

明 細 書

発明の名称：

光スキャナ、光スキャナを用いた画像表示装置、及び光スキャナ駆動制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、レーザプリンタや投影型表示装置などに用いられる光スキャナ、光スキャナを用いた画像表示装置、及び光スキャナの駆動制御方法に関する。

背景技術

[0002] 従来より、レーザプリンタや投影型表示装置等にMEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) ミラーを用いた光スキャナが使用されている。光スキャナが画像表示装置等に用いられる場合、光スキャナの光学振れ角が大きいほど、表示画像の画角が大きくなる。従って、大きな画像を表示したり、解像度の高い画像を表示するためには、光スキャナの光学振れ角は大きいほど望ましい。

[0003] 光スキャナの大きな光学振れ角を得る方法として、共振特性を示すQ値の高い光スキャナを共振周波数にて駆動することが挙げられる。一般に、光スキャナを共振周波数にて駆動するには、光スキャナを駆動するための駆動周波数を、光スキャナの共振周波数に等しくすればよい。しかし、Q値の高い光スキャナは、駆動周波数の変化量に対し、光スキャナの光学振れ角が大きく変化する。また、光スキャナの共振周波数は、温度変化や経年変化等に依存して変化する。従って、Q値の高い光スキャナを共振周波数にて安定的に駆動することは困難を極める。

[0004] 上記の問題に鑑み、特許文献1では、光スキャナの駆動周波数を往復掃引し、往復掃引により得られた揺動振幅値が極大となる少なくとも2つの周波数に基づいて共振周波数が決定されている。特許文献1に開示されている光スキャナの駆動方法によれば、決定された共振周波数にて光スキャナを駆動

することで、Q値の高い光スキャナでも適切に光スキャナの大きな光学振れ角を得ることができる。

[0005] 特許文献1の光スキャナにおいては、周波数の変化を極めてゆっくりにすれば、駆動周波数の往路掃引の際の揺動振幅値が極大となる周波数と駆動周波数の復路掃引の際の揺動振幅値が極大となる周波数とが合致する。光スキャナの揺動振幅値は、光スキャナの光学振れ角に対応する。よって、上記の周波数の合致は、駆動周波数の往路掃引の際の光スキャナの光学振れ角が極大となる周波数と駆動周波数の復路掃引の際の光学振れ角が極大となる周波数とが合致することを意味する。このように、駆動周波数が往路掃引されているか、復路掃引されているかに関らず、光スキャナの光学振れ角が極大となる周波数の値が一意に決まる光スキャナの特性を一般に線形特性と言う。

[0006] 光スキャナの特性には、非線形特性と呼ばれるもう一つの特性がある。特許文献2に非線形特性を有する光スキャナが開示されている。非線形特性を有する光スキャナは、履歴現象と跳躍現象との2つの特徴的な現象を示す。履歴現象とは、駆動周波数を往路掃引しているか、復路掃引しているかによって、光スキャナの光学振れ角が極大となる周波数が異なる現象を指す。跳躍現象とは、駆動周波数を少しずつ段階的に変化させるに連れ、光スキャナの光学振れ角も小さな変化量で変化していたものが、駆動周波数の微小な変化に対して、光スキャナの光学振れ角が大きく変化する現象を指す。跳躍現象は、通常、光スキャナの光学振れ角が極大となる共振周波数の近傍において起きる。線形特性を有する光スキャナは、履歴現象、及び跳躍現象を示すことはなく、履歴現象、及び跳躍現象は非線形特性を有する光スキャナに特有な現象と言える。

[0007] 履歴現象、及び跳躍現象について、図14を用いて詳細に説明する。図14は、縦軸が光学振れ角を表し、横軸が駆動周波数を表し、光スキャナの非線形特性を示す図である。

[アップスイープ]

図14において、実線矢印で示したように、周波数 F_a よりも低い周波数

から駆動周波数を徐々に高くしていった場合、即ち、駆動周波数をアップスweepした場合、光スキャナの光学振れ角は、徐々に大きくなる。光スキャナの光学振れ角は、駆動周波数が共振周波数 F_b と等しいときに最大となる。駆動周波数を共振周波数 F_b よりも高くすると、光スキャナは跳躍現象を示し、破線矢印で示したように、光スキャナの光学振れ角は急激に小さくなる。

[ダウンスweep]

図 14 において、二点鎖線矢印で示したように、周波数 F_a よりも高い周波数から駆動周波数を徐々に低くしていった場合、即ち、駆動周波数をダウンスweepした場合、光スキャナの光学振れ角は、徐々に大きくなる。駆動周波数が周波数 F_a 近傍の値をとるようになると、光スキャナが跳躍現象を示し、光スキャナの光学振れ角は、急激に大きくなる。そして、駆動周波数が周波数 F_a と等しいときに光スキャナの光学振れ角は極大となる。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開 2008-310301 号公報

特許文献2：特開 2003-5123 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 図 14 に示したように、非線形特性を有する光スキャナの大きな光学振れ角を得るには、駆動周波数が共振周波数に近くなった時点で、駆動周波数のスweepを止め、共振周波数近傍で光スキャナを駆動することが望まれる。しかしながら、非線形特性を有する光スキャナは跳躍現象を示すため、単純に駆動周波数をスweepさせると意図せず跳躍現象を起こしてしまう可能性があった。光スキャナが跳躍現象を起こすと、図 14 に示したように光学振れ角が極めて小さくなってしまうなどの問題が生ずる。

[0010] 本発明は、上述した問題点を解決するためになされたものであり、非線形

特性を有する光スキャナが跳躍現象を起こす可能性を軽減し、尚且つ光スキャナの大きな光学振れ角を得ることを目的とするものである。

課題を解決するための手段

- [0011] 上記目的を達成するために、請求項 1 記載の本発明は、入射した光束を反射するミラ一部を有する揺動体を備える光スキャナであって、前記揺動体を駆動することで、前記ミラ一部を揺動軸線回りに揺動させる駆動部と、前記駆動部を駆動するための駆動信号を生成し、前記駆動信号を前記駆動部に供給する信号生成部と、前記信号生成部により生成される前記駆動信号の駆動電圧値が変更されるように前記信号生成部を制御する電圧制御部と、前記信号生成部により生成される前記駆動信号の駆動周波数値が変更されるように前記信号生成部を制御する周波数制御部と、前記ミラ一部の前記揺動軸線回りの揺動角度を検知する検知部と、前記ミラ一部の前記揺動角度としてあらかじめ設定された設定角度を記憶している設定角度記憶部と、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満か否かを判断する第 1 判断部と、を備え、前記光スキャナは、共振周波数値の近傍における前記駆動周波数値の変化に対して、前記揺動角度が大きく変化する跳躍現象と、前記電圧制御部により前記駆動信号の駆動電圧値が大きくなるように前記信号生成部が制御された場合に、前記共振周波数値が大きくなる方向、または小さくなる方向にシフトするというシフト現象と、がそれぞれ発生する構成を有し、前記電圧制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であると前記第 1 判断部により判断された場合に、前記信号生成部を制御し、前記周波数制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であると前記第 1 判断部により判断された場合に、前記電圧制御部により前記信号生成部が制御された後、前記共振周波数値のシフトする方向と同じ方向に前記駆動信号の駆動周波数値が変更されるように前記信号生成部を制御することを特徴とするものである。
- [0012] 請求項 2 記載の本発明は、請求項 1 に記載の発明において、前記電圧制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であ

ると前記第 1 判断部により判断された場合に、前記駆動電圧値を設定する第 1 設定ステップを繰り返し実行することにより前記駆動電圧値が順次変更されるように前記信号生成部を制御し、前記周波数制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であると前記第 1 判断部により判断された場合に、前記電圧制御部により前記信号生成部が制御された後、前記駆動周波数値を設定する第 2 設定ステップを繰り返し実行することにより前記駆動周波数値が順次変更されるように前記信号生成部を制御することを特徴とするものである。

[0013] 請求項 3 記載の本発明は、請求項 1 に記載の発明において、前記電圧制御部により実行される前記第 1 設定ステップの繰り返し実行により変更される前記駆動電圧値の電圧変更幅をあらかじめ記憶している第 1 記憶部と、前記周波数制御部により実行される前記第 2 設定ステップの繰り返し実行により変更される前記駆動周波数値の周波数変更幅をあらかじめ記憶している第 2 記憶部と、を備え、前記電圧制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であると前記第 1 判断部により判断された場合に、前記第 1 記憶部により記憶されている前記電圧変更幅の分だけ前記駆動電圧値が順次変更されるように前記信号生成部を制御し、前記周波数制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であると前記第 1 判断部により判断された場合に、前記電圧制御部により前記信号生成部が制御された後、前記第 2 記憶部により記憶されている前記周波数変更幅の分だけ前記駆動周波数値が順次変更されるように前記信号生成部を制御することを特徴とするものである。

[0014] 請求項 4 記載の本発明は、請求項 1 に記載の発明において、前記設定角度を含む所定の角度範囲をあらかじめ記憶している範囲記憶部と、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記範囲記憶部に記憶されている前記所定の角度範囲内の値か否かを判断する第 2 判断部と、を備え、前記電圧制御部、及び前記周波数制御部は、各々、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であると前記第 1 判断部により判断され、前記検

知部により検知された前記揺動角度が、前記範囲記憶部に記憶されている前記所定の角度範囲内の値であると前記第 2 判断部により判断された場合に、前記信号生成部を制御することを停止することを特徴とするものである。

[0015] 請求項 5 記載の本発明は、請求項 1 に記載の発明において、前記光スキャナは、前記電圧制御部により前記駆動信号の駆動電圧値が大きくなるように前記信号生成部が制御された場合に、前記共振周波数値が小さくなるという前記シフト現象が発生す

る構成を有し、前記周波数制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であると前記第 1 判断部により判断された場合に、前記電圧制御部により前記信号生成部が制御された後、前記駆動信号の駆動周波数値が小さくなるように前記信号生成部を制御することを特徴とするものである。

[0016] 請求項 6 記載の本発明は、請求項 1 に記載の発明において、前記光スキャナは、前記電圧制御部により前記駆動信号の駆動電圧値が大きくなるように前記信号生成部が制御された場合に、前記共振周波数値が大きくなるという前記シフト現象が発生する構成を有し、前記周波数制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であると前記第 1 判断部により判断された場合に、前記電圧制御部により前記信号生成部が制御された後、前記駆動信号の駆動周波数値が大きくなるように前記信号生成部を制御することを特徴とするものである。

[0017] 請求項 7 記載の本発明は、請求項 1 に記載の発明において、前記周波数制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度以上であると前記第 1 判断部により判断された場合に、前記共振周波数値のシフトする方向と逆方向に前記駆動信号の駆動周波数値が変更されるように前記信号生成部を制御し、前記電圧制御部は、前記周波数制御部により前記信号生成部が制御された後、前記信号生成部を制御することを特徴とするものである。

[0018] 請求項 8 記載の本発明は、請求項 7 に記載の発明において、前記周波数制

御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度以上であると前記第 1 判断部により判断された場合に、前記駆動周波数値を設定する第 3 設定ステップを繰り返し実行することにより前記駆動周波数値が順次変更されるように前記信号生成部を制御し、

前記電圧制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度以上であると前記第 1 判断部により判断された場合に、前記周波数制御部により前記信号生成部が制御された後、前記駆動電圧値を設定する第 4 設定ステップを繰り返し実行することにより前記駆動電圧値が順次変更されるように前記信号生成部を制御することを特徴とするものである。

[0019] 請求項 9 記載の本発明は、請求項 7 に記載の発明において、前記周波数制御部により実行される前記第 3 設定ステップの繰り返し実行により変更される前記駆動周波数値の周波数変更幅をあらかじめ記憶している第 3 記憶部と、前記電圧制御部により実行される前記第 4 設定ステップの繰り返し実行により変更される前記駆動周波数の電圧値の電圧変更幅をあらかじめ記憶している第 4 記憶部と、を備え、前記周波数制御部は、前記第 1 判断部により前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度以上であると判断された場合に、前記第 3 記憶部により記憶されている前記周波数変更幅の分だけ前記駆動周波数値が順次変更されるように前記信号生成部を制御し、前記電圧制御部は、前記第 1 判断部により前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度以上であると判断された場合に、前記周波数制御部により前記信号生成部が制御された後、前記第 4 記憶部により記憶されている前記電圧変更幅の分だけ前記駆動電圧値が順次変更されるように前記信号生成部を制御することを特徴とするものである。

[0020] 請求項 10 記載の本発明は、請求項 7 に記載の発明において、前記設定角度を含む所定の角度範囲をあらかじめ記憶している範囲記憶部と、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記範囲記憶部に記憶されている前記所定の角度範囲内の値か否かを判断する第 2 判断部と、を備え、前記電圧制御部、及び前記周波数制御部は、各々、前記検知部により検知された前記揺

動角度が、前記設定角度以上であると前記第 1 判断部により判断され、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記範囲記憶部に記憶されている前記所定の角度範囲内の値であると前記第 2 判断部により判断された場合に、
前記信号生成部を制御することを停止することを特徴とするものである。

[0021] 請求項 1 1 記載の本発明は、請求項 7 に記載の発明において、前記光スキャナは、前記電圧制御部により前記駆動信号の駆動電圧値が大きくなるように前記信号生成部が制御された場合に、前記共振周波数値が小さくなるという前記シフト現象が発生する構成を有し、前記周波数制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度以上であると前記第 1 判断部により判断された場合に、前記駆動信号の駆動周波数値が大きくなるように前記信号生成部を制御することを特徴とするものである。

[0022] 請求項 1 2 記載の本発明は、請求項 7 に記載の発明において、前記光スキャナは、前記電圧制御部により前記駆動信号の駆動電圧値が大きくなるように前記信号生成部が制御された場合に、前記共振周波数値が大きくなるという前記シフト現象が発生する構成を有し、前記周波数制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度以上であると前記第 1 判断部により判断された場合に、前記駆動信号の駆動周波数値が小さくなるように前記信号生成部を制御することを特徴とするものである。

[0023] 上記目的を達成するために、請求項 1 3 記載の本発明は、画像表示装置であって、請求項 1 ～ 1 2 のいずれかに記載の光スキャナと、前記光スキャナに光を供給する光源部と、前記光スキャナにより走査された走査光を使用者の目に導く光学系と、を備えることを特徴とするものである。

[0024] 上記目的を達成するために、請求項 1 4 記載の本発明は、入射した光束を反射するミラ一部を有する揺動体と、前記揺動体を駆動することで、前記ミラ一部を揺動軸線回りに揺動させる駆動部と、前記駆動部を駆動するための駆動信号を生成し、前記駆動信号を前記駆動部に供給する信号生成部とを備え、共振周波数値の近傍における前記駆動周波数値の変化に対して、前記揺

動角度が大きく変化する跳躍現象と、前記駆動信号の駆動電圧値が大きくなる場合に、前記共振周波数値が大きくなる方向、または小さくなる方向にシフトするというシフト現象と、がそれぞれ発生する構成を有する光スキャナに使用される駆動制御方法であって、前記ミラ一部の前記揺動角度としてあらかじめ設定された設定角度を記憶する設定角度記憶ステップと、前記ミラ一部の前記揺動軸線回りの揺動角度を検知する検知ステップと、前記検知ステップにより検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満か否かを判断する第1判断ステップと、前記検知ステップにより検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であると前記第1判断ステップにより判断された場合に、前記駆動信号の駆動電圧値が変更されるように前記信号生成部を制御する電圧制御ステップと、前記検知ステップにより検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であると前記第1判断ステップにより判断された場合に、前記電圧制御ステップにより前記信号生成部が制御された後、前記共振周波数値のシフトする方向と同じ方向に前記駆動信号の駆動周波数値が変更されるように前記信号生成部を制御する周波数制御ステップと、を備えることを特徴とするものである。

発明の効果

- [0025] 請求項1記載の光スキャナによれば、検知部により検知された揺動角度が、設定角度未満であると判断された場合に、駆動電圧値が変更された後、共振周波数値のシフトする方向と同じ方向に駆動周波数値が変更される。つまり、非線形特性を有する光スキャナの駆動電圧値が駆動周波数値より先に変更される。よって、駆動電圧値の変更により共振周波数がシフトした分、駆動周波数値を変更することができる。従って、跳躍現象を起こす可能性を軽減できる。そして、駆動電圧値が変更された後、共振周波数がシフトした方向に駆動周波数値が変更される。よって、駆動電圧の変更による光学振れ角の増大に加えて、駆動周波数が共振周波数に近づけられることによる光学振れ角の増大が得られる。従って、光スキャナの大きな光学振れ角を得ることができる。

