

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-4195

(P2016-4195A)

(43) 公開日 平成28年1月12日(2016.1.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G09G 3/02 (2006.01)	G09G 3/02 A	2H045
H01S 5/062 (2006.01)	H01S 5/062	5C080
G02B 26/10 (2006.01)	G09G 3/02 Q	5F173
G09G 3/00 (2006.01)	G02B 26/10 C	
	G09G 3/00 K	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2014-125312 (P2014-125312)	(71) 出願人	308036402
(22) 出願日	平成26年6月18日 (2014.6.18)		株式会社 JVCケンウッド
			神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地
		(74) 代理人	100083806
			弁理士 三好 秀和
		(74) 代理人	100101247
			弁理士 高橋 俊一
		(72) 発明者	我妻 吉昭
			神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地
		Fターム(参考)	2H045 AB13 BA12 BA24 CB41
			5C080 CC02 CC03 EE28 JJ02 JJ04
			JJ05
			5F173 SA17 SC10 SE02 SG09

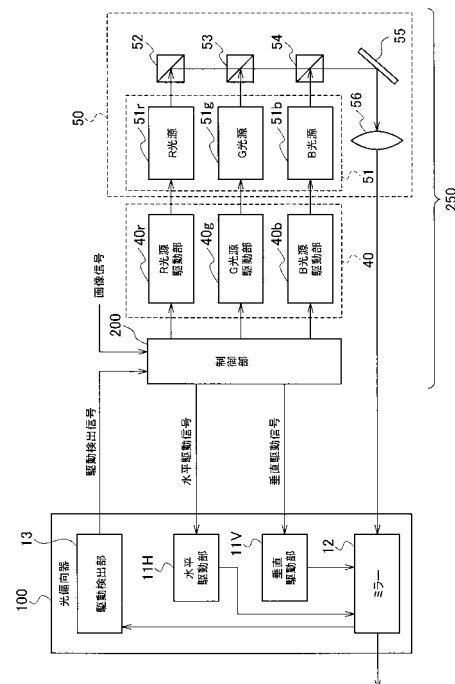
(54) 【発明の名称】 光源駆動装置及び画像表示装置

(57) 【要約】

【課題】低輝度の画像を表示する場合でも色ずれの発生を抑えることができる画像表示装置を提供する。

【解決手段】半導体レーザよりなる光源51は、レーザ光を射出する。駆動部40は、光源51を、所定のデューティ比を有し、駆動電流値を増減させるパルスよりなる駆動信号によって駆動する。制御部200は、閾値を超える第1のレーザ出力パワーに対応した輝度を表現させる場合には、光源51に第1のレーザ出力パワーに対応した第1の駆動電流値で第1のデューティ比を有するパルスを供給するよう駆動部40を制御する。制御部200は、閾値以下の第2のレーザ出力パワーに対応した輝度を表現させる場合には、光源51に閾値を超える第3のレーザ出力パワーに対応した第2の駆動電流値で、第1のデューティ比より小さい第2のデューティ比のパルスを供給するよう前記駆動部を制御する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

レーザ光を射出する半導体レーザよりなる光源と、
前記光源を、所定のデューティ比を有し、駆動電流値を増減させるパルスよりなる駆動信号によって駆動する駆動部と、

前記駆動部を制御する制御部と、

を備え、

前記制御部は、

前記光源が出力するレーザ光によって、所定のレーザ出力パワーである閾値を超える第 1 のレーザ出力パワーに対応した輝度を表現させる場合には、前記光源が前記第 1 のレーザ出力パワーを有するレーザ光を射出するよう、前記光源に第 1 のレーザ出力パワーに対応した第 1 の駆動電流値で第 1 のデューティ比を有するパルスよりなる駆動信号を供給するよう前記駆動部を制御し、

前記光源が出力するレーザ光によって、前記閾値以下の第 2 のレーザ出力パワーに対応した輝度を表現させる場合には、前記光源が前記第 2 のレーザ出力パワーに代えて前記閾値を超える第 3 のレーザ出力パワーを有するレーザ光を射出するよう、前記光源に前記第 3 のレーザ出力パワーに対応した第 2 の駆動電流値で、前記第 1 のデューティ比より小さい第 2 のデューティ比を有するパルスよりなる駆動信号を供給するよう前記駆動部を制御する

