

(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2006-201350
(P2006-201350A)

(43) 公開日 平成18年8月3日(2006.8.3)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 26/10 (2006.01)	GO2B 26/10 104	2C362
B41J 2/44 (2006.01)	B41J 3/00 D	2H045
HO4N 1/113 (2006.01)	HO4N 1/04 104Z	5C072

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2005-11464 (P2005-11464)	(71) 出願人	000004260 株式会社デンソー
(22) 出願日	平成17年1月19日 (2005.1.19)	(74) 代理人	100100022 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 弁理士 伊藤 洋二
		(74) 代理人	100108198 弁理士 三浦 高広
		(74) 代理人	100111578 弁理士 水野 史博
		(72) 発明者	竹内 幸裕 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		(72) 発明者	川原 伸章 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内

最終頁に続く

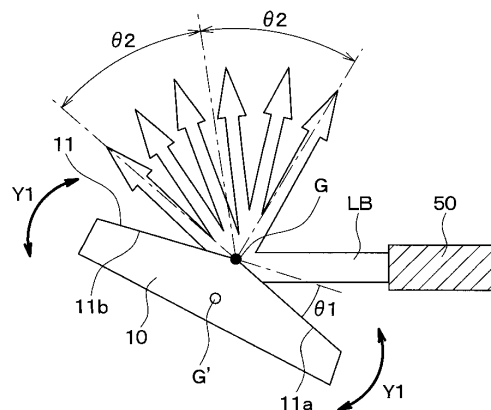
(54) 【発明の名称】 スキャニング装置

(57) 【要約】

【課題】 MEMS型のスキャニング装置において、ミラーの振れ角を大きくすることなく、ミラーによるビームの走査範囲を大きくする。

【解決手段】 基材にバネ部を介して連結されたミラー10と、ミラー10の反射面11にビームLBを入射する光源50とを備え、ミラー10は、光源50からのビームLBを反射するとともに、力を印加したときにバネ部の弾性力によって矢印Y1方向に回転振動するようになっているスキャニング装置において、ミラー10の反射面11は、角度の異なるミラー面11a、11bを複数有して構成されたものであり、光源50からのビームが、角度の異なるミラー面11a、11bにて同時に反射するようになっている。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基材(20)にバネ部(30)を介して連結されたミラー(10)と、前記ミラー(10)の反射面(11)にビームを入射する光源(50)とを備え、

前記ミラー(10)は、前記光源(50)からのビームを反射するとともに、力を印加したときに前記バネ部(30)の弾性力によって回転振動するようになっているスキヤニング装置において、

前記ミラー(10)の反射面(11)は、角度の異なるミラー面(11a、11b)を複数有して構成されたものであり、

前記光源(50)からのビームが、前記角度の異なるミラー面(11a、11b)にて同時に反射するようになっていることを特徴とするスキヤニング装置。 10

【請求項 2】

前記光源(50)からのビームが、前記角度の異なるミラー面(11a、11b)の境界部に入射されるようになっていることを特徴とする請求項 1 に記載のスキヤニング装置。

【請求項 3】

前記ミラー(10)の回転の軸が、前記ミラー(10)の反射面(11)における前記角度の異なるミラー面(11a、11b)の境界部に位置していることを特徴とする請求項 2 に記載のスキヤニング装置。

【請求項 4】

前記ミラー(10)の反射面(11)において、前記角度の異なるミラー面(11a、11b)のパターンが繰り返されていることを特徴とする請求項 1 に記載のスキヤニング装置。 20

【請求項 5】

前記角度の異なるミラー面(11a、11b)のうち隣り合う 2 個のミラー面(11a、11b)において、これら 2 個のミラー面(11a、11b)のなす角度 1 と個々のミラー面(11a、11b)によるビームの走査角度 2 とが同一であることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 つに記載のスキヤニング装置。

【請求項 6】

基材(20)にバネ部(30)を介して連結されたミラー(10)と、前記ミラー(10)の反射面(11)にビームを照射する光源(50)とを備え、 30

前記ミラー(10)は、前記光源(50)からのビームを反射するとともに、力を印加したときに前記バネ部(30)の弾性力によって回転振動するようになっているスキヤニング装置において、

前記ミラー(10)の反射面(11)は、角度の異なるミラー面(11a、11b)を複数有して構成されたものであり、

前記光源(50)は複数個設けられており、

前記複数個の光源(50a、50b)によって別々のビームが、前記角度の異なるミラー面(11a、11b)のそれぞれに対して入射されるようになっていることを特徴とするスキヤニング装置。

【請求項 7】

前記角度の異なるミラー面(11a、11b)のそれぞれに対して行われるビームの入射が、同時に行われるようになっていることを特徴とする請求項 6 に記載のスキヤニング装置。 40

【請求項 8】

前記角度の異なるミラー面(11a、11b)のそれぞれに対して行われるビームの入射が、同時に行われないようになっていることを特徴とする請求項 6 に記載のスキヤニング装置。

【請求項 9】

前記角度の異なるミラー面(11a、11b)のうち隣り合う 2 個のミラー面(11a、11b)において、これら 2 個のミラー面(11a、11b)のなす角度 1 と、個々の 50

ミラー面(11a、11b)によるビームの走査角度2とが同一であることを特徴とする請求項6ないし8のいずれか1つに記載のスキヤニング装置。

【請求項10】

基材(20)にパネ部(30)を介して連結されたミラー(10)と、前記ミラー(10)の反射面(11)にビームを照射する光源(50)とを備え、

前記ミラー(10)は、前記光源(50)からのビームを反射するとともに、力を印加したときに前記パネ部(30)の弾性力によって回転振動するようになっているスキヤニング装置において、

前記光源(50)は複数個設けられており、

前記複数個の光源(50a、50b)によって複数のビームが、前記ミラー(10)の反射面(11)に対して異なる角度で入射されるようになっていることを特徴とするスキヤニング装置。

10

【請求項11】

前記入射角度の異なるビームが2つあり、これら2つのビームのなす角度3と、前記ミラー(10)の反射面(11)による個々のビームの走査角度2とが同一であることを特徴とする請求項10に記載のスキヤニング装置。

【請求項12】

基材(20)にパネ部(30)を介して連結されたミラー(10)と、前記ミラー(10)の反射面(11)にビームを照射する光源(50)とを備え、

前記ミラー(10)は、前記光源(50)からのビームを反射するとともに、力を印加したときに前記パネ部(30)の弾性力によって直線振動するようになっているスキヤニング装置において、

20

前記ミラー(10)の反射面(11)は、角度の異なるミラー面(11a、11b、11c、11d)を複数有して構成されたものであることを特徴とするスキヤニング装置。

【請求項13】

前記ミラー(10)の反射面(11)は、凹面形状もしくは凸面形状であることを特徴とする請求項12に記載のスキヤニング装置。

【請求項14】

前記ミラー(10)の反射面(11)において、複数の前記角度の異なるミラー面(11a～11d)がステップ状に形成されていることを特徴とする請求項12または13に記載のスキヤニング装置。

