に結晶領域を有する半導体）のいずれを用いてもよい。結晶性を有する半導体を用いると、トランジスタ特性の劣化が抑制されるため好ましい。

20

#### 【0189】

インジウム、ガリウム、亜鉛のうち少なくともひとつを含む酸化物半導体としては、代表的には In-Ga-Zn 系金属酸化物などが挙げられる。シリコンよりもバンドギャップが広く、且つキャリア密度の小さい酸化物半導体を用いると、オフ時のリーク電流を抑制できるため好ましい。好ましい酸化物半導体の詳細については、後の実施の形態で説明する。

#### 【0190】

図 9 (B) には、画素部 211 の一例として、一画素分の断面構造を示している。画素部 211 は、VA (Vertical Alignment) モードが適用された液晶素子 250 を備える。

#### 【0191】

1 つの画素には少なくともスイッチング用のトランジスタ 256 を備える。また 1 つの画素に図示しない保持容量を有していてもよい。また、トランジスタ 256 のソース電極またはドレイン電極と電気的に接続する第 1 の電極 251 が絶縁層 239 上に設けられている。

30

#### 【0192】

画素に設けられる液晶素子 250 は、絶縁層 239 上に設けられた第 1 の電極 251 と、第 2 の基板 202 上に設けられた第 2 の電極 253 と、第 1 の電極 251 と第 2 の電極 253 に挟持された液晶 252 を有する。

#### 【0193】

第 1 の電極 251 及び第 2 の電極 253 には、透光性の導電性材料を用いる。透光性を有する導電性材料としては、酸化インジウム、インジウムスズ酸化物、インジウム亜鉛酸化物、酸化亜鉛、ガリウムを添加した酸化亜鉛などの導電性酸化物、又はグラフェンを用いることができる。

40

#### 【0194】

また、少なくとも画素部 211 と重なる領域において、第 2 の基板 202 上にカラーフィルタ 243 と、ブラックマトリクス 242 が設けられている。

#### 【0195】

カラーフィルタ 243 は、画素からの透過光を調色し、色純度を高める目的で設けられている。例えば、白色のバックライト用いてフルカラーの表示パネルとする場合には、異なる色のカラーフィルタを設けた複数の画素を用いる。その場合、赤色 (R)、緑色 (G)、青色 (B) の 3 色のカラーフィルタを用いてもよいし、これに黄色 (Y) を加えた 4

50

色とすることもできる。また、R、G、B（及びY）に加えて白色（W）の画素を用い、4色（又は5色）としてもよい。

【0196】

また、隣接するカラーフィルタの243の間に、ブラックマトリクス242が設けられている。ブラックマトリクス242は隣接する画素から回り込む光を遮光し、隣接画素間における混色を抑制する。ブラックマトリクス242は異なる発光色の隣接画素間にのみ配置し、同色画素間には設けない構成としてもよい。ここで、カラーフィルタ243の端部を、ブラックマトリクス242と重なるように設けることにより、光漏れを抑制することができる。ブラックマトリクス242は、画素の透過光を遮光する材料を用いることができ、金属材料や顔料を含む樹脂材料などを用いて形成することができる。なお、図9（B）に示すようにブラックマトリクス242はゲート駆動回路213などの画素部211以外の領域に設けると、導波光などによる意図しない光漏れを抑制できるため好ましい。

10

【0197】

また、カラーフィルタ243とブラックマトリクス242を覆うオーバーコート255が設けられている。オーバーコート255を設けることにより、カラーフィルタ243やブラックマトリクス242に含まれる顔料などの不純物が液晶252に拡散することを抑制できる。オーバーコートは透光性の材料を用い、無機絶縁材料や有機絶縁材料を用いることができる。

20

【0198】

なお、オーバーコート255上に、第2の電極253が設けられている。

【0199】

さらに、オーバーコート255のブラックマトリクス242と重なる領域に、スペーサ254が設けられている。スペーサ254には、樹脂材料を用いると厚く形成できるため好ましい。例えばポジ型またはネガ型の感光性樹脂を用いて形成することができる。また、スペーサ254として遮光性の材料を用いると、隣接する画素から回り込む光を遮光し、隣接画素間における混色を抑制することができる。なお、本構成例ではスペーサ254を第2の基板202側に設ける構成としたが、第1の基板201側に設ける構成としてもよい。また、スペーサ254として、球状の酸化シリコンなどの粒を用い、液晶252が設けられる領域に散布された構成としてもよい。

30

【0200】

第1の電極251と第2の電極253の間に電圧を印加することにより、電極面に対して垂直方向に電界が生じ、該電界によって液晶252の配向が制御され、表示パネルの外部に配置されたバックライトからの光の偏光を画素単位で制御することにより、画像を表示することができる。

【0201】

液晶252と接する面には、液晶252の配向を制御するための配向膜を設けてよい。配向膜には透光性の材料を用いる。

【0202】

本構成例では、液晶素子250と重なる領域にカラーフィルタが設けられているため、色純度が高められたフルカラーの画像表示を実現できる。また、バックライトとして異なる発光色の複数の発光ダイオード（LED：Light Emission Diode）を用いて、時間分割表示方式（フィールドシーケンシャル駆動方式）を行うこともできる。時間分割表示方式を用いた場合、カラーフィルタを設ける必要が無く、また例えばR（赤色）、G（緑色）、B（青色）のそれぞれの発光を呈する副画素を設ける必要がないため、画素の開口率を向上させることや、単位面積あたりの画素数を増加できるなどの利点がある。

40

【0203】

液晶252としては、サーモトロピック液晶、低分子液晶、高分子液晶、強誘電液晶、反強誘電液晶などを用いることができる。また、ブルー相を示す液晶を使用すると、配向膜が不要であり、且つ広い視野角が得られるため好ましい。また、上記の液晶にモノマー

50

、重合開始剤を添加して注入または滴下封止後にモノマーを重合させて高分子安定化する液晶材料でもよい。

【0204】

なお、本構成例ではVAモードが適用された液晶素子250について説明するが、液晶素子の構成はこれに限られず、異なるモードが適用された液晶素子250を用いることができる。例えば、IPS(Plane-Switching)モード、TN(Twisted Nematic)モード、FFS(Fringe Field Switching)モード、ASM(Axially Symmetric aligned Micro-cell)モード、OCB(Optically Compensated Birefringence)モード、FLC(Ferroelectric Liquid Crystal)モード、AFLC(AntiFerroelectric Liquid Crystal)モードなどを用いることができる。10

【0205】

第1の基板201上には、第1の基板201の上面に接して絶縁層237と、トランジスタのゲート絶縁層として機能する絶縁層238と、トランジスタを覆う絶縁層239が設けられている。

【0206】

絶縁層237は、第1の基板201に含まれる不純物の拡散を抑制する目的で設けられる。また、トランジスタの半導体層に接する絶縁層238及び絶縁層239は、トランジスタの劣化を助長する不純物の拡散を抑制する材料を用いることが好ましい。これら絶縁層には、例えばシリコンなどの半導体や、アルミニウムなどの金属の、酸化物または窒化物、または酸窒化物を用いることができる。またこのような無機絶縁材料の積層膜、または無機絶縁材料と有機絶縁材料の積層膜を用いてもよい。なお、絶縁層237や絶縁層239は不要であれば設けなくてもよい。20

【0207】

絶縁層239と第1の電極251の間に、下層に設けられるトランジスタや配線などによる段差を被覆する平坦化層としての絶縁層を設けてもよい。このような絶縁層としてはポリイミドやアクリルなどの樹脂材料を用いることが好ましい。また、平坦性を高められる場合には、無機絶縁材料を用いてもよい。

【0208】

図9(B)で例示した構成では、第1の基板201上にトランジスタと、液晶素子250の第1の電極251を形成するために必要なフォトマスクの数を低減できる。より具体的には、ゲート電極の加工工程と、半導体層の加工工程と、ソース電極及びドレイン電極の加工工程と、絶縁層239の開口工程と、及び第1の電極251の加工工程のそれぞれに用いる、5種類のフォトマスクを用いればよい。30

【0209】

第1の基板201に設けられる配線206は、シール材203によって封止された領域から外側に延在して設けられ、ゲート駆動回路213と電気的に接続している。また配線206の端部の一部が外部接続電極205を成している。本構成例では、外部接続電極205はトランジスタのソース電極又はドレイン電極と同一の導電膜と、トランジスタのゲート電極と同一の導電膜を積層して形成されている。このように、複数の導電膜を積層して外部接続電極205を構成することにより、FPC204などの圧着工程に対する機械的強度を高めることができるため好ましい。40

【0210】

また図示しないが、IC212と画素部211とを電気的に接続する配線や外部接続電極も、配線206や外部接続電極205と同様の構成とすればよい。

【0211】

また、外部接続電極205に接して接続層208が設けられ、接続層208を介してFPC204と外部接続電極205とが電気的に接続している。接続層208としては、公知の異方性導電フィルムや、異方性導電ペーストなどを用いることができる。50

