

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4987708号  
(P4987708)

(45) 発行日 平成24年7月25日(2012.7.25)

(24) 登録日 平成24年5月11日(2012.5.11)

|                             |               |
|-----------------------------|---------------|
| (51) Int.Cl.                | F I           |
| <b>G03B 21/14 (2006.01)</b> | G03B 21/14 A  |
| <b>G03B 21/00 (2006.01)</b> | G03B 21/00 D  |
| <b>G03F 7/20 (2006.01)</b>  | G03F 7/20 505 |
| <b>G02B 27/18 (2006.01)</b> | G02B 27/18 Z  |
| <b>G02B 27/48 (2006.01)</b> | G02B 27/48    |

請求項の数 36 (全 38 頁) 最終頁に続く

|               |                              |           |                     |
|---------------|------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号     | 特願2007-522260 (P2007-522260) | (73) 特許権者 | 000005821           |
| (86) (22) 出願日 | 平成18年6月15日 (2006.6.15)       |           | パナソニック株式会社          |
| (86) 国際出願番号   | PCT/JP2006/312050            |           | 大阪府門真市大字門真1006番地    |
| (87) 国際公開番号   | W02006/137326                | (74) 代理人  | 100067828           |
| (87) 国際公開日    | 平成18年12月28日 (2006.12.28)     |           | 弁理士 小谷 悦司           |
| 審査請求日         | 平成21年4月13日 (2009.4.13)       | (74) 代理人  | 100096150           |
| (31) 優先権主張番号  | 特願2005-178769 (P2005-178769) |           | 弁理士 伊藤 孝夫           |
| (32) 優先日      | 平成17年6月20日 (2005.6.20)       | (74) 代理人  | 100109438           |
| (33) 優先権主張国   | 日本国 (JP)                     |           | 弁理士 大月 伸介           |
| (31) 優先権主張番号  | 特願2005-178770 (P2005-178770) | (72) 発明者  | 笠澄 研一               |
| (32) 優先日      | 平成17年6月20日 (2005.6.20)       |           | 大阪府門真市大字門真1006番地 松下 |
| (33) 優先権主張国   | 日本国 (JP)                     |           | 電器産業株式会社内           |
|               |                              | (72) 発明者  | 北岡 康夫               |
|               |                              |           | 大阪府門真市大字門真1006番地 松下 |
|               |                              |           | 電器産業株式会社内           |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 2次元画像表示装置、照明光源及び露光照明装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも一つのレーザ光源と、

前記レーザ光源からの出射ビームを少なくとも1次元方向に走査しながら、前記レーザ光源からの出射ビームを2次元状の光に変換するビーム走査部と、

前記ビーム走査部により走査される光を空間的に変調する空間光変調素子と、

前記ビーム走査部と前記空間光変調素子との間に設置され、前記ビーム走査部から出射される2次元状の光を拡散させる光拡散部材とを備えることを特徴とする2次元画像表示装置。

【請求項2】

前記ビーム走査部は、前記レーザ光源からの出射ビームを第1の方向及び前記第1の方向と直交する第2の方向に走査する2次元走査部を含み、

前記2次元走査部は、前記第1の方向の走査周波数と前記第2の方向の走査周波数とが互いに素な整数比となる周波数で、前記光拡散部材へ入射される光ビームを周期的に走査することを特徴とする請求項1に記載の2次元画像表示装置。

【請求項3】

前記ビーム走査部は、

前記レーザ光源からの出射ビームを分割して複数のビームが第1の方向に配列された1次元マルチビーム列を作成する1次元ビーム分割部と、

前記1次元マルチビーム列を前記第1の方向と直交する第2の方向に走査する1次元走

査部とを含むことを特徴とする請求項 1 記載の 2 次元画像表示装置。

【請求項 4】

前記 1 次元ビーム分割部は、前記レーザ光源からの出射ビームを互いに異なるピッチで分割する第 1 及び第 2 の分割面を有することを特徴とする請求項 3 記載の 2 次元画像表示装置。

【請求項 5】

前記ビーム走査部は、

前記レーザ光源からの出射ビームを第 1 の方向及び前記第 1 の方向と直交する第 2 の方向に分割して複数のビームが 2 次元上に配列された 2 次元マルチビームを作成する 2 次元ビーム分割部と、

前記 2 次元マルチビームを微小に走査する微小走査部とを含むことを特徴とする請求項 1 記載の 2 次元画像表示装置。

【請求項 6】

前記 2 次元ビーム分割部は、

前記レーザ光源からの出射ビームを分割して複数のビームが第 1 の方向に配列された 1 次元マルチビーム列を作成する第 1 の 1 次元ビーム分割部と、

前記第 1 の 1 次元ビーム分割部によって作成された 1 次元マルチビーム列を前記第 1 の方向と直交する第 2 の方向に分割して 2 次元マルチビームを作成する第 2 の 1 次元ビーム分割部とを含むことを特徴とする請求項 5 記載の 2 次元画像表示装置。

【請求項 7】

前記 2 次元ビーム分割部は、各格子面が傾斜している 2 次元回折格子を含むことを特徴とする請求項 5 記載の 2 次元画像表示装置。

【請求項 8】

前記ビーム走査部は、

前記レーザ光源からの出射ビームを第 1 の方向及び前記第 1 の方向と直交する第 2 の方向に分割して複数のビームが 2 次元上に配列された 2 次元マルチビームを作成する 2 次元ビーム分割部を振動させる振動部を含むことを特徴とする請求項 1 記載の 2 次元画像表示装置。

【請求項 9】

前記ビーム走査部と前記光拡散部材との間の光路を囲い、前記ビーム走査部からの光ビームを複数回折り返して前記光拡散部材へ導く反射ミラーをさらに備えることを特徴とする請求項 1 記載の 2 次元画像表示装置。

【請求項 10】

前記反射ミラーは、さらに、前記光拡散部材と前記空間光変調素子の間の光路を囲うことを特徴とする請求項 9 記載の 2 次元画像表示装置。

【請求項 11】

前記レーザ光源は、赤色発生用、緑色発生用及び青色発生用の 3 つのレーザ光源を含むことを特徴とする請求項 1 ～ 10 のいずれか 1 項に記載の 2 次元画像表示装置。

【請求項 12】

前記光拡散部材及び前記空間光変調素子は、前記 3 つのレーザ光源のそれぞれに対して 1 つずつ設けられることを特徴とする請求項 11 に記載の 2 次元画像表示装置。

【請求項 13】

前記 3 つのレーザ光源からの出射ビームは、互いに異なる角度で前記ビーム走査部へ入射されることを特徴とする請求項 12 に記載の 2 次元画像表示装置。

【請求項 14】

前記光拡散部材は、透明基板の表面に 2 次元の格子状の凹凸が形成された擬似ランダム拡散板を含む、

前記格子状の凹凸のピッチ  $d_c$  は、 $d_c = a \lambda / (\pi \theta)$ 、 $a$  は  $(\sin \alpha / \alpha)^2 = 1/2$  ( $\theta$  は拡散角度、 $\lambda$  は当該擬似ランダム拡散板を通過する光の波長) の関係を満たし、前記格子状の凹凸は、当該擬似ランダム拡散板を通過する光の波長が  $0$ 、 $\pi/2$ 、 $\pi$

10

20

30

40

50

、 $3\pi/2$ と位相変移させるだけの深さを備えていることを特徴とする請求項1～13のいずれか1項に記載の2次元画像表示装置。

【請求項15】

前記ビーム走査部は、

前記レーザ光源からの出射ビームを第1の方向に拡大して線状ビームを作成するビーム拡大部と、

前記線状ビームを前記第1の方向と直交する第2の方向に走査する1次元走査部とを含むことを特徴とする請求項1記載の2次元画像表示装置。

【請求項16】

前記1次元走査部と前記光拡散部材との間に配置されるフィールドレンズ部をさらに備え、

前記レーザ光源、前記ビーム拡大部、前記1次元走査部、前記フィールドレンズ部、前記光拡散部材、前記空間光変調素子は、この順に配置され、

前記フィールドレンズ部の前記第1の方向のレンズパワーは、前記第2の方向のレンズパワーより小さいことを特徴とする請求項15記載の2次元画像表示装置。

【請求項17】

前記ビーム走査部は、

前記レーザ光源からの出射ビームを第1の方向に走査する1次元走査部と、

前記1次元走査部により走査される光ビームを前記第1の方向と直交する第2の方向に拡大して線状ビームを作成するビーム拡大部とを含み、

前記ビーム拡大部と前記光拡散部材との間に配置されるフィールドレンズ部をさらに備え、

前記レーザ光源、前記1次元走査部、前記ビーム拡大部、前記フィールドレンズ部、前記空間光変調素子は、この順に配置され、

前記フィールドレンズ部の前記第1の方向のレンズパワーは、前記第2の方向のレンズパワーより小さいことを特徴とする請求項1記載の2次元画像表示装置。

【請求項18】

前記レーザ光源は、複数のレーザ光源を含み、

前記複数のレーザ光源からの線状ビームは、前記空間光変調素子上の異なる位置を照明することを特徴とした請求項15～17のいずれか一項に記載の2次元画像表示装置。

【請求項19】

前記空間光変調素子は、前記複数のレーザ光源からの各線状ビームが照射する画像表示領域毎に各線状ビームに対応した異なる映像が表示されるように、各線状ビームを変調することを特徴とする請求項18に記載の2次元画像表示装置。

【請求項20】

前記空間光変調素子上の互いに隣接する画像表示領域間に、前記線状ビームを透過させない黒色表示領域が設定されることを特徴とする請求項19に記載の2次元画像表示装置。

【請求項21】

前記空間光変調素子上において、前記線状ビームの短手方向の幅BWは、前記線状ビームの走査幅SWに対して、 $BW < SW/10$ の関係を満たすことを特徴とする請求項18～20のいずれか一項に記載の2次元画像表示装置。

【請求項22】

前記空間光変調素子上において、前記線状ビームの短手方向の幅BWは、前記線状ビームの走査幅SW及び前記複数のレーザ光源の数nに対して、 $BW < SW/(2n)$ の関係を満たすことを特徴とする請求項18～21のいずれか一項に記載の2次元画像表示装置。

【請求項23】

前記複数のレーザ光源は、

赤色光を発する第1のレーザ光源と、

緑色光を発する第2のレーザ光源と、

青色光を発する第3のレーザ光源とを含み、

前記空間光変調素子は、前記第1のレーザ光源からの線状ビームが照射される赤色画像表示領域に赤色用映像が、前記第2のレーザ光源からの線状ビームが照射される緑色画像表示領域に緑色用映像が、前記第3のレーザ光源からの線状ビームが照射される青色画像表示領域に青色用映像が、それぞれ表示されるように、各線状ビームを変調することを特徴とする請求項18～22のいずれか一項に記載の2次元画像表示装置。

【請求項24】

前記空間光変調素子のスイッチング速度は、5.5ミリ秒以下であることを特徴とする請求項18～23のいずれか一項に記載の2次元画像表示装置。

10

【請求項25】

前記空間光変調素子のスイッチング速度は、2.7ミリ秒以下であることを特徴とする請求項18～23のいずれか一項に記載の2次元画像表示装置。

【請求項26】

前記空間光変調素子のスイッチング速度は、1.8ミリ秒以下であることを特徴とする請求項18～23のいずれか一項に記載の2次元画像表示装置。

【請求項27】

前記空間光変調素子のスイッチング速度は、0.9ミリ秒以下であることを特徴とする請求項18～23のいずれか一項に記載の2次元画像表示装置。

【請求項28】

20

前記空間光変調素子は、強誘電性液晶からなることを特徴とした請求項18～27のいずれか一項に記載の2次元画像表示装置。

【請求項29】

前記空間光変調素子は、2次元配列された複数のMEMSミラーからなることを特徴とする請求項18～27のいずれか一項に記載の2次元画像表示装置。

【請求項30】

前記空間光変調素子上における前記複数のレーザ光源からの光の走査方向は、前記空間光変調素子の表示範囲の長辺に平行であることを特徴とする請求項18～29のいずれか一項に記載の2次元画像表示装置。

【請求項31】

30

前記光拡散部材は、2次元的に矩形のセルが配置され、各セルが自身を通過する光に位相変位を与え、互いに隣接するセル同士の位相変位量の差が $\pi/2$ である擬似ランダム拡散板を含むことを特徴とする請求項15～30のいずれか一項に記載の2次元画像表示装置。

【請求項32】

前記光拡散部材上の光ビーム径 $S$ は、前記光拡散部材の拡散角 $\theta$ 、前記光拡散部材と前記空間光変調素子との間の距離 $L$ 、及び前記光拡散部材上の隣接する光ビームの間隔 $d$ に対して、 $S > L \cdot \theta - d$ の関係を満たすことを特徴とする請求項1～31のいずれか一項に記載の2次元画像表示装置。

【請求項33】

40

前記レーザ光源からの出射ビームは、前記空間光変調素子上で集光されることを特徴とする請求項1～32のいずれか1項に記載の2次元画像表示装置。

【請求項34】

前記空間光変調素子で変調された光を空間上の面に投影する投影光学系をさらに備えることを特徴とする請求項1～33のいずれか1項に記載の2次元画像表示装置。

【請求項35】

前記ビーム走査部は、分極反転素子を含むことを特徴とする請求項1～34のいずれか1項に記載の2次元画像表示装置。

【請求項36】

少なくとも一つの紫外線レーザ光源と、

50

前記レーザ光源からの出射ビームを少なくとも1次元方向に走査しながら、前記レーザ光源からの出射ビームを2次元状の光に変換するビーム走査部と、

前記ビーム走査部により走査される光を空間的に変調するフォトマスクと、

前記ビーム走査部と前記フォトマスクとの間に設置され、前記ビーム走査部から出射される2次元状の光を拡散させる光拡散部材とを備えることを特徴とする露光照明装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、2次元画像表示装置、照明光源及び露光照明装置に関し、映像プロジェクタ、テレビ受像機、液晶パネルなどの映像表示装置等に関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

近年、レーザ光源を用いたレーザディスプレイ装置が注目を集めている。従来からの陰極線管を用いたテレビ受像機では、蛍光材料の発色のスペクトルが広く、単色を表示するときにも、くすんだ発色しか得られないのに対して、レーザ光源を用いたレーザディスプレイ装置では、それぞれの光源の光が単色光であるため、適当な波長のレーザ光源を用いることで、色純度が高く、きわめて鮮やかな画像の表示が可能となる。

【0003】

図29に従来のレーザディスプレイ装置の概略構成を示す。RGB3色のレーザ光源101a~101cからの光は、入力映像信号に応じて光変調器106a~106cで強度変調され、ミラー103、ダイクロイックミラー102a、102bを用いて合波される。合波後の光は、集光レンズ107を通過し、さらにポリゴンスキャナ104によってx方向に、ガルバノスキャナ105によってy方向に走査され、スクリーン108上に2次元の画像が表示される。この構成のディスプレイでは、RGBそれぞれの光源の光が単色光であるため、適当な波長のレーザ光源を用いることで、色純度が高く、鮮やかな画像の表示が可能となる。

20

【0004】

一方、上記のレーザディスプレイ装置では、光源に干渉性の高いレーザ光源を用いているために生じる、いわゆるスペックルノイズが問題となる。スペックルノイズは、レーザ光がスクリーン108で散乱される際、スクリーン108上の各部分からの散乱光同士が干渉することによって生じる微細なムラ状のノイズである。上記のレーザディスプレイ装置では、このスペックルノイズを、スクリーン108を振動させることで除去していた。

30

【0005】

図30に従来の他のレーザディスプレイ装置の概略構成を示す。赤色、緑色、青色それぞれのレーザ光源100a~100cからの光は、ビームエキスパンダ102によってそのビーム径が拡大され、光インテグレータ103に入射する。光インテグレータ103は、空間光変調素子107上の矩形開口を一樣な照明強度で照明するための光学系であって、矩形形状の単位レンズが2次元格子状に配列された蠅の目レンズを2枚直列に配置した構造を有している。ここでは、光インテグレータ103による照明一様化の詳細を省略する。

40

【0006】

光インテグレータ103を通過した光は、集光レンズ112を通過した後（赤色及び青色の光はさらにミラー115によって反射された後）、フィールドレンズ108及び拡散板106を通じて空間光変調素子107を照明する。空間光変調素子107で変調された各色の光は、ダイクロイックプリズム109で合波され、投写レンズ110によりスクリーン111上にフルカラーの画像が結像される。

【0007】

ここで、拡散板106は、磨りガラス状の透明基板から構成され、上記のスペックルノイズを低減するために、入射した光の波面にランダムな位相分布を与える。この拡散板106が拡散板揺動機構113により揺動されると、拡散板106の移動に従って、スクリ

50

ーン 1 1 1 上に投影された光の位相分布が変動し、スペックルノイズの微細なパターンも時間的に変化する。スペックルノイズのパターン変化が観察者の残像時間より速くなるように拡散板 1 0 6 が揺動されると、スペックルノイズは観察者の眼で時間平均されて、ノイズのない高画質の画像が感知される。このスペックル低減の様子は、例えば非特許文献 1 に詳しい。