30

【請求項15】

前記ミラー(10)の反射面(11)において、複数の前記角度の異なるミラー面が連続的に形成されていることを特徴とする請求項12または13に記載のスキヤニング装置。

【請求項16】

前記ミラー(10)から複数のビームが同時に射出されるようになっており、

この複数の射出光が外部物体に当たって反射する複数の反射光を受ける受光部(60)を備えており、

前記受光部(60)は、各々の前記反射光の位置に応じて分割されたものとなっており、

40

前記受光部(60)のうち前記反射光を受けた位置に基づいて、受光した反射光の入射方向がわかるようになっていることを特徴とする請求項1ないし15のいずれか1つに記載のスキヤニング装置。

【請求項17】

前記パネ部(30)の弾性力によって前記ミラー(10)を振動させるために前記ミラー(10)に印加される前記力は、静電気力であることを特徴とする請求項1ないし16のいずれか1つに記載のスキヤニング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は、レーザレーダなどに用いられるMEMS（マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム）型のスキャニング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

MEMS（マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム）型のスキャニング装置は、シリコンなどの基板を半導体プロセスを用いて加工することにより、形成されるものであり、一般に、基材にバネ部を介して連結されたミラーと、ミラーの反射面にビームを照射する光源とを備えて構成されている（たとえば、特許文献1参照）。

【0003】

そして、このようなMEMS型のスキャニング装置においては、ミラーは、光源からのビームを反射するとともに、力を印加したときにバネ部の弾性力によって駆動されるようになっている。

10

【0004】

具体的には、ミラーは、バネ部の弾性力の作用により、回転振動もしくは直線振動するようになっている。それにより、ミラーからの反射光は、このように振動するミラーの可動範囲に応じて走査される。

【特許文献1】特開2003-302586号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

20

ところで、上記したようなMEMS型のスキャニング装置は、構造が簡便で小型であるが、バネ部の弾性力を利用した振動型であり、ミラーのスキャン角度、つまり振れ角が小さい。

【0006】

ここで、図9は、一般的な従来MEMS型のスキャニング装置の概略的な断面構成を示す図である。図9において、ミラー10は、図9中の矢印Y1に示されるように、静電気力などの力の印加時に回転振動する。

【0007】

このとき、光源50からのビームLBは、回転振動するミラー10によって走査される。そこで、反射されるビームLBが走査される角度 θ_2 すなわちビームの走査角度 θ_2 を大きくするためには、ミラー10の振れ角を大きくする必要がある。

30

【0008】

しかしながら、ミラー10の振れ角を大きくするためには、より大きな静電気力などの力を発生するための高電圧回路が必要となる。また、ミラー10を大きく振らすと、ミラー10が、その下部に存在する支持基板などの構造体に干渉するため、ミラー10の振れ角が制限されてしまう。

【0009】

なお、このような高電圧回路を必要とすることや、ミラーの周囲の構造体の干渉による振れ角の制限といった問題は、回転振動型だけではなく、直線振動型においても同様に発生することは言うまでもない。

40

【0010】

本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、MEMS型のスキャニング装置において、ミラーの振れ角を大きくすることなく、ミラーによるビームの走査範囲を大きくすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記目的を達成するため、請求項1に記載の発明では、基材（20）にバネ部（30）を介して連結されたミラー（10）と、ミラー（10）の反射面（11）にビームを入射する光源（50）とを備え、ミラー（10）は、光源（50）からのビームを反射するとともに、力を印加したときにバネ部（30）の弾性力によって回転振動するようになって

50

いるスキャニング装置において、ミラー(10)の反射面(11)は、角度の異なるミラー面(11a、11b)を複数有して構成されたものであり、光源(50)からのビームが、角度の異なるミラー面(11a、11b)にて同時に反射するようになっていることを特徴としている。

【0012】

従来では、ミラーの反射面は平坦な一つの面で構成されていたが、本発明では、ミラー(10)の反射面(11)を、複数の角度の異なるミラー面(11a、11b)により構成している。そして、光源(50)からのビームが、これら角度の異なるミラー面(11a、11b)にて同時に反射するようになっているため、光源(50)が一つであっても、角度の異なるミラー面(11a、11b)の間の角度のオフセット分だけ、ビームの走査範囲を大きくすることができる。

【0013】

したがって、本発明によれば、MEMS型のスキャニング装置において、ミラー(10)の振れ角を大きくすることなく、ミラー(10)によるビームの走査範囲を大きくすることができる。

【0014】

ここで、請求項2に記載の発明のように、請求項1に記載のスキャニング装置において、光源(50)からのビームを、角度の異なるミラー面(11a、11b)の境界部に入射すれば、光源(50)からのビームが、角度の異なるミラー面(11a、11b)にて同時に反射することを適切に実現することができる。

【0015】

また、請求項3に記載の発明では、請求項2に記載のスキャニング装置において、ミラー(10)の回転の軸が、ミラー(10)の反射面(11)における角度の異なるミラー面(11a、11b)の境界部に位置していることを特徴としている。

【0016】

光源(50)からのビームを、角度の異なるミラー面(11a、11b)の境界部に入射するようにした場合、一つのビームのパワーが、当該境界部を挟んで一方のミラー面(11a)と他方のミラー面(11b)とに分割される。

【0017】

ここで、ミラー(10)の回転の軸が、ミラー(10)の反射面(11)における角度の異なるミラー面(11a、11b)の境界部に位置するのではなく、たとえば、ミラー(10)の反射面(11)よりもミラー(10)の内部側に位置する場合、ミラー(10)の回転に伴い、上記境界部とビームとの相対的な位置がずれる。すると、ミラー(10)の回転に伴い、分割されるビームのパワーも一方と他方とで変動してしまう。

【0018】

その点、本発明のように、ミラー(10)の回転の軸を、ミラー(10)の反射面(11)における角度の異なるミラー面(11a、11b)の境界部に位置させれば、ミラー(10)の回転に伴う上記境界部とビームとの位置ずれを抑制することができ、分割されるビームのパワーの変動を防止することができ、好ましい。

【0019】

また、請求項4に記載の発明では、請求項1に記載のスキャニング装置において、ミラー(10)の反射面(11)において、角度の異なるミラー面(11a、11b)のパターンが繰り返されていることを特徴としている。

【0020】

それによれば、ミラー(10)の反射面(11)において一つのビームが当たる範囲内に、角度の異なるミラー面(11a、11b)の繰り返しパターンを位置させることができる。そのため、ビームを角度の異なるミラー面(11a、11b)にて同時に反射させるための、ビームの位置精度を緩いものにできる。

