

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3942497号

(P3942497)

(45) 発行日 平成19年7月11日(2007.7.11)

(24) 登録日 平成19年4月13日(2007.4.13)

(51) Int. Cl.	F I
GO2B 26/08 (2006.01)	GO2B 26/08 E
HO4B 10/10 (2006.01)	HO4B 9/00 R
HO4B 10/105 (2006.01)	HO4B 9/00 T
HO4B 10/22 (2006.01)	
HO4B 10/02 (2006.01)	

請求項の数 6 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2002-184597 (P2002-184597)	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成14年6月25日(2002.6.25)		オリンパス株式会社
(65) 公開番号	特開2004-29320 (P2004-29320A)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(43) 公開日	平成16年1月29日(2004.1.29)	(74) 代理人	100058479
審査請求日	平成17年5月19日(2005.5.19)		弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100084618
			弁理士 村松 貞男
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100100952
			弁理士 風間 鉄也
		(72) 発明者	久保井 徹
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
			オリンパス光学工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光スイッチ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力側の光ファイバーと出力側の光ファイバーとを適宜光接続する光スイッチであって、

入力側のアレイユニットと、

出力側のアレイユニットとを備えており、

入力側のアレイユニットは、複数の信号入力用光ファイバーと少なくとも一つの調整用光ファイバーとを有する入力側ファイバーアレイと、入力側ファイバーアレイからの信号光ビームを偏向するための複数のチルト可変ミラーと調整用光ファイバーからの調整光ビームを反射するための少なくとも一つの固定ミラーとを有するミラーアレイと、入力側ファイバーアレイに対する相対的なミラーアレイの向きを調整するための向き調整機構とを有し、

出力側のアレイユニットは、複数の信号出力用光ファイバーを有する出力側ファイバーアレイを有し、

入力側ファイバーアレイは更に、調整用光を発する光源と、調整用光を検出するための受光素子とを有し、光源と受光素子は共に調整用光ファイバーと光学的に接続されており、調整用光ファイバーからは調整光ビームが固定ミラーに向けて射出され、受光素子は固定ミラーで反射され調整用光ファイバーに入射した調整用光を検出し、この検出結果に基づいて向き調整機構によりミラーアレイの向きが調整される、光スイッチ。

【請求項2】

10

20

複数のチルト可変ミラーと少なくとも一つの固定ミラーは、 m 行 \times n 列 (m と n は共に自然数)の配列で整列されており、従って、固定ミラーは m 行 \times n 列の配列上に位置しており、

これに対応して、複数の信号入力用光ファイバーと少なくとも一つの調整用光ファイバーも m 行 \times n 列の配列で整列されており、調整用光ファイバーは固定ミラーに対向して配置されている、請求項1に記載の光スイッチ。

【請求項3】

複数のチルト可変ミラーは、 m 行 \times n 列 (m と n は共に自然数)の配列で整列されており、従って、固定ミラーは m 行 \times n 列の配列上から外れており、

これに対応して、複数の信号入力用光ファイバーも m 行 \times n 列の配列で整列されており、従って、調整用光ファイバーは m 行 \times n 列の配列上から外れていて、固定ミラーに対向して配置されている、請求項1に記載の光スイッチ。

【請求項4】

複数のチルト可変ミラーは、 m 行 \times n 列 (m と n は共に自然数)の配列で整列されており、従って、固定ミラーは m 行 \times n 列の配列上に外れており、

複数の信号入力用光ファイバーと、少なくとも一つの信号入力用光ファイバーと機能を兼用する調整用光ファイバーも m 行 \times n 列の配列で整列されており、従って、調整用光ファイバーは m 行 \times n 列の配列上に位置しており、

光スイッチは更に、入力側ファイバーアレイの光軸を横切る方向に関する入力側ファイバーアレイとミラーアレイの相対的な位置を調整するための位置調整機構を更に備えており、調整用光ファイバーは位置調整機構により固定ミラーに適宜対向して配置され、この対向した配置で向き調整機構によって入力側ファイバーアレイとミラーアレイの相対的な向きを調整したのち、位置調整機構で、信号入力用光ファイバーと、信号入力用光ファイバーと機能を兼用する調整用光ファイバーとを、チルトミラーに適宜対向して配置する、請求項1に記載の光スイッチ。

【請求項5】

出力側のアレイユニットは更に、入力側ファイバーアレイのミラーアレイからの信号光ビームを、出力側ファイバーアレイに向けて偏向するための複数のチルト可変ミラーを有する別のミラーアレイを有している、請求項1に記載の光スイッチ。

【請求項6】

出力側のアレイユニットは更に、入力側ファイバーアレイのミラーアレイからの信号光ビームを、出力側ファイバーアレイに向けて反射するための固定ミラーを有している、請求項1に記載の光スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信システムで利用されるマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム・ミラーアレイ (MEMSミラーアレイ) を備えた光スイッチに関する。

【0002】

【従来の技術】

特開2001-174724号公報は、従来の光スイッチのひとつを開示している。これを図12を用いて説明する。

【0003】

この光スイッチは、入力側と出力側の各々に、一組のファイバ・レンズアレイとMEMSミラーアレイとを有している。入力側のファイバ・レンズアレイ903は、入力ファイバアレイ901とこれに対応した入力レンズアレイ902とを有し、MEMSミラーアレイ905は、ファイバ・901と同様に配列された複数のチルト可変ミラー904を有している。入力ファイバ・レンズアレイ903とMEMSミラーアレイ905は対向して配置されており、個々のファイバ・901とチルト可変ミラー904は1対1で対応している。

【0004】

同様に、出力側のファイバ - レンズアレイ 913 は、出力ファイバアレイ 911 とこれに対応した出力レンズアレイ 912 とを有し、MEMSミラーアレイ 915 は、ファイバ - 911 と同様に配列された複数のチルト可変ミラー 914 を有している。入力ファイバ - レンズアレイ 913 と MEMSミラーアレイ 915 は対向して配置されており、個々のファイバ - 911 とチルト可変ミラー 914 は 1対1 で対応している。

【0005】

特定の入力ファイバ - 901a からの射出ビーム 921 は入力レンズ 902a により集光され、対向するチルト可変ミラー 904a に照射される。チルト可変ミラー 904a は、複数の回転軸の周囲で傾斜可能になっているため、例えば、反射角度が図示する a 度になる様に、チルト可変ミラー 904a を傾ければ、ビーム 921 は MEMSミラーアレイ 915 上のチルト可変ミラー 914a に向かって反射され、ビーム 921 を出力ファイバ - 911a に導く事が可能になる。

10

【0006】

従って、入力側の MEMSミラーアレイ 905 のチルト可変ミラー 904 と出力側の MEMSミラーアレイ 915 のチルト可変ミラー 914 の角度を変更することにより、任意の入力ファイバ - 901 からの光信号を、任意の出力ファイバ - 911 に導く光スイッチを実現できる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

