

ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：ミラー装置 1 は、ファスト軸 A 1 f の周りに揺動可能に支持されると共に、スロー軸 A 2 s の周りに揺動可能に支持されたミラー 1 6 であって、ファスト軸 A 1 f に対する揺動の共振周波数が第一の値でありスロー軸 A 2 s に対する揺動の共振周波数が第一の値よりも低い第二の値であるミラー 1 6 と、ミラー 1 6 をファスト軸 A 1 f の周りに揺動させる動作に起因してスロー軸コイル 1 7 s に発生する誘起信号 N 4 を含む合成信号 N 3 をスロー軸コイル 1 7 s から得ると共に、合成信号 N 3 から誘起信号 N 4 を抽出する信号抽出部 5 4 と、誘起信号 N 4 に応じて、ファスト軸 A 1 f に対するミラー 1 6 の揺動が共振状態となるようにファスト軸駆動信号 N 1 を生成する信号生成部 5 0 と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

ミラー装置、ミラーの駆動方法、光照射装置及び画像取得装置

技術分野

[0001] 本開示は、ミラー装置、ミラーの駆動方法、光照射装置及び画像取得装置に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、電磁駆動型の走査ミラーが開示されている。走査ミラーは、所定軸の周りに共振状態として揺動するように制御される。走査ミラーを駆動するための制御信号は、走査ミラーの駆動によって発生する逆起電力を利用して生成される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2009-258321号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1の装置において、逆起電力は、駆動信号に加算された形で検出されるので、検出された信号から逆起電力に対応する信号成分を抽出する必要がある。しかし、駆動信号の周波数と逆起電力の周波数とが同じであるうえに、駆動信号の振幅に対して逆起電力の振幅が小さい。従って、検出された信号から逆起電力の成分を抽出することは難しかった。走査ミラーの駆動信号は、逆起電力を利用して生成されるので、逆起電力の成分の抽出が難しい場合には、走査ミラーを確実に共振状態として駆動することも困難であった。

[0005] そこで、実施形態は、ミラーを共振状態として駆動できるミラー装置、ミラーの駆動方法、光照射装置及び画像取得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

[0006] 実施形態は、ミラー装置である。ミラー装置は、第一駆動軸の周りに揺動可能に支持されると共に、第一駆動軸と交差する第二駆動軸の周りに揺動可能に支持されたミラーであって、第一駆動軸に対する揺動の共振周波数が第一の値であり、第二駆動軸に対する揺動の共振周波数が第一の値よりも低い第二の値であるミラーと、ミラーを第一駆動軸の周りに揺動させる第一駆動部と、ミラーを第二駆動軸の周りに揺動させる第二駆動部と、ミラーを第一駆動軸の周りに揺動させる動作に起因して第二駆動部に発生する誘起信号を含む合成信号を第二駆動部から得ると共に、合成信号から誘起信号を抽出する信号抽出部と、抽出された誘起信号に応じて、第一駆動軸に対するミラーの揺動が共振状態となるように第一駆動部を制御するための駆動信号を生成する信号生成部と、を備える。

[0007] 別の実施形態は、ミラーの駆動方法である。ミラーの駆動方法は、第一駆動軸の周りに揺動可能に支持されると共に、第一駆動軸と交差する第二駆動軸の周りに揺動可能に支持されたミラーであって、第一駆動軸に対する揺動の共振周波数が第一の値であり、第二駆動軸に対する揺動の共振周波数が第一の値よりも小さい第二の値であるミラーの駆動方法であって、第一駆動部を制御して、ミラーを第一駆動軸の周りに揺動させるステップ（揺動ステップ）と、ミラーを第一駆動軸の周りに揺動させる動作に起因して第二駆動部に発生する誘起信号を含む合成信号を第二駆動部から得るステップ（取得ステップ）と、合成信号から誘起信号を抽出するステップ（抽出ステップ）と、抽出された誘起信号に応じて、第一駆動軸に対するミラーの揺動が共振状態となるように第一駆動部を制御するための駆動信号を生成するステップ（生成ステップ）と、を有する。

[0008] ミラーは、第一駆動部によって、第一駆動軸の周りに揺動される。このミラーが第一駆動軸の周りに揺動している間に、信号抽出部は、第二駆動部から合成信号を得る。この合成信号は、ミラーを第一駆動軸の周りに揺動させる動作に起因して第二駆動部に発生した誘起信号を含む。誘起信号は、第一

駆動部の動作に起因するので、その周波数は第一駆動軸に対するミラーの揺動における周波数に対応する。第一駆動軸に対するミラーの揺動における周波数は、第二駆動軸に対するミラーの周波数よりも高いので、第二駆動部から得られる信号から誘起信号を容易に抽出することが可能である。そして、信号生成部は、誘起信号に応じて、第一駆動部に提供する駆動信号を生成する。従って、第一駆動部によってミラーを揺動させた結果を、第二駆動部から誘起信号として得ることが可能になる。これにより、第一駆動軸に対するミラーの揺動に関するフィードバックループ系が構成されるので、第一駆動軸に対するミラーを確実に共振状態として駆動することができる。

[0009] 信号生成部は、信号生成部から第一駆動部に入力される駆動信号の位相と信号抽出部において得られた誘起信号の位相との位相差に応じて駆動信号を生成してもよい。また、生成ステップは、第一駆動部に入力される駆動信号の位相と抽出ステップにおいて得られた誘起信号の位相との位相差に応じて駆動信号を生成してもよい。さらに、信号生成部は、位相差が一定値になるように、駆動信号を生成してもよい。また、生成ステップは、位相差が一定値になるように、駆動信号を生成してもよい。さらに、信号生成部は、位相差が小さくなるように、駆動信号を生成してもよい。生成ステップは、位相差が小さくなるように、駆動信号を生成してもよい。これらの構成によれば、駆動信号の周波数と第一駆動軸に対するミラーの揺動における共振周波数とのずれが、駆動信号の位相と誘起信号の位相との位相差として示される。この位相差を一定値とする、或いは小さくするように、駆動信号の周波数を調整することにより、駆動信号の周波数を共振周波数に容易に調整することができる。この一定値は、ゼロであってもよい。

[0010] 信号生成部は、信号抽出部において得られた誘起信号の振幅に応じて駆動信号を生成してもよい。また、生成ステップは、抽出ステップにおいて得られた誘起信号の振幅に応じて駆動信号を生成してもよい。さらに、信号生成部は、誘起信号の振幅が大きくなるように、駆動信号を生成してもよい。また、生成ステップは、誘起信号の振幅が大きくなるように、駆動信号を生成

してもよい。これらの構成によれば、駆動信号の周波数と第一駆動軸に対するミラーの揺動における共振周波数とのずれが、誘起信号の振幅として示される。この振幅が大きくなるように、駆動信号の周波数を調整することにより、駆動信号の周波数を共振周波数に容易に調整することができる。

[0011] 信号抽出部は、信号フィルタ部を含み、信号フィルタ部は、第二の値より大きい周波数を含む信号を通過させてもよい。また、抽出ステップは、信号フィルタ部により、第二の値より大きい周波数を含む信号を通過させてもよい。さらに、信号フィルタ部は、第二の値より小さい周波数を含む信号を減衰させてもよい。また、抽出ステップは、信号フィルタ部により、第二の値より小さい周波数を含む信号を減衰させてもよい。これらの構成によれば、合成信号から精度よく誘起信号を抽出することができる。

[0012] 信号抽出部は、信号増幅器を含み、信号増幅部は、第二値より大きい周波数を含む信号を増幅してもよい。また、抽出ステップは、信号増幅器により、第二の値より大きい周波数を含む信号を増幅してもよい。この構成によれば、合成信号から精度よく誘起信号を抽出することができる。

[0013] また、さらに別の実施形態は、対象物に光を照射する光照射装置である。光照射装置は、光を出力する光源と、光源から出力された光を走査する上述のミラー装置と、を備える。また、別の実施形態は、対象物に光を照射する光照射方法である。光照射方法は、光源から光を出力する出力ステップと、光源から出力された光を走査する上述のミラー駆動方法、を備える。さらに、別の形態は、対象物の画像を取得する画像取得装置である。画像取得装置は、上述の光照射装置と、光照射装置による光の照射に伴って対象物で発生する光を検出する光検出器と、を備える。また、別の実施形態は、対象物の画像を取得する画像取得方法である。画像取得方法は、上述の光照射方法と、光照射方法による光の照射に伴って対象物で発生する光を検出する検出ステップと、を備える。これらの形態によれば、ミラー装置によって、ミラーを第一駆動軸の周りにおいて確実に共振状態として駆動することができるため、光の照射及び画像取得を確実に行うことができる。

発明の効果

[0014] 実施形態によれば、走査ミラーを確実に共振状態として駆動できるミラー装置、ミラーの駆動方法、光照射装置及び画像取得装置が提供される。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]図1は、実施形態に係るミラー装置の構成を示す斜視図である。

[図2]図2は、図1に示されたミラーユニットを分解して示す斜視図である。

[図3]図3は、図2に示されたミラー構造体を示す斜視図である。

[図4]図4は、ミラー構造体における第一コイル及び第二コイルの配置を示す斜視図である。

[図5]図5は、図1に示された制御ユニットの構成を示すブロック図である。

[図6]図6は、制御ユニットにおいて扱われる信号を例示する図である。

[図7]図7は、図5に示された信号抽出部において抽出される信号の帯域を示す図である。

[図8]図8は、図5に示されたコントローラの構成を示すブロック図である。

[図9]図9は、駆動信号及び誘起信号の位相関係及び駆動信号及び誘起信号の振幅関係を示すグラフである。

[図10]図10は、ミラーの駆動方法における主要なステップを示す図である。

[図11]図11は、変形例に係る制御ユニットが有するコントローラの構成を示すブロック図である。

[図12]図12は、別の変形例に係る制御ユニットが有するコントローラの構成を示すブロック図である。

[図13]図13は、さらに別の変形例に係る制御ユニットの構成を示すブロック図である。

[図14]図14は、ミラー装置を備える光照射装置の構成を示す概略図である。

[図15]図15は、ミラー装置を備える画像取得装置の構成を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、添付図面を参照しながらミラー装置、ミラーの駆動方法、光照射装置及び画像取得装置を詳細に説明する。図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

[0017] 図1に示されるように、実施形態に係るミラー装置1は、ミラーユニット2と、制御ユニット3と、を有する。ミラーユニット2には、光L1が入射する。光L1は、例えば、レーザ光などのコヒーレント光あるいは発光ダイオードから出力された光などのインコヒーレント光を含む。そして、ミラーユニット2は、反射光L2の光路を変更しながら、入射された光L1を反射する。制御ユニット3は、ミラーユニット2に対して駆動信号を入力する。反射光L2の光路は、この駆動信号に基づいて制御される。

[0018] 図2は、ミラーユニット2の分解斜視図である。説明の便宜のために、各図にはX軸、Y軸及びZ軸を付す。図2に示されるように、ミラーユニット2は、ミラー構造体10と、下部磁性体20と、キャップ構造体30と、筐体40と、を有する。筐体40は、略直方体形状を有し、ミラー構造体10及び下部磁性体20を収容する。下部磁性体20は、筐体40の底面42上に配置される。ミラー構造体10は、下部磁性体20の上方（Z軸正方向の側）に配置される。キャップ構造体30は、筐体40の開口部41を覆うように配置される。

[0019] 図3及び図4を参照して、ミラー構造体10の構成について詳細に説明する。図3は、ミラー構造体10の斜視図である。図4は、ミラー構造体10における第二コイル17a及び第一コイル18aの配置を示す斜視図である。図3及び図4に示されるように、ミラー構造体10は、支持部11と、第二可動部12と、第一可動部13と、ミラー16とを有する。第二可動部12は、支持部11に連結される。第一可動部13は、第二可動部12に連結される。ミラー16は、第一可動部13に支持される。

[0020] 支持部11は、枠体であり、Z軸方向から見た場合に矩形状を呈する。支持部11には、矩形の開口部11aが設けられる。開口部11aの外縁のう

ち、X軸方向に延びる2辺には、略矩形の一对の凹部11b、11bが設けられる。

[0021] 第二可動部12は、支持部11の開口部11a内に配置される。第二可動部12は、一对の第二梁部14、14により、支持部11に連結される。また、第二可動部12は、一对の第一梁部15、15により、第一可動部13に物理的に連結される。一对の第二梁部14、14は、Y軸に平行な直線A2上に位置し、第二可動部12の両側に設けられる。第二梁部14は、第二可動部12を支持部11に対して直線A2の周りに揺動可能に支持する。第二梁部14は、Z方向から見て蛇行形状とされる。このような形状によれば、第二梁部14は、直線A2の周りにおける比較的小さいねじり剛性を有する。第二可動部12は、矩形の開口部12aを有する。

