

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012年8月16日(16.08.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/108139 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 26/08 (2006.01) **B81B 7/02** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/000575
- (22) 国際出願日: 2012年1月30日(30.01.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-027744 2011年2月10日(10.02.2011) JP
特願 2011-259557 2011年11月28日(28.11.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): オリンパス株式会社 (OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 渡部 智史 (WATANABE, Satoshi) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 松本 浩司 (MATSUMOTO, Koji) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内 Tokyo

(JP). 岡村 俊朗 (OKAMURA, Toshiro) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 山崎 健 (YAMAZAKI, Takeshi) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 杉村 憲司 (SUGIMURA, Kenji); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目2番1号 霞が関コモンゲート西館36階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

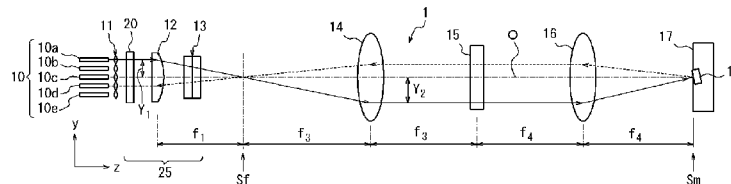
[続葉有]

(54) Title: WAVELENGTH SELECTIVE SWITCH

(54) 発明の名称: 波長選択スイッチ

[図1A]

FIG. 1A



(57) Abstract: A wavelength selective switch (1) is provided with at least one input port (10a-10c and 10e), a dispersive element for dispersing wavelength-multiplexed incident light incident from the input ports (10a-10c and 10e) into light of each wavelength, a focusing element (16) for focusing light of each wavelength dispersed by the dispersion element (15), a deflector (17) having a deflection element (18) which deflects the light of each wavelength focused by the focusing element (16), and at least one output port (10d) which emits as output light the light of each wavelength deflected by the deflector (17). Either in the aforementioned dispersive element or in the optical path between the input / output ports (10a-10e) and the dispersive element (15) of this wavelength selective switch (1), a focus position error correction element (20) is arranged which corrects error in focus position of the light of each wavelength relative to the deflection element (18) caused by the arrangement of the input and output ports (10a-10c and 10e).

(57) 要約: 波長選択スイッチ1は、少なくとも一つの入力ポート10a~10c及び10eと、入力ポート10a~10c及び10eから入射される波長多重された入力光を、波長毎の光に分散する分散素子15と、分散素子15により分散される波長毎の光を集光する集光素子16と、集光素子16により集光される波長毎の光をそれぞれ偏向する偏向素子18を有する偏向器17と、偏向器17で偏向された波長毎の光を出力光として出射する少なくとも一つ出力ポート10dとを有する。この波長選択スイッチ1の入出力ポート10a~10eと分散素子15との間の光路中または前記分散部内に、入出力ポート10a~10c及び10eの配置に基づいて生じる偏向素子18に対する波長毎の光の集光位置のずれを補正する、集光位置ずれ補正素子20を配置する。

WO 2012/108139 A1



MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラ
シア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：波長選択スイッチ

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2011年2月10日に出願された日本国特許出願2011-027744号および2011年11月28日に出願された日本国特許出願2011-259557号の優先権を主張するものであり、この先の出願の開示全体をここに参照のために取り込む。

技術分野

[0002] 本発明は、異なる波長の光を分岐させまたは結合させることが可能な波長選択スイッチに関する。

背景技術

[0003] 従来、光波長多重通信に用いられる波長選択スイッチとしては、例えば、特許文献1や特許文献2に記載されているように、少なくとも一つの入力ポートおよび少なくとも一つの出力ポートと分散素子と集光素子と偏向器とを備えた装置が用いられている。

[0004] 例えば、引用文献1の波長選択スイッチによれば、光ファイバアレイ（入力ポートおよび出力ポート）の一つの光ファイバから波長選択スイッチ内に入力された波長多重された光が、マイクロレンズアレイにより平行光束にコリメートされ、回折格子（分散素子）により波長毎に分散され、集光レンズにより波長毎にMEMSミラーアレイ（偏向部）の異なるミラー素子（偏向素子）に集光され、波長毎に異なる方向へ偏向され出力される。

[0005] また、引用文献2に記載の波長選択スイッチによれば、アレイ状に配置された入力ポートおよび出力ポートから入力された波長多重された光を、回折格子の前段で、レンズおよびシリンドリカルレンズを用いて収束させ、この焦点位置を通過した後拡大した光を凸レンズにより平行光束にして回折格子（分散素子）に入射させている。この場合、シリンドリカルレンズは、入出力ポートの配列方向と直交する方向に屈折力を有しており、偏向部であるME

MSミラーアレイのミラー素子上に楕円形状のスポットを形成する。

- [0006] 波長選択スイッチは、波長多重された光を波長毎に分散して、異なる出力ポートから出力するだけでなく、波長の異なる光を、ミラー素子を制御して同一の出力ポートに合波して出力させることもできる。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献1：特開2010-134027号公報

特許文献2：特開2008-310244号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0008] 波長選択スイッチは、それぞれ、波長選択スイッチの異なる位置の入力ポートから光を入力し、異なる位置の出力ポートから出力させる。典型的には、入力ポートおよび出力ポートは、光が入射・出射する端面が、直列に配列され、波長選択スイッチ内へ光を入力または出力させる。このため、入力および出力ポートを通る光の高さ位置は、入力ポートおよび出力ポート毎にそれぞれ異なっている。したがって、集光位置である偏向素子の偏向素子面近傍で、ポート毎の光軸からの距離に起因する像面湾曲を生じる。言い換えれば、入出力ポートの配列方向の位置に依存して、集光位置の位置ずれが生じる。入出力ポートが増加するに従ってこの集光位置の位置ズレが顕著になることは明らかである。

- [0009] このように、偏向素子近傍で集光位置がずれると、偏向素子のミラー等の偏向素子面上での光のスポットが大きくなる。それによって、出力光の入出力ポートへの結合効率が低下し、通信品質が劣化する。特に、偏向素子は、分散素子の分散方向に直列に配列されるので、この分散方向へのビームの広がり、通信品質を大きく低下させる。さらに、今後1本の光ファイバを用いて、より高速に変調された光信号を多重化するためには、波長毎の透過帯域幅をますます広帯域化しなければならない。このため、分散方向の集光ス

ポットをより狭くすることが必要となり、集光位置ずれに対する結合効率等の品質劣化の感度がより高くなる。

[0010] したがって、これらの点に着目してなされた本発明の目的は、偏向部における集光位置ずれを補正し通信品質を向上した波長選択スイッチを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0011] 上記目的を達成する第1の観点に係る波長選択スイッチの発明は、
少なくとも一つの入力ポートと、
入力ポートから入力される波長多重された入力光を、波長毎の光に分散する分散部と、
分散部により分散される波長毎の光を集光する集光素子と、
集光素子により集光される波長毎の光をそれぞれ偏向する偏向素子を有する偏向部と、
偏向部で偏向された波長毎の光を出力光として出力する少なくとも一つの出力ポートと、
入力ポートと分散部との間の光路中または分散部内に配置され、入力ポートの配置に基づいて生じる偏向素子に対する波長毎の光の集光位置のずれを補正する、集光位置ずれ補正素子と、
を備えることを特徴とするものである。

[0012] なお、「集光位置のずれを補正する」とは、集光位置を出力ポートの出射端面と共役になるように補正することを意味し、必ずしも集光位置を偏向素子の偏向素子面（ミラー面）上に一致させるものではない。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、集光位置ずれ補正素子を用いて、入力ポートの配置に基づいて生じる、偏向素子の偏光面に対する波長毎の光の集光位置のずれを補正するようにしたので、偏向部における集光位置ずれを補正し通信品質を向上することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1A]本発明の第1実施の形態に係る波長選択スイッチの構成を示す側面図である。

[図1B]本発明の第1実施の形態に係る波長選択スイッチの構成を示す上面図である。

[図2]図1の入出力ポートから集光点近傍までおよび偏向ミラー素子近傍におけるビームを示す斜視図である。

[図3A]図2の一次集光面S_fでのビームスポットを示す図である。

[図3B]図2のダミー平面S_dでのビームスポットを示す図である。

[図3C]図2の偏向素子面S_mでのビームスポットを示す図である。

[図4A]図1の集光位置ずれ補正素子の一例を示す斜視図である。

[図4B]図4Aの集光位置ずれ補正素子の屈折面の形状を説明する図である。

[図5A]図1の集光位置ずれ補正素子の他の例を示す斜視図である。

[図5B]図5Aの集光位置ずれ補正素子の屈折面の形状を説明する図である。

[図6A]図1の集光位置ずれ補正素子の更に他の例を示す斜視図である。

[図6B]図6Aの集光位置ずれ補正素子の屈折面の形状を説明する図である。

[図7]本発明の第2実施の形態に係る波長選択スイッチの構成の一部を示す上面図である。

[図8A]図7の集光位置ずれ補正素子の一例を示す斜視図である。

[図8B]図7の集光位置ずれ補正素子の他の例を示す斜視図である。

[図9]本発明の第3実施の形態に係る波長選択スイッチの構成およびこれを通るビームを説明する斜視図である。

[図10A]図9の集光位置ずれ補正素子の一例を示す斜視図である。

[図10B]図10Aの集光位置ずれ補正素子の屈折面の形状を説明する図である。

[図11]図9の集光位置ずれ補正素子の設計例を示すグラフである。

[図12]出入力ポートのポート高さに対する偏向素子面での集光位置のずれのシミュレーション結果を示すグラフである。

[図13]本発明の第4実施の形態に係る波長選択スイッチの構成を示す上面図

である。

[図14A]本発明の第5実施の形態に係る波長選択スイッチの構成を示す側面図である。

[図14B]本発明の第5実施の形態に係る波長選択スイッチの構成を示す上面図である。

[図15A]本発明の第6実施の形態に係る波長選択スイッチの構成を示す側面図である。

[図15B]本発明の第6実施の形態に係る波長選択スイッチの構成を示す上面図である。

[図16]本発明の第7実施の形態に係る波長選択スイッチの入出力ポートから一次集光点近傍までの構成およびこれを通るビームを説明する斜視図である。

[図17A]図16の集光位置ずれ補正素子の xz 平面に平行な面での断面の位置及び形状を示す図である。

[図17B]図16の集光位置ずれ補正素子の yz 平面による断面図である。

[図18]本発明の第8実施の形態に係る波長選択スイッチの構成の一部を示す斜視図である。

[図19]マイクロレンズと集光位置ずれ補正素子とを一体として構成する例を示す図である。

[図20]入出力ポートとマイクロレンズアレイとの間の距離およびマイクロレンズの曲率半径の調整を説明する図である。

[図21A]本発明の第9実施の形態に係る波長選択スイッチの構成を示す側面図である。

[図21B]本発明の第9実施の形態に係る波長選択スイッチの構成を示す上面図である。

[図22]一般的な分散素子の格子を正面から見た図である。

[図23]図21Aおよび図21Bの分散素子の格子を示す図である。

[図24]図21Aおよび図21Bの分散素子の一部を断面と共に示す斜視図で

ある。

[図25]図21Aおよび図21Bの入出力ポートから一次集光面近傍までの光束を示す斜視図である。

[図26A]一次集光面S_f近傍から偏向器17までの光路を説明する側面図である。

[図26B]一次集光面S_f近傍から偏向器17までの光路を説明する上面図である。

[図27]本発明の第10実施の形態に係る波長選択スイッチの一次集光面近傍から偏向器までの構成および光路を示す上面図である。

[図28]図27の分散素子のピッチを示すグラフである。

[図29]ミラー面S_mと各ポートからの光線の集光位置S_m'との距離 $\Delta z'$ を示すグラフである。

[図30]本発明の第11実施の形態に係る波長選択スイッチの構成の一部、および、入出力ポートから集光点近傍までおよび偏向ミラー素子近傍におけるビームを示す斜視図である。

[図31A]図30のマイクロミラーをミラーの回動軸に対して回動した際の偏向素子面S_mの変位を示す模式図である。

[図31B]各入出力ポートから入射した光束を、偏向素子面S_m_bの位置に固定的に集光させた場合のミラー素子近傍の光束を模式的に示す図である。

[図31C]結合効率の低下を抑制するための各入出力ポートからの光束の集光位置を説明する図である。

[図32A]偏向素子面S_mの変位を考慮した集光位置ずれ補正素子の一例を示す斜視図である。

[図32B]図32Aの集光位置ずれ補正素子の屈折面の形状を説明する図である。

[図33A]本実施の形態の集光位置ずれ補正素子の変形例を示す斜視図である。

[図33B]図33Aの集光位置ずれ補正素子の屈折面の形状を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明のある態様に係る実施の形態について、図面を参照して説明する。

[0016] (第1実施の形態)

図1 Aおよび図1 Bは、それぞれ本発明の第1実施の形態に係る波長選択スイッチの構成を示す側面図および上面図である。

[0017] 波長選択スイッチ1は、入出力部10、マイクロレンズアレイ11、集光位置ずれ補正素子20、シリンドリカルレンズ12および13、レンズ14、分散部を構成する分散素子(回折格子)15、集光素子を構成するレンズ(集光レンズ)16、偏向部を構成する偏向器17を含んで構成されている。なお、シリンドリカルレンズ12は、第1の光学部材であり、シリンドリカルレンズ13は第2の光学部材である。

[0018] 図1において、入出力部10は、アレイ状に配置された光ファイバにより構成される入力ポート10a~10c及び10eと出力ポート10dとを備える。この入力ポート10a~10c及び10eおよび出力ポート10dは、それぞれ、波長選択スイッチ1の外部からの波長多重された信号光を入力させ、また、外部へ信号光を出力させるものである。以下、説明の便宜上、入力ポート10a~10c及び10eおよび出力ポート10dを、適宜、入力ポート10a~10eとまとめて表記する。各光ファイバの一端は波長選択スイッチ1内にあり、他端は波長選択スイッチ1の外部と接続されている。入出力ポートの数は例えば10以上とし、より多数の入出力ポートを設けることができるが、図1 Aにおいては、説明の都合から、入出力ポート10cを中心とする5つの入出力ポート10a~10eのみを図示している。

[0019] また、各入出力ポート10a~10eとマイクロレンズアレイ11内の各マイクロレンズは対になっている。この各マイクロレンズは、各入出力ポート10a~10c及び10eから入力される光を平行光束に変換し、また、入出力ポート10dに向けて出力される平行光束を光ファイバに結合させる。また、各入出力ポート10a~10c及び10eと各マイクロレンズアレ

イ 1 1 のマイクロレンズを通して波長選択スイッチ 1 内に入力された光、および、入出力ポート 1 0 d を通って波長選択スイッチ 1 から出力される光は、それぞれ互いに平行な光束となる。

[0020] 以下において、入出力ポート 1 0 a ~ 1 0 e およびマイクロレンズアレイ 1 1 を透過した平行光束の進行方向を光軸方向（ z 方向：図 1 A において水平方向）とする。この光軸方向は、シリンドリカルレンズ 1 2, 1 3 による合成レンズおよびレンズ 1 4 からなる光学系の光軸方向でもある。また、入出力ポート 1 0 a ~ 1 0 e およびマイクロレンズアレイ 1 1 の配列された方向を第 1 の方向（ y 方向：図 1 A において鉛直方向）とする。光軸方向と第 1 の方向とは、互いに直交する。さらに、光軸方向および第 1 の方向（ y 方向）のそれぞれに直交する方向を第 2 の方向（ x 方向）と呼ぶ。なお、現実の波長選択スイッチの光路中に、図示しないミラー、プリズム等の偏向部材が光路を折り曲げるために配置されている場合には、 x 方向及び y 方向との説明は、このような偏向部材が無いものとした仮想的な光学系を前提として用いられることとする。

[0021] 集光位置ずれ補正素子 2 0 は、第 2 の方向（ x 方向）にのみ屈折力を有する透過型の素子である。この第 2 の方向（ x 方向）の屈折力は、第 1 の方向（ y 方向）の位置に依存して変化する。シリンドリカルレンズ 1 2 は、第 1 の方向（ y 方向）に光束を縮める、すなわち、第 1 の方向（ y 方向）に屈折力を有するレンズである。シリンドリカルレンズ 1 2 による第 1 の方向（ y 方向）の焦点距離は f_1 である。また、シリンドリカルレンズ（アナモルフィックレンズ）1 3 は、第 2 の方向（ x 方向）に光束を縮める、すなわち、第 2 の方向（ x 方向）にのみ屈折力を有するレンズである。なお、本願では「屈折力」の語は所謂光学パワーを意味するものであり、平行光束を収束させる方向に偏向させる度合いを正の屈折力、拡散させる方向に偏向させる度合いを負の屈折力と呼ぶ。本願は、この定義に基づいて、透過型の光学素子のみならず、反射型の素子や、回折を伴う素子について用いても「屈折力」の語を用いている。

[0022] シリンドリカルレンズ 13 による第 2 の方向（ x 方向）の焦点距離及びレンズ配置は、第 2 の方向（ x 方向）の集光位置がシリンドリカルレンズ 12 により集光される第 1 の方向（ x 方向）の集光位置と一致するように設定される。すなわち、シリンドリカルレンズ 13 の焦点距離は、シリンドリカルレンズ 12 の焦点距離 f_1 よりも短い。これによって、マイクロレンズアレイ 11 により平行光束となった入力光は、集光位置ずれ補正素子 20、シリンドリカルレンズ 12 およびシリンドリカルレンズ 13 によって、ほぼ一次集光面 S_f 上に集光される。なお、集光位置ずれ補正素子 20、シリンドリカルレンズ 12 およびシリンドリカルレンズ 13 は、ビーム整形光学系 25 を構成する。

[0023] レンズ 14 の前側焦点位置は、集光位置ずれ補正素子 20、シリンドリカルレンズ 12 およびシリンドリカルレンズ 13 による入力光の焦点位置と一致する。言い換えれば、レンズ 14 は前側焦点位置が一次集光面 S_f 上に位置する。さらに、シリンドリカルレンズ 12、13 およびレンズ 14 を含む光学系の光軸は、例えば、 z 軸方向に沿い入出力ポート 10c を通るように配置される。また、分散素子 15 は、一次集光面 S_f とレンズ 14 との距離と、レンズ 14 と分散素子 15 の分散（回折）面との距離とが、共に等しくレンズ 14 の焦点距離 f_3 となる位置に配置される。分散素子 15 は、例えば、分散面上に第 1 の方向（ y 方向）に平行な格子が形成された回折格子である。分散素子としては、波長毎の光の分解性能が高くより分散角が大きいものが望ましい。

[0024] 図 1 B に示すように、レンズ 14 を透過した入力光は、略平行光束となって分散素子 15 に入射し、分散素子 15 の分散面上で x 方向に波長毎に異なる角度で回折される。すなわち、分散素子 15 は入力光を入力光に含まれる波長毎の光に分離する。なお、簡単のために、図 1 A では入出力部 10 から偏向器 17 に至る z 方向の光路を、直線的に示している。

[0025] さらに、レンズ 16 および偏向器 17 は、分散素子 15 の分散面からレンズ 16 までの距離およびレンズ 16 から偏向器 17 の偏向素子 18 の偏向素

子面（ミラー面）までの距離が、それぞれ、レンズ16の焦点距離 f_4 となるように配置される。これにより、図1Bに示すように、分散素子15で分散された波長毎の光は、レンズ16により互いに平行な収斂光束となって、各波長に対応した偏向素子18a～18eに略垂直に入射する。また、図1Aに示すように、一次集光面Sf上の集光点を通過した入力光は、分散素子15で分散された後、yz平面内でレンズ16の光軸と偏向素子18の偏向素子面とが交わる高さ位置（y方向の位置）に集光する。このことは、入出力ポート10a～10c及び10eの何れから入力された入力光も、同じ高さ位置の偏向素子18（波長に応じて18a～18eのいずれか）に集光されることを意味する。

[0026] 偏向器17は、例えば、MEMSミラーアレイであり、偏向素子18は、MEMSミラーアレイを構成するマイクロミラーである。偏向素子18は、分離される波長に対応して、上述のレンズ16の光軸の高さ位置に、並列に配置される。この偏向素子18は、それぞれのミラーを独立に制御して傾きを変えることができる。特に、図1Aにおけるyz平面内での傾きを変えることにより、入射した波長毎の光を入射方向とは異なる高さ方向へ反射する。なお、図1Bに示すように、y軸方向から見たとき、波長毎の光は偏向素子18a～18eに垂直に入射し、垂直に反射される。なお、マイクロミラーの傾き制御方向はyz平面内に限るものではない。例えばyz平面に傾く際の回転軸と直交する回転軸について傾きを与えることも出来る。この傾きを与えることによって、y軸方向から見たとき、該マイクロミラーに入射する波長の光は入射方向とは異なる角度へ反射し、隣接する入力ポートから出力ポートへのクロストークを抑制して任意の光減衰を行うことが出来る。また、図1Bにおいて、偏向素子18は、5つのみ図示されているが、偏向素子18の数は、5つに限定されない。

[0027] 各偏向素子18a～18eにより反射された波長毎の光は、それぞれレンズ16を通り分散素子15で回折され、入力光と反対方向の光路を経て、入出力部10のうち入力用に用いられた入出力ポート以外の入出力ポート10

dに出力される。

[0028] なお、何れの入出力ポート10a～10eを入力用または出力用として用いるかは、適宜設計することが可能である。すなわち、入出力ポート10aのみを入力用として用いて、それ以外の入出力ポートを出力用に用いてもよいし、入力用のポートと、出力用のポートと、を複数ずつ設けても良い。図1Aおよび図1Bでは、入出力ポート10a～10c及び10eが入力ポートであり、入出力ポート10dが出力ポートである場合において、入出力ポート10aから波長多重された入力光が入力され、特定の波長の出力光が入出力ポート10dから出力される場合を図示している。

[0029] 図1Aにおいて、入出力ポート10aはシリンドリカルレンズ12, 13およびレンズ14による光学系の光軸からの距離位置が Y_1 である。入出力ポート10aからの入力光は、図1Aにおいて実線で示されるように、ビーム整形光学系25によって、一次集光面Sf上に集光した後、レンズ14により光軸からの距離が Y_2 の平行光束となり、分散素子15により波長毎に分散され、レンズ16を通り、それぞれ波長毎に偏向素子18a～18eに集光する。

[0030] ここで、偏向素子18a～18eに入力した光のうち、少なくとも1つの波長の光を入出力ポート10dから出力する場合は、対応する偏向素子18の偏向方向を制御して、図1Aに破線で示すように、所定の方に特定の波長の光を反射させる。偏向素子18によって反射された特定波長の光は、レンズ16を通り、分散素子15、レンズ14、ビーム整形光学系25およびマイクロレンズアレイ11の対応するマイクロレンズを経て、入出力ポート10dから出力される。同じ入出力ポート10dに出力する波長の光が複数ある場合は、それら複数の波長の光が分散素子15で合波される。