図 12 に示した光スイッチの問題点を図 13 を用いて説明する。

20

【0008】

チルト可変ミラーの可変角度（以下ストローク）は有限であるため、複数に配列されたファイバ - レンズ列に光信号をスイッチングするには、MEMSミラーアレイ全体を所定の傾き範囲内に収まるように設置しなければならない。

【0009】

すなわち、MEMSミラーアレイ 905 が図 13 に示されるように傾き b を持って設置された場合、チルト可変ミラー 904a によって反射されるビーム 921 の反射角は、 $(a - b/2)$ となるため、ビーム 921 は MEMSミラーアレイ 915 上のチルト可変ミラー 914a に到達しない。ビーム 921 が、チルト可変ミラー 914a に到達するためには、チルト可変ミラー 914a の最大ストローク c が、 $c > (a + b/2)$ を満たす必要がある。

30

【0010】

光スイッチに用いられる MEMSミラーアレイには、例えば、米国特許第 6201631 号に示されるものがあるが、これに示される様なジンバル構造を採用したチルト可変ミラーのストロークは、構造上有限であり、尚且つ最大ストローク c を大きく取るとは困難である。従って、ビーム 921 を出力ファイバ - 911a に導くことが不可能になり、出力ファイバ - レンズアレイ 913 の中に、スイッチング不可能なファイバ - が発生する不具合が生じる。

【0011】

しかし、特開 2001 - 174724 号公報には、MEMSミラーアレイ 905 と MEMSミラーアレイ 915 の傾きを調整・確認するための、構成や方法は記載されておらず、従って、ファイバ - レンズアレイとミラー - レンズアレイが傾きを持って配置された場合には、チルト可変ミラーのストロークが不足して、スイッチング（切り換え）不可能な出力ファイバが発生するという不具合が生じてしまう。

40

【0012】

本発明は、このような不具合を解消するために成されたものであり、その目的は、チルト可変ミラーのストローク不足が発生すること無く、確実に信号光を切り換え可能な光スイッチを提供することである。

【0013】

50

【課題を解決するための手段】

本発明は、入力側の光ファイバーと出力側の光ファイバーとを適宜光接続する光スイッチであって、入力側のアレイユニットと、出力側のアレイユニットとを備えており、入力側のアレイユニットは、複数の信号入力用光ファイバーと少なくとも一つの調整用光ファイバーとを有する入力側ファイバーアレイと、入力側ファイバーアレイからの信号光ビームを偏向するための複数のチルト可変ミラーと調整用光ファイバーからの調整光ビームを反射するための少なくとも一つの固定ミラーとを有するミラーアレイと、入力側ファイバーアレイに対する相対的なミラーアレイの向きを調整するための向き調整機構とを有し、出力側のアレイユニットは、複数の信号出力用光ファイバーを有する出力側ファイバーアレイを有している。入力側ファイバーアレイは更に、調整用光を発する光源と、調整用光を検出するための受光素子とを有し、光源と受光素子は共に調整用光ファイバーと光学的に接続されており、調整用光ファイバーからは調整光ビームが固定ミラーに向けて射出され、受光素子は固定ミラーで反射され調整用光ファイバーに入射した調整用光を検出し、この検出結果に基づいて向き調整機構によりミラーアレイの向きが調整される。

10

【0014】**【発明の実施の形態】**

以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態について説明する。

【0015】**第一実施形態**

本実施形態は、光スイッチの一部を構成するアレイユニットに向けられている。本実施形態は、例えば、これを二つ組み合わせることで光スイッチを構成し得るアレイユニットである。本実施形態のアレイユニットを図1に示す。

20

【0016】

図1に示されるように、アレイユニット100は、複数の信号用光ファイバ-111と少なくとも一つの調整用光ファイバ-111Aとを有するファイバ-レンズアレイ110と、複数のチルト可変ミラー102と少なくとも一つの固定ミラー103とを有するミラーアレイ101と、ファイバ-レンズアレイ110に対する相対的なミラーアレイ101の向きを調整するための向き調整機構とを備えている。

【0017】

ミラーアレイ101は、例えば、半導体マイクロマシン技術によって作製されるマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム・ミラーアレイ(MEMSミラーアレイ)で構成される。

30

【0018】

向き調整機構は、入力側ファイバ-レンズアレイ110の光軸に対する傾き、言い換えれば、入力側ファイバ-レンズアレイ110の光軸に直交する2本の軸すなわちX軸とY軸の周りの角度を調整し得る。例えば、向き調整機構は、xチルト機構120とyチルト機構121とで構成され、MEMSミラーアレイ101をx方向(X軸周り)とy方向(Y軸周り)に傾斜可能に支持している。

【0019】

向き調整機構は、図1に示されるように、xチルト機構120やyチルト機構121の様な1軸傾斜機構を重ねた構成の他に、同時に2軸傾斜が可能な構造を持つ傾斜機構であってもよい。

40

【0020】

このようなアレイユニット100は、これらを二つ、図12に示したように配置することにより光スイッチを構成する。このように構成される光スイッチにおいて、入力側に位置するアレイユニット100の信号用光ファイバ-111が、信号光が入力される信号入力用光ファイバ-となり、出力側に位置するアレイユニット100の信号用光ファイバ-111が、信号光を出力するための信号出力用光ファイバ-となる。

【0021】

以下、MEMSミラーアレイ101の詳細について図3と図4を参照しながら述べ、続き

50

てファイバ - レンズアレイ 1 1 0 の詳細について述べる。

【 0 0 2 2 】

M E M S ミラーアレイ 1 0 1 は、図 3 と図 4 に示されるように、8 個のチルト可変ミラー 1 0 2 と、1 個の固定ミラー 1 0 3 とを有している。チルト可変ミラー 1 0 2 と固定ミラー 1 0 3 は 3 行 × 3 列の配列で整列されている。

【 0 0 2 3 】

本実施形態では、M E M S ミラーアレイ 1 0 1 は、8 個のチルト可変ミラー 1 0 2 を有しているが、その個数は例示的なものであり、8 個に何ら限定されるものではなく、他の個数であってもよい。また、固定ミラー 1 0 3 の個数も 1 個に限定されるものではなく、少なくとも 1 個を有していればよい。さらに、固定ミラー 1 0 3 の位置も、図 3 に示される位置に限定されるものではなく、3 行 × 3 列の配列上のどこに位置していてもよい。また、配列も 3 行 × 3 列に限定されるものではなく、n 行 × m 列 (n と m は共に自然数) の任意の配列であってもよい。

