

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7601708号  
(P7601708)

(45)発行日 令和6年12月17日(2024.12.17)

(24)登録日 令和6年12月9日(2024.12.9)

|            |       |           |         |       |         |
|------------|-------|-----------|---------|-------|---------|
| (51)国際特許分類 |       | F I       |         |       |         |
| G 0 2 B    | 26/10 | (2006.01) | G 0 2 B | 26/10 | 1 0 4 Z |
| G 0 2 B    | 26/08 | (2006.01) | G 0 2 B | 26/08 | E       |

請求項の数 8 (全30頁)

|          |                                  |          |   |
|----------|----------------------------------|----------|---|
| (21)出願番号 | 特願2021-83666(P2021-83666)        | (73)特許権者 | 000002303<br>スタンレー電気株式会社<br>東京都目黒区中目黒2丁目9番13号 |
| (22)出願日  | 令和3年5月18日(2021.5.18)             | (74)代理人  | 100103894<br>弁理士 家入 健                         |
| (65)公開番号 | 特開2022-177425(P2022-177425<br>A) | (72)発明者  | 松丸 直也<br>東京都目黒区中目黒2丁目9番13号<br>スタンレー電気株式会社内    |
| (43)公開日  | 令和4年12月1日(2022.12.1)             | (72)発明者  | 西岡 謙<br>東京都目黒区中目黒2丁目9番13号<br>スタンレー電気株式会社内     |
| 審査請求日    | 令和6年4月3日(2024.4.3)               | 審査官      | 近藤 幸浩   |

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光偏向器駆動システム、及び光偏向器駆動方法

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

ミラー部と、前記ミラー部を支持する第1支持部と、前記第1支持部を支持する第2支持部と、前記第1支持部を前記第2支持部に対して揺動軸周りに揺動させる少なくとも一つのアクチュエータと、を備え、

前記アクチュエータは、前記揺動軸の方向に配置された複数の圧電カンチレバーを含み、前記複数の圧電カンチレバーは、各々の圧電カンチレバーが隣り合う圧電カンチレバーに対して折り返すように蛇腹形状に連結されており、

前記圧電カンチレバーのうち前記ミラー部側の圧電カンチレバーの自由端は、前記第1支持部に連結されており、

前記圧電カンチレバーのうち前記第2支持部側の圧電カンチレバーの自由端は、前記第2支持部に連結されており、

前記ミラー部から数えて偶数番目に配置された圧電カンチレバーを屈曲変形させるため、当該偶数番目に配置された圧電カンチレバーに第1駆動信号に対応する第1駆動電圧を印加し、かつ、前記ミラー部から数えて奇数番目に配置された圧電カンチレバーを屈曲変形させるため、当該奇数番目に配置された圧電カンチレバーに第2駆動信号に対応する第2駆動電圧を印加する光偏向器駆動システムであって、

前記第1駆動信号及び前記第2駆動信号の少なくとも一方を変更する旨の指示が入力された場合、前記第1駆動信号及び前記第2駆動信号のうち変更対象の駆動信号について電圧が最も小さくなるタイミングを判定するタイミング判定部と、

10

20

前記変更対象の駆動信号について電圧が最も小さくなるタイミングと判定された場合、前記変更対象の駆動信号に対して前記変更を反映する変更反映部と、を備える光偏向器駆動システム。

【請求項 2】

前記変更する旨の指示は、振幅を変更する旨の指示である請求項 1 に記載の光偏向器駆動システム。

【請求項 3】

前記変更する旨の指示は、オフセットを変更する旨の指示である請求項 1 に記載の光偏向器駆動システム。

【請求項 4】

前記変更する旨の指示は、オフセット量を表すオフセットレベルデータであり、前記オフセット量を立ち上がり時間又は立ち下がり時間で分割するオフセット分割部をさらに備え、

前記変更反映部は、前記分割された時間が経過するごとに、前記変更対象の駆動信号に対して段階的に前記変更を反映する請求項 1 に記載の光偏向器駆動システム。

【請求項 5】

光偏向器のミラー部を揺動軸周りに揺動させるアクチュエータに印加される第 1 駆動電圧に対応する第 1 駆動信号及び第 2 駆動電圧に対応する第 2 駆動信号の少なくとも一方を変更する旨の指示を入力する変更指示入力ステップと、

前記指示が入力された場合、前記第 1 駆動信号及び前記第 2 駆動信号のうち変更対象の駆動信号について電圧が最も小さくなるタイミングを判定する判定ステップと、

前記変更対象の駆動信号について電圧が最も小さくなるタイミングと判定された場合、前記変更対象の駆動信号に対して前記変更を反映する変更反映ステップと、を備える光偏向器駆動方法。

【請求項 6】

前記変更する旨の指示は、振幅を変更する旨の指示である請求項 5 に記載の光偏向器駆動方法。

【請求項 7】

前記変更する旨の指示は、オフセットを変更する旨の指示である請求項 5 に記載の光偏向器駆動方法。

【請求項 8】

前記変更する旨の指示は、オフセット量を表すオフセットレベルデータであり、前記オフセット量を立ち上がり時間又は立ち下がり時間で分割するオフセット分割ステップをさらに備え、

前記変更反映ステップは、前記分割された時間が経過するごとに、前記変更対象の駆動信号に対して段階的に前記変更を反映する請求項 5 に記載の光偏向器駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光偏向器駆動システム、及び光偏向器駆動方法に関し、特に、オフセット（又は振幅）の変更を反映した場合であっても、光偏向器に異常振動が発生するのを抑制することができる（その結果、光偏向器が走査する光により描画される映像に縞模様が出現するのを抑制することができる）光偏向器駆動システム、及び光偏向器駆動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

光偏向器（アクチュエータ）に印加される駆動信号（駆動電圧）に対してオフセットを実行することにより、光偏向器が走査する光により描画される映像の垂直方向の位置（オフセット量）を変更する映像投射システムが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

【文献】特開 2 0 1 8 - 5 4 7 5 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

しかしながら、本発明者らが検討したところ、特許文献 1 においては、オフセット（又は振幅）を変更する旨の指示が入力されたタイミングでオフセット（又は振幅）の変更を反映した場合、変更の前後において駆動信号（駆動電圧）の波形が乱れてしまい、当該波形が乱れた駆動信号（駆動電圧）のエッジに含まれる不要な周波数成分（意図しない周波数成分）によって光偏向器に異常振動が発生し、これに起因して、光偏向器が走査する光により描画される映像に縞模様が出現してしまうという課題を見出した。

10

【 0 0 0 5 】

本発明は、このような問題点を解決するためになされたものであり、オフセット（又は振幅）の変更を反映した場合であっても、光偏向器に異常振動が発生するのを抑制することができる（その結果、光偏向器が走査する光により描画される映像に縞模様が出現するのを抑制することができる）光偏向器駆動システム、及び光偏向器駆動方法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】

【 0 0 0 6 】

本発明にかかる光偏向器駆動システムは、ミラー部と、前記ミラー部を支持する第 1 支持部と、前記第 1 支持部を支持する第 2 支持部と、前記第 1 支持部を前記第 2 支持部に対して揺動軸周りに揺動させる少なくとも 1 つのアクチュエータと、を備え、前記アクチュエータは、前記揺動軸の方向に配置された複数の圧電カンチレバーを含み、前記複数の圧電カンチレバーは、各々の圧電カンチレバーが隣り合う圧電カンチレバーに対して折り返すように蛇腹形状に連結されており、前記圧電カンチレバーのうち前記ミラー部側の圧電カンチレバーの自由端は、前記第 1 支持部に連結されており、前記圧電カンチレバーのうち前記第 2 支持部側の圧電カンチレバーの自由端は、前記第 2 支持部に連結されており、前記ミラー部から数えて偶数番目に配置された圧電カンチレバーを屈曲変形させるため、当該偶数番目に配置された圧電カンチレバーに第 1 駆動信号に対応する第 1 駆動電圧を印加し、かつ、前記ミラー部から数えて奇数番目に配置された圧電カンチレバーを屈曲変形させるため、当該奇数番目に配置された圧電カンチレバーに第 2 駆動信号に対応する第 2 駆動電圧を印加する光偏向器駆動システムであって、前記第 1 駆動信号及び前記第 2 駆動信号の少なくとも一方を変更する旨の指示が入力された場合、前記第 1 駆動信号及び前記第 2 駆動信号のうち変更対象の駆動信号について電圧が最も小さくなるタイミングを判定するタイミング判定部と、前記変更対象の駆動信号について電圧が最も小さくなるタイミングと判定された場合、前記変更対象の駆動信号に対して前記変更を反映する変更反映部と、を備える。

20

30

【 0 0 0 7 】

このような構成により、オフセット（又は振幅）の変更を反映した場合であっても、光偏向器に異常振動が発生するのを抑制することができる（その結果、光偏向器が走査する光により描画される映像に縞模様出現するのを抑制することができる）。

40

【 0 0 0 8 】

これは、オフセット（又は振幅）を変更する旨の指示が入力されたタイミングでオフセット（又は振幅）の変更を反映するのではなく、変更対象の駆動信号について電圧が最も小さくなるタイミングと判定された場合、変更対象の駆動信号に対して変更を反映することにより、光偏向器の異常振動の原因となる不要な周波数成分（意図しない周波数成分）を除去することができることによるものである。

【 0 0 0 9 】

また、上記光偏向器駆動システムにおいて、前記変更する旨の指示は、振幅を変更する旨の指示であってもよい。

50

## 【 0 0 1 0 】

また、上記光偏向器駆動システムにおいて、前記変更する旨の指示は、オフセットを変更する旨の指示であってもよい。

## 【 0 0 1 1 】

また、上記光偏向器駆動システムにおいて、前記変更する旨の指示は、オフセット量を表すオフセットレベルデータであり、前記オフセット量を立ち上がり時間又は立ち下がり時間で分割するオフセット分割部をさらに備え、前記変更反映部は、前記分割された時間が経過するごとに、前記変更対象の駆動信号に対して段階的に前記変更を反映してもよい。

## 【 0 0 1 2 】

本発明にかかる光偏向器駆動方法は、光偏向器のミラー部を揺動軸周りに揺動させるアクチュエータに印加される第1駆動電圧に対応する第1駆動信号及び第2駆動電圧に対応する第2駆動信号の少なくとも一方を変更する旨の指示を入力する変更指示入力ステップと、前記指示が入力された場合、前記第1駆動信号及び前記第2駆動信号のうち変更対象の駆動信号について電圧が最も小さくなるタイミングを判定する判定ステップと、前記変更対象の駆動信号について電圧が最も小さくなるタイミングと判定された場合、前記変更対象の駆動信号に対して前記変更を反映する変更反映ステップと、を備える。

10

## 【 0 0 1 3 】

このような構成により、オフセット（又は振幅）の変更を反映した場合であっても、光偏向器に異常振動が発生するのを抑制することができる（その結果、光偏向器が走査する光により描画される映像に縞模様が出現するのを抑制することができる）。

20

## 【 0 0 1 4 】

これは、オフセット（又は振幅）を変更する旨の指示が入力されたタイミングでオフセット（又は振幅）の変更を反映するのではなく、変更対象の駆動信号について電圧が最も小さくなるタイミングと判定された場合、変更対象の駆動信号に対して変更を反映することにより、光偏向器の異常振動の原因となる不要な周波数成分（意図しない周波数成分）を除去することができることによるものである。

## 【 0 0 1 5 】

また、上記光偏向器駆動方法において、前記変更する旨の指示は、振幅を変更する旨の指示であってもよい。

## 【 0 0 1 6 】

また、上記光偏向器駆動方法において、前記変更する旨の指示は、オフセットを変更する旨の指示であってもよい。

30

## 【 0 0 1 7 】

また、上記光偏向器駆動方法において、前記変更する旨の指示は、オフセット量を表すオフセットレベルデータであり、前記オフセット量を立ち上がり時間又は立ち下がり時間で分割するオフセット分割ステップをさらに備え、前記変更反映ステップは、前記分割された時間が経過するごとに、前記変更対象の駆動信号に対して段階的に前記変更を反映してもよい。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 8 】

本発明により、オフセット（又は振幅）の変更を反映した場合であっても、光偏向器に異常振動が発生するのを抑制することができる（その結果、光偏向器が走査する光により描画される映像に縞模様が出現するのを抑制することができる）光偏向器駆動システム、及び光偏向器駆動方法を提供することができる。

40

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 9 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態である光偏向器駆動システム 10 の概略構成図である。

【 図 2 】 1 軸非共振・1 軸共振タイプの光偏向器 1 の斜視図である。

【 図 3 】 ( a ) 図 2 の光偏向器の I - I 線端面を模式的に示す図、( b ) I I - I I 線端面を模式的に示す図である。

50

【図 4】第 3 駆動電圧  $V \times 1$  (駆動信号 P) と第 4 駆動電圧  $V \times 2$  (駆動信号 N) の一例である。

【図 5】(a) 光偏向器の圧電アクチュエータが作動していない状態を示し、(b) 圧電アクチュエータが作動している状態を示す図である。

【図 6】光偏向器 1 が走査 (ラスタスキャン) するレーザー光 Ray により、スクリーン部材 20 に映像 p を描画している様子を表す図である (集光レンズ 14、補正ミラー 18、投影レンズ 23 省略)。

【図 7】光偏向器 1 に印加される駆動電圧 (図 7 (a) 参照) とミラー部 2 の揺動角度 (図 7 (b) 参照) との関係を表す図である。

【図 8】スクリーン部材 20 に描画される、縦幅が異なる映像 p の例である。

10

【図 9】スクリーン部材 20 に描画される、垂直方向の位置 (オフセット量) が異なる映像 p の例である。

【図 10】光偏向器駆動システム 10 の機能的構成例である。

【図 11】映像信号処理部 116 の機能的構成例である。

【図 12】MEMS 駆動部 108 がミラー部 2 を第 2 軸 X 周りに揺動させる処理のシーケンス図である。

【図 13】映像 p の縦幅を縮小する場合の各信号例 (タイムチャート) である。

【図 14】本発明者らが見出した課題について説明するための図である。

【図 15】本発明者らが見出した課題について説明するための図である。

【図 16】光偏向器 1 に異常振動が発生するのを抑制しつつ、スクリーン部材 20 に描画される映像の縦幅を変更する処理のシーケンス図である。

20

【図 17】光偏向器 1 に異常振動が発生するのを抑制しつつ、スクリーン部材 20 に描画される映像のオフセット量を変更する処理のシーケンス図である。

【図 18】映像 p を上方にオフセットする場合の各信号例 (タイムチャート) である。

【図 19】第 5 信号 N の点線で囲った円内の拡大図である。

【図 20】映像 p の縦幅を拡大する場合の各信号例 (タイムチャート) である。

【図 21】映像 p を下方にオフセットする場合の各信号例 (タイムチャート) である。

【図 22】第 5 信号の変形例について説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

30

以下、本発明の実施形態である光偏向器駆動システム 10 について添付図面を参照しながら説明する。各図において対応する構成要素には同一の符号が付され、重複する説明は省略される。

