

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4498528号
(P4498528)

(45) 発行日 平成22年7月7日(2010.7.7)

(24) 登録日 平成22年4月23日(2010.4.23)

(51) Int.Cl.

F I

G O 2 F 1/295 (2006.01)

G O 2 F 1/295

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2000-92354 (P2000-92354)	(73) 特許権者	000005186
(22) 出願日	平成12年3月29日 (2000.3.29)		株式会社フジクラ
(65) 公開番号	特開2001-281713 (P2001-281713A)		東京都江東区木場1丁目5番1号
(43) 公開日	平成13年10月10日 (2001.10.10)	(74) 代理人	100064908
審査請求日	平成18年11月28日 (2006.11.28)		弁理士 志賀 正武
前置審査		(74) 代理人	100108578
			弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100089037
			弁理士 渡邊 隆
		(72) 発明者	関口 利貞
			千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社
			フジクラ 佐倉事業所内
		(72) 発明者	佐久間 健
			千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社
			フジクラ 佐倉事業所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱光学効果型光偏向素子およびこれを用いた熱光学効果型光偏向素子モジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回折格子が形成されたプラスチック製の導波路層と、この導波路層の外周に形成され、かつこの導波路層よりも低屈折率のプラスチック製のクラッド層を備え、前記導波路層の一端から入射された光を回折格子の作用により回折光として導波路層の上方の外部空間に出射する光偏向素子であって、

前記導波路層の回折格子は、導波路層の上部に周期的な鋸歯状の凹凸を形成して構成され、前記クラッド層のうち、導波路層の上側に位置して回折光が通過する部分が外方に向けて凸状となっており、前記導波路層から出射される回折光の光路を避ける位置にヒータが配置されており、

このヒータによって、前記導波路層の温度を変化させて回折光の偏向角を変化させるようにしたことを特徴とする熱光学効果型光偏向素子。

【請求項2】

請求項1に記載の熱光学効果型光偏向素子が筐体に収められてなることを特徴とする熱光学効果型光偏向素子モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は熱光学効果型光偏光素子に関し、特に最大偏向角が大きいものである。

【0002】

【従来の技術】

従来の光偏向素子としては、半導体の導波路に回折格子が形成されてなり、電圧印加による量子閉じ込めシュタルク効果 (Q C S E) を利用したものがある。

図 1 4 は従来の光偏向素子の一例を示したもので、素子の光軸に平行な断面および光軸に垂直な断面の双方を示した図である。この図に示す光偏向素子 1 は、 n - InP 基板 2 の上に n - InP バッファ層 3、井戸層とバリア層が交互に積層された多重量子井戸 (Multi Quantum Well) 層 4 が順次積層され、その上に導波路層 5 がストライプ状に形成され、フォトリソグラフィ・エッチング技術により導波路層 5 の上に回折格子 6 が形成されたものである。そして、導波路層 5 の上には p - InP クラッド層 7 が形成されるとともに、その側方にはポリイミド層 8 が形成されている。また、この積層構造の下面には下部電極層 9 が、光の入射面と反対側の端面に近い側の上面には上部電極層 10 が形成されている。また、これらの電極層 9、10 は、例えば Cr と Au との積層構造などからなる金属膜で構成されている。なお、寸法の一例としては、素子 1 の光軸方向の長さが 3 ~ 4 mm 程度、上部電極層 9 の一辺が 100 μm 程度である。

【0003】

このような構成の光偏向素子 1 に光 S_0 を入射すると、回折格子 6 の作用によりブラッグの式に従う回折角をもって光は上方に回折するが、この際、上部、下部電極層 9、10 間に電圧 (逆バイアス) を印加すると、量子閉じ込めシュタルク効果により電圧の大きさに見合う量だけ導波路層 5 の屈折率が変化するため、屈折率変化に伴って光 S_1 が回折する角度が変化する。したがって、電圧の大きさを調節することにより、回折光 S_1 を所望の角度 (偏向角) だけ偏向させて、導波路層 5 の光信号の進行方向側 (プラス側) に傾いた回折光 S_2 あるいはその反対側 (マイナス側) に傾いた回折光 S_3 を得ることができる。なお、偏向していない回折光 S_1 の位置を中心として導波路層 5 の進行方向側 (S_3 側) と反対方向側 (S_2 側) とに偏向させることができる角度の合計 (Ψ) を最大偏向角いう。また、単に偏向角という場合は回折光 S_1 の位置をゼロとし、導波路層 5 の光信号の進行方向側に偏向したときの角度をプラス、反対側に偏向したときの角度をマイナスで表したものとす。