【特許文献 1】特開 2 0 0 3 - 9 8 6 0 1 号公報

【非特許文献 1】ジャパニーズジャーナルオブアプライドフィジックス、第 4 3 巻、8 B 号、2 0 0 4 年

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0 0 0 8】

しかしながら、前者のレーザディスプレイ装置では、スペックルノイズを抑制するために、スクリーンを振動させる必要があり、固定された壁面などをスクリーンとして用いることができず、スクリーンを振動させることなく、光学系でスペックルノイズを抑制することができない。また、後者のレーザディスプレイ装置では、光学系でスペックルノイズを抑制することはできるが、均一な照明を得るために、ビームエキスパンダ 1 0 2 及び光インテグレータ 1 0 3 等が必要になり、光学系が複雑になる。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 9】

本発明の目的は、簡易な光学系を用いて、均一な照明を得ることができるとともに、スペックルノイズを効果的に抑制することができる 2 次元画像表示装置、照明光源及び露光照明装置を提供することである。

20

【0 0 1 0】

本発明の一局面に従う 2 次元画像表示装置は、少なくとも一つのレーザ光源と、前記レーザ光源からの出射ビームを少なくとも 1 次元方向に走査しながら、前記レーザ光源からの出射ビームを 2 次元状の光に変換するビーム走査部と、前記ビーム走査部により走査される光を空間的に変調する空間光変調素子と、前記ビーム走査部と前記空間光変調素子との間に設置され、前記ビーム走査部から出射される 2 次元状の光を拡散させる光拡散部材とを備える。

【0 0 1 1】

30

この 2 次元画像表示装置においては、レーザ光源からの出射ビームが少なくとも 1 次元方向に走査されながら、2 次元状の光に変換されるので、均一な照明を得ることができる。また、ビーム走査部と空間光変調素子との間に光拡散部材が設置され、ビーム走査部から出射される 2 次元状の光が拡散されて空間光変調素子上を照射するので、光拡散部材から出射されて空間光変調素子を照射するビームの光軸を時々刻々変化させることができ、スペックルノイズを効果的に抑制することができる。この結果、均一照明のためのビームエキスパンダ及び光インテグレータ等が不要となり、簡易な光学系を用いて、均一な照明を得ることができるとともに、スペックルノイズを効果的に抑制することができる。

【0 0 1 2】

本発明の他の局面に従う照明光源は、少なくとも一つのレーザ光源と、前記レーザ光源からの出射ビームを少なくとも 1 次元方向に走査するビーム走査部と、前記ビーム走査部により走査された出射ビームを拡散させる光拡散部材とを備える。

40

【0 0 1 3】

この照明光源においては、レーザ光源からの出射ビームが少なくとも 1 次元方向に走査されるので、均一な照明を得ることができる。また、ビーム走査部により走査された出射ビームが拡散されるので、光拡散部材から出射されるビームの光軸を時々刻々変化させることができ、スペックルノイズを効果的に抑制することができる。この結果、均一照明のためのビームエキスパンダ及び光インテグレータ等が不要となり、簡易な光学系を用いて、均一な照明を得ることができるとともに、スペックルノイズを効果的に抑制することができる。

50

## 【発明の効果】

## 【0014】

本発明によれば、簡易な光学系を用いて、均一な照明を得ることができるとともに、スペckルノイズを効果的に抑制することができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0015】

以下、本発明の各実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

## 【0016】

(第1の実施の形態)

図1に本発明の第1の実施の形態による2次元画像表示装置の概略構成図を示す。赤色レーザー光源1a、緑色レーザー光源1b及び青色レーザー光源1cから出射した各レーザー光は、集光レンズ9a、9b、9cによって略集光され、2次元ビーム走査部2によって反射及び2次元的に走査される。

## 【0017】

レーザー光源1a、1b、1cとしては、He-Neレーザー、He-Cdレーザー、Arレーザーなどの気体レーザー、AlGaInP系やGaN系の半導体レーザー、固体レーザーを基本波とするSHGレーザーなどを用いることができる。2次元ビーム走査部2としては、半導体プロセスを用いたマイクロマシン可動ミラー、ガルバノミラー及びポリゴンミラーの組合せ、などを用いることができる。なお、2次元ビーム走査部2は、図1に示す反射型の2次元ビーム走査部に特に限定されず、透過型の2次元ビーム走査部を用いてもよい。

## 【0018】

2次元ビーム走査部2により反射された赤色及び青色のレーザー光は、ミラー11a、11cによって反射され、緑色のレーザー光は、凹レンズ10によって発散された後、拡散板3a、拡散板3b及び拡散板3c上で2次元的に走査される。このとき、各レーザー光は、集光レンズ9a、9b、9cによって略集光されているので、拡散板3a、3b、3c上に微小スポットを形成する。

## 【0019】

拡散板3a、3b、3cで拡散されたレーザー光は、フィールドレンズ4a、4b、4cにより略集光された状態で空間光変調素子5a、5b、5cを照明する。フィールドレンズ4a、4b、4cは、投影レンズ7の開口内に効率よく光を通過させるように、空間光変調素子5a～5cを通過した光を収束ビームに変換する。空間光変調素子5a、5b、5cは、例えば、液晶パネルなどで構成され、各色に対応する映像信号に応じて各色の光を空間的に変調し、各色の2次元画像を形成する。空間光変調素子5a、5b、5cを通過した光は、ダイクロイックプリズム6によって合波され、投射レンズ7によってスクリーン8に投影される。

## 【0020】

次に、図1に示す2次元画像表示装置の動作について、図2を用いて空間光変調素子の照明方法を詳説し、スペckルノイズの抑圧の様子を説明する。図2は、図1に示す2次元画像表示装置の1色分の光学系を抽出した概念図である。なお、図2において、簡単のために、フィールドレンズ及びダイクロイックプリズム等の図示を省略し、また、2次元ビーム走査部2を透過型の2次元ビーム走査部として図示している。

## 【0021】

拡散板3と空間光変調素子5とは、一定の間隔Lを置いて略平行に設置される。2次元ビーム走査部2を通過した光ビームは、拡散板3上でほぼ集光されて光スポットLSを形成する。拡散板3で拡散された光は、空間光変調素子5上の、図中円で示した照射領域IRを照射する。瞬時瞬時においては、空間光変調素子5の照射領域IRの部分のみが、投射レンズ7によってスクリーン8上に投射されるが、光スポットLSが2次元ビーム走査部2によって拡散板3上を走査されるに従い、照射領域IRが移動してくまなく空間光変調素子5上を走査する。この結果、スクリーン8上に2次元画像全体が表示される。このとき、1画面全体を走査する時間が人間の目の残像時間より短ければ、視聴者は、画面上

10

20

30

40

50

での照明の走査を意識することなく、2次元画像全体を観察することができる。また、動画を表示する際には、1フレームの表示時間以内に画面全体を走査することにより、滑らかな動画の表示が可能となる。

#### 【0022】

さて、ある時刻に投影されるスクリーン8上の画像には、従来の技術の項で述べたごとのスペックルノイズが存在するが、光スポットLSが拡散板3上で走査され、空間光変調素子5上の照射領域IRの位置がわずかに変化した時には、拡散板3上の位相パターンが変化し、スクリーン8上に生じるスペックルパターンも変化する。例えば、拡散板3と空間光変調素子5との距離Lを5mm、拡散板3の拡散角度（半値全角）を10度とすると、空間光変調素子5上の照射範囲の大きさ（照射領域IRの直径）Dは、 $5\text{mm} \times \tan(10^\circ) = \text{約}880\text{マイクロメートル}$ となる。逆に、空間光変調素子5上の特定の1点は、拡散板3上で光スポットLSが880マイクロメートル移動する間だけ照射され続けることになる。

10

#### 【0023】

ここで、拡散板3上での光スポットLSの大きさを50マイクロメートルとすると、特定の1点を照射する間に、 $880\text{マイクロメートル} \div 50\text{マイクロメートル} = 17$ 通り以上の異なるスペックルパターンが生じることとなる。この結果、投影像を観察する際には、これらのスペックルパターンが時間平均されるので、スペックルノイズが抑圧された2次元画像を観察することができる。このとき、拡散板3上でのスポットサイズがより小さい程、スペックルパターンがより高速に変化して時間平均されるので、目で感じるスペックルノイズがより抑圧される。

20

#### 【0024】

また、光スポットLSの拡散板3上での軌跡の間隔dは、表示画像の強度の一様性に寄与する重要な要因となる。一様な強度分布を実現するためには、拡散板3と空間光変調素子5との間の距離Lと、拡散板3による拡散角度（平行ビームを拡散板に入射したときの出射光の散乱角の半値全角） $\theta$ とに対して、間隔dは、 $d \leq 2 \times L \times \tan(\theta/2)$ の関係を満たすことが好ましい。

#### 【0025】

また、拡散板3の拡散角度 $\theta$ は、投射レンズ7のf値によって制限される。すなわち、投射レンズ7のf値に対して $1/f$ ラジアンを越える拡散角度の光線は、投射レンズ7で遮光される。したがって、光の利用効率を十分に確保するためには、拡散板3の拡散角度 $\theta$ を $2 \times \tan^{-1}(1/2f)$ 程度以下とするのがよい。逆に、例えば、拡散角度10度の拡散板3を用いる際には、投射レンズ7のf値は、 $(2 \times \tan(10^\circ/2))^{-1} = 5.7$ 以下であることが好ましく、例えば、投射レンズ7のf値は、約5であることが好ましい。

30

#### 【0026】

上記のようにして、本実施の形態では、各色の光のスペックルノイズを抑制することができるとともに、各光の利用効率を十分に確保しながら、表示画像の強度を一様にするので、スクリーン8上に良好なフルカラー映像を表示することができる。

#### 【0027】

40

また、図1に示す2次元画像表示装置の特徴は、各レーザ光源1a、1b、1cからの出射ビームの光軸が2次元ビーム走査部2に対して互いに異なっている、すなわち、各レーザ光源1a、1b、1cからの出射ビームが互いに異なる角度で2次元ビーム走査部2へ入射されることである。図29に示した従来のレーザディスプレイ装置では、3色のレーザ光源101a～101cからの出射光の光軸を合わせるためにダイクロイックミラー102a、102bを用いて合波していたのに対し、本実施の形態では、レーザ光源1a、1b、1cからの出射ビームの光軸を異なる方向に設置することができるので、合波のためのダイクロイックミラーが不要となり、簡易な光学系で2次元画像表示装置を実現することができる。

#### 【0028】

50

さらに、図1に示す2次元画像表示装置の他の特徴は、2次元ビーム走査部2から拡散板3までの間に光インテグレータのような複雑な光学部品を用いることなく、一様な照明を得られることである。例えば、現在市販されている、放電管等を光源に用いたプロジェクタでは、2枚のレンズアレイによる光インテグレータを用いて照明の均一化が図られているが、本実施の形態では大きな光学部品を用いることなく、かつ光源からの出射ビームの強度分布によることなく、一様な照明を実現することができる。

#### 【0029】

なお、図2においては、2次元ビーム走査部2にて、横方向に高速に、縦方向に低速に走査するような走査方法を図示しているが、図3のように格子状に走査することで走査速度を抑えることが可能である。図3は、縦方向と横方向との走査周波数比が15:19の三角波で走査したときの拡散板3上での光スポットLSの軌跡の一例を表す図である。このように、縦方向の走査周波数と横方向の走査周波数とが互いに素な整数比となる周波数で、レーザ光源1a、1b、1cからの出射ビームを走査することにより、横方向及び縦方向の走査速度差を小さくすることができるので、2次元ビーム走査部2の構成を簡略化することができるとともに、拡散板3を一様に照明することができる。

10

#### 【0030】

(第2の実施の形態)

次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。図4は、本発明の第2の実施の形態による2次元画像表示装置の1色分の光学系を抽出した概略構成図である。なお、第2の実施の形態による2次元画像表示装置において、図4に示す構成以外の構成は、図1に示す2次元画像表示装置と同様であるので、同一部分の図示及び詳細な説明を省略する。

20

#### 【0031】

第2の実施の形態では、図2に示す2次元ビーム走査部2に代えて、図4に示されているように、1次元ビーム分割グレーティング12と、1次元ビーム走査部15とが用いられる。例えば、1次元ビーム分割グレーティング12としては、ホログラフィック光学素子(HOE: Holographic Optical Element)等を用いることができ、1次元ビーム走査部15としては、ガルバノミラー等を用いることができる。

#### 【0032】

上記の構成では、レーザ光源1からの光ビームは、集光レンズ9を通過した後、1次元ビーム走査部15で1次元方向に走査された後、1次元ビーム分割グレーティング12に入射する。1次元ビーム分割グレーティング12は、例えば、ガラス等の透明基板上に1次元の凹凸パターンが形成された回折格子であり、格子の断面形状を最適化することにより、入射した光ビームを多数の等パワーの光ビームに分割できる。

30

#### 【0033】

1次元ビーム分割グレーティング12によって分割された複数の光ビームは、拡散板3上において複数の光ビームが縦方向に一行に配列された1次元マルチビーム列である光スポット列LLとなる。このとき、レーザ光源1からの光ビームが1次元ビーム走査部15によって横方向に走査されているので、光スポット列LLが光の回折方向に垂直な方向に走査され、空間光変調素子5上の照射領域IRの位置がわずかに変化した時には、拡散板3上の位相パターンが変化し、スクリーン8上に生じるスペックルパターンも変化する。

40

#### 【0034】

このようにして、本実施の形態でも、拡散板3上を2次元的に走査した時と同様の効果すなわち第1の実施の形態と同様の効果を得ることができる。また、本実施の形態では、走査方向が1次元になるとともに、その走査周波数が小さくなるため、1次元ビーム走査部15の小型化、低消費電力化及び低コスト化が図られる。

#### 【0035】

また、拡散板3上の光ビーム径Sは、拡散板3の拡散角 $\theta$ 、拡散板3と空間光変調素子5との間の距離L、及び拡散板3上の隣接する光ビームの間隔dに対して、 $S > L \cdot \theta - d$ の関係を満たすことが好ましい。図5は、図1に示す拡散板3上の光ビーム径Sの好適な範囲を説明するための模式図である。なお、図5では、説明を容易にするために、

50

複数の回折ビームのうち互いに隣接する2本の光ビームのみを図示している。

#### 【0036】

図5に示すように、1次元ビーム分割グレーティング12としてホログラフィック光学素子12aを用いる場合、ホログラフィック光学素子12aは、光ビームB0を複数の光ビームに分割して拡散板3へ入射させる。複数の光ビームのうち最も離れた角度で出射される光ビームをB1、B2で描いている。ここで、拡散板3上の光ビームB1、B2の直径をS、その間隔をd、拡散板3の拡散角を $\theta$ 、拡散板3と空間光変調素子5との間の距離をLとすると、光ビームB1は、空間光変調素子5上の領域R1を照明し、光ビームB2は、空間光変調素子5上の領域R2を照明し、領域R3において両光ビームB1、B2が重なり合う。したがって、拡散板3上の光ビーム径Sが、 $S > L \cdot \theta - d$ の関係を満たすとき、空間光変調素子5上の任意の点が複数の光ビームからの拡散光によって照明されるので、スペックルノイズをより低減することができる。

10

#### 【0037】

また、1次元ビーム分割グレーティング12として、レーザ光源1からの出射ビームを互いに異なるピッチで分割する第1及び第2の分割面を有するホログラフィック光学素子を用いることが好ましい。図6は、図5に示すホログラフィック光学素子12aの0次光による光強度分布ムラを説明するための模式図である。図6に示すように、ホログラフィック光学素子12aを用いた場合、拡散板3上の光強度分布LDは、0次回折光L0によるピークを有し、空間光変調素子5上の光強度分布LIにピーク部P0が現れるため、空間光変調素子5上の光強度分布LIにムラが生じる。

20

#### 【0038】

図7は、図1に示すレーザ光源1からの出射ビームを互いに異なるピッチで分割する第1及び第2の分割面を有するホログラフィック光学素子の光強度分布を説明するための模式図であり、図8は、図7に示す第1の分割面のみを有するホログラフィック光学素子の光強度分布を説明するための模式図であり、図9は、図7に示す第2の分割面のみを有するホログラフィック光学素子の光強度分布を説明するための模式図である。

#### 【0039】

図7に示すように、ホログラフィック光学素子12bは、レーザ光源1からの出射ビームを第1のピッチで分割する第1の分割面F1と、レーザ光源1からの出射ビームを第1のピッチより広い第2のピッチで分割する第2の分割面F2とを有している。図8に示す第1の分割面F1のみを有するホログラフィック光学素子12cを用いる場合、0次回折光L0が図示のような光強度分布のムラとなる。また、図9に示す第2の分割面F2のみを有するホログラフィック光学素子12dを用いる場合も、図示のような0次回折光L0が光強度分布のムラとなる。

30

#### 【0040】

しかしながら、図7に示すホログラフィック光学素子12bでは、第1の分割面F1と第2の分割面F2とを同時に使用するため、両者の光強度分布が合成される。この結果、ホログラフィック光学素子12bにより分割された光ビームの拡散板3上の光強度分布は、図7に示す光強度分布LDとなり、0次回折光による光強度分布のムラを小さくすることができる。なお、第1及び第2の分割面は、上記のように、ホログラフィック光学素子12bの前面及び背面に設けられる例に特に限定されず、図8及び図9に示すホログラフィック光学素子12c、12dを2枚併設したり、3枚以上を併設したりしてもよい。これらの点については、後述する他の実施の形態も同様である。

40

#### 【0041】

なお、光ビームを1次元的に拡大する方法は、上記の例に特に限定されず、図4の1次元ビーム分割グレーティング12の代わりに、後述する円柱レンズを用いることもできる。この場合には、光スポット列LLの代わりに、線状の光ビームが拡散板3を照射する。

#### 【0042】

(第3の実施の形態)

