

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-83384  
(P2019-83384A)

(43) 公開日 令和1年5月30日(2019.5.30)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>HO4N 5/74 (2006.01)</b>	HO4N 5/74	2K203
<b>GO3B 21/14 (2006.01)</b>	GO3B 21/14	5C058

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2017-208894 (P2017-208894)	(71) 出願人	000002369
(22) 出願日	平成29年10月30日 (2017.10.30)		セイコーエプソン株式会社
			東京都新宿区新宿四丁目1番6号
		(74) 代理人	100116665
			弁理士 渡辺 和昭
		(74) 代理人	100179475
			弁理士 仲井 智至
		(72) 発明者	日野 真希子
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		(72) 発明者	溝口 安志
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		Fターム(参考)	2K203 FA03 FA23 FA34 FA45 FA62 FB07 KA02 KA63 KA65 MA08 5C058 AB03 BA29 BA35 EA26 EA51

(54) 【発明の名称】 アクチュエーター、光学装置及びプロジェクター

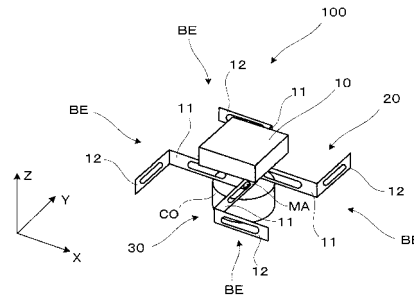
(57) 【要約】

【課題】簡易かつ小型な構成で、スペックル発生を抑制できるといった所望の動きを光学装置において達成できることを可能とするアクチュエーター、当該アクチュエーターを有する光学装置及びプロジェクターを提供すること。

【解決手段】

可動部10が一瞬も止まることがないような動きを、互いに異なる方向に延在する2つの梁部11a, 12a等を有する梁構造部20と、1つの駆動部30とによる簡易な構成によって達成する。また、回転駆動のためにモーターを配置して構成する、というような場合に比べて、装置の小型化を図る。

【選択図】 図1A



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

可動部と、

前記可動部に接続される第 1 梁部と、前記第 1 梁部に接続されるとともに前記第 1 梁部と異なる方向に延在する第 2 梁部とを有する梁構造部と、

1 つの駆動機構で構成され、前記梁構造部に基づいて定まる 2 つの振動方向と異なる方向に加振して、前記 2 つの振動方向のうち少なくとも一方向について動いているように維持される曲線運動を前記可動部に行わせる駆動部とを備える、アクチュエーター。

## 【請求項 2】

前記 2 つの振動方向に対応する 2 つの共振モードをもつ、請求項 1 に記載のアクチュエーター。

## 【請求項 3】

前記駆動部は、前記 2 つの共振モードに対応する駆動周波数で動作し、前記可動部を共振振動させる、請求項 2 に記載のアクチュエーター。

## 【請求項 4】

前記駆動周波数は、前記 2 つの共振モードに対応する共振周波数のゲインが重なっている範囲内の周波数である、請求項 3 に記載のアクチュエーター。

## 【請求項 5】

前記可動部と、前記梁構造部と、前記駆動部のうち前記梁構造部に取り付けられる梁部側駆動素子とにより、前記 2 つの共振モードが定まっている、請求項 2 ～ 4 に記載のアクチュエーター。

## 【請求項 6】

前記 2 つの共振モードは、前記第 1 及び第 2 梁部の延在方向に平行な面の面内方向に対して垂直な面外方向についての共振モードと異なるように構成されている、請求項 2 ～ 5 のいずれか一項に記載のアクチュエーター。

## 【請求項 7】

前記梁構造部は、異なる方向に延在する複数の前記第 1 梁部と、複数の前記第 1 梁部にそれぞれ対応して設けられる複数の前記第 2 梁部とを有する、請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載のアクチュエーター。

## 【請求項 8】

前記梁構造部は、同一面内において 90° ずつ異なる方向に延在する 4 つの前記第 1 梁部と、4 つの前記第 1 梁部にそれぞれ対応して設けられる 4 つの前記第 2 梁部とを有する、請求項 7 に記載のアクチュエーター。

## 【請求項 9】

前記梁構造部において、複数の前記第 1 梁部は、中心位置からずれた位置に配置されている、請求項 7 及び 8 のいずれか一項に記載のアクチュエーター。

## 【請求項 10】

前記第 1 梁部は、一方向に延在するとともに、中央に前記可動部を載置させる内梁であり、

前記第 2 梁部は、前記第 1 梁部の両端に設けられる一対構成であり、他の方向に延在する外梁である、請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載のアクチュエーター。

## 【請求項 11】

前記第 1 梁部は、前記 2 つの振動方向のうちの一の振動方向について振動し、前記第 2 梁部は、前記 2 つの振動方向のうち他の振動方向について振動する、請求項 10 に記載のアクチュエーター。

## 【請求項 12】

前記内梁としての前記第 1 梁部は、孔部を有する、請求項 10 及び 11 のいずれか一項に記載のアクチュエーター。

## 【請求項 13】

10

20

30

40

50

前記第1梁部と前記第2梁部とが交差する接続箇所に設けられ、振動を分離する振動分離部をさらに備える、請求項10～12のいずれか一項に記載のアクチュエーター。

【請求項14】

請求項1～13のいずれか一項に記載のアクチュエーターと、前記可動部に設けられて前記曲線運動をする光学素子とを備える、光学装置。

【請求項15】

前記光学素子は、光拡散板である、請求項14に記載の光学装置。

【請求項16】

請求項14及び15のいずれか一項に記載の光学装置を備え、前記光学装置で反射されるレーザー光により画像投射をする、プロジェクター。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば光学素子を取り付け可能なアクチュエーター、アクチュエーターを有する光学装置及びプロジェクターに関する。

【背景技術】

【0002】

レーザー光源を用いたプロジェクターにおいて、スペックルの発生を抑えるべくプリズムアレイ等で構成される光学装置を配置するとともに光路に直交する垂面内で直線運動により振動させるものが知られている（特許文献1参照）。

20

【0003】

また、互いに直交する固有振動数をほぼ一致させた2つの圧電素子を設け、さらに、これらの交点にチップ部材を設けたトラス型アクチュエーターにおいて、2つの圧電素子を別々に駆動させるものが知られている（特許文献2参照）。

