

(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2020-42212

(P2020-42212A)

(43) 公開日 令和2年3月19日(2020.3.19)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)		
G02B	27/02	(2006.01)	G02B	27/02	Z	2H199		
G09G	3/34	(2006.01)	G09G	3/34	J	5C080		
G09G	3/20	(2006.01)	G09G	3/20	642P			
G09G	3/02	(2006.01)	G09G	3/20	642J			
			G09G	3/20	680A			

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 32 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2018-170684 (P2018-170684)
 (22) 出願日 平成30年9月12日 (2018.9.12)

(71) 出願人 000002185
 ソニー株式会社
 東京都港区港南1丁目7番1号
 (74) 代理人 100120499
 弁理士 平山 淳
 (74) 代理人 100095957
 弁理士 亀谷 美明
 (72) 発明者 阿登 正幸
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
 Fターム(参考) 2H199 CA12 CA28 CA30 CA32 CA34
 CA42 CA45 CA54 CA67 CA75
 CA91
 5C080 AA10 AA17 CC02 CC03 EE28
 EE29 JJ02 JJ04 JJ05 JJ06
 JJ07

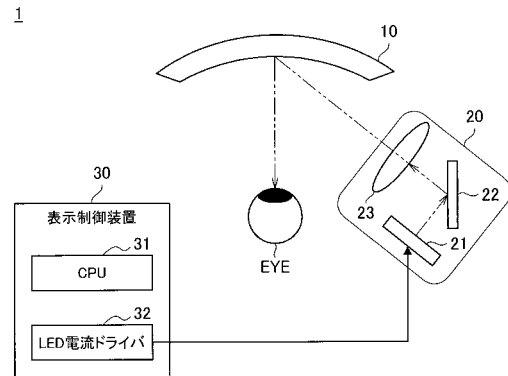
(54) 【発明の名称】 表示装置、表示制御方法及び記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 光学シースルー型の表示装置においてより正確な輝度制御を可能にする仕組みを提供する。

【解決手段】 光学シースルー型の表示装置であって、発光する光源と、前記光源から入射された光を回折させて出射する回折部材を含むコンバイナと、前記光源の発光を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記光源から出力される光の波長、及び入射される光の波長の変化に起因して変化する前記コンバイナの回折効率に基づいて、前記光源の光出力を制御する、表示装置。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光学シースルー型の表示装置であって、
発光する光源と、
前記光源から入射された光を回折させて出射する回折部材を含むコンパイナと、
前記光源の発光を制御する制御部と、

を備え、

前記制御部は、前記光源から出力される光の波長、及び入射される光の波長の変化に起因して変化する前記コンパイナの回折効率に基づいて、前記光源の光出力を制御する、表示装置。

10

【請求項 2】

前記制御部は、前記コンパイナから出射する光の表示輝度が目標値となるように、前記光源の光出力を制御する、請求項 1 に記載の表示装置。

【請求項 3】

前記制御部は、前記目標値が第 1 の閾値以上である場合に P W M 制御を行い、前記目標値が前記第 1 の閾値未満である場合に電流値制御を行う、請求項 2 に記載の表示装置。

【請求項 4】

前記第 1 の閾値は、P W M 制御により実現可能な表示輝度の下限値である、請求項 3 に記載の表示装置。

【請求項 5】

前記表示装置は、前記コンパイナから出射する光の強度を示す第 1 のセンサ値を検出する第 1 の光センサをさらに備え、

前記制御部は、前記目標値及び前記第 1 のセンサ値に基づいて、前記光源の光出力を制御する、請求項 3 に記載の表示装置。

20

【請求項 6】

前記制御部は、前記目標値が前記第 1 の閾値未満である場合、前記第 1 のセンサ値に対応する表示輝度と前記目標値とが一致するように、前記光源に供給される電流値を決定する、請求項 5 に記載の表示装置。

【請求項 7】

前記表示装置は、環境光の強度を示す第 2 のセンサ値を検出する第 2 の光センサをさらに備え、

前記制御部は、前記第 2 のセンサ値に基づいて、前記光源の光出力を制御する、請求項 5 に記載の表示装置。

30

【請求項 8】

前記制御部は、前記目標値が前記第 1 の閾値以上である場合、P W M 制御の際に前記第 2 のセンサ値に対応する電流値を用いる、請求項 7 に記載の表示装置。

【請求項 9】

前記制御部は、前記目標値が前記第 1 の閾値未満である場合、前記第 1 のセンサ値及び前記第 2 のセンサ値に対応する表示輝度と前記目標値とが一致するように、前記光源に供給される電流値を決定する、請求項 7 に記載の表示装置。

40

【請求項 10】

前記光源は、第 1 の色の光又は第 2 の色の光の少なくともいずれかを発光し、

前記制御部は、前記光源の発光色を前記目標値に応じて制御する、請求項 7 に記載の表示装置。

【請求項 11】

前記制御部は、前記目標値が第 2 の閾値以上である場合に前記第 1 の色の光を発光させ、前記目標値が第 3 の閾値以上第 2 の閾値未満である場合に前記第 1 の色の光及び前記第 2 の色の光の双方を発光させ、前記目標値が第 3 の閾値未満である場合に前記第 2 の色の光を発光させる、請求項 10 に記載の表示装置。

【請求項 12】

50

前記制御部は、前記光源の発光色を、前記第 2 のセンサ値に応じて制御する、請求項 10 に記載の表示装置。

【請求項 13】

前記第 1 の色は緑色であり、前記第 2 の色は琥珀色である、請求項 10 に記載の表示装置。

【請求項 14】

前記表示装置は、前記光源から入射された光を用いて画像光を生成して出射する表示素子をさらに備える、請求項 1 に記載の表示装置。

【請求項 15】

前記光源は、LED である、請求項 1 に記載の表示装置。

10

【請求項 16】

発光する光源と、前記光源から入射された光を回折させて出射する回折部材を含むコンバイナと、を備える光学シースルー型の表示装置の表示制御方法であって、

前記光源から出力される光の波長、及び入射される光の波長の変化に起因して変化する前記コンバイナの回折効率に基づいて、前記光源の光出力を制御すること、を含む表示制御方法。

【請求項 17】

発光する光源と、前記光源から入射された光を回折させて出射する回折部材を含むコンバイナと、を備える光学シースルー型の表示装置を制御するコンピュータを、

前記光源から出力される光の波長、及び入射される光の波長の変化に起因して変化する前記コンバイナの回折効率に基づいて、前記光源の光出力を制御する制御部、として機能させるためのプログラムを記録した記録媒体。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、表示装置、表示制御方法及び記録媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、実世界に付加的な情報を重畳してユーザに提示する拡張現実（AR：Augmented Reality）と呼ばれる技術が注目されている。AR 技術を用いた情報提示には、透過型 HMD（Head Mounted Display）等の光学シースルー型の表示装置が利用される。光学シースルー型の表示装置は、画素ごとの階調を表現した光（以下、画像光とも称する）を生成する光学エンジンと、実世界の光を透過しつつ画像光を回折させて実世界の光と共にユーザの眼に出射するコンバイナと、を含んで構成される場合が多い。光学シースルー型の表示装置は、開発されてから未だ日が浅く、性能向上のための種々の技術が開発されている。

30

【0003】

例えば、下記特許文献 1 には、コンバイナにホログラム導光板を使用した透過型 HMD に関し、色ムラ及び輝度ムラを低減する技術が開示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2007 - 94175 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

光学シースルー型の表示装置において、輝度を制御する際に、画像光を生成する光源の発光波長が変化する場合がある。コンバイナは、典型的には波長選択性を有するので、コンバイナの回折効率は波長によって異なる。そのため、発光波長が変化すると、その変化

50

が輝度に意図せぬ影響を与えてしまい、正確な輝度制御が困難になるおそれがあった。

【0006】

そこで、本開示では、光学シースルー型の表示装置においてより正確な輝度制御を可能にする仕組みを提供する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示によれば、光学シースルー型の表示装置であって、発光する光源と、前記光源から入射された光を回折させて出射する回折部材を含むコンパイナと、前記光源の発光を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記光源から出力される光の波長、及び入射される光の波長の変化に起因して変化する前記コンパイナの回折効率に基づいて、前記光源の光出力を制御する、表示装置が提供される。

10

【0008】

また、本開示によれば、発光する光源と、前記光源から入射された光を回折させて出射する回折部材を含むコンパイナと、を備える光学シースルー型の表示装置の表示制御方法であって、前記光源から出力される光の波長、及び入射される光の波長の変化に起因して変化する前記コンパイナの回折効率に基づいて、前記光源の光出力を制御すること、を含む表示制御方法が提供される。

【0009】

また、本開示によれば、発光する光源と、前記光源から入射された光を回折させて出射する回折部材を含むコンパイナと、を備える光学シースルー型の表示装置を制御するコンピュータを、前記光源から出力される光の波長、及び入射される光の波長の変化に起因して変化する前記コンパイナの回折効率に基づいて、前記光源の光出力を制御する制御部、として機能させるためのプログラムを記録した記録媒体が提供される。

20

【発明の効果】

【0010】

以上説明したように本開示によれば、光学シースルー型の表示装置においてより正確な輝度制御を可能にする仕組みが提供される。なお、上記の効果は必ずしも限定的なものではなく、上記の効果とともに、または上記の効果に代えて、本明細書に示されたいずれかの効果、または本明細書から把握され得る他の効果が奏されてもよい。

【図面の簡単な説明】

30

【0011】

【図1】本開示の一実施形態に係る透過型HMDの第1のハードウェア構成例を示す図である。

【図2】同実施形態に係る透過型HMDの第2のハードウェア構成例を示す図である。

【図3】同実施形態に係る透過型HMDにおける階調表現方法の一例を説明するための図である。

【図4】同実施形態に係る透過型HMDにおけるPWM制御の一例を説明するための図である。

【図5】電流値制御によってLEDの発光波長が変化する例を説明するための図である。

【図6】第1の実施形態に係る透過型HMDによる表示輝度制御に関する構成要素及び情報を示す図である。

40

【図7】LEDの分光放射強度の一例を示すグラフである。

【図8】図1に示した第1のハードウェア構成例に係る透過型HMDにおける表示輝度の制御例を説明するための図である。

【図9】図2に示した第2のハードウェア構成例に係る透過型HMDにおける表示輝度の制御例を説明するための図である。

【図10】第2の実施形態に係る透過型HMDのハードウェア構成例を示す図である。

【図11】同実施形態に係る透過型HMDによる表示輝度制御に関する構成要素及び情報を示す図である。

【図12】同実施形態に係る透過型HMDにより実行される表示輝度制御処理の流れの一

50

例を示すフローチャートである。

【図 1 3】第 3 の実施形態に係る透過型 H M D のハードウェア構成例を示す図である。

【図 1 4】同実施形態に係る透過型 H M D による表示輝度制御に關与する構成要素及び情報
を示す図である。

【図 1 5】ユーザの比視感度特性の一例を示すグラフである。

【図 1 6】同実施形態に係る透過型 H M D による各視覚環境における表示輝度制御の様子
を示すグラフである。

【図 1 7】同実施形態に係る透過型 H M D により実行される表示輝度制御処理の流れの一
例を示すフローチャートである。

【図 1 8】第 4 の実施形態に係る透過型 H M D のハードウェア構成例を示す図である。 10

【図 1 9】同実施形態に係る透過型 H M D による表示輝度制御に關与する構成要素及び情報
を示す図である。

【図 2 0】同実施形態に係る透過型 H M D による緑色の光と琥珀色の光との併用方法の一
例を説明するためのグラフである。

【図 2 1】同実施形態に係る透過型 H M D により実行される表示輝度制御処理の流れの一
例を示すフローチャートである。

【図 2 2】図 2 1 に示したフローチャートにおけるステップ S 3 1 0 における詳細な処理
の流れの一例を示すフローチャートである。

【図 2 3】図 2 1 に示したフローチャートにおけるステップ S 3 2 0 における詳細な処理
の流れの一例を示すフローチャートである。 20

【図 2 4】図 2 1 に示したフローチャートにおけるステップ S 3 3 0 における詳細な処理
の流れの一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

以下に添付図面を参照しながら、本開示の好適な実施の形態について詳細に説明する。
なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については
、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

【 0 0 1 3 】

なお、説明は以下の順序で行うものとする。

1 . 概要 30

1 . 1 . ハードウェア構成例

1 . 2 . 階調表現方法

1 . 3 . 調光方式

1 . 4 . 技術的課題

1 . 5 . 提案技術の概要

2 . 第 1 の実施形態

3 . 第 2 の実施形態

4 . 第 3 の実施形態

5 . 第 4 の実施形態

6 . まとめ 40

【 0 0 1 4 】

< < 1 . 概要 > >

以下、本開示の一実施形態に係る光学シースルー型の表示装置の概要を説明する。なお
、以下では、光学シースルー型の表示装置として、透過型 H M D を一例に挙げて説明する
。

【 0 0 1 5 】

また、本明細書において、L E D 輝度とは、L E D の光出力と人間の比視感度と積を波
長で積分した値である。光出力とは、L E D から出射される光の強度である。表示輝度と
は、回折スペクトルと L E D の光出力と比視感度の積を波長で積分した値である。L E D
輝度と表示輝度とを特に区別する必要がない場合、これらを単に輝度とも総称する。 50

【 0 0 1 6 】

< 1 . 1 . ハードウェア構成例 >

以下では、本実施形態に係る透過型 H M D のハードウェア構成例を説明する。

【 0 0 1 7 】

(1) 第 1 のハードウェア構成例

第 1 のハードウェア構成例は、回折部材をひとつ含む構成例である。第 1 のハードウェア構成例について、図 1 を参照して説明する。

【 0 0 1 8 】

図 1 は、本実施形態に係る透過型 H M D の第 1 のハードウェア構成例を示す図である。図 1 に示すように、第 1 のハードウェア構成例に係る透過型 H M D 1 は、コンバイナ 1 0 、光学エンジン 2 0 、及び表示制御装置 3 0 を含む。

10

【 0 0 1 9 】

・コンバイナ 1 0

コンバイナ 1 0 は、光源から入射された光を回折させて出射する回折部材を少なくともひとつ含む部材である。コンバイナ 1 0 は、光学エンジン 2 0 (より詳しくは、光源 2 1) から入射された光を回折させて、ユーザの眼 (即ち、観察者) に出射する。