この回折光の偏向機能を利用することによって、光コンピュータにおける光スイッチングや並列光情報伝送システムなどの光インターコネクションに、この光偏向素子 1 を送信側素子として適用することができる。

【0004】**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、量子閉じ込めシュタルク効果による屈折率変化は光の吸収量の増大を伴う。すなわち、導波路層 5 における屈折率変化を大きくすると信号光の損失が大きくなるため、実用上、屈折率変化量は約 0.3 % 程度が限界であり、最大偏向角は 10 度程度が限界であった。

本発明は前記事情に鑑みてなされたもので、最大偏向角を大きくすることができる光偏向素子を提供することを課題とする。

【0005】**【課題を解決するための手段】**

前記課題を解決するため、本発明の熱光学効果型光偏向素子は、回折格子が形成されたプラスチック製の導波路層と、この導波路層の外周に形成され、かつこの導波路層よりも低屈折率のプラスチック製のクラッド層を備え、前記導波路層の一端から入射された光を回折格子の作用により回折光として導波路層の上方の外部空間に出射する光偏向素子であって、前記導波路層の回折格子は、導波路層の上部に周期的な鋸歯状の凹凸を形成して構成され、前記クラッド層のうち、導波路層の上側に位置して回折光が通過する部分が外方に向けて凸状となっており、前記導波路層から出射される回折光の光路を避ける位置にヒータが配置されており、このヒータによって、前記導波路層の温度を変化させて回折光の偏向角を変化させるようにしたことを特徴とする。

また、この熱光学効果型光偏向素子を筐体に収めて光学効果型光偏向素子モジュールを

10

20

30

40

50

構成することができる。

【 0 0 0 6 】

【 発明の実施の形態 】

図 1 は本発明の熱光学効果型光偏向素子の一例を示したもので、素子の光軸に平行な断面および光軸に垂直な断面の双方を示した図である。この熱光学効果型光偏向素子 2 1 は、長方形板状の基板 2 2 の上にクラッド層 2 3 が形成され、その内部に断面略正方形の柱状の導波路層 2 4 が形成されている。導波路層 2 4 は光を導波するため前記クラッド層 2 3 よりも高屈折率である。なお、導波路層 2 4 の上面には回折格子 2 4 a が形成されており、クラッド層 2 3 の上面には導波路層 2 4 をはさんでヒータ 2 5、2 6 が対称に設けられている。ヒータ 2 5 は、導波路層 2 4 の長さ方向に平行な直線状のヒータ部 2 5 a と、その両端部に設けられた外部電極を装着するための電極パット部 2 5 b、2 5 b とから構成されている。ヒータ 2 6 も同様に直線状の 2 6 a とその両端部の電極パット部 2 6 b、2 6 b とから構成されている。

10

【 0 0 0 7 】

基板 2 2 としては表面を酸化処理したシリコン基板などが用いられる。

導波路層 2 4 は、熱光学効果が大きいいため、プラスチックから形成され、例えばシリコン樹脂、フッ化ポリイミド樹脂などのポリイミド系樹脂、フッ化メタクリレートなどのメタクリル系樹脂などが用いられるが、ポリイミド系樹脂が好ましい。クラッド層 2 3 は好ましくは導波路層 2 4 の材料として例示したものと同様のプラスチックなどから形成される。

20

具体的なクラッド層 2 3 および導波路層 2 4 の材料としては、特開平 9 - 2 1 9 2 0 号公報に開示されている、複屈折の大きさが同程度の 2 種類のポリイミドの共重合体などを用いることができる。この 2 種類のポリイミドの例としては、例えば 2, 2 - ビス(3, 4 - ジカルボキシフェニル)ヘキサフルオロプロパン二無水物(6 F D B)と 2, 2' - ビス(トリフルオロメチル) - 4, 4' - ジアミノビフェニル(T F D B)から合成されるポリイミド(6 F D A / T F D B)と、6 F D A と 4, 4' - オキシジアニリン(4, 4' - O D A)から合成されるポリイミド(6 F D A / 4, 4' - O D A)などを挙げることができる。そして、これらのポリイミドの共重合比を変更することによって、導波路層 2 4 とクラッド層 2 3 との屈折率差を変化させることができる。