【0004】

しかしながら、上記特許文献1では、直線運動であるため、折り返す際に一瞬止まる動きがあるため、その際にスペックルが生じてしまう可能性がある。また、上記特許文献2では、複雑な動きが可能となるが、その分構造も複雑なものとなり、例えば小型化等が難しい。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2012-424742号公報

【特許文献2】特開2000-358387号公報

【発明の概要】

【0006】

本発明は、簡易かつ小型な構成で、例えば上記のようなスペックル発生を抑制できるといった所望の動きを光学装置において達成できることを可能とするアクチュエーター、当該アクチュエーターを有する光学装置及びプロジェクターを提供することを目的とする。

40

【0007】

本発明に係るアクチュエーターは、可動部と、可動部に接続される第1梁部と、第1梁部に接続されるとともに第1梁部と異なる方向に延在する第2梁部とを有する梁構造部と、1つの駆動機構で構成され、梁構造部に基づいて定まる2つの振動方向と異なる方向に加振して、2つの振動方向のうち少なくとも一方向について動いているように維持される曲線運動を可動部に行わせる駆動部とを備える。

【0008】

上記アクチュエーターでは、可動部が一瞬も止まることのないような動きを、互いに異なる方向に延在する2つの梁部を有する梁構造部と、1つの駆動部とによる簡易な構成によって達成できる。また、例えば回転駆動のためにモーターを配置して構成する、という

50

ような場合に比べて、装置の小型化を図ることができる。

【0009】

本発明の具体的な側面では、上記アクチュエーターは、2つの振動方向に対応する2つの共振モードをもつ。この場合、2つの共振モードの特性に応じて所望の曲線運動を可動部に行わせることができる。

【0010】

本発明の別の側面では、駆動部は、2つの共振モードに対応する駆動周波数で動作し、可動部を共振振動させる。この場合、共振振動による高効率な駆動が可能になる。

【0011】

本発明のさらに別の側面では、駆動周波数は、2つの共振モードに対応する共振周波数のゲインが重なっている範囲内の周波数である。この場合、必要な駆動を確保できる。

【0012】

本発明のさらに別の側面では、可動部と、梁構造部と、駆動部のうち梁構造部に取り付けられる梁部側駆動素子とにより、2つの共振モードが定まっている。この場合、梁構造部等の構成によって、2つの共振モードにおける共振周波数をほぼ一致させることができる。

【0013】

本発明のさらに別の側面では、2つの共振モードは、第1及び第2梁部の延在方向に平行な面の面内方向に対して垂直な面外方向についての共振モードと異なるように構成されている。この場合、面外方向に関する振動を抑制できる。

【0014】

本発明のさらに別の側面では、梁構造部は、異なる方向に延在する複数の第1梁部と、複数の第1梁部にそれぞれ対応して設けられる複数の第2梁部とを有する。この場合、複数の第1梁部及び複数の第2梁部が協働することにより、2つの振動方向のうち少なくとも一方向について動いているように維持される曲線運動（例えば円運動のような運動）を生じさせる複合的な振動を生じさせることができる。

【0015】

本発明のさらに別の側面では、梁構造部は、同一面内において90°ずつ異なる方向に延在する4つの第1梁部と、4つの第1梁部にそれぞれ対応して設けられる4つの第2梁部とを有する。この場合、同一面内で安定した状態で所望の曲線運動を生じさせることができる。

【0016】

本発明のさらに別の側面では、梁構造部において、複数の第1梁部は、中心位置からずれた位置に配置されている。この場合、所望の曲線運動を確実に開始させることができる。

【0017】

本発明のさらに別の側面では、第1梁部は、一方向に延在するとともに、中央に可動部を載置させる内梁であり、第2梁部は、第1梁部の両端に設けられる一対構成であり、他の方向に延在する外梁である。この場合、内梁である第1梁部が直接的に可動部を振動させる一方、第2梁部が可動部を載せた第1梁部ごと振動させることにより、2つの振動方向のうち少なくとも一方向について動いているように維持される曲線運動（例えば円運動のような運動）を生じさせる複合的な振動を生じさせることができる。

【0018】

本発明のさらに別の側面では、第1梁部は、2つの振動方向のうちの一の振動方向について振動し、第2梁部は、2つの振動方向のうち他の振動方向について振動する。この場合、第1梁部による一の振動方向についての振動と、第2梁部による他の振動方向についての振動とを組み合わせることによって、所望の曲線運動を生じさせることができる。

【0019】

本発明のさらに別の側面では、内梁としての第1梁部は、孔部を有する。この場合、孔部を設けることで、第1梁部のばね定数を変化させることで、振動方向についての共振周

10

20

30

40

50

波数を調整できる。

【 0 0 2 0 】

本発明のさらに別の側面では、第 1 梁部と第 2 梁部とが交差する接続箇所にて設けられ、振動を分離する振動分離部をさらに備える。この場合、振動分離部を基準に、2 つの振動方向への分離がなされる。

【 0 0 2 1 】

本発明に係る光学装置は、上記いずれかのアクチュエーターと、可動部に設けられて曲線運動をする光学素子とを備える。

【 0 0 2 2 】

上記光学装置では、上記アクチュエーターを備えることで、可動部が一瞬も止まることのないような動きを達成できる。また、例えば回転駆動のためにモーターを配置して構成する、というような場合に比べて、装置の小型化を図ることができる。

10

【 0 0 2 3 】

本発明の具体的な側面では、光学素子は、光拡散板である。この場合、上記のような曲線運動を光拡散板に行わせることで、例えば光拡散板で反射されるレーザー光についてのスペckル低減を図ることができる。

【 0 0 2 4 】

本発明に係るプロジェクターは、上記いずれかの光学装置を備え、光学装置で反射されるレーザー光により画像投射をする。この場合、レーザー光に起因するスペckル低減が図られた良好な画像表示ができる。

20

【 0 0 2 5 】

上記プロジェクターでは、上記光学装置すなわち上記アクチュエーターを備えることで、例えばレーザー光に起因するスペckル低減が図られた良好な画像表示ができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 6 】

