

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5935679号
(P5935679)

(45) 発行日 平成28年6月15日 (2016. 6. 15)

(24) 登録日 平成28年5月20日 (2016. 5. 20)

(51) Int. Cl.

F 1

G O 2 B 27/48 (2006. 01)

G O 2 B 27/48

G O 3 B 21/14 (2006. 01)

G O 3 B 21/14

A

G O 3 B 21/00 (2006. 01)

G O 3 B 21/00

D

G O 2 B 5/02 (2006. 01)

G O 2 B 5/02

B

請求項の数 21 (全 50 頁)

(21) 出願番号 特願2012-273305 (P2012-273305)
 (22) 出願日 平成24年12月14日 (2012. 12. 14)
 (65) 公開番号 特開2013-231940 (P2013-231940A)
 (43) 公開日 平成25年11月14日 (2013. 11. 14)
 審査請求日 平成27年1月16日 (2015. 1. 16)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-83559 (P2012-83559)
 (32) 優先日 平成24年4月2日 (2012. 4. 2)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 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 110001357
 特許業務法人つばき国際特許事務所
 (72) 発明者 金田 一賢
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株
 式会社内
 (72) 発明者 三浦 幸治
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株
 式会社内
 (72) 発明者 安井 利文
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株
 式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明装置および表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザ光源を含む光源部と、
 前記光源部側からの光が入射する第1の均一化光学部材と、
 前記第1の均一化光学部材側からの光が入射する第2の均一化光学部材と、
 前記第1の均一化光学部材と前記第2の均一化光学部材との間の光路上に配設された光
 学素子と、
 前記光学素子を振動させる駆動部と
 を備えた照明装置。

【請求項 2】

前記光学素子は、
 入射したレーザ光を収束させつつ出射する第1光学面と、
 入射したレーザ光を発散させつつ出射する第2光学面と
 を有する請求項1に記載の照明装置。

【請求項 3】

前記第1および第2の均一化光学部材はそれぞれ、2次元配列された複数の単位セルを
 有し、
 前記第1光学面および前記第2光学面の延在方向と、前記単位セルの配列方向とが、互
 いに傾斜している
 請求項2に記載の照明装置。

10

20

【請求項 4】

前記第 1 光学面が凸状の曲面であり、前記第 2 光学面が凹状の曲面である
請求項 2 または請求項 3 に記載の照明装置。

【請求項 5】

前記第 1 光学面のピッチと前記第 2 光学面のピッチとが、互いに異なる
請求項 2 ないし請求項 4 のいずれか 1 項に記載の照明装置。

【請求項 6】

前記第 2 の均一化光学部材は、2 次元配列された複数の単位セルを有し、
以下の (1) 式を満たす

請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 項に記載の照明装置。

10

$$\{6 \times f \times \tan(f)\} > P f \dots\dots (1)$$

但し、

f : 前記第 2 の均一化光学部材における単位セルの焦点距離

$P f$: 前記第 2 の均一化光学部材における単位セルのピッチ

f : 前記光学素子から出射して前記第 2 の均一化光学部材へ入射する光束におけるマージナル光線角度

【請求項 7】

前記第 2 の均一化光学部材における各単位セルが、長軸方向および短軸方向を有する異方性形状からなり、

前記長軸方向および前記短軸方向の双方について、前記 (1) 式を満たしている

20

請求項 6 に記載の照明装置。

【請求項 8】

前記光学素子が、入射したレーザ光を収束させつつ出射する第 1 光学面と、入射したレーザ光を発散させつつ出射する第 2 光学面とを有し、

前記第 1 光学面および前記第 2 光学面の延在方向と前記単位セルの配列方向とが、傾斜角 θ にて互いに傾斜しており、

前記第 2 の均一化光学部材における単位セルの前記長軸方向のピッチを前記 $P f$ 、それらの単位セルにおけるアスペクト比を $X : Y$ ($X > Y$) としたとき、

以下の (2) 式および (3) 式を更に満たす

請求項 7 に記載の照明装置。

30

$$\{6 \times f \times \tan(f \times \sin \theta)\} > P f \dots\dots (2)$$

$$\{6 \times f \times \tan(f \times \cos \theta)\} > \{(Y / X) \times P f\} \dots\dots (3)$$

【請求項 9】

以下の (4) 式を更に満たす

請求項 8 に記載の照明装置。

$$\{f \times \tan(f \times \cos \theta)\} < \{(1 / 2) \times (Y / X) \times P f\} \dots\dots (4)$$

【請求項 10】

前記第 1 の均一化光学部材と前記第 2 の均一化光学部材との間の光路上に、正のパワーを有する一对のレンズが配設されており、

前記光学素子が、前記一对のレンズ間の光路上に配置されている

40

請求項 1 ないし請求項 9 のいずれか 1 項に記載の照明装置。

【請求項 11】

前記第 2 の均一化光学部材が、その光入射面上に配列された複数の第 1 単位セルと、その光出射面上に配列された複数の第 2 単位セルとを個別に有し、

前記第 1 単位セルは、第 1 の方向を長軸方向とすると共に第 2 の方向を短軸方向とする異方性形状からなり、

前記第 2 単位セルは、前記第 1 および第 2 の方向の双方に沿って延出する形状からなる
請求項 1 ないし請求項 10 のいずれか 1 項に記載の照明装置。

【請求項 12】

前記第 2 単位セルが、前記第 1 単位セルと比べて、前記第 1 および第 2 の方向に沿った

50

略等方的な形状からなる

請求項 1 1 に記載の照明装置。

【請求項 1 3】

前記複数の第 1 単位セルが、前記光入射面上で隙間なく 2 次元配置されると共に、
前記複数の第 2 単位セルが、前記光出射面上で隙間なく 2 次元配置されている

請求項 1 1 または請求項 1 2 に記載の照明装置。

【請求項 1 4】

前記第 2 の均一化光学部材では、その光入射面上の前記第 1 または第 2 の方向に沿って、
隣接する第 1 単位セル列間での配置位置が交互にずれている

請求項 1 3 に記載の照明装置。

10

【請求項 1 5】

互いに対向する前記第 1 単位セルと前記第 2 単位セルとの間で、それらの中心点の位置
が略一致している

請求項 1 3 または請求項 1 4 に記載の照明装置。

【請求項 1 6】

前記第 1 の均一化光学部材は、その光入射面側と光出射面側とで共通化された、複数の
共通化単位セルを有する

請求項 1 1 ないし請求項 1 5 のいずれか 1 項に記載の照明装置。

【請求項 1 7】

前記第 1 の均一化光学部材よりも後段側の光路上に配設された受光素子と、
前記受光素子により受光された光束の光量に基づいて、前記レーザ光源における出射光
量を制御する制御部と

20

を更に備えた

請求項 1 ないし請求項 1 6 のいずれか 1 項に記載の照明装置。

【請求項 1 8】

前記受光素子が、前記第 1 の均一化光学部材と前記第 2 の均一化光学部材との間の光路
上に配置されている

請求項 1 7 に記載の照明装置。

【請求項 1 9】

前記受光素子が、前記光学素子よりも前段側に配置されている

30

請求項 1 8 に記載の照明装置。

【請求項 2 0】

照明光を出射する照明装置と、

前記照明光を映像信号に基づいて変調する光変調素子と

を備え、

前記照明装置は、

レーザ光源を含む光源部と、

前記光源部側からの光が入射する第 1 の均一化光学部材と、

前記第 1 の均一化光学部材側からの光が入射する第 2 の均一化光学部材と、

前記第 1 の均一化光学部材と前記第 2 の均一化光学部材との間の光路上に配設された光
学素子と、

40

前記光学素子を振動させる駆動部と

を有する表示装置。

【請求項 2 1】

前記光変調素子により変調された照明光を被投射面に対して投射する投射光学系を更に
備えた

請求項 2 0 に記載の表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本開示は、レーザ光を含む光を照射する照明装置、およびそのような照明装置を用いて映像表示を行う表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

プロジェクタ（投射型表示装置）の主要部品の1つである光学モジュールは、一般に、光源を含む照明光学系（照明装置）と、光変調素子を含む投射光学系（投影光学系）とから構成されている。このようなプロジェクタの分野では、近年、マイクロプロジェクタと呼ばれる小型（手のひらサイズ）かつ軽量の携帯型プロジェクタが普及し始めている。このマイクロプロジェクタでは、従来、照明装置の光源として主にLED（Light Emitting Diode）が使用されている。

10

【0003】

一方で、最近では照明装置の新たな光源として、レーザが注目されている。例えば、高出力の青色半導体レーザや赤色半導体レーザの商用化に続いて、現在では緑色半導体レーザの開発も進んでおり、実用化レベルに達しつつある。このような背景から、赤（R）、緑（G）、青（B）の3原色の単色レーザ（半導体レーザ）を照明装置の光源として用いたプロジェクタの提案がなされている。光源として単色レーザを用いることにより、色再現範囲が広く、かつ消費電力も小さいプロジェクタを得ることができる。

【0004】

また、このようなプロジェクタでは、照明装置から出射される照明光における光量（強度）の均一化を図るため、一般に、照明装置内に所定の均一化光学系（均一化光学部材）が設けられるようになっている。例えば特許文献1、2には、そのような均一化光学部材として、2つ（1組）のフライアイレンズが設けられている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2002-311382号公報

【特許文献2】特開2012-8549号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

30

ところで、このようなプロジェクタでは一般に、照明装置から出射される照明光における輝度むら（照度むら）を低減し、表示画質を向上することが求められる。

【0007】

本開示はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、照明光における輝度むらを低減することが可能な照明装置および表示装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本開示の照明装置は、レーザ光源を含む光源部と、この光源部側からの光が入射する第1の均一化光学部材と、この第1の均一化光学部材側からの光が入射する第2の均一化光学部材と、第1の均一化光学部材と第2の均一化光学部材との間の光路上に配設された光学素子と、この光学素子を振動させる駆動部とを備えたものである。

40

【0009】

本開示の表示装置は、照明光を出射する上記本開示の照明装置と、照明光を映像信号に基づいて変調する光変調素子とを備えたものである。

【0010】

本開示の照明装置および表示装置では、光源部側からの光が、第1の均一化光学部材および第2の均一化光学部材側をこの順に通過して光量の均一化が図られ、照明光として出射する。この際に、光路上に配置された光学素子が振動するように駆動されることにより、第1および第2の均一化光学部材に起因して照明光に干渉縞が発生した場合であっても

50

、その干渉縞が時間変位して明るさが平均化される。

【発明の効果】

【0011】

本開示の照明装置および表示装置によれば、光路上に配置された光学素子が振動するようにしたので、第1および第2の均一化光学部材に起因して照明光に干渉縞が発生した場合であっても、その干渉縞を時間変位させて明るさを平均化することができる。よって、そのような干渉縞を目立たなくすることができ、照明光における輝度むらを低減する（表示画質を向上させる）ことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

10

【図1】本開示の第1の実施の形態に係る表示装置の全体構成例を表す模式図である。

【図2】レーザ光における光量分布の一例を表す図である。

【図3】図1に示した光学素子の構成例を表す模式図である。

【図4】図3に示した光学素子の詳細構成例を表す模式図である。

【図5】図1に示した2つのフライアイレンズの構成例を表す模式図である。

【図6】図1に示した2つのフライアイレンズへの各入射光における光量分布の一例を説明するための模式図である。

【図7】擬似Fナンバーについて説明するための模式図である。

【図8】フライアイレンズにおける単位セルからの出射光について説明するための模式図である。

20

【図9】図8に示した出射光束同士の組み合わせと干渉縞の発生パターンとの関係について説明するための模式図である。

【図10】図9に示した出射光束同士の組み合わせにより発生する干渉縞の一例を表す模式図である。

【図11】干渉縞ピッチの計算手法について説明するための模式図である。

【図12】干渉縞ピッチ等の計算例を表す図である。

【図13】図3に示した光学素子の作用について説明するための模式図である。

【図14】変形例1に係る光学素子の構成例を表す模式図である。

【図15】図14に示した光学素子の作用について説明するための模式図である。

【図16】図14に示した光学素子の振動によるビームスキャンについて説明するための模式図である。

30

【図17】第2の実施の形態に係る光学素子の構成例を表す模式図である。

【図18】図17に示した光学素子の作用について説明するための模式図である。

【図19】変形例2～4に係る照明装置の概略構成例を表す模式図である。

【図20】変形例2～4に係る照明装置に適用される光学素子の構成例を表す模式図である。

【図21】変形例5に係る照明装置の概略構成例を表す模式図である。

【図22】第3の実施の形態に係る表示装置の全体構成例を表す模式図である。

【図23】干渉縞における位相とコントラストとの関係の一例を表す図である。

【図24】図22に示した光学素子が配置されていない場合における後段側のフライアイレンズへの入射光について説明するための模式図である。

40

【図25】図22に示した光学素子が配置されている場合における後段側のフライアイレンズへの入射光について説明するための模式図である。

【図26】光学素子における光学面の傾斜角とフライアイレンズにおける単位セルのアスペクト比との関係について説明するための模式図である。

【図27】第4の実施の形態に係る後段側のフライアイレンズの構成例を表す模式図である。

【図28】図27に示した後段側のフライアイレンズへの入射光における入射角度に対する許容角について説明するための模式図である。

【図29】第4の実施の形態の比較例1に係る後段側のフライアイレンズの作用を表す模

50

式図である。

【図 3 0】第 4 の実施の形態の比較例 2 に係る後段側のフライアイレンズの構成および作用を表す模式図である。

【図 3 1】図 2 7 に示した後段側のフライアイレンズの作用を表す模式図である。

【図 3 2】変形例 6 に係る後段側のフライアイレンズの構成例および作用を表す模式図である。

【図 3 3】変形例 7 , 8 に係る後段側のフライアイレンズの構成例を表す模式図である。

【図 3 4】変形例 7 , 8 に係る後段側のフライアイレンズの作用を表す模式図である。

【図 3 5】第 5 の実施の形態に係る表示装置の全体構成例を表す模式図である。

【図 3 6】第 5 の実施の形態に係る表示装置の他の全体構成例を表す模式図である。

10

【図 3 7】第 5 の実施の形態の比較例 3 に係る表示装置の全体構成を表す模式図である。

【図 3 8】第 5 の実施の形態の作用について説明するための光量分布例を表す図である。

【図 3 9】第 5 の実施の形態に係る実施例 1 , 2 および比較例 3 において各種の光学パラメータが変動したときの受光光量の一例を表として表した図である。

【図 4 0】図 3 9 に示した受光光量の一例をグラフ化して表した図である。

【図 4 1】図 4 2 ~ 図 4 9 に示した各実施例等における光学パラメータの設定条件を表として表した図である。

【図 4 2】実施例 1 , 2 および比較例 3 に係る受光光量分布の一例を表す図である。

【図 4 3】実施例 1 , 2 および比較例 3 に係る受光光量分布の他の例を表す図である。

【図 4 4】実施例 1 , 2 および比較例 3 に係る受光光量分布の他の例を表す図である。

20

【図 4 5】実施例 1 , 2 および比較例 3 に係る受光光量分布の他の例を表す図である。

【図 4 6】実施例 1 , 2 および比較例 3 に係る受光光量分布の他の例を表す図である。

【図 4 7】実施例 1 , 2 および比較例 3 に係る受光光量分布の他の例を表す図である。

【図 4 8】実施例 1 , 2 および比較例 3 に係る受光光量分布の他の例を表す図である。

【図 4 9】実施例 1 , 2 および比較例 3 に係る受光光量分布の他の例を表す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

以下、本開示の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

30

- 1 . 第 1 の実施の形態（光学素子を振動させて均一化光学部材による干渉縞を抑える例）
- 2 . 変形例 1（光学素子がプリズムアレイからなる場合の例）
- 3 . 第 2 の実施の形態（光学素子の光学面が単位セルの配列方向と傾斜して延在した例）
- 4 . 変形例 2 ~ 5（光学素子の他の配置例）
- 5 . 第 3 の実施の形態（光学素子とその後段側の均一化光学部材との条件式の規定例）
- 6 . 第 4 の実施の形態（後段側の均一化光学部材における単位セル形状を規定した例）
- 7 . 変形例 6 ~ 8（後段側の均一化光学部材における単位セルの他の形状例）
- 8 . 第 5 の実施の形態（前段側の均一化光学部材よりも後段側に受光素子を配置した例）
- 9 . その他の変形例

【 0 0 1 4 】

40

< 第 1 の実施の形態 >

[表示装置 3 の構成]

図 1 は、本開示の第 1 の実施の形態に係る表示装置（表示装置 3）の全体構成を表すものである。この表示装置 3 は、スクリーン 3 0（被投射面）に対して映像（映像光）を投射する投射型の表示装置であり、照明装置 1 と、この照明装置 1 からの照明光を用いて映像表示を行うための光学系（表示光学系）とを備えている。

【 0 0 1 5 】

（照明装置 1）

照明装置 1 は、赤色レーザ 1 1 R、緑色レーザ 1 1 G、青色レーザ 1 1 B、カップリングレンズ 1 2 R , 1 2 G , 1 2 B、ダイクロイックプリズム 1 3 1 , 1 3 2、光学素子 1

50

4、駆動部140、フライアイレンズ151, 152、サブコンデンサレンズ161, 162およびコンデンサレンズ17を備えている。なお、図中に示したZ0は光軸を表している。

【0016】

赤色レーザ11R、緑色レーザ11Gおよび青色レーザ11Bはそれぞれ、赤色レーザ光、緑色レーザ光または青色レーザ光を発する3種類の光源である。これらのレーザ光源により光源部が構成されており、ここでは、これら3種類の光源がいずれもレーザ光源となっている。これらの赤色レーザ11R、緑色レーザ11Gおよび青色レーザ11Bはそれぞれ、例えばパルス発光を行う。すなわち、例えば所定の発光周波数(発光周期)により、間欠的(断続的)にレーザ光を出射するようになっている。赤色レーザ11R、緑色レーザ11Gおよび青色レーザ11Bはそれぞれ、例えば半導体レーザや固体レーザ等からなる。なお、例えばこれらのレーザ光源がそれぞれ半導体レーザである場合、一例として、赤色レーザ光の波長 $r = 600 \sim 700 \text{ nm}$ 程度、緑色レーザ光の波長 $g = 500 \sim 600 \text{ nm}$ 程度、青色レーザ光の波長 $b = 400 \sim 500 \text{ nm}$ 程度である。

【0017】

また、これらのレーザ光源から出射されるレーザ光は、レーザ結晶からなるレーザ媒質に励起光が入射されることにより発生するようになっている。ここで、このレーザ光の強度分布(光量分布、FFP(Far Field Pattern))は、レーザ媒質であるレーザ結晶の原子や分子の分布、結晶のサイズに応じて定まる。そして、理想的には例えば図2(A), (B)に示したように、発生されたレーザ光の光量分布(プロファイル)は、ほぼガウス分布となる。なお、図2(B)中に示した「水平」、「垂直」とはそれぞれ、水平方向(ここではX軸方向)および垂直方向(ここではY軸方向)に沿った光量分布のことを意味している。

【0018】

カップリングレンズ12Gは、緑色レーザ11Gから出射された緑色レーザ光をコリメートして(平行光として)、ダイクロイックプリズム131と結合するためのレンズ(結合レンズ)である。同様に、カップリングレンズ12Bは、青色レーザ11Bから出射された青色レーザ光をコリメートして、ダイクロイックプリズム131と結合するためのレンズ(結合レンズ)である。また、カップリングレンズ12Rは、赤色レーザ11Rから出射された赤色レーザ光をコリメートして、ダイクロイックプリズム132と結合するためのレンズ(結合レンズ)である。なお、これらのカップリングレンズ12R, 12G, 12Bによって、ここでは入射した各レーザ光をコリメートしている(平行光としている)が、この場合には限られず、カップリングレンズ12R, 12G, 12Bによってコリメートしなくてもよい(平行光としてなくてもよい)。ただし、上記のようにコリメートしたほうが装置構成の小型化を図ることができるため、より望ましいと言える。

【0019】

ダイクロイックプリズム131は、カップリングレンズ12Bを介して入射した青色レーザ光を選択的に透過させる一方、カップリングレンズ12Gを介して入射した緑色レーザ光を選択的に反射させるプリズムである。ダイクロイックプリズム132は、ダイクロイックプリズム131から出射した青色レーザ光および緑色レーザ光を選択的に透過させる一方、カップリングレンズ12Rを介して入射した赤色レーザ光を選択的に反射させるプリズムである。これにより、赤色レーザ光、緑色レーザ光および青色レーザ光に対する色合成(光路合成)がなされるようになっている。

【0020】

光学素子14は、上記した光源部からの出射光(レーザ光)の光路上に配置される素子であり、ここでは2つのフライアイレンズ151, 152の間(具体的には、一对のサブコンデンサレンズ161, 162の間)の光路上に配置されている。この光学素子14は、照明光において、いわゆるスペックルノイズおよび後述する干渉縞をそれぞれ低減するための光学素子であり、上記した光路上を進行するレーザ光がこの光学素子14を通過するようになっている。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 1 】

駆動部 1 4 0 は、光学素子 1 4 を駆動するものである。具体的には、この駆動部 1 4 0 は、光学素子 1 4 を振動（微小振動）させる（例えば、光軸 Z 0 に沿った方向や、光軸 Z 0 に対する垂直方向に沿って振動させる）機能を有している。これにより、詳細は後述するが、光学素子 1 4 を通過する光束の状態が変化し、スペックルノイズおよび干渉縞を低減させることが可能となっている。なお、このような駆動部 1 4 0 は、例えば、コイルおよび永久磁石（例えば、ネオジム（N d）や鉄（F e）、ホウ素（ボロン；B）等の材料からなる永久磁石）等を含んで構成されている。

【 0 0 2 2 】

図 3（A）～（C）は、このような光学素子 1 4 の構成例を模式的に表したものである。光学素子 1 4 は、その光出射面側に、周期的な波型構造からなる凹凸面を有している。ここで、図 3（A）は、光学素子 1 4 の X - Y 平面構成例を示し、図 3（B）は、図 3（A）中の I I - I I 線に沿った断面構成例を示している。

10

【 0 0 2 3 】

この光学素子 1 4 は、図 3（B）に示したように、その光出射面側に、凸状曲面からなる第 1 光学面 1 4 1 と凹状曲面からなる第 2 光学面 1 4 2 とを交互に配列（1 次元配列）した構造を有している。なお、ここでは、第 1 光学面 1 4 1 のピッチを $P_s(+)$ 、第 1 光学面 1 4 1 の曲率半径を $R_s(+)$ 、第 2 光学面 1 4 2 のピッチを $P_s(-)$ 、第 2 光学面 1 4 2 の曲率半径を $R_s(-)$ として示している。この例では、第 1 光学面 1 4 1 のピッチ $P_s(+)$ と、第 2 光学面 1 4 2 のピッチ $P_s(-)$ とが、互いに異なっている（ここでは、 $P_s(+)>P_s(-)$ となっている）。