[0031] 次に、ビーム整形光学系25の機能を、図2および図3を用いて説明する。図2は、図1の入出力ポート10a～10eから集光点近傍までおよび偏向素子18近傍におけるビームを示す斜視図である。また、図3A、図3Bおよび図3Cはそれぞれ、一次集光面Sf、後述するダミー平面Sd、およ

び偏向素子面 S_m における、ビームの形状を示す図である。これらの図では、入出力ポート 10a および入出力ポート 10c が、ともに入力用ポートとして用いられる。

[0032] まず、本実施の形態では、屈折力が第 1 の方向 (y 方向) のシリンドリカルレンズ 12 と屈折力が第 2 の方向 (x 方向) のシリンドリカルレンズ 13 とを、光路上の位置を異ならせて配置し、シリンドリカルレンズ 13 により大きな屈折力を持たせている。すなわち、この光学系は第 2 の方向 (x 方向) により大きな開口数を有する。このため、一次集光面 S_f 上では、入出力ポート 10c からの入力光が、図 3A に実線で示すように楕円形状 B_1 となる。この楕円形状のスポットは、図 3C に実線で示すように、レンズ 14 および 16 により共役な関係にある偏向素子面 S_m 上に、楕円形状のスポット B_1 として結像される。このスポットは、分散素子 15 によって波長毎に分離されているので、複数のスポットが波長の分離方向である水平方向に並列に並ぶことになる。ここで、この波長選択スイッチ 1 でより多くの波長の切り換えを行うためには、入力光に含まれる波長毎の光の周波数間隔をより狭くすることが必要となる。とくに、占有波長帯域幅が狭くなる 50 GHz スペーシングでは、より波長の分離方向に狭い偏向素子 18 を用いて、その偏向素子 18 により幅の狭いスポットを集光させる必要がある。本実施の形態のように、ビーム整形光学系 25 を用いてビームのスポット形状を分散素子 15 の分散方向に短軸を有する楕円形状に整形することによって、波長の分解度を高め、異なる波長の光が同一の偏向素子 18 に入射することによるクロストークの発生を防止することができる。

[0033] また、集光位置ずれ補正素子 20 は、ビーム整形光学系 25 をシリンドリカルレンズ 12 および 13 で構成した場合に生じる像面湾曲を補正するために設けた素子である。集光位置ずれ補正素子 20 を設けない場合、シリンドリカルレンズ 12, 13 およびレンズ 14 を含む光学系の光軸からの距離が大きい入出力ポート 10a から射出された入力光は、偏向素子面 S_m よりも手前で集光してしまう。特に、図 2 の偏向素子面 S_m における x 方向のスポ

ットの広がり、波長選択スイッチ 1 の通信品質を劣化させる。そこで、集光位置ずれ補正素子 20 を設けて、入出力ポート 10a から出射された入力光を、図 3C に破線で示すように、偏向素子面 S_m 上で x 方向の幅が最も狭いスポット B_2 を形成するように補正している。

[0034] 集光位置ずれ補正素子 20 を用いた場合は、図 3A に破線で示すように、一次集光面 S_f では、入出力ポート 10a からの入力光のスポット B_2 の幅は最小とせず、図 3B に示すように、これよりレンズ 14 側で、最小となるようにする。この入出力ポート 10a からの入力光の横幅が最小となる位置を含む光軸に直交する平面を、ダミー平面 S_d として図 2B に示す。集光位置ずれ補正素子 20 は、言わば、一次集光面 S_f とダミー平面 S_d とのずれ量 ΔZ を調整することによって、偏向素子面 S_m における集光位置のずれ量 $\Delta Z'$ が 0 となるように調整するものである。なお、図 3A から図 3C において、スポットは、それぞれ模式的に記載されたものであり、その大きさは限定されない。また、一次集光面 S_f とダミー平面 S_d との位置関係も設計例であり、必ずしもダミー平面 S_d が一次集光面よりレンズ 14 側にある必要はない。

[0035] 図 4A は、図 1 の集光位置ずれ補正素子 20 の一例を示す斜視図である。また、図 4B は、図 4A の集光位置ずれ補正素子 20a の屈折面の形状を説明する図である。この集光位置ずれ補正素子 20a は、ガラス等光透過性の部材で構成されている。図 4A において手前側が屈折力を有する曲面であり、その背面側は平面となっている。 i 、 $i i$ および $i i i$ は、それぞれ、 y 方向の位置の異なる xz 平面に平行な平面による集光位置ずれ補正素子 20a の屈折面の断面形状を示している。図 4A および図 4B に示すように、集光位置ずれ補正素子 20a は、第 1 の方向 (y 方向) に屈折力を実質的に有さない。また、集光位置ずれ補正素子 20a は、第 2 の方向 (x 方向) の屈折力が第 1 の方向 (y 方向) の位置により異なっている。より具体的には、第 1 の方向 (y 方向) の中心位置では、第 2 の方向 (x 方向) の屈折力が 0 であり、この中心位置から第 1 の方向 (y 方向) に離れるに従って、第 2 の

方向（ x 方向）により大きな負の屈折力を有する。これによって、第1の方向（ y 方向）に光軸から離れた位置を通る光束の集光位置をレンズ14の方向にずらしている。なお、第1の方向（ y 方向）の中心位置は、シリンダリカルレンズ12、13の合成レンズおよびレンズ14の光軸が通る位置である。

[0036] また、集光位置ずれ補正素子20として、別の形状の素子を用いることもできる。図5Aは、図1の集光位置ずれ補正素子20の他の例を示す斜視図である。また、図5Bは、図5Aの集光位置ずれ補正素子20bの屈折面の形状を説明する図である。この集光位置ずれ補正素子20bは、第1の方向（ y 方向）の中心位置では、第2の方向（ x 方向）に正の屈折力を有し、この中心位置から第1の方向（ y 方向）に離れるに従って、第2の方向（ x 方向）の屈折力が小さくなる。この集光位置ずれ補正素子20bを用いた場合は、入出力ポート10cから入力された光軸を通る入力光に対しても、第2の方向（ x 方向）に屈折力を及ぼすので、シリンダリカルレンズ13についても焦点距離および／または位置を調整して、第2方向（ x 方向）の集光位置が一次集光面Sf上になるようにする。

[0037] 図6Aは、図1の集光位置ずれ補正素子20の更に他の例を示す斜視図である。また、図6Bは、図6Aの集光位置ずれ補正素子20cの屈折面の形状を説明する図である。この集光位置ずれ補正素子20cは、図5Aおよび図5Bの集光位置ずれ補正素子20bに代えて用いることができる。図5Aおよび図5Bの集光位置ずれ補正素子20bの屈折面が、滑らかに曲率が変化する曲面で構成されているのに対して、この集光位置ずれ補正素子20cの屈折面は、各入出力ポート10a～10c及び10eからの入力光の第1の方向（ y 方向）の入射位置に対応して、第2の方向（ x 方向）に曲率の異なる円筒面を組み合わせたものである。ここで、 z 軸を含む yz 面内では屈折面が直線をなすように、各円筒面が配置されている。その他の部分では、それぞれ異なる入出力ポート10a～10eに対応する円筒状の屈折面の境界には、段差が設けられている。このような集光位置ずれ補正素子20cを

用いれば、入出力ポート10a～10c及び10eからのそれぞれの入力光の入力光束に対して、それぞれ第2の方向（x方向）に一樣な屈折力を及ぼすことができる。また、z軸を含むyz面内に屈折面が直線となっていなくても良い。例えば、それぞれ異なる入出力ポート10a～10eに対応する円筒状の屈折面が同芯の円筒を積み上げたように形成されても良い。この場合も入出力ポート10a～10c及び10eからのそれぞれの入力光の入力光束に対して、それぞれ第2の方向（x方向）に一樣な屈折力を及ぼすことができる。

[0038] 以上説明したように、本実施の形態によれば、入出力ポート10a～10c及び10eから入力された入力光を、いずれの入出力ポート10a～10c及び10eから入力されたかに係らず、各偏向素子18の偏向素子面で最も幅の狭い楕円形状のスポットを形成して集光させる集光位置ずれ補正素子20を設けたので、分散素子15により分散された波長毎の光を、入力光が入力される入出力ポート10a～10c及び10eの位置に依存することなく、偏向素子18の偏向素子面上に高い精度で集光させることができる。したがって、異なる波長の光が同一の偏向素子に入射することによるクロストークの発生や出力ポートへの結合効率の低下を抑制し、通信品質を高めることができる。さらに、チャネルごとの分解度が高まるので、光通信の高速化のために要求されるより広い透過帯域幅に対応することができる。なお、出力ポート10dを入力ポートとして使用した際にも、入出力ポート10dから入力された入力光が、偏向素子18の偏向素子面上に高い精度で集光するように補正素子20が構成されているのが望ましい。

[0039] また、集光位置ずれ補正素子20は、入出力ポート10a～10c及び10eから入力された入力光を一次集光面Sfにいったん集光させるビーム整形光学系25内に設けたので、小型に構成することができる。

[0040] （第2実施の形態）

図7は、本発明の第2実施の形態に係る波長選択スイッチ1の構成の一部を示す上面図である。本実施の形態は、第1実施の形態のビーム整形光学系

25を図7のビーム整形光学系25'に置き換えたものであり、シリンドリカルレンズ13の後段には第1実施の形態の波長選択スイッチ1と同様にレンズ14、分散素子15、レンズ16および偏向素子18を備えた偏向器17が配置されている。この光学系のビーム整形光学系25'は、第2の方向(x方向)にのみ屈折力を有する反射型の集光位置ずれ補正素子20'と球面ミラー12'と、第2の方向(x方向)にのみ屈折力を有するシリンドリカルレンズ13とを備える。ここで、球面ミラー12'は第1の光学部材であり、シリンドリカルレンズ13は第2の光学部材である。

[0041] 図8Aは、図7の集光位置ずれ補正素子20'の一例を示す斜視図である。この図8Aにおいて、手前側の面が反射面となっている。この集光位置ずれ補正素子20'aは、第1の方向(y方向)に屈折力を実質的に有さない。また、集光位置ずれ補正素子20'aは、第2の方向(x方向)の屈折力が第1の方向(y方向)の位置により異なっている。より具体的には、第1の方向(y方向)の中心位置では、第2の方向(x方向)の屈折力が0であり、この中心位置から第1の方向(y方向)に離れるに従って、第2の方向(x方向)により大きな負の屈折力を有する。これによって、第1の方向(y方向)に光軸から離れた位置を通る入力光の集光位置をレンズ14の方向にずらしている。

[0042] 図8Bは、図7の集光位置ずれ補正素子20'の更に他の例を示す斜視図である。この集光位置ずれ補正素子20'bは、第1の方向(y方向)に屈折力を実質的に有さない。また、集光位置ずれ補正素子20'bは、第1の方向(y方向)の中心位置では、第2の方向(x方向)の正の屈折力を有し、この中心位置から第1の方向(y方向)に離れるに従って、第2の方向(x方向)の屈折力が小さくなる。この集光位置ずれ補正素子20'bを用いた場合は、入出力ポート10cから入力された光軸を通る入力光に対しても、第2の方向(x方向)に屈折力を及ぼすので、シリンドリカルレンズ13について焦点距離および／または位置を調整して、第2の方向(x方向)の集光位置が一次集光面Sf上になるようにする。その他の構成、作用は第1

実施の形態と同様である

[0043] 以上説明したように、本実施の形態によれば、集光位置ずれ補正素子 20' として反射型の素子を用いることができる。したがって、波長選択スイッチ 1 の光学系の空間的な配置のニーズや、使用する光の周波数特性に応じて、適宜透過型または反射型の集光位置ずれ補正素子を選択して使用することができる。なお、球面ミラー 12' は、第 1 の方向（y 方向）にのみ屈折力を有するシリンドリカルミラーでもよい。

また、出力ポート 10d を入力ポートとして使用した際にも、入出力ポート 10d から入力された入力光が、偏向素子 18 の偏向素子面上に高い精度で集光するように集光位置ずれ補正素子 20 が構成されているのが望ましい。

[0044] （第 3 実施の形態）

図 9 は、本発明の第 3 実施の形態に係る波長選択スイッチ 1 の構成およびこれを通るビームを説明する斜視図である。この波長選択スイッチ 1 では、第 1 実施の形態の波長選択スイッチ 1 における、集光位置ずれ補正素子 20 およびシリンドリカルレンズ 13 を、一つの集光位置ずれ補正素子 21 に置き換えている。すなわち、集光位置ずれ補正素子 21 は、第 2 の方向（x 方向）への集光作用と、第 1 の方向（y 方向）の位置に応じた第 2 の方向（x 方向）の集光位置ずれを補正する作用とを有する。

[0045] 図 10A は、図 9 の集光位置ずれ補正素子 21 の一例を示す斜視図である。また、図 10B は、図 10A の集光位置ずれ補正素子 21 の屈折面の形状を説明する図である。この集光位置ずれ補正素子 21 は、図 10A の手前側の曲面 21a が屈折力を有する曲面であり、その背面側は平面となっている。i、ii および iii は、それぞれ、y 方向の位置の異なる xz 平面に平行な平面による集光位置ずれ補正素子 21 の屈折面の断面形状を示している。図 10A および図 10B に示すように、集光位置ずれ補正素子 21 の屈折面は、シリンドリカル面に修正を加えた形状となっている。すなわち、集光位置ずれ補正素子 21 の屈折面は、第 1 の方向（y 方向）に屈折力を実質的に有さない。また、第 1 の方向（y 方向）の中心位置では、第 2 の方向（x

方向)の屈折力が光軸方向の入力光を一次集光面S fに集光させる曲率を有し、この中心位置から第1の方向(y方向)に離れるに従って、第2の方向(x方向)の屈折力が小さくなる。これによって、第2の方向(x方向)に光軸から離れた位置を通る光束の集光位置を、一次集光面S fよりもレンズ14の方向にずらしている。これによって、入出力ポート10aおよび10cから光が入力された場合、一次集光面S f、ダミー平面S dおよび偏向素子面S mには、それぞれ、図3A、図3Bおよび図3Cに示したものと同様の形状のスポットが形成される。

[0046] 図11は、図9の集光位置ずれ補正素子21の設計例を示すグラフである。このグラフの横軸は、集光位置ずれ補正素子21内の高さ位置、すなわち、第1の方向(y方向)の位置を示し、0は光軸と同じ高さ位置であり、1および-1は最上部および最下部を示している。また、縦軸は第1の方向(y方向)に垂直な断面、すなわち、xz断面における屈折面の曲率半径Rを光学素子の高さ位置が0のときを1とした相対値で表したものである。図11から分かるように、光学素子の高さ位置が中央から離れるに従って、曲率半径Rを大きくしている。

[0047] また、図12は、図11で示した光学素子の設計例に基づいて設計した集光位置ずれ補正素子21を用いた場合の、入出力ポートのポート高さに対する偏向素子面S mでの結像位置のずれ $\Delta z'$ のシミュレーション結果を実線で示すグラフである。このグラフには、集光位置ずれ補正素子21を用いずに、集光位置のずれを補正する作用の無いシリンドリカルレンズを用いた場合の集光位置のずれを破線で示している。グラフの縦軸の $\Delta z'$ は、シリンドリカルレンズの場合の集光位置のずれ $\Delta z'$ の最大値を1とする相対値で示している。図12から分かるように、集光位置ずれ補正素子21を用いることによって集光位置のずれ $\Delta z'$ を、入出力ポートのポート高さに依存することなく、集光位置ずれの補正作用の無いシリンドリカルレンズを用いた場合の1/10以下に抑制することができる。

[0048] その他の構成は、第1実施の形態と同様であるので、同一構成要素には同

一参照符号を付して説明を省略する。

[0049] 以上説明したように本実施の形態によれば、ビーム整形光学系 25 をシリンドリカルレンズ 12 と集光位置ずれ補正素子 21 との 2 つの光学素子で構成しながら、集光位置のずれを補正し、第 1 実施の形態と同様の効果を得ることができる。したがって、第 2 の方向（ x 方向）の集光位置ずれを補正しない場合と比べて、部品点数が増加しない。また、従来のシリンドリカルレンズの製造プロセスを修正して製作することができるので、新たな集光位置ずれ補正用の部材を製作するよりも容易に製造することができる。さらに、第 1 実施の形態のように、別途集光位置ずれ補正素子を設けた場合と比べ、光学系の調整が容易である。なお、集光位置ずれ補正素子 21 の加工方法としては、NC 加工により直接的にレンズ形状を作製する方法や、型を作製して成形する方法、リソグラフィ技術を使用した方法などがある。成形により作製する場合、成形に適した光学ガラスや樹脂を適宜選択する。また、集光位置ずれ補正素子 21 を反射型の素子にしてもよい。

[0050] （第 4 実施の形態）

図 13 は、本発明の第 4 実施の形態に係る波長選択スイッチ 1 の構成を示す上面図である。この波長選択スイッチ 1 は、入出力部 10、マイクロレンズアレイ 11、シリンドリカルレンズ 12、13、集光レンズ 31、透過型の分散素子 32、ミラー（反射素子）33、および偏向器 17 を含んで構成される。

[0051] 入出力部 10、マイクロレンズアレイ 11、シリンドリカルレンズ 12、13 は、第 1 実施の形態と同様の光学素子である。集光レンズ 31 は、この集光レンズ 31 とシリンドリカルレンズ 12、13 による集光点との z 方向の距離、および、分散素子 32 の中心との距離が集光レンズ 31 の焦点距離に等しくなるように、シリンドリカルレンズ 13 と分散素子 32 との間に配置されている。ここで、 xz 平面内におけるマイクロレンズアレイ 11、シリンドリカルレンズ 12、13 からなる光学系の光軸と、集光レンズ 31 の光軸とは第 2 の方向（ x 方向）にずらして配置する。なお、これらの光軸の

第1方向（y方向）の高さ位置は同じである。また、偏向器17は、偏向素子18を集光レンズ31側に向けた状態で、シリンドリカルレンズ12、13による集光点とz方向の位置が略等しい位置であって、集光レンズ31の光軸が通る側に第2の方向（x方向）にずらして配置されている。すなわち、集光レンズ31と偏向器17の偏向素子との間の距離も、集光レンズ31の焦点距離である。

[0052] 分散素子32とミラー33とは、いわゆるリットマン-メトカルフ型の構成を有する分散部を形成している。すなわち、分散素子32で回折（分散）された光は、ミラー33で反射され、再び分散素子32で回折（分散）される。このように、2度分散素子を透過して回折（分散）されることによって、分散角を大きくすることができる。

[0053] また、ミラー33は反射面33aが平面ではなく、第1の方向（y方向）の位置に応じて分散素子32の分散方向に屈折力を有する集光位置ずれ補正素子としての機能を併せて有する。例えば、ミラー33は、反射面33aが第1の方向（y方向）に屈折力を有さない。ミラー33は、反射面33aの第1の方向（y方向）が光軸と同じ高さ位置におけるxz断面は直線であり、この高さ位置から第1の方向（y方向）にずれるに従って負の屈折力を有する曲面となるように構成することができる。

[0054] 以上のような構成によって、入出力部10のいずれかの入出力ポート10a～10c及び10eから入力された入力光は、マイクロレンズアレイ11内の対応するマイクロレンズで平行光束となり、シリンドリカルレンズ12および13で集光された後、集光レンズ31により平行光束として、分散素子32で波長毎の光に分散され、ミラー33で折り返され、分散素子32でさらに分散されて、集光レンズ31により偏向器17の偏向素子18上に集光される。この波長毎の光は偏向素子18によって波長毎に異なる角度で反射され、偏向素子18で反射されるまでの光路を折り返して、入力部10の入出力ポート10dに出力される。

[0055] ここで、光軸からの距離が離れた入出力ポートから入力された入力光は、

偏向素子 18 での第 2 の方向（x 方向）の集光位置の位置ずれが、ミラー 33 の反射面 33 a によって補正される。したがって、第 1 実施の形態と同様に、分散素子 32 により分散された波長毎の光を、入力光が入力される入出力ポート 10 a ～ 10 c 及び 10 e の位置に依存することなく、偏向素子 18 の偏向素子面上に高い精度で集光させることができる。さらに、ミラー 33 を用いて光学系を折り返しており、且つ、第 1 実施の形態に比べて少ないレンズの数で装置を構成しているので、実装に必要とされるスペースが小さくて良く、装置を小型化することができる。なお、出力ポート 10 d を入力ポートとして使用した際にも、入出力ポート 10 d から入力された入力光が、偏向素子 18 の偏向素子面上に高い精度で集光するように集光位置ずれ補正素子 20 が構成されているのが望ましい。

[0056] （第 5 実施の形態）

図 14 A および図 14 B は、それぞれ、本発明の第 5 実施の形態に係る波長選択スイッチ 1 の構成を示す側面図および上面図である。本実施の形態は、第 1 実施の形態において、集光位置ずれ補正素子 20 を、マイクロレンズアレイ 11 とシリンドリカルレンズ 12 との間ではなく、レンズ 14 と分散素子 15 との間に配置したものである。この場合、ビーム整形光学系 25 は、シリンドリカルレンズ 12 および 13 により構成される。その他の構成、作用は第 1 実施の形態と同様なので、同一構成要素には同一参照符号を付して説明を省略する。このようにしても、第 1 実施の形態と同様に、分散素子 15 により分散された波長毎の光を、入力光が入力される入出力ポートの位置に依存することなく、偏向素子 18 の偏向素子面上に高い精度で集光させることができる。したがって、異なる波長の光が同一の偏向素子に入射することによるクロストークの発生および出力光の出力ポートへの結合効率の低下を抑制し、通信品質を高めることができる。なお、出力ポート 10 d を入力ポートとして使用した際にも、入出力ポート 10 d から入力された入力光が、偏向素子 18 の偏向素子面上に高い精度で集光するように集光位置ずれ補正素子 20 が構成されているのが望ましい。

[0057] (第6実施の形態)

図15Aおよび図15Bは、それぞれ、本発明の第6実施の形態に係る波長選択スイッチ1の構成を示す側面図および上面図である。本実施の形態は、第1実施の形態において、ビーム整形光学系25とレンズ14とを設けず、マイクロレンズアレイ11と分散素子15との間に集光位置ずれ補正素子20を配置したものである。これによって、入出力ポート10a~10c及び10eから入力された入力光はマイクロレンズアレイ11により平行光束として分散素子15に入射する。その他の構成および作用は、第1実施の形態と同様であるので、同一構成要素には同一参照符号を付して説明を省略する。

[0058] 本実施の形態によれば、偏向素子18上で楕円形のスポットを形成するためのビームの整形は行わないが、第1実施の形態と同様に、偏向素子18上での第2の方向(x方向)への集光位置のずれを補正することができる。したがって、分散素子15により分散された波長毎の光を、入力光が入力される入出力ポートの位置に依存することなく、偏向素子18の偏向素子面上に高い精度で集光させることができる。したがって、異なる波長の光が同一の偏向素子に入射することによるクロストークの発生や、出力ポートへの結合効率の劣化を抑制し、通信品質を高めることができる。なお、出力ポート10dを入力ポートとして使用した際にも、入出力ポート10dから入力された入力光が、偏向素子18の偏向素子面上に高い精度で集光するように集光位置ずれ補正素子20が構成されているのが望ましい。