- [0026] 請求項 2 記載の光スキャナによれば、駆動電圧値と駆動周波数値とがともに段階的に変更される。従って、細かな変更が可能となり、光スキャナが跳躍現象を起こす可能性を軽減し、尚且つ光スキャナの大きな光学振れ角を得ることができる。
- [0027] 請求項 3 記載の光スキャナによれば、駆動電圧値があらかじめ記憶されている変更幅分段階的に変更され、尚且つ駆動周波数値があらかじめ記憶されている変更幅分、段階的に変更される。従って、細かな変更が可能となり、光スキャナが跳躍現象を起こす可能性を軽減し、尚且つ光スキャナの大きな光学振れ角を得ることができる。
- [0028] 請求項 4 記載の光スキャナによれば、検知された揺動角度が、所定の角度範囲内の値であると判断された場合に、駆動電圧値、及び駆動周波数値の変更が停止される。従って、目標とする揺動角度が得られた際に、駆動電圧値、及び駆動周波数値の変更が停止されるため、光スキャナの大きな光学振れ角を得ることができる。
- [0029] 請求項 5 記載の光スキャナによれば、駆動電圧値が増大されると、共振周波数値が小さくなるという現象が起きる場合に、駆動信号の駆動周波数値が減少される。従って、駆動周波数が共振周波数に近づけられ、光スキャナの大きな光学振れ角を得ることができる。
- [0030] 請求項 6 記載の光スキャナによれば、駆動電圧値が増大されると、共振周波数値が大きくなるという現象が起きる場合に、駆動信号の駆動周波数値が増大される。従って、駆動周波数が共振周波数に近づけられ、光スキャナの大きな光学振れ角を得ることができる。
- [0031] 請求項 7 記載の光スキャナによれば、以下に挙げる問題を解決できるという効果を奏する。光学振れ角を所望の大きさにする際、光学振れ角を小さくできるよう、駆動電圧値、及び駆動周波数値を変更する必要がある場合がある。この場合、駆動周波数値よりも先に駆動電圧値を変更すると、跳躍現象が起きる可能性がある。
- [0032] 図 15 は、駆動周波数値よりも先に駆動電圧値が変更されることにより起

きる跳躍現象を説明するための説明図である。図 15 は、縦軸が光学振れ角を表し、横軸が駆動周波数を表し、光スキャナの特性を示す図である。図 15 において、簡略化のため、駆動周波数がダウンスイープされた際の光スキャナの特性のみが示されている。図 15 に示すように、いずれの駆動電圧下においても、駆動周波数がダウンスイープされると、徐々に大きな光学振れ角が得られ、ある駆動周波数の境界値を境に、光スキャナは跳躍現象を起こす。この境界値が共振周波数値である。そして、図 15 に示すように、共振周波数値は、駆動電圧値が大きくなるほど、小さくなる方向にシフトしている。

[0033] 図 15 に示すように、今、駆動周波数 F_c 、且つ駆動電圧 13 ボルトの条件下で光学振れ角 A_c が得られているものとする。この後、光学振れ角 A_c よりも僅かに小さい光学振れ角を得るために、駆動周波数値よりも先に駆動電圧値が変更されたとする。この場合、光スキャナは図 15 に示す実線矢印に示すように跳躍現象を起こす。そして、光スキャナの光学振れ角は、図 15 に示す光学振れ角 A_c から光学振れ角 A_f まで急激に小さくなってしまう。

[0034] 請求項 7 記載の光スキャナによれば、前記検知部により検知された揺動角度が、設定角度以上であると判断された場合に、共振周波数値のシフトする方向と同じ方向に駆動周波数値が変更された後、駆動電圧値が変更される。つまり、駆動電圧値よりも先に駆動周波数値が変更される。従って、光学振れ角を目標とする光学振れ角の値まで小さくするために駆動電圧、及び駆動周波数を変更する際に、光スキャナの跳躍現象が起きてしまう可能性を軽減できる。

[0035] 請求項 8 記載の光スキャナによれば、駆動電圧値と駆動周波数値とがともに段階的に変更される。従って、細かな変更が可能となり、光スキャナが跳躍現象を起こす可能性を軽減し、尚且つ目標とする光スキャナの光学振れ角を精度良く得ることができる。

[0036] 請求項 9 記載の光スキャナによれば、駆動電圧値があらかじめ記憶されて

いる変更幅分段階的に変更され、尚且つ駆動周波数値があらかじめ記憶されている変更幅分、段階的に変更される。従って、細かな変更が可能となり、光スキャナが跳躍現象を起こす可能性を軽減し、尚且つ目標とする光スキャナの光学振れ角を精度良く得ることができる。

[0037] 請求項 10 記載の光スキャナによれば、検知された揺動角度が、所定の角度範囲内の値であると判断された場合に、駆動電圧値、及び駆動周波数値の変更が停止される。従って、目標とする揺動角度が得られた際に、駆動電圧値、及び駆動周波数値の変更が停止されるため、目標とする光スキャナの光学振れ角を精度良く得ることができる。

[0038] 請求項 11 記載の光スキャナによれば、駆動電圧値が増大されると、共振周波数値が小さくなるという現象が起きる場合に、駆動信号の駆動周波数値が増大される。従って、目標とする光スキャナの光学振れ角を精度良く得ることができる。

[0039] 請求項 12 記載の光スキャナによれば、駆動電圧値が増大されると、共振周波数値が大きくなるという現象が起きる場合に、駆動信号の駆動周波数値が減少される。従って、目標とする光スキャナの光学振れ角を精度良く得ることができる。

[0040] 請求項 13 記載の画像表示装置によれば、大きな光学振れ角で揺動可能な光スキャナを備えているので、表示画像の画角が大きくなる。従って、大きな画像を表示したり、解像度の高い画像を表示することができる。また、跳躍現象を起こす可能性が軽減された光スキャナを備えているため、所望の画角、及び解像度の画像を確実に表示することができる。

[0041] 請求項 14 記載の駆動制御方法によれば、検知ステップにより検知された揺動角度が、設定角度未満であると判断された場合に、駆動電圧値が変更された後、共振周波数値のシフトする方向と同じ方向に駆動周波数値が変更される。従って、非線形特性を有する光スキャナの駆動電圧値が駆動周波数値より先に変更される。よって、駆動電圧値の変更により共振周波数がシフトした分、駆動周波数値を変更することができる。従って、跳躍現象を起こす

可能性を軽減できる。そして、駆動電圧値が変更された後、共振周波数がシフトした方向に駆動周波数値が変更される。よって、駆動電圧の変更による光学振れ角の増大に加えて、駆動周波数が共振周波数に近づけられることによる光学振れ角の増大が得られる。従って、光スキャナの大きな光学振れ角を得ることができる。

図面の簡単な説明

- [0042] [図1]本発明の第1の実施形態に係る光スキャナ1を示す外観図である。
- [図2]上記光スキャナ1の電氣的構成を示す機能ブロック図である。
- [図3]本発明の第1の実施形態における駆動信号生成部21により生成された駆動信号DS0の時間的変化を説明するための説明図である。
- [図4]本発明の第1の実施形態における直流電圧印加部23から出力された直流電圧SHを説明するための説明図である。
- [図5]本発明の第1の実施形態における信号重畳回路22から出力された駆動信号DSの時間的変化を説明するための説明図である。
- [図6]上記光スキャナ1を駆動する際の一連の処理を示すフローチャートである。
- [図7]上記駆動信号DSの駆動周波数と光学振れ角との相関関係を示す図である。
- [図8]本発明の第2の実施形態に係る光スキャナ101を示す外観図である。
- [図9]上記光スキャナ101の揺動体102の揺動を説明するための説明図である。
- [図10]上記光スキャナ101の電氣的構成を示す機能ブロック図である。
- [図11]上記光スキャナ101を駆動する際の一連の処理を示すフローチャートである。
- [図12]上記光スキャナ101の駆動信号DSの駆動周波数と光学振れ角との相関関係を示す図である。
- [図13]上記光スキャナ101の網膜走査ディスプレイ201における使用例を示す図である。

[図14]非線形特性を有する光スキャナの駆動周波数と光学振れ角との相関関係を示す図である。

[図15]非線形特性を有する光スキャナにおいて駆動周波数値よりも先に駆動電圧値が変更されることにより起きる跳躍現象を説明するための説明図である。

発明を実施するための形態

[0043] (第1の実施形態)

以下、本発明の第1の実施形態について、図面を参照して具体的に説明する。

[0044] [光スキャナ概観]

図1は、本実施形態の光スキャナ1の外観図である。図1に示すように、光スキャナ1は、揺動体2と駆動制御部20とBDセンサ50と図示しないベース台とを備える。揺動体2はベース台上に配置される。揺動体2は、ミラー部3と、捻れ梁部4と、駆動部5と、可動板6とを備えている。捻れ梁部4は、ミラー部3に連結する。駆動部5は、可動板6の上に設けられる。駆動部5は、リード線15により、駆動制御部20に接続されている。

[0045] ミラー部3は、図1に示す揺動軸線AXの回りに揺動可能で、入射した光束を反射して、走査する。ミラー部3は、入射した光束を反射するための反射面7を備える。以後、簡略化のため、図1に示すように、揺動体2の静止時の、反射面7に平行な面上で、且つ揺動軸線AXに垂直な方向をX軸とし、揺動軸線AXに平行な方向をY軸とし、反射面7に垂直な方向をZ軸として定義する。X軸、Y軸、Z軸の方向の定義は、他の図面においても共通のものとする。

[0046] 駆動部5は、薄板状の圧電体が上部電極と下部電極とに挟まれた積層体である。圧電体は、例えば、電圧印加により変形するチタン酸ジルコン酸鉛（以後、「PZT」と記す。）の圧電体である。

[0047] 駆動部5の上部電極と下部電極とは、リード線15により、駆動制御部20に接続されている。駆動制御部20から、リード線15を介して、駆動信

号が駆動部 5 に供給される。駆動制御部 20 から、駆動部 5 に駆動信号が供給されることにより、上部電極と下部電極との間に駆動電圧が印加される。このように電圧が印加されることにより、駆動部 5 の圧電体が X 軸方向に伸縮変形する。駆動部 5 の伸縮変形により、可動板 6 の駆動部 5 近傍の部分が Z 軸方向の上側、または下側に屈曲する。可動板 6 の駆動部 5 近傍の部分が、上側に屈曲するか、下側に屈曲するかは、上部電極と下部電極との間に印加される電圧の大小によって決定される。なお、Z 軸方向の上側、下側とは、各々、Z 軸の正の領域側、負の領域側であり、厳密に Z 軸方向に平行な方向に限定される意味ではない。

[0048] 可動部 6 の駆動部 5 近傍の部分が屈曲されることにより、可動板 6 に板波が発生される。可動板 6 に発生された板波は、ミラー部 3、及び捻れ梁部 4 に回転モーメントを生じさせる。この回転モーメントにより、捻れ梁部 4 は捻れ振動する。また、この回転モーメントにより、ミラー部 3 は、揺動軸線 A X の回りに揺動する。ミラー部 3 が揺動することにより、図 1 に示すミラー部 3 の反射面 7 に入射した光束は走査される。

[0049] [電氣的構成]

図 2 を用いて、本実施形態に係る光スキャナ 1 の電氣的構成について詳細に説明する。図 2 は、本実施形態に係る光スキャナ 1 の電氣的構成を示す説明図である。図 2 に示すように、駆動制御部 20 は、駆動信号生成部 21 と、信号重畳回路 22 と、直流電圧印加部 23 と、角度決定部 24 と、判断部 25 と、電圧制御部 28 と、周波数制御部 29 と、設定角度記憶部 30 と、範囲記憶部 31 と、第 1 記憶部 32 と、第 2 記憶部 33 と、データ記憶部 34 と、を備える。判断部 25 は、第 1 判断部 26 と、第 2 判断部 27 とを備える。図 2 において、揺動体 2、ミラー部 3、及び駆動部 5 等は、構成を簡略化して示されている。図 2 において、駆動制御部 20 は、説明の便宜上、複数の機能ブロックに分けて図示されているが、実際には、CPU、ROM、フラッシュ ROM、RAM 等を含むマイコンや、FPGA 等により構成される。

[0050] 図3、図4、及び図5を用いて、駆動部5に供給される駆動信号について詳細に説明する。図3、図4、及び図5において、縦軸は駆動部5の上部電極と下部電極とに印加される電圧 V_t であり、横軸は時間 T_m である。駆動信号生成部21は、図3に示すような、駆動部5を駆動するための駆動信号 DSO を生成し、駆動信号 DSO を信号重畳回路22に供給する。また、駆動信号生成部21は、駆動信号 DSO の振幅 V_h の情報を直流電圧印加部23に供給する。直流電圧印加部23は、駆動信号 DSO の振幅 V_h の情報に基づき、図4に示すような直流電圧 SH を生成する。直流電圧 SH は、図4に示すように、どの時間 T_m においても駆動信号 DSO の振幅 V_h と同じ電圧値を有する。

[0051] 信号重畳回路22は、駆動信号生成部21から供給された駆動信号 DSO と、直流電圧印加部23から供給される直流電圧 SH とを重畳する。信号重畳回路22により、駆動信号 DSO と、直流電圧 SH とが重畳されると、駆動信号 DSO は、電圧 V_t の下限値が0ボルトになるように、電圧 V_t の正の方向に駆動信号 DSO の振幅 V_h 分シフトされる。この駆動信号 DSO のシフトにより、図5に示す駆動信号 DS が生成される。信号重畳回路22は、駆動信号 DSO と、直流電圧 SH とを重畳すると、駆動信号 DS を駆動部5に供給する。

[0052] 信号重畳回路22から駆動部5に駆動信号 DS が供給されると、駆動部5が駆動され、揺動体2が駆動される。揺動体2が駆動されることで、ミラー部3が揺動する。ミラー部3が揺動することで、ミラー部3の反射面7が、光スキャナ1の外部に設けられた光源LDからミラー部3に供給された光束を反射する。

[0053] 駆動信号 DS に基づく揺動体2の駆動について詳細に説明する。図5に示す駆動信号 DS の周期性により、駆動部5の圧電体は、X軸方向に伸縮変形する。即ち、例えば、図5において破線と矢印とで示した時間 $T_{m1} \sim T_{m2}$ においては、上部電極と下部電極とに印加される電圧 V_t が徐々に大きくなる。電圧が徐々に大きくなると、圧電体は、X軸方向に縮む。また、図5

において一点鎖線と矢印とで示した時間 $T_{m3} \sim T_{m4}$ においては、上部電極と下部電極とに印加される電圧 V_t が徐々に小さくなる。電圧 V_t が徐々に小さくなると、圧電体は、 X 軸方向に伸びる。このようにして圧電体が X 軸方向に伸縮変形することにより、可動部 6 の駆動部 5 近傍の部分が Z 軸方向の上側、または下側に屈曲する。図 5 に示す駆動信号 D_S の周期性により、上部電極と下部電極との間に印加される電圧 V_t が周期的に変化する。上部電極と下部電極との間に印加される電圧 V_t が周期的に変化することで、可動部 6 の駆動部 5 近傍の部分が Z 軸方向の上側、または下側に周期的に屈曲する。可動部 6 の駆動部 5 近傍の部分が Z 軸方向の上側、または下側に周期的に屈曲することで、ミラー部 3 が、揺動軸線 A_X の回りに揺動する。ミラー部 3 が揺動することで、光源 L_D からミラー部 3 の反射面 7 に供給された光束が走査される。以上のようにして、駆動信号 D_S に基づき揺動体 2 が駆動される。

[0054] BD センサ 50 は、図 1、及び図 2 に示すように、予め反射面 7 に対し所定の位置で設けられている。BD センサ 50 は、ミラー部 3 の反射面 7 により反射され、BD センサ 50 を通過した反射光を検知する。BD センサ 50 は、反射光が BD センサ 50 を通過するタイミングを示すタイミング信号を生成し、駆動制御部 20 の角度決定部 24 に供給する。角度決定部 24 は、BD センサ 50 から供給されたタイミング信号に基づき、光スキャナ 1 の光学振れ角の値を決定する。なお、角度決定部 24 により決定される光スキャナ 1 の光学振れ角の値は、周知のようにミラー部 3 の揺動角度の値と比例関係にある。そのため、光学振れ角は、揺動角度に対応している。光学振れ角の決定の具体的な詳細は、例えば特開 2008-310301 号公報などに記載されている。角度決定部 24 は、決定された光学振れ角の値を、判断部 25 に供給する。

[0055] 判断部 25 は、図 2 に示すように第 1 判断部 26 と第 2 判断部 27 とを備える。第 1 判断部 26 は、角度決定部 24 により決定された光学振れ角の値が、設定角度記憶部 30 により記憶されている所定の設定角度の値未満か否