20

【 0 0 2 4 】

ここで、光学素子 1 4 では、これらの第 1 光学面 1 4 1、第 2 光学面 1 4 2 はそれぞれ、X 軸方向に沿って延在している。換言すると、第 1 光学面 1 4 1、第 2 光学面 1 4 2 の延在方向と、後述するフライアイレンズ 1 5 1、1 5 2 における単位セルの配列方向とが、互いに一致している。なお、この第 1 光学面 1 4 1、第 2 光学面 1 4 2 の延在方向とは、図 3（A）、図 3（C）中に示した光学面延在軸（シリンダー軸） A_s に対応している。

【 0 0 2 5 】

また、例えば図 4 に模式的に示したように、第 1 光学面 1 4 1 は、入射したレーザ光を収束させつつ出射する機能を有する一方、第 2 光学面 1 4 2 は、入射したレーザ光を拡散させつつ出射する機能を有している。そして、光学素子 1 4 では、第 1 光学面 1 4 1 から出射される収束光の光路と、第 2 光学面 1 4 2 から出射される発散光の光路とが連続的（疎密的）に変化するように、これらの第 1 光学面 1 4 1 と第 2 光学面 1 4 2 とが滑らかに接続されている。なお、図 4 中に示した $F_s(+)$ は、第 1 光学面 1 4 1 における焦点距離を表し、 $F_s(-)$ は、第 2 光学面 1 4 2 における焦点距離を表している。また、 LP は、第 1 光学面 1 4 1 から出射される収束光の光束幅と第 2 光学面 1 4 2 から出射される発散光の光束幅とが互いに等しくなる時（いずれもピッチ P_s となる時）の平面と、光学素子 1 4 との間の距離を表している。

30

【 0 0 2 6 】

フライアイレンズ 1 5 1、1 5 2 はそれぞれ、基板上に複数のレンズ（後述する単位セル）が 2 次元配置された光学部材（インテグレータ）であり、これらのレンズの配列に応じて入射光束を空間的に分割して出射させるものである。フライアイレンズ 1 5 1 は、前述した光源部側からみて前段側のフライアイレンズであり、ここではダイクロイックプリズム 1 3 2 と光学素子 1 4 との間の光路上に配置されている。フライアイレンズ 1 5 2 は後段側のフライアイレンズであり、ここでは光学素子 1 4 とコンデンサレンズ 1 7 との間の光路上に配置されている。これらのフライアイレンズ 1 5 1、1 5 2 ではそれぞれ、分割された光束が重畳されるように出射される。これにより、フライアイレンズ 1 5 2 からの出射光 L_{2out} の均一化（面内の光量分布の均一化）が図られ、照明光として出射されるようになっている。なお、これらのフライアイレンズ 1 5 1、1 5 2 ではそれぞれ、斜

40

50

入射光も効率良く照明光として利用するため、以下説明するように、それらの光入射面側だけでなく光出射面側にも単位セル（所定の曲率を有する単位レンズ）が形成されている。

【 0 0 2 7 】

ここで、フライアイレンズ 1 5 1 は、前述した光源部側から入射光 L 1 inが入射する光入射面 S 1 in側に、複数の単位セルが配列されてなる入射側アレイ A 1 inを有している。また、それとともに、フライアイレンズ 1 5 1 は、出射光が出射される光出射面 S 1 out側に、複数の単位セルが配列されてなる出射側アレイ A 1 outを有している。

【 0 0 2 8 】

具体的には、例えば図 5（A）に示したように、このフライアイレンズ 1 5 1 は、光入射面 S 1 in側に複数の入射側単位セル C 1 inを有するとともに、光出射面 S 1 out側に複数の出射側単位セル C 1 outを有している。そして、ここでは各入射側単位セル C 1 inと各出射側単位セル C 1 outとが、互いに共通化（共通に形成）されている。すなわち、1つの入射側単位セル C 1 inと1つの出射側単位セル C 1 outとで、1つの共通化単位セルが構成されている。

【 0 0 2 9 】

フライアイレンズ 1 5 1 では、このような複数の共通化単位セル（入射側単位セル C 1 inおよび出射側単位セル C 1 out）が、X 軸方向（第 1 の方向；ここでは水平方向）および Y 軸方向（第 2 の方向；ここでは垂直方向）の双方に沿って配列されている。つまり、入射側単位セル C 1 inおよび出射側単位セル C 1 outはそれぞれ、X - Y 面（光入射面 S 1 inおよび光出射面 S 1 out）上で隙間なく 2 次元配置（ここではマトリクス配置）されている。また、各共通化単位セル（入射側単位セル C 1 inおよび出射側単位セル C 1 out）は、X 軸方向を長軸方向とすると共に Y 軸方向を短軸方向とする異方性形状（ここでは矩形状）からなる。そして、この異方性形状（矩形状）におけるアスペクト比（長軸方向と短軸方向との長さの比）は、後述する反射型液晶素子 2 1 におけるアスペクト比と略一致（望ましくは一致）するように設定されている。

【 0 0 3 0 】

一方、フライアイレンズ 1 5 2 は、フライアイレンズ 1 5 1 側から入射光 L 2 inが入射する光入射面 S 2 in側に、複数の単位セルが配列されてなる入射側アレイ A 2 inを有している。また、それとともに、フライアイレンズ 1 5 2 は、出射光が出射される光出射面 S 2 out側に、複数の単位セルが配列されてなる出射側アレイ A 2 outを有している。

【 0 0 3 1 】

具体的には、例えば図 5（B）に示したように、このフライアイレンズ 1 5 2 は、光入射面 S 2 in側に複数の入射側単位セル C 2 inを有するとともに、光出射面 S 2 out側に複数の出射側単位セル C 2 outを有している。そして、ここではフライアイレンズ 1 5 1 と同様に、各入射側単位セル C 2 inと各出射側単位セル C 2 outとが、互いに共通化（共通に形成）されている。すなわち、1つの入射側単位セル C 2 inと1つの出射側単位セル C 2 outとで、1つの共通化単位セルが構成されている。

【 0 0 3 2 】

フライアイレンズ 1 5 2 においても、このような複数の共通化単位セル（入射側単位セル C 2 inおよび出射側単位セル C 2 out）が、X 軸方向（水平方向）および Y 軸方向（垂直方向）の双方に沿って配列されている。つまり、入射側単位セル C 2 inおよび出射側単位セル C 2 outはそれぞれ、X - Y 面（光入射面 S 2 inおよび光出射面 S 2 out）上で隙間なく 2 次元配置（ここではマトリクス配置）されている。また、各共通化単位セル（入射側単位セル C 2 inおよび出射側単位セル C 2 out）は、X 軸方向を長軸方向とすると共に Y 軸方向を短軸方向とする異方性形状（ここでは矩形状）からなる。そして、この異方性形状（矩形状）におけるアスペクト比もまた、後述する反射型液晶素子 2 1 におけるアスペクト比と略一致（望ましくは一致）するように設定されている。

【 0 0 3 3 】

ここで、フライアイレンズ 1 5 1 が本開示における「第 1 の均一化光学部材」の一具体

例に対応し、フライアイレンズ 1 5 2 が本開示における「第 2 の均一化光学部材」の一具体例に対応する。

【 0 0 3 4 】

サブコンデンサレンズ 1 6 1 , 1 6 2 はそれぞれ、2 つのフライアイレンズ 1 5 1 , 1 5 2 の間の光路上に配置 (フライアイレンズ 1 5 1 側にサブコンデンサレンズ 1 6 1、フライアイレンズ 1 5 2 側にサブコンデンサレンズ 1 6 2 が配置) されている。これらのサブコンデンサレンズ 1 6 1 , 1 6 2 はそれぞれ、正のパワーを有するレンズであり、リレー光学系を構成している。具体的には、サブコンデンサレンズ 1 6 1 は、フライアイレンズ 1 5 1 からの出射光を集光し、光学素子 1 4 へ入射させるためのレンズである。同様に、サブコンデンサレンズ 1 6 2 は、光学素子 1 4 からの出射光を集光し、フライアイレンズ 1 5 2 へ入射させるためのレンズである。なお、これらのサブコンデンサレンズ 1 6 1 , 1 6 2 が、本開示における「一対のレンズ」の一具体例に対応する。

10

【 0 0 3 5 】

コンデンサレンズ 1 7 は、フライアイレンズ 1 5 2 からの出射光 L 2 out を集光し、照明光として出射させるためのレンズである。

【 0 0 3 6 】

(表示光学系)

前述した表示光学系は、偏光ビームスプリッタ (P B S ; Polarization Beam Splitter) 2 3、フィールドレンズ 2 2、反射型液晶素子 2 1 および投射レンズ 2 4 (投射光学系) を用いて構成されている。

20

【 0 0 3 7 】

偏光ビームスプリッタ 2 3 は、特定の偏光 (例えば P 偏光) を選択的に透過させると共に、他方の偏光 (例えば S 偏光) を選択的に反射させる光学部材である。これにより、照明装置 1 からの照明光 (例えば S 偏光) が選択的に反射されて反射型液晶素子 2 1 へ入射すると共に、この反射型液晶変調素子 2 1 から出射した映像光 (例えば P 偏光) が選択的に透過し、投射レンズ 2 4 へ入射するようになっている。

【 0 0 3 8 】

フィールドレンズ 2 2 は、偏光ビームスプリッタ 2 3 と反射型液晶素子 2 1 との間の光路上に配置されている。このフィールドレンズ 2 2 は、照明光をテレセントリックに反射型液晶素子 2 1 に入射させることによって、光学系のコンパクト化を図るためのレンズである。

30

【 0 0 3 9 】

反射型液晶素子 2 1 は、照明装置 1 からの照明光を、図示しない表示制御部から供給される映像信号に基づいて変調しつつ反射させることにより、映像光を出射する光変調素子である。このとき、反射型液晶素子 2 1 では、入射時と出射時における各偏光 (例えば、S 偏光または P 偏光) が異なるものとなるように、反射がなされる。このような反射型液晶素子 2 1 は、例えば L C O S (Liquid Crystal On Silicon) 等の液晶素子からなる。

【 0 0 4 0 】

投射レンズ 2 4 は、反射型液晶素子 2 1 により変調された照明光 (映像光) をスクリーン 3 0 に対して投射 (拡大投射) するためのレンズである。

40

【 0 0 4 1 】

[表示装置 3 の作用・効果]

(1 . 表示動作)

この表示装置 3 では、図 1 に示したように、まず照明装置 1 において、赤色レーザ 1 1 R、緑色レーザ 1 1 G および青色レーザ 1 1 B からそれぞれ出射された光 (レーザ光) が、カップリングレンズ 1 2 R , 1 2 G , 1 2 B によってそれぞれコリメートされ、平行光となる。次いで、このようにして平行光とされた各レーザ光 (赤色レーザ光、緑色レーザ光および青色レーザ光) は、ダイクロイックプリズム 1 3 1 , 1 3 2 によって色合成 (光路合成) がなされる。光路合成がなされた各レーザ光は、フライアイレンズ 1 5 1、サブ

50

コンデンサレンズ 161、光学素子 14、サブコンデンサレンズ 162、フライアイレンズ 152 およびコンデンサレンズ 17 をこの順に通過し、照明光として出射する。この際、フライアイレンズ 151、152 により、フライアイレンズ 152 からの出射光 L_{2out} の均一化（面内の光量分布の均一化）が図られる。このようにして、照明装置 1 から照明光が出射される。

【0042】

次いで、この照明光は、偏光ビームスプリッタ 23 によって選択的に反射され、フィールドレンズ 22 を介して反射型液晶素子 21 へ入射する。反射型液晶素子 21 では、この入射光が映像信号に基づいて変調されつつ反射されることにより、映像光として出射する。ここで、この反射型液晶素子 21 では、入射時と出射時における各偏光が異なるものとなるため、反射型液晶素子 21 から出射した映像光は選択的に偏光ビームスプリッタ 23 を透過し、投射レンズ 24 へと入射する。そして、この入射光（映像光）は、投射レンズ 24 によって、スクリーン 30 に対して投射（拡大投射）される。

10

【0043】

この際、赤色レーザー 11R、緑色レーザー 11G および青色レーザー 11B はそれぞれ、例えば、所定の発光周波数による間欠的な発光動作を行う。これにより、各レーザー光（赤色レーザー光、緑色レーザー光、青色レーザー光）が、時分割的に順次出射される。そして、反射型液晶素子 21 では、各色成分（赤色成分、緑色成分、青色成分）の映像信号に基づいて、対応する色のレーザー光が時分割的に順次変調される。このようにして、映像信号に基づくカラー映像表示が表示装置 3 においてなされる。

20

【0044】

（2．フライアイレンズ 151、152 の作用）

次に、フライアイレンズ 151、152 の作用（2 段構成のフライアイレンズによる作用）について、詳細に説明する。

【0045】

まず、例えば図 6（A）～（C）に示したように、これらのフライアイレンズ 151、152 では、入射光の光量分布（入射位置および入射角度に対する光量分布）が以下になる。すなわち、例えば図 6（B）に示したように、フライアイレンズ 151 への入射光 L_{1in} における $III-III$ 線に沿った領域における光量分布は、入射位置 Y_{in1} に対してはガウス分布状となる一方、入射角度 θ_{in1} に対してはほとんど分布を持たない（ $\theta_{in1} = 0^\circ$ ）。これに対して、例えば図 6（C）に示したように、フライアイレンズ 152 への入射光 L_{2in} における $IV-IV$ 線に沿った領域における光量分布は、入射位置 Y_{in2} に対しては所定範囲の分布（光量値が一定の分布）となる一方、入射角度 θ_{in2} に対してはガウス分布状となる。つまり、前段側のフライアイレンズ 151 への入射光 L_{1in} における入射位置 Y_{in1} および入射角度 θ_{in1} に対する光量分布がそれぞれ、逆に、後段側のフライアイレンズ 152 への入射光 L_{2in} における入射角度 θ_{in2} および入射位置 Y_{in2} に対する光量分布へと変換されることになる。したがって、例えば、入射光 L_{1in} において入射位置 Y_{in1} に対する光量分布が広い（レーザー光源における発散角が広い）場合には、入射光 L_{2in} において入射角度 θ_{in2} に対する光量分布が広がる。また、逆に、入射光 L_{1in} において入射位置 Y_{in1} に対する光量分布が狭い（レーザー光源における発散角が狭い）場合には、入射光 L_{2in} において入射角度 θ_{in2} に対する光量分布が狭くなることになる。

30

40

【0046】

このように、照明装置 1 内で 2 つ（2 段）のフライアイレンズ 151、152 が設けられていることにより、1 つ（1 段）のフライアイレンズのみが設けられている場合と比べ、以下の利点を得られる。

【0047】

すなわち、まず、光源としてレーザーを用いた光学系では一般に、レーザーにおける発散角の変動によって、フォーカス深度が変動したり、後述するスペックルノイズの度合いが変動したりし、プロジェクタ特性が大きく左右される。詳細には、レーザーの発散角によって

50

瞳共役位置の光量分布が決まるため、この光量分布が異なると、同一の光学系においても有効なFナンバーが異なる。このFナンバーの値によって、フォーカスが取れる範囲やスペックルノイズの度合いが変化することから、安定的な特性のレーザープロジェクタが得られなくなってしまう。

【0048】

ここで、レンズにおけるFナンバーとしては、幾何的なFナンバー（Fナンバー：F）を用いるのが一般的であるが、レンズにおける瞳光量分布（射出瞳内の光量分布）の影響で、実質的なFナンバーが増大して見えることがある。このような実質的なFナンバーを、ここでは擬似Fナンバー（有効Fナンバー） F' と定義するものとする。

【0049】

図7は、この擬似Fナンバー F' の定義について説明するための模式図であり、レンズにおける射出瞳内の光量分布の一例を示している。ここで、レンズにおける射出瞳半径を R_e とし、レンズにおける射出瞳内の光量分布において、半径方向に沿って射出瞳半径 R_e まで光量（図7中に示したFの領域内での光量）を積算して得られる積算光量を I とし、射出瞳内の光量分布において、その光量分布の重心Gを中心として半径方向に沿って所定の半径 $R_{e'}$ まで光量（図7中に示したf内の領域での光量）を積算して得られる積算光量を I' （ $= I / 2$ ）とする。このような射出瞳半径 R_e と、 $I' = I / 2$ を満たす半径 $R_{e'}$ とを用いると、レンズにおける擬似Fナンバー F' は、以下の（1）式により定義される。このようにして定義される擬似Fナンバー F' は、簡易的に通常の幾何FナンバーFと同等の効果を与えることが、実験的に確認されている。

$$F' = \{ (2 F R_{e'}) / R_e \} \dots \dots (1)$$

【0050】

ここで、本実施の形態では、照明装置1内で2段構成のフライアイレンズ151, 152が設けられているため、1段目のフライアイレンズ151によって、2段目のフライアイレンズ152への入射光の光量分布の均一化が図られる。このように、レーザの発散角によらずに、2段目のフライアイレンズ152への入射光の光量分布が均一化されるため、照明光学系の光学設計によってFナンバー（擬似Fナンバー F' ）が一意に決まることになり、上記したような特性の変動が抑えられる。

【0051】

また、レーザ光を用いたプロジェクタでは一般に、瞳共役位置における光量分布がレーザの放射分布そのもの（ガウス分布）となるため、中央付近での強度が強い。そのため、瞳位置でも同様に、中央付近での強度が強い光量分布となり、人間（ユーザ）の目に危険を及ぼすおそれがあることから、レーザ光の強度（照明光の光量）を制限する必要性が生じてしまう。

【0052】

これに対して本実施の形態では、上記したように2段構成のフライアイレンズ151, 152によって、2段目のフライアイレンズ152への入射光の光量分布の均一化が図られる。したがって、瞳位置での光量分布の均一化も図られ、人間の目にとってもダメージが小さくなる。その結果、レーザ光の強度（照明光の光量）の制限が緩くて済むようになり、安全規格を遵守しつつ表示映像の明るいプロジェクタを構築できるようになる。

【0053】

（3．光学素子14の作用）

続いて、光学素子14の作用（照明光における干渉縞およびスペックルノイズの低減作用）について、詳細に説明する。

【0054】

（干渉縞の発生原理）

最初に、図8～図12を参照して、フライアイレンズ151, 152に起因して発生する干渉縞（照明装置1から出射される照明光において発生する干渉縞）の発生原理について説明する。

【0055】

まず、照明装置内に均一化光学部材としてフライアイレンズが設けられている場合、一般に、このフライアイレンズ内で規則的に配列された複数の単位セル（単位レンズ）間での出射光束同士の干渉（重ね合わせ）により、照明光に干渉縞（輝度むら、照度むら）が発生する。その結果、スクリーン上の投影像においても輝度むらが生じ、表示画質が劣化してしまうことになる。この干渉縞のピッチは、後述するように、均一照明される反射型液晶素子上では数 μm のオーダーであるものの、投射レンズによって拡大された投影像では数 mm オーダーのピッチとなるため、スクリーン上では無視できない大きさの干渉縞となる。

【0056】

また、特に本実施の形態のように２段構成のフライアイレンズを用いた場合、１段目のフライアイレンズによって発生した干渉縞がリレーレンズによって拡大されるため、スクリーン上では数 cm ものオーダーの干渉縞となってしまう。このように、２段構成のフライアイレンズを用いると、１段目のフライアイレンズによる長ピッチの干渉縞と、２段目のフライアイレンズによる短ピッチの干渉縞との２種類の干渉縞が発生する。

【0057】

ここで一例として、図８に示したように、フライアイレンズ１５２内の隣接する４つの単位セルＣ２ａ、Ｃ２ｂ、Ｃ２ｃ、Ｃ２ｄ間での出射光束同士の重ね合わせにより生ずる干渉縞について考える。なお、この例では、単位セルＣ２ａからの出射光束をＬ２ａ、単位セルＣ２ｂからの出射光束をＬ２ｂ、単位セルＣ２ｃからの出射光束をＬ２ｃ、単位セルＣ２ｄからの出射光束をＬ２ｄとする。また、図８中に示したように、出射光束Ｌ２ａと光軸Ｚ０とのなす角度を、出射光束Ｌ２ｂと光軸Ｚ０とのなす角度を３とする。

【0058】

この場合、例えば図９（Ａ）～（Ｄ）に示したようなパターンにより、各単位セルＣ２ａ、Ｃ２ｂ、Ｃ２ｃ、Ｃ２ｄ間での出射光束同士（等位相光束同士）の重ね合わせによる干渉縞が発生する。ここで、図９（Ａ）は、出射光束Ｌ２ｂ、Ｌ２ｃ同士の組み合わせ（重ね合わせ）により発生する干渉縞のパターンを模式的に示したものであり、この場合には出射光束Ｌ２ｂ、Ｌ２ｃにおける波面同士のなす角度は２となる。また、図９（Ｂ）は、出射光束Ｌ２ａ、Ｌ２ｄ同士の組み合わせにより発生する干渉縞のパターンを模式的に示したものであり、この場合には出射光束Ｌ２ａ、Ｌ２ｄにおける波面同士のなす角度は６となる。図９（Ｃ）は、出射光束Ｌ２ｃ、Ｌ２ｄ同士の組み合わせにより発生する干渉縞のパターンを模式的に示したものであり、この場合には出射光束Ｌ２ｃ、Ｌ２ｄにおける波面同士のなす角度は２となる。図９（Ｄ）は、出射光束Ｌ２ａ、Ｌ２ｃ同士の組み合わせにより発生する干渉縞のパターンを模式的に示したものであり、この場合には出射光束Ｌ２ａ、Ｌ２ｃにおける波面同士のなす角度は４となる。なお、これらの図９（Ａ）～（Ｄ）中（および以下の図１０（Ａ）中）において、白丸の点は輝度が相対的に高い状態を示し、黒丸の点は輝度が相対的に低い状態を示している。

【0059】

このようにして、この例全体では、例えば図１０（Ａ）に示したようなパターンの干渉縞が発生し、そのときの干渉縞のピッチ（干渉縞ピッチ p ）は、例えば図１０（Ｂ）に示したようになる。ここで、図１０（Ｂ）中の縦軸に示した「光量」の値は、干渉縞の相対的な明るさ（１．０：平均的な明るさ）を表したものとなっている。なお、フライアイレンズ１５２内の単位セル数が増加した場合であっても、干渉縞のパターンは、この例のように隣接する複数の単位セル同士（フライアイレンズ１５２内での全ての単位セル同士の組み合わせ）で生じる干渉縞のピッチによるものとなる。また、実際には、単位セルは水平方向（Ｘ軸方向）および垂直方向（Ｙ軸方向）の双方に沿って配置されているため、干渉縞のパターンは、主に縦横のメッシュ状（格子状）となる。

【0060】

ここで、図１１を参照して、このようにして生じる干渉縞のピッチ（干渉縞ピッチ p ）の計算手法について説明する。この図１１において、出射光Ｌ２_{out}波長を、出射光Ｌ２_{out}におけるマージナル光線、一光線と光軸Ｚ０とのなす角度を、コンデンサレ

