

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5867721号
(P5867721)

(45) 発行日 平成28年2月24日(2016.2.24)

(24) 登録日 平成28年1月15日(2016.1.15)

(51) Int.Cl.

F 1

| | | | | | |
|-------------|----------------|------------------|-------------|----------------|----------|
| G03B | 21/14 | (2006.01) | G03B | 21/14 | A |
| G03B | 21/00 | (2006.01) | G03B | 21/14 | Z |
| G02F | 1/13357 | (2006.01) | G03B | 21/00 | E |
| H04N | 5/74 | (2006.01) | G02F | 1/13357 | |
| F21S | 2/00 | (2016.01) | HO4N | 5/74 | H |

請求項の数 14 (全 24 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2012-83560(P2012-83560)

(22) 出願日

平成24年4月2日(2012.4.2)

(65) 公開番号

特開2013-213896(P2013-213896A)

(43) 公開日

平成25年10月17日(2013.10.17)

審査請求日

平成27年1月20日(2015.1.20)

(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

特許業務法人つばさ国際特許事務所

(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 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 小野 博之

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、

2次元配列された複数の単位セルを有すると共に、前記光源部側からの光が入射する均一化光学部材と、

前記光源部と前記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、

以下の(1)式を満たすことにより、前記均一化光学部材に起因して照明光に発生する干渉縞における明暗状態の位相を、変化させる

照明装置。

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

但し、

f : 前記単位セルの焦点距離

P_f : 前記単位セルのピッチ

f : 前記光学素子から出射して前記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 2】

前記単位セルが、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

10

20

請求項 1 に記載の照明装置。

【請求項 3】

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、

前記単位セルにおける前記長軸方向のピッチを前記 P_f 、前記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 2 に記載の照明装置。

$$\{ 6 \times f \times \tan(\alpha) \} > P_f \quad \dots\dots (2)$$

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

【請求項 4】

以下の(4)式を更に満たす

請求項 3 に記載の照明装置。

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

【請求項 5】

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 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 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 5 に記載の照明装置。

【請求項 7】

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 5 または請求項 6 に記載の照明装置。

【請求項 8】

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 5 ないし請求項 7 のいずれか 1 項に記載の照明装置。

【請求項 9】

前記均一化光学部材がフライアイレンズからなる

請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか 1 項に記載の照明装置。

【請求項 10】

前記光源部は、前記レーザ光源として、赤色光、緑色光または青色光を発する 3 種類のレーザ光源を有する

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】

前記レーザ光源が半導体レーザである

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】

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、

2 次元配列された複数の単位セルを有すると共に、前記光源部側からの光が入射する均一化光学部材と、

前記光源部と前記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、

10

20

30

40

50

前記光学素子を振動させる駆動部と
を備え、

以下の(1)式を満たすことにより、前記均一化光学部材に起因して前記照明光に発生する干渉縞における明暗状態の位相を、変化させる表示装置。

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

但し、

f : 前記単位セルの焦点距離

P_f : 前記単位セルのピッチ

f : 前記光学素子から出射して前記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 10

【請求項 1 3】

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 1 2 に記載の表示装置。

【請求項 1 4】

前記光変調素子が液晶素子である

請求項 1 2 または請求項 1 3 に記載の表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0 0 0 1】

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】

【0 0 0 2】

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）かつ軽量な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。 30

【0 0 0 3】

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。

【0 0 0 4】

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、フライアイレンズが設けられている。 40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 5】

【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】

50

【0006】

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、2次元配列された複数の単位セルを有すると共に、光源部側からの光が入射する均一化光学部材と、光源部と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、以下の(1)式を満たすことにより、均一化光学部材に起因して照明光に発生する干渉縞における明暗状態の位相を、変化させるようにしたものである。但し、 f は単位セルの焦点距離であり、 P_f は単位セルのピッチであり、 α_f は、光学素子から出射して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である。

$$\{ 6 \times f \times \tan(\alpha_f) \} > P_f \quad \dots \dots \quad (1)$$

10

【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。

20

【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均一化光学部材を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、光源部と均一化光学部材との間の光路上に配置されて振動する光学素子と、均一化光学部材との間で、上記(1)式を満たすように設定されていることにより、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、光源部と均一化光学部材との間の光路上に配置されて振動する光学素子と、均一化光学部材との間で、上記(1)式を満たすようにしたので、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。

30

【図面の簡単な説明】**【0012】**

【図1】本開示の一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1に示した光学素子の他の構成例を表す模式図である。

40

【図5】図3、図4に示した光学素子の詳細構成例を表す模式図である。

【図6】図1に示したフライアイレンズの構成例を表す模式図である。

【図7】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8】図4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9】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。

【図10】図9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11】図10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。

50

【図12】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13】干渉縞ピッチ等の計算例を表す図である。

【図14】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15】光学素子が配置されていない場合における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16】光学素子が配置されている場合における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17】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18】変形例に係る光学素子の構成例を表す模式図である。 10

【図19】図18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20】図18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。

【発明を実施するための形態】

【0013】

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。

1. 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間で条件式を規定した例）

2. 変形例（光学素子がプリズムアレイからなる場合の例）

3. その他の変形例

【0014】

<実施の形態>

[表示装置3の全体構成]

図1は、本開示の一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30（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。

【0015】

（照明装置1）

照明装置1は、赤色レーザ11R、緑色レーザ11G、青色レーザ11B、カップリングレンズ12R, 12G, 12B、ダイクロイックプリズム131, 132、光学素子14、駆動部140、フライアイレンズ15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。 30

【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。 40

【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）

50

, (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（平行光としてなくともよい）。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と想える。10

【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。20

【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、ここでは光源部とフライアイレンズ15との間（具体的には、ダイクロイックプリズム132とフライアイレンズ15との間）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。なお、この光学素子14の代わりに、後述する光学素子14Bを設けるようにしてもよい。30

【0021】

駆動部140は、光学素子14（あるいは後述する光学素子14B）を駆動するものである。具体的には、この駆動部140は、光学素子14, 14Bを振動（微小振動）させる（例えば、光軸Z0に沿った方向や、光軸Z0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14, 14B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140は、例えば、コイルおよび永久磁石（例えば、ネオジム（Nd）や鉄（Fe）、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。40

【0022】

図3 (A) ~ (C) は、上記した光学素子14の構成例を模式的に表したものである。光学素子14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14のX-Y平面構成例を示し、図3 (B) は、図3 (A) 中のII-II'線に沿った断面構成例を示している。