【0021】

図 1 は、本発明の一実施形態である光偏向器駆動システム 10 の概略構成図である。

【0022】

図 1 に示すように、光偏向器駆動システム 10 は、光源 12、光源 12 が発光する光 (例えば、レーザー光) を集光する集光レンズ 14、補正ミラー 18、集光レンズ 14 で集光され補正ミラー 18 で反射されたレーザー光 Ray を二次元的に (水平方向及び垂直方向に) 走査する光偏向器 1、光偏向器 1 が走査するレーザー光 Ray により映像が描画されるスクリーン部材 20、スクリーン部材 20 に描画された映像を投影する投影レンズ 23 等を備えている。なお、光偏向器駆動システム 10 は、光源 12 が発光する光を走査することにより映像を描画する光偏向器を備えていればどのような構成であってもよい。

40

【0023】

光源 12 は、例えば、発光波長が青色域のレーザー光を放出するレーザーダイオード (LD) である。光源 12 からのレーザー光は、集光レンズ 14 で集光され (例えばコリメートされ) 補正ミラー 18 で反射されて光偏向器 1 (ミラー部 2) に入射する。補正ミラー 18 は、スクリーン部材 20 に描画される映像が歪むのを防止するために設けられる。なお、補正ミラー 18 は省略してもよい。

【0024】

50

光偏向器 1 は、集光レンズ 1 4 で集光されたレーザー光を二次元的に（水平方向及び垂直方向に）走査する。光偏向器 1 が走査するレーザー光により、スクリーン部材 2 0 に映像が描画される。スクリーン部材 2 0 は、例えば、矩形板形状の蛍光体プレートである。蛍光体プレートは、波長変換部材で、光偏向器 1 が走査するレーザー光 Ray の少なくとも一部を異なる波長の光（例えば、黄色域の光）に変換する。スクリーン部材 2 0 に描画された映像は、投影レンズ 2 3 により投影される。

【 0 0 2 5 】

光偏向器 1 は、例えば、MEMS スキャナである。光偏向器の駆動方式には大別して圧電方式、静電方式、電磁方式があるが、いずれの方式であってもよい。また、圧電方式には大別して 1 軸非共振・1 軸共振タイプ、2 軸非共振タイプ、2 軸共振タイプがあるが、

10

【 0 0 2 6 】

以下、代表して、圧電方式（1 軸非共振・1 軸共振タイプ）の光偏向器 1 について説明する。

【 0 0 2 7 】

図 2 は、1 軸非共振・1 軸共振タイプの光偏向器 1 の斜視図である。

【 0 0 2 8 】

光偏向器 1 は、ミラー部 2 と、一对の第 1 圧電アクチュエータ 3 1 , 3 2 と、第 1 支持部 4 と、一对の第 2 圧電アクチュエータ 5 1 , 5 2 と、第 2 支持部 6 とを備える。なお、光変更器 1 は、駆動信号（駆動電圧）に対してオフセット（又は振幅）の変更を反映した場合、当該光変更器 1 において意図しない異常振動（異常共振）が発生するのであれば、

20

【 0 0 2 9 】

ミラー部 2 は、入射した光を反射する円形の反射面 2 a と、反射面 2 a を支持する円形の反射面支持体 2 b とを備える。

【 0 0 3 0 】

反射面支持体 2 b は、シリコン基板で構成される。反射面支持体 2 b には、その両端から外側へ延びた一对のトーションバー 2 1 , 2 2 が連結されている。

【 0 0 3 1 】

第 1 圧電アクチュエータ 3 1 , 3 2 は、それぞれが半円弧形状に形成され、互いにミラー部 2 を囲むように空隙を隔てて配置されている。第 1 圧電アクチュエータ 3 1 , 3 2 は、それぞれの一方の端部が一方のトーションバー 2 1 を挟んで対向して連結され、それぞれの他方の端部が他方のトーションバー 2 2 を挟んで対向して連結されている。

30

【 0 0 3 2 】

第 1 支持部 4 は、矩形の枠形状に形成されており、ミラー部 2 と第 1 圧電アクチュエータ 3 1 , 3 2 とを囲むように設けられている。第 1 支持部 4 は、第 1 圧電アクチュエータ 3 1 , 3 2 の円弧部の中心位置の外側に連結されており、第 1 圧電アクチュエータ 3 1 , 3 2 を介してミラー部 2 を支持している。

【 0 0 3 3 】

第 2 圧電アクチュエータ 5 1 , 5 2 は、第 1 支持部 4 を挟んで対向して配置されている。第 2 圧電アクチュエータ 5 1 , 5 2 は、それらの先端部が、第 1 支持部 4 のトーションバー 2 1 , 2 2 と直交する方向の一对の両側にそれぞれ連結されている。

40

【 0 0 3 4 】

第 2 支持部 6 は、矩形の枠形状に形成されており、第 1 支持部 4 と第 2 圧電アクチュエータ 5 1 , 5 2 とを囲むように設けられている。第 2 支持部 6 には、第 2 圧電アクチュエータ 5 1 , 5 2 の、第 1 支持部 4 と連結されていない側の一对の他端がそれぞれ連結されている。これにより、第 2 支持部 6 は、第 2 圧電アクチュエータ 5 1 , 5 2 を介して第 1 支持部 4 を支持している。

【 0 0 3 5 】

次に、第 1 圧電アクチュエータ 3 1 , 3 2 の詳細な構成について説明する。第 1 圧電ア

50

クチュエータ 31, 32 は、それぞれが、圧電駆動によって屈曲変形するように構成された第 1 圧電カンチレバー 31A, 32A を備える。詳細には、第 1 圧電アクチュエータ 31, 32 のうちの一方の第 1 圧電アクチュエータ 31 が一方の第 1 圧電カンチレバー 31A を備え、第 1 圧電アクチュエータ 31, 32 のうちの他方の第 1 圧電アクチュエータ 32 が他方の第 1 圧電カンチレバー 32A を備える。第 1 圧電アクチュエータ 31, 32 は、第 1 圧電カンチレバー 31A, 32A の屈曲変形により、トーションバー 21, 22 を介して、ミラー部 2 を第 1 支持部 4 に対して第 1 軸 Y 周りに揺動可能となっている。

【0036】

次に、第 2 圧電アクチュエータ 51, 52 の詳細な構成について説明する。第 2 圧電アクチュエータ 51, 52 は、それぞれが、圧電駆動によって屈曲変形するように構成された一対の第 2 圧電カンチレバー 51A ~ 51D, 52A ~ 52D を備える。詳細には、一対の第 2 圧電アクチュエータ 51, 52 のうちの一方の第 2 圧電アクチュエータ 51 は、4 つの圧電カンチレバーからなる一方の第 2 圧電カンチレバー 51A ~ 51D で構成される。また、一対の第 2 圧電アクチュエータ 51, 52 のうちの他方の第 2 圧電アクチュエータ 52 は、4 つの圧電カンチレバーからなる他方の第 2 圧電カンチレバー 52A ~ 52D で構成される。

10

【0037】

一方の第 2 圧電カンチレバー 51A ~ 51D は、その長さ方向が同じになるようにそれぞれの両端部が隣り合うと共に、ミラー部 2 を第 2 軸 X (第 1 軸 Y に直交する軸。但し、正確に直交している必要はない。) 周りに揺動可能に所定の間隔で並んで配置されている。そして、一方の第 2 圧電カンチレバー 51A ~ 51D は、隣り合う圧電カンチレバーに対して折り返すように連結されている。第 2 軸 X は、本発明の揺動軸の一例である。

20

【0038】

他方の第 2 圧電カンチレバー 52A ~ 52D は、一方の第 2 圧電カンチレバー 51A ~ 51D と同様に、その長さ方向が同じになるようにそれぞれの両端部が隣り合うと共に、ミラー部 2 を第 2 軸 X 周りに揺動可能に所定の間隔で並んで配置されている。そして、他方の第 2 圧電カンチレバー 52A ~ 52D は、隣り合う圧電カンチレバーに対して折り返すように連結されている。

【0039】

このように、一方の第 2 圧電アクチュエータ 51 及び他方の第 2 圧電アクチュエータ 52 は、それを形成する一方の第 2 圧電カンチレバー 51A ~ 51D 及び他方の第 2 圧電カンチレバー 52A ~ 52D が、所謂ミアンダ形状 (又は蛇腹形状) に形成されている。

30

【0040】

一方の第 2 圧電カンチレバー 51A ~ 51D 及び他方の第 2 圧電カンチレバー 52A ~ 52D のうちのミラー部 2 側 (第 1 支持部 4 側) に配置されているカンチレバー (以下、「1 番目の第 2 圧電カンチレバー」という) 51A, 52A は、その隣り合う第 2 圧電カンチレバー (以下、「2 番目の第 2 圧電カンチレバー」という) 51B, 52B と連結されていない側のそれぞれの一端 (自由端) が第 1 支持部 4 の外周部に連結されている。

【0041】

同様に、一方の第 2 圧電カンチレバー 51A ~ 51D 及び他方の第 2 圧電カンチレバー 52A ~ 52D のうちの第 2 支持部 6 側に配置されている圧電カンチレバー (以下、「4 番目の第 2 圧電カンチレバー」という) 51D, 52D は、その隣り合う第 2 圧電カンチレバー (以下、「3 番目の第 2 圧電カンチレバー」という) 51C, 52C と連結されていない側のそれぞれの一端 (自由端) が第 2 支持部 6 の内周部に連結されている。

40

【0042】

これにより、第 1 支持部 4 は、第 2 圧電アクチュエータ 51, 52 を構成する第 2 圧電カンチレバー 51A ~ 51D, 52A ~ 52D の屈曲変形によって、第 2 支持部 6 に対して第 2 軸 X 周りに揺動可能となっている。

【0043】

以降、一対の第 2 圧電カンチレバー 51A ~ 51D, 52A ~ 52D のうち、ミラー部

50

2 から数えて奇数番目に配置されたそれぞれの圧電カンチレバー（1 番目の第 2 圧電カンチレバー 5 1 A , 5 2 A 及び 3 番目の第 2 圧電カンチレバー 5 1 C , 5 2 C ）を奇数番目の第 2 圧電カンチレバー 5 1 A , 5 1 C , 5 2 A , 5 2 C という。

【 0 0 4 4 】

また、奇数番目の第 2 圧電カンチレバー 5 1 A , 5 1 C , 5 2 A , 5 2 C のうち、一方の第 2 圧電カンチレバー 5 1 A ~ 5 1 D に含まれるものを一方の奇数番目の第 2 圧電カンチレバー 5 1 A , 5 1 C といい、他方の第 2 圧電カンチレバー 5 2 A ~ 5 2 D に含まれるものを他方の奇数番目の第 2 圧電カンチレバー 5 2 A , 5 2 C という。

【 0 0 4 5 】

同様に、一对の第 2 圧電カンチレバー 5 1 A ~ 5 1 D , 5 2 A ~ 5 2 D のうち、ミラー部 2 から数えて偶数番目に配置されたそれぞれの圧電カンチレバー（2 番目の第 2 圧電カンチレバー 5 1 B , 5 2 B 及び 4 番目の第 2 圧電カンチレバー 5 1 D , 5 2 D ）を偶数番目の第 2 圧電カンチレバー 5 1 B , 5 1 D , 5 2 B , 5 2 D という。

10

【 0 0 4 6 】

また、偶数番目の第 2 圧電カンチレバー 5 1 B , 5 1 D , 5 2 B , 5 2 D のうち、一方の第 2 圧電カンチレバー 5 1 A ~ 5 1 D に含まれるものを一方の偶数番目の第 2 圧電カンチレバー 5 1 B , 5 1 D といい、他方の第 2 圧電カンチレバー 5 2 A ~ 5 2 D に含まれるものを他方の偶数番目の第 2 圧電カンチレバー 5 2 B , 5 2 D という。

【 0 0 4 7 】

図 3 は、光偏向器 1 の模式的な端面図を示す。図 3 ( a ) は、図 2 の I - I 線端面図を示す。但し、図 3 ( a ) では、第 2 支持部 6 を省略して示している。図 3 ( b ) は、図 2 の II - II 線端面図を示す。但し、図 3 ( b ) では、第 2 支持部 6、及び一对の第 2 圧電カンチレバー 5 1 A ~ 5 1 D , 5 2 A ~ 5 2 D のうち 3 番目の第 2 圧電カンチレバー 5 1 C , 5 2 C 及び 4 番目の第 2 圧電カンチレバー 5 1 D , 5 2 D を省略して示している。

20

【 0 0 4 8 】

3 番目の第 2 圧電カンチレバー 5 1 C , 5 2 C は、1 番目の第 2 圧電カンチレバー 5 1 A , 5 2 A と同じ構成である。同様に、4 番目の第 2 圧電カンチレバー 5 1 D , 5 2 D は、2 番目の第 2 圧電カンチレバー 5 1 B , 5 2 B と同じ構成である。

【 0 0 4 9 】

第 1 圧電アクチュエータ 3 1 , 3 2 を構成する第 1 圧電カンチレバー 3 1 A , 3 2 A のそれぞれと、第 2 圧電アクチュエータ 5 1 , 5 2 を構成する一对の第 2 圧電カンチレバー 5 1 A ~ 5 1 D , 5 2 A ~ 5 2 D のそれぞれとは、起歪体（カンチレバー本体）としての支持体 B の層上に、下部電極 L 1、圧電体 L 2 及び上部電極 L 3 を積層した構造の圧電カンチレバーである。

30

【 0 0 5 0 】

なお、圧電カンチレバーの詳細な構造は、支持体 B の層上に、下部電極 L 1、圧電体 L 2、及び上部電極 L 3 が積層されており、これらの下部電極 L 1、圧電体 L 2、及び上部電極 L 3 を囲むように層間絶縁膜 M 1 が設けられている。そして、層間絶縁膜 M 1 上に上部電極配線 W が積層され、この上部電極配線 W を囲むようにパッシベーション膜 M 2 が設けられている。