[0059] (第7実施の形態)

図16は、本発明の第7実施の形態に係る波長選択スイッチ1の入出力ポート10から一次集光面Sf近傍までの構成およびこれを通るビームを説明する斜視図である。本実施の形態は、第1実施の形態において、集光位置ずれ補正素子20およびシリンドリカルレンズ13に代えて、集光位置ずれ補正素子20とは形状の異なる集光位置ずれ補正素子41を、第1実施の形態におけるシリンドリカルレンズ13の配置されていた位置に設けたものであ

る。

[0060] 図17Aは、図16の集光位置ずれ補正素子41の xz 平面に平行な面での断面の位置及び形状を示す図である。また、図17Bは、図16の集光位置ずれ補正素子41の yz 平面による断面図である。図17Aに示すように、集光位置ずれ補正素子41の xz 平面に平行な断面は、第1の方向（ y 方向）の光軸からの高さ位置に係らず、円弧を有する、例えば略半円形の形状となっている。この半円形の断面形状は、光軸からの距離が離れるに従って、 z 軸に沿って入力光の進行方向（一次集光面Sf側）にシフトする。また、図17Bに示すように、集光位置ずれ補正素子41は、第2の方向（ x 方向）に直交する屈折面の断面が、第1の方向（ y 方向）の位置に応じて入力光の進行方向（ z 方向）に傾いている。すなわち、集光位置ずれ補正素子41は、 y 軸方向の中央部に比べて y 軸方向の両端部が z 軸方向にせり出した形状となっている。

[0061] この集光位置ずれ補正素子41は、第1～第5実施の形態で用いられた集光位置ずれ補正素子と異なり、光軸からの第1の方向（ y 方向）の距離に係らず、第2の方向（ x 方向）の屈折力は一定である。この集光位置ずれ補正素子41は、光軸からの距離に応じて屈折面を光軸方向にずらすことによって、集光位置を調整している。その他の構成および作用は、第1実施の形態と同様であるので、同一構成要素には同一参照符号を付して説明を省略する。

[0062] 本実施の形態によれば、第2の方向（ x 方向）に屈折力分布を有さない集光位置ずれ補正素子41を用いて、第1実施の形態と同様に、偏向素子18上での第2の方向（ x 方向）への集光位置のずれを補正することができる。したがって、分散素子15により分散された波長毎の光を、入力光が入力される入出力ポート10a～10c及び10eの位置に依存することなく、偏向素子18の偏向素子面上に高い精度で集光させることができる。したがって、異なる波長の光が同一の偏向素子18に入射することによるクロストークの発生や、出力ポートへの結合効率の劣化を抑制し、通信品質を高めるこ

とができる。なお、出力ポート10dを入力ポートとして使用した際にも、入出力ポート10dから入力された入力光が、偏向素子18の偏向素子面上に高い精度で集光するように集光位置ずれ補正素子20が構成されているのが望ましい。

[0063] (第8実施の形態)

図18は、本発明の第8実施の形態に係る波長選択スイッチの構成の一部を示す斜視図である。特に、入出力ポート10a～10eから一次集光面Sf近傍までおよび偏向素子18近傍におけるビームを示している。本実施の形態は、第1実施の形態の集光位置ずれ補正素子20を図18の集光位置ずれ補正素子20dに置き換えたものであり、シリンドリカルレンズ13の後段には、図18では省略されているが、第1実施の形態の波長選択スイッチ1と同様にレンズ14、分散素子15、レンズ16および偏向素子18を備えた偏向器17が配置されている。この光学系の集光位置ずれ補正素子20dは、第1の方向(y方向)、第2の方向(x方向)ともに屈折力を持たず、入出力ポート10a～10eからの入力光の各々が通る光路の空気換算長が異なるように構成されている。「空気換算長」とは、屈折率nの媒質中を光路に沿って距離dだけ光が進行するとき、 d/n で表される長さである。

[0064] 本実施の形態において、集光位置ずれ補正素子20dは、入力光の進行方向(z方向)の厚さが第1の方向(y方向)の中心領域で薄く、光軸から第1の方向(y方向)に離れるに従って階段状の段差を伴って厚くなっていくように構成されている。また、入出力ポート10a～10eの各ポートからの光が入射する領域については、段差を跨がずそれぞれ同一の素子厚さになっている。また、入出力ポートに向き合った面に関しては同一面になるように構成されている。なお、入力光をガウスビームと想定した場合、光束は空間的に無限に広がりを持つが、ここでは、例えばビームのパワーが中心の $1/e^2$ になるまでの領域をビーム径とする。

[0065] 集光位置ずれ補正素子20dは、使用波長帯において透明な素材からなり、例えば光学ガラス、樹脂やシリコンのような半導体等を用いて構成される

。素子の厚さを抑えて大きな補正効果を持たせるには、屈折率の大きな材料を使用するのが好適である。

[0066] 集光位置ずれ補正素子 20 d を設置することにより、入出力ポートから、シリンドリカルレンズ 12 及び 13 までの物理的距離は変えないまま、空気換算長にポート位置依存性を持たせることができ、これによって、第 1 の方向（y 方向）に光軸から離れた位置を通る入力光の集光位置をレンズ 14 の方向にずらしている。

[0067] したがって、第 1 実施の形態と同様に、分散素子 15 により分散された波長毎の光を、入力光が入力される入出力ポート 10 a ~ 10 c 及び 10 e の位置に依存することなく、偏向素子 18 の偏向素子面上に高い精度で集光させることができる。さらに、集光位置ずれ補正素子 20 d は屈折力を持たない素子により構成されているため、z 軸方向の調整に高い精度を必要とせず、組み立てを容易にすることができる。

[0068] また、本実施の形態において図 19 に示すように、マイクロレンズアレイ 11 のマイクロレンズと集光位置ずれ補正素子 20 d とが一体になるように構成しても良い。すなわち、ビーム整形光学系 25 と、マイクロレンズアレイ 11 と、が一体になるように構成されても良い。一つの部材からマイクロレンズアレイ 11 の機能部と集光位置ずれ補正素子 20 d の機能部とを形成しても良いし、それぞれ個別に製造したマイクロレンズと集光位置ずれ補正素子とを接合して形成しても良い。接合により形成する場合、界面の反射によるノイズを低減するための工夫が必要となる。例えば、同一素材から製造したマイクロレンズおよび集光位置ずれ補正素子を、オプティカルコンタクトや陽極接合といった直接接合によって接合したり、屈折率を整合した接着剤を用いて接合したりするのが好適である。

[0069] また、本実施の形態において図 20 に示すように、集光位置ずれ補正素子 20 d の厚さ d_1 に加え、入出力ポート 10 a ~ 10 e とマイクロレンズアレイ 11 との距離 d_0 、および、マイクロレンズアレイ 11 の曲率半径 R を併せて設定しても良い。これにより分散素子 15 により分散された波長毎の光を

、入力光が入力される入出力ポート 10a～10c 及び 10e の位置に依存することなく、偏向素子 18 の偏向素子面上により高い精度と自由度で集光させることができる。また、マイクロレンズアレイ 11 の各々のレンズ形状が回転対称にならない（アナモルフィック）ように構成しても良い。これにより第 1 の方向（y 方向）の補正効果と第 2 の方向（x 方向）の補正効果とをより独立性の高い状態で設計することが可能となる。

[0070] さらに、光路の空気換算長は、必ずしも入出力ポート 1 つ 1 つに対応して異なっている必要はなく、少なくとも光軸中心付近の入出力ポートに対する空気換算長と、光軸から離れた入出力ポートに対する空気換算長と、の少なくとも 2 種類を有していれば良い。その場合、隣接する入出力ポートからの光束が、集光位置ずれ補正素子 20d の空気換算長が変わる境界を挟む場合は、それらの入出力ポート間隔を、他のポート間隔に対して大きくするように構成しても良い。これにより 1 つの入出力ポートから入射する光が前記境界により分離されることを抑制することが出来る。

[0071] また、本実施の形態における集光位置ずれ補正素子 20d は素子の厚さが第 1 の方向（y 方向）に異なっているのが特徴ではなく、光路の空気換算長が異なっていることが特徴である。したがって素子の厚さを第 1 の方向に均一にしながら、集光位置ずれ補正素子 20d を構成する材料を第 1 の方向の位置に応じて変えることによって、屈折率が変わるように構成しても良い。

[0072] さらに、上述の本実施の形態の構成は、集光位置ずれ補正素子 20d の設置位置を、最適な効果の得られる場所に設定して説明を行ったものである。しかし、集光位置ずれ補正素子 20d の配置はこれに限られず、各入出力ポートからの入射光がポートごとに分離されているところに配置すれば、補正効果を得ることは可能である。

[0073] また、上述の本実施の形態の構成は、集光位置ずれ補正素子 20d と、シリンドリカルレンズ 12 と、を離間して配置しているが、これに代えて、集光位置ずれ補正素子 20d を z 方向に反転して、集光位置ずれ補正素子 20d とシリンドリカルレンズ 12 との互いに対向する平面が接するように、あ

るいは、集光位置ずれ補正素子 20 d とシリンドリカルレンズ 12 とを一体として構成しても良い。

[0074] (第9実施の形態)

図 2 1 A および図 2 1 B は、本発明の第 9 実施の形態に係る波長選択スイッチの構成を示す図である。この波長選択スイッチは、図 1 A および図 1 B の第 1 実施の形態の波長選択スイッチにおいて、ビーム整形光学系 25 内に集光位置ずれ補正素子 20 を設けず、分散素子 15' に集光位置ずれ補正素子の機能を持たせたものである。すなわち、本実施の形態における、分散素子と集光位置ずれ補正素子とは一体として構成されている。

[0075] 以下に分散素子 15' の構成について、図 2 2 ~ 図 2 4 を参照して説明する。x d、y d、z d は分散素子 15' 上のローカル座標を示す。図 2 2 は、一般的な分散素子を正面から見た図である。この分散素子は回折格子を有し、回折格子のピッチは全面に渡って等間隔のピッチを有している。第 1 実施の形態の分散素子 15 は、このような均一なピッチを有している。

[0076] 一方、図 2 3 は、本実施の形態に係る分散素子 15' の格子を示す図である。分散素子 15' は図 2 3 に示すように、y d 方向に 3 区分され、領域 a および領域 c は同じ特性の格子ピッチになっている。領域 a および領域 c において、ピッチは第 2 の方向 x d に沿って連続的に変化している。一方、中心領域 b は、第 1 実施の形態と同じ等間隔のピッチの格子となっている。中心部領域 b の格子と、領域 a および領域 c の格子とは不連続である。

[0077] 分散素子 15' の斜視図を図 2 4 に示す。回折面を構成する格子の凸部 15' a の高さ、および、凹部 15' b と凸部 15' a との幅の比は回折光が最大になるように最適化する。回折格子で光を回折させると、そのままでは p 偏向と s 偏向との光量に差異が発生する。このため、凸部 15' a は偏光方向による回折光の光量の差をなくすように、複数の誘電体を積層して構成しても良い。

[0078] 上記のような構成によって、本実施の形態の波長選択スイッチでは、集光位置ずれ補正素子 20 が無いため、図 2 5 に示すように、光学系の光軸から

離れた入出力ポート、たとえば、入出力ポート 10a からの光線は、一次集光面 S f では集光せず、シリンドリカルレンズ 13 側に Δz 離れたダミー平面 S d で集光する。

[0079] 一次集光面 S f 以降について図 26A および図 26B に示す。入出力ポート 10a からの光線を実線で、入出力ポート 10c からの光線を破線で示す。入出力ポート 10c からの入力光は、ほぼ光学系の軸上付近を通過する。この入力光は、一次集光面 S f に集光し、レンズ 14 で光軸に沿う平行光束になり分散素子 15' で波長毎に分散され、レンズ 16 で、分散された各波長の光束が、偏向器 17 上にある各偏向素子 18 の素子面（ミラー面）S m に集光される。

[0080] 一方、入出力ポート 10a からの入力光は、一次集光面 S f からシリンドリカルレンズ 13 側に Δz 離れた S d に集光するため、その後レンズ 14 により、平行光束より少し収束する光束になり、分散素子 15' に入射する。分散素子 15' に入射する位置は、光軸から y d 方向に離れた位置、つまり図 23 の領域 c となる。

[0081] 領域 c の格子は、ピッチ間隔を x d 方向に沿って変化させることによって屈折力を有し、収束光束として入射された光束を、平行光束として各波長の光に分散する。従って、入出力ポート 10c からの光束と同様に、レンズ 16 により、分散された各波長の光束が、偏向器 17 上にある各偏向素子 18 の素子面（ミラー面）に集光される。図 26B の上面図に示すように、第 1 の方向（y 方向）から見た場合、分散素子 15' で分散された以降では、入出力ポート 10c からの光線も入出力ポート 10a からの光線も重なって見える。各偏向素子 18 の素子面 S m で反射した光線は、上記説明の光路を逆方向に戻り、入出力ポート 10d に集光され出力される。

[0082] なお、領域 a と領域 b の境界のように、格子の特性が変化するところで、格子が不連続になる。この境界部分にいずれかの入出力ポート 10a ~ 10c および 10e からの光束または入出力ポート 10d へ向かう光束が入射しないように、上記境界の上下に光束が通る入出力ポートの間の間隔を他の入

出力ポート間の間隔より少し広くすることが好ましい。また、本実施の形態では、分散素子 15' の回折面を格子の延びる方向に 3 つの領域に区分されているが、仮に中心領域から離れた領域 c が、それぞれ 2 つの入出力ポート 10 a および 10 b に対応する場合、最軸外にある入出力ポート 10 a の Δz にあわせて、格子ピッチを最適化すると、最軸外の入出力ポート 10 a の内側の入出力ポート 10 b の偏向素子 18 での集光位置が補正され過ぎる場合がある。そこで、区分された領域の数を増やして、それぞれの入出力ポートの Δz に応じて、格子ピッチを最適化することにより全ての入出力ポート 10 a ~ 10 c および 10 e からの光線の集光位置から、偏向素子 18 での素子面 S m までの距離を小さくすることができる。

[0083] (第 10 実施の形態)

図 27 は、本発明の第 10 実施の形態に係る波長選択スイッチの一次集光面近傍から偏向器までの構成及び光路を示す上面図である。この波長選択スイッチは、図 13 に示した第 4 実施の形態に係るリットマン-メトカルフ型の分散部を有する波長選択スイッチにおいて、ビーム整形光学系 25 内に集光位置ずれ補正素子を設けず、分散素子 32' を集光位置ずれ補正素子と一体として構成したものである。分散素子 32' は、第 9 実施の形態の分散素子 15' と同様に y d 方向に格子が不連続で、x d 方向のピッチ間隔が不等間隔である。その他の構成は、第 4 実施の形態と同様なので、同一の構成要素には同一の参照符号を付して説明を省略する。

[0084] 次に、本実施の形態による波長選択スイッチの光路について説明する。図 27 において、入出力ポート 10 a からの光束を実線、入出力ポート 10 c からの光束を破線で示している。入出力ポート 10 c からの光束は一次集光面 S f に集光する。集光後、S f から発散する光束は、集光レンズ 31 により平行光束となり、分散素子 32' により波長毎の光に分散される。この波長毎の光は、ミラー 33 で反射され、分散素子 32' でさらに分散され、集光レンズ 31 に入射する。集光レンズ 31 は、分散された各波長の平行光束を、偏向器 17 の偏向素子 18 の偏向面(ミラー面) S m 上に集光する。

[0085] 一方、入出力ポート 10a からの光束は、一次集光面 S f よりも入出力ポート側の面 S d に集光されるので、集光レンズ 31 により、平行光束より少し収束する光束に変換される。分散素子 32' は、図 23 に示した分散素子 15' と同様に y d 方向に中心領域 b とその外側の領域 a および領域 c に区分されている。入出力ポート 10a からの光線は外側の領域 c を通過する。外側の領域 c は、ピッチが不等間隔で、少し収束された光束を波長毎の光束に分散させるとともに、各波長の光が平行光束に近くなるように発散方向に変換する屈折力を有している。これらの各波長の光束は、ミラー 33 で反射され、再度分散素子 32' に入射される。入射した光束は、さらに分散されるとともに、さらに発散方向に変換され、各波長に分散された平行光束となる。集光レンズ 31 は各波長に分散された平行光束を偏向器 17 の偏向素子 18 の偏向素子面 S m (ミラー面) 上に集光する。偏向素子面 (ミラー面) S m で反射した光は、上述の光路を逆方向に戻り、入出力ポート 10d の出射面に集光される。

[0086] 次に、分散素子 32' のピッチの例を図 28 のグラフを用いて説明する。図 28 の横軸は、図 27 の x d 方向の座標を示し、縦軸は、偏向素子 32' の中心領域 b のピッチを 1 として規格化したピッチの値を示している。また、破線は中心領域 b についてのグラフであり、実線は領域 a および領域 c についてのグラフである。本実施の形態では、中心領域 b のピッチを等間隔としているので、破線のグラフの横軸の値は座標 x d によらず 1 である。また、実線のグラフに示されるように、領域 a、c では座標 x d の正の方向でピッチが少し狭くなっている。

[0087] 図 29 は、偏向素子面 (ミラー面) S m と各ポートからの光線の集光位置 S m' との間の距離 $\Delta z'$ を示すグラフである。図 29 において、横軸は光軸からのポート高さの相対値を示し、入出力ポート 10a のポート高さを 1 としている。また、縦軸は $\Delta z'$ の相対値を示す。また、破線は、等間隔なピッチを有する通常のグレーティングを用いた場合について算出した $\Delta z'$ であり、実線は、本実施の形態に係る分散素子 32' を用いた場合の $\Delta z'$ の

値を示している。グラフ上の3点は、左から順に入出力ポート10c、10b、10aに対応している。ここで、縦軸は等間隔なピッチを有する分散素子を用いた場合の入出力ポート10aについての $\Delta z'$ の値を1としている。入出力ポート10aから入射した入力光は、分散素子32'の領域cを通り、入出力ポート10bおよび10cから入射した入力光は、分散素子32'の中心領域bを通る。本実施の形態の分散素子32'を使用することで、入出力ポート10aから入射した光束の $\Delta z'$ を小さくできることがわかる。

[0088] 本実施の形態では、集光位置ずれ補正素子のような部品を別途追加することなく、集光位置ずれ補正をすることができる。また、本実施の形態で使用する集光位置ずれ補正機能を含ませた分散素子は、マスクパターンを変更するだけで、従来の分散素子と同じ方法で製造することができ、コストもほとんど変わらない。

[0089] 以上のことから、第1実施の形態と同様に、分散素子32'により分散された波長毎の光を、入力光が入力される入出力ポート10a~10c及び10eの位置に依存することなく、出力ポートとして機能する入出力ポート10dの出射面と光学的に共役になる位置に高い精度で集光させることができ、安価で、入出力ポートによらず結合効率の低下を原因とする挿入ロスのない波長選択スイッチを提供することができる。

[0090] (第11実施の形態)

図30は、本発明の第11実施の形態に係る波長選択スイッチの構成の一部を示す斜視図である。図30は、入出力ポート10a~10eから集光点近傍までおよび偏向素子18'近傍におけるビームを示している。本実施の形態は、第1実施の形態に係る波長選択スイッチにおいて、偏向素子18'として、該偏向素子18'の偏向面上でそれぞれの入力ポートからの波長毎の光が偏向される位置に対して、回動中心が第1の方向側にずれたミラー素子を用いるとともに、集光位置ずれ補正素子20を図30の集光位置ずれ補正素子20eに置き換えたものであり、シリンドリカルレンズ13の後段には、図30では省略しているが、第1実施の形態の波長選択スイッチ1と同

様にレンズ14、分散素子15、レンズ16および偏向素子18'を備えた偏向器17が配置されている。その他、第1実施の形態と同一の構成要素には同一の参照符号を付して説明を省略する。

[0091] 偏向器17は、例えば、MEMSミラーアレイであり、偏向素子18'は、MEMSミラーアレイを構成するマイクロミラーを含む素子である。ここで、本実施の形態において偏向素子18'の図1Aにおけるyz平面内での傾きを変える際の回動軸は、波長ごとに分散された光束が偏向される位置に対して、第1の方向側にずれている。このようなミラー配置の構成は、MEMSミラーアレイのピッチが小さくなった場合に電極配置のスペースを確保する要請や、カンチレバータイプの製作が容易なミラー構成に起因するものである。このようなミラーアレイを使用した場合、図30にSmaおよびSmbとして示すように、偏向素子面Smは固定面ではなくなる。

[0092] これに伴って必要となる光学的考慮について図31A、31Bおよび31Cを用いて説明する。これらの図31A、31Bおよび31Cの上段にxz断面から見た図を、下段にyz断面から見た図をそれぞれ示す。

[0093] 図31Aは、偏向素子18'のマイクロミラー52を回動軸51に対して回動した際の偏向素子面Smの変位を模式的に示す図である。マイクロミラー52の回動軸51がレンズ16の光軸Oと第1の方向(y方向)にずれているため、入出力ポートの組み合わせを変えるために、マイクロミラー52を異なる偏向角度に変えると、Sma、Smb、Smcのそれぞれに示すように、偏向素子面Smはz軸方向に偏向角度依存性をもって変位(図のd1およびd2)する。ここで、Sma、Smb、Smcとなるマイクロミラー18'の偏向角度は、入出力ポート10aと10d、10bと10d、および、10eと10dを光学的に結合させる状態をそれぞれ表しているものとする。

[0094] 図31Bは、それぞれ入出力ポート10a、10bおよび10eから入射した光束を、偏向素子面Smbの位置に固定的に集光させた場合の偏向素子18'近傍での光束を模式的に示す図である。すなわち、ミラー面の回動に

よる偏向素子面 S_m の変位を考慮しない場合の光束を示している。この図において、 L_1 、 L_2 および L_3 は、それぞれ、入出力ポート 10a、10b および 10e から入射する光束を示し、特に下段においては、これら光束の外形を模式的に示している。また、 L_1' 、 L_2' および L_3' は、それぞれ、 L_1 、 L_2 および L_3 がマイクロミラー 52 で反射され入出力ポート 10d へ向かう光束を示している。

[0095] 入出力ポート 10b と 10d とを光学的に結合させる場合、マイクロミラー 18' の位置は S_{mb} にあり、入出力ポート 10b からの光束 L_2 は、マイクロミラー 52 で反射され、光束 L_2' となる。偏向素子面 S_{mb} 上の集光点は、入出力ポート 10d の入出射面と共役の位置に配置されているので、反射された光束 L_2' は、入出力ポート 10d に効率良く結合する。一方、入出力ポート 10e と 10d とを光学的に結合させる場合、マイクロミラー 18' の位置は S_{ma} にあるため、入出力ポート 10e から出射した光束 L_3 は S_{ma} で反射され光束 L_3' となり、 S_{ma} から d1 だけ入出力ポート側に進んだところに集光する。この集光位置（ガウス像面）は入出力ポート 10d の入出射面と光学的に共役でないため結合の効率が下がってしまう。入出力ポート 10a と 10d とを光学的に結合させる場合も同様に結合の効率が下がってしまう。