【 図 1 A 】 第 1 実施形態に係るアクチュエーターについて説明するための斜視図である。

【 図 1 B 】 アクチュエーターを構成する梁構造部について説明するための斜視図である。

【 図 2 A 】 梁構造部の構造について概念的に説明するための平面図である。

【 図 2 B 】 図 2 A に示す梁構造部の振動の様子について説明するための平面図である。

【 図 2 C 】 可動部の動きの様子について概念的に説明するための図である。

30

【 図 3 】 2 つの振動方向に対応する 2 つの共振モードと駆動周波数との関係を示すグラフである。

【 図 4 A 】 共振モード間のずれ量と駆動周波数とについての許容範囲を説明するための図である。

【 図 4 B 】 共振モード間のずれ量と駆動周波数とについての許容範囲を説明するための図である。

【 図 5 A 】 第 2 実施形態に係るアクチュエーターについて説明するための斜視図である。

【 図 5 B 】 アクチュエーターを構成する梁構造部について説明するための斜視図である。

【 図 6 A 】 第 1 梁部による第 1 振動方向についての振動の様子を示す斜視図である。

【 図 6 B 】 第 2 梁部による第 2 振動方向についての振動の様子を示す斜視図である。

40

【 図 7 】 第 3 実施形態に係る光学装置及びプロジェクターについて説明するための平面図である。

【 図 8 】 面内振動による運動の軌跡について例示するための図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 7 】

〔 第 1 実施形態 〕

以下、図 1 等を参照しつつ、本発明の第 1 実施形態に係るアクチュエーターについて、一例を詳細に説明する。

【 0 0 2 8 】

図 1 A 及び 1 B に示すように、本実施形態のアクチュエーター 1 0 0 は、可動部 1 0 と

50

、可動部 10 を載置・固定して振動を伝える梁構造部 20 と、梁構造部 20 を介して可動部 10 を駆動させる駆動部 30 とを備える。

【0029】

まず、アクチュエーター 100 のうち、可動部 10 は、平面部分（図示の場合、矩形の面部分）を有する部材であり、例えば平面部分に光拡散板等の光学素子を取り付けられ、駆動部 30 等により駆動されることで可動となる被駆動部である。ここでは、可動部 10 の平面部分を基準面（水平面）とし、基準面のうち、矩形の可動部 10 のうち、一辺の方向（横方向）を X 方向とし、X 方向に垂直な他の一辺の方向（縦方向）を Y 方向とする。さらに、X 方向及び Y 方向の双方に垂直な方向すなわち基準面に垂直な方向を Z 方向とする。また、XY 面に平行な方向を面内方向とよりこれに垂直な方向すなわち Z 方向を面外方向とする。可動部 10 は、梁構造部 20 及び駆動部 30 により面内方向について可動となっている。

10

【0030】

また、アクチュエーター 100 のうち、梁構造部 20 は、可動部 10 を支持しつつ、駆動部 30 の一部に接続されることで加振力を受け、振動する振動部材である。本実施形態では、梁構造部 20 は、例えば図 1 B に示すように、一枚板の金属性部材（例えば銅等の十分な耐性及び弾性を有する部材）を折り曲げて U 状に形成されており、中心部分である固定支持部 FS と、固定支持部 FS から延びる複数の第 1 梁部 11, 11... と、複数の第 1 梁部 11, 11... にそれぞれ対応して設けられる複数の第 2 梁部 12, 12... とを有する。より具体的に、図示の例では、XY 面内すなわち同一面内において 90° ずつ異なる方向に延在する 4 つの第 1 梁部 11 a, 11 b, 11 c, 11 d と、これらに対応する 4 つの第 2 梁部 12 a, 12 b, 12 c, 12 d とを有している。なお、固定支持部 FS は、直形状を有しており、可動部 10 を載置させて固定するための載置台部であるとともに駆動部 30 の一部を収納して固定する収納部である。

20

【0031】

以下、図 1 B、図 2 A 等を参照して、梁構造部 20 のうち、第 1 梁部 11 a 及び第 2 梁部 12 a について説明する。例えば、図 2 A に概念的に示すように、可動部 10 を載置させた梁構造部 20 のうち、第 1 梁部 11 a は、中央側すなわち固定支持部 FS から + X 方向に延在し、第 2 梁部 12 a は、第 1 梁部 11 a に接続されるとともに第 1 梁部 11 a と異なる + Y 方向（垂直な方向）に延在している。第 1 梁部 11 a と第 2 梁部 12 a とは、1 つの板状部材を途中で折り曲げて屈曲部 BP を設けることで構成される。したがって、見方を変えると、途中で屈曲部 BP を設けた 1 本の梁 BE によって、第 1 梁部 11 a と第 2 梁部 12 a とが構成されていると考えることもできる。また、図 1 B に示すように、第 1 及び第 2 梁部 11 a, 12 a の厚さ、あるいは、1 本の梁 BE の厚さは、面外方向（Z 方向）について相対的に厚く、面内方向（XY 面内に平行な方向）について相対的に薄い板状となっている。なお、ここで、面内方向について薄いとは、面内方向のうち板状の部材が延在する方向に垂直な方向について幅が狭いことを意味する。すなわち、図示の場合、第 1 梁部 11 a は、Y 方向について薄く、第 2 梁部 12 a は、X 方向について薄い。さらに、第 1 及び第 2 梁部 11 a, 12 a には、孔部 HL が設けられている。一方、屈曲部 BP においては、孔を設けていない。さらに、第 2 梁部 12 a の先端部 TP は、固定部（図示略）によって固定されている。このため、第 1 及び第 2 梁部 11 a, 12 a（あるいは梁 BE）に対して、面内方向のうち、斜めの方向から力が掛かると、先端部 TP の位置は固定されたまま、第 1 梁部 11 a や第 2 梁部 12 a が変形したり、第 1 梁部 11 a と第 2 梁部 12 a とのなす角が変化したりしながら、ばねとして機能する。

30

40

【0032】

次に、梁構造部 20 のうち、第 1 及び第 2 梁部 11 a, 12 a 以外の他の 3 組の第 1 及び第 2 梁部 11 b, 11 c, 11 d, 12 b, 12 c, 12 d について、これらも、第 1 及び第 2 梁部 11 a, 12 a と同様の形状及び構造を有している。すなわち、第 1 梁部 11 b は、固定支持部 FS から + Y 方向に延在し、第 2 梁部 12 b は、第 1 梁部 11 b に接続されるとともに - X 方向に延在し、途中で屈曲部 BP を設けた 1 本の梁 BE を構成して