かを判断する。第2判断部27は、角度決定部24により決定された光学振れ角の値が、範囲記憶部31に記憶されている所定の角度範囲内の値か否かを判断する。判断部25は、第1判断部26、及び第2判断部27の判断結果を電圧制御部28、及び周波数制御部29に供給する。また、判断部25は、データ記憶部34により記憶されている電圧値、及び周波数値に基づき、電圧制御部28または周波数制御部29を制御する。

[0056] 電圧制御部28は、判断部25から供給された判断結果に基づき、駆動信号生成部21により生成される駆動信号DSOの電圧値が変更されるように駆動信号生成部21を制御する。具体的には、第1記憶部32により記憶されている変更幅の分だけ駆動信号DSOの電圧値が変更されるように駆動信号生成部21を制御する。

[0057] 周波数制御部29は、判断部25から供給された判断結果に基づき、駆動信号生成部21により生成される駆動信号DSOの周波数値が変更されるように駆動信号生成部21を制御する。具体的には、第2記憶部33により記憶されている変更幅の分だけ駆動信号DSOの周波数値が変更されるように駆動信号生成部21を制御する。

[0058] 第1記憶部32は、駆動信号DSOの電圧値の変更幅をあらかじめ記憶している。第2記憶部33は、駆動信号DSOの周波数値の変更幅をあらかじめ記憶している。

[0059] 駆動信号生成部21は、電圧制御部28、及び周波数制御部29の制御により、駆動信号DSOの電圧値、及び周波数値を変更する。駆動信号生成部21は、変更された駆動信号DSOを、信号重畳回路22に供給する。駆動信号生成部21は、変更された駆動信号DSOの電圧値、及び周波数値をデータ記憶部34に供給する。データ記憶部34は、変更された駆動信号DSOの電圧値、及び周波数値を記憶する。

[0060] スイッチSWは、光スキャナ1の使用者によって押されると、駆動制御部20に電源ON、または電源OFFの指令を供給する。駆動制御部20に電源ONの指令が供給されると、光スキャナ1の動作が始まり、電源OFFの

指令が供給されると動作が終了する。

[0061] データ記憶部 34 は、スイッチ SW が押された際に駆動信号生成部 21 により読み出される電圧値、及び周波数値をあらかじめ記憶している。駆動信号生成部 21 は、スイッチ SW が押されると、データ記憶部 34 によりあらかじめ記憶されている電圧値、及び周波数値の駆動信号 D S O を生成する。また、前述の通り、データ記憶部 34 は、変更された駆動信号 D S O の電圧値、及び周波数値を順次記憶できる。

[0062] [光スキャナの制御]

図 6 を用いて、本実施形態に係る光スキャナ 1 の駆動制御について詳細に説明する。図 6 は、光スキャナ 1 を駆動する際の一連の処理を示すフローチャートである。一連の処理は、駆動制御部 20 が備える CPU により実行される。なお、ある値分「駆動信号 D S O の電圧値、及び周波数値が増大または減少される」ということは、同じ分だけ「駆動信号 D S の電圧値、及び周波数値が増大または減少される」ことを意味する。従って、以後、「駆動信号 D S O の電圧値、及び周波数値が増大または減少される」ことを、「駆動信号 D S の電圧値、及び周波数値が増大または減少される」と表記する。

[0063] 図 6 に示す処理では、まず、駆動制御部 20 に電源 ON の指令が供給され、揺動体 2 が駆動される（ステップ S A 1、以後 S A 1 と記す）。具体的には、データ記憶部 34 によりあらかじめ記憶されている電圧値、及び周波数値の駆動信号 D S O が、駆動信号生成部 21 により生成される。生成された駆動信号 D S O は、信号重畳回路 22 に供給される。駆動信号 D S O が信号重畳回路 22 に供給されると、信号重畳回路 22 により、駆動信号 D S が生成される。生成された駆動信号 D S は、駆動部 5 に供給される。駆動信号 D S が駆動部 5 に供給されることで、駆動部 5 は、駆動される。駆動部 5 が駆動されることにより、揺動体 2 が駆動される。

[0064] 揺動体 2 が駆動されると、光スキャナ 1 の光学振れ角の値が決定される（S A 2）具体的には、B D センサ 50 により反射光が検知される。B D センサ 50 から角度決定部 24 に供給されたタイミング信号に基づき、角度決定

部 2 4 により光学振れ角の値が決定される。

[0065] 図 7 を用いて、本実施形態に係る光スキャナ 1 の駆動信号 D S の周波数値と光学振れ角の値との相関関係を示す。図 7 は、本実施形態に係る光スキャナ 1 に対する実験結果を示すグラフを示す。図 7 において、簡略化のため、駆動周波数がダウンスイープされた際の光スキャナ 1 の特性のみが示されている。図 7 に示すように、光スキャナ 1 は、跳躍現象を示す。また、図 7 に示すように、光スキャナ 1 の駆動信号 D S の電圧値 V_t が大きくなるように駆動信号生成部 2 1 が制御された場合に、共振周波数値が小さくなるという現象が発生している。なお、共振周波数値は、光学振れ角 A_d が図 7 に示す極大値 A_x をとる際の駆動周波数値と等しい。

[0066] 光学振れ角の値が決定されると、決定された光学振れ角の値が、所定の角度範囲内の値か否かが判断される（S A 3）。具体的には、決定された光学振れ角の値が、範囲記憶部 3 1 に記憶されている所定の角度範囲内の値か否かが第 2 判断部 2 7 により判断される。所定の角度範囲は、光学振れ角の目標値である設定角度を含む光学振れ角のおおまかな目標範囲として予め範囲記憶部 3 1 に記憶されている。従って、光学振れ角の値が、所定の角度範囲内の値であると判断されると（S A 3 : Y e s）、全ての処理が終了する。即ち、以後、現在の電圧値 V_t 、及び周波数値の駆動信号 D S により駆動部 5 が駆動される。

[0067] 光学振れ角の値が、所定の角度範囲内の値でないと判断されると（S A 3 : N o）、光学振れ角の値が、所定の設定角度の値未満か否かが判断される（S A 4）。具体的には、決定された光学振れ角の値が、設定角度記憶部 3 0 により記憶されている所定の設定角度の値未満か否かが第 1 判断部 2 6 により判断される。設定角度は、光学振れ角のおおまかな目標値として予め設定角度記憶部 3 0 により記憶されている。従って、光学振れ角の値が、設定角度未満であると判断されると（S A 4 : Y e s）、以後の処理で光学振れ角の値が大きくなるように駆動電圧値または駆動周波数値が変更される。光学振れ角の値が、設定角度以上であると判断されると（S A 4 : N o）、以

後の処理で光学振れ角の値が小さくなるように駆動電圧値または駆動周波数値が変更される。

[0068] 光学振れ角の値が、設定角度未満であると判断されると（S A 4 : Y e s）、駆動信号 D S の電圧値 V_t が電圧変更幅 0.1 ボルトの分だけ増大される（S A 5）。具体的には、第 1 記憶部 3 2 により記憶されている電圧変更幅 0.1 ボルトの分だけ駆動信号 D S の電圧値 V_t が変更されるように駆動信号生成部 2 1 が電圧制御部 2 8 により制御される。

[0069] 電圧値 V_t が変更されると、現在までのトータルの電圧変更値が 1 ボルトを超えたか否かが判断される（S A 6）。S A 6 の処理を具体的に説明する。データ記憶部 3 4 は、S A 6 が実行される直前の時点である現在の電圧値を記憶している。また、データ記憶部 3 4 は、スイッチ S W が押された際に駆動信号生成部 2 1 により読み出される最初の電圧値をあらかじめ記憶している。判断部 2 5 により現在の電圧値と最初の電圧値との差分が算出される。算出された差分が、現在までのトータルの電圧変更値である。この算出された差分が 1 ボルトを超えているか否かが判断部 2 5 により判断される。トータルの電圧変更値が 1 ボルトを超えていないと判断されると（S A 6 : N o）、処理が S A 2 に戻り、再び光学振れ角が決定される。トータルの電圧変更値が 1 ボルトを超えたと判断されると（S A 6 : Y e s）、処理が S A 7 以降の周波数制御処理に移る。このように、トータルの電圧変更値が 1 ボルトを超えたか否かが判断されることにより、駆動信号 D S の電圧値 V_t の大きさに制限を設けることができる。即ち、過剰に駆動電圧が大きくなることを防ぐことが可能となり、光スキャナの効率的な駆動制御が可能となる。

[0070] トータルの電圧変更値が 1 ボルトを超えたと判断されると（S A 6 : Y e s）、光学振れ角の値が、所定の角度範囲内の値か否かが判断される（S A 7）。具体的には、角度決定部 2 4 により決定された光学振れ角の値が、範囲記憶部 3 1 に記憶されている所定の角度範囲内の値か否かが第 2 判断部 2 7 により判断される。所定の角度範囲は、光学振れ角のおおまかな目標範囲として予め範囲記憶部 3 1 に記憶されている。従って、光学振れ角の値が、

所定の角度範囲内の値であると判断されると（S A 7 : Y e s）、全ての処理が終了する。即ち、以後、現在の電圧値 V_t 、及び周波数値の駆動信号 D S により駆動部 5 が駆動される。なお、トータルの電圧変更値が 1 ボルトを超えたと判断されると（S A 6 : Y e s）、S A 6 が実行された時点の電圧値が最初の電圧値としてデータ記憶部 3 4 に記憶される。従って、次に S A 6 の処理が実行される際には、判断部 2 5 により現在の電圧値とこの時点に記憶された電圧値である最初の電圧値との差分が算出される。

[0071] 所定の角度範囲内の値でないと判断されると（S A 7 : N o）、駆動信号 D S O の周波数値が周波数変更幅 1 H z の分だけ減少される（S A 8）。具体的には、駆動信号の駆動周波数値が周波数変更幅 1 H z の分だけ減少されるように周波数制御部 2 9 により駆動信号生成部 2 1 が制御される。今、図 7 において実線矢印により示したように、駆動信号 D S の周波数値が 3 4 . 4 8 k H z 近辺において 1 H z 減少された。このとき、図 7 に示すように、S A 8 において駆動周波数値が変更される方向 D L は、電圧値 V_t が増大された場合に共振周波数 S_f のシフトする方向と同じ方向である。駆動周波数値が、方向 D L に変更されることにより、図 7 に示すように光スキャナ 1 の大きな光学振れ角 A_d を得ることができる。

[0072] 駆動信号 D S の周波数値が周波数変更幅 1 H z の分だけ減少されると、現在までのトータルの周波数変更値が 3 0 H z を超えたか否かが判断される（S A 9）。S A 9 の処理を具体的に説明する。データ記憶部 3 4 は、S A 9 が実行される直前の時点である現在の周波数値を記憶している。また、データ記憶部 3 4 は、スイッチ S W が押された際に駆動信号生成部 2 1 により読み出される最初の周波数値をあらかじめ記憶している。判断部 2 5 により現在の周波数値と最初の周波数値との差分が算出される。算出された差分が、トータルの周波数変更値である。この算出された差分が 3 0 H z を超えているか否かが判断部 2 5 により判断される。トータルの周波数変更値が 3 0 H z を超えていないと判断されると（S A 9 : N o）、処理が S A 7 に戻り、再び光学振れ角の値が、所定の角度範囲内の値か否かが判断される。トータ

ルの周波数変更値が 30 Hz を超えたと判断されると（S A 9 : Y e s）、処理がS A 5に戻り、再び駆動信号D Sの電圧値 V_t が電圧変更幅 0.1 ボルトの分だけ増大される。トータルの周波数変更値の制限値 30 Hz は、駆動信号D Sの電圧値 V_t がトータルの電圧値 V_t の制限値 1 ボルトの分だけ増大された場合に、共振周波数 S_f がシフトする分の周波数値として予め設定されている。このように、トータルの周波数変更値が 30 Hz を超えたか否かが判断されることにより、駆動信号D Sの周波数値の大きさに制限を設けることができる。即ち、図7における一点鎖線矢印D Eに示すように過剰に駆動周波数が小さくなることを防ぐことが可能となり、図7における破線矢印D Hに示すように意図せず光スキャナ1が跳躍現象を起こしてしまうことを防ぐことができる。また、トータルの周波数変更値が 30 Hz を超えたと判断された場合に、駆動信号D Sの電圧値 V_t が増大されることにより、再び共振周波数 S_f が図7における二点鎖線矢印D Fに示すように駆動信号D Sの周波数値が小さくなる方向にシフトする。従って、周波数値変更により跳躍現象が起きる可能性を更に軽減できる。なお、トータルの周波数変更値が 30 Hz を超えたと判断されると（S A 9 : Y e s）、S A 9が実行された時点の周波数値が最初の周波数値としてデータ記憶部34に記憶される。従って、次にS A 9の処理が実行される際には、判断部25により現在の周波数値とこの時点に記憶された周波数値である最初の周波数値との差分が算出される。

[0073] 光学振れ角の値が、設定角度以上であると判断されると（S A 4 : N o）、駆動信号D Sの周波数値が周波数変更幅 1 Hz の分だけ増大される（S A 10）。具体的には、周波数制御部29により駆動信号生成部21が制御され、駆動信号の駆動周波数値が周波数変更幅 1 Hz の分だけ増大される。今、図7において一点鎖線矢印により示したように、駆動信号D Sの周波数値が 34.43 kHz 近辺において 1 Hz 増大された。このとき、図7に示すように、S A 10において駆動周波数値が変更される方向D Rは、電圧値 V_t が増大された場合に共振周波数 S_f のシフトする方向と逆方向である。駆

動周波数値が、方向DRに変更されることにより、図7に示すように光スキャナ1の小さな光学振れ角Adを得ることができる。

[0074] 駆動信号DSの周波数値が周波数変更幅1Hzの分だけ増大されると、現在までのトータルの周波数変更値が30Hzを超えたか否かが判断される(SA11)。SA11の処理を具体的に説明する。データ記憶部34は、SA11が実行される直前の時点である現在の周波数値を記憶している。また、データ記憶部34は、スイッチSWが押された際に駆動信号生成部21により読み出される最初の周波数値をあらかじめ記憶している。判断部25により現在の周波数値と最初の周波数値との差分が算出される。算出された差分が、トータルの周波数変更値である。この算出された差分が30Hzを超えているか否かが判断部25により判断される。トータルの周波数変更値が30Hzを超えていないと判断されると(SA11:No)、処理がSA2に戻り、再び光学振れ角が決定される。トータルの周波数変更値が30Hzを超えたと判断されると(SA11:Yes)、処理がSA12以降の電圧制御処理に移る。このように、トータルの周波数変更値が30Hzを超えたか否かが判断されることにより、駆動信号DSの周波数変更値の大きさに制限を設けることができる。なお、トータルの周波数変更値が30Hzを超えたと判断されると(SA11:Yes)、SA11が実行された時点の周波数値が最初の周波数値としてデータ記憶部34に記憶される。従って、次にSA11の処理が実行される際には、判断部25により現在の周波数値とこの時点に記憶された周波数値である最初の周波数値との差分が算出される。

[0075] トータルの周波数変更値が30Hzを超えたと判断されると(SA11:Yes)、光学振れ角の値が、所定の角度範囲内の値か否かが判断される(SA12)。具体的には、角度決定部24により決定された光学振れ角の値が、範囲記憶部31に記憶されている所定の角度範囲内の値か否かが第2判断部27により判断される。所定の角度範囲は、光学振れ角のおおまかな目標範囲として予め範囲記憶部31に記憶されている。所定の角度範囲は、光スキャナ1が使用される画像表示装置等の目標とする画角または解像度等に

合わせてあらかじめ決定されている。従って、光学振れ角の値が、所定の角度範囲内の値であると判断されると（S A 1 2 : Y e s）、全ての処理が終了する。即ち、以後、現在の電圧値 V_t 、及び周波数値の駆動信号 D S により駆動部 5 が駆動される。

[0076] 所定の角度範囲内の値でないと判断されると（S A 1 2 : N o）、駆動信号 D S の電圧値 V_t が電圧変更幅 0.1 ボルトの分だけ減少される（S A 1 3）。具体的には、第 1 記憶部 3 2 により記憶されている電圧変更幅 0.1 ボルトの分だけ駆動信号 D S の電圧値 V_t が減少されるように駆動信号生成部 2 1 が電圧制御部 2 8 により制御される。

