

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号  
特許第6493014号  
(P6493014)

(45) 発行日 平成31年4月3日(2019.4.3)

(24) 登録日 平成31年3月15日(2019.3.15)

(51) Int.Cl.

F I

G O 2 B 26/10 (2006.01)

G O 2 B 26/08 (2006.01)

B 8 1 B 3/00 (2006.01)

G O 2 B 26/10 1 O 4 Z

G O 2 B 26/08 E

B 8 1 B 3/00

請求項の数 18 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2015-127991 (P2015-127991)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成27年6月25日 (2015. 6. 25)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2017-9920 (P2017-9920A)		愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
(43) 公開日	平成29年1月12日 (2017. 1. 12)	(74) 代理人	110001128
審査請求日	平成29年8月10日 (2017. 8. 10)		特許業務法人ゆうあい特許事務所
		(72) 発明者	森川 晶平
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
			社デンソー内
		(72) 発明者	佐々木 光
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
			社デンソー内
		審査官	堀部 修平

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光走査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

反射面（11a）において光ビームを反射させるミラー（11）と、  
前記反射面の平面における一方向の両側に延設され、前記ミラーを両持ち支持する支持梁（12）と、  
前記支持梁を共振振動させることにより、前記ミラーを前記一方向に平行な第1軸（A1）周りに揺動させる共振駆動部（13）と、  
圧電素子（152）への電圧の印加により前記ミラーを前記一方向と異なる方向を向く第2軸（A2）周りに揺動させる強制駆動部（15）と、  
前記ミラーの前記第2軸周りの角度を測定する角度測定部（17b、17c）と、  
前記角度測定部の出力に応じた電圧を前記圧電素子に印加する制御部（3）と、を備え、  
前記制御部は、  
前記角度測定部が測定した前記ミラーの角度に基づいて前記ミラーの前記第2軸周りの角速度を算出する角速度算出部（34）と、  
前記角速度の目標値を算出する目標角速度算出部（35）と、  
前記角速度および前記目標値を用いて、前記ミラーの前記第2軸周りの振動の周波数を検出する共振周波数検出部（33a）と、  
時間に対する変化の大きさが一定となる直線状に変化する区間を有する波状の駆動信号を生成する駆動信号生成部（31）と、

前記共振周波数検出部が検出した前記ミラーの振動の周波数に基づいて、前記ミラーの前記第2軸周りの不要振動を軽減させるように前記駆動信号の最適化を行い、最適化した前記駆動信号に応じた電圧を前記圧電素子に印加する不要振動制御部(32)と、を有し、

前記共振周波数検出部は、前記駆動信号生成部から前記不要振動制御部へ時間に対する変化の大きさが一定となる直線状に変化する区間を有する波状の前記駆動信号が送られている期間における前記ミラーの角速度の波形および前記目標値を用いて前記ミラーの振動の周波数を検出することを特徴とする光走査装置。

【請求項2】

前記不要振動制御部が前記圧電素子に印加する電圧は、時間に対する変化の大きさが一定値を中心とした所定範囲内にある直線状の区間を有する波形であることを特徴とする請求項1に記載の光走査装置。

【請求項3】

前記不要振動制御部が前記圧電素子に印加する電圧は、時間に対する変化の大きさが一定である直線状の区間を有する波形であることを特徴とする請求項2に記載の光走査装置。

【請求項4】

前記不要振動制御部は、所定の周波数帯域の信号を減少させるフィルタにより前記駆動信号を最適化し、前記共振周波数検出部が検出した前記ミラーの振動の周波数に基づいて、前記周波数帯域の中心周波数を変化させることを特徴とする請求項2または3に記載の光走査装置。

【請求項5】

前記不要振動制御部は、前記不要振動制御部が前記圧電素子に印加する電圧の前記直線状の区間における前記角速度算出部が算出した前記角速度の最大値と最小値との差に基づいて、信号を減少させる大きさを変化させることを特徴とする請求項4に記載の光走査装置。

【請求項6】

前記不要振動制御部は、前記不要振動制御部が前記圧電素子に印加する電圧の前記直線状の区間の全体における前記角速度算出部が算出した前記角速度の最大値と最小値との差に基づいて、信号を減少させる大きさを変化させることを特徴とする請求項5に記載の光走査装置。

【請求項7】

前記不要振動制御部は、前記不要振動制御部が前記圧電素子に印加する電圧の前記直線状の区間における前記角速度算出部が算出した前記角速度の最大値と最小値との差が一定値以上である場合に、前記駆動信号を最適化することを特徴とする請求項2ないし6のいずれか1つに記載の光走査装置。

【請求項8】

前記不要振動制御部は、前記不要振動制御部が前記圧電素子に印加する電圧の前記直線状の区間の全体における前記角速度算出部が算出した前記角速度の最大値と最小値との差が一定値以上である場合に、前記駆動信号を最適化することを特徴とする請求項7に記載の光走査装置。

【請求項9】

前記目標角速度算出部は、前記角速度算出部が算出した前記角速度に基づいて、前記目標値を算出することを特徴とする請求項2ないし8のいずれか1つに記載の光走査装置。

【請求項10】

前記目標角速度算出部は、前記不要振動制御部が前記圧電素子に印加する電圧の前記直線状の区間において前記角速度算出部が算出した前記角速度の平均値を前記目標値として算出することを特徴とする請求項9に記載の光走査装置。