50

いる。また、第1梁部11cは、固定支持部FSから-X方向に延在し、第2梁部12cは、第1梁部11cに接続されるとともに-Y方向に延在し、途中に屈曲部BPを設けた1本の梁BEを構成している。さらに、第1梁部11dは、固定支持部FSから-Y方向に延在し、第2梁部12dは、第1梁部11dに接続されるとともに+X方向に延在し、途中に屈曲部BPを設けた1本の梁BEを構成している。また、同様に孔部HLを有している。

#### 【0033】

以上のように、梁構造部20は、固定支持部FSを中心に、8つの梁部11a, 11b, 11c, 11d, 12a, 12b, 12c, 12d(あるいは4本の梁BE, BE, BE, BE)が同一面内上に対称性をもって広がった形状を有している。さらに、梁構造部20において、より正確には、各第1梁部11a, 11b, 11c, 11dが、梁構造部20の中心位置からは若干ずれた位置に配置された構成となっている。具体的に説明すると、図2Aに示されるように、梁構造部20の中心部分である固定支持部FSの中心CTからX方向及びY方向に延びる中心軸AX1, AX2と比較すると、各第1梁部11a, 11b, 11c, 11dは、平面視矩形の固定支持部FSの各辺から延びているため、固定支持部FSの有する幅の分だけ中心軸AX1, AX2から外れた(シフトした)位置からこれらに対して平行に延在している。このずれがあることによって駆動部30から加振力を受けた際、梁構造部20は、より曲がりやすくなり、動作の開始を確実にしていると考えられる。また梁構造部20は、梁が戻る方向に動く際に隣の梁の振動を励起するため重畳振動が発生しやすいと考えられる。以上のような構造を有する場合、必ず2つの振動モードが重畳した振動軌跡になることで、往復振動のような単振動で発生する停止する瞬間が無いようにできる。さらに、中心軸AX1, AX2と各第1梁部11a, 11b, 11c, 11dの付け根がずれていることで、面内回転方向への振動を励起しやすく、振動ロスがなく、効率的に円状振動を実現できる。また、この場合、面外方向(Z方向)に関する振動面外振動を抑制しつつ、円振動などの円状振動となる面内振動を行うことができるので、例えばプロジェクターに搭載した場合に、投射すべき光の光路のずれを抑制しつつ、スペckルを低減することができる。

#### 【0034】

梁構造部20が上記のような構造をすることで、金属性(例えば銅等)の板状部材である第1及び第2梁部11a, 12a等が、図2Bに示すように変形して、面内方向について可動部10を移動させるばね部材として機能する。特に、上記のような形状を有する場合、梁構造部20は、図2A及び2Bに示すように、異なる2つの方向について振動しやすい構造となっている。換言すれば、梁構造部20の異なる2方向についての振動モードの固有周波数が、他の振動モードの周波数よりも低くなっている。本構造で異なる2方向についての振動モードの固有周波数は、他の振動モードと比べ、低い固有周波数となっている。すなわち、XY面内において、+X方向に対して仰角45°の方向への振動である第1振動方向VD1と、-X方向に対して仰角45°の方向への振動である第2振動方向VD2との2つの方向について振動しやすい構造となっている。これにより、図2Cに示すように、固定支持部FSに取り付けられた可動部10は、面内方向について旋回するような運動が可能になっている。

#### 【0035】

図1A等に戻って、アクチュエーター100のうち、駆動部30は、1つの永久磁石MAと、1つのコイルCOとで構成される1つ(1ペア)の駆動機構によって構成されている。すなわち、コイルCOに駆動電流として、所定の駆動周波数で交流電流を流すことで、永久磁石MAとの間で生じるローレンツ力を利用して梁構造部20を加振することで、可動部10を駆動させている。図示の例では、永久磁石MAを梁構造部20に設けた固定支持部FSに収納させる一方、コイルCOを固定支持部FSの真下(-Z側)に配置して固定した構成としている。つまり、駆動部30のうち、永久磁石MAは、梁構造部20に取り付けられる梁部側駆動素子となっており、永久磁石MAが、コイルCOに流れる電流に伴って駆動する。ただし、これは一例であり、後述する所望の方向への加振が可能であ

10

20

30

40

50

れば、上記以外の構成としてもよい。

【0036】

以下、図2等を参照して、本実施形態におけるアクチュエーター100の動作について説明する。

【0037】

まず、図2Aに示すように、本実施形態では、駆動部30によって、梁構造部20に対して、加振力Fがはたらく。ここで、始動時において、加振力Fは、梁構造部20によって定まる2つの振動方向VD1, VD2のいずれの方向とも異なる方向にはたらくようになっている。すなわち、そのような向きになるように駆動部30を構成する永久磁石MAの磁界の向きやコイルCOの電流方向が調整されている。さらに、加振力Fの方向は、各梁部11a等の延在方向とも異なっている、すなわち、加振力Fの方向は、X方向にもY方向にも平行でない方向になっているものとする。また、駆動部30には、所定の駆動周波数の交流電流が流れているため、その大きさが駆動電流の変化に伴って、正負の場合を含め、変化する。

10

【0038】

一方、永久磁石MAが取り付けられた梁構造部20は、永久磁石MAから上記のような加振力Fを受け、加振力Fの成分のうち、2つの振動方向VD1, VD2に沿った方向の成分について振動し始める。この場合、加振力Fが2つの振動方向VD1, VD2のいずれの方向とも異なる方向となっていることで、2つの振動方向VD1, VD2の双方に対して加振力Fが作用することになる。また振動中は電流の向きや永久磁石の位置が変化することで加振力Fの向きは変化するが、この場合も2つの振動方向VD1, VD2の双方に対して加振力Fが作用することになる。したがって、加振力Fは、ある時間において1つの方向のみであるにもかかわらず、梁構造部20は、全体として異なる2方向に振動するような動きをなす。この2方向の振動が組み合わされた動きをすることで、全体としては、結果的に図2Cに概念的に示すように、例えば円状のような動作をする。ここでは、特に、円状あるいは楕円状に動くようなものとなっている。つまり、2つの振動方向VD1, VD2のうち少なくとも一方向については動いているように維持され、どちらの振動方向についても速度成分ゼロとなることがないすなわち一瞬も止まることがないような曲線運動を、可動部10に行わせている。このように、速度成分ゼロとなるような箇所が生じないことで、例えば可動部10に光拡散板を取り付けて光拡散板をレーザー光の光路上に配置した場合に、速度成分ゼロとなった瞬間にレーザー光のスペckルが視認される、という事態の発生を低減できる。

