

(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2020-154075

(P2020-154075A)

(43) 公開日 令和2年9月24日(2020.9.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO2B 27/02 (2006.01)</b>	GO2B 27/02 Z	2H199
<b>HO4N 5/64 (2006.01)</b>	HO4N 5/64 511A	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2019-50959 (P2019-50959)  
 (22) 出願日 平成31年3月19日 (2019.3.19)

(出願人による申告) 平成29年度、国立研究開発法人科学技術振興機構、戦略的創造研究推進事業、個人型研究(さきがけ)、「人とインタラクションの未来」、「視覚拡張に向けた高度な知覚情報提示を行う映像重畳技術基盤の構築」委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 304021417  
 国立大学法人東京工業大学  
 東京都目黒区大岡山2丁目12番1号  
 (74) 代理人 100105924  
 弁理士 森下 賢樹  
 (74) 代理人 100109047  
 弁理士 村田 雄祐  
 (74) 代理人 100109081  
 弁理士 三木 友由  
 (74) 代理人 100133215  
 弁理士 真家 大樹  
 (72) 発明者 伊藤 勇太  
 東京都目黒区大岡山2丁目12番1号 国立大学法人東京工業大学内

最終頁に続く

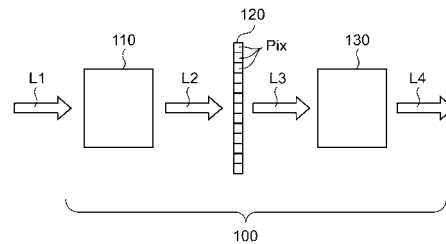
(54) 【発明の名称】 ディスプレイ装置

(57) 【要約】

【課題】 明るい環境下で高い視認性を得ることが可能なディスプレイ装置を提供する。

【解決手段】 光減衰ディスプレイ100は、入力側光学系110、PSLM120、出力側光学系130を備える。位相限定空間光変調器(PSLM)120は、画素毎に屈折率を制御可能である。入力側光学系110は、PSLM120の入射光の経路上に設けられ、第1偏光成分を抽出する。出力側光学系130は、PSLM120の出射光の経路上に設けられ、第2偏光成分を抽出する。光減衰ディスプレイ100は、PSLM120の画素ごとに、通過する色を制御可能である。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

画素毎に屈折率を制御可能な位相限定空間光変調器と、  
前記位相限定空間光変調器の入射光の経路上に設けられ、第 1 偏光成分を抽出する入力側光学系と、  
前記位相限定空間光変調器の出射光の経路上に設けられ、第 2 偏光成分を抽出する出力側光学系と、  
を備え、  
前記位相限定空間光変調器の画素ごとに、通過する色を制御可能であることを特徴とするディスプレイ装置。

10

**【請求項 2】**

前記位相限定空間光変調器は反射型であることを特徴とする請求項 1 に記載のディスプレイ装置。

**【請求項 3】**

前記入力側光学系および前記出力側光学系は、  
S 偏光成分を透過する偏光子と、  
前記偏光子の透過光を反射する偏光ビームスプリッタと、  
前記偏光ビームスプリッタの反射光を折り返すミラーと、  
前記偏光ビームスプリッタと前記ミラーの間に挿入される第 1 レンズおよび 1 / 4 波長板と、  
前記偏光ビームスプリッタの透過光が前記位相限定空間光変調器に入射する経路に設けられた第 2 レンズと、  
を含み、前記偏光ビームスプリッタの透過光が前記位相限定空間光変調器に供給され、  
前記偏光ビームスプリッタは、前記位相限定空間光変調器の反射光のうち、第 2 偏光成分を反射する前記出力側光学系として機能することを特徴とする請求項 2 に記載のディスプレイ装置。

20

**【請求項 4】**

前記ミラーを変えて、振幅空間光変調器を備えることを特徴とする請求項 3 に記載のディスプレイ装置。

**【請求項 5】**

前記位相限定空間光変調器を 2 段備えることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載のディスプレイ装置。

30

**【請求項 6】**

前記位相限定空間光変調器は透過型であることを特徴とする請求項 1 に記載のディスプレイ装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、ディスプレイ装置に関する。

**【背景技術】**

40

**【0002】**

近年、拡張現実感 (Augmented Reality, AR) への期待が高まっており、そのキーデバイスであるヘッドマウントディスプレイ (HMD: Head Mount Display) の開発が進められている。HMD は、現実世界の背景に、仮想世界 (拡張世界) の画像や情報を重ねあわせて表示することができる。

**【0003】**

HMD は、ビデオシースルー型 (VST: Video-see Through) 型と光学シースルー (OST: Optical-see Through) 型に大別できる。VST 型は、現実世界の映像をカメラによりデジタル画像データに変換し、仮想世界の画像データを信号処理により合成して、ディスプレイに表示するものである。

50

## 【0004】

O S T型は、現実世界の像はそのままユーザに提示しつつ、仮想世界の画像を光学的に合成するものである。図1は、従来のO S T - H M Dの原理を示す図である。O S T - H M D 2は、仮想世界の映像を提示するディスプレイ4と、現実世界の背景光L 1と、ディスプレイ4の光L 2を重ね合わせる光学系6を備える。図1の例では、光学系6はハーフミラーである。本明細書において、図1のO S T - H M Dの方式を加算型と称する。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

【特許文献1】特表2015-519595号公報

10

## 【非特許文献】

## 【0006】

【非特許文献1】G. Wetzstein, W. Heidrich, and D. Luebke. "Optical image processing using light modulation displays", In Computer Graphics Forum, volume 29, pages 1939-1944. Wiley Online Library, 2010.

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

本発明者らは、加算型のO S T - H M Dについて検討した結果、以下の課題を認識するに至った。O S T - H M D 2を屋外などの明るい環境下で使用するようなケースでは、背景光L 1が非常に明るくなる一方で、ディスプレイ4の輝度には限界があるため、ディスプレイ4が表示する像の視認性が低下する。

20

## 【0008】

本発明に係る状況においてなされたものであり、そのある態様の例示的な目的のひとつは、明るい環境下での視認性を改善可能なディスプレイ装置の提供にある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0009】

本発明のある態様は、ディスプレイ装置に関する。ディスプレイ装置は、画素毎に屈折率を制御可能な位相限定空間光変調器と、位相限定空間光変調器の入射光の経路上に設けられ、第1偏光成分を抽出する入力側光学系と、位相限定空間光変調器の出射光の経路上に設けられ、第2偏光成分を抽出する出力側光学系と、を備える。このディスプレイ装置は、位相限定空間光変調器の画素ごとに、通過する色を制御可能である。

30

## 【発明の効果】

## 【0010】

本発明のある態様によれば、明るい環境下での視認性を改善できる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0011】