10

【 0 0 2 4 】

チルト可変ミラー 1 0 2 と固定ミラー 1 0 3 には、光通信システムにおいて使用される光信号を反射可能なコーティングが施され、反射コート面 1 0 4 (図 4 参照) を形成している。反射コート面 1 0 4 の材料としては例えば A u や A l が、コーティング方法としては例えば真空蒸着やスパッタリングが考えられる。また、反射コート面 1 0 4 は、後述する信号光ビーム 1 1 2 や調整光ビーム 1 1 4 のビームウエストと比較して、十分に大きな面積を有している。

20

【 0 0 2 5 】

チルト可変ミラー 1 0 2 は、図 3 と図 4 に示されるように、スプリング 1 0 5 により 1 本の軸あるいは 2 本の軸を中心にチルト可能に保持されている。チルト可変ミラー 1 0 2 は、あるいは例えば図 5 に示されるように、ジンバル構造によりチルト可能に保持されていてもよい。

【 0 0 2 6 】

これらのチルト可変ミラー 1 0 2 と固定ミラー 1 0 3 とスプリング 1 0 5 とは、同一のミラー基板 1 0 6 から作製されるものであり、従って、チルト可変ミラー 1 0 2 の反射コート面 1 0 4 と固定ミラー 1 0 3 の反射コート面 1 0 4 は、同一の面 1 0 7 となる。ミラー基板 1 0 6 の材料としては、例えば単結晶シリコン基板 (ウエハ) が考えられるが、この場合、面 1 0 7 の平面度等の面精度はウエハの製造工程に依存するものであり、十分に光学反射面として使用可能なものとなり得る。また、チルト可変ミラー 1 0 2 とスプリング 1 0 5 の作製には、例えば異方性エッチングを用いた加工が適用可能である。

30

【 0 0 2 7 】

さらに、ミラー基板 1 0 6 の下側には、電極基板 1 0 8 が接合されており、電極基板 1 0 8 のチルト可変ミラー 1 0 2 と対向する面には、電極 1 0 9 が設けられている。

【 0 0 2 8 】

ファイバ - レンズアレイ 1 1 0 は、図 1 と図 2 に示されるように、8 本の信号用光ファイバ - 1 1 1 と 1 本の調整用光ファイバ - 1 1 1 A とを有しており、これらは 3 行 × 3 列の配列で整列されている。ファイバ - レンズアレイ 1 1 0 の光ファイバ - 1 1 1 と 1 1 1 A の配列ピッチは、M E M S ミラーアレイ 1 0 1 のチルト可変ミラー 1 0 2 の配列ピッチと同一である。

40

【 0 0 2 9 】

ファイバ - レンズアレイ 1 1 0 が有する光ファイバ - 1 1 1 と 1 1 1 A の本数は、M E M S ミラーアレイ 1 0 1 と同様に例示的なものであり、その本数に何ら限定されるものではなく、他の任意の本数であってもよい。また、それらの配列についても同様であり、3 行 × 3 列の配列に限定されるものではなく、n 行 × m 列 (n と m は共に自然数) の任意の配列であってもよい。

【 0 0 3 0 】

図 2 に示されるように、ファイバ - レンズアレイ 1 1 0 は更に、信号用光ファイバ - 1 1

50

1と調整用光ファイバ-111Aから射出される光ビームをそれぞれ集光するためのレンズ113と113Aを有している。レンズ113と113Aは光ファイバ-111と111Aに対して1対1で設けられている。

【0031】

図1に示されるように、MEMSミラーアレイ101とファイバ-レンズアレイ110は対向して設置されており、チルト可変ミラー102と信号用ファイバ-111は互いに1対1で対応しており、また、固定ミラー103と調整用光ファイバ-111も1対1で対応している。

【0032】

MEMSミラーアレイ101とファイバ-レンズアレイ110は、信号用ファイバ-111から射出される信号光ビームがチルト可変ミラー102に照射され、調整用光ファイバ-111から射出される調整用光ビームが固定ミラー103に照射されるように、位置決めされている。

【0033】

MEMSミラーアレイ101とファイバ-レンズアレイ110の距離WD118は、信号光ビーム112と調整光ビーム114Aが、チルト可変ミラー102と固定ミラー103の反射面で集光するように設計されているレンズ113に応じて決まる。

【0034】

図1と図2に示されるように、ファイバ-レンズアレイ110は更に、調整光を発する光源115と、調整光を検出するための受光素子117とを備えている。受光素子117は例えば光量を計測可能なパワーメーターで構成される。光源115とパワーメーター117は共に方向性結合器116を介して調整用光ファイバ-111Aと光学的に接続されている。

【0035】

光源115で発せられた調整光は調整用光ファイバ-111Aから調整光ビームとしてMEMSミラーアレイ101の固定ミラー103に向けて射出される。固定ミラー103で反射された調整光ビームは調整用光ファイバ-111Aに入射する。方向性結合器116は、固定ミラー103から戻って来る調整光を、光源115から固定ミラー103に向かう調整光から選択的に分離してパワーメーター117に導く。その結果、パワーメーター117は、固定ミラー103で反射され調整用光ファイバ-111Aに入射した調整光の光量を計測する。

【0036】

以下、本実施形態の作用について説明する。

【0037】

MEMSミラーアレイ101に設けられた固定ミラー103には、チルト可変ミラー102に見られるような、チルト可変ミラー102やスプリング105の加工応力による傾きは発生しない。また、固定ミラー103は、ミラー基板106そのものでありチルト可変ミラー102と比較して剛性が高いため、チルト可変ミラー102に見られるような、反射コート面104の応力による歪が発生しない。さらに、微細なスプリング105により保持されているチルト可変ミラー102と比較して、固定ミラー103は安定な状態で保持されている。従って、固定ミラー103は、チルト可変ミラー102に代わり、MEMSミラーアレイ101の設置における傾きの調整・確認の基準面になり得る。

【0038】

光源115で発生される調整光114Aは、方向性結合器116により、ファイバ-111Aをレンズ113A側に向かって進み、ファイバ-111Aの先端から射出される。ファイバ-111Aから射出された調整光ビーム114Aは、レンズ113Aにより収束されて、固定ミラー103に照射される。調整光ビーム114Aは固定ミラー103で反射され、MEMSミラーアレイ101に対向して配置されたファイバ-レンズアレイ110に照射される。

【0039】

10

20

30

40

50

この際、調整光ビーム 114 A に対して固定ミラー 103 が垂直に配置されている場合には、固定ミラー 103 で反射される調整光ビーム 114 B は、レンズ 113 A に照射されてファイバ - 111 A 内に入射する。しかし、固定ミラー 103 が傾いて配置されている場合には、調整光ビーム 114 B はその傾きに応じてずれた位置に照射される。

【0040】

このずれを目視確認しながら、調整光ビーム 114 B がレンズ 113 A に照射されるように、MEMS ミラーアレイ 101 の傾き x と y を、 x チルト機構 120 と y チルト機構 121 を用いて調整する。調整光ビーム 114 が可視光であれば、そのまま目視確認できるが、不可視光である場合には、発光性ターゲットや可視化ゴーグルや CCD カメラや撮像管等を利用して可視化すればよく、可視光と同様に x と y の調整を行なえる。