[0077] 電圧値 V_t が変更されると、現在までのトータルの電圧変更値が 1 ボルトを超えたか否かが判断される（S A 1 4）。S A 1 4 の処理を具体的に説明する。データ記憶部 3 4 は、S A 1 4 が実行される直前の時点である現在の電圧値を記憶している。また、データ記憶部 3 4 は、スイッチ S W が押された際に駆動信号生成部 2 1 により読み出される最初の電圧値をあらかじめ記憶している。判断部 2 5 により現在の電圧値と最初の電圧値との差分が算出される。算出された差分が、トータルの電圧変更値である。この算出された差分が 1 ボルトを超えているか否かが判断部 2 5 により判断される。トータルの電圧変更値が 1 ボルトを超えていないと判断されると（S A 1 4 : N o）、処理が S A 1 2 に戻り、再び光学振れ角の値が、所定の角度範囲内の値か否かが判断される。トータルの電圧変更値が 1 ボルトを超えたと判断されると（S A 1 4 : Y e s）、処理が S A 1 0 に戻り、再び駆動信号 D S の周波数値が周波数変更幅 1 H z の分だけ増大される。なお、トータルの電圧変更値が 1 ボルトを超えたと判断されると（S A 1 4 : Y e s）、S A 1 4 が実行された時点の電圧値が最初の電圧値としてデータ記憶部 3 4 に記憶される。従って、次に S A 1 4 の処理が実行される際には、判断部 2 5 により現在の電圧値とこの時点に記憶された電圧値である最初の電圧値との差分が算出される。

[0078] 以上のように、S A 4 において、光学振れ角の値が、設定角度以上である

と判断された場合に、駆動信号 D S の周波数値が増大された後、駆動信号 D S の電圧値 V_t が減少される。従って、光学振れ角を目標とする光学振れ角の値まで小さくするために、駆動電圧、及び駆動周波数を変更する際に、図 15 を用いて先述したような光スキャナの跳躍現象が起きてしまう可能性を軽減できる。

[0079] (第 2 の実施形態)

以下、本発明の第 2 の実施形態について、図面を参照して具体的に説明する。第 1 の実施形態においては、光スキャナ 1 は、図 1 に示したような構造をした光スキャナであった。しかし、本実施形態において、光スキャナ 101 は、図 8 に示すような二股形状の構造をしている。第 2 の実施形態において、第 1 の実施形態と同一の構成は、同一の番号を付して説明する。

[0080] [光スキャナ概観]

図 8 は、本実施形態の光スキャナ 101 の外観図である。図 8 に示すように、光スキャナ 101 は、揺動体 102 と、駆動制御部 120 と、BD センサ 150 と、図示しないベース台とを備える。揺動体 102 はベース台上に配置される。揺動体 102 は、ミラー部 103 と、捻れ梁部 104 a、104 b と、駆動部 105 a、105 b と、固定部 106 とを備えている。捻れ梁部 104 a、104 b は、ミラー部 103 に連結する。駆動部 105 a、105 b は、各々、捻れ梁部 104 a、104 b と固定部 106 とに跨って、捻れ梁部 104 a、104 b と固定部 106 との上に設けられる。駆動部 105 a、105 b は、リード線 115 により、駆動制御部 120 に接続されている。

[0081] ミラー部 103 は、揺動軸線 A X の回りに揺動可能で、入射した光束を反射して、走査する。ミラー部 103 は、入射した光束を反射するための反射面 107 を備える。以後、簡略化のため、図 8 に示すように、揺動体 102 の静止時の、反射面 107 に平行な面上で、且つ揺動軸線 A X に垂直な方向を X 軸とし、揺動軸線 A X に平行な方向を Y 軸とし、反射面 107 に垂直な方向を Z 軸として定義する。X 軸、Y 軸、Z 軸の方向の定義は、他の図面に

おいても共通のものとする。

[0082] [駆動部の構造]

駆動部 105 a、105 b の構造について詳細に説明する。駆動部 105 a、105 b は、薄板状の圧電体が、上部電極と下部電極とに挟まれた積層体である。圧電体は、例えば、電圧印加により変形するチタン酸ジルコン酸鉛（以後、「PZT」と記す。）の圧電体である。

[0083] 駆動部 105 a、105 b の圧電体が Y 軸方向に伸縮変形することにより、捻れ梁部 104 a、104 b の駆動部 105 a、105 b 近傍の部分が Z 軸方向の上側、または下側に屈曲する。捻れ梁部 104 a、104 b の駆動部 105 a、105 b 近傍の部分が、各々、上側に屈曲するか、下側に屈曲するかは、上部電極と下部電極との間の電圧の大小によって決定される。なお、Z 軸方向の上側、下側とは、各々、Z 軸の正の領域側、負の領域側であり、厳密に Z 軸方向に平行な方向に限定される意味ではない。

[0084] 駆動部 105 a、105 b の各々の上部電極と下部電極とは、リード線 115 により、駆動制御部 120 に接続されている。駆動制御部 120 から、リード線 115 を介して、同位相の駆動信号が駆動部 105 a、105 b に供給される。駆動制御部 120 から、駆動部 105 a、105 b に同位相の駆動信号が供給されることにより、駆動部 105 a、105 b の各々の上部電極と下部電極との間に同じ極性を持った電圧が印加される。このように電圧が印加されることにより、駆動部 105 a、105 b の各々の圧電体が Y 軸方向に共に伸び、または縮む。本実施形態における駆動制御部 120 が、本発明の駆動制御部の一例である。

[0085] [揺動体の駆動]

図 9、図 5 を用いて、揺動体 102 の駆動について説明する。図 9 は、簡略化のため、ミラ一部 103 と捻れ梁部 104 a、104 b とのみを示している。また、第 2 の実施形態における駆動部 105 a、105 b に供給される駆動信号 DS は、図 5 において示したような第 1 の実施形態における駆動信号 DS と同様の信号である。従って、第 2 の実施形態における駆動信号 D

Sも、図5を参照して説明する。図9において、二点鎖線により示した揺動体102は静止時の揺動体102を示す。また、実線により示された揺動体102は、揺動体102が駆動され、ミラ一部103がある揺動角度の値 ϕ に達した際の揺動体102である。捻れ梁部104a、104bは構造を簡略化し、示されている。

[0086] 図5は、駆動制御部120から駆動部105a、105bに供給される同位相の駆動信号DSを示す図である。図5において、縦軸は駆動部105a、105bの各々の上部電極と下部電極との間に印加される電圧 V_t であり、横軸は時間 T_m である。駆動制御部120は、駆動部105a、105bを駆動するための駆動信号DSを生成し、駆動信号DSを駆動部105a、105bに供給する。駆動部105aと駆動部105bとに供給される駆動信号DSは少なくとも同じ位相を有していればよいが、本実施形態においては、駆動部105aと駆動部105bとに供給される駆動信号DSは、同じ振幅と同じ位相とを有している。駆動信号DSの周期性により、駆動部105a、105bの各々の圧電体は、Y軸方向に共に伸び、または縮む。即ち、例えば、図5において破線と矢印とで示した時間 $T_{m1} \sim T_{m2}$ においては、上部電極と下部電極とに印加される電圧 V_t が徐々に大きくなる。電圧 V_t が徐々に大きくなると、圧電体は、共にY軸方向に縮む。また、図5において一点鎖線と矢印とで示した時間 $T_{m3} \sim T_{m4}$ においては、上部電極と下部電極とに印加される電圧 V_t が徐々に小さくなる。電圧 V_t が徐々に小さくなると、圧電体は、共にY軸方向に伸びる。このようにして圧電体がY軸方向に共に伸び、または縮むことにより、捻れ梁部104a、104bの駆動部105a、105b近傍の部分がZ軸方向の上側、または下側に屈曲する。図5に示した同位相の駆動信号DSの周期性により、上部電極と下部電極との間に印加される電圧が周期的に変化する。上部電極と下部電極との間に印加される電圧が周期的に変化することで、捻れ梁部104a、104bの駆動部105a、105b近傍の部分がZ軸方向の上側、または下側に周期的に屈曲する。この捻れ梁部104a、104bの駆動部105a、

105b近傍の部分の周期的な屈曲により、捻れ梁部104a、104bが図9に示すように揺動軸線AXの回りに捻れ振動する。捻れ梁部104a、104bが揺動軸線AXの回りに捻れ振動することで、ミラー部103は、図9に示すように、揺動軸線AXの回りに揺動する。ミラー部103の反射面107は、揺動軸線AXの回りに揺動しながら、入射した光束を反射する。このように光束が反射面107により反射されることで、光束が走査される。

[0087] [電氣的構成]

本実施形態に係る光スキャナ101は、図2に示したような第1の実施形態に係る光スキャナ1の電氣的構成と同様の電氣的構成を有する。従って、光スキャナ101の各構成の詳細な説明は省略する。図10に示すように、駆動制御部120は、駆動信号生成部121と、信号重畳回路122と、直流電圧印加部123と、角度決定部124と、判断部125と、電圧制御部128と、周波数制御部129と、設定角度記憶部130と、範囲記憶部131と、第1記憶部132と、第2記憶部133と、データ記憶部134と、を備える。判断部125は、第1判断部126と、第2判断部127とを備える。図10において、揺動体102、ミラー部103、及び駆動部105a、105b等は、構成を簡略化して示されている。駆動制御部120は、説明の便宜上、複数の機能ブロックに分けて図示されているが、実際には、CPU、ROM、フラッシュROM、RAM等を含むマイコンや、FPGA等により構成される。なお、駆動部105a、105bに供給される同位相の駆動信号DSは、第1の実施形態において図3、図4、及び図5を用いて示した駆動部5に供給される駆動信号DSと同様の信号である。従って、駆動信号DSに関する説明は省略する。

[0088] [光スキャナの制御]

図11を用いて、本実施形態に係る光スキャナ101の駆動制御について詳細に説明する。図11は、光スキャナ101を駆動する際の一連の処理を示すフローチャートである。一連の処理は、駆動制御部120が備えるCP

Uにより実行される。図11に示す本実施形態における光スキャナ101の制御の各ステップのうち、ステップSB1～SB7、ステップSB9、ステップSB11～ステップSB14は、各々、第1の実施形態における光スキャナ1の制御のステップSA1～SA7、ステップSA9、ステップSA11～ステップSA14と同様のステップである。従って、図11に示すステップSB1～SB7、ステップSB9、ステップSB11～ステップSB14の詳細な説明は省略する。図11に示すステップSB8、及びステップSB10のみ駆動信号DSの周波数値が増大されるか、減少されるかの点で第1の実施形態におけるステップSA8、及びSA10と異なる。この点について、以下説明する。

[0089] 図12を用いて、本実施形態に係る光スキャナ101の駆動信号DSの周波数値と光学振れ角の値との相関関係を示す。図12は、本実施形態に係る光スキャナ101に対する実験結果を示すグラフを示す。図12において、簡略化のため、駆動周波数がアップスイープされた際の光スキャナ101の特性のみが示されている。図12に示すように、光スキャナ101は、跳躍現象を示す。また、図12に示すように、光スキャナ1の駆動信号DSの電圧値 V_t が大きくなるように駆動信号生成部121が制御された場合に、共振周波数値が大きくなるという現象が発生している。なお、共振周波数値は、図12に示すように、11ボルト、及び13ボルト各駆動電圧値の駆動信号DSが駆動信号生成部121により生成された場合に、光学振れ角 A_d が極大値 A_x をとる際の駆動信号DSの周波数値と等しい。

[0090] 従って、SB4において、光学振れ角の値が、設定角度未満であると判断され（SB4：Yes）、光学振れ角の値が所定の角度範囲内の値になるまで増大されるためには、図12に示すように駆動信号DSの周波数値が増大される必要がある。反対に、光学振れ角の値が所定の角度範囲内の値になるまで減少されるためには、図12に示すように駆動信号DSの周波数値が減少される必要がある。従って、SB7において光学振れ角の値が所定の角度範囲内の値でないと判断されると（SB7：No）、駆動信号DSの周波数

値が周波数変更幅 1 Hz の分だけ増大される (SB8)。今、図12において一点鎖線矢印により示したように、駆動信号DSの周波数値が 32.9 kHz 近辺において 1 Hz 増大された。このとき、図12に示すように、SB8において駆動信号DSの周波数値が変更される方向DRは、電圧値 V_t が増大された場合に共振周波数 S_f のシフトする方向と同じ方向である。駆動周波数値が、方向DRに変更されることにより、図12に示すように光スキャナ101の大きな光学振れ角 A_d を得ることができる。

[0091] また、SB4において光学振れ角の値が、設定角度以上であると判断されると (SB4: No)、駆動信号DSの周波数値が周波数変更幅 1 Hz の分だけ減少される (SB10)。今、図12において実線矢印により示したように、駆動信号DSの周波数値が 33.0 kHz 近辺において 1 Hz 減少された。このとき、図12に示すように、SB10において駆動周波数値が変更される方向DLは、電圧値 V_t が増大された場合に共振周波数 S_f のシフトする方向と逆方向である。駆動周波数値が、方向DLに変更されることにより、図12に示すように光スキャナ101の小さな光学振れ角 A_d を得ることができる。

[0092] 以上のように図11に示す本実施形態に係る光スキャナ101の制御により、目標とする光スキャナ101の光学振れ角を精度良く得ることができる。また、光スキャナ101が意図せず跳躍現象を起こす可能性を軽減できる。通常、非線形特性を有する光スキャナが跳躍現象を起こすと、図14における破線矢印に示したように光学振れ角が極めて小さくなる。小さくなった光学振れ角を再び大きくするには、駆動周波数値を駆動開始時の周波数値近傍に戻した後、再び共振周波数値近くまでスイープさせる必要がある。従って、光スキャナを駆動開始から共振周波数値近傍で駆動するまでの時間がかかってしまうなどの問題が生ずる。本実施形態に係る光スキャナ101は、跳躍現象を起こす可能性が軽減されているため、可及的速やかに駆動周波数値を共振周波数値に近づけることも可能となる。なお、第1の実施形態における光スキャナ1も、跳躍現象を起こす可能性が軽減されているため、可及

的速やかに駆動周波数値を共振周波数値に近づけることができるという効果を奏することができる。

[0093] [光スキャナ使用例]

本発明の第２の実施形態に係る光スキャナ１０１の網膜走査ディスプレイ２０１における使用例について、図１３を用いて説明する。網膜走査ディスプレイ２０１とは、ヘッドマウントディスプレイ装置（以後、「HMD」と記す。）の一形態である。網膜走査ディスプレイ２０１は、装着者の頭部およびその近辺に装着され、画像光を装着者の眼に導き、装着者の網膜上で２次元方向に走査することにより、画像情報に対応する画像が装着者により視認されるように構成されたものである。第２の実施形態に係る光スキャナ１０１は、図１３に示した共振型偏向素子２６１に用いられる。ただし、駆動制御部１２０は、水平走査制御回路２６２に対応するものである。

[0094] 網膜走査ディスプレイ２０１は、光束生成部２２０と、水平走査部２６０と、垂直走査部２８０とを備えている。

[0095] 光束生成部２２０は、外部から供給される画像情報Ｓに基づいて画像光を生成し、生成された画像光を水平走査部２６０に供給する。水平走査部２６０は、光束生成部２２０により生成された画像光を水平方向に走査し、水平方向に走査された画像光をリレー光学系２７０を介して、垂直走査部２８０に供給する。垂直走査部２８０は、リレー光学系２７０を介して、水平走査部２６０から供給された画像光を垂直方向に走査し、垂直方向に走査された画像光をリレー光学系２９０を介して、装着者の瞳孔Ｅ_aに供給する。

[0096] 光束生成部２２０は、信号処理回路２２１と、光源部２３０と、光合成部２４０と、を備えている。

[0097] 信号処理回路２２１は、外部から供給された画像データＳを受信する。信号処理回路２２１は、画像データＳに基づいて、画像を合成するための要素となる青、赤、緑の各画像信号であるＢ映像信号、Ｒ映像信号、Ｇ映像信号を生成し、光源部２３０に供給する。信号処理回路２２１は、水平走査部２６０を駆動するための水平同期信号を水平走査部２６０に供給し、垂直走査

部 280 を駆動するための垂直同期信号を垂直走査部 280 に供給する。

[0098] 光源部 230 は、信号処理回路 221 から供給される B 映像信号、R 映像信号、G 映像信号をそれぞれ画像光にする画像光出力部として機能する。光源部 230 は、青色の画像光を発生する B レーザ 234 及び B レーザ 234 を駆動する B レーザドライバ 231 と、赤色の画像光を発生する R レーザ 235 及び R レーザ 235 を駆動する R レーザドライバ 232 と、緑色の画像光を発生する G レーザ 236 及び G レーザ 236 を駆動する G レーザドライバ 233 と、を備えている。