ことを特徴とする光源駆動装置。

【請求項 2】

前記制御部は、

n は 1 を超える数として、前記第 2 のレーザ出力パワーを n 倍して前記第 3 のレーザ出力パワーとし、

前記第 1 のデューティ比を $1/n$ 倍して前記第 2 のデューティ比とする

ことを特徴とする請求項 1 記載の光源駆動装置。

【請求項 3】

前記制御部は、前記半導体レーザが有する I - L 特性におけるキンク領域内の最大のレーザ出力パワー以上のレーザ出力パワーを前記閾値として設定していることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光源駆動装置。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の光源駆動装置と、

前記光源より発せられたレーザ光を水平方向及び垂直方向に偏向して画像を表示させる光偏向器と、

を備えることを特徴とする画像表示装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、半導体レーザを駆動する光源駆動装置、及び、光偏向器を用いた画像表示装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

近年、MEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術を用いた光偏向器が開発されている。光偏向器は、画像を表示させるための表示デバイスとして用いられる。光偏向器のミラーに半導体レーザより射出されたレーザ光を照射し、ミラーを 2 次元的に偏向させる。これによって、光偏向器は、レーザ光を水平方向及び垂直方向に走査させて、スクリーンに画像を表示させることができる。

【0003】

特許文献 1 に記載されているように、光偏向器は例えば車両用のヘッドアップディスプレイに使用されることがある。ヘッドアップディスプレイは、画像表示装置の一例である

10

20

30

40

50

。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2013-130832号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

半導体レーザを駆動する駆動電流値と半導体レーザより射出されるレーザ光のレーザ出力パワーとに間には、I-L特性と称される関係がある。駆動電流値が所定の閾値以上になると、半導体レーザはレーザ光を射出する。I-L特性によれば、駆動電流値を増大させるとレーザ出力パワーはほぼリニアに増大する。

10

【0006】

例えば夜間においては、画像表示装置によって表示する画像の輝度を低くすることが求められることがある。低輝度の画像を表示するには、駆動電流値を小さくしてレーザ出力パワーを小さくすればよい。

【0007】

ところが、閾値付近の駆動電流値が小さい領域には、レーザ出力パワーがリニアに増大しないキंक領域が存在する。従って、レーザ出力パワーを小さくするために、駆動電流値を小さくすると、キंक領域内の駆動電流値に基づくレーザ出力パワーでレーザ光が発せられることになる。

20

【0008】

赤色(R)光、緑色(G)光、青(B)光を射出するそれぞれの半導体レーザが有するI-L特性は互いに異なる。従って、キंक領域内の駆動電流値に基づくレーザ出力パワーで、R、G、B光それぞれのレーザ光を発生させると、本来得ようとした色とは異なる色ずれが発生してしまう。

【0009】

本発明はこのような問題点に鑑み、低輝度の画像を表示する場合でも色ずれの発生を抑えることができる光源駆動装置及び画像表示装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

30

【0010】

本発明は、上述した従来の技術の課題を解決するため、レーザ光を射出する半導体レーザよりなる光源と、前記光源を、所定のデューティ比を有し、駆動電流値を増減させるパルスよりなる駆動信号によって駆動する駆動部と、前記駆動部を制御する制御部とを備え、前記制御部は、前記光源が出力するレーザ光によって、所定のレーザ出力パワーである閾値を超える第1のレーザ出力パワーに対応した輝度を表現させる場合には、前記光源が前記第1のレーザ出力パワーを有するレーザ光を射出するよう、前記光源に第1のレーザ出力パワーに対応した第1の駆動電流値で第1のデューティ比を有するパルスよりなる駆動信号を供給するよう前記駆動部を制御し、前記光源が出力するレーザ光によって、前記閾値以下の第2のレーザ出力パワーに対応した輝度を表現させる場合には、前記光源が前記第2のレーザ出力パワーに代えて前記閾値を超える第3のレーザ出力パワーを有するレーザ光を射出するよう、前記光源に前記第3のレーザ出力パワーに対応した第2の駆動電流値で、前記第1のデューティ比より小さい第2のデューティ比を有するパルスよりなる駆動信号を供給するよう前記駆動部を制御することを特徴とする光源駆動装置を提供する。