## 【0212】

配線 206 や、外部接続電極 205 の端部は、その表面が露出しないように絶縁層で覆われていると、表面の酸化や意図しないショートなどの不具合を抑制できるため好ましい。

## 【0213】

本実施の形態は、本明細書中に記載する他の実施の形態と適宜組み合わせて実施することができる。

## 【0214】

## (実施の形態 4)

上記実施の形態で例示したトランジスタのチャネルが形成される領域に好適に用いることができる半導体の一例について、以下に説明する。

10

## 【0215】

酸化物半導体は、エネルギーギャップが 3.0 eV 以上と大きく、酸化物半導体を適切な条件で加工し、そのキャリア密度を十分に低減して得られた酸化物半導体膜が適用されたトランジスタにおいては、オフ状態でのソースとドレイン間のリーク電流（オフ電流）を、従来のシリコンを用いたトランジスタと比較して極めて低いものとすることができます。

## 【0216】

酸化物半導体膜をトランジスタに適用する場合、酸化物半導体膜の膜厚は 2 nm 以上 40 nm 以下とすることが好ましい。

20

## 【0217】

適用可能な酸化物半導体としては、少なくともインジウム (In) あるいは亜鉛 (Zn) を含むことが好ましい。特に In と Zn を含むことが好ましい。また、該酸化物半導体を用いたトランジスタの電気特性のばらつきを減らすためのスタビライザーとして、それらに加えてガリウム (Ga)、スズ (Sn)、ハフニウム (Hf)、ジルコニウム (Zr)、チタン (Ti)、スカンジウム (Sc)、イットリウム (Y)、ランタノイド（例えば、セリウム (Ce)、ネオジム (Nd)、ガドリニウム (Gd)）から選ばれた一種、または複数種が含まれていることが好ましい。

## 【0218】

例えば、酸化物半導体として、酸化インジウム、酸化スズ、酸化亜鉛、In-Zn 系酸化物、Sn-Zn 系酸化物、Al-Zn 系酸化物、Zn-Mg 系酸化物、Sn-Mg 系酸化物、In-Mg 系酸化物、In-Ga 系酸化物、In-Ga-Zn 系酸化物 (IGZO とも表記する)、In-Al-Zn 系酸化物、In-Sn-Zn 系酸化物、Sn-Ga-Zn 系酸化物、Al-Ga-Zn 系酸化物、Sn-Al-Zn 系酸化物、In-Hf-Zn 系酸化物、In-Zr-Zn 系酸化物、In-Ti-Zn 系酸化物、In-Sc-Zn 系酸化物、In-Y-Zn 系酸化物、In-La-Zn 系酸化物、In-Ce-Zn 系酸化物、In-Pr-Zn 系酸化物、In-Nd-Zn 系酸化物、In-Sm-Zn 系酸化物、In-Eu-Zn 系酸化物、In-Gd-Zn 系酸化物、In-Tb-Zn 系酸化物、In-Dy-Zn 系酸化物、In-Ho-Zn 系酸化物、In-Er-Zn 系酸化物、In-Tm-Zn 系酸化物、In-Yb-Zn 系酸化物、In-Lu-Zn 系酸化物、In-Sn-Ga-Zn 系酸化物、In-Hf-Ga-Zn 系酸化物、In-Al-Ga-Zn 系酸化物、In-Sn-Al-Zn 系酸化物、In-Sn-Hf-Zn 系酸化物、In-Hf-Al-Zn 系酸化物を用いることができる。

30

40

## 【0219】

ここで、In-Ga-Zn 系酸化物とは、In と Ga と Zn を主成分として有する酸化物という意味であり、In と Ga と Zn の比率は問わない。また、In と Ga と Zn 以外の金属元素が入っていてもよい。

## 【0220】

また、酸化物半導体として、 $InMO_3 (ZnO)_m$  ( $m > 0$ 、且つ、 $m$  は整数でない) で表記される材料を用いてもよい。なお、M は、Ga、Fe、Mn 及び Co から選ばれ

50

た一の金属元素または複数の金属元素、若しくは上記のスタビライザーとしての元素を示す。また、酸化物半導体として、 $In_2SnO_5$  ( $ZnO$ )<sub>n</sub> ( $n > 0$ 、且つ、 $n$  は整数) で表記される材料を用いてもよい。

【0221】

例えば、 $In : Ga : Zn = 1 : 1 : 1$ 、 $In : Ga : Zn = 3 : 1 : 2$ 、あるいは $In : Ga : Zn = 2 : 1 : 3$  の原子数比の  $In$  -  $Ga$  -  $Zn$  系酸化物やその組成の近傍の酸化物を用いるとよい。

【0222】

酸化物半導体膜に水素が多量に含まれると、酸化物半導体と結合することによって、水素の一部がドナーとなり、キャリアである電子を生じてしまう。これにより、トランジスタのしきい値電圧がマイナス方向にシフトしてしまう。そのため、酸化物半導体膜の形成後において、脱水化処理（脱水素化処理）を行い酸化物半導体膜から、水素、又は水分を除去して不純物が極力含まれないように高純度化することが好ましい。

【0223】

なお、酸化物半導体膜への脱水化処理（脱水素化処理）によって、酸化物半導体膜から酸素も同時に減少してしまうことがある。よって、酸化物半導体膜への脱水化処理（脱水素化処理）によって増加した酸素欠損を補填するため酸素を酸化物半導体膜に加える処理を行うことが好ましい。本明細書等において、酸化物半導体膜に酸素を供給する場合を、加酸素化処理と記す場合がある、または酸化物半導体膜に含まれる酸素を化学量論的組成よりも多くする場合を過酸素化処理と記す場合がある。

【0224】

このように、酸化物半導体膜は、脱水化処理（脱水素化処理）により、水素または水分が除去され、加酸素化処理により酸素欠損を補填することによって、i型（真性）化またはi型に限りなく近く実質的にi型（真性）である酸化物半導体膜とすることができます。なお、実質的に真性とは、酸化物半導体膜中にドナーに由来するキャリアが極めて少なく（ゼロに近く）、キャリア密度が  $1 \times 10^{17} / cm^3$  以下、 $1 \times 10^{16} / cm^3$  以下、 $1 \times 10^{15} / cm^3$  以下、 $1 \times 10^{14} / cm^3$  以下、 $1 \times 10^{13} / cm^3$  以下であることをいう。

【0225】

またこのように、i型又は実質的にi型である酸化物半導体膜を備えるトランジスタは、極めて優れたオフ電流特性を実現できる。例えば、酸化物半導体膜を用いたトランジスタがオフ状態のときのドレイン電流を、室温（25程度）にて  $1 \times 10^{-18} A$  以下、好ましくは  $1 \times 10^{-21} A$  以下、さらに好ましくは  $1 \times 10^{-24} A$  以下、または85にて  $1 \times 10^{-15} A$  以下、好ましくは  $1 \times 10^{-18} A$  以下、さらに好ましくは  $1 \times 10^{-21} A$  以下とすることができます。なお、トランジスタがオフ状態とは、nチャネル型のトランジスタの場合、ゲート電圧がしきい値電圧よりも十分小さい状態をいう。具体的には、ゲート電圧がしきい値電圧よりも1V以上、2V以上または3V以上小さければ、トランジスタはオフ状態となる。

【0226】

以下では、酸化物半導体膜の構造について説明する。

【0227】

なお、本明細書において、「平行」とは、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」とは、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。

【0228】

また、本明細書において、結晶が三方晶または菱面体晶である場合、六方晶系として表す。

【0229】

酸化物半導体膜は、非単結晶酸化物半導体膜と単結晶酸化物半導体膜とに大別される。

10

20

30

40

50

非単結晶酸化物半導体膜とは、 C A A C - O S ( C A x i s A l i g n e d C r y s t a l l i n e O x i d e S e m i c o n d u c t o r ) 膜、多結晶酸化物半導体膜、微結晶酸化物半導体膜、非晶質酸化物半導体膜などをいう。

【 0 2 3 0 】

まずは、 C A A C - O S 膜について説明する。

【 0 2 3 1 】

C A A C - O S 膜は、 c 軸配向した複数の結晶部を有する酸化物半導体膜の一つである。

【 0 2 3 2 】

C A A C - O S 膜を透過型電子顕微鏡 ( T E M : T r a n s m i s s i o n E l e c t r o n M i c r o s c o p e ) によって観察すると、明確な結晶部同士の境界、即ち結晶粒界 ( グレインバウンダリーともいう。 ) は確認することができない。そのため、 C A A C - O S 膜は、結晶粒界に起因する電子移動度の低下が起こりにくいといえる。

10

【 0 2 3 3 】

C A A C - O S 膜を、試料面と概略平行な方向から T E M によって観察 ( 断面 T E M 観察 ) すると、結晶部において、金属原子が層状に配列していることを確認できる。金属原子の各層は、 C A A C - O S 膜の膜を形成する面 ( 被形成面ともいう。 ) または上面の凹凸を反映した形状であり、 C A A C - O S 膜の被形成面または上面と平行に配列する。