【請求項11】

前記目標角速度算出部は、前記不要振動制御部が前記圧電素子に印加する電圧の前記直

10

20

30

40

50

線状の区間の全体において前記角速度算出部が算出した前記角速度の平均値を前記目標値として算出することを特徴とする請求項 10 に記載の光走査装置。

【請求項 12】

前記目標角速度算出部は、前記不要振動制御部が前記圧電素子に印加する電圧の前記直線状の区間において前記角速度算出部が算出した前記角速度の最大値と最小値との平均値を前記目標値として算出することを特徴とする請求項 9 に記載の光走査装置。

【請求項 13】

前記目標角速度算出部は、前記不要振動制御部が前記圧電素子に印加する電圧の前記直線状の区間の全体において前記角速度算出部が算出した前記角速度の最大値と最小値との平均値を前記目標値として算出することを特徴とする請求項 12 に記載の光走査装置。

10

【請求項 14】

前記駆動信号の波形は、周波数が互いに異なる複数の正弦波を合成することにより形成された合成波であり、

前記不要振動制御部は、前記共振周波数検出部が検出した前記ミラーの振動の周波数に基づいて、前記合成波を構成する各正弦波の成分比を変化させることを特徴とする請求項 1 ないし 13 のいずれか 1 つに記載の光走査装置。

【請求項 15】

前記共振周波数検出部は、前記角速度算出部が算出した前記角速度と、前記目標角速度算出部が算出した前記目標値とが一致する 2 つの時刻の時間差に基づいて、前記ミラーの振動の周波数を検出することを特徴とする請求項 1 ないし 14 のいずれか 1 つに記載の光走査装置。

20

【請求項 16】

前記角速度算出部は、前記角度測定部が測定した前記ミラーの角度の時間差分を前記角速度として算出することを特徴とする請求項 1 ないし 15 のいずれか 1 つに記載の光走査装置。

【請求項 17】

前記目標角速度算出部は、前記駆動信号に基づいて、前記目標値を算出することを特徴とする請求項 1 ないし 16 のいずれか 1 つに記載の光走査装置。

【請求項 18】

前記強制駆動部は、前記圧電素子を複数備え、

30

前記不要振動制御部は、複数の前記圧電素子それぞれに対する前記駆動信号の最適化を行うことを特徴とする請求項 1 ないし 17 のいずれか 1 つに記載の光走査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、2 軸型の光走査装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、RGB (Red Green Blue) 光源が発生させたレーザ光を MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) ミラーによって 2 次元に走査し、スクリーン上に任意の映像を描画するレーザスキャンモジュール等の光走査装置が提案されている。

40

【0003】

このような光走査装置は、ミラーと、ミラーを両持ち支持する支持梁と、支持梁を介してミラーを支持する共振駆動部と、共振駆動部を支持する強制駆動部とを備えている。光走査装置は、共振駆動部と、強制駆動部とに備えられた圧電膜への電圧の印加により、ミラーを互いに垂直な 2 つの軸周りに回転させ、ミラーによる結像位置を 2 次元的に走査可能としている。

【0004】

強制駆動部によるミラーの回転は、共振駆動部による回転よりも遅く、強制駆動部が備

50

える圧電膜に印加される電圧の波形は、のこぎり波状とされている。こののこぎり波の高調波に含まれる共振成分により、ミラーが共振振動し、リングングと呼ばれる不要な振動が発生することがある。

【 0 0 0 5 】

リングングの要因となる共振成分の周波数は、温度、ミラーが受ける加速度、ミラーの劣化などにより変動する。また、例えば光走査装置が搭載された場合、この周波数は、大きく、かつ、急激に変動する。

【 0 0 0 6 】

このため、光走査装置の駆動中にリングングの状態、例えばリングングの共振周波数等を検出し、リングングの要因となる周波数成分を駆動信号から取り除く必要がある。これについて、特許文献 1 に記載の光偏向器では、駆動信号の周波数掃引で得られたデータの F F T による周波数成分解析によりリングングの要因となる周波数を検出し、フィルタによりこの周波数成分を駆動信号からカットしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】特開 2 0 1 3 - 2 0 5 8 1 8 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

しかしながら、駆動信号の周波数掃引を用いてリングングの周波数を検出する場合、検出中は駆動信号の波形がのこぎり波ではなく正弦波とされるため、映像の正常な描画ができない。よって、リングングの周波数の検出中は映像の描画を停止する必要がある。

【 0 0 0 9 】

本発明は上記点に鑑みて、走査中においてもリングングの周波数を検出することができる光走査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】

【 0 0 1 0 】

上記目的を達成するため、請求項 1 に記載の発明では、反射面 ( 1 1 a ) において光ビームを反射させるミラー ( 1 1 ) と、反射面の平面における一方向の両側に延設され、ミラーを両持ち支持する支持梁 ( 1 2 ) と、支持梁を共振振動させることにより、ミラーを一方向に平行な第 1 軸 ( A 1 ) 周りに揺動させる共振駆動部 ( 1 3 ) と、圧電素子 ( 1 5 2 ) への電圧の印加によりミラーを一方向と異なる方向を向く第 2 軸 ( A 2 ) 周りに揺動させる強制駆動部 ( 1 5 ) と、ミラーの第 2 軸周りの角度を測定する角度測定部 ( 1 7 b 、 1 7 c ) と、角度測定部の出力に応じた電圧を圧電素子に印加する制御部 ( 3 ) と、を備え、制御部は、角度測定部が測定したミラーの角度に基づいてミラーの第 2 軸周りの角速度を算出する角速度算出部 ( 3 4 ) と、角速度の目標値を算出する目標角速度算出部 ( 3 5 ) と、角速度および目標値を用いて、ミラーの第 2 軸周りの振動の周波数を検出する共振周波数検出部 ( 3 3 a ) と、時間に対する変化の大きさが一定となる直線状に変化する区間を有する波状の駆動信号を生成する駆動信号生成部 ( 3 1 ) と、共振周波数検出部が検出したミラーの振動の周波数に基づいて、ミラーの第 2 軸周りの不要振動を軽減させるように駆動信号の最適化を行い、最適化した駆動信号に応じた電圧を圧電素子に印加する不要振動制御部 ( 3 2 ) と、を有し、共振周波数検出部は、駆動信号生成部から不要振動制御部へ時間に対する変化の大きさが一定となる直線状に変化する区間を有する波状の駆動信号が送られている期間におけるミラーの角速度の波形および目標値を用いてミラーの振動の周波数を検出することを特徴としている。