【0021】

また、請求項5に記載の発明では、請求項1～請求項4に記載のスキャニング装置にお

いて、角度の異なるミラー面(11a、11b)のうち隣り合う2個のミラー面(11a、11b)において、これら2個のミラー面(11a、11b)のなす角度 θ_1 と個々のミラー面(11a、11b)によるビームの走査角度 θ_2 とが同一であることを特徴としている。

【0022】

それによれば、隣り合う2個のミラー面(11a、11b)について、ビームの走査範囲を、隙間が無く且つ重複のないものにできる。つまり、ビームの走査範囲を効率的に大きくすることができる。

【0023】

請求項6に記載の発明では、基材(20)にバネ部(30)を介して連結されたミラー(10)と、ミラー(10)の反射面(11)にビームを照射する光源(50)とを備え、ミラー(10)は、光源(50)からのビームを反射するとともに、力を印加したときにバネ部(30)の弾性力によって回転振動するようになっているスキャニング装置において、ミラー(10)の反射面(11)は、角度の異なるミラー面(11a、11b)を複数有して構成されたものであり、光源(50)は複数個設けられており、複数個の光源(50a、50b)によって別々のビームが、角度の異なるミラー面(11a、11b)のそれぞれに対して入射されるようになっていることを特徴としている。

10

【0024】

本発明では、ミラー(10)の反射面(11)を、複数の角度の異なるミラー面(11a、11b)により構成している。そして、光源(50)を複数個設け、複数個の光源(50a、50b)によって別々のビームを、角度の異なるミラー面(11a、11b)のそれぞれに対して入射するようにしているため、角度の異なるミラー面(11a、11b)の間の角度のオフセット分だけ、ビームの走査範囲を大きくすることができる。

20

【0025】

したがって、本発明によれば、MEMS型のスキャニング装置において、ミラー(10)の振れ角を大きくすることなく、ミラー(10)によるビームの走査範囲を大きくすることができる。

【0026】

ここで、請求項7に記載の発明のように、請求項6に記載のスキャニング装置においては、角度の異なるミラー面(11a、11b)のそれぞれに対して行われるビームの入射が、同時に行われるようになっているものにしてよい。

30

【0027】

また、請求項8に記載の発明のように、請求項6に記載のスキャニング装置においては、角度の異なるミラー面(11a、11b)のそれぞれに対して行われるビームの入射が、同時に行われなくなっているものにしてよい。

【0028】

また、請求項9に記載の発明では、請求項6～請求項8に記載の発明のスキャニング装置において、角度の異なるミラー面(11a、11b)のうち隣り合う2個のミラー面(11a、11b)において、これら2個のミラー面(11a、11b)のなす角度 θ_1 と、個々のミラー面(11a、11b)によるビームの走査角度 θ_2 とが同一であることを特徴としている。

40

【0029】

それによれば、隣り合う2個のミラー面(11a、11b)について、ビームの走査範囲を、隙間が無く且つ重複のないものにできる。つまり、ビームの走査範囲を効率的に大きくすることができる。

【0030】

請求項10に記載の発明では、基材(20)にバネ部(30)を介して連結されたミラー(10)と、ミラー(10)の反射面(11)にビームを照射する光源(50)とを備え、ミラー(10)は、光源(50)からのビームを反射するとともに、力を印加したときにバネ部(30)の弾性力によって回転振動するようになっているスキャニング装置に

50

において、光源(50)は複数個設けられており、複数個の光源(50a、50b)によって複数のビームが、ミラー(10)の反射面(11)に対して異なる角度で入射されるようになっていることを特徴としている。

【0031】

本発明では、光源(50)を複数個設け、複数個の光源(50a、50b)によって、複数のビームを、ミラー(10)の反射面(11)に対して異なる角度で入射するようにしている。そのため、ミラー(10)の反射面(11)を従来のように一つの平坦な面で構成した場合であっても、入射角度の異なるビームの間の角度のオフセット分だけ、ビームの走査範囲を大きくすることができる。

【0032】

したがって、本発明によれば、MEMS型のスキャニング装置において、ミラー(10)の振れ角を大きくすることなく、ミラー(10)によるビームの走査範囲を大きくすることができる。

【0033】

また、請求項11に記載の発明では、請求項10に記載のスキャニング装置において、入射角度の異なるビームが2つあり、これら2つのビームのなす角度3と、ミラー(10)の反射面(11)による個々のビームの走査角度2とが同一であることを特徴としている。

【0034】

それによれば、2つのビームの間にて、ミラー(10)によるビームの走査範囲を、隙間無く且つ重複のないものにできる。つまり、ビームの走査範囲を効率的に大きくすることができる。

【0035】

請求項12に記載の発明では、基材(20)にバネ部(30)を介して連結されたミラー(10)と、ミラー(10)の反射面(11)にビームを照射する光源(50)とを備え、ミラー(10)は、光源(50)からのビームを反射するとともに、力を印加したときにバネ部(30)の弾性力によって直線振動するようになっているスキャニング装置において、ミラー(10)の反射面(11)は、角度の異なるミラー面(11a、11b、11c、11d)を複数有して構成されたものであることを特徴としている。

【0036】

本発明では、ミラー(10)の反射面(11)を、複数の角度の異なるミラー面(11a~11d)により構成しているため、直線振動するミラー(10)において、角度の異なるミラー面(11a~11d)の間の角度のオフセット分だけ、ビームの走査範囲を大きくすることができる。

【0037】

したがって、本発明によれば、MEMS型のスキャニング装置において、ミラー(10)の振れ角を大きくすることなく、ミラー(10)によるビームの走査範囲を大きくすることができる。

【0038】

ここで、請求項13に記載の発明のように、請求項12に記載のスキャニング装置においては、ミラー(10)の反射面(11)は、凹面形状もしくは凸面形状であるものにできる。

【0039】

また、請求項14に記載の発明のように、請求項12または請求項13に記載のスキャニング装置においては、ミラー(10)の反射面(11)において、複数の角度の異なるミラー面(11a~11d)がステップ状に形成されているものにできる。

【0040】

さらに、請求項15に記載の発明のように、請求項12または請求項13に記載のスキャニング装置においては、ミラー(10)の反射面(11)において、複数の角度の異なるミラー面が連続的に形成されているものにできる。

10

20

30

40

50

【0041】

また、請求項16に記載の発明では、請求項1～請求項15に記載のスキャニング装置において、ミラー(10)から複数のビームが同時に射出されるようになっており、この複数の射出光が外部物体に当たって反射する複数の反射光を受ける受光部(60)を備えており、受光部(60)は、各々の反射光の位置に応じて分割されたものとなっており、受光部(60)のうち反射光を受けた位置に基づいて、受光した反射光の入射方向がわかるようになっていることを特徴としている。