【 0 2 3 4 】

一方、 C A A C - O S 膜を、試料面と概略垂直な方向から T E M によって観察 ( 平面 T E M 観察 ) すると、結晶部において、金属原子が三角形状または六角形状に配列していることを確認できる。しかしながら、異なる結晶部間で、金属原子の配列に規則性は見られない。

20

【 0 2 3 5 】

断面 T E M 観察および平面 T E M 観察より、 C A A C - O S 膜の結晶部は配向性を有していることがわかる。

【 0 2 3 6 】

なお、 C A A C - O S 膜に含まれるほとんどの結晶部は、一辺が 1 0 0 n m 未満の立方体内に収まる大きさである。従って、 C A A C - O S 膜に含まれる結晶部は、一辺が 1 0 n m 未満、 5 n m 未満または 3 n m 未満の立方体内に収まる大きさの場合も含まれる。ただし、 C A A C - O S 膜に含まれる複数の結晶部が連結することで、一つの大きな結晶領域を形成する場合がある。例えば、平面 T E M 像において、 2 5 0 0 n m <sup>2</sup> 以上、 5 μ m <sup>2</sup> 以上または 1 0 0 0 μ m <sup>2</sup> 以上となる結晶領域が観察される場合がある。

30

【 0 2 3 7 】

C A A C - O S 膜に対し、 X 線回折 ( X R D : X - R a y D i f f r a c t i o n ) 装置を用いて構造解析を行うと、例えば I n G a Z n O <sub>4</sub> の結晶を有する C A A C - O S 膜の o u t - o f - p l a n e 法による解析では、回折角 ( 2  $\theta$  ) が 3 1  $^{\circ}$  近傍にピークが現れる場合がある。このピークは、 I n G a Z n O <sub>4</sub> の結晶の ( 0 0 9 ) 面に帰属されることから、 C A A C - O S 膜の結晶が c 軸配向性を有し、 c 軸が被形成面または上面に概略垂直な方向を向いていることが確認できる。

30

【 0 2 3 8 】

一方、 C A A C - O S 膜に対し、 c 軸に概略垂直な方向から X 線を入射させる i n - p l a n e 法による解析では、 2  $\theta$  が 5 6  $^{\circ}$  近傍にピークが現れる場合がある。このピークは、 I n G a Z n O <sub>4</sub> の結晶の ( 1 1 0 ) 面に帰属される。 I n G a Z n O <sub>4</sub> の単結晶酸化物半導体膜であれば、 2  $\theta$  を 5 6  $^{\circ}$  近傍に固定し、試料面の法線ベクトルを軸 ( c 軸 ) として試料を回転させながら分析 ( スキャン ) を行うと、 ( 1 1 0 ) 面と等価な結晶面に帰属されるピークが 6 本観察される。これに対し、 C A A C - O S 膜の場合は、 2  $\theta$  を 5 6  $^{\circ}$  近傍に固定して スキャンした場合でも、明瞭なピークが現れない。

40

【 0 2 3 9 】

以上のことから、 C A A C - O S 膜では、異なる結晶部間では a 軸および b 軸の配向は不規則であるが、 c 軸配向性を有し、かつ c 軸が被形成面または上面の法線ベクトルに平

50

行な方向を向いていることがわかる。従って、前述の断面TEM観察で確認された層状に配列した金属原子の各層は、結晶のa b面に平行な面である。

#### 【0240】

なお、結晶部は、CAC-O<sub>5</sub>膜を成膜した際、または加熱処理などの結晶化処理を行った際に形成される。上述したように、結晶のc軸は、CAC-O<sub>5</sub>膜の被形成面または上面の法線ベクトルに平行な方向に配向する。従って、例えば、CAC-O<sub>5</sub>膜の形状をエッチングなどによって変化させた場合、結晶のc軸がCAC-O<sub>5</sub>膜の被形成面または上面の法線ベクトルと平行にならないこともある。

#### 【0241】

また、CAC-O<sub>5</sub>膜中において、c軸配向した結晶部の分布が均一でなくてもよい。例えば、CAC-O<sub>5</sub>膜の結晶部が、CAC-O<sub>5</sub>膜の上面近傍からの結晶成長によって形成される場合、上面近傍の領域は、被形成面近傍の領域よりもc軸配向した結晶部の割合が高くなることがある。また、CAC-O<sub>5</sub>膜に不純物を添加する場合、不純物が添加された領域が変質し、部分的にc軸配向した結晶部の割合の異なる領域が形成されることもある。

10

#### 【0242】

なお、InGaZnO<sub>4</sub>の結晶を有するCAC-O<sub>5</sub>膜のout-of-plane法による解析では、2θが31°近傍のピークの他に、2θが36°近傍にもピークが現れる場合がある。2θが36°近傍のピークは、CAC-O<sub>5</sub>膜中の一部に、c軸配向性を有さない結晶が含まれることを示している。CAC-O<sub>5</sub>膜は、2θが31°近傍にピークを示し、2θが36°近傍にピークを示さないことが好ましい。

20

#### 【0243】

CAC-O<sub>5</sub>膜は、不純物濃度の低い酸化物半導体膜である。不純物は、水素、炭素、シリコン、遷移金属元素などの酸化物半導体膜の主成分以外の元素である。特に、シリコンなどの、酸化物半導体膜を構成する金属元素よりも酸素との結合力の強い元素は、酸化物半導体膜から酸素を奪うことで酸化物半導体膜の原子配列を乱し、結晶性を低下させる要因となる。また、鉄やニッケルなどの重金属、アルゴン、二酸化炭素などは、原子半径（または分子半径）が大きいため、酸化物半導体膜内部に含まれると、酸化物半導体膜の原子配列を乱し、結晶性を低下させる要因となる。なお、酸化物半導体膜に含まれる不純物は、キャリアトラップやキャリア発生源となる場合がある。

30

#### 【0244】

また、CAC-O<sub>5</sub>膜は、欠陥準位密度の低い酸化物半導体膜である。例えば、酸化物半導体膜中の酸素欠損は、キャリアトラップとなることや、水素を捕獲することによってキャリア発生源となることがある。

#### 【0245】

不純物濃度が低く、欠陥準位密度が低い（酸素欠損の少ない）ことを、高純度真性または実質的に高純度真性と呼ぶ。高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体膜は、キャリア発生源が少ないため、キャリア密度を低くすることができる。従って、当該酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、しきい値電圧がマイナスとなる電気特性（ノーマリーオンともいう。）になることが少ない。また、高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体膜は、キャリアトラップが少ない。そのため、当該酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、電気特性の変動が小さく、信頼性の高いトランジスタとなる。なお、酸化物半導体膜のキャリアトラップに捕獲された電荷は、放出するまでに要する時間が長く、あたかも固定電荷のように振る舞うことがある。そのため、不純物濃度が高く、欠陥準位密度が高い酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、電気特性が不安定となる場合がある。

40

#### 【0246】

また、CAC-O<sub>5</sub>膜を用いたトランジスタは、可視光や紫外光の照射による電気特性の変動が小さい。

#### 【0247】

50

C A A C - O S 膜は、例えば、多結晶である酸化物半導体スパッタリング用ターゲットを用い、スパッタリング法によって成膜することができる。当該スパッタリング用ターゲットにイオンが衝突すると、スパッタリング用ターゲットに含まれる結晶領域が a - b 面から劈開し、a - b 面に平行な面を有する平板状またはペレット状のスパッタリング粒子として剥離することがある。この場合、当該平板状またはペレット状のスパッタリング粒子が、結晶状態を維持したまま被成膜面に到達することで、C A A C - O S 膜を成膜することができる。

## 【0248】

平板状のスパッタリング粒子は、例えば a - b 面に平行な面の円相当径が 3 nm 以上 10 nm 以下、厚さ ( a - b 面に垂直な方向の長さ ) が 0.7 nm 以上 1 nm 未満である。なお、平板状のスパッタリング粒子は、a - b 面に平行な面が正三角形又は正六角形であってもよい。ここで、面の円相当径とは、面の面積と等しい正円の直径をいう。

10

## 【0249】

また、C A A C - O S 膜を成膜するために、以下の条件を適用することが好ましい。

## 【0250】

成膜時の基板温度を高めることで、基板に到達した平板状のスパッタリング粒子のマイグレーションが起り、スパッタリング粒子の平らな面が基板に付着する。このとき、スパッタリング粒子が正に帯電することで、スパッタリング粒子同士が反発しながら基板に付着するため、スパッタリング粒子が偏って不均一に重なることがなく、厚さの均一な C A A C - O S 膜を成膜することができる。具体的には、基板温度を 100 以上 740 以下、好ましくは 200 以上 500 以下として成膜することが好ましい。

20

## 【0251】

また、成膜時の不純物混入を低減することで、不純物によって結晶状態が崩れることを抑制できる。例えば、成膜室内に存在する不純物濃度 ( 水素、水、二酸化炭素および窒素など ) を低減すればよい。また、成膜ガス中の不純物濃度を低減すればよい。具体的には、露点が -80 以下、好ましくは -100 以下である成膜ガスを用いる。