ヒータ 2 5、2 6 は金属製の薄膜からなり、特に限定するものではないが、例えば金(Au)、チタン(Ti)、白金(Pt)、クロム(Cr)、ニクロム(NiCr合金)、タングステン(W)などが用いられる。

30

【 0 0 0 8 】

この熱光学効果型光偏向素子 2 1 は、例えば以下のようにして製造することができる。

基板 2 2 の上に、スピンコート法などにより、導波路層 2 4 の下のクラッド層 2 3 の厚さに相当する下部クラッド層を形成し、その上面全体に導波路層 2 4 の厚さに相当する導波路形成層を形成する。そして、この導波路形成層を導波路層 2 4 のパターンに沿ってイオンエッチング法などによって加工して導波路層 2 4 を形成するとともに、導波路層 2 4 の周囲に下部クラッド層を露出させる。そして、さらにスピンコート法などにより、これら下部クラッド層と導波路層 2 4 の上に上部クラッド層を形成し、下部クラッド層と上部クラッド層とが一体化したクラッド層 2 3 を完成させる。

40

ついで、このクラッド層 2 3 上に、蒸着法などによって上述のヒータ 2 5、2 6 の材料として例示した金属などからなる導電体薄膜を形成し、この導電体薄膜を加工してパターンを形成し、ヒータ 2 5、2 6 を完成させる。この加工方法としては、フォトリソグラフィなどを適用することができる。

【 0 0 0 9 】

このような構成の熱光学効果型光偏向素子に、図 2 に示したように光 S_0 を入射すると、

回折格子 2 4 a の作用によりブラッグの式に従う回折角をもって光は上方に回折する。

この際、図 3 に示したようにヒータ 2 5、2 6 を作動させると導波路層 2 4 の温度が変化し、熱光学効果によって導波路層 2 4 の屈折率が変化する。そして、この屈折率変化に伴

50

って光 S_1 が偏向する。したがって、ヒータ 25、26 によって導波路層 24 の温度を調節することにより、回折光 S_1 を偏向させて、素子のクラッド層 23 の上面から所定の角度で偏向した回折光 S_2 または S_3 を外部空間に出射することができる。

熱光学効果型光偏向素子において、偏向角 θ は以下の式で表される。

【0010】

【数1】

$$\sin \theta = \frac{i \cdot \lambda_0}{n_{eff} \cdot \Lambda} - 1$$

10

ここで、 i は回折次数で 1、2、3... の値をとる。 λ_0 は入射光の波長、 n_{eff} は導波路層 24 の実効屈折率、 Λ は回折格子 24a の周期である。導波路層 24 の材料として用いられるプラスチックの加熱温度は、例えばポリイミドであってもせいぜい 350 が限界である。そのため、 n_{eff} の限界により、最大偏向角は 20 ~ 30 度が限界となる。しかしながら、この導波路層 24 の材料のプラスチックの熱光学係数は、例えば 1.5×10^{-4} 程度であって、通常導波路層として用いられる石英系の材料の約 10 倍であり、石英系の材料を用いた場合と比較しても、図 14 に示したタイプのものと比較しても最大偏向角をかなり大きくすることができる。

20

【0011】

寸法の一例としては、熱光学効果型光偏向素子 21 の厚さが約 1 mm、導波路層 24 の長さ方向に平行な長さが 20 mm、これに直交する幅方向の長さが 5 mm であり、基板 22 の厚さが 1 mm、クラッド層 23 の厚さが 30 μ m、回折格子 24a の断面寸法が略 7 μ m $\times$ 7 μ m、ヒータ 25、26 のヒータ部 25a、26a の長さが 16 mm である。

なお、回折格子 24a の周期 Λ は、光の波長 λ_0 、導波路層の実効屈折率、所望の最大偏向角などによって適宜選択されるが、例えば 700 ~ 1400 μ m の範囲とされる。