次に、本発明の第3の実施の形態について説明する。図10は、本発明の第3の実施の

50

形態による２次元画像表示装置の１色分の光学系を抽出した概念図である。なお、第３の実施の形態による２次元画像表示装置において、図１０に示す構成以外の構成は、図１に示す２次元画像表示装置と同様であるので、同一部分の図示及び詳細な説明を省略する。

#### 【００４３】

第３の実施の形態では、図２に示す２次元ビーム走査部２に代えて、図１０に示されているように、２次元ビーム分割グレーティング１７と、２次元微小角ビーム走査部１６とが用いられる。この構成では、レーザ光源１からの光ビームは、集光レンズ９を通過した後、２次元微小角ビーム走査部１６で２次元方向に微小走査され、その後、２次元ビーム分割グレーティング１７に入射する。２次元ビーム分割グレーティング１７は、第２の実施の形態の１次元ビーム分割グレーティング１２と同様に、ガラス等の透明基板上に２次元の凹凸パターンが形成された回折格子である。１次元ビーム分割グレーティング１２は、１次元の短冊状の凹凸形状を有するのに対し、２次元ビーム分割グレーティング１７の表面形状は、２次元分布を有し、格子の断面形状を最適化することにより、入射した光ビームを多数の等パワーの光ビームに分割できる。

10

#### 【００４４】

なお、２次元ビーム分割グレーティング１７には、従来から回折型光学素子（D i f f r a c t i v e   O p t i c a l   E l e m e n t）又はホログラフィック光学素子（H o l o g r a p h i c   O p t i c a l   E l e m e n t）として知られた公知技術を用いることができ、その設計方法及び作成方法は、例えば、Donald C O' Shea他、“D i f f r a c t i v e   O p t i c s   D e s i g n, F a b r i c a t i o n   a n d   T e s t”, S P I E   P R E S S（２００４）I S B N: 0-8194-5171-1等に詳しい。

20

#### 【００４５】

２次元ビーム分割グレーティング１７によって分割された複数の光ビームは、拡散板３上において複数の光ビームが縦方向及び横方向に配列された２次元マルチビームＳＭとなる。このとき、レーザ光源１からの光ビームが２次元微小角ビーム走査部１６によって縦方向及び横方向に微小走査されているので、２次元マルチビームＳＭも縦方向及び横方向に微小走査され、空間光変調素子５上の照射領域ＩＲの位置がわずかに変化した時には、拡散板３上の位相パターンが変化し、スクリーン８上に生じるスペックルパターンも変化する。

30

#### 【００４６】

このようにして、本実施の形態でも、拡散板３上を２次元的に走査した時と同様の効果すなわち第１の実施の形態と同様の効果を得ることができる。また、本実施の形態では、２次元ビーム分割グレーティング１７によって拡散板３のほぼ全面にビームが分割されており、２次元微小角ビーム走査部１６によって走査する範囲は、隣接する光スポット同士の間隔程度の微小範囲でよい。この構成では、ビーム走査角度が著しく小さくなるため、２次元微小角ビーム走査部１６の小型化、低コスト化、低消費電力化及び低騒音化が図られる。

#### 【００４７】

また、２次元微小角ビーム走査部１６として、走査角度の大きくない音響光学デバイスや、分極反転素子を用いた電気光学偏向素子などが使用可能となる。図１１は、図１０に示す２次元微小角ビーム走査部１６として使用される、分極反転素子を用いた電気光学偏向素子の一例を示す図である。

40

#### 【００４８】

図１１に示す電気光学結晶基板２０ａ、２０ｂは、分極反転素子であり、所定の交流電圧を印加することにより、電気光学結晶基板２０ａは、光ビームを横方向に走査し、電気光学結晶基板２０ｂは、横方向に走査されている光ビームをさらに縦方向に走査する。

#### 【００４９】

電気光学結晶基板２０ａ、２０ｂとしては、例えば、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウムを用いることができる。電気光学結晶基板２０ａ、２０ｂは、その光学軸に垂直に

50

切り出されており、基板面内の三角形の領域の分極が反転され、分極反転領域 2 1 a、2 1 b が形成されている。分極反転領域 2 1 a、2 1 b では、光学軸が反転しているために周辺の領域とは逆の符号の電気光学効果を示す。

#### 【0050】

また、電気光学結晶基板 2 0 a、2 0 b の表面及び裏面には、表面電極 2 2 a、2 2 b 及び裏面電極 2 3 a、2 3 b が形成され、交流電源 2 4 a、2 4 b によって光学軸方向（基板に垂直な方向）に電界が印可される。このとき、先にのべたように、電気光学効果によって分極反転領域 2 1 a、2 1 b と周辺部分とで屈折率変化が生じ、いわばプリズムと同様に働き、基板内を通過する光を偏向することができる。また、電界の印可方向を逆にすることで逆方向に偏向することができる。

10

#### 【0051】

電気光学結晶基板 2 0 a、2 0 b の特長は、可動部分がなく、信頼性、静粛性及び高速性に優れることにある。一方、欠点は、偏向角を大きくするためには高電圧が必要なことであるが、図 1 0 の 2 次元画像表示装置に必要な偏向角は 1 度以下であるため、この範囲では、実用的な駆動電圧で電気光学結晶基板 2 0 a、2 0 b により光ビームを横方向及び縦方向に偏向することができる。

#### 【0052】

また、2 次元ビーム分割グレーティング 1 7 は、上記の例に特に限定されず、ホログラフィック光学素子から構成される 1 次元ビーム分割グレーティングを 2 枚用いるようにしてもよい。図 1 2 は、図 1 0 に示す 2 次元ビーム分割グレーティング 1 7 として使用可能な 2 枚の 1 次元ビーム分割グレーティングの一例を示す斜視図である。図 1 2 に示すように、1 次元ビーム分割グレーティング 1 7 a は、入射した光ビームを水平方向に配列される複数の等パワーの光ビームに分割し、1 次元ビーム分割グレーティング 1 7 b は、水平方向に分割された複数の光ビームの各々を垂直方向に配列される複数の等パワーの光ビームに分割する。この結果、2 次元ビーム分割グレーティング 1 7 と同様に、拡散板 3 上において複数の光ビームが縦方向及び横方向に配列された 2 次元マルチビームを作成することができる。この結果、2 次元ビーム分割グレーティング 1 7 と同様の効果を得ることができるとともに、上記の図 7 に示すホログラフィック光学素子 1 2 b と同様に、0 次回折光による光強度分布のムラを小さくすることができる。

20

#### 【0053】

（第 4 の実施の形態）

次に、本発明の第 4 の実施の形態について説明する。図 1 3 は、本発明の第 4 の実施の形態による 2 次元画像表示装置に用いられる擬似ランダム拡散板の一例を示す図である。なお、第 4 の実施の形態による 2 次元画像表示装置は、拡散板 3 として図 1 3 に示す擬似ランダム拡散板 3 a を用いる点以外は、図 1 に示す 2 次元画像表示装置と同様であるので、同一部分の図示及び詳細な説明を省略する。

30

#### 【0054】

図 2 に示す拡散板 3 は、通常ガラスや樹脂等からなる透明基板の表面をランダムに荒らすことによって作製されるのに対し、図 1 3 に示す擬似ランダム拡散板 3 a は、透明基板の表面に格子状の凹凸を形成することで作製される。擬似ランダム拡散板 3 a の表面は、2 次元の格子状セル C E に分割され、それぞれのセル C E を通過する光の位相がランダムに変移するように、凹凸の深さがランダムに設定されている。最大の深さは、 $\lambda / (n - 1)$  とすればよい。

40

#### 【0055】

図 1 3 に示す擬似ランダム拡散板 3 a を用いる利点は、擬似ランダム拡散板 3 a を通過する光の拡散角度がセル C E の大きさによって厳密にコントロールできることである。すなわち、格子状セル C E のセルピッチ d c 及び角度  $\theta$  に対して、 $I(\theta) = \{ \sin(\alpha) / \alpha \}^2$  ( $\alpha = \pi / \lambda \times \theta \times d c$ ) なる強度分布をもって光が拡散される。例えば、半値全角が 1 0 度となる拡散板を作製するには、上式で  $I(\theta) = 1 / 2$  を代入して、波長  $\lambda$  に対するセルピッチ d c が得られる。例えば、青、緑、赤の波長をそれぞれ  $\lambda = 0.$

50

473、0.532、0.640マイクロメートルとする光源を用いた場合には、セルピッチdcはそれぞれ、2.4、2.7、3.2マイクロメートルで作製すれば良い。

【0056】

一方、通常の拡散板では、表面形状がランダムであるため、(1)場所によって局所的な拡散角度が異なり、光利用効率が低下する、(2)場所によって透過率が変化し、画像に強度分布ムラが生じる、(3)拡散角度が一定になるよう安定に作製することが困難であるなどの課題がある。また、通常の拡散板では、散乱角を大きく取った際には、偏向方向が乱れる課題がある。図13に示す擬似ランダム拡散板3aでは、これらの課題が解決可能である。

【0057】

また、図13の擬似ランダム拡散板3aは、通常の半導体プロセスで用いられるフォトリソグラフィ法とエッチング法とによってガラス板上に凹凸パターンを形成することにより作製できる。このとき、図13のように位相変移を、例えば、0、 $\pi/2$ 、 $\pi$ 、 $3\pi/2$ のように選んでおくと、 $\pi/2$ 、 $\pi$ の位相変移に相当する2回のエッチングにより容易に作製することができる。

【0058】

(第5の実施の形態)

次に、本発明の第5の実施の形態について説明する。図14は、本発明の第5の実施の形態による2次元画像表示装置の1色分の光学系を抽出した概念図である。なお、第5の実施の形態による2次元画像表示装置において、図14に示す構成以外の構成は、図1に示す2次元画像表示装置と同様であるので、同一部分の図示及び詳細な説明を省略する。

【0059】

第5の実施の形態では、図10に示す2次元ビーム分割グレーティング17に代えて、図14に示されているように、ブレードグレーティング17c及び遮光板18が用いられる。

【0060】

この構成では、レーザ光源1からの光ビームは、集光レンズ9を通過した後、2次元微小角ビーム走査部16で2次元方向に微小走査され、その後、ブレードグレーティング17cに入射する。ブレードグレーティング17cは、第3の実施の形態の2次元ビーム分割グレーティング17と同様に、各格子面(出射面)が入射面に対して傾斜するように、ガラス等の透明基板上に2次元のウェッジ形状パターンが形成された2次元回折格子である。したがって、ブレードグレーティング17cから出射される光ビームのうち0次回折光のみが、入射面に対して垂直な方向(ブレードグレーティング17cの中心軸方向)へ導かれて遮光板18に入射される。一方、残りの回折光は、右方向に所定角度だけ(図14では右側へ)偏向され、ブレードグレーティング17cの中心軸から右方向に所定距離だけずれた位置に設置されている拡散板3へ入射される。拡散板3以降の動作は、第3の実施の形態と同様であるのでその説明を省略する。

【0061】

図15は、図14に示すブレードグレーティング17cの回折光の光強度分布を説明するための模式図である。図15に示すように、ブレードグレーティング17cは、ランダムに高さの異なる複数の格子面F2を有し、各格子面F2と入射面F1とのなす角度が所定角度 $\theta$ (例えば、30度)に設定される。このように構成されたブレードグレーティング17cに光ビームが入射されると、各格子面のエッジ部EGから出射される0次回折光L0は、遮光板18を照射し、0次回折光以外の回折光L1は、図示のように均一な光強度分布で拡散板3を照射する。

【0062】

このように、本実施の形態では、第3の実施の形態と同様の効果を得ることができるとともに、0次回折光が拡散板3及び空間光変調素子5を照射しないため、空間光変調素子5上の光強度分布をより均一にすることができる。

【0063】

## (第6の実施の形態)

次に、本発明の第6の実施の形態について説明する。図16は、本発明の第6の実施の形態による2次元画像表示装置の1色分の光学系を抽出した概念図である。なお、第6の実施の形態による2次元画像表示装置において、図16に示す構成以外の構成は、図1に示す2次元画像表示装置と同様であるので、同一部分の図示及び詳細な説明を省略する。

## 【0064】

第6の実施の形態では、図2に示す2次元ビーム走査部2に代えて、図16に示されているように、2次元ビーム分割グレーティング19aを振動させるビーム振動部19が用いられる。この構成では、レーザ光源1からの光ビームは、集光レンズ9を通過した後、ビーム振動部19の2次元ビーム分割グレーティング19aにより反射されて拡散板3へ導かれる。

## 【0065】

ビーム振動部19は、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) ミラー等の振動ミラーから構成され、ミラー面に形成された2次元ビーム分割グレーティング19aが支持体19bに1次的又は2次的に微小振動可能に支持され、後述するMEMSミラーと同様に2次元ビーム分割グレーティング19aが1次的又は2次的に微小振動される。2次元ビーム分割グレーティング19aは、図10に示す2次元ビーム分割グレーティング17と同様に、ミラー面上に2次元の凹凸パターンが形成された回折格子であり、入射した光ビームを反射して多数の等パワーの光ビームに分割する。

## 【0066】

2次元ビーム分割グレーティング19aによって分割された複数の光ビームは、拡散板3上において複数の光ビームが縦方向及び横方向に配列された2次元マルチビームSMとなる。このとき、2次元ビーム分割グレーティング19aがビーム振動部19によって微小振動されているので、2次元マルチビームSMも縦方向及び／又は横方向に微小走査され、空間光変調素子5上の照射領域IRの位置がわずかに変化した時には、拡散板3上の位相パターンが変化し、スクリーン8上に生じるスペックルパターンも変化する。

## 【0067】

このようにして、本実施の形態では、第1の実施の形態と同様の効果を得ることができるとともに、2次元ビーム分割グレーティング19aがビーム振動部19に一体に構成されているので、部品点数を削減することができるとともに、装置をより小型化することができる。

## 【0068】

## (第7の実施の形態)

次に、本発明の第7の実施の形態について説明する。図17は、本発明の第7の実施の形態による2次元画像表示装置の1色分の光学系を抽出した概念図である。なお、第7の実施の形態による2次元画像表示装置において、図17に示す構成以外の構成は、図1に示す2次元画像表示装置と同様であるので、同一部分の図示及び詳細な説明を省略し、また、図示を容易にするために、2次元走査部としてポリゴンスキャナのみを図示している。

## 【0069】

第7の実施の形態では、2次元ビーム走査部2としてポリゴンスキャナ21及びガルバノミラー（又は、ポリゴンスキャナ等、図示省略）を用い、ポリゴンスキャナ21と拡散板3との間の光路と、拡散板3と空間光変調素子5との間の光路とを囲う反射ミラー22がさらに付加される。

## 【0070】

この構成では、第1の実施の形態と同様に、レーザ光源1からの光ビームは、ガルバノミラーにより反射されて走査され、さらに、ポリゴンスキャナ21により反射されて走査される。ポリゴンスキャナ21により反射された光ビームは、反射ミラー22内で複数回折り返され、最終的に、フィールドレンズ4、拡散板3及び空間光変調素子5へ導かれる

。この結果、本実施の形態でも、第1実施の形態と同様の効果を得ることができる。

#### 【0071】

ここで、ポリゴンスキャナ21のように反射面の数が少ない、例えば、8面のポリゴンミラーの場合、光ビームの走査角が大きくなるため、ポリゴンスキャナ21と空間光変調素子5との間に十分な距離を確保することができず、光学系の設計が難しくなる。一方、本実施の形態では、反射ミラー22により光ビームを折り返しているため、ポリゴンスキャナ21と空間光変調素子5との間に十分な距離を確保することができ、光学系の設計が容易となる。また、一般に、反射面の数が少ないポリゴンスキャナの方が、その製造が容易であり、低コスト化を図ることができる。

#### 【0072】

さらに、ポリゴンスキャナ21は、一方向への回転運動を行う回転機構であるため、往復運動を行う振動機構に比して、光ビームの走査速度をその始端から終端まで等速化することができ、空間光変調素子5上の光強度分布をより均一化することができる。また、ポリゴンスキャナ21と拡散板3との間の光路と、拡散板3と空間光変調素子5との間の光路とが反射ミラー22により覆われているため、この部分での光ビームの損失を防止することができ、空間光変調素子5上の光強度を向上することができる。

#### 【0073】

以上は、2次元ビーム走査部と反射ミラー22とを用いる例を示したが、1次元ビーム走査部及び1次元ビーム分割部等と、反射ミラーとを用いても同様の効果を得ることができる。

#### 【0074】

(第8の実施の形態)

次に、本発明の第8の実施の形態について説明する。図18は、本発明の第8の実施の形態による2次元画像表示装置の概略構成図である。赤色レーザ光源1a、緑色レーザ光源1b、青色レーザ光源1cから出射した光は、凹レンズ8によって水平方向に拡大され、MEMSミラー9を照射する。MEMSミラー9は、上下方向の角度が互いに独立に変化する3つのミラー部91を持ち、それぞれに赤色レーザ光源1a、緑色レーザ光源1b、青色レーザ光源1cから出射した光が入射する。ミラー部91によって反射された光は、空間光変調素子5の手前に近接して設置された拡散板3を通過し、空間光変調素子5を線状のビーム13a、13b、13cとして照明する。空間光変調素子5によって変調された光は、投写レンズ6によってスクリーン7に投写され、画像が形成される。