[0096] そこで、本実施の形態では、結合効率の低下を抑制するために各入出力ポート 10a、10b および 10e からの光束の集光位置を図 31C のように設定している。この図に示すように、入出力ポート 10e からの光束 L_3 は、偏向素子面 S_{ma} より手前の点 P_1 に集光位置（ガウス像面）を有するように構成されている。より詳細には、出力ポートとして振る舞っている入出力ポート 10d から出射した光の集光位置（ S_{mb} に一致）と、入力ポートとして振る舞っている入出力ポート 10e から入射した光の集光位置 P_1 とが、偏向素子面 S_{ma} に対して、 z 軸方向に対称な位置に形成されているのが望ましい。これにより入出力ポート 10e と 10d それぞれから出射した光の集光位置（ガウス像面）を偏向素子 18' での反射を介して一致させることがで

き、効率よく結合させることが出来る。言い換えれば、入出力ポート 10e からの光束 L_3 は、偏向素子面 S_{ma} で反射されるが、反射された光束 L_3' は偏向素子面 S_{mb} で集光した後発散する光と同じであり、入出力ポート 10d に効率良く結合する。

[0097] これは、入出力ポート 10a と 10d とを光学的に結合させる場合も同様に考えることができる。すなわち、入出力ポート 10a からの入射した光束 L_1 は、偏向素子面 S_{mc} から距離 d_2 進んだ位置 P_2 に集光位置を有するように構成される。ここで、入出力ポート 10a からの光の集光位置と入出力ポート 10e からの光の集光位置とは空間上の固定された点である S_m (S_{mb}) からずらす方向が逆になっている。

[0098] 以上の説明のような光学的な振る舞いをさせるために、本実施の形態の集光位置ずれ補正素子 20e は以下のように構成されている。

[0099] 図 32A は、偏向素子面 S_m の変位を考慮した集光位置ずれ補正素子の一例を示す斜視図である。また、図 32B は、図 32A の集光位置ずれ補正素子 20e の屈折面の形状を説明する図である。この集光位置ずれ補正素子 20e は、ガラス等光透過性の部材で構成されている。図 32A において手前側が屈折力を有する曲面であり、その背面側は平面となっている。i、ii および iii は、それぞれ、y 方向の位置の異なる xz 平面に平行な平面による集光位置ずれ補正素子 20e の屈折面の断面形状を示している。図 32A および図 32B に示すように、集光位置ずれ補正素子 20e は、第 1 の方向 (y 方向) に屈折力を実質的に有さない。また、集光位置ずれ補正素子 20e は、第 2 の方向 (x 方向) の屈折力が第 1 の方向 (y 方向) の位置により異なっている。より具体的には、第 1 の方向 (y 方向) に正の方向の端部近傍では、第 2 の方向 (x 方向) の屈折力が 0 に近く (断面 iii)、この端部から第 1 の方向 (y 方向) に負の方向に中心位置に近づくに従って、第 2 の方向 (x 方向) により大きな正の屈折力を有する (断面 i)。さらに、中心位置から第 1 の方向 (y 方向) に負の方向に離れるに従って、第 2 の方向 (x 方向) により小さな正の屈折力を有する (断面 ii)。第 1 の方向 (

y方向)に正の方向に離れた場合に比べ、負の方向に同じ距離だけ離れたときの屈折力は小さい。これによって、第1の方向(y方向)に光軸から離れた位置を通る光束の集光位置を、第1の方向(y方向)に非対称にレンズ14の方向にずらしている。すなわち、集光位置ずれ補正素子20eは、第1の方向(y方向)に非対称な構造を有する。なお、第2の方向(x方向)の中心位置は、シリンドリカルレンズ12、13の合成レンズおよびレンズ14の光軸が通る位置である。

[0100] なお、上述の集光位置ずれ補正素子20eの形状は、一例であって、他の形状の集光位置ずれ補正素子を用いても同様の効果を得ることができる。例えば、第1の方向(y方向)の中心位置では、第2の方向(x方向)の屈折力が0であり、この中心位置から第1の方向(y方向)に正および負の方向に離れるに従って、第2の方向(x方向)により大きな負の屈折力を有し、且つ、正の方向に離れた場合よりも負の方向に離れた場合の方がより屈折力が小さい形状とすることもできる。この場合、シリンドリカルレンズ12および13の曲率を、集光位置ずれ補正素子20eの形状に応じて変える必要がある。

[0101] また、実際の面形状は、マイクロミラーの振れ角および回動中心から集光面までの距離で決まるミラー回動時のZ軸方向のずれ量や、レンズ14、分散素子15、レンズ16といった後段の光学系の収差特性にも依存して決定される。それゆえ、集光位置ずれ補正素子20eの屈折力はy方向に対し単調減少、単調増加、偏曲点を1つ以上有する関数のいずれにもなり得る。

[0102] さらに、入出力ポート10a~10eからの光は集光位置ずれ補正素子20e面上で、ポートごとの重なりをほぼ有さないため、図33Aおよび図33Bに示すような本実施の形態の変形例に係る集光位置ずれ補正素子20fを、集光位置ずれ補正素子20eに代えて用いることができる。集光位置ずれ補正素子20eの屈折面が、滑らかに曲率が変化する曲面で構成されているのに対して、この集光位置ずれ補正素子20fの屈折面は、各入出力ポート10a~10c及び10eからの入力光の第1の方向(y方向)の入射位

置に対応して、第2の方向（x方向）に曲率の異なる円筒面の一部を組み合わせたものである。ここで、z軸を含むyz面内では屈折面が直線をなすように、各円筒面が配置されている。その他の部分では、それぞれ異なる入出力ポート10a～10eに対応する円筒状の屈折面の境界には、段差が設けられている。

[0103] このような集光位置ずれ補正素子20fを用いれば、入出力ポート10a～10c及び10eからのそれぞれの入力光の入力光束に対して、それぞれ第2の方向（x方向）に一樣な屈折力を及ぼすことができる。また、z軸を含むyz面内に屈折面が直線となっていなくても良い。例えば、それぞれ異なる入出力ポート10a～10eに対応する円筒状の屈折面が同芯の円筒を積み上げたように形成されても良い。この場合も入出力ポート10a～10c及び10eからのそれぞれの入力光の入力光束に対して、それぞれ第2の方向（x方向）に一樣な屈折力を及ぼすことができる。

[0104] 以上説明したように、本実施の形態に係る波長選択スイッチによれば、選択する入出力ポート10a～10eの組み合わせに応じて偏向素子18の素子面Smが変位する場合であっても、第1実施の形態と同様に、分散素子15により分散された波長毎の光を、入力光が入力される入出力ポート10a～10c及び10eの位置に依存することなく、出力ポートとして機能する入出力ポート10dの出射面と光学的に共役になる位置に高い精度で集光させることができる。さらに、集光位置ずれ補正素子20eおよび20fは第1の方向（y方向）について、光軸に関して非対称な屈折力を持つようになっているため、回動中心が反射面中心から離れたマイクロミラーからなる偏向素子に対しても高い自由度を持って、集光位置を最適に合わせることが可能である。

[0105] なお、本実施の形態では、第1実施の形態において、入出力ポート10a～10eの近くに配置された集光位置ずれ補正素子20を集光位置ずれ補正素子20eに置き換えている。さらに、上述の他の実施の形態においても、偏向素子18が回動軸の位置が集光位置からずれたミラーの場合、集光位置

ずれ補正素子を、入力ポートからの光の集光位置が、出力ポートの位置と共役になるように、非対称な構造とすることによって、同様の効果を得ることができる。

[0106] 例えば、第9実施の形態では、分散素子18'の格子特性をy d方向で軸対称にしているが、格子特性を非対称に構成すれば良い。すなわち、領域a、b、cの全てで格子特性を異ならせれば良い。分散素子のピッチを異なる屈折力を有するように変化させ、さらに第1の方向(y d方向)に格子を不連続にすることで、分散素子に分散機能と集光位置ずれ補正機能とを持たせることができ、分散素子で分散された各波長の光を、入力光が入力される入出力ポート10a~10c及び10eの位置に依存することなく、入出力ポート10dに入出射面と光学的に共役になる位置に高い精度で集光させることができる。

[0107] なお、本発明は、上記実施の形態にのみ限定されるものではなく、幾多の変形または変更が可能である。たとえば、入力ポートと出力ポートとは、複数の共通の入出力用のポートを設け、適宜入力ポートと出力ポートとを切り替えられるように構成してもよい。また、実施の形態において、入力ポートと出力ポートとは、それぞれの端面が直列に配置されているが、それぞれ分離して別個の位置に配置しても良い。

[0108] 各実施の形態では、本発明の集光位置ずれ補正素子は、偏向素子面上で第2の方向(x方向)の幅が最も狭いスポットを形成するように入力光を補正するものとしたが、第2の方向(x方向)の幅が最小値とならなくとも、集光位置ずれ補正素子を設けない場合に比べて第2の方向(x方向)のスポットの幅が小さくなれば、本発明による通信品質の改善効果は得られる。したがって、本発明の範囲は、そのような効果が得られる限り、第2の方向(x方向)のスポットが最小値とならない場合も含む。

[0109] また、各実施の形態において、入出力ポートから出力された入力光の光軸方向(z方向)に直交する鉛直方向を第1の方向(y方向)、水平方向を第2の方向(x方向)としたが、第1の方向(y方向)は鉛直方向に限られず

、第2の方向（x方向）は水平方向に限られない。第1の方向（y方向）および第2の方向（x方向）は、入力光の進行方向に直交し且つ互いに直交する2方向であれば良い。

[0110] さらに、ビーム整形光学系は、第1の方向（y方向）に屈折力を有するシリンドリカルレンズと、第1の方向（y方向）に直交する第2の方向（x方向）に屈折力を有するシリンドリカルレンズとを組み合わせたものに限られない。例えば、ビームのスポットを円形として良いならば、単一の球面レンズを用いることができる。あるいは、第1の方向（y方向）に屈折力を有するシリンドリカルレンズに代えて、他の少なくとも第1の方向（y方向）に屈折力を有するレンズ、例えば、球面レンズを用い、その後段にシリンドリカルレンズを配置することもできる。その場合も、集光位置に楕円形状のビームウェストを形成することができる。また、一方向に屈折力を有するレンズとして、シリンドリカルレンズに代えて一方向に屈折力を有するフレネル形状のレンズ（リニアフレネルレンズ）を用いることもできる。

[0111] また、各実施の形態で例示した集光位置ずれ補正素子の形状は例示に過ぎない。例えば、ビーム整形光学系に配置した集光位置ずれ補正素子は、屈折面が入力部側にある形態に限られず、分散素子側の面あるいは両面を屈折面として構成しても良い。さらに、偏向部は、MEMSミラーアレイに限られず、液晶素子や光学結晶を用いて構成することもできる。また、レンズ14は、集光位置ずれ補正素子20と同様の機能を備えていても良い。この場合、補正機能を有する面は、第1の方向（y方向）に屈折力を有していても、有していなくても良い。また、レンズ14およびレンズ16は、集光作用を奏すればよく、集光ミラーや、回折型集光素子等を用いることができる。また、分散素子は、透過型に限られず、反射型回折格子、Grism、スーパープリズム等を用いることもできる。また、上記実施の形態においては、それぞれ単一の部材が集光位置ずれ補正素子として機能していたが、複数の部材で集光位置ずれ補正素子として機能させても良い。この場合、それぞれの部材の製造ばらつきにより生じる、集光位置ずれ補正素子としての補正力の

ばらつきを、互いにキャンセルするようにそれぞれの部材を選別してやることにより、実質的に部材の歩留まりを向上することが可能である。

符号の説明

- [0112] 1 波長選択スイッチ
- 1 0 入出力部
- 1 0 a ~ 1 0 e 入出力ポート
- 1 1 マイクロレンズアレイ
- 1 2 シリンドリカルレンズ
- 1 2' 球面ミラー
- 1 3 シリンドリカルレンズ（アナモルフィックレンズ）
- 1 4 レンズ
- 1 5 分散素子（回折格子）
- 1 5' 分散素子（集光位置ずれ補正機能を備えた回折格子）
- 1 6 レンズ（集光レンズ）
- 1 7 偏向器
- 1 8, 1 8' 偏向素子（ミラー）
- 2 0, 2 0 a ~ 2 0 f 集光位置ずれ補正素子
- 2 0' 集光位置ずれ補正素子（反射型）
- 2 1 集光位置ずれ補正素子
- 2 5 ビーム整形光学系
- 3 1 集光レンズ
- 3 2 分散素子
- 3 2' 分散素子（集光位置ずれ補正機能を備えた回折格子）
- 3 3 ミラー
- 3 3 a 反射面
- 4 1 集光位置ずれ補正素子
- 5 1 回動軸
- 5 2 マイクロミラー

Y 1 , Y 2 光軸からの距離

S f 一次集光面

S d ダミー平面

S m 偏向素子面

請求の範囲

- [請求項1] 少なくとも一つの入力ポートと、
 該入力ポートから入力される波長多重された入力光を、波長毎の光に分散する分散部と、
 該分散部により分散される前記波長毎の光を集光する集光素子と、
 該集光素子により集光される前記波長毎の光をそれぞれ偏向する偏向素子を有する偏向部と、
 該偏向部で偏向された前記波長毎の光を出力光として出力する少なくとも一つの出力量ポートと、
 前記入力ポートと前記分散部との間の光路中または前記分散部内に配置され、前記入力ポートの配置に基づいて生じる前記偏向素子に対する前記波長毎の光の集光位置のずれを補正する、集光位置ずれ補正素子と、
 を備えることを特徴とする波長選択スイッチ。
- [請求項2] 前記入力ポートは第1の方向に配置され、前記集光位置ずれ補正素子は、前記入力光の進行方向に直交し、かつ、前記第1の方向に直交する第2の方向に屈折力を有し、前記第2の方向の屈折力が前記第1の方向の位置により異なる請求項1に記載の波長選択スイッチ。
- [請求項3] 前記偏向素子上に集光される前記波長毎の光のスポットが楕円形状となるように、前記入力ポートから入力された前記入力光を整形するビーム整形光学系を備え、前記集光位置ずれ補正素子は、前記ビーム整形光学系内に設けられている請求項2に記載の波長選択スイッチ。
- [請求項4] 前記ビーム整形光学系は、前記入力光の前記進行方向に沿って、前記集光位置ずれ補正素子と、少なくとも前記第1の方向に屈折力を有する第1の光学部材と、前記第2の方向にのみ屈折力を有する第2の光学部材とを備える請求項3に記載の波長選択スイッチ。
- [請求項5] 前記ビーム整形光学系は、前記入力光の前記進行方向に沿って、少なくとも前記第1の方向に屈折力を有する第1の光学部材と、前記集

光位置ずれ補正素子とを備える請求項 3 に記載の波長選択スイッチ。

[請求項6] 前記分散部は、前記入力光を波長毎の光に分散する分散素子と、前記分散素子により分散された前記波長毎の光を反射させて再び前記分散素子に入射させる反射素子とを備え、前記集光位置ずれ補正素子は前記反射素子と一体として形成されている請求項 1 または 2 に記載の波長選択スイッチ。

[請求項7] 前記偏向素子上に集光される前記波長毎の光のスポットが楕円形状となるように、前記入力ポートから入力された前記入力光を整形するビーム整形光学系を備え、前記集光位置ずれ補正素子は、前記ビーム整形光学系内に設けられている請求項 1 に記載の波長選択スイッチ。

[請求項8] 前記入力ポートは、第 1 の方向に配置され、前記集光位置ずれ補正素子は、前記入力光の進行方向に直交し、かつ、前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向に屈折力を有し、且つ、前記第 2 の方向に直交する屈折面の断面が、前記第 1 の方向の位置に応じて前記入力光の進行方向に傾いている請求項 1 または 7 に記載の波長選択スイッチ。

[請求項9] 前記集光位置ずれ補正素子は屈折力が無く、且つ、前記入力光が前記集光位置ずれ補正素子を通る空気換算長が、前記集光位置のずれを補正するように異なる長さに設定される請求項 1 または 7 に記載の波長選択スイッチ。

[請求項10] 前記入力ポートは第 1 の方向に配置され、前記集光位置ずれ補正素子は、それぞれの前記入力ポートに対応して、前記第 1 の方向の位置に対する、前記入力光の進行方向の厚さが、段差を有して変化する部材で構成される請求項 9 に記載の波長選択スイッチ。

[請求項11] 前記集光位置ずれ補正素子の前記入力ポート側の面に配置され、前記入力光をそれぞれコリメートするマイクロレンズを備え、前記集光位置のずれを補正するように、前記マイクロレンズの曲率半径および前記入力ポートと前記マイクロレンズとの間の距離が、前記集光位置ずれ補正素子の前記空気換算長とともに設定される請求項 9 または 1

0に記載の波長選択スイッチ。

[請求項12] 前記偏向素子上に集光される前記波長毎の光のスポットが楕円形状となるように、前記入力ポートから入力された前記入力光を整形するビーム整形光学系を備える請求項1に記載の波長選択スイッチ。

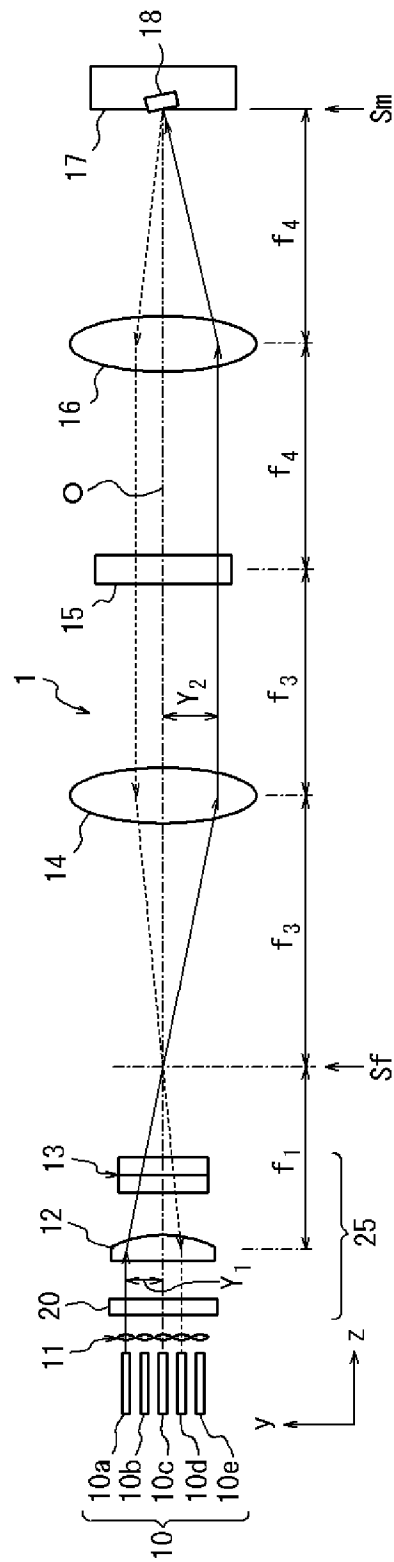
[請求項13] 前記入力ポートは第1の方向に配置され、前記分散部は、前記集光位置ずれ補正素子と一体として構成され、前記入力光の進行方向に直交し、かつ、前記第1の方向に直交する第2の方向に入力光を波長毎の光に分散するとともに、前記第2の方向に屈折力を有し、該屈折力が前記第1の方向の位置により異なる請求項1または12に記載の波長選択スイッチ。

[請求項14] 前記分散部は回折格子を含み、
該回折格子は、前記第1の方向に区分された複数の領域を有し、
隣接する前記複数の領域の境界で前記回折格子の格子ピッチは不連続であり、かつ、少なくとも一つの前記領域の前記格子ピッチは、前記第2の方向に沿って変化する請求項13に記載の波長選択スイッチ。

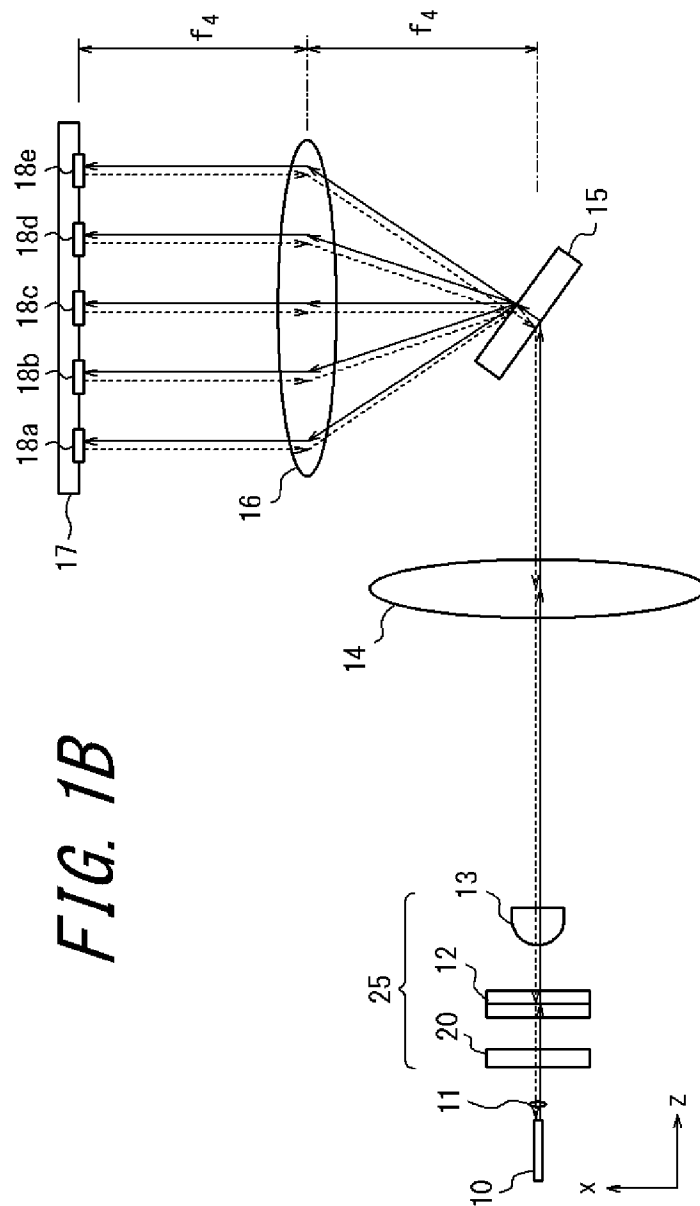
[請求項15] 前記入力ポートおよび前記出力ポートは第1の方向に配置され、前記偏向素子は、回動軸が前記波長毎の光の前記集光位置からずれたミラーであり、前記集光位置ずれ補正素子は、前記入力ポートと前記出力ポートとの組み合わせに応じて異なる前記偏向素子の偏向角度に対応して、前記入力ポートからの前記波長毎の光の前記集光位置を、前記出力ポートの位置と共役になるように補正する、前記第1の方向に非対称な構造を持つ素子である請求項1から14に記載の波長選択スイッチ。