【0042】

このように、ミラー(10)から複数のビームが同時に射出され、この複数の射出光が外部物体に当たって反射する複数の反射光を受ける受光部(60)を備える場合、本発明のように、受光部(60)を分割した構成とすることにより、複数の反射光のうちの個々の反射光を識別することができる。

10

【0043】

そのため、たとえば、外部物体との距離計測やレーザレーダなどに用いて好適なスキャニング装置を提供することができる。

【0044】

また、請求項17に記載の発明では、請求項1～請求項16に記載のスキャニング装置において、パネ部(30)の弾性力によってミラー(10)を振動させるためにミラー(10)に印加される前記力は、静電気力であることを特徴としている。

【0045】

なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示す一例である。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0046】

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

【0047】

(第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態に係るMEMS型のスキャニング装置の要部を示す概略平面図であり、図2は、本スキャニング装置の要部を示す概略断面図である。

30

【0048】

図1には、本スキャニング装置におけるミラー10を有するミラーデバイスにおいて、ミラー10の反射面11側の平面構成が示されている。このミラーデバイスは、シリコンなどの半導体基板100に対して、フォトリソグラフィやエッチングなどの半導体製造技術を用いて加工を施すことにより、製造されるものである。

【0049】

半導体基板100は、本例では、2枚のシリコン層の間に酸化層を挟んでなるSOI(シリコンオンインシュレータ)基板100からなる。このSOI基板100の一方のシリコン層の表面側が図1に表されている。

40

【0050】

そして、SOI基板100における一方のシリコン層に対して、トレンチエッチングを施すことにより、図1に示されるような構造体10～40が形成されている。図1に示されるSOI基板100の中央部にミラー10が位置している。本例では、ミラー10は矩形板状をなしている。

【0051】

ミラー10は、基材20に対して、パネ部としての梁部30を介して連結されている。この基材20は、ミラー10の周囲に位置する矩形枠状のフレーム21を有している。このフレーム21は、たとえばSOI基板100における他方のシリコン層に対して酸化層を介して支持されており、フレーム21およびその支持部を含めて基材20が構成されて

50

いる。

【0052】

また、このフレーム21の内周部においては、一方のシリコン層の下側に位置する酸化層は、犠牲層エッチングなどにより除去されている。つまり、フレーム21の内周に位置する一方のシリコン層からなる構造体は、その下の他方のシリコン層とは離間した状態となっている。

【0053】

ミラー10は、1組の両端にて梁部30を介してフレーム21に連結され支持されている。この梁部30は、本実施形態では、回転振動型のミラー10を実現するものであり、この梁部30の弾性力によって、図1中の矢印Y1方向に、ミラー10を回転振動させることができるようになっている。

10

【0054】

また、ミラー10のもう1組の両端には、ミラー10を駆動する、すなわち回転振動させるための力として静電気力を印加するための駆動電極40が設けられている。本例では、駆動電極40は、ミラー10からフレーム21側に突出して形成された櫛歯部と、フレーム21からミラー10側に突出して形成された櫛歯部とから構成されている。

【0055】

そして、駆動電極40は、ミラー10側の櫛歯部とフレーム21側の櫛歯部との間に電圧を印加することにより、これら両櫛歯部の間に静電気力を発生させる。そして、この静電気力の印加によって、ミラー10は、梁部30の弾性力の作用により、図1中の矢印Y1方向に回転振動するようになっている。

20

【0056】

また、図2に示されるように、本スキャニング装置は、このミラー10の反射面11にビームLBを照射する光源50を備えている。この光源50は、半導体レーザダイオードからなる。なお、この光源50は、図1においては図示しないが、図1における紙面上方に位置し、ビームLBをミラー10の反射面11に入射するようになっている。

【0057】

そして、図2に示されるように、光源50から照射されたビームLBは、ミラー10の反射面11に入射され、図2中の矢印Y1方向に回転振動するミラー10によって反射され、走査されるようになっている。

30

【0058】

次に、本実施形態のスキャニング装置の独自の構成について述べる。

【0059】

上述したように、本実施形態のスキャニング装置は、基材20にバネ部としての梁部30を介して連結されたミラー10と、ミラー10の反射面11にビームLBを入射する光源50とを備え、ミラー10は、光源50からのビームLBを反射するとともに、静電気力を印加したときにバネ部30の弾性力によって回転振動するようになっていること、つまり、MEMS型であって回転振動型であることを基本としている。

【0060】

そして、このようなスキャニング装置において、本実施形態独自の構成として、図1および図2に示されるように、ミラー10の反射面11が、角度の異なるミラー面11a、11bを複数有して構成されたものとなっている。

40

【0061】

図2では、反射面11が折り曲げられた形となっており、折り曲げ部である凸部の頂点を境界部として、2個のミラー面11a、11bが形成されている。ここで、図2中、右側のミラー面11aを第1のミラー面11a、左側のミラー面11bを第2のミラー面11bとする。また、これら隣り合う2個のミラー面11a、11bのなす角度を θ としている。

【0062】

そして、これら2個のミラー面11aと11bとにより、ミラー10の反射面11が構

50

成されている。なお、このような反射面 11 は、エッチングや切削加工などにより形成することができる。

【0063】

そして、光源 50 からのビーム LB が、角度の異なるミラー面 11 a、11 b にて同時に反射するようになっている。具体的には、図 2 に示されるように、光源 50 からのビーム LB が、角度の異なるミラー面 11 a、11 b の境界部に入射され、このビーム LB は、各ミラー面 11 a、11 b にて反射される。

【0064】

このとき、ミラー 10 は、図 2 中の矢印 Y1 方向に回転振動するため、それぞれのミラー面 11 a、11 b にて反射されるビーム LB は、ミラー 10 の振れ角に応じて走査される。具体的には、図 2 に示されるように、ミラー 10 の振れ角が θ_2 であるとき、個々のミラー面 11 a、11 b によるビーム LB の走査角度も θ_2 となる。

【0065】

ここで、図 2 では、図中の右側に示されるビームの走査角度 θ_2 は、右側の第 1 のミラー面 11 a によるビームの走査角度 θ_2 であり、図中の左側に示されるビームの走査角度 θ_2 は、左側の第 2 のミラー面 11 b によるビームの走査角度 θ_2 である。

【0066】

そして、図 2 では、好ましい例として、隣り合う 2 個のミラー面 11 a、11 b において、これら 2 個のミラー面 11 a、11 b のなす角度 θ_1 と個々のミラー面 11 a、11 b によるビームの走査角度 θ_2 とが同一である場合を示している。具体的には、 $\theta_1 = \theta_2 = 10^\circ$ 程度にすることができる。

【0067】

この場合、たとえば、ミラー 10 の振れ角が θ_2 であっても、ミラー 10 によるビーム LB の走査角度は、第 1 のミラー面 11 a によるビームの走査角度 θ_2 と第 2 のミラー面 11 b によるビームの走査角度 θ_2 とを足し合わせた値 $2 \times \theta_2$ となる。つまり、この例では、ビーム LB の走査角度を、ミラー 10 の振れ角の 2 倍程度まで大きくすることができる。