【0023】

この光学素子14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）した構造を有している。なお、ここでは、第1光学面141のピッチをPs (+)、第150

光学面 141 の曲率半径を R_s (+)、第 2 光学面 142 のピッチを P_s (-)、第 2 光学面 142 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 141 のピッチ P_s (+) と、第 2 光学面 142 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）。

【0024】

ここで、光学素子 14 では、これらの第 1 光学面 141、第 2 光学面 142 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 141、第 2 光学面 142 の延在方向と、後述するフライアイレンズ 15 における単位セル（入射側単位セル C_{in} および出射側単位セル C_{out}）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 141、第 2 光学面 142 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。10

【0025】

また、図 4 (A)、(B) は、上記した光学素子 14B の構成例を模式的に表したものである。この光学素子 14B もまた、上記した光学素子 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 4 (A) は、光学素子 14B の X-Y 平面構成および図中の I-I - I-I 線に沿った断面構成を示し、図 4 (B) は、図 4 (A) 中の符号 G₁ で示した部分の拡大図に対応している。

【0026】

この光学素子 14B は、図 4 (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。20

【0027】

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 15 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 = 45° となっている。

【0028】

ここで、例えば図 5 に模式的に示したように、これらの光学素子 14、14B において、第 1 光学面 141 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 142 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 14、14B ではそれぞれ、第 1 光学面 141 から出射される収束光の光路と、第 2 光学面 142 から出射される発散光の光路とが連続的（疎密的）に変化するようになり、これらの第 1 光学面 141 と第 2 光学面 142 とが滑らかに接続されている。なお、図 5 中に示した F_s (+) は、第 1 光学面 141 における焦点距離を表し、F_s (-) は、第 2 光学面 142 における焦点距離を表している。また、L_P は、第 1 光学面 141 から出射される収束光の光束幅と第 2 光学面 142 から出射される発散光の光束幅とが互いに等しくなるとき（いずれもピッチ P_s となるとき）の平面と、光学素子 14、14B との間の距離を表している。30

【0029】

フライアイレンズ 15 は、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。このフライアイレンズ 15 は、上記した光学素子 14、14B の後段側（ここでは、光学素子 14、14B とコンデンサレンズ 17 との間）の光路上に配置されている。また、フライアイレンズ 15 では、分割された光束が重畠されるように出射される。これにより、フライアイレンズ 15 からの出射光 L_{out} 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。つまり、このフライアイレンズ 15 が、本開示における「均一化光学部材」の一具体例に対応している。なお、フライアイレンズ 15 では、斜入射光も効率良く照明光として利用する4050

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。

【0030】

ここで、このフライアイレンズ15は、前述した光源部側から入射光L_{in}が入射する光入射面S_{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_{in}を有している。また、それとともに、フライアイレンズ15は、出射光L_{out}が出射される光出射面S_{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_{out}を有している。

【0031】

具体的には、例えば図6に示したように、このフライアイレンズ15は、光入射面S_{in}側に複数の入射側単位セルC_{in}を有するとともに、光出射面S_{out}側に複数の出射側単位セルC_{out}を有している。そして、ここでは各入射側単位セルC_{in}と各出射側単位セルC_{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_{in}と1つの出射側単位セルC_{out}とで、1つの共通化単位セルが構成されている。10

【0032】

フライアイレンズ15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_{in}および出射側単位セルC_{out}）が、X軸方向（ここでは水平方向）およびY軸方向（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_{in}および出射側単位セルC_{out}はそれぞれ、X-Y面（光入射面S_{in}および光出射面S_{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_{in}および出射側単位セルC_{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。20

【0033】

コンデンサレンズ17は、フライアイレンズ15からの出射光L_{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。

【0034】

（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（PBS；Polarization Beam Splitter）23、フィールドレンズ22、反射型液晶素子21および投射レンズ24（投射光学系）を用いて構成されている。30

【0035】

偏光ビームスプリッタ23は、特定の偏光（例えばS偏光）を選択的に透過させると共に、他方の偏光（例えばP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21へ入射すると共に、この反射型液晶変調素子21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24へ入射するようになっている。

【0036】

フィールドレンズ22は、偏光ビームスプリッタ23と反射型液晶素子21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22は、照明光をテレセントリックに反射型液晶素子21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。40

【0037】

反射型液晶素子21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れることにより、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21では、入射時と出射時とにおける各偏光（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21は、例えばLCD（Liquid Crystal On Silicon）等の液晶素子からなる。

【0038】

投射レンズ24は、反射型液晶素子21により変調された照明光（映像光）をスクリーン30に対して投射（拡大投射）するためのレンズである。

【0039】

[光学素子14, 14Bとフライアイレンズ15との間での条件式について]

ここで、本実施の形態の照明装置1では、光学素子14（あるいは光学素子14B）と、その後段側（光出射側）に配置されたフライアイレンズ15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低減されるからである。以下、この条件式の概略について説明する。

【0040】

この照明装置1では、まず、以下の(1)式を満たすように設定されている。

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

f ：フライアイレンズ15における単位セル（入射側単位セルCin, 出射側単位セルCout）の焦点距離

P_f ：フライアイレンズ15における単位セルのピッチ

f ：光学素子14, 14Bから出射してフライアイレンズ15へ入射する光束（入射光Linの光束）におけるマージナル光線角度

【0041】

また、ここでは前述したように、入射側単位セルCinおよび出射側単位セルCout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(1)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_{fh} , 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_{fv} , f_v とすると、以下の(2)式および(3)式の双方を満たすように設定されている。

$$\{6 \times f \times \tan(f_h)\} > P_{fh} \quad \dots \dots (2)$$

$$\{6 \times f \times \tan(f_v)\} > P_{fv} \quad \dots \dots (3)$$

【0042】

また、本実施の形態では、光学素子14Bを用いて以下の(4)式および(5)式の双方を更に満たすようになるのが望ましい。これにより後述するように、干渉縞の発生が更に効果的に抑えられるからである。

【0043】

すなわち、光学素子14Bにおける光学面の延在方向（光学面延在軸As）とフライアイレンズ15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：θ）において、以下の(4)式および(5)式の双方を更に満たすようになるのが望ましい。なお、ここでは、フライアイレンズ15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（後述する図17(B)参照）。

$$\{6 \times f \times \tan(f \times \sin\theta)\} > P_f \quad \dots \dots (4)$$

$$\{6 \times f \times \tan(f \times \cos\theta)\} > \{(Y/X) \times P_f\} \quad \dots \dots (5)$$