[0099] 光合成部 240 は、光源部 230 から出力された 3 つの画像光を供給され、3 つの画像光を 1 つの画像光に合成して任意の画像光を生成する。光合成部 240 は、コリメート光学系 241、242、243 と、このコリメートされた画像光を合成するためのダイクロイックミラー 244、245、246 と、合成された画像光を伝送ケーブル 250 に導く結合光学系 247 とを備えている。各レーザ 234、235、236 から出射したレーザ光は、コリメート光学系 241、242、243 によってそれぞれ平行光化された後に、ダイクロイックミラー 244、245、246 に入射される。その後、これらのダイクロイックミラー 244、245、246 により、各画像光が波長に関して選択的に反射または透過される。コリメート光学系 251 は、伝送ケーブル 250 を介して出射される画像光を平行光化し、水平走査部 260 に導く。

[0100] 平行光化された画像光は、水平走査部 260、リレー光学系 270、垂直走査部 280、及びリレー光学系 290 により、2 次元的に走査された画像光に変換される。水平走査部 260 は、コリメート光学系 251 で平行光化された画像光を画像表示のために水平方向に往復走査する。リレー光学系 270 は、水平走査部 260 と垂直走査部 280 との間に設けられ、水平走査部 260 により走査された画像光を、垂直走査部 280 に導く。垂直走査部 280 は、水平走査部 260 で水平方向に走査された画像光を垂直方向に往復走査する。リレー光学系 290 は、水平方向と垂直方向とに走査（2 次元

的に走査)された画像光を瞳孔E aへ出射する。

[0101] 水平走査部260は、共振型偏向素子261と、水平走査制御回路262と、を備えている。第2の実施形態に係る光スキャナ101は、共振型偏向素子261に用いられる。共振型偏向素子261は、画像光を水平方向に走査するための反射面を有する。水平走査制御回路262は、信号処理回路221から供給される水平同期信号に基づいて、共振型偏向素子261を共振させる。リレー光学系270は、水平走査部260と垂直走査部280との間で画像光を中継する。共振型偏向素子261によって水平方向に走査された光は、リレー光学系270によって垂直走査部280内の偏向素子281の反射面に収束される。

[0102] 垂直走査部280は、偏向素子281と、垂直走査制御回路282と、を備えている。偏向素子281は、リレー光学系270により導かれた画像光を垂直方向に走査する。垂直走査制御回路282は、信号処理回路221から供給される垂直同期信号に基づいて、偏向素子281を揺動させる。共振型偏向素子261により水平方向に走査され、偏向素子281によって垂直方向に走査された画像光は、2次元的に走査された走査画像光としてリレー光学系290へ出射される。

[0103] リレー光学系290は、垂直走査部280と装着者の瞳孔E aとの間で画像光を中継する。共振型偏向素子261により水平方向に走査され、偏向素子281によって垂直方向に走査された画像光は、リレー光学系290によって装着者の瞳孔E aに収束される。このようにして、装着者は画像情報に対応する画像を視認することができる。

[0104] (変形例)

光スキャナ使用例において、第2の実施形態に係る光スキャナ101が、図13に示した共振型偏向素子261に用いられた。同様に第1の実施形態に係る光スキャナ1も共振型偏向素子261に用いられてもよい。ただし、駆動制御部20は、水平走査制御回路262に対応するものである。

[0105] 第1の実施形態、及び第2の実施形態において、光スキャナ1、101は

、各々、BDセンサ50、150を備えていたが、これに限らず、光スキャナは、BDセンサを備えず、光スキャナとBDセンサとは、別個の装置であってもよい。この場合、光スキャナの角度決定部は、光スキャナの外部に設けられたBDセンサからタイミング信号を受け取る信号受取部としての機能を有する必要がある。

[0106] 第1の実施形態、及び第2の実施形態において、本発明の検知部の一例としてBDセンサ50、150を挙げたが、これに限らず、圧電体と電極とから構成された検出用素子を光スキャナに設け、検出用素子の出力電圧から光学振れ角を算出し、検知してもよい。検出用素子には、例えば、特開2007-199682号公報に開示されている公知の技術が用いられる。この場合、例えば、第2の実施形態における光スキャナの構造の場合、駆動部105a、105bの揺動軸線AXを挟んだ反対側における捻れ梁部104a、104bと固定部6とに跨って、検出用素子を設ければよい。

[0107] 光スキャナの使用例として、網膜走査ディスプレイ201を示したが、これに限らず、電子写真式複合機や、レーザプリンタ、バーコードリーダ等に用いられてもよい。

[0108] 第1の実施形態におけるSA6、及びSA14、並びに第2の実施形態におけるSB6、及びSB14において、判断部25により現在の電圧値と最初の電圧値との差分が算出されていた。また、算出された差分が、現在までのトータルの電圧変更値とされていた。そして、この算出された差分が1ボルトを超えているか否かが判断部25により判断されていた。しかし、これに限らず、以下に示すような処理により、トータルの電圧変更値が決定されていてもよい。即ち、現在の電圧値と最初の電圧値との差分は算出されず、変更された電圧変更幅分のみが変更値記憶部に記憶されている電圧変更値に逐次加算される。そして、この電圧変更値に電圧変更幅が加算された値がトータルの電圧変更値として決定される。この場合、トータルの電圧変更値が1ボルトを超えると、周波数制御処理に移る際に、それまで記憶されていたトータルの電圧変更値が0ボルトにされる。

[0109] 第1の実施形態におけるSA9、及びSA11、並びに第2の実施形態におけるSB9、及びSB11において、判断部25により現在の周波数値と最初の周波数値との差分が算出されていた。また、算出された差分が、現在までのトータルの周波数変更値とされていた。そして、この算出された差分が30Hzを超えているか否かが判断部25により判断されていた。しかし、これに限らず、以下に示すような処理により、トータルの周波数変更値が決定されていてもよい。即ち、現在の周波数値と最初の周波数値との差分は算出されず、変更された周波数変更幅分のみが変更値記憶部に記憶されている周波数変更値に逐次加算される。そして、この周波数変更値に周波数変更幅が加算された値がトータルの周波数変更値として決定される。この場合、トータルの周波数変更値が30Hzを超えると、電圧制御処理に移る際に、それまで記憶されていたトータルの周波数変更値が0Hzにされる。

[0110] 第1の実施形態、及び第2の実施形態において、電圧変更幅は0.1V、トータルの電圧変更値の制限値は1V、周波数変更幅は1Hz、トータルの周波数変更値の制限値は30Hzであった。しかし、これに限らず、例えば、電圧変更幅は0.05V、トータルの電圧変更値の制限値は0.5V、周波数変更幅は0.5Hz、トータルの周波数変更値の制限値は15Hzなどであってもよい。

符号の説明

- [0111] 1、101 光スキャナ
2、102 揺動体
3、103 ミラー部
5、105a、105b 駆動部
21、121 駆動信号生成部
22、122 信号重畳回路
23、123 直流電圧印加部
24、124 角度決定部
26、126 第1判断部

27、127 第2判断部
28、128 電圧制御部
29、129 周波数制御部
30、130 設定角度記憶部
31、131 範囲記憶部
32、132 第1記憶部
33、133 第2記憶部
50、150 BDセンサ
220 光束生成部
270、290 リレー光学系

請求の範囲

[請求項1]

入射した光束を反射するミラー部を有する揺動体を備える光スキャナであって、

前記揺動体を駆動することで、前記ミラー部を揺動軸線回りに揺動させる駆動部と、

前記駆動部を駆動するための駆動信号を生成し、前記駆動信号を前記駆動部に供給する信号生成部と、

前記信号生成部により生成される前記駆動信号の駆動電圧値が変更されるように前記信号生成部を制御する電圧制御部と、

前記信号生成部により生成される前記駆動信号の駆動周波数値が変更されるように前記信号生成部を制御する周波数制御部と、

前記ミラー部の前記揺動軸線回りの揺動角度を検知する検知部と、

前記ミラー部の前記揺動角度としてあらかじめ設定された設定角度を記憶している設定角度記憶部と、

前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満か否かを判断する第1判断部と、を備え、

前記光スキャナは、共振周波数値の近傍における前記駆動周波数値の変化に対して、前記揺動角度が大きく変化する跳躍現象と、前記電圧制御部により前記駆動信号の駆動電圧値が大きくなるように前記信号生成部が制御された場合に、前記共振周波数値が大きくなる方向、または小さくなる方向にシフトするというシフト現象と、がそれぞれ発生する構成を有し、

前記電圧制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であると前記第1判断部により判断された場合に、前記信号生成部を制御し、

前記周波数制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であると前記第1判断部により判断された場合に、前記電圧制御部により前記信号生成部が制御された後、前記共振周

波数値のシフトする方向と同じ方向に前記駆動信号の駆動周波数値が変更されるように前記信号生成部を制御することを特徴とする光スキャナ。

[請求項2]

前記電圧制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であると前記第1判断部により判断された場合に、前記駆動電圧値を設定する第1設定ステップを繰り返し実行することにより前記駆動電圧値が順次変更されるように前記信号生成部を制御し、

前記周波数制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であると前記第1判断部により判断された場合に、前記電圧制御部により前記信号生成部が制御された後、前記駆動周波数値を設定する第2設定ステップを繰り返し実行することにより前記駆動周波数値が順次変更されるように前記信号生成部を制御することを特徴とする請求項1に記載の光スキャナ。

[請求項3]

前記電圧制御部により実行される前記第1設定ステップの繰り返し実行により変更される前記駆動電圧値の電圧変更幅をあらかじめ記憶している第1記憶部と、

前記周波数制御部により実行される前記第2設定ステップの繰り返し実行により変更される前記駆動周波数値の周波数変更幅をあらかじめ記憶している第2記憶部と、を備え、

前記電圧制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であると前記第1判断部により判断された場合に、前記第1記憶部により記憶されている前記電圧変更幅の分だけ前記駆動電圧値が順次変更されるように前記信号生成部を制御し、

前記周波数制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であると前記第1判断部により判断された場合に、前記電圧制御部により前記信号生成部が制御された後、前記第2記憶部により記憶されている前記周波数変更幅の分だけ前記駆動周波数

値が順次変更されるように前記信号生成部を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の光スキャナ。

[請求項4] 前記設定角度を含む所定の角度範囲をあらかじめ記憶している範囲記憶部と、

前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記範囲記憶部に記憶されている前記所定の角度範囲内の値か否かを判断する第 2 判断部と、を備え、

前記電圧制御部、及び前記周波数制御部は、各々、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であると前記第 1 判断部により判断され、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記範囲記憶部に記憶されている前記所定の角度範囲内の値であると前記第 2 判断部により判断された場合に、前記信号生成部を制御することを停止することを特徴とする請求項 1 に記載の光スキャナ。

[請求項5] 前記光スキャナは、前記電圧制御部により前記駆動信号の駆動電圧値が大きくなるように前記信号生成部が制御された場合に、前記共振周波数値が小さくなるという前記シフト現象が発生する構成を有し、

前記周波数制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であると前記第 1 判断部により判断された場合に、前記電圧制御部により前記信号生成部が制御された後、前記駆動信号の駆動周波数値が小さくなるように前記信号生成部を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の光スキャナ。

[請求項6] 前記光スキャナは、前記電圧制御部により前記駆動信号の駆動電圧値が大きくなるように前記信号生成部が制御された場合に、前記共振周波数値が大きくなるという前記シフト現象が発生する構成を有し、

前記周波数制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であると前記第 1 判断部により判断された場合に、前記電圧制御部により前記信号生成部が制御された後、前記駆動信号の駆動周波数値が大きくなるように前記信号生成部を制御すること

を特徴とする請求項 1 に記載の光スキャナ。

[請求項7] 前記周波数制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度以上であると前記第 1 判断部により判断された場合に、前記共振周波数値のシフトする方向と逆方向に前記駆動信号の駆動周波数値が変更されるように前記信号生成部を制御し、前記電圧制御部は、前記周波数制御部により前記信号生成部が制御された後、前記信号生成部を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の光スキャナ。

[請求項8] 前記周波数制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度以上であると前記第 1 判断部により判断された場合に、前記駆動周波数値を設定する第 3 設定ステップを繰り返し実行することにより前記駆動周波数値が順次変更されるように前記信号生成部を制御し、

前記電圧制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度以上であると前記第 1 判断部により判断された場合に、前記周波数制御部により前記信号生成部が制御された後、前記駆動電圧値を設定する第 4 設定ステップを繰り返し実行することにより前記駆動電圧値が順次変更されるように前記信号生成部を制御することを特徴とする請求項 7 に記載の光スキャナ。

[請求項9] 前記周波数制御部により実行される前記第 3 設定ステップの繰り返し実行により変更される前記駆動周波数値の周波数変更幅をあらかじめ記憶している第 3 記憶部と、

前記電圧制御部により実行される前記第 4 設定ステップの繰り返し実行により変更される前記駆動周電圧の電圧値の電圧変更幅をあらかじめ記憶している第 4 記憶部と、を備え、

前記周波数制御部は、前記第 1 判断部により前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度以上であると判断された場合に、前記第 3 記憶部により記憶されている前記周波数変更幅の分だけ前

記駆動周波数値が順次変更されるように前記信号生成部を制御し、

前記電圧制御部は、前記第 1 判断部により前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度以上であると判断された場合に、前記周波数制御部により前記信号生成部が制御された後、前記第 4 記憶部により記憶されている前記電圧変更幅の分だけ前記駆動電圧値が順次変更されるように前記信号生成部を制御することを特徴とする請求項 7 に記載の光スキャナ。

[請求項 10] 前記設定角度を含む所定の角度範囲をあらかじめ記憶している範囲記憶部と、

前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記範囲記憶部に記憶されている前記所定の角度範囲内の値か否かを判断する第 2 判断部と、を備え、

前記電圧制御部、及び前記周波数制御部は、各々、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度以上であると前記第 1 判断部により判断され、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記範囲記憶部に記憶されている前記所定の角度範囲内の値であると前記第 2 判断部により判断された場合に、前記信号生成部を制御することを停止することを特徴とする請求項 7 に記載の光スキャナ。

[請求項 11] 前記光スキャナは、前記電圧制御部により前記駆動信号の駆動電圧値が大きくなるように前記信号生成部が制御された場合に、前記共振周波数値が小さくなるという前記シフト現象が発生する構成を有し、

前記周波数制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度以上であると前記第 1 判断部により判断された場合に、前記駆動信号の駆動周波数値が大きくなるように前記信号生成部を制御することを特徴とする請求項 7 に記載の光スキャナ。

[請求項 12] 前記光スキャナは、前記電圧制御部により前記駆動信号の駆動電圧値が大きくなるように前記信号生成部が制御された場合に、前記共振周波数値が大きくなるという前記シフト現象が発生する構成を有し、

前記周波数制御部は、前記検知部により検知された前記揺動角度が、前記設定角度以上であると前記第 1 判断部により判断された場合に、前記駆動信号の駆動周波数値が小さくなるように前記信号生成部を制御することを特徴とする請求項 7 に記載の光スキャナ。

[請求項 13]

請求項 1 に記載の光スキャナと、
前記光スキャナに光を供給する光源部と、
前記光スキャナにより走査された走査光を使用者の目に導く光学系と、を備えることを特徴とする画像表示装置。

[請求項 14]

入射した光束を反射するミラー部を有する揺動体と、前記揺動体を駆動することで、前記ミラー部を揺動軸線回りに揺動させる駆動部と、前記駆動部を駆動するための駆動信号を生成し、前記駆動信号を前記駆動部に供給する信号生成部とを備え、共振周波数値の近傍における前記駆動周波数値の変化に対して、前記揺動角度が大きく変化する跳躍現象と、前記駆動信号の駆動電圧値が大きくなる場合に、前記共振周波数値が大きくなる方向、または小さくなる方向にシフトするというシフト現象と、がそれぞれ発生する構成を有する光スキャナに使用される駆動制御方法であって、

前記ミラー部の前記揺動角度としてあらかじめ設定された設定角度を記憶する設定角度記憶ステップと、

前記ミラー部の前記揺動軸線回りの揺動角度を検知する検知ステップと、

前記検知ステップにより検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満か否かを判断する第 1 判断ステップと、