【0068】

もちろん、2 個のミラー面 11 a、11 b のなす角度 θ_1 と個々のミラー面 11 a、11 b によるビームの走査角度 θ_2 とが異なってもよく、角度 θ_1 が走査角度 θ_2 よりも大きくてもよいし、小さくてもよい。その場合であっても、上述したことから、ビーム LB の走査角度を、ミラー 10 の振れ角よりも大きくできることは明らかである。

【0069】

このように、本実施形態によれば、MEMS 型であって回転振動型のスキャニング装置において、ミラー 10 の反射面 11 は、角度の異なるミラー面 11 a、11 b を複数有して構成されたものであり、光源 50 からのビーム LB が、角度の異なるミラー面 11 a、11 b にて同時に反射するようになっていることを特徴とするスキャニング装置を提供することができる。

【0070】

従来では、ミラーの反射面は平坦な一つの面で構成されていたが、本実施形態では、ミラー 10 の反射面 11 を、複数の角度の異なるミラー面 11 a、11 b により構成している。

【0071】

そして、光源 50 からのビーム LB が、これら角度の異なるミラー面 11 a、11 b にて同時に反射するようになっているため、光源 50 が一つであっても、角度の異なるミラー面 11 a、11 b の間の角度のオフセット分、つまり上記角度 θ_1 の分だけ、ミラー 10 によるビーム LB の走査範囲を大きくすることができる。

【0072】

したがって、本実施形態によれば、MEMS 型のスキャニング装置において、ミラー 10 の振れ角を大きくすることなく、ミラー 10 によるビーム LB の走査範囲を大きくする

10

20

30

40

50

ことができる。

【0073】

また、本実施形態においては、上述したように、光源50からのビームLBを、角度の異なるミラー面11a、11bの境界部に入射していることも特徴のひとつである。このようにすることで、光源50からのビームLBが、角度の異なるミラー面11a、11bにて同時に反射することを適切に実現できている。

【0074】

また、本実施形態においては、図2に示されるように、ミラー10が回転振動するときの当該ミラー10の回転の軸G(図2中の黒丸G)が、ミラー10の反射面11における角度の異なるミラー面11aと11bとの境界部に位置していることが好ましい。もちろん、このことは、当該回転の軸Gの位置を限定するものではない。

10

【0075】

図2に示されるように、光源50からのビームLBを、角度の異なるミラー面11a、11bの境界部に入射するようにした場合、一つのビームLBのパワーが、当該境界部を挟んで一方のミラー面11aと他方のミラー面11bとに分割される。

【0076】

ここで、ミラー10の回転の軸Gが、ミラー10の反射面11における角度の異なるミラー面11a、11bの境界部に位置するのではなく、たとえば、図2中の白丸G'に示されるように、ミラー10の反射面11よりもミラー10の内部側に位置する場合、ミラー10の回転に伴い、上記境界部とビームLBとの相対的な位置がずれる。すると、ミラー10の回転に伴い、分割されるビームLBのパワーも一方のミラー面11aと他方のミラー面11bとで変動してしまう。

20

【0077】

その点、図2に示される例のように、ミラー10の回転の軸Gを、ミラー10の反射面11における角度の異なるミラー面11a、11bの境界部に位置させれば、ミラー10の回転に伴う上記境界部とビームLBとの位置ずれを抑制することができ、分割されるビームLBのパワーの変動を防止することができ、好ましい。

【0078】

また、上述したが、本実施形態においては、図2の例のように、隣り合う2個の角度の異なるミラー面11a、11bにおいて、これら2個のミラー面11a、11bのなす角度 θ_1 と個々のミラー面11a、11bによるビームの走査角度 θ_2 とが同一であることが好ましいとしている。

30

【0079】

それによれば、隣り合う2個のミラー面11a、11bについて、ビームLBの走査範囲を、隙間が無く且つ重複のないものにできる。つまり、ミラー10によるビームLBの走査範囲を効率的に大きくすることができる。

【0080】

たとえば、 $\theta_1 = \theta_2 = 10^\circ$ とすれば、第1のミラー面11aから反射されるビームの走査角度 θ_2 と第2のミラー面11bから反射されるビームの走査角度 θ_2 とが、重複すること無く、また、両走査角度 θ_2 の間には隙間がないものになる。つまり、上述したように、ビームLBの走査角度は $2 \times \theta_2$ となる。

40

【0081】

[変形例]

図3は、本実施形態の変形例を示す概略断面図である。図3に示されるように、ミラー10の反射面11において、角度の異なるミラー面11a、11bのパターンが繰り返されている。

【0082】

つまり、本変形例のミラー10では、ミラー10の反射面11は、多数の角度の異なるミラー面11a、11bにより構成されている。図3では、第1のミラー面11aおよび第2のミラー面11bが、それぞれ10個設けられている。このような反射面11もエッ

50

チングや切削などにより形成することができる。

【0083】

本変形例によれば、ミラー10の反射面11において、一つのビームLBが当たる範囲内に、角度の異なるミラー面11a、11bの繰り返しパターンを位置させることができる。

【0084】

たとえば、上記図2に示される例では、光源50からのビームLBが、角度の異なるミラー面11a、11bにて同時に反射させるために、光源50からのビームLBを、角度の異なるミラー面11a、11bの境界部に入射しているが、それゆえ、ビームLBの位置精度が厳しくなる。

【0085】

それに対して、本変形例では、ビームLBを角度の異なるミラー面11a、11bにて同時に反射させるための、ビームLBの位置精度を緩いものにできる。

【0086】

(第2実施形態)

図4は、本発明の第2実施形態に係るMEMS型のスキャニング装置の要部を示す概略断面図である。

【0087】

本実施形態のスキャニング装置も、上記第1実施形態と同様に、基材20にバネ部としての梁部30を介して連結されたミラー10と(上記図1参照)、ミラー10の反射面11にビームLBを照射する光源50とを備え、ミラー10は、光源50からのビームLBを反射するとともに、静電気力を印加したときにバネ部30の弾性力によって回転振動するようになっており、つまり、MEMS型であって回転振動型であることを基本としている。

【0088】

また、図4に示されるように、本実施形態のスキャニング装置も、ミラー10の反射面11は、角度の異なるミラー面11a、11bを複数有して構成されたものであることは、上記第1実施形態と同様である。

【0089】

しかし、上記実施形態では、光源50が一つであったのに対して、本実施形態では、光源50は複数個設けられている。図4に示される例では、角度の異なるミラー面11a、11bが2個であることに対応して、光源50も2個設けられている。図4中、下側の光源50aを第1の光源50a、上側の光源50bを第2の光源50bとする。