#### 【0075】

図19は、図18に示すMEMSミラー9の概略構成図である。MEMSミラー9は、支持部97と一体に形成されたミラー部91を、その凹部に絶縁膜93を介して上側電極94、下側電極95及びボンディングパッド96が形成されたシリコン基板90に貼り合わせることで形成される。このような構造を有するミラー部91及びシリコン基板90は、フォトリソグラフィ技術及びエッチング技術を用いて作製することができる。

#### 【0076】

ミラー部91は、支持部97を介してシリコン基板90に接続される構造を有している。ミラー部91の下側にはシリコン基板90上に絶縁膜93を介して上側電極94と下側電極95とが形成されている。それぞれの電極は、ボンディングパッド96と導通しているが、それらの間の配線は簡単のため図示していない。ミラー部91上には、反射率を高めるための反射膜92が装荷される。

#### 【0077】

シリコン基板90としては、導電性材料が用いられ、シリコン基板90と上側電極94との間に電圧を印可すると両者が接近する方向に静電気力が働き、ミラー部91が上を向くように傾く。逆に、シリコン基板90と下側電極95との間に電圧を印可すると両者が接近する方向に静電気力が働き、ミラー部91が下を向くように傾く。上側電極94とシリコン基板90との間の電圧と、下側電極95とシリコン基板90との間の電圧との差によって、ミラー部91を回転する方向の力のモーメントが決定される。

## 【0078】

ミラー部91が傾いた時には、支持部97がねじれ、傾きを小さくする方向に力のモーメントが働く。上側電極94と下側電極95とに直流電圧を印可したときは、静電気力とねじれのモーメントが釣り合うように、ミラー部91の角度が決まる。本実施の形態の2次元画像表示装置のように、動的にミラー部91の角度を制御するためには、静電気力や支持部97のねじれ応力に加えて、ミラー部91の慣性モーメントやミラー部91の空気抵抗を考慮して、印可電圧の時間波形が決定されることになる。

## 【0079】

幅800ミクロン、長さ3mmのミラー部91を形成したMEMSミラー9を作成した。この場合の1次共振周波数は25kHzであった。時間に対して線形な走査が高速にな

10

## 【0080】

なお、上側電極94と下側電極95とは、上記のように駆動電圧を印可するだけでなく、各電極94、95とミラー部91との間の静電容量を検出することで、回転角の検出器としても用いることができる。例えば、それぞれの電極に高周波電圧を印可しておき、電流値を検出してミラー部91の回転角を知ることができる。このように、MEMSミラー9を、ミラー回転角検出にも用いることで、上述のような光検出器17を用いることなく、簡単な構成で2次元画像表示装置を実現するようにしてもよい。

20

## 【0081】

また、本実施の形態では、静電気力を駆動力として用いるMEMSミラー9の例を説明したが、光ビームを走査できるものであればいかなる構造のものでも利用可能である。例えば、磁気コイルのローレンツ力を用いたビーム走査機構を利用してもよい。この場合には、コイルの逆起電圧を検出してミラー部91の回転速度を検出し、検出結果をミラー部91の角度制御に用いることができる。また、圧電膜を用いた電歪効果を利用するビーム走査機構などを利用してもよい。この場合には、圧電膜の圧電効果を利用してミラー部91の回転角を検出し、検出結果をミラー部91の角度制御に用いることができる。

## 【0082】

本実施の形態の特徴は、以下のような方法で1枚の空間光変調素子5を用いて赤色光、緑色光及び青色光の画像をスクリーンに投写し、フルカラーの画像が得られることにある。

30

## 【0083】

MEMSミラー9に設けられた3つのミラー部91の回転角は上下方向に可変であり、それぞれ独立にその角度がタイミング制御装置16によって制御される。それぞれのミラー部91に入射した赤色レーザ光、緑色レーザ光、青色レーザ光はそれぞれ、空間光変調素子5上の異なる縦方向位置に、線状の形状で投影される。画像処理装置15は、外部から入力される映像信号を赤色用映像信号、緑色用映像信号及び青色用映像信号に分離し、空間光変調素子5の縦方向の異なる領域に異なる映像信号を供給する。すなわち、それぞれのレーザ光が照射される領域には、映像信号のうち、それぞれの色の画像に対応した信号が供給される。

40

## 【0084】

空間光変調素子5上の線状ビーム13a～13cは、MEMSミラー9のミラー部91が駆動されるに従って、空間光変調素子5上で上下に移動する。このとき、タイミング制御装置16は、常に、赤色線状ビーム13aが照射される空間光変調素子5の領域には赤色用画像14aが、緑色線状ビーム13bが照射される空間光変調素子5の領域には緑色用画像14bが、青色線状ビーム13cが照射される空間光変調素子5の領域には青色用画像14cが表示されるように、画像処理装置15とMEMSミラー9とを制御する。

## 【0085】

このときの線状ビーム13a～13cが走査される様子の概念図を図20に示す。図中

50

の1点鎖線、実線、破線の折れ線で示す各軌跡T a、T b、T cは、それぞれ赤色線状ビーム13 a、緑色線状ビーム13 b、青色線状ビーム13 cの軌跡を表し、赤色線状ビーム13 a、緑色線状ビーム13 b、青色線状ビーム13 cは、それぞれ空間光変調素子5上で三角波状に駆動される。理想的には鋸歯状波形で駆動されるのが望ましいが、MEMSミラー9のミラー部91の回転モーメントがあるために瞬時に移動することができず、実際には図のように非対称な三角波状波形で駆動され、対応してそれぞれの線状ビーム13 a～13 cの位置も非対称な三角波状に変化する。なお、図20は概略図であり、実際にはミラー部91の慣性モーメントのため、折り返し位置でオーバーシュートが現れるなど、ビームの動作が乱れるが、この点の図示を省略し、各線状ビーム13 a～13 cの軌跡として三角波状の軌跡を描いている。

10

**【0086】**

図20の例では、各線状ビーム13 a～13 cが、空間光変調素子5上で左側（図18及び図20の下側）から右側（図18及び図20の上側）へ移動しながら、空間光変調素子5を走査照明する。各線状ビーム13 a～13 cが空間光変調素子5の最右部に到達すると、タイミング制御装置16は、それぞれのビームを発光するレーザ光源1 a～1 cを消灯するとともに、MEMSミラー9によって各線状ビーム13 a～13 cを高速に空間光変調素子5の最右部へ移動させる。

**【0087】**

すなわち、タイミング制御装置16は、それぞれの軌跡T a、T b、T cが右上がりの時それぞれのビームを発するレーザ光源を発光させ、それぞれの軌跡T a、T b、T cが右下がりの時それぞれのビームを発するレーザ光源を発光させない。上記のような制御によって、図20に示すように、赤色レーザ光源1 aが発光している期間L a、緑色レーザ光源1 bが発光している期間L b、青色レーザ光源1 cが発光している期間L cにおいて順次点灯し、各軌跡T a、T b、T cの右上がりの部分が互いに交差することなく、各線状ビーム13 a～13 cは、常に空間光変調素子5上の異なる位置を照射する。

20

**【0088】**

このとき、タイミング制御装置16は、各線状ビーム13 a～13 cが照射されている空間光変調素子5上の位置にあるスイッチング素子を、各線状ビーム13 a～13 cの色に対応する映像信号に応じてオン／オフさせ、スクリーン7上に画像を表示する。このため、瞬時瞬時には、スクリーン7上には赤色、緑色、青色の明るいラインが表示されるが、各線状ビーム13 a～13 cを高速に走査することで、残像効果により、赤色、緑色及び青色の画像を同時にスクリーン7上に投射し、フルカラーの画像を表示できる。

30

**【0089】**

また、本実施の形態の他の特徴は、各線状ビーム13 a～13 cが点灯している期間L a～L cが消灯している期間より十分に長く、明るい画像表示が可能なことである。例えば、赤色用画像、緑色用画像、青色用画像を空間光変調素子5の全面に順次表示し、赤色光源、緑色光源、青色光源を表示画像に同期して空間光変調素子5の全面に順次照射する方法では、それぞれの光源を点灯している時間が全体の1／3以下になり、それぞれの光源の平均出力は、それぞれの光源の最大出力の1／3以下になる。それに対して、本実施の形態では、図20から分かるように、各レーザ光源1 a～1 cは、ビームが走査終了位置から走査開始位置に高速に移動する時間を除いて、ほとんどの期間点灯されているため、各レーザ光源1 a～1 cに対して、各レーザ光源1 a～1 cの最大出力とほぼ等しい平均出力が得られる。

40

**【0090】**

また、線状ビーム13 a～13 cは、図20のように、すべて等しく安定な振幅で走査されるのが望ましい。このため、本実施の形態は、空間光変調素子5の近傍で、空間光変調素子5の表示範囲から外れた位置に、線状ビーム13 a～13 cを検出する光検出器17（図18参照）を設けている。タイミング制御装置16が光検出器17の検出信号を基にMEMSミラー9を制御することにより、各光ビームの走査範囲や走査速度を正確に制御することが可能になる。この結果、色バランスが正確に制御されるとともに、過剰に走

50

査されることがないために光利用効率が高まって明るい画像表示が可能になり、また、環境温度の変化などで走査角度や走査速度が変動することを防止することができる。

【0091】

なお、光検出器17は、空間光変調素子5の近傍でなくとも、MEMSミラー9と投射レンズ6との間のいずれかの場所に設定するようにしてもよい。また、MEMSミラー9と投射レンズ6との間のいずれかの場所にビーム分割部材を設け、MEMSミラー9と投射レンズ6の間の位置と異なる位置に設置してもよい。

【0092】

図21は、図18に示す空間光変調素子5上の表示領域の構成の一例を示す模式図である。上記のように各線状ビーム13a～13cが空間光変調素子5上を走査するとき、図21に示すように、空間光変調素子5上の領域は、赤色用画像14aの表示に用いられる赤色画像表示領域Ra、緑色用画像14bの表示に用いられる緑色画像表示領域Rb及び青色用画像14cの表示に用いられる青色画像表示領域Rcに区分される。赤色画像表示領域Raの中心位置に赤色線状ビーム13aが位置し、緑色画像表示領域Rbの中心位置に緑色線状ビーム13bが位置し、青色画像表示領域Rcの中心位置に青色線状ビーム13cが位置する。

10

【0093】

ここで、赤色画像表示領域Ra、緑色画像表示領域Rb及び青色画像表示領域Rcの各領域の間には、画像表示に使用しない黒色表示領域Rdが設定されることが好ましい。各線状ビーム13a～13cは、空間光変調素子5上でほぼ線状形状を有するが、拡散板3における乱反射等によってわずかな迷光が線状ビーム13a～13cの線幅（短手方向の幅）BWの方向に広がり、一部は、各画像表示領域Ra～Rcを超えて隣接する他の色の画像表示領域に達する。この迷光によって異なる色が混じるため、純粋な色を表示できなくなる。

20

【0094】

このため、本実施の形態では、図21に示すように、赤色画像表示領域Ra、緑色画像表示領域Rb及び青色画像表示領域Rcの各領域の間に黒色表示領域Rdが設けられている。空間光変調素子5は、黒色表示領域Rdに位置するスイッチング素子をオフすることにより、線幅方向に広がった迷光は、黒色表示領域Rdによって遮断されるため、赤色画像表示領域Ra、緑色画像表示領域Rb及び青色画像表示領域Rcにおいて各色の純粋な色を表示できるとともに、各色の彩度を向上することができる。また、図21に示す両端部領域Reも、黒色表示領域として用いてもよい。

30

【0095】

また、本実施の形態の別の特徴は、線状ビーム13a～13cの幅BW（図21参照）が、線状ビーム13a～13cの走査方向の走査範囲SW（図20参照）の1/10以下になっていることである。線状ビーム13a～13cが有限の幅を持つとき、空間光変調素子5上の照度分布を一様にするためには、空間光変調素子5の広さより大きな範囲で線状ビーム13a～13cを走査する必要がある。走査範囲SWが空間光変調素子5の幅（長手方向の幅）MW（図21参照）より狭い場合には、走査開始位置と走査終了位置となる空間光変調素子5の端部の照度が暗くなる。この端部での照度低下を防ぐには、空間光変調素子5の幅MWより広い範囲で線状ビーム13a～13cを走査させればよい。

40

【0096】

より具体的には、空間光変調素子5の幅MWと線状ビーム13a～13cの幅BWの和（MW+BW）で表される距離分だけ、線状ビーム13a～13cを走査させればよい。このとき、線状ビーム13a～13cが空間光変調素子5より広い部分を照射するため、光の利用効率が低下するが、本実施の形態のように、線状ビーム13a～13cの幅BWが、線状ビーム13a～13cの走査方向の走査範囲SWの1/10以下になっているとき、このような空間光変調素子5領域外を照射することによる光の利用効率の低下は、10%以下となり、効率低下による明るさの低減を防ぐことができる。

【0097】

50

また、線状ビーム13a～13cの線幅BWは、線状ビーム13a～13cの走査幅SW及びレーザ光源の数n（例えば、本実施の形態では、3）に対して、 $BW < SW / (2n)$ の関係を満たすことが好ましい。この場合、互いに隣接する線状ビーム13a～13cの間隔は、 $SW / n$ となっており、線状ビーム13a～13cの線幅BWは、その2分の1より小さくなる。このように、線幅BWの細い線状ビーム13a～13cを用いることにより、拡散板3での乱反射などによる迷光が隣接する色の画像表示領域に混入する割合を小さく抑えることができるので、赤色画像表示領域Ra、緑色画像表示領域Rb及び青色画像表示領域Rcにおいて各色の純粋な色を表示することができるとともに、各色の彩度を向上することができる。

#### 【0098】

また、図21に示すように、空間光変調素子5上における線状ビーム13a～13cの走査方向は、空間光変調素子5の表示範囲の長辺（長さMWの辺）に平行であることが好ましい。この場合、空間光変調素子5上における各線状ビーム13a～13cの間隔を広く取ることができるので、拡散板3での乱反射などによる迷光が隣接する色の画像表示領域に混入する割合を小さく抑えることができ、赤色画像表示領域Ra、緑色画像表示領域Rb及び青色画像表示領域Rcにおいて各色の純粋な色を表示することができるとともに、各色の彩度を向上することができる。

#### 【0099】

また、本実施の形態の別の特徴は、光源にレーザ光源1a～1cを用いていることである。近年、超高压水銀灯やメタルハライドランプの小型高効率化が著しいが、これらの光源は、発光点サイズが放電アーク長で決まり、約1mmの大きさを持つ。そのため、ランプ光源を用いた2次元画像表示装置では、3色の光ビームを1枚の空間光変調素子上に効率よく分割して照射することができず、光利用効率が低くなる課題があった。これに対して、本実施の形態では、レーザ光源1a～1cとして、指向性の高いレーザ光源を用いているために、各レーザ光源1a～1cからの光を細い線状ビーム13a～13cに変換して同一の空間光変調素子5上を照射することができる。

#### 【0100】

図18に示す2次元画像表示装置の光学系の水平方向及び垂直方向の概略構成を図22及び図23に示す。図22及び図23に示すように、レーザ光源1からの発散光を集光するため、集光レンズ2を用いている。集光レンズ2で略収束ビームとなった光は、図22に示すように、水平方向では凹レンズ8にて発散ビームに変換される。凹レンズ8は、円柱レンズから構成され、垂直方向にはレンズパワーを持たず、図23に示すように、収束ビームがそのまま凹レンズ8を通過する。凹レンズ8で発散ビームに変換された光ビームは、MEMSミラー9により反射された後、フィールドレンズ4で平行ビームあるいはわずかに収束するビームとなり、投写レンズ6の開口に向かうため、投写レンズ6でのけられなくなり、光利用効率が向上する。なお、図18では簡単のため、上記の集光レンズ2及びフィールドレンズ4の図示を省略している。

#### 【0101】

また、本実施の形態の特徴は、線状ビーム13a～13cを走査することで、スペックルノイズが効果的に抑圧されることである。空間光変調素子5の手前には近接して拡散板3が設置されている。拡散板3は、例えば透明なガラス基板や樹脂基板の表面に凹凸を設けた磨りガラス状の基板であり、入射した光の波面にランダムな位相分布を与えるとともに、入射光線を発散ビームに変換する。

#### 【0102】

ここで、光ビームがMEMSミラー9で走査されるに従って、線状ビーム13a～13cが拡散板3上で移動する。このとき、空間光変調素子5に入射する光の入射角が変化し、ひいてはスクリーン7に入射する光の入射角が変化し、スペックルノイズのパターンが変化する。高速で線状ビーム13a～13cが走査されることで、観察者の感じるスペックルノイズのパターンが高速に変化し、時間平均されてスペックルノイズのない高画質の画像が観察される。

10

20

30

40

50

## 【0103】

また、拡散板3の拡散角に対応するf値は、投写レンズ6の入射側のf値以上であることが望ましい。具体的には、通常のプロジェクタでは、投写レンズ6の入射側f値は、1.4～2.5程度の値である。このとき、拡散板3の拡散角は半値全角で、それぞれ42度～23度以下にするのが望ましい。これを超えると、拡散板3で拡散された光のうち、大きな角度で拡散された光は、投射レンズ6の開口を通過できず、光の利用効率が低下するからである。