[0022] 第一可動部13は、枠体であり、Z軸方向から見た場合に矩形状を呈する。第一可動部13には、矩形の開口部13aが設けられる。第一可動部13は、一对の第一梁部15、15により、第二可動部12に連結される。また、第一可動部13は、ミラー16に物理的に連結される。一对の第一梁部15、15は、X軸に平行な直線A1上に位置し、第一可動部13の両側に設けられる。第一梁部15は、第一可動部13を第二可動部12に対して直線A1の周りに揺動可能に支持する。第一梁部15は、X軸方向に直線状に延びる。このような形状によれば、第一梁部15は、直線A1の周りにおける比較的大きいねじり剛性を有する。例えば、第一梁部15のねじり剛性は、第二梁部14のねじり剛性より大きい。

[0023] ミラー16は、第一可動部13上において、キャップ構造体30に対向する面の上に配置される。ミラー16は、金属薄膜等により構成された光反射膜を有する。

[0024] 上述したように、ミラー16は、直線A2の周りに揺動すると共に、直線A1の周りに揺動する。この揺動動作についてさらに説明する。まず、ミラー構造体10は、第一可動部13及びミラー16を質量要素とし、一对の第一梁部15を弾性要素とする第一振動系を構成する。この第一振動系は、第

一可動部 13 及びミラー 16 の合計質量と、第一梁部 15 の弾性係数とに基づく共振周波数を有する。以下、第一振動系の共振周波数を第一共振周波数という。より詳細には、第一振動系は、直線 A1 の周りにおける揺動（往復回転運動）であるので、合計質量は直線 A1 の周りにおける慣性モーメントであり、弾性係数は第一梁部 15 のねじり剛性である。

[0025] さらに、ミラー構造体 10 は、第二可動部 12、第一可動部 13 及びミラー 16 を質量要素とし、一对の第二梁部 14 を弾性要素とする第二振動系を構成する。この第二振動系は、第二可動部 12、第一可動部 13 及びミラー 16 の合計質量と、第二梁部 14 の弾性係数とに基づく共振周波数を有する。以下、第二振動系の共振周波数を第二共振周波数という。より詳細には、第二振動系は、直線 A2 の周りにおける揺動（往復回転運動）であるので、合計質量は直線 A2 の周りにおける慣性モーメントであり、弾性係数は第二梁部 14 のねじり剛性である。

[0026] ここで、第一振動系の慣性モーメントは、第二可動部 12 の慣性モーメントの分だけ第二振動系の慣性モーメントよりも小さい。また、第一振動系のねじり剛性は、第二振動系のねじり剛性よりも大きい。共振周波数（より正確には固有周波数）は、慣性モーメント（質量）に反比例し、ねじり剛性（弾性係数）に比例する。このため、第一振動系の共振周波数は、第二振動系の共振周波数よりも大きい。

[0027] 図 4 に示されるように、ミラー構造体 10 は、第二コイル 17a と、第一コイル 18a とをさらに有する。第二コイル 17a は、第二可動部 12 に配置される。第二コイル 17a は、下部磁性体 20（図 2 参照）及びキャップ構造体 30（図 2 参照）と協働して、ミラー 16 を直線 A2（図 3 参照）の周りに揺動させる電磁力を発生させる。従って、第二コイル 17a、下部磁性体 20 及びキャップ構造体 30 は、第二駆動部 D2 を構成する。第二駆動部 D2 は、第一駆動部 D1 と物理的に連結される。第二コイル 17a は、Z 方向から見て長形状を有する。なお、以下の説明において、長方形には、正方形が含まれるものとする。第二コイル 17a は、一方の第二梁部 14 上

に配置された配線 17 b により、支持部 11 上の一对のパッド 17 c, 17 c に電氣的に接続される。従って、一对のパッド 17 c, 17 c の間に電流を供給することにより、第二コイル 17 a に電流が供給される。

[0028] 第一コイル 18 a は、第一可動部 13 に配置される。第一コイル 18 a は、下部磁性体 20 及びキャップ構造体 30 と協働して、ミラー 16 を直線 A1 の周りに揺動させる電磁力を発生させる。従って、第一コイル 18 a、下部磁性体 20 (図 2 参照) 及びキャップ構造体 30 (図 2 参照) は、第一駆動部 D1 を構成する。従って、第一駆動部 D1 は、ミラー 16 と物理的に連結される。また、第一コイル 18 a は、Z 方向から見て長形状を有する。第一コイル 18 a は、第一梁部 15 上、第二可動部 12 上及び他方の第二梁部 14 上に配置された配線 18 b により、支持部 11 上の一对のパッド 18 c, 18 c に電氣的に接続される。従って、一对のパッド 18 c, 18 c の間に電流を供給することにより、第一コイル 18 a に電流が供給される。

[0029] 上述した構成を有するミラー構造体 10 は、例えば、シリコン等の半導体基板に対して異方性エッチング等の加工を行って第二可動部 12、第一可動部 13、第二梁部 14、第一梁部 15 を形成することにより、一体として形成される。

[0030] 図 2 に示されるように、下部磁性体 20 は、一体として形成された直方体形状を有する。下部磁性体 20 は、ミラー構造体 10 のミラー 16 が配置された面の裏面側、すなわち Z 軸負方向側に配置される。

[0031] 下部磁性体 20 は、第一磁性部 21 と、第二磁性部 22 と、第三磁性部 23 と、を有する。第一磁性部 21 及び第二磁性部 22 は、第二コイル 17 a 及び第一コイル 18 a の各辺が延びる方向 (すなわち X 軸方向及び Y 軸方向) に交差する方向に配置される。より詳細には、第一磁性部 21 及び第二磁性部 22 は、それぞれ、下部磁性体 20 において、下部磁性体 20 の底面の対角線方向における一端側及び他端側に配置される。第三磁性部 23 は、第一磁性部 21 と第二磁性部 22 との間に配置される。このように第一磁性部 21、第二磁性部 22 及び第三磁性部 23 が配置されることにより、第一磁

性部 2 1、第二磁性部 2 2 及び第三磁性部 2 3 は、例えば筐体 4 0 の底面の対角線方向に平行な方向の磁界を発生させる。

[0032] キャップ構造体 3 0 は、板状部材であり、Z 軸方向から見た場合に矩形を呈する。キャップ構造体 3 0 は、ミラー構造体 1 0 のミラー 1 6 が配置された面側、すなわち Z 軸正方向側に配置される。キャップ構造体 3 0 は、例えばネオジム系磁石又はサマリウムコバルト系磁石を用いて構成してよい。第一領域 3 1 及び第二領域 3 2 は、第二コイル 1 7 a 及び第一コイル 1 8 a の各辺が延びる方向（すなわち X 軸方向及び Y 軸方向）に交差する方向に配列される。

[0033] ところで、第一振動系の共振周波数が第二振動系の共振周波数よりも高いことは、既に述べた。この関係に基づいて、以下の説明において、第一振動系に関する構成について「ファスト」の名称を利用して説明することがある。例えば、第一振動系に関する直線 A 1 は、「ファスト軸」（第一駆動軸）ともいい、第一振動系の共振周波数は「ファスト軸共振周波数」ともいい、第一振動系に関する第一コイルは、「ファスト軸コイル」ともいう。一方、第二振動系に関する構成について「スロー」の名称を利用して説明することがある。例えば、第二振動系に関する直線 A 2 は、「スロー軸」（第二駆動軸）ともいい、第二振動系の共振周波数は「スロー軸共振周波数」ともいい、第二振動系に関する第二コイルは、「スロー軸コイル」ともいう。

[0034] 図 5 は、制御ユニット 3 の構成を示すブロック図である。制御ユニット 3 は、ミラーユニット 2 を制御するための駆動信号を生成する。制御ユニット 3 は、コントローラ 5 1 と、ファスト軸コイル駆動回路 5 2 と、スロー軸コイル駆動回路 5 3 と、信号抽出部 5 4 と、を有する。

[0035] コントローラ 5 1 は、ファスト軸制御信号（第 1 制御信号）N 1 a（図 6 の（a）部参照）とスロー軸制御信号（第 2 制御信号）N 2 a（図 6 の（b）部参照）とを生成する。ファスト軸制御信号 N 1 a は、ミラー 1 6 をファスト軸 A 1 f の周りに揺動させる動作のための制御信号である。また、ファスト軸制御信号 N 1 a は、第一振動系の共振周波数であるファスト軸共振周

波数の成分が含まれた信号である。コントローラ 5 1 は、ファスト軸制御信号 N 1 a の波形を正弦波状に設定すると共に、ファスト軸制御信号 N 1 a の周波数（ファスト軸制御周波数）をファスト軸共振周波数（第一の値）に設定する。なお、ファスト軸制御信号 N 1 a の波形は、正弦波状に限らず、矩形状など他の形状であってもよい。スロー軸制御信号 N 2 a は、ミラー 1 6 を直線 A 2 の周りに揺動させる動作のための制御信号である。コントローラ 5 1 は、スロー軸制御信号 N 2 a の波形をノコギリ波状又は三角波に設定すると共に、スロー軸制御信号 N 2 a の周波数（スロー軸制御周波数）を設定する。スロー軸制御周波数は、一般的に、スロー軸共振周波数（第二の値）よりも低く設定される。また、一般的に、スロー軸共振周波数（第二の値）は、ファスト軸共振周波数（第一の値）の $1/100 \sim 1/1000$ 程度であるため、第二の値は、第一の値よりも小さくなる。なお、スロー軸制御信号 N 2 a の波形は、ノコギリ歯状又は三角波に限られない。

[0036] ここで、ファスト軸制御信号 N 1 a の周波数は、ミラーユニット 2 の状態に応じて適宜変更される。ファスト軸共振周波数は、ミラーユニット 2 が配置された環境や使用時間によって変化する。例えば、温度が変化すると、第一梁部 1 5 を構成する材料のねじり剛性が変化するので、ファスト軸共振周波数も変化する。このため、ファスト軸制御信号 N 1 a の周波数を予め設定された固定値とした場合、実際のファスト軸共振周波数（すなわち、第一の値）に対してファスト軸制御信号 N 1 a の周波数がずれることがあり得る。そこで、コントローラ 5 1 は、ファスト軸制御信号 N 1 a の周波数を適宜調整する構成を有する。このファスト軸制御信号 N 1 a の周波数を調整する構成については、後に詳細に説明する。

[0037] ファスト軸コイル駆動回路 5 2 は、コントローラ 5 1 に接続され、コントローラ 5 1 からファスト軸制御信号 N 1 a を受け取る。ファスト軸コイル駆動回路 5 2 は、ファスト軸制御信号 N 1 a に応じてファスト軸駆動信号 N 1（図 6 の（c）部参照）を生成する。そして、ファスト軸コイル駆動回路 5 2 は、ファスト軸コイル 1 8 f に電氣的に接続され、ファスト軸駆動信号 N

1 をファスト軸コイル 18 f に出力する。スロー軸コイル駆動回路 53 は、コントローラ 51 に接続され、コントローラ 51 からスロー軸制御信号 N2 a を受け取る。スロー軸コイル駆動回路 53 は、スロー軸制御信号 N2 a に応じてスロー軸駆動信号 N2 (図 6 の (d) 部参照) を生成する。そして、スロー軸コイル駆動回路 53 は、スロー軸コイル 17 s に電氣的に接続され、当該スロー軸駆動信号 N2 をスロー軸コイル 17 s に出力する。

[0038] 信号抽出部 54 は、スロー軸コイル駆動回路 53 とスロー軸コイル 17 s とに電氣的に接続される。つまり、信号抽出部 54 は、スロー軸駆動部 (第二駆動部 D2) と電氣的に接続される。信号抽出部 54 は、スロー軸コイル 17 s から出力される合成信号 N3 (図 6 の (e) 部参照) を取得する。そして、信号抽出部 54 は、取得した合成信号 N3 からファスト軸制御信号 N1 a の周波数の生成に用いられる誘起信号 N4 (図 6 の (f) 部参照) を抽出する。信号抽出部 54 は、抽出された誘起信号 N4 をコントローラ 51 に出力する。