【 0 0 2 0 】

コンバイナ 1 0 に含まれる回折部材は透過型であってもよいし、反射型であってもよい。本実施形態に係るコンバイナ 1 0 に含まれる回折部材は反射型であるものとする。コンバイナ 1 0 は、実世界の光を透過しつつ、光学エンジン 2 0 (より詳しくは、光源 2 1) から入射された画像光を回折させて実世界の光と共にユーザの眼に出射する。

20

【 0 0 2 1 】

回折部材としては、例えばホログラム又は平面回折格子が用いられ得る。本実施形態では、回折部材としてホログラムが用いられるものとする。この場合、コンバイナ 1 0 は、ホログラム導光板又はホログラムレンズとも称される。第 1 の示した例では、コンバイナ 1 0 は、回折部材をひとつ含む。第 1 の示した例では、コンバイナ 1 0 は、出射ホログラムとも称される場合がある。

【 0 0 2 2 】

コンバイナ 1 0 は、光学エンジン 2 0 (より詳しくは、光源 2 1) のデフォルトの発光波長において、最も回折効率が高くなるように設計される場合が多い。デフォルトの発光波長とは、光源 2 1 がデフォルトの電流値で駆動するときの発光波長である。また、デフォルトの電流値とは、P W M 制御において固定的に用いられる電流値である。

30

【 0 0 2 3 】

・光学エンジン 2 0

光学エンジン 2 0 は、画像光を生成してコンバイナ 1 0 に出射する装置である。光学エンジン 2 0 は、光源 2 1 、表示素子 2 2 及びレンズ 2 3 を含む。

【 0 0 2 4 】

光源 2 1 は、画像光の元となる光を発光する装置である。光源 2 1 としては、例えば、L E D (light emitting diode) 又はレーザー光源が用いられ得る。本実施形態では、光源 2 1 は、L E D であるものとする。例えば、L E D 2 1 は、緑色の光を生成し、出射する。

40

【 0 0 2 5 】

表示素子 2 2 は、L E D 2 1 から入射された光を用いて画像光を生成して出射する装置である。表示素子 2 2 は、画素ごとに画像光の O N / O F F を切り替える。表示素子 2 2 は、O N の画素に関しては L E D 2 1 から入射された光を外部へ出射し、O F F の画素に関しては L E D 2 1 から入射された光を外部へ出射しない。このようにして、表示素子 2 2 は、画像光を生成する。表示素子 2 2 としては、例えば、M E M S (micro electro mechanical system) ミラー又は強誘電性液晶表示素子が用いられ得る。本実施形態では、表示素子 2 2 は、M E M S ミラーであるものとする。

【 0 0 2 6 】

50

レンズ 23 は、MEMS ミラー 22 から入射された画像光を屈折させて出射する部材である。レンズ 23 は、例えば入射された画像光の光束を平行光束とする、コリメート光学系として実現される。

【0027】

・表示制御装置 30

表示制御装置 30 は、透過型 HMD 1 による画像表示を制御する装置である。表示制御装置 30 は、CPU (Central Processing Unit) 31 及び LED 電流ドライバ 32 を含む。

【0028】

CPU 31 は、演算処理装置及び制御装置として機能し、各種プログラムに従って透過型 HMD 1 内の動作全般を制御する装置である。例えば、CPU 31 は、LED 電流ドライバ 32 を制御することで、間接的に光学エンジン 20 の動作を制御する。例えば、CPU 31 は、後述する電流値制御を行い、LED 21 に供給すべき電流値を示す情報を LED 電流ドライバ 32 に出力する。本実施形態において CPU 31 が行う処理は、MPU、DSP 及び / 又は電子回路により行われてもよい。

10

【0029】

LED 電流ドライバ 32 は、LED 21 に供給する電流を制御する装置である。例えば、LED 電流ドライバ 32 は、MEMS ミラー 22 のコントローラから出力される発光トリガ信号に基づいて、LED 21 に供給される電流の ON/OFF の波形 (後述する PWM パルス) を生成する。その際に、LED 電流ドライバ 32 は、後述する PWM 制御を行い得る。なお、発光トリガ信号とは、MEMS ミラー 22 における画素の ON/OFF と同期して LED 21 を ON/OFF させるための、LED 21 の発光開始 / 停止のタイミングを指示するタイミング情報である。LED 21 には、LED 電流ドライバ 32 により生成された波形が示す電流が供給される。

20

【0030】

なお、表示制御装置 30 (即ち、CPU 31 及び LED 電流ドライバ 32) は、LED 21 の発光を制御する制御部として機能する。CPU 31 及び LED 電流ドライバ 32 の処理分担は任意に行われてもよい。例えば、本明細書において、CPU 31 及び LED 電流ドライバ 32 の各々が行うと説明した処理は、CPU 31 又は LED 電流ドライバ 32 のいずれか一方が行ってもよい。

30

【0031】

(2) 第 2 のハードウェア構成例

第 2 のハードウェア構成例は、回折部材をふたつ含む構成例である。第 2 のハードウェア構成例について、図 2 を参照して説明する。

【0032】

図 2 は、本実施形態に係る透過型 HMD の第 2 のハードウェア構成例を示す図である。図 2 に示すように、第 2 のハードウェア構成例に係る透過型 HMD 1 は、コンバイナ 10、光学エンジン 20、及び表示制御装置 30 を含む。第 1 のハードウェア構成例に係る透過型 HMD 1 と第 2 のハードウェア構成例に係る透過型 HMD 1 とは、コンバイナ 10 の構成が異なり、他は同一である。以下、コンバイナ 10 の構成について説明する。

40

【0033】

本構成例に係るコンバイナ 10 は、ホログラム 11A 及び 11B、並びに透明板 12 を含む。

【0034】

ホログラム 11A は、光学エンジン 20 による画像光の出射方向に設けられ、ホログラム 11B はユーザ (即ち観察者) の目の前に設けられる。ホログラム 11A は、光学エンジン 20 から入射された光を回折させて出射する。ホログラム 11A から出射された画像光は、透明板 12 の内部で全反射を繰り返しながらホログラム 11B まで到達する。ホログラム 11B は、透明板 12 を経由して入射された光を回折させてユーザの眼に出射する。ホログラム 11A は、入射側ホログラムとも称される場合がある。ホログラム 11B は

50

、出射側ホログラムとも称される場合がある。

【 0 0 3 5 】

< 1 . 2 . 階調表現方法 >

M E M Sミラー 2 2 を用いた階調表現方法として、一色当たりの階調を複数のビットで表現する方法がある。その一例として、緑色の階調表現について、図 3 を参照して説明する。

【 0 0 3 6 】

図 3 は、本実施形態に係る透過型 H M D 1 における階調表現方法の一例を説明するための図である。1 段目のグラフ 5 0 は、画像光の波形を示す。2 段目のグラフ 5 1 は、L E D 2 1 の駆動波形を示す。3 段目のグラフ 5 2 は、V S Y N C の波形を示す。4 段目のグラフ 5 3 は、M E M Sミラー 2 2 における画素の O N / O F F と同期して L E D 2 1 を O N / O F F させるための発光トリガ信号（発光開始 / 停止のタイミング情報）の波形を示す。これらのグラフの横軸は時間であり、時間は左から右へ流れる。また、縦軸は、O N / O F F を示しており、O F F は振幅が 0 である。図 3 に示した例では、緑色の階調が 0 ビット ~ 8 ビット（G 0 ~ G 8）の計 9 ビットで表現されている。ビットが 1 であれば画像光は出射され、ビットが 0 であれば画像光は出射されない。これらのビットの O N / O F F 状態を組み合わせることで、9 ビットの階調を表現することができる。

10

【 0 0 3 7 】

< 1 . 3 . 調光方式 >

本実施形態に係る透過型 H M D が採用し得る調光方式の一例として、P W M（Pulse Width Modulation）制御及び電流値制御がある。

20

【 0 0 3 8 】

(1) P W M 制御

P W M 制御は、光源による発光幅の長短を制御することで、輝度の高低を制御する方法である。P W M 制御では、発光トリガが示す発光開始から停止までの時間幅を輝度 1 0 0 % として、目標とする輝度に応じて発光幅が制御される。発光幅が長いほど高い輝度が実現され、発光幅が短いほど低い輝度が実現される。P W M 制御について、図 4 を参照して説明する。

【 0 0 3 9 】

図 4 は、本実施形態に係る透過型 H M D 1 における P W M 制御の一例を説明するための図である。図 4 では、図 3 に示した階調表現におけるひとつのビットが 1 であったときの P W M 制御について図示されている。1 段目のグラフ 5 4 は、M E M Sミラー 2 2 における画素の O N / O F F の波形を示す。2 段目のグラフ 5 5 は、M E M Sミラー 2 2 における画素の O N / O F F と同期して L E D 2 1 を O N / O F F させるための発光トリガ信号（発光開始 / 停止のタイミング情報）の波形を示す。3 段目のグラフ 5 6 は、P W M 制御下の L E D 2 1 の駆動波形を示す。4 段目のグラフ 5 7 は、P W M 制御下の画像光の O N / O F F の波形を示す。これらのグラフの横軸は時間であり、時間は左から右へ流れる。また、縦軸は、O N / O F F を示しており、O F F は振幅が 0 である。グラフ 5 6 及びグラフ 5 7 に示すように、L E D 2 1 の発光幅が 1 0 0 % であれば、画像光の発光幅も最大となるので、輝度は最大となる。また、L E D 2 1 の発光幅が 1 / 2、1 / 4 になれば、画像光の発光幅も 1 / 2、1 / 4 となるので、輝度も 1 / 2、1 / 4 となる。

30

40

【 0 0 4 0 】

このような制御は、例えば L E D 電流ドライバ 3 2 により行われる。L E D 電流ドライバ 3 2 は、各ビットの 1 0 0 % の時間幅をテーブルとして保持する。

【 0 0 4 1 】

(2) 電流値制御

電流値制御は、光源に供給される電流値を決定することで、輝度の高低を制御する方法である。典型的には、電流値制御が行われる場合、P W M パルスの発光幅は固定された上で、電流値が制御される。光源に供給される電流値が高いほど輝度は高くなり、光源に供給される電流値が低いほど輝度は低くなる。ただし、電流値制御により輝度を制御すると

50

、LEDのドミナント波長（発光波長に相当）が変化し得る。この点について、図5を参照して説明する。

【0042】

図5は、電流値制御によってLED21の発光波長が変化する例を説明するための図である。グラフ58は、OSRAM（登録商標）社製LED「LT G6SP」（緑色）のLED輝度比 - 電流特性を示すグラフである。グラフ59は、同LEDの波長シフト - 電流特性を示すグラフである。グラフ58に示すように、電流値が140mAであるときを基準（LED輝度比1.0）とすると、電流値を50mAまで低下させるとLED輝度比は0.5程度まで低下する。ただし、グラフ59に示すように、電流値を140mAから50mAに低下させることで、ドミナント波長が+6nm程度シフトする。これは、LEDのドミナント波長は、電流値140mAにおいて528nmであり、電流値50mAにおいて534nm程度であることに起因する。

10

【0043】

< 1.4. 技術的課題 >

PWM制御によりLED輝度を低下させる方法では、所定輝度以下では階調のLSB（least significant bit）を表現することが困難である。

【0044】

一例として、透過型HMD1が、8ビットの階調表現、フレームレートが60fps、1フレーム当たり1フィールドで動作する場合の、表示輝度レンジを考慮すると、最小ビットの時間幅は、 $(1s/60)/255 = 65\mu s$ となる。寄生容量等により、LED21の電流波形の立ち上り及び立ち下り時間が計4 μs 程度必要であるとする、PWM制御では、発光時間幅を4 μs まで短縮することができる。そのため、PWM制御で実現可能な表示輝度の下限は、発光トリガが示す発光開始から停止までの時間幅を輝度100%とすると、 $4\mu s / 65\mu s = \text{約}6\%$ となる。

20

【0045】

このように、階調のLSBを表現する前提の下では、LED輝度に下限があるので、環境光が暗い条件の下では、ユーザが画像光を眩しいと感じてしまい兼ねない。そのため、PWM制御で実現可能な表示輝度の下限よりもさらに低輝度側に輝度のダイナミックレンジを拡大する仕組みが求められている。

【0046】

また、電流値制御により表示輝度を低下させる方法では、正確な表示輝度の制御が困難になるおそれがある。図5を参照して上記説明したように、電流値制御を行ってLED輝度を低下させると、発光波長が変化する。コンバイナの回折効率は波長によって異なるので、電流値制御により発光波長が変化すると、その変化が表示輝度に意図せぬ影響を与えてしまうこととなる。よって、電流値制御により表示輝度を低下させる場合に、より正確な表示輝度の制御を可能にする仕組みが求められている。

30

【0047】

< 1.5. 提案技術の概要 >

以下、上記技術的課題を解決するための、提案技術の概要を説明する。

【0048】

提案技術の第1のポイントは、PWM制御で輝度を下限値まで低下させた後、PWM制御から電流制御に動的に調光方式を切り替えることにある。これにより、より低輝度側に輝度のダイナミックレンジを拡大することが可能となる。例えば、図5を参照して上記説明した特性を有するLEDが用いられる場合、電流値を140mA固定としてPWM制御によって輝度を6%まで低下させた後、電流値を50mAに低下させると、さらに輝度を低下させることが可能である。

40

【0049】

図5を参照して上記説明したように、電流値制御によりLEDの輝度を低下させると、発光波長も変化する。このことは、表示輝度のさらなる低下を実現することができる。詳しくは、コンバイナの回折効率を高める目的で、回折効率が最も高い波長に発光波長を固

50

定した上で、PWM制御が行われる場合が多い。よって、電流値制御によりLED輝度を低下させると、それに伴う発光波長のシフトによりコンパイナの回折効率が低下するので、表示輝度をさらに低下させることが可能となる。

【0050】

提案技術の第2のポイントは、発光波長及びコンパイナの回折効率に基づいて、画像光を生成する光源の光出力を制御することにある。図5を参照して上記説明したように、電流値制御を行ってLED輝度を低下させると、発光波長が変化する。また、コンパイナの回折効率は波長によって異なる。よって、発光波長が変化すると、その変化が表示輝度に影響を与えてしまう。この点、提案技術によれば、発光波長及びコンパイナの回折効率に基づいて光出力が制御されるので、より正確な輝度制御を実現することが可能となる。