【0090】

そして、図4に示されるように、複数個の光源50(50a、50b)によって互いに平行な別々のビームLB1、LB2が、角度の異なるミラー面11a、11bのそれぞれに対して入射されるようになっており、

【0091】

図4では、下側の第1の光源50aからミラー10の反射面11の右側に位置する第1のミラー面11aに対して、ビームLB1が入射され、上側の第2の光源50bからミラー10の反射面11の左側に位置する第2のミラー面11bに対して、ビームLB2が入射されるようになっており、そして、各ビームLB1、LB2は、それぞれのミラー面11a、11bにて反射される。

【0092】

このとき、ミラー10は、図4中の矢印Y1方向に回転振動するため、それぞれのミラー面11a、11bにて反射されるビームLB1、LB2は、ミラー10の振れ角に応じて走査される。

【0093】

ここで、図4では、図中の右側に示されるビームの走査角度 θ_2 は、第1の光源50aのビームLB1を反射する第1のミラー面11aによるビームの走査角度 θ_2 であり、図

10

20

30

40

50

中の左側に示されるビームの走査角度 θ_2 は、第2の光源50bのビームLB2を反射する第2のミラー面11bによるビームの走査角度 θ_2 である。

【0094】

そして、図4では、好ましい例として、隣り合う2個のミラー面11a、11bにおいて、これら2個のミラー面11a、11bのなす角度 θ_1 と個々のミラー面11a、11bによるビームの走査角度 θ_2 とが同一である場合を示している。

【0095】

この場合、上記図2に基づいて述べたのと同様に、たとえば、ミラー10の振れ角が θ_2 であっても、ミラー10によるビームの走査角度は、2つのミラー面11a、11bによるビームの走査角度 θ_2 を足し合わせた値 $2 \times \theta_2$ となり、ビームの走査角度を、ミラー10の振れ角の2倍程度まで大きくすることができる。

10

【0096】

もちろん、この場合も、2個のミラー面11a、11bのなす角度 θ_1 と個々のミラー面11a、11bによるビームの走査角度 θ_2 とが異なってもよく、その場合でも、上述したことから、ビームの走査角度を、ミラー10の振れ角よりも大きくできることは明らかである。

【0097】

このように、本実施形態では、ミラー10の反射面11を、複数の角度の異なるミラー面11a、11bにより構成している。そして、光源50を複数個の光源50a、50bにより構成し、複数個の光源50a、50bによって別々のビームLB1、LB2を、角度の異なるミラー面11a、11bのそれぞれに対して入射するようにしている。

20

【0098】

そのため、本実施形態においても、角度の異なるミラー面11a、11bの間の角度のオフセット分、つまり上記角度 θ_1 の分だけ、ミラー10によるビームの走査範囲を大きくすることができる。

【0099】

したがって、本実施形態によれば、MEMS型のスキャニング装置において、ミラー10の振れ角を大きくすることなく、ミラー10によるビームの走査範囲を大きくすることができる。

【0100】

ここで、本実施形態においては、角度の異なるミラー面11a、11bのそれぞれに対して行われるビームLB1、LB2の入射が、同時に行われるようになっていてもよいし、時期をずらして同時に行われなくなってもよい。

30

【0101】

また、上述したが、本実施形態においても、図4の例のように、隣り合う2個の角度の異なるミラー面11a、11bにおいて、これら2個のミラー面11a、11bのなす角度 θ_1 と個々のミラー面11a、11bによるビームの走査角度 θ_2 とが同一であることが好ましい。その理由は、上記実施形態と同様である。

【0102】

なお、本実施形態では、複数個の光源によって互いに平行な別々のビームが、角度の異なるミラー面のそれぞれに対して入射される構成であるならば、光源および角度の異なるミラー面は3個以上であってもよい。

40

【0103】

(第3実施形態)

図5は、本発明の第3実施形態に係るMEMS型のスキャニング装置の要部を示す概略断面図である。

【0104】

本実施形態のスキャニング装置も、上記第1実施形態と同様に、基材20にバネ部としての梁部30を介して連結されたミラー10と(上記図1参照)、ミラー10の反射面11にビームLBを照射する光源50とを備え、ミラー10は、光源50からのビームLB

50

を反射するとともに、静電気力を印加したときにバネ部 30 の弾性力によって回転振動するようになっていること、つまり、MEMS 型であって回転振動型であることを基本としている。

【0105】

そして、図 5 に示されるように、本実施形態では、このようなスキャニング装置において、光源 50 (50 a、50 b) は複数個設けられており、複数個の光源 50 a、50 b によって複数のビーム LB 1、LB 2 が、ミラー 10 の反射面 11 に対して異なる角度で入射されるようになっていることを特徴としている。

【0106】

図 5 に示される例では、光源 50 は 2 個設けられており、図中、下側の光源 50 a を第 1 の光源 50 a、上側の光源 50 b を第 2 の光源 50 b とする。また、ミラー 10 の反射面 11 は、従来と同様に一つの平坦なミラー面である。 10

【0107】

そして、下側の第 1 の光源 50 a からミラー 10 の反射面 11 に対してビーム LB 1 が入射され、このビーム LB 1 とは異なる入射角度にて、上側の第 2 の光源 50 b からミラー 10 の反射面 11 に対してビーム LB 2 が入射されるようになっている。そして、各ビーム LB 1、LB 2 は、反射面 11 にて反射される。

【0108】

このとき、ミラー 10 は、図 5 中の矢印 Y 1 方向に回転振動するため、反射面 11 にて反射される各ビーム LB 1、LB 2 は、ミラー 10 の振れ角に応じて走査される。ここで、入射角度の異なるビーム LB 1、LB 2 が 2 つあり、これら 2 つのビーム LB 1 と LB 2 とのなす角度を 3 とする。 20

【0109】

また、図 5 では、図中の右側に示されるビームの走査角度 2 は、第 1 の光源 50 a のビーム LB 1 を反射する反射面 11 によるビームの走査角度 2 であり、図中の左側に示されるビームの走査角度 2 は、第 2 の光源 50 b のビーム LB 2 を反射する反射面 11 によるビームの走査角度 2 である。

【0110】

そして、図 5 では、好ましい例として、2 つのビーム LB 1 と LB 2 とのなす角度 3 と、ミラー 10 の反射面 11 による個々のビームの走査角度 2 とが同一である場合を示している。 30

【0111】

この場合、たとえば、ミラー 10 の振れ角が 2 であっても、ミラー 10 によるビームの走査角度は、2 つのビーム LB 1、LB 2 によるビームの走査角度 2 を足し合わせた値 2×2 となり、ビームの走査角度を、ミラー 10 の振れ角の 2 倍程度まで大きくすることができる。