[0039] ここで、発明者は、ファスト軸コイル 18 f とスロー軸コイル 17 s とは磁氣的には相互に結合され、ファスト軸コイル 18 f が揺動したときにスロー軸コイル 17 s にはその揺動に応じて逆起電力が発生することを見出した。この逆起電力に起因する信号が、誘起信号 N4 である。この誘起信号 N4 は、信号抽出部 54 により得られる。信号抽出部 54 は、スロー軸コイル 17 s から得られる合成信号 N3 から誘起信号 N4 を抽出する。ここで、信号抽出部 54 に入力される合成信号 N3 (図 6 の (e) 部参照) は、逆起電力に起因する誘起信号 N4 (図 6 の (f) 部) に加えて、スロー軸駆動信号 N2 (図 6 の (d) 部参照) も含む。そのため、信号抽出部 54 は、信号増幅器 (シグナルアンプリファイア) 54 a (信号増幅部)、あるいは信号フィルタ (信号フィルタ部) 54 b などを用いて、合成信号 N3 から誘起信号 N4 を抽出する。例えば、信号増幅器 54 a は、誘起信号 N4 が有する周波数成分を増幅する。また、信号フィルタ 54 b は、誘起信号 N4 が有する周波数成分を通過させ、スロー軸駆動信号 N2 が有する周波数成分を減衰させる

。信号抽出部 5 4 は、信号増幅器 5 4 a と信号フィルタ 5 4 b の両方を含んでもよいし、どちらか一方を含んでもよい。

[0040] ここで、信号抽出部 5 4 が抽出する周波数帯域について説明する。図 7 に示されるように、信号抽出部 5 4 が抽出する帯域 (B A) の周波数は、少なくともスロー軸共振周波数 (F_{rs}) より大きい。

[0041] 例えば、帯域 B 1 に示される第一範囲 ($F_1 \leq F \leq F_2$) は、信号抽出部 5 4 が抽出する帯域として適当である。第一下限周波数 (F_1) は、ファスト軸共振周波数 (F_{rf}) より小さく、且つ、スロー軸駆動信号 N 2 の周波数 (F_{ds}) 及びスロー軸共振周波数 (F_{rs}) より大きい。第一上限周波数 (F_2) は、ファスト軸共振周波数 (F_{rf}) より大きい。また、帯域 B 2 に示される第二範囲 ($F_3 < F \leq F_2$) は、信号抽出部 5 4 が抽出する帯域として適当である。第二下限周波数 (F_3) は、スロー軸共振周波数 (F_{rs}) 以下であり、且つ、スロー軸駆動信号 N 2 の周波数 (F_{ds}) より大きい。すなわち、第二下限周波数 (F_3) は、スロー軸駆動信号 N 2 の周波数 (F_{ds}) を含まない。

[0042] 一方、帯域 B 3 に示される第三範囲 ($F_4 \leq F \leq F_2$) は、信号抽出部 5 4 が抽出する帯域として適当でない。第三下限周波数 (F_4) は、スロー軸駆動信号 N 2 の周波数 (F_{ds}) 以下である。また、帯域 B 4 に示される第四範囲 ($F_5 \leq F \leq F_6$) は、信号抽出部 5 4 が抽出する帯域として適当でない。第四下限周波数 (F_5) は、スロー軸共振周波数 (F_{rs}) より大きい。第二上限周波数 (F_6) は、スロー軸共振周波数 (F_{rs}) より大きく、且つ、ファスト軸共振周波数 (F_{rf}) より小さい。

[0043] 以下、コントローラ 5 1 の構成と動作とについて具体的に説明する。図 8 は、コントローラ 5 1 の構成を示すブロック図である。

[0044] スロー軸コイル 1 7 s において発生した誘起信号 N 4 は、ファスト軸コイル 1 8 f の揺動の周波数と振幅とに依存する。従って、誘起信号 N 4 を観察することにより、ファスト軸 A 1 f の周りにおけるミラー 1 6 の揺動状態を知ることができる。換言すると、誘起信号 N 4 は、ファスト軸駆動信号 N 1

ではなく、ファスト軸共振周波数と関連する。図9は、時間波形G1, G2, G3を示す。時間波形G1は、ファスト軸駆動信号N1の周波数がファスト軸共振周波数(22.05kHz)と一致した場合における誘起信号N4を示す。時間波形G2は、ファスト軸駆動信号N1の周波数がファスト軸共振周波数に10Hzを加算した周波数(22.06kHz)と一致した場合における誘起信号N4を示す。時間波形G3は、ファスト軸駆動信号N1の周波数がファスト軸共振周波数に10Hzを減算した周波数(22.04kHz)と一致した場合における誘起信号N4を示す。図9からわかるように、例えば、ファスト軸共振周波数とファスト軸駆動信号N1の周波数とが一致した場合には、ファスト軸駆動信号N1の位相とミラー16のファスト軸A1fの周りにおける揺動の位相とのずれ(位相差)は一定値(例えば、ゼロ)である。一方、ファスト軸共振周波数と、ファスト軸駆動信号N1の周波数とが一致しない場合には、ファスト軸駆動信号N1の位相とミラー16のファスト軸A1fの周りにおける揺動の位相との間にずれ(位相差)が生じる。すなわち、ファスト軸駆動信号N1の位相とスロー軸コイル17sに発生した誘起信号N4の位相との間の位相差(図9の位相差 $\Delta\phi 1$ 、 $\Delta\phi 2$ 参照)を得ることにより、ファスト軸A1fの周りにおけるミラー16の揺動が共振状態であるか否かを知ることができる。従って、ファスト軸駆動信号N1の位相とスロー軸コイル17sに発生した誘起信号N4の位相との位相差が一定値(例えば、ゼロ)になるように、ファスト軸駆動信号N1の周波数を調整すればよい。

[0045] そこで、コントローラ51は、ファスト軸制御信号N1aの周波数を調整して位相差を一定値(例えば、ゼロ)に近づける。図8に示されるように、コントローラ51は、制御部61と、スロー軸波形生成部62と、ファスト軸波形生成部63と、含む。制御部61は、スロー軸波形生成部62とファスト軸波形生成部63との動作を制御する。

[0046] スロー軸波形生成部62は、ノコギリ波状のスロー軸制御信号N2aを生成する。そして、スロー軸波形生成部62は、生成した信号をスロー軸コイ

ル駆動回路 5 3 に出力する。

[0047] ファスト軸波形生成部 6 3 は、正弦波状のファスト軸制御信号 N 1 a を生成する。そして、ファスト軸波形生成部 6 3 は、ファスト軸制御信号 N 1 a をファスト軸コイル駆動回路 5 2 に出力する。

[0048] ファスト軸波形生成部 6 3 は、位相比較器 6 3 a と、ループフィルタ 6 3 b と、電圧制御発振器 6 3 c とを有する。これらの構成によれば、ファスト軸波形生成部 6 3 は、いわゆる位相同期回路（PLL：Phase Lock Loop）としての機能を有する。つまり、ファスト軸波形生成部 6 3 は、電圧制御発振器 6 3 c において生成されたファスト軸制御信号 N 1 a の位相と信号抽出部 5 4 から入力された誘起信号 N 4 の位相とを同期させる。位相比較器 6 3 a は、信号抽出部 5 4 から入力された誘起信号 N 4 と電圧制御発振器 6 3 c から入力されたファスト軸制御信号 N 1 a とを比較することにより位相差を得る。そして、位相比較器 6 3 a は、位相差に対応する位相信号をループフィルタ 6 3 b に出力する。ループフィルタ 6 3 b は、位相信号に含まれる不要な高周波成分を減衰させることにより処理位相信号を得る。そして、ループフィルタ 6 3 b は、電圧制御発振器 6 3 c に処理位相信号を出力する。電圧制御発振器 6 3 c は、ループフィルタ 6 3 b から入力された処理位相信号の大きさ（電圧）に対応する周波数を出力する。

[0049] 続いて、ミラー装置 1 の駆動方法について説明する。図 1 0 は、ミラーの駆動方法における主要なステップを示す図である。図 1 0 に示されるように、まず、ミラー 1 6 をファスト軸 A 1 f の周りに揺動させるステップ（揺動ステップ）S 1 を行う。このステップ S 1 は、制御ユニット 3 のコントローラ 5 1、ファスト軸コイル駆動回路 5 2 及びファスト軸コイル 1 8 f により行われる。次に、スロー軸駆動部 D 2 から合成信号 N 3 を得るステップ（取得ステップ）S 2 を行う。このステップ S 2 は、スロー軸コイル 1 7 s 及び制御ユニット 3 の信号抽出部 5 4 により行われる。

[0050] 次に、合成信号 N 3 から誘起信号 N 4 を抽出するステップ（抽出ステップ）S 3 を実行する。このステップ S 3 は、制御ユニット 3 の信号抽出部 5 4

により行われる。次に、誘起信号N 4に応じて、ファスト軸制御信号N 1 aを生成するステップ（生成ステップ）S 4を実行する。このステップS 4は、制御ユニット3のコントローラ5 1により行われる。より詳細には、ステップS 4は、コントローラ5 1の制御部6 1、ファスト軸波形生成部6 3、電圧制御発振器6 3 c、ループフィルタ6 3 b及び位相比較器6 3 aによって行われる。

[0051] 上記ステップS 1、S 2、S 3、S 4を繰り返し実行することにより、ファスト軸制御信号N 1 aの位相と誘起信号N 4の位相との間の位相差が一定値（例えば、ゼロ）に近づく。従って、ファスト軸制御信号N 1 aの周波数が、ファスト軸共振周波数（ F_{rf} ）に維持されるため、ファスト軸A 1 fの周りにおけるミラー1 6の揺動が共振状態に維持される。

[0052] ミラーユニット2では、ミラー1 6が、ファスト軸A 1 fの周りに揺動される。このミラー1 6がファスト軸A 1 fの周りに揺動する間に、信号抽出部5 4は、スロー軸駆動部D 2から合成信号N 3を得る。具体的には、信号抽出部5 4は、スロー軸駆動部D 2のスロー軸コイル1 7 sから合成信号N 3を得る。この合成信号N 3は、誘起信号N 4を含む。誘起信号N 4は、ミラー1 6をファスト軸A 1 fの周りに揺動させる動作に起因してスロー軸駆動部D 2に発生した信号である。つまり誘起信号N 4は、ミラー1 6の動作に起因するので、誘起信号N 4の周波数はファスト軸A 1 fに対するミラー1 6の揺動における周波数に対応する。ファスト軸A 1 fに対するミラー1 6の揺動における周波数は、スロー軸A 2 sに対するミラー1 6の周波数よりも高い。従って、スロー軸駆動部D 2から得られる合成信号N 3から容易に誘起信号N 4を抽出することが可能である。そして、信号生成部5 0は、信号抽出部5 4及びファスト軸駆動部（第一駆動部D 1）と電氣的に接続されており、誘起信号N 4に応じて、ファスト軸コイル1 8 fに提供する駆動信号を生成する。従って、ファスト軸コイル1 8 fによってミラー1 6を揺動させた結果を、スロー軸コイル1 7 sから誘起信号N 4として得ることが可能になる。これにより、ファスト軸A 1 fに対するミラー1 6の揺動に関

するフィードバックループ系が構成されるので、ファスト軸 A 1 f に対するミラー 1 6 を確実に共振状態として駆動することができる。

[0053] なお、上述した実施形態はミラー装置及びミラーの駆動方法の一例を示すものである。ミラー装置及びミラーの駆動方法は、実施形態に係るミラー装置及びミラーの駆動方法に限られるものではなく、各請求項に記載した要旨を変更しない範囲で、変形し又は他のものに適用したものであってもよい。

[0054] 上記実施形態では、ミラー 1 6 をファスト軸 A 1 f 及びスロー軸 A 2 s の周りに揺動させたが、この構成に限定されない。例えば、ミラー 1 6 は、ファスト軸 A 1 f の周りにのみ揺動させる構成であってもよい。この場合であっても、ミラー 1 6 をファスト軸 A 1 f の周りに揺動させると、スロー軸コイル 1 7 s に逆起電力が生じる。従って、この逆起電力を用いることにより、フィードバックループ系を容易に構成することができるので、ミラー 1 6 を確実に共振状態として駆動できる。

[0055] 上記実施形態では、ファスト軸波形生成部 6 3 は、ファスト軸制御信号 N 1 a の位相と誘起信号 N 4 の位相との間の位相差に応じて、ファスト軸制御信号 N 1 a の周波数を調整した。図 9 からわかるように、ファスト軸制御信号 N 1 a の周波数とファスト軸共振周波数とのずれは、位相差だけでなく、誘起信号 N 4 の振幅にも影響を及ぼす。そこで、誘起信号 N 4 の振幅に応じて、ファスト軸制御信号 N 1 a の周波数を調整してもよい。ファスト軸制御信号 N 1 a の周波数がファスト軸共振周波数に対してずれていると、ミラー 1 6 の揺動は共振状態ではない。そうすると、ミラー 1 6 の揺動が共振動作であるときの揺動角よりも、揺動が共振状態ではないミラー 1 6 の揺動角が小さくなる。揺動角が小さい場合には、ファスト軸コイル 1 8 f が発生させる磁界の変動の大きさも小さくなる。従って、スロー軸コイル 1 7 s に生じる逆起電力の大きさ（即ち誘起信号 N 4 の振幅）も小さくなる（図 9 の振幅 H 1 , H 2 , H 3 参照）。そこで、ファスト軸波形生成部 6 3 は、ファスト軸駆動信号 N 1 の周波数を所定の周波数帯域において掃引する。そして、ファスト軸波形生成部 6 3 は、誘起信号 N 4 の振幅が最大値となる周波数がフ