10

【0051】

提案技術の第3のポイントは、フィードバック制御を行うことにある。これにより、所望の輝度をより正確に実現することが可能となる。

【0052】

提案技術の第4のポイントは、環境光（即ち、外界の光）の強度（又は光度）に基づいて輝度制御を行う点にある。環境光の強度に応じて、ユーザの比視感度の波長特性が変化する。そのため、環境光の強度に応じて表示輝度が変化する事となる。この点、提案技術によれば、環境光の強度に基づいて、ユーザの比視感度の波長特性の変化を考慮した輝度補正を行うことで、環境光の強度がどのような場所においても、所望の輝度を正確に実現することが可能となる。

20

【0053】

提案技術の第5のポイントは、複数色の光源を併用することにある。比視感度が比較的高い色から比視感度が比較的低い色に、使用する色を切り替えることで、表示輝度をより低下させることが可能となる。

【0054】

<< 2 . 第1の実施形態 >>

第1の実施形態は、提案技術の第1のポイント及び第2のポイントに関する。即ち、第1の実施形態は、PWM制御から電流制御に動的に調光方式を切り替えつつ、入射される光の波長に応じて変化するコンパイナ10の回折効率に基づいて、電流値制御を行う形態である。以下、図6～図9を参照して、第1の実施形態について詳しく説明する。なお、本実施形態に係る透過型HMD1は、図1を参照して上記説明した第1のハードウェア構成例、及び図2を参照して上記説明した第2のハードウェア構成例の、いずれの構成においても実装可能である。

30

【0055】

(1) 表示輝度制御

図6は、本実施形態に係る透過型HMD1による表示輝度制御に関与する構成要素及び情報を示す図である。図6に示すように、本実施形態に係る表示輝度制御には、CPU31、LED電流ドライバ32及びLED21、並びに目標表示輝度が関与する。

【0056】

CPU31は、LED21から出力される光の波長、及び入射される光の波長の変化に起因して変化するコンパイナ10の回折効率に基づいて、LED21の光出力を制御する。詳しくは、CPU31は、供給される電流値に応じて異なるLED21の発光波長、及び波長によって異なるコンパイナ10の回折効率に基づいて、電流値制御を行う。これにより、CPU31は、電流値制御に起因して変化する発光波長と、発光波長の変化及びコンパイナの回折効率の特性が表示輝度に与える変化を考慮した、正確な輝度制御を実現することが可能となる。CPU31は、決定した電流値を示す情報をLED電流ドライバ32に出力する。

40

【0057】

図6に示すように、CPU31には、目標表示輝度が入力される。目標表示輝度は、表示輝度の目標値を示す情報である。目標表示輝度は、ユーザにより入力されてもよいし、

50

ARアプリケーション等のアプリケーションから入力されてもよい。

【0058】

CPU31は、コンパイナ10から出射する光の表示輝度が目標表示輝度となるように、LED21の光出力を制御する。詳しくは、CPU31は、コンパイナ10から出射する光の表示輝度が目標表示輝度となるように、LED21に供給される電流値の高低を制御する。ここで、表示輝度は、LED21の分光放射強度と、比視感度と、回折スペクトルとの積を、波長に関して積分することで、計算される。即ち、表示輝度は、次式により計算される。

【0059】

【数1】

$$IL = \int_0^{\infty} I(\lambda) \times K(\lambda) \times \tau(\lambda) d\lambda \quad \dots (1)$$

10

【0060】

ここで、 λ は波長である。ILは表示輝度である。I(λ)は波長 λ における分光放射強度である。K(λ)は波長 λ における比視感度である。 $\tau(\lambda)$ は、コンパイナ10の波長 λ における回折効率である。K(λ)としては、典型的には明所視(環境光が1cd/m²以上)での比視感度が利用される。なお、 $\tau(\lambda)$ は、コンパイナ10がホログラム11を複数含む場合には、各ホログラム11の波長 λ における回折効率の積である。

【0061】

LED21の分光放射強度の一例を、図7に示す。図7は、LED21の分光放射強度の一例を示すグラフである。本グラフには、OSRAM(登録商標)社製LED「LTG6SP」(緑色)の、電流値が140mAであるときの分光放射強度が示されている。本グラフの横軸は発光波長であり、縦軸は光の強度である。

20

【0062】

CPU31は、上記数式(1)により計算される表示輝度が、目標表示輝度となるように、LED21に供給される電流値を決定する。

【0063】

CPU31は、目標表示輝度が第1の閾値以上である場合にはPWM制御を行い、目標表示輝度が第1の閾値未満である場合には電流値制御を行う。ここで、第1の閾値は、PWM制御により実現可能な表示輝度の下限値である。例えば、透過型HMD1が、8ビットの階調表現、フレームレートが60fps、1フレーム当たり1フィールドで動作する場合であれば、第1の閾値は、表示輝度比6%に相当する表示輝度である。CPU31は、PWM制御によって発光幅を最短にして表示輝度をPWM制御で実現可能な表示輝度の下限まで下げた後、発光幅を最短にしたまま電流値制御を行うことで、さらに表示輝度を下げる。これにより、PWM制御で実現可能な表示輝度の下限よりもさらに低輝度側に輝度のダイナミックレンジを拡大することが可能となる。

30

【0064】

・LED電流ドライバ32

LED電流ドライバ32は、CPU31による制御に基づいて、LED21を発光させる。例えば、LED電流ドライバ32は、目標表示輝度が第1の閾値以上である場合には、目標表示輝度に応じた発光幅のPWMパルスを生じて、LED21に出力する。また、LED電流ドライバ32は、目標輝度が第1の閾値未満である場合には、発光幅が最短のPWMパルスを生じてLED21に出力しつつ、LED21に供給される電流値をCPU31により決定された電流値とする。

40

【0065】

・LED21

LED21は、LED電流ドライバ32による制御に基づいて、発光する。

【0066】

(2)具体例

以下、透過型HMD1による具体的な表示輝度の制御例について、図8及び図9を参照

50

して説明する。

【0067】

なお、以下の具体例において、LED輝度比とは、デフォルトの電流値におけるLED輝度を基準とした、LED輝度の比である。デフォルトの電流値は140mAであるものとする。また、表示輝度比とは、デフォルトの電流値であるときの表示輝度を基準とした比である。

【0068】

・第1のハードウェア構成例に係る透過型HMD1

図8は、図1に示した第1のハードウェア構成例に係る透過型HMD1における表示輝度の制御例を説明するための図である。グラフ60は、第1のハードウェア構成例に係る透過型HMD1のコンバイナ10（出射ホログラム）の回折スペクトルの設計例を示すグラフである。グラフ60において、横軸は波長であり、縦軸は回折効率である。グラフ61は、第1のハードウェア構成例に係る透過型HMD1のLED21のLED輝度比の一例を示すグラフである。グラフ61において、横軸はLED21のドミナント波長であり、縦軸はLED輝度比である。グラフ62は、第1のハードウェア構成例に係る透過型HMD1における表示輝度比の一例を示すグラフである。グラフ62において、横軸はLED21のドミナント波長であり、縦軸は表示輝度比である。

10

【0069】

図5を参照して上記説明したように、電流値制御によって、電流値を140mAから50mAまで低下させると、LED輝度比は1から0.5まで低下し、ドミナント波長は528nmから534nmへ+6nmシフトする。このことは、グラフ61にも示されている。グラフ60に示すように、ドミナント波長が528nmから534nmへ+6nmシフトすると、コンバイナ10のドミナント波長における回折効率は1.0から0.5へ低下する。その結果、グラフ62に示すように、ドミナント波長が528nmから534nmへ+6nmシフトすると、ドミナント波長における表示輝度比は、回折スペクトルとLEDの分光放射強度と比視感度の積分で算出され、1.0から0.25へ低下する。

20

【0070】

以上から、CPU31は、140mAから50mAに低下させることで、表示輝度比を1.0から0.25に低下させることができる。例えば、PWM制御によって実現可能な表示輝度の下限が6%であるとする、かかる電流値制御により、表示輝度を $6\% \times (0.25 / 1) = 1.5\%$ に低下させることができる。即ち、目標表示輝度が1.5%である場合、CPU31は、電流値を140mAから50mAに低下させることで、目標表示輝度を実現することが可能となる。

30

【0071】

・第2のハードウェア構成例に係る透過型HMD1

図9は、図2に示した第2のハードウェア構成例に係る透過型HMD1における表示輝度の制御例を説明するための図である。グラフ63Aは、第2のハードウェア構成例に係る透過型HMD1のホログラム11A（入射側ホログラム）の回折スペクトルの設計例を示すグラフである。グラフ63Aにおいて、横軸は波長であり、縦軸は回折効率である。グラフ63Bは、第2のハードウェア構成例に係る透過型HMD1のホログラム11B（出射側ホログラム）の回折スペクトルの設計例を示すグラフである。グラフ63Bにおいて、横軸は波長であり、縦軸は、回折効率である。グラフ64は、第2のハードウェア構成例に係る透過型HMD1のLED21のLED輝度比の一例を示すグラフである。グラフ64において、横軸はLED21のドミナント波長であり、縦軸はLED輝度比である。グラフ65は、第1のハードウェア構成例に係る透過型HMD1における表示輝度比の一例を示すグラフである。グラフ65において、横軸はLED21のドミナント波長であり、縦軸は表示輝度比である。

40

【0072】

図5を参照して上記説明したように、電流値制御によって、電流値を140mAから50mAまで低下させると、LED輝度比は1から0.5まで低下し、ドミナント波長は5

50

28 nmから534 nmへ+6 nmシフトする。このことは、グラフ64にも示されている。グラフ63Aに示すように、ドミナント波長が528 nmから534 nmへ+6 nmシフトすると、ホログラム11Aのドミナント波長における回折効率は1.0から0.5へ低下する。グラフ63Bに示すように、ドミナント波長が528 nmから534 nmへ+6 nmシフトすると、ホログラム11Bのドミナント波長における回折効率は0.5のままである。その結果、グラフ65に示すように、ドミナント波長が528 nmから534 nmへ+6 nmシフトすると、ドミナント波長における表示輝度比は、回折スペクトルとLEDの分光放射強度と比視感度の積分で算出され、0.5から0.13へ低下する。

【0073】

以上から、CPU31は、140 mAから50 mAに低下させることで、表示輝度比を0.5から0.13に低下させることができる。例えば、PWM制御によって実現可能な表示輝度の下限が6%であるとすると、かかる電流値制御により、表示輝度を $6\% \times (0.13 / 0.5) = 1.56\%$ に低下させることができる。即ち、目標表示輝度が1.56%である場合、CPU31は、電流値を140 mAから50 mAに低下させることで、目標表示輝度を実現することが可能となる。

10

【0074】

<<3.第2の実施形態>>

第2の実施形態は、提案技術の第3のポイントに関する。即ち、第2の実施形態は、フィードバック制御を行う形態である。以下、図10~図12を参照して、第2の実施形態について詳しく説明する。

20

【0075】

(1) ハードウェア構成例

図10は、本実施形態に係る透過型HMDのハードウェア構成例を示す図である。図10に示すように、本実施形態に係る透過型HMD1は、コンバイナ10、光学エンジン20、及び表示制御装置30に加えて、第1の光センサ40を含む。コンバイナ10、光学エンジン20及び表示制御装置30の基本的な構成は、図2を参照しながら上記説明した通りである。以下では、第1の光センサ40について説明する。

【0076】

第1の光センサ40は、前記コンバイナから出射する光(例えば、画像光)の強度である第1のセンサ値を検出する装置である。第1の光センサ40は、光電効果型又は熱効果型等の任意の方式で光の強度を検出する。第1の光センサ40は、検出した第1のセンサ値を示す情報を、CPU31に出力する。

30

【0077】

CPU31は、第1の光センサ40により検出された第1のセンサ値にさらに基づいて、表示輝度を制御する。この点について、図11を参照して詳しく説明する。

【0078】

(2) 表示輝度制御

図11は、本実施形態に係る透過型HMD1による表示輝度制御に関与する構成要素及び情報を示す図である。図11に示すように、本実施形態に係る表示輝度制御には、CPU31、LED電流ドライバ32、LED21及び第1の光センサ40、並びに目標表示輝度及び表示輝度-第1のセンサ値のテーブルが関与する。

40

【0079】

第1の光センサ40は、検出した第1のセンサ値を示す情報をCPU31に出力する。

【0080】

CPU31には、第1のセンサ値を示す情報、目標表示輝度、及び表示輝度-第1のセンサ値のテーブルが入力される。表示輝度-第1のセンサ値のテーブルとは、表示輝度と第1のセンサ値とを対応付けたテーブルである。表1に、表示輝度-第1のセンサ値のテーブルの一例を示す。

【0081】

【表 1】

表 1. 表示輝度 - 第 1 のセンサ値のテーブルの一例

表示輝度	第 1 のセンサ値
6. 0 %	1 0 0
5. 4 %	9 0
4. 5 %	7 5
3. 0 %	5 0
1. 5 %	2 5
1. 0 %	1 7

10

【 0 0 8 2 】

C P U 3 1 は、目標表示輝度と第 1 のセンサ値とに基づいて、L E D 2 1 の光出力を制御する。詳しくは、C P U 3 1 は、目標表示輝度が第 1 の閾値未満である場合、表示輝度 - 第 1 のセンサ値のテーブルにおいて、第 1 のセンサ値に対応する表示輝度と目標表示輝度とが一致するように、電流値制御を行う。具体的には、C P U 3 1 は、表示輝度 - 第 1 のセンサ値のテーブル上で、目標表示輝度と第 1 のセンサ値とが対応関係にあるか否か判定する。ここで、対応関係にあるとは、表示輝度 - 第 1 のセンサ値のテーブル上で、目標表示輝度と第 1 のセンサ値とが同一の行に記載されていることを意味する。換言すると、対応関係にあるとは、目標表示輝度と第 1 のセンサ値が示す実際の表示輝度とが一致することを意味する。C P U 3 1 は、目標表示輝度と第 1 のセンサ値が示す実際の表示輝度と