10

20

30

40

50

ンズ 17 の焦点距離，F ナンバーを f_c ，F、フライアイレンズ 152 の単位セル数，単位セルピッチを n ， p_f 、開口数を NA 、照明光学系を通過する光束の直径を EPD (Entrance Pupil Diameter) とする。すると、以下の (2) ~ (4) 式の関係を用いて、以下の (5) 式によって干渉縞ピッチ p が規定されることになる。

$$NA = \sin \theta = \{ EPD / (2 \times f_c) \} = 1 / (2 \times F) \quad \dots\dots (2)$$

$$\sin \theta = \{ P_f / (2 \times f_c) \} = 1 / (2 \times n \times F) \quad \dots\dots (3)$$

$$\sin \theta = \{ p / (2 \times p_f) \} \quad \dots\dots (4)$$

$$p = \{ (n \times p_f) / (2 \times NA) \} = (n \times p_f \times F) \quad \dots\dots (5)$$

【0061】

なお、図 12 は、フライアイレンズが 1 段構成の場合 (「Single 例 1」：単位セル数 $n = 10$ ，「Single 例 2」：単位セル数 $n = 20$) と、本実施の形態のように 2 段構成の場合 (「Double 例 1」，「Double 例 2」) とについて、干渉縞ピッチ p の計算例を示したものである。なお、このときの干渉縞ピッチ p は、反射型液晶素子 21 (この例では画素ピッチ = 0.22 インチのもの) 上での干渉縞と、スクリーン 30 (この例では投影サイズ = 25 インチのもの) 上での干渉縞との双方について示している。

【0062】

(干渉縞の低減作用)

このようにしてフライアイレンズ 151，152 に起因して照明光に生ずる干渉縞を低減させるため、本実施の形態の照明装置 1 では、図 1 に示したように、レーザ光の光路上に光学素子 14 が配置されている。そして、駆動部 140 は、この光学素子 14 が振動するように駆動する。

【0063】

具体的には、駆動部 140 は、例えば図 13 (A) ~ (C) に示したように、基準位置から +Y 軸方向，-Y 軸方向に沿って、フライアイレンズ 152 との間の相対位置がそれぞれ変位するように駆動する。なお、これらの図 13 (A) ~ (C) はそれぞれ、上記した光学素子 14 から距離 LP だけ離れた平面上における収束光束領域 152a および拡散光束領域 152b をそれぞれ、フライアイレンズ 152 における各入射側単位セル $C2in$ と重ねて模式的に示したものである。また、図 13 (D) ~ (F) はそれぞれ、図 13 (A) ~ (C) 中の太線で示した入射側単位セル $C2in$ 上の領域内における、収束光束領域 152a および拡散光束領域 152b を模式的に示したものである。

【0064】

このように、光学素子 14 が Y 軸に沿って振動するように駆動されることにより、例えば図 13 (D) ~ (F) に示したように、各入射側単位セル $C2in$ 上の領域内で、収束光束領域 152a と拡散光束領域 152b とが交互に入れ替わることになる。その結果、上記したように、フライアイレンズ 151，152 に起因して照明光に干渉縞が発生した場合であっても、その干渉縞が時間変位して明るさが平均化される。

【0065】

また、本実施の形態では、例えば拡散板等の位相を乱す素子を用いて干渉縞を低減させる手法とは異なり、干渉縞の低減に際して光量の損失が生じることはない。したがって、光源から出射されるレーザ光等の光利用効率低下を回避しつつ、干渉縞の発生が抑えられる。

【0066】

(スペckルノイズの低減作用)

また、本実施の形態では、振動する光学素子 14 の後段側 (光出射側) にフライアイレンズ 152 が配置されているため、照明光において、上記した干渉縞に加えていわゆるスペckルノイズの発生も低減される。このスペckルノイズとは、レーザ光のようなコヒーレント光が拡散面に照射される際に観察される、斑点上の模様のことである。このスペckルノイズは、拡散面の各点で散乱された光が、面上の微視的な凹凸に応じたランダムな位相関係で干渉し合うために生じるものである。本実施の形態では、上記した光学素子 14 の振動によって、スペckルパターンの多重化 (時間平均) がなされるため、そのよ

10

20

30

40

50

うなスペックルノイズの発生が低減するのである。

【 0 0 6 7 】

以上のように本実施の形態では、レーザ光の光路上に光学素子 1 4 を配置すると共にこの光学素子 1 4 が振動するようにしたので、フライアイレンズ 1 5 1 , 1 5 2 に起因して照明光に干渉縞が発生した場合であっても、その干渉縞を時間変位させて明るさを平均化することができる。よって、そのような干渉縞を目立たなくすることができ、照明光における輝度むらを低減する（表示画質を向上させる）ことが可能となる。

【 0 0 6 8 】

また、正のパワーを有する一対のサブコンデンサレンズ 1 6 1 , 1 6 2 間に光学素子 1 4 が配置されているようにしたので、光学系の小型化を図ることも可能となる。

10

【 0 0 6 9 】

< 変形例 1 >

続いて、上記第 1 の実施の形態の変形例（変形例 1）について説明する。なお、第 1 の実施の形態における構成要素と同一のものには同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

【 0 0 7 0 】

[光学素子 1 4 A の構成]

図 1 4 は、変形例 1 に係る光学素子（光学素子 1 4 A）の構成例を模式的に斜視図で表したものである。本変形例の照明装置（表示装置）は、図 1 に示した照明装置 1（表示装置 3）において、光学素子 1 4 の代わりにこの光学素子 1 4 A を設けたものに対応し、他の構成は同様となっている。

20

【 0 0 7 1 】

本変形例の光学素子 1 4 A は、以下説明するように、プリズムアレイからなる。すなわち、この光学素子 1 4 A は、複数（ここでは、 $n / 2$ 個（ $n : 2$ 以上の整数））のプリズム 1 4 p が Y 軸方向に沿って並んで配置されたものとなっている。各プリズム 1 4 p は、レーザ光の出射側（+ Z 軸側）に、各々が X 軸方向に延在する一対の傾斜面を有している。つまり、これらのプリズム 1 4 p は、光出射面（X - Y 平面）内における一対の傾斜面の延在方向（X 軸方向）と直交する方向（Y 軸方向）に沿って、並んで配置されている。具体的には、図中の Y 軸の負方向に向かって順に、1 個目のプリズム 1 4 p は一対の傾斜面（第 1 面） S_1 および傾斜面（第 2 面） S_2 を、2 個目のプリズム 1 4 p は一対の傾斜面（第 3 面） S_3 および傾斜面（第 4 面） S_4 を、...、 $(n / 2)$ 個目のプリズム 1 4 p は一対の傾斜面 S_{n-1} （第 $(n - 1)$ 面）および傾斜面（第 n 面） S_n を、それぞれ有している。これにより各プリズム 1 4 p は、X 軸方向に沿って延在する三角柱状（Y 軸方向のピッチ（プリズムピッチ）： d 、各傾斜面の傾斜角： θ ）となっており、光出射面全体に山部（凸部）および谷部（凹部）が交互に形成されている。なお、この例では、凸部（傾斜面）が各プリズム 1 4 p における出射面側に設けられているが、これには限られず、各プリズム 1 4 p における入射面および出射面のうちの少なくとも一方の側に設けられているようにすればよい。

30

【 0 0 7 2 】

[光学素子 1 4 A の作用・効果]

この光学素子 1 4 A では、各プリズム 1 4 p への入射光が、以下のようにして一対の傾斜面から出射する。すなわち、例えば図 1 5 に示したように、各プリズム 1 4 p の一対の傾斜面において、入射光の位置と、光学素子 1 4 A から所定の距離を隔てた面上（ここでは、フライアイレンズ 1 5 2 の入射面上）における出射光の位置とが互いに入れ替わるように、出射光が出射する。具体的には、光学素子 1 4 A における前述した 1 個目のプリズム 1 4 p では、傾斜面 S_1 および傾斜面 S_2 の間で、入射光の入射位置と、フライアイレンズ 1 5 2 の入射面上における出射光の位置とが、互いに入れ替わる。すなわち、傾斜面 S_1 からの出射光は、傾斜面 S_2 への入射光の入射位置（1 個目のプリズム 1 4 p の出射面内における下方側）に向かって出射する一方、傾斜面 S_2 からの出射光は、傾斜面 S_1 への入射光の入射位置（1 個目のプリズム 1 4 p の出射面内における上方側）に向かって出射する。同様に、前述した $(n / 2)$ 個目のプリズム 1 4 p では、傾斜面 S_{n-1} および傾斜面

40

50

S_n の間で、入射光の入射位置と、フライアイレンズ152の入射面上における出射光の位置とが、互いに入れ替わる。すなわち、傾斜面 S_{n-1} からの出射光は、傾斜面 S_n への入射光の入射位置（ $(n/2)$ 個目のプリズム14pの出射面内における下方側）に向かって出射する一方、傾斜面 S_n からの出射光は、傾斜面 S_{n-1} への入射光の入射位置（ $(n/2)$ 個目のプリズム14pの出射面内における上方側）に向かって出射する。なお、このような入射光と出射光との位置の入れ替わり作用は、図14中に示したプリズムピッチ d および傾斜角 ϕ の設定によって、任意に調整可能となっている。

【0073】

そして、駆動部140は、この光学素子14Aとフライアイレンズ152との間の相対位置を変位させる。具体的には、本変形例では駆動部140は、例えば図16中の矢印P1で示したように、光学素子14Aを、光軸Z0と直交する面内におけるプリズム14pの配列方向（Y軸方向）に沿って振動させることにより、上記相対位置を変位させる。すなわち、上記した各プリズム14pの傾斜面からの出射光（一对の傾斜面間で互いに位置が入れ替わるように出射された出射光）の位置も、例えば図16中の矢印P21, P22で示したようにY軸方向に沿って変位（シフト）する。これにより、フライアイレンズ152の入射面上において、光学素子14A内の各プリズム14pからの入射光によるビームスキャンがなされる。

【0074】

その結果、本変形例においても第1の実施の形態と同様の作用により、同様の効果を得ることが可能である。すなわち、干渉縞およびスペckルノイズの発生を低減することが可能となる。

【0075】

このように、本開示における光学素子の構成は、第1の実施の形態で説明した構成のもの（光学素子14）には限られず、他の構成のものであってもよい。この点は、以下説明する他の実施の形態および変形例等においても同様である。

【0076】

<第2の実施の形態>

〔光学素子14Bの構成〕

図17は、本開示の第2の実施の形態に係る光学素子（光学素子14B）の構成例を模式的に表したものである。本実施の形態の光学素子14Bは、光学素子14と同様に、その光出射面側に周期的な波型構造からなる凹凸面を有している。ここで、図17(A)は、光学素子14BのX-Y平面構成および図中のV-V線に沿った断面構成を示し、図17(B)は、図17(A)中の符号G1で示した部分の拡大図に対応している。なお、以下では、第1の実施の形態における構成要素と同一のものには同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

【0077】

この光学素子14Bは、図17(B)に示したように、その光出射面側に、凸状曲面からなる第1光学面141と凹状曲面からなる第2光学面142とを交互に配列（1次元配列）した構造を有しており、基本的には光学素子14と同様の構造となっている。

【0078】

ただし、光学素子14Bでは光学素子14とは異なり、第1光学面141, 第2光学面142がそれぞれ、X軸およびY軸（フライアイレンズ151, 152における単位セルの配列方向）に対して傾斜配置されている。換言すると、第1光学面141, 第2光学面142の延在方向（光学面延在軸 A_s ）と、上記した単位セルの配列方向とが、互いに傾斜している。ここでは一例として、第1光学面141, 第2光学面142の延在方向とX軸との傾斜角 $\theta = 45^\circ$ となっている。

【0079】

（光学素子14Bの作用・効果）

このような構成の光学素子14Bにおいても、基本的には光学素子14と同様の作用により、同様の効果を得ることが可能である。

【 0 0 8 0 】

すなわち、例えば図 1 8 (A) ~ (F) に示したように、第 1 の実施の形態と同様に、基準位置から + Y 軸方向、- Y 軸方向に沿って、フライアイレンズ 1 5 2 との間の相対位置がそれぞれ変位するように駆動されることにより、以下の作用・効果が得られる。つまり、この場合も、駆動部 1 4 0 によって光学素子 1 4 B が Y 軸に沿って振動するように駆動されることにより、例えば図 1 8 (D) ~ (F) に示したように、各入射側単位セル C 2 in 上の領域内で、収束光束領域 1 5 2 a と拡散光束領域 1 5 2 b とが交互に入れ替わることになる。

【 0 0 8 1 】

その結果、フライアイレンズ 1 5 1 , 1 5 2 に起因して照明光に干渉縞が発生した場合であっても、その干渉縞が時間変位して明るさが平均化される。よって、そのような干渉縞を目立たなくすることができ、照明光における輝度むらを低減する（表示画質を向上させる）ことが可能となる。また、第 1 の実施の形態と同様に、スペックルノイズの発生を低減することも可能となる。

10

【 0 0 8 2 】

ここで、前述したように、フライアイレンズ 1 5 1 , 1 5 2 における単位セルの配列に応じて、干渉縞のパターンは主に垂直方向および水平方向（縦横方向）に発生するが、実際には斜め方向で隣接する単位セル間での出射光束同士の干渉によっても、干渉縞が発生する。具体的には、例えば単位セルのアスペクト比が $X : Y = 16 : 9$ であるとする、干渉縞は、水平方向（ 0° 方向）および垂直方向（ 90° 方向）に加え、 30° （ $= \arctan(9/16)$ ）方向および 150° （ $= -\arctan(9/16)$ ）方向にも発生する。

20

【 0 0 8 3 】

ただし、本実施の形態の光学素子 1 4 B のように、光学面の延在方向（光学面延在軸 A s）と単位セルの配列方向とが互いに傾斜している場合、そのような斜め方向に発生する干渉縞も低減することができる。具体的には、例えば傾斜角 $= 45^\circ$ であるものとする、この 1 軸構成（光学面延在軸 A s が 1 方向に揃った構成）の光学素子 1 4 B を 1 方向（例えば上記した Y 軸方向）に沿って振動させるだけで、縦横方向だけでなく斜め方向の干渉縞も低減することが可能である。このように、1 軸構成の光学素子 1 4 B によって対策を取れるため、後述する 2 軸構成や 4 軸構成の光学素子と比べ、容易に光学素子を製造

30

【 0 0 8 4 】

また本実施の形態では、上記したように、光学素子 1 4 B における光学面の延在方向（光学面延在軸 A s）と単位セルの配列方向とが互いに傾斜しているようにしたので、以下の効果も得ることが可能である。すなわち、フライアイレンズ 1 5 2 における単位セル（入射側単位セル C 2 in および出射側単位セル C 2 out）間の境界領域と、収束光束および拡散光束との接続境界線におけるクロストークを低減することも可能となる。

【 0 0 8 5 】

続いて、上記第 1 , 第 2 の実施の形態の変形例（変形例 2 ~ 5）について説明する。なお、これら第 1 , 第 2 の実施の形態における構成要素と同一のものには同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

40

【 0 0 8 6 】

< 変形例 2 ~ 4 >

[照明装置 1 C ~ 1 E の構成]

図 1 9 (A) は、変形例 2 に係る照明装置（照明装置 1 C）の概略構成例を模式的に表したものである。また、図 1 9 (B) は、変形例 3 に係る照明装置（照明装置 1 D）の概略構成例を模式的に表したものである。図 1 9 (C) は、変形例 4 に係る照明装置（照明装置 1 E）の概略構成例を模式的に表したものである。これらの照明装置 1 C , 1 D , 1 E はそれぞれ、図 1 に示した照明装置 1 において、光学素子 1 4（あるいは光学素子 1 4 A , 1 4 B）の配置位置を変更したものに対応し、他の構成は同様となっている。

50

【 0 0 8 7 】

すなわち、まず、変形例 2 , 3 に係る照明装置 1 C , 1 D ではそれぞれ、照明装置 1 と同様に、光学素子 1 4 B (1 4 , 1 4 A) が 2 つのフライアイレンズ 1 5 1 , 1 5 2 の間の光路上に配置されている。ただし、これらの照明装置 1 C , 1 D ではそれぞれ、照明装置 1 とは異なり、光学素子 1 4 B (1 4 , 1 4 A) が、2 つのサブコンデンサレンズ 1 6 1 , 1 6 2 の間の光路上には配置されていない。

【 0 0 8 8 】

具体的には、照明装置 1 C では、2 つのサブコンデンサレンズ 1 6 1 , 1 6 2 よりも前段側である光入射側の光路上 (フライアイレンズ 1 5 1 とサブコンデンサレンズ 1 6 1 との間の光路上) に、光学素子 1 4 B (1 4 , 1 4 A) が配置されている。また、照明装置 1 D では、2 つのサブコンデンサレンズ 1 6 1 , 1 6 2 よりも後段側である光出射側の光路上 (サブコンデンサレンズ 1 6 2 とフライアイレンズ 1 5 2 との間の光路上) に、光学素子 1 4 B (1 4 , 1 4 A) が配置されている。

【 0 0 8 9 】

一方、変形例 4 に係る照明装置 1 E では、照明装置 1 , 1 C , 1 D とは異なり、光学素子 1 4 B (1 4 , 1 4 A) が、2 つのフライアイレンズ 1 5 1 , 1 5 2 の間の光路上にも配置されていない。具体的には、この照明装置 1 E では、2 つのフライアイレンズ 1 5 1 , 1 5 2 よりも前段側である光入射側の光路上 (フライアイレンズ 1 5 1 とダイクロイックプリズム 1 3 2 との間の光路上) に、光学素子 1 4 B (1 4 , 1 4 A) が配置されている。

【 0 0 9 0 】

[照明装置 1 C ~ 1 E の作用・効果]

これらの照明装置 1 C , 1 D , 1 E においても、基本的には照明装置 1 と同様の作用により同様の効果を得ることが可能である。すなわち、干渉縞およびスペckルノイズの発生を低減することが可能となる。

【 0 0 9 1 】

ただし、照明装置 1 C , 1 D , 1 E ではそれぞれ、光学素子 1 4 B (1 4 , 1 4 A) がサブコンデンサレンズ 1 6 1 , 1 6 2 の間には配置されていないため、照明装置 1 と比べて光学系が大型化してしまうと言える。

【 0 0 9 2 】

また、特に光学素子 1 4 B を用いた場合、サブコンデンサレンズ 1 6 1 , 1 6 2 の間に光学素子 1 4 B が配置されていないと、以下のデメリットも生じる。すなわち、この場合には、光学素子 1 4 B からの出射光束の時間変化方向が例えば 4 5 ° 方向となるため、4 方向 (縦方向 , 横方向 , 斜め方向) の各干渉縞への低減作用の成分は、例えば以下になる。すなわち、この例では、0 ° 方向 , 9 0 ° 方向 , 1 5 0 ° 方向の干渉縞に対しては、光学素子 1 4 B が振動することによる出射光束の変化量が、相対的に大きくなる。一方で、光学素子 1 4 B における光学面延在軸 A s に近い方向である 3 0 ° 方向の干渉縞に対しては、光学素子 1 4 B が振動することによる出射光束の変化量が、相対的に小さくなる。つまり、この場合、1 軸構成の光学素子 1 4 B では、4 方向のうちの 1 方向の干渉縞に対しては、低減効果が不十分となってしまう。

0 ° 方向 :	sin (0 ° - 4 5 °)	0 . 7 1
9 0 ° 方向 :	sin (9 0 ° - 4 5 °)	0 . 7 1
3 0 ° 方向 :	sin (3 0 ° - 4 5 °)	0 . 2 6
1 5 0 ° 方向 :	sin (1 5 0 ° - 4 5 °)	0 . 9 7

【 0 0 9 3 】

したがって、これらの照明装置 1 C , 1 D , 1 E ではそれぞれ、例えば図 2 0 (A) ~ (C) に示したように、2 軸構成や 4 軸構成等の多軸構成 (傾斜角 を示す光学面延在軸 A s が複数方向に存在する構成) からなる光学素子 1 4 B を用いるのが望ましい。このような多軸構成の光学素子 1 4 B を振動させるようにすれば、上記した 4 方向の干渉縞全てに対して十分な低減効果を得ることができるからである。

【 0 0 9 4 】

具体的には、図 2 0 (A) に示した例では、光学素子 1 4 B の光入射面側での光学面延在軸 A_{sin} と光出射面側での光学面延在軸 A_{sout} とが互いに異なっていることにより、2 軸構成の光学素子 1 4 B となっている。また、それに対応して、光学面延在軸 A_{sin} の傾斜角 θ_{in} と光学面延在軸 A_{sout} の傾斜角 θ_{out} とが互いに異なっており、2 種類の傾斜角が設けられている。

【 0 0 9 5 】

また、図 2 0 (B) に示した例では、光学素子 1 4 B の平面（光束通過面）上において、互いに傾斜角が異なる 2 つの光学面延在領域が設けられている（光束通過面が 2 つの光学面延在領域に分割されている）ことにより、2 軸構成の光学素子 1 4 B となっている。詳細には、この例では、傾斜角 θ_1 を示す光学面延在軸 A_{s1} を有する領域と、傾斜角 θ_2 を示す光学面延在軸 A_{s2} を有する領域とが、X 軸方向に沿って設けられている。

【 0 0 9 6 】

更に、図 2 0 (C) に示した例では、光学素子 1 4 B の光束通過面上において、互いに傾斜角が異なる 4 つの光学面延在領域が設けられている（光束通過面が 4 つの光学面延在領域に分割されている）ことにより、4 軸構成の光学素子 1 4 B となっている。詳細には、この例では、傾斜角 θ_1 を示す光学面延在軸 A_{s1} を有する領域と、傾斜角 θ_2 を示す光学面延在軸 A_{s2} を有する領域と、傾斜角 θ_3 を示す光学面延在軸 A_{s3} を有する領域と、傾斜角 θ_4 を示す光学面延在軸 A_{s4} を有する領域とが設けられている。

【 0 0 9 7 】

< 変形例 5 >

[照明装置 1 F の構成]

図 2 1 は、変形例 5 に係る照明装置（照明装置 1 F）の概略構成例を模式的に表したものである。この照明装置 1 F もまた、図 1 に示した照明装置 1 において、光学素子 1 4（あるいは光学素子 1 4 A，1 4 B）の配置位置を変更したものに対応し、他の構成は同様となっている。

【 0 0 9 8 】

具体的には、本変形例の照明装置 1 F では、照明装置 1，1 C，1 D とは異なり、光学素子 1 4 B（1 4，1 4 A）が、2 つのフライアイレンズ 1 5 1，1 5 2 の間の光路上には配置されていない。詳細には、この照明装置 1 F では、2 つのフライアイレンズ 1 5 1，1 5 2 よりも後段側である光出射側の光路上（フライアイレンズ 1 5 2 とコンデンサレンズ 1 7 との間の光路上）に、光学素子 1 4 B（1 4，1 4 A）が配置されている。

【 0 0 9 9 】

[照明装置 1 F の作用・効果]

このような構成の照明装置 1 F においても、基本的には照明装置 1 と同様の作用により同様の効果を得ることが可能である。すなわち、干渉縞の発生を低減することが可能となる。

【 0 1 0 0 】

ただし、この照明装置 1 F においても照明装置 1 C，1 D，1 E と同様に、光学素子 1 4 B（1 4，1 4 A）がサブコンデンサレンズ 1 6 1，1 6 2 の間には配置されていないため、照明装置 1 と比べて光学系が大型化してしまうと言える。