ファスト軸共振周波数であると決定する。このような振幅を用いたファスト軸駆動信号 N 1 の周波数の調整によっても、フィードバックループ系を容易に構成することができるので、ミラー 1 6 を確実に共振状態として駆動できる。

[0056] 上記実施形態では、ファスト軸波形生成部 6 3 における位相同期機能は、アナログ回路として構成した。ファスト軸波形生成部 6 3 における位相同期機能は、アナログ回路だけでなく、デジタル回路として構成されてもよいし（図 1 1 参照）、アナログ回路とデジタル回路とを組み合わせた構成であってもよい（図 1 2 参照）。

[0057] 図 1 1 に示されるように、デジタル回路として構成されたコントローラ 5 1 A は、デジタル制御部 6 1 A と、スロー軸波形生成部 6 2 A と、ファスト軸波形生成部 6 3 A と、を有する。デジタル制御部 6 1 A は、スロー軸波形生成部 6 2 A とファスト軸波形生成部 6 3 A との動作を制御する。スロー軸波形生成部 6 2 A は、スロー軸コイル駆動回路 5 3 に提供されるスロー軸制御信号 N 2 a を生成する。スロー軸波形生成部 6 2 A は、D A コンバータ 6 2 a を有する。D A コンバータ 6 2 a は、デジタル値としてデジタル制御部 6 1 A からスロー軸波形生成部 6 2 A に出力されたスロー軸制御信号 N 2 a を、アナログ値に変換する。そして、D A コンバータ 6 2 a は、アナログ値に変換されたスロー軸制御信号 N 2 a をスロー軸コイル駆動回路 5 3 に出力する。ファスト軸波形生成部 6 3 A は、ファスト軸コイル駆動回路 5 2 に提供されるファスト軸制御信号 N 1 a を生成する。ファスト軸波形生成部 6 3 A は、A D コンバータ 6 3 d と、D A コンバータ 6 3 e と、を有する。A D コンバータ 6 3 d は、信号抽出部 5 4 からアナログ値である誘起信号 N 4 を受け入れて、誘起信号 N 4 をデジタル値に変換する。そして、A D コンバータ 6 3 d は、デジタル値に変換された誘起信号 N 4 をデジタル制御部 6 1 A に出力する。デジタル制御部 6 1 A は、誘起信号 N 4 に応じて周波数が調整されたファスト軸制御信号 N 1 a をデジタル値として D A コンバータ 6 3 e に出力する。このコントローラ 5 1 A では、位相の比較をデジタル制御部 6

1 Aによって行う。D Aコンバータ6 3 eは、デジタル値としてデジタル制御部6 1 Aからファスト軸波形生成部6 3 Aに出力されたファスト軸制御信号N 1 aを、アナログ値に変換する。そして、D Aコンバータ6 3 eは、アナログ値に変換されたファスト軸制御信号N 1 aをファスト軸コイル駆動回路5 2に出力する。

[0058] 図1 2に示されるように、デジタル回路として構成されたコントローラ5 1 Bは、デジタル制御部6 1 Aと、スロー軸波形生成部6 2 Aと、ファスト軸波形生成部6 3 Bと、を有する。デジタル制御部6 1 A及びスロー軸波形生成部6 2 Aは、図1 1に示されたコントローラ5 1 Aが有するデジタル制御部6 1 A及びスロー軸波形生成部6 2 Aと同様の構成を有するため、詳細な説明は省略する。ファスト軸波形生成部6 3 Bは、位相比較器6 3 aと、A Dコンバータ6 3 dと、D Aコンバータ6 3 eと、を有する。位相比較器6 3 aは、D Aコンバータ6 3 eから出力されるファスト軸制御信号N 1 aの位相と、信号抽出部5 4から出力される誘起信号N 4の位相との位相差に関する信号を得る。そして、位相比較器6 3 aは、位相差に関する信号をA Dコンバータ6 3 dに出力する。A Dコンバータ6 3 dは、位相比較器6 3 aから出力された位相差に関する信号を受け入れて、位相差に関する信号をデジタル値に変換する。そして、A Dコンバータ6 3 dは、デジタル値に変換された信号をデジタル制御部6 1 Aに出力する。このコントローラ5 1 Bでは、位相の比較を位相比較器6 3 aによって行う。

[0059] 上記実施形態では、信号抽出部5 4は、誘起信号N 4を電圧として取り扱った。信号抽出部5 4は、誘起信号N 4を電流として取り扱ってもよい。換言すると、スロー軸コイル1 7 sに発生する逆起電力は、電流の変動として扱ってもよい。この場合には、電流の変動を示された合成信号N 3から、直接に誘起信号N 4を抽出してもよい。また、図1 3に示されるように、ミラー装置1 Cの制御ユニット3 Cは、スロー軸コイル1 7 sと信号抽出部5 4との間に電流電圧変換回路5 8を有してもよい。そして、電流電圧変換回路5 8において、電流の変動として出力された合成信号N 3を電圧に変換した

後に、変換された合成信号 N 3 を信号抽出部 5 4 に入力してもよい。

[0060] また、ミラー装置 1 は、光照射装置や画像取得装置に用いられる。例えば、図 1 4 は、ヘッドアップディスプレイあるいはプロジェクターなどである光照射装置 7 を示す。光照射装置 7 は、光源 7 1 及びミラー装置 1 を備えており、フロントガラスやスクリーンといった対象物 S に光を照射する。また、図 1 5 は、顕微鏡装置などの画像取得装置 8 を示す。顕微鏡装置としては、例えば、反射型顕微鏡あるいは透過型顕微鏡、蛍光顕微鏡、共焦点顕微鏡、ライトシート顕微鏡、S T E D 顕微鏡が挙げられる。画像取得装置 8 は、光照射装置 7 に加え、光照射装置 7 から出力された光を対象物 S に照射する対物レンズ 8 1 と、光の照射に伴い対象物 S で発生する光（例えば、蛍光あるいは透過光、反射光など）を検出する光検出器 8 2 と、光検出器 8 2 から出力される検出信号に基づいて対象物 S の画像を生成するコンピュータ 8 3 とを備える。光検出器 8 2 として、イメージセンサあるいはフォトダイオード、光電子増倍管などが挙げられる。また、対象物 S で発生する光は、ミラー装置 1 を介して光検出器 8 2 で検出されてもよいし、ミラー装置 1 を介せずに光検出器 8 2 で検出されてもよい。

符号の説明

[0061] 1…ミラー装置、2…ミラーユニット、3…制御ユニット、10…ミラー構造体、11…支持部、12…第二可動部、13…第一可動部、14…第二梁部、15…第一梁部、16…ミラー、17 a…第二コイル、17 s…スロー軸コイル、18 a…第一コイル、18 f…ファスト軸コイル、20…下部磁性体、30…キャップ構造体、40…筐体、50…信号生成部、51, 51 A, 51 B…コントローラ、52…ファスト軸コイル駆動回路、53…スロー軸コイル駆動回路、54…信号抽出部、54 a…信号増幅器、54 b…信号フィルタ、63 a…位相比較器、63 b…ループフィルタ、63 c…電圧制御発振器、58…電流電圧変換回路、61…制御部、61 A…デジタル制御部、62, 62 A…スロー軸波形生成部、62 a, 63 e…D A コンバータ、63, 63 A, 63 B…ファスト軸波形生成部、63 d…A D コンバー

タ、A 1 f …ファスト軸、A 2 s …スロー軸、D 1 …第一駆動部、D 2 …第二駆動部、N 1 …ファスト軸駆動信号、N 2 …スロー軸駆動信号、N 3 …合成信号、N 4 …誘起信号。

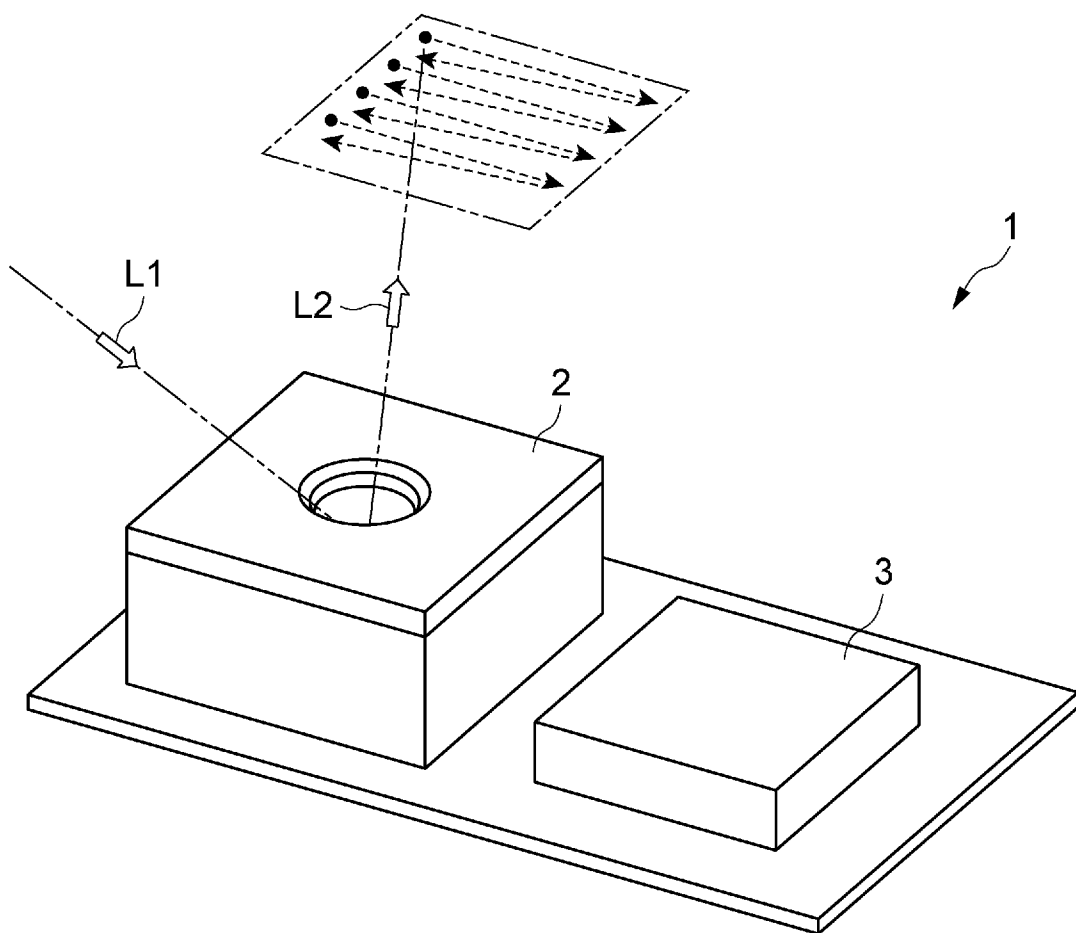
請求の範囲

- [請求項1] 第一駆動軸の周りに揺動可能に支持されると共に、前記第一駆動軸と交差する第二駆動軸の周りに揺動可能に支持され、前記第一駆動軸に対する揺動の共振周波数が第一の値であり、前記第二駆動軸に対する揺動の共振周波数が前記第一の値よりも低い第二の値である、ミラーと、
- 前記ミラーを前記第一駆動軸の周りに揺動させる第一駆動部と、
- 前記ミラーを前記第二駆動軸の周りに揺動させる第二駆動部と、
- 前記ミラーを前記第一駆動軸の周りに揺動させる動作に起因して前記第二駆動部に発生する誘起信号を含む合成信号を前記第二駆動部から得ると共に、前記合成信号から前記誘起信号を抽出する信号抽出部と、
- 前記信号抽出部によって抽出された前記誘起信号に応じて、前記第一駆動軸に対する前記ミラーの揺動が共振状態となるように前記第一駆動部を制御するための駆動信号を生成する信号生成部と、を備える、ミラー装置。
- [請求項2] 前記信号生成部は、前記信号生成部から前記第一駆動部に入力される前記駆動信号の位相と、前記信号抽出部において得られた前記誘起信号の位相との位相差に応じて前記駆動信号を生成する、請求項1に記載のミラー装置。
- [請求項3] 前記信号生成部は、前記位相差が一定値になるように、前記駆動信号を生成する、請求項2に記載のミラー装置。
- [請求項4] 前記一定値は、ゼロである、請求項3に記載のミラー装置。
- [請求項5] 前記信号生成部は、前記信号抽出部において得られた前記誘起信号の振幅に応じて前記駆動信号を生成する、請求項1～4の何れか一項に記載のミラー装置。
- [請求項6] 前記信号生成部は、前記誘起信号の振幅が大きくなるように、前記駆動信号を生成する請求項5に記載のミラー装置。