20

【 0 0 8 3 】

例えば、C P U 3 1 は、第 1 のセンサ値が 7 5 であったとすると、上記表 1 に示した表示輝度 - 第 1 のセンサ値のテーブルを参照し、実際の表示輝度は 4 . 5 % であると認識する。そして、目標表示輝度が 3 . 0 % であるとする、C P U 3 1 は、1 . 5 % 分さらに表示輝度を低下させるための電流値を決定する。

【 0 0 8 4 】

数式 (1) に基づいて電流値制御を行ったとしても、例えば、コンバイナ 1 0 の回折効率のピーク波長のバラつき、又は L E D 2 1 のドミナント波長のバラつきによって、目標表示輝度と実際の表示輝度との間に乖離が生じ得る。この点、フィードバック制御を行うことで、これらの事情による表示輝度への影響を低減して、目標表示輝度をより正確に実現することが可能となる。

30

【 0 0 8 5 】

(3) 処理の流れ

図 1 2 は、本実施形態に係る透過型 H M D 1 により実行される表示輝度制御処理の流れの一例を示すフローチャートである。まず、図 1 2 に示すように、C P U 3 1 は、目標表示輝度が第 1 の閾値未満であるか否かを判定する (ステップ S 1 0 2)。例えば、C P U 3 1 は、透過型 H M D 1 が 8 ビットの階調表現、フレームレートが 6 0 f p s 、1 フレーム当たり 1 フィールドで動作する場合、目標表示輝度が 6 % 未満であるか否かを判定する。目標表示輝度が第 1 の閾値以上であると判定された場合 (ステップ S 1 0 2 / N O)、L E D 電流ドライバ 3 2 は、電流値をデフォルト値 (例えば、1 4 0 m A) に固定して、P W M 制御を行う (ステップ S 1 0 4)。その後、処理は終了する。

40

【 0 0 8 6 】

一方で、目標表示輝度が第 1 の閾値未満であると判定された場合 (ステップ S 1 0 2 / Y E S)、C P U 3 1 は、電流値制御を行う (ステップ S 1 0 6)。例えば、C P U 3 1 は、上記数式 (1) を用いて、目標表示輝度を実現可能な電流値を決定する。次いで、C P U 3 1 は、第 1 の光センサ 4 0 により検出された第 1 のセンサ値を取得する (ステップ S 1 0 8)。次に、C P U 3 1 は、表示輝度 - 第 1 のセンサ値のテーブル上で、目標表示輝度と第 1 のセンサ値とが対応関係にあるか否かを判定する (ステップ S 1 1 0)。対応関係にないと判定された場合 (ステップ S 1 1 0 / N O)、C P U 3 1 は、電流値を調節

50

する（ステップ S 1 1 2）。例えば、CPU 3 1 は、表示輝度 - 第 1 のセンサ値のテーブルを参照して、目標表示輝度と第 1 のセンサ値が示す実際の表示輝度との乖離を認識し、認識した乖離を是正するように、電流値を調節する。その後、処理は再度ステップ S 1 0 8 に戻る。一方で、対応関係にあると判定された場合（ステップ S 1 1 0 / Y E S）、処理は終了する。

【 0 0 8 7 】

< < 4 . 第 3 の実施形態 > >

第 3 の実施形態は、提案技術の第 4 のポイントに関する。即ち、第 3 の実施形態は、環境光の強度に基づいて輝度制御を行う形態である。以下、図 1 3 ~ 図 1 7 を参照して、第 3 の実施形態について詳しく説明する。

10

【 0 0 8 8 】

(1) ハードウェア構成例

図 1 3 は、本実施形態に係る透過型 H M D のハードウェア構成例を示す図である。図 1 3 に示すように、本実施形態に係る透過型 H M D 1 は、コンバイナ 1 0、光学エンジン 2 0、表示制御装置 3 0、及び第 1 の光センサ 4 0 に加えて、第 2 の光センサ 4 1 を含む。コンバイナ 1 0、光学エンジン 2 0、表示制御装置 3 0 及び第 1 の光センサ 4 0 の基本的な構成は、図 2 及び図 1 0 を参照しながら上記説明した通りである。以下では、第 2 の光センサ 4 1 について説明する。

【 0 0 8 9 】

第 2 の光センサ 4 1 は、環境光の強度を示す第 2 のセンサ値を検出する装置である。第 2 の光センサ 4 1 は、光電効果型又は熱効果型等の任意の方式で光の強度を検出する。第 2 の光センサ 4 1 は、検出した第 2 のセンサ値を示す情報を、CPU 3 1 に出力する。

20

【 0 0 9 0 】

CPU 3 1 は、第 2 の光センサ 4 1 により検出された第 2 のセンサ値にさらに基づいて、表示輝度を制御する。この点について、図 1 4 ~ 図 1 6 を参照して詳しく説明する。

【 0 0 9 1 】

(2) 表示輝度制御

図 1 4 は、本実施形態に係る透過型 H M D 1 による表示輝度制御に関与する構成要素及び情報を示す図である。図 1 4 に示すように、本実施形態に係る表示輝度制御には、CPU 3 1、LED 電流ドライバ 3 2、LED 2 1、第 1 の光センサ 4 0 及び第 2 の光センサ 4 1 が関与する。また、本実施形態に係る表示輝度制御には、目標表示輝度、視覚環境ごとの表示輝度 - 第 1 のセンサ値のテーブル、及び視覚環境ごとの電流値のデフォルト値のテーブルが関与する。

30

【 0 0 9 2 】

第 1 の光センサ 4 0 は、検出した第 1 のセンサ値を示す情報を CPU 3 1 に出力する。

【 0 0 9 3 】

第 2 の光センサ 4 1 は、検出した第 2 のセンサ値を示す情報を CPU 3 1 に出力する。

【 0 0 9 4 】

CPU 3 1 には、第 1 のセンサ値、第 2 のセンサ値、目標表示輝度、視覚環境ごとの表示輝度 - 第 1 のセンサ値のテーブル、及び視覚環境ごとの電流値のデフォルト値のテーブルが入力される。CPU 3 1 は、これらの情報に基づいて、LED 2 1 の光出力を制御する。とりわけ、CPU 3 1 は、第 2 のセンサ値に基づいて、ユーザの比視感度特性を考慮した制御を行う。ユーザの比視感度特性について、図 1 5 を参照して説明する。

40

【 0 0 9 5 】

図 1 5 は、ユーザの比視感度特性の一例を示すグラフである。図 1 5 では、暗所視及び明所視の各々の比視感度 / 視感度が図示されている。明所視とは、環境光の強度が $1 \text{ cd} / \text{m}^2$ 以上である環境における視覚である。暗所視とは、環境光の強度が $0.01 \text{ cd} / \text{m}^2$ 未満である環境における視覚である。他に、明所視と暗所視との中間の概念として、薄明視が考えられる。薄明視とは、例えば、環境光の強度が $0.01 \text{ cd} / \text{m}^2$ 以上 $1 \text{ cd} / \text{m}^2$ 未満である環境における視覚である。薄明視の比視感度特性は、明所視

50

の比視感度特性と暗所視の比視感度特性とを平均化した特性であるものと考えることができる。図 15 に示すように、環境光の強度によっては、比視感度特性は変化する。この点、本実施形態では、第 2 のセンサ値に基づいて表示輝度が制御されるので、どのような視覚環境においても、目標表示輝度を正確に実現することが可能となる。

【0096】

視覚環境ごとの電流値のデフォルト値のテーブルとは、視覚環境ごとの、PWM 制御時に固定的に使用すべき電流値を格納したテーブルである。なお、視覚環境とは、明所視となる環境、暗所視となる環境、及び薄明視となる環境といった、各種環境の総称である。表 2 に、視覚環境ごとの電流値のデフォルト値のテーブルの一例を示す。

【0097】

【表 2】

表 2. 視覚環境ごとの電流値のデフォルト値のテーブル

明所視	暗所視	薄明視
140 mA	109 mA	121 mA

【0098】

視覚環境ごとの表示輝度 - 第 1 のセンサ値のテーブルとは、表示輝度と第 2 のセンサ値が示す視覚環境における第 1 のセンサ値とを対応付けたテーブルである。ここでの表示輝度とは、数式 (1) により計算される値である。表 3 に、視覚環境ごとの表示輝度 - 第 1 のセンサ値のテーブルの一例を示す。

【0099】

【表 3】

表 3. 視覚環境ごとの表示輝度 - 第 1 のセンサ値のテーブルの一例

表示輝度	第 1 のセンサ値		
	明所視	暗所視	薄明視
6.0%	100	79	89
5.4%	90	73	81
4.5%	75	61	68
3.0%	50	41	45
1.5%	25	23	24
1.0%	17	17	17

【0100】

まず、CPU31 は、目標表示輝度が第 1 の閾値以上である場合、PWM 制御の際に第 2 のセンサ値に対応する電流値を用いる。例えば、CPU31 は、第 2 のセンサ値が明所視であることを示す環境では、明所視用の電流値を固定的に用いて PWM 制御を行う。同様に、CPU31 は、第 2 のセンサ値が暗所視であることを示す環境では暗所視用の電流値を、第 2 のセンサ値が薄明視であることを示す環境では薄明視用の電流値を、それぞれ固定的に用いて PWM 制御を行う。ここで、各環境において PWM 制御の際に用いられる電流値は、PWM 制御で実現可能な表示輝度の下限が各々の環境において同一となるように設定されることが望ましい。その場合、PWM 制御における表示輝度のダイナミックレンジを、環境光の強度が異なる各環境で揃えることが可能となる。

【0101】

具体的には、CPU31 は、視覚環境ごとの電流値のデフォルト値のテーブルを参照して、第 2 のセンサ値が示す環境に応じたデフォルトの電流値を決定する。例えば、CPU31 は、上記表 2 に示した視覚環境ごとの電流値のデフォルト値のテーブルを参照して、明所視であることを示す環境では PWM 制御時に 140 mA を LED21 に供給する。同様に、CPU31 は、暗所視であることを示す環境では PWM 制御時に 109 mA を LED21 に供給し、薄明視であることを示す環境では PWM 制御時に 121 mA を LED21 に供給する。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 2 】

また、CPU 3 1 は、目標表示輝度が第 1 の閾値未満である場合、第 1 のセンサ値及び第 2 のセンサ値に対応する表示輝度と目標表示輝度とが一致するように、電流値制御を行う。具体的には、CPU 3 1 は、視覚環境ごとの表示輝度 - 第 1 のセンサ値のテーブル上で、目標表示輝度と第 2 のセンサ値が示す環境における第 1 のセンサ値とが対応関係にあるか否かを判定する。ここで、対応関係にあるとは、視覚環境ごとの表示輝度 - 第 1 のセンサ値のテーブル上で、目標表示輝度と第 2 のセンサ値が示す環境における第 1 のセンサ値とが同一の行に記載されていることを意味する。換言すると、対応関係にあるとは、目標表示輝度と第 2 のセンサ値が示す環境における第 1 のセンサ値が示す実際の表示輝度とが一致することを意味する。CPU 3 1 は、目標表示輝度と第 2 のセンサ値が示す環境における第 1 のセンサ値が示す実際の表示輝度とが一致しない場合に、これらの乖離を是正するように、電流値制御を行う。

10

【 0 1 0 3 】

例えば、第 2 のセンサ値が暗所視であることを示す環境で、第 1 のセンサ値が 6 1 であったとする。この場合、CPU 3 1 は、上記表 3 に示した視覚環境ごとの表示輝度 - 第 1 のセンサ値のテーブルを参照し、当該環境における実際の表示輝度は 4 . 5 % であると認識する。そして、目標表示輝度が 3 . 0 % であるとする、CPU 3 1 は、1 . 5 % 分さらに表示輝度を低下させるための電流値を決定する。

【 0 1 0 4 】

以上説明した表示輝度の制御が行われた場合の、各視覚環境における表示輝度及び電流値の関係を、図 1 6 を参照して説明する。

20

【 0 1 0 5 】

図 1 6 は、本実施形態に係る透過型 HMD 1 による各視覚環境における表示輝度制御の様子を示すグラフである。グラフ 7 0 は、透過型 HMD 1 により各視覚環境において実行された表示輝度制御の結果、実現された表示輝度の時系列変化を示すグラフである。グラフ 7 0 において、横軸は時間であり、縦軸は表示輝度である。グラフ 7 1 は、グラフ 7 0 に示した表示輝度の時系列変化を実現するために、LED 2 1 に供給された電流値の時系列変化を示すグラフである。グラフ 7 0 において、横軸は時間であり、縦軸は電流値である。グラフ 7 0 に示すように、どの視覚環境においても、同じく表示輝度は 1 0 0 % から 1 % へ線形に低減されている。グラフ 7 1 に示すように、PWM 制御区間 7 2 においては、各々の視覚環境によって異なる電流値が固定的に用いられている。また、グラフ 7 1 に示すように、電流値制御区間 7 3 において、表示輝度を下げるために各々の視覚環境に応じた低減幅で電流値が非線形に低下している。グラフ 7 0 及び 7 1 を参照すると、同じ電流値が LED 2 1 に供給されていたとしても、明るい視覚環境では暗い視覚環境と比較して相対的に表示輝度が低くなるのが分かる。そこで、CPU 3 1 は、明るい視覚環境においては暗い視覚環境と比較して電流値を増加させ、暗い視覚環境においては明るい視覚環境と比較して電流値を低減させる。

30

【 0 1 0 6 】

以上説明したように、環境光の強度に基づく表示輝度の制御を行うことで、どのような視覚環境においても、目標表示輝度を正確に実現することが可能となる。

40

【 0 1 0 7 】

(3) 処理の流れ

図 1 7 は、本実施形態に係る透過型 HMD 1 により実行される表示輝度制御処理の流れの一例を示すフローチャートである。まず、図 1 7 に示すように、CPU 3 1 は、第 2 の光センサ 4 1 により検出された第 2 のセンサ値を取得する (ステップ S 2 0 2)。次いで、CPU 3 1 は、目標表示輝度が第 1 の閾値未満であるか否かを判定する (ステップ S 2 0 4)。例えば、CPU 3 1 は、透過型 HMD 1 が 8 ビットの階調表現、フレームレートが 6 0 f p s 、1 フレーム当たり 1 フィールドで動作する場合、目標表示輝度が 6 % 未満であるか否かを判定する。目標表示輝度が第 1 の閾値以上であると判定された場合 (ステップ S 2 0 4 / N O)、LED 電流ドライバ 3 2 は、視覚環境ごとの電流値のデフォルト