【図1】従来のO S T - H M Dの原理を示す図である。

【図2】実施の形態に係る光減衰ディスプレイの基本構成および原理を示す図である。

【図3】実施例1に係るO S Tディスプレイ装置を示す図である。

40

【図4】図3のO S Tディスプレイ装置の光学的に等価なセットアップを示す図である。

【図5】図5(a)、(b)は、図3のO S Tディスプレイ装置の変色フィルターとしての特性(実測)を示す図である。

【図6】図6(a)~(c)は、O S Tディスプレイ装置の入出力特性を示す図である。

【図7】C I E x y色度図である。

【図8】O S Tディスプレイ装置のブロック図である。

【図9】図9(a)、(b)は、図8のO S Tディスプレイ装置の入力画像と出力画像を示す図である。

【図10】実施例2に係るO S Tディスプレイ装置を示す図である。

【図11】図11(a)、(b)は、デュアルP S L M型のO S Tディスプレイ装置の可

50

変カラーフィルタとしての特性（実測）を示す図である。

【図 1 2】C I E x y 色度図である。

【図 1 3】実施例 3 に係る O S T ディスプレイ装置を示す図である。

【図 1 4】実施例 4 に係る O S T ディスプレイ装置を示す図である。

【図 1 5】実施例 4 に係る O S T ディスプレイ装置を示す図である。

【図 1 6】変形例 4 . 1 に係る O S T ディスプレイ装置を示す図である。

【図 1 7】変形例 4 . 2 に係る O S T ディスプレイ装置を示す図である。

【図 1 8】変形例 4 . 3 に係る O S T ディスプレイ装置を示す図である。

【図 1 9】実施例 5 に係る O S T ディスプレイ装置を示す図である。

【図 2 0】変形例 5 . 1 に係る O S T ディスプレイ装置を示す図である。

10

【図 2 1】変形例 5 . 2 に係る O S T ディスプレイ装置を示す図である。

【図 2 2】実施例 6 に係る O S T ディスプレイ装置を示す図である。

【図 2 3】実施例 7 に係る O S T ディスプレイ装置を示す図である。

【図 2 4】変形例 7 . 1 に係る O S T ディスプレイ装置を示す図である。

【図 2 5】実施例 8 に係る O S T ディスプレイ装置を示す図である。

【図 2 6】変形例 8 . 1 に係る O S T ディスプレイ装置を示す図である。

【図 2 7】変形例 8 . 2 に係る O S T ディスプレイ装置を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明を好適な実施の形態をもとに図面を参照しながら説明する。各図面に示される同一または同等の構成要素、部材、処理には、同一の符号を付するものとし、適宜重複した説明は省略する。また、実施の形態は、発明を限定するものではなく例示であって、実施の形態に記述されるすべての特徴やその組み合わせは、必ずしも発明の本質的なものであるとは限らない。

20

【0013】

また図面に記載される各部材の寸法（厚み、長さ、幅など）は、理解の容易化のために適宜、拡大縮小されている場合がある。さらには複数の部材の寸法は、必ずしもそれらの大小関係を表しているとは限らず、図面上で、ある部材 A が、別の部材 B よりも厚く描かれていても、部材 A が部材 B よりも薄いこともあり得る。

【0014】

30

（基本構成）

初めに図 2 を参照して、光減衰ディスプレイ（Light Attenuation Display）100 の基本構成を説明する。図 2 は、実施の形態に係る光減衰ディスプレイ 100 の基本構成および原理を示す図である。この光減衰ディスプレイ 100 は、入射光 L 1 を受け、それに画像を合成して、出力光 L 4 を出力する。後述するように光減衰ディスプレイ 100 は、O S T - H M D として利用することができる。O S T - H M D の場合、現実世界の場面光（Scene Light）が入射光 L 1 であり、それに拡張世界の画像を合成し、出力光 L 4 をユーザに出力する。

【0015】

光減衰ディスプレイ 100 は、入力側光学系 110、位相限定空間光変調器（P S L M : Phase-only Spatial Light Modulator）120、出力側光学系 130 を備える。入力側光学系 110、P S L M 120、出力側光学系 130 それぞれは透過型であってもよいし、反射型であってもよいし、それらの組み合わせであってもよい。

40

【0016】

入力側光学系 110 は、P S L M 120 への入射光 L 1 の経路上に設けられ、第 1 偏光成分（たとえば S 偏光）を抽出する。P S L M 120 は、マトリクス状に配置される複数の画素 p i x を有し、画素 p i x 毎に屈折率、ひいては位相を制御可能に構成される。各画素に与えられる屈折率の変化は、偏光および波長依存性を有する。

【0017】

P S L M 120 には、第 1 偏光成分（S 偏光）のみを含む入力側光学系 110 の出射光

50

L 2 が入射する。P S L M 1 2 0 の各画素 p は、入射光 L 2 に含まれる波長ごとに異なる位相シフトを受け、これにより P S L M 1 2 0 の出射光 L 3 の偏光方向が回転する。回転角は、波長毎に異なることに留意されたい。したがって P S L M 1 2 0 の出射光 L 3 は、第 1 偏光成分 ( S 偏光 ) と第 2 偏光成分 ( P 偏光 ) の両方を含みうる。

【 0 0 1 8 】

出力側光学系 1 3 0 は、P S L M 1 2 0 の出射光 L 3 の経路上に設けられ、第 1 偏光成分 ( S 偏光 ) を除去し、第 2 偏光成分 ( たとえば P 偏光 ) のみを含む出力光 L 4 を生成する。

【 0 0 1 9 】

以上が光減衰ディスプレイ 1 0 0 の基本構成である。光減衰ディスプレイ 1 0 0 は、偏光と複屈折を利用したカラーフィルタとみなすことができる。以下にその動作原理を説明する。

10

【 0 0 2 0 】

P 偏光成分と S 偏光成分を含む光が、角度 0 ° にセットされた直線偏光子 ( 単に偏光子という ) に入射すると、P 偏光成分のみが通過する。これは、線形システムを利用して式 ( 1 ) で簡単に表すことができる。この表記法は、ジョーンズ計算法として知られている。

【 数 1 】

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \\ & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

20

この計算法では、P 偏光と S 偏光を含む入射光が、列ベクトル  $[ u_1 \quad u_2 ]^T$  で表記される。これをジョーンズベクトルという。  $u_1$  は P 偏光 ( 0 ° ) の強度を、  $u_2$  は S 偏光 ( 9 0 ° ) の強度を示す。このときの偏光子は、第 1 行第 1 列の要素のみが 1 で、残りが 0 の 2 行 2 列の行列 ( ジョーンズ行列 ) で表される。左辺の  $[ 1 \quad 0 ]^T$  は偏光子の透過光を表しており、P 偏光のみが通過し、S 偏光が除去されることを表す。