【 0 1 0 1 】

加えて、この照明装置 1 F では、光学素子 1 4 B（1 4，1 4 A）がフライアイレンズ 1 5 1，1 5 2 の双方よりも後段側に配置されているため、照明装置 1，1 C～1 E とは異なり、干渉縞の低減効果は得られるものの、スペックルノイズの低減効果が不十分になってしまう。つまり、照明装置 1，1 C～1 E では、フライアイレンズ 1 5 1，1 5 2 のいずれか一方よりも前段側に光学素子 1 4 B（1 4，1 4 A）を配置してそれを振動させることで、反射型液晶素子 2 1 上での大きな光重畳作用を生じさせ、スペックルノイズを十分に低減させることができる。これに対して照明装置 1 F では、そのような手法を適用することができないため、スペックルノイズの低減効果が不十分になってしまうのである

。したがって、本変形例の構成では、他の手法を併用するなどして、スペckルノイズを十分に低減できるようにするのが望ましいと言える。

【0102】

<第3の実施の形態>

[表示装置3Gの構成]

図22は、本開示の第3の実施の形態に係る表示装置(表示装置3G)の構成例を模式的に表したものである。本実施の形態の表示装置3Gは、図1に示した表示装置3において、照明装置1の代わりに以下説明する照明装置1Gを設けたものに対応し、他の構成は同様となっている。なお、以下では、第1,第2の実施の形態等における構成要素と同一のものには同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

10

【0103】

(照明装置1G)

本実施の形態の照明装置1Gは、基本的には、図1に示した照明装置1と同様の構成となっている。ただし、この照明装置1Gでは、光学素子14(あるいは光学素子14A,14B)と、その後段側(光出射側)のフライアイレンズ(ここではフライアイレンズ152)との間で、以下説明する所定の条件式を満たすように設定されている。これにより後述するように、照明光における干渉縞の発生が更に効果的に低減されるからである。

【0104】

具体的には、照明装置1Gでは、まず、以下の(6)式を満たすように設定されている。

20

$$\{6 \times f \times \tan(\quad f)\} > P f \quad \dots\dots (6)$$

f : フライアイレンズ152における単位セル(入射側単位セルC2in, 出射側単位セルC2out)の焦点距離

P f : フライアイレンズ152における単位セルのピッチ

f : 光学素子14B(14, 14A)から出射してフライアイレンズ152へ入射する光束(入射光L2inの光束)におけるマージナル光線角度

【0105】

また、ここでは、入射側単位セルC2inおよび出射側単位セルC2outがそれぞれ異方性形状(長軸方向(X軸方向)および短軸方向(Y軸方向)を有する矩形形状)であるため、これら長軸方向および短軸方向の双方について、上記(6)式を満たすように設定されている。つまり、長軸方向としてのX軸方向(水平方向)に沿った単位セルのピッチおよびマージナル光線角度をそれぞれ、P f h, f h、短軸方向としてのY軸方向(垂直方向)に沿った単位セルのピッチおよびマージナル光線角度をそれぞれ、P f v, f vとすると、以下の(7)式および(8)式の双方を満たすように設定されている。

30

$$\{6 \times f \times \tan(\quad f h)\} > P f h \quad \dots\dots (7)$$

$$\{6 \times f \times \tan(\quad f v)\} > P f v \quad \dots\dots (8)$$

【0106】

ここで、このような条件式(上記(6)式)が設定されるべき理由について、以下詳述する。

【0107】

40

すなわち、まず、例えば図23に示したように、干渉縞における明暗状態の位相が180°(1.0)以上変化すれば、時間平均的に明暗状態を繰り返すこととなり、干渉縞が見かけ上平均化され、目立たなくなる。ここで、位相を 以上変化させるとは、前述した図9で示した2 の関係を4 に変化させることと等価である。具体的には、2つの単位セルからの出射光束の波面同士のなす角度=2 である場合において、あるタイミングで暗状態である中央の地点が、出射光束の波面同士のなす角度=4 へ変化すると、そのタイミングでは暗状態から明状態に変化する。このような明暗状態が繰り返されると、上記したように位相が 変化することとなり、干渉縞の明るさが平均化されて見えにくくなる(目立たなくなる)のである。

【0108】

50

ここで、例えば図 2 4 に示したように、光学素子 1 4 B (1 4 , 1 4 A) が配置されていない場合について考える。この場合、平行光束である入射光 L 2 in がフライアイレンズ 1 5 2 へと入射するため、このフライアイレンズ 1 5 2 の光出射側 (出射光 L 2 out) では、単位セルのピッチ = P f の間隔で光源像が並ぶこととなる。このため、このピッチ P f の間隔で、光源像が反射型液晶素子 2 1 上で重畳される。このようにして間隔 P f の光源像が重畳されるときになす角度 (相対角) を、 θ_1 とする。

【 0 1 0 9 】

これに対して、例えば図 2 5 (A) , (B) に示したように、光学素子 1 4 B がフライアイレンズ 1 5 2 の光入射側に配置されている場合、以下ようになる。すなわち、まず、図 2 5 (A) に示したような収束光束である入射光 L 2 in、および、図 2 5 (B) に示したような発散光束である入射光 L 2 in におけるマージナル光線角度を θ_f とする。すると、振動している光学素子 1 4 B の位置に応じて、フライアイレンズ 1 5 2 の光出射側 (出射光 L 2 out) において結像する光源像の最大像高が、 $(P f - 2 y)$ (図 2 5 (A)) , $(P f + 2 y)$ (図 2 5 (B)) と変化する。その結果、各光源群が重畳されるときに相対角が、 θ_2 (図 2 5 (A)) , θ_3 (図 2 5 (B)) と時間的に変化することとなる。このときの相対角 θ_1 , θ_2 , θ_3 同士の大小関係は、以下の (9) 式のようになる。

$$\theta_2 < \theta_1 < \theta_3 \quad \dots \dots (9)$$

【 0 1 1 0 】

ここで前述したように、干渉縞の発生を低減するために位相変化 ϕ を生じさせるには、相対角 θ_2 , θ_3 について、以下の (1 0) 式を満たすようにすればよい。具体的には、フライアイレンズ 1 5 2 における単位セルのピッチ P f および像高 y を用いると、この (1 0) 式を満たすための条件式は、以下の (1 1) 式となる。そして、像高 $y = (f \times \tan \theta_f)$ で表わされることから、この関係式を (1 1) 式に代入することにより、前述した (6) 式が得られる。このようにして、照明光における干渉縞の発生を更に効果的に低減するためには、前述の (6) 式 ((7) 式および (8) 式) を満たすことが必要であることが分かる。

$$(2 \times \theta_2) < \theta_3 \quad \dots \dots (1 0)$$

$$(P f + 2 y) > 2 \times (P f - 2 y) \quad \dots \dots (1 1)$$

【 0 1 1 1 】

ただし、干渉縞を効果的に低減するための条件は、実際にはマージナル光線角度 θ_f だけでは決まらない。このため、本実施の形態では、光学素子 1 4 B を用いて以下の (1 2) 式および (1 3) 式の双方を更に満たすようにするのが望ましい。これにより、干渉縞の発生が更に効果的に抑えられるからである。

【 0 1 1 2 】

すなわち、例えば図 2 6 (A) , (B) に示したように、光学素子 1 4 B における光学面の延在方向 (光学面延在軸 A s) とフライアイレンズ 1 5 2 における単位セルの配列方向とが互いに傾斜している場合 (傾斜角 : α) において、以下の (1 2) 式および (1 3) 式の双方を更に満たすようにするのが望ましい。なお、ここでは、フライアイレンズ 1 5 2 における単位セル (異方性形状) の長軸方向 (ここでは X 軸方向) のピッチを P f 、各単位セルにおけるアスペクト比を X : Y (X > Y) としている。

$$\{ 6 \times f \times \tan (\theta_f \times \sin \alpha) \} > P f \quad \dots \dots (1 2)$$

$$\{ 6 \times f \times \tan (\theta_f \times \cos \alpha) \} > \{ (Y / X) \times P f \} \quad \dots \dots (1 3)$$

【 0 1 1 3 】

ここで、前述した、X 軸方向 (水平方向) に沿ったマージナル光線角度 θ_{fh} および Y 軸方向 (垂直方向) に沿ったマージナル光線角度 θ_{fv} はそれぞれ、以下の (1 4) 式および (1 5) 式で表わされる。また、X 軸方向 (水平方向) に沿った光源像の変位量 x および Y 軸方向 (垂直方向) に沿った光源像の変位量 y はそれぞれ、これらの (1 4) 式および (1 5) 式を用いて、以下の (1 6) 式および (1 7) 式で表わされる。

$$\theta_{fh} = (\theta_f \times \sin \alpha) \quad \dots \dots (1 4)$$

10

20

30

40

50

$$f v = (f \times \cos) \dots\dots (15)$$

$$x = f \times \tan (f h) = f \times \tan \{ f \times \sin \} \dots\dots (16)$$

$$y = f \times \tan (f v) = f \times \tan \{ f \times \cos \} \dots\dots (17)$$

【 0 1 1 4 】

ここで、(1 1) 式を参照すると、これらの変位量 x , y がそれぞれ、位相変化量 に相当する量よりも大きくなるための条件式は、以下の (1 8) 式および (1 9) 式となる。そして、これらの (1 8) 式および (1 9) 式に対して、(1 6) 式および (1 7) 式をそれぞれ代入することにより、前述の (1 2) 式および (1 3) 式が導かれることになる。

$$(P f + 2 x) > 2 \times (P f - 2 x) \dots\dots (18)$$

10

$$\{ (Y / X) \times P f + 2 y \} > 2 \times \{ (Y / X) \times P f - 2 y \} \dots\dots (19)$$

【 0 1 1 5 】

更に、本実施の形態では、マージナル光線角度 f の上限の条件に関して、以下の (2 0) 式を更に満たすようにするのが望ましい。これにより以下説明するように、光源部からの出射光 (レーザ光) における光量損失が低減され、光利用効率が向上するからである。

$$\{ f \times \tan (f \times \cos) \} < \{ (1 / 2) \times (Y / X) \times P f \} \dots\dots (20)$$

【 0 1 1 6 】

すなわち、これまで説明したように位相変化 を生じさせるために必要なマージナル光線角度 f と、光学素子 1 4 B における傾斜角 とには、適切な範囲が存在するのである。つまり、マージナル光線角度 f が増加すると、一定値以上で干渉縞が低減する (見えなくなる) もの、このマージナル光線角度 f が増えすぎると以下のような問題が発生する。

20

【 0 1 1 7 】

具体的には、まず、マージナル光線角度 f が所定の角度 (許容角 limit) を超えてしまうと ($f > \text{limit}$)、光量損失が発生し、光利用効率が低下してしまう。詳細には、前述した光源像高 ($y = f \times \tan f$) の値が ($P f / 2$) を超えてしまうと ($f > (P f / 2)$)、フライアイレンズ 1 5 2 において、ある入射側単位セル C 2 in に対向する位置の出射側単位セル C 2 out だけでなく、その隣の出射側単位セル C 2 out 等にも光束が入射し始める。そして、そのような入射が生じると、反射型液晶素子 2 1 へ入射しない光量成分が生じてしまう。これらのことから、 $f \text{ limit } (f (P f / 2))$ を満たすようにすれば、そのような光量損失を抑えて光利用効率を向上させることができると言える。

30

【 0 1 1 8 】

ここで、この許容角 limit は、フライアイレンズ 1 5 2 における単位セルのサイズに応じて制限されるため、前述したように単位セル (異方性形状) におけるアスペクト比を $X : Y$ ($X > Y$) とすると、 Y 軸方向 (相対的に小さいほうのサイズ) が律速条件となる。したがって、前述した (1 7) 式および Y 軸方向の単位セルのピッチ ($P f \times (Y / X)$) (図 2 6 (B) 参照) を、上記した ($f (P f / 2)$) という条件式に代入することにより、上記した (2 0) 式の条件式が得られる。

40

【 0 1 1 9 】

[表示装置 3 G の作用・効果]

本実施の形態の表示装置 3 G (照明装置 1 G) においても、基本的には表示装置 3 (照明装置 1) と同様の作用により同様の効果を得ることが可能である。すなわち、干渉縞およびスペckルノイズの発生を低減することが可能となる。

【 0 1 2 0 】

また、特に本実施の形態では、光学素子 1 4 (1 4 A , 1 4 B) と、その後段側のフライアイレンズ 1 5 2 との間で所定の条件式 (上記 (6) 式等) を満たすように設定されているため、照明光における干渉縞の発生を更に効果的に低減することが可能となる。

【 0 1 2 1 】

50

ここで、前述したように、２つのフライアイレンズ１５１，１５２の各々によって干渉縞が発生する。そして、前段側のフライアイレンズ１５１により発生する干渉縞については、第１の実施の形態等で説明したように、光学素子１４等が振動することによって低減することができる。一方、後段側のフライアイレンズ１５２により発生する干渉縞については、本実施の形態で説明した上記条件式を満たすことによって低減することができる。

【０１２２】

なお、本実施の形態では、光学素子１４（光学素子１４Ａ，１４Ｂ）の後段側（光出射側）のフライアイレンズが、フライアイレンズ１５２である場合を例に挙げて説明したが、本実施の形態における条件式の設定手法の適用は、この場合には限られない。具体的には、例えば前述した変形例４に係る照明装置１Ｅのように、光学素子１４（光学素子１４Ａ，１４Ｂ）の後段側（光出射側）のフライアイレンズがフライアイレンズ１５１である場合には、以下のようにすればよい。すなわち、この場合には、光学素子１４（光学素子１４Ａ，１４Ｂ）とこのフライアイレンズ１５１との間で、上記した所定の条件式を満たすように設定すればよい。

【０１２３】

< 第４の実施の形態 >

[フライアイレンズ１５２Ｈの構成]

図２７は、本開示の第４の実施の形態に係る後段側のフライアイレンズ（フライアイレンズ１５２Ｈ）の平面構成例を模式的に表したものである。本実施の形態の照明装置（表示装置）は、図１に示した照明装置１（表示装置３）において、フライアイレンズ１５２の代わりにフライアイレンズ１５２Ｈを設けたものに対応し、他の構成は同様となっている。このフライアイレンズ１５２Ｈは、本開示における「第２の均一化光学部材」の一具体例に対応する。なお、以下では、第１～第３の実施の形態等における構成要素と同一のものには同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

【０１２４】

フライアイレンズ１５２Ｈは、基本的にはフライアイレンズ１５２と同様に、フライアイレンズ１５１側から入射光Ｌ２inが入射する光入射面Ｓ２in側に、複数の単位セルが配列されてなる入射側アレイＡ２inを有している。同様に、フライアイレンズ１５２Ｈは、出射光が出射される光出射面Ｓ２out側に、複数の単位セルが配列されてなる出射側アレイＡ２outを有している。また、フライアイレンズ１５２Ｈは、光入射面Ｓ２in側に複数の入射側単位セルＣ２inを有するとともに、光出射面Ｓ２out側に複数の出射側単位セルＣ２outを有している。

【０１２５】

ただし、このフライアイレンズ１５２Ｈでは、フライアイレンズ１５１，１５２とは異なり、これらの入射側単位セルＣ２in（第１単位セル）と出射側単位セルＣ２out（第２単位セル）とが、個別（別々）に形成されている。

【０１２６】

このようなフライアイレンズ１５２Ｈでは、フライアイレンズ１５１，１５２における共通化単位セルと同様に、入射側単位セルＣ２inおよび出射側単位セルＣ２outがそれぞれ、Ｘ軸方向（水平方向）およびＹ軸方向（垂直方向）の双方に沿って配列されている。つまり、入射側単位セルＣ２inおよび出射側単位セルＣ２outはそれぞれ、Ｘ－Ｙ面（光入射面Ｓ２inおよび光出射面Ｓ２out）上で２次元配置されている。

【０１２７】

具体的には、入射側単位セルＣ２inは、光入射面Ｓ２in上で隙間なくマトリクス配置されている。詳細には、Ｘ軸方向またはＹ軸方向の少なくとも一方（ここではＹ軸方向）に沿って、隣接する入射側単位セルＣ２inの列間での配置位置が、互いに（交互に）略１／２ピッチずつ（望ましくは１／２ピッチずつ）ずれている。

【０１２８】

一方、出射側単位セルＣ２outは、光出射面Ｓ２out上で隙間なく細密配置されている。詳細には、Ｘ軸方向またはＹ軸方向の少なくとも一方（ここではＸ軸方向およびＹ軸方向

の双方)に沿って、隣接する出射側単位セルC 2 outの列間での配置位置が、互いに(交互に)略1/2ピッチずつ(望ましくは1/2ピッチずつ)ずれている。ただし、互に対向する入射側単位セルC 2 inと出射側単位セルC 2 inとの間では、それらの中心点の位置(図27中に点で示した位置)が略一致(望ましくは一致)するように配置されている。

【0129】

また、このフライアイレンズ152Hでは、入射側単位セルC 2 inは、フライアイレンズ151, 152における共通化単位セルと同様に、X軸方向を長軸方向とすると共にY軸方向を短軸方向とする異方性形状(ここでは矩形状)からなる。そして、この異方性形状(矩形状)におけるアスペクト比は、反射型液晶素子21におけるアスペクト比と略一致(望ましくは一致)するように設定されている。

10

【0130】

一方、出射側単位セルC 2 outは、X軸方向およびY軸方向の双方に沿って延出(延在, 突出)する形状からなる。具体的には、出射側単位セルC 2 outは、上記した入射側単位セルC 2 in(異方性形状)と比べ、X軸方向およびY軸方向に沿って略等方的(望ましくは等方的)な形状からなる。ここでは一例として、出射側単位セルC 2 outは、菱形状(X軸方向およびY軸方向に沿って互いに略同一(望ましくは同一)の長さの対角線を有する菱形状)からなる。

【0131】

ここで、この出射側単位セルC 2 outにおけるX軸方向(水平方向)の長さは、入射側単位セルC 2 inにおけるX軸方向(長軸方向)の長さと同等もしくはそれ以下となっているのが望ましい。また、出射側単位セルC 2 outにおけるY軸方向(垂直方向)の長さは、入射側単位セルC 2 inにおけるY軸方向(短軸方向)の長さよりも大きくなっているのが望ましい。より具体的には、この出射側単位セルC 2 outにおけるY軸方向の長さは、X軸方向(水平方向)の長さに対して、上記した入射側単位セルC 2 inにおけるアスペクト比 $\times 2$ を乗じた長さとなっている(Y軸方向の長さ=(X軸方向の長さ \times アスペクト比 $\times 2$))のが望ましい。これは、上記した出射側単位セルC 2 outの細密配置の条件により得られる関係式であり、詳細には下記のようにして導出されるようになっている。なお、このような、出射側単位セルC 2 outのX軸方向(第1の方向)およびY軸方向(第2の方向)における望ましい長さについては、後述する変形例(変形例6~8)においても同様である。

20

30

出射側単位セルC 2 outにおけるY軸方向の長さ

= (入射側単位セルC 2 inにおけるY軸方向の長さ $\times 2$)

= { 入射側単位セルC 2 inにおけるX軸方向の長さ \times (入射側単位セルC 2 inにおけるY軸方向の長さ/入射側単位セルC 2 inにおけるX軸方向の長さ) $\times 2$ }

= (入射側単位セルC 2 inにおけるX軸方向の長さ \times アスペクト比 $\times 2$)

= (出射側単位セルC 2 outにおけるX軸方向の長さ \times アスペクト比 $\times 2$)

【0132】

[フライアイレンズ152Hの作用・効果]

本実施の形態の照明装置(表示装置)においても、第1の実施の形態等と同様の作用により同様の効果を得ることが可能である。すなわち、干渉縞およびスペckルノイズの発生を低減することが可能となる。

40

【0133】

また、特に本実施の形態では、上記した構成のフライアイレンズ152Hが設けられていることにより、光量損失の低減作用も得ることが可能である。以下、このような光量損失の低減作用について、本実施の形態の比較例(比較例1, 2)と比較しつつ詳細に説明する。

【0134】

まず、2段構成のフライアイレンズ151, 152Hを有する照明装置では、例えば図28に示したように、後段側のフライアイレンズ152Hへの入射光L 2 inは、所定の入

50

射角度 θ_{in2} を持つ光束となる。具体的には、入射角度 θ_{in2} は、リレーレンズ（サブコンデンサレンズ 161, 162）の焦点距離 f (relay) と、前段側のフライアイレンズ 151 への入射光 L_{1in} における光束径 d_1 とを用いて、以下の (21) 式により規定される。

$$\theta_{in2} = \text{Arcsin} \{ 0.5 \times d_1 / f(\text{relay}) \} \dots\dots (21)$$

【0135】

ここで、上記した入射角度 θ_{in2} を持った光束からなる入射光 L_{2in} が 2 段目のフライアイレンズ 152H へ入射する場合、その入射角度 θ_{in2} (斜入射角) が所定の角度 (前述した許容角 θ_{limit}) 以下であれば ($\theta_{in2} \leq \theta_{limit}$)、光量損失は生じない。一方、そのときの入射角度 θ_{in2} 許容角 θ_{limit} を超えてしまうと ($\theta_{in2} > \theta_{limit}$)、反射型液晶素子 21 への照明時にこの反射型液晶素子 21 からはみ出してしまう光量成分が生じ、光量損失となる。そのような光量損失が発生した場合、レーザ光源からの出射光の利用効率が損なわれ、映像表示時の明るさ (輝度) が低下してしまうことになる。

【0136】

なお、フライアイレンズ 152H への入射光 L_{2in} における入射角度 θ_{in2} に対する許容角 θ_{limit} は、以下のように規定される。すなわち、例えば図 28 に示したように、フライアイレンズ 152H の焦点距離を f 、フライアイレンズ 152H における Y 軸方向 (垂直方向) の分割ピッチ (単位セルのピッチ) を P_f 、焦点距離 f の位置における光軸 Z0 から Y 軸方向への変位を y_2 とすると、 θ_{in2} および θ_{limit} について以下の (22) 式および (23) 式の関係が成り立つ。

$$y_2 = \{ f \times \tan(\theta_{in2}) \} \quad (P_f / 2) \dots\dots (22)$$

$$\{ f \times \tan(\theta_{limit}) \} = (P_f / 2) \dots\dots (23)$$

【0137】

ここで、前述した図 5 (A) および図 27 に示したように、フライアイレンズ 151 における共通化単位セル (入射側単位セル C_{1in} および出射側単位セル C_{1out}) およびフライアイレンズ 152H における入射側単位セル C_{2in} ではそれぞれ、異方性形状からなる。具体的には、反射型液晶素子 21 におけるアスペクト比と略一致 (望ましくは一致) するように、X 軸方向を長軸方向とすると共に Y 軸方向を短軸方向とする矩形状に設定されている。したがって、フライアイレンズ 152H における分割ピッチ P_f (入射側単位セル C_{2in} のピッチ) は、X 軸方向 (水平方向) と比べて Y 軸方向 (垂直方向) のほうが短くなるため、上記 (23) 式を参照すると、以下のことが言える。すなわち、X 軸方向 (水平方向) と比べて Y 軸方向 (垂直方向) のほうが許容角 θ_{limit} が小さくなり、光量損失が生じ易くなる。このように、単位セル (入射側単位セル C_{1in} , C_{2in} および出射側単位セル C_{1out}) における異方性形状に起因して、フライアイレンズ 152H から出射される照明光が反射型液晶素子 21 へ照射される際に、光量損失が生じ易い方向 (短軸方向) が存在することになる。