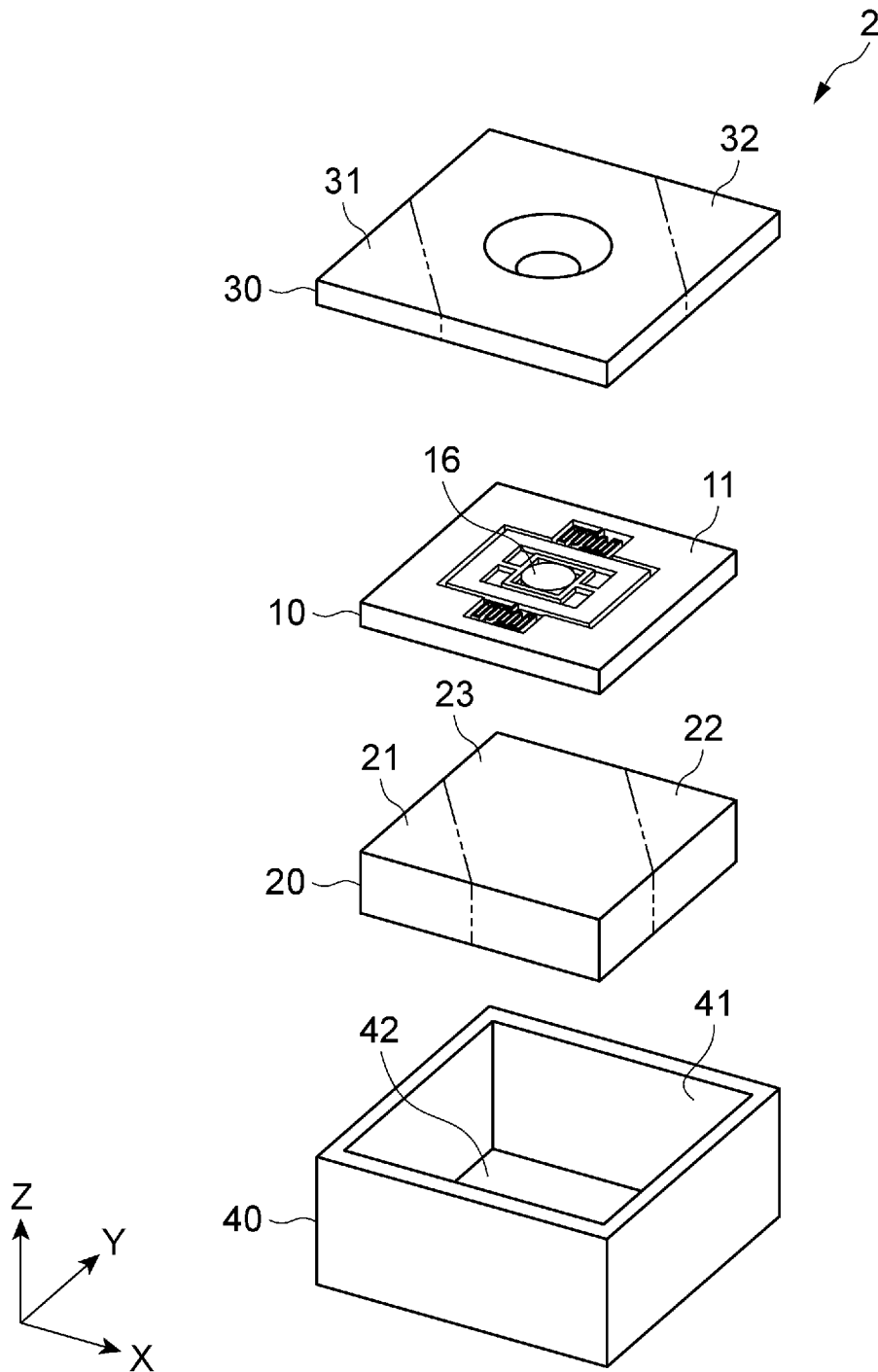
- [請求項7] 前記信号抽出部は、信号増幅部を含み、
前記信号増幅部は、前記第二の値より大きい周波数を含む信号を増幅する、請求項1～6の何れか一項に記載のミラー装置。
- [請求項8] 前記信号抽出部は、信号フィルタ部を含み、
前記信号フィルタ部は、前記第二の値より大きい周波数を含む信号を通過させる、請求項1～7の何れか一項に記載のミラー装置。
- [請求項9] 前記信号フィルタ部は、前記第二の値より小さい周波数を含む信号を減衰させる、請求項8に記載のミラー装置。
- [請求項10] 対象物に光を照射する光照射装置であって、
前記光を出力する光源と、
前記光源から出力された前記光を走査する請求項1～9のいずれか一項に記載のミラー装置と、を備える、光照射装置。
- [請求項11] 対象物の画像を取得する画像取得装置であって、
請求項10に記載の光照射装置と、
前記光照射装置による前記光の照射に伴って前記対象物で発生する光を検出する光検出器と、を備える、画像取得装置。
- [請求項12] 第一駆動軸の周りに揺動可能に支持されると共に、前記第一駆動軸と交差する第二駆動軸の周りに揺動可能に支持され、前記第一駆動軸に対する揺動の共振周波数が第一の値であり、前記第二駆動軸に対する揺動の共振周波数が第一の値よりも小さい第二の値である、ミラーの駆動方法であって、
第一駆動部を制御して、前記ミラーを前記第一駆動軸の周りに揺動させる揺動ステップと、
前記ミラーを前記第一駆動軸の周りに揺動させる動作に起因して、前記ミラーを前記第二駆動軸の周りに揺動させる第二駆動部に発生する誘起信号を含む合成信号を前記第二駆動部から得る取得ステップと、
前記合成信号から前記誘起信号を抽出する抽出ステップと、

前記誘起信号に応じて、前記第一駆動軸に対する前記ミラーの揺動が共振状態となるように前記第一駆動部を制御するための駆動信号を生成する生成ステップと、を有する、ミラーの駆動方法。

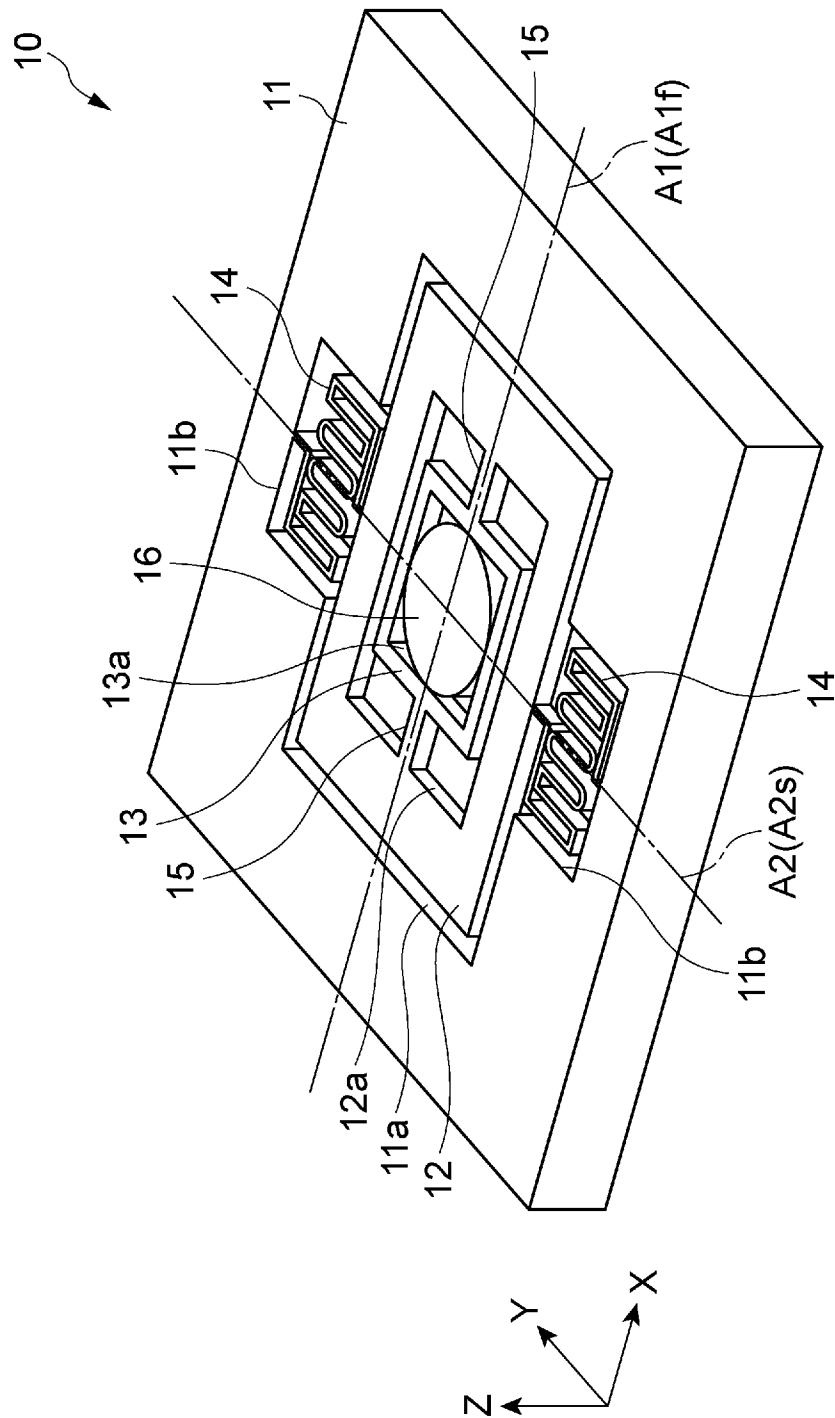
[図1]



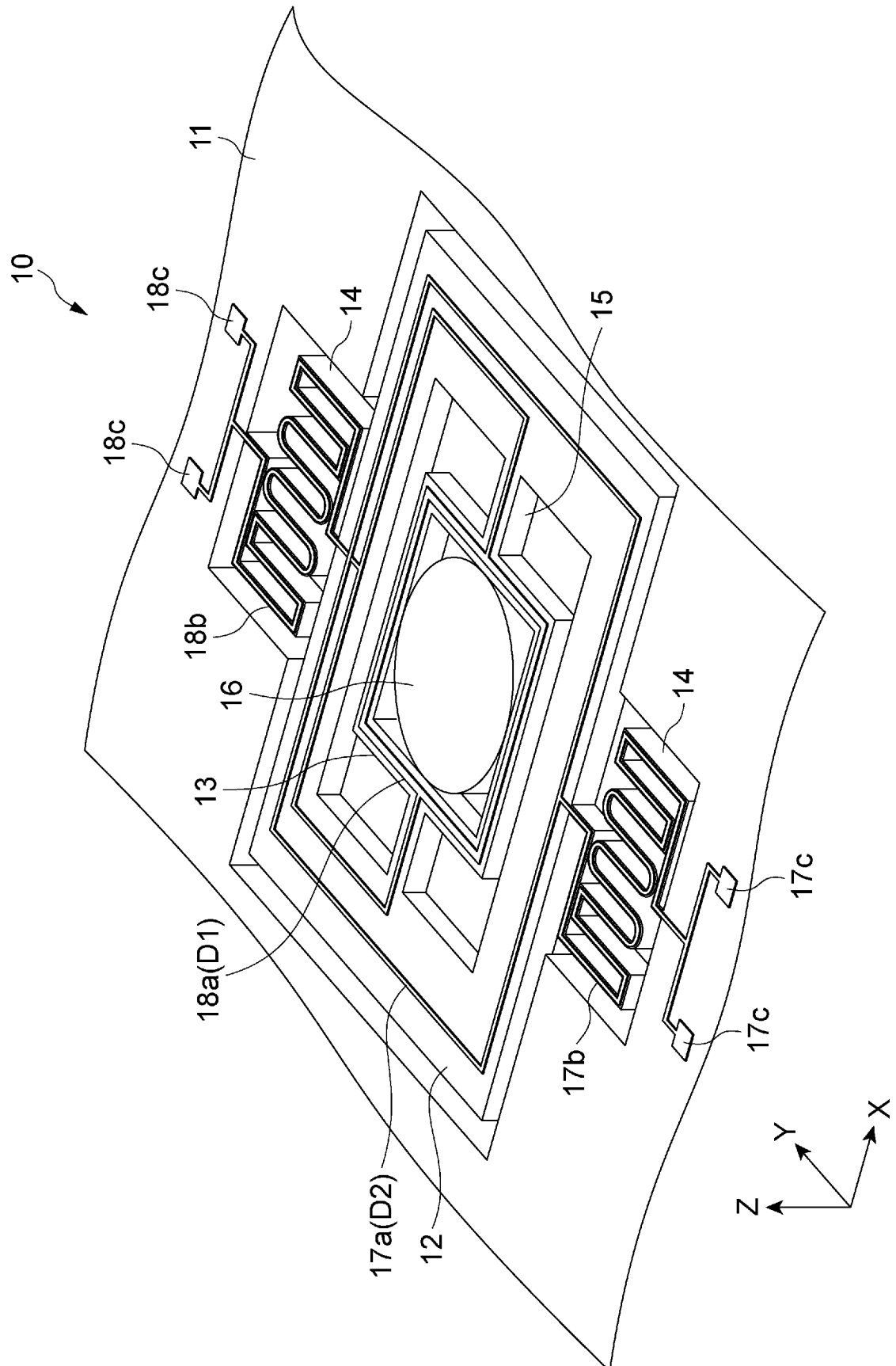
[図2]