【 0 0 2 1 】

30

偏光子が 9 0 ° にセットされた場合、P 偏光成分が除去され、S 偏光成分のみが透過する。これは式 ( 2 ) で表される。このときの偏光子は、第 2 行第 2 列の要素のみが 1 で、残りが 0 の 2 行 2 列の行列で表される。

【 数 2 】

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \\ & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

40

【 0 0 2 2 】

偏光子を 4 5 ° にセットした場合のシステムは式 ( 3 ) で表される。

【 数 3 】

$$\begin{bmatrix} 1/\sqrt{2} \\ 1/\sqrt{2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/\sqrt{2} & \\ & 1/\sqrt{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}. \quad (3)$$

【 0 0 2 3 】

50

光減衰ディスプレイ100は、物質の複屈折を利用する。複屈折は、屈折率が入射光の偏光と方向に依存する物質の特性をいう。複屈折を示す物質は、光軸と垂直な偏光成分（通常光線）と、光軸と平行な偏光成分（異常光線）と、で異なる屈折率を示す。通常光線に対する屈折率を $n_{or}$ 、異常光線に対する屈折率を $n_{ex}$ と表記する。複屈折を示す物質において、通常光線と異常光線は、 $2(n_{ex} - n_{or})d / \lambda$ の位相シフト（遅延）を受ける。 $d$ は物質の厚みである。PSLMは、画素毎に、複屈折すなわち $(n_{ex} - n_{or})$ を制御可能なデバイスである。

【0024】

ジョーンズ計算法において、PSLMの振る舞いは、式(4)で表される。

【数4】

$$S := e^{-i\phi} \begin{bmatrix} e^{-i\beta} & \\ & e^{i\beta} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

但し、

$$= (n_{ex} - n_{or}) d / \lambda$$

$$= 2(n_{ex} + n_{or}) d / \lambda$$

$e^{-i\phi}$ は一定の遅延であるから無視することとする。式(4)から、PSLMは、

を変化させることにより、遅延量（位相シフト量）を制御するデバイスと理解される。

【0025】

PSLMをカラーフィルタとして利用するにあたり、PSLMの各画素の液晶レイヤの配列方向が $45^\circ$ 回転しているものと仮定する。回転はジョーンズ計算法において式(5)の行列 $R(\theta)$ で表される。

【数5】

$$R(\theta) := \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) \end{bmatrix} \quad (5)$$

【0026】

$45^\circ$ 回転したPSLMのジョーンズ行列 $S_{45^\circ}$ は、式(6)で表される。

【数6】

$$S_{45^\circ} := e^{-i\phi} \begin{bmatrix} \cos(\beta) & -i\sin(\beta) \\ -i\sin(\beta) & \cos(\beta) \end{bmatrix}. \quad (6)$$

【0027】

図2の光減衰ディスプレイ100は、PSLMと、 $0^\circ$ 、 $90^\circ$ の偏光子を結合したものであり、式(7)で表される。

【数7】

$$\begin{bmatrix} 0 & \\ & 1 \end{bmatrix} S_{45^\circ} \begin{bmatrix} 1 & \\ & 0 \end{bmatrix}. \quad (7)$$

【0028】

10

20

30

40

50

任意の直線偏光の光  $L_1$  が光減衰ディスプレイ 100 に入射したとき、その透過率  $t$  ( ) は、式 (8) で表される。

【数 8】

$$t(\lambda) := \sin^2(\beta(\lambda)). \quad (8)$$

【0029】

式 (8) の は、画素毎に制御可能であるから、光減衰ディスプレイ 100 は、画素単位のカラーフィルタであることが理解される。

【0030】

なお光減衰ディスプレイ 100 を、一般的なディスプレイやプロジェクタと混同してはならない。一般的なディスプレイやプロジェクタは、カラーフィルタと、液晶ディスプレイや DMD (Digital Micromirror Device)、LCoS (Liquid Crystal on Silicon) などの SLM および偏光子を備える。SLM の各画素には、赤、緑、青 (R, G, B) のいずれか 1 色のみが入射する。そして画素毎に、対応する色の透過率 (反射率) を制御しており、したがって SLM と偏光子は、色ごとの振幅変調デバイスとして機能する。

【0031】

これに対して本実施の形態に係る光減衰ディスプレイ 100 において、PSLM 120 の各画素への入射光  $L_2$  は、連続スペクトルあるいは複数の波長成分を含んでいる。そして光減衰ディスプレイ 100 は、PSLM 120 の画素  $p_i$  x ごとに、通過する色 (あるいは遮断する色) を選択可能に構成される。つまり、光減衰ディスプレイ 100 は画素毎に、選択した色を減算することができる。つまり光減衰ディスプレイ 100 は、ピクセルレベルの色が可変なカラーフィルタと把握することができる。

【0032】

光減衰ディスプレイ 100 の利点を説明する。カラーフィルタを備える従来の表示システムでは、RGB の 3 個のサブピクセルが、1 画素となるため、実効的な解像度が低い。またベイア配列に起因するモザイク処理が必須となり、これが解像度を一層低下させる。これに対して実施の形態に係る光減衰ディスプレイ 100 は、光減衰ディスプレイ 100 の 1 画素が、独立したカラーフィルタであることから、従来の表示システムに比べて、空間的な解像度が非常に高いという利点がある。

【0033】

また RGB 方式では、3 原色の線形結合でしか色を表現できないのに対して、本実施の形態では、図 5 (b) に示すように、透過する色の波長を連続的に変化させることができるため、色の再現性が高いという利点を有する。

【0034】

(実施例)

続いて、光減衰ディスプレイ 100 を利用して設計した OST ディスプレイ装置 200 について説明する。OST ディスプレイ装置 200 の設計においては、像が反転しないこと、視界の画角 (拡大率) の変化が小さいこと、視差が小さいこと、透過率が高いこと、が要求される。

【0035】

(実施例 1)

図 3 は、実施例 1 に係る OST ディスプレイ装置 200 を示す図である。OST ディスプレイ装置 200 は、環境光 (現実世界の光)  $L_1$  を受け、減色することにより、拡張世界の画像をパターンングし、出力光  $L_6$  を出力する。

【0036】

OST ディスプレイ装置 200 は、偏光子 (POL) 202、偏光ビームスプリッタ (PBS) 204、第 1 レンズ (L1) 206、1/4 波長板 (QWP) 208、ミラー (M1) 210、第 2 レンズ (L2) 212、反射型の PSLM 214 を備える。第 1 レンズ 206 は、ミラー 210 から焦点距離  $f$ 、離間して配置される。第 2 レンズ 212 は、