20

30

【0039】

ここで、上記のような1つ(1ペア)の駆動機構である駆動部30によるある時間における1つの方向への加振力Fのみで、2つの振動方向VD1, VD2の双方について振動を生じさせるためには、2つの振動方向VD1, VD2の共振モード(振動モード)が一致しており、かつ、この一致した共振モードの共振周波数(固有周波数)に駆動部30の駆動周波数が一致していることが理想的である。この場合、可動部10を共振振動によって非常に高効率に駆動させることができる。したがって、まず、この場合、2つの振動方向VD1, VD2にそれぞれ対応する2つの共振モードをもつことになるが、これらを一致させるようにすることが重要である。本実施形態の場合、2つの共振モードは、可動部10と、梁構造部20と、駆動部30のうち梁構造部20に取り付けられる梁部側駆動素子である永久磁石MAとについての形状や配置、重さ等によって定まるが、特に、構造的に対称性を持たせていることで、2つの共振モードをほぼ一致させることが可能になると考えられる。

40

【0040】

また、共振モードについては、他の意図しない振動(環境振動)の影響を受けないようにすべく、ある程度以上の高い周波数の範囲にゲインが高くなる領域が分布することが望ましいと考えられる。例えば、60Hz近辺の周波数の振動は、周囲にある種々のものから伝達されるおそれがあるからである。また、例えば光拡散板を取り付けてスペckルを

50

低減するために利用する、という観点からも、その機能を果たすべく、例えば30Hz以上の振動であることが必要であると考えられる。一方、周波数が高くなりすぎると、振動させるために必要な駆動力（加振力）も大きくしなければならなくなる。以上の観点から、2つの共振モードをほぼ一致させるにあたって、例えば120Hz程度の値をピークとして一致させるようにすることが望ましい。なお、かかる調整については、種々の方法が考えられるが、例えば、既述のように、第1梁部11a等に孔部HLを設けること等が考えられる。

#### 【0041】

しかしながら、実際の装置においては、上記のような調整等をした場合においても、なお、例えば製造誤差等により、図3に例示するように、2つの共振モードについて、差が生じることがある。ここでは、図3に示すグラフ等を参照して、2つの振動方向に対応する2つの共振モードや、駆動周波数について考察する。

10

#### 【0042】

まず、既述のように、図3に示される2つの共振モードを示す曲線C1, C2については、若干の差が生じている。なお、図3では、横軸を周波数とし、縦軸をゲイン（効率、あるいは可動部10の振り幅に相当）としている。すなわち、各曲線C1, C2に示されるゲインのピークに対応する周波数が、最も効率的に振動をさせることができる共振モードの共振周波数（固有周波数）となる。本実施形態では、2つの共振モードに対応する共振周波数のゲインが重なっている範囲内の周波数を駆動周波数とする（図示の例では、各曲線C1, C2のピークの間あたりで、ゲインが重なっている範囲のうち最も高くなる箇所としている。）ことで、必要な駆動を確保できるようにしている。

20

#### 【0043】

以下、図4A及び4Bを参照して、さらに、2つの共振モードについてのずれ量や、駆動周波数についての許容範囲について考察する。図4Aは、2つの共振モードが一致した場合（例えば120Hzで一致）における駆動周波数の許容範囲について考察するための図である。この場合、一致する共振モードを示す曲線CXのゲイン（振幅）についての値が、1/2（半分）となる範囲までを使用可能な範囲とすれば、共振モードの共振周波数（固有周波数）を中心に駆動周波数の許容範囲は9Hz程度の幅内となる。さらに、ゲイン（振幅）についての値が1/10となる範囲までを使用可能な範囲とすれば、駆動周波数の許容範囲は20Hz程度の幅内となる。一方、図4Bは、2つの共振モードが一致しない場合（例えば120Hzを基準としてそこからずれている場合）におけるずれ量の許容範囲について考察するための図である。この場合、許容されるずれ量は、9Hz程度と考えられる。9Hz程度ずれると、双方についてゲイン（振幅）が最大となる値が、各共振モードのピークの場合の1/10となるため、これ以上効率的な駆動周波数が選択できなくなるからである。

30

#### 【0044】

以上の考察から、2つの共振モードのずれ量や、駆動周波数の許容範囲は、いずれも高々数Hz以内としておくことが好ましいと考えられる。

#### 【0045】

以上のように、本実施形態では、可動部10が一瞬も止まることがないような動きを、互いに異なる方向に延在する2つの梁部11a, 12a等を有する梁構造部20と、1つの駆動部30とによる簡易な構成によって達成できる。また、この場合、例えば回転駆動のためにモーターを配置して構成する、というような場合に比べて、装置の小型化を図ることができる。

40

#### 【0046】

なお、上記のように、光拡散板を取り付けてスペckルを低減するために利用する、という観点からは、さらに、面外方向（Z方向）に関する運動すなわち面外方向に関する振動（面外振動）についても極力抑えられていることが望ましい。このためには、面外方向（Z方向）を振動方向とする共振モードが、上記した2つの共振モードと異なっていることが望ましい。すなわち、共振モードの共振周波数（固有周波数）が大きく異なっている

50

、特に、面外方向（Z方向）を振動方向とする共振モードの共振周波数（固有周波数）が高くなっていることが理想的である。これに対して、本実施形態では、第1及び第2梁部の厚さ（1本の梁の厚さ）について、面外方向（Z方向）が相対的に厚く、面内方向（XY面内に平行な方向）が相対的に薄いようにしていることで、実現している。

【0047】

〔第2実施形態〕

以下、図5等を参照して、第2実施形態に係るアクチュエーターについて説明する。本実施形態は、第1実施形態の変形例であり、梁構造部の構造や、駆動部の配置を除いて、第1実施形態の場合と同様であるので、同一の機能を有するものについては、同じ符号を適用し、各部の詳細な説明については省略する。

10

【0048】

図5A及び5Bに示すように、本実施形態に係るアクチュエーター200は、可動部10と、可動部10を載置・固定して振動を伝える梁構造部220と、梁構造部220を介して可動部10を駆動させる駆動部230とを備える。