【0112】

もちろん、この場合、2 つのビーム LB 1 と LB 2 とのなす角度 3 と、ミラー 10 の反射面 11 による個々のビームの走査角度 2 とが異なってもよく、その場合でも、ビームの走査角度を、ミラー 10 の振れ角よりも大きくできることは明らかである。 40

【0113】

このように、本実施形態では、光源 50 を複数個の光源 50 a、50 b により構成し、複数個の光源 50 a、50 b によって、複数のビーム LB 1、LB 2 を、ミラー 10 の反射面 11 に対して異なる角度で入射するようにしている。

【0114】

そのため、ミラー 10 の反射面 11 を従来のように一つの平坦な面で構成した場合であっても、入射角度の異なるビーム LB 1、LB 2 の間の角度のオフセット分、つまり上記角度 3 の分だけ、ミラー 10 によるビームの走査範囲を大きくすることができる。

【0115】

したがって、本実施形態によれば、MEMS 型のスキャニング装置において、ミラー 1 50

0の振れ角を大きくすることなく、ミラー10によるビームの走査範囲を大きくすることができる。

【0116】

また、上述したが、本実施形態においても、図5の例のように、入射角度の異なる2つのビームLB1、LB2のなす角度 θ_3 と、ミラー10の反射面11による個々のビームの走査角度 θ_2 とが同一であることが好ましい。

【0117】

それによれば、2つのビームLB1、LB2の間にて、ミラー10によるビームの走査範囲を、隙間が無く且つ重複のないものにできる。つまり、ビームの走査範囲を効率的に大きくすることができる。

10

【0118】

たとえば、 $\theta_3 = \theta_2 = 10^\circ$ とすれば、第1の光源50aからのビームLB1の反射によるビームの走査角度 θ_2 と第2の光源50bのビームLB2からの反射によるビームの走査角度 θ_2 とが、重複すること無く、また、両走査角度 θ_2 の間には隙間がないものになる。つまり、上述したように、ビームの走査角度は $2 \times \theta_2$ となる。

【0119】

なお、本実施形態においても、ミラー10の反射面11は、角度の異なるミラー面11a、11bを複数有して構成されたものであってもよい。

【0120】

(第4実施形態)

20

図6は、本発明の第4実施形態に係るMEMS型のスキャニング装置の要部を示す概略断面図である。

【0121】

本実施形態のスキャニング装置も、上記第1実施形態と同様に、基材20にバネ部としての梁部30を介して連結されたミラー10と(上記図1参照)、ミラー10の反射面11にビームLBを照射する光源50とを備え、ミラー10は、光源50からのビームLBを反射するようになっている。

【0122】

そして、本実施形態では、静電気力を印加したときにバネ部30の弾性力によって直線振動するようになっている。つまり、本実施形態のスキャニング装置は、MEMS型であって直線振動型であることを基本としている。

30

【0123】

本実施形態では、ミラー10をフレーム21に支持する梁部30(上記図1参照)の弾性力によって、図6中の矢印Y2方向に、ミラー10を回直線振動させることができるようになっている。

【0124】

そして、図6に示されるように、本実施形態では、このようなスキャニング装置において、ミラー10の反射面11は、角度の異なるミラー面11a、11b、11c、11dを複数有して構成されたものであることを特徴としている。

【0125】

40

図6に示される例では、ミラー10の反射面11は凹面形状であり、ミラー10の反射面11において、複数の角度の異なるミラー面11a~11dがステップ状に形成されている。なお、図示しないが、本実施形態において、ミラー10の反射面11は凸面形状であってもよい。

【0126】

そして、本実施形態では、光源50からミラー10の反射面11に対してビームLBが入射され、反射面11にて反射される。このとき、ミラー10は、図6中の矢印Y2方向に直線振動するため、反射面11にて反射されるビームLBは、ミラー10の振れ角に応じて走査される。

【0127】

50

このように、本実施形態では、ミラー 10 の反射面 11 を、複数の角度の異なるミラー面 11 a ~ 11 d により構成しているため、直線振動するミラー 10 において、角度の異なるミラー面 11 a ~ 11 d の間の角度のオフセット分だけ、ビームの走査範囲を大きくすることができる。

【0128】

したがって、本実施形態によれば、MEMS 型のスキャニング装置において、ミラー 10 の振れ角を大きくすることなく、ミラー 10 によるビームの走査範囲を大きくすることができる。

【0129】

ここで、本実施形態においては、図 7 に示されるように、ミラー 10 の反射面 11 において、複数の角度の異なるミラー面が連続的に形成されていてもよい。図 7 (a) は、凸面形状に連続的に形成されている例、図 7 (b) は、凹面形状に連続的に形成されている例を示す。

10

【0130】

(第 5 実施形態)

図 8 (a) は、本発明の第 5 実施形態に係る MEMS 型のスキャニング装置の要部を示す概略断面図であり、図 8 (b) は、(a) 中の受光部 60 の概略平面図である。

【0131】

本実施形態は、上記実施形態にて述べられたスキャニング装置において、さらに、ミラー 10 から複数のビームが同時に射出されるようになっているとともに、この複数の射出光が外部物体に当たって反射したときの複数の反射光 R を受ける受光部 60 を備えているものである。

20

【0132】

ここで、図示しない外部物体から反射された複数の反射光 R は、受光用レンズ 61 にて集光され、受光部 60 に当てられる。この受光部 60 としては、たとえば、フォトダイオードなどを採用することができる。

【0133】

ここにおいて、図 8 (b) に示されるように、受光部 60 は、各々の反射光 R の位置に応じて分割されたものとなっている。図示例では、受光部 60 は碁盤目状に分割されている。そのため、受光部 60 のうち反射光 R を受けた位置に基づいて、受光した反射光 R の入射方向がわかるようになっている。

30

【0134】

このように、本実施形態のスキャニング装置では、ミラー 10 から複数のビームが同時に射出され、この複数の射出光が外部物体に当たって反射する複数の反射光 R を受ける受光部 60 を備える場合、受光部 60 を分割した構成とすることにより、複数の反射光 R のうちの個々の反射光 R を識別することができる。

【0135】

そのため、たとえば、本実施形態のスキャニング装置は、外部物体との距離計測を行う距離計やレーザレーダなどに用いて好適なスキャニング装置を提供することができる。

【0136】

(他の実施形態)

なお、上記実施形態において、半導体基板 100 にミラー 10 が形成された半導体基板 100 や、光源 50、受光部 60 などは、ケースなどに組み付けられ、ユニットとして構成されて用いられる。

40

【0137】

また、ミラー 10 を構成する半導体基板 100 は、上述した SOI 基板 100 に限定されるものではない。また、ミラー 10 を回転振動または直線振動させるための弾性力を発揮する梁部 30 は、上記図 1 に示される形状に限定されるものではない。これら半導体基板 100 や梁部 30 は、当業者であれば適宜設計変更が可能である。