10

20

30

40

50

P S L M 2 1 4 から焦点距離  $f$ 、離間して配置される。

【 0 0 3 7 】

偏光子 2 0 2 は、入射光  $l_1$  の S 偏光成分を透過し、P 偏光を除去する。偏光ビームスプリッタ 2 0 4 は、偏光子 2 0 2 の透過光 (S 偏光)  $l_2$  を反射する。偏光ビームスプリッタ 2 0 4 は、プレート型であってもよいしキューブ型であってもよい。偏光子 2 0 2 の反射光  $l_2$  は、第 1 レンズ 2 0 6、1 / 4 波長板 2 0 8 を透過して第 1 レンズ 2 0 6 により反射し、1 / 4 波長板 2 0 8、第 1 レンズ 2 0 6 を透過して偏光ビームスプリッタ 2 0 4 に再入射する。1 / 4 波長板 2 0 8 を 2 回通過することにより、偏光ビームスプリッタ 2 0 4 に再入射する光  $l_3$  は、P 偏光を有しており、偏光ビームスプリッタ 2 0 4 を透過する。

10

【 0 0 3 8 】

偏光ビームスプリッタ 2 0 4 の透過光  $l_4$  は、第 2 レンズ 2 1 2 を透過し、P S L M 2 1 4 に入射する。P S L M 2 1 4 は、画素毎に位相シフトを与える。P S L M 2 1 4 の反射光  $l_5$  は S 偏光と P 偏光を含みうる。この反射光  $l_5$  が偏光ビームスプリッタ 2 0 4 に再入射し、S 偏光のみが反射され、O S T ディスプレイ装置 2 0 0 の出力光  $l_6$  となる。

【 0 0 3 9 】

P S L M 2 1 4 は、図 2 の P S L M 1 2 0 に対応する。偏光子 2 0 2、偏光ビームスプリッタ 2 0 4、第 1 レンズ 2 0 6、1 / 4 波長板 2 0 8、ミラー 2 1 0、第 2 レンズ 2 1 2 は、図 2 の入力側光学系 1 1 0 に対応する。第 2 レンズ 2 1 2 および偏光ビームスプリッタ 2 0 4 は、図 2 の出力側光学系 1 3 0 に対応する。図 3 のように、P S L M を 1 個備える O S T ディスプレイ装置 2 0 0 を、シングル P S L M 型という。

20

【 0 0 4 0 】

図 4 は、図 3 の O S T ディスプレイ装置 2 0 0 の光学的に等価なセットアップを示す図である。第 2 レンズ 2 1 2 によって、環境光は、P S L M 2 1 4 のピクセルにフォーカスされる。

【 0 0 4 1 】

第 1 レンズ 2 0 6 および第 1 ミラー 2 1 0 は、像の上下、左右を、入力光  $l_1$  と出力光  $l_6$  とで一致させるために設けられる。

【 0 0 4 2 】

なお、図 3 の O S T ディスプレイ装置 2 0 0 は、観測者 (利用者) の焦点が無限遠にあることを前提として設計されており、したがって O S T ディスプレイ装置 2 0 0 に入射する環境光は実質的に平行光線とみなせ、現実世界の像は、十分に遠い位置に存在するものとする。なお図 4 では、O S T ディスプレイ装置 2 0 0 に垂直に入射する光束のみを示しており、実際には異なる方向から入射する光束も存在する。各光束は、その入射角に応じた P S L M 2 1 4 のピクセルに入射し、また観測者の網膜の異なる位置で結像する。

30

【 0 0 4 3 】

図 3 の O S T ディスプレイ装置 2 0 0 によれば、屋外などの明るい環境下において、高い視認性を提供できる。また図 3 の O S T ディスプレイ装置 2 0 0 は、反射型の P S L M 2 1 4 を用いているため、システム全体の透過率が高く、ユーザに明るい像を提供できるという利点がある。

40

【 0 0 4 4 】

(測定結果)

図 3 の O S T ディスプレイ装置 2 0 0 を実装し、その特性を測定した結果を説明する。測定に際しては、入力光として、Nanguang 社の C N - 9 0 0 S A 光源から出力される波長 3 8 0 ~ 7 8 0 n m を含む白色光を用いている。

【 0 0 4 5 】

図 5 ( a )、( b ) は、図 3 の O S T ディスプレイ装置 2 0 0 の可変カラーフィルタとしての特性 (実測) を示す図である。P S L M 2 1 4 は、位相を 8 ビット ( 2 5 6 階調) の制御コードにより制御可能ある。

50



## 【 0 0 4 6 】

図 5 ( a ) は、 1 3 刻みの複数の制御コードにおける O S T ディスプレイ装置 2 0 0 の出力光のスペクトルを示す。スペクトルのピーク波長は、制御コードとともに変化しており、O S T ディスプレイ装置 2 0 0 が可変のカラーフィルタとして機能することが理解される。図 5 ( b ) は、フィルタ特性をグレースケールで示したものである。

## 【 0 0 4 7 】

図 5 ( a )、( b ) から分かるように、図 3 の構成では、ある制御コードに対して、離散的な 2 つの支配的な波長域が透過（あるいは遮光）している。ひとつの波長域のみをより選択的に透過させたい場合、デュアル P S L M セットアップを採用すればよく、これについては後述する。

10

## 【 0 0 4 8 】

図 6 ( a ) ~ ( c ) は、O S T ディスプレイ装置 2 0 0 の入出力特性を示す図である。図 6 ( a ) ~ ( c ) において、横軸は入力である 8 ビットの制御コードである。図 6 ( a ) は、制御コードとフィルタカラーの関係を示す。図 6 ( b ) は、強度の減衰を考慮したときの、制御コードとフィルタカラーの関係を示す。図 6 ( c ) は、正規化した X Y Z 色空間における観測されたフィルタカラーのノルムを相対強度として示す。

## 【 0 0 4 9 】

図 7 は、C I E x y 色度図である。( i ) は、O S T ディスプレイ装置 2 0 0 により観測されるフィルタカラーのプロット群（以下、カラーパレットと称する）である。( ii ) は、( i ) のプロット群を囲む凸包を表す。( iii ) の三角形は s R G B 色空間を、( iv ) は D 6 5 の白色点を示す。

20

## 【 0 0 5 0 】

( カラーパレットの混色 )

図 7 に示すように、O S T ディスプレイ装置 2 0 0 の画素にある制御コードを与えたときに、その画素が発生する色は、( i ) のプロット群が示す複数のカラーパレットのひとつである。ディスプレイとしては、( i ) のカラーパレットの色のみでなく、それ以外の色も出力可能であることが望ましい。そこで O S T ディスプレイ装置 2 0 0 は、カラーパレットに含まれる複数（ 2 個あるいは 3 個以上）を時分割で切り替えて混色することにより、フィルタカラーの範囲を拡張する。