40

【 0 0 5 1 】

なお、上部電極配線 W は、後述するように、第 1 駆動用上部電極配線 W y、第 2 駆動用奇数上部電極配線 W o、第 2 駆動用偶数上部電極配線 W e、第 1 検知用上部電極配線 W m y、及び第 2 検知用上部電極配線 W m x があり、これらを特に区別する必要が無いときは、上部電極配線 W という。

【 0 0 5 2 】

これらの圧電カンチレバー 3 1 A , 3 2 A , 5 1 A ~ 5 1 D , 5 2 A ~ 5 2 D の圧電体 L 2 は、上部電極 L 3 と下部電極 L 1 との間に駆動電圧が印加されることで、圧電駆動により屈曲変形する。これらの圧電カンチレバー 3 1 A , 3 2 A , 5 1 A ~ 5 1 D , 5 2 A ~ 5 2 D は、圧電体 L 2 の屈曲変形に伴って、屈曲変形する。

50

## 【 0 0 5 3 】

なお、第 2 圧電アクチュエータ 5 1 , 5 2 を構成する一対の第 2 圧電カンチレバー 5 1 A ~ 5 1 D , 5 2 A ~ 5 2 D のそれぞれの隣り合う圧電カンチレバーの連結部は、その隣り合う圧電カンチレバーのそれぞれの支持体 B を一体に連結した部分となっており、その連結部には圧電体 L 2 及び上部電極 L 3 の層は設けられていない。

## 【 0 0 5 4 】

第 1 支持部 4 上には、第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y と、第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x とが設けられている。第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y は、第 1 支持部 4 上に、当該第 1 支持部 4 の第 2 軸 X に平行な辺（第 2 圧電カンチレバー 5 1 A ~ 5 1 D , 5 2 A ~ 5 2 D の各圧電カンチレバーの長手方向の辺に直交する辺）に沿うように、当該辺の中央部に配置されている。 10

## 【 0 0 5 5 】

第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x は、第 1 支持部 4 上に、当該第 1 支持部 4 の第 1 軸 Y に平行な辺に沿うように、当該辺の中央部に配置されている。第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y と第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x は、平面的に互いに分離して設けられている。

## 【 0 0 5 6 】

第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y は、第 1 圧電アクチュエータ 3 1 , 3 2 の圧電駆動によって、ミラー部 2 を第 1 支持部 4 に対して第 1 軸 Y 周りに揺動させるときに、第 1 支持部 4 に伝達される第 1 振動を検知するためのセンサとして設けられている。第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x は、第 2 圧電アクチュエータ 5 1 , 5 2 の圧電駆動によって、第 1 支持部 4 を第 2 支持部 6 に対して第 2 軸 X 周りに揺動させるときに、第 1 支持部 4 に伝達される第 2 振動 20 を検知するためのセンサとして設けられている。

## 【 0 0 5 7 】

第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y 及び第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x は、第 1 圧電カンチレバー 3 1 A , 3 2 A 及び第 2 圧電カンチレバー 5 1 A ~ 5 1 D , 5 2 A ~ 5 2 D と同様に、第 1 支持部 4 を構成する支持体 B の層上に、下部電極 L 1、圧電体 L 2 及び上部電極 L 3 を積層した構造になっている。なお、第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y 及び第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x においても、各圧電カンチレバー 3 1 A , 3 2 A , 5 1 A ~ 5 1 D , 5 2 A ~ 5 2 D と同様に、層間絶縁膜 M 1、上部電極配線 W、パッシベーション膜 M 2 が設けられている。

## 【 0 0 5 8 】

そして、第 1 支持部 4 に第 1 振動又は第 2 振動が伝達されることで、第 1 支持部 4 が屈曲変形したときに、第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y 及び第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x の圧電体 L 2 がこの屈曲変形の変形量に応じた電圧を出力する。光偏向器 1 は、このときの電圧値によって、第 1 支持部 4 に伝達された振動を検知することができる。 30

## 【 0 0 5 9 】

本実施形態の光偏向器 1 の第 1 支持部 4 は、ミラー部 2 を第 1 軸 Y 周りで揺動しているときには、第 2 軸 X に平行な 2 辺のそれぞれの中央部が屈曲変形しやすいことが、予め行なわれた実験によって分かった。このため、第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y を当該 2 辺の中央部に配置している。また、第 1 支持部 4 を第 2 軸 X 周りで揺動しているときには、第 1 軸 Y に平行な 2 辺のそれぞれの中央部が屈曲変形しやすいことが、予め行なわれた実験によって分かった。このため、第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x を当該 2 辺の中央部に配置している。 40

## 【 0 0 6 0 】

光偏向器 1 は、第 2 支持部 6 上に、下部電極パッド 6 1 a , 6 2 a と、第 1 上部電極パッド 6 1 b , 6 2 b と、奇数用第 2 上部電極パッド 6 1 c , 6 2 c と、偶数用第 2 上部電極パッド 6 1 d , 6 2 d と、第 1 検知用電極パッド 6 1 e と、第 2 検知用電極パッド 6 2 e とを備える。

## 【 0 0 6 1 】

下部電極パッド 6 1 a , 6 2 a のうちの一方の下部電極パッド 6 1 a は、一方の第 1 圧電カンチレバー 3 1 A の下部電極 L 1、一方の第 2 圧電カンチレバー 5 1 A ~ 5 1 D の下部電極 L 1、及び第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y の下部電極 L 1 に電氣的に接続されている。下部電極パッド 6 1 a , 6 2 a のうちの他方の下部電極パッド 6 2 a は、他方の第 1 圧電 50

カンチレバー 3 2 A の下部電極 L 1、他方の第 2 圧電カンチレバー 5 2 A ~ 5 2 D の下部電極 L 1、及び第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x の下部電極 L 1 に電氣的に接続されている。

【 0 0 6 2 】

このように、下部電極パッド 6 1 a , 6 2 a は、第 1 圧電アクチュエータ 3 1 , 3 2、第 2 圧電アクチュエータ 5 1 , 5 2、第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y、及び第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x で共通の電極パッドとしている。

【 0 0 6 3 】

第 1 上部電極パッド 6 1 b , 6 2 b のうちの一方の第 1 上部電極パッド 6 1 b は、一方の第 1 圧電カンチレバー 3 1 A の上部電極 L 3 に電氣的に接続されている。第 1 上部電極パッド 6 1 b , 6 2 b のうちの他方の第 1 上部電極パッド 6 2 b は、他方の第 1 圧電カンチレバー 3 2 A の上部電極 L 3 に電氣的に接続されている。

10

【 0 0 6 4 】

奇数用第 2 上部電極パッド 6 1 c , 6 2 c のうちの一方の奇数用第 2 上部電極パッド 6 1 c は、一方の奇数番目の第 2 圧電カンチレバー 5 1 A , 5 1 C の上部電極 L 3 に電氣的に接続されている。奇数用第 2 上部電極パッド 6 1 c , 6 2 c のうちの他方の奇数用第 2 上部電極パッド 6 2 c は、他方の奇数番目の第 2 圧電カンチレバー 5 2 A , 5 2 C の上部電極 L 3 に電氣的に接続されている。

【 0 0 6 5 】

偶数用第 2 上部電極パッド 6 1 d , 6 2 d のうちの一方の偶数用第 2 上部電極パッド 6 1 d は、一方の偶数番目の第 2 圧電カンチレバー 5 1 B , 5 1 D の上部電極 L 3 に電氣的に接続されている。偶数用第 2 上部電極パッド 6 1 d , 6 2 d のうちの他方の偶数用第 2 上部電極パッド 6 2 d は、他方の偶数番目の第 2 圧電カンチレバー 5 2 B , 5 2 D の上部電極 L 3 に電氣的に接続されている。

20

【 0 0 6 6 】

第 1 検知用電極パッド 6 1 e は、第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y の上部電極 L 3 に電氣的に接続されている。第 2 検知用電極パッド 6 2 e は、第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x の上部電極 L 3 に電氣的に接続されている。

【 0 0 6 7 】

以上のような電氣的接続により、上部電極 L 3 と下部電極 L 1 との間に駆動電圧が印加された場合に、この印加された上部電極 L 3 と下部電極 L 1 との間に積層された圧電体 L 2 が圧電駆動により屈曲変形する。これにより、この屈曲変形した圧電体 L 2 に応じた支持体 B ( 圧電カンチレバー ) が屈曲変形する。

30

【 0 0 6 8 】

また、後述するように、第 1 支持部 4 は、伝達された振動による屈曲変形による圧電効果によって第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y から発生した電圧が、第 1 検知用電極パッド 6 1 e と一方の下部電極パッド 6 1 a との間の電位差として出力される。同様に、この第 1 支持部 4 の屈曲変形による圧電効果によって第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x から発生した電圧が、第 2 検知用電極パッド 6 2 e と一方の下部電極パッド 6 1 a との間の電位差として出力される。

【 0 0 6 9 】

一对の下部電極パッド 6 1 a , 6 2 a と、第 1 圧電カンチレバー 3 1 A , 3 2 A、第 2 圧電カンチレバー 5 1 A ~ 5 1 D , 5 2 A ~ 5 2 D、第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y、及び第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x の下部電極 L 1 とは、シリコン基板上の金属薄膜 ( 本実施形態では 2 層の金属薄膜、以下、下部電極層ともいう ) を、半導体プレーナプロセスを用いて形状加工することにより形成される。この金属薄膜の材料としては、例えば、1 層目 ( 下層 ) にはチタン ( Ti )、二酸化チタン ( TiO<sub>2</sub> ) 又は酸化量が調整された酸化チタン ( TiO<sub>x</sub> ) が用いられ、2 層目 ( 上層 ) には白金 ( Pt )、LaNiO<sub>3</sub> 又は SrRuO<sub>3</sub> が用いられる。

40

【 0 0 7 0 】

この場合、第 1 圧電カンチレバー 3 1 A , 3 2 A の下部電極 L 1 は、当該第 1 圧電カン

50

チレバー 3 1 A , 3 2 A の支持体 B 上のほぼ全面に形成される。第 2 圧電カンチレバー 5 1 A ~ 5 1 D , 5 2 A ~ 5 2 D の下部電極 L 1 は、当該第 2 圧電カンチレバー 5 1 A ~ 5 1 D , 5 2 A ~ 5 2 D の支持体 B 上（各圧電カンチレバーが延在する直線部と連結部とを合わせた全体）のほぼ全面に形成される。

【 0 0 7 1 】

第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y の下部電極 L 1 は、第 1 支持部 4 の支持体 B 上の第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y が配置される部分に形成される。第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x の下部電極 L 1 は、第 1 支持部 4 の支持体 B 上の第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x が配置される部分に形成される。また、第 2 支持部 6 上においても同様に、下部電極 L 1、層間絶縁膜 M 1、上部電極配線 W、パッシベーション膜 M 2 が設けられている。

10

【 0 0 7 2 】

そして、下部電極パッド 6 1 a , 6 2 a は、第 2 支持部 6 上及び第 1 支持部 4 上に形成された下部電極 L 1 を介して、第 1 圧電カンチレバー 3 1 A , 3 2 A の下部電極 L 1、第 2 圧電カンチレバー 5 1 A ~ 5 1 D , 5 2 A ~ 5 2 D の下部電極 L 1、第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y の下部電極 L 1、及び第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x の下部電極 L 1 に、上述したように導通される。

【 0 0 7 3 】

第 1 圧電カンチレバー 3 1 A , 3 2 A、第 2 圧電カンチレバー 5 1 A ~ 5 1 D , 5 2 A ~ 5 2 D、第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y、及び第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x のそれぞれの圧電体 L 2 は、半導体プレーナプロセスを用いて、下部電極層上の 1 層の圧電膜（以下、圧電体層ともいう）を形状加工することにより、それぞれの圧電カンチレバーの下部電極 L 1 上に互いに分離して形成されている。この圧電膜の材料としては、例えば、圧電材料であるチタン酸ジルコン酸鉛（PZT）が用いられる。

20

【 0 0 7 4 】

この場合、第 1 圧電カンチレバー 3 1 A , 3 2 A の圧電体 L 2 は、各第 1 圧電カンチレバー 3 1 A , 3 2 A 毎に下部電極 L 1 上のほぼ全面に形成されている。第 2 圧電カンチレバー 5 1 A ~ 5 1 D , 5 2 A ~ 5 2 D の圧電体 L 2 は、各第 2 圧電カンチレバー 5 1 A ~ 5 1 D , 5 2 A ~ 5 2 D の延在部分（直線部）において、下部電極 L 1 上のほぼ全面に形成されている。第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y の圧電体 L 2 は、各第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y 毎に下部電極 L 1 上のほぼ全面に形成されている。第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x の圧電体 L 2 は、各第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x 毎に下部電極 L 1 上のほぼ全面に形成されている。

30

【 0 0 7 5 】

「第 1 上部電極パッド 6 1 b , 6 2 b、奇数用第 2 上部電極パッド 6 1 c , 6 2 c、偶数用第 2 上部電極パッド 6 1 d , 6 2 d、第 1 検知用電極パッド 6 1 e、及び第 2 検知用電極パッド 6 2 e」と、「第 1 圧電カンチレバー 3 1 A , 3 2 A、第 2 圧電カンチレバー 5 1 A ~ 5 1 D , 5 2 A ~ 5 2 D、第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y、及び第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x のそれぞれの上部電極 L 3」と、これらを導通する上部電極配線 W は、半導体プレーナプロセスを用いて、圧電体層上の金属薄膜（本実施形態では 1 層の金属薄膜。以下、上部電極層ともいう）を形状加工することにより形成されている。この金属薄膜の材料としては、例えば白金（Pt）、金（Au）、アルミ（Al）、又はアルミ合金（Al 合金）等が用いられる。

40

【 0 0 7 6 】

この場合、第 1 圧電カンチレバー 3 1 A , 3 2 A、第 2 圧電カンチレバー 5 1 A ~ 5 1 D , 5 2 A ~ 5 2 D、第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y、及び第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x のそれぞれの上部電極 L 3 は、各圧電カンチレバー毎又は各検知部毎の圧電体 L 2 上のほぼ全面に形成されている。

【 0 0 7 7 】

そして、第 1 上部電極パッド 6 1 b , 6 2 b は、それぞれ、第 1 圧電カンチレバー 3 1 A , 3 2 A の上部電極 L 3 に、第 1 駆動用上部電極配線 W y を介して、上述したように導通される。また、奇数用第 2 上部電極パッド 6 1 c , 6 2 c は、それぞれ、奇数番目の第