【0138】

(比較例 1)

これらのことから、本実施の形態の比較例 1 に係る後段側のフライアイレンズ (図 5 (B) に示した第 1 の実施の形態に係るフライアイレンズ 152 に相当) では、以下のことが言える。すなわち、このフライアイレンズ 152 では、前段側のフライアイレンズ 151 と同様の単位セル構造 (入射側単位セル C_{2in} および出射側単位セル C_{2out} で共通化された異方性形状) であるため、以下のような改善点が生じ得る。

【0139】

具体的には、この場合には X 軸方向が長軸方向であると共に Y 軸方向が短軸方向であることから、上記したように、X 軸方向 (水平方向) における許容角 θ_{limit} と比べて Y 軸方向 (垂直方向) における許容角 θ_{limit} が小さくなってしまふ。このため、X 軸方向の発散角が広い FFP を有するレーザ光が入射光 L_{2in} として入射する場合には、光量損失が生じにくい一方で、Y 軸方向の発散角が広い FFP を有するレーザ光が入射光 L_{2in} として入射する場合には、光量損失が生じ易くなってしまふ。

【0140】

なお、図29では、X軸方向の発散角が広いFFP、Y軸方向の発散角が広いFFPを有する各レーザ光が入射光L2inとして入射した場合における、出射光L2outの光量分布の例をそれぞれ、L2out(x)、L2out(y)として示しており、以下同様である。

【0141】

(比較例2)

一方、例えば図30(A)に示した、本実施の形態の比較例2に係る後段側のフライアイレンズ202では、以下のような改善点が生じ得る。具体的には、この比較例2のフライアイレンズ202では、入射側単位セルC2inがX軸方向を長軸方向とすると共にY軸方向を短軸方向とする矩形形状である一方、出射側単位セルC2outはY軸方向を長軸方向とすると共にX軸方向を短軸方向とする矩形形状となっている。

10

【0142】

したがって、この比較例2では上記比較例1とは逆に、Y軸方向(垂直方向)における許容角 limitと比べてX軸方向(水平方向)における許容角 limitが小さくなってしまふ。このため、Y軸方向の発散角が広いFFPを有するレーザ光が入射光L2inとして入射する場合には、光量損失が生じにくい一方で、X軸方向の発散角が広いFFPを有するレーザ光が入射光L2inとして入射する場合には、光量損失が生じ易くなってしまふ(例えば図30(B)参照)。

【0143】

このようにして、本実施の形態の比較例1, 2では、フライアイレンズ151における共通化単位セル(入射側単位セルC1inおよび出射側単位セルC1out)に加えて、フライアイレンズ152, 202における入射側単位セルC2inおよび出射側単位セルC2outもが、異方性形状からなる。言い換えると、本実施の形態のフライアイレンズ152Hとは異なり、後段側のフライアイレンズ152, 202における出射側単位セルC2outもが、X軸方向(水平方向)およびY軸方向(垂直方向)のうち的一方のみに沿って延出する形状(X軸方向, Y軸方向に対する非等方性形状)となっている。このため、上記したように、入射光L2in(レーザ光)のFFPにおける発散角の広がり方向に依存して、光量損失が発生し易い場合が生じてしまふ。

20

【0144】

なお、レーザ光源から出射されるレーザ光のFFPにおける発散角の広がり方向(プロファイル)および偏光方向はそれぞれ、レーザ光源に固有で決まるものである。したがって、光源部内の各レーザ光源において、レーザ光のFFPにおける発散角の広がり方向を、後段側のフライアイレンズにおける出射側単位セルC2outの長軸方向に揃えるようにすれば、上記比較例1, 2の単位セル構造においても光量損失が生じにくくすることができると考えられる。

30

【0145】

ただし、レーザ光源の種類に応じて、レーザ光のFFPにおける発散角の広がり方向が同一であったとしても、レーザ光における偏光方向が異なる場合がある。具体的には、例えばレーザ光のFFPにおける発散角の広がり方向が垂直方向となっている2つのレーザ光源において、一方のレーザ光源ではレーザ光の偏光方向が水平方向、他方のレーザ光源ではレーザ光の偏光方向が垂直方向となっている場合がある。そのような場合、上記比較例1, 2の単位セル構造では、前述したように反射型液晶素子21および偏光ビームスプリッタ23における偏光特性を利用して映像表示を行う場合(一般的な手法)に、レーザ光における偏光方向の相違が不都合となってしまふ。

40

【0146】

ここで、このような場合であっても、位相差板(1/2波長板等)を用いてレーザ光同士の偏光方向を揃えるようにすれば、光量損失を生じにくくしたうえで、映像表示の際の不都合を回避することが可能ではある。ただし、この場合には、位相差板を設けて一部の偏光成分のみを透過させた分、やはり光量の損失が生じ、照明光における明るさが低下してしまふ。また、この位相差板の分、部品点数が増加してコスト増になるというデメリット

50

トもある。更に、例えば照明装置における実際の設計上の理由（外形形状の問題等）により、レーザ光源を回転配置させて各レーザ光のFFP（発散角の広がり方向）を揃えることが困難な場合もある。これらの理由から、やはり、入射光L2in（レーザ光）のFFPにおける発散角の広がり方向には依存せずに、光量損失が発生しにくくなるようにすることが必要であると言える。

【0147】

（本実施の形態の作用）

そこで本実施の形態の照明装置（表示装置）では、例えば図27に示したように、まず、後段側のフライアイレンズ152Hにおける光入射面S2in上に配列された複数の入射側単位セルC2inが、X軸方向を長軸方向とすると共にY軸方向を短軸方向とする異方性形状（矩形状）からなる。一方、このフライアイレンズ152Hにおける光出射面S2out上に配列された複数の出射側単位セルC2outが、これらX軸方向およびY軸方向の双方に沿って延出する形状（入射型単位セルC2inと比べてX軸方向およびY軸方向に沿って略等方的な形状）からなる。

【0148】

これにより本実施の形態では、上記比較例1, 2とは異なり、X軸方向（水平方向）における許容角 θ_{limit} と、Y軸方向（垂直方向）における許容角 θ_{limit} とが、いずれも大きい値となって略等しくなる（望ましくは等しくなる）。したがって、入射面S2in側の単位セル（入射側単位セルC2in）が上記したような異方性形状であっても、前段側のフライアイレンズ151側から後段側のフライアイレンズ152Hへの入射光L2inの入射角度 θ_{in2} が、短軸方向（ここではY軸方向）に沿った場合でも所定の許容角 θ_{limit} 以下に収まり易くなる。その結果、X軸方向の発散角が広いFFPを有するレーザ光、およびY軸方向の発散角が広いFFPを有するレーザ光のいずれが入射光L2inとして入射する場合であっても、光量損失が生じにくくなる（例えば図31参照）。つまり、本実施の形態では比較例1, 2とは異なり、入射光L2in（レーザ光）のFFPにおける発散角の広がり方向には依存せずに、光量損失が発生しにくくなる。換言すると、前述したような、レーザ光における偏光方向の相違や、レーザ光源の回転配置の実現性等を考慮することなく（気にすることなく）、光量損失を低減することができる。

【0149】

なお、本実施の形態における前述した各パラメータの一実施例としては、以下のものが挙げられ、前述した θ_{in2} θ_{limit} の条件が満足するように設定されている。

- ・リレーレンズの焦点距離 $f(\text{relay}) = 13.2(\text{mm})$
- ・フライアイレンズ151への入射光L1inにおける光束径 $\phi_1 = 3(\text{mm})$
（レーザ光源から放射される光束を100%カップリングした場合の平行光束径）
- ・入射角度 $\theta_{in2} = \text{Arcsin}\{0.5 \times \phi_1 / f(\text{relay})\} = 6.52(^{\circ})$
（実際には光学素子14等によって2.50°程度の発散角度が加算されるため、 $\theta_{in2} = 6.52^{\circ} + 2.50^{\circ} = 9.02^{\circ}$ となる。ただし実際には、入射光L2inにおける光量分布の裾における光量を除くことができ、 θ_{in2} の実効角度 = 7°程度である。）
- ・フライアイレンズ152Hの焦点距離 $f = 0.46(\text{mm})$
- ・フライアイレンズ152HにおけるY軸方向の分割ピッチ $P_f = 0.116(\text{mm})$
- ・許容角 $\theta_{limit} = 7.19(^{\circ})$ （前述した(22), (23)式より）

【0150】

以上のように本実施の形態では、フライアイレンズ152Hにおいて、その光入射面S2in上に配列された複数の入射側単位セルC2inが、X軸方向を長軸方向とすると共にY軸方向を短軸方向とする異方性形状からなる。また、フライアイレンズ152Hの光出射面S2out上に配列された複数の出射側単位セルC2outが、これらX軸方向およびY軸方向の双方に沿って延出する形状からなる。これにより、フライアイレンズ152Hへの入射光L2inの入射角度 θ_{in2} を所定の許容角 θ_{limit} 以下に収まり易くすることができる。よって、第1の実施の形態等で説明した効果に加え、フライアイレンズ152Hからの出射光L2out（照明光）を後段（ここでは反射型液晶素子21）に照明する際に、光量

損失を低減する（光利用効率を向上させる）ことが可能となる。

【0151】

また、前述したような、レーザ光における偏光方向の相違やレーザ光源の回転配置の実現性等を考慮せずに、光量損失を低減することができることから、前述した位相差板等の部材追加によるコスト増を回避することができると共に、光学系の縮小化（装置の小型化）を図ることも可能となる。

【0152】

続いて、上記第4の実施の形態の変形例（変形例6～8）について説明する。なお、第4の実施の形態等における構成要素と同一のものには同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

【0153】

<変形例6>

図32(A)は、変形例6に係る後段側のフライアイレンズ（フライアイレンズ152I）の構成例を模式的に表したものである。このフライアイレンズ152Iもまた、本開示における「第2の均一化光学部材」の一具体例に対応している。本変形例のフライアイレンズ152Iにおいても、第4の実施の形態のフライアイレンズ152Hと同様に、光入射面S2in側の複数の入射側単位セルC2inと、光出射面S2out側の複数の出射側単位セルC2outとが、個別に形成されている。

【0154】

また、フライアイレンズ152Hと同様に、入射側単位セルC2inは光入射面S2in上で隙間なくマトリクス配置され、出射側単位セルC2outは光出射面S2out上で隙間なく細密配置されている。具体的には、Y軸方向に沿って、隣接する入射側単位セルC2inの列間での配置位置が、互いに（交互に）略1/2ピッチずつ（望ましくは1/2ピッチずつ）ずれている。また、X軸方向およびY軸方向の双方に沿って、隣接する出射側単位セルC2outの列間での配置位置が、互いに（交互に）略1/2ピッチずつ（望ましくは1/2ピッチずつ）ずれている。そして、互いに対向する入射側単位セルC2inと出射側単位セルC2inとの間では、それらの中心点の位置が略一致（望ましくは一致）するように配置されている。

【0155】

更に、フライアイレンズ152Hと同様に、入射側単位セルC2inは、X軸方向を長軸方向とすると共にY軸方向を短軸方向とする異方性形状（矩形状）からなる一方、出射側単位セルC2outは、X軸方向およびY軸方向の双方に沿って延出する形状からなる。具体的には、出射側単位セルC2outは、入射側単位セルC2in（異方性形状）と比べ、X軸方向およびY軸方向に沿って略等方的（望ましくは等方的）な形状からなる。

【0156】

ただし、このフライアイレンズ152Iではフライアイレンズ152Hとは異なり、出射側単位セルC2outが、十字形状（X軸方向およびY軸方向に沿って互いに略同一（望ましくは同一）の長さの軸を有する十字形状）からなる。

【0157】

このような構成のフライアイレンズ152Iを用いた本変形例においても、第4の実施の形態と同様の作用により同様の効果を得ることが可能である。すなわち、X軸方向（水平方向）における許容角 θ_{limit} と、Y軸方向（垂直方向）における許容角 θ_{limit} とが、いずれも大きい値となって略等しくなる（望ましくは等しくなる）。したがって、入射面S2in側の単位セル（入射側単位セルC2in）が上記したような異方性形状であっても、前段側のフライアイレンズ151側から後段側のフライアイレンズ152Iへの入射光L2inの入射角度 θ_{in2} が、短軸方向（Y軸方向）に沿った場合でも所定の許容角 θ_{limit} 以下に収まり易くなる。その結果、X軸方向の発散角が広いFFPを有するレーザ光、およびY軸方向の発散角が広いFFPを有するレーザ光のいずれが入射光L2inとして入射する場合であっても、光量損失が生じにくくなる（例えば図32(A)参照）。よって、このフライアイレンズ152Iからの出射光L2out（照明光）を後段（反射型液晶素子

10

20

30

40

50

21) に照明する際に、光量損失を低減する(光利用効率を向上させる)ことが可能となる。

【0158】

<変形例7, 8>

図33(A)は、変形例7に係る後段側のフライアイレンズ(フライアイレンズ152J)の構成例を模式的に表したものである。また、図33(B)は、変形例8に係る後段側のフライアイレンズ(フライアイレンズ152K)の構成例を模式的に表したものである。これらのフライアイレンズ152J, 152Kもまた、本開示における「第2の均一化光学部材」の一具体例に対応している。

【0159】

これらの変形例7, 8に係るフライアイレンズ152J, 152Kにおいても、第4の実施の形態のフライアイレンズ152Hと同様に、光入射面S2in側の複数の入射側単位セルC2inと、光出射面S2out側の複数の出射側単位セルC2outとが、個別に形成されている。

【0160】

また、フライアイレンズ152Hと同様に、入射側単位セルC2inは光入射面S2in上で隙間なくマトリクス配置され、出射側単位セルC2outは光出射面S2out上で隙間なく細密配置されている。具体的には、Y軸方向に沿って、隣接する入射側単位セルC2inの列間での配置位置が、互いに(交互に)略1/2ピッチずつ(望ましくは1/2ピッチずつ)ずれている。また、X軸方向およびY軸方向の双方に沿って、隣接する出射側単位セルC2outの列間での配置位置が、互いに(交互に)略1/2ピッチずつ(望ましくは1/2ピッチずつ)ずれている。そして、互いに対向する入射側単位セルC2inと出射側単位セルC2inとの間では、それらの中心点の位置が略一致(望ましくは一致)するように配置されている。

【0161】

更に、フライアイレンズ152Hと同様に、入射側単位セルC2inは、X軸方向を長軸方向とすると共にY軸方向を短軸方向とする異方形状(矩形状)からなる一方、出射側単位セルC2outは、X軸方向およびY軸方向の双方に沿って延出する形状からなる。具体的には、出射側単位セルC2outは、入射側単位セルC2in(異方形状)と比べ、X軸方向およびY軸方向に沿って略等方的(望ましくは等方的)な形状からなる。

【0162】

ただし、これらのフライアイレンズ152J, 152Kではそれぞれ、フライアイレンズ152Hとは異なり、出射側単位セルC2outが六角形状からなる。なお、フライアイレンズ152Kではフライアイレンズ152Jと比べ、X軸方向の長さY軸方向の長さYとがより近い値となり(アスペクト比がより1に近くなり)、出射側単位セルC2outにおける六角形状がより等方的な形状となっている。

【0163】

このような構成のフライアイレンズ152J, 152Kを用いた変形例7, 8においても、第4の実施の形態と同様の作用により同様の効果を得ることが可能である。すなわち、X軸方向(水平方向)における許容角 θ_{limit} と、Y軸方向(垂直方向)における許容角 θ_{limit} とが、いずれも大きい値となって略等しくなる(望ましくは等しくなる)。したがって、入射面S2in側の単位セル(入射側単位セルC2in)が上記したような異方形状であっても、前段側のフライアイレンズ151側から後段側のフライアイレンズ152J, 152Kへの入射光L2inの入射角度 θ_{in2} が、短軸方向(Y軸方向)に沿った場合でも所定の許容角 θ_{limit} 以下に収まり易くなる。その結果、X軸方向の発散角が広いFFPを有するレーザ光、およびY軸方向の発散角が広いFFPを有するレーザ光のいずれが入射光L2inとして入射する場合であっても、光量損失が生じにくくなる(変形例7:例えば図34(A)参照、変形例8:例えば図34(B)参照)。よって、これらのフライアイレンズ152J, 152Kからの出射光L2out(照明光)を後段(反射型液晶素子21)に照明する際に、光量損失を低減する(光利用効率を向上させる)ことが可能

10

20

30

40

50

となる。

【 0 1 6 4 】

なお、上記したように、フライアイレンズ 1 5 2 K ではフライアイレンズ 1 5 2 J と比べ、出射側単位セル C 2 out における六角形状がより等方的な形状となっている。したがって、フライアイレンズ 1 5 2 K ではフライアイレンズ 1 5 2 J と比べ、光量損失をより低減する（光利用効率をより向上させる）ことが可能となると言える。

【 0 1 6 5 】

< 第 5 の実施の形態 >

[表示装置 3 H の構成]

図 3 5 は、本開示の第 5 の実施の形態に係る表示装置（表示装置 3 H）の構成例を模式的に表したものである。また、図 3 6 は、本実施の形態に係る他の表示装置（表示装置 3 I）の構成例を模式的に表したものである。これらの表示装置 3 H、3 I はそれぞれ、図 1 に示した表示装置 3 において、照明装置 1 の代わりに以下説明する照明装置 1 H、1 I を設けたものに対応し、他の構成は同様となっている。なお、以下では、第 1 ~ 第 4 の実施の形態等における構成要素と同一のものには同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

【 0 1 6 6 】

（照明装置 1 H）

照明装置 1 H は、図 1 に示した照明装置 1 において、一部の光学系における光軸の方向を変更（90°回転させる）と共に、以下説明する部分透過ミラー 1 8、受光素子 1 9 および制御部 1 0 を更に設けたものに対応し、他の構成は同様となっている。

【 0 1 6 7 】

ここで、一部の光学系における光軸の方向の変更とは、具体的には、青色レーザ 1 1 B、カップリングレンズ 1 2 B、ダイクロイックプリズム 1 3 1、1 3 2、フライアイレンズ 1 5 1 およびサブコンデンサレンズ 1 6 1 の光軸（光軸 X 0）が、X 軸方向になっていることである。つまり、照明装置 1 では、これらの光学系の光軸（光軸 Z 0）が Z 軸方向になっていたのに対し、照明装置 1 H ではこれらの光学系の光軸が 90°回転し、X 軸方向となっている。なお、これに伴い、赤色レーザ 1 1 R、緑色レーザ 1 1 G およびカップリングレンズ 1 2 R、1 2 G における光軸方向もそれぞれ、照明装置 1 では X 軸方向であったのに対し、照明装置 1 H では 90°回転して Z 軸方向となっている。

【 0 1 6 8 】

部分透過ミラー 1 8 は、サブコンデンサレンズ 1 6 1 と光学素子 1 4 との間の光路上に配置されている。この部分透過ミラー 1 8 は、フライアイレンズ 1 5 1 側から入射した光束の大部分を反射し、反射光 L r として光学素子 1 4 側へと出射する一方、その入射した光束の一部を透過させ、透過光 L t として受光素子 1 9 側へ出射する機能を有している。

【 0 1 6 9 】

受光素子 1 9 は、受光面 1 9 0 において、部分透過ミラー 1 8 を透過した光束（透過光 L t）を受光する素子であり、その光束の光量（受光光量）を検知（モニター）する光量検出器として機能している。本実施の形態では、受光素子 1 9 が、フライアイレンズ 1 5 1 よりも後段側の光路上に配置されている。具体的には、図 3 5 に示した例では、受光素子 1 9 が、フライアイレンズ 1 5 1 とフライアイレンズ 1 5 2 との間の光路上に配置されている。より具体的には、フライアイレンズ 1 5 1 と光学素子 1 4 との間（サブコンデンサレンズ 1 6 1 と光学素子 1 4 との間）において、部分透過ミラー 1 8 から透過した透過光 L t の光路上に配置されている。

【 0 1 7 0 】

なお、このような受光素子 1 9 では、光路中の迷光や反射型液晶素子 2 1 からの反射光等の余分な光の検知を防ぐため、受光面 1 9 0 の面積が、透過光 L t の光束面積よりも十分に小さくなるように設定されている。また、照明装置 1 H における受光素子 1 9 では、後述する照明装置 1 I における受光素子 1 9 とは異なり、受光面 1 9 0 の法線方向（X 軸方向）が、前述した一部の光学系における光軸 X 0 の方向（X 軸方向）と一致するように設定されている。

10

20

30

40

50

【 0 1 7 1 】

制御部 1 0 は、受光素子 1 9 により受光された光束の光量（受光光量）に基づいて、赤色レーザ 1 1 R、緑色レーザ 1 1 G および青色レーザ 1 1 B における出射光量を制御するもの（オートパワー・コントローラ）である。具体的には、制御部 1 0 は、赤色レーザ 1 1 R、緑色レーザ 1 1 G および青色レーザ 1 1 B における出射光量がそれぞれ、略一定（望ましくは一定）となるように制御を行う。この際、詳細には例えば、検出した光量を赤色レーザ 1 1 R、緑色レーザ 1 1 G および青色レーザ 1 1 B にそれぞれフィードバックし、I - V（電流 - 電圧）変換を行ったうえで各レーザ光源を電圧制御するようになっている。

【 0 1 7 2 】

（照明装置 1 I）

照明装置 1 I も上記した照明装置 1 H と同様に、照明装置 1 において、一部の光学系における光軸の方向を変更（90°回転させる）と共に、部分透過ミラー 1 8、受光素子 1 9 および制御部 1 0 を更に設けたものに対応し、他の構成は同様となっている。

【 0 1 7 3 】

ただし、この照明装置 1 I における受光素子 1 9 では、照明装置 1 H における受光素子 1 9 とは異なり、受光面 1 9 0 の法線が光軸 X 0 に対して傾斜配置されている。すなわち、受光面 1 9 0 の法線方向が、前述した一部の光学系における光軸 X 0 の方向（X 軸方向）とは異なるように設定されている。具体的には、図 3 6 に示した例では、受光面 1 9 0 が、部分透過ミラー 1 8 における反射面（部分透過面）と略平行となるように設定されている。

【 0 1 7 4 】

〔表示装置 3 H, 3 I の作用・効果〕

本実施の形態の表示装置 3 H, 3 I（照明装置 1 H, 1 I）においても、基本的には表示装置 3（照明装置 1）と同様の作用により同様の効果を得ることが可能である。すなわち、干渉縞およびスペckルノイズの発生を低減することが可能となる。

【 0 1 7 5 】

また、これらの照明装置 1 H, 1 I では、赤色レーザ 1 1 R、緑色レーザ 1 1 G および青色レーザ 1 1 B から出射され、部分透過ミラー 1 8 を部分的に透過したレーザ光（透過光 L t）が、受光素子 1 9 により受光される。そして、制御部 1 0 が、この受光した透過光 L t の光量（受光光量）に基づいて、赤色レーザ 1 1 R、緑色レーザ 1 1 G および青色レーザ 1 1 B における出射光量を制御する。具体的には、制御部 1 0 は、赤色レーザ 1 1 R、緑色レーザ 1 1 G および青色レーザ 1 1 B における出射光量がそれぞれ、略一定（望ましくは一定）となるように制御を行う。これにより、赤色レーザ 1 1 R、緑色レーザ 1 1 G および青色レーザ 1 1 B における出射動作の安定化が図られ、その結果、映像表示の際の色再現性が向上すると共に、色むらやちらつきの低減がなされ、表示画質が向上する。