## 【0104】

以上の説明は、レーザ光源1a～1cからの出射光を1次元方向に拡大する1次元ビーム拡大部材として、凹レンズ形状の円柱レンズ8を用いたが、上記の第2の実施の形態のように、グレーティングを用いたビーム分割部材を用いることもできる。このときには空間光変調素子5上での線状ビームは、1次元のスポット列となる。また、断面形状で決まる位相分布を適当に設計したホログラム素子（一般にCGH（コンピュータジェネレーテッドホログラム）と呼ばれる）であっても、同様に入射ビームを1次元のスポット列に変換する1次元ビーム拡大部材として利用可能である。また、同様にレンチキュラーレンズを用いてもよい。また、本実施の形態では、図18及び図22に示す光透過型の素子である凹レンズ8を用いているが、上記の円柱レンズや、グレーティング部材や、CGH等の1次元ビーム拡大部材として、それぞれ凹面鏡など、反射型の素子でも構わない。

## 【0105】

また、本実施の形態の特徴は、各素子のスイッチング速度が5.5ミリ秒以下の空間光変調素子5を用いていることである。通常のビデオ動画信号のフレーム繰り返し周波数は、毎秒30フレームであり、3色のレーザ光源1a～1cを用いてフルカラーの動画表示を行うときには、空間光変調素子5の各素子が表示すべき映像は、少なくとも毎秒90回切り替わる。すなわち11ミリ秒ごとに映像が切り替わる。空間光変調素子5のスイッチング速度が遅い時には、各色の映像信号間のクロストークとなって現れ、色ずれ、色褪せの原因となる。一方、本実施の形態では、この切り替え時間の半分の5.5ミリ秒以下のスイッチング時間の空間光変調素子5を用いることで、各色のレーザ光が照射されるときにスイッチングが完了し、色ずれ、色褪せのない所望のカラー動画像を表示することができるようになる。

## 【0106】

また、空間光変調素子5の各素子のスイッチング速度は、1.8ミリ秒以下であることがより好ましい。毎秒30枚表示されるカラー画像のうち、それぞれの色の画像は、同時に表示されるのが望ましい。しかしながら、各色のビームを空間光変調素子5上の異なる位置を走査しながら各色の画像を表示する本実施の形態では、各色の画像を表示するタイミングがわずかにずれる。そのため、激しい動きのある動画像を表示した際には、動きのある輪郭部分に色ずれの見える現象が現れやすい。これに対して、同一の画像を複数回繰り返して表示することで、輪郭の色ずれを防ぐことができる。実際には、同一画像を3回以上繰り返して表示したとき、すなわち、毎秒90フレームの表示を3色の画像に対して行ったとき、輪郭の色ずれがなくなった。各素子のスイッチング速度が1.8ミリ秒以下の空間光変調素子5を用いることで、この表示方法が実現でき、輪郭に色ずれのない動画像表示が可能になる。

## 【0107】

また、インターレースカラー動画像を表示する場合、空間光変調素子5の各素子のスイッチング速度は、2.7ミリ秒以下であることが好ましい。毎秒30フレームのビデオ動画信号をインターレース表示するときには、毎秒60回画像を切り替える。3色のレーザ光源1a～1cを用いてフルカラーの動画表示を行うときには、空間光変調素子5の各素子が表示すべき映像は、少なくとも毎秒180回切り替わる。すなわち、5.5ミリ秒ごとに映像が切り替わる。空間光変調素子5のスイッチング速度が遅い時には、各色の映像信号の間のクロストークとなって現れ、色ずれ、色褪せの原因となる。一方、この切り替え時間の半分の2.7ミリ秒のスイッチング時間の空間光変調素子5を用いることで、各

色のレーザ光が照射されるときにスイッチングが完了し、色ずれ、色褪せのない所望のインターレースカラー動画像を表示することができるようになる。

#### 【0108】

また、空間光変調素子5の各素子のスイッチング速度は、0.9ミリ秒以下であることがより好ましい。各素子のスイッチング速度が0.9ミリ秒以下の空間光変調素子5を用いる場合、同一画像を3回以上繰り返して表示することができるので、輪郭に色ずれのないインターレース動画像表示が可能になる。

#### 【0109】

上記のような高速なスイッチング速度を有する空間光変調素子としては、強誘電性液晶を用いた液晶素子を使用することが好ましい。なお、本実施の形態では、透過型の空間光変調素子5を用いているが、シリコン基板上に反射膜を施し、さらに液晶素子を装荷した構造のいわゆるLCOSデバイスや、MEMSミラー等から構成される微小ミラーを振動して反射光の方向を制御して光スイッチ列を構成するいわゆるDLPデバイスや、他の任意の構造の光スイッチ列であれば同様に用いることができる。

#### 【0110】

また、本実施の形態に用いる拡散板としては、上記の例に特に限定されず、以下に説明する擬似ランダム拡散板を用いてもよい。図24は、図18に示す2次元画像表示装置に用いられる擬似ランダム拡散板の一例を示す模式図である。

#### 【0111】

図18に示す拡散板3は、通常ガラスや樹脂等からなる透明基板の表面をランダムに荒らすことによって作製されるのに対し、図24に示す擬似ランダム拡散板3bは、透明基板の表面に格子状の凹凸を形成することで作製される。擬似ランダム拡散板3bの表面は、2次元の格子状セルCEに分割され、それぞれのセルCEを通過する光の位相がランダムに変移するよう、凹凸の深さがランダムに設定されている。最大の深さは $\lambda / (n - 1)$ とすればよい。

#### 【0112】

図24の擬似ランダム拡散板3bを用いる利点は、擬似ランダム拡散板3bを通過する光の拡散角度がセルの大きさによって厳密にコントロールできることである。すなわち、格子状セルのセルピッチ $d_c$ 及び角度 $\theta$ に対して、 $I(\theta) = \{\sin(\alpha) / \alpha\}^2$  ( $\alpha = \pi / \lambda \times \theta \times d_c$ ) なる強度分布をもって拡散される。例えば、半値全角が10度となる拡散板を作製するには、上式で $I(\theta) = 1/2$ を代入して、波長 $\lambda$ に対するセルピッチ $d_c$ が得られる。青、緑、赤の波長をそれぞれ $\lambda = 0.473, 0.532, 0.640$ マイクロメートルとする光源を用いた場合には、セルピッチ $d_c$ はそれぞれ、2.4、2.7、3.2マイクロメートルで作製すれば良い。

#### 【0113】

一方、通常の拡散板では、表面形状がランダムであるため、(1)場所によって局所的な拡散角度が異なり、光利用効率が低下する、(2)場所によって透過率が変化し、画像に強度分布ムラが生じる、(3)拡散角度が一定になるよう安定に作製することが困難であるなどの課題がある。また、通常の拡散板では、散乱角を大きく取った際には、偏向方向が乱れる課題がある。図24の擬似ランダム拡散板3bでは、これらの課題が解決可能である。

#### 【0114】

また、図24の擬似ランダム拡散板3bは、通常の半導体プロセスで用いられるフォトリソグラフィ法とエッチング法とによってガラス板上に凹凸パターンを形成することにより作製できる。このとき、図24のように位相変移を、例えば、0、 $\pi/2$ 、 $\pi$ 、 $3\pi/2$ のように選んでおくと、 $\pi/2$ 、 $\pi$ の位相変移に相当する2回のエッチングにより容易に作製することができる。

#### 【0115】

(第9の実施の形態)

次に、本発明の第9の実施の形態について説明する。図25及び図26は、本発明の第

10

20

30

40

50

9の実施の形態による2次元画像表示装置の光学系の水平方向及び垂直方向の概略構成を示す模式図である。なお、第9の実施の形態による2次元画像表示装置は、図22及び図23に示すフィールドレンズ4に代えて、図25及び図26に示す第1及び第2のフィールドレンズ4a、4bを用いる点以外は、第8の実施の形態の2次元画像表示装置と同様であるので、同一部分の図示及び詳細な説明を省略する。

#### 【0116】

図25及び図26に示すように、本実施の形態では、レーザ光源1、集光レンズ2、凹レンズ8、MEMSミラー9、第1のフィールドレンズ4a、第2のフィールドレンズ4b、拡散板3、空間光変調素子5、投写レンズ6がこの順に配置され、図25に示すように、凹レンズ8は、集光レンズ2で略収束ビームとなった光を水平方向において発散ビームに変換する。

10

#### 【0117】

ここで、第1のフィールドレンズ4aは、垂直方向に凸部を有する円柱レンズから構成され、第2のフィールドレンズ4bは、凸レンズから構成される。したがって、図25に示すように、水平方向（拡大方向）において、第1のフィールドレンズ4aは、レンズパワーを持たず、凹レンズ8により拡大された光ビームは、そのまま第1のフィールドレンズ4aを通過し、第2のフィールドレンズ4bにより適度に集光されて拡散板3及び空間光変調素子5へ導かれる。一方、図26に示すように、垂直方向（拡大方向と直交する方向）において、第1のフィールドレンズ4aは、レンズパワーを有し、凹レンズ8をそのまま通過した光ビームは、第1及び第2のフィールドレンズ4a、4bにより十分に集光されて拡散板3及び空間光変調素子5へ導かれる。このように、第1及び第2のフィールドレンズ4a、4bにより構成されるフィールドレンズ部の拡大方向のレンズパワーは、拡大方向と直交する方向のレンズパワーより小さくなるように構成されている。なお、フィールドレンズ部を構成するレンズの枚数は、上記の例に特に限定されず、1枚又は3枚以上のレンズを用いてもよい。

20

#### 【0118】

したがって、本実施の形態では、第8の実施の形態と同様の効果を得ることができるとともに、レーザ光源1、凹レンズ8、MEMSミラー9、第1及び第2のフィールドレンズ4a、4b、拡散板3、空間光変調素子5がこの順に配置され、凹レンズ8による光ビームの拡大角度が小さい場合に、拡大方向のレンズパワーが小さい第1及び第2のフィールドレンズ4a、4bを用いて、小さな拡大角度で拡大された光ビームを適度に集光することができ、空間光変調素子5上に適切に光ビームを照射することができる。

30

#### 【0119】

（第10の実施の形態）

次に、本発明の第10の実施の形態について説明する。図27及び図28は、本発明の第10の実施の形態による2次元画像表示装置の光学系の水平方向及び垂直方向の概略構成を示す模式図である。なお、第10の実施の形態による2次元画像表示装置は、図22及び図23に示すフィールドレンズ4に代えて、図27及び図28に示す第1及び第2のフィールドレンズ4c、4dを用い、凹レンズ8がMEMSミラー9と第1のフィールドレンズ4cとの間に配置される点以外は、第8の実施の形態の2次元画像表示装置と同様であるので、同一部分の図示及び詳細な説明を省略する。

40

#### 【0120】

図27及び図28に示すように、本実施の形態では、レーザ光源1、集光レンズ2、MEMSミラー9、凹レンズ8、第1のフィールドレンズ4c、第2のフィールドレンズ4d、拡散板3、空間光変調素子5、投写レンズ6がこの順に配置され、図27に示すように、凹レンズ8は、集光レンズ2で略収束ビームとなり、MEMSミラー9により走査された光を水平方向において発散ビームに変換する。

#### 【0121】

ここで、第1のフィールドレンズ4cは、水平方向に凸部を有する円柱レンズから構成され、第2のフィールドレンズ4dは、凸レンズから構成される。したがって、図27に

50

示すように、水平方向（拡大方向）において、第1のフィールドレンズ4cは、レンズパワーを有し、MEMSミラー9により走査された光ビームは、凹レンズ8により拡大された後、第1及び第2のフィールドレンズ4c、4dにより十分に集光されて拡散板3及び空間光変調素子5へ導かれる。一方、図28に示すように、垂直方向（拡大方向と直交する方向）において、第1のフィールドレンズ4cは、レンズパワーを持たず、凹レンズ8をそのまま通過した光ビームは、そのまま第1のフィールドレンズ4cを通過し、第2のフィールドレンズ4dにより適度に集光されて拡散板3及び空間光変調素子5へ導かれる。このように、第1及び第2のフィールドレンズ4c、4dにより構成されるフィールドレンズ部の拡大方向のレンズパワーは、拡大方向と直交する方向のレンズパワーより大きくなるように構成されている。なお、フィールドレンズ部を構成するレンズの枚数は、上記の例に特に限定されず、1枚又は3枚以上のレンズを用いてもよい。

10

#### 【0122】

したがって、本実施の形態では、第8の実施の形態と同様の効果を得ることができるとともに、レーザ光源1、MEMSミラー9、凹レンズ8、第1及び第2のフィールドレンズ4c、4d、拡散板3、空間光変調素子5がこの順に配置され、凹レンズ8による光ビームの拡大角度が大きい場合に、拡大方向のレンズパワーが大きい第1及び第2のフィールドレンズ4c、4dを用いて、大きな拡大角度で拡大された光ビームを十分に集光することができ、空間光変調素子5上に適切に光ビームを照射することができる。

#### 【0123】

以上、投影光学系とスクリーンとが別体になった投写型ディスプレイの例を用いて説明したが、投影光学系と透過型スクリーンとを組み合わせた背面投写型2次元画像表示装置や、背面よりレーザで照明された空間光変調素子を直接観察するタイプの2次元画像表示装置（例えば現在実用化されている液晶テレビ）にも、本発明を適用可能である。

20

#### 【0124】

このように、上記の各2次元画像表示装置は、レーザ光源を用いながら、簡単な構成と少ない部品とでスペックルノイズの少ない高画質なフルカラー映像を表現することができ、プロジェクションシステム、或いは背面投写型ディスプレイとして利用できる。

#### 【0125】

また、カラー画像の表示装置を例に説明したが、本発明は、単色レーザの画像投影装置、たとえば半導体プロセスに用いる露光照明装置又はその光源装置などにも利用可能である。露光照明装置では、レーザ光源として、紫外線レーザを用い、空間光変調素子として、例えばガラス基板上に金属膜をパターンニングしたフォトマスク等を用い、半導体基板をスクリーンとしてそこにマスクパターン像を形成することになる。

30

#### 【0126】

上記のように、本発明の一態様に係る2次元画像表示装置は、少なくとも一つのレーザ光源と、前記レーザ光源からの出射ビームを少なくとも1次元方向に走査しながら、前記レーザ光源からの出射ビームを2次元状の光に変換するビーム走査部と、前記ビーム走査部により走査される光を空間的に変調する空間光変調素子と、前記ビーム走査部と前記空間光変調素子との間に設置され、前記ビーム走査部から出射される2次元状の光を拡散させる光拡散部材とを備える。

40

#### 【0127】

この2次元画像表示装置においては、レーザ光源からの出射ビームが少なくとも1次元方向に走査されながら、2次元状の光に変換されるので、均一な照明を得ることができる。また、ビーム走査部と空間光変調素子との間に光拡散部材が設置され、ビーム走査部から出射される2次元状の光が拡散されて空間光変調素子上を照射するので、光拡散部材から出射されて空間光変調素子を照射するビームの光軸を時々刻々変化させることができ、スペックルノイズを効果的に抑制することができる。この結果、均一照明のためのビームエキスパンダ及び光インテグレータ等が不要となり、簡易な光学系を用いて、均一な照明を得ることができるとともに、スペックルノイズを効果的に抑制することができる。

#### 【0128】

50

前記ビーム走査部は、前記レーザ光源からの出射ビームを第1の方向及び前記第1の方向と直交する第2の方向に走査する2次元走査部を含み、前記2次元走査部は、前記第1の方向の走査周波数と前記第2の方向の走査周波数とが互いに素な整数比となる周波数で、前記光拡散部材へ入射される光ビームを周期的に走査することが好ましい。

【0129】

この場合、レーザ光源からの出射ビームを互いに直交する第1及び第2の方向に走査する際、第1の方向の走査周波数と第2の方向の走査周波数とが互いに素な整数比となる周波数で、光拡散部材へ入射されるビームが周期的に走査されるので、第1の方向と第2の方向との走査速度差を小さくすることができ、2次元ビーム走査部の構成を簡略化することができる。 10

【0130】

前記ビーム走査部は、前記レーザ光源からの出射ビームを分割して複数のビームが第1の方向に配列された1次元マルチビーム列を作成する1次元ビーム分割部と、前記1次元マルチビーム列を前記第1の方向と直交する第2の方向に走査する1次元走査部とを含むことが好ましい。

【0131】

この場合、走査方向が1次元になるとともに、その走査周波数が小さくなるため、1次元ビーム走査部の小型化、低消費電力化及び低コスト化を図ることができる。

【0132】

前記1次元ビーム分割部は、前記レーザ光源からの出射ビームを互いに異なるピッチで分割する第1及び第2の分割面を有することが好ましい。 20

【0133】

この場合、異なるピッチで分割された1次元マルチビーム列の光強度分布が合成されるので、0次回折光による光強度分布のムラを小さくすることができる。

【0134】

前記ビーム走査部は、前記レーザ光源からの出射ビームを第1の方向及び前記第1の方向と直交する第2の方向に分割して複数のビームが2次元上に配列された2次元マルチビームを作成する2次元ビーム分割部と、前記2次元マルチビームを微小に走査する微小走査部とを含むことが好ましい。

【0135】

この場合、2次元マルチビームの走査角度を小さくできるため、微小走査部の小型化、低コスト化、低消費電力化及び低騒音化を図ることができる。 30

【0136】

前記2次元ビーム分割部は、前記レーザ光源からの出射ビームを分割して複数のビームが第1の方向に配列された1次元マルチビーム列を作成する第1の1次元ビーム分割部と、前記第1の1次元ビーム分割部によって作成された1次元マルチビーム列を前記第1の方向と直交する第2の方向に分割して2次元マルチビームを作成する第2の1次元ビーム分割部とを含むことが好ましい。

【0137】

この場合、互いに直交する第1及び第2の方向に配列されたマトリックス状の2次元マルチビームが作成されるので、0次回折光による光強度分布のムラを小さくすることができる。 40