40

【0011】

また、本発明は、上述した従来の技術の課題を解決するため、上記の光源駆動装置と、前記光源より発せられたレーザ光を水平方向及び垂直方向に偏向して画像を表示させる光偏光器とを備えることを特徴とする画像表示装置を提供する。

【発明の効果】

50

【 0 0 1 2 】

本発明の光源駆動装置及び画像表示装置によれば、低輝度の画像を表示する場合でも色ずれの発生を抑えることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 3 】

【 図 1 】 一実施形態の光源駆動装置及び画像表示装置を示すブロック図である。

【 図 2 】 レーザ光源及び光偏向器を用いた画像表示装置の概略的な構成を示す斜視図である。

【 図 3 】 半導体レーザが有する I - L 特性の一例を示す図である。

【 図 4 】 通常の半導体レーザの駆動方法と一実施形態の画像表示装置における半導体レーザの駆動方法とを比較して示す図である。

【 図 5 】 一実施形態の光源駆動装置による半導体レーザの駆動方法によって画像を表示するときの動作を説明するための図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 4 】

以下、一実施形態の光源駆動装置及び画像表示装置について、添付図面を参照して説明する。図 2 に示すように、一実施形態の画像表示装置は、概略的には、レーザ光を射出するレーザ光発生部 5 0 と、レーザ光を水平方向及び垂直方向に偏向させて、スクリーン 6 0 に画像を表示させる光偏向器 1 0 0 とを備える。

【 0 0 1 5 】

図 1 を用いて、一実施形態の光源駆動装置及び画像表示装置の詳細な構成及び動作を説明する。図 1 において、光偏向器 1 0 0 は、レーザ光を水平方向に偏向するための水平偏向素子（図示せず）とレーザ光を垂直方向に偏向するための垂直偏向素子（図示せず）とが一体化された構成を有する。

【 0 0 1 6 】

光偏向器 1 0 0 は、ミラー 1 2 , 水平駆動部 1 1 H , 垂直駆動部 1 1 V , 駆動検出部 1 3 を有する。

【 0 0 1 7 】

制御部 2 0 0 には、画像表示装置で表示する画像を示す画像信号が入力される。制御部 2 0 0 は、入力された画像信号の水平同期信号に基づいて、光偏向器 1 0 0 を水平方向に揺動させるための水平駆動信号を生成して水平駆動部 1 1 H に供給する。

【 0 0 1 8 】

制御部 2 0 0 は、入力された画像信号の垂直同期信号に基づいて、光偏向器 1 0 0 を垂直方向に揺動させるための垂直駆動信号を生成して垂直駆動部 1 1 V に供給する。駆動検出部 1 3 によって水平偏向素子の揺動を検出することによって生成された駆動検出信号は、制御部 2 0 0 に入力される。

【 0 0 1 9 】

駆動部 4 0 は、R 光源駆動部 4 0 r , G 光源駆動部 4 0 g , B 光源駆動部 4 0 b を有する。R 光源駆動部 4 0 r , G 光源駆動部 4 0 g , B 光源駆動部 4 0 b は、制御部 2 0 0 による制御に基づいて、レーザ光発生部 5 0 を駆動する。

【 0 0 2 0 】

レーザ光発生部 5 0 は、光源 5 1 と、プリズム 5 2 ~ 5 4 と、ミラー 5 5 と、レンズ 5 6 とを有する。光源 5 1 は、それぞれ半導体レーザよりなる、R のレーザ光を射出する R 光源 5 1 r と、G のレーザ光を射出する G 光源 5 1 g と、B のレーザ光を射出する B 光源 5 1 b とよりなる。

【 0 0 2 1 】

R 光源駆動部 4 0 r は R 光源 5 1 r を駆動し、G 光源駆動部 4 0 g は G 光源 5 1 g を駆動し、B 光源駆動部 4 0 b は B 光源 5 1 b を駆動する。駆動部 4 0 は、光源 5 1 に、後述する低輝度の画像を表示する場合を除き、パルス幅が一定で、表示する画像の輝度値（それぞれの画素値）に応じて駆動電流値が増減する駆動信号を供給して、R 光源 5 1 r , G