30

## 【0252】

また、成膜ガス中の酸素割合を高め、電力を最適化することで成膜時のプラズマダメージを軽減すると好ましい。成膜ガス中の酸素割合は、30 体積 % 以上、好ましくは 100 体積 % とする。

30

## 【0253】

C A A C - O S 膜を成膜した後、加熱処理を行ってよい。加熱処理の温度は、100 以上 740 以下、好ましくは 200 以上 500 以下とする。また、加熱処理の時間は 1 分以上 24 時間以下、好ましくは 6 分以上 4 時間以下とする。また、加熱処理は、不活性雰囲気又は酸化性雰囲気で行えばよい。好ましくは、不活性雰囲気で加熱処理を行った後、酸化性雰囲気で加熱処理を行う。不活性雰囲気での加熱処理により、C A A C - O S 膜の不純物濃度を短時間で低減することができる。一方、不活性雰囲気での加熱処理により C A A C - O S 膜に酸素欠損が生成されることがある。その場合、酸化性雰囲気での加熱処理によって該酸素欠損を低減することができる。また、加熱処理を行うことで、C A A C - O S 膜の結晶性をさらに高めることができる。なお、加熱処理は、1000 Pa 以下、100 Pa 以下、10 Pa 以下又は 1 Pa 以下の減圧下で行ってよい。減圧下では、C A A C - O S 膜の不純物濃度をさらに短時間で低減することができる。

40

## 【0254】

スパッタリング用ターゲットの一例として、In - Ga - Zn - O 化合物ターゲットについて以下に示す。

## 【0255】

In O<sub>x</sub> 粉末、Ga O<sub>y</sub> 粉末およびZn O<sub>z</sub> 粉末を所定の mol 数で混合し、加圧処理後、1000 以上 1500 以下の温度で加熱処理することで多結晶である In - Ga - Zn - O 化合物ターゲットとする。なお、X、Y および Z は任意の正数である。ここで、所定の mol 数比は、例えば、In O<sub>x</sub> 粉末、Ga O<sub>y</sub> 粉末およびZn O<sub>z</sub> 粉末が、

50

1 : 1 : 1、1 : 1 : 2、1 : 3 : 2、2 : 1 : 3、2 : 2 : 1、3 : 1 : 1、3 : 1 : 2、3 : 1 : 4、4 : 2 : 3、8 : 4 : 3、またはこれらの近傍の値とすることができます。なお、粉末の種類、およびその混合するmol数比は、作製するスパッタリング用ターゲットによって適宜変更すればよい。

## 【0256】

または、C<sub>AAAC</sub>-OS膜は、以下の方法により形成してもよい。

## 【0257】

まず、第1の酸化物半導体膜を1nm以上10nm未満の厚さで成膜する。第1の酸化物半導体膜はスパッタリング法を用いて成膜する。具体的には、基板温度を100以上500以下、好ましくは150以上450以下とし、成膜ガス中の酸素割合を30体積%以上、好ましくは100体積%として成膜する。

10

## 【0258】

次に、加熱処理を行い、第1の酸化物半導体膜を結晶性の高い第1のC<sub>AAAC</sub>-OS膜とする。加熱処理の温度は、350以上740以下、好ましくは450以上650

20

以下とする。また、加熱処理の時間は1分以上24時間以下、好ましくは6分以上4時間以下とする。また、加熱処理は、不活性雰囲気または酸化性雰囲気で行えばよい。好ましくは、不活性雰囲気で加熱処理を行った後、酸化性雰囲気で加熱処理を行う。不活性雰囲気での加熱処理により、第1の酸化物半導体膜の不純物濃度を短時間で低減することができる。一方、不活性雰囲気での加熱処理により第1の酸化物半導体膜に酸素欠損が生成されることがある。その場合、酸化性雰囲気での加熱処理によって該酸素欠損を低減することができる。なお、加熱処理は1000Pa以下、100Pa以下、10Pa以下または1Pa以下の減圧下で行ってもよい。減圧下では、第1の酸化物半導体膜の不純物濃度をさらに短時間で低減することができる。

## 【0259】

第1の酸化物半導体膜は、厚さが1nm以上10nm未満であることにより、厚さが10nm以上である場合と比べ、加熱処理によって容易に結晶化させることができる。

## 【0260】

次に、第1の酸化物半導体膜と同じ組成である第2の酸化物半導体膜を10nm以上50nm以下の厚さで成膜する。第2の酸化物半導体膜はスパッタリング法を用いて成膜する。具体的には、基板温度を100以上500以下、好ましくは150以上450以下とし、成膜ガス中の酸素割合を30体積%以上、好ましくは100体積%として成膜する。

30

## 【0261】

次に、加熱処理を行い、第2の酸化物半導体膜を第1のC<sub>AAAC</sub>-OS膜から固相成長させることで、結晶性の高い第2のC<sub>AAAC</sub>-OS膜とする。加熱処理の温度は、350以上740以下、好ましくは450以上650以下とする。また、加熱処理の時間は1分以上24時間以下、好ましくは6分以上4時間以下とする。また、加熱処理は、不活性雰囲気または酸化性雰囲気で行えばよい。好ましくは、不活性雰囲気で加熱処理を行った後、酸化性雰囲気で加熱処理を行う。不活性雰囲気での加熱処理により、第2の酸化物半導体膜の不純物濃度を短時間で低減することができる。一方、不活性雰囲気での加熱処理により第2の酸化物半導体膜に酸素欠損が生成されることがある。その場合、酸化性雰囲気での加熱処理によって該酸素欠損を低減することができる。なお、加熱処理は1000Pa以下、100Pa以下、10Pa以下または1Pa以下の減圧下で行ってもよい。減圧下では、第2の酸化物半導体膜の不純物濃度をさらに短時間で低減することができる。

40

## 【0262】

以上のようにして、合計の厚さが10nm以上であるC<sub>AAAC</sub>-OS膜を形成することができます。

## 【0263】

また、酸化物半導体膜は、複数の酸化物半導体膜が積層された構造でもよい。

50

## 【0264】

例えば、酸化物半導体膜を、酸化物半導体膜（便宜上、第1層と呼ぶ）とゲート絶縁膜との間に、第1層を構成する元素からなり、第1層よりも電子親和力が0.2eV以上小さい第2層を設けてもよい。このとき、ゲート電極から電界が印加されると、第1層にチャネルが形成され、第2層にはチャネルが形成されない。第1層は、第2層と構成する元素が同じであるため、第1層と第2層との界面において、界面散乱がほとんど起こらない。従って、第1層とゲート絶縁膜との間に第2層を設けることによって、トランジスタの電界効果移動度を高くすることができる。

## 【0265】

さらに、ゲート絶縁膜に酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜または窒化シリコン膜を用いる場合、ゲート絶縁膜に含まれるシリコンが、酸化物半導体膜に混入することがある。酸化物半導体膜にシリコンが含まれると、酸化物半導体膜の結晶性の低下、キャリア移動度の低下などが起こる。従って、チャネルの形成される第1層のシリコン濃度を低減するために、第1層とゲート絶縁膜との間に第2層を設けることが好ましい。同様の理由により、第1層を構成する元素からなり、第1層よりも電子親和力が0.2eV以上小さい第3層を設け、第1層を第2層および第3層で挟むことが好ましい。

10

## 【0266】

このような構成とすることで、チャネルの形成される領域へのシリコンなどの不純物の拡散を低減さらには防止することができるため、信頼性の高いトランジスタを得ることができる。

20

## 【0267】

なお、酸化物半導体膜をCAC-O<sub>x</sub>膜とするためには、酸化物半導体膜中に含まれるシリコン濃度を $2.5 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ 以下とする。好ましくは、酸化物半導体膜中に含まれるシリコン濃度を、 $1.4 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ 未満、より好ましくは $4 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 未満、さらに好ましくは $2.0 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 未満とする。酸化物半導体膜に含まれるシリコン濃度が、 $1.4 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ 以上であると、トランジスタの電界効果移動度の低下の恐れがあり、 $4.0 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以上であると、酸化物半導体膜と接する膜との界面で酸化物半導体膜がアモルファス化する恐れがあるためである。また、酸化物半導体膜に含まれるシリコン濃度を $2.0 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 未満とすることで、トランジスタの信頼性のさらなる向上並びに酸化物半導体膜におけるDOS (density of state) の低減が期待できる。なお、酸化物半導体膜中のシリコン濃度は、二次イオン質量分析法 (SIMS: Secondary Ion Mass Spectrometry) で測定することができる。