【0138】

前記2次元ビーム分割部は、各格子面が傾斜している2次元回折格子を含むことが好ましい。

【0139】

この場合、0次回折光と、0次回折光以外の回折光とを分離して、0次回折光以外の回折光が光拡散部材及び空間光変調素子を照射し、0次回折光が光拡散部材及び空間光変調素子を照射しないようにすることができるので、空間光変調素子上の光強度分布をより均一にすることができる。 50

## 【0140】

前記ビーム走査部は、前記レーザ光源からの出射ビームを第1の方向及び前記第1の方向と直交する第2の方向に分割して複数のビームが2次元上に配列された2次元マルチビームを作成する2次元ビーム分割部を振動させる振動部を含むことが好ましい。

## 【0141】

この場合、2次元ビーム分割部が振動部に一体に構成されているので、部品点数を削減することができるとともに、装置をより小型化することができる。

## 【0142】

前記ビーム走査部と前記光拡散部材との間の光路を囲い、前記ビーム走査部からの光ビームを複数回折り返して前記光拡散部材へ導く反射ミラーをさらに備えることが好ましい。

10

## 【0143】

この場合、ビーム走査部と光拡散部材との間の光路が反射ミラーにより覆われているので、この部分での光ビームの損失を防止することができ、空間光変調素子上の光強度を向上することができる。

## 【0144】

前記反射ミラーは、さらに、前記光拡散部材と前記空間光変調素子の間の光路を囲うことが好ましい。

## 【0145】

この場合、さらに、光拡散部材と空間光変調素子との間の光路が反射ミラーにより覆われているので、この部分での光ビームの損失をも防止することができ、空間光変調素子上の光強度をより向上することができる。

20

## 【0146】

前記レーザ光源は、赤色発生用、緑色発生用及び青色発生用の3つのレーザ光源を含むことが好ましい。

## 【0147】

この場合、赤色、緑色及び青色の光を用いて、色純度が高く、鮮やかな画像を表示することができるとともに、合波のためのダイクロイックミラー等が不要となり、光学系を簡略化することができる。

## 【0148】

前記光拡散部材及び前記空間光変調素子は、前記3つのレーザ光源のそれぞれに対して1つずつ設けられることが好ましい。

30

## 【0149】

この場合、3つのレーザ光源の色毎に光を拡散し、空間光変調素子を個別に制御することができるので、各色の波長に適した光拡散部材及び空間光変調素子を用いて、より色純度が高く、より鮮やかな画像を表示することができる。

## 【0150】

前記3つのレーザ光源からの出射ビームは、互いに異なる角度で前記ビーム走査部へ入射されることが好ましい。

## 【0151】

この場合、合波のためのダイクロイックミラーが不要となり、簡易な光学系で2次元画像表示装置を実現することができる。

40

## 【0152】

前記光拡散部材は、擬似ランダム拡散板を含むことが好ましい。

## 【0153】

この場合、光を拡散するための凹凸を規則的に形成することができるので、より均一に光を拡散させ、光の利用効率を向上することができるとともに、光強度分布のムラを抑制することができ、さらに、拡散角度が一定になるよう安定に作製することができるとともに、散乱角を大きく取る場合でも、偏向方向を正確に制御することができる。

## 【0154】

50

前記ビーム走査部は、前記レーザ光源からの出射ビームを第1の方向に拡大して線状ビームを作成するビーム拡大部と、前記線状ビームを前記第1の方向と直交する第2の方向に走査する1次元走査部とを含むことが好ましい。

【0155】

この場合、走査方向が1次元になるとともに、その走査周波数が小さくなるため、1次元ビーム走査部の小型化、低消費電力化及び低コスト化を図ることができる。

【0156】

前記1次元走査部と前光拡散部材との間に配置されるフィールドレンズ部をさらに備え、前記レーザ光源、前記ビーム拡大部、前記1次元走査部、前記フィールドレンズ部、前記光拡散部材、前記空間光変調素子は、この順に配置され、前記フィールドレンズ部の前記第1の方向のレンズパワーは、前記第2の方向のレンズパワーより小さいことが好ましい。

10

【0157】

この場合、小さな拡大角度で拡大された光ビームを適度に集光することができるので、空間光変調素子上に適切に光ビームを照射することができる。

【0158】

前記ビーム走査部は、前記レーザ光源からの出射ビームを第1の方向に走査する1次元走査部と、前記1次元走査部により走査される光ビームを前記第1の方向と直交する第2の方向に拡大して線状ビームを作成するビーム拡大部とを含み、前記ビーム拡大部と前記光拡散部材との間に配置されるフィールドレンズ部をさらに備え、前記レーザ光源、前記1次元走査部、前記ビーム拡大部、前記フィールドレンズ部、前記空間光変調素子は、この順に配置され、前記フィールドレンズ部の前記第1の方向のレンズパワーは、前記第2の方向のレンズパワーより小さいことが好ましい。

20

【0159】

この場合、走査方向が1次元になるとともに、その走査周波数が小さくなるので、1次元ビーム走査部の小型化、低消費電力化及び低コスト化を図ることができるとともに、大きな拡大角度で拡大された光ビームを十分に集光することができるので、空間光変調素子上に適切に光ビームを照射することができる。

【0160】

前記レーザ光源は、複数のレーザ光源を含み、前記複数のレーザ光源からの線状ビームは、前記空間光変調素子上の異なる位置を照明することが好ましい。

30

【0161】

この場合、1枚の空間光変調素子を用いて、複数の色を合成することができるとともに、合波のためのダイクロイックミラー等が不要となり、光学系を簡略化することができる。

【0162】

前記空間光変調素子は、前記複数のレーザ光源からの各線状ビームが照射する画像表示領域毎に各線状ビームに対応した異なる映像が表示されるように、各線状ビームを変調することが好ましい。

【0163】

この場合、1枚の空間光変調素子を用いて、複数の色の画像を合成する。

40

【0164】

前記空間光変調素子上の互いに隣接する画像表示領域間に、前記線状ビームを透過させない黒色表示領域が設定されることが好ましい。

【0165】

この場合、黒色表示領域によって線状ビームの線幅方向に広がった迷光を遮断することができるので、各色の画像表示領域において各色の純粋な色を表示することができるとともに、各色の彩度を向上することができる。

【0166】

前記空間光変調素子上において、前記線状ビームの短手方向の幅BWは、前記線状ビー

50

ムの走査幅  $SW$  に対して、 $BW < SW / 10$  の関係を満たすことが好ましい。

【0167】

この場合、空間光変調素子の領域外を照射することによる光の利用効率の低下を抑制しながら、走査開始位置と走査終了位置となる空間光変調素子の端部における照度の低下を防止することができる。

【0168】

前記空間光変調素子上において、前記線状ビームの短手方向の幅  $BW$  は、前記線状ビームの走査幅  $SW$  及び前記複数のレーザ光源の数  $n$  に対して、 $BW < SW / (2n)$  の関係を満たすことが好ましい。

【0169】

この場合、光拡散部材での乱反射などによる迷光が隣接する画像表示領域に混入する割合を小さく抑えることができるので、各色の画像表示領域において各色の純粋な色を表示することができるとともに、各色の彩度を向上することができる。

【0170】

前記複数のレーザ光源は、赤色光を発する第1のレーザ光源と、緑色光を発する第2のレーザ光源と、青色光を発する第3のレーザ光源とを含み、前記空間光変調素子は、前記第1のレーザ光源からの線状ビームが照射される赤色画像表示領域に赤色用映像が、前記第2のレーザ光源からの線状ビームが照射される緑色画像表示領域に緑色用映像が、前記第3のレーザ光源からの線状ビームが照射される青色画像表示領域に青色用映像が、それぞれ表示されるように、各線状ビームを変調することが好ましい。

【0171】

この場合、1枚の空間光変調素子を用いて、フルカラーの映像を表示することができる。

【0172】

前記空間光変調素子のスイッチング速度は、5.5ミリ秒以下であることが好ましい。

【0173】

この場合、各色のレーザ光が照射されるときにスイッチングが完了することができるので、色ずれ、色褪せのない所望のカラー動画像を表示することができる。

【0174】

前記空間光変調素子のスイッチング速度は、2.7ミリ秒以下であることが好ましい。

【0175】

この場合、インターレースカラー動画像を表示する際に、各色のレーザ光が照射されるときにスイッチングが完了することができるので、色ずれ、色褪せのない所望のインターレースカラー動画像を表示することができる。

【0176】

前記空間光変調素子のスイッチング速度は、1.8ミリ秒以下であることが好ましい。

【0177】

この場合、同一画像を3回以上繰り返して表示することができるので、輪郭に色ずれのない動画像を表示することができる。

【0178】

前記空間光変調素子のスイッチング速度は、0.9ミリ秒以下であることが好ましい。

【0179】

この場合、インターレースカラー動画像を表示する際に、同一画像を3回以上繰り返して表示することができるので、輪郭に色ずれのないインターレース動画像を表示することができる。

【0180】

前記空間光変調素子は、強誘電性液晶からなることが好ましい。

【0181】

この場合、スイッチング速度を高く設定することができるので、上記のような動画像を良好な状態で表示することができる。

10

20

30

40

50

## 【0182】

前記空間光変調素子は、2次元配列された複数のMEMSミラーからなることが好ましい。

## 【0183】

この場合も、スイッチング速度を高く設定することができるので、上記のような動画像を良好な状態で表示することができる。

## 【0184】

前記空間光変調素子上における前記複数のレーザ光源からの光の走査方向は、前記空間光変調素子の表示範囲の長辺に平行であることが好ましい。

## 【0185】

10

この場合、空間光変調素子上における各レーザ光源からの光の間隔を広く取ることができるので、光拡散部材での乱反射などによる迷光が隣接する画像表示領域に混入する割合を小さく抑えることができ、各色の画像表示領域において各色の純粋な色を表示することができるとともに、各色の彩度を向上することができる。

## 【0186】

前記光拡散部材は、2次元的に矩形のセルが配置され、各セルが自身を通過する光に位相変位を与え、互いに隣接するセル同士の位相変位量の差が $\pi/2$ である擬似ランダム拡散板を含むことが好ましい。

## 【0187】

この場合、光を拡散するための凹凸を規則的に形成することができるので、より均一に光を拡散させ、光の利用効率を向上することができるとともに、光強度分布のムラを抑制することができる。また、拡散角度が一定になるよう安定に作製することができるとともに、散乱角を大きく取る場合でも、偏向方向を正確に制御することができる。さらに、エッチング回数を削減して容易に作製することができる。

20

## 【0188】

前記光拡散部材上の光ビーム径 $S$ は、前記光拡散部材の拡散角 $\theta$ 、前記光拡散部材と前記空間光変調素子との間の距離 $L$ 、及び前記光拡散部材上の隣接する光ビームの間隔 $d$ に対して、 $S > L \cdot \theta - d$ の関係を満たすことが好ましい。

## 【0189】

この場合、空間光変調素子上の任意の点が複数の光ビームからの拡散光によって照明されるので、スペックルノイズをより低減することができる。

30

## 【0190】

前記レーザ光源からの出射ビームは、前記空間光変調素子上で略集光されることが好ましい。

## 【0191】

この場合、空間光変調素子上に光ビームを効率よく照射することができるので、光の利用効率を向上することができる。

## 【0192】

前記空間変調素子で変調された光を空間上の面に投影する投影光学系をさらに備えることが好ましい。

40

## 【0193】

この場合、スクリーン等の空間上の面にスペックルノイズを効果的に抑制した良好な映像を表示することができる。

## 【0194】

前記ビーム走査部は、分極反転素子を含むことが好ましい。

## 【0195】

この場合、ビーム走査部に可動部分がなくなるので、信頼性、静粛性及び高速性に優れた2次元画像表示装置を提供することができる。

## 【0196】

本発明の他の態様に係る照明光源は、少なくとも一つのレーザ光源と、前記レーザ光源

50

からの出射ビームを少なくとも1次元方向に走査するビーム走査部と、前記ビーム走査部により走査された出射ビームを拡散させる光拡散部材とを備える。

【0197】

本発明のさらに他の態様に係る露光照明装置は、上記の照明光源を備え、前記レーザ光源は、紫外線レーザを含む。

【0198】

上記の各構成により、レーザ光源からの出射ビームが少なくとも1次元方向に走査されるので、均一な照明を得ることができる。また、ビーム走査部により走査された出射ビームが拡散されるので、光拡散部材から出射されるビームの光軸を時々刻々変化させることができ、スペックルノイズを効果的に抑制することができる。この結果、均一照明のためのビームエキスパンダ及び光インテグレータ等が不要となり、簡易な光学系を用いて、均一な照明を得ることができるとともに、スペックルノイズを効果的に抑制することができる。

10

【産業上の利用可能性】

【0199】

本発明に係る2次元画像表示装置等は、簡易な光学系を用いて、均一な照明を得ることができるとともに、スペックルノイズを効果的に抑制することができるので、映像プロジェクタ、テレビ受像機、液晶パネルなどの映像表示装置等に好適に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0200】

20

【図1】本発明の第1の実施の形態による2次元画像表示装置の構成を示す概略図である。

【図2】図1に示す2次元画像表示装置の1色分の光学系を抽出した概念図である。

【図3】図1に示す2次元画像表示装置における照明ビームの走査方法を説明するための模式図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態による2次元画像表示装置の1色分の光学系の構成を示す概略図である。

【図5】図1に示す拡散板上の光ビーム径の好適な範囲を説明するための模式図である。

【図6】図5に示すホログラフィック光学素子の0次回折光による光強度分布ムラを説明するための模式図である。

30

【図7】図1に示すレーザ光源からの出射ビームを互いに異なるピッチで分割する第1及び第2の分割面を有するホログラフィック光学素子の光強度分布を説明するための模式図である。

【図8】図7に示す第1の分割面のみを有するホログラフィック光学素子の光強度分布を説明するための模式図である。

【図9】図7に示す第2の分割面のみを有するホログラフィック光学素子の光強度分布を説明するための模式図である。

【図10】本発明の第3の実施の形態による2次元画像表示装置の1色分の光学系の構成を示す概略図である。

【図11】図10に示す2次元微小角ビーム走査部として使用される、分極反転素子を用いた電気光学偏向素子の一例を示す図である。

40

【図12】図10に示す2次元ビーム分割グレーティングとして使用可能な2枚の1次元ビーム分割グレーティングの一例を示す斜視図である。

【図13】本発明の第4の実施の形態による2次元画像表示装置に用いられる擬似ランダム拡散板の一例を示す図である。

【図14】本発明の第5の実施の形態による2次元画像表示装置の1色分の光学系の構成を示す概略図である。

【図15】図14に示すブレードグレーティングの回折光の光強度分布を説明するための模式図である。

【図16】本発明の第6の実施の形態による2次元画像表示装置の1色分の光学系の構成

50

を示す概略図である。

【図 17】本発明の第 7 の実施の形態による 2 次元画像表示装置の 1 色分の光学系の構成を示す概略図である。

【図 18】本発明の第 8 の実施の形態による 2 次元画像表示装置の構成を示す概略図である。

【図 19】図 18 に示す MEMS ミラーの構成を示す概略図である。

【図 20】図 18 に示す 2 次元画像表示装置における線状ビームの走査方法を説明するための模式図である。

【図 21】図 18 に示す空間光変調素子上の表示領域の構成の一例を示す模式図である。

【図 22】図 18 に示す 2 次元画像表示装置の光学系の水平方向の構成を示す概略図である。

10

【図 23】図 18 に示す 2 次元画像表示装置の光学系の垂直方向の構成を示す概略図である。

【図 24】図 18 に示す 2 次元画像表示装置に用いられる擬似ランダム拡散板の一例を示す模式図である。

【図 25】本発明の第 9 の実施の形態による 2 次元画像表示装置の光学系の水平方向の構成を示す概略図である。

【図 26】本発明の第 9 の実施の形態による 2 次元画像表示装置の光学系の垂直方向の構成を示す概略図である。

【図 27】本発明の第 10 の実施の形態による 2 次元画像表示装置の光学系の水平方向の構成を示す概略図である。

20

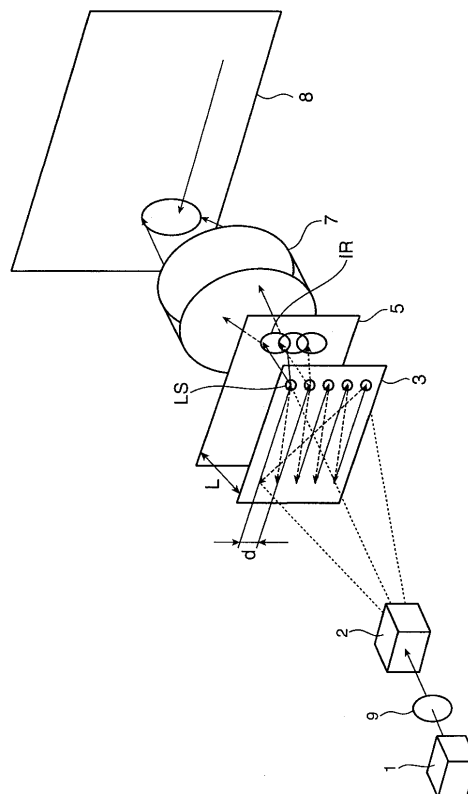
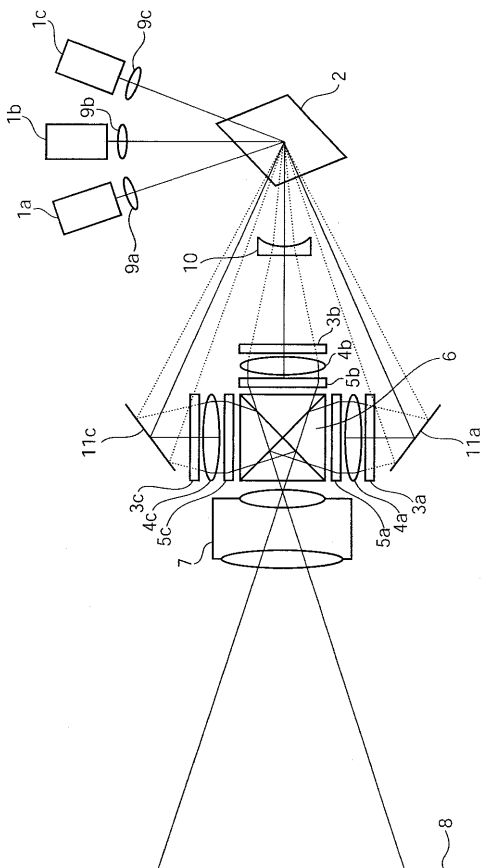
【図 28】本発明の第 10 の実施の形態による 2 次元画像表示装置の光学系の垂直方向の構成を示す概略図である。