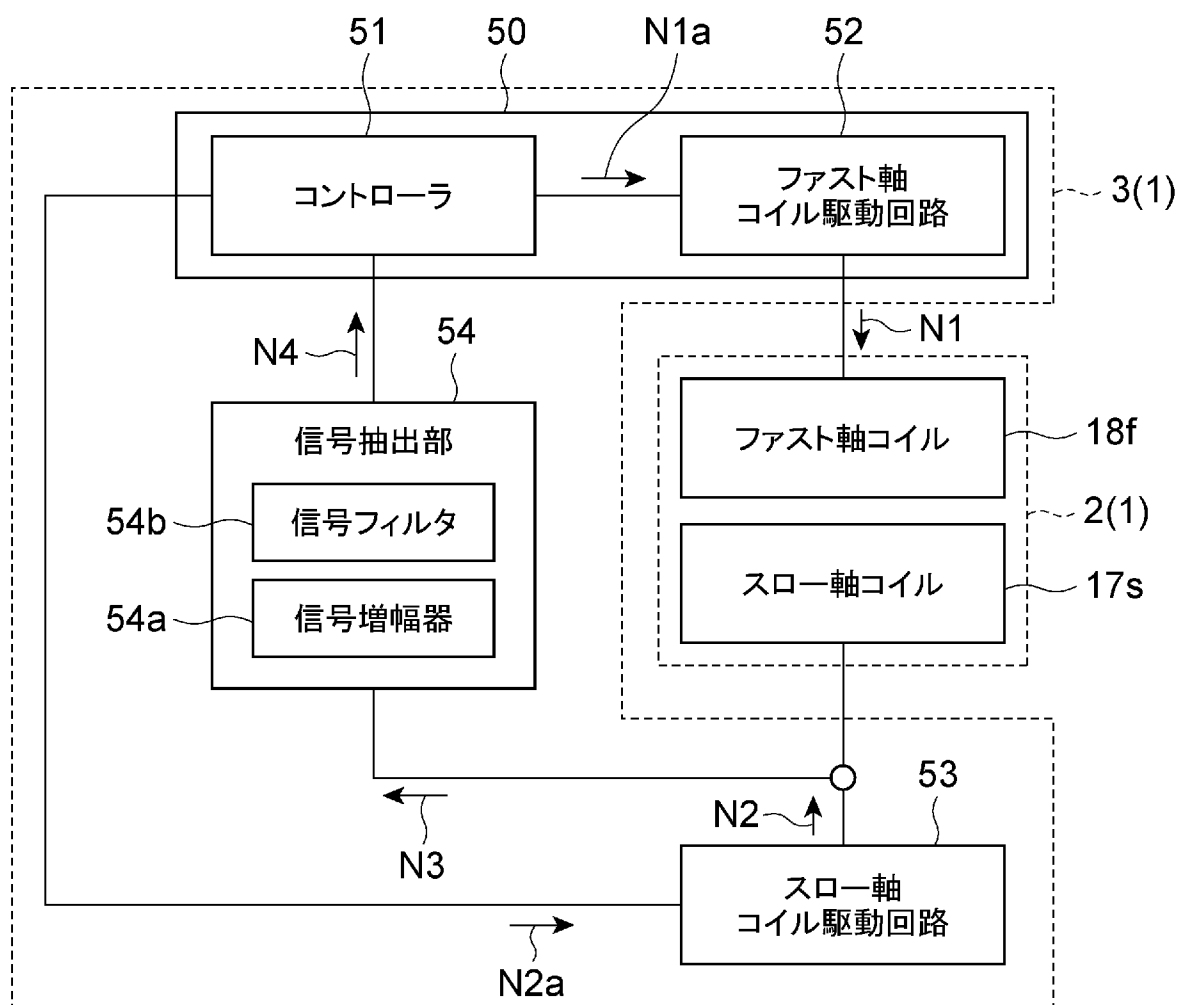
[図3]



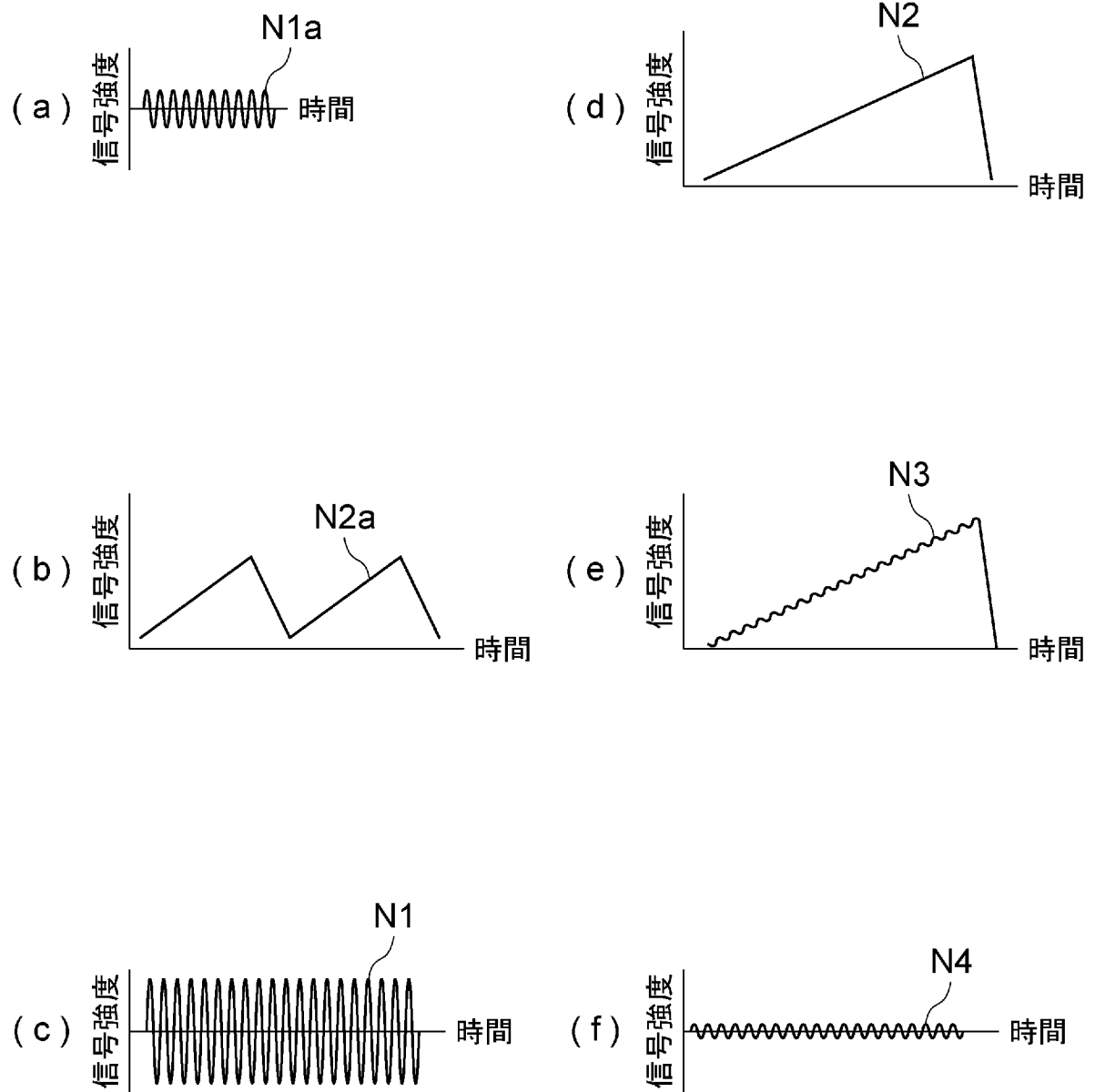
[図4]



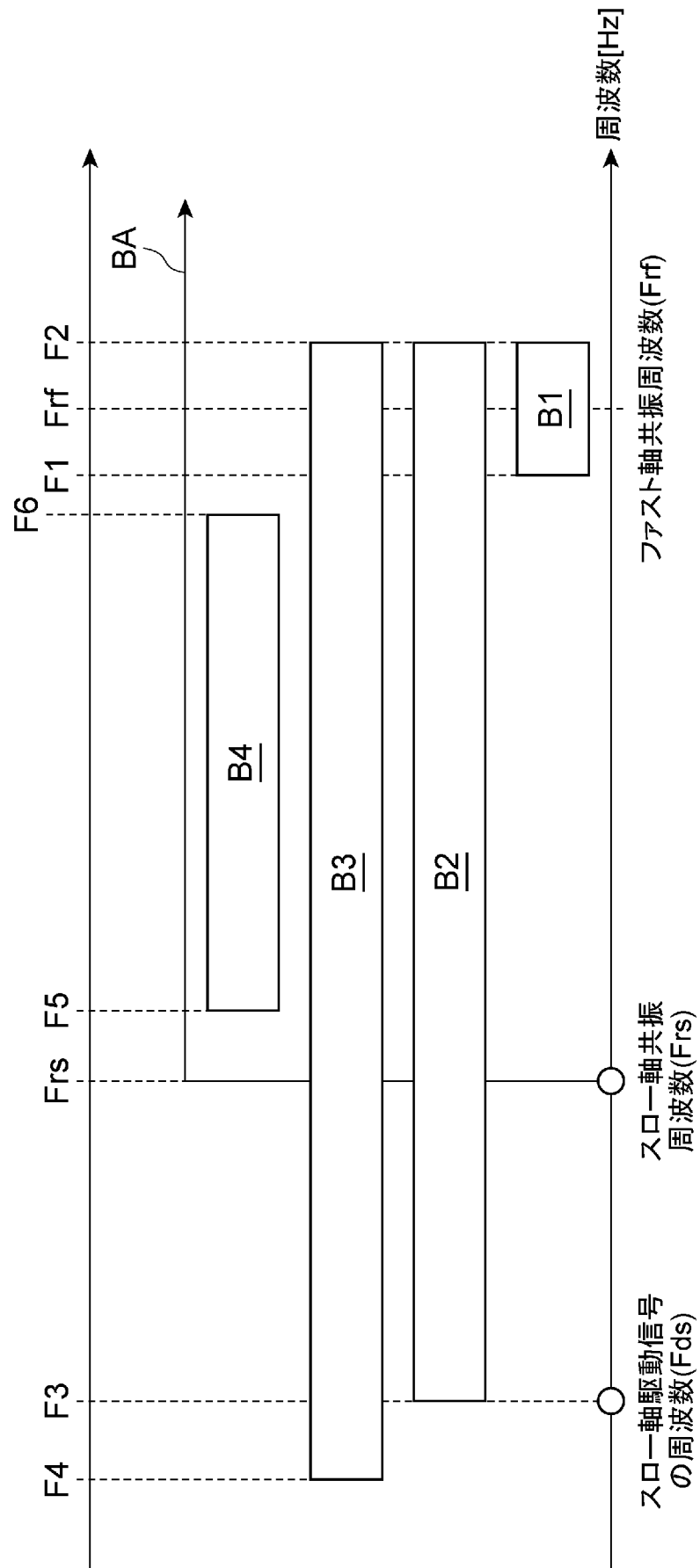
[図5]