10

【0041】

上述した目視調整の結果、固定ミラー 103 で反射される調整光ビーム 114 B は、レンズ 113 A により集光され、再び調整用光ファイバ - 111 A に戻ってくる。この調整光ビーム 114 B は、方向性結合器 116 により、パワーメータ 117 に導かれる。ここで、パワーメータ 117 が示す調整光ビーム 114 B の光量が最大になるように、MEMS ミラーアレイ 101 の傾き x と y を、 x チルト機構 120 と y チルト機構 121 を用いて調整する。この調整により、調整光ビーム 114 に対して、固定ミラー 103 は垂直に配置されるため、固定ミラー 103 に付随する MEMS ミラーアレイ 101 も、調整光ビーム 114 に対して垂直に、すなわち傾き無く配置される。

【0042】

本実施形態により、チルト可変ミラー 102 のストローク不足が発生すること無く、確実に信号光を切り換え可能な光スイッチを実現することが可能になる。

20

【0043】

本実施形態の各構成は様々な変更や修正が施されてもよい。例えば、光源 115 と方向性結合器 116 とパワーメータ 117 は、市販の減衰量測定器 119 (図 2 参照) に置き換えられてもよい。

【0044】

また、 x チルト機構 120 と y チルト機構 121 は、MEMS ミラーアレイ 101 の側にはではなく、ファイバ - レンズアレイ 110 の x と y を調整可能なように、ファイバ - レンズアレイ 110 の側に設けられてもよく、MEMS ミラーアレイ 101 を基準にしてファイバ - レンズアレイ 110 の向きを調整することにより、調整光ビーム 114 に対して MEMS ミラーアレイ 101 を垂直に、すなわち傾き無く配置してもよい。

30

【0045】

本実施形態のアレイユニット 100 は、最初に述べたように、これを二つ組み合わせることで光スイッチを構成し得る。しかし、本実施形態に従う光スイッチは、必ずしも二つのアレイユニット 100 を備えている必要はなく、一つのアレイユニット 100 を備えているだけであってもよい。本実施形態のアレイユニット 100 は特に入力側のアレイユニットとして好適であり、従って、本実施形態に従う好適な光スイッチは、入力側にアレイユニットがアレイユニット 100 で構成されていればよく、出力側のアレイユニットは他の構成であってもよい。

40

【0046】

つまり、本実施形態に従う光スイッチは、出力側のアレイユニットに本実施形態のアレイユニット 100 を有していてもよいが、必ずしもその必要はなく、例えば、アレイユニット 100 から固定ミラー 103 と調整用光ファイバ - 111 A と光源 115 と方向性結合器 116 とパワーメータ 117 とが省かれた構成であってもよい。さらには、MEMS ミラーアレイ 101 が固定ミラーに変更された構成であってもよい。

【0047】

第二実施形態

本実施形態は、第一実施形態と同様に、光スイッチの一部を構成するアレイユニットに向けられている。本実施形態のアレイユニットについて、図 6 ~ 図 8 を参照しながら説明す

50

る。これらの図において、第一実施形態の部材と同一の参照符号で示された部材は同等の部材を示しており、それらの詳しい説明は省略する。以下、第一実施形態との相違箇所に重点をおいて述べる。

【0048】

図6に示されるように、本実施形態のアレイユニット200は、複数の光ファイバ-111と少なくとも一つの調整用光ファイバ-234とを有するファイバ-レンズアレイ233と、複数のチルト可変ミラー102と少なくとも一つの固定ミラー231とを有するミラーアレイ230と、ファイバ-レンズアレイ233に対する相対的なミラーアレイ230の向きを調整するための向き調整機構とを備えている。

【0049】

向き調整機構は、第一実施形態と同様に、xチルト機構120とyチルト機構121とで構成されている。

【0050】

MEMSミラーアレイ230は、図6と図7に示されるように、9個のチルト可変ミラー102と、1個の固定ミラー231とを有している。チルト可変ミラー102は3行×3列の配列で整列されている。固定ミラー231は、適当なチルト可変ミラー102の外周部に、言い換えれば、適当な二つのチルト可変ミラー102の間に位置している。つまり、固定ミラー103は3行×3列の配列上から外れて位置している。

【0051】

MEMSミラーアレイ230のチルト可変ミラー102の個数は例示的なものであり、9個に限定されるものではなく、他の個数であってもよい。また、固定ミラー103の個数も1個に限定されるものではなく、少なくとも1個を有していればよい。さらに、チルト可変ミラー102の配列も3行×3列に限定されるものではなく、n行×m列(nとmは共に自然数)の任意の配列であってもよい。

【0052】

チルト可変ミラー102と固定ミラー231は、図8に示されるように、同一のミラー基板232から形成されるものであり、従って、チルト可変ミラー102の反射コート面104と固定ミラー231の反射コート面104は、同一の面107となる。

【0053】

ファイバ-レンズアレイ233は、図6に示されるように、9本の信号用光ファイバ-111と1本の調整用光ファイバ-234とを有している。9本の信号用光ファイバ-111は、チルト可変ミラー102と同様に、3行×3列の配列で整列されている。ファイバ-レンズアレイ233の光ファイバ-111の配列ピッチは、MEMSミラーアレイ230のチルト可変ミラー102の配列ピッチと同一である。

【0054】

一方、調整用光ファイバ-234は、適当な信号用光ファイバ-111の外周部に、言い換えれば、適当な二つの信号用光ファイバ-111の間に位置している。つまり、調整用光ファイバ-234は3行×3列の配列上から外れて位置している。

【0055】

チルト可変ミラー102は、光ファイバ-111や234に比較して大型の構造体であるため、チルト可変ミラー102や光ファイバ-111の配列ピッチはチルト可変ミラー102の寸法で決まる。従って、比較的小さな構造体である2本の信号用光ファイバ-111の間に調整用光ファイバ-234を配置することは十分に可能である。

【0056】

図6では、調整用光ファイバ-234は、2本の信号用光ファイバ-111の間に配置されているが、より狭いピッチでの配列のために、4本の信号用光ファイバ-111の間、つまりそれらの中間位置に配置されてもよい。

【0057】

ファイバ-レンズアレイ233の信号用光ファイバ-111の本数は例示的なものであり、9本に限定されるものではなく、他の本数であってもよい。また、調整用光ファイバ-

10

20

30

40

50

234の本数も1本に限定されるものではなく、少なくとも1本を有していればよい。さらに、信号用光ファイバ-111の配列も3行×3列に限定されるものではなく、n行×m列(nとmは共に自然数)の任意の配列であってもよい。