50

2 圧電カンチレバー 5 1 A , 5 1 C , 5 2 A , 5 2 C の上部電極 L 3 に、第 2 駆動用奇数上部電極配線 W o を介して、上述したように導通される。また、偶数用第 2 上部電極パッド 6 1 d , 6 2 d は、それぞれ、偶数番目の第 2 圧電カンチレバー 5 1 B , 5 1 D , 5 2 B , 5 2 D の上部電極 L 3 に、第 2 駆動用偶数上部電極配線 W e を介して、上述したように導通される。

【 0 0 7 8 】

また、第 1 検知用電極パッド 6 1 e は、第 1 検知部 7 1 y , 7 2 y の上部電極 L 3 に、第 1 検知用上部電極配線 W m y を介して、上述したように導通される。また、第 2 検知用電極パッド 6 2 e は、第 2 検知部 7 1 x , 7 2 x の上部電極 L 3 に、第 2 検知用上部電極配線 W m x を介して、上述したように導通される。

10

【 0 0 7 9 】

図 3 に示されるように、第 1 駆動用上部電極配線 W y 、第 2 駆動用奇数上部電極配線 W o 、第 2 駆動用偶数上部電極配線 W e 、第 1 検知用上部電極配線 W m y 、及び第 2 検知用上部電極配線 W m x は、平面的に互いに分離して設けられている。また、上部電極配線 W は、上部電極 L 3 との間に形成された層間絶縁膜 M 1 によって絶縁されており、上部電極配線 W を上部電極 L 3 に導通する場合には、当該上部電極配線 W と当該上部電極 L 3 とを導通可能に層間絶縁膜 M 1 に導通部材（例えば、電極ビア等）が形成される。

【 0 0 8 0 】

また、パッシベーション膜 M 2 は、半導体プレーナプロセスを用いて、上部電極配線 W 上に、当該上部電極配線 W を囲うように形成されている。

20

【 0 0 8 1 】

また、反射面支持体 2 b と、トーションバー 2 1 , 2 2 と、支持体 B と、第 1 支持部 4 と、第 2 支持部 6 とは、複数の層から構成される半導体基板（シリコン基板）を形状加工することにより一体的に形成されている。半導体基板を形状加工する手法としては、フォトリソグラフィ技術やドライエッチング技術等を利用した半導体プレーナプロセス及び M E M S プロセスが用いられる。

【 0 0 8 2 】

次に、本実施形態の光偏向器 1 の作動について説明する。まず、第 1 圧電アクチュエータ 3 1 , 3 2 により、ミラー部 2 を第 1 支持部 4 に対して第 1 軸 Y 周りに揺動させる場合について説明する。

30

【 0 0 8 3 】

この場合には、光偏向器 1 は、第 1 圧電アクチュエータ 3 1 , 3 2 に駆動電圧を印加する。具体的には、一方の第 1 圧電アクチュエータ 3 1 では、一方の第 1 上部電極パッド 6 1 b と一方の下部電極パッド 6 1 a との間に第 1 駆動電圧 V y 1 を印加して、一方の第 1 圧電カンチレバー 3 1 A を駆動させる。また、他方の第 1 圧電アクチュエータ 3 2 では、他方の第 1 上部電極パッド 6 2 b と他方の下部電極パッド 6 2 a との間に第 2 駆動電圧 V y 2 を印加して、他方の第 1 圧電カンチレバー 3 2 A を駆動させる。ここで、第 1 駆動電圧 V y 1 と第 2 駆動電圧 V y 2 とは、互いに逆位相或いは位相のずれた交流電圧（例えば正弦波、ノコギリ波等）である。

【 0 0 8 4 】

このとき、第 1 駆動電圧 V y 1 及び第 2 駆動電圧 V y 2 の揺動用の電圧成分は、第 1 圧電アクチュエータ 3 1 , 3 2 の垂直方向（図 1 の上方向 U 及びその反対の方向である下方向）について、一方の第 1 圧電カンチレバー 3 1 A と他方の第 1 圧電カンチレバー 3 2 A との角度変位が逆方向に発生するように印加する。

40

【 0 0 8 5 】

例えば、第 1 軸 Y 周りに揺動するとき、一方の第 1 圧電アクチュエータ 3 1 を上方向に変位させる場合には、一方の第 1 圧電カンチレバー 3 1 A を上方向に変位させる。一方の第 1 圧電アクチュエータ 3 1 を下方向に変位させるには、一方の第 1 圧電カンチレバー 3 1 A を下方向に変位させる。

【 0 0 8 6 】

50

また、他方の第1圧電アクチュエータ32についても一方の第1圧電アクチュエータ31と同様に、他方の第1圧電アクチュエータ32を上方向に変位させる場合には、他方の第1圧電カンチレバー32Aを上方向に変位させる。他方の第1圧電アクチュエータ32を下方向に変位させるには、他方の第1圧電カンチレバー32Aを下方向に変位させる。

【0087】

本実施形態の光偏向器1では、「一方の第1圧電アクチュエータ31を上方向に変位させると共に、他方の第1圧電アクチュエータ32を下方向に変位させること」か、又は「一方の第1圧電アクチュエータ31を下方向に変位させると共に、他方の第1圧電アクチュエータ32を上方向に変位させること」で、第1軸Y周りで揺動するとき、大きな偏向角を得ている。このように、本実施形態では、ミラー部2を第1軸Y周りに揺動することができ、所定の第1周波数 $F_y$ で所定の第1偏向角の光走査をすることができる。

10

【0088】

次に、第2圧電アクチュエータ51, 52により、第1支持部4を第2支持部6に対して第2軸X周りに揺動させる場合について説明する。

【0089】

この場合には、光偏向器1は、第2圧電アクチュエータ51, 52に駆動電圧を印加する。具体的には、一方の第2圧電アクチュエータ51では、一方の奇数用第2上部電極パッド61cと一方の下部電極パッド61aとの間に第3駆動電圧 $V_x1$ を印加して、一方の奇数番目の第2圧電カンチレバー51A, 51Cを駆動させる。これと共に、一方の第2圧電アクチュエータ51では、一方の偶数用第2上部電極パッド61dと一方の下部電極パッド61aとの間に第4駆動電圧 $V_x2$ を印加して、一方の偶数番目の第2圧電カンチレバー51B, 51Dを駆動させる。

20

【0090】

更に、他方の第2圧電アクチュエータ52では、他方の奇数用第2上部電極パッド62cと他方の下部電極パッド62aとの間に第3駆動電圧 $V_x1$ を印加して、他方の奇数番目の第2圧電カンチレバー52A, 52Cを駆動させる。これと共に、他方の第2圧電アクチュエータ52では、他方の偶数用第2上部電極パッド62dと他方の下部電極パッド62aとの間に第4駆動電圧 $V_x2$ を印加して、他方の偶数番目の第2圧電カンチレバー52B, 52Dを駆動させる。

【0091】

ここで、第3駆動電圧 $V_x1$ と第4駆動電圧 $V_x2$ は、互いに逆位相の交流電圧（例えば正弦波、ノコギリ波等）である。図4は、第3駆動電圧 $V_x1$ と第4駆動電圧 $V_x2$ の一例である。図4中、実線で記載したノコギリ波が第3駆動電圧 $V_x1$ の一例である。以下、第3駆動電圧 $V_x1$ を第1駆動信号Pとも呼ぶ。また、図4中、一点鎖線で記載したノコギリ波が第4駆動電圧 $V_x2$ の一例である。以下、第4駆動電圧 $V_x2$ を第2駆動信号Nとも呼ぶ。なお、第3駆動電圧 $V_x1$ と第4駆動電圧 $V_x2$ は、互いに位相のずれた交流電圧（例えば正弦波、ノコギリ波等）であってもよい。光偏向器駆動システム10により投影される映像の画角及び偏向方向は2つの駆動信号（第1駆動信号P、第2駆動信号N）の少なくとも一方の振幅及びオフセット量を変更することで可変できる。これにより、揺動の角度やオフセットされる角度を制御することができる。

30

40

【0092】

このとき、第3駆動電圧 $V_x1$ 及び第4駆動電圧 $V_x2$ の揺動用の電圧成分は、第2圧電アクチュエータ51, 52の垂直方向（図1の上方向U及びその反対の方向である下方向）について、奇数番目の第2圧電カンチレバー51A, 51C, 52A, 52Cと偶数番目の第2圧電カンチレバー51B, 51D, 52B, 52Dとの角度変位が、逆方向に発生するように設定される。

【0093】

例えば、第2軸X周りに揺動するとき、第2圧電アクチュエータ51, 52の先端部を上方向（図1に示す方向U）に変位させる場合には、奇数番目の第2圧電カンチレバー51A, 51C, 52A, 52Cを上方向に変位させ、偶数番目の第2圧電カンチレバー5

50

1 B , 5 1 D , 5 2 B , 5 2 Dを下方方向に変位させる。第2圧電アクチュエータ5 1 , 5 2の先端部を下方方向に変位させるには、奇数番目の第2圧電カンチレバー5 1 A , 5 1 C , 5 2 A , 5 2 Cを下方方向に変位させ、偶数番目の第2圧電カンチレバー5 1 B , 5 1 D , 5 2 B , 5 2 Dを上方方向に変位させる。

【0094】

これにより、奇数番目の第2圧電カンチレバー5 1 A , 5 1 C , 5 2 A , 5 2 Cと、偶数番目の第2圧電カンチレバー5 1 B , 5 1 D , 5 2 B , 5 2 Dとが、互いに逆方向に屈曲変形する。

【0095】

図5は、光偏向器1の一方の第2圧電アクチュエータ5 1の作動を示す図である。図5 ( a )は一方の第2圧電アクチュエータ5 1が作動していない状態を示し、図5 ( b )は一方の第2圧電アクチュエータ5 1が作動している状態を示す。

10

【0096】

図5 ( b )に示されるように、4番目の一方の第2圧電カンチレバー5 1 Dは、第2支持部6と連結した基端部を支点として、その先端部に下方方向の角度変位が発生している。3番目の一方の第2圧電カンチレバー5 1 Cは、4番目の一方の第2圧電カンチレバー5 1 Dの先端部と連結した基端部を支点として、その先端部に上方方向の角度変位が発生している。

【0097】

2番目の一方の第2圧電カンチレバー5 1 Bは、3番目の一方の第2圧電カンチレバー5 1 Cの先端部と連結した基端部を支点として、その先端部に下方方向の角度変位が発生している。1番目の一方の第2圧電カンチレバー5 1 Aは、2番目の一方の第2圧電カンチレバー5 1 Bの先端部と連結した基端部を支点として、その先端部(第1支持部4と連結している)に上方方向の角度変位が発生している。これにより、一方の第2圧電アクチュエータ5 1では、各一方の第2圧電カンチレバー5 1 A ~ 5 1 Dの屈曲変形の大きさを加算した大きさの角度変位が発生する。

20

【0098】

従って、第1支持部4を第2軸X周りに揺動することができ、所定の第2周波数 $F_x$ で所定の第2偏向角の光走査をすることができる。このとき、これらの第2圧電アクチュエータ5 1 , 5 2では、駆動電圧として第2圧電アクチュエータ5 1 , 5 2を含む第1支持部4の機械的な共振周波数付近の周波数の交流電圧を印加して共振駆動させることで、より大きな偏向角で光走査することができる。

30

【0099】

また、第1支持部4を第2軸X周りに揺動する場合には、上述したように交流電圧を印加する必要はなく、直流電圧を印加してもよい。この場合、第2圧電カンチレバー5 1 A ~ 5 1 D , 5 2 A ~ 5 2 Dで発生する屈曲変形の大きさは、直流電圧の大きさに応じて線形的に変化する。従って、例えば交流電圧を印加して圧電カンチレバーを共振駆動させる場合と異なり、直流電圧の大きさを制御することで第2圧電アクチュエータ5 1 , 5 2から任意の出力を得ることができる。

【0100】

このように、光偏向器1では、第2軸X周りに揺動する場合には、駆動電圧として印加した直流電圧の大きさに応じて線形的に偏向角を制御することができるので、任意の速度で任意の偏向角を得ることができる。

40

【0101】

また、第2圧電アクチュエータ5 1 , 5 2は、それぞれがミアンダ形状(又は蛇腹形状)に形成されている。これによって、各圧電カンチレバーの屈曲変形が累積されるように形成されている。このため、第2圧電アクチュエータ5 1 , 5 2は、第1圧電アクチュエータ3 1 , 3 2に比べて大きな偏向角を得やすい。

【0102】

このため、本実施形態では、第1圧電アクチュエータ3 1 , 3 2によって揺動する場合

50

には、なるべく大きな偏向角を得るために、第1圧電アクチュエータ31, 32の上方向又は下方向の変位を変化させる周波数、すなわち第1周波数 $F_y$ が、光偏向器1(特に、圧電カンチレバー等)の構造や材料等によって決定される共振周波数になるように設定している。

#### 【0103】

また、第2圧電アクチュエータ51, 52は、ミアンダ形状(又は蛇腹形状)に形成されており、第1圧電アクチュエータ31, 32に比べて揺動しやすい。このため、第2周波数 $F_x$ は、第1周波数 $F_y$ に比べて十分に低く設定されている。本実施形態では、例えば、第1周波数 $F_y$ を30kHz、第2周波数 $F_x$ を60Hzに設定している。

#### 【0104】

図6は、光偏向器1が走査(ラスタースキャン)するレーザー光Rayにより、スクリーン部材20に映像pを描画している様子を表す図である(集光レンズ14、補正ミラー18、投影レンズ23省略)。

#### 【0105】

以上のように、ミラー部2が第1支持部4に対して第1軸Yを中心に揺動することにより、図6に示すように、ミラー部2に入射する光源12からのレーザー光Rayが第1方向(例えば水平方向)に走査される。

#### 【0106】

また、ミラー部2が第2支持部6に対して第2軸Xを中心に揺動することにより、図6に示すように、ミラー部2に入射する光源12からのレーザー光Rayが第2方向(例えば垂直方向)に走査される。

#### 【0107】

図7は、光偏向器1に印加される駆動信号(図7(a)参照)とミラー部2の揺動角度(図7(b)参照)との関係を表す図である。

#### 【0108】

なお、光偏向器1においては、交互に配置されているカンチレバー(奇数番目の第2圧電カンチレバー51A, 51C, 52A, 52Cと偶数番目の第2圧電カンチレバー51B, 51D, 52B, 52D)の変位量が同じ場合に、すなわち、第1駆動信号Pと第2駆動信号Nの電圧が同じ場合に、ミラー部2は、基準位置(=角度0°。図7(b)参照)に位置する。第2軸Xを中心とするミラー部2の動き(揺動)は、駆動信号から見ると2つの信号の差動信号(第1駆動信号Pから第2駆動信号Nを引き算した信号)と同じ動きとなる。すなわち、差動信号が0Vの時、ミラー部2は、基準位置(=角度0°。図7(b)参照)に位置する。