【 0 0 1 1 】

これによれば、共振周波数検出部は、駆動信号生成部から不要振動制御部へ時間に対する変化の大きさが一定となる直線状に変化する区間を有する波状の駆動信号が送られている期間におけるミラーの角速度の波形および目標値を用いてミラーの振動の周波数を検出

10

20

30

40

50

する。そのため、走査中においてもリングングの周波数を検出することができる。

#### 【 0 0 1 2 】

なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係の一例を示すものである。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【 0 0 1 3 】

【図 1】第 1 実施形態にかかる光走査装置の全体構成を示す図である。

【図 2】反射部の構成を示す平面図である。

【図 3】制御部の構成を示す図である。

【図 4】ミラーの角度を示すグラフである。

【図 5】制御部の動作を示すフローチャートである。

【図 6】ミラーの角速度を示すグラフである。

【図 7】制御部の構成を示す図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【 0 0 1 4 】

以下、本発明の実施形態について図に基づいて説明する。なお、以下の各実施形態相互において、互いに同一もしくは均等である部分には、同一符号を付して説明を行う。

#### 【 0 0 1 5 】

(第 1 実施形態)

本発明の第 1 実施形態について説明する。本実施形態の光走査装置 1 0 0 は、MEMS ミラーを互いに垂直な 2 つの軸周りに回転させ、MEMS ミラーによる結像位置を 2 次元的に走査可能とする 2 軸型の光走査装置である。

#### 【 0 0 1 6 】

光走査装置 1 0 0 は、図 1 に示すように、反射部 1 と、光源 2 と、制御部 3 とを備え、反射部 1 が備えるアクチュエータを制御部 3 により制御し、光源 2 から照射される光ビームを反射部 1 により反射することで、スクリーン 2 0 0 に映像を描画するものである。

#### 【 0 0 1 7 】

反射部 1 は、光源 2 から照射される光ビームを反射させるものであり、図 2 に示すように、ミラー 1 1 と、支持梁 1 2 と、共振駆動部 1 3 と、連結部 1 4 と、強制駆動部 1 5 と、支持部 1 6 と、角度センサ 1 7 とを備える。なお、図 2 は断面図ではないが、図を見やすくするために、後述する反射面 1 1 a、圧電素子 1 3 2、配線 1 3 3、パッド 1 3 4 a、1 3 4 b、圧電素子 1 5 2 にハッチングを施してある。

#### 【 0 0 1 8 】

反射部 1 が備える上記の構成要素は、板状の基板 1 0 を用いて形成されている。本実施形態では、基板 1 0 は、活性層、BOX 層（埋め込み酸化層：Buried Oxide）、支持層が順に積層された構造の SOI (Silicon on Insulator) 基板にて構成されている。活性層は例えば Si 等で構成され、BOX 層は SiO<sub>2</sub> 等で構成され、支持層は Si 等で構成される。活性層は、反射部 1 が備える上記の構成要素にパターニングされている。

#### 【 0 0 1 9 】

ミラー 1 1 は、反射部 1 に照射された光ビームを反射させるものである。ミラー 1 1 は、基板 1 0 の活性層を円形にパターニングすることにより形成された部分であり、図 2 に示すように、ミラー 1 1 の上面には、A 1 等により構成される反射面 1 1 a が形成されている。

#### 【 0 0 2 0 】

反射面 1 1 a の平面における一方向を x 方向とし、反射面 1 1 a の平面における x 方向に垂直な方向を y 方向とする。図 2 に示すように、ミラー 1 1 は、ミラー 1 1 を中心として x 方向の両側に延設された支持梁 1 2 により両持ち支持されている。支持梁 1 2 は、ミラー 1 1 を x 方向に平行な軸 A 1 周りに揺動可能とするものである。

10

20

30

40

50

## 【0021】

図2に示すように、ミラー11は、支持梁12を介して共振駆動部13により支持されている。共振駆動部13は、支持梁12を共振振動させることにより、ミラー11を軸A1周りに揺動させるものである。軸A1は、本発明の第1軸に相当する。共振駆動部13は、基板10の活性層をパターンニングして形成された長方形の枠体131の上面に、4つの圧電素子132と、配線133とを形成することで構成されている。支持梁12は、枠体131の対向する2つの辺のうち、それぞれの中央部と接続されている。

## 【0022】

圧電素子132は、下部電極と、圧電膜と、上部電極とが順に積層された構造とされている。下部電極および上部電極は、例えばAl、Au、Pt等により構成されている。また、圧電膜は、例えばチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)等の圧電材料により構成されている。なお、下部電極および上部電極を、Pt/Tiの積層構造としてもよい。

10

## 【0023】

4つの圧電素子132をそれぞれ圧電素子132a、132b、132c、132dとすると、図2に示すように、軸A1の一方側に圧電素子132a、132bが配置され、他方側に圧電素子132c、132dが配置されている。また、ミラー11のx方向における一方側に圧電素子132a、132cが配置され、他方側に圧電素子132b、132dが配置されている。