[図1A]

FIG. 1A

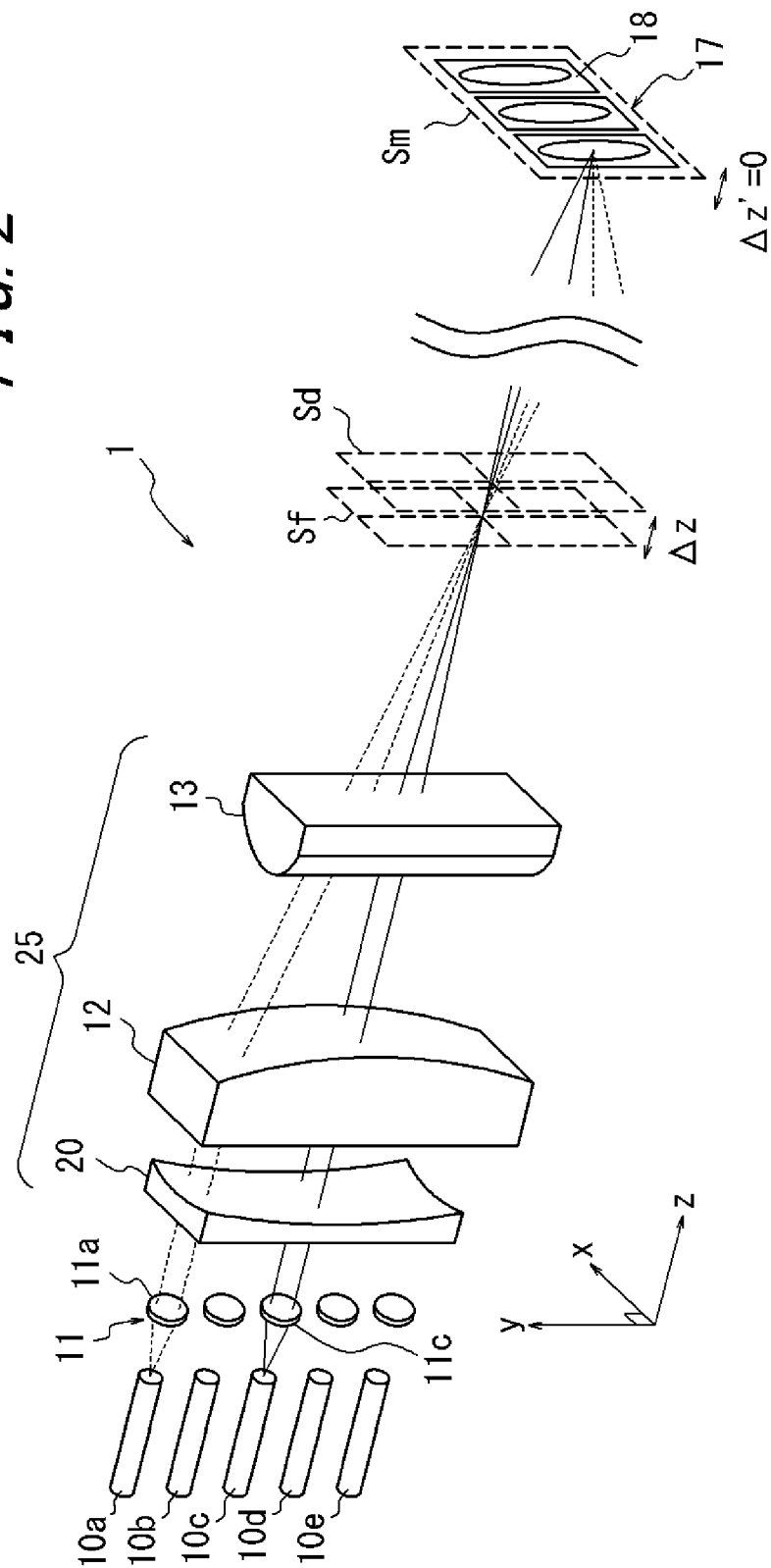


[図1B]

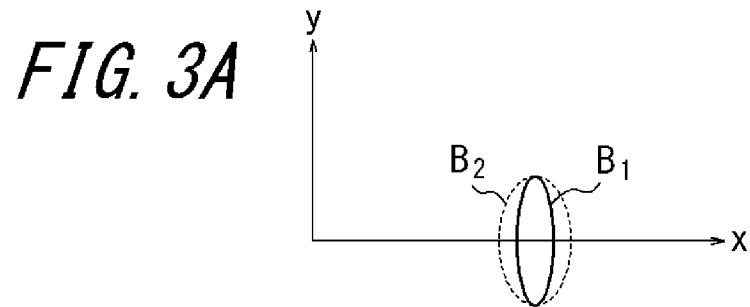


[図2]

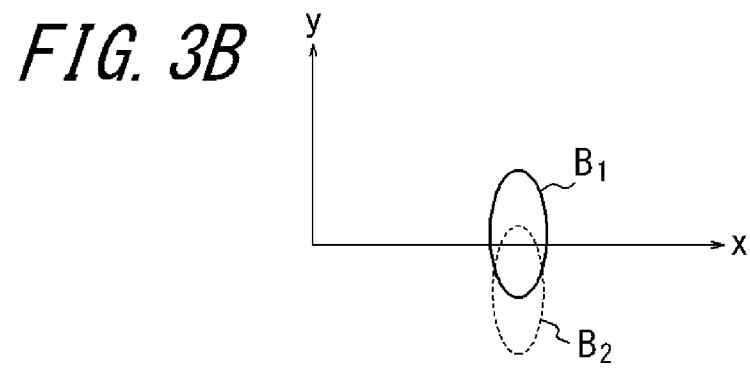
FIG. 2



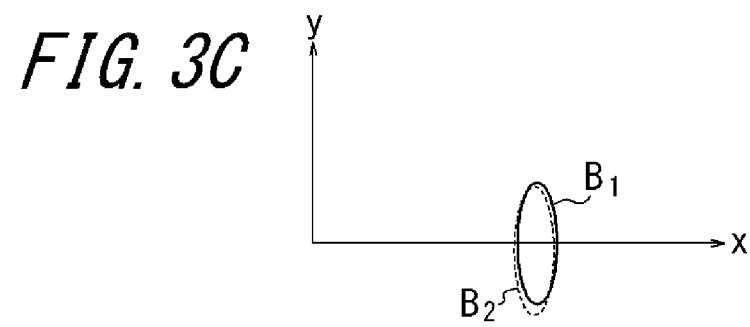
[図3A]



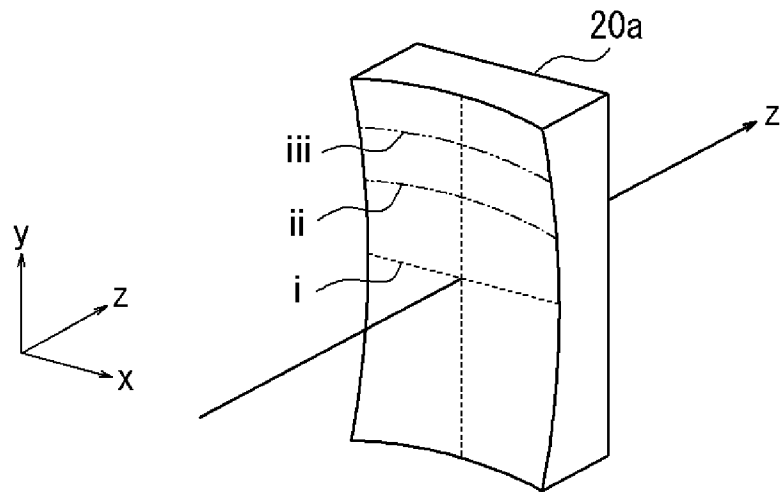
[図3B]



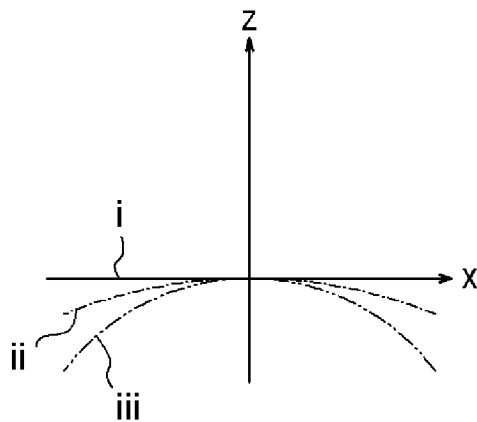
[図3C]



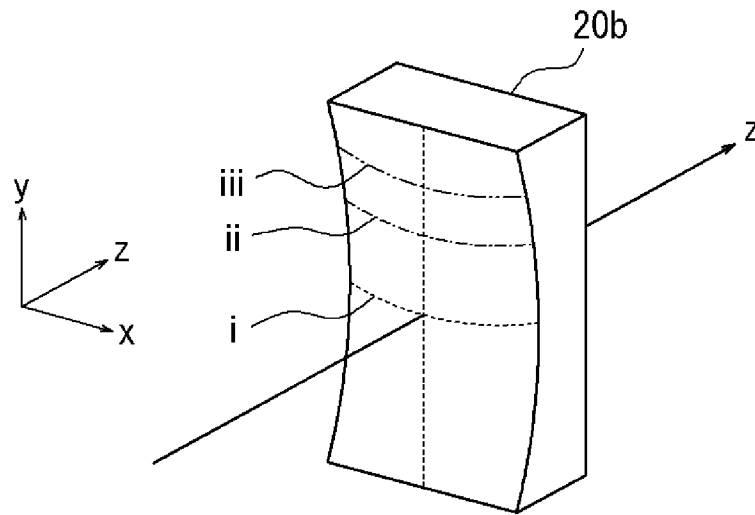
[図4A]

FIG. 4A

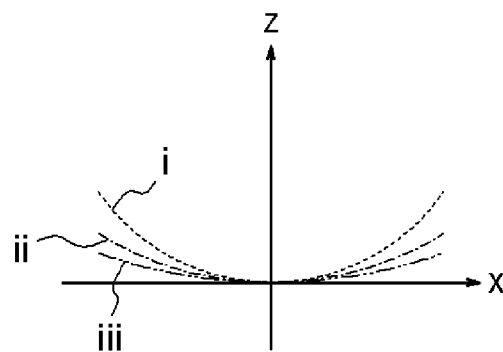
[図4B]

FIG. 4B

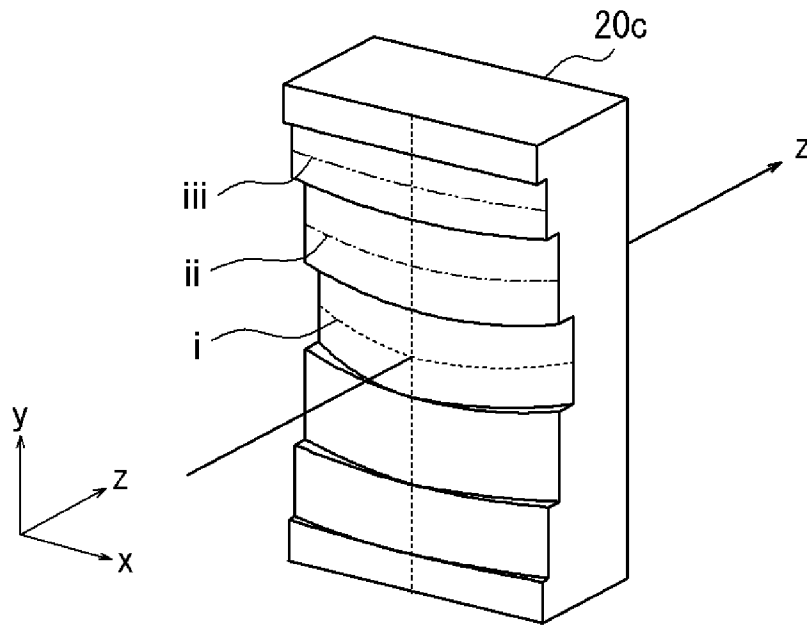
[図5A]

FIG. 5A

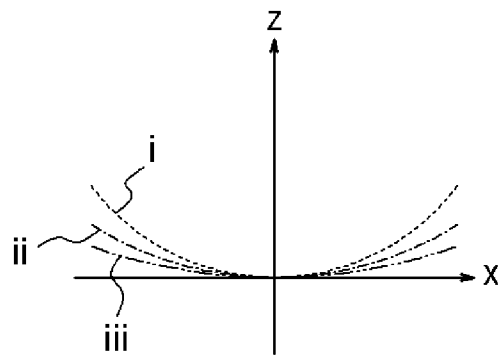
[図5B]

FIG. 5B

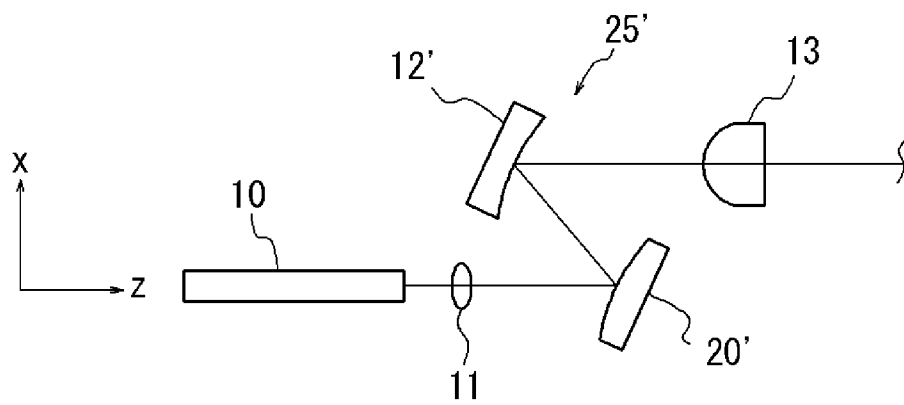
[図6A]

FIG. 6A

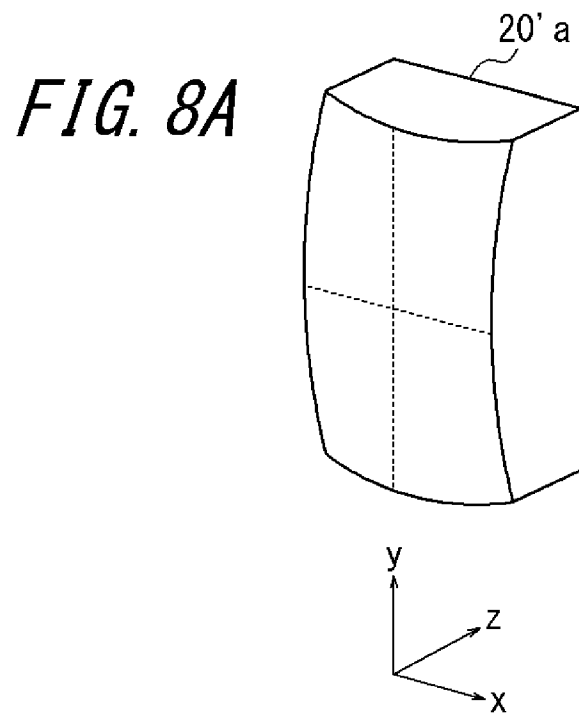
[図6B]

FIG. 6B

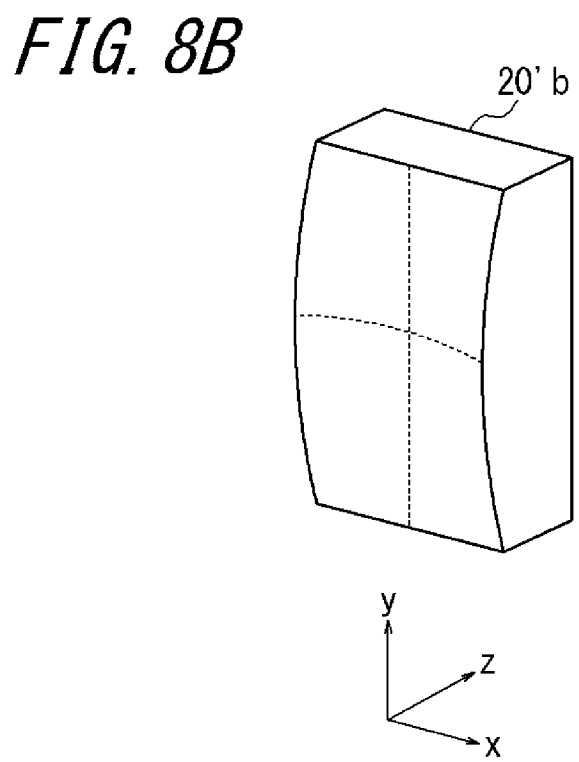
[図7]

FIG. 7

[図8A]

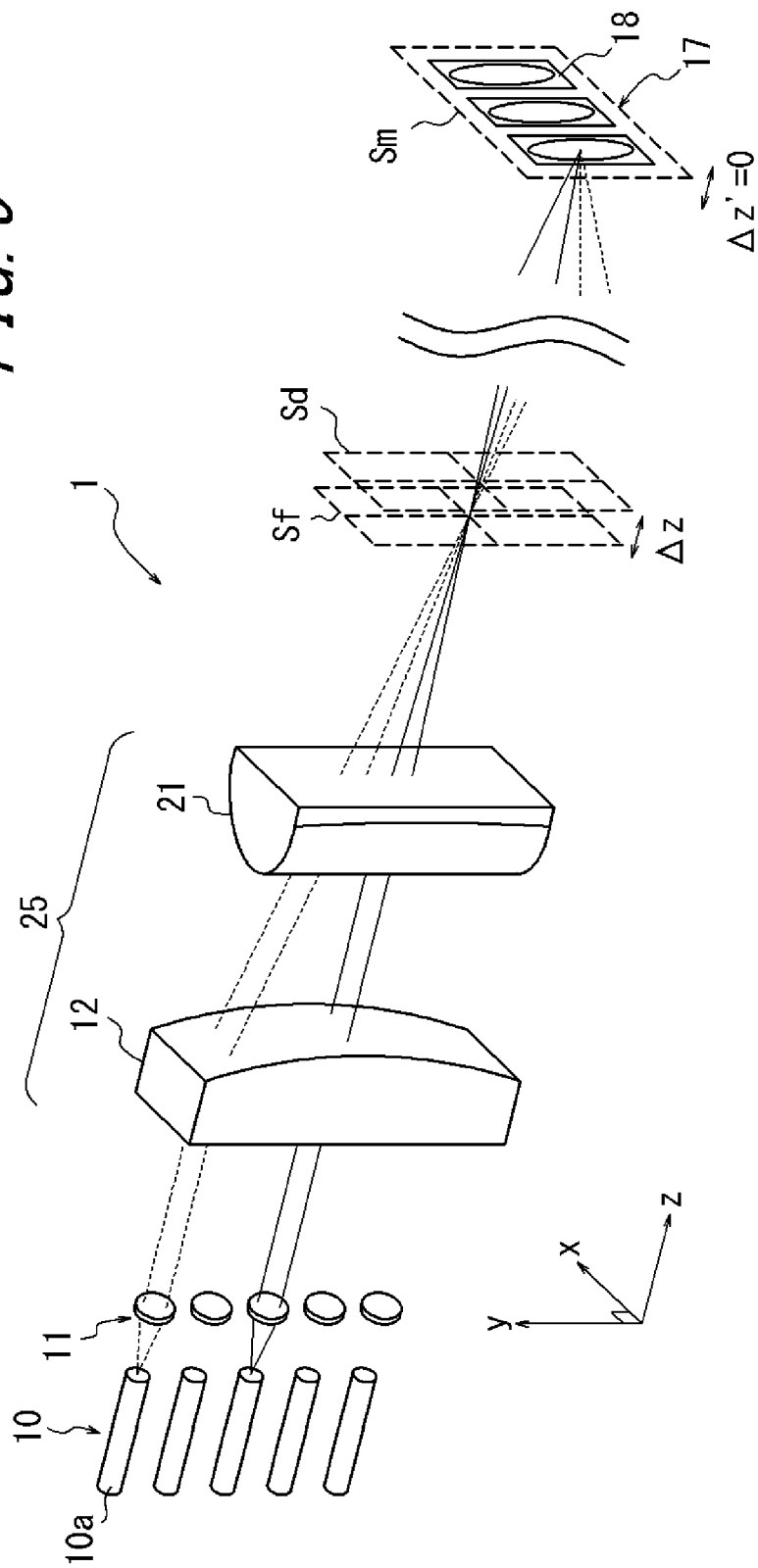


[図8B]

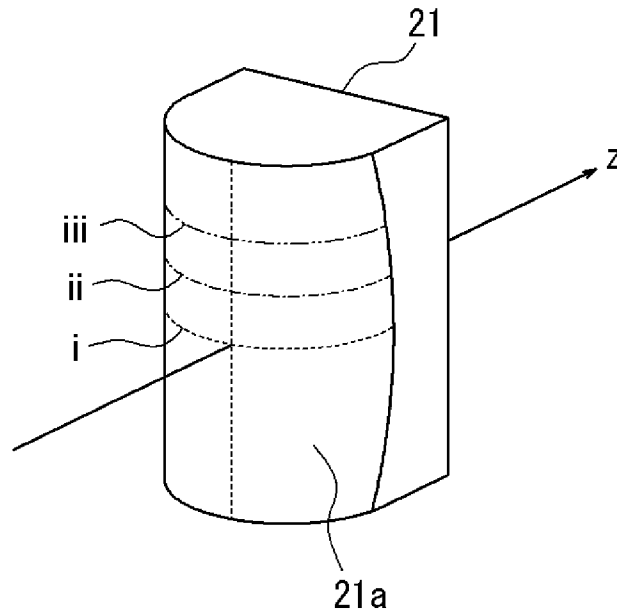


[図9]