10

20

30

40

50

光源 5 1 g , B 光源 5 1 b それぞれを駆動する。

【 0 0 2 2 】

制御部 2 0 0 は、光源 5 1 にそれぞれの画素値に応じた駆動電流値を有する駆動信号を供給するよう、駆動部 4 0 を制御する。

【 0 0 2 3 】

プリズム 5 2 は、R 光源 5 1 r より発せられた R のレーザ光の光路を 9 0 度折り曲げる。プリズム 5 3 は R のレーザ光と G のレーザ光とを合成する。プリズム 5 4 は、R のレーザ光と G のレーザ光との合成光と B のレーザ光とを合成する。

【 0 0 2 4 】

制御部 2 0 0 は、入力された画像信号に応じた合成光がプリズム 5 4 より出力されるよう、駆動部 4 0 を制御する。ミラー 5 5 は、プリズム 5 4 より出力された R , G , B のレーザ光の合成光を反射する。レンズ 5 6 は、ミラー 5 5 からの合成光を集光してミラー 1 2 へと入射させる。

【 0 0 2 5 】

図 1 における駆動部 4 0 とレーザ光発生部 5 0 と制御部 2 0 0 とは、本実施形態の光源駆動装置 2 5 0 を構成する。

【 0 0 2 6 】

ミラー 1 2 は、水平偏向素子によってレーザ光をスクリーン 6 0 の水平方向に走査させるよう揺動され、垂直偏向素子によってレーザ光をスクリーン 6 0 の垂直方向に走査させるよう揺動される。

【 0 0 2 7 】

光偏向器 1 0 0 によるレーザ光の水平方向及び垂直方向の走査によって、スクリーン 6 0 には画像信号に基づく画像が表示される。

【 0 0 2 8 】

図 1 における光偏向器 1 0 0 と光源駆動装置 2 5 0 とは、本実施形態の画像表示装置を構成する。

【 0 0 2 9 】

図 3 は、R 光源 5 1 r , G 光源 5 1 g , B 光源 5 1 b のうちのいずれかである半導体レーザが有する I - L 特性を示している。図 3 に示すように、駆動電流値が閾値 I_{th} 以上になると、半導体レーザはレーザ光を射出する。駆動電流値とレーザ出力パワーとは全体的にはほぼリニアな関係を有する。

【 0 0 3 0 】

図 3 において、ポイント p 1 はレーザ出力パワーが 1 mW のポイントであり、ポイント p 2 はレーザ出力パワーが 2 mW のポイントである。

【 0 0 3 1 】

まず、仮に I - L 特性が全体としてリニアな特性であるとする。図 4 の (a) に示すように、一点鎖線にて示す画像信号の輝度値が大きくなるに従って、レーザ出力パワーを増大させればよい。ここでは、説明を容易にするため、レーザ出力パワーとして、離散的な 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 (mW) のみを示している。

【 0 0 3 2 】

1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 (mW) のレーザ出力パワーを得るための駆動電流値を I_1 , I_2 , I_3 , I_4 , I_5 , I_6 , I_7 , I_8 とする。図 3 によれば、例えば、駆動電流値 I_1 は 8 5 (mA) 程度、駆動電流値 I_2 は 8 7 (mA) 程度である。

【 0 0 3 3 】

図 3 に示すように、閾値 I_{th} 付近の駆動電流値が小さい領域には、一点鎖線で囲んでいるように、キंक領域 3 0 が存在する。キंक領域 3 0 では、駆動電流値とレーザ出力パワーとの関係はリニアではない。R 光源 5 1 r , G 光源 5 1 g , B 光源 5 1 b それぞれが有する I - L 特性は同じではないため、キंक領域 3 0 における特性は異なる。

【 0 0 3 4 】

図 3 のキंक領域 3 0 内に示す破線は、駆動電流値とレーザ出力パワーとの望ましいリ

10

20

30

40

50

ニアな特性を示している。

【0035】

図3において、低輝度の画像（画素）を表示するために必要なレーザ出力パワーが例えば1mWであったとする。キंक領域30内が破線で示すようにリニアな特性であり、R光源51r、G光源51g、B光源51bそれぞれが有するI-L特性におけるキंक領域30内の特性が同じであれば、色ずれはほぼ発生しない。