30

## 【0268】

次に、微結晶酸化物半導体膜について説明する。

## 【0269】

微結晶酸化物半導体膜は、TEMによる観察像では、明確に結晶部を確認することができない場合がある。微結晶酸化物半導体膜に含まれる結晶部は、1nm以上100nm以下、または1nm以上10nm以下の大きさであることが多い。特に、1nm以上10nm以下、または1nm以上3nm以下の微結晶であるナノ結晶 (nc: nanocrystalline) を有する酸化物半導体膜を、nc-O<sub>x</sub> (nanocrystalline Oxide Semiconductor) 膜と呼ぶ。また、nc-O<sub>x</sub>膜は、例えば、TEMによる観察像では、結晶粒界を明確に確認できない場合がある。

40

## 【0270】

nc-O<sub>x</sub>膜は、微小な領域（例えば、1nm以上10nm以下の領域、特に1nm以上3nm以下の領域）において原子配列に周期性を有する。また、nc-O<sub>x</sub>膜は、異なる結晶部間で結晶方位に規則性が見られない。そのため、膜全体で配向性が見られない。従って、nc-O<sub>x</sub>膜は、分析方法によっては、非晶質酸化物半導体膜と区別が付かない場合がある。例えば、nc-O<sub>x</sub>膜に対し、結晶部よりも大きい径のX線を用いるXRD

50

装置を用いて構造解析を行うと、out-of-plane法による解析では、結晶面を示すピークが検出されない。また、n<sub>c</sub>-OS膜に対し、結晶部よりも大きいプローブ径（例えば50nm以上）の電子線を用いる電子線回折（制限視野電子線回折ともいう。）を行うと、ハローパターンのような回折パターンが観測される。一方、n<sub>c</sub>-OS膜に対し、結晶部の大きさと近いか結晶部より小さいプローブ径（例えば1nm以上30nm以下）の電子線を用いる電子線回折（ナノビーム電子線回折ともいう。）を行うと、スポットが観測される。また、n<sub>c</sub>-OS膜に対しナノビーム電子線回折を行うと、円を描くように（リング状に）輝度の高い領域が観測される場合がある。また、n<sub>c</sub>-OS膜に対しナノビーム電子線回折を行うと、リング状の領域内に複数のスポットが観測される場合がある。

10

## 【0271】

n<sub>c</sub>-OS膜は、非晶質酸化物半導体膜よりも規則性の高い酸化物半導体膜である。そのため、n<sub>c</sub>-OS膜は、非晶質酸化物半導体膜よりも欠陥準位密度が低くなる。ただし、n<sub>c</sub>-OS膜は、異なる結晶部間で結晶方位に規則性が見られない。そのため、n<sub>c</sub>-OS膜は、CAC-OS膜と比べて欠陥準位密度が高くなる。

## 【0272】

なお、酸化物半導体膜は、例えば、非晶質酸化物半導体膜、微結晶酸化物半導体膜、CAC-OS膜のうち、二種以上を有する積層膜であってもよい。

## 【0273】

実施の形態は、本明細書中に記載する他の実施の形態と適宜組み合わせて実施することができる。

20

## 【0274】

## (実施の形態5)

本実施の形態では、本発明の一態様のプログラムを実行するためのハードウェアの構成について、図10を参照しながら説明する。

## 【0275】

本実施の形態で例示して説明するプログラムは、表示手段と、検出手段と、制御手段とを備える表示装置を駆動するためのプログラムであって、検出手段に、使用者の目の状態を検出させて検出情報を取得させ、且つ、検出情報を制御手段に送信させるステップと、制御手段に、検出情報に基づいて使用者の疲労情報を抽出させ、且つ、疲労情報に基づいて、表示手段から発する光のうち特定の波長以下の波長の光の輝度を変化させるように、表示手段を駆動させるステップと、を、演算装置に実行させるためのプログラムである。

30

## 【0276】

これにより、使用者の目の状態から検出される使用者の疲労状態に応じて、短波長の光の輝度を低減することにより、使用者の眼精疲労や網膜の損傷を抑制することができ、使用者の健康が害されることを抑制することができる。

## 【0277】

図10は本発明の一態様のプログラムを実行する演算装置2000の構成例を説明するブロック図である。

40

## 【0278】

演算装置2000は、中央演算器2111、記憶装置2112および伝送路2114を有する。伝送路2114は、中央演算器2111、記憶装置2112および入出力インターフェース2115を互いに接続し、情報の伝送を行う。

## 【0279】

入出力装置2200は、入出力インターフェース2115を介して伝送路2114に接続される。入出力装置2200は情報を、演算装置2000の外部から入力、または演算装置2000の外部に出力するための装置である。

## 【0280】

入出力装置2200としては、通信機器、ネットワーク接続機器または、ハードディスク、リムーバブルメモリなどの書き込み可能な外部記憶装置をその一例として挙げること

50

ができる。

【0281】

入力装置2201としては、キーボード、ポインティングデバイス（マウス等）またはタッチパネルなどのヒューマンインターフェース機器、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ等のカメラ、スキャナー、CDROM、DVDROMなど読み取り専用の外部記憶装置をその一例としてあげることができる。

【0282】

出力装置2202としては、表示パネル、スピーカ、プリンタなどを一例として挙げることができる。

【0283】

本発明の一態様のプログラムは、あらかじめ書き込まれた読み取り専用の記憶媒体または、ネットワークを介してダウンロードにより、頒布されうる。

【0284】

演算装置2000の中央演算器2111は、本発明の一態様のプログラムを入出力装置2200の外部記憶装置から記憶装置2112に読み込む。次いで、上述のプログラムの手順に従って演算処理を実行する。

【0285】

演算装置2000は、プログラムの実行結果を、入出力インターフェース2115を介して出力装置2202に出力する。

【0286】

なお、本実施の形態は、本明細書で示す他の実施の形態と適宜組み合わせができる。

【0287】

（実施の形態6）

本実施の形態では、本発明の一態様の表示装置を備える電子機器の例について、図面を参照して説明する。

【0288】

本発明の一態様の表示装置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、また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。これらの電子機器の具体例を図11に示す。

【0289】

図11（A）に示す電子機器は、モニタの一例である。

【0290】

図11（A）に示す電子機器は、筐体901a、表示部902a、カメラ903a、及び入力手段904aを備える。

【0291】

表示部902aは筐体901aに組み込まれている。表示部902aにより、映像を表示することができる。また筐体901aは、下部に設けられたスタンドにより支持された構成を示している。

【0292】

筐体901aには、検出手段としてカメラ903aが組み込まれている。カメラ903aにより、使用者の眼球を含む画像を撮像することができる。

【0293】

また筐体901aには、入力手段904aが組み込まれている。入力手段904aにより、使用者が様々な設定情報を入力することができる。

【0294】

また筐体901aの内部には、制御手段が設けられている。

【0295】

10

20

30

40

50

図11(A)に示す電子機器は、カメラ903aにより検出情報を取得し、筐体901a内部の制御手段により、表示手段である表示部902aから発する輝度を制御することができる、使用者の眼精疲労や網膜の損傷を抑制することができ、使用者の健康が害されることを抑制することができる。

【0296】

図11(B)に示す電子機器は、パーソナルコンピュータの一例である。

【0297】

図11(B)に示す電子機器は、表示部902bを備える筐体901bと、脱着可能なカメラ903bと、筐体901bに組み込まれた入力手段904bと、キーボード905bと、マウス906bと、本体907bと、を備える。

10

【0298】

本体907b内には少なくとも制御手段を備える。

【0299】

キーボード905b、マウス906bは、他の入力手段として用いることができる。

【0300】

図11(B)に示す電子機器は、カメラ903bにより検出情報を取得し、本体907b内部の制御手段により、表示手段である表示部902bから発する輝度を制御することができる、使用者の眼精疲労や網膜の損傷を抑制することができ、使用者の健康が害されることを抑制することができる。

20

【0301】

図11(C)に示す電子機器は、ノート型のパーソナルコンピュータの一例である。

【0302】

図11(C)に示す電子機器は、筐体901cを備え、筐体901cには表示部902c、カメラ903c、キーボード905c、及びポインティングデバイス906cが組み込まれている。

【0303】

また、筐体901cの内部には、制御手段が設けられている。

【0304】

図11(C)に示す電子機器は、カメラ903cにより検出情報を取得し、筐体901c内部の制御手段により、表示手段である表示部902cから発する輝度を制御することができる、使用者の眼精疲労や網膜の損傷を抑制することができ、使用者の健康が害されることを抑制することができる。

30

【0305】

本発明の一態様の電子機器は、上記構成に限られず、制御手段と、検出手段と、表示手段、を備えていれば、どのような形態であってもよい。またそれが個別に異なる筐体に組み込まれていてもよい。

【0306】

本実施の形態は、本明細書中に記載する他の実施の形態と適宜組み合わせて実施することができる。

【実施例】

【0307】

本実施例では、表示装置の駆動方法の違いに対する眼精疲労の度合いを調査した結果について説明する。

【0308】

[目にやさしい表示について]

神経系の疲労は、長期間にわたって発光や点滅を見続けることで、その光が眼の網膜や神経、脳を刺激することにより生じる。神経や脳が刺激されることで、概日リズム(サークルディアン・リズム: circadian rhythm)への悪影響が生じる場合がある。