【図 29】従来のレーザディスプレイ装置の構成を示す概略図である。

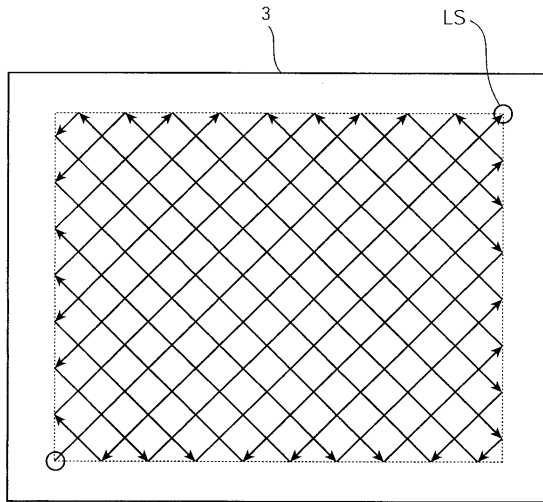
【図 30】従来の他のレーザディスプレイ装置の構成を示す概略図である。

【図 1】

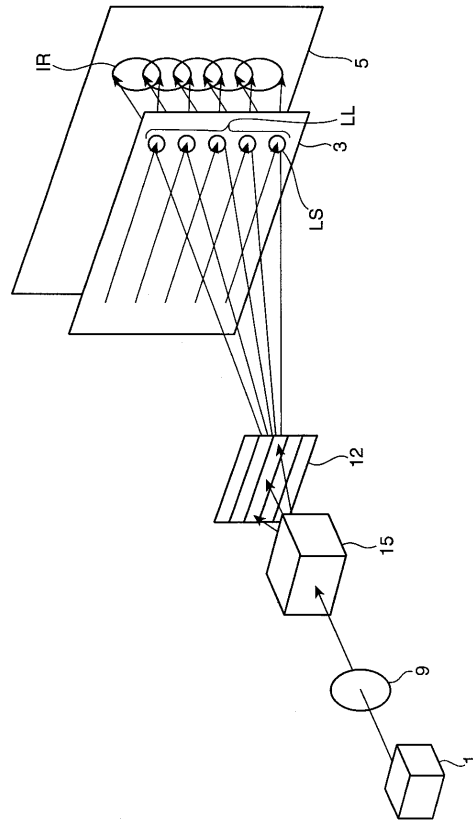
【図 2】



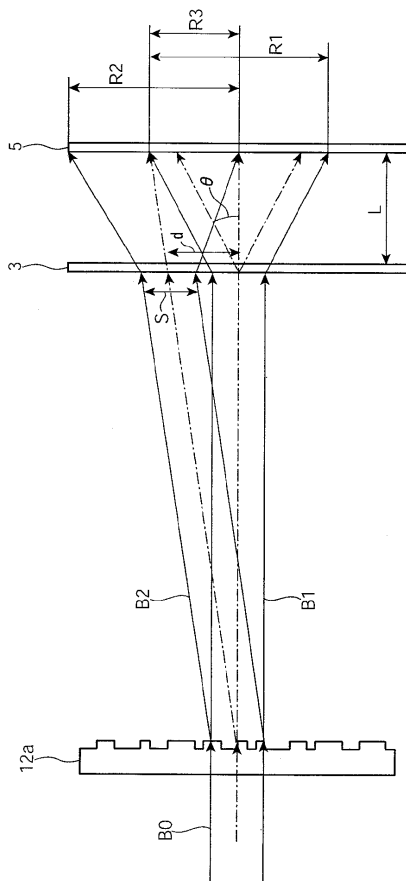
【図 3】



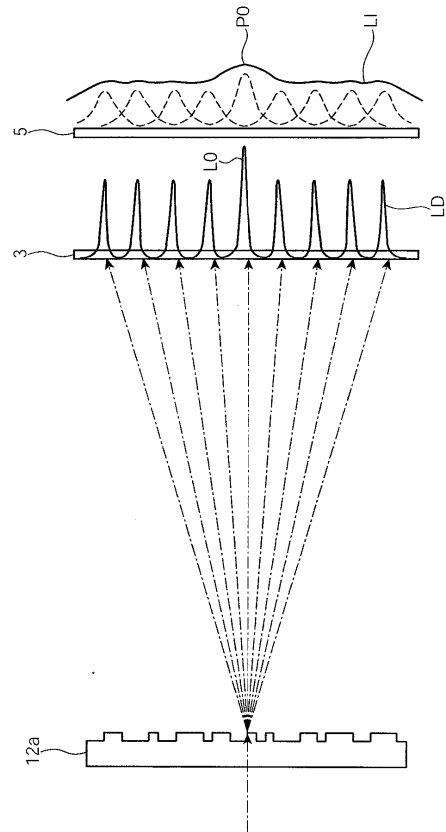
【図 4】



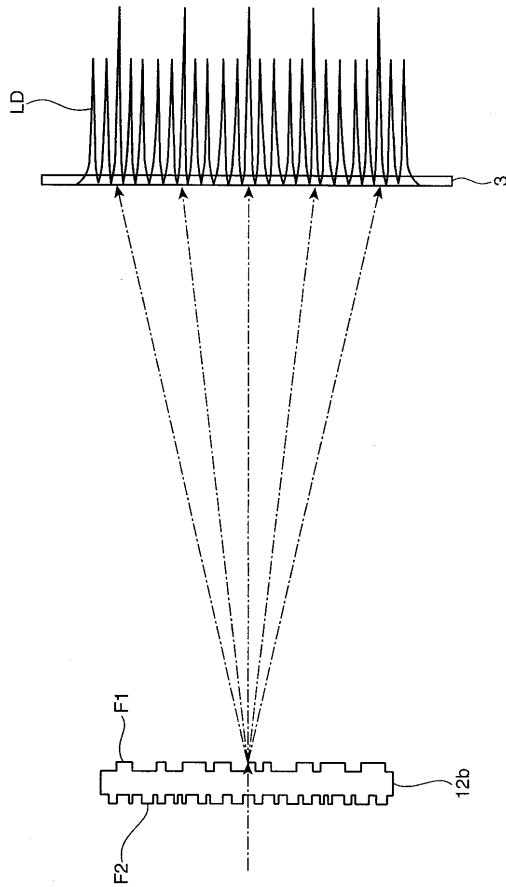
【図 5】



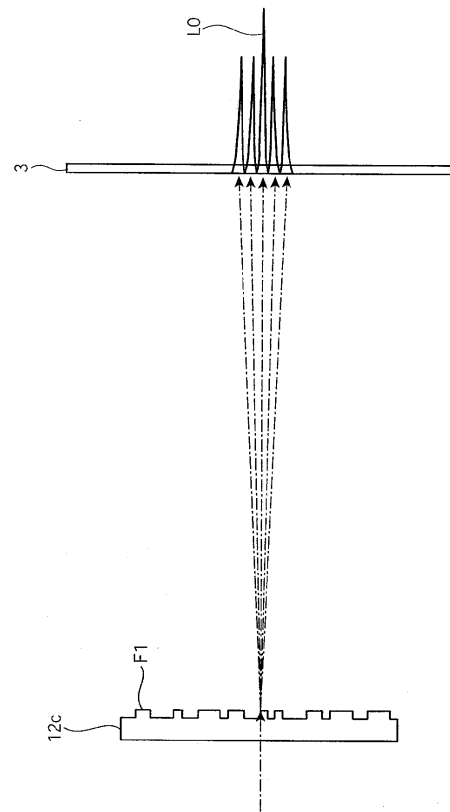
【図 6】



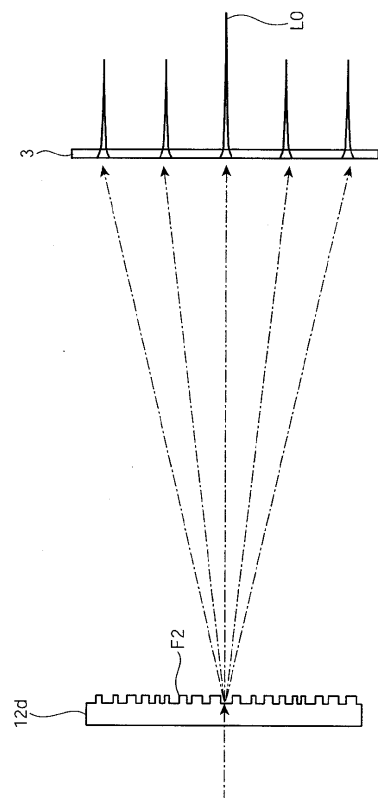
【図 7】



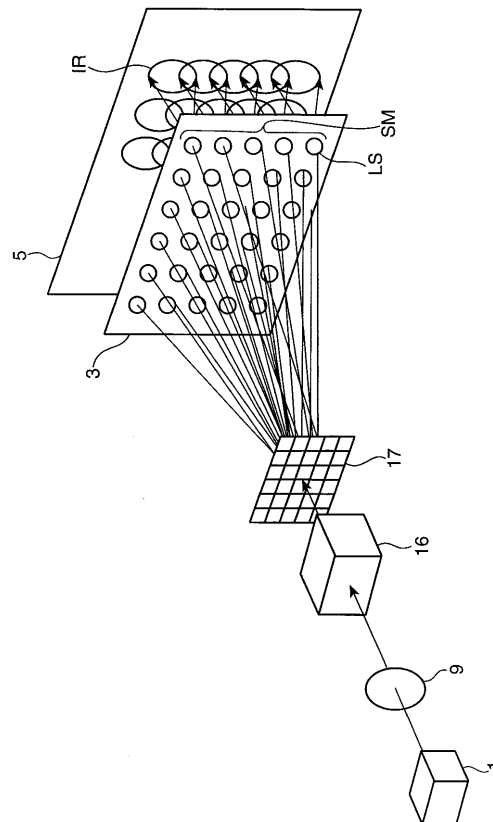
【図 8】



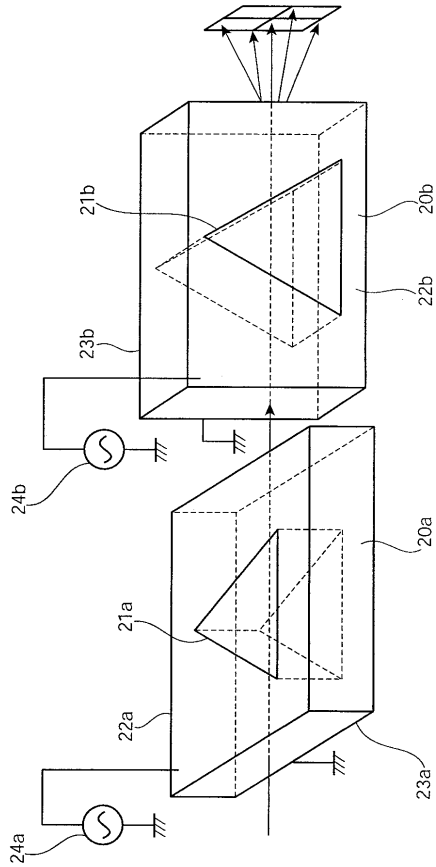
【図 9】



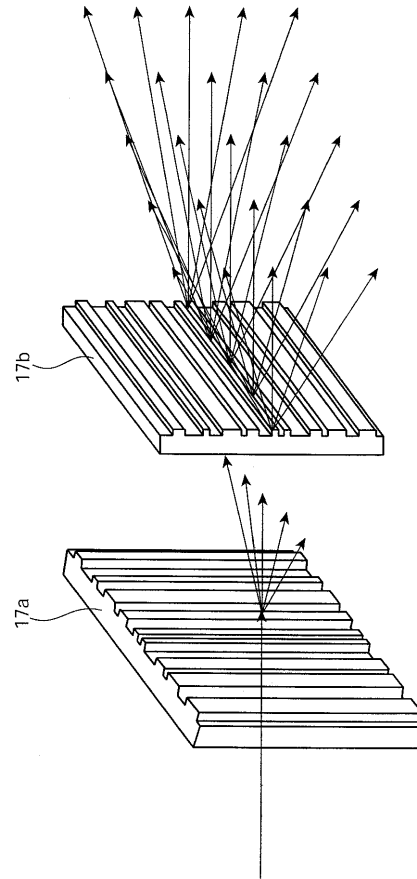
【図 10】



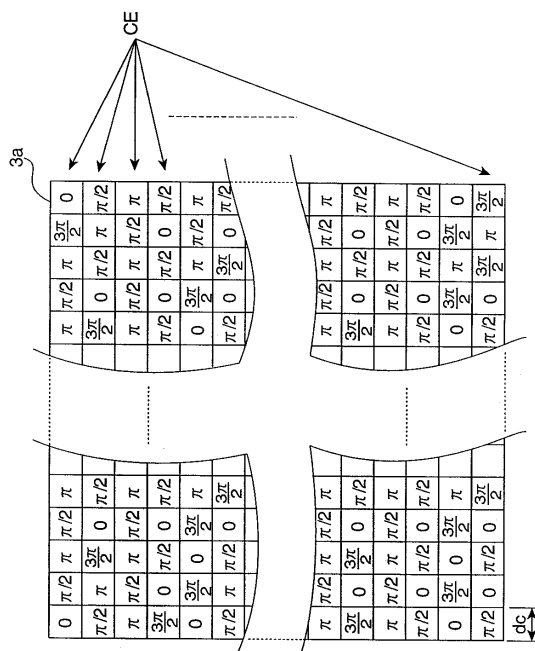
【図 1 1】



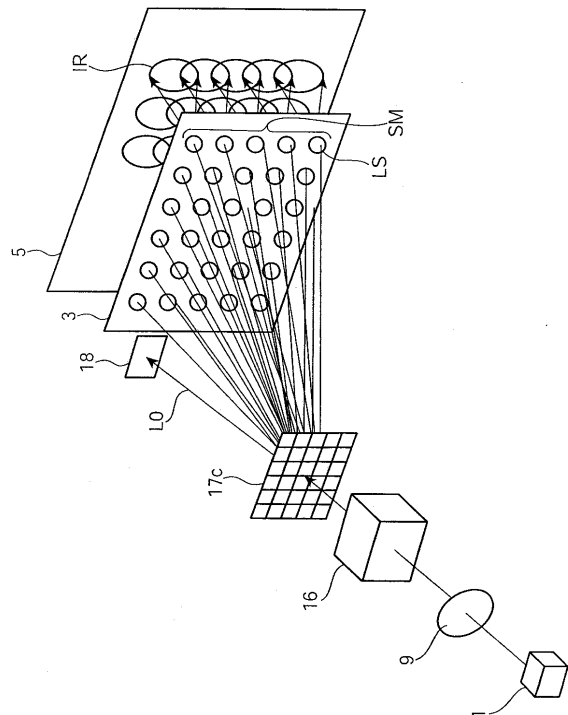
【図 1 2】



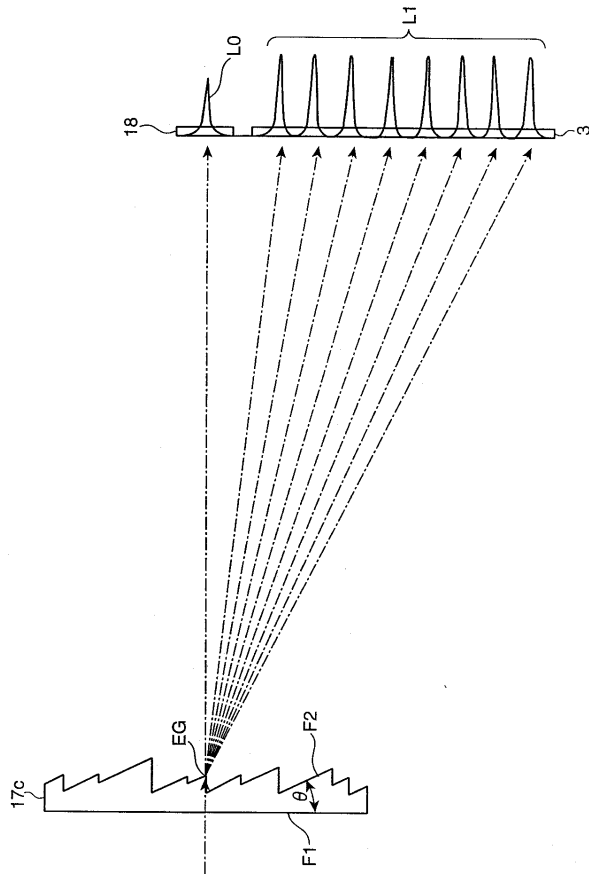
【図 1 3】



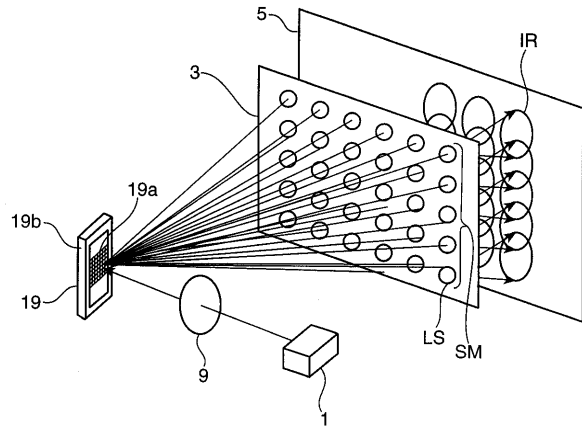
【図 1 4】



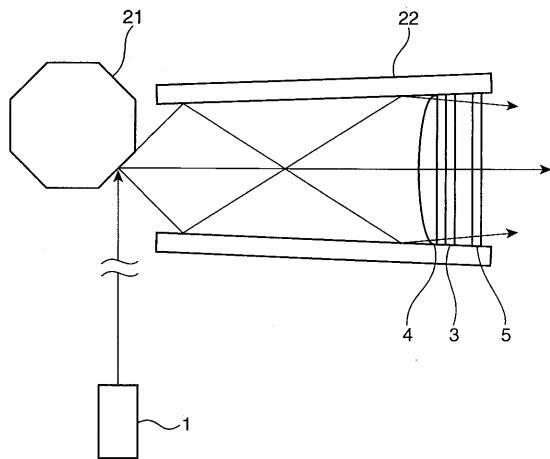
【図 15】



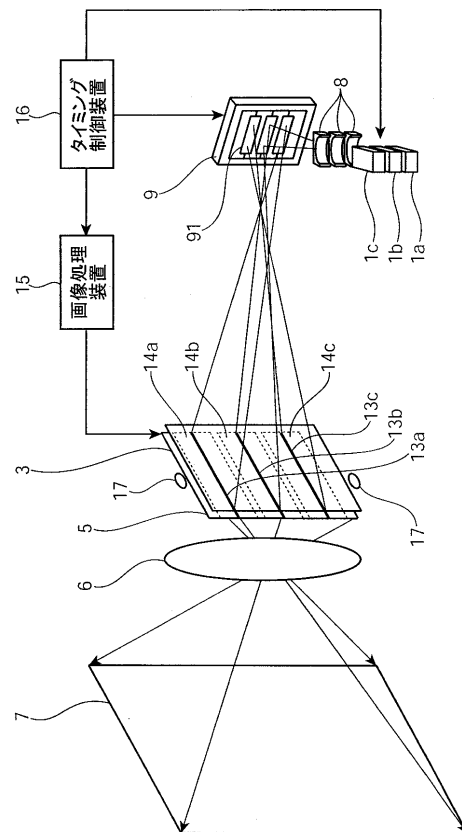
【図 16】



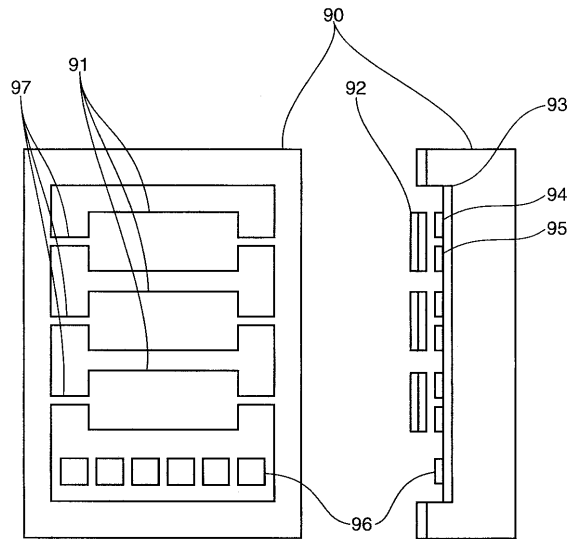
【図 17】



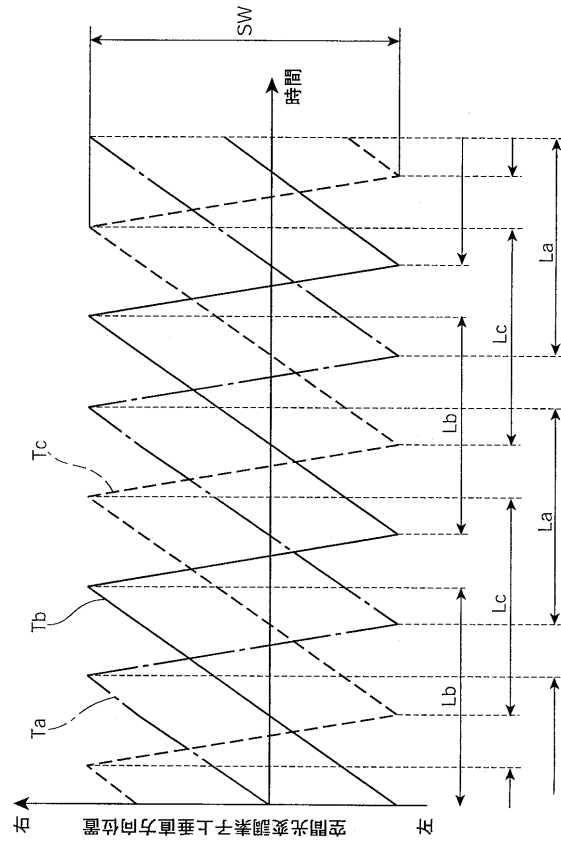
【図 18】



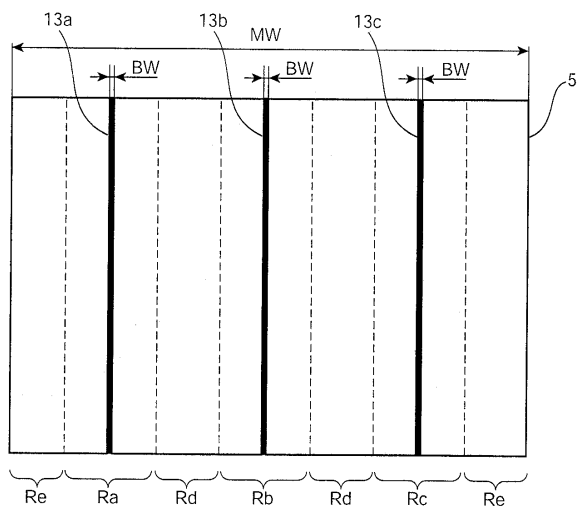
【図 19】



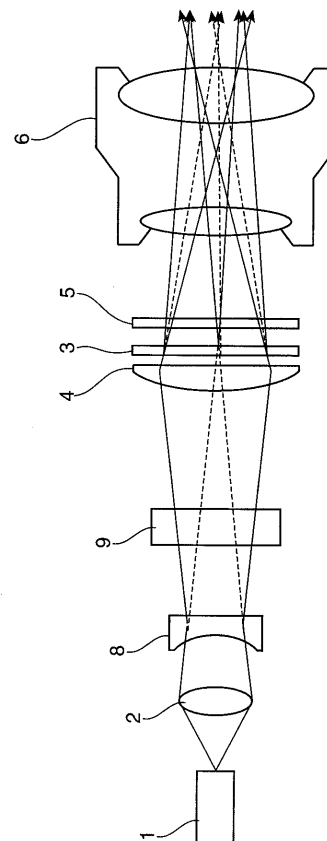