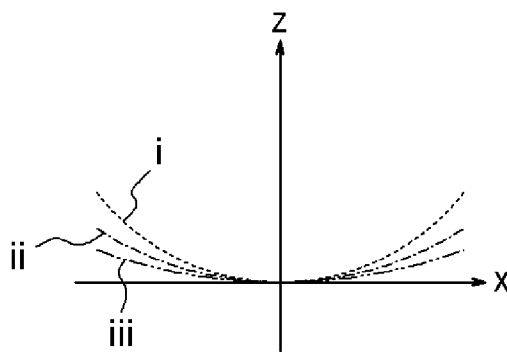
FIG. 9



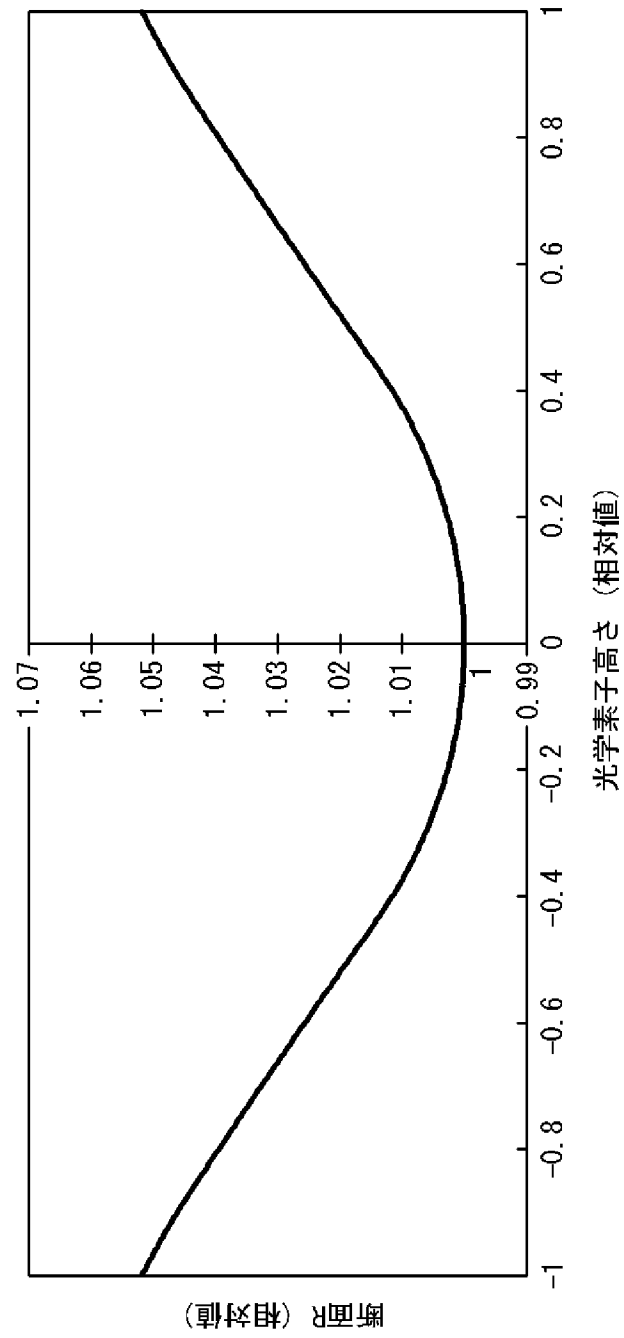
[図10A]

FIG. 10A

[図10B]

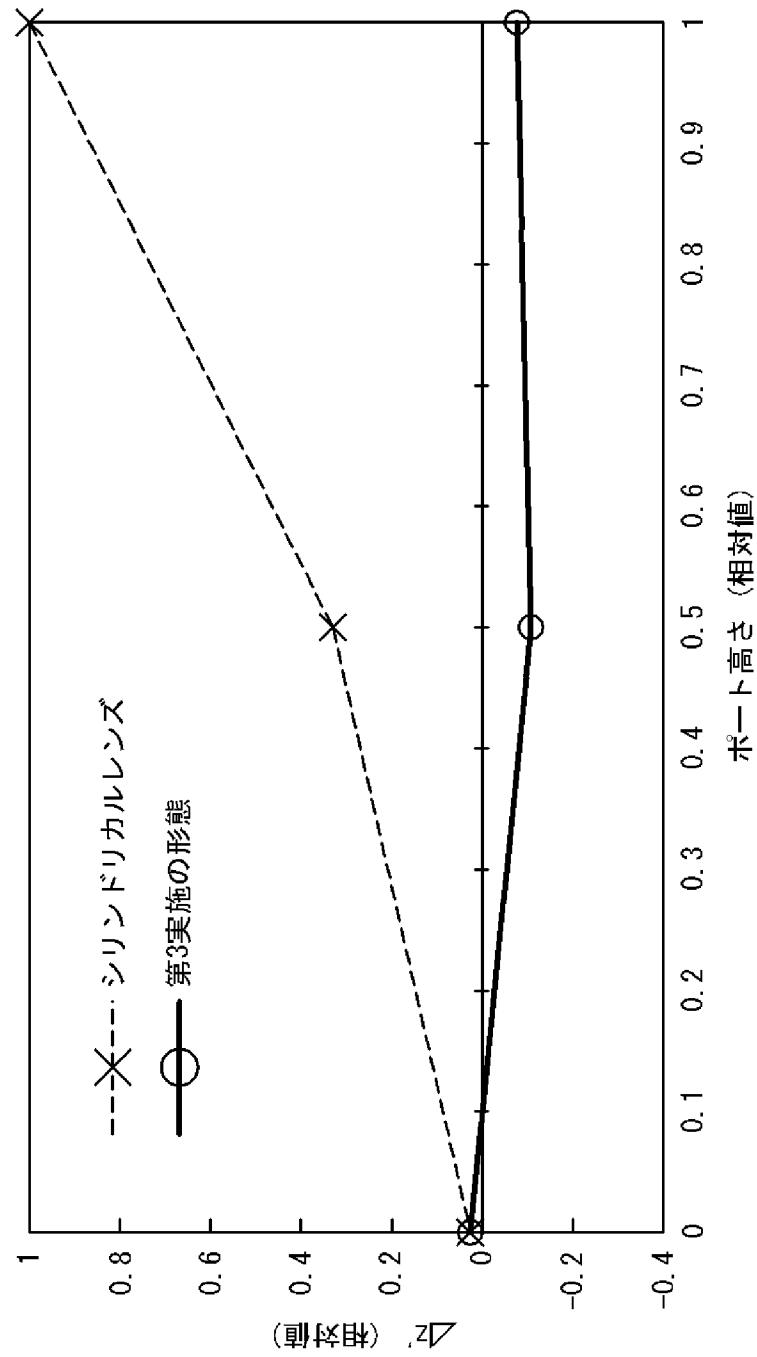
FIG. 10B

[図11]

FIG. 11

[図12]

FIG. 12



[図13]

FIG. 13

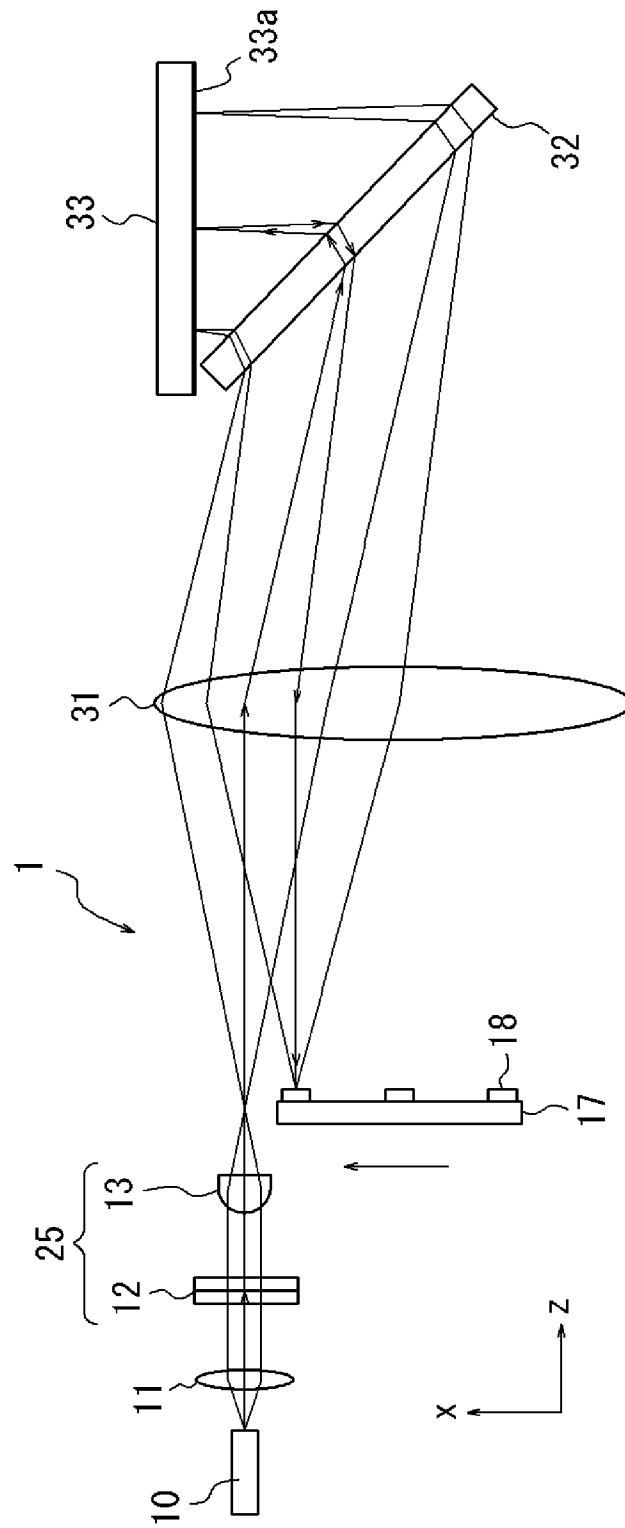
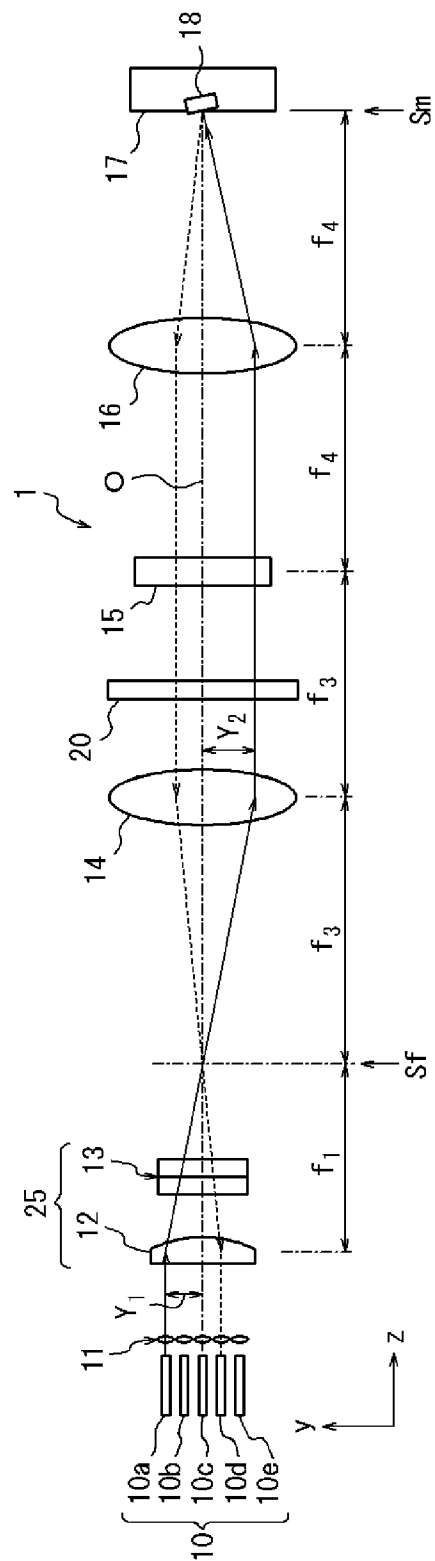
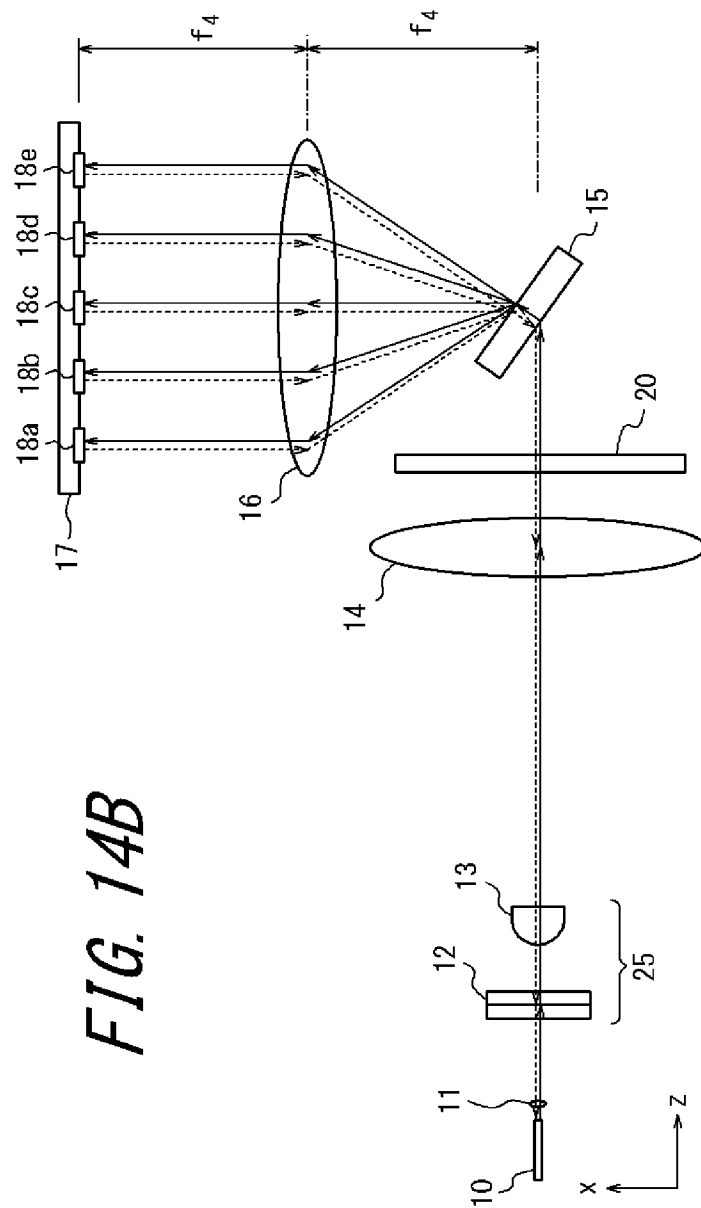


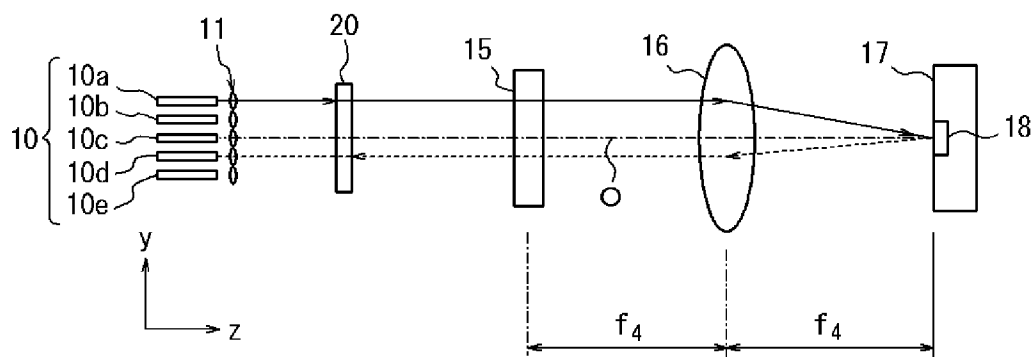
FIG. 14A



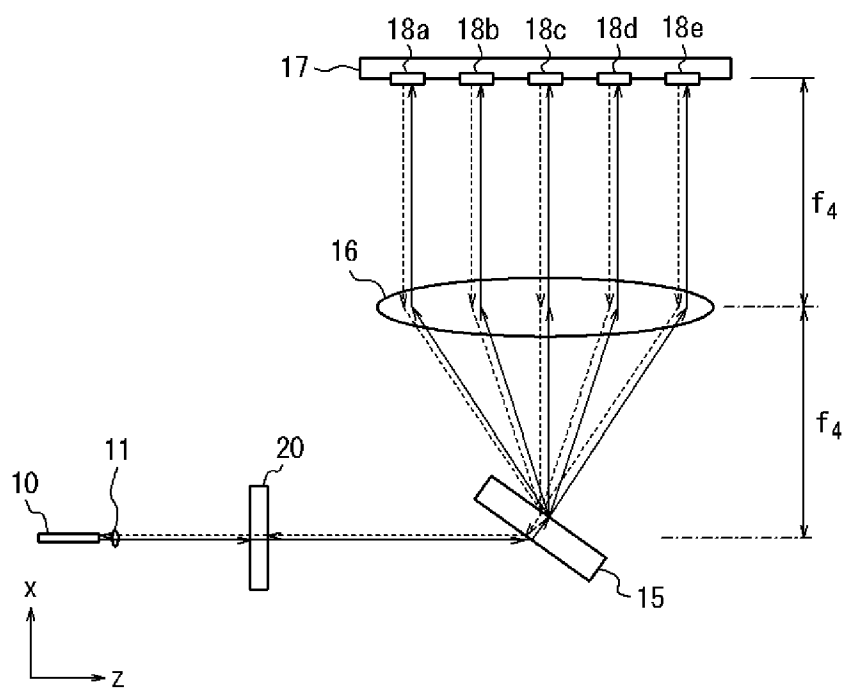
[図14B]



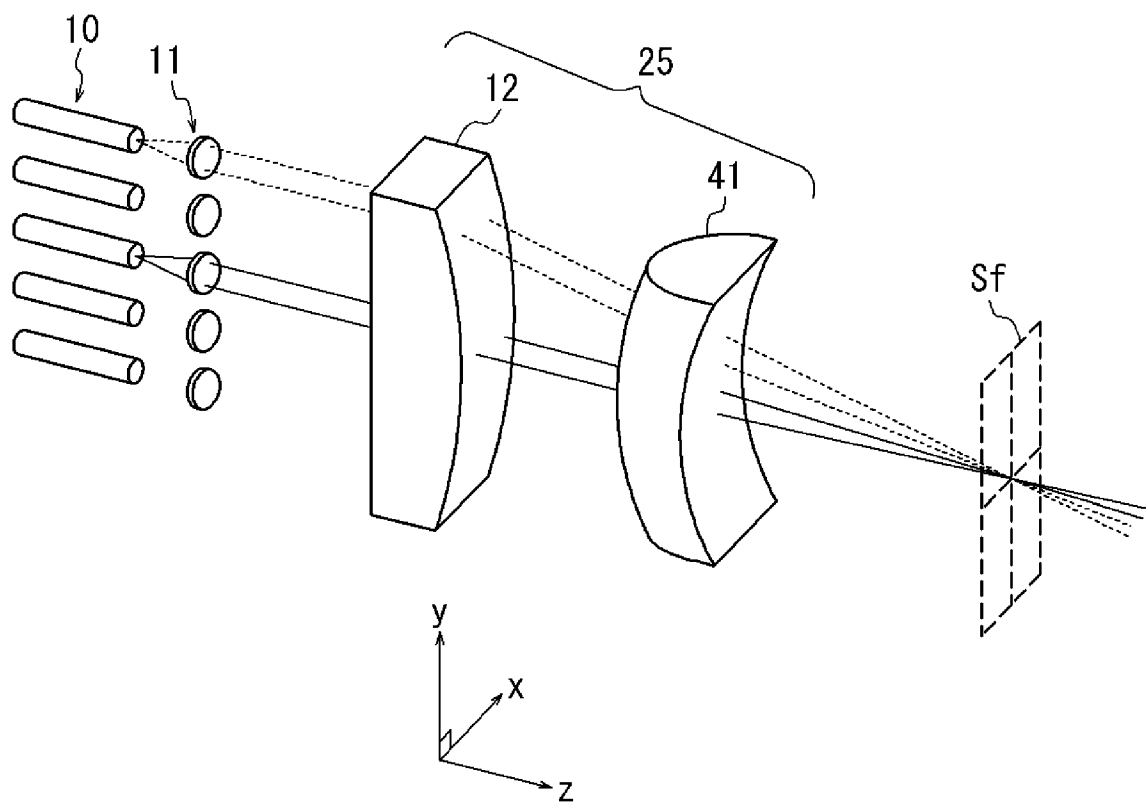
[図15A]

FIG. 15A

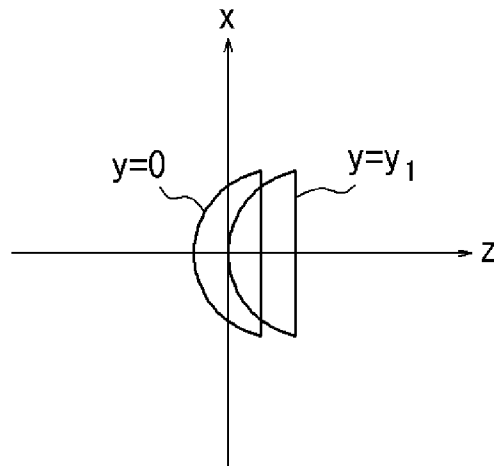
[図15B]

FIG. 15B

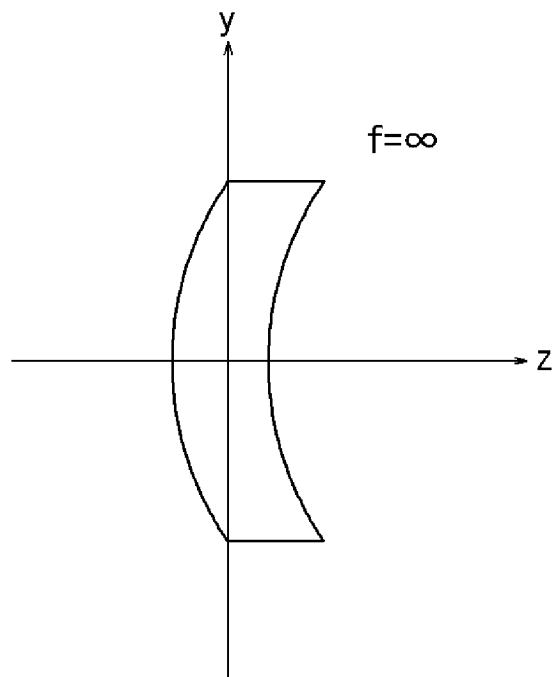
[図16]