【0138】

50

また、バネ部としての梁部 30 の弾性力によってミラー 10 を振動させるためにミラー 10 に印加される力は、上記実施形態では、静電気力であったが、たとえば、電磁力など、それ以外の力であってもよい。

【0139】

また、上記した各種の実施形態は、可能な範囲において適宜組み合わせるようによい。

【図面の簡単な説明】

【0140】

【図1】本発明の第1実施形態に係るMEMS型のスキャニング装置の要部を示す概略平面図である。

10

【図2】図1に示されるスキャニング装置の要部を示す概略断面図である。

【図3】第1実施形態の変形例を示す概略断面図である。

【図4】本発明の第2実施形態に係るMEMS型のスキャニング装置の要部を示す概略断面図である。

【図5】本発明の第3実施形態に係るMEMS型のスキャニング装置の要部を示す概略断面図である。

【図6】本発明の第4実施形態に係るMEMS型のスキャニング装置の要部を示す概略断面図である。

【図7】上記第4実施形態の変形例としてのMEMS型のスキャニング装置の要部を示す概略断面図である。

20

【図8】(a)は、本発明の第5実施形態に係るMEMS型のスキャニング装置の要部を示す概略断面図であり、(b)は、(a)中の受光部の概略平面図である。

【図9】従来のMEMS型のスキャニング装置の概略断面図である。

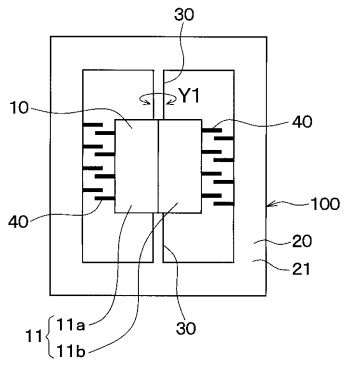
【符号の説明】

【0141】

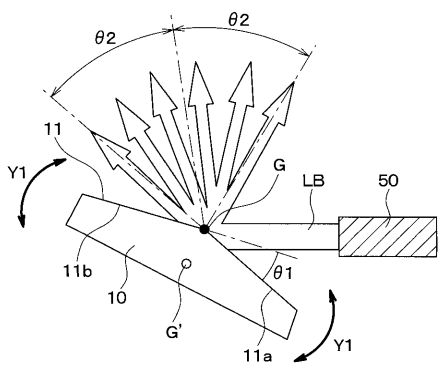
- 10 ... ミラー、 11 ... ミラーの反射面、
- 11 a、 11 b、 11 c、 11 d ... 角度の異なるミラー面、
- 20 ... 基材、 30 ... バネ部としての梁部、
- 50、 50 a、 50 b ... 光源、 60 ... 受光部、
- 1 ... 2個のミラー面のなす角度、
- 2 ... ビームの走査角度、
- 3 ... 2つのビームのなす角度。

30

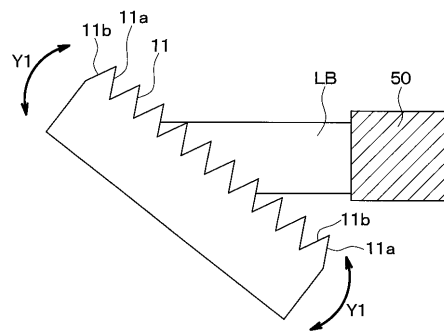
【 図 1 】



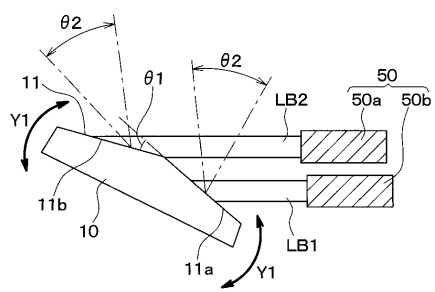
【 図 2 】



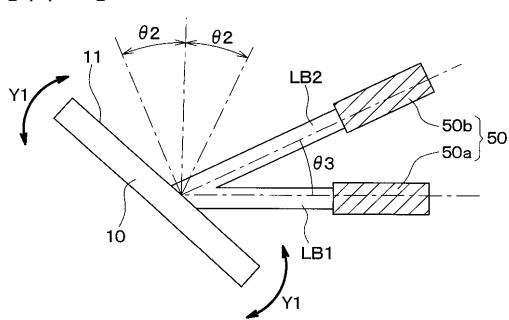
【 図 3 】



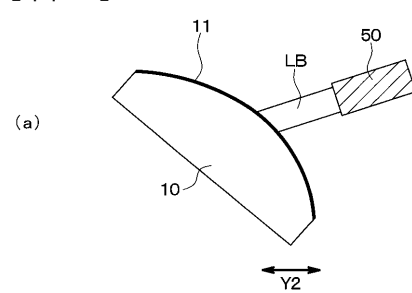
【 図 4 】



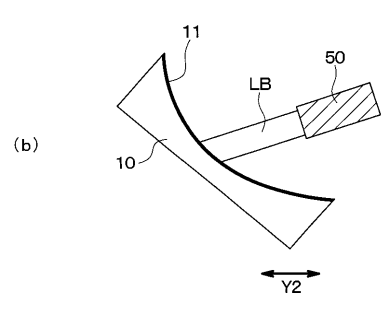
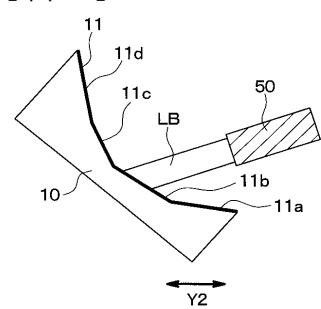
【 図 5 】



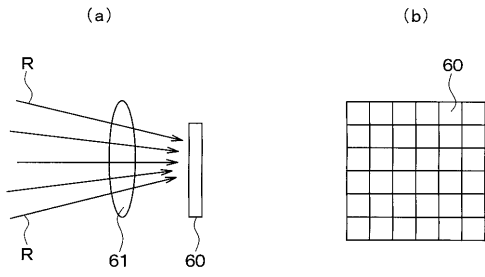
【 図 7 】



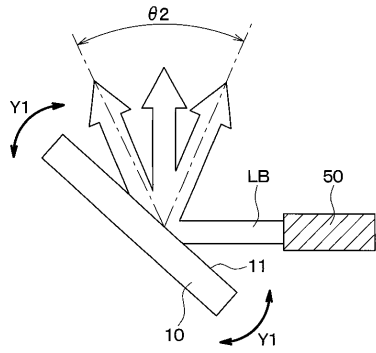
【 図 6 】



【 8 】



【 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 吉田 貴彦

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

Fターム(参考) 2C362 BA17

2H045 AB02 BA21 CB65 DA02

5C072 AA05 BA01 BA20 DA04 HA02 HA06 HA08 HA14 XA10