50

値のテーブルを参照し、電流値をデフォルト値に固定してPWM制御を行う（ステップS224）。例えば、LED電流ドライバ32は、明所視環境下では140mAに固定し、暗所視環境下では109mAに固定し、薄明視環境下では121mAに固定して、PWM制御を行う。その後、処理は終了する。

【0108】

一方で、目標表示輝度が第1の閾値未満であると判定された場合（ステップS204 / YES）、CPU31は、明所視環境の表示輝度 - 第1のセンサ値のテーブルを読み込む（ステップS206）。次いで、CPU31は、第2のセンサ値に基づいて、暗所視環境であるか否かを判定する（ステップS208）。暗所視環境であると判定された場合（ステップS208 / YES）、CPU31は、暗所視環境の表示輝度 - 第1のセンサ値のテーブルを読み込む（即ち、読み込み直す）（S212）。その後、処理はステップS216に進む。暗所視環境でないと判定された場合（ステップS208 / NO）、CPU31は、第2のセンサ値に基づいて、薄明視環境であるか否かを判定する（ステップS210）。薄明視環境であると判定された場合（ステップS210 / YES）、CPU31は、薄明視環境の表示輝度 - 第1のセンサ値のテーブルを読み込む（即ち、読み込み直す）（S214）。その後、処理はステップS216に進む。薄明視環境でないと判定された場合（ステップS210 / NO）、処理はステップS216に進む。

10

【0109】

ステップS216において、CPU31は、電流値制御を行う。例えば、CPU31は、上記数式(1)を用いて、目標表示輝度を実現可能な電流値を決定する。次いで、CPU31は、第1の光センサ40により検出された第1のセンサ値を取得する（ステップS218）。次に、CPU31は、上記ステップS206、S212又はS214において読み込んだ表示輝度 - 第1のセンサ値のテーブル上で、目標表示輝度と第1のセンサ値とが対応関係にあるか否かを判定する（ステップS220）。対応関係にないと判定された場合（ステップS220 / NO）、CPU31は、電流値を調節する（ステップS222）。例えば、CPU31は、上記ステップS206、S212又はS214において読み込んだ表示輝度 - 第1のセンサ値のテーブルを参照して、目標表示輝度と第1のセンサ値が示す実際の表示輝度との乖離を認識し、認識した乖離を是正するように、電流値を調節する。その後、処理は再度ステップS218に戻る。一方で、対応関係にあると判定された場合（ステップS220 / YES）、処理は終了する。

20

30

【0110】

<< 5 . 第4の実施形態 >>

第4の実施形態は、提案技術の第5のポイントに関する。即ち、第4の実施形態は、複数色の光源を利用して輝度制御を行う形態である。以下、図18～図24を参照して、第4の実施形態について詳しく説明する。

【0111】

(1) ハードウェア構成例

図18は、本実施形態に係る透過型HMDのハードウェア構成例を示す図である。図18に示すように、本実施形態に係る透過型HMD1は、コンパイナ10、光学エンジン20、表示制御装置30、第1の光センサ40、及び第2の光センサ41を含む。表示制御装置30、第1の光センサ40、及び第2の光センサ41の構成は、図2、図10及び図13を参照しながら上記説明した通りである。以下、コンパイナ10及び光学エンジン20について説明する。

40

【0112】

・光学エンジン20

本実施形態に係るLED21は、第1の色の光又は第2の色の光の少なくともいずれかを発光する。第2の色は、第1の色よりも波長が長い色である。例えば、第1の色は緑色であり、第2の色は琥珀色である。LED21は、緑色の光を発光する緑色LEDと、琥珀色の光を発光する琥珀色LEDとを含み得る。LED21は、緑色の光、琥珀色の光、又は緑色の光及び琥珀色の光を生成し、出射する。

50

【 0 1 1 3 】

M E M S ミ ラ ー 2 2 及 び レ ン ズ 2 3 に つ い て は、 図 2 を 参 照 し な が ら 上 記 説 明 し た 通 り である。

【 0 1 1 4 】

・ コ ン バ イ ナ 1 0

本 実 施 形 態 に 係 る ホ ロ グ ラ ム 1 1 は、 緑 色 の 光 を 回 折 す る ホ ロ グ ラ ム 1 1 C 及 び 琥 珀 色 の 光 を 回 折 す る ホ ロ グ ラ ム 1 1 D を 含 む。

【 0 1 1 5 】

透 明 板 1 2 に つ い て は、 図 2 を 参 照 し な が ら 上 記 説 明 し た 通 り である。

【 0 1 1 6 】

(2) 表 示 輝 度 制 御

図 1 9 は、 本 実 施 形 態 に 係 る 透 過 型 H M D 1 に よ る 表 示 輝 度 制 御 に 関 与 す る 構 成 要 素 及 び 情 報 を 示 す 図 である。 図 1 9 に 示 す よ う に、 本 実 施 形 態 に 係 る 表 示 輝 度 制 御 に は、 C P U 3 1、 L E D 電 流 ド ラ イ バ 3 2、 L E D 2 1 (緑 色 L E D 及 び 琥 珀 色 L E D)、 第 1 の 光 セ ン サ 4 0 及 び 第 2 の 光 セ ン サ 4 1 が 関 与 す る。 ま た、 本 実 施 形 態 に 係 る 表 示 輝 度 制 御 に は、 目 標 表 示 輝 度、 発 光 色 及 び 第 2 の セ ン サ 値 に 応 じ た、 表 示 輝 度 - 第 1 の セ ン サ 値 の テ ー ブ ル が 関 与 す る。

【 0 1 1 7 】

第 1 の 光 セ ン サ 4 0 は、 検 出 し た 第 1 の セ ン サ 値 を 示 す 情 報 を C P U 3 1 に 出 力 す る。

【 0 1 1 8 】

第 2 の 光 セ ン サ 4 1 は、 検 出 し た 第 2 の セ ン サ 値 を 示 す 情 報 を C P U 3 1 に 出 力 す る。

【 0 1 1 9 】

C P U 3 1 に は、 第 1 の セ ン サ 値、 第 2 の セ ン サ 値、 目 標 表 示 輝 度、 発 光 色 / 視 覚 環 境 ご と の 表 示 輝 度 - 第 1 の セ ン サ 値 の テ ー ブ ル、 及 び 視 覚 環 境 ご と の 電 流 値 の デ フ ォ ル ト 値 の テ ー ブ ル が 入 力 さ れ る。 C P U 3 1 は、 こ れ ら の 情 報 に 基 づ い て、 L E D 2 1 の 光 出 力 を 制 御 す る。

【 0 1 2 0 】

発 光 色 / 視 覚 環 境 ご と の 表 示 輝 度 - 第 1 の セ ン サ 値 の テ ー ブ ル と は、 発 光 色 ご と に 定 義 さ れ た、 表 3 に 一 例 を 示 し た テ ー ブ ル である。 C P U 3 1 は、 緑 色 の 光 を 発 光 さ せ る 場 合、 発 光 色 が 緑 色 である 場 合 の 視 覚 環 境 ご と の 表 示 輝 度 - 第 1 の セ ン サ 値 の テ ー ブ ル を 参 照 し て、 電 流 値 を 制 御 す る。 ま た、 C P U 3 1 は、 琥 珀 色 の 光 を 発 光 さ せ る 場 合、 発 光 色 が 琥 珀 色 である 場 合 の 視 覚 環 境 ご と の 表 示 輝 度 - 第 1 の セ ン サ 値 の テ ー ブ ル を 参 照 し て、 電 流 値 を 制 御 す る。 ま た、 C P U 3 1 は、 緑 色 の 光 及 び 琥 珀 色 の 光 の 双 方 を 発 光 さ せ る 場 合、 発 光 色 が 緑 色 及 び 琥 珀 色 の 双 方 である 場 合 の 視 覚 環 境 ご と の 表 示 輝 度 - 第 1 の セ ン サ 値 の テ ー ブ ル を 参 照 し て、 電 流 値 を 制 御 す る。 具 体 的 な 制 御 方 法 に つ い て は、 第 3 の 実 施 形 態 に お い て 上 記 説 明 し た 通 り である。

【 0 1 2 1 】

C P U 3 1 は、 L E D 2 1 の 発 光 色 を 目 標 表 示 輝 度 に 応 じ て 制 御 す る。 C P U 3 1 は、 緑 色 の 光 及 び 琥 珀 色 の 光 の 併 用 方 法 を、 目 標 表 示 輝 度 に 応 じ て 制 御 す る。 例 え ば、 C P U 3 1 は、 目 標 表 示 輝 度 が 低 い ほど、 琥 珀 色 の 光 を よ り 強 く 発 光 さ せ る。 図 1 5 に 示 し た 比 視 感 度 特 性 の グ ラ フ を 参 照 す る と、 緑 色 よ り も 琥 珀 色 の 方 が 比 視 感 度 は 低 い。 そ の た め、 緑 色 の 光 の 比 率 を 低 下 さ せ 琥 珀 色 の 光 の 比 率 を 増 加 さ せ る こ と で、 表 示 輝 度 を さ ら に 低 下 さ せ る こ と が 可 能 と な る。 緑 色 の 光 と 琥 珀 色 の 光 と の 併 用 方 法 の 一 例 を、 図 2 0 を 参 照 し て 説 明 す る。

【 0 1 2 2 】

図 2 0 は、 本 実 施 形 態 に 係 る 透 過 型 H M D 1 に よ る 緑 色 の 光 と 琥 珀 色 の 光 と の 併 用 方 法 の 一 例 を 説 明 す る た め の グ ラ フ である。 グ ラ フ 8 0 に お い て、 横 軸 は デ フ ォ ル ト の 電 流 値 の 光 出 力 を 基 準 と し た 光 出 力 であり、 縦 軸 は 表 示 輝 度 である。 グ ラ フ 8 0 に お い て、 P W M 制 御 に よ っ て 実 現 可 能 な 表 示 輝 度 の 下 限 は 6 % である と す る。 C P U 3 1 は、 目 標 表 示 輝 度 が 3 . 0 % (第 2 の 閾 値 に 相 当) 以 上 である 場 合 に 緑 色 の 光 を 発 光 さ せ る。 C P U 3

10

20

30

40

50

1 は、区間 8 1 において、目標表示輝度が低下すると共に緑色 LED に供給する電流値を低下させて光出力を低下させることで、表示輝度の低下を実現する。また、CPU 3 1 は、目標表示輝度が 1.5 % (第 3 の閾値に相当) 以上 3.0 % (第 2 の閾値に相当) 未満である場合に緑色の光及び琥珀色の光の双方を発光させる。CPU 3 1 は、区間 8 2 において、緑色 LED の光出力及び琥珀色 LED の光出力の和により実現される表示輝度の変化が線形になるように、緑色 LED に供給する電流値と、琥珀色 LED に供給する電流値とを制御する。具体的には、CPU 3 1 は、緑色 LED に供給する電流値を徐々に低下させて緑色の光出力を徐々に低下させると共に、琥珀色 LED に供給する電流値を徐々に増加させて琥珀色の光出力を徐々に増加させる。また、CPU 3 1 は、目標表示輝度が 1.5 % (第 3 の閾値に相当) 未満である場合に琥珀色の光を発光させる。CPU 3 1 は、区間 8 3 において、目標表示輝度が低下すると共に琥珀色 LED に供給する電流値を低下させて光出力を低下させることで、表示輝度の低下を実現する。なお、区間 8 3 において、琥珀色 LED のピーク波長はほぼシフトしないため、コンパイナ 1 0 による回折効率低下の影響はほぼ無い。そのため、表示輝度と光出力とは線形変化する。このように、緑色単色、次いで緑色と琥珀色の混色、次いで琥珀色単色に徐々に発光色が切り替わることで、表示色の変化をユーザが知覚にし辛くすることができる。

10

20

30

40

50

【0123】

CPU 3 1 は、LED 2 1 の発光色を第 2 のセンサ値に応じて制御してもよい。例えば、CPU 3 1 は、明所視環境下では緑色の光を発光させ、暗所視環境下では琥珀色の光を発光させる。暗い視覚環境においては、視感度特性が短波長側にシフトする。そのため、暗い視覚環境においては、琥珀色の光を用いることで、表示輝度をさらに低下させることが可能となる。

【0124】

(3) 処理の流れ

以下、図 2 1 ~ 図 2 4 を参照して、本実施形態に係る表示輝度制御処理について説明する。

【0125】

図 2 1 は、本実施形態に係る透過型 HMD 1 により実行される表示輝度制御処理の流れの一例を示すフローチャートである。まず、図 2 1 に示すように、CPU 3 1 は、第 2 の光センサ 4 1 により検出された第 2 のセンサ値を取得する (ステップ S 3 0 2)。次いで、CPU 3 1 は、目標表示輝度が第 1 の閾値未満であるか否かを判定する (ステップ S 3 0 4)。例えば、CPU 3 1 は、透過型 HMD 1 が 8 ビットの階調表現、フレームレートが 60 fps、1 フレーム当たり 1 フィールドで動作する場合、目標表示輝度が 6 % 未満であるか否かを判定する。目標表示輝度が第 1 の閾値以上であると判定された場合 (ステップ S 3 0 4 / NO)、LED 電流ドライバ 3 2 は、視覚環境ごとの電流値のデフォルト値のテーブルを参照し、電流値をデフォルト値に固定して PWM 制御を行う (ステップ S 3 4 8)。例えば、LED 電流ドライバ 3 2 は、明所視環境下では 140 mA に固定し、暗所視環境下では 109 mA に固定し、薄明視環境下では 121 mA に固定して、PWM 制御を行う。その際、LED 電流ドライバ 3 2 は、緑色 LED を発光させる。その後、処理は終了する。