【0012】

図 4 は、この寸法例にしたがって回折格子 24a の周期 Λ を 1027 nm として製造した熱光学効果型光偏向素子 21 において、導波路層 24 の温度と偏向角との関係を示したものであって、波長 1.55 μ m の信号光を入射した状態でヒータ 25、26 に印加する電圧を変化させることによって偏向角を変化させたときの値である。

なお、この熱光学効果型光偏向素子は、周期 Λ を調節することにより、137.5 で偏向角がゼロ（図 2 における S_1 の位置）になるように設定されており、温度が 25 ~ 300 の範囲で変化する間に、回折光の出射方向（偏向角）はプラス側（図 2 における S_3 側）、すなわち光信号の進行方向側から、徐々に垂直（0 度）になり、さらに反対側のマイナス側（図 2 における S_2 側）に変化する。その結果、最大偏向角は 25 度程度となる。

30

40

図 5 は 横軸に示した各最高温度において、最高温度と室温（25）との中間の温度のときに 1 次回折光の偏向角が 0 度になるように周期 Λ を設定した熱光学効果型光偏向素子を用意し、各熱光学効果型光偏向素子において、波長 1.55 μ m の光信号を入射した状態で、室温（25）から最高温度まで温度を変化させたときの最大偏向角を示したシミュレーション結果である。すなわち、 Λ は最高温度毎に異なる。最高温度を大きく設定する程、最大偏向角が大きくなることがわかる。

【0013】

図 6 は本発明の熱光学効果型光偏向素子の他の例を示したもので、図 1 に示したものと異なるのは、導波路層 24 の基板 22 との対向面に回折格子 24a が形成され、ヒータ 25、26 が基板 22 とクラッド層 23 との間に設けられている点である。

50

ヒータ 2 5 の両端部の電極パッド部 2 5 b、2 5 b の上には、それぞれクラッド層 2 3 を貫通するスルーホール 2 5 c、2 5 c が設けられ、クラッド層 2 3 の上面のこれらスルーホール 2 5 c、2 5 の周囲には、外部電極を装着する電極パッド部 2 5 d、2 5 d が設けられている。電極パッド部 2 5 d、2 5 d は電極パッド部 2 5 b、2 5 b と同様の導電性材料からなり、スルーホール 2 5 c、2 5 c の内面にも同様の導電性材料からなる薄膜層が形成されている。その結果、電極パッド部 2 5 d、2 5 d に外部電極から電力を印加すると、スルーホール 2 5 c、2 5 の内面と電極パッド部 2 5 b を介してヒータ部 2 5 a、2 5 a の温度が上昇し、導波路層 2 4 が加熱される。

ヒータ 2 6 にも同様にスルーホール 2 6 c と、クラッド層 2 3 の上面に形成された電極パッド部 2 6 d が設けられている。

10

【 0 0 1 4 】

また、図 7 に示したように導波路層 2 4 の直下にひとつのヒータ 2 7 を設けた構成とすることもできる。

このヒータ 2 7 は、導波路層 2 4 の長さ方向に平行な直線状のヒータ部 2 7 a と、その両端部に設けられた外部電極を装着するための電極パッド部 2 7 b、2 7 b を有し、一方の電極パッド 2 7 d の上にはクラッド層 2 3 の側面と上面に開口するスルーホール 2 7 d が設けられ、クラッド層 2 3 の上面のスルーホール 2 7 d の周囲には、外部電極を装着する電極パッド部 2 7 c が設けられている。

他方の電極パッド部 2 7 b の上には、クラッド層 2 3 を貫通するスルーホール 2 7 e が設けられ、クラッド層 2 3 の上面のスルーホール 2 7 e の周囲には、外部電極を装着する電極パッド部 2 7 f が設けられている。

20

本発明においては、導波路層 2 4 の温度を変化させることができればヒータの数、位置などは特に限定せず、図 6、図 7 に示した熱光学効果型光偏向素子においても図 1 に示したものと同様の効果が得られる。

【 0 0 1 5 】

なお、従来の石英系材料からクラッド層 2 3 を形成した場合は、図 8 に示したようにクラッド層 2 3 の上面は平坦になる。その結果、図 9 に示したように、回折光を構成する光の成分のうち、導波路層 2 4 と平行な方向の成分 A は広がりにくい、導波路層 2 4 に直交する方向の成分 B は広がりやすく、集光させにくくなる。