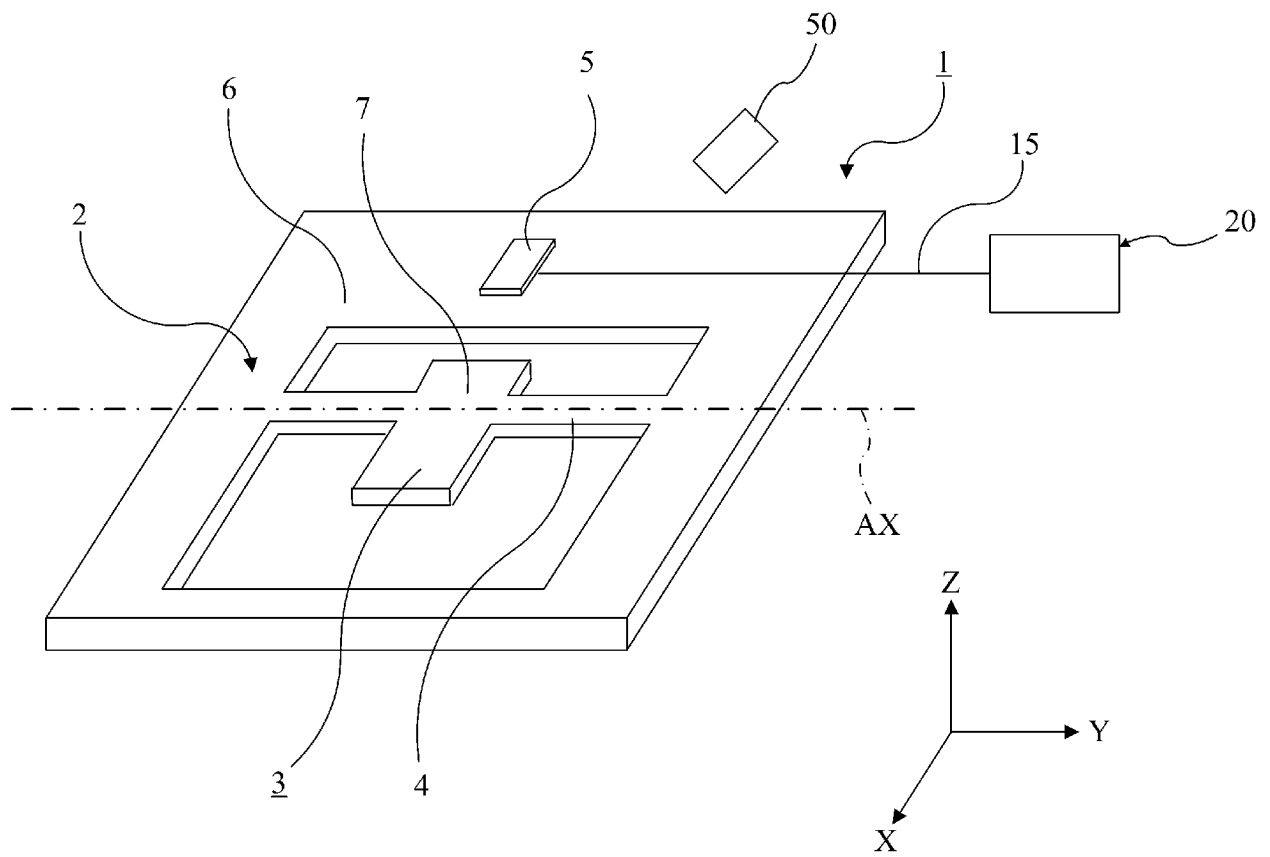
前記検知ステップにより検知された前記揺動角度が、前記設定角度未満であると前記第 1 判断ステップにより判断された場合に、前記駆動信号の駆動電圧値が変更されるように

前記信号生成部を制御する電圧制御ステップと、

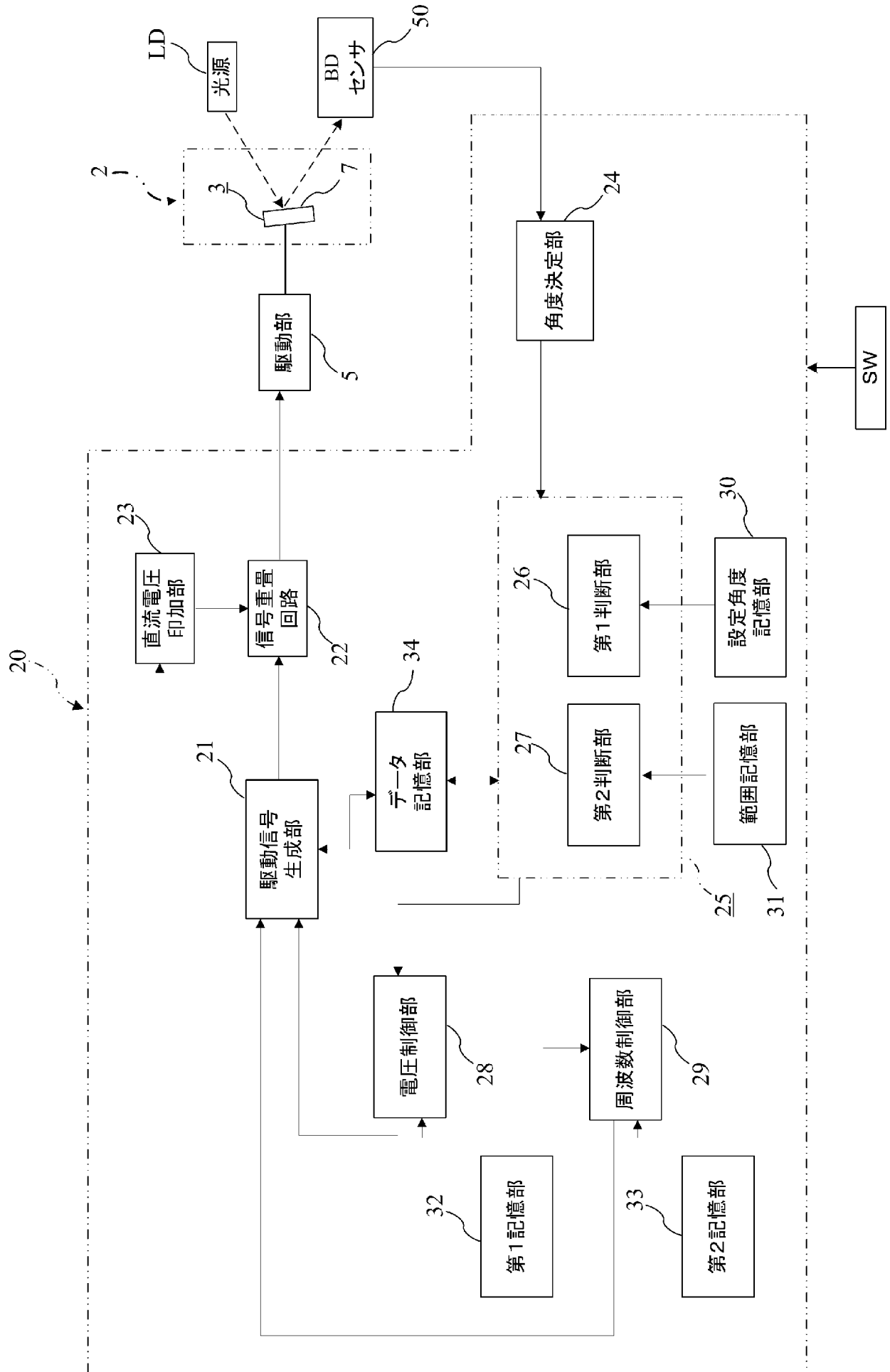
前記検知ステップにより検知された前記揺動角度が、前記設定角度

未満であると前記第 1 判断ステップにより判断された場合に、前記電圧制御ステップにより前記信号生成部が制御された後、前記共振周波数値のシフトする方向と同じ方向に前記駆動信号の駆動周波数値が変更されるように前記信号生成部を制御する周波数制御ステップと、
を備えることを特徴とする駆動制御方法。

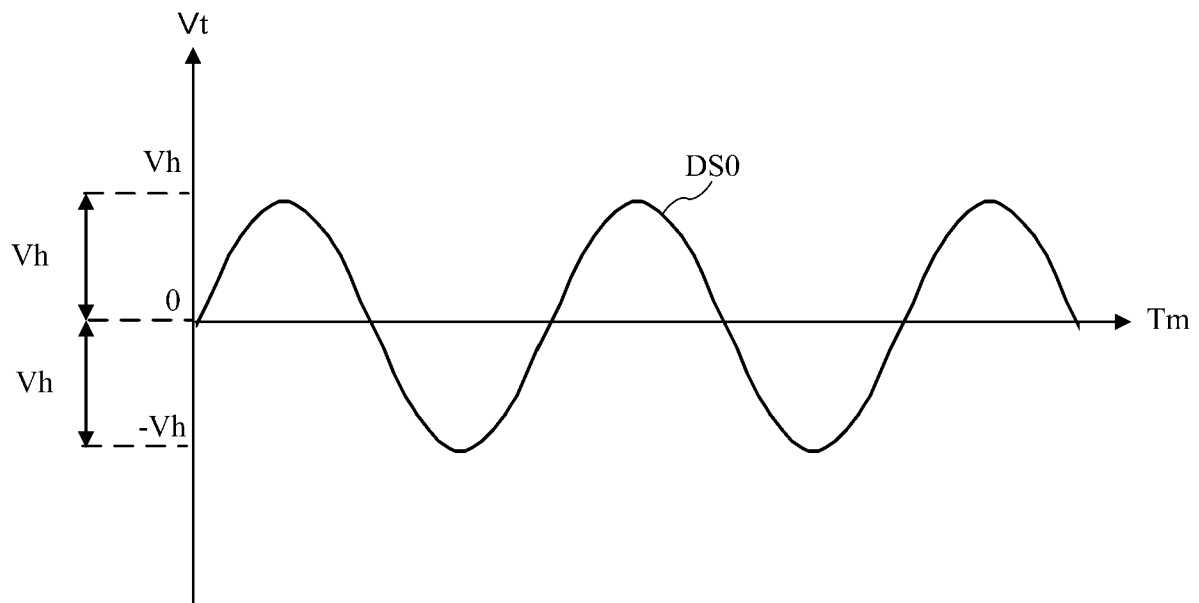
[図1]



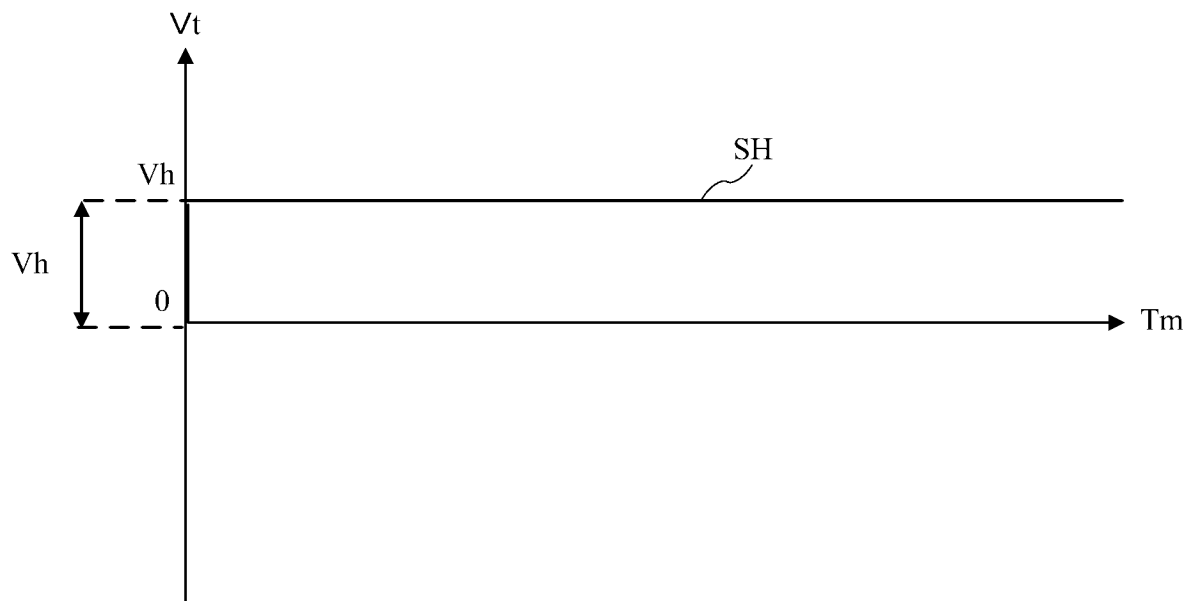
[図2]



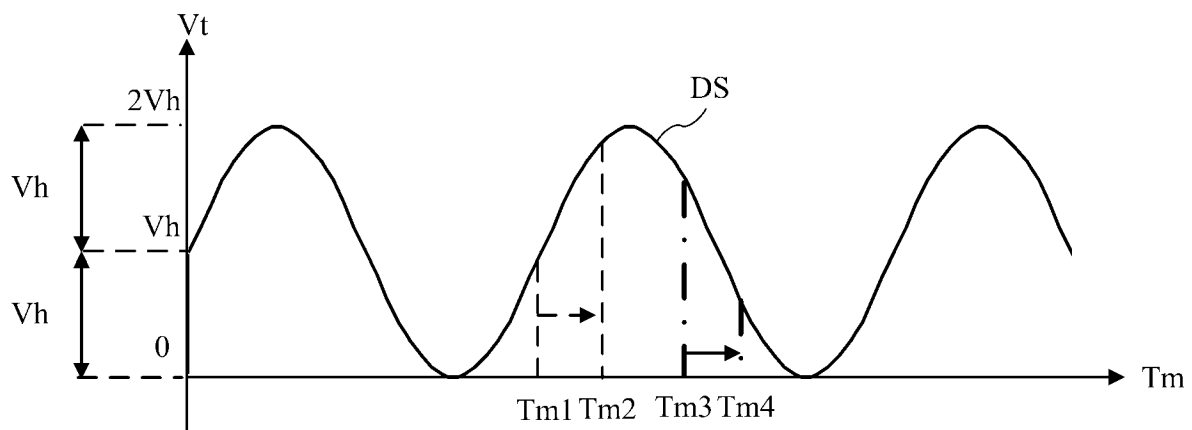
[図3]



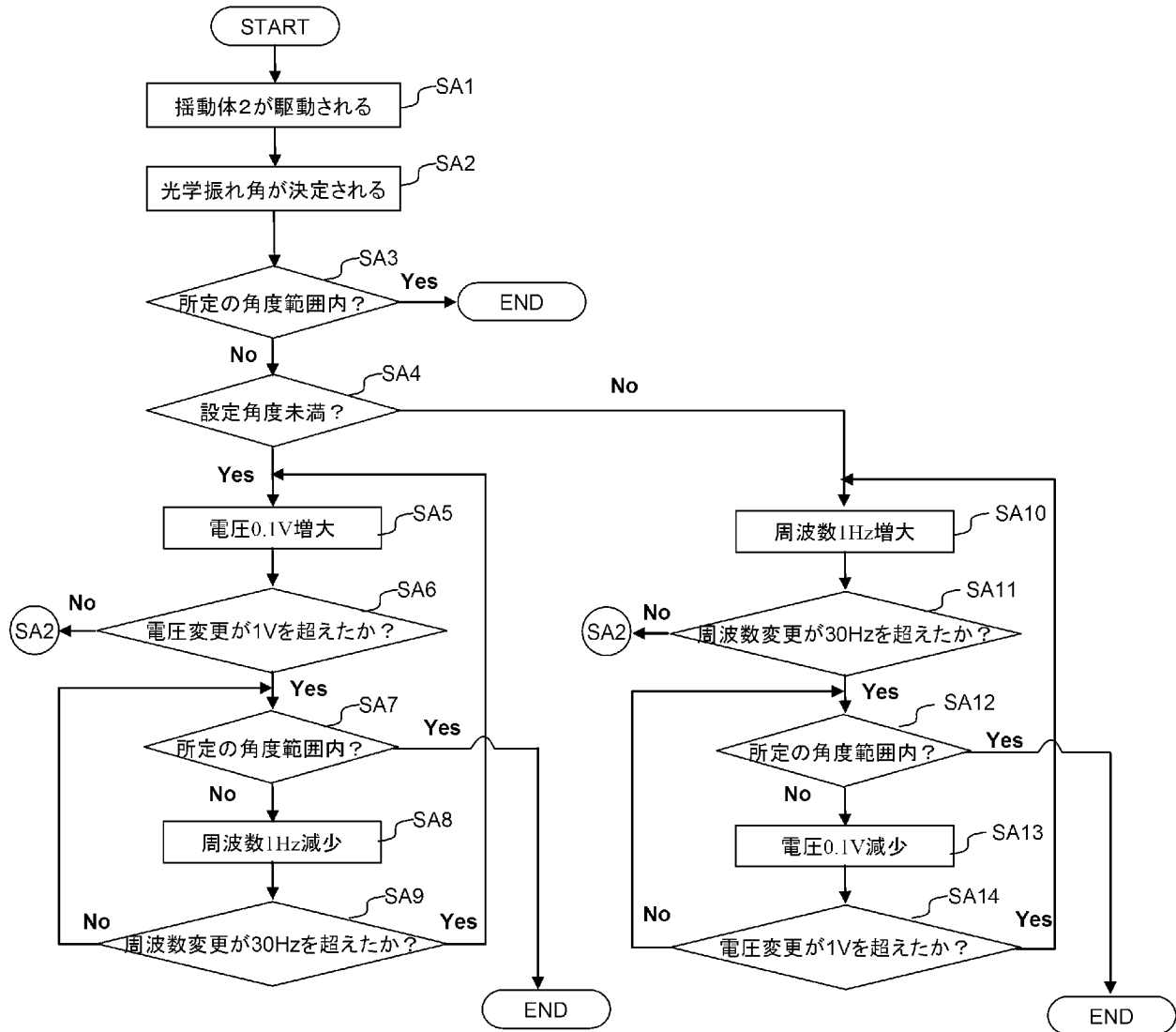
[図4]