【0126】

一方で、目標表示輝度が第 1 の閾値未満であると判定された場合 (ステップ S 3 0 4 / YES)、CPU 3 1 は、目標表示輝度が第 2 の閾値未満であるか否かを判定する (ステップ S 3 0 6)。図 2 0 に示した例では、CPU 3 1 は、目標表示輝度が 3.0 % 未満であるか否かを判定する。目標表示輝度が第 1 の閾値以上であると判定された場合 (ステップ S 3 0 6 / NO)、CPU 3 1 は、緑色 LED の電流値制御のための表示輝度 - 第 1 のセンサ値のテーブルを読み込む (ステップ S 3 3 0)。本ステップにおける処理の詳細は、図 2 4 を参照して説明する。その後、処理はステップ S 3 4 0 に進む。

【0127】

目標表示輝度が第 2 の閾値未満であると判定された場合 (ステップ S 3 0 6 / YES)

、CPU31は、目標表示輝度が第3の閾値未満であるか否かを判定する（ステップS308）。図20に示した例では、CPU31は、目標表示輝度が1.5%未満であるか否かを判定する。目標表示輝度が第2の閾値以上であると判定された場合（ステップS308/NO）、CPU31は、緑色LED及び琥珀色LEDの電流値制御のための表示輝度-第1のセンサ値のテーブルを読み込む（ステップS320）。本ステップにおける処理の詳細は、図23を参照して説明する。その後、処理はステップS340に進む。

【0128】

目標表示輝度が第3の閾値未満であると判定された場合（ステップS308/YES）、CPU31は、琥珀色LEDの電流値制御のための表示輝度-第1のセンサ値のテーブルを読み込む（ステップS310）。本ステップにおける処理の詳細は、図22を参照して説明する。その後、処理はステップS340に進む。

10

【0129】

ステップS340において、CPU31は、電流値制御を行う。例えば、CPU31は、上記数式(1)を用いて、目標表示輝度を実現可能な電流値を決定する。次いで、CPU31は、第1の光センサ40により検出された第1のセンサ値を取得する（ステップS342）。次に、CPU31は、上記ステップS310、S320又はS330において読み込んだ表示輝度-第1のセンサ値のテーブル上で、目標表示輝度と第1のセンサ値とが対応関係にあるか否かを判定する（ステップS344）。対応関係にないと判定された場合（ステップS344/NO）、CPU31は、電流値を調節する（ステップS346）。例えば、CPU31は、上記ステップS310、S320又はS330において読み込んだ表示輝度-第1のセンサ値のテーブルを参照して、目標表示輝度と第1のセンサ値が示す実際の表示輝度との乖離を認識し、認識した乖離を是正するように、電流値を調節する。その後、処理は再度ステップS342に戻る。一方で、対応関係にあると判定された場合（ステップS344/YES）、処理は終了する。

20

【0130】

・ステップS310における処理の詳細

図22は、図21に示したフローチャートにおけるステップS310における詳細な処理の流れの一例を示すフローチャートである。図22に示すように、まず、発光色が琥珀色である場合の明所視環境の表示輝度-第1のセンサ値のテーブルを読み込む（ステップS311）。次いで、CPU31は、第2のセンサ値に基づいて、暗所視環境であるか否かを判定する（ステップS312）。暗所視環境であると判定された場合（ステップS312/YES）、CPU31は、発光色が琥珀色である場合の暗所視環境の表示輝度-第1のセンサ値のテーブルを読み込む（即ち、読み込み直す）（S313）。その後、処理は終了する。暗所視環境でないと判定された場合（ステップS312/NO）、CPU31は、第2のセンサ値に基づいて、薄明視環境であるか否かを判定する（ステップS314）。薄明視環境であると判定された場合（ステップS314/YES）、CPU31は、発光色が琥珀色である場合の薄明視環境の表示輝度-第1のセンサ値のテーブルを読み込む（即ち、読み込み直す）（S315）。その後、処理は終了する。薄明視環境でないと判定された場合（ステップS314/NO）、処理は終了する。

30

【0131】

・ステップS320における処理の詳細

図23は、図21に示したフローチャートにおけるステップS320における詳細な処理の流れの一例を示すフローチャートである。図23に示すように、まず、発光色が緑色及び琥珀色の双方である場合の明所視環境の表示輝度-第1のセンサ値のテーブルを読み込む（ステップS321）。次いで、CPU31は、第2のセンサ値に基づいて、暗所視環境であるか否かを判定する（ステップS322）。暗所視環境であると判定された場合（ステップS322/YES）、CPU31は、発光色が緑色及び琥珀色の双方である場合の暗所視環境の表示輝度-第1のセンサ値のテーブルを読み込む（即ち、読み込み直す）（S323）。その後、処理は終了する。暗所視環境でないと判定された場合（ステップS322/NO）、CPU31は、第2のセンサ値に基づいて、薄明視環境であるか否

40

50

かを判定する（ステップS324）。薄明視環境であると判定された場合（ステップS324 / YES）、CPU31は、発光色が緑色及び琥珀色の双方である場合の薄明視環境の表示輝度 - 第1のセンサ値のテーブルを読み込む（即ち、読み込み直す）（S325）。その後、処理は終了する。薄明視環境でないと判定された場合（ステップS324 / NO）、処理は終了する。

【0132】

・ステップS330における処理の詳細

図24は、図21に示したフローチャートにおけるステップS330における詳細な処理の流れの一例を示すフローチャートである。図24に示すように、まず、発光色が緑色である場合の明所視環境の表示輝度 - 第1のセンサ値のテーブルを読み込む（ステップS331）。次いで、CPU31は、第2のセンサ値に基づいて、暗所視環境であるか否かを判定する（ステップS332）。暗所視環境であると判定された場合（ステップS332 / YES）、CPU31は、発光色が緑色である場合の暗所視環境の表示輝度 - 第1のセンサ値のテーブルを読み込む（即ち、読み込み直す）（S333）。その後、処理は終了する。暗所視環境でないと判定された場合（ステップS332 / NO）、CPU31は、第2のセンサ値に基づいて、薄明視環境であるか否かを判定する（ステップS334）。薄明視環境であると判定された場合（ステップS334 / YES）、CPU31は、発光色が緑色である場合の薄明視環境の表示輝度 - 第1のセンサ値のテーブルを読み込む（即ち、読み込み直す）（S335）。その後、処理は終了する。薄明視環境でないと判定された場合（ステップS334 / NO）、処理は終了する。

10

20

【0133】

<<6.まとめ>>

以上、図1～図24を参照して、本開示の一実施形態について詳細に説明した。上記説明したように、本実施形態に係る透過型HMD1は、光源から出力される光の波長及び入射される光の波長の変化に起因して変化するコンバイナ10の回折効率に基づいて光源の光出力を制御する。詳しくは、透過型HMD1は、電流値制御時に変化するLED21の発光波長、及び波長によって異なるコンバイナ10の回折効率に基づいて、LED21に供給される電流値を制御する。これにより、透過型HMD1は、電流値制御に起因して変化する発光波長と、発光波長の変化及びコンバイナ10の回折効率の特性が表示輝度に与える変化を考慮した、正確な輝度制御を実現することが可能となる。

30

【0134】

また、本実施形態に係る透過型HMD1は、階調を保持しつつ、調光方式をPWM制御から電流値制御へ動的に切り替える。これにより、透過型HMD1は、LED輝度の低下だけでなく、コンバイナ10の回折効率の低下を利用することで、表示輝度をより低下させることが可能となる。

【0135】

また、本実施形態に係る透過型HMD1は、フィードバック制御、及び/又は環境光の強度に応じた制御を行う。フィードバック制御により、所望の輝度をより正確に実現することが可能となる。環境光の強度に応じた制御により、どのような視覚環境においても、所望の輝度を正確に実現することが可能となる。例えば、屋外等の明所環境での高輝度表示から、映画館等の暗所での低輝度表示まで、幅広い環境光条件下での透過型HMD1の使用が可能となる。

40

【0136】

以上、添付図面を参照しながら本開示の好適な実施形態について詳細に説明したが、本開示の技術的範囲はかかる例に限定されない。本開示の技術分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本開示の技術的範囲に属するものと了解される。

【0137】

例えば、上記実施形態では、光学シースルー型の表示装置の一例としてHMDを例に挙

50

げて説明したが、本技術はかかる例に限定されない。例えば、光学シースルー型の表示装置は、ヘッドアップディスプレイであってもよい。また、光学シースルー型の表示装置は、コンタクトレンズに画像を表示するコンタクトレンズ型の装置であってもよい。

【0138】

例えば、上記実施形態では、光源の一例としてLEDを例に挙げて説明したが、本技術はかかる例に限定されない。例えば、光源は、レーザー光源であってもよい。レーザー光源から発光されるレーザー光の波長は、温度変化に応じてシフトする。このため、透過型HMD1は、温度変化に伴う波長シフトに基づいて、レーザー光源の光出力を制御する。

【0139】

なお、本明細書において説明した各装置による一連の処理は、ソフトウェア、ハードウェア、及びソフトウェアとハードウェアとの組合せのいずれを用いて実現されてもよい。ソフトウェアを構成するプログラムは、例えば、各装置の内部又は外部に設けられる記録媒体（例えば、非一時的な媒体）に予め記録される。そして、各プログラムは、例えば、コンピュータによる実行時にRAMに読み込まれ、CPUなどのプロセッサにより実行される。上記記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、フラッシュメモリ等である。また、上記のコンピュータプログラムは、記録媒体を用いずに、例えばネットワークを介して配信されてもよい。

10

【0140】

また、本明細書においてフローチャートを用いて説明した処理は、必ずしも図示された順序で実行されなくてもよい。いくつかの処理ステップは、並列的に実行されてもよい。また、追加的な処理ステップが採用されてもよく、一部の処理ステップが省略されてもよい。

20

【0141】

また、本明細書に記載された効果は、あくまで説明的または例示的なものであって限定的ではない。つまり、本開示に係る技術は、上記の効果とともに、または上記の効果に代えて、本明細書の記載から当業者には明らかな他の効果を奏しうる。

【0142】

なお、以下のような構成も本開示の技術的範囲に属する。

(1)

光学シースルー型の表示装置であって、
発光する光源と、
前記光源から入射された光を回折させて出射する回折部材を含むコンパイナと、
前記光源の発光を制御する制御部と、
を備え、

30

前記制御部は、前記光源から出力される光の波長、及び入射される光の波長の変化に起因して変化する前記コンパイナの回折効率に基づいて、前記光源の光出力を制御する、表示装置。

(2)

前記制御部は、前記コンパイナから出射する光の表示輝度が目標値となるように、前記光源の光出力を制御する、前記(1)に記載の表示装置。

40

(3)

前記制御部は、前記目標値が第1の閾値以上である場合にPWM制御を行い、前記目標値が前記第1の閾値未満である場合に電流値制御を行う、前記(2)に記載の表示装置。

(4)

前記第1の閾値は、PWM制御により実現可能な表示輝度の下限値である、前記(3)に記載の表示装置。

(5)

前記表示装置は、前記コンパイナから出射する光の強度を示す第1のセンサ値を検出する第1の光センサをさらに備え、

前記制御部は、前記目標値及び前記第1のセンサ値に基づいて、前記光源の光出力を制

50

御する、前記(3)又は(4)に記載の表示装置。

(6)

前記制御部は、前記目標値が前記第1の閾値未満である場合、前記第1のセンサ値に対応する表示輝度と前記目標値とが一致するように、前記光源に供給される電流値を決定する、前記(5)に記載の表示装置。

(7)

前記表示装置は、環境光の強度を示す第2のセンサ値を検出する第2の光センサをさらに備え、

前記制御部は、前記第2のセンサ値に基づいて、前記光源の光出力を制御する、前記(5)又は(6)に記載の表示装置。

10

(8)

前記制御部は、前記目標値が前記第1の閾値以上である場合、PWM制御の際に前記第2のセンサ値に対応する電流値を用いる、前記(7)に記載の表示装置。

(9)

前記制御部は、前記目標値が前記第1の閾値未満である場合、前記第1のセンサ値及び前記第2のセンサ値に対応する表示輝度と前記目標値とが一致するように、前記光源に供給される電流値を決定する、前記(7)又は(8)に記載の表示装置。

(10)

前記光源は、第1の色の光又は第2の色の光の少なくともいずれかを発光し、

前記制御部は、前記光源の発光色を前記目標値に応じて制御する、前記(7)~(9)のいずれか一項に記載の表示装置。

20

(11)

前記制御部は、前記目標値が第2の閾値以上である場合に前記第1の色の光を発光させ、前記目標値が第3の閾値以上第2の閾値未満である場合に前記第1の色の光及び前記第2の色の光の双方を発光させ、前記目標値が第3の閾値未満である場合に前記第2の色の光を発光させる、前記(10)に記載の表示装置。

(12)

前記制御部は、前記光源の発光色を、前記第2のセンサ値に応じて制御する、前記(10)又は(11)に記載の表示装置。

(13)

前記第1の色は緑色であり、前記第2の色は琥珀色である、前記(10)~(12)のいずれか一項に記載の表示装置。

30

(14)

前記表示装置は、前記光源から入射された光を用いて画像光を生成して出射する表示素子をさらに備える、前記(1)~(13)のいずれか一項に記載の表示装置。

(15)

前記光源は、LEDである、前記(1)~(14)のいずれか一項に記載の表示装置。

(16)

発光する光源と、前記光源から入射された光を回折させて出射する回折部材を含むコンパイナと、を備える光学シースルー型の表示装置の表示制御方法であって、

前記光源から出力される光の波長、及び入射される光の波長の変化に起因して変化する前記コンパイナの回折効率に基づいて、前記光源の光出力を制御すること、を含む表示制御方法。

40

(17)

発光する光源と、前記光源から入射された光を回折させて出射する回折部材を含むコンパイナと、を備える光学シースルー型の表示装置を制御するコンピュータを、

前記光源から出力される光の波長、及び入射される光の波長の変化に起因して変化する前記コンパイナの回折効率に基づいて、前記光源の光出力を制御する制御部、として機能させるためのプログラムを記録した記録媒体。