#### 【0109】

以上のように、光偏向器1が走査するレーザー光Rayにより、スクリーン部材20に映像pが描画される。

#### 【0110】

その際、第1駆動信号P及び第2駆動信号N(図4参照)の少なくとも一方の振幅を変更することにより、図8に示すように、光偏向器1が走査するレーザー光Rayによりスクリーン部材20に描画される映像pの縦幅(図8中、符号H1~H3参照)を変更することができる。図8は、スクリーン部材20に描画される、縦幅が異なる映像pの例である。

#### 【0111】

また、第1駆動信号P及び第2駆動信号N(図4参照)の少なくとも一方のオフセット(オフセット量)を変更することにより、図9に示すように、光偏向器1が走査するレーザー光Rayによりスクリーン部材20に描画される映像pの垂直方向の位置(オフセット量)を変更することができる。図9は、スクリーン部材20に描画される、垂直方向の位置(オフセット量)が異なる映像pの例である。

#### 【0112】

次に、光偏向器駆動システム10の機能的構成例について説明する。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 1 3 】

図 1 0 は、光偏向器駆動システム 1 0 の機能的構成例である。

## 【 0 1 1 4 】

図 1 0 に示すように、光偏向器駆動システム 1 0 は、映像信号入力部 1 0 2、映像信号処理部 1 1 6、映像信号蓄積部 1 0 4、MEMS 駆動部 1 0 8、センサ信号入力部 1 1 0、光源駆動部 1 1 4 を備えている。

## 【 0 1 1 5 】

映像信号入力部 1 0 2 には、当該映像入力部 1 0 2 に接続される外部装置（図示せず）が出力する映像信号が入力される。

## 【 0 1 1 6 】

映像信号蓄積部 1 0 4 には、映像信号入力部 1 0 2 に入力された映像信号（映像）が蓄積される。

## 【 0 1 1 7 】

映像信号処理部 1 1 6 は、例えば、CPU（Central Processing Unit）又はDSP（Digital Signal Processor）であり、映像信号蓄積部 1 0 4 に蓄積された映像信号（映像）に基づいて、当該映像をスクリーン部材 2 0 に描画するため、光偏向器 1（第 1 圧電アクチュエータ 3 1、3 2、第 2 圧電アクチュエータ 5 1、5 2）を駆動する駆動信号及び光源 1 2 を駆動する駆動信号を生成する。

## 【 0 1 1 8 】

その際、映像信号処理部 1 1 6 は、センサ信号入力部 1 1 0 に入力されるセンサ信号（例えば、第 1 検知部 7 1 y、7 2 y、第 2 検知部 7 1 x、7 2 x それぞれが検知した電圧）が目標値に一致するように例えば光偏向器 1 を駆動する駆動信号を調整する（フィードバック制御）。

## 【 0 1 1 9 】

MEMS 駆動部 1 0 8 は、映像信号処理部 1 1 6 が生成した第 1 圧電アクチュエータ駆動用の駆動信号を D/A 変換し（さらに増幅し）、第 1 駆動電圧  $V_{y1}$ 、第 2 駆動電圧  $V_{y2}$  として光偏向器 1（第 1 圧電アクチュエータ 3 1、3 2）に印加する。また、MEMS 駆動部 1 0 8 は、映像信号処理部 1 1 6 が生成した第 2 圧電アクチュエータ駆動用の駆動信号を D/A 変換し（さらに増幅し）、第 3 駆動電圧  $V_{x1}$ （第 1 駆動信号 P）、第 4 駆動電圧  $V_{x2}$ （第 2 駆動信号 N）として光偏向器 1（第 2 圧電アクチュエータ 5 1、5 2）に印加する。

## 【 0 1 2 0 】

光源駆動部 1 1 4 は、映像信号処理部 1 1 6 が生成した光源駆動用の駆動信号を D/A 変換し（さらに増幅し）、光源 1 2 に印加する。

## 【 0 1 2 1 】

次に、映像信号処理部 1 1 6 の機能的構成例について説明する。

## 【 0 1 2 2 】

図 1 1 は、映像信号処理部 1 1 6 の機能的構成例である。

## 【 0 1 2 3 】

図 1 1 に示すように、映像信号処理部 1 1 6 は、波形生成部 8 1、計算部 8 2、タイミング判定部 8 3、振幅制御部 8 4、オフセット分割部 8 5、オフセットレベル制御部 8 6、第 1 加算部 8 7、第 2 加算部 8 8 を備えている。これらは、映像信号処理部 1 1 6（CPU 又は DSP）が所定プログラムを実行することにより実現される。なお、これらの一部又は全部はハードウェアにより実現してもよい。

## 【 0 1 2 4 】

波形生成部 8 1 は、波形データを出力する。図 1 3（a）、図 1 8（h）、図 2 0（a）及び図 2 1（h）が波形データの一例である。波形データは、例えば、60 Hz のノコギリ波である。波形データは、例えば、メモリ等の記憶部（図示せず）に予め記憶されている。

## 【 0 1 2 5 】

10

20

30

40

50

計算部 8 2 は、振幅データ、時間データ、オフセットレベルデータを出力する。図 1 3 ( b ) 及び図 2 0 ( b ) が振幅データの一例である。振幅データは、駆動信号の振幅を表す。

**【 0 1 2 6 】**

時間データには、立ち上がり時間を表す時間データ（立ち上がり時間）と立ち下がり時間を表す時間データ（立ち下がり時間）がある。図 1 8 ( b ) 及び図 2 1 ( b ) が時間データ（立ち上がり時間）の一例、図 1 8 ( c ) 及び図 2 1 ( c ) が時間データ（立ち下がり時間）の一例である。具体的には、時間データ（立ち上がり時間）は図 1 8 ( h ) 及び図 2 1 ( h ) 中の時間  $t_2$  を表し、時間データ（立ち下がり時間）は図 1 8 ( h ) 及び図 2 1 ( h ) 中の時間  $t_1$  を表す。図 1 8 ( a ) 及び図 2 1 ( a ) がオフセットレベルデータの一例である。オフセットレベルデータは、オフセット量  $offset$  を表す。

10

**【 0 1 2 7 】**

タイミング判定部 8 3 は、変更対象の駆動信号について電圧が最も小さくなるタイミングを判定する。また、タイミング判定部 8 3 は、第 1 信号 P（図 1 3 ( c ) 参照）及び第 1 信号 N（図 1 3 ( d ) 参照）を出力する。第 1 信号 P は、振幅データが表す振幅と同じ振幅を表す。同様に、第 1 信号 N は、振幅データが表す振幅と同じ振幅を表す。また、タイミング判定部 8 3 は、第 4 信号 P（図 2 1 ( f ) 参照）及び第 4 信号 N（図 1 8 ( g ) 参照）を出力する。第 4 信号 P は、 $offset / t_2$  ごとに立ち上がる連続パルスである。同様に、第 4 信号 N は、 $offset / t_1$  ごとに立ち上がる連続パルスである。

**【 0 1 2 8 】**

20

振幅制御部 8 4 は、第 2 信号 P（図 1 3 ( e ) 参照）及び第 2 信号 N（図 1 3 ( f ) 参照）を生成し、この生成した第 2 信号 P 及び第 2 信号 N を出力する。第 2 信号 P は、波形データ（図 1 3 ( a ) 参照）の振幅を、第 1 信号 P が表す振幅と同じ振幅に調整することにより生成される。同様に、第 2 信号 N は、波形データ（図 1 3 ( a ) 参照）の位相を逆にした（180 度逆にした）波形データの振幅を、第 1 信号 N が表す振幅と同じ振幅に調整することにより生成される。

**【 0 1 2 9 】**

オフセット分割部 8 5 は、計算部 8 2 が出力するオフセットレベルデータが表すオフセット量  $offset$  を立ち上がり時間  $t_2$  又は立ち下がり時間  $t_1$  で分割する。オフセット分割部 8 5 は、第 3 信号 P（図 2 1 ( d ) 参照）及び第 3 信号 N（図 1 8 ( e ) 参照）を出力する。第 3 信号 P は、オフセットレベルデータが表すオフセット量  $offset / 立ち上がり時間 t_2$  を表す。第 3 信号 N は、オフセットレベルデータが表すオフセット量  $offset / 立ち下がり時間 t_1$  を表す。

30

**【 0 1 3 0 】**

オフセットレベル制御部 8 6 は、分割された時間（例えば、オフセット量  $offset / 立ち下がり時間 t_1$ ）が経過するごとに、当該オフセットレベル制御部 8 6 が出力する第 5 信号 N が表す数値を所定量（例えば、1）ずつカウントアップする（例えば、図 1 8 ( j ) に示すオフセット量を反映する場合）。なお、オフセットレベル制御部 8 6 は、分割された時間（例えば、オフセット量  $offset / 立ち上がり時間 t_2$ ）が経過するごとに、当該オフセットレベル制御部 8 6 が出力する第 5 信号 N が表す数値を所定量（例えば、1）ずつカウントダウンする場合もある（例えば、図 2 1 ( j ) に示すオフセット量を反映する場合）。

40

**【 0 1 3 1 】**

第 1 加算部 8 7 は、これに入力される第 2 信号 P をそのまま第 1 駆動信号 P として出力する。但し、第 1 加算部 8 7 は、これに第 5 信号 P が入力されている場合、第 2 信号 P に第 5 信号 P を加算し（変更を反映し）、この加算後（変更反映後）の第 2 信号 P を第 1 駆動信号 P として出力する。

**【 0 1 3 2 】**

第 2 加算部 8 8 は、これに入力される第 2 信号 N をそのまま第 2 駆動信号 N として出力する。但し、第 2 加算部 8 8 は、これに第 5 信号 N が入力されている場合、第 2 信号 N に

50

第 5 信号 N を加算し（変更を反映し）、この加算後（変更反映後）の第 2 信号 N を第 2 駆動信号 N として出力する。

【 0 1 3 3 】

次に、MEMS 駆動部 108 がミラー部 2 を第 2 軸 X 周りに揺動させる処理について説明する。

【 0 1 3 4 】

図 12 は、MEMS 駆動部 108 がミラー部 2 を第 2 軸 X 周りに揺動させる処理のシーケンス図である。図 13 は映像 p の縦幅を縮小する場合の各信号例（タイムチャート）である。

【 0 1 3 5 】

まず、図 8（a）に示す縦幅 H1 の映像 p を描画する際に、MEMS 駆動部 108 がミラー部 2 を第 2 軸 X 周りに揺動させる処理について説明する。

【 0 1 3 6 】

以下、前提として、図 12 に示すように、波形生成部 81 が出力した波形データ（図 13（a）参照）がタイミング判定部 83 及び振幅制御部 84 に入力されているものとする（ステップ S1、S2）。また、計算部 82 が出力した振幅 h1 を表す振幅データ（図 13（b）参照）がタイミング判定部 83 に入力されているものとする（ステップ S3）。

【 0 1 3 7 】

まず、タイミング判定部 83 は、これに振幅 h1 を表す振幅データが入力されると（ステップ S3）、振幅データが表す振幅 h1 と同じ振幅を表す第 1 信号 P（図 13（c）参照）及び第 1 信号 N（図 13（d）参照）を出力する（ステップ S4）。タイミング判定部 83 が出力した第 1 信号 P 及び第 1 信号 N は、振幅制御部 84 に入力される（ステップ S4）。

【 0 1 3 8 】

次に、振幅制御部 84 は、これに第 1 信号 P 及び第 1 信号 N が入力されると（ステップ S4）、第 2 信号 P（図 13（e）参照）及び第 2 信号 N（図 13（f）参照）を生成し（ステップ S5）、この生成した第 2 信号 P 及び第 2 信号 N を出力する（ステップ S6、S7）。第 2 信号 P は、波形データ（図 13（a）参照）の振幅を、第 1 信号 P が表す振幅 h1 と同じ振幅に調整することにより生成される。同様に、第 2 信号 N は、波形データ（図 13（a）参照）の位相を逆にした（180 度逆にした）波形データの振幅を、第 1 信号 N が表す振幅 h1 と同じ振幅に調整することにより生成される。振幅制御部 84 が出力した第 2 信号 P は、第 1 加算部 87 に入力される（ステップ S6）。一方、振幅制御部 84 が出力した第 2 信号 N は、第 2 加算部 88 に入力される（ステップ S7）。

【 0 1 3 9 】

第 1 加算部 87 は、これに第 2 信号 P が入力されると（ステップ S6）、第 2 信号 P をそのまま出力する（ステップ S8）。第 1 加算部 87 が出力した第 2 信号 P は、MEMS 駆動部 108 に入力される（ステップ S8）。

【 0 1 4 0 】

一方、第 2 加算部 88 は、これに第 2 信号 N が入力されると（ステップ S7）、第 2 信号 N をそのまま出力する（ステップ S9）。第 2 加算部 88 が出力した第 2 信号 N は、MEMS 駆動部 108 に入力される（ステップ S9）。

【 0 1 4 1 】

MEMS 駆動部 108 は、これに振幅 h1 の第 2 信号 P が入力されると（ステップ S8）、この振幅 h1 の第 2 信号 P を D/A 変換し（さらに増幅し）、第 3 駆動電圧  $V \times 1$ （第 1 駆動信号 P）として光偏向器 1 に印加する（ステップ S11）。また、MEMS 駆動部は、これに振幅 h1 の第 2 信号 N が入力されると（ステップ S9）、この振幅 h1 の第 2 信号 N を D/A 変換し（さらに増幅し）、第 4 駆動電圧  $V \times 2$ （第 2 駆動信号 N）として光偏向器 1 に印加する（ステップ S12）。

【 0 1 4 2 】

これにより、ミラー部 2 が第 2 軸 X を中心に振幅データが表す振幅 h1 に応じた範囲内

10

20

30

40

50

で揺動する。これにより、図 8 ( a ) に示す縦幅 H 1 の映像 p が描画される。

【 0 1 4 3 】

次に、本発明者らが見出した課題について説明する。

【 0 1 4 4 】

図 1 4、図 1 5 は、本発明者らが見出した課題について説明するための図である。

【 0 1 4 5 】

スクリーン部材 2 0 に描画される映像の縦幅は、駆動信号（例えば、第 2 信号 P 及び第 2 信号 N）の振幅を変更することにより、例えば図 8 に示すように変更することができる。また、スクリーン部材 2 0 に描画される映像のオフセット量は、第 2 信号 P（及び第 2 信号 N）に第 5 信号 P（及び第 5 信号 N）を加算又は減算することにより、例えば図 9 に示すように変更することができる。