一方、本発明の熱光学効果型光偏向素子はクラッド層 2 3 がプラスチックからなるため、熱光学効果型光偏向素子の製造工程において、図 1 0 に示したようにクラッド層 2 3 が硬化する際に導波路層 2 4 の上のクラッド層 2 3 の上面が収縮し、凸状となる。そしてこの凸状の部分がレンズの役割を果たし、図 1 1 に示したように成分 B が広がりにくくなるという利点がある。そのため、回折光を容易に集光させることができる。

30

【 0 0 1 6 】

図 1 2 は本発明の熱光学効果型光偏向素子を用いた熱光学効果型光偏向素子モジュール 3 1 の構成の一例を示したものである。符号 3 3 は中空直方体状の筐体であって、この筐体 3 3 は本体 3 1 と板状の蓋 3 2 とからなり、蓋には回折光を取り出す窓 3 2 a が設けられている。熱光学効果型光偏向素子 2 1 はこの筐体 3 3 内に収められ、外部の光ファイバ 3 5 がこの熱光学効果型光偏向素子 2 1 にコネクタ 3 4 を介して接続されている。筐体 3 3 は通常アルミニウム、コパール (F e N i C o 合金) などから形成したものが用いられる。

40

本発明の熱光学効果型光偏向素子モジュールの構成は、このように回折光を取り出すことのできる構成を備えた筐体内に熱光学効果型光偏向素子が収められ、かつ熱光学効果型光偏向素子が、この熱光学効果型光偏向素子に光を入射する手段と接続されていればその構成について特に制限はなく、用途に応じて種々の形態を選択することができる。

【 0 0 1 7 】

図 1 3 はこの熱光学効果型光偏向素子モジュール 3 0 を用いた光スイッチングモジュールの構成例を示したもので、板状のベース 3 6 の上に熱光学効果型光偏向素子モジュール 3 0 が配置されている。光ファイバ 3 5 を介して光信号を熱光学効果型光偏向素子モジュール

50

ル 3 0 に入射し、得られた回折光は窓 3 2 a からマイクロレンズアレイ 3 7、導波素子 3 8 を介して出力ポート 3 9 から出射されるようになっている。

【 0 0 1 8 】

【発明の効果】

以上説明したように本発明の熱光学効果型光偏向素子は、回折格子が形成されたプラスチック製の導波路層と、この導波路層の外周上に形成され、かつこの導波路層よりも低屈折率のプラスチック製のクラッド層と、該導波路層を加熱するヒータが設けられた熱光学効果型光偏向素子であって、当該ヒータによる前記導波路層の温度を変化させることにより、回折光の偏向角を変化させるものであるため、最大偏向角を従来よりも格段に大きくすることができる。

10

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の熱光学効果型光偏向素子の一例を示したもので、素子の光軸に平行な断面および光軸に垂直な断面の双方を示した図である。