【0044】

更に、本実施の形態では、上記したマージナル光線角度 f の上限の条件に関して、以下の(6)式を更に満たすようになるのが望ましい。これにより後述するように、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。

$$\{f \times \tan(f \times \cos\theta)\} < \{(1/2) \times (Y/X) \times P_f\} \quad \dots \dots (6)$$

【0045】

[表示装置3の作用・効果]

(1. 表示動作)

10

20

30

40

50

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 11 R、緑色レーザ 11 G および青色レーザ 11 B からそれぞれ出射された光（レーザ光）が、カッピングレンズ 12 R, 12 G, 12 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 13 1, 13 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、光学素子 14、フライアイレンズ 15 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 15 によって、このフライアイレンズ 15 からの出射光 L_{out} 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。

10

【0046】

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、入射時と出射時と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。

【0047】

この際、赤色レーザ 11 R、緑色レーザ 11 G および青色レーザ 11 B 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。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

【0048】

（2. スペックルノイズの低減作用）

続いて、光学素子 14, 14 B の作用（照明光におけるスペックルノイズの低減作用）について説明する。

【0049】

30

まず、このスペックルノイズとは、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、斑点状の模様のことである。このスペックルノイズは、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。

【0050】

このようにして照明光に生ずるスペックルノイズを低減させるため、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（あるいは光学素子 14 B）が配置されている。また、この光学素子 14, 14 B の後段側（光出射側）にフライアイレンズ 15 が配置されている。そして、駆動部 14 0 は、この光学素子 14, 14 B が振動するよう駆動する。

40

【0051】

（光学素子 14 の作用）

具体的には、まず光学素子 14 の場合、駆動部 14 0 は、例えば図 7 (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 15 との間の相対位置がそれぞれ変位するように、光学素子 14 を駆動する。なお、これらの図 7 (A) ~ (C) はそれぞれ、上記した光学素子 14 から距離 L_P だけ離れた平面上における収束光束領域 15 a および拡散光束領域 15 b をそれぞれ、フライアイレンズ 15 における各入射側単位セル C_{in} と重ねて模式的に示したものである。また、図 7 (D) ~ (F) はそれぞれ、図 7 (A) ~ (C) 中の太線で示した入射側単位セル C_{in} 上の領域内における、収束光束領域 15 a および拡散光束領域 15 b を模式的に示したものである。

50

【0052】

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7(D)～(F)に示したように、各入射側単位セルCin上の領域内で、収束光束領域15aと拡散光束領域15bとが交互に入れ替わることになる。その結果、スペックルパターンの多重化(時間平均)がなされ、上記したスペックルノイズの発生が低減する。

【0053】**(光学素子14Bの作用)**

一方、光学素子14Bの場合、駆動部140は、例えば図8(A)～(F)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15との間の相対位置がそれぞれ変位するように、光学素子14Bを駆動する。

10

【0054】

この場合も、光学素子14B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8(D)～(F)に示したように、各入射側単位セルCin上の領域内で、収束光束領域15aと拡散光束領域15bとが交互に入れ替わることになる。その結果、この場合も上記した光学素子14の場合と同様に、スペックルパターンの多重化(時間平均)がなされ、スペックルノイズの発生が低減する。

【0055】**(3.干渉縞の低減作用)**

次に、フライアイレンズ15に起因して発生する干渉縞の低減作用について、詳細に説明する。

20

【0056】**(干渉縞の発生原理)**

最初に、図9～図13を参照して、上記した干渉縞(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。

【0057】

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。

30

【0058】

ここで一例として、図9に示したように、フライアイレンズ15内の隣接する4つの単位セルCa, Cb, Cc, Cd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Caからの出射光束をLa、単位セルCbからの出射光束をLb、単位セルCcからの出射光束をLc、単位セルCdからの出射光束をLdとする。また、図9中に示したように、出射光束Laと光軸Z0とのなす角度を、出射光束Lbと光軸Z0とのなす角度を3°とする。

40

【0059】

この場合、例えば図10(A)～(D)に示したようなパターンにより、各単位セルCa, Cb, Cc, Cd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10(A)は、出射光束Lb, Lc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Lb, Lcにおける波面同士のなす角度は2°となる。また、図10(B)は、出射光束La, Ld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La, Ldにおける波面同士のなす角度は6°となる。図10(C)は、出射光束Lc, Ld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Lc, Ldにおける波面同士のなす角度

50

は 2 となる。図 10 (D) は、出射光束 L_a, L_c 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 L_a, L_c 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 10 (A) ~ (D) 中（および以下の図 11 (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。

【0060】

このようにして、この例全体では、例えば図 11 (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 11 (B) に示したようになる。ここで、図 11 (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 15 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 15 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。

【0061】

ここで、図 12 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 12 において、出射光 L_{out} 波長を λ 、出射光 L_{out} におけるマージナル光線、一光線と光軸 Z_0 とのなす角度を θ 、コンデンサレンズ 17 の焦点距離、F ナンバーを f_c, F 、フライアイレンズ 15 の単位セル数、単位セルピッチを n, p_f 、開口数を N_A 、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(7)~(9)式の関係を用いて、以下の(10)式によって干渉縞ピッチ p が規定されることになる。

$$N_A = \sin \theta = \{ EPD / (2 \times f_c) \} = 1 / (2 \times F) \quad \dots \dots (7)$$

$$\sin \theta = \{ P_f / (2 \times f_c) \} = 1 / (2 \times n \times F) \quad \dots \dots (8)$$

$$\sin \theta = \{ 1 / (2 \times p_f) \} \quad \dots \dots (9)$$

$$p = \{ (n \times p_f) / (2 \times N_A) \} = (n \times p_f \times F) \quad \dots \dots (10)$$

【0062】

なお、図 13 は、単位セル数 $n = 10$ の場合（「計算例 1」）と、単位セル数 $n = 20$ の場合（「計算例 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。

【0063】

（干渉縞の低減原理）

このような原理によって発生する干渉縞の発生を低減するため、本実施の形態の照明装置 1 では、光学素子 14（あるいは光学素子 14B）と、その後段側のフライアイレンズ 15 との間で、所定の条件式（前述した(1)式等）を満たすように設定されている。これにより、上記したように、フライアイレンズ 15 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結果、干渉縞が目立たなくなる。