40

【0309】

50

筋肉系の疲労は、ピントを合わせる（調節する、ともいう）のに使用する毛様体の筋肉を酷使することにより生じる。筋肉系の疲労により、ピントが合う最も近い距離が遠くなることが知られている。

### 【0310】

図12(A)に、従来の表示部の表示を表す模式図を示す。図12(A)に示すように、従来の表示部の表示では、1秒間に60回の画像の書き換えが行われている。このような画面を長時間見続けることにより、使用者の眼の網膜や神経、脳を刺激して眼の疲労が引き起こされるおそれがある。

### 【0311】

本発明の一態様では、表示部の画素部に、酸化物半導体を用いたトランジスタ、例えば、C A A C - O S を用いたトランジスタを適用することができる。酸化物半導体を用いたトランジスタのオフ電流は、極めて小さいため、フレーム周波数を下げても、表示部の輝度の維持が可能となる。

### 【0312】

つまり、図12(B)に示すように、例えば、5秒間に1回の画像の書き換えが可能となるため、極力同じ映像を見ることが可能となり、使用者に視認される画面のちらつきが低減される。これにより、使用者の眼の網膜や神経、脳の刺激が低減され、神経系の疲労が軽減される。

### 【0313】

また、図13(A)に示すように、1画素のサイズが大きい場合（例えば精細度が150 p p i 未満の場合）、表示部に表示された文字はぼやけてしまう。表示部に表示されたぼやけた文字を長時間見続けると、毛様体の筋肉が、絶えずピントを合わせようと動いているにもかかわらず、ピントが合わせづらい状態がつづくことになり、目に負担をかけてしまうおそれがある。

### 【0314】

これに対し、図13(B)に示すように、本発明の一態様にかかる表示部では、1画素のサイズが小さく高精細な表示が可能となるため、緻密で滑らかな表示とすることができる。これにより、毛様体の筋肉が、ピントを合わせやすくなるため、使用者の筋肉系の疲労が軽減される。表示部の解像度を150 p p i 以上、好ましくは200 p p i 以上とすることにより、使用者の筋肉系の疲労を効果的に低減することができる。

### 【0315】

また、目の疲労を定量的に測定する方法が検討されている。例えば、神経系の疲労の評価指標としては、臨界融合周波数（C F F : C r i t i c a l F l i c k e r ( F u s i o n ) F r e q u e n c y ）などが知られている。また、筋肉系の疲労の評価指標としては、調節時間や調節近点距離などが知られている。

### 【0316】

そのほか、目の疲労を評価する方法として、脳波測定、サーモグラフィ法、瞬きの回数の測定、涙液量の評価、瞳孔の収縮反応速度の評価や、自覚症状を調査するためのアンケート等がある。

### 【0317】

また、500 nm 以下の波長の光、420 nm 以下の波長の光はエネルギーが高く、目の角膜や水晶体で吸収されずにその一部が網膜まで到達するため、眼精疲労を誘発する。またこのような波長の光は、長期的な網膜への影響（例えば、加齢黄斑変性など）や、夜中までこのような波長の光に暴露された際の概日リズム（サークadianリズム : C i r c a d i a n r h y t h m ）への悪影響を引き起こす場合もある。特に虹彩の色が薄い人の場合には、短波長の光を吸収するメラニン色素の虹彩に含まれる割合が少ないため、このような光の影響をより強く受けやすい。

### 【0318】

またこのような波長の光は散乱しやすいため、例えば画素部に表示された文字や画像がぼやけて視認されやすく、これにピントを合わせるために瞳孔を収縮させる毛様体筋を刺

10

20

30

40

50

激して眼精疲労を誘発する。したがって、このような波長の光の輝度を低下させることにより、使用者の眼精疲労を効果的に抑制することができる。

【0319】

したがって、眼精疲労が抑制され、目にやさしい表示を行うためには、表示部に設けられる画素が 150 ppi (pixel per inch) 以上、好ましくは 200 ppi 以上の精細度で配置されていることが好ましい。また、表示部から発せられる光として、440 nm 以下の波長を有する光、より好ましくは 420 nm 以下の波長を有する光を含まないことが好ましい。このように、少なくとも 150 ppi 以上の精細度を有し、且つ、420 nm 以下の波長の光がカットされた表示部を備える表示手段は、使用者の目の疲労を低減（眼精疲労を抑制）することができる。したがって、このような表示手段を、「目にやさしい」表示が可能な表示手段とも呼ぶことができる。

10

【0320】

【疲労度の測定】

目の疲労度を客観的に評価する指標として、臨界融合周波数と調節近点距離を用いて、表示装置の駆動方法の違いに対する眼精疲労の度合いを評価した。

【0321】

人は、光の点滅する周波数を高くすると、あたかも連続光のように見える。これを融合といい、ちらつきを感じずに連続光に見え始める周波数を臨界融合周波数 (CFF) という。CFF は、神経系の眼精疲労が進むことによって低下する。

【0322】

CFF の測定は、デジタルフリッカーベルト測定器 RDF-1 (柴田科学株式会社製) により行った。

20

【0323】

一方、人は、目の水晶体を取り囲む毛様体の筋肉の伸縮によりピントの調整を行う。これを調節といい、筋肉系の眼精疲労が進むとピントの合う最も近い距離（調節近点）が遠くなる。

【0324】

調節近点距離の測定は NPAKOMOD メーター（興和株式会社製）により行った。

【0325】

【測定条件】

30

測定に用いた表示装置の仕様を表 1 に示す。

【0326】

【表 1】

Display Type	Transmissive
Screen Diagonal	6.05 inch
Resolution	768 (H) × 1024 × RGB (V)
Pixel Pitch	120 μm (H) × 40 μm (V)
Pixel Density	212 ppi
Source Driver	DeMUX integrated
Scan Driver	Integrated
Liquid Crystal Mode	TN mode
Cell Gap	4 μm
Backplane	CAAC-IGZO

40

【0327】

50

視覚負荷としては、上述の表示装置に  $77 \times 50$  文字のランダムなアルファベットを表示し、その中から所定の文字列の数を数える、という動作を 15 分間連続して行い、これを 10 分間隔で 4 回行った。測定は、表示装置のリフレッシュレートを 0.2 Hz とした場合と、60 Hz とした場合とでそれぞれ行った。また、視覚負荷を与えていた時の室内照度は 200 lux であった。

【0328】

被験者は、20代から40代の男女6人（男4人、女2人）とした。

【0329】

【評価結果】

測定した CFF の結果を図 14 に示す。図 14 は、各被験者における視覚負荷前後の CFF の減少率を示し、これが大きいほど疲労が大きいことを示す。この結果から、被験者 A、E、F では 60 Hz 駆動よりも 0.2 Hz 駆動の方が、疲労が低減されていることが確認された。また、被験者 B、C、D についてはあまり差がみられない結果となった。すなわち、低周波数駆動による眼精疲労の抑制効果には個人差はあるものの、比較的疲労しにくい人（視覚負荷に対して鈍感な人）よりも疲労しやすい人（視覚負荷に対して敏感な人）では、より眼精疲労の抑制効果がみられることが分かった。

10

【0330】

測定した調節近点距離の結果を図 15 に示す。図 15 は、各被験者における 60 Hz 駆動での視覚負荷前後での調節近点距離を示している。いずれの被験者においても視覚負荷前後での調節近点距離の変化は僅かであり、今回用いた視覚負荷の条件では、調節近点距離に変化が見られる程度に疲労が進行していないことが分かった。

20

【0331】

以上のように、150 ppi 以上の精細度を有し、且つ、420 nm 以下の波長の光がカットされた表示部を備える表示手段を用い、さらにリフレッシュレートを低減した駆動を行うことにより、眼精疲労が抑制され、目にやさしい表示を行うことができる事が確認できた。