【図 2】 図 1 に示した熱光学効果型光偏向素子の回折光の偏向の様子を示した説明図である。

【図 3】 図 2 に示した熱光学効果型光偏向素子のヒータによる導波路層の加熱の様子を示した説明図である。

【図 4】 本発明の熱光学効果型光偏向素子の導波路層の温度と偏向角の関係を示したグラフである。

【図 5】 本発明の熱光学効果型光偏向素子の導波路層の温度と最大偏向角の関係を示したグラフである。

20

【図 6】 本発明の熱光学効果型光偏向素子の他の例を示したもので、素子の光軸に平行な断面および光軸に垂直な断面の双方を示した図である。

【図 7】 本発明の熱光学効果型光偏向素子の他の例を示したもので、素子の光軸に平行な断面および光軸に垂直な断面の双方を示した図である。

【図 8】 石英系材料を用いた熱光学効果型光偏向素子の回折光の状態を説明した断面図である。

【図 9】 石英系材料を用いた熱光学効果型光偏向素子の回折光の状態を説明した斜視図である。

【図 1 0】 本発明の熱光学効果型光偏向素子の回折光の状態を説明した断面図である。

30

【図 1 1】 本発明の熱光学効果型光偏向素子の回折光の状態を説明した斜視図である。

【図 1 2】 本発明の熱光学効果型光偏向素子を用いた熱光学効果型光偏向素子モジュールの構成の一例を示した斜視図である。

【図 1 3】 図 1 2 に示した熱光学効果型光偏向素子モジュールを用いた光スイッチングモジュールの構成例を示した概略構成図である。

【図 1 4】 従来の光偏向素子の一例を示したもので、素子の光軸に平行な断面および光軸に垂直な断面の双方を示した図である。

【符号の説明】

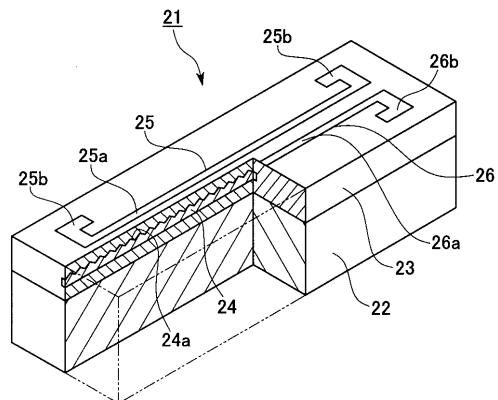
2 1 ... 熱光学効果型光偏向素子、 2 3 ... クラッド層、 2 4 ... 導波路層、