【0058】

ファイバ-レンズアレイ233は更に、信号用光ファイバ-111の前方に位置するレンズ113と、調整用光ファイバ-234の前方に位置するレンズ235とを有している。レンズ113と信号用光ファイバ-111は1対1で対応し、レンズ235と調整用光ファイバ-234は1対1で対応している。

【0059】

ファイバ-レンズアレイ233は更に、第一実施形態と同様に、調整用ファイバ-234に光学的に接続された光源115と方向性結合器116とパワーメータ-117とを有している。

【0060】

MEMSミラーアレイ230とファイバ-レンズアレイ233は対向して設置されており、チルト可変ミラー-102と信号用ファイバ-111は互いに1対1で対応しており、また、固定ミラー-231と調整用光ファイバ-234も1対1で対応している。

【0061】

以下、本実施形態の作用について説明する。

【0062】

光源115で発生される調整光114Aは、方向性結合器116により、調整用光ファイバ-234をレンズ235側に向かって進み、調整用光ファイバ-234の先端から射出される。調整用光ファイバ-234から射出された調整光ビーム114Aは、レンズ235により収束されて、固定ミラー-231に照射される。調整光ビーム114Aは固定ミラー-231で反射され、MEMSミラーアレイ230に対向して配置されたファイバ-レンズアレイ233に照射される。

【0063】

この際、調整光ビーム114Aに対して固定ミラー-231が垂直に配置されている場合には、固定ミラー-231で反射される調整光ビーム114Bは、レンズ235に照射されてファイバ-234内に入射する。しかし、固定ミラー-231が傾いて配置されている場合には、調整光ビーム114Bはその傾きに応じてずれた位置に照射される。

【0064】

このずれを目視確認しながら、調整光ビーム114Bがレンズ235に照射されるように、MEMSミラーアレイ230の傾きxとyを、xチルト機構120とyチルト機構121を用いて調整する。

【0065】

上述した目視調整の結果、固定ミラー-231で反射される調整光ビーム114Bは、レンズ235により集光され、再び調整用光ファイバ-234に戻ってくる。この調整光ビーム114Bは、方向性結合器116により、パワーメータ-117に導かれる。ここで、パワーメータ-117が示す調整光ビーム114Bの光量が最大になるように、MEMSミラーアレイ230の傾きxとyを、xチルト機構120とyチルト機構121を用いて調整する。この調整により、調整光ビーム114に対して、固定ミラー-231は垂直に配置されるため、固定ミラー-231に付随するMEMSミラーアレイ230も、調整光ビーム114に対して垂直に、すなわち傾き無く配置される。

【0066】

これにより、本実施形態は、第一実施形態と同様、チルト可変ミラー-102のストローク不足が発生すること無く、確実に信号光を切り換え可能な光スイッチを実現することが可能である。さらに、本実施形態は、第一実施形態と比較して、切り換えに使用できるチャンネル数を1個多く取ることができるため、より集積度の高い光スイッチを提供することが可能である。

【0067】

10

20

30

40

50

第三実施形態

本実施形態は、第一実施形態と同様に、光スイッチの一部を構成するアレイユニットに向けられている。本実施形態のアレイユニットについて、図9～図11を参照しながら説明する。これらの図において、第一実施形態の部材や第二実施形態の部材と同一の参照符号で示された部材は同等の部材を示しており、それらの詳しい説明は省略する。以下、第一実施形態や第二実施形態との相違箇所重点をおいて述べる。

【0068】

図9～図11に示されるように、本実施形態のアレイユニット300は、複数の光ファイバ-111と少なくとも一つの調整用光ファイバ-111Aとを有するファイバ-レンズアレイ110と、複数のチルト可変ミラー102と少なくとも一つの固定ミラー231とを有するミラーアレイ230と、ファイバ-レンズアレイ110に対する相対的なミラーアレイ230の向きを調整するための向き調整機構と、ファイバ-レンズアレイ110の光軸を横切る方向に関するファイバ-レンズアレイ110とミラーアレイ230の相対的な位置を調整するための位置調整機構とを備えている。

10

【0069】

本実施形態のファイバ-レンズアレイは第一実施形態のファイバ-レンズアレイ110と同等物であり、本実施形態のミラーアレイは第二実施形態のミラーアレイ230と同等物である。

【0070】

向き調整機構は、第一実施形態と同様に、xチルト機構120とyチルト機構121とで構成されている。また、位置調整機構は、例えば、xシフト機構342とyシフト機構343とで構成され、MEMSミラーアレイ230をX方向とY方向に(X軸とY軸に沿って)移動可能に支持している。

20

【0071】

ファイバ-レンズアレイ110は更に、信号用光ファイバ-111の前方に位置するレンズ113と、調整用光ファイバ-111Aの前方に位置するレンズ113Aとを有している。レンズ113と信号用光ファイバ-111は1対1で対応し、レンズ113Aと調整用光ファイバ-111Aは1対1で対応している。

【0072】

さらにファイバ-レンズアレイ110は光源115とパワーメータ-117とを有しており、光源115とパワーメータ-117は共に方向性結合器316Aと分岐ファイバ-341と方向性結合器316Bとを介して調整用光ファイバ-111Aと光学的に接続されている。

30

【0073】

つまり、調整用光ファイバ-111Aには、方向性結合器316Aが接続されている。この方向性結合器316Aにより分岐される分岐ファイバ-341には、さらにもう1個の方向性結合器316Bが接続されており、方向性結合器316Bにより分岐されるファイバ-の一端には光源115が、もう一端にはパワーメータ-117が接続されている。

【0074】

方向性結合器316Aは、光源115からの調整光を固定ミラー231に方向付け、固定ミラー231から戻って来る調整光を方向性結合器316Bに方向付ける。また、方向性結合器316Bは、固定ミラー231から戻って来る調整光を、光源115から方向性結合器316Aに向かう調整光から選択的に分離してパワーメータ-117に導く。

40

【0075】

以下、本実施形態の作用について説明する。

【0076】

光源115で発生される調整光114Aは、方向性結合器316Aと316Bにより、調整用光ファイバ-111Aをレンズ113A側に向かって進み、調整用光ファイバ-111Aの先端から射出される。調整光ビーム114の照射位置は、MEMSミラーアレイ230のXY方向位置が未調整の状態においては不明である。

50

【0077】

本実施形態では、調整用光ファイバ-111Aは、単にファイバ-レンズアレイ110とMEMSミラーアレイ230の間の相対的な向き調整に利用されるだけでなく、信号光伝達のための1つのチャンネルとしても利用される。

【0078】

ファイバ-レンズアレイ110とMEMSミラーアレイ230の間の相対的な向き調整の際には、図10に示されるように、調整光ビーム114AがMEMSミラーアレイ230の固定ミラー231に照射されるように、目視確認しながら、xシフト機構342とyシフト機構343を用いてMEMSミラーアレイ230のXYシフト位置を調整する。