FIG. 16

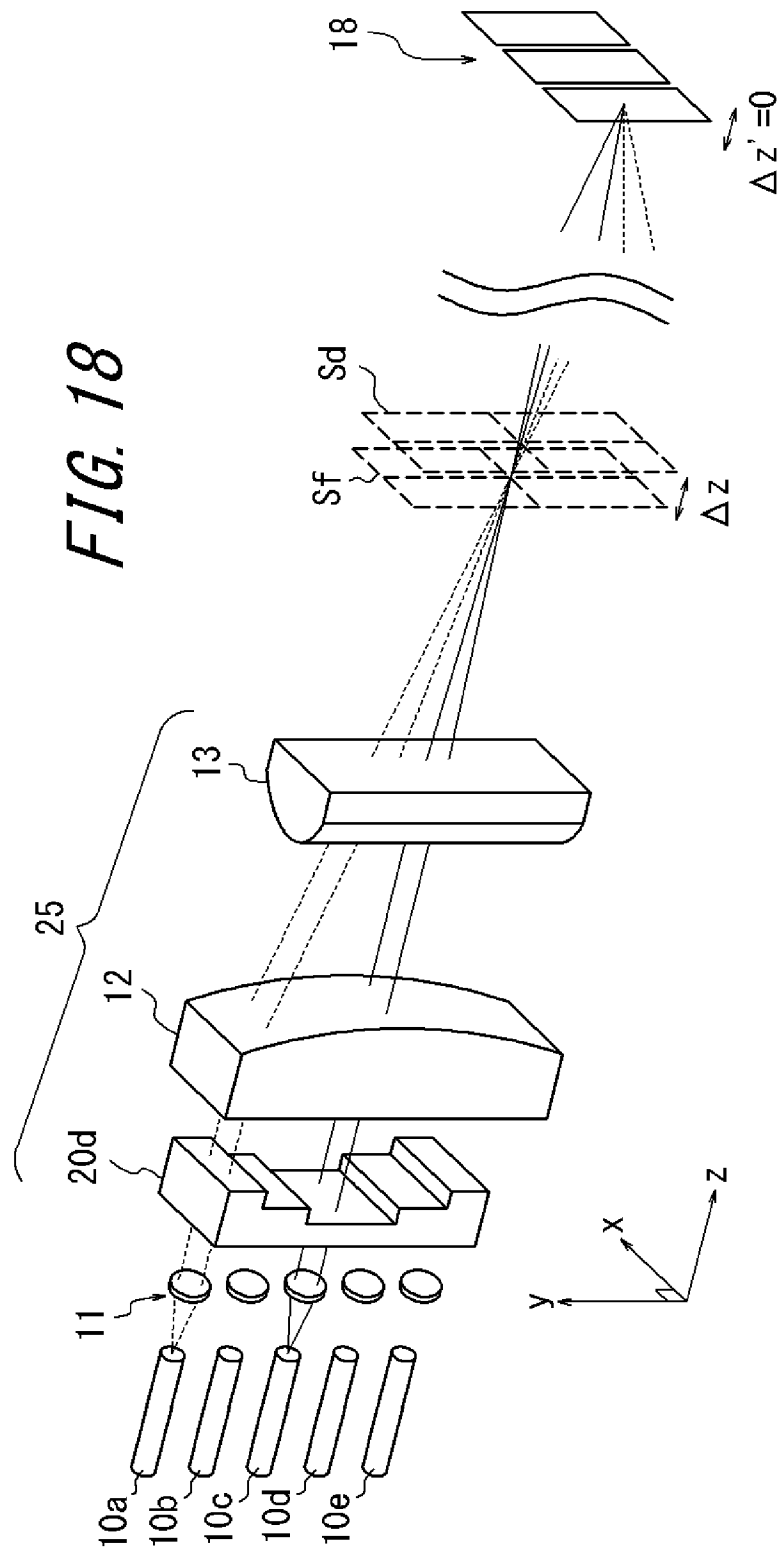
[図17A]

FIG. 17A

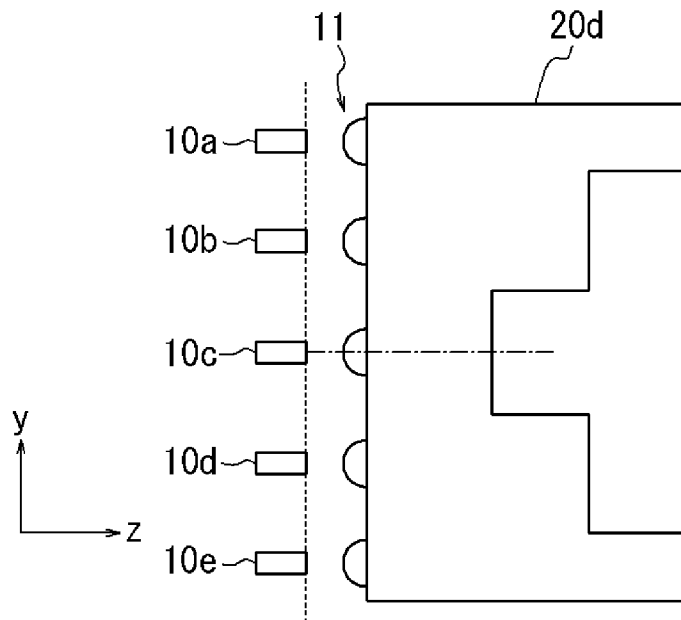
[図17B]

FIG. 17B

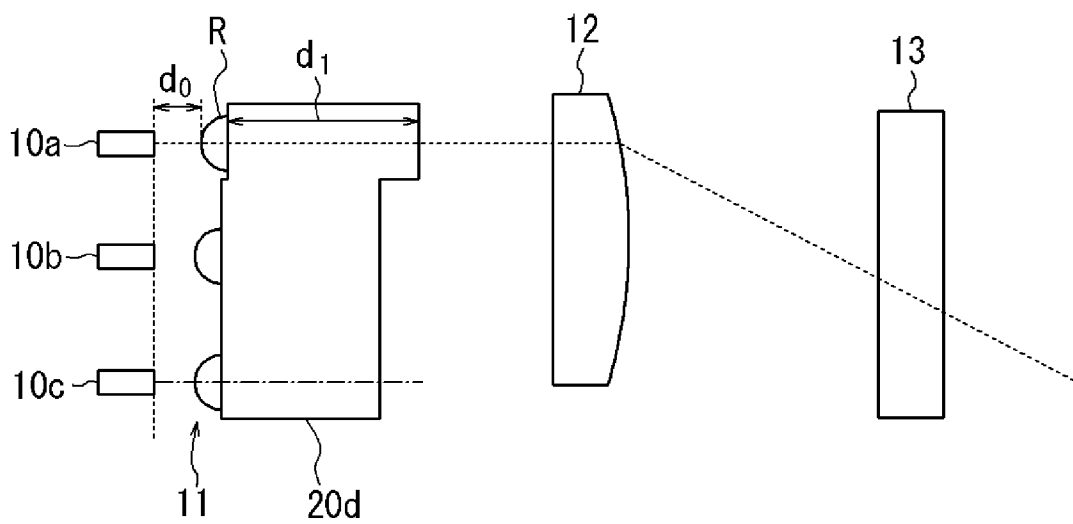
[図18]



[図19]

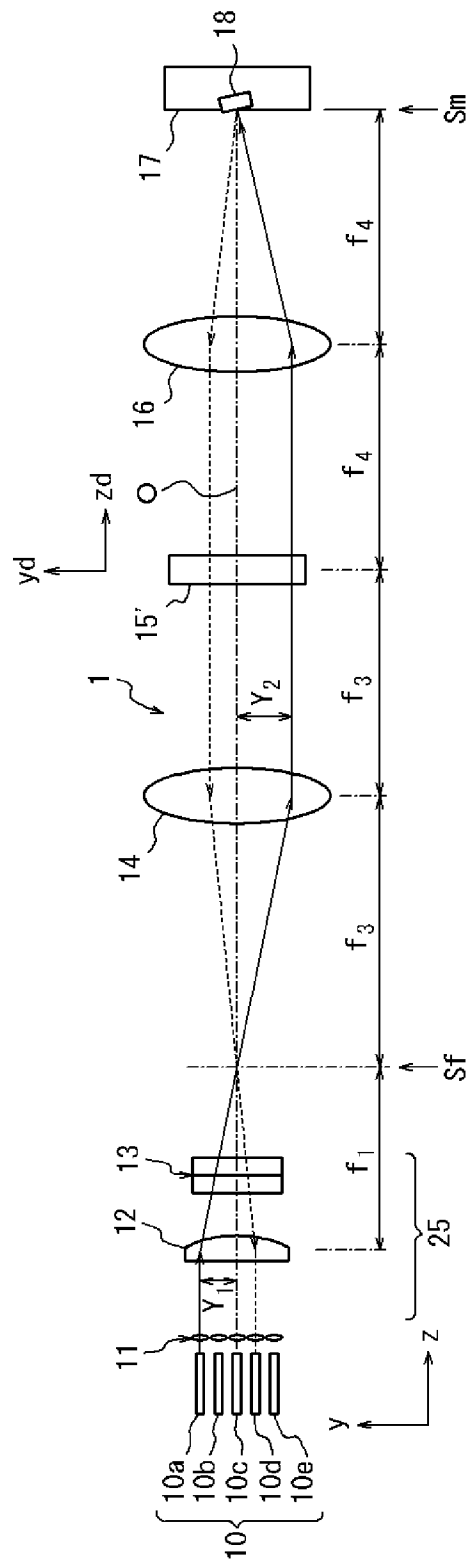
FIG. 19

[図20]

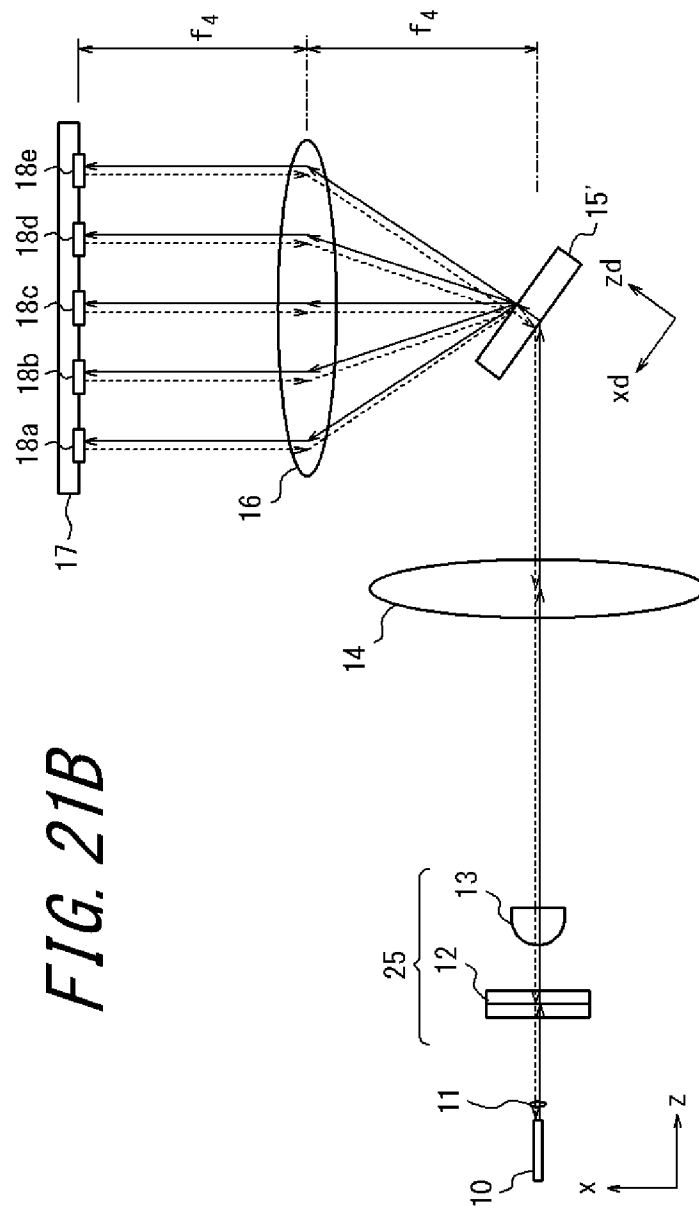
FIG. 20

[図21A]

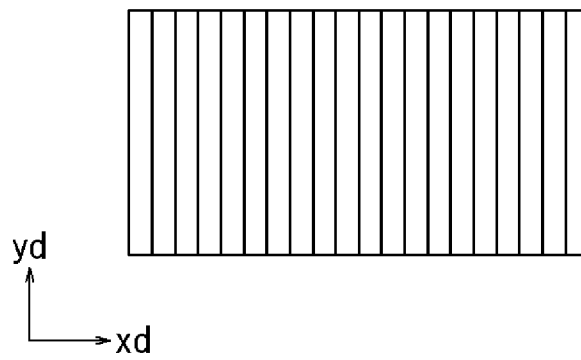
FIG. 21A



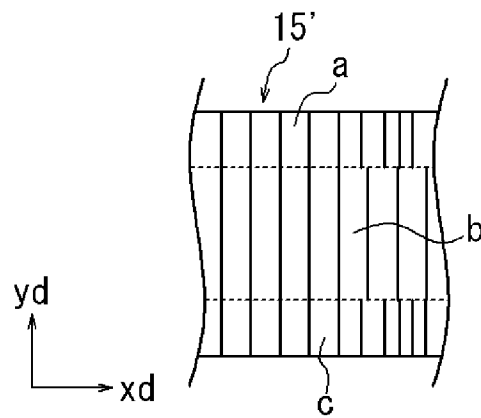
[図21B]



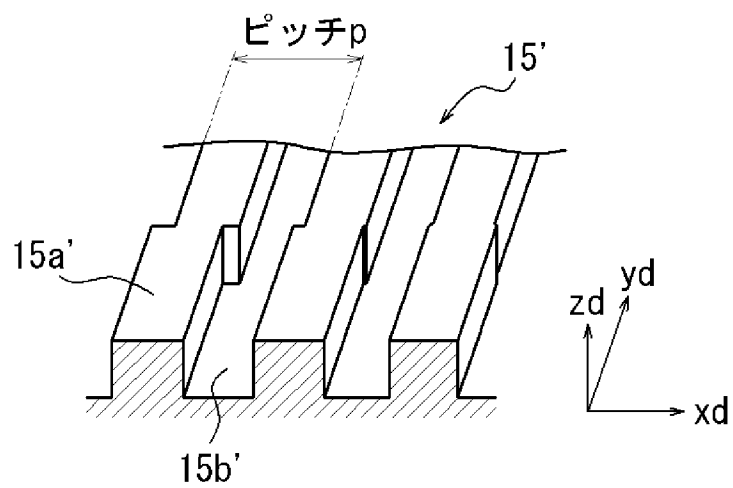
[図22]

FIG. 22

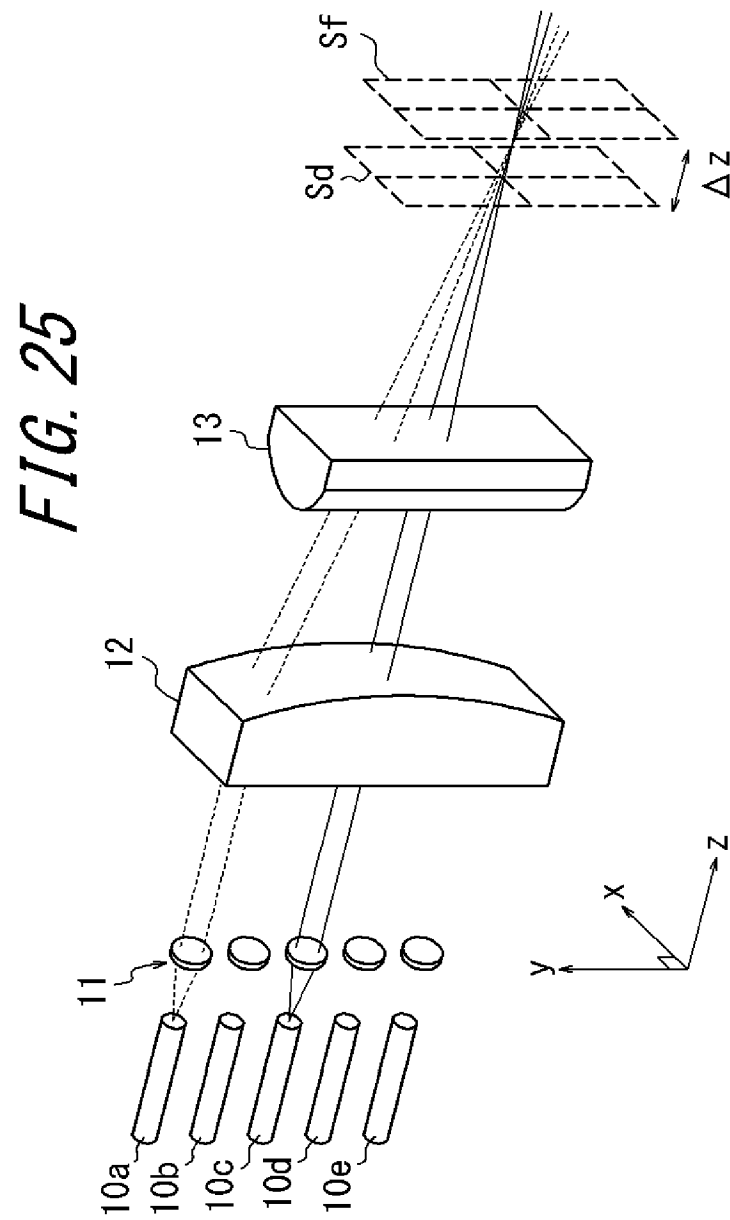
[図23]

FIG. 23

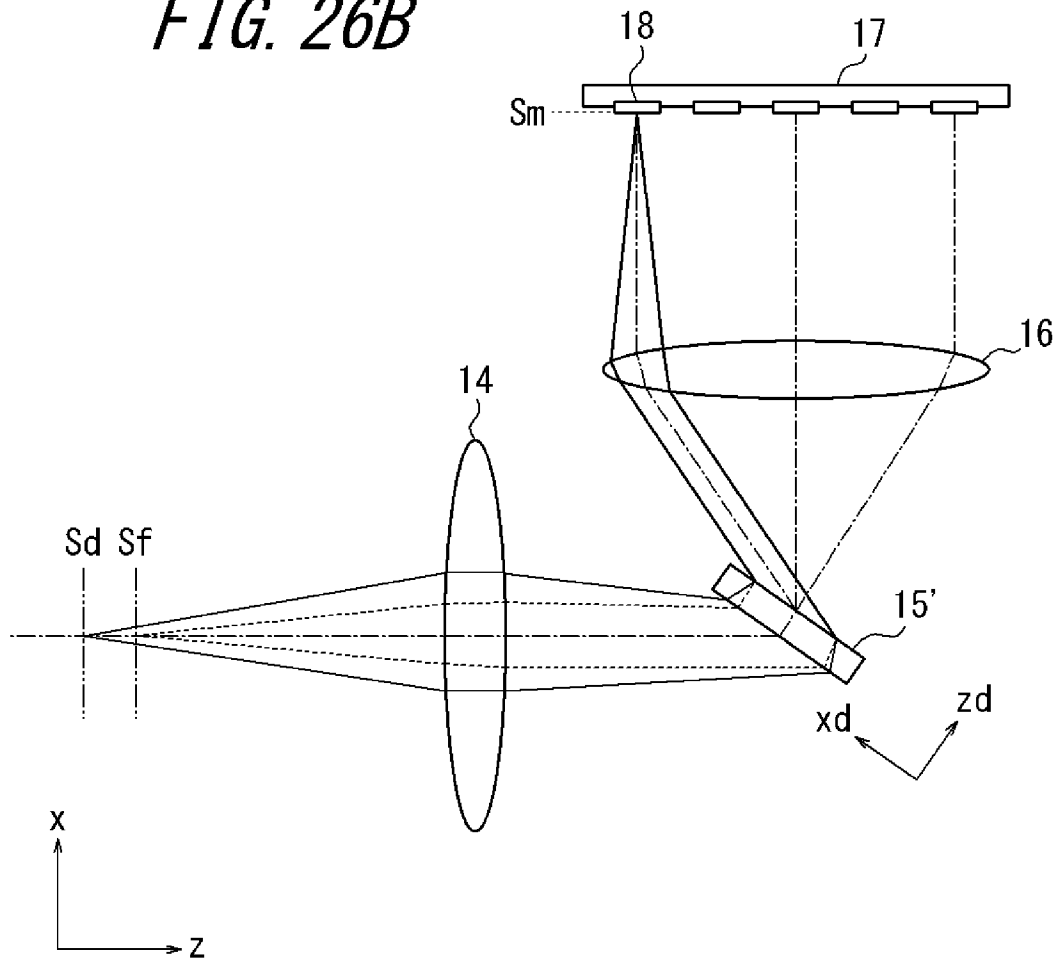
[図24]

FIG. 24

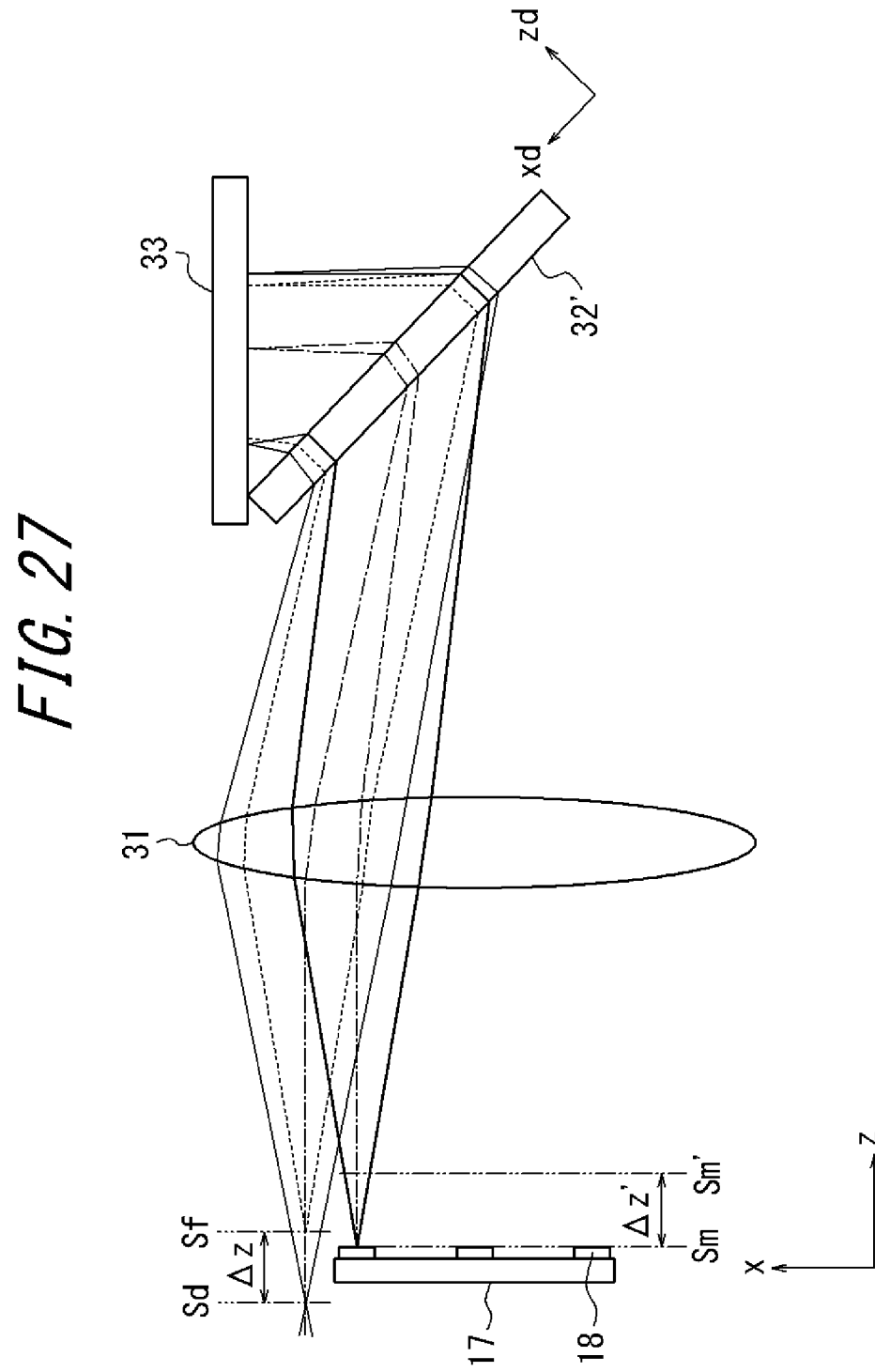
[図25]