2 4 a ... 回折格子、 2 5、 2 6 ... ヒータ、 2 5 a、 2 6 a ... ヒータ部、

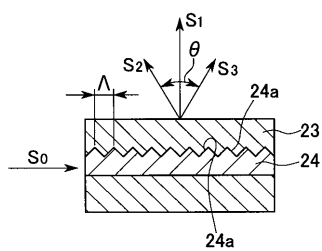
40

3 0 ... 熱光学効果型光偏向素子モジュール、 3 3 ... 筐体。

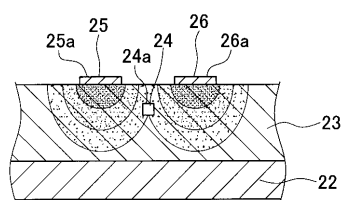
【図 1】



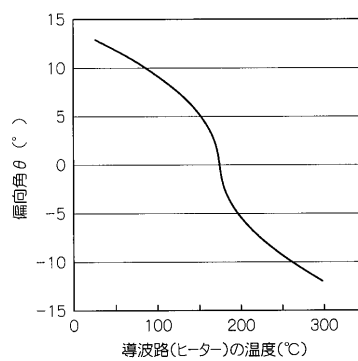
【図 2】



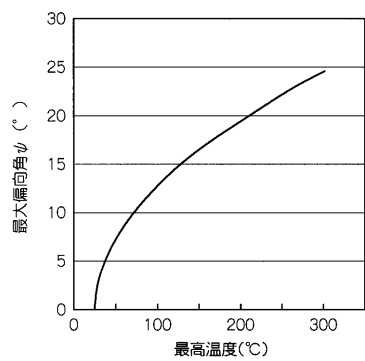
【図 3】



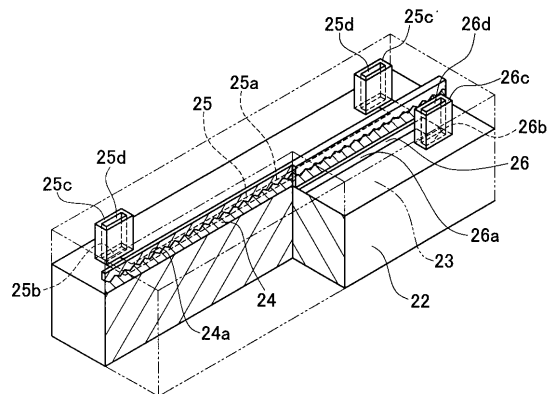
【図 4】



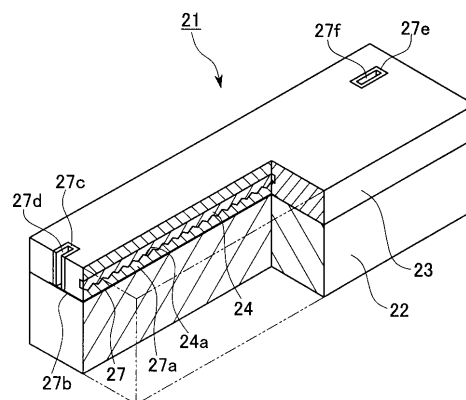
【図 5】



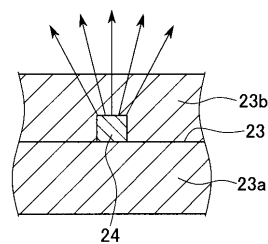
【図 6】



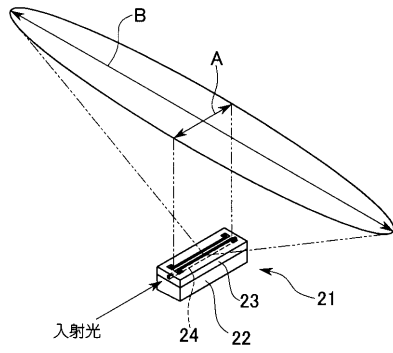
【図 7】



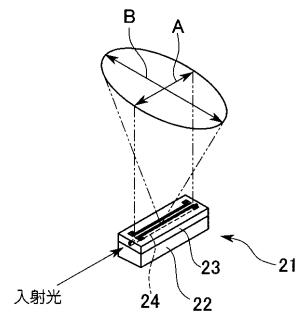
【図 8】



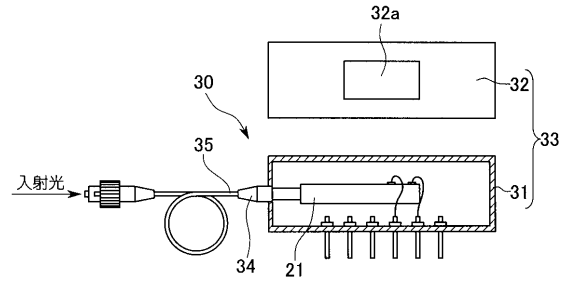
【図 9】



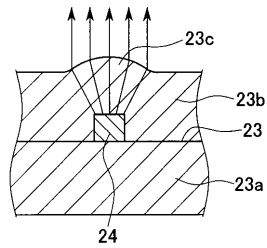
【図 11】



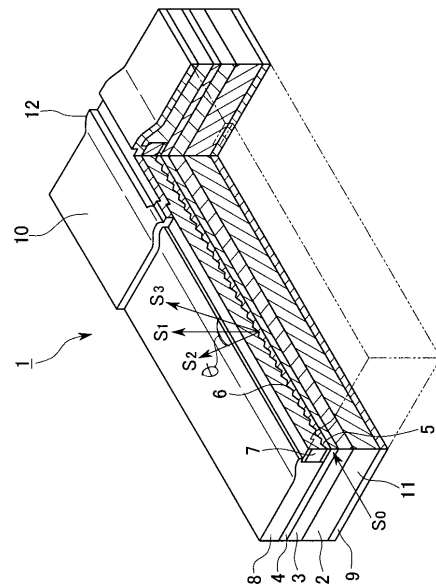
【図 12】



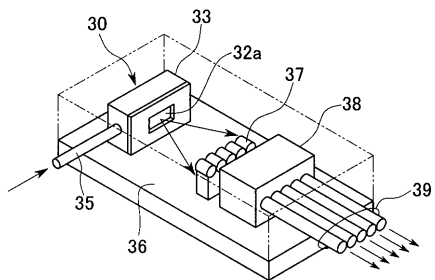
【図 10】



【図 14】



【図 13】



フロントページの続き

- (72)発明者 細谷 英行
千葉県佐倉市六崎1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内
- (72)発明者 藤田 大吾
千葉県佐倉市六崎1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内

審査官 林 祥恵

- (56)参考文献 特開平0 8 - 1 8 4 8 6 1 (J P , A)
特開平1 1 - 2 2 3 7 3 5 (J P , A)
特開平0 8 - 1 2 9 1 9 5 (J P , A)
特開平0 8 - 1 2 9 1 9 6 (J P , A)
実開平0 4 - 1 1 2 2 3 1 (J P , U)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G02F 1/29-1/39
G02F 1/00-1/125
G02B 6/12-6/14