【0064】

ここで、上記した各条件式を満たすことによって干渉縞が低減する原理（各条件式が設定されるべき理由）について、以下詳述する。

【0065】

まず、例えば図 14 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 ϕ 以上変化させると、前述した図 10 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 π 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。

【0066】

ここで、例えば図15に示したように、光学素子14, 14B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_{in}がフライアイレンズ15へと入射するため、このフライアイレンズ15の光出射側（出射光L_{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21上で重畠される。このようにして間隔P_fの光源像が重畠されるときになす角度（相対角）を、θ₁とする。10

【0067】

これに対して、例えば図16(A), (B)に示したように、光学素子14Bがフライアイレンズ15の光入射側に配置されている場合、以下のようになる。すなわち、まず、図16(A)に示したような収束光束である入射光L_{in}、および、図16(B)に示したような発散光束である入射光L_{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14Bの位置に応じて、フライアイレンズ15の光出射側（出射光L_{out}）において結像する光源像の最大像高が、(P_f - 2y)（図16(A)）、(P_f + 2y)（図16(B)）と変化する。その結果、各光源像が重畠されるときの相対角が、θ₂（図16(A)）、θ₃（図16(B)）と時間的に変化することとなる。このときの相対角θ₁, θ₂, θ₃同士の大小関係は、以下の(11)式のようになる。20

$$2 < \theta_1 < \theta_2 < \theta_3 \dots \dots (11)$$

【0068】

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θ₁を生じさせるには、相対角θ₂, θ₃について、以下の(12)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15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(112)式を満たすための条件式は、以下の(13)式となる。そして、像高y = (f × tanθ_f)で表わされることから、この関係式を(13)式に代入することにより、前述した(1)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低減するためには、前述の(1)式((2)式および(3)式)を満たすことが必要であることが分かる。30

$$(2 \times \theta_2) < \theta_3 \dots \dots (12)$$

$$(P_f + 2y) > 2 \times (P_f - 2y) \dots \dots (13)$$

【0069】

ただし、干渉縞を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14Bを用いて、前述した(4)式および(5)式の双方を更に満たすようにするのが望ましい。これにより以下説明するように、干渉縞の発生が更に効果的に抑えられる。

【0070】

ここで、例えば図17(A), (B)を参照すると、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_h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_vはそれぞれ、以下の(14)式および(15)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(14)式および(15)式を用いて、以下の(16)式および(17)式で表わされる。40

$$\theta_h = (f \times \sin \theta_h) \dots \dots (14)$$

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

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

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

【0071】

ここで、(13)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 π に相当する量よりも大きくなるための条件式は、以下の(18)式および(19)式となる。そして、これらの(18)式および(19)式に対して、(16)式および(17)式をそれぞれ代入することにより、前述の(4)式および(5)式が導かれることになる。

$$(Pf + 2x) > 2 \times (Pf - 2x) \quad \dots \dots (18)$$

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

【0072】

また、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、前述した(6)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。

10

【0073】

すなわち、これまで説明したように位相変化 π 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14Bにおける傾斜角 θ 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。

【0074】

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($f > limit$)、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($Pf / 2$)を超えると($f > (Pf / 2)$)、フライアイレンズ15において、元々設定されている単位セルだけではなくその隣の単位セルにも光束が入射し始めるため、反射型液晶素子21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、 $f < limit$ ($f < (Pf / 2)$)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と言える。

20

【0075】

ここで、この許容角 $limit$ は、フライアイレンズ15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(17)式およびY軸方向の単位セルのピッチ($Pf \times (Y/X)$)(図17(B)参照)を、上記した($f < (Pf / 2)$)という条件式に代入することにより、前述した(6)式の条件式が得られる。

30

【0076】

以上のように本実施の形態では、光源部とフライアイレンズ15との間の光路上に配置されて振動する光学素子14と、フライアイレンズ15との間で、所定の条件式(上記(1)式等)を満たすようにしたので、フライアイレンズ15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。

40

【0077】

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、干渉縞の発生を抑えることができる。

【0078】

なお、前述したように、フライアイレンズ15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 $X : Y = 16 : 9$ であるとすると、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°($= \arctan(9/16)$)

50

$(16) / 16$) 方向および $150^\circ (= -\arctan(9/16))$ 方向にも発生する。

【0079】

ただし、本実施の形態の光学素子14Bのように、光学面の延在方向（光学面延在軸As）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 $\theta = 45^\circ$ であるものとすると、この1軸構成（光学面延在軸Asが1方向に揃った構成）の光学素子14B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14Bによって対策を取れるため、例えば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することができるという利点もある。

10

【0080】

更に、本実施の形態の光学素子14Bでは、上記したように、光学面の延在方向（光学面延在軸As）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15における単位セル（入射側単位セルCinおよび出射側単位セルCout）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。

【0081】

<変形例>

続いて、上記実施の形態の変形例について説明する。なお、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。

20

【0082】

[光学素子14Aの構成]

図18は、変形例に係る光学素子（光学素子14A）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14（または光学素子14B）の代わりにこの光学素子14Aを設けたものに対応し、他の構成は同様となっている。

【0083】

本変形例の光学素子14A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14Aは、複数（ここでは、 $n/2$ 個（n：2以上の整数））のプリズム14p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14p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14p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14pは一対の傾斜面（第1面）S₁および傾斜面（第2面）S₂を、2個目のプリズム14pは一対の傾斜面（第3面）S₃および傾斜面（第4面）S₄を、…、（n/2）個目のプリズム14p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14p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：θp）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14p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14p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すればよい。

30

【0084】

[光学素子14Aの作用・効果]

この光学素子14Aでは、各プリズム14p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19に示したように、各プリズム14pの一対の傾斜面において、入射光の位置と、光学素子14A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15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14Aにおける前述した1個目のプリズム

40

50

14 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 15 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 14 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 14 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 14 p では、傾斜面 S_{n-1} および傾斜面 S_n の間で、入射光の入射位置と、フライアイレンズ 15 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 14 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_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 14 p 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 18 中に示したプリズムピッチ d および傾斜角 p の設定によって、任意に調整可能となっている。