10

【 0 1 4 6 】

光偏向器 1 は複数の固有振動モードを有し、光偏向器 1 に固有振動数に近い周波数成分を含む信号を印加した場合、共振現象が発生する。共振現象は小さい印加電圧で大きな光偏向器 1（ミラー部 2）の変位を生むため、光偏向器 1 に印加する駆動信号（駆動電圧）は制御されていない共振（異常振動）を誘導しないような信号である必要がある。

【 0 1 4 7 】

しかしながら、本発明者らが検討したところ、オフセット（又は振幅）を変更する旨の指示が入力されたタイミングでオフセット（又は振幅）の変更を反映した場合、変更の前後において駆動信号（駆動電圧）の波形が乱れてしまい（図 1 4 参照）、当該波形が乱れた駆動信号（駆動電圧）のエッジに含まれる不要な周波数成分（意図しない周波数成分）によって光偏向器 1 に異常振動が発生し、これに起因して、光偏向器 1 が走査する光により描画される映像 p に縞模様（図 1 5 参照）が出現してしまうという課題を見出した。

20

【 0 1 4 8 】

次に、光偏向器 1 に異常振動が発生するのを抑制しつつ、スクリーン部材 2 0 に描画される映像の縦幅を変更する処理について説明する。

【 0 1 4 9 】

図 1 6 は、光偏向器 1 に異常振動が発生するのを抑制しつつ、スクリーン部材 2 0 に描画される映像の縦幅を変更する処理のシーケンス図である。

【 0 1 5 0 】

以下、スクリーン部材 2 0 に描画される映像の縦幅を変更する処理として、図 8 ( a ) に示す映像 p の縦幅 H 1 を、図 8 ( b ) に示す映像 p の縦幅 H 2 に変更（縮小）する処理について説明する。

30

【 0 1 5 1 】

以下、前提として、図 1 2 に示すステップ S 1 ~ S 1 2 の処理が実行されることにより、図 8 ( a ) に示す縦幅 H 1 の映像 p がスクリーン部材 2 0 に描画されているものとする。

【 0 1 5 2 】

まず、タイミング判定部 8 3 は、これに現在入力されている振幅 h 1 を表す振幅データと異なる振幅 h 2 を表す振幅データ（図 1 3 ( b ) 参照）が入力されると（ステップ S 2 0）、第 2 信号 P（図 1 3 ( e ) 参照）について電圧が最も小さくなるタイミングか否かを判定する（ステップ S 2 1）。現在入力されている振幅 h 1 を表す振幅データと異なる振幅 h 2 を表す振幅データは、例えば、ユーザが所定操作を行うことにより入力される。この現在入力されている振幅 h 1 を表す振幅データと異なる振幅 h 2 を表す振幅データが本発明の振幅を変更する旨の指示の一例である。

40

【 0 1 5 3 】

タイミング判定部 8 3 は、第 2 信号 P について電圧が最も小さくなるタイミング（図 1 3 ( e ) 中、符号 P 1 参照）が到来するまで待機する（ステップ S 2 1 : NO）。このようなタイミングは波形データでの電圧が最も小さくなるタイミングと一致しているため、波形データより求めることができる。

【 0 1 5 4 】

50

タイミング判定部 8 3 は、第 2 信号 P について電圧が最も小さくなるタイミング（図 1 3 ( e ) 中、符号 P 1 参照）であると判定すると（ステップ S 2 1 : Y E S）、振幅データが表す振幅 h 2 と同じ振幅を表す第 1 信号 P（図 1 3 ( c ) 参照）を出力する（ステップ S 2 2）。タイミング判定部 8 3 が出力した第 1 信号 P は、振幅制御部 8 4 に入力される（ステップ S 2 2）。

【 0 1 5 5 】

また、タイミング判定部 8 3 は、第 2 信号 N（図 1 3 ( f ) 参照）について電圧が最も小さくなるタイミングか否かを判定する（ステップ S 2 3）。タイミング判定部 8 3 は、第 2 信号 N（図 1 3 ( f ) 参照）について電圧が最も小さくなるタイミング（図 1 3 ( f ) 中、符号 P 2 参照）が到来するまで待機する（ステップ S 2 3 : N O）。第 2 信号 N は波形データと逆位相の波形であるため、このようなタイミングは波形データでの電圧が最も大きくなるタイミングと一致しており、波形データより求めることができる。

10

【 0 1 5 6 】

タイミング判定部 8 3 は、第 2 信号 N について電圧が最も小さくなるタイミング（図 1 3 ( f ) 中、符号 P 2 参照）であると判定すると（ステップ S 2 3 : Y E S）、振幅データが表す振幅 h 2 と同じ振幅を表す第 1 信号 N（図 1 3 ( d ) 参照）を出力する（ステップ S 2 4）。タイミング判定部 8 3 が出力した第 1 信号 N は、振幅制御部 8 4 に入力される。

【 0 1 5 7 】

次に、振幅制御部 8 4 は、これに第 1 信号 P が入力されると（ステップ S 2 2）、振幅 h 2 の第 2 信号 P（図 1 3 ( e ) 参照）を生成し（ステップ S 2 5）、この生成した振幅 h 2 の第 2 信号 P を出力する（ステップ S 2 6）。振幅 h 2 の第 2 信号 P は、波形データ（図 1 3 ( a ) 参照）の振幅を、第 1 信号 P が表す振幅 h 2 と同じ振幅に調整することにより生成される。ステップ S 2 5 が本発明の変更反映部の一例である。振幅制御部 8 4 が出力した第 2 信号 P は、第 1 加算部 8 7 に入力される（ステップ S 2 6）。

20

【 0 1 5 8 】

また、振幅制御部 8 4 は、これに第 1 信号 N が入力されると（ステップ S 2 4）、振幅 h 2 の第 2 信号 N（図 1 3 ( f ) 参照）を生成し（ステップ S 2 7）、この生成した振幅 h 2 の第 2 信号 N を出力する（ステップ S 2 8）。振幅 h 2 の第 2 信号 N は、波形データ（図 1 3 ( a ) 参照）の位相を逆にした（180 度逆にした）波形データの振幅を、第 1 信号 N が表す振幅 h 2 と同じ振幅に調整することにより生成される。ステップ S 2 7 が本発明の変更反映部の一例である。振幅制御部 8 4 が出力した振幅 h 2 の第 2 信号 N は、第 2 加算部 8 8 に入力される（ステップ S 2 8）。

30

【 0 1 5 9 】

第 1 加算部 8 7 は、これに第 2 信号 P が入力されると（ステップ S 2 6）、第 2 信号 P をそのまま出力する（ステップ S 2 9）。第 1 加算部 8 7 が出力した第 2 信号 P は、M E M S 駆動部 1 0 8 に入力される（ステップ S 2 9）。

【 0 1 6 0 】

一方、第 2 加算部 8 8 は、これに第 2 信号 N が入力されると（ステップ S 2 8）、第 2 信号 N をそのまま出力する（ステップ S 3 0）。第 2 加算部 8 8 が出力した第 2 信号 N は、M E M S 駆動部 1 0 8 に入力される（ステップ S 3 0）。

40

【 0 1 6 1 】

M E M S 駆動部 1 0 8 は、これに振幅 h 2 の第 2 信号 P が入力されると（ステップ S 2 9）、この振幅 h 2 の第 2 信号 P を D / A 変換し（さらに増幅し）、第 3 駆動電圧  $V \times 1$ （第 1 駆動信号 P）として光偏向器 1 に印加する（ステップ S 3 1）。また、M E M S 駆動部は、これに振幅 h 2 の第 2 信号 N が入力されると（ステップ S 3 0）、この振幅 h 2 の第 2 信号 N を D / A 変換し（さらに増幅し）、第 4 駆動電圧  $V \times 2$ （第 2 駆動信号 N）として光偏向器 1 に印加する（ステップ S 3 2）。

【 0 1 6 2 】

これにより、ミラー部 2 が第 2 軸 X を中心に振幅データが表す振幅 h 2 に応じた範囲内

50

で揺動する。これにより、図 8 ( b ) に示す縦幅 H 2 の映像 p が描画される。

【 0 1 6 3 】

以上のように、振幅を変更する旨の指示が入力されたタイミング ( ステップ S 2 0 ) で振幅の変更を反映するのではなく、変更対象の駆動信号 ( 第 2 信号 P、第 2 信号 N ) について電圧が最も小さくなるタイミングと判定された場合 ( ステップ S 2 1 : Y E S、ステップ S 2 3 : Y E S )、変更対象の駆動信号に対して変更を反映する ( ステップ S 2 5、S 2 7 )。振幅を変更する旨の指示が入力されたタイミングから、変更対象の駆動信号 ( 第 2 信号 P、第 2 信号 N ) について電圧が最も小さくなるタイミングまでの間は変更前のふり幅を維持して駆動される。

【 0 1 6 4 】

これにより、振幅の変更を反映した場合であっても、光偏向器 1 に異常振動が発生するのを抑制することができる ( その結果、光偏向器が走査する光により描画される映像に縞模様が出現するのを抑制することができる )。

【 0 1 6 5 】

以上、図 1 3 に示す各信号を用いることにより、図 8 ( a ) に示す映像 p の縦幅 H 1 を、図 8 ( b ) に示す映像 p の縦幅 H 2 に変更 ( 縮小 ) する処理について説明したが、これに限らない。例えば、図 2 0 に示す各信号を用いることにより、図 8 ( a ) に示す映像 p の縦幅 H 1 を、図 8 ( c ) に示す映像 p の縦幅 H 3 に変更 ( 拡大 ) することができる。図 2 0 は、映像 p の縦幅を拡大する場合の各信号例 ( タイムチャート ) である。

【 0 1 6 6 】

次に、光偏向器 1 に異常振動が発生するのを抑制しつつ、スクリーン部材 2 0 に描画される映像のオフセット量を変更する処理について説明する。

【 0 1 6 7 】

図 1 7 は、光偏向器 1 に異常振動が発生するのを抑制しつつ、スクリーン部材 2 0 に描画される映像のオフセット量を変更する処理のシーケンス図である。図 1 8 は、映像 p を上方にオフセットする場合の各信号例 ( タイムチャート ) である。

【 0 1 6 8 】

以下、スクリーン部材 2 0 に描画される映像のオフセット量を変更する処理として、図 9 ( a ) に示す映像 p を、図 9 ( b ) に示すように上方にオフセットする処理について説明する。

【 0 1 6 9 】

以下、前提として、図 1 7 に示すステップ S 1 ~ S 1 2 の処理が実行されることにより、図 9 ( a ) に示す映像 p がスクリーン部材 2 0 に描画されているものとする。なお、図 1 7 に示すステップ S 1 ~ S 1 2 は、図 1 2 に示すステップ S 1 ~ S 1 2 と同様である。

【 0 1 7 0 】

まず、オフセット分割部 8 5 は、これに現在入力されているオフセット量を表すオフセットデータと異なるオフセット量を表すオフセットレベルデータ ( 図 1 8 ( a ) 参照 ) 及び時間データ ( 図 1 8 ( b )、図 1 8 ( c ) 参照 ) が入力されると ( ステップ S 4 0 )、第 3 信号 N ( 図 1 8 ( e ) 参照 ) を出力する ( ステップ S 4 1 )。現在入力されているオフセット量を表すオフセットデータと異なるオフセット量を表すオフセットレベルデータは、例えば、ユーザが所定操作を行うことにより入力される。この現在入力されているオフセット量を表すオフセットデータと異なるオフセット量を表すオフセットレベルデータが本発明のオフセットを変更する旨の指示の一例である。第 3 信号 N は、オフセットレベルデータが表すオフセット量  $offset$  / 立ち下がり時間  $t_1$  を表す。オフセット分割部 8 5 が出力する第 3 信号 N は、タイミング判定部 8 3 に入力される ( ステップ S 4 1 )。

【 0 1 7 1 】

タイミング判定部 8 3 は、これに第 3 信号 N が入力されると、第 2 信号 N ( 図 1 8 ( 1 ) 参照 ) について電圧が最も小さくなるタイミングが否かを判定する ( ステップ S 4 2 )。タイミング判定部 8 3 は、第 2 信号 N について電圧が最も小さくなるタイミング ( 図 1 8 ( 1 ) 中、符号 P 3 参照 ) が到来するまで待機する ( ステップ S 4 2 : N O )。

10

20

30

40

50

## 【0172】

タイミング判定部83は、第2信号Nについて電圧が最も小さくなるタイミング(図18(1)中、符号P3参照)であると判定すると(ステップS42: YES)、第4信号N(図18(g)参照)を出力する(ステップS43)。第4信号Nは、オフセット量offset/立ち下がり時間t1ごとに立ち上がる連続パルスである。タイミング判定部83が出力する第4信号Nは、オフセットレベル制御部86に入力される。

## 【0173】

オフセットレベル制御部86は、分割された時間(オフセット量offset/立ち下がり時間t1)が経過するごとに(ステップS44: YES)、すなわち、第4信号Nが立ち上がるタイミング(図18(g)参照)ごとに、当該オフセットレベル制御部86が出力する第5信号Nが表す数値を所定量(例えば、1)ずつカウントアップする(ステップS45)。

10

## 【0174】

オフセットレベル制御部86は、カウントアップがoffsetに達するまで(ステップS47: YES)ステップS44~S46の処理を繰り返し実行する(ステップS47: NO)。その結果、図19に示すように、第5信号Nは、分割された時間(オフセット量offset/立ち下がり時間t1)が経過するごとに、所定量ずつカウントアップされる階段状の信号となる。オフセットレベル制御部86が出力した第5信号Nは、第2加算部88に入力される。

## 【0175】

第2加算部88は、これに第5信号Nが入力されると(ステップS46)、第2信号Nに第5信号Nを加算し(変更を反映し。ステップS48)、この加算後(変更反映後)の第2信号Nを第2駆動信号Nとして出力する(ステップS9)。その際、第2加算部88に入力される第5信号Nは、分割された時間(オフセット量offset/立ち下がり時間t1)が経過するごとに、所定量ずつカウントアップされる階段状の信号であるため(図19参照)、変更対象の駆動信号(第2信号N)に対して段階的に(徐々に)変更が反映される。ステップS48が本発明の変更反映部の一例である。第2加算部88が出力した第2信号Nは、MEMS駆動部108に入力される(ステップS9)。