## 【0024】

配線133は、下部配線と、絶縁膜と、上部配線とが順に積層された構造とされており、図2に示すように、4つの配線133a、133b、133c、133dに分けられている。下部配線、上部配線は、圧電素子132の下部電極、上部電極と同様に、例えばAl、Au、Pt等により構成されている。また、絶縁膜は、例えばチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)等により構成されている。なお、下部配線および上部配線を、Pt/Tiの積層構造としてもよい。

20

## 【0025】

図2に示すように、配線133aは、枠体131の上面に形成されており、圧電素子132aと圧電素子132bとを電気的に接続している。配線133bは、枠体131の上面に形成されており、圧電素子132cと圧電素子132dとを電気的に接続している。

## 【0026】

配線133c、133dは、それぞれ、圧電素子132a、132cを支持部16の上面に形成されたパッド134a、134bに接続するものであり、基板10の活性層の上面のうち、枠体131から連結部14、強制駆動部15、支持部16に至る部分に形成されている。パッド134a、134bは、制御部3に接続されている。

30

## 【0027】

図2に示すように、枠体131のうち、x方向の一方の端部から、y方向の外側へ向けて連結部14が延設されている。連結部14は、枠体131と反対側の端部において、強制駆動部15と接続されている。

## 【0028】

強制駆動部15は、連結部14を通して枠体131をy方向に平行な軸周りに揺動させることにより、ミラー11をy方向に平行な軸A2周りに揺動させるものである。軸A2は、本発明の第2軸に相当する。強制駆動部15は、基板10の活性層をパターンニングして形成された基部151の上面に、2つの圧電素子152を形成することで構成されている。

40

## 【0029】

図2に示すように、基部151は、ミラー11のy方向における両側に配置され、x方向に延設されており、x方向の一方側の端部において連結部14と接続され、他方側の端部において支持部16と接続されている。基部151のうち、ミラー11に対して圧電素子132a、132bとy方向における同じ側に配置された部分を基部151a、圧電素子132c、132dと同じ側に配置された部分を基部151bとする。

50

## 【0030】

圧電素子152は、下部電極と、圧電膜と、上部電極とが順に積層された構造とされている。下部電極および上部電極は、例えばA1、Au、Pt等により構成されている。また、圧電膜は、例えばチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)等の圧電材料により構成されている。なお、下部電極および上部電極を、Pt/Tiの積層構造としてもよい。

## 【0031】

2つの圧電素子152をそれぞれ圧電素子152a、152bとする。図2に示すように、圧電素子152a、152bは、それぞれ、基部151a、151bの上面に形成されており、また、基部151a、151bの上面のうち連結部14側の端部から、支持部16の上面に至って形成されている。圧電素子152a、152bは、制御部3に接続さ

10

## 【0032】

基部151aの上面のうちy方向において圧電素子152aよりもミラー11に近い部分、基部151bの上面のうちy方向において圧電素子152bよりもミラー11に近い部分には、それぞれ、連結部14から支持部16に至る配線133c、133dが形成されている。

## 【0033】

支持部16は、支持梁12、共振駆動部13、連結部14、強制駆動部15を介してミラー11を支持するものであり、ミラー11、支持梁12、共振駆動部13、連結部14、強制駆動部15を内部に配置した長形状の枠体で構成されている。ただし、共振駆動部13、強制駆動部15のうち、配線133c、133dの一部と、パッド134a、134bと、圧電素子152a、152bの一部は、支持部16の上面に形成されている。

20

## 【0034】

支持梁12、強制駆動部15の上面には、3つの角度センサ17が設置されている。角度センサ17は、ミラー11の軸A1、A2周りの角度を測定するものであり、例えばひずみゲージ等で構成されている。

## 【0035】

3つの角度センサ17をそれぞれ角度センサ17a、17b、17cとすると、図2に示すように、角度センサ17aは、支持梁12の上面に設置されており、角度センサ17b、17cは、それぞれ、圧電素子152a、152bの上面に設置されている。また、角度センサ17a、17b、17cは、図示しない配線を介して制御部3に接続されている。

30

## 【0036】

角度センサ17aは、ミラー11の軸A1周りの角度に応じた信号を出力し、角度センサ17aの出力は、共振駆動部13による共振駆動の制御に用いられる。角度センサ17b、17cは、ミラー11の軸A2周りの角度に応じた信号を出力し、角度センサ17b、17cの出力は、後述する図5の動作において、強制駆動部15による強制駆動の制御に用いられる。角度センサ17b、17cは、本発明の角度測定部に相当する。

## 【0037】

以上のようにして、反射部1が構成されている。このような反射部1は、フォトリソグラフィおよびエッチングにより活性層の表面に各圧電素子、各配線、各パッド、反射面11a、角度センサ17を形成し、基板10をパターンニングしてミラー11等を上記のように形成することで製造できる。

40

## 【0038】

光源2は、反射部1に光ビームを照射するRGBレーザユニットである。光源2は、図1に示すように制御部3に接続されており、制御部3からの信号に基づいて、照射する光ビームの色を変化させる。

## 【0039】

制御部3は、角度センサ17の出力に応じて共振駆動部13、強制駆動部15の駆動信号を生成し、駆動信号に応じた電圧を共振駆動部13、強制駆動部15が備える圧電素子

50

に印加するものである。また、制御部 3 は、光源 2 の制御を行う。

【 0 0 4 0 】

制御部 3 は、CPU、ROM や RAM 等の記憶部を含んで構成されるマイクロコンピュータ、およびその周辺回路から構成されており、駆動波形生成部 3 1、不要振動制御部 3 2、共振特性検出部 3 3、角速度算出部 3 4、目標角速度算出部 3 5 を備える。