【 0 1 7 6 】

このように、各レーザ光（赤色レーザ光、緑色レーザ光、青色レーザ光）が時分割的に順次出射される場合（時分割方式の照明方法の場合）、各色ごとに受光素子を設ける必要がなく、本実施の形態のように 1 つの受光素子（受光素子 1 9）を設けるだけで済む。ただし、その代わりに入射する光束の軸を各色で揃える必要があるため、従来の構成では、光源間での光路合成および光軸合成に非常にシビアな（精度の高い）調整が必要となっていた。

【 0 1 7 7 】

ここで本実施の形態では、受光素子 1 9 が、フライアイレンズ 1 5 1 よりも後段側の光路上、すなわち、フライアイレンズ 1 5 1 により略均一化された光量分布を示す位置に配置されている。これにより、上記したような高精度の光軸調整等が不要となり、受光素子 1 9 における受光光量の変動が抑えられる。その結果、各レーザ光源における出射動作の更なる安定化が図られ、表示画質が更に向上する。以下、この点について、比較例と比較

10

20

30

40

50

しつつ詳細に説明する。

【0178】

(比較例3)

図37は、本実施の形態の比較例(比較例3)に係る表示装置(表示装置303)の構成を模式的に表したものである。この表示装置303は、図1に示した表示装置3において、照明装置1の代わりに以下説明する照明装置301を設けたものに対応し、他の構成は同様となっている。

【0179】

照明装置301は、図1に示した照明装置1において、本実施の形態の照明装置1H, 1Iと同様に受光素子19および制御部10を更に設けたものに対応し、他の構成は同様となっている。ただし、この照明装置301では照明装置1H, 1Iとは異なり、受光素子19がフライアイレンズ151よりも前段側の光路上(具体的には、この例ではダイクロックプリズム132において反射された反射光 L_r の光路上)に配置されている。

【0180】

ここで、図38は、照明装置1H, 1I内の光路上の各位置における光束の光量分布の一例を表したものである。具体的には、図38(A), (D)は、フライアイレンズ151への入射時(入射光 L_{1in})における光束の光量分布例を、図38(B), (E)は、受光素子19への入射時における光束の光量分布例を、図38(C), (F)は、フライアイレンズ152への入射時(入射光 L_{2in})における光束の光量分布例を、それぞれ示している。また、図38(A)~(C)は、光束の断面上における2次元的な光量分布を、図38(D)~(F)は、図38(A)~(C)における光量分布の中心を通る1次元方向(ここでは横方向)に沿った光量分布を、それぞれ示している。

【0181】

上記した比較例3に係る照明装置301では、受光素子19が、フライアイレンズ151よりも前段側の光路上に配置されている。このため、受光素子19において受光される光束の光量分布は、例えば図38(A), (D)に示したように、レーザ光の出射時と同様のガウス分布となる。つまり、この比較例3では、受光素子19における受光光量分布は、不均一なものとなる。

【0182】

(本実施の形態)

これに対して本実施の形態の照明装置1H, 1Iでは、受光素子19が、フライアイレンズ151よりも後段側の光路上に配置されている。すなわち、フライアイレンズ151において光量分布の略均一化が図られた後に、受光素子19において受光動作が行われることとなる。このため、例えば図38(B), (E)あるいは図38(C), (F)(図35, 図36の例では、図38(B), (E)に対応)に示したように、受光素子19において受光される光束の光量分布(受光光量分布)は、上記比較例3とは異なり、略均一なものとなる。

【0183】

なお、図38の例では、フライアイレンズ151における単位セルの形状が、正六角形となっている。一般に、フライアイレンズにおける単位セルを細密構造にする場合、各単位セルの形状としては三角形、四角形、六角形の3パターンが挙げられるが、ここでは後段側のフライアイレンズ152への入射光 L_{2in} の光束形状をできるだけ円状に近づけるため、正六角形とした。したがって、図38(A)の段階では円形状の光量分布となっているのに対し、図38(B), (C)のように、フライアイレンズ151を通過して光路上を伝播するのに従って、徐々に正六角形状の光量分布となっている。

【0184】

このようにして本実施の形態では、受光素子19がフライアイレンズ151よりも後段側の光路上に配置されているようにしたので、後述する各種の外乱の影響が抑えられ、高精度の光軸調整等が不要となる。これにより、受光素子19における受光光量の変動が抑えられ、各レーザ光源における出射動作の更なる安定化を図り、表示画質を更に向上させ

10

20

30

40

50

ることが可能となる。具体的には、照明装置 1 H , 1 I から出射される照明光における光量変動を低減することができると共に、各色のレーザ光の混合比率の変化も抑えて所望のカラーバランス（ホワイトバランス）を保つことが可能となる。また、上記したような高精度の光軸調整が不要となるため、製品設計時の作り込み作業（光軸調整作業）を飛躍的に改善することが可能となる。

【 0 1 8 5 】

また、フライアイレンズ 1 5 1 とフライアイレンズ 1 5 2 との間（フライアイレンズ 1 5 1 と光学素子 1 4 との間）の光路上に配置されているようにしたので、光学素子 1 4 の微小振動による光量分布変動の影響を受けずに、受光素子 1 9 における受光動作を行うことができる。したがって、光学素子 1 4 よりも後段側の光路上に受光素子 1 9 を配置した場合と比べて受光光量の変動を更に抑えることができ、表示画質の更なる向上を図ることが可能となる。

10

【 0 1 8 6 】

なお、このような本実施の形態の効果は、本実施の形態のように光源としてレーザを用いた場合に利点が大きくなる。つまり、まず、プロジェクタとしての光学系を小型化する場合、光源としてレーザを用いることはメリットが大きい。具体的には、レーザは指向性が高いため、コリメータレンズで平行ビーム化をすることで、効率良くかつ小さいスペースで光を伝搬することができる。一方、光源として L E D を用いる場合、L E D は面発光光源であり拡散性が高いため、光を絞ることが難しい。他方、光量を検知するという観点では、光が広がっているほうが、部分光束をモニタした場合における外乱の影響は小さくて済む（受光光量の変動が小さい）。このように、レーザ光源を用いて光束を小さく絞ったがゆえに光量検知が難しくなったと言えるため、本実施の形態ではこの光量検知を行う位置（受光素子 1 9 の配置位置）を工夫することにより、光学系の小型化と受光光量の変動の抑制との両立を可能としている。

20

【 0 1 8 7 】

また、特に照明装置 1 I では、受光素子 1 9 における受光面 1 9 0 の法線が、光軸 X 0 に対して傾斜配置されているようにしたので、その傾斜角の大きさに応じて受光光量を減少させることができ、受光光量におけるダイナミックレンジの調整を行うことも可能となる。

【 0 1 8 8 】

30

[実施例]

以下、第 5 の実施の形態の実施例（実施例 1 , 2 ）について、上記した比較例 3 と比較しつつ詳細に説明する。なお、以下説明する実施例 1 とは、図 3 6 に示した照明装置 1 I （表示装置 3 I ）の構成における一実施例に、実施例 2 とは、図 3 5 に示した照明装置 1 H （表示装置 3 H ）の構成における一実施例に、それぞれ対応している。

【 0 1 8 9 】

図 3 9 は、実施例 1 , 2 および比較例 3 において、各種の光学パラメータが変動したときの受光光量の一例を表として表したものであり、図 4 0 は、図 3 9 に示した受光光量の一例をグラフ化して表したものである。図 4 0 (A) は、緑色レーザ光（緑色レーザ 1 1 G ）の場合の結果を、図 4 0 (B) は、赤色、青色レーザ光（赤色レーザ 1 1 R , 青色レーザ 1 1 B ）の場合の結果を、それぞれ示している。なお、図 3 9 および図 4 0 ではそれぞれ、レーザ光源からの出射時の光量を基準（ 1 0 0 % ）として受光光量を示している。

40

【 0 1 9 0 】

また、図 4 1 は、図 4 2 ~ 図 4 9 に示した各実施例等（実施例 1 , 2 および比較例 3 における各具体例）における光学パラメータの設定条件を表として表したものである。図 4 2 ~ 図 4 9 はそれぞれ、図 4 1 に示した各具体例に係る受光光量分布の一例を表したものである。なお、図 4 2 ~ 図 4 9 において、(A) , (D) は比較例 3 、(B) , (E) は実施例 1 、(C) , (F) は実施例 2 にそれぞれ対応している。また、図 4 2 ~ 図 4 9 において、(A) ~ (C) は、光束の断面上における 2 次元的な光量分布を、(D) ~ (F) は、(A) ~ (C) における光量分布の中心を通る 1 次元方向（ここでは横方向）に沿

50

った光量分布を、それぞれ示している。なお、図 4 2 ~ 図 4 9 において、(A) ~ (C) 中に示された白枠は、受光素子 1 9 における有効受光面 (受光面 1 9 0 の有効領域 ; 例えば 0 . 5 mm x 0 . 5 mm 程度) を表している。

【 0 1 9 1 】

ここで、これらの実施例 1 , 2 および比較例 3 における具体的な条件 (シミュレーション時の計算条件) は、以下の通りである。なお、発散角における「 M a x 」, 「 M i n 」はそれぞれ、発散角が最大値, 最小値である状態を意味している。また、「光軸倒れ」とは、外部からの衝撃等によるレーザや光学系、受光素子 1 9 間の位置ずれなどに起因した光束の倒れ角度を意味し、ここではレーザの出射面内方向での位置ずれにより発生するカップリング後の光束の倒れ角度として示している。また、「強度中心ずれ」とは、レーザ光の光量分布 (ガウス分布) におけるピーク位置のずれ量を意味し、ここではレーザの光軸に対する回転方向の倒れ角度として示している。このような発散角の変動、光軸倒れあるいは強度中心ずれの発生は、受光光量の変動を引き起こすものである。

【 0 1 9 2 】

(緑色レーザ 1 1 G について)

- ・レーザの種類... S H G (Second Harmonic Generation) レーザ
- ・レーザの発散角 M i n ... 2 0 mrad (水平方向)、1 0 mrad (垂直方向)
- ・レーザの発散角 M a x ... 2 5 mrad (水平方向)、3 0 mrad (垂直方向)
- ・焦点距離 = 5 0 mm のカップリングレンズ 1 2 G を使用
- ・光軸倒れ... 3 . 5 °
- ・強度中心ずれ... 2 °

(赤色レーザ 1 1 R , 青色レーザ 1 1 B について)

- ・レーザの種類... C a n パッケージレーザ
- ・レーザの発散角 M i n ... 2 5 ° (水平方向)、5 ° (垂直方向)
- ・レーザの発散角 M a x ... 4 0 ° (水平方向)、1 0 ° (垂直方向)
- ・焦点距離 = 3 mm のカップリングレンズ 1 2 R , 1 2 B を使用
- ・光軸倒れ... 3 . 5 °
- ・強度中心ずれ... 5 °

(その他)

- ・焦点距離 = 1 . 5 mm のフライアイレンズ 1 5 1 を使用
- ・実施例 1 , 2 ... フライアイレンズ 1 5 1 から 1 0 mm 離れた位置で受光
- ・実施例 1 ... 光軸 X 0 に対する受光面 1 9 0 の法線の傾斜角 = 4 5 °
- ・レーザの発散角... 一般的な半導体レーザの発散角を想定
- ・光軸倒れ、強度中心ずれ... レーザを調整せずに機械的な精度で取り付けした場合のずれ量、または、外的要因によるずれ量

【 0 1 9 3 】

これらの図 3 9 ~ 図 4 9 (特に図 3 9 , 図 4 0) に示した実施例 1 , 2 および比較例 3 により、以下のことが言える。すなわち、実施例 1 , 2 では比較例 3 と比べ、光量を安定して検出できる (受光光量の変動が抑えられる) ことが分かる。具体的には、比較例 3 では、レーザの発散角の違いや光軸倒れ、強度中心ずれ等による受光光量の変動が非常に大きい。例えば、図 4 0 (A) における比較例 3 に至っては、受光光量が 8 % から 7 4 % までと約 9 倍も変動してしまうことになる。つまり、この比較例 3 では、前述した高精度の光軸調整等が必要不可欠ということになる。一方、実施例 1 , 2 では、そのような高精度の光軸調整等を行わずとも受光光量がほとんど変動しないことから、そのような調整を必要としないことが分かる。このように、実施例 1 , 2 では高精度の光軸調整が不要となるため、製品設計時の作り込み作業 (光軸調整作業) を飛躍的に改善することが可能となる。

【 0 1 9 4 】

また、これらの結果から、調整の要否だけでなく、ずれ感度が高い (= 多少のずれでも受光光量が大きく変動する) ということは調整後であっても問題が生じ得るということが分かる。つまり、比較例 3 のように、レーザの出射光量が一定であるのにも関わらず受光

10

20

30

40

50

素子 19 での受光光量が大きく変化すると、A P C (Auto Power Control ; 閉ループ処理) による出射光量を一定に保とうとするシステムが崩れてしまう。その結果、適切な光量モニタが難しくなり、明るさや色バランスの劣化へと繋がる。これに対して実施例 1 , 2 であれば、照明光における光量変動を低減する (明るさを略一定に保つ) ことができると共に、所望の色バランスを保つことが可能となる。

【 0 1 9 5 】

< その他の変形例 >

以上、実施の形態および変形例を挙げて本開示の技術を説明したが、本技術はこれらの実施の形態等に限定されず、種々の変形が可能である。

【 0 1 9 6 】

例えば、第 4 の実施の形態およびその変形例 (変形例 6 ~ 8) では、後段側のフライアイレンズにおける出射側単位セル C 2 out (第 2 単位セル) が、菱形状、十字形状または六角形状からなる場合について説明したが、第 2 単位セルの形状はこれらの場合には限られない。すなわち、X 軸方向および Y 軸方向の双方に沿って延出する形状 (入射側単位セル C 2 in (第 1 単位セル) と比べ、X 軸方向および Y 軸方向に沿って略等方的 (望ましくは等方的) な形状) なのであれば、第 2 単位セルを他の形状としてもよい。

【 0 1 9 7 】

また、上記実施の形態等では、本開示における「第 1 および第 2 の均一化光学部材」がそれぞれ、フライアイレンズからなる場合を例に挙げて説明したが、これらの均一化光学部材がそれぞれ、他の光学部材 (例えばロッドインテグレータ等) からなるようにしてもよい。

【 0 1 9 8 】

更に、上記実施の形態等で説明した光学素子 14 , 14 A , 14 B では、それらの光射出面側に波型構造や傾斜面構造が形成されている場合について説明したが、このような場合には限られない。すなわち、例えば、それらの光入射面側、あるいはそれらの光入射面側および光射出面側の双方に、波型構造や傾斜面構造が形成されているようにしてもよい。

【 0 1 9 9 】

また、上記実施の形態等では、本開示における「第 1 の方向」と「第 2 の方向」とが互いに直交している場合 (水平方向 (X 軸方向) および垂直方向 (Y 軸方向) の場合) を例に挙げて説明したが、この場合には限られない。すなわち、これらの「第 1 の方向」と「第 2 の方向」とが、互いに直交していないようにしてもよい。

【 0 2 0 0 】

更に、上記実施の形態等では、複数種類 (赤色用, 緑色用, 青色用) の光源がいずれもレーザ光源である場合について説明したが、この場合には限られず、複数種類の光源のうちの少なくとも 1 つがレーザ光源であればよい。すなわち、光源部内に、レーザ光源と他の光源 (例えば L E D 等) とを組み合わせるよう設けるようにしてもよい。

【 0 2 0 1 】

加えて、上記実施の形態等では、光変調素子が反射型の液晶素子である場合を例に挙げて説明したが、この場合には限られない。すなわち、例えば透過型の液晶素子であってもよく、更には、液晶素子以外の光変調素子 (例えば、D M D (Digital Micromirror Device) など) であってもよい。

【 0 2 0 2 】

また、上記実施の形態等では、異なる波長の光を発する 3 種類の光源を用いた場合について説明したが、例えば 3 種類の光源ではなく、1 種類や 2 種類, 4 種類以上の光源を用いるようにしてもよい。

【 0 2 0 3 】

更に、上記実施の形態等では、照明装置および表示装置の各構成要素 (光学系) を具体的に挙げて説明したが、全ての構成要素を備える必要はなく、また、他の構成要素を更に備えていてもよい。具体的には、例えばダイクロイックプリズム 131 , 132 の代わり

10

20

30

40

50

に、ダイクロイックミラーを設けるようにしてもよい。

【 0 2 0 4 】

加えて、上記実施の形態等では、光変調素子により変調された光をスクリーンに投射する投射光学系（投影レンズ）を備え、投射型の表示装置として構成されている場合について説明したが、本技術は、直視型の表示装置などにも適用することが可能である。

【 0 2 0 5 】

なお、本技術は以下のような構成を取ることも可能である。

(1)

レーザ光源を含む光源部と、

前記光源部側からの光が入射する第 1 の均一化光学部材と、

前記第 1 の均一化光学部材側からの光が入射する第 2 の均一化光学部材と、

前記光源部からの出射光の光路上に配設された光学素子と、

前記光学素子を振動させる駆動部と

を備えた照明装置。

10

(2)

前記光学素子は、

入射したレーザ光を収束させつつ出射する第 1 光学面と、

入射したレーザ光を発散させつつ出射する第 2 光学面と

を有する上記 (1) に記載の照明装置。

20

(3)

前記第 1 および第 2 の均一化光学部材はそれぞれ、2 次元配列された複数の単位セルを有し、

前記第 1 光学面および前記第 2 光学面の延在方向と、前記単位セルの配列方向とが、互いに傾斜している

上記 (2) に記載の照明装置。

(4)

前記第 1 光学面が凸状の曲面であり、前記第 2 光学面が凹状の曲面である

上記 (2) または (3) に記載の照明装置。

(5)

前記第 1 光学面のピッチと前記第 2 光学面のピッチとが、互いに異なる

上記 (2) ないし (4) のいずれかに記載の照明装置。

30

(6)

前記光学素子が、前記第 1 の均一化光学部材と前記第 2 の均一化光学部材との間の光路上に配置されている

上記 (1) ないし (5) のいずれかに記載の照明装置。

(7)

前記第 2 の均一化光学部材は、2 次元配列された複数の単位セルを有し、

以下の [1] 式を満たす

上記 (6) に記載の照明装置。

$\{ 6 \times f \times \tan (\quad f) \} > P f \quad \dots \dots [1]$

40

但し、

f : 前記第 2 の均一化光学部材における単位セルの焦点距離

$P f$: 前記第 2 の均一化光学部材における単位セルのピッチ

f : 前記光学素子から出射して前記第 2 の均一化光学部材へ入射する光束におけるマージナル光線角度

(8)

前記第 2 の均一化光学部材における各単位セルが、長軸方向および短軸方向を有する異方性形状からなり、

前記長軸方向および前記短軸方向の双方について、前記 (1) 式を満たしている

上記 (7) に記載の照明装置。

50

(9)

前記光学素子が、入射したレーザ光を収束させつつ出射する第 1 光学面と、入射したレーザ光を発散させつつ出射する第 2 光学面とを有し、

前記第 1 光学面および前記第 2 光学面の延在方向と前記単位セルの配列方向とが、傾斜角にて互いに傾斜しており、

前記第 2 の均一化光学部材における単位セルの前記長軸方向のピッチを前記 P_f 、それらの単位セルにおけるアスペクト比を $X : Y$ ($X > Y$) としたとき、

以下の [2] 式および [3] 式を更に満たす

上記 (8) に記載の照明装置。

$$\{ 6 \times f \times \tan (f \times \sin) \} > P_f \quad \dots\dots [2]$$

10

$$\{ 6 \times f \times \tan (f \times \cos) \} > \{ (Y / X) \times P_f \} \quad \dots\dots [3]$$

(1 0)

以下の [4] 式を更に満たす

上記 (9) に記載の照明装置。

$$\{ f \times \tan (f \times \cos) \} < \{ (1 / 2) \times (Y / X) \times P_f \} \quad \dots\dots [4]$$

(1 1)

前記第 1 の均一化光学部材と前記第 2 の均一化光学部材との間の光路上に、正のパワーを有する一対のレンズが配設されており、

前記光学素子が、前記一対のレンズ間の光路上に配置されている

上記 (6) ないし (1 0) のいずれかに記載の照明装置。

20

(1 2)

前記光学素子が、前記第 1 の均一化光学部材の光入射側の光路上、または、前記第 2 の均一化光学部材の光出射側の光路上に配置されている

上記 (1) ないし (5) のいずれかに記載の照明装置。

(1 3)

前記第 2 の均一化光学部材が、その光入射面上に配列された複数の第 1 単位セルと、その光出射面上に配列された複数の第 2 単位セルとを個別に有し、

前記第 1 単位セルは、第 1 の方向を長軸方向とすると共に第 2 の方向を短軸方向とする異方形状からなり、

前記第 2 単位セルは、前記第 1 および第 2 の方向の双方に沿って延出する形状からなる

30

上記 (1) ないし (1 2) のいずれかに記載の照明装置。

(1 4)

前記第 2 単位セルが、前記第 1 単位セルと比べて、前記第 1 および第 2 の方向に沿った略等方的な形状からなる

上記 (1 3) に記載の照明装置。

(1 5)

前記複数の第 1 単位セルが、前記光入射面上で隙間なく 2 次元配置されると共に、

前記複数の第 2 単位セルが、前記光出射面上で隙間なく 2 次元配置されている

上記 (1 3) または (1 4) に記載の照明装置。

40

(1 6)

前記第 2 の均一化光学部材では、その光入射面上の前記第 1 または第 2 の方向に沿って、隣接する第 1 単位セル列間での配置位置が交互にずれている

上記 (1 5) に記載の照明装置。

(1 7)

互いに対向する前記第 1 単位セルと前記第 2 単位セルとの間で、それらの中心点の位置が略一致している

上記 (1 5) または (1 6) に記載の照明装置。

(1 8)

前記第 1 の均一化光学部材は、その光入射面側と光出射面側とで共通化された、複数の共通化単位セルを有する

50

上記(13)ないし(17)のいずれかに記載の照明装置。

(19)

前記第1の均一化光学部材よりも後段側の光路上に配設された受光素子と、

前記受光素子により受光された光束の光量に基づいて、前記レーザ光源における出射光量を制御する制御部と

を更に備えた

上記(1)ないし(18)のいずれかに記載の照明装置。

(20)

前記受光素子が、前記第1の均一化光学部材と前記第2の均一化光学部材との間の光路上に配置されている

上記(19)に記載の照明装置。

(21)

前記受光素子が、前記光学素子よりも前段側に配置されている

上記(20)に記載の照明装置。

(22)