【0036】

ところが実際には、キंक領域30内の特性はリニアではなく、キंक領域30内の特性はR光源51r、G光源51g、B光源51bそれぞれで異なる。よって、色ずれが発生してしまう。

10

【0037】

そこで、本実施形態においては、駆動部40は光源51を次のように駆動する。駆動部40は、所定の低輝度の画像を表示するためのレーザ出力パワーがキंक領域30内のレーザ出力パワーであるときには、キंक領域30内の駆動電流値ではなく、キंक領域30外のより大きい駆動電流値で光源51を駆動する。

【0038】

このとき、駆動部40は、駆動電流値を増大させたことによってレーザ出力パワーが増大し、表示させようとする所定の低輝度よりも輝度値が大きくなならないよう、パルスのデューティ比を小さくする。

【0039】

所定の低輝度の画像を表示するためのレーザ出力パワーがキंक領域30内の1mWである場合を例とする。図3に示すように、駆動部40は、レーザ出力パワー1mWを発生させる駆動電流値I1の代わりに、駆動電流値I1よりも大きく、キंक領域30外の例えばポイントp2のレーザ出力パワー2mWを発生させる駆動電流値I2を用いる。

20

【0040】

図4の(b)に示すように、駆動部40は、レーザ出力パワーを2倍にすることに伴ってレーザ光によって表現される輝度が高くなならないよう、パルス幅を、キंक領域30外の駆動電流値で光源51を駆動するときの通常のパルス幅に対して1/2にする。

【0041】

駆動部40は、デューティ比50%を通常のパルスとすると、デューティ比25%のパルスで光源51を駆動する。

30

【0042】

駆動電流値I2（レーザ出力パワー2mW）でデューティ比25%のパルスよりなる駆動信号を光源51に供給したときにレーザ光によって表現される輝度を第1の輝度とする。駆動電流値I1（レーザ出力パワー1mW）でデューティ比50%のパルスよりなる駆動信号を光源51に供給したときにレーザ光によって表現される輝度を第2の輝度とする。第1の輝度と第2の輝度とはほぼ同じとなる。

【0043】

よって、本実施形態によれば、駆動部40がレーザ出力パワーを増大させても輝度は高くならず、レーザ光によって表現しようとした所望の輝度で画像を表示させることができる。

40

【0044】

本実施形態によれば、キंक領域30内のレーザ出力パワーを用いず、キंक領域30外のレーザ出力パワーを用いることにより、色ずれの発生を抑えることができる。

【0045】

図5を用いて、複数の画素で構成される画像のうち、画素P×1～P×3を表示する場合を説明する。光偏光器100によって水平方向及び垂直方向にレーザ光を走査してそれぞれの画素を表示させるとき、光源駆動装置250は、それぞれの画素の輝度を、画像信号を構成する画素信号の輝度値に応じて制御する。

【0046】

50

画素 $P \times 1$, $P \times 2$ は、本来であれば光源 5 1 に駆動電流値 I_1 を供給してレーザ出力パワー 1 mW によって表現される低輝度の画素であるとする。画素 $P \times 3$ は、光源 5 1 に駆動電流値 I_2 を供給してレーザ出力パワー 2 mW によって表現される輝度の画素であるとする。

【 0 0 4 7 】

図 5 に示すように、駆動部 4 0 は、画素 $P \times 1$, $P \times 2$ においては破線にて示す駆動電流値 I_1 でデューティ比 5 0 % のパルスよりなる駆動信号ではなく、駆動電流値 I_2 でデューティ比 2 5 % のパルスよりなる駆動信号で光源 5 1 を駆動する。

【 0 0 4 8 】

駆動部 4 0 は、画素 $P \times 3$ においては、通常どおり、駆動電流値 I_2 でデューティ比 5 0 % のパルスよりなる駆動信号で光源 5 1 を駆動する。

【 0 0 4 9 】

以上の説明においては、低輝度の画素として、キंक領域 3 0 内のポイント p_1 のレーザ出力パワーによって表現される輝度を例としている。キंक領域 3 0 内のポイント p_1 以外のレーザ出力パワーによって輝度を表現する場合も同様である。