【0085】

そして、駆動部 140 は、この光学素子 14A とフライアイレンズ 15 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 20 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 14 p 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 14 p の傾斜面からの出射光（一対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 20 中の矢印 P21, P21 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 15 の入射面上において、光学素子 14A 内の各プリズム 14 p からの入射光によるビームスキャンがなされる。

【0086】

その結果、本変形例においても上記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、干渉縞およびスペックルノイズの発生を低減することが可能となる。

【0087】

このように、本開示における光学素子の構成は、上記実施の形態で説明した構成のもの（光学素子 14, 14B）には限られず、他の構成のものであってもよい。

【0088】

< 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。

【0089】

例えば、上記実施の形態等では、本開示における「均一化光学部材」が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、この均一化光学部材が他の光学部材（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。

【0090】

また、上記実施の形態等で説明した光学素子 14, 14A, 14B では、それらの光出射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出射面側の双方に、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。

【0091】

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 LED 等）とを組み合わせて設けるようにしてもよい。

【0092】

10

20

30

40

50

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、DMD（Digital Micromirror Device）など）であってもよい。

【0093】

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。

【0094】

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の代わりに、ダイクロイックミラーを設けるようにしてもよい。

10

【0095】

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。

【0096】

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)

20

レーザ光源を含む光源部と、

2次元配列された複数の単位セルを有すると共に、前記光源部側からの光が入射する均一化光学部材と、

前記光源部と前記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、

以下の[1]式を満たす

照明装置。

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

但し、

30

f ：前記単位セルの焦点距離

P_f ：前記単位セルのピッチ

f ：前記光学素子から出射して前記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

(2)

前記単位セルが、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(1)に記載の照明装置。

(3)

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、

40

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、

前記単位セルにおける前記長軸方向のピッチを前記 P_f 、前記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(2)に記載の照明装置。

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

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

(4)

50

以下の [4] 式を更に満たす

上記 (3) に記載の照明装置。

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

(5)

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) ないし (4) のいずれかに記載の照明装置。

(6)

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 10

上記 (5) に記載の照明装置。

(7)

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 (5) または (6) に記載の照明装置。

(8)

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 (5) ないし (7) のいずれかに記載の照明装置。

(9)

前記均一化光学部材がフライアイレンズからなる 20

上記 (1) ないし (8) のいずれかに記載の照明装置。

(10)

前記光源部は、前記レーザ光源として、赤色光、緑色光または青色光を発する 3 種類の
レーザ光源を有する

上記 (1) ないし (9) のいずれかに記載の照明装置。

(11)

前記レーザ光源が半導体レーザである

上記 (1) ないし (10) のいずれかに記載の照明装置。

(12)

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、

2 次元配列された複数の単位セルを有すると共に、前記光源部側からの光が入射する均
一化光学部材と、

前記光源部と前記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、

以下の [1] 式を満たす 40

表示装置。

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

但し、

f : 前記単位セルの焦点距離

P_f : 前記単位セルのピッチ

f : 前記光学素子から出射して前記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

(13)

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 50

上記(12)に記載の表示装置。

(14)

前記光変調素子が液晶素子である

上記(12)または(13)に記載の表示装置。

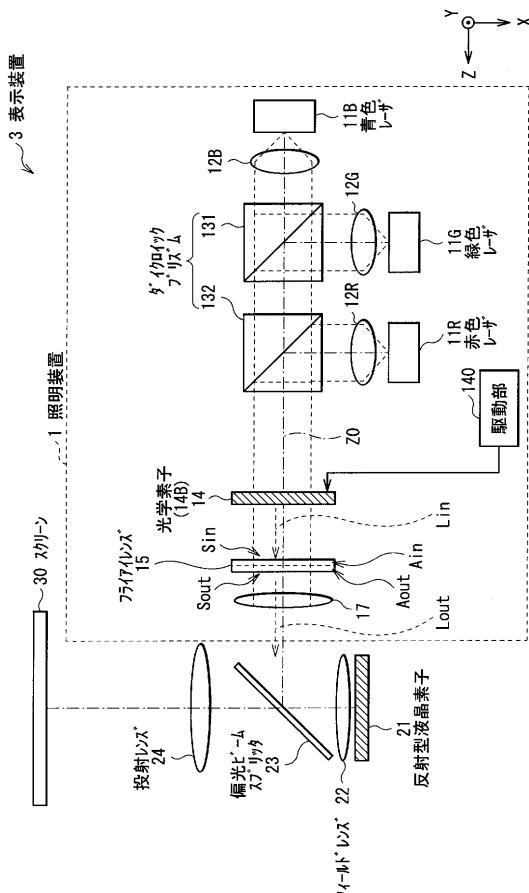
【符号の説明】

【0097】

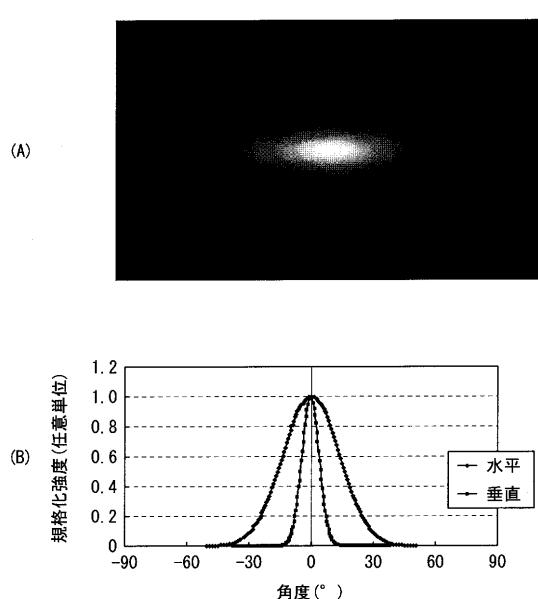
1...照明装置、11R...赤色レーザ、11G...緑色レーザ、11B...青色レーザ、12R, 12G, 12B...カップリングレンズ、131, 132...ダイクロイックプリズム、14, 14A, 14B...光学素子、14p...プリズム、140...駆動部、141...第1光学面(凸状曲面)、142...第2光学面(凹状曲面)、15...フライアイレンズ、15a...収束光束領域、15b...拡散光束領域、17...コンデンサレンズ、21...反射型液晶素子、22...フィールドレンズ、23...偏光ビームスプリッタ、24...投射レンズ、3...表示装置、30...スクリーン、Z0...光軸、As...光学面延在軸(シリンドラー軸)、...傾斜角、Lin...入射光、Lout, La, Lb, Lc, Ld...出射光(出射光束)、Sin...光入射面、Sout...光出射面、Ain...入射側アレイ、Aout...出射側アレイ、Cin...入射側単位セル、Cout...出射側単位セル、Ca, Cb, Cc, Cd...単位セル。