【 0 0 4 1 】

駆動波形生成部 3 1 は、信号の大きさが減少する部分と、減少にかかる時間よりも短い時間で減少量と同じ分だけ増加する部分とが交互に繰り返されるのこぎり波状の駆動信号を生成するものである。駆動波形生成部 3 1 は、ここでは、周波数が互いに異なる複数の正弦波を合成することにより、のこぎり波状の駆動信号を生成する。図 3 に示すように、駆動波形生成部 3 1 は不要振動制御部 3 2 と接続されており、駆動波形生成部 3 1 が生成した駆動信号は、不要振動制御部 3 2 に送られる。

10

【 0 0 4 2 】

不要振動制御部 3 2 は、ミラー 1 1 のリングングの特性、例えば周波数に基づいて、ミラー 1 1 の軸 A 2 周りのリングングを軽減させるように駆動信号の最適化を行うものである。具体的には、不要振動制御部 3 2 は、図 3 に示すように共振特性検出部 3 3 と接続されており、共振特性検出部 3 3 が検出したミラー 1 1 の振動の周波数に基づいて、リングングの要因となる周波数成分をノッチフィルタにより駆動信号から除去する。

【 0 0 4 3 】

また、図 3 に示すように、不要振動制御部 3 2 は反射部 1 と接続されている。制御部 3 は、不要振動制御部 3 2 が最適化した駆動信号に応じた電圧を、反射部 1 の強制駆動部 1 5 が備える圧電素子 1 5 2 に印加する。

20

【 0 0 4 4 】

共振特性検出部 3 3 は、ミラー 1 1 のリングングの特性を検出するものであり、図 3 に示すように、共振周波数検出部 3 3 a と、共振強度検出部 3 3 b とを備えている。共振周波数検出部 3 3 a は、ミラー 1 1 のリングングの周波数を検出するものである。共振周波数検出部 3 3 a は、駆動信号生成部 3 1 から不要振動制御部 3 2 へのこぎり波状の駆動信号が送られている期間において、ミラー 1 1 の角速度の波形と、角速度の目標値とを用いて、ミラー 1 1 の軸 A 2 周りのリングングの周波数を検出する。

【 0 0 4 5 】

共振強度検出部 3 3 b は、ミラー 1 1 のリングングの強度を検出するものである。共振強度検出部 3 3 b は、角速度算出部 3 4 が算出したミラー 1 1 の角速度と、目標角速度算出部 3 5 が算出したミラー 1 1 の角速度の目標値とを比較することにより、リングングの強度を検出する。共振特性検出部 3 3 は、検出したミラー 1 1 のリングングの周波数および強度に応じた信号を不要振動制御部 3 2 に送る。

30

【 0 0 4 6 】

角速度算出部 3 4 は、反射部 1 の角度センサ 1 7 b、1 7 c が測定したミラー 1 1 の角度に基づいてミラー 1 1 の軸 A 2 周りの角速度を算出するものである。角速度算出部 3 4 は、図 3 に示すように共振特性検出部 3 3 および目標角速度算出部 3 5 と接続されており、算出したミラー 1 1 の角速度に応じた信号を共振特性検出部 3 3 および目標角速度算出部 3 5 に送る。

40

【 0 0 4 7 】

目標角速度算出部 3 5 は、描画区間におけるミラー 1 1 の軸 A 2 周りの角速度の目標値を算出するものである。本実施形態では、目標角速度算出部 3 5 は、描画区間において角速度算出部 3 4 が算出したミラー 1 1 の角速度の平均値を算出し、目標値とする。

【 0 0 4 8 】

なお、描画区間とは、駆動信号生成部 3 1 が生成したのこぎり波状の駆動信号を不要振動制御部 3 2 が最適化して得られた波形のうち、時間に対する変化の大きさが一定値を中心とした所定範囲内にある直線状の区間である。

【 0 0 4 9 】

50



目標角速度算出部 35 がミラー 11 の角速度の平均値を算出して目標値とする場合、駆動信号を不要振動制御部 32 が最適化して得られた波形において、時間に対する変化の大きさが一定である必要がある。また、一般的に、MEMS ミラーを用いた描画装置では、輝度を一定にするために、のこぎり波のうち時間に対する変化の大きさが一定となる直線状の区間を描画に用いる。そのため、描画区間において角速度算出部 34 が算出した角速度の平均値を目標値として算出することで、のこぎり波以外の信号を不要振動制御部 32 に送ることなく、リングングの特性の検出を容易に行うことができる。

【0050】

ミラー 11 は、共振駆動部 13 により図 1、図 2 の H 方向に揺動し、強制駆動部 15 により図 1、図 2 の V 方向に揺動する。また、ミラー 11 は、V 方向の揺動においては、一方の向きに低速で揺動した後、他方の向きに高速で揺動する。描画区間は、ミラー 11 の角速度のグラフにおいて、ミラー 11 が光源 2 からの光ビームを反射しながら V 方向に低速で移動しているときに対応する区間である。

【0051】

なお、後述するステップ S105 においてノッチフィルタの中心周波数、Q 値が変更された場合、描画区間の位置や大きさが変化することがある。

【0052】

目標角速度算出部 35 は、図 3 に示すように共振特性検出部 33 と接続されており、算出したミラー 11 の角速度の目標値に応じた信号を共振特性検出部 33 に送る。