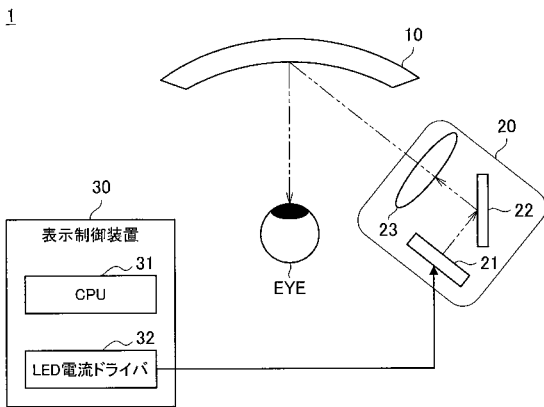
【符号の説明】

50

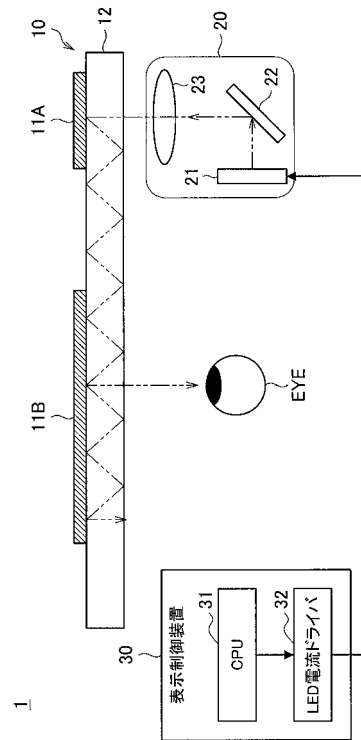
【 0 1 4 3 】

- 1 H M D
- 1 0 コンバイナ
- 1 1 ホログラム
- 1 2 透明板
- 2 0 光学エンジン
- 2 1 光源、L E D
- 2 2 表示素子、M E M S ミラー
- 2 3 レンズ
- 3 0 表示制御装置
- 3 1 C P U
- 3 2 L E D 電流ドライバ
- 4 0 第 1 の光センサ
- 4 1 第 2 の光センサ