10

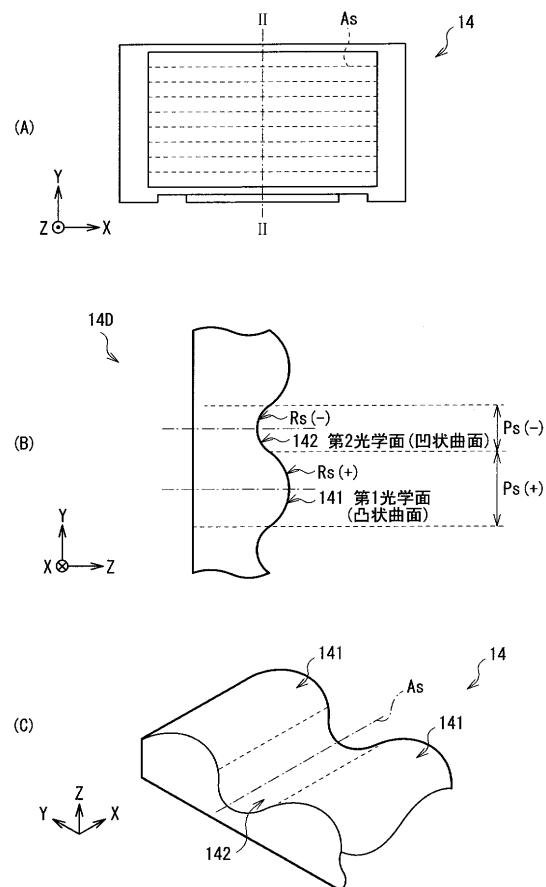
【図1】



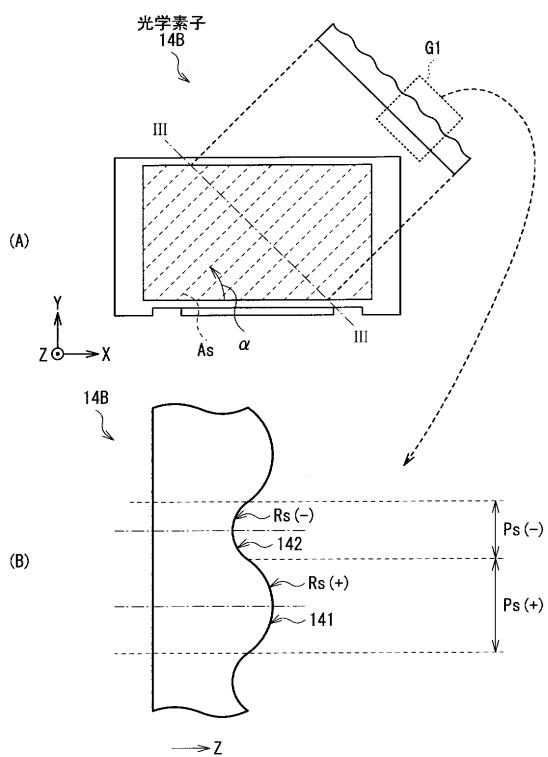
【図2】



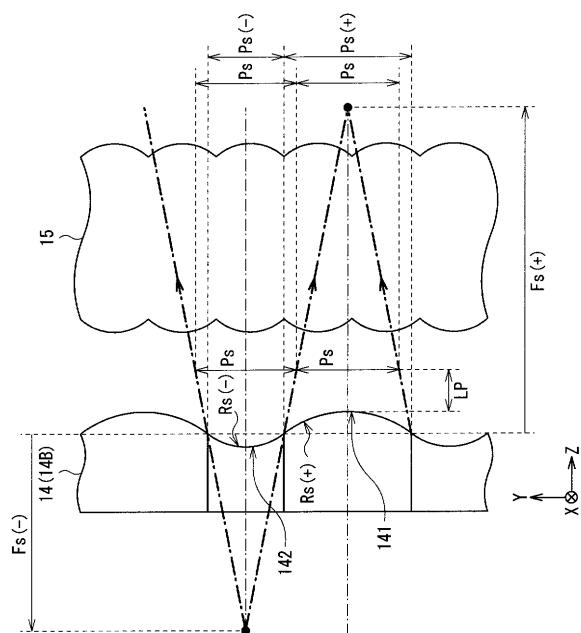
【図3】



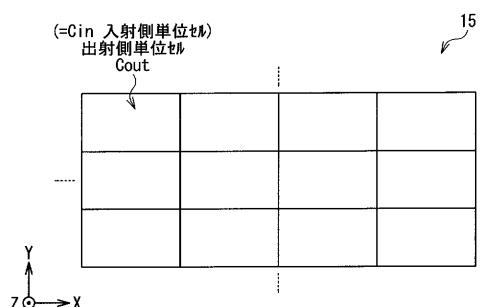
【図4】