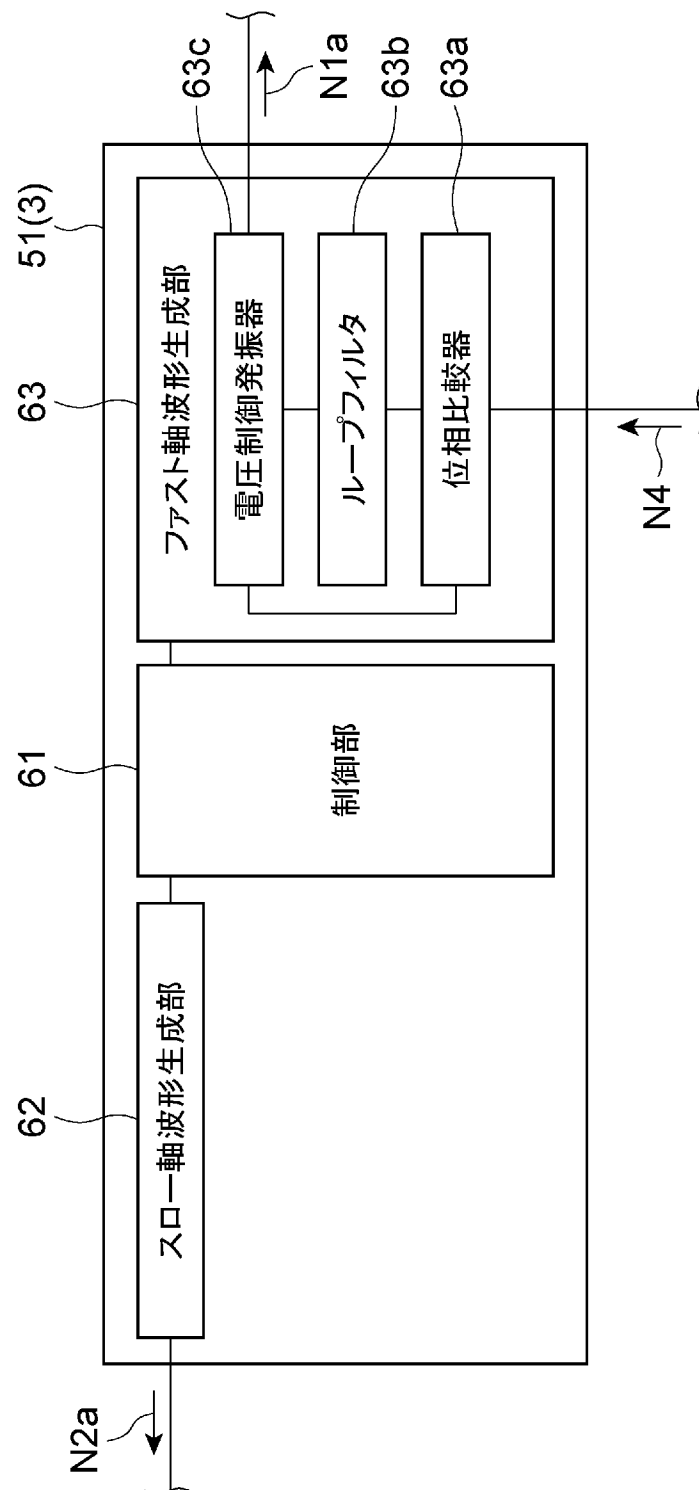
[図6]



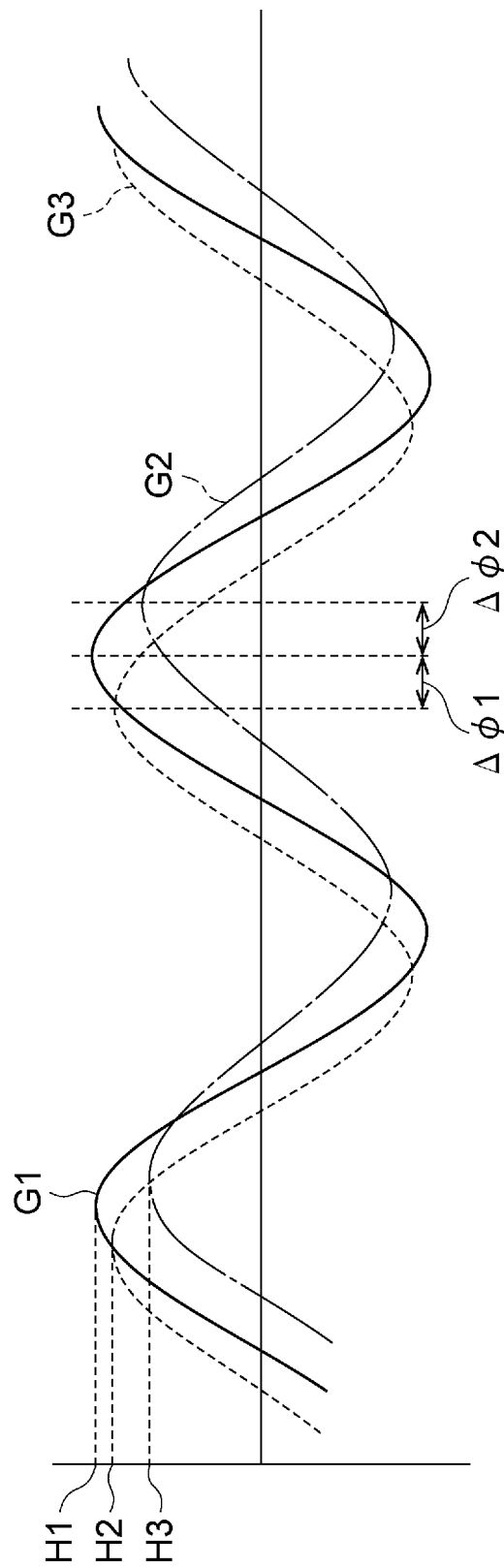
[図7]



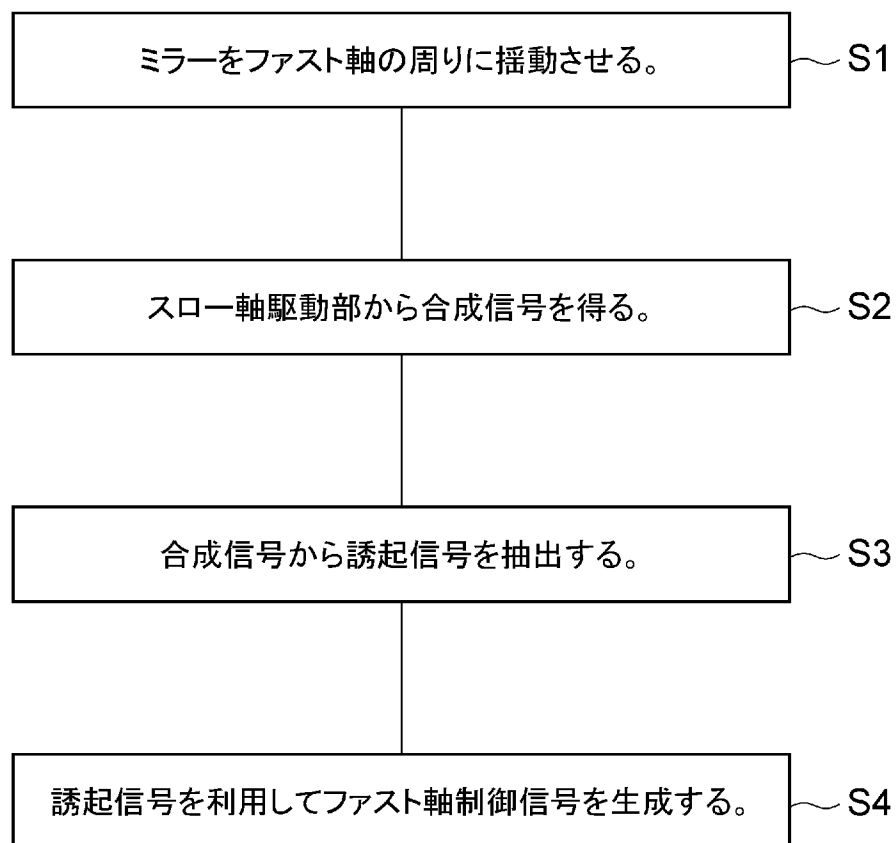
[図8]



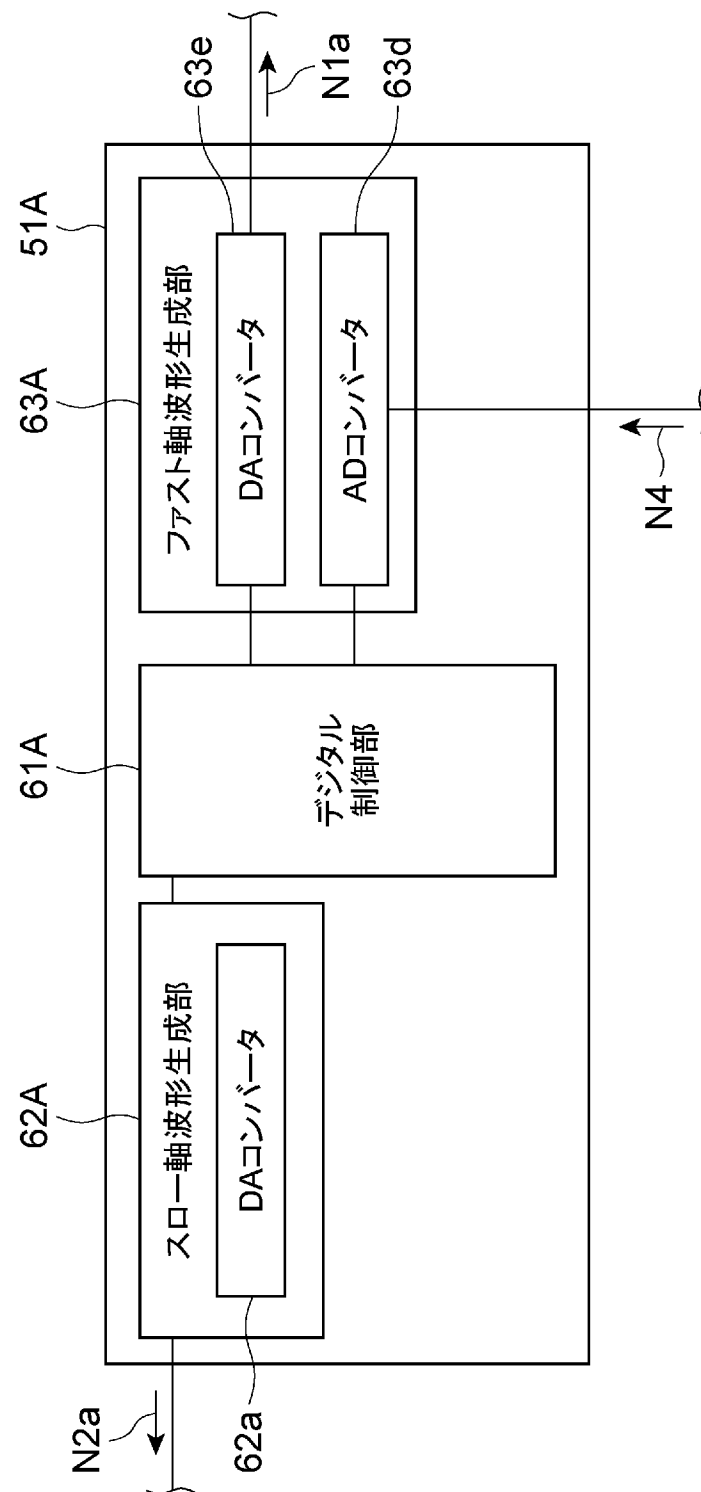
[図9]