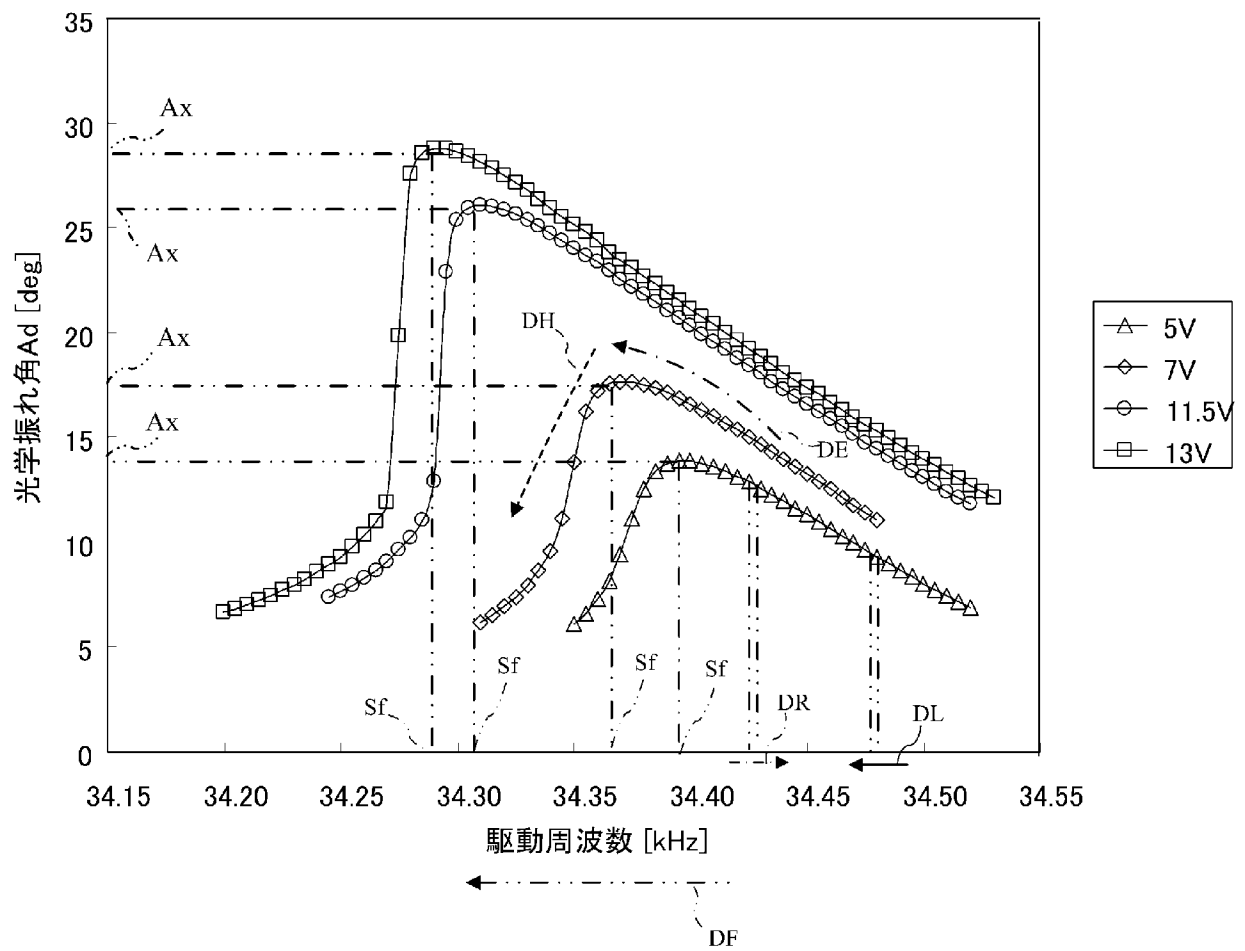
[図5]



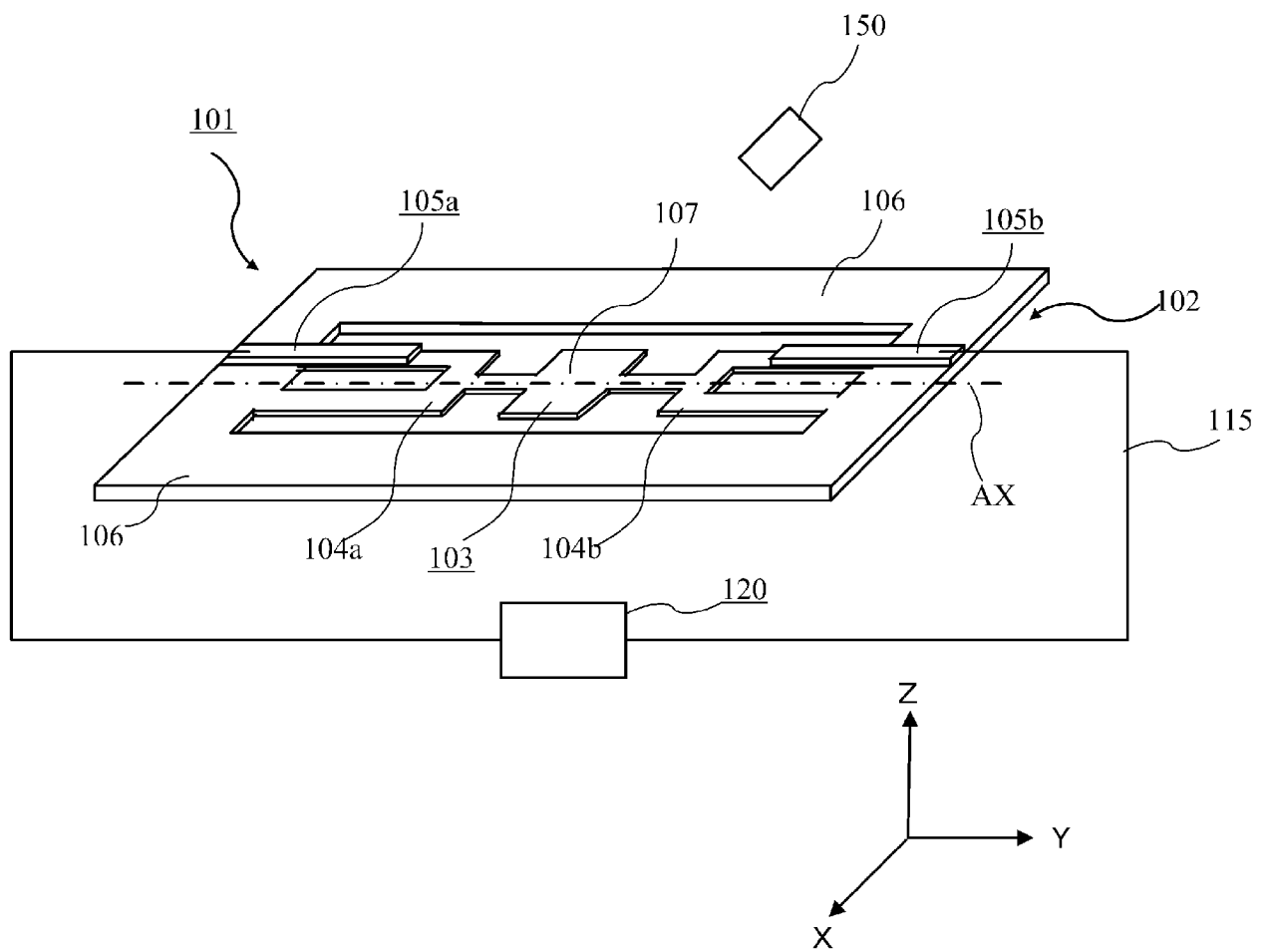
[図6]



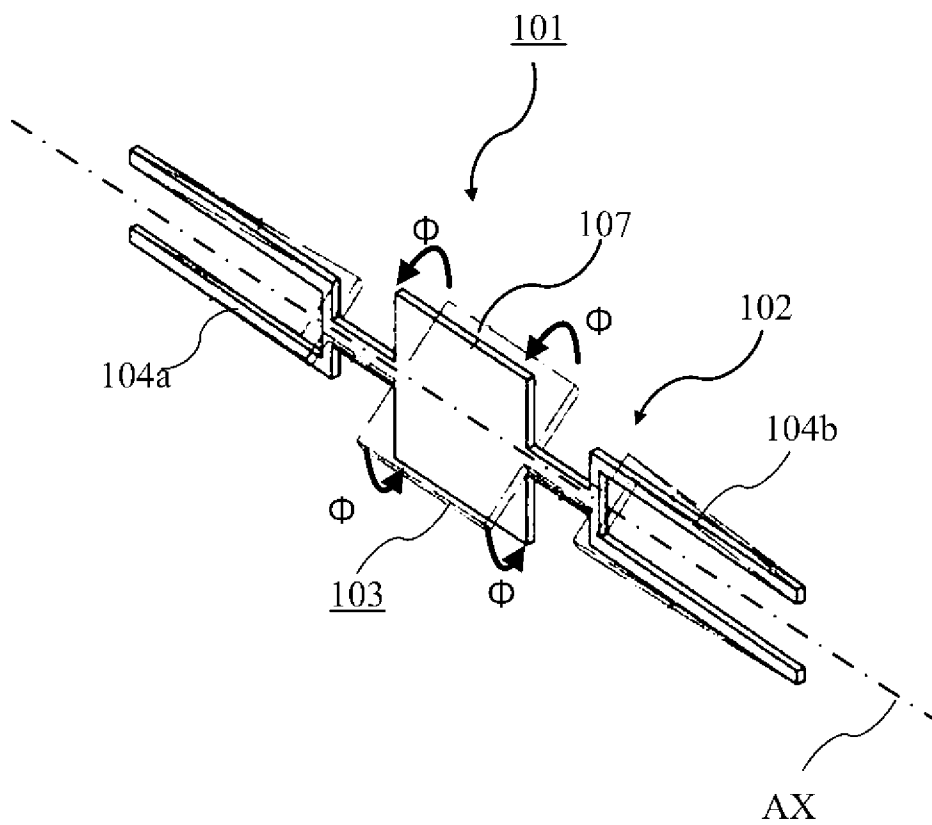
[図7]



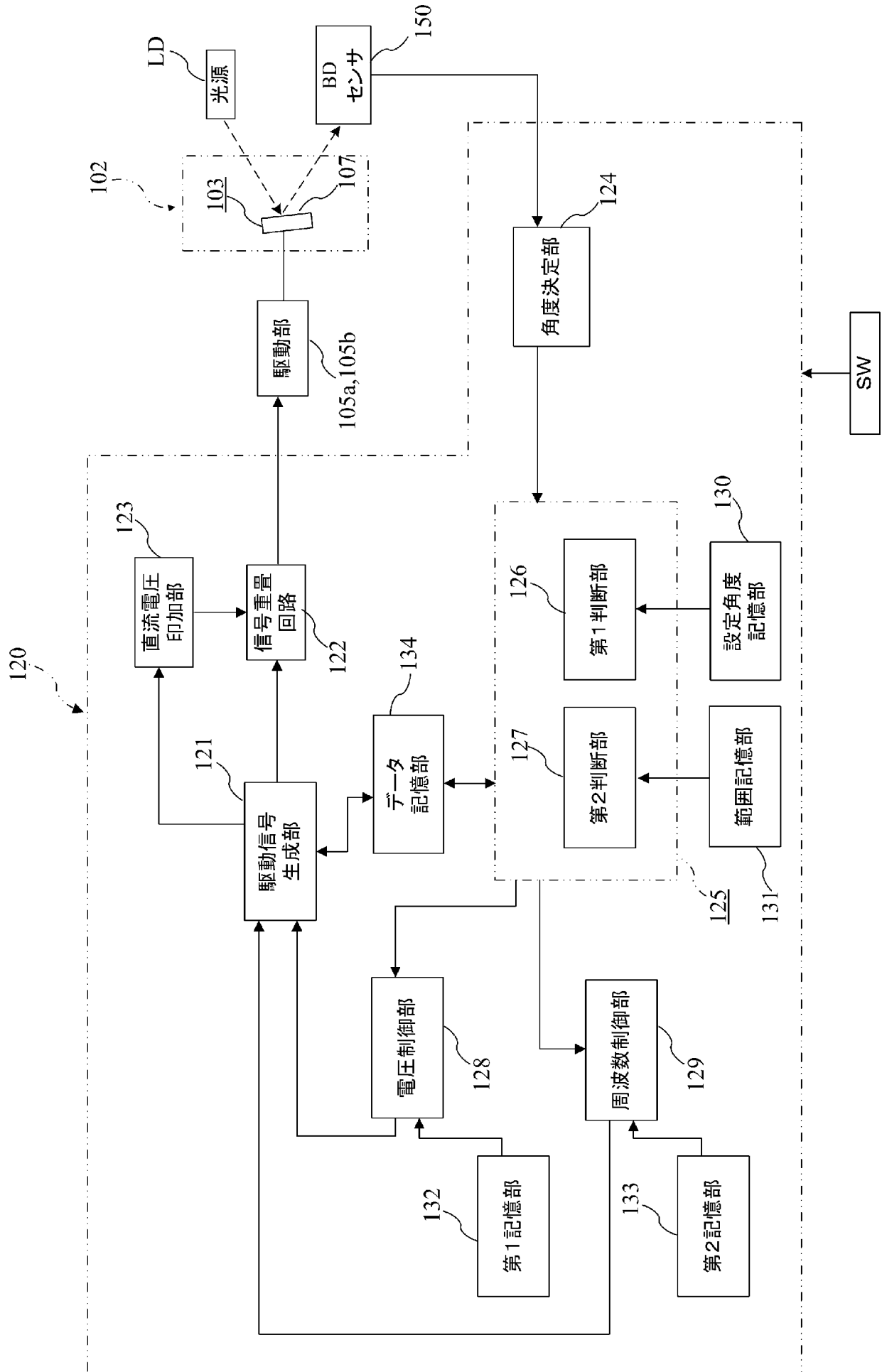
[図8]