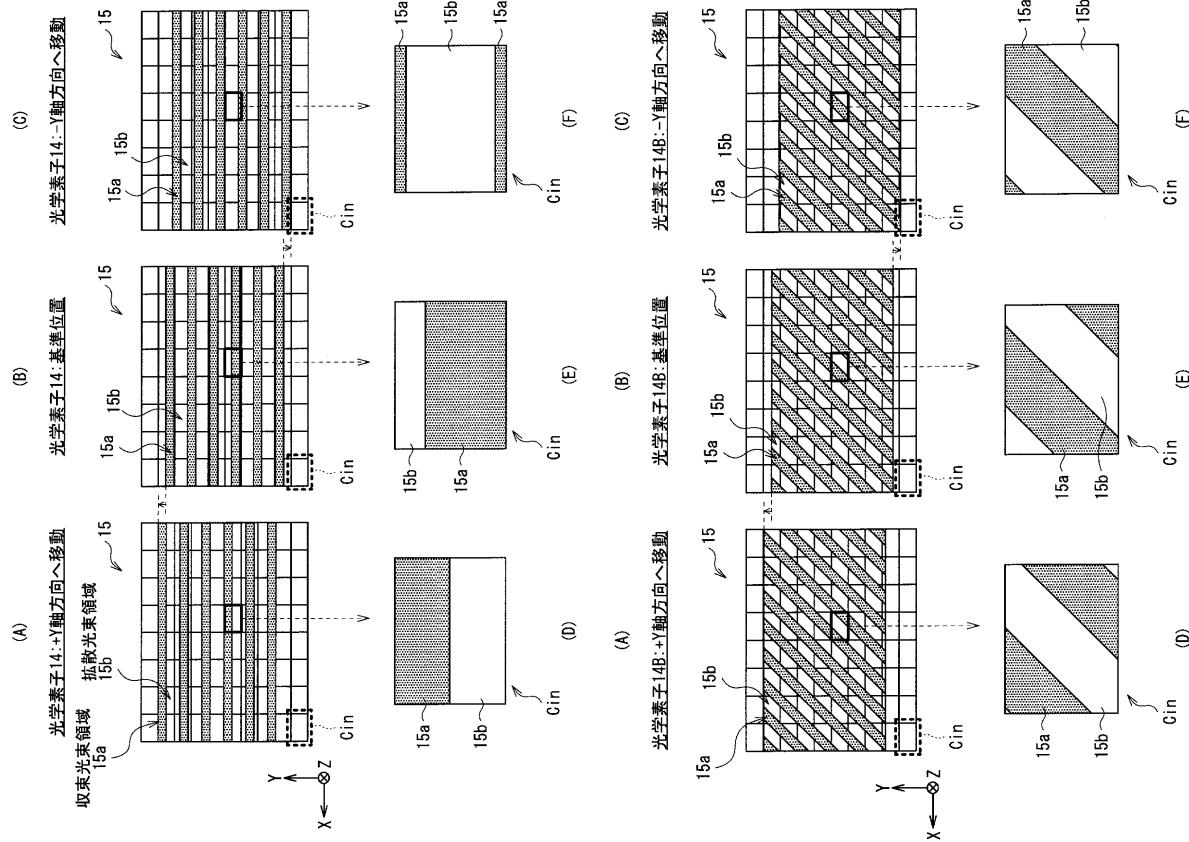
【図5】



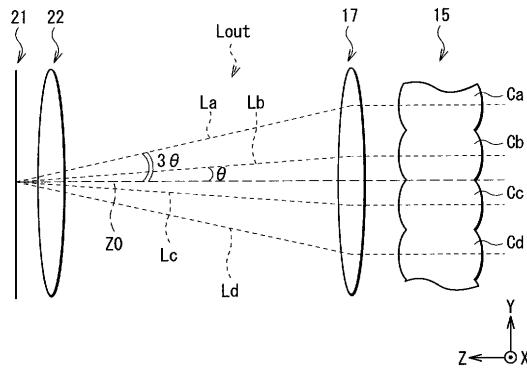
【図6】



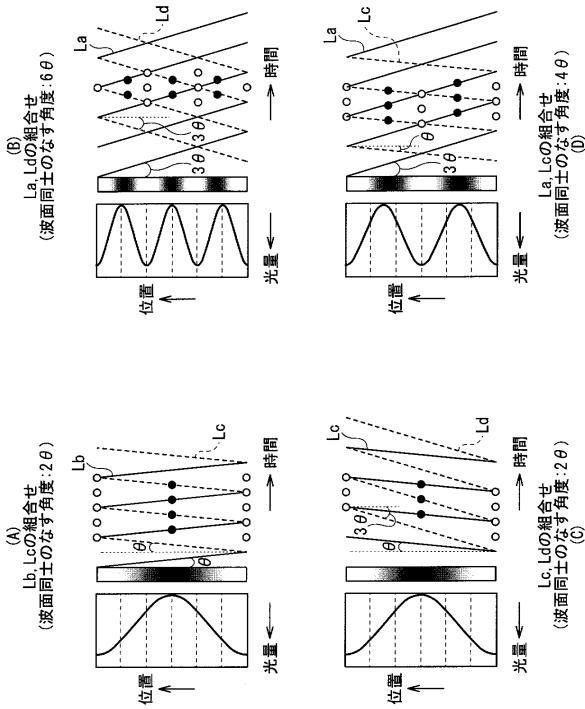
【図7】



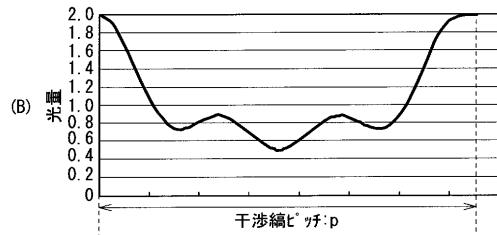
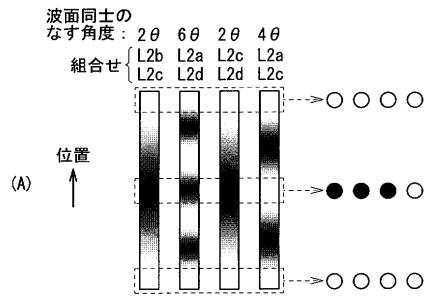
【図9】