照明光を出射する照明装置と、

前記照明光を映像信号に基づいて変調する光変調素子と

を備え、

前記照明装置は、

レーザ光源を含む光源部と、

前記光源部側からの光が入射する第1の均一化光学部材と、

前記第1の均一化光学部材側からの光が入射する第2の均一化光学部材と、

前記光源部からの出射光の光路上に配設された光学素子と、

前記光学素子を振動させる駆動部と

を有する表示装置。

(23)

前記光変調素子により変調された照明光を被投射面に対して投射する投射光学系を更に備えた

上記(22)に記載の表示装置。

【符号の説明】

【0206】

1, 1C ~ 1I ... 照明装置、10 ... 制御部、11R ... 赤色レーザ、11G ... 緑色レーザ、11B ... 青色レーザ、12R, 12G, 12B ... カップリングレンズ、131, 132 ... ダイクロイックプリズム、14, 14A, 14B ... 光学素子、14p ... プリズム、140 ... 駆動部、141 ... 第1光学面(凸状曲面)、142 ... 第2光学面(凹状曲面)、151, 152, 152H, 152I, 152J, 152K ... フライアイレンズ、152a ... 収束光束領域、152b ... 拡散光束領域、161, 162 ... サブコンデンサレンズ、17 ... コンデンサレンズ、18 ... 部分透過ミラー、19 ... 受光素子、190 ... 受光面、21 ... 反射型液晶素子、22 ... フィールドレンズ、23 ... 偏光ビームスプリッタ、24 ... 投射レンズ、3, 3G ... 表示装置、30 ... スクリーン、X0, Z0 ... 光軸、As, As1 ~ As4, Asin, Asout ... 光学面延在軸(シリンダー軸)、 $\theta_1 \sim \theta_4$, θ_{in} , θ_{out} ... 傾斜角、L1in, L2in ... 入射光、L2out, L2a, L2b, L2c, L2d ... 出射光(出射光束)、Lr ... 反射光、Lt ... 透過光、S1in, S2in ... 光入射面、S1out, S2out ... 光出射面、A1in, A2in ... 入射側アレイ、A1out, A2out ... 出射側アレイ、C1in, C2in ... 入射側単位セル、C1out, C2out ... 出射側単位セル、C2a, C2b, C2c, C2d ... 単位セル。

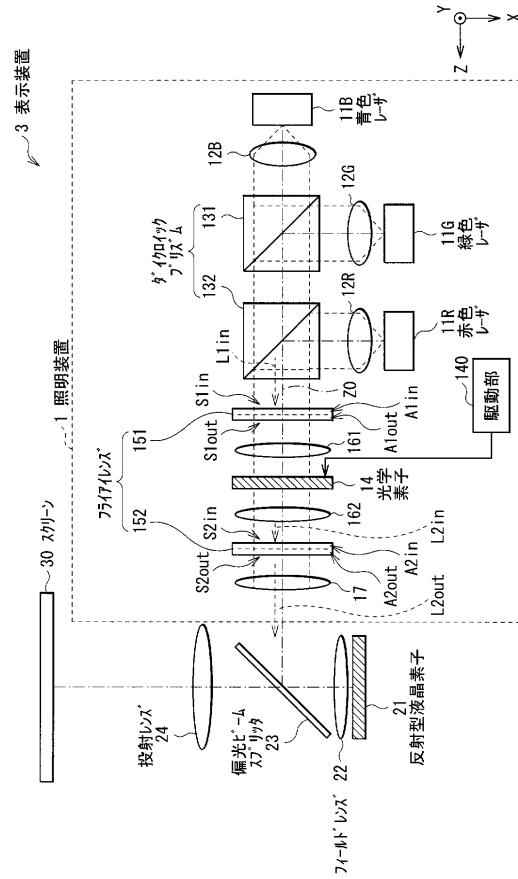
10

20

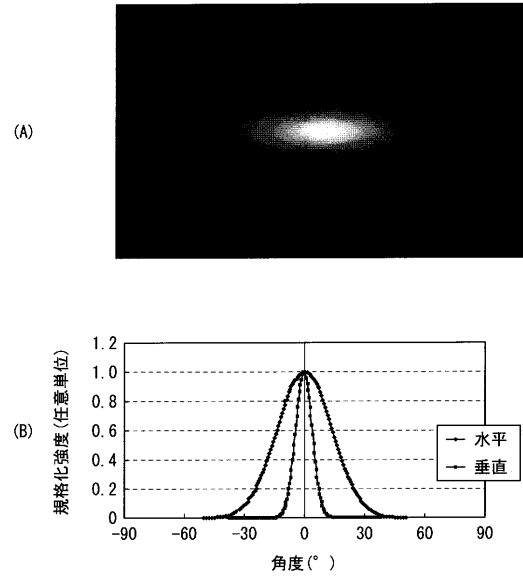
30

40

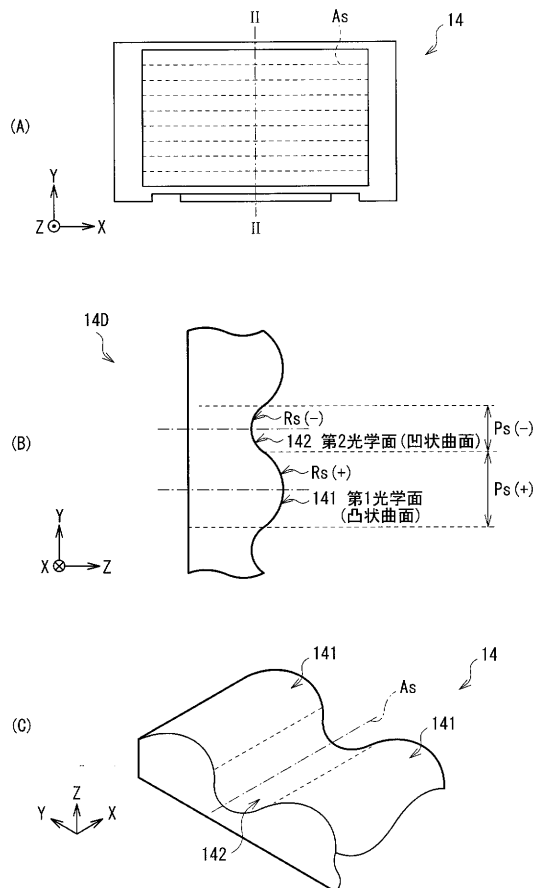
【図 1】



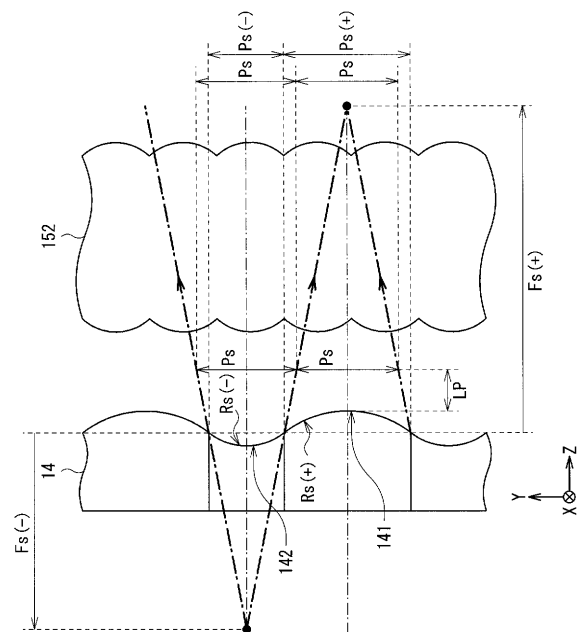
【図 2】



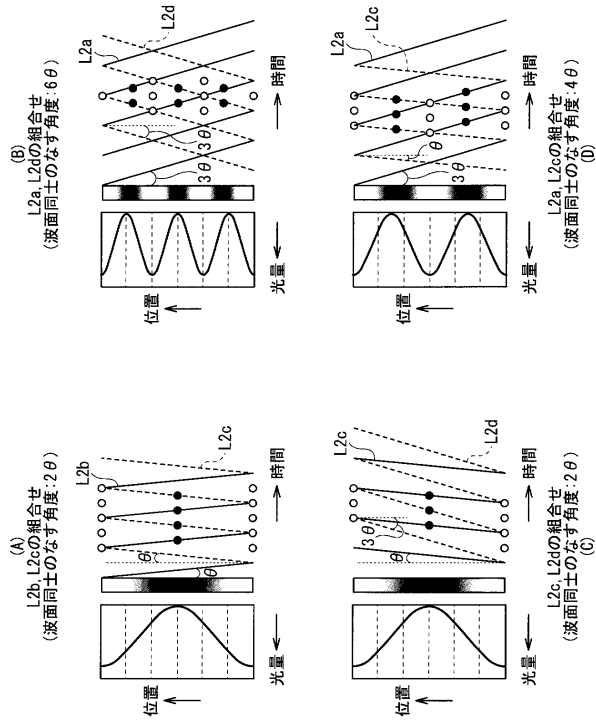
【図 3】



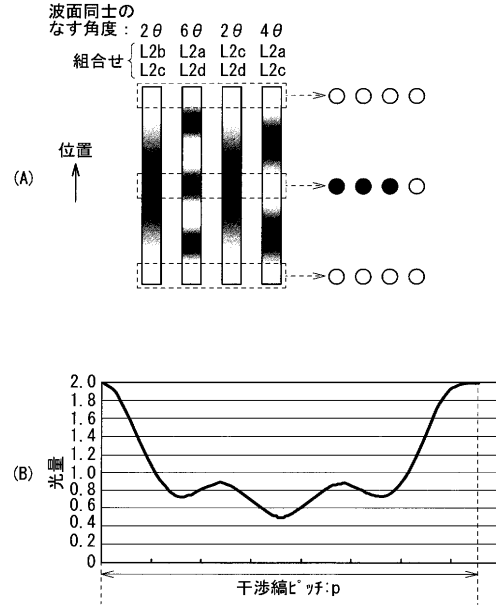
【図 4】



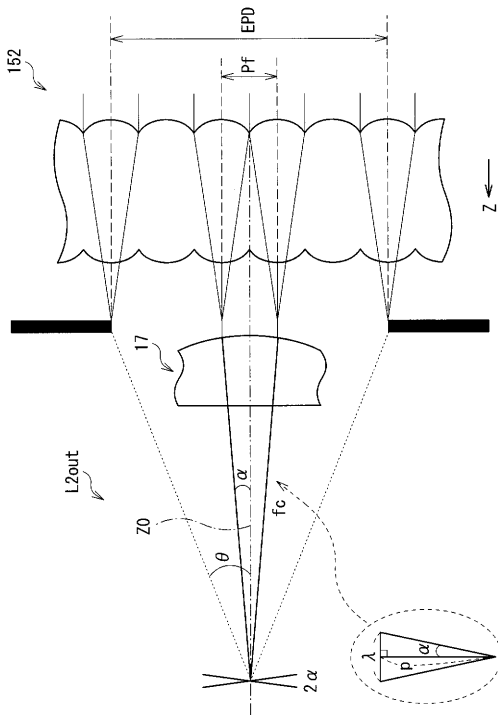
【図 9】



【図 10】



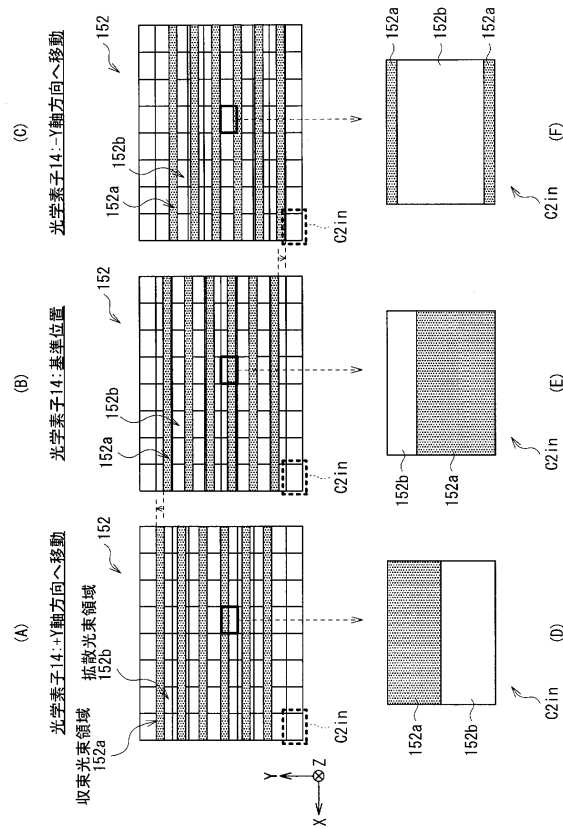
【図 11】



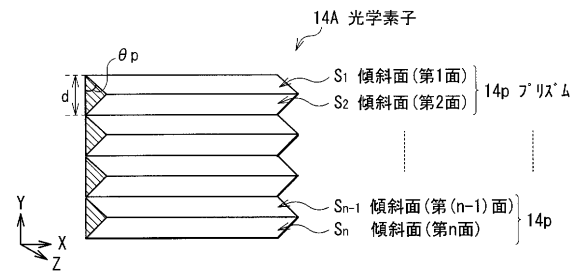
【図 12】

干渉縞 $m \cdot p$ 計算例	Single 例1 ($n=10$)	Double 例1		Single 例2 ($n=20$)		Double 例2	
		FEL151	FEL152	FEL151	FEL152	FEL151	FEL152
波長: λ [nm]	532	532	532	532	532	532	532
EPD [mm]	6	6	6	6	6	6	6
コンデンサの焦点距離: f_c [mm]	12	18	12	18	24	18	18
Fナンバー: F	2.0	3.0	2.0	3.0	4.0	3.0	3.0
NA	0.25	0.17	0.25	0.17	0.13	0.17	0.17
FELの単位数: n	10	10	10	20	10	20	20
FELの単位幅: $m \cdot p$ [μm]	600	600	600	300	600	300	300
FELの単位幅の倍率: M	1	8.1	1	1	16.2	1	1
反射型液晶素子の厚さ [inch]	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
干渉縞 $m \cdot p$ (反射型液晶素子上) [μm]	10.6	16.0	10.6	31.9	21.3	31.9	31.9
干渉縞 $m \cdot p$ (スクリーン上) [mm]	1.2	14.7	1.2	3.6	39.3	3.6	3.6