【0079】

このMEMSミラーアレイ230のXYシフト位置調整は、目視確認に限らず、MEMSミラーアレイ230を規定値分、手動や自動で移動させることにより行なわれてもよい。

【0080】

MEMSミラーアレイ230のXYシフト位置調整によって、調整光ビーム114Aが固定ミラー231に照射される状態にした後、第一実施形態や第二実施形態と同様にして、すなわちパワーメータ117が示す調整光ビーム114Bの光量が最大になるように、MEMSミラーアレイ230の向きを、言い換えればX軸とY軸に対する傾きxとyを、xチルト機構120とyチルト機構121を用いて調整する。この調整により、調整光ビーム114に対して、固定ミラー231は垂直に配置されるため、固定ミラー231に付随するMEMSミラーアレイ230も、調整光ビーム114に対して垂直に、すなわ

10

20

【0081】

また、前記調整後、光スイッチとして使用する際には、図11に示されるように、調整光ビーム114Aが、調整用光ファイバ-111Aに対応する位置のチルト可変ミラー102に照射されるように、目視確認しながら、xシフト機構342とyシフト機構343を用いてMEMSミラーアレイ230のXYシフト位置を調整する。

【0082】

この調整の結果、ファイバ-レンズアレイ110のすべての光ファイバ-111と111Aは、MEMSミラーアレイ230のチルト可変ミラー102に対向して配置される。つまり、ファイバ-レンズアレイ110のすべての光ファイバ-111と111Aがチルト可変ミラー102と1対1に対応する。

30

【0083】

調整用光ファイバ-111Aを通る信号光は、方向性結合器316Aを通過し、その端面から対応するチルト可変ミラー102に向けて信号光ビーム112として射出される。言い換えれば、方向性結合器316Aは、信号光に対しては、そのまま透過するように設計されている。

【0084】

これまでの説明から分かるように、本実施形態は、第一実施形態と同様、チルト可変ミラー102のストローク不足が発生すること無く、確実に信号光を切り換え可能な光スイッチを実現することが可能である。さらに、本実施形態は、第一実施形態と比較して、切り換えに使用できるチャンネル数を1個多く取ることができるため、より集積度の高い光スイッチを提供することが可能となる。加えて、第二実施形態と比較して、チャンネルとして利用されない光ファイバ-234とそれ用のレンズ235を設ける必要がないため、同数のチャンネルを有する光スイッチをより安価に提供することができる。

40

【0085】

本実施形態では、ファイバ-レンズアレイ110の光軸を横切る方向に関するファイバ-レンズアレイ110とミラーアレイ230の相対的な位置調整を、MEMSミラーアレイ230を実際に移動させることにより行なっているが、MEMSミラーアレイ230を移動させる代わりに、ファイバ-レンズアレイ110を移動させて行なってもよい。

【0086】

50

つまり、MEMSミラーアレイ230の側にxシフト機構342とyシフト機構343を設ける代わりに、ファイバ-レンズアレイ110の側にxシフト機構342とyシフト機構343を設けてもよい。もちろん、xシフト機構342とyシフト機構343は、MEMSミラーアレイ230の側とファイバ-レンズアレイ110の側とにひとつずつ設けられてもよい。

【0087】

また、本実施形態におけるMEMSミラーアレイの設置完了後に、方向性結合器316Aを光ファイバ-111Aから切り離し、図示しない光ファイバ-コネクタにより光ファイバ-111Aを連結すれば、光ファイバ-111Aを出力のみならず、入力側の光ファイバ-として使用する事も可能となる。

10

【0088】

これまで、図面を参照しながら本発明の実施の形態を述べたが、本発明は、これらの実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において様々な変形や変更が施されてもよい。

【0089】

本発明は、以下の各項に記す光スイッチとその調整方法とを含んでいる。

【0090】

1. 複数の配列された光信号反射用のチルト可変ミラーと、当該チルト可変ミラーを形成する基板(ウエハ)に設けられる固定ミラーとを有する半導体マイクロマシニングにより製造される(以下MEMSとする)ミラーアレイを用いる事を特徴とする光スイッチ。

20

【0091】

2. 第1項に記載の光スイッチにおいて、チルト可変ミラーの配列上の少なくとも一箇所に、固定ミラーを有するMEMSミラーアレイと、当該固定ミラーと対向する位置に配列されたファイバ-に接続可能な光源および受光素子とを有する事を特徴とする光スイッチ。

【0092】

第1項と第2項に従う光スイッチにおいては、まず、調整光ビームがファイバ-から射出される。調整光ビームは、MEMSミラーアレイ上に設けられた固定ミラーにより反射され、再びファイバ-に入射される。この入射される調整光ビームの戻り光量が最大になる様に、MEMSミラーアレイの傾きを調整すれば、ファイバ-の光軸とMEMSミラーアレイを垂直に、すなわち傾き無く設置する事が可能になる。

30

【0093】

MEMSミラーアレイを傾き無く設置する事で、チルト可変ミラーのストローク不足が発生する事無く、確実に光信号をスイッチング可能な光スイッチを実現する事が可能になる。

【0094】

3. 第1項に記載の光スイッチにおいて、少なくとも一個のチルト可変ミラーの外周部に、固定ミラーを有するMEMSミラーアレイと、当該固定ミラーと対向する位置に設置されたファイバ-レンズと、当該ファイバ-に接続された光源および受光素子とを有する事を特徴とする光スイッチ。

40

【0095】

第3項に従う光スイッチにおいては、第1項と第2項に従う光スイッチの作用効果に加えて、スイッチングに使用可能な光信号チャンネルを1つ多く設ける事が可能になり、より集積度の高い光スイッチを提供する事ができる。

【0096】

4. 第1項に記載の光スイッチにおいて、少なくとも一個のチルト可変ミラーの外周部に、固定ミラーを有するMEMSミラーアレイと、配列されたファイバ-レンズアレイの内少なくとも1本のファイバ-に接続可能な光源および受光素子と、MEMSミラーアレイのXYシフト移動機構もしくはファイバ-レンズアレイのXYシフト移動機構とを有する事を特徴とする光スイッチ。

50

【 0 0 9 7 】

第 4 項に従う光スイッチにおいては、第 3 項に従う光スイッチにおける作用効果に加えて、調整専用のファイバ - レンズを別途設ける事なく、安価に、集積度の高い光スイッチを提供する事が可能となる。

【 0 0 9 8 】

5 . 第 1 ~ 4 項のいずれかひとつに記載の光スイッチの調整方法であって、固定ミラーにファイバ - から光ビームを射出する工程と、固定ミラーによって反射され、当該ファイバ - に入射される戻り光ビームの光量を検知する工程と、戻り光ビームの光量が最大になる様にミラーアレイのチルト調整を実施する工程とを有している光スイッチの調整方法。