【0053】

このように構成された光走査装置 100 では、共振駆動部 13 が備える圧電素子 132 の電極に対して共振走査用電圧を印加することで、圧電素子 132 が備える圧電膜を変形させ、支持梁 12 を共振振動させる。これにより、ミラー 11 を支持梁 12 の軸周りに揺動させる。

【0054】

また、強制駆動部 15 が備える圧電素子 152 の電極に対して強制走査用電圧を印加することで、圧電素子 152 が備える圧電膜を変形させ、共振駆動部 13 を y 方向に平行な軸周りに揺動させる。本実施形態では、圧電素子 152 a、152 b に対して同じ波形の電圧を印加する。

【0055】

これにより、ミラー 11 が x 方向に平行な軸 A1 および y 方向に平行な軸 A2 周りに揺動される。そして、光源 2 が制御部 3 からの信号に応じた色の光ビームをミラー 11 に照射することにより、2 次元での走査が可能となる。

【0056】

制御部 3 から強制駆動部 15 に印加される強制走査用電圧は、のこぎり波状の駆動信号に応じた電圧である。この強制走査用電圧によりミラー 11 が図 4 の破線で示すような揺動をする、つまり、時間に対する角度のグラフがのこぎり波状となることが望ましいが、実際には、図 4 の実線で示すように、ミラー 11 の動きにリングングが含まれる場合がある。

【0057】

ミラー 11 のリングングは、駆動信号に含まれる共振成分が要因となる。以下、駆動信号からこの共振成分を除去し、ミラー 11 のリングングを抑制する方法について説明する。

【0058】

制御部 3 は、図 5 のフローチャートに示す動作を行い、ミラー 11 のリングングを抑制する。まず、光走査装置 100 の駆動が開始されると、制御部 3 は、ステップ S101 において、ミラー 11 の角速度を推定する。

【0059】

具体的には、角速度算出部 34 は、描画区間を含む所定の期間にわたって角度センサ 17 b、17 c からの信号を取得し、取得した信号を用いてミラー 11 の角度を算出する。

10

20

30

40

50

そして、算出した角度を微分してミラー 11 の角速度を求める。本実施形態では、算出した角度の各サンプリングポイント間の時間差分をとってミラー 11 の角速度とする。図 6 の実線は、角速度算出部 34 が推定したミラー 11 の角速度を示す。制御部 3 は、ミラー 11 の角速度を推定すると、ステップ S 102 へ進む。

【0060】

ステップ S 102 では、制御部 3 は、角度センサ 17b、17c の出力に基づいて、ミラー 11 の角速度の目標値を算出する。具体的には、目標角速度算出部 35 は、角速度算出部 34 が推定したミラー 11 の角速度のデータにおいて、描画区間に含まれる部分の平均値を算出し、ミラー 11 の角速度の目標値とする。図 6 の破線は、目標角速度算出部 35 が算出した角速度の目標値を示す。制御部 3 は、ミラー 11 の角速度の目標値を算出すると、ステップ S 103 へ進む。

10

【0061】

ステップ S 103 では、制御部 3 は、リングングの特性を検出する。まず、共振特性検出部 33 の共振周波数検出部 33a が、角速度算出部 34 が算出した角速度と、目標角速度算出部 35 が算出した目標値とが一致する 2 つの時刻の時間差に基づいて、ミラー 11 の振動の周波数を検出する。具体的には、角速度算出部 34 が推定したミラー 11 の角速度のグラフと、目標角速度算出部 35 が算出した角速度の目標値との描画区間における交点を求める。そして、1 つの交点を挟んで隣り合う 2 つの交点の時間差を求め、求めた時間差の逆数の平均値をリングングの周波数とする。1 つの交点を挟んで隣り合う 2 つの交点の時間差とは、例えば、図 6 における時点 T1 と T2、T2 と T3、T3 と T4、T4 と T5 の時間差である。

20

【0062】

つぎに、共振特性検出部 33 の共振強度検出部 33b が、リングングの強度を検出する。具体的には、角速度算出部 34 が推定したミラー 11 の角速度のグラフにおいて、描画区間における角速度の最大値と最小値を求め、最大値と最小値との差をリングングの強度とする。

【0063】

制御部 3 は、リングングの特性を検出すると、ステップ S 104 へ進み、リングングの特性に基づいて、駆動信号の最適化の要否を判別する。具体的には、制御部 3 は、ステップ S 103 で求めたリングングの強度が一定値以上であるか否かを判別する。リングングの強度が一定値以上でない場合、制御部 3 はステップ S 101 へ進む。リングングの強度が一定値以上である場合、制御部 3 はステップ S 105 へ進む。

30

【0064】

ステップ S 105 では、制御部 3 は、リングングの特性に基づいて駆動信号を最適化する。具体的には、不要振動制御部 32 は、ノッチフィルタの中心周波数および Q 値を変更し、ノッチフィルタで駆動信号を処理する。このノッチフィルタの中心周波数は、ステップ S 103 で共振周波数検出部 33a が求めた周波数とされる。また、ステップ S 103 で共振強度検出部 33b が求めたリングングの強度が大きいほど、リングングの要因となる周波数成分をより大きく除去するため、ノッチフィルタの Q 値は大きい値とされる。

【0065】

制御部 3 は、このようにノッチフィルタの中心周波数および Q 値を変更し、このノッチフィルタにより駆動信号を処理して最適化した後、ステップ S 101 へ進む。このような制御部 3 の動作により、強制駆動部 15 の駆動信号からリングングの要因となる周波数成分を除去し、リングングを抑制することができる。