【0332】

本実施例は、本明細書中に記載する他の実施の形態と適宜組み合わせて実施することができる。

30

【符号の説明】

【0333】

100 表示装置

101 制御手段

102 表示手段

103 検出手段

111 演算装置

112 コントローラ

113 記憶装置

114 検出器

115 コントローラ

116 画素部

117 駆動回路

118 駆動回路

119 LUT

40

121 バックライト

122 コントローラ

123b 光源

123g 光源

123r 光源

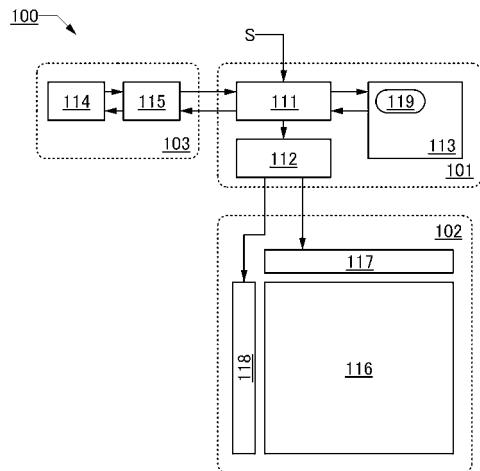
124 拡散板

50

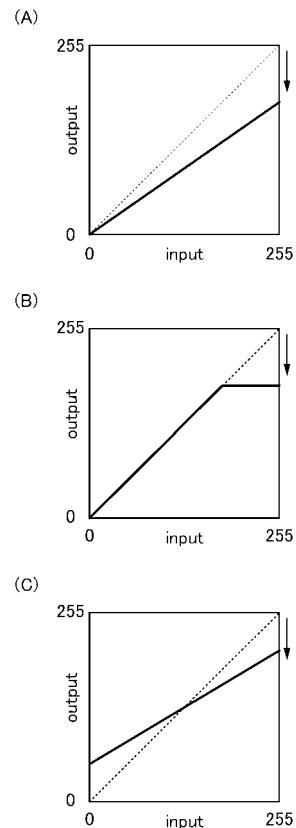
1 2 5	設定情報	
1 5 0	表示装置	
1 6 0	表示装置	
2 0 0	表示パネル	
2 0 1	第1の基板	
2 0 2	第2の基板	
2 0 3	シール材	
2 0 4	F P C	
2 0 5	外部接続電極	
2 0 6	配線	10
2 0 8	接続層	
2 1 1	画素部	
2 1 2	I C	
2 1 3	ゲート駆動回路	
2 3 1	トランジスタ	
2 3 2	トランジスタ	
2 3 7	絶縁層	
2 3 8	絶縁層	
2 3 9	絶縁層	
2 4 2	ブラックマトリクス	20
2 4 3	カラーフィルタ	
2 5 0	液晶素子	
2 5 1	第1の電極	
2 5 2	液晶	
2 5 3	第2の電極	
2 5 4	スペーサ	
2 5 5	オーバーコート	
2 5 6	トランジスタ	
5 0 0	入力手段	
5 0 0 _ C	信号	30
6 0 0	表示装置	
6 1 0	制御手段	
6 2 0	演算装置	
6 2 5 _ C	制御信号	
6 2 5 _ V	画像信号	
6 3 0	表示手段	
6 3 1	画素部	
6 3 1 a	領域	
6 3 1 b	領域	
6 3 1 c	領域	40
6 3 1 p	画素	
6 3 2	G駆動回路	
6 3 2 _ G	G信号	
6 3 3	S駆動回路	
6 3 3 _ S	S信号	
6 3 4	画素回路	
6 3 4 c	容量素子	
6 3 4 t	トランジスタ	
6 3 5	表示素子	
6 3 5 L C	液晶素子	50

6 3 8	コントローラ	
6 5 0	パックライト	
9 0 1 a	筐体	
9 0 1 b	筐体	
9 0 1 c	筐体	
9 0 2 a	表示部	
9 0 2 b	表示部	
9 0 2 c	表示部	
9 0 3 a	カメラ	
9 0 3 b	カメラ	10
9 0 3 c	カメラ	
9 0 4 a	入力手段	
9 0 4 b	入力手段	
9 0 5 b	キーボード	
9 0 5 c	キーボード	
9 0 6 b	マウス	
9 0 6 c	ポインティングデバイス	
9 0 7 b	本体	
2 0 0 0	演算装置	
2 1 1 1	中央演算器	20
2 1 1 2	記憶装置	
2 1 1 4	伝送路	
2 1 1 5	入出力インターフェース	
2 2 0 0	入出力装置	
2 2 0 1	入力装置	
2 2 0 2	出力装置	

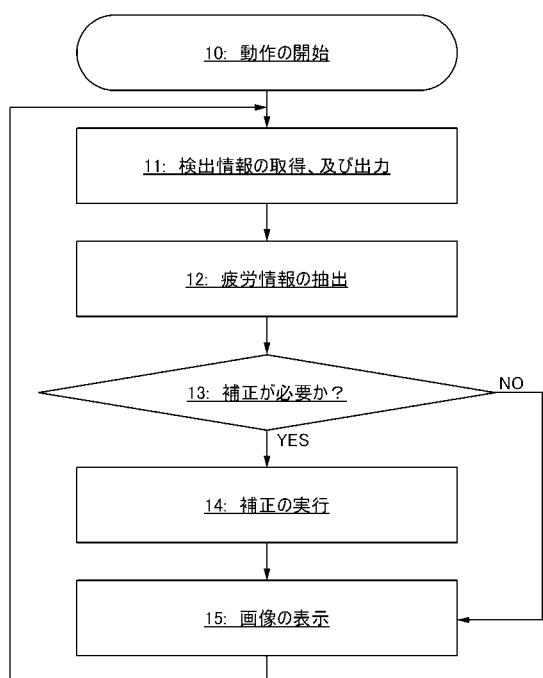
【図1】



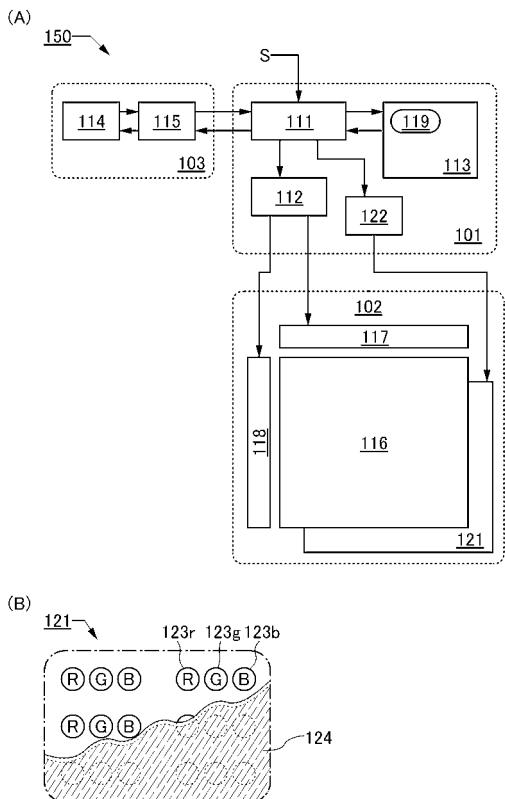
【図2】



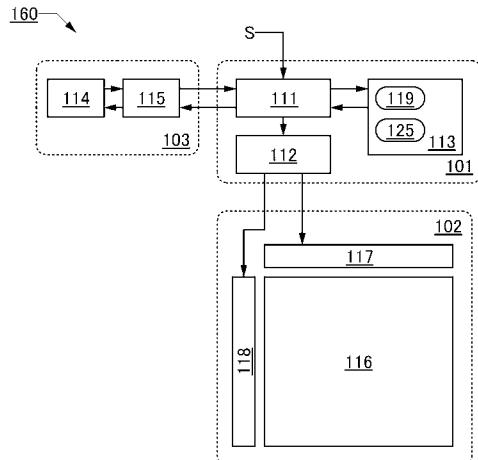
【図3】



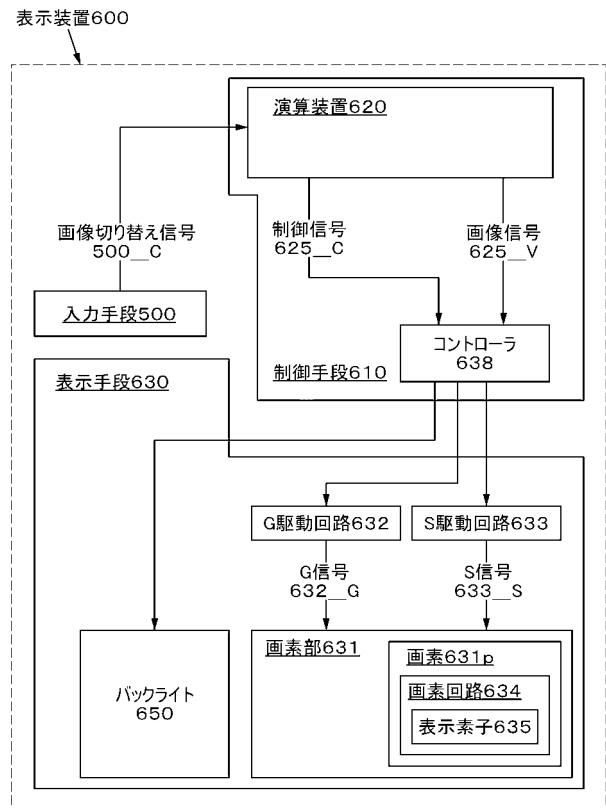
【図4】



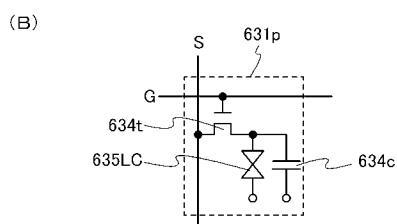
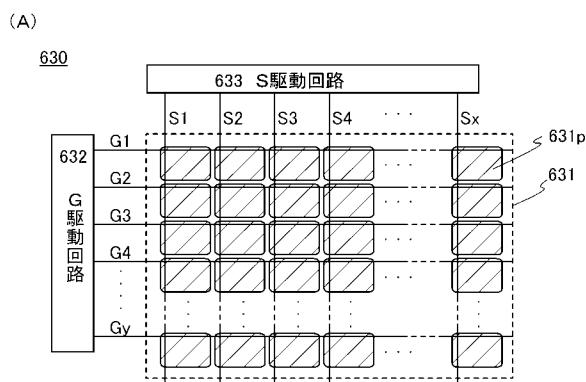
【図5】