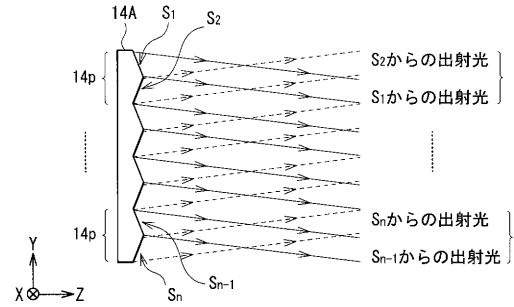
【図 13】



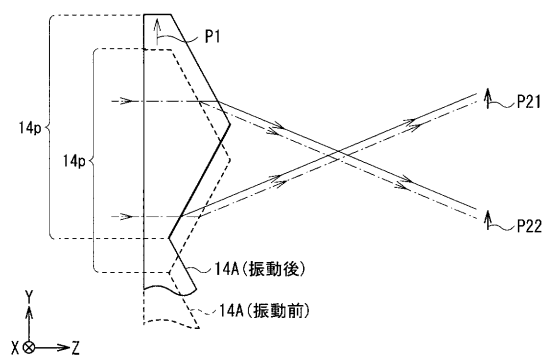
【図 14】



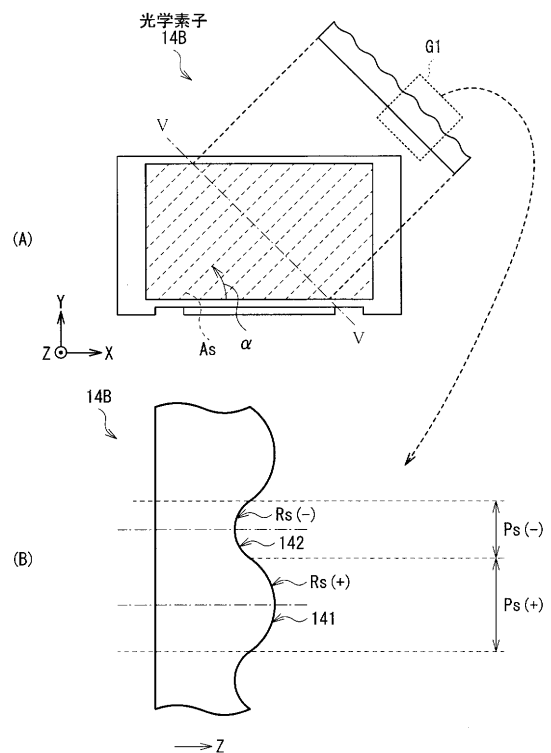
【図 15】



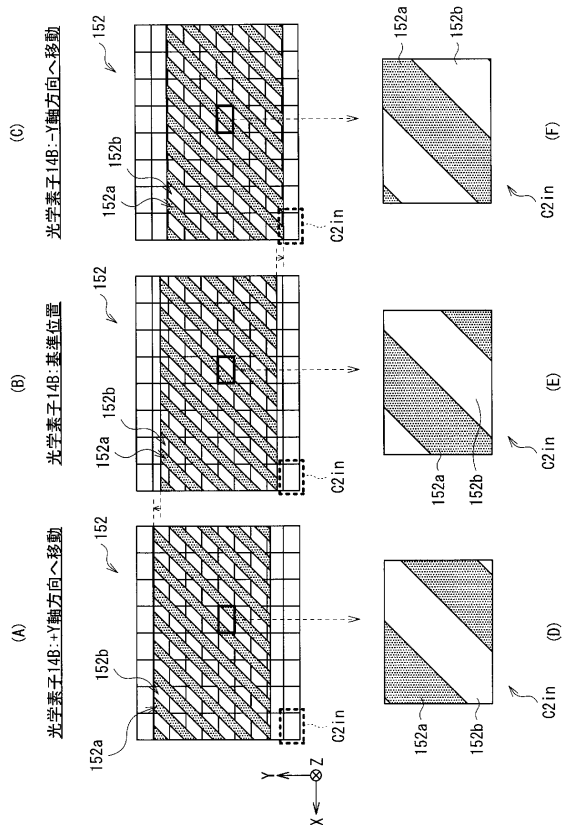
【図 16】



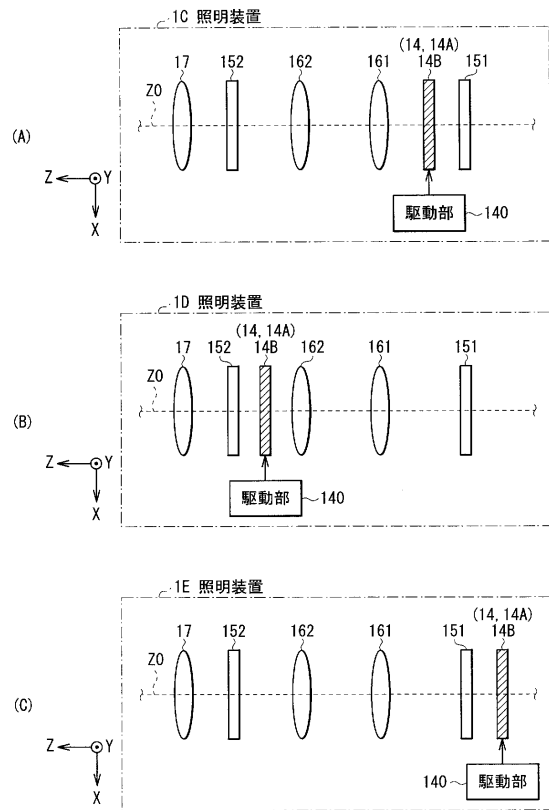
【図 17】



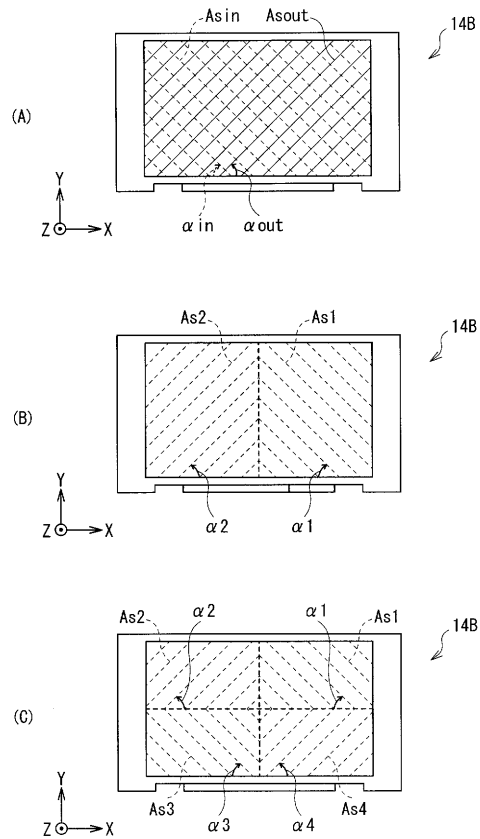
【図 18】



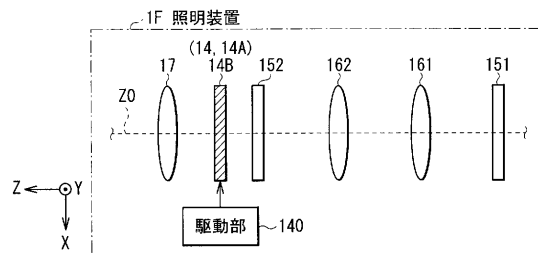
【図 19】



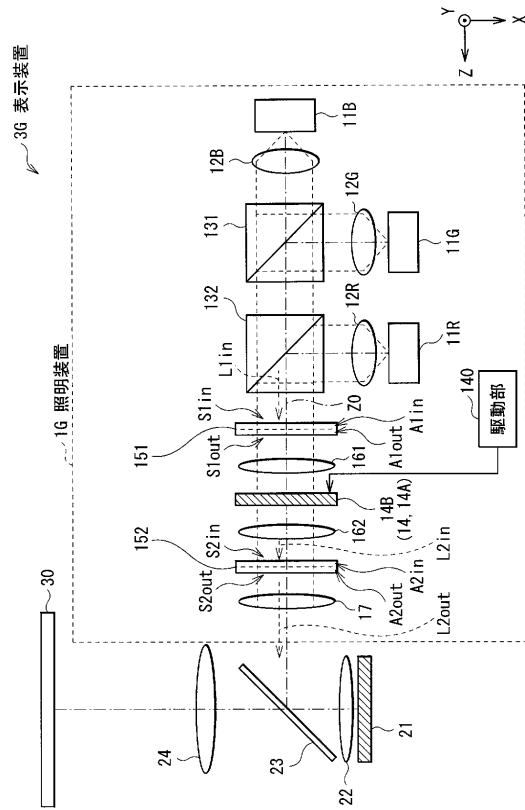
【図 20】



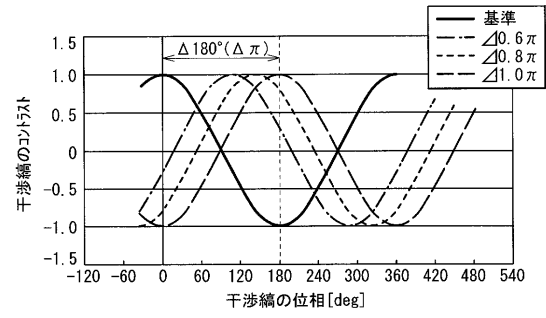
【図 21】



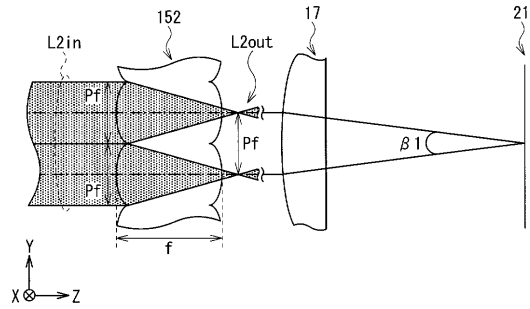
【図 2 2】



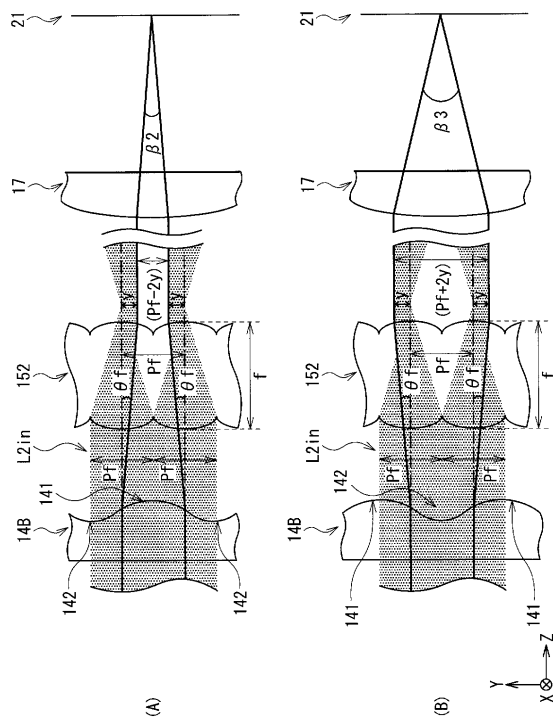
【図 2 3】



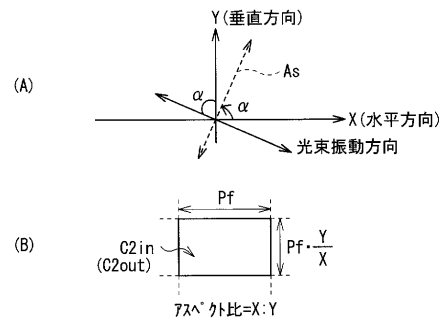
【図 2 4】



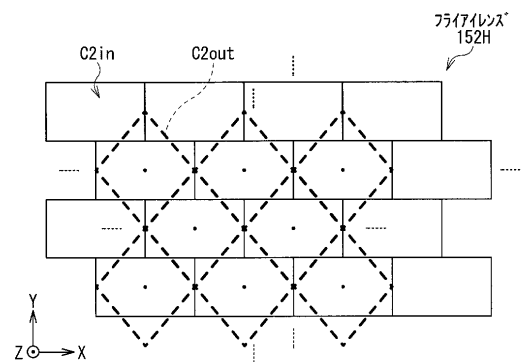
【図 2 5】



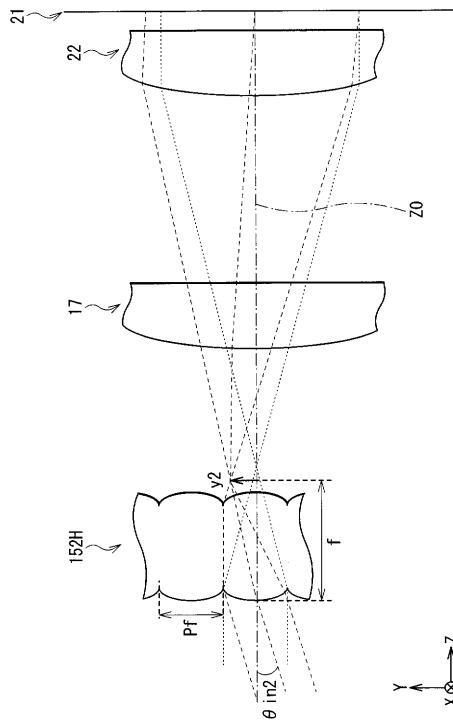
【図 2 6】



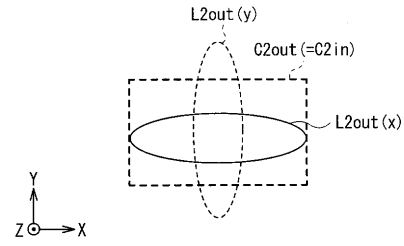
【図 2 7】



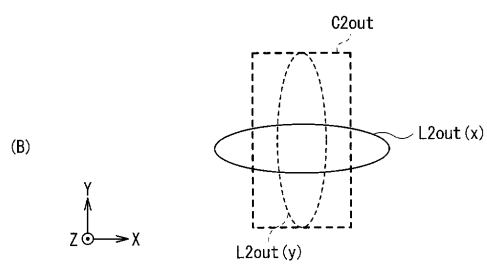
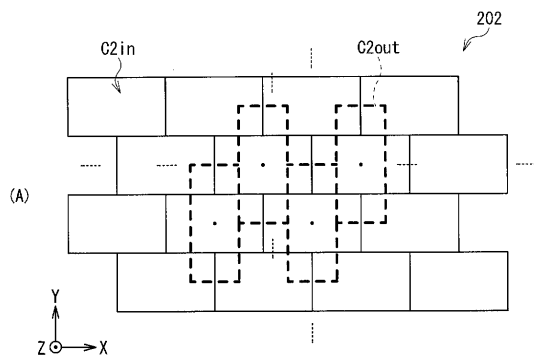
【図 28】



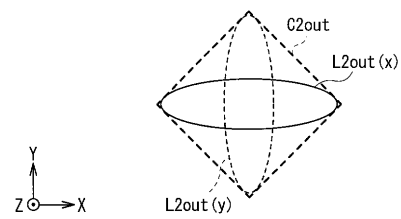
【図 29】



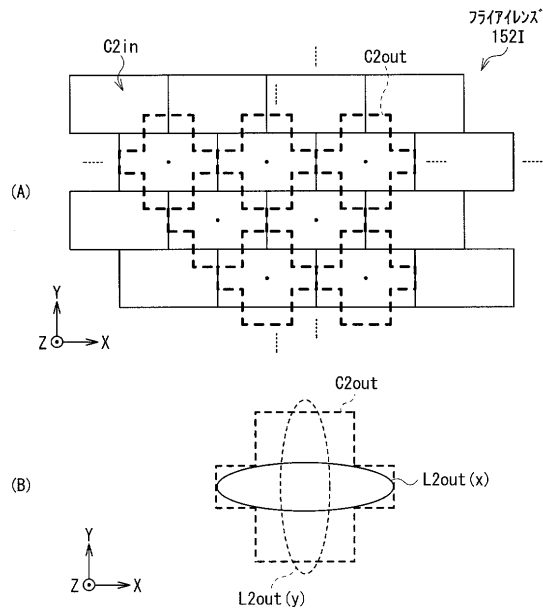
【図 30】



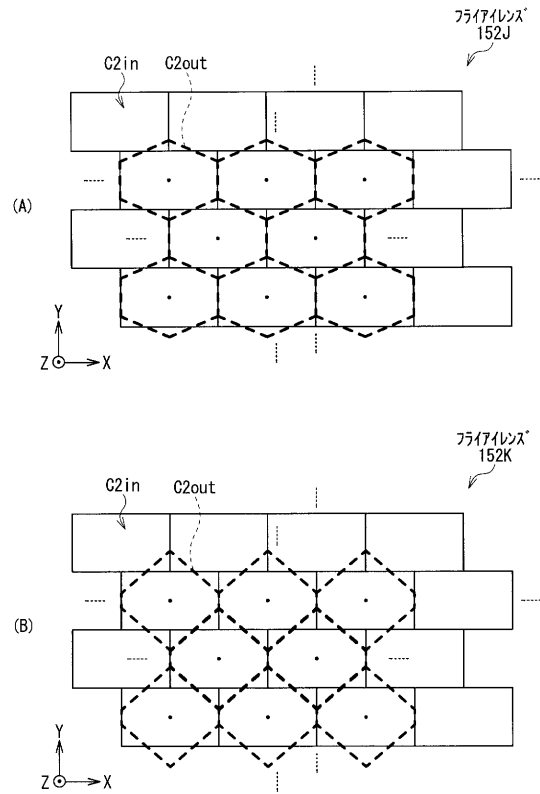
【図 31】



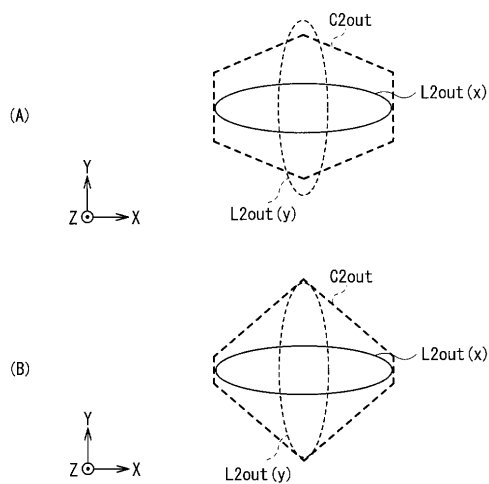
【図 3 2】



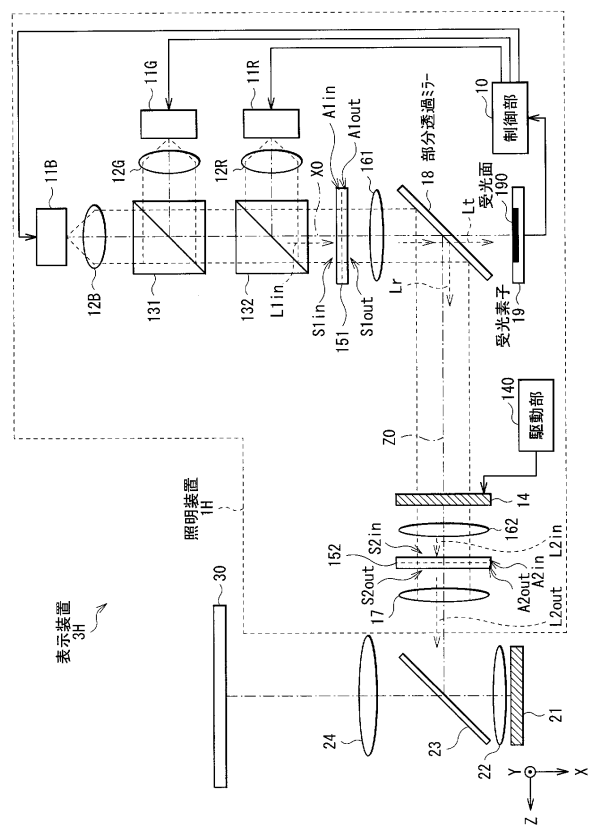
【図 3 3】



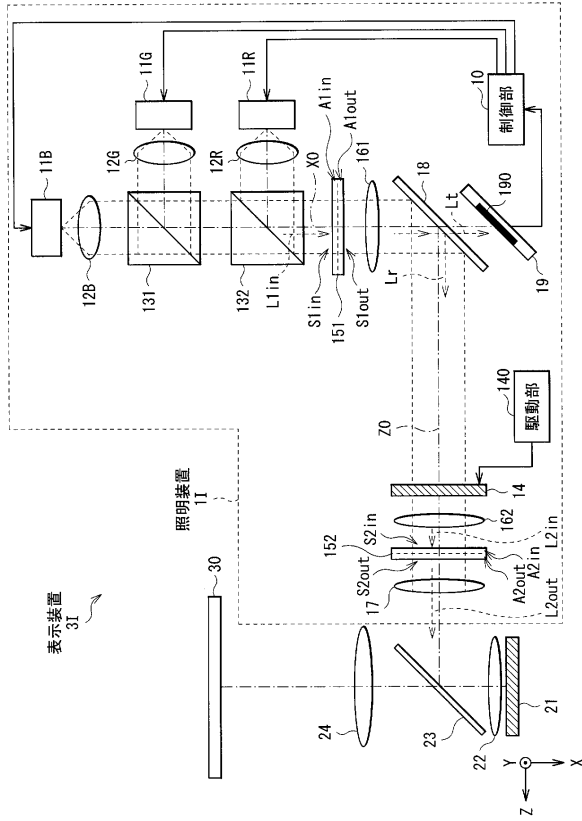
【図 3 4】



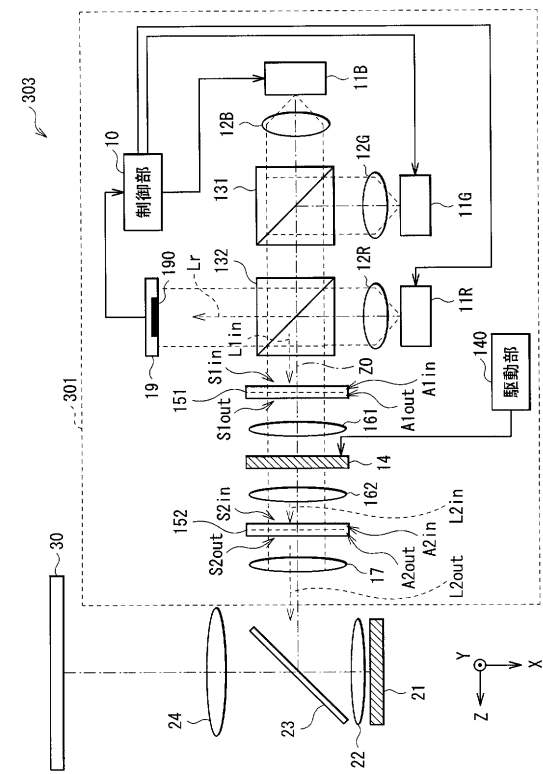
【図 3 5】



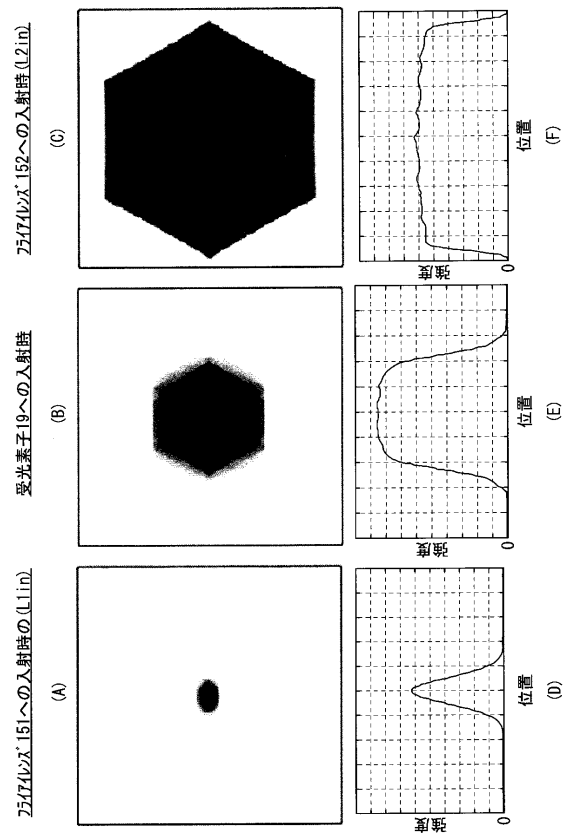
【図 36】



【図 37】



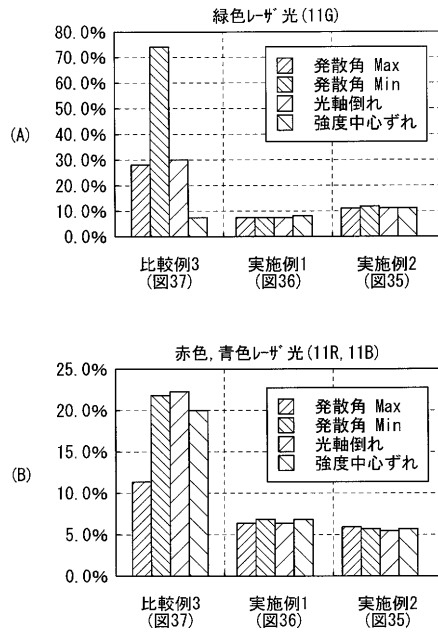
【図 38】



【図 39】

受光量 (レーザー光源からの 出射時の光量:100%)	緑色レーザー光 (11G)		赤色、青色レーザー光 (11R, 11B)	
	比較例3 (図37)	実施例1 (図36)	比較例2 (図35)	実施例2 (図35)
発散角 Max	29.0%	7.4%	10.9%	5.8%
発散角 Min	73.7%	7.6%	11.2%	5.6%
光軸傾れ	30.1%	7.6%	21.8%	5.4%
強度中心ずれ	7.9%	8.1%	22.3%	5.6%

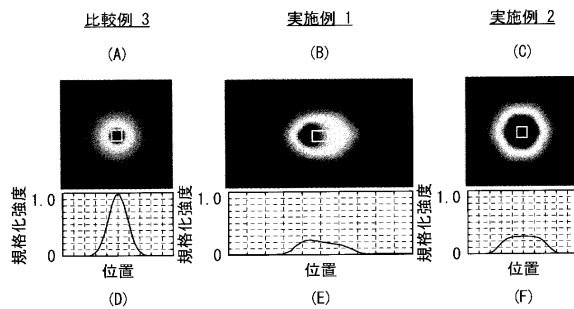
【図 40】



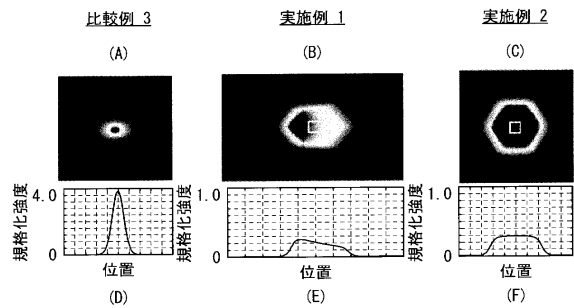
【図 41】

図面	レーザー光の種類	発散角の状態	光軸倒れの発生の有無	強度中心ずれの発生の有無
図42	緑色レーザー光	Max	無し	無し
図43	緑色レーザー光	Min	無し	無し
図44	緑色レーザー光	Min	有り (3.5°)	無し
図45	緑色レーザー光	Min	無し	有り (2°)
図46	赤色, 青色レーザー光	Max	無し	無し
図47	赤色, 青色レーザー光	Min	無し	無し
図48	赤色, 青色レーザー光	Min	有り (3.5°)	無し
図49	赤色, 青色レーザー光	Min	無し	有り (5°)

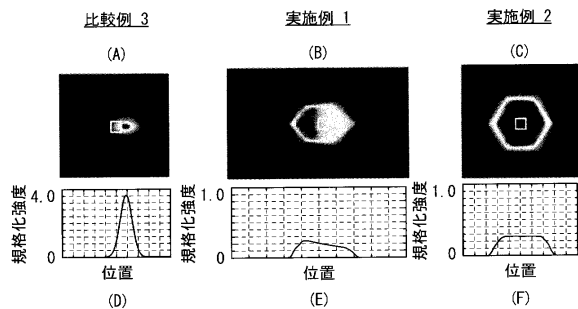
【図 42】



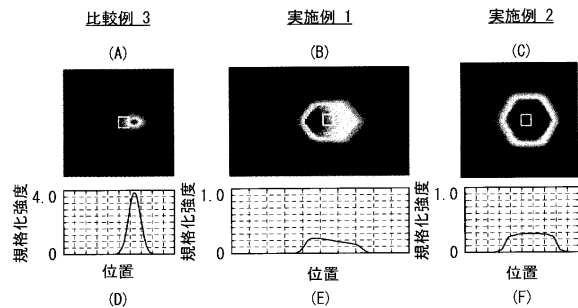
【図 43】



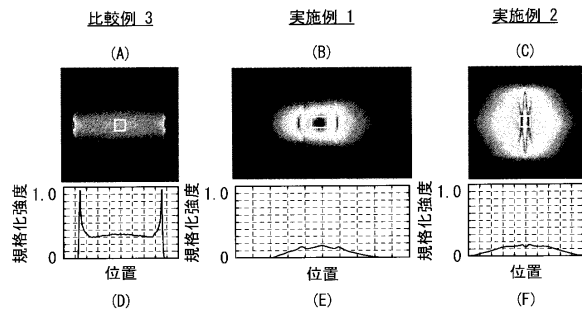
【図 44】



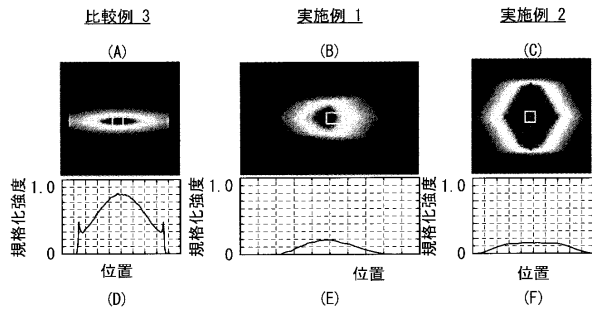
【図 45】



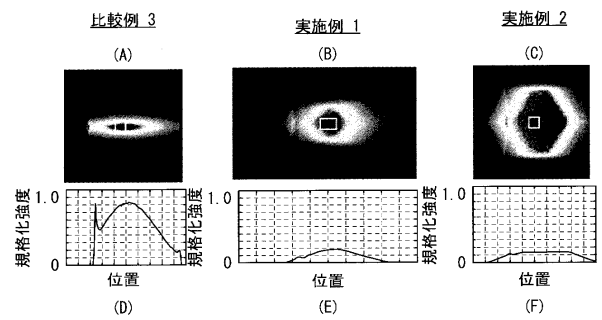
【図 46】



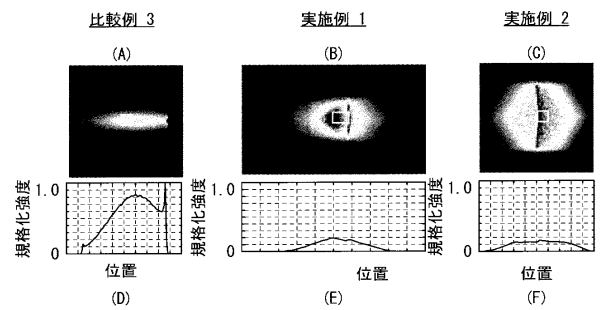
【図 47】



【図 48】



【図 49】



フロントページの続き

(72)発明者 高橋 一幸
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

審査官 山本 貴一

(56)参考文献 特開2013-182207(JP,A)
特開2003-098476(JP,A)
国際公開第2008/114502(WO,A1)
特開2008-009240(JP,A)
特開平11-271669(JP,A)
特開2000-131762(JP,A)
特開2012-098708(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 5/02, 27/48
G03B 21/00, 21/14