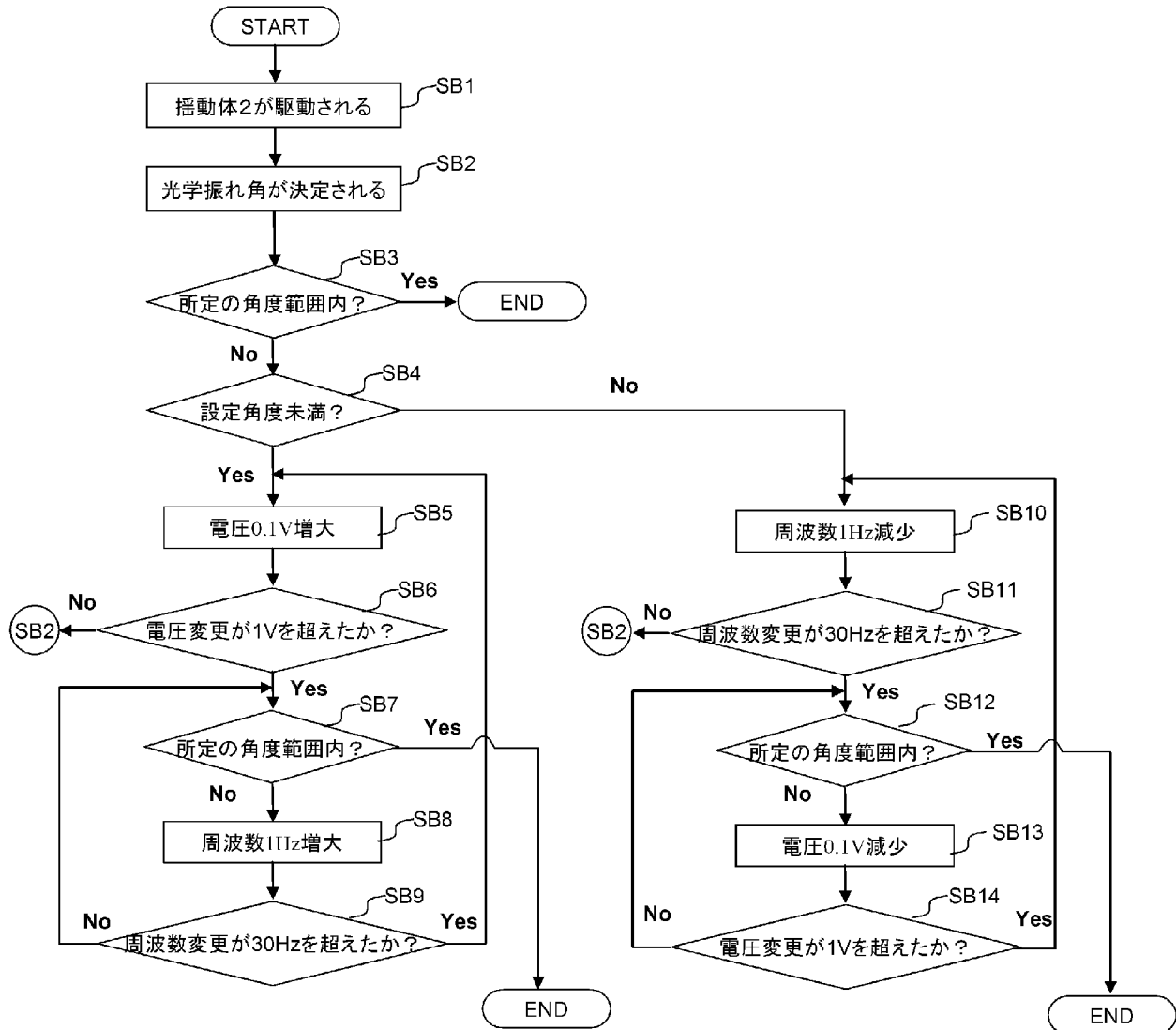
[図9]



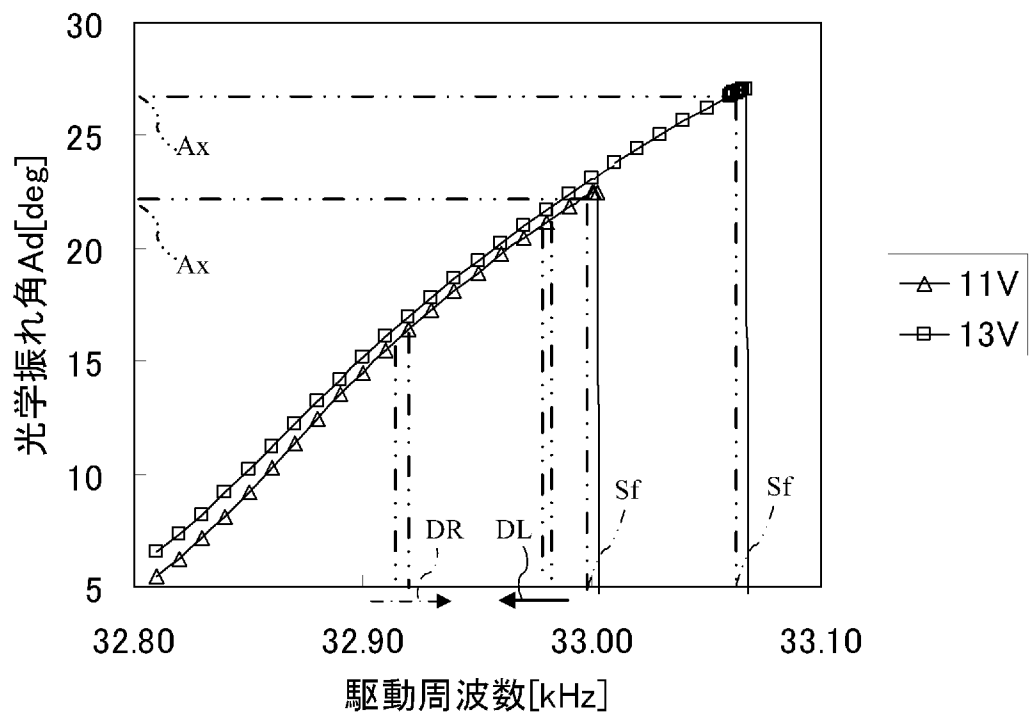
[図10]



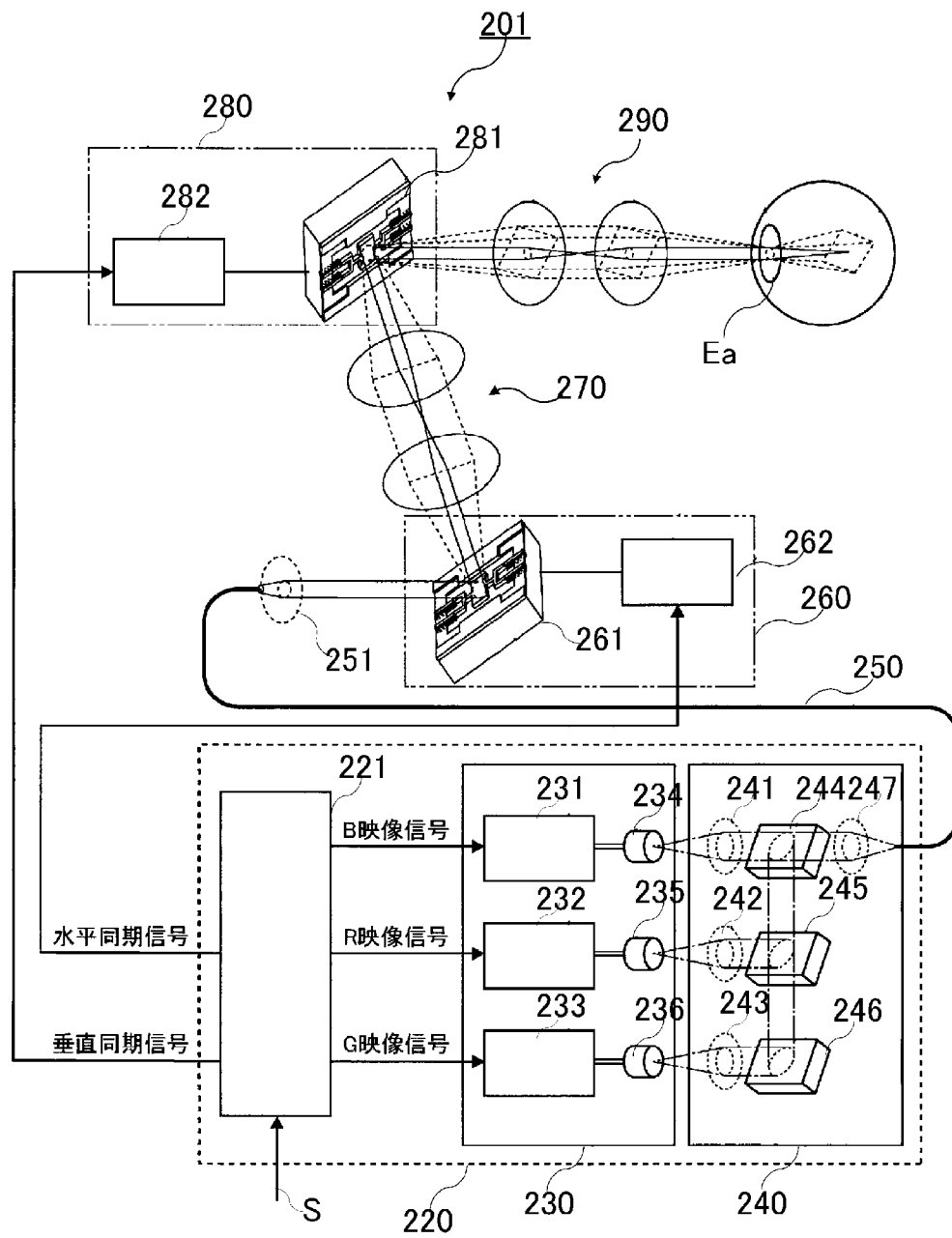
[図11]



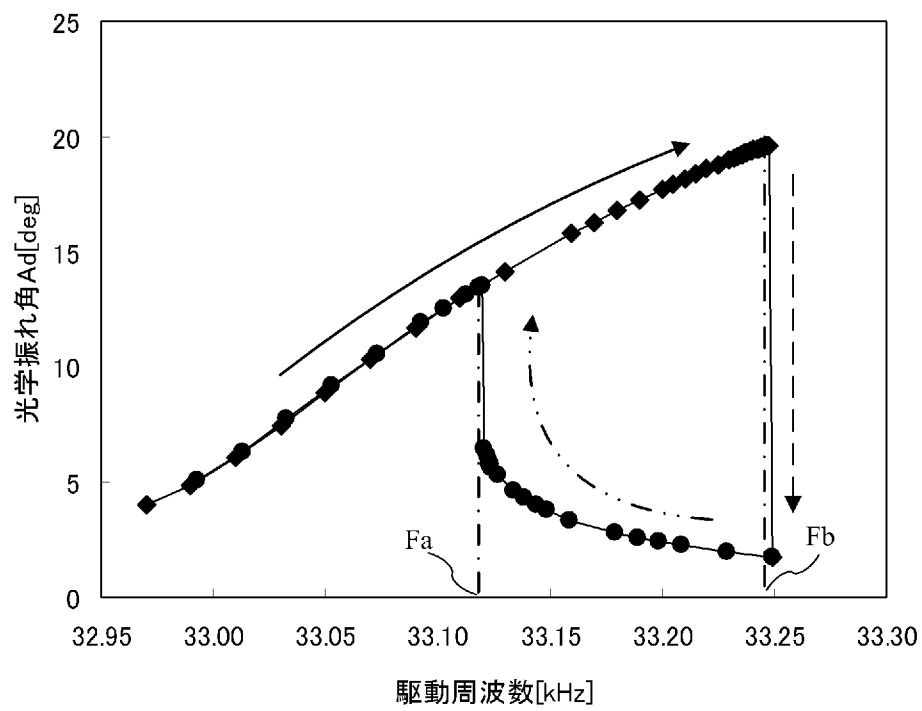
[図12]



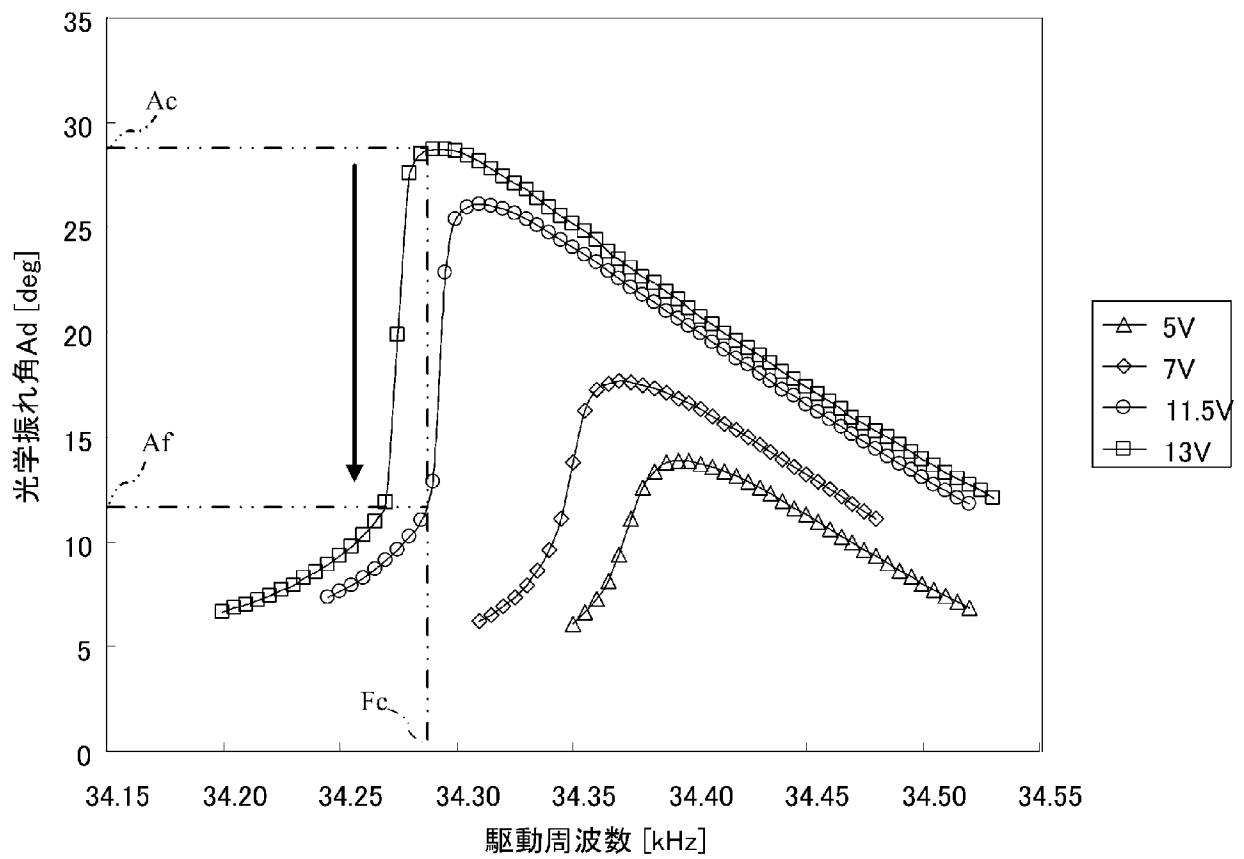
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/069686

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B26/10(2006.01)i, B81B7/02(2006.01)i, H04N1/113(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B26/08, 26/10, B81B7/02, H04N1/113

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2010

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2010 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus (JDreamII), JST7580 (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2007-025608 A (Brother Industries, Ltd.), 01 February 2007 (01.02.2007), paragraphs [0006], [0048] to [0107]; fig. 1 to 8 & US 2008/0144154 A1 & WO 2007/010981 A1	1-6, 13, 14 7-12
Y A	JP 2009-244799 A (Brother Industries, Ltd.), 22 October 2009 (22.10.2009), paragraphs [0032] to [0045] (Family: none)	1-6, 13, 14 7-12
Y A	JP 2007-093644 A (Brother Industries, Ltd.), 12 April 2007 (12.04.2007), paragraphs [0241] to [0310] & WO 2006/082827 A1	1-6, 13, 14 7-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 November, 2010 (22.11.10)

Date of mailing of the international search report

30 November, 2010 (30.11.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/069686

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2005-257811 A (Ricoh Co., Ltd.), 22 September 2005 (22.09.2005), paragraphs [0048] to [0061]; fig. 14, 17 (Family: none)	4, 6 1-3, 5, 7-14
Y A	JP 2008-046450 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 28 February 2008 (28.02.2008), paragraphs [0019] to [0022] (Family: none)	5 1-4, 6-14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B26/10(2006.01)i, B81B7/02(2006.01)i, H04N1/113(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B26/08, 26/10,
B81B7/02,
H04N1/113

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

JSTPlus(JDreamII)
JST7580(JDreamII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2007-025608 A（ブラザー工業株式会社） 2007.02.01, 段落【0006】，【0048】－【0107】，第1-8図	1-6, 13, 14
A	& US 2008/0144154 A1 & WO 2007/010981 A1	7-12
Y	JP 2009-244799 A（ブラザー工業株式会社） 2009.10.22, 段落【0032】－【0045】	1-6, 13, 14
A	（ファミリーなし）	7-12

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 2 . 1 1 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

3 0 . 1 1 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

山本 貴一

2 X

4 0 8 6

電話番号 03-3581-1101 内線 3294

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2007-093644 A (ブラザー工業株式会社) 2007.04.12, 段落【0241】 - 【0310】 & WO 2006/082827 A1	1-6, 13, 14 7-12
Y A	JP 2005-257811 A (株式会社リコー) 2005.09.22, 段落【0048】 - 【0061】, 第14, 17 図 (ファミリーなし)	4, 6 1-3, 5, 7-14
Y A	JP 2008-046450 A (日本電信電話株式会社) 2008.02.28, 段落【0019】 - 【0022】 (ファミリーなし)	5 1-4, 6-14