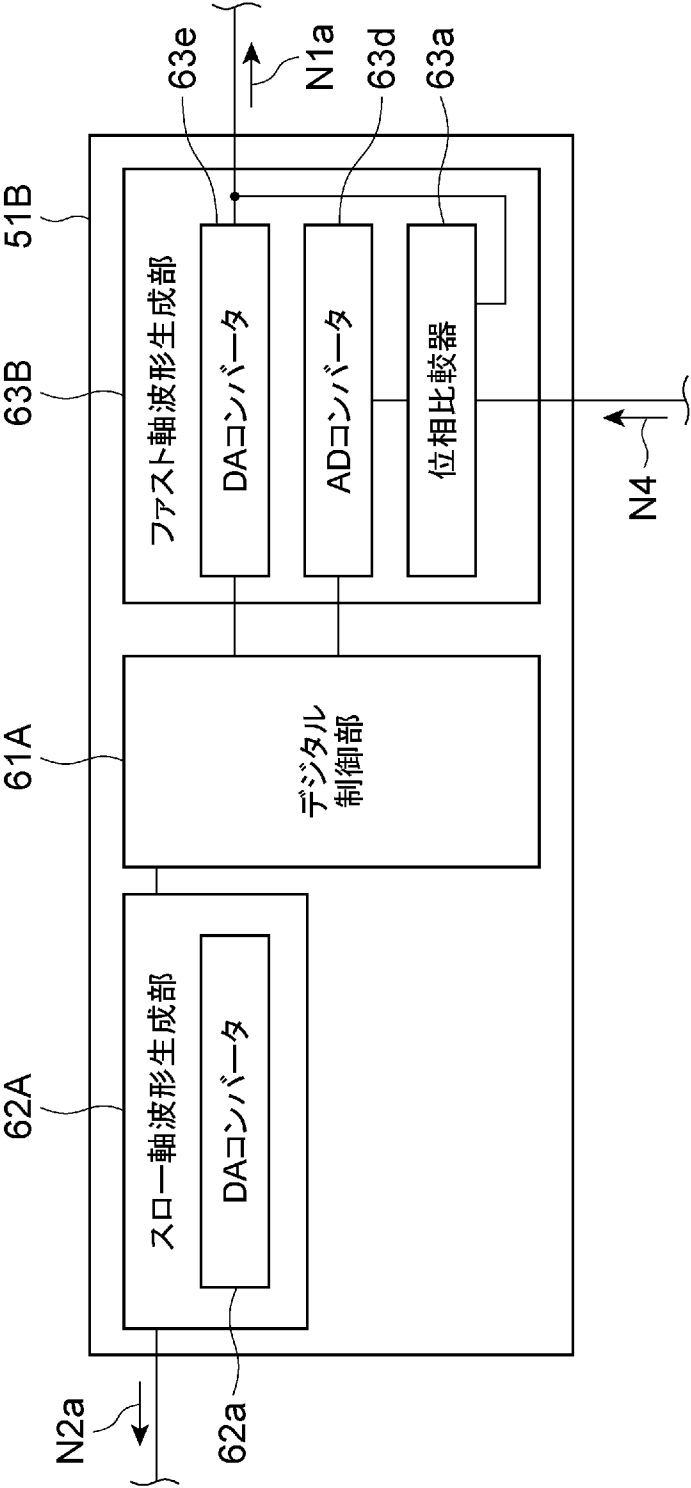
[図10]



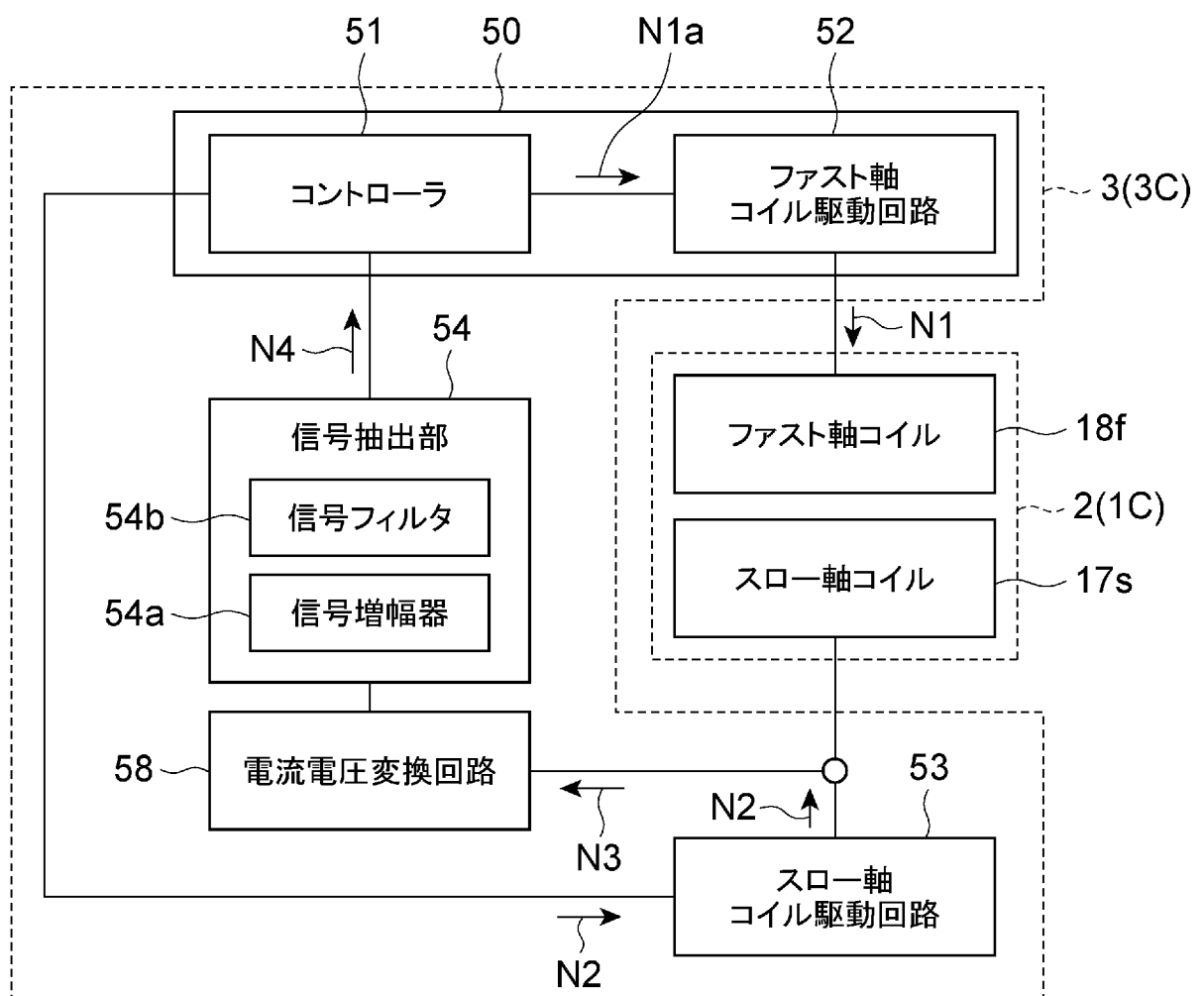
[図11]



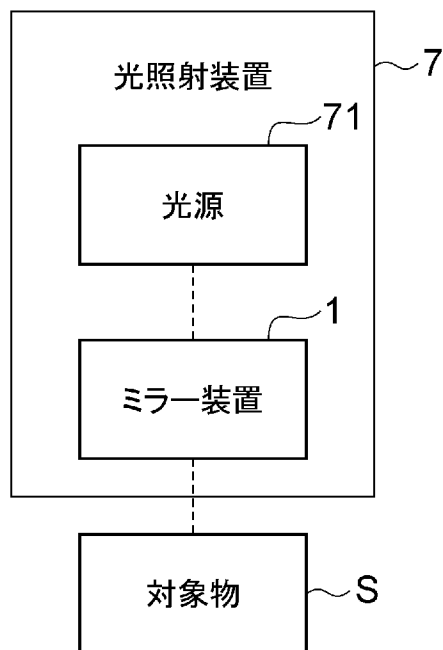
[図12]



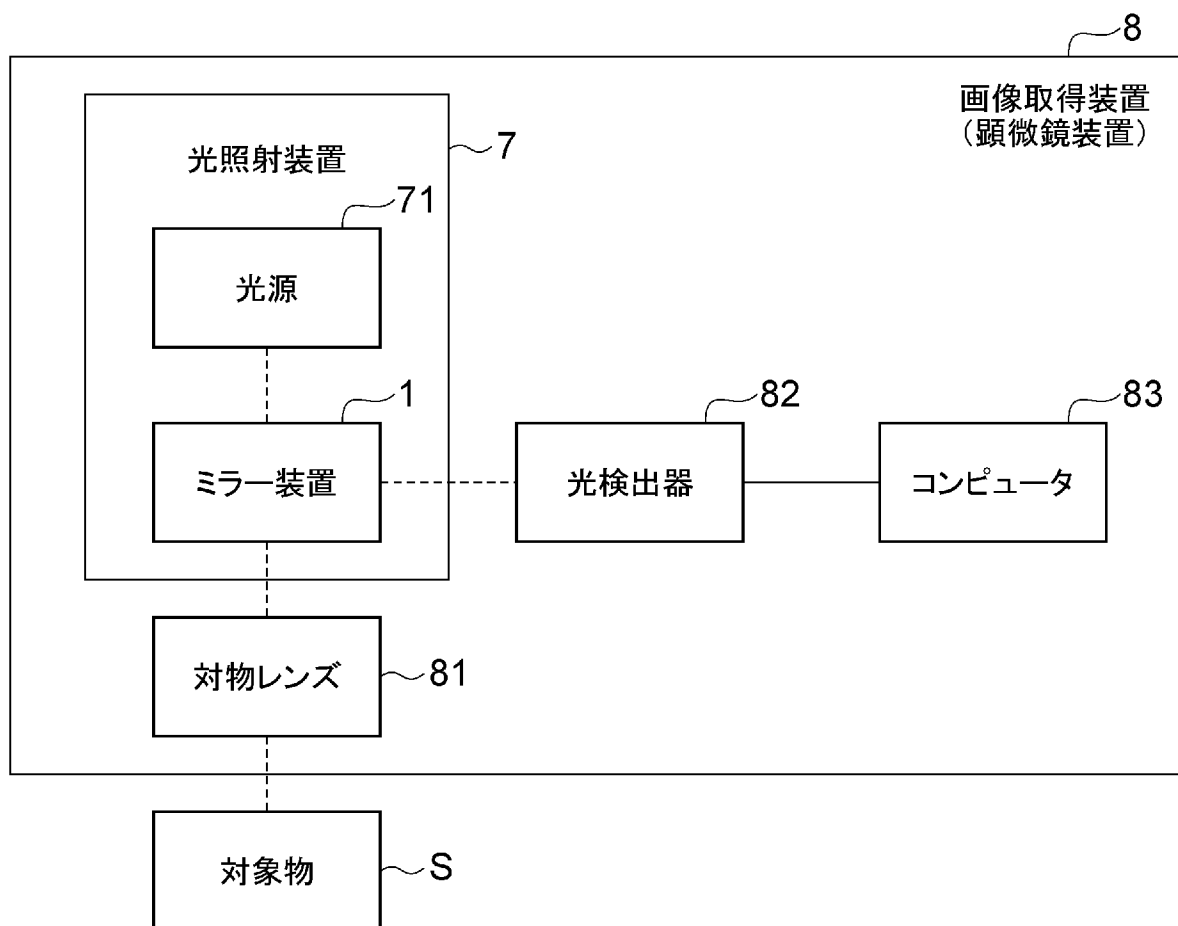
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/010641

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B26/10(2006.01)i, B81B1/00(2006.01)i, G02B26/08(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)

G02B26/10, B81B1/00, G02B26/08

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-212784 A (Tri-Force Management Corp.), 26 November 2015 (26.11.2015), paragraphs [0214] to [0333]; fig. 15 to 20 & WO 2015/170624 A1	1-12
A	JP 2011-107505 A (Konica Minolta Opto, Inc.), 02 June 2011 (02.06.2011), paragraphs [0061] to [0113]; fig. 9 to 26 (Family: none)	1-12
A	US 2012/0236379 A1 (LIGHTTIME, LLC), 20 September 2012 (20.09.2012), entire text; all drawings & WO 2012/027410 A1	1-12

☐ 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
31 May 2017 (31.05.17)

Date of mailing of the international search report
13 June 2017 (13.06.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B26/10(2006.01)i, B81B1/00(2006.01)i, G02B26/08(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（IPC））

Int.Cl. G02B26/10, B81B1/00, G02B26/08

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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）

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
A	JP 2015-212784 A（株式会社トライフォース・マネジメント） 2015.11.26, [0214]-[0333], 図15-20 & WO 2015/170624 A1	1-12
A	JP 2011-107505 A（コニカミノルタオプト株式会社）2011.06.02, [0061]-[0113], 図9-26（ファミリーなし）	1-12
A	US 2012/0236379 A1（LIGHTTIME, LLC）2012.09.20, 全文, 全図 & WO 2012/027410 A1	1-12

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

31.05.2017

国際調査報告の発送日

13.06.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/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）

右田 昌士

2 L

9513

電話番号 03-3581-1101 内線 3295