40

【0066】

従来の光走査装置、例えば特許文献 1 に記載の光偏向器では、駆動信号の周波数掃引で得られたデータの周波数成分解析により、リングングの要因となる周波数を検出し、フィルタによりこの周波数成分を駆動信号からカットしている。この場合、周波数の検出中は駆動信号がのこぎり波ではなく正弦波とされるため、映像の正常な描画ができない。よって、リングングの周波数の検出中は映像の描画を停止する必要がある。

50

## 【 0 0 6 7 】

これに対し、本実施形態の光走査装置 1 0 0 では、光走査装置 1 0 0 の描画駆動中において、角速度算出部 3 4 が角度センサ 1 7 b、1 7 c の出力から得られたミラー 1 1 の角度の時間差分により角速度を求め、共振特性検出部 3 3 が、この角速度の波形と、角速度の目標値とを用いてリングングの特性を検出する。そのため、リングングの特性を検出している間にも正常な描画駆動が可能である。よって、走査中においてもリングングの周波数を検出することができる。

## 【 0 0 6 8 】

また、特許文献 1 に記載の光偏光器のように F F T を用いる場合、複雑な計算が必要となるため、処理コストが高くなる。また、特開 2 0 1 0 - 0 9 2 0 1 8 号公報に記載のアクチュエータの駆動装置のように B P F により周波数を検出する場合、B P F が単数であれば処理時間が多くなり、B P F が複数であれば回路コストが高くなる。

10

## 【 0 0 6 9 】

これに対し、本実施形態では、角度センサ 1 7 b、1 7 c により得られたミラー 1 1 の角度の時間差分により角速度を求め、この角速度を用いて角速度の目標値を求めて、角速度と角速度の目標値とを用いてリングングの周波数を検出する。そのため、複雑な計算が不要であり、F F T を用いる場合に比べて容易な方法でリングングの周波数を検出できるので、処理コストを低くすることができる。また、処理時間を短縮し、回路コストを低くすることができる。

20

## 【 0 0 7 0 】

( 第 2 実施形態 )

本発明の第 2 実施形態について説明する。本実施形態は、第 1 実施形態に対して制御部 3 の構成を変更したものであり、その他に関しては第 1 実施形態と同様であるため、第 1 実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

20

## 【 0 0 7 1 】

図 7 に示すように、本実施形態では、角速度算出部 3 4 が目標角速度算出部 3 5 と接続されておらず、角速度算出部 3 4 から目標角速度算出部 3 5 へ信号が送られない。また、駆動波形生成部 3 1 が目標角速度算出部 3 5 と接続されており、駆動波形生成部 3 1 から目標角速度算出部 3 5 へ駆動信号が送られる。

## 【 0 0 7 2 】

制御部 3 の記憶領域には、駆動信号と強制駆動部 1 5 が備える圧電素子 1 5 2 への出力電圧との関係、出力電圧とミラー 1 1 の角度との関係が記憶されている。目標角速度算出部 3 5 は、ステップ S 1 0 2 において、これらの関係と、駆動信号生成部 3 1 から送られた駆動信号とに基づいて、描画区間におけるミラー 1 1 の角度および角速度を算出し、算出した角速度をミラー 1 1 の角速度の目標値とする。

30

## 【 0 0 7 3 】

角速度の目標値を駆動信号から算出する本実施形態においても、第 1 実施形態と同様の効果が得られる。また、本実施形態では、角速度の目標値を駆動信号から算出するため、角速度の目標値を精度よく求めることができる。これにより、リングングの周波数および強度を精度よく求めることができる。

40

## 【 0 0 7 4 】

( 他の実施形態 )

なお、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した範囲内において適宜変更が可能である。また、上記各実施形態は、互いに無関係なものではなく、組み合わせが明らかに不可な場合を除き、適宜組み合わせが可能である。

## 【 0 0 7 5 】

例えば、上記第 1 実施形態では、描画区間に含まれるミラー 1 1 の角速度に基づいて目標値を算出する一例として、角速度の平均値をミラー 1 1 の角速度の目標値とした。これは、単なる一例を示したに過ぎず、例えば、描画区間に含まれるミラー 1 1 の角速度の最大値と最小値との平均値をミラー 1 1 の角速度の目標値としてもよい。

50

## 【 0 0 7 6 】

また、上記第 1 実施形態では、駆動信号をノッチフィルタにより処理することで最適化した、駆動信号を、所定の周波数帯域の信号を減少させるバンドストップフィルタにより処理することで最適化してもよい。また、駆動信号を構成する正弦波の成分比をリングングの周波数に基づいて変更することにより、駆動信号を最適化してもよい。

## 【 0 0 7 7 】

また、圧電素子 1 5 2 a、1 5 2 b に対して印加される電圧の波形が、互いに異なってもよい。また、圧電素子 1 5 2 a、1 5 2 b それぞれについてリングングの特性の検出および駆動信号の最適化を行ってもよい。つまり、圧電素子 1 5 2 a、1 5 2 b それぞれに対して駆動信号を生成し、角度センサ 1 7 b からの出力を用いて圧電素子 1 5 2 a に対する駆動信号を最適化し、角度センサ 1 7 c からの出力を用いて圧電素子 1 5 2 b に対する駆動信号を最適化してもよい。強制駆動部 1 5 が圧電素子 1 5 2 を複数備え、不要振動制御部 3 2 が複数の圧電素子 1 5 2 それぞれに対する駆動信号の最適化を行う方法は、ミラー 1 1 の動きにねじれモードの振動が含まれる場合に有効である。