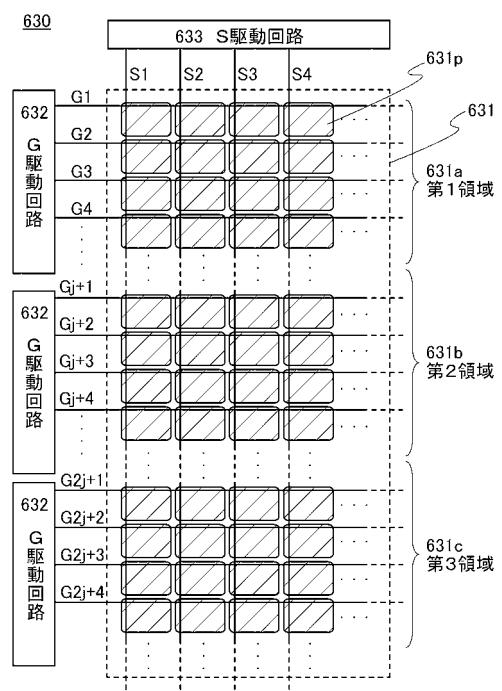
【図6】



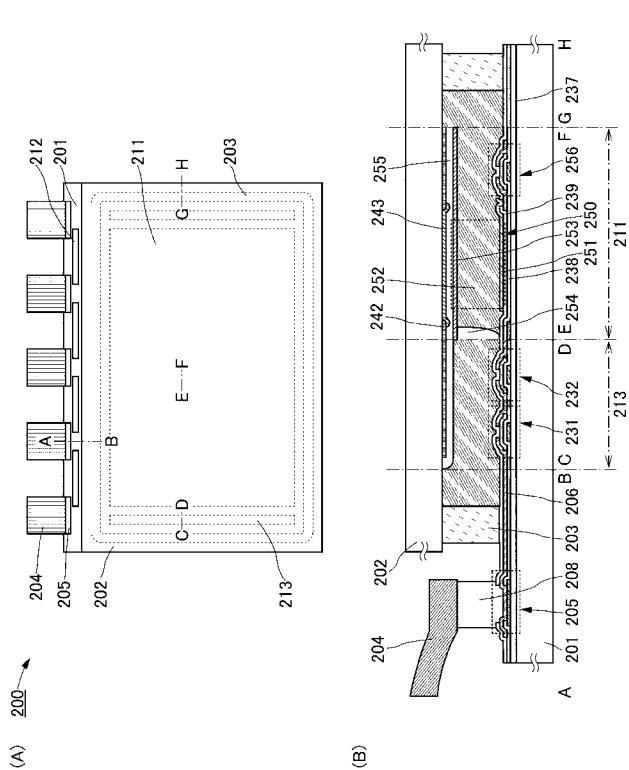
【図7】



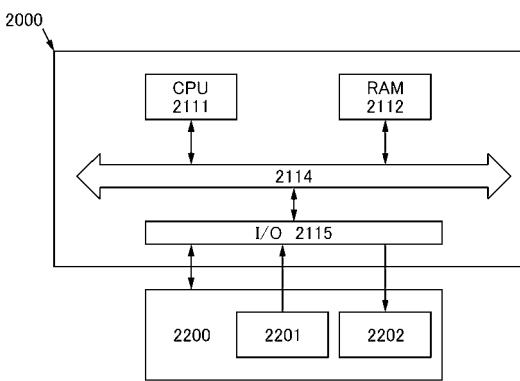
【図8】



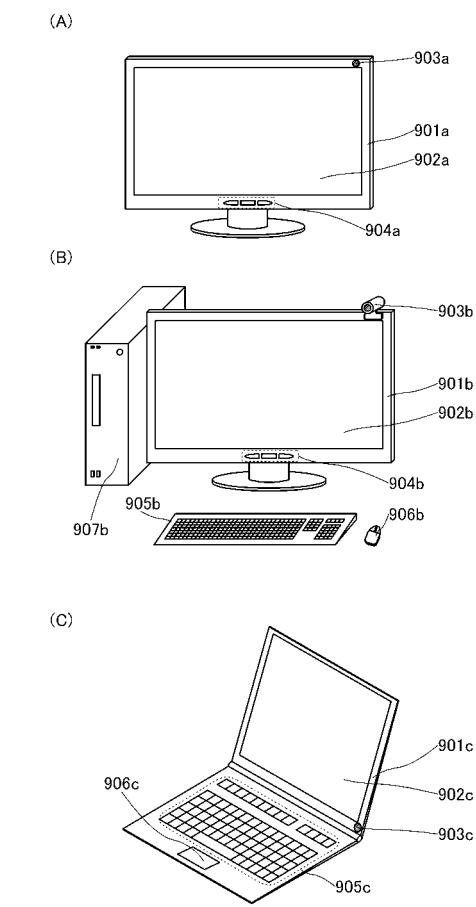
【図9】



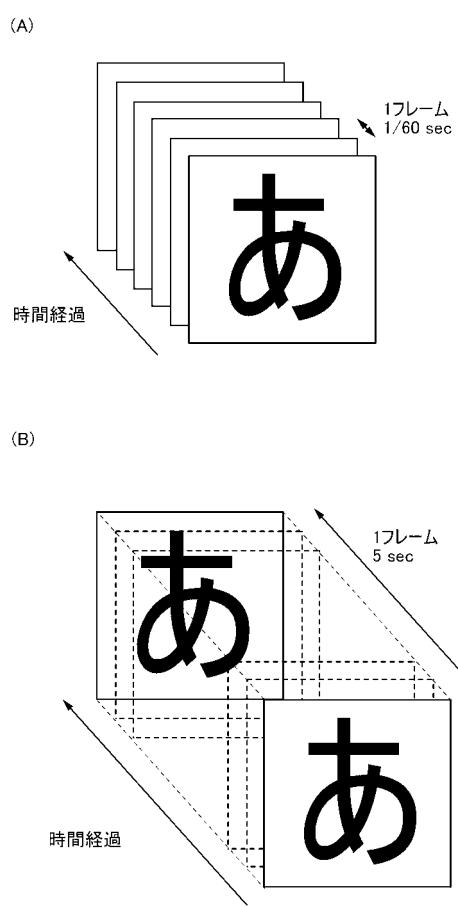
【図10】



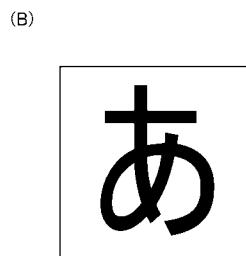
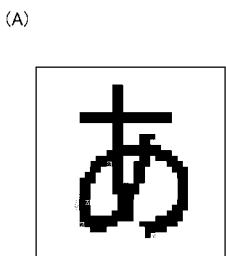
【 図 1 1 】



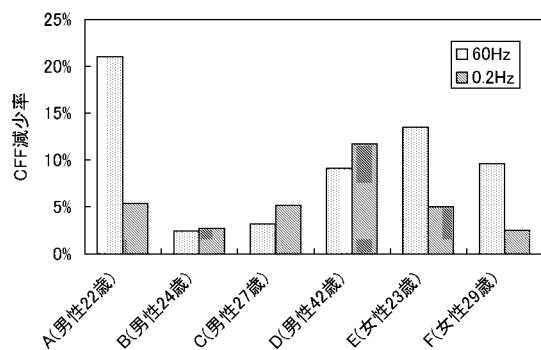
【 図 1 2 】



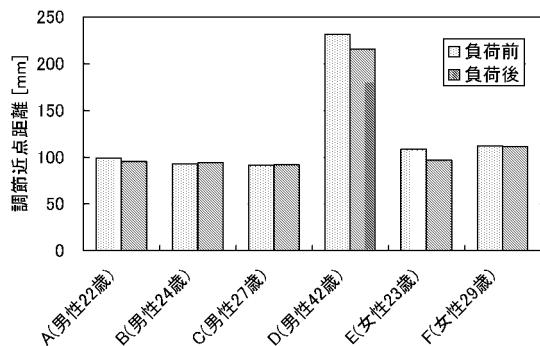
【図13】



【図14】



【図15】



## フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
A 6 1 B 3/113 (2006.01) A 6 1 B 3/10 B  
A 6 1 B 5/16 (2006.01) A 6 1 B 5/16 3 0 0 B

F ターム(参考) 5C082 AA21 AA24 AA27 BA02 BA34 BA35 BB51 BC16 BD02 CA11  
CA12 CA81 CA84 CB01 DA71 MM05 MM08