【図 20】



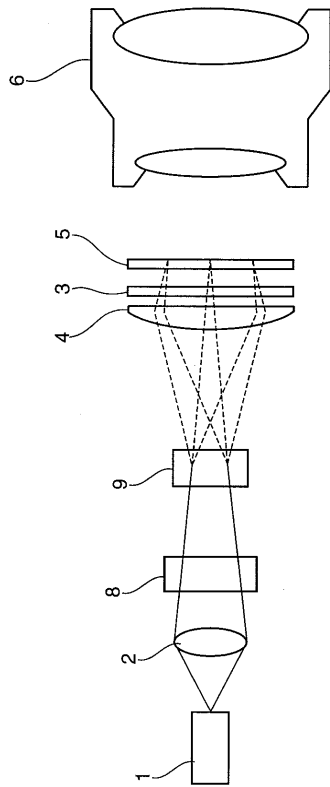
【図 21】



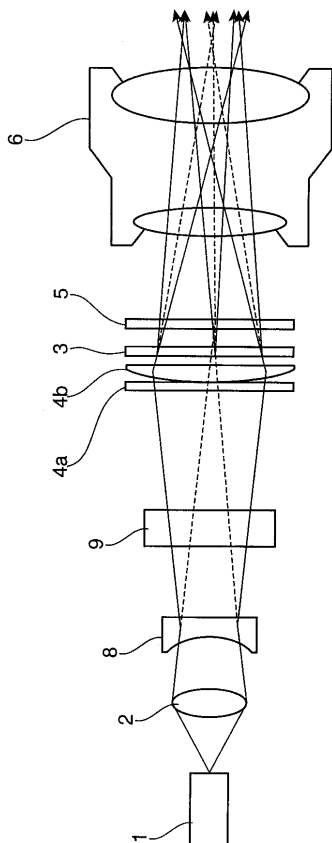
【図 22】



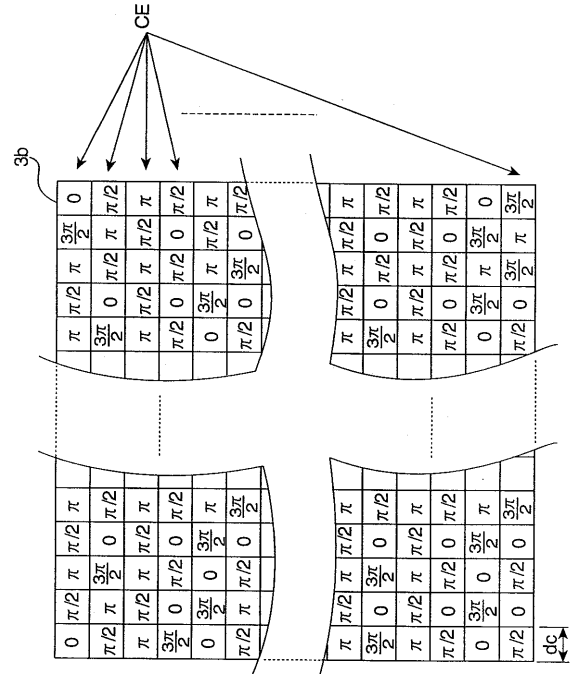
【图 2 3】



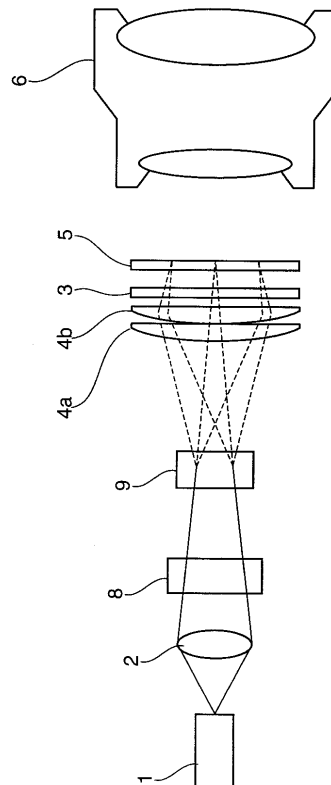
【图 2 5】



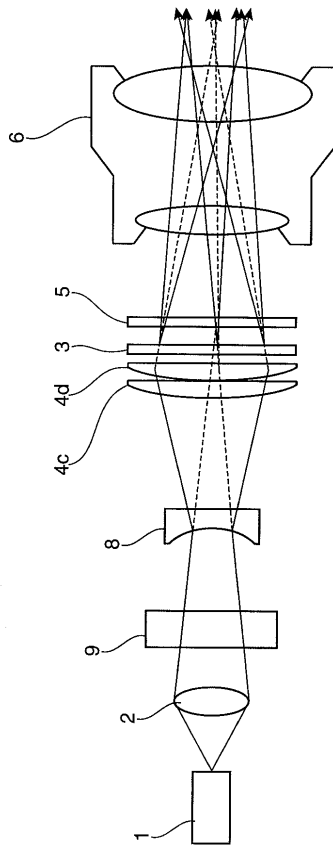
【図 24】



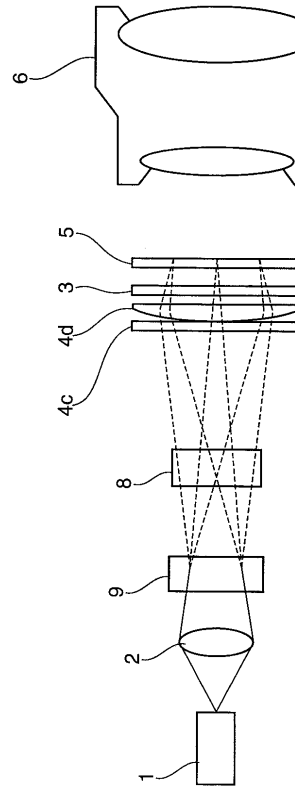
【図 2 6】



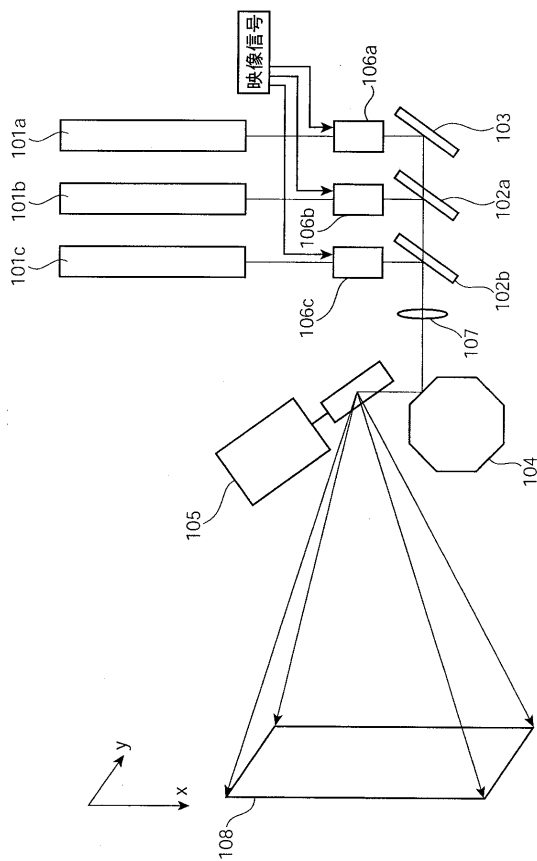
【図 27】



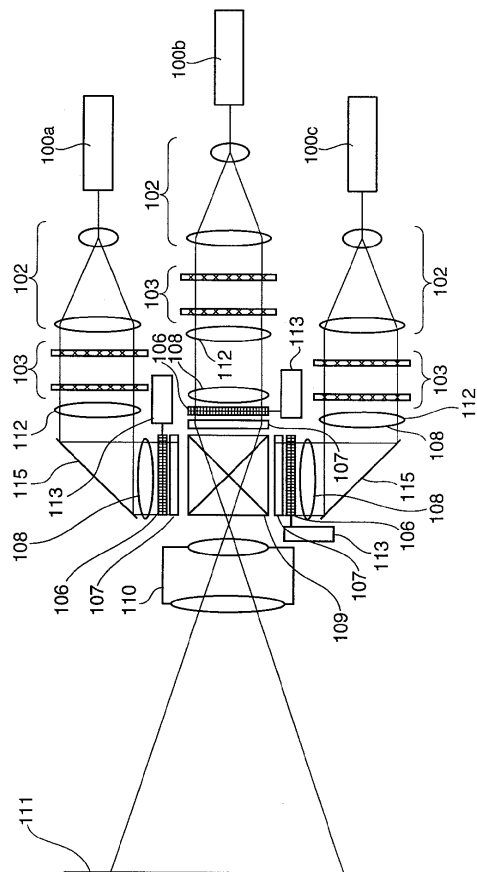
【図 28】



【図 29】



【図 30】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
G 0 2 F 1/141 (2006.01) G 0 2 F 1/141  
G 0 2 F 1/13 (2006.01) G 0 2 F 1/13 5 0 5

(72)発明者 水内 公典  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
(72)発明者 山本 和久  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

審査官 青木 洋平

(56)参考文献 特開平11-218726 (JP, A)  
特開平10-270326 (JP, A)  
国際公開第2005/008330 (WO, A1)  
特開2004-264776 (JP, A)  
特開2003-186112 (JP, A)  
特開2005-084117 (JP, A)  
特開2003-098476 (JP, A)  
特開昭59-226317 (JP, A)  
特開平08-286382 (JP, A)  
特開昭63-110722 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G03B 21/00-21/30  
G02B 27/48  
G02F 1/13  
G03F 7/20