【 0 0 5 0 】

制御部 2 0 0 は、駆動部 4 0 を次のように制御すればよい。図 3 に示すポイント p_{th} を、所定のレーザ出力パワーである閾値とする。

【 0 0 5 1 】

制御部 2 0 0 は、光源 5 1 が出力するレーザ光によって、閾値 p_{th} を超える第 1 のレーザ出力パワーに対応した輝度を表現させる場合には、駆動部 4 0 を次のように制御する。

【 0 0 5 2 】

制御部 2 0 0 は、光源 5 1 が第 1 のレーザ出力パワーを有するレーザ光を射出するよう、光源 5 1 に第 1 のレーザ出力パワーに対応した第 1 の駆動電流値で第 1 のデューティ比を有するパルスよりなる駆動信号を供給するよう駆動部 4 0 を制御する。

【 0 0 5 3 】

ここでの第 1 のレーザ出力パワーとは、閾値 p_{th} より大きい任意のレーザ出力パワーである。第 1 のデューティ比は例えば 5 0 % である。

【 0 0 5 4 】

制御部 2 0 0 は、光源 5 1 が出力するレーザ光によって、閾値 p_{th} 以下の第 2 のレーザ出力パワーに対応した輝度を表現させる場合には、駆動部 4 0 を次のように制御する。

【 0 0 5 5 】

制御部 2 0 0 は、光源 5 1 が第 3 のレーザ出力パワーを有するレーザ光を射出するよう、光源 5 1 に第 3 のレーザ出力パワーに対応した第 2 の駆動電流値で、第 2 のデューティ比を有するパルスよりなる駆動信号を供給するよう駆動部 4 0 を制御する。第 3 のレーザ出力パワーは、閾値 p_{th} を超えるレーザ出力パワーである。

【 0 0 5 6 】

このように、制御部 2 0 0 は、光源 5 1 が第 2 のレーザ出力パワーに代えて第 3 のレーザ出力パワーを射出するよう駆動部 4 0 を制御する。第 2 のデューティ比は、第 1 のデューティ比より小さいデューティ比である。

【 0 0 5 7 】

制御部 2 0 0 は、第 2 のレーザ出力パワーを n 倍して第 3 のレーザ出力パワーとするのがよい。制御部 2 0 0 は、第 1 のデューティ比を $1/n$ 倍して第 2 のデューティ比とするのがよい。 n は 1 を超える数であり、整数とするのがよいが、整数でなくてもよい。

【 0 0 5 8 】

制御部 2 0 0 は、半導体レーザが有する $I-L$ 特性におけるキंक領域 3 0 内の最大のレーザ出力パワー以上のレーザ出力パワーを閾値 p_{th} として設定すればよい。

【 0 0 5 9 】

光源駆動装置 2 5 0 は、画像表示装置以外に用いられてもよい。光源駆動装置 2 5 0 が

10

20

30

40

50

、光源 51 が射出するレーザ光によって画像を表示させる画像表示装置に用いられる場合には、制御部 200 は、駆動部 40 を次のように制御すればよい。

【 0 0 6 0 】

制御部 200 は、画像を表示させるための画像信号の輝度値が大きくなるほど駆動部 40 が光源 51 に供給する駆動信号の駆動電流値を増大させるよう、駆動部 40 を制御する。

【 0 0 6 1 】

以上のようにして、源 5 1 より発せられたレーザ光を水平方向及び垂直方向に偏向して画像を表示させる光偏光器 1 0 0 と、光源駆動装置 2 5 0 とを備える本実施形態の画像表示装置は、低輝度の画像を表示する場合でも色ずれの発生を抑えることができる。

【 0 0 6 2 】

本発明は以上説明した本実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能である。光偏光器 100 はMEMS技術を用いて構成されることが好ましいが、それに限定されるものではない。光偏光器 100 はレーザー光を水平方向及び垂直方向に偏向する機能を有すればよく、具体的な構成は特に限定されない。

【符号の説明】

【 0 0 6 3 】

4 0 駆動部

5 1 光源

5 1 r R 光源 (半導体レーザー)

5 1 g G 光源 (半導体レーザー)

5 1 b B 光源 (半導体レーザー)