20

## 【0176】

MEMS駆動部108は、これに変更が反映された第2信号Nが入力されると(ステップS9)、この変更が反映された第2信号NをD/A変換し(さらに増幅し)、第4駆動電圧 $V \times 2$ (第2駆動信号N)として光偏向器1に印加する(ステップS12)。また、MEMS駆動部108は、これに第2信号Pが入力されると(ステップS8)、この第2信号PをD/A変換し(さらに増幅し)、第3駆動電圧 $V \times 1$ (第1駆動信号P)として光偏向器1に印加する(ステップS11)。

30

## 【0177】

これにより、図9(a)に示す映像pを、図9(b)に示すように上方にオフセットすることができる。

## 【0178】

以上のように、オフセットを変更する旨の指示が入力されたタイミング(ステップS40)でオフセットの変更を反映するのではなく、変更対象の駆動信号(例えば、第2信号N)について電圧が最も小さくなるタイミングと判定された場合(ステップS42: YES)、変更対象の駆動信号に対して段階的に(徐々に)変更を反映する(ステップS43~S47)。

40

## 【0179】

これにより、オフセットの変更を反映した場合であっても、光偏向器1に異常振動が発生するのを抑制することができる(その結果、光偏向器が走査する光により描画される映像に縞模様が出現するのを抑制することができる)。

## 【0180】

以上、図18に示す各信号を用いることにより、図9(a)に示す映像pを、図9(b)

50

）に示すように上方にオフセットする処理について説明したが、これに限らない。例えば、図 2 1 に示す各信号を用いることにより、図 9 ( a ) に示す映像 p を、図 9 ( c ) に示すように下方にオフセットすることができる。図 2 1 は、映像 p を下方にオフセットする場合の各信号例 ( タイムチャート ) である。

【 0 1 8 1 】

以上説明したように、本実施形態によれば、オフセット ( 又は振幅 ) の変更を反映した場合であっても、光偏向器 1 に異常振動が発生するのを抑制することができる ( その結果、光偏向器が走査する光により描画される映像に縞模様が出現するのを抑制することができる ) 。

【 0 1 8 2 】

これは、オフセット ( 又は振幅 ) を変更する旨の指示が入力されたタイミングでオフセット ( 又は振幅 ) の変更を反映するのではなく、変更対象の駆動信号について電圧が最も小さくなるタイミングと判定された場合、変更対象の駆動信号に対して変更を反映することにより、光偏光器 1 の異常振動の原因となる不要な周波数成分 ( 意図しない周波数成分 ) を除去することができることによるものである。

【 0 1 8 3 】

次に変形例について説明する。

【 0 1 8 4 】

図 2 2 は、第 5 信号の変形例について説明する図である。

【 0 1 8 5 】

上記実施形態では、ステップ S 4 4 ~ S 4 7 の処理 ( オフセットの変更を反映する処理 ) を 1 周期の間に実行する例について説明したが、これに限らない。例えば、図 2 2 に示すように、ステップ S 4 4 ~ S 4 7 の処理 ( オフセットの変更を反映する処理 ) を複数周期の間に実行してもよい。

【 0 1 8 6 】

上記各実施形態で示した各数値は全て例示であり、これと異なる適宜の数値を用いることができるのは無論である。

【 0 1 8 7 】

上記各実施形態はあらゆる点で単なる例示にすぎない。上記各実施形態の記載によって本発明は限定的に解釈されるものではない。本発明はその精神または主要な特徴から逸脱することなく他の様々な形で実施することができる。

【 符号の説明 】

【 0 1 8 8 】

1 ... 光偏向器、 2 ... ミラー部、 2 a ... 反射面、 2 b ... 反射面支持体、 4 ... 第 1 支持部、 6 ... 第 2 支持部、 1 0 ... 光偏向器駆動システム、 1 2 ... 光源、 1 4 ... 集光レンズ、 1 8 ... 補正ミラー、 2 0 ... スクリーン部材、 2 1、 2 2 ... トーションパー、 2 3 ... 投影レンズ、 3 1 ... 第 1 圧電アクチュエータ、 3 1 A ... 第 1 圧電カンチレバー、 3 2 ... 第 1 圧電アクチュエータ、 3 2 A ... 第 1 圧電カンチレバー、 5 1 ... 第 2 圧電アクチュエータ、 5 1 A ... 第 2 圧電カンチレバー、 5 1 B ... 第 2 圧電カンチレバー、 5 1 C ... 第 2 圧電カンチレバー、 5 1 D ... 第 2 圧電カンチレバー、 5 2 ... 第 2 圧電アクチュエータ、 5 2 A ... 第 2 圧電カンチレバー、 5 2 B ... 第 2 圧電カンチレバー、 5 2 C ... 第 2 圧電カンチレバー、 5 2 D ... 第 2 圧電カンチレバー、 6 1 a ... 下部電極パッド、 6 1 b ... 第 1 上部電極パッド、 6 1 c ... 奇数用第 2 上部電極パッド、 6 1 d ... 偶数用第 2 上部電極パッド、 6 1 e ... 第 1 検知用電極パッド、 6 2 a ... 下部電極パッド、 6 2 b ... 第 1 上部電極パッド、 6 2 c ... 奇数用第 2 上部電極パッド、 6 2 d ... 偶数用第 2 上部電極パッド、 6 2 e ... 第 2 検知用電極パッド、 7 1 x ... 第 2 検知部、 7 1 y ... 第 1 検知部、 7 2 x ... 第 2 検知部、 7 2 y ... 第 1 検知部、 8 1 ... 波形生成部、 8 2 ... 計算部、 8 3 ... タイミング判定部、 8 4 ... 振幅制御部、 8 5 ... オフセット分割部、 8 6 ... オフセットレベル制御部、 8 7 ... 第 1 加算部、 8 8 ... 第 2 加算部、 1 0 2 ... 映像信号入力部、 1 0 4 ... 映像信号蓄積部、 1 0 8 ... M E M S 駆動部、 1 1 0 ... センサ信号入力部、 1 1 4 ... 光源駆動部、 1 1 6 ... 映像信号処理部、 B ... 支持体

10

20

30

40

50

、 F x ... 第 2 周波数、 F y ... 第 1 周波数、 H 1 ~ H 3 ... 縦幅、 L 1 ... 下部電極、 L 2 ... 圧電体、 L 3 ... 上部電極、 M 1 ... 層間絶縁膜、 M 2 ... パッシベーション膜