## 【 0 0 5 1 】

図 8 は、O S T ディスプレイ装置 2 0 0 のブロック図である。O S T ディスプレイ装置 2 0 0 は、コントローラ 2 3 0 を含む。コントローラ 2 3 0 には、画像データ S 1 が入力される。コントローラ 2 3 0 は、画像データ S 1 の各画素について、その色を生成するために必要な 2 個（あるいは 3 個以上）の色を、複数のカラーパレットの中から選択する。そして、選択した色を時分割で P S L M 2 1 4 の画素 P I X に出力する。これにより、カラーパレット以外の色を出力することが可能となる。

30

## 【 0 0 5 2 】

図 9 ( a )、( b ) は、図 8 の O S T ディスプレイ装置 2 0 0 の入力画像と出力画像を示す図である。シングル P S L M セットアップでは、入力画像に含まれる色の色域に対して、カラーパレットの色域が狭いことに起因して、出力画像にわずかな劣化が見られるが、ティーパーットであることは確認できる。

40

## 【 0 0 5 3 】

( 実施例 2 )

カラーフィルタは、多段接続することにより、フィルタの特性をシャープにできることが知られている。図 1 0 は、実施例 2 に係る O S T ディスプレイ装置 2 0 0 A を示す図である。この O S T ディスプレイ装置 2 0 0 A は、デュアル P S L M 型であり、図 3 のミラー 2 1 0 を取り除き、その代わりに第 2 の P S L M 2 2 0 を配置した構成である。

## 【 0 0 5 4 】

図 1 1 ( a )、( b ) は、デュアル P S L M 型の O S T ディスプレイ装置 2 0 0 A の可変カラーフィルタとしての特性（実測）を示す図である。2 個の P S L M 2 2 0 , 2 1 4

50

のうち、一方には位相シフトを、他方にはその2倍の位相シフトを与えている。

【0055】

図11(a)は、13刻みの複数の制御コードにおけるOSTディスプレイ装置200の出力光のスペクトルを示す。図11(b)は、フィルタ特性をグレースケールで示したものである。図11(a)、(b)と、図5(a)、(b)との対比から分かるように、デュアルPSLM型では、透過波長のピークをひとつに近づけることができる。

【0056】

図12は、CIExy色度図である。(i)は、OSTディスプレイ装置200Aのカラーパレットを示す。(ii)は、(i)のプロット群を囲む凸包を表す。(iii)の三角形はsRGB色空間を、(iv)はD65の白色点を示す。図12と図7の対比から分かるように、デュアルPSLM型では、シングルPSLM型に比べて、カラーパレットの色域を拡張できる。

10

【0057】

(実施例3)

図13は、実施例3に係るOSTディスプレイ装置200Bを示す図である。このOSTディスプレイ装置200Bは、図3のミラー210に代えて、反射型の振幅変調SLM222を備える。振幅変調SLM222としては、反射型液晶SLMや、DMDを用いることができる。

【0058】

実施例1あるいは2では、画素毎に色のみを制御することができたが、実施例3によれば、画素毎に、色と強度の両方を制御することができるため、より多彩な画像を提示することが可能となる。

20

【0059】

図14は、実施例4に係るOSTディスプレイ装置200Cを示す図である。このOSTディスプレイ装置200Cは、図3のOSTディスプレイ装置200のミラーM1と1/4波長板208のセットを、PSLM(214)と、入れ替えた構成である。図14において、PSLM240の反射光 $l_3$ はS偏光とP偏光を含む。このうち、偏光ビームスプリッタ204によってP偏光のみが透過する。偏光ビームスプリッタ204の透過光 $l_4$ は、1/4波長板244を通過し、ミラー242によって折り返される。1/4波長板244を往復で2回通過することにより、偏光ビームスプリッタ204に戻る光 $l_5$ は、S偏光となる。S偏光の光 $l_5$ は偏光ビームスプリッタ204によって反射され、出射光 $l_6$ となる。

30

【0060】

(実施例4)

OSTディスプレイ装置200は、導光体を用いて構成することも可能である。図15は、実施例4に係るOSTディスプレイ装置300を示す図である。

【0061】

OSTディスプレイ装置300は、第1偏光板302、1次入力カブラ304、1次導光板306、1次出力カブラ308、第1レンズ310、ハーフミラー312、PSLM314、第2レンズ316、プリズム318、2次入力カブラ320、2次導光板322、2次出力カブラ324、第2偏光板326を含む。

40

【0062】

第1偏光板302は、入力光 $l_1$ のうち、第1偏向成分(たとえばP偏光)のみを透過する。第1偏光板302の透過光 $l_2$ は、1次導光板306の一端に設けられた1次入力カブラ304を介して1次導光板306に結合し、他端に向かって導波する。そして1次導光板306の他端において、1次出力カブラ308から出射する。1次出力カブラ308の出射光は、第1レンズ310およびハーフミラー312を透過し、PSLM314に入射する。PSLM314によって変調された反射光 $l_3$ は、第2レンズ316、プリズム318、2次入力カブラ320を経由して2次導光板322に入射する。2次導光板322を導波した光は、2次出力カブラ324から出力される。第2偏光板326は、2次

50

出力カプラ 324 の出射光 1<sub>4</sub> から、第 2 偏向成分 (S 偏光) のみを抽出し、出力光 1<sub>4</sub> を出力する。

【0063】

(変形例 4.1)

第 1 偏光板 302 や第 2 偏光板 326 の配置は、図 15 のそれに限定されない。図 16 は、変形例 4.1 に係る OST ディスプレイ装置 300A を示す図である。この変形例 4.1 において、第 1 偏光板 302 および第 2 偏光板 326 の配置が図 15 のそれと異なっており、その他は同様である。第 1 偏光板 302 は、1 次出力カプラ 308 と第 1 レンズ 310 の間に挿入してもよい。第 2 偏光板 326 は、第 2 レンズ 316 とプリズム 318 の間に挿入してもよいし、プリズム 318 と 2 次入力カプラ 320 の間に挿入してもよい。

10

【0064】

(変形例 4.2)

図 17 は、変形例 4.2 に係る OST ディスプレイ装置 300B を示す図である。図 17 の OST ディスプレイ装置 300B では、第 1 偏光板 302、第 2 偏光板 326 が省略され、ハーフミラー 312 の代わりに、偏光ビームスプリッタ 328 が設けられる。

【0065】

(変形例 4.3)

図 18 は、変形例 4.3 に係る OST ディスプレイ装置 300C を示す図である。図 18 の OST ディスプレイ装置 300C は、図 15 と比べて PSLM 314 の配置が異なっている。さらなる変形として、変形例 4.1 で説明したように、第 1 偏光板 302 や第 2 偏光板 326 の配置を変更してもよい。

20

【0066】

実施例 4 に関連してさらに、プリズム 318 を自由形状プリズムとしてもよい。また第 2 レンズ 316、プリズム 318、2 次入力カプラ 320 を一体型の自由形状プリズムとしてもよい。