[図26B]

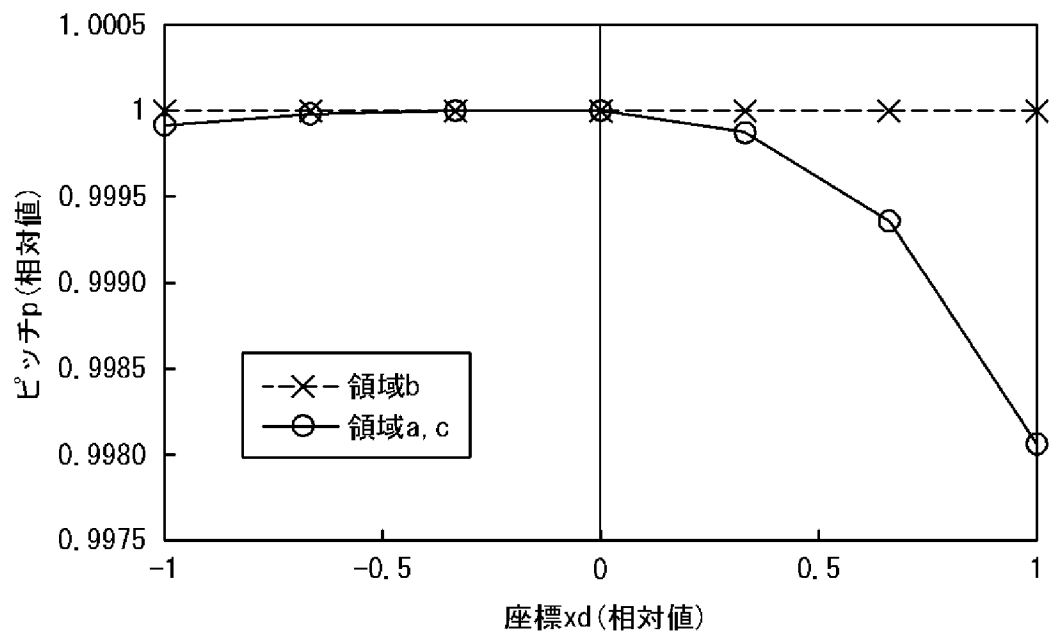
FIG. 26B

[図27]

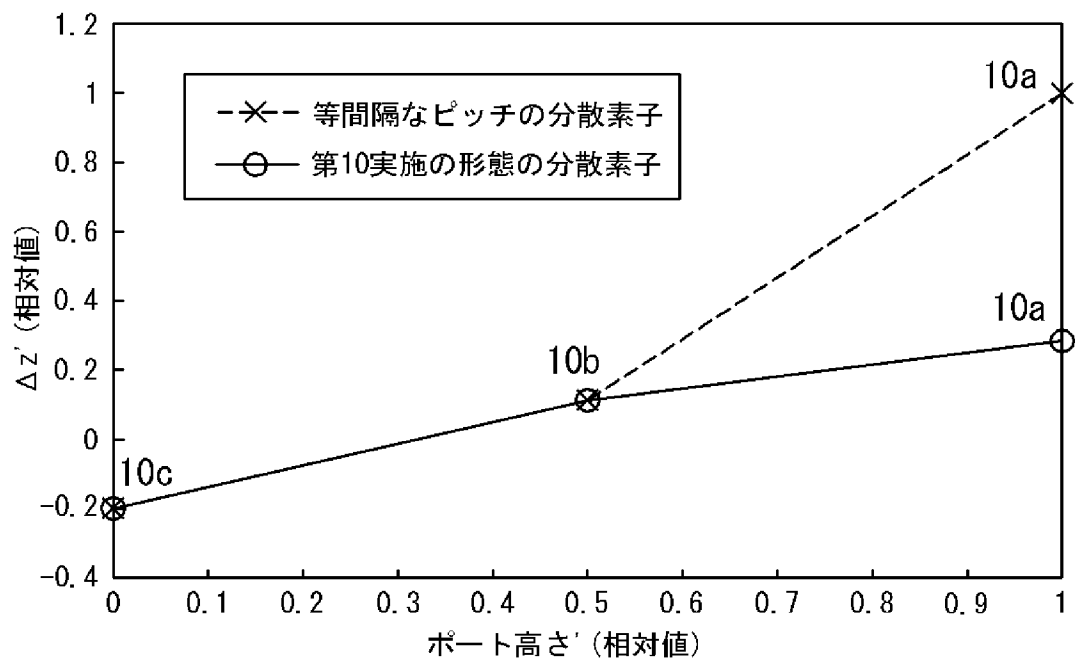


[図28]

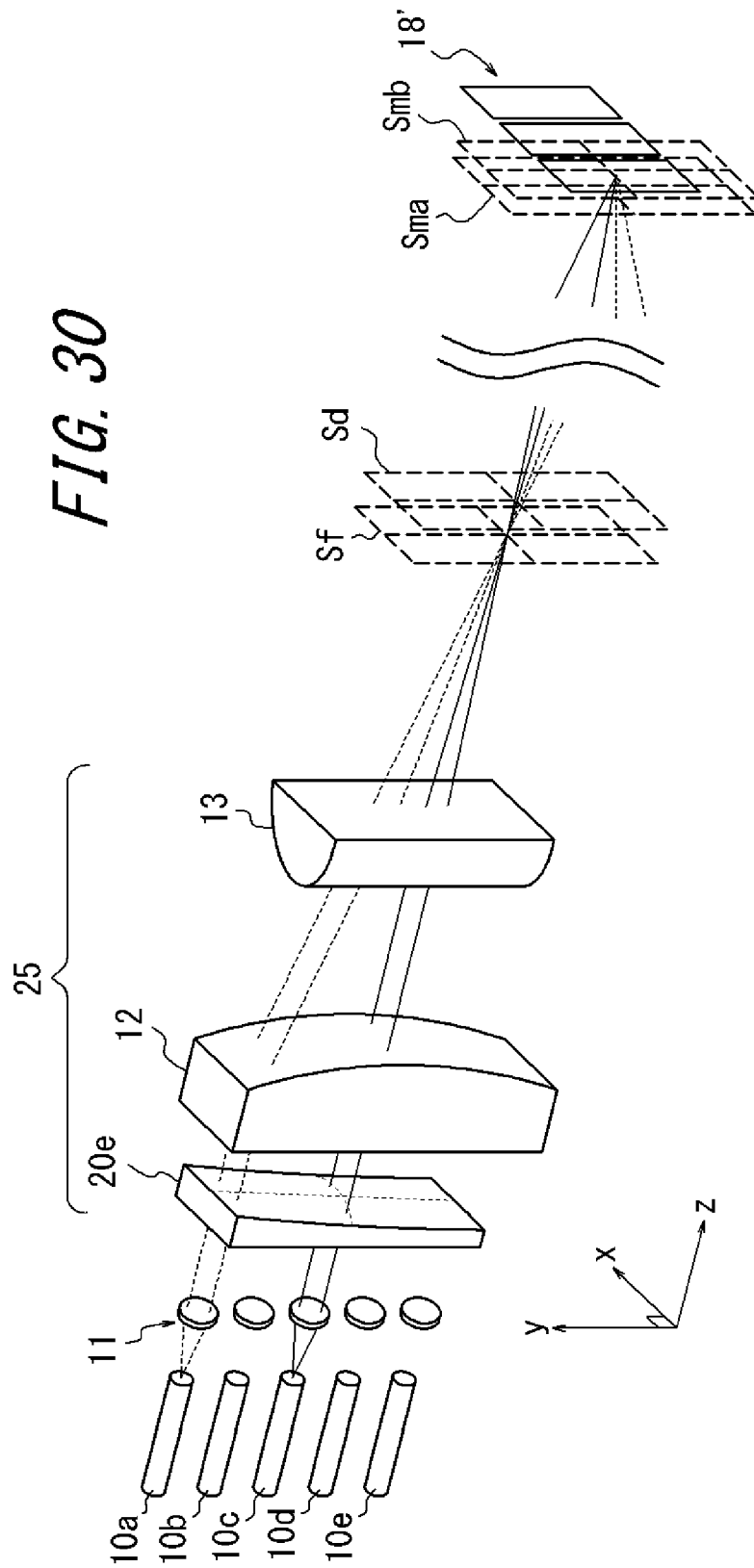
FIG. 28



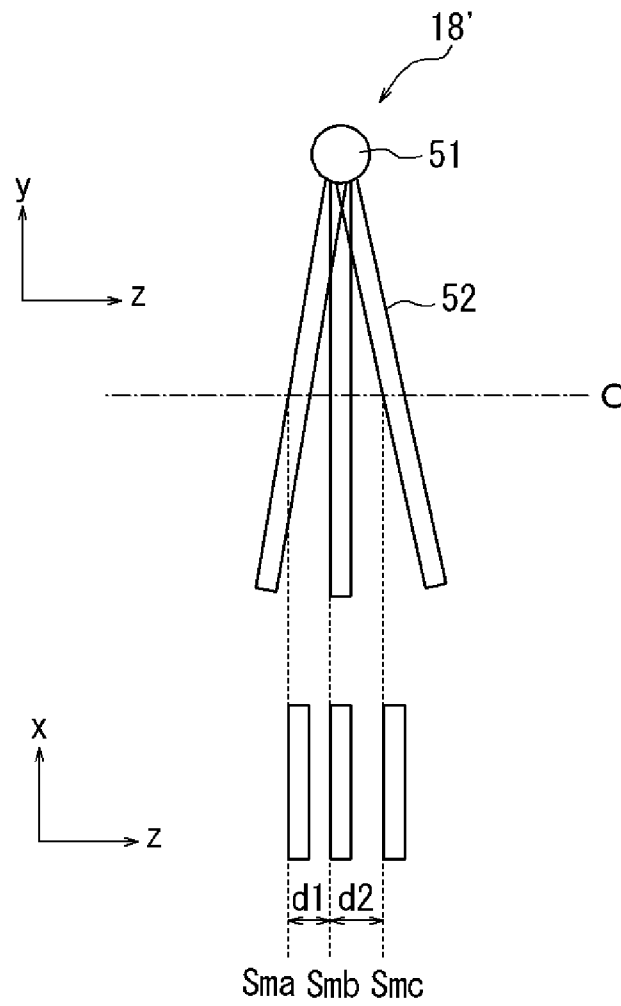
[図29]

FIG. 29

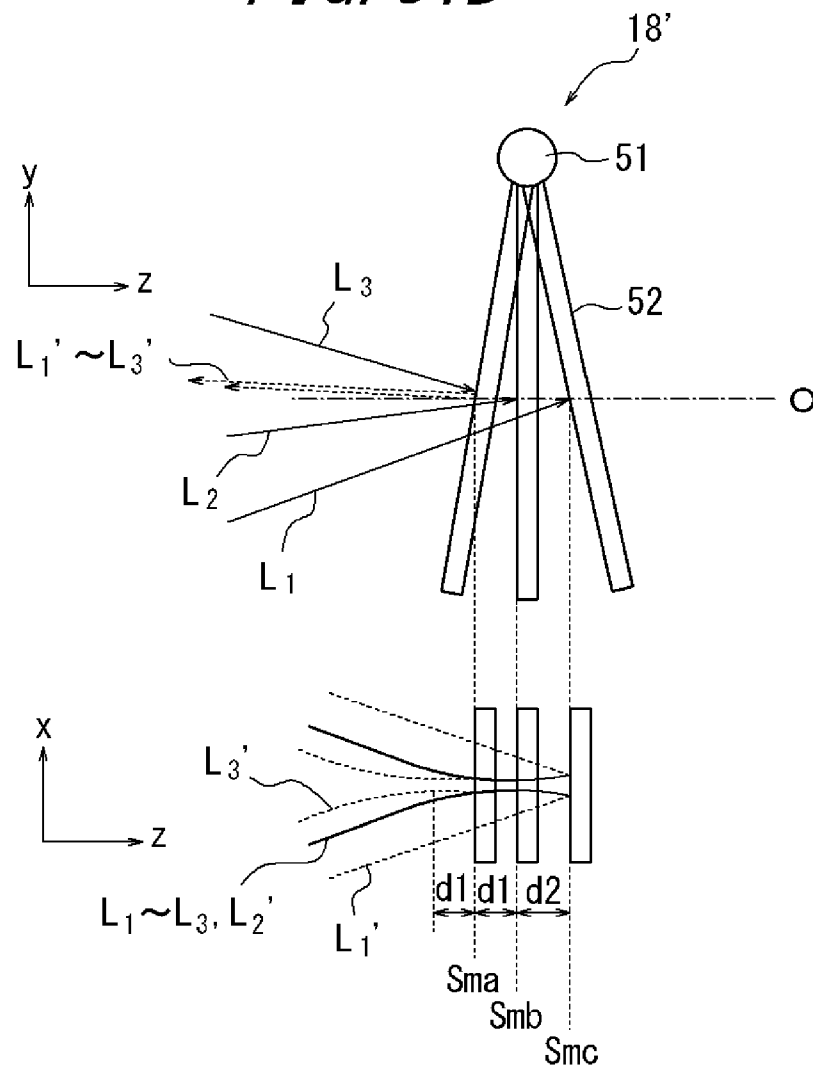
[図30]



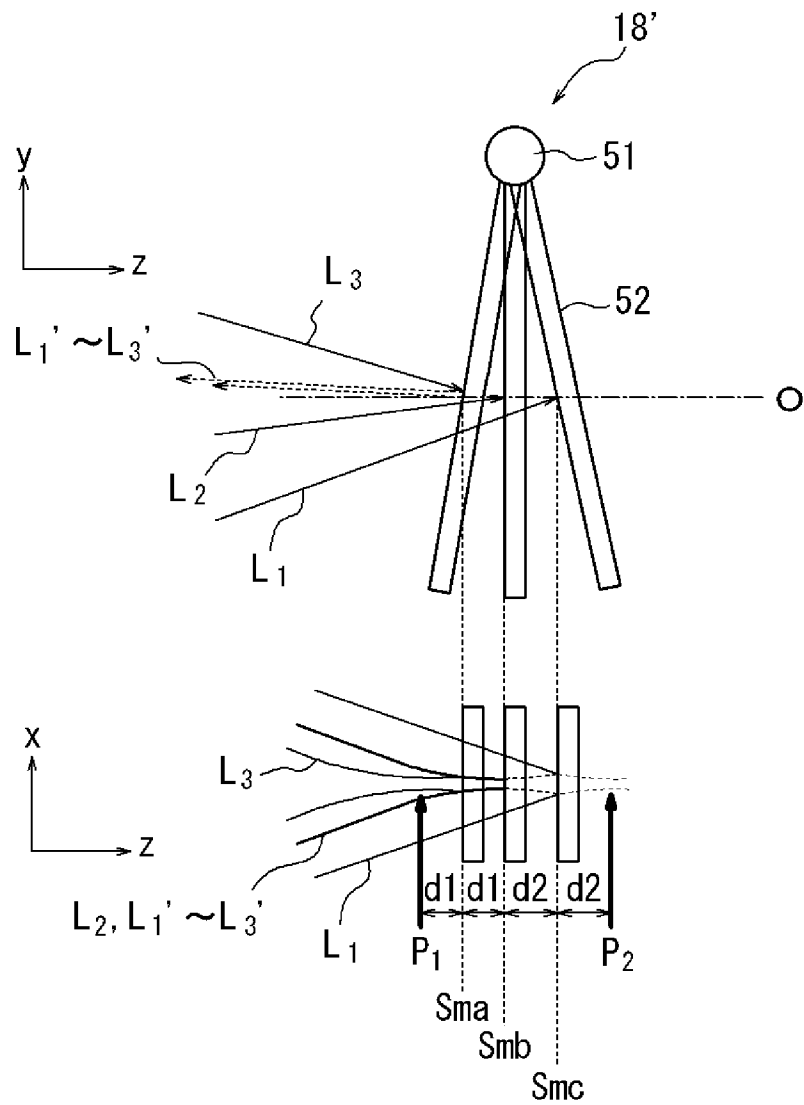
[図31A]

FIG. 31A

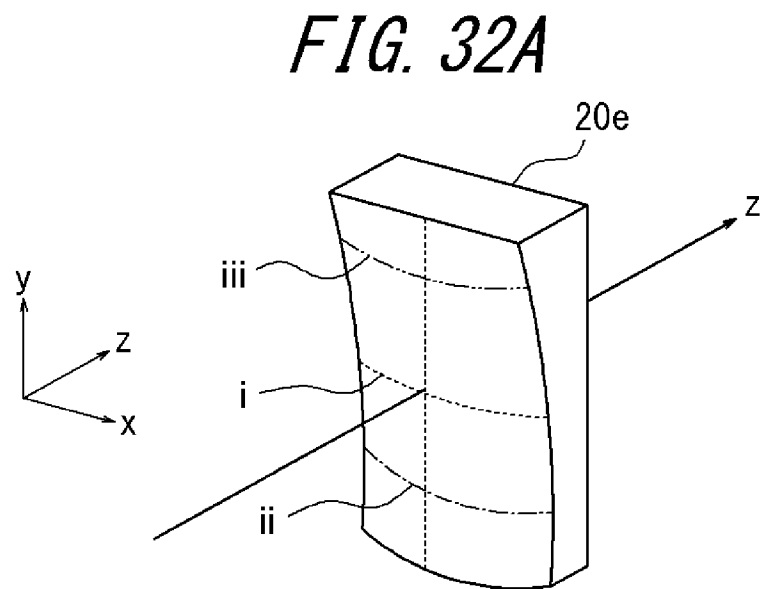
[図31B]

FIG. 31B

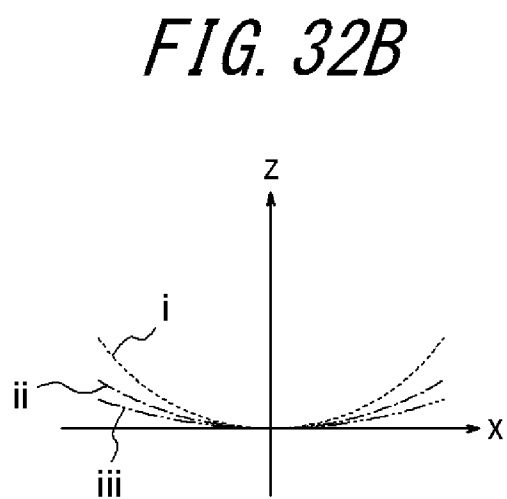
[図31C]

FIG. 31C

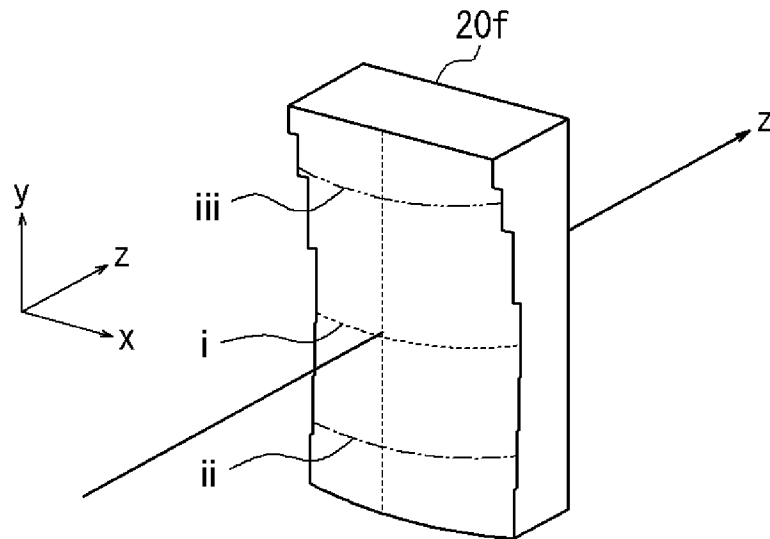
[図32A]



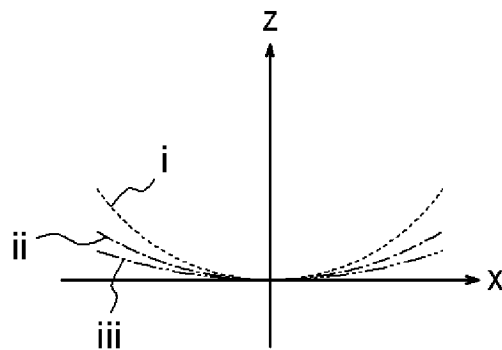
[図32B]



[図33A]

FIG. 33A

[図33B]

FIG. 33B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/000575

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B26/08 (2006.01) i, B81B7/02 (2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B26/08, B81B7/02

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
X Y A	JP 2008-139785 A (Fujitsu Ltd.), 19 June 2008 (19.06.2008), entire text; all drawings & US 2008/0131119 A1	1 6, 7, 9-12 2-5, 8, 13-15
Y A	JP 2006-276216 A (Fujitsu Ltd.), 12 October 2006 (12.10.2006), entire text; all drawings & US 2006/0239608 A1 & US 2007/0211988 A1	6 2-5, 8, 13-15
Y A	JP 2008-40447 A (Fujitsu Ltd.), 21 February 2008 (21.02.2008), entire text; all drawings & US 2008/0013183 A1	7, 9-11 2-5, 8, 13-15

☒ 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
11 April, 2012 (11.04.12)

Date of mailing of the international search report
24 April, 2012 (24.04.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/000575

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2008-242281 A (Fujitsu Ltd.), 09 October 2008 (09.10.2008), entire text; all drawings & US 2008/0240650 A1	12 2-5, 8, 13-15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02B26/08 (2006.01)i, B81B7/02 (2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02B26/08, B81B7/02

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	1971-2012年
日本国実用新案登録公報	1996-2012年
日本国登録実用新案公報	1994-2012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
X Y A	JP 2008-139785 A (富士通株式会社) 2008.06.19, 全文、全図 & US 2008/0131119 A1	1 6, 7, 9-12 2-5, 8, 13-15
Y A	JP 2006-276216 A (富士通株式会社) 2006.10.12, 全文、全図 & US 2006/0239608 A1 & US 2007/0211988 A1	6 2-5, 8, 13-15
Y A	JP 2008-40447 A (富士通株式会社) 2008.02.21, 全文、全図 & US 2008/0013183 A1	7, 9-11 2-5, 8, 13-15

☒ 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

11.04.2012

国際調査報告の発送日

24.04.2012

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

佐藤 宙子

2 X

9316

電話番号 03-3581-1101 内線 3294

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2008-242281 A (富士通株式会社) 2008.10.09, 全文、全図 & US 2008/0240650 A1	12 2-5, 8, 13-15