【0049】

以下、図5B等を参照して、アクチュエーター200のうち、梁構造部220の構造について説明する。梁構造部220は、一枚板の金属性部材（例えば銅等の十分な耐性及び弾性を有する部材）を折り曲げてH状に形成されており、中心部分であり可動部10を載置させる固定支持部FSと、固定支持部FSを中心としてX方向（横方向）の左右に延在する第1梁部211と、第1梁部211の両端に設けられ、Y方向（縦方向）の上下に延在する一対構成の第2梁部212a、212bと、第1梁部211と第2梁部212a、212bとが交差する接続箇所（図5B参照）に設けられ、2つの方向の振動を分離する一対の振動分離部VIa、VIbとを有する。

20

【0050】

梁構造部220のうち、第1梁部211は、相対的に可動部10に近い側に配置される内梁であり、互いに離間してかつ延在方向であるX方向に平行に延びる2つの板状部材211a、211bで構成されている。板状部材211a、211bには、孔部HLが設けられている。

【0051】

一対構成の第2梁部212a、212bは、第1梁部211の+X側と-X側の端にそれぞれ配置される外梁であり、対応して設けられている振動分離部VIa、VIbを介して、Y方向に延在する2枚の板状部材によって、それぞれ構成されている。例えば、+X側に配置される第2梁部212aについては、Y方向に延在する2枚の板状部材Pa、Paが、U字形状の振動分離部VIaを介して繋がっていることで、1つの第2梁部212aを構成している。同様に、第2梁部212bについては、Y方向に延在する2枚の板状部材Pb、Pbが、U字形状の振動分離部VIbを介して繋がっていることで、1つの第2梁部212bを構成している。なお、第2梁部212a、212bの先端部TPは、固定部（図5B参照）によって固定されている。

30

【0052】

一対の振動分離部VIa、VIbは、一枚板の金属性部材を折り曲げて梁構造部220を形成することに伴って作製されるU字形状の接続箇所である。本実施形態の場合、図6を参照して後述するように、第1梁部211による振動と第2梁部212a、212bによる振動とを分離する機能を有するものとなっている。また、ここでは、振動分離部VIbは、駆動部230の一部を収納して固定する収納部としても機能している（図5A参照）。

40

【0053】

以下、図5Aに戻って、アクチュエーター200のうち、駆動部230について説明する。駆動部230は、第1実施形態の駆動部30（図1A参照）と同様、1つの永久磁石MAと、1つのコイルCOとで構成される1つ（1ペア）の駆動機構によって構成されている。すなわち、コイルCOに駆動電流として交流電流を流すことで、永久磁石MAとの

50

間で生じるローレンツ力を利用して梁構造部 220 を加振することで、可動部 10 を駆動させている。図示の例では、永久磁石 MA を梁構造部 220 に設けた振動分離部 V I b に収納させる一方、コイル CO を振動分離部 V I b の真下（-Z 側）に配置して固定した構成としている。つまり、駆動部 230 のうち、永久磁石 MA は、梁構造部 220 に取り付けられる梁部側駆動素子となっており、永久磁石 MA が、コイル CO に流れる電流の変化に伴って駆動する。ただし、これは一例であり、後述する所望の方向への加振が可能であれば、上記以外の構成としてもよい。ここでは、一例として、始動時において、駆動部 30 によって、梁構造部 220 に対して、加振力が +X 方向に対して仰角 45° の方向へはたらくように、永久磁石 MA の磁界の向きやコイル CO の電流方向が調整されているものとする。

10

## 【0054】

以上のような構成の場合、図 6 A に示すように、第 1 梁部 211 は、Y 方向を第 1 振動方向 V D 1 としてこの方向について振動する。一方、図 6 B に示すように、第 2 梁部 212 a, 212 b は、X 方向を第 2 振動方向 V D 2 としてこの方向について振動する。また、この場合において、一对の振動分離部 V I a, V I b は、第 1 振動方向 V D 1 の振動と、第 2 振動方向 V D 2 の振動とを分離する基準となるものとして機能している。

## 【0055】

また、この場合、図 6 A と図 6 B とを比較すると明らかなように、内梁である第 1 梁部 211 は、直接的に可動部 10 を振動させる一方、外梁である第 2 梁部 212 a, 212 b は、可動部 10 を載せた状態の第 1 梁部 211 ごと振動させることになる。これにより、駆動部 230 での駆動を適宜調整することで、2 つの振動方向 V D 1, V D 2 のうち少なくとも一方向について動いているように維持される曲線運動（例えば円運動のような運動）を生じさせる複合的な振動を生じさせることができる。また、この場合、2 つの振動とこれを生ぜしめる梁とが振動分離部 V I a, V I b を介して分かれている。このため、各振動については、それぞれ分離独立して考察することができる。この場合、内梁である第 1 梁部 211 と、外梁である第 2 梁部 212 a, 212 b とでは、振動させる対象の重量が異なることが明らかである。すなわち、外梁である第 2 梁部 212 a, 212 b のほうが動かす対象が大きく、重い。その一方で、第 1 実施形態の場合と同様、駆動部 230 が 1 つ（1 ペア）の駆動機構によって構成されているため、駆動周波数は 1 つしか存在せず、双方の共振モードを一致させたいという課題がある。そこで、本実施形態では、内梁としての第 1 梁部 211 において、孔部 H L を設けることで、第 1 梁部 211 のばね定数を変化させることで、振動方向についての共振周波数を調整可能にしている。

20

30

## 【0056】

以上のように、本実施形態においても、可動部 10 が一瞬も止まることがないように動きを、互いに異なる方向に延在する第 1 梁部 211 及び第 2 梁部 212 a, 212 b 等を有する梁構造部 220 と、1 つの駆動部 230 とによる簡易な構成によって達成できる。また、この場合、例えば回転駆動のためにモーターを配置して構成する、というような場合に比べて、装置の小型化を図ることができる。

## 【0057】

また、本実施形態の場合、第 1 実施形態の場合と同様に考察した際の駆動周波数の許容範囲は、ゲイン（振幅）を 1/2（半分）となる範囲までを使用可能な範囲として 4 Hz 程度、1/10 となる範囲までを使用可能な範囲として 20 Hz 程度の幅内となり、2 つの共振モードにおけるずれ量の許容範囲は、4 Hz 程度となる。したがって、2 つの共振モードのずれ量や、駆動周波数の許容範囲は、いずれも高々数 Hz 以内としておくことが好ましいと考えられる。