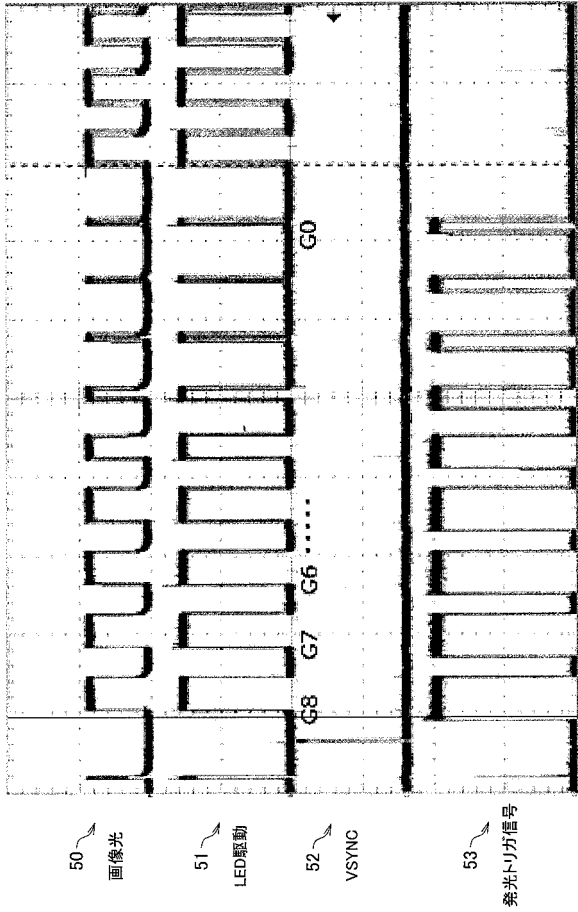
【 図 1 】



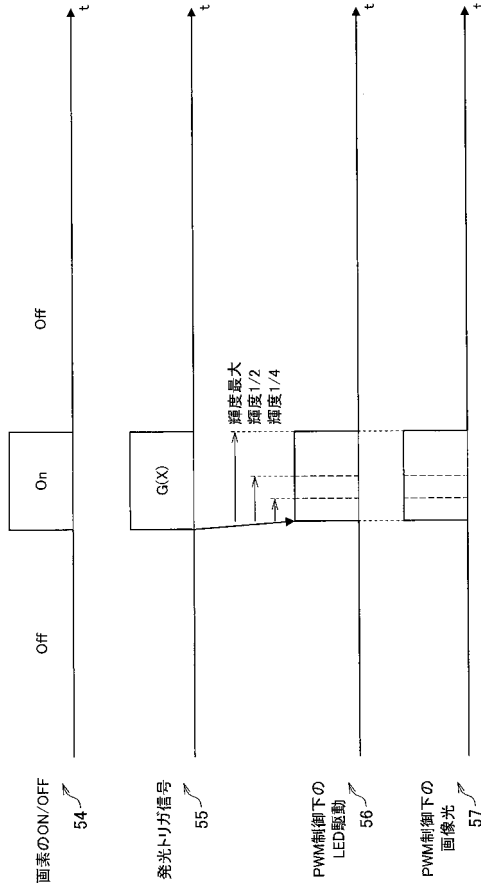
【 図 2 】



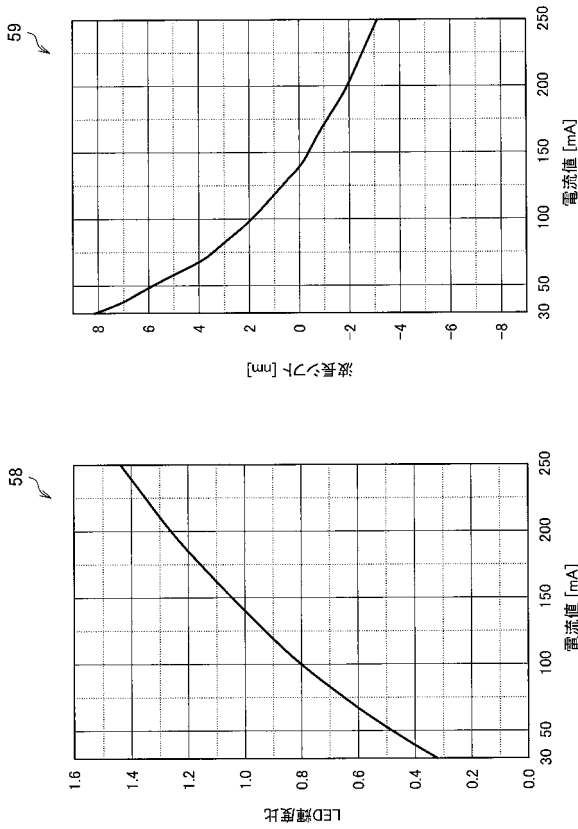
【図3】



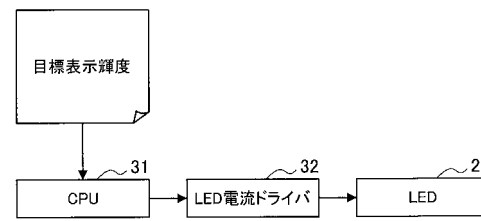
【図4】



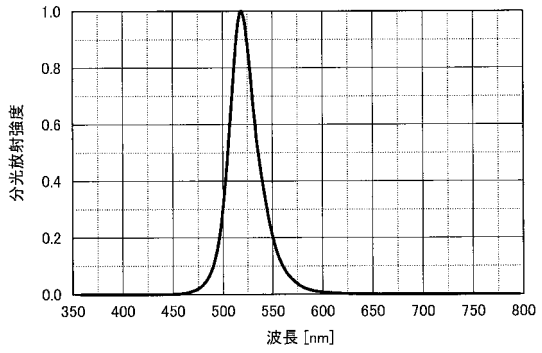
【図5】



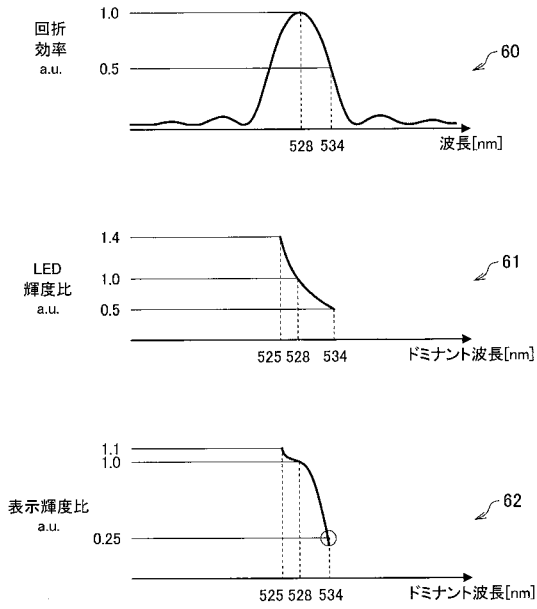
【図6】



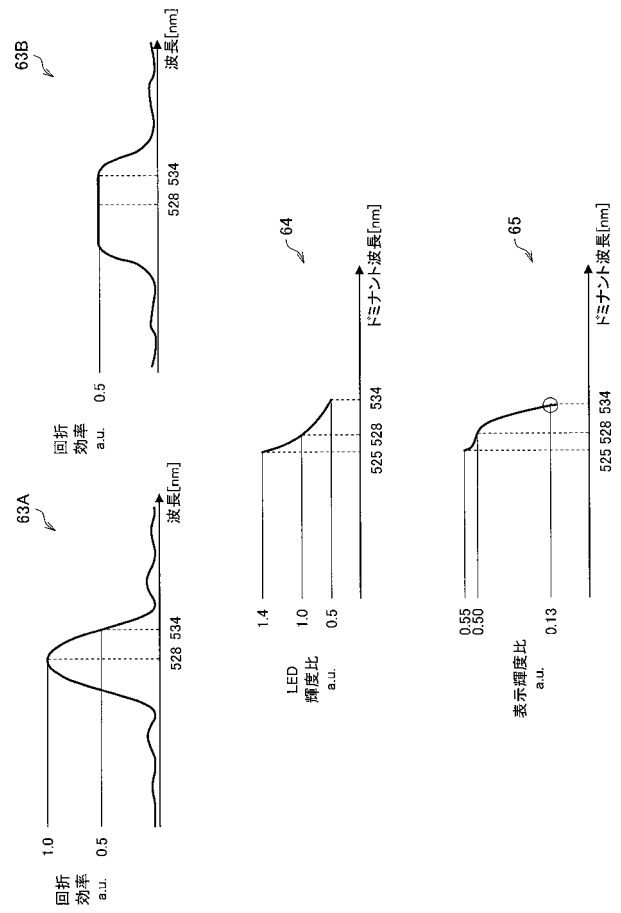
【図7】



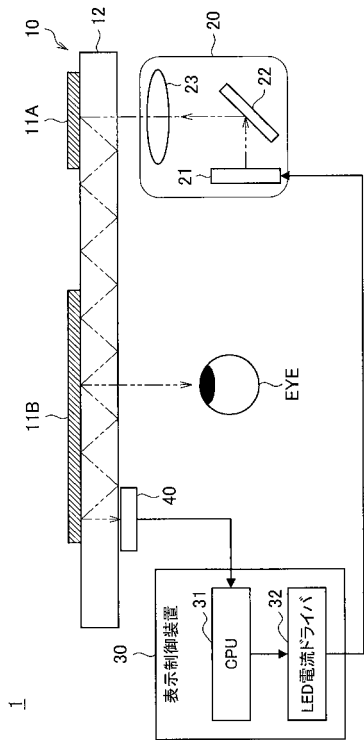
【図 8】



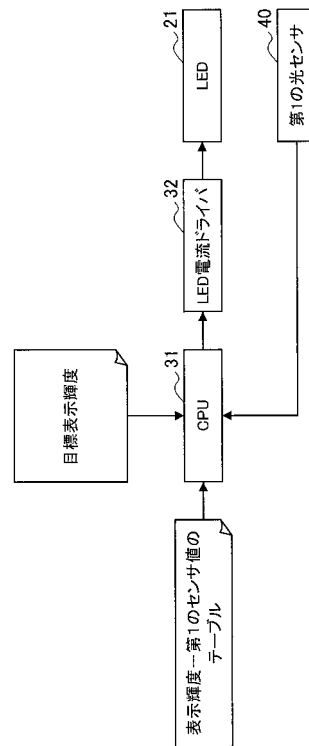
【図 9】



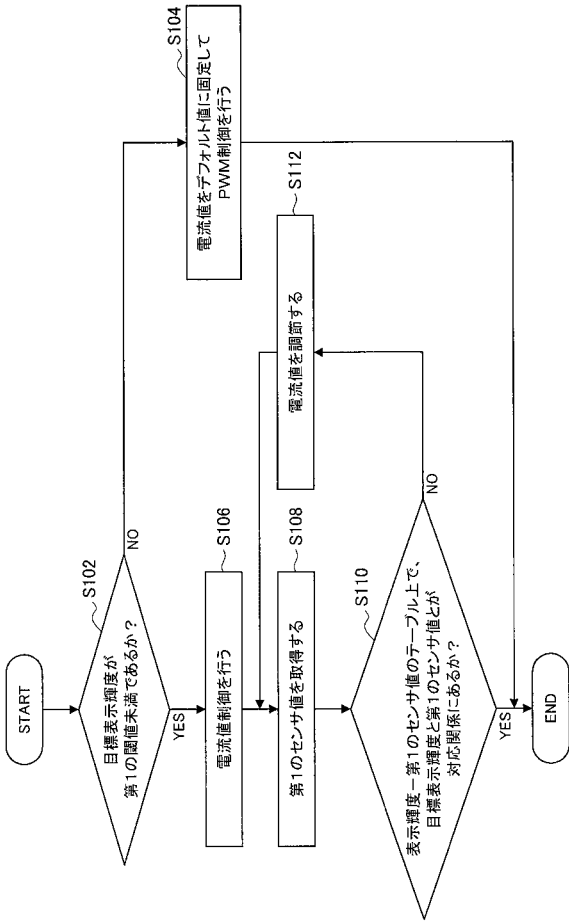
【図 10】



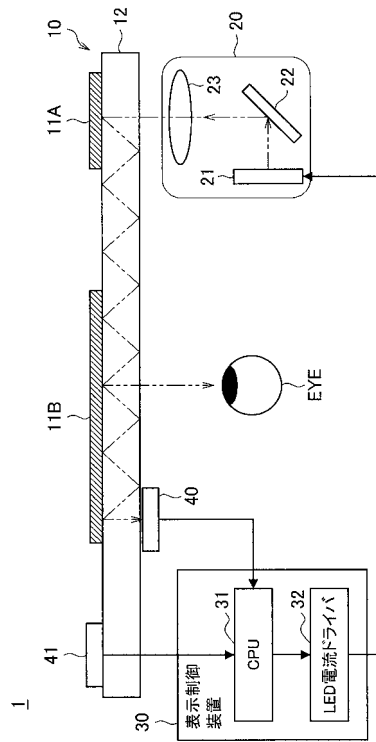
【図 11】



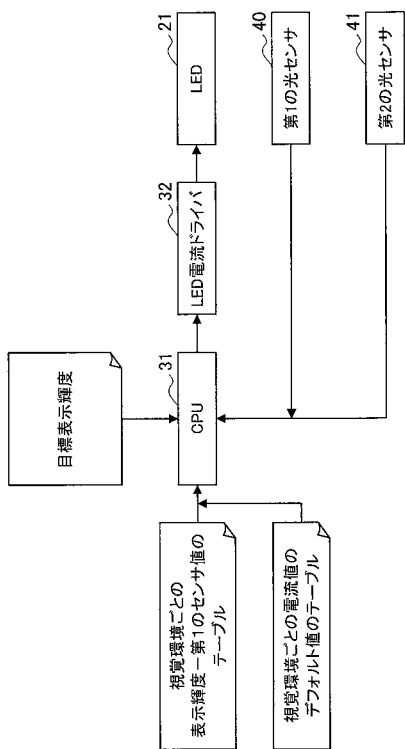
【図 1 2】



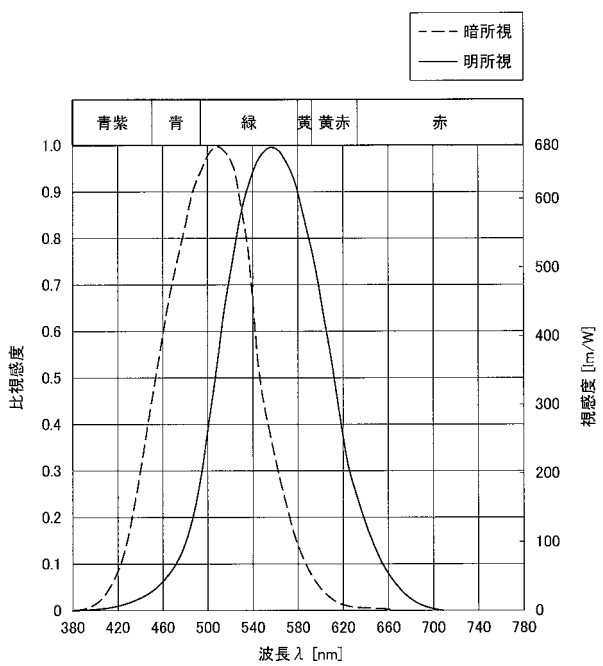
【図 1 3】



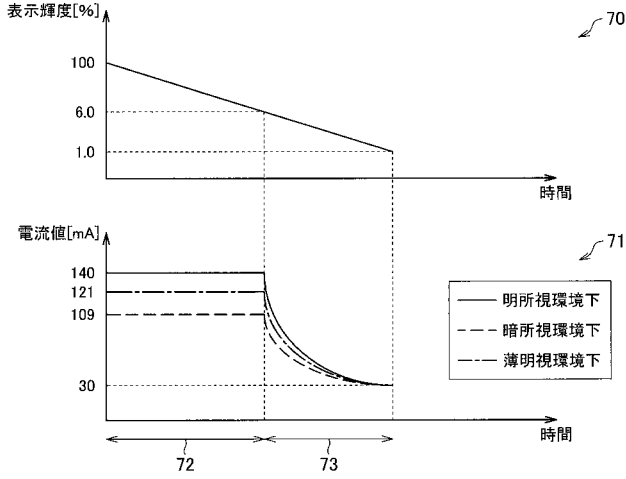
【図 1 4】



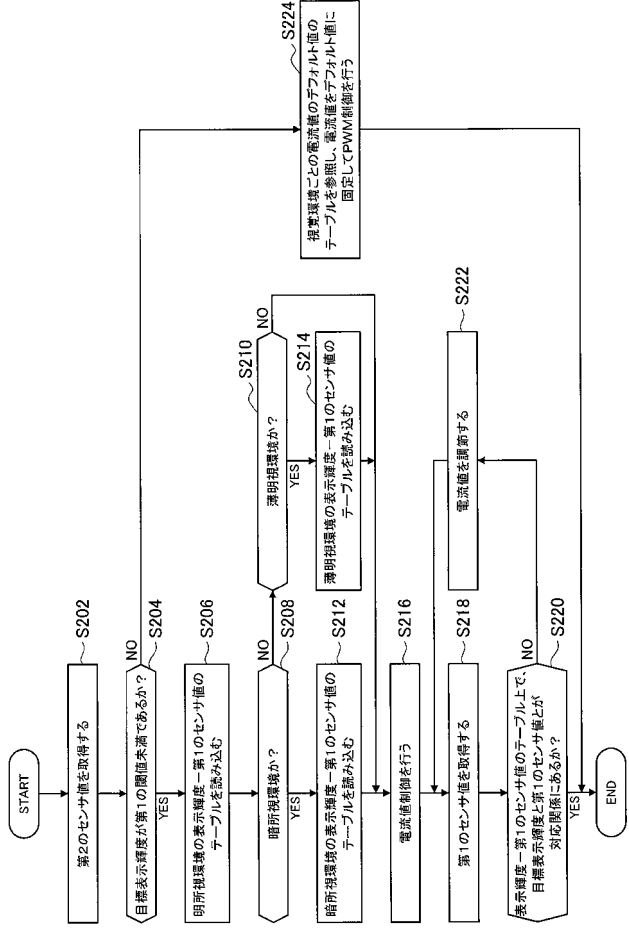
【図 1 5】



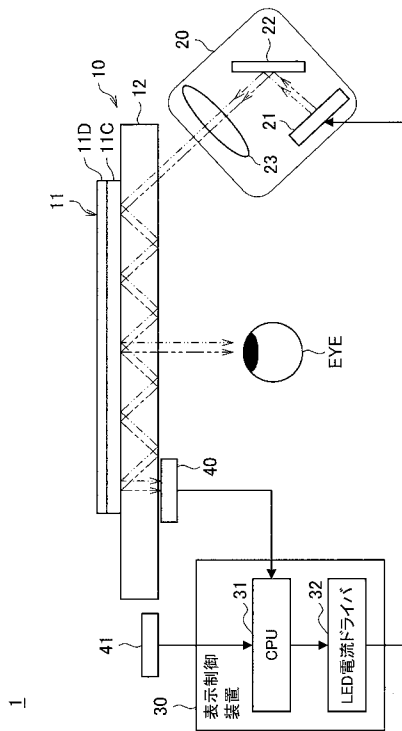
【図16】



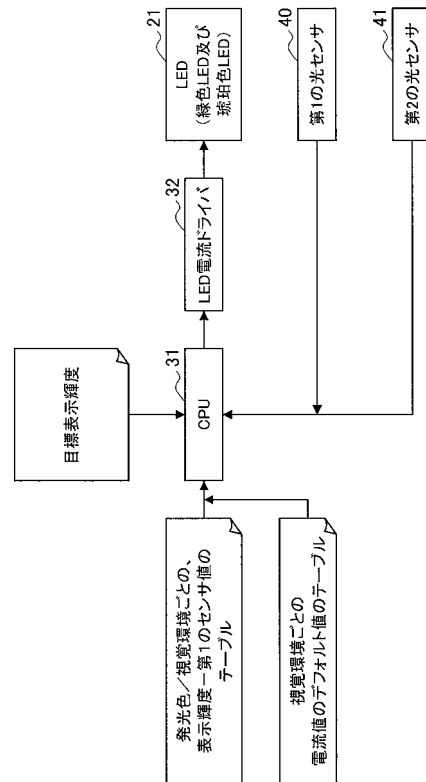
【図17】



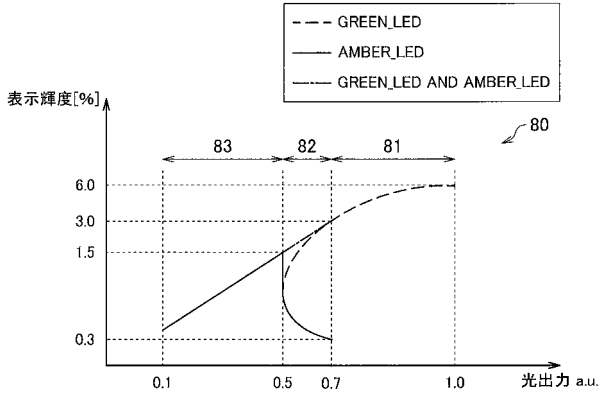
【図18】



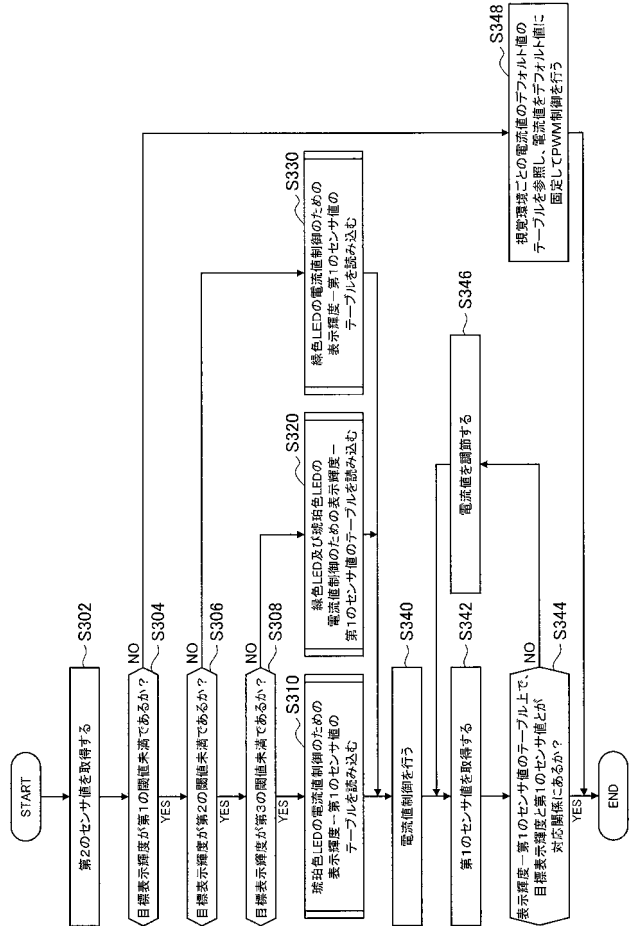
【図19】



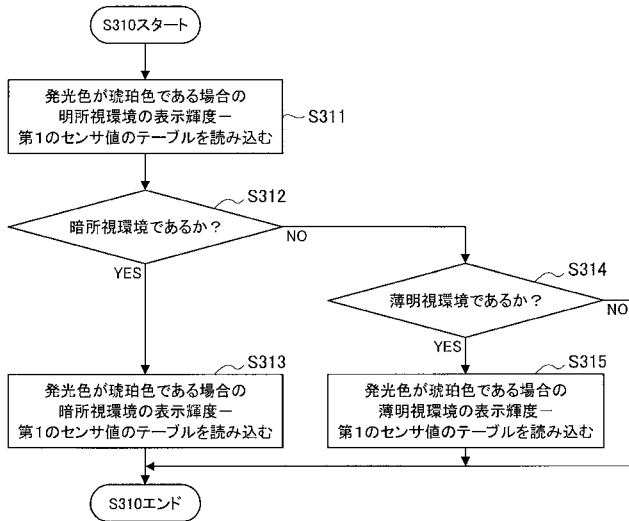
【図20】



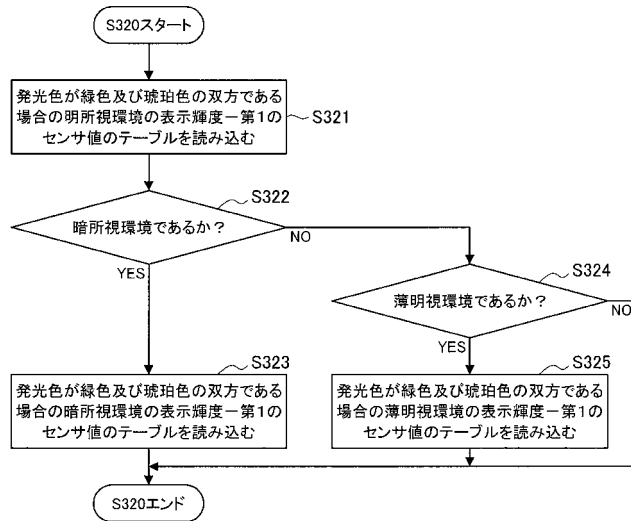
【図21】



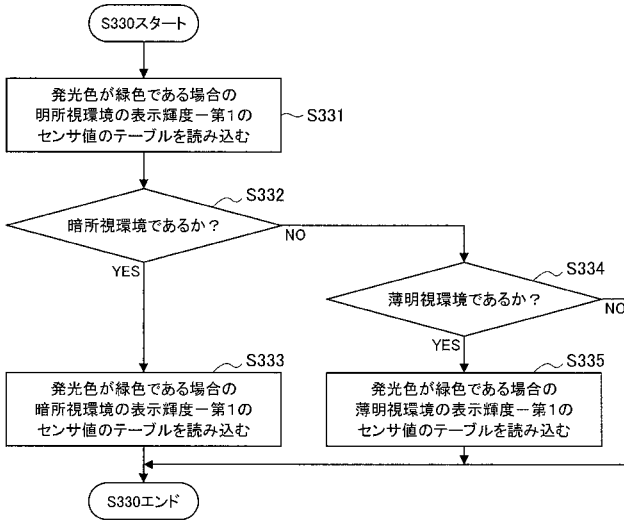
【図22】



【図23】



【 図 2 4 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

G 0 9 G	3/20	6 4 2 F
G 0 9 G	3/02	Z