【 0 0 9 9 】

【 発明の効果 】

本発明によれば、チルト可変ミラーのストローク不足が発生すること無く、従って確実に信号光を切り換え可能な光スイッチが提供される。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】本発明による光スイッチの一部を構成する第一実施形態のアレイユニットの斜視図である。

【 図 2 】図 1 に示されたアレイユニットの側面図である。

【 図 3 】図 1 に示された MEMS ミラーアレイの平面図である。

【 図 4 】図 3 に示された MEMS ミラーアレイの I V - I V 線に沿った側断面図である。

【 図 5 】図 3 に示された MEMS ミラーアレイのチルト可変ミラーに代えて適用可能な別のチルト可変ミラーの平面図である。

【 図 6 】本発明による光スイッチの一部を構成する第二実施形態のアレイユニットの斜視図である。

【 図 7 】図 6 に示された MEMS ミラーアレイの平面図である。

【 図 8 】図 7 に示された MEMS ミラーアレイの V I I I - V I I I 線に沿った側断面図である。

【 図 9 】本発明による光スイッチの一部を構成する第三実施形態のアレイユニットの側面図である。

【 図 1 0 】図 9 に示されたアレイユニットの斜視図であり、MEMS ミラーアレイの向き調整時の状態が描かれている。

【 図 1 1 】図 9 に示されたアレイユニットの斜視図であり、信号光伝達時の状態が描かれている。

【 図 1 2 】特開 2 0 0 1 - 1 7 4 7 2 4 号公報に開示されている光スイッチを示している。

【 図 1 3 】図 1 2 の示された光スイッチの問題点を示すための図である。

【 符号の説明 】

- 1 0 0 アレイユニット
- 1 0 1 MEMS ミラーアレイ
- 1 0 2 チルト可変ミラー
- 1 0 3 固定ミラー
- 1 1 0 ファイバーレンズアレイ
- 1 1 1 信号用光ファイバー
- 1 1 1 A 調整用光ファイバー
- 1 1 5 光源
- 1 1 6 方向性結合器
- 1 1 7 パワーメーター