40

## 【0058】

## 〔第 3 実施形態〕

以下、図 7 を参照して、第 3 実施形態に係る上記アクチュエーターを搭載した光学装置及びプロジェクターについて説明する。ここでは一例として、第 1 実施形態に例示したアクチュエーター 100 を搭載した光学装置 900 を例示するが、他のアクチュエーターを

50

搭載してもよい。

【 0 0 5 9 】

図 7 に示すプロジェクター 8 0 0 は、レーザー光を射出する光源装置 7 0 0 と、画像形成光学系 3 0 0 と、投射光学系 6 0 0 とを備える。

【 0 0 6 0 】

光源装置 7 0 0 は、アクチュエーター 1 0 0 を搭載した光学装置 9 0 0 のほか、光源 7 1 0 等を備えている。

【 0 0 6 1 】

ここで、本実施形態の光学装置 9 0 0 は、アクチュエーター 1 0 0 の可動部 1 0 の箇所に光学素子としての光拡散板 D P を有し、アクチュエーター 1 0 0 により光拡散板 D P を曲線運動させることで、入射するレーザー光の位相を適宜乱して反射することで、スペckル低減を行う装置である。光拡散板 D P は、例えばアルミ板の表面に凹凸が形成され、さらに誘電体多層膜、金属反射膜等が施されて構成される。

10

【 0 0 6 2 】

光源装置 7 1 0 は、R G B 3 色のレーザー光 L を射出する。射出されたレーザー光 L は、平行化レンズ、光分離素子等を介して反射型の光学装置 9 0 0 へ向けて射出される。光学装置 9 0 0 の光拡散板 D P において、レーザー光 L は、適度に拡散されつつ反射される。この際、レーザー光の位相が適度に乱された状態となる。このような状態のレーザー光 L が、さらに、レンズアレイ、偏光変換素子、重畳レンズ等で構成される照明光学系を経て画像形成光学系 3 0 0 に射出される。さらに、レーザー光 L は、画像形成光学系 3 0 0 を構成するダイクロイックミラー、反射ミラー等により色分離導光され、各色について設けた液晶光変調装置によって光変調され、さらに、クロスダイクロイックプリズムによって合成される。合成された成分は、投射光学系 6 0 0 に投射される。以上によりプロジェクター 8 0 0 による画像投射がなされる。

20

【 0 0 6 3 】

本実施形態では、光学装置 9 0 0 がアクチュエーター 1 0 0 を有し、プロジェクター 8 0 0 が光学装置 9 0 0 を有することで、光学装置では、光拡散板 D P が一瞬も止まることのないような動きを達成できる。また、例えば回転駆動のためにモーターを配置して構成する、というような場合に比べて、装置の小型化を図ることができる。また、プロジェクター 8 0 0 では、レーザー光 L に起因するスペckル低減が図られた良好な画像表示ができる。

30

【 0 0 6 4 】

〔その他〕

この発明は、上記の各実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様で実施することが可能である。

【 0 0 6 5 】

まず、上記において、各実施形態に示した電流の制御や磁界の向きについては、例示であり、各部の形状や配置を含め、適宜変更可能である。例えば、コイルを横方向に配置すること等が考えられる。また、永久磁石とコイルとを入れ替えた構成としてもよい。

【 0 0 6 6 】

また、第 1 実施形態において、4 つの梁で構成されるものとしているが、5 つ以上としてもよい。

40

【 0 0 6 7 】

また、上記では、2 つの振動方向 V D 1 , V D 2 のうち少なくとも一方向については動いているように維持され、振動の途中でどちらの振動方向についても速度成分ゼロとなることがないような曲線運動の例として、円状あるいは楕円状の軌道を例示しているが、これに限らず、種々の曲線運動が考えられる。例えば、2 つの間で位相差を設けて、リサージュ図形（あるいはリサージュ図形とも言われる）のような軌道を描くようにすることも可能である。ただし、速度成分ゼロとなることがないような曲線すなわち一瞬も止まることのないような動きをさせる、という観点からすると、図 8 に例示するように、リサージュ

50

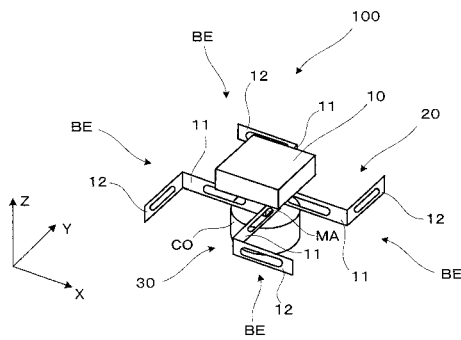
図形のうち、軌道の線が止まって折り返すようなもの（図中バツ印）については、選択しないことになる。

【符号の説明】

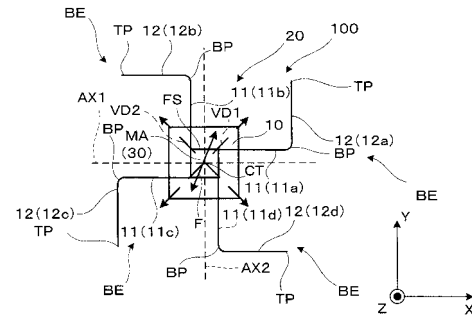
【0068】

10...可動部、11, 11a, 11b, 11c, 11d...第1梁部、12, 12a, 12b, 12c, 12d...第2梁部、20...梁構造部、30...駆動部、100...アクチュエーター、200...アクチュエーター、211...第1梁部、211a, 211b...板状部材、212a, 212b...第2梁部、220...梁構造部、230...駆動部、300...画像形成光学系、600...投射光学系、700...光源装置、710...光源、710...光源装置、800...プロジェクター、900...光学装置、AX1, AX2...中心軸、BE...梁、BP...屈曲部、C1, C2...曲線、CO...コイル、CT...中心、CX...曲線、DP...光拡散板、F...加振力、FS...固定支持部、HL...孔部、L...レーザー光、MA...永久磁石、Pa, Pa...板状部材、Pb, Pb...板状部材、TP...先端部、VD1...第1振動方向、VD2...第2振動方向、VIa, VIb...振動分離部