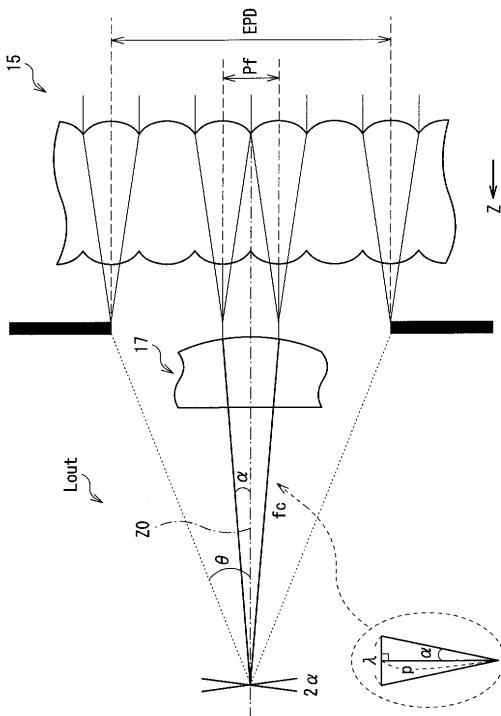
【図10】



【図 1 1】



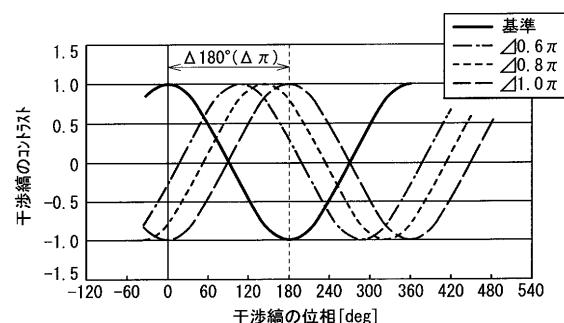
【図 1 2】



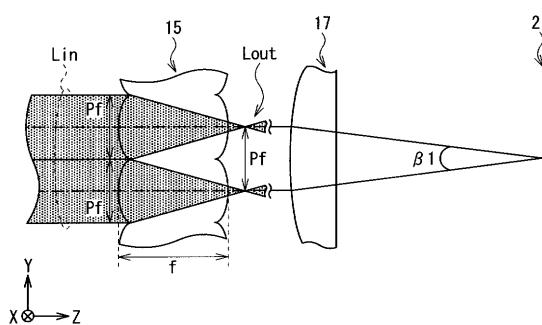
【図 1 3】

| 干涉縞位置 計算例 | |
|---------------------------------|----------------|
| 計算例1 (n=10) | 計算例2 (n=20) |
| 波長: λ [nm] 532 | 532 |
| EPD [mm] 6 | 6 |
| コリメータレンズの焦点距離: f_c [mm] 12 | 18 |
| F1+M1-F 2.0 | 3.0 |
| NA 0.25 | 0.17 |
| FEIの単位数 n 10 | 20 |
| FEIの単位位置: p_f [μm] 600 | 300 |
| FEIの単位位置のシグマ倍率: M 1 | 1 |
| 反射型液晶素子のサイズ [inch] 0.22 | 0.22 |
| 干涉縞位置 (反射型液晶素子上) [μm] 10.6 | 31.9 |
| 干涉縞位置 (M1+M2上) [mm] 1.2 | 3.6 |

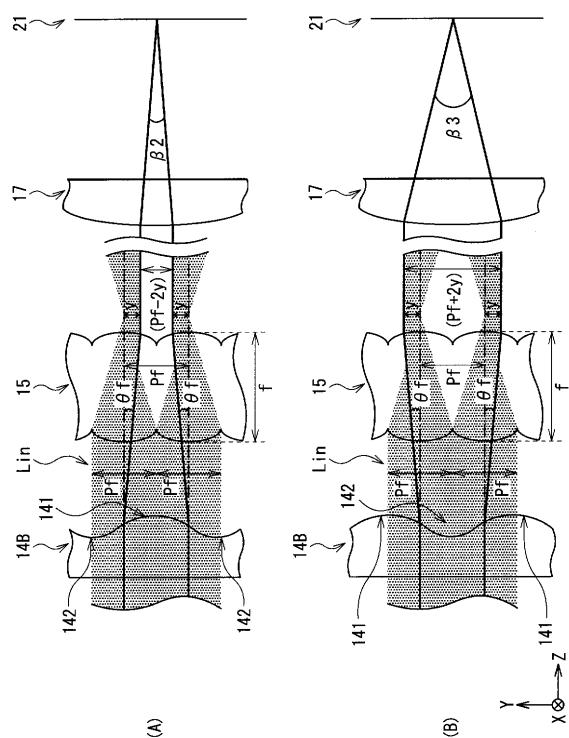
【図 1 4】



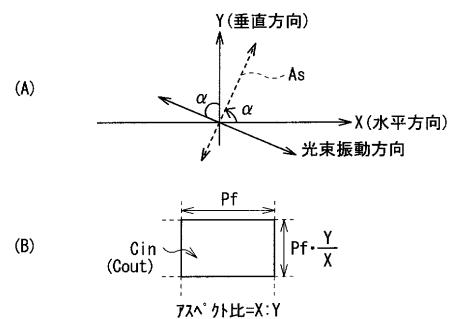
【図 1 5】



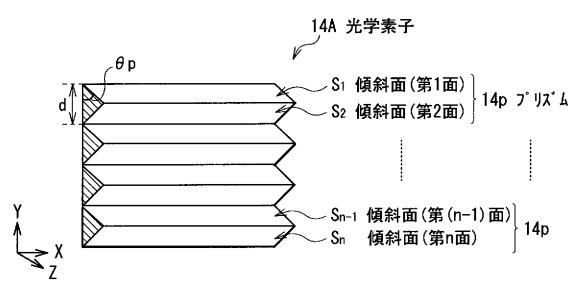
【図16】



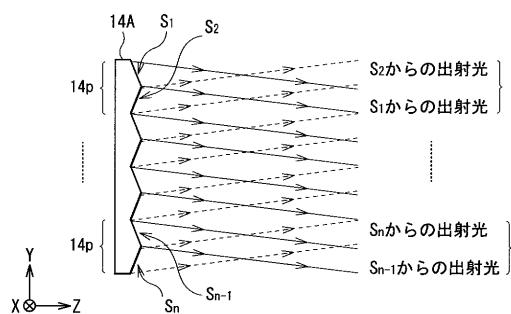
【図17】



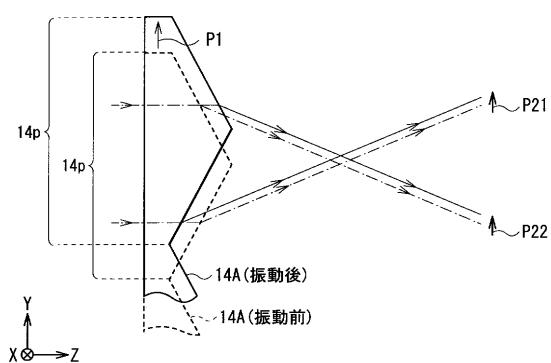
【図18】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 21S 2/00 330

(56)参考文献 特開平01-259533(JP,A)
特開昭61-212816(JP,A)
特開2004-138669(JP,A)
特開2011-164151(JP,A)
特開2011-187968(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 03 B 21/00 - 21/10
21/12 - 21/13
21/134 - 21/30
33/00 - 33/16
F 21 S 2/00 - 19/00
G 02 F 1/13 - 1/13363
1/1339 - 1/141
H 04 N 5/66 - 5/74