## 【 0 0 7 8 】

また、駆動信号の処理に用いるノッチフィルタやバンドストップフィルタの中心周波数は、共振周波数検出部 3 3 a が検出したリングングの周波数と異なってもよい。例えば、ノッチフィルタやバンドストップフィルタの中心周波数を、共振周波数検出部 3 3 a が検出したリングングの周波数の整数倍としてもよく、整数分の 1 としてもよい。

## 【 0 0 7 9 】

また、ステップ S 1 0 5 において、ノッチフィルタの Q 値を変更せず、中心周波数のみを変更してもよい。

## 【 0 0 8 0 】

また、角度センサ 1 7 b、1 7 c と制御部 3 との間に微分回路を設置し、この微分回路を用いてミラー 1 1 の軸 A 2 周りの角速度を求めてもよい。また、角度センサ 1 7 b、1 7 c を、基部 1 5 1 と圧電素子 1 5 2 との間に配置してもよい。また、角度センサ 1 7 を、ひずみゲージ以外で構成してもよい。

## 【 0 0 8 1 】

また、駆動信号生成部 3 1 が生成したのこぎり波状の駆動信号を不要振動制御部 3 2 が最適化して得られた波形のうち、時間に対する変化の大きさが一定である直線状の区間を描画区間としてもよい。

## 【 0 0 8 2 】

また、目標角速度算出部 3 5 がミラー 1 1 の角速度の目標値を算出するために用いるデータは、角速度算出部 3 4 が算出したミラー 1 1 の角速度のデータのうち、描画区間の全体に含まれる部分であってもよいし、描画区間の一部に含まれる部分であってもよい。ただし、リングングの周波数および強度を精度よく求めるためには、目標角速度算出部 3 5 が用いる角速度のデータが多い方が好ましい。よって、目標角速度算出部 3 5 が、角速度算出部 3 4 が描画区間の全体において算出した角速度を用いて目標値を算出することが好ましい。

## 【 0 0 8 3 】

また、駆動波形生成部 3 1 が、信号の大きさが増加する部分と、増加にかかる時間よりも短い時間で増加量と同じ分だけ減少する部分とが交互に繰り返されるのこぎり波状の駆動信号を生成してもよい。

## 【 0 0 8 4 】

また、軸 A 2 は、x 方向と異なる方向を向いていればよく、y 方向に平行でなくてもよい。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 8 5 】

- 1 1 ミラー
- 1 2 支持梁

10

20

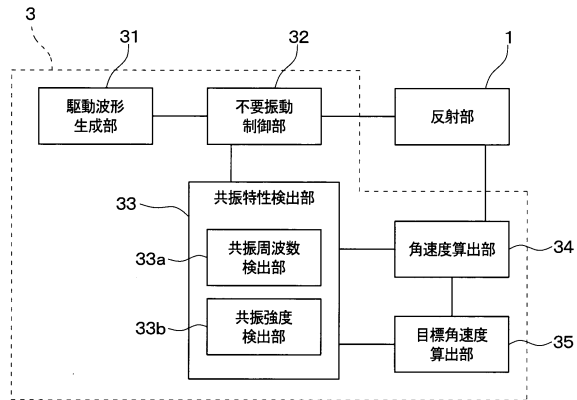
30

40

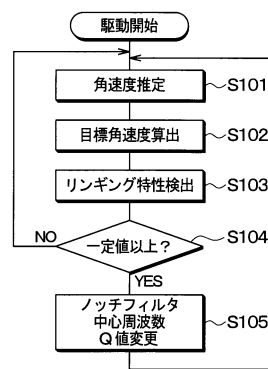
50



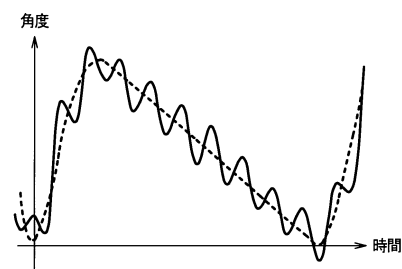
【図 3】



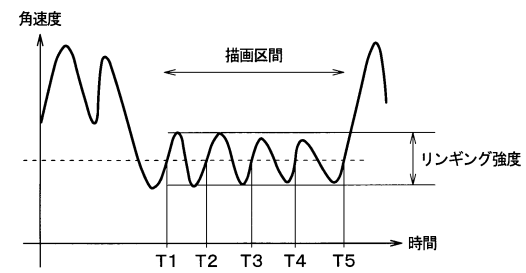
【図 5】



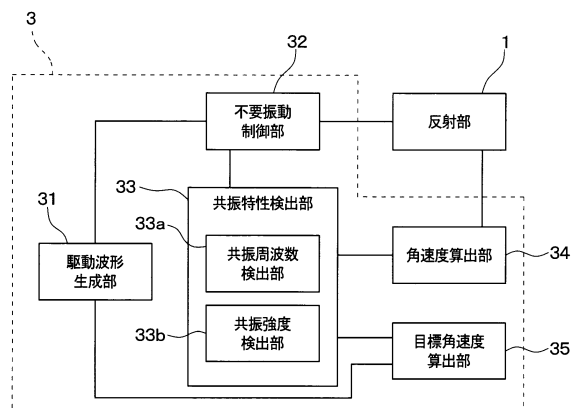
【図 4】



【図 6】



【図 7】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2013-205818(JP,A)  
特開2012-137692(JP,A)  
特開2011-090030(JP,A)  
特開2011-215325(JP,A)  
特開2012-055852(JP,A)  
特開2015-230326(JP,A)  
特開2010-078824(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 26/08 - 26/10  
B81B 3/00