【0067】

(実施例 5)

図 19 は、実施例 5 に係る OST ディスプレイ装置 300D を示す図である。この OST ディスプレイ装置 300D は、PSLM 314 に加えて、振幅変調 SLM 330 を備える。振幅変調 SLM 330 は、反射型液晶 SLM でもよいし DMD でもよい。

30

【0068】

(変形例 5.1)

図 20 は、変形例 5.1 に係る OST ディスプレイ装置 300E を示す図である。この OST ディスプレイ装置 300E は、図 19 と第 1 偏光板 302 および第 2 偏光板 326 の配置が異なっている。詳細については変形例 4.1 と同様である。

【0069】

(変形例 5.2)

図 21 は、変形例 5.2 に係る OST ディスプレイ装置 300F を示す図である。この OST ディスプレイ装置 300F は、第 1 偏光板 302、第 2 偏光板 326 が省略され、ハーフミラー 312 の代わりに、偏光ビームスプリッタ 328 が設けられる。詳細については変形例 4.2 と同様である。

40

【0070】

(実施例 6)

実施例 6 は、実施例 5 の OST ディスプレイ装置 300D に、映像表示系を追加したものである。図 22 は、実施例 6 に係る OST ディスプレイ装置 300G を示す図である。この OST ディスプレイ装置 300G は、加算型と減算型のハイブリッドである。映像エンジン 332 は、ディスプレイ 334 とレンズ 336 を含み、AR 用の映像を表示する。映像エンジン 332 の表示は、ハーフミラー 338 によって、PSLM 314 の反射光と合成される。

50

## 【 0 0 7 1 】

このOSTディスプレイ装置300Gによれば、明るい環境下でも暗い環境下でも見やすい映像を提供できる。

## 【 0 0 7 2 】

(変形例6.1)

実施例6においても、変形例4.1や変形例5.1と同様に、第1偏光板302および第2偏光板326の位置を変更してもよい。

## 【 0 0 7 3 】

(変形例6.2)

実施例6においても、変形例4.2や変形例5.2と同様に、ハーフミラー312やハーフミラー338の代わりに偏光ビームスプリッタを用いてもよい。

10

## 【 0 0 7 4 】

(実施例7)

これまでの実施例では、反射型のPSLMを用いたが透過型を用いることも可能である。図23は、実施例7に係るOSTディスプレイ装置400を示す図である。第1偏光板402、第1レンズ404、第2レンズ406は図2の入力側光学系110に対応し、第3レンズ410、第4レンズ412、第2偏光板414は、図1の出力側光学系130に対応する。

## 【 0 0 7 5 】

第1レンズ404および第2レンズ406を含む入射側のレンズ群は、3枚以上のレンズで構成されてもよい。同様に第3レンズ410、第4レンズ412を含む出射側のレンズ群は4枚以上のレンズで構成されてもよい。またこれらのレンズはフレネルレンズであってもよい。

20

## 【 0 0 7 6 】

(変形例7.1)

実施例7においても、第1偏光板402および第2偏光板414の配置は限定されない。図24は、変形例7.1に係るOSTディスプレイ装置400Aを示す図である。第1偏光板402は、第2レンズ406とPSLM408の間に挿入され、第2偏光板414は、PSLM408と第3レンズ410の間に挿入される。

## 【 0 0 7 7 】

(実施例8)

図25は、実施例8に係るOSTディスプレイ装置400Bを示す図である。このOSTディスプレイ装置400Bは、図23のOSTディスプレイ装置400に加えて、透過柄の振幅変調SLM416を備える。以下の実施例あるいは変形例において、振幅変調SLM416とPSLM408は入れ替えてもよい。

30

## 【 0 0 7 8 】

(変形例8.1)

図26は、変形例8.1に係るOSTディスプレイ装置400Cを示す図である。この変形例では、第1偏光板402、第2偏光板414の位置が、図25と異なっている。

## 【 0 0 7 9 】

(変形例8.2)

図27は、変形例8.2に係るOSTディスプレイ装置400Dを示す図である。このOSTディスプレイ装置400Dは、図25のOSTディスプレイ装置400Bに加えて、レンズ418、420をさらに備える。さらなる変形例として、第1偏光板402をPSLM408の隣に挿入したり、第2偏光板414を振幅変調SLM416の隣に挿入してもよい。あるいは、第1偏光板402と第2偏光板414でPSLM408を挟み込んでもよい。

40

## 【 0 0 8 0 】

光減衰ディスプレイ100は、ヘッドマウントディスプレイやヘッドアップディスプレイに好適に用いることができる。

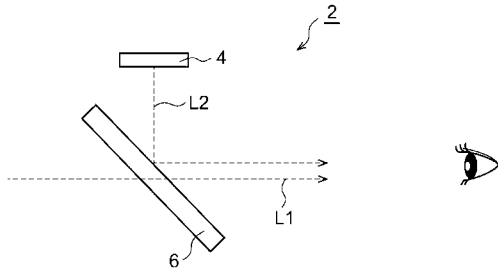
50

## 【符号の説明】

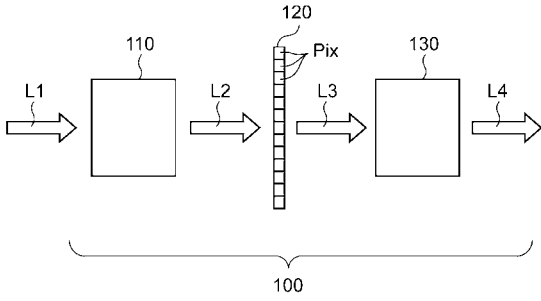
## 【0081】

100	光減衰ディスプレイ	
110	入力側光学系	
120	P S L M	
130	出力側光学系	
200	O S Tディスプレイ装置	
202	偏光子	
204	偏光ビームスプリッタ	
206	第1レンズ	10
208	1/4波長板	
210	ミラー	
212	第2レンズ	
214	P S L M	
220	P S L M	
222	振幅変調 S L M	
230	コントローラ	
240	P S L M	
242	ミラー	
244	1/4波長板	20
300	O S Tディスプレイ装置	
302	第1偏光板	
304	1次入力カブラ	
306	1次導光板	
308	1次出力カブラ	
310	第1レンズ	
312	ハーフミラー	
314	P S L M	
316	第2レンズ	
318	プリズム	30
320	2次入力カブラ	
322	2次導光板	
324	2次出力カブラ	
326	第2偏光板	
328	偏光ビームスプリッタ	
330	振幅変調 S L M	
332	映像エンジン	
334	ディスプレイ	
336	レンズ	
400	O S Tディスプレイ装置	40
402	第1偏光板	
404	第1レンズ	
406	第2レンズ	
408	P S L M	
410	第3レンズ	
412	第4レンズ	
414	第2偏光板	
416	振幅変調 S L M	