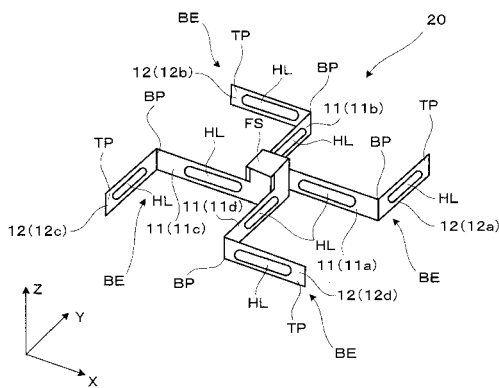
【図1A】



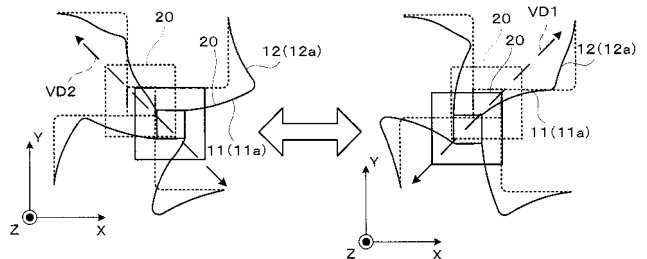
【図2A】



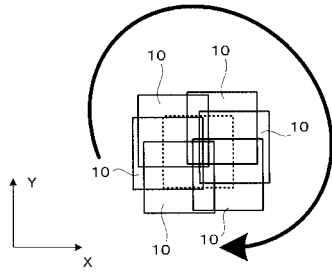
【図1B】



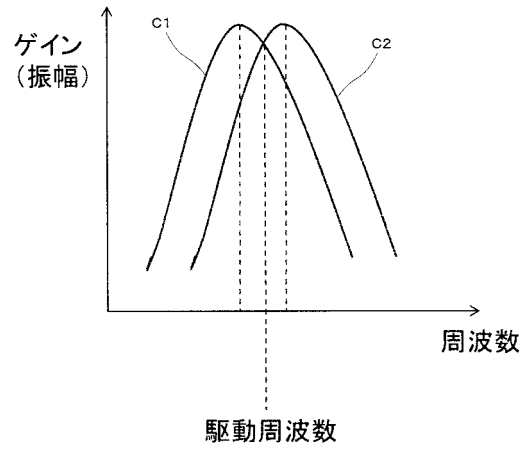
【図2B】



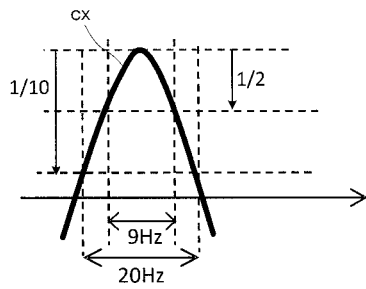
【図 2 C】



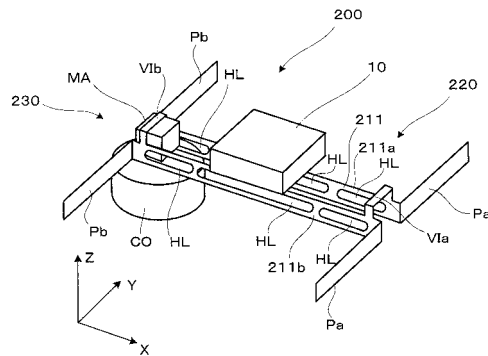
【図 3】



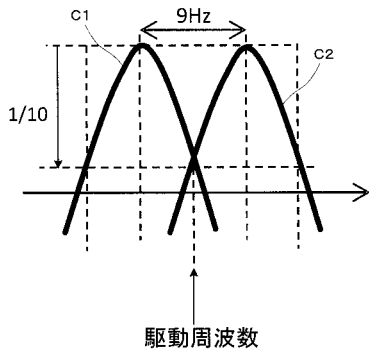
【図 4 A】



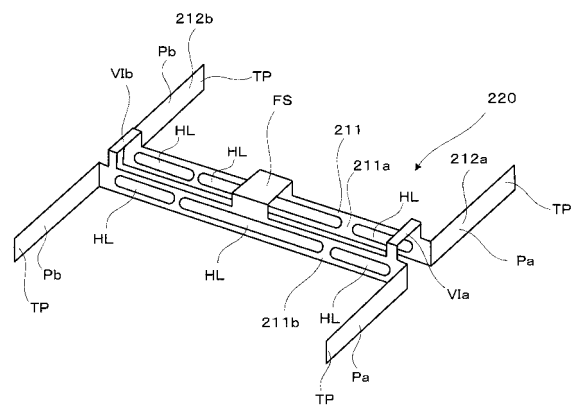
【図 5 A】



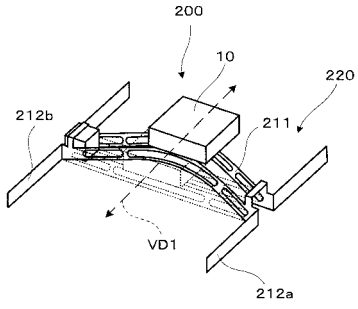
【図 4 B】



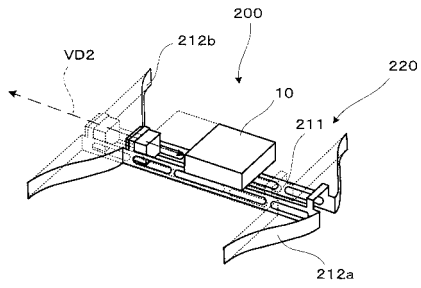
【図 5 B】



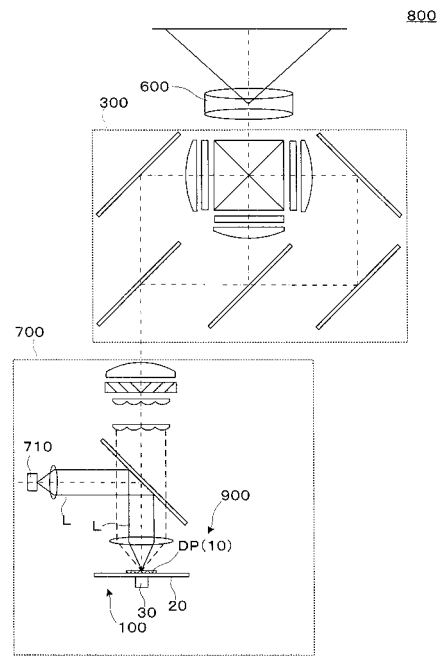
【 図 6 A 】



【 図 6 B 】



【 図 7 】



【 図 8 】