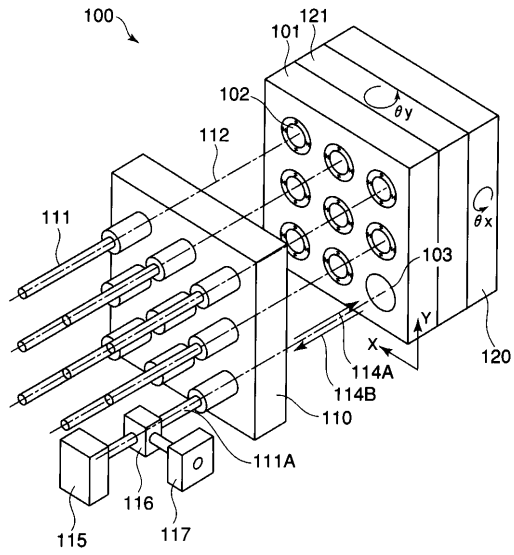
10

20

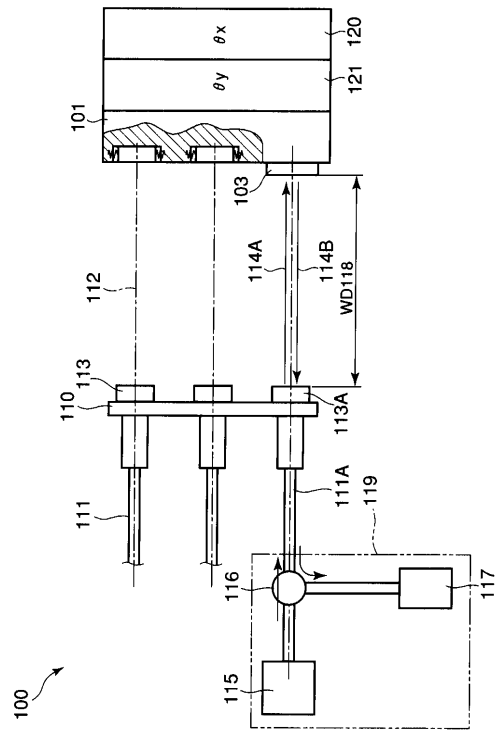
30

40

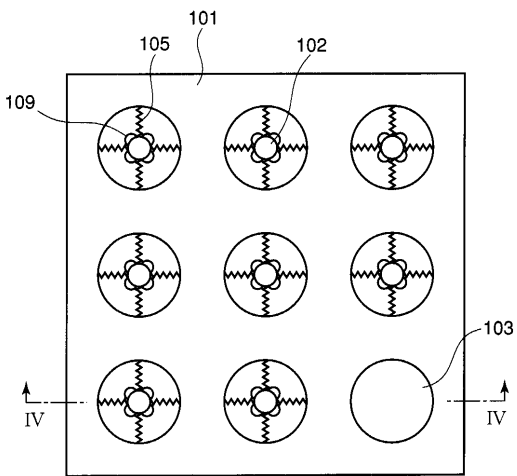
【 図 1 】



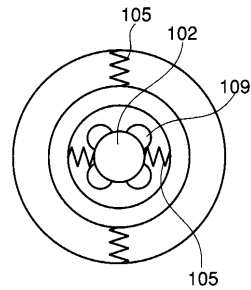
【 図 2 】



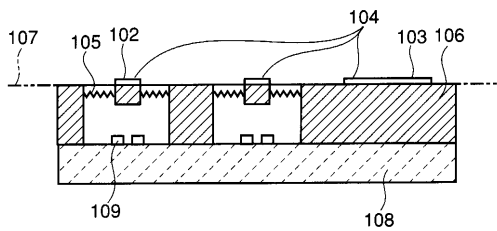
【 図 3 】



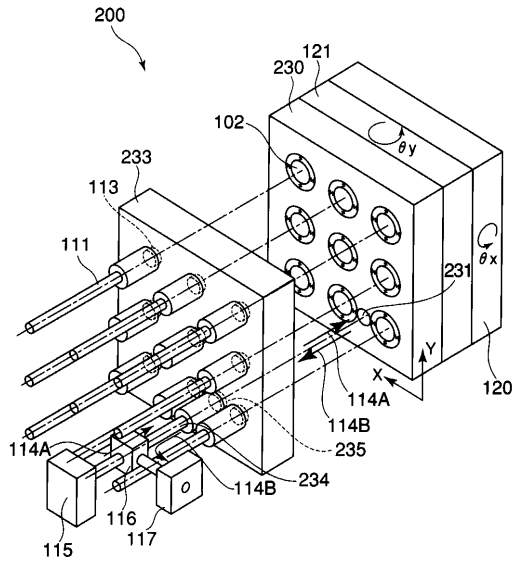
【 図 5 】



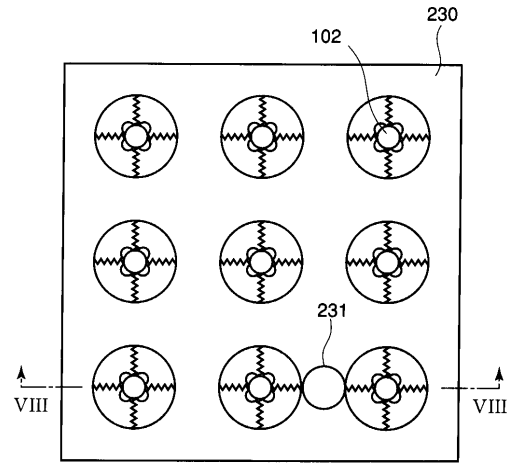
【 図 4 】



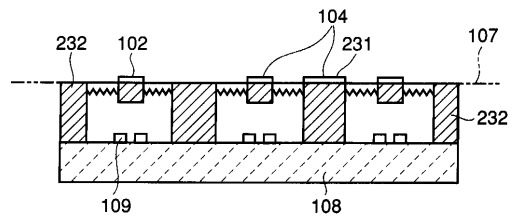
【 図 6 】



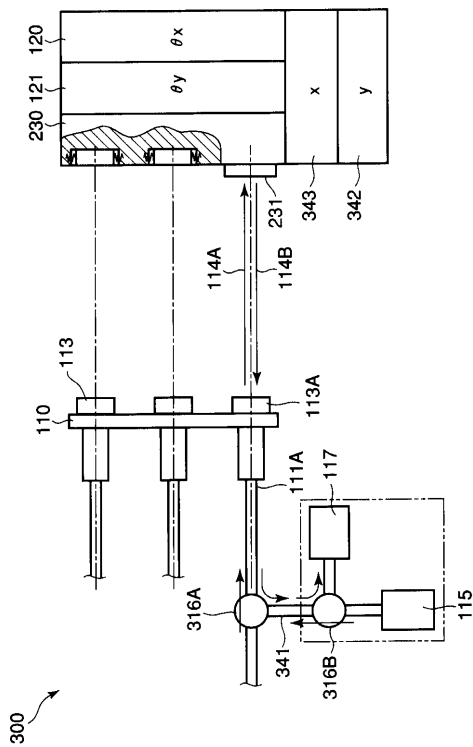
【 図 7 】



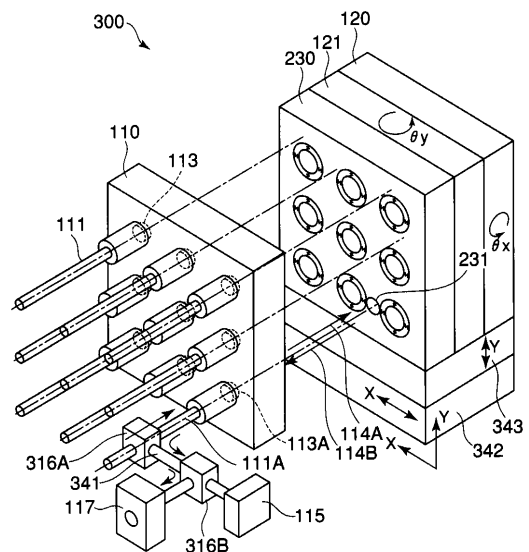
【 図 8 】



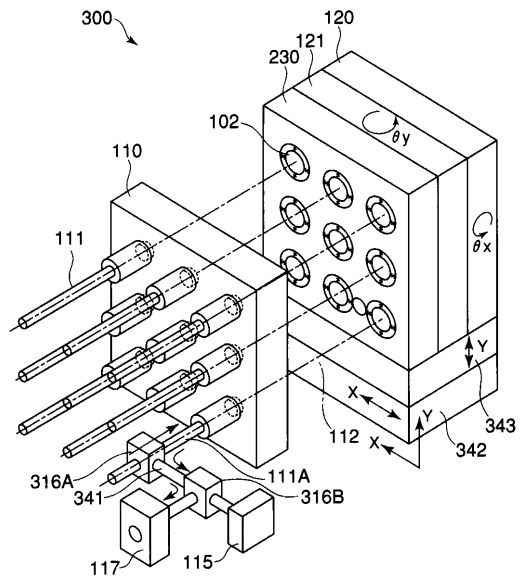
【 図 9 】



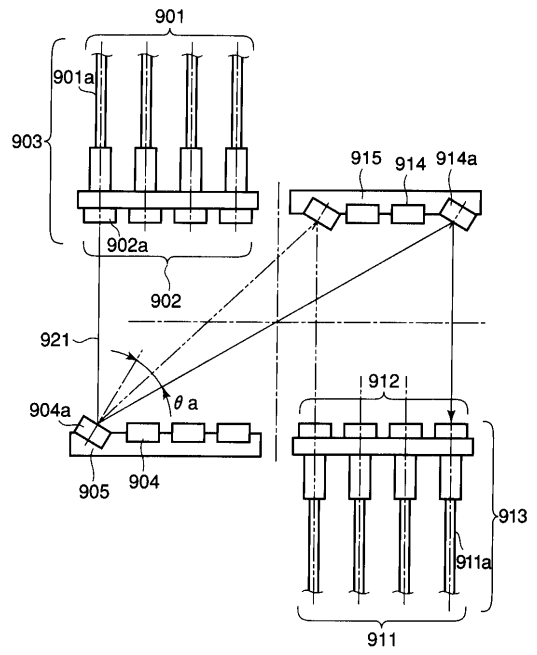
【 図 10 】



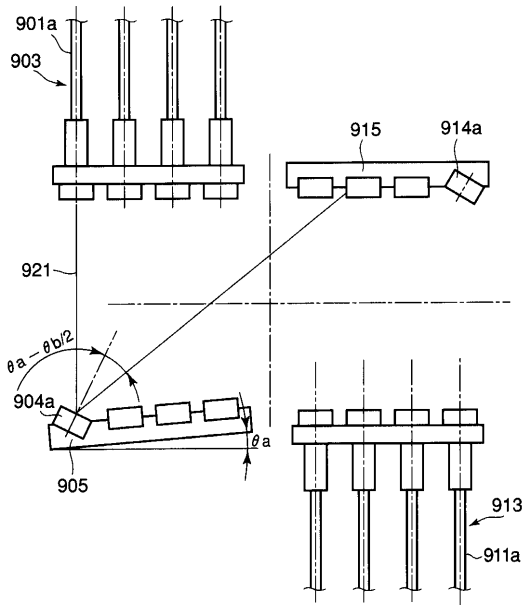
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



フロントページの続き

審査官 三橋 健二

(56)参考文献 特開2001-174723(JP,A)
特開平05-001904(JP,A)
特開平01-227009(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 26/08
G01B 11/00