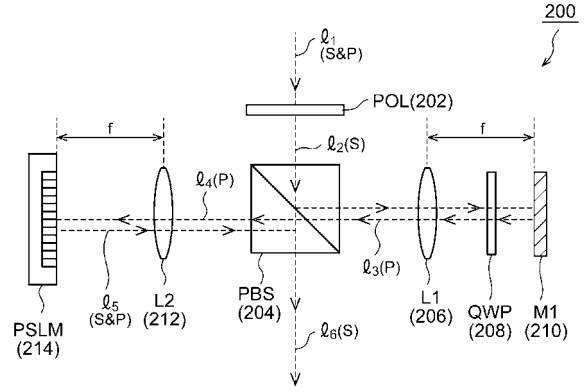
【 図 1 】



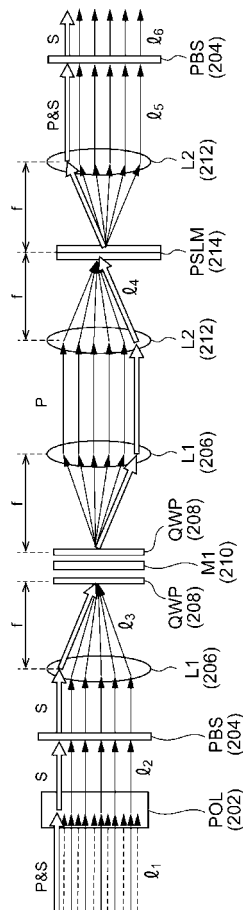
【 図 2 】



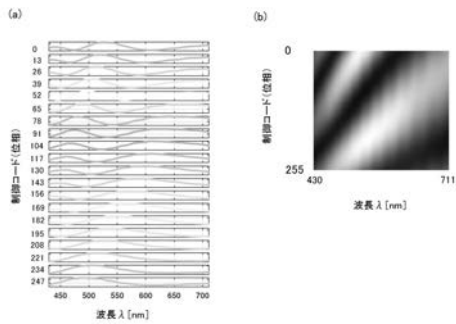
【 図 3 】



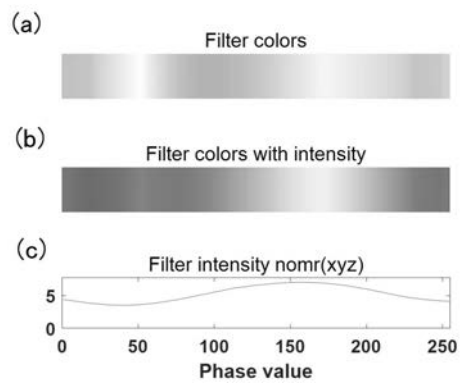
【 図 4 】



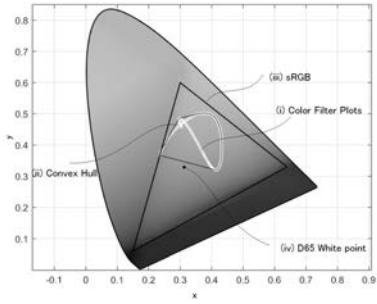
【 図 5 】



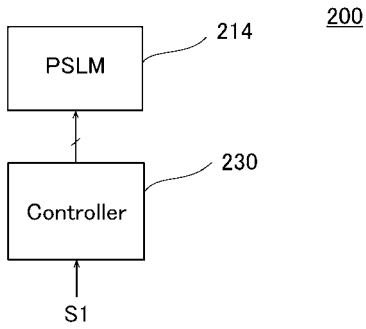
【 図 6 】



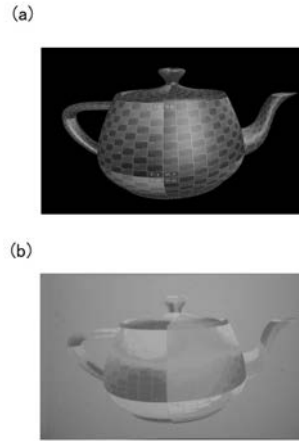
【 図 7 】



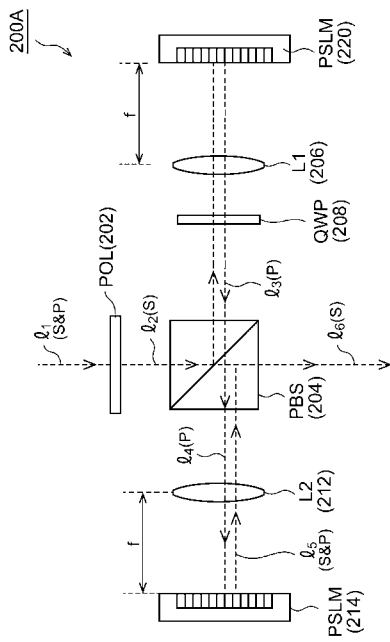
【 図 8 】



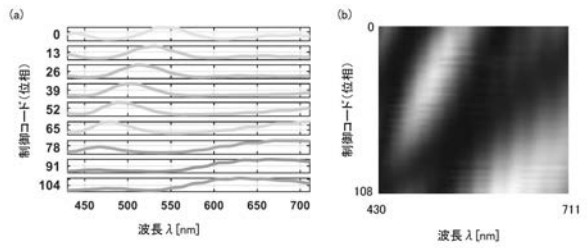
【 図 9 】



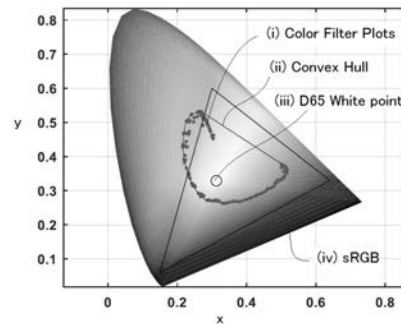
【 図 10 】



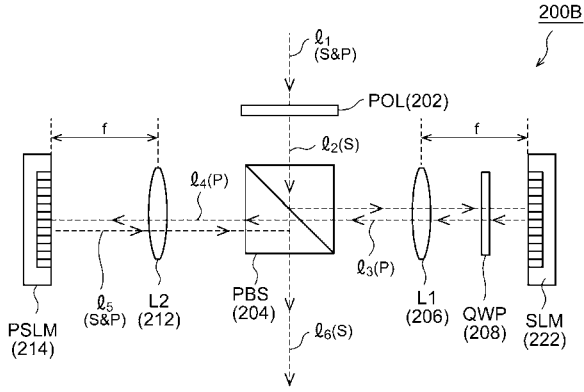
【 図 11 】



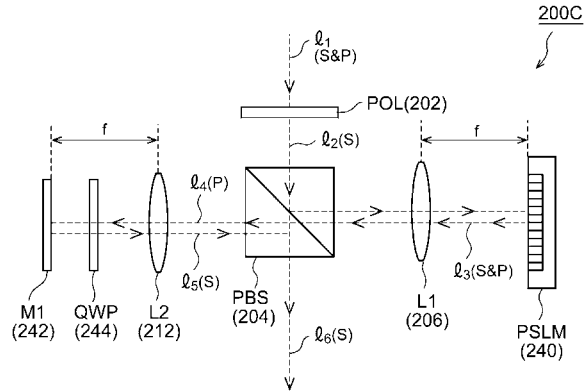
【 図 12 】



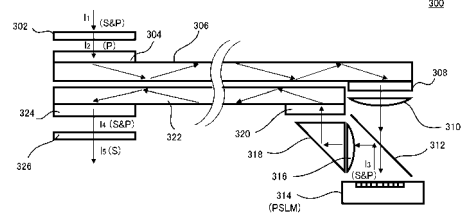
【 図 1 3 】



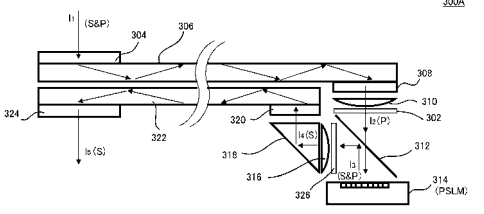
【 図 1 4 】



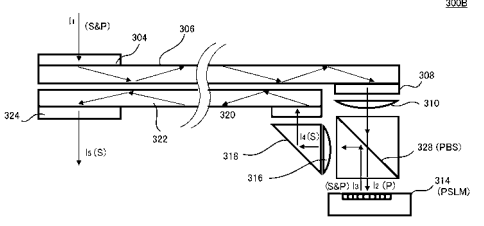