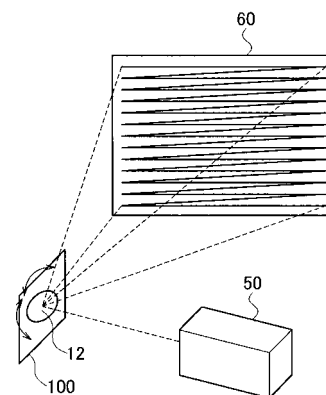
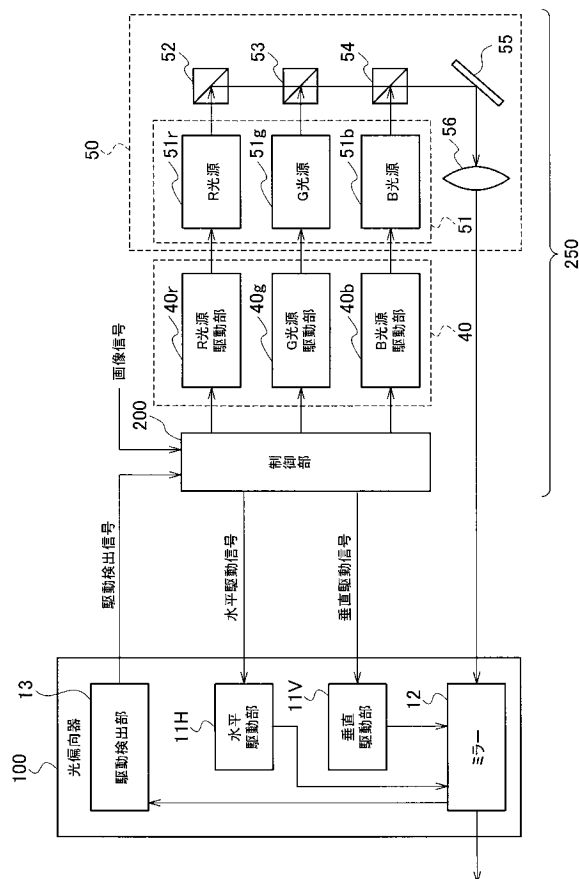
1 0 0 光 偏 向 器

2 0 0 制御部

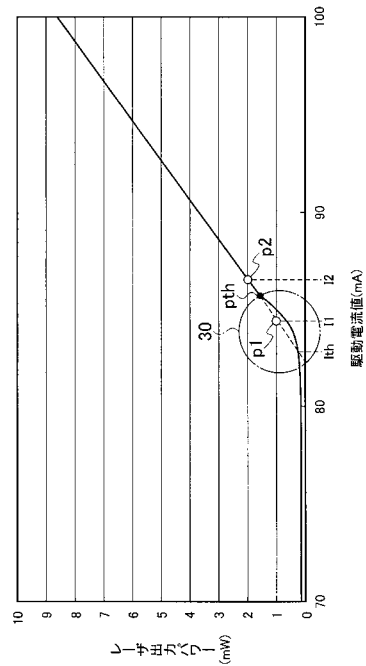
2 5 0 光源駆動装置

【 図 1 】

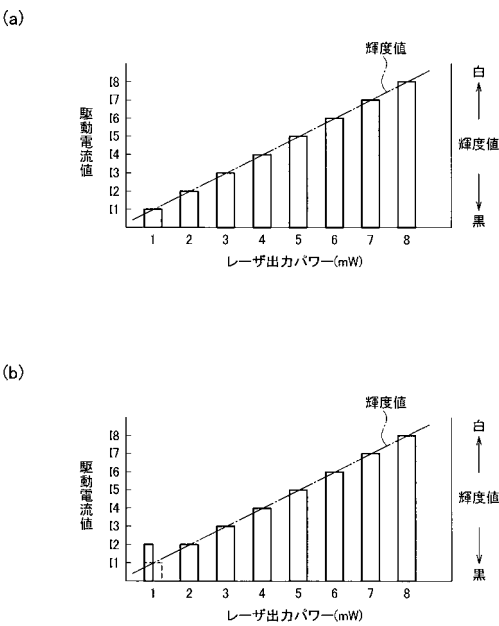
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