【 図 面 】

【 図 1 】

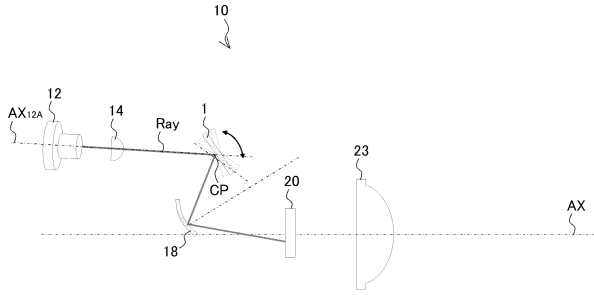


Fig. 1

【 図 2 】

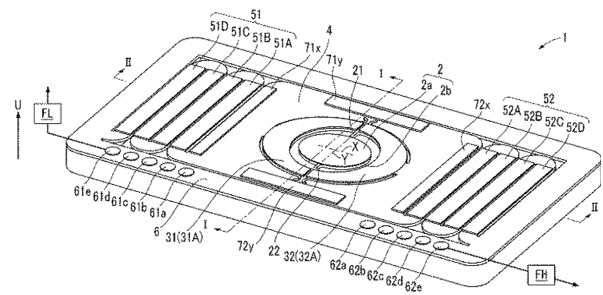


Fig. 2

【 図 3 】

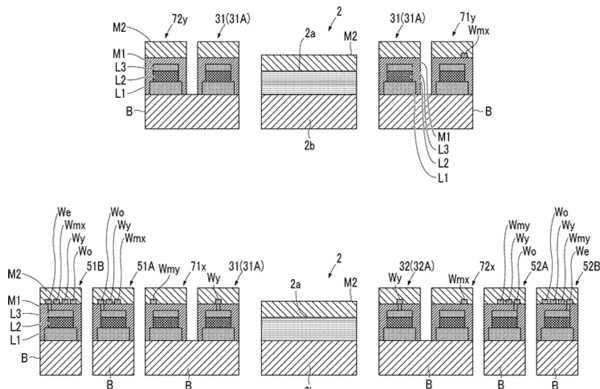


Fig. 3

【 図 4 】

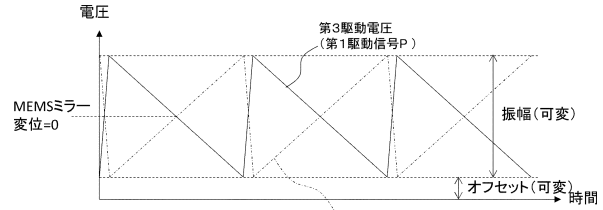


Fig. 4

10

20

30

40

50

【 図 5 】

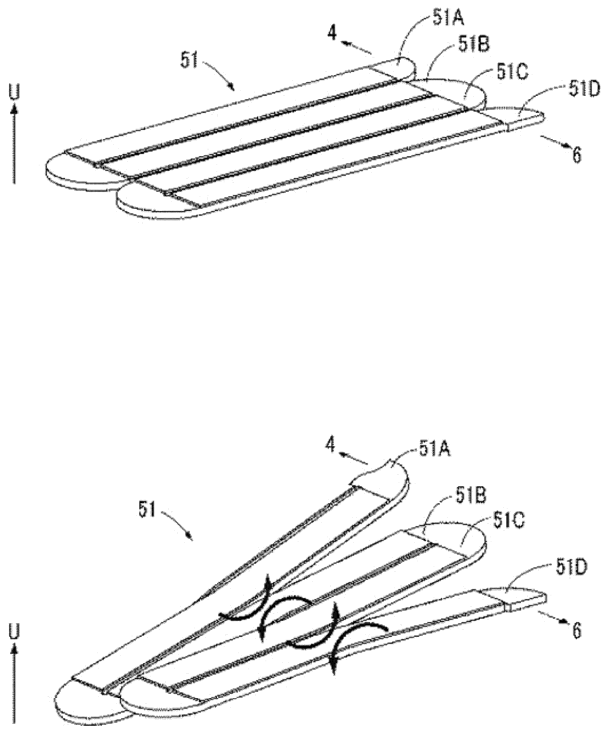


Fig. 5

【 図 6 】

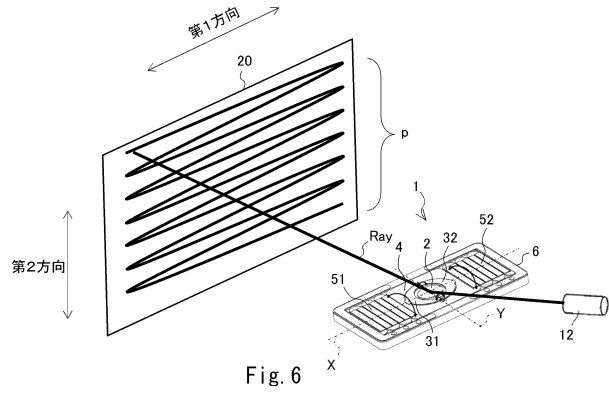


Fig. 6

10

20

【 図 7 】

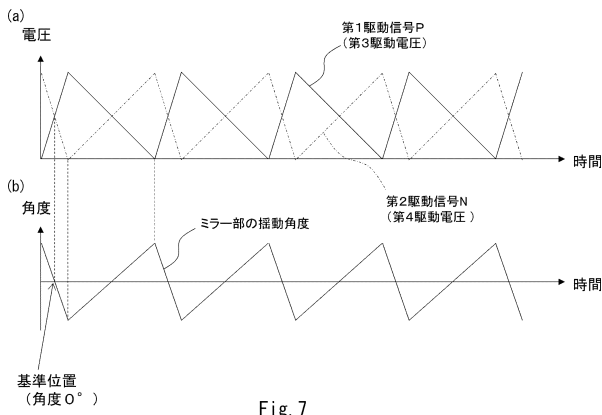


Fig. 7

【 図 8 】

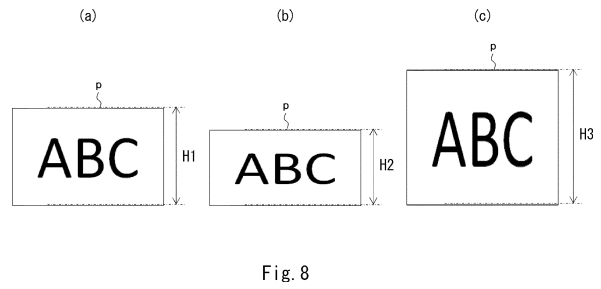


Fig. 8

30

40

50

【図9】

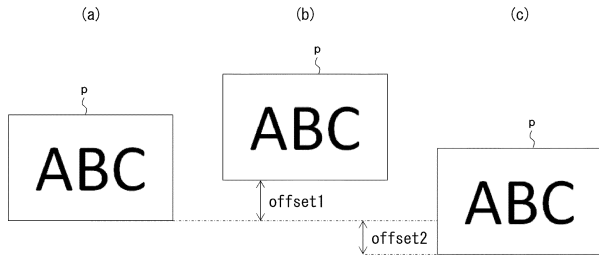


Fig. 9

【図10】

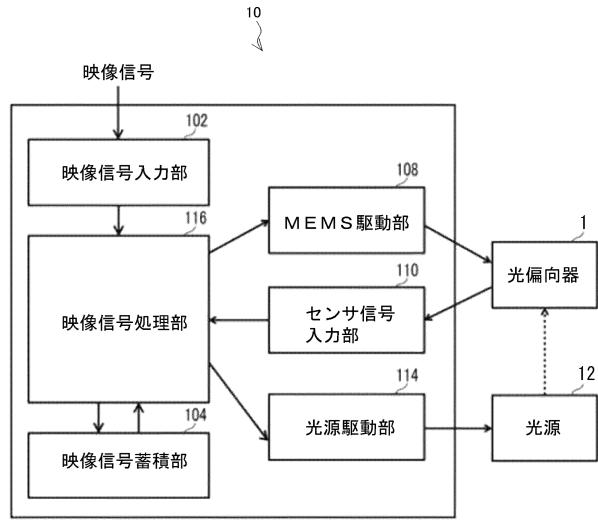


Fig. 10

【図11】

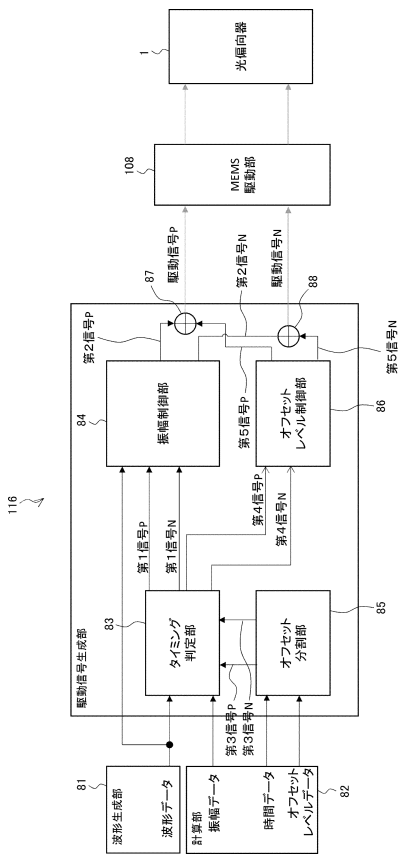


Fig. 11

【図12】

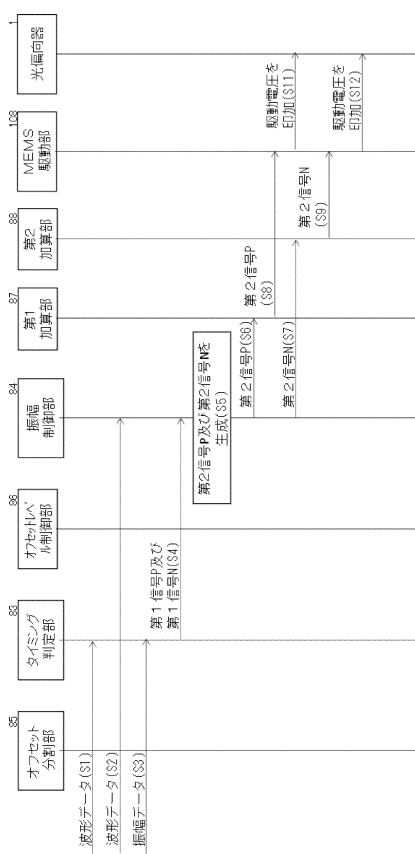


Fig. 12

10

20

30

40

50

【図 13】

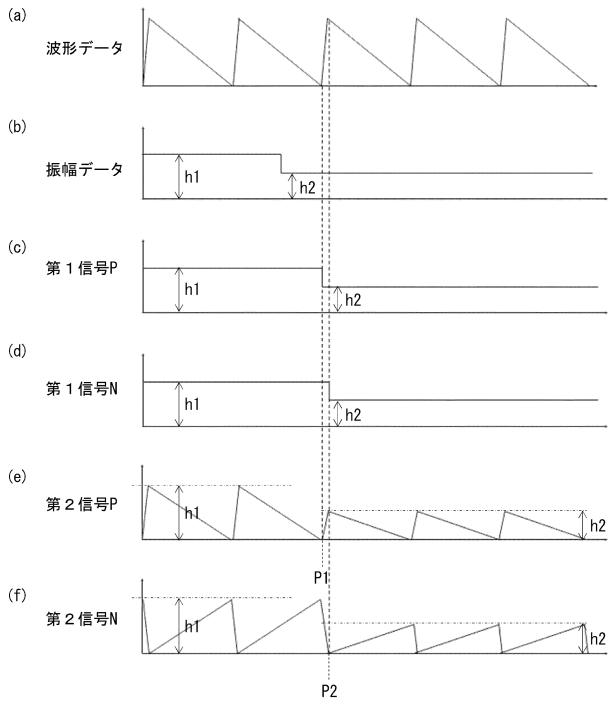


Fig. 13

【図 14】

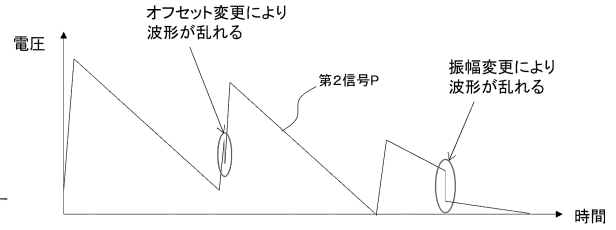


Fig. 14

10

20

【図 15】

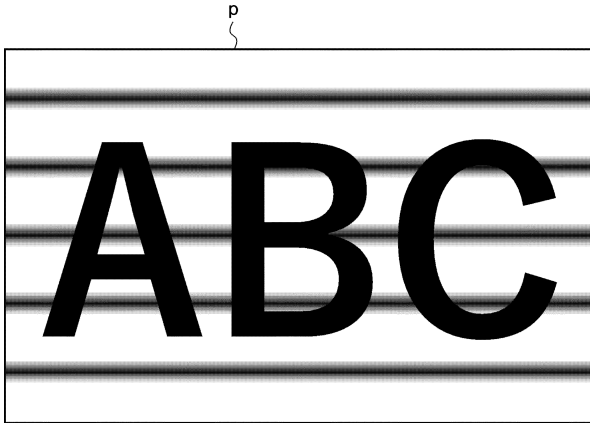


Fig. 15

【図 16】

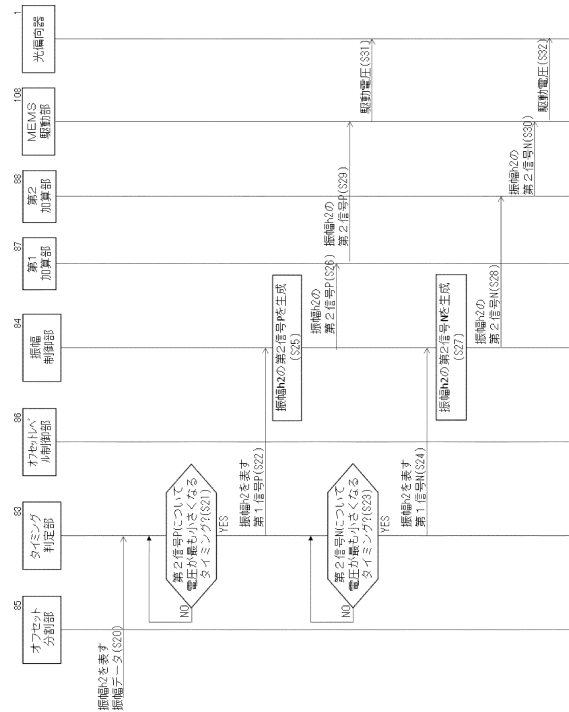


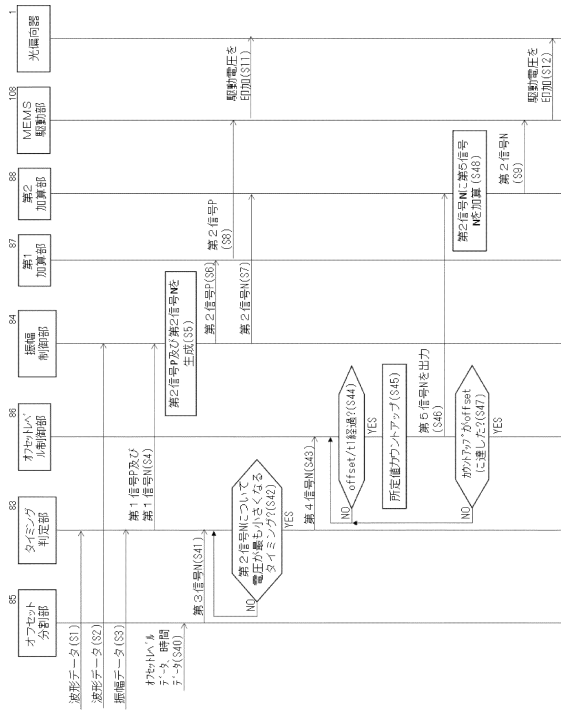
Fig. 16

30

40

50

【図 17】



【図 18】

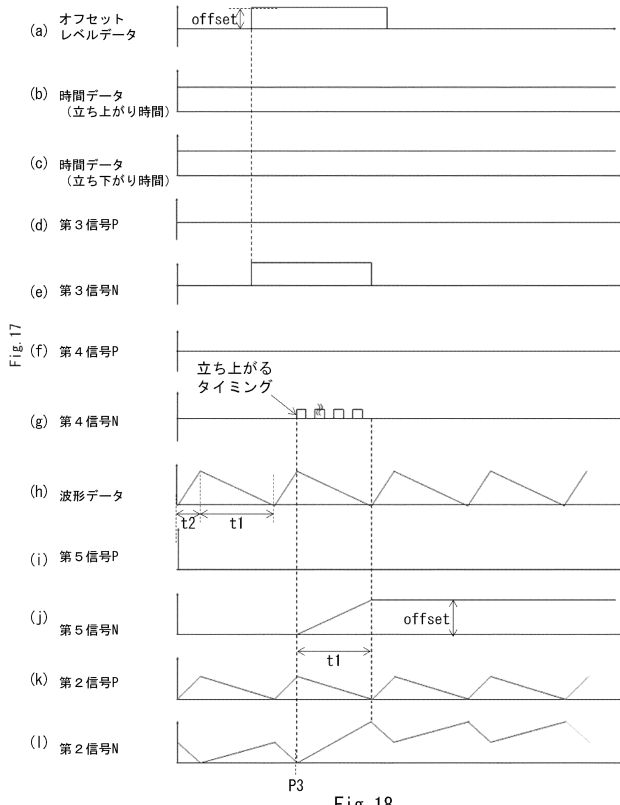


Fig. 17

Fig. 18

10

20

【図 19】

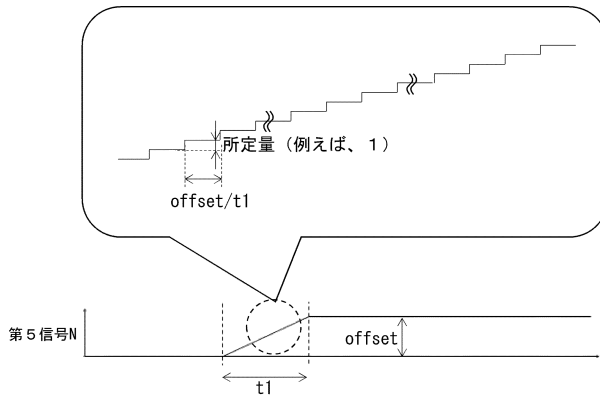


Fig. 19

【図 20】

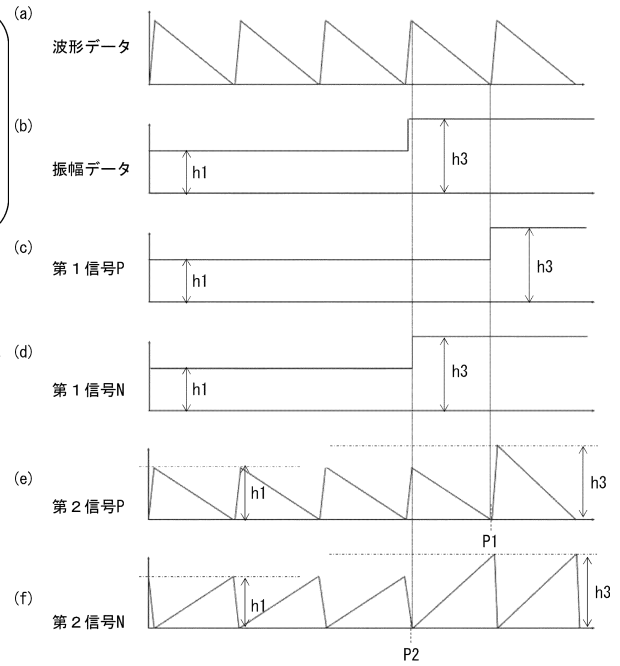


Fig. 20

30

40

50

【 図 2 1 】

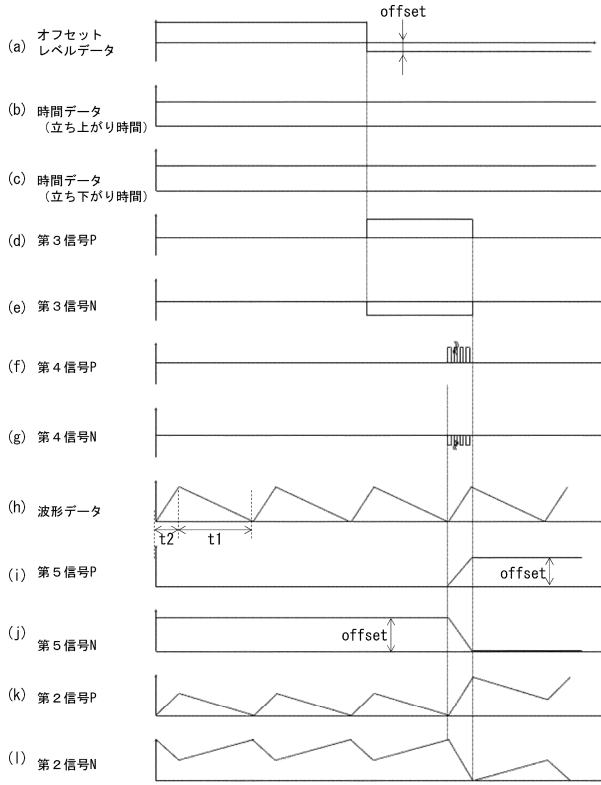


Fig. 21

【 図 2 2 】

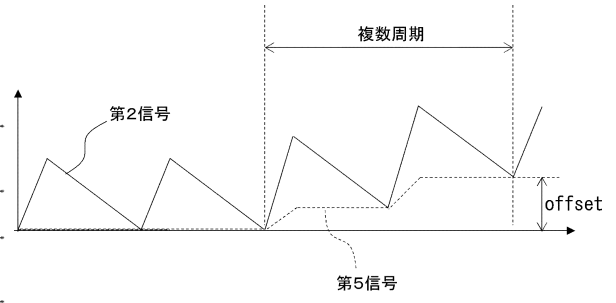


Fig. 22

10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2018 - 5001 (JP, A)  
特開 2020 - 148994 (JP, A)  
特開 2020 - 190617 (JP, A)  
国際公開第 2014 / 128864 (WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
G02B 26 / 10  
G02B 26 / 08