【 図 1 5 】



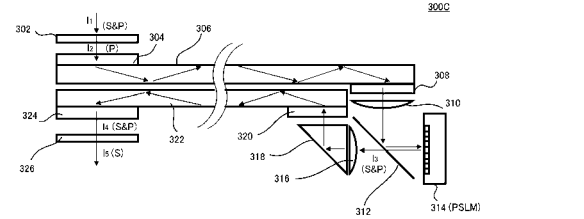
【 図 1 6 】



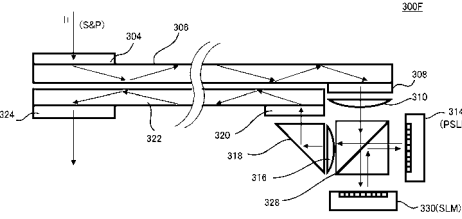
【 図 1 7 】



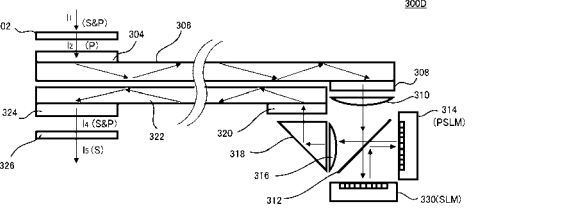
【 図 1 8 】



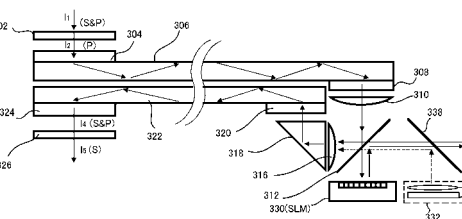
【 図 2 1 】



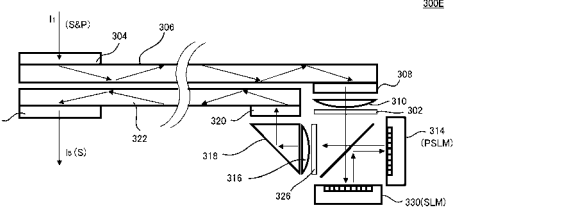
【 図 1 9 】



【 図 2 2 】

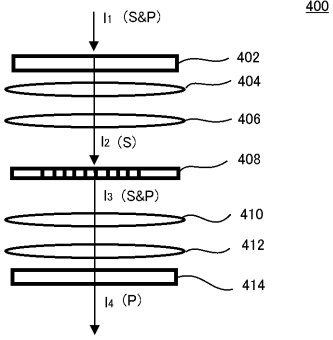


【 図 2 0 】

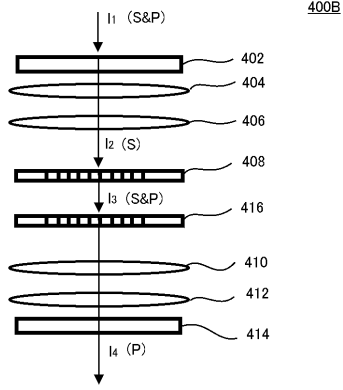




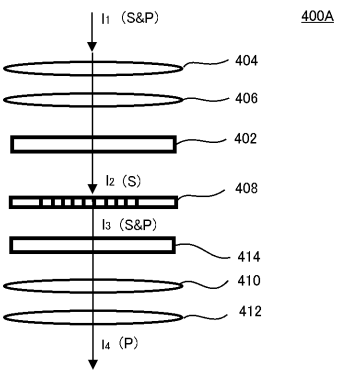
【 図 2 3 】



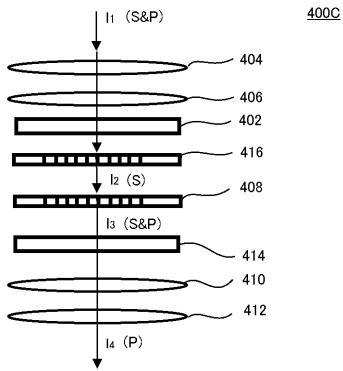
【 図 2 5 】



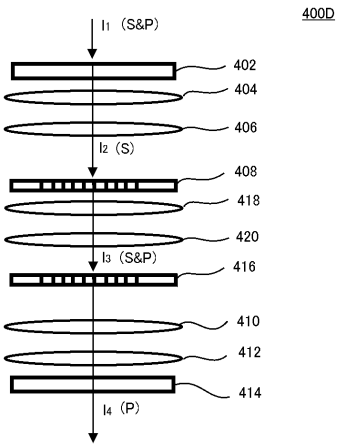
【 図 2 4 】



【 図 2 6 】



【 図 2 7 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 トビアス ラングロツツ

東京都目黒区大岡山 2 丁目 1 2 番 1 号 国立大学法人東京工業大学内

Fターム(参考) 2H199 CA12 CA22 CA42 CA47 CA48 CA59 CA63 CA64 CA65 CA66  
CA69 CA71 CA86